

BECKHOFF

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

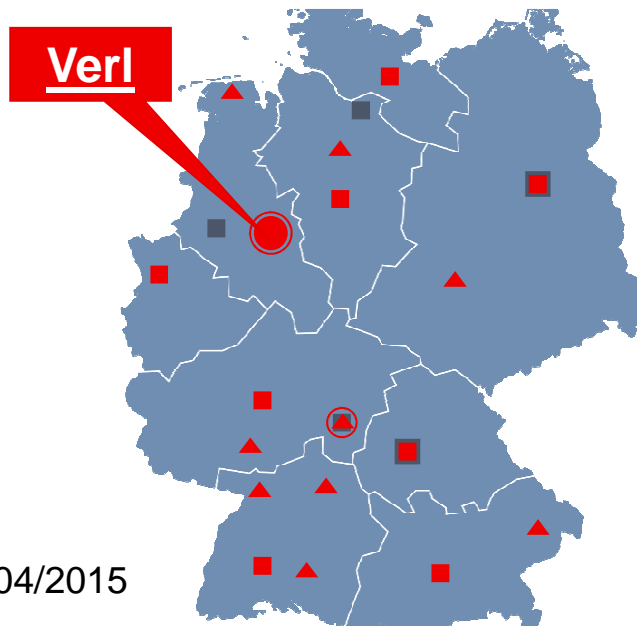
Dr.-Ing. Ursula Frank
Project Management R&D
Cooperations



Zahlen und Fakten

BECKHOFF

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



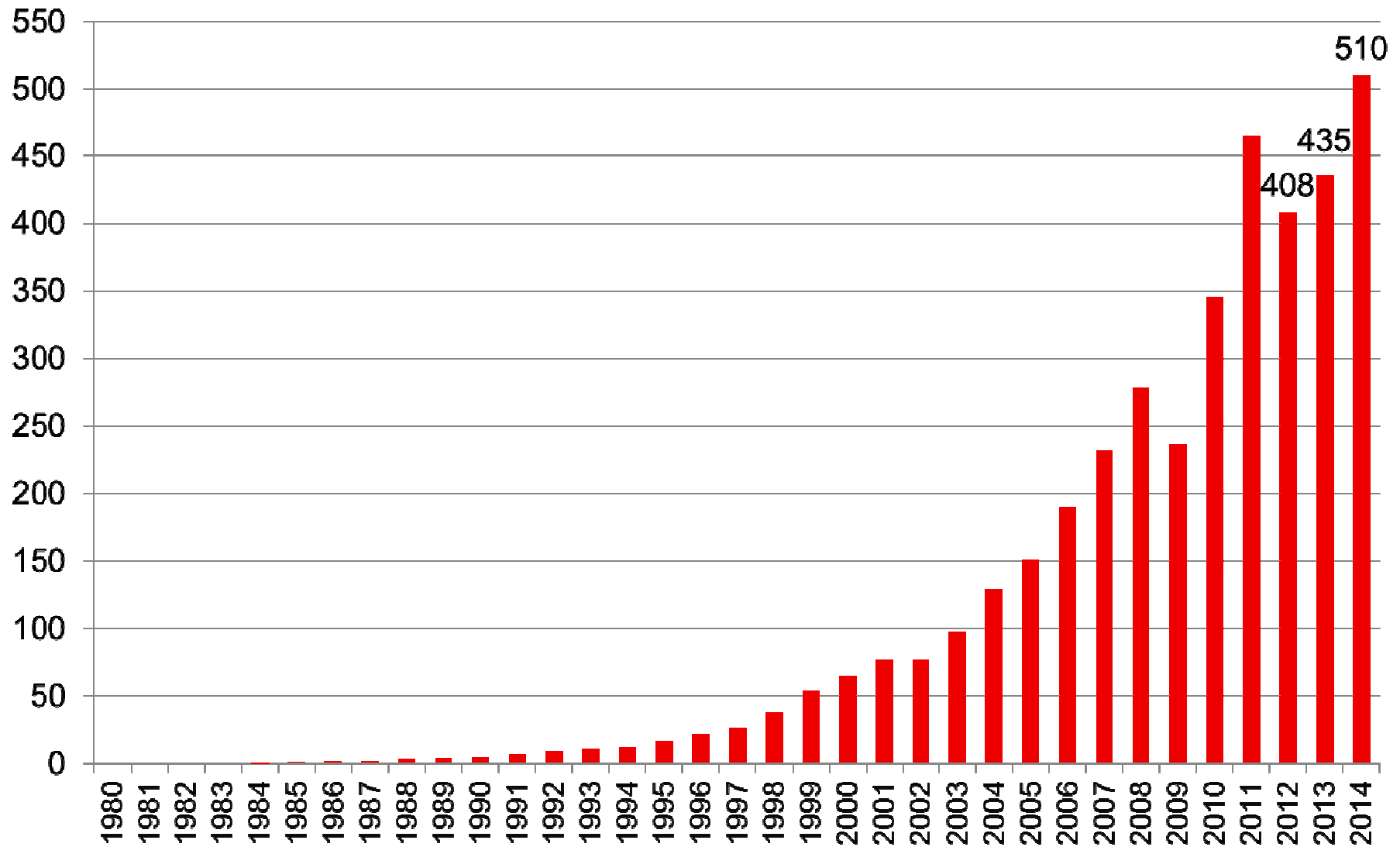
Stand: 04/2015



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

BECKHOFF

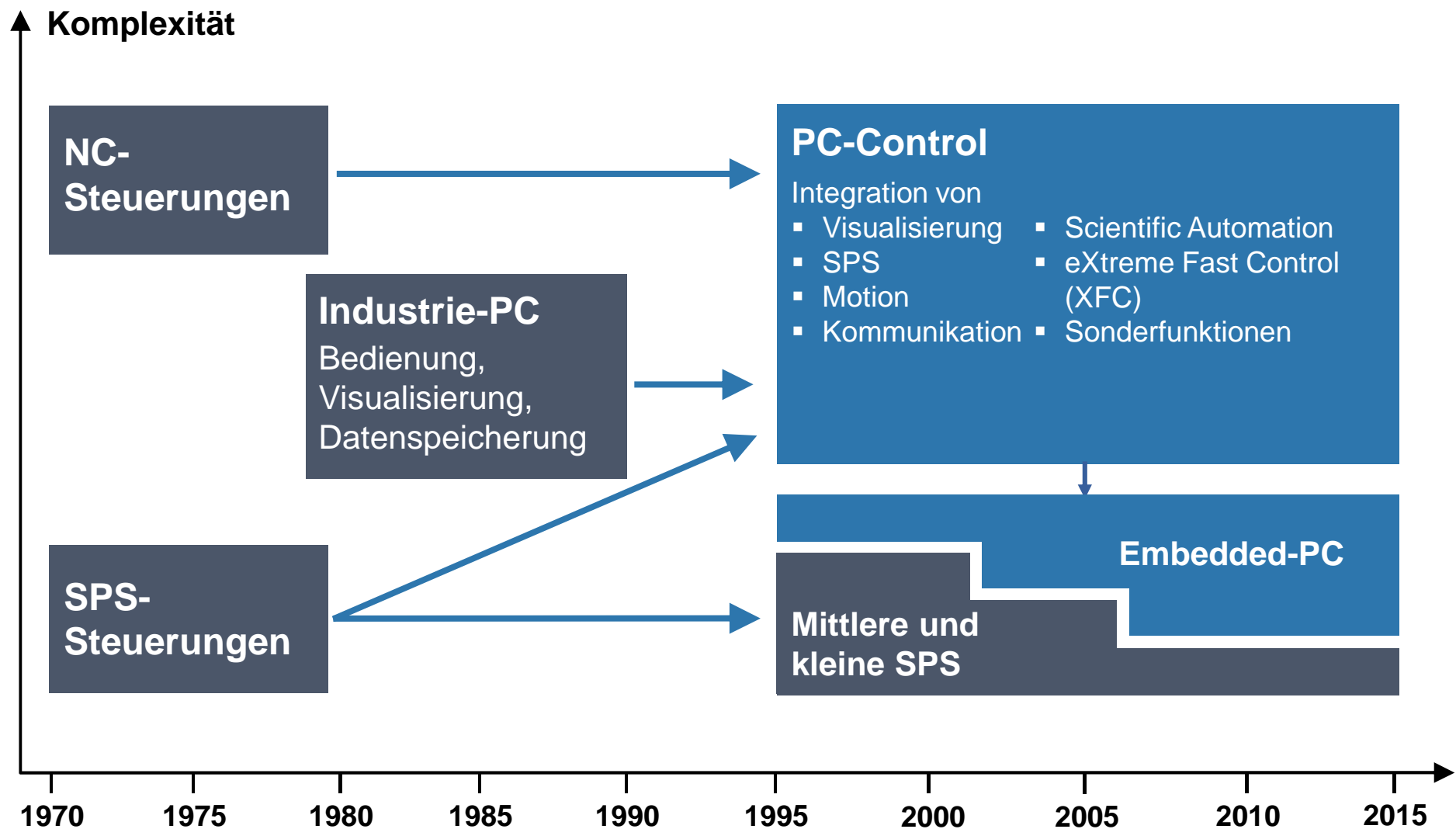
Millionen €





Entwicklung elektronischer Anlagensteuerungen

BECKHOFF





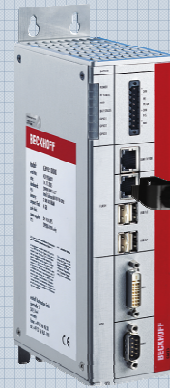
Technologische Grundbausteine für die Smart Factory **BECKHOFF**



