

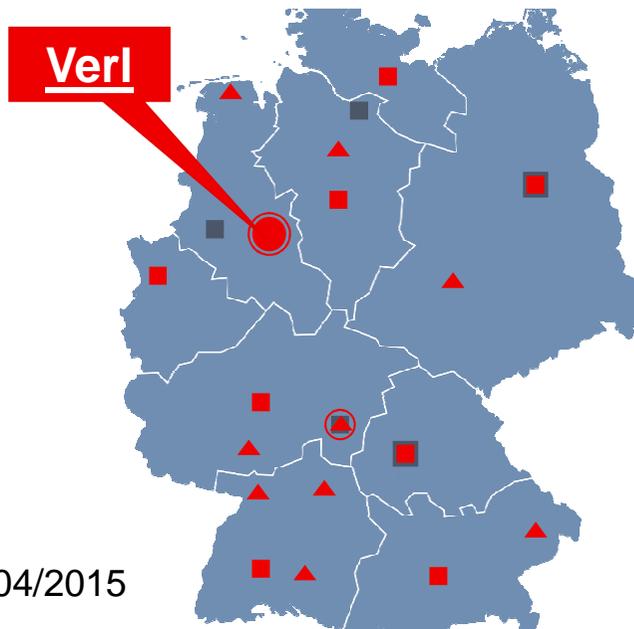
**BECKHOFF**

**PC-based Control als  
Basistechnologie  
für die Smart Factory**

Dr.-Ing. Ursula Frank  
Project Management R&D  
Cooperations



<b>Headquarters:</b>	Verl, Deutschland
<b>Mitarbeiter weltweit:</b>	2.800
<b>Anzahl Ingenieure:</b>	900
<b>Vertriebs-/technische Büros in Deutschland:</b>	14
<b>Beckhoff-Niederlassungen:</b>	34 Länder
<b>Tochterunternehmen und Distributoren:</b>	> 70 Länder
<b>Umsatz weltweit 2013:</b>	435 Mio. € (+7 %)
<b>Umsatz weltweit 2014:</b>	510 Mio. € (+17 %)



