

BECKHOFF

# PCcontrol

The New Automation Technology Magazine

Nr. 3 | September 2023

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

20 | special machine tools

## Laserauftragschweißen – Highspeed und Präzision softwaregesteuert im Einklang



8 | interview

Dr. Guido Beckmann  
zu 20 Jahre EtherCAT im  
Motion-Control-Umfeld



14 | products

Vision in Analytics integriert –  
für einfacheres Engineering und  
mehr Funktionalität

**news**



- 4 | Huazhong University of Science and Technology, China: Lehrplattform „New Engineering Education“
- 7 | PC Control online in Beckhoff Website integriert

**interview**

- 8 | 20 Jahre EtherCAT: Zuverlässig und flexibel zu präzisen, hochdynamischen Bewegungen

**products**

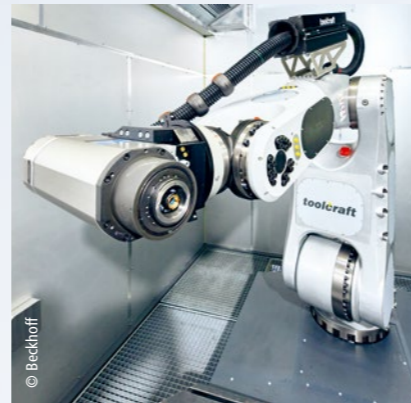
- 14 | Automatische Vision-SPS-Code-Generierung mit TwinCAT Analytics



- 18 | ATRO: Modularität und Flexibilität ermöglichen auch Multiarm-Roboter
- 19 | MX-System: Leistungsstarke Netzteil-Module für Motion- und Robotik-anwendungen

**special machine tools**

- 20 | Ponticon und KIT, Deutschland: Highspeed und Präzision software-gesteuert im Einklang



- 24 | Toolcraft, Deutschland: Präzise Teilebearbeitung mit CNC-Roboter

- 28 | Esco und Affolter, Schweiz: TwinCAT CNC und Servoantriebstechnik bei der Kleinteilebearbeitung



- 32 | LJ Welding Automation und Cleaver Brooks, Kanada: Produktionsgeschwindigkeit bei automatisiertem Schweißsystem nahezu verdreifacht

**worldwide**

- 36 | HS Heilbronn, Deutschland: Industrie-4.0-Lösungen kompakt und praxisnah erfahren und begreifen



- 40 | KOCH Pac-Systeme und VARTA, Deutschland: PC-basierte Steuerungs- und Antriebstechnik einer Verpackungslinie für Mikrobatterien
- 44 | Teepack, Deutschland: Servoantriebe bei einer Teebeutelverpackungsmaschine
- 48 | Shanghai Yinghua, China: Lineares Transportsystem XTS schafft Wettbewerbsvorteile



- 50 | TECNALIA, Spanien: PC-based Control im Marine- und Umweltbereich
- 54 | Fravizel, Portugal: Embedded-PC CX7000 und EtherCAT-Klemmen im Einsatz bei Baumaschinen für Steinbrucharbeiten

**ETG**

- 56 | EtherCAT-Fußball-Roboter wieder Weltmeister!
- 57 | ETG: jetzt 3.000 Mitglieder in Asien, 1.000 in Amerika

**impresum**

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:**  
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:** 20.000

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





Enge Zusammenarbeit zwischen der Huazhong University of Science and Technology und Beckhoff China

## Erfolgreiche chinesische Lehrplattform für „New Engineering Education“

Moderne Technologien, wie z. B. industrielles Internet, Big Data und künstliche Intelligenz, werden immer enger mit der modernen Fertigung verbunden. Um diesen Wandel inkl. neuer Geschäftsmodelle umsetzen zu können, ist eine entsprechende universitäre Ausbildung der zukünftigen Experten unerlässlich. Die School of Mechanical Science & Engineering der Huazhong University of Science and Technology (HUST) hat hierfür das nationale Lehrkonzept „New Engineering Education“ entwickelt und bereits 2018 gemeinsam mit Beckhoff China ein entsprechendes Labor – das HUST-Beckhoff Joint Laboratory – eingerichtet.

Bereits seit 2018 besteht das HUST-Beckhoff Joint Laboratory an der Huazhong University of Science and Technology.



Ein Projektbeispiel ist die Realisierung einer Remote-Robotersteuerungsplattform.

Seit dem Start im Jahr 2018 wurde die experimentelle Lehrplattform für Studierende und Doktoranden der Ingenieurwissenschaften durch kontinuierliche Diskussionen und Förderungen der beiden Partner HUST und Beckhoff China immer weiterentwickelt und verbessert. Zudem kommen laut HUST in den Lehrveranstaltungen vermehrt Produkte bzw. Technologieplattformen zum Einsatz, die auf der fortschrittlichen Automatisierungstechnik von Beckhoff basieren. Dies gelte insbesondere für die Bereiche Steuerungstechnik, technische Prüftechnik, mechatronische Antriebstechnik, Mess- und Regeltechnik sowie für die postgraduale Ingenieurspraxis.

### Experimentelle Lehre zu Cyber-Physical Systems (CPS)

Die neue Struktur der Studiengänge sollte laut HUST mit der Entwicklung der Industrie übereinstimmen und sich an den aktuellen Anforderungen orientieren, aber auch zukünftige Entwicklungen berücksichtigen. Die Förderung von „New Engineering“-Experten sei ein wichtiger Teil von Chinas proaktiver Antwort auf den derzeitigen industriellen Wandel. In diesem Zusammenhang sei die

experimentelle Lehre zu CPS am gemeinsamen Labor von HUST und Beckhoff eingerichtet worden.

Mit dem Fokus auf Cyber-Physical Systems baut die Lehre eine offene und modulare Experimentierplattform für Mess- und Datenerfassung, Bewegungssteuerung und Echtzeitdatenanalyse auf. Für die Vernetzung der zugehörigen Experimentiergeräte wird das Industrial-Ethernet-System EtherCAT eingesetzt. Die offene Automatisierungstechnik von Beckhoff sowie TwinCAT als Softwareplattform für Edge Computing ermöglichen datengesteuerte Experimente zur Datenerfassung, Echtzeitanalyse bzw. Simulationsmodellierung und unterstützen die Studierenden bei der Anwendung digitaler Werkzeuge und theoretischer Kenntnisse sowie bei der Durchführung von Grundlagen- und Sondierungsexperimenten. Die Edge-Computing-Plattform auf Laborebene verfügt über eine Vielzahl von Sensoren, Robotern und verschiedenen Softwaretools mit zahlreichen Kommunikationsprotokollen und ist daher durchaus vergleichbar mit Plattformen auf Unternehmensebene. Somit kann das gemeinsame Labor

auch die Durchführung komplexer Experimente, z. B. zu flexibler Fertigungsautomatisierung und digitalem Zwilling, unterstützen.

Chen Bing, außerordentlicher Professor und Direktor des gemeinsamen Labors an der Fakultät für Maschinenbau und Ingenieurwesen der HUST, erläutert dazu: „Das gemeinsame Labor spielt eine aktive Rolle bei der Verbesserung des Wissens und der Fähigkeiten von Studierenden, Forschern und Praktikern im Bereich des industriellen Internets und der ‚New Engineering‘-Studiengänge. Dabei liegt ein Schwerpunkt auf den beruflichen Anforderungen zu Design, Entwicklung, Test und Betrieb von industriellen Internetplattformen, Cyber-Physical Systems, Edge Computing, industriellem Big Data und digitalen Zwillingen. Hinzu kommt der Aufbau einer Hardware-in-the-Loop-Simulationsumgebung für industrielle Internet-Hardwareplattformen und einer Entwicklungsumgebung für semiphysikalische Simulationen für professionelle Bereiche. Wir hoffen, dass wir das professionelle Wissen und die Fähigkeiten in Bezug auf das Architekturdiesign, die Lösungen, die Anwendungsentwicklung,

die Plattformbereitstellung sowie den Betrieb und die Wartung der industriellen Internetplattform weiter zusammentragen und die Anwendung insbesondere der EtherCAT-Technologie durch eine intensive Zusammenarbeit mit Beckhoff China gemeinsam fördern können.“

### Mechatronische Antriebssteuerung interaktiv überprüfen

Eine intelligente Steuerungs- und Experimentierplattform zur mechatronischen Antriebstechnik hat HUST mithilfe der Highend-Messtechnikklammen der ELM-Serie von Beckhoff entwickelt. Neben der Überprüfung der klassischen mechatronischen Steuerungstheorie und der Erweiterung der Antriebsplattform um Sensoren zur Zustandsüberwachung können diese Lehrplattformen auch die Schwingungsfrequenzüberwachung und -analyse der Antriebsplattform sowie eine Hochgeschwindigkeits-Vollfrequenz-Schwingungs- und Geräuschmessung realisieren. Die Überwachung und Analyse von Schwingungen wird über zwei Wege realisiert, nämlich über die übergeordnete MATLAB®-Bibliothek zur Frequenzbereichsanalyse und das TwinCAT 3 Condition Monitoring (TF3600),



Den Studierenden stehen zahlreiche Arbeitsplätze für unterschiedlichste Projekte zur Verfügung.

die eine bidirektionale Verifikation des MATLAB®-Analysealgorithmus und des TwinCAT-Zustandsanalysealgorithmus bilden.

„Entsprechend den experimentellen Zielen einer Vielzahl von Kursen haben wir die einfachsten und praktischsten Lehrplattformen entwickelt, um den Studierenden ein tiefes Verständnis der Theorien und deren Umsetzung in die Praxis zu ermöglichen und die Einheit von Wissen und Handeln zu erreichen. Auf diese Weise können sie das Gelernte besser anwenden, wenn sie den Campus verlassen und in Unternehmen und Forschungsinstituten ihre Arbeit beginnen“, erklärt dazu Professor Wang Junfeng, Leiter des Experimentierzentrums.

#### Remote-Robotersteuerungsplattform und optische Inspektion

Unter der Anleitung ihrer Dozenten haben die Studierenden des Technik-Praxiszentrums den Entwurf, die Fehlersuche und die Softwarelösung für eine Remote-Robotersteuerungsplattform abgeschlossen. Die Hardwareplattform kombiniert mehrere Anwendungstechnologien, wie z. B. TwinCAT-Funktionsbausteine und die Visualisierung TwinCAT HMI. Während der Programmierung konnten die Studierenden ihr Verständnis für die Funktionen von Bewegungssteuerungsanwendungen, Mensch-Maschine-Schnittstellen und Datenfernübertragung stärken. „Die Entwicklung dieser Roboterplattform war für die Schüler eher ein spielerisches Lernen. Obwohl der Kurs zunächst langweilig und herausfordernd erschien, hat er in Wirklichkeit allen viel Spaß gemacht. Nach Abschluss des Experiments fühlten sich alle sehr zufrieden“, so Tao Huang, stellvertretender Leiter des Experimentierzentrums.

Als Flaggschiffprogramm der Universität integriert die Fakultät für Maschinenbau die Mechatronik und Automatisierungstechnologie in Produktionsmaschi-

nen. Das dabei eingebrachte eigene Know-how spiegelt laut HUST das hohe Niveau und die Einheit von Theorie und Praxis bei der Integration von Industrie-Hochschul-Forschung als eine der Top-Universitäten in China wider. Beispiel ist eine automatische Hochgeschwindigkeitsmaschine zur Prüfung von Flaschenverschlüssen. Dabei kommt TwinCAT Vision als optische Inspektionstechnologie zum Einsatz, um den Materialstatus exakt und schnell zu erkennen und zu bewerten. Die Be- und Entladeeinheiten entsprechen funktional einer automatisierten Inspektionslinie im kleinen Maßstab. Die flexible Mensch-Maschine-Schnittstelle, die über TwinCAT HMI realisiert ist, sorgt für eine benutzerfreundliche Bedienung. Wenn die Studierenden die Beckhoff Steuerungstechnik nutzen, um die kompletten Maschinenfunktionen aufzubauen und zu verifizieren, müssen sie nicht nur die Programmierung der Bewegungssteuerung, die Algorithmen der Bildverarbeitung und die HMI-Erstellung beherrschen, sondern können sich auch wichtiges Know-how im technischen Entwurf und zur Fehlerbehebung erarbeiten.

#### Weiterentwicklung des Gemeinschaftslabors

Mit der kontinuierlichen Einführung neuer Produkte und Technologien, wie z. B. die intelligenten Transportsysteme XTS und XPlanar, das MX-System für die schaltschranklose Automatisierung und der modulare Industrieroboter-Baukasten ATRO, vertieft sich auch die Zusammenarbeit zwischen Beckhoff und der Huazhong University of Science and Technology im gemeinsamen Labor. Die Dozenten des gemeinsamen Labors begrüßen es, wenn Beckhoff seine hochmoderne Automatisierungstechnik in ihre Lehre und Forschung einbringt und so die technischen Perspektiven der Studierenden erweitert: „Wir glauben, dass dies eine Win-Win-Situation für die Förderung der fortschrittlichen Technologieplattform von Beckhoff und die Ausbildung von Ingenieurtalenten an heimischen Universitäten darstellt.“ Wenn nach vielen Jahren zurückgeblickt wird, wird das gemeinsame Labor als Ausbildungsstätte für Talente vielleicht dazu beigetragen haben, dass noch mehr Nachwuchskräfte die Produkte von Beckhoff beherrschen. Daher soll der Aufbau des Labors weiter vorangetrieben werden.

weitere Infos unter:

<https://english.hust.edu.cn>

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

[www.beckhoff.com/tf3600](http://www.beckhoff.com/tf3600)

Kundenmagazin PC Control im Beckhoff Webauftritt integriert

## Spannende News und Applikationen über neue Webseite entdecken

Schon seit dem Jahr 2001 hält Sie die PC Control – das New Automation Technology Magazine – über Produkt- und Technologie Neuheiten, interessante Applikationen der PC-basierten Steuerungstechnik sowie Entwicklungen rund um das Unternehmen Beckhoff Automation auf dem Laufenden. Und bereits von Beginn an ergänzt ein Internetauftritt die gedruckte Ausgabe. Dies wird auch weiterhin so bleiben, nun allerdings direkt in den Beckhoff Webauftritt integriert.

Umfassende Informationen bildet die neue PC-Control-Webseite nun auf dreierlei Weise ab:

- die aktuelle Ausgabe – mit einer kurzen inhaltlichen Zusammenfassung und jeweils fünf, über die Bühne angetaserte Highlight-Themen sowie mit der Möglichkeit zu PDF-Download oder Print-Heft-Bestellung,
- das Archiv – mit allen zuvor erschienenen Ausgaben als PDF-Download,
- die Suchfunktion – mit allen PC-Control-Inhalten (selektiert unter „Applikationsbericht“ bzw. „Kundenmagazin PC Control“) und zusätzlich dem breiten Informationsangebot des Beckhoff Webauftritts.

Die jeweils aktuelle PC-Control-Ausgabe wird über eine Bühne mit fünf Highlight-Themen sowie einer kurzen inhaltlichen Beschreibung dargestellt.

Direkt unter den Informationen zur aktuellen Ausgabe folgt das Archiv mit allen PC-Control-Magazinen seit 2001.

Wie die erweiterte Suchfunktion schon erahnen lässt, bietet die Integration in die Beckhoff Webseite zweierlei Vorteile. Zum einen stehen die vielfältigen Inhalte der PC Control nun noch mehr Automatisierungsbegeisterten zur Verfügung. Zum anderen vereinfacht sich das Anbieten bzw. Auffinden weiterführender Informationen deutlich. So werden nicht nur Links zu relevanten Produkten und Informationsmedien direkt bei den Suchergebnissen angezeigt, sondern umgekehrt auch die PC-Control-Inhalte stärker verzahnt auf den zugehörigen Branchen- und Produktseiten aufgelistet.

weitere Infos unter:

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



Das von Beckhoff entwickelte EtherCAT wird bereits seit 20 Jahren erfolgreich eingesetzt und hat sich insbesondere im Motion-Bereich weltweit als hochleistungsfähiger Standard für die Echtzeit-Ethernet-Kommunikation etabliert.

Dr. Guido Beckmann, Senior Management Control System Architecture bei Beckhoff Automation und Leiter des Technical Committee der EtherCAT Technology Group:

„EtherCAT ist auch nach 20 Jahren noch immer die schnellste Ethernet-basierte Kommunikationstechnologie auf dem Markt, auch im Vergleich mit Gigabit-Ethernet-basierten Technologien.“



Interview mit Dr. Guido Beckmann zu 20 Jahre EtherCAT im Motion-Control-Umfeld

## Mit EtherCAT zuverlässig und flexibel zu präzisen, hochdynamischen Bewegungen

EtherCAT hat sich in den vergangenen 20 Jahren erfolgreich als ultraschnelles Kommunikationssystem etabliert, und zwar in allen Automatisierungsbereichen. Besonders rasch und umfassend gelang dies im Motion-Umfeld mit seinen hohen Anforderungen u. a. hinsichtlich Übertragungsgeschwindigkeit, Synchronität und Diagnosemöglichkeiten. Details hierzu erläutert Dr. Guido Beckmann, Senior Management Control System Architecture bei Beckhoff und Leiter des Technical Committee der ETG, im folgenden Interview.



### Guido, seit wann bist Du bei Beckhoff in die EtherCAT-Entwicklung involviert und was waren im Lauf der Jahre deine Aufgabenschwerpunkte?

**Dr. Guido Beckmann:** Ich habe 2006 bei Beckhoff im Technologiemanagement für EtherCAT angefangen. Vorher hatte ich bereits meinen Schwerpunkt im Bereich der industriellen Kommunikation und Feldbusse – und als Beckhoff die EtherCAT-Technologie im Jahr 2003 vorgestellt hat, war ich von Anfang an begeistert von dessen Eigenschaften. In der EtherCAT Technology Group (ETG) bin ich seit 2007 der Leiter des Technical Committee und verantwortlich für verschiedene Arbeitsgruppen, insbesondere zur Safety-over-EtherCAT-Technologie und für die Antriebsprofile. Für Beckhoff evaluiere ich zudem neue Technologien für Steuerungsarchitekturen. Beispiele sind die Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten des 5G-Mobilfunkstandards, aufkommende Kommunikationsstandards im Bereich von Time-Sensitive Networking (TSN) und die Nutzung von OPC UA für die herstellerunabhängige Steuerungskommunikation.

### Welche besonderen Anforderungen hat dabei das Thema Motion an deine Arbeit gestellt?

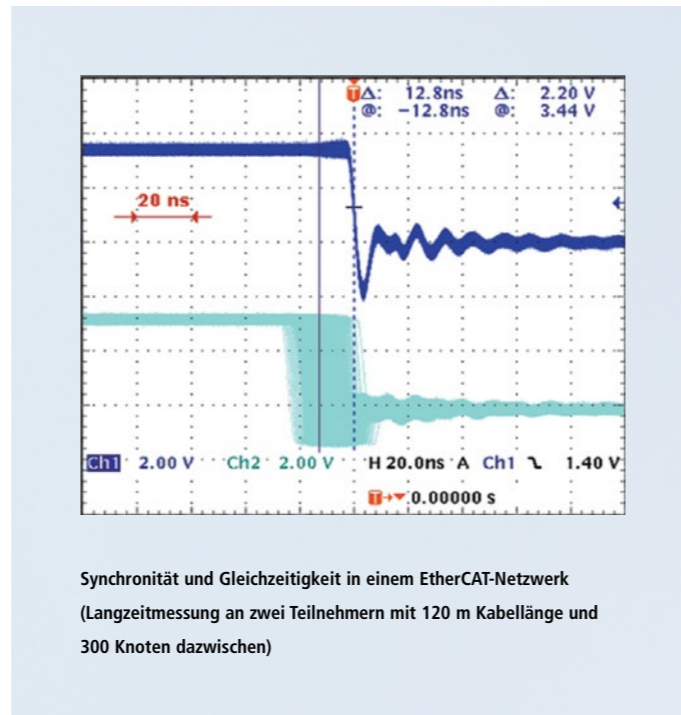
**Dr. Guido Beckmann:** Ausgezeichnete Performance, flexible Topologie und einfache Konfiguration kennzeichnen EtherCAT als Ethernet-Feldbus mit Motion-Control-Qualitäten. Kurze Zykluszeiten zusammen mit einer präzisen Synchronisation sind die Grundlage für die Verwendung des Systems in hochdynamischen Motion-Applikationen. Das bedeutet, dass mithilfe von EtherCAT innerhalb einer Applikation koordinierte Bewegungen vieler Servoachsen zeitgleich mit der Auswertung von Sensorik und der Ansteuerung von digitalen oder analogen Ausgangssignalen präzise aufeinander abgestimmt werden können.

### EtherCAT hat sich inzwischen als wichtigster Motion-Feldbus etabliert. Welche technologischen Eigenschaften waren hierfür ausschlaggebend?

**Dr. Guido Beckmann:** Das stimmt. Wir kennen inzwischen über 200 Antriebshersteller, die eine EtherCAT-Schnittstelle unterstützen. Diese Hersteller bieten bei Weitem mehr als 1.000 unterschiedliche EtherCAT-Antriebsgeräte an, die vom Anwender für seine Applikation genutzt werden können. Die harten Anforderungen der Antriebstechnik an ein Feldbusssystem lassen sich schnell aufzählen: Zykluszeit, Synchronität und Gleichzeitigkeit. Typische Werte für benötigte Zykluszeiten liegen im Bereich von 1 ms oder 500 µs, in einigen Anwendungen auch bei moderaten 2 ms (zyklische Lagevorgabe mit Lageregelung im Antrieb). In extremen Fällen werden aber auch Zykluszeiten von 62,5 µs (über den Bus geschlossener Stromregelkreis) benötigt. Während die Synchronität den zeitlichen Jitter der Abarbeitung der Funktionen in den beteiligten Teilnehmern (Antriebe und Steuerung) angibt, definiert die Gleichzeitigkeit das Maß des zeitlichen Versatzes dieser Funktionen. EtherCAT nutzt für die Synchronisationsregelung einen Ansatz, der auf sogenannten „verteilten Uhren“ basiert: Alle Teilnehmer besitzen eine eigenständige Uhr, auf Basis derer die lokalen Zyklen und Ereignisse ablaufen. Entscheidend dabei ist, dass alle Uhren gleich schnell laufen und die

**Dr. Guido Beckmann:**

„Ausgezeichnete Performance, flexible Topologie und einfache Konfiguration kennzeichnen EtherCAT als Ethernet-Feldbus mit Motion-Control-Qualitäten – durch kurze Zykluszeiten zusammen mit präziser Synchronisation auch in hochdynamischen Applikationen.“



gleiche Basiszeit besitzen. Eine im EtherCAT-Slave-Controller (ESC) integrierte Regelung stellt sicher, dass sich alle Uhren an einer Referenzuhr orientieren und unabhängig von Temperatur und Herstell-Toleranzen synchron laufen. Eine Laufzeitmessung des Signals von der Referenzuhr zu jedem synchronisierten Teilnehmer – ebenfalls vom ESC, d.h. in Hardware unterstützt – ermöglicht die notwendige Gleichzeitigkeit aller Uhren. Umfangreiche Messungen haben ergeben, dass die Abweichungen sowohl bei Synchronisation als auch bei Gleichzeitigkeit – selbst bei großen Netzwerken – deutlich unter 100 ns liegen.

### Hochleistungstechnologie sollte möglichst auch einfach nutzbar sein, was mit EtherCAT sehr gut gelungen ist. Welche Eigenschaften z. B. bei Engineering und Diagnose sind bezogen auf Motion-Anwendungen besonders vorteilhaft?

**Dr. Guido Beckmann:** Wichtige Kriterien eines Feldbusystems zur Unterstützung der Antriebstechnik sind das verwendete Kommunikationsprotokoll und -profil, die für die Kompatibilität und den effizienten Datenaustausch zwischen Steuerung und Antrieb verantwortlich sind. Das in der Antriebstechnik meistgenutzte Antriebsprofil ist das CiA402-Profil der Organisation CAN in Automation. Dieses wurde frühzeitig auf EtherCAT abgebildet (IEC 61800-7-3) und wird von nahezu allen EtherCAT-Servoantrieben unterstützt. Dadurch können diese automatisch in der Motion-Steuerung erkannt und integriert werden. Außerdem konnten so die gesamte Toolkette und vorhandene Erfahrungen

zur Parametrierung entsprechender Antriebe erhalten bleiben. Da im Gegensatz zu den klassischen Feldbussen mit EtherCAT auch sehr kurze Zykluszeiten realisierbar sind, wurden von der ETG neue Betriebsarten für

eine zyklussynchrone Übertragung von Positions-, Geschwindigkeits- oder Drehmoment-Prozessdaten in die Spezifikation eingebracht. Damit konnte die Funktionalität des Sollwert-Generators, der in den bisher komplexen Antriebsreglern integriert wurde, in die zentrale Motion-Steuerung verlagert werden. Das vereinfacht die Funktionalität der Antriebsverstärker und ermöglicht zudem die koordinierte Bewegungsführung mehrerer (gekoppelter) Antriebe in einer Maschine auf dem zentralen Motion-Controller.

### Wie wichtig sind die Einkabellösungen OCT (One Cable Technology) und EtherCAT P für den Motion-Bereich und worin liegen die konkreten Anwendungsvorteile, insbesondere mit Blick auf die EtherCAT-Technologie?