Control Panel



TwinCAT:
Control & Real-time Software

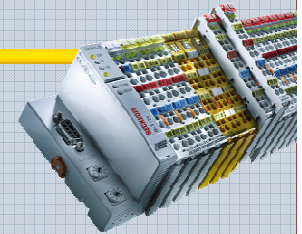


Industrial PC

EtherCAT :
High-speed
Communication



Drive
Technology

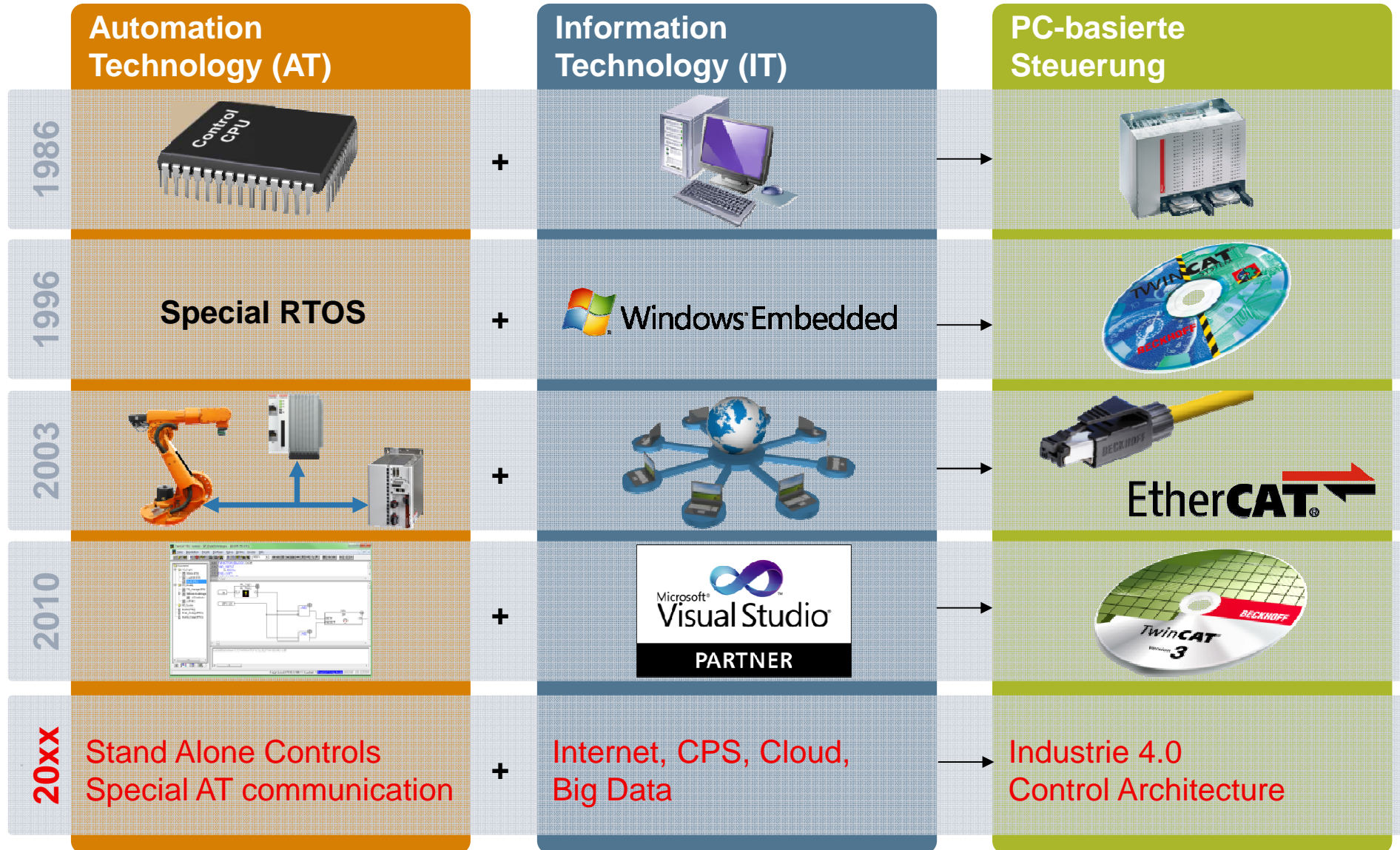


Bus
Terminals



Konvergenz von AT- und IT-Technologie

BECKHOFF





Industrie 4.0 einfach realisiert:
mit Beckhoff.

BECKHOFF





Industrie 4.0 bedeutet:

BECKHOFF



Barcode

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

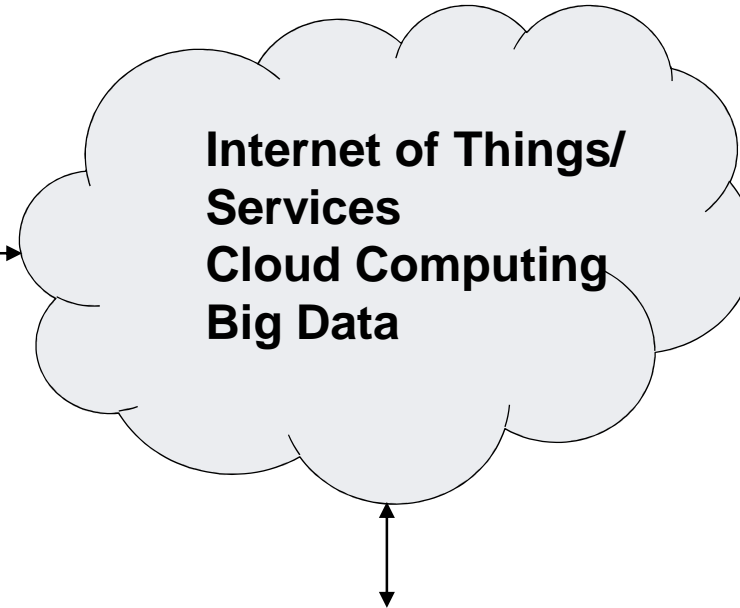


ERP

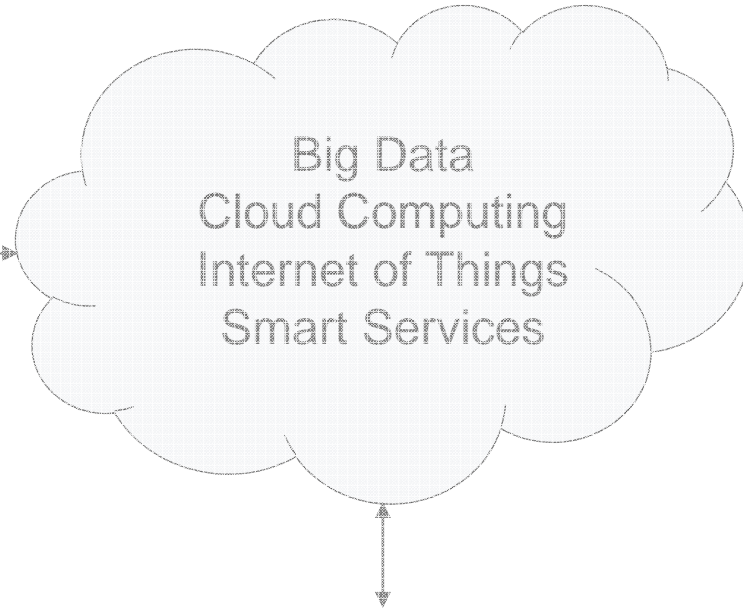
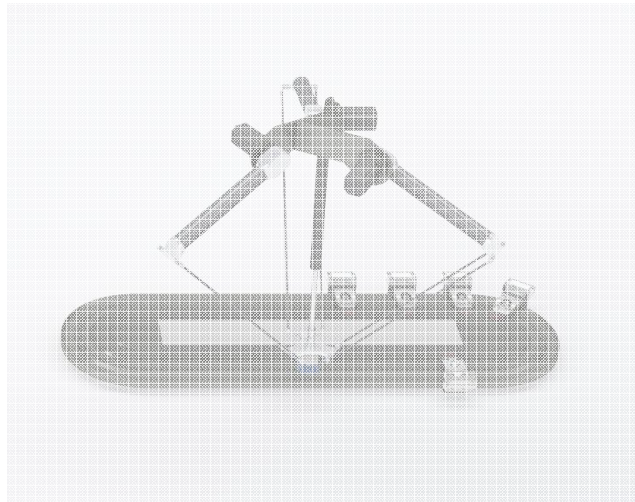


