



AUTOMATION & DIGITALISIERUNG

2018/19

DAS KOMPENDIUM

**DIE WICHTIGSTEN TECHNOLOGIE-TRENDS
DIE WICHTIGSTEN ANBIETER**



ABB Standard Drive.

Prozesse einfach und
höchst effizient regeln.

Kaufen, anschließen, starten. Der Standardfrequenzumrichter ACS580 für eine einfache Motorregelung richtet sich praktisch selbsttätig ein und regelt Prozesse effizient, ohne Zeit und Energie zu verschwenden. Alle wesentlichen Merkmale sind standardmäßig eingebaut. Als Teil des Digitalangebots ABB Ability™ kann der ACS580 effizient mit dem industriellen Internet verbunden werden. Erfahren Sie mehr über den ABB Standard Drive unter www.abb.de/drives.



INHALT

ANBIETER (BUSINESS-PROFILE)

WISSENSCHAFT & FORSCHUNG

DIGITAL FACTORY

INDUSTRIELLE SOFTWARELÖSUNGEN

ROBOTIK & HANDLING

ANTREIBEN & BEWEGEN

INDUSTRIELLE KOMMUNIKATION

STEUERUNGSTECHNIK

SENSORIK & MESSTECHNIK

SICHERE AUTOMATION

VERSORGUNGS- & VERBINDUNGSTECHNIK

VERZEICHNISSE

Partner-Board

Am A&D-Kompendium 2018/2019 haben mitgewirkt:



Pushing Performance





INHALT & ALLGEMEINES

3	Inhaltsstruktur	12	Editorial	226	Impressum
4	Partner-Board				

BUSINESS-PROFILE

14	Althen	27	Koco Motion	40	Rübsamen & Herr
15	Automation24	28	Lenord, Bauer & Co.	41	Rutronik
16	B&R Industrie-Elektronik	29	Lenze	42	Schunk
17	Balluff	30	LTI	43	Sigmatek
18	Baumüller	31	Lütze	44	SVS-Vistek
19	Bosch Rexroth	32	Maxon Motor	45	Syslogic
20	Eplan Software & Service	33	Moog	46	TQ-Group
21	Faulhaber	34	Odu	47	TR-Electronic
22	Fraunhofer IPA	35	Pepperl+Fuchs	48	Turck
23	Harting	36	P.E. Schall	49	Universal Robots
24	Heitec	37	Process Automation Solutions	50	Weidmüller
25	Hilscher	38	PSI Automotive & Industry	51	Yaskawa
26	Insys Icom	39	Rittal		



BILDQUELLE: ISTOCK, PEOPLEIMAGES

Your Global Automation Partner

TURCK

Himmelsleiter!

Turck Cloud Solutions



Sicheres Übertragungsprotokoll, einfache Integration und weltweiter Zugriff auf Maschinen- und Anlagendaten

Funktionen wie Monitoring, Alarm-Messaging, Reports, Trends oder Geolokalisierung bereits integriert

Daten-Hosting in verschiedenen Varianten: as a Service oder lokal als „Private Cloud“ in Ihrem Rechenzentrum

www.turck.de/tcs

WISSENSCHAFT & FORSCHUNG



BILDQUELLE: ISTOCK, BORTONIA

54 **BMBF-Projekte**

56 **DFG-Projekte**

65 **VDI-Fortschritt-Berichte**

DIGITAL FACTORY



BILDQUELLE: ISTOCK, VALERYBROZHINSKY

70 **Schrittweise zu vernetzten Anlagen**
Systematischer Leitfaden hilft bei Umsetzung von Industrie-4.0-Projekten

73 **Schlanke Produktentwicklung**
Datenbasierte Geschäftsmodelle finden und schnell umsetzen

76 **IoT für die digitale Wertschöpfung**
Mit modularen Plattformen Daten richtig nutzen

78 **Wie sich Daten standardisieren lassen**
Unterschiedliche Datenstrukturen vereinheitlichen

81 **KI hilft bei industrieller Fertigung**
Intelligente Software unterstützt bei der Optimierung von Entscheidungen

84 **Wettbewerbsvorteil Industrial Analytics**
Prognosen und neue Geschäftsmodelle dank Analysesoftware

87 **Komplexe Metallteile fertigen**
3D-Druck im DMLS-Verfahren ermöglicht geometrisch anspruchsvolle Designs

90 **Additive Fertigung 2.0**
Mit durchgängiger Vernetzung das Potenzial des industriellen 3D-Drucks freisetzen

92 **Datenbrillen unterstützen Techniker**
Wie Augmented Reality Unternehmen neue Möglichkeiten eröffnet

INDUSTRIELLE SOFTWARELÖSUNGEN



BILD-SPONSOR: EPLAN; EPLAN.DE /
BILDQUELLE: ISTOCK, METAMORWORKS

96 **Die DNA des digitalen Zwillings**
Mit digitalen Abbildern transparentere und effizientere Produktlebenszyklen gestalten

99 **Plattform für die Smart Factory**
Neue Software-Architektur für mehr Flexibilität in der Fertigungs-IT

102 **Anlagenprogrammierung per Browser**
Offenes, plattformunabhängiges Entwicklungs-Tool für Steuerungen

ROBOTIK & HANDLING



BILDQUELLE: ISTOCK, SVEDOLIVER

- | | |
|---|---|
| <p>106 Flexibilität trifft Kosteneffizienz
Intelligentes Transportsystem macht individualisierte Massenproduktion möglich</p> <hr/> <p>108 Robotergestützte Kennzeichnung
Beschriftungssysteme lösen Kennzeichnungsaufgaben zusammen mit Robotern</p> <hr/> <p>110 Lernfähige Roboter
Bildverarbeitungssoftware für einen zuverlässigen Griff-in-die-Kiste</p> <hr/> | <p>112 Erfolgreiche Lecksuche per Roboter
Worauf es bei der automatisierten Schnüffellecksuche ankommt</p> <hr/> <p>114 Roboter für den optimalen Klang
50-prozentige Produktivitätssteigerung durch den Einsatz von Cobots</p> <hr/> |
|---|---|

ANTREIBEN & BEWEGEN



BILDQUELLE: ISTOCK, BOSCA78

- | | |
|--|--|
| <p>118 Minimale Trägheit, maximale Dynamik
Neue Servomotoren-Baureihe nach dem Baukastenprinzip</p> <hr/> <p>120 Effiziente Mehrachssysteme
Energieaustausch in Antriebssystemen realisieren</p> <hr/> | <p>123 Zustellachsen automatisieren
Formatwechsel mit integrierten Stellantrieben einfach automatisieren</p> <hr/> <p>126 High-Performance-Antriebssysteme
Dynamische und leichte Servomotoren für die kollaborative Robotik</p> <hr/> |
|--|--|

INDUSTRIELLE KOMMUNIKATION



BILDQUELLE: ISTOCK, MATEJMO

- | | |
|--|---|
| <p>130 Feldbus 4.0
Framework für die einheitliche Kommunikation zwischen Maschinen</p> <hr/> <p>133 Schnell in Betrieb, sicher verbunden
Modulare Industrierouter sorgen für reibungslose Inbetriebnahmen</p> <hr/> <p>136 Datentransfer im Nanosekundentakt
Drahtloses Übertragungssystem setzt auf LED-Lichtsignale statt Funktechnik</p> <hr/> <p>138 Industrial Data Intelligence
Maschinelles Lernen erleichtert die datenbasierte Produktionsoptimierung</p> <hr/> | <p>140 Zukunft der Automatisierungsnetze
Bedarfsgerechte Konfiguration von TSN-Netzwerken</p> <hr/> <p>142 Smart Factory wird Realität
OPC UA über TSN für echtzeitfähige Datenübertragung</p> <hr/> <p>146 Durchgängig kommunizieren mit TSN
Daten deterministisch übertragen mit Ethernet TSN</p> <hr/> <p>149 M2M-Kommunikation direkt im Feld
Lange Verdrahtungswege vermeiden dank Ethernet-Spanner</p> <hr/> <p>152 Lückenlose Vernetzung
IO-Link-Master und -Hubs für einfache Integration von Sensoren und Aktoren</p> <hr/> |
|--|---|

STEUERUNGSTECHNIK


 BILDQUELLE: ISTOCK, GENKUR

- 156 Smart Factory Goes Wireless HMI**
Sicherheit und größere Bewegungsfreiheit dank WLAN-Technik
-
- 159 Automatisierung ohne Grenzen**
Offene Steuerungsplattform erleichtert die Entwicklung von Applikationen für SPSen
-
- 162 Regeln und automatisieren in Echtzeit**
Leistungsstarke Industrie-PCs für deterministische Antwortzeiten
-

SENSORIK & MESSTECHNIK


 BILDQUELLE: ISTOCK, KYNNY

- 166 Automatisierte Erkundung aus der Luft**
Drohne mit GigE-Vision-Kamera unterstützt Einsatzkräfte mit Echtzeit-Bildern
-
- 168 Industrielle Bildverarbeitung mit KI**
Mit Deep Learning den Programmieraufwand für Vision-Systeme reduzieren
-
- 171 Neue System-on-Chip-Technologie**
Kameramodul auf ASIC-Basis für performantere Bildverarbeitung
-
- 174 Clevere Staubsauger sind der Anfang**
Wie 3D-Imaging und künstliche Intelligenz die Bildverarbeitung vorantreiben
-
- 178 Immer vor dem richtigen Regalfach**
Kamerabasierter Sensor für die Fachfeinpositionierung
-
- 180 Sensorik für vernetzte Produktion**
Positionssensoren mit IO-Link-Anbindung für neue Analysemöglichkeiten
-
- 182 Wegbereitende Präzisionstechnologie**
Interferometrischer Messsensor in industrietauglichem und kompaktem Design
-

SICHERE AUTOMATION


 BILDQUELLE: ISTOCK, MATEJMO

- 186 Herausforderung Industrial IT Security**
Mehrschichtiges, cloudbasiertes Sicherheitskonzept für Produktionsanlagen
-
- 188 Sicherer Weg zu Industrie 4.0**
Edge-Gateway basierend auf dem Security-by-Design-Prinzip
-
- 190 Elektronische Sicherungen für 24 Volt**
Kleiner dimensionierte Stromversorgungen und Gehäuse einsetzen
-
- 192 Smarte Greifsysteme**
Intelligente und sichere Greifer für die Zusammenarbeit mit dem Menschen
-

VERSORGUNGS- UND VERBINDUNGSTECHNIK



BILDQUELLE: ISTOCK, TRAVENIAN

- | | |
|---|---|
| <p>196 Konnektivität aus dem Baukasten
Übertragung von Strom, Signalen und Daten in einem Steckverbinder kombinieren</p> <hr/> <p>198 Click and ready
Mit Push-Pull-Verriegelung Montagezeit sparen</p> <hr/> <p>203 Multifunktionale Steckverbinder
Steckverbinder mit hybriden Schnittstellen für den Einsatz in mobilen Komponenten</p> <hr/> <p>206 Nachhaltiges Klimamanagement
Ganzheitliches Konzept sorgt für thermisch optimierte Schaltschränke</p> <hr/> | <p>210 Exakt regeln und effizient kühlen
Neue Chiller-Generation für flexibel einsetzbare Flüssigkeitskühlung</p> <hr/> <p>214 Bei laufender Produktion prüfen
Differenzstrom-Überwachungssysteme machen Anlagenabschaltung unnötig</p> <hr/> <p>217 Energiemanagement mit Zukunft
Partnernetzwerke als entscheidendes Kriterium bei der Umsetzung von Projekten</p> <hr/> |
|---|---|

VERZEICHNISSE



BILDQUELLE: ISTOCK, CLAUDIOBABA

- | | | |
|--|--|--|
| <p>220 Autorenverzeichnis</p> <hr/> | <p>222 Redaktionsbeirat und Ehrenmitglieder</p> <hr/> | <p>223 Inserenten-/Firmenverzeichnis</p> <hr/> <p>224 Stichwortverzeichnis</p> <hr/> |
|--|--|--|



Gastkommentar

„Technik mehr wertschätzen“

Prof. Dr.-Ing. habil. i.R. Ernst Habiger: Wer als einfacher Bürger relativ gedankenlos unsere Welt durchstreift, denkt selten daran, welch ungeheurer technischer Aufwand dazu gehört, uns das Leben, so wie wir es gewohnt sind, zu ermöglichen. Unzählige Mechanismen und Maschinen gehören dazu. Diese Mittel zielgerichtet einzusetzen, anzutreiben, zu bewegen, zu steuern und zu regeln, sie zu warten, zu pflegen und zielgerichtet weiter zu entwickeln, die dazu erforderliche Energie bereit zu stellen und den Datenaustausch zu ermöglichen – dies alles wird vielmehr als Selbstverständlichkeit wahrgenommen.

Wer denkt schon beim Biergenuss daran, was für eine komplexe Maschinerie dazu gehört, um ihm den jährlichen Bierkonsum von rund 100 Litern zu ermöglichen. Dasselbe gilt für die ausreichend und hochwertige Bereitstellung von Nahrungsgütern. Wir wohnen ganz selbstverständlich in Häusern und Gebäuden, die uns vor den Unbilden der Natur schützen, ohne viel Gedanken daran zu verschwenden, welch großer technisch-organisatorischer Aufwand notwendig ist, dies in der bestehenden Form zu ermöglichen.

Wem ist schon bewusst, wenn er den Lichtschalter betätigt, in was für ein stabiles und sicheres Versorgungsnetz er sich da einklinkt, dessen fehlerbedingte Ausfälle jährlich zumindest in Deutschland nur im Minutenbereich liegen. Dasselbe gilt für die Versorgung mit Trinkwasser und die Entsorgung von Schmutzwasser. Wenn wir einmal erkranken, sind wir es gewöhnt, dass sich Ärzte und medizinisches Personal in zahlreichen Praxen und Krankenhäusern um uns kümmern, wobei eine große Zahl komplizierter medizinisch-technischer Geräte zum Einsatz kommt. Verreisen wir einmal, stehen uns eine Vielzahl von straßen- und schienengebundenen Fahrzeugen sowie Schiffe und Flugzeuge mit einem komplexen apparativen und organisatorischen Aufwand zur Verfügung. Ist uns nach Information oder Unterhaltung zumute, können wir auf diverse gedruckte Medien, das Telefon, Rundfunk, Fernsehen, Internet, Kino und Theater zugreifen.

Um all diese technischen Mittel gebrauchsfähig zu erhalten und sinnvoll weiterzuentwickeln, um unsere Lebensqualität weiter zu verbessern, bedarf es einer Vielzahl von Hard- und Softwarehilfen sowie spezieller Medien, die sachkundig Anleitung dazu bieten. Und bei aller Liebe zu Industrie 4.0 und Digitalisierung darf die Weiterentwicklung der Kernkompetenzen der Automatisierungs- und Antriebstechnik nicht aus den Augen verloren werden.

Prof. Dr.-Ing. habil. i.R. Ernst Habiger ist emeritierter Lehrstuhlinhaber für Automatisierungstechnik an der TU Dresden. Außerdem war er Mitinitiator des A&D-Kompodiums und fungiert als aktives Mitglied des Redaktionsbeirats.

ANBIETER (BUSINESS-PROFILE)



BILDQUELLE: ISTOCK, PEOPLEIMAGES

14	Althen	21	Faulhaber	29	Lenze	37	Process Automation Solutions	44	SVS-Vistek
15	Automation24	22	Fraunhofer IPA	30	LTI	38	PSI Automotive & Industry	45	Sylogic
16	B&R Industrie-Elektronik	23	Harting	31	Lütze	39	Rittal	46	TQ-Group
17	Balluff	24	Heitec	32	Maxon Motor	40	Rübsamen & Herr	47	TR-Electronic
18	Baumüller	25	Hilscher	33	Moog	41	Rutronik	48	Turck
19	Bosch Rexroth	26	Insys icom	34	ODU	42	Schunk	49	Universal Robots
20	Eplan Software & Service	27	Koco Motion	35	Pepperl+Fuchs	43	Sigmatex	50	Weidmüller
		28	Lenord, Bauer & Co.	36	P.E. Schall			51	Yaskawa

ALTHEN

SENSORS & CONTROLS

Ihr Erfolg treibt uns zu Spitzenleistungen an

Althen steht seit 1978 für wegweisende Mess- und Sensoriklösungen. Ihre Qualitätsansprüche sind hoch, unser Ziel ist es auch: Wir stellen uns jeder messtechnischen Herausforderung. Immer auf der Suche nach Innovationen geben wir uns erst zufrieden, wenn wir die perfekte Lösung für Ihre Messaufgabe gefunden haben.

Die Motivation und Passion unserer rund 40 Mitarbeiter prägt unsere Arbeitsweise. Kern des Geschäfts von Althen ist eine faire und herstellerneutrale Kundenberatung. Vertrieb und Entwicklung arbeiten Hand in Hand. In unserer hauseigenen Fertigung entstehen so kundenspezifische Systemlösungen. Die Funktion aller Produkte prüfen wir in unserem Kalibrierlabor. Die sorgfältige Kontrolle unserer Eigenentwicklungen und Verkaufsprodukte verleiht uns eine besondere Stellung auf dem deutschen Messtechnik- und Sensorik Markt.

Althen ist Partner vieler anerkannter Universitäten und führender Konzerne. Wir stehen in einem intensiven Wissenstransfer und entwickeln gemeinsam die Technologien der Zukunft. Als eines der ersten Unternehmen in unserer Branche ist Althen gemäß TÜV PROFICERT-Verfahren von der Zer-

tifizierungsstelle des TÜV Hessen nach DIN EN ISO 9001:2008 zertifiziert.

Die Zukunft baut auf Erfahrung

Wir sind mit unserer internationalen Ausrichtung und dem Streben nach Innovationen für die Zukunft ebenfalls mit der Tradition verwurzelt. Erfahrung und Know-how bilden die Basis für unsere Arbeit. Begleiten Sie uns auf unserem Erfolgsweg vom Familienunternehmen zum international anerkannten Experten für Messtechnik und Sensorik.

Unsere Lösungen für Ihren Erfolg

Ob Sie Standard oder maßgeschneiderte Sensoren und Sensorsysteme benötigen, wir bieten Ihnen eine Lösung die Ihre Bedürfnisse abdeckt.

Ob im Bereich des

- Test & Measurement
 - in OEM Applikationen,
 - IoT Netzwerklösungen,
 - in der industriellen Automation,
 - oder im Bereich der industriellen Joysticks,
- unsere einzelnen Divisionen arbeiten intensiv und gemeinsam für Ihren Erfolg.



„Innovative Produkte mit Fokus auf Qualität und Ihre individuellen Bedürfnisse – dafür steht Althen!“

Peter Rohrmann, Managing Director

Produkte und Lösungen für:

- Busfähige Auswertelektroniken
- Beschleunigungssensoren
- Datenlogger
- Drehmomentsensoren
- Drehratsensoren
- Drucksensoren
- Druckkalibratoren
- Industrielle Joysticks
- Kraftsensoren
- Messverstärker
- Neigungssensoren
- Schwingungssensoren
- Vibrationssensoren
- Wägezellen
- Wegsensoren
- Wirbelstromsensoren
- WLPI Faseroptische Messlösungen

Service:

- Beratung
- Fertigung
- Engineering und Produktion
- Kalibrierung
- Messung und Vermietung
- Schulungen

Wir freuen uns auf Ihre Anforderungen und Anfrage!

Kontakt

ALTHEN SENSORS & CONTROLS
Althen GmbH Mess- und Sensortechnik
Dieselstraße 2
65779 Kelkheim, Germany
T +49/6195/7006-0
F +49/6195/7006-66
info@althen.de
www.althen.de

Ihr kompetenter Partner in der Mess- und Sensortechnik

OEM Sensors



T&M Sensors



IIoT Sensor Solutions





„Automation24-Kunden profitieren von besten Preisen, bestem Service, hohem Einkaufskomfort und Lieferungen in 24 h.“

Stefan von der Bey,
Geschäftsführer, Essen

Sortiment

- Sensoriksysteme
- Steuerungstechnik
- Antriebstechnik
- Industrielle Kommunikation
- Industrieleuchten
- Schalt- & Schutztechnik
- Befehls- und Meldegeräte
- Spannungsversorgung
- Gehäuse/Schaltschränke
- Werkzeuge
- Verbindungstechnik

Qualitätsmarken (Auszug)

- Siemens
- ifm electronic
- PHOENIX CONTACT
- WIKA
- Eaton (Moeller)
- Murrelektronik
- Fibox
- microsonic
- Lapp Kabel
- WAGO
- LED2WORK
- Selec
- Pflitsch
- Weidmüller
- Rittal
- Patlite
- Anybus

Kontakt

Automation24 GmbH
Hinsbecker Löh 10
45257 Essen, Germany
T 00800/24201124
(kostenfrei)
T +49/201/523130-0
F +49/201/523130-29
info@automation24.de
www.automation24.de

Modernes Design, bewährter Service

Ab sofort finden Automatisierungsprofis unter automation24.de noch schneller, was sie suchen. Der Online-Shop wurde umfassend modernisiert und präsentiert sich nun in deutlich frischerem Design. Außerdem wurden die Navigation sowie die Sachmerkmalsuche weiter verbessert und nutzerfreundlicher gestaltet. Die Ergebnisse lassen sich nach Einsatzgebieten, Herstellern, Preisen und technischen Spezifikationen sondieren. Dank responsivem Design erhalten Kunden auch bei mobilem Zugriff jederzeit maximalen Einkaufskomfort. Ein übersichtlicher OnePage Checkout spart Zeit und erhöht die Übersichtlichkeit.

Preisführer bei Kleinstmengen

Das Komplettsortiment für Automatisierungstechnik umfasst über 4.500 Markenartikel aus den Bereichen Positionssensorik, Prozesssensorik, Steuerungs- und Antriebstechnik, Industrial Ethernet, Regelungstechnik, Industrieleuchten, Schalt- und Schutztechnik, Befehls- und Meldegeräte, Spannungsversorgung, Gehäuse, Werkzeuge



automation24.de für Laptop, Tablet & Smartphone



sowie Verbindungstechnik. Sämtliche Produkte sind unter www.automation24.de bereits bei Kleinstabnahmemengen ab dem ersten Stück zu einem ausgezeichneten Preis-Leistungsverhältnis erhältlich. Bei den Produkten handelt es sich um Top-Qualität bekannter Markenhersteller wie ifm, Siemens, microsonic, Eaton, Lapp, Phoenix Contact oder Rittal.

Schnelle Lieferung, kompetenter Service

Eine Anzeige der Lagerbestände lässt Nutzer des Online-Shops die Lieferzeit jedes einzelnen Produktes erkennen. In der Regel wird die Ware binnen 24 Stunden versendet. Für produktbezogene, technische und allgemeine Fragen steht eine kostenfreie Rufnummer samt angeschlossenem Service Center bereit. Auch eine Kontaktaufnahme via Live-Chat, E-Mail oder Fax ist möglich. Bei der Applikationsberatung vollziehen die erfahrenen Servicemitarbeiter anhand von Demoboards Fragen der Kunden nach und testen Lösungsmöglichkeiten.



Über 250.000 Produkte auf Lager – inkl. Meterware

PERFECTION IN AUTOMATION
A MEMBER OF THE ABB GROUP



„ACOPOStrak ermöglicht die wirtschaftliche Symbiose von Losgröße 1 und Massenfertigung.“

Markus Sandhöfner,
Geschäftsführer B&R
Deutschland

Firmenbeschreibung

B&R ist ein innovatives Automatisierungsunternehmen mit Hauptsitz in Österreich und Niederlassungen in der ganzen Welt. Seit 6. Juli 2017 ist B&R eine Geschäftseinheit von ABB. Als Branchenführer in der Industrieautomation kombiniert B&R modernste Technologien mit fortschrittlichem Engineering. B&R stellt den Kunden verschiedenster Branchen perfekte Gesamtlösungen in der Maschinen- und Fabrikautomatisierung, Antriebs- und Steuerungstechnik, Visualisierung und integrierten Sicherheitstechnik bereit. Lösungen für die Kommunikation im Industrial IoT - allen voran OPC UA, POWERLINK und der offene Standard openSAFETY - runden das Leistungsportfolio von B&R ab. Darüber hinaus ist die Software-Entwicklungsumgebung Automation Studio Wegweiser für zukunftsgerichtetes Engineering. Mit seinen innovativen Lösungen setzt B&R neue Standards in der Automatisierungswelt, hilft Prozesse zu vereinfachen und übertrifft Kundenerwartungen.

ACOPOStrak revolutioniert die Flexibilität von Maschinen und Anlagen. Produkte und Produkt-

bestandteile werden auf einzelnen Shuttles schnell und flexibel durch Ihre Maschine oder Anlage von Bearbeitungsstation zu Bearbeitungsstation transportiert.

ACOPOStrak ist die nächste Evolutionsstufe der intelligenten, flexiblen Transportsysteme. Die **einzigartige Systemkonzeption** des Transportsystems ermöglicht entscheidende Technologievorteile zur **Flexibilisierung und Digitalisierung** Ihrer Fertigung. Mit ACOPOStrak können Sie kleine Losgrößen wirtschaftlich fertigen und so von den **höheren Margen individualisierter Produkte** profitieren. Implementieren Sie Digitalisierung auf der Ebene von Antriebstechnik und Mechanik in Ihre Maschinen.

Profitieren auch Sie von den Vorteilen der Antriebstechnik für die Smart Factory: maximale Zuverlässigkeit, schnelle Transportgeschwindigkeiten, minimale Umrüstzeiten und hohe Qualität. Mit ACOPOStrak **erhöhen Sie die Gesamtanlageneffektivität (OEE), steigern die Rentabilität Ihrer Maschineninvestitionen (ROI) und verkürzen die Time-to-Market (TTM).**

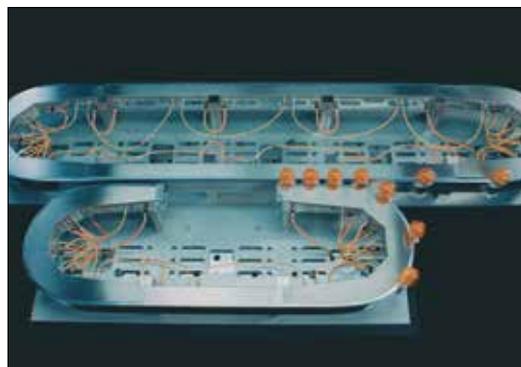
Gründung
1979

Geschäftsführer
– Geschäftsführer B&R
Deutschland:
Markus Sandhöfner
– Geschäftsführer B&R
Industrial Automation:
Hans Wimmer

Anzahl der Mitarbeiter
>3.000 Mitarbeiter

Internationales Engagement
26. Tochtergesellschaften mit
über 220 Büros weltweit

Produktionsstandort
Österreich



Beschleunigung: 5 g, Geschwindigkeit: 4 m/s.



Trennung und Zusammenführung der Produktströme

Kontakt
B&R Industrie-Elektronik GmbH
Norsk-Data-Straße 3
61352 Bad Homburg,
Germany
T +49/6172/4019-0
F +49/6172/4577-90
office.de@br-automation.com
www.br-automation.com



„Als Partner unserer Kunden schaffen wir ganzheitliche Automatisierungslösungen mit Mehrwert.“

Florian Hermle, Balluff
Geschäftsführer

Branche Elektroindustrie

Geschäftsfelder

Sensor-, Identifikations- und Netzwerklösungen sowie Software für ganzheitliche Systemlösungen in allen Bereichen der Automation

Gründung

1921

Geschäftsführer

- Michael Unger
- Katrin Stegmaier-Hermle
- Florian Hermle

Mitarbeiterzahl

3.600

Standorte weltweit

68 Niederlassungen und Repräsentanzen
8 Produktionsstandorte

Zielbranchen

- Metallbearbeitung
- Kunststoff
- Energie
- Mobility
- Stahl- u. Hüttenindustrie
- Verpackung
- Life Science
- Halbleiter

Dienstleistungen

- Beratung
- Engineering
- Schulungen

Kontakt

Balluff GmbH
Schurwaldstraße 9
73765 Neuhausen a. Fildern,
Germany
T +49/7158/173-0
F +49/7158/501-0
balluff@balluff.de
www.balluff.de

Balluff - innovating automation

1921 in Neuhausen a. d. F. gegründet, steht Balluff mit seinen 3600 Mitarbeitern weltweit für innovative Technik, Qualität und branchenübergreifende Erfahrung in der industriellen Automation.

Als Sensor- und Automatisierungsspezialist treibt Balluff seit vielen Jahren die Entwicklung der intelligenten und vernetzten Produktion voran und investiert einen beachtlichen Anteil seines Umsatzes in Forschung und Entwicklung. Das Unternehmen schafft durch seine ganzheitlichen Systemlösungen aus Sensor-, Identifikations- und Netzwerktechnologien und Software transparente Produktionsprozesse und erfüllt so die Aufgabe eines Enablers für Industrie 4.0. Im Jahr 2016 erzielte die Balluff Gruppe einen Umsatz von rund 378 Mio. Euro.

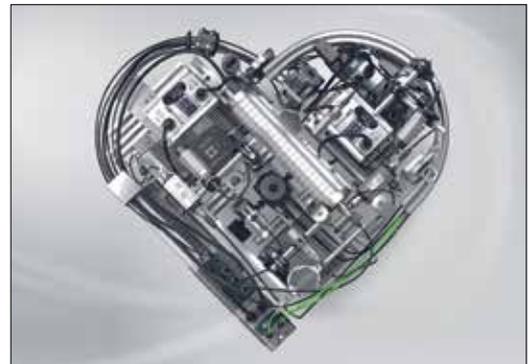
Neben dem zentralen Firmensitz in Neuhausen a. d. Fildern verfügt Balluff rund um den Globus über Vertriebs-, Produktions- und Entwicklungsstandorte und ist mit 37 Tochtergesellschaften und weiteren

Vertretungen in 68 Ländern aufgestellt. Dies garantiert den Kunden eine schnelle weltweite Verfügbarkeit der Produkte und eine hohe Beratungs- und Servicequalität direkt vor Ort. Gefertigt wird im Stammhaus in Neuhausen a. d. Fildern in der Nähe von Stuttgart und in weiteren modernen Produktionsstätten, etwa in Ungarn, der Schweiz, den USA, Brasilien und China. Ein ausgefeiltes Qualitätsmanagement mit eigenem Prüflabor sichert die Qualität bei allen Prozessen und Produkten.

Das Unternehmen bildet selbst aus und kooperiert bei der Nachwuchsgewinnung unter anderem mit der Dualen Hochschule Stuttgart und der Hochschule Esslingen. Viele ihrer Absolventen sind heute im Unternehmen tätig. Dabei gilt Balluff nicht ohne Grund als einer der attraktivsten Arbeitgeber der Region, denn das Unternehmen sorgt neben einem interessanten Arbeitsplatz auch für optimale Arbeitsbedingungen.



Die Firmenzentrale in Neuhausen / Fildern



Das Herz von Balluff schlägt für Industrie 4.0



Die familiengeführte Baumüller Gruppe steht als langfristiger Partner für Innovation und Zuverlässigkeit.

Den Kundennutzen als Ziel immer im Blick, fließen die langjährige Tradition und der Baumüller-Pioniergeist in jede einzelne Baumüller-Lösung ein. Damit ist die Gruppe eine zukunftsfähige Wahl für Maschinenbauer und Maschinenbetreiber mit einem umfassenden Angebot an Systemlösungen, Komponenten und Services.

Baumüller bietet durchgängige Lösungen aus einer Hand und legt dabei Wert auf höchste Flexibilität, größtmögliche Wirtschaftlichkeit und maximale Durchgängigkeit. Das Firmenmotto "be in motion" steht für den Anspruch, an der Spitze von aktuellen Technologietrends, wie zum Beispiel Industrie 4.0, zu sein. Aber auch dafür, die Kunden und Partner in allen Phasen des Maschinenlebenszyklus schnell und flexibel zu unterstützen.

Bei Baumüller entstehen Innovationen durch kontinuierliches Forschen, Entwickeln und Investieren. Erfolgreiche Innovationen aber fordern vor allem eines: Zusammenarbeit - mit Partnern, Hochschulen und Kunden. So entstehen kontinuierlich innovative und wirtschaftliche Lösungen, die Bau-

müller zum bevorzugten Technologiepartner in allen entscheidenden Märkten machen.

Dank konsequenter Modularisierung aller Lösungseinheiten in einem Baukasten-System mit Motoren, Servoreglern, Steuerungen und Software sind Baumüller-Systeme zukunftssicher und flexibel. Damit wird der Zeit-, Kosten- und Entwicklungsaufwand beim Maschinenbauer minimiert und es können angepasste Automatisierungs- und Antriebslösungen realisiert werden.

Zahlreiche Unternehmen aus den unterschiedlichsten Branchen des Maschinenbaus sowie den Bereichen regenerative Energien und mobile Antriebskonzepte setzen darum seit Jahren auf die Kompetenz von Baumüller. In über 40 Ländern rund um den Globus stehen wir unseren Kunden als starker und zuverlässiger Partner zur Seite und unterstützen sie dabei, effiziente und sichere Maschinen zu entwickeln. Mit individuell abgestimmten Serviceleistungen in den Bereichen Projektierung, Instandsetzung und Instandhaltung sowie Montage und Verlagerung decken wir alle Anforderungen über den gesamten Lebenszyklus von Maschinen und Anlagen ab.



„Unser Ziel ist es, Industrie 4.0 in greifbaren Nutzen für den Anwender zu transformieren.“

*Andreas Baumüller,
Geschäftsführender
Gesellschafter*

Gründungsjahr

1930

Durchgängige

Automatisierungslösungen:

Produkte
Elektromotoren
Antriebselektronik
Steuerungssysteme
Industrie-PCs
Industrielle Kommunikation
Visualisieren & Bedienen
I/O-Systeme
Sicherheitstechnik
Software

Dienstleistungen

Engineering
Installation
Montage
Instandhaltung
Elektronic Manufacturing
Service
Elektronic Manufacturing
Service
Verlagerung



Kontakt

Baumüller Nürnberg GmbH
Ostendstraße 80-90
90482 Nürnberg, Germany
T+49/911/5432-0
T+49/911/5432-130
mail@baumueller.de
www.baumueller.de



„Zukünftige Produktionsumfelder werden höhere Ansprüche an die Wandlungsfähigkeit stellen als bisher.“

Dr. Heiner Lang, Leiter der Business Unit Automation & Electrification Solutions, Bosch Rexroth AG

Bosch Rexroth sorgt als ein weltweit führender Anbieter von Antriebs- und Steuerungstechnologien für effiziente, leistungsstarke und sichere Bewegung in Maschinen und Anlagen jeder Art und Größenordnung. Das Unternehmen bündelt weltweite Anwendungserfahrungen in den Marktsegmenten Mobile Anwendungen, Anlagenbau und Engineering sowie Fabrikautomation. Mit intelligenten Komponenten, maßgeschneiderten Systemlösungen sowie Dienstleistungen schafft Bosch Rexroth die Voraussetzungen für vollständig vernetzbare Anwendungen. Bosch Rexroth bietet seinen Kunden Hydraulik, Elektrische Antriebs- und Steuerungstechnik, Getriebetechnik sowie Linear- und Montagetechnik einschließlich Software und Schnittstellen ins Internet der Dinge.

Kontakt

Bosch Rexroth AG
 Maria-Theresien-Straße 23
 97816 Lohr am Main, Germany
 T+49/9352/18-0
 F+49/9352/18-3972
 info@boschrexroth.de
 www.boschrexroth.de

rexroth
 A Bosch Company

Firmenbeschreibung

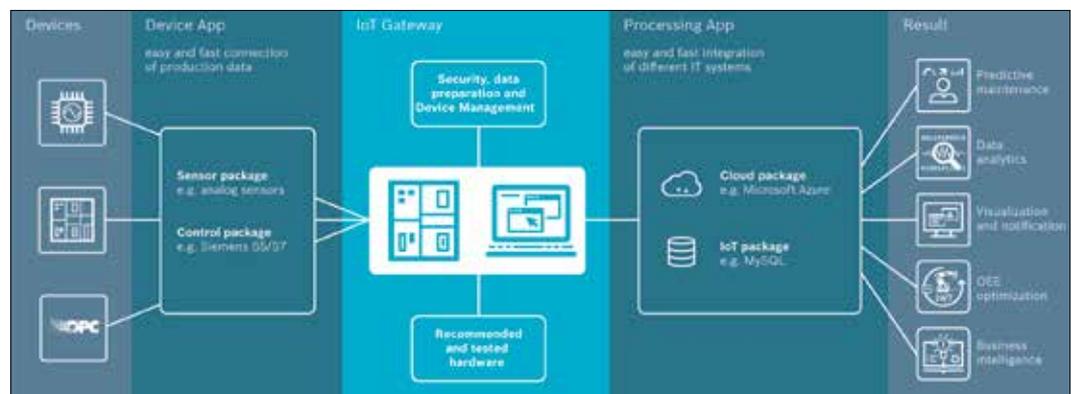
Was wäre, wenn man in einer Fabrik alles außer Boden, Dach und Wänden innerhalb weniger Tage oder sogar Stunden ändern könnte? Volle Flexibilität, Individualität und Skalierbarkeit. Genau darum geht es in der Fabrik der Zukunft. Die Anforderungen an die künftige Produktion sind gezeichnet durch immer kürzere Produktlebenszyklen, durch kleiner werdende Losgrößen und individuelle Produktgestaltung und -ausprägungen. Die Entwicklung in Richtung einer leistungsfähigen und wandelbaren Fertigung ist unaufhaltsam.

Bei der Frage, welche Auswirkungen diese Szenarien auf die nächsten Generationen der Automationstechnik haben, zeichnen sich aus Sicht von Bosch Rexroth deutliche Entwicklungslinien ab: Die kommende Automationsarchitektur wird noch konsequenter auf verteilte Intelligenz und die Vernetzung sämtlicher Geräte in der Fertigung setzen. Dabei muss die Interoperabilität über die Hierarchieebenen der klassischen Automatisierungspyramide hinweg bis zur Unternehmens-IT und Cloud-Anwendungen gewährleistet sein.

Der Maschinenbau braucht neue Automationsplattformen, die uneingeschränkt konnektiv sind und

eine maximale Flexibilität in der (Re-)Konfiguration des Equipments garantieren. So können Endanwender flexible und optimierte Wertströme in der Fertigung etablieren, die in der virtuellen, datengetriebenen Fabrikwelt einen Sollzustand beschreiben und mit der materialisierten Realwelt im positiven Wettbewerb stehen. Gleichzeitig müssen diese neuen Automationsplattformen die klassischen Themen Zykluszeiten, Verfügbarkeit, Energieeffizienz und Maschinensicherheit abdecken.

Die Fabrik der Zukunft wird aber nicht unbedingt am Reißbrett entworfen, sie entsteht auch evolutionär vor Ort in den Werkhallen. Es ist schon heute möglich, installierte Maschinen und Anlagen mit Mehrwert in vernetzte Umgebungen zu integrieren. Software-Lösungen wie das IoT Gateway von Bosch Rexroth binden alle Maschinen und Module gleichermaßen und unabhängig von der Hardware oder Steuerung ein. Diese Software ist hoch konnektiv zu verschiedensten Sensoren, Steuerungsprogrammen verschiedener Hersteller und den OPC UA sowie OPC DA-Standards. Jedes Gerät ist von jedem Standort aus ansprechbar. Endanwender können alle heutigen und zukünftigen Möglichkeiten des Internet of Things nutzen.

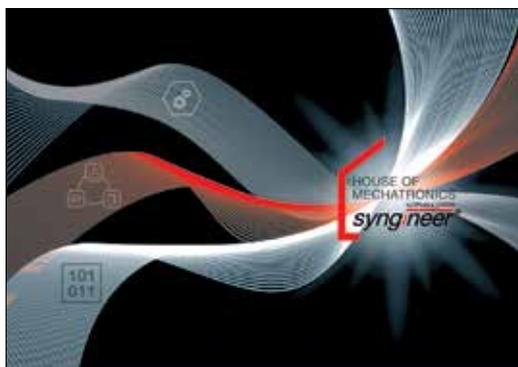


Das IoT Gateway von Bosch Rexroth ermöglicht die Vernetzung von Neu- und Bestandsmaschinen



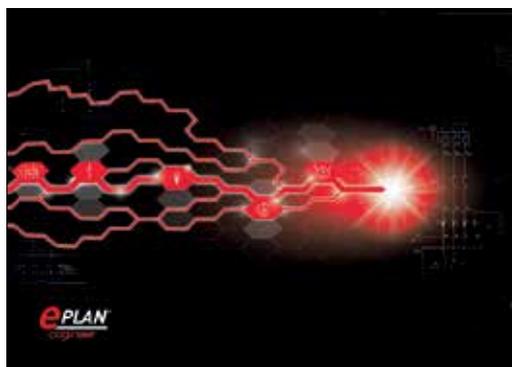
Firmenprofil

Als einer der führenden Anbieter weltweit entwickelt EPLAN Software & Service CAx-, Konfigurations- sowie Mechatronik-Lösungen und berät Unternehmen in der Optimierung ihrer Engineering-Prozesse. Sowohl standardisierte als auch individuelle Schnittstellen zu ERP- und PLM/PDM-Systemen sichern Datendurchgängigkeit in Produktentstehung, Auftragsbearbeitung und Fertigung. Konsequente Kundenorientierung, globaler Support und innovative Entwicklungs- und Schnittstellenkompetenz sind Erfolgsfaktoren im Engineering. Als Global Player unterstützt EPLAN weltweit über 51.000 Kunden mit mehr als 145.000 Installationen durch erstklassige Produktqualität und höchstmögliche Effizienzsteigerungen.



Syngineer: Direkt kommunizieren - mechatronisch entwickeln

EPLAN wurde 1984 gegründet. Gemeinsam mit der Schwesterfirma CIDEON entwickelt EPLAN innovative mechatronische Lösungen. Beide Unternehmen sind Teil der Friedhelm Loh Group mit 18 Produktionsstätten und 80 internationalen Tochtergesellschaften weltweit. Die inhabergeführte Friedhelm Loh Group beschäftigt über 11.500 Mitarbeiter und erzielte im Jahr 2017 einen Umsatz von rund 2,5 Milliarden Euro. Zum zehnten Mal in Folge wurde die Unternehmensgruppe 2018 als Top-Arbeitgeber Deutschland ausgezeichnet. In einer bundesweiten Studie stellten die Zeitschrift Focus Money und die Stiftung Deutschland Test fest, dass die Friedhelm Loh Group 2018 erneut zu den besten Ausbildungsbetrieben gehört.



EPLAN Cogineer: Mehr Speed. Mehr Automation. Mehr Schaltplan.



„Engineering-Disziplinen müssen zusammenwachsen, damit mechatronisches Arbeiten Wirklichkeit wird.“

Sebastian Seitz, Vorsitzender der Geschäftsführung von EPLAN & CIDEON

Geschäftsführung

Sebastian Seitz (Vorsitzender), Haluk Menderes

Geschäftsstellen

Sieben deutsche Niederlassungen und Präsenzen in mehr als 50 Ländern weltweit

Belegschaft

900 Mitarbeiter

Zielmärkte

Maschinen- und Sondermaschinenbau, Automobilindustrie, Automatisierungstechnik, Verfahrenstechnik, Konsumgüterindustrie, Energie / Wasser / Abwasser und andere

PLM Lösungsangebot

Software-Lösungen, Dienstleistungen und ganzheitliche Konzepte zur Optimierung von Produktentstehungsprozessen

Kontakt

EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG
An der alten Ziegelei 2
40789 Monheim am Rhein, Germany
T +49/2173/3964-0
F +49/2173/3964-25
info@eplan.de
www.eplan.de



„Wir entwickeln Antriebslösungen, die optimal auf die Applikationsanforderungen abgestimmt sind.“

*Gert Frech-Walter,
Geschäftsführer*

Die 1947 gegründete, internationale Firmengruppe hat ihren Stammsitz in Schönaich, Baden-Württemberg, eine der wirtschaftsstärksten und wichtigsten Regionen industrieller Hochtechnologien in Europa. Neben Deutschland führt FAULHABER weitere Entwicklungs- und Produktionsstandorte in der Schweiz, USA, Schweden, Rumänien und Ungarn. Vertriebspartner und -niederlassungen gibt es darüber hinaus in über 30 Ländern weltweit.

Momentan beschäftigt der Antriebsspezialist über 1.900 Mitarbeiter, davon 620 am Standort Schönaich in Deutschland.

Kontakt

Dr. Fritz Faulhaber
GmbH & Co. KG
Daimlerstraße 23/25
71101 Schönaich, Germany
T +49/7031/638-0
info@faulhaber.de
www.faulhaber.com



WE CREATE MOTION

Antriebssysteme von FAULHABER sind Meisterwerke der Fein- und Elektromechanik, an der Grenze des technisch Machbaren. Als Pionier und Gründer einer Hochtechnologiebranche zählt der Antriebsspezialist zu den innovativsten Unternehmen Deutschlands.

FAULHABER bietet das umfangreichste Portfolio an Miniatur- und Mikroantriebstechnologien, das weltweit aus einer Hand erhältlich ist. Von leistungsstarken DC-Motoren über bürstenlose DC-Motoren und Linearmotoren bis hin zu Schrittmotoren wird jeder Antrieb so optimiert, dass er bei einem Minimum an Baugröße und Gewicht maximale Leistungen erreicht. Für den Aufbau von Komplettsystemen sind passende Präzisionsgetriebe, Encoder, Linearkomponenten und Antriebselektronik-Baugruppen erhältlich. Auf Basis seiner Technologievielfalt konzipiert FAULHABER Antriebslösungen, die hinsichtlich ihrer Präzision und Zuverlässigkeit auf kleinstem Raum einzigartig

sind. Zu ihren Einsatzgebieten zählen im Wesentlichen die Produktionsautomation und Robotik, Luft- und Raumfahrt, optische Systeme sowie die Medizin und die Labortechnik. FAULHABER ist in diesen Märkten ein wichtiger Innovationstreiber, der durch Spitzenleistungen im Bereich Engineering und ein umfangreiches Technologie-Know-How neue Wege eröffnet.

Die Philosophie des Innovationsführers ist es, technologisch immer eine Nasenlänge voraus zu sein. Dafür investiert FAULHABER gezielt in Forschung und Entwicklung sowie in moderne Prozess- und Fertigungstechniken, um mit innovativen Produkten immer wieder neue Standards zu setzen. Für sein erfolgreiches und nachhaltiges Innovationsmanagement wurde FAULHABER mehrfach, unter anderem von der Unternehmensberatung A.T. Kearney und der Wirtschaftswoche mit dem „Best Innovator“-Award, als eines der innovativsten Unternehmen Deutschlands ausgezeichnet.



FAULHABER Hauptsitz



FAULHABER Antriebssysteme



Nachhaltige und personalisierte Produktionstechnologien realisieren

Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA realisiert innovative Lösungen für Kunden in den Branchen Automotive, Maschinen- und Anlagenbau, Elektronik und Mikrosystemtechnik, Energie, Medizin- und Biotechnik sowie Prozessindustrie. Das Institut unterstützt seine Praxispartner dabei, ihre Marktposition zu verbessern und begleitet deren Markteintritt in neue Anwendungsbereiche.

Die Lösungen stehen dabei stets in Verbindung mit den strategischen Eckfeilern des Instituts "Mass Sustainability" und "Mass Personalization", also einer Produktion, die mit möglichst niedrigem Ressourcenverbrauch die Herstellung individualisierter Produkte in Losgröße 1 zu Kosten der Massenfertigung möglich macht. Dies setzt das Institut in Leuchtturmprojekten wie der Ultraeffizienzfabrik, FastStorageBW, dem Zentrum für Leichtbau sowie dem Zentrum für Smarte Materialien mit Partnern aus der Wissenschaft und Wirtschaft um. Die Zukunftsfabrik des Fraunhofer IPA für den funktionsintegrierten Automobil-Leichtbau, die ARE-NA2036, und der Campus für Personalisierte Produktion forschen daran.



Maßgeschneiderte Industrie-4.0-Anwendungen

Eine seiner Hauptaufgaben sieht das Institut im Wissens-, Innovations- und Technologietransfer von Forschungsergebnissen in Applikationen. Dabei versteht es sich als unabhängiger Ansprechpartner, der neutral berät und Unternehmen mit genau auf deren Bedürfnisse zugeschnittenen Projektteams unterstützt. Zudem bietet das Fraunhofer IPA seinen Kunden ein exzellentes Netzwerk aus Forschung und Industrie.

Die Produktion der Zukunft gestalten

In sogenannten cyberphysischen Produktionsprozessen – das sind "intelligente" Maschinen, Werkzeuge, Werkstücke oder Aufträge, die über das Internet nahezu in Echtzeit miteinander interagieren – liegen die Zukunftsthemen. Denn der Wettlauf um das Produktionssystem der Zukunft hat begonnen. Die Experten des Fraunhofer IPA entwickeln neue Ansätze und integrieren diese als Lösungen in bestehende Systeme. Die Form der Zusammenarbeit ist individuell gestaltbar: Die Möglichkeiten reichen von industrieller Auftragsforschung in bilateralen Projekten über die Kooperation in Verbundprojekten, Venture-Partnerschaften bis hin zu Weiterbildungen und Führungen in den Labors des Fraunhofer IPA.



Innovationen für die Robotik



„Von Lean Management bis Industrie 4.0: Wir unterstützen Unternehmen dabei, innovativ und wettbewerbsfähig zu bleiben.“

Prof. Dr.-Ing. Thomas Bauernhansl, Leiter des Fraunhofer IPA

Fraunhofer ist die größte Organisation für anwendungsorientierte Forschung in Europa. Das Fraunhofer IPA ist eines ihrer größten Institute, wurde 1959 gegründet und beschäftigt ca. 1.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das Jahresbudget beträgt über 63 Millionen Euro, davon mehr als ein Drittel aus Industrieprojekten. Die 14 Fachabteilungen des Fraunhofer IPA werden ergänzt von den sechs branchenspezifischen Geschäftsfeldern. Mit dieser Struktur verfolgt das Institut das Ziel, produzierenden Unternehmen wirtschaftliche und qualitative Mehrwerte zu bieten.

Kontakt

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
Fred Nemitz, Leiter Marketing und Kommunikation
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart, Germany
T +49/711/970-1800
F +49/711/970-1400
marketing@ipa.fraunhofer.de
www.ipa.fraunhofer.de



„Unser Ziel ist es, gemeinsam mit den Partnern Werte für Menschen zu schaffen.“

Philip F. W. Harting, Vorstandsvorsitzender und Gesellschafter der HARTING Technologiegruppe

HARTING Technologiegruppe

- Produzent und Anbieter leistungsfähiger Verbindungs- und Netzwerktechnik
- Seit 1979 konsequente Internationalisierung, weltweit 43 Vertriebsgesellschaften und Vertretungen
- 13 Produktionsstätten in Deutschland, den Niederlanden, Frankreich, Großbritannien, Rumänien, Russland, USA, China, Indien und der Schweiz
- Optimale Lösungen durch konsequente Kundenorientierung und Vernetzung aller Bereiche

Kennzahlen für 2016/2017

- Umsatz: 672 Millionen €
- 4.600 Mitarbeitende, darunter mehr als 700 Ingenieure und Naturwissenschaftler (Stand 30.09.2017)

Kontakt

HARTING Stiftung & Co. KG
 Marienwerderstraße 3
 32339 Espelkamp, Germany
 T +49/05772/47-0
 info@HARTING.com
 www.harting.com

Firmenbeschreibung

Die HARTING Technologiegruppe mit Sitz im ostwestfälischen Espelkamp ist ein weltweit agierender Hersteller von Verbindungstechnik. Das Unternehmen bietet ein breites Spektrum an Lösungen für die Übertragung von Daten, Signalen und Leistung im industriellen Umfeld.

Mit ihren Kompetenzen in den Bereichen Industriesteckverbinder, Geräteanschlusstechnik, Intelligente Netzwerke und Montagetechnik produziert und vertreibt die Technologiegruppe sowohl standardisierte Produkte als auch kundenspezifische Lösungen für die Lebensadern der Industrie.

Das Portfolio reicht von individuellen und standardisierten Steckverbindern und Geräteanschlusstechnik über einzelne Netzwerkkomponenten bis hin zu komplett vorstrukturierten Versorgungs- und Installationskonzepten inklusive Kabelkonfektionierung. Veranschaulicht im Dreiklang - Installation Technology, Device Connectivity und Smart Network Infrastructure - verfolgen alle HARTING Lösungen immer ein klares Ziel: den Nutzen in der Anwendung! HARTING Produkte vernetzen Geräte, Maschinen und Anlagen, indem sie Daten, elektrische und optische Signale, Leistung sowie Druckluft übertragen.



Modulare Steckverbinder machen Maschinen und Anlagen flexibler für Umrüstung und Erweiterung.



Pushing Performance

Modulare Steckverbinder machen Maschinen und Anlagen flexibler für Umrüstung und Erweiterung. Dadurch entstehen Lösungen u.a. für die Märkte Maschinenbau, Automatisierungstechnik und Industrielle IT, Verkehrstechnik, Energieerzeugung und -verteilung, Lebensmittel- und Einzelhandel sowie Automotive.

HARTING versteht Industriesteckverbinder als Teil der Integrated Industry Lifecycle Journey. Das Unternehmen verknüpft die direkten Anforderungen des Kunden schnell und passgenau mit eigenen Entwicklungen und Lösungen. Die Kunden profitieren so von jahrzehntelanger Markterfahrung und dem nötigen Know-how, um für ihre neuen Produkte und Applikationen alle erforderlichen Prüfungen und Labortests nach modernsten Standards durchzuführen.

Dazu steht das HARTING Qualitäts- und Technologiecenter (HQT) zur Verfügung, in dem an neuen Verbindungs-Technologien geforscht wird und wo elektrotechnische Qualitätsprodukte und Lösungen für die Welt von Morgen entwickelt werden.

Das Familienunternehmen beschäftigt in seinen 13 Produktionsstätten, den zentralen Unternehmenseinheiten sowie 44 Vertriebsgesellschaften weltweit über 4.600 Mitarbeitende.



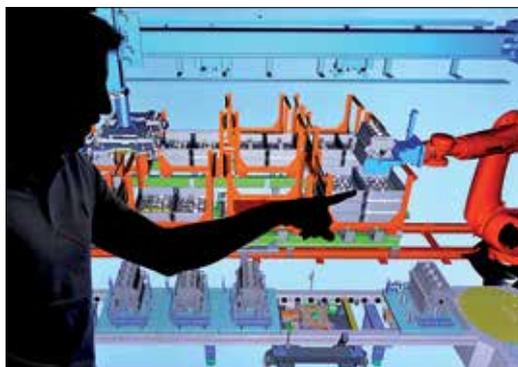
Zeitsparende und sichere PushPull Verriegelung im M12 Format.



HEITEC steht für Industriekompetenz in Automatisierung und Elektronik und bietet Lösungen, Produkte und Dienstleistungen mit den Inhalten Software, Mechanik und Elektronik. Mit technisch hochwertigen, verlässlichen und wirtschaftlichen Lösungen verhilft HEITEC seinen über 2.000 Kunden ihre Produktivität zu steigern und ihre Produkte zu optimieren. Mehr als 1.000 Mitarbeiter an zahlreichen Standorten im In- und Ausland gewährleisten Kundennähe und Branchenkompetenz. Über 60% sind Hochschulabsolventen oder verfügen über eine Techniker Ausbildung. HEITEC konnte in den letzten Jahren deutlich über 10% wachsen und den Umsatz nahezu verdoppeln.

Schneller projektieren und besser produzieren

Automatisierung und Digitalisierung sind die bestimmenden Faktoren einer zukunftsorientierten Fertigung. HEITEC entwickelt hierfür den digitalen Zwilling als Pendant zur realen Anlage, der Planungs-, Engineering- und Inbetriebnahme-Prozesse durchgängig softwarebasiert mit virtuellen Modellen von Maschinen und Anlagen unterstützt.



Virtuelle Inbetriebnahme mit HeiVM

Mit seiner beachtlichen Anzahl von objektorientierten Technologieobjekten als Bibliothek und dem Konzept der virtuellen Anlagenplanung HeiVM entsteht so ein dynamisches Modell einer Anlage mit allen ihren Eigenschaften, das den Anlagenzustand in Echtzeit abbildet. Auf diese Weise können Automatisierungskonzepte sowohl in ihrer Funktionalität als auch in ihrem Zeitverhalten getestet, Fehler beseitigt und Prozessabläufe optimiert werden, noch bevor die realen Anlagen und Maschinen gebaut sind. Dies senkt die Projektdurchlaufzeiten um 20 Prozent und die Inbetriebnahmezeiten vor Ort um bis zu 80 Prozent.

Mit den HeiTPM-Lösungen kann die Digitalisierung bis auf die Shopfloor-Ebene ausgeweitet werden. HeiTPM ruft beliebige Daten aus Steuerungen und Sensorik von Maschinen und Anlagen ab und bereitet sie für unterschiedliche Prozessbeteiligte individuell zur Analyse und Visualisierung auf. Da der aktuelle Bearbeitungszustand jederzeit direkt im ERP-System einsehbar ist, können Produktionsleiter Folgeprozesse und Umrüstzeiten präziser planen sowie den Materialfluss und die Ressourcenverteilung optimieren.



Daten-Monitoring und Analyse mit HeiTPM



„Schneller zur vernetzten Produktion mit Lösungen von HEITEC“

Richard Heindl, Vorsitzender des Vorstandes der Heitec AG

Gründung
1973

Geschäftsführer

- Richard Heindl (Vorsitzender des Vorstandes)
- Harald Preiml (Vorstand)
- René-Oliver Rosner (Vorstand)

Mitarbeiter
> 1000

Umsatz
> 120 Millionen Euro in 2017

Standorte

- Deutschland
Augsburg, Berlin, Chemnitz, Bönningheim, Crailsheim, Eckental, Ellefeld, Erlangen, Fürth, Hamburg, Heidenheim, Heilbronn, Kiel, Kuchen, München, Neutraubling, Regensburg, Waiblingen

- Ausland
Ungarn, Türkei, Österreich, Rumänien, Slowakei

Geschäftsgebiete

- Automatisierung
- Produktionssysteme
- Mess- und Prüftechnik
- Elektronik
- Energietechnik

Kontakt

HEITEC AG
Güterbahnhofstraße 5
91052 Erlangen, Germany
T +49/9131/877-0
F +49/9131/877-199
info@heitec.de
www.heitec.de



„Seit 1986 tun wir vor allem eines: Über uns hinauswachsen!“

Hans-Jürgen und Sebastian Hilscher, Geschäftsführung

Gründung

1986 von Hans-Jürgen Hilscher

Firmensitz

Hattersheim

Mitarbeiteranzahl

ca. 320 Mitarbeiter weltweit

Niederlassungen

Bulgarien, China, Frankreich, Indien, Italien, Japan, Korea, Schweiz und USA und Vertretung in allen Regionen der Welt.

„Kontinuierliches Wachstum aus eigener Kraft ist auch weiterhin unsere Maxime und gewährleistet unseren Mitarbeitern einen sicheren Arbeitsplatz sowie unseren Kunden einen verlässlichen Partner. Natürlich sind wir nach ISO 9001 zertifiziert und haben auch die Umweltzertifizierung ISO 14001 erfolgreich abgeschlossen.“

Kontakt

Hilscher Gesellschaft für Systemautomation mbH
Rheinstraße 15
65795 Hattersheim, Germany
T +49/6190/9907-0
F +49/6190/9907-50
info@hilscher.com
www.hilscher.com

Firmenbeschreibung

Hilscher Gesellschaft für Systemautomation mbH ist einer der führenden Anbieter von Produkten für die industrielle Kommunikation.

Die Produkte von Hilscher reichen von PC-Karten, Gateways über OEM-Aufsteckmodule bis hin zu leistungsfähigen ASICs mit den dazugehörigen Protokoll Stacks für Feldbusse sowie Real-Time-Ethernet. Diese werden weltweit zur Kommunikation zwischen Automatisierungsgeräten und Steuerungen eingesetzt, bei PC-Karten ist Hilscher in diesem Bereich der Marktführer.

Hilscher konzentriert sich auf seine Kernkompetenzen mit dem Anspruch, zu den Besten am Markt zu gehören – und setzt seit Jahren immer wieder Maßstäbe.

Zum Beispiel mit dem Netzwerk-Controller netX entwickelte Hilscher den ersten Multiprotokoll-Chip, der alle Real-Time-Ethernet-Systeme beherrscht. Die netX-Technologie ist Teil einer Systemlösung, zu dem Software, Tools und Design Ser-

vice gehören und wird mittlerweile von mehr als 200 Firmen in deren Produkten genutzt.

Industrie 4.0 und Internet of Things / IoT sind weltweit in aller Munde. Für Hilscher bedeutet dies die vierte industrielle Revolution, die eine durchgängige Kommunikation vom Sensor bis in die Cloud benötigt. Hilscher nennt das Industrial Cloud Communication und netIOT ist die Technologie dazu.

Es basiert auf weltweiten Standards und ist noch umfassender und komplexer, denn netIOT geht mit mehreren neuen Technologien über alle Schichten der Automatisierungspyramide hinweg und darüber hinaus. Die netIOT-Technologie und netIOT Service: Die Interaktion von Maschinenbau, Automatisierungsanbieter und Informationstechnologie ermöglicht neue Geschäftsmodelle und Produktivitätssteigerungen.

Hans-Jürgen Hilscher: „Wir kennen nicht Ihre Geschäftsmodelle von morgen, aber wir können Ihnen schon heute die Technologie liefern, die Sie dazu benötigen.“



Hauptsitz in Hattersheim



netIOT – Industrie 4.0 wird Realität



Firmenbeschreibung

Seit 1992 ist INSYS icom der führende Technologiepartner für professionelle Datenkommunikation sowie M2M- und IoT-Kommunikationslösungen. Das Produkt- und Service-Portfolio ermöglicht neue digitale Services oder die Migration bestehender Technik im Zuge von Industrie 4.0. Endkunden und Partner können die Vorteile einer schnellen Einführung, optimierter Kosten sowie eines geringen Risikos nutzen und so komplett neue Geschäftsmodelle generieren. Technologien von INSYS icom sind dabei sicher, zuverlässig, bedienerfreundlich und in Industriequalität „made in Germany“.

INSYS icom bietet professionelle Datenübertragung über LAN, DSL und Mobilfunk. Die Produkte erfüllen insbesondere die hohen Anforderungen an kritische Infrastrukturen. Klassische Anwendungen wie Fernwarten, Fernwirken oder Zustandsüberwachung lassen sich realisieren und durch die Vernetzung von Datenpunkten (z.B. Sensordaten) zu individuellen IoT-Lösungen ausbauen. Zentralisierte Ansätze, in denen verteilte Anwendungen ihre Daten an Clouds und andere Speicher- und Verarbeitungsmedien übergeben

und von dort aus gesteuert werden, können mit dezentralen Ansätzen, in denen die lokalen Einheiten über eine gewisse Autonomie verfügen, beliebig kombiniert werden.

Die Basis für all diese Anwendungen ist ein hoch vorintegriertes, skalierbares und flexibles Ecosystem mit professionellen Routern und unterstützenden Connectivity-Services wie VPN oder SIM. Serielle und IP-fähige Geräte lassen sich hersteller- und protokollunabhängig vernetzen und deren Daten erfassen und verarbeiten. Ebenso flexibel ist die Anbindung an Cloud-Dienste, mobile Endgeräte und kundenspezifische Infrastrukturen. Mittels einer integrierten Softwareumgebung und passenden Construction Kits lassen sich Steuerungen, Protokollwandler o. ä. zudem virtualisieren und auf dem Router konsolidieren.

Das ganzheitliche Konzept von INSYS icom umfasst neben den Standardprodukten auch Beratungs-, Planungs- und Integrationsdienstleistungen sowie die Applikationsentwicklung von Hard- und Software. Ergänzt wird dies durch einen kompetenten, technischen Service mit eigenem Helpdesk.



„Wir stehen für sichere Kommunikation und die Vernetzung von Datenpunkten in M2M- und IoT-Anwendungen.“

Wolfgang Wanner, Leiter
Marketing & Sales Consultancy

INSYS icom

Marke der INSYS
MICROELECTRONICS GmbH

Mitarbeiterzahl

64

Gründung

1992



Professionelle Kommunikationslösungen mit Edge- und Cloud-Computing von INSYS icom.

Kontakt

INSYS icom
Hermann-Köhl-Straße 22
93049 Regensburg, Germany
T +49/941/58692-0
F +49/941/58692-45
info@insys-icom.de
www.insys-icom.de



„Unser Antrieb sind zufriedene Kunden.“

Gerhard Kocherscheidt,
Geschäftsführer

Gründung: 2001

Geschäftsführer

Gerhard Kocherscheidt,
Olaf Kämmerling

Mitarbeiter: 13

Produkte

- KannMotion - Schrittmotoren mit integrierter Steuerung
- Lexium MDrive – Schrittmotoren mit integrierter Steuerung
- MDrive – Schrittmotoren mit integrierter Steuerung
- MDrive – Linearaktuatoren
- Schrittmotoren Steuerungen
- Servogeregelte Schrittmotoren
- Hybridschrittmotoren
- Permanentmagnetschrittmotoren
- Linearaktuatoren
- DC-Servomotoren
- Bürstenlose Gleichstrommotoren
- Steuerungen für bürstenlose DC-Motoren
- Induktionsmotoren und Getriebe
- Gleichstrommotoren mit eisenlosem Rotor
- Gleichstrommotoren mit Eisenanker

Dienstleistungen

Beratung, Engineering,
Schulungen, Inbetriebnahme

Kontakt

KOCO MOTION GmbH
Niedereschacher Straße 54
78054 Dauchingen, Germany
T +49/7720/995858-0
F +49/7720/995858-99
info@kocomotion.de
www.kocomotion.de

Firmenbeschreibung

Als Hersteller und Distributor von kompakten, hochintegrierten, elektrischen Antrieben und Motion Control Produkten im Leistungsbereich bis 500W bietet KOCO MOTION folgendes Produktspektrum an:

- Schrittmotorantriebe mit integrierter Ansteuerung
- Schrittmotor-Steuerungen in Modulbauform oder zur Leiterplattenmontage
- Servogeregelte Schrittmotoren mit Ansteuerung
- Linear-Aktuatoren
- Hybrid- und Permanentmagnet-Schrittmotoren
- DC-Servomotoren
- Bürstenlose DC-Motoren
- DC-Flach- & Glockenanker-Motoren
- DC-Eisenanker-Motoren
- AC-Induktionsmotoren und Getriebe
- Bürstenlose Sondermotoren sowie
- Auftragsfertigung von Feinmechanik und Elektromechanik

KOCO MOTION entwickelt und fertigt kleine DC-Flachmotoren und bürstenlose Sondermotoren. Weiterhin ist KOCO MOTION GmbH exklusiv verantwortlich für den Vertrieb der Produkte DINGS' Motion und Constar aus China, GGM aus Südkorea sowie der Schneider Electric Motion



Lexium MDrive - Schrittmotoren und Linearschrittmotoren mit integrierter Steuerung



USA und bietet einen umfassenden Service für alle Produkte.

Generell sieht sich KOCO MOTION als ein Systemhaus, das für den Kunden die beste Antriebslösung bietet und dabei alle Motor- und Steuerungstechnologien nutzen kann. Man ist erst zufrieden, wenn die optimale Lösung für den Kunden gefunden wurde. Das heißt, dass zu jedem Zeitpunkt nicht nur die optimale und effizienteste Leistung zur Verfügung steht, sondern das auch noch zu einem fairen Preis.

KOCO MOTION ist ein Problemlöser, ein technikbegeisterter Partner, der bereits heute in der Zukunft zu Hause ist.

KOCO MOTION verfügt heute über mehrere hundert aktive Kunden und über 3.000 Interessenten und potenzielle Kunden, die regelmäßig über den hausinternen Newsletter informiert werden. Eine sehr umfangreiche und klar strukturierte Webseite ermöglicht Interessenten und Kunden den Zugriff auf alle Ressourcen wie Datenblätter, Beschreibungen, CAD-Dateien bis hin zur Software mit Programmierbeispielen etc. Die Produkte finden Anwendung in verschiedensten Branchen wie Medizintechnik, Automobiltechnik, Automatisierung, Verfahrenstechnik, Anlagenbau, Verpackungstechnik, Modellbau, Apparatebau, Büromaschinen, etc.



Bürstenlose Gleichstrommotoren teilweise mit integrierter Steuerung, Getriebe und Encoder



Lenord + Bauer entwickelt neues Produktkonzept

Lenord + Bauer fertigt Sensoren, integrierte Aktoren und Controller für Branchen wie Werkzeug- und Verpackungsmaschinenbau, Schienenverkehr, Elektromobilität und Windenergieanlagen. Über Jahre hat sich der Spezialist in seinem Segment die Marktführerschaft aufgebaut.

In allen Branchen steigt die Zahl der erfassten Messgrößen und die Datendichte an. Maschinenbetreiber fordern immer häufiger eine integrierte Zustandsüberwachung zur vorbeugenden Instandhaltung, was das zu verarbeitende Datenvolumen weiter erhöht. Deshalb geben Sensoren neben reinen Messwerten zusätzliche Informationen wie Status und Fehlermeldungen aus. Aktoren integrieren neben der reinen Ausführung einer Bewegung Funktionen wie Sensorik, Bremse, Regelung und Zustandsüberwachung. Ein Trend hin zu interaktiven und autonomen Systemen ist erkennbar. Die Bedeutung von integrierten Protokoll- und Softwarefunktionen steigt.

Aufgrund dieser Entwicklung schuf Lenord + Bauer ein Konzept für sensor- und aktorgebundene Systemintelligenz. Mit i³SAAC werden Fertigung,

Instandhaltung und Service für Hersteller und Maschinenbetreiber zukünftig einfacher.

Hinter i³SAAC verbergen sich integrierte, intelligente und interaktive Sensoren, autonome Aktoren und Controller. So geben die Produkte zukünftig nicht nur Messwerte weiter oder führen Bewegungen aus, sondern liefern Funktionen und Informationen. Die vorgelagerte Instanz, zum Beispiel eine zentrale Steuerung, erhält die benötigten Daten zielgerichtet und aufbereitet. Sensoren und Aktoren liefern in Zukunft höherwertige Funktionen und entlasten damit die zentrale Steuerung. Diese funktionale Sicht führt zu einer Ablösung der heutigen Automatisierungsarchitektur. Erforderliche Netzwerke bilden sich dynamisch quasi ‚on-demand‘. Die Systemintelligenz entsteht durch eine effiziente Verteilung von Software-Funktionen auf Recheneinheiten. Sensorsysteme, die die historische Veränderung der erfassten Daten intelligent auswerten, liefern so höherwertige Informationen und verhindern drohende Maschinenausfälle.

Was zukünftig möglich wird, hängt wesentlich von den Wünschen und Anforderungen der Maschinenhersteller und Betreiber ab.



Integrierte Lösungen für intelligente Systeme



„Sensorkompetenz wird zur Systemkompetenz.“

Paul Markus Bresser und
Dr. Matthias Lenord,
Geschäftsleitung

Lenord + Bauer ist ein international tätiger Spezialist im Bereich der Bewegungssensorik und integrierten Antriebstechnik. Auf Basis jahrzehntelanger Erfahrungen in den Branchen Mobility und Machinery bietet das 1965 gegründete Unternehmen aus Oberhausen die Entwicklung, die Produktion und den Vertrieb von Standardprodukten und Sonderlösungen. Schwerpunkte bilden dabei der Schienenverkehr sowie Werkzeug- und Verpackungsmaschinen. Lenord + Bauer versteht sich als verlässlicher Lösungspartner mit hoher technischer Kompetenz und Fachkenntnissen in den Kundenapplikationen. Das Unternehmen aus Oberhausen ist nach DIN EN ISO 9001:2008 und 14001:2009 sowie IRIS zertifiziert.

Kontakt

Lenord, Bauer & Co. GmbH
Dohlenstraße 32
46145 Oberhausen, Germany
T +49/208/9963-0
F +49/208 676292
info@lenord.de
www.lenord.de



„Unsere Vision:
Weltweit laufen die
besten Maschinen
und Produktionen mit
Lenze“

Dipl.-Ing Christian Wendler, CEO
der Lenze SE

Gründung

1947 in Hameln

Mitarbeiter

Ca. 3.500 weltweit

Eigene Gesellschaften

Ca. 50 weltweit

Vertrieb und Service

In über 60 Ländern

Unser Angebot

Skalierbare Hardware, modulare Software und viel "Brainware", nämlich die Menschen bei Lenze. Unser durchgängiges Portfolio deckt Steuerungsebene, Feldebene und Elektromechanik ab und sorgt für eine standardisierte Datenkommunikation bis hin zur Connectivity in die Cloud. Tools und digitale Services ermöglichen sichere Daten-Analyse bis hin zu neuen digitalen Business-Modellen. Perfekt für Maschinenbauer, die hochflexible, intelligente, vernetzte und kundenindividuelle Maschinen sowie die passenden digitalen Angebote schnell auf den Markt bringen müssen.

Kontakt

Lenze SE
Hans-Lenze-Straße 1
30855 Aerzen, Germany
T +49/5154/82-0
F +49/5154/82-2800
sales.de@lenze.com
www.Lenze.com

Ideen mit Begeisterung in Bewegung setzen.

Als weltweit agierender Spezialist für die Automatisierung von Maschinen unterstützen wir unsere Kunden in allen Phasen des Entwicklungsprozesses - von der Idee bis zum Aftersales, ob sie eine bestehende Anlage optimieren oder eine neue Maschine entwickeln möchten.

Mit der Lösungskompetenz aus mehr als 70 Jahren Erfahrung ist Lenze ein starker Partner an der Seite seiner Kunden. Umfassendes Branchen-Know-how fließt in individuelle und innovative Maschinenkonzepte ein. Abgestimmt auf die Anforderungen und Vorstellungen des Kunden unterstützen wir projektbegleitend, in einer Projektkooperation, aber auch bei der Umsetzung eines innovativen Gesamtkonzepts. Unsere international vernetzten Experten verstehen die Anforderungen und Aufgaben unserer Kunden und wissen zudem, was der Maschinenbetreiber benötigt.

Lenze bietet als einer der wenigen Anbieter im Markt ein durchgängiges und skalierbares Pro-



Bereit für das Internet der Dinge

Lenze

dukt- und Serviceportfolio: von der Software, Steuerung und Visualisierung über elektronische Antriebe bis hin zur Elektromechanik. Das Portfolio umfasst hochwertige mechatronische Produkte und Pakete, leistungsfähige Systeme für die Maschinenautomatisierung sowie Services für die Digitalisierung in Bereichen wie Big-Data-Management, Cloud- oder Mobile-Lösungen sowie Software im Kontext des Internet of Things (IoT).

Mit den Tochterunternehmen encoway und logicline bauen wir unser Angebot an digitalen Lösungen kontinuierlich aus. encoway ist Spezialist für CPQ-Software zur Produktkonfiguration, Preiskalkulation und Angebotserstellung. logicline entwickelt maßgeschneiderte digitale Produkte. Mit Apps, Kundenportalen, Service-Plattformen oder IoT-Produkten bringen wir gemeinsam das Cloud-Business unserer Kunden voran, vernetzen Kunden, Mitarbeiter und Produkte und unterstützen bei der Transformation zum digitalen Business.



Flexibilität, Sicherheit, Vernetzung



Firmenbeschreibung

Die LTI Motion GmbH entwickelt, produziert und vertreibt innovative Lösungen und Systeme für die Antriebs- und Automatisierungsbranche. LTI Motion ist mit zahlreichen Vertriebsniederlassungen und Partnern in Zentraleuropa und Asien sowie einer Asia-Headquarter-Organisation in China international präsent. Die Zentrale befindet sich im hessischen Lahnau bei Wetzlar.

LTI Motion ist Teil des Geschäftsfelds Körber Automation im internationalen Technologiekonzern Körber mit Sitz in Hamburg, Deutschland.

Für die Antriebs- und Automatisierungstechnik verfügt LTI Motion über ein umfassendes, gut aufeinander abgestimmtes Produktportfolio, bestehend aus einem Automatisierungssystem für komplette Automatisierungslösungen, umfangreichen Sicherheitssteuerungen, hochdynamischen Servomotoren sowie Produkten und Systemlösungen basierend auf Magnetlagertechnik und Hochfrequenzantrieben.

LTI Motion bietet innovative CNC-Systemlösungen vom Laserschneiden bis zu anspruchsvollen

Bearbeitungen mit Ultrakurzpulslasern und Spiegelsystemen. Neben der Realisierung von intelligenten und energieeffizienten Systemlösungen für Regalbediengeräte und Lagertechnik entwickelt und produziert das Unternehmen hochintegrierte, robuste Antriebssysteme für die Pitch- und Azimut-Applikation von Windenergieanlagen bereits in der 5. Produktgeneration. Des Weiteren konzentriert sich LTI Motion auf technologisch anspruchsvolle, magnetgelagerte Antriebslösungen zur Luftversorgung, z. B. bei der Abwasserbehandlung in biologischen Stufen von Klärwerken und bietet Systemlösungen vom Netzanschluss bis zur Laufradanbindung.

In nationalen und internationalen Grundlagen- und Forschungsprojekten pflegt LTI Motion intensive Kontakte zu Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Dazu gehört auch die Betreuung von Studien- und Diplomarbeiten oder studienbegleitenden Praktika an den verschiedenen Standorten.

LTI Motion ist mit eigenen Gesellschaften in Italien, Österreich und der Schweiz vertreten.



Automatisierungssystem SystemOne CM



High Performance Servoregler ServoOne



„Als Hersteller von anspruchsvoller Automatisierungstechnik helfen wir unseren Kunden, technologisch führend zu sein.“

Volker Exner, Geschäftsführer

Gründung

1971

Geschäftsführer

Volker Exner, Dr. Josef Wiesing

Mitarbeiter

ca. 650

Hauptsitz

Lahnau (Deutschland), Shanghai (China)

Standorte

national: 6, international: 4

Vertretungen

international: 10

Produkte

- das Automatisierungssystem SystemOne CM für komplette Automatisierungslösungen
- Steuerungskomponenten von der High-End-CNC bis zur Standard IEC-Steuerung und umfangreiche Sicherheitssteuerungen
- das High-End-Servosystem ServoOne in Einzel- und Mehrachs Ausführung
- hochdynamische Servomotoren in rotativer/linearer Ausführung
- Produkte und Systemlösungen für schnell drehende Applikationen basierend auf Magnetlagertechnik und HF-Drives

Kontakt

LTI Motion GmbH
 Gewerbestraße 5-9
 35633 Lahnau, Germany
 T +49/6441/966-0
 info@lti-motion.com
 www.lti-motion.com



„Die nachhaltigen Resultate, die wir heute erarbeiten, sind die Wettbewerbsvorsprünge der Zukunft.“

Udo Lütze, Inhaber der LUTZE INTERNATIONAL Group

Gründungsjahr

1958

Standorte

Produktions- und Vertriebsgesellschaften in USA, Schweiz, Österreich, Großbritannien, Frankreich, Spanien, Tschechien und China.
Weltweites Distributorennetz.

Zielmärkte

Automobilindustrie, Maschinen- und Anlagenbau, Elektrotechnik, Energieerzeugung und -verteilung, Schiffbau, Bahn- und Verkehrstechnik, Bergbau, Abwasseraufbereitung, Forschung

Produktgruppen:

Cable: Industrielle Steuer-, Elektronik-, Aktor-Sensor-, Bus-, Netzwerk-, Motor- und Servoleitungen
Connectivity: Entstörtechnik, Aktor-Sensor-Interface und Kabelkonfektionierung
Cabinet: Energieeffiziente und platzsparende Schaltschrankverdrahtung mit AirSTREAM
Control: Industrielle Spannungsversorgung, elektronische Stromüberwachung, Interfacetechnik

Kontakt

Friedrich Lütze GmbH
Bruckwiesenstraße 17-19
71384 Weinstadt, Germany
T +49/7151/6053-0
F +49/7151/6053-277
info@luetze.de
www.luetze.de



60 Jahre Efficiency in Automation

Seit 1958 werden bei der Friedrich Lütze GmbH in Weinstadt elektronische und elektrotechnische Komponenten und Systemlösungen für die Automatisierung sowie Hochtechnologie für die Bahntechnik entwickelt und gefertigt. Die Friedrich Lütze GmbH ist heute Mitglied der weltweit agierenden LUTZE INTERNATIONAL GROUP.

Mit bahnbrechenden Innovationen und internationalen Patenten machte das Unternehmen sehr schnell auf sich aufmerksam. So zählte LUTZE zu den ersten Unternehmen, die vor 50 Jahren Leitungen für Schleppketten auf den Markt brachten. Das Portfolio an Industrieleitungen wurde kontinuierlich weiterentwickelt und deckt mittlerweile 95 % aller Anwendungen in der industriellen Fertigung ab. Kabelkonfektionen und Verbindungstechnik ergänzen das Angebot.

Mit der Markteinführung des LSC-Systems zur Schaltschrankverdrahtung 1972 konnte erstmals

bis zu 30% Platz gegenüber dem konventionellen Aufbau mit einer Montagetafel eingespart werden. Mit dem neuen AirSTREAM-System setzt LUTZE mittlerweile Maßstäbe in Sachen Energieeffizienz, Raumausnutzung und Lebensdauer der Komponenten im Schaltschrank.

Das Angebot aus dem Bereich Control deckt neben dem kompletten Spektrum der industriellen Stromversorgungen auch den Bereich der elektronischen Überlast- und Kurzschluss-Überwachung ab. Die Systeme LOCC-Box und LCOS CC gewährleisten dabei eine intelligente und zuverlässige Stromüberwachung und alle Möglichkeiten der Integration in modernste Industrie 4.0 Anwendungen.

Ein weiteres wichtiges Standbein ist die Bahntechnik. Hier gehört LUTZE mit der Lütze Transportation GmbH zu den global führenden Anbietern. Das Familienunternehmen wird in der zweiten Generation von Udo Lütze geleitet.



maxon motor

driven by precision

Wir entwickeln und bauen unerschämt gute Antriebe.

Bei maxon motor entwickeln und bauen wir Elektroantriebe, die richtig stark sind. Unsere bürstenbehafteten und bürstenlosen DC-Motoren gehören weltweit zu den Besten. Sie werden überall dort eingesetzt, wo die Anforderungen hoch sind und Ingenieure keine Kompromisse eingehen wollen. maxon Motoren treiben die NASA-Rover auf dem Mars an. Sie sind in Insulinpumpen eingebaut und in chirurgischen Handgeräten. Man findet sie in Humanoiden Robotern oder in hochpräzisen Industrieanlagen, in Tattoo-Maschinen, Passagierflugzeugen, Kameraobjektiven, Rennautos, Herzpumpen. Seit 1961 ist das Schweizer Unternehmen maxon motor in der Antriebsbranche zu Hause und hat sich mit starken Produkten und tollem Service behautet. Doch der gute Ruf muss jeden Tag bestätigt werden. Deshalb investieren wir jährlich einen grossen Teil des Umsatzes in Entwicklung und Forschung sowie in unsere Mitarbeiter. Weltweit beschäftigt maxon rund 2500 Personen an neun Produktionsstandorten und ist in über 30 Ländern mit Vertriebsgesellschaften präsent. Dieses globale Netz verschafft uns die nötige Nähe zu den Kunden und eine Flexibilität, die es uns erlaubt, rasch auf neue Marktsituationen zu reagieren. Damit wir auch in Zukunft die Nummer 1 im Antriebsmarkt sind.



maxon motor Online Shop Deutschland

maxon bietet nebst kundenspezifischen Lösungen eine große Palette an Katalogartikeln an. Seit zehn Jahren können Kunden diese auch online kaufen. Mit intelligenten Online Tools stellt der Kunde im Shop seine individuelle Antriebslösung zusammen. Das „maxon selection program“ (MSP) sucht für den Anwender nach passenden Antriebssystemen, die zu seinen individuellen Spezifikationen passen. Im einfachsten Fall braucht er lediglich die Versorgungsspannung, die Lastdrehzahl und das Lastmoment der Anwendung einzugeben. maxon verbessert den Online-Kanal kontinuierlich. So lässt sich zum Beispiel neu ein gefüllter Warenkorb als ausführliche Zusammenstellung im PDF-Format downloaden und weiterleiten.

Weitere Vorzüge des maxon Online Shops finden Sie hier: myshop.maxonmotor.de oder shop.maxonmotor.de.

15 Jahre Mars-Rover Opportunity

Am 7. Juli 2003 startete der NASA Zwillingroboter Opportunity von Cape Canaveral, Florida auf seine Reise zum Roten Planeten. Heute, 15 Jahre danach, funkt er immer noch Lebenszeichen zur Erde. Opportunity trotzte in den letzten Jahren vielen kleinen und grossen Sandstürmen und hat es immer wieder geschafft, Energie zurückzugewinnen.



„Wir bieten Systemlösungen aus einer Hand.“

*Eugen Elmiger, CEO
(Vorsitzender der
Geschäftsleitung
maxon motor ag)*

„Geschätzte Leser, erst in einem System können Motoren ihre Stärken ausspielen. Deshalb entwickelt und produziert maxon auch Getriebe, Sensoren und Steuerungen. Plattformübergreifende Systemlösungen aus einer Hand: Darauf fokussieren wir uns genauso in Zukunft. Perfekt aufeinander abgestimmte Komponenten sind in vielen Branchen gefragt, besonders in der Robotik. In Hinsicht auf unsere Frameless-Motoren konnten wir viele Fans gewinnen. Durch die getrennte Lieferung von Stator und Rotor kann der Kunde diese Kraftpakete nach eigenen Wünschen in sein System integrieren. „Spannende Anwendungen aus der Antriebstechnik, Interviews mit Experten oder Tipps zur richtigen Antriebsauswahl: im maxon motor Magazin „driven“ wird eine breite Palette an Themengebieten abgedeckt. Weitere Informationen: magazin.maxonmotor.de“

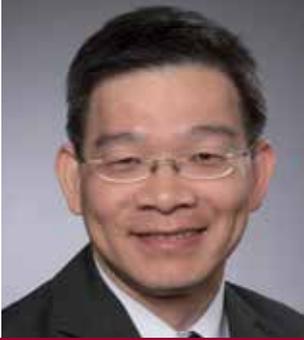
Eugen Elmiger
Vorsitzender der Geschäftsleitung

Hauptsitz

maxon motor ag
6072 Sachseln, Switzerland
T +41/666/15-00
info@maxonmotor.com
www.maxonmotor.com

Vertriebsgesellschaft

maxon motor gmbh
81825 München, Germany
T +49/89/420493 -0
info@maxonmotor.de
www.maxonmotor.de



„Gemeinsam mit unseren Kunden entwickeln wir Antriebslösungen, die auf spezifische Applikationen optimal abgestimmt sind.“

Robert Luong, Marketing Manager, Moog Inc.

Moog Industrial, ein Geschäftsbereich der Moog Inc., ist Hersteller und Lieferant von zuverlässigen elektrischen, hydraulischen und hybriden Antriebslösungen für industrielle Anwendungen. Moog in Deutschland wurde 1965 als erster Standort außerhalb der USA gegründet. Die Experten von Moog unterstützen Unternehmen aus den Bereichen Metallumformung, Kunststoffverarbeitung, Energieerzeugung (u.a.), Test und Simulation, Maschinen der nächsten Generation zu entwickeln. Der Service von Moog steht für anspruchsvolle, schnelle Problemlösungen, erfahrene, geschulte Ingenieure, konstruktive Flexibilität und weltweite Präsenz.

Kontakt

Moog GmbH
Hanns-Klemm-Straße 28
71034 Böblingen, Germany
T +49/7031/622-0
F +49/7031/622-100
info.germany@moog.com

Antriebstechnik für höchste Ansprüche

Seit mehr als 65 Jahren steht der Name Moog für anspruchsvolle Antriebstechnik. Lösungen von Moog sind weltweit in verschiedensten Anwendungen im Einsatz - überall dort, wo hohe Ansprüche an Zuverlässigkeit, Produktivität und Effizienz gefordert sind. Moog verfolgt stets einen technologieneutralen Ansatz. Je nach Anforderung, Anwendung, unter Berücksichtigung regional spezifischer regulatorischer Gegebenheiten wird die geeignete Antriebslösung hydraulisch, elektromechanisch oder hybrid realisiert. Konstrukteure, Fertigungsexperten und Maschinenbauer erhalten so immer eine einzigartige Lösung für ihre spezielle Anwendung.

Präzise Steuerung komplexer Systeme

Die Anwendungsspezialisten von Moog sind in verschiedensten Branchen unterwegs. Sie entwickelten u.a. das Antriebssystem des 1100 Tonnen schweren Schiebedachs über dem Centre Court in Wimbledon. Oder sie begegneten den aktuellen Herausforderungen bei der komplexen Regelung in Formel-1-Fahrzeugen mit Subminiatur-Servoventilen und Stellsystemen. Zudem haben die Experten neue Antriebssysteme entwickelt, wie das elektrohydrostatische Antriebssystem (EAS). Antriebe dieser Art kommen beispielsweise als Direktantriebe



Moog-Hauptsitz in Deutschland

MOOG

an translatorischen Achsen in Ringwalzmaschinen zum Einsatz - bei Senkung des Energieverbrauchs um bis zu 40 Prozent.

Partnerschaftlich und flexibel

Bei der Entwicklung und Umsetzung einer Antriebslösung arbeiten die Ingenieure von Moog mit Kunden partnerschaftlich zusammen. Es geht nicht darum, vorgefertigte Lösungen zu installieren. Der Kunde erhält das gesamte Experten- und Applikations-Know-how in den jeweiligen Anwendungen. Er kann aus dem Moog-Produkt-Portfolio auswählen, das alles bereithält, was eine moderne Antriebslösung benötigt. Der Umfang kann aber immer auch skaliert werden. Die Anwendungsspezialisten von Moog sind flexibel und beispielsweise bestens damit vertraut, kundeneigene Steuerungen in neue Antriebslösungen zu integrieren.

Technologische Trends gemeinsam umsetzen

Gemeinsam mit seinen Kunden erarbeitet Moog tagtäglich neue Lösungen und lässt aus technologischen Trends Wirklichkeit werden. Dazu zählt das Condition Monitoring im Sinne einer Industrie 4.0. Damit können Betreiber Wartungsarbeiten besser planen, reduzieren das Risiko für Maschinenausfälle und verringern die Betriebskosten.



Elektrohydrostatisches Antriebssystem (EAS)



ODU – hochwertige Verbindungen für herausfordernde Einsätze

Von der Magnetresonanztomographie bis hin zum Einsatz in U-Booten: Die Steckverbindingssysteme von ODU schaffen perfekte Verbindungen – in anspruchsvollen Anwendungen weltweit. Seit mehr als 75 Jahren fertigen die Spezialisten innovative elektrische Steckverbinder in Standardausführungen sowie maßgeschneiderte Kundenlösungen. Dank der tiefen Fertigungskompetenz und des lebendigen Erfindergeistes entwickelt ODU verlässliche Lösungen nach Maß. In enger Abstimmung mit den Kunden entstehen zum Beispiel Komponenten für Ultrahochvakuum-Umgebungen oder hochdichte Glasverguss-Steckverbindungen. Neben diesen Steckverbindungen bietet ODU auf Wunsch auch Systemlösungen an, wie die Kabelkonfektionierung. Das Technologie-Unternehmen bündelt dabei alle Kompetenzen und Schlüsseltechnologien unter einem Dach: Konstruktion und Entwicklung, Werkzeugbau, Spritzerei, Stanzerei,

Dreherei, Oberflächentechnik, Montage sowie die Konfektionierung. So sorgen die ODU-Premiumprodukte in zahlreichen Applikationen für erstklassige Übertragung von Leistung, Signalen, Daten oder Medien – in zukunftsorientierten Märkten wie der Medizintechnik, der Militär- und Sicherheitstechnik, der Elektromobilität und der Energietechnik ebenso wie in etablierten Branchen wie der Industrieelektronik sowie Mess- und Prüftechnik.

Mit perfekten Verbindungen weltweit präsent

ODU beschäftigt weltweit über 2.000 Mitarbeiter. Der Hauptstandort des Unternehmens ist Mühldorf am Inn. Darüber hinaus besitzt ODU weitere Produktionsstandorte in Sibiu/Rumänien, San Diego/USA, Tijuana/Mexiko und Shanghai/China. Die Firmengruppe ist mit ihren Produkten global vertreten und verfügt über ein internationales Vertriebsnetzwerk: "A Perfect Alliance", betont Denis Giba, ODU Geschäftsführer.



Für die Übertragung von Leistung, Signalen, Daten oder Medien – ODU bietet die ideale Schnittstellen, wenn Qualität und absolute Zuverlässigkeit gefragt sind.



„ODU ist ein echter Partner. Unsere Mitarbeiter finden die richtige Lösung. Gerne ganz individuell für jeden Kunden.“

Denis Giba, Geschäftsführer ODU

ODU ist ein weltweit tätiges Unternehmen in Familienbesitz und führender Anbieter für hochwertige, anwendungsspezifische elektrische Verbindungstechnik.

Gründungsjahr
1942

Mitarbeiter
2.000 weltweit

Zielfmärkte

- Medizintechnik
- Mess- und Prüftechnik
- Militär- und Sicherheitstechnik
- Elektromobilität
- Industrieelektronik
- Energietechnik

Produkte

- Applikations- und kundenspezifische Lösungen
- Push-Pull Rundsteckverbinder
- Schwere Steckverbinder
- Modulare Steckverbinder
- Andock- und Robotersysteme
- Elektrische Kontakte
- Konfektionierung
- Leiterplattensteckverbinder

Kontakt
ODU GmbH & Co. KG
Pregelstraße 11
84453 Mühldorf am Inn,
Germany
T +49/8631/6156-0
info@odu.de
www.odu.de



„Industrie 4.0 ist kein Selbstzweck. Das Ziel ist ein klar erkennbarer, relevanter Kundennutzen.“

Dr. Gunther Kegel, Vorsitzender der Geschäftsleitung Pepperl+Fuchs GmbH

Gründungsjahr

1945

Berichtsjahr 2017

Umsatz: 630 Mio. Euro

Mitarbeiter weltweit

6.000

Geschäftsbereiche

Industrielle Sensoren
Explosionsschutz

Industrielle Sensoren

Näherungsschalter, Optoelektronische Sensoren, Bildverarbeitung, Ultraschallsensoren, Drehgeber, Positionier-Systeme, Neigungs- und Beschleunigungssensoren, Feldbusmodule, AS-Interface, Identifikationssysteme, Anzeigen und Signalverarbeitung, Connectivity

Explosionsschutz

Eigensichere Barrieren, Signaltrenner, Feldbusinfrastruktur, Remote-I/O-Systeme, HART Interface Solutions, Wireless Solutions, Füllstandmesstechnik, Überdruckkapselungssysteme, Bedien- und Beobachtungssysteme, Elektrische Komponenten und Systeme für den Explosionsschutz, Systemlösungen für den Explosionsschutz

Kontakt

Pepperl+Fuchs GmbH
Lilienthalstraße 200
68307 Mannheim, Germany
T +49/621/776-0
F +49/621/776-1000
info@de.pepperl-fuchs.com
www.pepperl-fuchs.com

Firmenbeschreibung

Pepperl+Fuchs zählt zu den weltweit führenden Unternehmen für industrielle Sensorik und Explosionsschutz. Im intensiven Austausch mit unseren Kunden entstehen seit mehr als 70 Jahren immer neue Komponenten und Lösungen, die ihre Anwendungen ideal unterstützen. Zum Zukunftsthema Industrie 4.0 entwickeln wir innovative Technologien, die den Weg zu vernetzter Produktion und zum Datentransfer über alle Hierarchieebenen hinweg ebnet – auch über die Unternehmensgrenzen hinaus.

Industrielle Sensorik: Branchen im Fokus

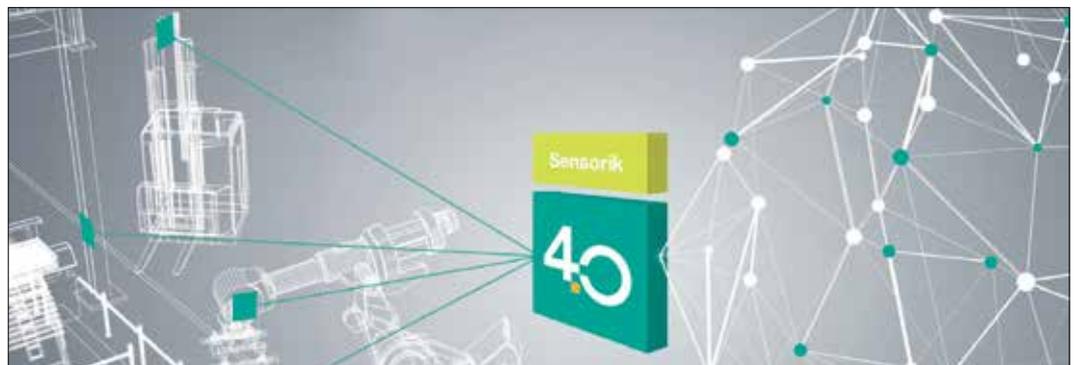
Marktspezifische Lösungen prägen ein breites Portfolio an industriellen Sensoren, das alle Applikationen moderner Automatisierungstechnik lückenlos erfüllt. Von induktiver und kapazitiver Sensorik bis hin zu optoelektronischen Sensoren, hoch präziser Ultraschall-Technologie, Identifikationssystemen und vielem mehr bietet Pepperl+Fuchs alle gängigen Wirkprinzipien in großer technischer Vielfalt. **Sensorik4.0®** macht Industrie 4.0-fähige Sensortechnologie verfügbar. Mit unseren Technologien können Sensoren problemlos horizontal innerhalb des Produktionsprozesses kommunizieren und ver-

tikal Daten austauschen – bis in übergeordnete Informationssysteme wie MES oder ERP.

