



VORSPRUNG AUTOMATION

THEMENAUFGABE 1.2017

# INDUSTRIE 4.0 / INTERNET OF THINGS

publish  
industry  
verlag

**SYSTEM-ON-CHIP  
FÜR AUTOMATISIERUNG**

## MULTITALENT MIT SPEED

**PREDICTIVE MAINTENANCE**

Machine-Learning-Methoden nutzen s. 14

**TRANSPORTROBOTER**

Flexibler Materialtransport s. 18

**DEEP LEARNING**

Produktionsprozesse optimieren s. 24



TITELBILD-SPONSOR: RENESAS ELECTRONICS

# VERBINDET DIE WELT DER AUTOMATISIERUNG MIT DEM INTERNET OF THINGS



## Der PFC200 von WAGO – Die sichere Basis für den Weg aus der Feldebene

- Leistungsstarke Steuerung mit integriertem 3G-Modem und Standard-Mini-SIM-Karte
- Drahtlose Datenübertragung über große Distanzen
- GPRS-Verbindung zum Internet und bidirektionale Kommunikation via SMS
- Höchste Sicherheitsstandards dank IPsec und OpenVPN

[www.wago.com/pfc200](http://www.wago.com/pfc200)

**WE  
INNOVATE!**



**Besuchen Sie uns:  
Halle 11, Stand C72**

**WAGO**



## Benchmarking

Oft hat man das Gefühl, Maschinen und Komponenten werden kommunikationsfähig gemacht, ohne zu wissen, lässt sich mit den auslesbaren Daten dann eigentlich etwas Sinnvolles machen. Natürlich sind Anwendungen wie Condition Monitoring und Predictive Maintenance die naheliegenden Anwendungen. Dann hilft das Sammeln und Auswerten aller Maschinendaten, um Transparenz in die eigene Produktion zu bekommen.

Essentiell sollte jedoch bei aller Digitalisierung und Vernetzung die Grundfrage sein: Wie kann ich die Daten meiner Maschine nutzen, um mein Produkt zu verbessern oder einen Mehrwert für Kunden zu setzen. Und wie können wiederum meine Produkte Daten generieren, die Mehrwerte für mich und die Kunden ermöglichen?

Hier gibt es sehr spannende Ansätze! Stellen Sie sich vor, der Hersteller einer Werkzeugmaschine bekommt von all seinen Maschinen bei den Kunden die auslesbaren Daten: Mit welcher Taktung wird die Maschine betrieben, welche Lastspitzen treten wann auf, wie ist die Auslastung und wann sind Stillstandszeiten, wie oft werden Werkzeuge gewechselt oder welche Energieaufnahme und Temperaturen gibt es. Abgesehen von der Möglichkeit, Services wie Predictive Maintenance anzubieten, erhält der Hersteller ein komplettes Bild, wie seine Maschinen eingesetzt werden. Jetzt kann dieses Auslastungsszenario vom Durchschnitt aller Kunden wieder jedem einzelnen Anwender als Service zur Verfügung gestellt werden. So sieht jeder Kunde, wie die eigene Maschine im Vergleich zur Gesamtheit verwendet wird und er kann den Einsatz optimieren – Benchmarking in Echtzeit zu Konkurrenzunternehmen, die ebenfalls diese Maschinen verwenden.

In diesem Sinne wünsche ich Ihnen viel Freude beim Lesen unseres Magazins und erkenntnisreiche Momente.

**Christian Vilsbeck**, Chefredakteur A&D

# Enabling Industrie 4.0

Enabling  
4.0

Mehrwert für Sie und  
Ihre Kunden – durch  
smarte Lösungen



  
**BAUMÜLLER**

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



Besuchen Sie uns auf  
der Hannover Messe 2017:  
24.–28. April 2017  
**Halle 14, Stand H12**



be in motion

## Auftakt



- 5 BRANCHENGEFLÜSTER  
**Ohr am Markt**  
Aktuelle Meldungen
- 6 BILDREPORTAGE  
**Automation hautnah**  
Multirotor-Drohnen bald in den  
Werkhallen von Audi?
- 8 TITELTHEMA  
**Multitalent mit Speed**  
Ein Chip mit integriertem  
Applikations- und Kommunikati-  
onsblock
- 10 TITELINTERVIEW  
**„Multiprotokoll-Lösung aus  
einem Guss“**  
Ziele und Hintergründe der neuen  
RZ/N1 Familie

## Rubriken

- 3 Editorial
- 26 Firmenverzeichnis
- 26 Inhaltsverzeichnis

## Predictive Maintenance



- 12 INSTANDHALTUNG  
**Maximale Sicherheit**  
Das Netzwerk mit tausenden  
Analysegeräten gesichert
- 14 ANLAGENSTILLSTÄNDE REDUZIEREN  
**Abkühlung bei Stillstand**  
Machine-Learning-Methoden mit  
Algorithmen statt Grenzwerten
- 16 DATENANALYSE IN DER INDUSTRIE  
**„Dort ansetzen, wo die Kosten  
lauern“**  
Die Rolle von Predictive Analytics  
in der produzierenden Industrie

## Autonome Transportroboter



- 18 FAHRERLOSE TRANSPORTSYSTEME  
**Flexibler Materialtransport**  
Intelligenter Materialfluss in der  
Fabrik der Zukunft
- 20 KOMMISSIONIERUNG MIT TORU  
**Roboter im Warenlager**  
Automatisierte Abholung
- 22 FAHRERLOSE TRANSPORTFAHRZEUGE  
**„Autonom allein reicht nicht“**  
Auf Modelle mit Schwarmintelli-  
genz spezialisiert

## Vernetzte Produktion



- 24 DEEP LEARNING  
**Das Auge der Produktion**  
Bildverarbeitung ermöglicht  
Produktionsoptimierung
- 27 DIGITALE WERTSCHÖPFUNGSKETTE  
**Daten vom Anfang bis zum  
Ende nutzen**  
Lösungen des Zukunftsprojekts  
Industrie 4.0
- 30 IN DIE ZUKUNFT INVESTIEREN  
**Wabe für Wabe bis zur Smarter  
Factory**  
Das Know-how für die Fabrik der  
Zukunft

# OHR AM MARKT

Aktuelles aus der Automatisierungswelt

## 4. INNOVATIONSDIALOG

Die **Zukunftsallianz Maschinenbau** veranstaltet gemeinsam mit dem Unternehmen **Schmersal** den 4. Innovationsdialog. Das zentrale Thema der Veranstaltung lautet: Erfolgsstrategien und strategische Werkzeuge für den dynamischen Wandel. Hierzu lädt Schmersal am 6. April 2017 in seine Hauptverwaltung in Wuppertal ein. Informationen zum Programm finden Sie unter: <http://www.industr.com/2208104>

## STÄUBLI ERNENNT ROBOTIK-CHEF

Ab sofort ist Gerald Vogt für das internationale Robotergeschäft von **Stäubli Tec-Systems Robotics** verantwortlich. Bereits 2014 hatte er die Geschäftsführung in Bayreuth übernommen. Nun erfolgte die Ernennung zum Group Division Manager. Vogt will den Wachstumskurs fortsetzen und die Marktführerschaft im Bereich Food anstreben.

## GESCHÄFTSLEITUNG ERWEITERT

Seit der Unternehmensgründung im Jahr 1987 verantwortete Thomas Punzenberger die Geschäftsleitung von **Copa-Data** eigenständig. Nun verteilt das Familienunternehmen die Verantwortlichkeiten auf ein dreiköpfiges Team um. Punzenberger widmet sich als CEO künftig verstärkt den Aufgaben im Bereich „Produkt und Innovation“. Stefan Reuther übernimmt als CSO die Vertriebs- und Geschäftsentwicklung, während Phillip Werr in Zukunft die Bereiche „Marketing und Organisation“ als CMO/COO verantwortet.

## NEUER VERTRIEBSLEITER

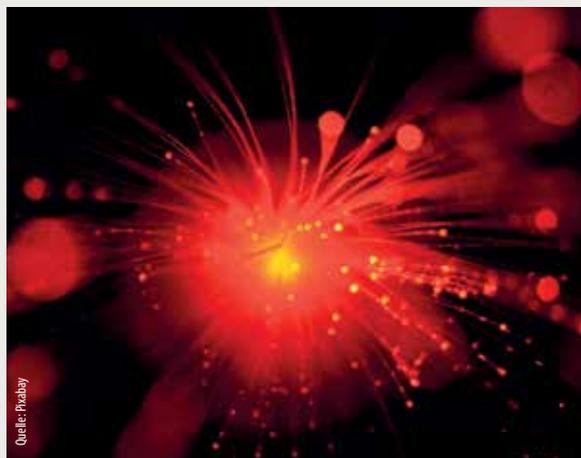
Zum 1. Januar 2017 hat Boris Baumann den Vertrieb Deutschland für die Industrie-Sparte bei **Schaeffler Technologies** übernommen. Damit löst er Bernhard Acht ab, der nach 26 Jahren bei Schaeffler in den Ruhestand tritt. Baumann verfügt über mehr als 20 Jahre Vertriebs- und Außendienstenerfahrung im Unternehmen. Zuletzt war er für die Leitung Außendienst Industrie Deutschland zuständig.

## Breitbandausbau für den digitalen Wandel

Breitbandanschlüsse haben nach Ansicht des Zentralverbands Elektrotechnik- und Elektroindustrie (ZVEI) mittlerweile denselben Stellenwert wie die Verfügbarkeit von Energie und Verkehrsanbindung. Eine leistungsstarke und flächendeckende Infrastruktur sei deshalb der Schlüssel für die Digitalisierung und damit die Voraussetzung für die internationale Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands. „Der Breitbandausbau muss langfristig gedacht werden, damit wir den digitalen Wandel schaffen“, mahnt Dr.

Klaus Mittelbach, Vorsitzender der Geschäftsführung des ZVEI. Der Verband fordert daher für Industrie und Gewerbe bis 2025 flächendeckend Zugang zu Gigabitnetzen. Laut Mittelbach seien die industrietauglichen Anschlüsse mit

Datenraten im Gigabitbereich, sowohl im Download als auch im Upload, mini-



Der ZVEI fordert flächendeckenden Zugang zu Gigabitnetzen für Industrie und Gewerbe.

malen Latenzen und geringem Jitter nur durch den Einsatz von Glasfaserkabeln sicherzustellen. Auch für die Versorgung des nächsten Mobilfunkstandards 5G werde eine flächendeckende Glasfaserinfrastruktur benötigt.

## Snowden auf der CeBIT 2017



Edward Snowden spricht über den amerikanischen Datenschutz.

Edward Snowden hat sich bereits in der Vergangenheit kritisch über Donald Trump geäußert. Nun nimmt er auf der diesjährigen CeBIT Stellung zum Thema Datenschutz unter dem neuen US-Präsidenten. Per Videoschaltel meldet sich Snowden am Dienstag, 21. März, um 17:30 Uhr aus Russland. Unter dem Hashtag #ESatCGC17 können Interessierte über Twitter und auf der Facebook-Page der CeBIT Fragen an den früheren Geheimdienstmitarbeiter richten.

# AUTOMATION HAUTNAH

Als fliegende Kamerastative sind sie nicht mehr wegzudenken: Multirotor-Drohnen. Sie liefern faszinierende Bilder aus der Vogelperspektive. Auch zu Versorgungsflügen in unzugängliche Gebiete brechen die unbemannten Flugobjekte häufig auf. Audi testet derzeit einen weiteren interessanten Einsatzzweck: den automatisierten Teiletransport in den Werkhallen.

TEXT: Audi BILD: Stefan Warter



### Expressdrohnen

Bei Audi in Ingolstadt wird der Großteil des Warentransports in der Serienproduktion über flurgebundene Förderfahrzeuge abgewickelt; diese bringen die Bauteile zu vorgegebenen Zeiten an den jeweils gewünschten Ort. Doch das etablierte System hat Grenzen: Im seltenen Fall einer Nachbestellung, dem sogenannten Eilabruf, kann es unter Umständen zu längeren Wiederbeschaffungszeiten kommen. Der direkte Weg durch die Luft wäre in diesem Fall eine schnelle Alternative.

Bisher hat Audi den Luftraum in den Produktionshallen noch nicht für Transportzwecke genutzt – das könnte sich bald ändern. Seit einigen Monaten erproben die Logistiker den Nutzen von Transportdrohnen für den automatisierten Teiletransport in den Werkhallen. Anfang September 2016 war erstmals eine Drohne für den Transport von Bauteilen in der Audi-Fertigung unterwegs – auf Testflügen, an einem produktionsfreien Tag. Die definierte Versuchsstrecke der elektrisch angetriebenen UAV (unmanned aerial vehicles) führte dabei größtenteils geradeaus durch die Halle der Audi A3-/Q2-Produktion. Sie enthielt aber auch eine Richtungsänderung nach rechts und zwei nach links. Die eingesetzten Drohnen – mit vier aus Sicherheitsgründen eingehausten Rotoren – führten die zuvor programmierten Flugmanöver ohne Probleme durch.