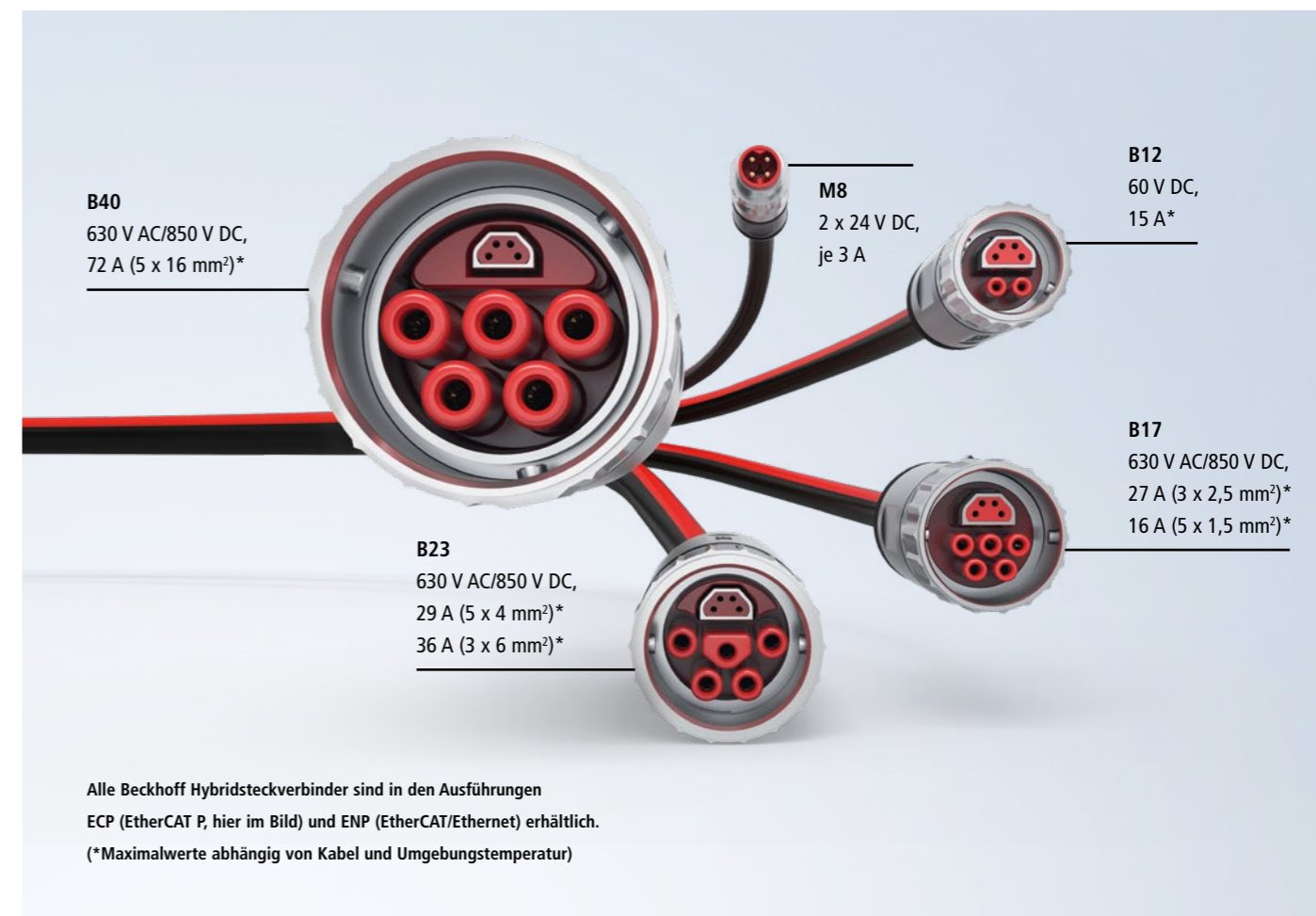
**Dr. Guido Beckmann:** Hier muss man zwei Technologien unterscheiden. Beckhoff bietet mit OCT eine innovative Anschlusslösung für Servomotoren an den Servoverstärker. Bei OCT handelt es sich um ein modifiziertes Motor-kabel, bei dem die beiden Thermokontaktdern für die Geberkommunikation verwendet werden, sodass eine zusätzliche Feedbackleitung entfällt. Andere Lösungen mit einem zusätzlichen Geberkabel oder einer Hybridkabelösung mit zusätzlichen Adern sind wesentlich schwieriger zu konfektionieren sowie teurer in der Anschaffung und in der Installation. EtherCAT P ist eine in der ETG standardisierte Technologie. Sie vereint die EtherCAT-Kommunikation und Power auf einem 4-adrigen Standard-Ethernet-Kabel. Die 24-V-DC-Versorgung

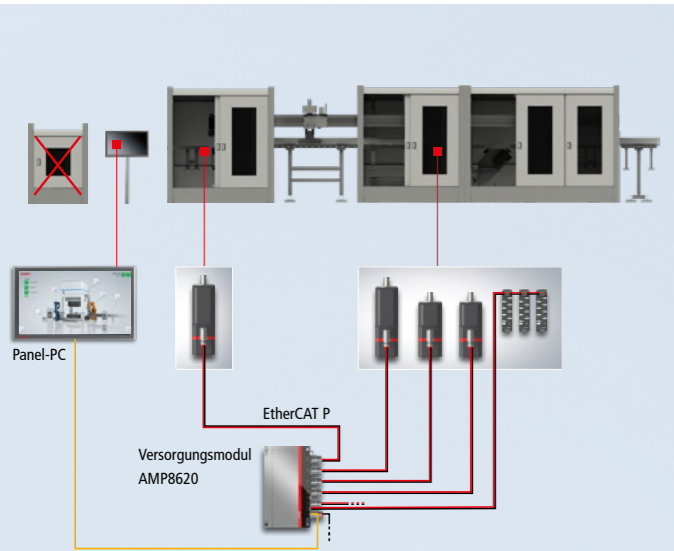
der EtherCAT P-Slaves und der angeschlossenen Sensoren und Aktoren ist integriert:  $U_s$  (System- und Sensorversorgung) und  $U_p$  (Peripheriespannung für Aktoren) sind voneinander galvanisch getrennt mit jeweils bis zu 3 A Strom für die angeschlossenen Komponenten verfügbar. Dabei bleiben alle Vorteile von EtherCAT, wie freie Topologie, hohe Geschwindigkeit, optimale Bandbreitennut-

**Dr. Guido Beckmann:**

„Die Verlagerung der Funktionalität des Sollwert-Generators in die zentrale Motion-Steuerung vereinfacht die Funktionalität der Antriebsverstärker und ermöglicht durch EtherCAT die koordinierte Bewegungsführung mehrerer (gekoppelter) Antriebe auf dem zentralen Controller.“

zung, Verarbeitung der Telegramme im Durchlauf, hochgenaue Synchronisation, umfangreiche Diagnose etc., erhalten. Für große Leistungen, wie sie auch in der Antriebstechnik benötigt werden, bietet Beckhoff zudem standardisierte Hybridleitungen mit Bajonettsteckverbindern an. Diese integrieren einen EtherCAT P-Kern mit zusätzlichen Adern zur Versorgung von Geräten vom 24-V-Sensor bis zum 600-V-Antrieb. Beide Technologien, OCT und EtherCAT P, haben den Vorteil, dass die Verdrahtung innerhalb der Maschine vereinfacht und vor allem die Anzahl der Kabel reduziert wird.





Die dezentralen Servoantriebe AMP8000 nutzen die Einkabellösung EtherCAT P und bilden damit die optimale Basis für kompakte und konsequent modularisierte Maschinen.

### Wie wichtig ist die EtherCAT-Kommunikation bei den dezentralen Motion-Lösungen AMP8000 und AMI8000?

**Dr. Guido Beckmann:** Genau hier kommen die Vorteile der EtherCAT P-Hybridkabel zum Einsatz. Bei diesen dezentralen Systemen wird das Konzept der schaltstranklosen Antriebstechnik konsequent umgesetzt. An ein dezentrales Versorgungsmodul mit einem Einspeiseport und fünf Motorabgängen können die dezentralen Motor-integrierten Servoantriebe angeschlossen werden. Kommunikation und Versorgung der Antriebe erfolgen über eine EtherCAT P-Hybridleitung. Das Ergebnis: signifikante Einsparungen in Hinsicht auf Material, Installationsraum, Kosten und Montageaufwand.

**Das Beckhoff Motion-Spektrum ist sehr vielfältig und umfasst u.a. die kompakte Antriebstechnik im Klemmenformat, die in diesem Jahr immerhin auch schon ihr 10-jähriges Jubiläum feiert. Gibt es spezifische EtherCAT-Eigenschaften, die diesem Formfaktor besonders zugutekommen?**

**Dr. Guido Beckmann:** Bei der kompakten Antriebstechnik von Beckhoff ist besonders die durchgängige EtherCAT-Kommunikation zu nennen. Die Antriebsverstärker für Servo-, DC-, BLDC- oder Schrittmotoren sind als EtherCAT-E-Busklemmen ausgeführt, d.h. sie reihen sich ein in einen I/O-Busstrang an einen EtherCAT-Koppler. Das Besondere an der EtherCAT-Technologie ist nun, dass der EtherCAT-Frame im Buskoppler nicht umgesetzt werden muss, um auf einen internen Rückwandbus weitergeleitet zu werden, sondern, dass alle E-Busklemmen einen EtherCAT-Slave-Controller enthalten und damit eigenständige EtherCAT-Geräte sind. Damit stehen auch für die kompakte Antriebstechnik alle Vorteile von EtherCAT bezüglich Performance, Synchronität und Gleichzeitigkeit zur Verfügung.

### Inwieweit profitieren die intelligenten Produkttransportsysteme XTS und XPlanar von EtherCAT?

**Dr. Guido Beckmann:** Hier ist das Stichwort: Performance. EtherCAT bietet aufgrund seines Funktionsprinzips ausreichend Bandbreite bei kleinen Zykluszeiten an. Durch den Austausch der Daten on-the-fly und der logischen Adressierung von vielen (allen) Teilnehmern in einem Frame steht die Bandbreite von 100 MBit/s nahezu zu 100 % im EtherCAT-Segment zur Verfügung, ohne die Echtzeitfähigkeit einzuschränken. Zudem können mit nur einem EtherCAT-Frame Ausgangsdaten gesetzt und gleichzeitig an derselben Stelle im Frame Eingangsdaten wieder eingelesen werden. Damit verdoppelt sich quasi die Bandbreite. Mit dem linearen Transportsystem XTS bietet Beckhoff eine Antriebslösung, bei der sich magnetisch angetriebene Mover entlang einer Fahrstrecke aus vollintegrierten Motormodulen bewegen. Die Integration von Linearmotor mit Leistungsendstufen und Positionserfassung ins Motormodul ermöglicht einen kompakten und flexiblen Aufbau von intelligenten Transportsystemen. Da jedes

**Dr. Guido Beckmann:**

„Die hervorragende Performance von EtherCAT erfüllt nahezu alle Anforderungen in unzähligen Applikationen und die 100-Mbit/s-Datenübertragung wird auch in Zukunft für fast alle Geräte der Physical Layer der Wahl bleiben.“

Motormodul eine Vielzahl an Einzelspulen und Feedback-Sensoren enthält, müssen in jedem Regelzyklus (250 µs) sehr viele Daten von der Steuerung zu jedem Modul und zurück übertragen werden – das kann nur EtherCAT leisten. XPlanar ist ein Planarmotor, der wie rotatorische Motoren aus mehreren ortsfesten, bestromten Spulen (Kacheln) und ortsveränderlichen Permanentmagneten (Movern) besteht. Im Gegensatz zu rotatorischen Motoren sind sowohl die Spulen als auch die Permanentmagneten planar – also flächig in einer Ebene – angeordnet. Die XPlanar-Kachel ist der elektrisch aktive Teil des Systems: Die Bestromung der enthaltenen Spulen lässt die Mover über den Kacheln schweben. Beim XPlanar-System ist die benötigte Bandbreite nochmals höher als bei XTS; sie überschreitet die 100 MBit/s. Daher wird hierfür die 2018 vorgestellte Technologieerweiterung EtherCAT G genutzt. EtherCAT G ist die Fortführung des EtherCAT-Erfolgsprinzips mit einer Telegrammverarbeitung im Durchlauf mit nunmehr 1 GBit/s.

**Der modulare Industrieroboter-Baukasten ATRO basiert ebenfalls auf der EtherCAT-Kommunikation. Welche Vorteile bietet diese hier sowohl beim Aufbau der Kinematik als auch beim Roboter-Betrieb?**

**Dr. Guido Beckmann:** Das neueste System im Bereich der Beckhoff Antriebstechnik ist ATRO (Automation Technology for Robotics). Dabei handelt es sich um einen modularen Industrieroboter-Baukasten, mit dem individuell und flexibel optimale Roboterstrukturen für unterschiedliche Applikationen zusammengestellt werden können. Standardisierte Motormodule mit integrierter Antriebsfunktionalität, zusammen mit Linkmodulen in unterschiedlichen Ausführungen und Längen, ermöglichen nahezu grenzenlose Kombinationen der Mechanik. Die aktiven Motormodule sind dezentrale EtherCAT-Servoantriebe. Für eine hochdynamische und dabei präzise Bewegung und Positionierung des Roboters müssen alle Motormodule in kurzen Regelzyklen von der Steuerung mit neuen Sollwerten versorgt werden. Die Qualität der synchronisierten Bewegung aller



Durchgängige EtherCAT-Kommunikation auch beim MX-System für die schaltstranklose Automatisierung – sowohl innerhalb der zugrunde liegenden Baseplate als auch bei den Funktionsmodulen, wie z.B. den neuen 48-V-/40-A-Netzteil-Modulen für die integrierten Servoantriebe AMI8100, das intelligente Transportsystem XTS und den modularen Industrieroboter ATRO.

Module ist entscheidend dafür, wie genau eine Bahn eingehalten werden kann. Durch die nahtlose Integration in die Beckhoff Architektur sind ATRO-Roboter direkt mit intelligenten Transportlösungen wie XTS und XPlanar kombinierbar. Das äußerst leistungsfähige Gesamtpaket lässt sich auf einer kompakten Maschinenkonstruktion konfigurieren, wodurch die Stellfläche minimiert wird. Alle Komponenten sind vollständig über EtherCAT synchronisiert. Hochdynamische Pick-and-Place-Anwendungen sind kein Problem – wie bei EtherCAT erfolgt die Bewegung on-the-fly.

**EtherCAT ist auch nach 20 Jahren eine innovative und zukunfts-sichere Technologie. Wie viel Potenzial steckt noch in ihr aus Sicht der Motion-Anwendungen und welche Bedeutung werden mittel- und langfristig die Technologieerweiterungen EtherCAT G bzw. G10 erreichen?**

**Dr. Guido Beckmann:** Zunächst muss ich betonen, dass EtherCAT auch nach 20 Jahren noch immer die schnellste Ethernet-basierte Kommunikationstechnologie auf dem Markt ist. Und das auch im Vergleich mit anderen Technologien, die schon auf Gigabit-Ethernet basieren. Die hervorragende Performance von EtherCAT erfüllt seit der Einführung im Jahr 2003 nahezu alle Anforderungen der Anwender in unzähligen Branchen und Applikationen. Einige spezielle Anwendungen im Bereich Machine Vision, Condition Monitoring oder auch die innovativen Transportsysteme XTS und XPlanar benötigen für jeden Teilnehmer mehrere hundert Byte Prozessdaten je Zyklus. Mit EtherCAT G können diese Anwendungen nun mit einem EtherCAT G-Master bedient und gleichzeitig weitere Automatisierungsgeräte oder Antriebe eingebunden werden. Hierbei ist sehr wichtig, die Einführung des sogenannten Branch-Konzepts zu erwähnen: Die Branch-Geräte ermöglichen die Integration von 100-MBit/s-Ethernet-Segmenten in ein EtherCAT G-Netzwerk. Dadurch bleibt die einzigartige Gerätevielfalt der EtherCAT-Welt auch bei Nutzung von EtherCAT G verfügbar, und

kein 100-Mbit/s-Gerät wird durch EtherCAT G veralten oder gar unbrauchbar. Im Gegenteil, die robuste und bewährte 100-Mbit/s-Datenübertragung wird bei EtherCAT auch in Zukunft für fast alle Geräte der Physical Layer der Wahl bleiben. Das Branch-Konzept bietet darüber hinaus noch einen weiteren wichtigen Effizienzvorteil: Jeder Abzweig wird als eigenständiges EtherCAT-Segment betrachtet – d.h. ein Telegramm durchläuft nicht alle Segmente nacheinander, sondern die Segmente an den Branch-Ports werden parallel bearbeitet. Dies verringert die Durchlaufzeiten in großen Netzwerken signifikant.

**Apropos Innovation, kann bereits die eine oder andere neue Motion-Funktionalität verraten werden, an der das EtherCAT-Team aktuell arbeitet?**

**Dr. Guido Beckmann:** Wir haben gerade die EtherCAT-Spezifikation um einen sogenannten Dynamic Processdata Channel (DPC) erweitert. Damit ist es im laufenden Betrieb möglich, temporär zyklussynchrone Prozessdaten aus einem Gerät auszulesen oder auch zu schreiben. Für die Antriebsfunktionalität lässt sich das nutzen, um in der Inbetriebnahme ein Bode-Plot aufzunehmen und damit die Reglerparameter zu optimieren.

Das Interview führte Stefan Ziegler, Editorial Management PR, Beckhoff Automation

weitere Infos unter:

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

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



Mit der Erweiterung von TwinCAT Analytics lassen sich Bilder nun auch mit den TwinCAT-Vision-Funktionen in der Engineering-Umgebung komfortabel und umfassend auswerten.

Automatische Vision-SPS-Code-Generierung mit TwinCAT Analytics

## Vision in Analytics integriert – für einfacheres Engineering und mehr Funktionalität

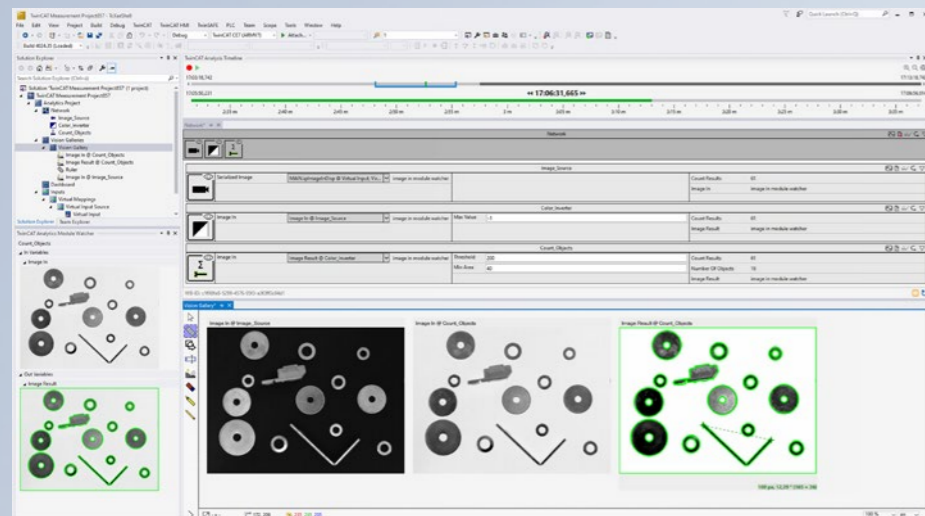
Bis vor wenigen Jahren waren Vision-Lösungen in Maschinen ausschließlich eigenständige Systeme, welche über Schnittstellen mit der tatsächlichen Maschinensteuerung kommunizierten. Die Programmierung erfolgte eher Code-lastig über die Einbindung von Vision-Bibliotheken oder über spezielle Hardware, in denen komfortabel konfiguriert werden kann. Durch die Integration der Bildverarbeitung in die Maschinensteuerung entfallen mit TwinCAT Vision bereits die Schnittstellen und die Programmierung erfolgt wie gewohnt nach IEC 61131-3. Mit einer Kombination aus TwinCAT Vision und TwinCAT Analytics werden nun beide Ansätze für ein optimales Engineering kombiniert und die Anwendungen durch eine einfache Konfiguration erleichtert.

Für sich genommen ist die Aufgabenverteilung der beiden TwinCAT-Produkte klar: TwinCAT Vision ist für die Erstellung von Bildverarbeitungsprozessen in der Maschinensteuerung gedacht. Die Konfiguration von Kameras erfolgt in einer grafischen Oberfläche und unterscheidet sich darin nicht von einer Antriebsachse. Die Bildverarbeitung selbst wird vollständig in der SPS programmiert, wofür eine sehr umfangreiche SPS-Bibliothek zur Verfügung steht. TwinCAT Analytics bietet hingegen viele verschiedene Algorithmen für die Auswertung von Prozessdaten einer Maschine, wie z.B. hochaufgelöste Schwingungen, Zustandswerte oder Positionen von Antrieben. Der große Unterschied besteht in der Nutzung der Algorithmen. Im Gegensatz zur direkten Arbeit mit SPS-Bibliotheken wird in TwinCAT Analytics rein grafisch in einem Konfigurationseditor gearbeitet. Die Algorithmen selbst basieren auf den gleichen SPS-Bibliotheken und lassen sich vom Analytics-Anwender nach Abschluss seiner Konfiguration mittels einer automatischen SPS-Code-Generierung in einem neu erstellten SPS-Projekt denkbar einfach und ohne eigene Programmierung nutzen.

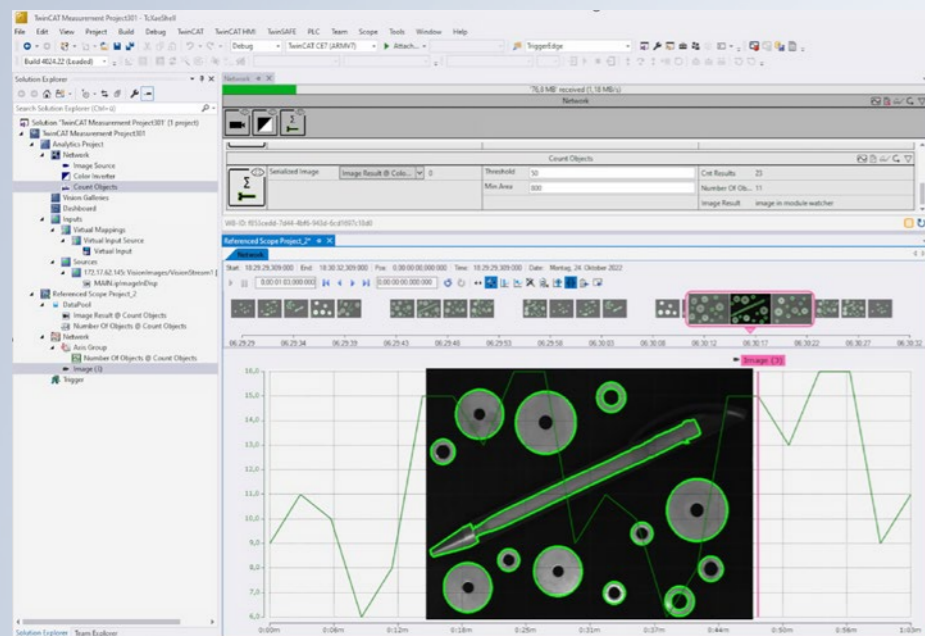
### Umfangreiche Analytics-Funktionen

TwinCAT Analytics bietet Algorithmen von ganz einfach bis komplex – von einfachen Flankenzählern, Grenzwertüberwachungen und Einhüllenden bis hin zu Spektralanalyse, Korrelationsfunktionen und Unsupervised Clustering-Verfahren aus dem Bereich des maschinellen Lernens. In Summe mehr als 150 Algorithmen für die Auswertung von Prozessdaten. Die in Netzwerken organisierten Algorithmen können individuell miteinander zu Ketten verknüpft werden, welche sich als Templates zur Wiederverwendung abspeichern lassen. Viele Anwender nutzen diese Möglichkeit sehr anwendungsbezogen, sodass man in der Algorithmen-Toolbox weitere Rubriken beispielsweise mit Maschinen-Modulen oder mechanischen Komponenten findet. Es können somit u.a. Maschinenmodulnamen wie Modul MH\_Milling\_Long3c in der Toolbox stehen, um für Servicetechniker gezielte Algorithmen für Teile der unterschiedlichen Maschinentypen zur Verfügung zu stellen. Zusammen mit dem Software-Oszilloskop TwinCAT Scope können diese Daten nicht nur grafisch einer Verarbeitung übergeben, sondern auch grafisch dargestellt werden – in zeitbasierten Line-Charts, Bar-Charts oder 3D-Charts. Er-





TwinCAT Analytics Editor mit Vision-Algorithmen, Module Watcher und Image Gallery



Vision-Bild zeitlich synchronisiert mit Prozessdaten im TwinCAT Scope

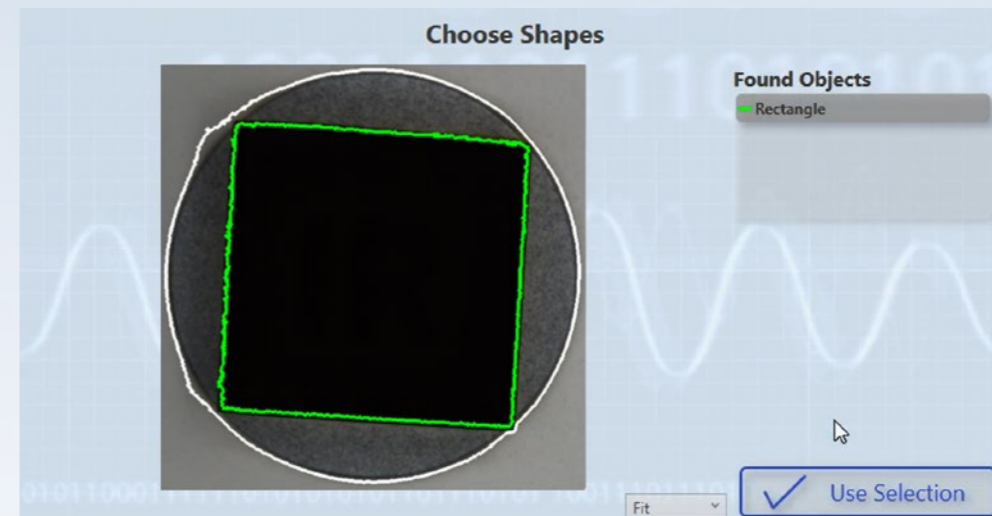
noch lange nicht Standard. Viele Anwender blicken respektvoll auf die Programmierung mit solchen Algorithmen und auf die Integration in den vorhandenen Steuerungs-Code. Zusätzlich ist es reine Zeitverschwendung, Dinge die man schon fertig konfiguriert und getestet hat, erneut programmatisch runter tippen zu müssen. Der automatisch generierte Code vermeidet somit Programmierfehler und bringt einen großen Geschwindigkeitsvorteil bei der Entwicklung. Letzteres wird besonders deutlich, wenn die Anwender nicht nur den Analyse-Code, sondern zusätzlich noch ein webbasiertes Dashboard für die Darstellung der Analyse-Ergebnisse automatisch generieren.

#### Vision-Integration mit deutlichen Vorteilen

Da Kamerasysteme immer häufiger klassische Sensorik an der Maschine ersetzen oder auch mehrere Sensoren durch ein einziges Kamerasystem zusammengefasst werden können, ist es ohnehin ein logischer Schritt, die Auswertung von Bilddaten in TwinCAT Analytics zu integrieren. Dazu kommt die Tatsache, dass der Low-Code-Ansatz von TwinCAT Analytics auch bei vielen spezialisierten Vision-Tools verbreitet ist. Was für TwinCAT Vision folglich eine ideale Ergänzung darstellt. Daher liegt es auf der Hand, die große Anzahl an Vision-Algorithmen schrittweise in TwinCAT Analytics zu integrieren. Der Vorteil ist dabei eindeutig: Für eine Vision-Applikation mit TwinCAT muss nicht mehr direkt mit der Programmierung gestartet werden. Die benötigten Algorithmen kann man bequem per Konfiguration zusammenstellen und in einem Nicht-Echtzeit-Kontext ablaufen lassen und testen. Gerade während der ersten Evaluierungsphase einer solchen Applikation müssen viele Funktionen und Parameter ausprobiert werden. Ständiges Aktivieren von Echtzeitkonfigurationen und Herunterladen von Codes können entfallen. Durch die Unabhängigkeit muss nicht erst ein Maschinenzustand so wiederhergestellt werden, dass neue Ergebnisse mit den vorherigen vergleichbar werden. Was beispielsweise bei End-of-Line-Tests, bei denen eine Ausschusserkennung realisiert werden soll, besonders nützlich ist.

Ergebnisse der Algorithmen können samt Zeitstempel in einfachen Drag-and-Drop-Aktionen mit dem Charting verknüpft werden. Dadurch lassen sich Ereignisse Maschinenzyklus-genau einsortieren und markieren. Dies gilt für Live-Daten der Maschinen, aber auch für historische Daten, bei denen beispielsweise Logical-Operatoren nach speziellen Zustandsverknüpfungen im Datenstrom suchen. Daraus ergibt sich gerade bei der Suche nach Fehlverhalten ein unglaublicher Zeitvorteil. Richtig einfach wird das Engineering jedoch durch die automatische SPS-Code-Generierung. Doch wofür wird diese überhaupt benötigt?

Grundsätzlich erlaubt es TwinCAT Analytics mit der Code-Generierung, die Analyse kontinuierlich in einer SPS-Runtime auszuführen. Dies kann die Maschinensteuerungs-Runtime selbst sein oder diejenige auf einem Remote-Gerät, welches parallel zu den Maschinensteuerungen läuft und somit von der eigentlichen Steuerung entkoppelt ist. Eine solche Entkopplung bietet den Vorteil, dass Analysen unabhängig vom Prozess immer wieder ausgetauscht und aktualisiert werden können. Insbesondere mit stetig steigender Erfahrung im Bereich der Datenanalyse ist dies ein häufiges Szenario. Des Weiteren ist die Verwendung komplexer Algorithmik auf der Maschinensteuerung selbst



Spezifisches Fenster für das Finden und Labeln von Konturen in Bildern

Vorteilhaft ist dabei, neben dem Nicht-Echtzeit-Kontext, insbesondere die zusätzliche Möglichkeit, historisierte Bild-Rohdaten immer wieder für die Optimierung der Auswertung und Parameter nutzen zu können. Die Ausgangsbilder an den Modulen der Algorithmen, wie z.B. Color- oder Median-Filter, können auf Eingänge weiterer Vision-Algorithmen wie Detect Blobs oder Read QR-Code verknüpft werden. Hat man die ideale Einstellung für ein oder mehrere Kamerasysteme gefunden, kann auf Knopfdruck der benötigte Echtzeit-SPS-Code basierend auf der TwinCAT-Vision-Bibliothek erzeugt und auf die Steuerung heruntergeladen werden. Der erzeugte SPS-Code ist transparent lesbar und objektorientiert aufgebaut. Die Strukturierung ist in Anlehnung an die zuvor konfigurierten Netzwerke realisiert, sodass man sich direkt auch in dem generierten Code zurechtfinden kann. Im Idealfall ist die Applikation damit fertig, aber auch spezifische Änderungen können jederzeit vorgenommen werden. Ein späteres Code-Compare und ein Merge sind möglich. Besonders vorteilhaft ist außerdem, dass die ausführliche Dokumentation der TwinCAT-Vision-Bibliothek genutzt werden kann, um den Vision-spezifischen Teil des generierten Codes zu verstehen. Allein diese Funktionalität vereinfacht das Engineering deutlich und spart viel Zeit und damit Engineering-Kosten.

#### Detailliertere Auswertungen per Software-Oszilloskop

Dies ist aber nicht der einzige Aspekt der Vision-Integration in TwinCAT Analytics: Auch andere Standard-Funktionen von TwinCAT Analytics sollen der Bilddatenauswertung zugutekommen. Daher ist ein Drag-and-Drop von Bilddaten in das TwinCAT Scope genauso wie bei den Prozessdaten möglich. Das Ausgangsbild eines Vision-Algorithmus wird dabei in das Scope gezogen sowie direkt in einem Cam-Chart einzeln visualisiert. Bei Bedarf kann das Bild per Maus in eines der Prozessdaten-Charts gezogen werden. Danach liegt es im Hintergrund des Charts, ein Marker mit farblicher Kennzeichnung sorgt für die Zuordnung von Prozessdatum und Bild auf der Zeitachse.

