

atp edition

Automatisierungstechnische Praxis

Macher und Meinung: Michael Weyrich
im Interview mit der atp edition
„Wir stehen vor einer neuen Welle
der Automatisierung“ |¹⁶

Energiedaten als Führungsgrößen |³²

Strukturelle Codeanalyse |⁴²

KPI-based Process Operation |⁵²

Big data analytics for proactive industrial
decision support |⁶²

Neu, fokussiert und kompetent

The magazine cover features the title 'AB Automation Blue' in large letters, with 'Automatisierungslösungen für Wassersysteme' above it and '1/2016' at the top right. It includes a sub-headline 'Wassermessung ohne Ein- und Auslaufstrecken' and a main image of a KROHNE flow meter. The digital version on the screen shows a similar layout with articles on automation, communication, and sensors.

Im Abo:
Print.
Digital.
Heftarchiv.

Automation
Digitalisierung öffentlicher Infrastruktur am Beispiel der Wasserversorgung
Erhöhung des Automatisierungsgrades bei einem großen Wasserwerksverband
Schnelle Implementierung einer Prozessleit- und Fernwirktechnik

Kommunikation
Wasserzähler fördern interkommunale Zusammenarbeit
Funknetzwerk verbindet Außenstationen einer Gemeinde-Wasserversorgung
Intelligente Brunnenüberwachung

Sensorik
Magnetisch-induktive Wasserzähler mit zusätzlichen Aufgaben
Radartechnik im Abwasserbereich - was hat der Anwender für Vorteile?

Vulkan Verlag

www.krohne.com

Die Fachzeitschrift für alle Fragen rund um das Messen, Steuern und Regeln in Wasser- und Abwassernetzen.

Bestellen Sie Ihr Probeheft:
www.automation-blue.de

AB Automation
Blue

Spreu und Weizen – Zerreißprobe der Automatisierung

Die Entwicklung der Automatisierungstechnik befindet sich aktuell in einer spannenden Phase und manche Teilbereiche mögen sogar am Scheideweg hinsichtlich ihrer weiteren Ausgestaltung stehen. „Digitalisierung“, „Industrie 4.0“, „Big Data“ und „Internet of Things“ werden in einem Netzwerk aus Herstellern, Dienstleistern und Anwendern kontrovers diskutiert. Neue Konzepte sprießen wie Pilze aus dem Boden und nicht selten werden Themen von Anbietern für Vermarktungszwecke ohne inhaltlichen Mehrwert missbraucht, während Anwender bemüht sind, eigene Idealvorstellungen als Standard zu etablieren.

Damit nicht genug. Es begleitet uns ein stetiger und in Teilen durch Ölpreis oder Energiewende steigender Druck, kostenoptimal zu produzieren. Bei Investitionsentscheidungen drängt sich schnell die Gretchenfrage auf, wie viel Investitionskosten akzeptabel sind, um ein hohes Maß an digitaler Zukunftstauglichkeit und Operational Excellence zu gewährleisten.

Die Konsequenzen dieser Entwicklungen sind vielfältig. Ein wichtiges Element hierbei ist zum Beispiel die Frage nach den Fähigkeiten, welche in Zukunft im Umgang mit Automatisierung erforderlich sein werden.

Wie kann man hier einen kühlen Kopf für Entscheidungen mit Jahrzehntelanger Tragweite bewahren?

Es wird darauf keine von Unsicherheiten freie Antwort geben, trotzdem kann man einige generische Grundsätze identifizieren. Als erstes ist „echter Wertbeitrag“ der einzige legitime Maßstab, um neue Lösungen zu bewerten. Eleganz und Simplizität sind zwar wichtige Kriterien für Effizienz und Nachhaltigkeit, dürfen aber nicht zum Selbstzweck avancieren. Ein Wertbeitrag kann dabei anders ausgeprägt und schwerer quantifizierbar sein als erwartet: Wie bemisst man zum Beispiel die mittels Digitalisierung gesteigerte Attraktivität eines Arbeitsumfeldes? Zweitens muss man sich schlicht vor Augen halten, dass nichts so heiß gegessen wird, wie es gekocht wird, auch wenn manch Visionär mit noch so heißer Flamme am Werk ist. Die Angst, etwas zu verpassen, kann auch bedeuten, das fallende Messer auffangen zu wollen. Und zu guter Letzt hilft es, gelassen darauf zu vertrauen, aber auch aktiv darauf hinzuwirken, dass sich trotz aller Wirrungen nur das Sinnvolle langfristig durchsetzt.

Nichtsdestotrotz bieten die aufkommenden disruptiven Entwicklungen sehr viele Chancen. Über Jahre hinweg nahm die Synchronisierung von Technologien und Serviceportfolios verschiedener Anbieter mit abnehmender Differenzierung zu. Der aktuelle Ruck erzeugt eine Vielzahl von Lösungsmöglichkeiten mit potenziellem Mehrwert, die einen natürlichen Selektionsprozess durchlaufen können. Wichtig wird sein, diesen Prozess für grundlegende Fragen so zu Ende zu bringen, dass nur eine Lösung verbleibt. Die Konkurrenz im Feldbus- oder im Wireless-Bereich war und ist hierbei ein großes Hemmnis für deren Einführung.

Was bleibt ist die Suche nach Balance, um Bewährtes zu erhalten ohne es neu zu erfinden aber auch Neuem stets offen zu begegnen.



**DR. MICHAEL KRAUSS,
BASF SE**

INHALT 9 / 2016

NACHRICHTEN

- 6 | Wirtschaft & Unternehmen
- 8 | Köpfe
- 8 | Forschung & Entwicklung
- 11 | Veranstaltungen
- 14 | Namur

MACHER UND MEINUNG

- 16 | „Wir stehen vor einer neuen Welle der Automatisierung.“
MICHAEL WEYRICH IM INTERVIEW MIT DER ATP EDITION

PRODUKTE & LÖSUNGEN

- 20 | Modulares Prozess-I/O-System nun auch mit Profinet
- 20 | Industrierouter mit integrierter Linux-Programmierumgebung
- 21 | Messgeräte alternativ an Automationssysteme anbinden
- 21 | Mit neuer Relais-Serie auf der sicheren Seite
- 22 | Die neue Generation der Flüssigkeitsanalyse
- 22 | Kapazitive Sensoren für raue Industrieumgebungen
- 23 | Ultraschlankes Area-Imaging Scan-Modul mit Miniatur-Decoder Board Mini DB für 2D-Barcodes
- 23 | Modularer Differenzdruckmessumformer
- 24 | Kabel- und Montagekosten im Feld minimieren
- 24 | Vier-Achsen-Scara-Roboter
- 25 | Sechs hochauflösende Lasermodule messen bis zu zwölf kritische Komponenten gleichzeitig und kontinuierlich
- 25 | Kompakter Embedded-PC für die Hutschienenmontage

Produkte,
Lösungen
und Service
für die
Prozess-
industrie?

Natürlich.



Der CoriolisMaster bietet Ihnen eine hochgenaue Messung von Masse- und Volumendurchfluss, Dichte, Temperatur und Konzentration mit nur einem Gerät.

Er kann mit bis zu fünf modularen Ein- und Ausgängen ausgestattet werden. Durch den SmartSensor ist die Messgeräte-Intelligenz direkt im Sensor verfügbar.

Measurement made easy.
www.abb.de/durchfluss

Wussten Sie, dass Ihnen ABB neben einem umfassenden Portfolio an zuverlässigen Produkten und Lösungen für die Instrumentierung und Analysentechnik effiziente Leittechnik sowie erstklassigen Service bietet? Lesen Sie mehr unter:
[www.abb.de/
prozessautomatisierung](http://www.abb.de/prozessautomatisierung)

AUS DER PRAXIS

- 26 | Zentrale Datenbank löst Vielzahl von Dateninseln ab und beschleunigt die Anlagenplanung
- 29 | Optimierte Prozessführung sorgt für große Energieeinsparungen bei Klärschlammverbrennung

HAUPTBEITRÄGE

- 32 | Energiedaten als Führungsgrößen
RENÉ VON LIPINSKI, JÖRG REIFF-STEFAN
- 42 | Strukturelle Codeanalyse
STEFAN FELDMANN, SEBASTIAN ULEWICZ, SEBASTIAN DIEHM, BIRGIT VOGEL-HEUSER
- 52 | KPI-based Process Operation
MARTIN HOLLENDER, MONCEF CHIOUA, JAN SCHLAKE, LENNART MERKERT, HEIKO PETERSEN
- 62 | Big data analytics for proactive industrial decision support
MARTIN ATZMUELLER, BENJAMIN KLÖPPER, HASSAN AL MAWLA, BENJAMIN JÄSCHKE, MARTIN HOLLENDER, MARKUS GRAUBE, DAVID ARNU, ANDREAS SCHMIDT, SEBASTIAN HEINZE, LUKAS SCHORER, ANDREAS KROLL, GERD STUMME, LEON URVAS

RUBRIKEN

- 3 | Editorial
- 10 | Call for Experts
- 75 | Impressum, Vorschau

ABB Automation Products GmbH
Tel.: 0800 111 44 11
Fax: 0800 111 44 22
vertrieb.messtechnik-produkte@de.abb.com

Power and productivity
for a better world™



Optische Sensoren: ams übernimmt Mazet

Mit der kürzlich vollzogenen Übernahme der Mazet GmbH will die ams AG ihre Marktführerschaft bei optischen Sensoren ausbauen und die Position bei künftigen optischen Sensoranwendungen stärken, wie das Unternehmen mitteilt. Bei Mazet handelt es sich um einen Spezialisten für Farb- und Spektralsensorsysteme. Über den in bar gezahlten Kaufpreis wurde Stillschweigen vereinbart.