System-on-Chip für Automatisierung

# MULTITALENT MIT SPEED

Klein, schnell und leistungsfähiger ist gut – reicht aber für anspruchsvollere Anwendungen in der industriellen Automation nicht mehr aus. Mit der neuen Produktfamilie RZ/N1 hat Renesas in jede Richtung gedacht und einen Chip mit integriertem Applikations- und Kommunikationsblock inklusive Echtzeit-Switch entwickelt. Kostenfallen und Komplexität sind damit passé.

TEXT: Monika Feiser für Renesas Electronics BILDER: Renesas Electronics; iStock, OSTILL

Wenn es um ihre Wertschöpfungsketten geht, nutzen Unternehmen jeden einzelnen Hebel. Die Marge sitzt bekanntlich an jedem Stellschräubchen. In den Wertschöpfungsnetzen von Industrie 4.0 hingegen hapert es vielfach noch an diesen Ansatzpunkten. Effizienzhebel greifen hier nicht, wenn Verbindungsstücke fehlen oder Anlagen und Stationen in der industriellen Automation nur locker verknüpfen, etwa weil an einigen Knotenpunkten noch ein gemeinsamer Kommunikationsstandard fehlt. Informationen müssen fließen, damit es auch der Wertestrom kann.

Die Weiterentwicklung der industriellen Automation Richtung Industrie 4.0 baut auf cyber-physikalische Systeme auf, die Netzwerke aus Sensoren und Aktoren mit Technologien wie etwa der Internet-Kommunikation in Echtzeit verknüpfen. Und in solchen verwobenen und eingebetteten Systemen sitzen mehr Stellschrauben als in einfachen Kettenstrukturen. Da geht es zwar wie im klassischen Management der Prozesse um viel Leistung und Geschwindigkeit der Hardware, aber auch um die Routinen und Flexibilität, die Software einbringen kann. Vor allem aber bietet das Prinzip Einfachheit vielfältige Ansatzpunkte für die Effizienzhebel in komplexen Systemen wie der industriellen Automation.

Angepasste Software-Struktur, keine überfrachtete Hardware-Architektur, Multiprotokoll-Fähigkeit: Das Prinzip Einfachheit entlastet die Implementierung von Anwendungen für den automatisierten Betrieb – und greift besonders gut in der Entwicklung anspruchsvoller Produkte wie Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS), industrielle Switches oder auch HMI-Applikationen, die sich in die unterschiedlichsten Anwendungen und Netzwerk-Topologien einpassen müssen. In der neuen RZ/N1 Familie stecken all diese Ansatzpunkte drin. Renesas Electronics hat die Produktlinie gezielt für die Anforderungen in den Wertschöpfungsnetzen der industriellen Automation entwickelt. Der Chip-Spezialist baut damit gleichzeitig auf das Konzept von Vorgänger-Bausteinen wie R-IN32M3 und RZ/T1 auf, das die klassischen Stellschrauben hoher Performance und niedriger Leistungsverbrauch mit Multiprotokoll-Fähigkeit und Echtzeit-Kommunikation verbindet.

## Architektur mit Flexibilität

Kern der neuen Lösung: Renesas hat Kommunikationsblock und Applikationsblock gemeinsam auf einem Chip integriert und über eine transparente Kommunikations-API für den ungehinderten

Datenaustausch verbunden. Diese besondere Kommunikationsschnittstelle bildet eine Anpassungsschicht für zahlreiche gängige Industrie-Protokolle und sorgt auf diese Weise für die funktionale Unabhängigkeit von Applikation und Kommunikation. Und genau darin sitzt ein wichtiger Hebel für die Entwicklungs-Effizienz von Netzwerk-Applikationen. Entwickler können nun etwa Kommunikationsprotokolle für unterschiedliche Geräte ohne große Änderungen in der Anwendungs-Software austauschen: Dieselbe Geräte-Anwendung kann mit jedem anderen gängigen Industrie-Protokoll laufen, das unter dieser sogenannten Unified Communication API implementiert worden ist. Diese Vereinfachung korrespondiert mit betriebswirtschaftlichen Kennzahlen wie Time-to-Market, Entwicklungsaufwand und -kosten oder auch der Einsatzflexibilität.





Renesas bringt 2017 mit der neuen RZ/N1 Familie drei Chips auf den Markt: Die Dual-Core-Lösung RZ/N1D mit zwei ARM Cortex-A7 CPUs sowie den kleineren RZ/N1S mit einem Core. Der kleinste Chip RZ/N1L wird ohne separaten Applikationsblock mit der in der R-IN Engine befindlichen ARM Cortex-M3 CPU geliefert.

## Weniger Komplexität

Ein weiterer wichtiger Ansatz: Als Single-Chip-Lösung nimmt der RZ/N1 viel Komplexität aus dem Design. Damit entfallen viele typische Problematiken, mit denen sich Entwickler-Teams üblicherweise auseinandersetzen müssen. So haben sie bislang einen industriellen Switch oder eine Leiterplatte aus diversen separaten Komponenten mit entsprechend vielen Schnittstellen aufgebaut. Das verlangt mehr Platz, treibt die Verlustleistung nach oben und bedeutet zudem ein höheres Risiko, wo Zuverlässigkeit gefragt ist. Das 2-in-1-Konzept reduziert Fehlerquellen und Handling von Bauteilen, was auch für mehr Investitionssicherheit sorgt – zumal sich die vielen nützlichen Funktionalitäten über die beiden unabhängig arbeitenden Blöcke voll ausschöpfen lassen.

## Unabhängige und starke Blöcke

Die R-IN Engine, die Renesas bereits erfolgreich in anderen Produktfamilien als klar definierten und unabhängigen Block einsetzt, bildet den Kommunikationsblock. Darin arbeitet eine ARM Cortex-M3. Hardware-Beschleuniger unterstützen die CPU

und ermöglichen so Echtzeit-Kommunikation mit extrem kurzen Zykluszeiten. Denn was SPS und Switches in anspruchsvolleren Automatisierungs-Anwendungen benötigen sind geringer Jitter, möglichst kleine und konstante Verzögerungen bei der Kommunikation. Zudem ist ein isochrones Verhalten mit identischer Zeitbasis für synchrone Prozesse in allen Netzwerkknoten zwingend notwendig. RZ/N1 hat dafür einen 5-Port Echtzeit-Switch mit verschiedenen Kommunikations-Controllern integriert, um beispielsweise als Gateway zwischen zwei unterschiedlichen Ethernet-Protokollen übersetzen zu können. Zudem verfügt der Switch über eine HRS/PRP-fähige Hardware, weil der Wertestrom in Industrie-4.0-Anwendungen hochverfügbare, redundante Netzwerke braucht. Den Sicherheits-Aspekt hat Renesas generell mehrschichtig bedient, etwa auch mit Funktionalitäten wie Secure Boot und Kryptographie.

Im Applikationsblock laufen je nach Ausführung des RZ/N1 eine oder zwei ARM Cortex-A7 CPUs, womit die neue Lösung über reichlich Performance beispielsweise für typische Micro/Nano-PLC-Applikationen verfügt. Die Applikationsseite ist mit etlichen Interfaces für verschiedenste Anwendun-

gen versehen. Weil sich in Industrie 4.0 die Mensch-Maschine-Schnittstelle als wichtiger Ansatzpunkt für die Durchgängigkeit der Prozesse herauskristallisiert, hat Renesas die neue Produktlinie auch mit einem HD-Displaycontroller ausgestattet, mit dem sich HMI-Anwendungen implementieren lassen.

## Implementieren ganz einfach

Das Prinzip Einfachheit steckt auch im Software-Konzept, das dem Grundmuster der asymmetrischen Multi-Core-Architektur und ihrer hohen Flexibilität folgt: Der Kommunikationsblock setzt auf dem  $\mu$ TRON Real-Time-Betriebssystem auf. Und auf dem Applikationsblock läuft Linux, sodass den Entwicklern der Wettbewerbsvorsprung offensteht, der sich aus der Ideenvielfalt der Open-Source-Welt ergibt.

Auch den Einstieg in die neue Produktfamilie RZ/N1 gestaltet Renesas einfach mit einem umfangreichen Solution Kit, mit Entwicklungs-Board, Beispiel-Software und allen erforderlichen Treibern. Es gibt Entwicklern mehr als nur eine Idee davon, wie es ist, sich künftig voll auf die Applikation konzentrieren zu können – und zu sehen, wo all die Hebel sitzen. □

# „Multiprotokoll-Lösung aus einem Guss“

Mit der neuen RZ/N1 Familie hat Renesas einen Chip mit integriertem Applikations- und Kommunikationsblock inklusive Echtzeit-Switch entwickelt. Ognen Basarovski, Senior Product Manager, und Andreas Schwope, Principal Engineer, erläutern die Ziele und Hintergründe.

**FRAGEN:** Roland R. Ackermann für A&D **BILDER:** Renesas Electronics

## *A&D: Welche Anwendungen adressieren die neuen Multiprotokoll-Chips RZ/N1?*

Basarovski: Mit der erweiterten Prozessor- und Netzwerkleistung der RZ/N1 Produktlinie haben wir unser Portfolio an Industrial-Communication-Chips ergänzt. Nun bieten wir einen Multiprotokoll-Kommunikations-Baustein auch für performantere Anwendungen des Automatisierungszentrums an. Das heißt, ein Chip, der ausreichend Leistung bietet, damit man PLCs oder HMI-Lösungen abbilden kann, mit uneingeschränkter Unterstützung für industrielle Netzwerke. Wir haben vor rund vier Jahren den R-IN32M3 als Multiprotokoll-Chip vorgestellt,

der primär für Endpunktanwendungen auf der Feldebene geeignet ist. Er unterstützt ein breites Spektrum von industriellen Ethernet-Protokollen. Auf Basis dieses R-IN32M3 gibt es seit zwei Jahren den RZ/T1, der insbesondere für Motion Control geeignet ist. Alle drei Produktfamilien basieren dabei auf der R-IN Kommunikations-Engine. Die Akzeptanz im Markt hat bewiesen, dass die R-IN Engine eine zukunftssichere Lösung ist.

Schwope: Es zählen zwei Aspekte. Wir erweiterten die Performance und haben als wichtigeren Teil einen zusätzlichen

Funktionsbereich erschlossen. Vorher war es eben der Industrial-Ethernet-Controller R-IN32M3, der im Wesentlichen für Slave-Applikationen sinnvoll ist, während jetzt beim RZ/N1 durch mehr Performance und auch funktionale Erweiterungen über die Switches oder das Display-Interface andere Applikationsbe-



*„Bei uns ist alles aus einem Guss, aber mit voller Flexibilität. Auf unserer Multi-Core-Architektur kann man letzten Endes alles programmieren, was und wie man will.“*

**Andreas Schwope, Principal Engineer,  
Renesas Electronics**

reiche möglich sind. Und die Performance geht einher mit der internen Struktur, also Multi-Core sowie anderen Arten von Schnittstellen, so dass anspruchsvollere Anwendungen wie PLC, HMI oder industrielle Switches entwickelt werden können, die mit zwei Ports nicht auskommen.

*War das ein von Renesas initiiertes Schritt in die Zukunft, eine logische Weiterentwicklung Ihrer Roadmap oder erfüllten Sie Kundenwünsche?*

Basarovski: Sowohl als auch. Die RZ/N1 Spezifikation ist eng mit Renesas Kun-

den abgestimmt und gleichzeitig eine logische Erweiterung. Mit der RZ/N1 Familie haben wir einen auf der R-IN Engine basierten Kommunikationsblock und einen Applikationsblock gemeinsam auf einem Chip integriert. Die Blöcke sind über eine transparente Kommunikations-API verbunden. Je nach Ausführung befinden sich auf der Applikationsseite eine oder zwei Cortex-A7 CPUs, mit reichlich Performance etwa für Micro/Nano-PLC-Applikationen. Zudem ist mit dem RZ/N1 und der neuen Softwareplattform der Wechsel zwischen verschiedenen Kommunikationsprotokollen recht einfach geworden.

*Können also auch Kunden ohne tiefgreifende Kenntnisse der Protokolle den RZ/N1 einsetzen?*

Schwope: Das ist definitiv ein Gesichtspunkt, der hier eine Rolle spielt. Renesas liefert neben der RZ/N1 Hardware bereits vorintegrierte und vorzertifizierte Protokoll-Stacks, die auf der R-IN Engine laufen und über eine einheitliche Software-Schnittstelle an die Applikation angebunden werden. Die unterschiedlichen Stacks bestehen häufig aus vergleichbaren Funktionen und Parametern. Die Applikation hat daher eine gewisse Abhängigkeit zu den Stacks. Jedoch wird die An-

*„Unsere Hardware ist offen, so dass der Kunde beliebig Software und selbst entwickelte Stacks unkompliziert und mit wenig Zeitaufwand portieren kann.“*

Ognen Basarovski, Senior Product Manager,  
Renesas Electronics



bindung unterschiedlicher Stacks an die Applikation unserer Kunden durch die einheitliche Schnittstelle zur R-IN Engine deutlich vereinfacht.