Technologiedemonstrator: Intelligentes vernetztes Produktionssystem

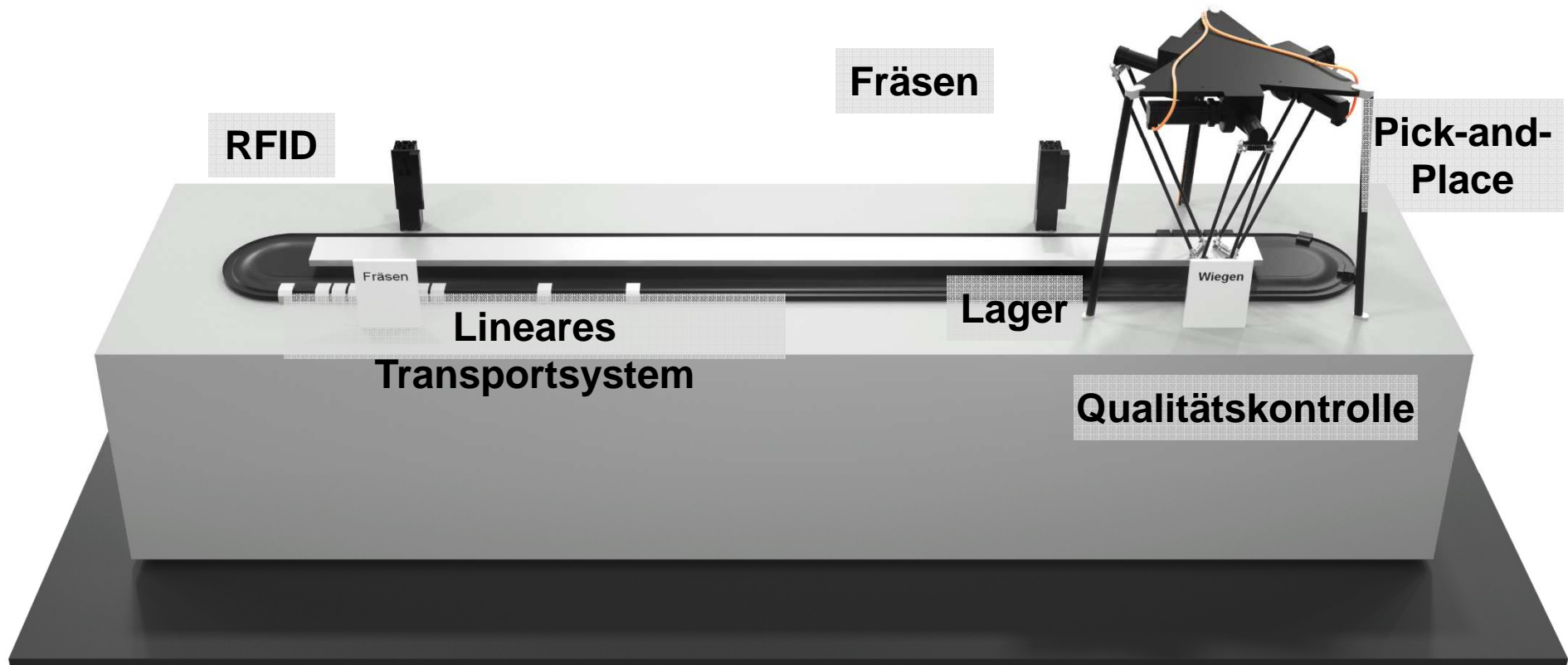
BECKHOFF



„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

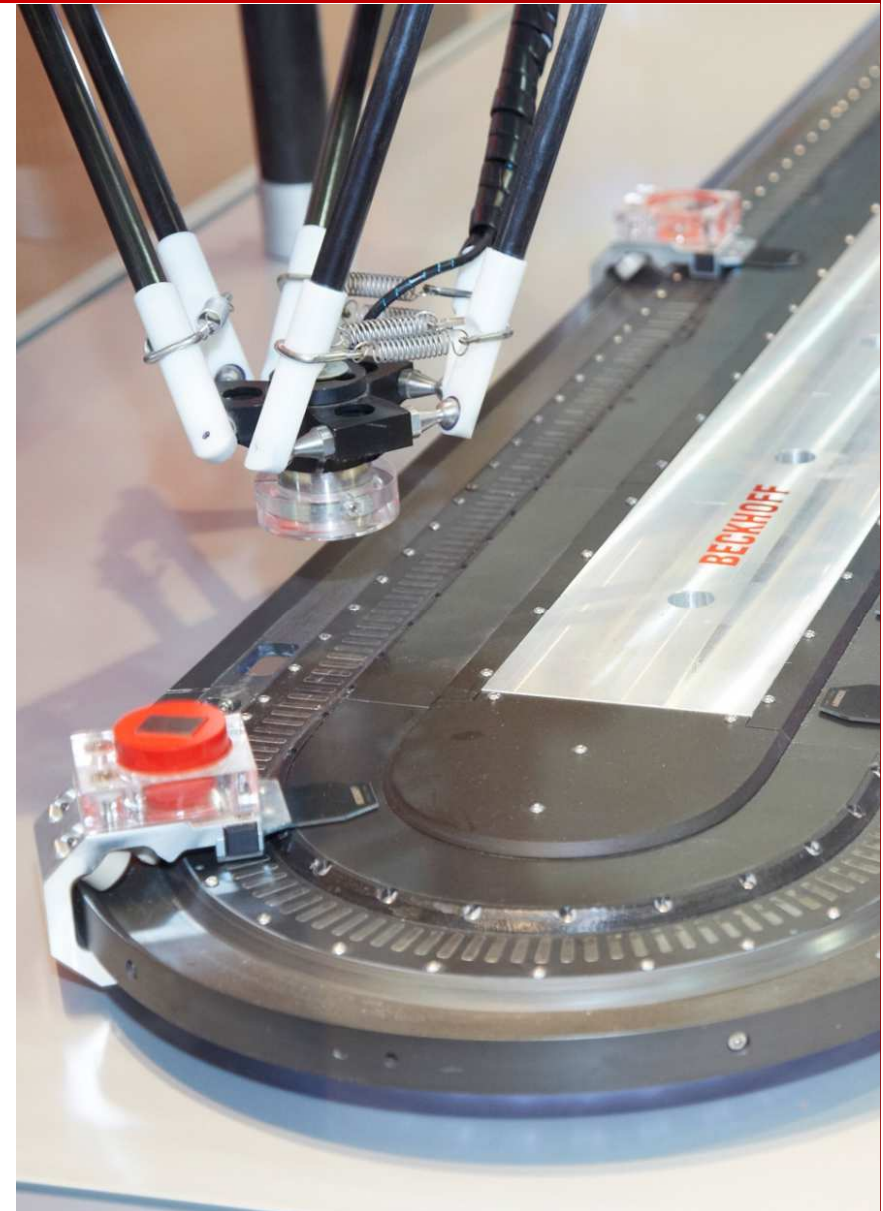


▪ Pick-and-Place-Roboter

- 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

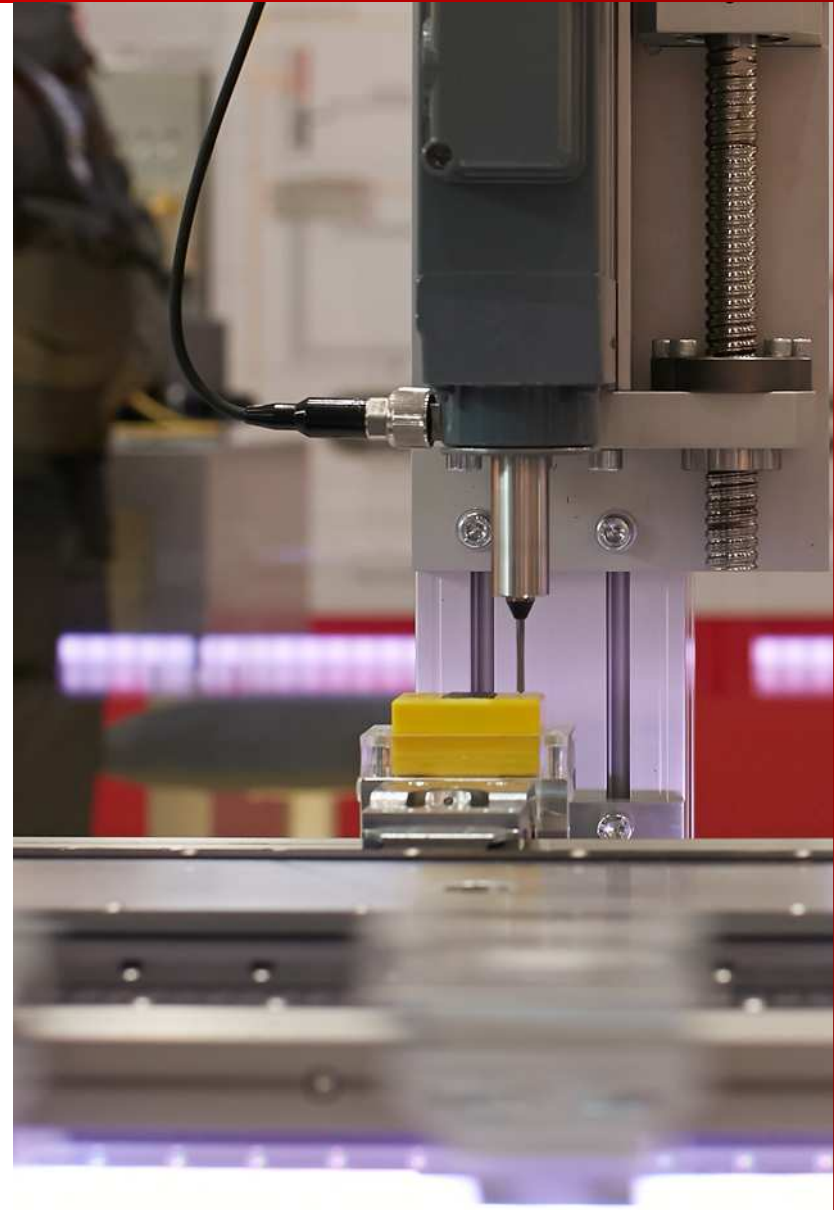


▪ **Bearbeitungsstationen - Fräsen**

- 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



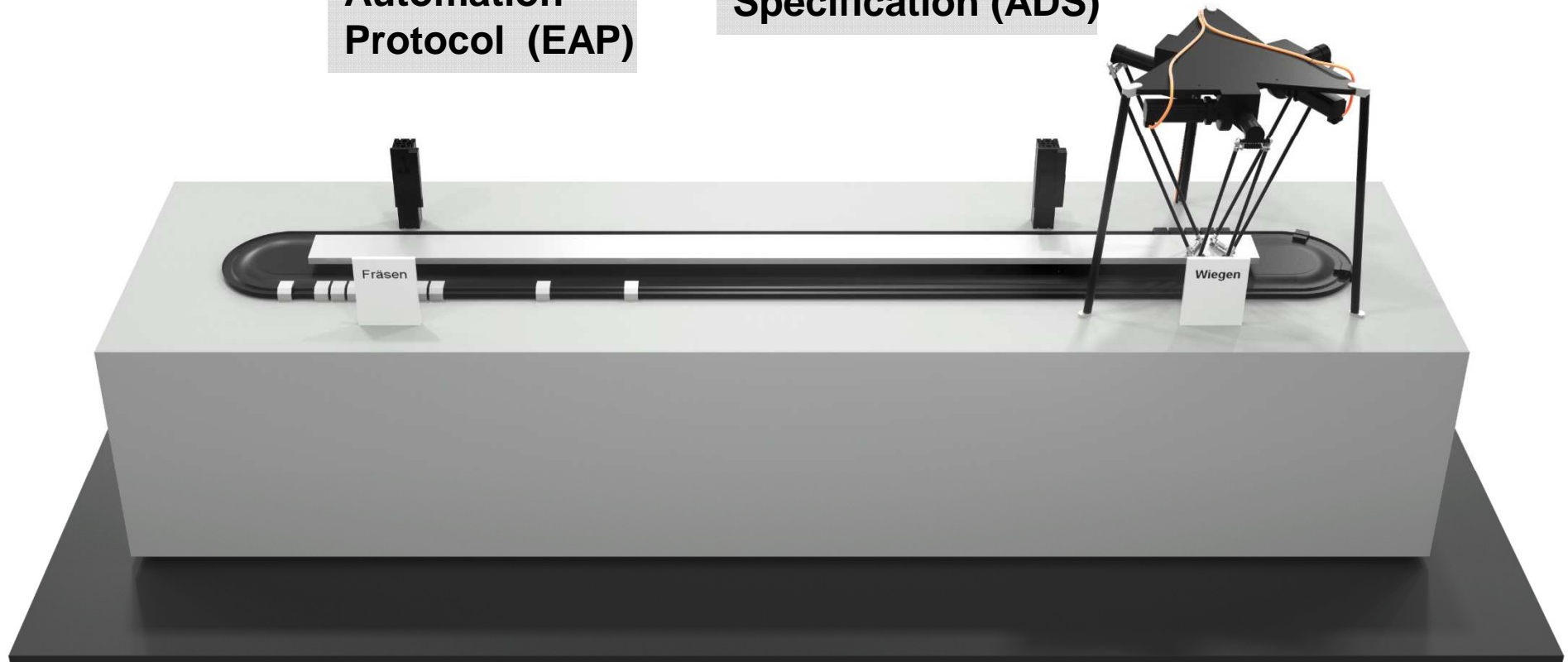


Sichere horizontale and vertikale Kommunikation

**OPC Unified
Architecture
(OPC UA)**

**EtherCAT
Automation
Protocol (EAP)**