Mazet konzentriert sich auf Anwendungen in Industrie- und Medizintechnik und verfügt über umfassendes System- und Applikations-Know-how für anspruchsvolle Farb- und Spektralsensorik sowie hervorragende Expertise in der Entwicklung optischer

Systeme, heißt es bei ams. Das Know-how umfasst dabei die IC- und Filterentwicklung sowie die Systementwicklung von Hard- und Software. Die Jencolor-Sensoren des Unternehmens werden gegenwärtig unter anderem in der Innenraumbeleuchtung von Flugzeugen, in der Landwirtschaft und für die medizinische Analyse von Hautveränderungen eingesetzt.

MAZET GMBH,
Göschwitzer Straße 32,
07745 Jena,
Tel. +49 (0) 3641 280 90,
Internet: www.mazet.de

Yaskawa eröffnet Niederlassung in Polen



BLICK AUF den Yaskawa-Neubau in Breslau. Bild: Yaskawa

Mit seiner neuen Niederlassung in Wroclaw (Breslau) will der Roboterhersteller Yaskawa näher an seine Kunden in Polen heranrücken. Verfügbar sind die Yaskawa-Produkte dort bereits seit vielen Jahren. Manfred Stern, CEO von Yaskawa Polska Sp. z.o.o. und der Yaskawa Europe GmbH, betont, mit der neuen Niederlassung wolle man die Marktposition in Polen und Europa stärken. Polen als sechstgrößte europäische Volkswirtschaft biete großes Potenzial und Breslau verfüge mit seinem Flughafen, Autobahnbindungen und als wichtige Universitätsstadt über eine sehr gut ausgebauten Infrastruktur. Die Niederlassung in Breslau verfügt unter anderem über Schulungsräume sowie ein Technikum, das Kunden vor Ort beste Voraussetzungen für umfangreiche Service- und Schulungsangebote biete.

YASKAWA EUROPE GMBH, EUROPEAN HEADQUARTER,
Hauptstraße 185,
65760 Eschborn,
Tel. +49 (0) 6196 56 93 00,
Internet: www.yaskawa.eu

Hima investiert Millionenbetrag in zentrale ERP-Lösung

Hima führt eine neue, zentrale ERP-Lösung ein, die zahlreiche Insellösungen ablöst und die weltweiten und branchenübergreifenden Prozesse der Gruppe effizient unterstützen soll. Dabei setzt Hima auf die Software IFS Applications 9. Sie wird als zentrales ERP-System die komplexen Geschäftsprozesse des Unternehmens vereinheitlichen. In das Projekt investiert Hima 3,1 Millionen Euro.

„Wir haben eine globale Lösung mit tiefer Funktionalität für alle unsere Branchen gesucht und sie mit IFS Applications 9 gefunden. Die Software hat uns unter anderem durch ihre anwenderfreundliche Oberfläche und ihre große Flexibilität überzeugt“, sagt Stefan Hinterlang, Vice President Operations bei Hima. Die Lösung sei „ein wichtiger Baustein unserer Wachstumsstrategie“.

Nach der vollständigen Einführung werde die Software die komplette Wertschöpfungskette von Hima abbilden – von der Produktionsplanung über Fertigungssteuerung und Logistik bis hin zu Instandhaltung, Finanz- und Personalwesen sowie Service- und Qualitätsmanagement. „IFS Applications 9 wurde gezielt dafür konzipiert, globalen Unternehmen Transparenz über ihre Kernprozesse zu verschaffen“, so Peter Höhne, Vice President Sales und Marketing IFS Europe Central.

HIMA PAUL HILDEBRANDT GMBH,
Albert-Bassermann-Straße 28,
68782 Brühl bei Mannheim,
Tel. + 49 (0) 6202 70 90,
Internet: www.hima.com

China will sich bei Robotern verstärkt selbst versorgen

China will bis 2020 den Aufstieg in die Top Ten der weltweit am stärksten automatisierten Nationen schaffen. Bis dahin soll die Roboterdichte – also die Anzahl der Industrie-Roboter pro 10 000 Arbeitnehmer – auf 150 steigen. 2015 lag der Wert bei 36. Ziel ist es, 2020 jährlich 100 000 Industrie-Roboter aus heimischer Produktion zu verkaufen. Das sagte Wang Ruixiang, Präsident des chinesischen Maschinenbau-Verbandes CMIF anlässlich des „China International Summit of Robot Industry“ in Schanghai. Aktuell liegt das Reich der Mitte bei der Roboterdichte weltweit auf Rang 28, wie die Roboter-Weltstatistik der International Federation of Robotics (IFR) zeigt. Mit der Reformagenda „Made in China 2025“ fördert die Regierung in Peking den schnellen Ausbau der Automation.

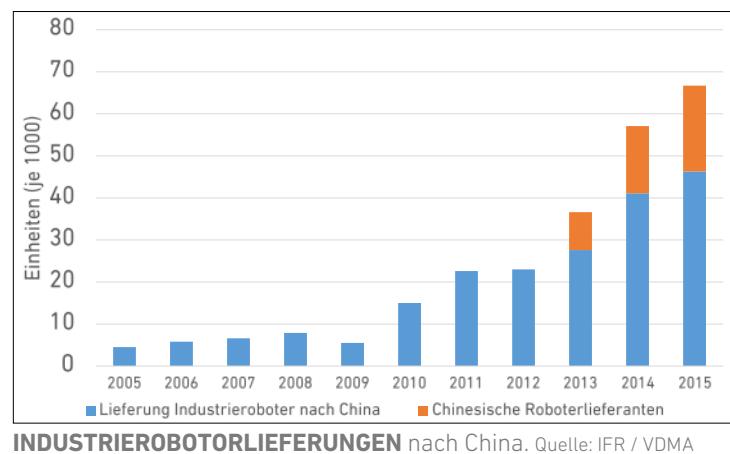
Der chinesische Markt für Industrie-Roboter ist derzeit noch stark von Importen geprägt. Ausländische Hersteller kommen auf einen Marktanteil von 69 Prozent. Allerdings holen heimische Wettbewerber stark auf: Das Absatzvolumen chinesischer Hersteller stieg von 25 Prozent im Jahre 2013 auf zuletzt 31 Prozent. „Bis Ende 2020 dürfte der Marktanteil chinesischer Roboterhersteller im heimischen Markt auf 50 Prozent steigen“, sagte Dr. Daokui Qu, CEO des chinesischen Roboterbauers Siasun jüngst auf dem CEO-Round-Table der IFR in München.

Asien verzeichnete 2015 mit 156 000 Einheiten den weltweit größten Absatz von Industrie-Robotern –

ein Plus von 16 Prozent im Vergleich zum Vorjahr. Größte Einzelmärkte der Region waren China (67 000 Einheiten), gefolgt von Südkorea (37 000 Einheiten) und Japan (35 000 Einheiten). Die fünf Märkte in China, Südkorea, Japan, den USA und Deutschland zusammen stehen für rund drei Viertel des weltweiten Roboterabsatzes.

IFR INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS,

Lyoner Str. 18,
60528 Frankfurt am Main,
Tel. +49 (0) 69 66 03 15 02,
Internet: www.ifr.org



INDUSTRIEROBOTORLIEFERUNGEN nach China. Quelle: IFR / VDMA

Data Portal knackt Millionen-Marke

Eplan sieht durch eine neue Rekordzahl das Konzept seines Eplan-Data-Portals bestätigt: Im Juni 2016 wurden rund eine Million Geräte- und Komponentendaten von Anwendern heruntergeladen. Tendenz: steigend. Das zeige deutlich, dass der Bedarf an Herstellerdaten groß und die Integration von Daten auch im Engineering unverzichtbar geworden sei.

Mithilfe des Portals können Anwender geprüfte, aktuelle Daten direkt ins Eplan Projekt per Drag & Drop integrieren. Aktuell sind über 620 000 Gerätedaten sowie über 1,2 Mio. Varianten per Konfiguration im Portal verfügbar. Auch der Trend zu Industrie-4.0-kompatiblen Produkten und Lösungen verstärkt das Interesse an diesen Artikeldaten, die über den gesamten Produktentstehungsprozess genutzt werden können.

Stefan Domdey, Global Coordinator Eplan Data Portal, erklärt: „Wir sind begeistert, dass unser Portal weltweit so hervorragend angenommen wird und die Zahl der Downloads ständig steigt.“ Weltweit liefern intensive Gespräche mit Komponentenherstellern, um weitere Akteure im industriellen Umfeld ins Portal aufzunehmen. Bislang seien 147 Hersteller vertreten. Allein 2016 seien bislang 33 neue Hersteller hinzugekommen, darunter Belden Cable, Cisco, Hyundai Heavy Industries, LSIS, TE Connectiviy, Wittenstein und Yokogawa.