**Die R-IN Engine übernimmt also die gesamte Kommunikation im Produkt?**

Schwope: Ja, und zwar bereits im R-IN32M3. Die R-IN Engine besteht aus einem CPU-System mit internem Speicher, einem Industrial-Switch und bestimmten Hardware-Beschleunigern, die die Echtzeit-Performance erhöhen. Diese sorgen neben der Geschwindigkeitssteigerung dafür, dass einerseits die CPU entlastet, andererseits die Verlustleistung des Systems verringert wird. Antworten auf Events oder Interrupts geschehen einfach schneller und vor allem mit deutlich weniger Jitter. Das heißt, die Varianz einer Antwortzeit ist extrem gering. Dieses ist vor allem für isochrone Echtzeit-Netzwerke von enormer Wichtigkeit, weil alle Teilnehmer darin zeitidentisch agieren müssen. Die R-IN Engine ist also der Basisblock für isochrone Kommunikation innerhalb eines Systems und ist bisher im R-IN32M3 und RZ/T1 sowie jetzt auch im RZ/N1 enthalten.

**Die R-IN Engine ist aber nicht alles...**

Schwope: Genau. Daneben ist der RZ/N1 auf der Applikationsseite mit einer oder zwei Cortex A7-CPU's für z. B. Managed-Switch-Applikationen und Gateways ausgestattet. Die Betriebssysteme Linux

bzw. VxWorks agieren hier unabhängig von der R-IN Engine und können über einen dedizierten Kommunikationskanal Informationen mit ihr austauschen.

Basarovski: Eine der Besonderheiten liegt in der Ausgestaltung der API zur Anwendungssoftware. Über diese ‚Unified Communication API‘ können Kommunikationsprotokolle, welche unter dieser API implementiert worden sind, ohne große Änderung in der Anwendungssoftware ausgetauscht werden. Auch eine einfache Migration zwischen Renesas Kommunikations-Bausteinen ist mit geringem Aufwand möglich. Das vereinfacht den Entwicklungsprozess und senkt die Kosten.

**War eine Single-Chip-Lösung Ausgangspunkt Ihrer Überlegungen?**

Schwope: Das ist ein allgemeiner Trend, doch in unserem Falle macht er besonders Sinn, weil wir es mit Echtzeit zu tun haben. Je enger die Bereiche Applikation und Kommunikation in einer gemeinsamen Hardware- und Software-Architektur zusammenhängen und miteinander agieren, desto einfacher ist es, eine extreme Echtzeit-Performance auch hinzukriegen. Echtzeit heißt ja nur ‚Antwortgarantie innerhalb eines definierten Zeitraums‘, der auch rein theoretisch eine Stunde betragen könnte. Doch hier reden wir über Hochgeschwindigkeit, beispielsweise in Motorsteuerungssapplikationen. In diesen können sich Achsen mit mehr als 1000 U/min drehen, deren Positionen

100-mal oder mehr pro Sekunde abgescannt und mit einem Sollwert verglichen werden, und aus deren Abweichung dann eine Korrektur errechnet werden muss. Und das bei Netzwerken in großen Maschinen, deren Ausdehnung zuweilen Hunderte von Metern betragen kann. Dennoch ist die Echtzeit nur ein Aspekt. Ebenso wichtig sind, neben den Kosten, die hohe Performance und die geringe Verlustleistung des RZ/N1.

**Spricht nicht auch eine erhöhte Sicherheit für die Single-Chip-Lösung?**

Schwope: Stimmt. In Ein-Chip-Lösungen lassen sich die Datenprozesse komplett integrieren, während Boards und Busse vom Security-Aspekt her im Prinzip offen sind und daher nicht überall sicher sein können. So lässt sich beispielsweise auf einem Board ein Logikanalysator zwischenschalten, mit dem das Mitlesen und die Analyse der Prozesse einfach wird.

**Wie weit sind Sie mit dem RZ/N1?**

Basarovski: Lead-Kunden erhielten Evaluation-Boards, und Rückmeldungen zeigen, dass diese mit der exzellenten Verbindung von Hardware und Software sehr zufrieden sind. Geliefert wird unser Produkt ab März. Weil die Technologie ausgereift ist, ist die Zahl der Überraschungen deutlich gesunken, obwohl die RZ/N1 Familie von der Architektur her deutlich komplexer ist als vor drei Jahren der R-IN32M3. □



## Predictive Maintenance

# Maximale Sicherheit sensibler Daten

Die Instandhaltung von Diagnostikgeräten über das Internet ist nicht jedem geheuer. Trotzdem setzt ein Medizintechnikhersteller auf einen zentralen Zugriff auf seine Produkte. Eine Security-Lösung für Industrie4.0-Anwendungen sichert das Netzwerk mit tausenden Analysegeräten.

TEXT: Raphael Vallazza, Endian BILD: iStock, olm26250

Durch das Konzept von Industrie 4.0 eröffnen sich für Maschinen- und Anlagenbauer neue Chancen: Effizienz und Kundenzufriedenheit lässt sich mit Hilfe von zentraler Fernüberwachung der Geräte steigern. Die aus den Maschinen überlieferten Daten bilden die Basis für eine vorausschauende Instandhaltung und gleichzeitig auch dafür, Produkte zu verbessern. Um das Vertrauen in diese Technik zu garantieren, hat die Datensicherheit dabei oberste Priorität. Bei manchen Branchen ist das Thema Datensicherheit ein besonders sensibler Punkt wie in der Medizintechnik. Sind die medizinischen Geräte einmal mit dem Internet verbunden, können sie auch das Ziel möglicher Cyberattacken werden. Falls es Angreifern gelingt die Geräte mit Schadsoftware zu infizieren, ist eine Ausbreitung auf die gesamte IT-Infrastruktur der Kunden oft nicht mehr aufzuhalten. So wurden zum Beispiel im vergangenen Jahr in einigen Krankenhäusern in Deutschland und den USA Daten von Hackern verschlüsselt und damit Patienten gefährdet.

## Zugriff auf Maschinen

Der Medizintechnikhersteller Werfen baut trotz dieser Herausforderungen auf das Potenzial von Industrie 4.0 und der Predictive Maintenance. Die Geräte des Unternehmens im Bereich In-vitro Diagnostika (IVD) werden zur Analyse von Blut- oder Gewebeprobe eingesetzt. Zusätzlich zur Herstellung übernimmt Werfen auch die Instandhaltung seiner Produkte. Krankenhäuser und Laboratorien weltweit sind Abnehmer der IVDs. Die Instandhaltung der Geräte hat bei Werfen einen hohen Stellenwert.

Für Maschinenüberwachung, Log-Sammlung und Wartungen wurden Techniker bislang zu zeitintensiven Vor-Ort-Einsätzen entsandt. Einen zentralen und sicheren Zugriff auf ihre Maschinen zu etablieren, war demnach ein erklärtes Ziel des Medizintechnikherstellers. Da die Geräte beim Kunden in unterschiedlichste IT-Infrastrukturen eingebunden sind, musste eine



Lösung gefunden werden, die quer über alle Betriebssysteme und technische Umgebungen stabil und global funktioniert.

### Security-Lösung für Endpunkte

Für die Sicherung des Netzwerks und aller angeschlossenen Endpunkte lieferte der Security-Hersteller Endian das passende Produkt: Endian Connect ist eine Security-Lösung, die speziell für Industrie4.0-Anwendungen entwickelt wurde. Mit ihr können beliebig viele Endpunkte eingebunden werden und alle mobilen Endgeräte sind integrativer Bestandteil. Kunden können zwischen einer Hardware, Software Cloud oder On-Premise-Lösung wählen. „Zwei wichtige Ziele haben wir mit Endian erreicht“, sagt Elena Lattuada, Werfen International Service Manager. „Bei gleicher Servicequalität haben wir die Produktivität unserer Belegschaft vergrößert und die Response-Zeiten verringert.“

Das Kernelement von Endian Connect bildet das Switchboard. Das ist ein Management-Tool zur zentralen Verwaltung von Nutzern, Geräten und Berechtigungen. Ein wichtiges Feature ist die Mandantenfähigkeit: User bekommen Zugriff auf genau die Funktionen, die für sie relevant sind. Werfen kann damit den Fernzugriff seiner Techniker zentral verwalten und sehr detaillierte Nutzungsrechte übertragen. In Abhängigkeit davon, auf welche Maschinen zugegriffen werden soll und welche Maßnahmen dort durchgeführt werden dürfen, können Anwendern oder Anwendergruppen unterschiedliche Berechtigungsstufen zugeordnet werden. Eine sichere Fernwartung der Geräte wird über einen VPN-Tunnel garantiert, der eine geschützte Verbindung zwischen den Endpunkten aufbaut. Damit eignet sie sich für den

zentralen Management-Zugriff, sowie den Datenaustausch in Echtzeit. Die übermittelten Daten sind die Basis für Predictive Maintenance.

Endian bietet seine Technik auch als OEM an. Werfen nutzt diese Option und integrierte in das Endian Switchboard sein Customer-Support-Portal. Dieses Managementsystem wurde über eine API-Schnittstelle angebunden und ermöglicht Ingenieuren und Technikern von Werfen den Zugriff auf die Geräte beim Endkunden. Somit kann das technische Personal mit einem bereits bekannten Tool arbeiten, was als Hilfe empfunden wird. Jede Werfen-Maschine wird mit einem 4i-Gerät von Endian ausgestattet. Diese Security Gateways bieten Sicherheit und Verschlüsselung in Industrie-Umgebungen inklusive Firewall, VPN, IPS (Intrusion Prevention System) und 3G- beziehungsweise 4G-Mobilfunk. Der SSL-VPN-Client ist einfach zu konfigurieren und unterstützt alle wichtigen Betriebssysteme wie Microsoft Windows, Mac OS X und Linux. Auch ein anwenderfreundlicher mobiler Zugriff für alle Geräte mit iOS oder Android ist möglich.

### Viele Analysegeräte verbunden

Damit jede Endian Anwendung schnell konfiguriert und einsetzbar ist, wurde das Switchboard USB Provisioning Tool entwickelt. Werfen konnte damit einige Anwendungen in Betrieb nehmen, indem das Gateway mit dem zentralen System und den vorkonfigurierten Einstellungen verbunden wurde. Die meisten Maßnahmen werden per Fernzugriff durchgeführt. Das Projekt startete 2012 – seitdem sind tausende Analysegeräte mit dem Switchboard verbunden worden. □

# ABKÜHLUNG BEI STILLSTAND

Das kann richtig viel Geld kosten. Das Risiko für ungeplante Anlagenstillstände können Fabrikbetreiber mit Predictive Maintenance reduzieren. Interessant wird die Vorhersage jedoch erst durch Machine-Learning-Methoden, die anstatt Grenzwerte Algorithmen einsetzen.

TEXT: Bosch Rexroth BILDER: Bosch Rexroth; iStock, zhaojankang

Kontinuierlich produzierende Großanlagen wie Papier- und Zuckerfabriken, Gummi-Mischanlagen oder Stahlwerke erreichen bei Stillstandskosten pro Stunde mindestens vierstellige Summen. Häufig sind die Kosten sogar deutlich höher, wenn zum Beispiel in einer Papierfabrik das Schwerlasthandling ausfällt, das die Baumstämme in die Anlage einführt. Zu den Ausfallkosten kommen die Eil-Aufschläge bei den Reparaturen. Meist sind die Betreiber ohne Zögern bereit, für die am schnellsten verfügbaren Ersatzteile nahezu jeden Preis zu zahlen. Dieses wirtschaftliche Risiko verringern Betreiber bislang vor allem dadurch, dass sie in den fest eingeplanten Wartungspausen kritische Bauteile vorsorglich und damit viel häufiger wechseln als notwendig.

„Wir wissen aus zehntausenden Anwendungen, dass Verschleißvorhersagen extrem komplex sind, weil die Anwendungen so unterschiedlich sind“, sagt Tapio Torikka. Bei Bosch Rexroth hat er die Entwicklung von Odin (Online Diagnostics Network) Predictive Maintenance geleitet, mit dem die eingangs beschriebenen Maschinenstillstände verhindert werden können. Die Belastbarkeit und Lebenserwartung identischer Komponenten können im Minenbetrieb unter freiem Himmel am Polarkreis ganz anders sein als in einer Gießerei mit sehr viel konstanteren Umgebungsbedingungen. „Besonders

bei diesen komplexen Zusammenhängen und entsprechend großen Datenmengen können wir vom Potenzial der Machine-Learning-Methoden profitieren. Auch für den praktischen Einsatz in der Industrie“, bekräftigt Torikka.