Natürlich haben auch Vision-spezifische Funktionen in TwinCAT Analytics Einzug gehalten. Ziel der kontinuierlichen Produktentwicklung ist eine Oberfläche, die den Anwender mit speziellen Elementen, die an die jeweilige Algorithmik angepasst sind, ideal zu unterstützen. Die Algorithmen sind in Analytics so



Pascal Dresselhaus, Produktmanager TwinCAT, Beckhoff Automation

standardisiert wie nötig und so individuell wie möglich implementiert. Daher werden intuitiv bedienbare Elemente umgesetzt, die beispielsweise für ein einfaches Abspeichern von gefundenen Konturen sorgen, welche später für einen Konturabgleich wieder geladen werden müssen. Andere Funktionen wie das Tool-Window für den Module Watcher sind für alle Algorithmen generalisiert. Je nach markiertem Bildverarbeitungsmodul zeigt der Watcher Eingangs- und Ausgangsbild direkt an. Die Image Gallery erlaubt dagegen individuelle Zusammenstellungen von mehreren Eingangs- und Ausgangsbildern verschiedener Algorithmen. Dabei können Bilder aus einem Stream oder Einzelbilder von der Festplatte geladen und gepinnt werden, wodurch diese sich mit aktuellen Bildern vergleichen lassen. In der Gallery sind zudem einige Standard-Funktionen wie Color-Picker, Pixel-Vermessung, Pixel-Position und Kontrast-Einstellungen möglich. Es können jedem Bild zusätzliche Shapes und Beschriftungen hinzugefügt werden. Ein so bearbeitetes Bild steht für einen Export in verschiedene Bildformate zur Verfügung.

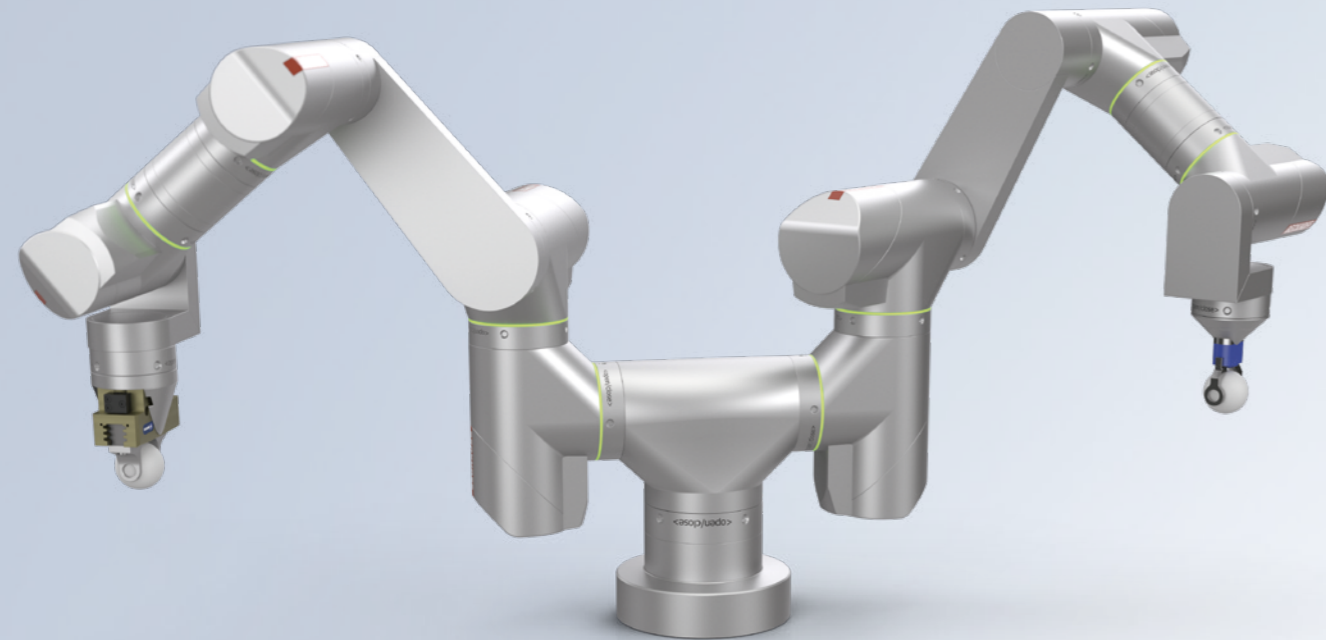
#### Kontinuierliche Weiterentwicklung

Die nächsten Entwicklungsschritte beziehen sich neben dem stufenweisen Ausbau der Algorithmik auf die automatische Generierung von Vision Controls für das webbasierte Dashboard. Das Dashboard dient dabei der dauerhaften Darstellung von Bildverarbeitungsergebnissen für unterschiedliche Nutzerrollen, welche im Analytics-Engineering definierbar sind. Aufgrund des plattformunabhängigen HTML-5-Dashboard profitieren nicht nur Experten wie Entwickler, Applikateure, Inbetriebnehmer und Servicetechniker von der kombinierten TwinCAT-Analytics-Vision-Lösung, sondern auch Maschinenbediener sowie Produktions- und Betriebsleiter. Letztere können die wichtigsten Produktionsdaten bei Bedarf ortsunabhängig und jederzeit über mobile Endgeräte aufrufen.

weitere Infos unter:

[www.beckhoff.com/twincat-analytics](http://www.beckhoff.com/twincat-analytics)

[www.beckhoff.com/twincat-vision](http://www.beckhoff.com/twincat-vision)



# ATRO

## ATRO: Modularität und Flexibilität ermöglichen auch Multiarm-Roboter

Der modulare Industrieroboter-Baukasten ATRO (Automation Technology for Robotics) von Beckhoff wurde im Jahr 2022 erstmals der Öffentlichkeit vorgestellt. Nun kommen weitere Linkmodule hinzu, mit denen die Flexibilität des ATRO-Systems nochmals erhöht wird – bis hin zum Multiarm-Roboter.

Mit den standardisierten ATRO-Motormodulen mit integrierter Antriebsfunktionalität und kombiniert mit Linkmodulen in unterschiedlichen Geometrien können vom Anwender flexibel unterschiedliche Roboterkinematiken aufgebaut werden. So entstehen genau für die jeweilige Anwendung optimierte Robotiklösungen. Durch die vollständige Integration der Robotersteuerung in die Steuerungsplattform TwinCAT mit ihren umfangreichen Automatisierungsfunktionalitäten können zudem komplette Lösungen für eine Maschine einfach umgesetzt werden.

ATRO-Linkmodule dienen als mechanisch passive Module dazu, die Kinematikstruktur bzw. den Arbeitsraum an die jeweiligen Erfordernisse anzupassen. Neu vorgestellt wurden ein T-förmiges Linkmodul mit zwei Abzweigungen sowie Linkmodule in L- und S-Form. Eine auf der automatica 2023 präsentierte Beispielapplikation zeigte auf Basis des T-Moduls eine 2-Arm-Roboterkinematik mit jeweils vier Motormodulen (= Gelenke) in den Armen. Die gemeinsame Hauptachse konnte als kontinuierlich drehende Achse und damit als bewegte Roboter-Basis genutzt werden, da im ATRO-System aufgrund der internen Medienführung alle Achsen von der Basis bis zum Endeffektor endlos drehbar ausgeführt sind. So werden die beiden Arme gleichzeitig zu unterschiedlichen Arbeitsbereichen geführt, an denen sie Werkstücke greifen, absetzen oder bearbeiten können. Die gesamte Struktur ist platzsparend und zugleich schnell und effizient, da die

sonst aufgrund der Achsbegrenzungen üblichen Rückfahrten des Roboters, in denen keine Prozessabarbeitung erfolgt, entfallen. Die Versorgung der beiden Greifer mit Druckluft oder Energie wird durch die ATRO-Interfaces der Module intern in der Struktur von der Basis-Hauptachse bis zu den beiden Endeffektoren geführt. Die neuen L- und S-förmigen Linkmodule unterstützen die Kinematik mit vier Freiheitsgraden, die z. B. für Palettieraufgaben genutzt werden können. Eine besondere Eigenschaft eines der neuen L-förmigen Linkmodule wurde in einem weiteren Messexponat demonstriert: Die Achsen dieser Roboterkonfiguration können konstruktiv nicht mit sich selbst kollidieren, wodurch die endlose Drehung aller Achsen optimal genutzt werden kann. Bei allen (anderen) Roboterkonfigurationen wird eine Eigenkollision per Software vermieden.

Eine weitere Neuerung im Beckhoff Gesamtsystem ist der Einsatz des steckbaren und modularen MX-Systems als Roboter- und Maschinensteuerung. Eine MX-System-Konfiguration aus Leistungseinspeisung, Industrie-PC, digitalen Ein-/Ausgangs- und Safety-Modulen ermöglicht den schaltschranklosen Betrieb von ATRO. Die benötigte 48-V-Spannungsversorgung und EtherCAT-Kommunikation wird dem Roboter über nur ein Hybridkabel vom neuen MX-System-Netzteil-Modul mit 40 A Ausgangsstrom bereitgestellt. Für die pneumatische Ansteuerung der Endeffektoren stehen die neuen Pneumatik-Module im MX-System bereit. So entsteht eine vollständige, kompakte und schaltschranklose Roboter-Steuerungslösung, die für zusätzliche Automatisierungsaufgaben innerhalb einer Maschine oder Zelle einfach erweitert werden kann.

weitere Infos unter:

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



## MX-System: Leistungsstarke Netzteil-Module für Motion- und Robotikanwendungen

Das MX-System ist die Antwort von Beckhoff auf die Frage nach der schaltschranklosen Maschine. Durch das Aufstecken von Funktionsmodulen auf ein Backplane-System entsteht ein wasser- und staubdichter Verbund aus Metallgehäusen, der für die Automatisierung unterschiedlichster Fertigungs-/Produktionslösungen geeignet ist. Bestandteil dieser Anlagen sind häufig 48-V-Motion-Komponenten, für die das MX-System-Portfolio nun vier Varianten eines 48-V-/40-A-Netzteils bietet.

Dem Grundprinzip des MX-Systems entsprechend werden die neuen 48-V-Netzteile auf eine Baseplate gesteckt und über die standardisierte Systemschnittstelle, ohne manuelle Verdrahtung, mit der Primärspannung versorgt. Dies kann sowohl die 3-Phasen-Netzspannung als auch die 600-V-DC-Spannung des Antriebsverbands sein. Über die zweite MX-System-Schnittstelle werden die Netzteile – wie sämtliche MX-System-Funktionsmodule – zu Teilnehmern im EtherCAT-Netzwerk. Diese Datenschnittstelle bietet zudem die Möglichkeit, die 48-V-Spannung in die Baseplate einzuspeisen. Dort können die 48 V DC wie auch die 24 V DC von den entsprechenden Funktionsmodulen verwendet werden.

Die häufigsten Anwendungsfälle für die neuen Netzteil-Module sind Motion-Applikationen. Hier bietet das Portfolio des MX-Systems bereits Funktionsmodule, welche 48 V als Leistungsspannung für Servoantriebe und Schrittmotoren bereitstellen. Entsprechende Netzteile mit 10 A und 20 A Ausgangsstrom wurden mit der Markteinführung des MX-Systems angekündigt. Während diese Module ausschließlich in die Backplane einspeisen, sind die neuen 40-A-Varianten so konzeptioniert, dass zusätzlich über Steckverbinder auf der Vorderseite des

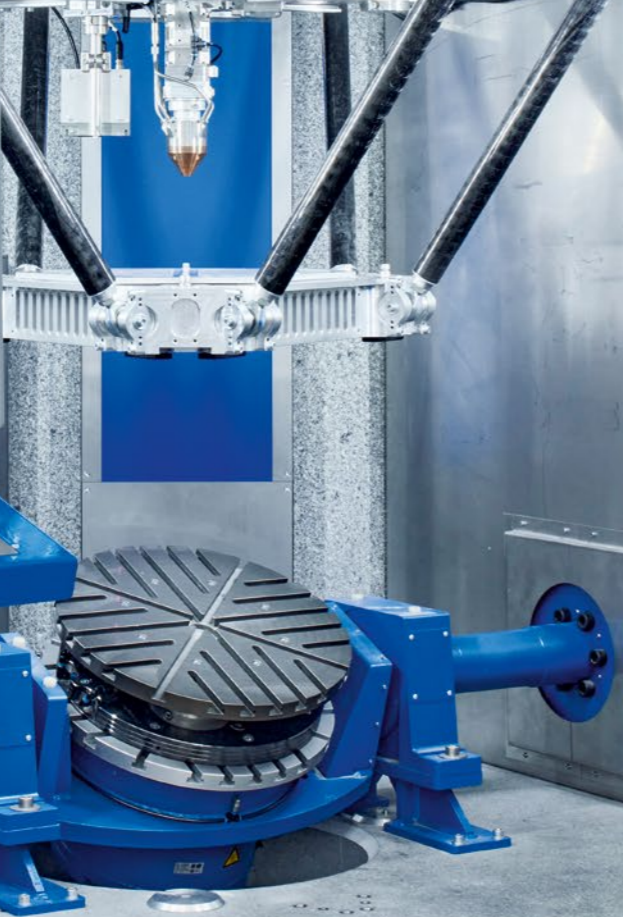
Funktionsmoduls 48-V-DC-Geräte direkt angeschlossen werden können. Zur Verfügung stehen folgende Netzteil-Ausführungen:

- eine Modul-Variante mit M12-Steckverbindern für den Anschluss von insgesamt sechs dezentralen Servoantrieben AMI8100,
- eine Ausführung mit zwei B23-Steckverbindern für den Anschluss von Einspeisesegmenten des Transportsystems XTS,
- ein Netzteil-Modul für den Anschluss eines Basismoduls des modularen Industrieroboters ATRO,
- eine Netzteil-Variante ohne Steckverbinder für den direkten Leitungsanschluss, die ausschließlich in die Backplane einspeist.

Entsprechend der normativen Anforderungen sind bei den Netzteilen für jeden ausgangsseitigen Steckplatz Maßnahmen für den Schutz der Leitungen und Kabel integriert. Es lassen sich auch mehrere Netzteile auf eine Baseplate aufstecken und parallel betreiben, um u. a. Lastspitzen an den Ausgängen auszugleichen. Über die frontseitigen Steckverbinder ist nicht nur die Spannungsversorgung der externen Geräte möglich, sondern auch der direkte Anschluss an das EtherCAT-Netzwerk. Eine weitere Besonderheit ist die Fähigkeit der Netzteile, die beispielsweise beim Abbremsen von Servomotoren entstehende generatorische Energie direkt in das Versorgungsnetz der Maschine zurückzuspeisen. Dadurch können zusätzliche externe Bremswiderstände entfallen. Wie alle MX-System-Module unterstützen auch die neuen Netzteile die Beckhoff Service App für die komfortable Diagnose der Hardware.

weitere Infos unter:

[www.beckhoff.com/mx-system](http://www.beckhoff.com/mx-system)



Laserauftragschweißen mit TwinCAT CNC

## Highspeed und Präzision softwaregesteuert im Einklang

Laserauftragschweißen kommt heute oft bei der Beschichtung rotationssymmetrischer Bauteile zum Einsatz. Mit der pE3D-Anlage erweitert die Ponticon GmbH, Wiesbaden, das Einsatzspektrum um die Beschichtung und Additive Fertigung beliebiger Geometrien. Ohne TwinCAT CNC, EtherCAT und die extreme Fast Control Technology (XFC) von Beckhoff wären die Anforderungen an die präzise Ansteuerung und Koordination von Tripod, Dreh-/Schwenktisch und Laser nur schwer zu realisieren gewesen.



Die Bahnsteuerung und Koordination aller Achsen erledigen TwinCAT und ein Schaltschrank-Industrie-PC C6930.

Die pE3D-Anlage von Ponticon ist nicht nur im Hinblick auf die möglichen industriellen Anwendungen ein echtes Schwergewicht: Aus massiven, bis zu 20 cm dicken Granitplatten aufgebaut, bringt das über 3 m hohe Grundgestell über 7 t auf die Waage. „Wer große Bauteile mit hoher Dynamik und Präzision aufbauen oder hauchdünn beschichten will, braucht eine steife Konstruktion“, erklärt Thomas Horr, Geschäftsführer von Ponticon. Konkret können auf der Anlage Bauteile bis 700 mm Durchmesser und bis zu 800 mm Höhe mit 50 bis 200 µm dünnen Materialstärken beschichtet, komplett neu aufgebaut oder repariert werden. Für letzteres Einsatzgebiet hat Ponticon kürzlich eine aus Mitteln der EU und dem Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg finanzierte Fertigungszelle inkl. pE3D-Anlage an das Institut für Produktionstechnik am KIT in Karlsruhe geliefert (s. Infobox S. 22). Mit dem von Ponticon entwickelten 3DMD-Verfahren (Dynamic Material Deposition) kann das Laserauftragschweißen erstmalig zur hochproduktiven Fertigung komplexer Bauteilgeometrien aus nahezu beliebigen Materialkombinationen genutzt werden. Dazu sind insbesondere hohe Vorschubgeschwindigkeiten bei kleinsten Abweichungen unabdingbar. Mit einer Bahngenauigkeit von wenigen Hundertstel Millimetern arbeitet die pE3D-Anlage nicht nur präzise, sondern mit bis zu 200 m/min Vorschubgeschwindigkeit und bis zu 5 g Beschleunigung laut Thomas Horr auch außerordentlich dynamisch.

Die hohe Vorschubgeschwindigkeit resultiert aus dem speziellen Aufbau: einer Parallelkinematik. Üblicherweise sind Parallelkinematiken zwar sehr schnell, aber nicht unbedingt präzise. Mit speziellen mechanischen Elementen hat Ponticon dieses Manko bei ihrem Tripod beseitigt. Die Dreh-/Schwenkeinheit als vierte und fünfte Achse sorgt für zusätzliche Flexibilität bei der Bearbeitung komplizierter Geometrien.

### Flexibilität mit Geschwindigkeit kombiniert

Zum Bearbeiten wird das Bauteil in der Standard-Betriebsart auf dem Tripod eingespannt und unter der feststehenden Lasereinheit bewegt. In der zweiten Konfiguration als 5-Achs-CNC ist dagegen der komplette Laserkopf auf dem Tripod befestigt. „Dazu nutzen wir einfach den vorher als Werkstückträger genutzten Rahmen“, erklärt Thomas Horr die clevere Lösung. Das Bauteil wird dann auf der darunterliegenden Dreh-/Schwenkeinheit eingespannt und kann zusätzlich gedreht und geneigt werden. Somit lassen sich pulverförmige Metalle und Legierungen auf beliebig geformten Oberflächen auftragen. Der Tisch wird benötigt, wenn beispielsweise die Geometrie des Werkstücks eine Umorientierung verlangt, um Überhänge oder bestimmte Winkel zu erreichen oder um rotationssymmetrische Teile aufzubauen. „Unsere schnell drehende Rotationsachse erlaubt uns auch in dieser Betriebsart Vorschubgeschwindigkeiten von bis zu 200 m/min“, so Thomas Horr.

Diese Eckdaten stellen nicht nur hohe Ansprüche an den mechanischen Aufbau. Die Steuerung muss die Dynamik der Anlage ebenso mitgehen können, besonders was die Ansteuerung der Peripheriegeräte betrifft. „Das Wichtigste sind die exakten Schaltzeitpunkte des Lasers“, stellt Thomas Horr heraus, „damit der Laser an der richtigen Position schaltet und das Material aufschmilzt.“

Mit der pE3D-Anlage kombiniert Ponticon Produktivität, Präzision und Werkstoffflexibilität beim Laserauftragschweißen.



© Beckhoff

Realistisches Szenario in einer zirkularen Produktion: Schadhafte Stellen eines Zahnrads werden exakt herausgefräst (links), per Laserauftragschweißen neu aufgebaut (rechts) und anschließend final bearbeitet.

## Laserauftragschweißen in der zirkularen Produktion

Die Laserauftragschweißanlage von Ponticon ist ein wesentlicher Bestandteil des am wbk Institut für Produktionstechnik des Karlsruher Institut für Technologie (KIT) aufgebauten Forschungsprojekts InRePro.

InRePro steht für „Inspektions- und Remanufacturingzelle mit prozess-integrierter Multi-Sensorik für einen digital-autonomen Fertigungsprozess.“ Die Aufarbeitung gebrauchter Teilsysteme und Komponenten verringert den Ressourcenverbrauch (Rohstoffe und Energie) und ermöglicht eine neue, automatisierbare und damit großserientaugliche Form der Kreislaufwirtschaft. Ziel des von der EU (REACT-EU) sowie des Landes Baden-Württemberg geförderten Projekts ist es, eine zirkuläre Produktion von Bauteilen in industriellem Maßstab zu untersuchen.

Durch die Kombination der 5-Achs-Laserauftragschweißanlage mit einem 5-Achs-Bearbeitungszentrum ist eine flexible Aufarbeitung von Komponenten realisierbar. Die in die pE3D-Anlage integrierte multi-sensorielle Prozessbeobachtung gibt während der Bearbeitung direkte Rückschlüsse auf die Fertigungsqualität. Dazu sind in den Laserkopf entsprechende Sensoren (OCT, Quotienten-Pyrometer, Weldwatcher) integriert, die eine Überwachung der Schmelzzone ermöglichen. Ein nachgeführter 3D-Laserscanner bietet darüber hinaus die Möglichkeit, das Ergebnis des Materialauftrags direkt nach dem Prozess flächig geometrisch zu vermessen. Das System ermöglicht damit erstmals eine systematische Beobachtung und Ursachenforschung bei der Entstehung prozestypischer Defekte.



Das Bauteil bestimmt die Betriebsart: Einfache Bauteile werden auf dem Tripod fixiert und unter dem feststehenden Laserkopf mit bis zu 200 m/min geführt (3-Achs-Betrieb); bei komplexen Komponenten wird der Laser auf dem Tripod und das Bauteil auf dem darunterliegenden Dreh-/Schwenktisch (5-Achs-Betrieb) eingespannt.

### Exakte Laseransteuerung über XFC

Hier setzt Ponticon auf XFC von Beckhoff, in Verbindung mit den Oversampling-Klemmen EL2262. XFC basiert auf einer optimierten Steuerungs- und Kommunikationsarchitektur, die aus einem modernen Industrie-PC, ultraschnellen I/O-Klemmen mit erweiterten Echtzeiteigenschaften, dem Highspeed-Ethernet-System EtherCAT und der Automatisierungssoftware TwinCAT besteht. Mit XFC ist es möglich, I/O-Response-Zeiten unter 100 µs zu realisieren.

Den Tripod dynamisch verfahren zu können, setzt voraus, dass sich die Achs-Sollwerte mit hoher Frequenz vorgeben lassen und die Istwerte entsprechend schnell zurückgeliefert werden. EtherCAT hat die dafür benötigte Performance. Zudem erleichtert Safety-over-EtherCAT (FSoE) die Umsetzung der Sicherheitsvorgaben.

Die Bahnregelung von Tripod und Dreh-/Schwenktisch erfolgt über TwinCAT CNC. Die Achsregler sind dazu auf maximale Dynamik getrimmt und arbeiten mit sehr geringen Schleppabständen. „In den entsprechenden Funktionsbausteinen, mit denen wir die Ansteuerung optimieren, steckt viel Entwicklungsarbeit von uns“, betont Thomas Horr.

Die Bewegungsabläufe lassen sich in G-Code programmieren bzw. aus CAD/CAM-Programmen einlesen und über das Multitouch-Control-Panel CP3924 aufrufen.

### TwinCAT CNC passt zur Anlagenkinematik

Die in TwinCAT bereits vorhandene kinematische Transformation des Tripods war ein weiteres Argument für Ponticon, PC-based Control und insbesondere TwinCAT CNC zu nutzen. So brauchten die Entwickler die Kinematik nur zu konfigurieren und hatten keinen zusätzlichen Entwicklungsaufwand.

Ganz wichtig ist Thomas Horr eine flexible und modulare Plattform: „Gerade in der Anfangsphase, wenn die Aufgabenstellung noch nicht so deutlich formulierbar ist, braucht es Flexibilität wie sie TwinCAT und das Lizenzmodell von Beckhoff bieten. Wir waren überrascht, wie schnell wir alles in Betrieb nehmen konnten. Und wenn einmal Hürden zu überwinden waren, war der Support schnell zur Stelle, etwa bei Fragen zur Implementierung der Oversampling-Klemmen. Die Zusammenarbeit mit den Experten von Beckhoff war und ist so, wie wir es uns bei der Wahl unseres Systempartners gewünscht hatten.“ Gleiches bestätigt Prof. Frederik Zanger, Institutsleiter am wbk, über die Zusammenarbeit mit Ponticon. „Das Projekt begann während einer wirtschaftlich unsicheren Phase. Niemand wusste, wie sich die Lieferzeiten der unterschiedlichen Komponenten entwickeln werden. Wir sind heute sehr froh, dass in der Zusammenarbeit mit Ponticon alles äußerst professionell ablief und reibungslos funktioniert hat.“



Thomas Horr, Geschäftsführer von Ponticon: „Die kinematische Transformation des Tripods in der TwinCAT CNC hat uns viel Entwicklungsarbeit abgenommen.“



Die Bandbreite an EtherCAT-Klemmen deckt alle Anforderungen der Anlage ab, von der Sicherheitstechnik (EL6910) über die präzise Ansteuerung des Lasers durch EtherCAT-Klemmen mit Oversampling-Funktion (EL2622) bis hin zur Integration von Sub-Systemen über PROFINET (EL6631) und PROFIBUS (EL6731).

### Technologie-Transfer auf andere Kinematik

Die Flexibilität von PC-based Control wird auch in künftigen Projekten von Nutzen sein. Denn das Laserauftragschweißen ist nicht an eine bestimmte Kinematik gebunden. „Wir sind sicher, die bisherigen Entwicklungen auf der Beckhoff Plattform auch auf andere Kinematiken portieren zu können, etwa auf einen 6-Achsroboter.“ Die entsprechenden kinematischen Modelle stehen in TwinCAT jedenfalls bereits zur Verfügung.

weitere Infos unter:

[www.ponticon.de](http://www.ponticon.de)

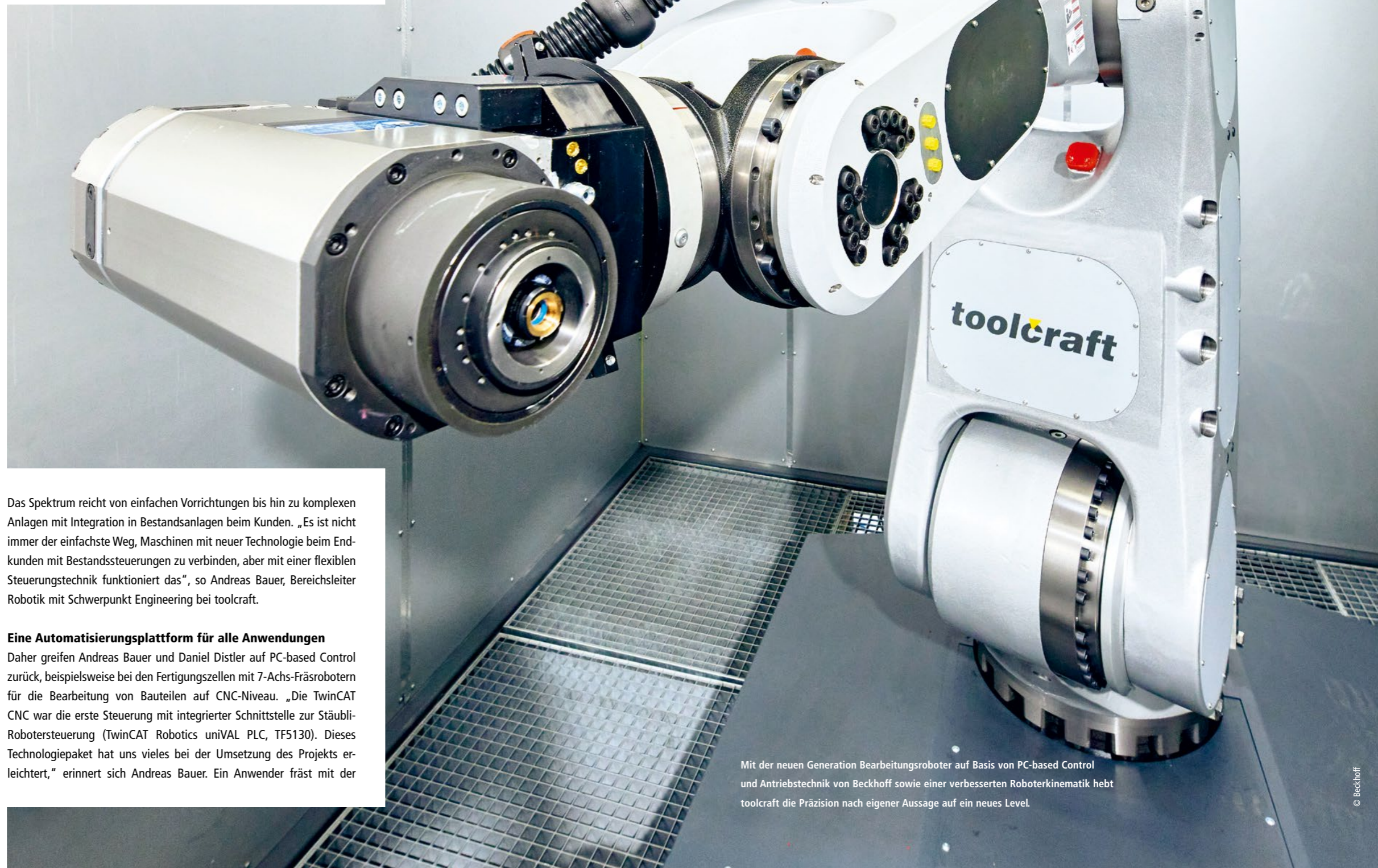
[www.wbk.kit.edu](http://www.wbk.kit.edu)

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

TwinCAT CNC und Antriebstechnik in der Zerspanungstechnik

## Präzise Teilebearbeitung mit CNC-Roboter

Wer behauptet, mit Knickarm-Robotern könne man harte Materialien nicht präzise bearbeiten, den belehrt toolcraft eines Besseren: Daniel Distler und Andreas Bauer realisieren mit der TwinCAT CNC und PC-based Control von Beckhoff Roboter-Zellen für die präzise Bearbeitung von Bauteilen – unter anderem massive Blöcke aus Siliziumkarbid und Grauguss.