Explosionsschutz: Sichere Anwendungen

Auch die Komponenten und Lösungen für explosionsgefährdete Bereiche sind exakt auf die Applikationen der Zielmärkte abgestimmt. Sie gewährleisten höchste Anlagenverfügbarkeit bei maximaler Sicherheit. Trennbarrieren, Signaltrenner, Remote I/O- oder Feldbus-Infrastrukturen, Bedien- und Beobachtungssysteme sowie weitere Technologien stellen bis hin zu zertifizierten Gesamtpaketen eine Fülle an Lösungen für alle Zündschutzarten und Anwendungen bereit. Mit der Pepperl+Fuchs Marke ecom wurde das Portfolio um Komponenten und Lösungen für mobile Sicherheit und Kommunikation in rauen Umgebungen erweitert. Das bedient konventionelle Anwendungen perfekt und ebnet den Weg zu Industrie 4.0-Anwendungen.

Ex-Schutz4.0 – damit bringen wir im Sinne von Industrie 4.0 vernetzte Produktionsstrukturen in die Prozessindustrie. Mit Konzeptstudien wie Ethernet for Process Automation wird die durchgängige Kommunikation über alle Ebenen eines Automatisierungssystems via Ethernet realisierbar – erstmals bis in die Feldebene hinein.

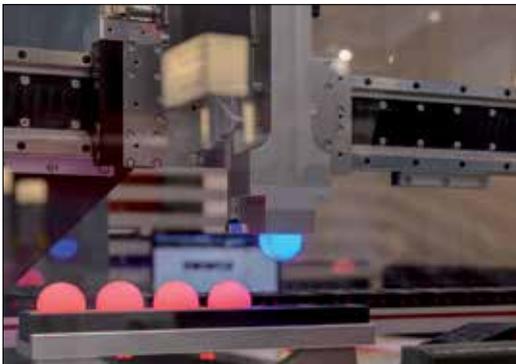


Innovationen für Industrie-4.0-Anwendungen



Motek – Internationale Fachmesse für Produktions- und Montageautomatisierung

Die Motek ist mit weit mehr als 1.000 teilnehmenden international tätigen Firmen die global führende Fachveranstaltung zum Thema Produktions- und Montageautomatisierung. Den Kern, des jährlich präsentierten Produkt- und Leistungs-Portfolios, stellen die Bereiche Robotik, Handhabungstechnik, Antriebe, Sensorik und Steuerungen sowie der Anlagenbau dar. Ergänzt durch die unerlässliche Peripherie wie Mechanik-, Vakuum- und Elektrogreifer sowie Zuführtechnik, Materialflusssysteme und Industrielle Bildverarbeitung, finden die Konstrukteure und Endanwender von Komponenten über Teilsysteme und schlüsselfertige Komplettlösungen alles, was zur wirtschaftlichen Produktions- und Montageautomatisierung benötigt wird. In logischer Ergänzung der Produktions- und Montage-Prozesskette zur Motek befasst sich die Bondexpo – Internationale Fachmesse für Klebtechnologien, umfassend mit den Themen Fügen, Verbinden, Dichten und Dämmen durch Kleben sowie mechanische und thermische Verfahren. Damit steht den Betriebsmittel-Konstrukteuren wie den Herstellern von Vorrichtungen, Sondermaschinen und Montageanlagen an Ort und Stelle durchgängige Prozess-Kompetenz zur Realisierung von Knowhow- basierten Detail- und Systemlösungen zur Verfügung.



Automatisierungstechnologie auf der Motek

Control – Internationale Fachmesse für Qualitätssicherung

Die Control nimmt im Ranking der Fachveranstaltungen rund um die Qualitätssicherung die Pole-Position ein! Global als Welt-Leitmesse anerkannt, zeigen im Jahresrhythmus jeweils mehr als 900 Aussteller den Stand in der Technik der industriellen Qualitätssicherung. Ob Mechatronische Messtechnik, Werkstoff- und Materialprüfung, Oberflächenmessung und Analysetechnik, Optoelektronik, Industrielle Bildverarbeitung, QS-Software, -Dokumentation, -Organisation – alles, was im Bereich Qualitätssicherung international Rang und Namen hat, ist an der Control adäquat vertreten! Die zunehmende Vernetzung von Prozessen, und die fortschreitende Automatisierung mittels Handlungssystemen und Robotertechnik, lassen die Grenzen zwischen den einzelnen Disziplinen fließen, sodass sich an der Control mehr denn je Roboter und Zellen-Lösungen mit hoher Funktionsintegration einfinden. Die effiziente Qualitätssicherung in der stückzahlflexiblen Variantenproduktion verlangt nach anwendungs- und nutzungsflexiblen QS-Lösungen, die zunehmend durch Robotik und Bildverarbeitungs- sowie Visionssysteme geprägt sind. Die Control gestaltet diese Entwicklung maßgeblich mit und spielt eine zentrale Rolle in der I 4.0-Produktionswelt von heute und morgen.



Control: Qualitätssicherung im Weltformat



„Unsere Fachmessen verschaffen Anwendern in allen relevanten Industriebereichen entscheidende Wettbewerbsvorteile.“

Frau Schall

Messestermine

Motek:
08. – 11. Oktober 2018
Control:
24. – 27. April 2018

Veranstaltungsort

Landesmesse Stuttgart GmbH
Messepiazza
70629 Stuttgart

Öffnungszeiten

Motek:
Montag – Donnerstag
9 – 17 Uhr
Control:
Dienstag – Donnerstag
9 – 17 Uhr
Freitag: 9 – 16 Uhr

Eintrittspreise

Tagesticket: 28,- Euro
Zwei-Tagesticket: 45,- Euro
ermäßigte Tageskarte (Schüler und Studenten): 20,- Euro

Veranstalter

P.E. Schall GmbH & Co. KG
Gustav-Werner-Straße 6
72636 Frickenhausen,
Germany
T +49/7025/9206-0
F +49/7025/9206-880
info@schall-messen.de
www.schall-messen.de



„Process Automation Solutions steht für lösungsorientierte Automatisierungskonzepte und die perfekte Umsetzung Ihrer Aufgabenstellung.“

GF (v.l.n.r.): Henning Hammerstädt, Ralf Schmid, Franz Greisberger

Mitarbeiter

1.380 Mitarbeiter (global),
davon
– 1.175 Ingenieure
– 80 Mitarbeiter Schaltschrankbau / Montage

Gründungsjahr

1986

Umsatz

202,5 Mio. EUR (FY2018)

Hauptsitz

Ludwigshafen am Rhein

Niederlassungen

– 21 Standorte in Deutschland
– 17 weitere Standorte in Europa
– 22 Standorte in Nordamerika und Asien

Leistungen

– Automation für die Prozessindustrie
– Automation für die Fertigungs- und Automobilindustrie
– EMSR-Engineering für Prozessanlagen (EPCM)

Process Automation Solutions ist nach DIN EN ISO 9001:2015 und ISO 14001:2015 zertifiziert.

Kontakt

Process Automation Solutions GmbH
Am Herrschaftsweiher 25
67071 Ludwigshafen, Germany
T +49/6237/932-0
F +49/6237/932-100
info@pa-ats.com
www.pa-ats.com

Marktführerschaft.

Ist es unbescheiden von Marktführerschaft zu sprechen? Nicht, wenn man es mit Bescheidenheit und Augenmaß dahin gebracht hat. Unser Wachstum hat sich stets am Bedarf unserer Kunden und des Marktes orientiert. Sie setzen auf uns. Wir setzen auf Verlässlichkeit und Qualität.

Manchmal zählt Größe eben doch.

Als global agierendes Unternehmen liefern wir weltweit individuell auf die Anforderungen unserer Kunden ausgerichtete Gesamtlösungen. Mit umfassender Kompetenz in verschiedensten Branchen erbringen wir alle Leistungen über das komplette Automatisierungsspektrum hinweg.

Unabhängigkeit.

Jedes Unternehmen hat Präferenzen. Durch unsere Herstellerunabhängigkeit sind wir in der Lage, die Vorstellungen unserer Kunden in die funktional und wirtschaftlich optimale Lösung umzusetzen.

Unabhängigkeit schützt vor Abhängigkeit.



Ganzheitliche Automatisierungslösungen für einen reibungslosen Produktionsablauf



Seit 1986 entwickeln wir individuelle und wirtschaftliche Automatisierungslösungen. Der Erfolg unserer Kunden ist auch unser Erfolg. Dass wir nicht auf bestimmte Systemhersteller festgelegt sind trägt ebenso maßgeblich zur Unabhängigkeit unserer Lösungen bei wie unsere hoch qualifizierten Mitarbeiter.

Ganzheitlichkeit.

Ganzheitliches Denken und Handeln findet bei uns auf allen Ebenen statt. Unsere Teams durchdringen Ihre Aufgabenstellung nicht nur technisch, sondern auch wirtschaftlich. Mit Fachkompetenz und Spezial-Know-how arbeiten wir an Komplettlösungen, schnittstellenfrei und individuell.

Mehr als die Summe aller Einzelleistungen.

Wir geben den Einzelgewerken eine Verbindung, denn Automatisierung funktioniert nur als Ganzes. Unsere Ingenieure entwickeln konsequent durchdachte Gesamtlösungen, die den spezifischen Anforderungen unserer Kunden gerecht werden.



Lückenloses Leistungsspektrum



Der ERP-Anbieter für den Mittelstand

Für den Automobil- und Fahrzeugbau, den Maschinen- und Anlagenbau sowie die Zulieferindustrie bietet die PSI Automotive & Industry GmbH unter dem Markennamen PSIpenta Lösungen zur umfassenden Optimierung der wertschöpfenden Prozesse auf Produktions- und Feinplanungsebene. Dabei greift die Firma auf mehr als 30 Jahre Erfahrung zurück. Neben klassischen Mittelständlern werden Unternehmen und Konzerne angesprochen, die in eine bereits bestehende IT-Landschaft ein System für effizientere Produktions- und/oder Instandhaltungsprozesse integrieren wollen. Das Lösungsportfolio aus ERP-, MES-, WMS- und SCADA-Komponenten besteht aus neuen sowie komplett modernisierten Produkten auf Grundlage des Javabasierten PSI-Frameworks. Ergänzt werden diese Lösungen durch ein KI-basiertes Workforce-Management-System.

Die PSI Software AG deckt mit ihren Lösungen die gesamte Wertschöpfungskette produzierender Unternehmen ab. Neben der klassischen Produktionsregelung (Push/ Pull-Verfahren) werden ganzheitli-

che Optimierungsverfahren, z.B. für die Sequenzierung im Kurz- und Mittelfristbereich, angeboten. Bereits seit mehreren Jahren bietet PSI zuverlässige Automatisierungen mit KI-Unterstützung für den industriellen Einsatz an.

Damit stehen in der Kombination aller Produkte die Grundlagen für modernste Fertigungs- und Logistikkonzepte zur Verfügung. Alle Produkte können wahlweise Onpremise, in der Cloud oder hybrid betrieben werden. PSI ist führend bei mobilen Apps und der benutzerfreundlichen Darstellung. Industrial Apps ermöglichen es dem Kunden jederzeit mobil auf alle Funktionen zuzugreifen. Mit PSI Click Design kann die Softwareoberfläche individuell von jedem einzelnen Benutzer auf seine individuellen Anforderungen angepasst werden.

Mehr als 30 000 Anwender in über 500 Industriebetrieben, viele von ihnen Weltmarktführer ihrer Branche, nutzen heute die Lösungen der PSI Automotive & Industry. Mit über 1600 Mitarbeitern erwirtschaftet die PSI Software AG mehr als 175 Millionen Umsatz im Jahr.



Wir begleiten Sie auf dem Weg zu Industrie 4.0



Moderne Software für Ihre Fertigung



„Wir sprechen die Sprache des Mittelstandes und sind daher die erste Wahl, wenn es um ERP + MES geht.“

Dr. Herbert Hadler, Geschäftsführer PSI Automotive & Industry

Gegründet
1997

Mitarbeiter
1600

Produkte
PSI Automotive & Industry entwickelt und integriert durchgängige Lösungen für die Planung und Optimierung der Fertigung in den Bereichen Maschinen- und Anlagenbau, Automotive und Aerospace.

- ERP
- MES
- WMS
- Predictive Maintenance
- Asset Management
- KI-Optimierung

Weitere Informationen auf S.81

Kontakt
PSI Automotive & Industry GmbH
Herr Kai Eisert
Dircksenstr. 42-44
10178 Berlin, Germany
T+49/800/3774-968
[kostenfrei]
F+49/30/2801-1042
info@psi-automotive-industry.de
www.psi-automotive-industry.de



„Der Markt braucht einen Schaltschrank, der zu 100 Prozent Industrie 4.0-fähig ist.“

Dr. Thomas Steffen,
Geschäftsführer Forschung und
Entwicklung bei Rittal

Gründungsjahr

1961

Mitarbeiter weltweit

9.300

Headquarter

Herborn

Tochtergesellschaften

58 weltweit

Branchen

- Elektrotechnik und Automation
- Erneuerbare Energien
- Informationstechnologie
- Infrastruktur
- Maschinenbau
- Nahrungs- und Genussmittelindustrie
- Prozessindustrie
- Verkehrstechnik

Produkte

- Schaltschränke
- Stromverteilung
- Klimatisierung
- IT-Infrastruktur
- Software & Service

Kontakt

Rittal GmbH & Co. KG
Auf dem Stützelberg
35745 Herborn, Germany
T +49/2772/505-0
F +49/2772/505-2319
info@rittal.de
www.rittal.de

Rittal mit Sitz in Herborn, Hessen, ist ein weltweit führender Systemanbieter für Schaltschränke, Stromverteilung, Klimatisierung, IT-Infrastruktur sowie Software & Service. Systemlösungen von Rittal sind in über 90 Prozent aller Branchen weltweit zu finden, etwa im Maschinen- und Anlagenbau, der Nahrungs- und Genussmittelindustrie sowie in der IT- und Telekommunikationsbranche. Zum breiten Leistungsspektrum des Weltmarktführers gehören konfigurierbare Schaltschränke, deren Daten im gesamten Produktionsprozess durchgängig verfügbar sind. Intelligente Rittal Kühllösungen mit bis zu 75 Prozent geringerem Energie- und CO₂-Verbrauch können mit der Produktionslandschaft kommunizieren und ermöglichen vorausschauende Wartungs- und Servicekonzepte. Innovative IT-Lösungen vom IT-Rack über das modulare Rechenzentrum bis hin zu Edge und Hyperscale Computing Lösungen gehören zum Portfolio.

Die führenden Softwareanbieter Eplan und Cideon ergänzen die Wertschöpfungskette durch disziplin-

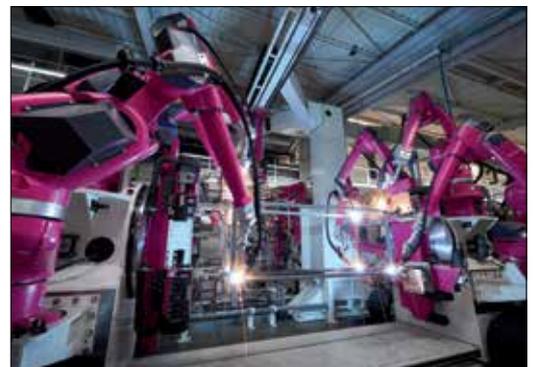
übergreifende Engineering-Lösungen, Rittal Automation Systems durch Automatisierungslösungen für den Schaltanlagenbau. Rittal liefert in Deutschland binnen 24 Stunden zum Bedarfstermin - punktgenau, flexibel und effizient.

Rittal wurde im Jahr 1961 gegründet und ist das größte Unternehmen der inhabergeführten Friedhelm Loh Group. Die Friedhelm Loh Group ist mit 18 Produktionsstätten und 80 Tochtergesellschaften international erfolgreich. Die Unternehmensgruppe beschäftigt 11.500 Mitarbeiter und erzielte im Jahr 2017 einen Umsatz von 2,5 Milliarden Euro. Zum zehnten Mal in Folge wurde das Familienunternehmen 2018 als Top Arbeitgeber Deutschland ausgezeichnet. In einer bundesweiten Studie stellten die Zeitschrift Focus Money und die Stiftung Deutschland Test fest, dass die Friedhelm Loh Group 2018 bereits zum dritten Mal in Folge zu den bundesweit besten Ausbildungsbetrieben gehört.

Weitere Informationen finden Sie unter www.rittal.de und www.friedhelm-loh-group.com.



"Rittal – Das System." – die Systemplattform für alle Anforderungen in Industrie und IT



Rittal produziert Schaltschränke nach den Prinzipien von Industrie 4.0.



Das Unternehmen

Seit über 50 Jahren steht Rübsamen & Herr für Zuverlässigkeit und Qualität „Made in Germany“. Was 1964 als kleiner Betrieb für Elektrosteuerungs- und -bau begann, wurde im Laufe der Jahrzehnte zu einem leistungsstarken mittelständigen Unternehmen ausgebaut, das heute durch die Nachfolgeneration von Ralf Uwe Jungfer und Armin Herr geführt wird. Es werden qualitativ hochwertige und innovative Produkte für die Schaltschrank-Klimatisierung entwickelt, produziert und vertrieben. Zu den Leistungen des Unternehmens gehören sowohl ab Lager lieferbare Standardprodukte, als auch kundenspezifische Sonderlösungen. Die Kunden kommen aus den unterschiedlichsten Branchen, wie z. B. Maschinen- und Anlagenbau, Telekommunikation, Medizin- und Labortechnik sowie Verkehrs- und Energietechnik aber auch dem zukunftssträchtigen Bereich Renewable Energy. Das Qualitäts-Managementsystem ist nach DIN EN ISO 9001:2008 zertifiziert, ebenso die Zertifizierung als bekannter Versender.

Der Firmensitz ist in Neunkirchen / Siegerland, einem traditionsreichen Wirtschaftsstandort mitten

in Deutschland, von wo aus die Kunden weltweit „just in time“ bedient werden.

Schaltschrank-Klimatisierung und mehr

Die zunehmende Leistungsdichte in elektrischen Schaltanlagen bei gleichzeitig hohen Anforderungen an die Schutzart des Gehäuses hat eine erhebliche Verlustwärme im Schaltschrank zur Folge. Bei Außenanwendungen führen große Temperaturschwankungen und Luftfeuchtigkeit zusätzlich zu Kondensation und damit zu Fehlfunktionen und Ausfall der Geräte.

Für die Betriebssicherheit der Bauteile und zur Erhöhung der Lebensdauer sind ein wirkungsvolles Wärmemanagement und individuelle Konzepte für die Klimatisierung erforderlich. Das Komplettprogramm von Rübsamen & Herr bietet für die vielfältigen Anforderungen die optimalen Lösungen für den Bereich Schaltschrank-Klimatisierung auch unter dem Aspekt der Energieeffizienz an und wird durch ergänzende Produkte wie Schaltschrank-Beleuchtung und Schaltschrank-Zubehör abgerundet.



„Wir bieten ein umfangreiches Komplett-Portfolio für ein wirkungsvolles Gehäuse-Wärmemanagement mit einem breiten Zubehörprogramm.“

Ralf Uwe Jungfer,
Geschäftsführer

Gegründet
1964

Zertifiziert nach
ISO 9001:2008

Geräte für die Schaltschrank-Klimatisierung und mehr

- Filterlüfter und Austrittsfilter
- Energieeffiziente EC-Lüfter
- Kiemenscheiben Edelstahl
- Dachlüfter/Dachentlüftung
- Innenlüfter
- 19"- Lüftereinschübe
- Kleinlüfter und Zubehör
- Schaltschrankheizungen
- Kühlgeräte mit Peltiertechnik
- Entfeuchtungsgeräte
- Kühlgeräte mit Kompressortechnik
- Luft/Luft-Wärmetauscher
- Luft/Wasser-Wärmetauscher
- Drehzahlregler
- Thermostate und Hygrostate
- Schaltschrankbeleuchtung LED und klassisch
- Schaltschrankzubehör
- Online-Shop

Kontakt

Rübsamen & Herr
Elektrobau GmbH
Am Scheid 4
57290 Neunkirchen/
Siegerland, Germany
T +49/2735/7727-4
F +49/2735/7727-67
info@ruebsamen-und-herr.de
www.ruebsamen-und-herr.de



Der Firmensitz in Neunkirchen/Siegerland



Eine Auswahl aus dem Produktportfolio



„Wir haben nur ein Ziel: Die Wettbewerbsfähigkeit unserer Kunden zu erhöhen. Darauf richten wir unser Portfolio und unsere Services aus.“

Thomas Rudel, CEO

Bezeichnung

Broadliner

Gründungsjahr

1973

Mitarbeiter

über 1.600

Standorte/Lager

über 70 Niederlassungen in Europa, Asien und Nordamerika

Headquarter

Ispringen

Europäisches Zentrallager

Eisingen

Zielmärkte

Automotive, Industrieelektronik, Telekommunikation, Konsumgüterindustrie, Lighting, Medical, Energy und Home Appliance

Qualitätsmanagement

Zertifiziert nach ISO 9001:2000, ISO 14001:2005 und OHSAS 18001; RoHSkonforme Produkte

Kontakt

Rutronik Elektronische Bauelemente GmbH
Industriestraße 2
75228 Ispringen, Germany
T +49/7231/801-0
F +49/7231/82282
rutronik@rutronik.com
www.rutronik.com

Firmenbeschreibung

Als einer der größten Distributoren weltweit bieten wir rund um den Globus technischen, logistischen und kommerziellen Support und ein komplettes Portfolio über die gesamte Bandbreite elektronischer Bauelemente. Für durchgängigen Support sorgt unsere Organisation aus zentralen Ansprechpartnern für alle strategischen, globalen Belange und kompetenter Unterstützung vor Ort. Mit spezifischen Angeboten aus Hardware, dazu passender Entwicklungssoftware und Services beantworten wir gezielt die aktuellen Anforderungen:

RUTRONIK EMBEDDED bündelt Wireless-Komponenten, Boards, Storage, Displays und Peripherie für industrielle Anwendungen im Internet of Things. RUTRONIK SMART vereint Sensoren, Wireless-Komponenten, Mikrocontroller, Powermanagement- und Sicherheitslösungen für kleine, oft portable Geräte innerhalb des IoT.

RUTRONIK POWER umfasst skalierbar Power-Management-Lösungen zum schnellen Schalten von resistiven, kapazitiven oder induktiven Lasten und zur Konvertierung von AC- und DC-Spannungen und Strömen für den passenden Anwendungsbereich.

Automotive-Kunden finden unter RUTRONIK AUTOMOTIVE entsprechende Komponenten selektierter Hersteller sowie technischen und kommerziellen Support auf globaler Ebene.

Die e-Commerce-Plattform Rutronik24 ermöglicht den schnellen Einkauf rund um die Uhr mit kunden individuellen, aktuellen Preisen und Echtzeit-Über-



sicht über die Verfügbarkeit, Liefertermine und Tracking. Komfortable Bestell- und Suchfunktionen, Track&Trace, intelligente Online-Berater, Datenblätter, PCN, PTN und Verknüpfungen zu Herstellern sorgen für kompakt abrufbare Informationen.

Als inhabergeführter Distributor in privater Hand agiert Rutronik unabhängig. Unsere Geschäftsphilosophie ist nicht quartalsgetrieben, im Fokus stehen langfristige Geschäftsbeziehungen, bei denen alle Partner profitieren.

Unser Angebot ruht auf vier Pfeilern:

Consult: Rutroniks Applikationsingenieure und Produktspezialisten bieten weltweite, individuelle Beratung im Bereich Applikationen und Verkauf, Design-In-Support vor Ort und direkten Kontakt zu Franchise-Lieferanten.

Components: Rutronik bietet Artikel aus den Bereichen Halbleiter, passive und elektromechanische Bauelemente, Wireless Technologies sowie Storage, Displays & Boards.

Logistics: Rutronik garantiert einen weltweit gleichen Servicestandard. Mit den drei Logistiksystemen "Lieferplan", "Kanban" und "Konsignation", die unter definierten Voraussetzungen individuell erweitert werden können, gehen sie über den branchenüblichen Standard hinaus.

Quality: Rutronik sichert durch zertifizierte Qualitätsmanagement-, Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitssysteme und konstante Überwachung der Prozesse eine durchgängig hohe Qualität seiner Produkte und Prozesse.



Technische Experten leisten umfangreichen Support



Individuelle und effiziente Logistikkonzepte



Superior Clamping and Gripping

SCHUNK, das ist die weltweit erste Adresse, wenn es um die Ausstattung von Robotern und Produktionsmaschinen geht. Ob Smartphones oder Flugzeuge, Kompaktwagen oder SUVs, Kniegelenke oder Nasensprays: Fast immer sind die High-tech-Komponenten von SCHUNK ganz vorne mit dabei. 1945 von Friedrich Schunk als mechanische Werkstatt gegründet entwickelte sich das Unternehmen unter dessen Sohn Heinz-Dieter Schunk zum Kompetenz- und Weltmarktführer für Greifsysteme und Spanntechnik. Heute wird es von den Enkeln des Unternehmensgründers, den Geschwistern Henrik A. Schunk und Kristina I. Schunk, in der dritten Generation geführt. Knapp 3.400 Mitarbeiter in 9 Werken und 33 eigenen Ländergesellschaften sowie Vertriebspartner in über 50 Ländern gewährleisten eine intensive Marktpräsenz. Mit 11.000 Standardkomponenten bietet SCHUNK das weltweit größte Greifsysteme- und Spanntechnik-Sortiment aus einer Hand und mit 2.550 SCHUNK Greifern das breiteste Standard-Greifkomponentenprogramm am Markt. Das gesamte Greifsystemprogramm umfasst über 4.000 Komponenten. Überall auf der Welt sorgt SCHUNK dafür, dass präziser, wirtschaftlicher und



Das breiteste Greiferprogramm am Markt.

zuverlässiger produziert werden kann. Die Technologieschmiede gilt als Pionier und Ideengeber in der Produktionsautomatisierung. Zugleich versteht sich SCHUNK als Taktgeber für neue Technologien. Wenn es um die Digitalisierung, Mechatronisierung und Automatisierung von Produktionsprozessen sowie um die Kollaboration von Mensch und Roboter geht, fungieren die Spezialisten von SCHUNK als gefragte Ansprechpartner.

Die wichtigsten Abnehmer sind alle produzierenden Unternehmen mit Montage-, Handhabungs- sowie zerspanenden Prozessen. Zum Kundenkreis zählen unter anderem das Who-is-Who des Maschinen- und Anlagenbaus, der Robotik, Automatisierung und Montagehandhabung sowie alle namhaften Automobilmarken und deren Zulieferer. Und auch in der eigenen Fertigung hat SCHUNK die Nase vorn: Das innovative Familienunternehmen wandelt sich immer stärker zur smarten Fabrik.

Maßstäbe setzt SCHUNK auch in der Kommunikation des Maschinenbaus: Seit 2012 ist die Torwartlegende Jens Lehmann als Markenbotschafter für sicheres, präzises Greifen und Halten im Team von SCHUNK aktiv.



Spannmittel für maximale Effizienz.



„Unser Ziel ist es, die Vision der smarten Fabrik Realität werden zu lassen.“

Henrik A. Schunk, Geschäftsführender Gesellschafter, CEO

Gründung

1945 durch Friedrich Schunk

Geschäftsleitung:

Heinz-Dieter Schunk mit Sohn Henrik A. Schunk und Tochter Kristina I. Schunk

Mitarbeiter:

knapp 3.400 weltweit

Marktposition:

Weltweiter Kompetenzführer für Greifsysteme und Spanntechnik und führender Technologieausrüster von Robotern und Produktionsmaschinen

Bereich Greifsysteme:

SCHUNK Greifer, Dreh- und Linearmodule, Roboterzubehör, Modulare Montageautomation, Greifsystemlösungen, Modulare Assistenzrobotik

Bereich Spanntechnik:

Werkzeughaltersysteme, Hydro-Dehnspanntechnische Lösungen, Stationäre Spanntechnik, Nullpunktspannsysteme, Drehfutter, Magnetspanntechnik, Spannbacken

Maschinenbau:

Nutzentrenner

Kontakt

SCHUNK GmbH & Co. KG
Bahnhofstraße 106 - 134
74348 Lauffen/Neckar,
Germany
T +49/7133/103-0
F +49/7133/103-2399
info@de.schunk.com
schunk.com



„Passgenaue Automatisierungslösungen in Kombination mit viel Applikations-Know-how und Rund-um-Support – das schätzen unsere Kunden.“

Mag. Alexander Melkus,
Geschäftsführung SIGMATEK

Gründung

1988 in Österreich

Mitarbeiter

550

Standorte

- Österreich
- Deutschland
- Schweiz
- Großbritannien
- USA
- China
- Südkorea
- Indien (in Gründung)
- Weltweit Vertriebspartner

Portfolio

Komplette und durchgängige Automatisierungslösungen plus Engineering, Inbetriebnahme und Support:

- Steuerungssysteme
- I/O-Systeme (IP20 und IP67)
- HMIs
- Industrie-PCs
- Servodrives und -motoren
- Safety System (Controller und I/O-Module)
- LASAL: Steuerungsprogrammierung, Visualisierung, Motion Control, Safety und Service – alles mit einem Engineering Toolset
- Echtzeit-Ethernet VARAN

Kontakt

SIGMATEK GmbH & Co KG
Sigmatekstraße 1
5112 Lamprechtshausen,
Austria
T +49/6274/4321-0
F +49/6274/4321-18
office@sigmatek.at
www.sigmatek-automation.com

We MaxUp your Automation

Als Lösungsanbieter entwickelt und produziert SIGMATEK durchgängige Automatisierungssysteme für den Maschinen- und Anlagenbau. Dies beginnt bei den Hard- und Softwarekomponenten und erstreckt sich über die Applikation bis hin zur Inbetriebnahme der ersten Maschinen beim OEM-Kunden sowie Service und Wartung – kurz: SIGMATEK liefert flexible Lösungen mit Mehrwert.

Modularität und Flexibilität 4.0

Integrierte Automatisierungssysteme – Motion Control und Safety inklusive – ermöglichen einen modularen und smarten Maschinenbau, bei dem sich die Hard- und Software-Komponenten im Baukastensystem zusammensetzen lassen. Engineeringzeiten und -kosten reduzieren sich so erheblich. Und: Kundenspezifische Anforderungen können so rasch und so flexibel umgesetzt werden, sodass die Anwendung fit ist für die Smart Factory.

Effiziente, offene Komplettlösungen

Die skalierbare Hard- und Software kommt bei SIGMATEK aus einer Hand und garantiert somit Durchgängigkeit. Alle Komponenten werden im



S-DIAS: Steuerung, I/O, Motion und Safety auf nur 12,5 x 104 x 72 mm Modulgröße

Stammwerk in Österreich produziert – Steuerungs- und I/O-Systeme, Industrie PCs, HMIs, Motion Control, Safety und das all-in-one Engineering Tool LASAL mit objektorientierter Programmierung und grafischer Darstellung. In den SIGMATEK-Steuerungen ist OPC UA sowohl als Manager als auch als Client implementiert. Jährlich fließen 18 Prozent des Umsatzes in F & E, um der Rolle als Technologie-Vorreiter gerecht zu werden. Gut die Hälfte des 550-köpfigen Mitarbeiterteams ist in der Forschung und Entwicklung sowie der technischen Applikation tätig. Modernste Produktionstechnologien und ein zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9001:2015 garantieren, dass nur Produkte in Top-Qualität das Werk verlassen.

Am Puls der Automation

Ob Kunststoff- und Glasmaschinen, Montage- und Handhabungstechnik, Robotik, Logistik, Lebensmittel- und Verpackungsmaschinen, Energie und Umwelt oder Messsysteme für die Luft- und Raumfahrt – das gebündelte Know-how des Salzburger wird weltweit in Produktionsmaschinen und Industrieanlagen eingesetzt. Mit eigenen Niederlassungen sowie Vertriebs- und Servicepartnern ist SIGMATEK weltweit immer nahe am Kunden.



Kabellos sicher Bedienen: Das wireless Panel HGW 1033 bietet maximale Bedienfreiheit



Kameras, Komponenten und Know-how

Als Hersteller von Kameras steht die SVS-Vistek GmbH seit 30 Jahren für Innovation und Präzision in der Industrielle Bildverarbeitung. Kameras der SVCam-Serien kommen überall dort zum Einsatz, wo ein präziser Blick gefordert ist, ob in der Qualitätskontrolle, der Oberflächeninspektion, der Messtechnik oder in der Verkehrsüberwachung.

Unter dem Namen „SVCam“ entwickeln und produzieren wir Hochleistungs-CCD- und CMOS-Kameras mit Gigabit Ethernet-, Camera Link-, USB3.0- oder CoaXPress Schnittstellen.

Grundlegend für alle unsere Entwicklungen sind dabei stets Qualität, Zuverlässigkeit und ein hohes Maß an Individualisierbarkeit. Je nach Einsatzzweck stehen aktuell vier Linien zur Auswahl: ECO (klein, kompakt und leistungsfähig), EXO (multifunktional), EVO (höchste Bildraten), HR (hochauflösend) und SHR (super hochauflösend).

Neben Industriekameras steht ein breites Angebot weiterer Komponenten zur Realisierung industrieller Bildverarbeitungssysteme zur Verfügung, wie Objektive, Beleuchtungen, Kabelverbindungen, Software oder Hardware zur Bilderfassung. System-

integratoren und OEM-Kunden erhalten speziell auf sie abgestimmte Lösungen. Mit dem fundierten Know-how eigener Experten und den Erfahrungen als Pionier einer Vielzahl technischer Entwicklungen berät SVS-Vistek bei Auswahl und Kombination der richtigen Elemente, bietet aber auch individuell nach Kundenwunsch angefertigte Kameras.

Entwickelt und hergestellt in Deutschland

Um ein Maximum an Qualität und Zuverlässigkeit für unsere Produkte garantieren zu können, arbeiten wir eng mit starken und verlässlichen Zulieferern zusammen.

Wir entwickeln und produzieren unsere Kameras ausschließlich selbst, in eigenen Reinräumen an unserem Firmensitz im bayerischen Seefeld bei München: „Qualität made in Germany“.

Weltweit präsent

Kameras von SVS-Vistek sind weltweit im Einsatz. Wir verfügen über ein weltweites Netz an leistungsfähigen Distributoren und Partnern, die den Vertrieb, den Service und den Support für unsere Kameralinie "SVCam" vor Ort übernehmen.



EXO Serie: ein Design-in, viele Möglichkeiten mit Gig-E, Camera Link oder USB3



HR & SHR Serie: bis zu 120 Megapixel Auflösung mit Gig-E, Camera Link oder CoaXPress



„Intelligente Innovationen und guter Service sind unser Schlüssel zu langlebiger Kundenbindung.“

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Schaarschmidt

Firmengründung

1987

Geschäftsführer

- Dipl.-Phys. Walter Denk
- Dipl.-Ing. (FH) Andreas Schaarschmidt

Geschäftsfelder

- Entwicklung und Produktion von Hochleistungs-CCD und CMOS Kameras
- Entwicklungspartner von Systemintegratoren der industriellen Bildverarbeitung
- System-Consulting
- Distribution von Komponenten wie Beleuchtungen, Objektiven und Framegrabbern
- Software

Kontakt

SVS-VISTEK GmbH
 Mühlbachstraße 20
 82229 Seefeld, Germany
 T +49/8152/9985-0
 F +49/8152/9985-79
 info@svs-vistek.com
 www.svs-vistek.com



„Robustheit und Langzeitverfügbarkeit sind bei unseren Embedded-Systemen keine Phrasen.“

Christian Binder, Geschäftsführer Syslogic

Niederlassungen

- Deutschland und Schweiz

Eigene Produkte

- Industriecomputer
- Embedded Box PCs
- Single Board Computer (SBC)
- IP67 Rugged-PCs
- Touch-Panel, HMI-Systeme
- EN50155 Railway Computer

Distributionsprodukte

- Cactus Technologies SSD-Speicher
- Peak-System Feldbus-Komponenten

Märkte

- On- und Off-Train
- Busse (eMark), In-Vehicle
- Straßenbahnen/Niederflurfahrzeuge
- Verkehrstechnik
- Fahrerlose Transportsysteme (FTS)
- Gegengewichtstapler
- Flurförderfahrzeuge
- Minenfahrzeuge, Bagger
- Windenergieanlagen (WEA)
- Photovoltaikanlagen (PVA)
- Gebäude-Management, Leittechnik

Spezialgebiete

- Kundenspezifische Produkte ab kleinen Losgrößen
- Embedded Computer für Fahrzeuge
- Retrofit IPC

Kontakt

Syslogic GmbH
Weilheimer Straße 40
79761 Waldshut-Tiengen,
Germany
T+49/7741/9671-420
www.syslogic.de



Firmenbeschreibung:

Syslogic bietet robuste Industriecomputer, Embedded Box PC, Single Board Computer und HMI-Systeme für den anspruchsvollen Industrieinsatz. Die Geräte werden in der Bahn- und Verkehrstechnik, in Bau- und Spezialfahrzeugen, in Fahrerlosen Transportsystemen (FTS) sowie in Windenergie- und Photovoltaikanlagen eingesetzt.

Als eines von wenigen europäischen Unternehmen in der Embedded-Branche entwickelt und fertigt Syslogic ihre Industriecomputer und HMI-Systeme selbst. Das Unternehmen mit Niederlassungen in Deutschland und in der Schweiz verfügt über eine eigene Entwicklung, eine eigene Konstruktion und über zwei Fertigungsstandorte mit Inhouse-SMD-Bestückung. Diese Fertigungstiefe in Verbindung mit über 30 Jahren Erfahrung im Embedded-Markt machen Syslogic zu einer zuverlässigen Partnerin. Ziel von Syslogic ist es, ihren Kunden Sicherheit, Spaß und Beständigkeit zu bieten.

Sicherheit

Syslogic Embedded Computer und HMI-Systeme bieten Funktionssicherheit. Dank dem Verzicht auf anfällige Bauteile und dank der cleveren Industriebauweise sind die Geräte wartungsfrei und langlebig. Dadurch überzeugen die Syslogic Produkte

nicht nur mit ihrer Funktions-, sondern auch mit ihrer Investitionssicherheit.

Spaß

Syslogic Kunden haben Spaß, weil neben der Sicherheit auch der Komfort stimmt. Darum bietet Syslogic bereits während der Implementierungsphase größtmöglichen Komfort. Sämtliche Embedded Computer und HMI-Systeme liefert Syslogic mit vorkonfigurierten Betriebssystemen. Dadurch profitieren Kunden von einer unkomplizierten Softwareintegration und einer schnellen Inbetriebnahme. Neben den technischen Aspekten achtet Syslogic zudem auf ein formschönes Design ihrer Geräte.

Beständigkeit

Syslogic garantiert für ihre Embedded Computer und HMI-Systeme eine Verfügbarkeit von mindestens zehn Jahren. Bei Bedarf bietet das Unternehmen sogar zwanzig Jahre "form, fit and function". Dieses Versprechen ist in der Elektronikbranche eine Seltenheit und für viele Kunden ein wichtiger Grund, in echte Industrielektronik zu investieren. Möglich wird die lange Verfügbarkeit durch die konsequente Auswahl der Bauteile bereits während der Entwicklungsphase.



IP67 Rugged Embedded PC: Für den Extremeinsatz



EN50155 Railway Computer: Für Bahnapplikationen



Firmenbeschreibung

TQ ist eines der führenden Technologie-Unternehmen in Deutschland. Als Systemdienstleister im Bereich E²MS (Electronic Engineering and Manufacturing Services) entwickelt und produziert TQ komplexe Baugruppen und Systeme. TQ bietet das komplette Leistungsspektrum von der Idee, über Entwicklung, Produktion und mit Service und Produktlebenszyklusmanagement bis über die Serie hinaus. Die Dienstleistungen umfassen dabei Baugruppen, Geräte und Systeme inklusive Hardware, Software und Mechanik. Kunden können bei TQ sämtliche Leistungen modular als Einzelleistungen wie auch im Komplettpaket entsprechend ihrer individuellen Anforderungen beziehen.



Gut Delling, Seefeld i. Oberbayern

Ergänzend bietet TQ fertige Lösungsbausteine, wie Embedded-Systeme, Antriebe für E-Bikes und die Robotik, Luftfahrtanwendungen, Medizintechnik sowie Energiemanagement.

Die TQ-Group beschäftigt an den Standorten Delling, Seefeld, Weßling, Inning, Murnau, Peißenberg, Peiting, Durach im Allgäu, Wetter an der Ruhr, Chemnitz, Leipzig, Fontaines (Schweiz), Shanghai (China) und Chesapeake (USA) insgesamt rund 1.600 Mitarbeiter.

Weitere Informationen zu TQ unter: www.tq-group.com



Eine Auswahl an TQ-Servomotoren



„Unsere Stärke ist es, unsere Kunden umfassend von der Idee bis über die Serie hinaus zu bedienen.“

Stefan Schneider, Detlef Schneider und Rüdiger Stahl (v.l.n.r.), TQ-Geschäftsführer

Sitz

Delling (Seefeld)

Gründung

1994

Geschäftsführende

Gesellschafter

Detlef Schneider, Rüdiger Stahl, Stefan Schneider

Kennzahlen 2017/ 2018

- Umsatz: 268 Mio. Euro
- Mitarbeiter: ca. 1.600

Zertifikate

- DIN EN ISO 9001:2008
- DIN EN ISO 14001:2015
- EN 9100:2009
- EN ISO 13485:2012
- EN 9110
- MDD
- A-DOA
- POA

Branchen

- Industrie
- Robotik
- Energietechnik
- Gebäudetechnik und -automatisierung
- Agrartechnik
- Umweltechnik
- Luft- und Raumfahrt
- Schifffahrt
- Medizintechnik
- E-Mobility

Kontakt

TQ-Group
Mühlstraße 2
82229 Seefeld, Germany
T +49/8153/9308-0
F +49/8153/4223
info@tq-group.com
www.tq-group.com



„Wir verstehen die Wünsche unserer Kunden und setzen sie flexibel in innovative Produkte um.“

Klaus Tessari, Inhaber

Gegründet:

1983

Produktsortiment

Sensorik:

- Absolutdrehgeber
- Inkrementaldrehgeber
- Linear-absolute Positionsmesssysteme
- Laser-Entfernungsmesssysteme
- Positionsmesssysteme mit funktionaler Sicherheit

Antriebstechnik:

- Kompakte Positionierantriebe

Systemlösungen:

- Industrie-PC
- SPS
- Feldbus- und Industrial-Ethernet-Technologie

Engineering:

- Kundenspezifische Steuerungs- und Messsystementwicklung bis zur Serienfertigung
- Retrofit von Pressen, Stanzen und
- Handlingsystemen, Entwicklung und Realisierung

Kontakt

TR-Electronic GmbH
Eglshalde 6
78647 Trossingen, Germany
T +49/7425/228-0
F +49/7425/228-33
info@tr-electronic.de
www.tr-electronic.de



TR-Electronic: komplexe industrielle Prozesse sicher im Griff

Wenn industrielle Prozesse reibungslos und zuverlässig ablaufen, könnte es sein, das Mess- und Steuerungslösungen von TR-Electronic ihren Teil dazu beitragen. Windenergieanlagen erzeugen Energie mit maximaler Effizienz dank optimal ausgerichteter Rotorblätter- gesteuert von TR-Lösungen. In Pressenstraßen für die Automobilindustrie gewährleisten TR-Sensoren sichere Formungsprozesse der Karosserieteile. In der Logistik ermöglichen Messsysteme von TR den reibungslosen Transport von Waren. Steuerungs- und Messmodule von TR steuern und überwachen Pumpen für die Trinkwasser-Versorgung, oder helfen Fehler an einer Stanzenmaschine rechtzeitig zu erkennen.

Für alle diese und viele weitere Anwendungen liefert TR-Electronic die passenden Drehgeber, Lineargeber und Antriebe - als hochwertige Standardprodukte oder kundenspezifische Lösungen.

Unser Ziel ist Ihr Erfolg!

TR-Electronic entwickelt, fertigt und vertreibt Sensoren und Aktuatoren für industrielle Anwendungen in der Automatisierungstechnik. Drehgeber

mit optischer oder magnetischer Abtastung sind immer dann gefragt, wenn die Winkelbewegung einer rotierenden Welle zu erfassen ist. Magnetostriktive Lineargeber messen berührungslos die Position einer Linearbewegung, zum Beispiel in einem Hydraulikzylinder. Intelligente Kompaktantriebe kommen als Stellmotor oder als Prozessantrieb zum Einsatz. Entwicklungsdienstleistungen der Business Unit Automation bringen Pressenstraßen zu neuen Höchstleistungen, ermöglichen die Fernüberwachung für Wasserversorgungsnetze oder sorgen für Gemütlichkeit durch intelligente Heizungsautomatisierungen.

In der Region zu Hause, weltweit präsent

Mit typisch schwäbischen Tüftlergenen ausgestattet, ist TR-Electronic regional stark verwurzelt und gleichzeitig weltweit aktiv. Wichtigster Abnehmer ist der in Deutschland traditionell starke Maschinen- und Anlagenbau. Neben dem Hauptstandort Trossingen bieten Ihnen unsere Tochtergesellschaften und technischen Vertriebspartner international kompetente Beratung und Projektierung und sorgen für weltweiten Zugriff auf das TR-Produktprogramm.



Moderne Fertigungskonzepte machen hoch individualisierte Serienprodukte erschwinglich



Echter Multiturn-SIL3-Drehgeber mit Industrial Ethernet in nur 58 mm Durchmesser.



Das Unternehmen

Turck ist einer der global führenden Partner für die effiziente Fabrik- und Prozessautomation. Unser Vertriebsnetz umfasst über 30 Tochtergesellschaften und Vertretungen in weiteren 60 Staaten. Mehr als 4.500 Mitarbeiter weltweit entwickeln, produzieren und vertreiben Produkte und Lösungen aus den Bereichen Sensor-, Feldbus-, Anschluss- und Interfacetechnik sowie RFID. Mit unseren Daten- und Kommunikationslösungen gehören wir zu den Wegbereitern der Industrie 4.0. Modernste Produktionsstätten in Deutschland, der Schweiz, den USA, Mexiko und China versetzen uns als Familienunternehmen jederzeit in die Lage, schnell und flexibel die Anforderungen lokaler Märkte zu erfüllen.

Die Märkte

Ob im Maschinen- und Anlagenbau, in den Sektoren Automotive, Transport & Handling, Mobile Equipment, Food & Packaging oder in der Chemie- und Pharmaindustrie: Automationslösungen und -produkte von Turck erhöhen die Verfügbarkeit und die Effizienz Ihrer Anlagen. Die effektive Standardisierung der Produkte senkt außerdem gezielt Ihre Kosten für Beschaffung, Lagerhaltung, Instal-



Global Player: Turck ist mit 28 Landesgesellschaften weltweit vertreten

lation und Betriebssicherheit. Industriespezifisches Anwendungswissen aus dem intensiven Dialog mit Kunden, gepaart mit Elektronikentwicklung und -fertigung auf höchstem Niveau, versprechen optimale Lösungen für Ihre Automatisierungsaufgaben.

Der Service

Mit mehr als 50 Jahren Erfahrung und einem umfassenden Know-how unterstützen wir Sie in jeder Projektphase durch effiziente Dienstleistungen – von der ersten Analyse bis zur maßgeschneiderten Lösung und Inbetriebnahme Ihrer Applikation. Im Vordergrund steht für uns der Anspruch, die Effizienz und Produktivität Ihrer Fertigung bzw. Ihrer Maschine kontinuierlich zu fördern. Die ausgezeichnete Qualität unserer Produkte, kombiniert mit den unterstützenden Leistungen unserer Spezialisten und einem schnellen Lieferservice, garantiert Ihnen eine hohe Anlagenverfügbarkeit.

Das Versprechen

Die Turck-Philosophie ist dabei ebenso schlicht wie anspruchsvoll: Wir wollen unseren Kunden immer die beste Lösung für ihre jeweilige Applikation bieten – und zwar schnell, flexibel und zuverlässig.



IMX12-CCM und IM12-CCM: Schaltschrankwächter für Ex- und Nicht-Ex-Bereiche



„Ob RFID, Sensor-, Feldbus-, Interface oder Anschlussstechnik – Turck versteht sich als Lösungspartner seiner Kunden.“

Christian Wolf, Geschäftsführer

Gründung

1965

Mitarbeiter

über 4.500

Produkte

Sensortechnik, u.a. induktive, magnetinduktive, kapazitive und optoelektronische Sensoren, Drehgeber, Ultraschallsensoren sowie Geräte für Strömung, Temperatur und Druck. Feldbustechnik, u.a. modulare I/O-Systeme in IP20 und IP67, kompakte I/O-Module, Netzwerkkomponenten, Bus- und Versorgungsleitungen. Interfacetechnik, zahlreiche Lösungen zum Trennen, Umformen, Verarbeiten, Wandeln und Anpassen von analogen Signalen. Anschlussstechnik, u.a. Kupplungen, Stecker, Verbindungsleitungen sowie Verteiler in gängigen Bauformen. Identifikationstechnik, u.a. Bildverarbeitungssysteme, Vision-Sensoren, Datamatrix/Barcode-Leser und das modulare RFID-System BL ident.

Zielmärkte

Fabrikautomation, Prozessautomation

Kontakt

Hans Turck GmbH & Co. KG
Witzlebenstraße 7
45472 Mülheim an der Ruhr,
Germany
T +49/208/4952-0
F +49/208/4952-264
more@turck.com
www.turck.com



„Wir haben die Robotertechnik revolutioniert: Automatisierung für alle Unternehmen und Bereiche.“

Helmut Schmid, Geschäftsführer
Universal Robots (Germany)
GmbH & General Manager
Western Europe

Gegründet:
2005

Hauptsitz:
Odense (Dänemark)

Management:
Jürgen von Hollen, Präsident;
Esben H. Østergaard, CTO &
Mitgründer

Kunden:
Über 23.000 weltweit

Mitarbeiter:
440+ (Stand: Januar 2018)

Kerngeschäft:
Als Weltmarktführer und Pionier der kollaborativen Robotik ermöglicht Universal Robots die Automatisierung der Produktion in allen Bereichen - selbst in kleinen und mittelständischen Unternehmen, die Automatisierung bislang für unbezahlbar, aufwändig und schwer integrierbar hielten.

Kontakt

Universal Robots
(Germany) GmbH
Baierbrunner Straße 15
81379 München, Germany
T +49/89/121/8972-0
ur.we@universal-robots.com
www.universal-robots.com/de



Firmenbeschreibung

Universal Robots hat mit seinen leichten und flexiblen Roboterarmen die Robotertechnik revolutioniert. Wir sind davon überzeugt, dass kollaborierende Roboter zum Vorteil aller produzierenden Unternehmen eingesetzt werden können, ungeachtet der Unternehmensgröße. Ein Roboterarm kann monotone oder potenziell gefährliche Aufgaben automatisieren und optimieren - und das in nur wenigen Stunden. In der Regel benötigen Anwender nur wenige Stunden, um den Roboter auszupacken, aufzustellen und ihm erste Aufgaben beizubringen. Unsere patentierte Technologie sorgt dafür, dass das Bedienen der Cobots auch ohne Programmiererfahrung schnell und einfach möglich ist. Die Roboterarme sind in ihrem Einsatz nicht an bestimmte Tätigkeiten gebunden. Meistens üben unserer Cobots ihre Tätigkeit (nach erfolgreich abgeschlossener Risikobeurteilung) ohne Schutzvorrichtung direkt neben dem Mitarbeiter aus.

Produktportfolio:

Das erste Produkt von Universal Robots war der UR5, ein sechsgliedriger Knickarmroboter, der über eine Tragkraft von bis zu fünf Kilogramm ver-

fügt und eine Reichweite von 85 Zentimetern hat. Es folgte der UR10 mit einer Tragkraft von 10 Kilogramm und einer Reichweite von 130 Zentimetern. Das letzte Mitglied der Roboterfamilie ist der UR3, ein kompakter Tischroboter mit einem Gewicht von nur 11 kg bei einer Tragkraft von 3kg. Er kann jedes Gelenk um 360° und das Endgelenk ohne Begrenzung drehen. 2018 präsentierte Universal Robots nun die neue e-Series: Die Roboterfamilie besteht aus dem UR3e, dem UR5e und dem UR10e. Die neue Roboter-Generation zeichnet sich durch technologischen Fortschritt aus, der eine größere Vielfalt von Anwendungen sowie deren schnellere und einfachere Umsetzung ermöglicht. Die Programmierung ist einfacher als je zuvor und die neuesten ISO-Sicherheitsnormen sind alle erfüllt. Neben den kollaborierenden Roboterarmen bietet das Unternehmen mit Universal Robots+ ein Ökosystem, in dem verschiedene Applikationen entwickelt werden. Außerdem stellt Universal Robots mit der Universal Robots Academy ein Online-Schulungsprogramm zur Verfügung, das den Anwendern die Grundlagen im Umgang mit den Cobots beibringt.



Mensch und Roboter arbeiten sicher im Einklang



Vielseitige Anwendbarkeit im Unternehmen

Weidmüller

Firmenbeschreibung

Ob Automobilherstellung, Stromerzeugung oder Wasseraufbereitung - kaum eine Branche kommt heute ohne Elektronik und elektrische Verbindungstechnik aus. Gleichzeitig nimmt in einer internationalisierten, vom technologischen Wandel geprägten Welt die Komplexität der Anforderungen durch neue Märkte rasant zu. Verbindungen, sei es von Energie, Signalen oder Daten, von Anforderung und Lösung oder von Theorie und Praxis, sind der Schlüssel - und eine der Kernkompetenzen von Weidmüller. Das Unternehmen mit mehr als 4.700 Mitarbeitern hat 2017 einen Umsatz von 740 Mio. Euro erwirtschaftet. Mit über 50.000 Produkten im Bereich des Schaltschranks, auf der Feld- und Geräteebene sowie Automatisierungs- und Digitalisierungstechnik ist Weidmüller Marktführer in der Industrial Connectivity.

Schon früh beschäftigte sich Weidmüller mit dem Themenfeld Industrie 4.0, engagierte sich in zahlreichen Gremien, Verbänden sowie Forschungs-

netzwerken und entwickelt neue Lösungen für die Automatisierung und Digitalisierung. Das Unternehmen bietet heute neben intelligenten und kommunikationsfähigen Komponenten für den Schaltschrank und die Feldebene auch verstärkt Automatisierungs- und Digitalisierungslösungen an. So steht der Name Weidmüller heute für ein erfolgreiches Familienunternehmen und ist zugleich auch zu einem Vorreiter im Bereich Industrie 4.0 sowie einem Synonym für Innovation auf höchstem Niveau geworden. Mit Industrial Analytics hat Weidmüller eine Lösung zur Datenanalyse etabliert, mit der Kunden aus dem Maschinen- und Anlagenbau den durch die Digitalisierung getriebenen Strukturwandel vorantreiben und insbesondere ihr markenstarkes Servicegeschäft absichern und ausbauen können. Hierzu hat Weidmüller einen neuen Kompetenzbereich mit einem starken Fokus auf Machine Learning und Artificial Intelligence aufgebaut. Gleichzeitig unterstützen wir damit unsere Kunden, selbst digitale Innovationen zu realisieren.



Produktvielfalt von Weidmüller



Mit smarten Verbindungen die Digitalisierung verwirklichen

Das Produktportfolio umfasst

- Remote I/O
- Stromversorgung
- Industrial Ethernet
- Relaiskoppler und Halbleiterrelais
- Analoge Signalverarbeitung
- Blitz- und Überspannungsschutz
- SPS-Übergabeelemente
- Fernwartung und Cloud-Service
- Mess- und Monitoringsysteme
- Pick-to-Light Lösungen
- Reihenklammen Klippon® Connect
- Schwere Steckverbinder RockStar®
- Dezentrale Funktionseinheiten FieldPower®
- Serviceschnittstellen
- Gehäusesystem Klippon® Protect
- Leiterplattenklammen und -steckverbinder OMNIMATE®
- Werkzeuge
- Markierungssystem

Kontakt

Weidmüller
Ohmstraße 9
32758 Detmold, Germany
T +49/5231/1428-0
F +49/5231/1428-116
weidmueller@weidmueller.de
www.weidmueller.de



„i³-Mechatronics' verknüpft Mechatronik, IKT sowie Künstliche Intelligenz, Big Data und das IoT.“

Richard Tontsch, Manager
Marketing Robotics Division

Mit rund 3,5 Mrd. Euro Jahresumsatz und etwa 14.500 Mitarbeitern ist YASKAWA heute ein weltweit führender Hersteller in den Bereichen Drives (Frequenzumrichter), Motion Control (Servoantriebe, Servomotoren, Maschinensteuerungen), Robotics (Industrieroboter, Robotersysteme), System-Engineering (Mittelspannungsumrichter, Generatoren und Konverter) sowie Information Technology (Software-basierende Produkte). Die YASKAWA Europe GmbH mit Sitz in Eschborn bei Frankfurt gliedert sich in die Geschäftsbereiche Drives, Motion & Controls, Robotics und Environmental Energy und betreut die Märkte Europa, Afrika, Mittlerer Osten sowie den Bereich der früheren Sowjetunion.

Kontakt

YASKAWA Europe GmbH
Robotics Division
Yaskawastraße 1
85391 Allershausen, Germany
T +49/8166/90-0
F +49/8166/90-103
robotics@yaskawa.eu.com
www.yaskawa.eu.com

Die automatisierte Fertigung eines einzelnen Produkts nach individuellen Vorgaben ist ebenso eine zentrale Anforderung der Industrie 4.0 wie standardisierte Schnittstellen und das vernetzte Management von Anlagen und Prozessen. YASKAWA begegnet diesen Herausforderungen mit intelligenten Steuerungs- und Softwarekonzepten, aber auch mit neuen Robotermodellen sowie mit leistungsfähiger Antriebs- und Steuerungstechnik.

Mit dem 2018 vorgestellten Lösungskonzept "i³-Mechatronics" verknüpft YASKAWA klassische Mechatronik, Informations- und Kommunikationstechnologie sowie digitale Lösungen wie Künstliche Intelligenz, Big Data und das Internet der Dinge. "i³" steht dabei für integriert - intelligent - innovativ.

Mit dem YASKAWA Cockpit entwickelt das Unternehmen in diesem Rahmen eine neue, zentrale Software-Plattform für vernetzte Produktionsumgebungen. Ziel der Lösung ist es, relevante Prozess- und Systemdaten aus vernetzten Produktionsanlagen in einer skalierbaren Datenbank in Echtzeit zu sammeln, zu analysieren oder für die externe Weiterver-

YASKAWA

arbeitung bereitzuhalten. Die Visualisierung erfolgt direkt und verständlich in der Software-Plattform. Über die Visualisierungsfunktionen hinaus lässt sich im YASKAWA Cockpit der aktuelle Status jeder Maschine in Echtzeit abbilden und mit anderen Datenquellen in Beziehung setzen, zum Beispiel zur geplanten Produktionsmenge. Die Funktionalitäten des YASKAWA Cockpit zeigen sich in der Praxis sowohl im Zusammenspiel mit Motoman-Robotern als auch mit Steuerungs- und Antriebstechnik von YASKAWA: Beispielsweise erkennt und meldet die Software-Plattform einen verstopften Luftfilter ohne den Einbau zusätzlicher Sensoren allein durch das Monitoring des Stromflusses.

Auch über das Lösungskonzept "i³-Mechatronics" hinaus treibt YASKAWA die Umsetzung seiner weltweiten Unternehmensziele "Vision 2025" weiter voran. Die zukunftsorientierten Geschäftsfelder Environmental Energy, Mechatronics und Humatronics stehen seit dem Geschäftsjahr 2018/2019 mit einer neuen Divisionsstruktur noch konsequenter im Fokus der mittel- und langfristigen Positionierung.



Europa-Sitz der Robotics Division in Allershausen



Neue Software-Plattform "YASKAWA Cockpit"

INDUSTR.com
DAS INDUSTRIE-PORTAL

„Create business with technology“



INDUSTR.com – DAS INDUSTRIE-PORTAL

publish-industry macht Faszination Technik für Entscheider multimedial erlebbar. Die Web-Magazine der etablierten Medienmarken A&D, E&E, Energy 4.0 und P&A finden unter dem gemeinsamen Dach von **INDUSTR.com** statt. „Create business with technology“: Gehen Sie online und werden Sie kostenfrei Mitglied unserer **INDUSTR.com**-Community.

Inhalt der Rubrik

WISSENSCHAFT & FORSCHUNG



BILDQUELLE: ISTOCK, BORTONIA

54 **BMBF-Projekte**

56 **DFG-Projekte**

65 **VDI-Fortschritt-Berichte**

VOM BMBF GEFÖRDERTE PROJEKTE

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützt innovative Projekte und Ideen in der Forschung durch gezielte Förderprogramme. Nachfolgend finden Sie eine Auswahl relevanter Projekte, die vom BMBF im Automatisierungsumfeld gefördert werden.

AIM - Arbeitsassistenzsystem für die Individualisierung von Arbeitsgestaltung und Methodentraining (AIM), Entwicklung und Validierung eines Verfahrens zur kontextsensitive Informationsbereitstellung in der Produktion

Laufzeit: 2016-2019

www.produktion-dienstleistung-arbeit.de/de/projekte.php?PN=11050362

ADAPTION – Reifegradbasierte Migration zum CPPS

Projekträger: PTKA im Karlsruher Institut für Technologie.

Laufzeit: 2016 – 2018

[https://sofis.gesis.org/sofiswiki/Reifegradbasierte_Migration_zum_CPPS_\(ADAPTION\)](https://sofis.gesis.org/sofiswiki/Reifegradbasierte_Migration_zum_CPPS_(ADAPTION))

Bergkette – Belastungsminimierende Regelung für Fördersysteme im Bergbau (Bergkette)

Projekträger: PTKA im Karlsruher Institut für Technologie.

Laufzeit: 2017 – 2019

www.produktion-dienstleistung-arbeit.de/de/projekte.php?PN=11050523

CPPSprocessAssistent – CPPS-basierte Assistenzsysteme für die Prozessindustrie

Projekträger: PTKA im Karlsruher Institut für Technologie.

Laufzeit: 2016-2018

www.pergande.de/index.php?id=38

EFFEKTIVE – Energieeffiziente, flexible und wirtschaftliche Fertigungssysteme für Faserverbundwerkstoffe (EFFEKTIVE)

Projekträger: PTKA im Karlsruher Institut für Technologie.

Laufzeit: 2016-2018

www.produktion-dienstleistung-arbeit.de/de/projekte.php?PN=11004630

FlexiCoil – Entwicklung einer großserienfähigen und wirtschaftlichen Produktionstechnologie für umformtechnisch hergestellte Formspulen elektrischer Antriebe (FlexiCoil)

Projekträger: PTKA im Karlsruher Institut für Technologie.

Laufzeit: 2017-2019

www.produktion-dienstleistung-arbeit.de/de/projekte.php?PN=11050334

Forschungsprojekte des BMBF zu kritischen Infrastrukturen (Details siehe Website)

kommunikationssysteme.de/dateien/nachrichten/vde_einleger_it_sicherheitsforum_2016_web.pdf

Intro40 – Befähigungs- und Einführungsstrategien für Industrie 4.0

Projekträger: PTKA im Karlsruher Institut für Technologie.

Laufzeit: 2016-2018

www.intro40.de

it 's OWL – Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe

Ausgezeichnet als Spitzencluster durch das BMBF werden durch über 180 Unternehmen, Hochschulen und weitere Partner in 47 Forschungsprojekten intelligente technische Systeme als Wegbereiter für Industrie 4.0 entwickelt. Insgesamt hat das Projekt ein Volumen von knapp 100 Millionen Euro.

www.its-owl.de/home

JUMP40 – mobile Jobeinplanungsunterstützung für den Meister in der Produktion für Industrie 4.0
Projekträger: PTKA im Karlsruher Institut für Technologie.
Laufzeit: 2015-2018
www.jump40.de

KoS yF – Kollaborativ-Synchronisierte Fertigung
Projekträger: PTKA im Karlsruher Institut für Technologie.
Laufzeit: 2016-2018
<http://kosyf.innotec-solutions.de>

Mensch-Technik-Interaktion. Förderschwerpunkt im Rahmen des BMBF-Forschungsprogramms „Technik zum Menschen bringen“
Laufzeit: 2016-2020
www.foerderinfo.bund.de/de/mensch-technik-interaktion-1838.php

MyCPS – Migrationsunterstützung für die Umsetzung menschenzentrierter Cyber-Physical Systems
Projekträger: PTKA im Karlsruher Institut für Technologie.
Laufzeit: 2016-2018
www.produktionsmanagement.iao.fraunhofer.de/de/forschungsprojekte/mycps.html

NeWiP – Neue Wege der informationsgeführten Produktion
Projekträger: PTKA im Karlsruher Institut für Technologie.
Laufzeit: 2016-2018
<http://newip-projekt.de>

RetroNet – Retrofitting von Maschinen und Anlagen für die Vernetzung mit Industrie 4.0 Technologie
Projekträger: PTKA im Karlsruher Institut für Technologie.
Laufzeit: 2015-2018
www.produktion-dienstleistung-arbeit.de/de/projekte.php?PN=11050069

ScaleIT – Skalierende IKT zur Produktivitätssteigerung in der Mechatronik-Fertigung
Projekträger: PTKA im Karlsruher Institut für Technologie.
Laufzeit: 2016-2018
<https://scale-it.org/de>

STEPS – Sozio-technische Gestaltung und Einführung cyber-physischer Produktionssysteme unter Berücksichtigung nicht F&E-intensiver Unternehmen
Projekträger: PTKA im Karlsruher Institut für Technologie.
Laufzeit: 2015-2018
www.steps-projekt.de/das-projekt/steps

VON DER DFG GEFÖRDERTE PROJEKTE

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) dient der Wissenschaft in allen ihren Zweigen durch die finanzielle Unterstützung von Forschungsaufgaben und durch die Förderung der Zusammenarbeit unter den Forscherinnen und Forschern. Nachfolgend finden Sie eine Auswahl der zuletzt geförderten ingenieurwissenschaftlichen Projekten.

Schutz- und Leitsysteme zur zuverlässigen und sicheren elektrischen Energieübertragung DFG Forschergruppe 1511 (gefördert seit 2011)

Ziel: Infolge der Liberalisierung der Strommärkte und der zunehmenden Nutzung erneuerbarer Energien kommt es zu einer steigenden Auslastung der Übertragungsnetze. Um die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Betriebs elektrischer Energieübertragungssysteme weiterhin aufrechtzuerhalten, sind neue schutz- und leittechnische Konzepte zur Systemführung erforderlich. Die Forschergruppe erforscht hierzu neue innovative schutz- und leittechnische Applikationen einer hochdynamischen echtzeitfähigen Betriebsführung, durch die insbesondere großräumige Systemzusammenbrüche vermieden werden. Schutz- und Regelfunktionen für Erzeuger-Netz-Kon-

figurationen, Übertragungskorridore sowie die koordinierte Leistungsflussregelung erwachsen dabei aus disziplinübergreifender Forschung in der Elektrotechnik, Informationstechnik, Informatik und Statistik.

- ▶ Prof. Dr. Christian Rehtanz
Technische Universität Dortmund
Tel.: 0231/7552394
E-Mail: christian.rehtanz@tu-dortmund.de
Über das Projekt: <http://www.for1511.tu-dortmund.de/cms/de/Home/2016-06-10-Forschergruppe-1511.pdf>

Optische Aufbau- und Verbindungstechnik für baugruppenorientierte Bussysteme DFG-Forschergruppe 1660 (gefördert seit 2014)

Das **Ziel** dieser Forschergruppe ist die Erforschung von Verfahren und Technologien für die Auslegung, Konstruktion und Fertigung dreidimensionaler, optisch funktionalisierter, mechatronischer Bauteile (3D-opto MID).

- ▶ Prof. Dr. Jörg Franke
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen Nürnberg
Tel.: 09131/8527569
E-Mail: joerg.franke@faps.fau.de
Über das Projekt: www.optaver.de/startseite/startseite.html
<http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/190714407>

Verlustarme Elektrobleche für die Elektromobilität DFG-Forschergruppe 1897 (gefördert seit 2014)

Ziel der Forschergruppe ist die Erweiterung des wissenschaftlichen Erkenntnisstands sowie die Verbesserung des Verständnisses der Abhängigkeit der elektromagnetischen Verluste in Antrieben für die Elektromobilität von den Prozessparametern der Herstellung und Verarbeitung der eingesetzten Elektrobleche sowie von der jeweiligen Auslegung der Antriebsmaschine und den Betriebsbedingungen.

- ▶ Prof. Dr. Rudolf Kawalla
Technische Universität Bergakademie Freiberg
Institut für Metallformung
Tel.: 03731/392479
E-Mail: office@imf.tu-freiberg.de
Über das Projekt: <http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/218259799>

Eine Companion-Technologie für kognitive technische Systeme

DFG-Sonderforschungsbereich/Transregio 62 (Laufzeit: 2009 bis 2017)

Ziel: Das interdisziplinäre Konsortium aus Informatikern, Ingenieuren, Mediziner, Neurobiologen und Psychologen befasst sich mit der systematischen Erforschung kognitiver Fähigkeiten und deren Realisierung in technischen Systemen. Dabei stehen die Eigenschaften der Individualität, Anpassungsfähigkeit, Verfügbarkeit, Kooperativität und Vertrauenswürdigkeit im Mittelpunkt der Untersuchung. Ziel ist es, diese so genannten Companion-Eigenschaften durch kognitive Prozesse in technischen Systemen zu realisieren und sie an psychologischen Verhaltensmodellen sowie anhand von Hirnmechanismen zu untersuchen. Damit sollen die Grundlagen

für eine Technologie geschaffen werden, die menschlichen Nutzern eine völlig neue Dimension des Umgangs mit technischen Systemen erschließt.

- ▶ Prof. Dr. Susanne Biundo-Stephaz
Universität Ulm
Institut für Künstliche Intelligenz
Tel.: 0731/5024122
E-Mail: susanne.biundo@uni-ulm.de
Über das Projekt: <http://www.sfb-trr-62.de>
<http://www.cbbs.eu/unsere-forschung/forschungsverbuende/sonderforschungsbereich-transregio-62>

Thermo-Energetische Gestaltung von Werkzeugmaschinen – Eine systemische Lösung des Zielkonflikts von Energieeinsatz, Genauigkeit und Produktivität am Beispiel der spanenden Fertigung

DFG-Sonderforschungsbereich/Transregio 96 (Laufzeit: 2011 bis 2019)

Das **Ziel** des Vorhabens ist die Aufklärung der thermischen und energetischen Wirkzusammenhänge in fluidtechnischen Systemen, wobei die Betrachtungsgrenze durch die umgebende Bauteilwandung beziehungsweise die Austrittsebene des Fluids in die Umgebung definiert ist. Der Lösungsansatz ist die Analyse fluidtechnischer Temperiersysteme in der Werkzeugmaschine anhand von Prüfstandsmessungen und begleitenden numerischen Strömungsberechnungen (CFD) an den Hauptkomponenten.

- ▶ Prof. Dr. Christian Brecher
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
Werkzeugmaschinenlabor
Tel.: 0241/8027407
E-Mail: C.Brecher@wzl.rwth-aachen.de
Über das Projekt: <http://141.76.19.93/SFBweb/>
http://www2.mpi-magdeburg.mpg.de/mpcsc/lang/Data/130920_lang_Anif_handout.pdf
<http://www.dresden-science-calendar.de/calendar/en/event/2034>

Zyklusmanagement von Innovationsprozessen – Verzahnte Entwicklung von Leistungsbündeln auf Basis technischer Produkte

DFG-Sonderforschungsbereich 768 (gefördert seit 2008)

Ziel: Der SFB 768 widmet sich der Verbesserung von Innovationsprozessen integrierter Sach- und Dienstleistungen (Produkt-Service-Systeme, PSS) oder Leistungsbündel auf Basis technischer Produkte. Die Effektivität und Effizienz dieser Innovationsprozesse sind die zentralen Zielgrößen des Sonderforschungsbereichs und stellen gleichzeitig wesentliche Herausforderungen innovierender Unternehmen der produzierenden Industrie dar. In den drei Projektbereichen Prozessgrundlagen, Lösungsentstehung und Marktorientierung ent-

wickelt der Sonderforschungsbereich Modelle, Methoden und Werkzeuge mit dem Ziel, Unternehmen zu einer erfolgreichen Durchführung von Innovationsprozessen zu befähigen.

- ▶ Prof. Dr. Birgit Vogel-Heuser
Technische Universität München
Tel.: 089/28916400
E-Mail: Vogel-heuser@ais.mw.tum.de
Über das Projekt: <http://www.sfb768.tum.de>

Beherrschung von Unsicherheit in lasttragenden Systemen des Maschinenbaus

DFG-Sonderforschungsbereich 805 (Laufzeit: 2009 bis 2020)

Ziel: Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Sonderforschungsbereichs SFB 805 erforschen Methoden und Technologien im Rahmen eines neuen SFB-Unsicherheitsmodells, in dem Prozesse, Prozessketten und Zustände in lasttragenden Systemen des Maschinenbaus beschrieben, bewertet und beherrscht werden. Gelingt es, Unsicherheit zu beherrschen, so können die Produktqualität aufrechterhalten, Ausfälle begrenzt, Sicherheitsbeiwerte minimiert, gegenwärtige Überdimensionierung vermieden, Ressourcen geschont, Einsatzbereiche erweitert und damit wirtschaftliche Vorteile ermöglicht werden. Unsicherheit ist dabei als ein generelles, in

jedem Planungs- und Lebenslaufprozess auftretendes Phänomen aufzufassen und unabhängig von der Art und Verortung des jeweils betrachteten Prozesses in einheitlicher und nutzbarer Form zu beschreiben.

- ▶ Prof. Dr. Peter Pelz
Technische Universität Darmstadt
Tel.: 06151/162153
E-Mail: peter.pelz@fst.tu-darmstadt.de
Über das Projekt: <http://www.sfb805.tu-darmstadt.de/sfb805/Index.de.jsp>
<http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/57157498>

Regeneration komplexer Investitionsgüter

DFG-Sonderforschungsbereich 871 (gefördert seit 2010)

Ziel: Der SFB 871 „Regeneration komplexer Investitionsgüter“ strebt an, wissenschaftliche Grundlagen für die Instandsetzung komplexer Investitionsgüter mit dem Ziel zu erarbeiten, möglichst viele Komponenten des betreffenden Gesamtsystems so zu erhalten oder aufzuarbeiten, dass die funktionalen Eigenschaften des Investitionsguts wiederhergestellt und wo möglich sogar verbessert werden.

- ▶ Prof. Dr. Jörg Seume
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
Tel.: 0511/7622733
E-Mail: seume@tfd.uni-hannover.de
Über das Projekt: <https://www.sfb871.de/>
<http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/119193472>

Verfügbarkeit von Information durch Analyse unter Ressourcenbeschränkung

DFG-Sonderforschungsbereich 876 (gefördert seit 2011)

Ziel: Der Sonderforschungsbereich 876 bringt die Forschungsgebiete der Datenanalyse (Big Data Analytics, Data Mining, maschinelles Lernen, Statistik) und der eingebetteten Systeme (Cyber-Physical Systems) zusammen und erweitert sie derart, dass Informationen aus verteilten, dynamischen Datenmassen in Realzeit für Entscheidungen vor Ort verfügbar werden.

- ▶ Professor Dr. Katharina Morik
Technische Universität Dortmund
Tel.: 0231/7555101
E-Mail: katharina.morik@cs.uni-dortmund.de
Über das Projekt: <https://sfb876.tu-dortmund.de/index.html>
<http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/124020371>

HAEC – Highly Adaptive Energy-Efficient Computing

DFG-Sonderforschungsbereich 912 (gefördert seit: 2011)

Visionäres **Ziel** des Sonderforschungsbereichs ist die Erforschung von Technologien, die Computersysteme mit wesentlich verbesserter Energieeffizienz und unvermindert hoher Leistungsfähigkeit ermöglichen. Während in der Hardware-Entwicklung der Fokus auf die Verringerung des Energieverbrauchs einzelner Komponenten gerichtet ist, untersucht dieser SFB in einem ganzheitlichen Ansatz die Wechselwirkungen zwischen Hard- und Software unter dem Aspekt, den Verbrauch des Gesamtsystems durch hochadaptive Informationsverarbeitung zu

verringern. Mit den untersuchten Technologien stößt der SFB in wissenschaftliches Neuland vor. Von ihm werden wesentliche Impulse für die Computerindustrie erwartet.

- ▶ Prof. Dr. Gerhard Fettweis
Technische Universität Dresden
Institut für Nachrichtentechnik
Tel.: 0351/46341000
E-Mail: gerhard.fettweis@tu-dresden.de
Über das Projekt: <https://tu-dresden.de/ing/forschung/sfb912>

Methoden und Instrumente zum Verständnis und zur Kontrolle von Datenschutz

DFG-Sonderforschungsbereich 1223 (Laufzeit: 2016 bis 2019)

Ziel: Die Erarbeitung einer wissenschaftlichen Grundlage für umfassenden Online-Datenschutz erfordert langfristige Forschung in zwei Forschungsbereichen. Zum gilt es, den Datenschutz zu verstehen: Wie können datenschutzrelevante Informationen im Internet identifiziert werden? Inwiefern ist die Privatsphäre des Nutzers gefährdet? Zum anderen muss erforscht werden, wie Datenschutz kontrolliert werden kann. Das heißt, wie kann Datenschutz in der Dynamik digitaler Lebensräume und aufstrebender Technologien durchgesetzt

werden? Der SFB wird konzeptuelle und greifbare Beiträge zu diesen Fragestellungen erarbeiten.

- ▶ Prof. Dr. Michael Backes
Universität des Saarlandes
Tel.: 0681/3023259
E-Mail: backes@mpi-sws.org
Über das Projekt: <https://privacy-sfb.cispa.saarland>
<http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/272573906>

Design For Future – Managed Software Evolution

DFG-Schwerpunktprogramm 1593 (Laufzeit: 2012 bis 2018)

Ziel: Dieses Schwerpunktprogramm wurde gegründet, um fundamentale neue Ansätze in der Software-Entwicklung im Bereich langlebige Software-Systeme zu entwickeln. Die bisherige Forschung in der Software-Entwicklung löst aktuelle Probleme mit Legacy-Software, die Adaption von Software auf neue Plattformen und die kontinuierliche Weiterentwicklung von Software-Systemen im Hinblick auf ständig wechselnde Anforderungen, neuentstehende Technologien, und die Integration neuer Software-, Hardware- und System-Komponenten nicht. Daher sind neue Ansätze, Methoden und Werkzeuge zur Entwicklung von „jungbleibender“ Software, die ihre ursprüngliche Funktionalität und Qualität behält und sich kontinuierlich während der gesamten Lebensdauer verbessert,

notwendig. Es ist beabsichtigt, eine Methodik zur kontinuierlichen Evolution von Software und Software-/Hardware-Systemen zu entwickeln, damit sich solche Systeme an ändernde Anforderungen und Umgebungen adaptieren können.

- ▶ Prof. Dr. Ralf Heinrich Reussner
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Tel.: 0721/60845993
E-Mail: ralf.reussner@kit.edu
Über das Projekt: <http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings213/37.pdf>
www.dfg-spp1593.de
<http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/198572722>

Drahtlose Ultrahochgeschwindigkeitskommunikation für den mobilen Internetzugang

DFG-Schwerpunktprogramm 1655 (gefördert seit: 2013)

Ziel: Mit diesem Forschungsschwerpunkt wird ein neuer Geschwindigkeitsbereich für drahtlose Systeme von 100 Gb/s und mehr betreten. Dieser Bereich wird bislang nur durch glasfaserbasierte Kommunikationstechniken erreicht. Um solch hohe Übertragungsraten in drahtlosen Systemen zu erzielen, müssen neue Paradigmen der Systemarchitektur, neue algorithmische und technologische Methoden sowie eventuell neue Halbleiterbauteile geschaffen werden. Die Energieeffizienz drahtloser Übertragung ist hierbei die größte Herausforderung. Zur Realisierung dieser Ziele bedarf es neuer hochintegrierter Halbleiterkomponenten und Integrationskonzepte. Neue Konzepte zur Aufteilung der Signalverarbeitung zwischen analogem und digitalem Basisband rücken in den Mittelpunkt des Interesses. Dies erfordert zahlreiche Synergi-

en in den Bereichen Architektur eingebetteter Systeme, elektronische Schaltungstechnik, Aufbau- und Verbindungstechnik und Protokolldesign. Insbesondere erwarten wir eine nachhaltige Beeinflussung des Bereichs der extrem energieeffizienten Schaltungen.

- ▶ Prof. Dr. Rolf Kraemer
Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik
Tel.: 0335/5625342
E-Mail: kraemer@ihp-microelectronics.com
Über das Projekt: www.wireless100gb.de/project.html
www.dfg.de/foerderung/info_wissenschaft/2012/info_wissenschaft_12_23/index.html
<http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/220133744>

Algorithms for Big Data

DFG-Schwerpunktprogramm 1736 (gefördert seit: 2014)

Ziel: The new priority programme wants to improve the situation by bringing together expertise from different areas. On the one hand recent hardware developments and technological challenges need to be appropriately captured in better computational models. On the other hand, both common and problem specific algorithmic challenges due to big data are to be identified and clustered. Considering both sides, a basic toolbox of improved algorithms and data structures for big data sets is to be derived, where we do not only strive for theoretical

results but intend to follow the whole algorithm engineering development cycle.

- ▶ Prof. Dr. Ulrich Meyer
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Informatik
Tel.: 069/79828433
E-Mail: umeyer@cs.uni-frankfurt.de
Über das Projekt: www.big-data-spp.de
www.informatik.uni-frankfurt.de/index.php/de/dfg-spp-1736-algorithms-for-big-data.html

High Frequency Flexible Bendable Electronics for Wireless Communication Systems (FFLexCom)

DFG-Schwerpunktprogramm 1796 (gefördert seit: 2015, geplant für 6 Jahre)

Ziel: Cut-off frequencies up to the 100 MHz range and bending radii down to 3 mm were reported for TOLAE devices (thin film organic and large area electronics) such as transistors. These recent achievements indicate a novel promising research area: Wireless communication systems fully integrated on ultra-thin, bendable and flexible substrates such as plastic or even paper. Hence, conventional rigid circuit boards would not be required any more. However, to enable functional flexible systems and sufficiently high operation frequencies for

wireless communications, the speed of flexible TOLAE devices and circuits must be massively increased.

- ▶ Prof. Dr. Frank Ellinger
Technische Universität Dresden
Institut für Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik
Tel.: 0351/46338735
E-Mail: frank.ellinger@tu-dresden.de
Über das Projekt: <https://fflexcom.de>
www.dfg.de/foerderung/info_wissenschaft/2017/info_wissenschaft_17_63

Compressed Sensing in der Informationsverarbeitung (CoSIP)

DFG-Schwerpunktprogramm 1798 (gefördert seit: 2015, geplant für 6 Jahre)

Ziel: Compressed Sensing stellt eine grundlegend neue Methode in der Signalerfassung, -verarbeitung, -übertragung und -speicherung dar, die vielfältige neue Möglichkeiten in verschiedenen Anwendungsfeldern eröffnet. Um dieses wichtige Forschungsgebiet weiter voranzutreiben, und um die Erkenntnisse zur praktischen Anwendung zu bringen, bedarf es allerdings noch erheblicher Anstrengungen. Zum einen gibt es eine Vielzahl theoretischer Fragestellungen, deren Beantwortung essentiell ist, um Compressed Sensing auf breiter Basis zur Anwendung zu führen. Andererseits gibt es verschiedenste Anwendungen und Anwendungsfelder (zum Beispiel die Nachrichtentechnik, Sensortechnik, Radartechnik, Technische Akustik), für die Compressed Sensing neue Möglichkeiten

eröffnet. Ein Schwerpunktprogramm zu dem Thema Compressed Sensing in der Informationsverarbeitung stellt daher eine herausragende Möglichkeit dar, Wissenschaftler aus den verschiedenen Bereichen und Kompetenzfeldern zusammenzubringen. Dies soll die Brücke zwischen Theorie und Anwendung schlagen und andererseits Wissenschaftler aus verschiedenen Anwendungsfeldern zusammenführen.

- ▶ Prof. Dr. Rudolf Mathar
RWTH Aachen
Tel.: 0241/8027700
E-Mail: Rudolf.mathar@ti.rwth-aachen.de
Über das Projekt: www.ti.rwth-aachen.de/SPP1798
www.ti.rwth-aachen.de/SPP1798/CoSIP_v6.pdf

Kooperativ interagierende Automobile

DFG-Schwerpunktprogramm 1835 (gefördert seit: 2015, geplant für 6 Jahre)

Ziel: In der ersten dreijährigen Projektphase des Schwerpunktprogramms wurde eine Simulationsumgebung entwickelt, in der die einzelnen Teilprojekte überwiegend vernetzt werden. In der nunmehr anstehenden zweiten Phase soll diese Vernetzung ausgebaut werden und – wo immer möglich – sollen Beiträge exemplarisch in realen Erprobungsfahrzeugen beziehungsweise der Infrastruktur umgesetzt werden. Hierfür ist die Nutzung bestehender Erprobungsplattformen teilprojektübergreifend möglich.

- ▶ Prof. Dr. Christoph Stiller
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Mess- und Regelungstechnik
Tel.: 0721/60842325
E-Mail: stiller@kit.edu
Über das Projekt: www.coincar.de/#/
www.dfg.de/foerderung/info_wissenschaft/2017/info_wissenschaft_17_93
www.degruyter.com/view/j/auto.2018.66.issue-2/auto-2017-0129/auto-2017-0129.xml

Cyber-Physical Networking (CPN)

DFG-Schwerpunktprogramm 1914 (gefördert seit: 2016)

Ziel: Im Rahmen des Schwerpunktprogramms sollen Wissenschaftler aus den Disziplinen Informatik, Elektrotechnik und Regelungstechnik interdisziplinär zusammengeführt werden, um den Forschungs- und IT-Standort Deutschland bei diesem Zukunftsthema nachhaltig zu stärken. Die wissenschaftlich-technischen Ergebnisse des Schwerpunktprogramms werden dazu beitragen, effiziente und vor allem latenzbewusste Kommunikations- und Systemarchitekturen zu etablieren und die erforderlichen Werkzeuge und Methoden zu ihrem Entwurf bereitzustellen. Im Hinblick sowohl auf zukünftige Anwendungsfelder als auch Basistechnologien

wird dies einen wichtigen Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands leisten.

- ▶ Prof. Dr. Sandra Hirche
Technische Universität München
Tel.: 089/28925723
E-Mail: office@itr.ei.tum.de
Über das Projekt: <http://www.itr.ei.tum.de/projekte/dfg-priority-programme-cyber-physical-networking-spp-1914/>
<http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/273882191>

Hybride und multimodale Energiesysteme: Systemtheoretische Methoden für die Transformation und den Betrieb komplexer Netze

DFG-Schwerpunktprogramm 1984 (gefördert seit: 2017)

Ziel: Im Mittelpunkt steht die übergeordnete Frage, wie die Gesamtstruktur aus Netzarten, Netz- und Betriebstechnologien über alle Ebenen hinweg modelliert, berechnet und optimiert werden kann. Neue methodische Ansätze müssen für die Transformation und den stabilen Betrieb komplexer Energienetze erschlossen werden. Dazu zählen beispielsweise die Theorie komplexer Netze, die Nutzung autonomer, agentenbasierter und sich selbst organisierender Systeme und verteilte Regelungs- und Optimierungsstrategien für prognoseunsichere Systeme sowie unter maßgeblichem Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik. Da großräumige hybride und multimodale Netze wesentlich mehr planerische und betriebliche Freiheitsgrade als die heutigen Energieträgernetze bieten, sind neue Methoden

erforderlich, die probabilistische Risiko- und Unsicherheitsbetrachtungen mit neuen Fehlertoleranz und -korrekturmaßnahmen kombinieren. Die Erforschung der grundlegenden Eigenschaften und Systemdienstleistungen im Zeitbereich von Millisekunden bis zu Stunden sind ebenfalls Teil der Forschung.

- ▶ Prof. Dr. Christian Rehtanz
Technische Universität Dortmund
Institut für Energiesysteme, -effizienz und -wirtschaft
Tel.: 0231/7552395
E-Mail: Christian.Rehtanz@tu-dortmund.de
Über das Projekt: www.ie3.tu-dortmund.de/cms/de/Forschung/DFG-Schwerpunktprogramm
<http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/313504828>

Integrierte elektronisch-photonische Systeme für die ultrabreitbandige Signalverarbeitung

DFG-Schwerpunktprogramm 2111 (gefördert seit: 2018, vorerst bis 2021)

Ziel des Schwerpunktprogramms ist es, durch interdisziplinäre Forschung im Bereich Halbleitertechnologie, Mikrosystemtechnik, Schaltungs- und Systementwurf, Kommunikationstechnik und Sensortechnik, grundlegende Grenzen konventioneller elektronischer Signalverarbeitung durch Mikrochips zu überwinden und die elektronische und optische Signalverarbeitung zu kombinieren. Dadurch werden in Zukunft zum Beispiel schnellere und energieeffizientere Internetverbindungen, sehr schnelle optoelektronische Analog-Digital-Wandler und neue Sensoren für autonome Fahrzeuge möglich.

- ▶ Prof. Dr. Christoph Scheytt
Universität Paderborn
Heinz Nixdorf Institut
Tel.: 05251/606350
E-Mail: cscheytt@hni.uni-paderborn.de
Über das Projekt: www.uni-paderborn.de/nachricht/84309
http://www.dfg.de/foerderung/info_wissenschaft/2017/info_wissenschaft_17_43/

Elektromagnetische Strömungsmessung und Wirbelstromprüfung mittels Lorentzkraft

DFG-Graduiertenkolleg 1567 (Laufzeit: 2010 bis 2018)

Ziel: Das Forschungsziel des Graduiertenkollegs ist es, auf Grundlage der in Ilmenau geleisteten Vorarbeiten zur ultrapräzisen Kraftmessung, zur Entwicklung hoch genauer Positioniersysteme im Nanometerbereich sowie zu Lösungsverfahren für inverse magnetofluidynamische Feldprobleme erstmalig Kräfte im Bereich von 1^{-11} N bis 1 N zu messen und die gesuchten Parameter in Fluiden oder Festkörpern mittels inverser Lösungsverfahren zu berechnen. Dies soll durch sorgfältig abgestimmte, grundlagenorientierte Präzisionsexperimente und numerische Simulationen in den Anwendungen A - Strömungsmessung in Flüssigmetallen, B - Strömungsmessung

in Elektrolyten und C - Wirbelstromprüfung in Festkörpern erfolgen. Die Erkenntnisse sollen außerhalb des Graduiertenkollegs in Zusammenarbeit mit Industriefirmen zu praxistauglichen Techniken weiterentwickelt werden.

- ▶ Prof. Dr. Jörg Schumacher
Technische Universität Ilmenau
Tel.: 03677/692428
E-Mail: joerg.schumacher@tu-ilmenau.de
Über das Projekt: www.tu-ilmenau.de/lorentz-force
<http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/89085041>

Quantitative Logiken und Automaten

DFG-Graduiertenkolleg 1763 (Laufzeit: 2012 bis 2021)

Ziel des Graduiertenkollegs ist eine gründliche und umfassende Erforschung von quantitativen Logiken und Automaten sowie ihres Zusammenhangs mit Methoden der theoretischen Informatik. Dabei werden als Anwendungsperspektive Problemstellungen aus den Bereichen Verifikation, Wissensrepräsentation und Verarbeitung baumstrukturierter Daten verwendet. Das geplante Qualifizierungs- und Betreuungskonzept zielt darauf ab, den Promovierenden so viel Freiheit wie möglich für ihre Forschungsarbeit zu geben, sie aber trotzdem optimal darauf vorzubereiten und zu unterstützen. Das Lehrprogramm besteht – neben dem jede Woche stattfindenden Graduiertenkolleg-Seminar – aus Reading

Groups, einer Sommerschule im ersten Jahr für die jeweilige Kohorte, Fortgeschrittenen-Vorlesungen sowie einem Graduiertenkolleg-Workshop pro Jahr. Zusätzlich sollen die Promovierenden an von den beteiligten Universitäten angebotenen Soft-Skill-Veranstaltungen teilnehmen.

- ▶ Prof. Dr. Franz Baader
Technische Universität Dresden
Tel.: 0351/46339160
E-Mail: franz.baader@tu-dresden.de
Über das Projekt: <https://lat.inf.tu-dresden.de/quantla/>
<http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/189782547>

Systemkorrektheit unter widrigen Umständen – SCARE

DFG-Graduiertenkolleg 1765 (Laufzeit: 2012 bis 2021)

Ziel: Das Graduiertenkolleg SCARE betrachtet Informatik-Systeme, welche in einer Umgebung arbeiten und mit ihr kooperieren. Systemkorrektheit bedeutet, dass die Kooperation zwischen Umgebung und System eine gegebene Spezifikation der gewünschten Verhaltenseigenschaften erfüllt. Dabei werden gewisse Annahmen über die Umgebung und die Komponenten des Systems gemacht. Das Kolleg untersucht systematisch die Frage der Systemkorrektheit unter widrigen, nur teilweise vorhersehbaren Umständen, die sich sowohl auf das Verhalten eines Systems, als auch auf den Systemkontext und die Verifikationsannahmen auswirken können. Dabei sollen folgende drei Ausprägungen widriger Umstände einzeln und in Kombination betrachtet werden: beschränktes Wissen, un-

vorhersehbares Verhalten, veränderliche Umgebung und Systemstruktur. Hauptziel des Graduiertenkollegs SCARE ist die Erforschung von Korrektheitsbegriffen, die die Robustheit des Systemverhaltens unter solchen widrigen Umständen sicherstellen.

- ▶ Prof. Dr. Oliver Theel
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Tel.: 0441/7982364
E-Mail: theel@informatik.uni-oldenburg.de
Über das Projekt: <https://www.uni-oldenburg.de/informatik/svs/forschung/scare/>
<https://www.uni-oldenburg.de/en/scare/>

Integrierte Energieversorgungsmodulare für straßengebundene Elektromobile (mobileM)

DFG-Graduiertenkolleg 1856 (Laufzeit: 2013 bis 2022)

Ziel: Das Graduiertenkolleg mobileM verfolgt das Ziel, physikalische Grundlagen elektrochemischer Speicher für mobile Antriebe zu erforschen und diese mit neuartigen kraftstoffbetriebenen Aggregaten zur Reichweitenvergrößerung, sogenannten Range-Extendern, zu kombinieren. Das Range-Extender-Modul ermöglicht die energetisch sinnvolle Dimensionierung des elektrischen Speichers, die thermische Konditionierung des elektrochemischen Speichersystems und die effiziente Klimatisierung des Fahrzeuginnenraums.

- ▶ Prof. Dr. Stefan Pischinger
RWTH Aachen
Tel.: 0241/8048001
E-Mail: pischinger@vka.rwth-aachen.de
Über das Projekt: <http://www.mobilem.rwth-aachen.de>
<http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/210731724>

Rollenbasierte Software-Infrastrukturen für durchgängig-kontextsensitive Systeme (RoSI)

DFG-Graduiertenkolleg 1907 (gefördert seit 2013)

Ziel: Das Graduiertenkolleg beschäftigt sich mit der Erforschung dynamischer Software-Infrastrukturen. Ziel ist es, neuartige Software-Infrastrukturen zu entwickeln, die selbstständig auf Veränderungen des Kontextes reagieren können. Das Konzept der Rollenmodellierung wurde bisher nur in einzelnen Bereichen der Softwareentwicklung zum Einsatz gebracht. Innerhalb des Programms wird hingegen die durchgängige Anwendung von rollenbasierten Infrastrukturen erforscht. Das heißt also, über den gesamten Lebenszyklus einer Software von der Modellierung über die Programmierung und Installation bis zu den Veränderungen während der eigentlichen Laufzeit. Die Softwareentwicklung wird dadurch schneller und der Ins-

tallationsaufwand geringer. Mögliche Anwendungsfelder sind unter anderem die Software für das Smartgrid, Software für cyber-physikalische Systeme in Haus, Verkehr und Fabrik oder kontextsensitive Suchmaschinen.

- ▶ Prof. Dr. Wolfgang Lehner
Technische Universität Dresden
Institut für Systemarchitektur
Tel.: 0351/46338383
E-Mail: wolfgang.lehner@tu-dresden.de
Über das Projekt: <https://www.db.inf.tu-dresden.de/grk/>
<http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/221322883>

Förderliche Gestaltung cyber-physischer Produktionssysteme CPPS

DFG-Graduiertenkolleg 2323 (Laufzeit: seit 2018)

Ziel: Zentrales Anliegen ist es, Erkenntnisse zur förderlichen Gestaltung von CPPS im Hinblick auf die Kompetenz, die Gesundheit und das Vertrauen von Operateuren zu gewinnen. Drei thematische Cluster stehen dabei im Mittelpunkt des Interesses: Adaptationsstrategien für wandelbare Systeme, die Entwicklung und Aufrechterhaltung von Kompetenzen sowie die Erfassung und Bewertung menschlicher Zustände. Zu diesen Themen wird ein Team von Ingenieuren, Psychologen, und Arbeitswissenschaftlern theoretische Konzepte kombinieren

und adaptieren, die bisher nur innerhalb der Grenzen relativ unabhängiger Forschungsstraditionen bearbeitet worden sind.

