

BECKHOFF

# PCcontrol

The New Automation Technology Magazine

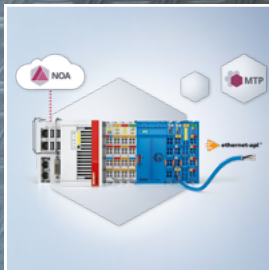
Nr. 2 | Juli 2024

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



26 | Weltweit

## EtherCAT-Messtechnikklemmen in der Fahrzeugentwicklung



16 | Technologie

Zukunftssichere Anlagen-  
automatisierung mit NOA,  
Ethernet-APL und MTP



22 | Weltweit

Additive Fertigung  
im industriellen Maßstab



News



- 4 | Beckhoff Automation verzeichnet erfolgreiches Geschäftsjahr 2023
- 6 | Beckhoff China unterstützt Steuerungstechniklabor am Changshu Institute of Technology

Produkte

- 8 | TwinCAT Machine Learning Creator: Automatisiertes KI-Training für industrielle Anwendungen



- 14 | MX-System hilft auch bei Fachkräftemangel und DC-Stromversorgung
  - 15 | EL336x kombiniert Wägefunktion und Sensorversorgung in einer Klemme
- EtherCAT-Analog-Klemmen in neuer Generation

Technologie

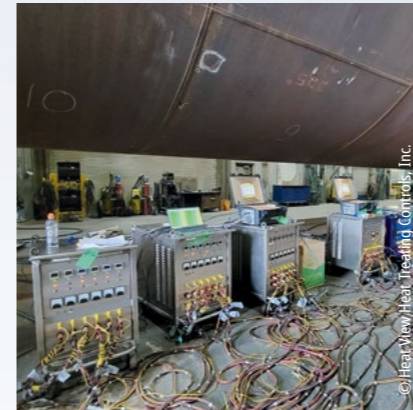


- 16 | Zukunftssichere Anlagenautomatisierung mit NOA, Ethernet-APL und MTP

Weltweit

- 22 | GKN Additive, Intec und Schmitz Spezialmaschinenbau, Deutschland: PC-based Control automatisiert Behälter-Handling für 3D-Druck-Prozesse
- 26 | DynoTec und Mercedes-Benz, Deutschland: EtherCAT-Messtechnikklammern in der Fahrzeugentwicklung

- 30 | MathWorks und Siemens Energy, Deutschland: Model-Based Engineering und PC-based Control bei HGÜ

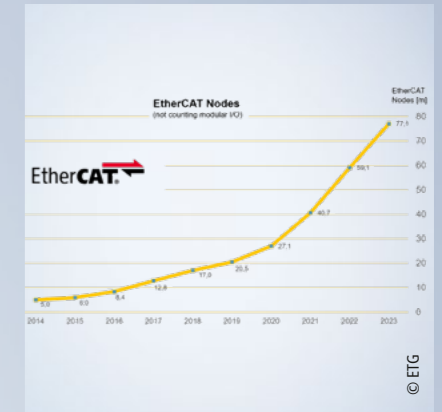


- 32 | Heat View Controls, Kanada: Portable PC- und EtherCAT-basierte Steuerung zur Vor-Ort-Wärmebehandlung
- 36 | JR Automation, Vereinigte Staaten: Intelligentes Transportsystem bringt Agilität in die Produkthandhabung
- 40 | Dafeng Industry, China: PC-based Control inszeniert chinesisches Kulturerbe in moderner Museumsinstallation



- 44 | Reinforce3D, Spanien: PC-based Control bei der Nachbearbeitung von 3D-Druckteilen
- 48 | Lesta, Italien: PC-basierte Steuerungs- und Antriebstechnik in der Robotik
- 52 | Gébpér-Színpad, Ungarn: PC-based Control automatisiert Bühnentechnik in historischem Theater

ETG



- 54 | EtherCAT: insgesamt 77 Mio. Knoten, davon 18 Mio. in 2023
- EtherCAT ITW World Series 2024 mit Rekordbeteiligung
- 55 | ETG trifft sich zum Global Strategy Meeting
- ETG vergibt 4.000. EtherCAT Vendor ID

Impressum

PC Control –  
The New Automation Technology Magazine

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

Redaktions- und Projektleitung:  
Stefan Ziegler

Redaktion:  
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: 10.000

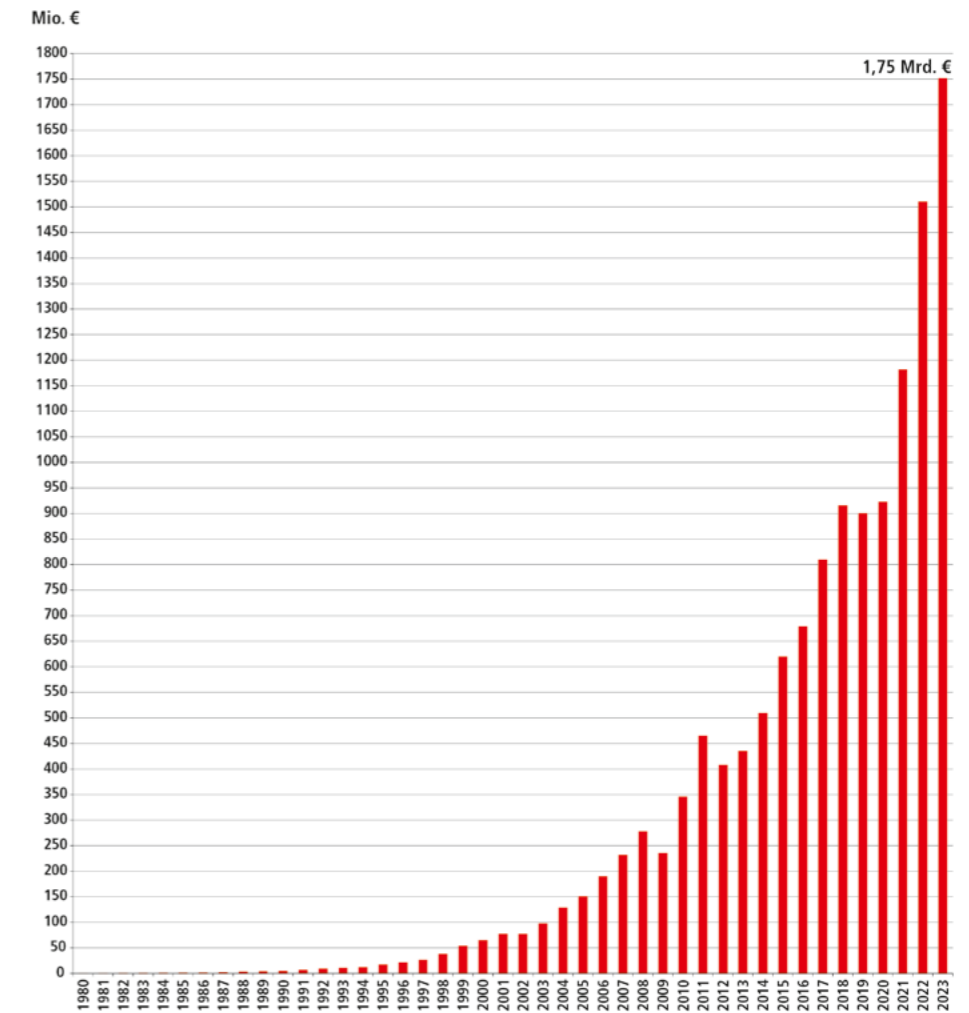
Gleichstellungshinweis:  
Zur besseren Lesbarkeit sind personenbezogene Bezeichnungen teilweise nur in der männlichen Form ausgeführt. Selbstverständlich sind damit jeweils alle Geschlechter gemeint.





Hans Beckhoff,  
Gründer und geschäftsführender Inhaber

„Wir bleiben unserem Motto treu, jedes Jahr unser Portfolio evolutionär weiterzuentwickeln und alle fünf bis sieben Jahre eine revolutionär neue Technologie vorzustellen.“



# Beckhoff Automation verzeichnet erfolgreiches Geschäftsjahr 2023

Beckhoff Automation setzte seinen Wachstumskurs im Geschäftsjahr 2023 erfolgreich fort. Der Spezialist für Automatisierungstechnik konnte seinen Umsatz auf 1,75 Mrd. Euro steigern. Dies entspricht einem Anstieg von 16 % im Vergleich zum Vorjahresumsatz von 1,515 Mrd. Euro. Aktuell tragen weltweit 5.500 Mitarbeitende (März 2024), davon mehr als 2.000 Ingenieure, zum globalen Unternehmenserfolg bei. Kontinuierliche Innovationen in allen Bereichen der Automatisierung und eine enge Zusammenarbeit mit vielen weltweiten Technologieführern sind die Erfolgsfaktoren des Automatisierungsspezialisten aus Verl.

„2023 war ein herausforderndes Geschäftsjahr“, führt Geschäftsführer Hans Beckhoff aus und erläutert weiter: „Die starke Entwicklung des Auftragseingangs aus 2022 setzte sich in den ersten Monaten 2023 fort und führte zu einem Rekord bei Auftragsbestand und Umsatz. Im weiteren Jahresverlauf schwächte sich der Auftragseingang jedoch sehr deutlich ab. Im Wesentlichen führen wir dies darauf zurück, dass unsere Kunden 2022 und zu Beginn 2023 ihre Lagerbestände und Bestellungen überdurchschnittlich aufgebaut haben, um Lieferschwankun-

gen der Bauteilkrise ausgleichen zu können. Dies korrigierten sie im Verlauf von 2023 durch geringere Bestellmengen. Darüber hinaus wirkten sich in einigen Regionen und Branchen konjunkturbedingte Rückgänge aus.“

Im ersten Quartal 2024 beobachtet Beckhoff eine Stabilisierung des Auftragseingangs mit leichten Aufwärtstendenzen. „Wir rechnen mit einer deutlichen Steigerung der Nachfrage in der zweiten Jahreshälfte“, sagt Hans Beckhoff

und ergänzt: „2024 werden wir aber voraussichtlich im Vergleich zu 2023 einen deutlichen Rückgang im Auftragseingang und Umsatz verzeichnen. Erst 2025 erwarten wir wieder ein ordentliches Wachstum. Dies besorgt uns jedoch nicht. Es ist der fünfte kräftige Abschwung, den wir in unserer 44-jährigen Firmengeschichte erleben. Als solides Familienunternehmen sind wir gut darauf vorbereitet und werden die sich daraus ergebenden Chancen zusammen mit unseren Kunden nutzen!“

### Alle Beckhoff Produkte wieder ab Lager verfügbar

In den letzten zwei Jahren tätigte Beckhoff umfangreiche Investitionen in Produktion, Lager und Infrastruktur und steigerte u. a. die Produktionskapazitäten um mehr als 100 %. Hinzu kommt eine deutliche Verbesserung der Zuliefersituation von Komponenten im Markt. Hans Beckhoff: „Unser Ziel war es, alles daranzusetzen, Ende 2023 für unsere Kunden wieder verlässliche Standardlieferzeiten zu ermöglichen.“ Aktuell kann Beckhoff fast alle Produkte wieder ab Lager liefern.

### Innovationen für die Automatisierung

Auf der Hannover Messe 2024 hat Beckhoff Automation wieder spannende Innovationen gezeigt, wie z. B. Industrie-PCs mit mehr CPU-Power, leistungs-

fähige Steuerungssoftware unter Windows und Linux, Erweiterung des Beckhoff Busklemmensystems, Ersatz des Schaltschranks durch das MX-System, neue Antriebsverstärker und Motoren, neue softwarebasierte Sicherheits-CPU oder die tiefe Integration von AI in die Steuerungs- und Engineeringfunktionen.

### Positiver Ausblick auf die langfristige Entwicklung

Insgesamt blickt Hans Beckhoff positiv in die Zukunft: „Automatisierung ist eine Basistechnologie, die in allen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens weltweit zum Einsatz kommt und insbesondere die digitale und ökologische Transformation vorantreibt. Dieser stetig wachsende Bedarf sowie die Einführung neuer Produktreihen und Technologien sollten ab 2025 wieder ein gutes und stetiges Wachstum ermöglichen. Unsere Software- und PC-basierte Steuerungstechnik in Kombination mit unserer leistungsfähigen Hardware für I/O, Motion, Vision und AI sowie die Kompetenz und das Engagement unserer Mitarbeiter liefern hierfür eine sehr gute Basis für viele erfolgreiche Kundenapplikationen. Wir freuen uns auf diese Herausforderungen.“

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



Beckhoff China unterstützt Steuerungstechniklabor am Changshu Institute of Technology

# Industrie, Akademie und Forschung eng miteinander verzahnt

Das Changshu Institute of Technology, gelegen in der Stadt Changshu, Provinz Jiangsu, ist ein regionales Vollzeit-Undergraduate-Institut. Es ist zudem Pilot-Hochschule für die neue, vom chinesischen Bildungsministerium organisierte Bewertungsrunde der Lehrqualifikation für Undergraduate-, also Bachelor-Studiengänge sowie für das „Outstanding Engineer Education and Training Program“ und für die Integration von Informationstechnologien im Bildungsbereich bzw. für das nationale Projekt „New Engineering Research and Practice“. Wichtiger Faktor ist dabei das von Beckhoff unterstützte Steuerungstechniklabor an der Fakultät für Elektrotechnik und Automatisierung.

Als Antwort auf die zukünftigen Herausforderungen widmet sich die Fakultät für Elektrotechnik und Automatisierung am Changshu Institute of Technology der Ingenieurausbildung als Kombination einer soliden wissenschaftlichen Basis, umfassender praktischer Fähigkeiten, breiter Kompetenz und internationaler Wettbewerbsfähigkeit. Chen Jingbo, der Vizedekan der Fakultät, verfolgt dabei konsequent die Philosophie, Talente entsprechend den Bedürfnissen der Industrie zu entwickeln. So wurden 2018 Beckhoff SPS-Technologieurse in den Automatisierungslehrplan eingeführt. Im Jahr 2020 gründete die Hochschule das auf Beckhoff Technologie basierende Steuerungslabor und startete mit Kursen zur Software TwinCAT 3. Diese Praxisnähe wird dazu beitragen, einerseits den zukünftigen Fachkräftebedarf zu decken und andererseits eine solide Grundlage für die berufliche Entwicklung der Studierenden zu schaffen.

## Gemeinsamer Lehrplan von Hochschule und Unternehmen

Das Changshu Institute of Technology nutzt die Know-how-Vorteile aus Industrie, Unternehmen und Hochschule, indem sie über das Steuerungstechniklabor die Expertise von Beckhoff China in Hochschulfächer, Lehrpläne, Unterrichtsgestaltung, praktische Trainings und Berufsberatung einfließen lässt. Nach intensiven Vorbereitung und gemeinsamen Förderbemühungen wurden beispielsweise innerhalb der Soft-SPS-Experimentalkurse Lehrversuche auf Basis des Beckhoff Embedded-PC CX5130 eingeführt. Diese beinhalten TwinCAT-Einführungen, Programmierübungen für Verkehrsampeln, Lauflichter und einen 3-Achs-Palettierer.

Die Inhalte vermitteln Wissen und Fähigkeiten zu Embedded-Systemen, SPS-Programmierung und industrieller Automatisierung. Durch die TwinCAT-Schulungen können Studierende grundlegende Prinzipien und Methoden der SPS-Programmierung erlernen. Programmierübungen für Ampeln und Lauflichter ermöglichen es den Studierenden, praktische Programmiererfahrungen zu sammeln und die Rolle des Controllers in realen Anwendungen zu verstehen. Darüber hinaus ist der Kursentwurf für einen 3-Achs-Palettierer ein anspruchsvolles



Tian Ran und Cao Jun, Technical Engineers bei Beckhoff in Suzhou, unterstützen Lehrer Shan Changkao vom Changshu Institute of Technology beim Unterricht.



Das Changshu Institute of Technology in der chinesischen Provinz Jiangsu

volleres Projekt, das Fachwissen aus verschiedenen Disziplinen kombiniert, einschließlich Maschinenbau, elektrische Steuerung und Programmierung.

Solche experimentellen Kursentwürfe helfen den Studierenden, theoretisches Wissen mit praktischen Anwendungen zu verbinden, ihre praktischen Betriebsfähigkeiten und ihr innovatives Denken zu entwickeln. Gleichzeitig können diese Kurse den Studierenden auch dabei helfen, die neuesten Technologien und Trends im Bereich der Industrieautomation zu verstehen, und sie bieten eine starke Unterstützung für deren zukünftige Beschäftigung und berufliche Entwicklung.

## Win-Win-Situation für alle Beteiligten

Beckhoff China beteiligt sich aktiv an der Kursentwicklung und den Lehraktivitäten am Changshu Institute of Technology und empfiehlt zudem herausragende Studierende für Praktika und für eine Anstellung bei Kunden. Diese Art der Zusammenarbeit schafft eine Win-Win-Situation für Studierende, Unternehmen und die Hochschule. Durch die Zusammenarbeit mit Beckhoff haben die Studierenden die Möglichkeit, praktische Erfahrungen mit konkreten Automatisierungsprojekten und -technologien zu sammeln, was Vorteile für sie in der realen Arbeitswelt ergibt. Zusätzlich bietet auch Beckhoff selbst Praktikums- sowie Arbeits- und Karrieremöglichkeiten für die Studierenden.

So rekrutiert Beckhoff China regelmäßig Studierende des Changshu Institute of Technology für Praktika im Büro in Suzhou. Im Jahr 2022 wurden z. B. Tian Ran und Cao Jun wegen herausragender Leistungen anschließend sogar fest eingestellt. Ein weiteres Erfolgsbeispiel bestätigt Deng Fei, Electrical Manager von Kunshan Shengcheng Photoelectric Technology Co., Ltd.: „Absolventen des Changshu Institute of Technology wurden bereits in der Hochschule mit Beckhoff Software- und Hardware-Know-how vertraut gemacht, sodass sie sich schnell anpassen können. Sie sind nicht nur fleißig und verantwortungsbewusst, sondern haben auch eigene Ideen und Gedanken. Das ermöglicht es



Chen Jingbo, stellvertretender Dekan der Fakultät für Elektrotechnik und Automatisierung

ihnen, ihr Fachwissen flexibel einzusetzen, um praktische Herausforderungen in Projekten zu lösen. Sie haben die Integration von Theorie und Praxis wirklich erreicht!“

Chen Jingbo, stellvertretender Dekan der Fakultät für Elektrotechnik und Automatisierung, beobachtete persönlich den Automatisierungsmarkt in Suzhou und stellte fest, dass eine zunehmende Anzahl von Unternehmen die Beckhoff Software TwinCAT 3 verwendet und entsprechend ausgebildete Studierende einstellen möchte. Als Verantwortlicher für den Unterricht im Rahmen der SPS-Technologieurse hat Lehrer Shan Changkao ein klares Verständnis für die Vorteile von PC-basierter Steuerungstechnik von Beckhoff: „Beckhoff bietet mit TwinCAT 3 alle Funktionen von SPS-Systemen auf einer einzigen Softwareplattform und unterstützt alle gängigen Feldbussysteme auf dem Markt. Dies macht TwinCAT 3 zu einer idealen Plattform auch für die Lehre und Forschung, sowohl für Lehrkräfte als auch für Studierende.“ Demensprechend hat die Hochschule ihre zukünftigen Investitionen in die Beckhoff SPS-Technologieurse erhöht, um die Qualität der Lehre und die Wettbewerbsfähigkeit der Studierenden auf dem Arbeitsmarkt weiter steigern zu können. Die Zusammenarbeit zwischen Beckhoff und dem Changshu Institute of Technology kann als eine Win-Win-Situation beschrieben werden, die zahlreiche Vorteile für Studierende, die Schule und das Unternehmen selbst bringt. Hieraus ergeben sich aber nicht nur in der Lehre Vorteile, sondern es werden zudem die Zusammenarbeit zwischen Industrie, Akademie und Forschung sowie innovative Entwicklungen gefördert.

weitere Infos unter:

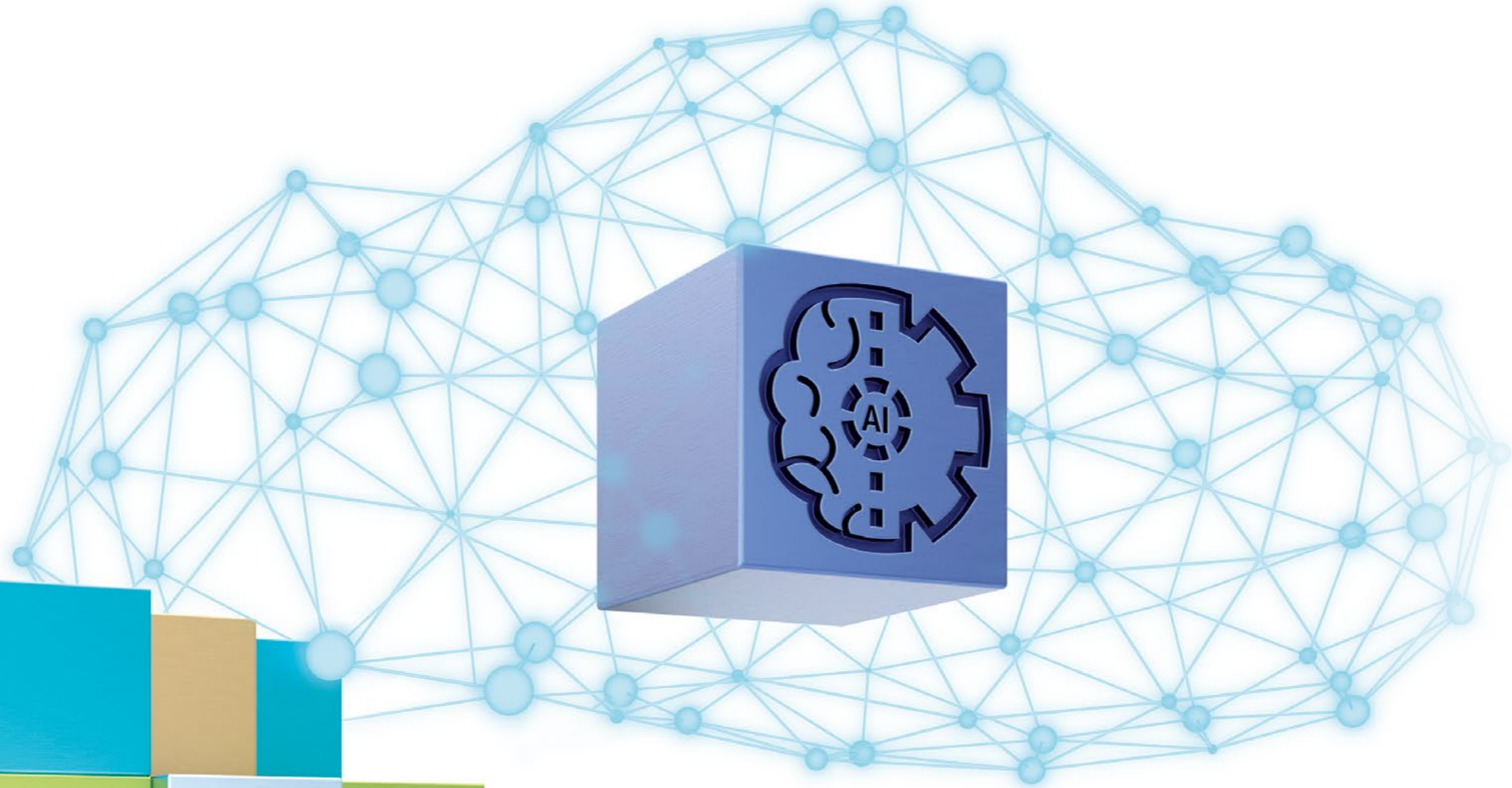
<https://en.cslg.edu.cn>

[www.beckhoff.com/cx5130](http://www.beckhoff.com/cx5130)

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



TwinCAT Machine Learning Creator automatisiert das Training von KI-Modellen und vereinfacht damit deren Nutzung für industrielle Anwendungen



TwinCAT Machine Learning Creator: Automatisiertes KI-Training für industrielle Anwendungen

## KI in der Industrie einfach und ohne Spezialistenwissen nutzen

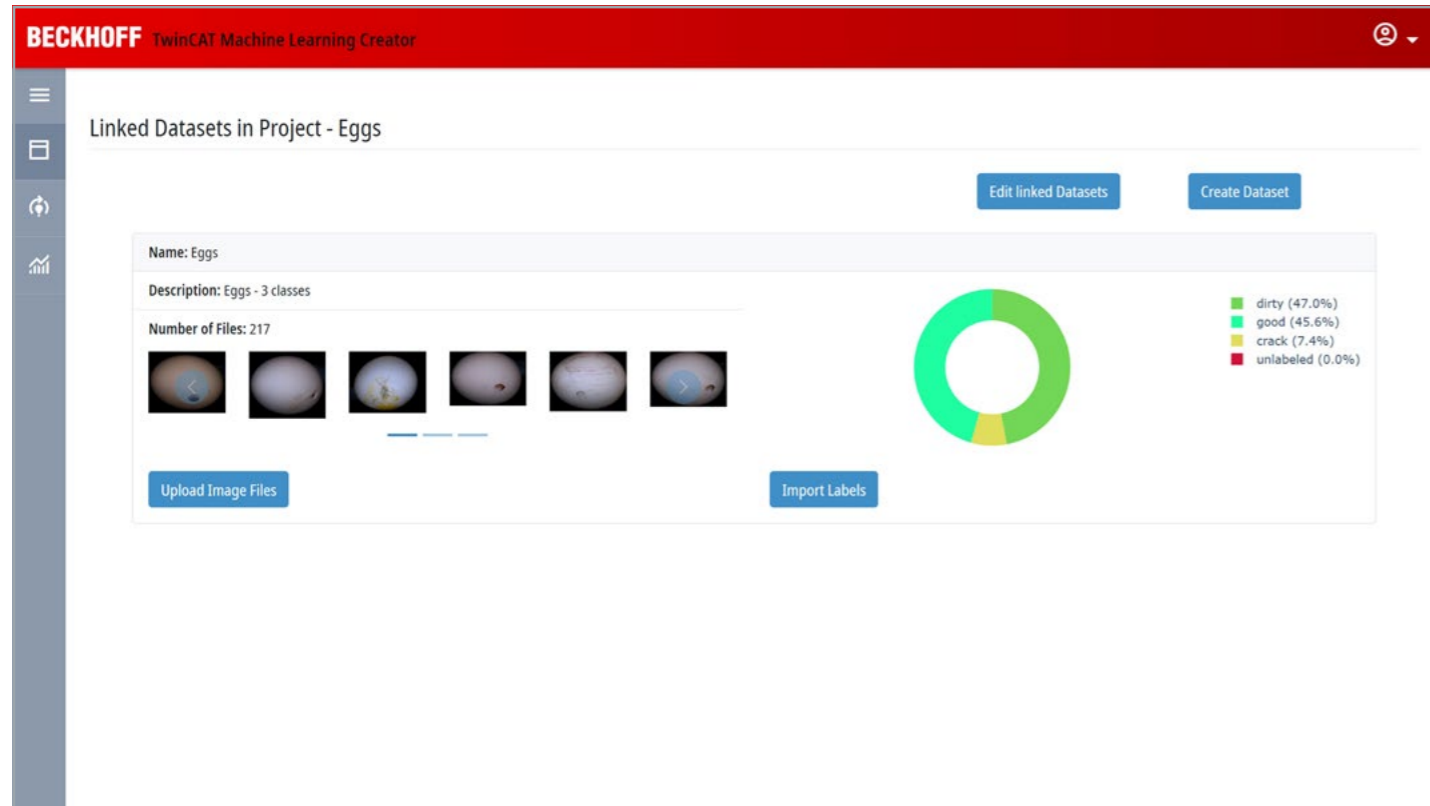
Künstliche Intelligenz (KI) ist eine äußerst generalistische und zugleich erfolgreiche Technologie zur Automatisierung von Prozessen. Sie ist in der Lage, die Grenzen des bislang Realisierbaren – der auf klassischen Algorithmen basierenden Automatisierung – zu verschieben. Mit ihren Vorteilen wird sich die KI aber erst dann in industriellen Anwendungen durchsetzen, wenn die entsprechenden KI-Modelle in der Praxis einfach und ohne spezielles KI-Know-how eingesetzt werden können. Genau aus diesem Grund hat Beckhoff die Software TwinCAT Machine Learning Creator entwickelt.