Bei toolcraft weiß man genau, was die verarbeitende Industrie braucht, welche Verfahren und Technologien in der Praxis funktionieren und welche nicht. Denn toolcraft fertigt nicht nur im Kundenauftrag mit inzwischen 60 CNC-Maschinen, sondern konzipiert, plant und erstellt schlüsselfertige Produktionsanlagen für Unternehmen in unterschiedlichen Branchen.

1989 als Lohnfertiger gestartet kamen nach und nach weitere Kompetenzen in verschiedenen Fertigungstechnologien dazu, 2005 im Bereich Spritzguss- und Formenbau gefolgt von additiven Fertigungstechnologien im Jahr 2011. 2015 folgte die Robotik als vorerst jüngste Technologiesparte bei toolcraft. „Egal in welcher Technologie wir uns bewegen, wir wollen immer die Kompetenz haben, um Komplettlösungen anbieten zu können“, erklärt Daniel Distler, Bereichsleiter Robotik mit Schwerpunkt Vertrieb und Personal.

Das Spektrum reicht von einfachen Vorrichtungen bis hin zu komplexen Anlagen mit Integration in Bestandsanlagen beim Kunden. „Es ist nicht immer der einfachste Weg, Maschinen mit neuer Technologie beim Endkunden mit Bestandssteuerungen zu verbinden, aber mit einer flexiblen Steuerungstechnik funktioniert das“, so Andreas Bauer, Bereichsleiter Robotik mit Schwerpunkt Engineering bei toolcraft.

### Eine Automatisierungsplattform für alle Anwendungen

Daher greifen Andreas Bauer und Daniel Distler auf PC-based Control zurück, beispielsweise bei den Fertigungszellen mit 7-Achs-Fräsrobotern für die Bearbeitung von Bauteilen auf CNC-Niveau. „Die TwinCAT CNC war die erste Steuerung mit integrierter Schnittstelle zur Stäubli-Robotersteuerung (TwinCAT Robotics uniVAL PLC, TF5130). Dieses Technologiepaket hat uns vieles bei der Umsetzung des Projekts erleichtert,“ erinnert sich Andreas Bauer. Ein Anwender fräst mit der

Mit der neuen Generation Bearbeitungsroboter auf Basis von PC-based Control und Antriebstechnik von Beckhoff sowie einer verbesserten Roboterkinematik hebt toolcraft die Präzision nach eigener Aussage auf ein neues Level.

von toolcraft konzipierten Bearbeitungszelle inzwischen Grundgestelle für die Wafer-Produktion aus großen Siliziumcarbit- und Graugussblöcken. „Hier setzte toolcraft bereits unsere TwinCAT CNC ein“, ergänzt Alexander Klos, Vertrieb, Beckhoff Niederlassung Nürnberg.

Anfangs bearbeitete der Kunde die Blöcke noch mit klassischen 5-Achs-CNC-Maschinen. Doch beim Fräsen des harten Materials entsteht feinsten Staub, der in jede Fuge, Linearführung und in jedes Lager eindringt und in kurzer Zeit massive Probleme verursacht. Die CNC-Maschinen waren schnell zerschissen und erforderten eine Generalüberholung. „Wir wussten, dass wir mit der TwinCAT CNC die geforderte Genauigkeit von 2/10 mm in einem Bearbeitungsbereich von bis zu 1 m<sup>3</sup> erreichen, die Stäubli-Roboter abdichten und mit Überdruck beaufschlagen können,“ betont Daniel Distler. Dieses Know-how stammt aus unterschiedlichen Projekten, bei denen z.B. Roboter komplett zerlegt und so abgedichtet wurden, dass sie selbst in Wassertiefen von bis zu 20 m noch zuverlässig funktionieren.



Bedienung bzw. Bahnplanung erfolgen auf dem kundenspezifischen Multitouch-Control Panel CP3921 wie bei einer 5-Achs-CNC in G-Code.



Das Multiachs-Servosystem AX8000 regelt in Kombination mit dem Servoverstärker AX5000 (unten links) die Hochleistungsspindel und die in den Achsen des CNC-Roboters eingebauten Servoantriebe.



Die komplette Steuerung und Überwachung des Prototyps läuft auf einem Embedded-PC CX2040 (unten links) mit Intel®-Core™-i7- CPU und vier Prozessorkernen.



Im Roboter sorgen Beckhoff-Servomotoren AM8000 zusammen mit den an- und abtriebsseitigen Encodern für exakte Bewegungen.

Die beiden Bereichsleiter Robotik von toolcraft, Andreas Bauer (Engineering) und Daniel Distler (Vertrieb und Personal), zusammen mit Alexander Klos von der Beckhoff-Niederlassung Nürnberg (v.l.n.r.)



### CNC-Roboter der nächsten Generation

Das Potenzial von Robotern in der Teilebearbeitung ist sehr groß, aber wo den Schwerpunkt legen? „Wir haben lange überlegt, wohin wir beim Roboterfräsen wollen und dann natürlich wie“, erklärt Daniel Distler. Ziel war nicht nur, die Qualität der Bearbeitung weiter zu steigern und auf ein neues Level zu heben. Zusätzlich darf sich für Anwender bei der Erstellung der Bearbeitungsprogramme nichts ändern. Bei Projektstart 2018 wurden in einem „Best of breed-Ansatz“ alle Bestandteile einer Bearbeitungszelle unter die Lupe genommen: Roboter, Drehtisch, Werkzeugwechsler, Frässpindel und natürlich die Steuerungstechnik. Andreas Bauer: „Aus unserer Expertise der letzten acht Jahre kennen wir die Stärken und Schwächen der verschiedenen Kinematiken und Konstruktionen genau.“ Dieses Know-how wurde genutzt, um zusammen mit einem Roboteranbieter eine Kinematik zu entwickeln, welche Steifigkeit, Staub-/Wasserdichtigkeit, Traglast und Reichweite steigert.

Das Ergebnis ist die aktuelle Konfiguration einer Bearbeitungszelle mit Highend-CNC-Roboter auf Basis einer neuen Kinematik. „Bei der neuen Generation setzt toolcraft zusätzlich zu TwinCAT CNC auch die Servoverstärker und Servomotoren von Beckhoff ein“, ergänzt Alexander Klos. Der Roboter wurde an allen Achsen mit doppelt gelagerten Getrieben und Encodern auf der An- und Abtriebsseite ausgerüstet. Zudem wurde die Spindelaufnahme modifiziert. Die steuerungstechnische Basis des Fräsroboters bildet der leistungsstarke Embedded-PC CX2040 in Kombination mit dem CNC-Multitouch-Control-Panel CP3921-1502-0010, welches über CP-Link 4 mit nur einer Ethernet-Leitung (Cat.6A) mit dem Embedded-PC verbunden ist. Die Servoantriebe AM8000 und das Multiachs-Servosystem AX8000 sowie TwinCAT CNC runden das System ab. Weitere positive Nebeneffekte des neuen Aufbaus: Innenliegende Schlauchpakete vereinfachen das Handling. Zudem entfällt die separate Robotersteuerung, was Platz im Schaltschrank schafft und die Komplexität des Projekts reduziert.

### Problemlose Umstellung der Antriebstechnik

„Obwohl toolcraft mit TwinCAT CNC und TwinCAT Robotics uniVAL PLC gestartet ist, war der Wechsel auf einen weiteren Robotertyp mit anderer Mechanik, Kinematik und unserer Antriebs- und Servoverstärkertechnik schnell möglich,“ stellt Alexander Klos zwei wichtige Eigenschaften von PC-based Control heraus: Offenheit und Flexibilität. Beispielsweise konnten die an- und abtriebsseitigen

Encoder der Roboterachsen ohne Probleme in die Funktionsbausteine der Achsregler integriert werden. Und mit dem durchgängigen Beckhoff Portfolio, von der CNC über die Servoverstärker bis hin zu den Motoren, gewinnt toolcraft ganz andere Optimierungsmöglichkeiten. „Der direkte Zugriff auf alle Parameter und Prozesseinstellungen hat einen hohen Anteil an der nochmals verbesserten Präzision“, so Andreas Bauer. Beispielsweise wurde über die abtriebsseitigen Encoder und passende Regelalgorithmen die geringe, aber immer noch vorhandene Hysterese der Getriebe weiter kompensiert. Auch bei hohen Kräfteinwirkungen, z.B. beim massiven Fräsen oder abhängig von der Position des Tool Center Points (TCP) im Arbeitsraum, werden die Achsen schnell und präzise nachgeführt. „Und die Integration von Mess- und Kalibrierzyklen sorgt für gleichbleibende Eigenschaften“, ergänzt Daniel Distler.

Flexibel bleibt toolcraft auch bei der Wahl der Feedbacksysteme und dem Einsatz anderer Technologien: Die Servoverstärker unterstützen viele Geberschnittstellen und über EtherCAT stehen zusätzliche Optionen zur Verfügung. „Wir denken immer voraus und überlegen, Kamerasysteme für die Erfassung und das automatische Einlegen der Bauteile zu integrieren“, so Andreas Bauer.

### Postprozessoren und Koordinatentransformation inklusive

Eine funktionierende Prozesskette von der CAD-Zeichnung bis zum Bearbeitungsprogramm ist für Fertigungsbetriebe sehr wichtig. Dazu Daniel Distler: „Unser Ansatz ist, Anwendern die Angst vor der Bedienung und Programmierung der Roboter zu nehmen, gleichzeitig aber mehr Freiheitsgrade bei der Bearbeitung zur Verfügung zu stellen.“ Auch dabei hilft PC-based Control: Postprozessoren und die Koordinatentransformation laufen auf dem Embedded-PC parallel zur Bahnsteuerung des CNC-Roboters. Deshalb lassen sich die Bearbeitungsprogramme wie gewohnt in G-Code programmieren und aus den üblichen CAD/CAM-Programmen generieren. Daniel Distler erläutert hierzu: „Wir wollen, dass der Roboter mit der CAM-Software des Anwenders einwandfrei zusammenarbeitet.“ Mit PC-based Control steht toolcraft auch dafür eine flexible Steuerungsplattform zur Verfügung.

weitere Infos unter:

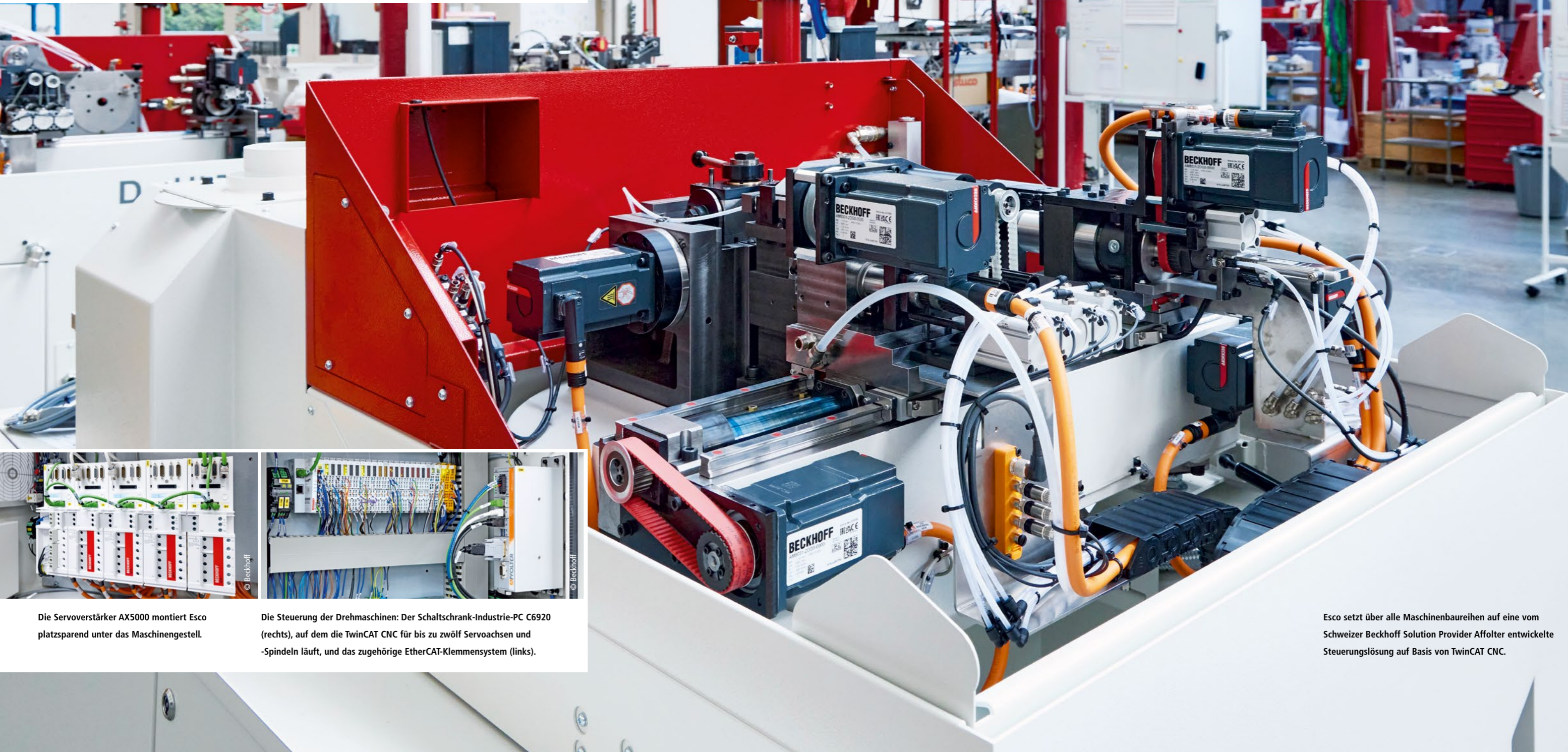
[www.toolcraft.de](http://www.toolcraft.de)

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

Präzise Bearbeitung von Kleinteilen mit TwinCAT CNC

## Offen und flexibel – bis in den Kern

Große Teile präzise zu fertigen, ist schon nicht leicht. Aber wie kleinste Komponenten, etwa Zahnräder und Schrauben für die Uhrenindustrie oder Kontaktstifte für Steckverbinder, mikrometernau und in hohen Stückzahlen produzieren? Die Schweizer Unternehmen Esco und Affolter realisieren das bei ihren CNC-Maschinen mit TwinCAT CNC und Servoantriebstechnik von Beckhoff.



Die Servoverstärker AX5000 montiert Esco platzsparend unter das Maschinengestell.

Die Steuerung der Drehmaschinen: Der Schaltschrank-Industrie-PC C6920 (rechts), auf dem die TwinCAT CNC für bis zu zwölf Servoachsen und -Spindeln läuft, und das zugehörige EtherCAT-Klemmsystem (links).

Esco setzt über alle Maschinenbaureihen auf eine vom Schweizer Beckhoff Solution Provider Affolter entwickelte Steuerungslösung auf Basis von TwinCAT CNC.



© Beckhoff



© Beckhoff

Andere CNC-Maschine, gleicher Steuerungskern: Affolter synchronisiert in den eigenen Bearbeitungsmaschinen drei Highspeed-Spindeln mit PC-based Control von Beckhoff.

Im sogenannten Watch Valley, einer Region zwischen Basel und Genf, hat sich über mehrere Jahrhunderte ein Ökosystem rund um die Uhrenindustrie und kleinste Präzisionsbauteile für mikromechanische Geräte entwickelt. Ein wichtiger Teil dieses Kosmos sind Maschinenbauer wie Esco SA in Les Geneveys-sur-Coffrane und die Affolter Group SA in Malleray. Auf deren CNC-Maschinen werden kleinste Zahnräder, Schrauben, Wellen und andere Komponenten mit höchster Präzision gefertigt – und praktisch der Grundstein für die berühmte Präzision Schweizer Uhrwerke gelegt.

Esco ist spezialisiert auf Drehmaschinen für die Herstellung von Teilen mit hoher Präzision und einwandfreier Qualität in mittleren und großen Stückzahlen. Neben dem Drehen als Hauptprozess haben die Maschinen zusätzliche Bearbeitungsfunktionen. Daher lassen sich auf den kompakten Maschinen auch komplexe Teile fertigen.

#### Stehendes Material und rotierende Werkzeuge

Gegenüber konventionellen Drehautomaten kennzeichnet die Esco-Maschinen ein individuelles Funktionsprinzip: stehendes Material – rotierende Werkzeuge. Daher können die Maschinen Ring- oder Stangenmaterial vollautomatisch und ohne Unterbrechungen bearbeiten. „Zudem bietet die Nähe der Werkzeuge zum Werkstück Vorteile bezüglich Produktionsrate und Oberflächenqualität“, stellt

Die Bandbreite an Zahnrädern, die auf den verschiedenen CNC-Maschinen von Affolter gefertigt werden können, ist äußerst groß.

Vincent Fankhauser, Vertriebsleiter bei Esco heraus. Die Grundlage für die Präzision und kurzen Bearbeitungszeiten bildet die mit bis zu 12.000 Umdrehungen rotierende Spindel.

Esco setzt bei der Automatisierung seiner Maschinen seit Anfang 2020 auf PC-based Control und damit auch auf TwinCAT 3 von Beckhoff. „Steuerung und Antriebstechnik der bisherigen Lieferanten waren am Ende ihres Lebenszyklus und wir brauchten eine zukunftsfähige CNC, die sich für unsere verschiedenen Baureihen leicht konfigurieren lässt“, so Vincent Fankhauser.

Hier kommt der Beckhoff Solution Provider Affolter ins Spiel. Das Unternehmen fertigt selbst Verzahnungsmaschinen und produziert als Lohnfertiger auf rund 350 Maschinen filigrane Teile für die Uhrenindustrie und andere Branchen. Geschäftsführer Vincent Affolter: „Wir waren immer stolz auf unsere eigene Steuerungslösung, die wir für unsere Maschinen selbst entwickelt haben und die Elektronik dann fertigen ließen.“ Zentrale Komponente der Steuerung war ein FPGA, das sämtliche Sollwerte für alle Achsen parallel im Bereich von Mikrosekunden berechnete. Doch mit dem Auslaufen der Verfügbarkeit der Elektronikkomponenten konnte Affolter seine Steuerung nicht mehr pflegen, geschweige denn weiterentwickeln und zusätzliche Anforderungen wie eine IT-Anbindung integrieren. Zum Glück für Affolter nahm die Performance der PC-Technologien rasant zu.

#### Vom FPGA zur offenen Steuerungsplattform

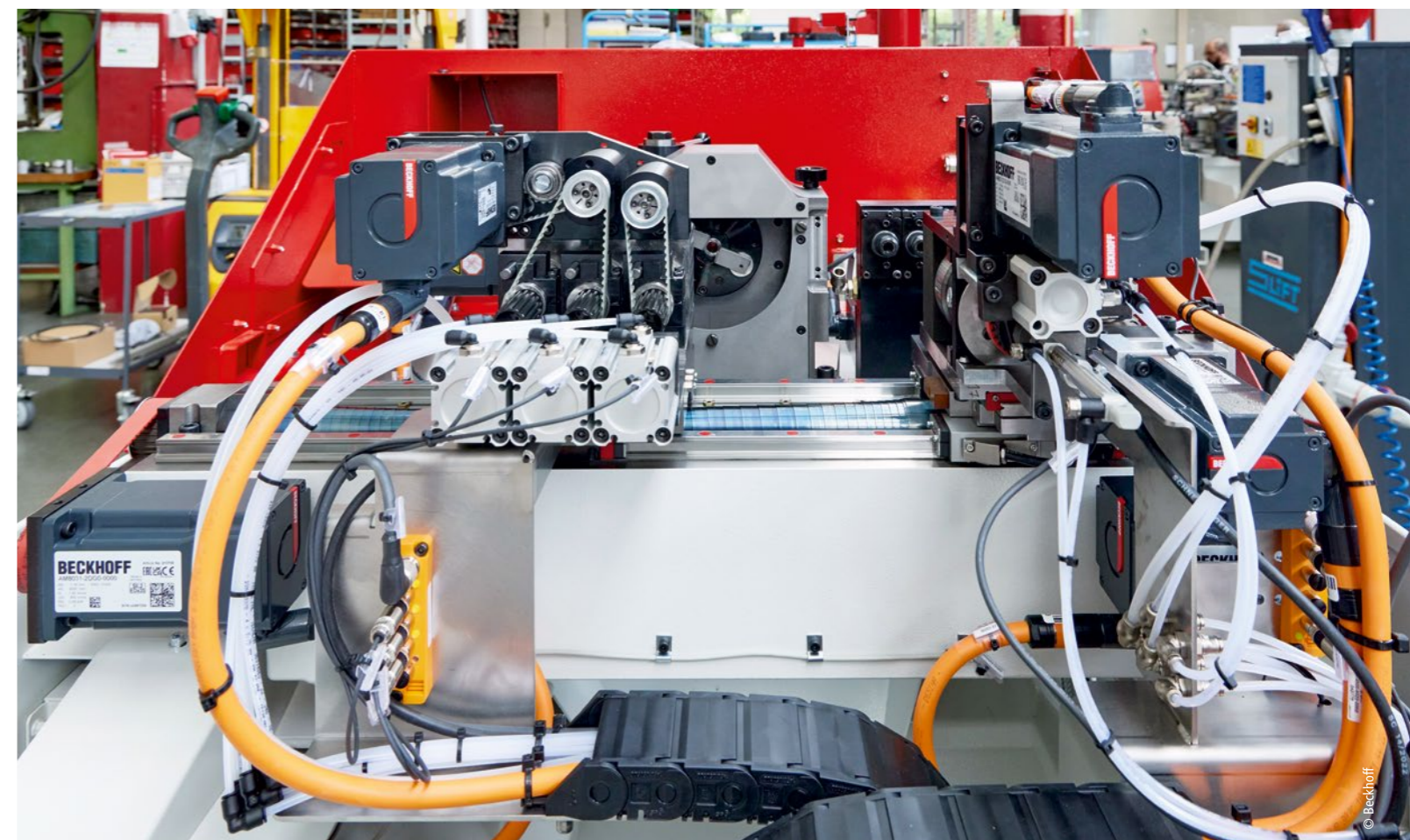
„Bei der Analyse möglicher Steuerungslieferanten im Jahr 2016 sind wir schnell bei Beckhoff fündig geworden und haben mit PC-based Control erste Tests begonnen“, so Vincent Affolter. Eine seiner Prämissen war:

Die Flexibilität für eigene Innovationen bewahren, ohne selbst nochmals Hardware zu entwickeln. „Dies ist mit der offenen Steuerungsplattform von Beckhoff gegeben“, ergänzt Philippe Abt, Vertrieb, Beckhoff Schweiz. Inzwischen bilden PC-based Control und TwinCAT CNC die Basis für eine Steuerungsplattform, die Vincent Affolter in den eigenen CNC-Maschinen einsetzt und Maschinenbauern wie Esco als Beckhoff Solution Provider zur Verfügung stellt.

Bei der Anpassung der CNC-Lösung an die Esco-Maschinen zeigte sich die Flexibilität von PC-based Control: Aufgrund des geforderten Maschinentakts durfte bei der Berechnung der CNC-Tasks keine Zeit vergeudet werden. „Die von Esco geforderten kurzen Zykluszeiten konnten dank der modularen Systemarchitektur von TwinCAT CNC durch entsprechende Konfiguration erreicht werden“, erinnert sich Philippe Abt. Um die Rechenzeiten der Tasks zu reduzieren, wurden nicht benötigte Funktionen entfernt. „Das für uns Entscheidende ist, dass wir dabei von Anfang an immer Unterstützung bekommen haben, zusammen mit Beckhoff Lösungen gefunden und umgesetzt haben. Das ist keine Selbstverständlichkeit“, stellt Vincent Affolter heraus.

#### PC-based Control passt für alle Baureihen

Das gemeinsam angepasste Steuerungskonzept auf Basis von TwinCAT 3 und einem Schaltschrank-Industrie-PC C6920 funktioniert in allen Maschinenbaurei-



© Beckhoff

Mit der OCT-Antriebstechnik von Beckhoff löst Esco viele Probleme, angefangen bei der Installation und dem Platzgewinn in den Maschinen bis hin zur Performance.

hen von Esco und bildet die Grundlage für die langfristige und sichere Migration aller CNC-Maschinen auf PC-based Control. Insgesamt hat Esco seit 2020 bereits rund 150 Maschinen mit der TwinCAT-CNC-basierten Steuerungstechnik in unterschiedlichen Konfigurationen ausgeliefert. Dazu Vincent Fankhauser: „Wir sind jetzt viel flexibler und können aus dem gesamten Portfolio genau die benötigte Rechenleistung und Antriebskonfiguration zusammenstellen, inklusive Safety.“ Bei einer Escomatic D6 Twin sind beispielsweise zwölf Servoachsen zu regeln und drei CNC-Kanäle zu berechnen.

Die One Cable Technology (OCT) der eingesetzten Antriebstechnik (Servoverstärker AX5000 und Servomotoren AM8000) spart dabei Platz im Schaltschrank und in der Maschine, weil nur noch eine, noch dazu dünnere Motorleitung verlegt werden muss. Auch das Thema Signalstörungen bei den Feedbacksystemen sei seit der Umstellung auf OCT vom Tisch.

Aktuell arbeiten Affolter und Esco daran, eine Werkzeugüberwachung und die Inline-Qualitätskontrolle zu integrieren. Auf der Roadmap stehen ebenso die Anbindung ihrer CNC-Maschinen an MES- und ERP-Systeme über umati (universal machine technology interface) und OPC UA. Mit PC-based Control als offenes und modulares Steuerungssystem wird auch das gelingen.



© Beckhoff

Beckhoff Solution Provider Vincent Affolter, Esco-Vertriebsleiter Vincent Fankhauser und Beckhoff Mitarbeiter Philippe Abt im Technikum von Esco (v.l.n.r.).

weitere Infos unter:

<https://escomatic.ch>

[www.affoltergroup.ch/de](http://www.affoltergroup.ch/de)

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





Modulares Engineering mit TwinCAT bei einer Rohrschweißanlage für Kesselsysteme

## Produktionsgeschwindigkeit bei automatisiertem Schweißsystem nahezu verdreifacht

Pipe Titan ist die neueste Roboterschweißanlage von LJ Welding Automation. Die integrierte PC-basierte Steuerungstechnik von Beckhoff erleichterte die Implementierung einer modularen Systemarchitektur. Diese bietet viel Flexibilität für wechselnde Produktionsprozesse im voll- und halbautomatischen Schweißbetrieb. Kesselsystemhersteller Cleaver-Brooks profitiert davon durch eine Erhöhung von Durchsatz, Qualität und Sicherheit beim Hochleistungs-Rohrschweißen.

