

**BECKHOFF** New Automation Technology

MATLAB® und Simulink® in Echtzeit:  
effizientes Engineering mit TwinCAT 3



**TwinCAT® 3**

# TwinCAT 3: der Software- Baustein für PC-based Control von Beckhoff

Als Technologieführer der PC-basierten Steuerungstechnik bietet Beckhoff mit TwinCAT eine weltweit etablierte, modulare Softwareplattform für leistungsstarke und hochflexible Automatisierungslösungen. Dank der Bündelung der Steuerungszintelligenz in Software lassen sich alle Leistungspotenziale und Schnittstellen der PC-Welt in vollem Umfang nutzen. TwinCAT 3 integriert von der PLC über Motion Control, Robotik, Vision, IoT und Analytics bis hin zu HMI und Safety alle wesentlichen Aufgaben der Automatisierung in die Gesamtsteuerung.

Neben klassischer SPS-Programmierung nach IEC 61131-3 unterstützt TwinCAT C/C++, MATLAB® und Simulink®. Darüber hinaus werden Umgebungen wie MapleSim, Dymola und SimulationX über das Functional Mock-up Interface (FMI) unterstützt. TwinCAT unterstützt heterogene Entwicklerteams durch die von Programmiersprachen unabhängige Modularisierung von Softwarekomponenten mit einheitlichen Interfaces.



## Die Vorteile von TwinCAT:

- Bündelung der Steuerungszintelligenz in Software
- Leistungssteigerungen der PCs werden für die Steuerung voll nutzbar.
- alle PC-Schnittstellen werden aus der PLC heraus nutzbar: USB, seriell, TCP/IP, Ethernet, PCI Express
- Integration aller wesentlichen Steuerungsfunktionen auf einer Plattform
- vereinfachte IoT-Anbindung
- vereinfachtes Engineering
- optimierte Runtime
- freier Support



Entertainment-Industrie



Lager- und Distributionslogistik



Blechbearbeitung



Werkzeugmaschinen



Windenergieanlagen



Druckindustrie



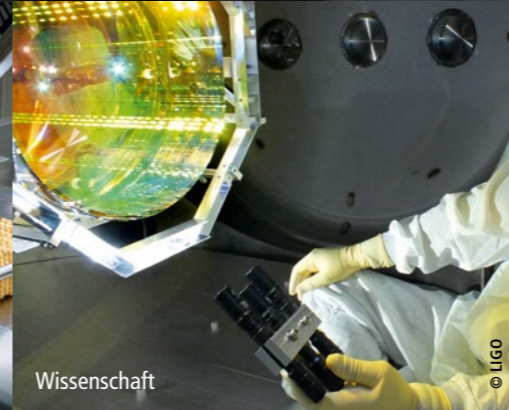
Smart-Grid



Halbleiterfertigung



Lebensmittelindustrie



Wissenschaft



Reifen- und Gummi-Industrie



Automobilindustrie



Holzbearbeitungsmaschinen



Gebäudeautomation

TwinCAT: die etablierte Software-Plattform ...

- 20 Jahre
- 30 Branchen
- 75 Länder
- 5.000 Kunden
- 20.000 Anwendungen
- 250.000 Steuerungen



Photovoltaik



Prozessindustrie



Prüf- und Testanlagen



Kunststoffmaschinen



Fensterbaumaschinen

... in Anwendung mit MATLAB®/Simulink®:

- Genutzt von über 2.000 Ingenieuren
- Im Einsatz auf über 6.500 TwinCAT-Maschinen



Verpackungsmaschinen



Montage- und Handhabungstechnik



AV- und Medientechnik

# Skalierbar und modular: Hardware für MATLAB® und Simulink®

Das breit gefächerte Kunden- und Einsatzspektrum zeigt es: Beckhoff bietet ein durchgängiges und flexibles, modulares System, das jeder Anwendung gerecht wird. Beckhoff Industrie-PCs bieten eine skalierbare Plattform sowohl für TwinCAT als auch für weitere Softwareanwendungen, denn parallel zur TwinCAT-Laufzeit ist auch ein vollständiges Windows- oder BSD-basiertes Betriebssystem auf den Geräten verfügbar. Ein performantes Kommunikationsprotokoll (ADS) verbindet die TwinCAT-Laufzeit mit den lokalen Betriebssystem-Applikationen oder, über das Netzwerk, mit Remote-Applikationen. Die Offenheit und Flexibilität des Systems stehen immer im Vordergrund: Zur Anbindung

von Ein- und Ausgängen sowie Motoren unterstützt Beckhoff neben EtherCAT diverse weitere Feldbussysteme. Der Feldbus stellt eine echtzeitfähige Verbindung zwischen TwinCAT und allen Feldbus-Teilnehmern zur Verfügung. Beckhoff bietet ein kompaktes, modulares I/O-System, sodass für jede Applikation die richtige Zusammenstellung an Eingangs- und Ausgangssignalen gefunden werden kann. Skalierbare Servoantriebe und Motoren bieten die Möglichkeit, für jede Applikation die richtige Leistungsklasse und Bauform zu finden. Weitere Antriebsarten von Beckhoff wie das XTS und XPlanar ermöglichen neue Wege im Produkttransport – alles vollständig integriert in das Beckhoff-System.

## IPC

- skalierbare Performance: von Intel Atom®, über Core™ i bis hin zu Intel® Xeon®
- Schaltschrank-Industrie-PCs
- Embedded-PCs
- Control Panels
- flexible Formfaktoren
- maximale Flexibilität bei Speichermedien
- große Auswahl an Schnittstellen und Bildschirmgrößen

## I/O

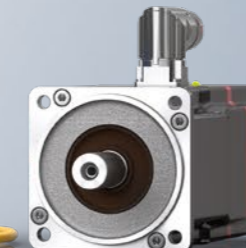
- Beckhoff: Erfinder des Busklemmen-Prinzips
- über 1.000 Busklemmen, über 100 Signaltypen
- IP 20, IP 67, Ex
- Feldbus- und EtherCAT-Box-Module, EtherCAT-Steckmodule
- spezifische I/Os für Motion Control, Safety, Messtechnik oder Condition Monitoring und Power Monitoring

## EtherCAT

- von Beckhoff entwickelt: der Ethernet-Feldbus EtherCAT
- schnellste Industrial-Ethernet-Technologie für alle Einsatzbereiche von PLC über Motion bis Safety
- EtherCAT G: 1-Gbit/s-Übertragungsrate des Standard-Ethernets,
- EtherCAT G10: 10-Gbit/s-Übertragungsrate des Standard-Ethernets, ermöglicht die Umsetzung außergewöhnlich leistungsfähiger Steuerungen
- EtherCAT P: Ultraschnelle Kommunikation und Power auf einem Kabel
- über große Distanzen: EtherCAT-Topologien über Kilometer verteilt, unterstützt anspruchsvolle Applikationen

## Motion

- skalierbares Produktspektrum
- für Servoantriebstechnik integrierte Sicherheitstechnik
- gewährleistet Safety-Performance-Level PLe; bei kompakter Antriebstechnik bis Safety-Performance-Level PLd
- Als Pionier der One Cable Technology und des linearen Transportsystems ist Beckhoff Spezialist für effiziente, platzsparende Motion-Lösungen.
- XPlanar: Planarmotorantriebssystem mit schwebender Produktbewegung mit bis zu 6 Freiheitsgraden
- XTS: Linearer Produkttransport

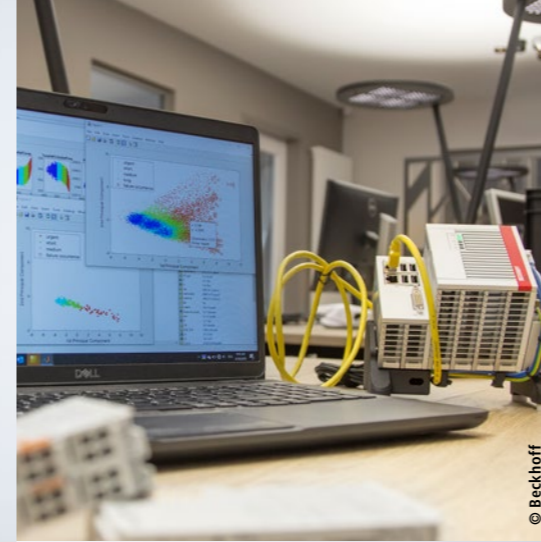


EtherCAT®

# MATLAB® und Simulink®: etablierte Programmier- standards

MATLAB® und Simulink® haben sich, auch bei angehenden Ingenieurinnen und Ingenieuren, global zu etablierten Umgebungen für verschiedenste Anwendungen entwickelt. Die Gründe dafür sind vielfältig. MATLAB® und Simulink® liefern Umgebungen, in denen man sich ganz auf die Engineering-Aufgabe konzentrieren kann. Das ist ideal für didaktische Konzepte in der Lehre und effizient in industriellen Anwendungen. MATLAB® liefert mit seinen zahlreichen Toolboxes eine ideale Umgebung zur Entwicklung von Algorithmen und zur Analyse von Daten. MATLAB® bietet zahlreiche Funktionen zum einfachen Zugriff auf unterschiedliche Datenformate und harmoniert

mit den unterschiedlichen Data-Logging-Mechanismen von TwinCAT. Simulink® ist fokussiert auf die durchgängige Unterstützung von Model-Based Design (MBD). Hierbei wird anhand eines Systemmodells entwickelt, getestet und verifiziert. Die anschließende, automatische Codegenerierung für Plattformen wie TwinCAT stellt eine ideale Lösung dar, um den getesteten Code in der Produktion anzuwenden. Simulink® stellt alle Mittel zur Modellierung von Multi-Physik-Simulationen und Erstellung von Steuerungs-, Regelungs- und KI-Algorithmen bereit. Somit kommt auf Ihren Steuerungen nur qualitativ hochwertiger und an Modellen getesteter Code zum Einsatz.