Das Ergebnis der Entwicklung ist der Wechsel von einer grenzwertbasierten Auswertung auf eine modellbasierte – von der reinen Zustandsüberwachung zur vorausschauenden Analyse. Odin Predictive Maintenance, nutzt Machine-Learning-Methoden, um aus den erfassten Sensordaten Wissen über den Gesundheitszustand der Anlage zu generieren und zuverlässige Vorhersagen treffen zu können. Kunden erhalten dann die entsprechenden Wartungsempfehlungen für Ihre Anlagen.

## Einlernen des individuellen Normalzustandes

Für den individuellen Normalzustand der Anlage ermittelt ein Machine-Learning-Algorithmus in einer Einlernzeit einen normalen Gesundheitszustand aus einer Vielzahl von Sensorsignalen: beispielsweise Druck, Durchfluss, Vibration, Temperatur und Ölqualität, je nach zu überwachender Anlagenbaugruppe. Diese Daten fließen neben viel Antriebs-Know-how und Wissen um Wirkzusammenhänge in die Auswertung ein.



Das Förderband in einer Eisenerzmine läuft dank vorausschauender Zustandsüberwachung des Antriebs zuverlässig.

Nach der Einlernphase ermittelt Odin mit dem datenbasierten Modell kontinuierlich einen Health Index der überwachten Anlagenbaugruppe. Bricht ein einzelner Messwert kurzzeitig aus dem Toleranzband aus, dann führt das nicht unbedingt zu einer (Fehl-)Warnung, da Verschleiß selten mit einem Signal erfasst werden kann. Verschlechtert sich aber der Health Index, weil sich die Daten mehrerer Sensoren auch innerhalb der definierten Grenzen verändern, da das Verhalten der Maschine sich verändert hat, dann warnt das System vor einem Problem.

„Wir hatten an einer Anlage den realen Fall, dass ein Elektromotor nach der Einlernphase ausgefallen ist“, sagt Tapio Torikka aus Erfahrung. An den Einzelsignalen aus dem Motor selbst haben die Sensoren keine kritische Entwicklung gemeldet, aber der Health Index zeigte vier Wochen vorher bereits an, dass dort ein Problem besteht. Der Algorithmus hat durch diesen Vorfall gelernt, wann eine Warnung abgesetzt werden muss, damit der gleiche Fehler nicht ein zweites Mal zu einem Anlagenstillstand führt. Tritt jetzt ein ähnliches Muster an dieser oder anderen Anlagen auf, setzt Odin eine Warnung ab, den Elektromotor schnell zu prüfen und bei Bedarf auszutauschen.

Das System gewinnt aus den Sensordaten die nötigen Informationen. Durch Machine-Learning-Methoden wird daraus Wissen. Dabei zeigt der Health Index nicht nur den Zustand des eigentlich überwachten Aggregats an, sondern auch schleichende Veränderungen der vor- und nachgelagerten Mechanik oder Hydraulik. Wenn Bewegungen über die Zeit länger dauern oder mehr Kraft erfordern, ist das ein Hinweis auf einen Verschleiß in der Mechanik oder Hydraulik. Odin gibt in den regelmäßig erstellten Health Index-Berichten durch Machine

Learning entsprechende Hinweise und hilft, konkrete Handlungsempfehlungen zu erstellen.

### Aggregierte Daten sparen Bandbreite

Das System ist bereits in mehreren Großanlagen weltweit im Einsatz und wird derzeit in weiteren Anwendungen etabliert. Weil das System alle Messdaten der angeschlossenen Anlagen miteinander verknüpft, verbessert sich mit jedem Datensatz die Vorhersagequalität. In den jeweiligen Anlagen haben die Spezialisten kritische Baugruppen, beispielsweise Hydraulikaggregate und -motoren mit einer Vielzahl von verschiedenen Sensoren ausgerüstet. Ungefiltert entstehen so schon bei einem relativ kleinen Aggregat in einer Gießerei bis zu fünf Gigabyte Daten pro Tag. Bevor diese Daten an das Odin-Cloud-System gesendet werden, verarbeitet sie vor Ort eine Datenerfassungseinheit oder Steuerung aus dem Rexroth-Portfolio an der Anlage vor. Diese Vorverarbeitung verringert den Datenstrom so, dass auch geringere Bandbreiten zur Datenübertragung ausreichen. Das ist eine wichtige Voraussetzung für den praktischen Einsatz. Anlagen für die Rohstoffförderung sind oft in sehr entlegenen Gebieten, in Wüsten, am Polarkreis oder auf den Meeren. Hier stehen oft nur Mobil- oder Satellitenfunknetze zur Verfügung.

Die anfallenden Instandhaltungsarbeiten übernehmen Service-Techniker von Rexroth, die in mehr als 80 Ländern präsent sind. „Auch Odin kann einen Anlagenausfall nicht völlig ausschließen, aber wir können die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Stillstands so signifikant reduzieren, dass sich die Kosten schon beim ersten verhinderten Ausfall mehrfach rechnen“, fasst Tapio Torikka die praktischen Vorteile der datenbasierten, vorausschauenden Wartung zusammen. □

## Datenanalyse in der Industrie

## „Dort ansetzen, wo die Kosten lauern“

Welche Rolle Predictive Analytics für die produzierende Industrie spielt und wie Industrieunternehmen sinnvoll mit Daten umgehen, erklärt Jens Kamionka, Head of Big Data and Data Analytics bei T-Systems Multimedia Solutions.

BILD: T-Systems Multimedia Solutions



**Herr Kamionka, Big Data und vor allem Predictive Analytics sind in vielen Unternehmen bereits gesetzt. Wie ist der Stand in der deutschen Industrie?**

Jens Kamionka: Hier sehe ich unterschiedliche Reifegrade. Wenn man die Branchen in die drei Segmente Service, Produktion und Logistik unterteilt, dann lässt sich festhalten, dass die Logistik einen deutlichen Vorsprung hat. Ein hoher Kostendruck und viel Wettbewerb haben dazu geführt, dass diese Unternehmen weit vorn sind. Bereits seit den 1990er-Jahren setzt man beispielsweise auf SIM-Karten, die Betriebsdaten wie die Motorleistung etwa in die Zentrale funken. Keine Frage: Hier ist das Thema nicht neu.

**Warum sind die anderen Teilsegmente noch nicht so weit?**

Salopp formuliert schießen einige Beteiligte noch zu oft ins Blaue. Blickt man auf die Zeitachse, dann setzen die Anwender zu Beginn der Datenanalyse auf die Ver-

gangenheit: Wie war mein Umsatz?, ist so eine typische Fragestellung. Anschließend gab es die Phase der Diagnostik: Warum ist mein Umsatz eingebrochen? Die Königsdisziplin sind schließlich Predictive Analytics, mit denen man in die Zukunft schaut: Wie wird sich mein Umsatz im Jahr 2018 entwickeln? Bei der Ausgestaltung der entsprechenden Analyse stehen die Unternehmen indes oft erst am Anfang, das ist noch nicht konkret genug.

**Woran liegt das?**

Ganz eindeutig fehlen konkrete Anwendungsfälle. Meiner Ansicht nach existiert das Thema Predictive Analytics in der Industrie in genau vier Dimensionen: Image, Risiko, Kosten und Umsatz. Die Analyse soll belastbare Informationen geben, wie man die Kundensicht auf das Unternehmen positiv beeinflussen, den Umsatz steigern sowie Risiko und Kosten senken kann. Können Unternehmen keine greifbaren Anwendungsfälle auf Basis

dieser Ebenen schaffen, nützen auch keine Predictive Analytics. Das kann man so scharf formulieren, das erleben wir in der Beratung jeden Tag aufs Neue.

**Warum ist es so schwierig, für diese vier Größen nachvollziehbare Use-Cases zu konstruieren?**

Die größten Herausforderungen identifizieren wir bei der grundsätzlichen Datenerhebung. Es gibt nur wenige Standards, so dass Datenerhebungskomponenten oft nur unternehmensindividuell vorhanden sind. Es wäre zudem von Vorteil, wenn wir beim Thema Schnittstellen weiter wären sowie bei der übergreifenden Echtzeit-Datenerhebung. Letztlich sitzen manche Marktteilnehmer schlicht auf ihren Daten und rücken sie nicht raus ...

**Wie bitte?**

Ja. Beispielsweise gibt es Maschinenbauer, die ihre Produkte nicht mehr verkaufen, sondern verleasen. Und sie behalten sich dabei vor, die beim Betrieb entste-

henden Daten exklusiv auszuwerten und diese Informationen ebenfalls als Service zum Verkauf anzubieten. Das ist aus ökonomischer Sicht verständlich, hilft uns in der übergreifenden Digitalisierung der Industrien aber nicht unbedingt weiter, da neue Silos entstehen.

*Offensichtlich kommen manche Industrieunternehmen – selbst wenn sie es wollten – auch gar nicht erst an ihre Daten heran.*

Leider stimmt das. Wir stellen immer wieder fest, dass historische Daten und auch Live-Daten vorhanden sind. Aber oft existieren die benötigten Datensilos, so dass die Informationen nicht den notwendigen Verknüpfungsgrad haben. Da braucht es häufig einen höheren internen Vernetzungsgrad bereits innerhalb der eigenen Fabrikmauern. Darüber hinaus wissen manche Organisationen nicht, wo überhaupt ihre Goldadern liegen. Daten gibt es zuhauf. Die Herausforderung ist jedoch, diejenigen Datentöpfe zu identifizieren, aus denen sich Prognosen überhaupt extrahieren lassen und deren Ergebnisse auch zu etwas führen. Prognostik zum Selbstzweck ist redundant. Und nicht nur das: Auch bei der Suche danach, sitzen einige Organisationen einem Trugschluss auf.

*Und zwar welchem?*

... dass die Implementierung von Predictive Analytics als Standard funktioniert. Dem ist aber leider nicht so. Es wird immer um individuelle Ansätze gehen. Die ganze Angelegenheit ist und bleibt eine unternehmensspezifische Sache, das ist die harte Realität.

*Wenn dem so ist, dann helfen wir der Industrie doch einmal bei der Identifikation verheißungsvoller Datenquellen. Wo würden Sie ansetzen?*

Ein Erfahrungswert ist: Dort ansetzen, wo die meisten Kosten entstehen. Hier erleben wir auch immer wieder Überraschungen. Wir berieten unlängst einen Kunden, dessen Prozesse bereits sehr optimiert waren. Durch Datenanalyse lie-

*„Es gilt, die einzelnen Prozesse im Unternehmen genau unter die Lupe zu nehmen und nicht die Gesamtheit. Derart lassen sich dann auch die entsprechenden Datenquellen einfacher identifizieren und auswerten.“*

ßen sich jedoch Greifwege zwischen Regalen verbessern und um sechs Sekunden beschleunigen. Das klingt nicht überragend, doch Fachleute wissen, dass das je nach Branche sehr viel ausmachen kann. Und darum geht es letztlich: Es gilt, die einzelnen Prozesse im Unternehmen genau unter die Lupe zu nehmen und nicht die Gesamtheit. Derart lassen sich dann auch die entsprechenden Datenquellen einfacher identifizieren und auswerten.

*Können Sie ein Beispiel nennen?*

Ja, etwa in der Produktion. Nehmen wir mal an, ein Unternehmen möchte seine Produktionsplanung an der Kundennachfrage ausrichten, um sich so vor Überraschungen zu schützen. Eine Lösung kann beispielsweise sein, dass es nicht mehr nach grober Prognose, sondern nach möglich exaktem Bedarf produziert. Es gilt also, die Frage zu beantworten, welche Daten nötig sind, um den möglichst

genauen Bedarf der Kunden vorhersagen zu können. Auf diese Weise lassen sich auch Trendprodukte analysieren. Damit man bereits heute weiß, was morgen gekauft wird.

*Im Kern der Predictive Analytics stehen in der Industrie also weiterhin die gefertigten Produkte?*

Klares Ja. Für manche Firmen mag das sein. Das genannte Beispiel zeigt jedoch, dass aus den Rohdaten durchaus auch verheißungsvolle Geschäftsmodelle entwickelt werden können. Oder schauen Sie sich Uber an. Ich will diese hinlänglich bekannte Erfolgsgeschichte als ein auf Daten basierendes Unternehmen nicht wiederholen. Entscheidend ist jedoch: Es befindet sich in einem fortlaufenden Evolutionsprozess. Das nun von Uber entwickelte Angebot, dass sich mehrere Fahrgäste eine Fahrt teilen, ist ein gutes Beispiel dafür.