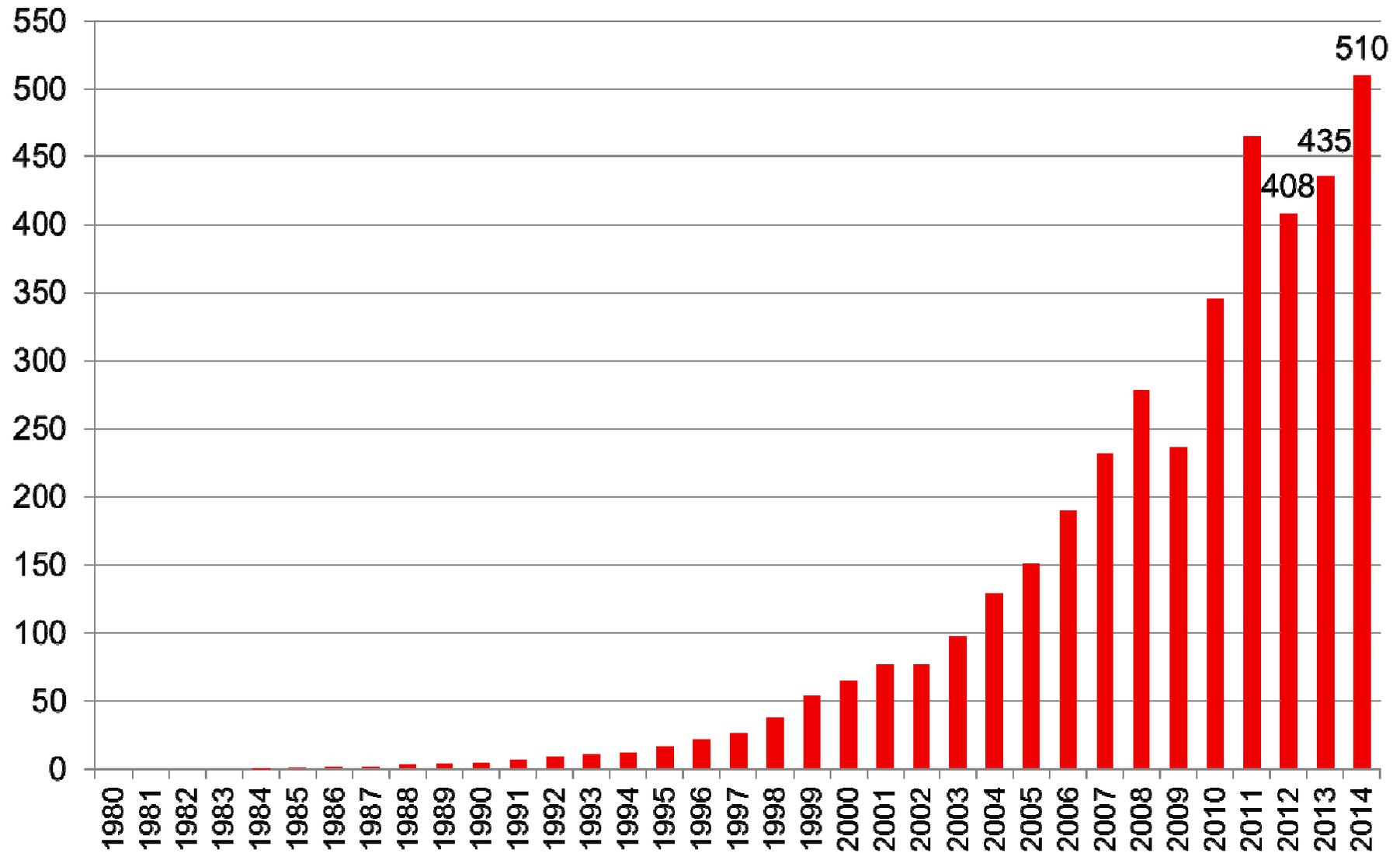
Stand: 04/2015



**Umsatz 2014 weltweit: 510 Millionen € (+17 %)**

**BECKHOFF**

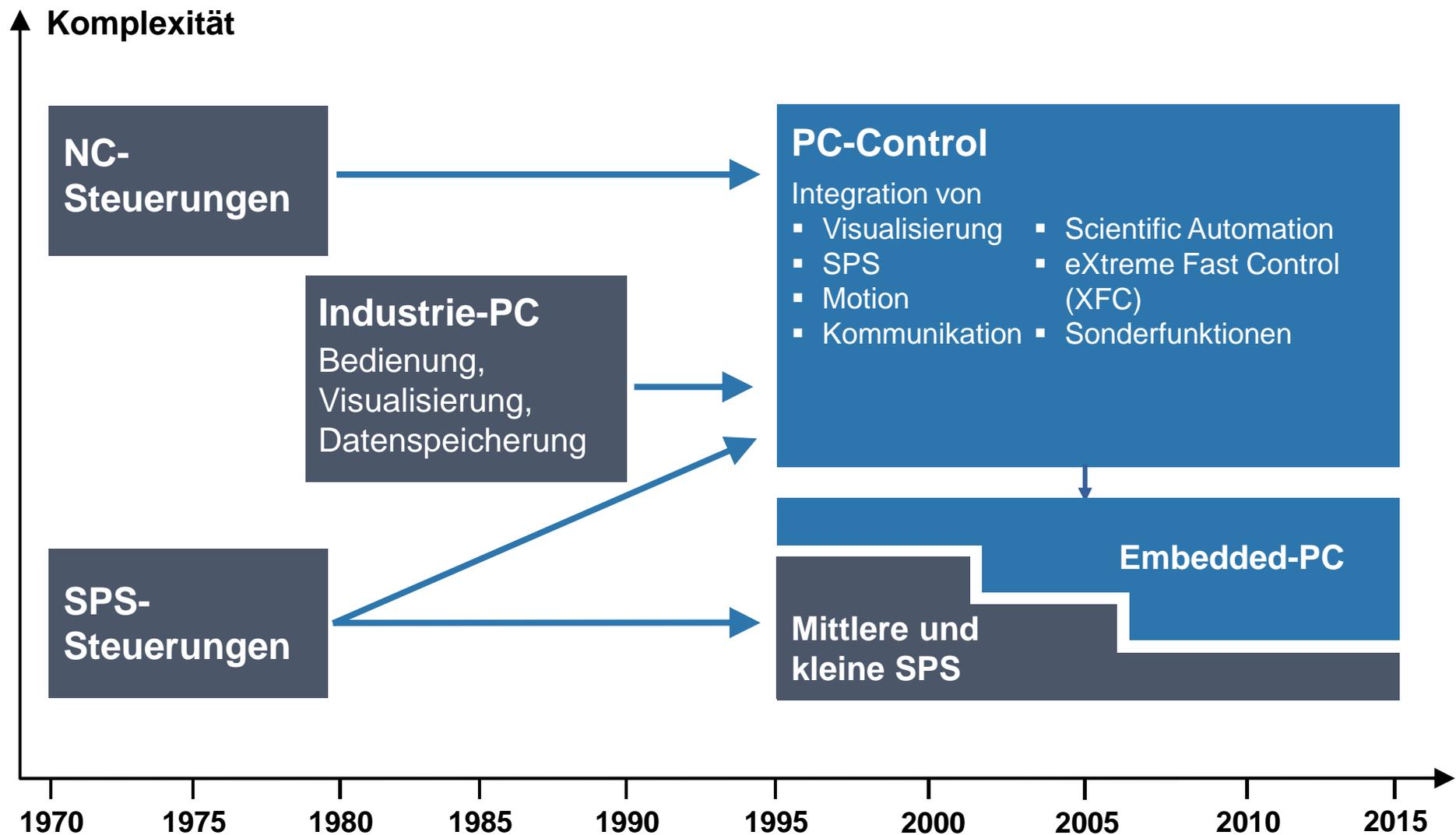
Millionen €





# Entwicklung elektronischer Anlagensteuerungen

BECKHOFF



# Technologische Grundbausteine für die Smart Factory **BECKHOFF**



Control  
Panel

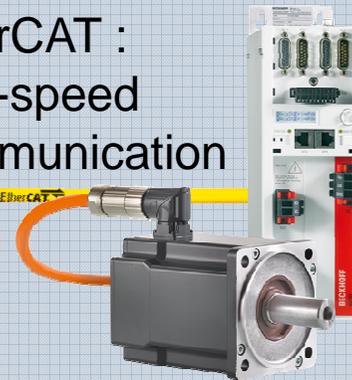


TwinCAT:  
Control & Real-  
time Software

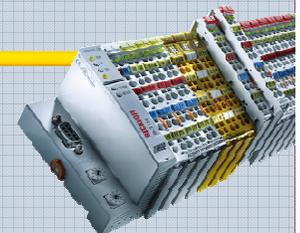


Industrial PC

EtherCAT :  
High-speed  
Communication



Drive  
Technology

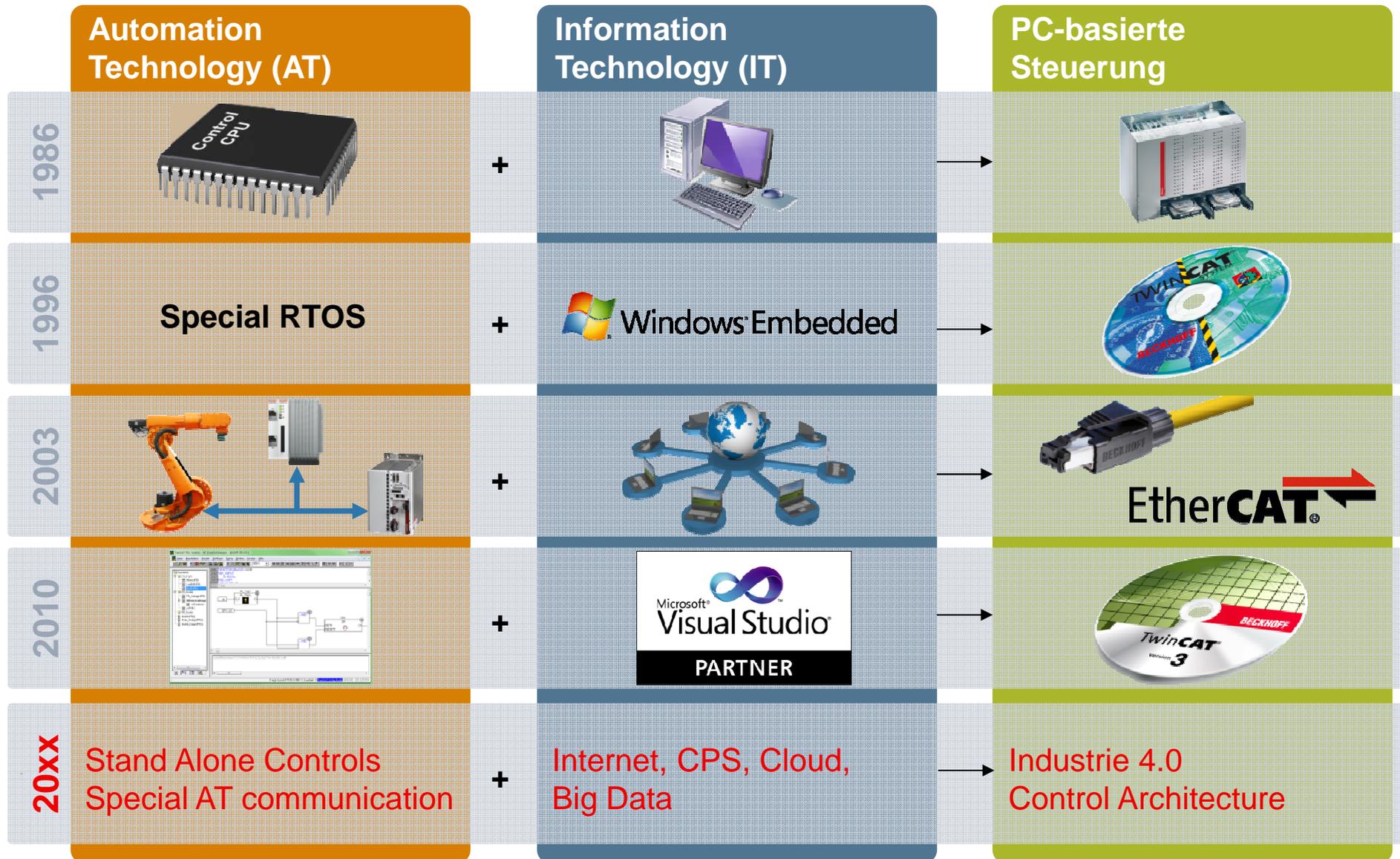


Bus  
Terminals



# Konvergenz von AT- und IT-Technologie

# BECKHOFF







**Industrie 4.0 bedeutet:**

**BECKHOFF**



**Barcode**

**Vernetzte Produkte,  
Produktionsmittel- und -stätten  
entlang der Fertigungs- und  
Wertschöpfungskette.**

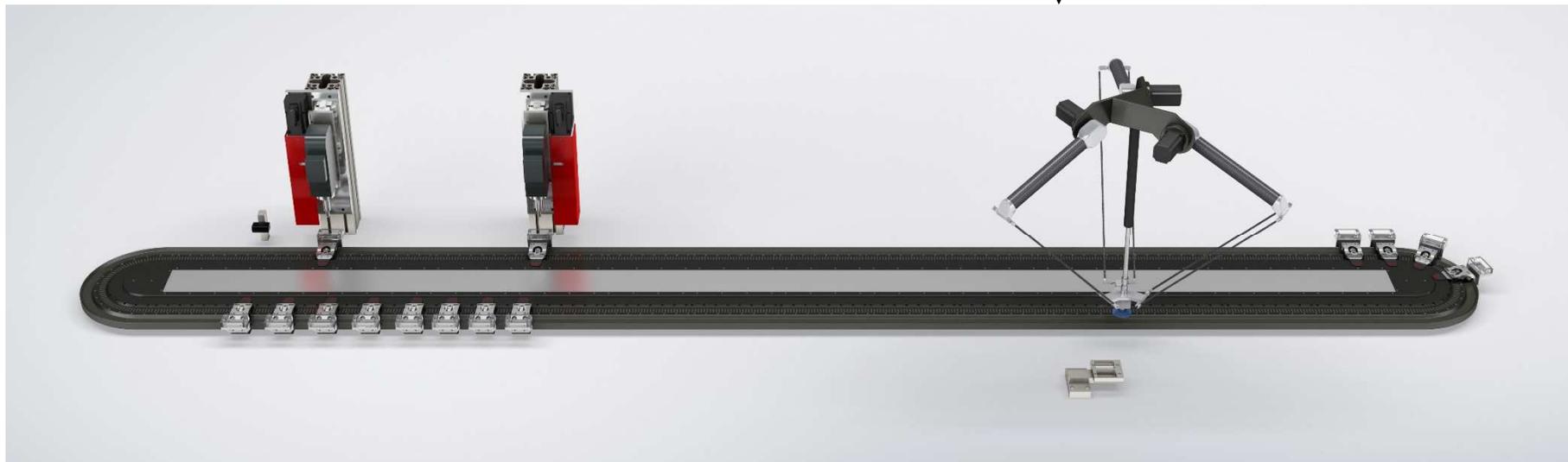
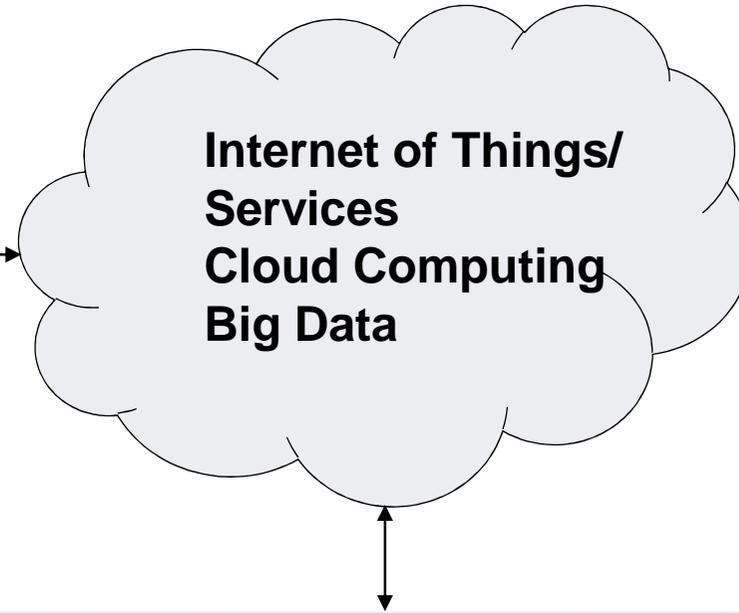


**ERP**

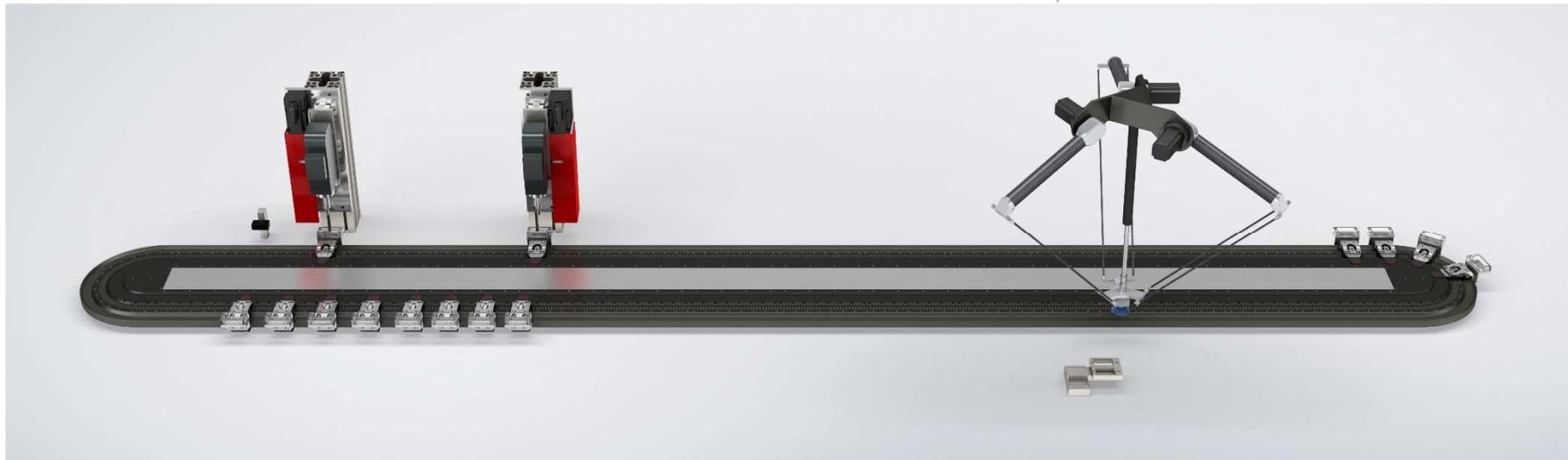
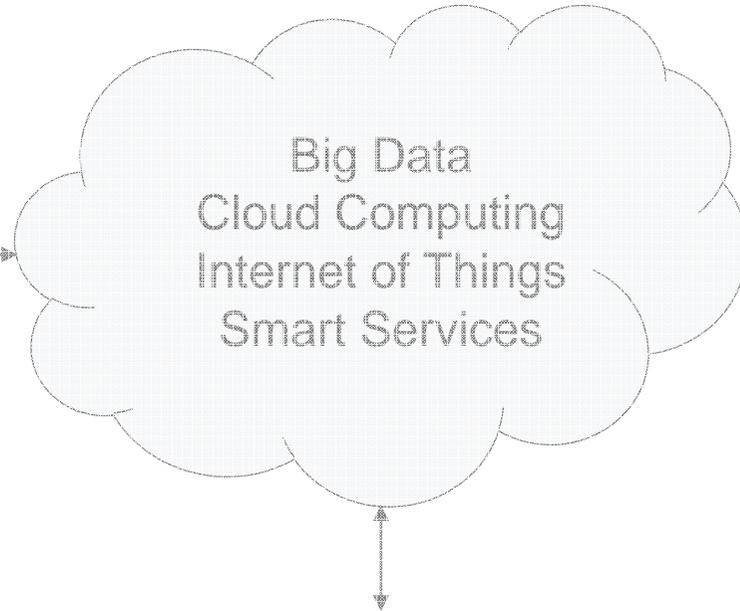
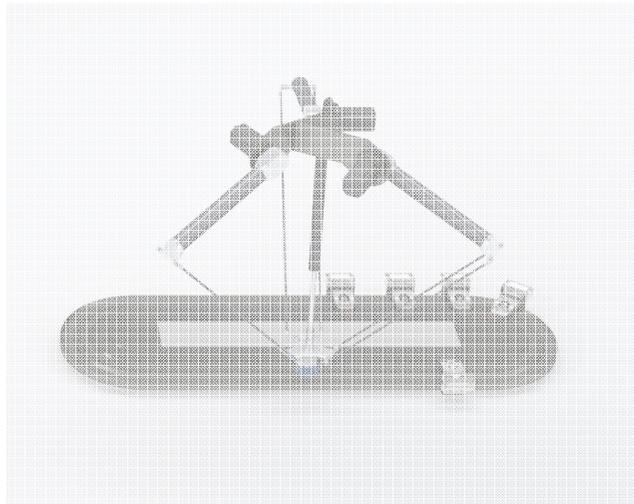


# Technologiedemonstrator: Intelligentes vernetztes Produktionssystem

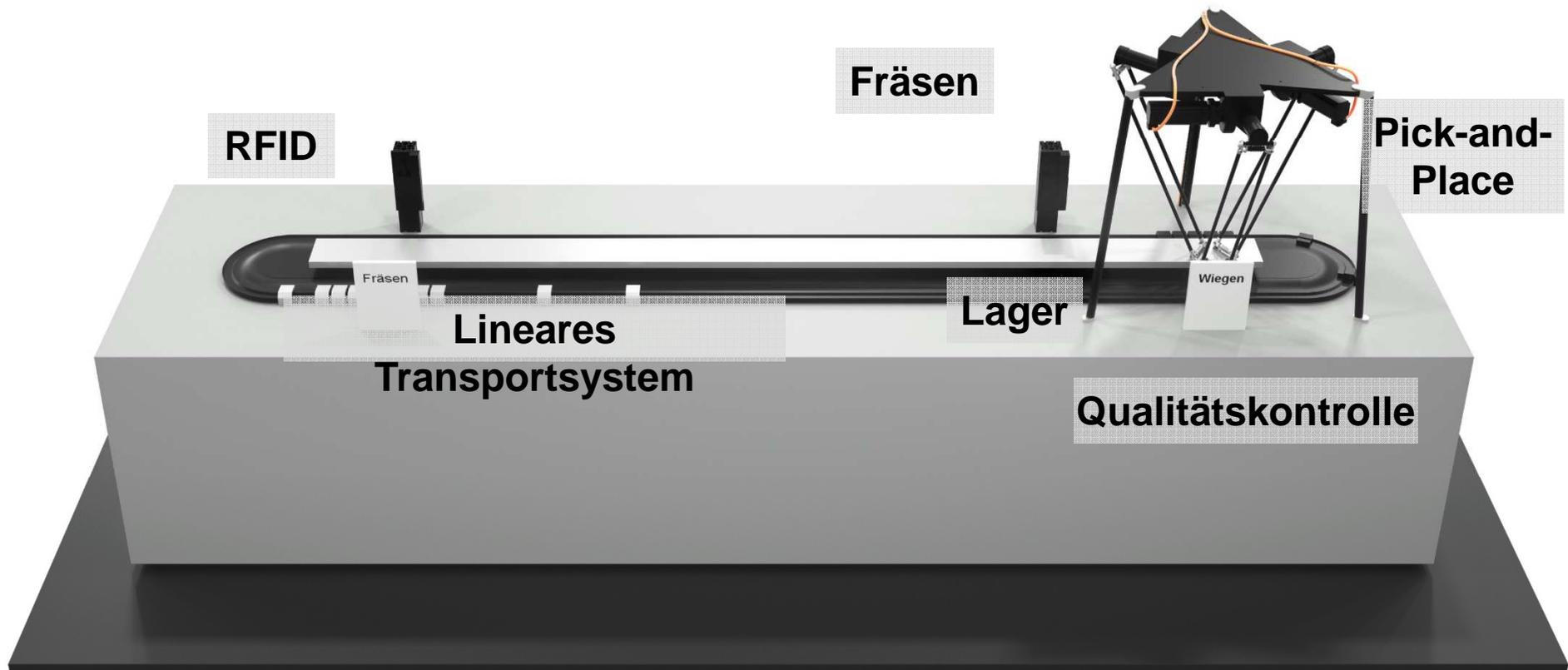
**BECKHOFF**



# „Integrated Industry – Join the Network“ Forum Industrie 4.0



# Vernetztes Produktionssystem



# Technologie-Demonstration einer Smart Factory



- **Hochdynamisches lineares Transportsystem XTS (eXtended Transport System)**
  - Werkstück wird transportiert, positioniert und gepuffert
  - Bestehend aus Motormodul, Schiene, Movern (kabellos, bewegliche Trägermodule) und Steuerungssoftware
  - Mover: Geschwindigkeit bis zu 4 m/s, individuelle Fahrmanöver
  