In der klassischen Algorithmen-basierten Automatisierung werden recht starre Konstrukte verwendet – quasi ein Regelwerk. Wenn eine Situation A eintritt, dann reagiere mit B, um ein gewünschtes Ergebnis C zu erhalten. Es wird also der Weg von einer definierten Situation zu einem gewünschten Ergebnis erdacht und implementiert. Hingegen wird bei KI-basierten Methoden anhand von Beispielen der Weg von der Situation zum Ergebnis automatisiert erlernt,

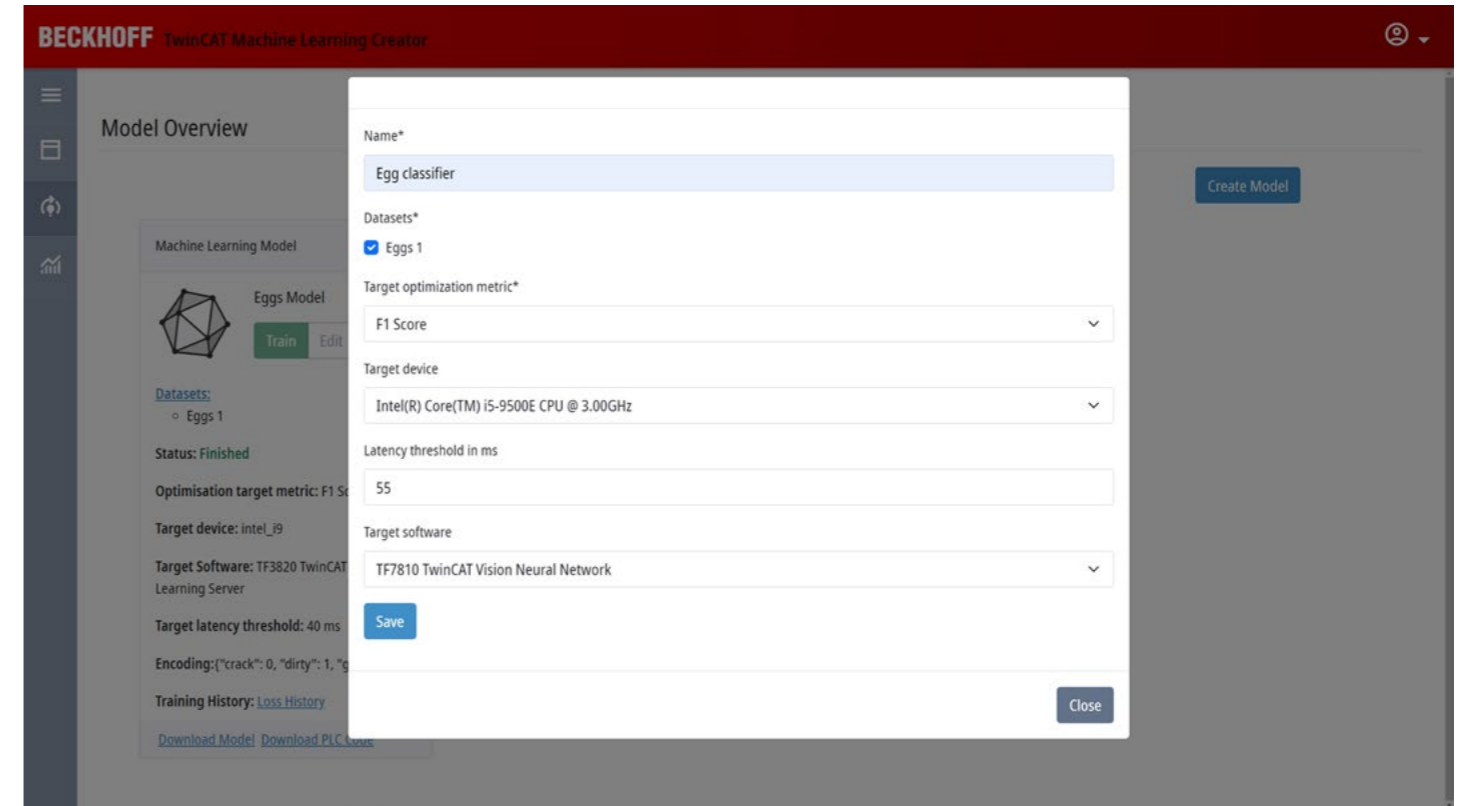
es muss also nicht von Menschen explizit erdacht und in einen Algorithmus überführt werden.

Im industriellen Umfeld existiert eine Vielzahl potenzieller KI-Anwendungen, aktuell insbesondere die KI-basierte visuelle Inspektion. Dazu gehören u. a. die End-of-Line-Kontrolle eines produzierten Produkts, die Sortierung von (häufig





Upload eines Image-Classification-Datensatzes zur Klassifizierung von Eiern in die Klassen „good“, „cracked“ und „dirty“



Training des KI-Modells

natürlichen) Produkten in Qualitäts- oder andere Merkmalsklassen sowie die optische Prozessbeobachtung und -klassifikation. Konkrete Beispiele für dieses breite Applikationsfeld sind:

- die Endkontrolle eines produzierten metallischen Körpers hinsichtlich seiner Form und/oder Oberflächenbeschaffenheit,
- die Sortierung von natürlichen Produkten wie z. B. Früchte, Holzoberflächen oder Wolle in verschiedene Qualitätsklassen,
- die Sortierung von Abfällen für das Recycling,
- die Beobachtung einer Prozesszone z. B. beim Laserschweißen sowie
- visuelle Lokalisierungsaufgaben, um ein gesuchtes Objekt beispielsweise greifen zu können.

KI-basierte Methoden zur Bewältigung der genannten Aufgaben verfügen über eine herausragende Eigenschaft: Der gelernte Algorithmus zeigt sich – insofern er gut trainiert wurde – sehr robust gegenüber einer Varianz der Eingangsdaten. Das bedeutet, dass eine gut trainierte KI, natürlich mit Grenzen, auch mit unbekanntem Situationen zurechtkommt. Fehler in produzierten Produkten, eine Anomalie in einem Laserschweißprozess, immer etwas anders aussehende Holzoberflächen – der Algorithmus muss mit diesen unbekanntem Situationen umgehen können.

Vor dem Hintergrund des immensen Potenzials ist die heutige Herausforderung von Industriebetrieben der Mangel an Fachkräften, die nach industriellen Maßstäben KI-Modelle erstellen können. Obwohl inzwischen Data-Science- und Machine-Learning-Studiengänge an den Hochschulen und Universitäten zur Normalität geworden sind, übersteigt der Bedarf an KI-Experten bei Weitem deren Verfügbarkeit auf dem aktuellen Arbeitsmarkt. Hinzu kommt, dass KI-Experten nur zusammen mit einem Automatisierungs- oder Prozess-

experten erfolgreich Herausforderungen der Automatisierung lösen können. Hier setzt Beckhoff an: Der TwinCAT Machine Learning Creator automatisiert die komplexen KI-Trainingsprozesse und befähigt dadurch direkt den Automatisierungs- oder Prozessexperten, KI-Modelle zu erstellen. Dadurch wird das Potenzial dieser Technologie direkt und für jeden einsetzbar.

#### Das Beckhoff KI-Ökosystem

Beckhoff bietet ein komplettes Ökosystem für industrielle KI-Anwendungen, und zwar mit Fokus auf der Ausführung von KI-Modellen direkt auf der Industriesteuerung (in der SPS). Über den Feldbus EtherCAT und die entsprechenden EtherCAT-Netzwerkteilnehmer können diverse Sensoren an die Steuerung angeschlossen werden. Darüber hinaus steht ein umfangreiches systemintegriertes Sortiment an Vision-Hardware bereit: industrielle, robuste Kameras, industrietaugliche Objektive sowie Beleuchtungen. Die sensorischen Informationen werden zu einer PC-basierten Steuerung übertragen und können dort direkt, auch mit KI, verarbeitet werden. Dazu stehen SPS-integrierte Ausführungsmodule für trainierte KI-Modelle zur Verfügung (TwinCAT Machine Learning Server, TwinCAT Vision Neural Networks, TwinCAT Neural Network Inference Engine), die sowohl auf die Rechenressourcen der CPU als auch der einer optional vorhandenen NVIDIA-GPU zurückgreifen können. Die KI-Ausführungsmodule laden trainierte KI-Modelle, die im offenen Standard „ONNX“ abgespeichert wurden. Dadurch hat der Nutzer die Freiheit, in beliebigen Trainingsumgebungen KI-Modelle zu trainieren und dann in der TwinCAT-Steuerung auszuführen. Mit dem Ultra-Kompakt-Industrie-PC C6043 bietet Beckhoff eine skalierbare Hardware mit bereits integrierter Embedded-GPU von NVIDIA nach industriellen Standards an. Dementsprechend ist das gesamte Beckhoff Ökosystem optimal ausgerichtet auf die Integration von KI-Modellen in die Steuerungsebene der Maschine.

Steuerungsintegrierte KI-Modelle bieten den Vorteil, dass deren Ergebnisse direkt in der Steuerung zur Ausführung von Aktionen genutzt werden können. Wird beispielsweise ein Bauteil ausgeschleust, in Folgeprozessen speziell behandelt oder nochmals durch den gerade durchlaufenen Prozess geführt, lässt sich die Information in der Maschinensteuerung berechnen und so auch unverzüglich nutzen. Außerdem entfallen kostenintensive weitere Hardware-Geräte mit aufwendigen Interfaces zur Steuerung, eigenen Wartungs- und Update-Plänen sowie separaten IT-Security-Richtlinien.

#### Automatisiertes Erstellen von KI-Modellen

Entsprechend der Philosophie der offenen Steuerungstechnik hat Beckhoff die bereits vorhandenen SPS-integrierten Ausführungsmodule für KI-Modelle unabhängig von der verwendeten KI-Trainingsumgebung gestaltet. Dies wurde erreicht durch die Unterstützung des ONNX-Standards. Eine ONNX-Datei beschreibt ein trainiertes KI-Modell als Abfolge von Operatoren mit anhängigen Parametern. Diese Beschreibungsdateien können mit TwinCAT 3 Functions, wie z. B. TwinCAT Machine Learning Server, geladen und dann aus der SPS heraus ausgeführt werden. Die einschlägigen KI-Frameworks wie PyTorch oder Scikit-learn, die in der Regel zum Trainieren von KI-Modellen eingesetzt werden, haben als Zielgruppe allerdings spezielle KI-Experten, die in der Programmierumgebung Python Trainingsdaten aufbereiten, KI-Modellstrukturen anlegen und dann KI-Modelle trainieren.

Mit dem TwinCAT Machine Learning Creator bietet Beckhoff nun einen deutlich einfacheren Zugang: Der Ansatz ist eine webbasierte Oberfläche, welche durch die Schritte Daten-Upload, Modell-Training sowie Modell-Analyse und -Download führt. Zielgruppen sind insbesondere Automatisierungs- und Prozess-

## Eigenschaften und Vorteile

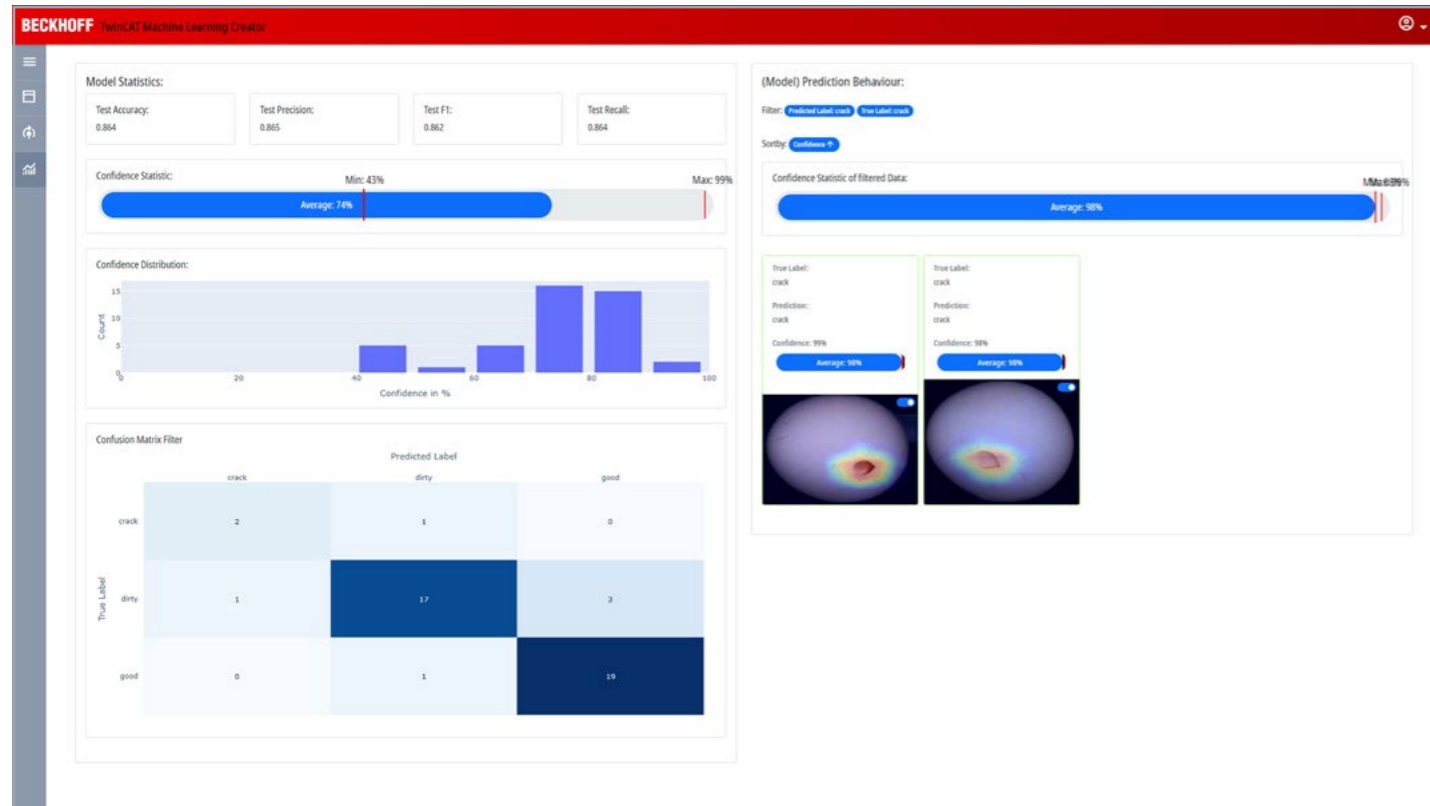
Der TwinCAT Machine Learning Creator bietet folgende Eigenschaften:

- einfache Modell-Erstellung über No-Code-Plattform in TwinCAT
- latenzoptimierte KI-Modelle für Echtzeitanwendungen
- Implementierung von offenen Standards, Schnittstellen und Best Practices
- Bereitstellung von trainierten Modellen im offenen ONNX-Standardformat
- Transparenz bei Entwicklung, Test und Validierung von KI-Modellen
- Inhouse-Standardisierung und -Weiterentwicklung von KI-Modellen
- ideal für KI-gestützte Qualitätssicherung bei der Bildverarbeitung

Die automatisierte Modell-Erstellung ergibt nachfolgende Anwendungsvorteile:

- Erschließung des KI-Potenzials für alle Unternehmen
- größerer Wettbewerbsvorteil durch KI auch für kleinere Unternehmen
- Unterstützung mit Blick auf den zunehmenden Fachkräftemangel
- Minimierung von Arbeitsbelastung und Fehlerrisiko bei KI-Experten
- Verbleiben anwendungsspezifischer Daten im Unternehmen und damit deren Schutz
- schnellere Projektentwicklung und Amortisation





Analyse des KI-Modells

experten ohne einen spezifischen Data-Science-Hintergrund. Zielstellung ist die Standardisierung des Trainingsprozesses von KI-Modellen.

**Der Daten-Upload**

Das Konzept des maschinellen Lernens bedeutet „Lernen anhand von Beispielen“. Zentral ist daher ein sauberer repräsentativer Datensatz, anhand dessen die Aufgabe erlernt werden kann. Dazu ist in der Regel ein annotierter Datensatz notwendig – im Bereich der Bildklassifikation bedeutet das, dass eine gewisse Menge an Beispielbildern durch einen Menschen bereits klassifiziert wurde. Jedes Bild hat also ein sogenanntes Label, was das gewünschte Ergebnis darstellt. Die Beziehung zwischen Bild und Label wird durch ein Label-File, im einfachsten Fall eine Tabelle mit Dateinamen und Label, hergestellt.

Der Datenupload ist offen gestaltet. Es werden unterschiedliche Bild-Datenformate sowie Label-File-Formate unterstützt. Dadurch sind Nutzer frei in der Wahl eines Labeling-Werkzeugs (falls eines verwendet werden soll). Um eine Durchgängigkeit von Daten aus der TwinCAT-Steuerung zum TwinCAT Machine Learning Creator herzustellen, wird aktuell daran gearbeitet, den TwinCAT Analytics Data Scout als Labeling-Werkzeug einzusetzen.

**Das KI-Modell-Training**

Die Konfiguration einer KI-Trainingssession ist schlank gehalten: Es wird ein Modellname angelegt und ein Datensatz (oder mehrere Datensätze) dem Trainingsprozess hinzugefügt. Alle weiteren Konfigurationen sind optional und ermöglichen bei Bedarf eine Präzisierung des KI-Modell-Laufzeitverhaltens auf der TwinCAT-Steuerung. Werden eine Beckhoff Hardwareplattform und die TwinCAT-Software spezifiziert, auf der das zu erstellende KI-Modell ausgeführt

werden soll, können Nutzer eine maximale akzeptable Ausführungszeit für das KI-Modell angeben. Diese Informationen werden beim Erstellungsprozess der KI-Modelle berücksichtigt. Wird keine maximale Ausführungszeit angegeben, wird ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der KI-Modell-Performance (Generalisierungsfähigkeit) optimiert.

**Die Modell-Analyse**

KI-Modelle, insbesondere die mit dem TwinCAT Machine Learning Creator erstellten tiefen neuronalen Netze (Deep-Learning-Modelle), verfügen über sehr gute Generalisierungseigenschaften. Das bedeutet, dass die erwartbare Performance der Modelle sehr gut ist. Jedoch sind neuronale Netze „Black-Boxes“, deren Wirkungsweise nicht direkt, sondern nur über spezielle Analysemethoden transparent gemacht werden kann. Man spricht bei diesen Methoden auch von „Explainable AI“.

Die Analysemethoden für ein trainiertes KI-Modell sind vielfältig. Die Software trennt automatisch den hochgeladenen Datensatz in Trainingsdaten, die zum Modell-Training genutzt werden, sowie in Testdaten, die der Modell-Analyse dienen. Die Testdaten sind dem KI-Modell unbekannte Fälle, bei denen das Ergebnis über die Labels bekannt ist. So können statistische Werte berechnet und dargestellt werden, wie oft ein Modell richtig liegt und wie oft nicht. Eine sogenannte Confusion-Matrix gibt beispielsweise detailliert Aufschluss darüber, wie „wahre Labels“ und „vorhergesagte Labels“ verteilt liegen. Darüber hinaus lassen sich Konfidenzen für jede Modellausführung berechnen und diese statistisch darstellen. Ebenso ist es möglich, für jede Modellausführung eine Attention-Map zu erzeugen, die über das Eingangsbild gelegt aufzeigt, welche Bildregionen maßgeblich zur Klassifikation herangezogen wurden.

```

10 hr := HRESULT;
11 fbReadDnn: FB_VN_ReadNeuralNetwork;
12 ipDnnModel: ITCVnNeuralNetwork;
13 fbCameraControl: FB_VN_SimpleCameraControl;
14 eCameraState: ETCVnCameraState;
15 nRetValCode: UDINT;
16 hr := fbCameraControl.GetCurrentImage(ipInputImage);
17
18 IF bInitialized AND SUCCEEDED(hr) AND ipInputImage <> 0 THEN
19   hr := F_VN_GetPixelFormat(ipInputImage, stPixelFormat, hr);
20
21 // Check if input image channels matches the model requirements, alternative implement the needed color space transformation yourself.
22 IF stPixelFormat.nChannels <> cModelInputChannels AND stPixelFormat.ePixelFormatEncoding <> TCVN_PE_NONE THEN
23   hr := Tc2_System.E_HRESULTAddErr.INCOMPATIBLE;
24 END_IF
25
26 // Preprocessing steps
27 // Adjust the dimensions of the input image to match the model input requirements
28 hr := F_VN_ResizeImageExp(ipInputImage, ipTensorImage, cModelInputWidth, cModelInputHeight, eInterpolationType, ePaddingMode, aBlack, hr);
29 // Convert the image to type REAL and scale to the range [0.0, 1.0]
30 hr := F_VN_ConvertElementTypeExp(ipTensorImage, ipTensorImage, TCVN_ET_REAL, 1.0 / UDINT_TO_REAL(cMaxPixelValue), 0, hr);
31 // Normalization
32 hr := F_VN_SubtractVectorFromImage(ipTensorImage, aMean, ipTensorImage, hr);
33 hr := F_VN_DivideImageByVector(ipTensorImage, aStd, ipTensorImage, hr);
34 // Convert the input image to 4D Tensor
35 hr := F_VN_ConvertDataLayout(ipTensorImage, ipTensorImage, TCVN_DL_4D_NCHW, hr);
36
37 // Model execution
38 hr := F_VN_ExecuteNeuralNetwork(ipDnnModel, ipTensorImage, ipOutputImage, hr);
39
40 // Postprocessing steps
41 // Calculate the model confidence
42 hr := F_VN_SoftMax(ipOutputImage, ipOutputImage, hr);
43 // Get Best classification result
44 hr := F_VN_MaxPixelValue(ipOutputImage, aConfidence, aClassIndex, hr);
45
46 // Result visualization
47 label := CONCAT(aClassLabels[aClassIndex[0]], LREAL_TO_FMTSTR(aConfidence[0], 2, FALSE));
48 hr := F_VN_SetLabelFromImage(ipOutputImage, aClassIndex[0], TCVN_ET_HIGHLIGHT, aBlack, aWhite, TCVN_ET_CONNECTED, hr);
    
```

Download des trainierten KI-Modells

Die „Explainable AI“-Methoden dienen dazu, die Akzeptanz des KI-Modells zu erhöhen. Denn nur wer genauere Einblicke dazu erhält, wie sich das trainierte Modell verhält, ist am Ende auch bereit die Modelle einzusetzen.