*Inwiefern?*

Hier hat man den Prozess Taxifahrt zum Markteintritt in einer optimierten Form angeboten. Jetzt – gewissermaßen als Uber 2.0 – optimiert das Unternehmen diesen weiter, indem die Nutzer pro Fahrt Geld sparen, weil sie sich die Kosten teilen. Man hat also auf der Basis einer Echtzeit-Datenanalyse – „Wer nutzt unser Angebot wann und wo? – den schon guten Bestands-Prozess weiter optimiert. Das ist ein Paradebeispiel, das sich auch in der Industrie anwenden lässt: Wie kann ich mit Predictive Analytics also einen überwiegend menschenbasierten Prozess weiter verbessern – darum geht es. □

## Fahrerlose Transportsysteme

# FLEXIBLER MATERIALTRANSPORT

Zur richtigen Zeit am richtigen Ort: Ein intelligenter Materialfluss ist ein Muss in der Fabrik der Zukunft. Mit autonomen Transportfahrzeugen lässt sich der Materialtransport automatisieren. Spezialisiert auf Euroboxen und Europaletten bietet Melkus Mechatronic in Zusammenarbeit mit Sigmatek Hightech und Preisoptimierung in der Intralogistik.

TEXT: Ingrid Traintinger, Sigmatek BILDER: Melkus Mechatronic

„Damit die Vision von Industrie 4.0 – eine Produktion, die sich adaptiv auf veränderliche Erfordernisse einstellt und so eine Massenfertigung von Individualprodukten ermöglicht – wahr werden kann, muss die Logistik innerhalb von Produktionswerken ebenfalls in die Gesamtautomation mit einbezogen werden“, erklärt Andreas Melkus, Eigentümer und Geschäftsführer der Melkus

Mechatronik GmbH. Das österreichische Unternehmen ist spezialisiert auf den intralogistischen Materialtransport mit fahrerlosen Transportfahrzeugen (FTF) - ob auf Europaletten oder in Euroboxen.

## FTFs im Modulsystem

Die FTF-Flotte von Melkus Mechatronic umfasst mittlerweile 4 Fahrzeugtypen: einen wendigen „Transport-Würfel“ Agumos Q40 zum Transport von Kleinteilen und Euroboxen im Format 40 x 60 cm und Nutzlasten bis zu 60 kg, einen Plattformwagen zum Unterfahren und Anheben von Transport-Gestellen und einer Nutzlast von 1.000 kg. Für den Transport von Europaletten bietet Melkus Mechatronic den G120 und den erst kürzlich präsentierten G120 SE – beide mit 1000 kg Nutzlast. Der G120 SE er-

möglicht mit dem erweiterten Hubbereich bis 130 mm eine direkte Übergabe an andere Fördereinrichtungen. Alle Fahrzeuge basieren auf einem standardisierten mechatronischen Modulsystem von Steuerungs- und Antriebseinheiten, das in enger Kooperation zwischen Melkus Mechatronic und Sigmatek entwickelt wurde. Durch den modularen Aufbau lassen sich neue Fahrzeugvarianten beziehungsweise -typen schnell realisieren und die Kosten optimieren. Daraus resultieren attraktive Preise.

## Hightech-Steuerung

In den FTFs von Melkus Mechatronic steckt sehr viel Eigenintelligenz und Hightech. Das komplette Steuerungssystem kommt vom Salzburger Automatisierungstechnikhersteller Sigmatek.



Der wendige „Transport-Würfel“ Agumos Q40 dient dem Transport von Kleinteilen und Euroboxen im Format 40 x 60 cm und Nutzlasten bis zu 60 kg.



„Ohne die disziplinübergreifende Kompetenz des Gesamtlösungsanbieters wäre eine derart komplexe Neuentwicklung, die neben Steuerungs-, Sicherheits-, Antriebstechnik auchameratechnik und Kommunikation über WLAN inkludiert, nicht zu schaffen gewesen,“ ist Andreas Melkus überzeugt. Die Automatisierungslösung basiert auf der kompakten S-DIAS-Serie von Sigmatek mit Modulmaßen von 12,5 x 104 x 72 mm. Um die mechatronischen Komponenten für die Agumos-Fahrzeuge umsetzen zu können, wurde das Layout der Elektronik speziell an die Mechanik angepasst. Auf der Steuerungsplatine der Fahrzeuge befindet sich neben einem WLAN-Modul zur Kommunikation mit dem übergeordneten Leitsystem auch die Safety-CPU zur Überwachung der Fahrzeugsicherheit.

Die bis zu 8 Antriebsachsen ermöglichen eine freie Bewegung des FTF auf engstem Raum und in alle Richtungen. „Da wir auf den breiten Technologie-Baukasten zugreifen konnten, war es naheliegend, in der Antriebstechnik durchgehend auf hochauflösende Servo-Antriebe zu setzen. Unsere FTFs verfügen über sehr innovative Antriebseinheiten“, erklärt Andreas Melkus. „Da die Antriebsräder über eine CNC-Bahn-

steuerung angetrieben werden, ist dem Fahrzeug während der Drehung seine Ausrichtung immer bekannt. Für die Bewegungssteuerung konnte Melkus Mechatronic auf die CNC-Bibliotheken der Entwicklungsumgebung LASAL von Sigmatek zurückgreifen.

### Flexible Navigation

In puncto Navigation ist der Anwender sehr flexibel. Neben der optischen Spurführung sind magnetische Leitlinien oder das freie Navigieren mit Laserscanner möglich. So lassen sich die Fahrzeuge, die mit einer Geschwindigkeit von bis zu 1 m/s unterwegs sind, auch einfach in eine bestehende Logistikinfrastruktur integrieren. Eine weitere Raffinesse ist die manuelle Steuerung der Fahrzeuge. Melkus Mechatronic bietet dafür eine Funkfernbedienung mit einem 3,5 Zoll Touchscreen und Gestensteuerung für die Richtungsanwahl. Der integrierte Geschwindigkeitstaster dient gleichzeitig – bei vollständiger Betätigung – als Not-Halt-Taster (TÜV zertifiziert). Die Personensicherheit im Mischbetrieb von Menschen und Flurfördermittel wird mit einem Laserscanner realisiert. Bei der Energieversorgung setzt Melkus Mechatronic auf LiFePo4 Akkus, die je nach Fahrzeug und Beladung ei-

ne Betriebszeit von bis zu acht Stunden ohne Nachladen ermöglichen. Mit dem von Sigmatek entwickelten Batteriemagementsystem lassen sich die Kapazitäten der Akkus bestmöglich nutzen und Tiefentladungen oder -überladungen verhindern.

### Flottenmanager

Eine Kopfstation bestehend aus Standard-Steuerungskomponenten wie CPU, I/Os und Sicherheitssteuerung von Sigmatek dient als übergreifender Flottenmanager. Sie überwacht die einzelnen Fahrzeuge (zum Beispiel Akku-Stand, Position, Geschwindigkeit) und übersetzt die Fahraufträge aus dem Logistik-System in kollisionsfreie Bewegungsbefehle. Zudem bietet das System eine sichere Not-Halt-Funktion über WLAN, die im Notfall alle oder einzelne Fahrzeuggruppen sicher zum halten bringt. Die Kopfstation kommuniziert über Ethernet mit den übergeordneten CPU- beziehungsweise Leitsystemen. Produkte und Materialien können mit Agumos-FTFs hochflexibel durch Lager und Produktion geführt werden, sodass sich die Durchlaufzeiten erheblich verkürzen lassen und die Bereitstellung „just in time“ am richtigen Ort erfolgt – ganz Industrie-4.0-gerecht. □



## Kommissionierung

# Warenlogistik in der Industrie 4.0

Anfahren, erkennen, vermessen und zugreifen – mit leistungsfähiger Sensorik und einer Kamera schafft der Roboter TORU auch anspruchsvolle Aufgaben im Warenlager.

**TEXT:** Ann-Kathrin Bomkamp, Basler **BILDER:** Magazino; Basler

Magazino baut und entwickelt mobile Roboter für stückgenaue Logistik in der Industrie 4.0. Das Unternehmen aus München hat sich zum Ziel gesetzt, neue logistische Konzepte basierend auf autonom agierenden Robotern zu entwickeln. Die Besonderheit: Die Roboter von Magazino können auf ein sich

änderndes Umfeld reagieren – dies ist nur durch leistungsfähige Sensorik, wie eine Kamera, möglich. Magazinos neueste Entwicklung ist der intelligente Kommissionier-Roboter TORU. Die Kamera stellt für den Roboter ein sehendes Auge dar und ermöglicht ihm, in Kombination mit einem Kreuzla-

Eine 2D-Kamera, wie die Basler ace, hat den Vorteil, dass sie im Gegensatz zu 3D-Kameras weniger 3D-Punkte erzeugt und deshalb eine geringere Rechenleistung benötigt.



ser (Sheet-of-Light-Verfahren), Objekte in Regalen zu lokalisieren, zu vermessen und damit auch zu greifen. Vom E-Commerce bis hin zur Intralogistik in der Automobilbranche: In all diesen Bereichen werden heutzutage einzelne Produkte benötigt und seltener ganze Paletten. Bisher mussten fast immer Menschen die einzelnen Objekte aus den jeweiligen Lagern zusammensuchen, weil Roboter nicht dazu in der Lage waren. Der Greifvorgang gilt als eine der herausforderndsten Aufgaben in der Robotik. TORU ermöglicht die genaue Vermessung und Erkennung von Objekten mittels einer Kamera sowie den sicheren Griff auf das einzelne Produkt.

## Ein Roboter im Einsatz

TORU ist ein mobiler Roboter, der parallel zum Menschen in Warenlagern Bestellungen kommissionieren kann. Ein Warenwirtschaftssystem sendet dazu die Pick-Aufträge per WLAN an TORU, dieser fährt dann selbstständig zum jeweiligen Lagerplatz. Nach erfolgreicher Detektion mittels Sheet-of-Light-Verfahren greift der Roboter das Objekt und bringt dieses automatisch zum gewünschten Bestimmungsort.

Beim Sheet-of-Light-Verfahren projiziert ein Kreuzlaser zwei aufeinander senkrechte Laserlinien auf das zu vermessende Objekt. Eine 2D-Kamera, die Basler ace acA1920-40gm, nimmt die reflektierten Laserstrahlen auf und vermisst den Gegenstand anhand der Position der Linien im Kamerabild. Dieses Verfahren ist für quaderförmige Objekte, wie etwa Pakete oder Schuhkartons optimiert. Auch Bücher mit gekrümmten Buchrücken lassen sich damit präzise vermessen.

## Mit Kameras punktgenau anfahren

Ein Vorteil des Sheet-of-Light-Verfahrens mit der 2D-Kamera ist, dass es im Gegensatz zu 3D-Kameras weniger 3D-Punkte erzeugt und somit eine geringere Rechenleistung erfordert. Dadurch kann der Algorithmus, der sich hinter dem Sheet-of-Light-Verfahren verbirgt, beispielsweise auch auf einem Mini-Computer ausgeführt werden.

Marcel Debout, Entwickler des Sheet-of-Light-Verfahrens bei Magazino, erklärt, weshalb die Basler ace Kameras und die pylon Camera Software Suite die richtige Lösung für dieses Verfahren waren: „Die Qualität der Kameras und der Implementierung des pylon Software-Interfaces ist sehr hoch. Da zudem wirklich jede Support-Anfrage in kürzester Zeit und mit durchdachten Lösungsvorschlägen beantwortet wird, haben wir in der Firma Basler einen Partner gefunden, auf den wir uns verlassen können.“

Um die Basler Kameras auch im ROS-Framework (Robot Operating System) nutzen zu können, hat Magazino ein eigenes "pylon\_camera"-ROS-Paket geschrieben und dieses nun gemeinsam mit Basler veröffentlicht.

Zu den größten Vorteilen des Kommissionier-Roboters zählt die Flexibilität. TORU kann nicht nur zur Senkung der Prozesskosten beitragen, sondern ermöglicht auch die Ausdehnung der Betriebszeit. Er kann parallel zum Menschen arbeiten und während des laufenden Betriebs in das Lager integriert werden. □



## Fahrerlose Transportfahrzeuge

# „Autonom allein reicht nicht“

Autonome Transportroboter werden in der modernen Logistik und Produktion immer beliebter. InSystems Automation hat sich auf kundenspezifische Modelle mit Schwarmintelligenz spezialisiert. Wir haben Geschäftsführer Torsten Gast gefragt, wie es zu der Entwicklung kam und welche Besonderheiten die proANT-Modelle bieten.

**FRAGEN:** Christian Vilsbeck, A&D **BILDER:** A&D; InSystems Automation

**A&D:** *Ihr Unternehmen startete mit Programmierung und Serviceleistungen, jetzt produzieren Sie Transportroboter. Wie kam der Schritt?*

Torsten Gast: Die zwei Geschäftsführer Henry Stubert und ich haben über zehn Jahre bei der Firma Gillette in Berlin als Betriebsingenieure gearbeitet. Dort bauten wir die Logistik auf, angefangen vom Hochregallager bis hin zur Maschinenbelieferung. Auch fahrerlose Transportsysteme führten wir damals schon ein. Obwohl zum großen Teil noch spurgeführte Fahrzeuge aktuell waren, hatten wir dort bereits erste sensorgesteuerte Fahrzeuge, die sich an Reflektoren orientierten, installiert. Nachdem wir 1999 dann unser eigenes Unternehmen gründeten, spezialisierten wir uns zunächst auf SPS-Programmierung und betreuten Automatisierungsprojekte. Vor rund fünf Jahren kam dann Gillette

wieder auf uns zu, ob wir nicht die alten Transportsysteme durch ein neues und modernes System ablösen könnten. Das war für InSystems der Startschuss für die eigenen proANT-Transportroboter.