- ▶ Prof. Dr. Leon Urbas
Technische Universität Dresden
Institut für Automatisierungstechnik (IFA)
Tel.: 0351/46339614
E-Mail: leon.urbas@tu-dresden.de
Über das Projekt: <https://tu-dresden.de/ing/forschung/grk2323/>

Simulationstechnik – Simulation Technology – SimTech

DFG-Exzellenzcluster 310 (Laufzeit: 2007 bis 2017)

Die generelle **Zielstellung** besteht darin, Simulationstechnologie von isolierten numerischen Ansätzen hin zu einer integrierten Systemwissenschaft weiterzuentwickeln. Des Weiteren ist beabsichtigt, zu fünf visionären Anwendungsbereichen innovative Lösungen zu erarbeiten. Dazu gehören Lösungen, die von einer empirisch dominierten Materialbeschreibung zu simulationsbasiertem Design neuer Werkstoffe mit maßgeschneiderten Hightech-Eigenschaften führen, die eine vollständig virtualisierte Entwicklung von Prototypen und Fabrikanlagen erlauben, die komplexe und umfassende Methoden in der Umwelttechnik darstellen (zum Beispiel hinsichtlich der Handhabung von Treibhausgasen oder des globalen Kli-

mawandels), die von der klassischen Biologie zu einer systembiologischen Betrachtung von technischen und natürlichen Systemen führen, und die Einzellösungen in der Biomechanik zu einer allgemeinen Beschreibung des menschlichen Körpers zusammenfassen, mit Nutzen etwa für die Medizintechnik und Crashtests.

- ▶ Prof. Dr. Wolfgang Ehlers
Universität Stuttgart
Tel.: 0711/685-66346
E-Mail: wolfgang.ehlers@mechbau.uni-stuttgart.de
Über das Projekt: <http://www.simtech.uni-stuttgart.de>

Zentrum für Perspektiven in der Elektronik Dresden

DFG-Exzellenzcluster 1056 (Laufzeit: seit 2012)

Die **Zielstellung** besteht darin, in einem weltweit einzigartigen Ansatz alternative Materialien, Technologien und Systeme für die Elektronik der Zukunft zu konstruieren. Die Bedeutung dieses Vorhabens erschließt sich, wenn man sich vor Augen führt, wie sehr die so genannte „digitale Revolution“ unsere Gesellschaft verändert hat und weiter radikal verändern wird: Internet, Smartphones und Mobilfunk sind dafür drei äußerst populäre und gleichzeitig repräsentative Beispiele. Ihre rasante Entwicklung im letzten Jahrzehnt basiert auf der unglaublichen Dynamik der Basistechnologie heutiger Elektronik: der CMOS-Halbleitertechnologie. Die Weiterentwicklung dieser Technologie stößt jedoch zunehmend an physikalische

Grenzen der stetigen Strukturverkleinerung. Daher ist es das Ziel der Dresdner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, alternative und komplementäre Technologien für die Elektronik der Zukunft zu erforschen, um die absehbaren Grenzen der herkömmlichen Technologie überwinden zu helfen.

- ▶ Prof. Dr. Gerhard Fettweis
Technische Universität Dresden
Institut für Nachrichtentechnik
Tel.: 0351/46341000
E-Mail: gerhard.fettweis@tu-dresden.de
Über das Projekt: <http://gepris.dfg.de/gepris/projekt/194636624>

VDI-FORTSCHRITT-BERICHTE

Der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) gibt Impulse für neue Technologien und technische Lösungen. Lesen Sie hier eine Auswahl der 2017 und 2018 publizierten Berichte zu Themen der industriellen Automation und Antriebstechnik.

Felix Müller-Deile

Modulare und skalierbare mehrsträngige Antriebssysteme für Elektrofahrzeuge

In der vorliegenden Arbeit werden modulare, skalierbare mehrsträngige Antriebssysteme für Elektrofahrzeuge vorgestellt, welche für unterschiedliche Fahrzeugklassen eingesetzt werden können. Ziel ist es, eine Leistungsskalierung zu ermöglichen, bei der der Strangstrom annähernd konstant bleibt, um eine Verwendung identischer Halbleitermodule für die unterschiedlichen Antriebssysteme zu ermöglichen. Dies wird durch eine Längen- und Strangzahlskalierung der E-Maschine erreicht. Zusätzlich werden die Vor- und Nachteile mehrsträngiger E-Maschinen analysiert, um die für das Konzept geeigneten Strangzahlen zu ermitteln. Hierbei wird speziell die Entstehung von Stromüberschwingungen in mehrsträngigen Wicklungen untersucht und ein Verfahren erarbeitet, welches eine Kompensation der Oberschwingungsströme ermöglicht. Abschließend werden Fahrzyklussimulationen durchgeführt und die Effizienz der Antriebsstränge in unterschiedlichen Fahrzyklen analysiert.

VDI-Fortschritt-Berichte, Sachgebiet Elektrotechnik, Band 418, VDI-Verlag 2018, ISBN 978-3-18-341821-3

Björn Dittmer

Zustandsbasierte Leistungsregelung von Drehstrom-Lichtbogenöfen

Die vorliegende Arbeit befasst sich zum einen mit der Zustandsbestimmung des Schmelzprozesses im Drehstrom-Lichtbogenofen und zum anderen mit der darauf aufbauenden Regelung der elektrischen Leistung. Dazu werden bereits bekannte Methoden, wie beispielsweise die Spektralanalyse der Ströme, erweitert und um eine Auswertung der Körperschallemissionen ergänzt. Die so erhaltene Information über den Schmelzprozess wird anhand weniger Zustandsvariablen quantifiziert und unter anderem auch für ein automatisches Chargiersignal genutzt. Darauf aufbauend wird die beste Arbeitspunktkombination der drei Lichtbögen durch die Leistungsregelung bestimmt. Dazu wird ein neues Modell zur Strahlungsleistung eines Lichtbogens eingeführt und mit bereits vorhandenen Modellen verglichen. Die positiven Ergebnisse des Betriebs der Regelung an Lichtbogenöfen zur Erschmelzung von rostfreiem Edelstahl und von Baustahl zeigen die Wirksamkeit der zustandsbasierten Leistungsregelung.

VDI-Fortschritt-Berichte, Rechnerunterstützte Verfahren, Band 466, VDI-Verlag 2017, ISBN 978-3-18-346620-7

Maik Riedel

Ein Beitrag zur wissensbasierten Unterstützung bei der Auswahl technischer Ressourcen

Die vorliegende Arbeit verfolgt das Ziel, die Auswahl technischer Ressourcen durch den Einsatz auf Wissen basierender Methoden und Werkzeuge zu unterstützen und damit im Sinne der „Automatisierung der Automatisierung“ einen Beitrag zur Effizienzsteigerung des Engineerings zu leisten.

VDI-Fortschritt-Berichte, Sachgebiet Rechnerunterstützte Verfahren, Band 470, VDI-Verlag 2018, ISBN 978-3-18-347020-4

Alexander Verl

Abschlussbericht FOR 1088 ECOMATION

Die Forschergruppe ECOMATION hatte sich zum Ziel gesetzt, den Energieverbrauch von Werkzeugmaschinen durch steuerungstechnische Maßnahmen zu reduzieren und somit die Energieeffizienz von Werkzeugmaschinen weiter zu steigern. Um die Zielgröße in die Steuerung zu integrieren, wurden in den Teilprojekten unterschiedliche Optimierer für den Prozess „Fräsen“, alle ansteuerbaren Komponenten sowie für die Gesamtmaschine entwickelt. Diese wurden durch das zweite Teilprojekt in die Steuerungstechnik von Werkzeugmaschinen integriert. Insgesamt konnte in der Forschergruppe eine deutliche Einsparung des Energieverbrauchs in einem Referenzszenario erreicht werden. Weiterhin hat sich gezeigt, dass durch Optimierung von Wechselbeziehungen zwischen Optimierern weitere deutliche Einsparpotentiale zu erzielen sind. Die erarbeiteten Erkenntnisse – insbesondere die Architektur

zur Integration von Energieverbrauchsoptimierern in Maschinen und Anlagen – lassen sich auch auf andere Branchen übertragen. Hierdurch können weitere Einsparungen erreicht werden.

VDI-Fortschritt-Berichte, Sachgebiet Fertigungstechnik, Band 695, VDI-Verlag 2017, ISBN 978-3-18-369502-7

Brecher, Krüger, Uhlmann, Verl, Klemm, Lechler

Industrie 4.0 – Vision und Realität

Die produktionstechnischen Institute aus Aachen (WZL/IPT), Berlin (IWF/IPK) und Stuttgart (ISW) tragen mit Ihren Forschungsarbeiten dazu bei, Industrie 4.0 auf den betrieblichen Hallenboden zu bringen und praktikable Lösungen insbesondere auch für kleine und mittlere Unternehmen zu entwickeln. Der vorliegende Band dokumentiert die Aktivitäten im Zusammenhang mit dem Thema Industrie 4.0 und gibt einen Überblick zu Konzepten und Visionen sowie bereits realisierten Implementierungen mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie. Diese Ausgabe stellt Forschungsarbeiten auf den Gebieten digitaler Zwilling, cloudbasierte Steuerung und Programmierung, Drahtloskommunikation im industriellen Umfeld, Qualitätsüberwachung auf Basis steuerungsinterner Daten, Hardware-in-the-Loop-Simulation, Virtualisierung von Steuerungen, und steuerungstechnisches Engineering dar und zeigt das Spannungsfeld zwischen zukünftigen Lösungsansätzen und bereits heute praktikablen Methoden und Technologien auf.

VDI-Fortschritt-Berichte, Sachgebiet Fertigungstechnik, Band 696, VDI-Verlag 2017, ISBN 978-3-18-369602-4

Philipp Sommer (Hrsg.)

iWindow – Intelligentes Maschinenfenster

Das Verbundforschungsprojekt iWindow: Intelligentes Maschinenfenster beschäftigt sich mit der visuellen Unterstützung von Maschinenbedienern an Werkzeugmaschinen. Diese konnten bisher nur auf wenige bis keine Systeme, die sie bei ihren täglichen Aufgaben direkt an der Werkzeugmaschine unterstützen, zurückgreifen. Das Forschungsprojekt verbindet reale und virtuelle Welt in der Werkzeugmaschine durch Technologien wie Virtual und Augmented Reality, digitaler Zwilling, Simulation und Mehrwertdienste. Durch Nutzung jeweils für die aktuelle Arbeitssituation passender Dienste, werden Mitarbeiter befähigt, sich an die steigende Individualisierung der Produkte und die flexiblere Produktion anzupassen. Kunden und Geschäftspartner werden durch die Möglichkeit, eigene mehrwertgenerierende Dienste zu entwickeln und anderen Anwendern zur Verfügung zu stellen, in den Wertschöpfungsprozess eingebunden. Diese Publikation beleuchtet die im Rahmen des Forschungsprojekts erarbeiteten Ergebnisse hinsichtlich der Technologien und Entwicklungen, die für ein intelligentes Maschinenfenster benötigt werden.

VDI-Fortschritt-Berichte, Sachgebiet Fertigungstechnik, Band 697, VDI-Verlag 2018, ISBN 978-3-18-369702-1

Brecher, Krüger, Uhlmann, Verl, Riedel, Lechler (Hrsg.)

Industrie 4.0 – Wertschöpfungspotenziale in der dienstebasierten Produktion

Im Rahmen der Entwicklungen von Industrie 4.0 werden häufig neuartige Technologien angeführt. Diese Technologien

sind Enabler, um die Produktion effizienter zu gestalten. Sie allein reichen aber nicht aus, um eine wirkliche „Revolution“ der bisherigen Produktion hervorzurufen. Auch die Definition von Referenzmodellen und Verwaltungsschalen führen zwar zu einem gemeinsamen Verständnis und möglichen Modellierungen der Produktion und ihrer Systeme, aber erst einmal nicht zu einer höheren oder effizienteren Wertschöpfung. Erst durch neuartige Mehrwertdienste in der Produktion werden größere Effizienzsteigerungen unter Zuhilfenahme neuer Technologien erreicht. Dabei kann es sich sowohl um Verbesserungen bestehender Prozessketten und Produktionsabläufe handeln als auch um ganzheitlich neuartige Geschäftsmodelle, die eine komplett andere Form der Zusammenarbeit hervorrufen.

VDI-Fortschritt-Berichte, Sachgebiet Fertigungstechnik, Band 698, VDI-Verlag 2018, ISBN 978-3-18-369802-8

Yuhong Song

Suppressing Electromagnetic Interference in Switching Converters by Chaotic Duty Modulation

The switching converter generates serious electromagnetic interference (EMI), which impairs other devices' performance and harms human being's health. As a way of chaos technique, chaotic modulation has been developed to suppress EMI of the switching converter by dispersing the energy into a wide frequency band and smoothing the peaks of the EMI spectrum. Unlike the well-studied chaotic frequency modulation, the chaotic duty modulation is concerned in this dissertation, which is just to change the duty of the transistor driving-pulse

while maintains the fixed switching frequency. Chaotic duty modulation is realized by appending an external chaotic signal to the existing PWM module of the switching converter, which is practicable without the loss of the generality. It is thus verified that this proposal of using chaotic duty modulation in switching converters for EMI suppression is feasible and lays a foundation for industrial applications.

VDI-Fortschritt-Berichte, Sachgebiet Informatik/Kommunikationstechnik, Band 850, VDI-Verlag 2017, ISBN 978-3-18-385010-5

Junying Niu

Suppressing Electromagnetic Interference in Switching-Mode Power Supplies by Chaotic Carrier Frequency Modulation

Due to the unpredictable and random-like features of chaotic signals, chaotic carrier frequency modulation (CCFM) technique, by which the spectra of input and output signals can be spread over a wide frequency band without changing the total energy, has been used to suppress electromagnetic interference (EMI) of switching mode power supply (SMPS). So far, the study on CCFM was focused on theoretical analyses, simulations, and experimental verifications, lacking of a practical consideration of applying CCFM in real power supplies, which will be main concern of this dissertation. To provide efficient and economical EMI suppression solutions, a CCFM module is proposed to serve as a plug-in component for power supplies with standard PWM ICs, and for designing a chaotic frequency PWM IC, it is necessary to integrate a chaotic frequency oscillator into the standard PWM IC, which is to be realized

both in analogue and digital manners for various practical applications.

VDI-Fortschritt-Berichte, Sachgebiet Informatik/Kommunikationstechnik, Band 851, VDI-Verlag 2017, ISBN 978-3-18-385110-2

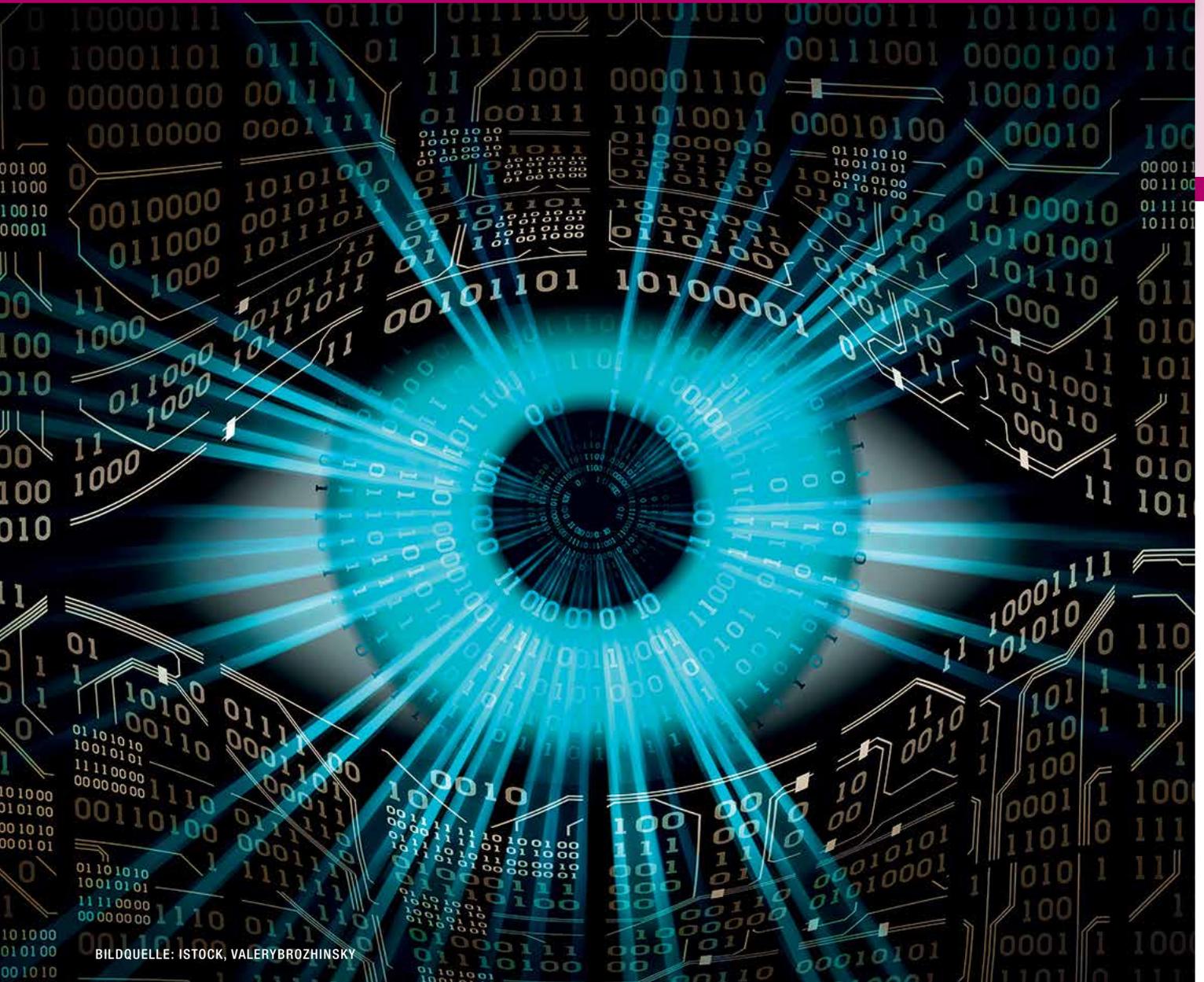
Herwig Unger, Wolfgang A. Halang

Autonomous Systems 2017

Owing to the overwhelming amount of often sensitive data hitting contemporary users of networked devices almost everywhere, this volume's two keynote addresses deal with the security and ethical problems of the increasingly intelligent and autonomously acting devices in our environment. Then, light is shed on theoretical, algorithmic, technical and security aspects of big data analytics, data mining, information retrieval and machine learning. As no other area of computer science and engineering, autonomous systems accelerate the development of new systems' hardware and highly specialised applications with an unprecedented intensity. Thus, the corresponding topics addressed in this book range from computer architectures for embedded systems dedicated to safety-related automation applications and designed for verifiability and correct operation over approaches to suppress electromagnetic interferences and to interpret experimental data to questions related to their design and development, to building models and investigating their impact on society.

VDI-Fortschritt-Berichte, Sachgebiet Informatik/Kommunikationstechnik, Band 857, VDI-Verlag 2017, ISBN 978-3-18-385710-4

DIGITAL FACTORY



BILDQUELLE: ISTOCK, VALERYBROZHINSKY

- | | | |
|---|---|--|
| 70 Schrittweise zu vernetzten Anlagen
Systematischer Leitfaden hilft bei Umsetzung von Industrie-4.0-Projekten | 78 Wie sich Daten standardisieren lassen
Unterschiedliche Datenstrukturen vereinheitlichen | 87 Komplexe Metallteile fertigen
3D-Druck im DMLS-Verfahren ermöglicht geometrisch anspruchsvolle Designs |
| 73 Schlanke Produktentwicklung
Datenbasierte Geschäftsmodelle finden und schnell umsetzen | 81 KI hilft bei industrieller Fertigung
Intelligente Software unterstützt bei der Optimierung von Entscheidungen | 90 Additive Fertigung 2.0
Mit durchgängiger Vernetzung das Potenzial des industriellen 3D-Drucks freisetzen |
| 76 IoT für die digitale Wertschöpfung
Mit modularen Plattformen Daten richtig nutzen | 84 Wettbewerbsvorteil Industrial Analytics
Prognosen und neue Geschäftsmodelle dank Analysesoftware | 92 Datenbrillen unterstützen Techniker
Wie Augmented Reality Unternehmen neue Möglichkeiten eröffnet |

SCHRITTWEISE ZU VERNETZTEN ANLAGEN

Unternehmer, Entwickler und Konstrukteure versprechen sich von Industrie 4.0 optimierte Prozesse, effizientere Abläufe sowie eine schnellere Reaktion auf neue Anforderungen. Bei der erfolgreichen Umsetzung hilft der Industrie 4.0 Maturity Index.

TEXT: Dr. Bertolt Gärtner, TÜV Süd Atisae **BILDER:** Acatech Studie, FIR e.V. an der RWTH Aachen

Ende 2017 gab es in Deutschland 317 Referenzfälle für die erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0. Die Bundesregierung sieht hier Handlungsbedarf, um international nicht den Anschluss zu verlieren. Laut des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) zögerten einige Unternehmen wegen technischer und wirtschaftlicher Unsicherheiten. Manche Automatisierer setzen Industrie 4.0 nach wie vor nur in Teilbereichen des Unternehmens um. Das ganze Potenzial der vernetzten Produktion entfaltet sich aber erst, wenn beispielsweise auch Logistik und Kundenservice einbezogen werden.

Erster Schritt: Status quo ermitteln

Der erste Schritt zu einer erfolgreichen Umsetzung von Industrie 4.0 ist, den Status quo des Unternehmens zu ermitteln. Welche Geschäftsbereiche dann im nächsten Schritt – und in welchem Umfang – vernetzt werden sollen und können, hängt aber von vielen Faktoren ab. Nicht zwangsläufig ist es erforderlich, alle Systeme vollständig miteinander zu verbinden. Unternehmer oder Systemadministratoren, die die Digitalisierung ihrer Prozesse zielgerichtet und wirtschaftlich vorantreiben wollen, können aus zahlreichen Werkzeugen wählen, um eine optimale Strategie zu entwickeln.

Technologiekonzerne, Beratungsagenturen oder wissenschaftliche Institute bieten ein breites Angebot an Indus-

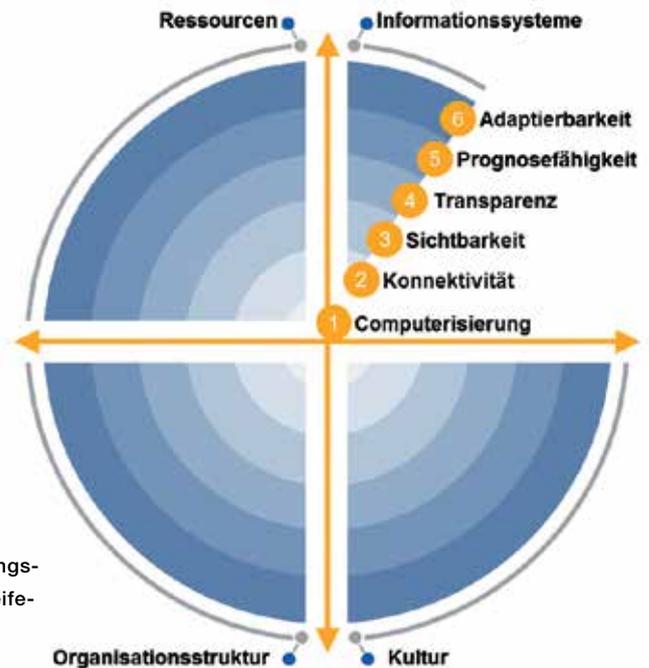
trie-4.0-Reifegradmodellen, mit deren Hilfe Unternehmen ihren Digitalisierungsgrad feststellen und ausbauen können. Diese Leitfäden reichen von einfachen Online-Checklisten über technologiefokussierte Analysetools bis hin zu Modellen, bei denen externe Fachleute die gesamte Wertschöpfungskette eines Unternehmens analysieren.

Die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (Acatech) schickt nun mit dem Industrie 4.0 Maturity Index ein kooperatives und ganzheitliches Analysetool ins Rennen. Ein Konsortium von Forschungseinrichtungen hat den Leitfaden unter dem Dach der Acatech entwickelt. TÜV Süd hat sein Fachwissen bei der Industrial IT Security eingebracht. Ziel war es, Unternehmen ein Werkzeug an die Hand zu geben, mit dem die Einführung von Industrie 4.0 in einzelnen, überschaubaren und nachvollziehbaren Schritten gelingt.

Der Maturity Index für Industrie 4.0

Als systematischer Leitfaden definiert der Index sechs aufeinander aufbauende Stufen:

- ▶ **Computerisierung:** IT zu nutzen und Prozesse zu automatisieren, ist bereits Standard. Noch werden Informationstechnologien jedoch isoliert eingesetzt.
- ▶ **Konnektivität:** Sind einzelne Komponenten vernetzt, ist der Reifegrad der Konnektivität erreicht. Informations-



Für jedes der vier Gestaltungsfelder wird der jeweilige Reifegrad bestimmt.

technologien und operative Technologien sind aber noch nicht vollständig vernetzt.

- ▶ Sichtbarkeit: Sensoren erfassen Zustände und Prozesse in Echtzeit. Das Ergebnis ist ein digitales Abbild der Produktion, das jederzeit Auskunft über die aktuellen Prozesse gibt („digitaler Schatten“).
- ▶ Transparenz: Der digitale Schatten deckt Wechselwirkungen auf und hilft, sie zu verstehen. Dazu müssen die Daten kontextbezogen interpretiert und mit Ingenieurwissen verknüpft werden. Big-Data-Anwendungen werden parallel zu betrieblichen Anwendungssystemen wie ERP- oder MES-Systemen eingesetzt, um eine gemeinsame Plattform für umfangreiche Datenanalysen zu erhalten.
- ▶ Prognosefähigkeit: Wird der digitale Schatten in die Zukunft fortgeschrieben, können Szenarien entwickelt und hinsichtlich ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und Konsequenzen evaluiert werden. Entwicklungen können antizipiert und Entscheidungen danach ausgerichtet werden.
- ▶ Adaptierbarkeit: IT-Systeme treffen Entscheidungen selbstständig. Die Industrie 4.0 ist vollständig verwirklicht. Anpassungsmaßnahmen werden automatisiert und ohne Verzögerung eingeleitet. Wie weit Unternehmen ihren Systemen dabei Autonomie gewähren, sollten sie von zwei Punkten abhängig machen: Die Komplexität der Entscheidung sowie das Kosten-Nutzen-Verhältnis von automatisiertem gegenüber menschlichem Handeln.

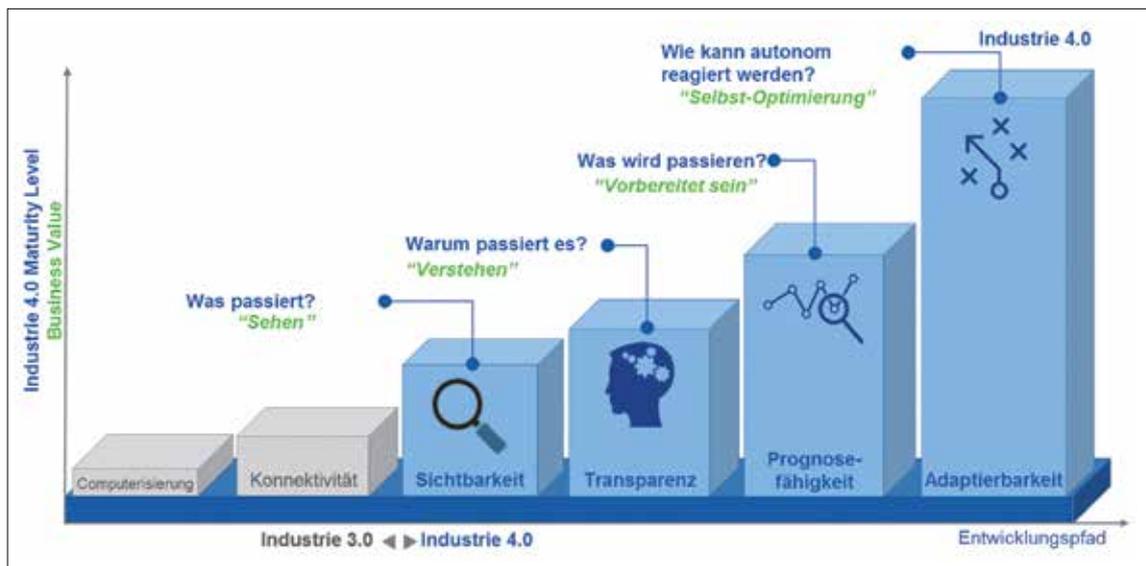
Mehrdimensionale Analysen

Der Industrie 4.0 Maturity Index ist modular aufgebaut und umfasst alle Bereiche eines Unternehmens. Dazu unterscheidet er fünf Funktionsbereiche: Entwicklung, Produktion, Logistik, Service sowie Marketing und Vertrieb. Industrie 4.0 bedeutet aber mehr als die Vernetzung cyber-physischer Systeme (CPS). Deshalb berücksichtigt der Index außerdem vier Gestaltungsfelder:

- ▶ Ressourcen: Mitarbeiter und ihre Kompetenzen, Maschinen, Anlagen, Werkzeuge und Produkte
- ▶ Informationssysteme: soziotechnische Systeme, in denen Menschen und Technologien Daten bereitstellen und verarbeiten
- ▶ Organisationsstruktur: Regeln und Strukturen, die die internen Beziehungen, aber auch die des Unternehmens mit seinem Umfeld leiten
- ▶ Unternehmenskultur: das interne Wertesystem, etwa die Bereitschaft der Mitarbeiter, sich auf Veränderungen einzulassen und aktiv mitzugestalten

Transformation in drei Phasen

Der erste Schritt zur Umsetzung eines Industrie-4.0-Projektes besteht aus einer Bestandsanalyse. Mit Hilfe von Fragebögen, Werksbegehungen und Workshops verschaffen sich die



Die sechs Reifegrade des Industrie 4.0 Maturity Index im Überblick.

Experten einen Überblick über den aktuellen Stand der Digitalisierung. Darauf aufbauend definieren die Unternehmensverantwortlichen konkrete Ziele. Hier ist die Frage entscheidend, welche Maßnahmen nötig und effektiv sind und sich mit der Unternehmensstrategie vereinbaren lassen.

Ein Abgleich des Ist-Zustandes mit den angestrebten Zielen identifiziert danach konkrete Fähigkeiten oder Ressourcen, die dem Unternehmen dazu noch fehlen. In der dritten Phase erstellen die Experten schließlich eine digitale Roadmap, die konkrete Maßnahmen enthält und einen festen Zeitplan dafür vorgibt. Die einzelnen Maßnahmen sind nach einer Kosten-Nutzen-Matrix priorisiert. Ein Merkmal des Index ist, dass jeder Schritt einen messbaren Effekt hat. Außerdem bleibt der gesamte Prozess nachvollziehbar und transparent. Gleichzeitig steht dem Unternehmen während des gesamten Transformationsprozesses ein Expertenteam mit individuellem Know-how zur Seite.

Nach IEC 62443 zertifizierte IT-Security

Bedenken hinsichtlich der Datensicherheit zählen bei deutschen Industrieunternehmen immer noch zu den Hauptargumenten gegen die Industrie 4.0. Eine vernetzte IT birgt Sicherheitsrisiken. Der Vorteil vernetzter Anlagen ergibt sich aber gerade aus allgemein verfügbaren Daten. Wenn also Produkt-, Auftrags- und Kundendaten auf einer gemeinsamen Datenplattform abgelegt werden, muss diese „Single Source of Truth“ dementsprechend sicher sein. Eine resiliente IT-Infrastruktur muss selbst bei schweren Störungen die Analyse und

Bereitstellung der Daten sicherstellen. Fachkräfte können hier von einschlägigen Normen profitieren.

Insbesondere die IEC 62443 ist maßgebend für die IT-Sicherheit von Netzen und Systemen. Die Norm beinhaltet die Anforderungen an „Industrial Automation and Control Systems“ (IACS), die für den verlässlichen Betrieb von automatisierten Anlagen und Infrastrukturen nötig sind. Dazu zählen Maßnahmen, um die IT-Sicherheit zu gewährleisten und sie bei Bedarf anzupassen. Auf diese Weise können Entwickler, Konstrukteure und Systemintegratoren die Schwachstellen ihrer Steuerungs- und Leittechnik identifizieren und gezielt beseitigen. Im Rahmen der Industrie-4.0-Implementierung bietet TÜV Süd die Prüfung und Zertifizierung für Hersteller nach IEC 62443-4-1 und für Systemintegratoren nach IEC 62443-2-4 an.

Ganzheitlicher und mehrdimensionaler Ansatz

Der Industrie 4.0 Maturity Index berücksichtigt alle Geschäftsbereiche eines Unternehmens und definiert dabei unterschiedliche Gestaltungsfelder. Er verfolgt einen ganzheitlichen und mehrdimensionalen Ansatz. Das Modell umfasst die gesamte Wertschöpfungskette und orientiert sich am individuell definierten Nutzen für das Unternehmen. Das Maßnahmenpaket kann in nachvollziehbaren Einzelschritten innerhalb eines klaren Zeitrahmens umgesetzt werden. Unternehmen erhalten damit die Anleitung und Unterstützung für einen umfassenden Digitalisierungsprozess. Die Roadmap dazu verschafft Überblick, Planungssicherheit und Nachvollziehbarkeit. □

SCHLANKE PRODUKTENTWICKLUNG

Damit Unternehmen am Markt nicht den Anschluss verlieren, müssen sie möglichst schnell neue Produkte und Anwendungen als Ergänzung zu ihrem Kerngeschäft entwickeln und umsetzen. Die richtigen Partner und schlanke Entwicklungsprozesse helfen hierbei.

TEXT: Guilherme Viana, Logicline BILDER: Logicline

Wäre es nach den Hightech-Managern aus dem Silicon Valley und anderen Zentren der Start-up-Szene gegangen, dann wäre die digitale Transformation inzwischen sehr viel weiter fortgeschritten, und unser Leben hätte sich bereits massiv verändert. Sie propagierten disruptive Geschäftsmodelle – und kleideten damit eine Kampfansage an die „old economy“ in euphemistische Worte. Eine Umschreibung, die nichts weniger bedeutet, als die geltenden Marktregeln außer Kraft zu setzen, die bisherigen Akteure zu entmachten und durch neue, digitale Prozesse, die von agilen Start-ups und wendigen Newcomern getrieben werden, komplett veränderte Wirtschaftsbeziehungen zu implementieren.

Zwar hat weder Uber es geschafft, die Taxi-Branche überflüssig zu machen, noch ist die Hotelbranche von Airbnb verdrängt worden. Doch sie und viele andere Unternehmen haben Entwicklungen angestoßen, die nicht mehr aufzuhalten sind. Die digitale Transformation ist also keinesfalls gescheitert. Ihre bisherige Entwicklung zeigt lediglich, dass die etablierten Marktführer durchaus Gelegenheit haben, sich dem Veränderungsprozess zu stellen.

Ergänzende Angebote entwickeln

Das Kerngeschäft muss keineswegs abgeschaltet oder zerschlagen werden. Die Aufgabe lautet vielmehr, neues Geschäft als ergänzendes Angebot zu entwickeln, und damit alte und überholte Prozesse abzulösen – in der Geschwindigkeit, die der Markt verlangt. Doch die verbleibende Zeit muss gut genutzt werden, um die sich schnell verändernden Technologien in die eigene Entwicklung zu integrieren und daraus innovati-

ve Angebote zu schaffen. Diese müssen dem Kunden deutliche Mehrwerte bieten und die eigene Wettbewerbsfähigkeit verbessern. Dies gilt insbesondere auch für die Industrie.

Das Internet der Dinge (IoT) und Industrie 4.0 sind nach wie vor Entwicklungen, bei denen vielen Unternehmen nötige Erfahrungs- und Vergleichswerte fehlen. Sie müssen sich nicht nur in unbekannte Gefilde vorwagen. Erschwerend kommt hinzu, dass die üblichen Methoden zur Konzept- und Anwendungserstellung nicht immer geeignet sind. Wie aber soll man die eigene Position bestimmen und verlässliche Ziele festlegen? Das hat man auch bei Lenze, einem Hersteller für Motion Centric Automation, erkannt. Hier hat man die strategische Entscheidung getroffen, die digitale Transformation des Unternehmens konsequent voranzutreiben und sich dafür kompetente Unterstützung ins Haus zu holen. Anfang 2017 übernahm der Automatisierer das IT-Beratungs- und Projekthaus Logicline, das auf IoT- und Cloud-Anwendungen spezialisiert ist. Innerhalb kurzer Zeit wurden dann die Grundlagen für die Entwicklung einer ersten Industrie-4.0-Anwendung gelegt: das Asset-Management.

Die verschiedenen Disziplinen der Forschungs- und Entwicklungsabteilung beider Unternehmen sehen die Innovation im Unternehmen als gemeinsame Anstrengung. Ingenieure, Forscher, Product Owner und Service-Mitarbeiter von Lenze arbeiten daher eng zusammen mit Softwarearchitekten, Business Consultants, Entwicklern und Designern von Logicline. Der konkrete Entwicklungsprozess für das Asset-Management lief dabei ähnlich ab wie ein Projekt von Logicline mit einem externen Kunden.



Die Entwicklung eines neuen Produkts läuft idealerweise in einem Kreislauf ab.

Dass man sich dazu entschlossen hatte, nicht nur für ein Projekt zusammenzuarbeiten, sondern Logicline in die Lenze-Gruppe aufzunehmen, liegt an der Vision von Lenze in Bezug auf die digitale Transformation. Das Unternehmen möchte die Art und Weise, wie Service konzipiert und ausgeführt wird, radikal verändern – und sich damit auch selbst verändern. Lenze verfolgt hierbei ein konkretes Ziel: Man will die Kunden dabei unterstützen, intelligentere Geräte und service-orientierte Produkte zu bauen, den Lebenszyklus zu verbessern und dem Anwender Vorteile in der Produktion zu verschaffen. Doch trotz dieser Anbindung an Lenze ist Logicline vor allem als selbstständiges Unternehmen für Projektkunden tätig.

Startpunkt: Die Idee

Am Anfang jeden Projektes steht die Idee. Zu den Aufgaben von Logicline zählt es, bereits in der Startphase dafür zu sorgen, dass nicht Schlagworte, sondern ein konkreter Kundennutzen die Triebfedern des Projektes sind. Durch Ideenworkshops, Analysen der Customer Journey und interner Prozessen sowie durch Interviews mit Schlüsselkunden kristallisieren sich Annahmen über neue Geschäftsmodelle und Einnahmequellen heraus. Das Vorgehen entspricht der Vision einer dynamischen Innovations-Roadmap, wie sie auch Unternehmensgründer im Silicon Valley einsetzen. „Lean Startup“ heißt diese von Eric Ries entwickelte Methode.

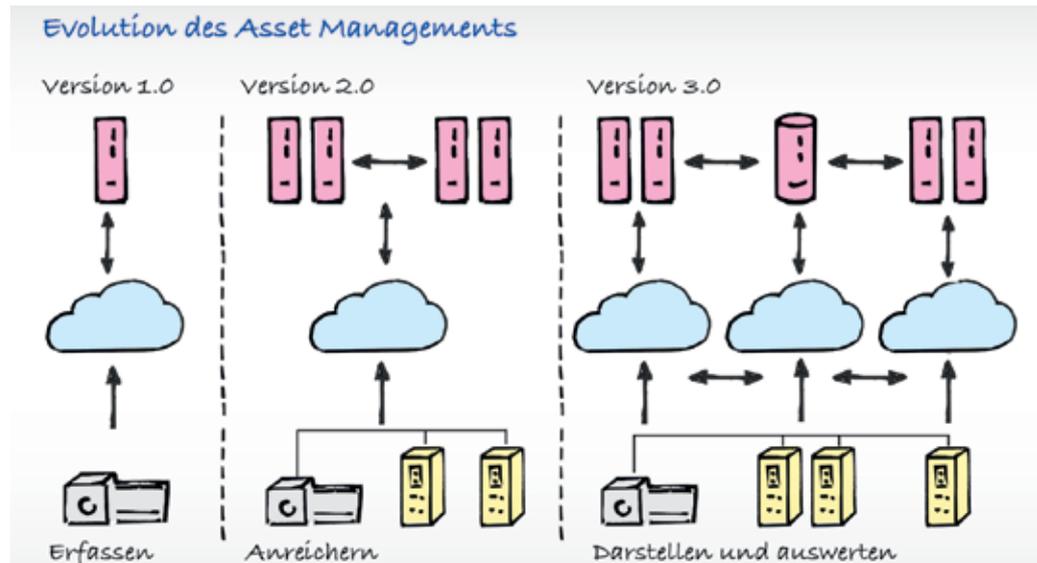
Zu diesem Konzept gehört es, allen, die zur Entwicklung beitragen können, eine Stimme zu geben. Damit ändert sich auch die Zusammenarbeit mit dem potenziellen Kunden. Die

Erfahrungen von Logicline zeigen, dass die Product Owner zwar meist noch keine Erfahrung mit der Entwicklung softwarebasierter Lösungen haben, dass sie aber sehr schnell lernen und wichtige Impulse und Einsichten für die Produktentwicklung liefern. Der Erkenntnisgewinn für die Logicline-Experten geht dabei weit über das eigentliche Produkt hinaus. Durch die Zusammenarbeit erfahren sie auch mehr über die Anforderungen des Marktes und die Firmenkultur des Kunden – beides sind wichtige Einflussfaktoren, wenn aus der Idee ein tragfähiges Geschäftsmodell werden soll.

Der erste Schritt: Minimalismus

Statt nun eine Lösung zu bauen, die alle Eventualitäten abdeckt und mit zahlreichen Features glänzt, ist Konzentration auf das Wesentliche angesagt. Im ersten Schritt wird lediglich das minimal Notwendige umgesetzt, um die getroffenen Annahmen testen zu können, Informationen zur Umsetzbarkeit zu gewinnen und erstes Kundenfeedback einzuholen. Auf dieser Basis lässt sich die Roadmap validieren und noch anpassen. Gleichzeitig sorgt dieses Vorgehen dafür, dass schnelle Fortschritte erreicht werden und das Investitionsrisiko gering bleibt.

Bereits auf der Hannover Messe 2017 konnten Lenze und Logicline erste Gespräche zum geplanten Asset-Management führen und damit das gemeinsame Projekt vorantreiben. Eine solche Gelegenheit ist für die Entwicklung ein erster Prüfstein, denn es werden wichtige Daten für die Fortsetzung der Entwicklung gewonnen. Wie reagieren die Nutzer auf das Pro-



Eine neue Anwendung lässt sich in drei Schritten entwickeln: Konzept auf das Wesentliche reduzieren, Kundenfeedback einholen, Produkt anpassen.

dukt? Bietet es ihnen echten Mehrwert? Welche Funktionen sind relevant, welche werden vermisst? Die Antworten liefern wichtige Erkenntnisse darüber, ob die zugrundeliegenden Annahmen und Sichtweisen zutreffend waren oder ob sie berichtigt werden müssen.

Zweiter Schritt: Lernphase

Die von den Kunden gesammelten Daten müssen sorgfältig analysiert werden, um daraus neue Erkenntnisse abzuleiten. Wie anfangs bereits erwähnt, ist die Entwicklung neuer Services eine Aufgabe, die eine Zusammenarbeit über zahlreiche Abteilungen hinweg erfordert. So können auch Marketing und Vertrieb einbezogen werden, um vom Kundenfeedback zu profitieren und ihre Aktivitäten zu koordinieren. Damit wird ein weiterer Mosaikstein gelegt, um schnell und kostengünstig ein Produkt zu entwickeln, das den Anforderungen des Marktes möglichst optimal entspricht.

Dritter Schritt: Anpassung und Loop-back

Mit Blick auf das erhaltene Kundenfeedback können nun die Produkteigenschaften angepasst, Funktionen überarbeitet oder ergänzt werden. Die Entwicklung verläuft dabei in einem Kreislauf: Mit kleinen, überschaubaren Schritten, die sich schnell realisieren und im Kundenfeedback validieren lassen, kann das Produkt zügig ausgebaut und marktreif gemacht werden. Und auch nach dem Go-to-Market lässt sich mit Hilfe dieses Konzeptes die Weiterentwicklung eng an die Kundenwünsche koppeln.

Das Problem, vor dem Lenze stand, betrifft nicht nur die Hersteller von Komponenten und Zubehör, sondern auch die Maschinenbauer: Zwar erkennt man die Möglichkeiten der digitalen Transformation, hat jedoch zu wenig Erfahrung mit datenbasierten Geschäftsmodellen und zu wenig Ressourcen, um das nötige Know-how aufzubauen und Entwicklungen schnell genug zu einem marktfähigen Produkt voranzutreiben. Eine Kooperation mit einem Partner wie Logicline schafft Abhilfe. Deren Experten haben die Erfahrung mit Cloud-Anwendungen und Innovationsmanagement, und sie stellen die benötigten Ressourcen auf Seiten der IT-Entwicklung bereit. Mit dieser Unterstützung gelingt es, Produkte in kurzer Zeit zu entwickeln. Die Konzentration aufs Wesentliche in der Startphase trägt dazu bei, dass der Aufwand und damit das Risiko geringgehalten wird und der Ressourceneinsatz erst nach und nach ansteigt. Regelmäßige Kundenfeedbacks und kleinere Entwicklungsschritte gewährleisten, dass die aktuellen Anforderungen des Marktes getroffen werden und das Produkt schnell verfügbar ist.

Mit der Vorstellung der Asset-Management-Applikation auf der Hannover Messe 2018 konnte Lenze zeigen, dass es möglich ist, innerhalb eines Jahres eine Anwendung zu entwickeln, die nicht allein ein Stück Software ist, sondern die ein neues Geschäftsmodell für OEMs eröffnet, das nicht nur Erstausrüstern, sondern auch deren Kunden Mehrwerte aufgrund besserer Services bietet. □

Weitere Informationen zu Logiclines Lösungsangeboten finden Sie unter: www.instant-iot.de

IOT FÜR DIE DIGITALE WERTSCHÖPFUNG

Das Internet der Dinge begünstigt die Digitalisierung, durchgängige Informationsflüsse und eine intelligente Automatisierung der Produktion. Doch wie lassen sich die Daten für alle Beteiligten, für eine maximale Wertschöpfung und für neue Geschäftsmodelle nutzen?

TEXT: Siegfried Wagner, in-integrierte informationssysteme

Die Industrie 4.0 hat zum Ziel, dass sich Produkte, Maschinen und Anlagen eigenständig und dynamisch an veränderte Anforderungen anpassen und sich selbst optimieren. Bisher gibt es viele Software-Lösungen am Markt, die Daten und Zustände auslesen, auswerten und visualisieren. Dies ermöglicht einen Überblick über den Status-quo und erfordert eine Interpretation und entsprechende Eingriffe gegebenenfalls über mehrere Systeme hinweg durch den Menschen. Gewünscht sind im Sinne der Industrie 4.0 Analysen und automatisiertes Handeln.

Status-quo: Übergreifende Logik fehlt

Der Ist-Zustand in vielen Fabriken gestaltet sich wie folgt: Die Systeme, die in der Vergangenheit angeschafft worden sind, verfügen nicht über offene Schnittstellen und getrennte Bedienoberflächen, Daten können nicht über Systemgrenzen hinweg fließen und erfordern eine manuelle Datenübertragung über Papier oder von System zu System. Die Reaktion auf Ereignisse in der Produktion, wie Störungen, ist abhängig von der Tagesform und Verfügbarkeit der ausgebildeten Spezialisten im Unternehmen. Analysen folgen oft erst im Nachgang eines Störfalls oder Fehlers. Darüber hinaus sind die Anlagen oftmals nicht über Schnittstellen beeinflussbar und können damit auch nicht in automatisierbare Prozesse eingebunden werden. Entsprechend hoch sind daher die potenziellen Schäden durch Ausfallzeiten.

Hinzu kommt, dass bei fachlich gleichen Daten aus verschiedenen Quellen Inkonsistenzen vorkommen können.

Historische Werte (Zeitreihen) stehen nicht zur Verfügung und können nicht für (selbst-)lernende Verfahren genutzt werden, um Prognosen abzuleiten. Es fehlt schlichtweg eine anwendungsneutrale Datenschicht in der Mitte und eine übergreifende Logik.

Ziel: Vorhersage, Automatisierung, Optimierung

Vorausschauend, automatisiert und selbstoptimiert sollten die Systeme, Anlagen und intelligente Produkte sein, um aus Industrie-4.0-Technologien und -Prozessen neue Geschäftsmodelle und Wertschöpfung zu generieren. In der Produktion ist ein wichtiges Ziel die Automatisierung und Flexibilisierung der Fertigung, mit dem Ergebnis eines kundenindividuellen Produktes zu optimalen Herstellungskosten. Ein intelligentes Produkt ermöglicht neben der Wertschöpfung durch dessen Nutzung zusätzliche Services, die Komfort bieten und abrechenbar sind. Im Idealfall wird das Produkt direkt als Enabler für diese Services designed und generiert kontinuierliches Folgegeschäft, etwa automatische Wartungsservices.

Daher muss die Vernetzung nicht nur intern, sondern auch zu Lieferanten und Serviceanbietern als Potenzial einbezogen werden. Dienste von externen, spezialisierten Serviceanbietern sollten aus diesem Grund über offene Schnittstellen auf relevante Daten zugreifen können und damit Analyse, Vorhersage und Automatisierung ermöglichen. Somit lassen sich durch Smart-Services sowohl für Hersteller in der Produktion als auch bei der späteren Nutzung der Produkte neue Geschäftspotenziale erschließen.

Die Lösung: Offene, modulare IoT-Plattformen

Offene IoT-Plattformen ermöglichen es, relevante Daten aus verschiedenen Gewerken zusammenzuführen, intelligent zu verarbeiten und gegebenenfalls Systeme aktiv zu beeinflussen. So entsteht auf Basis des digitalen Abbildes (Digital Twin) des Produktionssystems mit all seinen komplexen Rahmenbedingungen, durch die Auswertung von Vergangenheitsdaten und die Nutzung von Prognosen eine Lösung, die frühzeitig negative Veränderungen in der Produktionskette erkennt, rechtzeitig Informationen bereitstellt und den Eingriff automatisieren kann. Durch den modularen Aufbau einer solchen Plattform können weitere Dienste integriert oder ergänzt werden. Die Gebühren zur Nutzung einer solchen Plattform können sich an dem erzielten Erfolg orientieren.

Physische Anlagen, Steuerungen, Sensoren und Aktoren aus verschiedenen Gewerken, mit verschiedenen Protokollen werden über Adapter oder Agenten an den digitalen Zwilling nach Möglichkeit bidirektional angebunden (vertikale Integration). Über Business-Connectoren erfolgt der Datenaustausch mit weiteren IT-Systeme wie beispielsweise dem ERP, MES, DB, Excel oder Sharepoint (horizontale Integration). Hinzu kommen parametrierbare Konnektoren, um weitere webbasierte Services wie Analyse und Prognose nutzen zu können. Im Rahmen einer strukturellen Integration mittels Digital Twin entsteht so ein zentrales und bidirektionales Datenmodell, in dem Datenquellen fachlich konsistent und aktuell für alle Services und Anwendungsfälle mit Bedienoberflächen zur Verfügung stehen.

Um Machine Learning zu unterstützen, können selektiv Veränderungen als Zeithistorie aufgezeichnet und weiter verarbeitet werden. Das Datenmodell ermöglicht dabei die Ablage und Analyse von Zeitreihen der Vergangenheit (Historie) und Zukunft (Prognosen). Das Datenmodell kann zudem durch Ereignisorientierung und Steuerbarkeit auf Ereignisse reagieren und Änderungen herbeiführen. Frei definierbare Regeln ermöglichen die gewerkeübergreifende Automatisierung.

Vorhersagen und Optimierungen integrieren

Durch diesen Lösungsansatz ist es möglich, Vorhersagen und Optimierungen in den laufenden Prozess zu integrieren und so ohne menschliches Zutun komplexe Vorgänge zu analysieren und abgeleitete Maßnahmen über komplexe Regeln zu automatisieren. Dieser Ansatz befindet sich im realen Einsatz in Industriebereichen, in denen erfolgreich durch kontinuierliche Überwachung sowohl auf geplante als auch auf spontane Ereignisse reagiert werden muss und Anlagen automatisch so gesteuert werden, wie es ein Fachmann tun würde. Das bedeutet, die Plattform liefert dem Entscheider nicht nur relevante Informationen, sondern gibt ihm konkrete Optimierungsvorschläge und Empfehlungen, an welchen Stellen beispielsweise Energieeinsparungen möglich sind. Auf Wunsch ist die Plattform in der Lage, diese sogar eigenständig auszuführen.

Der hier vorgestellte Lösungsansatz ist auf verschiedene, industrielle Bereiche anwendbar. Er gilt gleichermaßen im Produktionsumfeld, in der Logistik als auch für intelligente Produkte und Services. □

WIE SICH DATEN STANDARDISIEREN LASSEN

IoT-Lösungen erfassen und verarbeiten Daten. Doch oft nutzen Maschinen unterschiedliche Datenstrukturen, die eine IoT-Applikation in einen sinnvollen Zusammenhang bringen muss. Die dafür notwendige Standardisierung kann auf verschiedenen Ebenen umgesetzt werden.

TEXT: Jan Rodig, Tresmo BILDER: Tresmo

Das Internet der Dinge (IoT) hat schon jetzt das Zeug dazu, industrielle Prozesse und ganze Geschäftsmodelle nachhaltig zu verändern. Mit Hilfe von Sensoren und Gateways werden Geräte und Maschinen smart: Durch das Sammeln und Auswerten von spezifischen Daten, wie beispielsweise Laufleistungen, Temperaturen, Verschleiß oder Verbrauch von Hilfsmitteln, werden Anwendungsfälle wie Predictive Maintenance (vorausschauende Wartung) oder neue nutzungsabhängige Erlösmodelle Realität.

Geräte nutzen oft unterschiedliche Sprachen

Die meisten IoT-Projekte von Herstellern entstehen als Insellösungen, bei denen zunächst einzelne Geräte und Maschinen vernetzt werden. Diese werden im Idealfall bedarfsgetrieben entwickelt, wenn Kunden neue Services erwarten oder der Wettbewerb nach Differenzierung verlangt. Oftmals ist die Umrüstung der Geräte oder Maschinen dabei die kleinere Herausforderung. Doch bald laufen die Daten auf, die zum einen Speicherplatz benötigen und zum anderen mit einer Anwendung nach zuvor definierten Regeln ausgewertet werden müssen.

Fast immer sprechen die diversen, miteinander zu vernetzenden Geräte verschiedene Sprachen und liefern unterschiedlich strukturierte Daten. Nicht nur, dass beinahe jeder Hersteller eigene Daten-Repräsentationen nutzt, oft basieren sogar verschiedene Gerätetypen desselben Herstellers auf

unterschiedlichen Datenstrukturen. Im Folgenden geht es genau um diesen letztgenannten Fall: Ein Hersteller bietet viele unterschiedliche Geräte an, die bislang verschiedene Sprachen sprechen. Diese Lösungen gilt es nun, durch effiziente Ansätze zu integrieren.

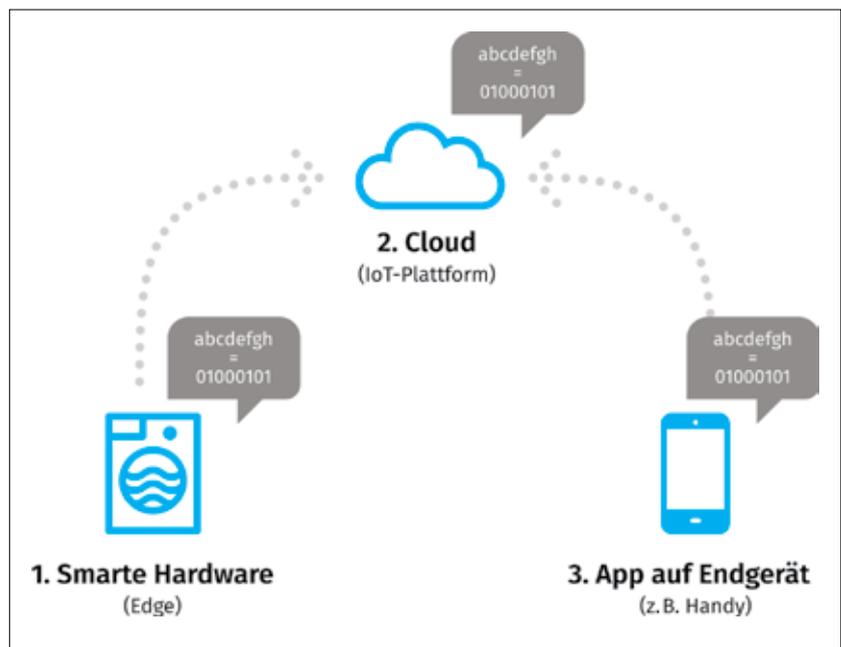
Wird bei ersten kleineren Vernetzungsprojekten von physischen Produkten zunächst ein ganz bestimmter Service für eine einzelne Geräte- und sehr spezifische Kundengruppe entwickelt, fällt das Problem der Datenstandardisierung kaum ins Gewicht. Doch sobald die Anforderungen wachsen, wenn etwa für eine neue Geräteklasse ein ähnlicher IoT-Service geboten oder die Funktionalitäten der App ausgeweitet werden sollen, steigt der Aufwand enorm an, all die verschiedenen Datenstrukturen unter einen Hut zu bekommen.

Nur wenn die Daten vereinheitlicht werden, kann sich eine IoT-Lösung entwickeln. Doch an welcher Stelle ist die Standardisierung sinnvoll: Lassen sich die Daten besser auf der Hardware-Ebene vereinheitlichen oder sollte die Anwendung alle Datentypen interpretieren können? Und welche Vorteile hat eine IoT-Plattform als Zwischenlayer?

Firmware-Updates sind aufwendig und teuer

Sowohl Programmierer als auch Techniker begegnen Firmware-Updates mit Vorsicht. Zu Recht, denn sie sind meist mit hohem Aufwand und gewissen Gefahren verbunden. Zwar

Idealerweise können Daten von der Hardware über die Cloud in eine App übernommen werden. Voraussetzung ist eine einheitliche Sprache zur Weiterverarbeitung der Daten.



lassen sich die Datenstrukturen der Geräte damit auf einen einheitlichen Stand bringen, doch die Entwicklung solcher Firmware-Updates bringt auch gravierende Risiken mit sich. Vor dem Release sind umfangreiche und zeitintensive Tests notwendig. Für jede Gerätekategorie muss unter Umständen ein eigenes Update entwickelt werden.

Nach der Entwicklung müssen die Updates dann auf die physischen Geräte aufgespielt werden. Nur in den seltensten Fällen kann das per Fernwartung geschehen. Das bedeutet, ein Techniker muss die Geräte vor Ort aktualisieren. Dieser Aufwand wird schnell unkalkulierbar und unrentabel, etwa wenn es sich um viele oder geografisch weit verbreitete Geräte handelt. Demnach sind Firmware-Updates also grundsätzlich eine mögliche Lösung, in der Praxis erweisen sie sich jedoch häufig als unpraktikabel und vergleichsweise teuer.

Essenzieller Bestandteil einer IoT-Lösung ist eine Anwendung, mit deren Hilfe sich Geräte und Maschinen, also die „Dinge“, steuern lassen. Ist es hierbei sinnvoll, die Logik der Vereinheitlichung in diese App zu integrieren?

Gerade bei Projekten, bei denen hoher Zeitdruck herrscht, wird häufig dieser Ansatz gewählt. Die Vorteile liegen darin, dass dann keine Firmware-Updates notwendig sind. Die App kann, da sie neu entwickelt wird, schnell mit den gewünschten Funktionen versehen werden.

Standardisierung in der App?

Doch bei der Skalierung und Weiterentwicklung stößt dieser Ansatz schnell an seine Grenzen. Soll eine App auf verschiedenen Endgeräten funktionieren, muss sie mehrere Betriebssysteme unterstützen, die jeweils über eine eigene Dateninterpretationslogik verfügen. Sollen neue Geräte oder Funktionen hinzugefügt werden, erweist sich die Datenstandardisierung in der App daher schnell als ebenso unflexibel wie das Einspielen von Firmware-Updates: Bei jedem Datentyp muss die App für jedes Betriebssystem angepasst, getestet und neu ausgerollt werden.

Die optimale Lösung liegt darin, einen Zwischenlayer für die Datenstandardisierung zu schaffen. Dann können die Geräte ohne erforderliches Firmware-Update wie bisher ihre

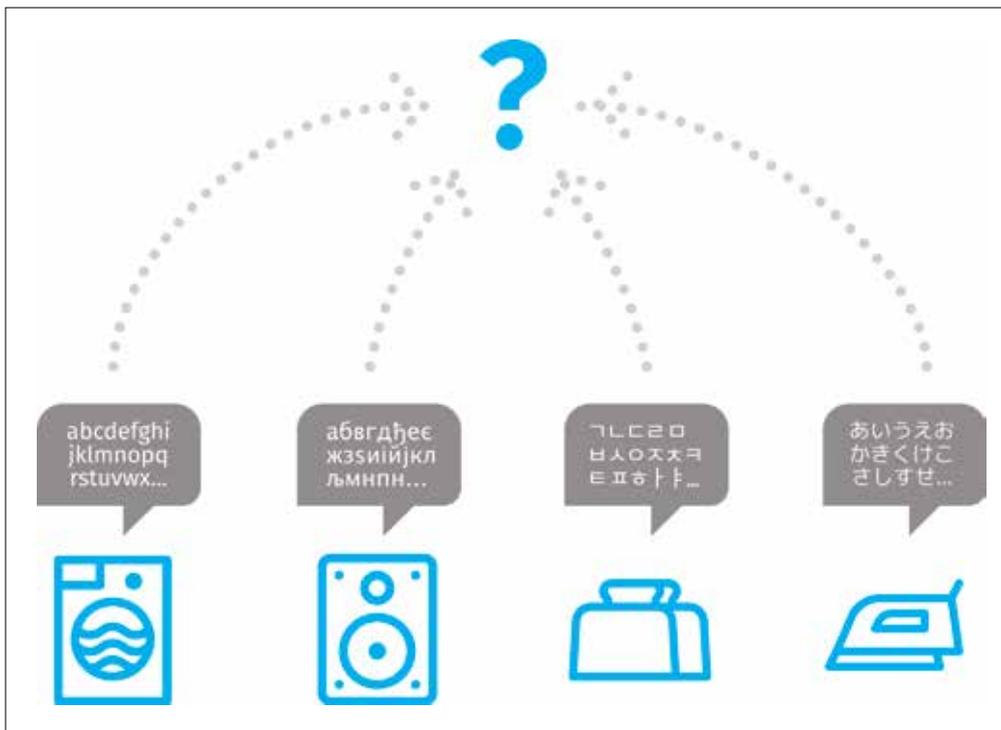
Glück

„Man muss Glück teilen, um es zu multiplizieren.“
Marie von Ebner-Eschenbach

SOS
KINDERDÖRFER
WELTWEIT

sos-kinderdoerfer.de

2018/1



Wenn Geräte im Internet der Dinge unterschiedliche Sprachen sprechen, ist eine Kommunikation und ein Datenaustausch nahezu unmöglich.

Daten senden und die Applikationen selbst bleiben schlank. Die Folge ist eine sehr flexible, skalierbare Lösung.

Zwischenlayer auf Plattformebene

Der Zwischenlayer wird dabei oft auf Ebene der IoT-Plattform angesiedelt. Die Daten kommen dort hersteller- beziehungsweise gerätespezifisch an, werden vereinheitlicht und dann standardisiert an die App weitergegeben. Sind Änderungen oder Ergänzungen am Datenmodell notwendig, muss dies nur ein einziges Mal zentral auf der Plattform angepasst werden.

Eine solche strategische Herangehensweise sichert die Nachhaltigkeit und Zukunftsfähigkeit einer IoT-Lösung. Sie bedarf jedoch auch einiger grundlegender Vorüberlegungen: Basierend auf den technischen Parametern der zu vernetzenen Dinge und der geplanten IoT-Services, sollte ein Datenmodell entwickelt werden, welches flexibel und intelligent genug ist, spätere Änderungen abdecken zu können. Darüber hinaus müssen Unternehmen entscheiden, ob sie eine IoT-Plattform selbst entwickeln oder auf eine der zahlreich am Markt vorhandenen Angebote zurückgreifen wollen. Für die Auswahl wiederum ist entsprechendes Know-how und eine umfangreiche IoT-Projekterfahrung notwendig. Denn die derzeit am

Markt befindlichen IoT-Plattformen unterscheiden sich bei ihrer Herangehensweise und ihrem Leistungsumfang zum Teil erheblich voneinander.

Schon jetzt zeichnet sich ab, welche Bedeutung IoT-Lösungen künftig besonders für Industrieunternehmen haben werden. Das gilt sowohl für die Unternehmen, die IoT-Services anbieten als auch für diejenigen, die sie als Betreiber nutzen. Das Optimierungspotenzial ist enorm. Hardware-Umrüstung und Datenerfassung sind vergleichsweise unkompliziert. Der Knackpunkt ist die Anwendung selbst und ihre Belieferung mit standardisierten Daten. Dabei kann kaum auf vorhandene Standards zurückgegriffen werden. Zwar gibt es einige Brancheninitiativen, die sich dem Thema widmen, doch dauert eine hersteller- und länderübergreifende Standardisierung lange und kann am Ende oft doch nur einen minimalen Kompromiss darstellen.

IoT-Projekte strategisch beurteilen

Deshalb sollten Unternehmen schon in der Anfangsphase von IoT-Projekten diese nach ihrer strategischen Bedeutung beurteilen. Kleinere Einzelanwendungen und Test-Projekte mögen ohne ein intelligentes Datenmodell auskommen, eine zukunftsfähige skalierbare IoT-Lösung hingegen nicht. □

KI HILFT BEI INDUSTRIELLER FERTIGUNG

Die Fertigungssteuerung kann ein hochkomplexer Vorgang mit einer Fülle von mitunter in Echtzeit zu treffenden Entscheidungen sein. Hierbei helfen Software-Lösungen, die Optimierungsentscheidungen berechnen und aus historisierten Abläufen automatisch lernen.

TEXT: Dr. Rudolf Felix, PSI FLS Fuzzy Logik & Neuro Systeme **BILDER:** PSI FLS Fuzzy Logik & Neuro Systeme

In der Regel werden Fertigungsprozesse in langfristigen Zyklen basierend auf erwarteten Auftragsmischen geplant. Die dann physisch entstehenden Fertigungsstrukturen haben für längere Zeiträume Bestand. Die Auftragsmische ändern sich allerdings dynamisch und zunehmend sehr kurzfristig. Dementsprechend ist die Fertigungssteuerung hochkomplex. Oftmals sind zahlreiche, mitunter in Realzeit zu treffende Entscheidungen notwendig. Spezielle Software-Lösungen können Optimierungsentscheidungen berechnen und aus Abläufen in der Vergangenheit automatisch lernen.

Zahlreiche industrielle Anwendungen bestätigen, dass eine solche Software-Lösung für Realzeitoptimierung die Abweichungen zwischen dem, wofür die Fertigungsstrukturen ausgelegt worden sind, und den Auftragsmischen, die sie jetzt bewältigen müssen, erfolgreich balancieren kann. Eine Analyse von historisierten Produktionssequenzen und Schedules mit Hilfe von KI-Methoden auf Basis der erweiterten Fuzzy-Logik kann systematische Verbesserungspotenziale ermitteln helfen und so häufig vorkommende kostentreibende Ad-hoc-Anstrengungen in systematisch berechnete effiziente Maßnahmen wandeln.

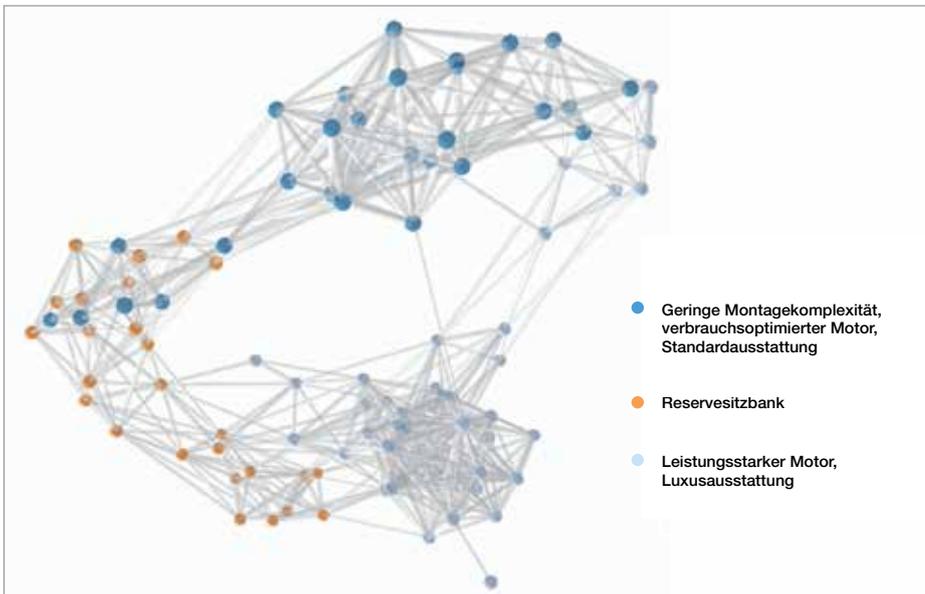
Untersuchungen zeigen, dass die genannten Abweichungen zum einen aus systematischen aber nur im Nachhinein feststellbaren Gründen entstehen, weil bestimmte Eigenschaften der Fertigungsstruktur zu dem Auftragsmix nicht passen. Zum

anderen sind auch spontan auftretende Anomalien des Prozesses feststellbar. Beide Arten von Abweichungen und Anomalien voneinander zu trennen, ist zwar eine anspruchsvolle, aber zugleich sehr nutzbringende Aufgabe, die Schwierigkeiten vorbeugend behandelt.

Vorbeugendes Lernen dank Konflikterkennung

Bei der vorausschauenden Vorbeugung, die auf erweiterter Fuzzy-Logik basiert und in Verbindung mit künstlichen, neuronalen Netzen und maschinellem Lernen arbeitet, geschieht Folgendes: Die Produktionssequenzen der Vergangenheit werden analysiert und mit den in den originären Lösungen enthaltenen, KPI-orientierten Optimierungen verknüpft. Unter KPIs (Key Performance Indicators) sind dabei Effizienzkriterien zu verstehen, mit deren Hilfe die Wirtschaftlichkeit der Produktion gemessen und bewertet wird.

Die Software verfügt über Mechanismen, diese KPIs als Optimierungsziele abzubilden, anhand welcher die Produktion dann optimal gesteuert wird. Wesentliches Element der Optimierung ist die Zielkonfliktanalyse. Sie ist notwendig, da nicht alle Effizienzziele des zu optimierenden Prozesses untereinander verträglich sind. Sind die Unverträglichkeiten (Zielkonflikte) durch die Software identifiziert, so lassen sich optimal ausbalancierte Produktionssequenzen berechnen. Im Falle der, in zahlreichen industriellen Anwendungen, eingesetzten



Sequenzierungsentscheidungen, also Entscheidungen über die Reihenfolge, in welcher Fahrzeuge in einer Fabrik hergestellt werden, veranschaulichen, wie die Software arbeitet.

Software wird die Zielkonfliktanalyse um automatisches Lernen von Anomalien erweitert.

Hierzu werden mittels maschinellem Lernen Eigenschaftsklassen von Produkten und Ressourcen aus vergangenen Produktionssequenzen auf Klassen von KPIs abgebildet. Hierdurch werden die Zusammenhänge zwischen den Eigenschaftsklassen der Produkte und Klassen von KPIs erlernt. Die gelernten Klassen stellen die systematischen Anomalien des Prozesses dar. Mit Hilfe der so gelernten Zusammenhänge ist es möglich, die Anomalien in Optimierungsziele für den Algorithmus zu übersetzen, so dass die Optimierung um zusätzliche, den systematischen Anomalien entgegenwirkende, Ziele erweitert wird. Somit kann die Produktion besser und noch gezielter verbessert werden. Die systematischen Anomalien werden sozusagen mit Hilfe der gelernten Zusammenhänge zusätzlich vorbeugend optimiert.

Beispiel aus der Automobilfertigung

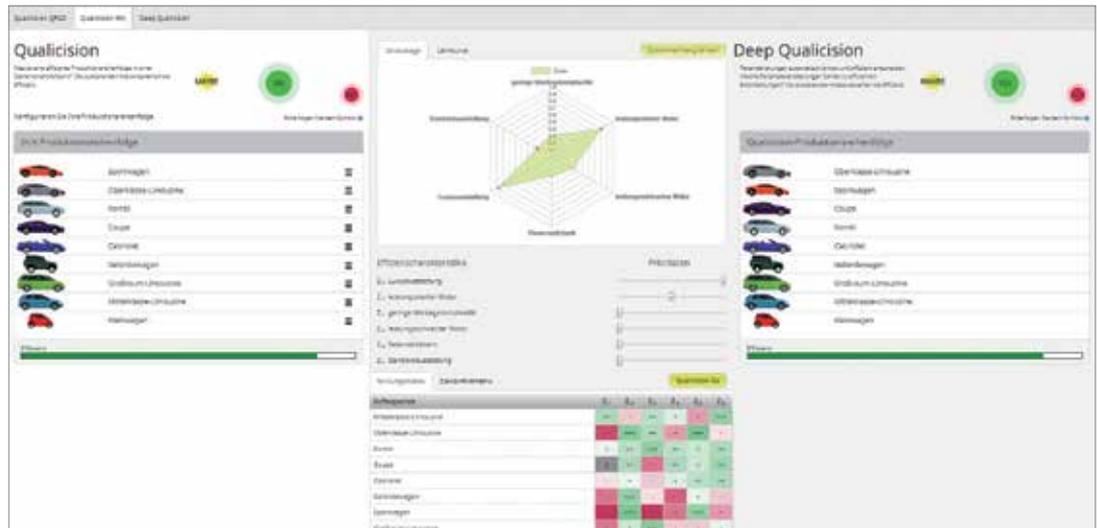
Das folgende, stark vereinfachte Beispiel von Sequenzierungsentscheidungen, das heißt Entscheidungen über die Reihenfolge, in welcher Fahrzeuge in einer Fabrik hergestellt werden, veranschaulicht das Prinzip der Software: Bei den hier zu modellierenden Entscheidungen geht es um die Sequenzierung von Aufträgen von Fahrzeugtypen, die so in eine Reihenfolge zu bringen sind, dass diese eine maximale Anzahl der relevanten Produktions-Effizienz-Kriterien erfüllt, wenn die Produktionslinie in der Fabrik nach der zu berechnenden Sequenz gesteuert wird.

Diese Kriterien sind durch die Effizienzcharakteristika der Produktionslinie festgelegt. Im hier angeführten Beispiel stellt die Fabrik folgende Fahrzeugtypen her: Kleinwagen, Coupé, Cabrio, Limousine, Großraumwagen, Sportwagen und Geländewagen. Der Einfachheit halber sei angenommen, dass diese Fahrzeugtypen alle auf einer einzigen Linie der Fabrik hergestellt werden.

Die für die Effizienz der Produktionslinie wichtigen Kriterien beim Abarbeiten der Sequenz sind die folgenden Charakteristiken der Fahrzeugmodelle: geringe Montagekomplexität, leistungsstarker Motor, Reservesitzbank, Luxusausstattung und Standardausstattung. Die Effizienz der Produktionslinie hängt davon ab, ob die Reihenfolge, in der die Fahrzeuge angeordnet werden, auf die Leistungsfähigkeit der Produktionslinie abgestimmt ist.

Auftragsmix auf Produktionslinie abstimmen

Die Bestimmung der geeigneten Reihenfolgen ist gerade deshalb so wichtig, weil die Produktionslinie auf einen prognostizierten durchschnittlichen Auftragsmix an Fahrzeugen physisch ausgelegt ist. Dies bedeutet also, dass die Produktionslinie im Wesentlichen einmal im Zuge ihrer Planung statisch ausgelegt worden ist. Der tatsächliche Auftragsmix wechselt dagegen dynamisch und täglich. Daher ist der jeweilige Auftragsmix nur dann effizient produzierbar, wenn die Reihenfolge der Aufträge so gebildet wird, dass die Kombination aus Auftragsmix und Produktionslinie optimal aufeinander abgestimmt ist.



In diesem Beispiel hängt die Effizienz davon ab, ob die Reihenfolge, in der die Fahrzeuge angeordnet werden, optimal auf die Leistungsfähigkeit der Produktionslinie abgestimmt ist.

Falls ein menschlicher Entscheider die Reihenfolgenbildung manuell durchführt, kommen durch die Zusammenstellung der Reihenfolge indirekt die bevorzugten Kriterien des Entscheiders zum Ausdruck sowie seine Vorstellung davon, was eine gute Reihenfolge ausmacht. So gesehen finden sich manche seiner Präferenzen mehr und andere weniger in der Reihenfolge wieder. Manche können sogar völlig übersehen oder gar bewusst, beispielsweise aus Zeitnot, außer Acht gelassen worden sein.

Komplexität wird besser beherrscht

Dass dies in der Regel so ist, liegt an der enormen kombinatorischen Komplexität, die die Reihenfolgenbildung nach sich zieht. Bei der Berechnung entsprechender Entscheidungscluster ist die Algorithmik nun einmal dem Menschen klar überlegen, weil sie die vorliegende Komplexität deutlich besser beherrscht.

Im gewählten Beispiel lässt sich nun erkennen, dass geringe Montagekomplexität, verbrauchsoptimierter Motor und Standardausstattung zusammen eine Produktions-Effizienzgruppe bilden. Die zweite Gruppe vereint die Kriterien leistungsstarker Motor und Luxusausstattung, in der dritten Gruppe finden sich die Autotypen mit Reservesitzbänken. Zugleich zeigt sich, wie die Software effiziente Reihenfolgen generiert, die die durch die Struktur der Produktionslinie bedingten Zielkonflikte ausbalancieren, und die Auslastung der Linie optimieren. Das Ausbalancieren führt zu deutlich besseren Ergebnissen (15 Prozent und mehr) als Berechnungen, welche eine

lineare Unabhängigkeit zwischen den Zielen annehmen (wie zum Beispiel gewichtete Summen).

In realen Praxisbeispielen ist die Anzahl der Cluster und der Wechselwirkung zwischen diesen natürlich sehr viel größer als in dem hier vorliegenden Beispiel und steigt bedingt durch Kombinatorik exponentiell mit der Anzahl der Aufträge und der Zielkriterien an. Die Software findet sich hier dennoch zurecht und ist in der Lage, die Zusammenhänge effizient auszuwerten.

Große Bandbreite an Anwendungen

Die Software-Lösung deckt eine große Bandbreite von Anwendungen ab: Optimierungs-Lösungen, die mit der erweiterten Fuzzy-Logik arbeiten und sich gleichzeitig auf die Kombination von künstlichen, neuronalen Netzen und maschinellem Lernen stützen, lernen ihre eigene Parametrierung automatisch. Damit ist die Software-Lösung in der Lage, selbst dann effiziente Entscheidungsfindungen in selbstregelnden Optimierungsprozessen zu liefern, wenn der Auftragsmix und die Entscheidungsparameter permanent schwanken. Solche Lösungen sind dann erforderlich, wenn es um die Optimierung der Produktionssteuerung in Fabriken geht, bei denen die Auftragsmengen und der Auftragsmix stetigen Änderungen unterliegen. Generell sind mit dieser Methode alle Prozesse der Ressourcenzuordnung und -nutzung optimierbar.

Informationen zur Schwesterfirma PSI Automotive & Industry finden Sie im Business-Profil auf Seite 38.

WETTBEWERBSVORTEIL MIT INDUSTRIAL ANALYTICS

Mit Industrial Analytics lässt sich die 24/7-Serienfertigung auf ein neues Level heben. Das zeigt ein Echtzeit-Monitoring-System für Rührreibschweißsysteme. Dank einer Analytics-Software lassen sich nun präzise Vorhersagen darüber treffen, wann Fehler auftreten, und neue Geschäftsmodelle realisieren.

TEXT: Horst Kalla, Weidmüller BILDER: Grenzebach

Mit seinen Rührreibschweißsystemen bietet der Maschinen- und Anlagenbauer Grenzebach ein innovatives Fügeverfahren zum Verbinden von technisch reinen Metallen, Legierungen und Mischverbindungen. Die Rührreibschweiß-Technologie, auch als Friction Stir Welding (FSW) bekannt, eignet sich besonders für das Schweißen von Leichtmetallen wie Aluminium und dessen Legierungen.

Um an diesen Maschinen ein Echtzeit-Monitoring-System beim Schweißvorgang realisieren zu können, nutzt Grenzebach die Industrial-Analytics-Software von Weidmüller. Ein weiteres Ziel hierbei war es, Kosten und Ressourcen durch eine gezielte Wartung einzusparen. Die Weidmüller-Lösung versetzt den Anwender nun in die Lage, proaktiv zu reagieren und sofort eine Aussage über die Qualität der erstellten Schweißnaht zu treffen beziehungsweise dem Anlagenbediener die genaue Fehlstelle visuell mitteilen.

Über die im Schweißkopf integrierte Sensorik wertet die Software Prozessdaten aus, die beispielsweise Rückschlüsse auf den Werkzeugzustand (Beanspruchung, Laufleistung und Lebensdauer) ermöglichen und berechnet auf diese Weise präzise das nächste Werkzeugwechselintervall, Kosten- und Ressourcen lassen sich einsparen. Mit dem Einsatz von Industrial Analytics eröffnen sich hier völlig neue Einsatzbereiche und Anwendungsfelder in der 24/7-Serienproduktion.

Vorteile des FSW-Verfahrens

Die Rührreibschweiß-Technologie ermöglicht robuste, verzugsarme und mechanisch feste Verbindungen, ohne dass Schweißzusätze und Schutzgas verwendet werden müssen. Die mit FSW produzierten Verbindungen verfügen darüber hinaus über eine sehr gute Oberflächenqualität. Die zum Verbinden benötigte Prozesswärme wird beim Rührreibschweißen mit einem drehenden Werkzeug („Reibstift“) durch Reibung und Druck an der Nahtstelle erzeugt. Das Metall verformt sich plastisch durch die eingebrachte Wärme und wird durch die Rotation des Werkzeugs entlang der Nahtstelle verrührt. Auf diese Weise entsteht eine robuste und langzeitbeständige Naht, mit nur geringen Bauteildeformationen beziehungsweise Eigenspannungen.

Für eine dynamische Prozessregelung ist der speziell entwickelte Schweißkopf mit Kraftsensoren ausgestattet, die die Verformung sowie die Zug- und Druckkräfte messen. Die von den Sensoren erzeugten Daten wiederum nutzt Weidmüller für seine Analytics-Software, um daraus das „Reibstift“-Verhalten zu lernen. In Zusammenarbeit mit den Grenzebach-Ingenieuren startete Weidmüller mit der Datenaufnahme. Datensätze von über 100 Schweißnähten wurden ermittelt und beurteilt. Die relevanten Daten wurden anschließend herausgefiltert und anhand von intelligenten Datenanalyseverfahren

Die Rührreißschweiß-Technologie (Friction Stir Welding, FSW) eignet sich besonders für das Schweißen von Leichtmetallen wie Aluminium und dessen Legierungen.



ausgewertet. Das Ergebnis der umfangreichen und detaillierten Analyse wurde als Referenzdatensatz hinterlegt.

Einen wesentlichen Bestandteil der Analysen bildet allerdings das Know-how von Grenzebach. Die Weidmüller Analyse-Software kann Fehler zwar mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit vorhersagen – Voraussetzung hierfür ist jedoch stets, dass er zuvor klassifiziert worden ist. Nur Grenzebach kann bewerten, ob eine Anomalie tatsächlich als kritischer Fehler einzustufen ist.

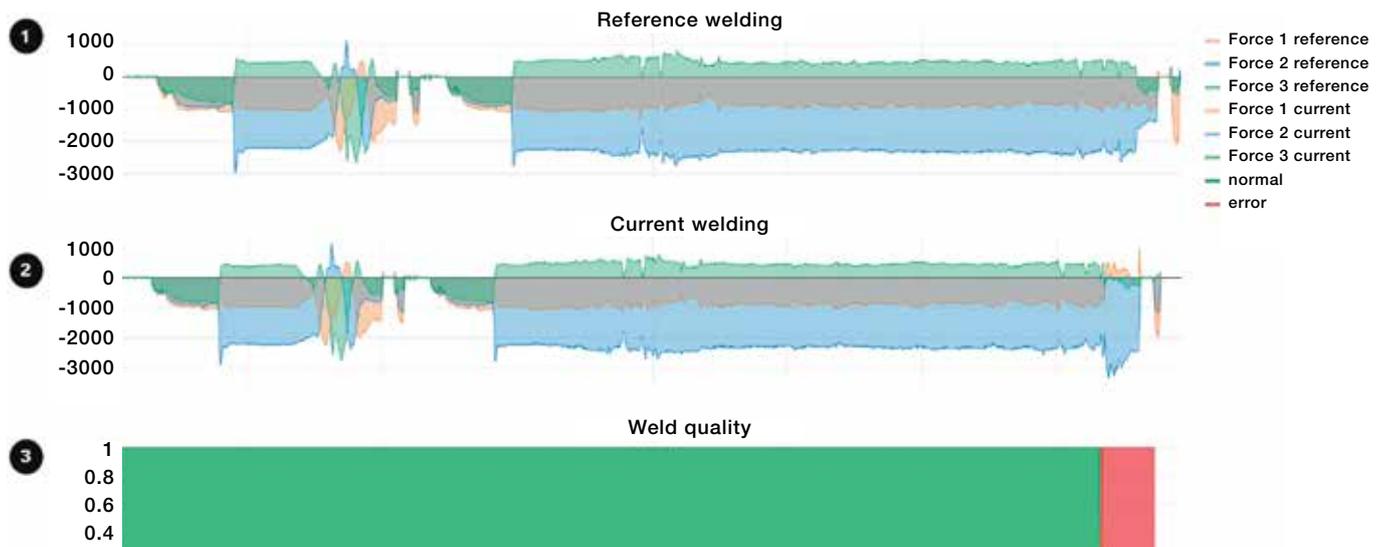
Optische Kontrolle kann entfallen

Eine Qualitätskontrolle erfolgte beim Rührreißschweißen bisher optisch durch den Bediener im Anschluss an den Schweißprozess. Bei diesem Vorgehen steht das Schweißergebnis im direkten Zusammenhang mit dessen Know-how. Die aufwändige und umständliche Kontrolle kann zukünftig durch den Einsatz der Industrial-Analytics-Lösung von Weidmüller nun entfallen. Das Prüfverfahren funktioniert folgendermaßen: Während des Schweißprozesses vergleicht die Software die Daten, die von den Sensoren geliefert werden, mit den hinterlegten idealen Datenmodellen des Referenzsatzes. Sobald eine Abweichung außerhalb der definierten Parameter vorliegt, erhält der Anlagenbediener einen Hinweis, dass eine Anomalie beim Schweißprozess aufgetreten ist. Die

Software arbeitet so präzise, dass sie dem Bediener die genaue Fehlstelle visuell mitteilt. Die bisherige manuelle Kontrolle der Schweißnaht entfällt.

Die Analytics-Software von Weidmüller ermöglicht es nicht nur, die Qualität jeder Schweißnaht zu erfassen, sondern auch von jedem produzierten Teil. Dadurch wird eine lückenlose Dokumentation der hergestellten Produkte möglich. Diese Möglichkeit der Erfassung hat unter anderem folgende Vorteile: eine vereinfachte haftungsrechtliche Absicherung des Produktherstellers, die Rückverfolgbarkeit und Reproduzierbarkeit der gefertigten Teile sowie die Erfüllung der gesetzlich geforderten Archivierung von relevanten Informationsinhalten.

Gleichzeitig liefert die Software auch Hinweise, wann der für die Erzeugung der Wärme zuständige Reibstift an der Maschine auszufallen droht und ersetzt werden muss. Diese Vorhersage ermöglicht eine weitaus effizientere Nutzung des „Reibstifts“ – mit entsprechendem Kostenvorteil. Denn durch den Hinweis der Weidmüller-Analytics-Software kann der Maschinenbediener den Wechsel des „Reibwerkzeugs“ anpassen und beispielsweise zwischen zwei Schweißvorgängen oder einen Schichtwechsel legen, sodass die Ausfallzeit der Anlage auf ein Minimum reduziert wird. Dadurch lassen sich Ressourcen bestmöglich nutzen und die Verfügbarkeit der



Datenmodell einer Rührreißschweiß-Maschine: 1. Referenzmodell der auftretenden Kräfte; 2. Aktuelle Schweißung; 3. Einschätzung: Vergleich zwischen Referenz und aktueller Schweißung (grün – alles in Ordnung, rot – es wird ein Fehler auftreten)

Maschinen und Anlagen erhöhen. Eine bestmögliche Verfügbarkeit ist von großer Bedeutung und es wird viel unternommen, damit die Produktion so wenig und so kurz wie möglich unterbrochen wird.

Mit Industrial Analytics erhält Grenzebach außerdem die Möglichkeit, verschiedene Geschäftsmodelle anzubieten. Zum einen: Die Analytics-Software wird zusammen mit der Maschine beziehungsweise Anlage verkauft. Bei diesem An-

satz übernimmt der Kunde das Monitoring der Anlage. Zum anderen: Es werden nur Software-Lizenzen verkauft, sodass der Kunde keine Maschine erwerben muss, die Vorteile von Industrial Analytics aber nutzen kann. Generell gilt: Die Analyse-Software lässt sich sowohl in Verbindung mit einer Cloud, aber auch ohne Cloud betreiben.

Weitere Informationen zu Weidmüller finden Sie im Business-Profil auf Seite 50.



LESETIPP

Wo finden Sie mehr als 6.000 Fachbeiträge, Produkt- & Marktinformationen sowie Firmeneinträge rund um das Thema industrielle Automation?

www.INDUSTR.com/AuD – Das A&D-Web-Magazin liefert relevante News, Artikel, Whitepapers, Videos und Bildergalerien und macht die Faszination der industriellen Automation lebendig.

publish
industry
verlag

KOMPLEXE METALLTEILE FERTIGEN

Der Metall-3D-Druck im DMLS-Verfahren eignet sich nicht nur für die Herstellung von Prototypen aus Metall, sondern auch für die Produktion von geometrisch anspruchsvollen Metallteilen, die nicht fräsbearbeitet oder auf konventionelle Weise herstellbar sind.

TEXT: Christoph Erhardt, Protolabs BILDER: Protolabs

Der Metall-3D-Druck ermöglicht die schnelle und kostengünstige Herstellung von voll funktionsfähigen Metallprototypen und Produktionsteilen. Und trotzdem weisen die hergestellten Teile Materialeigenschaften auf, die mit traditionell hergestellten Metallteilen vergleichbar sind. So rückt der Fokus eines Bauteils weg von einem Design, das primär auf die Herstellung optimiert worden ist, hin zu mehr Funktionsbezug. Beim Metall-3D-Druck lassen sich außerdem Aufwand und Material sparen, da Komponenten zusammengeführt werden, sodass beispielsweise statt vier Komponenten nur eine benötigt wird. Durch den Wegfall von Werkzeug- und Programmkosten lassen sich die Gesamtkosten reduzieren und auch die schnelle Verfügbarkeit physikalischer Modelle ist ein großer Vorteil des Rapid Manufacturing von Metallen.

Vorteile von Metall-3D-Druck

Bei der Herstellung von Teilen aus Metall gibt es zwei unterschiedliche Technologien: abtragende Verfahren (etwa Drehen oder Fräsen) und generative Verfahren (Metall-3D-Druck). Metall-3D-Druck beziehungsweise das direkte Metall-Lasersintern (DMLS) ähnelt dem selektiven Lasersintern mit Kunststoff (SLS). Es eignet sich jedoch besonders für den Einsatz mit Metallen wie Aluminium, Edelstahl, Titan, Kobalt-Chrom und Inconel. Mithilfe von DMLS können besonders kleine Teile oder Teile mit komplexen Geometrien gefertigt werden. Mit dem Verfahren ist es möglich, voll funktionsfähige Metallprototypen und Produktionsteile innerhalb weniger Tage herzustellen.

Typische Anwendungsfälle des Metall-3D-Drucks sind beispielsweise Sonderanfertigungen wie medizinische Implantate und Sonderlösungen im Maschinenbau, Prototypenherstellung von Blechteilen, Gehäusen und Vorrichtungen, Kleinserienfertigung von Luftdüsen, Wirbelsäulenimplantaten und Dosiereinheiten oder die Fertigung von Formen, beispielsweise von Einsätzen mit internen Kühlanlagen für Spritzguss. Auch im Ersatzteilbedarf spielt der Metall-3D-Druck eine Rolle, wenn Werkzeuge oder Daten von veralteten Bauteilen nicht mehr vorhanden sind.

Funktionsweise von DMLS

Nachdem ein 3D-CAD-Modell des Teileentwurfs online hochgeladen worden ist, wird dieses digital in dünne Schichten zerlegt. Zusätzlich werden Stützkonstruktionen entworfen, die in den meisten Fällen benötigt werden, um den Prozess zu unterstützen. Anschließend wird die Datei dann auf eine DMLS-Maschine geladen. Diese Maschine basiert dabei auf einem Drei-Kammer-System. In der einen Kammer wird das lose Pulver gelagert; zusätzlich gibt es noch eine Baukammer und eine Kammer für den Überfluss, in der überschüssiges Pulver gesammelt wird.

Um den Lasersinterprozess zu starten, wird das Pulverbrett mit einer von vier hochfesten Legierungen gefüllt – mit Aluminium, Edelstahl, Warmarbeitsstahl oder Titan. Zudem wird eine dünne Schicht des ausgewählten Materials auf der Bauplattform verteilt. Die DMLS-Maschine beginnt anschlie-



Metall-3D-Druck ermöglicht die schnelle und kostengünstige Herstellung von Metallprototypen und -teilen in der Produktion.

ßend mit dem Aufschmelzen der einzelnen Schichten – zuerst mit den Stützkonstruktionen an der Grundplatte und dann mit dem Bauteil selbst. Dabei wird ein Laser auf das Bett aus Metallpulver gerichtet. Nachdem eine Querschnittsschicht von Pulver mikrogeschweißt wurde, härtet diese innerhalb von Millisekunden aus und die Bauplattform senkt sich ab. Anschließend bewegt sich eine Rakel über die Plattform, um die nächste Pulverschicht in der Prozesskammer aufzutragen. Der Laser verschmilzt die erste Schicht mit der nächsten. Dieser Prozess wird Schicht für Schicht wiederholt, bis das gesamte Bauteil fertiggestellt ist. Bei der Entstehung der Schichten senkt sich dadurch das Niveau in der Prozesskammer ab, während es im Pulverzufuhrbehälter ansteigt.

Nach der Fertigstellung werden die Teile zuerst manuell abgebürstet, um loses Pulver grob zu entfernen. Je nach verwendetem Metall werden sie einer individuellen Wärmebehandlung unterzogen. Dabei sind die Teile weiterhin durch die Stützkonstruktionen fixiert, um Spannungen abzubauen. Anschließend werden sie von der Plattform genommen, bevor die Stützkonstruktionen entfernt werden. Die Bauteile werden zur finalen Bearbeitung nach Bedarf perlgestrahlt und entgratet. Danach können sie nach spezifischen Kundenanforderungen weiterbearbeitet werden.

Stützstrukturen zum Abbau von Spannungen

Stützstrukturen sind beim Metall-3D-Druck in den meisten Fällen dringend notwendig, da Bauteile mit einer Trägerplattform verbunden werden müssen, um neu aufgeschmolzene Flächen zu unterstützen. Während des Fertigungsprozesses

wird ein metallischer Werkstoff aufgeschmolzen, der Prozess selbst ist jedoch kalt. Aus diesem Grund wird die Wärme, die je nach Material weit über 1.000 Grad betragen kann, abgeleitet, damit interne Spannungen abgebaut werden. Dies passiert über die Stützkonstruktionen. Diese halten die Spannungen, um Verformungen der Bauteile während des Prozesses zu reduzieren beziehungsweise um sie, im besten Fall, vollständig zu vermeiden.

Die Stützkonstruktionen haben jedoch auch Nachteile: Sie kosten Material sowie Zeit und verlängern die Bau- und Nachbearbeitungszeiten des Teiles, da diese am Ende wieder entfernt werden müssen. Der Kunde benötigt am Ende nämlich nur das fertige Bauteil, nicht jedoch die Stützkonstruktionen. Mithilfe einer guten Designpraxis können Stützstrukturen jedoch auf ein Minimum reduziert werden.

Wandstärken als Herausforderung im Prozess

Während des Fertigungsprozesses sollten einige geometrische Rahmenbedingungen eingehalten werden. Nur so wird ein ideales Design gewährleistet. Beispielsweise sollten die Wandstärken einen Millimeter nicht unterschreiten. Dies liegt daran, dass sich die Wandstärke auf die Höhe des Bauteils auswirkt: Je dünner die Wandstärke ist, desto weniger hoch kann das Teil gebaut werden. Der Grund dafür ist, dass die Leistung und Wärme, die bei der Aufschmelzung des Materials entstehen, nicht mehr abgeführt werden können – in der Folge verbrennt das Material. In diesem Fall kann es zu Lochbildungen oder allgemeinen Baufehlern kommen. Deswegen sollte immer auf das Minimum der Wandstärke geachtet werden.

Das DMLS-Verfahren eignet sich vor allem für die Fertigung komplexer Designs. Mehrteilige Baugruppen lassen sich dadurch reduzieren.



Auch bei erhabenen und vertieften Details gilt Vorsicht: Diese sollten mindestens 0,5 Millimeter hoch beziehungsweise tief und breit sein.