**Der Modell-Download**

Ist ein KI-Modell trainiert und soll nun in die Maschinensteuerung integriert werden, kann es als ONNX-Datei von der Plattform heruntergeladen werden. Das bedeutet, dass das KI-Modell nicht an die Ausführung in TwinCAT gebunden ist und beliebig oft auch auf beliebigen Plattformen deployed werden kann. Darüber hinaus lässt sich der vollständige SPS-Code für TwinCAT im PLCopen-XML-Format von der Plattform herunterladen. Darin enthalten ist dann der vollständige Prozessablauf von der Bildaufnahme über die Bildvorverarbeitung bis hin zur KI-Modellausführung und zum Postprocessing. Der Übergang vom Trainings-Tool in die TwinCAT-SPS ist entsprechend nahtlos gestaltet.

Ein weiterer Vorteil des Exports einer ONNX-Datei aus der Trainingsplattform ist die mögliche Einbindung von KI-Experten. Sie können den TwinCAT Machine Learning Creator nutzen, um schnell und standardisiert an ein erstes KI-Modell zu gelangen. Das Ergebnis im ONNX-Format lässt sich dann in individuelle Experten-Tools einlesen, um damit weiterzuarbeiten – beispielsweise für zusätzliche Analysen oder eine weitergehende Verfeinerung des Modells.



Dr. Fabian Bause, Produktmanager TwinCAT, Beckhoff Automation





## MX-System hilft auch bei Fachkräftemangel und DC-Stromversorgung

Die vielfältigen Vorteile des MX-Systems kommen beispielsweise bei der neuesten Fensterprofil-Bearbeitungsmaschine der Schirmer Maschinen GmbH zum Tragen.

Das MX-System von Beckhoff bietet als Ersatz für den konventionellen Schaltschrank nicht nur deutliche Effizienzvorteile, sondern zudem viel Optimierungspotenzial sowohl hinsichtlich des zunehmenden Fachkräftemangels als auch mit Blick auf die in der Industrie vermehrte Etablierung von DC-Versorgungsnetzen. Dadurch lässt sich eine größere Zukunftssicherheit in der industriellen Produktion erreichen, von der die Maschinen- und Anlagenbauer ebenso wie die Endanwender profitieren.

Das MX-System ist ein einheitlicher Automatisierungsbaukasten, mit dem der traditionelle Schaltschrank vollständig durch Funktionsmodule ersetzt werden kann. Das direkt an die Maschine montierbare wasser- und staubdichte System besteht aus einer robusten Aluminium-Baseplate mit integrierten Modulsteckplätzen, die über EtherCAT zur Datenkommunikation und eine integrierte Verteilung für unterschiedliche Spannungen verfügt. Das Portfolio der Funktionsmodule umfasst u. a. den Netzanschluss, Antriebe, Netzteile, Industrie-PCs sowie I/Os. Letztendlich wird der vollständige Funktionsumfang von konventionellen Schaltschränken durch das MX-System abgedeckt.

Die Funktionsmodule lassen sich einfach auf die Baseplate aufstecken und müssen dann lediglich noch verschraubt werden. Dadurch entfallen die mechanische Bearbeitung des Schaltschranks und seiner Montageplatte ebenso wie die aufwendige manuelle Verdrahtung. Bemerkbar macht sich dies direkt in der für den Aufbau des MX-Systems erforderlichen Zeit: Inklusive der notwendigen

Tests und Prüfungen lässt sich ein MX-System innerhalb von nur einer Stunde aufbauen; bei einem vergleichbaren Schaltschrank beträgt die Aufbaudauer hingegen mindestens 24 Stunden. Dadurch begegnet das MX-System nicht zuletzt dem Fachkräftemangel, da einzelne Mitarbeiter deutlich kürzer an eine Aufgabe gebunden sind und somit mehr Projekte bewältigen können. Außerdem müssen die Funktionsmodule aufgrund der einfachen Steckbarkeit nicht durch spezielle Elektrofachkräfte angeschlossen werden, was für die Unternehmen Potenzial durch geringer qualifizierte Mitarbeitende eröffnet.

Ein besonderer Anwendungsfall ist die Nutzung einer übergeordneten Gleichstromversorgung. Die DC-Versorgung für komplette Fertigungshallen basiert auf der Strategie, Strom aus erneuerbaren Energien (z. B. Photovoltaik) in Kombination mit Speichertechnologien für Maschinen und Anlagen als Netzspannung von 600 V DC zur Verfügung zu stellen. Das MX-System ist bereits DC-ready ausgelegt, indem es sowohl DC-Spannungen verteilen als auch direkt für Schutzkleinspannungsnetzeile oder Module zur Ansteuerung von Synchron- und Asynchronmotoren verwendet werden kann. Die durchgehende Nutzung der DC-Spannung bietet den großen Vorteil, dass die Bremsenergie der Motoren in den Speichern der DC-Netze gepuffert wird, anstatt durch Bremswiderstände verloren zu gehen. Diese Einsatzmöglichkeit des MX-Systems befindet sich in einem ersten Projekt bereits in der konkreten Umsetzung.

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

## EL336x kombiniert Wägefunktion und Sensorversorgung in einer Klemme

Mit den vier analogen EtherCAT-Eingangsklemmen EL336x bietet Beckhoff eine besonders kompakte und kostengünstige Möglichkeit zur steuerungstechnischen Realisierung von Wägefunktionen. Vorteile ergeben sich dabei insbesondere durch die Integration der Versorgungsspannung für die Wägezellen.

Die analogen EtherCAT-Eingangsklemmen EL3361-0100 bzw. EL3362-0100 verfügen über analoge Eingänge für den direkten Anschluss von ein oder zwei Widerstandsbrücken (Dehnmessstreifen – DMS) oder Wägezellen in 4- oder 6-Leiteranschlusstechnik. Die 10-V-Sensorspeisung ist bereits integriert. Die Analogwert-Auflösung liegt bei 24 Bit und 10 kSps. Für anspruchsvollere Anwendungen bieten die EL3361 und EL3362 noch eine umschaltbare Sensorspeisung (5/10 V) und lokal oder aus der Steuerung ansteuerbare digitale Eingänge (z. B. für Tara) und Ausgänge (z. B. für Fertig-Meldungen).



Die analogen EtherCAT-Eingangsklemmen EL336x ermöglichen kompakt und kostengünstig leistungsfähige Wägefunktionen.

Die Analog-Klemmen EL336x erweitern für Beckhoff den Bereich der Wäge-Technologie und fügen sich im Portfolio über EL3351 und neben EL3356 mit zusätzlichen Funktionalitäten ein. Für anspruchsvollste dynamische Anwendungen, die ein noch höheres Maß Messtechnik verlangen, sind die EtherCAT-Messtechnikklappen ELM350x die geeignete Lösung, die z. B. frei einstellbare Filter, Viertel-/Halbbrückenfähigkeit und noch höhere Samplingraten (auch in Verbindung mit der TwinCAT 3 Weighing Library) unterstützen.

weitere Infos unter:  
[www.beckhoff.com/el336x](http://www.beckhoff.com/el336x)

## EtherCAT-Analog-Klemmen in neuer Generation

Mit einer neuen Generation EtherCAT-Analog-Klemmen im kompakten HD (High Density)-Gehäuse steigert Beckhoff die Performance der bisherigen IP20-I/Os in diesem Bereich deutlich. Die insgesamt sieben Klemmen decken, bei einem guten Preis-Leistungsverhältnis, mit bis zu acht Kanälen und der hohen 16-Bit-Auflösung ein breites Anwendungsspektrum ab.

Zur neuen Analog-Klemmen-Generation zählt mit der EL4374 die erste kombinierte Beckhoff Ein-/Ausgangs-Analogklemme (10 V/20 mA oder -20/0/+4 bis +20 mA), mit der sich eine Wandlungsrate von 2 kSps je Kanal nutzen lässt. Die je zwei Ein- und Ausgänge können über TwinCAT (per CoE) einzeln auf Strom- oder Spannungsbetrieb parametrierbar werden. Mit einem technischen Messbereich von  $\pm 107\%$  des Nennbereichs unterstützt die Klemme auch eine Inbetriebnahme mit Sensorwerten im Grenzbereich sowie die Auswertung nach NAMUR NE43. Die Ausgänge können bis zu 107 % des Nennwerts bereitstellen. Hinzu kommt die hohe Ausgangsleistung, die bei 20 mA eine Bürde bis 750  $\Omega$  erlaubt.



Mit sieben EtherCAT-Ein-/Ausgangsklemmen startet die neue Generation der Beckhoff Analog-I/Os.

Die gleichen Features bieten die analogen Eingangsklemmen EL3072 und EL3074, die als 10-V/20-mA-Universaleingänge nun über eine 16-Bit-Auflösung (bisher 12 Bit) verfügen. Die EL3072 ist mit zwei, die EL3074 mit vier einzeln parametrierbaren Eingängen ausgestattet. Neu ist zudem die Ausführung EL3078, bei der sich im gleichen kompakten HD-Gehäuse sogar acht Kanäle nutzen lassen. Umgesetzt wurde die höhere Auflösung und die Erweiterung auf acht Kanäle auch für die Analog-Ausgangsklemmen, und zwar mit der EL4072, EL4074 und EL4078.

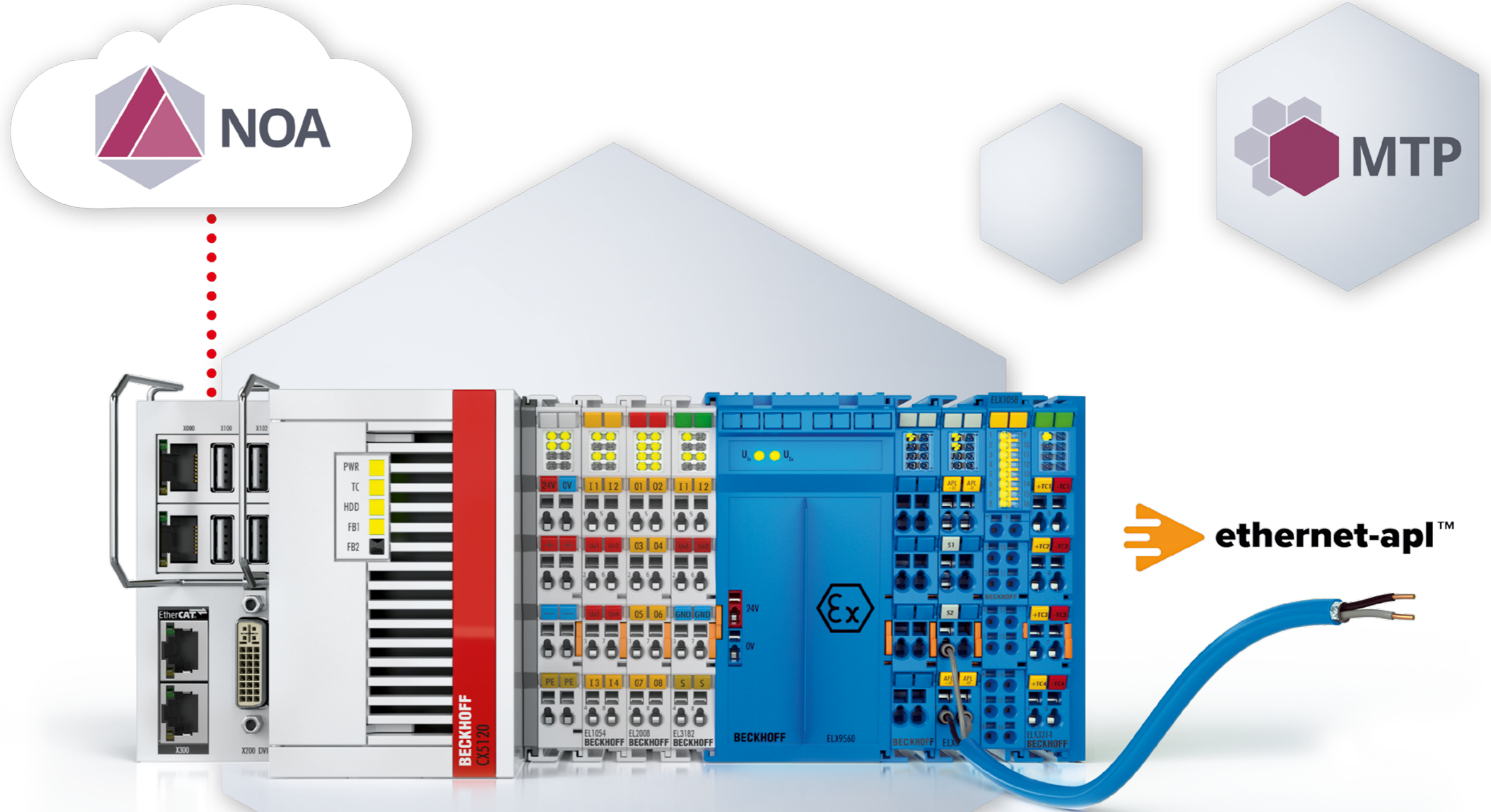
weitere Infos unter:  
[www.beckhoff.com/multi-io](http://www.beckhoff.com/multi-io)





Sebastian Böse,  
Branchenmanagement Prozessindustrie,  
Beckhoff Automation

„ Ethernet-APL eröffnet dem Anwender viele Möglichkeiten. Für eine zeitnahe Integration der neuen Technologie ist die Kombination mit bestehenden Installationen entscheidend. Die EtherCAT-Klemme ELX6233 bietet dabei dem Anwender die notwendige Flexibilität, Modularität, Erweiterbarkeit und Sicherheit.“



Digitalisierung für die Prozessindustrie

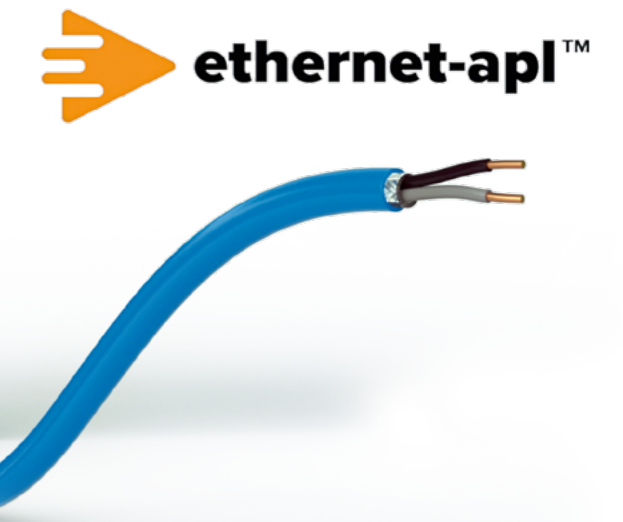
## Zukunftssichere Anlagenautomatisierung mit NOA, Ethernet-APL und MTP

In der Prozessautomatisierung sind zuverlässige und effiziente Produktionsprozesse Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb. Moderne Anlagenkonzepte unterstützen bei der Instandhaltung und optimieren den Prozessablauf. Beckhoff bietet mit seiner Umsetzung von NOA, Ethernet-APL und MTP zukunftssichere Lösungsmöglichkeiten sowohl für Bestands- als auch für Greenfield-Anlagen.

Konzepte wie Industrie 4.0 und Internet of Things basieren darauf, sämtliche Betriebsdaten einer Anlage zu sammeln und für verschiedene Anwendungen zugänglich zu machen. Diese Daten werden in Analysetools ausgewertet, z. B. um Ausfälle von Feldgeräten frühzeitig zu erkennen. Außerdem lassen sie sich zur Prozessoptimierung und Produktivitätssteigerung nutzen.

### Anlagenüberwachung und -optimierung mit NOA

Das in der NAMUR-Empfehlung NE175 beschriebene Konzept der NAMUR Open Architecture (NOA) verfolgt den Ansatz, eine Automatisierungsarchitektur zu erweitern, ohne dabei die bestehende Steuerung zu verändern.



Die Kernaufgabe der NOA liegt in der Bereitstellung von Informationen aus der Feldebene an übergeordnete Anwendungen, um die Feldgeräte zu überwachen und den Prozess zu optimieren (Monitoring and Optimization, M+O). Welche Daten aus der Feldebene weitergeleitet werden, hängt von den verwendeten Feldgeräten und den jeweiligen Analysetools ab. Der Fokus liegt dabei auf zyklisch auszulesenden Parametern, die Informationen zu Gerätezustand oder Prozessqualität beinhalten.

In der Prozessautomatisierung kommen verschiedenste Protokolle und Kommunikationstechnologien zum Einsatz. Für die erste Umsetzung des NOA-Konzepts hat sich Beckhoff für die Nutzung des HART-Protokolls entschieden. Das Protokoll ist weit verbreitet und damit in vielen Feldgeräten unterschiedlicher Hersteller



implementiert. Die Überlagerung des eigentlichen 4-20-mA-Messwerts durch ein digitales Signal ermöglicht die Übertragung weiterer Daten, z. B. zum Status des Feldgeräts und mithilfe spezieller Speisetrenner, welche in vielen Anlagen bereits Teil der Automatisierungsarchitektur sind, lässt sich mit nur geringem Aufwand ein sogenannter „Second Channel“ eröffnen. Das bedeutet, dass die Verbindung zum Feldgerät in das 4-20-mA-Signal, die HART-Kommunikation und die Versorgungsspannung aufgetrennt wird. Die bestehende Verbindung zum Prozessleitsystem wird also nicht unterbrochen. Über den zweiten Kanal können so entsprechende Daten empfangen und für das M+O verwendet werden.

Beckhoff bietet mit der analogen EtherCAT-Eingangsklemme EL3182 eine Möglichkeit, auf sehr kompaktem Bauraum zwei Feldgeräte über das HART-Protokoll anzubinden. Kombiniert mit einem Embedded-PC – z. B. einem CX8110 – und der Automatisierungssoftware TwinCAT lässt sich ohne speziell entwickelte Hardware ein modular erweiterbares Edge Device aufbauen. Die Funktion des Edge Devices lässt sich in drei Abschnitte unterteilen:

- Empfangen von Vitalitätsdaten über das HART-Protokoll,
- Konvertieren und Übersetzen der Daten,
- Bereitstellen der Informationen für übergeordnete Analysetools.

Um die Vitalitätsdaten über das HART-Protokoll auszulesen, sind von dem Edge Device Kommandos zu schicken. Welche Daten auszulesen sind und unter welchen Kommandos diese auf dem Feldgerät hinterlegt sind, hängt vom Gerätetyp (pH, Sauerstoff, Temperatur usw.) und Hersteller ab. Beckhoff hat zur Speicherung der notwendigen Informationen für das Auslesen der Vitalitätsdaten eine Datenbank entwickelt. Die entsprechende Datei wird in TwinCAT eingelesen und erlaubt so die Kommunikation mit allen in der Datenbank hinterlegten Feldgeräten. Wird ein Feldgerät an das Edge Device angeschlossen, wird dieses automatisch erkannt, die entsprechenden HART-Kommandos werden gesendet und anschließend lassen sich die empfangenen Daten mithilfe hinterlegter Übersetzungstabellen und TwinCAT-Funktionen konvertieren.

Die zu diesem Zeitpunkt in der PLC gespeicherten Vitalitätsdaten müssen im nächsten Schritt für weitere Analyseanwendungen zur Verfügung gestellt werden. Dazu empfiehlt die NAMUR die Nutzung von OPC UA. Das Beckhoff

Portfolio bietet mehrere Produkte, u. a. den TwinCAT OPC UA Server. Dieser wird, basierend auf einem hinterlegten Informationsmodell, mit den Vitalitätsdaten direkt aus der PLC gefüllt. Das Informationsmodell richtet sich dabei nach dem PA-DIM (Process Automation – Device Information Model), kann aber auch durch den Anwender um weitere Parameter ergänzt werden. Je nach erkanntem Feldgerätetyp werden außerdem automatisch einzelne OPC UA-Knoten entfernt oder hinzugefügt.

Sollen neben den Daten aus bestehenden Feldgeräten auch Diagnosedaten durch zusätzliche Sensoren erfasst werden, beispielsweise für Vibrations- oder Temperaturmessungen, eignet sich der Einsatz IP67-geschützter I/O-Box-Module der EP-Serie, die direkt im Feld installiert werden. Mehrere Sensoren werden an ein Modul angebunden und die Signale gesammelt über eine Leitung zum Edge Device übertragen. Diese Variante verbindet geringen Aufwand bei der Leitungsverlegung mit reduziertem Platzbedarf im Schaltschrank.

**Vollständige Datenerfassung mit Ethernet-APL**

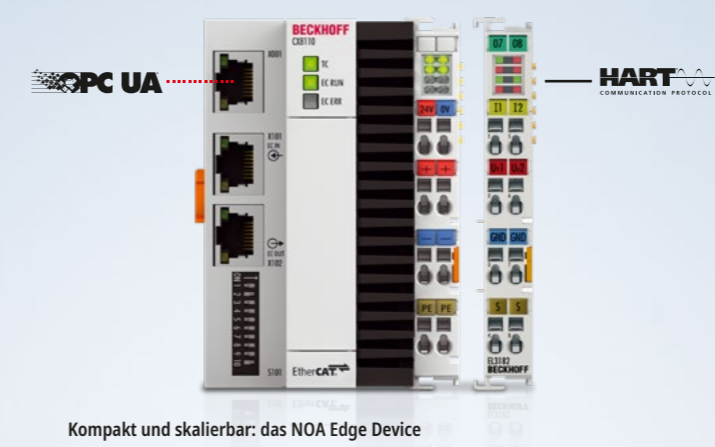
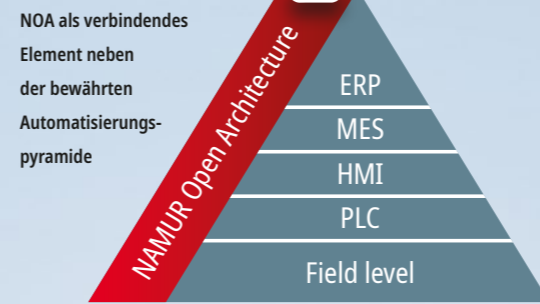
Auch für Greenfield-Anlagen bietet das NOA-Konzept Vorteile: Schon bei der Planung der Anlage können zusätzliche Sensoren verbaut und damit mehr Daten für die Überwachung und Optimierung bereitgestellt werden. Neue Technologien wie Ethernet-APL ermöglichen dabei eine einfachere Umsetzung.

Diese neue Kommunikationstechnologie basiert auf dem Ethernet-Standard 10BASE-T1L, welcher eine maximale Kabellänge von 1.000 m und eine Übertragungsrate von 10 MBit/s erlaubt. Energie und Daten werden mit Ethernet-APL über dasselbe Adernpaar (Single Pair Ethernet) übertragen. Grenzwerte für die Energieversorgung in allen Zonen des explosionsgefährdeten Bereichs werden durch die IEC-Spezifikation 60079-47 (2-WISE) festgelegt. Um die Installation zu vereinfachen und die Konnektivität der eingesetzten Geräte zu verbessern, hat die Projektgruppe zusätzlich in der technischen Spezifikation TS10186 Port-Profil definiert: Ein Port-Profil umfasst neben Informationen zur Anschluss- und Segmentklasse auch die Ex-Zulassung des jeweiligen Geräteanschlusses.

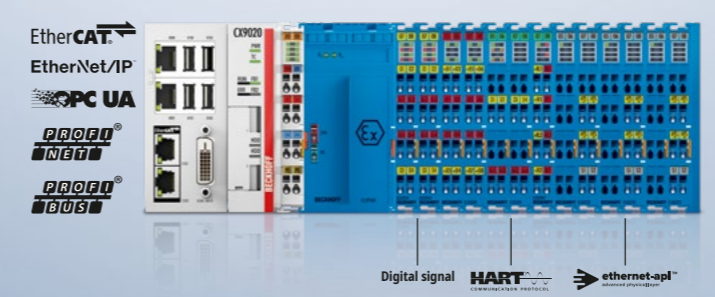
Die Vision des Ethernet-APL-Konzepts ist es, die gesamte Kommunikation in prozesstechnischen Anlagen – von der Feldebene bis in übergeordnete

Lennart Winkler,  
Branchenmanagement Prozessindustrie,  
Beckhoff Automation

„Die Zugänglichkeit zu Daten aus allen Anlagen ist eine der größten Herausforderungen in der Prozessautomatisierung. Da sich verfahrenstechnische Anlagen zu riesigen Netzwerken miteinander verbundener Systeme entwickelt haben, sind große Teile der Informationen von Feldgeräten unzugänglich. Die NAMUR Open Architecture wurde entwickelt, um eine standardisierte Schnittstelle zu allen Informationen aus dem Feld zu bieten, die einen schnellen und einfachen Datenzugriff ermöglicht. Unser kompaktes und skalierbares NOA-Edge-Gerät rüstet Altanlagen auf, um einen zukunftssicheren Betrieb zu gewährleisten.“



Im modularen EtherCAT-Klemmensystem von Beckhoff lässt sich Ethernet-APL nahtlos mit anderen Kommunikationsstandards kombinieren.