Dean Jacobs, Leiter der Automatisierungstechnik bei LJ Welding Automation aus Edmonton, Alberta, kann die Welt der Schweißtechnik mit einem Wort beschreiben: anbauen. „Hier wird ein Subsystem angebaut und da noch eins“, so Dean Jacobs. „Und dann braucht eine Schweißzelle schnell mal sieben Schalttafeln und eine massive Stromschiene, um alles zu versorgen.“ Das Patchwork-Prinzip sei aus der Notwendigkeit heraus entstanden; aber da sich die Technik weiterentwickelt habe und Endanwender immer häufiger nach modularen Lösungen verlangten, sei der Aufwand für den Bau und die Wartung solcher Systeme nicht mehr vertretbar.

Dagegen erkannte LJ Welding schon früh, dass ein integrierter Ansatz nicht nur für ein aufgeräumtes Erscheinungsbild sorgt, sondern auch für ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal am Markt. Das Unternehmen verfügt über ein umfassendes Lösungsangebot für das Schweißen und ist auf Manipulatoren für das Unterpulverschweißen spezialisiert. Es beliefert Kunden in mehr als 50 Ländern und unterschiedlichsten Branchen. Tim Robinson, stellvertretender Leiter der Produktentwicklung, sagt: „In den letzten 17 Jahren sind wir schnell gewachsen und bieten jetzt Hunderte von Produkten sowie viele kunden- und

applikationsspezifische Lösungen. Wir können auch mehrere Module verbinden und schlüsselfertige Komplettanlagen bereitstellen.“

Das neue Rohrschweißsystem Pipe Titan ist solch ein Bearbeitungszentrum, das für Rohre mit einem Durchmesser von 2 bis 24 Zoll ausgelegt ist. Eine der ersten Pipe-Titan-Anlagen wurde für das Hochleistungs-Rohrschweißen bei Cleaver-Brooks in Stratford, Ontario, implementiert. EtherCAT- und PC-basierte Steuerungstechnologien von Beckhoff halfen, die gesamte Funktionalität in einer

Die modulare Architektur der Rohrschweißanlage Pipe Titan integriert ein vorhandenes Schweißgerät inkl. Rezepturmanagement mit zwei im voll- sowie halbautomatischen Betrieb nutzbaren Schweißpositionierern zu einem produktivitätssteigernden Bearbeitungszentrum.

zentralen Steuerungsarchitektur zu konsolidieren und eine flexible, vollständig integrierte Lösung bereitzustellen.

### Schweißen als Kernkompetenz bei der Kesselherstellung

Cleaver-Brooks ist ein weltweit aktiver Anbieter von Kesselraumlösungen mit dem Fokus auf der Reduzierung von Energieverbrauch, Kosten und Umweltbelastung. Aus dem Pionier für eingehauste Feuer- und Wasserrohrkessel entstand ein führender Anbieter vollintegrierter Kesselraumlösungen für Anwendungen

Das Rohrschweißsystem Pipe Titan von LJ Welding ist ein schlüsselfertiges Bearbeitungszentrum für Rohre mit einem Durchmesser von 2 bis 24 Zoll. Bei Cleaver-Brooks dient es zur Herstellung von Rohrleitungen für robuste, lecksichere Kesselsysteme.

jeder Größe. Laut Joel McLeod, Spezialist für Schweißtechnik bei Cleaver-Brooks, waren die Anforderungen an Pipe Titan eine Kostenreduzierung, Qualitätsverbesserung, Produktivitätssteigerung und Erhöhung der Sicherheit.

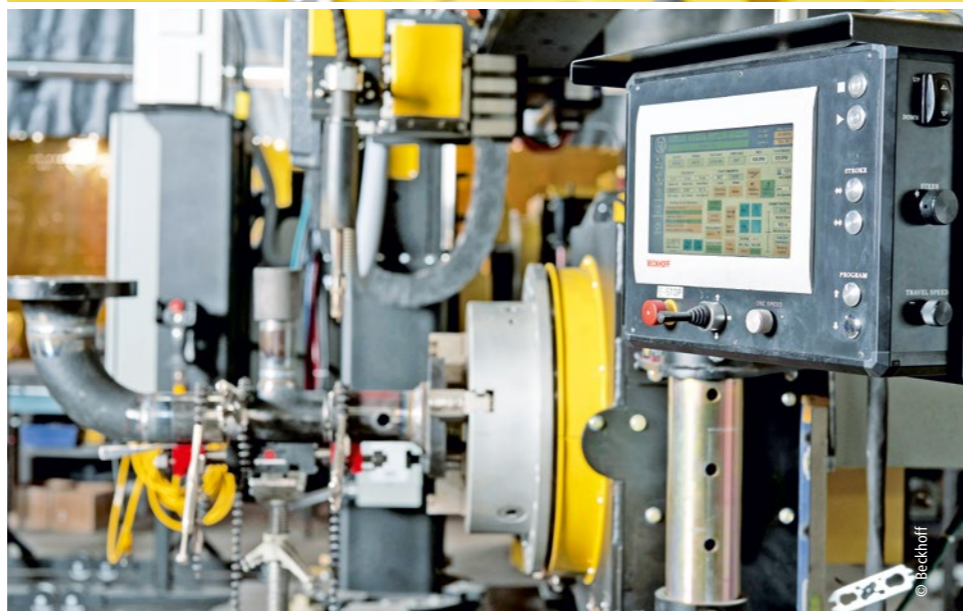
„Schweißen ist für Cleaver-Brooks eine Kernkompetenz, weil sie dazu beiträgt, die strukturelle Integrität und damit die Zuverlässigkeit unserer Kesselraumprodukte und -systeme sicherzustellen“, erklärt Joel McLeod. „In der Produktion setzen wir für die Montage und Verbindung der verschiedenen Metallkomponenten unterschiedliche Schweißverfahren ein, damit robuste und lecksichere Kesselsysteme entstehen.“

Die Aufgabe für LJ Welding war die Verbindung des Schweißprozesses mit hochdeterministischer Steuerung innerhalb einer übersichtlichen, modularen Systemarchitektur. Außerdem galt es, ein Highend-Schweißgerät von EWM zu integrieren, so Dean Jacobs. Dieses Schweißgerät begrenzt die Hitzeentwicklung im Werkstück durch hochspezifische Programme, um Verformung und Korrosion in Druckrohrleitungen zu minimieren. Für ein gleichbleibend gutes Schweißergebnis musste die neue Anlage daher mit dem vorhandenen Rezepturmanagement zusammenarbeiten.

#### PC-basierte Steuerung unterstützt Plattformgedanken

Wie schon in der Vergangenheit wandte sich Dean Jacobs an Beckhoff, um die Projektherausforderungen zu bewältigen. „Als ich vor einem Jahrzehnt bei LJ anfang, gab es dort keine Automatisierungsplattformen“, sagt er. „Ein großer Vorteil der PC-basierten Steuerung war und ist aber die Möglichkeit, Technologien von Drittanbietern auf einer zentralen Plattform zu integrieren.“

Im Pipe Titan dient ein Economy-Einbau-Panel-PC CP6700 als zentrale Maschinensteuerung. Das Gerät vereint einen 10,1-Zoll-Touchscreen für die Bedienung mit einer Intel-Atom®-CPU für die Steuerung. Das Schweißzentrum verfügt über zwei separate Manipulatoren für die Rotation des Werkstücks mit je einem Embedded-PC der CX-Serie als Controller. „Beide Positionierer verfügen über



Mitte: Ein Panel-PC CP6700 kombiniert die CPU für die Hauptsteuerung des Bearbeitungszentrums mit einem 10,1-Zoll-Touchscreen als Bedienoberfläche.

Unten: In den Positionierern sorgen Servomotoren der Serie AM8100 für eine hochpräzise Rotation der Rohre und damit für exakte Schweißnähte.

eine eigene Steuerung für einfache ein- oder zweiachsige Anwendungen zum Drehen des Rohres, zusammen mit Sicherheitsfunktionen und einem HMI-Server. Auf diese Weise können wir sie bei Bedarf unabhängig voneinander betreiben“, sagt Dean Jacobs. „Man kann einen Positionierer einfach ausstecken, ihn auf die andere Seite der Anlage bringen und dort nutzen. Diese modulare Architektur verwenden wir bei allen größeren Maschinen.“

Diese Architektur ermöglicht die Automatisierungssoftware TwinCAT 3, die als durchgängige Engineering- und Laufzeitumgebung dient. TwinCAT integriert alle Funktionen auf einer zentralen Plattform – von SPS, HMI und Motion Control bis hin zu IoT, Analytik und sogar maschinellem Lernen.

TwinCAT unterstützt die Programmierung in allen IEC-61131-3-Sprachen und objektorientierten Erweiterungen, benutzer- oder vordefinierte Funktionsbausteine und Informatikstandards in Microsoft Visual Studio. LJ Welding nutzt strukturierten Text, JavaScript für die HMI-Entwicklung und andere Sprachen bei Bedarf. TwinCAT hilft dem Entwicklungsteam, sich auf eine einzige Toolkette zu konzentrieren, und bietet erweiterte Optionen für die Quellcodekontrolle, erklärt Benjamin Vandenberg, Ingenieur für Automatisierungstechnik.

#### Geschwindigkeit, Flexibilität und Sicherheit mit EtherCAT

Die Flexibilität und Skalierbarkeit der Echtzeit-Ethernet-Technologie EtherCAT erwies sich als entscheidend für den integrierten und modularen Aufbau. So bietet EtherCAT z. B. die freie Wahl der Topologie und Hot-Connect-Funktionen. Die Module des Pipe Titan sind durch mehrere Not-Halt-Einrichtungen gesichert, die über TwinSAFE, die integrierte Lösung für funktionale Sicherheit, kommunizieren. Mit modularen Maschinenkonzepten macht sie die physische Anpassung festverdrahteter Sicherheitssteuerungen überflüssig, erklärt Benjamin Vandenberg: „Wir haben mit je einer TwinSAFE Logic EL6910 drei unabhängige Sicherheitssysteme implementiert. Sie kommunizieren miteinander über Safety-over-EtherCAT (FSoE), und diese Verbindungen können wir bei TwinSAFE einfach per Software ein- und ausschalten. So können wir bei Bedarf verschiedene Geräte hinzufügen oder entfernen, und das macht das System anpassungsfähig und skalierbar.“

LJ Welding baut auch auf die große Auswahl verfügbarer EtherCAT-Klemmen. So bieten die Servomotorklemmen EL7211 und EL7221 ein kompaktes Motion-Interface zu den Servomotoren der Serie AM8100. Die 5-Kanal-Potentiometermodule EL3255 sorgen für exakte Drehzahlen der Positionierer bei der Ansteuerung durch ein Handbediengerät oder Fußpedal. EtherCAT-konforme Fremdgeräte wie z. B. Frequenzrichter arbeiten nahtlos mit den EtherCAT-Steuerungen von Beckhoff zusammen. EtherCAT ermöglicht außerdem die Anbindung von mehr als 30 Kommunikationsprotokollen durch einfaches Hinzufügen eines I/O-Moduls mit Schnittstellenfunktion. Dies vergrößert die Flexibilität bei der Komponentenauswahl und vermeidet die Integrationsprobleme der Patchwork-Szenarien. „Beim Pipe Titan war die IO-Link-Masterklemme EL6224 besonders nützlich für den Anschluss eines Laser-Wegsensors, und seither haben wir sie in vielen anderen Anwendungen eingesetzt“, sagt Dean Jacobs.

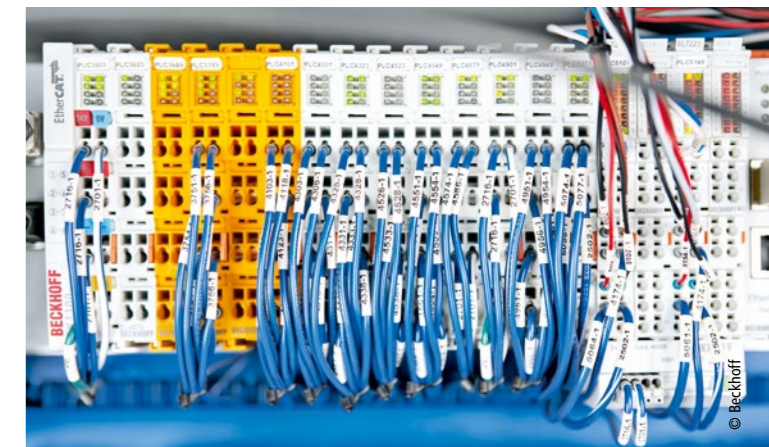
#### Schweißsystem mit beeindruckenden Ergebnissen

Mit der PC-basierten Automatisierung von Beckhoff konnte LJ Welding ein System implementieren, das die Anforderungen von Cleaver-Brooks noch übertraf. Der Pipe Titan erbrachte beeindruckende Leistungssteigerungen, so Joel

McLeod. Cleaver-Brooks konnte die Schweißzeiten im Durchschnitt um 63 % reduzieren, was einer fast dreimal so schnellen Produktion entspricht. Das System weist zudem eine um 90 % reduzierte Zeit für die Schweißnahtreinigung, um 10 % reduzierte Nacharbeiten und einen um 39 % reduzierten Verbrauch von Schweißzusatzwerkstoffen auf.

„Das Schweißsystem Pipe Titan ermöglicht es uns, Aufgaben schneller und effizienter auszuführen als auf rein manuelle Weise, und erhöht unsere Produktivität und Kapazität. Fehler und Ungenauigkeiten werden reduziert und die Qualität der Ergebnisse verbessert“, sagt Joel McLeod. „Die mechanische Systembasis kann für eine Vielzahl von Aufgaben programmiert und leicht umkonfiguriert werden, um unseren wechselnden Produktionsanforderungen gerecht zu werden. Das Pipe-Titan-Schweißsystem trägt dazu bei, das Risiko von Arbeitsunfällen und Verletzungen, die mit manueller Arbeit verbunden sind, zu verringern und damit die Sicherheit der Mitarbeiter zu verbessern.“

TwinCAT beschleunigte die Entwicklung, und das systemintegrierte Software-Oszilloskop TwinCAT Scope erleichterte die optimale Einstellung der Maschine. Auf Basis des IPC-Security-Leitfadens von Beckhoff kann LJ Welding zur Wartung oder Fehlersuche sicher auf Kundenmaschinen zugreifen. Aber das Team hat noch weitere Ziele. Die nächste Phase für den Pipe Titan und andere Maschinen ist Konnektivität zu übergeordneten Systemen für Analysen und kontinuierliche Verbesserungen, so Tim Robinson. Glücklicherweise ist dies Dean Jacobs zufolge ein weiterer Bereich, in dem die Beckhoff Technologie flexibel erweiterbar ist. Standard-Analysealgorithmen, No-Code-Dashboards, sichere Konnektivität über OPC UA und mehr sind bereits in TwinCAT integriert.



Für die Anpassung an verschiedenartige Kundenumgebungen setzt LJ Welding auf das breite Spektrum der EtherCAT-Klemmen von Beckhoff.

weitere Infos unter:

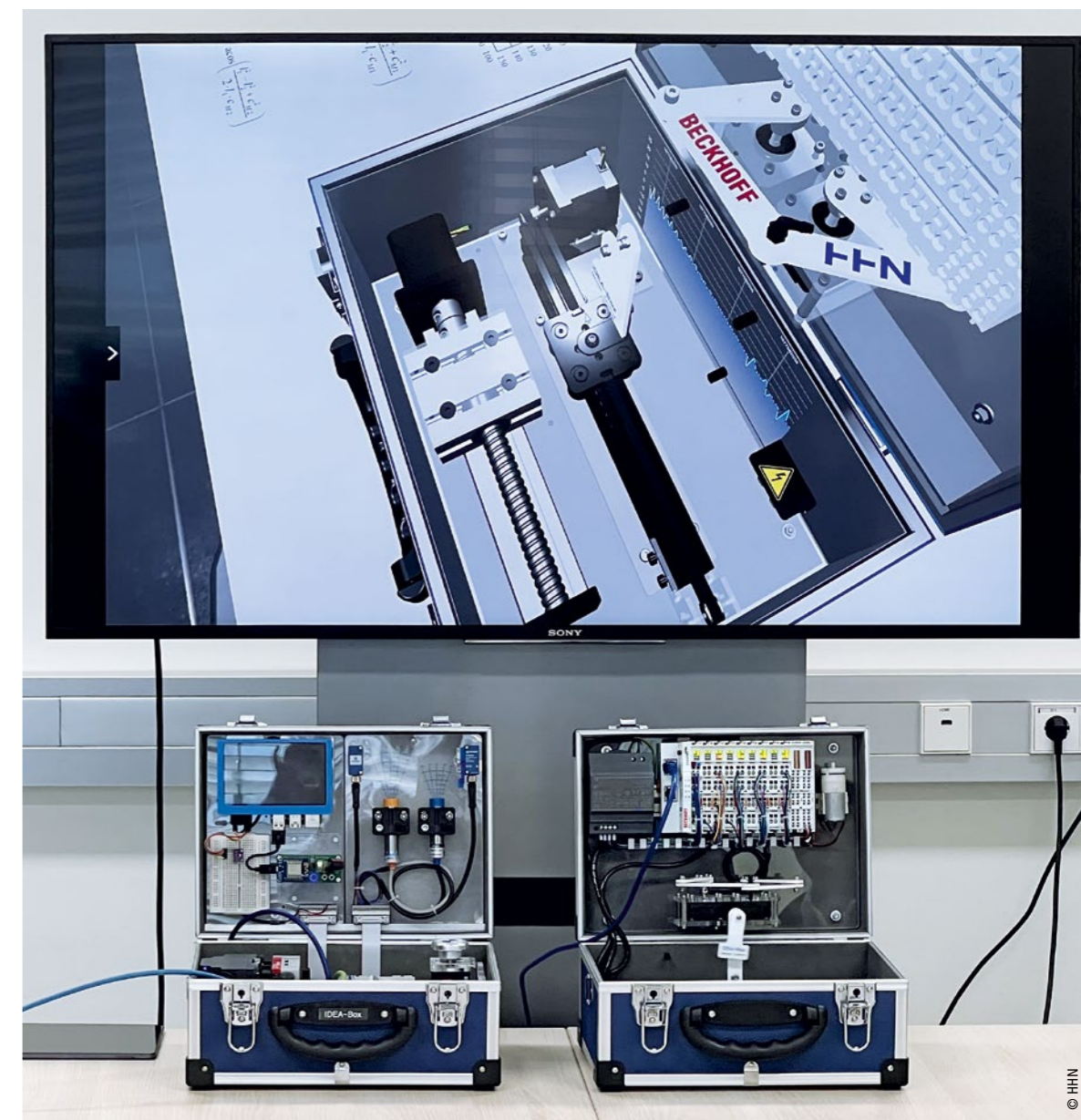
[www.ljwelding.com](http://www.ljwelding.com)

[www.cleaverbrooks.com](http://www.cleaverbrooks.com)

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



Kompakt als kleine Koffer realisiert: die IDEA-Basis-Box (links) mit dem Ultra-Kompakt-Industrie-PC C6015 und die Erweiterung um umfangreichere Motion-Funktionen (rechts) – bei denen die Bedienung per Joystick und sogar per Hand-Tracking möglich ist.



Mit der IDEA-Box können die Studierenden sich auch in die Themen Simulation, digitaler Zwilling und Augmented Reality einarbeiten.

PC-based Control als Kern eines Demokoffers für das Hochschulstudium

## Industrie-4.0-Lösungen kompakt und praxisnah erfahren und begreifen

Die an der Hochschule Heilbronn entwickelte IDEA-Box (Industrial Digitalization in Education of Automation) soll den Studierenden auf einfache und praxisnahe Weise das Thema Industrie 4.0 näherbringen. Kern des entsprechenden Demokoffers bildet PC-based Control von Beckhoff, mit dem Ultra-Kompakt-Industrie-PC C6015, TwinCAT sowie EtherCAT-Klemmen als flexibles I/O-System.

Der „Zaubertrick voller Zukunftstechnologien“ – so Prof. Dr. Thomas Pospiech, Initiator des Projekts – kommt Studierenden aus der technischen Fakultät von der Hochschule Heilbronn (HHN) zugute. Mit ihm lassen sich zahlreiche industrielle Anwendungsfälle der zunehmenden Verschmelzung von IT und Automatisierung direkt im Hörsaal realisieren und lösen.

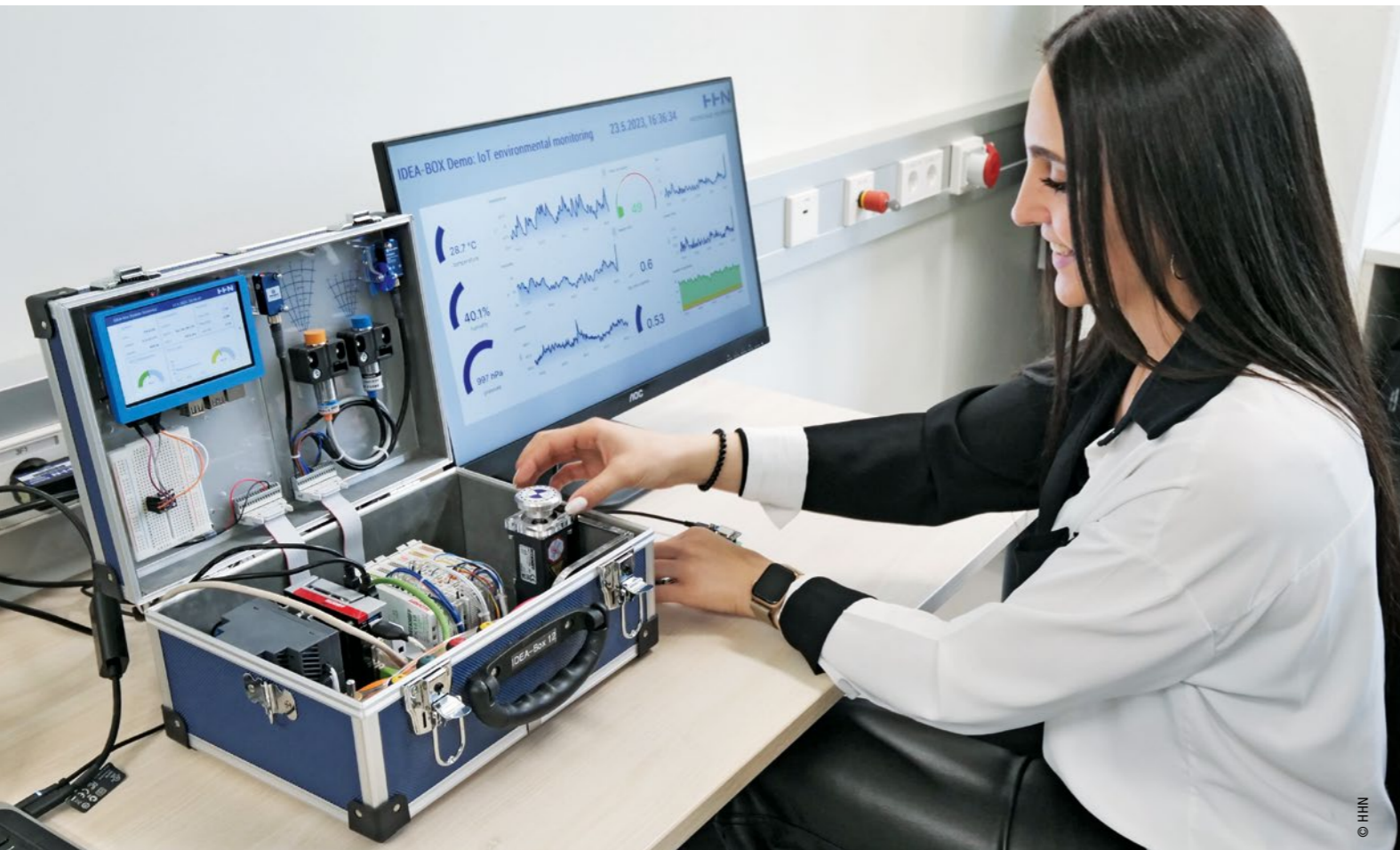
### Die Idee hinter der IDEA-Box

Die Studierenden bauen ihre eigenen elektrischen Schaltungen mit Sensoren auf und programmieren die IDEA-Box, um die Sensorsignale einzulesen und weiterzuverarbeiten. Ergebnis kann die grafische Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Messgrößen sein, die Alarmausgabe auf allen IDEA-Boxen im Hörsaal bei Unter- oder Überschreitung von Grenzwerten oder das Ansteuern eines Motors in der Box. Die Datenkommunikation wird dabei per Internet auf die Smartphones der

Studierenden übertragen. Die flexiblen Nutzungsmöglichkeiten der IDEA-Box sollen insbesondere auch die Umsetzung eigener studentischer Ideen ermöglichen.

Insgesamt deckt der Demokoffer alle Grundlagen der klassischen Automatisierungstechnik ab: von der Datenerfassung und -verarbeitung z. B. über kapazitive und induktive Näherungsschalter bis hin zu einfachen Einachs-Positionieraufgaben. Prof. Dr. Thomas Pospiech ergänzt dazu: „Dabei sind durchaus auch zeitkritische Anwendungen möglich, welche die Studierenden Erfahrungen im Grenzbereich der Steuerungszykluszeit machen lassen.“

Die IDEA-Box ist als kleiner Koffer mit ca. 9 l Volumen umgesetzt und beinhaltet neben dem Ultra-Kompakt-Industrie-PC C6015, einem EtherCAT-Koppler EK1818 und mehreren EtherCAT-Klemmen (z. B. EL3174, EL7047 und EL7211)



Praxisnahes Arbeiten im Bereich IoT Environmental Monitoring

noch einen Einplatinen-Computer Raspberry Pi sowie die Sensorik und Aktorik. So können die Studierenden neben einem Synchron-Servomotor auch Gleichstrom- und Schrittmotoren in Betrieb nehmen. Verschiedene Schnittstellen und Steckplätze ermöglichen außerdem die Anbindung und Vernetzung von eigenen Entwicklungen – beispielsweise mit Mikrocontrollern. Damit können Konzepte der cyber-physikalischen Systeme nicht nur erklärt, sondern von den Studierenden tatsächlich realisiert werden.

#### Systemoffenheit durch PC-based Control

Zur hohen Flexibilität trägt auch die Erweiterbarkeit bei, indem beispielsweise die beiden derzeitigen Module im Kofferdeckel – mit der Sensor- bzw. der Mikrokontrollertechnik – durch Neuentwicklungen ausgetauscht werden. Auf diese Weise lassen sich neue Lerninhalte z. B. mit einem Bildverarbeitungsmodul einbinden, ohne die IDEA-Box komplett umbauen zu müssen. Ebenso flexibel wie der Aufbau ist auch die zum Einsatz kommende Kommunikationstechnik, um den Studierenden möglichst viele technische Anforderungen zu vermitteln. So kommuniziert der C6015 beispielsweise per EtherCAT mit den I/O-Klemmen und über MQTT mit Cloud-Lösungen. ADS, OPC UA, Modbus, WLAN und der I<sup>2</sup>C-Datenbus sind ebenfalls realisiert.