Bei der Integration von Hohlräumen im Bauteil muss außerdem darauf geachtet, dass diese während des Fertigungsprozesses immer mit Pulver gefüllt sind. Das wird am Ende der Produktion wieder abgeführt. Dafür sind Austrittslöcher mit einem Durchmesser von mindestens vier Millimetern bei einem Austrittsloch und zwei Millimetern bei zwei oder mehr Austrittslöchern notwendig.

DMLS – neue Möglichkeiten für die Industrie

Additive Fertigungsverfahren nehmen auch in Zukunft weiterhin eine Rolle als Schlüsseltechnologie ein, besonders im Zusammenhang mit Industrie 4.0 und einer zunehmend individualisierten Produktion. Im Unterschied zu konventionellen

Verfahren wie Fräsen, Drehen, Gießen oder Schmieden erlaubt der 3D-Druck die Herstellung komplexer Geometrien und Strukturen. Durch die Reduzierung von Aufwand und Material sowie den Wegfall von Werkzeug- und Programmkosten reduzieren sich außerdem die Gesamtkosten.

Die zunehmende Anwendung im Bereich Metall-3D-Druck eröffnet der Industrie neue, innovative und effektive Möglichkeiten, die vorher nicht umsetzbar waren. Komplex gefertigte 3D-gedruckte Metallteile, die schnell und kostengünstig innerhalb von wenigen Tagen werkzeuglos hergestellt werden können, ermöglichen es Unternehmen, die Produktionszyklen zu verkürzen und damit dem Wettbewerbsdruck standzuhalten. Bevor Interessenten mit ihrem Vorhaben beginnen, ist es allerdings ratsam, sich zu Beginn von Spezialisten wie Protolabs eingehend zu beraten lassen, damit die Produktionsbedingungen auf die jeweiligen Bedürfnisse des Unternehmens zugeschnitten werden können. □



LESETIPP

Gibt es einen A&D-Newsletter?

JA! Der A&Dweek-Newsletter liefert Ihnen relevante News aus der Welt der Automatisierungstechnik. Zweimal wöchentlich, für Sie ausgesucht von unserer Redaktion. Registrieren Sie sich jetzt kostenfrei unter www.INDUSTR.com/AuD.

publish
industry
verlag

ADDITIVE FERTIGUNG 2.0

Schon im Jahr 2020 soll Additive Manufacturing ein Produktionsvolumen im zweistelligen Milliardenbereich erreichen. Bis dahin müssen die Maschinenhersteller den Automatisierungsgrad steigern und verschiedene Voraussetzungen erfüllen.

TEXT: Peter Berens, Bosch Rexroth **BILDER:** Bosch Rexroth; Norsk Titanium

Der 3D-Druck hat die Herstellung von Prototypen und Kleinserien deutlich verändert. Gerade im Werkzeugbau und in Aerospace-Anwendungen haben Endanwender damit die Kosten erheblich gesenkt und ihre Flexibilität gesteigert. Dennoch haben die bisherigen Konzepte oft noch einen sehr hohen manuellen Arbeitsanteil und relativ hohe Ausschussquoten. Hersteller können diese Nachteile mit modernen Antriebs- und Steuerungslösungen, angepassten Software-Funktionalitäten und offenen Standards für IoT-Konnektivität eliminieren. Damit fügt sich Additive Manufacturing (AM) 2.0 nahtlos in bestehende Produktionslinien ein und ermöglicht einen durchgängigen Workflow: von der Simulation der Bauteile über eine beschleunigte Herstellung in stabilen Prozessen bis zur automatisierten Qualitätsüberwachung.

Hohe Ansprüche an die Hardware

Die Leistungsfähigkeit der Steuerungs- und Antriebstechnik beeinflusst entscheidend die Produktivität. AM ist schon als Kernprozess sehr rechenintensiv. Für CNC-Systeme und Motion Controls gilt bei AM-Maschinen die Faustregel: Je höher die Prozessorleistung, desto kürzer sind die Zykluszeiten in der Steuerung, desto schneller rechnet sie die 3D-Daten. Zusätzlich braucht sie freie Kapazitäten, um Prozessdaten in Echtzeit zu erfassen und zu verarbeiten.

Das CNC-System MTX von Bosch Rexroth erreicht dies beispielsweise mit einer Kombination aus performantem Dual-Core-Prozessor und reaktionsschneller dezentraler Intelligenz. Intelligente, hochdynamische Servoantriebe entlasten die Steuerung, indem sie vor Ort dezentral den Regelkreis schließen. Das schafft freie Kapazitäten in der Steuerung, die Zusatzaufgaben direkt in der Maschine übernehmen kann. Hardware umfasst

aber auch die eigentliche Bewegung der Druckköpfe. Hier minimieren Linearmodule mit geschlossenen Profilkörpern und speziellen Dichtsystemen den Verschleiß durch Metall-, Keramik- oder Kunststoffpartikel. Integrierte Absolut-Wegmesssysteme wie das induktive und robuste IMS-A arbeiten verschleißfrei und sind gegenüber Verschmutzung unempfindlich. Sie bestimmen die Position so genau wie Glasmaßstäbe.

Die Regelalgorithmen für AM leiten sich von den charakteristischen Größen wie Temperatur und dem Abkühlverhalten des Materials ab. Um den additiven Materialauftrag präzise und prozesssicher auszuführen, muss die Steuerung über die reine Rechenleistung hinaus in ihrer Software auch spezielle Funktionen abbilden. So verfügt das CNC-System MTX über bereits vorprogrammierte AM-spezifische Funktionen wie eine intelligente Temperaturregelung.

Mit einer 3D-Online-Simulation, basierend auf dem realen CNC-Kern, kann die Werkstück-Bauzeit bereits im Vorfeld des Herstellprozesses ermittelt werden. Hinzu kommen die üblichen Funktionen wie eine realistische Visualisierung der Bahnführung der Druckköpfe und deren Materialaufbringung sowie eine automatische Kollisionserkennung, um Schäden an der Maschine oder den Werkstücken zu verhindern. Die Simulation der MTX visualisiert den AM-Prozess als Digital Twin auf der Maschinen-HMI oder auf mobilen Endgeräten wie Tablets.

Durchgängige Engineering-Umgebung

Hierbei ist eine einfache Anwendung wichtig: Das beginnt mit einer durchgängigen Engineering-Umgebung für Steuerung und Antriebe. Bei der Programmierung wird standardisierter G-Code von jeder Slicer-Software unterstützt. Um den Know-



Für CNC-Systeme gilt bei AM-Maschinen die Faustregel: Je höher die Prozessorleistung, desto kürzer die Zykluszeiten in der Steuerung und die Rechenzeit bei 3D-Daten.



Norsk Titanium AS, Anbieter von additiver Fertigungstechnik für luft- und raumfahrttaugliches Titan, rüstet seine Rapid-Plasma-Deposition-Maschinen mit dem CNC-System MTX aus.

how-Schutz sicherzustellen, bietet die Steuerung mehrere Möglichkeiten, zum Beispiel die NC-Verschlüsselungstechnik. Von zentraler Bedeutung ist das Zusammenspiel von Steuerung, Messtechnik und Software. Damit können Hersteller automatisiert Schwankungen im laufenden Prozess ad hoc ausregeln. Das führt zu einer deutlichen Einsparung bei den bislang meist erforderlichen, aufwendigen Qualitätsprüfungen sowie teurer Nacharbeit.

Den digitalen Workflow sicherstellen

AM 2.0 kann das Potenzial nur mit voll digitalisierten Arbeitsabläufen erreichen. Dazu müssen die typischen Aufgaben wie Druckkonfiguration, Auftragsmanagement, Maschinen-Monitoring inklusive Online-Prozessmodifikation in einen durchgängigen Workflow integriert werden. Zusätzlich stellen AM-Anwender immer häufiger die Anforderung, im Vorfeld der Produktion verschiedene Materialien zu simulieren und qualitätsrelevante Parameter zu zertifizieren. Dies erreicht das CNC-System MTX durch eine offene Systemarchitektur und das Open-Core-Interface. Es erlaubt den Zugriff von IT-Funktionen auf die Steuerung parallel zur SPS. Das reduziert den Schnittstellenaufwand zu anderen Systemen erheblich. So steigert die Lösung nahtlos als „Hardware in the Loop“ die Aussagekraft von Simulationsumgebungen.

Vernetzung steigert Produktivität

In der Fabrik der Zukunft fügen sich alle Prozessstationen, auch AM-Maschinen, flexibel und modular in schnell veränderbare Produktionslinien ein. Sämtliche Maschinen sind horizontal und vertikal mit IT-Systemen vernetzt. Das funktioniert nur mit offenen Industrie-4.0/IoT-Standards. Hier setzt sich

weltweit OPC UA für die M2M-Kommunikation durch. Bei voller Server-/Client-Funktionalität können Anwender Prozesse, Zykluszeiten und Energieverbräuche in Echtzeit evaluieren. Das ist die Basis für notwendige Steigerungen bei der Produktivität und der Qualität. Darüber hinaus eröffnet die Konnektivität erhebliche Potenziale, die Verfügbarkeit der AM-Maschinen durch vorausschauende Wartung zu erhöhen.

Erste AM-Maschinenhersteller setzen mit solch leistungsfähiger Automatisierung bereits Maßstäbe für die Wirtschaftlichkeit des industriellen 3D-Drucks. Einer dieser Pioniere ist Norsk Titanium AS, der weltweit führende Anbieter von additiven Fertigungstechnologien für luft- und raumfahrttaugliches Titan. Die Rapid-Plasma-Deposition-Maschinen rüstet der Hersteller mit dem CNC-System MTX aus. Es steuert zehn Servoachsen, die der Herstellung der Titanteile, aber auch der Zuführung und Handhabung des einlaufenden Titandrahts dienen. Darüber hinaus ermöglicht es eine Echtzeitsteuerung weiterer Funktionen, unter anderem mehrerer Plasmabrenner.

AM 2.0: Die Zukunft hat bereits begonnen

AM erreicht mit schnellen Schritten den integrierten Einsatz in den Fertigungslinien. Schlüssel dazu sind leistungsfähige und hochkonnektive Automationslösungen. Diese müssen über offene Schnittstellen verfügen, damit sie die Digitalisierung des gesamten Workflows ermöglichen können. Gleichzeitig ist Offenheit die entscheidende Voraussetzung dafür, dass sich AM-Maschinen mit möglichst geringem Aufwand in Industrie-4.0-Umgebungen einfügen.

Weitere Informationen zu Bosch Rexroth finden Sie im Business-Profil auf Seite 19.

DATENBRILLEN UNTERSTÜTZEN TECHNIKER

Bisher benötigten Servicetechniker in den meisten Fällen ausgedruckte Wartungsunterlagen. Sie sind zwar informativ, aber im Einsatz oftmals unpraktisch. Mit Virtual, Assisted und Augmented Reality eröffnen sich für die Techniker nun völlig neue Möglichkeiten.

TEXT: Horst Kalla, Weidmüller BILDER: Picture Alliance

In der industriellen Fertigung potenzieren sich die Herausforderungen. Selbst Spezialisten können hochautomatisierte Maschinen nur mit Hilfe eines Handbuchs warten oder umrüsten – wobei sich unter der Bezeichnung Handbuch in der Regel mehrere Ordner verbergen. Schon beim einfachen Zusammenbauen eines Möbelstücks fehlt oft die dritte Hand zum Jonglieren mit Bauteil, Werkzeug und Anleitung. Dazu kommt das räumliche Umdenken, wenn sich Zeichnung und reale Welt aus unterschiedlichen Perspektiven präsentieren. Steht eine Maschine still, herrscht zusätzlich noch enormer Zeitdruck. Schon in den 90er-Jahren gab es deshalb erste Versuche, Bediener mit Datenbrillen auszurüsten. Die Technik war jedoch sehr unhandlich und teuer. Das hat sich inzwischen geändert.

Virtual, Assisted und Augmented Reality

Um das Potenzial für die Industrie zu verstehen, muss man die verschiedenen Datenbrillen-Typen unterscheiden: VR-Brillen (Virtual Reality) schirmen den Anwender komplett ab. Über zwei Monitore wird eine dreidimensionale, realistische oder fantastische Umgebung simuliert. Sensorik erfasst hierfür Aktionen und Position des Nutzers, so dass er sich in der simulierten Umgebung bewegen kann.

Etwas näher an der echten Welt ist Assisted Reality. Prominentes Beispiel sind die Google Glasses. Hier kann man Inhalte wie bei einem Headup-Display sehen. Die Brille funktioniert

letztlich wie ein Tablet, bei dem der Nutzer Informationen aktiv abrufen muss.

AR, Augmented Reality, kann man sich als Weiterentwicklung der Assisted Reality vorstellen. Das Prinzip lässt sich mit der Smartphone-App Pokémon GO, einer vergleichsweise simplen AR-Anwendung, erklären: Über die Positionsdaten des Geräts und dem Bild der eingebauten Kamera erzeugt die App auf dem Display ein Abbild der Umgebung, in das die Spielfiguren eingeblendet werden. Die reale Welt wird hierfür von der Technik eigenständig erfasst und deren Abbild um virtuelle Anteile vermehrt. Dieses Verfahren nutzt Weidmüller für seine Zwecke. Am Stammsitz in Detmold ist das Team „Global Factory Digitalization & Intelligence“ für die Integration digitaler und intelligenter Systeme in die Produktion zuständig. In diesem Think Tank entstand die Idee, Servicetechniker für Kunststoffspritzgussmaschinen mit Hololens-Datenbrillen von Microsoft auszurüsten.

Datenbrille für die Spritzgussmaschine

Reihenklappen gehören bei Weidmüller zu den meist verkauften Produkten. Die Klappenträger entstehen in großer Anzahl in Kunststoffspritzgussmaschinen. Hierbei ist unumgänglich, dass jederzeit eine hohe Anlagenverfügbarkeit gegeben ist. Geplante Stillstände für Umrüst- und Wartungsarbeiten, vor allem aber ungeplante Unterbrechungen sind kostspielig. Kann man die Prozesse durch intelligente Systeme erleichtern,



Dr. Patrick-Benjamin Bök und sein Team der „Global Factory Digitalization & Intelligence“ erhoffen sich Zeit- und Flexibilitätsgewinne durch AR-Anwendungen mit der Datenbrille.

spart dies bares Geld und verbessert zugleich die Arbeitsbedingungen.

Die Datenbrille soll dabei weit mehr sein als ein eingescanntes Handbuch. Zukünftig soll der Servicetechniker bei der Einrichtung alle Informationen zur Maschine angezeigt bekommen, gleichzeitig den Auftrag, der darauf laufen soll. Nähert er sich der Spritzgussmaschine, legt sich ein 3D-Modell in leuchtenden Umrissen über die reale Anlage. Die Ansicht folgt seinen Bewegungen, selbst wenn er sich über eine Komponente beugt und Details betrachtet.

Der Clou ist jedoch, dass er wie mit einer Röntgenbrille in die Maschine blicken kann. Was genau er zu sehen bekommt, kann der Techniker seiner jeweiligen Aufgabe anpassen. Überflüssiges bleibt somit verborgen, Relevantes wird hervorgehoben. Auf diese Weise kann er die Schläuche für das Kühlsystem nacheinander farblich aufblincken lassen, genauso die zugehörigen Anschlüsse. Damit ist klar, was an welcher Stelle und in welcher Reihenfolge zu montieren ist. Idealerweise wird die Datenbrille auch die Werkzeuge neben der Maschine erkennen und durch Blinken das passende hervorheben.

Infos für alle: AR-Daten im Firmennetz

Die nötigen Daten erhält die Brille per WLAN. Alle digitalen Informationen und Modelle sind auf den Firmen-Rechnern hinterlegt. Die Datenbrille lässt sich so problemlos in

die Weidmüller Netzwerk-Infrastruktur einbinden wie ein Windows-Rechner. Das bringt erhebliche Vorteile mit sich. Denn dadurch lassen sich die Informationen leicht aktualisieren und sind an jedem angeschlossenen Ausgabegerät abrufbar. Damit bietet diese Technik einen Lösungsansatz für eine Herausforderung, der sich viele Unternehmen stellen müssen: Das Firmen-Know-how zu bündeln, zu pflegen und an jedem Standort verfügbar zu machen.

Ein Beispiel ist die richtige Einstellung der Fertigungsparameter. Generationen von Werkern haben das nötige Know-how zusammengetragen: Die Temperatur oder Restfeuchtigkeit im Granulat, all das kann den Spritzgießprozess beeinflussen. Bei richtiger Einrichtung spart man viel Zeit und Material. Früher genügte es, diese Kompetenz am Stammsitz zu halten. Inzwischen fertigt Weidmüller aber an Standorten in aller Welt. Um die Mitarbeiter dort zu Spezialisten auszubilden, müssen erfahrene Kollegen mehrtägige Dienstreisen auf sich nehmen. In Zukunft könnten diese zumindest zum Teil durch ein gemeinsames Datenbrillen-Training ersetzt werden. Mit der Brille, die der Kollege an den weltweiten Standorten trägt, kann der deutsche Experte unterstützen, denn er sieht – im Wortsinn – das Geschehen durch die Brille des Kollegen. Er kann gezielt Hinweise geben, Objekte markieren und Informationen einblenden. So kann er Probleme viel schneller lösen. Der Prozess kann sogar aufgezeichnet werden. So lässt er sich zur Verbesserung auswerten oder für die nächste Reparatur dokumentieren. Dieser Remote-Support internationaler



Nähert sich Dr. Patrick-Benjamin Bök der Spritzgussmaschine, legt sich ein 3D-Modell in leuchtenden Umrissen über die reale Anlage.

Standorte per Datenbrille ist das aktuelle Projekt des Teams „Global Factory Digitalization & Intelligence“.

Ein weiterer Schritt könnte eine interaktive Datensammlung sein, in die Mitarbeiter ihre Erfahrungen und Hinweise einspeisen. Jemand, der mehrfach auf den gleichen Fehler an einer be-

stimmten Maschine trifft, hinterlegt am 3D-Modell die Informationen, wie er den Fehler gelöst hat. Das hilft dann auch allen anderen, die ihn vertreten. Mitarbeiter könnten Reparaturen filmen und das Video für die Kollegen in aller Welt hinterlegen, die zum ersten Mal vor demselben Problem stehen. Denkbar wären auch Video-Tutorials. Maschinenneulinge können sie sich über die Brille irgendwo im Raum einblenden, während sie den Videoanleitungen mit beiden Händen folgen. Die Konzepte hierfür sind jedoch noch in den Kinderschuhen. Aktuell kann man die Darstellung von Informationen programmieren, die an bestimmten Punkten im 3D-Modell der Maschine hinterlegt werden und dann als Video, Text, Skizze oder in anderen Formaten abrufbar sein werden. Im nächsten Schritt bekommen die Maschinen QR-Codes, über die die Brille das zugehörige 3D-Modell aufrufen kann. Anschließend misst sie den Abstand zum Objekt und kann mit dieser Information das 3D-Modell in der richtigen Dimension und mit allen Rüstinformationen über die Maschine legen.

Derzeit baut Weidmüller die Datenbanken auf, aus denen sich derartige Systeme speisen lassen. Lohn der Mühe wird eine optimale Auswertung der Datenfülle sein, mit der sich die Qualität der Fertigungsprozesse noch weiter steigern lässt. Gleichzeitig profitieren die Mitarbeiter, die sich die nötigen Informationen für ihre Arbeit nicht mehr mühsam aus Druckwerken oder riesigen PDF-Sammlungen zusammensuchen müssen. Sie haben mit den Datenbrillen immer genau die Informationen aus der firmeneigenen Datenbank vor Augen, die sie gerade benötigen.

Weitere Informationen zu Weidmüller finden Sie im Business-Profil auf Seite 50.

Einmalig

**SOS
KINDERDÖRFER**
WELTWEIT

sos-kinderdoerfer.de

2018/1

Inhalt der Rubrik

INDUSTRIELLE SOFTWARELÖSUNGEN



BILD-SPONSOR: EPLAN; EPLAN.DE / BILDQUELLE: ISTOCK, METAMORWORKS

96 Die DNA des digitalen Zwillings
Mit digitalen Abbildern transparentere und effizientere Produktlebenszyklen gestalten

99 Plattform für die Smart Factory
Neue Software-Architektur für mehr Flexibilität in der Fertigungs-IT

102 Anlagenprogrammierung per Browser
Offenes, plattformunabhängiges Entwicklungs-Tool für Steuerungen

DIE DNA DES DIGITALEN ZWILLINGS

Virtuelle Inbetriebnahmen und ein besseres Prototyping sind nur einige der Vorzüge von digitalen Abbildern. Am Beispiel eines Schaltschranks zeigen drei Industrieunternehmen, wie sich dessen gesamter Produktlebenszyklus mit Hilfe eines Digital Twins transparent gestalten lässt.

TEXT: Sonja Koesling, freie Redakteurin für Eplan **BILDER:** Eplan

Der digitale Zwilling gehört zu den Top-Technologietrends, denn er hilft Unternehmen, Innovationen zu forcieren und die Produktivität zu steigern. Glaubt man der Zwillingforschung, so sind es nicht nur die genetischen Merkmale, die Zwillinge gleich fühlen, denken und handeln lassen, sondern die äußeren Einflüsse ihrer Umwelt: Gemeinsame Erfahrungen prägen das Zwillingpaar auf dieselbe Weise. Bald 150 Jahre untersucht die Wissenschaft das Phänomen Zwilling. Die Forschung um ihr virtuelles Pendant, den digitalen Zwilling, steckt da vergleichsweise noch in den Kinderschuhen. Dennoch hat die industrielle Revolution in ihm ihr Konterfei gefunden und feiert den digitalen Zwilling als wichtigen Wegbereiter und Wegbegleiter der Industrie 4.0. Laut IDC Futurescape 2018 werden bereits in zwei Jahren 30 Prozent der weltweit 2.000 größten Unternehmen Daten von digitalen Doppelgängern nutzen, um die Erfolgsrate bei Produktinnovationen sowie die Produktivität in der Organisation zu verbessern.

Mehr Produktivität mit digitalen Zwillingen

Das Marktforschungsunternehmen prognostiziert eine damit verbundene Produktivitätssteigerung von bis zu 25 Prozent. Und auch das Marktforschungsunternehmen Gartner sieht die Entwicklung positiv: Gartner schätzt, dass 2021 bereits die Hälfte der großen Industrieunternehmen mit den virtuellen Avataren arbeiten und dadurch eine Produktivitätssteigerung von bis zu zehn Prozent erzielen werden. „Der digitale Zwilling öffnet Industrieunternehmen die Tür für

neue, spannende Geschäftsfelder“, sagt auch Prof. Dr. Rainer Stark. Als Leiter des Fachgebiets industrielle Informationstechnik der Technischen Universität Berlin und Direktor des Geschäftsfeldes Virtuelle Produktentstehung des Fraunhofer-Instituts für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik forscht er seit zehn Jahren auf diesem Gebiet und weiß: „Bislang fand die Wertschöpfung ausschließlich in der realen Welt statt. Der digitale Zwilling legt nun den Grundstein dafür, dass Unternehmen Informationen aus dem wahren Produktleben zurückgespiegelt bekommen und diese weiterverarbeiten können. Damit erhalten Modelle, die bislang lediglich am Beginn der Entwicklungskette standen, einen neuen Wertschöpfungsanteil und begleiten ein Produkt über den gesamten Lebenszyklus hinweg.“

In der Automobilbranche könnte dies beispielsweise ein individuelleres Fahrerlebnis fördern, indem zusätzliche Funktionen aufgeschaltet werden, die zum Fahrstil passen. Oder Erkenntnisse aus der Nutzung könnten in das Design weiterer Modelle fließen. In der Fertigung könnten Abweichungen zur Norm schneller festgestellt und behoben werden, weil beispielsweise Werkzeugverschleiß frühzeitig identifiziert würde. Auch Ad-hoc-Änderungen von Produktionsabläufen wären denkbar, deren Effekte vor Inbetriebnahme simuliert werden. Der Branchenverband Bitkom glaubt, dass 2025 alle digitalen Zwillinge in der Fertigungsbranche zusammen ein wirtschaftliches Potenzial von über 78 Millionen Euro aufweisen werden.

Mit der Software Eplan Pro Panel konstruiert der Schaltschrankbauer ein 3D-Modell, das bereits alle Informationen über Betriebsmittel, Klemmen und Beschilderungen oder die mechanischen Bearbeitungen der Komponenten bereithält.



Ein empathisches Wesen

Möglich macht dies das Wesen des digitalen Zwillings. „Der digitale Zwilling hält durchaus eine Varianz an Interpretationsformen bereit“, erklärt Stark. „Unserer Definition nach handelt es sich um das digitale Abbild eines bestimmten Produktes, das dessen Eigenschaften, Zustand und Verhalten durch Modelle, Informationen und Daten erfasst. Die Basis bildet ein digitaler Master. Er ist das ur-virtuelle Modell, nach dem das Produkt gefertigt werden soll.“ Im digitalen Master legen die Entwickler die Intension des Produktes fest, bestimmen, wie dieses aussehen und wie es funktionieren soll. Anschließend wird der digitale Master um Eigenschaftsmodelle angereichert: Diese Berechnungsmodelle geben Auskunft darüber, was beispielsweise passiert, wenn das Produkt in Schwingung versetzt wird, wie es auf Stöße oder Kollisionen reagiert oder wie es sich öffnen und wieder schließen lässt.

„Für einige ist das bereits der digitale Zwilling“, sagt Stark. „Doch unsere Definition endet hier noch nicht: Jedes Produkt erzeugt einen digitalen Schatten aus Betriebs-, Zustands- oder Prozessdaten. Erst wenn man eine Kopplung herstellt, also eine intelligente Verknüpfung zwischen dem digitalen Master und dem digitalen Schatten schafft, dann sprechen wir von einem echten digitalen Zwilling.“ Der digitale Master wird also um Echt Daten aus der Nutzung des realen Produkts angereichert und erlaubt es so, Rückschlüsse zu ziehen sowie Änderungen oder Optimierungen zu testen und vorzunehmen. Das

Konzept kann allerdings nur dann funktionieren, wenn Unternehmen einen softwarebasierten Designansatz verfolgen.

„Viele Maschinen- und Anlagenbauer setzen aktuell noch auf einen mechatronischen Designansatz, bei dem der funktionalen Integration direkt die physische Integration in Form eines Prototyps folgt“, sagt Stark. Das Gros der Unternehmen wird umdenken müssen, wenn es die digitale Transformation bewerkstelligen möchte. Gelingen wird sie nur, wenn starre Prozessketten aufgebrochen und durch funktionale Einheiten ersetzt werden, die miteinander kommunizieren. Der Schlüssel für eine einheitliche Sprache liegt in der Standardisierung von Datenformaten. Die Datenstruktur: die DNA des digitalen Zwillings.

Reine Verhandlungssache

Wie die vertikale Datenintegration im Engineering- und Produktionsprozess aussehen kann, erarbeitet das Technologienetzwerk Smart Engineering and Production 4.0. Am Beispiel eines Schaltschranks erschaffen die Partner Eplan, Rittal und Phoenix Contact einen digitalen Zwilling, der das Produkt über den kompletten Lebenszyklus hinweg begleiten soll – von der Entwicklung über die Inbetriebnahme bis hin zur Anlagenbedienung und Wartung. Darüber hinaus soll der digitale Zwilling es ermöglichen, eine Losgröße 1 nach Kriterien einer Serienproduktion fertigen zu können. „Die Grundlage bilden digitale Artikelbeschreibungen, die die einzelnen Be-



Am Beispiel eines Schaltschranks präsentiert das Technolozienetzwerk „Smart Engineering and Production 4.0“ einen digitalen Zwilling, der das Produkt über den ganzen Lebenszyklus hinweg begleitet.

standteile des Produktes sowie seine Funktionen und Besonderheiten bis ins Detail beschreiben“, erklärt Thomas Weichsel, Produktmanager bei Eplan. „Da sich eCl@ss hier weltweit als normkonformer Standard für die Klassifizierung und eindeutige Beschreibung von Produkten etabliert, speisen Komponentenhersteller die Artikeldaten bereits in diesem Format in das Eplan Data Portal ein.“

„Für uns als Unternehmen stellt dies einen praktischen Zusatznutzen dar“, ergänzt Dr. Andreas Schreiber von Phoenix Contact, „da sich so – beispielsweise durch das Einscannen eines QR-Codes – auf sehr einfache Weise Produktinformationen abrufen lassen.“ Das große Potenzial sieht der Leiter Business & Product Innovation in der effizienteren und transparenteren Gestaltung des gesamten Produktlebenszyklus, da alle relevanten Merkmale eines Produkts für die Prozesse im Engineering und auch in der Produktion standardisiert verfügbar sind. „So müssen sie nicht mehr im Nachgang zeitaufwendig manuell ermittelt und eingepflegt werden“, sagt Schreiber. Mit der Software Eplan Pro Panel konstruiert der Schaltschrankbauer also ein 3D-Modell, das bereits alle Informationen über die einzelnen Drähte, Betriebsmittel, Klemmen, Drahtbrücken und Beschilderungen oder die notwendigen mechanischen Bearbeitungen der Komponenten bereithält. Der digitale Master ist definiert.

Einbettung in das Fertigungsleitsystem

Nun gilt es, den digitalen Prototyp mittels herstellernerutraler Schnittstelle in die Produktion und zum Beispiel

in ein intelligentes Fertigungsleitsystem einzubetten. Dieses prüft dann, welche Fertigungsschritte erforderlich sind, ob die Fertigung die Anforderungen für den jeweiligen Fertigungsschritt erfüllen kann und in welcher Reihenfolge sie sich umsetzen lassen. So können Bauteile für die mechanische Bearbeitung vorbereitet, Tragschienen korrekt gelängt und Klemmen nach Vorgabe auf diesen montiert werden. Soll dieser Schritt automatisiert erfolgen, müssen das Leitsystem und die Maschinen miteinander kommunizieren und über die anstehenden Aufgaben verhandeln. „Hier nutzen wir Erkenntnisse aus dem Projekt Open Asset Administration Shell der RWTH Aachen und des Industrieverbands ZVEI, die gemeinsam mit Unternehmen aus dem Maschinenbau und der Elektroindustrie daran arbeiten, Industrie 4.0 in die Praxis umzusetzen. Wir erweitern diese Erkenntnisse um spezielle Anwendungsfälle aus dem Schaltanlagenbau“, berichtet Weichsel.

Open Asset Administration Shell definiert sogenannte Verwaltungsschalen aller am Prozess beteiligten Systeme, Maschinen und Komponenten einer Wertschöpfungskette, die miteinander in Verhandlung treten. „Bewegen wir uns auf einem einfachen Level, funktioniert das bereits heute“, berichtet Weichsel. Ziel ist es, dass Systeme auf diese Weise künftig auch hochkomplexe Prozesse und Produktionsabläufe verhandeln können. Dazu gehört beispielsweise, dass Erkenntnisse aus der Produktion in die Entscheidungen im Engineering einfließen und dieses dann positiv beeinflussen.

Weitere Informationen zu Eplan finden Sie im Business-Profil auf Seite 20.

PLATTFORM FÜR DIE SMART FACTORY

Schon bald werden MES-Systeme ernstzunehmende Konkurrenz bekommen. Denn immer mehr Unternehmen benötigen und fordern mehr Flexibilität für ihre Fertigungs-IT. Es braucht also eine zukunftsweisende Software-Architektur für die Smart Factory.

TEXT: Prof. Dr. Jürgen Kletti, MPDV BILDER: MPDV

Nicht erst mit Industrie 4.0 ist deutlich geworden, dass die Fertigungs-IT – wie auch viele andere IT-Systeme – vor einem Dilemma steht: Einerseits machen immer komplexere Prozesse eine individuelle Programmierung unabdingbar. Auf der anderen Seite braucht es aber Standards, um diese Komplexität beherrschbar und vor allem zukunftsfähig zu machen. Letztendlich wäre eine standardisierte Individual-Software die ideale Lösung. Auf den ersten Blick scheint das ein unlösbares Paradoxon zu sein.

Die heutige Fertigungs-IT ist zwar mehr oder minder modular, kann aus größerer Flughöhe meist aber doch als monolithisches System betrachtet werden. Auch ist die Kombination von Anwendungen unterschiedlicher Hersteller kaum möglich oder aufwendig – und oftmals auch störungsanfällig. Daher sind Anwender in der Regel an einen Hersteller gebunden oder müssen komplexe Schnittstellen zwischen mehreren Insellösungen betreiben.

Plattformarchitektur als Lösungsansatz

Die aktuell an vielen Stellen propagierte Plattformarchitektur weist zahlreiche, nützliche Eigenschaften auf. Sie führt die Fertigungsindustrie nicht nur aus dem eingangs skizzierten Dilemma heraus, sondern ermöglicht gleichzeitig eine neue Generation von Fertigungs-IT.

Ein wesentliches Merkmal für den Erfolg von Plattformen ist die Trennung von standardisierten und konfigurierbaren Basisdiensten sowie individuelle Anwendungen. Heutzutage spricht man dabei von Services und Apps. Die Services sorgen insbesondere dafür, dass Entwickler das Rad in Form von geeigneten Datenstrukturen und aufwendig zu programmierenden Hintergrundfunktionen nicht jedes Mal neu erfinden müssen. Gleichzeitig stellt die Plattform sicher, dass Apps unterschiedlicher Hersteller interoperabel lauffähig sind. Die bis heute dafür oftmals aufwendig implementierte horizontale Integration wird somit eine systemimmanente Eigenschaft. Im Umfeld von Plattformen gewinnt sie sogar noch weiter an Bedeutung.

Die Wahl der richtigen Plattform

Auch wenn die Zahl innovativer Plattformen stetig zunimmt, eignen sich nur wenige davon als Basis für die moderne Fertigungs-IT. Einerseits gibt es die sogenannten IoT-Plattformen, die sich auf die Speicherung und Verteilung von erfassten Daten fokussieren, andererseits reine Technologie-Plattformen, die quasi als Betriebssystem für Anwendungen unterschiedlicher Anbieter dienen.

Beide Plattformvarianten haben ihre Daseinsberechtigung. Fertigungsunternehmen benötigen jedoch eine Lösung, die so-



Die Manufacturing Integration Platform (MIP) von MPDV bietet eine flexible Umgebung für die Fertigungs-IT.

wohl die Nutzung verschiedener Apps ermöglicht als auch die Produktion komplett digital abbildet (digitaler Zwilling). IoT-Plattformen könnten in diesem Kontext als Datenlieferanten dienen.

Manufacturing Integration Platform (MIP)

Mit der Manufacturing Integration Platform (MIP) hat MPDV zur Hannover Messe 2018 eine geeignete Plattform vorgestellt. Der Kern, der auch als Virtual Production Reality (VIPR) bezeichnet wird, bildet den Lebensraum für den digitalen Zwilling der Produktion. Hier werden sämtliche Daten nicht nur gespeichert und vorgehalten, vielmehr bildet die Gesamtheit der Daten das digitale Abbild. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von einem semantischen Informationsmodell, welches auf langjähriger Erfahrung im Fertigungsumfeld basiert.

Außerdem realisieren integrierte Services die Kommunikation mit dem Shopfloor und anderen IT-Systemen wie dem ERP. Auch hier profitieren zukünftige Anwender vom Know-how aus weltweit mehr als 1.000 MES-Installationen. Mittels Entwicklungsplattform (SDK) können beliebige eigene Anwendungen implementiert und Services bedarfsgerecht adaptiert oder erweitert werden.

Dazu beinhaltet das SDK neben umfangreichen Bibliotheken und Tutorials auch beispielhafte Anwendungen, sogenannte Manufacturing Apps (mApps). Insbesondere Entwickler sparen durch die Nutzung der MIP als Basis viel Zeit und

Programmieraufwand, da alle wichtigen Datenstrukturen und Grundfunktionen bereits enthalten sind.

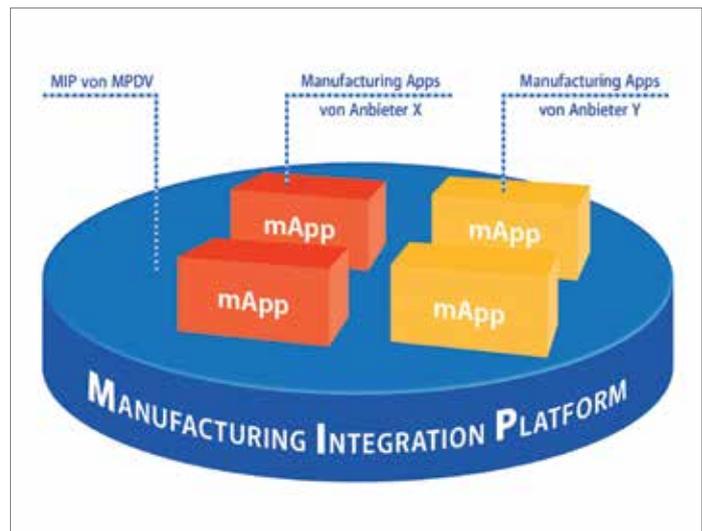
Aufgrund der gesteigerten Flexibilität von Plattformen wie der MIP können Fertigungsunternehmen künftig von unterschiedlichen Einsatzszenarien profitieren. Es lassen sich Funktionen eines heutigen MES-Systems realisieren – es geht aber auch deutlich mehr, wie drei Beispiele zeigen.

Benötigte Apps in Eigenregie entwickeln

Beispiel 1 – Implementierung von Lösungen mit eigenen IT-Ressourcen: Um komplexe Anforderungen in der Fertigung zu meistern, führt Elektronikhersteller A die MIP ein. Das Unternehmen nutzt entsprechende mitgelieferte Services, um sein ERP-System und die zahlreichen Produktionsmaschinen anzubinden. Die mApps zur manuellen Eingabe von Daten entwickelt Unternehmen A dabei selbst. Damit die während der Produktion erfassten Daten auch nach Auslieferung der Artikel zur Verfügung stehen, entwickelt Unternehmen A beispielsweise eine mApp zur Synchronisation der Daten mit dem aktuell im Service genutzten IT-System. Mittelfristig ist geplant, das komplette Service-Tool als mApp zu realisieren, um die Datenhaltung zu vereinheitlichen.

Fazit: Unternehmen A schafft mit der MIP die Integration bestehender IT-Systeme aus Produktion und Service. Durch die Migration des Service-Systems auf die MIP entstehen weitere Synergieeffekte, so dass Ressourcen frei werden, die anderweitig eingesetzt werden können.

Die MIP erlaubt es Unternehmen, eigene Apps zu entwickeln und in Betrieb zu nehmen. Außerdem lassen sich Apps unterschiedlicher Anbieter einfach integrieren.



Individuelle Komplettlösungen erstellen

Beispiel 2 – Zusammenstellung von Lösungen durch einen Systemintegrator mit Branchenfokus: Auf der Suche nach einer passenden Komplettlösung stößt das Maschinenbauunternehmen B auf den Systemintegrator S, der einen Fokus auf den Bereich Metallverarbeitung hat. Der Umgang mit kundenspezifischen Legierungen ist für den Systemintegrator keine Besonderheit. Allerdings hat S keine MES-Funktionen für Montageprozesse in seinem Portfolio. Mit der MIP kann der Systemintegrator aber nun seine eigene Lösung für individuelle Gießprozesse mit den auf dem Markt verfügbaren mApps für Montageprozesse kombinieren. Das versetzt ihn in die Lage, dem Unternehmen B eine umfassende Lösung anzubieten. Diese basiert nun einerseits auf Standardkomponenten, sie deckt aber andererseits exakt die individuellen Anforderungen des Maschinenbauers B ab.

Fazit: Unternehmen B bekommt eine zukunftsfähige Komplettlösung, die deutlich einfacher zu warten ist, als die Kombination aus MES und Insellösung für die Gießerei. Gleichzeitig bleibt das System auch in Zukunft offen für weitere mApps. Beispielsweise lässt sich später noch eine Anwendung implementieren, um CAQ-Prozessen abbilden zu können.

Schnelle Integration, neue Geschäftsmodelle

Beispiel 3 – schneller produktiv durch mApps vom Maschinenhersteller: Auf Basis der MIP kann der Maschinenhersteller M eigene mApps zur Erfassung und Visualisierung

von Maschinendaten oder zur automatisierten Übertragung von Einstelldaten anbieten. Diese mApps spielt der Kunststoffverarbeiter C dann auf seine MIP ein und kann sofort mit den neuen Maschinen kommunizieren. Wenn der Hersteller M auch technisch ausgerichtete IT-Anwendungen mit seinen Maschinen und Anlagen ausliefert, können diese nun mit den übrigen in der MIP gespeicherten Daten kombiniert werden. Dadurch erhalten die Anwender im Unternehmen C einen 360-Grad-Blick auf alle Fertigungsprozesse mit allen beteiligten Ressourcen.

Fazit: Unternehmen C kann bei der Integration der neuen Maschinen Zeit und Ressourcen sparen. Gleichzeitig ergeben sich für den Maschinenhersteller neue Geschäftsmöglichkeiten, da er – zusätzlich zu seinen Maschinen – auch einfach zu integrierende IT-Anwendungen anbieten kann.

Fertiges MES oder Plattform?

In vielen Fällen wird zukünftig eine Kombination aus standardisierter Basis und individueller Ausgestaltung zum Ziel führen – sozusagen eine standardisierte Individual-Software. Dafür wird sich der Markt der Fertigungs-IT sukzessive weiterentwickeln. Fertigungsunternehmen haben somit künftig die Wahl, ob sie ein fertiges, markterprobtes MES nutzen wollen oder eine Plattform wie die Manufacturing Integration Platform als Vertreter der nächsten Generation. Ausschlaggebend für diese Entscheidung sind die eigenen Anforderungen, das eigene IT-Know-how und die damit verbundene Industrie-4.0-Strategie. □

ANLAGENPROGRAMMIERUNG PER BROWSER

Zur Lösung aktueller Automatisierungsaufgaben muss der Anwender die Hardware und ein entsprechendes Entwicklungs-Tool des Herstellers kaufen. Letzteres basiert oftmals auf Windows. Das schafft eine Abhängigkeit vom Betriebssystem und den damit verbundenen Technologien.

TEXT: Horst Kalla, Weidmüller BILDER: Weidmüller

Im Rahmen der fortschreitenden weltweiten Vernetzung, steigender Flexibilität in Fertigungsanlagen und wachsendem Daten- und Informationsaustausch stellt Weidmüller mit U-Control eine neue, flexiblere Automatisierungslösung für den Anlagen- und Maschinenbauer bereit. Sie basiert auf den offenen Web-Technologien und macht den Browser zur Applikationsplattform für die flexible Systemkonfiguration und Programmierung.

Die Hardware von U-Control

Die Steuerungs-Hardware basiert auf einem Dual-Core-ARM-A9-Prozessor mit einer Taktfrequenz von 624 MHz und einem internen Speicher von bis zu 512 MB. Der Arbeitsspeicher beträgt 64 MB. Zusätzlich können in einer externen Micro-SD-Speicherkarte mit bis zu 32 GB Daten und Informationen abgelegt werden. Die Steuerung ist mit einer batteriegepufferten Echtzeituhr ausgerüstet. Weitere Features sind die austauschbare Batterie, ein Steckplatz für die Speicherkarte, der sich, nicht sichtbar, unterhalb der Klappe der Anschlüsse für die Versorgungsspannungen der Steuerung und der U-Remote-Module befindet.

Für die Kommunikation beziehungsweise das Engineering von U-Control stehen dem Nutzer unterschiedliche Schnittstellen zu Verfügung. Über eine der beiden RJ45-Buchsen erfolgt der Start der Engineering-Software im Browser. Ist die Programmierung des Systems abgeschlossen, können über diese Ethernet-Schnittstelle Daten mit einer überlagerten Steuerung oder einem ERP System ausgetauscht werden.

Die zweite RJ45-Buchse kann der Anwender für zukünftige Erweiterungen nutzen, etwa für den Aufbau eines Feld-

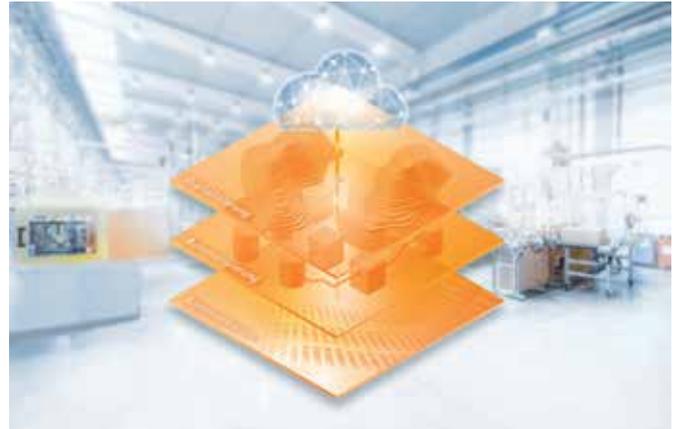
bussystems mit Master-Slave-Funktion. Die Steuerung verfügt außerdem über einen USB-Anschluss, der sich unter der Serviceklappe befindet. Über den USB-Port kann ebenfalls programmiert werden, zudem lassen sich Diagnosedaten abrufen. Das ist von Vorteil, wenn U-Control bereits in einer Applikation eingebaut und mit anderen Systemen verbunden ist. Für die zukünftige Kommunikation mit intelligenten Komponenten ist eine CAN-Schnittstelle on Board vorhanden. Die 24V-DC-Spannungsversorgung für U-Control speist sowohl die Steuerungs-Hardware als auch – getrennt nach Ein- und Ausgängen – bis zu 32 unterschiedliche U-Remote-Module. Diese werden auf der rechten Seite von U-Control angeordnet.

Das System kann auch für sicherheitstechnische Applikationen eingesetzt werden. Dabei kommen die U-Remote-Powerfeed-Module zum Einsatz. Sie versetzen die Maschinen unabhängig von der Steuerung in einen sicheren Zustand. Die notwendigen, nicht sicheren Signale für das Applikationsprogramm werden über den U-Remote-Rückwand-Bus an U-Control übertragen und dort verarbeitet.

Sicherheit durch zwei autonome CPU-Kerne

Die Besonderheit von U-Control ist der Umstand, dass es zwei autonom arbeitende CPU-Kerne besitzt. Auf einem Prozessor läuft ein nicht echtzeitfähiges Linux-Betriebssystem mit einem Weidmüller-eigenen Engineering-Tool. Auf dem zweiten Prozessor befindet sich ein echtzeitfähiges SPS-Betriebssystem zur Ausführung des Applikationsprogramms. Beide CPU-Kerne sind gegeneinander sicherheitstechnisch abgeschottet und tauschen Daten über Trust Zones miteinander aus. Somit lassen sich getrennte Software-Updates für beide Systeme je nach Bedarf unabhängig durchführen. Um die

Das Angebot von Weidmüller für Industrie-4.0-Lösungen verbindet die drei Ebenen Digitalisierung, Automatisierung und Kommunikation.



wachsenden Security-Anforderungen zu erfüllen, ist ein TPM-Chip in das Gerät integriert. TPM steht für Trust Plattform Module und schützt gegen unautorisierte Software-Updates sowie modifizierte Software beziehungsweise Softwareerweiterungen.

Als Basis für die Entwicklung der Engineering-Software wurde auf die Anwendung offener und herstellerunabhängiger Web-Technologien (HTML5, CSS3 und JavaScript) gesetzt. Der Browser wird für den Anwender zur Applikationsplattform und erlaubt eine flexible Systemkonfiguration, Parametrierung sowie Programmierung gemäß IEC 61131-3.

Eine aufwendige Installation des Engineering-Tools ist nicht erforderlich, da diese Software bereits in der Steuerung integriert ist. Aufgrund der Web-Technologien kann die Steuerung mit unterschiedlichster Hardware sowie die Software ortsunabhängig über eine direkte Verbindung zum U-Control-Gerät oder eine indirekte Verbindung via Internet überwacht, programmiert und aktualisiert werden. Einzige Voraussetzung ist ein HTML5-fähiger Browser.

Systemabhängigkeiten vermeiden

Bei heutigen Steuerungen erfolgt das Engineering, also die Konfiguration, Parametrierung und Programmierung, meist über ein separates Software-Paket, das auf einem PC mit Windows-Betriebssystem installiert werden muss. Dieser Umstand erzeugt eine Abhängigkeit von der verwendeten Version des Betriebssystems – nicht nur bei der Entwicklung, sondern für den gesamten Lebenszyklus der Automatisierungslösung und damit der Maschine. U-Control bietet hier im Unterschied zu existierenden Systemen mehr Flexibilität auf Basis standar-

disierter, webbasierter Technologien. Die Engineering-Software ist dabei auf der Embedded-Hardware bereits integriert und lizenzfrei.

Konkret liegt der Schlüssel zur Geräteunabhängigkeit in der Verlagerung des Engineering-Tools in die Webumgebung. Der Zugriff auf die Engineering-Software kann direkt, über ein Netzwerk oder über einen Server in der Cloud erfolgen. Auch die Programmierung ohne angeschlossene Hardware ist eine Option. Durch das webbasierte Engineering ist der Kunde sowohl standortunabhängig (Fabrik oder Büro), plattformunabhängig (Linux, Windows und so weiter) als auch browserunabhängig (Internet Explorer, Firefox oder Chrome).

Intuitive Bedienung per Drag & Drop

Das in der Steuerung integrierte Engineering-Tool ist so ausgelegt, dass die Programmierung auf der weltweit gültigen Norm IEC 61131-3 für speicherprogrammierbare Steuerungen basiert. Die Befehle und Strukturen sind Programmierern in der Automatisierungstechnik bekannt. Dank Drag & Drop ist die Bedienung leicht zu erlernen und nach einer kurzen Eingewöhnung können die ersten Projekte mit dem webbasierenden Engineering-Tool sofort umgesetzt werden. Hierzu stehen zu Anfang zwei Programmiersprachen zur Verfügung: Funktionsbausteine (FBS) und Strukturierter Text (ST). Der Befehlsumfang entspricht der PLCopen-Befehlsbibliothek. Für unterschiedliche Anforderungen und für das Verständnis des Steuerungsprogrammes lassen sich ST-Programmteile auch in Funktionsblöcke transformieren.

Das Engineering-Tool wird sich künftig dank responsivem Design automatisch an unterschiedliche Ausgabegeräte anpas-



U-Control von Weidmüller ist eine offene, plattformunabhängige Automatisierungslösung für den Maschinen- und Anlagenbau.

sen und ermöglicht so eine optimale Bedienung der webbasierten Oberfläche.

Sicherer Zugriff und Verschlüsselungsfunktionen

Auch das Themenfeld Security liegt im Fokus. U-Control wurde unter Berücksichtigung neuester Sicherheitsnormen wie IEC 62443 entwickelt. Der sichere Zugriff erfolgt unter Verwendung des HTTPS-Protokolls oder über eine VPN-Verbindung. Zusätzliche Software-Komponenten erhöhen den Schutz der eigenen Applikations-Software vor unerlaubtem Zugriff. Die Verschlüsselung einzelner Software-Funktionen als auch die Verschlüsselung des gesamten Applikationsprogramms ist möglich. Auch die Daten auf dem externen Speicher können verschlüsselt abgelegt werden.

Weitere Pluspunkte der Weidmüller-Lösung sind die kompakte Bauform und die direkte Ankopplung unterschiedlicher U-Remote-Module. Ein breites Produktportfolio von einfachen digitalen oder analogen Ein- und Ausgangsmodulen bis hin zu komplexen Funktionsmodulen wie IO-Link, RS 232/422/485 und SSI erlauben einen universellen Lösungsansatz für unterschiedlichste Maschinen und Anlagen.

Ein wichtiges Produktmerkmal von U-Control ist die nachträgliche Installation von Industrie-Software-Applikationen zur Funktionserweiterung. Damit kann die Steuerung individuell auf die Bedürfnisse der Kundenapplikation zugeschnitten werden. In Zukunft wird aus der Stand-alone-Lösung U-Control eine Automatisierungslösung – einschließlich Feldmaster wie EtherCAT oder Profinet für die Anbindung dezentraler U-Remote-E/A-Stationen. Mit Hilfe von OPC UA können außerdem eine Vielzahl von U-Control-Steuerungen semantische Informationen austauschen und eine Applikation zen-

tral oder verteilt steuern sowie regeln. Die Erstellung von grafischen Bedien- und Beobachtungselementen für HMIs über das Tool U-View wird ebenso als optionales Software-Paket für Maschinenbauer verfügbar sein. Alle diese Software-Apps können auf der U-Control-Hardware installiert werden – ein Alleinstellungsmerkmal am Markt.

Vereinfachte M2M-Kommunikation

Die Steuerungslösung U-Control eignet sich sowohl für Neuanlagen als auch für den Einsatz in bereits bestehende Maschinen und Anlagen als Retrofit. Als Teil des Weidmüller-Automatisierungsbaukasten U-Mation ist sie gleichermaßen für Maschinen- und Anlagenbetreiber interessant, die die Vorteile neuer Web-Technologien nutzen wollen. U-Control punktet durch die Plattform- und Browserunabhängigkeit auf Basis herstellerunabhängiger Technologien und offener Standards. Dies macht die neue Automatisierungslösung für einen breiten Kundenkreis interessant.

Die Zielapplikationen befinden sich in erster Linie bei den weltweit tätigen Schlüsselkunden, für die Weidmüller sich als Lösungsanbieter positionieren will. Aus diesem Grund ist U-Control ein Erfolgsfaktor im Projektgeschäft und adressiert mit seiner technischen Leistungsfähigkeit den Maschinen- und Anlagenbau und dort beispielsweise Verpackungsmaschinen sowie Handlings-Systeme. Der Schwerpunkt liegt auf Assistenz-Maschinen und -Systemen, die einen festen Bestandteil im Maschinenbau darstellen. Über solche Maschinen- und Maschinenteile definiert sich schließlich der Automatisierungsgrad von Produktionsanlagen.

Weitere Informationen zu Weidmüller finden Sie im Business-Profil auf Seite 50.

Inhalt der Rubrik

ROBOTIK & HANDLING



BILDQUELLE: ISTOCK, SVEDOLIVER

106 Flexibilität trifft Kosteneffizienz
Intelligentes Transportsystem macht individualisierte Massenproduktion möglich

108 Robotergestützte Kennzeichnung
Beschriftungssysteme lösen Kennzeichnungsaufgaben zusammen mit Robotern

110 Lernfähige Roboter
Bildverarbeitungssoftware für einen zuverlässigen Griff-in-die-Kiste

112 Erfolgreiche Lecksuche per Roboter
Worauf es bei der automatisierten Schnüffellecksuche ankommt

114 Roboter für den optimalen Klang
50-prozentige Produktivitätssteigerung durch den Einsatz von Cobots

FLEXIBILITÄT TRIFFT KOSTENEFFIZIENZ

Ein intelligentes Transportsystem macht die individualisierte Massenproduktion wirtschaftlich umsetzbar. Personalisierte Produkte wie ein Smoothie lassen sich damit kosteneffizient herstellen – der Fantasie bei der Individualisierung sind keine Grenzen mehr gesetzt.

TEXT: Carmen Klingler-Deiseroth für B&R BILDER: B&R

Wer gerne Smoothies trinkt, landet früher oder später im Internet auf der Suche nach exotischen Rezepten. Dann heißt es: Obst einkaufen und pürieren. Das ist mühsam und braucht Zeit. Einfacher und schneller ist es, sich seinen ultimativen Smoothie online zusammenzustellen und an die Haustür liefern zu lassen: 60 Prozent Banane, 20 Prozent Kirsche, 10 Prozent Ananas und 10 Prozent Kiwi. Und, da wäre noch etwas: Die Farbe des Verschlusses für den Vitamincocktail und das Motiv des Etiketts sollen auch noch individuell gestaltbar sein. Ein Wunschdenken – würden viele Hersteller sagen. Denn bisher war es kaum möglich, personalisierte Produkte wirtschaftlich herzustellen.

Produktion flexibler gestalten

Die herkömmliche Massenproduktion ist gekennzeichnet von Produkten, die in definiertem Abstand und mit konstanter Geschwindigkeit auf Förderbändern an verschiedenen Stationen vorbeifahren, bis sie schließlich für den Verkauf verpackt werden. „Eine solche Massenproduktion ist nicht mehr zeitgemäß“, sagt Robert Kickinger, Manager Mechatronic Technologies bei B&R. Die junge Generation der Digital Natives hat Spaß daran, sich mit Waren zu differenzieren, die genau auf sie zugeschnitten sind. Für die Personalisierung ihrer Lieblingsprodukte sind sie auch bereit, mehr zu bezahlen. Um sich diesem Markt zu stellen und weiterhin wettbewerbsfähig zu sein, stehen Hersteller vor der Herausforderung, ihre Produktionen flexibler zu gestalten.

Doch wie können sie das schaffen? Eine Möglichkeit ist es, statt eines konventionellen Transportsystems ein intelligentes

Track-System einzusetzen. „Manchmal ist das jedoch gar nicht für die ganze Strecke notwendig“, sagt Kickinger. Aus diesem Grund hat B&R sein intelligentes Transportsystem Acopostrak so gestaltet, dass es perfekt mit konventionellen Förderbändern kombiniert werden kann. „Zum Personalisieren der Produkte reicht in vielen Fällen ein kurzes Stück eines flexiblen und intelligenten Track-Systems“, erklärt er. Den restlichen Weg durch die Produktion können die Waren wie bisher fahren. Dadurch profitiert der Anwender von der Flexibilität des intelligenten Tracks und zugleich von den niedrigen Anschaffungskosten konventioneller Förderbänder.

Einfache Übergabe der Produkte

Die kosteneffizienteste Antwort auf die Anforderung einer flexiblen Produktion ist also in manchen Fällen ein hybrides Transportsystem. „Wichtig dabei ist, die Produkte nahtlos von einem System zum anderen zu übergeben – ohne manuellen Eingriff oder Roboter“, sagt Kickinger. Bei der Transportlösung von B&R macht dies die besondere Bauart der Shuttles möglich. Am Track werden sie durch Magnetkraft gehalten und am Förderband durch Reibschluss. Durchgehende Führungsschienen sorgen dafür, dass die Shuttles nicht vom Weg abkommen.

Während Geschwindigkeit und Produktabstand auf dem Förderband konstant sind, lässt sich jedes Shuttle entlang der Acopostrak-Strecke individuell regeln. Der minimale Produktabstand liegt bei 50 Millimetern. Das intelligente Teilstück hebt damit die Taktung des Förderbandes auf – die Personalisierung in Losgröße 1 kann starten.



Acopostrak ist ein flexibles Transportsystem, das über eine rein elektronische Weiche verfügt, über die sich Produktströme trennen und wieder zusammenführen lassen.



Führungsschienen ermöglichen einen nahtlosen Übergang vom konventionellen Förderband zum intelligenten Acopostrak.

Unterschiedliche Geschwindigkeiten und Verweildauern an Abfüllstationen, Verschleiß-Stationen oder für personalisierte Etiketten sind einfach realisierbar. Somit bringt bereits ein kurzes Stück Acopostrak im Fördersystem die benötigte Flexibilität für wirtschaftlich hergestellte, individualisierte Massenprodukte. Kicking er unterstreicht dabei: „Der Fantasie für neue personalisierte Produkte sind somit keine Grenzen gesetzt.“

Kosteneffiziente und platzsparende Lösung

Aufgrund des modularen Aufbaus lassen sich unterschiedlich lange Teilstrecken des Acopostraks in ein konventionelles Förderband integrieren. „Und zwar auch in Bestandsanlagen“, wie Kicking hervorhebt. Ist die Förderstrecke zum Beispiel 100 Meter lang und der Hersteller benötigt auf etwa zehn Metern eine intelligente Strecke, bleiben 90 Meter konventionelles Förderband.

Die Track-Elemente von Acopostrak verfügen über eine integrierte Antriebseinheit. „Die Leistungselektronik und ein leistungsfähiger Prozessor sind im Motor eingebaut“, erläutert Kicking. Zusätzliche Umrichter und Motion-Control-Units, die nicht nur einen bedeutenden Kostenfaktor darstellen, sondern auch noch viel Platz im Schaltschrank beanspruchen, sind daher nicht notwendig. Das macht Acopostrak in Kombination mit Förderbändern zu einer kompakten und platzsparenden Lösung.

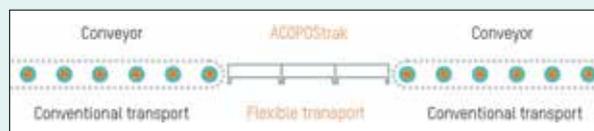
Kicking ergänzt: „Durch diese Kombination weiten wir die Einsatzmöglichkeiten von Acopostrak deutlich aus.“ Viele

Applikationen, die von mehr Flexibilität profitieren würden, werden ökonomisch sinnvoll, denn „ein kleines Stück Intelligenz reicht oftmals aus, um die individuelle Massenfertigung in Losgröße 1 wirtschaftlich umzusetzen.“

Weitere Informationen zu B&R Industrie-Elektronik finden Sie im Business-Profil auf Seite 16.

INTELLIGENTES TRANSPORTSYSTEM

Acopostrak ist ein intelligentes Transportsystem, das über eine rein elektronische Weiche verfügt, über die sich Produktströme bei voller Produktionsgeschwindigkeit trennen und wieder zusammenführen lassen. So kann der Anwender zum Beispiel eine Servicelinie einrichten, die neue Shuttles in die Produktionslinien des Tracks einschleust. Zeitgleich werden die nicht mehr benötigten Shuttles auf die Servicelinie umgeleitet. Produktwechsel sind auf diese Weise ohne Maschinenstillstand möglich.



Das flexible Design von Acopostrak erlaubt es, alle möglichen offenen und geschlossenen Track-Formen auf Basis einer Gitterstruktur zu realisieren. Zudem lässt sich das Transportsystem nahtlos in bestehende Fördersysteme integrieren. Das System beschleunigt mit mehr als 5 g und erreicht eine Maximalgeschwindigkeit von mehr als 4 m/s. Der minimale Produktabstand liegt bei 50 mm.

ROBOTERGESTÜTZTE KENNZEICHNUNG

Bei der Handhabung, Montage und dem Bearbeiten von Werkstücken sind Roboter nicht mehr wegzudenken. Auch beim Kennzeichnen von Produkten und Verpackungen gehen sie zur Hand. Der Markt für Systeme aus Robotern und Kennzeichnungsanlagen wächst.

TEXT: Antoinette Aufdermauer, Bluhm Systeme BILD: Bluhm Systeme

Produktkennzeichnung erfolgt zumeist „im Vorbeigehen“: Das Produkt liegt auf dem Förderband und wird während der Fahrt etikettiert, bedruckt oder laserbeschriftet. Das ist jedoch zuweilen entweder nicht möglich oder nicht ausreichend. Denn manchmal müssen Produkte aufgenommen, hingehalten, während der Kennzeichnung in spezieller Weise bewegt und anschließend wieder abgelegt werden. Menschliches Eingreifen war hier lange Zeit unverzichtbar. Das ist nicht nur eine monotone und dadurch fehleranfällige Tätigkeit für Mitarbeiter, sondern zudem zeitaufwändig und damit kostenintensiv für Hersteller.

Roboter für Pick&Place-Aufgaben

Heutzutage erfolgt das Picking-and-Placing zunehmend mit Hilfe von Robotern. Sie kommen typischerweise bei folgenden Aufgaben zum Einsatz:

- ▶ Kennzeichnung an unterschiedlichen Stellen eines Produktes
- ▶ Etikettierung von Paletten an zahlreichen verschiedenen Stellen
- ▶ Kennzeichnung mit unterschiedlichen Etiketten in verschiedenen Versionen und/oder Formaten
- ▶ Kennzeichnung an schwer zugänglichen Positionen, etwa in Hülsenkernen

Hier arbeiten Roboter schnell, gleichmäßig und wenig fehleranfällig. Sie sorgen so für Effizienz, Präzision und Prozesssicherheit in der Produktion. Als Kennzeichnungsassistenten eignen sich insbesondere Knickarmroboter – sogenannte Universalroboter –, deren Bewegungen frei programmierbar sind. Der Kennzeichnungsexperte Bluhm Systeme aus Rheinbreitbach hat bereits zahlreiche solcher Kennzeichner-Roboter-Kollaborationen realisiert.

Ein Beispiel: Ein Palettenetikettierer versieht gestoppte oder durchlaufende Paletten an zwei oder drei Seiten mit Eti-

ketten. „Doch manchmal müssen zudem die auf der Palette befindlichen Kartons einzeln nachetikettiert werden“, erklärt Andreas Koch, Vertriebsdirektor bei Bluhm Systeme. Das kann erforderlich werden, wenn Produkte mit unterschiedlichen Packschemata auf Paletten gepackt wurden. „Dann kann ein Roboterassistent das Etikett aufnehmen und an der gewünschten Stelle anbringen.“

Flache Produkte von zwei Seiten etikettieren

In anderen Fällen können Produkte nicht auf dem Förderband etikettiert werden. Zum Beispiel, wenn es sich um flache und leichte Produkte handelt. „Unser Kunde Cellpack Electrical Products muss dünne Zwei-Kammer-Beutel für Gießharze beidseitig etikettieren“, berichtet Andreas Koch. „Diesen Vorgang haben wir mit Hilfe eines Roboters vollkommen automatisiert.“ Die mit den entsprechenden Gefahrensymbolen und mehrsprachigen Hinweisen bedruckten Etiketten werden im Vorfeld in zwei Etikettenspendern vom Typ Alpha Compact eingelegt. Die Spender haben kompakte Maße und konnten daher problemlos in die Fertigungsanlage der Gießharzbeutel integriert werden.

Ein Roboterarm nimmt die Beutel nach deren Herstellung vom Stapel und platziert sie zentriert zwischen die beiden Etikettenspender. Die Alpha-Compact-Anlagen bringen die Etiketten im so genannten Tampblow-Verfahren berührungslos und präzise auf die Vorder- und Rückseiten der Beutel auf. Anschließend legt der Roboterarm die etikettierten Beutel in eine Ausgabewanne.

Roboter können aber nicht nur beim Etikettieren zur Hand gehen, sondern natürlich ebenfalls beim Bedrucken. „Das Unternehmen Druckkontrolltechnik produziert unter anderem runde Druckwächter, die im Durchmesser variieren“, erklärt Andreas Koch. „Diese unterschiedlichen Formen müssen wir natürlich auch bei der Kennzeichnung berücksichtigen.“

Mit Hilfe von Robotern lassen sich zum Beispiel Gießharzbeutel automatisch beidseitig etikettieren.



Die Druckwächter werden bei Beck größtenteils kundenspezifisch produziert und liegen daher in verschiedensten Varianten vor. Um Verwechslungen zu vermeiden, werden sie direkt nach ihrer Funktionsprüfung eindeutig gekennzeichnet. Neben Artikelnummer und Fertigungsdatum wünschen manche Kunden zudem eine Kennzeichnung mit bestimmten Einstellwerten, dem Maximaldruck P-Max sowie weiteren kundenspezifischen Informationen. Um den individuellen Kundenwünschen gerecht werden zu können, wurden die Continuous-Inkjet-Drucker vom Typ Linx über die webbasierte Software Bluhmware Cockpit mit dem ERP-System der Beck Druckkontrolltechnik verbunden. Im ERP-System sind alle produktions- und kennzeichnungsrelevanten Informationen hinterlegt.

Umlaufende Beschriftung von runden Produkten

An manchen Anlagen werden die frisch produzierten Druckwächter in spezielle Produktnester gelegt und automatisch zur Funktionsprüfung transportiert. Unmittelbar hinter den Prüfanlagen sitzen die Kennzeichnungssysteme. Nach erfolgter Funktionsprüfung geht ein Befehl an einen Roboterarm. Er greift das entsprechende Produkt und führt es am Druckkopf vorbei. Durch diesen Druckkopf wird permanent ein Gemisch aus Tinte und Solvent gepumpt. Auf einen Trigger hin strömt das Tintengemisch aus dem Druckkopf und kennzeichnet die sich vorbei bewegende Oberfläche. Bei Beck führt der Roboterarm die Produkte wegen ihrer runden Oberflächen in einer 360-Grad-Drehung am Druckkopf entlang. Dabei wird die Kennzeichnung präzise auf die weiße Kunststoffummantelung der Geräte aufbracht. Anschließend legt der Roboterarm das gekennzeichnete Produkt in eine Ausgabekiste.

Auch in der Getränkeindustrie arbeiten Kennzeichnungssysteme und Roboter Hand in Hand. „Wir arbeiten mit mehreren Brauereien bei der Keg-Kennzeichnung zusammen“, erläutert Andreas Koch. „Bierfässer sind ja landläufig eher schwierig

im Handling.“ Auch die Privatbrauerei Ustersbach befüllt Kegs. Das sind kleine Bierfässer, die mehrfach verwendet werden. Daher erfolgt die Bedruckung lediglich auf dem Kunststoffverschlussdeckel. Als Kennzeichnungssystem kommt wiederum ein Linx-Continuous-Inkjet-Drucker zum Einsatz.

Kennzeichnung von Bierfässern

Das Handling der Fässer übernimmt ein Roboter: Dazu wurde der Linx-Druckkopf in etwa zwei Metern Höhe direkt neben der Keg-Anlage montiert und mit dem Roboter vernetzt. Der Roboter nimmt die befüllten und frisch verschlossenen Bierfässer aus der Abfüllanlage und führt sie unterhalb des Druckkopfs vorbei. Gleichzeitig schickt er dem Drucker ein Signal und startet damit die Kennzeichnung. Der Druckkopf bedruckt den Verschluss mit einem Haltbarkeitsdatum, der Produktionszeit und der Nummer der Abfülllinie. Anschließend stellt der Roboter das Fass auf einer Versandpalette ab. „Das Verfahren ist genial, weil wir alle Gebindegrößen am Schreibkopf vorführen können, ohne den Kopf umstellen zu müssen“, sagt Andreas Koch.

Die Privat-Brauerei Max Leibinger nutzt ein ähnliches Kennzeichnungsverfahren. Auch hier versiegelt ein Roboter die befüllten Fässer mit einer Verschlusskappe und fährt sie an einem Druckkopf eines Linx-Druckers vorbei. Ein SPS-Signal des Roboters leitet über die digitale I/O-Schnittstelle des Druckers den Codiervorgang ein. Der Drucker druckt in drei Zeilen Biersorte, Abfülldatum, Chargennummer und Mindesthaltbarkeitsdatum auf den Kunststoffdeckel. Anschließend stellt der Roboter das Fass auf eine Palette.

Wenn anspruchsvolle Kennzeichnungsaufgaben gelöst werden sollen, sind Roboter und Beschriftungssysteme ein perfektes Team. Roboterarme ermöglichen eine noch höhere Flexibilität bei der Produkt- und Verpackungskennzeichnung. Weitere spannende Anwendungen werden mit Sicherheit folgen. □

LERNFÄHIGE ROBOTER

Der Griff-in-die-Kiste funktioniert immer zuverlässiger. Sogar dünne, metallisch glänzende Blechteile, die ungeordnet in einer Kiste liegen, können Industrieroboter heute unterscheiden. Den nächsten Quantensprung erwarten Forscher von maschinellen Lernverfahren.

TEXT: Hannes Weik, Fraunhofer IPA BILDER: Fraunhofer IPA

Selbst in ansonsten modern gestalteten Produktionshallen ist es bis heute oft noch üblich, Bauteile ungeordnet in Kisten oder Gitterboxen zu transportieren und zu lagern. Aufwendiges Ab stapeln erspart man sich damit ebenso wie spezielle Ladungsträger. Allerdings müssen die Mitarbeiter die Bauteile dann meist von Hand entnehmen und ihrer weiteren Verarbeitung zuführen – eine kostenintensive, eintönige und auf Dauer gesundheitsschädliche Tätigkeit.

Automatisierung eintöniger Arbeiten

Es bietet sich also an, solche Arbeiten zu automatisieren. Dazu gibt es zum Beispiel Rütteltöpfe, die allerdings viel Platz brauchen, Bauteile beschädigen können und obendrein für jedes Werkstück neu konfiguriert werden müssen. Die andere Möglichkeit ist, dass ein Handhabungsroboter diese Aufgabe übernimmt. Doch da gilt die Faustregel: Was Menschen leicht fällt, bereitet Robotern mitunter große Schwierigkeiten. Entsprechend langsam und unzuverlässig war der roboterbasierte Griff-in-die-Kiste bisher.

„Gerade bei metallisch glänzenden Objekten stieß die automatisierte Handhabungstechnik bislang schnell an ihre Grenzen“, sagt Werner Kraus, Gruppenleiter beim Fraunhofer IPA in Stuttgart. „Die bildgebenden Sensoren lieferten oft Aufnahmen, deren Bildrauschen genauso groß war wie die Bauteildicke. In solchen Fällen war der Griff-in-die-Kiste noch nicht einmal in zehn Prozent aller Fälle erfolgreich“, erklärt Kraus den Grund für die bisherige Unzuverlässigkeit.

Bildverarbeitungssoftware als Schlüssel

Überhaupt möglich macht den roboterbasierten Griff-in-die-Kiste die Bildverarbeitungssoftware bp3, die Kraus und sein Team am Fraunhofer IPA entwickelt haben und laufend verbessern. Sie befähigt Industrieroboter Werkstücke in einer Kiste zuverlässig zu erkennen, sicher zu greifen und definiert abzulegen.

Bildgebende Sensoren erzeugen zunächst eine Punktwolke. Anhand dieser lokalisiert und detektiert die Software bp3 einzelne Objekte in einer Kiste. Spezielle Algorithmen gleichen diese mit den hinterlegten CAD-Modellen ab und finden Übereinstimmungen. Ist ein Bauteil zweifelsfrei identifiziert, wird ein geeigneter Greifpunkt bestimmt.

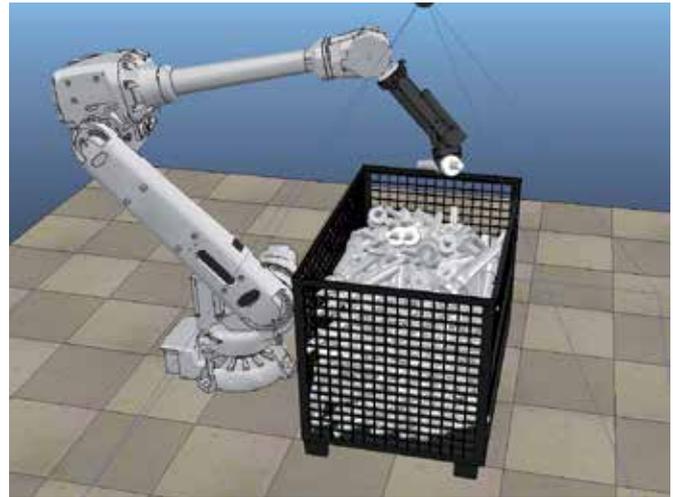
Hierbei spielt es keine Rolle, wenn Bauteile ungeordnet in einer Kiste lagern, also unterschiedlich ausgerichtet und teilweise verdeckt sind. Für jeden Gegenstand, den ein Industrieroboter vereinzeln soll, sind mehrere Stellen vordefiniert, an denen der Greifer prozesssicher ansetzen kann. Unabhängig vom gewählten Greifpunkt legt die Software alle baugleichen Objekte in der vorab festgelegten Ausrichtung ab. Die Bewegungsbahn wird entsprechend angepasst.

Einfaches Einlernen neuer Bauteile

Darüber hinaus ist die Bildverarbeitungssoftware nicht nur bei der Bauteilform flexibel, sondern sie unterstützt auch



Dank der Bildverarbeitungssoftware bp3 ist dieser zweiarmige Roboter in der Lage, Bauteile aus einer Kiste zu greifen und definiert abzulegen.



Im Projekt Deep Grasping erarbeiten Forscher eine virtuelle Lernumgebung. Darin üben Roboter bereits vor ihrer Inbetriebnahme Greifversuche an Werkstücken.

Sensoren und Roboter ganz verschiedener Hersteller. Eine grafische Benutzeroberfläche erleichtert Anwendern zudem die Bedienung. Mit wenigen Klicks können sie neue Bauteile einlernen und komplexe Greifergeometrien bei Bedarf mit bis zu zwei Zusatzachsen als siebte und achte Roboterachse zusammenstellen. Die einfache Konfiguration erlaubt das schnelle Umrüsten bei neuen Produktvarianten. Damit lässt sich bp3 in eine wandlungsfähige Produktion integrieren, in der Kleinserien mit der gleichen Effizienz gefertigt werden wie Massenware.

Die Bildverarbeitungssoftware bp3 profitiert von neuester Sensortechnik. Sie liefert hochauflösende Bilder, wodurch Industrieroboter nun auch reflektierende Bauteile erkennen und präziser als jemals zuvor greifen können. Damit sind sie jetzt auch in der Lage dünne, metallisch glänzende Blechteile in mehr als 95 Prozent aller Fälle zuverlässig zu vereinzeln. Die nächste große Leistungssteigerung erwarten die Forscher um Kraus vom Einsatz maschineller Lernverfahren.

Perfekt durch maschinelle Lernverfahren

Durch maschinelle Lernverfahren ändert sich die Art der Datenverarbeitung grundlegend: Wo bisher noch die Algorithmen des Roboterarms für jede Aufgabe und jedes Bauteil neu programmiert werden müssen, soll schon bald künstliche Intelligenz zum Einsatz kommen. „Roboter werden damit in der Lage sein, Objekte zu erkennen, die sie noch nie vorher gesehen haben, und Strategien zu entwickeln, wie sie diese

am besten handhaben“, fasst Kraus das Ziel zusammen. „Noch sind die Lernzeiten für das Machine Learning zu lang für den Praxiseinsatz in der Industrie“, sagt Kraus. „Wir arbeiten daher mit Simulationen – und vermeiden damit auch Fehlgriffe und Kollisionen mit realen Robotern.“

Im Forschungsprojekt Deep Grasping arbeitet er gerade zusammen mit Wissenschaftlern von der Universität Stuttgart an einer virtuellen Lernumgebung, in der Roboter künftig vor ihrer Inbetriebnahme die eigenen neuronalen Netze schulen und sich über ihre Erfahrungen austauschen sollen. Der Griff-in-die-Kiste soll also nicht mehr in der Praxis geübt, sondern nur noch simuliert werden. Die vortrainierten Netze werden anschließend auf den realen Roboter übertragen.

Schon bald wollen die Wissenschaftler ihren Laboraufbau in einen Demonstrator überführen und in ein bis zwei Jahren sollen erste Projekte mit Partnern aus der Industrie anlaufen.

Weitere Informationen zum Fraunhofer IPA finden Sie im Business-Profil auf Seite 22.

Heiß geliebt



SOS
KINDERDÖRFER
WELTWEIT

sos-kinderdoerfer.de

2018/1

ERFOLGREICHE LECKSUCHE PER ROBOTER

Bei der automatisierten Schnüffellecksuche bewegt ein Roboterarm eine Messsonde zum Prüfling, um austretendes Prüfgas zu erfassen. Möglich wird die dynamische Suche erst durch einen hohen Gasfluss.

TEXT: Sandra Seitz, Inficon BILD: Inficon

Für die Qualitätssicherung ist die Schnüffellecksuche in vielen Fertigungsprozessen unverzichtbar. Oft dient sie dazu, festzustellen, ob die Verbindungsstellen zwischen verschiedenen, bereits zusammengebauten Komponenten wirklich dicht sind. Im Automobilbau ist das etwa erforderlich, um vormontierte Baugruppen der Klimaanlage vor dem Fahrzeugeinbau zu prüfen oder wenn die Dichtheit des Gehäuses einer Traktionsbatterie nach außen – etwa gemäß IP67 oder IP69K – geprüft werden muss.

Damit die Traktionsbatterie ihre Kapazität lange behält, brauchen ihre Komponenten außerdem eine dauerhafte Kühlung. Wenn hier eine Dichtheitsprüfung zu zuverlässigen und reproduzierbaren Ergebnissen führen soll, bietet sich dafür eine automatisierte Schnüffellecksuche an: Die Schnüffel-Messsonde befindet sich dabei an einem Roboterarm. Aus Sicherheitsgründen muss die Messsonde allerdings einen gewissen Abstand zum Prüfteil einhalten. Daraus, und aus der Vorschubgeschwindigkeit der Sonde, ergeben sich hohe Anforderungen an die technischen Parameter des eingesetzten Prüfgeräts – genauer gesagt: an seinen Gasfluss.

Dynamisches Roboterschnüffeln

Bei einer automatisierten statischen Lecksuche soll eine einzige Stelle an einem Bauteil oder einer Verbindung auf Dichtheit geprüft werden. Bei einer dynamischen Schnüffellecksuche ist die Schnüffelsonde dagegen stetig in Bewegung, um einen größeren Bereich des Prüfteils zuverlässig auf Leckstellen zu untersuchen; zugleich soll dies mit möglichst hoher Geschwindigkeit geschehen. Es ist allerdings schwierig, beides gleichzeitig zu realisieren. Denn die Schnüffelsonde braucht

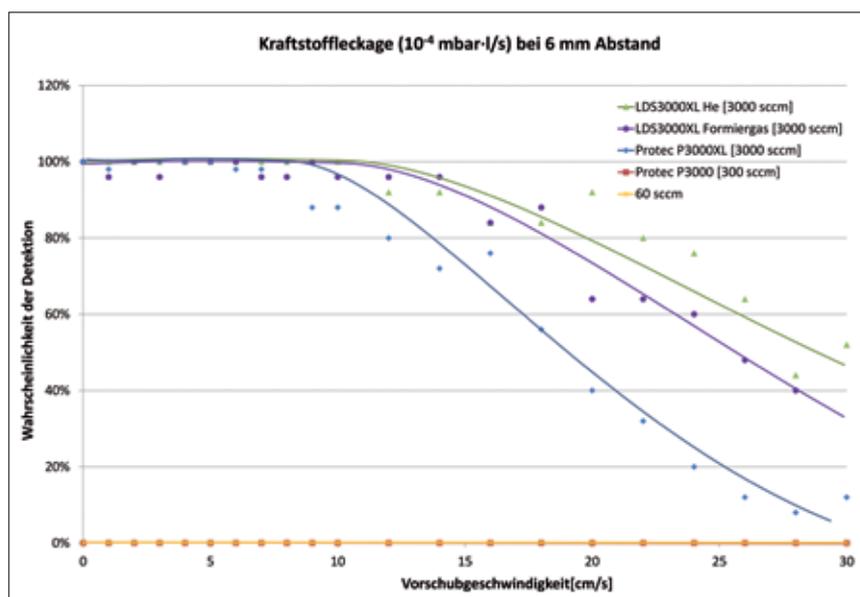
zwingend einen gewissen Abstand zur Oberfläche des Prüfteils. Bei einer manuellen dynamischen Lecksuche kann der Bediener etwaige Bauteiltoleranzen noch ausgleichen – bei einer automatisierten dynamischen Schnüffellecksuche muss der Roboter dagegen zwingend einen Sicherheitsabstand einhalten. Zudem reduziert sich mit steigender Scangeschwindigkeit die Verweilzeit an einer Stelle. Es gehört zur Methode der Schnüffellecksuche, dass Luft und Prüfgas von der Messspitze mit einem gewissen Fluss angesaugt werden. Die gebräuchliche Einheit für den Gasstrom ist sccm (standard cubic centimeter per minute – Standardkubikzentimeter pro Minute). Herkömmliche Multi-Purpose-Lecksuchgeräte saugen das Gas mit einem Teilchenstrom von vergleichsweise geringen 60 sccm an.

Bei einer manuellen Schnüffellecksuche und sorgfältigem Vorgehen – langsam und in geringer Entfernung vom Prüfteil – kann dieser Teilchenstrom gegebenenfalls ausreichen. Bei der dynamischen Roboter-Schnüffellecksuche ist das nicht der Fall. Erst ein hoher Gasfluss sorgt dafür, dass Gas aktiv aus einem größeren Bereich angesaugt wird, sowohl aus der Tiefe als auch aus der Vorschubrichtung.

Prüfung auf Öldichtheit mit 3000 sccm

Soll die Öldichtheit einer Komponente sichergestellt werden, ist eine Prüfung gegen Leckraten im Bereich von 10^{-3} mbar \times l/s erforderlich. Versuchsreihen belegen die Auswirkung der Scan- beziehungsweise Bewegungsgeschwindigkeit der Messsonde auf das Ergebnis. In unserem ersten Beispiel geht es um ein Testleck von 1×10^{-3} mbar \times l/s bei einem Abstand von 6 mm vom Prüfteil. Diese Versuchsreihe zeigt, dass Mul-

Dynamische Roboter-Schnüffellecksuche bei einem Kraftstoffleck: Gasfluss und Prüfgeschwindigkeit sind zentrale Einflussfaktoren.



ti-Purpose-Lecksuchgeräte, die Gas mit einem Fluss von nur 60 sccm ansaugen, hier vollkommen versagen. Ein Leck von 1×10^{-3} mbar \times l/s identifizieren solche Geräte praktisch nie. Selbst wenn der Teilchenfluss des Geräts 300 sccm beträgt, ist es für solch ein Szenario ungeeignet.

Erst Geräte, die speziell mit einem Fluss von 3000 sccm ausgelegt sind (Protec P3000XL und LDS3000 mit XL-Schnüffeladapter), machen ein zuverlässiges, dynamisches Roboterschnüffeln möglich. Führt der Roboterarm die Messspitze dabei langsamer als mit circa 14 cm/s über die Prüfteil-Oberfläche, werden für Öldichtheit relevante Lecks zu 100 Prozent erkannt und lokalisiert. Bei Prüfgeschwindigkeiten von mehr als 14 cm/s nimmt die Nachweiswahrscheinlichkeit beim Protec P3000XL nach und nach ab. Der LDS3000XL hingegen kann selbst bei einer Geschwindigkeit von 30 cm/s ein Leck von 1×10^{-3} mbar \times l/s noch zuverlässig nachweisen. Voraussetzung hierfür ist allerdings, dass man Helium statt Formiergas als Prüfgas verwendet.

Anspruchsvolle Kraftstoffdichtheitsprüfung

Wenn im Automobilbau aus Komponenten keine flüssigen Kraftstoffe austreten dürfen, sind die Grenzleckraten nochmals kleiner: Sie liegen bei ungefähr 1×10^{-4} mbar \times l/s. Entsprechend wachsen die technischen Anforderungen an die dynamische Roboter-Schnüffellecksuche. In unserer zweiten Versuchsreihe, wieder mit einem Abstand von 6 mm von der Oberfläche des Prüfteils, weisen nun Prüfgeräte mit 60 sccm und mit 300 sccm ein so kleines Leck in gar keinem Fall mehr nach, auch nicht bei einer sehr geringen Prüfgeschwindigkeit. Selbst bei einem Lecksuchgerät mit einem sehr hohen Gasfluss

von 3000 sccm muss man die Geschwindigkeit nun reduzieren. Mit dem Protec P3000XL erbringt die dynamische Schnüffellecksuche bei Geschwindigkeiten unterhalb von circa 8 cm/s zuverlässige Ergebnisse mit Leck-Erkennungsraten von nahezu 100 Prozent. Der LDS3000XL gestattet hier sogar eine etwas höhere Geschwindigkeit von bis zu rund 10 cm/s.

Den Roboter am besten einhausen

Aber gegen welche Leckrate auch immer geprüft werden soll und ob es um Öl- oder Kraftstofflecks geht – es ist in jedem Fall sinnvoll, die Prüfanlage in einem abgeschirmten Bereich zu platzieren. Schon wegen Sicherheitserwägungen werden Roboterstationen oft eingehaust. Aber auch die dynamische Roboter-Schnüffellecksuche profitiert von der Einhausung, denn diese schirmt vor Luftbewegungen aus dem Produktionsbereich ab: Austretende Prüfgaswolken werden dann nicht sofort verweht.

Auswahl des passenden Lecksuchgeräts

Es ist die große Stärke der automatisierten Schnüffellecksuche, dass sie den Einfluss eines menschlichen Prüfers vermeidet und zu klaren, reproduzierbaren Ergebnissen führt. Eine dynamische Roboter-Schnüffellecksuche macht es allerdings erforderlich, das Lecksuchgerät anhand des spezifischen Einsatzzwecks genau auszuwählen. Besonderes Augenmerk muss dabei einem sehr hohen Gasfluss gelten: 3000 sccm sind durchaus sinnvoll. Denn nur dann kann die dynamische Roboter-Schnüffellecksuche ihren Zweck erfüllen, Lecks automatisch zu identifizieren und zu lokalisieren – zuverlässig und sicher. □

ROBOTER FÜR DEN OPTIMALEN KLANG

Seine Audio-Produkte fertigt Beyerdynamic fast ausschließlich am heimischen Standort. Um trotz globaler Konkurrenz wettbewerbsfähig zu bleiben, setzt das Unternehmen auf kollaborative Robotik. Die Teilautomatisierung der Fertigung sorgt unter anderem für eine 50-prozentige Steigerung der Produktivität.

TEXT: Helmut Schmid, Universal Robots **BILDER:** Beyerdynamic / Universal Robots

Beyerdynamic ist einer der wenigen Premium-Hersteller von Audiogeräten, der seine Produkte fast ausschließlich in Deutschland fertigt und das größtenteils in Handarbeit. Was bei Kunden weltweit Ansehen und Vertrauen genießt, ist in der Fertigung sehr kostspielig. Während Konkurrenten Teile ihrer Produktion mittlerweile nach Asien verlegt haben, suchte der 1924 gegründete Traditionsbetrieb eine Möglichkeit, auch zukünftig rentabel am heimischen Standort zu produzieren.

Hierfür hat sich Beyerdynamic, ein in der Herstellung von Kopfhörern, Mikrofonen und Konferenzsystemen führendes Unternehmen, vor kurzem ein ambitioniertes Ziel gesetzt: die Produktivität bei gleichbleibenden Kapazitäten um 50 Prozent zu steigern, ohne seine hohen Qualitätsstandards zu vernachlässigen. Im Rahmen eines 4-Jahres-Plans wird diese Strategie aktuell umgesetzt. Herzstück sind zwei kollaborierende Roboter von Universal Robots (UR), welche Mitarbeiter an verschiedenen Stationen im Fertigungsprozess sukzessive unterstützen sollen.

Automatisierung des Beschichtungsprozesses

In der Produktion hochwertiger Audiogeräte ist die Prozessstabilität einer der entscheidenden Faktoren – speziell, wenn es um Präzisionsarbeiten geht. Jedoch konnte diese für bestimmte, filigrane Tätigkeiten in der Kopfhörerproduktion in traditionsgemäßer Handarbeit nicht gewährleistet werden: An einer Stelle innerhalb der Produktionsabfolge müssen die Membranen der Lautsprecher durch die Beschichtung mit einem Dispersionsmedium verfeinert werden.

Vor der Automatisierung dieses Schrittes waren bei Beyerdynamic drei Mitarbeiter für die Beschichtung verantwortlich.

Mit einem Pinsel trugen sie das Medium per Hand auf die Membran auf. „Natürlich ist es für den Menschen unmöglich, über lange Zeit hinweg immer gleichmäßig zu pinseln. Irgendwann wird ein Strich nun mal dicker und ein anderer dünner. Entsprechend wiesen unsere Membranen starke qualitative Schwankungen auf“, erklärt Jörg Lang, Produktionstechniker bei Beyerdynamic. Genau hier sah der Hersteller einen geeigneten Ansatzpunkt, um seine Fertigung durch den Einsatz kollaborierender Roboter zu optimieren: Mittels einer Teilautomatisierung sollten zum einen die Qualitätsschwankungen reduziert und zum anderen die Produktivität des Vorgangs erhöht werden.

Klassische Industrieroboter zu teuer und groß

Traditionelle Industrieroboter erschienen dem Unternehmen als ungeeignet. Denn deren Anschaffung und Implementierung ist mit vergleichsweise hohen Kosten verbundenen und sie benötigen viel Platz. Hingegen hatte der Betrieb bereits gute Erfahrungen mit den Robotern von Universal Robots gemacht. Peter Härtel, Head of Strategic Operations and Quality bei Beyerdynamic, erzählt: „Die UR-Roboter haben wir ursprünglich für unsere Qualitätstests angeschafft. Sie sind sicher, flexibel einsetzbar und lassen sich leicht für immer neue Aufgaben programmieren, so dass wir alle erdenklichen Tests mit ihnen machen können. Das brachte uns auf die Idee, die Roboter direkt neben unseren Mitarbeitern auch in der Fertigung einzusetzen.“

Mittlerweile unterstützen ein UR3 und ein UR5, benannt nach ihrer Traglast in Kilogramm, drei Mitarbeiter in der Membranbeschichtung. Im Ergebnis läuft der Fertigungsprozess nun stabil und mit konstant hoher Qualität ab – und

Peter Härtel und Jörg Lang programmieren die Roboter bei Beyerdynamic im „Teach Modus“. Dank diesem kann ein Anwender den Roboterarm greifen und ihm neue Aufgaben beibringen, indem er ihn per Hand von Wegpunkt zu Wegpunkt führt.



während die Roboterkollegen die repetitiven Aufgaben übernehmen, können sich die Arbeiter stärker anderen, wertschöpfenden Tätigkeiten widmen. Allein bei dieser ersten Applikation steigerte die Zusammenarbeit von Menschen und Robotern die Produktivität innerhalb des Anwendungsbereichs um 50 Prozent bei einer gleichzeitigen Qualitätszunahme der Premium-Kopfhörer.

Cobots übernehmen Handling und Spraying

Um die Beschichtung der Lautsprechermembranen mit den beiden UR-Robotern zu automatisieren, wurde der Prozess zunächst in zwei Aufgabenbereiche unterteilt: Handling und Spraying. Für den Arbeitsschritt Handling ist ein UR5-Roboterarm mit einer integrierten Robotiq Wrist Camera sowie einem Robotiq-2-Finger-Greifer ausgestattet. Für die Membranbeschichtung platziert ein Arbeiter im ersten Schritt einen geschweißten Kopfhörerlautsprecher auf einer vordefinierten grünen Fläche, die das Sehfeld, der in der Applikation integrierten Kamera repräsentiert. Der Handling-Roboter erfasst so das Werkstück und nimmt den Lautsprecher auf. Anschließend legt er diesen auf einen Drehmotor.

Von dort übernimmt ein UR3 mit einer integrierten Sprühpistole den Spraying-Prozess und beschichtet die Membran durch Aufsprühen des Dispersionsmediums. Im Anschluss legt dann der UR5 den beschichteten Lautsprecher wieder auf einem Tablett ab. Sobald dieses vollständig mit Werkstücken beladen ist, schiebt er es selbstständig weiter, um Platz für neue Teile zu schaffen. Für eine nahtlose Zusammenarbeit kommunizieren die Roboter per Datenaustausch miteinander und geben sich so eigenständig die Freigaben für den nächsten Arbeitsschritt.

Die Leichtbauroboter von Universal Robots überzeugten Beyerdynamic in vielerlei Hinsicht: „Besonders dass die Roboter extrem einfach zu programmieren sind, war für uns das ausschlaggebende Argument für Universal Robots. So können wir unsere Applikationen selbst programmieren, ohne auf externe Dienstleister angewiesen zu sein“, sagt Peter Härtel und ergänzt: „Dank der intuitiven Steuerung können unsere Mitarbeiter außerdem den Umgang mit den Robotern schnell selbst erlernen.“ Jörg Lang fügt hinzu: „Auch die Kamera und der Greifer von Robotiq waren schnell installiert und nahtlos über die Software- und Programmierumgebung verwendbar. Dank dieser Plug&Play-Integration zwischen dem UR-Roboterarm und dem Robotiq-Zubehör ließ sich unser Pilotprojekt in kürzester Zeit umsetzen.“

Mitarbeiter lernen Roboter kennen

Nicht nur vor dem technischen Hintergrund, sondern auch mit Blick auf die Belegschaft waren die neuen Roboterkollegen in kürzester Zeit bei Beyerdynamic vollkommen integriert. Unlängst wurden sie auf die Spitznamen „Jonathan“ und „Fritzchen“ getauft. „Anfangs standen unsere Mitarbeiter den Robotern noch etwas skeptisch gegenüber. Mit den UR-Robotern innerhalb der Produktion betreten wir Neuland. Entsprechend konnte sich keiner vorstellen, wie Mensch-Roboter-Kollaboration in der Praxis aussieht und welche Änderungen in der Prozesskette mit ihr einhergehen“, berichtet Jörg Lang über die anfängliche Zurückhaltung.

„Daher legten wir vom Start weg Wert auf eine offene Kommunikation, um potenzielle Bedenken zu zerstreuen. Außerdem haben wir die Zusammenarbeit mit den Robotern unseren Mitarbeitern freiwillig zur Wahl gestellt und abgefragt,



Für die Membranbeschichtung platziert ein Arbeiter einen geschweißten Kopfhörerlautsprecher auf einer vordefinierten Fläche, sodass die integrierte Kamera das Werkstück erkennt und der UR-Roboter es aufnehmen kann.

wer im Team Interesse hat, gerne in das Projekt miteinbezogen zu werden“, erklärt Lang die Umsetzung. Gülhan Boz, eine Arbeiterin, meldete sich zuerst. Sie ist mit den neuen Roboterkollegen rundum zufrieden: „Mit ‚Jonathan‘ und unserem ‚Fritzchen‘ kommen wir sehr gut klar. Es war für uns einfach, zu lernen, wie wir die Roboter richtig bedienen. Selbst wenn einmal eine Störung auftritt, können wir diese leicht selbst beheben.“

Um mögliche Berührungspunkte hinsichtlich der UR-Roboter abzubauen, bevor sie überhaupt im Werk ihre Arbeit aufnehmen, wurde einer der Roboter für ein Sommerfest des Unternehmens kurzerhand zum Cocktail mixen programmiert. „Diese ‚Just for fun‘-Applikation hat allen gezeigt, wie unmittelbar und sicher die UR-Roboter sich in ein menschliches Umfeld einfügen“, lacht Härtel. „Sehr schnell hat die Neugierde unserer Mitarbeiter überwogen und sie sind mit den Robotern direkt warm geworden.“

Beyerdynamic steht für deutsche Wertarbeit und Qualität in der Audio-Elektronik – dank der MRK-Applikation und der mit ihr einhergehenden Produktivitäts- und Qualitätssteigerung sieht sich die Traditionsmarke in der Lage, auch in Zukunft vollständig in Deutschland produzieren zu können. Laut Peter Härtel markieren die bislang mittels Automatisierung erreichten Erfolge lediglich den Anfang: „Natürlich setzen wir für die Zukunft auf Wachstum und somit auch auf einen weiteren Anstieg unserer Produktivität und einen noch nie erreichten Qualitätsindex im Hinblick auf unsere Produkte. Hierbei handelt es sich natürlich um einen langfristigen und dynamischen Prozess, für den wir aber auf jeden Fall fest mit dem Einsatz von weiteren Robotern in zusätzlichen Bereichen unserer Fertigung planen.“

Weitere Informationen zu Universal Robots finden Sie im Business-Profil auf Seite 49.