**Automation
Device
Specification (ADS)**



Technologie-Demonstration einer Smart Factory

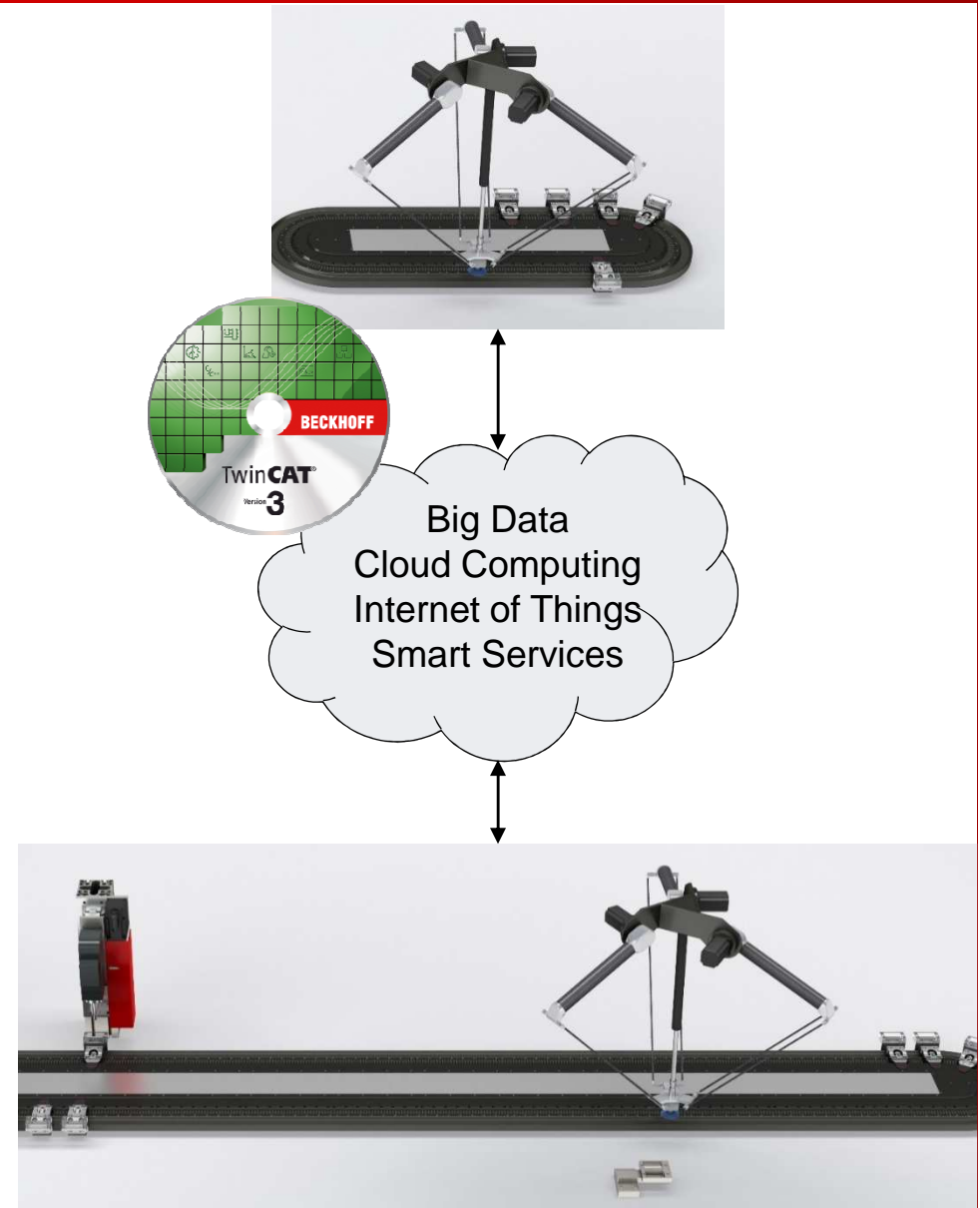


▪ **Kommunikation mit der Managementebene - MES/ERP-Anbindung**

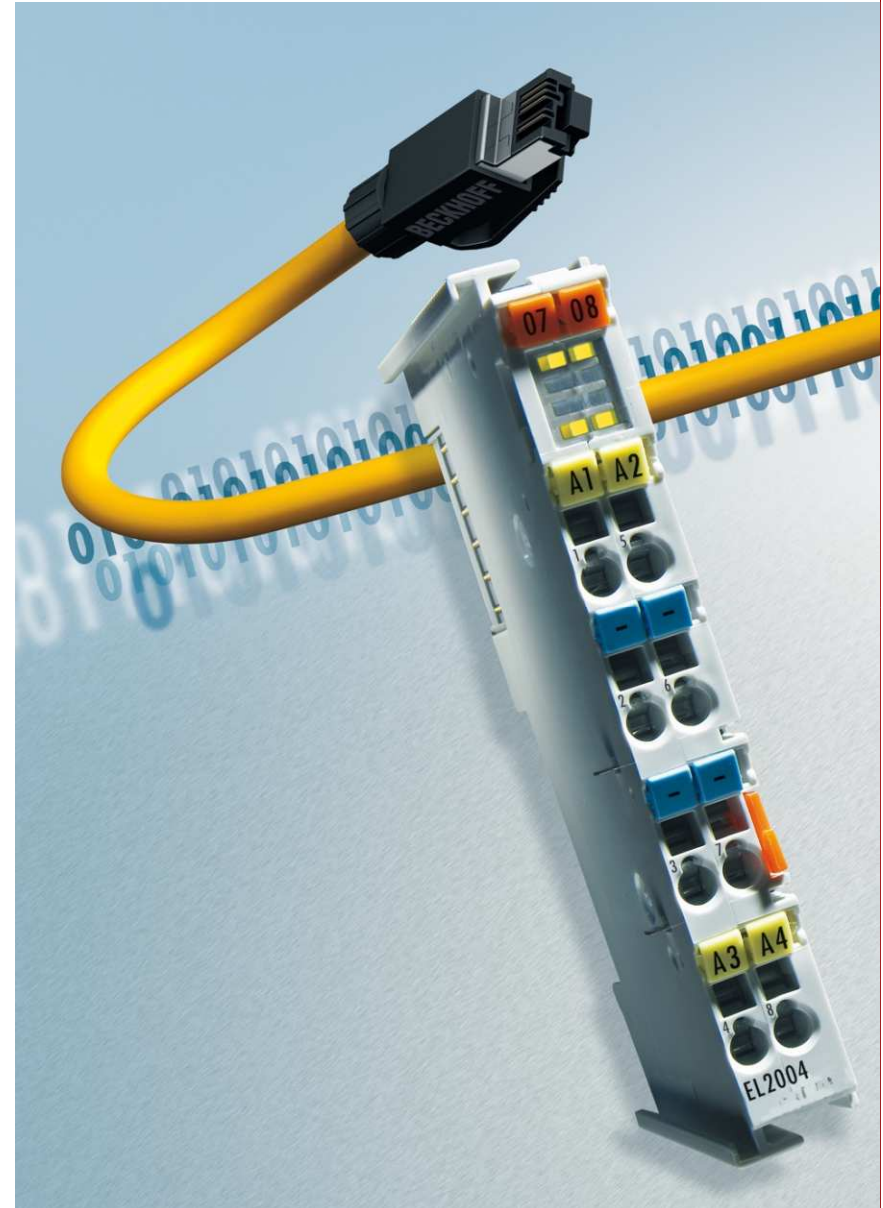
- Prozessautomatisierung über EAP, ADS und OPC UA
- Zeitliche Anforderungen im Bereich von wenigen Sekunden bis Millisekunden
- Kommunikation umfasst folgende Aspekte: Security, Authentifizierung, Alarming, Trending, historische Daten, dienst-basierende Kommunikation, etc.

▪ **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 μ 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