## Modellbasierte Entwicklung mit MATLAB®, Simulink® und ThingSpeak™:

- frühzeitige Verifikation der Software-funktionalität durch Simulation
- virtuelle Inbetriebnahme auf Basis physikalischer Modelle
- direkter Import von CAD-Modellen
- Entwicklung und Test von Regelungssoftware und Ablauflogik
- Implementierung und Training von KI-Algorithmen
- automatische Generierung von echtzeitfähigem C/C++- und IEC-61131-3-Code
- Analyse von Mess- und Prozessdaten

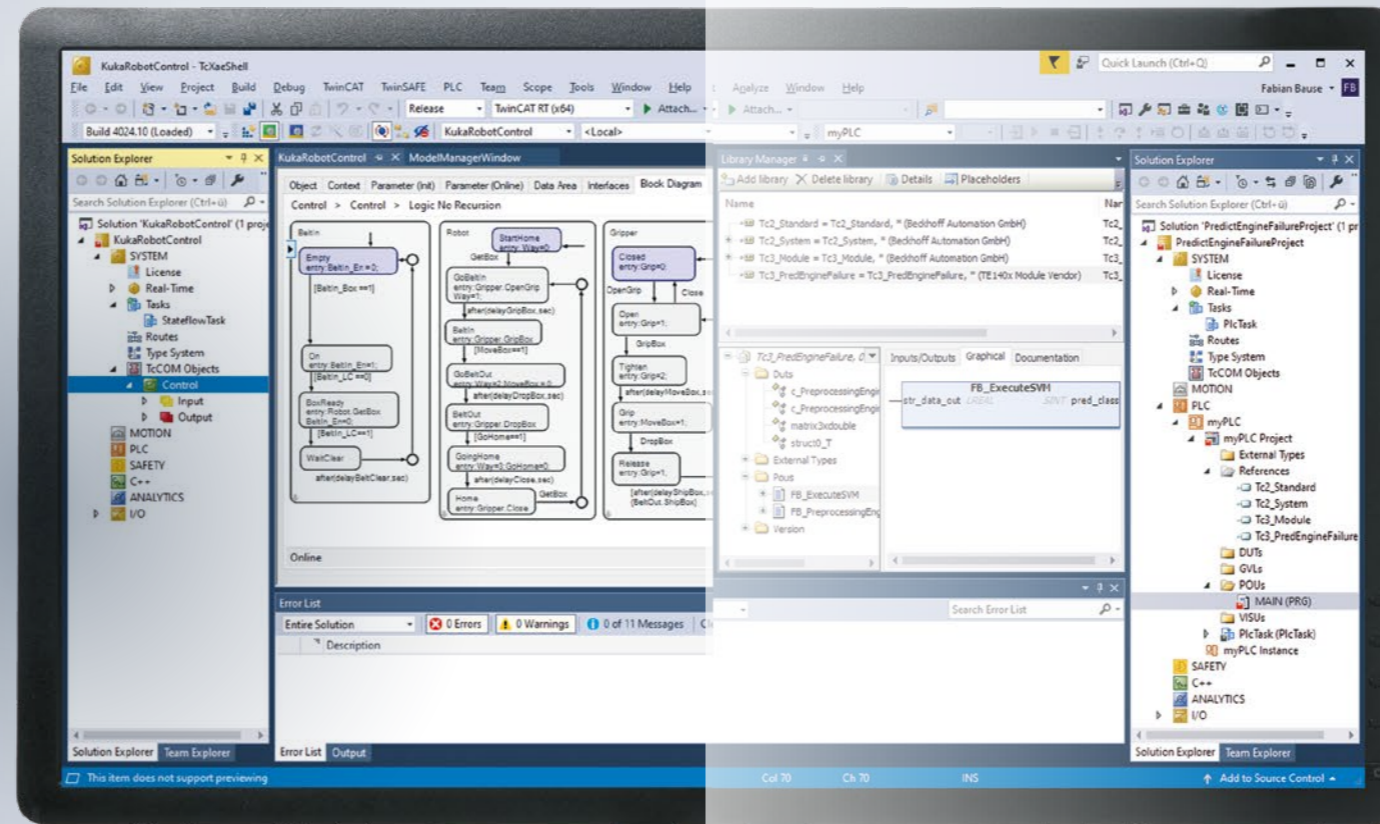
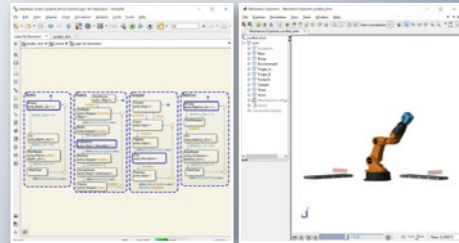
» Modellbasierte Entwicklung ist zu einem essenziellen Baustein für die Digitale Transformation und Industrie 4.0 geworden. MATLAB®, Simulink® und ThingSpeak™ werden im Maschinen- und Anlagenbau erfolgreich für die Modellbildung, Simulation und Datenanalyse eingesetzt. Die automatische Codegenerierung für Industriesteuerungen der Firma Beckhoff rundet das Angebot ab. «

Philipp Wallner  
Industry Manager at MathWorks

## SIMULINK®

### Model-Based Design

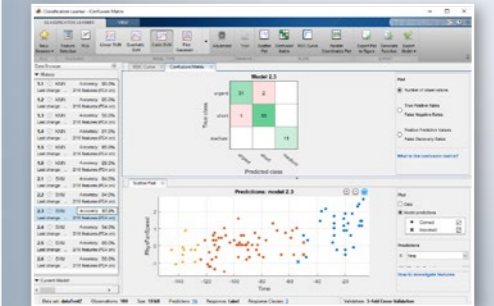
Modellieren und Simulieren von Systemen, modellbasierte Entwicklung von Steuerungscode, frühzeitiger Test und Verifikation – nahtlos integriert in TwinCAT.



## MATLAB®

### Technical Computing

Daten einlesen, visualisieren und analysieren, Algorithmen entwickeln, mathematische Modelle erstellen – nahtlos integriert in TwinCAT 3.



# Target for Simulink®: nahtloses Model- Based Design

Mit dem TwinCAT 3 Target for Simulink® ist es möglich, in Simulink® entwickelte Modelle in TwinCAT 3 nutzbar zu machen. Dabei können in Simulink® diverse Toolboxes, z. B. SimScape™ oder Stateflow™ oder DSP System Toolbox™ eingebunden werden. Auch eingebettete MATLAB®-Funktionsbausteine werden unterstützt. Die Modelle werden automatisch mithilfe des Simulink Coder™ in C/C++-Code übersetzt und mit dem TwinCAT 3 Target for Simulink® in TwinCAT-Objekte überführt. Aus Simulink® erstellte TwinCAT-Objekte tragen dieselben Interfaces und Eigenschaften wie alle anderen TwinCAT-Objekte. Sie lassen sich nahtlos im TwinCAT 3 Engineering verwenden, z. B. mit