- **Eingesetzte Technologien**
  - TF5020 | TC3 NC PTP Axes Pack unlimited
  - Collision Avoidance Lib



# Technologie-Demonstration einer Smart Factory



- **Individueller, flexibler Produkttransport**
  - mit dem XTS können die Mover individuell und unabhängig voneinander gesteuert werden
  - gleichzeitige Realisierung verschiedener Fahrmanöver
  - Rückwärtsbewegungen möglich
  - jeder Mover kann jederzeit einen neuen Fahrauftrag bekommen
- **Eingesetzte Technologien**
  - TF5020 | TC3 NC PTP Axes Pack unlimited

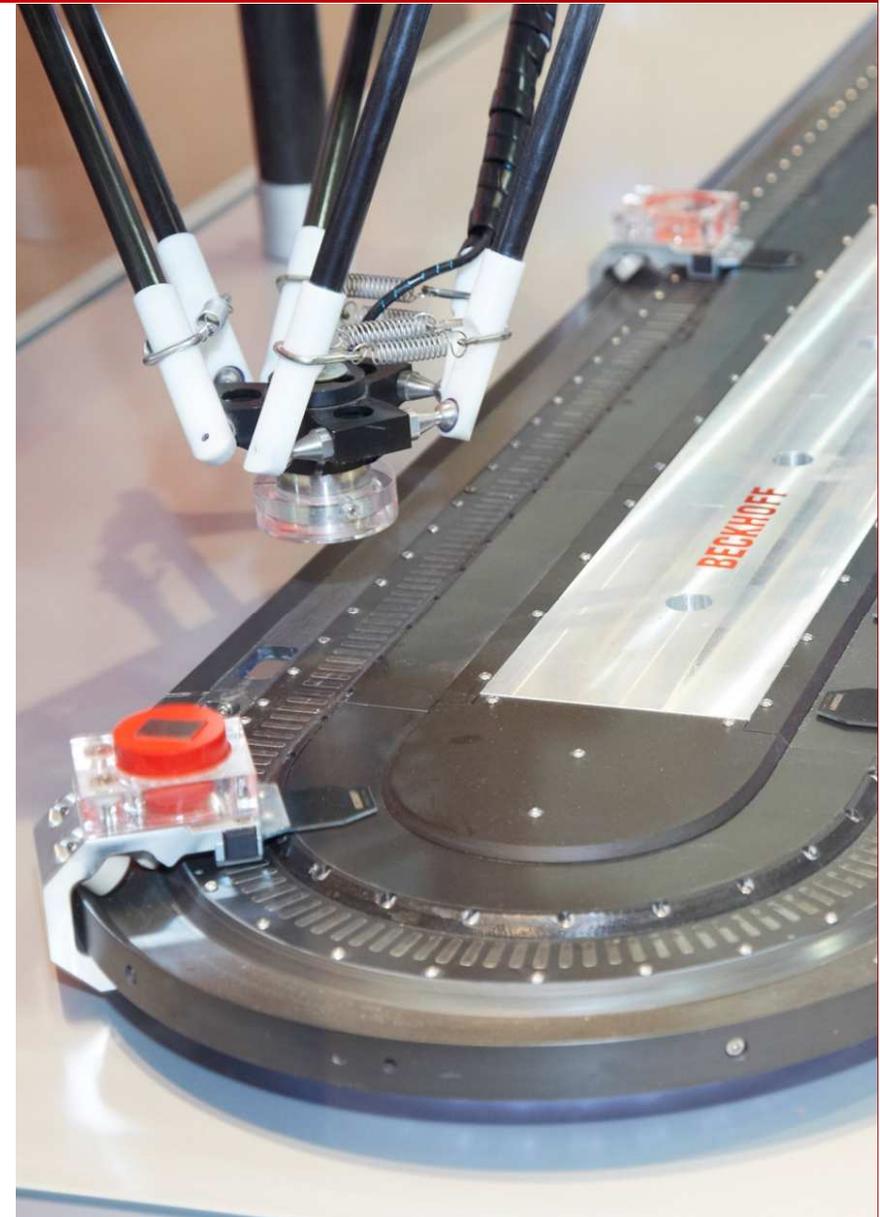


## ▪ Pick-and-Place-Roboter

- Aufgabe: Handhabung und Positionierung der Werkstücke
- Bewegungsverhalten basierend auf Delta-Kinematik
- Bahngeschwindigkeiten mit dem Roboter bis zu 7 m/s und Beschleunigungen bis zu 9 g
- Eine integrierte Dynamikvorsteuerung sorgt für eine hohe Präzision der Bewegung

## ▪ Eingesetzte Technologien

- TF5000 | TC3 NC PTP 10 Axes
- TF5112 | TC3 Kinematic Transformation L3

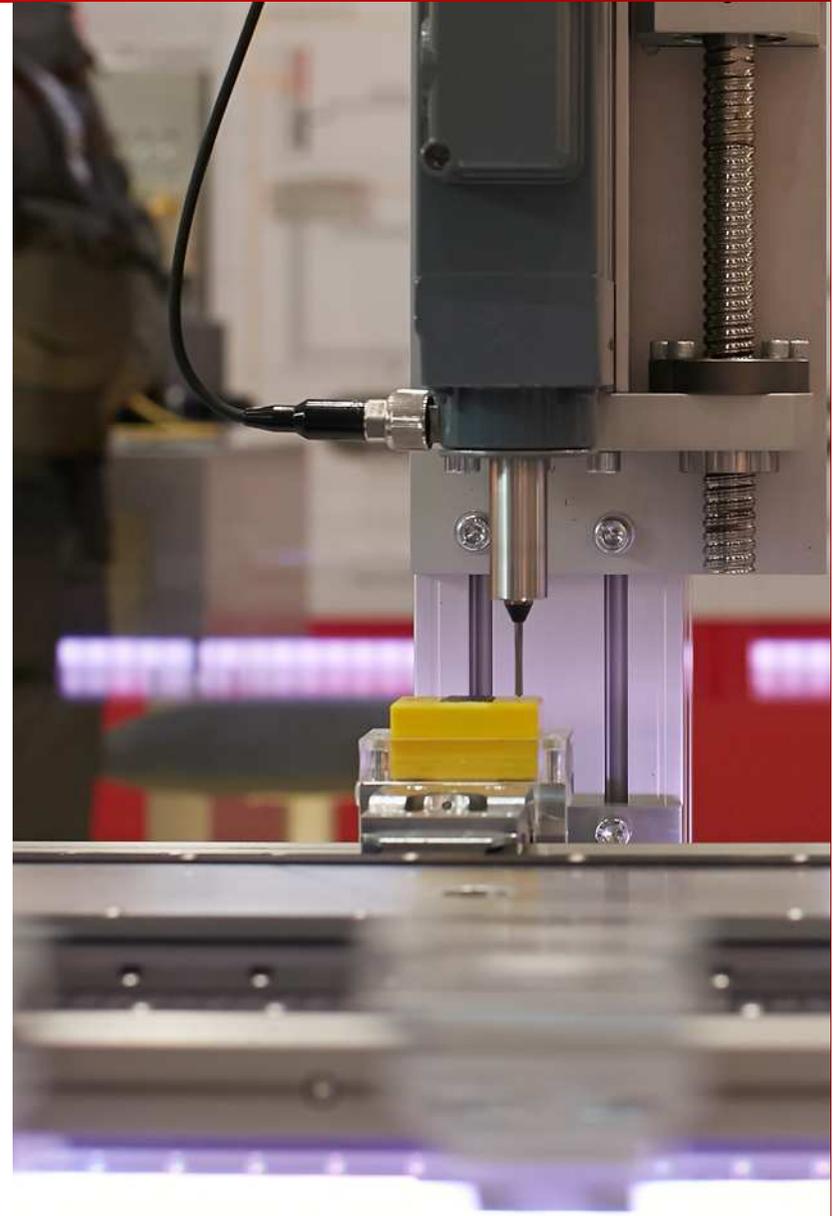


## ▪ **Bearbeitungsstationen - Fräsen**

- Aufgabe: Erstellen von Werkstücken mit unterschiedlichen Fräskonturen
- neueste Leistungshalbleiter garantieren minimale Verlustleistung und ermöglichen beim Bremsbetrieb eine Rückspeisung in den Zwischenkreis

## ▪ **Eingesetzte Technologien**

- EtherCAT-Busklemme EL7211 OCT mit integrierter Überwachung von Über- und Unterspannung, Motorauslastung, Klemmentemperatur
- Busklemme EL9576 Stabilisierung der Versorgungsspannung
- Condition Monitoring
- Power Monitoring



# Technologie-Demonstration einer Smart Factory



- **RFID-Reader - Identifizierung**
  - Werkstücke sind mit RFID-Tag versehen
  - Tag enthält Bearbeitungsdaten
  
- **Eingesetzte Technologien**
  - EtherCAT-Busklemme EL6001
  - TF6600 TC3 RFID Reader Communication



- **PC-basierte Steuerung als Basistechnologie**
  - Zentrale Steuerung über einen Industrie-PC und der Steuerungssoftware TwinCAT
  - ein PC und Software bietet Vorteile beim Engineering, der Datenhaltung und der Diagnose
  - Daten stehen für zentrale Auswertungen und Optimierungen zur Verfügung, keine zusätzliche Kommunikationswege
- **Eingesetzte Technologien**
  - Industrie Server C6670