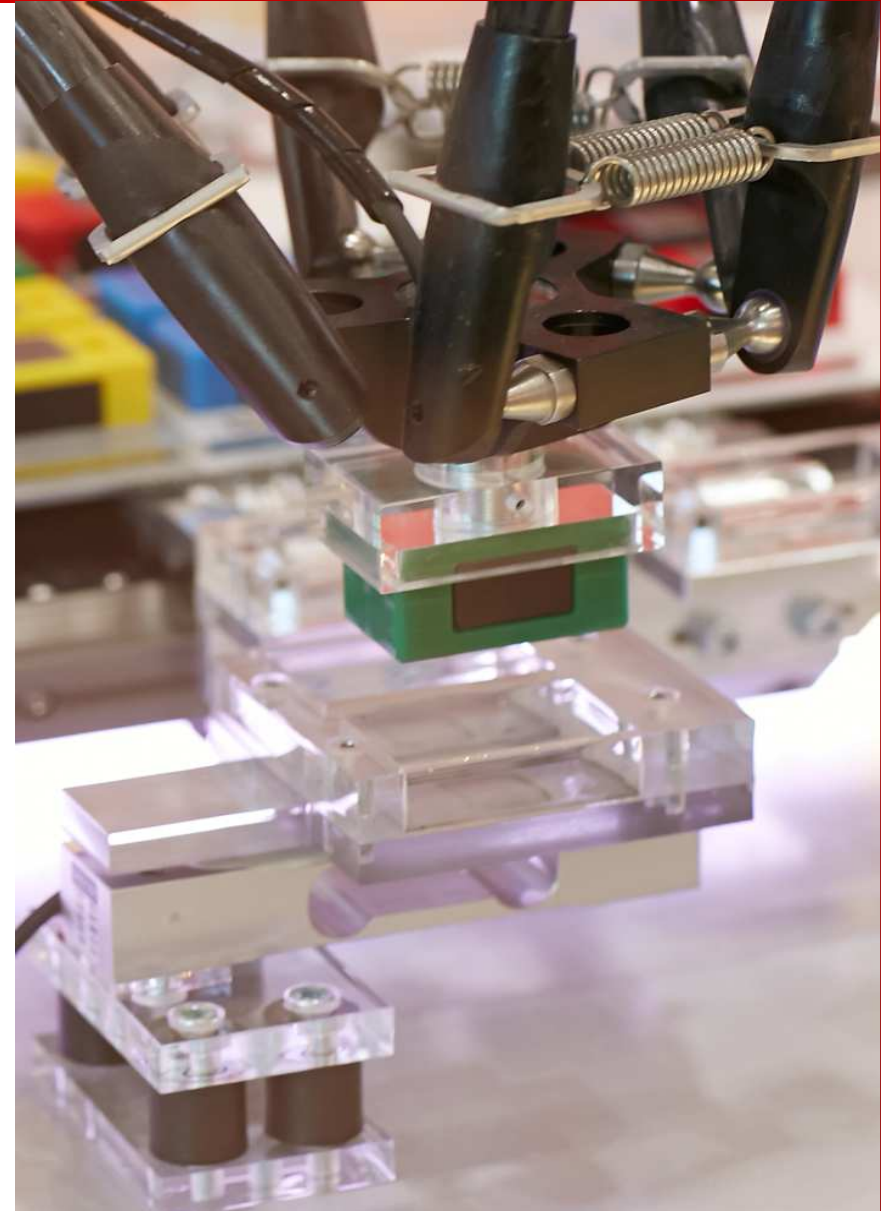


Technologie-Demonstration einer Smart Factory



- **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



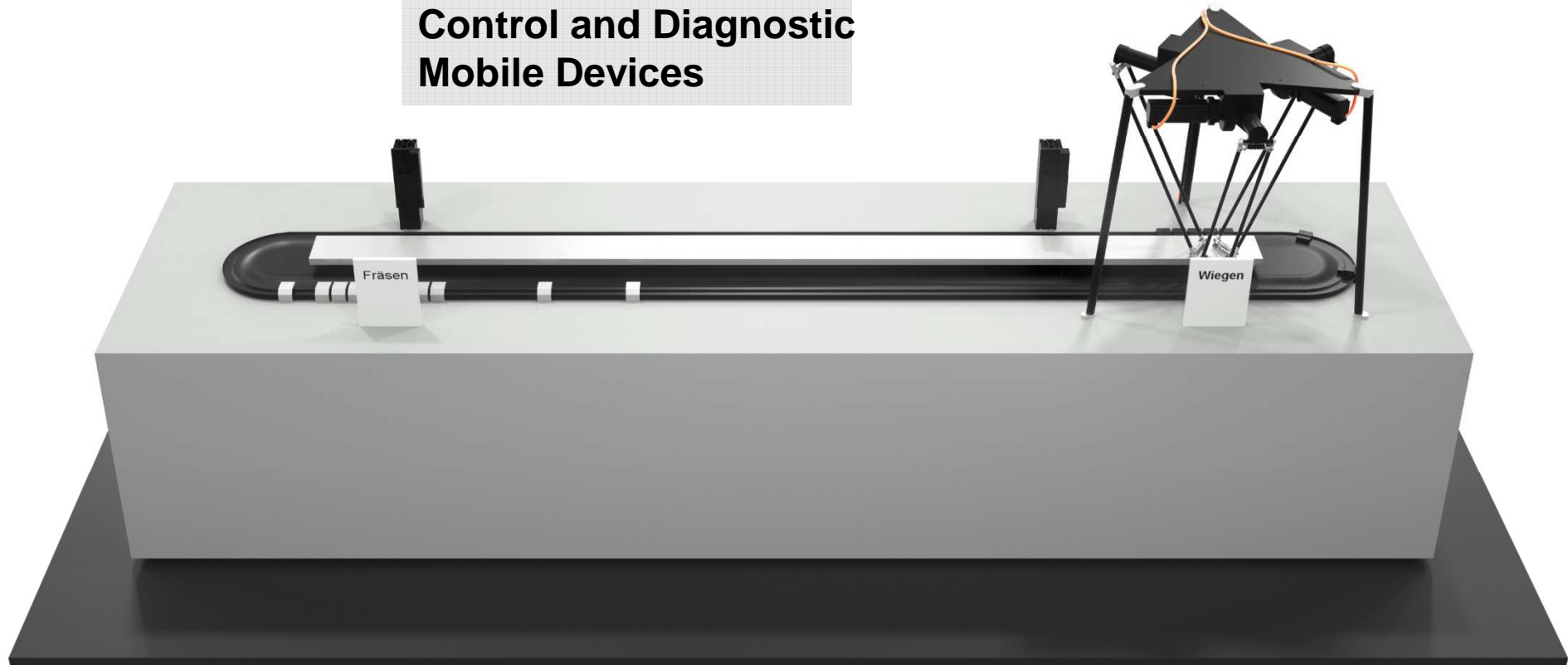
Der Mensch als zentrale Schnittstelle der vernetzten Produktion



**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



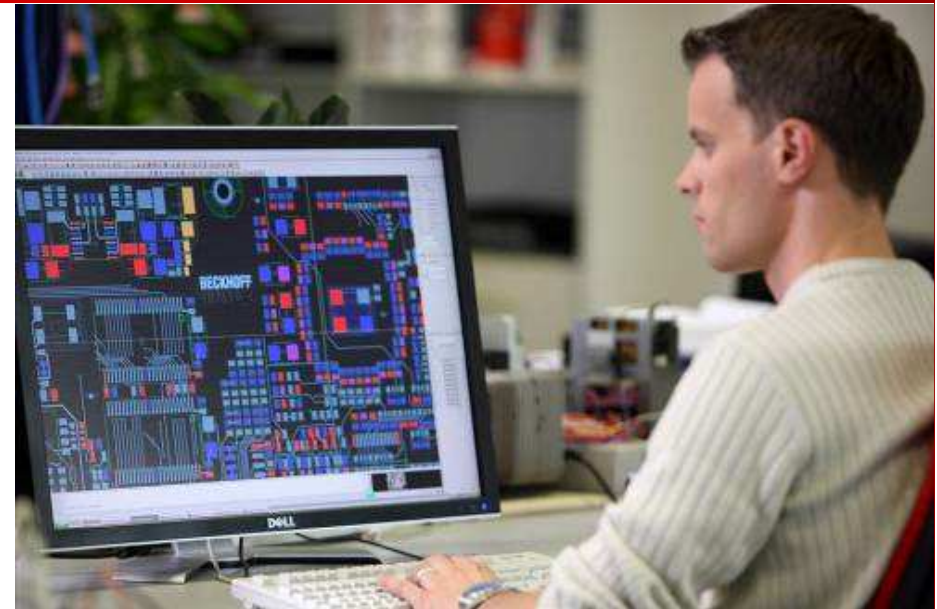
- **Control and diagnostics – Mobile Devices**
 - Mobile Devices (Smartphone, Tablet-PCs) können nach Einlesen von QR-Codes oder direkter Eingabe der Webadresse folgendes anzeigen: aktuelle Daten über Energieverbrauch, Verfügbarkeit der Anlage, Fehlermeldungen und Auftragsstatus
 - Aktuelle und historische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



Durchgängiges und integratives Engineering über den gesamten Produktlebenszyklus



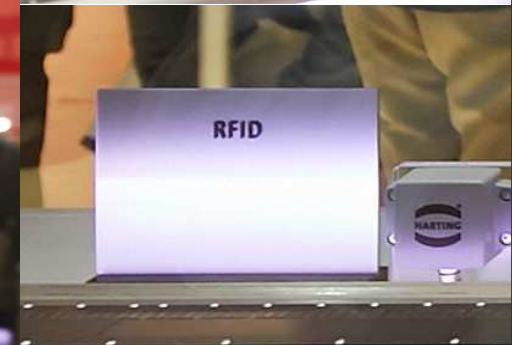
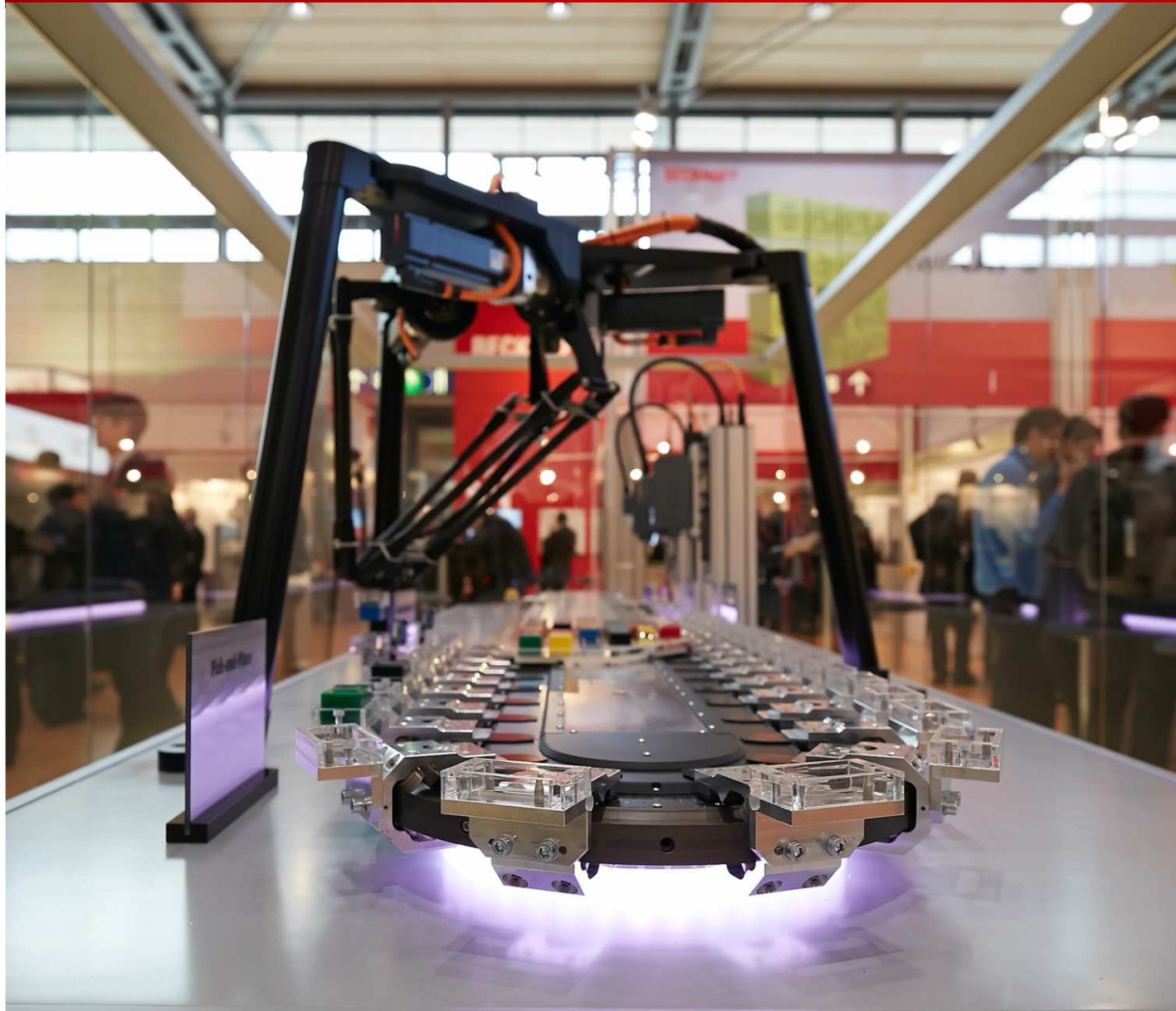
- Automatisierungsplattform TwinCAT 3
- Programmierung in IEC 61131-3 und den Sprachen C bzw. C++
- Objektorientierung, Modularisierung
- Integration von Matlab®/Simulink®
- TC Condition Monitoring Bibliothek
- Datenauswertung und Visualisierung mit TwinCAT 3 Scope
- TwinCAT XCAD – Datenaustausch zwischen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