EPLAN SOFTWARE & SERVICE GMBH & CO. KG,

An der alten Ziegelei 2,
40789 Monheim am Rhein,
Tel. +49 (0) 2173 396 40,
Internet: www.eplan.de



RUND EINE MILLION ARTIKELDATEN wurden allein im Juni im Eplan Data Portal heruntergeladen. Bild: Eplan

KÖPFE / FORSCHUNG & ENTWICKLUNG

Ploss und Eul verstärken das VDE-Präsidium

Dr. Reinhard Ploss, Infineon-Vorstandsvorsitzender, und Prof. Dr. Hermann Eul, Privatinvestor im Sili-



Infineon-Chef **REINHARD PLOSS**. Bild: Infineon Technologies



PROF. DR. HERMANN EUL, unabhängiger Aufsichtsrat. Bild: Prof. Dr. Hermann Eul

con Valley, vormals Corporate Vice President Intel Corp. und vorsitzender Geschäftsführer von Intel Deutschland, verstärken ab Januar 2017 das VDE-Präsidium. Die Delegierten des VDE wählten Ploss und Eul einstimmig. „Das Präsidium freut sich, mit Reinhard Ploss und Hermann Eul zwei weitere erfahrene Manager in seinen Reihen zu haben, die den Technologieverband mit 35 000 Mitgliedern und 1300 Unternehmen maßgeblich mitgestalten werden“, sagte VDE-Präsident Dr. Bruno Jacobfeuerborn, CTO der Deutschen Telekom. Die VDE-Präsidiumsmitglieder kommen traditionell aus Wirtschaft und Wissenschaft und decken die gesamte Bandbreite der Elektro- und Informationstechnik ab.

VDE VERBAND DER ELEKTROTECHNIK ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK E. V.,

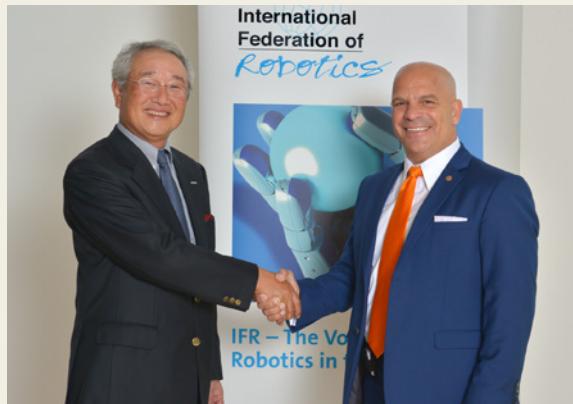
Stresemannallee 15,
60596 Frankfurt am Main,
Tel. +49 (0) 69 630 80,
Internet: www.vde.com

Weltroboterverband: Junji Tsuda ist neuer Vizepräsident

Das Executive Board der International Federation of Robotics (IFR) hat den Japaner Junji Tsuda einstimmig zum neuen Vizepräsidenten gewählt. Neben Präsident Joe Gemma steht Tsuda damit künftig an der Spitze des Weltroboterverbands. Diese Position übte er bereits ab 2008 für zwei Jahre aus. Beim japanischen Roboterbauer

Yaskawa Electric Corporation fungiert der 65-jährige seit 2013 als Representative Director Chairman of the Board. „Ich freue mich außerordentlich, mit Junji Tsuda einen so hochkarätigen und erfahrenen Vertreter der Robotikindustrie an meiner Seite zu haben“, sagt IFR-Präsident Joe Gemma. „Gerade in diesen spannenden Zeiten der vierten industriellen Revolution wird eine internationale Vernetzung aller Stakeholder immer wichtiger. Die Wahl von Junji Tsuda unterstreicht vor diesem Hintergrund die wichtige Stellung des japanischen Marktes“, betont Gemma.

Dem Führungsgremium von Yaskawa gehört Junji Tsuda bereits seit 2005 als Director und Managing Director an. Seine Tätigkeit für Yaskawa begann Tsuda 1976, nachdem er zuvor seinen Hochschulabschluss in Maschinenbau am renommierten Tokyo Institute of Technology absolviert hatte. Ab den neunziger Jahren leitete Tsuda verschiedene Unternehmensbereiche im Amerikageschäft sowie anschließend ab 2003 im Mutterkonzern.



IFR PRÄSIDENT JOE GEMMA (rechts) gratuliert dem neuen Vize-Präsidenten Junji Tsuda. Bild: IFR

IFR INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS,
Lyoner Str. 18,
60528 Frankfurt am Main,
Tel. +49 69 6603 15 02,
Internet: www.ifr.org

Sensorik für Energiemanagement in der Produktion

Um den Energieverbrauch von Produktionsanlagen optimieren zu können, müssen alle relevanten Verbrauchsdaten erfasst und analysiert werden. Im Forschungsprojekt Esima (energieautarke Sensorik in Interaktion mit mobilen Anwendern, www.esima-projekt.de)

hat Festo mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft ein Konzept für ein Energiemanagement auf Basis einfach zu installierender Sensorik erarbeitet. Zentraler Bestandteil des Projekts war neben der Entwicklung von energieautarken Sensoren auch die Visua-

XTS – Die Motion-Revolution.

Das lineare Transportsystem für neue Maschinenbau-Konzepte.



www.beckhoff.de/XTS

Mit dem hochkompakten eXtended Transport System (XTS) wird die Maschinenkonstruktion neu gedacht: In Kombination mit der PC- und EtherCAT-basierten Steuerungstechnik eröffnet das XTS mit einem Minimum an Komponenten – Motor, Mover und Führungsschiene – maximale Konstruktionsfreiheit. Unterschiedlichste Geometrien können gewählt und so völlig neue Maschinenkonzepte für Transport, Handling und Montage umgesetzt werden. Die Vorteile: eine erhöhte Produktionseffizienz und ein reduzierter Maschinen-Footprint. Auch mechanisch äußerst aufwändige Motion-Anwendungen lassen sich mit dem XTS per Software komfortabel und flexibel realisieren. Welche Maschine erfinden Sie mit dem XTS?

IPC

 **FachPack**

I/O

Motion

Automation

Halle 3A, Stand 331

lisierung, die dem Anlagenbetreiber ein differenziertes Verständnis der eigenen Prozesse ermöglicht und somit einen Beitrag zu Industrie-4.0-Fabriken leistet.

Mit diesem durchgängigen Konzept von der einfachen Installation der Sensoren, der Datenerfassung, der Übertragung per Funk bis zur Visualisierung kann der Energieverbrauch – beispielsweise für einzelne Werkstücke – abgeleitet werden. Ein wesentlicher Vorteil ist, dass die Sensoren einfach in vorhandenen Produktionsanlagen nachgerüstet werden können. Zusätzlich erfassen die kabellosen Sensorsysteme relevante Umgebungsparameter wie Temperatur, Luftfeuchte und CO₂-Gehalt. Die Messwerte werden anschließend vorverarbeitet und per Funk an eine Basisstation übermittelt.

Bei Festo wurde im Projekt ein Druckluft-Sensor entwickelt, der gleichzeitig Druck und Durchfluss misst und die gewonnenen Daten per Funk an eine Basisstation überträgt. Eine integrierte Turbine-Generator-Einheit, die mit einem geringen Anteil der Druckluft betrieben wird, stellt die notwendige elektrische Energie zur Versorgung der elektrischen Komponenten dezentral bereit. Ein frequenzagiles Zugriffsverfahren stellt die Zuverlässigkeit der kabellosen Übertragung der Daten sicher: Das System wechselt die Sende- und Empfangsfrequenz immer wieder systematisch, um Kollisionen mit anderen Funksystemen, zum Beispiel mit einem bereits vorhandenen WLAN, auszuschließen. Die Ergebnisse aus dem Projekt Esima fließen auch bei der Entwicklung von IO-Link wireless mit ein.

Die gewonnenen Messdaten werden mit einer im Projekt entwickelten Internetanwendung visualisiert und können mit mobilen Geräten wie Smartphones und Tablet-PCs eingesehen werden. Die Darstellung der Daten kann je nach Benutzer angepasst werden. So kann beispielsweise ein Maschinenbediener aktuelle Sensormesswerte und Anlagenzustände begutachten, wohingegen das Interesse eines Teamleiters eher auf Energieverbrächen und Produktionsstatistiken liegt.

FESTO AG & CO. KG,

Ruiter Straße 82,
73734 Esslingen,
Tel. +49 (0) 711 34 70,
Internet: www.festo.com

FieldComm und PI entwickeln FDI weiter

2015 hatten die FDI Cooperation LLC und die unter ihrem Dach zusammenarbeitenden Organisationen die Entwicklung der Field-Device-Integration-Technologie (FDI) abgeschlossen. Beteiligt waren beispielsweise FDT Group, Fieldbus Foundation, Hart Communications Foundation, Profibus & Profinet International (PI) und die OPC Foundation. Die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC, International Electrotechnical Commission) hat FDI als internationalen Standard IEC 62769 veröffentlicht. Bei PI sieht man nun die Etablierung der FDI-Technologie auf dem Markt als weitere wichtige Aufgabe an. Schlüsselement zur Förderung der Marktver-

FORSCHUNG & ENTWICKLUNG

breitung von FDI seien die Tools und Komponenten. Weiteres Thema sei die gemeinsame Festlegung von Test-, Zertifizierungs- und Registrierungsregeln. Um dies zu gewährleisten, haben sich PI und die Field-Comm Group vertraglich auf eine gemeinsame Weiterentwicklung, Pflege und Bereitstellung auf dem Markt verpflichtet.