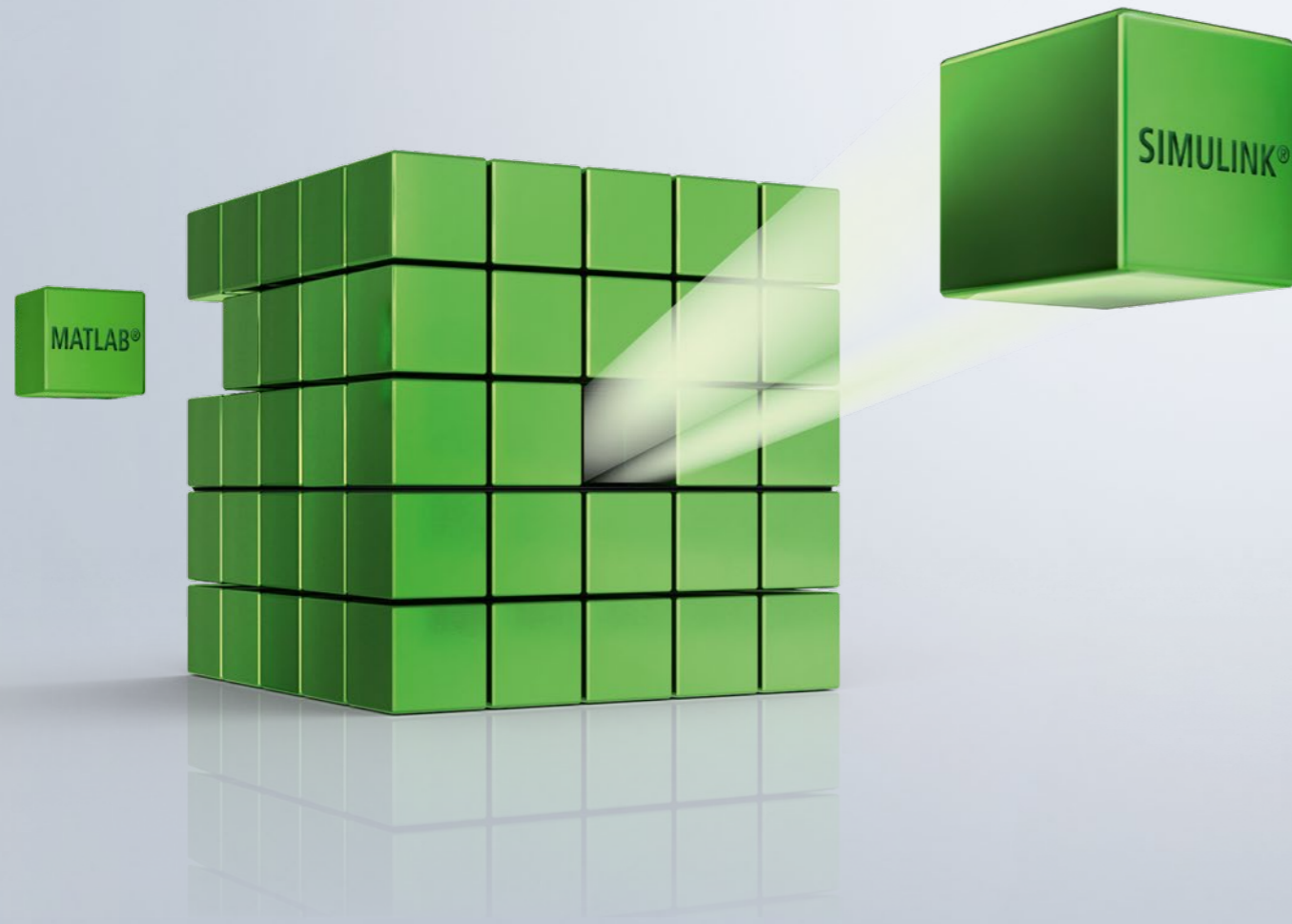
SPS-Quellcode zu einem Gesamtprojekt erweitern, debuggen und mit Feldbusteilnehmern verknüpfen. Die Blockdiagramm-Visualisierung aus Simulink® wird im TwinCAT Engineering übernommen. Das im Engineering eingebettete Blockdiagramm kann – neben dem Simulink® External Mode – als Control zur Parameteranpassung, zum Debugging, Signal- und State-Monitoring genutzt werden. Einerseits können die automatisch generierten Module als TcCOM-Objekt und andererseits als SPS-Funktionsbaustein in die TwinCAT-Solution eingebunden werden. Die eingefügten Module werden mit dem gesamten TwinCAT-Projekt in die TwinCAT-3-Laufzeit heruntergespielt und dort, wie

alle anderen Objekte, innerhalb der Echtzeitumgebung ausgeführt. TwinCAT-Objekte können in der Echtzeitumgebung unterschiedlichen CPU-Kernen zugewiesen werden. So lassen sich auch große Projekte einfach skalieren, z. B. bei der Simulation eines ganzen Windparks. Ist Schnelligkeit in einzelnen Objekten gefragt, ist es zudem möglich, Berechnungen auf mehreren Kernen zu parallelisieren. So werden Anwendungen vom einfachen Regler, über die gesamte Maschinensteuerung bis hin zur Echtzeitsimulation mit einem Werkzeug durchgängig unterstützt.

## Vorteile von Target for Simulink®:

- nahtlose Integration in TwinCAT
- Übersetzung in echtzeitfähige TwinCAT-Objekte
- Funktionen bündelbar in eigener TwinCAT-Bibliothek
- Unterstützung von Continuous Integration
- nahtloses Debugging in TwinCAT
- Online-Change von Modulen und Bibliotheken
- Blockdiagramm Control in TwinCAT
- Multicore Support

► [www.beckhoff.com/TE1400](http://www.beckhoff.com/TE1400)



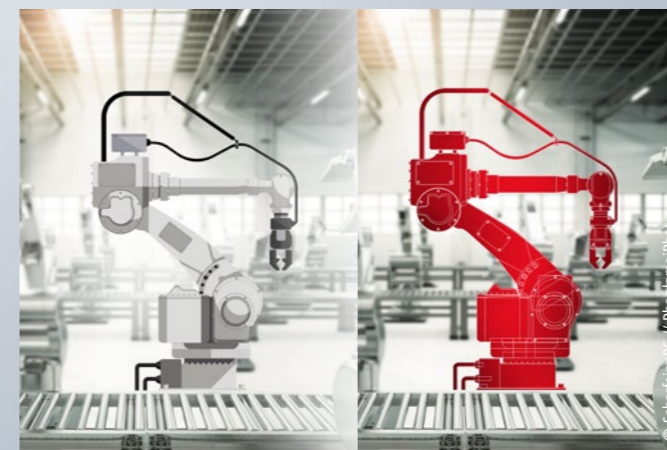
## Erneuerbare Energien

Im Bereich der Windkraft, der Gezeitenkraftwerke und Smart Grid existieren besondere Anforderungen an die Qualität der Anlagen. So müssen u. a. elektrische und mechanische Lasten bei Windkraftanlagen ermittelt und über den Lebenszeitraum von 20 bis 30 Jahren evaluiert werden. Des Weiteren sind einige Anforderungen der Netzbetreiber nur in Simulationen nachweisbar – Fehlerfälle müssen geprüft und Lastenrechnungen validiert werden. Entsprechend beginnt das Design neuer Anlagen mit Modellen der Anlage, die natürlich auch Steuerungscode enthalten. Somit ist der modellbasierte Entwicklungsprozess in dieser Branche sehr ausgeprägt. Es liegt nahe, den entwickelten und validierten Steuerungscode direkt auch in der Anlagensteuerung zu verwenden, was mit dem Target for Simulink® nahtlos ermöglicht wird.



## Automobilbranche

Model-Based Design ist in dieser Branche der einzige Weg, um die ständig steigenden Anforderungen von Kunden und Behörden in komplexen technischen Systemen erfolgreich zu beherrschen. Nicht überraschend ist daher die immense Marktdurchdringung von MATLAB® und Simulink® in diesem Industriezweig: vom Windtunnel über HiL-Prüfstände bis hin zum kompletten Simulator für LKW/PKW oder Rennsportfahrzeuge. Der Einsatzbereich für Steuerungen und Simulationsplattformen, wie sie TwinCAT in einzigartiger Weise vereint, ist vielseitig. Die Offenheit der Beckhoff-Steuerungstechnik, kombiniert mit der Leistungsfähigkeit von EtherCAT und den Industrie-PCs, ist eine besonders attraktive und vielfach eingesetzte Basis für sportlich und ökonomisch erfolgreiche Anwendungen im Automotive-Umfeld.