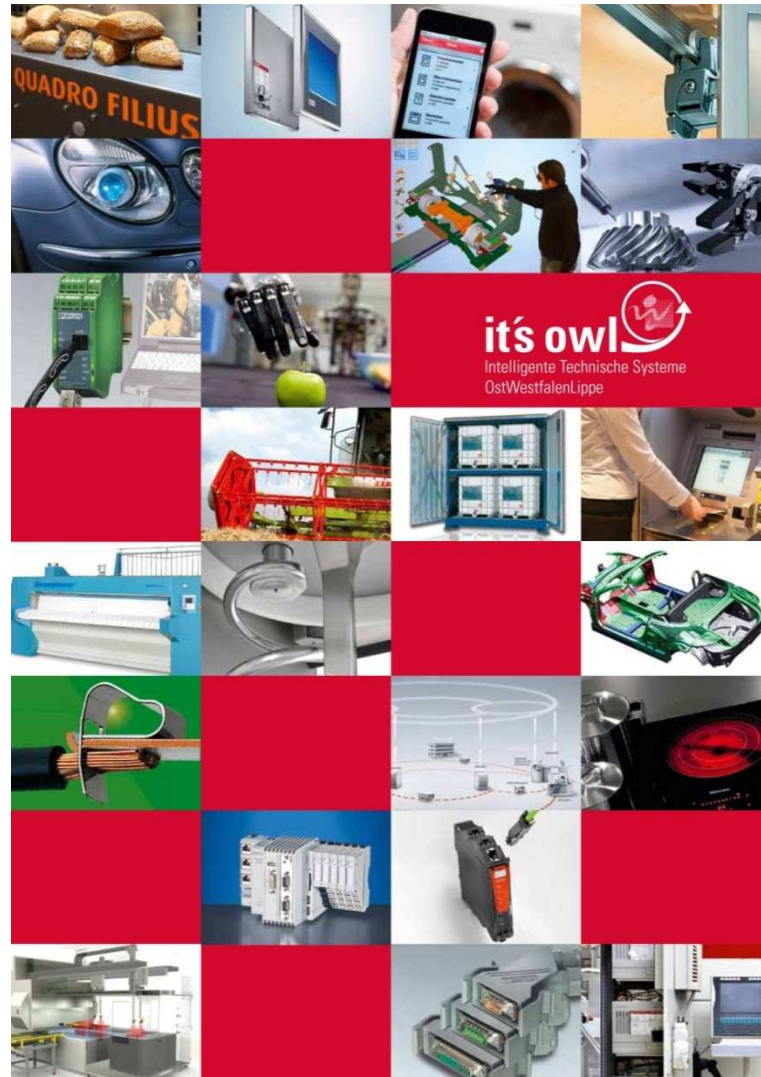


Ministerium für Innovation,
Wissenschaft und Forschung
des Landes Nordrhein-Westfalen



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:



HEINZ NIXDORF INSTITUT
Universität Paderborn



FH Bielefeld
University of Applied Sciences

BECKHOFF



nobilia



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



BETREUT VOM

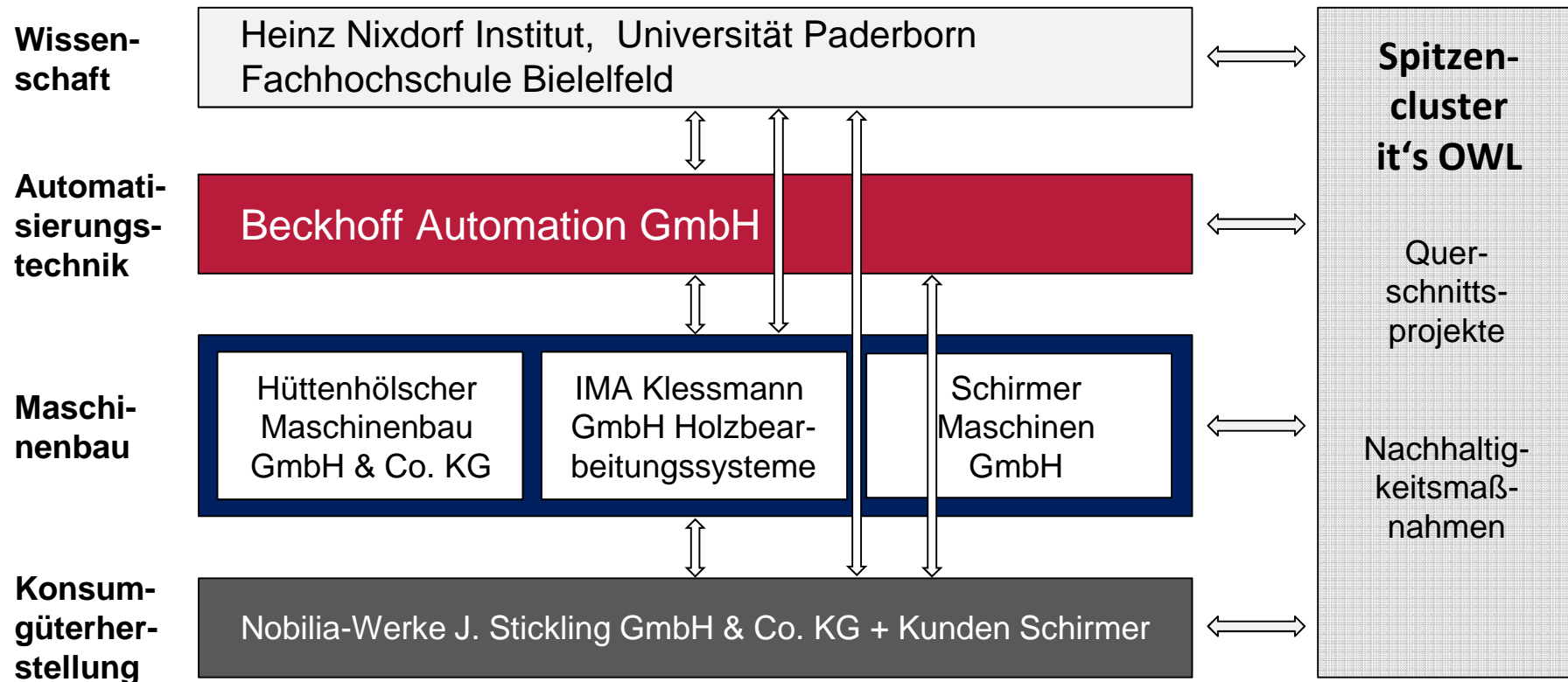


PTKA
Projektträger Karlsruhe
Karlsruher Institut für Technologie



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

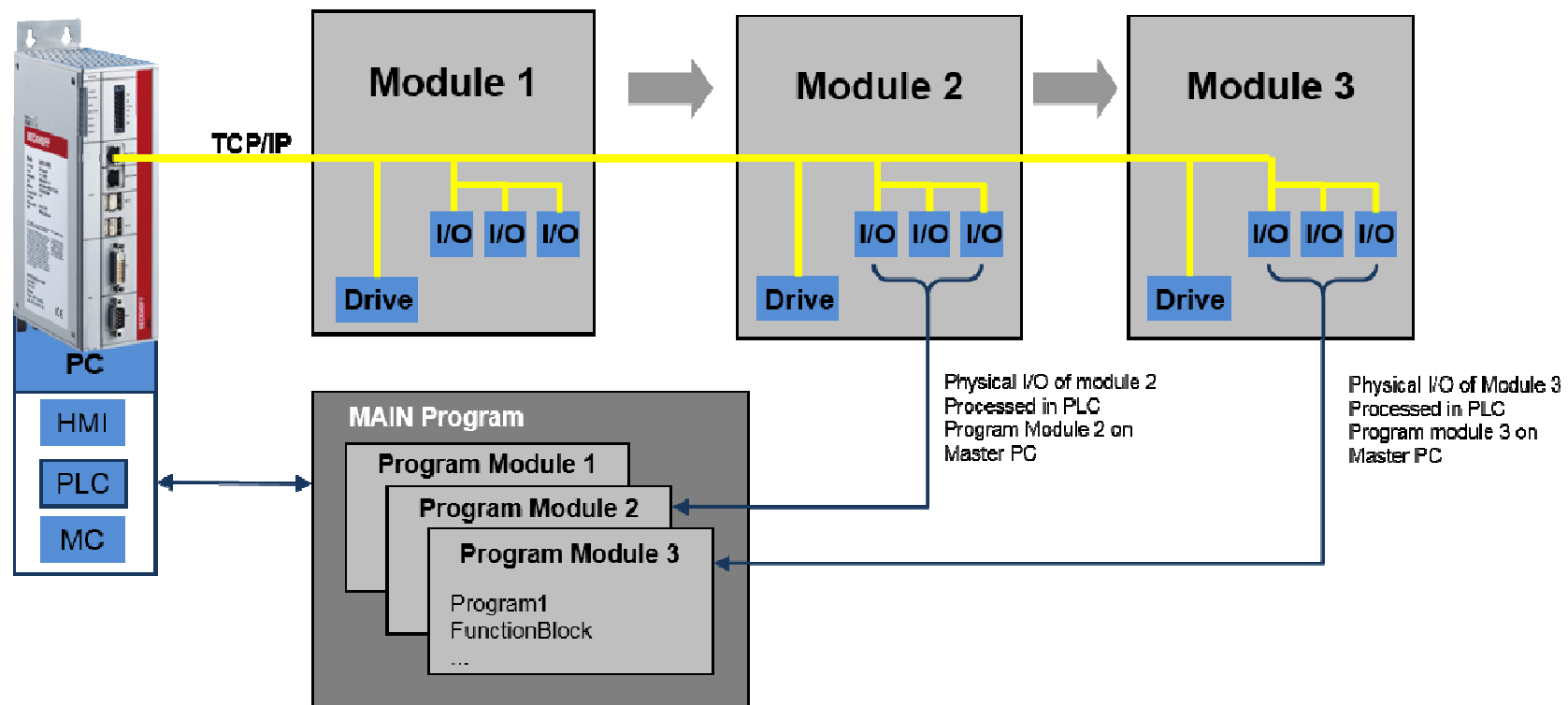
- Erprobung und Weiterentwicklung der Many-Core-Technologie unter Nutzung des Industrie-Servers C6670



Innovationsprojekt efa – Extreme Fast Automation

Steuerungskonzepte

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

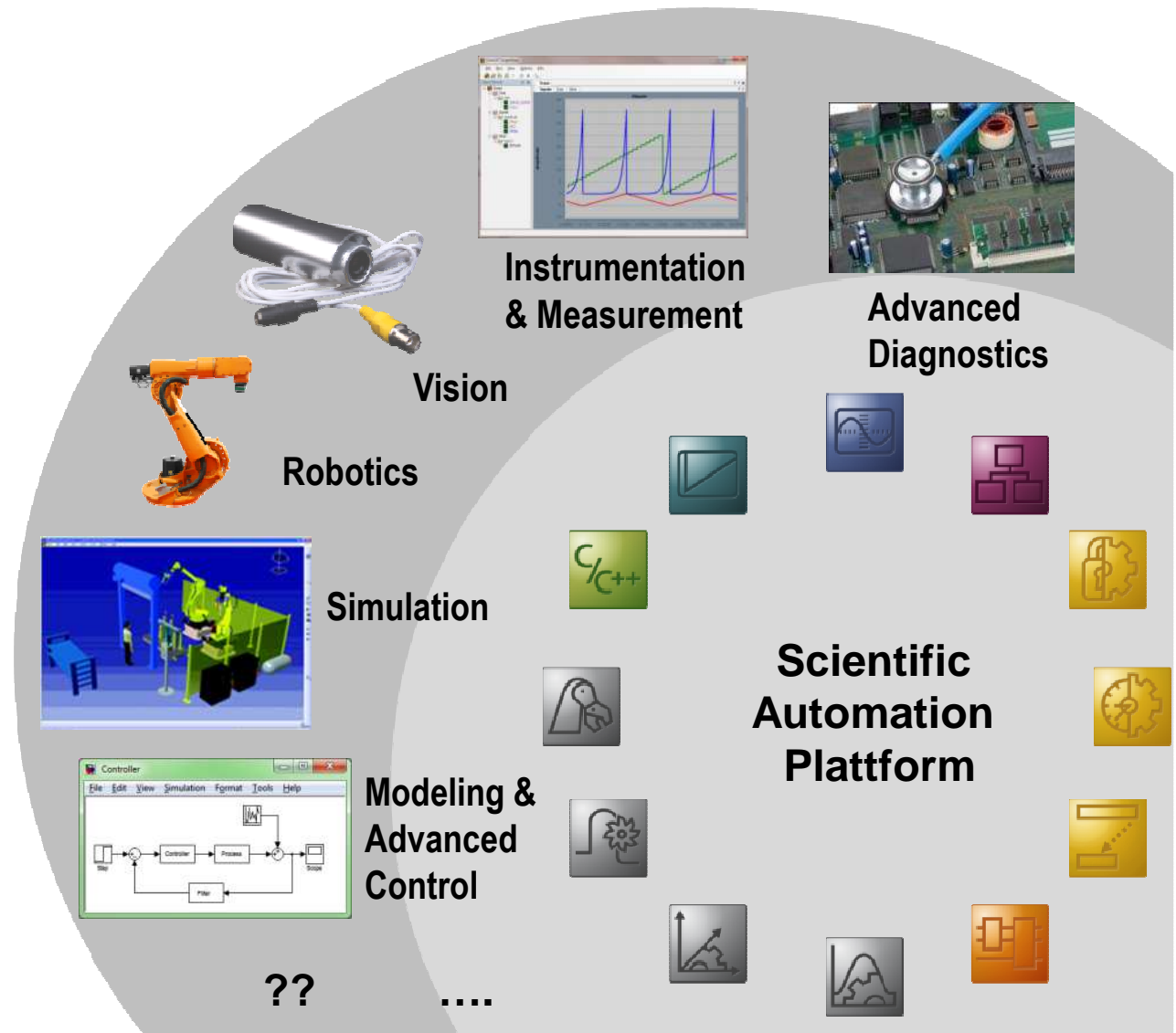


Leitprojekt ScAut – Scientific Automation

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

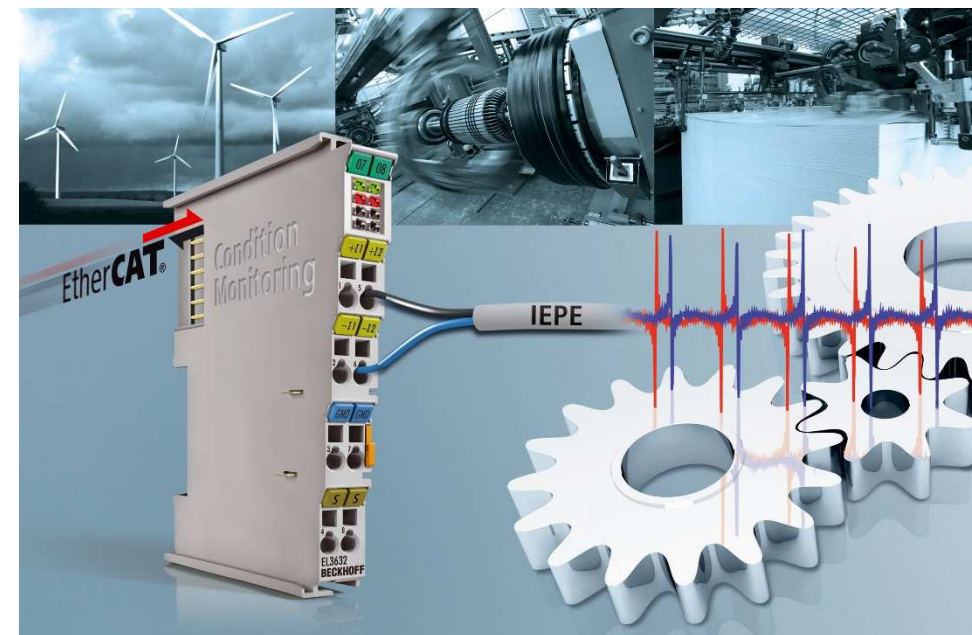
Condition Monitoring (Ausschnitt)

- 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

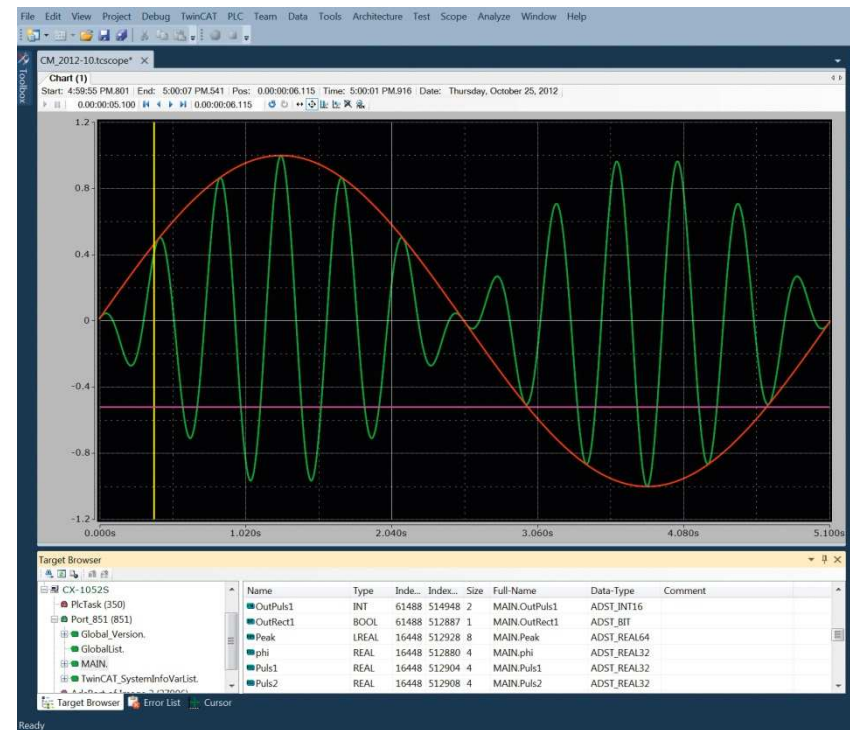
Power Management (Ausschnitt)