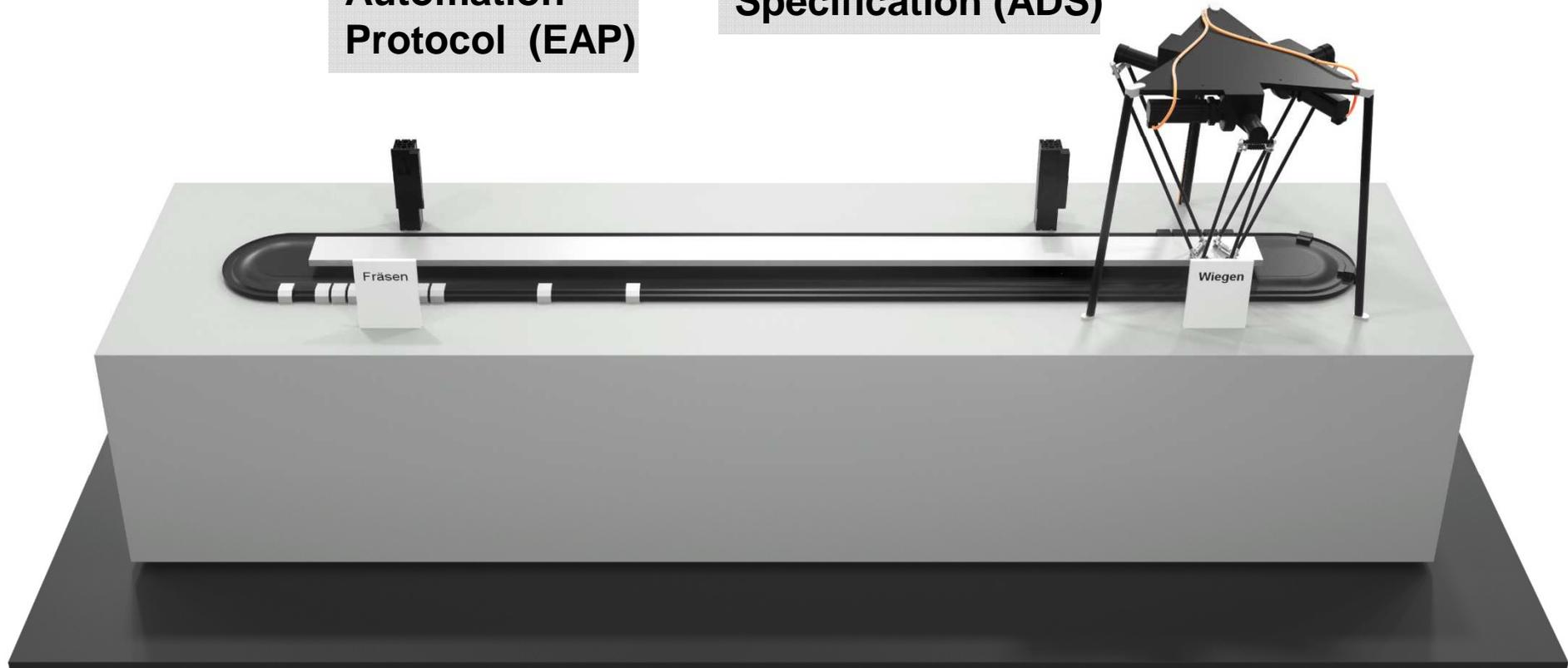


# Sichere horizontale and vertikale Kommunikation

**OPC Unified  
Architecture  
(OPC UA)**

**EtherCAT  
Automation  
Protocol (EAP)**

**Automation  
Device  
Specification (ADS)**



# Technologie-Demonstration einer Smart Factory

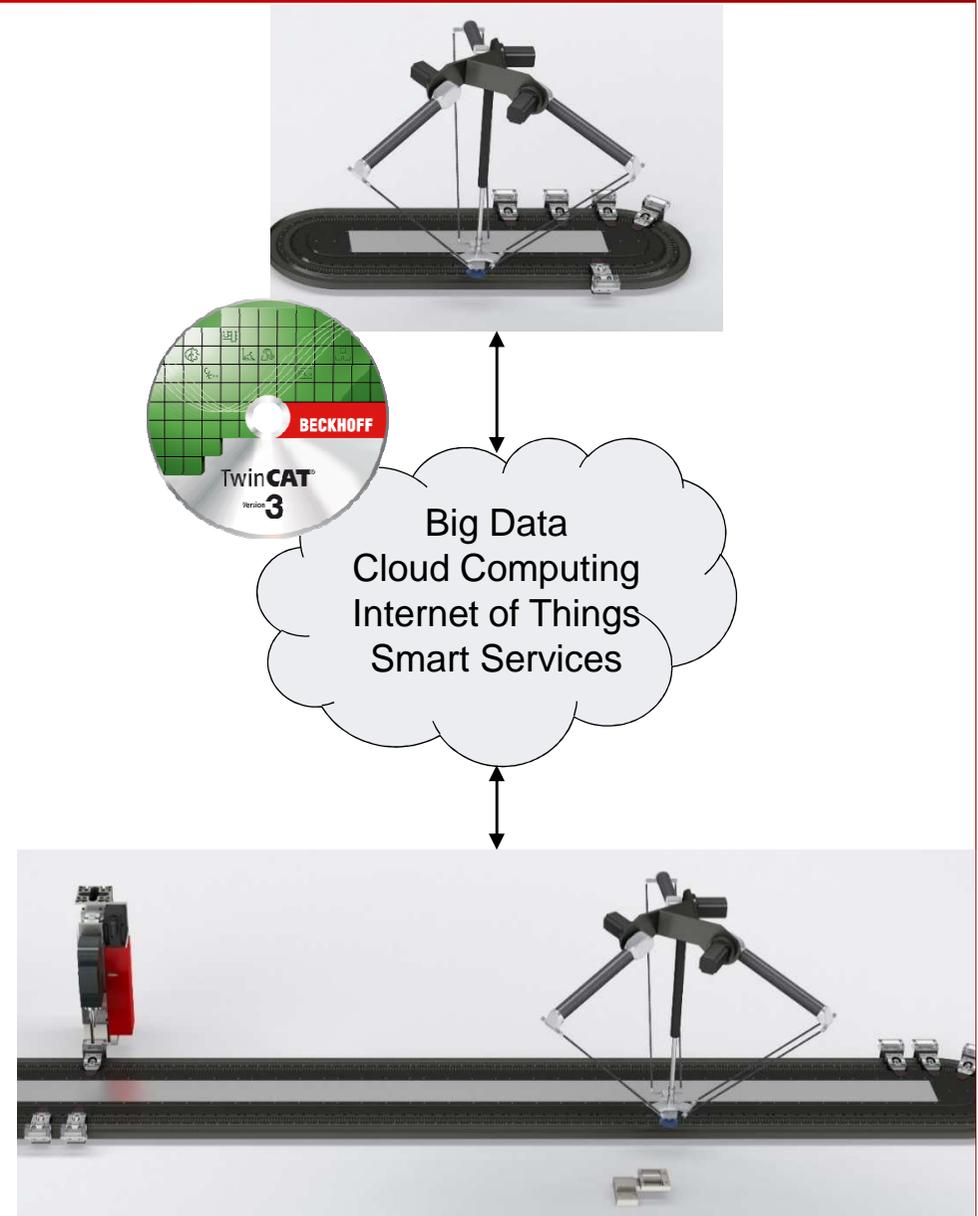


## ▪ **Kommunikation** mit der Managementebene - MES/ERP-Anbindung

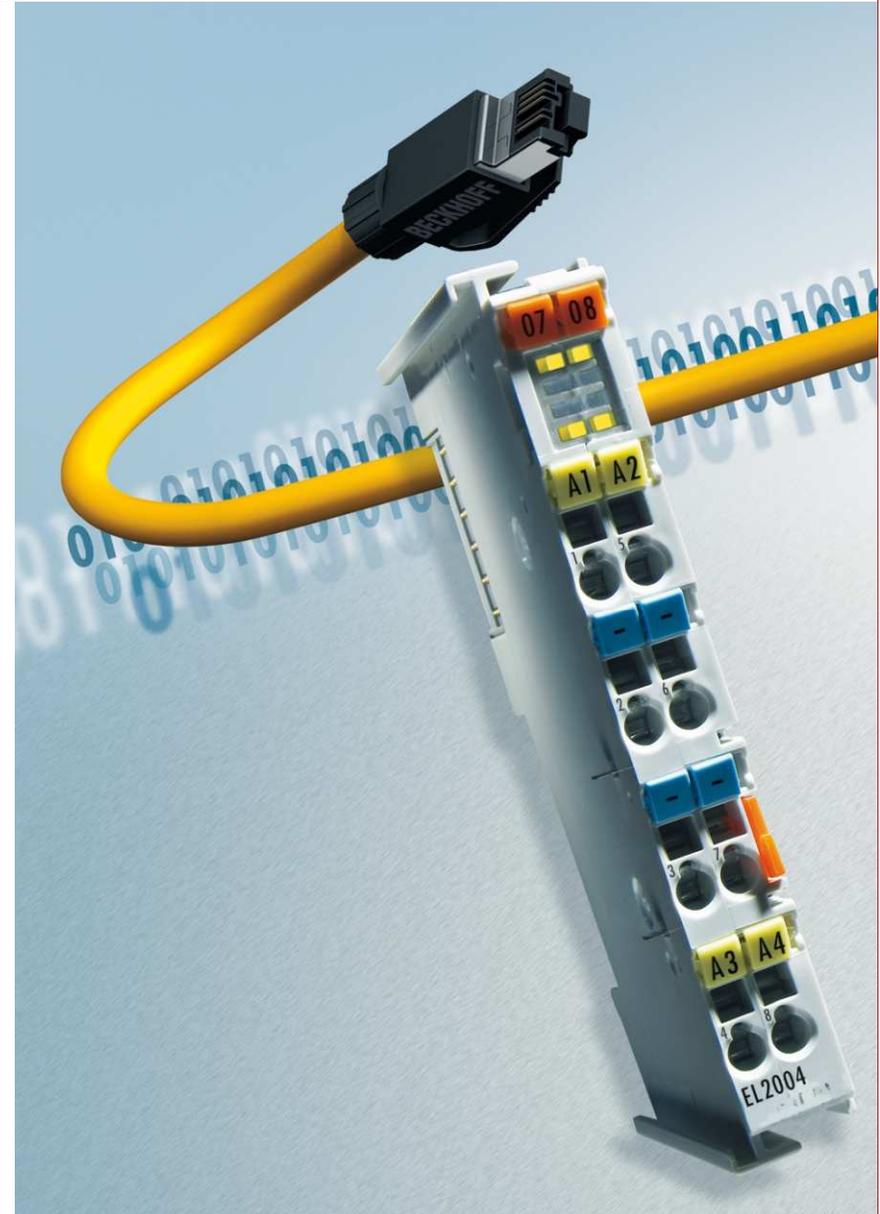
- Prozessautomatisierung über EAP, ADS und OPC UA
- Zeitliche Anforderungen im Bereich von wenigen Sekunden bis Millisekunden
- Kommunikation umfasst folgende Aspekte: Security, Authentifizierung, Alarming, Trending, historische Daten, dienst-basierende Kommunikation, etc.

## ▪ **Eingesetzte Technologien**

- TF6000 TC3 ADS CommLib
- TF6100 TC3 OPC-UA



- **Hochperformante Kommunikation von der Feld- bis in die Leitebene**
  - Kommunikation über EtherCAT
  - Hohe Performance unter Echtzeitbedingungen
  - Kommunikation unterstützt den Produktionsfortgang und behindert nicht durch systembedingte Wartezeiten
  - Datensammlung von wenig komplexen Teilnehmern (Positionssensoren und komplexen Teilnehmern (XTS und Pick-Place-Roboter)
  - Direkte Kommunikation aller Teilnehmer miteinander → Responsezeiten unter 100  $\mu$ s erreichbar (komplexe Kinematiken, Transport mit XTS sind mit Steuerung parallel realisierbar)



# Zentrale Datenerfassung, -analyse und -interpretation Prozesssicherheit, Ressourceneffizienz



Power Monitoring

Condition Monitoring



Quality Assurance

# Technologie-Demonstration einer Smart Factory



- **Erhöhung der Energieeffizienz durch Power Monitoring**
  - Erfassung des Energieverbrauchs einzelner Systemkomponenten
  - Ziel: Identifizierung des gesamten Energieverbrauchs, von Energiespitzen und von Energiefressern
- **Eingesetzte Technologien**
  - TF3600 TC3 Condition Monitoring
  - Leistungsmessklemmen EL3403
  - TC Funktionsbausteine u.a. zum Auslesen der Messwerte, zum Generieren eines Datenstrings aus den Messwerten, zum Schreiben der Daten in die Cloud



# Technologie-Demonstration einer Smart Factory



## ▪ Erhöhung der **Verfügbarkeit** durch Condition Monitoring

- Häufige Ursache für Anlagenstillstand: Defekte Kugellager in Getrieben
- Frässtationen sind zur Erkennung mit Condition Monitoring ausgestattet