## Digitaler Zwilling

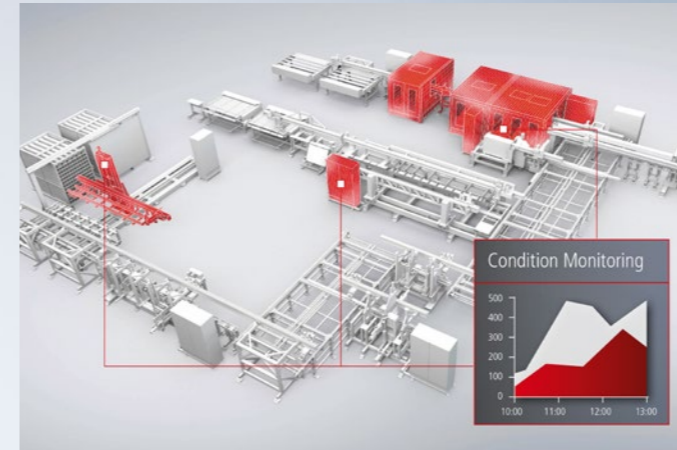
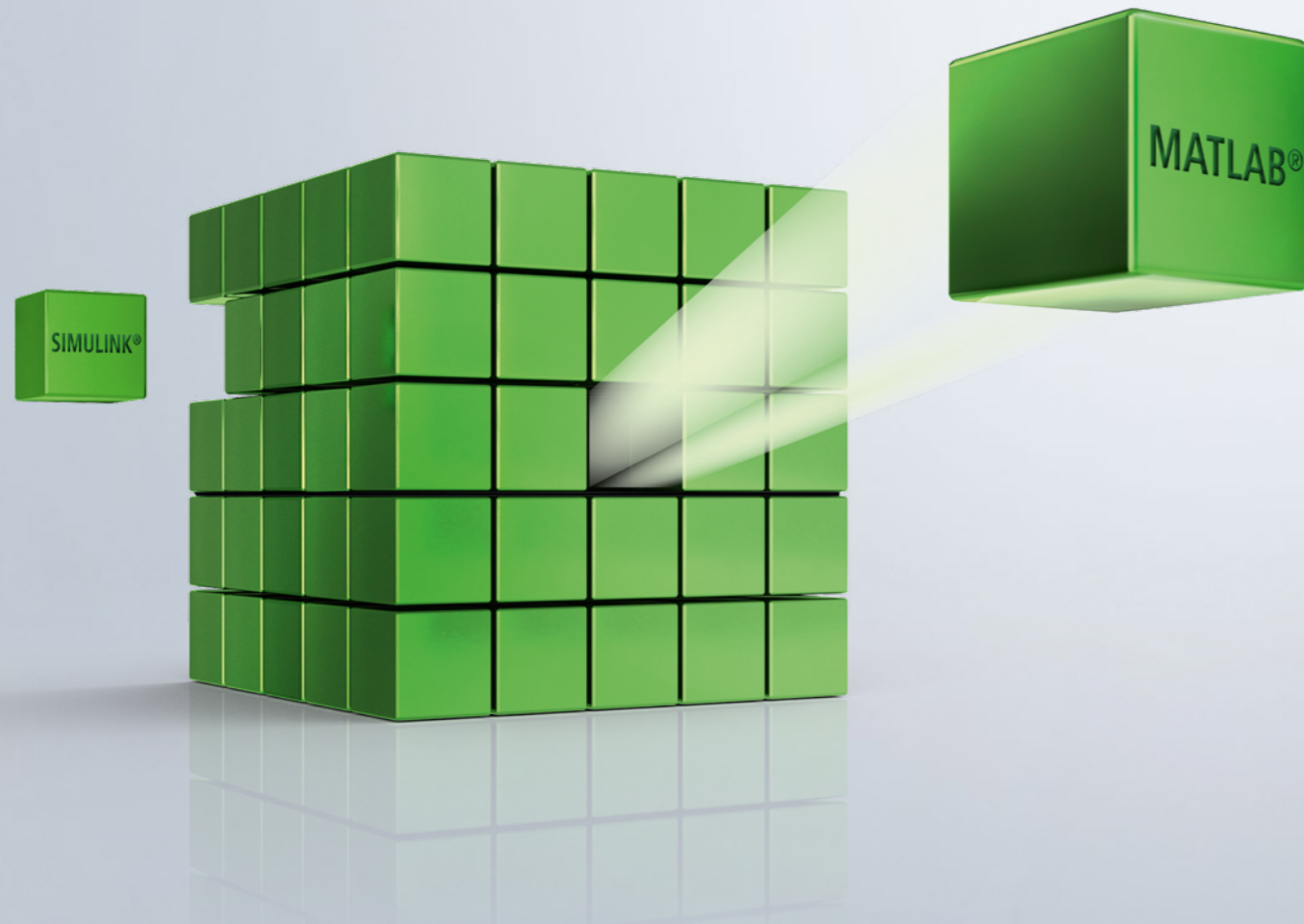
Model-Based Design ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor von Simulink®. Ein digitaler Zwilling bildet das Verhalten einer physikalischen Anlage in einem Modell nach. Während der Entwicklung repräsentiert das Modell das Anforderungsprofil. Eine virtuelle Inbetriebnahme reduziert die Gefahr unvorhergesehener Komplikationen oder ermöglicht eine optimale Auslegung des Steuerungs-codes. Mit TwinCAT und dem Target for Simulink® können erstellte Verhaltensmodelle einer Anlage in Echtzeit auf einem IPC ausgeführt werden. Dank der skalierbaren Performance der Industrie-PCs von Beckhoff kann ein digitaler Zwilling auf der Anlagensteuerung parallel zum Steuerungscode betrieben werden. Zur Maschinenlaufzeit kann der digitale Zwilling u. a. zur Anomalieerkennung oder zur weiteren Optimierung der Anlage genutzt werden.

# Target for MATLAB®: Data Science in der Steuerung

Mit dem TwinCAT 3 Target for MATLAB® können MATLAB®-Funktionen in TwinCAT 3 genutzt werden. Die Funktionen werden automatisch in TwinCAT-Objekte überführt und nahtlos in TwinCAT 3 Engineering verwendet. Die automatisch generierten Module können einerseits als TcCOM-Objekt und andererseits als SPS-Funktionsbaustein in die TwinCAT-Solution eingebunden werden. Die eingefügten Module werden mit dem gesamten TwinCAT-Projekt in die TwinCAT-3-Laufzeit heruntergespielt und dort, wie alle anderen Objekte, innerhalb der Echtzeitumgebung ausgeführt.

## Vorteile von Target for MATLAB®:

- nahtlose Integration von MATLAB®-Funktionen und Klassen in TwinCAT
- Übersetzung in echtzeitfähige TwinCAT-Objekte
- Funktionen bündelbar in einer eigenen TwinCAT-Bibliothek
- Unterstützung von Continuous Integration
- nahtloses Debugging in TwinCAT
- Online-Change von Modulen und Bibliotheken
- MATLAB® Code Control in TwinCAT
- Support von Parallel Computing



## Prädiktive Wartung

Planbare und hohe Verfügbarkeit einer Anlage – das sind die Kernpunkte einer zustandsorientierten Wartungsstrategie. Prädiktive Wartung gehört entsprechend zu den wichtigsten Stellgrößen zur Erhöhung des OEE. Die Predictive Maintenance Toolbox™ von Mathworks eignet sich hervorragend dazu, Zustandsindikatoren zu erarbeiten und Prädiktionen durchzuführen. Die Integration der Algorithmen in die SPS ermöglicht einen synchronen Zugriff auf alle relevanten Maschinendaten. Das Monitoringsystem wird transparent in die Steuerung integriert und ist keine separate Blackbox-Lösung.



## Machine Learning

Eine Support-Vector-Maschine, ein Entscheidungsbaum oder ein neuronales Netzwerk direkt in der Steuerung? Bei Beckhoff kein Problem. Klassifikatoren realisieren prozesssynchron und direkt in der Steuerung Produkttests oder erkennen Störungsfälle einer Anlage. Regressionsalgorithmen realisieren virtuelle Sensoren, parametrieren situationsangepasst eine Anlage oder werden direkt in einen Regelkreis zur modellprädiktiven Regelung eingebettet. Die Algorithmen werden außerhalb der TwinCAT-Echtzeit trainiert und können während der Maschinenlaufzeit ohne Maschinenstopp on-the-fly ausgetauscht werden.



## Prüf- und Messtechnik

Die direkte Integration von Prüf- und Messtechnik in die Maschinensteuerung reduziert die Komplexität und Kosten von Prüfanlagen, erleichtert das Engineering und führt zu schnelleren Prüfprozessen. Das Beckhoff I/O-Portfolio liefert die Rohdaten an die Steuerung. Dort können diese zur Dokumentation zum einen direkt in Datenbanken gespeichert werden und zum anderen in der Echtzeitumgebung (vor-)verarbeitet werden. Die weitreichenden Signalverarbeitungsalgorithmen von MATLAB®, auch in Kombination mit integrierten Simulationsmodellen für HiL-Testing, bilden eine herausragende Grundlage zur Realisierung integrierter, moderner und leistungsfähiger Prüfanlagen.

# Werkzeuge zum Automatisieren und Optimieren von Workflows

Die Bereitstellung von Targets zur Überführung von MATLAB®- oder Simulink®-Code in TwinCAT-Objekte bildet die Grundlage für effizientes Engineering in Verbindung mit Beckhoff Produkten. Weitere Lösungen vertiefen die Verzahnung zwischen Beckhoff und MathWorks.

Mit dem TwinCAT 3 Target for Embedded Coder erhalten Sie noch weitreichendere Möglichkeiten zur Code-Optimierung und Beeinflussung des automatisch generierten Codes. Kombinieren Sie in Ihrer TwinCAT-Solution Module aus MATLAB® und Simulink®, IEC-61131, C++ auch mit Modulen, die Sie

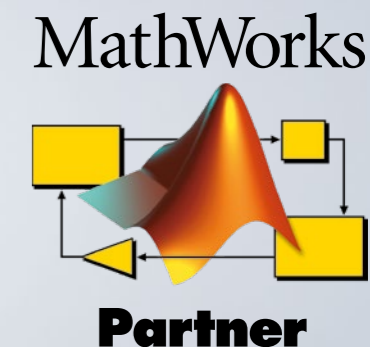
über das TwinCAT 3 Target for FMI aus Simulationsumgebungen wie MapleSim, Dymola oder SimulationX in TwinCAT integrieren können.

Das TwinCAT Automation Interface stellt eine aus MATLAB® bedienbare Schnittstelle zur TwinCAT-Engineering-Umgebung (XAE) dar. Nutzen Sie das Interface für Ihren Continuous-Integration-Prozess. Erstellen Sie automatisch Instanzen Ihrer generierten TwinCAT-Objekte, verknüpfen Sie diese in ihrer Konfiguration und starten Sie TwinCAT ohne einen einzelnen Maus-Click im TwinCAT Engineering.