- 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

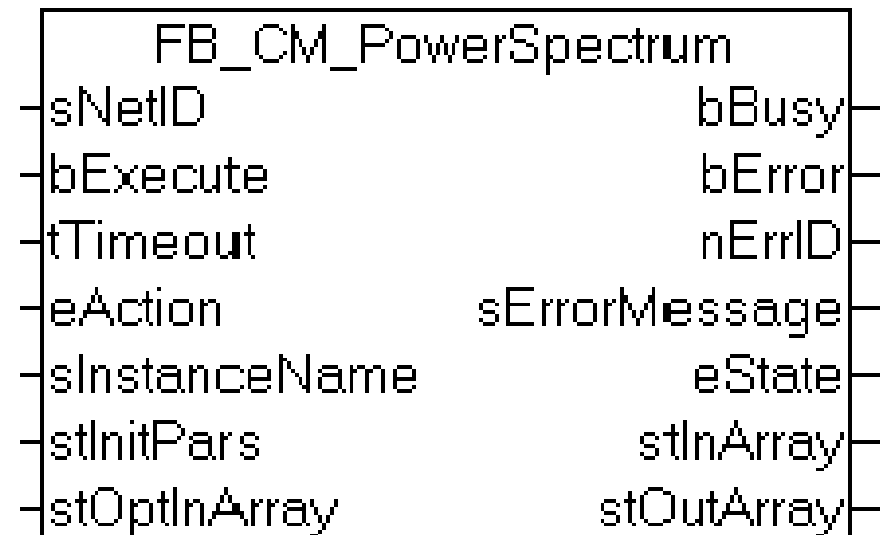
Power Management (Ausschnitt)

- 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

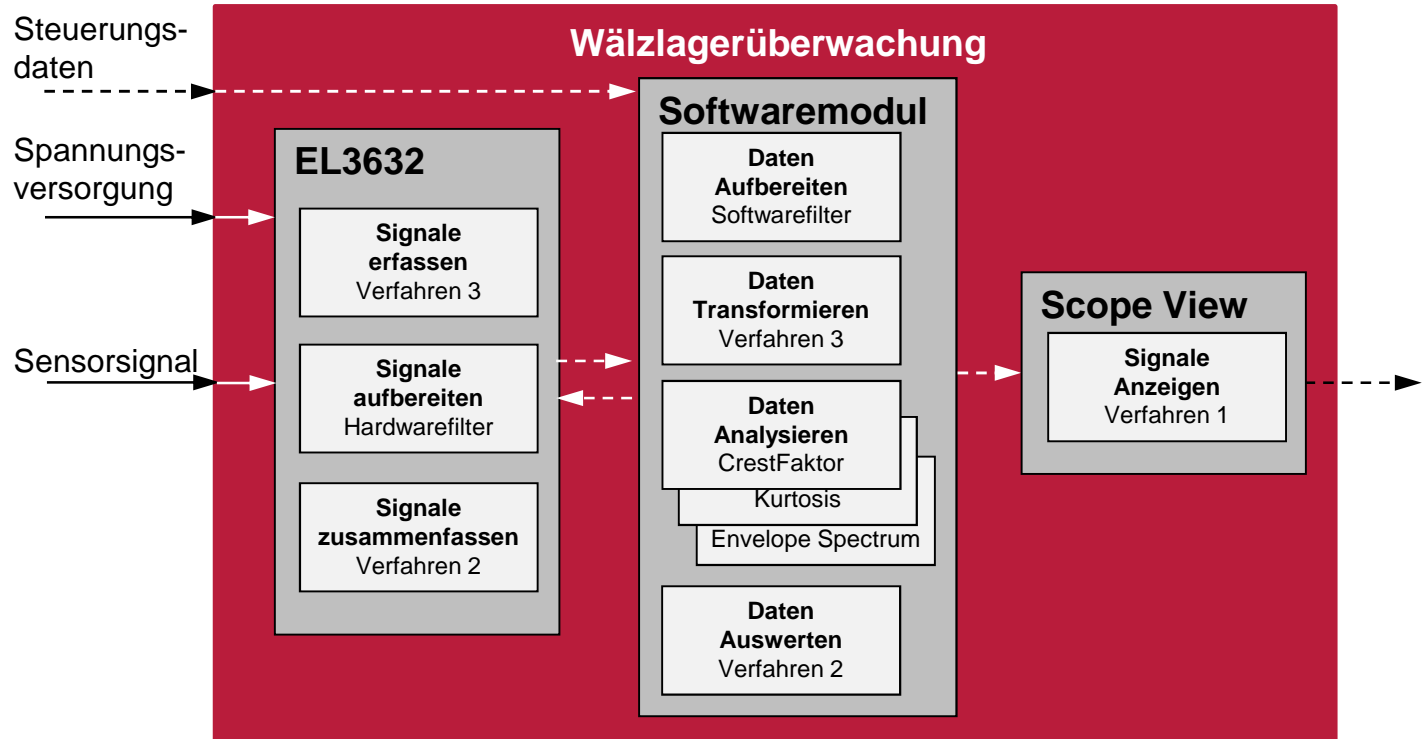
- TwinCAT
- Gantt-Charts

Power Management

- Energieeffizienz
- Energiedaten

Condition Monitoring (Ausschnitt)

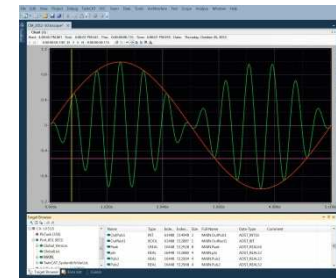
- Power Spektrum
- **Wälzlagerüberwachung**
- Werkzeugbruchkontrolle
- Wuchten von Spindeln, Rädern



```

FB_CM_PowerSpectrum
- sNetID          bBusy
- bExecute        bError
- tTimeout        nErrID
- eAction          sErrorMessage
- sInstanceName  eState
- stInitPars      stInArray
- stOptInArray    stOutArray

FB
fIn          fOut
fManValue    eState
eMode        eErrorId
stParams     bError
    
```



Einsatz von Scientific Automation Lösungselementen

Ergebnisse

Condition Monitoring

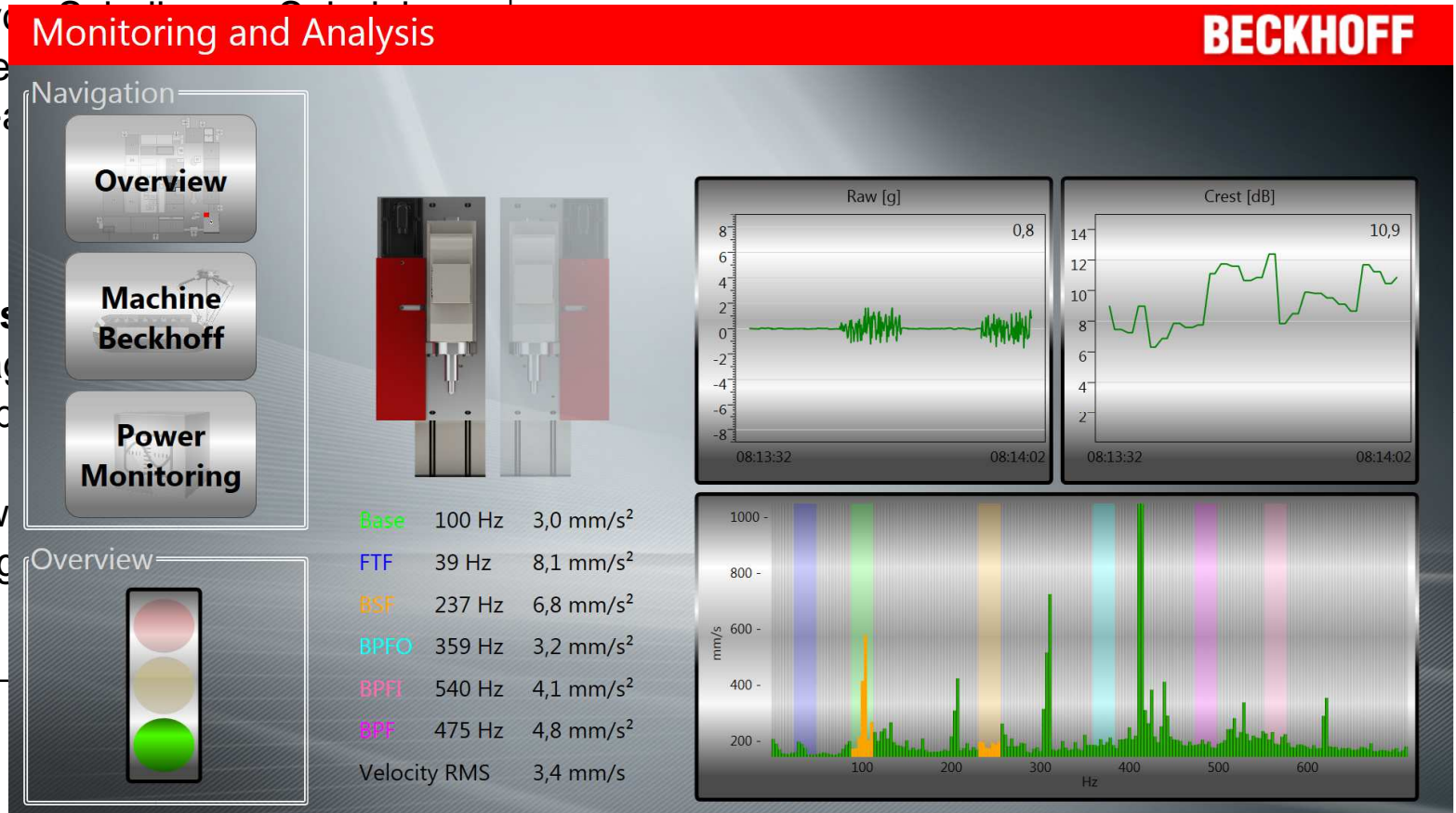
- **ScAut-Demonstrator: Überwachung der Wälzlager an Bohrspindeln,**

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!



- Industrie 4.0 bringt einen Innovationsschub für die produzierende Industrie und steigert die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands
- Automatisierungstechnik bildet die Basis für:
 - horizontale und vertikale Kommunikation
 - Zentrale cyber-physikalische Datenerfassung, -analyse und -interpretation
 - durchgängigen Entwurf über den Produktlebenszyklus
- aktuelle Lösungen von Beckhoff zeigen das Potential von Industrie 4.0 auf
- Forschungen zu Industrie 4.0 werden Produktivität und Nachhaltigkeit weiter erhöhen



BECKHOFF

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**

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