## ▪ Eingesetzte Technologien

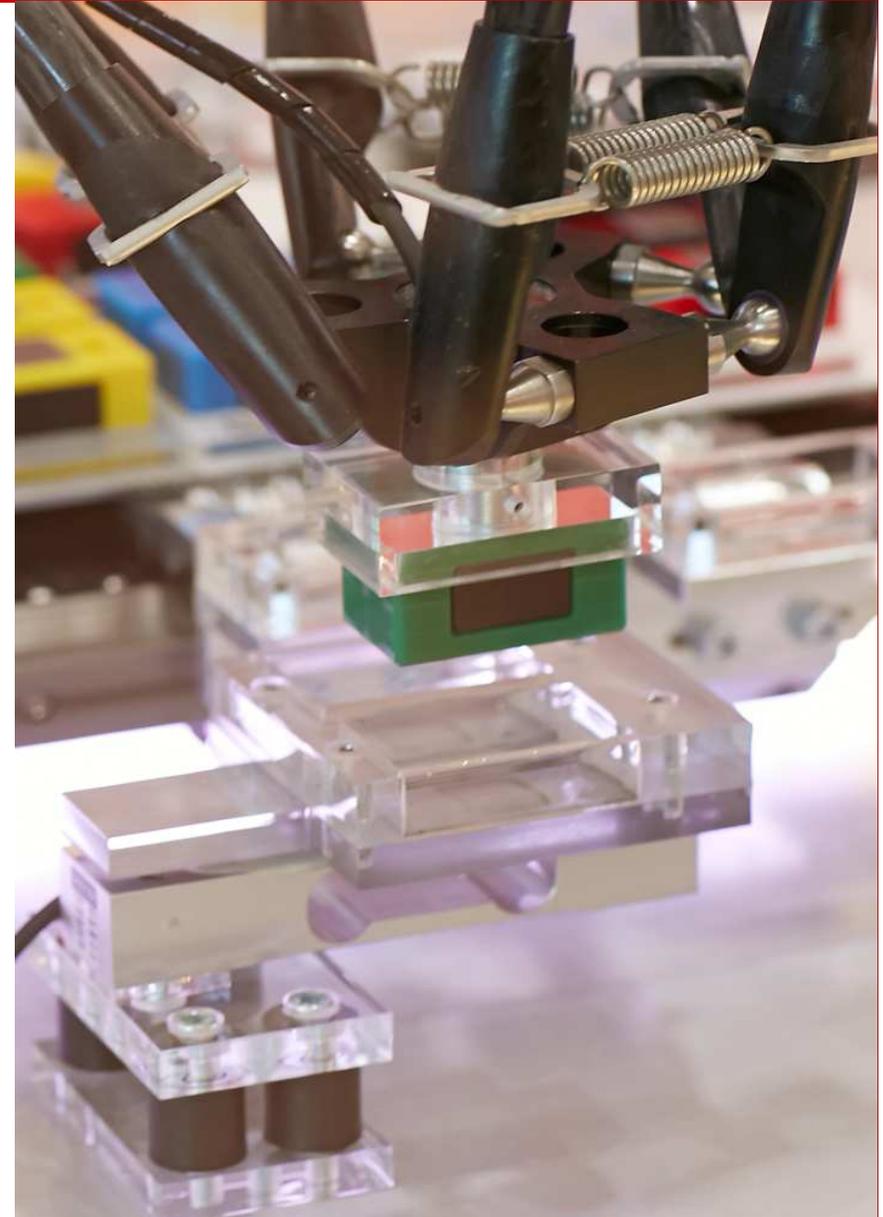
- TF3600 TC3 Condition Monitoring
  - Fast-Fourier Transformation
  - Statistische Trendanalysen
  - Berechnung der Einhüllenden
- EtherCAT-Klemme EL3632
- TwinCAT Scope



# Technologie-Demonstration einer Smart Factory



- **Qualitätskontrolle** durch geeignete Messverfahren
  - Ein Qualitätskriterium: Das Gewicht des Werkstücks
  - Abweichung größer als 5% sind Ausschuss
- **Eingesetzte Technologien**
  - EtherCAT Busklemme EL3356-0010
  - TC Funktionsbausteine u.a. zum Auslesen der Messwerte, zum Generieren eines Datenstrings aus den Messwerten



# Der Mensch als zentrale Schnittstelle der vernetzten Produktion



HMI –  
Multitouch

Control and Diagnostic  
Wearable Devices

Control and Diagnostic  
Mobile Devices



# Technologie-Demonstration einer Smart Factory



- **Moderne Multitouch-Panel realisieren hohen Bedienkomfort**
  - Hohe Touchpunktdichte ermöglicht akkurate, sichere und auch in kleinsten Schritten ruckfreie Bedienung mit kurzen Reaktionszeiten
  - Abfrage des Energieverbrauchs der gesamten Anlage oder zum Zustand der Bohrstationen möglich
- **Eingesetzte Technologien**
  - CP2924



# Technologie-Demonstration einer Smart Factory



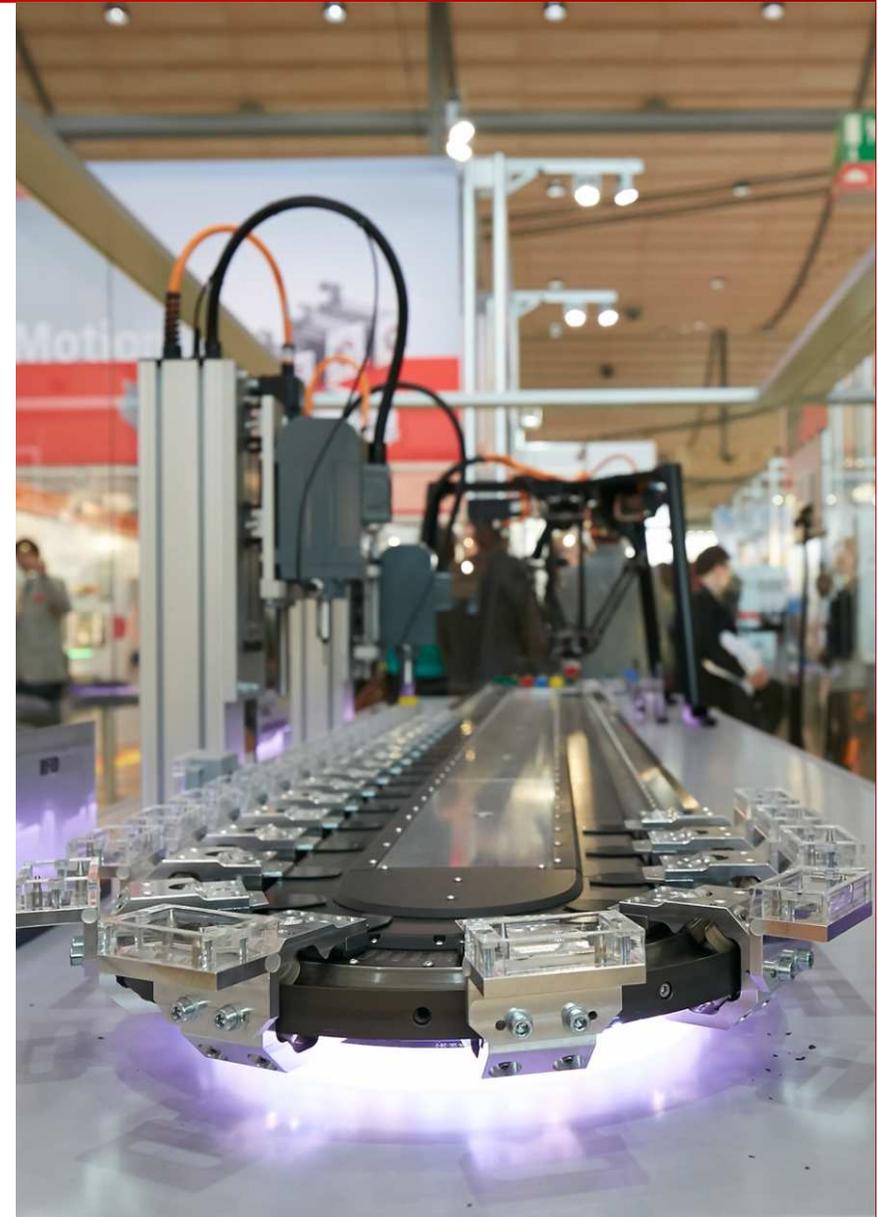
- **Control and diagnostics – Wearable Devices**
  - Fehlermeldungen erscheinen direkt im Blickfeld des Benutzers
  - Quittieren und Zurücksetzen ist direkt an der Brille möglich
  - Ohne Ortsbindung kann der Bediener eine Maschine oder Anlage überwachen
  
- **Eingesetzte Technologien**
  - TC Funktionsbausteine



# Technologie-Demonstration einer Smart Factory



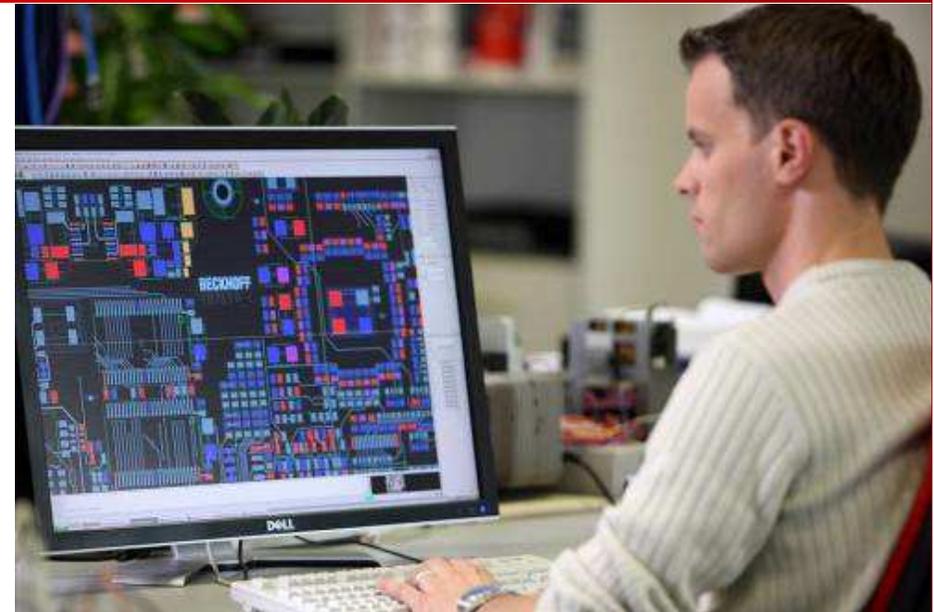
- **Control and diagnostics – Mobile Devices**
  - Mobile Devices (Smartphone, Tablet-PCs) können nach Einlesen von QR-Codes oder direkter Eingabe der Webadresse folgendes anzeigen: aktuelle Daten über Energieverbrauch, Verfügbarkeit der Anlage, Fehlermeldungen und Auftragsstatus
  - Aktuelle und historische Werte sind abrufbar
- **Eingesetzte Technologien**
  - TC Funktionsbausteine



# Durchgängiges und integratives Engineering über den gesamten Produktlebenszyklus



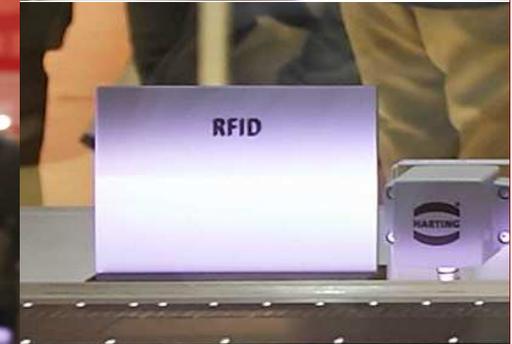
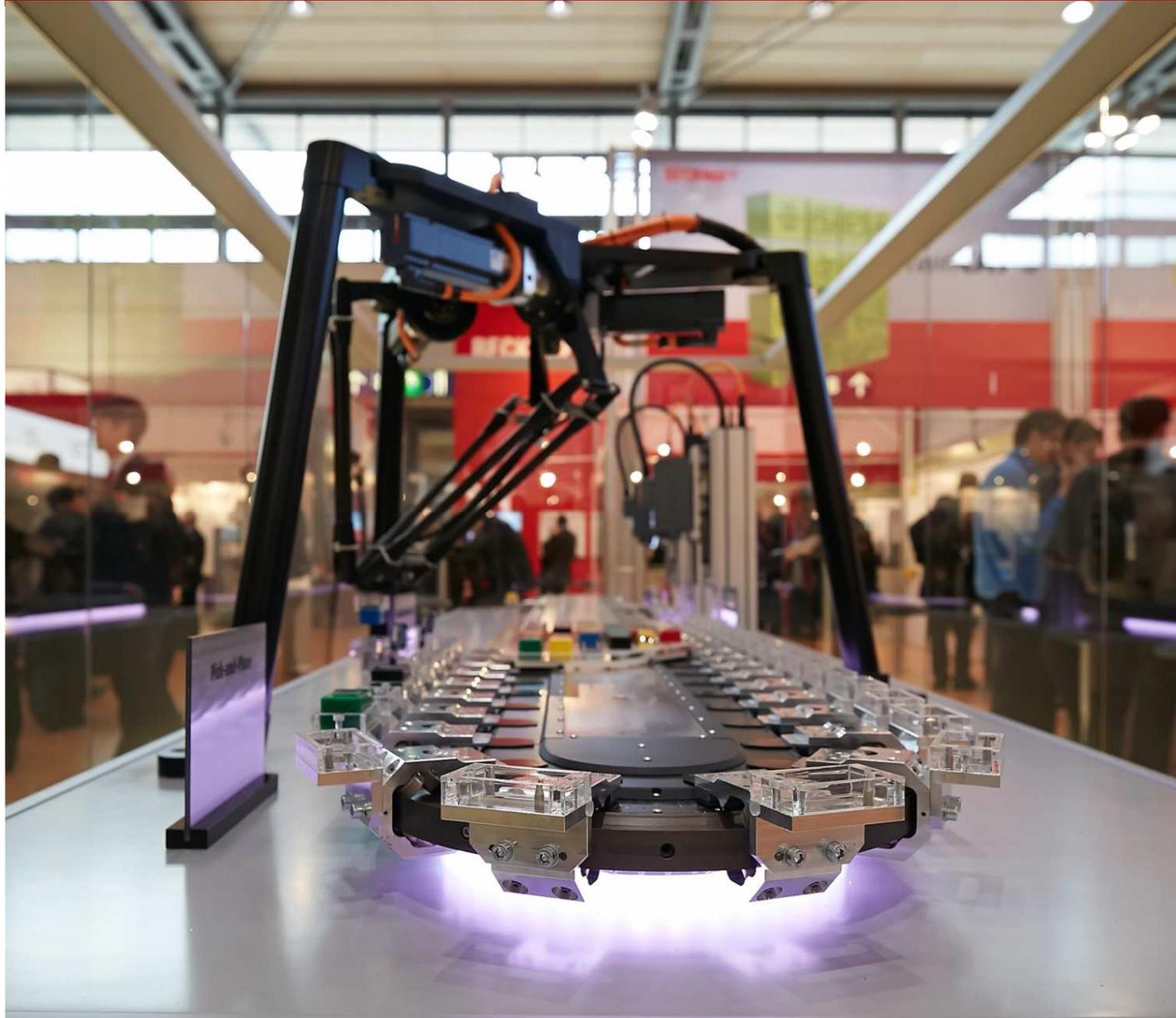
- Automatisierungsplattform TwinCAT 3
- Programmierung in IEC 61131-3 und den Sprachen C bzw. C++
- Objektorientierung, Modularisierung
- Integration von Matlab®/Simulink®
- TC Condition Monitoring Bibliothek
- Datenauswertung und Visualisierung mit TwinCAT 3 Scope
- TwinCAT XCAD – Datenaustausch zwischen Engineeringwerkzeugen
- Gantt-Chart – Analyse von Taktzeiten