LESETIPP

Gibt es einen A&D-Newsletter?

JA! Der A&Dweek-Newsletter liefert Ihnen relevante News aus der Welt der Automatisierungstechnik. Zweimal wöchentlich, für Sie ausgesucht von unserer Redaktion. Registrieren Sie sich jetzt kostenfrei unter www.INDUSTR.com/AuD.

publish
industry
verlag

Inhalt der Rubrik

ANTREIBEN & BEWEGEN



BILDQUELLE: ISTOCK, BOSCA78

118 Minimale Trägheit, maximale Dynamik
Neue Servomotoren-Baureihe nach dem Baukastenprinzip

120 Effiziente Mehrachssysteme
Energieaustausch in Antriebssystemen realisieren

123 Zustellachsen automatisieren
Formatwechsel mit integrierten Stellantrieben einfach automatisieren

126 High-Performance-Antriebssysteme
Dynamische und leichte Servomotoren für die kollaborative Robotik

MINIMALE TRÄGHEIT, MAXIMALE DYNAMIK

Man nehme eine Reihe Servomotoren, tausche die bestehende durch eine konzentrierte Wicklung aus, ändere die Geometrie des Rotorpakets und fertig ist die neue, kürzere und damit dynamischere Servomotoren-Baureihe. Neben dieser Dynamik, mit der leichte Bewegungsaufgaben schnell umgesetzt werden können, sollen bisher verwendete Seltenerdmetalle in ihren Leistungswerten weit übertroffen werden.

TEXT: Helmut Pirthauer, Heidrive BILDER: Heidrive

Dynamik ist der springende Punkt, wenn es um performante Antriebe geht. Denn neben einer kompakten Bauweise sollten vor allem die Bewegungsabläufe eines Servomotors flüssig und präzise sein. So benötigen einige Kunden im Zeitalter der Automatisierung nicht nur leistungsstarke Motoren, die schwere Lasten heben, sondern vielmehr einen hochdynamischen und präzisen Antrieb, der leichte Bewegungsaufgaben schnell umsetzt. Der Antriebsspezialist Heidrive vereint all diese Vorteile in seiner Heimotion-Dynamic-Baureihe und stellt damit extreme Geschwindigkeit und maximale Leistungsfähigkeit auf eine Stufe. Das Kelheimer Unternehmen entwickelte mit dieser Baureihe auf Basis der vorhandenen Servo-Plattform einen hochdynamischen Antrieb, der nahezu allen Anforderungen der Kunden gerecht wird.

Robuste und energieeffiziente Servomotoren

Die dynamischen Servomotoren von Heimotion sind Permanentmagnet-Drehstrom-Synchron-Servomotoren. Mit Permanentmagneten aus Neodym-Eisen-Bor können Leistungswerte erreicht werden, die bis zu 40 Prozent über den höchsten bisher bekannten und verwendeten Seltenerdmetalle liegen. Sowohl neue technische Lösungen als auch eine Reduzierung des Magnetmaterialeinsatzes bei gleicher Leistung des Systems werden dadurch ermöglicht.

Die Heimotion-Dynamic-Motoren zeichnen sich zusätzlich dazu sowohl durch ihre Robustheit als auch durch eine hohe Energieeffizienz aus, die vor allem von einer neuen Geometrie des Rotorpakets herrührt. So ermöglicht diese eine

Reduzierung der Spulenköpfe und der Packungshöhe, was im Ergebnis zu einem äußerst kompakten und hochdynamischen Servomotor führt. Als dritte Baugruppe der Heimotion-Serien konnte die Baulänge der Heimotion-Dynamic-Baureihe zudem signifikant um 20 Prozent reduziert werden. Diese wurde vor allem durch eine konzentrierte Wicklung in Form einer Wicklung um einen Zahn erreicht. Dabei werden Kupferschichten über einzelne Zähne mithilfe einer Flyerwicklung ohne Kreuzungen automatisch aufgetragen. Auf diese Weise wird die Querschnittsfläche der Nut optimal ausgenutzt. Dies resultiert in einem Wirkungsgrad von bis zu 96 Prozent. Die Wickelköpfe werden gegenüber der bestehenden und bereits optimierten Baureihe durch diese Wicklungsart nochmals verkürzt. Aufgrund der Reduzierung des Trägheitsmoments um 35 Prozent sind nun sehr hohe Beschleunigungen möglich.

Die Winkelbeschleunigung an einem Motor mit einer Leistung von 1.000 Watt ($M_0=3,5 \text{ Nm}$, $M_n=3,2 \text{ Nm}$ bei 3.000 rpm) konnte von 100.000 rad/s^2 auf 175.000 rad/s^2 angehoben werden. Die mit dieser Wicklungstechnologie einhergehende Verschlechterung der Rastmomente vermied man mittels FEM-Berechnungen, die allen Schnittberechnungen zugrunde lagen, gänzlich. Es gelang sogar, die Rastmomente durch Schränkung einzelner Magnetsegmente und Optimierung der Polübergänge um über 50 Prozent zu verringern. So ergeben sich Rastmomente von weniger als einem Prozent des Stillstandmoments.

Mit der neuen HMD-Baureihe ging ebenfalls eine Erweiterung der Drehmomentabstufung einher. Die Abstufung der



Heidrive bietet seinen Kunden mit der Heimotion-Dynamic-Baureihe vom Standardmotor bis zum kundenspezifischen Servomotor vielseitige Lösungen an.



Heimotion-Dynamic-Baureihe: Baulängenreduktion bei gleichzeitiger Erhöhung der Dynamik.

Stillstandsmomente wurde in einer Weise ergänzt, dass beim Baugrößensprung zweier Motoren das gewünschte Drehmoment von beiden Motoren realisiert werden kann. Für ein und dasselbe Drehmoment steht somit sowohl ein langer, schlanker und dadurch sehr dynamischer Motor als auch ein größerer, aber äußerst kurzer und dementsprechend kompakter Motor zur Verfügung.

Für Melksysteme und Verpackungsmaschinen

Verbaut werden die Motoren zum Beispiel in automatisierten Melksystemen sowie in Verpackungsmaschinen oder Positioniersystemen. Aber auch andere Einsatzgebiete sind möglich. So finden die Motoren mitunter ebenfalls in Prüfsystemen für die Automobilindustrie Anwendung. Dadurch, dass sogar hochauflösende Hiperface-DSL-Schnittstellen eingesetzt werden können, ist hier praktisch jede Positionsanforderung denk- und umsetzbar.

Um die Wärmeentwicklung zu kontrollieren, überwacht ein integrierter KTY-Sensor die Temperatur der Wicklung im Motor. Drehbare Doppel- und Einkabel-Steckverbinder sorgen für eine einfache Montage des Motors. Außerdem kann man frei zwischen verschiedenen Wicklungsspannungen für den Einsatz mit DC- oder AC-Reglern wählen. Zur Verfügung stehen Zwischenkreisspannungen zwischen 24/48 und 560 Volt. Ein Spulenguss bietet zusätzlich Schutz, macht den Motor robuster und ermöglicht somit auch den Betrieb der HMD-Baureihe am 480-Volt-Netz. Hinsichtlich der Spannungsspitzen, die durch immer leistungsstärkere Endstufen

auftreten, übernimmt der Hersteller eine Gewährleistung bis zu 14 kV/ μ s.

Servomotoren nach dem Baukastenprinzip

Die dynamischen Servomotoren können wie die Schwesternbaureihen HMC und HMP nach einem Baukastenprinzip zusammengestellt und kombiniert werden. Dadurch hat der Kunde diverse Auswahlmöglichkeiten bei den Spannungen, Flanschen, Bremsen, Kabelanschlüssen, Gebern oder auch Planetengetrieben. Hier profitiert Heidrive von der Bauteilegleichheit zur HMP-Baureihe, denn sowohl die Flansche, die Motorkappen, die Anschlüsse als auch die Geber sind durch die einheitliche Schnittstellengestaltung einfach und schnell an jede der drei Baureihen montierbar. Folglich können sämtliche Optionen des bestehenden Baukastens verwendet werden.

Bis hin zum kundenspezifischen Servomotor

Als Ergebnis stehen über mehrere Millionen Varianten zur Auswahl, die mit einer kurzen Vorlaufzeit gefertigt und geliefert werden können. Die Motoren werden weltweit verschickt und entsprechen den Sicherheitsanforderungen für zum Beispiel den kanadischen wie auch für den amerikanischen Markt. Durch den Rückgriff auf Komponenten aus dem vorhandenen Servobaukasten wurde in kurzer Zeit eine dritte Baureihe kreiert, die nun auch weltweit ihre Anwendung findet. Aufgrund dieser Erweiterung können nun sämtliche Anforderungen aus den Bereichen der Automatisierung und Robotik erfüllt und auch kundenspezifisch angepasst werden. □

EFFIZIENTE MEHRACHSSYSTEME

Der Energieaustausch in Antriebssystemen gewinnt an Bedeutung, um Bremsenergie wiederzuverwenden. Mit Mehrachs-Gleichstromverbänden können auch die Anschlussleistung reduziert sowie Netzausfälle überbrückt werden. Voraussetzung ist ein modularer Systemaufbau.

TEXT: Frederic Blank, LTI Motion BILDER: LTI Motion

Aktuelle Mehrachsverbände bieten nur begrenzte Variationsmöglichkeiten. Sowohl der Leistungsbereich als auch die maximale Kapazität im Gleichspannungszwischenkreis sind begrenzt. Nicht alle neuen Wünsche der Anwender können erfüllt werden, da einzelne Schlüsselkomponenten fehlen oder sich nicht in das Antriebssystem einbinden lassen. Anhand eines Lastzyklus einer Maschine wird der Leistungs- und Energiebedarf systematisch analysiert und mögliche Systemoptimierungen diskutiert.

Anforderungen an Mehrachs-Antriebssysteme

Bei der Auslegung von Mehrachs-Antriebssystemen für Produktionsmaschinen ergeben sich vielfältige Anforderungen. Kennzeichnend für die eingesetzten Servoantriebe ist dabei ein großes Verhältnis von Spitzen- zu Bemessungsstrom. Die Leistungsaufnahme jeder Achse ist in der Regel sehr unstetig, wodurch die gesamte Leistungsaufnahme des Mehrachssystems ebenfalls unstetig ist. Da sich die Achsen in ihrer Leistungsaufnahme meist abwechseln, ist die erforderliche mittlere Leistung viel geringer als die Summe der Nennleistung der Einzelachsen.

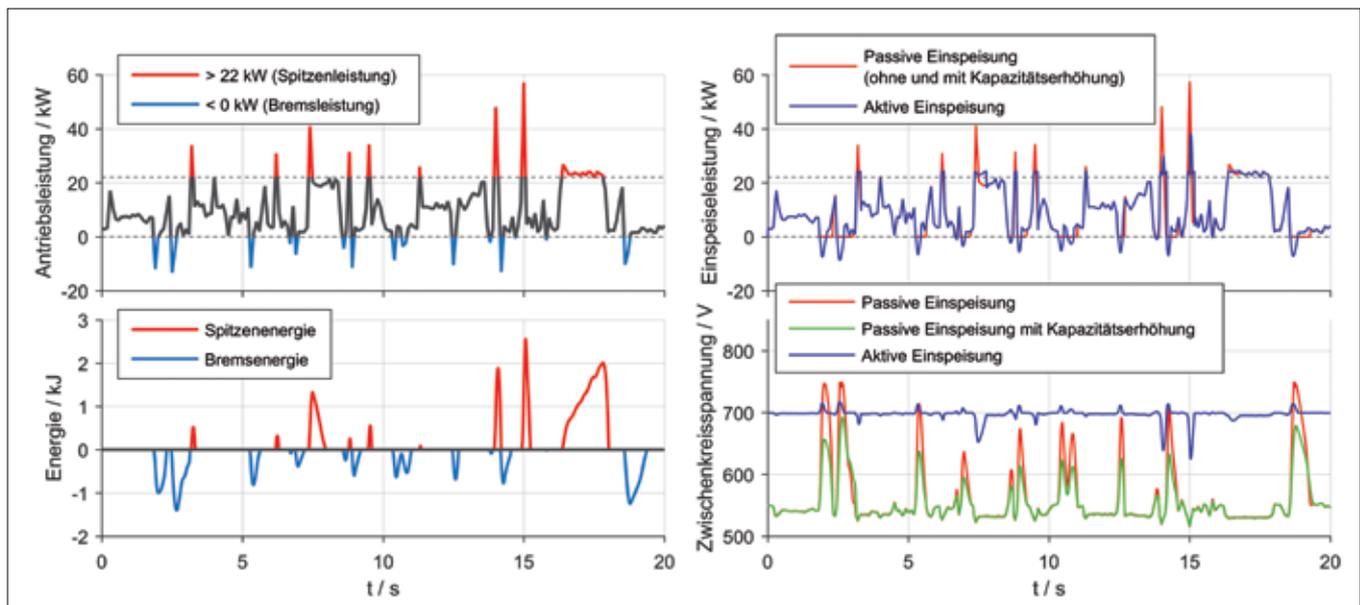
Bei Mehrachssystemen steht die Systembetrachtung im Mittelpunkt. Für eine optimale Auslegung müssen die Leistungsflüsse des Systems bekannt sein. Dies ist in der Praxis oft nicht der Fall, oder sie werden nicht in geeigneter Weise aus-

gewertet. Durch eine Analyse der Leistungs- und Energieflüsse im System wird eine maßgeschneiderte Auslegung entwickelt. Durch Systemoptimierungen wie die Erhöhung der Speicherkapazität oder den Einsatz einer rückspeisefähigen Versorgungseinheit können zusätzlich weitere Anforderungen erfüllt werden: die Reduktion der Anschlussleistung, die vollständige Wiederverwendung der Bremsenergie und eine Netzausfallstützung.

Leistungs- und Energieanalyse

Anhand eines beispielhaften Lastzyklus einer Biegemaschine wird der Leistungs- und Energiebedarf analysiert. Die gesamte Leistungsaufnahme aller Antriebe in einem 20-Sekunden-Zyklus wird mit der Bemessungsleistung eines Netzan schlusses mit 22 kW verglichen. Die mittlere Leistungsaufnahme beträgt 9 kW, die Spitzenleistung bis zu 57 kW. Interessant sind die Zeitabschnitte, in denen Bremsleistung auftritt und die Antriebsleistung negativ ist.

Die relevante Bremsenergie wird dabei durch Integration der Leistung < 0 bestimmt. Sie muss lediglich für kurze Zeit gespeichert werden, da die Antriebe die Energie in kurzer Zeit wiederverwenden können. Eben diese Energiemenge ist für die Auslegung der Systemkapazität interessant, sie beträgt in angeführtem Beispiel -1,4 kJ. Die Anwendung wird mit dem Mehrachs-Antriebssystem ServoOne CM von LTI Motion rea-



Leistung- und Energieanalyse des Lastzyklus einer Biegemaschine (links) und Systemvarianten (rechts). Durch Erhöhung der Systemkapazität wird die gesamte Bremsenergie wiederverwendet. Die aktive Einspeisung reduziert die Spitzenwerte der Einspeiseleistung.

lisiert, zum Einsatz kommen im Zuge dessen Servoachsen mit bis zu 45 A Nennstrom.

Wenn die Anschlussleistung der Maschine reduziert werden soll, werden zusätzlich die Leistungsspitzen betrachtet, in denen die Antriebsleistung größer als die Bemessungsleistung der Versorgungseinheit ist. Die für eine vollständige Vermeidung der Leistungsspitzen notwendige Energiemenge wird ebenfalls durch Integration bestimmt, sie beträgt in diesem Beispiel 2,6 kJ. Für eine Systemoptimierung kommen mehrere Ansätze in Betracht.

Passive Einspeisung und Kapazitätserhöhung

Im einfachsten Systemaufbau versorgt eine passive Einspeisung das Antriebssystem. Da die Einspeiseleistung nicht geregelt werden kann, ergibt sie sich aus der Antriebsleistung und der vorhandenen Zwischenkreiskapazität und ist ähnlich dynamisch. Im Beispielizeklus der Biegemaschine ergibt sich eine Spitzenleistung von 60 kW. Da die Bremsleistung nicht ins Netz gespeist werden kann, steht nur die Speicherkapazität des Zwischenkreises zur Verfügung; ansonsten wird sie an einem Bremswiderstand in Wärme umgewandelt.

Bringen die Komponenten des Antriebssystems nicht genug Kapazität mit, um die Bremsenergie aufzunehmen, wird die Kapazität des Antriebssystems durch passive Kondensator-

module erhöht. Die Auslegung erfolgt mithilfe der ermittelten Energiemenge und dem Spannungsverlauf. Im Beispiel der Biegemaschine sind bereits 12 mF ausreichend. Die maximal zulässige Systemkapazität ist begrenzt. Im ServoOne-System sind je nach Ausbaustufe bis zu 40 mF möglich. Auf die maximale Netzleistung hat diese Kapazitätserhöhung keinen Einfluss, da die Einspeisung ungeregelt ist.

Aktive Einspeisung und Energiespeicher

Durch den Einsatz einer aktiven Einspeisung mit netzseitigem Wechselrichter ergeben sich zahlreiche Vorteile. Die aktive Einspeisung wird mit sinusförmigen Netzströmen betrieben, wodurch die Blindleistungsaufnahme minimiert wird. Durch eine optimierte Regelung in Verbindung mit der Systemkapazität wird die Spitzenleistung aus dem Netz von 270 auf 170 Prozent reduziert. Die Bremsenergie wird zum Großteil im Zwischenkreis gepuffert, ein kleiner Teil wird ins Netz gespeist. Ein weiterer Vorteil ist, dass durch die geregelte Spannung weltweit zueinander identische Systeme eingesetzt werden können.

Als Systemergänzung ist ein aktiver Energiespeicher möglich. Er besteht aus einem Speichermanager, der einen Gleichstromsteller beinhaltet, und einem Speichermodul. Dieses Speichermodul ist der eigentliche Energiespeicher. Je nach Energiemenge und Zeitbereich wird die passende Technologie



Das kompakte ServoOne CM Mehrachs-Antriebssystem mit 75 kW Einspeiseleistung sowie 16 Servoachsen zwischen 6 und 45 A auf 88 cm Schaltschrankbreite.

ausgewählt. Meist bieten Supercaps die beste Kombination aus Energiedichte, Zuverlässigkeit und Wartungsbedarf. Durch eine abgestimmte Regelung in Einspeisung und Speichermanager wird die maximale Einspeiseleistung reduziert und die Bremsenergie gepuffert. Der Gleichstromsteller nutzt die Speicherkapazität dabei optimal aus.

Die Auslegung des Speichermanagers erfolgt nach Leistungsbedarf, das Speichermodul wird nach Energiebedarf ausgewählt. Durch diese Entkopplung ist der Energiespeicher mit einem großen Speichermodul auch als Netzausfallstützung zu verwenden, um bei einem Netzausfall einen Lastzyklus beenden zu können. Der Energiespeicher wird dabei geregelt entladen.

Mehrachssystem ServoOne CM

Um den Anforderungen an ein modulares Mehrachssystem Rechnung zu tragen, ist das Antriebssystem ServoOne CM erweitert worden. Es stehen Versorgungseinheiten von 10 bis 100 kW sowie Achsregler von 1,5 bis 210 A zur Verfügung. Insbesondere durch die Zwei- oder Dreiachsregler sowie durch die Erhöhung des Integrationsgrades ist es deutlich kompakter als vergleichbare Lösungen. Der hohe Integrationsgrad der Elektronik reduziert nicht nur den Platzbedarf, sondern auch den

Materialaufwand und damit die Kosten. Die oben beschriebenen Systemvarianten sind gefragt, um die Energie sinnvoll zu nutzen, den Wirkungsgrad zu optimieren und die Produktivität zu erhöhen. Daher bietet der ServoOne CM in seinem System ergänzende Komponenten wie Speichermodule sowie Speichermanager und aktive Versorgungseinheiten.

Für die optimale Systemauslegung mit Energieaustausch in Antriebssystemen müssen Leistungsflüsse und Energien analysiert werden. Durch den modularen Systemaufbau wird auf die individuellen Anforderungen eingegangen. Mit der Auswahl von passiver oder aktiver Netzeinspeisung sowie passiver oder aktiver Speicherlösung wird das System optimiert. Bei immer größer werdenden Gleichstromverbänden ist ein Energieaustausch auch innerhalb Maschinen- oder Anlagenteilen möglich, mit gleichzeitiger Erhöhung der Speicherkapazität.

Diese Gleichstromverbände hin zu einem offenen DC-Netz zu entwickeln, ist Thema des vom BMWi geförderten Verbundprojekts DC-Industrie. In diesem untersucht LTI Motion mit den Projektpartnern Lösungswege für den herstellerübergreifenden Energieaustausch.

Weitere Informationen zu LTI Motion finden Sie im Business-Profil auf Seite 30.

ZUSTELLACHSEN AUTOMATISIEREN

Die Anforderungen an Produktions- und Verpackungsanlagen steigen. Zunehmende Produktvielfalt und hohe Auslastung verlangen nach Flexibilität. Für Spindeln, die die Breiten- und Höhenanschlüge an Maschinen verstellen, ist etwa bereits bei wenigen Formatwechseln eine Automatisierung lohnenswert. Vollständige Prozessdokumentation, kurze Rüstzeiten und exakte Wiederholbarkeit sind allerdings nur mit einer umfassenden Vollautomatisierung realisierbar.

TEXT: Dr. Peter Velling, Lenord + Bauer **BILDER:** Lenord + Bauer

Breiten- und Höhenanschlüge an einer Maschine werden häufig mittels Spindeln verstellt, die per Handrad eingestellt werden. Schon bei wenigen Formatwechseln rentiert sich das Automatisieren dieser Sekundärachsen. Zusätzlich können aktuelle Industrie-4.0-Anforderungen erfüllt werden. Dabei ist die Auswahl des Antriebssystems entscheidend. Neben Faktoren wie Initialkosten und mechanischer Integration des Systems ist der Verdrahtungs- und Projektierungsaufwand für die SPS-Software-Integration ausschlaggebend.

Schrittmotoren sind eine günstige Lösung, wenn Aspekte wie ein Positionsfeedback keine Rolle spielen. Eine wichtige Größe bei der Auslegung des Antriebs ist das erforderliche Drehmoment. Es hängt vom Profil der Spindel und der zu bewegendes Last ab. Ein Schrittmotor stellt kein erhöhtes Losbrechmoment zur Verfügung, sollte sich die Reibung einer Spindel mit der Betriebszeit erhöhen.

Servomotoren bieten nicht nur Vorteile

Eine BLDC-Servoachse kann zum Beispiel aus dem Stillstand mit dem dreifachen Nennstrom angesteuert werden und leistet ein entsprechend erhöhtes Losbrechmoment. Darüber hinaus bieten Servomotoren praktisch ein konstantes

Drehmoment über den zulässigen Drehzahlbereich und sind als System mit passenden Planetengetrieben und Frequenzumrichtern verfügbar. Für Primärachsen mit bis zu 100 Prozent Einschaltdauer repräsentieren sie den gängigen Standard. Sie sind allerdings deutlich teurer als Schrittmotoren. Bei geringem Einbauraum ist darüber hinaus der klassische Aufbau mit getrenntem Motor, Getriebe, Kabelsatz und Gebersystem nachteilig. Dieser führt zu einer hohen Gesamtlänge der Servoachse. Zusätzlich muss ein Verstärker im Schaltschrank Platz finden.

Integrierte Antriebe zur Formatverstellung

Für die Breitenverstellung eines Geländers – Anschlag oder seitliche Begrenzung eines Transportbandes – mittels einer Linearachse reichen 30 bis 300 U/min zumeist aus. Eine hohe Dynamik ist hier unerwünscht, um die Mechanik nicht zu überlasten. Jedoch sind ein erhöhtes Losbrechmoment sowie eine Positions- oder Zustandsrückmeldung erforderlich. Die Eigenschaften von Servoachsen oder Schrittmotoren sind somit unvorteilhaft für Formatverstellungen.

In einigen Produktionsbereichen sind staub- und spritzwasserdichte Gehäuse gefordert. Die integrierten An-



Die Stellantriebe von Lenord + Bauer gibt es in verschiedenen Bauformen.

triebe von Lenord + Bauer namens Powerdrive kombinieren 24V-BLDC-Motoren, Getriebe, Endstufe, Buskommunikation und Multiturn-Absolutwertgeber in einem kompakten Gehäuse der Schutzklasse IP67. Bei 5 Nm Nennmoment liegt die Einbautiefe unter 100 mm. Die BLDC-Motoren lassen ein erhöhtes Losbrechmoment zu. In anderen Bauformen sind zudem Edelstahl- oder Aluminiumgehäuse sowie die Integration einer kompakten Bremse auf der Motor-b-Seite möglich.

Genau und reproduzierbar positionieren

Für reproduzierbare Einstellungen ist es entscheidend, wie präzise ein Antrieb sein Ziel anfährt. Bei typischen Antriebsachsen sind ein inkrementelles Gebersystem auf der b-Seite des Motors und ein Getriebe auf der a-Seite montiert. Das inkrementelle Gebersystem wird zur Kommutierung des Motors und zur Positionierung verwendet. Bei den Powerdrives ermöglicht der zusätzliche Multiturn-Absolutwertgeber an der Getriebeabtriebswelle eine Positioniergenauigkeit von zumeist 50 Mikrometern an Spindelachsen. Referenzfahrten nach einem Spannungsausfall, Not-Aus beziehungsweise Anlagenneustart und so weiter entfallen dadurch. Die Antriebe kennen ihre exakte Position und melden diese an die Anlagen-SPS zurück. Damit kann das jeweilige Format direkt dokumentiert werden.

Schrittmotoren oder Servoachsen werden in der Regel mittels Montagelockern oder entsprechenden Flanschbildern

fest mit einem Anlagenrahmen verbunden. Motor und Spindelwelle werden mit flexiblen Kupplungen verbunden, um das Axial- und Radialspiel auszugleichen. Die Stellantriebe von Lenord + Bauer haben eine Hohlwelle, die direkt auf die Spindelwelle aufgesteckt und mit einem Klemmring zu einem Festlager verbunden wird. Die Antriebe reiten auf der Spindelwelle. Eine flexible, an den Einbauraum anpassbare Drehmomentstütze stellt das Loslager und verhindert das Mitdrehen der Antriebe. Auf diese Weise wird zusätzlicher Bauraum eingespart.

Die Powerdrives können direkt in Linientopologie in alle gängigen Feldbus-Profile oder mittels der sogenannten Powerdrive-Box eingebunden werden. Diese arbeitet als Sternverteiler und kann sich im Maschinenbett oder im Schaltschrank befinden. Sie ist die Kommunikationsschnittstelle zur Maschinensteuerung und ermöglicht den Einsatz von Antrieben mit nur einem schleppkettentauglichen Hybridkabel. Das reduziert den Verkabelungsaufwand. Die Motorleistung der Stellantriebe und weitere Systemparameter werden von der intelligenten Steuereinheit überwacht und auf dem jeweiligen Feldbus-Profil zur Verfügung gestellt.

Mit oder ohne SPS-Anbindung

Die Erstinbetriebnahme eines Antriebs ist nicht zu unterschätzen. Für Schrittmotoren und Servoantriebe muss die Achsenprojektierung programmiert und bezüglich Getrie-



Powerdrive-System von Lenord + Bauer

be-Motor-Sensorparameter abgeschlossen sein. Häufig darf das Montagepersonal mangels Zugriffsrechten nicht auf die SPS-Programmierung zugreifen. Oft ist die SPS zudem während der Montage noch nicht lauffähig und die jeweilige Antriebslösung schwer zu überprüfen.

Bei integrierten Stellantrieben ist keine aufwendige Projektierung der Achsen erforderlich. Sobald eine 24-V-DC-Spannungsversorgung zur Verfügung steht, können die Stellantriebe mittels Laptop und einem Support-Tool ohne vorherige Programmierung der SPS in Betrieb genommen werden. Neben dem Test der mechanischen Installation und dem Einrichten der Spindeln oder Hubeinheiten können Kenndaten wie der Motorstrom kontrolliert werden.

Durch die Verdrahtungstopologie der Stellantriebe in Kombination mit der Powerdrive-Box kann die Leistung zentral in die Box eingespeist und die Antriebsachsen sowie die Verkabelung getestet werden. Das konfigurierbare System aus diversen Antrieben, Steckern, dem Systemkabel und der modularen Box für verschiedene Feldbus-Profile ist für die Standards nach UL-Richtlinien zertifiziert. Das ist für die exportstarken Anlagenbauer in Deutschland wichtig bei der Auswahl des Systems.

Jeder Antrieb ist Teil einer Gesamtanlage und wird in eine übergeordnete Anlagensteuerung eingebunden. Das geschieht nicht zuletzt aufgrund der immer weiter steigenden Forde-

rung nach Industrie-4.0-Konformität. Viele Hersteller bieten ausschließlich Lösungen für einzelne Steuerungen und eine geringe Anzahl Schnittstellen an. Die Unterstützung bei der Einbindung fällt dabei ebenfalls sehr unterschiedlich aus, oftmals wird eine proprietäre Schnittstelle unterstützt. Der einzige Standard sind hier demnach die Gerätedateien – ein Muss für die jeweiligen Feldbus- beziehungsweise Industrial-Ethernet-Standards.

Ein intelligentes System bietet Lösungen für alle gängigen Echtzeit-Kommunikations-Profile. Ein entsprechendes Frontend im integrierten Antrieb und steckbare Schnittstellenmodule für die Powerdrive-Box ermöglichen diese Vielfalt. Neben den notwendigen Gerätedateien liefert Lenord + Bauer release-gepflegte Funktionsbausteine. Diese sind für viele SPS/PLC-Plattformen vorbereitet und stehen in einer Library zur Verfügung. Neben den Istwerten über Zustand, Geschwindigkeit und Position der Antriebe liefert das Positioniersystem damit auch Informationen zu Motorstrom und -temperatur; Daten, die zur proaktiven Wartung und zum Condition Monitoring genutzt werden können. Sie geben beispielsweise Hinweise auf die Verschmutzung der angetriebenen Spindel. Durch frühzeitiges Eingreifen lässt sich ein Maschinenausfall verhindern. Dies liefert einen Beitrag zur Vernetzung von Komponenten und Maschinen.

Weitere Informationen zu Lenord + Bauer finden Sie im Business-Profil auf Seite 28.

HIGH-PERFORMANCE-ANTRIEBSSYSTEME

Insbesondere kollaborative Roboter verlangen nach dynamischen, hochintegrierbaren und leichten Antriebssystemen. Bei deren Entwicklung kommt es nicht nur auf das richtige Design an, sondern auch auf schnell getaktete Leistungselektronik und richtig aufgelöste Positionsgeber.

TEXT: Dr. Andreas Hofmann, TQ-Systems **BILDER:** TQ-Systems

Die Robotik, speziell die kollaborative Robotik, gehört zu den wachstumsstärksten Branchen des vergangenen Jahrzehnts. Zunehmender Automatisierungsdruck bei industriellen Anwendungen und der Trend zur Digitalisierung haben diese Entwicklung beschleunigt. Das Anforderungsprofil der elektrischen Antriebe, mit denen Robotikanlagen und ihre Komponenten ausgestattet werden, ist dabei klar definiert.

Entsprechend der Auslegung des Gesamtsystems müssen sie hochintegrierbar sein und dazu möglichst wenig Bauraum und Gewichtsbelastung einnehmen. Typische Bauräume – bestehend aus den Grundkomponenten Servomotor, Leistungselektronik sowie hochauflösendem Geber – verfügen hier in der Regel über verhältnismäßig kurze Achslängen bei verhältnismäßig großen Durchmesser. Neben diesen fixen Voraussetzungen besteht das eigentliche Differenzkriterium in der Dynamik beziehungsweise in der Maximierung der Roboter-nutzlast.

Daneben müssen Robotikantriebe eine Reihe von weiteren Anforderungen erfüllen. Wichtig ist hier insbesondere eine hochpräzise und ruckfreie Positionierung – entsprechend dynamisch muss die Reaktionsfähigkeit auf Störgrößen ausfallen. Hohe Dynamik ist auch notwendig, um optimal auf Eingriffe in den Arbeitsbereich des Cobots zu reagieren und so eine sichere Zusammenarbeit von Mensch und Maschine zu garantieren.

Herausforderungen beim Design des Motors

Zentrale Messgröße ist die Dauerdrehmomentdichte. Deren Ausgangspunkt liegt primär im Design des Motors, der – um hier ideale Voraussetzungen für die jeweilige Anwendung bieten zu können – wiederum ganz auf die Anforderungen des Gesamtsystems zugeschnitten sein muss. In diesem komplexen Kontext spezifischer Relationen und Bezüge stellen sich den Entwicklern folgende zentrale Aufgaben: die Maximierung der elektromagnetischen Drehmomentbildung (1), die Minimierung des Eisenkreises (2) und der Verlustleistung (3) sowie die Optimierung der Kühlung (4).

1. Optimierung der elektromagnetischen Drehmomentbildung: Es gibt zwei grundsätzliche Ansätze, um die Dynamik des Drehmoments zu optimieren. In der ersten Variante geschieht dies über das verwendete Magnetmaterial. Um hier entsprechende Vorteile zu erzielen, werden diejenigen Selten-erdenlegierungen eingesetzt, die unter den gegebenen thermischen Bedingungen im Motorbetrieb die höchste Remanenz aufweisen. Der zweite, wirkungsmächtigere Hebel ist die Polpaarzahl. Grundsätzlich steigt die Drehmomentbildung mit der Polpaarzahl. Das erhöht aber zugleich die Fragilität des Motoraufbaus. Daher müssen während der Entwicklung elektromagnetische ebenso wie Machbarkeitsfaktoren berücksichtigt werden. Nur so kann die optimale Polpaarzahl erreicht werden.

Der Vollwellen-Servomotor RD70 von TQ-Systems zeichnet sich vor allem durch das kompakte Design aus.



2. Optimierung des Eisenkreises: Grundsätzlich ist es das Ziel der Motordesigner, so wenig Eisen wie nötig zu verbauen, um überflüssige Masse und Volumen zu sparen. Die Minimierung des Eisenanteils bringt aber eine frühzeitigere Sättigung bei höheren Strömen mit sich. Das Sättigungsverhalten und damit der Eisenkreis müssen also stets unter Berücksichtigung des thermischen Verhaltens des Motors abgestimmt werden.

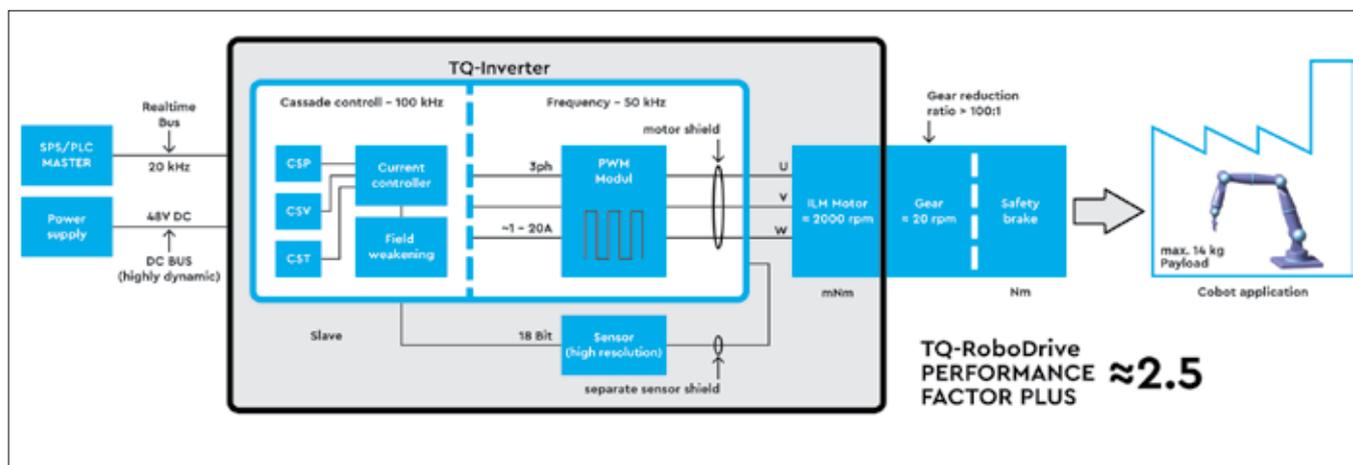
3. Minimierung der Verlustleistung: Der Ohm'sche Verlust macht den größten Anteil der Gesamtverlustleistung bei Robotikanwendungen aus. Deswegen ist es in der Regel am effektivsten, die Kupferverluste zu reduzieren. Um dies zu gewährleisten, muss der Kupferfüllfaktor der Nut c_{CU} maximiert werden. Dazu müssen nicht nur Windungszahl und Blechschnitt aufeinander abgestimmt, sondern auch spezielle Wickeltechniken eingesetzt werden. Mit entsprechendem Know-how kann man so in Bereiche von $c_{CU} \approx 65$ bis 70 Prozent vordringen. Ein weiterer signifikanter Einflussfaktor ist die Ausführung als konzentrierte Wicklung. Diese spart einerseits Bauraum und minimiert andererseits Verluste im Bereich der Wickelköpfe. Wichtig bei dieser Wicklungsart ist es, dass der Motordesigner den Fokus auf die Reduzierung des Oberwellengehalts der induzierten Gegenspannung und der Ripple-Momente des Motors legt. Oder aber der Regelungs-techniker sieht entsprechende Kompensationen vor, um auf diese Weise negative Auswirkungen etwa auf die Positionierung des Roboters zu vermeiden.

4. Optimierung der Kühlung: Zwar können Verluste immer weiter minimiert werden, dennoch bleibt ein Restbetrag übrig, der abgeführt werden muss, damit der Motor nicht überhitzt. Hauptverlustquelle ist typischerweise die Wicklung: Von hier aus muss ein möglichst guter Wärmeübergang zur Umgebung hergestellt werden, um das größtmögliche Dauerdrehmoment erzeugen zu können. In der kollaborativen Robotik sind passiv luftgekühlte Systeme die Regel. Da Luft ein sehr schlechter Wärmeleiter ist, bietet es sich an, die Wicklung unter einer Vakuumatmosphäre zu vergießen und damit einen besseren Wärmeübergang zum Stator und vor allem eine unmittelbare Anbindung der Wickelköpfe an die umgebende Roboterstruktur zu ermöglichen. In dieser Variante ergibt sich im Vergleich zu herkömmlichen Statoren ein Steigerungspotenzial der Drehmomentdichte von bis zu 50 Prozent.

Fazit: Erst in der Optimierung all dieser Faktoren und deren Abstimmung zum High-Performance-Motor, entsteht ein Antriebssystem mit optimalem Bauraum.

Dynamik durch Umrichter-Technologie

Die Bildung des Drehmoments des Motors ist in erster Näherung unabhängig von der konkreten Wicklungskonfiguration. Geht es allerdings um die Auslegung der Leistungselektronik, ist die Anpassung der Wicklung und damit des Drehzahlbereichs des Motors von entscheidender Bedeutung.



Die Grafik zeigt das High-Performance-Drive-System von TQ-RoboDrive.

Nur auf dieser Basis lassen sich die Stromtragfähigkeit des Antriebsumrichters und damit seine Baugröße optimieren. Hier stellt sich die elektrische Antriebstechnik als Systemdisziplin dar. Die Wicklung, eigentlich ein Teil des Motors, ist dabei ein maßgeblicher Hebel für die Optimierung der Komponente Leistungselektronik.

Die hohe Drehmomentdichte des Motors zieht eine Steigerung der dynamischen Anforderungen an den Antriebsumrichter nach sich. So sorgt etwa die hohe Polpaarzahl in Kombination mit Motordrehzahlen im Bereich von mehreren tausend Umdrehungen pro Minute dafür, dass die Kommutierungsfrequenzen im Bereich einiger weniger Kilohertz liegen. Um dennoch saubere sinusförmige Phasenströme darstellen zu können und damit unter anderem die Eisenverluste im Rahmen zu halten, sind Taktfrequenzen von mindestens 25 kHz nötig. Allerdings ermöglichen diese hohen Taktraten auch Reglerbandbreiten, die über die Unterdrückung von Ripple-Momenten hinaus höchstdynamische Reaktionen auf Störgrößen erlauben. Erneut wird hier die Antriebstechnik zur Systemdisziplin mit deren Forderung nach möglichst präzise aufeinander abgestimmten Komponenten.

Auflösung des Positionsgebers

Neben den Grundvoraussetzungen – agiler Motor und schnell getakteter Leistungselektronik – liegt der Schlüssel zum gesamten High-Performance-Antriebssystem in der Auflösung des Positionsgebers. Das mag auf den ersten Blick überraschen. Bei genauerer Betrachtung wird jedoch deutlich,

dass in der Antriebstechnik bis dato die erreichbaren Bandbreiten der kaskadierten Regelkreise (Strom und Drehzahl) die dominierenden Zeitkonstanten gegenüber etwaig verwendeten Filtern waren. Mit schnell getakteter Leistungselektronik kann eine relativ geringere Geberauflösung zum dominierenden Effekt werden.

Einerseits bedingt die digitale Datenübertragung Latenzen und damit Totzeiten im Feedback, vor allem des Drehzahlregelkreises. Andererseits führt die endliche Geberauflösung und die Ableitung der Drehzahl aus der Position ($n = d\theta/dt$) zu Quantisierungsrauschen des Drehzahlsignals.

Die Rauschamplitude hängt maßgeblich von der Auflösung des Gebers ab. Ohne passende Filterung wandelt ein hochdynamischer Stromregler dieses Rauschen in mittelwertfreies Strom- und damit Drehmomentrauschen. Daraus kann ein signifikanter Zusatzverlust entstehen, der die Drehmomentdichte senkt. Die Filterung des Drehzahlsignals mit ihrer Bandbreitenbeschränkung und ihren Dämpfungseigenschaften muss also entsprechend der Geberauflösung und der Taktraten der Elektronik mit Systemverständnis abgestimmt werden.

Fazit: Erst mit der maximalen Dynamik durch die passende Umrichter-Technologie wird der bauraumoptimale Antrieb zum echten High-Performance-Antriebssystem.

Weitere Informationen zu TQ-Systemen finden Sie im Business-Profil auf Seite 46.

INDUSTRIELLE KOMMUNIKATION



BILDQUELLE: ISTOCK, MATEJMO

130 Feldbus 4.0

Framework für die einheitliche Kommunikation zwischen Maschinen

133 Schnell in Betrieb, sicher verbunden

Modulare Industrierouter sorgen für reibungslose Inbetriebnahmen

136 Datentransfer im Nanosekundentakt

Drahtloses Übertragungssystem setzt auf LED-Lichtsignale statt Funktechnik

138 Industrial Data Intelligence

Maschinelles Lernen erleichtert die datenbasierte Produktionsoptimierung

140 Zukunft der Automatisierungsnetze

Bedarfsgerechte Konfiguration von TSN-Netzwerken

142 Smart Factory wird Realität

OPC UA über TSN für echtzeitfähige Datenübertragung

146 Durchgängig kommunizieren mit TSN

Daten deterministisch übertragen mit Ethernet TSN

149 M2M-Kommunikation direkt im Feld

Lange Verdrahtungswege vermeiden dank Ethernet-Spanner

152 Lückenlose Vernetzung

IO-Link-Master und -Hubs für einfache Integration von Sensoren und Aktoren

DER FELDBUS 4.0

Die Anforderungen an die Flexibilität heutiger Produktionsanlagen werden immer größer. Durch die große Anzahl an verschiedenen Feldbussen ist das Vernetzen von Maschinen oft nur in Kombination mit hohen Kosten, Zeit und Expertenwissen möglich.

TEXT: Andreas Eckhardt, Bosch Rexroth **BILDER:** Bosch Rexroth

Der mit Industrie 4.0 einhergehende Einzug neuer Informations- und Kommunikationstechnik in die Automatisierungstechnik wird zukünftig die Vernetzung über die Grenzen der einzelnen Ebenen der Automatisierungspyramiden hinweg stark fördern. Das Ziel ist es, eine einzige einheitliche und herstellerunabhängige Kommunikationstechnologie in allen drei Kommunikationsebenen zu verwenden – in der Leitebene, der Maschinenebene und ebenso in der Feldebene.

Die Technologie Open Platform Communications – Unified Architecture (OPC UA) ist dafür ein vielversprechender Kandidat. OPC UA ist der Nachfolger von OPC Classic. Letzterer hat auf dem Distributed Component Object Model (DCOM) von Windows basiert. Bisher wird OPC UA vor allem in der Kommunikation zu den oberen Ebenen (Leitebene und HMI) genutzt, jedoch weniger in der Kommunikation zwischen Steuerungen, also in der Machine-to-Machine-Kommunikation (M2M), und zur Feldebene.

Ein Grund hierfür ist die geringere Eignung der Server-Client-Architektur für die Feldebene, da die Architektur auf dem Request-/Response-Mechanismus basiert. Bei diesem Mechanismus wird, um Daten zu übertragen, eine Verbindung zwischen Server und Client aufgebaut. Vor allem bei Szenarien mit vielen Kommunikationsteilnehmern können diese Verbindungen auf Serverseite sehr ressourcenintensiv sein.

Deshalb erweitert die OPC Foundation OPC UA um eine neue Architektur, dem sogenannten Publish Subscribe (Pub-

Sub). PubSub nutzt hier im Vergleich zur Server-/Client-Architektur einen anderen Ansatz, bei dem die Teilnehmer voneinander entkoppelt sind. Das heißt, die Teilnehmer müssen keine Verbindung untereinander aufbauen.

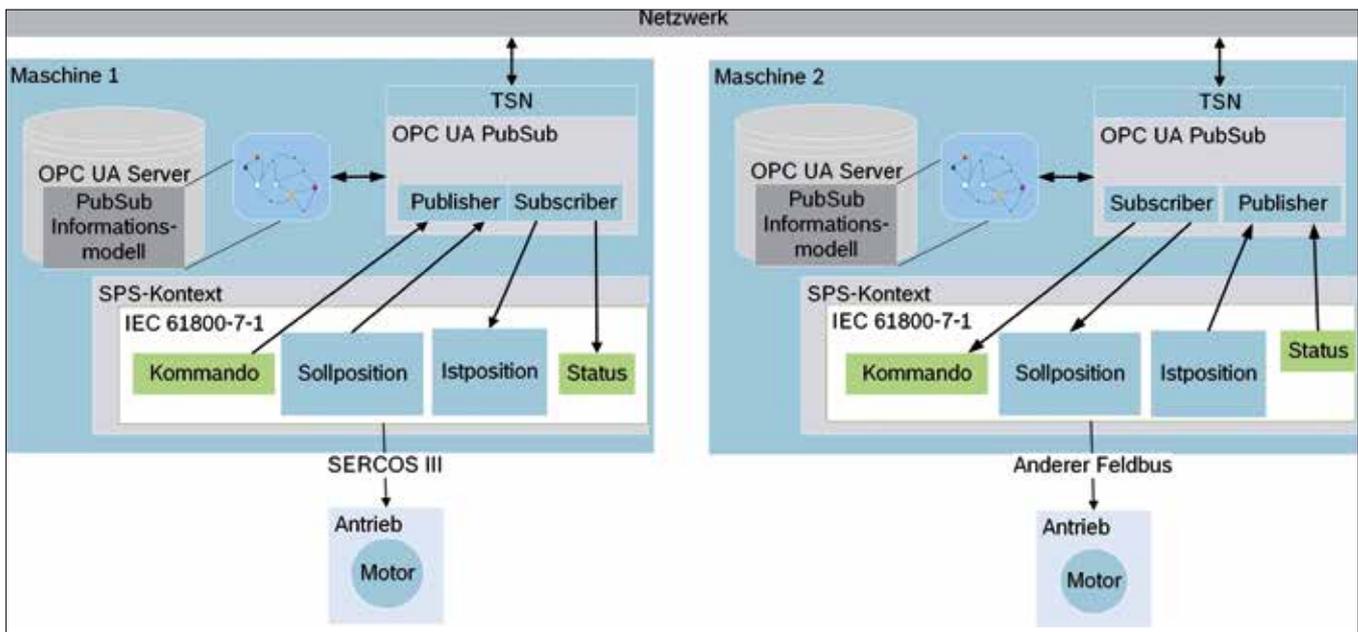
Verbindungslose Kommunikation

Es gibt prinzipiell zwei unterschiedliche Ansätze zur verbindungslosen Kommunikation in der aktuellen OPC UA Pub-Sub Spezifikation 1.04. Bei der brokerbasierten Kommunikation kommt eine Zwischenschicht (der Broker) zum Weiterleiten von Nachrichten zum Einsatz. Das heißt, ein Publisher sendet seine Nachricht zunächst an einen Broker und ein Subscriber meldet sein Interesse an den Daten beim Broker an. Als Transportprotokolle werden Advanced Message Queuing Protocol (AMQP) und Message Queue Telemetry Transport (MQTT) eingesetzt. Beide Protokolle sind offene, standardisierte Netzwerkprotokolle auf Anwendungsebene für eine nachrichtenorientierte Zwischenschicht.

Der zweite Ansatz ist die brokerlose Kommunikation. Sie basiert rein auf der Netzwerkinfrastruktur zwischen Publisher und Subscriber. Hierbei werden die Protokolle OPC UA UDP und OPC UA Ethernet verwendet.

Protokolle und Message Mappings

Neben diesen Ansätzen sieht die Spezifikation die Verwendung von vier Protokollen und Message Mappings vor. Im



Anwendungsbeispiel von OPC UA Pub-Sub

Nachfolgenden sollen zuerst die Protokolle und anschließend zwei Mappings kurz beschrieben werden:

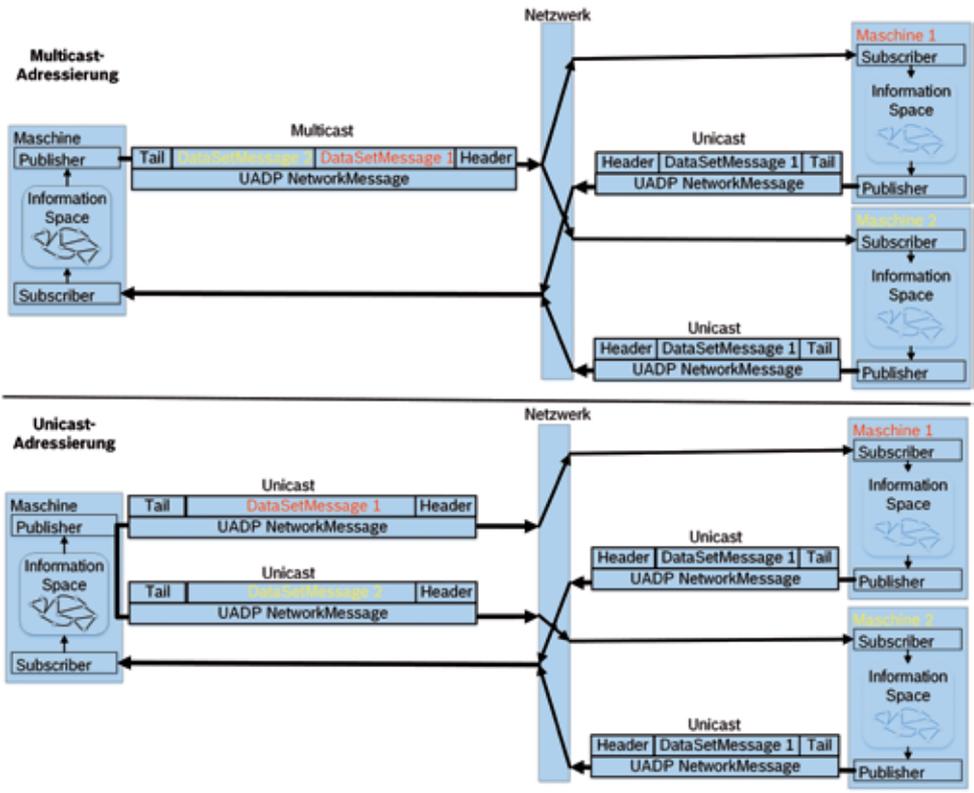
- ▶ **OPC UA UDP** basiert auf dem User Datagram Protocol (UDP). Als Zieladresse kann Unicast, Multicast oder Broadcast genutzt werden. Der in IANA registrierte Port für OPC UA UDP Nachrichten ist 4840.
- ▶ **OPC UA Ethernet** ist ein auf Ethernet basierendes Protokoll mit einem eigenen Ethertypen `0xB62C`. Eine Nachricht besteht aus drei Teilen – dem Kopfzeilenrahmen, der Payload und dem Fußzeilenrahmen. Der Kopfzeilenrahmen enthält ausschließlich für die Sicherungsschicht relevante Informationen wie die Ziel-MAC. Die Payload kann etwa mit dem Message Mapping UADP kombiniert werden.
- ▶ Das **Advanced Message Queuing Protocol (AMQP)** ist ein offenes, standardisiertes Protokoll basierend auf einer nachrichtenorientierten Kommunikation über eine Zwischenschicht. Üblicherweise wird AMQP in Kombination mit einem Broker verwendet. Ein Broker ist dabei eine Zwischeninstanz, die Nachrichten zwischen Applikationen weiterleitet, die nicht direkt miteinander kommunizieren möchten oder sollen. Als Payload kann UADP Message Mapping oder JSON Message Mapping ausgewählt werden.
- ▶ Der **Message Queue Telemetry Transport (MQTT)** ist ein offenes, standardisiertes Protokoll basierend auf einer nachrichtenorientierten Kommunikation über eine Zwischenschicht. Das MQTT-Protokoll definiert ein binäres Protokoll zum Senden und Empfangen von Nachrichten.
- ▶ **UADP Message Mapping** nutzt optimiertes UA Binary Encoding und stellt Security-Funktionalitäten zum Ver-

- schlüsseln und Signieren von Nachrichten zur Verfügung. UADP wird primär für OPC UA UDP/Ethernet verwendet.
- ▶ **JSON Message Mapping** ist in RFC 7159 definiert. JSON bietet ein für den Menschen leicht lesbares Austauschformat, welches von Maschinen einfach zu parsen ist und vor allem bei Webapplikationen eingesetzt wird.

M2M-Anwendungsbeispiel

Die Abbildung auf dieser Seite zeigt ein Anwendungsbeispiel einer M2M-Kommunikation mit dem OPC UA PubSub Standard. Es sollen Prozessdaten, zum Beispiel Kommandos und Stellgrößen, der Maschine 1 an die Maschine 2 geschickt werden. Die Prozessdaten werden vom Publisher enkodiert, in eine Netzwerknachricht verpackt und etwa über UDP an das Netzwerk geschickt. Maschine 1 kennt dabei Maschine 2 nicht. Es wird auch zu keinem Zeitpunkt eine direkte Verbindung zwischen den Maschinen aufgebaut, da OPC UA PubSub auf einer entkoppelten Kommunikation basiert. Maschine 2 empfängt die Nachricht über den Subscriber, welcher die Daten dekodiert. Danach schickt Maschine 2 die eigenen Prozessdaten, beispielsweise Istwerte und Status, über einen eigenen Publisher an Maschine 1.

Falls es der Anwendungsfall benötigt, kann hier auch die Ethernet-Erweiterung Time Sensitive Networking (TSN) verwendet werden, um Echtzeitmechanismen, wie Synchronisierung der Uhren dieser Maschinen oder zeitgesteuertes Senden der Nachrichten, zu nutzen.



Konzept zur Kommunikation zwischen Maschinen, basierend auf OPC UA UDP und UADP

Publisher und Subscriber können zum Beispiel über einen OPC-UA-Server konfiguriert werden. Im-OPC-UA-Server werden sämtliche Konfigurationsparameter der Publisher und Subscriber über das PubSub-Informationsmodell nach außen zugänglich gemacht. Außerdem werden Methoden im Informationsmodell zur Verfügung gestellt, um weitere Publisher und Subscriber zu erstellen und zu konfigurieren. Diese Parameter und Methoden können dann über einen OPC-UA-Client gelesen, beschrieben und ausgeführt werden.

Anwendungsfälle wie diese werden vermehrt in sogenannten Testbeds nachgestellt, etwa im TSN Testbed des Industrial Internet Consortiums (IIC). Ein Anwendungsfall ist eine M2M-Kommunikation, bei der zwei Steuerungen miteinander kommunizieren, um deren jeweilige Achsen synchron verfahren zu lassen. Diese Anwendung wurde über TSN und OPC UA PubSub realisiert. Die Applikation nutzt die Master-Slave-Konfiguration über Publisher und Subscriber. Hierzu wird das Protokoll OPC UA UDP mit UADP kombiniert.

Für die Umsetzung existieren verschiedene Ansätze. Welche der Konfigurationen besser ist, hängt stark vom Anwendungsfall ab. Je nach verwendeter Adressierung ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an das Netzwerk und die Hardware der Maschinensteuerungen. Im Folgenden werden einige Möglichkeiten der Konfiguration vorgestellt.

Drei Ansätze für die Konfiguration

Master-Slave-Konfiguration: Die Master-Maschine hat einen Publisher, der eine Network-Message erstellt und an das Netzwerk schickt. Je nachdem ob man eine Multicast-Adressierung oder eine Unicast-Adressierung verwendet, ändert sich die Struktur der Network-Message.

Multicast-Adressierung: Nutzt man die Multicast-Adressierung, erstellt der Publisher eine Network-Message mit zwei Data-Set-Messages, welche die Daten für die Maschine 1 und Maschine 2 enthalten. Die Network-Message wird etwa über UDP an eine Multicast-Adresse geschickt. Maschinen, die auf diese Adresse registriert sind, erhalten die Network-Message und filtern über entsprechende IDs die für sie relevanten Daten heraus. Die DataSetMessage 1 enthält zum Beispiel die Daten für die Maschine 1 und umgekehrt.

Unicast-Adressierung: Bei der Unicast-Adressierung erzeugt der Publisher der Master-Maschine für jede Maschine eine eigene Network-Message mit den für die Maschine passenden Data-Set-Messages. Der Nachteil von Unicast ist eine größere Netzwerklast auf Seiten des Publishers.

Weitere Informationen zu Bosch Rexroth finden Sie im Business-Profil auf Seite 19.

SCHNELL IN BETRIEB, SICHER VERBUNDEN

Immer mehr Maschinenbauer bieten IIoT-Services für die Zustandsüberwachung und Fernwartung an. Bei der reibungslosen Inbetriebnahme und Einrichtung der entsprechenden Dienste helfen modulare Industrierouter, wie das Beispiel eines BHKW-Herstellers zeigt.

TEXT: Katrin Geier, Insys icom BILDER: Insys icom

Die Blockheizkraftwerke (BHKWs) von Comuna-Metall Vorrichtung- und Maschinenbau stellen die Strom- und Wärmeversorgung von Schulen, größeren Wohnanlagen, Industriebetrieben oder Kläranlagen sicher. Diese Kunden wollen eine hohe Anlagenverfügbarkeit und einen unverzüglichen Störungsdienst für ihre BHKWs, um jederzeit eine optimale Versorgung sicherstellen und ihre geschlossenen Versorgungsverträge einhalten zu können. Der BHKW-Hersteller aus Nordrhein-Westfalen setzt daher auf ein serviceorientiertes Geschäftsmodell, bei dem er Fernwartungen, Vor-Ort-Services aber auch Vollwartungsverträge mit Zustandsüberwachung (Condition Monitoring) und kaufmännischer Betriebsführung anbietet. Dies wirkt sich sowohl auf den technischen als auch auf den kaufmännischen BHKW-Betrieb der Kunden positiv aus:

- ▶ **Technisch:** Einhaltung vertraglich zugesagter Anlagenverfügbarkeit dank vorausschauender Wartung und unverzüglicher Störungsbeseitigung
- ▶ **Kaufmännisch:** Gewährleistung der vertraglich vereinbarten Vergütung pro kWh Stromeinspeisung

Bisher unwägbar Inbetriebnahmebedingungen

Comuna-Metall vernetzt seine BHKWs und macht sie so hochverfügbar für Fernwartung und Zustandsüberwachung.

Doch bei der Inbetriebnahme der Anwendungen ergaben sich bisher unkalkulierbare Problematiken hinsichtlich der Kommunikationsanbindung: Oftmals musste die BHKW-Inbetriebnahme abgeblasen werden, weil zum vereinbarten Termin noch kein DSL-Anschluss zur Verfügung stand. Neben der Frage, ob überhaupt ein DSL-Anschluss besteht, war ebenso oft unklar, ob VDSL oder ADSL geschaltet wird.

Daher musste das Inbetriebnahmeteam von Comuna-Metall bislang verschiedene DSL- und LTE-Router dabei haben, um auf die bauseitigen Gegebenheiten reagieren zu können. Zudem war es bei einer Inbetriebnahme via Mobilfunk ratsam, die SIM-Karten verschiedener Provider im Gepäck zu haben, um den besten Anbieter für den BHKW-Standort auszuwählen. Besonders zeit- und kostenintensiv wurde es für Comuna-Metall, wenn die LTE-Verbindung nur temporär bis zur Verfügbarkeit eines DSL-Anschlusses genutzt werden sollte und ein weiterer Vor-Ort-Termin notwendig wurde.

Auf der Suche nach einem geeigneten Gateway, das einen verschlüsselten WAN-Zugang flexibel über DSL, LAN, LTE oder einer Kombination daraus herstellen kann, wandte sich Comuna-Metall an ihren langjährigen Hardware-Lieferanten Insys icom. Der Technologiepartner für professionelle Datenkommunikation und Vernetzung von Datenpunkten wurde



Comuna-Metall vernetzt BHKWs mit IIoT-Gateways von Insys icom und macht sie damit hochverfügbar für Fernwartung und Condition Monitoring.

von Markus Beißner, Serviceleiter von Comuna-Metall, mit zahlreichen Anforderungen an das neue IIoT-Gateway konfrontiert: „Vorrangig wollten wir unabhängig vom bauseitigen DSL-Anschluss werden. Gleichzeitig sollte diese Option auch unserem Wunsch nachkommen, die redundante, verschlüsselte Datenanbindung im laufenden Betrieb sicherzustellen“, erklärt Beißner, „Zudem darf nicht vergessen werden, dass sich unsere BHKWs nahtlos in die Informations-Sicherheits-Management-Systeme (ISMS) unserer Kunden integrieren müssen, um die Audits nach DIN EN ISO/IEC 27001 erfolgreich absolvieren zu können.“

Modulare Industrierouter für Fernwartung

Nach einem intensiven Test der Produkte von Insys icom entschied sich Comuna-Metall für die voll-modularen Industrierouter der MRX-Serie, kombiniert mit dem VPN-Dienst und den M2M-Premium-SIM-Karten der Icom Connectivity Suite. Comuna-Metall setzt die MRX-Router für Zustandsüberwachung und Fernwartung jetzt in allen BHKW-Bauweisen ein und schafft damit eine Standardisierung bei der BHKW-Projektierung.

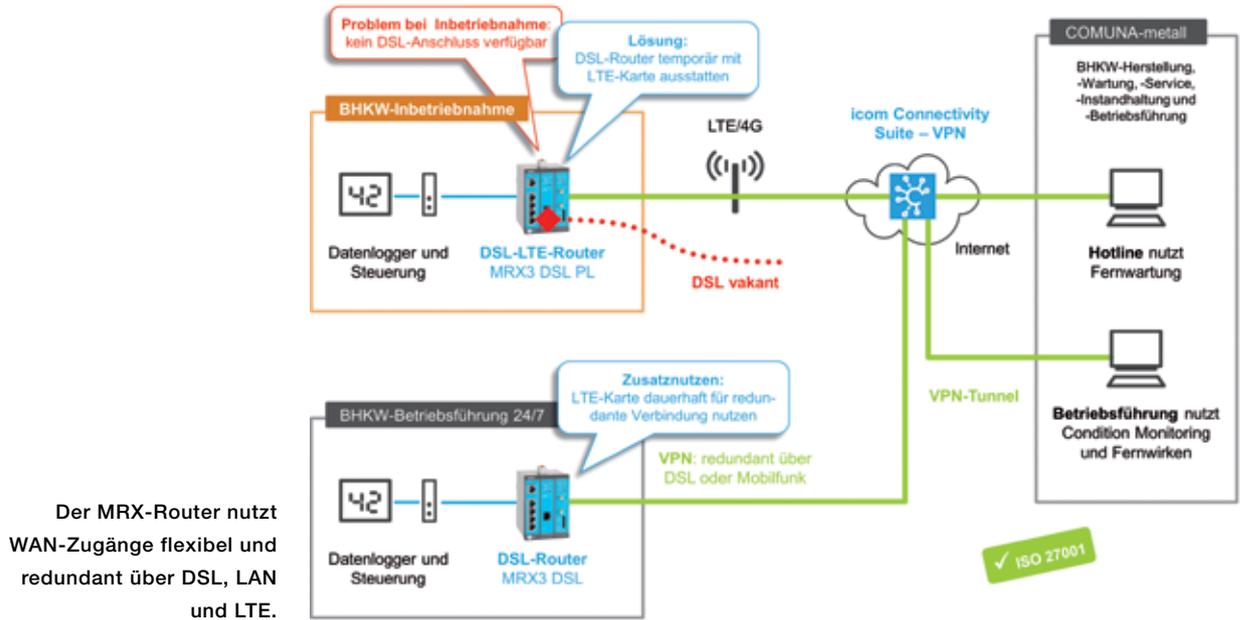
Die modularen MRX-Router (Smart Devices) können um DSL-, LTE- und LAN-Erweiterungskarten ergänzt werden. Da sich diese sogenannten MRcards wahlfrei für redundante Verbindungen als „WAN-Ketten“ konfigurieren lassen, hat Comuna-Metall jetzt für die Inbetriebnahme der BHKWs

alle Freiheiten beim WAN-Zugang: Ist beispielsweise der DSL-Anschluss bei der geplanten Inbetriebnahme noch nicht vorhanden, greift der Router sofort auf eine LTE-Verbindung zurück und stellt damit die Datenkommunikation sicher. So lassen sich mit dem Kunden vereinbarte Abnahmetermine besser einhalten und Konventionalstrafen vermeiden. Die nachträgliche DSL-Konfiguration der Router lässt sich bei vorhandenem DSL-Anschluss auch aus der Ferne vornehmen, um Reisekosten zu sparen.

Ein weiterer, enormer Nutzen ist die Vorab-Konfiguration von WAN-Ketten im Router: dort werden der Verbindungsaufbau und die Priorisierung der WAN-Verbindungen festgelegt. So kann Comuna-Metall alle MRX-Router im Werk per ASCII-Datei standardisiert konfigurieren, um bei der Inbetriebnahme und beim Service Zeit zu sparen und Fehler zu vermeiden. Die Router entscheiden anhand der WAN-Ketten, der eingebauten Erweiterungskarten (MRcards) und der verfügbaren WAN-Verbindungen, welche davon mit Priorität und welche als Fallback-Option genutzt wird.

Redundante Verbindungen

Für die Fernwartung und die Zustandsüberwachung des BHKWs wird demnach eine Verbindungsredundanz über DSL, LTE oder LAN möglich, sodass Comuna-Metall immer über relevante Prozessdaten und Betriebszustände ihrer BHKWs informiert ist und Störungen schnell und meist aus der



Ferne beseitigen kann. Falls ein Kunde für den laufenden Betrieb keine redundante WAN-Verbindung vorhalten will, wird zur Inbetriebnahme eine MRcard für LTE genutzt und beim nächsten Serviceeinsatz wieder ausgebaut. Eine zeitaufwendige Änderung der Konfiguration ist nicht notwendig, da der Router ab diesem Zeitpunkt automatisch über DSL kommuniziert. Bei der Inbetriebnahme via LTE werden die national und international einsetzbaren Multi-Roaming-SIM-Karten von Insys icom genutzt. Die Icom Connectivity Suite – SIM hat flexible Optionen (etwa Datenvolumen-Pooling, automatische Tarifierung), um Kostenfallen und Risiken zu vermeiden, sowie ein SIM-Management-Portal (Aktivierung, Tarif-Verwaltung), um einzelne Mobilfunkverträge flexibel zu verwalten und den Aufwand zu minimieren.

„Unsere Kunden schätzen vor allem, dass sie mit Insys icom einen kompetenten Ansprechpartner haben, von dem sie alles aus einer Hand bekommen – vom IIoT-Gateway bis zur SIM-Karte“, sagt Wolfgang Wanner, Head of Marketing and Sales Consultancy bei Insys icom, „Dazu zählen auch die umfangreichen IT-Sicherheitsfeatures unserer Lösung.“ Die Kunden von Comuna-Metall betreiben größtenteils kritische Infrastrukturen (Kritis) und bestehen auf eine bestmögliche IT-Sicherheit für die ISMS-Zertifizierung nach ISO 27001.

Sichere Datenverbindungen, die auf Kritis ausgelegt sind, stellt der VPN-Dienst von Insys icom für die Remote-Services zur Verfügung. Routing, Zertifikatswechsel, Rechte und pa-

rallele VPN-Tunnel für den Service von Comuna-Metall und die Kunden lassen sich bequem und webbasiert in der Icom Connectivity Suite – VPN verwalten.

Besser planbare und stressfreie Inbetriebnahme

Am Beispiel des BHKW-Herstellers Comuna-Metall wurde gezeigt, wie ein modulares IIoT-Gateway mit wahlfrei kombinierbaren Erweiterungskarten, VPN-Dienst und SIM-Services einen redundanten, verschlüsselten WAN-Zugang flexibel über DSL, LAN, LTE oder einer Kombination daraus herstellt. Wird keine redundante WAN-Verbindung gewünscht, kann eine LTE-Pool-Karte nur für die Inbetriebnahme genutzt und beim nächsten Serviceeinsatz wieder ausgebaut werden – ohne zeitaufwendige Umkonfiguration des Routers. Die Inbetriebnahme ist für den BHKW-Hersteller damit um einiges leichter und besser planbar geworden. Markus Beißner zieht daher ein positives Fazit: „Unsere BHKWs sind jetzt sicher vernetzt. Wir haben inzwischen einen Pool von LTE-Karten für die MRX-Router, sodass uns ein fehlender DSL-Anschluss nicht mehr ausbremsen kann. Damit vermeiden wir nicht nur Stress, sondern auch mögliche Konventionalstrafen. Außerdem sparen wir mit dem VPN-Service und den SIM-Karten von Insys icom Zeit, da wir diese per Portal selbst managen.“

Weitere Informationen zu Insys icom finden Sie im Business-Profil auf Seite 26.

DATENTRANSFER IM NANOSEKUNDENTAKT

Ein neu entwickeltes Übertragungssystem sorgt dafür, dass große Datenmengen drahtlos und schnell mit Hilfe von Lichtsignalen übertragen werden können. Das System setzt dabei nicht auf Funktechnik, sondern auf LED-Lichtsignale in blauer und roter Farbe.

TEXT: Petra Hunger, Hoerbiger **BILDER:** Hoerbiger

Für eine effiziente Serienfertigung und Logistik ist die schnelle und sichere Datenübertragung entscheidend. Bei der Bandfertigung von Automobilen etwa fallen große Datenmengen an, die von Montagestation zu Montagestation weiter gegeben werden müssen. Sie sind mit dem Datenvolumen von Filmen in hoher Auflösung vergleichbar. Stockt der Datenfluss, steht die gesamte Produktion.

WLAN-Systeme stoßen in diesem Umfeld schnell an ihre Grenzen – sowohl bei Übertragungsraten als auch den zu überbrückenden Distanzen oder den Sicherheitsstandards. Um dieses Problem sicher zu lösen, hat Hoerbiger Elektronik HS Kairo entwickelt und zur Marktreife geführt. Dabei handelt es sich um ein Freiraumdatenübertragungssystem auf Basis von sichtbarem Licht. Es wird bereits erfolgreich in der Automobilfertigung eingesetzt und soll künftig auch in der Logistikbranche, der Bahntechnik und der Chemieindustrie zur Anwendung kommen.

Kabelersatz für digitale Daten

HS Kairo überträgt die Datenpakete mit modernster LED-Technik im freien Raum. Im Vergleich zu Kommunikationssystemen auf Basis von Lasern, die häufig zur Vernetzung von Gebäuden eingesetzt werden, sind keine Zertifizierungen nach Laserschutzklassen notwendig. Eine Feinjustierung der Geräte entfällt und auch die Kosten sind um ein Vielfaches geringer als bei lasergestützten Systemen.

Die Informationsübertragung erfolgt durch LED-Lichtsignale in blauer und roter Farbe. Die Daten werden nach dem Fast-Ethernet-Verfahren übermittelt – bis zu 100 Megabit pro Sekunde. Die maximale Reichweite der Datenübertragung be-

trägt 30 Meter. Die Verwendung von zwei verschiedenen Wellenlängen für die Kommunikation ermöglicht den Vollduplexbetrieb. Die Informationen lassen sich über einen kompletten Winkel von 90 Grad senden und empfangen. Dies eröffnet neue Einsatzgebiete.

Einsatz in der Automobilindustrie

Ausgangspunkt für die Entwicklung des HS Kairo waren die Anforderungen an die Datenübertragung bei Prüf- und Diagnosesystemen in der Automobilindustrie. Über lange Zeit konnte die Datenübertragung via WLAN abgewickelt werden. Für die heute üblichen Datenmengen ist WLAN allerdings nicht mehr der beste und schnellste Übertragungsweg.

Der Grund: Bei Personenwagen, Nutzfahrzeugen und Landmaschinen muss die Funktion der gesamten Fahrzeugelektronik mit speziell entwickelten Systemen geprüft werden. So sind in modernen Fahrzeugen weit über 100 elektronische Steuergeräte zur Motoren- und Bremsensteuerung sowie zur Steuerung von Zusatzaggregaten wie Klimaanlage oder Fensterhebern verbaut. Die Software dieser Steuergeräte muss in jedem Fahrzeug verifiziert und unter Umständen neu aufgespielt werden. Dennoch darf dieser hochkomplexe Prüfvorgang nur wenige Minuten dauern.

Wireless-LAN stößt bei diesen Anforderungen schnell an Grenzen: Je mehr Datenpakete gleichzeitig über die Funkstrecke übertragen werden, desto langsamer wird der Transfer der Daten. Zudem erfordert die permanente Bewegung des Prüfobjekts entweder sehr große WLAN-Netze mit vielen Repeatern oder einen ständigen stationsübergreifenden Wechsel des Netzwerks.



HS Kairo kann durch transparente Objekte aller Art senden und empfangen. Das System nutzt bei der Master- und Slave-Schnittstelle blaues und rotes Licht.



Die maximale Übertragungstrecke bei HS Kairo beträgt 30 Meter. Sie hängt von dem Winkel ab, in dem Master (HS Kairo Master) und Slave (HS Kairo Slave) zueinanderstehen.

Um das Problem zu lösen, wurde von Hoerbiger in einem ersten Schritt Infrarot-Licht zur Übertragung der Botschaften zwischen dem Auto und dem Prüf-PC verwendet. Nachdem die Automobilindustrie aber zunehmend infrarotgedämmte und beheizbare Windschutzscheiben einsetzt, die Infrarotwellen nicht durchlassen, wurde eine Weiterentwicklung der Datenübertragung durch Licht erforderlich.

Lichtsignale in Rot und Blau

Die Ingenieure von Hoerbiger begegneten der Herausforderung mit sichtbarem Licht. Eine Autoscheibe wird sichtbares Licht niemals filtern. Insbesondere Blaulicht oder die Signalfarben rot, gelb und grün müssen immer zu erkennen sein, da diese von Ampeln, Polizei und Feuerwehr genutzt werden.

Weil Rot und Blau darüber hinaus Farben mit einer deutlich unterscheidbaren Wellenlänge sind, werden bei der Datenübertragung Störungen durch an der Scheibe reflektiertes Licht ausgeschlossen. Mithilfe einer Steuerelektronik kann Hoerbiger das Licht im Takt von zwei Nanosekunden ein- und ausschalten. Bei der Übertragung sehr hoher Datenmengen blinkt es nicht mehr: Das menschliche Auge kann die hohe Signalfrequenz schlichtweg nicht mehr verarbeiten.

Sichtbares Licht so schnell wie Fast-Ethernet

Hoerbiger ist nach eigenen Angaben das erste Unternehmen, das mit sichtbarem Licht die Performance eines Fast-Ethernet-Datenkabels erreicht. Dabei werden Daten von bis zu 100 Megabit pro Sekunde übertragen. Durch die Verwendung zweier verschiedener Farben wird der Vollduplex-Betrieb sichergestellt.

HS Kairo ist damit in vielfacher Hinsicht eine Alternative zu verkabelten Netzwerken und WLAN-Systemen. Das System wird bereits bei zahlreichen namhaften Automobilproduzenten in Deutschland sowie darüber hinaus, zunehmend im europäischen Ausland sowie in Amerika eingesetzt. Es hat das Potential, sich über Anwendungen in der Automobilindustrie hinaus auch in anderen Branchen zu etablieren: Immer dann, wenn hohe Datenmengen an einem Standort transportiert werden müssen.

Einsatz in Logistik und Krankenhäusern

Ein Beispiel sind Unternehmen der Logistikbranche. Diese stehen bei der Datenübertragung vor ähnlichen Herausforderungen wie die Automobilindustrie. Denn in diesen Firmen gibt es sehr große Datenmengen, viele Netze und viel Bewegung. Denkbar ist außerdem ein Einsatz in Krankenhäusern und Kliniken. Insbesondere in sensiblen Bereichen, wie beispielsweise Operationssälen, ist WLAN untersagt, da Funkübertragungen die empfindliche Medizintechnik unter Umständen stören könnten. Über Licht hingegen lassen sich nicht nur Informationen auf einen Bildschirm übertragen, sondern auch der Operationstisch und die Medizinroboter können auf diese Weise gesteuert werden.

HS Kairo kann überall verwendet werden, wo Kabel einer hohen mechanischen Belastung durch ständiges Biegen ausgesetzt sind. Etwa bei Hochgeschwindigkeitszügen, bei denen ein zentraler Internet-Empfänger ein zuginternes Netzwerk speist. Die Wagons sind mit Kabeln verbunden, die durch die hohe mechanische Belastung regelmäßig brechen und ausgetauscht werden müssen. Hier könnte eine Datenübertragung via Licht Abhilfe schaffen. □

INDUSTRIAL DATA INTELLIGENCE

Das maschinelle Lernen beschäftigt sich mit der vorausschauenden Analyse und ermöglicht dadurch die Vorhersage bestimmter Situationen. Ungewollte Szenarien zu vermeiden trägt dabei der Optimierung betrieblicher Abläufe Rechnung. Entscheidungsträger haben jedoch bisweilen Bedenken, ihre Daten in eine Cloud auszulagern. Hierfür bietet sich alternativ eine Datenanalyse vor Ort an.

TEXT: Peter Seeberg, Softing **BILDER:** Softing

Alle Cloud- und IoT-Plattform-Anbieter haben mittlerweile eigene Datenanalyse-Lösungen in ihr Programm aufgenommen. Viele Entscheidungsträger haben aber ein mulmiges Gefühl bei der Idee, ihre Produktionsdaten nach draußen in die Cloud zu geben. Alternativ lässt sich mit einer Edge-Lösung, also in der Anlage beziehungsweise an der Maschine, an der die Daten anfallen, auf einem Standard-IPC das Sicherheitsrisiko reduzieren und die Gesamtanlageneffektivität – ein Produkt der drei Faktoren Verfügbarkeit, Leistung und Qualität – mittels industrieller Datenanalyse vor Ort verbessern.

Daten als wichtige Währung im 21. Jahrhundert

Daten sind das Öl des 21. Jahrhunderts. Zusätzlich zu Boden, Kapital und Arbeitskraft werden sie zunehmend zum Produktionsfaktor, ermöglichen Kosteneinsparungen und neue Geschäftsmodelle. Die zunehmende Herrschaft der Daten und die daraus resultierende Änderung der Reihenfolge von „Algorithmen -> Daten -> Entscheidungen“ zu „Daten -> Algorithmen -> Entscheidungen“ ist die Basis der gerade stattfindenden Revolution.

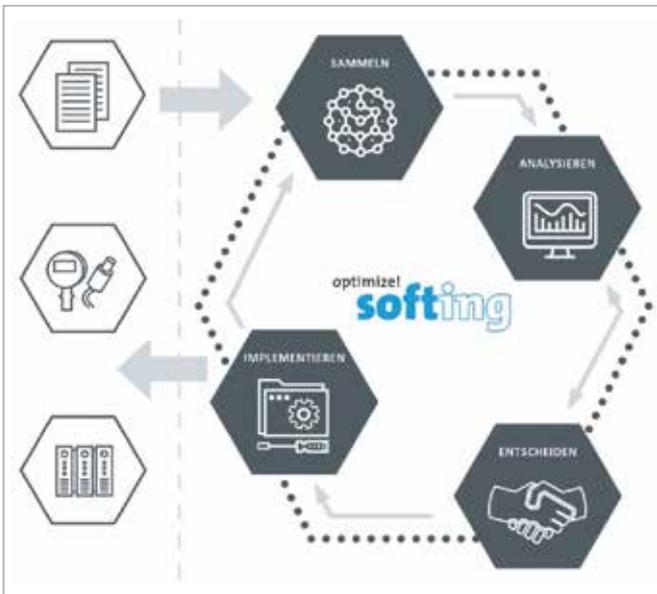
Seit dem ersten programmierbaren Chip – dem Intel 4004 aus dem Jahr 1971 – gehen Unternehmen bei der Entwicklung ihrer Software nach dem gleichen Schema vor: Sie definieren

das Problem, bestimmen die zu erreichenden Ziele und legen die notwendigen Arbeitsschritte fest.

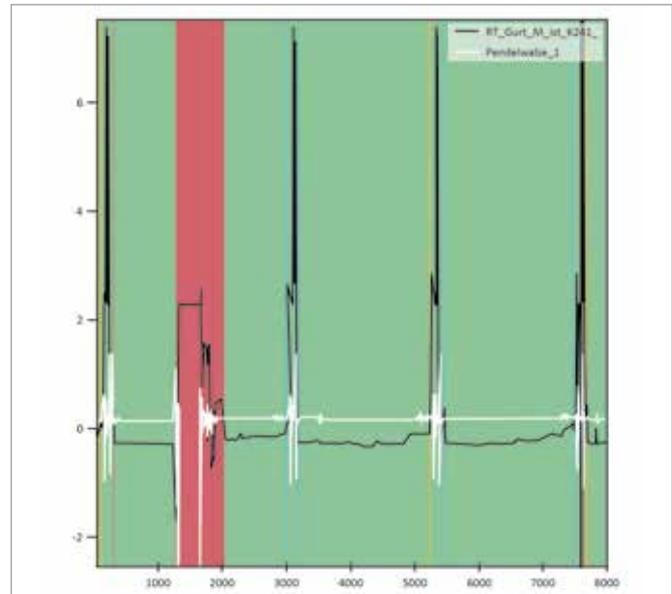
Schließlich schreiben sie die Anwendung als eine Reihenfolge von Algorithmen. In der Praxis werden den Algorithmen Daten gefüttert und Anwender treffen auf deren Basis Entscheidungen. Diese Vorgehensweise ändert sich momentan strukturell: im ersten Schritt werden die Daten gesammelt und im zweiten Schritt mittels allgemeingültiger Algorithmen analysiert. Auf Basis der daraus resultierenden Kausalitäten, trifft heute ein Mensch Entscheidungen zur Produktionsoptimierung; morgen übernehmen dies Algorithmen.

Computer und das maschinelle Lernen

Ohne Algorithmen des maschinellen Lernens würden heute wichtige Teile unserer Geschäfts- oder Konsumentenwelt stillstehen. Algorithmen entscheiden innerhalb von Millisekunden, ob ein Kunde am Automaten Geld ausbezahlt bekommt. Sie erkennen die Gesichter unserer Freunde in den sozialen Medien, lassen uns dem Smartphone Aufgaben stellen und regeln demnächst das autonome Fahren. Dieselben Algorithmen sagen uns, wie und wo wir unsere Produktion optimieren können, solange wir sie mit den dafür relevanten Daten füttern. Bei der Produktionsoptimierung geht es darum,



Vorgehen eines Industrial-Analytics-Projektes



Ein Störungsfall wird erkannt.

auf Basis von Daten einer normal funktionierenden Maschine oder Anlage zu erkennen, was bisher nicht eingetroffen ist: nämlich ein Störfall.

Bereits 1959 definierte der US-amerikanische Informatiker und Computerpionier Arthur Samuel „machine learning“ als ein Studiengebiet, welches „Computern die Fähigkeit gibt, zu lernen, ohne dazu vorher explizit programmiert zu sein“. Anders als bei klassischen Applikationen nimmt das maschinelle Lernen seine Lösung somit nicht direkt aus dem von Menschen geschriebenen Software-Code.

Vielmehr macht das Wesen des maschinellen Lernens aus, dass ein Muster existiert, welches wir nicht mathematisch festhalten können, aber welches durch Algorithmen auf Basis von Daten gefunden werden kann. Dabei kann man die Algorithmen mit Lösungskategorien füttern und den Algorithmus beauftragen zu entscheiden, welche Kategorie zukünftige Daten repräsentieren sollen („supervised learning“). Alternativ überlässt man es dem Algorithmus, selbst Muster oder Cluster zu finden, die dem Mensch bis dato nicht bekannt waren („unsupervised learning“).

Die Menge, Geschwindigkeit und Vielfältigkeit der heute anfallenden Daten übersteigt die Fähigkeiten des Bedien-

personals und verlangt nach neuen, datenbasierten Ansätzen. Vorausschauende Wartung zielt darauf ab, den großen Teil der nicht-alternsbedingten Ausfälle zu reduzieren und somit die Anlagenleistung zu erhöhen. Algorithmen des maschinellen Lernens sagen den Ausfall konkreter Anlagenteile voraus. Das ermöglicht eine bedarfsgerechte Wartung spezifischer Teile zu produktionsfreien Zeiten, bevor es zum Ausfall kommt.

Datenbasierte Produktionsoptimierung vor Ort

Bei der klassischen Reihenfolge „Algorithmen -> Daten -> Entscheidungen“ kann die Gesamtanlageneffektivität (GAE) nicht besser sein als der Mensch, der sie programmiert hat. Algorithmen des maschinellen Lernens, angewendet auf große Mengen Produktionsdaten, können dagegen Kausalitäten finden, welche die GAE verbessern und dem Anlagenbetreiber bis dato verborgen waren.

Eine Edge-Lösung direkt an der Maschine minimalisiert demnach das Thema Sicherheit und stellt eine alternative Möglichkeit dar, Produktionsdaten auszuwerten, ohne sie aus der Hand geben zu müssen. Das Ziel der gesamtheitlichen Verbesserung von Verfügbarkeit, Leistung und Qualität ist dabei nicht neu. Neu ist der datenbasierte Ansatz mittels maschineller Lern-Algorithmen; wenn gewollt in der Anlage. □

ZUKUNFT DER AUTOMATISIERUNGSNETZE

Time-Sensitive Networking (TSN) ist auf dem besten Weg, sich als neue Basistechnologie für die industrielle Kommunikation zu etablieren. Die wichtigsten TSN-Protokollstandards sind verabschiedet und werden aktuell in ersten Testinstallationen erfolgreich erprobt.

TEXT: Dr. Oliver Kleineberg, Hirschmann Automation and Control **BILD:** Hirschmann Automation and Control

Experten aus der Automatisierungs- und Kommunikationstechnik arbeiten in einer gemeinsamen Standardisierungsinitiative der IEEE und IEC an einem einheitlichen Anwendungsprofil für industrielle Netze auf Basis von TSN. Darüber hinaus definieren Nutzerorganisationen Integrations- und Migrationspfade für ihre existierenden Feldbus-Technologien, um auf diese Weise den Übergang zu TSN effizient und reibungslos zu gestalten.

Ursprünglicher Designgedanke

Die durch TSN erweiterte und somit grundlegende Ethernet-Technologie wurde ursprünglich als Plug-and-Play-System entworfen. Ziel war es, dass Ethernet in den meisten Anwendungsszenarien keiner Planung und Konfiguration bedarf. Industrielle Netze werden allerdings jeher anwendungsbezogen entworfen und konfiguriert. Als Beispiel seien hier der Einsatz von VLANs und die in der Automatisierung üblichen Redundanzprotokolle genannt. Die seit vielen Jahren in der Automatisierungstechnik eingesetzten Ethernet-Netzwerke unterscheiden sich daher signifikant vom ursprünglichen Ethernet-Designgedanken.

Das Gleiche trifft auch auf TSN zu: Ein Großteil der TSN-Mechanismen muss konfiguriert werden, damit eine bedarfsgerechte Leistungsfähigkeit des Netzwerks sichergestellt werden kann. Somit sind Netzwerke in der industriellen Automatisierungstechnik auf den Einsatz von TSN gut vorbereitet. Wo aber liegen die Grenzen der heute verwendeten Netzwerkplanungs- und Konfigurationsmethoden? Industrielle Anlagen – und damit auch die ihnen zugrundeliegenden Netze – befinden sich in einem langsamen, aber kontinuierlichen

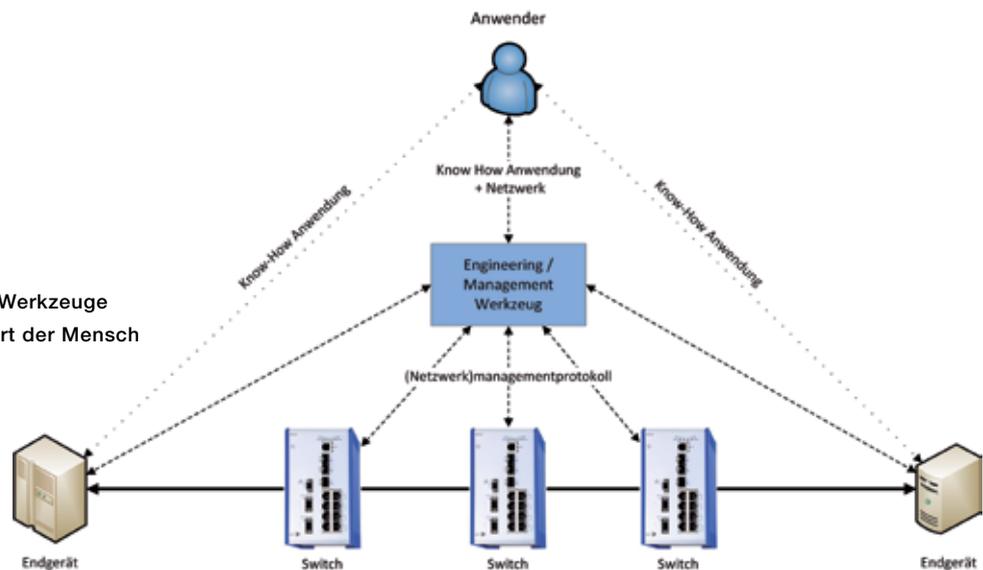
Wandel. Dieser Wandel besteht oftmals aus Anlagenerweiterungen, die die Größe des Netzwerkes und damit auch dessen Komplexität steigern. Zusätzlich bringen die Traffic-Shaping- und Scheduling-Mechanismen von TSN eine neue Komplexitätsebene in die Netzwerkkonfiguration ein. Diese Faktoren erschweren die Beherrschbarkeit der Konfiguration durch den Menschen. Wie kann diese Komplexitätsgrenze also überwunden werden, um die Möglichkeiten größerer und komplexerer Netze und damit leistungsfähigerer Endanwendungen bestmöglich zu realisieren?

TSN-Konfiguration heute

Wie quasi jede technische Eigenschaft eines gemanagten Industrial-Ethernet-Switches können die TSN-Mechanismen einzeln auf jedem Gerät konfiguriert werden – etwa über das integrierte Web-Interface oder die Kommandozeilenschnittstelle. Moderne Softwarelösungen für das industrielle Netzwerkmanagement, wie beispielsweise Hirschmann Industrial Hivision, erlauben bereits heute eine vereinfachte Konfiguration, indem sie es ermöglichen, verschiedene TSN-Mechanismen manuell durch den Anwender auf mehreren TSN-Switches gleichzeitig und somit zeitsparend zu konfigurieren. Dies ist allerdings nur der erste Schritt.

Maßgeblich für die Verwendung dieser Methoden ist immer noch der Mensch mit seinem Wissen über die Endanwendung und deren Anforderungen an das Netz, beispielsweise an Fehlertoleranz, Latenz oder Bandbreite. Sämtliche Konfigurationsparameter müssen durch den Menschen ermittelt und mit Werkzeugunterstützung auf die Netzwerkgeräte ausgebracht werden. Die Überlegungen, die zu diesen Konfigurationspara-

Bei der manuellen oder durch Werkzeuge unterstützten Konfiguration führt der Mensch alle Informationen zusammen.



metern geführt haben, stehen den Werkzeugen oder dem Netzwerk nicht zur Verfügung. Diese sind lediglich Befehlsempfänger und können somit nur eingeschränkt assistieren.

Die Grenzen der manuellen Konfiguration

In Verbindung mit den Anforderungen, die moderne Industrie 4.0 und IIoT (Industrial Internet of Things) Anwendungen an Automatisierungsnetze stellen, werden schnell die Grenzen des manuellen Konfigurationsansatzes klar: Je dynamischer und komplexer ein Automatisierungsnetzwerk wird, desto schwieriger wird es für den Menschen, dieser Dynamik und Komplexität zu folgen. Es ist beispielsweise offensichtlich wenig sinnvoll, wenn ein menschlicher Anwender permanent Änderungen an einer Netzkonfiguration vornehmen muss, während der Einsatz unterschiedlicher Werkzeuge eines Roboters in der Fabrik beständige Änderungen an der Netzkonfiguration erforderlich machen.

Der tatsächliche Bedarf ist der Schlüssel

Bereits heute werden in verschiedenen TSN-Testbeds, zum Beispiel im Kontext des Industrial Internet Consortiums (IIC) oder des Lab Networks Industrie 4.0 (LNI), Methoden erprobt, die die Konfiguration von TSN-Geräten teilweise oder vollumfänglich zu automatisieren vermögen.

Diese Mechanismen basieren weitestgehend auf den drei durch die IEEE-Standardisierung vorgegebenen Konfigurationsmodellen: vollständig zentralisiert, vollständig dezentral oder einem hybriden Zwischenmodell. Unabhängig von dem verwendeten Konfigurationsmodell, wird so möglich, dass

Endgeräte ihre jeweiligen Kommunikationsanforderungen an das Netzwerk senden. Diese Anforderungen können beispielsweise die angeforderte Bandbreite oder eine Obergrenze an die Ende-zu-Ende-Latenz umfassen.

Mit diesen Informationen kann das Netzwerk, entweder dezentral in den Switches oder zentralisiert in einer so genannten Centralized Network Configuration (CNC), anhand definierter Designalgorithmen die Netzwerkgeräte konfigurieren und die Netzwerkinfrastruktur bedarfsgerecht für die Nutzung durch die Endgeräte vorbereiten. Durch die Automatisierung dieser Vorgänge ist ein solches System auch in der Lage, schnellen Veränderungen bei den Anforderungen und der Positionierung von Endgeräten zu folgen, ganz ähnlich zu den Regelschleifen der Anwendungen selbst.

Das Netzwerk auf Autopilot

Der Mensch nimmt in einem solchen Verbund aus Assistenzsystemen eine neue Rolle ein. Er überwacht seinerseits die Assistenzsysteme und löst Herausforderungen, die diese Systeme ohne menschliche Eingriffe nicht beherrschen können. Dazu zählen insbesondere Situationen, in denen nicht mehr jeder Bedarf und alle Anforderungen an das Netzwerk abgedeckt werden können. Die Automatisierungssysteme sind in der Lage, sehr schnell und effizient die vorhandenen Netzwerkreisourcen dem Bedarf und den Endgeräten zuzuweisen – sie sind hier einem menschlichen Bediener in den meisten Fällen überlegen. Die vorausschauende, strategische Planung gesamter Netzkapazitäten, sowie die langfristige Auslegung und Erweiterung der Automatisierungsnetze wird allerdings weiterhin dem Menschen obliegen. □

SMART FACTORY WIRD REALITÄT

Unter 100 Nanosekunden genau ist die Synchronisation verteilter Systeme im TSN-Netzwerk und ermöglicht damit eine schnelle Datenübertragung als grundlegende Technik für die Industrie 4.0. Gemeinsam mit dem OPC-UA-Standard wird die Smart Factory so zur Realität.

TEXT: Norbert Hauser, Kontron S&T **BILDER:** Kontron S&T

OPC UA ermöglicht eine nahtlose Kommunikation zwischen Geräten verschiedener Hersteller. Allerdings war das herstellerunabhängige Protokoll überall dort, wo zeitkritische Prozesse in der Industrie relevant sind, also beispielsweise bei der Maschinensteuerung, bislang wegen der fehlenden Echtzeitfähigkeit nicht einsetzbar. OPC UA über TSN erfüllt – dank garantierter Latenz und Quality of Service (QoS) – alle Anforderungen, um den bestehenden Feldbussen speziell in der Controller-Controller-Kommunikation ernsthaft Konkurrenz zu machen und sie mittelfristig sogar zu ersetzen.