Eine solche Systemoffenheit ist für Prof. Dr. Thomas Pospiech unerlässlich, um den Studierenden ein möglichst breites Spektrum vermitteln zu können: „Diese Offenheit für jede Software und alle Technologien, die auf uns zukommen

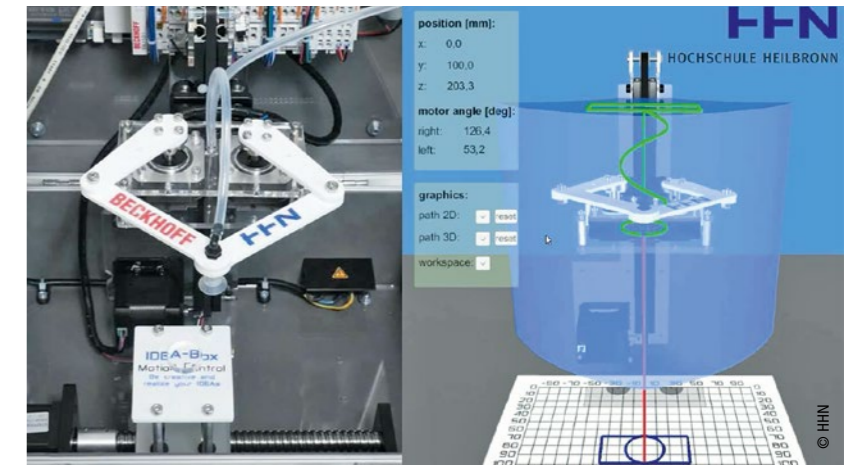
können und daher auch gelehrt werden müssen, schätze ich besonders an PC-based Control von Beckhoff. Der Industrie-PC ist hierfür ganz einfach optimal geeignet. Zumal nur mit dem IPC eine derartige Funktionalität bei solch einer hohen Packungsdichte zu erreichen ist. Hinzu kommt als großer Vorteil, dass sich mit TwinCAT auch weitere Softwarepakete wie z. B. MATLAB®/Simulink® einfach und voll integriert nutzen lassen.“

Erstmals zum Einsatz kam die IDEA-Box zum Semesterbeginn 2020, was laut Prof. Dr. Thomas Pospiech einen eher unerwarteten Vorteil des äußerst kompakten Demokoffers in den Vordergrund rückte: „Mit Beginn der Corona-Pandemie haben wir sehr schnell auf Online-Vorlesungen umgestellt, mit dem immensen Vorteil, dass die Studierenden die IDEA-Box einfach mit nach Hause nehmen und dort genauso praxisnah wie an der Hochschule arbeiten konnten.“

#### Erweiterung um Mehrachs-Motion und Robotik

Um auch Mehrachs-Bewegungen und Robotik-Kinematiken vermitteln zu können, wurde die Erweiterungs-Box „Motion Control“ entwickelt. Diese enthält im Kofferdeckel die erforderliche Stromversorgung sowie EtherCAT-Koppler und -Klemmen. Hinzu kommen ein einzelner Schrittmotor, eine Zweiachs-Kinematik und im Kofferinneren zwei unterschiedliche Linearachsen, davon eine mit einer Pendelmechanik. Als Steuerungszentrale dient der C6015 der angebotenen IDEA-Basis-Box. Dazu erläutert Prof. Dr. Thomas Pospiech: „Es lässt sich beispielsweise anhand eines Schrittmotors mit Spindel sehr gut die rein ma-

Parallelkinematischer Manipulator (links) und sein digitaler Zwilling (rechts, realisiert mit TwinCAT 3, Unity und realvirtual.to)



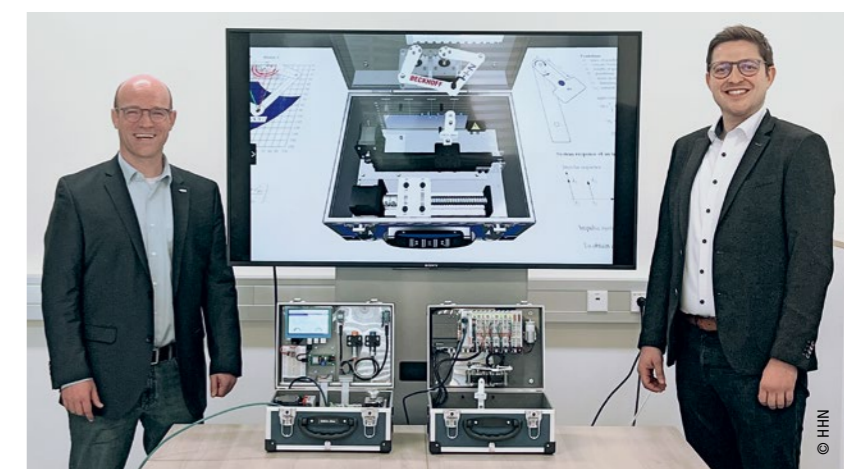
thematische Programmierung mit den Mechanikeigenschaften verbinden, um das mechatronische Gesamtsystem mit den Aspekten Motor, Drehbewegung, Spindel bzw. Spindelsteigung und Vorschub oder Referenzfahrt optimal zu verdeutlichen. Und hierbei zeigt sich ein großer Vorteil von TwinCAT, denn unterschiedlichste Motoren – egal ob Schrittmotor – werden in der Software genau gleich gehandhabt. Den Studierenden kann also das erforderliche Wissen anhand eines Motors vermittelt werden und anschließend können sie das Erlernete einfach auf einen anderen Motor übertragen, um es zu vertiefen.“

Komplexere Funktionen, wie z. B. Kurvenscheiben, Anti-Schwingungsalgorithmen und resonanzfreies Positionieren, lassen sich mit der Motion-Control-Box und der Linearachse mit Pendelmechanik ebenfalls umsetzen. Zumal auch hier der modulare Aufbau konsequent weitergeführt ist, d. h. die Achsen lassen sich einfach austauschen, um beispielsweise ein regelungstechnisches Modell anhand des Balancierens eines Balls zu verstehen. Mit der Dual-Scara-Kinematik sollen in erster Linie die Themen manuelle Referenzierung sowie Vorwärts- und Rückwärtstransformation vermittelt werden. Durch die Kombination mehrerer Achsen lässt sich die Komplexität sogar noch steigern, indem durch einen einfachen Umbau z. B. die Roboterkinematik und die Spindelachse zu einer Pick-and-Place-Einheit kombiniert werden.

#### Per Modell-Integration zum digitalen Zwilling

Ein CAD-Modell der Motion-Control-Box, das sich kinematisch mit dem SPS-Programm verknüpfen lässt, ermöglicht den Studierenden erste Erfahrungen mit einem digitalen Zwilling. Für Prof. Dr. Thomas Pospiech ist dies gerade mit Blick auf die Zukunft von Bedeutung: „Durch die virtuelle Inbetriebnahme des digitalen Maschinen-Zwillingen können Entwicklungsschritte vorgezogen und nachfolgende Bearbeitungsschritte parallelisiert werden – eine Voraussetzung, damit der Produktionsstandort Deutschland global betrachtet wettbewerbsfähig bleibt. Und genau hierfür sollen unsere Studierenden bestmöglich ausgebildet sein.“

Dabei bietet TwinCAT laut Prof. Dr. Thomas Pospiech erneut mit seiner Offenheit deutliche Vorteile: „Die Schwingung des Pendels beispielsweise wird nicht über eine Sensorik aufgenommen, sondern ist über ein entsprechendes, direkt in TwinCAT integriertes MATLAB®/Simulink®-Modell simuliert. Insgesamt laufen auf dem Ultra-Kompakt-Industrie-PC C6015 fünf solcher physikalischen Verhaltensmodelle ab, u. a. auch für flexible Bauteile wie der Zahnriemen. Die



Initiator Prof. Dr. Thomas Pospiech (links) und Lutz Megerle (rechts), Beckhoff Vertriebsbüro Crailsheim

Kommunikation des digitalen Zwillingen mit der Steuerung läuft bidirektional über TwinCAT ADS.“ Dabei können durch die Integration von virtuellen Sensoren im zugrunde liegenden Unity-Modell sämtliche geometrischen Abstände der bewegten Bauteile- oder auch Baugruppen ermittelt werden. So lassen sich beispielsweise Kollisionen erkennen und Arbeitsräume von Robotern dynamisch überwachen. Die Informationen können im Unity-Modell generiert und über die Rückführung zur SPS kommuniziert werden. In der Steuerung werden diese wiederum verarbeitet und entsprechende Funktionen zum Ergreifen geeigneter Maßnahmen ausgeführt.

Entwickelt wurde die IDEA-Box speziell für den Einsatz in der Lehre. Es habe sich in den vergangenen Jahren aber gezeigt, dass das System auch für die Industrie sehr interessant ist, um in den unterschiedlichsten Bereich möglichst schnell zu passenden Lösungen zu kommen. Außerdem stellt die Hochschule Heilbronn alle im Rahmen der Vorlesungen erstellten Programme frei zur Verfügung, um die Box möglichst weit verbreiten und so insbesondere junge Menschen für die technischen Berufe begeistern zu können. Dazu sollen auch weitere Ausbaustufen beitragen, beispielsweise die Steuerung einer Sechachs-Kinematik per Augmented Reality.

weitere Infos unter:

[www.hs-heilbronn.de](http://www.hs-heilbronn.de)

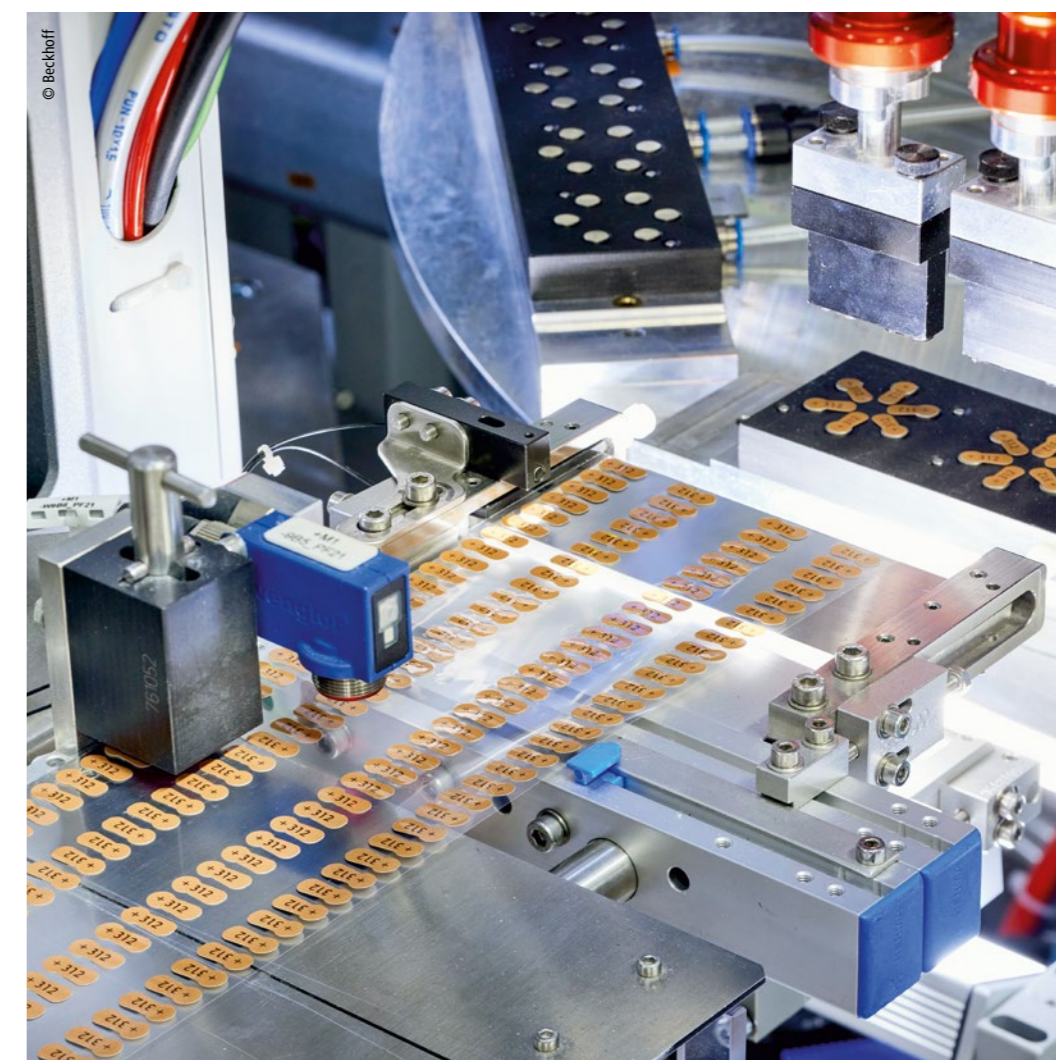
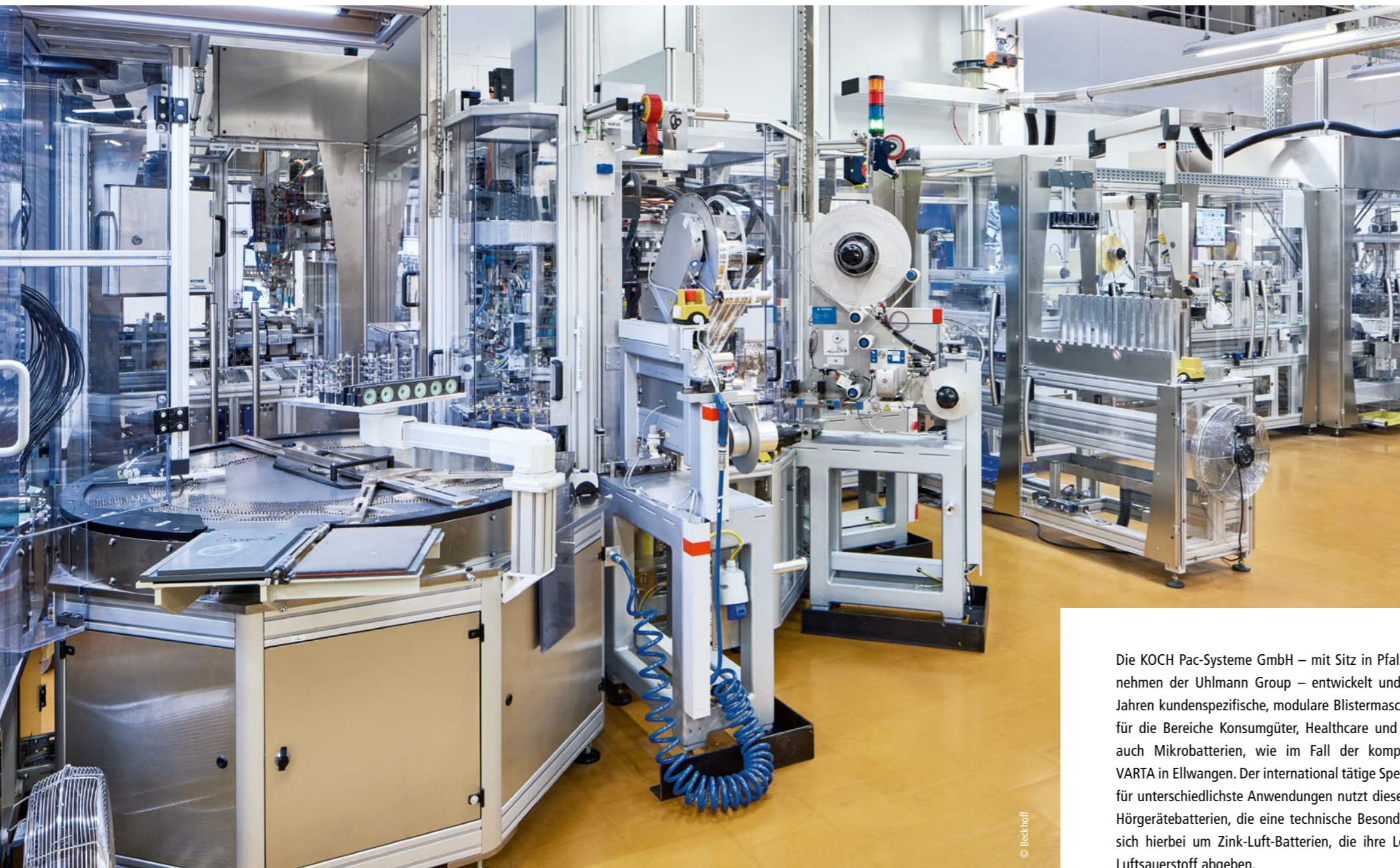
[www.beckhoff.com/c6015](http://www.beckhoff.com/c6015)

[www.beckhoff.com/industrie40](http://www.beckhoff.com/industrie40)

PC-basierte Steuerungs- und Antriebstechnik einer Verpackungslinie für Mikrobatterien

## Erst eine hochpräzise Etikettierung versetzt Hörgerätebatterien zuverlässig in Dauerschlaf

Beim Verpacken kleiner Produkte wie z.B. Mikrobatterien kommt es naturgemäß nicht nur auf Schnelligkeit und Effizienz, sondern auch auf Präzision an. In besonderem Maß gilt das für Hörgerätebatterien, die ihre Leistung nur per Etikett luftdicht versiegelt und so quasi in inaktiven Dauerschlaf versetzt bis zum Endkunden beibehalten können. Voraussetzung dafür ist ein hochpräzises Etikettieren, wie es eine Verpackungslinie von KOCH Pac-Systeme für den Endkunden VARTA – ausgestattet mit Beckhoff Technik – ermöglicht.



Zuführen und Aufbringen des Etiketts auf die Mikrobatterien im Werkstückträger

Allein schon der Überblick über die rund 20 x 6 m große Fertigungslinie lässt die Komplexität des Verpackungsprozesses für die Hörgerätebatterien erahnen.

Die KOCH Pac-Systeme GmbH – mit Sitz in Pfalzgrafenweiler und ein Unternehmen der Uhlmann Group – entwickelt und implementiert seit über 50 Jahren kundenspezifische, modulare Blistermaschinen und Verpackungslinien für die Bereiche Konsumgüter, Healthcare und Kontaktlinsen. Dies umfasst auch Mikrobatterien, wie im Fall der kompletten Verpackungslinie für VARTA in Ellwangen. Der international tätige Spezialist u. a. für Mikrobatterien für unterschiedlichste Anwendungen nutzt diese Anlage zur Verpackung von Hörgerätebatterien, die eine technische Besonderheit aufweisen: Es handelt sich hierbei um Zink-Luft-Batterien, die ihre Leistung nur bei Kontakt mit Luftsauerstoff abgeben.

Welche Folgen diese Eigenschaft der Mikrobatterien für die Verpackungstechnik hat, erläutert Klaus Schöbel, Head of Efficiency & Data Management bei VARTA: „Den Kontakt mit Luftsauerstoff ermöglichen Luftlöcher am Pluspol der Batterie. Ein vorzeitiger Luftkontakt würde aber zum Austrocknen der Batterie und zu einem Verlust an nutzbarer Kapazität führen. Um die Batterien ohne einen solchen Kapazitätsverlust an den Endkunden liefern zu können, müssen die Löcher im Verlauf des Verpackungsprozesses mit einem Etikett als Schutzfolie luftdicht verschlossen und so die Batterien quasi in einen Dauerschlaf versetzt werden.“ Jürgen Welker, Director Automation and Technology bei KOCH Pac-Systeme, ergänzt: „Gerade dieses Abkleben mit großer Genauigkeit und in einer hohen



Die Servoverstärker AX5000 ergeben eine leistungsfähige, präzise und in Verbindung mit der One Cable Technology (OCT) auch kompakte Bewegungssteuerung.

Links: Dem Delta-Roboter zum Stapeln der Blisterverpackungen verhelfen die dynamischen Servomotoren AM8000 (oben) zu seinen schnellen Bewegungen.

Produktionsparameter, wie z.B. Druckdaten bzw. Etikettentypen- und -farben, direkt in die Maschinensteuerung geladen. Damit verbunden ist zudem eine umfangreiche Dokumentation für den Anlagenbediener, was für das fehlerfreie Handling bei der großen Typenvielfalt und den zahlreichen Verpackungsvarianten unerlässlich ist. Auf diese Weise sind auch Chargenwechsel on the fly möglich.“

Um flexibel und effizient solche spezifischen Kundenanforderungen umsetzen zu können, benötigt KOCH Pac-Systeme als Grundvoraussetzung eine universelle und offene Steuerungstechnik, wie Jürgen Welker bestätigt: „Diese Verpackungslinie enthält ein breites Spektrum an Technologien und Maschinenkonzepten. Schließlich geht es nicht nur um das Verpacken, sondern ebenso um das Zusammenspiel von Produktbearbeitung und -handling. Und gerade bei solchen Gesamtkonzepten kommt uns PC-based Control von Beckhoff entgegen. Die offene und modulare Steuerungsplattform eröffnet uns alle Möglichkeiten, um jede notwendige Funktion, wie z.B. Verpacken, Handling, Prüfung und auch Drittkomponenten, flexibel zu integrieren.“

#### Vom Blister bis zur Transportverpackung

Zu den vielfältigen Prozessabläufen innerhalb der mit Beckhoff Steuerungs- und Antriebstechnik ausgestatteten Verpackungslinie gehört zunächst die Herstellung der Blister. Diese entstehen aus einer zugeführten Folie, die erwärmt sowie entsprechend geformt und gestanzt wird. Über ein Palettensystem werden die Blister weitertransportiert und mit den – zuvor elektrisch und in der Anlage selbst auf korrekte Etikettierung optisch geprüften – Mikrobatterien bestückt. Dann wird der Blister mit einer Karte zur Einzelpackung verschlossen und diese mit einem Qualitätsetikett und dem Haltbarkeitsdatum versehen, was ebenfalls über Kameras geprüft wird. Abschließend stapelt die Anlage die Einzelpackungen in einer kleinen Faltschachtel, bevor diese – auf das Füllgewicht und ihre eigene Etikettierung hin geprüft – wiederum in einer größeren Transportverpackung gruppiert werden.

Dass nicht nur dieser Prozessablauf möglichst effizient ablaufen muss, erläutert Klaus Schöbel: „Im Fokus stand bei dieser Verpackungslinie, wie bei jeder unserer Neuanlagen, insbesondere auch die Optimierung der Umrüstzeiten. Denn die zahlreichen Verpackungsvarianten führen dazu, dass die Anlagen im Schnitt sechs Mal am Tag umzurüsten sind.“ Das bestätigt Jürgen Welker: „Das Minimieren der Rüstzeiten ist auch für uns ein wichtiges Ziel. Hier konnten wir in den letzten Jahren bereits sehr deutliche Verbesserungen erzielen. Bei der

Qualität ist das besondere Merkmal dieser Verpackungslinie. Und um sicherzugehen, dass nur korrekt verklebte Batterien im Prozess weitertransportiert werden, wurde sehr viel Entwicklungsleistung in die Übergabetechnik und die optischen Prüfsysteme investiert.“

#### Optimale Lösung durch enge Zusammenarbeit

Die maschinenbauliche Gesamtverantwortung für diese komplexe Anlage lag bei KOCH Pac-Systeme, wobei aufgrund der konsequenten Modularisierung sowohl Standard-Maschinenmodule als auch speziell entwickelte Arbeitsstationen genutzt werden konnten. Letztere wurden in enger Zusammenarbeit mit VARTA entwickelt, um eine insgesamt optimale Lösung zu erhalten. Ein Beispiel nennt Michael Bühler, Software Engineer bei KOCH Pac-Systeme: „Die optische Kontrolle der Etikettposition auf der Batterie ist ein anschauliches Beispiel, bei dem sich das beidseitige Know-how verbinden ließ. So wurde im Lauf der Implementierung ein selbstoptimierendes, kamerabasiertes System entwickelt, das auch mit der enormen Variantenvielfalt von rund 1.500 Verpackungstypen zurechtkommt und dabei eine äußerst geringe Fehlerrate von unter 0,02 % bestätigte.“

Als weitere Besonderheit nennt Klaus Schöbel die Datenanbindung an das ERP-System: „Mit dem Einscannen des jeweiligen Fertigungsauftrags vor Ort an der Anlage werden aus den übergeordneten Datenbanken alle erforderlichen



Die Experten vor der Verpackungslinie für Hörgerätebatterien (v.l.n.r.): Fabian Jungkunst, Manager of Zinc Air Packaging (VARTA), Michael Bühler, Software Engineer, und Jürgen Welker, Director Automation and Technology (beide KOCH Pac-Systeme), sowie Winfried Wolf, Head of Production BU Micro, und Klaus Schöbel, Head of Efficiency & Data Management (beide VARTA)



Klaus Schöbel beschreibt das einheitliche Varta-Bedienkonzept auf Basis des Multitouch-Panel-PC CP3216 von Beckhoff.

## Einheitliches Produktions-HMI

Die Heterogenität der Produktion bei VARTA sorgt nicht nur bei der Erfassung der Energiedaten für Herausforderungen. Dies gilt auch für das Bedienen und Beobachten der vielfältigen Maschinen und Anlagen. Die Lösung beschreibt Klaus Schöbel: „Wir haben ein zentrales Interface entwickelt, das über einen separaten Industrie-PC abläuft und herstellerunabhängig für alle Anlagen funktioniert. Basis ist der Multitouch-Panel-PC CP3216 mit 15,6-Zoll-Display, den wir von Beckhoff als Plug-and-Play-Lösung komplett mit kundenspezifischem Software-Image erhalten. Geplant ist der Einsatz von produktionsweit rund 300 Geräten. Diese werden auch als Kommunikationsschnittstellen zwischen den Anlagen und unseren Cloud-Anwendungen beispielsweise für das Materialhandling oder die Buchungen dienen. Zugrunde liegt dem System eine SQL-Datenbank, mit der sich u.a. eine zentrale Änderungshistorie und die zentralisierte Produktionssteuerung optimal realisieren lassen.“

neuen Verpackungslinie kommt außerdem hinzu, dass sich die Anlagenleistung gegenüber der Vorgängeranlage von 15 auf 18 Paletten-Vorschubtakt pro Minute erhöht hat, beispielsweise über das hocheffiziente Blisterstapeln durch den mit Beckhoff Antriebstechnik realisierten Delta-Roboter am Ende der Anlage.“

#### Leistungsfähige Antriebstechnik mit Zukunftspotenzial

Die PC-basiert mit TwinCAT NC I gesteuerte Antriebstechnik sorgt innerhalb der gesamten Anlage für schnelle und präzise Prozessabläufe. Realisiert sind die rund 50 Servoachsen über die Servoverstärker der Reihe AX5000 und die Servomotoren AM8000 von Beckhoff. Die effiziente Bauraumnutzung ist dabei ein wichtiger Punkt für Michael Bühler: „Wir setzen bei KOCH Pac-Systeme konsequent auf die One Cable Technology (OCT). Das spart enorm Material- und Installationsaufwand sowie Platzbedarf. Hinzu kommen weitere Vorteile wie z.B. die Vermeidung von Verdrahtungsfehlern und das elektronische Typenschild. Für die optimale Nutzung des verfügbaren Bauraums setzen wir in unseren Maschinen möglichst auch die kompakte Antriebstechnik von Beckhoff ein, vor allem die 48-V-Ausführungen der Servomotorklemmen EL/ELM72xx bzw. der EtherCAT-Box-Module EP72xx. In manchen Applikationen machen diese bereits über 30 % der Servoachsen aus.“

Zukünftiges Optimierungspotenzial im Motion-Umfeld erkennt Jürgen Welker u.a. in den neuen modularen Industrierobotern ATRO von Beckhoff: „Darin sehen wir einen immensen Vorteil, denn in unseren Anlagen gibt es immer sehr viele Pick-and-Place-Einheiten. Mit ATRO ließe sich hier im Vergleich zu den bisherigen mechanischen Achssystemen mit Servomotoren erheblich Bauraum einsparen. Und softwareseitig würde die Maschinenmodularisierung optimal unterstützt und vereinfacht werden.“

#### Nachhaltigkeit durch systemintegrierte Messtechnik

Nachhaltigkeit ist insbesondere im Verpackungsbereich ein wichtiges Thema, wie Klaus Schöbel verdeutlicht: „Wir arbeiten beispielsweise mit KOCH Pac-Systeme zusammen an Möglichkeiten der kunststofffreien Verpackung. Zweites wichtiges Thema ist der Energieverbrauch, zum einen dessen Minimierung und zum anderen die exakte Aufteilung der jeweiligen Energieverbräuche bezogen auf die einzelnen Batterietypen. Gerade Letzteres ist aufgrund unseres äußerst heterogenen Produktionsumfelds nicht einfach. Die bei PC-based Control von Beckhoff systemintegrierte Messtechnik hilft hierbei, um ausreichend aktuelle Daten zu erfassen und an eine zentrale Datenbank für die weitere Auswertung zu übertragen. Durch die komplexe Einbindung auch der nichtelektrischen Bereiche wie Druckluft, Vakuum und Kühlwasser ist dies sicher auch ein längerfristiges Projekt.“

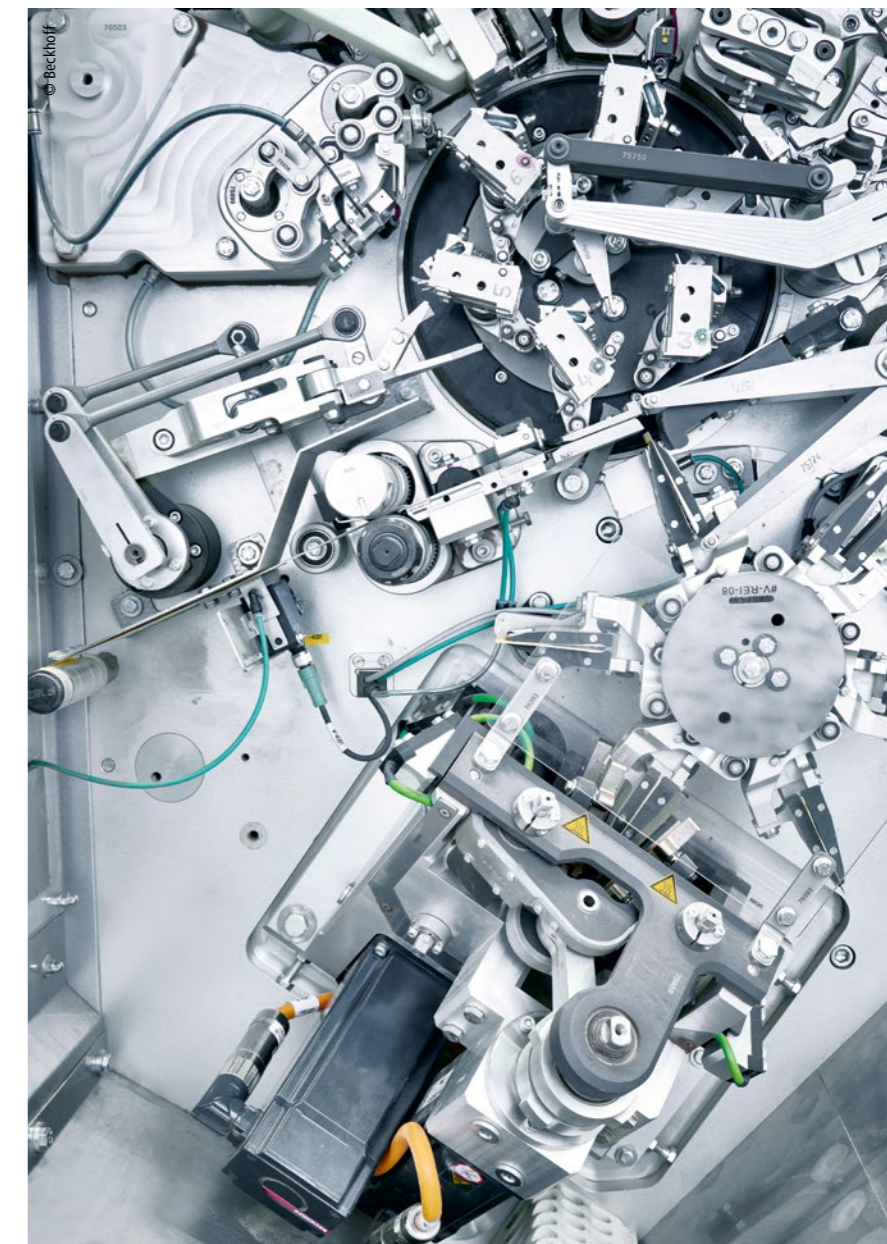
Jürgen Welker bestätigt die Bedeutung der Nachhaltigkeit ebenfalls und erläutert dazu den Energiesparmodus der Anlagen: „Im Energiesparmodus sind nahezu alle Feldgeräte komplett abgeschaltet und lediglich der Leitstand-PC bleibt bereit. Das ist die Voraussetzung, um die Anlagen automatisiert z.B. entsprechend der Arbeitsschichten bzw. Auslastungen und rechtzeitig vor Produktionsbeginn hochfahren zu können. So kann möglichst energieeffizient gefertigt werden.“

weitere Infos unter:

[www.koch-pac-systeme.com](http://www.koch-pac-systeme.com)

[www.varta-ag.com](http://www.varta-ag.com)

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



Systempartner Beckhoff: Noch nie hat der Teebeutelverpackungsmaschinenhersteller Teepack in einer Maschine so viele Komponenten von einem einzigen Anbieter eingesetzt wie bei der Perfecta 450.