**TwinCAT® 3**

# Intelligentes vernetztes Produktionssystem: Industrie 4.0 - Demonstrator

**BECKHOFF**



# Intelligentes vernetztes Produktionssystem: Industrie 4.0 - Demonstrator

**BECKHOFF**



Das Technologie-Netzwerk:  
Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe

# it's owl

**Spitzencluster it's OWL –  
Industrie 4.0 – Made in OstWestfalenLippe**

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



BETREUT VOM



**PTKA**  
Projektträger Karlsruhe  
Karlsruher Institut für Technologie

DAS CLUSTERMANAGEMENT WIRD GEFÖRDERT DURCH:

Ministerium für Wirtschaft, Energie,  
Bauen, Wohnen und Verkehr  
des Landes Nordrhein-Westfalen



Ministerium für Innovation,  
Wissenschaft und Forschung  
des Landes Nordrhein-Westfalen



EUROPÄISCHE UNION  
Investition in unsere Zukunft  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung

## Forschen im Rahmen von Industrie 4.0



### Intelligente technische Systeme

... interagieren mit dem Umfeld und passen sich diesem autonom an (**adaptiv**)

... bewältigen auch unerwartete und vom Entwickler nicht berücksichtigte Situationen in einem dynamischen Umfeld (**robust**)

... antizipieren auf Basis von Erfahrungswissen die künftigen Wirkungen von Einflüssen und mögliche Zustände (**vorausschauend**)

... berücksichtigen das spezifische Benutzerverhalten (**benutzungsfreundlich**)

→ Das Spitzencluster ist das erste geförderte (Groß-) Projekt im Rahmen des Zukunftsprojekts Industrie 4.0

## Beckhoff ist Konsortialführer

**ScAut – Scientific Automation | Integration von ingenieurwissenschaftlichen Erkenntnissen in die Standardautomatisierung**

Laufzeit: 01.07.2012 bis 30.06.2016

Projektvolumen: 5,7 Millionen

**efa – eXtreme Fast Automation | Effizienzsteigerung von Standardbearbeitungsmaschinen**

Laufzeit: 01.07.2014 bis 30.06.2017

Projektvolumen: 1,8 Millionen

Projektpartner:



**BECKHOFF**



**nobilia**



GEFÖRDERT VOM

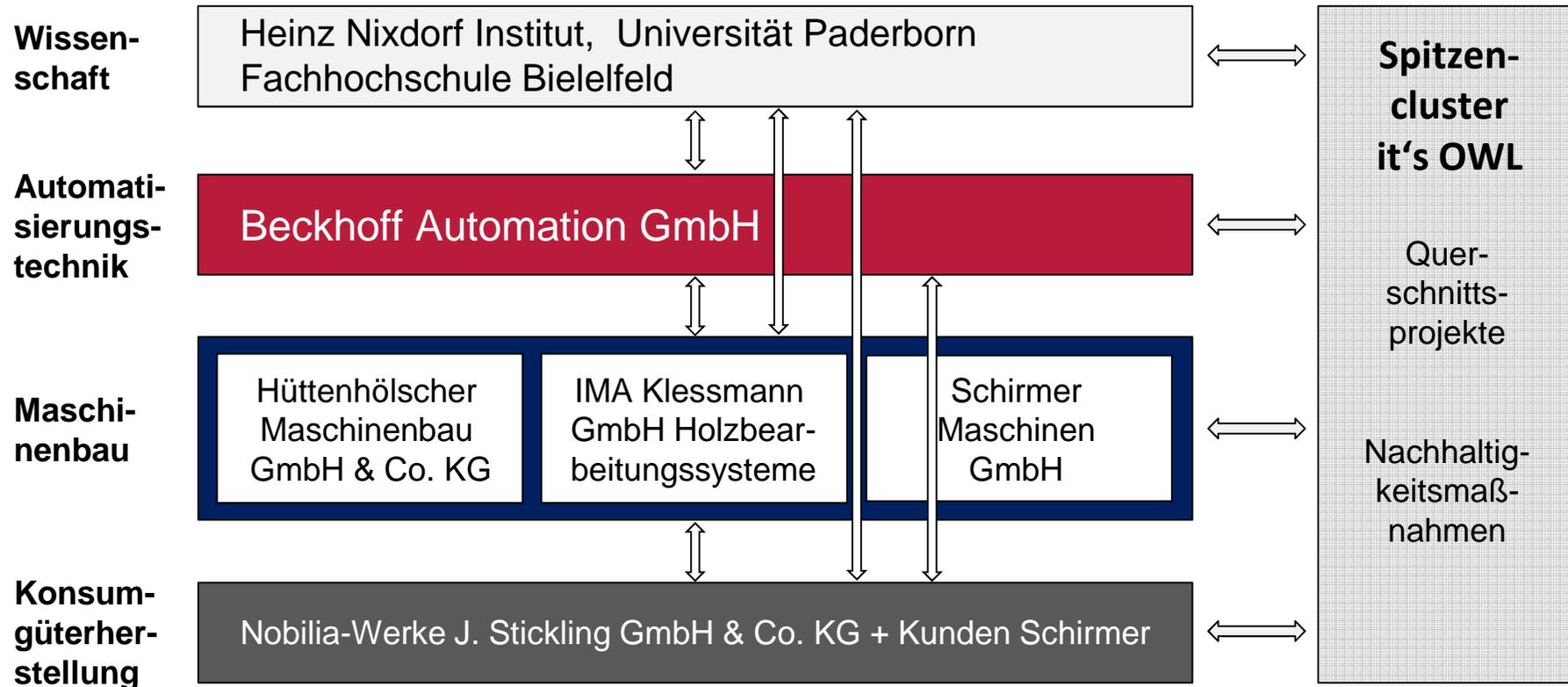


BETREUT VOM



# Leitprojekt ScAut – Scientific Automation

## Projektpartner



# Innovationsprojekt efa – Extreme Fast Automation

## Erwartete Ergebnisse

### **Hard- und Softwarekomponenten**

- Neue XFC-Komponenten
- Many-Core-Rechner
- Konfigurations- und Diagnosewerkzeuge

### **Steuerungskonzepte**

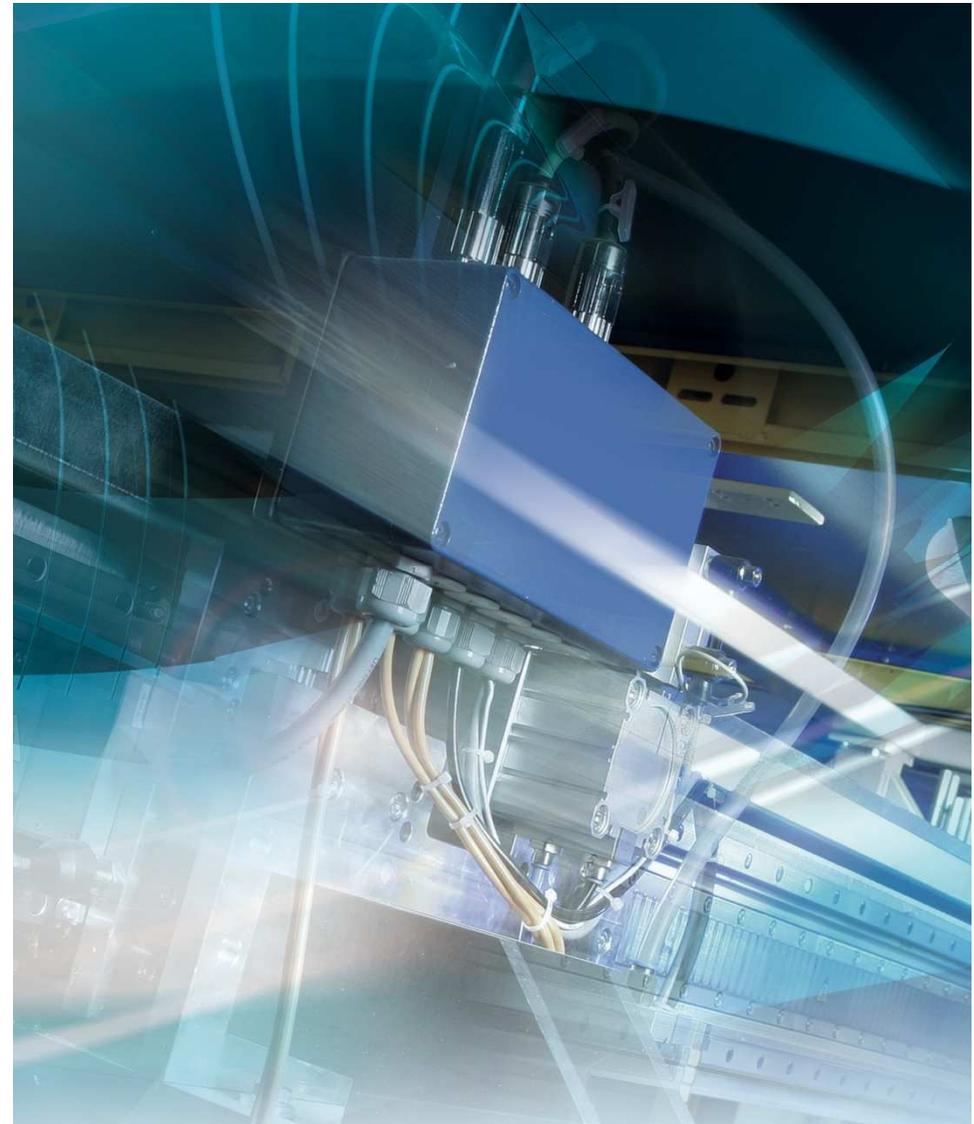
- Einsatz von XFC- und Many-Core-Rechner