Die Vernetzung ist das oberste Gebot, wenn man wettbewerbsfähig bleiben will. Das bedeutet auch, dass die Software-technischen Voraussetzungen hierzu geschaffen werden müssen, damit viele Geräte und Komponenten reibungslos zusammenarbeiten. Mit der Verbreitung des Internet of Things, wird in naher Zukunft die Anzahl vernetzter Sensoren und Maschinen drastisch zunehmen.

Gemäß einer Schätzung des Industrial Internet Consortium (IIC) werden in absehbarer Zeit rund 50 Milliarden Geräte im industriellen Einsatz sein. Um alle Daten, die in Unternehmen anfallen, unter einen Hut zu bekommen und um sie in weiterer Folge auch sinnvoll nutzen zu können, bedarf es einer Verschmelzung der klassischen Informationstechnologie (IT) mit der Betriebstechnik (OT) zu einem gemeinsamen

physikalischen Netzwerk. Wichtig hierbei ist, dass auch wenn das Datenvolumen des IT-Bereichs das Netzwerk stark ver-einnahmt, der OT-Betrieb ohne Beeinträchtigung weiterläuft. Dies kann nur mit entsprechenden Spezifikationen beziehungsweise Mechanismen, wie beispielsweise der IEEE 802.1 TSN Standards als Toolbox, geschehen.

TSN für Echtzeitfähigkeit

TSN ermöglicht konvergente Ethernet-basierende Netzwerke, auf denen parallel zum IT-Datenverkehr auch zeitsynchronisierte, deterministische Kommunikation möglich ist, wie sie bei zeitkritischen Maschinensteuerungen und Prozessen unabdingbar sind. Die IEEE 802.1-TSN-Spezifikationen, wie Timing und Synchronisation, Time Aware Traffic Scheduling, Frame Preemption, Seamless Redundancy, Time Aware Shaping, Policing und weitere, sorgen dafür, dass Datenpakete auf einem Standard-Ethernet-Netzwerk nach Bedarf garantiert zeitgerecht und hoch verfügbar zugestellt werden.

Im industriellen Umfeld kann Ethernet TSN mit garantierter Latenz und Quality of Service (QoS) mit Zeitsynchronisation proprietäre Feldbussysteme beispielsweise bei der Maschinensteuerung in der Fertigung ergänzen sowie mittelfristig sogar ersetzen und gleichzeitig nahtlos bis in die IT-Ebene kommunizieren.



Die TSN-Netzwerkkarte von Kontron ermöglicht einen leichten Einstieg ins Time-Sensitive-Networking (TSN).

In das IIoT-Umfeld integrieren

Nicht nur der TSN-Standard an sich ist interessant, sondern auch die Art, wie daran gearbeitet wird. Hier spielen Organisationen beziehungsweise Zusammenschlüsse von Herstellern eine wichtige Rolle, die die jeweiligen Standards vorantreiben. Prominentes Beispiel für einen solchen Zusammenschluss ist das Industrial Internet Consortium (IIC), das 2017 den „Testbed Showcase Award“ gewonnen hat. Zusammen mit 23 Mitgliedern und Teilnehmern (Stand April 2018) bildet das IIC eine industriell konfigurierte Umgebung nach – ein sogenanntes TSN Testbed. Dieses wird bereits seit 2015 betrieben und bildet die Realität der Industrie möglichst genau nach, sodass der TSN-Standard vorab auf Markttauglichkeit getestet werden kann.

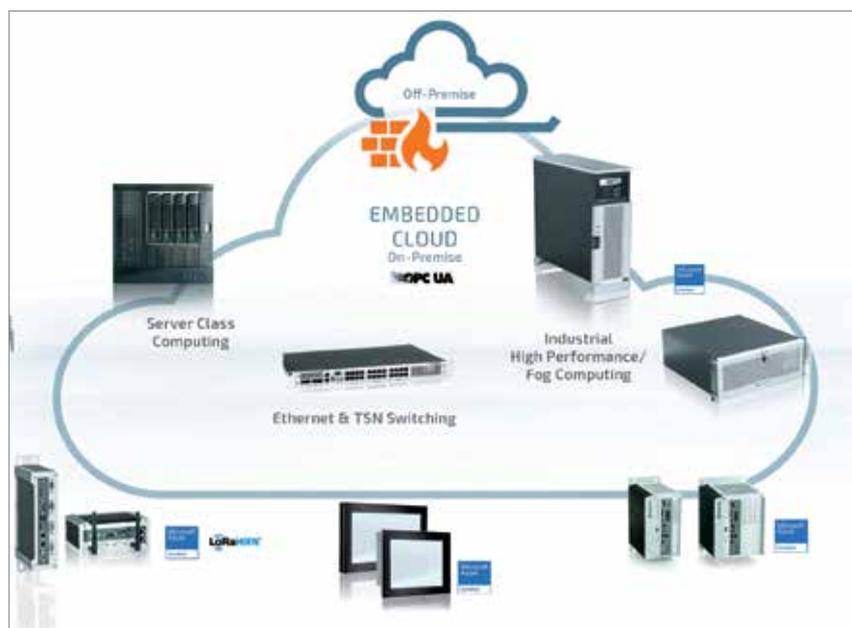
In dieser Testumgebung prüfen die Hersteller ihre Komponenten gemeinsam auf Interoperabilität und Performance. Dabei geht es zum Beispiel darum, High-Performance-Anwendungen mit latenzempfindlichen Applikationen auf einem einzigen Netzwerk, einem konvergenten Ethernet, zusammenzuführen. Auch kritische und Best-Effort-Datenflüsse werden kombiniert. Im Rahmen des Testbeds ist es auch möglich, Schnittstellen für Edge- beziehungsweise Cloud-Managementsysteme auszuloten, damit diese in das IIoT-Umfeld integriert werden können. Ebenso lässt sich die

M2M-Ebene (etwa OPC UA pub/sub Kommunikation) in das System implementieren.

Die durch das TSN-Testbed für IIoT gewonnenen Erkenntnisse sind für Anwendungen in diversen Branchen und ihren jeweiligen Testbeds wertvoll, etwa in der Fabrikautomatisierung, der Versorgungswirtschaft, im Bereich Transportation oder Automotive. Diese pragmatische, kooperative Form der Zusammenarbeit zwischen Technologieherstellern ist neu in der Industrie. Durch die Teilnahme am Testbed wird nicht nur der Nutzen des TSN-Standards bewertet. Die Hersteller erhalten wichtige Erkenntnisse zur Implementierung und zur Sicherstellung der Interoperabilität und Stabilität ihrer Produkte und können so auf eventuell auftretende Probleme reagieren. Immer im Fokus steht dabei, durch einen lebendigen Standard die bestmögliche Performance für den Kunden zu erreichen.

Einstieg ins TSN ab sofort möglich

Die Sammlung von Standards unter dem Label TSN ist als Baukasten zu sehen, der in seiner Gesamtheit unterschiedliche Methoden zum Umgang und zur Priorisierung des Netzwerkverkehrs beschreibt. Die Bausteine, auch Substandards genannt, lassen sich in vier wichtige Kategorien unterteilen: Zeitsynchronisation, Traffic Scheduling, Redundanz und Sys-



Kontrons „From Edge-to-Fog-to-Cloud“ mit TSN und OPC UA

temkonfiguration. Für den Anwender ist es nicht nötig, die Fertigstellung aller TSN-Substandards abzuwarten, denn vorhandene Features können bereits jetzt genutzt werden: Die Spezifikationen für die wichtigsten Standards, die industrielle Anwendungen unterstützen, sind heute schon verfügbar oder werden umgehend soweit sein.

Kontron, ein Anbieter von IoT/Embedded-Computer-Technologie (ECT), ist Teilnehmer des IIC Testbeds und hat eine TSN-Netzwerkkarte auf den Markt gebracht. Diese ist herstellerunabhängig einsetzbar und ermöglicht Unternehmen einen unkomplizierten Einstieg ins Time Sensitive Networking. Die TSN-Netzwerkkarte erweitert beispielsweise problemlos die Kontron Box PCs (KBox C-Serie), 19-Zoll-Server (ZINC 19 2U/4U), Embedded-Server (ZINC CUBE C232) und Workstations (HPW 410). Grundsätzlich ist sie jedoch herstellerunabhängig einsetzbar und wird zudem mit Private Labeling angeboten, sodass Maschinenhersteller, Automatisierer und Systemintegratoren die TSN-Karte unter ihrem Markennamen in ihre Geräte einbauen und damit ihren Kunden Time-to-Market-Vorteile für die Integration in TSN-Netze ermöglichen können. Für den Einstieg in die TSN-Technologie bietet Kontron darüber hinaus ein TSN-Starterkit mit zwei vorkonfigurierten Systemen und entsprechender Software an.

OPC UA für Plattformunabhängigkeit

Die Grundlage für die herstellerunabhängige Maschine-zu-Maschine-Kommunikation, die schon vor einigen Jahren von der Industrie geschaffen wurde, ist OPC UA, der Open Platform Communication Unified Architecture Standard. Der globale Interoperabilitätsstandard ist eine Antwort auf die notwendige digitale Vernetzung aller Systeme, die durch Industrie-4.0-Prozesse entsteht – Stichwort IIoT. Maschinen müssen gesteuert und synchronisiert werden, gefilterte und bewertete (Sensor-)Daten müssen zwischen diversen Maschinen und Geräten beziehungsweise über verschiedene Automatisierungsebenen hinweg ausgetauscht werden – vom Shop Floor bis in den Office Floor. Ohne ein entsprechendes Protokoll, das die Schnittstellen eine Sprache sprechen lässt, sind diese Vorgänge komplex und in der Implementierung zeitaufwändig und teuer.

OPC UA ermöglicht einen nahtlosen, sicheren und zuverlässigen Informationsfluss zwischen Geräten mehrerer Hersteller und trägt damit neben TSN als Transportlayer entscheidend zur Konvergenz der industriellen Infrastrukturen bei. Durch den Interoperabilitätsstandard werden die neuen Anforderungen an Sicherheit, Datenmodellierung, Skalierbarkeit und Erweiterbarkeit optimal adressiert. Der OPC-Foun-

Im Umfeld von Industrie-4.0-Anwendungen übernimmt Susitec die Analyse und Verarbeitung der entstehenden Daten und löst die bisherigen Grenzen zwischen Datenerzeugung, -verarbeitung und -bereitstellung auf.



dition, die den OPC-UA-Standard weiterentwickelt und definiert, gehören mittlerweile mehr als 580 renommierte Unternehmen und Organisationen an (Stand Juni 2018). Darunter neben Fertigungsunternehmen und Zulieferern auch Technologieanbieter, von großen Playern bis hin zu Unternehmen mit kleineren Marktanteilen.

Hard- und Software & Service aus einer Hand

Damit die Zeitenwende in Richtung Digitalisierung gelingt, kommen für den Anwender idealerweise Hardware und vorintegrierte Cloud-Lösungen, beispielsweise für Microsoft Azure IoT Edge, sowie weitere Software, Services und Beratungsleistungen aus einem Haus. Kontron profitiert hier von dem Verbund mit der S&T-Unternehmensgruppe. Eine Tochter des Technologiekonzerns, die S&T Technologies, bringt mit erweiterten Ressourcen und einem zusätzlichen Standort in Augsburg wichtiges Software- und Consulting-Know-how für den Aufbau von IoT-Szenarien von der Edge bis zur Cloud mit.

Eine zentrale Komponente dabei ist die neue IoT-Plattform Susitec. Im Umfeld von Industrie 4.0 löst Susitec die bisherigen Grenzen zwischen Datenerzeugung, Datenverarbeitung und Datenbereitstellung auf und ermöglicht damit die Ver-

schmelzung von IT und OT. Susitec ist flexibel konfigurierbar und wird individuell auf die jeweilige Automatisierungslösung angepasst. Steuerungs- und Sensordaten können damit beim Kunden vor Ort in dessen On-Premise-Embedded-Cloud gesammelt und analysiert werden, und mit weiteren, externen Public-Cloud-Strukturen nach Bedarf vernetzt werden.

Die komplexen Schnittstellen zwischen IT und OT sind heute oft noch ein Innovationshemmnis. 59 Prozent aller kleinen und mittelständischen Unternehmen geben vor allem die Investitionskosten als Hinderungsgrund an, warum Industrie 4.0 noch nicht oder nicht umfassend eingesetzt werden. Dabei schätzen die Unternehmen ihre Vorteile hoch ein: 72 Prozent erhoffen sich eine Steigerung der Produktionsflexibilität, 52 Prozent erwarten schnellere Reaktionszeiten und 47 Prozent hoffen, die Effektivität ihrer Anlagen zu erhöhen. Das ergab eine Studie von Ernst & Young, die Ende 2017 veröffentlicht wurde. Mit dem Time-Sensitive-Networking-Standard (TSN) und dem M2M-Protokoll-Standard OPC UA könnten Unternehmer der Vision von der optimal vernetzten Industrie schon bald einen großen Schritt näherkommen. Mit der Erweiterung des bestehenden Ethernet-Standards in Richtung deterministische Datentransfers („Echtzeit-Fähigkeit“) ist TSN auf der Transportebene der Hauptbaustein für die Konvergenz von IT und OT. □

DURCHGÄNGIG KOMMUNIZIEREN MIT TSN

Bisherige Echtzeit-Ethernet-Systeme machen eine spezielle Hardwareunterstützung erforderlich, um eine korrekte Funktionsweise und ausreichende Echtzeit- und Übertragungsperformance zu gewährleisten. Ethernet TSN dagegen erlaubt nun erstmals die deterministische Übertragung über Standard-Hardware.

TEXT: Peter Lutz, Sercos **BILDER:** Sercos

Ethernet TSN erlaubt erstmals in der über 40-jährigen Geschichte von Ethernet eine zeitgesteuerte und deterministische Übertragung von echtzeitkritischen Nachrichten über Standard-Hardware. Genutzt wird hierfür ein Zeitschlitzverfahren, welches Sercos schon seit über 25 Jahren für die Echtzeitkommunikation verwendet. Mit TSN wird das Anwendungsspektrum von Ethernet auf Echtzeitanwendungen, zum Beispiel im Automobil oder in Industrieanlagen, erweitert.

Die Verwendung von Ethernet TSN bringt dabei einige Vorteile mit sich: So kann Standard-Hardware mit integrierter Echtzeitfähigkeit eingesetzt werden, was in niedrigen Kosten und einem breiten Hersteller- und Produktangebot resultiert. Darüber hinaus ermöglicht der TSN-Standard die Konvergenz von Produktions- und IT-Netzwerken. Das heißt, Echtzeitkommunikation und normale Ethernet-Kommunikation können über einen einheitlichen Netzwerkstandard übertragen werden. Dies stellt eine ideale Basis für die Umsetzung von Industrie 4.0 und IIoT-Konzepten dar.

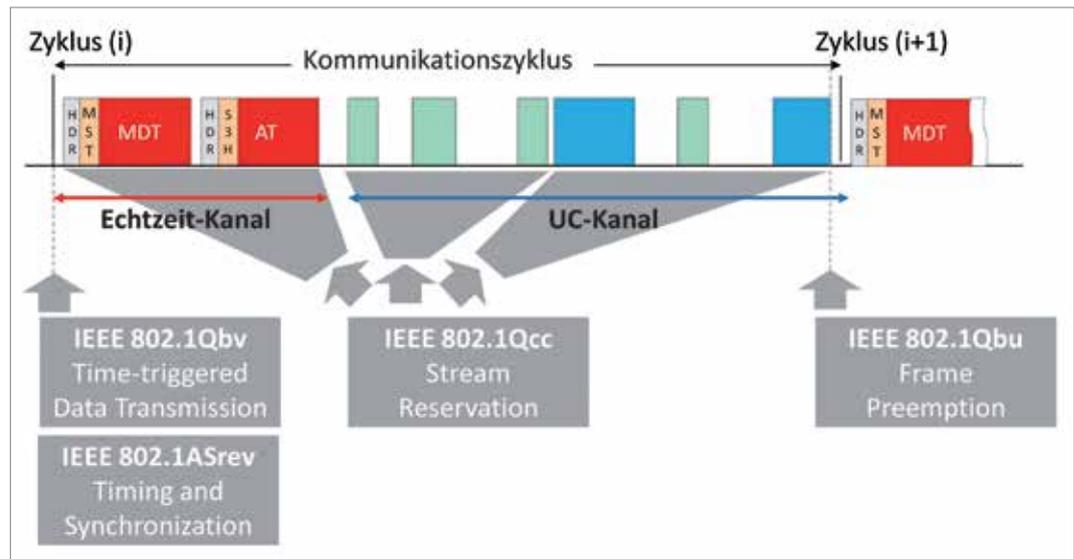
Evolution der drei Feldbus-Generationen

Mit der Verfügbarkeit von Ethernet TSN wird auch die Evolution der Feldbussysteme fortgeschrieben. Feldbusse der ersten Generation wurden für spezifische Anforderungen und Aufgaben konzipiert. Sercos wurde etwa als Antriebsbus entwickelt, um die analoge +/- 10 V Antriebschnittstelle abzulösen. Profibus, Interbus oder auch DeviceNet wurden als

Feldbusse für die E/A-Kommunikation entwickelt. Und Ethernet setzte man zum damaligen Zeitpunkt nicht auf der Feldebene ein, sondern lediglich, um Maschinen in übergeordnete IT-Systeme einzubinden.

Feldbussysteme der zweiten Generation zeichnen sich dadurch aus, dass sie allesamt auf Ethernet basieren und somit über eine sehr viel höhere Bandbreite verfügen. Im Gegensatz zu den spezifischen Feldbussen der ersten Generation sind sie universell einsetzbar. Allerdings benötigen sie zur korrekten Funktionsweise und zur Erreichung einer entsprechenden Übertragungs- und Echtzeitperformance eine spezielle Hardwareunterstützung. Damit sind diese Systeme nicht konform zu den Standards IEEE 802.1 und 802.3. Dadurch lässt sich die vertikale und horizontale Integration mit Ethernet nicht optimal umsetzen.

Erschwerend kommt hinzu, dass die meisten Echtzeit-Ethernet-Protokolle in einer gemeinsamen Netzwerk-Infrastruktur nicht koexistieren können, ohne dass die Performance und Echtzeitcharakteristik beeinträchtigt wird. Verschiedene Echtzeit-Ethernet-Lösungen nutzen die Netzwerkinfrastruktur sogar exklusiv, so dass andere Protokolle über das jeweils unterlagerte Echtzeit-Protokoll getunnelt werden müssen. Allerdings setzt dies ein laufendes beziehungsweise funktionierendes Echtzeit-Protokoll voraus, um mit den Geräten überhaupt kommunizieren zu können. Einen anderen Ansatz verfolgen Echtzeit-Ethernet-Lösungen, die eine Ko-



Die Grafik veranschaulicht das Übertragungsverfahren von Sercos III im Kontext von Ethernet TSN.

existenz mit anderen Ethernet-Protokollen unterstützen. Dabei können andere Protokolle sowohl mit als auch ohne das jeweilige Echtzeit-Protokoll genutzt werden. Vertreter dieser Echtzeit-Ethernet-Lösungen sind zum Beispiel Sercos III und Profinet IRT.

Ethernet TSN läutet nun die dritte Feldbusgeneration ein. Die Technologie erlaubt erstmals eine zeitgesteuerte und deterministische Übertragung von echtzeitkritischen Nachrichten über Standard-Ethernet-Hardware. Ethernet TSN nutzt dafür das Prinzip eines Zeitschlitzverfahrens, welches Sercos schon seit über 25 Jahren für die Echtzeitkommunikation verwendet. Da bei Ethernet-TSN-Echtzeitkommunikation und normale Ethernet-Kommunikation über einen einheitlichen Netzwerkstandard übertragen werden können, ergeben sich zukunftsweisende Lösungsansätze für die Konvergenz von Produktions- und IT-Netzwerken.

Sercos III im Kontext von Ethernet TSN

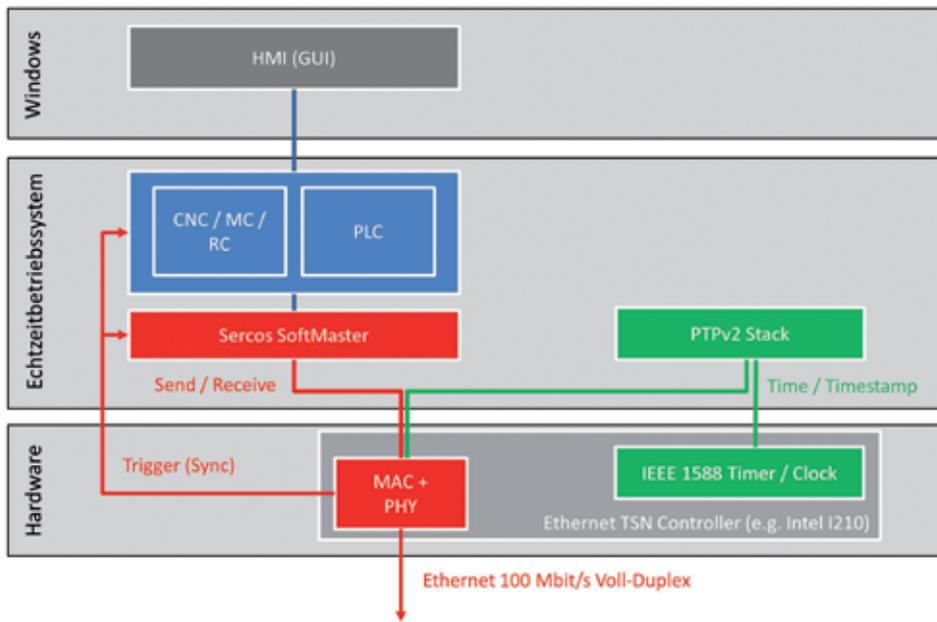
Das Übertragungsverfahren von Sercos basiert seit der Einführung der ersten Generation (Sercos I) im Jahre 1990 auf einem Zeitschlitzverfahren und einer zyklischen Kommunikation. Sercos III unterstützt nicht nur die Übertragung von Echtzeittelegrammen im sogenannten Echtzeit-Kanal, sondern erlaubt außerdem die Übertragung beliebiger anderer Ethernet-Protokolle im sogenannten UC-Kanal. Ethernet TSN besitzt alle Eigenschaften und Mechanismen, um das Sercos-

Übertragungsverfahren mit Standard-Ethernet-Hardware umzusetzen beziehungsweise nachzubilden. Die Basis von Ethernet TSN ist der Standard IEEE 802.1Q, welcher die Aufteilung physikalischer Netzwerke in mehrere logisch getrennte, priorisierte virtuelle Netze spezifiziert. Mit verschiedenen Sub-Standards werden darauf aufbauend vier ergänzende Features spezifiziert, die im Folgenden erläutert und in den Kontext des Übertragungsverfahrens von Sercos gebracht werden:

1. Zeitsynchronisation: Alle Netzwerkteilnehmer haben ein gemeinsames Verständnis der Zeit. Dazu greift Ethernet TSN auf Mechanismen aus IEEE 802.1ASrev beziehungsweise IEEE 1588 zurück. Das darin beschriebene Protokoll zur Zeitsynchronisation (PTP; Precision Time Protocol) definiert, wie räumlich verteilte Echtzeituhren untereinander synchronisiert werden.

2. Zeitschlitzverfahren: Synchrone Zeitschlitze erlauben die Übertragung verschiedener Traffic-Klassen und eine zeitgesteuerte Datenübertragung. Ethernet TSN nutzt dafür den Substandard IEEE 802.1Qbv (Enhancements for Scheduled Traffic).

3. Scheduling und Traffic Shaping: Alle teilnehmenden Geräte arbeiten bei der Bearbeitung und Weiterleitung von Netzwerkpaketen nach den gleichen Regeln. Ethernet TSN nutzt dafür den Substandard IEEE 802.1Qcc (Stream Reservation).



Im ersten Sercos-TSN-Demonstrator kommt ein SoftMaster mit Ethernet-TSN-Anschaltung und PTP-Unterstützung nach IEEE1588 zum Einsatz.

4. Frame Preemption: Telegramme können unterbrochen werden und später fortgesetzt werden. Ethernet nutzt dafür den Substandard IEEE 802.1Qbu (Frame Preemption).

Erster Sercos-TSN-Demonstrator

Für Echtzeit-Ethernet Protokolle der zweiten Feldbusgeneration ergeben sich interessante Migrationskonzepte für TSN-basierte Netzwerke. Zur SPS/IPC/Drives im November 2016 wurde erstmals ein Sercos-TSN-Demonstrator präsentiert, in dem Sercos-III- und Ethernet-Geräte in einer gemeinsamen TSN-basierten Netzwerkinfrastruktur betrieben werden, ohne dabei die Echtzeitperformance von Sercos III zu beeinträchtigen.

Zum Einsatz kommt dabei ein TSN-basierter Sercos-III-SoftMaster mit einer Soft-CNC von ISG Industrielle Steuerungstechnik unter Verwendung des Echtzeitbetriebssystems InTime von TenAsys. In diesen Master wurde das Precision Time Protocol (PTP) nach IEEE 1588 integriert, so dass sämtliche Netzteilnehmer, die über TSN-Switche der Firma Hirschmann Automation & Control kommunizieren, eine einheitliche Zeitbasis verwenden.

Der SoftMaster kommuniziert über die TSN-Netzwerkinfrastruktur mit den Sercos-III-Slaves, die räumlich abgesetzt an einem anderen TSN-Switch angeschlossen sind. Parallel zur Sercos-Echtzeitkommunikation über TSN werden Videostreams einer Webcam zu einem Remote-Display übertra-

gen. Die Untersuchung des Echtzeitverhaltens zeigte, dass sich die Fehler in der Zeitsynchronisation auf einen zweistelligen Nanosekundenbereich beschränken. Somit beeinträchtigt Sercos weder die Funktionalität noch die Echtzeitcharakteristik. Sercos-III-Geräte können unverändert und gemeinsam mit anderen Ethernet-Geräten in ein TSN-Netzwerk integriert werden und über TSN miteinander kommunizieren. Auch lassen sich bestehende Tools, wie beispielsweise der Sercos-Monitor als Diagnose- und Analysewerkzeug, weiterhin vollumfänglich verwenden.

Zusammenfassung

Ethernet TSN hat das Potential, die bisher strikte Trennung von IT- und Automatisierungsnetzwerken aufzuheben und damit eine Konvergenz der Kommunikationstechnologien herbeizuführen. Damit wird eine neue Ära der industriellen Kommunikation eingeläutet. Bisherige Echtzeit-Ethernet-Lösungen, die für eine korrekte Funktionsweise und ausreichende Echtzeit- und Übertragungsperformance eine spezifische Hardware erforderlich machten, können dabei in vielfacher Hinsicht profitieren. Mit dem oben beschriebenen „Sercos over TSN“-Demonstrator konnte der Nachweis erbracht werden, dass Sercos-III-Geräte unverändert in einem Ethernet-TSN-Netzwerk gemeinsam mit anderen Ethernet-Teilnehmern betrieben werden können. Damit werden einerseits von Herstellern und Anwendern getätigte Investitionen geschützt. Andererseits wird die Migration zu Ethernet TSN auf einfache Art und Weise ermöglicht. □

M2M-KOMMUNIKATION DIREKT IM FELD

Flexible Produktionslinien erfordern die Übergabe von Produktdaten entlang der Fertigungskette von Maschine zu Maschine. Ethernet-Spanner tauschen Daten unterschiedlicher Steuerungen im Feld aus und ersparen so lange Verdrahtungswege zu den Schaltschränken.

TEXT: Olaf Ophoff, Turck BILDER: Turck

Dezentrale I/O-Lösungen sind an sich nichts Neues, werden im Hinblick auf moderne Automatisierungs- und Maschinenkonzepte, die zunehmend modular aufgebaut sind, aber immer interessanter. Der Trend bewegt sich gegenwärtig aus dem Schaltschrank ins Feld. Wenn robuste I/O-Technik in Schutzart IP67 eingesetzt wird, führen Anwender die Leitungen der Feldgeräte direkt im Feld auf ein entsprechendes I/O-Modul, das per Feldbus die Signale gesammelt zum Schaltschrank führt.

Im Vergleich zur Punkt-zu-Punkt-Verdrahtung spart der Anwender Kosten für die Anschlusstechnik und die Verdrahtung. Ein Zeitvorteil ergibt sich beim Aufbau der Maschine beim Kunden. Statt viele einzelne Leitungen zum Schaltschrank zu führen, reichen bei Feldbus- oder Ethernet-Systemen in der Regel eine Kommunikationsleitung und eine Spannungsversorgung aus, um die I/O-Ebene an die Steuerung anzubinden. Die Peripherie kann dann schon vorab beim Maschinenbauer mit der dezentralen I/O-Technik verdrahtet werden und bildet so den modularen Maschinenbau konsequent ab.

Robuste RFID-Interfaces in IP67-Schutzart findet man bei einer Reihe von Herstellern schon seit längerer Zeit. Auch IP67-Steuerungen, die im Feld eingesetzt werden, sind mittlerweile erhältlich. Die dezentrale Architektur punktet dabei

am höchsten, wenn sie lückenlos umgesetzt werden kann, wenn also im Idealfall überhaupt kein separater Schaltschrank mehr eingesetzt werden muss. Das scheiterte bis zum heutigen Tag oftmals an weiteren Netzwerktechnik-Komponenten, die einen Schaltschrank zwingend erfordern – beispielsweise an sogenannten Ethernet-Spannern, die die Kommunikation zweiter Ethernet-Master mit jeweils eigenen Netzwerken erlauben.

Datentransfer zwischen fremden Maschinen

Bislang war der Datentransfer zwischen den Maschinen einer solchen Linie häufig via I/O-Kopplung auf wenige Bit beschränkt. Dafür ließen sich leicht Schnittstellen einrichten. Mit dem Wandel zu intelligenten, vorausschauenden Produktionsketten müssen die Maschinen und damit die Steuerungen aber mehr Informationen miteinander austauschen als „Produkt abgabebereit“ oder „Übergabestation aufnahmebereit“. Zur Datenübergabe wird vom Betreiber häufig ein Identifikationssystem auf Basis von Barcodes oder RFID eingesetzt. Das ist für viele Produkttypen aber zu teuer oder schlicht nicht möglich.

Nutzen die beiden zu verbindenden Maschinen Steuerungen mit demselben Ethernet-Protokoll, werden hierfür klassische Ethernet-Gateways in IP20 eingesetzt. Diese müssen in



Die browserbasierte Programmierumgebung ARGEE lässt sich auch mit mobilen Geräten bedienen.

den Schaltschrank und daher über lange Leitungswege verdrahtet werden.

Erster Ethernet-Spanner fürs Feld

Turck hat ein Block-I/O-Modul in IP67 entwickelt, das die Kommunikation zwischen zwei Netzwerken im Feld ermöglicht. Der erste Ethernet-Spanner in IP67, TBEN-L-Spanner, kann als beidseitiger Slave Daten bidirektional von Master zu Master austauschen. Im Gegensatz zu den IP20-Spannern benötigt der Turck-Spanner keinen Schaltschrank. Der Datenaustausch findet dort statt, wo er passiert: direkt im Feld an den Maschinen-Verbindungsstellen. Der Spanner fungiert als Slave für beide Steuerungen und ermöglicht so eine direkte Master-Master-Kommunikation. Die Daten wandern mit dem Produkt über den Spanner von einer Maschine zur nächsten. Daraus ergibt sich eine mögliche Verzweigung des Signal- und Daten-Flows in Fertigungslinien – ganz im Sinne von Industrie 4.0.

Vielseitig einsetzbares Multiprotokoll-Modul

Fertigungsketten der Fabrikautomation bestehen häufig aus Anlagenteilen verschiedener Hersteller. Viele große Kunden können den Einbau einer bestimmten Steuerung fordern, kleinere Kunden bekommen von den Zulieferern zwar die Anlagenteile geliefert, die sie benötigen, allerdings sind diese meistens mit Steuerungen verschiedener Hersteller ausge-

rüstet. Und selbst bei den ganz großen Automobilherstellern kann es vorkommen, dass sie aufgrund ihrer internationalen Struktur und Produktion auf Fertigungslinien produzieren, die aus Maschinen unterschiedlicher Steuerungshersteller bestehen.

Der TBEN-L-Spanner kann mittels Multiprotokoll-Technologie Daten der Ethernet-Protokolle Profinet, Ethernet/IP oder Modbus TCP verarbeiten. Dadurch verbindet er beispielsweise einen Profinet- mit einem Ethernet/IP-Master oder eine Ethernet/IP- mit einer Modbus-TCP-Steuerung. Die Datenschnittstelle dient den beiden Mastern wie ein Postfach, in dem beide Steuerungen Daten ablegen und abholen können.

Zusätzlich verfügt der Spanner über 16 digitale Eingänge. Er erfüllt also eine Doppelfunktion. So kann der Ethernet-Spanner ein I/O-Modul ersetzen, das der Maschinenbauer ohnehin hätte einsetzen müssen. Im Vergleich zu einem externen Ethernet-Spanner im Schaltschrank ist diese Lösung kosteneffektiver, da der Spanner lediglich das ohnehin benötigte Standard-I/O-Modul ersetzt.

NAT-Router für einfache Verbindungen

Für den Datentransfer müssen die Maschinenbauer keine Rücksicht auf die IP-Adressen anderer Fertigungslinien nehmen. Mit einer NAT-Router-Funktion (Network Address



Das Spanner-Modul TBEN-L5-EN1 fungiert als Slave für beide Steuerungen und ermöglicht so eine direkte Master-Master-Kommunikation. Dank seiner Multiprotokoll-Technologie arbeitet er in Profinet-, Ethernet/IP- und Modbus-TCP-Netzen.

Translation) des Spanners ist keine herstellerübergreifende Koordination von IP-Adressräumen nötig. Oft ist es so, dass Maschinenbauer ihre gewohnten IP-Adressen verwenden. Es kann vorkommen, dass zwei Hersteller dieselbe IP-Adresse wählen. Würden diese Netzwerke nun miteinander verbunden, käme es zu großen Problemen, da zwei identische IP-Adressen in einem Netzwerk nicht gekoppelt werden können. Der TBEN-L-Spanner arbeitet als NAT-Router, der die IP-Adressen umwandelt. Er handhabt die IP-Adressen der Hersteller als einzigartige Adressen und verhindert so eine Doppelbelegung, unabhängig von den eigentlichen Eingaben der Hersteller.

Ein Ethernet-Spanner in IP67 schließt eine weitere Lücke im Angebot an Netzwerkkomponenten, die bislang nur als IP20-Geräte zum Einbau im Schaltschrank angeboten wurden. Zudem erlaubt der Spanner mit Multiprotokoll eine Maschine-zu-Maschine-Kommunikation zwischen Steuerungen unterschiedlicher Hersteller. Für viele Maschinenbauer und insbesondere Anlagenplaner eröffnet ein IP67-Ethernet-Spanner neue Wege in der E-Planung und Konstruktion von Anlagen und Fertigungslinien.

Weitere Informationen zu Turck finden Sie im Business-Profil auf Seite 48.



LESETIPP

Wo können alle Fachbeiträge aus dem A&D-Kompodium kostenfrei heruntergeladen werden?

www.INDUSTR.com/AuD – Das A&D Web-Magazin bietet alle Beiträge des aktuellen A&D-Kompodiums und alle Artikel der A&D-Fachmedien sowie viele zusätzliche Informationen zum kostenlosen Download an.

publish
industry
verlag

LÜCKENLOSE VERNETZUNG

Zur Realisierung der Visionen rund um Industrie 4.0 wird die einfache Konfiguration, Parametrierung und Diagnose der Sensor-Aktor-Ebene unerlässlich. Hierbei kann durch die IO-Link-Schnittstelle der letzte Meter bis zum Sensor geschlossen werden.

TEXT: Lukas Pogoda, Pepperl+Fuchs **BILDER:** Pepperl+Fuchs

Die universellen Ethernet-IO-Module von Pepperl+Fuchs unterstützen alle gängigen Ethernet-Protokolle wie Profinet, Ethernet/IP und EtherCAT in einem Gerät. Die integrierte IO-Link-Masterfunktion ermöglicht eine durchgängige Identifizierung, Diagnose und Parametrierung bis in die Sensor-/Aktorebene. Zur gleichzeitigen Einbindung digitaler Sensorik und Aktorik in die IO-Link-Infrastruktur stellen die neuen I/O-Hubs mit IO-Link-Schnittstelle für bis zu 16 digitale Signale die optimale Lösung dar. Verbunden mit der passenden IO-Link-fähigen und digitalen Sensorik, positioniert sich Pepperl+Fuchs so als zentrale Anlaufstelle für eine vollumfängliche IO-Link-Infrastruktur.

Lückenlose Vernetzung dank IO-Link

In den Smart Factories der Zukunft sollen Menschen und Maschinen optimal miteinander interagieren können und so Produkte, selbst in der Losgröße 1, höchst effizient produzieren. Hierfür ist insbesondere eine lückenlose Vernetzung bis in die Sensor-Aktor-Ebene notwendig. Nur so können Zustandsdaten jederzeit eingesehen, Anlagen im laufenden Betrieb umparametriert und drohende Anlagenstillstände vorausschauend diagnostiziert werden.

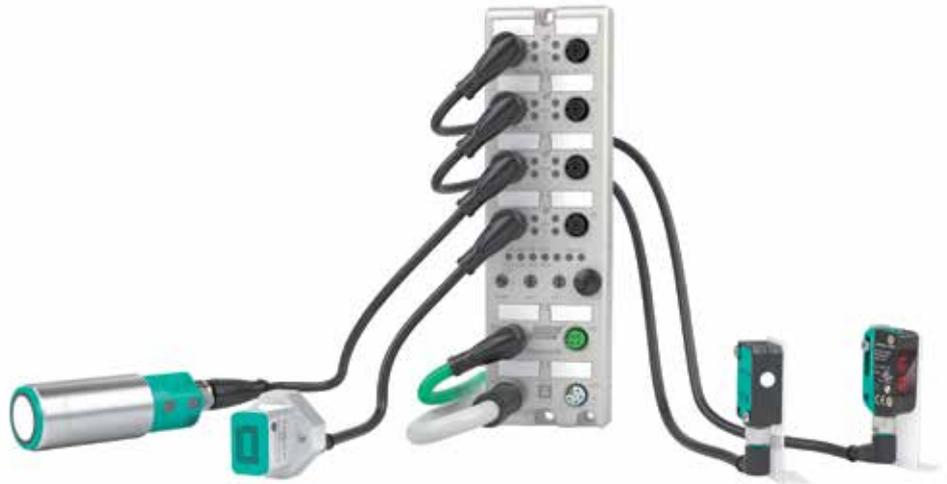
Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wurde der Kommunikationsstandard IO-Link ins Leben gerufen. Wo bisher lediglich simple Schaltsignale von Sensoren an eine übergeordnete Ebene weitergegeben wurden, können nun auch zusätzliche Informationen zur eindeutigen Identifikation, zu

gewählten Parametereinstellungen und zu Prozessdaten ausgetauscht werden.

Hintergrund: Der IO-Link-Standard

IO-Link ist die weltweit erste standardisierte Punkt-zu-Punkt-IO-Technologie (IEC 61131-9) zwischen einem IO-Link-Master und einem IO-Link-Device. Der IO-Link-Master stellt dabei die Schnittstelle zwischen dem IO-Link-Device und einem Automatisierungssystem bereit. Während der IO-Link-Master auf Device-Ebene die Kommunikation überwacht und steuert, kommuniziert er die Daten über klassische Feldbusse an übergeordnete Automatisierungssysteme. Die Verbindungstechnik beruht hierbei auf den bereits vielfach bewährten ungeschirmten dreiadrigen Sensor- beziehungsweise fünfadrigen Aktor-Anschlüssen, wodurch bisherige Verbindungskabel uneingeschränkt weiterverwendet werden können.

Über die kombinierte Schalt- und Kommunikationsleitung können, nach der neusten Spezifikation V1.1, Datenübertragungsraten von bis zu 230,4 kBaud realisiert werden. Um eine Rückwärtskompatibilität der IO-Link-Master zu bisherigen Devices ohne IO-Link-Schnittstelle gewährleisten zu können, wurde die Möglichkeit geschaffen, jeden IO-Link-Port auch in den bisherigen Betriebsarten als digitalen Ein- oder Ausgang zu betreiben. So können an einem IO-Link-Master neben IO-Link-Devices mit erweitertem Kommunikationsumfang auch klassische digitale Sensoren und Aktoren gleichzeitig betrieben werden.



Ethernet-IO-Link-Master-Modul mit Multiprotokollfunktion und L-kodiertem Powerstecker.

Vorteile von IO-Link im Alltag

Die Vorteile von IO-Link sind vielfältig und liegen in verschiedenen Ebenen. Auf der Integrationsebene bieten insbesondere die Standardisierung und die damit verbundene einfache Systemintegration Vorteile. Mit Blick in die Zukunft kann durch die IO-Link-Community, in der nahezu alle namhaften Hersteller von Automatisierungslösungen involviert sind und durch die eine herstellerübergreifende Kompatibilität möglich wird, eine Investitionssicherheit gewährleistet werden. Die wichtigsten Vorteile liegen allerdings auf der Applikationsebene. Denn durch die zusätzlichen Geräteinformationen ist eine eindeutige Identifikation bis in die Sensor-Aktor-Ebene möglich.

Im Austauschfall ist so im Handumdrehen bekannt, welches Gerät bei welchem Hersteller zu beschaffen ist. Die erweiterten Diagnose-Informationen erlauben außerdem eine genaue Bestimmung der Ausfallursache. Durch die Data-Storage-Funktion der IO-Link-Master nach der Spezifikation V1.1 können zudem alle bisherigen Parametrierungen automatisch in das Austauschgerät übertragen und so Stillstandszeiten minimiert werden. Bei Bedarf können diese Parametereinstellungen auch im laufenden Betrieb einfach an neue Gegebenheiten angepasst werden, um beispielsweise den Schaltpunkt eines optischen Sensors bei Verschmutzung anzupassen. Insgesamt können so durch die Datenvielfalt von IO-Link vielfältige Vorteile realisiert werden, deren vollständiges Potenzial erst in Zukunft vollständig absehbar sein wird.

IO-Link-Master mit Multiprotokoll-Funktion

Um tatsächlich den „letzten Meter“ einer durchgängigen Kommunikation bis zum Sensor schließen zu können, kommunizieren die IO-Link-Master-Module über Feldbussysteme mit übergeordneten Automatisierungssystemen. Hierbei bieten die meisten Hersteller von IO-Link-Master-Modulen lediglich Geräte an, die nur ein einzelnes Kommunikationsprotokoll unterstützen. Allerdings führt dies aufgrund dessen, dass je nach Region und Anwendung von Kundenseite unterschiedliche Protokolle benötigt werden, bei international tätigen Unternehmen zu Problemen, wenn es um die Maschinenstandardisierung geht.

Erst durch die Einführung von IO-Link-Master-Modulen mit Multiprotokoll-Funktion für die gängigen Ethernet-Protokolle Profinet, Ethernet/IP und EtherCAT konnte Pepperl+Fuchs diese Hindernisse beseitigen. Diese IO-Link-Master-Module können dabei unter den härtesten industriellen Bedingungen betrieben werden, ermöglichen durch eine erhöhte Strombelastbarkeit auch den bedenkenlosen Betrieb von Aktoren und können durch die Multiprotokoll-Funktion gleichermaßen in verschiedenen Regionen der Welt verwendet werden. Auf diese Weise folgen die IO-Link-Master-Module von Pepperl+Fuchs durch die Vereinigung all dieser Vorteile in einem einzigen Gerät konsequent dem Grundgedanken von IO-Link und ermöglichen die einfache Integration der IO-Link-Technologie in bestehende wie auch neue Systeme.



I/O-Hub mit IO-Link-Schnittstelle zur Anbindung digitaler Signale an ein IO-Link-Master-Modul.

Einfache Integration weitergedacht

Übliche IO-Link-Master-Module für den Feldeinsatz bieten in der Regel acht IO-Link-Ports zum Anschluss von IO-Link-Devices. Zwar können an diesen Ports durch die Rückwärtskompatibilität auch digitale Sensoren und Aktoren angeschlossen werden, doch wird die Anzahl an freien IO-Link-Ports so schnell knapp. Gleichzeitig wird durch den Anschluss von digitalen Devices das weitreichende Kommunikationspotenzial der IO-Link-Ports verschwendet, da in diesem Fall nur die Schaltsignale übertragen werden.

Um diesem Engpass entgegenzuwirken, stellen die I/O-Hubs mit IO-Link-Schnittstelle von Pepperl+Fuchs die optimale Lösung dar. Der I/O-Hub mit IO-Link-Schnittstelle fungiert dabei als IO-Link-Device und bietet, wie jedes andere IO-Link-Device, erweiterte Kommunikationsmöglichkeiten für Identifikation, Parametrierung und Diagnose. Über einen einzelnen I/O-Hub mit IO-Link-Schnittstelle können bis zu 16 digitale Signale gebündelt an einen IO-Link-Master weitergegeben werden.

So können mit Hilfe eines einzelnen IO-Link-Master-Moduls mit typischerweise acht IO-Link-Ports bis zu 128 digitale Signale an ein übergeordnetes Automatisierungssystem weitergereicht werden. Durch diese Flexibilität können umfassende, hybride Infrastrukturen aus IO-Link-fähiger und digitaler Sensorik und Aktorik geschaffen und so der „letzte Meter“ bis in die Sensor-/Aktorebene geschlossen werden.

IO-Link aus einer Hand

Neben IO-Link-Mastern und I/O-Hubs mit IO-Link-Schnittstelle wird für eine umfassende IO-Link-Infrastruktur auch IO-Link-fähige Sensorik benötigt. Nur sie kann Informationen bezüglich der Identifikation und Diagnose bereitstellen und Parameteränderungen entsprechend ausführen. Obwohl IO-Link grundsätzlich ein herstellerunabhängiges System darstellt, in dem Geräte verschiedenster Hersteller simultan verwendet werden können, so hängen der Informationsgehalt und die Parametriermöglichkeiten, die von einem IO-Link-Device unterstützt werden von der hersteller-spezifischen IO-Link-Device-Description (IODD) ab.

Neben einigen Standardanforderungen zur herstellerübergreifenden Kompatibilität, bietet die IODD dennoch die Möglichkeit für herstellereigenspezifische Zusatzfunktionen. Hierbei kann sich Pepperl+Fuchs durch das Mitgestalten des IO-Link-Standards von der ersten Minute an und das breite Portfolio an IO-Link-fähiger Sensorik von der Konkurrenz abheben. Verbunden mit dem entsprechenden Angebot an IO-Link-Mastern mit Multiprotokoll-Funktion und I/O-Hub mit IO-Link-Schnittstelle, erhalten interessierte Unternehmen so nicht nur eine zentrale Anlaufstelle für eine vollumfängliche IO-Link-Infrastruktur, sondern auch einen kompetenten Ansprechpartner bei allen Fragen rund um IO-Link.

Weitere Informationen zu Pepperl+Fuchs finden Sie im Business-Profil auf Seite 35.

Inhalt der Rubrik

STEUERUNGSTECHNIK



BILDQUELLE: ISTOCK, GENKUR

STEUERUNGSTECHNIK

156 Smart Factory Goes Wireless HMI
Sicherheit und größere Bewegungsfreiheit dank WLAN-Technik

159 Automatisierung ohne Grenzen
Offene Steuerungsplattform erleichtert die Entwicklung von Applikationen für SPSen

162 Regeln und automatisieren in Echtzeit
Leistungsstarke Industrie-PCs für deterministische Antwortzeiten

SMART FACTORY GOES WIRELESS HMI

Die Anforderungen an die mobile Bedienbarkeit von Maschinen ändern sich: Heute sind vor allem Sicherheit und größere Bewegungsfreiheit gefordert. Ein Hersteller von HMI-Systemen setzt deshalb auf WLAN-Technik.

TEXT: Ronald Roither, Sigmatek BILDER: Sigmatek

Um in Zeiten der Smart Factories am Markt bestehen zu können, müssen Maschinen und Anlagen so effizient und flexibel wie möglich konstruiert werden. Maschinen werden eng aneinander platziert, um den vorhandenen Platz optimal zu nutzen; Abläufe werden optimiert, um durch schnelles Handling Produktionszeiten zu verkürzen. Diese Anforderungen betreffen nicht nur die Maschinen, sondern vor allem das Zusammenspiel zwischen Maschinenbediener und Maschine.

Der Wunsch nach mehr Bewegungsfreiheit, zum Beispiel während der Rüst- und Einrichtphase, stellt neue Herausforderungen an die HMI-Hersteller. Und als solcher hat man in puncto Sicherheit eine große Verantwortung dem Kunden sowie vor allem dem Maschinenbediener gegenüber. Aus diesem Grund sind Not-Halt-Schalter aus keinem Bedienpanel oder Bedienstand mehr wegzudenken und bilden einen festen Bestandteil jeder sicheren Anlage.

Bediengewohnheiten ändern sich

Durch die Einflüsse aus dem Consumer-Bereich ändern sich Bediengewohnheiten auch im industriellen Umfeld. Die Anforderungen nach intuitiver Bedienbarkeit, mehr Flexibilität und Mobilität durchkreuzen in gewisser Weise den bewährten Ansatz gerade im Hinblick auf die Maschinensteuerung. Diese befindet sich meist direkt an der Maschine oder

an Sicherheitszäunen von Produktionszellen, also außerhalb des Aktionsraumes. Möchte man allerdings bei Spritzgussmaschinen oder Robotern genaue Positionen anfahren, so wird die Bedienung mit einem fest montierten Panel schnell umständlich. Während man einen prüfenden Blick in die Maschine benötigt, werden oft die Hände zu kurz, um die gewünschte Position genau justieren zu können.

Unterschiedliche HMI-Ansätze

Diesen Umstand haben die Automatisierungshersteller erkannt und sie versuchen nun, mit verschiedenen Ansätzen das Problem zu lösen. So werden beispielsweise Tablet-Lösungen angeboten, die eine mobile Bedienung versprechen. Durch fehlende Sicherheitseinrichtungen sind sie allerdings nur begrenzt einsetzbar. Als reine Visualisierungseinheit sind Tablets durchaus eine Lösung. Sobald aber Sicherheitsfunktionen wie ein Not-Halt oder gar Zustimmungstaster benötigt werden, sind sie keine Option mehr.

Alternativ gibt es seit Jahren abgesetzte Bedienterminals, die über Kabel mit der zu steuernden Maschine verbunden sind. Solche mobilen Panels bieten Bediensicherheit und -freiheit, schränken allerdings die Reichweite auf deren Kabellänge ein. Zudem muss der Bediener das Kabel immer im Blick behalten. Denn bleibt er damit etwa am Sicherheitszaun der



Direkt am Ort des Geschehens: Mit dem Wireless Panel muss beim Handling nicht länger Rücksicht auf ein Kabel genommen werden.

Produktionszelle hängen, besteht die Gefahr, dass das Bediengerät aus der Hand fällt und beschädigt wird. Auch können Kabel durch die mechanische Überbeanspruchung mit der Zeit Schaden nehmen. Im ungünstigsten Fall entpuppen sich die herumliegenden Kabel als Stolperfalle, was ein nicht zu unterschätzendes Sicherheitsrisiko darstellt. Um dieses zu eliminieren, müssen die Kabel nach jedem Gebrauch aufgerollt und verstaut werden.

HMI: kabellos und industrietauglich

Mit dem HGW 1033 ist es dem Automatisierungssystem-Hersteller Simatek nun gelungen, genau dieses Problem zu lösen und ein industrietaugliches, kabelloses und zugleich sicheres, mobiles Bedienpanel zu entwickeln. Hierbei setzt das Unternehmen auf die bewährte WLAN-Technologie. Um Störungen in der Funkübertragung zu minimieren, werden die Daten über zwei separate Frequenzbänder (2,4/5GHz) gesendet. Somit wird das Risiko eines Übertragungsfehlers deutlich reduziert.

Als Gegenstelle zum Handbediengerät wurde die Basisstation BWH 001 entwickelt, mit der das mobile Panel sicher gekoppelt werden kann. Dieser Koppelvorgang erfolgt über ein mehrstufiges, aber einfaches Verfahren. Nach erfolgreicher Kopplung mit einer Maschine beziehungsweise einer Basissta-

tion, wird die Maschinenummer an der 7-Segment-Anzeige des HGW 1033 angezeigt. Gleichzeitig werden die verfügbaren Sicherheitsfunktionen wie Not-Halt, Zustimmungstaster oder Schlüsselschalter aktiviert, was dem Bediener über den aktiv beleuchteten Not-Halt-Schalter signalisiert wird. Ab diesem Zeitpunkt ist das Bediengerät mit der gewählten Maschine verbunden und kann dieser eindeutig zugeordnet werden. Die in die Basisstation integrierte Ladeeinheit sorgt dafür, dass das Panel stets optimal geladen bleibt.

Theoretisch könnte eine automatische Kopplung mit der nächstgelegenen Maschine erfolgen, indem die Funk-Signalarbeiten zwischen dem Bediengerät und den Basisstationen ausgewertet werden. Darauf verzichtet Simatek allerdings bewusst, da in Fertigungshallen durch eine Vielzahl an Maschinen Reflexionen entstehen, die sich je nach Position des Bedienpanels dynamisch ändern und somit keine absolute sichere Distanz zur Maschine ermitteln lassen. Ein automatischer Wechsel der zu steuernden Maschine wäre nicht sicher und könnte bedeuten, dass ein Betätigen des Not-Halts die falsche Maschine anhält.

Sichere Datenübertragung

Dieses Risiko wird sowohl durch die redundante Funkverbindung als auch durch die aktive Kopplung eliminiert. Für



Kosten einsparen, wirtschaftlich arbeiten: Mit einem einzigen Panel lassen sich mehrere Maschinen beziehungsweise Anlagenteile einrichten und steuern.

die Übertragung der Safety-Daten wird – wie bei der drahtgebundenen Version – das „Black-Channel“-Prinzip genutzt. Im Safety-Telegramm sind die Daten und Adressen doppelt angelegt und samt Zeitstempel durch eine Checksumme (CRC) gesichert. Dadurch wird eindeutig erkannt, wenn Daten bei der Kommunikation verfälscht worden sind. Die Datenübertragung funktioniert mit dem HGW 1033 und dessen Basisstation genauso sicher wie mit einem kabelgebundenen Panel. Somit ist das TÜV-zertifizierte WLAN-Bedienpanel für den Industrieinsatz geeignet.

Ein weiterer Vorteil dieses kabellosen Konzeptes liegt darin, dass mit nur einem Panel mehrere Maschinen bedient und eingerichtet werden können. Hierfür wird an den zu steuernden Maschinen nur je eine Basisstation benötigt. Auf diese Weise können viele, eher selten genutzte, kabelgebundene mobile Bediengeräte durch ein einziges ersetzt werden. Das führt durch verringerte Anschaffungs- und Wartungskosten zu einer deutlichen Kosteneinsparung. Außerdem gehören Stolperfallen ebenso der Vergangenheit an wie das lästige Umstecken von Kabeln. Darüber hinaus verfügt das HGW 1033 über ein intuitiv bedienbares Multitouchdisplay und einen leistungsstarken EDGE2-Dualcore-Prozessor. Die smarte Bedienlösung spricht außerdem bereits OPC UA und kann über eine zusätzliche Ethernet-Schnittstelle an der Basisstation mit weiteren Produkten von Drittherstellern sowie mit Cloud-Systemen kommunizieren.

Direkt am Ort des Geschehens

Aufgrund gesteigerter Sicherheitsanforderungen gibt es immer weniger Zugangspunkte und Einsichtmöglichkeiten bei Produktionszellen, da diese oft mit Sicherheitszäunen ausgestattet und zudem kompakt verbaut werden. Bedient man sich eines kabellosen Panels mit integrierten Sicherheitsfunktionen wie Zustimmtaster und Not-Halt, kann man sich im Einrichtebetrieb nun auch innerhalb der Zellen bewegen und ist somit direkt am Ort des Geschehens.

Damit der Maschinen- oder Roboterbediener das mobile Panel nicht ständig in der Hand halten muss, hat Sigmatek Magnetfüße auf der Rückseite des Bedienpanels angebracht. Das HGW 1033 kann also nicht nur in eine der Basisstationen eingehängt und geladen werden, sondern je nach Bedarf an beliebigen metallischen Stellen befestigt werden. So lässt sich der „stationäre“ Arbeitsplatz flexibel einsetzen und bei Bedarf mitnehmen. Viele Firmen verfügen zudem über eine Werkzeugausgabe. Befindet sich das mobile Panel nicht ständig an der Maschine, sondern muss separat ausgefasst werden, gibt es automatisch eine für das Gerät verantwortliche Person. Das sorgt dafür, dass die Sorgfalt gegenüber dem Bediengerät steigt und Beschädigungen so schneller entdeckt werden.

Weitere Informationen zu Sigmatek finden Sie im Business-Profil auf Seite 43.

AUTOMATISIERUNG OHNE GRENZEN

Klassische Systemstrukturen entwickeln sich hin zu cyber-physikalischen Systemen. SPS-Systeme müssen daher flexibel, offen und vernetzt sein. Die Steuerungsplattform PLCnext Technology eröffnet hier neue Freiheitsgrade, indem sie zentrale Komponenten für die Entwicklung von Automatisierungsapplikationen unabhängig voneinander in ein System integriert.

TEXT: Michael Gulsch, Phoenix Contact BILDER: Phoenix Contact

Um zu erklären, was die PLCnext-Plattform flexibel macht, bedarf es eines Rückblicks auf die Architektur klassischer SPS-Systeme. Diese sind durch proprietäre Laufzeitsysteme geprägt. Aufgesetzt auf ein Betriebssystem übernehmen die herstellereigenen Laufzeitsysteme die Aufgabe der Programmausführung in Echtzeit, also des Scheduling. Darüber hinaus sind sie für den konsistenten Prozessdatenaustausch verantwortlich. Eine solche Systemarchitektur hat den Vorteil, dass der Anwender keine Berührungspunkte mit dem Betriebssystem hat. Kommt es dort aufgrund eines Updates zu Änderungen, hat das keine Auswirkungen auf seine Applikation. Die Änderungen im Betriebssystem werden vielmehr durch entsprechende Anpassungen des jeweiligen Herstellers in seiner Laufzeitumgebung abgefangen. Dieser Pluspunkt der klassischen SPS-Systeme führt in der Welt moderner Automatisierungstechnik jedoch vermehrt zu einigen Nachteilen.

Integration neuer Protokolle nur schwer möglich

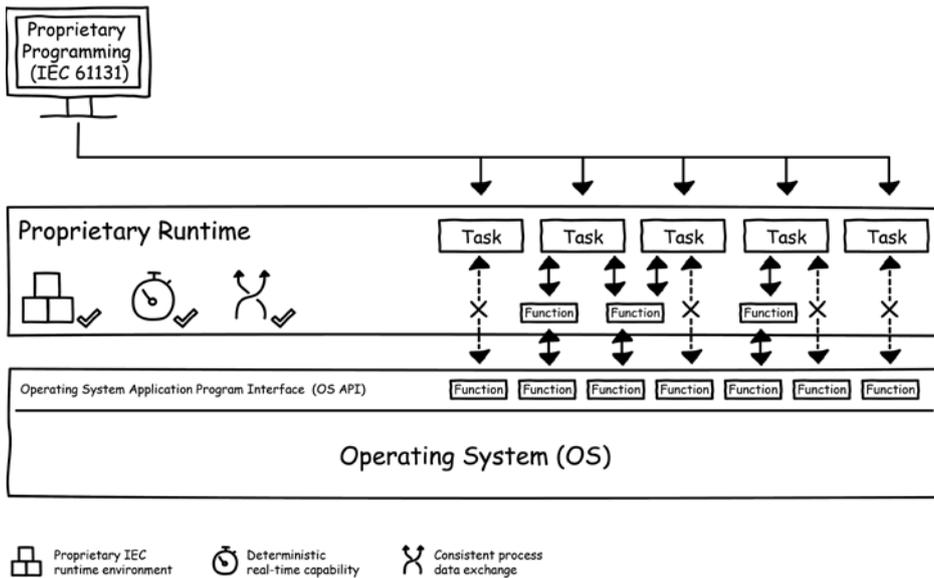
Mit der beschriebenen Systemarchitektur lassen sich Anforderungen an zukunftsgerichtete Applikationen nicht oder nur mit großem Aufwand umsetzen. Als Beispiel sei die Integration eines neuen Protokoll-Stacks wie MQTT, die Anbindung einer Datenbank oder der Betrieb der Plattform Node.js auf der Steuerung genannt. Denn vorhandene Bibliotheken in Form von DLL (Dynamic Link Library) für Windows-basierte Systeme oder Shared Objects (.so) in Linux-Lösungen können nicht ohne Weiteres in ein klassisches System eingebunden werden. Sie benötigen oftmals den Zugriff auf Funktionen aus der Betriebssystem-API, die allerdings aus den anfangs angeführ-

ten Gründen durch die Laufzeitumgebung gekapselt werden. Der Steuerungshersteller müsste die Funktionen folglich in der Laufzeit bereitstellen. Außerdem müsste das System in der Lage sein, eine DLL oder ein .so zu integrieren.

Optimierungsansätze für klassische SPS-Systeme

Vor diesem Hintergrund werden verschiedene Lösungen für das oben erläuterte, klassische SPS-System angeboten. Der einfachste und zugleich aufwändigste Ansatz besteht darin, die klassische Systemarchitektur in der bestehenden Form zu belassen. Als Ergänzung erhält der Anwender in seinen Engineering-Tools – wie Visual Studio oder Eclipse – einen Cross-Compiler für die herstellereigene Laufzeitumgebung. Damit hat er die Möglichkeit in Hochsprache zu programmieren und erzeugt ausführbaren Code, der meist als Baustein in das eigentliche IEC-61131-Programm eingebettet wird. Es bleibt jedoch der Nachteil bestehen, dass er lediglich zu den Funktionen des Betriebssystems Zugang hat, die ihm der Hersteller des SPS-Systems in der Laufzeitumgebung zur Verfügung stellt. Es kann somit sein, dass der Anwender auf ein Update des Steuerungssystems warten muss, um eine bestimmte Funktion zu implementieren.

Als zweite Alternative bekommt der Anwender eine komplett offene, häufig auf Linux oder Windows basierende Hardware – sozusagen einen Industrie-PC im Formfaktor einer Steuerung. Mit dieser Lösung kann er bis in die Tiefen des Betriebssystems vordringen, muss sich allerdings selbst um die Echtzeitausführung der Programme und den konsistenten



Das Schema zeigt eine klassische SPS-Architektur mit herstellerspezifischer Laufzeitumgebung – ohne Zugriff auf die API des Operating Systems.

Glück
 „Man muss Glück teilen, um es zu multiplizieren.“
 Marie von Ebner-Eschenbach

2018/1
 SOS KINDERDÖRFER WELTWEIT
 sos-kinderdoerfer.de

Datenaustausch zwischen ihnen kümmern. Denn in klassischen SPS-Systemen handelt es sich hierbei um Funktionen, die in der nun nicht mehr mitgelieferten Laufzeitumgebung enthalten waren. Dieser Ansatz unterstützt den Anwender also nur bedingt bei der Umsetzung seiner Anforderungen.

Als drittes Konzept lassen sich die beiden vorher beschriebenen Ansätze in einem Gerät kombinieren. Die Laufzeitumgebung erlaubt folglich die Einbindung von Hochsprachenprogrammen als Bausteine, gewährt aber keinen Zugriff auf die Betriebssystem-API. Ferner wird ein offenes Betriebssystem wie Windows oder Linux bereitgestellt, jedoch nicht für die Abarbeitung der Programme in Echtzeit gesorgt. Obwohl mit dieser Lösung alle Anwendungsfälle abgedeckt sein sollten, ist das in der Praxis nicht der Fall. Insbesondere dann, wenn der Anwender einen Protokoll-Stack einbauen möchte, der die API des Betriebssystems bedienen und in Echtzeit ausgeführt werden muss, stößt der dritte Ansatz ebenfalls an seine Grenzen.

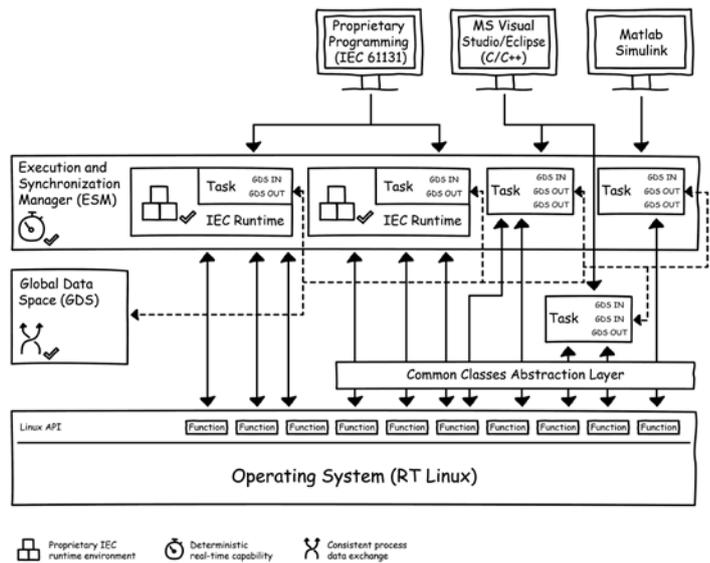
Die drei erläuterten Konzepte und ihre jeweiligen Nachteile verdeutlichen somit: Das

eigentliche Problem besteht in der monolithischen Ausprägung der herstellerspezifischen Laufzeitsysteme. Diese umfassen sowohl die Ausführungsschicht, die den IEC-Programmen bestimmte Funktionen zur Abarbeitung zur Verfügung stellt, als auch den Scheduler, der die Echtzeitausführung, also das zeitsynchrone Starten von Threads verantwortet. Darüber hinaus beinhalten die Laufzeitsysteme Komponenten, die sich um den konsistenten Prozessdatenaustausch der Programme untereinander sowie mit den angeschlossenen Feldbussen kümmern.

Kombination dreier Komponenten in einem System

Deshalb integriert die PLCnext Technology die drei für die Entwicklung von Automatisierungsapplikationen wichtigen Komponenten unabhängig voneinander in ein System. Das bedeutet, dass die IEC-Laufzeit zur Abarbeitung von Programmen, die im Engineering-Tool PC Worx gemäß IEC 61131-3 geschrieben worden sind, ein Programm neben anderen ist, welche in Hochsprache oder Matlab Simulink erstellt sein können. Auf diese Weise kann jedes Hochsprachenprogramm

Architektur der PLCnext Technology: Der API-Zugriff des Operation Systems in Echtzeitapplikationen ist möglich. Das erlaubt eine hohe Offenheit und Flexibilität.



die API des Betriebssystems direkt nutzen und trotzdem in Echtzeit ausgeführt werden. Das ist möglich, weil das Scheduling betriebssystemweit von einer separaten Komponente erledigt wird, dem Execution and Synchronisation Manager (ESM). Der ESM erlaubt somit das betriebssystemweite Scheduling von beliebigen Programmen – egal, ob sie durch C++-Tools, Matlab Simulink oder innerhalb der Laufzeit aus dem eigenen IEC-61131-Engineering generiert worden sind.

Konsistenter Datenaustausch

Ähnlich verhält es sich mit dem konsistenten Datenaustausch zwischen Programmen, Tasks und den angebotenen Feldbussen. Diese Funktion – Global Data Space (GDS) genannt – ist ebenfalls als separate Komponente in die PLCnext Technology implementiert. Die Lösung bietet dem Programmierer die Möglichkeit, die relevanten Daten über In- und Out-Ports am GDS anzumelden, auf den dann weitere Programme zugreifen können. Der Global Data Space bildet gewissermaßen ein Shared Memory, das dem Programmierer viele Aufgaben abnimmt. Setzt er den GDS ein, muss sich der Programmierer keine Gedanken über das Blockieren von Speicherbereichen machen und keine eigenen Buffer-Mechanismen mehr einbauen. Sie sind bereits in der GDS-Komponente enthalten.

Neben der Kombination verschiedener Programme aus unterschiedlichen Engineering-Tools zu einer Automatisierungsapplikation lassen sich Programme auch ohne Verwendung des

ESM direkt durch das Betriebssystem verwalten. Das frei laufende, durch Events gesteuerte Programm kann durch Nutzung des GDS aber auf die Prozessdaten der in Echtzeit ausgeführten Programme zugreifen. Damit eröffnet die PLCnext Technology die größtmögliche Flexibilität in den Bereichen, in denen jede andere Systemarchitektur an ihre Grenzen stößt. Aufgrund der unzähligen Konstellationen könnte beispielsweise ein Programm außerhalb der Echtzeitumgebung eine kontinuierliche Videostream- oder Bildanalyse durchführen. Die ermittelten Daten werden dann über den GDS an ein in IEC 61131 erstelltes Programm weitergeleitet, um einen XY-Positioniertisch zu steuern.

PLCnext Store für neue Geschäftsmodelle

Rund um die PLCnext-Plattform ist bei Phoenix Contact ein ganzes Ökosystem entstanden, über das der Anwender seine Geräte auf einfache Weise mit der Cloud verbinden kann. Dazu gehört die Steuerung AXC F 2152 mit dem Dual-Core-Prozessor ARM9 und einer Taktfrequenz von 800 MHz für den mittleren Leistungsbereich. Ende 2018 wird zudem ein PLCnext Store eingeführt, über den jeder Programmierer seine Bibliotheken, Programme oder ganze Applikationen vertreiben kann. Die offene Plattform trägt also zur Generierung neuer Geschäftsmodelle bei. Ferner können Anwender noch schneller eine Lösung für ihre jeweilige Automatisierungsanforderung finden. Weitere leistungsfähigere Steuerungen und Erweiterungsmodule werden Ende 2018 vorgestellt. □

REGELN UND AUTOMATISIEREN IN ECHTZEIT

In vielen Industriebranchen besteht die Notwendigkeit zu echtzeitfähigen Regelungs- und Automatisierungssystemen. Klassische SPSen kommen hier schnell an ihre Grenzen. Deshalb braucht es leistungsfähige Industrie-PCs, die deterministische Antwortzeiten gewährleisten können.

TEXT: Renate Klebe-Klingemann, Esd Electronics **BILDER:** Esd Electronics

Nicht erst Industrie 4.0 oder ethernetbasierte Feldbusprotokolle rücken Echtzeitleösungen in den Fokus. Bereits in den 1980er-Jahren wurden Alternativen zur nicht deterministischen, linearen SPS-Programmierung von vielen Branchen, wie der Automobilindustrie, der Luft und Raumfahrtindustrie, dem Maschinenbau, der Energieversorgung aber auch Biotechnologieanlagen sowie der Pharmaindustrie, gefordert. Diese konnten schon damals durch Echtzeitrechner mit einer offenen Rechnerarchitektur und Bussystemen wie VMEbus, PMC/PCI geschaffen werden. Heute sind kompakte Echtzeitautomatisierungssysteme in der Lage, schnelle Steuerungs- und Regelungsaufgaben dezentral zu übernehmen. Sie zeichnen sich durch aktuelle, leistungsfähige Prozessoren, eine offene Kommunikationsebene mittels standardisierter Protokolle sowie die Nutzung von Echtzeitbetriebssystemen wie QNX, VxWorks oder OS-9 aus.

Echtzeitsystem versus SPS

Mit dem Feldbus und den Speicher-Programmierbaren-Steuerungen (SPS) vereinfachte sich in den 1980er-Jahren die Industrie- und Anlagenautomation erheblich. Inzwischen sind SPSen als Massenprodukt eine preiswerte Standardlösung mit hoher Verfügbarkeit und einfacher Programmierung. Es sind „Alleskönner“, jedoch mit Einschränkung: Die vielen Verarbeitungsebenen beispielsweise über Baugruppen und

Systembus führen zu Asynchronität. Zudem gilt ein starrer Ablauf bei der zyklischen Abarbeitung, langsames Reagieren auf plötzliche Ereignisse sowie das schwierige Erfassen kurzzeitiger Vorgänge ebenfalls als Nachteil.

Dem gegenüber stehen Echtzeitautomatisierungssysteme mit einer offenen Rechnerarchitektur auf der Basis von PowerPC-, ARM- und Intel-Prozessoren. Sie verfügen über offene Kommunikationsebenen mit Schnittstellen zu Ethernet und gängigen Feldbussen sowie einem modularen Betriebssystem. Durch eine prozessnahe Programmierung mittels Hochsprachen lassen sich Echtzeitanwendungen realisieren, wie sie für Achssteuerungen und Motion-Control-Anwendungen und andere benötigt werden. Alternativ können sie aber auch als Soft-SPS unter Codesys nach IEC 61131-3 programmiert werden.

Auch wenn bei SPSen heute ebenfalls schnellere CPUs eingesetzt werden, sind sie jedoch vor dem Hintergrund, viele Applikationen bedienen zu müssen, in Synchronisierungsprozessen oft nicht schnell genug. Auch besteht keine Chance, nahe am CPU-Kern zu programmieren und somit das deterministische Verhalten zu garantieren. Ihr linearer Programmablauf beschränkt sich auf die reine Steuerfunktion, ohne Regelungen zu verknüpfen oder Daten aufzubereiten und zu visualisieren oder zu archivieren. Echtzeitautomatisierungssysteme basie-

Der Single-Board-Computer EPPC-T10 bietet eine solide Basis für schnelle Steuerungs- und Regelungsaufgaben.



ren immer auf schnellen, dem Stand der Technik entsprechenden CPUs. Über Jahrzehnte bewährte Betriebssysteme stellen den Echtzeitbetrieb sicher. Damit haben sie die Flexibilität, auch auf zeitkritische Größen einzugehen. Die offene Kommunikationsebene bietet Schnittstellen zu ethernetbasierten Protokollen und/oder zu Feldbus-Protokollen wie Profinet, EtherCAT, Ethernet IP sowie CAN, CANopen, CAN-FD, Profibus, DeviceNet und andere.

Modulare SPS-Systeme mit einer Standard-PC-Architektur unter Linux bieten annähernd deterministisches Verhalten, das aber bei sehr schnellen Regelungsprozessen oftmals nicht ausreicht. Gerade wenn aus wirtschaftlichen Gründen eine Vollautomation beispielsweise bei der Anlagenautomation mit Transportbändern und Feedern zuverlässig erreicht werden soll, kommt es auf eine schnelle Echtzeitregelung an.

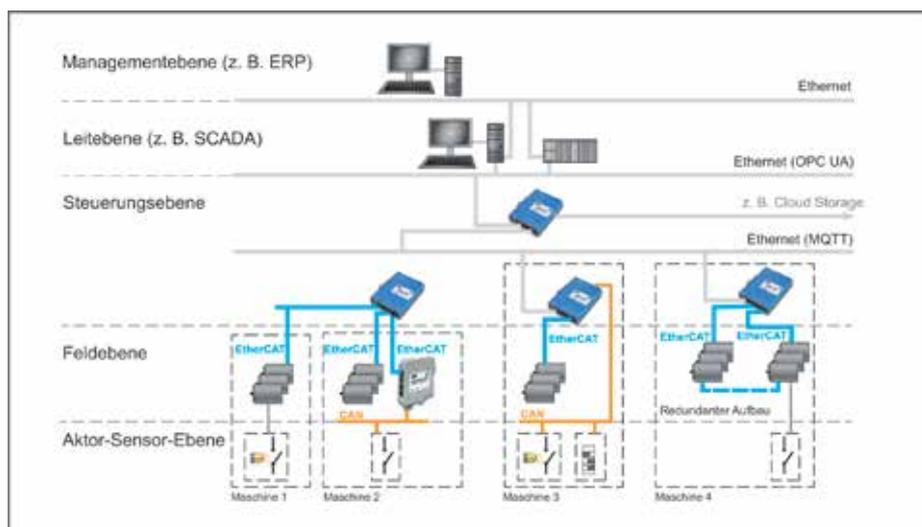
Industrie-PC mit bewährten Komponenten

Auf der Basis von bewährten Komponenten und standardisierten Schnittstellen entwickelte Esd Electronics einen Industrie-PC als Standard-Produkt. Es entstand der vielseitig verwendbare Single-Board-Computer EPPC-T10: Ein kompakter und leistungsstarker Industrie-PC, der schnelle Steuerungs- und Regelungsaufgaben meistert, auch in Echtzeitanwendungen. Als High-End-Gerät mit QorIQ-CPU verfügt er über drei

unabhängige 1-Gigabit-Ethernet-Schnittstellen. Um über diese Ethernet-Schnittstellen auch EtherCAT-Daten schnell verarbeiten zu können, ist der EtherCAT-Master-Stack von Esd erforderlich. Diese Software organisiert den zyklischen Austausch von Prozessdaten und konfiguriert die EtherCAT-Netzwerke. In dieser Kombination kann der EPPC-T10 auch in EtherCAT-Applikationen eingesetzt werden.

So lässt er sich zum Beispiel als autarke Steuerung für bis zu drei Maschinen, Netzwerke oder etwa drei Antriebe einsetzen. Bei einer Einbindung in die darüber liegende Steuerungsebene können beispielsweise zwei Antriebe oder ein redundant aufgebauter Antrieb gesteuert werden. Innerhalb der Steuerungsebene ist der Single-Bord-Computer mit einer entsprechenden Software auch als Gateway zwischen Industrial Ethernet, Ethernet OPC UA und/oder Cloud einsetzbar.

Der Single-Board-Computer basiert auf einem Embedded-64-Bit-PowerPC sowie dem Single-Core-Prozessor QorIQ T1014 der Firma NXP mit 1,2 GHz Taktfrequenz. Er ist für höhere Anforderungen auch mit vier Kernen verfügbar. Durch die integrierte DPAA (Data Path Acceleration Architecture) wird ein performanter, direkter Datenaustausch zwischen den verschiedenen integrierten Schnittstellen der CPU ermöglicht, der die Kerne entlastet. Der lokale Speicherbus ist 64 Bit breit, mit einem zusätzlichen 8-Bit-ECC und einer Gesamtkapazität



Als High-End-Power-PC kann der EPPC-T10 in EtherCAT-Applikationen mit bis zu drei unabhängigen Netzwerken eingesetzt werden.

von 512 MByte. Der Standard-Bootloader U-Boot im Flash-Speicher, ermöglicht das Booten verschiedener Betriebssysteme je nach Datenvolumen von verschiedenen Medien: vom On-Board-Flash, über das Netzwerk, über USB, von einer Micro-SD-Karte oder optional von der SATA-SSD. Außerdem verfügt der Single-Board-Computer über eine Double-Precision-Floating-Point-Einheit und ist mit einer Realtime-Clock (RTC) mit Batterie-Backup ausgestattet.

Mit den Maßen 117 x 31 x 160 mm (Länge x Breite x Höhe) und einer Aufnahme für die DIN-EN-Tragschiene (TS 35) eignet er sich für die Montage im Schaltschrank. In der Standardversion läuft der EPPC-T10 unter Linux, andere (Echtzeit-) Betriebssysteme wie QNX, VxWorks oder OS-9 sind auf Anfrage erhältlich. Die 1-Gigabit-Ethernet-Schnittstellen sind im Frontpanel über RJ45-Buchsen anschließbar. Außerdem bietet der Hutschienen-PC folgende Schnittstellen: RS232, USB-2.0 (Host), einen Micro-SD-Karten- sowie einen internen PCI-Express-Mini-Steckplatz für Hardware-Erweiterungen.

Sicherer Betrieb gewährleistet

Der sichere Betrieb in Industrieumgebungen wird in erster Linie durch die Überwachung der lokalen Spannungen und Temperaturen sowie ein ausfallsicheres Firmware-Update mittels Fallback-Flash erreicht. In zweiter Linie erhöhen der garantierte Betriebstemperaturbereich von 0 bis +55 °C, eine Watchdog-Funktion sowie ein mehrstufiger Übertemperaturschutz die Betriebssicherheit.

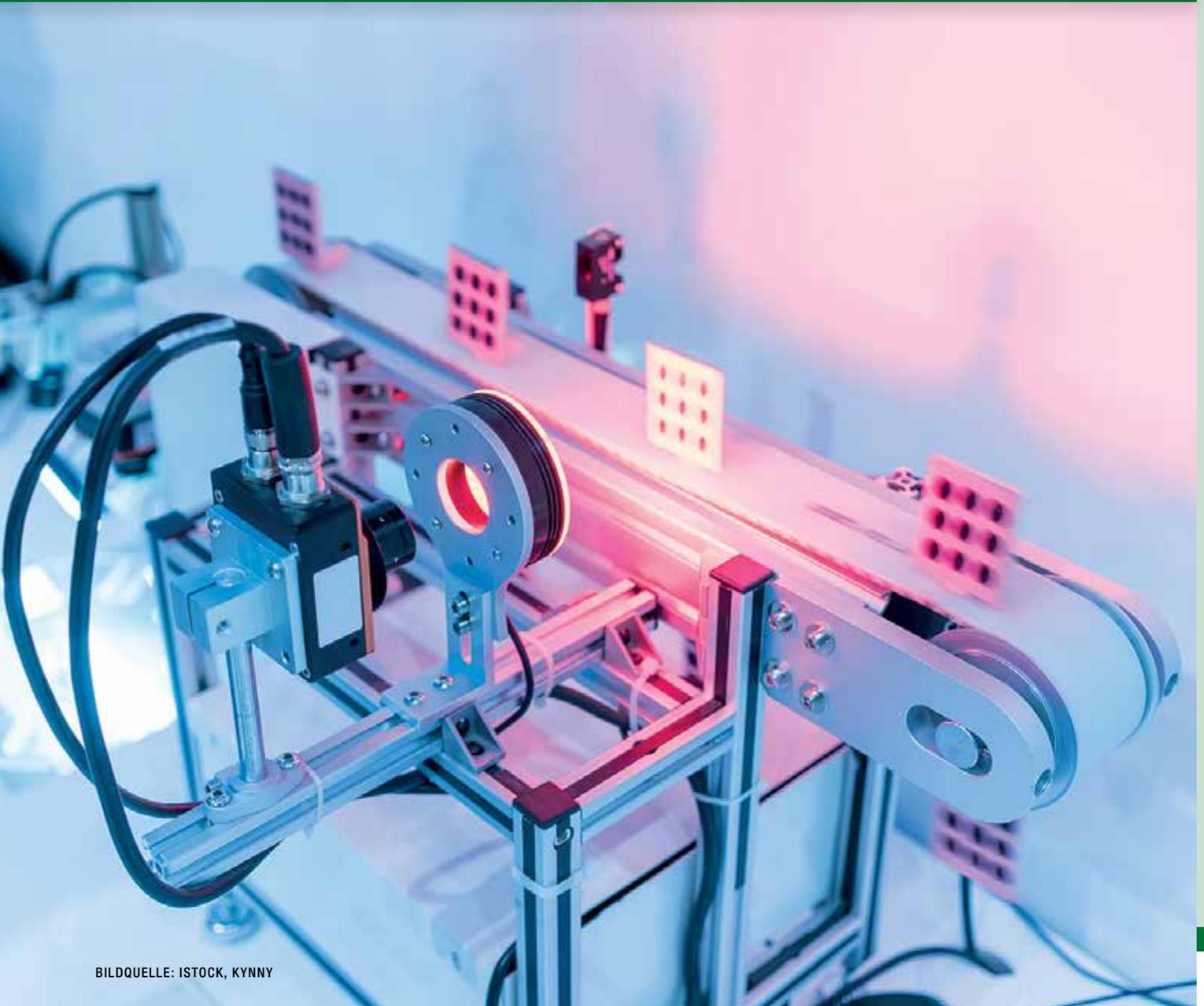
Trotz des festgelegten Leistungsumfangs bleibt die Option auf eine für den Kunden zugeschnittene Modifikation erhalten. Beispielsweise ist die Verwendung des Power-Saving-Dual-Core-Prozessors PowerPC QorIQ T1022, eines parallelen oder seriellen MRAM mit 512 KByte, eines erweiterten DDR3 RAM mit 2 GB oder eines größeren Flash-Memorys bis zu 2 x 128 MByte möglich. Darüber hinaus lässt sich auch ein PCI-Express-Steckplatz integrieren, um beispielsweise I/Os mit Hilfe von PMC-Baugruppen zu erweitern, – inklusive der erforderlichen Gehäuseanpassung sowie die Nachrüstung einer internen SATA-SSD.

Nachfrage nach Echtzeitautomatisierung

Durch den stetig steigenden Automatisierungsgrad in der Industrie- und Anlagenautomation steigen auch die Echtzeitanforderungen an Automatisierungssysteme. Hier kommt die klassische SPS aufgrund ihres linearen Aufbaus, ihrer zyklischen Abarbeitung und der CPU-fernen Programmierung bisweilen an ihre Grenzen. Die Nachfrage bezüglich Echtzeitautomatisierungssystemen besteht schon seit vielen Jahrzehnten und wird seither durch kundenspezifische Entwicklungen auf der Basis von Systemkomponenten (VME, PMI/PCI, ...) und bewährten Echtzeitbetriebssystemen (QNX, VxWorks oder OS-9) bedient. Esd Electronics nutzt seine langjährigen Erfahrungen auf diesem Gebiet für individuelle Lösungen aber auch für die Entwicklung von leistungsstarken Standardprodukten, wie dem industrietauglichen Single-Board-Computer EPPC-T10. □

Inhalt der Rubrik

SENSORIK & MESSTECHNIK



BILDQUELLE: ISTOCK, KYNNY

166 Automatisierte Erkundung aus der Luft
Drohne mit GigE-Vision-Kamera unterstützt Einsatzkräfte mit Echtzeit-Bildern

168 Industrielle Bildverarbeitung mit KI
Mit Deep Learning den Programmieraufwand für Vision-Systeme reduzieren

171 Neue System-on-Chip-Technologie
Kameramodul auf ASIC-Basis für performantere Bildverarbeitung

174 Clevere Staubsauger sind der Anfang
Wie 3D-Imaging und künstliche Intelligenz die Bildverarbeitung vorantreiben

178 Immer vor dem richtigen Regalfach
Kamerabasierter Sensor für die Fachfeinpositionierung

180 Sensorik für vernetzte Produktion
Positionssensoren mit IO-Link-Anbindung für neue Analysemöglichkeiten

182 Wegbereitende Präzisionstechnologie
Interferometrischer Messsensor in industrietauglichem und kompaktem Design

AUTOMATISIERTE ERKUNDUNG AUS DER LUFT

Unwetter mit Überschwemmungen haben in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Dann stehen die Einsatzkräfte vor Ort vor der Aufgabe, die Hilfsmaßnahmen möglichst effizient zu koordinieren. Echtzeit-Daten und Bilder aus der Luft können den Einsatzkräften hier wertvolle Informationen liefern, um gezielt dort einzugreifen, wo es am meisten Sinn macht.

TEXT: Nathalie Többen, Allied Vision **BILD:** Technische Universität Braunschweig (TUBS)

Echtzeit-Daten und Bilder aus der Luft können eine wertvolle Hilfe in Katastrophengebieten darstellen. Die Erstellung von Luftaufnahmen in Katastrophengebieten, etwa von überschwemmten Regionen, durch ein automatisiert fliegendes, unbemanntes Luftfahrzeug (UAV/Drohne) spielt bei einem solchen Erkundungssystem eine bedeutende Rolle. Kombiniert mit bodengebundenen Systemen, sollen die gewonnenen Informationen über die Situation im betroffenen Gebiet die Einsatzkräfte vor Ort unterstützen. Alle Daten, die von den Luft- und Bodeneinheiten gesammelt werden, können innerhalb einer gemeinsamen Karte dargestellt und somit für die Einsatzkräfte bereitgestellt werden.

Dieser Thematik haben sich mehrere Wissenschaftler angenommen und gemeinsam ein automatisiertes Erkundungssystem entwickelt. Zu den Beteiligten gehörten die Ingenieure Martin Becker, Simon Batzdorfer und Markus Bobbe vom Institut für Flugführung der Technischen Universität Braunschweig (TUBS) und Jan Schattenberg, Hannes Harms sowie Julian Schmiemann vom Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, ebenfalls TUBS. Das DLR Raumfahrtmanagement förderte das Projekt der TU-Ingenieure mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie mit rund einer Million Euro. Das Unternehmen AirRobot aus Arnberg beteiligte sich als weiterer Partner an diesem Projekt.

Hochauflösende Luftaufnahmen

Die Bilder aus der Luft liefert eine Manta-Kamera von Allied Vision an Bord der Drohne „Hugin“. Den Namen der Drohne wählte das Projektteam mit Bedacht. Hugin ist in der nordischen Mythologie einer der Raben Odins, die ausgesandt werden, um über die Erde zu fliegen und alles zu berichten,

was sie sehen. Als Auge dient der Drohne Hugin eine GigE-Vision-Kamera Manta G-917 von Allied Visions. Die Kamera enthält einen 1-Zoll-ICX814-Sensor von Sony mit Ex-view-HAD-II-Technologie und 9,2-Megapixel-Auflösung. Der Sensor zeichnet sich durch hohe Bildqualität und Auflösung aus, sodass die generierten Aufnahmen auch Details am Boden erkennen lassen. Zudem fällt das Gewicht der Manta-Kamera sehr niedrig aus, worauf es den Entwicklern des Systems ebenfalls ankam. Weitere entscheidende Merkmale waren die vorhandene Ethernet-Schnittstelle und der Global Shutter. Hugin sollte möglichst wenig zusätzliches Gewicht tragen müssen, um möglichst lange in der Luft bleiben zu können.

Je nach äußeren Bedingungen kann Hugin mit einer Akkuladung bis zu 30 Minuten in der Luft bleiben. Die Reichweite des Kommandolinks der Drohne beträgt etwa einen Kilometer. Ausgestattet mit einer auf Positionsdaten und Lageinformationen basierenden Steuerung, fliegt die Drohne auch bei Böen bis Windlasten von 12 m/s einen vordefinierten Bereich ab. Während des Fluges werden, je nach Anwendung, aus Flughöhen von in der Regel 100 Metern, Einzelbilder gemacht, die dann in der Datenverarbeitung im System zu einem Gesamtbild zusammengefügt werden. Auch wechselnde Lichtverhältnisse sind dank automatischer Belichtungsanpassung handhabbar.

Da eine umfassende Bildvorverarbeitung in der Kamera stattfindet (wie zum Beispiel Bildoptimierung, Belichtungs-korrektur, Weißabgleich, Farbkorrekturen, Binning und Decimation), werden bereits aussagekräftige, zweidimensionale Bilder an die am Boden befindliche Bodenstation übermittelt. Dazu wird ein selbstentwickeltes, lokales Kommunikationsnetz genutzt, das basierend auf verschiedenen Kommunikati-

Die Manta-Kamera von Allied Vision an Bord der Drohne „Hugin“ verbindet eine hohe Auflösung mit einem geringen Gewicht.



onstechnologien den gezielten Austausch von Nachrichten ermöglicht. In Katastrophenfällen können Einsatzkräfte die Lage anhand der Aufnahmen schneller und besser einschätzen. Da sie sehen können, an welchen Stellen Schutzmaßnahmen ergriffen oder verstärkt werden müssen, können sie erforderliche Schritte in die Wege leiten.

Die Bedienung des Systems muss im Notfall schnell und intuitiv erfolgen. Damit die Einsatzkräfte möglichst wenig Aufwand bei der Steuerung der Drohne haben, ermittelt das System die Flugbahn basierend auf wenigen Parametern. Der verantwortliche Einsatzleiter kann an der Bodenstation des Systems ganz einfach den Bereich, der befliegen werden soll, wählen. Die Flugplanung ergibt sich dann anhand des Öffnungswinkels der Kamera und der notwendigen Überlappung zur photogrammetrischen Verarbeitung. Die Durchführung und (Live-)Auswertung erfolgt anschließend automatisiert. Außerdem kann über die Bodenstation angegeben werden, welche Drohnen angesteuert werden und Bilder oder andere Sensorinformationen liefern sollen.

Erfolgreiche Praxistests sind absolviert

Die Stadtentwässerung Braunschweig sah sich im Sommer 2017 mit einem starken Hochwasser konfrontiert und benötigte dringend Informationen über die aktuelle Wasserstandssituation im Bereich des Okerverlaufs im südlichen Stadtgebiet von Braunschweig. Über einen bestehenden Kontakt bei der Feuerwehr Braunschweig, bat sie das Team der TU Braunschweig um Hilfe.

Ein besonders gefährdetes Gebiet (vom Eisenbütteler Wehr bis zur Volkswagenhalle) wurde überflogen und in einer Viel-

zahl von Luftbildern dokumentiert. So erlangte die Stadtentwässerung nicht nur Kenntnis darüber, wie sich das Hochwasser ausgeweitet hatte, sie konnte auch nachvollziehen, ob Schutzmaßnahmen, die nach den letzten Überschwemmungen im Jahr 1994 durchgeführt worden waren, nun erfolgreich griffen. Auf Basis der Aufnahmen konnten wichtige Entscheidungen getroffen und Fragen, wie: „Müssen Warnungen ausgesprochen werden, sind Sperrungen erforderlich, an welcher Stelle werden Sandsäcke benötigt, auf welchem Weg sind die Gebiete überhaupt zugänglich?“, beantwortet werden. Auch zur Langzeitbeobachtung von Hochwasserschutzmaßnahmen und Überprüfung von Prognosemodellen, möchte die Stadtentwässerung in Braunschweig in Zukunft auf das System der TU Braunschweig setzen.

In einem weiteren Anwendungsfall hat das Braunschweiger Forscherteam Hugin im Bereich Küstenschutz erfolgreich getestet. Auf der ostfriesischen Insel Langeoog entstanden bei einem Überflug aufschlussreiche Luftbilder von Dünen und Deichen. Ein besonderes Augenmerk lag dabei auf einer aktuellen Strandaufspülung. Während eines Spülvorgangs wurden zahlreiche Luftbilder von der Stelle gemacht. Den lokalen Verantwortlichen für Küstenschutz demonstrierten diese Bilder deutlich, wie nah die Flut den Dünen im noch nicht fertig gestellten Bereich der aktuellen Strandaufspülung kam und wie weit die Brandung im gleichen Moment vom Dünenfuß entfernt war, wenn das Strandniveau durch zusätzlichen Sand angehoben wurde.

Auch an andere Anwendungen und Randbedingungen denken die Ingenieure der TU Braunschweig. So lässt sich die Drohne beispielsweise auch mit einer Wärmebildkamera ausstatten, um bei Dunkelheit Verletzte finden zu können. □

INDUSTRIELLE BILDVERARBEITUNG MIT KI

Bei aktuellen Trends wie Industrie 4.0 und Smart Factory unterstützen innovative Begleittechnologien wie die industrielle Bildverarbeitung (Machine Vision). Entsprechende Lösungen enthalten mittlerweile fortschrittliche Technologien, die auf künstlicher Intelligenz basieren, beispielsweise Deep Learning.

TEXT: Johannes Hiltner, MVTec Software **BILDER:** MVTec Software

Die Automatisierung der industriellen Produktionsprozesse entwickelt sich mit rasendem Tempo weiter. Alle beteiligten Komponenten wie Maschinen, Roboter, Transfer- und Handling-Systeme, Sensoren sowie Bildeinzugsgeräte sind durchgängig vernetzt, arbeiten nahtlos zusammen und kommunizieren über einheitliche Protokolle miteinander.

Zudem prägen immer mehr Roboter unterschiedlicher Bauart das Bild in den Montagehallen. Ein Trend in diesem Zusammenhang: Insbesondere kleine, kompakte und mobile Roboter übernehmen zahlreiche Aufgaben. Dabei kooperieren die sogenannten Collaborative Robots (Cobots) häufig eng mit ihren menschlichen Kollegen. Die Akteure reichen sich beispielsweise gegenseitig Bauteile und ergänzen sich perfekt im Rahmen von Montageprozessen.

Machine Vision als Auge der Produktion

Der zunehmend hohe Automatisierungsgrad erfordert unterstützende Technologien, welche die Wertschöpfungsprozesse begleiten. Eine Schlüsselrolle nimmt dabei die industrielle Bildverarbeitung (Machine Vision) ein. Die oft als „Auge der Produktion“ bezeichnete Technologie beobachtet und überwacht alle Fertigungsabläufe lückenlos. Über Bildeinzugsgeräte wie Kameras, Scanner und 3D-Sensoren werden große Mengen digitaler Bilddaten aus unterschiedlichen Perspektiven aufgenommen und gesammelt. Eine hochentwickelte Machine-Vision-Software verarbeitet diese Informationen und macht sie für weitere Glieder in der industriellen Prozesskette nutzbar. Damit ist es möglich, verschiedenste Objekte im Produktionsfluss ausschließlich aufgrund optischer Merkmale si-

cher zu identifizieren, deren Position exakt zu bestimmen und Produktionsfehler verlässlich zu erkennen.

Dieser Erkennung der Gegenstände geht ein Trainingsprozess voraus: Das System analysiert hierbei eine große Anzahl an Beispielbildern. Dabei lernt es, die zu erkennenden Objekte aufgrund ihrer äußeren Eigenschaften eindeutig einer dedizierten Klasse zuzuordnen, sie also zu bestimmen. Herkömmliche Machine-Vision-Lösungen benötigen jedoch eine sehr hohe Anzahl von Trainingsbildern, um Gegenstände präzise zu klassifizieren und damit sicher zu identifizieren.

Für das Training der zu erkennenden Objekte müssen zudem deren distinktive Merkmale wie etwa Farbe, Form, Textur und Beschaffenheit der Oberfläche durch manuelle Programmierarbeit definiert werden. Dieser Prozess kann pro Objekt bis zu mehrere Wochen dauern und erfordert fundiertes Fachwissen. Viele Unternehmen können die damit verbundenen Kosten nicht stemmen.