Zur Unterstützung von Geräteherstellern bei der Integration von FDI in deren Geräte wurde eine protokollübergreifende Entwicklungsumgebung (Integrated Development Environment, IDE) für effiziente Entwicklung, Test und Generierung von FDI Device Packages sowie eine aufwandsarme Überführung existierender EDDs in ein FDI Device Package bereitgestellt. Sie ermöglicht es Geräteherstellern, FDI Device Packages für Profibus-, Profinet-, Foundation Field-

bus- und Hart-Geräte durch vereinheitlichte Prozesse zu erstellen. Ein weiteres wesentliches Ergebnis bei FDI besteht in der Festlegung einer Architektur für sogenannte FDI-Host-Komponenten, mit denen eine gleichartige Bearbeitung der Geräteintegrationspakete in verschiedenen FDI-Hosts ermöglicht wird. Die im Rahmen der Aktivitäten erfolgte Implementierung einer solchen Komponente soll den Host-Herstellern als Referenz bei der Implementierung von FDI in ihren Tools dienen.

PROFIBUS NUTZERORGANISATION E. V.,

Haid-und-Neu-Str. 7,
76131 Karlsruhe,
Tel. +49 (0) 721 965 85 49,
Internet: www.profibus.com

VDE und Fraunhofer-Institut SIT gründen Task Force „Trusted Computing“ für sicheres Internet der Dinge

Für Menschen sind Identitäten sowohl privat als auch geschäftlich von zentraler Bedeutung. Für Maschinen im Internet der Dinge sind sie noch wichtiger: Industrie 4.0, Smart Home oder Smart Traffic werden nur funktionieren, wenn jede Maschine, jedes Stück Hardware, jedes Gerät eine eigene, unverwechselbare Identität hat, die gleichzeitig den Anforderungen an den Privatsphärenschatz genügt. Der VDE und das Fraunhofer-Institut für Sichere Informationstechnologie SIT haben deshalb die Task Force „Trusted Computing“ zur sicheren Geräte-Identität und -Integrität“ gegründet. Ihr Ziel: Anforderungen der Industrie zu sammeln, gemeinsame Lösungen zu identifizieren, sichere Schnittstellen zu entwickeln und Standards zu schaffen. Die Task Force dient dem technologiebezogenen Austausch zwischen den unterschiedlichen Anwendungsdomänen.

Die zunehmende Integration und Vernetzung von Geräten und Maschinen eröffnet neue Angriffs- und

Ausfall-Risiken. Erst eine vertrauenswürdige Hardware, Software und die verlässliche Feststellung der jeweiligen Identitäten ergeben die Basis für eine gesicherte Datenverarbeitung („Trusted Computing“). Deshalb stehen vor allem die Themen Security by Design, Machine-to-Machine Communication, Identität und Integrität von Geräten und Systemen sowie Hardware-Vertrauensanker wie das Trusted Platform Module (TPM) im Fokus. Der VDE und das Fraunhofer-SIT laden Experten der Netzbetreiber, Systemtechnikhersteller, Hochschulen und Forschungsinstitutionen ein, in der Task Force mitzuarbeiten.

VDE VERBAND DER ELEKTROTECHNIK ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK E. V.,

Stresemannallee 15,
60596 Frankfurt am Main,
Tel. +49 (0) 69 630 80,
Internet: www.vde.com

Call for atp experts: Modularisierung

DIE AUSGABE 59(3) DER ATP EDITION im März 2017 ist dem in einigen Branchen der Fertigungs- und Prozessindustrie zu beobachtenden Umdenken gewidmet, kleiner, flexibler und intelligenter zu produzieren. Ein wesentlicher Schlüssel dazu ist eine sinnvolle Modularisierung der Anlagen, die sich am Ende des Tages auch in den Methoden, Modellen und Werkzeugen der Automatisierungstechnik und der Production IT widerspiegeln muss.

Inzwischen liegen erste Konzepte, Entwicklungen und Erfahrungen vor. atp edition ist die hochwertige Monatsspublikation für die digitale Transformation in der Auto-

matisierungsbranche. Sie bereitet aktuelle und zukünftige Entwicklungen für Fach- und Führungskräfte auf. Neben Beiträgen aus aktuellen Forschungsarbeiten suchen wir Fallanalysen, Einführungsbeispiele und praxisnahe Berichte. In den wissenschaftlichen Hauptbeiträgen, die einer Qualitätssicherung durch ein Peer-review-Verfahren unterliegen, werden Themen mit hohem wissenschaftlichem und technischem Anspruch vergleichsweise abstrakt dargestellt. Im Journalteil werden praxisnahe Erfahrungen von Anwendern mit neuen Technologien, Prozessen oder Produkten beschrieben.

Für Rückfragen stehen Ihnen die Gasterausgeber und die Redaktion der atp edition gerne zur Verfügung

Gasterausgeber und Redaktion atp edition
Christian Zeidler, Thomas Albers, Leon Urbas, Simon Meyer, Gerd Scholz

CALL FOR atp experts

Aufruf zur Beitragseinreichung
Thema: Modularisierung
Kontakt: urbas@di-verlag.de
Termin: 1. November 2016



SAMSON



Besuchen Sie uns:

MEORGA
MSR-Spezialmesse
Südwest

28. September 2016
in Ludwigshafen

Kundenspezifische und **WIRTSCHAFTLICHE LÖSUNGEN**

- Chemie und Petrochemie
- Industriegase
- Energie
- Öl und Gas
- Lebensmittel und Getränke
- Pharma- und Biotechnologie
- Bergbau und Metallurgie
- Zellstoff und Papier
- Fernwärme-/kälte und Gebäudeautomation
- Schiffsäusrüstung
- Wasser und Abwasser
- Industrieanwendungen

SAMSON AKTIENGESELLSCHAFT
Weismüllerstraße 3 · 60314 Frankfurt am Main
Telefon: 069 4009-0 · Telefax: 069 4009-1507
E-Mail: samson@samson.de · Internet: www.samson.de

Lemgoer Forscher veranstalten IEEE-Konferenz in Berlin

Mehr als 300 Wissenschaftler werden vom 6. bis zum 9. September zur wichtigsten Veranstaltung des Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) im Bereich der industriellen Automatisierung in Berlin erwartet. Als weltweit größter Berufsverband der Ingenieure und Informatiker bietet die IEEE mit der International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) an unterschiedlichen Orten eine Plattform für die internationale Fachwelt aus Forschung und Industrie, um sich über neueste Forschungsansätze und Erkenntnisse rund um die Automatisierungstechnik auszutauschen. Ausrichter der ETFA 2016 sind die beiden ostwestfälisch-lippischen Forschungsinstitute Fraunhofer-Anwendungszentrum Industrial Automation (IOSB-INA) und Institut für industrielle Informationstechnik (inIT).

Nicht ohne Grund findet die diesjährige ETFA in Deutschland statt: Das Feld der industriellen Automation ist Innovationsmotor des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus. Auch die Lemgoer Wissenschaftler forschen seit 2009 an Spitzentechnologien für die Fabrik der Zukunft und entwickeln IKT-basierte Lösungen für intelligente Produkte und Produktionstechnik. Mit der Konferenz bauen die Lemgoer Institute ihre Sichtbarkeit auf dem Gebiet der Intelligenten Technischen Systeme international weiter aus.

Bei der Tagung treffen sich Branchenführer der Industrie und Wissenschaftler und bringen die neuesten Trends und Forschungsergebnisse ein. „Über 200 Beiträge rund um das Themenfeld Automatisierung wurden nach einem Reviewverfahren ausgewählt – die Konferenzteilnehmer erwarten also ein spannender und vielfältiger wissenschaftlicher Austausch“, so Professor Dr. Jürgen Jasperneite, einer der beiden Tagungsleiter und Mitglied der atp-Fachredaktion.

In den Übersichtsvorträgen rund um die Themenfelder Industrie 4.0, Automatisierungstechnik, Big Data und Vernetzung geben renommierte Experten aus dem In- und Ausland einen Einblick in neueste Forschungserkenntnisse, darunter Prof. Dr. Reimund Neugebauer (Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft), Prof. Dr. Rolf Ernst (Technische Universität Braunschweig), Prof. Dr. John S. Baras (University of Maryland, USA), Prof. Dr. Wolfgang E. Nagel (Technische Universität Dresden) und Prof. Dr. Alf Isaksson (ABB Corporate Research, Schweden). Beim ETFA „Industry Day“, der diesmal in Kooperation mit it's OWL ausgerichtet wird, können sich die Teilnehmer darüber hinaus in praxisnahen Fachvorträgen über intelligente technische Systeme informieren. Nicht nur etablierte Forscher und Entwickler tauschen sich hier aus, auch Studierenden und Young Professionals bietet die Veranstaltung ein Forum. Als Teilnehmer der „Young Professional Days“, einer Kooperation mit it's OWL, können sie an der Konferenz teilnehmen und sich neben fachlichen Inhalten auch über Weiterbildungs- und Karrieremöglichkeiten informieren.