### **Methoden und Softwarewerkzeuge**

- für die Entwicklung und Implementierung der XFC-Steuerungskonzepte

### **Entwicklung und Realisierung von XFC-Anwendungen mit Many-Core-Rechnern**

- in den Pilotanwendungen bei Hüttenhölscher und Schirmer



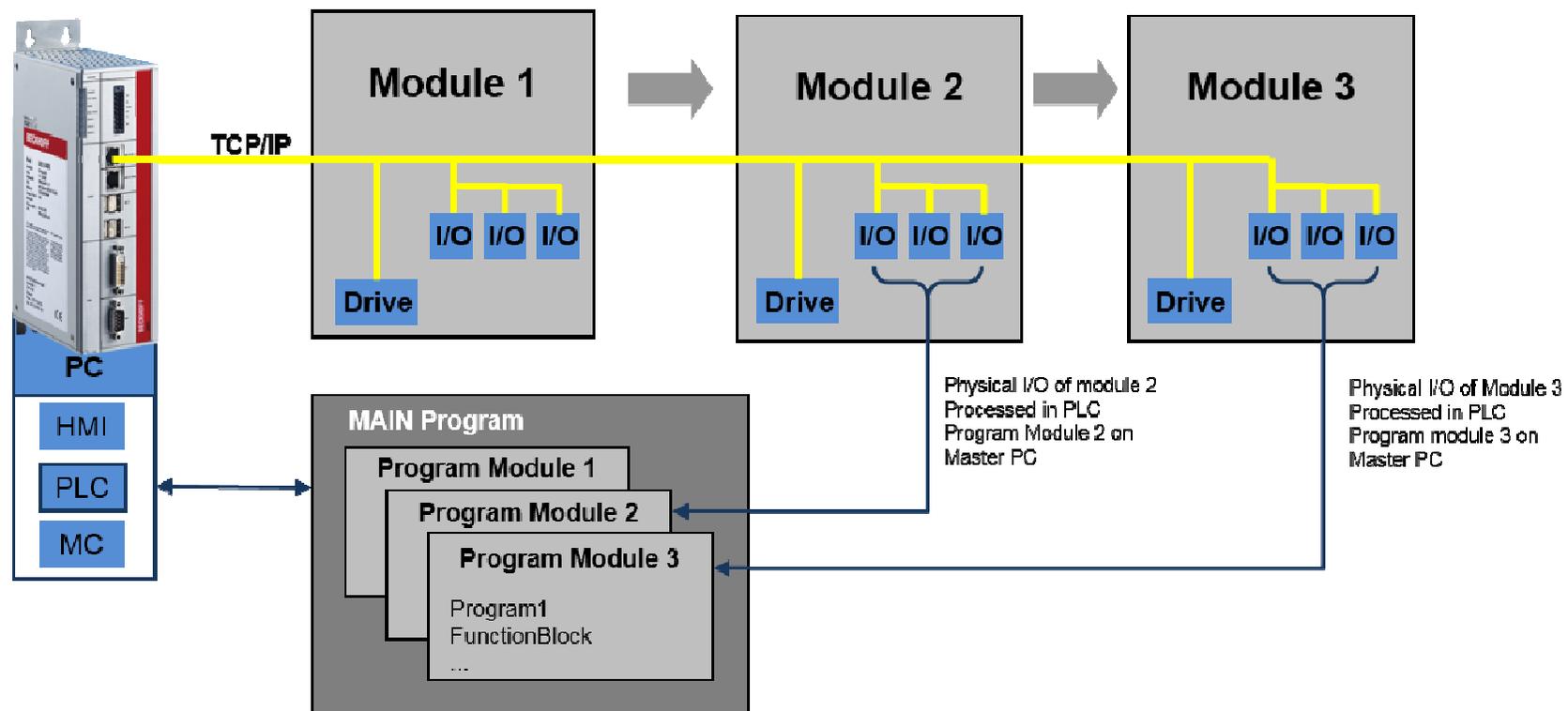
# Innovationsprojekt efa – Extreme Fast Automation Many-Core-Technologie

- Erprobung und Weiterentwicklung der Many-Core-Technologie unter Nutzung des Industrie-Servers C6670



# Innovationsprojekt efa – Extreme Fast Automation Steuerungskonzepte

- Zerlegung einer Testanlage in Module
- Modularisierung der Steuerung (Objektorientierung)
- Wiederverwendbarkeit von Softwaremodulen
- Durchführung auf einzelnen Kernen

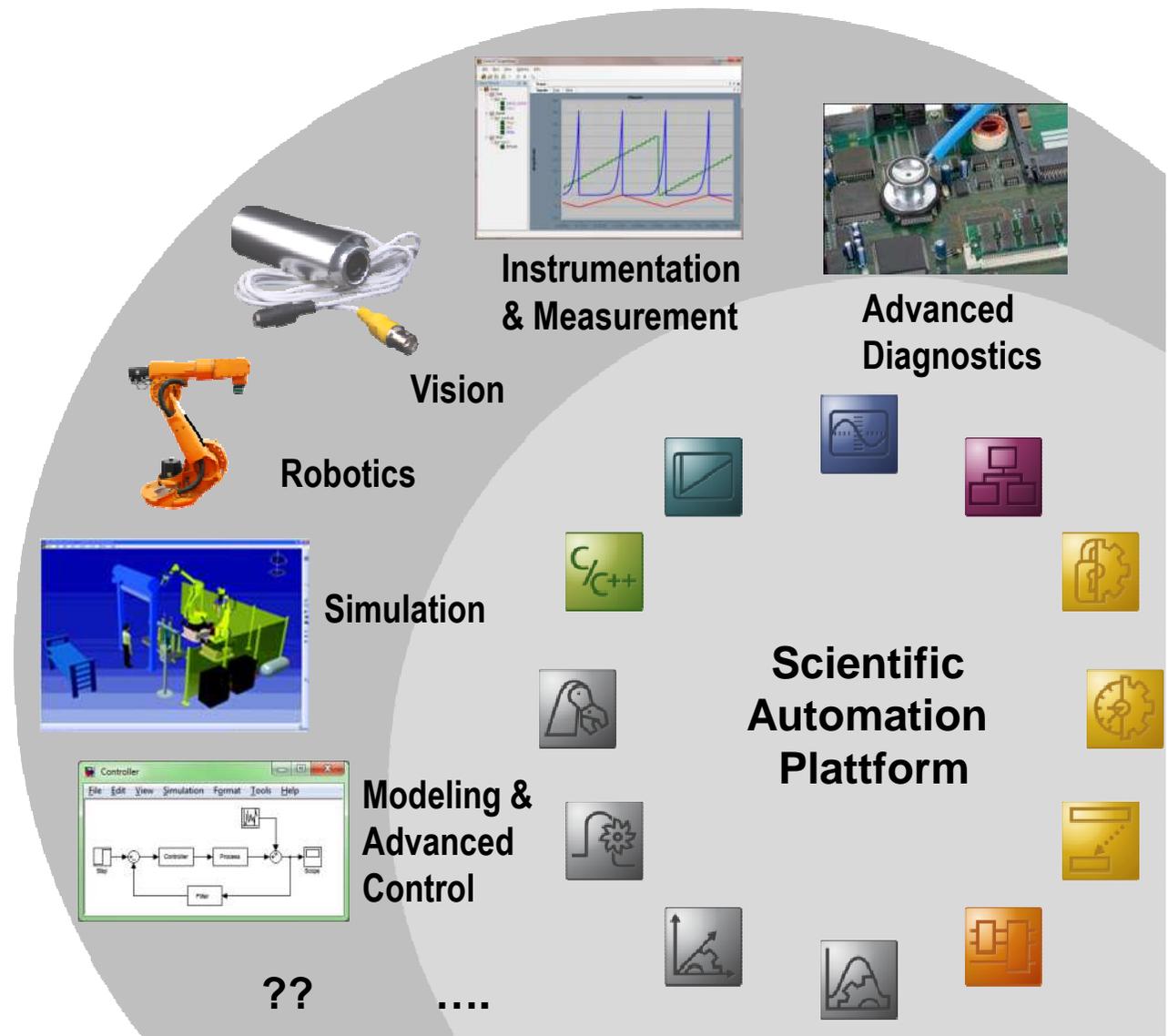


# Leitprojekt ScAut – Scientific Automation

## Projektziele

**Projektziel ist eine Scientific Automation Plattform bestehend aus**

- Technologiedatenbank
- Scientific Automation Lösungselemente
- Softwarewerkzeuge für den Entwurf und die Inbetriebnahme
- Laufzeitumgebung
- Methodik, die Dritte in die Lage versetzt ScAut-Systeme zu entwickeln und in Betrieb zu nehmen



# Scientific Automation Lösungselemente

## Ergebnisse

### Messtechnik (Ausschnitt)

- Kraftmessung
- Durchflussmessung
- Schwingungsmessung
- Temperaturmessung
- Druckmessung

### Auswertung (Ausschnitt)

- TwinCAT Scope
- Gantt-Chart

### Power Management (Ausschnitt)

- Energieerfassung
- Energiedatenaufbereitung

### Condition Monitoring (Ausschnitt)

- Power Spektrum
- Wälzlagerüberwachung
- Werkzeugbruchkontrolle
- Wuchten von Spindeln, Rädern

# Scientific Automation Lösungselemente

## Ergebnisse

### Messtechnik (Ausschnitt)

- Kraftmessung
- Durchflussmessung
- **Schwingungsmessung**
- Temperaturmessung
- Druckmessung

### Auswertung (Ausschnitt)

- TwinCAT Scope
- Gantt-Chart

### Power Management (Ausschnitt)

- Energieerfassung
- Energiedatenaufbereitung

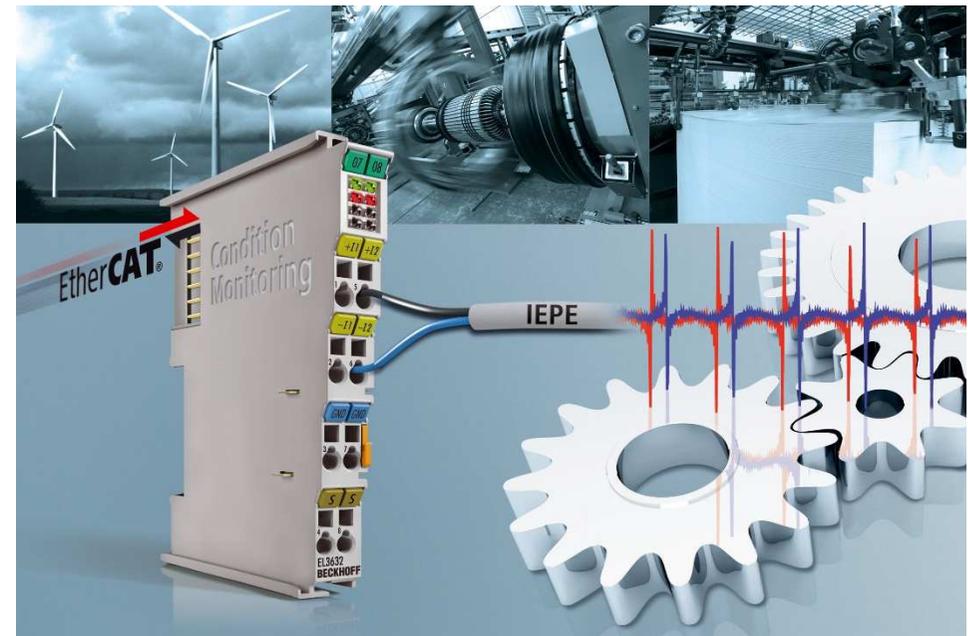
### Condition Monitoring (Ausschnitt)

- Power Spektrum
- Wälzlagerüberwachung
- Werkzeugbruchkontrolle
- Wuchten von Spindeln, Rädern

## Lösungselement: **Schwingungsmessung**

besteht aus den Lösungselementen

- **Sensor:** Beschleunigungssensor
- **Busklemme:** EL 3632
- **Softwarebaustein:** zur Auswertung



# Scientific Automation Lösungselemente

## Ergebnisse

### Messtechnik (Ausschnitt)

- Kraftmessung
- Durchflussmessung
- Schwingungsmessung
- Temperaturmessung
- Druckmessung

### Auswertung (Ausschnitt)

- **TwinCAT Scope**
- Gantt-Chart

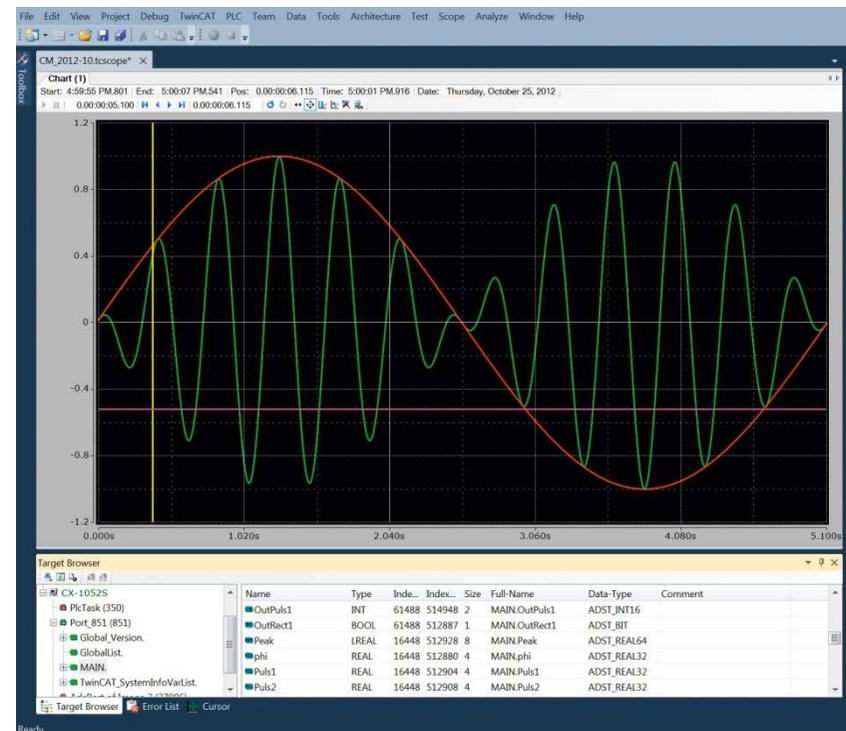
### Power Management (Ausschnitt)