Modellbasierte Entwicklung ist in vielen Bereichen der Automation ein wesentlicher Erfolgsfaktor. Das Interface for MATLAB®/ Simulink® beschleunigt Ihr Engineering durch Bereitstellung von Kommunikationsmodulen für die Software-in-the-Loop-Simulation. Des Weiteren liefert Beckhoff mit der TwinCat 3 EtherCAT Simulation ein Produkt für Hardware-in-the-Loop Simulation an.

Zur Maschinenlaufzeit ergänzt das Interface for MATLAB®/Simulink® die TwinCAT-Laufzeit um ein Interface zur MATLAB® Compiler Runtime (MCR). Kombinieren Sie nach Belieben Funktionen in der

TwinCAT-Echtzeit mit Funktionen, welche in der MCR ausgeführt werden. TwinCAT IoT stellt Ihnen darüber hinaus ein Interface zur ThingSpeak™-IoT-Plattform bereit. Aggregieren und arbeiten Sie standortunabhängig mit Daten, erstellen Sie gesamtheitliche Analysen Ihrer Maschinen weltweit – alles mit bekannten Mitteln von MATLAB®.



## Target for Embedded Coder

Durch die Unterstützung des Embedded Coder werden sowohl für den Simulink® als auch für den MATLAB® Coder weitreichende Optimierungsmöglichkeiten hinzugefügt. Dies betrifft unter anderem die Steuerung von generierten Funktionen sowie die Integration von Legacy-Code und Datentypen. Hinsichtlich der Code-Performance ist es möglich, Befehlssatzerweiterungen (SIMD) gezielt für die verwendete CPU-Architektur einzustellen. Darüber hinaus werden Rückverfolgbarkeitsberichte und Code-dokumentationen unterstützt.



## Interface for MATLAB®/Simulink®

Stellen Sie mit diesem Produkt eine performante bidirektionale Kommunikation zwischen der TwinCAT Runtime und MATLAB® oder Simulink® her. In der Engineeringphase einer Anlage können Sie das Werkzeug zur Software-in-the-Loop-Simulation nutzen.

Während der Maschinenlaufzeit wird ein einfaches Werkzeug zum verteilten Rechnen bereitgestellt – rufen Sie aus TwinCAT heraus MATLAB®-Funktionen auf. So können MATLAB®-Funktionen lokal auf der Steuerung oder im Netzwerk, z. B. zur Parameteroptimierung oder prädiktiven Wartung, ausgeführt werden. Ebenso können Maschinenvisualisierungen auf Basis von MATLAB®-Apps erstellt werden. Zeigen Sie relevante Prozessdaten in der App an und erteilen Sie nutzerdefinierte Kommandos.

► [www.beckhoff.com/TE1410](http://www.beckhoff.com/TE1410)



## TwinCAT Automation Interface

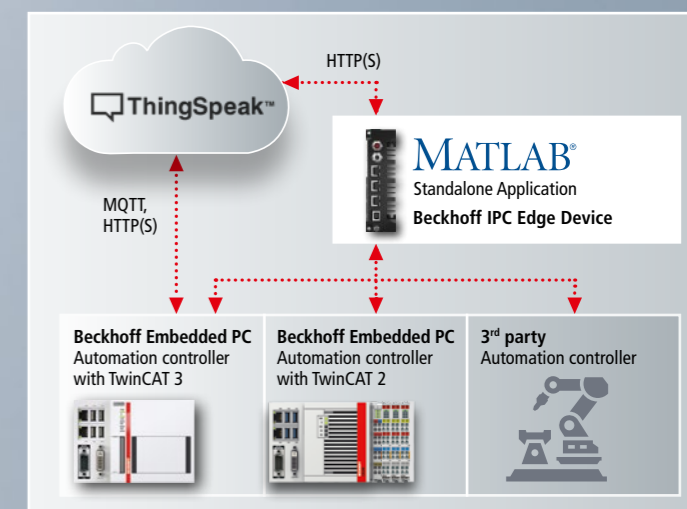
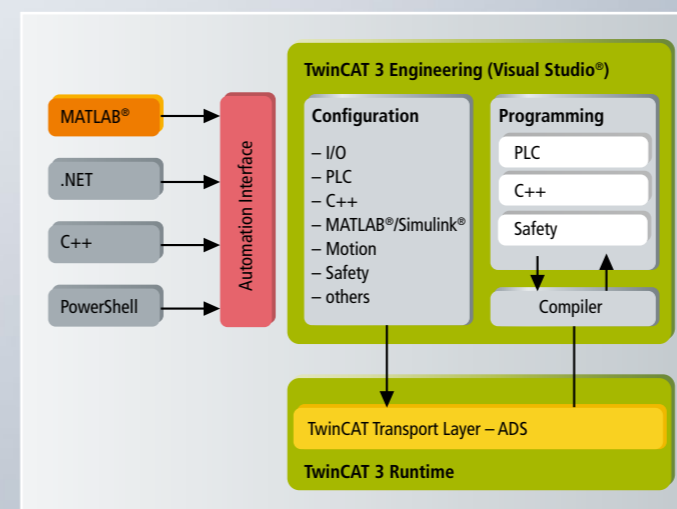
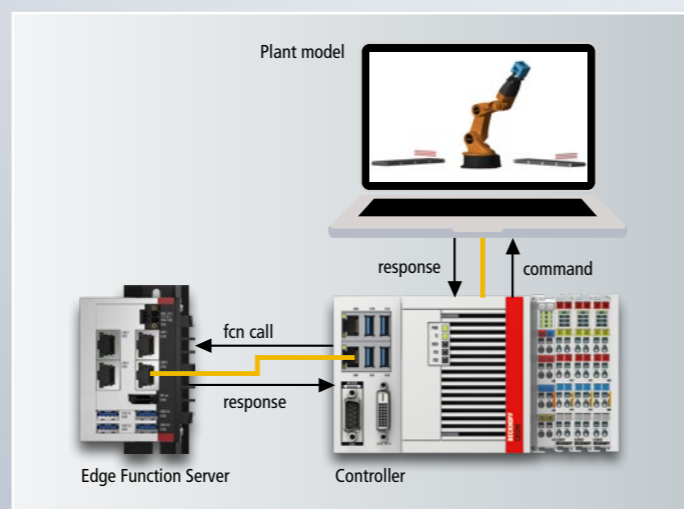
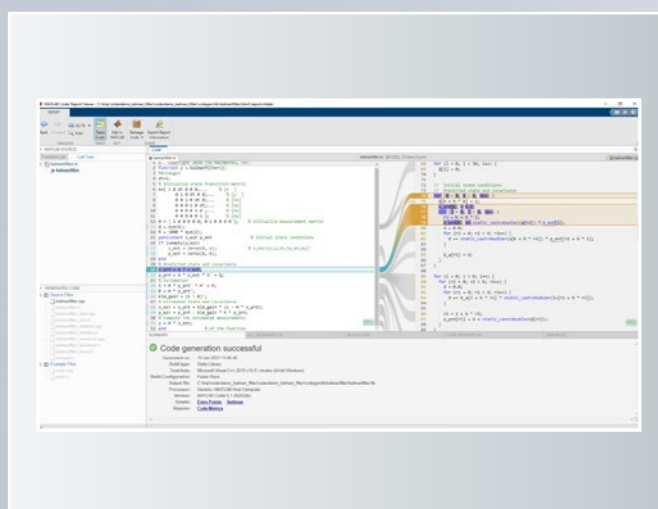
Das Automation Interface ermöglicht die komplette Fernsteuerung der TwinCAT-Engineering-Umgebung und damit die automatische Erstellung von Programmen und Konfigurationen über eine Scriptsprache, wie z. B. MATLAB®. Erstellen oder aktualisieren Sie automatisch Ihre TwinCAT-Solution direkt nach Umsetzung Ihres Simulink®- oder MATLAB®-Codes in ein TwinCAT-Objekt. Erstellen und aktivieren Sie automatische Testabläufe in TwinCAT, um die Qualität ihrer Lösung zu steigern. Abstrahieren Sie das TwinCAT-Know-how und entwickeln Sie die komplette Lösung aus MATLAB® und Simulink® heraus. Durch die Automatisierung der Projekt-erstellung werden sowohl die Software-Qualität gesteigert als auch die Engineering-Zeit verringert.