Die Regelung der anspruchsvollen Kinematik über TwinCAT NC I und Servomotoren AM8000 erhöht den Maschinentakt sowie die Flexibilität bei Beutelgeometrie und verschiedenen Verpackungsmaterialien (z.B. Filterpapier, Umhüllungspapier oder Folie).

Servoantriebe ersetzen mechanische Kurvenscheibe in Teebeutelverpackungsmaschine

## Performante Motion Control erhöht Flexibilität und Maschinentakt

Wer macht sich schon groß Gedanken, wie Tee in die kleinen Beutel kommt – und die Blätter beim Aufbrühen auch drinbleiben. Teepack tut das schon seit 1948. Bei ihrem nach eigener Aussage Meisterstück, der Perfecta 450, vertrauen Franz Ansel und Sascha Theine auf die PC-basierte Steuerungs- und Antriebstechnik von Beckhoff – und setzen in puncto Geschwindigkeit und Präzision einen neuen Benchmark für Teebeutelverpackungsmaschinen.

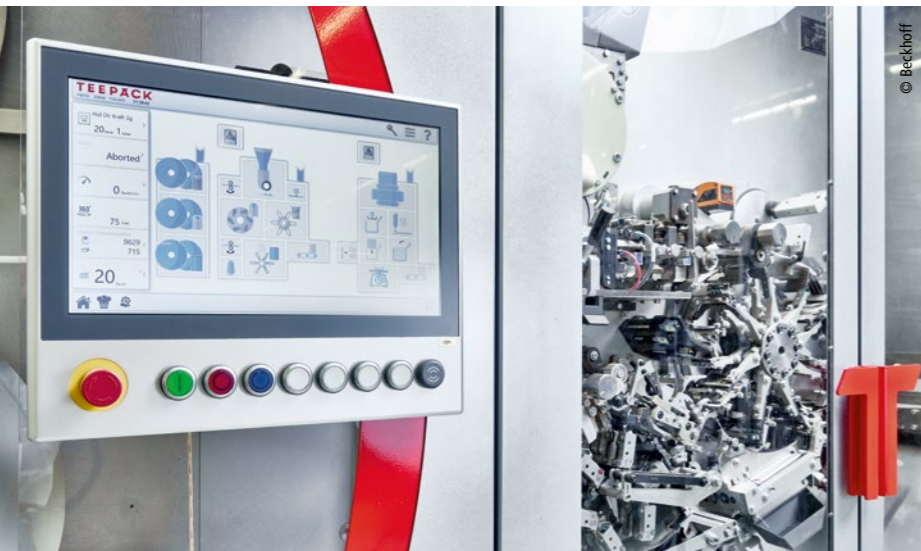
Der Name ist Programm: Bis zu 450 Teebeutel pro Minute füllt, faltet und verschließt das Spitzenmodell des Herstellers von Teebeutelverpackungs- und Schlauchbeutelmaschinen aus Meerbusch mit höchster Präzision. „Die absolute Geschwindigkeit ist jedoch nicht das alleinige Maß aller Dinge“, betont Franz Ansel, Leiter Automatisierungstechnik bei Teepack. Sein Anspruch und der seiner Kollegen ist, dass die Teebeutelverpackungsmaschinen aus dem Stand heraus und auch bei Geschwindigkeitsänderungen einwandfreie Teebeutel produzieren. Das sicherzustellen, verlangt viel Prozess-Know-how und präzise Automatisierungstechnik.

Denn zum einen ist der Produktionsprozess an sich knifflig und dann soll das Filterpapier der Teebeutel auch noch möglichst dünn sein. „Unsere Kunden wollen nachhaltig und effizient produzieren, und das bedeutet neben einem

höheren Maschinentakt und geringerem Energieverbrauch auch einen minimalen Materialeinsatz“, skizziert Franz Ansel eine wichtige Marktanforderung. „Und je dünner das Filterpapier, desto empfindlicher reagiert es auf Zugschwankungen, beispielsweise infolge unterschiedlicher Bahngeschwindigkeiten in den einzelnen Produktionsbereichen“, so Sascha Theine, der bei Teepack für die Hard- und Softwareentwicklung zuständig ist.

### Motion Control ersetzt mechanische Kurvenscheibe

Für die höhere Geschwindigkeit und Präzision gegenüber dem Vorgängermodell sorgt der Wechsel auf eine elektronische Kopplung der Hauptachsen über Servomotoren und Software. „Davor hatten wir den Hauptprozess mechanisch über Kurvenscheiben verkettet“, so Franz Ansel. In der Perfecta 450 übernehmen das jetzt das Multiachs-Servosystem AX8000 und Servomotoren AM8000



Das Multitouch-Control-Panel CP39xx mit Tastererweiterung ermöglicht ein optimales Bedienen und Beobachten der Maschinenabläufe.

in Verbindung mit TwinCAT NC I. „Die mit Beckhoff-Technologie realisierte Regelung der Bahnspannung über alle Antriebsachsen hinweg verhindert ein Reißen des Filterpapiers, selbst bei dynamischen Geschwindigkeitsänderungen“, so Sascha Theine. Wo früher z. B. der Filterpapiertransport starr mit der Hauptbewegung gekoppelt war, ist der Bewegungsablauf nun durch zwei Servoantriebe getrennt. „Dadurch können wir beispielsweise die Papierlänge eines Teebeutels variieren und auch die Geschwindigkeiten in Relation zu den anderen Antrieben anpassen“, so Franz Andel. Das gibt Teepack und seinen Kunden mehr Optionen bei der Verarbeitung verschiedener Teesorten und Materialien.

Bei bis zu 450 Teebeuteln je Minute ist der eigentliche Prozess nicht mehr mit bloßem Auge nachzuvollziehen: Das Filterpapier wird aus der Zuführreinheit eingezogen und läuft unter der Dosierstation durch. Dort wird der Tee von oben zugeführt und über eine Dosierstation mit einzelnen Dosierkammern auf dem Filterpapier portioniert. Untrennbar mit Teepack verbunden ist die Form der Teebeutel: „Wir haben das Doppelkammer-Prinzip erfunden“, stellt Franz Andel heraus.

#### Mehr Oberfläche für mehr Geschmack

Im Gegensatz zu einfachen Teebeuteln wird der Tee in Doppelkammer-Beuteln von vier Seiten umspült und gibt seine Aromen aufgrund der größeren Oberfläche besser ans Wasser ab. Experten sprechen von bis zu 30 % mehr Geschmack bei gleicher Brühzeit. Aus diesem Grund ist eine Tasse mit derselben Menge Tee geschmackvoller bzw. entwickelt mit weniger Tee denselben Geschmack.

Nach dem Portionieren wird das Filterpapier zum Doppelkammer-Teebeutel gefaltet, was ausschließlich durch mechanisches Formen und Falzen in der nachfolgenden Station erfolgt. Hier wird auch der Faden zugeführt und mit dem Beutel verknotet. „Wir kommen komplett ohne Metallklammern aus“, betont Franz Andel. Anschließend werden die einzelnen Teebeutel aufgereiht und in die zuvor in der Perfecta 450 aufgestellten und verklebten Verpackungskartons konfektioniert. Das spart wertvollen Platz in der Produktion und erhöht die Prozesssicherheit, denn die Teepackungen sind bereits verschlossen, wenn sie über ein Förderband ausgeschleust werden.



Das kompakte Multiachs-Servosystem AX8000 und die OCT-Anschluss-technik sparen wertvollen Platz im Schaltschrank.



Dynamische Synchronisation sämtlicher Achsen, Safety, HMI und individuelle Datenbank-Applikation – das komplette Automatisierungsprojekt läuft auf einem einzigen Embedded-PC CX2043.

Die Synchronisation der Achsen per Software steigert zudem die Flexibilität in der Entwicklung und reduziert den Aufwand beim Feintuning des Bewegungsablaufs. Früher wurde eine Kurvenscheibe berechnet, gefräst und gehärtet. Die typische Zeitdauer: 3 Wochen. „Heute rechnet der Kinematik-Experte eine Kurve in zwei Tagen und liefert uns eine Tabelle, die in zwei Minuten in die Servoantriebe aufgespielt ist“, so Sascha Theine: „Wir wissen also schon nach zwei Tagen, ob der Bewegungsablauf passt und wo noch nachjustiert werden könnte.“ Franz Andel ergänzt: „Wir bekommen sehr viel schneller Ergebnisse und können im Vergleich zu früher viel mehr optimieren.“ Die Performance-Steigerung von bis zu 20 % spiegelt diese Optimierung wider.

#### Mehr Zeit für die Applikationserstellung

Die Perfecta 450 ist die erste Maschinengeneration, die komplett mit der Beckhoff-Plattform realisiert wurde. Teepack suchte einen Anbieter, der das gesamte Portfolio an Komponenten anbietet: PLC, Safety, Motion, inklusive IPC-Technologie und Bedienpanel. Dazu Franz Andel: „Vor Beckhoff haben wir uns zu 60 % mit dem Automatisierungssystem beschäftigt und nur zu 40 % mit der

„Mit Beckhoff als Plattform-Lieferant können wir uns zu 98 % auf die Applikation fokussieren“, betont Franz Andel, Leiter Automatisierungstechnik bei Teepack (links) – mit Sascha Theine, Electrical Design and Software Development (Mitte) und Wilm Schadach, Leiter der Beckhoff-Niederlassung in Monheim, vor der Perfecta 450.



Applikation. Jetzt können wir uns zu 98 % mit der Applikation beschäftigen.“ Verantwortlich dafür sei auch der hervorragende Support, der bei Bedarf auch bis in die Entwicklungsabteilung reiche. Bei Bedarf unterstützen Applikationsexperten von Beckhoff bei der Implementierung und Auswahl der passenden Komponenten und Systeme. „Unsere Spezialisten im Support unterstützen seit Beginn der Zusammenarbeit in allen technischen Bereichen bei der Umsetzung und Optimierung der Kundenkonzepte“, so Wilm Schadach, Leiter der Beckhoff-Niederlassung in Monheim.

Bei der Perfecta 450 laufen sämtliche Anwendungen – von der Regelung und Synchronisation aller Servoantriebe über Safety und HMI bis hin zur Datenerfassung und Datenbank-Applikation für das Monitoring – auf einem einzigen Embedded-PC CX2043 mit Multicore-CPU (AMD Ryzen™ mit vier Kernen und 3,35 GHz Systemtakt). „Bei der anspruchsvollen Motion-Control-Applikation trotzdem noch ein HMI und eine Datenbank mitlaufen lassen zu können, ohne die Echtzeitfähigkeit zu beeinträchtigen, das ist nicht selbstverständlich“, betont Wilm Schadach. Im Maximalausbau werden bis zu 30 Servomotoren AM8000 über das Multiachs-Servosystem AX8000 oder über die Servomotorklemmen der Serie ELM72xx geregelt. Die Sicherheitstechnik ist systemintegriert mit TwinSAFE realisiert. Das gesamte TwinCAT-Automatisierungsprojekt sowie das HMI lassen sich entsprechend der gewählten Maschinenkonfiguration flexibel zusammenstellen.

„Flexibilität bei der Projektierung war ein wesentliches Ziel bei der Auswahl unserer Automatisierungsplattform“, betont Sascha Theine. Teepack kann die Hardware entsprechend der Maschinenkonfiguration skalieren, ohne die Steuerungsplattform wechseln zu müssen. Oft unterschätzt werde auch der Vorteil einer kompakten Automatisierungstechnik. „Schaltschrankvolumen ist ein großes Thema bei Verpackungsmaschinen und wir haben eigentlich immer zu wenig Platz“, so Sascha Theine. Das Multiachs-Servosystem AX8000 und die kompakte

Antriebstechnik ELM72xx in Kombination mit der OCT-Anschluss-technik sorgen hier für deutliche Entlastung im Schaltschrank und bei der Montage. Diese Vorteile bestätigt Wilm Schadach: „Über 90 % unserer Antriebe werden inzwischen mit der One Cable Technology ausgeliefert.“

#### Viele Ideen für die nächste Ausbaustufe

Weitere Entlastung im Schaltschrank versprechen dezentrale Antriebe der Baureihe AMP8000 mit integriertem Servoverstärker. Auch beim Kartonaufsteller sieht der Leiter Automatisierungstechnik das Potenzial für weitere Innovationen auf Basis von Beckhoff-Technologien: „XPlanar bietet sehr viele Ansätze, was die unterschiedlichen Verpackungsformate betrifft.“ Mit den freischwebenden Movern könnten die Schachteln vor der Klebedüse flexibel bewegt werden, z. B. um einzelne Klebepunkte aufzubringen. Das würde den mechanischen Aufbau der Klebestation wesentlich vereinfachen und den Aufwand für die Heizstation reduzieren. Im Hinterkopf für die nächste Perfecta-Generation sei ebenso der Einsatz eines Bildverarbeitungssystems für die Inline-Qualitätskontrolle. „Systemintegriert und über EtherCAT echtzeitfähig mit dem Maschinenzyklus gekoppelt, passt Beckhoff Vision ideal“, so Wilm Schadach, „zumal das System keinen zusätzlichen Platz im Schaltschrank beansprucht.“ TwinCAT Analytics und TwinCAT Scope sind ebenfalls Bestandteil der konkreten Überlegungen zur nächsten Ausbaustufe. Geplant ist, zusätzliche Betriebsdaten für Maschinenstatus und Leistungskennzahlen zu erfassen. Franz Andel denkt dabei an Motortemperaturen, Motorströme, Drehmomente und ähnliches: „Aus den Korrelationen wollen wir Kenntnisse über den Verschleiß ermitteln und bei Bedarf eine vorbeugende Wartung anstoßen.“

weitere Infos unter:

[www.teepack.com](http://www.teepack.com)

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





Shanghai Yinghua steigert mit dem linearen Transportsystem XTS die Abfüllleistung der Anlagen für pharmazeutische Pulver auf 450 Flaschen je Minute.



beschleunigt somit den Produktionszyklus und reduziert die Fehlerrate. Zudem entfallen die Stillstandzeiten für die Reinigungen – eine wichtige Voraussetzung für die Realisierung eines mannlosen Betriebs.

#### Ohne Dynamik und Präzision kein schnellerer Maschinentakt

Im Hinblick auf hohe Dynamik und Präzision ermöglicht die PC-basierte Steuerung eine präzise Bewegung der Mover und die Synchronisation mit dem Abfüll- und Verpackungsprozess. Die Positioniergenauigkeit der magnetisch angetriebenen Mover beträgt bis zu 50 µm, was eine einwandfreie Pulverabfüllung ohne Rückstände am Flaschenhals garantiert. Mover-Geschwindigkeiten von bis zu 4 m/s und bis zu 10 g Beschleunigung stellen die Effizienz der Anlage sicher. Die Kombination dieser spezifischen XTS-Eigenschaften – Präzision, Geschwindigkeit und Dynamik – resultiert in der gesteigerten Ausbringungslleistung von bis zu 450 Flaschen pro Minute und verschafft Shanghai Yinghua einen deutlichen Wettbewerbsvorteil.

Lineares Transportsystem XTS schafft Wettbewerbsvorteile

## Performance-Steigerung bei Verpackungsmaschine für Injektionspulver

Dem Trend zu pulverförmigen Arzneimitteln trägt der chinesische Anbieter pharmazeutischer Verpackungsanlagen Shanghai Yinghua mit einer innovativen Maschinengeneration Rechnung. Zentraler Baustein des Designs bilden das lineare Transportsystem XTS und PC-based Control, mit denen die Ingenieure die Anlagenleistung auf 450 Einheiten pro Minute steigern konnten.

Immer mehr pharmazeutische Präparate werden aufgrund der spezifischen Verfahrensvorteile als Pulver produziert, auch jene, die später als Injektion verabreicht werden. Da die Herstellung von Pulver bei niedrigen Temperaturen erfolgt, eignet es sich für viele hitzeempfindliche Substanzen. Proteine und Mikroorganismen verlieren beim Gefrierdryingprozess weder ihre biologische Lebensfähigkeit noch denaturieren sie oder verlieren beim Auflösen in sterilem Wasser ihre Wirksamkeit. Sterile und gefriergetrocknete Pulver für Injektionszwecke sind daher in der klinischen Praxis verbreitet – Tendenz: weiter steigend.

Die Konsequenz: Hersteller von Pharmazeutika benötigen effiziente, flexible und GMP-konforme Anlagen für die Dosierung und Verpackung von Injektionspulvern. Diese Anlagen realisiert Shanghai Yinghua, ein führender Hersteller von Injektionspulver in China, in seinen aktuellen Verpackungsanlagen mit dem linearen Transportsystem XTS.

Der Verpackungsprozess von sterilem Pulver für Injektionszwecke umfasst im Wesentlichen folgende Schritte:

- Waschen, Trocknen und Sterilisieren der Fläschchen,

- Behandlung und Sterilisation von Gummistopfen,
- Waschen und Sterilisieren von Aluminiumkappen,
- Verpacken und Versiegeln des Pulvers in einer sterilen Umgebung sowie
- Verschließen, Etikettieren, Kartonnieren und Verpacken

Bei der Entwicklung der neuen Anlagengeneration sah sich Shanghai Yinghua einigen Herausforderungen gegenüber: Bei dem harten Wettbewerb und dem kontinuierlichen technologischen Wandel in der pharmazeutischen Ausrüstung war ein Kostenvorteil gegenüber Wettbewerbern Pflicht. Hinzu kamen anspruchsvolle technische Aufgabenstellungen, z. B. das Umdrehen der Fläschchen und die genaue Dosierung des Pulvers bei einer höheren Abfüllgeschwindigkeit – die Schlüssel zu einer höheren Dosiereffizienz und -qualität sowie geringeren Rohstoffkosten. Die dritte Hürde stellten regulatorische Vorgaben dar: Wie eine Inline-Wägung anstatt der bislang üblichen Wägung einzelner Proben realisieren, um die GMP-Anforderungen an die Rückverfolgbarkeit zu erfüllen?

#### Pflichtenheft verlangt komplett neues Anlagendesign

Mit einem Upgrade des herkömmlichen Maschinendesigns waren diese Vorgaben nicht zu realisieren. Der klassische Transport per Förderbänder wäre nur

schwer in der Lage gewesen, die Vorgaben des Dosiervorgangs zu erfüllen. Zumal, die Fläschchen auf den Förderbändern leicht umkippen können. Dann wäre die gesamte Charge als Ausschuss zu deklarieren und die Maschine zu reinigen. Damit verbunden wären längere Anlagenstillstände, die zu Lasten der Produktivität gehen würden. Aufgrund der vergleichsweise geringen Genauigkeit des Transportbands wäre die präzise Positionierung der Fläschchen unter den Befüll-Nadeln schwierig. Es hätte stets die Gefahr bestanden, dass beim Abfüllen Pulverreste am Flaschenmund zurückbleiben – ein weiteres Ausschusskriterium.

Mit der Umstellung auf das lineare Transportsystem XTS konnte Shanghai Yinghua diese prozesstypischen Probleme eliminieren und einen neuen Standard in der Branche hinsichtlich Performance und Qualität setzen: Auf den Führungsschienen des linearen Transportsystems lässt sich eine nahezu beliebige Anzahl an Movern ohne großen mechanischen Aufwand montieren. Das erlaubt eine flexible Anpassung der Abfüllanlage an die benötigten Produktionskapazitäten. Die Mover können einzeln, in Gruppen oder synchron zueinander bewegt werden. Beim Dosieren der Pulver werden die Fläschchen beispielsweise von den Movern eingeklemmt. Diese Fixierung schließt umgefallene Fläschchen aus,

Das senkrecht montierte XTS übernimmt je Mover vier Fläschchen und positioniert sie schnell und präzise unter die Abfüllnadeln des pulverförmigen Wirkstoffs (Bild oben).

Die Steuerungszentrale der Abfüllanlage: Ein Embedded-PC CX2062 mit Intel®-Xeon®-CPU (2,0 GHz, 8 Cores), HDD/SSD-Festplattenerweiterung (CX2550-0020) und vier unabhängigen 1-Gbit/s-Ethernet-Schnittstellen (Bild links).

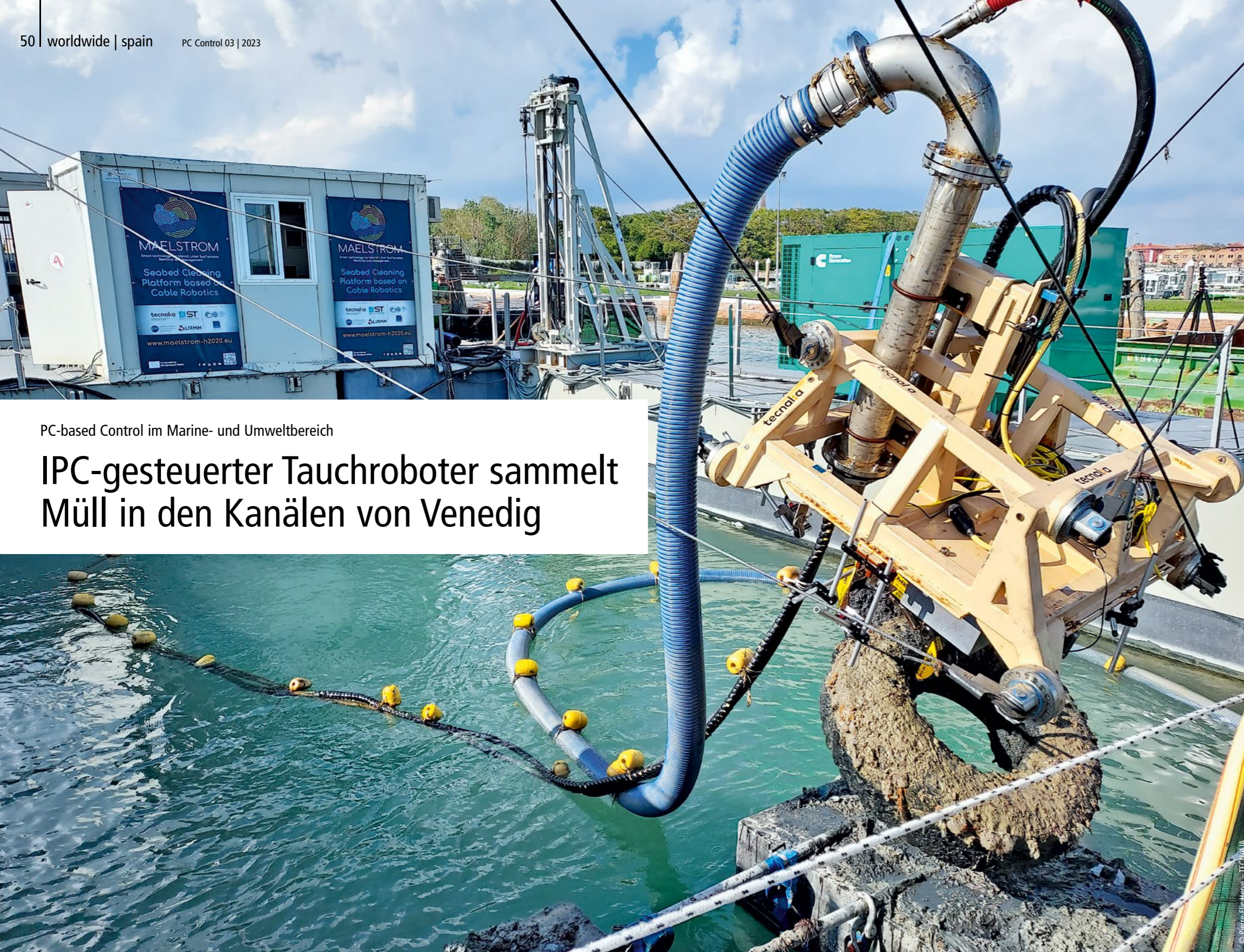


Das Unternehmen produziert verschiedene Tandem-Maschinen für die Herstellung von sterilem Pulver und gefriergetrocknetem Pulver, die sich mit Dosiermaschinen, Flaschenwaschmaschinen, multifunktionalen Verschleißmaschinen, Sterilisations- und Trocknungsmaschinen zu kompletten Fertigungslinien assemblieren lassen. Zu den Kunden zählen weltweit mehr als 200 pharmazeutische Fabriken.

Als zusätzlicher Trumpf kristallisieren sich ein Inline-Wägesystem und die Aufzeichnung aller Bedieneringriffe (Audit-Trail) heraus. Damit erfüllen die Anlagen die Compliance-Anforderungen entsprechend GMP. Für Shanghai Yinghua und andere chinesische Hersteller setzt das lineare Transportsystem XTS einen Trend, der die pharmazeutische Verpackungstechnologie auf einen höheren Level hebt.

weitere Infos unter:

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



PC-based Control im Marine- und Umweltbereich

## IPC-gesteuerter Tauchroboter sammelt Müll in den Kanälen von Venedig

Etwa 70 % des Mülls in Gewässern sinkt auf den Grund der Meere oder zerfällt in Mikro- und Nanoplastik – in Summe mehrere 10 Mio. t. Auf Grundlage eines KI-basierten Systems wurde im Rahmen des Forschungsprojekts MAELSTROM ein autonomer Roboter für Gewässer bis 20 m Tiefe entwickelt, der selektiv Objekte identifiziert und einsammelt. Die Generalprobe hat das mit PC-based Control automatisierte System im September 2022 in den Kanälen Venedigs bestanden.

Wer verhindern will, dass Müll die empfindlichen Ökosysteme unter Wasser vergiftet oder Mikro- und Nanoplastik über die Nahrungsketten in unsere Körper gelangt, muss sowohl die weitere Verschmutzung der Gewässer verhindern als auch den bereits vorhandenen Müll einsammeln. Genau das hat das europäische Projekt Horizon 2020 – MAELSTROM zum Ziel: Die Entwicklung und Integration von Technologien zur Identifizierung, Entfernung, Sortierung und Umwandlung aller Arten von Meeresmüll in Rohstoffe. Dazu hat ein internationales Forschungsteam, bestehend aus TECNALIA, Spanien, CNRS-LIRMM aus Frankreich und der italienischen Servizi Tecnici, die „Robotic Seabed Cleaning Plattform“ entwickelt. Deren Kernkomponente ist ein Unterwasserroboter mit Greifer und Saugereinrichtung, der sich in sechs Freiheitsgraden mithilfe von acht Seilwinden flexibel bewegen kann.