FRAUNHOFER-ANWENDUNGSZENTRUM INDUSTRIAL AUTOMATION (IOSB-INA),

Langenbruch 6,
32657 Lemgo,
Tel. +49 (0) 5261 942 90 22,
Internet: www.etfa2016.org

VERANSTALTUNGEN

MESSEN UND KONGRESSE

- 4. – 7. Okt.** Industrial Processing
in Utrecht, Niederlande
www.industrialprocessing.nl
- 5. – 6. Okt.** M2M Summit
in Düsseldorf
www.m2m-summit.com
- 10. – 13. Okt.** Motek
in Stuttgart
www.motek-messe.de
- 18. – 19. Okt.** 4. AutomationML Anwenderkonferenz
in Esslingen
www.automationml.org
- 7. – 8. Nov.** VDE-Kongress „Internet der Dinge“
in Mannheim
www.vde.com
- 8. – 11. Nov.** Electronica
in München
www.electronica.de
- 9. – 11. Nov.** Forum Maschinenbau
in Bad Salzuflen
www.fmb-messe.de
- 9. Nov.** MEORGА MSR-Spezialmesse Rhein-Ruhr
in Bochum
www.meorga.de
- 22. – 24. Nov.** SPS IPC Drives
in Nürnberg
www.mesago.de/SPS
- 25. – 26. Jan. 2017** all about automation hamburg
in Hamburg
www.automation-hamburg.com

160 Aussteller auf der MSR-Spezialmesse Südwest

Die Meorga veranstaltet am 28. September 2016 in der Friedrich-Ebert-Halle in Ludwigshafen eine regionale Spezialmesse für Mess-, Steuerungs- und Regeltechnik, Prozessleitsysteme und Automatisierungstechnik.

160 Fachfirmen, darunter die Marktführer der Branche, zeigen von 8 bis 16 Uhr Geräte und Systeme, Engineering- und Serviceleistungen sowie neue Trends im Bereich der Automatisierung. 36 begleitende Fachvorträge informieren die Besucher umfassend.

Die Messe wendet sich an Fachleute und Entscheidungsträger, die in ihren Unternehmen für die Optimierung der Geschäfts- und Produktionsprozesse entlang der gesamten Wertschöpfungskette verantwortlich sind. Der Eintritt zur Messe und die Teilnahme an den Fachvorträgen sind kostenlos und sollen den Besuchern Informationen und interessante Gespräche ohne Hektik oder Zeitdruck ermöglichen. Für das leibliche Wohlergehen sorgen kleine Snacks und Erfrischungsgetränke, die gratis bereitgehalten werden.

MEORGА GMBH,
Sportplatzstraße 27,
66809 Nalbach,
Tel. +49 (0) 6838 896 00 35,
Internet www.meorga.de



DIE REGIONALE MESSE: Produkte, Systeme und Informationen vor der Haustür. Bild: Meorga

Regionale Fachmesse für Industrieautomation all about automation zum zweiten Mal in Leipzig

Am 28. und 29. September findet die zweite Ausgabe der all about automation in Leipzig statt. Veranstaltungsort ist das am Flughafen Leipzig/Halle gelegenen Globana-Messezentrum. Als Aussteller vertreten sind Komponenten- und Systemhersteller, Distributoren und Dienstleister industrieller Automatisierungstechnik. Das Messekonzept ermöglicht es, Automatisierungsaufgaben in angenehmer, fachlicher Atmosphäre zu besprechen und bietet Besuchern aus Mitteldeutschland die Vorteile einer nah am Lebens- und Arbeitsplatz stattfindenden Messe.

Im Vergleich zur Premierenveranstaltung im Vorjahr ist die Ausstellerzahl signifikant angestiegen, meldet der Veranstalter, die Untitled Exhibitions GmbH: 85 Unter-

nehmen werden erwartet, 24 mehr als 2015. Mit dabei sind sowohl internationale führende Unternehmen wie Pilz, SEW Eurodrive, Panasonic und Weidmüller als auch erfahrene Spezialisten unterschiedlichster Automatisierungsbereiche und innovative Unternehmen aus der Region.

Ausgeweitet wurden auch die zusätzlichen Angebote rund um den Messebesuch. Auf der direkt in der Messehalle gelegenen Talk Lounge findet an beiden Tagen ein Vortragsprogramm statt. Workshops der Firmen Bihl+Wiedemann, IBHsoftec, I-V-G Göhringer sowie Rittal und Eplan bieten am 28. September eine direkte und praxisorientierte Auseinandersetzung rund um die

Themen IT und Automation. Für die Workshops ist eine Anmeldung erforderlich, der Besuch der Vorträge auf der Talk Lounge ist kostenfrei und ohne Anmeldung möglich.

Mehrere regionale Partner unterstützen die Veranstaltung: Die IMG Investitions- und Marketinggesellschaft Sachsen-Anhalt mbH ist mit einem Gemeinschaftsstand für Automatisierungsanbieter aus der Region vertreten.

Der VDI-Bezirksverein Leipzig ist mit einem Informationsstand vor Ort.

UNTITLED EXHIBITIONS GMBH,
Heilbronner Straße 150,
70191 Stuttgart,
Tel. +49 (0) 711 21 72 67 10,
Internet: www.allaboutautomation.de

IO-Link-Technologie etabliert sich in den USA

Den zweiten IO-Link-Anwenderworkshop in den USA mit über 160 Teilnehmern sieht die Profibus-Nutzerorganisation als vollen Erfolg. Die Teilnehmer informierten sich in Detroit über die Technologien und möglichen Einsatzgebiete von IO-Link. Dabei standen vor allem die Vorträge mit Praxisbeispielen im Mittelpunkt des Interesses. Weitere Themen waren unter anderem der Nutzen von IO-Link in der Instandhaltung und der Diagnose sowie die Frage, welche Bedeutung IO-Link für Industrie 4.0 hat. Höhepunkt war eine lebhafte Podiumsdiskussion mit erfahrenen Anwendern aus den unterschiedlichsten Branchen. Experten sehen darin ein Indiz, dass sich IO-Link zunehmend im US-amerikanischen Markt etabliert. IO-Link ist die erste, weltweit standardisierte IO-Technologie (IEC 61131-9), um mit Sensoren und Aktoren zu kommunizieren. Neben den Branchen Automotive und Logistik kommt IO-Link im amerikanischen Markt vor

allem im Bereich Packaging und der Wafer-Produktion zum Einsatz. Ergänzt wurde der Workshop durch eine parallele Microfair. Hier konnten sich die Teilnehmer nicht nur über IO-Link-Produkte und deren Anwendung sowie Einsatzmöglichkeiten informieren, sondern auch potenzielle Entwicklungspartner finden.

IO-Link-Anwender-Workshops werden weltweit durchgeführt. So fanden vor kurzem ähnliche Veranstaltungen in Tschechien, Italien und Japan statt. Derzeit sind neue Workshops im Herbst in Leipzig und Überlingen sowie in den USA und Japan in Vorbereitung.

PROFIBUS NUTZERORGANISATION E. V.,
Haid-und-Neu-Str. 7,
76131 Karlsruhe,
Tel. +49 (0) 721 965 85 49,
www.profibus.com.de.



EINLADUNG

Mittwoch, 28. Sept. 2016
8:00 bis 16:00 Uhr
Friedrich-Ebert-Halle
Erzbergerstr. 89
67063 Ludwigshafen

Messtechnik ↔ Steuerungstechnik ↔ Regeltechnik ↔ Prozessleitsysteme ↔ Automatisierung

Führende Fachfirmen der Branche präsentieren ihre Geräte und Systeme und zeigen neue Trends in der **Automatisierung** auf. Die Messe wendet sich an alle Interessierten, die auf dem Gebiet der Mess-, Steuer- und Regeltechnik sowie der Prozessautomation tätig sind.

Der Eintritt zur Messe, die Teilnahme an den Fachvorträgen und der Imbiss sind für die Besucher kostenlos.

Weitere Informationen finden Interessierte auf unserer Internetseite.

MEORGA GmbH
Sportplatzstraße 27
66809 Nalbach

Tel. 06838 / 8960035
Fax 06838 / 983292

www.meorga.de
info@meorga.de



Namur-Hauptsitzung stellt Lösungen zur Optimierung in der globalen Prozessindustrie in den Mittelpunkt

Die europäischen Unternehmen der Prozessindustrie nutzen die Chancen, die technologische Innovationen und nachhaltiges Wachstum bieten, indem sie ihre Geschäftstätigkeiten immer weiter globalisieren. Mit ihrer Umstellung auf neue Produktionsbereiche stärken die Unternehmen ihre Wettbewerbsfähigkeit. Gleichzeitig zeigt der Markt bereits seit zehn Jahren den deutlichen Trend von Rohchemikalien hin zu Spezialchemikalien. Daher wird die Namur ihre diesjährige Hauptsitzung am 10. und 11. November 2016 in Bad Neuenahr unter dem Motto „Lösungen zur Optimierung in der globalen Prozessindustrie“ veranstalten.

Der Hintergrund: Für Unternehmen wird es unverzichtbar, ihre Prozesse und Abläufe global zu steuern und zu optimieren – zum Beispiel durch die Integration unterschiedlicher Geschäftsvorgänge, die Expansion in Wachstumsmärkte und die Erweiterung der bestehenden Wertschöpfungsketten über regionale Grenzen und Branchen hinweg. Darüber hinaus sind mehr Effizienz und Flexibilität der Produktionsbetriebe notwendig, um die steigenden Kundenanforderungen, zum Beispiel nach zunehmend spezifizierten Produkten, zu erfüllen. Eine kundenindividuelle Massenproduktion ist gefragt, also die Herstellung von Spezialprodukten zu den gleichen Kosten und in der gleichen Geschwindigkeit wie bei der regulären Massenproduktion.