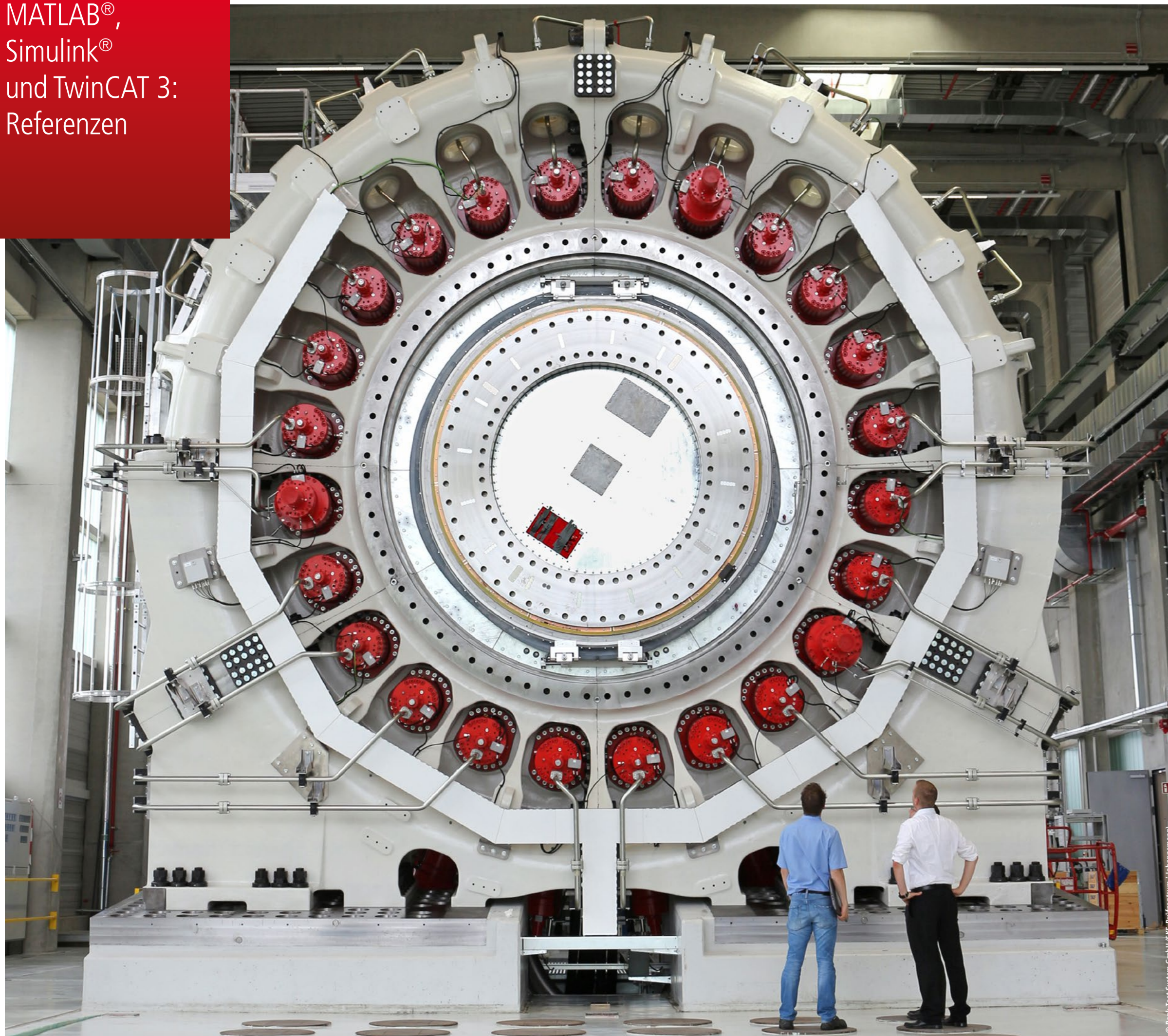


## TwinCAT IoT

Stellen Sie eine bidirektionale Kommunikation zwischen der IoT-Plattform ThingSpeak™ und TwinCAT her. ThingSpeak™ stellt eine leistungsfähige, cloudbasierte Umgebung zur Ausführung von MATLAB®-Code dar. Durch direkte Anbindung an die TwinCAT-Echtzeit über HTTP(S)/REST oder MQTT können Daten direkt aus der Steuerung an ThingSpeak™ gesendet, verarbeitet, und entsprechende Auswertungen direkt mit TwinCAT geteilt werden. ThingSpeak™-Visualisierungen zur Repräsentation der Maschinendaten können nahtlos in die TwinCAT-HMI eingebunden werden, sodass stets volle Transparenz an der Maschine hinsichtlich der Daten und Auswertungen besteht.

► [www.beckhoff.com/IoT](http://www.beckhoff.com/IoT)





## RENK Test System GmbH

Mithilfe führender Automatisierungstechnologie werden auf dem weltweit leistungsfähigsten Großlagerprüfstand bei SKF Hauptlager von Windkraftanlagen mit einem Durchmesser von bis zu 6 Metern geprüft.

### Worin bestand die Herausforderung?

Das hochkomplexe Steuersystem wurde in MATLAB®/Simulink® entwickelt und getestet und sollte nicht für den Controller neu programmiert werden. Der Prüfstand ist eine Sonderanfertigung, d. h. die Steuerung kann nicht auf einem Prototyp getestet werden.

### Wie wurde das Problem gelöst?

Durch automatische Codeerzeugung und Integration des in MATLAB®/Simulink® entwickelten Controllers in die Prüfstandsteuerung (Rapid Control Prototyping) sowie virtuelle Inbetriebnahme des Controllers anhand eines Modells der Maschine.

### Welcher wirtschaftliche Nutzen konnte erzielt werden?

Reduzierung von Risiken aufgrund von Fehlfunktionen während der Inbetriebnahme. Reduzierung der Inbetriebnahmezeit und somit der Kosten.

### Inwieweit trug die Nutzung der TwinCAT 3-Targets zur Bewältigung der Herausforderung bei?

Dank der einfachen Integration von Simulink®-Modellen in die TwinCAT 3-Software können PLC- und Simulink®-Ingenieure eng zusammenarbeiten. Die erzeugten TwinCAT-Objekte integrieren sich nahtlos in das gesamte Beckhoff Automation-System.

### Worin bestand im Allgemeinen der Beitrag des Beckhoff-Systems bei der Bewältigung der Herausforderung?

Das RENK Dynamic Data System (RDDS.NG) ist ein proprietäres Produkt von RENK zur Steuerung von Prüfständen sowie zur Datenerfassung und -visualisierung. RDDS nutzt Beckhoff-Hardware für E/A. Außerdem erledigt TwinCAT 3 die Berechnung der mit RDDS.NG erstellten Anwendung in Echtzeit (TcCOM-Modul und -Task).

### Für RENK bietet das Beckhoff-System diese Vorteile:

Neben der Integration in MATLAB® und Simulink® ist die Offenheit von TwinCAT ein gewichtiges Argument für die Nutzung des Beckhoff-Systems. Darüber hinaus können wir dank ausgezeichneter Leistungsdaten von Beckhoff IPCs und TwinCAT, d. h. TwinCAT Runtime mit mehreren Tasks auf mehreren Prozessorkernen, selbst große und komplexe Systeme in einem System integrieren. Das Industrial-Ethernet-System EtherCAT ermöglicht dezentrale E/As auf dem großen Prüfstand und hilft, den Abstand zwischen Sensoren und der Digitalisierung von Signalen zu minimieren.

### Warum ist Beckhoff der richtige Partner für Sie?

- renommierte Hardware und Software für industrielle Anwendungen
- Offenheit für die Integration von RDDS- und anderen Drittanbieter-Produkten
- Außergewöhnlicher Support

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







## IRO AB and Vintec bv

Der Zero Twist Feeder liefert Garn an Webmaschinen ohne eine einzelne Drehung. Zu den schlimmsten Dingen, die beim Weben von Kohlenstofffasern, Glasfasern oder Kunststoffbändern passieren können, gehören Drehungen oder Schlingen.

### Worin bestand die Herausforderung?

Webmaschinen arbeiten mit hohen Geschwindigkeiten und ziehen in sehr unregelmäßigen Abständen an der Spule. Zum Ausgleich zwischen der Spule und dem Greifer wurde ein Pufferarm verwendet. Der Pufferarm liefert in der für den Schusseintrag optimalen Geschwindigkeit genau die erforderliche Menge Garn an die Webmaschinen. Bei der Produktion können Geschwindigkeiten von bis zu 850 Metern/Minute pro Eintrag erreicht werden.

### Wie wurde das Problem gelöst?

Zunächst wurde ein digitaler Zwilling der Maschine erstellt. Die Programmierung der gesamten Software erfolgte in Simulink®. Das Modell wird in mehrere Teilmodelle aufgeteilt, von denen jedes einen Aspekt des Maschinenbaus darstellt. Bevor IRO die Algorithmen in Schweden auf der eigentlichen Hardware testete, führte Vintec in Belgien umfangreiche virtuelle Simulationen durch, um zu gewährleisten, dass die Maschine auslegungsgemäß arbeitet.

### Inwieweit trug die Nutzung der TwinCAT 3-Targets zur Bewältigung dieser Herausforderung bei?

Die Kombination von Simulink® mit der Beckhoff TwinCAT-Technologie hat den Vorteil, dass kein PLC-Code erforderlich ist. Das Modell kann direkt im Detail in TwinCAT integriert werden. An den Parametern im Modell, in TwinCAT oder in der Hardware vorgenommene Änderungen werden umgehend übertragen. Auf diese Weise werden alle Parameter immer sicher und robust gespeichert. Eine derart tiefe Integration ist nur mit Beckhoff möglich.