**Ist proANT eine reine Eigenentwicklung?**

Ja, angefangen von der Konstruktion bis hin zur Software ist es alles von uns.

**Hat Ihnen Ihre Expertise in der Programmierung und Steuerung geholfen?**

Auf jeden Fall! Gewisse Themen waren dadurch für uns einfach leichter zu durchschauen. Wo wir uns im Gezug dafür schwer getan haben, war ehrlich gesagt die Mechanik. Zu Beginn sind wir daran noch ein wenig verzweifelt, da unsere Kundschaft über Kanten fahren wollten und ähnliches. Das ist mechanisch ein großer Aufwand, in-



InSystems entwickelt individuelle Transportroboter für Lasten von 30 bis 1.000 kg und implementiert sie als Flotte in die vorhandene Produktionssteuerung.

zwischen haben wir aber ausgereifte Lösungen.

***Der Fokus der proANT-Systeme liegt in der Individualisierung. Warum genügen keine Standard-Transportroboter?***

Lasten, Fahrwege und Übergabehöhen sind in jeder Produktion anders, daher passen wir unsere Fahrzeuge an die Gegebenheiten an, damit der Kunde möglichst wenig an seinen bestehenden Maschinen und Lagertechnik ändern muss. Wir fühlen uns als Automatisierer, das ist für mich in dieser Hinsicht sehr wichtig. Der Kunde kommt zu uns und hat eine Aufgabenstellung, welche nicht mit einem Standardfahrzeug zu bewältigen ist. Zusammen besprechen wir die Anforderungen, darauf basierend entwickeln wir die Konstruktion, Software und deren Funktionalität. Alles muss für den Kunden zu einhundert Prozent passen, dar-

in liegt unser Mehrwert. Die fahrerlosen Transportsysteme integrieren wir also individuell in die vorhandenen Abläufe der Fertigung.

***Und was steckt hinter der Schwarmintelligenz der proANT-Fahrzeuge?***

Zuerst sind unsere fahrerlosen Transportfahrzeuge natürlich personensicher. Safety-Funktionen erkennen Menschen und Hindernisse und die Fahrzeuge bleiben immer rechtzeitig stehen oder weichen aus. So navigieren die proANT-Fahrzeuge autonom, suchen sich ihren eigenen Weg, umfahren Hindernisse selbständig oder suchen sich Alternativrouten, um möglichst schnell an ihr Ziel zu gelangen. Außerdem kommunizieren unsere Transportroboter auch untereinander, um Staus zu vermeiden. Fällt beispielsweise auch ein proANT innerhalb einer Flotte aus,

übernimmt automatisch ein anderer dessen Aufgabe.

***Können Sie Beispiele des Flottenmanagements nennen?***

Bei Gillette gibt es mittlerweile 10 proANTs. Über unsere Flotten-Software wird die Materialverfolgung durchgeführt. Das heißt, von einer Produktionsmaschine kommt ein Auftrag, den unsere Software im Hochregallager gleich bucht. Wir disponieren gleichzeitig ein Fahrzeug, welches dann das Material vom Hochregallager automatisch zur Maschine bringt. Dabei gilt es natürlich Spezialitäten zu betrachten, beispielsweise, dass die letzte Maschine am weitesten vom Lager entfernt ist, Aufträge an die proANTs werden deshalb priorisiert. Ein anderer Fall ist eine große Druckerei in Berlin, wo die Gänge extrem eng sind. In manchen Bereichen müssen die proANTs den Einbahn-

straßenverkehr beherrschen. Hier ist abermals die Software entscheidend, um das darstellen und abbilden zu können.

***Was sind die nächsten Entwicklungsschritte?***

Natürlich wollen wir die Fahrzeugtechnik kontinuierlich verbessern und ausbauen. Konkret entwickeln wir einen Transportroboter mit spezieller Mechanik, der ein Behältnis hinter sich herzieht, ohne dass es Klemm- und Quetschstellen gibt. Der Bedarf ist riesig, Kunden fragen uns vermehrt nach diesen Lösungen.

***Werden Transportroboter zu Ihrem Hauptgeschäft?***

Grundsätzlich sieht es so aus. Aber ich möchte jeden anderen Kunden beruhigen, denn die Automatisierungssparte, in der wir 200 aktive Kunden haben, werden wir mit gleichem Elan weiter vorantreiben wie die proANT-Sparte. □



Bildverarbeitung als Basis für Deep Learning

## DAS AUGER DER PRODUKTION

Deep Learning ermöglicht die Analyse riesiger Datenmengen und kognitive Erkenntnisse in der Fabrik der Zukunft. Bildverarbeitung als Auge der digitalisierten Produktion stellt dafür Daten und intelligente Algorithmen zur Verfügung. Das größte Potential der sehenden Technologie liegt für Unternehmen in ihrer strategischen Rolle und ist noch weitgehend ungenutzt.

TEXT: Ute Häußler, Framos BILDER: iStock, photochecker, Fotolia

Aktuelle Branchenzahlen zeigen den großen Einfluss der Bildverarbeitung auf industrielle und technologische Entwicklungen. Laut VDMA wächst der ehemalige Nischenmarkt um rund neun Prozent und dank der Industrie 4.0 und Digitalisierung wird das höchstwahrscheinlich auch weiterhin so bleiben. Die Erkennung von Mustern, Positionen und Abweichungen sowie die inhärente Überprüfung aller Prozesse für eine IT-basierte, automatisierte Fertigungssteuerung, wird durch die analytischen Daten der visuellen Sensorik ermöglicht. Hiermit leistet die Bildverarbeitung einen essentiellen Beitrag zu der Kollaboration zwischen Systemen, Robotern und Menschen. Außerdem ist sie ein wichtiger Bestandteil von der Steuerung der Fabrik der Zukunft. In dieser dient der Vision-System Roboter, im Rahmen der sicheren Mensch-Maschine-Kollaboration, zur Information und verhindert so Kollisionen, Verletzungen oder Anlagenausfälle. Die vorausschauende Wartung und flexible Anlagensteuerung der One-to-One-Produktion und der Losgröße 1 wird durch die lückenlose Analyse von Produktionszyklen ermöglicht. Der große Benefit der Bildverarbeitung liegt jedoch bei den strategischen Analysen.

## Deep Learning als Zukunft der IBV

Die klassische Bildverarbeitung hat ihren Ursprung im Machine Vision Bereich, ergo der Automatisierung und Inspektion der standardisierten Sorten- oder Massenfertigung. Der Vorteil hierbei ist, das fest definierte Umfeld und das damit verbundene Wissen über die Art des zu betrachtenden Produkts oder Werkstücks. Das ermöglicht die Definition eines klaren Regelwerks für eine eindeutige Ja-Nein-Klassifizierung. Die Industrie 4.0 hingegen basiert auf flexiblen, sich selbstadaptierenden Produktionssystemen, welche beispielsweise in der individuellen One-to-One-Fertigung aber auch bei anderen verschiedenen Produkttypen, die über eine Produktionsstraße laufen, Anwendung finden.

Maschinen, Bearbeitungsschritte und Bildverarbeitungsalgorithmen müssen in der Lage sein, auf unvorhergesehene Ereignisse zu reagieren. Starre Regelkonzepte finden also in der Fabrik der Zukunft keine Anwendung mehr, denn Machine Learning Konzepte setzen eher auf vorverarbeitete Daten. Beschreibende Merkmale wie Musterformen oder CAD-Modelle dienen als Basis für die Klassifizierung. Die Maschine durch-

läuft hierfür eine Trainingsphase, dabei nimmt sie große Datenmengen auf und lernt anhand einer manuellen Einschätzung „ja oder nein“ und „gut oder schlecht“ bestmöglich zu trennen. Das mathematische Konzept des multidimensionalen Merkmalraums wird hierbei zur Definition von Bereichen, ohne gegenseitige Überschneidung, genutzt. Dadurch wird eine bessere Unterscheidung und Objektklassifizierung ermöglicht.

Beim Deep Learning hingegen, gibt es Unmengen unverbundener Daten als Rohmaterial, welche keine vorgegebene Merkmalsdefinition haben. Der Zustand der Maschinen, die Einstellungen und Qualität des gerade produzierten Produktes sowie weitere Netzwerkinformationen, laufen hierbei in einem Big Data Pool ungeordnet zusammen. Genaueres zu neuen Methoden der Informationsverarbeitung mit Hilfe künstlicher, neuronaler Netze erklärt Dr. Simon Che'Rose, Entwicklungsleiter beim Bildverarbeitungsspezialisten Framos, folgendermaßen: "Es ist vergleichbar mit kognitiven Lernprozessen von Kleinkindern. Bei ihnen setzt ein Selbstlernprozess ein, bei dem eigenständig sich wiederholende Merkmale, Strukturen, Muster und Zusammenhänge erkannt und Synapsen gebildet werden. Auf dieser Basis wird schlussendlich der Algorithmus erlernt und Bilder verarbeitet. In der Industrie 4.0 ist für eine Maschine oder Produktionsstraße somit der Umgang mit einer hohen Variationsvielfalt, auch unter wechselnden Umgebungsbedingungen, gegeben und eine robuste Produktion ohne Qualitätsverlust garantiert." Um dann in kurzer Zeit hohe Datenmengen für aussagekräftige Ergebnisse generieren zu können, hilft die Vernetzung der weltweit im Unternehmen eingesetzten Maschinen in der Cloud.

## Aber wobei hilft nun Deep Learning?

In der automatisierten Welt überall dort, wo Prozesse nicht genau vorhersehbar sind beziehungsweise ungeplant effektiver ablaufen. Außerdem schafft Deep Learning die Voraussetzungen, um Anlagen und Roboter in die Lage zu versetzen, selbstständig und zuverlässig valide Entscheidungen zu treffen. In der aktuellen Perspektiven-Studie des VDMA-Fachbereich Bildverarbeitung wurde festgestellt, dass die Bildverarbeitung das „gesehene“ verifizieren, verarbeiten und dem Produktionssystem als Ergebnis zur Verfügung stellen muss. Dabei soll das System nicht nur die Aussage treffen, ob das entsprechende

FIRMEN UND ORGANISATIONEN IN DIESER AUSGABE

Firma	Seite	Firma	Seite
Audi .....	6	Schäffler Technologies .....	5
Basler .....	20	Schmersal .....	5
Baumüller .....	3	Sigmatek .....	18
Bosch Rexroth .....	14	Spectra .....	29
Copa-Data .....	5	Stäubli Tec-Systems Robotics .....	5
Endian .....	12	Strobl .....	32
Framos .....	24	TE Connectivity .....	30
Insystems Automation .....	22	T-Systems Multimedia Solutions .....	16
Moxa .....	31	Wago .....	2. US
Phoenix Contact .....	27	Zukunftsbündnis Maschinenbau .....	5
Renesas Electronics .....	Titel, 8, 10	ZVEI .....	5



Die Systemeinstellung und -vernetzung der Bildverarbeitung ermöglicht die Eliminierung unternehmerischer Risiken.

Teil gut oder schlecht ist, sondern in der Lage sein, intelligente Handlungen zu steuern. Nur das umfangreiche Sammeln und Bewerten dieser Daten macht ein zuverlässiges und autonomes Handeln möglich und gibt der Industrie 4.0 eine echte wirtschaftliche Bedeutung. Die Bildverarbeitung avanciert also zunehmend vom bloßen Inspektor zum Produktionsoptimierer.