Höhere Flexibilisierung und damit zunehmende Komplexität des Geschäftsumfelds erfordern zwingend neue Technologien und Hightech-Strategien;

sie werden zum Beispiel im Rahmen der Initiative Industrie 4.0 und durch Partnerschaften zwischen der Industrie, der Regierung und der akademischen Welt in Forschung und Entwicklung bereits gefördert. Ungeachtet regionaler oder branchenspezifischer Unterschiede müssen Unternehmen und andere Organisationen in der Lage sein, ihre jeweiligen Technologien und Fachkompetenzen zu bündeln und produktiv zusammenzuarbeiten.

Sponsor der Namur-Hauptsitzung ist Yokogawa. Das Unternehmen wird den Teilnehmern in einem Plenarvortrag seine innovativen Plattformprodukte und Dienstleistungslösungen vorstellen sowie die Möglichkeiten der Zusammenarbeit erläutern und aktuelle Entwicklungen des Unternehmens präsentieren. Schwerpunkte sind dabei: modernste Automatisierungsplattform-Produkte, die sichere und flexible Betriebsabläufe und eine hohe Verfügbarkeit sicherstellen; Prozessoptimierungslösungen, die stabile und hocheffiziente Produktionsabläufe gewährleisten sowie Dienstleistungen, die Lücken zwischen Versorgungsketten und Regionen schließen.

Die begleitende Ausstellung während der Veranstaltung gibt ergänzend einen Einblick in die Automatisierungswelt von Yokogawa. Dr. Andreas Helget, Geschäftsführer von Yokogawa Deutschland, erklärt: „Wir verlassen uns nicht einfach auf unsere Kreativität und Innovationskraft; wir beziehen ganz im Sinne unseres Unternehmensslogans ‚Co-innovating tomorrow‘ Kunden, Partner und wissenschaftliche Einrichtungen bei der Entwicklung optimaler Lösungen mit ein.“

Dem Plenarvortrag von Yokogawa folgen am Donnerstagvormittag zukunftsweisende Vorträge der Namur mit den Themen „Plant Performance“, „Namur Open Architecture“ und „Remote Operation“, in denen auf die Anforderungen und Entwicklungen aus der Sicht der Anwender eingegangen wird. Der Donnerstag wird am Nachmittag mit interessanten Workshops fortgeführt, bei denen der Sponsor seine Themen weiter vertieft, Namur-Vertreter aktuelle Aktivitäten und Entwicklungen besprechen und Partnerverbände Vorträge halten werden. Themen wie „Industrie 4.0“, „Funktionale Sicherheit“, „PLS-Schnittstellen“, „Smart Maintenance“ stehen auf dem Programm.

Der Freitag wird mit der Verleihung des Namur Awards für die beste wissenschaftliche Examensarbeit (Master und Promotion) auf dem Gebiet der Automatisierungstechnik eingeleitet. Danach erwarten die Teilnehmer eine spannende Podiumsdiskussion zum Thema „Modularisierung“ und interessante Plenarvorträge zur Verbesserung der Verfügbarkeit sowie zum Data Mining.

NAMUR GESCHÄFTSSTELLE,
c/o Bayer AG, Gebäude K9,
51368 Leverkusen,
Tel. +49 (0) 2102 498 34 11,
Internet: www.namur.net

TRADITIONELLER TAGUNGSSORT der Namur Hauptsitzung: Dorint Parkhotel Bad Neuenahr Bild: Namur



Namur-Empfehlung NE 61 überarbeitet

Beim Einsatz von Prozessanalysenmessgeräten müssen die technischen Daten beachtet werden, um sicherzustellen, dass das Gerät für die entsprechende Anwendung geeignet ist. Die nun überarbeitete Namur-Empfehlung NE 61 „Datenblatt für Prozessanalysengeräte“ dient der einheitlichen Darstellung der technischen Daten von Prozessanalysenmessgeräten in der Herstellerdokumentation (Bedienungsanleitung, Datenblatt). Dies erlaubt dem PAT-Planer, auf Basis der Anforderungen der jeweiligen Anwendung Gerätemodelle mit geeigneten technischen Daten zu finden.

Liegen die technischen Daten eines Prozessanalysenmessgerätes nicht in dieser Form vor, so können sie durch den PAT-Planer beim Hersteller mit Hilfe des Datenblattes angefragt werden. Die Namur-Empfehlung erläutert zunächst die Begrifflichkeit der einzelnen technischen Daten wie zum Beispiel Kennlinienübereinstimmung, Hysterese, Wiederholgrenze, Drift und Nachweisgrenze. Auch die häufig verwechselten Begriffe Justierung und Kalibrierung werden erklärt. Der Anhang enthält das eigentliche Datenblatt, nach dessen Muster die technischen Daten anzugeben sind. Die Empfehlung kann ab sofort bei der Geschäftsstelle der Namur bezogen werden.

NAMUR-GESCHÄFTSSTELLE,
c/o Bayer AG, Gebäude K 9,
51368 Leverkusen,
Tel. +49 (0) 214 307 10 34,
Internet: www.namur.net

GMA-Statusbericht „Chancen mit Big Data – Use Cases“

Der Begriff Big Data genießt seit Jahren ungebrochen hohe Aufmerksamkeit. Die VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) beleuchtet das Thema mit dem Statusbericht „Chancen mit Big Data – Use Cases“. Im Statusbericht werden 48 Praxisbeispiele aus 16 Industriebereichen mit Situation, Task, Action und Resultat beschrieben. Ziel des GMA-Fachausschusses „Big Data“ war es, mit dem Papier den ökonomischen und ökologischen Nutzen von Big Data über verschiedene Industrien und Branchen hinweg an Hand von Praxisbeispielen aufzuzeigen.

Durch die Einbeziehung von Anwendungswissen und Produkt- oder Produktions-Know-how wird eine normative Datenanalyse möglich. So können Ableitungen zu Empfehlungen für verbesserte Planung und Optimierung von Betriebs- und Prozessabläufen erstellt werden. Auf der methodischen Seite erfordert dies die Erweiterung von Black-Box- zu Grey-Box-Modellen.

Die Bedeutung von Big Data und die Nutzung der aufbereiteten und strukturierten Daten wird weiter steigen. Dies liegt zum einen daran, dass in der Produktion, beispielsweise für Steuerungs- und Regelungsaufgaben, große Datenmengen erhoben werden, die mittels Datenanalyse für weitere Prozess- und Geschäftsverbesserungen genutzt werden können. Zum anderen werden die weiter zunehmende Digitalisierung und Vernetzung, die sogenannten Smart Devices und das Internet der Dinge, die schnelle und zuverlässige Bereitstellung unterschiedlicher Daten in großem Volumen weiter vorantreiben. Der Mensch wird der GMA zufolge als Planer, Gestalter und Entscheider eine wesentliche Rolle in diesen Abläufen einnehmen und wichtiger Erfolgsfaktor sein. Unter dem Link <http://bit.ly/2aSTS2a> kann der Statusbericht heruntergeladen werden.

VDI/VDE-GESELLSCHAFT MESS- UND AUTOMATISIERUNGSTECHNIK (GMA),
Verein Deutscher Ingenieure E.V.,
VDI-Platz 1,
D-40468 Düsseldorf,
Tel. +49 (0) 211 621 40,
Internet: www.vdi.de

all about 
automation
leipzig

Wir laden Sie ein!

Für kostenfreien Besuch registrieren:
Code: **DfA9x7FV**

www.automation-leipzig.de

28.–29.09.2016

Messezentrum Globana

Leipzig/Schkeuditz

Die all about automation bringt regionale Anwender mit Komponenten- und Systemherstellern, Distributoren und Dienstleistern industrieller Automatisierungstechnik zusammen. Und das in einer persönlichen, hochwertigen und auf Fachlichkeit ausgerichteten Messeatmosphäre.

Treffen Sie kompetente Ansprechpartner für die Lösung Ihrer Automatisierungsaufgaben.

Seien Sie dabei!

Erstmals
parallel:

Automation-Workshops
28.09.2016 / Leipzig

www.automation-leipzig.de

Veranstalter: untitled exhibitions gmbh
fon +49 711 21726710 | automation@untitledexhibitions.com

MACHER UND MEINUNG



**PROFESSOR DR.-ING.
MICHAEL WEYRICH**

„Wir stehen vor einer neuen Welle der Automatisierung“

Professor Michael Weyrich, Institutedirektor des Instituts für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme (IAS) im Gespräch mit atp edition

Die Informationstechnik sorgt für eine immer stärkere Dynamisierung in der Automatisierungsbranche. Etablierte Architekturen werden zunehmend durch flexible und dezentrale ersetzt. Smarte Komponenten, deren Einsatz und ihre Nutzung in einem industriellen Internet der Dinge werden denkbar. Dabei ermöglicht die Automatisierungstechnik völlig neue Geschäftsmodelle und Konstellationen durch eine neue Orchestrierung der kompletten Wertschöpfungskette, sagt atp-Beirat Professor Dr.-Ing. Michael Weyrich voraus.

Industrie 4.0 auf Basis cyber-physischer Systeme, Smarte Komponenten, modulare Maschinen, hochvernetzte, Automatisierungsanlagen: Viele Begriffe schwirren derzeit durch die Community. Wo stehen wir eigentlich konkret, was kommt und was kommt nicht?