### Worin bestand im Allgemeinen der Beitrag des Beckhoff-Systems bei der Bewältigung der Herausforderung?

Die AX8000-Servoantriebe und die überlegene EtherCAT-Kommunikation sind die perfekte Kombination für die Einhaltung der von uns benötigten schnellen Zykluszeiten. Und Sicherheit wurde sogar direkt in die Antriebe integriert. Die meisten Elemente, die verwendet wurden – Vierkern-IPC, Antriebe, E/A-Komponenten – sind im Wesentlichen standardisiert, was das Schöne am Beckhoff-System ist. Es sind nur sehr wenige Spezialtechnologien notwendig und alles passt nahtlos in ein Gesamtkonzept.

### Warum ist Beckhoff der richtige Partner für Sie?

Wir können uns jederzeit auf umfassenden Support durch Beckhoff verlassen – in Belgien, in Schweden und in Deutschland.

► [www.iroab.com/products/ztf](http://www.iroab.com/products/ztf)



Zero Twist Feeder

© IRO AB/Vintec bv



© IRO AB/Vintec bv



© IRO AB/Vintec bv



© IRO AB/Vintec bv



© Magway

## Magway

Geberlose Steuerung von Linearsynchronmotoren ermöglicht autonome, nachhaltige Paketzustellung durch unterirdische Röhren.

**Worin bestand die Herausforderung?**  
Verlagerung unseres ausgeklügelten Algorithmus auf die niedrigstmögliche Ebene.

**Wie wurde das Problem gelöst?**  
Mithilfe des TwinCAT 3-Targets für Simulink<sup>®</sup> können wir unsere Steueralgorithmen direkt auf einer industrialisierten Plattform implementieren.

**Welcher wirtschaftliche Nutzen konnte erzielt werden?**  
Weniger Komponenten, Dezentralisierung, höhere Systemverfügbarkeit und kürzere Entwicklungszyklen.

### Inwieweit trug die Nutzung der TwinCAT 3-Targets zur Bewältigung der Herausforderung bei?

In-Loop-Debugging verkürzt die Entwicklungszyklen. Unsere Kern-IP wurde in MATLAB<sup>®</sup> und Simulink<sup>®</sup> entwickelt. Durch die direkte Nutzung dieser Software anstelle eines umständlichen Ports verfügen wir stets über das richtige Werkzeug für die richtige Aufgabe.

### Worin bestand im Allgemeinen der Beitrag des Beckhoff-Systems bei der Bewältigung der Herausforderung?

Bei der Iteration und Weiterentwicklung unseres Technologieportfolios nutzen wir bei Magway die Beckhoff-Plattform zur Zentralisierung aller erforderlichen Teilsysteme in unserer technischen Anlage:

- Safety zur Gewährleistung der Sicherheit unseres Forschungspersonals
- Motion für die Erstellung grundlegender Prototypen
- PLC für Datenerfassung und allgemeine Kontrolle
- TwinCAT HMI zur Visualisierung und Steuerung unseres Produkts
- EtherCAT für sehr hohe Bandbreite und einfache Systemerweiterung

### Warum ist Beckhoff der richtige Partner für Sie?

Beckhoff ist führend bei der Entwicklung innovativer Technologien und bietet fundierte technische Fachkenntnisse. Magway wird unterstützt durch Beckhoff-Teams in Großbritannien und Deutschland – durchgängig auf allen Ebenen.

► [www.magway.com](http://www.magway.com)



© Eric Klausner/Chevrolet

## Pratt Miller

Pratt Miller entwickelt skalierbare, reaktions-schnelle Lösungen für anspruchsvolle Motorsportanwendungen wie einen Rennsimulator.

**Worin bestand die Herausforderung?**  
Ständige Bereitstellung einzigartiger Funktionen für unsere Motorsportteams und Piloten.

**Wie wurde das Problem gelöst?**  
Das umfangreiche Produktportfolio von Beckhoff umfasst Hardware- und Softwarelösungen, die maßgeschneidert für unsere Anforderungen sind. Darüber hinaus gelang es den Ingenieuren von Pratt Miller in enger Zusammenarbeit mit den Experten von Beckhoff, unsere rennsportspezifischen Herausforderungen zu lösen.

### Inwieweit trug die Nutzung der TwinCAT 3-Targets zur Bewältigung der Herausforderung bei?

Die TwinCAT 3-Targets unterstützen die Integration des Rapid Prototyping und der leistungsstarken Steuerfunktionen von MATLAB<sup>®</sup>/Simulink<sup>®</sup> mit der Flexibilität des Beckhoff-Systems. Dank der Möglichkeit zur Interaktion mit dem Simulink-Modell in TwinCAT und der Fähigkeit zur Visualisierung von Variablen bleibt das Simulink<sup>®</sup>-Modell sauber und einfach zu debuggen.

### Worin bestand im Allgemeinen der Beitrag des Beckhoff-Systems bei der Bewältigung der Herausforderung?

Mit TwinSAFE, der integrierten Sicherheitslösung von Beckhoff, sowie den eingebauten Diagnose- und Zustandsbewertungsfunktionen der EtherCAT-

Boxen der EPP-Serie, können wir die Implementierungszeit wesentlich verkürzen und gleichzeitig ein hohes Maß an Sicherheit gewährleisten. Dies ist ein wichtiger Aspekt für unsere Piloten. Die TwinCAT-Entwicklungsumgebung in Visual Studio und EtherCAT-Kommunikation ermöglichen die einfache Integration mit unseren Softwaretools für den Datenaustausch.

### Warum ist Beckhoff der richtige Partner für Sie?

Weil Beckhoff wie Pratt Miller ständig daran arbeitet, neue Wege zur Bewältigung neuer Herausforderungen zu finden.

► [www.prattmiller.com/markets/motorsports](http://www.prattmiller.com/markets/motorsports)



© Fraunhofer IWES/Martina Buchholz

## Fraunhofer Institute for Wind Energy Systems IWES

Das Dynamic Nacelle Laboratory (DyNaLab) mit der Hardware-in-the-Loop-Umgebung unterstützt die vollständige und realistische Gondelprüfung von Windenergieanlagen bis 10 MW.

**Worin bestand die Herausforderung?**  
Replizierung von Wechselwirkungslasten zwischen Gondel und Rotor sowie Simulationen statischer und transienter Netzereignisse, um Turbinen unter realistischen Bedingungen und nach aktuellen Normen und Richtlinien umfassend zu testen.

**Wie wurde das Problem gelöst?**  
Hardware-in-the-Loop-Testen in TwinCAT ermöglichte uns die Durchführung von Echtzeitsimulationen mechanischer und elektrischer Systeme.

### Welche wirtschaftlichen Vorteile wurden realisiert?

Bereitstellung einer realistischen Testumgebung für die Durchführung von Tests unter reproduzierbaren und repräsentativen Bedingungen. Dadurch erhalten Hersteller von Windenergieanlagen einzigartige Möglichkeiten zur Validierung von Prototypen und zur Untersuchung der elektrischen Eigenschaften in Übereinstimmung mit den relevanten Zertifizierungsrichtlinien und den Anforderungen zukünftiger Grid Codes.

### Inwieweit trug die Nutzung der TwinCAT 3-Targets zur Bewältigung der Herausforderung bei?

Durch die direkte Erzeugung von TwinCAT 3-Laufzeitmodulen aus den aero-elastischen und leistungselektronischen Simulink®-Modellen ohne jede Anpassung konnten wir den Entwicklungsprozess beschleunigen. Zudem unterstützte dies den kontinuierlichen Prozess der Verbesserung

und Anpassung unserer Modelle an die individuellen Anforderungen und Bedürfnisse unserer Kunden.

### Worin bestand im Allgemeinen der Beitrag des Beckhoff-Systems bei der Bewältigung der Herausforderung?

Leistungsstarke Embedded-PCs haben unsere Modelle mit kurzen Zykluszeiten von 1 ms (1 kHz) und 200 µs (5 kHz) innerhalb harter Echtzeitanforderungen umgesetzt. Mithilfe von EtherCAT werden verteilte Echtzeitberechnungen ausgeführt und alle Systeme synchronisiert, was es uns ermöglicht, den Aktoren synchrone Sollwerte zu befehlen, das gesamte System zu messen und zu überwachen und synchronisierte Messsignale in unserem Datenspeichersystem zu sammeln.

► <https://s.fhg.de/iwes-nacelletesting>

## Goldwind Science and Technology

Die 6-MW-Anlage von Goldwind bietet einen konsistenten, modellbasierten Designansatz.

### Worin bestand die Herausforderung?

Zentrale Anforderungen an Offshore-Windenergieanlagen sind hohe Verfügbarkeit und geringer Wartungsaufwand. Daher ist es ein Muss, den Betrieb der Anlagen unter allen möglichen Umgebungsbedingungen vorhersehen und sicher steuern zu können.

### Wie wurde das Problem gelöst?

Durch die Nutzung des Konzepts des modellbasierten Designs mit Simulink® und TwinCAT können wir jede Funktion der Anlage entwickeln, testen und verifizieren.

### Welcher wirtschaftliche Nutzen konnte erzielt werden?

Dank des modellbasierten Designs gelang es uns, eine sichere und zuverlässige Steuerungssoftware schneller und kostengünstiger zu entwickeln.