Leitsysteme – Ethernet-basiert umzusetzen. Dabei geht es nicht nur um die reinen Prozessdaten, sondern insbesondere auch um Statusinformationen des Feldgeräts. Die im Vergleich zu Feldbussystemen gestiegene Übertragungsrate erlaubt darüber hinaus auch das Verwenden von Webservern für die Parametrierung oder den Download von Datenblättern oder Zertifikaten direkt vom Feldgerät.

Die Anwender stehen allerdings bei der Realisierung einigen Herausforderungen gegenüber: Um die genannten Vorteile schon jetzt flächendeckend nutzen zu können, sind APL-fähige Feldgeräte notwendig. Aufgrund der noch jungen Technologie bietet der Markt bisher jedoch kein breites Portfolio. In bestehenden Anlagen mangelt es zudem an Platz für die Installation zusätzlicher Infrastrukturkomponenten wie Switche. Die Verwendung der Ethernet-basierten Kommunikationstechnologie bis in die Feldebene erfordert darüber hinaus neue Funktionen und Richtlinien im Kontext der IT- und OT-Security.

Wie können Anwender Ethernet-APL schon jetzt in ihre Anlagen integrieren und von den vielfältigen Vorteilen profitieren? Eine Lösung ist die Kombination der neuen Technologie mit bewährten Standards wie dem HART-Protokoll. So können bestehende Anlagen sukzessive mit neuen APL-Geräten „digitalisiert“ und die Barrieren für einen vollständigen Umstieg reduziert werden.

Genau aus diesem Grund hat Beckhoff die Ethernet-APL-Technologie bereits in das modulare Klemmenportfolio integriert: Die EtherCAT-Klemme ELX6233 bietet ein 2-Kanal-Kommunikations-Interface für Ethernet-APL. Entgegen dem typischen Field-Switch-Konzept wird so eine Alternative für die Einbindung von APL-Feldgeräten geschaffen. Durch das modulare System kann der Anwender genau die benötigte Anzahl an Ethernet-APL-Kanälen im Schaltschrank installieren, sodass wertvoller Platz gespart wird und die Applikation sich flexibel erweitern lässt.

Die Skalierbarkeit der ELX6233 erlaubt sowohl für kleine Test-Setups als auch bei großen prozesstechnischen Anlagen effiziente Lösungen zur Einbindung von Ethernet-APL-Feldgeräten. Als Teil des EtherCAT-Klemmensystems lässt sich die ELX6233 mit anderen digitalen und analogen I/Os kombinieren, sodass neben Ethernet-APL auch elektrische Standardsignale oder Kommunikationsprotokolle eingebunden werden können. Insbesondere die direkte Anbindung an Embedded-PCs der CX-Serie bietet darüber hinaus viele Vorteile: So können z. B. NOA-Applikationen die Daten aus dem Feld verarbeiten und gefiltert weitergeben.

Die ELX6233 kann wie viele der EtherCAT-Klemmen aus dem Beckhoff Portfolio in Zone 2 des explosionsgefährdeten Bereichs montiert werden und erlaubt den Anschluss von Ethernet-APL-Feldgeräten aus Zone 0. Die Schnittstellen entsprechen den Vorgaben der IEC 60079-47 und folgen dem Port-Profil SPAA.

Ethernet-APL führt durch die durchgängige Ethernet-Kommunikation zu weiteren Herausforderungen im Bezug auf die IT- und OT-Security. Anders als in vielen PROFINET-Architekturen befindet sich der Controller direkt in der EtherCAT-Klemme und nicht in der übergeordneten Steuerung. Dieser Aufbau bietet dem Anwender die Möglichkeit, sämtlichen Datenverkehr durch die Klemme zu filtern und eine Firewall einzubauen. Außerdem bietet die Klemme im Vergleich zu einem Field Switch weniger Möglichkeiten für einen unerlaubten Zugriff auf Prozessdaten. Diese Architektur schafft darüber



Franziska Rostan,  
Branchenmanagement Prozessindustrie,  
Beckhoff Automation

„Die Steigerung der Anlagenverfügbarkeit, Effizienz und Flexibilität ist der Schlüssel für einen optimalen Anlagenbetrieb. Dies erfordert innovative digitale Technik. Feldgerätedaten müssen auch in weitläufigen Anlagen schnell und vollständig übertragen werden, um eine lückenlose Überwachung und kontinuierliche Optimierung der Prozesse zu ermöglichen. Eine Modularisierung der Anlage kann ebenfalls in Betracht gezogen werden, damit Unternehmen flexibel auf die sich ständig ändernden Marktanforderungen reagieren können. Mit PC-based Control von Beckhoff und unseren Produkten und Lösungen für NOA, Ethernet-APL und MTP lassen sich diese Anforderungen erfüllen und Anlagen zukunftssicher automatisieren.“



Laurids Beckhoff,  
Branchenmanagement Prozessindustrie,  
Beckhoff Automation

„Das MTP-Konzept (Module Type Package) revolutioniert das Design von Prozessanlagen durch Modularisierung und bringt Vorteile wie eine schnelle Markteinführung, erhöhte Flexibilität und damit die Möglichkeit, kleine Chargen wirtschaftlich zu produzieren. Die standardisierten Schnittstellen von MTP vereinfachen die Plug-and-Play-Integration von spezialisierten Modulen in eine Prozessorchestrationschicht und ermöglichen einen nahtlosen Betrieb. TwinCAT MTP bietet eine Umgebung für die einfache Entwicklung von Modulen durch den Einsatz automatischer Codegenerierung. Dieser Ansatz minimiert den Bedarf an tiefgreifenden Kenntnissen der Spezifikation. In der Praxis vereinfacht es die Modulentwicklung und macht die Vorteile der Modularisierung für Fachleute in der Prozessindustrie zugänglich und effizient.“

hinaus weitere Vorteile im Bezug auf die Performance der Applikation. Durch die Punkt-zu-Punkt Verbindung zum Sensor entfällt die Gefahr der Netzwerkauslastung durch unerwünschten Querverkehr, ein bekanntes Problem in klassischen PROFINET-Netzwerken. Zusätzlich können die Zykluszeiten des Systems verkürzt werden, da EtherCAT im Vergleich zu anderen Feldbussen eine kompaktere Datengröße des Prozessabbilds ermöglicht.

**TwinCAT MTP für konsequent modularisierte Anlagen**

Eine der aufkommenden Herausforderungen für viele Branchen der Prozessindustrie, wie z. B. die Pharmaindustrie, sind zunehmende Schwankungen der Absatzmärkte. Damit einhergehend ergibt sich die Anforderung an eine kürzere Time-to-Market durch beschleunigte Entwicklungszyklen. Besonders die

ebenso verkürzten Produktlebenszyklen erfordern eine wirtschaftlich rentable und gleichzeitig individuelle Produktion kleiner Chargen.

Ein vermehrt eingesetzter Lösungsansatz hierfür ist der modulare Aufbau von Anlagen und die dadurch entstehende Möglichkeit der Wiederverwendung. Dabei wird der Gesamtprozess der Anlage in einzelne Teilprozesse zerlegt und durch Module abgebildet. Mit einer separaten dezentralen Steuerung pro Modul wird eine vollständige Modularisierung der Anlage erreicht. Abschließend kann durch die Anbindung der einzelnen Module an eine übergeordnete Steuerung (z. B. ein DCS) wieder der Gesamtprozess abgebildet werden. Als Resultat verlagert sich der Entwicklungsaufwand vom Anlagen- zum Modul-Engineering, sodass die Anlage je nach aktuellen Anforderungen mit geringem

Aufwand flexibel verändert werden kann. Dazu können der Anlage weitere Module hinzugefügt und die bereits integrierten neu angeordnet oder entfernt werden. Eine komplette Neuprogrammierung ist dabei nicht nötig, da der Großteil der Logik in den einzelnen Modulen gekapselt ist. Die übergeordnete Steuerung übernimmt lediglich die Orchestrierung der Module und ihrer angebotenen Dienste und wird daher als Process Orchestration Layer (POL) bezeichnet.

In der Praxis wird das Konzept durch einen herstellerunabhängigen Standard zur Beschreibung von Prozessmodulen realisiert: das Module Type Package (MTP). Das von NAMUR und ZVEI ins Leben gerufene MTP enthält alle erforderlichen Informationen, wie die Funktionalitäten in Form von Diensten, die Kommunikation und eine HMI-Vorlage, um ein Prozessmodul in eine modulare Anlage integrieren zu können. In der MTP-Richtlinie definierte Schnittstellen ermöglichen ein Plug-and-Produce-Verhalten, wodurch ein Mehraufwand beim Wiederverwerten einer Anlage entfällt. So werden Module nur einmal entwickelt und können dann – unabhängig von Steuerungshersteller und POL – in andere Anlagen eingebunden werden.

In der Industrie wird MTP als ein wesentlicher Bestandteil der digitalen Transformation gesehen. Erwartet wird, dass sich durch die Verwendung von MTP die KPIs der Anlagen signifikant verbessern lassen. Fachleute prognostizieren, dass sich die Zeit bis zum Markteintritt durchschnittlich halbieren, der Engineering-Aufwand um 70 % reduzieren und die Flexibilität um 80 % steigern lässt.

**Fazit**

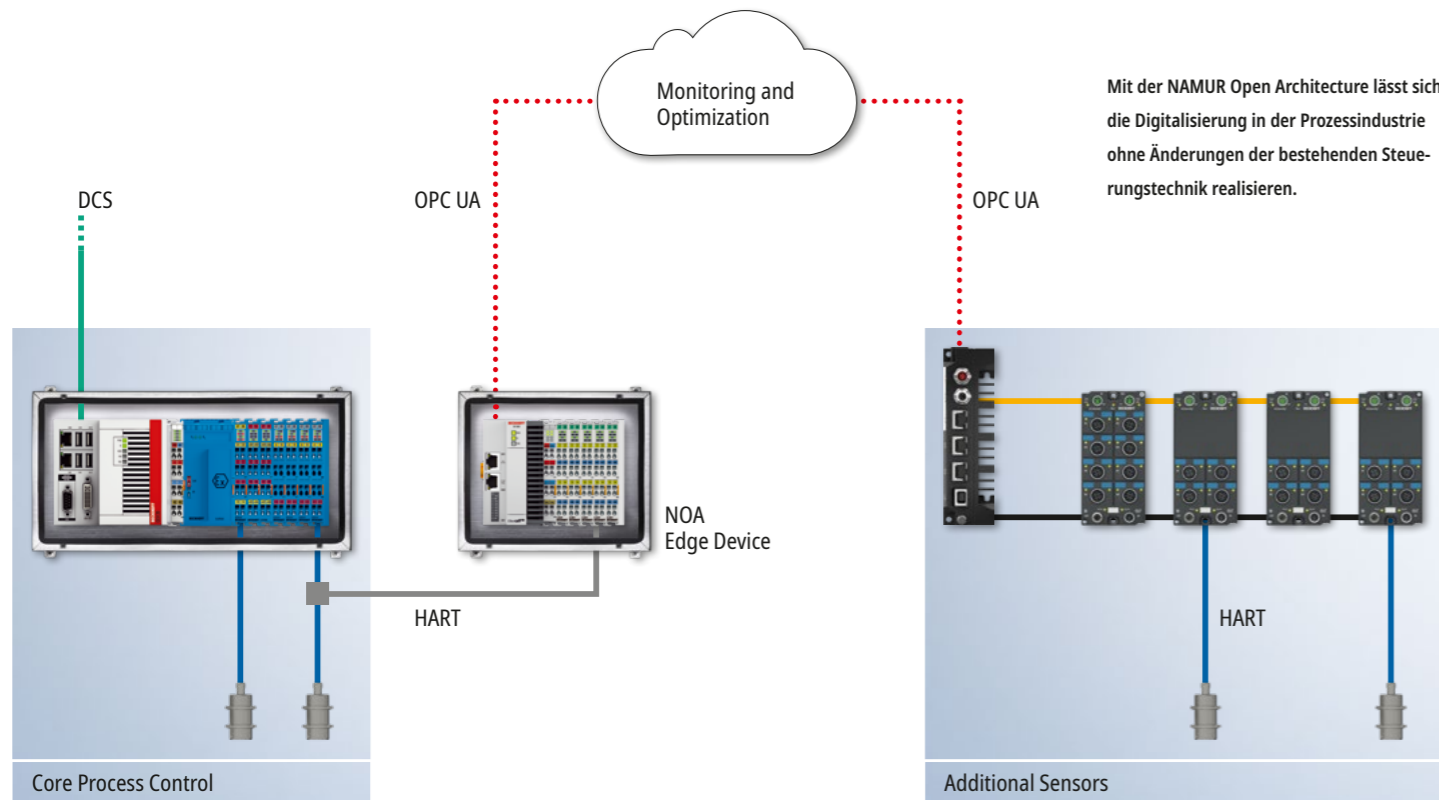
Mit der NAMUR Open Architecture und dem PA-DIM schafft die Prozessindustrie die Grundlage für eine einheitliche und strukturierte Abbildung heterogener Systeme in übergeordneten Analysetools. So können bestehende Anlagen schon jetzt digitalisiert und damit beispielsweise die Wartungsaufwände reduziert werden.

Die Idee eines einheitlichen Datenmodells wie z. B. PA-DIM ist dabei auch unabhängig von NOA ein interessantes Thema für die Zukunft. So könnten Anlagenabschnitte in Gateway-Applikationen zusammengefasst und in definierten Informationsmodellen an das DCS weitergegeben werden. Das DCS wäre somit losgelöst vom Prozessabbild des Sensors, sodass auch ein herstellerübergreifender Austausch des Feldgeräts problemlos möglich ist.

Darüber hinaus können Regelkreise dezentral umgesetzt werden, um das DCS zu entlasten und den Datenverkehr zu reduzieren.

Einen ähnlichen Ansatz verfolgt das MTP-Konzept, bei dem die Anlage modular aufgebaut ist. Jedes Modul ist dabei mit einer eigenen Steuerung ausgestattet, die sich über eine standardisierte Schnittstellenbeschreibung in die Automatisierungsarchitektur integriert. Hierdurch erlaubt das MTP die flexible Anpassung der Produktion an die Marktsituation durch Variation der eingesetzten Module. Einzelne Module können zudem im Fehlerfall schnell und einfach ausgetauscht werden, um Stillstandszeiten zu reduzieren.

Der modulare Ansatz setzt sich auch in der Integration von Ethernet-APL in das Beckhoff Portfolio fort. Statt großer Field-Switches werden APL-Feldgeräte mithilfe kompakter EtherCAT-Klemmen eingebunden. Diese können flexibel mit weiteren Klemmen, beispielsweise für die Kommunikation mit digitaler Sensorik, kombiniert werden. Auch eröffnet die direkte Anbindung an eine Steuerung weitere Möglichkeiten für Gateway- oder Edge-Applikationen. So gehen Ethernet-APL und NOA mithilfe der Beckhoff Automatisierungstechnik schon heute Hand in Hand.





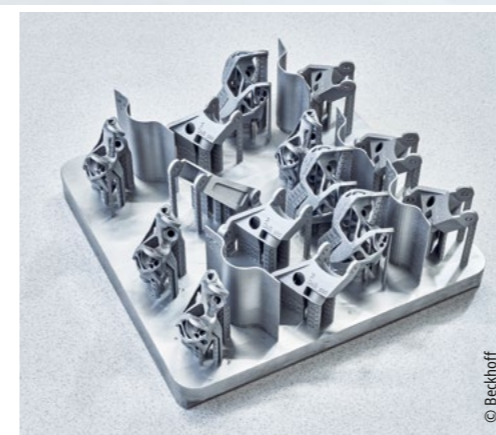


Mit dem Grundträgeraufnahmesystem GTAS (r.) schafft GKN Additive die Voraussetzung für die vollautomatische Verkettung aller Prozessschritte einer additiven Fertigung.

PC-based Control automatisiert Behälter-Handling für 3D-Druck-Prozesse

## Additive Fertigung im industriellen Maßstab

Additive Manufacturing für die Serienproduktion von Automobilteilen nutzbar zu machen, so lautet das Ziel des BMBF-geförderten Projekts IDAM. Dessen zentrale Komponente, das Grundträgeraufnahmesystem (GTAS), wurde von den Unternehmen Intec und Schmitz Spezialmaschinenbau mit PC-based Control von Beckhoff automatisiert. Der Automobilzulieferer GKN Additive in Bonn verkettet damit verschiedene Fertigungsschritte zu einer vollautomatischen Pilotanlage für den 3D-Druck von Metallen.



Mittels LPBF-Verfahren gedruckte Bauteile auf einem quadratischen Substratträger, den das GTAS zwischen den Bearbeitungsstationen transportiert.

© Beckhoff

Additive Technologien wie das LPBF-Verfahren (Laser-Powder-Bed Fusion) sind bereits in Serienanwendungen im Einsatz, jedoch nur als einzelne Bearbeitungsstationen. Das liegt u. a. daran, dass der Arbeitsraum der Maschinen hermetisch gekapselt sein muss. Grund sind die in der additiven Fertigung verwendeten Metallpulver, die äußerst fein und damit „lungengängig“ sind. Daher erfolgt die Ein- und Ausbringung der Metallpulver und Bauteile in geschlossenen Behältern und überwiegend manuell. „Das Grundträgeraufnahmesystem GTAS löst dieses Problem und ermöglicht eine vollautomatische Prozesskette“, zeigt Dr. Simon Höges, bei GKN Additive für den Unternehmensbereich Technologie und Industrialisierung verantwortlich, das Potenzial des Forschungsprojekts auf.

Das Unternehmen fertigt bereits seit geraumer Zeit Serienteile für die Automobilindustrie mittels Additive Manufacturing wie LPBF. Bei diesem Verfahren wird Metallpulver Schicht für Schicht mit einem Laser genau an der Stelle aufgeschmolzen, wo die Bauteilstruktur entstehen soll. Die Vorteile: Es sind keine speziellen Werkzeuge erforderlich und neue Designs lassen sich flexibel umsetzen. „Deshalb arbeiten wir intensiv an der Skalierung der Produktionsabläufe bis hin zur Serienfertigung“, so Dr. Simon Höges.

„Das GTAS ist das fehlende Glied für die Industrialisierung der additiven Fertigung, insbesondere im Hinblick auf die Modularität und Auslastung der Prozesse“, stellt Reinhard Schmitz, Geschäftsführer von Schmitz Spezialmaschinenbau heraus. Das GTAS verbindet die einzelnen Prozessschritte bzw. Maschinen (3D-Drucker, Pulverhandling und Post-Processing) zu einer automatisierten Gesamtanlage. „Viele unterschiedliche Hersteller führen zwangsläufig zu verschiedenen mechanischen und elektrischen Schnittstellen“, zeigt Reinhard Schmitz die Herausforderung an die mechanische Konstruktion und Automatisierung des GTAS auf. Beispielsweise muss das Grundträgeraufnahmesystem sowohl zylindrische Behälter und Trägerplatten mit 330 mm Durchmesser als auch rechteckige Trägerplatten und Behälter mit bis zu 750 kg Gewicht sicher und präzise bewegen können. Damit sich das GTAS mit fahrerlosen Transportsystemen (AGVs) möglichst vieler Anbieter kombinieren und die Anfahrt an unterschiedlichste Anlagenmodule realisieren lässt, ist das Gesamtgewicht auf 1.500 kg und die Abmessungen auf 1.200 x 800 mm bei einer Höhe von maximal 1.800 mm ausgelegt.

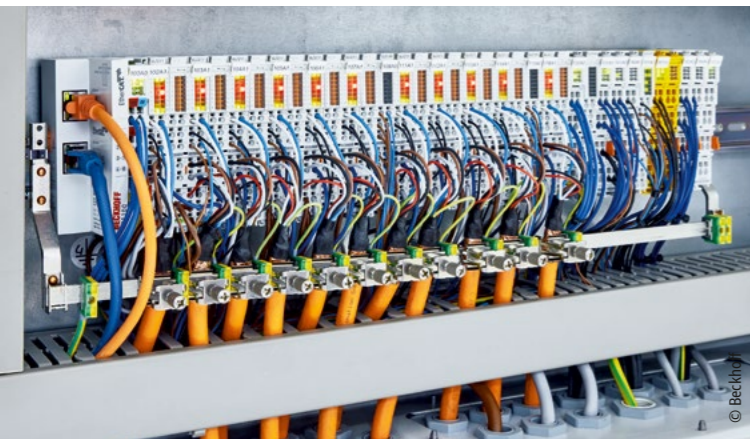
### Kompakte Antriebstechnik spart wertvollen Bauraum

Die genannten Vorgaben hatten massive Auswirkungen auf den verfügbaren Platz für den Schaltschrank und die eingesetzten Komponenten. „Die Steuerungstechnik sollte möglichst klein, leicht und leistungsfähig sein und trotz ihrer hohen Performance ohne Klimatisierung funktionieren“, betont Achim Heimermann, Geschäftsführer von Intec, Ingenieurbüro für Automatisierungstechnik. Auf engstem Raum mussten der performante Rechner, sechs Achsen zur Positionierung des GTAS, fünf Achsen für die Übergabe/Übernahme-Funktionen und die I/Os für die diversen Sensoren integriert werden, darunter kompakte Synchron Servomotoren AM8112 und Servomotor-EtherCAT-Klemmen EL7211 mit STO sowie ein Ultra-Kompakt-Industrie-PC C6030. „Mit dem Industrie-PC,

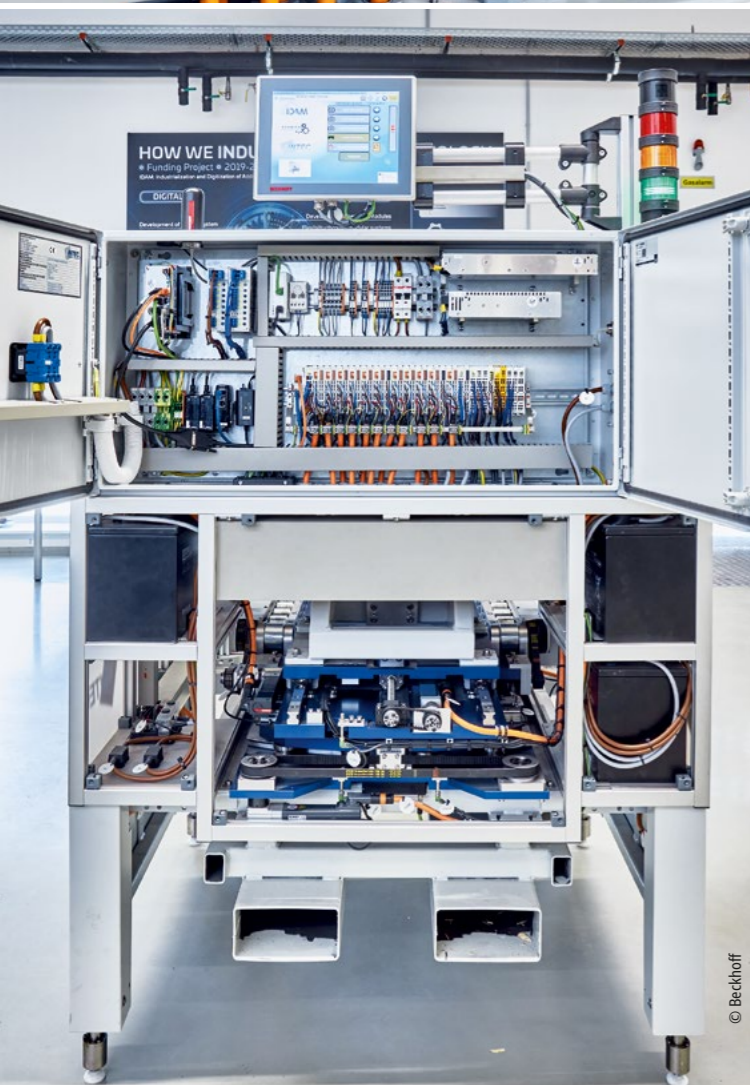




Am Projekt GTAS beteiligt waren auch Wilm Schadach (l.), Niederlassungsleiter Beckhoff Monheim, und Erik Heimermann, Geschäftsführer Intec.



Die One Cable Technology als Anschluss-technik ermöglicht eine platzsparende und übersichtliche Verdrahtung.



Die Rückseite des Grundträgeraufnahmesystems: Die kompakte Antriebstechnik (48 V DC) im EtherCAT-Klemmenformat und der Ultra-Kompakt-Industrie-PC C6030 sparen wertvollen Bauraum und Gewicht (oben); elf Synchron Servomotoren AM8112 (unten) übernehmen die Ausrichtung des Grundträgeraufnahmesystems sowie das Ein- und Ausschleusen der bis zu 750 kg schweren Behälter.

den kompakten Servomotorklemmen und der One Cable Technology (OCT) als Anschluss-technik konnte Intec viel Platz sparen“, so Wilm Schadach, Leiter des Beckhoff Vertriebsbüros in Monheim. „Mit Systemen anderer Hersteller hätten wir das definitiv nicht so kompakt aufbauen und einfach anschließen können“, bestätigt Erik Heimermann, ebenfalls Geschäftsführer bei Intec.