Wir stehen an einem Punkt, an dem sich die Automatisierungstechnik fest etabliert hat und es gut funktionierende Automatisierungssysteme gibt, die man bei vielen Herstellern kaufen kann. Für Anwender ist es heute eine Frage der Kosten/Nutzen-Rechnung, ob ein bestimmter Prozess automatisiert werden sollte oder nicht.

War es das denn nicht immer so?

Natürlich, das ist eine etablierte Situation, in der man seine Entscheidungsalternativen gut abwägen kann. Allerdings sahen manche die Automatisierungstechnik schon auf dem Weg zu einer „Betriebswissenschaft“, von der künftig nur noch wenige technologische Impulse ausgehen würden. Bis vor wenigen Jahren hatte man auf die Produktionsprozesse eine Art Tunnelblick: „Ich nutze die Automatisierung und verbessere meinen Spezialprozess xy so gut wie möglich, sofern sich das rentiert.“ Dann ist allerdings das Ende der Fahnenstange schnell erreicht. Nicht nur aus Forschungsperspektive bietet die Automatisierungstechnik den Unternehmen aber noch viel größere Möglichkeiten.

Die da wären...?

Es geht darum, die ganze Wertschöpfungskette neu zu gestalten, indem wir das Wissen über die Prozesse besser organisieren. So können wir flexibler, schneller und effizienter werden. Gehen wir die Dinge richtig an, gibt uns das die Möglichkeit, überlegene Produkte zu entwickeln und auch in einem Hochlohnland der internationalen Konkurrenz die berühmte Nasenlänge voraus zu sein. Insofern betrifft dies auch und gerade den Mittelstand, die neuen Technologien zu nutzen und sich Wettbewerbsvorteile zu erarbeiten.

Die breite Diskussion um „Industrie 4.0“ und die wissenschaftlichen Arbeiten an cyber-physischen Systemen machen deutlich, dass wir uns heute in einer Technologiephase befinden, die viele Veränderungen zur Folge haben wird. „Moving up the value chain“ war und ist ein wichtiges Ziel, findet aber auch seine Grenzen, heute stehen wir vor einer neuen Welle der Automatisierung, die uns eine völlig neue Flexibilisierung der Wertschöpfungsketten erlauben wird und darüber ganz neue Geschäftsmodelle ermöglichen kann.

Müssen dafür die aktuellen Referenzarchitekturen ersetzt werden, die in vielerlei Hinsicht steif und starr sind?

Wir haben in der Standardisierung im Bereich der Automatisierungstechnik in den letzten Jahren viel erreicht und Strukturen geschaffen, die gut funktionieren. Nun formieren sich Informationstechnologien, die einerseits eine Vernetzung von Automatisierungskomponenten viel einfacher machen werden und zum anderen unseren Umgang mit Informationen und deren Auswertung verändern.

So kommt es zu Diskussionen um das Internet der Dinge, IoT und die „Cloud“. Obgleich bestehende Feldbus-technologien gut funktionieren hat das IoT das Potenzial, bestehende Informations- und Kommunikationstechnik zu revolutionieren. Das bedeutet, es könnte einen Schub geben, der die Automatisierungstechnik in der Industrie vereinfacht beziehungsweise eine übergreifende Vernetzung ermöglicht.

Sie meinen: Raus aus dem Feldbus, Wlan rein ins Feld?

Nein, das nicht. Dennoch beobachten wir heute einen Paradigmenwechsel: Feldbusse leisten seit über zwanzig Jahren treue und gute Dienste und keiner wird diese einfach ersetzen. Die Frage müsste eher lauten: „Wann sind die IoT Stacks so gut, dass sie Feldbusse ablösen können?“ Das wird sicher noch einige Zeit dauern. Aber schon jetzt müssen wir das nutzen, um Standards in der Auto-

MACHER UND MEINUNG

„Wir werden Risiken auf uns nehmen müssen, um von den vielen Vorteilen der neuen Technologien zu profitieren.“

MICHAEL WEYRICH

matisierungstechnik zu erweitern oder eventuell durch Neue zu ergänzen.

Welchen Stellenwert messen Sie dem Thema der Standardisierung bei? Wird es hierfür jemals einen echten Konsens geben?

Der Standardisierung kommt eine wichtige Rolle zu. Ich spreche dabei nicht von dem allumfassenden Standard, mit dem die Kommunikationsprotokolle und Informationsstrukturen einheitlich geregelt würden. Aufgrund der Vielschichtigkeit der Automatisierungstechnik ist dies heute nicht in Sicht. Sehr wohl werden uns aber Standards aus der Welt des Internets der Dinge beziehungsweise der Telekommunikation betreffen. Es macht großen Sinn, sich spezielle Erweiterungen für die Automatisierungstechnik zu überlegen. Initiativen hierzu, wie RAMI 4.0 oder die Verwaltungsschale der Plattform Industrie 4.0, gibt es bereits.

Wo liegen in den realen Anlagen eigentlich die konkreten Chancen, die durch IoT und Co. entstehen?

Chancen gibt es viele: Schneller, einfacher und kostengünstiger automatisieren, Plug and Produce, Track and Trace, Vertikale und horizontale Integration sind gängige Schlagworte im Industrie 4.0-Kanon. Aber womöglich entstehen auch völlig neue Geschäftsmodelle und Konstellationen von Wertschöpfungsketten, da man die Produktion in neuartiger Weise organisieren kann. Für konkrete Anlagen ergeben sich allerdings auch viele Fragen. Laufzeiten von Automatisierungsanlagen betrachten heute, je nach Branche,

über 25 Jahre. Da ist Investitionsschutz natürlich ein wichtiger Aspekt der Anlagenautomatisierung, den es zu beachten gilt. Zudem kommt die Frage auf, welche neuen Technologien man in eine Anlage überhaupt integrieren kann und vor allem will...

Sie sprechen damit indirekt das Stichwort „Sicherheit“ an. Ist nicht alles gut, was neu und möglich ist? Also das Chemiewerk per Smartphone updaten?

Ich erinnere mich gut an einen Eklat auf einer Automatisierungskonferenz im letzten Jahr, bei der ein junger Wissenschaftler einen beseelten Vortrag über Apps zur Anlagensteuerung hielt. Im Publikum befand sich ein Betreiber einer Phosgenanlage, der blumig die Risiken ausmalte und auf die etablierten Automatisierungs-Standards verwies, die unbedingt einzuhalten seien. Aber gegen Ende der Diskussion, die sehr lebhaft geführt wurde, räumte er ein, durchaus auch Sensoren mit integrierten Web-Servern einzusetzen, eben weil sie ihm viel Nutzen bringen und er daher Risiken in Kauf nimmt.

Wie schätzen Sie die Gefahren ein? Welche Ansätze gibt es, diesen zu begegnen?

Natürlich gibt es große Gefahren, nicht umsonst hat sich die Bundeswehr dem Thema der Cyberabwehr angenommen. Aber auch „im Kleinen“ liegen Gefahren: Kürzlich waren Kriminelle dabei erfolgreich, durch das Chiffrieren von Festplatten von kleinen und mittleren Unternehmen Lösegelder zu erpressen.

Das Thema IT-Sicherheit ist allerdings äußerst vielschichtig. Es ist nicht mit einem guten kryptografischen Verfahren und einem geschützten Datenraum getan. Angriffe erfolgen meist über die sogenannten Seitenkanäle, das heißt Schwachpunkte in der physischen Implementierung oder durch organisatorische Tricks, die sehr anwendungsspezifisch sein können. Das Thema ist in Politik und Gesellschaft bekannt. Nach meiner Einschätzung werden wir trotzdem Risiken auf uns nehmen müssen, um von den vielen Vorteilen der neuen Technologien zu profitieren.

Technologien, die von der Wissenschaft erforscht und entwickelt werden. Welche Wünsche aus der Industrie werden an die Forschung, an Sie, herangetragen?

Wir diskutieren häufig mit Industrie-Unternehmen, wie und welche Technologien für diese relevant sind und wie erste Schritte hin zu neuen Produkten aussehen könnten. Auch gibt es konkrete Forschungsprojekte, bei denen uns Industrieunternehmen ansprechen, um eine konkrete Realisierung prototypisch durchzuführen. Industrieunternehmen wünschen sich von uns Überblicks- und Realisierungs-Know-how. Dabei werden wir besonders auf zwei Themenbereiche angesprochen: Erstens: verlässliche Industrie-Kommunikation mit Fragen rund um die Themen der Machine-to-Machine-Kommunikation, das IoT und neue Service-Architekturen. Zweitens geht es um Fragestellungen, wie man Wissen verarbeiten kann. Wir sprechen über einen einfachen Engineeringprozess oder Systemtests oder Diagnosen, die automatisch durchgeführt werden.