### Inwieweit trug die Nutzung der TwinCAT 3-Targets zur Bewältigung der Herausforderung bei?

Die einfache Integration des Targets für Simulink® in den modellbasierten Designprozess ermöglicht effizientes Erzeugen und Testen von Produktivcode auf einer industriellen Plattform. Außerdem stellen die Kommunikationsfähigkeiten des Interface for MATLAB®/Simulink® alle Tools bereit, die für umfassendes Software-in-the-Loop-Testen nach der Implementierung des Codes auf dem Beckhoff-Controller benötigt werden. Durch die Mithilfe der Funktionen des TE1400 und TE1410 haben wir eine erfolgreiche Anwendung der in Simulink® entworfenen Hauptsteuerungssoftware nicht nur für die 6-MW-Prototypanlage, sondern für jede Großserienanlage nach dem Prototyp.

### Worin bestand im Allgemeinen der Beitrag des Beckhoff-Systems bei der Bewältigung der Herausforderung?

Das Hardware- und Softwareportfolio von Beckhoff deckt all unsere Anforderungen ab – von leistungsstarken Embedded-PCs über modulare EtherCAT-Klemmen für jedes Signal und jeden Subsystem-Feldbus bis hin zu erweiterten Softwarefunktionen wie Zustandsüberwachung und Datenprotokollierung mit direktem Datenbankzugriff. Und das alles auf einer integrierten und zuverlässigen Plattform.

### Warum ist Beckhoff der richtige Partner für Sie?

Wir glauben, dass Beckhoff die Funktionen und Leistungsmerkmale dieser Tools und neuen Technologien ständig verbessert, was uns die zukünftige Integration erleichtern wird. Dadurch erhalten wir noch mehr Argumente dafür, das Entwicklungskonzept des modellbasierten Designs konsequent anzuwenden.

► [www.goldwindglobal.com/product/6.x.html](http://www.goldwindglobal.com/product/6.x.html)

# Beckhoff: weltweite Präsenz auf allen Kontinenten

## New Automation Technology

Beckhoff realisiert offene Automatisierungssysteme auf der Grundlage PC-basierter Steuerungstechnik. Das Produktspektrum umfasst die Hauptbereiche Industrie-PCs, I/O- und Feldbuskomponenten, Antriebstechnik und Automatisierungssoftware. Für alle Bereiche sind Produktlinien verfügbar, die als Einzelkomponenten oder als vollständige Systemlösung zum Einsatz kommen. Die New Automation Technology von Beckhoff steht für innovative, branchen-

unabhängige Steuerungs- und Automatisierungslösungen, die weltweit in den verschiedensten Anwendungen, von der CNC-gesteuerten Werkzeugmaschine bis zur intelligenten Gebäudesteuerung, eingesetzt werden.

## Weltweite Präsenz auf allen Kontinenten

Durch die Präsenz von Beckhoff in über 75 Ländern erhalten global aktive Beckhoff-Kunden weltweit schnellen Service und technischen Support in der jeweiligen Landessprache. Darüber hinaus ist die geographische Nähe zum Kunden für Beckhoff die Grundvoraussetzung für das tiefe Verständnis der technischen Herausforderungen, vor denen die Kunden stehen.

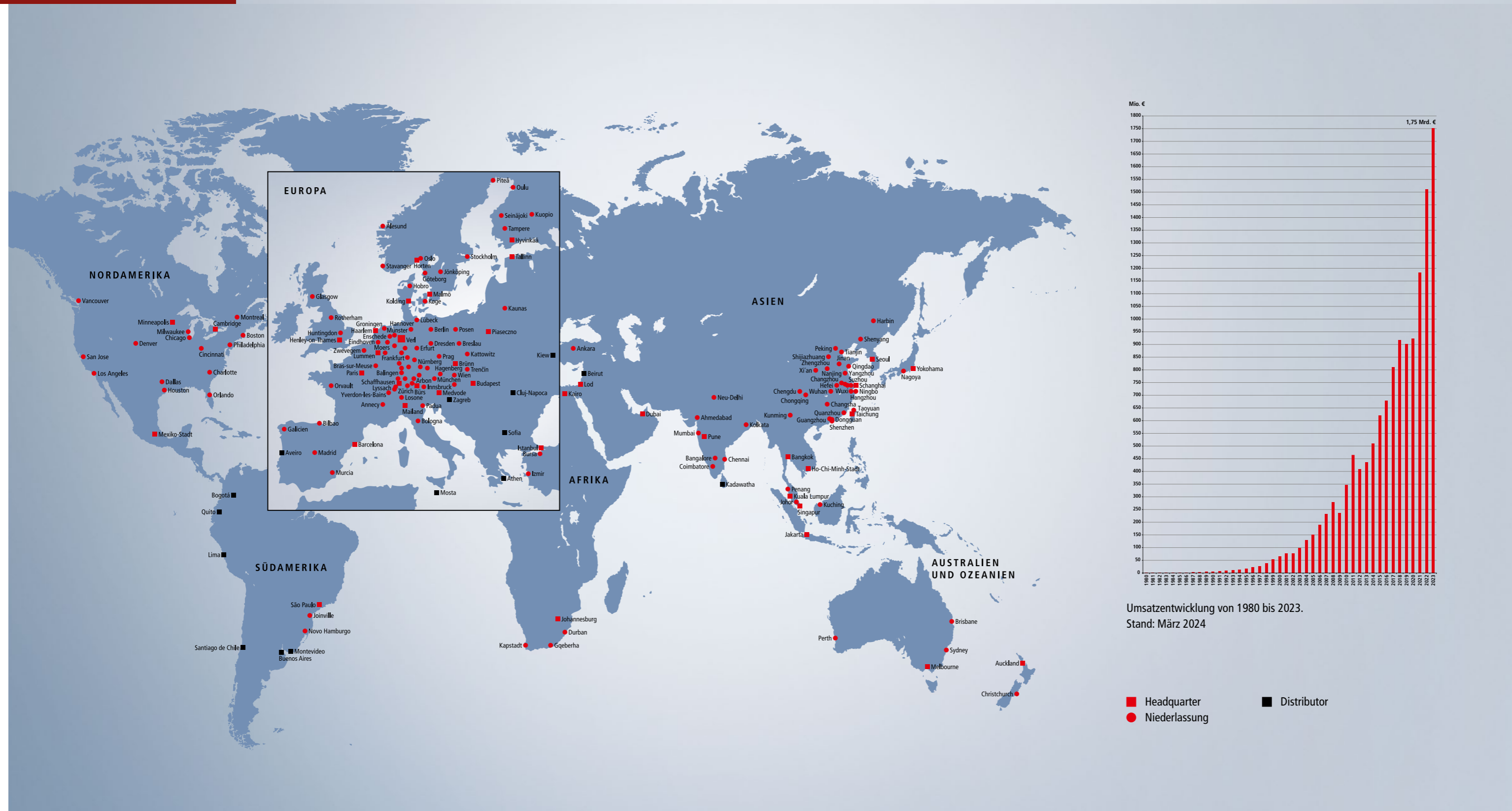
## Beckhoff Automation auf einen Blick

- Umsatz weltweit 2023: 1,75 Mrd. € (+16 %)
- Unternehmenszentrale: Verl, Deutschland
- geschäftsführender Inhaber: Hans Beckhoff
- Mitarbeiter weltweit: 5.500
- Anzahl Ingenieure: 2.000
- Tochterunternehmen/Repräsentanzen weltweit: 40
- Vertriebsniederlassungen in Deutschland: 23
- Vertretungen weltweit: > 75

## Weiterführende Informationen

Die Beckhoff-Kataloge und -Flyer stehen im Internet zum Download zur Verfügung.

► [www.beckhoff.com/media](http://www.beckhoff.com/media)



Umsatzentwicklung von 1980 bis 2023.  
Stand: März 2024

■ Headquarter  
● Niederlassung  
■ Distributor



Wie können MATLAB<sup>®</sup>, Simulink<sup>®</sup>  
und TwinCAT 3 Ihr Engineering optimieren?  
Sprechen Sie mit uns.

**Beckhoff Automation GmbH & Co. KG**

Hülshorstweg 20

33415 Verl

Germany

Telefon: + 49 5246 963-0

[info@beckhoff.com](mailto:info@beckhoff.com)

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

Beckhoff<sup>®</sup>, TwinCAT<sup>®</sup>, EtherCAT<sup>®</sup>, EtherCAT G<sup>®</sup>, EtherCAT G10<sup>®</sup>, EtherCAT P<sup>®</sup>, Safety over EtherCAT<sup>®</sup>, TwinSAFE<sup>®</sup>, XFC<sup>®</sup>, XTS<sup>®</sup> und XPlanar<sup>®</sup> sind eingetragene und lizenzierte Marken der Beckhoff Automation GmbH. Die Verwendung anderer in dieser Dokumentation enthaltener Marken oder Kennzeichen durch Dritte kann zu einer Verletzung von Rechten der Inhaber der entsprechenden Kennzeichen führen.

© Beckhoff Automation GmbH & Co. KG 04/2024

Die Informationen in dieser Druckschrift enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsabschluss ausdrücklich vereinbart werden.

Technische Änderungen vorbehalten.