IMPRESSUM

**Herausgeber** Kilian Müller  
**Redaktion** Christian Vilsbeck (Managing Editor/verantwortlich/-21), Selina Doulah (-37), Anna Gampennieder (-20), Tabea Lothar (-29), Florian Mayr (-81), Sabrina Quente (-69)  
**Newsdesk** Regina Levenshtein (News Manager/-80)  
**Redaktionskontakt** newsdesk@publish-industry.net  
**Anzeigen** Caroline Häfner (Director Sales/verantwortlich/-53), Saskia Albert (-50), Doreen Haugk (-27), Demian Kutzmutz (-67), Christian Schlager (-31), Jessica-Laura Wygas (-44);  
 Anzeigenpreisliste: vom 01.01.2017  
**Sales Services** Ilka Gärtner (-42), Marina Schiller (-32), Anna Wastl (-33), dispo@publish-industry.net  
**Verlag** publish-industry Verlag GmbH, Nymphenburger Straße 86, 80636 München, Germany  
 Tel. +49.(0)89.50 03 83-0, Fax +49.(0)89.50 03 83-10, info@publish-industry.net, www.publish-industry.net  
**Geschäftsführung** Kilian Müller, Frank Wiegand  
**Leser- & Aboservice** Tel. +49.(0)61 23.92 38-25 0, Fax +49.(0)61 23.92 38-2 44; leserservice-pi@vuservice.de  
**Abonnement** Das Abonnement enthält die regelmäßige Lieferung der A&D (derzeit 10 Ausgaben pro Jahr inkl. redaktioneller Sonderhefte und Messe-Taschenbücher) sowie als Gratiszugabe das jährliche, als Sondernummer erscheinende A&D-Kompendium.  
**Jährlicher Abonnementpreis**  
 Ein JAHRES-ABONNEMENT der A&D ist zum Bezugspreis von 64 € inkl. Porto/Versand innerhalb Deutschlands und MwSt. erhältlich (Porto: EU-Zone zzgl. 10 € pro Jahr, Europa außerhalb EU zzgl. 30 € pro Jahr, restliche Welt zzgl. 60 € pro Jahr). Jede Nachlieferung wird zzgl. Versandkosten und MwSt. zusätzlich berechnet. Im Falle höherer Gewalt erlischt jeder Anspruch auf Nachlieferung oder Rückerstattung des Bezugsgeldes. Studentenabonnements sowie Firmenabonnements für Unternehmen, die A&D für mehrere Mitarbeiter bestellen möchten werden angeboten. Fragen und Bestellungen richten Sie bitte an leserservice-pi@vuservice.de.  
**Gestaltung & Layout** Schmucker-digital, Lärchenstraße 21, 85646 Anzing, Germany  
**Druck** Firmengruppe APPL, sellier druck GmbH, Angerstraße 54, 85354 Freising, Germany  
**Marketing & Vertrieb** Anja Müller  
**Herstellung** Marina Schiller  
**Nachdruck** Alle Verlags- und Nutzungsrechte liegen beim Verlag. Verlag und Redaktion haften nicht für unverlangt eingesandte Manuskripte, Fotos und Illustrationen. Nachdruck, Vervielfältigung und Online-Stellung redaktioneller Beiträge nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlags.  
**ISSN-Nummer** 1618-2898  
**Postvertriebskennzeichen** 49309  
**Gerichtsstand** München  
**Der Druck der A&D erfolgt auf FSC®-zertifiziertem Papier, der Versand erfolgt CO<sub>2</sub>-neutral.**  
 Mitglied der Informations-gemeinschaft zur Feststellung der Verbreitung von Werbeträgern e.V. (IWV), Berlin



Vielfältige Einsatzgebiete

Neben der automatisierten Fertigung liegt in der strategischen Planung, welche durch die Analyse großer Datenmengen verbessert wurde, das größte Potential der Bildverarbeitung. Durch diese lassen sich Zusammenhänge bilden und Erkenntnisse ableiten, die vorher nicht einsehbar waren. Vor den Filialen einer Bäckereikette bildeten sich zum Beispiel plötzlich lange Schlangen, nachdem das Unternehmen seinen Backprozess mit Unterstützung von bildverarbeitungs-basierten Datenanalysen optimiert hatte. In den Öfen installierte Kameras hatten über Monate in verschiedenen Filialen Bräunungsgrad und Formentwicklung des Backwerks in Verbindung mit verschiedenen Ofeneinstellungen und Umgebungsbedingungen beobachtet und dokumentiert. Die Bäckerei konnte damit die optimale Einstellung beziehungsweise die Definition des automatisiert gesteuerten Backprozesses für das perfekte Brot herausfinden.

Die Bildverarbeitung hat Maschinen das „Sehen“ gelehrt, nun ermöglicht deren Systemeinstellung und -vernetzung außerdem das analytische Denken und eliminiert in variablen Umfeldern unternehmerische Risiken. Die Basis für analytisch fundierte Entscheidungen, welche verbesserte Prozesse, eine erhöhte Kosteneffektivität und ein rentables Wachstum fördern, sind visuell erhobene Daten zur Systemperformance, Wechselwirkung und Output-Qualität. □



## Digitale Wertschöpfungskette

# Daten vom Anfang bis zum Ende nutzen

Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 zeigt Lösungen auf, wie produzierende Unternehmen den steigenden Anforderungen hinsichtlich Flexibilität, Individualisierung und Effizienz begegnen können. Wichtig dabei ist die Durchgängigkeit der digitalen Daten, wie das Beispiel einer Produktfertigung bei Phoenix Contact zeigt.

**TEXT:** Anja Moldehn, Phoenix Contact **BILDER:** Phoenix Contact; iStock, llhedgehogll

Das durchgängige Verwenden digitaler Daten eröffnet dem Anwender von zum Beispiel elektrotechnischen Produkten in seinen Automationslösungen Vorteile, die sich über den gesamten Lebenszyklus der erworbenen Komponente oder Lösung erstrecken. Der Zeitraum reicht dabei von der Auswahl und dem Engineering über die Konfiguration, Installation und Inbetriebnahme bis zum Betrieb, Service und Wartung.

Ein solch umfassender Nutzen bedingt durchdachte Konzepte, die unter anderem ein übersichtliches Leistungsspektrum sowie – je nach Sinnhaftigkeit – eine hohe Flexibilität des Endprodukts bieten. Die Konzepte basieren darauf, dass digitale Produktdaten durchgängig verfügbar sind; in jeder Phase des Lebenszyklus des Produktes. So entsteht zwar während des Engineering-Prozesses ein großer Aufwand, um Daten aus einem in ein anderes For-

mat zu überführen. Werden die Informationen aber lückenlos weitergegeben, lässt sich schon im ersten Prozessschritt Zeit einsparen. Zum Entwickeln innovativer Produkte greift Phoenix Contact auf Erfahrungen aus seiner Fertigungstiefe, das Wissen des unternehmenseigenen Maschinenbaus sowie Know-how seiner Produkt- und Branchenexperten zurück. Die Trennverstärker-Familie Mini Analog Pro ist dabei ein Beispiel für die durchgängige



Ein RFID-Tag im Werkstückträger verbindet das Produkt mit den Informationen im übergeordneten System.

Verfügbarkeit digitaler Produkt- und Prozessdaten über den kompletten Lebenszyklus.

Nicht nur im Privatbereich, sondern auch im industriellen Umfeld nimmt der Wunsch nach individuellen Produkten zu. Je nach Anwendung kann eine in ihren Eigenschaften angepasste Komponente zu höherer Qualität und geringeren Kosten beitragen, indem sie sich in die Gesamtlösung einfügt. In elektrotechnischen Anlagen zum Beispiel werden immer dann Trennverstärker benötigt, wenn sensible Messwertsignale störungsfrei von der Sensor- bis in die Steuerungsebene übertragen werden müssen. Aufgrund der Signalvielfalt und unterschiedlichen applikativen Anforderungen erweisen sich häufig individuelle Komponenten als sinnvoll. Deshalb stellt Phoenix Contact die Trennverstärker bereits teilweise als konfigurierbare Varianten in flexiblen Produktionsanlagen her.

### Web-Tool für individuelle Konfiguration

Über den Web-Konfigurator findet der Anwender das für seinen Einsatzzweck am besten geeignete Gerät. Im Tool legt er anschließend die individuelle Konfiguration

fest. Der nach seinen Vorgaben gefertigte Trennverstärker wird ihm ohne Aufpreis selbst in Losgröße 1 geliefert. Das ist möglich, weil der unternehmenseigene Maschinenbau von Phoenix Contact die notwendigen modularen Produktionsanlagen gemäß Industrie-4.0-Kriterien plant, baut und die intelligente Fertigung mit neusten Technologien optimiert.

Verändern sich die Rahmenbedingungen, da die Anlage beispielsweise erweitert wird, könnten die individuell eingestellten Werte der dort verbauten Trennverstärker nicht mehr optimal sein. Um eine hohe Effizienz über seinen gesamten Lebenszyklus sicherzustellen, muss sich der Trennverstärker daher an neue Anforderungen adaptieren lassen. Aus diesem Grund können die Produkte vor Ort konfiguriert werden. Der Anwender definiert die neuen Parameter über eine App oder eine PC-Software und überträgt sie per NFC (Near Field Communication) oder Bluetooth an das Gerät. Durch das beschriebene Vorgehen vereinfacht sich die Produktauswahl für den Anwender und seine Engineering- und Lagerkosten sinken. Individuelle Informationen zu den einzelnen Geräten bleiben erhalten, sodass jede Konfiguration nachbestellt werden kann. Die eindeutige Identifizierung des jewei-

ligen Moduls erlaubt zudem das Abrufen des zugehörigen Kalibrier-Zertifikats.

### Übergreifende Kommunikation

Analoge und digitale Prozesswerte wie Temperaturen, Frequenzen sowie Spannungs- oder Stromsignale werden über ein Gateway in das Netzwerk integriert. Im Gateway erfolgt die Digitalisierung der acht Eingangssignale, die dann der übergeordneten Steuerung über das jeweilige Kommunikationsprotokoll zur Verfügung gestellt werden. Somit entfällt die aufwändige und fehleranfällige Einzeladerverdrahtung bis zur analogen SPS-Eingangskarte. Die Visualisierung aktueller Messwerte auf dem Smartphone oder Webservice erleichtert die Inbetriebnahme und den Service.

Am Standort Bad Pyrmont betreibt Phoenix Contact die modulare Produktionslinie zur Herstellung der sechs Millimeter schmalen Trennverstärker Mini Analog. Im Vergleich zu einer Linienfertigung lassen sich hier aufgrund des verbesserten Prozessablaufs in puncto Kommunikation zwischen Produkt, Mitarbeiter und Maschine selbst geringe Losgrößen wirtschaftlich produzieren. Bei der Bestellung der Module können die Anwender

## Vom Sensor in die Cloud

über den Web-Konfigurator zum Beispiel die Art der Ein- oder Ausgangssignale auswählen, wodurch sich mehr als 1000 verschiedene Geräteversionen ergeben. Damit trotz Produktvielfalt auch Chargen von 200 bis 2000 Stück zu Kosten einer Massenfertigung hergestellt werden können, müssen Mensch und Maschine schnell und effizient arbeiten. Deshalb nutzen alle beteiligten Systeme – von der Auftragerstellung bis zum fertigen Produkt – digitale Daten.

### Relevante Informationen zeigen

Von der bestückten Leiterplatte bis zum verpackten Mini-Analog-Modul ist es ein langer Weg. Nach dem Auftragen der Lötpaste und der SMD-Bestückung werden in der Produktionslinie jeweils vier Leiterplatten auf die korrekte Anordnung der einzelnen Bauteile geprüft. Auf einer Platine können sich bis zu 154 Komponenten befinden. Nach dem Löten trennt eine Stanze die Leiterplatte aus. Anschließend wird sie auf einen Werkstückträger gelegt und in den Umlauf der Produktionslinie eingeschleust. Dort kreisen rund 20 Werkstückträger gleichzeitig.

Zunächst wird jeder Werkstückträger in einen kleinen Rundlauf gefördert. Nachdem ein Laser die Beschriftung vorgenommen hat und die Aussparungen gefräst worden sind, ist das Gehäuse fertiggestellt. Im nächsten Schritt wird die Leiterplatte eingelegt und mit dem Gehäuse verheiratet. Danach schließt sich der große Rundlauf an. Im sogenannten Lötportal erfolgt hier das Verlöten des Gehäuses mit der Leiterplatte. Nun ist das Modul voll funktionsfähig. Beim nachgelagerten Programmieren der jeweiligen Firmwa-

re wird der Werkstückträger durch einen Zylinder gegen den Prüfkopf gehoben. Es folgen eine High-Voltage- und eine elektrische Endkontrolle. Sobald sich das Produkt auf dem Werkstückträger befindet, stellt ein RFID-Tag die Verbindung zu den Informationen her, die das übergeordnete System liefert. Dazu gehört die Angabe, welche Prüfungen am Gerät durchzuführen sind sowie ob und welche Firmware implementiert werden muss.

An seinem Arbeitsplatz kommt der Maschinenbediener mit jedem Modul dreimal in Kontakt, wobei unterschiedliche Aufgaben auszuführen sind. Zum Beispiel liest er den RFID-Chip aus, um das Druckbild des Produkts mit den an seinem Bildschirm angezeigten Vorgaben zu vergleichen. Oder er legt Platinen ein und verpackt die fertigen Geräte. Aufgrund des Tags kennt das übergeordnete System den aktuellen Bearbeitungszustand der einzelnen Mini-Analog-Module. Daher zeigt der Bildschirm nur die Informationen oder Optionen an, die der Mitarbeiter für die anstehende Aufgabe benötigt. Durch die Kommunikation zwischen dem Produkt und der Anlagensteuerung kann der Mitarbeiter die hohe Komplexität, die sich aus der Variantenvielfalt ergibt, beherrschen.