Dadurch wurde Platz für insgesamt drei Akkumulatoren mit einer Kapazität von 105 Ah geschaffen – genügend Energie, um einen autarken Betrieb der Fertigungslinien an Wochenenden sicherzustellen, wie ihn GKN in der Zukunft in Verbindung mit AGVs plant. „Aktuell wird das GTAS manuell mit einem Elektro-Hubwagen vor den Arbeitsstationen grob positioniert“, so Dr. Simon Höges. Danach startet der vollautomatische Prozess, beginnend mit dem Ausgleich von eventuellen Unebenheiten des Hallenbodens über vier Stellfüße. „Die Beckhoff Antriebe mit integrierter sicherer Drehmomentüberwachung sind essenziell für die Ausrichtung und Positionierung vor den einzelnen Modulen“, betont Stefan Hornberger, Projektverantwortlicher bei Intec. Mit der Drehmomentüberwachung der Stellfüße wird kontrolliert, ob nach erfolgter Ausrichtung über eine EtherCAT Box EP3752 mit zwei 3-Achs-Beschleunigungssensoren alle Stellfüße auf der Stellfläche aufgesetzt wurden und die vier Antriebe jeweils diagonal das gleiche Drehmoment aufbringen. Nur dann steht das GTAS waagrecht und stabil, sodass jetzt der Greifer auf die vorgegebene Höhe verfahren darf, um die Übernahme- bzw. Übergabesequenzen der Behälter und Substratplatten zu starten.

**Offenheit und Flexibilität von PC-based Control**  
Mit der kompakten Antriebstechnik von Beckhoff gleicht das GTAS Positionsabweichungen vor den Modulen aus. „Die Genauigkeit liegt dabei zwischen 0,5 bis 1 mm im Höhen-, Seiten-, Neigungs- und Winkelversatz“, so Reinhard Schmitz. Um diese Präzision zu erreichen, kommt unterschiedliche Sensorik zum Einsatz, die z. B. über eine IO-Link-Klemme EL6224 eingelesen werden. Den Winkelversatz zwischen GTAS und Maschinenmodul ermitteln zwei präzise Lasersensoren mit EtherCAT-Anschaltung. „Über EtherCAT kann Intec die XML-Beschreibung der Laser einlesen und in TwinCAT



Die Projektpartner des GTAS (v.l.n.r.): Geschäftsführer Reinhard Schmitz und Thomas Schmitz, damals Betriebsleiter Schmitz Spezialmaschinenbau, Dr. Simon Höges, GKN Additive, Achim Heimermann, Geschäftsführer Intec, und Stefan Hornberger, Projektverantwortlicher bei Intec (nicht im Bild: Sebastian Blümer, GKN Additive)

direkt auf alle Parameter und Nutzdaten zugreifen“, zeigt Wilm Schadach die Offenheit von PC-based Control auf. Parallel dazu wird mit einer Kamera und TwinCAT Vision anhand eines QR-Codes an jedem Maschinenmodul kontrolliert, ob der Grundträger vor dem richtigen Modul abgesetzt und korrekt positioniert wurde. Zur Unterstützung wird dem Bediener des Elektro-Hubwagens am Control Panel (CP3912) des GTAS das Live-Bild der Kamera angezeigt. Aufgrund der Einbausituation ist es zudem notwendig, die Kamerabeleuchtung mit einer EtherCAT-Klemme EL2502 und deren PWM-Ausgang zu regeln. „Die Flexibilität von PC-based Control in einem System – vielfältige I/Os, performante und offene Steuerung, Visualisierung, kompakte Antriebstechnik, Vision, Safety und Kommunikation – hat die Realisierung all dieser Funktionen sehr erleichtert“, so Stefan Hornberger.

Ein weiterer Beleg für die Offenheit von PC-based Control ist die Integration eines kabellosen Game Controllers für das Einrichten der Bewegungsabläufe: Über .NET, TwinCAT HMI und TwinCAT ADS liest Intec die Kommunikationsdaten des Game Controllers in die Steuerung ein. So ist der Bediener näher am Geschehen. Die weitere Konfiguration der Behälterübergabe wird dann am Control Panel vorgenommen.

Im automatischen Betrieb wird der Übergabezyklus abhängig von der Abstandermittlung nach der Positionierung umgerechnet und der Vorgang gestartet. Den Verbund aus verschiedenen Anlagenmodulen und GTAS steuert eine zentrale Überwachungseinheit – die Digitale Automatisierungsebene (DAE). Sie initiiert per WLAN die Übergabe- und Übernahmesequenzen und überwacht die Prozessabfolge. Diese übergeordnete Koordination der Abläufe erfolgt auf einem Ultra-Kompakt-Industrie-PC C6025, bei dem die Fertigungsdaten aller Module einer Linie über EtherCAT, OPC UA oder HTTPS zusammenlaufen. Dr. Simon Höges: „Intec hat zudem die Kommunikation mit unserer Produktionsplanungssoftware realisiert. Dies ermöglicht die vollautomatische Bearbeitung mehrerer Aufträge über ein Wochenende.“

weitere Infos unter:

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

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

[www.schmitz-spezialmaschinenbau.de](http://www.schmitz-spezialmaschinenbau.de)

[www.beckhoff.com/kompakte-antriebstechnik](http://www.beckhoff.com/kompakte-antriebstechnik)



Auf mehreren Prüfständen analysiert und optimiert Mercedes-Benz mithilfe von Präzisionsmesstechnikklammern der ELM-Serie und der Software TwinCAT die fahrdynamischen Eigenschaften komender Fahrzeuggenerationen.



EtherCAT-Messtechnikklammern in der Fahrzeugentwicklung bei Mercedes-Benz

## Mit Flexibilität und Präzision zur optimalen Fahrzeugabstimmung

Die Eigenschaften des Fahrwerks prägen den Charakter eines Fahrzeugs und letztlich auch die Identität einer Marke. Deshalb überlässt Mercedes-Benz hier nichts dem Zufall und kontrolliert entwicklungsbegleitend die Eigenschaften der Fahrwerke auf mehreren Prüfständen. Bei deren Retrofit setzen Mercedes-Benz und der Systemintegrator DynoTec Prüfstandstechnik auf EtherCAT, TwinCAT und die Beckhoff Präzisionsmesstechnikklammern der ELM-Serie.

EtherCAT-Klammern ELM3002 und ELM3502 erfassen die Signale der Kraftsensoren an den Stempeln der Vorder- und Hinterachse. Die Wegaufnehmer mit EnDAT-2.2-Schnittstelle werden mit einer EL5032 eingelesen.

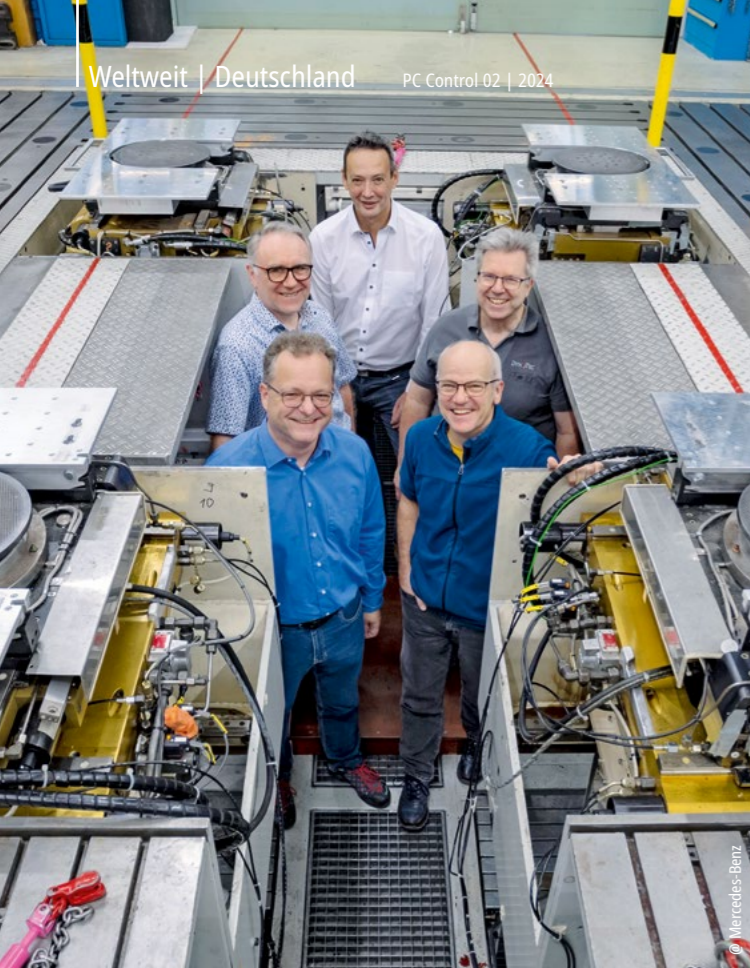


Im MTC (Mercedes Technologie Center) Werk Sindelfingen werden auf vier Prüfständen die Achsen der Automobile mit höchster Präzision untersucht – parallel zu Tests auf der Straße und Simulationen. Das Ziel: Prozessabsicherung, Analyse von fahrzeugspezifischen Auffälligkeiten und die Identifikation der dafür ursächlichen Bauteile. Dazu messen die Entwickler hochgenau und reproduzierbar die Reaktionen der Fahrzeuge beim Aufbringen von Kräften/Wegen und Momenten. Dadurch lassen sich schnell und zuverlässig Federung, Kinematik und die sogenannte Elastokinematik des Fahrwerks erfassen und in Form von Kennfeldern, Kennlinien und Kennpunkten objektiv beschreiben. Diese rund 90 Kenngrößen werden anschließend mit dem digitalen Zwilling der Fahrzeuge verglichen. Damit wird sowohl eine Absicherung der Entwicklungsfahrzeuge/Prototypen als auch des digitalen Entwicklungsprozesses im wichtigen Bereich Mercedes-Benz Fahrcharakter ermöglicht. „Daher sind die Prüfstände ein wichtiger Teil der Mercedes-Benz-Fahrzeugentwicklung in dem Bauteilkonstruktion, Simulation, Prüfstand und Straße im Vier-

klang zusammenspielen,“ betont Uwe Lochner, Team Fahrwerksanalyse bei Mercedes-Benz in Sindelfingen.

Um das Fahrwerk zu untersuchen, wird das Fahrzeug mithilfe der Vorderachsstempel auf den Prüfstand gezogen und über den vier Hydraulikstempeln positioniert und fixiert. Danach werden die Fahrzeug-Achsen sehr präzise belastet und vermessen. „Präzise heißt Wege mit 0,1 mm und Winkel mit 0,1° bei unter 2 Hz mit hohen Samplingraten zu erfassen,“ betont Walter Selg, Geschäftsführer der DynoTec Prüfstandstechnik GmbH, die als Systemintegrator für die Konzeption und Umsetzung der Retrofits verantwortlich zeichnet. Während der Anregungen registrieren eine Vielzahl von Sensoren die Verschiebungen, Winkel, Kräfte und Momente. Alle Daten werden über PC-based Control von Beckhoff aufgezeichnet, am Prüfstand live auf einem Monitor für den Bediener dargestellt und parallel an ein Datenbanksystem weitergegeben. „Nach dem Testlauf werden sämtliche Messwerte automatisiert aufbereitet und eventuelle Grenzwertverletzungen in den Ergebnissen dargestellt“, ergänzt Walter Selg.





Die Köpfe hinter dem anspruchsvollen Retrofit der Fahrtechnik-Prüfstände:

Uwe Lochner, Team Fahrwerksanalyse bei Mercedes-Benz und Dr.-Ing. Frank Dettki, Leiter Team Fahrwerksanalyse bei Mercedes-Benz in Sindelfingen (1. Reihe, v. l.); Walter Selg und Rainer Fischer, Geschäftsführer DynoTec Prüfstandstechnik (2. Reihe, v. l.); Dieter Völkle, Vertrieb, Beckhoff Niederlassung Balingen (3. Reihe)

Von diesen Ergebnissen hängt dann ab, ob Uwe Lochner und seine Teamkollegen das Fahrzeug zur weiteren Erprobung freigeben oder weitere Untersuchungen bzw. Umbaumaßnahmen am Fahrzeug notwendig sind.

### Retrofit in mehreren Etappen

Die Prüfstände wurden immer wieder teilmodernisiert, z. B. mit einer von der Daimler AG selbst entwickelten Signalverarbeitungskomponente, den sogenannten Hydromaten. Dabei handelt es sich um ein modulares Regelsystem für komplexe Prüfstände mit Sollwertvorgabe, Messwertaufbereitung, Endstufen und Überwachungsfunktionen. Bereits Anfang der 2000er Jahre wurde die Regelungsfunktionalität der Prüfstände in ein RCP-fähiges System (Rapid-Control-Prototyping) von dSpace ausgelagert. Nachdem für die Restfunktionalität der Hydromaten die interne Entwicklung eingestellt worden war und die Ersatzteil-Beschaffung ähnlich schwierig wurde wie bei den bis dato eingesetzten Steuerungen, beauftragte Mercedes-Benz das Unternehmen DynoTec mit der Konzeption und Umsetzung einer integrierten Automatisierungslösung für die Prüfstände. Eine Prämisse der Modernisierung: das modulare Konzept der Prüfstände beibehalten.

„Unser erster Ansatz war, ein Serienprodukt auf dem Markt zu finden, welches möglichst viele Funktionen der Hydromaten aufwies“, so Uwe Lochner. Zudem sollten die bis zu 30 m langen analogen Signalleitungen ersetzt werden. „Ein Serienprodukt als Hydromat-Ersatz haben wir nicht gefunden, dafür aber bei Beckhoff eine vielversprechende offene Automatisierungsplattform und ein

Ökosystem aus EtherCAT-Klemmen, Steuerungen und Entwicklungsumgebung“, erinnert sich Uwe Lochner an einen Messebesuch. Die Offenheit des EtherCAT-Protokolls war für ihn ein wichtiges Kriterium, um bei den Komponenten nicht nur auf Beckhoff angewiesen zu sein. Zudem gab es für das RCP-System eine EtherCAT-Schnittstelle.

Rainer Fischer, Geschäftsführer DynoTec, erläutert dazu: „Das gab uns die Möglichkeit, ein Prüfstandkonzept mit dezentraler Messwerterfassung und digitaler Messsignalübertragung zu realisieren – mit all seinen Vorteilen bei der Verkabelung und Signalqualität.“ Bei der Konzeptabsicherung und Validierung untersuchte DynoTec eine Reihe von Fragestellungen:

- Welches ist die optimale Ankopplung des RCP-Systems (Synchron/Asynchron, Master to Slave, Slave to Slave oder Distributed Clocks)?
- Wie ist die Signalqualität von AD/DA-Wandlern verschiedener Hersteller im Vergleich zum aktuellen System?
- Welche Tasklaufzeiten des RCP-Systems resultieren aus den Konfigurationen?

Mittlerweile wurden die veraltete, klassisch zentral angeordnete SPS-Technik ersetzt durch dezentral an den vier Stempeln montierte Schaltschränke mit EtherCAT-Klemmen. In den Schaltschränken befindet sich die Messwerterfassung und die Ansteuerung der Servoventile für die Stempelverstellung in x, y, z sowie Drehung um die z-Achse. Die SPS-Task und das zugehörige HMI laufen auf einem Embedded-PC CX5140. Die performante Hardware erlaubt eine detaillierte Visualisierung des Anlagenzustands und der Fehlerhistorie auf einem Multitouch-Einbau-Panel-PC CP2219. Die Messungen und deren Visualisierung erfolgen auf einem 19-Zoll-Einbau-Industrie-PC C5240. Für die Visualisierung kommt TwinCAT 3 HMI Server (TF2000) zum Einsatz. Alle Rechner der Prüfstände sind über TwinCAT ADS mit einem übergeordneten Bedienrechner gekoppelt. Im Gesamtsystem fungiert die Beckhoff Steuerung als Master und triggert per UDP-Kommunikation das RCP-System, um eine hohe zeitliche Präzision und Regelgüte zu erreichen.

### Hohe Auflösung und Samplingraten

Für DynoTec und Mercedes-Benz ausschlaggebend waren die hohen Samplingraten der Messtechnikklammern der ELM3xxx-Serie, die hohe Geschwindigkeit der Datenübertragung über EtherCAT sowie die einfache, kompakte und modulare Messwerterfassung direkt an den vier Hydraulik-Stempeln. „In Summe sorgen die einheitliche Systemtechnik für klassische SPS-Aufgaben und anspruchsvolle Messtechnik für einen deutlichen Kostenvorteil“, resümiert Rainer Fischer. „Und das bei den hohen Anforderungen an Bandbreite und Auflösung, die ein Prüfstand an die Messtechnik stellt“, ergänzt Dieter Völkle, der das Projekt in der Beckhoff Niederlassung in Balingen betreut.

Bei einem Testlauf zeichnet das System bis zu 136 Messkanäle mit jeweils 5 kSps (10 kSps optional) synchron auf. Das entspricht einer Summenabtastrate von 680 kSps. Hinzu kommen 36 Sollwert- bzw. Ausgabekanäle mit je 5 kSps und rund 300 Kanäle mit sogenannten Post-Mortem-Diagnosedaten, die mit 100 Sps aufgezeichnet werden. Zusätzlich gibt es an jedem Prüfstand eine Messbox für externe Signale, die jeweils 16 analoge Eingänge für Sondermesstechnik und 16 analoge Ausgänge zur Verfügung stehen. Über die Ausgänge lässt sich jeder beliebige Messkanal bereitstellen, um diese z. B. mit der im Fahrzeug verbauten Messtechnik synchron aufzeichnen zu können.



Die detaillierte Visualisierung der Messergebnisse ist mit TwinCAT HMI erstellt.

### Am Prüfstand sind Platz und Zeit immer rar

Die kompakten EtherCAT-Klemmen erleichtern nicht nur die Signalerfassung, sie reduzieren ebenso den Platzbedarf. Die Schaltschränke sind nun deutlich übersichtlicher. Dies unterstützt eine schnelle Fehlersuche und -beseitigung. Mehr noch: „Wir konnten am Prüfstand einen von fünf Rechnerschaltschränken einsparen“, ergänzt Uwe Lochner. Neben Platz ist die Zeit bei der Erprobung von Fahrzeugen mindestens genauso wichtig. Auch hier punktet der modulare Systemaufbau von PC-based Control: Durch den Wiederho-

Auf den ersten Blick sieht man dem Prüfstand den enormen messtechnischen Aufwand nicht an: insgesamt 136 Eingangskanäle mit 680 kSamples sowie 36 Ausgangskanäle mit 180 kSamples Abtastrate.



lungseffekt ging die Umrüstung der weiteren Prüfstände wesentlich schneller von der Hand. „Gegenüber dem ersten Prüfstand konnten wir beim Umbau des letzten Prüfstands die Stillstandszeit um über 30 % verringern“, so Rainer Fischer von DynoTec.

Auf die Messdaten der vier Prüfstände kann zukünftig für das Post-Processing komfortabel zugegriffen werden, da als nächste Ausbaustufe der Einsatz von TwinCAT Analytics Logger geplant ist. Der Echtzeit-Datenlogger ist einfach zu konfigurieren und streamt alle Messdaten an einen zentralen Speicherort. Damit wird das Post-Processing auch Prüfstands-übergreifend vereinfacht. Auf den historisierten Daten und den Live-Messdaten wird die Online-Analyse mit TwinCAT Analytics möglich.

Für DynoTec als Spezialist für Prüfstände hat dieses Projekt mit seinen äußerst anspruchsvollen Messtechnik- und Regelungsaufgaben gezeigt, welche hohen Anforderungen mit den EtherCAT-Messtechnikklammern und PC-based Control insgesamt machbar sind. Walter Selg: „Die skalierbare Beckhoff Plattform bietet für uns die Möglichkeit, Projekte jeder Größenordnung mit einem einheitlichen System abzuwickeln.“ So realisierte DynoTec in einem anderen Projekt mit den EtherCAT-Klemmen ELM3602 die Terzbandanalyse von triaxialen IEPE-Schwingungssensoren mit 50 kSps Samplingrate.

weitere Infos unter:

[www.dynotec-gmbh.de](http://www.dynotec-gmbh.de)

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





Anlage zur Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung

Model-Based Engineering und PC-based Control bei der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung

## Hohe Leistung effizient über weite Strecken übertragen

Sei es von Offshore-Windenergieanlagen auf hoher See zum Festland, von den Windenergieanlagen in Norddeutschland zu den Industriestandorten im Süden der Bundesrepublik oder von Wasserkraftwerken in Skandinavien nach Zentral-Europa: Zum Übertragen großer Energiemengen über weite Distanzen wird die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung eingesetzt. Bei seiner entsprechenden Lösung setzt Siemens Energy auf MATLAB® und Simulink® von MathWorks und auf PC-based Control von Beckhoff.

Nach dem Disput zwischen Nikola Tesla und George Westinghouse um die Technik für die elektrische Versorgung der USA in den 1890er Jahren, hat sich der Wechselstrom weitestgehend durchgesetzt. Allerdings wirken die Kabel zur Übertragung von Wechselstrom über lange Strecken wie eine Kapazität, was zu Übertragungsverlusten und einem Bedarf an Kompensation durch Blindleistung führt. Bei der Übertragung von Gleichstrom ist dieser Blindleistungsbedarf hingegen vernachlässigbar, das heißt der Strom kann deutlich

verlustärmer transportiert werden. Daher setzt man zur Übertragung hoher Leistung auf Gleichstrom unter hoher Spannung.

### Grundlagen der Gleichstrom-Übertragung

Für eine solche Übertragung mittels Gleichstroms werden – stark vereinfacht – zwei Leistungsumrichter mit einem gemeinsamen Zwischenkreis (DC-Leitung) genutzt. Jeder Leistungsumrichter kann aus dem Netz mit Wechselstrom

die Energie in den Zwischenkreis mit Gleichstrom übertragen sowie gleichermaßen die Energie aus dem Zwischenkreis wieder als Wechselstrom ins Netz einspeisen. So lässt sich in beliebiger Richtung die elektrische Energie zwischen den beiden Netzanschlüssen übertragen. Im Zwischenkreis wird Gleichstrom mit sehr hoher Spannung zur Übertragung genutzt, woher das System seinen Namen Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ bzw. HVDC, High-Voltage Direct-Current) erhalten hat. Zur Stromwandlung werden Transistoren – sogenannte „Bipolartransistoren mit isolierter Gate-Elektrode“ (Insulated-Gate Bipolar Transistor, IGBT) – eingesetzt, welche wie Ventile wirken. Diese können den Strom passieren lassen oder ihn sperren und so mittels Pulsmuster die gewünschten Stromverläufe erzeugen.

Der Leistungsumrichter eines HVDC-Systems hat jedoch eine andere Dimensionierung als geläufige Umrichter. Denn es werden modulare Multilevel-Umrichter (Modular Multi-Level-Converter, MMC) bestehend aus hunderten IGBTs eingesetzt und auf einer Fläche von 10 bis 15 Hektar aufgebaut. Der Zwischenkreis nutzt eine Spannung zwischen 100 bis 800 kV und überträgt Leistungen zwischen 500 bis 6.400 MW über Distanzen von hunderten Kilometern.

### Neues Steuerungskonzept für große Leistungsumrichter

Als Hersteller für Systeme zur Energieübertragung und Stabilisierung des Stromnetzes setzt Siemens Energy zukünftig auf die PC-basierte Steuerungstechnik von Beckhoff. Dabei werden Embedded-PCs und EtherCAT-I/O-Klemmen sowie die Automatisierungssoftware TwinCAT in Verbindung mit Model-Based Design zur übergeordneten Steuerung und für den Schutz von großen Leistungsumrichtern eingesetzt. Diese Leistungsumrichter bilden u. a. die Grundlage solcher HVDC-Systeme, werden aber auch für Anlagen zur Kompensation von Blindleistung oder zur Stützung und Stabilisierung von elektrischen Energienetzen verwendet (Flexible AC Transmission Systems, FACTS).

Um ein hohes Maß an Zuverlässigkeit für einen derart wichtigen Teil des Energienetzes zu erreichen, werden vielfach redundante Systeme eingesetzt. So befinden sich die Steuerungs- und Schutzsysteme in Hard- und Software dauerhaft in einem Hot-Standby-Modus, um bei jeglicher Fehlfunktion unmittelbar auf das redundante System umschalten zu können. Dafür wird über mehrere voneinander getrennte Ethernet-Netzwerke mittels des TwinCAT Parallel Redundancy Protocol (PRP) nach IEC 62439-3 eine redundante Kommunikation etabliert. Hierüber wird sowohl per EtherCAT Automation Protocol (EAP) zwischen den Embedded-PCs als auch über MMS und GOOSE nach IEC 61850 zu externen Systemen wie Leistungsschutzschaltern kommuniziert.

### Schnelle Reaktionszeiten und sicherer Betrieb

Die Anforderungen nach schnellen Reaktionszeiten für die übergeordnete Strom- und Spannungsregelung werden durch EtherCAT und performante Embedded-PCs realisiert. Durch die AMD-Ryzen™-CPU in den Embedded-PCs CX2043 ist die Ausführung der Regelung in TwinCAT mit Zykluszeiten von 250 µs und bei minimalem Jitter erreichbar. Dabei werden pro Leistungsumrichter insgesamt bis

Testschrank mit dem Embedded-PC CX2043 und direkt angeordneten EtherCAT-Klemmen

zu zwölf solcher Embedded-PCs eingesetzt, die in redundanten Segmenten schnelle Signale über die EtherCAT-Bridge-Klemme EL6695 austauschen.