Funktionen nutzen künstliche Intelligenz

Um hierbei den Aufwand zu minimieren und dennoch robuste Erkennungsraten zu gewährleisten, enthalten moderne Bildverarbeitungssysteme heute ausgefeilte Funktionen auf Basis künstlicher Intelligenz (KI). Damit lässt sich der gesamte Trainingsprozess stark vereinfachen und der Programmierbedarf signifikant reduzieren. Denn nur so können die Systeme mit der rasanten Weiterentwicklung der industriellen Fertigungsverfahren im Rahmen von Industrie 4.0 Schritt halten. Die großen Mengen an digitalen Bilddaten (Big Data),



Als „Auge der Produktion“ überwacht Machine Vision die Fertigungsprozesse lückenlos.

die durch die Bildeinzugsgeräte erzeugt werden, lassen sich dann mittels dieser KI-Verfahren detailliert auswerten. Eine große Bedeutung haben hierbei Technologien, die auf Deep-Learning-Algorithmen und Convolutional Neural Networks (CNNs) beruhen.

Im Gegensatz zu konventionellen Machine-Vision-Verfahren können diese Systeme durch die fundierte Analyse von bildbasierten Big Data eigenständig Objekte klassifizieren. Im Rahmen eines umfassenden Trainingsprozesses sind die Technologien in der Lage, spezifische Muster zu lernen, die typisch für bestimmte Merkmale sind. Dadurch lassen sich die jeweiligen Gegenstände zweifelsfrei einer entsprechenden Objektklasse zuweisen.

Das System analysiert hierbei vorkategorisierte Bilder, weist sie automatisch einer bestimmten Klasse zu und prüft, ob diese „Vorhersage“ der tatsächlichen Kategorie entspricht. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis ein optimales „Vorhersage“-Ergebnis erreicht ist. So werden Modelle (Klassifikatoren) trainiert, mit denen sich schließlich neu aufgenommene Bilder in die in diesem

Training gelernten Klassen einordnen lassen.

Der große Vorteil von Deep Learning zeigt sich insbesondere bei der Identifikation fehlerhafter Produkte: Aufgrund der Vielfalt potenzieller Mängel ist es meist kaum möglich, manuell valide Algorithmen zu entwickeln, die das gesamte Spektrum an denkbaren Fehlern erkennen können. Experten müssten dafür eine sechsstellige Anzahl von Bildern einzeln betrachten, analysieren und darauf basierend einen Algorithmus programmieren, der den entsprechenden Defekt möglichst detailliert beschreibt. Dieser Prozess verursacht erheblichen Aufwand und massive Kosten.

Defekte zuverlässig erkennen

Deep Learning kann nun die Prozesse der Fehlerinspektion signifikant vereinfachen: Eigenständig lernt die Technologie spezifische Fehlermerkmale, auf dessen Basis bestimmte Problemklassen identifiziert werden können. Durch die Verwendung von vortrainierten Deep-Learning-Netzen sind weitaus weniger Beispielbilder erforderlich. Mit lediglich 300 bis 500 Bildern pro Klasse



Widerstandsthermometer
Thermoelemente
Präzisionssensoren
Kundenspezifische
Sonderanfertigungen
Komponenten und
Zubehörteile

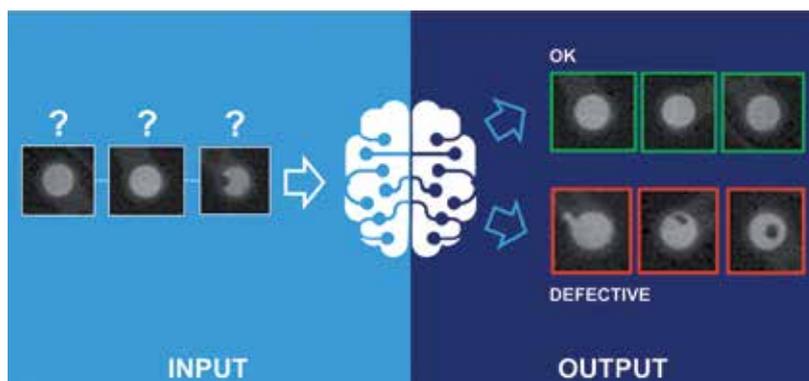


**Der Spezialist für
Temperaturmesstechnik**

electrotherm GmbH
Gewerbepark 6
D-98716 Geraberg

Tel. +49 (0) 3677/ 7956-0
Fax +49 (0) 3677/ 7956-25
info@electrotherm.de





Deep-Learning-Algorithmen gewährleisten hohe Erkennungsraten bei der Fehlerinspektion.

lassen sich unterschiedlichste Arten von Fehlern gezielt trainieren und erkennen. Dieses Nachtrainieren dauert nur wenige Stunden und ermöglicht eine wesentlich höhere Identifikationsrate als bei manuell programmierten Fehlerklassen. Dadurch lässt sich auch die Fehlerquote deutlich verringern: Liegt diese bei der händischen Programmierung bei bis zu zehn Prozent, sinkt sie bei selbstlernenden Algorithmen auf nahezu Null.

Ohne Profiwissen trainieren

Nutzen Unternehmen vortrainierte Netze, können sie umfassend von den Vorteilen durch Deep Learning profitieren. MVTec zum Beispiel bietet hierfür mit der Bildverarbeitungs-Standardsoftware Halcon eine praktikable Lösung. Diese Software enthält fortschrittliche Funktionen, mit denen Unternehmen ohne großen Aufwand CNNs selbst trainieren können.

Die Lösung setzt sich aus zwei vortrainierten Netzen zusammen: Eines davon ist auf Geschwindigkeit, das andere auf höchste Erkennungsraten optimiert. So lassen sich neuronale Netze erstellen, die exakt auf die Anforderungen der Kunden zugeschnitten sind. Unternehmen können damit neue Bilddaten auf einfache Art klassifizieren und dadurch den Programmieraufwand deutlich vermindern. Zudem benötigen Anwender hierfür keinerlei KI-Profiwissen, denn sie können die Deep-Learning-Netze bereits mit Grundkenntnissen in Machine Vision „fertig“ trainieren.

Zum Vergleich: Nach Schätzungen von MVTec-Experten müsste ein Unternehmen mindestens zwölf Personenmonate investieren, um selbst ein entsprechend leistungsfähiges Netz zu entwickeln. Professionelle Anbieter von proprietärer Software auf der anderen Seite verfügen in den meisten Fällen bereits über die entsprechende Expertise und die erforderlichen Ressourcen.

MVTec beispielsweise betreibt ein Kompetenzzentrum, in dem Spezialisten vortrainierte Deep-Learning-Netze entwickeln. Diese Netze sind präzise auf die speziellen Anforderungen und Anwendungen der Kunden optimiert. Ein weiterer Vorteil: MVTec verfügt über einen Fundus von rund drei Millionen selbst erstellten, lizenzfreien Bildern mit industrienahe Motiven. Dadurch ist das Nutzungsrecht des Bildmaterials jederzeit gewährleistet.

Hochautomatisierte Produktionsprozesse

Moderne Machine-Vision-Lösungen sind mit umfassenden KI-basierten Technologien wie Deep Learning und CNNs ausgestattet. Nur dadurch lassen sich ausreichend hohe Erkennungsraten realisieren und damit die Anforderungen hochautomatisierter Produktionsprozesse im Rahmen von Industrie 4.0 problemlos erfüllen. Durch die Nutzung von vortrainierten neuronalen Netzen auf Basis selbstlernender Algorithmen benötigen Anwender nur wenige Beispielbilder und können so den Aufwand und die Kosten für das Training von CNNs deutlich reduzieren. □

NEUE SYSTEM-ON-CHIP-TECHNOLOGIE

Bis heute mussten Entwickler von Embedded-Vision-Systemen Abstriche bei der Bildqualität und der Leistungsfähigkeit der Kameras zugunsten von Größe, Stromverbrauch und Preis hinnehmen. Doch der Bedarf an performanter Bildverarbeitung in Embedded-Systemen nimmt zu und erfordert neue Lösungsansätze.

TEXT: Paul Maria Zalewski, Allied Vision BILDER: Allied Vision

Wenn es um die Integration von Vision in Embedded-Systeme geht, setzen Entwickler bis heute auf CMOS-Sensormodule (Complementary Metal Oxide Semiconductor), um Bilder zu erfassen. Diese Geräte sollten eher als Sensormodul bezeichnet werden, da ihre Funktionalitäten auf die Anbindung des Bildsensors an den Host – in der Regel ein Embedded-Board – beschränkt sind. Integriert in Smartphones, Tablets und Laptops liefern diese kleinen und preiswerten Module eine akzeptable Bildqualität.

Bildqualität versus Rechenkapazität

Doch genau hier liegt ein Nachteil dieser Kamera-Optionen für Embedded-Vision: Sie verfügen über sehr geringe Bildverarbeitungskapazitäten in der Kamera. Lediglich eine minimale Vorverarbeitung findet direkt auf dem Sensormodul statt. Die Embedded-Community hat sich daher mit der Verlagerung wichtiger Bildverarbeitungsaufgaben auf die CPU oder einen dedizierten Bildsensorik-Prozessors (Image Sensing Processor, ISP) auf dem Embedded-Board arrangiert.

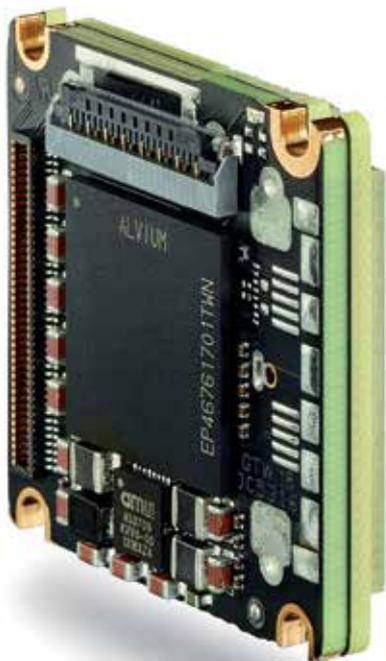
Sowohl jene, die Bildqualität verbessernde, Bildkorrektur als auch die anwendungsspezifische Bildverarbeitung läuft auf dem Host-Embedded-Board. Dies reduziert die verfügbare Leistungs- und Rechenkapazität des zentralen Prozessors des Embedded-Boards, sodass für wichtigere Prozesse weniger Rechenleistung zur Verfügung steht. Um das auszugleichen oder die gewünschte Leistungsfähigkeit zu erhalten, werden immer leistungsfähigere und damit teurere Boards notwendig.

Die heute verwendeten und bevorzugten CMOS-Sensormodule fanden, einmal in Handys eingeführt, aufgrund ihres attraktiven Preises, ihrer geringen Größe und ihres geringen Stromverbrauchs ihren Weg auch in andere Anwendungen. Die meisten Module verfügen über eine Reihe grundlegender Algorithmen für die Bildverarbeitung.

Diese beinhalten beispielsweise eine Reihe von automatischen Bildkontrollfunktionen wie automatische Belichtung, Weißabgleich oder Schwarzwertkalibrierung. Vor allem aber nutzen sie einfache Algorithmen, um die Bildqualität zu verbessern, indem sie etwa Schärfe, Linsenkorrektur, Defektpixelkorrektur oder Rauschunterdrückung anwenden. Dies sind Standardfunktionalitäten in modernen CMOS-Sensormodulen, die von Designern so konfiguriert werden, dass sie ein akzeptables Bild auf das Embedded-Board bringen.

Die Stufen der Bildverarbeitung

Doch für viele Anwendungen und Aufgaben reicht diese Bildqualität inzwischen nicht mehr aus. Der Bedarf nach leistungsfähigerer Bildverarbeitung, bekannt von den sogenannten Machine-Vision-Kameras, nimmt daher rasant zu. Die industrielle Bildverarbeitung setzt sich dabei aus den folgenden drei Stufen der Bildverarbeitung zusammen: Vorverarbeitung, erweiterte Bildverarbeitung und anwendungsspezifische nachgelagerte Verarbeitung. In jedem Schritt werden unterschiedliche Algorithmen angewendet, um das Bild zu bearbeiten und zu analysieren.



Allied Vision hat eine eigene System-on-chip-Technologie entwickelt. Sie basiert auf einem ASIC anstatt eines Standard-FPGS.

Nach der Aufnahme eines Bildes ist zunächst das RAW-Bild vorhanden. Dieses wird so genannt, da es bisher noch nicht von Algorithmen berührt worden ist. Als erster Schritt findet nun zunächst die **Bildvorverarbeitung** statt. Diese Bildkorrektur und -optimierung ist die Summe der Verarbeitungsaufgaben, die durchgeführt werden, um die vom Sensor gelieferten Rohbilddaten in ein Bild umzuwandeln, dessen Qualität den Anforderungen der jeweiligen Systemanwendung entspricht. Die Bildvorverarbeitung kann Funktionen wie Pixelkorrektur, Weißabgleich, Verstärkung und Rauschunterdrückung beinhalten, die das Bild für die jeweilige Aufgabe der Bildverarbeitungssoftware optimieren.

Nachdem die Bilder optimiert worden sind, ermöglicht die **erweiterte Verarbeitung** – manchmal auch nur Bildverarbeitung genannt – komplexere Verbesserungen, um die anwendungsspezifische Bildanalyse zu erleichtern. Beispiele für fortgeschrittene Bearbeitungen sind Schärfen- oder Farbkorrekturen mit Hilfe von Look-up-Tabellen.

Der letzte Schritt ist die **Nachbearbeitung**. Diese Nachbearbeitungsanwendung kann je nach Systemvorgabe beliebig sein. Es ist beispielsweise möglich, ein Gesicht im Bild zu identifizieren, ein Nummernschild in einer Verkehrsüberwachungsanwendung zu lokalisieren und zu lesen oder die Qualität von Objekten in einer industriellen Inspektionsanwendung zu überprüfen. Diese Aufgaben werden durch komplexe, anwendungsspezifische Software-Algorithmen auf dem Hauptprozessor des Embedded-Boards gelöst.

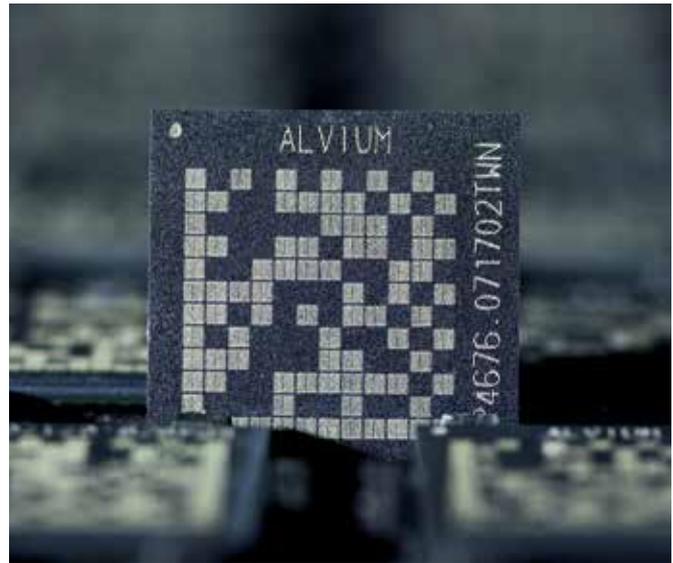
Beim Einsatz eines Sensormoduls erfolgt sowohl die erweiterte Bildverarbeitung als auch die anwendungsspezifische Bildverarbeitung auf dem Host-Embedded-Board. Das bedeutet, dass ein Großteil der Aufgaben und die notwendige Rechenleistung vom Embedded-Board übernommen werden muss, da das Sensormodul dies nicht leisten kann. Das wiederum belastet die Leistungsfähigkeit des Embedded-Boards. Es wird zum einen langsamer, zum anderen steht dadurch auch weniger Leistungskapazität für andere Aufgaben zur Verfügung.

Kapazitätsengpässe bei Embedded-Boards

Wenn keine anspruchsvollen Algorithmen angewendet werden müssen, mag dies durchaus von einem einfachen Board ohne große Leistungseinbußen zu bewältigen sein. Doch werden die Anforderungen an die Bildverarbeitungsalgorithmen und an die Bildqualität größer, bedarf es eines zusätzlichen Co-Prozessors oder einer dedizierten ISP auf dem Embedded-Board. Denn wenn es um weitergehende Algorithmen und Bildverarbeitung wie spezielle Filter, Pixel- und Signalverarbeitung geht, stoßen CPUs schnell an ihre Grenzen.

Eine Alternative, diesen Kapazitätsengpass zu lösen, ist die Wahl eines leistungsfähigeren Embedded-Boards. Bei der Entwicklung von kostensensitiven Embedded-Systemen sind diese teureren Boards häufig keine akzeptable Alternative, weswegen lieber Abstriche bei der Bildqualität in Kauf genommen werden.

Die Alvium-Technologie setzt auf ein proprietäres Chipdesign. Ein zentraler Bestandteil ist außerdem eine umfangreiche Bildverarbeitungsbibliothek.



Eine andere Möglichkeit, um die Anforderungen an die Bildverarbeitung zu erfüllen, ohne zu teureren Embedded-Boards greifen zu müssen, besteht darin, die Bildverarbeitungsaufgaben in die Kamera zu verlagern. Kamerahersteller aus der industriellen Bildverarbeitung bieten fortschrittlichere Kameramodule an, die die in der industriellen und wissenschaftlichen Bildverarbeitung auf PC-Basis bekannte Leistung und Intelligenz bieten.

System-on-Chip-Technologie als Lösung

Der Grundstein dieses alternativen Ansatzes ist ein neuartiges Kameramodul, das auf einem Application-Specific Integrated Circuit (ASIC) mit integriertem Bildsensorik-Prozessor und Bildverarbeitungsbibliothek basiert. Es erweitert die Bildverarbeitung wie die moderner CMOS-Kameramodule um die Bildverarbeitung von High-End-Embedded-Boards mit dedizierten Image-Sensing-Prozessoren (ISP) oder integrierten Field-Programmable-Gate-Arrays (FPGAs) und digitalen Signalprozessoren (Digital Signal Processors, DSP). Dazu gehören sowohl die Vorverarbeitung als auch erweiterte Bildverarbeitungsfunktionen wie Filter, Pixelkorrekturen, Farbkorrekturen, Zuschneiden auf einen definierten Bereich oder Farbraumkonversion. Solche Kameramodule liefern fertige Bilder an die Host-Anwendung und benötigen auf der Host-Seite keinen ISP.

Ein großer Vorteil, mehr Bildverarbeitung in der Kamera, statt auf dem Embedded-Board durchzuführen, ist die Redu-

zierung der Prozessor- und Co-Prozessorlast. Dies ermöglicht freie Ressourcen für potenziell andere Aufgaben und hilft dem Embedded-Designer gleichzeitig dabei, die Entwicklungsphase zu beschleunigen und zu entscheiden, wo bestimmte Bildverarbeitungsaufgaben für die anwendungsspezifische Nachbearbeitung am besten ausgeführt werden.

Für spezifische Anwendungen kann gegebenenfalls noch ein FPGA oder DSP benötigt werden, aber durch die Verlagerung einiger Bildverarbeitungsaufgaben auf die Kamera werden weniger Logikzellen auf dem FPGA- oder DSP-Teil benötigt. Die Anforderung an die Leistungsfähigkeit des Boards werden minimiert und die Gesamtsystemkosten reduziert.

Allied Visions Alvium-Technologie

Allied Vision hat eine eigene System-on-chip-Technologie entwickelt, die auf einem ASIC anstatt eines Standard-FPGAs basiert. Die Alvium-Technologie besteht aus einem proprietären Chipdesign, das für eine hochentwickelte, digitale Bildverarbeitung optimiert worden ist. Eine umfangreiche Bildverarbeitungsbibliothek ist elementarer Bestandteil der Technologie. Indem Aufgaben im Bereich der Bildkorrektur und -verarbeitung vom Embedded-Board auf die Bildverarbeitungsbibliothek des Alvium verlagert werden, haben Systemingenieure nun die Möglichkeit, die CPU-Kapazität des Host-Prozessors für anspruchsvollere Aufgaben zu nutzen. Die Alvium-Technologie ist das Herzstück von Allied Visions neuer Kameraserie für Embedded Vision. □

CLEVERE STAUBSAUGER SIND DER ANFANG

Die nächste Entwicklungsstufe der Bildverarbeitung macht Maschinen zu intelligenten Partnern und nützlichen Kollegen. Innovative Anwendungen in Industrie und Alltagsleben profitieren von der Kombination aus 3D-Technologie und künstlicher Intelligenz.

TEXT + BILDER: Ute Häußler, Framos

Bildverarbeitung ist eine der Schlüsseltechnologien für die Automatisierung, Robotik und die Smart Factory. Mit bildbasierter künstlicher Intelligenz (KI) bieten Vision-Systeme exakte Analysen von Umgebungen und Objekten. Die 3D-Technologie entwickelt sich dabei mit einfach zu integrierenden Bausteinen zur neuen Normalität und generiert eine neue Wahrnehmungsebene in Echtzeit. Mit noch präziseren und schnelleren Analysen können intelligente Algorithmen damit valide Entscheidungen treffen. Mit neuartigen Anwendungen und Geschäftsmodellen werden Maschinen vom repetitiven Dienstleister zum intelligenten Partner.

3D-Imaging und künstliche Intelligenz als einzelne Bausteine sind nicht mehr ganz neu, doch erst jetzt erreicht die Bildverarbeitung mit der Kombination der beiden Technologien das nächste Level. Der Grund dafür liegt vor allem in der technischen Entwicklung und Digitalisierung der Bildverarbeitung, die in den letzten Jahren einen enormen Marktbedarf geschaffen und für Vision-Systeme den Sprung auf den Massenmarkt ermöglicht hat.

Perceptual Computing dank KI

Das sogenannte Perceptual Computing generiert mit 3D-Sensing eine neue Wahrnehmungsebene und die KI ermöglicht exakte Echtzeit-Analysen ohne die bei 2D übliche Verzerrung und Verzögerung durch Annahmen und Simulationen. Die Maschinen werden quasi mit menschlichen Sinnen ausgestattet. Die visuelle 3D-Sensorik lässt sehen; die KI verstehen. Beides zusammen ermöglicht Maschinen und Geräten das Interagieren mit ihrer Umwelt und kognitives Lernen. In

der industriellen Automatisierung können Maschinen und Roboter selbst valide Entscheidungen treffen.

Maschinen und Geräte mit integrierter Vision-Technologie lassen sich zudem berührungslos steuern. Das Tracking von Augen, Gesichtern und Bewegung ist Grundlage für intelligente und neuartige Konsumgüter, Sicherheitsanwendungen und auch industrielle Lösungen. Smart Homes etwa können mit einer Fingerbewegung gesteuert werden; Kaffeemaschinen erkennen, wer vor ihnen steht und bereiten automatisch den Lieblingskaffee zu und Autos bremsen ab, sollte der Fahrer einschlafen. In der Industrie kommen vor allem die präzise Erkennung von Objekten sowie die exakte Erfassung von Position und Distanz zum Tragen. 3D-Sensing ermöglicht es Robotern, wie Menschen zu greifen, und vermeidet während der Bewegung Kollisionen mit der Umgebung. Die Vernetzung mehrerer Roboter oder mit 3D-Sensing ausgestattete Geräte erlauben es Unternehmen, für ihre Prozesse das volle Optimierungspotenzial intelligenter Algorithmen ausschöpfen.

Roboter sind in der Industrie bereits seit Jahrzehnten im Einsatz. Sie wurden programmiert, konnten Hindernisse in 2D erkennen, mithilfe von Markern im Raum navigieren und waren damit verlässliche Hilfsmittel. 3D-Sensing und KI-Algorithmen dagegen lassen industrielle Roboter zu wirklichen Partnern, zu mitdenkenden Kollegen werden. 3D-Technik macht Roboter schnell, sie erkennen in Echtzeit für sie bisher unbekannte Objekte. Die Positions- und Distanzmessung basiert nicht mehr auf alten Daten, CAD-Modellen oder vage getroffenen Annahmen – die Roboter erkennen und handeln sofort und sehr präzise. So können etwa Random-Picking-An-

wendungen umgesetzt werden und in der Qualitätssicherung sind 3D-Kameras ebenfalls wesentlich schneller und genauer, dazu noch weniger kompliziert im Aufbau. Gerade dort, wo Mensch und Maschine sich einen Arbeitsraum teilen, ist die von 3D bereitgestellte Schnelligkeit und Präzision sicherheitsrelevant und kann beispielsweise Schutzzäune obsolet werden lassen. Mensch und Maschine können im wahrsten Sinne des Wortes Hand in Hand arbeiten.

3D-Imaging für die Logistik

Selbstlernende Algorithmen ermöglichen eine Vernetzung der verschiedenen Geräte und Maschinen, so dass diese sich eigenständig untereinander abstimmen können. Im Logistikbereich mit vielen unerwarteten und unvorhersehbaren Ereignissen ist diese Möglichkeit besonders relevant. Sie ermöglicht aber auch eine Fertigung in Losgröße 1. Der große Vorteil liegt darin, dass 3D-Imaging nicht trainiert werden muss. Mit Hilfe dieser Technik sieht eine Maschine wie ein Mensch und lernt mit KI selbst dazu. Dadurch ermöglicht diese Technologie die einfache Interaktion und Zusammenarbeit zwischen Robotern und Menschen. Momentan erleben etwa kleine Logistikroboter einen großen Boom. Sie sind intelligent, untereinander vernetzt, fahren durchs Lager, heben und bewegen Kisten, können Objekte greifen oder zum Menschen bringen, und räumen diese Kisten und Objekte natürlich auch wieder auf.

Mit einer exakten Objekt-, Positions- und Distanzerkennung, basierend auf den 3D-Daten der Kamera, können die Roboter mittels SLAM-Kartographie ihre Umgebung sekundenaktuell erfassen und selbständig navigieren. Sie erkennen

sowohl feststehende als auch bewegliche Hindernisse und vermeiden Kollisionen auch in neuen, unbekanntenen Situationen. Mehrere vernetzte Roboter kommunizieren untereinander und stimmen ihren Handlungen ab. Sie sorgen damit selbstständig für einen reibungslosen Ablauf im Lager und eine optimale Unterstützung des Menschen und der entsprechenden Prozesse. Diese kleinen Allround-Roboter steigern die Effizienz in der Logistikkette immens. Zukünftig sind die Helfer auch als digitaler Liftboy und Zimmerservice in Hotels oder als Inventurservice in Supermärkten denkbar. Der Flughafen München testet mit „Josie Pepper“ bereits gerade einen mobilen Serviceroboter zur Information von Reisenden und begleitet sie zum richtigen Abfluggate.

Neue Anwendungen im Smart Home

Von digital überwachten Häusern und selbständig einkaufenden Kühlschränken wurde bereits sehr viel gesprochen. Die 3D-Technologie und intelligente Algorithmen eröffnen in den sogenannten Smart Homes viele neue Anwendungsmöglichkeiten. Gerade die Haussicherheit und -überwachung kann davon immens profitieren. Vieles ist bereits Realität, wie etwa Drohnen, die ein Live-Bild an das Handy des Hausbesitzers übertragen, sobald im Garten verdächtige Bewegungen erfasst werden – und es keine streunende Katze ist.

Den höchsten sichtbaren praktischen Nutzen im Alltag generiert die intelligente 3D-Technologie momentan für Staubsauger und Rasenmäher. Auch hier wurde mit 2D-Imaging bereits gute Arbeit geleistet, 3D aber macht den Unterschied. Mittels 3D-Erkennung werden Objekte nicht einfach anhand



3D-Brillen unterstützen Sehbehinderte im Alltag: Die Brillen sind mit Stereokameras ausgestattet; intelligente Algorithmen übersetzen die visuellen Signale in haptische und akustische Informationen.

ihrer Umrisse erfasst, vielmehr kann die KI Dinge einordnen und kategorisieren. So wird der Ehering eben nicht eingesaugt, sondern als „wertvoller Schmuck“ gesichert. Und der Hundehaufen auf dem Rasen wird umfahren statt überfahren. Mittels 3D-Navigation und dem intelligenten Kartografieren der Umgebung wird zusätzlich eine strukturierte Reinigung möglich. Statt mit taktilem Sensorik auf Kollisionskurs werden Möbel, Teppiche und Bäume vorab visuell erkannt und umfahren. Ein intelligenter Rasenmäher erkennt, wo die Rasenkante endet, stoppt genau dort und realisiert auch, dass der kleine Haufen im Gras ein Igel ist, dem er ausweichen muss.

Neue Geschäftsmodelle werden möglich

Diese „Next Level“-Bildverarbeitung ermöglicht neben den technologischen Vorteilen auch neue Geschäftsmodelle. Wer heute noch hohe Summen für einen Staubsaugerroboter ausgeben muss, könnte zukünftig mit werbebasierten Leasing-Modellen viel Geld sparen. Der intelligente und vernetzte Staubsauger kennt exakt die Größe der zu reinigenden Wohnung, den Grundriss, die Marken und den Zustand der Möbelstücke sowie den individuellen Einrichtungsstil. Damit lassen sich Rückschlüsse auf das Einkommen ziehen und bei entsprechendem Einverständnis individualisierte Werbung anbieten. Ein Möbelhaus kann damit potenziellen Kunden eine Couch vorschlagen, die von den Maßen, dem Stil und dem Preis exakt zu ihren Wohnverhältnissen passt. Mit diesen datenbasierten Modellen wäre die Anschaffung des Staubsaugers sehr günstig, da der Hersteller seinen Gewinn mit dem Datenverkauf erzielt. Denkbar sind auch Leasing-Modelle, bei denen der Kunde pro

Nutzung zahlt und dann einen entsprechenden Umfang an Werbung präsentiert bekommt.

Keine autonomen Drohnen ohne 3D-Technik

Drohnen bieten nachweislich bereits ein hohes praktisches Nutzungspotenzial für die integrierte 3D-Technologie mit KI. Keine der populären selbstfliegenden „Follow-Me“-Drohnen könnte ohne diese Kombination navigieren. Intelligente Drohnen überwachen das Wachstum in der Landwirtschaft und Hyperspektral-Drohnen können während der Ernte Steine von Kartoffeln unterscheiden. Die Überwachung von Industrieanlagen in unzugänglichem Gelände ist ohne 3D-fähige Drohnen gar nicht mehr vorstellbar, sie liefern bessere und genauere Daten als je zuvor und das in Echtzeit. Dank der Miniaturisierung ist die moderne 3D-Technik so leicht und die Verarbeitungsprozessoren so klein, dass sie auch für ultraleichte Drohnen keine Einschränkung mehr darstellen.

Den hohen Effizienz- und Innovationsgrad der Drohnen für Unternehmen spiegeln zwei kreative Praxisbeispiele: Ein Stromunternehmen etwa nutzt intelligente Drohnen für die Überwachung seiner Strommasten. Ein Techniker muss heute also nicht mehr zwingend in die Höhe klettern. Vielmehr kann er von unten eine Drohne steuern, welche die Bilder überträgt und die Daten selbstständig auswertet. Dabei misst und hält sie automatisch den korrekten Abstand und teilt dem Techniker mögliche Auffälligkeiten mit. Dieser muss also nur noch dann Sichtprüfungen durchführen, wenn Abweichungen auftreten sollten.



Der Blinde bekommt Straßennamen, Tramlinien oder Schilder an Geschäften vorgelesen. Die Audio-Information basieren auf der Erkennung von Formen, Objekten und Schriften.

Eine zweite, über den Tellerrand gedachte Anwendung ist die Optimierung von Waren- und Logistikströmen eines Unternehmens basierend auf der Überwachung aus der Luft. Drohnen Daten können alle Warenwege, LKW- und Förderbewegungen sowie Prozesse eines Unternehmens sehr genau aus der Vogelperspektive betrachten und virtuell simulieren. So kann erkannt werden, dass etwa die LKWs für die Anlieferung immer zu früh an der Rampe ankommen und damit für einen Stau in der Lieferkette sorgen. Mit dem Wissen der Drohnen lässt sich die innerbetriebliche Logistik hocheffizient gestalten.

Amazons Go setzt auf intelligente Kameras

Eines der jüngsten und prominentesten Beispiele für den Einsatz von 3D-Technik in Verbindung mit künstlicher Intelligenz ist Amazons Pilot-Supermarkt Go. Kunden brauchen dort kein Bargeld und müssen an keiner Kasse zahlen. Sie gehen einfach hinein, laden die gewünschten Produkte ein und gehen mit einem vollen Einkaufswagen hinaus. Der Markt ist komplett kameraüberwacht und erkennt, welche Waren ein Kunde in seinen Wagen gelegt hat. Momentan ist der Markt für Mitarbeiter von Amazon geöffnet. Er erkennt die Kunden per Gesichtserkennung und bucht direkt von der hinterlegten Kreditkarte ab. Intelligente Kameras registrieren den Gesichtsausdruck der einkaufenden Menschen. So kann ein Mitarbeiter seine Hilfe anbieten, wenn der Algorithmus einen fragenden Blick einfängt. Amazon selbst kann anhand dieser Daten sehr genau das Kundenverhalten, Reaktionen auf Produkte sowie Lauf- und Entscheidungswege analysieren und daraus gewinn- und umsatzsteigernde Rückschlüsse ziehen.

Neben industriellen und kommerziellen Anwendungen gibt es auch rein humanitäre Applikationen, wie etwa eine intelligente 3D-Brille für die Unterstützung Sehbehinderter im täglichen Leben. Die Brillen sind mit neuesten Stereokameras ausgestattet. Intelligente Algorithmen übersetzen die visuellen Signale in haptische und akustische Informationen. Über die Brille bekommt der Blinde Straßennamen, Tramlinien oder Schilder an Geschäften vorgelesen; die Audioinformation basieren auf der Erkennung von Formen, Objekten und Schriften. Positionen und Distanzen werden als haptische Rückmeldung über ein mit Vibrationsmotoren ausgestattetes Armband geliefert. Je nachdem, wo sich ein Hindernis befindet, vibriert es an einer anderen Stelle am Arm. Der Blinde lernt auf diese Weise quasi eine neue Art der Wahrnehmung, die es ihm ermöglicht, seine Umgebung vollständig zu verstehen und sich zu orientieren.

Eine neue Normalität

Das nächste Level der Bildverarbeitung hat längst begonnen. Anwendungen, die eine Kombination aus 3D-Technologie und künstlicher Intelligenz nutzen, haben längst ihren Weg in den industriellen und gesellschaftlichen Alltag gefunden. In naher Zukunft werden diese Applikationen und solche, die die Menschheit sich heute noch gar nicht vorstellen kann, eine neue Normalität beschreiben. Was vor rund 150 Jahren die Glühbirne bewirkte, könnte auch für das Potenzial von Bildverarbeitung und künstlicher Intelligenz gelten: Irgendwann wird die Industrie und der Mensch sich nicht mehr vorstellen können, wie es ohne ging. □

IMMER VOR DEM RICHTIGEN REGALFACH

Paletten- oder Behälterregale haben sich in den letzten 20 Jahren in ihrer Bauart erheblich verändert. Bei der Automatisierung sorgt eine Fachfeinpositionierung mit kamerabasiertem Positionierungssensor für Flexibilität und somit auch für geringere Stillstandszeiten.

TEXT: Stefan Ambos, Leuze Electronic **BILD:** Leuze Electronic

Aus Kostengründen werden bei Paletten- oder Behälterregalen vermehrt dünnwandigere Materialien eingesetzt. Die Belastungsmöglichkeiten und die Vielfältigkeit der Anwendungen sind damit deutlich größer. Regale werden durch thermische und dynamische Einflüsse zunehmend stärker belastet sowie die Stoßlasten beispielsweise durch die Integration von Shuttle-Systemen erhöht. Die daraus resultierenden Verformungen von Regalbauteilen müssen deshalb bei der Positionierung eines Regalbediengeräts (RBG) genauestens berücksichtigt werden.

RBGs zielgenau anfahren

Für die Positionierung des RBGs in X- und Y-Richtung wird in der Regel eine Grob- und eine Feinpositionierung eingesetzt. Für die Grobposition des RBGs kommen zum Beispiel Barcodepositioniersysteme, optische Distanzsensoren mit langer Reichweite oder Inkrementalgeber zum Einsatz. Ist die Grobposition erreicht, übernimmt die Fachfeinpositionierung das zielgenaue Anfahren des RBGs an seine Endposition. Auf dem Lastaufnahmemittel des RBGs werden mindestens zwei optische Reflexionstaster je Positionierrichtung montiert – für die X- und Y-Richtung also mindestens vier Taster.

Ohne Objekterkennung sind die Ausgänge der Taster „Aus“. Detektiert ein Taster die Kante eines Stehers oder eines Riegels, ändert sich der Ausgangszustand und der Sensorausgang zeigt „Ein“. Mithilfe des neuen Signalzustands kann zum einen die Bewegungsrichtung des RBGs erkannt werden, zum anderen die gewünschte Zielposition, bezogen auf die Kante, errechnet werden. Nachfolgend wird die schematische Anord-

nung der Taster mit zugehöriger, binärer Auswertung gezeigt. Die Pfeile geben die gedachte Bewegungsrichtung des RBGs an. Andere Zustände ergeben sich in gleicher Weise.

Bewährte Lösung mit Nachteilen

Die sich über Jahre bewährte Lösung mit binären Sensoren hat eine Reihe von Nachteilen. So ist zum Beispiel der auf dem Lastaufnahmemittel zur Verfügung stehende Platz äußerst begrenzt, da oft zusätzliche Sensoren montiert sind – beispielsweise für die „Fachbelegt“-Kontrolle, die Durchschubüberwachung oder für Überstandkontrollen. Zudem können Reflexionstaster Fehlschaltungen infolge von glänzenden Profiloberflächen, unerwünschten Reflexionssignalen von Kanten im Hintergrund oder durch Fremdlichteinwirkung (speziell Hf-Licht von energiesparenden Beleuchtungseinrichtungen) erzeugen. Dadurch entstehen Stillstandszeiten, die eine geringere Anzahl an Ein- beziehungsweise Auslagerungsvorgängen zur Folge haben.

Der größte Nachteil aber ist die aufwändige Ausrichtung der binären Sensoren – sowohl bei Einrichtung als auch im Betrieb –, sodass alle Lagerpositionen mit der erforderlichen Genauigkeit angefahren werden. Hierzu benötigt es geschultes Fachpersonal. Hinzu kommt, dass ein binärer Sensor keine weiteren Zustandsinformationen, zum Beispiel hinsichtlich Funktionsreserve oder Sensorstatus, liefert. Neue Möglichkeiten und Lösungsansätze, die sich aus der Digitalisierung im Rahmen von Industrie 4.0 für die Diagnose und vorausschauende Wartung ergeben, können ebenfalls nicht unterstützt werden.



Der smarte Sensor detektiert kreisrunde Löcher beziehungsweise Reflektoren in einem einfachtiefen Riegel oder Steher eines Palettenlagers und bestimmt die Positionsabweichung von Paletten oder Behältern in X- und Y-Richtung relativ zur Sollposition.

Zukunftsgerichtete Fachfeinpositionierung

Leuze Electronic bietet mit dem IPS 200i den weltweit kleinsten kamerabasierten Sensor mit Schutzart IP65 für die Fachfeinpositionierung von Regalbediengeräten. Er ermöglicht eine einfache und schnelle Inbetriebnahme sowie Bedienung. Das webbasierte, mehrsprachig verfügbare Konfigurationsstool mit einem benutzergeführten Assistenten reduziert die Inbetriebnahmezeit auf ein Minimum. Vier Feedback-LEDs helfen beim Ausrichten des Sensors. Diese blinken mit einer Frequenz, die proportional ist zum Abstand zur Zielposition. Alle vier LEDs leuchten gleichzeitig auf, sobald der Sensor perfekt ausgerichtet ist.

Störungen frühzeitig erkennen

Durch die erstmalige Einführung einer Qualitätskennzahl meldet der IPS 200i Veränderungen an Sensor oder Regalfach und hilft dem Anwender so, frühzeitig mögliche Störungen im Betriebsablauf zu entdecken und eine vorsorgliche Wartung im Sinne von Predictive Maintenance, einem der am häufigsten genannten Anwendungsgebiete von Industrie 4.0, durchführen zu können. Auch hilft die Qualitätskennzahl, Besonderheiten, die einem Ausfall der Anlage vorausgehen, zu erkennen. Für solche Bereiche kann mit dem IPS 200i auch optional eine Bildübertragung durchgeführt werden. Aufgrund der integrierten Ethernet-Schnittstelle (TCP/IP beziehungsweise UDP) und geplanten Profinet-Schnittstelle sind sowohl ein direktes Einbinden in die Netzwerkumgebung des Kunden als auch eine schnelle, ortsunabhängige Diagnose via Remote-Control problemlos möglich.

Überzeugende Geräteperformance

Der neue, auf eine hohe Tiefenschärfe optimierte Sensor verfügt über eine feste Fokusslage und wird nach erfolgter Grobpositionierung zur optischen Feinpositionierung eines RBG in X- beziehungsweise Y-Richtung verwendet. Er ist in der Lage, einem RBG die Korrekturkoordinaten für das exakte Anfahren eines Regalfachs zu übermitteln.

Konkret sieht das Ganze so aus: Der smarte Sensor detektiert kreisrunde Löcher beziehungsweise Reflektoren in einem einfachtiefen Riegel oder Steher eines Palettenlagers und bestimmt die Positionsabweichung von Paletten oder Behältern in X- und Y-Richtung relativ zur Sollposition. Der Positionierungssensor erzeugt ein oder mehrere Bilder als Grauwert. In diesem Bild sucht der Sensor zunächst eine definierte, runde Markierung (Loch/Reflektor). Die Ausgabe der X-/Y- Abweichung erfolgt in Millimetern zur Sollposition oder mittels der vorhandenen Schaltausgänge als Quadranten.

Hohe Objektgeschwindigkeiten unterstützt

Intelligente Bildverarbeitungs-Algorithmen stellen eine zuverlässige Positionierung sowie einen hohen Durchsatz sicher. Die leistungsstarke, infrarote LED-Beleuchtung (Light Emitting Diode) ist darüber hinaus fremdlichtunabhängig und ermöglicht kurze Belichtungszeiten, sodass auch hohe Objektgeschwindigkeit in Kombination mit einer hohen Tiefenschärfe unterstützt werden. Die typische Messwertzykluszeit liegt bei 35 ms bei einer Reproduzierbarkeit von typischerweise 0,1 mm (1 Sigma). □

SENSORIK FÜR VERNETZTE PRODUKTION

Die vernetzte Produktionswelt der viel genannten Industrie 4.0 zielt auf die Kombination von maximaler Flexibilität und durchgängiger Automation. Diese Kombination kann nur durch Transparenz und (Rück-)Verfolgbarkeit aller Prozesse ihr volles Potenzial entfalten.

TEXT: Tobias Dittmer, Pepperl+Fuchs **BILD:** Pepperl+Fuchs

In vielen Produktionsabläufen spielt die Positionsbestimmung eine zentrale Rolle. Damit muss auch die Positionssensorik eine neue Leistungsstufe erreichen und mehr Informationen liefern als bisher üblich. Mit neuen Sensortechnologien und standardisierter kommunikativer Anbindung lassen sich solche Anforderungen bereits erfüllen. Oftmals dominieren bis heute einfache, binäre Schalter die Positionsbestimmung. Sie nutzen unter anderem optische, Ultraschall- oder induktive Verfahren. Unabhängig vom Messprinzip geben sie nur die Information weiter, dass das Zielobjekt zu einem bestimmten Zeitpunkt eine bestimmte Position erreicht hat. Für vernetzte Anwendungen und Anlagen mit Industrie-4.0-Architektur genügt dies häufig nicht. Dort wird, zu jeder Zeit, präzise Information darüber benötigt, wo sich das Objekt befindet. Erst mit dieser Information wird eine genaue Kontrolle und Regelung von Detailprozessen möglich. Beispiele für solche Echtzeitrückkopplung sind die Bewegung der Spindel eines CNC-Automaten, der Abstand zwischen zwei Förderrollen oder der Hubweg eines Stellventils.

Der vernetzte Betrieb erfordert aber noch mehr: die Bereitstellung von Analysedaten, die jederzeit den Anlagenzustand widerspiegeln, sowie die kommunikative Anbindung, durch die solche Daten möglichst umfassend zugänglich gemacht werden. Als Grundlage werden präzise wie robuste und möglichst universell verwendbare Sensoren benötigt. Gerade weil die Anwendungen immer komplexer werden, gilt es, die Komplexität der Gerätelandschaft zu begrenzen oder sogar zu reduzieren.

Universelles Messverfahren

Dafür bringt die induktive Positionsbestimmung alle Voraussetzungen mit. Das Messverfahren ist prinzipiell verschmutzungsresistent sowie verschleiß- und wartungsfrei. Es arbeitet störstärker und toleriert einen variablen Abstand zum Messobjekt. Aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften ist es für viele Anwendungen das optimale Messprinzip. Als erster Sen-

sorhersteller hat Pepperl+Fuchs diese bauartbedingten Stärken bereits vor 60 Jahren erkannt und den ersten induktiven Näherungsschalter entwickelt. Seitdem haben die Entwicklungsingenieure das Verfahren für eine immer breitere Palette von Anwendungen erschlossen. Eine der neuesten Entwicklungen in diesem Bereich ist das patentierte Mehrspulensystem für den induktiven Sensor PMI F90. Er soll als Beispiel für ein messendes, universell einsetzbares Positionierungssystem mit einer für die Industrie 4.0 geeigneten Kommunikationsanbindung dienen, das die oben aufgeführten Anforderungen erfüllt.

Flexible Sensortechnik

Der PMI F90 erreicht eine Auflösung von 50 µm und kann Messaufgaben mit hohen Präzisionsanforderungen bewältigen. Die Messsignale der versetzt nebeneinander angeordneten Spulen können sowohl die absolute Position des Targets als auch den dynamisch wechselnden Abstand zwischen zwei Betätigern abbilden. So lassen sich mit dem Gerät auch dynamische Positionierungsaufgaben bei geringem messtechnischen Aufwand lösen. Ein frei skalierbarer Messbereich bietet zusätzliche Flexibilität. Auch Schaltpunkte können festgelegt werden, Mess- und Schaltbereich sind programmierbar. Der Sensor erfasst die Position des Targets bis drei Millimeter abstandsunabhängig.

Als Target kann ein Bauteil oder Gegenstand aus Stahl dienen. Das induktive System benötigt weder magnetische noch aktive Betätiger. So könnte etwa eine Nut an einer Frässpindel oder die Kupplungsschelle am Antrieb eines Stellventils als Target definiert werden. Das eröffnet zusätzliche Möglichkeiten für den Einsatz des Geräts: Es kann unterschiedliche Messaufgaben bewältigen und so bei vereinfachter Auslegung der Positionssensorik mithelfen, die Typenvielfalt auf diesem Feld zu reduzieren. Gleiches gilt für den Einsatz in rauen Umgebungen und explosionsgefährdeten Anlagen: Das PMI F90 ist gegen starke Verschmutzung gefeit; es verträgt Temperaturen von -25 bis 85

Der PMI F90 erreicht eine Auflösung von 50 µm und kann damit Messaufgaben mit sehr hoher Präzision bewältigen.



°C. Vollgekapselte Geräte und Versionen mit den Schutzarten IP67 und IP69K stehen für den Außenbereich, Sensorvarianten mit ATEX 3G/3D für die Zonen 2/22 zur Verfügung.

Daten und Kommunikation

Auch mit seiner Datenanbindung eröffnet der PMI F90 den Weg zu Standardisierung: Die hochpräzisen Messdaten und tiefgreifende Analyseinformationen werden per IO-Link zur Verfügung gestellt. Diese Schnittstelle bietet zudem über die reine Sensorik hinaus weitere Optionen für den Informationsfluss. Der IO-Link-Master kann Ereignis-Logs festhalten, Fehlermeldungen weitergeben und Daten über den Gerätestatus bereithalten. Damit lassen sich auch Prozessabläufe im Detail nachvollziehen. Konkrete Beispiele für solchen Zusatznutzen sind die Erfassung der Betriebsstunden oder eine Funktionsüberwachung: Wenn das Target häufig über den definierten Messbereich hinausfährt, lässt sich diese Abweichung im Detail beschreiben und analysieren.

Diese Daten können auch in die Serviceplanung einfließen; die Einsätze werden dann an den tatsächlichen Bedarf angepasst. Mit der Definition von Grenzwerten lassen sich zudem punktuelle Maßnahmen auslösen. Zugleich wird die Handhabung für die Anlagentechniker leichter, da die Parametrierung des Sensors im Data Storage hinterlegt ist und bei einem Gerätetausch aus dem IO-Link-Master auf das neue Gerät übertragen wird. Auch kann die Signalqualität jederzeit überprüft werden. Das Nachjustieren, etwa nach einem Maschinentransport oder -aufbau, wird damit zu einem einfachen Routinevorgang.

Anwendungsbeispiel Werkzeugspindel

Beim Werkzeugwechsel bewegt sich die Spindel einer CNC-Maschine aus der Arbeitsposition und kehrt dann dorthin zurück. Der PMI F90 überwacht diesen Vorgang minutiös,

indem er ein definiertes Bauteil wie etwa die Spindelnahe als Betätiger nutzt. Die IO-Link-Anbindung erlaubt es, neben dem Positionswert für die Maschinensteuerung weitere Daten zu erfassen und sie per IO-Link-Master zur Verfügung stellen. Daten zum Sensorstatus und der Signalqualität ermöglichen eine detaillierte Online-Analyse. Die Option der Betriebsstundenerfassung kann zur vorausschauenden Wartung beitragen.

Anwendungsbeispiel Tänzer- und Förderrollen

Der PMI F90 erfasst sowohl die absolute Position einer Tänzerrolle als auch den dynamisch wechselnden Abstand zwischen zwei Förderrollen. Für diese Art der Abstandsmessung wurden bisher zwei Sensoren benötigt; der Abstand wurde dann indirekt aus den Messwerten berechnet. Ein PMI F90 erledigt diese Aufgabe allein. Die relative Position von zwei Förderrollen wird als prozessrelevanter Messwert an die Steuerung übermittelt.

Anwendungsbeispiel Stellventile

Ähnlich wie bei den Tänzerrollen werden an Stellventilen oft zwei Sensoren verwendet, um die Positionen Auf und Zu zu erfassen. Der PMI F90 übernimmt beide Aufgaben und gibt zudem einen kontinuierlichen Positionswert an. Damit kann er die Messfunktion eines Stellungsreglers ausüben und eine präzise Regelung der Ventilstellung ermöglichen. Durch IO-Link stehen weitere Informationen zur Verfügung, etwa über die Anzahl der Hubbewegungen oder über Abweichungen von definierten Positionen. Diese Daten sind für die Zustandsanalyse und die vorausschauende Wartung relevant. Sie können dazu beitragen, Stillstandszeiten zu minimieren. Nach ATEX 3G/3D zertifizierte Geräte sind für die Zone 2/22 zugelassen, sodass der PMI F90 in den meisten Anlagenbereichen eingesetzt werden kann.

Weitere Informationen zu Pepperl+Fuchs finden Sie im Business-Profil auf Seite 35.

WEGBEREITENDE PRÄZISIONSTECHNOLOGIE

Der Industrial-Displacement-Sensor IDS3010 eröffnet industriellen High-End-Anwendungen eine völlig neue Dimension der Präzision. Gleichzeitig bietet er als interferometrischer Messsensor erstmals ein industrietaugliches Konzept.

TEXT: Dr.-Ing. Danilo Schmidt, attocube systems **BILDER:** Wittenstein

Mit dem IDS3010 der attocube systems können Positionen und Bewegungen gleichzeitig in bis zu drei Achsen mit einer digitalen Auflösung von einem Milliardstel Millimeter gemessen werden. Zudem bietet der Industrial Displacement Sensor eine kompakte und integrationsfreundliche Bauform, eine einfache Bedienung und eine Messdatenausgabe im Zehntel-Mikrosekundentakt.

Ein weiteres Merkmal des IDS3010 ist seine nahezu uneingeschränkte Konnektivität. Über den integrierten Webserver lässt sich der IDS3010 bei der Inbetriebnahme initialisieren, konfigurieren, für den Datenaustausch einrichten oder auch in Industrie-4.0-Anwendungen einbinden. Im Betrieb ermöglichen verschiedene Echtzeit-Schnittstellen und Protokolle die Übertragung der Positionsdaten. Optional können die Messdaten mit einer Messsoftware dargestellt und verarbeitet werden. Der Webserver erlaubt es, den Messsensor bei Bedarf aus der Ferne zu bedienen und zu überwachen.

Nanomesstechnik im Maschinenbau

Der technische Fortschritt unserer Zeit liegt ganz eindeutig in der Miniaturisierung und in der damit verbundenen zunehmenden Präzision von Produkten. Dieser Entwicklung muss der Maschinenbau mit seinen Produktionsmaschinen folgen. Während höchste Präzisionsanforderungen bis in den Sub-Nanometerbereich in der Halbleiterfertigung, der Elektronik und der Optik seit Langem üblich sind, erreicht die „Nanowelt“ heute mehr und mehr auch den Maschinenbau und löst das „Denken in μm “ zunehmend ab. So sind beispielsweise im

Präzisionsgetriebebau höhere Teilungsgenauigkeiten ein geeignetes Mittel, die inneren Kräfte an den Verzahnungen besser zu verteilen.

Präziser gefertigte Zahngeometrien führen zu geringeren Spannungsspitzen und höherer Belastbarkeit. Die Präzisionsfertigung und folglich auch die Messung im Sub-Mikrometerbereich sind eine wichtige Voraussetzung, bestehende mechanische Systeme zu noch mehr Leistungsdichte zu entwickeln. Schließlich vergrößert auch die Miniaturisierung von Produkten und die damit einhergehende Anpassung von Produktionsprozessen den Entwicklungsdruck vom Mikrometer- in den Nanometerbereich – und dies nicht nur in der Antriebstechnik, sondern in einer steigenden Anzahl von Branchen und Produkten.

Folgerichtig eröffnet sich dem IDS3010 – der als Bewegungssensor mit Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung gleichzeitig mehrere physikalische Größen erfassen kann – ein breites Anwendungsfeld. Hierzu gehören die Kalibrierung von Achsen in Werkzeug- und Koordinatenmessmaschinen, der Einsatz als Mess- und Prüfmittel in Feinmessräumen, Vibrationsmessungen an Produktionsmaschinen sowie die Integration für kundenspezifische Anwendungen von OEM-Kunden.

Interferometrie im industriegerechten Design

Im Gegensatz zu früheren interferometrischen Messsystemen erfüllt der IDS3010 alle Anforderungen an ein industriegerechtes und platzsparendes Design. So besteht der be-

Dem IDS3010 eröffnet sich ein breites Anwendungsfeld: Kalibrierung von Achsen in Werkzeug- und Koordinatenmessmaschinen, der Einsatz als Mess- und Prüfmittel in Feinmessräumen, Vibrationsmessungen an Produktionsmaschinen sowie die Integration für kundenspezifische Anwendungen von OEM-Kunden.



rührungslos arbeitende Sensor aus einer äußerst kompakten Basiseinheit, an die bis zu drei Miniatur-Sensorköpfe mit Glasfaserkabel angeschlossen werden können. Der IDS3010 kann direkt auf dem Objekt, beispielsweise einem Spindelkopf, einem Werkzeug oder einem Messtaster messen. Dabei erreicht er bei Messdistanzen von bis zu fünf Metern eine Auflösung im Nanometerbereich.

Die ultimative Präzision wurde von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt PTB in Braunschweig überprüft: Bezogen auf einen Messbereich von 0 bis 3.000 Millimeter misst und bestätigt sie die systematische Messabweichung von 0,0 ppm¹. Mit dieser enorm hohen Präzision ist der Sensor in der Lage, anbau- und prinzipbedingte Messfehler aufgrund von Spiel, Verschleiß, Verformung, temperaturbedingten Längenänderungen oder anderen Einflüssen vollständig zu eliminieren. Die Abtastung ruhender oder bewegter Objekte erfolgt bei Geschwindigkeiten bis zwei Meter pro Sekunde mit einer Messbandbreite von 10 MHz – in jeder zehntel Mikrosekunde wird also ein Messwert generiert, der alle relevanten Informationen der Position oder Bewegung enthält.

1: erweiterte Messunsicherheit:

$$U_I = \sqrt{(0,084 \mu\text{m})^2 + (2,8 \cdot 10^{-7} \cdot l)^2}$$

Breites Einsatzspektrum

Kompakt in der Bauform, flexibel integrierbar, einfach zu bedienen, vielseitig einsetzbar, wirtschaftlich und extrem prä-

zise – der interferometrische Messsensor IDS3010 ist genau das, was in immer mehr industriellen Anwendungen gefragt ist. Seine einfache Konfiguration, Integration und Inbetriebnahme machen den IDS3010 beispielsweise für den Einsatz als Mess- und Prüfmittel zur Qualitätssicherung mit ihren häufig wechselnden Aufgaben sehr attraktiv. Die Lichtleiter lassen sich sehr flexibel an die Messpunkte heranführen und präzise ausrichten – und die bedienfreundliche Software des Messsystems erleichtert die Inbetriebnahme wie auch die Bedienung. Winkelversatz, Parallelitäten, Verkippungen, Unrundheiten und Exzentrizitäten können so in Feinmessräumen im Nanometerbereich schnell und vollkommen berührungslos bestimmt werden. Um ein möglichst breites Anwendungsspektrum – nicht nur in der Qualitätssicherung – abzudecken, stehen für die meisten in der Praxis vorkommenden Objekte und deren Oberflächen und Reflektivität spezielle optische Linsen im Programm. Sie gewährleisten, dass die Optikköpfe auf unterschiedliche Materialien wie Silicium (Wafer), Keramik, Aluminium, Kupfer oder Stahl, aber auch auf Glasoberflächen mit einer Reflektivität von gerade einmal vier Prozent – mit gleichbleibend hoher Präzision messen.

Das industriegerechte Design des IDS3010 – vor allem aber die Möglichkeit, Wegänderungen im MHz-Bereich äußerst präzise zu erfassen und in Echtzeit auszugeben – eröffnet dem Sensor auch bei der Vibrationsmessung und Frequenzanalyse an Produktionsmaschinen sowie als Laborgerät zur Erfassung mechanischer Schwingungen und Resonanzverhalten interessante Einsatzfelder. Dies ermöglicht es nicht nur, auftretende mechanische Verlagerungen – hervorgerufen beispielsweise



Der IDS3010 kann mit unterschiedlichen Sensorköpfen für unterschiedliche Einbaubedingungen, Materialoberflächen und Umgebungsbedingungen betrieben werden.

durch Verschleiß und mechanische Kräfte – zu erkennen, sondern mit den Messwerten des IDS3010 Maschinenschwingungen durch aktive Unterdrückung und Ausregelung bis in den Nanometer-Bereich zu kompensieren.

IDS3010: Wirtschaftlich, kompakt und flexibel

Bei der Kalibrierung von Achsen in Werkzeug- und Koordinatenmessmaschinen wurden mechanisch bedingte Abweichungen von Linearachsen bisher mit Michelson-Laserinterferometer in x-Abständen gemessen, in Tabellen erfasst und diese Werte zur Korrektur in die Maschinensteuerung eingespeist. Mit dieser Messmethode wurde zwar die Absolutgenauigkeit der Maschinen erhöht beziehungsweise konstant gehalten – als nachteilig erwiesen sich jedoch die hohen Anschaffungskosten und die zeitintensive Montage des ausladenden Messsystems auf Stativen. Demgegenüber ist das IDS3010 als Seriengerät in seinen Anschaffungs- und Folgekosten nicht nur deutlich wirtschaftlicher, sondern durch seine kompakte Bauform und seine kleinen Sensorköpfe sehr viel leichter und flexibler in eine Werkzeug- und Koordinatenmessmaschine integrierbar. Das macht den interferometrischen Messsensor auch für OEM-Anwendungen interessant.

Ein Beispiel für eine solche Anwendung ist der Einsatz des IDS3010 in interferometrischen OEM-Komplettsystemen für Mess- und Werkzeugmaschinen, Roboter und räumliche

Strukturen. In einem solchen System zur volumetrischen Kompensation von Abweichungsparametern, das auf mittelgroße bis sehr große 3- bis 6-Achs-Maschinen ausgelegt ist, werden mit dem Messsensor von attocube systems in vollautomatischen Messabläufen alle 21 systematischen Geometrieabweichungen einer 3-Achs-Maschine ermittelt, die ein Werkzeug oder ein Taster innerhalb des Maschinenraums eines Multisensor-Messsystems, eines Koordinatenmessgerätes oder einer Hochpräzisions-Werkzeugmaschine aufweisen kann. Die entsprechenden Korrekturdaten werden anschließend im maschinenspezifischen Format zur volumetrischen Kompensation bereitgestellt.

Weitere OEM-Anwendungen sind unter anderem in der Halbleiterindustrie anzutreffen. In diesem Bereich wird beispielsweise in Prozessen, die im Hochvakuum stattfinden, höchste messtechnische Genauigkeit gefordert. Unabhängig von den OEM-Aufgabenstellungen kann der IDS3010 durch seine Modularität als maßgeschneidertes Subsystem entworfen und kundenspezifisch an verschiedene Anwendungen angepasst werden.

Der IDS3010 schlägt auf industriegerechte und wirtschaftlich effiziente Weise die Brücke von der Mikro- zur Nanowelt. Damit wird der Messsensor auch in vielen weiteren Anwendungsfeldern zu einer wegbereitenden Technologie mit höchster Investitions- und Zukunftssicherheit. □

Inhalt der Rubrik

SICHERE AUTOMATION



BILDQUELLE: ISTOCK, MATEJMO

186 Herausforderung Industrial IT Security
Mehrschichtiges, cloudbasiertes Sicherheitskonzept für Produktionsanlagen

188 Sicherer Weg zu Industrie 4.0
Edge-Gateway basierend auf dem Security-by-Design-Prinzip

190 Elektronische Sicherungen für 24 Volt
Kleiner dimensionierte Stromversorgungen und Gehäuse einsetzen

192 Smarte Greifsysteme
Intelligente und sichere Greifer für die Zusammenarbeit mit dem Menschen

HERAUSFORDERUNG INDUSTRIAL IT SECURITY

Im Zuge der Digitalisierung nimmt auch die Vernetzung der industriellen Fertigung zu und erhöht die Anforderungen an die IT Security im Unternehmen. Hier ist Vorsicht geboten, denn Steuersysteme in der Industrie geraten immer mehr in den Fokus von Cyberkriminellen.

TEXT: Martin Mangold, DriveLock **BILD:** DriveLock

Beim Schutz von ICS (Industrial Control Systems) oder SCADA-Systemen (Supervisory Control and Data Acquisition) vor Attacken, Sabotage und Spionage gibt es zahlreiche Herausforderungen. Aufgrund der langen Laufzeit der Anlagen sind die Betriebssysteme oft veraltet und haben beispielsweise noch Windows XP im Einsatz. Um weitreichende Strukturen und Systeme mit etlichen Schnittstellen umfassend und effektiv abzusichern, fehlt kleinen und mittelständischen Unternehmen oft das Know-how und Personal. Hacker haben so eine große Angriffsfläche. Die häufigsten Methoden laut Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnologie (BSI), die Cyberkriminelle gegen Industrieunternehmen verwenden, sind Ransomware-Attacken, infizierte Wechseldatenträger wie Bad-USB sowie Phishing, Social Engineering oder Sabotage.

Gängige Security-Lösungen sind häufig personalintensiv, besonders in Bereichen wie der Applikationskontrolle. Der administrative Aufwand für das Aktualisieren von Black- beziehungsweise Whitelists ist enorm, weil Sicherheitsverantwortliche alle Richtlinien manuell eingeben müssen. Viele Unternehmen wissen zwar von entsprechenden Lösungen, beschäftigen sich vielleicht sogar mit ihrer Einführung, aber letztlich verfügen sie nicht über die notwendigen Ressourcen, um eine Cyber-Security-Lösung effektiv zu implementieren. Hinzu kommt, dass durch die digitale Vernetzung IT und OT immer weiter verschmelzen, aber keine Security-Lösung beide Systeme umfassen kann.

Security aus der Cloud

Ein mehrschichtiges, cloudbasiertes Sicherheitskonzept mit integriertem maschinellen Lernen löst zahlreiche Probleme der Industrial Security und sichert sowohl IT- als auch OT-Systeme effektiv ab. So übernimmt eine smarte Applika-

tionskontrolle die Steuerung, welche Anwendungen an den Computern der Produktionsline ausgeführt werden dürfen. Zusätzlich wird die Applikationskontrolle um eine Sicherheitsschicht in Form einer smarten Gerätekontrolle ergänzt.

Während der Ersteinrichtung der Endpoint Protection wird ein Hardware- und Applikations-Scan durchgeführt. Die Scan-Ergebnisse bilden dann die sogenannte Whitelist, für die Applikations- wie auch Gerätekontrolle. Nachträglich angeschlossene Datenträger werden zunächst blockiert, um etwa vor Bad-USB und dem unerlaubten Kopieren sensibler Daten zu schützen, ebenso können keine Schadprogramme ausgeführt werden. Somit ist sichergestellt, dass jedes ICS in der Produktion individuell wie auch nach zentralen Vorgaben geschützt beziehungsweise versiegelt ist. Die Kombination aus zentral vorgegebenem Sicherheitsprofil und lokalen Whitelists ist im industriellen Umfeld extrem wichtig. Im Unterschied zu sehr homogenen Office-Umgebungen, zeichnen sich OT-Umgebungen durch ihre Heterogenität aus. Sehr häufig kommen Applikationen auf nur einem einzigen Gerät zum Einsatz. Diesem administrativen Super-GAU kann durch selbstlernende Agenten effektiv entgegengewirkt werden.

Nachdem das ICS durch diesen mehrschichtigen Sicherheitsansatz geschützt ist, stellt sich die Herausforderung der Wartbarkeit. Selbstlernende Whitelists auf Basis von Machine-Learning-Algorithmen mit intelligenten Agenten sind in der Lage, Software Updates individuell pro ICS zu erkennen und, basierend auf einem Regelwerk, zu erlauben. Dabei werden beispielsweise Hersteller-Zertifikate oder sogenannte sichere Installationsquellen ausgewertet. Es werden nicht nur die Updates zugelassen, vielmehr werden die lokalen Whitelists automatisiert aktualisiert und die ICS bleiben weiterhin versiegelt. Das Machine-Learning-basierte Management von Whitelists

Endpoint Protection erfordert ein mehrschichtiges Sicherheitskonzept.



erlaubt es, mit minimalem Personaleinsatz eine Vielzahl an heterogenen ICS sicher zu verwalten. Damit entlastet die Lösung Security-Teams und gewährleistet unternehmensweit, dass nur bekannte und sichere Anwendungen laufen.

Enge Zeitfenster für Wartungsarbeiten

Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass im industriellen Umfeld Wartungsarbeiten an IT-Systemen häufig ad hoc erfolgen beziehungsweise an sehr enge Zeitfenster gebunden sind. Wichtig ist, dass keine Abhängigkeiten zu einem zentralen Service-Desk entstehen und der sichere Betrieb jederzeit gewährleistet ist. Dies macht ein zentrales Management entsprechender Sicherungslösungen von Produktionsanlagen ebenfalls sehr arbeitsintensiv.

Um hier effektiv entgegenzuwirken, ist die Kombination unterschiedlicher Ansätze notwendig. Zum einen ist es entscheidend, dass Wartungsarbeiten dezentral ohne entsprechende Vorlaufzeiten bei der Konzern-IT möglich sind – auch im Offline-Betrieb der ICS. Zum anderen müssen die Lösungen in der Lage sein, sicherheitsrelevante Veränderungen an den Maschinensteuerungen zu protokollieren beziehungsweise zu dokumentieren. Schließlich muss bei dem Einsatz von Applikationskontrolle die Möglichkeit bestehen, Änderungen, die Updates und Patches in Bezug auf die sogenannten Black- und Whitelists nach sich ziehen, automatisch durchzuführen. Zuallerletzt kommt der Bedarf an sehr granularen und vielseitigen Konfigurationsmöglichkeiten gepaart mit der Unterstützung von alten Betriebssystemen, wie Windows XP, zum Tragen. Genau hier unterscheiden sich die verschiedenen Lösungen im Markt. Viele Hersteller verzichten heute auf den Support von alten Betriebssystemen. Letztere sind allerdings im OT-Umfeld noch sehr häufig anzutreffen.

Ist diese Hürde erfolgreich genommen, müssen die Lösungen in der Lage sein, auf den geschützten Endgeräten Funktionen anzubieten, die es erlauben, den Computer in einen Wartungsmodus zu versetzen. Hier bietet zum Beispiel die DriveLock Endpoint Protection einen sehr umfangreichen Wizard an, der es erlaubt, ein geschütztes Endgerät in einen „überwachten“ Wartungsmodus zu versetzen. Somit kann von zentraler Stelle aus definiert werden, in welchem Umfang ein Computer an einer Produktionslinie freigeschaltet werden kann. Damit ist es möglich, die Wartung in der Produktion an die Instandhalter beziehungsweise Maschinenführer zu delegieren und so die Konzern-IT zu entlasten. Hier sind Szenarien denkbar, in denen Computer mit Token auf Smartcards, SD-Cards oder auch Memorysticks „aufgesperrt“ werden können, ohne dass eine Eingabe per Tastatur notwendig ist.

Neben dem Öffnen der Security ist ein wesentlicher Aspekt, dass in dem Zeitfenster mit „gelockerter“ Sicherheit eine vollständige Protokollierung stattfindet. Zusätzlich muss sichergestellt werden, dass Updates oder Software-Installationen nach Beendigung des Wartungsmodus Bestandteil der Whitelist sind. Nur so ist gewährleistet, dass die neuen Applikationen ohne permanente Umgehung des definierten Sicherheitsprofils ausgeführt werden können.

Immer mehr Unternehmen erkennen, dass Produktionsanlagen ohne die richtigen Security-Maßnahmen ein leichtes Ziel für Cyberangriffe sind. Die Digitalisierung wird zudem die Fabrikgrenzen erweitern, indem sie die Anlagen auch mit Lieferanten vernetzt; das steigert Produktivität und Risiken. Unternehmen benötigen daher eine umfassende IT Security ohne Beeinträchtigung der Produktionsleistung, um die Vorteile integrierter Fertigungssysteme voll auszuschöpfen und gleichzeitig die Gefahren zu minimieren. □

SICHERER WEG ZUR INDUSTRIE 4.0

Zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit bietet die Digitalisierung Industrieunternehmen viele Möglichkeiten. Dabei müssen sie darauf achten, dass sie nicht ihre IT-Sicherheit riskieren. Eine neue Lösung basiert auf dem Security-by-Design-Prinzip.

TEXT: Matthias Ochs, Genua BILD: Genua

Daten sind das neue Gold für die Wirtschaft. Zunächst waren es Startups aus der IT-Branche, die mit datenbasierten Geschäftsmodellen sehr stark gewachsen sind – vor allem im Silicon Valley entwickelten sich einige Unternehmen innerhalb kurzer Zeit zu mächtigen Weltkonzernen. Inzwischen durchdringt die Digitalisierung nahezu alle Branchen. In der Industrie werden Produktionsbereiche standortübergreifend vernetzt, riesige Datenmengen erzeugt, ausgetauscht und in der Cloud gesammelt. Denn aus den Daten lassen sich mit Industrial Analytics wichtige Informationen für den Geschäftserfolg gewinnen: Wann droht der nächste Ausfall einer Produktionsmaschine, wann ist der günstigste Zeitpunkt für ein Wartungsfenster, wo sind noch Fertigungskapazitäten verfügbar?

Über die Prozessoptimierung hinaus ermöglicht die intelligente Auswertung der gesammelten Daten die Entwicklung neuer Dienstleistungen. Maschinenhersteller können beispielsweise ihre Kunden mit zusätzlichen Serviceleistungen unterstützen, die gezielt auf Basis der Ergebnisse der Datenanalysen angeboten werden. Aus diesem Ansatz können sich neue, attraktive Geschäftsmodelle entwickeln. Denn die Marktforscher sind sich einig: Wachstum wird künftig vor allem im Bereich datenbasierter Dienstleistungen erzielt, weniger dagegen mit dem Verkauf von Maschinen. Wenn die etablierten Maschinenhersteller diese Möglichkeiten nicht nutzen, werden es andere tun. Deshalb sollten die Unternehmen den Weg zur Industrie 4.0 zügig weiter gehen.

Mit der zunehmenden Digitalisierung steigen allerdings auch die Anforderungen an die IT-Sicherheit in der Industrie: Die Datenkommunikation in vollvernetzten Produktionsbereichen, vor allem via Internet zu externen Clouds, muss zuverlässig abgesichert werden. Denn sollten Angreifer an einer unzureichend abgesicherten Stelle in das Netzwerk eindringen und

Daten stehlen oder die Produktion lahmlegen, würden hohe Kosten und ein erheblicher Imageschaden entstehen. Noch schlimmer wären die Folgen, wenn durch Manipulationen beispielsweise Produktionsmaschinen außer Kontrolle geraten und Menschenleben gefährden würden. Hier trifft die Security der IT auf die Safety-Anforderungen der Industrie.

Maschinendaten analysieren und weiterleiten

Um Daten von Maschinen zu erfassen, zu verarbeiten und über sichere Verbindungen an Clouds weiterzuleiten, haben Schubert System Elektronik und der deutsche IT-Sicherheitspezialist Genua das Industrial Gateway GS.Gate entwickelt. Die Lösung lässt sich herstellerunabhängig an Maschinen anbinden und vereint Edge-Gateway und Firewall auf einer kompakten Plattform. Da das GS.Gate auf dem Security-by-Design-Prinzip basiert, garantiert es auch ohne ständige Updates und Patches für die Analyse-Anwendungen ein hohes Sicherheitsniveau an der sensiblen Schnittstelle Maschine-LAN beziehungsweise Internet.

Das GS.Gate bietet auf kompakter Industrial Hardware zwei getrennte Bereiche: In einem können Maschinenhersteller oder -betreiber mittels Docker individuelle Anwendungen installieren. Diese Anwendungen rufen über gängige Schnittstellen LAN, IO-Link, Gigabit-Ethernet oder Industrial Ethernet Zustands- und Leistungsdaten von der Maschine ab und führen die gewünschten Analysen durch. So werden bereits hier aus der gesamten Datenmenge die Informationen herausgefiltert, die für umfassende Industrial Analytics benötigt werden. Wichtig für Maschinenbetreiber ist zudem, dass er an dieser Stelle entscheiden kann, welche Daten in die Cloud des Herstellers übertragen werden dürfen und welche eben nicht. Durch diese Steuerung behält der Betreiber stets die Hoheit über seine Daten.



Das GS.Gate bietet flexible Analysemöglichkeiten direkt an den Maschinen und kombiniert die Funktionen eines Edge-Gateways mit einer Firewall.

Im zweiten Bereich des Industrial Gateways befinden sich eine Firewall sowie die Remote-Access-Komponente für Fernwartungszugriffe. Über die Firewall werden die gewonnenen Informationen verschlüsselt via Internet zur Cloud weitergeleitet. Dabei schützt die Firewall das Industrial Gateway und die damit vernetzte Maschine vor Cyber-Attacken aus dem Internet. Über die Remote-Access-Komponente können berechtigte Personen nach erfolgreicher Authentifizierung über verschlüsselte Verbindungen Wartungsarbeiten am Gateway sowie an der angebundenen Maschine vornehmen.

Hohes Schutzniveau dank Security by Design

Das GS.Gate ist nach dem Security-by-Design-Prinzip konzipiert – Sicherheitsaspekte bestimmen somit den grundlegenden Aufbau des Systems. Die Anwendungen zur Datenverarbeitung, die mit der Maschine sprechen, sind strikt getrennt von den Sicherheitssystemen, die die Kommunikation und Schnittstelle Richtung externes Netz schützen. Die separierten Bereiche verfügen über eigene Betriebssysteme und fest zugewiesene Hardware-Ressourcen; es gibt keine Überschneidungen.

Diese Sicherheitsarchitektur ermöglicht ein Microkernel-Betriebssystem, das als unterste Ebene auf dem Gateway läuft und strikt getrennte Bereiche erzeugt. Der Vorteil: Nach außen, Richtung Netzwerk, sind nur die speziell gehärteten Sicherheitssysteme sichtbar. Diese werden durch regelmäßige Updates auf dem neuesten Stand gehalten und sind somit gegen alle aktuellen Bedrohungen gewappnet. Hinter diesem starken Schutzschirm sind die strikt separierten Datenverarbeitungs-Anwendungen von außen nicht erreichbar, sie können daher ohne ständige Eingriffe durch Updates und Patches betrieben werden. So lassen sich Änderungen oder gar Störungen bei den abgestimmten Abläufen vermeiden.

Das Microkernel-Betriebssystem selbst bietet einen weiteren Sicherheitsvorteil. Denn es umfasst nur die unbedingt erforderlichen Funktionen und kommt deshalb mit rund 36.000 Zeilen Code aus. Andere Betriebssysteme mit vielen Funktionen basieren dagegen auf mehreren Millionen Code-Zeilen. Da programmierter Code immer Fehler enthält, die zu Schwachstellen führen können, bieten komplexe Systeme große Angriffsflächen für Cyber-Attacken. Aufgrund seiner minimalen und weitgehend statischen Code-Basis kann das Microkernel-Betriebssystem dagegen Zeile für Zeile geprüft werden, um Fehler und somit Schwachstellen auszuschließen. Die Sicherheitsarchitektur mit Microkernel-Betriebssystem und separierten Bereichen setzt Genua auch bei Lösungen im staatlichen Geheimschutzbereich ein, um sehr hohe Sicherheitsanforderungen zu erfüllen.

Gateway für großen Schritt bei Digitalisierung

Das GS.Gate ist eine gemeinsame Entwicklung von Schubert System Elektronik (SSE) und der Genua. SSE hat sich auf industrielle Computertechnik spezialisiert und gehört zur Unternehmensgruppe Gerhard Schubert. Die Gruppe ist ein führender Hersteller von Verpackungsmaschinen und setzt das GS.Gate bereits als Digitalisierungslösung ein, um die Effizienz und Verfügbarkeit der Anlagen und damit die Zufriedenheit der Kunden zu steigern. Die Analyse-Ergebnisse werden genutzt, um die Verpackungsmaschinen kontinuierlich zu verbessern und weiterzuentwickeln. Genua ist ein deutsches IT-Sicherheitsunternehmen mit langjähriger Erfahrung im Industrie- sowie auch Behördenbereich. Mit dem GS.Gate bieten die Partner eine Lösung, die Maschinenherstellern und -betreibern einen großen Schritt bei der Digitalisierung ermöglicht: flexible Analysemöglichkeiten direkt an ihren Maschinen, kombiniert mit starker Sicherheit bei der Vernetzung und vor allem Anbindung an externe Clouds. □

ELEKTRONISCHE SICHERUNGEN FÜR 24 VOLT

Der Einsatz von herkömmlichen Leitungsschutzautomaten führt häufig zur Überdimensionierung der Stromversorgung. Das lässt sich mit Hilfe von elektronischen Sicherungen vermeiden, da sie auf realen Applikationsbedingungen basieren. Für den Anwender bedeutet dies verkleinerte Stromversorgungen und Gehäuse.

TEXT: Dimitrios Koutrouvis, Lütze **BILD:** Lütze

Aus Sicherheitsgründen hat sich mittlerweile weltweit die Steuerspannung von DC 24 V durchgesetzt. Eine Folge dieser Entwicklung ist die Verkleinerung der Leitungsdurchmesser, was unmittelbar Einfluss auf die Schutzmechanismen hat. Dabei haben sich elektronische Sicherungen als besonders effizient erwiesen, bieten Sie doch einen wesentlich höheren Schutz als herkömmliche Leitungsschutzautomaten.

Übliche Leitungsschutzautomaten sind so ausgerichtet, dass beim Fließen eines beträchtlichen Stromes ein Auslösen erfolgt. Im Idealfall wird dazu eine unendlich große Stromquelle und die Möglichkeit der Erdung vorausgesetzt. Während dieser Strom erfasst wird, muss das Gesamtsystem den zu hohen Strom für kurze Zeit tragen. Moderne Schaltnetzteile bieten dazu einen Selbstschutz gegenüber thermischer Zerstörung. Um die Auslösung sicherstellen zu können, musste beim Einsatz von Leitungsschutzautomaten aus diesem Grunde eine Überdimensionierung der Stromversorgung stattfinden.

Beim Einsatz von elektronischen Sicherungen wie der LOCC-Box oder der LCOS-CC-Familie kann diese Überdimensionierung gänzlich entfallen, da jegliche Schutzmechanismen auf den realen Applikationsbedingungen basieren. Dem Anwender ermöglicht dies kleiner dimensionierte Stromversorgungen in kleineren Gehäusen und dadurch Platzeinsparung in Schaltschränken. Durch den Einsatz kanalloser Verdrahtungssysteme wie Airstream kann der Platzspareffekt noch deutlich vergrößert werden.

Höherer Strom für den Einschaltmoment

Ein anderer, oft unterschätzter Punkt ist der Moment des Einschaltens der Applikation. Durch den erhöhten Leistungs-

bedarf der Stromversorgung kann es dabei zu unterschiedlichen Fehlverhalten kommen. Wird dabei auf einen Kurzschluss geschaltet, kann die Stromversorgung nicht genügend Strom zum Auslösen des Leitungsschutzschalters zur Verfügung stellen. Dieser erkennt lediglich einen Überstrom und schaltet sehr verzögert – wenn überhaupt. Diese Totzeit von wenigstens einigen Sekunden kann zu beträchtlichen Schäden an der Anlage führen.

Power Boost bietet eine gute Möglichkeit, den notwendigen höheren Strom im Einschaltmoment zu liefern oder für den Fall, dass ein zeitlich begrenzter Überstrom vorliegt. Es ist jedoch falsch, zu glauben, dass sich der Power Boost dazu eignet, den zusätzlichen Strom bei Nominalbetrieb zum Auslösen des Schutzschalters zu liefern. Ein kurzzeitig hoher Einschaltstrom, besonders bei kapazitiven oder induktiven Lasten, ist aber auch ein Moment, in dem das Abschalten unerwünscht ist. Da ein Leitungsschutzautomat aber nicht in der Lage ist, die Last zu erkennen, kommt es dabei logischerweise zu Fehlauflösungen.

Demgegenüber sind elektronische Sicherungen so ausgelegt, dass sie durch geeignete Messungen automatisch solche Lasten erkennen und entsprechend nicht abschalten, sondern erst dann, bevor die angeschlossene Stromversorgung in den Selbstschutz geht. Im Gegensatz zu den auf dem Markt verfügbaren elektronischen Sicherungen, ermöglicht Lütze als einziger Anbieter, die Einstellbarkeit unterschiedlicher Charakteristiken, um die unterschiedlichsten Einschaltverhalten bis hin zum Schwerlastanlauf abzudecken.

Im nordamerikanischen NEC (National Electric Code) werden Stromkreise in unterschiedliche Klassen eingeteilt.

Der Einsatz von elektronischen Sicherungen wie der LOCC-Box oder der LCOS-CC-Familie ermöglicht kleiner dimensionierte Stromversorgungen und dadurch Platzeinsparung in Schaltschränken.



NEC-Class-2-Kreise dürfen so nur von einer Stromquelle mit maximal 100 VA / 8 A versorgt werden. Der Aufbau muss entweder gemäß den Richtlinien der UL1310 erfolgen oder er muss als limitierte Stromquelle gemäß UL 60950-1 klassifiziert oder gelistet sein. NEC-Class-2-Stromkreise gelten hinsichtlich Brandgefahr und elektrischem Schlag als ungefährlich.

Der Schutz durch Sicherungen oder Leitungsschutzautomaten von einer herkömmlichen Stromversorgung auf einen leistungslimitierten Kreis ist nur mit einer nach NEC Class 2 zugelassenen, elektronischen Sicherung zulässig. Die LOCC-Box-Serie von Lütze erfüllt alle diese Anforderungen und ist gemäß der IEC 60950-1 als Stromquelle mit begrenzter Leistung klassifiziert. Im Falle von Überlast wird der maximale Strom begrenzt und entsprechend der voreingestellten Charakteristik nach der definierten Zeit abgeschaltet. Sämtliche Absicherungen arbeiten autark. Im Gegensatz zu anderen Systemen werden so nicht alle Sicherungsmodule ausgeschaltet. Auch im Falle eines Gerätefehlers verhindert der interne, redundante Aufbau das Auftreten eines gefährlichen Zustandes.

Energie- und Systemdaten erfassen

Elektronische Sicherungen wie die LOCC-Box-Net oder die LCOS-CCi-Familie sind nicht nur reine Schutzelemente. Vielmehr können sie technologiebedingt bereits heute wesentliche Vorgaben der Industrie 4.0 abdecken. So erfassen beide Systeme über Buskoppler kontinuierlich alle relevanten Energie- und Systemdaten: Dabei handelt es sich um Parameter, wie beispielsweise aktuelle Betriebsspannung und -strom, eingestellter Bemessungsstrom und Charakteristik, Betriebsstunden von System und Gerät, Status zu Überlast, Kurzschluss und Unterspannung.

Über Buskoppler lassen sich die Daten in den Kommunikationssystemen Profinet, EtherCAT, Profibus DP, CANopen und EtherNet IP transparent darstellen. Die Daten werden in einer Steuerung oder einem überlagerten Energie-Managementsystem ausgewertet. Das kann dann zu einem Abschalten eines oder aller am Buskoppler angehängten Geräte führen. Dadurch wird auf einfache Weise ein gezieltes Abschalten nicht benötigter Verbraucher oder ganzer Anlagenteile ermöglicht. Darüber hinaus bleibt es dem Anwender überlassen, ob er ein Schalten über den standardmäßig vorhandenen Fernsteuerkanal oder über das Kommunikationssystem direkt durchführen möchte.

Alle diese Funktionen können zudem über eine frei nutzbare Software oder über ein HMI grafisch visualisiert und ausgeführt werden. Ein zusätzlicher, sehr wichtiger Aspekt ist die Fehlersuche. Besonders bei sporadisch auftretenden Überströmen, kann die Erfassung aller relevanten Daten über ein Event-Data-Logging in der Software dargestellt oder inklusive Time Stamp an die Steuerung gesendet werden.

Durch den Einsatz von Schaltnetzteilen wurden die herkömmlichen Leitungsschutzautomaten sehr schnell durch elektronische Sicherungen ersetzt. In diesem Prozess spielt auch die fortschreitende Automatisierung in Richtung Industrie 4.0 eine wichtige Rolle, welche Zugriffe bis in die letzte Zelle der Applikation erlaubt. Die Systeme LOCC-Box und LCOS CCi in Kombination mit den darauf abgestimmten Stromversorgungen von Lütze bieten hierfür eine intelligente und zuverlässige Stromüberwachung und alle Möglichkeiten der Integration in moderne Industrie-4.0-Anwendungen.

Weitere Informationen zu Lütze finden Sie im Business-Profil auf Seite 31.

SMARTE GREIFSYSTEME

Für eine hohe Akzeptanz kollaborativer Szenarien ist ein radikales Umdenken erforderlich. Im Mittelpunkt steht nicht mehr die Anlage oder Komponente, sondern der Mensch, der bei seinen Aufgaben unmittelbar unterstützt wird. Der Greifer muss sich also dem Menschen anpassen – nicht umgekehrt.

TEXT: Prof. Dr. Markus Glück, Schunk BILDER: Schunk

Damit die DGUV eine komplette Anlage für den MRK-Betrieb zertifiziert, ist nachzuweisen, dass der Bediener bei einem Kontakt nicht verletzt wird. Hier greifen die Schutzprinzipien der DIN EN ISO 10218-1/-2 und DIN EN ISO/TS 15066 sowie die Maschinenrichtlinie, die vorschreibt, dass stets die Gefahr für den Menschen zu betrachten und die damit verbundenen Risiken zu bewerten sind. Konkret heißt das: Welche Arbeitsräume existieren? Welche Risiken bestehen? Wo müssen Räume eingeschränkt werden, um Verletzungen auszuschließen? Hier ist jede Applikation individuell zu betrachten.

Generell gilt: Für den kollaborierenden Betrieb muss ein Roboter ruhig fahren, Kollisionen feinfühlig erkennen und sicher agieren. Sämtliche Steuerungselemente und die Antriebsregelungen sind in sicherer Technik mit Performance-Level d (PL d) mit Strukturkategorie 3 (Kat. 3) auszuführen. Leichtbaumaterialien tragen dazu bei, dass die bewegte Masse des Arms sinkt und der Kollisionsimpuls verringert wird. Am Markt vorhandene Greifsysteme für die Mensch-Roboter-Kollaboration, wie der DGUV-zertifizierte Co-Act EGP-C Greifer von Schunk, konzentrieren sich in der Regel auf die Aspekte der inhärenten Sicherheit: Abgerundete Kanten, Schutzhüllen sowie eine Begrenzung der Greifkräfte verhindern, dass bei einem unbeabsichtigten Kontakt von Mensch und Front-End Verletzungen entstehen. Damit sind die technischen Grundbedingungen für eine sichere Kollaboration vollständig erfüllt.

Zusätzlich zu diesen Faktoren der Technologie und Normung spielt bei kollaborierenden Anwendungen vor allem der

Mensch eine entscheidende Rolle. MRK-Projekte gelingen vor allem dann, wenn die mit ihnen einhergehenden Veränderungen des Arbeitsumfelds von den Führungskräften erklärt und in der Fertigungslinie überzeugend vorbereitet werden.

Den Faktor Mensch berücksichtigen

Gerade in der Anfangsphase gilt es, die für eine MRK-Einführung offenen Talente im Betrieb zu identifizieren und deren Qualifikation auf dem Gebiet der Robotertechnik und der Arbeitssicherheit auszubauen. Zudem sind sorgfältig ausgearbeitete Einarbeitungspläne für die Werker und Fachabteilungen erforderlich. Da in Zusammenhang mit MRK-Projekten umfangreiche Fragen der Betriebs- und Arbeitssicherheit zu klären sind, sollten neben den Mitarbeitern vor Ort auch der Betriebsrat und vor allem die Verantwortlichen im Bereich Arbeitssicherheit von Beginn an in jedes Projekt einbezogen werden. So lässt sich sicherstellen, dass der „maschinelle Kollege“ umfassend akzeptiert wird.

Bezogen auf den einzelnen Mitarbeiter lohnt es sich, neben dem Know-how-Transfer vor allem auch weiche Faktoren zu berücksichtigen. Hierzu zählen Sicherheitsbedenken ebenso wie die Angst vor Überforderung und die nicht zu unterschätzende Sorge um den Verlust angestammter Aufgaben. Gerade in der Anfangsphase sind daher möglichst kurze, langsame und vorhersehbare Roboterbewegungen sowie sanfte Bewegungsabläufe empfehlenswert, die vom Menschen beobachtet und nachvollzogen werden können. Werker müssen die Mög-

Die Co-Act Greifer von Schunk sind speziell für das Teamwork von Mensch und Maschine konzipiert.



lichkeit haben, sich Schritt für Schritt mit dem neuartigen System anzufreunden und lernen, dass sie den Arbeitsprozess beherrschen, die Abläufe bestimmen und sich auf die Funktion der Sicherheitssysteme verlassen können. Wer sich vom Roboter getrieben fühlt, wird schnell eine ablehnende Haltung einnehmen. Hingegen fördert ein spielerischer Umgang die Akzeptanz, erst recht wenn zusätzlich Perspektiven für eine höhere Arbeitszufriedenheit eröffnet werden, weil beispielsweise monotone oder körperlich belastende Aufgaben wegfallen.

Smarte Kollaboration als Ziel

Wie Greifsystemkomponenten für kollaborierende Szenarien künftig aussehen werden, zeigt Schunk mit dem Co-Act JL1 Greifer. Es ist der weltweit erste intelligente, nach den Leitgedanken der Industrie 4.0 aufgebaute Greifer für kollaborierende Anwendungen, der über eine dezentrale Steuerungsarchitektur verfügt, die entsprechend der RAMI-4.0-Leitlinien konzipiert wurde und unmittelbar mit dem Menschen und dem Roboter interagiert.

Kennzeichnend für die Technologiestudie sind insgesamt fünf Merkmale: Erstens, ein sicherer Antrieb, der ein breites Greifkraftspektrum ermöglicht und gewährleistet, dass das gegriffene Teil auch bei einer Prozessunterbrechung zuverlässig gehalten wird. Zweitens, eine Umfeld-Sensorik, die die Umgebung des Greifers erfasst. Drittens, eine Software, die die Signale der Sensoren auswertet und verarbeitet. Viertens, eine Begrenzung der Greifkraft, die unmittelbar dann erfolgt, wenn es

zu einem unerwünschten Kontakt mit dem Menschen kommt. Und zuletzt eine harmonische Außenkontur ohne scharfe, spitze oder schneidende Kanten. Mithilfe eigens entwickelter Greifstrategien und Kraftmessbacken in den Fingern kann der Co-Act JL1 sein Verhalten in Echtzeit darauf abstimmen, ob das Werkstück oder womöglich eine menschliche Hand gegriffen wird. Mechanisch ermöglicht der Greifer sowohl einen Parallel- als auch einen Winkelgriff, wodurch er in der Lage ist, unterschiedlichste Objekte zuverlässig zu handhaben.

Sicherheitsaura nach dem Zwiebelschalenprinzip

Eine nach dem Prinzip der Zwiebelschale aufgebaute, mehrstufige Sicherheitsaura bestehend aus optischer, kapazitiver, taktiler und Kraft-Momenten-Sensorik erlaubt es, Gegenstände und Körperteile zu unterscheiden, Greifoperationen präzise zu überwachen, Objekteigenschaften zu ermitteln und autonome Ausweichstrategien des Roboters zu realisieren. Im Gegensatz zu etablierten Möglichkeiten der Arbeitsraumüberwachung, die eher ein weiteres Umfeld abdecken, ermöglicht die kapazitive Sensorik eine unmittelbare Detektion des engen Radius von 20 cm rund um den Greifer, bevor es zu einem Kontakt kommt.

Eine zweite Ebene bildet die Kraft-Momenten-Sensorik, die im Flansch verbaut ist. Diese registriert, wenn unerwartete Kraftwirkungen auftauchen. Sie dient dazu, eine effektive Kollision zu bemerken und den Roboter daraufhin zu stoppen. Außerdem können mit ihrer Hilfe Zusatzfunktionen realisiert



Über taktile Sensoren in den Fingern bestimmt der Co-Act JL1 Greifer die Greifkraft, die auf ein Objekt wirkt. Dadurch können auch zerbrechliche Gegenstände zuverlässig gehandhabt werden.

werden. Beispielsweise lässt sich ermitteln, ob ein Glas voll oder leer ist.

Taktile Sensoren bilden die dritte Ebene: Vergleichbar mit dem menschlichen Tastsinn erfassen diese orts aufgelöst sowohl einzelne Berührungen als auch großflächige Druckverteilungen. Mithilfe von Vision-Sensoren und intelligenten Algorithmen zur Mustererkennung können Objekte beim Greifen identifiziert und der Griff reaktiv angepasst werden.

Eine spezielle Software bündelt die Informationen aus den einzelnen Sensorquellen und leitet die Information ab. Das Ziel ist es, Kollisionen mit dem Bediener frühzeitig zu vermeiden, Cobots mit höheren Bahngeschwindigkeiten zu betreiben und eine ortsnahe Bewertung der Greifsituation zu gewährleisten. Über die Einbindung in Analysenetze ermöglicht der Greifer eine Vielfalt an Auswertungen rund um das Grei-

fen und die Greifkontrolle. Langzeitbewertungen mithilfe von Cloud-Services ermöglichen zudem, neueste Methodenansätze der künstlichen Intelligenz zu nutzen.

Um die Potenziale der Mensch-Roboter-Kollaboration auszuschöpfen, werden Greifsystemkomponenten künftig über Fähigkeiten verfügen, die eine humanoide Interaktion ermöglichen. Das Greifsystem wird sich daher dem Menschen anpassen, nicht umgekehrt. Bei dieser smarten Kollaboration weiß der Greifer selbst, wie das Werkstück zu greifen und kollisionsfrei zu verfahren ist, ohne den Menschen zu gefährden. Vor allem die Analysemöglichkeiten des Greifsystems, die taktile Intelligenz und die autonome Kollisionsüberwachung werden in diesem Zusammenhang Bedeutung gewinnen.

Weitere Informationen zu Schunk finden Sie im Business-Profil auf Seite 42.



LESETIPP

Sie möchten sich an der nächsten Jahress Ausgabe des A&D-Kompandiums mit einem Fachbeitrag beteiligen?

Wir freuen uns auf Ihren Beitragsvorschlag und senden Ihnen gerne die Call-for-Papers-Formulare zu. Schreiben Sie uns eine kurze Mail: newsdesk@publish-industry.net

publish
industry
verlag

VERSORGUNGS- UND VERBINDUNGSTECHNIK



BILDQUELLE: ISTOCK, TRAVENIAN

196 Konnektivität aus dem Baukasten
Übertragung von Strom, Signalen und Daten in einem Steckverbinder kombinieren

198 Click and ready
Mit Push-Pull-Verriegelung Montagezeit sparen

203 Multifunktionale Steckverbinder
Steckverbinder mit hybriden Schnittstellen für den Einsatz in mobilen Komponenten

206 Nachhaltiges Klimamanagement
Ganzheitliches Konzept sorgt für thermisch optimierte Schaltschränke

210 Exakt regeln und effizient kühlen
Neue Chiller-Generation für flexibel einsetzbare Flüssigkeitskühlung

214 Bei laufender Produktion prüfen
Differenzstrom-Überwachungssysteme machen Anlagenabschaltung unnötig

217 Energiemanagement mit Zukunft
Partnernetzwerke als entscheidendes Kriterium bei der Umsetzung von Projekten

KONNEKTIVITÄT AUS DEM BAUKASTEN

Um den Wandel zu dezentralen, modularen Fertigungskonzepten zu unterstützen, braucht es entsprechende Steckverbinder. Eine neue Serie ermöglicht es Anwendern nun, Module zur Übertragung von Strom, Signalen und Daten flexibel in einem Gehäuse zu kombinieren.