Über Sensoren und Kameras erkennt der Roboter den Müll auf dem Meeresboden, positioniert sich automatisch darüber und kann bis zu 130 kg schwere Gegenstände (z. B. Fahrräder, Reifen, Kisten und Netze) heben. Kleinere Teile oder im Wasser treibende Kunststoffe werden über einen Sauger geborgen. „Da wir von der Oberfläche aus operieren und Greifer oder Sauger nur bei Bedarf aktivieren, erreichen wir eine hohe Selektivität und minimieren so die Auswirkungen auf das Ökosystem am Meeresboden“, erklärt Mariola Rodríguez, MAELSTROM-Projektmanagerin bei TECNALIA.

Die Positionierungswinden werden über Servoverstärker AX5118 und Servomotoren AM8071 von Beckhoff synchron angesteuert. „Um ein robustes, genaues und schnelles Positionieren zu gewährleisten, haben wir borstenlose Synchron-Servomotoren gewählt“, betont Jose Gorrotxategi, Elektronikingenieur im Cable Robotics Team von TECNALIA. Ein weiterer Vorteil: Die One Cable Technology (OCT) der Antriebe reduziert den Verdrahtungsaufwand und Platzbedarf an den Winden. Über die Stahlseile der Winden lässt sich das Robotergerüst unter Wasser präzise positionieren und mit hoher Steifigkeit an Ort und Stelle halten, trotz der mitunter kräftigen Strömungen. Encoder auf den Motorwellen erfassen die Winkelposition und Umdrehungen der Seiltrommeln und damit indirekt die Länge des aufgewickelten Seils.

Im Rahmen des Forschungsprojekts MAELSTROM wurde ein Seilroboter entwickelt, der über Sauger kleine Partikel entfernen und per Greifer bis zu 130 kg schweren Abfall aus bis zu 20 m Tiefe bergen kann.

Elektromagnetische Bremsen und die Überwachung der Seilspannungen mittels Kraftsensoren gewährleisten die erforderliche Sicherheit. Falls die Messwerte außerhalb des zulässigen Bereichs liegen, stoppt der Seilroboter sofort und eine Fehlermeldung erscheint in der Visualisierung.



Ein Schaltschrank-Industrie-PC C6650 übernimmt die zentrale Steuerung aller Achsen und die Positionierung des Seilroboters anhand diverser nautischer Sensorik.

Servoverstärker AX5118 regeln die acht Winden-Antriebe des Seilroboters sowie die vier Achsen des Grundträgers.



### Sensorik-Cluster über und unter Wasser

Für die Steuerung und Überwachung enthält der Rahmen des Unterwasser-Seilroboters eine Reihe von Sensoren und Kameras für den manuellen, automatischen und ferngesteuerten Betrieb. „Die Kameras und Beleuchtungen ermöglichen eine manuelle Steuerung – vorausgesetzt, die Wassertrübung ist nicht zu hoch“, ergänzt Pierre-Elie Herve, Ingenieur für Maschinenbau und Steuerungstechnik bei TECNALIA in Montpellier. Interessante Stellen am Meeresboden kann der Bediener im Kamerabild anklicken, die der Roboter dann eigenständig anfährt. Ein Drucksensor am Robotergerüst erfasst die Tauchtiefe, eine Inertiale Messeinheit (IMU) regelt dessen Lage im Wasser. Den Abstand der mobilen Plattform zum Meeresboden und ihre relative Geschwindigkeit dazu, erfasst ein Doppler Velocity Log (DVL) über vier Sonarsensoren.

Auf dem Ponton an der Wasseroberfläche befinden sich weitere Sensoren, darunter ein Drucksensor zur Kompensation des atmosphärischen Drucks bei der Tiefensteuerung. Zwei Real-Time Kinematic GPS bestimmen in Echtzeit die Position und vertikale Ausrichtung des Lastkahns. Sämtliche Daten dieser unterschiedlichen Systeme fließen in die Steuerung und Positionsregelung des Roboters mit ein. Auf Basis dieser Werte kann die Roboterplattform beispielsweise die auf Tiefenkarten (Bathymetrie-Karten) zuvor ausgewählten Positionen exakt anfahren und halten, was die Arbeit des Roboters beschleunigt. „Diese Fähigkeit hat sich in dem sehr trüben Wasser der Lagune von Venedig als Schlüsselmerkmal erwiesen“, stellt Mariola Rodríguez heraus.

### Steuerung und Kommunikation des Seilroboters

Die Steuerung des Unterwasser-Seilroboters mit seinen insgesamt zwölf Achsen – acht Winden und vier vertikal verfahrbare Schlitten an den Ponton-Masten – übernimmt TwinCAT 3, installiert auf einem Schaltschrank-Industrie-PC C6650. Dieser ist im Hauptschaltschrank installiert, der sich im Kontrollraum befindet. Für den sicheren Betrieb sorgen neben der Seitkraftüberwachung mehrere Not-Halt-Taster entlang der Anlage (Kontrollraum, Funksteuerung und Winden). Die entsprechende Sicherheitslogik wird von einer EtherCAT-Klemme EL6910 mit TwinSAFE Logic ausgeführt. Die Servoantriebe mit integrierten Bremsen sind über TwinSAFE-Drive-Optionskarten AX5805 in die Safety-Applikation eingebunden.

Weitere vier Verteilerkästen, dezentral an den Seilwinden montiert, enthalten die I/O-Schnittstellenmodule sowie die Elektronik für die Seilkraftmessung. Die Verbindung zwischen Steuerschrank und Verteilerkästen erfolgt über EtherCAT P. Dazu Jose Gorrotxategi: „Diese Erweiterung der EtherCAT-Technologie ermöglicht es, in einem einzigen Kabel sowohl die DC-Versorgung als auch die EtherCAT-Echtzeitkommunikation zu übertragen.“

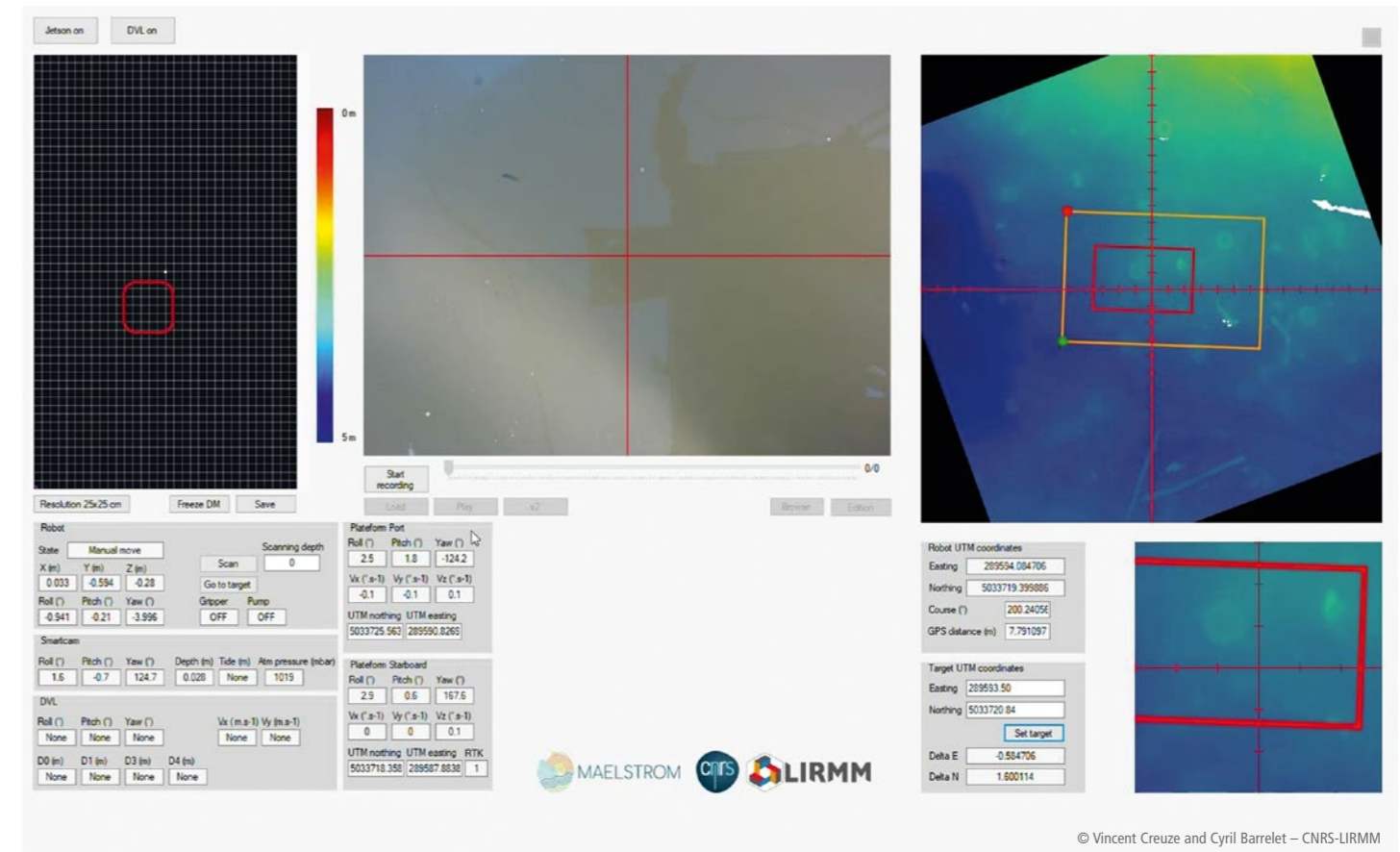
### Steuerung der Roboterplattform

Bei der Steuerung der Teleoperationen des Seilroboters per Joystick verwendet der Bediener die geschätzte Position der mobilen Unterwasserplattform sowie die auf der mobilen Plattform befindlichen Kameras. Über das HMI kann der Bediener die verschiedenen Steuerungsmodi anwählen und anhand der Sensorwerte alle Funktionen überwachen – zusätzlich zur visuellen Kontrolle per Unterwasser-Kameras.

Das Kamerasystem zur Wahrnehmung unter Wasser ermöglicht vor allem die visuelle Servosteuerung: Sobald der Bediener Meeresmüll sieht (aufgrund der Wassertrübung in relativ geringer Entfernung zur Kamera), kann er diesen im Kamerabild anklicken und die mobile Plattform des Seilroboters fährt den Müll automatisch an.

In das HMI integriert ist zudem eine Tiefenkarte, die mit dem DVL-System und den Kameras erstellt wurde. Der Bediener kann einen beliebigen Punkt in diesem Bild anwählen, den die mobile Plattform dann ansteuert. Neben der manuellen Bedienung kann das Gestell auch autonom Müll identifizieren, ansteuern und einsammeln. „Das funktioniert auf Basis künstlicher Intelligenz, die in der Lage ist, den Meeremüll zu identifizieren und das am besten geeignete Entfernungsgeschwindigkeit auszuwählen“, präzisiert Pierre-Elie Herve.

Die für die Roboterplattform zur Reinigung des Meeresbodens entwickelte Software berechnet in Echtzeit die geografische Position des Roboters dank Echtzeit-GPS (Real-Time Kinematic, RTK) und der Trägheitsmessgeräte – Geräte, die die Position bzw. die Ausrichtung messen und melden sowie gleichzeitig die Winden überwachen und steuern. Außerdem wird die Position des Roboters auf der Karte des Meeresbodens angezeigt, auf der auch die Position der Abfälle eingezeichnet ist. Der Roboter kann sich entweder im automatischen Modus bewegen, die Software bestimmt dann die „Flugbahn im Wasser“, oder im manuellen Modus per Joystick. Während der Bewegungen tastet eine Kamera in Kombination mit einem akustischen Sensor den Meeresboden ab, um die Tiefe (Bathymetrie) zu messen und den Müll zu erkennen. Diese Daten werden georeferenziert und in Echtzeit in der Karte eingeblendet.



Screen der Visualisierung bei manueller Steuerung: Der Bediener bekommt die Bathymetrie-Karte angezeigt. Sie ist auf das innere Becken der Roboterplattform zentriert (orangenes Rechteck). Das rote Rechteck kennzeichnet den sicheren Arbeitsbereich, in dem es zu keiner Kollision zwischen Roboterplattform und -kabeln kommen kann. Der untere Bereich stellt die Zugspannungen der Stahlseile dar.

© Vincent Creuze and Cyril Barrelet – CNRS-LIRMM

weitere Infos unter:

[www.maelstrom-h2020.eu](http://www.maelstrom-h2020.eu)  
[www.tecnalia.com](http://www.tecnalia.com)  
[www.cnrs.fr/en](http://www.cnrs.fr/en)  
[www.lirmm.fr](http://www.lirmm.fr)  
[www.servizitecnivenezia.com](http://www.servizitecnivenezia.com)  
[www.beckhoff.com/c6650](http://www.beckhoff.com/c6650)

Eine präzise Steuerung und Überwachung des Bearbeitungsprozesses ist für hochwertiges Ziergestein essenziell.



Der Embedded-PC CX7000 steuert u. a. Fräzsel-Baumaschinen für den Einsatz in Steinbrüchen zum Schneiden und Verarbeiten von Ziergestein.



Embedded-PC CX7000 und EtherCAT-Klemmen im Einsatz bei Baumaschinen für Steinbrucharbeiten

## Unbemannte Baumaschinen hocheffizient und zuverlässig steuern

Auch wenn Baumaschinen in Steinbrüchen – zumindest vordergründig betrachtet – nur grobe Arbeit leisten müssen, ist eine präzise und effiziente Steuerungstechnik unabdingbar. Dies gilt insbesondere für unbemannte, fernbedienbare Ausführungen, wie sie der portugiesische Spezialist Fravizel entwickelt. Das Unternehmen wählte daher, unterstützt von Beckhoff Distributor Bresimar, die hochkompakte Kombination aus Embedded-PC CX7000 und EtherCAT-Klemmen als zukunftssichere und robuste Steuerungslösung aus.

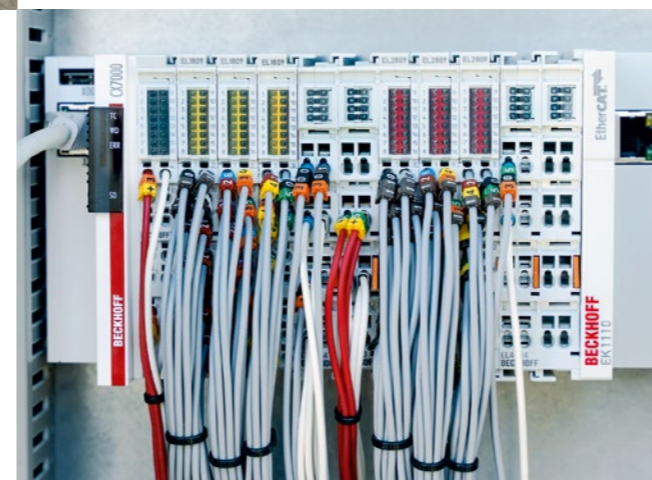
Fravizel ist ein portugiesisches Unternehmen mit über 39 Jahren Erfahrung in der Entwicklung und Herstellung von Geräten zur Erdbewegung sowie von Maschinen für Steinbrüche, Forstwirtschaft und Industrie, wie z. B. Diamantseilschneid- und Bohrmaschinen. Mit einer Präsenz auf fünf Kontinenten ist die Innovationsfähigkeit des Unternehmens nach eigener Aussage notwendig, um den unterschiedlichen Gerätebedarf des weltweiten und vielfältigen Kundenstamms abdecken zu können. Ein Mitglied des Engineeringteams von Fravizel erläutert in diesem Zusammenhang die Gründe für den Einsatz von PC-based Control: „Beckhoff Distributor Bresimar schlug den CX7000 als eine mögliche Lösung vor. Wir kannten diesen Embedded-PC nicht, analysierten ihn und erkannten, dass es sich um ein äußerst kompaktes Gerät handelt, das über alle notwendigen Verarbeitungs- und Speicherfunktionen verfügt. Und es war zudem

kompatibel mit den Beckhoff Produkten und Lösungen, die wir bereits einsetzen. Die Partnerschaft mit Bresimar war für die technische Entwicklung ebenfalls sehr wichtig, da wir die gesamte erforderliche Unterstützung erhalten haben.“

### Kompakte und robuste Steuerungslösung

Die Maschinen, für die der Einsatz des Embedded-PC CX7000 vorgesehen ist, sind unbemannt und können nur von spezialisierten Bedienern ferngesteuert werden. Es handelt sich um Geräte für den Einsatz in Steinbrüchen zum Schneiden und Verarbeiten von Ziergestein. Der Modernisierungsbedarf und die Suche nach einer äußerst kompakten und robusten Lösung machten den CX7000 und die Beckhoff I/O-Technologie zu einer geeigneten Option, welche zudem die Kompatibilität mit dem bereits im Einsatz befindlichen Kommunikations-

Der Embedded-PC CX7000 mit den direkt angereichten EtherCAT-Klemmen ergibt eine äußerst kompakte und robuste Steuerungslösung.



protokoll EtherCAT sicherstellte. Die hohe Rechen- und Speicherkapazität der Kompaktsteuerung deckt laut dem Engineeringteam alle Anforderungen für eine korrekte Maschinenfunktion ab.

Die Funktion des CX7000 als EtherCAT-Master ermöglicht die Nutzung des breiten EtherCAT-I/O-Portfolios von Beckhoff in Verbindung mit einem sehr kompakten und kostengünstigen Gerät. Dementsprechend lässt sich die Steuerung in den unterschiedlichsten Systemen einsetzen. EtherCAT wurde – so das Team Automation & Control – bereits zuvor in der Kommunikation zwischen den Steuerungskomponenten der Maschinen eingesetzt und erwies sich als einer der großen Vorteile der Beckhoff Steuerungslösung, da sich Dritt-Hardware deutlich flexibler integrieren lässt als bei anderen Systemen.

Für die Funktionsfähigkeit der Baumaschinen sind in erster Linie die hydraulischen und pneumatischen Kreisläufe maßgeblich. Mit EtherCAT-Analog-Klemmen, wie z. B. EL3004, EL3174, EL4032, EL4034 und EL4038, lassen sich die hier wichtigen Größen Durchfluss und Druck von Proportionalventilen präzise steuern sowie die Systemleistungen erfassen. Die EtherCAT-Digital-Klemmen EL1809 und EL2809 werden u. a. als Befehlseingänge und für Sensoren bzw. als Ausgänge für hydraulische/pneumatische Magnetventile sowie Leistungs- und Regelantriebe eingesetzt.

Maschinen mit ausfahrbaren Armen, drehbarer Zentralachse und/oder seitlicher Verschiebung erfordern außerdem eine Positioniersteuerung für die verschiedenen Maschinensegmente, die durch die EtherCAT-Encoder-Klemmen EL5001 und EL5002 und über einen Absolutwertgeber erreicht wird. Für die zuverlässige Drucküberwachung der Hydraulik- und Pneumatiksysteme fassen EtherCAT-Eingangsklemmen EL3024 die Analogsignale von Druck-, Füllstands-, Neigungs- und Temperatursensoren in der gesamten Maschine zusammen.

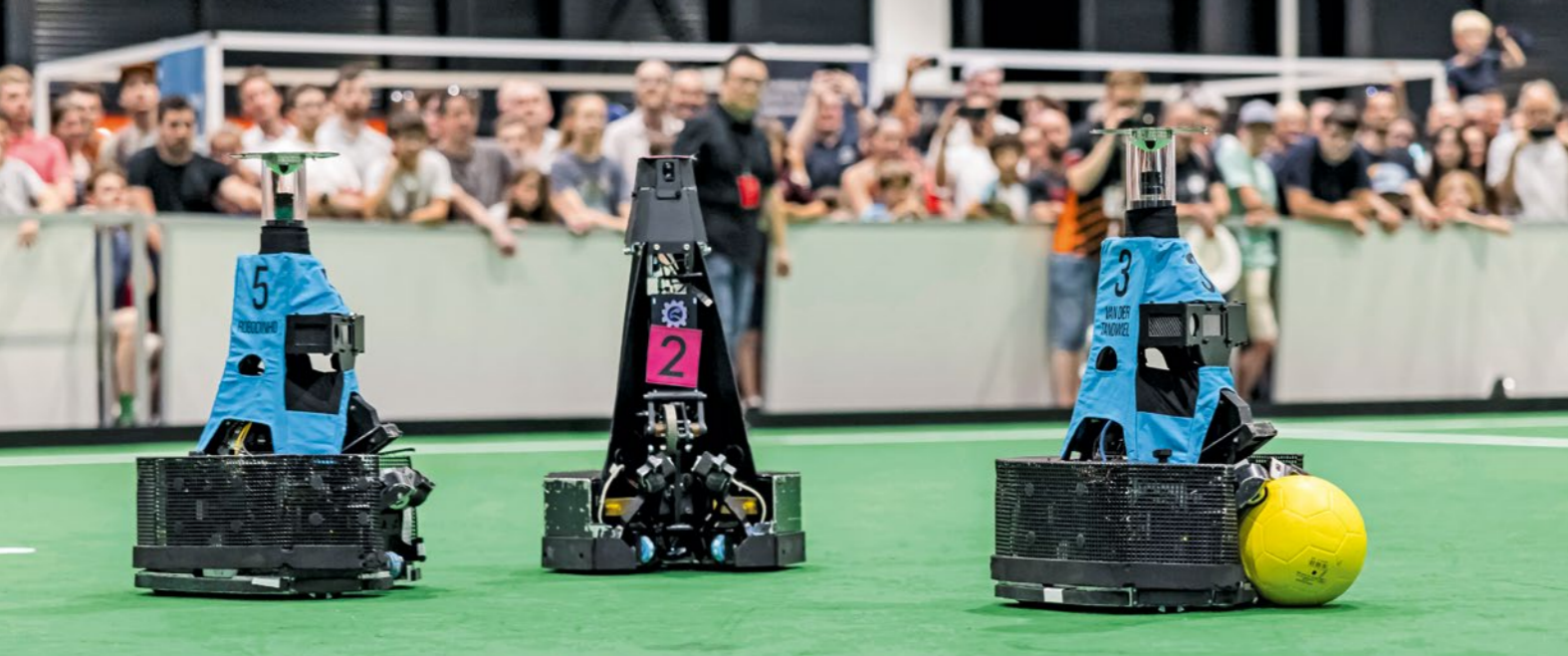
### Zukunftssicherheit durch Technologie

Mit Blick auf die Zukunft ist für Fravizel entscheidend, dass die gleiche Steuerung auch für weitere Projekte geeignet ist. Sollten beispielsweise mehr Signale benötigt werden, können einfach zusätzliche EtherCAT-Klemmen an den Embedded-PC CX7000 angereicht werden. Laut Distributor Bresimar ist die optimale Kombination aus Kompaktheit und Funktionalität des CX7000 für Fravizel nur der erste Schritt in die skalierbare PC-basierte Steuerungstechnik von Beckhoff. Man unterhalte eine enge Verbindung zum Kunden, um innovative Lösungen mit Mehrwert für die entwickelten Anlagen zu schaffen sowie Wachstum und Wissensaustausch zu ermöglichen.

weitere Infos unter:

[www.fravizel.com](http://www.fravizel.com)

[www.beckhoff.com/cx7000](http://www.beckhoff.com/cx7000)



## EtherCAT-Fußball-Roboter wieder Weltmeister!

Im blauen Trikot: die EtherCAT-Roboter von Tech United im Finale des RoboCup 2023

© ETG



Das Team Tech United aus Eindhoven hat es wieder geschafft: Erneut gewannen die autonomen EtherCAT-basierten Fußball-Roboter die Weltmeisterschaft in der Mid-Size-League, der leistungsstärksten Liga im Roboter-Fußball. Beim RoboCup in Bordeaux, Frankreich, besiegte die aus fünf autonom agierenden Robotern bestehende Mannschaft die Falcons aus der Nachbarstadt Veldhoven mit 6:2 – quasi ein Derby zum Finale.

Tech United ist ein multidisziplinäres Team von aktuell 46 (ehemaligen) Studierenden, Doktoranden und Mitarbeitern der Technischen Universität Eindhoven, das sich mit der Entwicklung von Robotern beschäftigt. Zur Problemlösung werden Kenntnisse aus den Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik und Computeralgorithmen eingesetzt. Die Heimat von Tech United ist das RoboCup-Stadion auf dem Universitätsgelände.

Tech United nimmt an Turnieren in der ganzen Welt teil, beispielsweise am RoboCup. Dies ist eine jährlich stattfindende Weltmeisterschaft für Roboter, die kommunizieren und auf eine sich ständig verändernde Umgebung reagieren können. RoboCup ist ein Open-Source-Wettbewerb. Nach jedem Turnier wird das gesamte Wissen unter den Teams ausgetauscht. Auch die Spielregeln ändern sich jedes Jahr, um die Teams herauszufordern, ihre Technologien ständig zu verbessern und zu erneuern.

Den RoboCup – die Weltmeisterschaft der Fußballroboter – hat das Tech United Team nun schon zum sechsten Mal gewonnen. Dieses Jahr war bereits die

fünfte Generation der „TURTLE“ (Tech United Robocup Team: Limited Edition) genannten Fußballroboter am Start: Erstmals wurden keine omnidirektionalen Räder, sondern neu entwickelte Antriebe mit Schwenkachsen eingesetzt, bei denen die Orientierung jedes Rads einzeln regelbar ist. Wegen der verbesserten Traktion wurde damit die Beschleunigung der Roboter deutlich verbessert. Wie schon seit der ersten Generation aus dem Jahr 2005 setzt Tech United auf EtherCAT als Kommunikationstechnologie.

Die Software zur Steuerung der Roboter besteht aus vier Modulen: Bildverarbeitung, Weltmodell, Strategie und Bewegung. Das Vision-Modul verarbeitet die Daten der Vision-Sensoren, z. B. Omnivisionsbilder, um die Positionen des Balls, der Gegner und des Roboters selbst zu ermitteln. Diese Positionsdaten werden in das Weltmodell eingespeist. Hier werden die Bilddaten aller Teammitglieder zu einer einheitlichen Darstellung der Umgebung kombiniert. Das Strategiemodul trifft Entscheidungen auf der Grundlage dieses generierten Weltmodells. Schließlich übersetzt das Bewegungsmodul die Anweisungen der Strategie in Low-Level-Steuerungsbefehle für die Aktoren des Roboters.



Das Team Tech United gewinnt den RoboCup 2023.

EtherCAT

## ETG: jetzt 3.000 Mitglieder in Asien, 1.000 in Amerika

Die EtherCAT Technology Group (ETG) wächst unvermindert weiter. Mit jetzt über 3.000 Mitgliedern in Asien und über 1.000 in Amerika wurden weitere Meilensteine erreicht. Damit sind 42 % der Mitglieder aus Asien, fast so viele wie aus Europa. Die asiatischen Mitglieder tragen überproportional zum Wachstum der ETG bei.

„Das Mitgliederwachstum spiegelt die Akzeptanz von EtherCAT im Markt wider“, so Martin Rostan, Executive Director der ETG. „EtherCAT ist nicht nur in China klar die marktführende Kommunikationstechnologie in der Automatisierungstechnik. Die hohe Performance, die einfache Anwendung und die niedrigen Kosten haben EtherCAT zum Systembus der meisten asiatischen Steuerungshersteller gemacht, sodass die Entscheidung für unsere Technologie für Anbieter von Sensoren, I/Os und Antrieben auf der Hand liegt. Die Anwender profitieren von der Offenheit sowie der größten Anbieter- und Produktvielfalt aller Systeme. Und

obwohl wir schon seit Jahren der mitgliederstärkste Feldbusverband sind, lässt das Wachstum nicht nach.“

In Amerika wird das absolute Wachstum vom einwohnerstärksten Land – den Vereinigten Staaten – getragen, wobei Kanada relativ zur Bevölkerungszahl sogar eine noch höhere Mitgliederdichte aufweist. Die ETG-Mitglieder aus den fünf größten lateinamerikanischen Ländern helfen dabei, die Technologie in dieser Region zu verbreiten, die mehr durch Anwender als durch Hersteller von Automatisierungstechnik geprägt ist.

Satzungsgemäß können nur juristische Personen wie Unternehmen und Universitäten in die ETG eintreten.

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



## Mehr über Beckhoff



Unternehmen



Globale  
Präsenz



Veranstaltungen  
und Termine



Stellenangebote



Produkte



Branchen



Support