Für einen sicheren Betrieb der Anlagen als Teil der kritischen Infrastruktur wurde das Betriebssystem TwinCAT/BSD ausgewählt. Es bietet eine stabile Unix-Plattform für die TwinCAT 3 Runtime, die auch den aktuell steigenden Security-Anforderungen gerecht wird. In der Echtzeitumgebung von TwinCAT 3 werden dann TwinCAT-Module ausgeführt. Dabei kommen direkt in C/C++ entwickelte TwinCAT-Module für Grundfunktionen oder spezielle Kommunikations-Stacks zum Einsatz. So wird eine Abstraktion der Regelungssoftware von den Details der Hardware oder Kommunikation über verschiedene Protokolle wie EtherCAT oder IEC 61850 ermöglicht. Spezifische Funktionen und Regelungen der Anlage werden dann mit modellbasierter Entwicklung in MATLAB® und Simulink® projiziert und mittels Codegenerierung auf die Embedded-PCs übertragen.

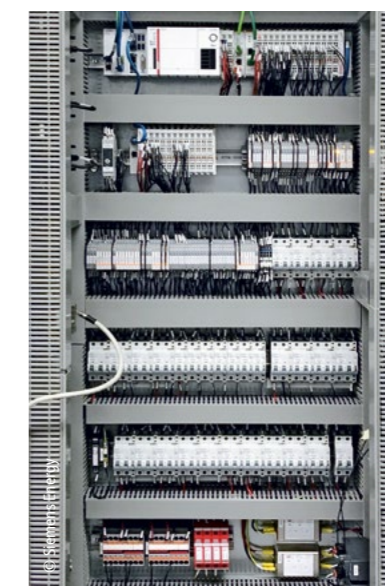
### Durchgängige und offene Software nutzen

Da solche HVDC-Anlagen für die Entwicklung und Verifikation nicht als physikalisches System zur Verfügung stehen, kommt dem frühen Testen über Simulationen eine zentrale Bedeutung zu. Diese Tests wurden in der Vergangenheit in verschiedenen Simulationsumgebungen durchgeführt, wofür die Steuerungs- und Schutzsoftware manuell in jede Umgebung übersetzt werden musste. Dieser manuelle Prozess war zu fehleranfällig und zeitintensiv, um ein vergleichbares Verhalten der Steuerung in allen Umgebungen zu erreichen.

Um eine einzige Quelle für die Software nutzen zu können, setzt Siemens Energy bereits seit Jahren erfolgreich auf Model-Based Design bzw. Engineering der Prozesse mithilfe von MATLAB® und Simulink®. Über die Entwicklung der Steuerungs- und Schutzsoftware in Simulink® und die anschließende Codegenerierung mit TwinCAT 3 Target for Simulink® entfallen genau die genannten manuellen Schritte. Stattdessen können sich die Entwickler\*innen auf ihre Kernaufgabe konzentrieren. Dadurch, dass die gleiche Software sowohl in verschiedenen Simulationsumgebungen als auch auf der finalen Steuerungshardware läuft, lässt sich das Verhalten besser vergleichen.

Ein weiterer Vorteil ist die Zeiteinsparung im Fehlerfall bzw. bei der Erweiterung der Modelle. Musste man in der Vergangenheit die Fehler im jeweiligen

Zielsystem beheben bzw. dort die Funktionen erweitern, wird dies heute im Quellmodell in Simulink® durchgeführt. In Verbindung mit TwinCAT sind dann die bereits getesteten Software-Module mit nur noch wenig Aufwand auf die leistungsstarken, hoch echtzeitfähigen Embedded-PCs zu portieren und lediglich mit den physikalischen Schnittstellen zu verbinden. Auf diese Weise lassen sich sowohl HIL-Tests (Hardware in the Loop) als auch Tests mit den später in der echten Anlage verbauten Schaltschränken mit der Regelung durchführen, um eine auf alle Szenarien im Stromnetz bestmöglich abgestimmte Regelung auszuliefern.



weitere Infos unter:

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

[www.siemens-energy.com](http://www.siemens-energy.com)

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



Das System Heat View optimiert die In-situ-Wärmebehandlung in Anwendungen wie z. B. Schiffbau, Petrochemie, Bergbau, Luft- und Raumfahrt.

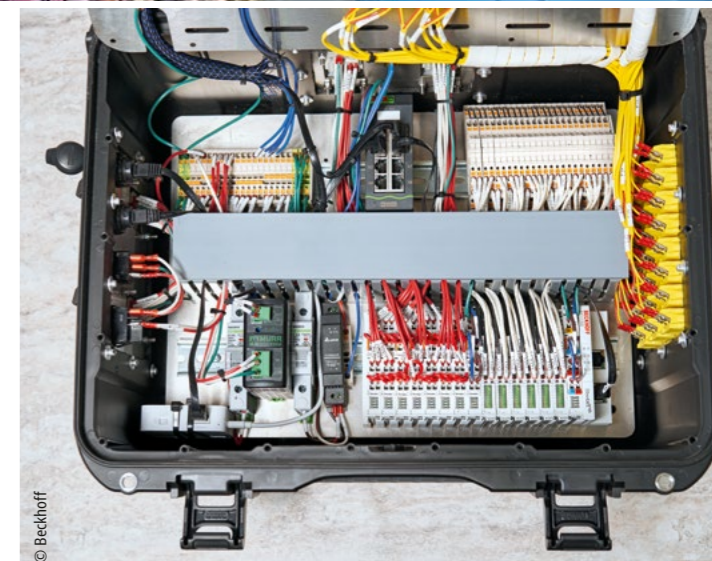


Portable PC- und EtherCAT-basierte Steuerung zur Vor-Ort-Wärmebehandlung

## Kompakte Kofferlösung für den vielseitigen Feldeinsatz

Klassisch wird die Wärmebehandlung beim Schweißen von Pipelines eingesetzt, um die Materialeigenschaften durch kontrollierte Erhitzung und Abkühlung zu beeinflussen. Ein kanadischer Systemintegrator suchte ein flexibles, kompaktes System für die Steuerung und Dokumentierung dieses Prozesses. Mit den platzsparenden EtherCAT-Klemmen und Industrie-PCs von Beckhoff passt die kleinste Variante der Lösung Heat View nun sogar in einen Koffer.

Als Systemintegrator Jeremy Breetzke mit der Entwicklung des Prototyps für das Wärmebehandlungssystem Heat View begann, hatte er keine Vorstellung, in wie vielen verschiedenen Anwendungen und Branchen es schließlich eingesetzt werden würde. Damals im Jahr 2018 sah er einfach eine Lücke, die es zu füllen galt. Denn es gab keine kompakte, flexible Option zur Steuerung, Überwachung und Berichterstellung für die Wärmebehandlung vor Ort in Fabriken, Anlagen oder abgelegenen Gebieten. Also begann der Inhaber von Grand Controls, Inc. aus London, Ontario, mit der eigenen Entwicklung. „Der Produktbereich Heat View wuchs so schnell, dass wir ihn 2021 als eigenes Unternehmen, Heat View Heat Treating Controls, Inc., ausgliederten“, sagt Jeremy Breetzke. Scott Fong ist Group Director bei KASI Technologies Inc., einem Unternehmen für den Verkauf und die Vermietung von Wärmebehandlungsanlagen. Daher konnte er die Anforderungen an die neue Plattform genau und begleitete den Entwicklungsprozess mit technischem Input.



Mit den EtherCAT-Klemmen integriert die Steuerung ConPak ein hohes Maß an Funktionalität und Signalvielfalt in einen robusten, leicht tragbaren Kunststoffkoffer.





In der integrierten Variante wird das Steuerungssystem Heat View über den 7-Zoll-Touchscreen des Einbau-Panel-PCs CP6606 bedient.

ConPak von Heat View verpackt einen 24-Kanal-Heizcontroller in eine robuste und kompakte Kofferlösung.



Bei der ursprünglichen Verwendung stellt die Steuerung sicher, dass geschweißte Teile die richtige Temperatur erreichen und halten, um Defekte zu vermeiden. Dies ist z. B. beim Bau von Öl- und Gaspipelines oder Raffinerieinfrastrukturen von entscheidender Bedeutung, wo Fehler kostspielig und für die Umwelt katastrophal sein können. Zu diesem Zweck wurde das System bereits in der Luft- und Raumfahrt, im Bergbau, im Schiffbau, in der Petrochemie, aber auch in neuen Bereichen wie der Stromerzeugung und Hochgeschwindigkeitsverbrennung eingesetzt. Nach Abschluss der Arbeiten liefert das Gerät die erforderlichen Qualitätskontrollberichte.

#### PC-based Control deckt alle Entwicklungsziele ab

Das Entwicklerteam verfolgte mehrere Ziele. Erstens sollte das Produkt leicht zu transportieren und aufzustellen sein. Zweitens musste es sich flexibel an die Anforderungen der Kunden anpassen lassen, z. B. an verschiedene Arten von Stromwandlern oder die Kommunikation mit vorhandenen Systemen über spezifische Feldbusprotokolle. Drittens sollte es über eine intuitive Bedienerschnittstelle einfach zu handhaben sein, unabhängig davon, ob der Kunde ein integriertes Bedienfeld wünscht oder einfach einen Laptop anschließen möchte. Seit 2017 arbeitete Jeremy Breetzke bereits in der Systemintegration mit Beckhoff Kanada zusammen, und da er die Flexibilität der EtherCAT- und PC-basierten Steuerungstechnik kannte, erschien sie ihm ideal für die Erfüllung dieser Anforderungen.

Das Wärmebehandlungssystem Heat View entstand in verschiedenen Formfaktoren mit individuellen Anpassungsoptionen. Die kompakteste Variante ist ConPak, eine Heizsteuerung mit 24 Kanälen, die sich in einem robusten Kunststoffkoffer untergebracht besonders leicht transportieren und einrichten lässt. Darüber hinaus bietet das Unternehmen eine integrierbare Steuerung für den Einbau in neue oder vorhandene Heiz- oder Generatorkonsolen an.

Aus automatisierungstechnischer Sicht sind beide Systeme sehr ähnlich. Die skalierbaren, voll integrierten Steuerungstechnologien von Beckhoff ermöglichen den Einsatz eines Ultra-Kompakt-Industrie-PCs C6015 als Steuerungsrechner oder eines Panel-PC CP6606, falls Kunden den integrierten 7-Zoll-Industrie-Touchscreen wünschen. „Auf beiden Steuerungen läuft die gleiche Windows-Version, natürlich zusammen mit der Automatisierungssoftware TwinCAT 3“, sagt Jeremy Breetzke. „Der Code, den wir für den CP6606 geschrieben haben, ließ sich leicht auf den C6015 portieren, und wir konnten zudem kundenspezifischen Code in C# und C++ schreiben, was bei einer herkömmlichen SPS nicht möglich ist.“

Mit TwinCAT 3 profitierte das Entwicklerteam von einer durchgängigen Engineering- und Laufzeitplattform für die Automatisierung. TwinCAT ist in Microsoft Visual Studio integriert, wodurch die Ingenieure in einer vertrauten, modernen Umgebung in der Sprache programmieren können, die am besten zu ihrer Anwendung passt. So schätzt Jeremy Breetzke die Möglichkeit, mit Strukturiertem Text zu programmieren, und fügt hinzu: „TwinCAT verfügt über eine große Auswahl an Bibliotheken mit vielen Funktionsbausteinen, die bei SPS-Systemen nicht sehr verbreitet sind, wie z. B. für das Lesen und Schreiben von Dateien. Das beschleunigt die Code-Entwicklung erheblich.“

#### EtherCAT unterstützt Vielseitigkeit

EtherCAT vereinfacht laut Heat View die industrielle Vernetzung deutlich. Die große Auswahl an Beckhoff Buskopplern und Schnittstellen zu mehr als 30 gan-



Die Experten für Automatisierung und Wärmebehandlung im Werk in London, Ontario (v.l.n.r.): Dean Herron, regionaler Vertriebsingenieur bei Beckhoff Kanada, mit Ashley Dunn, Nathyn Smeets und Inhaber Jeremy Breetzke von Heat View.

gigen Protokollen stelle sicher, dass der Controller mit allen Arten moderner Steuerungs- und SCADA-Systeme verbunden werden könne.

Heat View verwendet verschiedene EtherCAT-Klemmen für grundlegende Signalein- und -ausgabefunktionen, aber auch speziellere I/O-Module mit Messfunktionen, die trotzdem über das gleiche schlanke 12-mm-Gehäuse verfügen. So bietet der kompakte 4-Kanal-Relaisausgang EL2624 einen Relaiskontakt bis 125 V AC oder 30 V DC und kann mit seiner langen Lebensdauer über Jahre hinweg zuverlässig im Feld eingesetzt werden. Die EtherCAT-Klemme EL3174 unterstützt mit vier individuell parametrierbaren Analog-Eingängen Signale in einem Spektrum von -10/0 bis +10 V oder -20/0/+4 bis +20 mA auf jedem Kanal. Dies erleichtert die Anpassung der Systeme an wechselnde Kundenanforderungen in Bezug auf die Stromwandler, sagt Jeremy Breetzke, und weiter: „Bei den meisten Wärmebehandlungssteuerungen würde ein Wechsel des Stromwandlertyps bedeuten, dass die Konsole geöffnet, neu verdrahtet und alle Stromwandler ausgetauscht werden müssten – oder dass sehr teure Stromwandler verwendet werden, die das Signal gleichrichten und in die Steuerungen zurückführen können.“

#### Ideal für wechselnde Einsatzbereiche

„Manchmal schweißen die Mitarbeiter Pipelines in abgelegenen Gebieten, wo sie kampieren und Generatoren zur Stromversorgung nutzen. In anderen Fällen arbeiten sie an großen Anlagen und bewegen die Anlage häufig“, erklärt Jeremy Breetzke. „Da ist es viel einfacher, ein 45 Pfund schweres ConPak-System aus dem Pickup zu ziehen und vier Kabel anzuschließen, als herkömmliche Konsolen zu transportieren, die oft 800 Pfund oder mehr wiegen.“

Derzeit schätzt Heat View die Möglichkeit, die Daten zur Qualitätssicherung über ein Ethernet-Kabel und das ADS-Protokoll an den Laptop eines Bedieners zu übertragen. Da die TwinCAT-Engineering-Software kostenlos von der Beckhoff-Website heruntergeladen werden kann, können Kunden zudem problemlos Updates installieren. Der nächste Entwicklungsschritt werde IoT-Konnektivität sein: Die Unterstützung vertikaler Kommunikationsprotokolle – wie OPC UA, MQTT und AMQP – solle es ermöglichen, Berichte und Push-Updates aus der Cloud zu senden.

„Wir überwachen viele verschiedene Variablen und minimieren Fehler, um ein narrensicheres System abzuliefern. Unsere Systeme integrieren Elemente der künstlichen Intelligenz, sodass sie im laufenden Betrieb lernen und Probleme unter Berücksichtigung externer Variablen erkennen können“, sagt Scott Fong von KASI Technologies. „Diese Fähigkeiten sind im Vergleich zu dem, was es auf dem Markt gibt, ein echter Fortschritt, und die Produkte der nächsten Generation, an denen wir bereits arbeiten, werden noch besser sein.“

weitere Infos unter:

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

[www.grandcontrols.ca](http://www.grandcontrols.ca)

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

[www.beckhoff.com/cp6606](http://www.beckhoff.com/cp6606)

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

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



EtherCAT und XTS in modularer Montageplattform für Clean Manufacturing

## Intelligentes Transportsystem bringt Agilität in die Produkthandhabung

Ursprünglich für die hygienische Fertigung im Bereich Life Sciences entwickelt, bietet die leistungsfähige Plattform FlexChassis® enormes Anwendungspotenzial auch für andere Branchen. Dazu gehören die Lebensmittel- und Getränke-, Halbleiter-, Automobil- und Batterieindustrie, E-Mobilität sowie E-Commerce. Ein Schlüssel dazu sei die flexible Automatisierung mit dem eXtended Transport System (XTS) von Beckhoff, sagen die Experten von JR Automation.



Als leistungsstarke Many-Core-Steuerung liefert der Embedded-PC CX2072 ausreichend Rechenleistung für das XTS und alle weiteren Systeme in der Anlage.

Durch die flexible Automatisierung des Materialtransports mit dem intelligenten Transportsystem XTS hilft FlexChassis® den Kunden, sich auf ihre Kernkompetenzen zu konzentrieren.



JR Automation®, ein Unternehmen der Hitachi-Gruppe mit Hauptsitz in Holland, Michigan, weiß, was Flexibilität bedeutet. Durch die Bereitstellung von maßgeschneiderten Lösungen für zahlreiche Branchen entwickelte sich der Maschinenbauer und Systemintegrator aus kleinen Anfängen erfolgreich zu einem Unternehmen mit mehr 2.000 Mitarbeitern. „Wir verstehen uns als Vordenker der Automatisierung. Das heißt, wir helfen unseren Kunden, ihre Ziele zu erkennen und liefern ihnen dann die besten technischen Lösungen, damit sie diese erreichen können“, sagt Shawn Smith, Vertriebsleiter bei JR Automation. „Eine Möglichkeit dafür ist unsere skalierbare, modulare Automatisierungsplattform FlexChassis, mit der wir die Markteinführungszeiten unserer Kunden verkürzen und gleichzeitig die Kosten senken.“

Die letzten Jahre stellten die Hersteller vor große Herausforderungen, und bei steigendem Druck in kritischen Kundenprojekten konnte das Team von JR Automation beobachten, wie häufig größere technische Änderungen den Projektfortschritt verzögerten. Die Notwendigkeit, die Basis einer Maschine und die Handhabungstechnik neu zu entwickeln, lenkte die Aufmerksamkeit der Endanwender oft von der Optimierung der eigenen Prozesse und Produkte ab.

Die Plattform FlexChassis dagegen ermöglicht es den Herstellern, mit einem Test- oder Pilotsystem klein anzufangen. Anschließend können sie das System mithilfe der integrierten Funktionen zur Überwachung der Gesamtanlageneffizienz und Qualitätskontrolle zügig für die Serienproduktion bereitstellen. So können sie auch später darauf vertrauen, dass sie ihre Kapazitäten unbegrenzt erweitern und Prozesse anpassen oder umrüsten können.

#### Modularität erfüllt Kundenanforderungen

Mit 1 x 1,5 m breiten und 2,44 m hohen Standardmodulen eignet sich das System für den Anbau einer breiten Palette von Robotern und anderer Ausrüstung für verschiedene Applikationen. Die Entwickler wollten jedoch vermeiden, dass unflexible Handhabungstechnik die Modularität einschränkt. Daher suchten sie nach einer linearen Transporttechnologie, die sich immer wieder flexibel verändern lässt. Diese Fähigkeit erkannte JR Automation in dem linearen Transportsystem XTS, denn als Mitglied der Beckhoff Integrator Group (BIG) ist das Unternehmen mit den Beckhoff Technologien vertraut. „JR entschied sich für XTS aufgrund seiner Geschwindigkeit und des modularen Designs, das mehrere Konfigurationen ermöglicht“, so Mick Trompen, Technischer Leiter für Life Sciences bei JR Automation.

XTS besteht aus Linearmotormodulen mit integrierter Leistungselektronik sowie kabellosen, magnetisch gekoppelten Movern auf mechanischen Führungsschienen. Erhältlich in den verschiedensten Geometrien ermöglicht das System die Realisierung beliebiger Fahrwege in unterschiedlicher Streckenlänge als optimale Ergänzung der modularen Montageplattform. Die Mover können einzeln oder in Gruppen verfahren werden und ermöglichen eine Individualisierung des Materialflusses, z. B. durch die mehrfache Ausführung zeitaufwendiger Prozessstationen und das Überspringen von Stationen bei fehlerhaften Produkten. Die softwarebasierte Umrüstung spart zudem bei Formatwechseln Zeit und minimiert den mechanischen Umstellungsaufwand. Insgesamt ergibt sich ein äußerst flexibler und hoher Anlagendurchsatz.

„Die einfache Konfiguration und Streckenführung der XTS-Motormodule passt gut zu unserem Konzept“, erklärt David Shiles, Leiter der Steuerungstechnik bei JR Automation. „Wir übernehmen nun Montageaufgaben mit mehr Arbeits-

schritten und gleichzeitig höheren Durchsatzraten als je zuvor.“ Zudem macht das kompakte, integrierte Design des XTS die mechanischen Komponenten starrer Handlingtechnologien, wie z. B. Bänder, Ketten und Rundschaltsche, überflüssig. Dadurch verringert sich der Platzbedarf der Maschine in der Regel um etwa 50 %.

#### Leistungsstark in Steuerung und Kommunikation

Mit XTS als Basis für flexibles Produkthandling ermöglicht FlexChassis die Ausrüstung mit vielen Technologien für die Anpassung der Lösung. Die möglichen Prozessstationen reichen vom Ultraschallschweißen, Schnappverbindungen und Klebstoffauftrag bis zur Wirkstoffabfüllung und -versiegelung, Medikamenten-Handling und das Aufbringen von Labels oder Dekorationen. Eine so breite Auswahl an Robotern, Endeffektoren, Werkzeugen und Sensoren erfordert jedoch eine schnelle Kommunikation über verschiedene Industrieprotokolle. Dafür liefert die Echtzeitkommunikation mit EtherCAT die notwendige Geschwindigkeit und Konnektivität, erklärt David Shiles: „Vom Leistungsstandpunkt her ist EtherCAT für mich die erste Wahl.“ Die Offenheit von EtherCAT ist wichtig für die Anpassung an Kundenumgebungen, denn die Beckhoff Komponenten unterstützen die Kommunikation über mehr als 30 gängige Protokolle.

Highspeed-Kommunikation mit EtherCAT ist für die Steuerung des XTS und die Koordination mit Robotern und Werkzeugen unabdingbar. Ausreichend Rechenleistung dafür bietet ein Embedded-PC CX2072 von Beckhoff mit Intel®-Xeon®-Many-Core-Prozessoren. „Nur so ist es möglich, die notwendige Scanzeit von 250 µs für die Verarbeitung der XTS-Daten einzuhalten und andere Kerne für die SPS, Servosteuerung und Bildverarbeitung zu reservieren“, erläutert David Shiles.

Zur Programmierung der umfangreichen Funktionalität setzten die Entwickler auf die Automatisierungssoftware TwinCAT 3. Diese durchgängige Engineering- und Laufzeitplattform unterstütze eine breite Palette von Programmierstandards sowie bei zukünftigen Erweiterungen auch eine transparente Kommunikation zwischen einem Beckhoff IPC und den SPS-Systemen von Drittanbietern. Die hohe Portabilität des Codes biete außerdem Vorteile, um schneller Varianten kreieren zu können.

#### Dynamische Automatisierungsplattform liefert Ergebnisse

FlexChassis bietet den Anwendern bei geringem Platzbedarf eine kürzere Time-to-Market und einen hohen Durchsatz von mehr als 45 Teilen/min. Zu den Funktionen für Clean Manufacturing gehören HEPA-Filterung (Schwebstofffilter), verschiedene Reinraumklassen und eine Edelstahlkonstruktion. Zudem unterstützt die PC-basierte Steuerung intuitive Dashboards für den einfachen Zugriff der Benutzer auf die Systemdaten. „IoT und Track-and-Trace sind wichtige Funktionen, die FlexChassis für das Management der Stillstände, Qualität und Anlageneffizienz bereithält“, erklärt David Vitale, Leitender Ingenieur für Digitale Lösungen bei JR Automation. „Die Leistungsdaten werden vom System mithilfe eines lokalen Beckhoff Embedded-PC durch unsere MES-Funktionen erfasst. Derzeit werden sie in lokalen Datenbanken gespeichert, können auf Wunsch aber auch z. B. in der Cloud gehostet werden.“

TwinCAT ermöglichte die schnelle Bereitstellung des ersten FlexChassis-Systems als Demo für Kundengespräche und Messen. Die XTS-Plattform beschleunigte den Prozess durch einen intuitiven Konfigurator für die unkomplizierte Einrichtung, eine Reihe leistungsstarker Diagnose- und Visualisierungstools



JR Automation entwickelte FlexChassis® als modulare Automatisierungsplattform – hier im Bild mit vier Modulen –, welche die Time-to-Market für maßgeschneiderte Kundensysteme beschleunigt.



Die XTS-Mover können synchron oder asynchron arbeiten, was bei der gleichzeitigen Bearbeitung mehrerer Teile – z. B. wie hier in einer Vierfach-Station – von großem Vorteil ist.