### Digitale Wertschöpfungskette

Um individuelle Artikel kurzfristig zu wettbewerbsfähigen Preisen zu fertigen und sie über ihren gesamten Lebenszyklus flexibel zu gestalten, sind neue Konzepte erforderlich. Gleiches gilt für Prozesse, die eine Produktion in Losgröße 1 ermöglichen. Beide Herausforderungen lassen sich durch eine umfassende Digitalisierung der kompletten Wertschöpfungskette lösen. □



### KOMPAKTER EDGE-PC FÜR IIoT ANWENDUNGEN

- Flexible Sensor-Anbindung
- Starkes Edge-Processing
- Private / Public Cloud-Anbindung

### WIR SETZEN VISIONEN UM

- Beratung
- Hardware
- Software
- Realisierung

[www.spectra.de/SPB-IoT](http://www.spectra.de/SPB-IoT)

### Spectra GmbH & Co. KG

Mahdenstr. 3  
D-72768 Reutlingen  
Telefon +49 (0) 7121-14321-0  
E-Mail [spectra@spectra.de](mailto:spectra@spectra.de)

D [www.spectra.de](http://www.spectra.de)  
CH [www.spectra.ch](http://www.spectra.ch)  
A [www.spectra-austria.at](http://www.spectra-austria.at)



Besuchen Sie uns: **HALLE 4 | STAND 558**  
Gemeinschaftsstand Microsoft | Nexcom



In die Zukunft investieren

## WABE FÜR WABE ZUR SMART FACTORY

Die Fabrik der Zukunft wird nicht im Handumdrehen verwirklicht werden. Sie wird vielmehr das Ergebnis fortwährender Studien und Entwicklungen sein. Dazu brauchen Unternehmen Erfahrung, Know-how und die Bereitschaft, um heute in Lösungen für morgen zu investieren.

TEXT: Mark Maas, TE Connectivity BILDER: TE Connectivity; iStock, ake1150sb

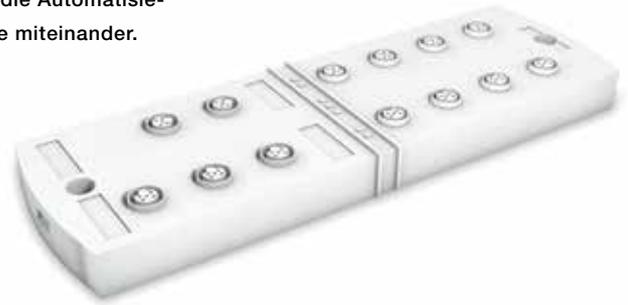
Industrielle Unternehmen sehen sich mit einer Reihe von Herausforderungen konfrontiert. Hierzu gehört etwa die Notwendigkeit, die Produktion flexibler zu gestalten und zugleich zu gewährleisten, dass diese deutlich effizienter wird. Daten zu erfassen sowie zu aggregieren, zu visualisieren und zu analysieren, ermöglicht datengesteuerte Entscheidungen, die dazu beitragen, die industriellen Herausforderungen zu bewältigen. Diese Entscheidungen führen wiederum zu mehr Effizienz beim Einsatz von Energie und Rohstoffen, Menschen und Kapital sowie zu höherer Qualität und zu größerer Flexibilität. Eine Reihe industrieller Initiativen wie etwa Industrie 4.0 und das industrielle Internet

der Dinge zielen darauf ab, die Anforderungen an die Produktion zu erfüllen. Obwohl die weitere Entwicklung des IIoT noch nicht absehbar ist, steht bereits heute fest, dass dies ein fortwährender Prozess ist und die Fabrik der Zukunft das Ergebnis einer Evolution sein wird.

### Maschinen an ein Netzwerk anbinden

Als produzierendes Unternehmen ist TE Kundenservice wichtig. Um diesen weiter zu verbessern, hat der Anbieter von Verbindungstechnologielösungen eine eigene Digital-Factory-Plattform

Das IoT-OmniGate verbindet die Automatisierungs- und die IT-Technologie miteinander.



eingeführt. Darauf stehen Informationen sowohl innerhalb eines Standortes als auch über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg zur Verfügung. An der Entwicklung dieser Plattform arbeiten an mehreren Produktionsstandorten von TE spezielle Teams. Mit der sogenannten Digital-Factory-Plattform hat TE eine große Investition vorgenommen, um die industriellen Herausforderungen zu bewältigen. Da es sich um eigene Standorte handelt, ist zudem ein schnelles Feedback gewährleistet. Durch den Eintritt seiner Fabriken in das digitale Zeitalter hat das Unternehmen vor allem erkannt, dass es teuer sein kann, ältere Anlagen aufzurüsten oder zu ersetzen. Deshalb musste eine flexible Lösung gefunden werden, mit der sich Maschinen an ein Netzwerk anbinden lassen und die es ermöglicht, dass Automatisierungsgeräte miteinander und mit Anwendern kommunizieren können.

Da die Experten von TE über umfangreiche praktische Erfahrung verfügen, sind sie nicht nur in der Lage, Lösungen zu entwickeln, sondern können diese auch realisieren. Ein Beispiel dafür ist die bereits erwähnte Anbindung älterer Maschinen an das Netzwerk. Hier haben die Experten festgestellt, dass ein maschinenunabhängiges, kostengünstiges und nach dem Plug-and-Play-Prinzip leicht zu installierendes Konnektivitäts-Gerät erforderlich ist. Deshalb wurde ein internes Projekt initiiert, um ein solches Gerät bereitzustellen. Da TE die Möglichkeiten hat, zu experimentieren und sowohl auf internes als auch externes Feedback zurückgreifen kann, entwickelte sich aus diesem Projekt das IoT-OmniGate. Das ist ein Modul, das die Automatisierungs- und die IT-Technologie miteinander verbindet. Diese Innovation wurde erstmals auf der SPS IPC Drives 2016 vorgestellt.

### Kundenservice verbessern

Die Entwicklung der Digital-Factory-Plattform war ursprünglich darauf ausgerichtet, den Kundenservice zu verbessern. Gleichzeitig war das für TE aber auch eine einzigartige Möglichkeit, seine langfristige Vision von einer Smarter Factory weiter voranzutreiben – einer intelligenteren Fabrik, die darauf ausgerichtet ist, am nächsten Tag Produkte ohne Vergeudung von

Ressourcen und ohne Lagerbestände herzustellen. Mit Den Bosch in den Niederlanden hat der Spezialist für Verbindungstechnologielösungen jetzt einen Standort ausgewählt, an dem die Smarter Factory realisiert werden soll. Mit der Smarter Factory will TE eine Fabrik realisieren, die eine Reihe von Vorteilen bietet. Beispielsweise werden Kunden ihre Bestellungen direkt in einem System platzieren können und dann sofort darüber informiert, wann die Bestellungen geliefert werden. Dies geht noch einen Schritt weiter als das heute in der Automobilindustrie vorherrschende Just-in-Time-Prinzip.

# Jeder spricht über das IIoT

... wir setzen es einfach um.



embeddedworld2017  
Exhibition & Conference  
Nürnberg  
14.-16. März 2017  
Halle 1, Stand 1-110

## Netzwerke und Computer für eine „smartere“ Industrie.

- Leistungsstarke Computer für Ihre Bedürfnisse designt
- Sichere und verlässliche Netzwerke – immer und überall
- Vertikale Integration von SCADA bis zu Feldgeräten

Moxa. Wo Innovation passiert.

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

**MOXA**  
Reliable Networks ▲ Sincere Service

# Einfach anders.

SQL4AUTOMATION – EINFACH. DIREKT. SMART.



## Anwender-Workshop

# SQL4automation – die clevere Datenbankbindung

28.03.2017 • 09:30 - 16:30 Uhr

In diesem Workshop erfahren Sie, wie man mit SQL4automation eine SPS einfach an eine SQL Datenbank anbindet.

### Themenüberblick:

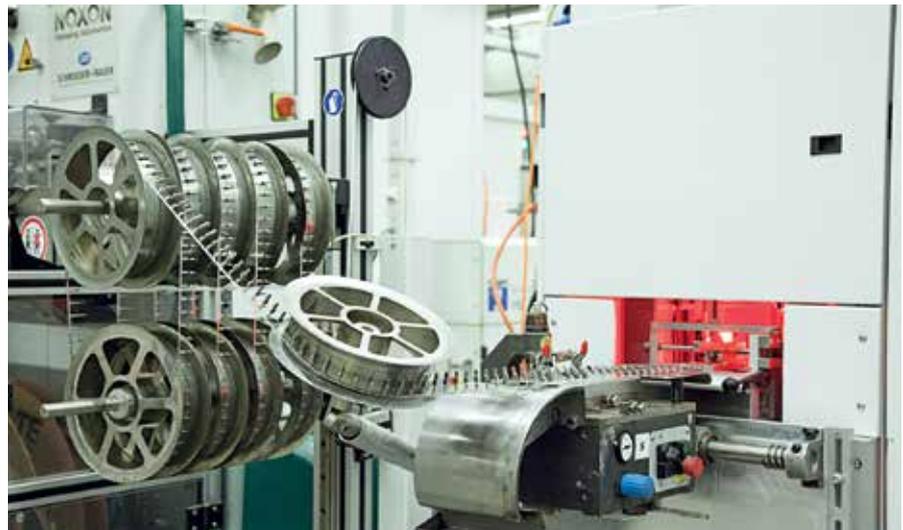
- Erklärung des Prinzips von SQL4automation
- Inbetriebnahme von SQL4automation, Beispiele und erste Anfrage an eine SQL Datenbank.
- Einführung in SQL Sprache
- Anwenden der SQL Sprache mit der Teststeuerung
- Ausblick: Was ist mit SQL möglich?
- Was für Vorteile bringt eine Anbindung an eine SQL Datenbank?
- Diskussionsrunde

Die Teilnehmerzahl ist auf 10 Personen begrenzt. Für die Teilnahme ist ein Laptop mit aktuellem TIA V13 oder CODESYS V3 notwendig. Steuerungen werden bereitgestellt. Weitere Steuerungen auf Anfrage. Die Teilnahmegebühr beträgt EUR 79,00 pro Teilnehmer zzgl. MwSt. Darin enthalten sind: Teilnahme am Workshop, Tagungsunterlagen, Mittagessen und Erfrischungen während der Pause.

Beim Kauf einer SQL4automation Lizenz wird die Teilnahmegebühr für den Anwender-Workshop – auch nachträglich – auf den Kaufpreis angerechnet.

Anmeldung unter: [info@inasoft.ch](mailto:info@inasoft.ch)

**4** SQL4AUTOMATION  
The smart database connection



Um ältere Maschinen an das Netzwerk anzubinden, ist ein maschinenunabhängiges, kostengünstiges und leicht zu installierendes Konnektivitäts-Gerät erforderlichlich.

Aus Sicht von TE wird die Smarter Factory in der Lage sein, zahlreichen industriellen Trends gerecht zu werden. Hierzu gehören etwa Aspekte wie eine höhere Anpassung an kundenspezifische Anforderungen, eine größere Differenzierung (selbst in Massenproduktion), eine verbesserte Energieeffizienz sowie mehr Interaktion durch den Einsatz Internet-basierter wie auch anderer Verfahren für den Informationsaustausch. Eine Konsequenz wird der Übergang von der Lagerfertigung hin zu einer auftragsbezogenen Fertigung sein. Dadurch wird die Smarter Factory flexibler und ökologisch nachhaltiger. Die Möglichkeit, Informationen mit Kunden zu teilen, wird zu einer größeren Balance zwischen Angebot und Nachfrage führen.

Durch die Smarter Factory ist TE in der Lage, neue Lösungen einzusetzen und zu überprüfen. Während das Unternehmen bei seiner Digital-Factory-Initiative die Anforderungen der Kunden und laufende Aufträge im Blick hat, kann es im Rahmen der Smarter Factory auch Möglichkeiten erproben, die darüber hinausgehen. Aufgrund seines Netzwerks ist TE in der Lage, neue Ideen und Anlagen über die gesamte Wertschöpfungskette hin-

weg zu testen. Daraus können neue Verbindungstechnologielösungen wie etwa IoT-OmniGate entstehen, von denen die industriellen Kunden des Unternehmens unmittelbar profitieren.

### Prozessschritte überdenken

Aber ebenso wie im Fall der digitalen Fabrik wird auch die Smarter Factory sozusagen nicht über Nacht entstehen. Viele Prozessschritte müssen verändert, integriert und getestet werden – über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg. Ferner es ist erforderlich, jede Veränderung auf den Prüfstand zu stellen.

In der Fabrik der Zukunft wird das IIoT alle Prozesse miteinander vernetzten und alle Dinge an Netzwerke und IT-Systeme anbinden, von Maschinen über Steuerungen und Antriebe bis hin zu Werkstücken. Das wird einen Quantensprung bei Produktivität und Effizienz ermöglichen. Die Smarter Factory geht noch einen Schritt weiter: ein komplett integrierter Ansatz, von dem Konstrukteure, Hersteller, Kunden und Endverbraucher durch die neuesten, mit größtmöglicher Wirtschaftlichkeit hergestellten Produkte profitieren. □