TEXT: Sascha Lambauer, TE Connectivity **BILDER:** TE Connectivity

Die Industrie ist im Umbruch: Ausgelöst von den Möglichkeiten der Digitalisierung, verspricht das industrielle Internet der Dinge eine intelligente, autonome und individuelle Fertigung von Produkten, die darüber hinaus mit weniger Ressourcen auskommt und effizienter vonstattengeht. Losgröße 1 und Null-Fehler-Kultur sind weitere Stichworte, die die Entwicklung kennzeichnen. Bis dahin ist es jedoch noch ein weiter Weg, besonders wenn man sich die unterschiedlichen Anforderungen in einzelnen Branchen vergegenwärtigt.

Ablösung zentralisierter Fertigungslinien

Steckverbinder spielen eine entscheidende Rolle in diesem Wandel. Starre, zentralisierte Fertigungslinien sollen von dezentralen Zellen und Modulen abgelöst werden, die über den Shop Floor verteilt sind und je nach Bedarf flexibel produzieren. Dazu braucht man Verbindungslösungen, die verlässlich Energie, Signale und die stetig steigenden Datenmengen übertragen. Besonders in rauen Produktionsumgebungen, wo hohe Lasten gefahren werden und viele Antriebe integriert sind, werden Heavy-Duty-Steckverbinder benötigt, die sehr robust sind und für die gewünschte Konnektivität über einen möglichst langen Zeitraum sorgen.

Die neuen modularen Rechtecksteckverbinder HMN (Heavy Duty Modular New Generation – neue Generation modular aufgebauter schwerer Steckverbinder) von TE Connectivity (TE) sind speziell für Industrieumgebungen ausgelegt und widerstehen rauen Bedingungen wie Staub, Feuchtigkeit, Vi-

brationen und elektromagnetischen Feldern. Zudem können bis zu sechs verschiedene Module mit bis zu 48 Kontakten in einem Gehäuse untergebracht werden, um Ströme bis 200 A und Spannungen bis 1000 V zu übertragen. Dateninterfaces wie D-Sub und RJ45 komplettieren das System. Die Gehäuse sind in verschiedenen Schutzarten bis IP69K sowie in weiteren Varianten mit EMV-Schutz oder Korrosionsbeschichtung verfügbar.

Insbesondere Anwender, die eine gewisse Menge von Kontakten verarbeiten, profitieren von den erweiterten Möglichkeiten. Dies betrifft zum Beispiel Hersteller von Industrierobotern, Maschinenbauer, aber auch den Bereich Halbleiterfertigung, wo mehrere Kontakte pro Sekunde verarbeitet werden. Durch die modularen Steckverbinder der HMN-Serie lassen sich von Fall zu Fall Steckverbinder zusammenfassen und Applikationen kleiner auslegen, was nicht zuletzt zu einer deutlichen Reduktion der Gesamtbetriebskosten (TCO) führen kann.

Höhere Kontaktdichte, geringerer Platzbedarf

Besonderen Wert hat TE deshalb auch auf die Kontakte und deren Verarbeitung gelegt, um bei gleicher Qualität weitere Kostensenkungen zu ermöglichen. So ermöglicht die Verwendung gestanzter Kontakte eine höhere Kontaktdichte und reduziert den benötigten Platz im Steckverbinder, was nicht nur Vorteile bei der Applikationsauslegung bietet, sondern auch signifikante Kosteneinsparungspotentiale eröffnet. Hin-

Die modularen Rechtecksteckverbinder der Serie HMN sind speziell für raue Industrieumgebungen ausgelegt.



zu kommt die Möglichkeit des maschinellen Crimpens zur schnellen und hochwertige Verarbeitung. Die hierfür erhältlichen halbautomatischen Crimpmaschinen sorgen für mehr Qualität und Zuverlässigkeit der elektrischen Verbindungen und eine Zeitersparnis von bis zu 75 Prozent: Während man mit dem Handcrimp-Werkzeug etwa 20 Sekunden pro Kontakt benötigt, dauert der halbautomatische Vorgang weniger als fünf Sekunden.

Um die Verarbeitung und Qualität beim Crimpvorgang zu erhöhen, setzt TE auf eine eigens entwickelte Geometrie der Kontakte: Die Dynamic-Kontakte weisen durch das F-Crimp-Konzept eine geringere Crimphöhe auf und sind damit einfacher und sicherer zu verarbeiten, sei es maschinell oder mit dem entsprechenden Handwerkzeug. Gerade für die Automobilindustrie mit ihren hohen Anforderungen bezüglich Miniaturisierung bieten die dynamischen Kontakte für schwere Steckverbinder vielfältige Chancen zur Effizienzsteigerung in der Fertigung.

Digitalisierung der Steckverbinder

Welche weiteren Entwicklungen sind für Heavy-Duty-Steckverbinder in den nächsten Jahren zu erwarten? Unter anderem zeichnet sich die Digitalisierung und Sensorisierung des Steckers ab, um jederzeit über den Netzwerkstatus und weitere Kenngrößen – wie etwa die Temperatur des Gehäuses bei hohen Strömen – informiert zu sein. Die integrierte Elektronik könnte zum Beispiel einfach per LED anzeigen, ob

Kontakte aktiv sind, wie man das vom RJ45-Stecker im Consumer-Bereich bereits kennt.

Mit Temperatur- und weiteren Sensoren ergeben sich darüber hinaus in Zukunft Möglichkeiten – insbesondere in Sachen Condition Monitoring und Predictive Maintenance. Das Rad der Entwicklung steht also auch bei schweren Steckverbinden keineswegs still. □

DAS WICHTIGSTE AUF EINEN BLICK



Die neue Steckverbinderserie HMN (Heavy Duty Modular New Generation) von TE ermöglicht industrielle Konnektivität in einem robusten Gehäuse – modular anpassbar nach den jeweiligen Anforderungen der Anwendung. Die wichtigsten Eigenschaften der HMN-Serie sind:

- hohe Kontaktdichte: bis zu 288 Kontakte in einem Steckverbinder
- flexible Konfiguration von Anzahl und Querschnitt der Kontakte
- Neue Geometrie: Durch das F-Crimp-Konzept weisen die Kontakte eine geringere Crimphöhe auf und sind damit einfacher zu verarbeiten.
- Stromübertragung bis 200 A und Spannungen bis zu 1 kV
- Schutzarten bis IP69K, Varianten mit EMV-Schutz und Korrosionsbeschichtung

CLICK AND READY

Steckverbinder müssen schnell, einfach und sicher zu bedienen sein. Mit Push-Pull-Verriegelungen können Servicetechniker Montagezeit sparen und bekommen eine eindeutige Rückmeldung über den korrekten Anschluss von Data, Signal und Power.

TEXT: Jonas Diekmann, Harting BILDER: Harting

Schnittstellen in industriellen Anwendungen unterliegen erhöhten Ansprüchen. Auf der einen Seite sind es äußere Faktoren wie Feuchtigkeit, Staub, Schadgase oder Vibrationen, die eine Verbindung beeinträchtigen und stören können. Auf der anderen Seite stehen die Handhabung und Bedienungsfreundlichkeit durch Fachkräfte. Die richtige und damit sichere Handhabung und Verbindung von Schnittstellen im professionellen Arbeitseinsatz ist ein nicht unerheblicher Faktor.

Der Schutz einer Verbindung hat, um den schlimmsten Fall einer Anlagenstörung oder Zerstörung zu verhindern, höchste Priorität. Aufgrund dessen spielen rein technische Aspekte der Widerstandfähigkeit und die gleichzeitige Bedienbarkeit Hand in Hand.

Einfachere Bedienung notwendig

Im B2B-Bereich geht es oftmals um eine größere Anzahl an Verbindungen, die im Servicefall getrennt und im Anschluss auch wieder verbunden werden müssen. Stecken und Ziehen müssen demnach auch in einem vertretbaren Zeitrahmen zu bewerkstelligen sein. Rechnet man die einzelne Zeitersparnis hunderter oder tausender Verbindungen eines Betriebsjahres zusammen, wird ein deutliches Einsparungspotenzial deutlich. Über die Jahre haben Unternehmen auf diese Weise verschiedenste Formen von Steckverbindern entwickelt und am Markt etabliert. Die Abdichtung und Resistenz der Verbindung gegen Schmutz oder unbeabsichtigtes Lösen durch Vibrationen oder Bediener werden in der Regel durch eine Verriegelung hergestellt.

Der daraus resultierende Montageaufwand ist recht zeitintensiv und bedarf geschulten Service- und Montagepersonals sowie verschiedener Werkzeuge, die ein Monteur verlieren

oder falsch bedienen kann. Die Bedienung muss also deutlich einfacher, schneller und gleichzeitig sicherer werden.

Passendes Werkzeug oft nicht zur Hand

Um industrielle Steckverbinder zu sichern, haben sich zahlreiche Mittel etabliert. Die Vielfalt an Formen, Materialien, Kontaktanzahl, Größen und Verriegelungsmechanismen für die verschiedensten Aufgaben ist beachtlich. Dies können ganz klassisch Schrauben sein, wie sie bei D-Sub Miniatur-Steckverbindern zu finden sind, eine Verschraubung des Steckers selbst, wie im Rundsteckverbinder-Bereich oder auch Clips oder Hebel bei RJ45, um nur einige der Möglichkeiten zu nennen.

Über diese Systeme wird neben der Verriegelung der elektrischen Verbindung auch der notwendige Druck auf Dichtungen ausgeübt, um die Verbindung vor Außeneinflüssen zu schützen. Zumindest wenn es um den Einsatz von IP65/67-Lösungen geht. In vielen Fällen bedarf es dafür fest definierter Anzugsdrehmomente. In der Montage im Feld sind Begleitdokumente und notwendige Drehmomentwerte jedoch nicht immer parat oder das passende Werkzeug ist nicht zur Hand. Ab diesem Punkt wird es schwierig.

Werden Drehmomente an Schraubverriegelungen unterschritten, drohen diese, sich unter Vibrationen zu lösen, und Dichtungen schließen nicht ordentlich ab. Werden Drehmomente nach dem Sprichwort „Viel hilft viel“ überschritten, drohen Gewinde zu zerstören oder Dichtungen zu zerquetschen. Ist das passende Werkzeug nicht zur Hand, kann die Montage oft gar nicht durchgeführt werden. Im spontanen Servicefall geht hier wertvolle Zeit verloren und Anlagen stehen still.

Stecken wie zuhause

Im Deutschen stammt der Begriff Steckverbinder vom Verb „stecken“ ab. Getreu diesem Ursprung werden bei Harting immer mehr Gerätesteckverbinder mit der PushPull-Verriegelung versehen. Damit können sowohl eckige als auch runde Schnittstellen sicher und in kürzester Zeit gesteckt oder gezogen werden. Ein definierter Anschlag und ein Klicken geben dem Anwender die eindeutige Rückmeldung über den sicheren Anschluss.

Gleichzeitig sind Dichtungen so ausgelegt, dass sie beim Klicken und Verriegeln sicher nach IP65/67 abdichten. Soll die Verbindung wieder gelöst werden, zieht man einfach am Gehäuse, und die Verriegelung löst sich und kann getrennt werden. So einfach wie an der Steckdose zuhause, nur dass die professionelle Lösung allen Widrigkeiten des industriellen Umfeldes gewachsen ist.

Entstanden ist die Idee der schnell und einfach zu bedienenden Schnittstelle in der Robotik von Automobil-Produktionen. Hier müssen regelmäßig Werkzeuge und Apparate an Robotern gewartet oder getauscht werden, und die zeitliche Taktung der Produktion erlaubt keine langen Ausfallzeiten. In der Praxis hieß das: Verbindungen für Data, Signal und Power abziehen, Werkzeug wechseln, anstecken – Click und ready. Aus dieser Anwendung entstanden die ersten Standards für PushPull-Steckverbinder in den Varianten 4 und 14.

Genormtes System bietet Lösung aus einer Hand

In den universellen „Containern“ der Gehäuse von Variante 4 und Variante 14 sind diverse Steckgesichter unterzubringen. Je nach Einsatz können dies RJ45, optische Fasern

in Kunststoff oder Glas oder auch USB für die Übertragung von Daten sein. Sollen Signale gebündelt und weitergeleitet werden, stehen Anwendern dafür Steckgesichter in 10- und 20-polig zur Wahl. Aber auch die Leistungsversorgung kann durch die werkzeuglose Schnittstelle bis zu 690 V bei 16 A sichergestellt werden.

Gerätehersteller haben durch die genannten Faktoren alle notwendigen Lösungen aus einer Hand in einem einheitlichen und genormten System. So können in einem einheitlichen Zinkdruckguss-Gehäuse sämtliche notwendigen Lebensadern





x-codierter M12-Schraub- (links) und M12-PushPull-Kabelstecker (Mitte) sowie Buchse

einer Fertigung untergebracht werden. Es kann im Zuge dessen mit einem einzigen Formfaktor geplant werden, und auch die Anzahl an Artikelnummern wird durch das Baukastenprinzip geringer gehalten.

Sicherung gegen unbeabsichtigtes Öffnen

Das gleiche Prinzip gilt für das neueste Mitglied der PushPull-Familie. Die Variante 4 in der zweiten Generation ist durch Wünsche und Anforderungen des Marktes entstanden. So wurde das bewährte PushPull-V4-Gehäuse mit zusätzli-

chen farblichen Kodierungsmöglichkeiten versehen, bekam ein ergonomischeres Gehäuse und eine Drehsicherung gegen unbeabsichtigtes Öffnen.

Neben Standardeinsätzen für Power und Ethernet steht auch eine Mini-Displayport-Schnittstelle für HMIs in Form von Bildschirmen und Bedienteilen, die mit Videosignalen versorgt werden, bereit. Um hier die zusätzliche Umwandlung von Videosignalen in Ethernet zu vermeiden, bietet die Displayport-Schnittstelle die direkte Weiterleitung von Videosignalen. Neben all diesen rechteckigen Vertretern des Push-

Rittal – Das System.

Schneller – besser – überall.

DER SCHNELLSTE SCHRANK DER WELT.

SCHALTSCHRÄNKE

STROMVERTEILUNG

KLIMATISIERUNG



Mit seinen neuen PushPull-Steckverbindern ermöglicht Harting eine sichere Verbindung, die werkzeuglos und platzsparend erfolgt.

Pull-Systems gilt es jedoch, die Rundsteckverbinder nicht zu vergessen.

Kommt ohne Dreh aus

Der gängigste Vertreter im Bereich der metrischen Rundsteckverbinder ist der M12. Er ist ursprünglich ein klassischer Signalsteckverbinder mit Schraubanschluss für Sensoren und Aktoren. In den letzten Jahren hat sich diese Schnittstelle durch D- und X-Kodierung immer mehr auch für Fast Ethernet und Gigabit-Ethernet-Anwendungen etabliert. Allesamt

haben sie jedoch die Verriegelung durch eine Verschraubung gemein, die mit einem speziellen Drehmomentschlüssel überprüft werden muss, wenn die vorgegebene IP65/67-Schutzklasse sichergestellt werden soll. Die Montage dauert durch Schrauben und Prüfen denkbar lange, und die Packungsdichte von Schnittstellen auf Switchen ist eher mäßig, wird doch stets ein gewisses Maß an Platz für das Werkzeug benötigt.

Um der gesteigerten Rolle des M12 gerecht zu werden, bietet Harting seit Längerem den M12 mit dem PushPull-Mechanismus an und hat ihn im ersten Schritt im Bahnmarkt platziert.

VX25.
PERFEKTION MIT SYSTEM.



VX25. PERFEKTION MIT SYSTEM.

Zeit sparen kann dieser Schrank besonders gut. Denn mit seinen optimierten Zugängen und einem größeren Montagekomfort ist der VX25 auch für die teilweise werkzeuglose Montage gebaut. So werden Ihre Arbeitsprozesse einfacher, besser und schneller.



IT-INFRASTRUKTUR SOFTWARE & SERVICE



PushPull V14 mit RJ45-Einsatz



Die PushPull-Steckverbinder kommen in verschiedenen Industriebranchen zum Einsatz. Hier ist ein PushPull V4 zu sehen.

Die Anforderungen auf der Schiene sind mit die höchsten, die es zu erfüllen gibt. Besteht eine Schnittstelle diesen Einsatz, kann sie in andere Einsatzbereiche ruhigen Gewissens übernommen werden.

Da die Rückmeldungen der Bahnhersteller durchweg positiv waren und die allgemeine Entwicklung in allen industriellen Geschäftsfeldern auf immer mehr Modularität setzt, hat Harting sich entschlossen, die PushPull-Steckverbinder aller Baureihen durch neue Varianten zu ergänzen und auch Leiterplattenanschlüsse für Rundsteckverbinder zukünftig immer für das PushPull-System auszulegen. Dies geht nicht zu Lasten bisheriger Anwender, denn die Schnittstellen sind rückwärtskompatibel und nach wie vor mit konventionellen M12-Schraubverriegelungen zu nutzen. So kann schrittweise auf PushPull umgestellt werden. Die andere Alternative stellen im M12-Bereich Adapter dar, die eine Standard-M12-Schraub-Buchse zur PushPull-Buchse wandeln.

Out of the box oder DIY?

Je nach Einsatzfall und Anwendung ist es für Anlagenbauer ratsam zu prüfen, ob Steckverbinder und Kabel im Feld konfektioniert werden müssen oder ob man viele wiederkehrende Längen von End-to-End-Verbindungen hat. Ersterer Fall ist typischerweise in großen Betriebsstraßen notwendig. Hier ist bis zum Tag der Einrichtung nicht genau auf den Zentimeter zu sagen, ob eine bestimmte Anzahl an fertigen Kabelassemblies benötigt wird. Daher ist es besser, Kabel auf Rollen und lose Steckverbinder vorzuhalten und diese passend an der Anlage zu konfektionieren und zu verbinden.

Kann man vorab schon sagen, ob wiederkehrende Kabellängen einer bestimmten Anzahl benötigt werden, können alle PushPull-Steckverbinder auch fertig konfektioniert in Standardlängen als fertige Kabel bezogen werden. Auch kundenspezifische Sonderlängen sind natürlich kein Problem. Fertige Assemblies bieten den Vorteil, dass jedes einzelne Kabel geprüft und funktionstüchtig ist. Gerade bei optischen Fasern ist die eigene Montage für ungeübtes Montagepersonal nicht immer problemlos und kann zu Fehlern führen, die man mit fertigen und geprüften Komponenten umgeht. Fertige Kabel sparen also zusätzlichen Montageaufwand ein und sind eine absolut sichere Lösung. Für alle Nutzer, die Schnittstellen häufig öffnen und schließen ist PushPull die einfachste und sicherste Lösung: schnell, einfach und robust.

Wer profitiert?

Die Vorteile der PushPull-Verriegelung richten sich in erster Linie an die direkten Anwender wie Anlageneinrichter und Servicepersonal. Sie haben den direkten Nutzen der Neuerung praktisch in der Hand und profitieren durch leichtere und schnellere Handhabung ohne Werkzeuge. Im zweiten Schritt ist das System an Gerätehersteller adressiert. Sie profitieren nicht unmittelbar von einer anderen verbauten Anschlusstechnik, machen das gesamte Produkt unter dem Handlingaspekt jedoch attraktiver. Der Gerätehersteller kann durch die großen Benefits wie Prozesssicherheit und minimierte Montagezeit beim eigenen Kunden punkten und so Aufträge für sich entscheiden.

Weitere Informationen zu Harting finden Sie im Business-Profil auf Seite 23.

MULTIFUNKTIONALE STECKVERBINDER

In der Automatisierung steigt der Bedarf nach mobilen und flexibel einsetzbaren Komponenten. Diese sollen wenig Platz verbrauchen und leicht zu installieren sein. Multifunktionale Steckverbinder mit hybriden Schnittstellen sind daher ein wichtiger Baustein, um diese Anforderungen zu erfüllen.

TEXT: Jürgen Heigl / Bernhard Säckl / Fabian Seymer, ODU **BILDER:** ODU

Um die Produktivität zu steigern, werden künftig zunehmend Maschinen und Automatisierungskomponenten eingesetzt, die mobil und flexibel sind. Hierzu müssen insbesondere deren Gewicht, Platzbedarf sowie Handlings- und Installationsaufwand reduziert werden. Einen zentralen Baustein dafür bilden multifunktionale Steckverbinder. Denn sie ermöglichen mit Hilfe hybrider Schnittstellen, hoher Poldichte und einer modularen Bauform effiziente Lösungen für zahlreiche Anwendungen.

Durch intelligente, vollständig vernetzte Fertigungsprozesse können die Kapazitäten eines Unternehmens optimal an die jeweilige Auftragslage angepasst werden. Um jedoch beispielsweise heute Produkte in Großserienfertigung und morgen kundenspezifische Ausführungen in Losgröße 1 herzustellen, müssen sich Anlagen innerhalb kurzer Zeit verändern lassen. Ein Beispiel dafür sind Handling-Roboter, die an einem Tag in einer Montagelinie eingesetzt werden und am nächsten in der Fördertechnik. Ebenso werden etwa teure Geräte für Schock- und Vibrationsmessungen oder Gasanalysen, von denen oft nicht viele vorhanden sind, an verschiedensten Einsatzorten verwendet.

Damit mobile Maschinen und Automatisierungskomponenten flexibel eingesetzt werden können, sind Steckverbinder erforderlich, die Platz und Gewicht einsparen, sich einfach

anschließen lassen, auch bei sehr hohen Steckzyklen nicht verschleifen und unterschiedlichen Umgebungsbedingungen widerstehen. Um die ersten beiden Anforderungen zu erfüllen, sind hybride Schnittstellen entwickelt worden, die sowohl Daten und Signale als auch Leistung übertragen. Diese benötigen weniger Einbauraum und sind zudem auch leichter als klassische Verbindungslösungen, die nur eine Funktion unterstützen.

Vielseitige Schnittstellen

Neuester Stand der Technik sind multifunktionale Steckverbinder, die die elektrische Übertragung auch mit der Übertragung von Fluiden kombinieren können. Mit anderen Worten: Über eine Schnittstelle können nicht nur Daten, Signale und Leistung übertragen werden, sondern etwa auch Wasser, Öle und Druckluft. Entsprechende Lösungen mit multiplen Fluiddurchführungen wurden bereits sowohl für Rund- als auch für Rechtecksteckverbinder realisiert.

Um eine hohe Poldichte zu erreichen, werden dabei quasi haarfeine Kontakte eingesetzt, deren Durchmesser lediglich 0,3 mm beträgt. Das ermöglicht eine Dichte von mehr als einem Kontakt pro mm². Bezogen auf multifunktionale Rundsteckverbinder können so auf kleinem Raum mehr als 50 Pole umgesetzt werden und bei entsprechenden Rechtecksteck-



Hybrider Rundsteckverbinder mit Push-Pull-Verriegelung von ODU, der die Übertragung von Signalen und Fluiden kombiniert.

verbindern zwischen 80 und 640 Pole. Dadurch bieten diese Steckverbinder ein optimales Platz-Leistungs-Verhältnis, was insbesondere für kleinere Maschinen, wie die eingangs erwähnten Handling-Roboter, Vorteile bietet. Sprich, es macht sie mobiler und flexibler.

Zusätzliche Sicherheit

Ein weiterer Vorteil gegenüber klassischen Verbindungslösungen besteht darin, dass nicht mehrere Kabel erforderlich sind, sondern nur eines. Somit verringert sich die Gefahr des Verfangens in Kabeln, wenn mobile Maschinen und Personen Hand in Hand zusammenarbeiten – Stichwort Mensch-Roboter-Kollaboration. Denn wenn Bediener an der Maschine stolpern, könnte das dazu führen, dass Prozesse unterbrochen werden oder sogar Bedrohungen für Leib und Leben entstehen. Ferner werden die Kosten für die Ersatzteilbeschaffung und Lagerhaltung reduziert, wenn nur ein Kabeltyp eingesetzt wird.

Um einen Steckverbinder mit Schraubanschluss vorschriftsmäßig zu installieren, dauert es circa eine Minute. Dieser Zeitaufwand ist für mobile Einsatzszenarien im Sinne von Industrie 4.0 deutlich zu lang. Deshalb werden bei multifunktionalen Steckverbindern Schnellverriegelungstechniken wie Push-Pull, Spindelverriegelung oder Break-Away eingesetzt, mit denen die Montage nur wenige Sekunden dauert. Darüber hinaus reduzieren diese Steckverbinder auch mögliche Fehler bei der Installation. Bei klassischen Verbindungslösungen nimmt mit der Anzahl der Schnittstellen zwangsläufig auch das Risiko zu, dass nicht alle korrekt verbunden werden – und bis die Ursache endlich gefunden worden ist, können Stunden vergehen.

Hohe Steckzyklen

Weil mobile Roboter und Automatisierungskomponenten nach jedem Ortswechsel wieder an eine neue Umgebungsinfrastruktur angeschlossen werden müssen, spielt auch das Thema Langlebigkeit eine wichtige Rolle. Steckverbinder wie M12 oder M23 sind für 100 Steckzyklen genormt. Um auch höchsten mechanischen Beanspruchungen gerecht zu werden, hat man multifunktionale Rund- und Rechtecksteckverbinder entwickelt, die 2.000, 10.000 oder 100.000 Steckzyklen standhalten, mitunter sogar eine Million.

Die zuletzt genannten, extremen Steckzyklen sind vor allem bei Dock-Verbindungen für spezielle Anwendungen erforderlich. Hierzu gehört beispielsweise die Endprüfung von Motoren (End-of-Line, EOL). Hierbei werden die Motoren in kurzen Intervallen über eine Schnittstelle an das Test-Equipment an- und wieder abgedockt.

Leistungsfähige Kontaktierung

Wie aber lassen sich derart hohe Steckzyklen erreichen? Die Schlüssel zu langlebigen Steckverbindern sind leistungsfähige Kontaktierungstechniken und Oberflächenbeschichtungen. Für Steckzyklen bis 5.000 werden spezielle gedrehte Kontakte verwendet. Bei darüber hinausgehenden Anforderungen, empfiehlt sich der Einsatz von Lamellen- oder Drahtfedertechnologie. Letztere sorgt durch zahlreiche Federn dafür, dass die Kontaktbuchse stets einen definierten Druck auf die Kontaktstifte ausübt. Das gewährleistet eine extrem sichere Kontaktierung. Um Steck- und Ziehkräfte sowie den daraus resultierenden Verschleiß zu reduzieren, können Stifte und Buchsen außerdem mit spezifischen Funktionsoberflächen beschichtet



Spezialisierte Kontaktarten von ODU ermöglichen zuverlässige und leistungsfähige Verbindungen.

werden, um ein tribologisch optimales System zu gewährleisten.

Für einen flexiblen Einsatz mobiler Roboter und intelligenter Automatisierungstechnik müssen deren Schnittstellen unterschiedlichen Umgebungsbedingungen widerstehen. Hierzu gehören etwa hohe Temperaturen, starke Vibrationen, Druck, Spritzwasser oder aggressive Chemikalien. Um sicherzustellen, dass multifunktionale Steckverbinder die jeweiligen Anforderungen erfüllen, werden bestimmte Eigenschaften von Werkstoffen wie Kunststoff, Metall und Glas kombiniert. Zusammen mit speziellen Konstruktionsprinzipien und innovativen Vergusstechniken lassen sich Lösungen realisieren, die in zahlreichen Branchen eingesetzt werden können, beispielsweise im Maschinenbau, der Mess- und Prüftechnik oder der Medizintechnik.

Durch einen modularen Aufbau können diese Lösungen zudem auf individuelle Anforderungen angepasst werden. Während es bei den multifunktionalen Rundsteckverbindern spezifische Einsätze mit mehreren Funktionen gibt, lassen sich die rechteckigen Ausführungen nach dem Baukastenprinzip modular konfigurieren. Hierzu stehen beispiels-

weise sowohl unterschiedliche Gehäuse, Kontakttechnologien, Anschlusstechniken und Verriegelungsarten zur Verfügung als auch Module für die Übertragung von Signalen und Daten via Kupfer-, Lichtwellenleiter- und Koaxialkabel sowie für die Übertragung von Hochstrom, Hochspannung und Fluiden. Dadurch lassen sich widerstandsfähige, kompakte Schnittstellen nach Maß realisieren. Der Variantenvielfalt sind dabei nahezu keine Grenzen gesetzt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass multifunktionale Steckverbinder mit hoher Polzahl, die sowohl Daten, Signale und Leistung als auch Fluide übertragen, deutlich kompaktere und effizientere Schnittstellen ermöglichen als bisherige Verbindungslösungen. Somit können mobile Maschinen und Automatisierungskomponenten kleiner und leichter werden, was eine wichtige Voraussetzung für flexible Einsatzszenarien ist. Zudem reduzieren multifunktionale Steckverbinder das Risiko von Installationsfehlern und sorgen für sicherere und wirtschaftlichere Prozesse. Kurzum: Sie tragen dazu bei, die Vision von Industrie 4.0 zu verwirklichen.

Weitere Informationen zu ODU finden Sie im Business-Profil auf Seite 34.

icotek®

smart cable management.

NEW



Kabelverschraubung

teilbar

zertifiziert

robust

KVT-ER sind konsequent teilbare Kabelverschraubungen zur Einführung von Leitungen mit und ohne Stecker.

- ✓ Hohe zertifizierte Schutzarten
- ✓ Garantieerhalt konfektionierter Leitungen
- ✓ Passend für metrische Standardausbrüche
- ✓ Integrierte Zugentlastung nach DIN EN 62444
- ✓ Schnelle Montage
- ✓ Hohe Packungsdichte

IP65
zertifiziert

IP66
zertifiziert

IP67
zertifiziert

IP68
zertifiziert

NEMA
TYPE
4X
in Bearbeitung

NEMA
TYPE
12
in Bearbeitung

HL3
EN 45545-2

ECOLAB
certified

NACHHALTIGES KLIMAMANAGEMENT

Die herkömmliche Schaltschrankverdrahtung mittels Montagetafel verhindert durch die eingesetzten Kabelkanäle und die hohe Packungsdichte eine freie Luftzirkulation im Schaltschrank. Ein neues System setzt nun auf einen ganzheitlichen Ansatz und sorgt dank Simulator schon während der Projektierung für die thermische Optimierung der Komponenten.

TEXT: Michael Bautz, Lütze **BILDER:** Lütze

Bereits in den frühen 1970er-Jahren beschäftigte sich der Erfinder Friedrich Lütze mit der Herausforderung, dem Anwender im Schaltschrank eine besonders platzsparende Lösung zur Verdrahtung der Komponenten anzubieten. Das dabei geschaffene kanallose Verdrahtungssystem entwickelte sich im Laufe der Jahre stetig weiter, beispielsweise in der Tiefe durch die Drahtführung über Bügel oder über abgerundete Steg-Profile, die eine besonders große Steifigkeit und Stabilität aufweisen. Auch in jüngster Vergangenheit wurden viele mechanische Komponenten des Lütze-Systems noch weiterentwickelt. So wurden etwa Befestigungskomponenten, wie Rangierstege in der Stabilität verbessert oder auch neue Kammsegmente zur einfacheren Verdrahtung bereitgestellt.

Forschung zum thermischen Verhalten

Das mittlerweile verfügbare Airstream-Gesamtsystem beinhaltet darüber hinaus nicht nur die erwähnten mechanischen Weiterentwicklungen, sondern auch Ergebnisse intensiver Forschungsarbeit, welche Lütze gemeinsam mit dem Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik an der Universität Stuttgart betrieb und weiterhin betreibt. Dabei sind bei Forschungsprojekten zum Thema „Thermisches Verhalten im Schaltschrank“ zahlreiche Erkenntnisse aus Theorie und Praxis zusammengeführt worden. Außerdem hat man so neue Ideen für ein optimiertes und ausgeglichenes Schaltschrankklima umsetzen können.

Aus diesen Projekten entstand beispielsweise die Airblower-Lüfereinheit, welche im Zusammenspiel mit den

Airblade-Luftleitblechen für ein homogenisiertes Klima im Schaltschrank sorgt und die Gefahr von Hot Spots verringert. Auch das online frei zugängliche Berechnungstool Airtemp, welches deutlich mehr Informationen über das thermische Verhalten im Schrank zur Verfügung stellen kann als herkömmliche Anwendungen, resultiert aus dieser intensiv betriebenen Forschung.

Somit steht mittlerweile ein Komplettsystem zur Verfügung. Dieses macht, beginnend mit dem Thema Platzersparnis, der modularen Bauweise und der Verdrahtungsfreundlichkeit über einer Erhöhung der Lebenszeit der Bauteile bis hin zu einem nachhaltigen Klimamanagement durch den Einsatz des Airblower, erstmals eine ganzheitliche Betrachtung des Schaltschranks möglich.

Klimamanagement in der Praxis

Immer wieder kommt es in Fertigungsanlagen in der Industrie zu teuren Stillstandzeiten. Ein Grund hierfür sind Komponenten, die durch zu hohe Temperaturbelastungen ausfallen oder gar zerstört werden. Dabei spielen viele Faktoren eine Rolle, unter anderem die Packungsdichte oder die Platzierung speziell der temperaturempfindlichen Komponenten und natürlich auch die richtige Klimatisierung des Schaltschranks.

Um diese thermisch bedingten Stillstandzeiten zu verhindern, müssen bereits am Beginn der Planungen alle wichtigen Punkte zu den technischen und örtlichen Gegebenheiten de-



Verdrahtung ohne Kabelkanäle für eine freie Luftzirkulation

tailliert erfasst und ausgewertet werden. Dazu gehören Informationen, wie zum Beispiel:

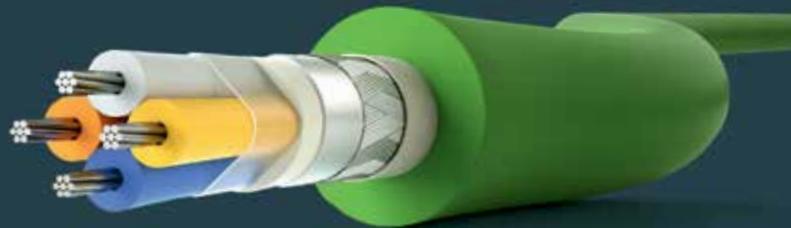
- ▶ der Aufstellort der Anlage und gegebenenfalls vorherrschende höhere Umgebungstemperaturen
- ▶ Ausfallzeiten von Bestandsanlagen und Bauteilen
- ▶ Einsatz von Bauteilen
- ▶ allgemeine örtliche Gegebenheiten
- ▶ Platzbedarf der Anlage
- ▶ Anforderungen hinsichtlich der Reduktion von Energiekosten

Beispiel Automobilindustrie

Ein konkretes Fallbeispiel aus dem Automobilbau zeigt eindrücklich die Erfahrungen aus der Praxis an einer solchen Anlage: Der Hersteller, KLN Ultraschall, ist ein Spezialist für Planung und Bau von Anlagen im Bereich der Kunststoffverbindungstechnik. KLN konzentriert sich dabei auf die fünf Hauptverfahren Ultraschallschweißen, Vibrationsschweißen, Heizelementschweißen, Rotationsschweißen sowie thermische Verfahren. Das Unternehmen mit Sitz in Heppenheim,

DATENLEITUNGEN DIREKT VOM HERSTELLER. INDUSTRIAL ETHERNET UND BUS-LEITUNGEN MADE IN REMSHALDEN.

- Industrial Ethernet Cat. 5e und CAN-Bus
- Alle Datenleitungen UL Listed / approbiert
- Auch als voll recyclebare ECO-Variante erhältlich (für den Einsatz im Bereich Food & Beverage geeignet)
- Standardprogramm ab Lager lieferbar



BKDATA





Zu sehen ist ein nach thermischen Gesichtspunkten optimierter Schaltschrank aus der Automobilindustrie.

Südhessen, gehört zur international tätigen Crest Ultrasonics in Trenton, New Jersey / USA. Am deutschen Standort sind derzeit rund 200 Mitarbeiter beschäftigt. Ein Großteil der Kundschaft sind Endkunden aus der Automobilindustrie.

Für die Lieferung einer Ultraschallschweißanlage, die in der Herstellung von Kraftstoffbehältern für PKWs vorgesehen war, sollten dabei – nach Vorgabe des Endkunden aus Wolfsburg – die Schaltschränke mit dem Verdrahtungssystem Airstream von Lütze aufgebaut werden. Zum Systemgedanken gehört die ausführliche Beratung mit dem Ziel, ein optimiertes Schaltschrankklima herzustellen. Auf diese Weise sind auch Anwender mit wenig Airstream-Erfahrung von Anfang an in der Lage, alle thermischen Vorteile des Systems voll auszuschöpfen. Im konkreten Fall wurde KLN so schon sehr früh bei der Schaltschrankplanung unterstützt.

Platzgewinn im Schaltschrank

Unter den Gesichtspunkten der Funktionalität aber auch der Wärmeentwicklung sollten insbesondere Komponenten mit großer Verlustwärme so platziert werden, dass eine gegenseitige Erwärmung der Bauteile möglichst vermieden wird. Durch den Wegfall der Kabelkanäle verfügt das Schaltschrankverdrahtungssystem Airstream über ein Raumgewinnpotential von rund 30 Prozent gegenüber der herkömmlichen Montagetafel. Dies schafft jede Menge Spielraum beim Schaltschrankaufbau hinsichtlich der thermisch optimierten

Platzierung der Bauteile. Im konkreten Fall musste außerdem die Höhe der Schaltschränke aufgrund der baulichen Gegebenheiten vor Ort von 2000 mm auf 1.800 mm verringert werden. Das stellte durch den Wegfall der Kabelkanäle bei Airstream aber ebenfalls kein Problem dar.

Planung und Simulation

Die Planung der Verdrahtungsrahmen erfolgte mit dem online verfügbaren Airstream-Konfigurator. Dieser beinhaltet alle für den Rahmenaufbau notwendigen Standardkomponenten, was eine schnelle Umsetzung der Zeichnung ermöglichte. Danach wurden für die insgesamt sechs Schaltschränke mithilfe von Airtemp die zu erwartenden Innentemperaturen ermittelt. Aufgrund der vom Endkunden vorgegebenen hohen Umgebungstemperatur von bis zu 45 °C war schnell klar, dass die Verwendung von Klimageräten unumgänglich sein würde. Zur optimalen Abführung von Verlustwärme über das Schaltschrankgehäuse wurde jedoch zusätzlich in jedem Schrank ein Airblower-Lüfter eingeplant.

Wärmenester werden aufgelöst

Der Airblower ist eine Lüftereinheit, die in Kombination mit dem Schaltschrankverdrahtungssystem Airstream genutzt werden kann. Das System verfügt konstruktionsbedingt auf der Vorderseite über eine Komponentenebene und auf der Rückseite über eine Verdrahtungsebene. Der Lüfter wird



Ein Wärmesensor (Bildmitte) dient zur Steuerung des Airblower-Schalterschranklüfters.

möglichst weit oben im Rahmen auf der Rückseite montiert. Mit einem Luftvolumen von mehr als 500 m³/h drückt er die warme Luft nach unten. Anschließend steigt diese auf der Vorderseite wieder nach oben. Dabei wird über die Wände des Schaltschranks permanent Temperatur nach außen abgegeben. Innerhalb weniger Minuten entsteht so ein homogenes Schaltschrankklima, Wärmenester werden auf diese Weise aufgelöst.

In den Schaltschränken der Schweißanlage wurde darüber hinaus mit Airblade-Luftleitblechen punktuell Luft aus dem Luftstrom von hinten nach vorne gebracht, um so die Temperatur an Geräten mit hoher Wärmeentwicklung zusätzlich zu reduzieren.

Geringe Verlustleistung

Durch den Einsatz des Airstream-Systems konnte die Anzahl und Leistung der Klimageräte auf ein Minimum reduziert werden. Der Airblower selbst verfügt dabei nur über eine geringe Verlustleistung von 15 W. Nachdem die Anlage beim Endkunden installiert und in Betrieb genommen ist, wird im nächsten Schritt noch das Monitoring der Schaltschranktemperaturen unter Einbeziehung der Laufzeiten von Klimageräten und Airblower umgesetzt. Ziel ist es, künftig Erfahrungen für weitere Optimierungen zu sammeln.

Weitere Informationen zu Lütze finden Sie im Business-Profil auf Seite 31.



LESETIPP

Sie möchten sich an der nächsten Jahress Ausgabe des A&D-Kompandiums mit einem Fachbeitrag beteiligen?

Wir freuen uns auf Ihren Beitragsvorschlag und senden Ihnen gerne die Call-for-Papers-Formulare zu. Schreiben Sie uns eine kurze Mail: newsdesk@publish-industry.net

publish
industry
verlag

EXAKT REGELN UND EFFIZIENT KÜHLEN

Für eine präzise Bearbeitung von Metall müssen Werkzeugmaschinen über eine exakte Temperaturregelung ihres Kühlmediums verfügen. Diese Anforderung setzt eine neue Chiller-Generation um, die für die energieeffiziente und flexibel einsetzbare Flüssigkeitskühlung von Maschinen und Prozessanlagen sorgt.

TEXT: Hakan Türe, Rittal **BILDER:** Rittal

Moderne Werkzeugmaschinen zur spanenden Bearbeitung von Metall benötigen in aller Regel eine Kühlung. Vor allem die Antriebstechnik in den Spindeln produziert Wärme, die gezielt abgeführt werden muss. Die Kühlung der Spindeln geschieht dabei mit einer Flüssigkeitskühlung. Das dazu benötigte Kühlmedium wird häufig durch einen Chiller bereitgestellt, der dafür sorgt, dass die Werkzeugmaschine unabhängig von einer externen Kühlmediumversorgung betrieben werden kann. Im Chiller erzeugt ein invertierter DC-Kompressor die notwendige Kälteleistung: Ein Kühlmediumkreislauf transportiert das Kühlmedium dann zum Verbraucher, beispielsweise Spindeln oder auch wassergekühlte Antriebe. Über einen Luft-Wasser-Wärmetauscher kann der Chiller gleichzeitig auch den Schaltschrank der Werkzeugmaschine effizient im Verbund klimatisieren.

Energieverschwendung vermeiden

Bis zu 15 Prozent des gesamten Energieverbrauchs einer Werkzeugmaschine entfällt auf die Kühlung. Hier bietet sich ein lohnender Ansatzpunkt, um die Energieeffizienz der Werkzeugmaschine zu steigern. Grund für den hohen Energieverbrauch ist eine besondere Anforderung: Die Temperatur des Kühlmediums muss sehr präzise geregelt werden, die Hysterese darf maximal 0,5 K betragen. Größere Temperatur-

schwankungen würden aufgrund der Wärmeausdehnung der Komponenten zu Ungenauigkeiten am bearbeiteten Werkstück führen. Da herkömmliche Kompressor-Kältemaschinen mit einer Zwei-Punkt-Regelung arbeiten, die eine deutlich höhere Hysterese von etwa 4 K hat, kommt eine so genannte Heißgas-Bypass-Regelung zum Einsatz. Dabei läuft der Kältekompessor stets unter Vollast. Die gewünschte Temperatur wird dadurch geregelt, dass heißes Kältemittel aus dem Rücklauf über ein Regelventil dem Vorlauf zugeführt wird. Diese Methode arbeitet zwar sehr genau, da aber ein Teil der Kälteleistung künstlich vernichtet wird, ist die Energieeffizienz dieser Methode vergleichsweise schlecht.

Rittal hat in einer detaillierten Kundenbefragung die wichtigsten Anforderungen an die Chiller untersucht. Insgesamt 33 Kunden aus dem Maschinenbau, der Laserindustrie, Elektrotechnik und Automation, Prozessindustrie, Druckindustrie und einigen weiteren Branchen wurden dabei nach Ihren Erwartungen befragt. Die Ergebnisse wurden mit einer QFD-Analyse ausgewertet. Das größte Verbesserungspotential sehen die Kunden demnach in der Energieeffizienz. Weitere wichtige Anforderungen, die Kunden im Rahmen der Befragung gestellt haben, sind eine genaue Temperaturregelung, eine intuitive und einheitliche Bedienung, eine Drehzahlregelung der Antriebe sowie eine hohe Verfügbarkeit.



Kühlung einer Werkzeugbearbeitungsmaschine in Kombination mit Schaltschrankkühlung mittels des Blue e+ Chiller

Um diese Kundenanforderungen zu erfüllen, bringt Rittal mit der neuen Serie Blue e+ eine Chiller-Generation auf den Markt, der einen enormen Sprung bei der Energieeffizienz ermöglicht. Maß für die Energieeffizienz bei der Kälteerzeugung ist die so genannte Energy Efficiency Ratio (EER), die aus dem Verhältnis von Kühlleistung zur eingesetzten elektrischen Leistung gebildet wird. Herkömmliche Chiller mit Heißgas-Bypass-Regelung haben ein EER von 1, mit den neuen Blue e+ Chillern ist ein EER von 3 möglich. Grundlage für die hohe Energieeffizienz ist ein drehzahl geregelter Kompressor. Statt wie bei der Heißgas-Bypass-Regelung den Kältekompressor unter Volllast zu betreiben und einen großen Teil der Kälteleistung zu vernichten, kann der invertierte DC-Kältekompressor genau so viel Kälteleistung bereitstellen, wie aktuell benötigt wird. Damit kann die Hysterese extrem klein gehalten werden, ohne dass unnötig Kälteleistung verschwendet werden müsste.

Bis zu 70 Prozent Energieeinsparung

Für den Antrieb der Kompressoren setzt Rittal DC-Synchronmotoren ein, die in den meisten Betriebsbereichen einen höheren Wirkungsgrad als herkömmliche AC-Asynchronmotoren erreichen. Mit einem sogenannten Inverter kann die Drehzahl dieser Motoren in Verbindung mit

DC-Radialventilatoren und einem elektronischen Expansionsventil exakt geregelt werden, so dass der Blue e+ Chiller stets mit der optimalen Drehzahl läuft. Mit dieser innovativen Antriebs- und Regelungstechnik lassen sich im Vergleich zu Chillern mit Heißgas-Bypass-Regelung bis zu 70 Prozent Energie sparen. Da die Motoren nur selten ein- und ausgeschaltet werden, ist außerdem die Lebenserwartung der Komponenten höher. Eine weitere Neuerung, die Rittal bei den neuen Chillern einsetzt, ist die Microchannel-Technologie in den Wärmeüberträgern. Durch die im Verhältnis zum Volumen größere Oberfläche für den Wärmeaustausch zwischen Kältemittel und Kühlwasser kann die Kältemittelmenge um bis zu 55 Prozent reduziert werden. Die Wärmeüberträger sind dadurch kompakter und leichter. Gleichzeitig entlastet die geringere Kältemittelmenge die Umwelt.

Neue Chiller in drei flexiblen Leistungsklassen

Die neuen Chiller der Serie Blue e+ sind in drei Leistungsklassen mit Kälteleistungen von 2,5, 4 und 6 kW (regelbar zwischen 20 bis 100 Prozent) erhältlich. Neben der höheren Energieeffizienz gibt es noch weitere Neuerungen: So bieten die Geräte dem Anwender, im Vergleich zu den Vorgängermodellen, eine wesentlich höhere Flexibilität. Der mögliche Temperaturbereich ist sowohl bei der Umgebungstemperatur



Die von den Blue-e+-Kühlgeräten bereits etablierte Blue-e+-App, die über NFC mit den Geräten kommuniziert, ist auch für die Blue e+ Chiller geeignet.

als auch bei der Vorlauftemperatur des Kühlmediums größer. Die Chiller können jetzt bei Umgebungstemperaturen von -5 °C bis 50 °C eingesetzt werden; die Vorlauftemperatur des Kühlmediums kann 5 °C bis 35 °C betragen.

Mit einem integrierten Strömungssensor im Kühlmediumkreislauf und einer Füllstandsüberwachung hat der Anwender ein Plus an Sicherheit. Dazu trägt auch das Überströmventil im Mediumkreislauf bei, das automatisch öffnet, wenn der Kühlmediumkreislauf am Verbraucher unterbrochen wird. Die Filtermattenüberwachung informiert den Anwender rechtzeitig, wenn ein Austausch der Filtermatte notwendig ist. Durch die hohe Schutzart IP54 auf elektrische Komponenten ist jetzt auch ein Betrieb der Chiller im Semi-Outdoor-Bereich – etwa unter einem Vordach oder innerhalb einer offenen Halle – möglich. Die Chiller sind sehr kompakt und benötigen eine deutlich kleinere Aufstellfläche von gerade einmal $0,29\text{ m}^2$. Dies entspricht einer Verringerung der Aufstellfläche um 30 Prozent. Zusammen mit im Zubehör erhältlichen Lenkrollen, Nivellierfüßen oder Traversen (Sockel) ist eine flexible Aufstellung problemlos möglich.

Auch eine weitere wichtige Anforderung vieler Maschinenbauer erfüllt Rittal jetzt mit der neuen Blue-e+-Chiller-Generation: Die Anzahl der verschiedenen Varianten wurde deutlich reduziert. Durch den weiten Spannungsbereich ($380\text{--}415\text{ V}$, 50 Hz , und $440\text{--}480\text{ V}$, 60 Hz , $3\sim$ ($\pm 5\%$)) lassen sich die Geräte weltweit bei allen gebräuchlichen Netzfrequenzen und Netzspannungen einsetzen. Maschinenbauer müssen also nur mit einem Gerät planen. Approbationen für alle wichtigen Märkte wie cULus Listed, EAC, CCC und GS erleichtern den internationalen Einsatz zusätzlich. Darüber hinaus gewährleistet Rittal eine TÜV-geprüfte Leistung nach DIN EN 14511.

Maschinenbauer profitieren zudem vom modularen Aufbau sowohl der Blue e+ Chiller als auch der Blue-e+-Kühlgeräte und müssen durch die Gleichteilverwendung weniger Komponenten auf Lager legen. Lagerkosten werden somit deutlich reduziert – ganz abgesehen von der steigenden Effizienz im Servicefall. Da die Komponenten mit QR-Codes versehen sind, vereinfacht sich außerdem noch die Nachbestellung von Verbrauchsmaterialien und Ersatzteilen.

Für die Blue e+ Chiller sind verschiedene vorkonfigurierte Optionspakete erhältlich: „Verstärkte Pumpe“, „Inverter-Pumpe“, „Laser“ (Anwendung mit deionisiertem Wasser), „Außenaufstellung“ (Outdoor bis -20 °C), „Kühlung von Öl / Emulsion“, „Integrierter Freikühler“ (Free-Cooler) zur maximalen Energieeffizienz (Hybrid-Betrieb) und eine „wassergekühlte Ausführung“ sowie „integrierte Heizung“ zur Mediumvortemperierung.

Innovatives Bedienkonzept

Die Bedienung durch den Endkunden ist mit den neuen Blue e+ Chillern ebenfalls einfacher geworden. Ein Bedienpanel mit Touchdisplay stellt alle Meldungen in Klartext dar. Die Sprachen – insgesamt 21 – lassen sich dabei je nach Bedarf umschalten. Der Bediener erhält so schnell die wichtigsten Informationen und Statusmeldungen und kann entsprechend reagieren. Die von den Blue-e+-Kühlgeräten bereits etablierte Blue-e+-App, die über NFC mit den Geräten kommuniziert, ist auch für die Blue e+ Chiller geeignet. Damit lassen sich wichtige Informationen drahtlos übertragen. Gerade wenn mehrere Chiller konfiguriert werden, ist dies eine enorme Arbeitserleichterung. Auch die Parametrier- und Diagnose-Software RiDiag III kann mit den Blue e+ Chillern verwendet werden. Die Software kann entweder über USB



Die neue Chiller-Serie Blue e+ von Rittal erzielt eine hohe Temperaturgenauigkeit und erfüllt die Anforderungen nach hoher Energieeffizienz.

oder zukünftig über verschiedene Netzwerkprotokolle mittels ComModul mit dem Blue e+ Chiller kommunizieren. Alle Funktionen, Darstellungen und Bedienmöglichkeiten, die das Touch-Display zur Verfügung stellt, gibt es analog auch auf dem Bildschirm. Funktionen innerhalb der Software

unterstützen den Anwender zusätzlich bei der Analyse der Energieeffizienz und bei der Wartung.

Weitere Informationen zu Rittal finden Sie im Business-Profil auf Seite 39.

ODU MINI-SNAP[®] HYBRID-STECKVERBINDER

Lassen Sie sich von unseren Experten beraten!



MULTIFUNKTIONELLE SCHNITTSTELLE –
MIT BESTER PERFORMANCE UND
ZUVERLÄSSIGKEIT BEI HÖCHSTER
BAURAUMEFFIZIENZ

Maßgeschneiderte Lösungen für jede Applikation ermöglichen die bestmögliche Effektivität, selbst unter den herausforderndsten Bedingungen – ohne notwendige Kompromisse.

- + Übertragung von **Signalen, Daten, Power** und **physikalischen Medien**
- + Kontakte für **Löt-, Crimp-** und **Printanschluss**
- + Anschlussquerschnitte: **AWG 14-26**
- + **Bis 22-polig**
- + **Bis IP 68**
- + **Kunststoff- und Metallausführungen**



Mehr auf:
www.odu.de



A PERFECT ALLIANCE.

BEI LAUFENDER PRODUKTION PRÜFEN

Durch den Einsatz von selektiven Differenzstrom-Überwachungssystemen (RCMS) wird die Abschaltung einer elektrischen Anlage für herkömmliche Isolationswiderstandsmessungen im Rahmen von Wiederholungsprüfungen obsolet. Diese permanente messtechnische Überwachung bildet zugleich die Grundlage für ein Condition Monitoring.

TEXT: Ralf Muswieck, Bender **BILDER:** Bender

Die wiederkehrende Prüfung der elektrischen Anlage kann zu großen Teilen im laufenden Betrieb, zum Beispiel die Sichtprüfung, durchgeführt werden. Eine Ausnahme bilden die Isolationswiderstandsmessung (vgl. DIN VDE 0100-600:2017-06) sowie die Messung des Erdungswiderstandes, die im abgeschalteten Zustand erfolgen müssen. Dazu müssen Betriebsmittel, oder in größeren Maschinen einzelne Verbraucher, abgeklemmt werden, denn sie würden die zur Isolationswiderstandsmessung verwendete Prüfspannung, in Abhängigkeit der eigenen Isolationsfestigkeit, nicht unbeschädigt überstehen. Häufig ist ein solcher zusätzlicher Aufwand beziehungsweise eine Abschaltung der Stromversorgung mit hohen Ausfallkosten und aufwändigen Wiederanfahren der Anlagen verbunden oder gar unmöglich – zum Beispiel in Rechenzentren oder in Produktionsanlagen. Wie kommt der Betreiber aus diesem Dilemma heraus?

Was sagt die Norm?

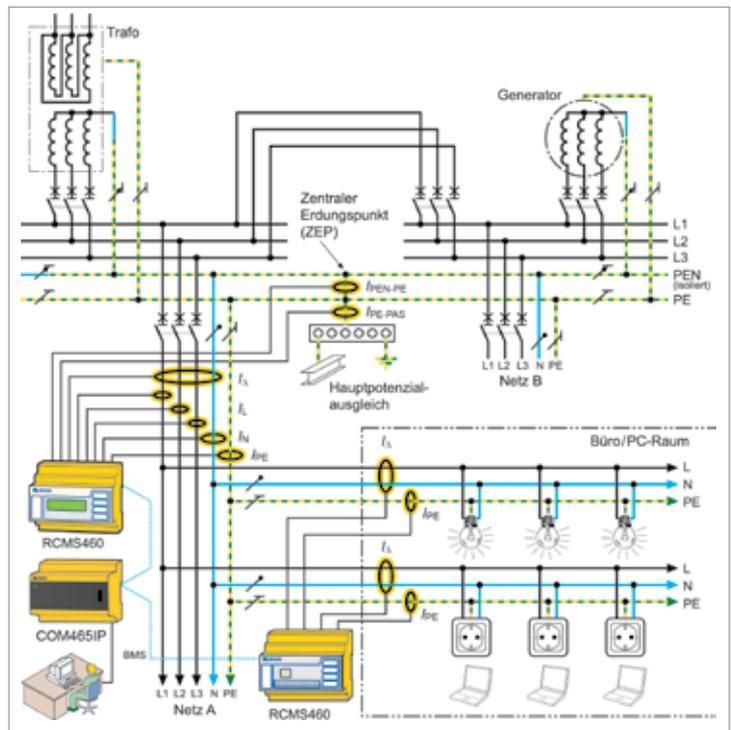
So wie die Normen und Vorschriften vorschreiben, dass die Wiederholungsprüfung durchgeführt werden muss, geben sie dem Betreiber aber auch die Möglichkeit, die ständige Anlagenverfügbarkeit und die Wiederholungsprüfung unter einen Hut zu bringen. Normen wie die DIN VDE 0105-100/A1:2017-06 „Betrieb von elektrischen Anlagen“ und die DGUV Vorschrift 3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ bieten zwei Alternativen für den sicheren Betrieb von Anlagen, die immer verfügbar sein müssen – ohne Abschaltung:

- ▶ permanente Differenzstrommessung (geerdete Stromversorgung)
- ▶ permanentes Monitoring des Isolationswiderstandes (ungeerdete Stromversorgung)

DIN VDE 0105-100/A1:2017-06 Betrieb von elektrischen Anlagen 5.3.3.101.0.2: ... Wenn ein Stromkreis durch ein Differenzstrom-Überwachungsgerät nach DIN EN 62020 (VDE 0663) oder eine Isolationsüberwachungseinrichtung nach DIN EN 61557-8 (VDE 0413-8) ständig überwacht wird und diese Überwachungseinrichtung einwandfrei funktioniert, dann kann auf die Messung des Isolationswiderstandes verzichtet werden.

DIN VDE 0105-100/A1:2017-06 Betrieb von elektrischen Anlagen 5.3.3.101.0.5: Für elektrische Anlagen, die im normalen Betrieb einem wirksamen Managementsystem zur vorbeugenden Instandhaltung unterliegen, können die wiederkehrenden Prüfungen ersetzt werden durch ein angemessenes System aus einer ständigen Überwachung verbunden mit einer kontinuierlichen Instandhaltung durch Elektrofachkräfte.

In der **DGUV Vorschrift 3** wird ebenfalls die Möglichkeit eingeräumt, durch eine ständige Überwachung die Fristen für Prüfungen zum Erhalt des ordnungsgemäßen Anlagenzustandes anzupassen: Ortsfeste elektrische Anlagen und Betriebsmittel gelten als ständig überwacht, wenn sie kontinuierlich von Elektrofachkräften instandgehalten werden und durch



Die Abbildung zeigt die grafische Darstellung einer geerdeten Stromversorgung mit Differenzstromüberwachung.

messtechnische Maßnahmen im Rahmen des Betriebes (zum Beispiel Überwachen des Isolationswiderstandes) geprüft werden. Somit kommt der Betreiber der Prüfpflicht nach, ohne die Produktion unterbrechen zu müssen.

Differenzstrom-Messung: das Mittel der Wahl

Jeder Betreiber von elektrischen Anlagen kann die Verfügbarkeit seiner Produktionsanlagen sehr einfach erhöhen, indem er das System zur Differenzstrom- oder Isolationswiderstandsüberwachung einmal installiert. So muss der Aufwand, die Geräte ab- und wieder anzuklemmen, nur einmalig unternommen werden. Anschließend lassen sich in regelmäßigen Abständen – für die Dokumentationspflicht im Zuge der Prüfungen – die jeweils aktuellen Werte der Differenzströme oder Isolationswiderstände aus den Geräten auslesen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, regelmäßig die jeweils aktuellen Messwerte an eine Leitebene oder allgemein an eine Datenbank zu senden. Mit dem richtigen Tool lassen sich Reports erstellen, die für die Dokumentation der Wiederholungsprüfung nötig sind.

Da der Differenzstrom ein Abbild des Isolationswiderstandes ist, können innerhalb ortsfester elektrischer Anlagen und Betriebsmittel Differenzstrom-Überwachungssysteme (RCMS) permanent eine selektive Isolationsverschlechterung erkennen. Eine solche Verschlechterung führt zu einer messbaren Veränderung im Differenzstrom der Anlage, durch die

es zu kritischen Veränderungen im System kommen kann. RCMS erkennen nicht nur Fehlerströme in der Entstehungsphase, auch Überlastungen von N-Leitern werden frühzeitig angezeigt. Dadurch wird die Brandgefahr deutlich reduziert. Der Betreiber wird komfortabel über eine Alarmmeldung, zum Beispiel per E-Mail, informiert. Es werden somit Fehler rechtzeitig erkannt, bevor ein Schutzorgan die Anlage abschalten muss.

Die gemessenen Differenzströme lassen sich eindeutig den jeweiligen Stromkreisen und einzelnen Verbrauchern zuordnen. Die Elektrofachkraft kann nun den fehlerhaften Stromkreis oder das Arbeitsmittel vom Netz trennen, reparieren und vor der Wiederinbetriebnahme einer Isolationsprüfung unterziehen. Werden in einer Anlage bestimmte Betriebsmittel im normalen Gebrauch ein- beziehungsweise ausgeschaltet, verändert sich somit auch der Gesamtwert des Isolationswiderstandes und des Differenzstromes. Diese Veränderungen müssen bei der Installation der Überwachungseinrichtung berücksichtigt werden, um keine fehlerfreien betriebsbedingten Änderungen als fehlerhaften Zustand zu interpretieren. Eine anlagenbezogene sicherheitstechnische Zustandsbewertung ist möglich.

Diese beiden Aspekte, einerseits für die Wiederholungsprüfung nicht abschalten zu müssen und andererseits die permanente Überwachung, um Fehler zu erkennen, bevor abgeschaltet werden muss, kommen der Forderung nach einer ho-



Informationsvorsprung durch Differenzstromüberwachung

hen Gesamtanlageneffektivität (OEE – Overall Equipment Effectiveness) entgegen. Und diese wird im globalen Wettbewerb immer wichtiger. Zum einen sind es die Herstellungskosten, die durch die OEE beeinflusst werden, zum anderen kann die Lieferperformance verbessert werden. Gerade das ist wichtig, wenn es um zugesagte Lieferzeiten geht, die in vielen Branchen heutzutage üblich sind.

Fazit

Abschaltungen für herkömmliche Isolationswiderstandsmessungen im Rahmen der Wiederholungsprüfungen, auch nur für kurze Zeiten, gehören durch den gezielten Einsatz von selektiven Differenzstrom-Überwachungssystemen (RCMS) der Vergangenheit an. Die Verfügbarkeit einer elektrischen Anlage und somit einer Produktionsanlage wird erhöht, Störströme werden in der Entstehungsphase lokalisiert und der

Kostenaufwand für die Isolationsmessung bei der Wiederholungsprüfung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel wird minimiert.

Darüber hinaus überwachen RCMS normenkonform elektrische Anlagen auf Differenz- beziehungsweise Fehlerströme sowie vagabundierende Ströme, zeigen den aktuellen Messwert an und melden das Überschreiten von einstellbaren Ansprechwerten. Diese permanente messtechnische Überwachung bildet die Grundlage für ein Condition Monitoring. Durch frühzeitige Information über sich anbahnende kritische Betriebszustände lassen sich mögliche Produktionsunterbrechungen, Personengefährdungen, Brand- und Sachschäden sowie EMV-Störungen vermeiden. Mit einer selektiven Anordnung der Messstellen wird eine schnellere Fehlerlokalisierung möglich. Eine daraufhin geplante Wartung lässt sich in kürzester Zeit realisieren. □



LESETIPP

Wo können alle Fachbeiträge aus dem A&D-Kompodium kostenfrei heruntergeladen werden?

www.INDUSTR.com/AuD – Das A&D Web-Magazin bietet alle Beiträge des aktuellen A&D-Kompodiums und alle Artikel der A&D-Fachmedien sowie viele zusätzliche Informationen zum kostenlosen Download an.

publish
industry
verlag

ENERGIEMANAGEMENT MIT ZUKUNFT

Ein effizientes Energiemanagement rückt angesichts hoher Energiekosten für viele Unternehmen immer mehr in den Fokus. Bei der Umsetzung kommt es vor allem auf die Wahl der richtigen Partner an. Hier kann das Eco-System des Anbieters ein entscheidendes Kriterium sein.

TEXT: Christian J. Pereira, Q-loud BILD: Q-loud

Anders als häufig dargestellt, ist nicht die Digitalisierung industrieller Abläufe der Megatrend unserer Zeit, sondern die Vernetzung von Gegenständen und Infrastrukturen. Das gilt auch für die Energiewirtschaft, in der die Vernetzung ein grundsätzlich neues Verständnis über alle Betriebs- und Verbrauchsdaten schafft und so die Basis für ein effizientes Energiemanagement stellt. Das wieder ist bei vielen Unternehmen ganz nach oben in der Wunschliste gerückt – gerade auch im Zusammenhang mit den Verschärfungen rund um die Norm ISO50001 und einer möglichen EEG-Umlage-Befreiung. Weitere Anreize sind die Chancen, die unmittelbar aus der neuen Datentransparenz resultieren: zum Beispiel die Möglichkeit Condition Monitoring einzuführen.

Von der Energiewirtschaft ist bislang allerdings nur die zeitaufwändige Einführung intelligenter Stromzähler (Smart Meter) zu erwarten. Daher heißt die Devise für Unternehmen in erster Linie, Eigeninitiative zu zeigen. „Do-it-yourself“ ist hiermit selbstverständlich nicht gemeint. Vielmehr bedarf es verlässlicher Partner, um ein effizientes Energiemanagement umzusetzen.

Geeignete Hardware auswählen

Die richtigen Partner zu finden, ist aber mitunter nicht so leicht. Ein wichtiges Kriterium kann jedoch das Partnernetzwerk oder ein breit aufgestelltes Eco-System des Lösungsanbieters sein. Was damit gemeint ist, kann ein Blick auf die erforderlichen Komponenten eines Energiemanagement-Systems zeigen. Denn gefragt ist ein ganzer Baukasten von Lösungsbestandteilen: So können zunächst Hardware-Komponenten vonnöten sein, die im Rahmen einer Retrofit-Strategie vorhandene und oftmals veraltete Zähler IoT-fähig machen. Ein Beispiel

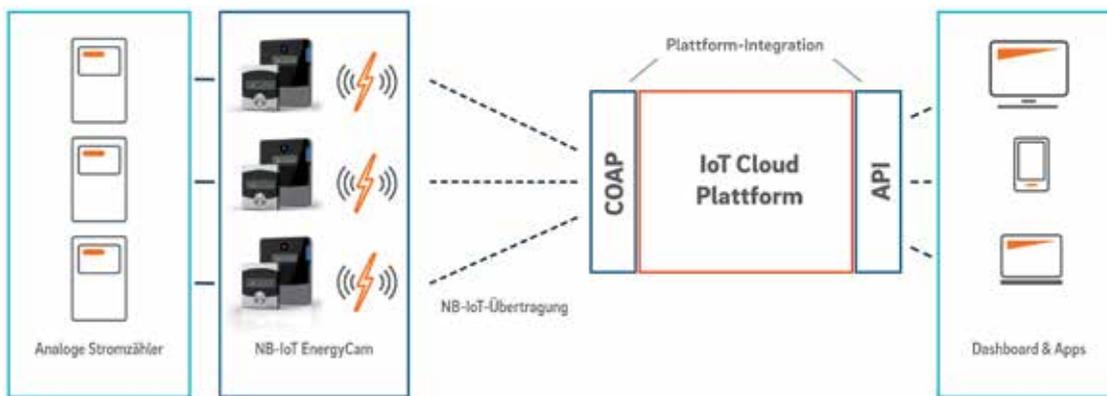
hierfür sind etwa Kameras, die auf dem Zähler angebracht werden. Diese fotografieren anschließend automatisiert die Zählerstände und digitalisieren sie. In einem solchen Szenario bedarf es dann im nächsten Schritt eines Gateways, an das die Daten übertragen werden und von dem aus sie wiederum in eine IoT-Plattform fließen.

Die geschaffene Datentransparenz ist aber im Grunde erst die Basis für die sich anschließenden Visualisierungen sowie die Abrechnungs- und Analyseprozesse. Damit lassen sich dann zum Beispiel die Lastkurven von Heizungsanlagen im Rahmen von Condition Monitoring überwachen, die Verbräuche abrechnen oder Unregelmäßigkeiten via Machine Learning automatisch erfassen, auswerten und beseitigen. An dieser Stelle muss folglich die Auswahl und Einbindung relevanter Systeme erfolgen, um eine End-to-End-Lösung abbilden zu können.

Lösungen aus einer Hand sind unrealistisch

Aus der Aufstellung wird klar: Ein modernes Energiemanagementsystem basiert einerseits auf Hardware-Bausteinen sowie Branchenlösungen mit spezifischem Know-how und andererseits auf modernen Technologien, bei denen der Fortschritt bereits in der exponentiellen Beschleunigung ist. Sämtliche Komponenten aus einer Hand zu bekommen, ist daher nicht möglich. Denn ob selbst die großen Anbieter diesen Spagat aus vertikaler und horizontaler Innovation wirklich beherrschen (können), ist angesichts der aktuellen Entwicklung fraglich. Zukunft hat hingegen eine Best-of-Breed-Strategie der einzelnen Anbieter. Ein breites Eco-System oder Partnernetzwerk von Anbietern ist folglich ein Beleg dafür, dass ...

- ... sich der jeweilige Anbieter auf seine eigene Kernkompetenz konzentriert und in der Lage ist, in diesem Bereich



Die Grafik zeigt ein realisiertes Energiemanagementsystem via Retrofit analoger Stromzähler.

mit der aktuellen – zum Teil exponentiellen – Entwicklung Schritt zu halten.

- ▶ ... er die notwendigen technologischen Voraussetzungen für eine Anbindung oder Integration seiner Produkte in andere Systeme und Strukturen berücksichtigt.
- ▶ ... er mit der Strategie „Best-of-Breed“ seinen Kunden bestmögliche „Anschlüsse“ an die eigenen Produkte gewährleisten kann.

Die richtigen Partner auswählen

Etablierte Partnerschaften mit Lieferanten, Systemintegratoren oder Netzbetreibern sind möglicherweise wertvolle Kooperationen, auch wenn diese nicht auf die Entwicklung neuer Lösungen zielen. Zusätzlich empfehlen Digitalisierungsexperten, wie zum Beispiel Q-loud, vor allem Partnerschaften in den folgenden vier Bereichen, um ein effizientes Energiemanagementsystem aufzubauen:

1. Hardware-Partner: Durch sie können aus bereits bestehenden Produkten schnell und risikolos sogenannte „Smart Devices“ oder „Connected Devices“ als Teil eines Gesamtsystems entstehen, indem IoT-Komponenten eingebracht werden. Dazu zählt beispielsweise die Erweiterung von Energiemanagement-Geräten um ein Protokoll, das die Nutzung diverser IoT-Plattformfunktionen in einem sicheren, skalierbaren System ermöglicht.

2. Lösungspartner: Diese bieten ausgereifte Branchenlösungen, die als Basis eines IoT-Szenarios dienen und um IoT-Funktionen ergänzt werden können. Denkbar ist die Erweiterung einer speziellen Visualisierungs- und Analyselösung für das Energiemanagement um eine Schnittstelle, über die Daten aus Sensoren und Energiezählern in Echtzeit automatisch

auslesbar sind, oder die Integration in SAP zur Einbindung von ERP-Lösungen.

3. Cloud-Partner: Plattformübergreifende Konstellationen, sogenannte Cloud-to-Cloud-Kopplungen, können auch für ein Energiemanagementsystem interessant sein. Denn diese ermöglichen einen Datenaustausch zwischen den einzelnen Systemen, selbst wenn unterschiedliche Standards zum Einsatz kommen.

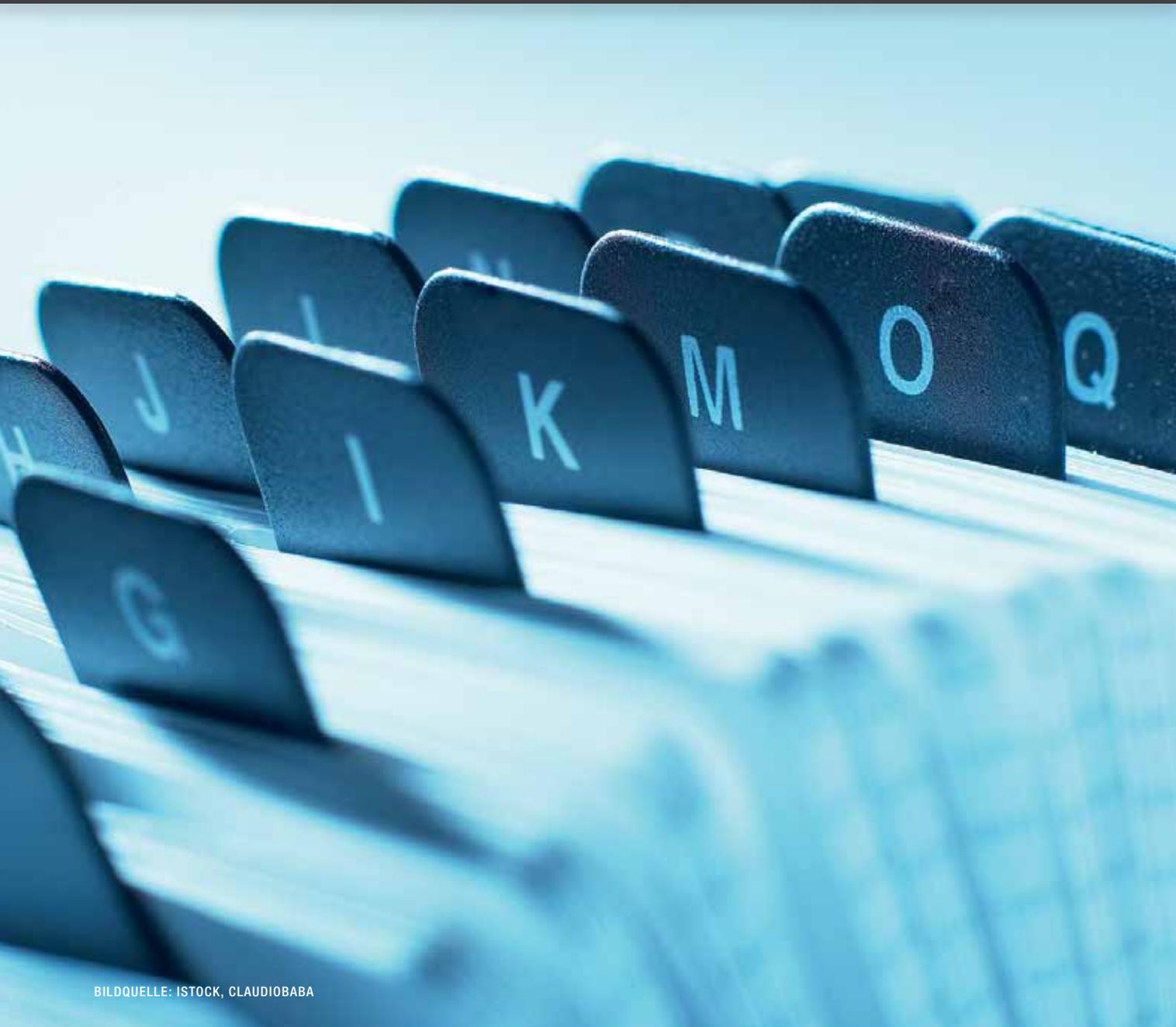
4. Infrastruktur-Partner: Global verfügbare, skalierbare Infrastrukturen spielen beim Betrieb von IoT-Plattformen eine wichtige Rolle. Denn diese bedeuten maximale Flexibilität. Einen solchen Infrastructure-as-a-Service (IaaS) bieten sehr verlässlich und performant Anbieter wie Amazon (AWS), Microsoft (Azure) oder Google (Google Cloud).

Aufbau einer effizienten IoT-Struktur

Ein smartes Energiemanagement-System aufzubauen, steht bei vielen Unternehmen ganz oben auf der Prioritätenliste. Voraussetzung hierfür ist die Vernetzung der vorhandenen Geräte und Strukturen und damit der Aufbau einer effizienten IoT-Struktur. Dazu zählen Hardware-Komponenten und Software-Lösungen genauso wie Cloud-Lösungen und IoT-Plattformen. Die Bestandteile dieses „Baukastens“ wird es nie aus einer Hand geben. Umso wichtiger ist daher neben dem eigenen Lösungsportfolio auch das „Smart Partnering“ mit ausgewählten Dienstleistern. Denn erst durch die Integration beziehungsweise durch die Integrationsfähigkeit der einzelnen (IoT-)Bausteine entsteht ein leistungsstarkes und zukunftsfähiges Gesamtsystem. Das Partnernetzwerk kann folglich als relevantes und zentrales Auswahlkriterium bei der Auswahl der verschiedenen Partner für den Aufbau eines Energiemanagementsystems herangezogen werden. □

Inhalt der Rubrik

VERZEICHNISSE



BILDQUELLE: ISTOCK, CLAUDI OBABA

220 Autorenverzeichnis

223 Inserenten-/Firmenverzeichnis

224 Stichwortverzeichnis

222 Redaktionsbeirat und Ehrenmitglieder

Autorenverzeichnis

A



Stefan Ambos..... 178
Teamleiter Produkt Marketing Management,
Leuze Electronic



Antoinette Aufdermauer..... 108
Marketing-Referentin,
Bluhm Systeme

B



Michael Bautz 206
Produktmanager Cabinet,
Lütze



Peter Berens 90
Business Development Werkzeugmaschinen
umformend & additive Fertigungsverfahren,
Bosch Rexroth



Frederic Blank..... 120
Entwickler Hardware / R&D Hardware,
LTI Motion

D



Jonas Diekmann 198
Technical Editor,
Harting



Tobias Dittmer 180
Innovation Unit Electromagnetic Sensors,
Global Product Manager
Pepperl+Fuchs

E



Andreas Eckhardt..... 130
Entwicklung Firmware und Connectivity,
Bosch Rexroth



Christoph Erhardt..... 87
Director Additive Manufacturing,
Protolabs

F



Dr. Rudolf Felix..... 81
Geschäftsführer,
PSI FLS Fuzzy Logik & Neuro Systeme

G



Katrin Geier 133
Redakteurin Marketing,
Insys icom



Prof. Dr. Markus Glück 192
CINO und Geschäftsführer
Forschung & Entwicklung,
Schunk



Michael Gulsch..... 159
Business Development,
Phoenix Contact

H



Norbert Hauser..... 142
Vice President Marketing,
Kontron



Ute Häußler 174
Corporate Communications Manager,
Framos



Jürgen Heigl..... 203
Global Head of Product Management
Electrical Contacts,
ODU



Johannes Hiltner..... 168
Product Manager Halcon,
MVTec



Dr. Andreas Hofmann 126
Entwickler industrielle Antriebstechnik,
TQ-Systems



Petra Hunger..... 136
Leiterin Standortkommunikation,
Hoerbiger

K



Horst Kalla 84, 92, 102
Referent Fachpresse,
Weidmüller



Renate Klebe-Klingemann 162
Technische Redakteurin,
Esd Electronics



Dr. Oliver Kleineberg 140
Global Chief Technology Officer (CTO) des
Bereichs Core Networking der Industrial IT
Plattform, Hirschmann Automation and Control



Prof. Dr. Jürgen Kletti..... 99
Geschäftsführer und Gesellschafter,
MPDV Mikrolab



Carmen Klingler-Deiseroth..... 106
freie Fachjournalistin



Sonja Koesling 96
freie Redakteurin



Dimitrios Koutrouvis..... 190
Leiter R&D,
Lütze

L



Sascha Lambauer 196
Produktmanager HDC,
TE Connectivity



Peter Lutz 146
Geschäftsführer,
Sercos

M



Martin Mangold 186
Head of Cloud Operations,
DriveLock



Ralf Muswieck 214
Marktsegmentmanager Manufacturing –
Vertrieb Europa & MEA,
Bender

O



Matthias Ochs 188
Geschäftsführer,
Genua



Olaf Ophoff 149
Leiter Produktmanagement
Fabrikautomation Systeme,
Turck

P



Christian J. Pereira 217
Geschäftsführer,
Q-loud



Helmut Pirthauer 118
Geschäftsführer,
Heidrive



Lukas Pogoda 152
Factory Automation, Product Manager
Industrial Communications, BU Systems
Pepperl+Fuchs

R



Jan Rodig 78
Geschäftsführer,
Tresmo



Ronald Roither 156
Produktmanagement,
Sigmatek

S



Bernhard Säckl 203
Global Head of Product Management
Rectangular Connectors,
ODU



Helmut Schmid 114
Geschäftsführer (Germany) und General
Manager Western Europe,
Universal Robots



Danilo Schmidt 182
Produktmanager,
Attocube Systems



Peter Seeberg 138
Business Development Manager
Industrial Data Intelligence,
Softing



Sandra Seitz 112
Automotive Leak Detection Tools,
Inficon



Fabian Seymer 203
Global Head of Product Management
Circular Connectors,
ODU

T



Nathalie Többen 166
Marketing Manager EMEA,
Allied Vision



Hakan Türe 210
Produktmanager Rittal Climate Control,
Rittal

V



Dr. Peter Velling 123
Head of Business Unit Powerdrive Systems
and Controls,
Lenord & Bauer



Viana Guilherme 73
IoT Business Development,
Logicline

W



Siegfried Wagner 76
Geschäftsführer,
in-integrierte informationssysteme



Hannes Weik 110
Mitarbeiter Presse- und Online-
Kommunikation,
Fraunhofer IPA

Z



Paul Maria Zalewski 171
Product Line Manager,
Allied Vision

Redaktionsbeirat



Dr. Thomas Bürger
VP Engineering Automation Systems
Bosch Rexroth



Andreas Heckel
Bereichsleiter Steuerungssysteme
Pilz



Hans-Jürgen Koch
Leiter Business Unit Control Systems
Phoenix Contact



Heinz Egger
Geschäftsführer
Linutronix



Dieter Hess
Geschäftsführer
3S-Smart Software Solutions



Gunther Koschnick
Geschäftsführer
ZVEI, Fachverband Automation



Dr. Helmut Figalist
Head of Technology and Innovation
Strategy Department
Siemens



Martin Kandziora
Leiter Marktkommunikation
Rittal



Dr. Josef Wiesing
Geschäftsführer
LTI Motion



Prof. Dr. Ernst Habiger
Institut für Automatisierungstechnik
TU Dresden



Peter Klein
Hauptabteilungsleiter Produktmanagement
Positionssensorik
IFM

Ehrenmitglieder



Prof. Dr. Günther Brandenburg
ehem. Institut für Mechatronik
TU München



Dr. Hans-Peter Lerch
ehem. Bosch Rexroth



Arnold Zankl
ehem. Siemens A&D

Inserentenverzeichnis

A

ABB	2, US
Allied Vision	166, 171
Althen	14
Attocube Systems	182
Automation24	15

B

B&R	16, 106
Balluff	17
Baumüller	18
Bender	214
Bluhm Systeme	108
Bosch Rexroth	19, 90, 130
Braunkabel	207
Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)	54

D

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)	56
DriveLock	186

E

Electrotherm	169
Eplan	20, 95, 96
Esd Electronics	162

F

Faulhaber	21
Framos	174
Fraunhofer Institut IPA	22, 110

G

Genua	188
Grenzebach	84

H

Harting	23, 198
Heidrive	118

Heitec	24
Hilscher	25
Hirschmann Automation and Control	140
Hoerbiger	136

I

Icotek	205
in-integrierte informationssysteme	76
Inficon	112
Insys icom	26, 133

K

Koco Motion	27
Kontron	142

L

Lenord + Bauer	28, 123
Lenze	29
Leuze Electronic	178
Logiline	73
LTI Motion	30, 120
Lütze	31, 190, 206

M

Maxon Motor	32
Mitsubishi Electric	4, US
Moog	33
MPDV	99
MVTec	168

O

ODU	34, 203, 213
-----------	--------------

P

P.E. Schall	36
Pepperl+Fuchs	35, 152, 180
Phoenix Contact	159
Process Automation Solutions	37
Protolabs	87

PSI FLS Fuzzy Logik & Neuro Systeme	81
PSI Automotive & Industry	38

Q

Q-loud	217
--------------	-----

R

Rittal	39, 200, 201, 210
Rübsamen & Herr	40
Rutronik	41

S

Schunk	42, 192
Sercos	146
Sigmatex	43, 156
Softing	138
SVS Vistek	44
Syslogic	45

T

TE Connectivity	196
TQ-Group	46
TQ-Systems	126
TR Electronic	47
Tresmo	78
TÜV Süd Attisae	70
Turck	7, 48, 149

U

Universal Robots	49, 114
------------------------	---------

V

Verein Deutscher Ingenieure (VDI)	65
---	----

W

Weidmüller	50, 84, 92, 102
------------------	-----------------

Y

Yaskawa	51
---------------	----

Stichwortverzeichnis

1, 2, 3

3D-Druck	90
3D-Kamerasystem	
3D-Metalldruck	87
3D-Modell	96
3D-Vision	174

A

Analyse, vorausschauende	138
Analysesoftware	84
Anlagen, elektrische	214
Anlagen, vernetzte	70
Anlagenoptimierung	81
Anlagenprogrammierung	102
Ansätze, plattformbasierte	99
Antriebssystem, modulares	120
Apps	78, 159
ASIC	171
Asset Management	73
Augmented Reality	92
Auswertung	76
Automatisierungsnetzwerk	140

B

Baukastenprinzip	118
Bauraumoptimierung	126
Bedienbarkeit, mobile	156
Bedienpanel	156
Bewegungssensor	182
Bildverarbeitung	168, 171, 174
Bildverarbeitungssoftware	110, 168
Blockheizkraftwerk (BHKW)	133

C

Chiller	210
Cloud-Anbindung	217
CNC-Maschine	90, 186
Cobots	114
Condition Monitoring	84, 133, 196, 214, 217
Cyber-Sicherheit	186

D

Datenanalyse	76, 84, 138, 188
Datenbrille	92
Datenkommunikation	133
Datenmodelle	99
Datensammlung, interaktive	92
Datensicherheit	70
Datenstandardisierung	78
Datentransfer	136, 149
Datenübertragung, optische	136
Datenvernetzung	76
Deep Learning	168
Designansatz, softwarebasierter	96
Dichtheitsprüfung	112
Differenzstrommessung (RCM)	214
Digitalisierung der Steckverbinder	196
Digitalisierungsprozess	70
Displacement-Sensor	182
DMLS-Verfahren	87
Dokumentationstool	84
Drohne	166

E

Echtzeitanwendungen	162
Echtzeitbetriebssystem	162
Echtzeit-Daten	166
Echtzeitkommunikation	146
Echtzeitüberwachung	84
Edge Gateway	188
Edge-Lösung	138
Embedded-Hardware	102
Embedded PC	162
Embedded-Systeme	171
Embedded Vision	171
Energiedatenerfassung	190
Energieeffizienz	118, 210
Energiemanagement	217
Energiespeicher	120
Engineering-Tool, browserbasiert	102
Entscheidungsfindung	81
Entwicklungsplattform	99, 159
Entwicklungsprozess, schlanker	73

Erkundungssystem	166
Ethernet-Spanner	149
Ethernet TSN	146
Etikettiersysteme	108

F

Fachfeinpositionierung	178
Fast Ethernet	136
Feldbus	90, 146
Fehlersuche	168
Fernwartung	133
Fernzugriff	102
Fertigung, additive	87, 90
Fertigung, intelligente	106
Fertigungs-IT	99
Fertigungsoptimierung	81, 114
Firmware-Updates	78
Flüssigkeitskühlung	210
Flyerwicklung	118
Förderband	106
Forschungsprojekt	166

G

Gateway	133, 149
Geometrie der Kontakte	196
Geschäftsmodelle, datenbasierte	188
Geschäftsmodelle, neue	73, 76, 84
GigE-Vision	166
Gleichstromsteller	120
Greifer	110, 192
Greifer, intelligenter	192
Griff-in-die-Kiste	110

H

Handhabungstechnik	110
Heavy-Duty-Steckverbinder	196
High-Performance-Antriebssystem	126
HMI	156

I

IIoT-Services	133
Inbetriebnahme	114, 133

Industrial Analytics	84	Lernen, maschinelles	110	Predictive Maintenance	178
Industrial Security	186	Logistik, smarte	174	Produktentwicklung	73, 96
Industrie 4.0	70, 90, 123, 130, 180, 188, 190	Loop-back	73	Produktion, flexible	106
Industrie-PC	162	Losgröße 1	106	Produktion, vernetzte	180
Industrieroboter	110			Produktionsoptimierung, datenbasierte	138
Informationsaustausch	92	M		Produktivitätssteigerung	90, 96
Integration, einfache	152	M12-Steckverbinder	198	Prognose	76
Intelligenz, künstliche	81, 168, 174	M2M-Kommunikation	102, 130, 149	Projektierung	70
Interferometrie	182	Machine Learning	81, 138	Prototyp	87, 96
IO-Link	152, 180	Machine-Learning-Algorithmen	186	Push-Pull-Verriegelung	198
IO-Link-Schnittstelle	152	Machine Vision	168		
IoT	76	Maschinen, intelligente	174	Q	
IoT-Anwendungen	78, 217	Maschinen, selbstlernende	174	Qualitätssicherung	112
IoT-Plattform	76, 78, 217	Maschinenkommunikation	130		
Isolationswiderstand	214	Massenproduktion, individualisierte	106	R	
IT-Infrastruktur	217	Mehrachssystem	120	Rechtecksteckverbinder	196
IT-Security	70, 186, 188	Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK)	114, 192, 203	Regalbediengerät (RBG)	178
		MES	99	Reifegradmodell	70
K		Messsensor, interferometrischer	182	Roboter, kollaborative	126
Kältekompressor	210	Modularisierung	90	Roboter, lernfähige	110
Kamera	166	Montage, einfache	198	Roboter, mobile	203
kamerabasiert	178	Motordesign	126	roboterbasiert	112
Kenzeichnung	108	MRK, sichere	210	Robotersysteme	108
KI	81, 168, 174	Multitouch-HMI-Systeme	156	Robustheit	118
Klimamanagement	206			Router, industrietauglicher	133
Knickarmroboter	108	N			
Kollaboration	108, 114	NAT-Router	149	S	
Kommunikation, durchgängige	146	Netzwerke, industrielle	140	Schaltnetzteile	190
Kommunikationsprotokolle	130	Netzwerkkonfiguration	140	Schaltschrank	96, 206
Konfigurator	206			Schaltschrankaufbau	206
Kontaktdichte	196	O		Schaltschrank-Klimatisierung	206
Kontakte, gestanzte	196	OPC UA	130	Schatten, digitaler	96
Kontaktierung	203			Schnellverriegelung	203
Kühltechnik	210	P		Schnüffellecksuche	112
kundenorientiert	73	Partner-Netzwerk	217	Schrittmotor	123
		Permanentmagnet-Drehstrom-Synchron-Servomotoren	118	Security, cloudbasierte	186
L		Pick&Place	108	Security-by-Design	188
Lasersintern	87	Plattform, modulare	99	Seltenerdmetallen	118
Leckortung	112	PLCnext	159	Sensor, induktiver	180
LED-Lichtsignale	136	Positionierungssensor	178, 180	Sensor-Aktor-Ebene	152
Leichtbauroboter	114	Positionsbestimmung	180, 182	Sensoren, binäre	178
Leitfaden	70	Positionsgeber	126	Sensorik, taktile	192
Leistungselektronik	126				

Sercos III 146
 serviceorientiert 73
 Servoachse 120, 123
 Servomotor 118, 126
 Sicherheitskonzept 192
 Sicherung, elektronische 190
 Sichtprüfung 214
 Single Board Computer 162
 Smart Factory 99
 SPS 102, 159, 162
 SPS-Programmierung 123, 159
 Standardisierung 78, 96, 180
 Steckverbinder 196, 198, 203
 Steckverbinder, modulare 196
 Steckverbinder, multifunktionale 203
 Steckzyklen, hohe 203
 Stellantrieb 123
 Steuerung 162
 Steuerungsarchitektur 159
 Steuerungsplattform 159
 Stromkreis 190

Stromversorgung 190
 Systeme, cyber-physikalische 159
 System-on-Chip 171

T

Teilautomatisierung der Fertigung 114
 Temperaturregelung 210
 Temperatursimulation 206
 Testbed 140
 Time-Sensitive Networking (TSN) 140, 146
 Transportsystem 106
 TSN-Standards 140
 TSN-Switches 140

U

Übertragung, deterministische 146
 Übertragung, drahtlose
 Überwachung, permanente 214

V

Verdrahtung 149
 Vergangenheitsdaten 76
 Vernetzung, durchgängige 90, 152, 186
 Vernetzung der Maschinen und Anlagen 130
 Verpackungsanlagen 123
 Verpackungsmaschinen 118

W

Wartung und Instandhaltung 92
 Werkstückentnahme 110
 Wertschöpfung, digitale 76
 Whitelisting 186
 Wireless 156
 Wissenstransfer 92
 WLAN 136, 156

Z

Zwilling, digitaler 76, 96, 99

IMPRESSUM

Herausgeber

Kilian Müller

Redaktion

Christian Vilsbeck (Managing Editor/verantwortlich/-26),
 Isabell Diedenhofen (-38), Selina Doulah (-34),
 Anna Gampenrieder (-23), Ragna Iser, Demian Kutzmutz (-37),
 Florian Mayr (-27)

Newsdesk newsdesk@publish-industry.net

Anzeigen

Caroline Häfner (Director Sales/verantwortlich/-14),
 Saskia Albert (-18), Vitor Amaral de Almeida (-24),
 Veronika Muck (-19), Maja Pavlovic (-17), Julia Rinklin (-10),
 Katrin Späth (-99);
 Anzeigenpreisliste: vom 01.01.2018

Sales Services

Ilka Gärtner (-21), Franziska Gallus (-16), Marina Schiller (-20);
 sales@publish-industry.net

Marketing & Vertrieb

Anja Müller (Head of Marketing),
 Alexandra Zeller (Product Manager Magazines)
 David Löffler (Kampagnenmanager)

Herstellung

Marina Schiller

Verlag

publish-industry Verlag GmbH
 Machtlfinger Straße 7
 81379 München, Germany
 Tel. +49.(0)151.58 21 19-00
 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-Kompodium.

Jährlicher Abonnementpreis

Ein JAHRES-ABONNEMENT der A&D ist zum Bezugspreis von
 64 € inkl. Porto/Versand innerhalb Deutschland und MwSt. erhältlich
 (Porto Ausland: EU-Zone zzgl. 10 € pro Jahr, Europa außerhalb EU
 zzgl. 30 € pro Jahr, restliche Welt zzgl. 60 € pro Jahr). Jede Nachlie-
 ferung 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 Mitar-
 beiter bestellen möchten, werden angeboten. Fragen und Bestellungen
 richten Sie bitte an: leserservice-pi@vuservice.de

Einzelbezugspreis

Das A&D-Kompodium kann beim Verlag als Einzel exemplar
 zum Preis von EUR 39,90 inkl. Versand in Deutschland und inkl.
 MwSt. bestellt werden. Bestellungen richten Sie bitte an:
 leserservice-pi@vuservice.de

ISSN-Nummer 1618-2898

Postvertriebskennzeichen 49309

Gestaltung & Layout

Layoutstudio D. Haberlandt, Beethovenstraße 2a, 85435 Erding

Druck

Firmengruppe APPL, sellier-druck GmbH, Angerstraße 54,
 85354 Freising, Germany

Gerichtsstand München

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.

So erreichen Sie uns:

Bei Fragen an die Redaktion

Tel. +49.(0)151.58 21 19-00,
 newsdesk@publish-industry.net

Internet

www.industr.com

Facebook

www.facebook.de/INDUSTRICOM



Der CO₂-neutrale Versand
 mit der Deutschen Post



EIN WEB-MAGAZIN VON PUBLISH-INDUSTRY.



Die Faszination **AUTOMATION**
im Fokus. Der Blick in andere
Branchen als Inspiration.



INDUSTR.com/AuD: Das A&D-Web-Magazin liefert relevante News, Artikel, Videos und Bildergalerien und macht die Faszination der Fertigungsautomation lebendig.

Vernetzt mit den anderen Web-Magazinen von publish-industry unter dem Dach des Industrie-Portals **INDUSTR.com** ist es Ihre Eintrittspforte in eine faszinierende Technik-Welt. Gehen Sie online und werden Sie kostenfrei Mitglied der **INDUSTR.com**-Community: **INDUSTR.com/AuD**.



for a greener tomorrow



Das Ganze im Blick – mit e-F@ctory und unserem Partnernetzwerk



Gemeinsam mit Ihnen gehen wir die Herausforderung Industrie 4.0 an und begleiten Sie als verlässlicher Partner bei der digitalen Transformation Ihres Unternehmens. Als Mitglied der e-F@ctory Alliance, unseres global aufgestellten Partnernetzwerks, beraten wir Sie ganzheitlich auf Grundlage Ihrer spezifischen Anforderungen. Denn unser Netzwerk ist spezialisiert auf maßgeschneiderte Hard- und Softwarelösungen innerhalb der Fabrikautomation. Mit der nahtlosen Integration von Anlagenbetrieben und Steuerungssystemen sorgen wir für ein Höchstmaß an Transparenz und Produktivität. Damit Sie auch weiterhin den Blick aufs Ganze nicht verlieren.



Detaillierte Infos: de3a.mitsubishielectric.com/fa/de/solutions/efactory