Die Projekt-Experten (v. l. n. r.): Angela Farina (regionale Beckhoff Vertriebsingenieurin), Shawn Smith (Vertriebsleiter von JR Automation) und Graeme Peek (Beckhoff Applikationsingenieur)

für eine schnelle Entwicklung – ob durch Simulation oder mit echter Hardware. „Die kostenfreie TwinCAT-Engineeringumgebung war ein weiterer großer Vorteil“, so Applikationsingenieur Chris Moritz. „Es ist erstaunlich, wie großzügig Beckhoff die TwinCAT-Lizenzierung für die Entwicklungsarbeit handhabt. 2020 habe ich die XTS-Software für ein Projekt geschrieben, als wir wegen COVID von zu Hause aus arbeiten mussten. Da ich wesentliche Teile der Maschine simulieren konnte, ohne Hard- oder Software kaufen zu müssen, konnte ich sofort loslegen, als die Komponenten verfügbar waren, und das mit minimalem Zeitaufwand für das Debugging.“

„JR Automation und Beckhoff wurden beide 1980 gegründet. Im Laufe der Jahre konnten wir uns gemeinsam weiterentwickeln und unsere Technologien

so ausbauen, dass sie für unsere Kunden Wegbereiter in die Zukunft sind“, sagt Shawn Smith. „Es zahlt sich aus, einen Partner wie Beckhoff zu haben. Wir sind gespannt darauf, was als Nächstes kommt und wie wir die Grenzen der Automatisierung gemeinsam erweitern werden.“

weitere Infos unter:

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

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





PC-based Control inszeniert chinesisches Kulturerbe in moderner Museumsinstallation

## Bewegliche Wände eröffnen den Dialog zwischen Hightech und Historie

Zhejiang Dafeng Industry ist ein führender Lösungsanbieter aus China für den Kultur- und Tourismussektor. Beim Bau eines nationalen Pavillons in Hangzhou erhielt Dafeng den Auftrag zur Entwicklung eines intelligenten Faltsystems. Mit ihrer grünlichen Fliesenoberfläche erinnert die Installation an ein berühmtes Landschaftsgemälde. Beim synchronen Verfahren der 251 tonnenschweren Wände sorgt die PC- und EtherCAT-basierte Steuerungstechnologie von Beckhoff für funktionale Sicherheit gemäß SIL 3.

Die Museumsinstallation spielt mit Assoziationen an die natürliche Umgebung. Die Faltsysteme bestehen aus Seladon-Fliesen, die in der lokalen Keramiktradition gefertigt wurden und durch ihre grünliche Glasur an Jade erinnern.

Der Pavillon dient als Zentrum für die Bewahrung, Ausstellung, Forschung und den Austausch. Es vereint die Funktionen einer Bibliothek, eines Museums, einer Kunstgalerie, eines Archivs und eines Ausstellungsorts. Der neu angelegte Gebäudekomplex ist harmonisch in eine Berglandschaft eingebettet. Architektonisches Highlight ist eine Faltschirmwand aus beweglichen Wandelementen, welche den Ausstellungsraum nach außen öffnen oder verschließen kann. Dazu werden die Wandelemente entweder schräg ausgerichtet wie die Flügel eines traditionellen Wandschirms oder bündig nebeneinander aufgestellt wie

eine bemalte Stellwand. Dem Designkonzept folgend ähnelt die Installation dem berühmten chinesischen Gemälde „Tausend Meilen Flüsse und Berge“, das auf einer Breite von über 50m ein blaugrünes Landschaftspanorama zeigt. Daher sind die 251 Wandschirme der gesamten Installation aus etwa 70.000 in traditionellen Brennöfen speziell angefertigten Seladon-Fliesen aufgebaut. Seladon ist eine für diese Region typische Keramik, die durch ihre grünliche Glasur an Jade erinnert und während der kulturell bedeutsamen Song-Dynastie (960 bis 1279) sehr populär war. Auch das Gemälde wird dieser

Periode zugeordnet. Das reibungslose Öffnen und Schließen der hohen und schweren Wände übernimmt eine PC-basierte Steuerung von Beckhoff und stellt so eine sichtbare Verbindung zwischen der Kulturgeschichte und modernster Automatisierung her.

### Stabilität, Präzision und Sicherheit

Die Bauphase des Pavillons begann bereits im Jahr 2020. Wegen der hohen Steuerungsanforderungen geriet die Realisierung der Seladon-Wandinstallation

jedoch ins Stocken, denn der größte Wandtyp misst 2,1 m x 10,4 m und wiegt bei einer Stärke von 22 cm vier Tonnen. Die maschinelle Ausrüstung musste diese Wände nicht nur sicher tragen können, sondern auch die ruckfreie Bewegung und Verschiebung in einem dafür vorgesehenen Schienensystem ermöglichen, weil sie sonst durch ihre hohe Massenträgheit zerbrechen würden.

„Im Maschinenbau haben wir es hauptsächlich mit Materialien wie Stahl zu tun. Bis dahin hatte ich noch nie mit Keramik gearbeitet“, sagt Huafeng Yan,





Beim Schließen der Wände müssen je zwei Achsen für die Translation und eine Achse für die Rotation hochpräzise angesteuert werden, damit die Lücken nicht größer als 1 cm werden.

Entwicklungsleiter für die Seladon-Faltwand bei Dafeng. Das enorme Gewicht der Fliesenwand, das aus der hohen Materialdichte resultiert, bedingt außerdem, dass die mechanischen Fehler bei der Positionierung klein sein müssen. Wenn die Wände gedreht werden, um sie flach nebeneinander auszurichten, darf der Abstand zwischen ihnen nie größer als 1 cm sein. Größere Lücken zwischen den Wandschirmen würden die Ähnlichkeit der Installation mit dem namensgebenden Gemälde „Tausend Meilen Flüsse und Berge“ zu sehr beeinträchtigen.

Das von Dafeng entwickelte System integriert Funktionen zur Bewegungssteuerung, Logiksteuerung, Sicherheitsüberwachung und Echtzeitsynchronisation. Es beinhaltet verschiedene Algorithmen z. B. für Antivibrations- und Beschleunigungsfunktionen mit einer Überlagerung der Parabeln, um sicherzustellen, dass die Seladon-Faltwände 16 Bewegungsprofile reibungslos durchlaufen können. Die Sicherheitssteuerung der Anlage hat laut Dafeng die SIL-3-Zertifizierung erhalten, entsprechend dem höchsten Sicherheitsstandard der Europäischen Union. „Wir haben damit ein weltweit führendes Niveau für technische Implementierungen im Kulturbereich erreicht“, sagt Hufeng Yan.

#### Leistungsstarke PC-basierte Steuerung

Das Herzstück der Steuerung ist der Embedded-PC CX2040 mit einem Intel® Core™ i7-Prozessor, mit 4 GB Hauptspeicher und dem Betriebssystem Windows 10. Damit bietet die PC-basierte Steuerungsplattform eine hohe Rechenleistung und ermöglicht mit der Automatisierungssoftware TwinCAT 3 ein flexibles Engineering gemäß IEC 61131-3. Die gemischte Nutzung der Programmiersprachen Structured Text (ST), Function Block Diagram (FBD) und Ladder Diagram (LD) erleichterte laut Hufeng Yan die Entwicklung der kundenspezifischen Algorithmen und Logikprogramme erheblich. Auch die Bewegungssteuerung konnte mit der TwinCAT-3-Motion-Control-Bibliothek basierend auf den PLCopen-Bausteinen schnell entwickelt werden.

Jede Seladon-Faltwand wird über drei Servoachsen gesteuert – zwei Achsen für die Translation und eine Achse für die Rotation. Bei insgesamt 251 Einzelwänden muss also jede Steuerung die Synchronisation von mehr als 100 Achsen übernehmen. Für die Erfüllung dieser Anforderungen nutzt Dafeng TwinCAT NC, um über eine komplexe Cam-Tabelle entsprechende Slave-Positionen zu spezifizieren und geeignete Interpositionspositionen sowie -geschwindigkeiten zu planen. Eine in C# entwickelte High-Level-Monitoring-Software ermöglicht den schnellen und effizienten Austausch sehr großer Datenmengen über das Protokoll ADS.

#### Präzise Servosteuerung über EtherCAT

EtherCAT hat sich als schnellste Industrial-Ethernet-Technologie etabliert, weil sie im Vergleich zu traditionellen Feldbussystemen sehr hohe Datenübertragungsraten bietet. Die Seladon-Wandinstallation profitiert hiervon durch eine entsprechend hohe Präzision. Alle Servoachsen werden über die Distributed-Clocks-Funktion zur Synchronisation aller Knoten in einem Netzwerk gesteuert, wobei der Jitter innerhalb des gesamten Systems weit unter 1 µs liegt. Für die Steuerung jeder Seladon-Wand werden drei Servoantriebe benötigt, die über ein Netzkabel mit einem Port eines 8-fach-EtherCAT-Abzweigs CU1128 verbunden sind. Darüber hinaus unterstützt das System eine Hot-Connect-Funktion für das bequeme An- und Abkoppeln sowie den Austausch im Fehlerfall ohne Unterbrechungen des Betriebs.

Für einen zuverlässigen und sicheren Betrieb nutzt die Wandinstallation TwinCAT 3 EtherCAT Redundancy (TF6220). Diese EtherCAT-Kabelredundanz integriert das gesamte System in einem geschlossenen Regelkreis, in dem ein physikalischer oder verbindungstechnischer Fehler an einem Knotenpunkt den Betrieb der anderen Netzwerkteilnehmer nicht unterbricht. Dieser Aufbau verhindert die Beeinträchtigung des Systems durch transiente elektromagnetische Störungen und reduziert das Risiko von Ausfällen erheblich.



EtherCAT spielt eine zentrale Rolle bei der Steuerung der Antriebstechnik. Die Distributed-Clocks-Funktion ermöglicht die systemweite Synchronisierung aller Wände der Installation.



Ein Embedded-PC CX2040 mit einem Quadcore-Prozessor Intel® Core™ i7 bietet eine hohe Rechenleistung zur Steuerung der vielen Servoachsen in der Installation.

#### Integration von Wissenschaft, Technologie und Kultur

Die Seladon-Faltwände können in jedem beliebigen Winkel geöffnet und geschlossen werden, um in verschiedenen Szenarien ein elegantes visuelles Erlebnis zu schaffen. Das Highlight des nationalen Pavillons schützt dabei den Publikumsverkehr durch sein hohes Sicherheitslevel. Hufeng Yan sieht den Projekterfolg vor allem in der tiefen Integration von Technologie und Kultur: „Die Außenwelt sieht Bühnentechnik im Allgemeinen als Teil der Fertigungsindustrie. Tatsächlich wird der Trend, dass digitale Technologien und kulturelle Innovation die traditionellen Fertigungsindustrien stärken, immer deutlicher. Die Erfahrung, am Bau des nationalen Pavillons teilzunehmen, stellt zweifellos einen Höhepunkt in der Geschichte unseres Unternehmens dar.“

weitere Infos unter:

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

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

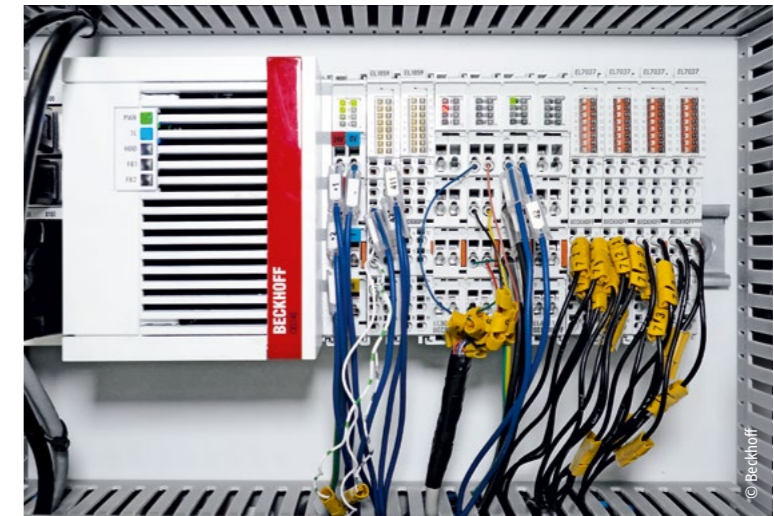


PC-based Control bei der Nachbearbeitung von 3D-Druckteilen

## Reif für die Serienfertigung durch Injektion von Endlosfasern

Limitierende Faktoren für den 3D-Druck im industriellen Maßstab sind die begrenzte Auswahl an Materialien und den damit realisierbaren Druckgrößen. Abhilfe schafft hier CFIP (Continuous Fibre Injection Process), das die Nutzung erschwinglicher Leichtbaumaterialien erleichtert. Durch die Injektion von Endlosfasern erhöht das von Reinforce3D aus Spanien entwickelte Verfahren die Stabilität von 3D-Druckteilen. Die flexible PC-basierte Steuerungstechnik von Beckhoff vereinfachte die Automatisierung des neuartigen Prozesses in der kompakten Delta-Maschine.

Mit dem Embedded-PC CX5140 und verschiedenen EtherCAT-Klemmen integriert sich die Beckhoff Steuerung mühelos in den kompakten Schaltschrank der 3D-Nachbearbeitungsmaschine.



Die additive Fertigung lässt sich allgemein in vier Phasen unterteilen: Entwurf, 3D-Modellierung, Druck und Nachbearbeitung. Unabhängig von dem verwendeten Fertigungsverfahren ist der letzte Schritt besonders wichtig, da er den gedruckten Teilen die gewünschte Oberflächenbeschaffenheit verleiht. Zusätzlich haben zahlreiche Nachbearbeitungsverfahren das Ziel, die physikalischen und mechanischen Eigenschaften der Teile zu verbessern. CFIP ist eine neue Technologie zur Nachbearbeitung, die einen Meilenstein in der additiven Fertigung darstellen könnte. Bei dem vom Startup-Unternehmen Reinforce3D entwickelten patentierten Verfahren werden 3D-gedruckte Teile durch das nachträgliche Einspritzen von Endlosfasern verstärkt. Der Vorteil liegt in einer Erhöhung der mechanischen Belastbarkeit bei gleichzeitiger Erhaltung der Leichtbaueigenschaften.

Ursprünglich war Reinforce3D ein Projekt in dem Technologiezentrum Eurecat in Katalonien, Spanien. Gemeinsam mit Eurecat und dem ehemaligen Entwicklungsleiter Marc Crescenti gründeten die Investoren BeAble Innvierte Kets Fund (BIKF) im Jahr 2022 ein Startup, um die CFIP-Technologie weiterentwickeln zu können. Unter der Geschäftsleiterin Blanca Garro konnte das Unternehmen seine Technologie in kurzer Zeit zur Marktreife bringen. 2023 begann Marc Roselló als neuer Leiter für die Automatisierung mit der Entwicklung der Delta-Maschine, die schon im gleichen Jahr auf der Messe Formnext in Frankfurt vorgestellt wurde. Zielsetzung des jungen Unternehmens war es, die bis dahin geltenden Grenzen für die Nachbearbeitung von 3D-Druckteilen aufzuheben.

### 3D-gedruckte Teile von innen verstärken

Anstatt die Teile während der Herstellung zu verstärken, wie beim herkömmlichen 3D-Druck üblich, verbessert CFIP die Eigenschaften der Teile in einem nachfolgenden Schritt. Bei dieser Methode werden Endlosfasern in speziell dafür entworfene röhrenförmige Hohlräume in den Teilen injiziert, was ihre Festigkeit erheblich verbessert. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist die Verwendung von Endlosfasern anstelle von Kurzfasern, weil diese die Stabilität exponentiell statt nur schrittweise verbessern. Außer der Verstärkung

Auf Basis eines Forschungsprojekts brachte das katalonische Startup Reinforce3D ein innovatives Verfahren zur Verstärkung 3D-gedruckter Teile durch Injektion von Endlosfasern zur Marktreife.



Bei der Automatisierung eines Verfahrens, welches den Übergang des 3D-Drucks vom Prototypenbau zur Volumenproduktion erleichtert, nutzte Reinforce3D die industrielle Expertise von Beckhoff.



von Bauteilen ermöglichen Endlosfasern auch die integrale Verbindung verschiedener Komponenten, da die Fasern durch die Verbindungsstellen hindurch injiziert werden können. Durch die Faserkontinuität von einem Ende zum anderen entstehen stärkere Verbindungen als bei herkömmlichen Fügeverfahren, wie z. B. Kleben. Als Träger für die Endlosfasern dient flüssiges Harz, das sich nach dem Aushärten nahtlos mit dem 3D-Druckmaterial verbindet und durch die neu entstandene physische Schnittstelle die strukturelle Festigkeit und damit die mechanische Belastbarkeit beträchtlich erhöht.

Neben Carbonfasern können für CFIP auch Glas- und Aramidfasern verwendet werden. Reinforce3D plant außerdem, das Spektrum in Zukunft auf Naturfasern auszuweiten. Ein weiterer Vorteil der vielseitigen Methode ist die Kompatibilität mit einer Vielzahl additiver Fertigungsverfahren. So können die Anwender 3D-Drucktechnologien nutzen, die eher für die Volumenproduktion geeignet sind, wie z. B. bekannte, kommerziell erhältliche Systeme, die thermoplastische Polymere verwenden. Auch bei der Nutzung dieser vergleichsweise günstigen Materialien kann der Anwender durch die nachträgliche Verstärkung der Leichtbaumaterialien sehr gute Ergebnisse erzielen. Außer mit Kunststoffen funktioniert das Verfahren auch mit einer breiten Palette anderer 3D-Druckmaterialien wie z. B. Metalle und Keramik.

#### Neuartiger Prozess und passgerechte Steuerung

Marc Crescenti, CTO von Reinforce3D, erklärt: „CFIP ist eine völlig neue Technologie, und Reinforce3D bewegt sich auf noch unbekanntem Terrain. Daher wollten wir eine Maschine entwickeln, die sowohl ausreichend zuverlässig ist, um hohen Anwendernutzen zu bieten, als auch flexibel genug, um zusammen mit der CFIP-Technologie weiterentwickelt zu werden. Nachdem wir alle verfügbaren Optionen evaluiert haben, kamen wir zu dem Schluss, dass uns Beckhoff die beste Automatisierungslösung für diese Anwendung bietet.“

Den Hardwarekern der Steuerungslösung bildet ein Embedded-PC CX5140. Der leistungsstarke und kompakte Rechner sei ideal für diese Anwendung, bei der ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Rechenleistung und Größe gefordert war. Marc Roselló hebt den Vorteil der Flexibilität hervor, weil sich der CX5140 mit regelmäßig verfügbaren neuen Prozessorgenerationen einfach für künftige Anforderungen aufrüsten lasse. Dass dabei das Maschinendesign nicht verändert werden müsse, sei ein Anwendervorteil im Sinne der Einfachheit und Nachhaltigkeit der Automatisierung.

# REINFORCE 3D



Sind stolz auf die innovative Lösung (v.l.n.r.): Marc Roselló, Leiter Automatisierungstechnik, und Blanca Garro, CEO, beide Reinforce3D, sowie Octavi Martí, Vertrieb Beckhoff Spanien, und Marc Crescenti, CTO und Mitgründer von Reinforce3D.

Für die komplexe Aufgabe der Faserinjektion war die Realisierung einer präzisen Schrittmotorsteuerung entscheidend. Diese wurde mit vier 1-Kanal-Motion-Interfaces EL7037 aus dem EtherCAT-Klemmen-Portfolio für die kompakte Antriebstechnik realisiert. Marc Roselló hebt hervor: „Die Klemme vereinfacht die Verkabelung im Vergleich zu externen Schrittmotorsteuerungen erheblich. Außerdem erleichtert sie die Konstruktion des kompakten Schaltschranks, der sich nahtlos in das Design der Delta-Maschine einfügt.“

Ein weiterer kritischer Aspekt bei der Faserinjektion ist die präzise Steuerung der Injektkraft, um einen Materialstau in den beliebig formbaren Teilestrukturen zu vermeiden. Das Feedback wird durch den Anschluss einer Wägezelle an eine analoge Eingangsklemme EL3351 zur direkten Anbindung von Widerstandsmessbrücken erreicht. Diese systemintegrierte Messtechnik macht einen externen Messverstärker überflüssig, was die Komplexität reduziert, Platz spart und den Verkabelungsaufwand minimiert. Weitere digitale und analoge I/O-Module sorgen zudem für die Einbindung der Prozessventile und einer Membranpumpe in die Steuerung der Harzversorgung.

#### Effiziente Implementierung mit TwinCAT

Der Schlüssel zur erfolgreichen Entwicklung der Präzisionssteuerung liege allerdings nicht nur in den Hardwarekomponenten, sondern auch in der Software-Suite TwinCAT von Beckhoff, sagt Marc Roselló. Er attestiert der

Automatisierungssoftware einen hohen Benutzerkomfort sowie hohe Leistungsfähigkeit, insbesondere in Verbindung mit den EtherCAT-Schrittmotorsteuerungen. Bei der Implementierung der softwarebasierten Punkt-zu-Punkt-Bewegungssteuerung habe sich TwinCAT 3 NC PTP bestens bewährt. Marc Roselló führt aus: „Die Engineering-Schnittstelle, die Softwarearchitektur und die Benutzerfreundlichkeit von TwinCAT haben uns die Einarbeitungsphase sehr erleichtert. Die Programmierung ist einfach, erfordert minimalen Aufwand und ermöglicht uns letztendlich die Konzentration auf unsere Kernkompetenzen.“

In Bezug auf die Lernkurve hebt er die Fülle an Schulungsressourcen hervor, die bei Beckhoff zur Verfügung stehen, kombiniert mit dem technischen Support. Die nicht nachlassende Bereitschaft von Beckhoff, bei der Bewältigung von auftauchenden Herausforderungen zu helfen, habe sich als Schlüsselfaktor für die erfolgreiche Implementierung erwiesen.

weitere Infos unter:

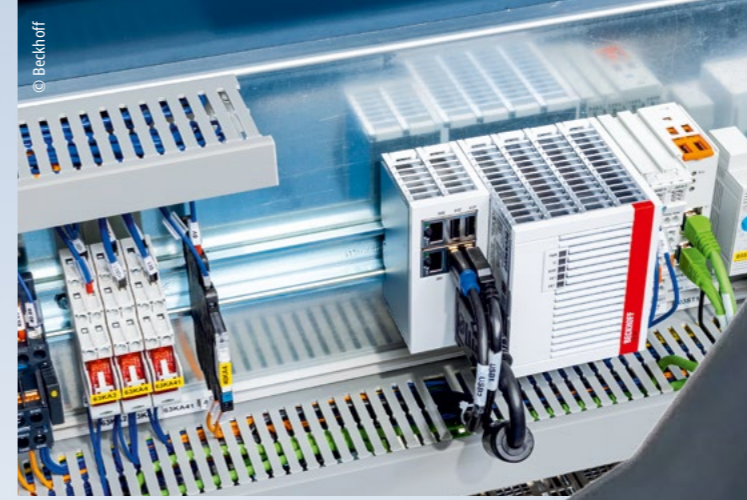
[www.reinforce3d.com](http://www.reinforce3d.com)

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





Mit TwinCAT 3 und der Antriebstechnik von Beckhoff realisiert der italienische Roboterhersteller Lesta unterschiedlichste Lackieranlagen.



Ein Embedded-PC CX5140 mit Intel-Atom®-Quadcore-Prozessor berechnet die Bewegungen aller Roboterachsen und führt parallel auch die Visualisierung aus.

PC-basierte Steuerungs- und Antriebstechnik in der Robotik

## Hochwertig wie vom Meister lackiert

Ein perfektes Oberflächen-Finish ist das offensichtlichste Qualitätsmerkmal eines Bauteils. Die Herausforderung für viele Hersteller: die Qualität in der Serienfertigung konstant zu halten. Lackierroboter des italienischen Anbieters Lesta srl leisten dazu einen wichtigen Beitrag. Flexibel automatisiert mit PC-based Control von Beckhoff lassen sie sich an die unterschiedlichsten Lackieraufgaben anpassen.

Der 2010 in Dairago nahe Mailand gegründete Roboteranbieter Lesta hat sich auf industrielle, roboterbasierte Lackiersysteme spezialisiert. Aktuell sind rund 700 Lesta-Roboter im Einsatz. „Und jedes Jahr kommen etwa weitere 100 Anlagen in unterschiedlichsten Branchen dazu“, betont Fabio Ferrario, Leiter Automation bei Lesta. Das Spektrum reicht von Metall-, Holz-, Kunststoff-, Glas- und Keramikproduzenten bis zu Anwendungen in der Textil- und Lebensmittelindustrie. Entsprechend der unterschiedlichen Zielmärkte gibt es die Roboter in mehreren Varianten sowie mit ATEX- und UL-Hazardous-Location-Zulassung.

Darüber hinaus hat Lesta auch selbstlernende, anthropomorphe Roboter entwickelt, z. B. Lebot MV A5 und MV A6. Diese Typen sind in der Lage, die zuvor



von Hand angelernten Bewegungen aller Achsen in Echtzeit zu erfassen und danach im Automatikbetrieb präzise zu reproduzieren. Der Lackierer bewegt dazu den Roboterarm bei abgeschalteten Motoren – dank eines pneumatischen Ausgleichssystems fast ohne Kraftwand und nahezu schwerelos. Da die pneumatische Gewichtskompensation auch während des Betriebs aktiv bleibt, müssen die Motoren nur geringe Kräfte aufbringen. Dies reduziert die benötigte Motorleistung, deren Baugröße und die zu den bewegenden Massen. Dies kommt wiederum der Dynamik zugute.