- Energieerfassung
- Energiedatenaufbereitung

### Condition Monitoring (Ausschnitt)

- Power Spektrum
- Wälzlagerüberwachung
- Werkzeugbruchkontrolle
- Wuchten von Spindeln, Rädern

- Analyse- und Auswertewerkzeug für Signale an einer Maschine/Anlage
- Integriert in das Engineeringtool TwinCAT 3
- integriertes Reporting
- Automatische Erstellung von PDF Dokumenten
- Einfache Dokumentation von Messergebnissen



# Scientific Automation Lösungselemente

## Ergebnisse

### Messtechnik (Ausschnitt)

- Kraftmessung
- Durchflussmessung
- Schwingungsmessung
- Temperaturmessung
- Druckmessung

### Auswertung (Ausschnitt)

- TwinCAT Scope
- Gantt-Chart

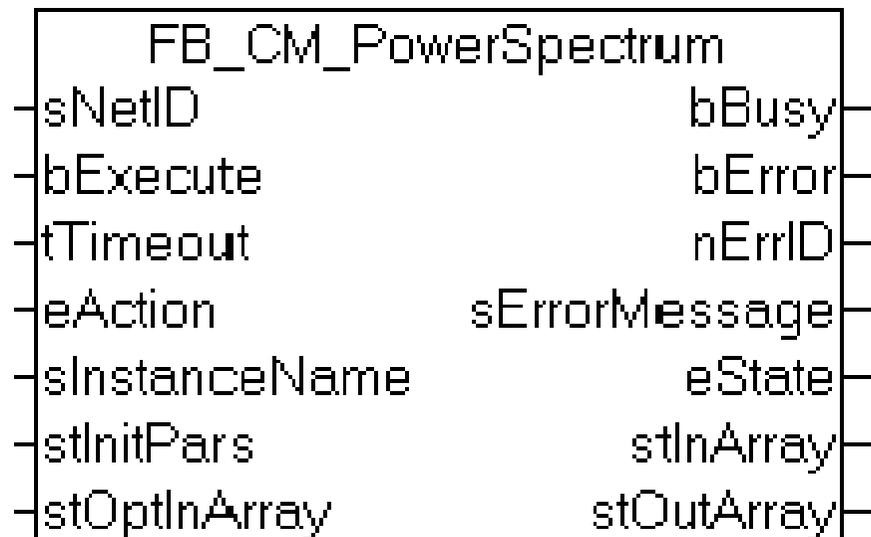
### Power Management (Ausschnitt)

- Energieerfassung
- Energiedatenaufbereitung

### Condition Monitoring (Ausschnitt)

- Power Spektrum
- Wälzlagerüberwachung
- Werkzeugbruchkontrolle
- Wuchten von Spindeln, Rädern

- mathematischen Algorithmen für die Analyse von Messwerten
- als Softwarebaustein bereitgestellt
- applikationsspezifische Anwendung
- mehrere Softwarebausteine können kombiniert werden
- Bereitstellung in einer Bibliothek



# Scientific Automation Lösungselemente

## Ergebnisse

### Messtechnik

- Kraftmessung
- Durchfluss
- Schwingung
- Temperatur
- Druckmessung

### Auswertung

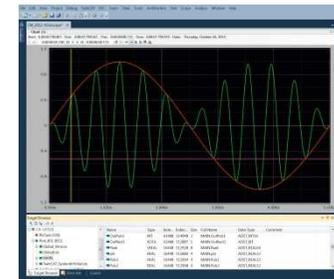
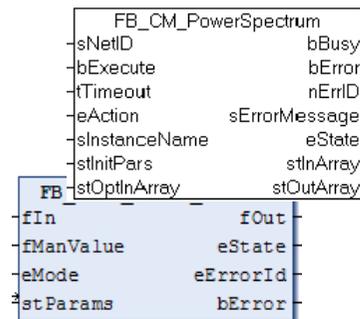
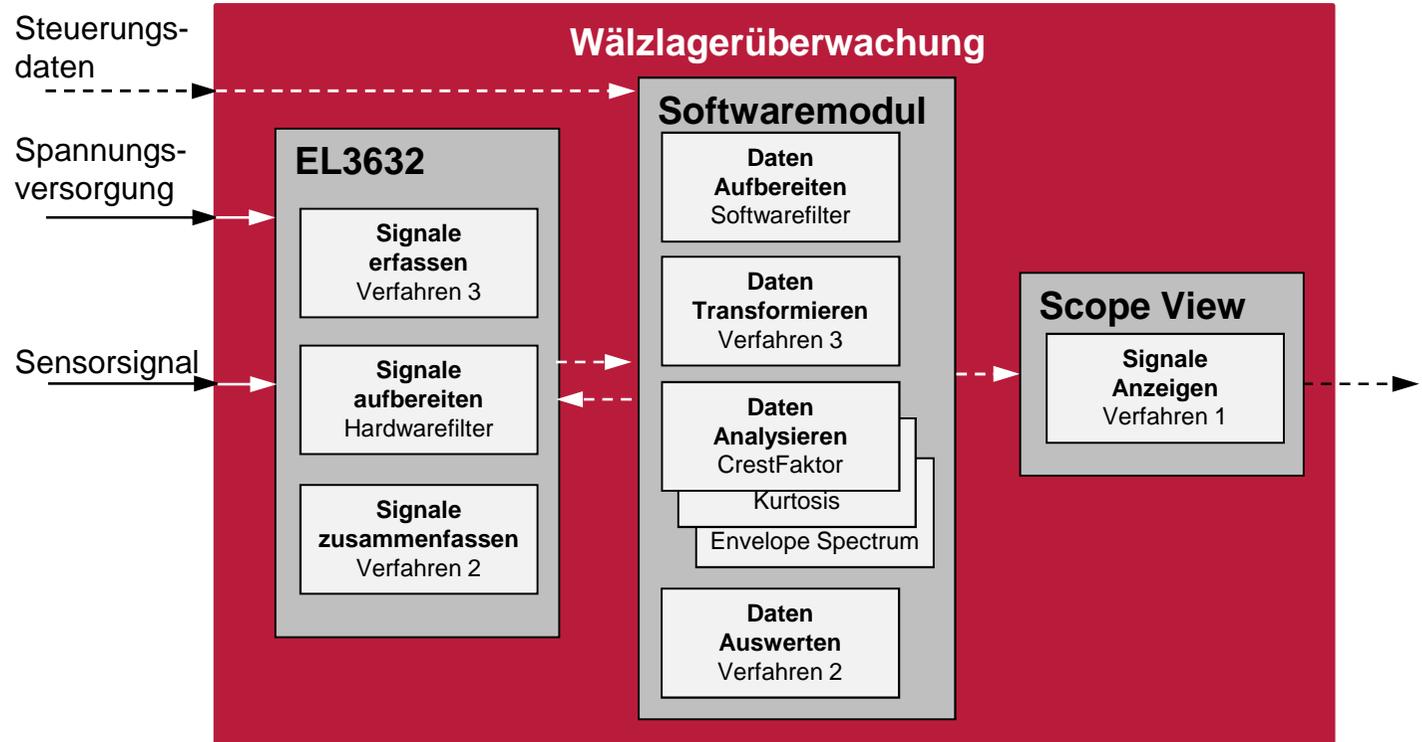
- TwinCAT
- Gantt-Charts

### Power Management

- Energieeffizienz
- Energiedaten

## Condition Monitoring (Ausschnitt)

- Power Spektrum
- **Wälzlagerüberwachung**
- Werkzeugbruchkontrolle
- Wuchten von Spindeln, Rädern



# Einsatz von Scientific Automation Lösungselementen

## Ergebnisse

### Condition Monitoring

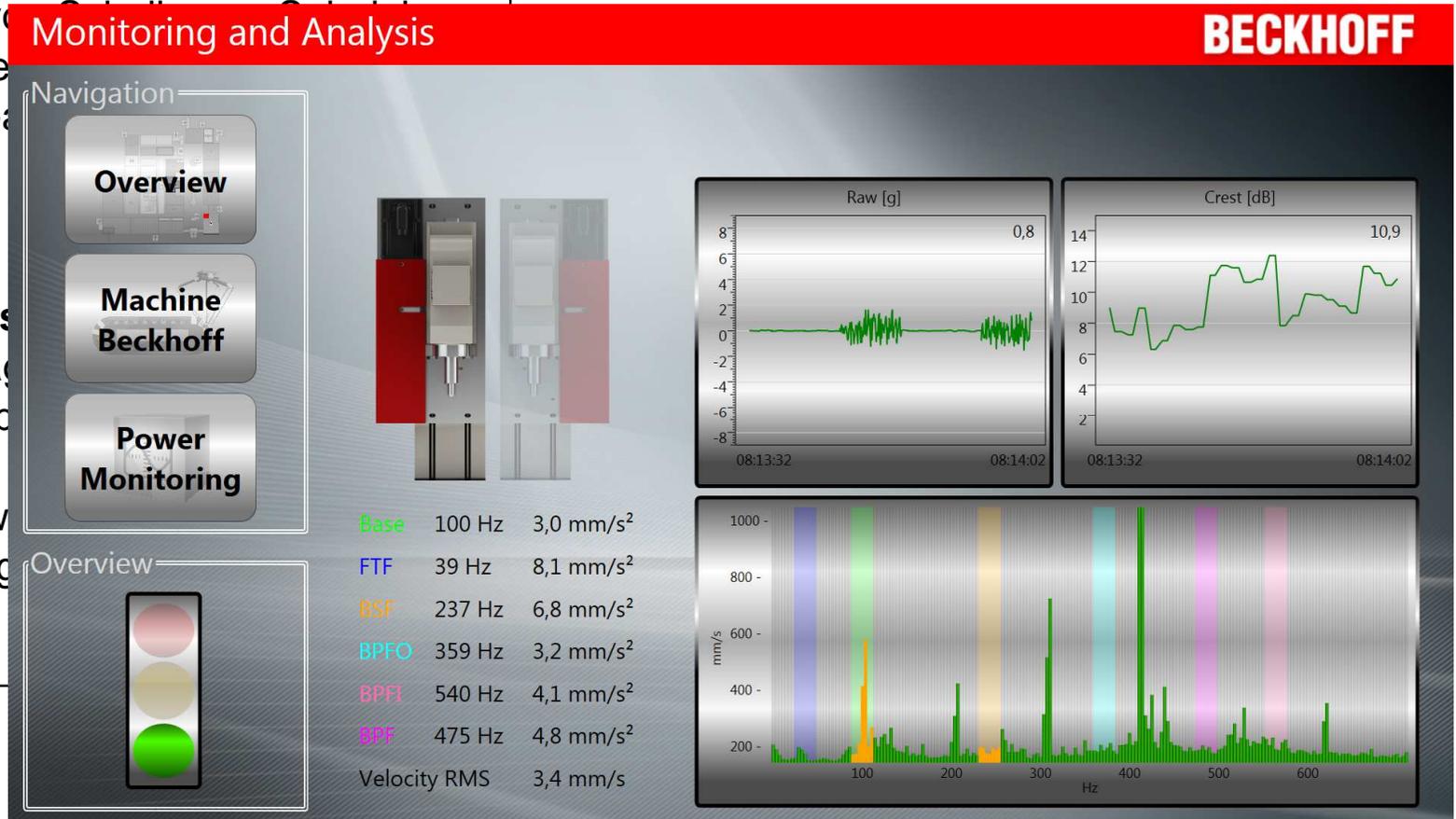
- **ScAut-Demonstrator: Überwachung der Wälzlager an Bohrspindeln,**

Wuchten von Spindeln  
Analyse der  
Ordnungs-

- **Schirmer:**

- **Hüttenhölz**  
der Wälzlager  
Werkzeugb

- **IMA: Schw**  
Fräsaggreg



## Nobilis-Werke J. Stickling GmbH & Co. KG, Verl

- Europas größter Küchenmöbelhersteller
- 2.650 Mitarbeiter, 946 Mio. Umsatz (2013/14)
- 2.700 Küchen/Tag, 600.000 Küchen/Jahr!



- Oracle Datenbank
- 540 Beckhoff PC-Clients
- Fertigungslosgröße „1“
- > 1 Mio. Transaktionen pro Tag
- Durchschnitt. Antwortzeit  
100 ms
- Teileerkennung durch Barcode  
und RFID
- keine Intelligenz oder Daten-  
haltung in produzierten Teilen!
- zentrale Datenhaltung
- „Herstellung drahtgebunden“
- Low-cost Herstellung am  
Hochlohnstandort Ostwestfalen!





**BECKHOFF**

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit**

**Dr.-Ing. Ursula Frank  
Project Management R&D  
Cooperations**