#### PC-based Control macht den Unterschied

Für Fabio Ferrario ist das kontinuierliche und starke Wachstum ein klares Indiz für die Akzeptanz der Roboter: „Unser exzellenter Ruf im mechanischen Sektor ist seit jeher bekannt, aber vor allem macht die außergewöhnliche Leistungsfähigkeit unserer Steuerungssysteme auf Basis von PC-based Control den Unterschied.“ Für die Entwicklung der Automatisierungs- und Steuerungsanwendung nutzt Lesta TwinCAT 3. Dessen Flexibilität und Offenheit sowie das breite Produktspektrum von Beckhoff haben sich als entscheidende Vorteile erwiesen.

Beispielsweise konnte Lesta auf den TwinCAT-Bibliotheken aufsetzen und diese mit dem eigenen Know-how, z. B. die spezifische Koordination der interpolierten Bewegungen der Roboterachsen, kombinieren. „TwinCAT 3 ermöglicht uns, ein effektives und hochleistungsfähiges System auf Basis der Beckhoff Produkte aufzubauen, das wir bei Bedarf jederzeit mit Komponenten von Drittanbietern oder um weitere Algorithmen erweitern können“, betont Fabio Ferrario.

#### Fließende Bewegungen wie ein Lackierer

Abhängig von der Applikation haben Lesta-Roboter zwischen fünf und über ein Dutzend interpolierende Achsen. Dazu Fabio Ferrario: „Die Herausforderung besteht darin, mit den Robotern die fließenden und geschmeidigen Bewegungen eines Lackierers perfekt nachzuahmen.“ Für eine gleichmäßige Oberflächenbeschichtung der Werkstücke ist allerdings mehr als eine genaue Positionierung erforderlich. Deshalb nutzen die Ingenieure und Techniker von Lesta TwinCAT 3 PLC/NC PTP (TC1250) und TwinCAT NC Camming (TF5050), um die Bewegungen des Lackierers optimal nachzubilden. Auch das manuelle Teachen der anthropomorphen Roboter ist in TwinCAT integriert. Die Safety-Funktionen sind über TwinSAFE realisiert. Lediglich bei der Visualisierung nutzt

Fabio Ferrario, Leiter Automation bei Lesta: „Wir haben uns für Beckhoff entschieden, weil PC-based Control eine perfekte und effektive Integration, Programmierung und flexible Konfiguration unserer Roboter-Varianten unterstützt.“



Das Multiachs-Servosystem AX8000 und die EtherCAT-Klemmen von Beckhoff sorgen für einen kompakten und übersichtlichen Schaltschrank.

Lesta das .Net-Framework von Microsoft. Die HMI-Anwendung läuft parallel zur Steuerungs-Task auf demselben Rechner, einem Embedded-PC CX5140 mit Intel-Atom®-Quadcore-Prozessor. Die Kopplung von Visualisierung und Steuerungsapplikation erfolgt über das ADS-Protokoll. Als HMI-Hardware kommt ein Multitouch-Einbau-Control-Panel CP2915 zum Einsatz.

Für die Umsetzung der in TwinCAT generierten Bewegungsabläufe setzt Lesta auf das Multiachs-Servosystem AX8000, da es komplexe Motion-Profile mit hoher Dynamik und gleichzeitig sanft und präzise umsetzen kann. Weitere Vorteile sieht Fabio Ferrario in den kompakten Abmessungen sowie in der One Cable Technology (OCT) für den Anschluss der Servomotoren AM8032 und AM8043. Beides spart Platz im Schaltschrank und reduziert die Materialkosten sowie die Montagezeit. „Üblicherweise benötigen wir beim Kunden von der Aufstellung bis zur Inbetriebnahme einer Lackierstation nur eine Woche“, sagt Fabio Ferrario. „Freitags kann der Kunde dann bereits autonom arbeiten.“

#### Skalierbarkeit als Wettbewerbsvorteil

Ob es sich bei einem Projekt um einen 6-Achs-Roboter oder eine 12-Achs-Brückenkran-Variante, eine Pulverlackier- oder eine Nasslackieranlage handelt, spielt keine Rolle. Alle Varianten basieren auf einer Master-Konfiguration, deren Funktionen entsprechend der Robotervariante aktiviert werden. Für diese Flexibilität verantwortlich ist die offene und passend skalierbare Plattform von Beckhoff. Dazu Fabio Ferrario: „Ohne Zweifel ist die Skalierbarkeit unserer Systeme ein entscheidender USP, mit dem wir uns von unseren Mitbewerbern differenzieren.“ Oft werden die Lackieranlagen an das Kundennetzwerk angebunden, um Daten mit anderen Anlagenteilen oder Fabrikmanagementsystemen auszutauschen. Die Verfügbarkeit des Kommunikationsstandards OPC UA in TwinCAT sorgt für die entsprechende Konnektivität und macht die Lesta-Maschinen Industrie-4.0-ready.

Mit Blick auf künftige Entwicklungen ist maschinelles Lernen ein intensiv diskutiertes Thema. Von dieser Technologie verspricht sich Lesta weitere Stei-

gerungen der Produktivität und der Qualität, beispielsweise durch eine automatische Generierung von Lackierstrategien bzw. -routen. Auch hier setzt Fabio Ferrario auf die Beckhoff Automatisierungs- und Steuerungsplattform: Offen und skalierbar ist lediglich ein Update nötig. Schließlich sind maschinelles Lernen und Deep Learning bereits als TwinCAT Functions verfügbar.

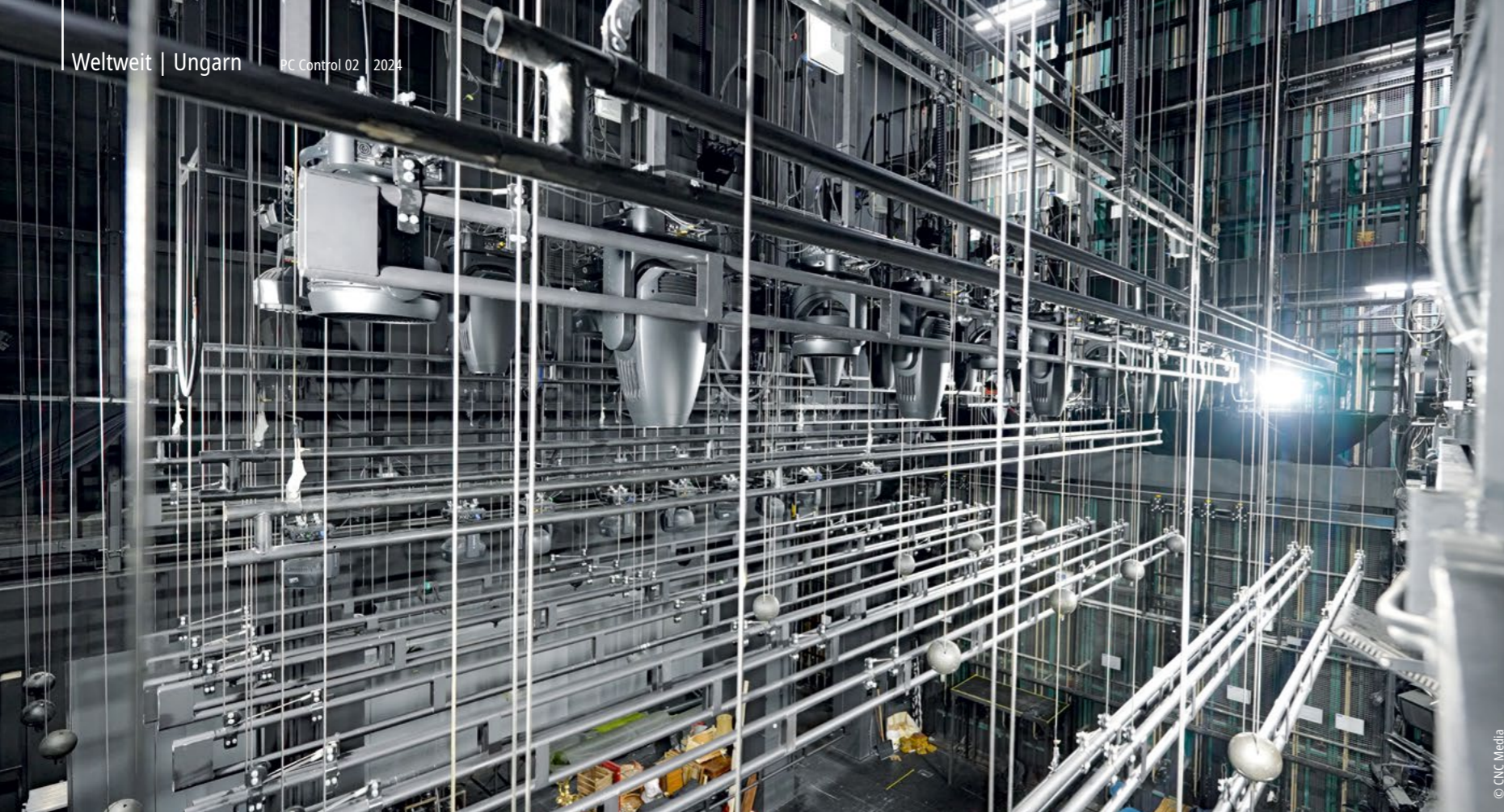
Für die Bedienung der Lackieranlagen nutzt Lesta ein Multitouch-Einbau-Control-Panel CP2915.



weitere Infos unter:

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





Die umfangreiche Bühnentechnik des Szigligeti-Theaters im ungarischen Szolnok wird mit Komponenten von Beckhoff automatisiert und überwacht.

Sämtliche Kulissen werden über TwinCAT NC PTP synchron nach zuvor konfigurierten Bewegungsprofilen und Szenarien auf definierte Positionen verfahren.

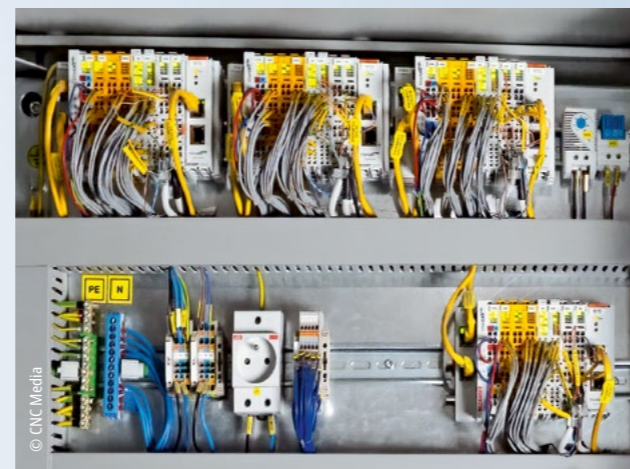


Supportingenieur János Bódvai und Marketingmanagerin Éva Porgánszki (beide Beckhoff Ungarn) sowie Attila Lukács, Gergely Major und Attila Major von Gépbér-Színpad (v.l.n.r.)

PC-based Control automatisiert Bühnentechnik in historischem Theater

## Kulissen sicher und präzise heben und verschieben

Seit mehr als zwei Jahrzehnten entwickelt und implementiert Gépbér-Színpad aus Ungarn Lösungen für die Theater- und Bühnentechnik – zuletzt beim Retrofit des Szigligeti-Theaters in Szolnok. Projektleiter Attila Major vertraut dabei auf PC-based Control von Beckhoff zur Steuerung und Überwachung von Bühnenboden und Obermaschinerie.



Ausschnitt eines Schaltschranks mit den Komponenten für die Ansteuerung und Überwachung von vier der insgesamt 64 Antriebe

Das Szigligeti-Theater ist eines der bekanntesten Theater Ungarns. 1912 eröffnet und seitdem in Betrieb, wurde 2021 eine komplette Renovierung durchgeführt. In diesem Zusammenhang wurde Gépbér-Színpad Ltd. mit der Planung und Konstruktion der gesamten Bühnentechnik beauftragt. Dazu erläutert Projektleiter Attila Major: „Die Konstruktion der Theatertechnik stellte in mehrfacher Hinsicht eine Herausforderung dar.“ Zum einen mussten sich die Designer und Konstrukteure der historischen Gebäudestruktur anpassen. Zum anderen verlangt die Bewegung von Kulissen durch die Nähe und den Bezug zu Personen sehr hohe sicherheitstechnische Anforderungen. Deshalb wurde die komplette Automatisierungstechnik so konzipiert, dass sie die für die

Bühnentechnik notwendigen Vorgaben gemäß EN 17206:2020 und EN 62061 erfüllt. Kein anderes Theater in Ungarn verfügt laut Attila Major über dieses Niveau an Sicherheitstechnik. János Bódvai, Supportingenieur von Beckhoff Ungarn, ergänzt: „Wir haben uns sehr gefreut, dass wir mit PC-based Control unseren Beitrag zur umfangreichen Automatisierung der Bühnentechnik leisten konnten.“ Dies betrifft:

- 18 Vorrichtungen zum Ziehen von bis zu 250 kg schweren Kulissen mit einer Geschwindigkeit von bis zu 1 m/s,
- 44 auf vier Reihen verteilte Punktzüge,
- ein 5-teiliges Verschiebesystem für den Orchestergraben,

- eine Drehbühne mit 9,5 m Durchmesser und variabel integrierbaren Personenabstiegs-Plattformen sowie
- einen Lastenaufzug für das Heben der Kulissen und Möbel auf die Bühnenebene.

### Flexibilität bei Ansteuerung und Kommunikation

Für das Engineering und die Programmierung der bühnentechnischen Anlagen zum Bewegen der Punktzüge und Kulissen empfahl Beckhoff das tschechische Unternehmen Drivecontrol, s.r.o. und dessen auf der Software TwinCAT basierendes Steuerungssystem iTEMS (Intelligent Technology Motion System). Der sicherheitsgerichtete Steuerungsteil wurde hardwareseitig mit EtherCAT-TwinSAFE-Klemmen realisiert, u. a. 64 Digital-Eingangsklemmen EL1904, 64 Digital-Ausgangsklemmen EL2904 und eine TwinSAFE Logic EL69xx. Die Signale der von Gépbér-Színpad verwendeten SIL 3-zertifizierten Drehgeber der Antriebsachsen werden über insgesamt 64 EtherCAT-Encoder-Interfaces EL5001 (SSI) eingelesen. Für den Standard-Steuersbereich kommen noch 128 EtherCAT-Digital-Eingangsklemmen EL1008 und 64 EtherCAT-Digital-Ausgangsklemmen (jeweils 8-kanalig) hinzu.

Beim Aufbau der Kommunikationsarchitektur konnten die Projektverantwortlichen Attila Lukács und Gergely Major die Vorteile von EtherCAT hinsichtlich der Topologiefreiheit nutzen: Über zwei Echtzeit-Ethernet-Port-Multiplier CU2508, einen 8-fach-EtherCAT-Abzweig CU1128, 16 EtherCAT-Koppler EK1101 mit ID-Switch sowie insgesamt 64 2-Port-EtherCAT-Abzweige EK1122 wurde eine variable Topologie mit acht grundsätzlich unabhängigen EtherCAT-Zweigen

gebildet. „Sollte in einem Zweig einmal ein Fehler auftreten, sind die anderen EtherCAT-Segmente davon nicht betroffen“, so Gergely Major.

### Zuverlässige und langzeitverfügbare Steuerungskomponenten

„Wegen der Steuerungstechnik darf keine Vorstellung ausfallen“, betont Attila Lukács. Deshalb sei im zentralen Steuerschrank auch ein zweiter Kompakt-Industrie-PC C6920 eingebaut, auf den der Theatertechniker sofort umschalten könne. Da die technische Infrastruktur eines Theaters 24 Stunden, sieben Tage die Woche einwandfrei funktionieren müsse, sei die Zuverlässigkeit aller eingesetzten Komponenten ein wichtiges Auswahlkriterium gewesen. Hinzu komme die Langzeitverfügbarkeit der Steuerungskomponenten. Schließlich müssten Wartung und Modernisierung der Bühnentechnik über die nächsten 25 Jahre möglich sein.

Als weitere Vorteile von PC-based Control nennt Attila Major die einfache Anbindung der Bühnentechnik an die AV- und Medientechnik, an das Gebäudemanagementsystem sowie die Fernwartbarkeit. Techniker von Gépbér-Színpad können dem Theaterbetreiber im Fall einer Störung sofort Unterstützung leisten, was bislang allerdings noch nicht nötig war. „Seit über einem Jahr arbeitet die Bühnentechnik zur Zufriedenheit aller Beteiligten störungsfrei“, so Attila Major.

weitere Infos unter:

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

[www.drivecontrol.cz/en](http://www.drivecontrol.cz/en)

[www.beckhoff.com/entertainment-industrie](http://www.beckhoff.com/entertainment-industrie)



# EtherCAT: insgesamt 77 Mio. Knoten, davon 18 Mio. in 2023

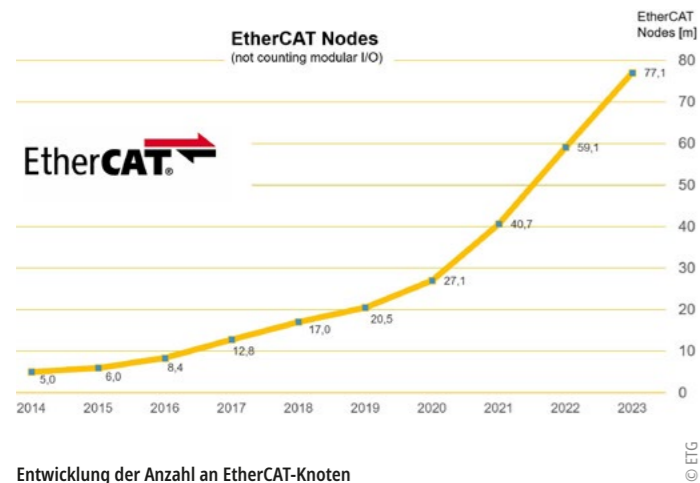
Das starke EtherCAT-Wachstum setzt sich fort: Die EtherCAT Technology Group zählt insgesamt 77 Mio. EtherCAT-Knoten, wobei allein im Jahr 2023 18 Mio. neu dazugekommen sind.

„Die Anzahl der im vergangenen Jahr neu hinzugekommenen EtherCAT-Knoten ist beeindruckend. Wir waren davon ausgegangen, dass die Chip-Verkäufe nach dem Ende der Halbleiter-Krise drastisch zurückgehen würden, da jeder ja deutlich mehr Chips auf Lager gelegt hatte, als kurzfristig benötigt wurden“, erklärt Martin Rostan, Executive Director der ETG. „Zudem hat sich im letzten Jahr insgesamt der Markt abgekühlt. Trotzdem geht das EtherCAT-Wachstum ungebremst weiter.“

Die Zahl basiert auf den im betroffenen Jahr verkauften EtherCAT-Chips ohne Berücksichtigung der Chips für einzelne Busklemmen. So zählt beispielsweise eine I/O-Station mit 50 EtherCAT-Busklemmen nur als ein einziger Knoten. Chips zu zählen, führt zwar zu einem gewissen Zeitverzug, da nicht jeder Chip sofort ein EtherCAT-Gerät wird. Es ist aber genauer als andere Methoden. Chips mit Multiprotokoll-Fähigkeit werden dabei gemäß deren EtherCAT-Verwendung mitgezählt: Diese Stückzahlen gehen somit nur anteilig ein. Wer also denkt, die ETG-Zahlen seien zu Marketingzwecken großzügig gewählt, liegt falsch: Die Zählweise ist im Gegenteil vergleichsweise zurückhaltend, die Zahlen hingegen sehr genau.

Die ETG hatte sich bis ins vergangene Jahr mit der Veröffentlichung von Knotenzahlen zurückgehalten. Ein Grund war, dass die Anzahl der auf FPGAs basierten Geräte im Gegensatz zu den Chip-Verkäufen nur geschätzt werden kann. Diese hatten früher einen höheren Anteil an den Implementierungen. In den nun veröffentlichten Zahlen gehen die FPGAs nur noch mit 10 % ein, sodass eine gewisse Unschärfe hier keinen signifikanten Einfluss auf die Gesamtzahl hat.

Auch in Bezug auf die ETG-Mitgliedszahlen stehen die Zeichen nach wie vor auf Wachstum. Mit mittlerweile über 7.600 Mitgliedsfirmen aus 74 Ländern bleibt die ETG die weltgrößte Feldbusnutzerorganisation. Trotz der aktuell herausfordernden wirtschaftlichen Situation hat sich das Mitgliederwachstum in den vergangenen zwölf Monaten sogar noch beschleunigt, sodass die ETG 2023 über 500 Neuzugänge vermelden konnte.



Das internationale ETG-Team beim Global Strategy Meeting

## ETG trifft sich zum Global Strategy Meeting

Das internationale ETG-Team traf sich zum ersten Mal seit 2018 endlich wieder persönlich.

Kürzlich kam das internationale ETG-Team zu seinem Global Strategy Meeting zusammen. Neben Präsentationen von Vertretern aus den weltweiten ETG-Büros gab es auch Zeit für angeregte Diskussionen und persönliches Team-

building. Anwesend waren Teammitglieder aus Marketing und Technik aus den ETG-Niederlassungen in Deutschland, USA, China, Japan und Korea. Es war das erste persönliche Treffen des gesamten ETG-Teams seit 2018.



## EtherCAT ITW World Series 2024 mit Rekordbeteiligung

Fünf Wochen, fünf Regionen: Die EtherCAT International Technology Week (ITW) World Series verkörpert mit nahezu 1.000 Teilnehmern einen Meilenstein in Bezug auf die Zusammenarbeit, den Wissensaustausch und die Dynamik innerhalb der EtherCAT-Entwickler-Community in Europa, China, Amerika, Japan sowie Korea.

Die EtherCAT International Technology Week, ein Schulungsevent der EtherCAT Technology Group (ETG), bringt Entwickler von EtherCAT MainDevices, Sub-Devices, -Konfiguratoren, -Codes und -Tools zusammen, um sich im Rahmen von zahlreichen, regional individuell angepassten Webinaren detailliertes sowie praktisches EtherCAT-Entwicklungs-Know-how anzueignen. Inhaltlich werden dabei wichtige Themen wie z. B. die Implementierung, Zertifizierung und die Freigabeprozesse für EtherCAT-Geräte abgedeckt.

Während der Webinare teilen die EtherCAT-Experten der ETG ihre Erfahrung und ihr Fachwissen, mit welchen sie den Herausforderungen bei der Entwicklung von EtherCAT-Geräten praktisch begegnen. Das interaktive Format ermöglicht es den Teilnehmern, sich während der Vorträge zu beteiligen. Darü-

ber hinaus fördern spezielle Frage- und Antwort-Sessions nach jedem Webinar die vertiefte Diskussion sowie einen regen Wissensaustausch.

Janett Eibisch, Mitglied des Tech-Teams der ETG und verantwortlich für die Organisation der EtherCAT ITWs, zeigt sich erfreut über den Erfolg der Veranstaltung: „Wir wissen die Resonanz sowie die aktive Teilnahme an diesem Event sehr zu schätzen, unterstreicht sie doch die globale Reichweite der EtherCAT-Technologie sowie den starken Geist innerhalb unserer Community. Diesmal waren fast 1.000 Entwickler dabei, eine Zahl, die uns zeigt, dass das Interesse an dieser Art von Entwicklungssupport groß ist und wir mit dem Veranstaltungsformat definitiv einen Nerv getroffen haben.“

## ETG vergibt 4.000. EtherCAT Vendor ID

Mit der Vergabe der 4.000. EtherCAT Vendor ID unterstreicht die EtherCAT Technology Group einmal mehr die herausragende Herstellervielfalt von EtherCAT.

Mittels der Vendor ID, welche für Hersteller von EtherCAT-Geräten verpflichtend ist, können Geräte weltweit eindeutig identifiziert und zugeordnet werden. Entsprechend muss jedes EtherCAT-Gerät die individuelle Vendor ID seines Herstellers tragen. Vergeben werden die Kennnummern ausschließlich durch die ETG. Die Nutzung der EtherCAT Vendor ID ist genau festgelegt und erfordert die Konformität der EtherCAT-Produkte gemäß den EtherCAT-Spezifikationen, die durch einen entsprechenden Test mit dem offiziellen EtherCAT Conformance Test Tool nachgewiesen wird.



Oliver Fels, der bei der ETG u. a. für das Thema Vendor ID zuständig ist, erklärt: „Jeder Hersteller eines EtherCAT-Ge-

Oliver Fels ist bei der ETG für das Thema Vendor ID zuständig.

räts muss Mitglied in der ETG sein und eine gültige Vendor ID besitzen. Diese muss in jedes EtherCAT-Gerät implementiert werden, bevor es auf den Markt kommt. Nutzer von EtherCAT-Geräten wie z. B. Maschinenbauer, OEMs oder Systemintegratoren benötigen keine Vendor ID.“

Die Zuteilung einer EtherCAT Vendor ID ist ebenso wie die ETG-Mitgliedschaft kostenlos. Damit wird die Offenheit der Technologie unterstrichen. ETG-Mitglieder können die Vendor ID über die Homepage der EtherCAT Technology Group online beantragen.

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





## Mehr über Beckhoff



Unternehmen



Globale  
Präsenz



Veranstaltungen  
und Termine



Stellenangebote



Produkte



Branchen



Support