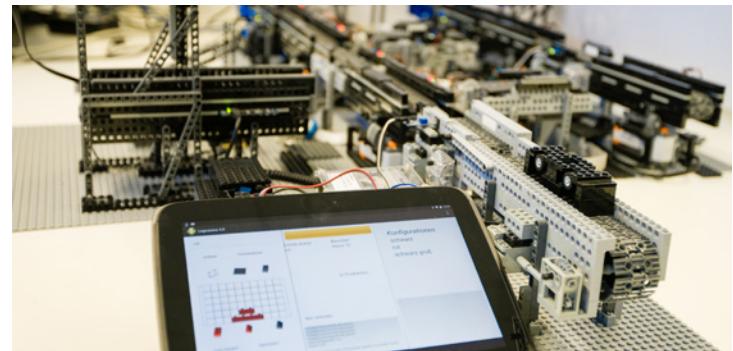
Mit welchen Ideen arbeiten Sie daran?

Wir haben in den letzten Jahren Modellierungsverfahren erarbeitet, mit denen wir Automatisierungssysteme, deren Zustände und Ausnahmesituationen beschreiben können. Im Verbund mit Verfahren zur Verarbeitung von Wissen in Echtzeit, bieten uns diese Modellierungsverfahren Ansatzpunkte für Assistenzsysteme zur Unterstützung beim Engineering, der Instandhaltung oder dem Betrieb von Automatisierungssystemen. In anderen Bereichen arbeiten wir Szenario-basiert. Anhand unserer Modellprozesse im Labor realisieren wir neue Technologien und erproben Verfahren, zum Beispiel auf Basis von IoT Stacks und OPC-UA, um verteilte Automatisierungssysteme im Feld besser testen zu können.

Welche Projekte können Sie als Beispiel nennen?

Wir haben zahlreiche Projekte sowohl in der grundlagenorientierten Forschung mit Forschungskollegen in anderen Instituten, als auch Projekte der industriellen Gemeinschaftsforschung bzw. Transfer-Projekte.

Ein Ergebnis aus diesem Jahr - auf das wir mit Stolz verweisen können - ist ein Evaluierungssystem, um cyber-physische Systeme und deren Wertschöpfungsbeitrag messbar zu machen. Es beantwortet die Frage nach dem Nutzen für den Anwender und macht diesen fassbar. Außerdem entwickelten wir im letzten Jahr ein wissensbasiertes-Assistenzsystem auf Basis von Agententechnologie zur Planung von Intralogistik-Systemen. Dabei wird Wissen automatisch verarbeitet, um dem Anlagenplaner Vorschläge zu Handlungsalternativen zu unterbreiten. Nicht zuletzt möchte ich auch unsere Arbeiten im Fachausschuss der VDI/VDE Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik zum Thema Testen vernetzter Systeme für Industrie 4.0 nennen. Zunehmend wird es jetzt möglich, Automatisierungssysteme im Feld „Plug and Play“ also anpassbar zu gestalten oder durch Updates sogar „online“ zu verbessern. Dadurch entstehen Möglichkeiten, aber auch Fragen, ob



Modellprozess am Institut für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme an der Universität Stuttgart Bild: IAS

zum Beispiel die Funktion noch korrekt ausgeführt wird oder es Seiteneffekte gibt. In diesem von uns gegründeten Kreis wollen wir bald einen ersten Statusbericht vorlegen.

Wie ist Ihr Ausblick für die nächsten Jahre?

Der lernfähige „Autopilot“ der Anlagenautomatisierung, der Wissen selbstständig verarbeitet und Aufgaben im Engineering und dem Betrieb automatisch organisiert, wird noch lange auf sich warten lassen. Als ersten Zwischenschritt ist die Interoperabilität zwischen Automatisierungssystemen ein wichtiger Aspekt, da die Kosten für die Integration viele Einsatzmöglichkeiten blockieren. Wir brauchen also Automatisierungstechnologien, die die Orchestrierung von Automatisierungskomponenten erleichtern. Dies können Assistenzsysteme sein, die dem Nutzer bei der Konfiguration und Fehlersuche unterstützen. Oder Komponenten, die sich „autoadaptiv“ und damit selber an neue Konstellationen anpassen können, ohne aufwändige Anpassentwicklung.

Das Interview führte Simon Meyer

ZUR PERSON

PROF. MICHAEL WEYRICH ist Institutedirektor des Instituts für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme an der Universität Stuttgart. Er studierte an der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes (vormals: Fachhochschule des Saarlandes). Später folgte an der Ruhr-Universität Bochum das Studium der Elektrotechnik mit Schwerpunkten in der Steuerungs- und Regelungstechnik und Auslandsaufenthalt in London. Anschließend forschte er am Europäischen Zentrum für Mechatronik bei Prof. Dr.-Ing. Paul Drews an der RWTH Aachen. Dort erfolgte 1999 seine Promotion.

Nach der Promotion wechselte er in die Industrie und übernahm die Projektleitung „Prozessanbindung flexible Fertigung“ im Ressort Informationstechnik Management Pkw (Powertrain) bei der DaimlerChrysler AG in Stuttgart. Im Anschluss war er als Leiter des Fachgebiets „CAx/IT-Prozesskette – Produktion“ mit dem Thema „Digitale Fabrik“ beschäftigt. Im Jahr 2004 wurde er Abteilungsleiter „IT for Engineering“ für Mercedes Research and Technology in Indien und führte das Offshore-Kompetenzfeld Engineering Services. Danach wechselte Prof. Weyrich

zur der Siemens AG in Erlangen, Business Unit Motion Control als Abteilungsleiter zuständig für Software-Innovation. Im Jahr 2007 erfolgte die Berufung an die Universität Siegen auf den Lehrstuhl für Automatisierung der Fertigung. Seit Anfang 2013 ist Professor Weyrich Institutedirektor des Instituts für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme an der Universität Stuttgart. Er ist im Vorstand und Beirat der VDI/VDE Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik aktiv und arbeitet als Gutachter für renommierte Einrichtungen in Deutschland und Europa.

PRODUKTE & LÖSUNGEN

Modulares Prozess-I/O-System nun auch mit Profinet



HESCH HAT DAS HIMOD-I/O-SYSTEM um eine Variante mit Profinet-Schnittstelle erweitert. Bild: Hesch

Die Firma Hesch hat das dezentrale, modulare Prozess-I/O-System Himod um eine Variante mit Profinet-Anschluss ergänzt. Damit erweitert der Automatisierungsspezialist die Konnektivität und Einsatzmöglichkeiten der beliebten Baureihe. Auch die neue Version 1.4 der Applikationssoftware EasyTool MFC bringt neue Funktionen mit, die den Entwicklungsauftrag erleichtern.

Das I/O-System Himod kommt schwerpunktmäßig in der Prozesssteuerung und -regelung zum Einsatz, etwa zur Temperaturmessungen, zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit oder zur CO₂-Wert-Analyse in Öfen, Brennern, Trocknern oder Klimakammern. Die mehrkanaligen I/O-Module

sind in der Lage, Signale vorzuverarbeiten, damit die Anlagensteuerung entlastet wird.

Hesch bietet das Himod-System in verschiedenen Varianten an, die unterschiedliche Kommunikationsstandards unterstützen. Mit der jetzt neu eingeführten Version HE 5814-2 unterstützt das I/O-Modul nun erstmals auch den in der Automatisierung etablierten Profinet I/O-Standard (Class A). Dazu verfügt das Gerät über eine Ethernet 10/1000 BaseT-Schnittstelle nach IEEE 802.3 über Port 502. Die Module lassen sich zudem problemlos mit dem neuen Multifunktionscontroller von Hesch kombinieren.

Beim Multifunktionscontroller MFC handelt es sich um eine kostengünstige Alternative zur häufig überdimensionierten SPS. Der Controller eignet sich beispielsweise für Gefriergeräte, Schmelz- oder Warmhalteöfen genauso wie für die Pumpensteuerung. Anders als herkömmliche Prozessregler kann der MFC auch komplexe Abläufe in der Prozessindustrie steuern. Für die Konfiguration und Applikationserstellung am PC bietet Hesch das kostenlose Programm EasyTool MFC an. Basierend auf dem Konzept der Verdrahtung kann der Anwender seine Ablaufsteuerung und Prozessregelung ganz ohne Programmierkenntnisse zusammenstellen.

www.multifunktionscontroller.de/himod/

Industrierouter mit integrierter Linux-Programmierumgebung

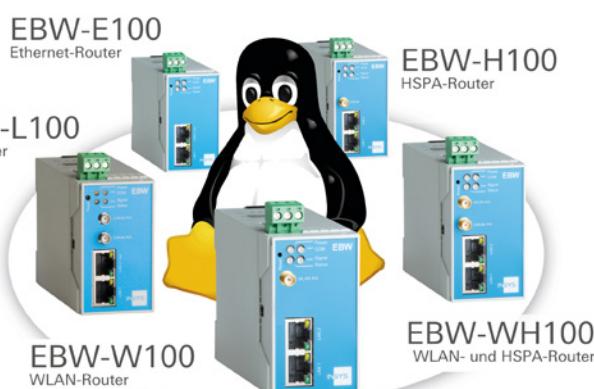
Da die lokale Erfassung, Vorverarbeitung oder Auswertung von Prozessdaten immer wichtiger wird, stattet Insys icom nun auch Basic-Industrierouter der EBW-Serie mit einer Sandbox aus. In dieser sicheren embedded Linux-Umgebung lassen sich individuelle Skripte oder Programme völlig unabhängig von Router-Firmware und -Konfiguration programmieren und ausführen.

Die Programmierumgebung verfügt über ein permanentes Dateisystem mit 50 MB und stellt 100 MB Speicher für Nutzerdaten bereit. Anwender erhalten damit

eine ebenso wirtschaftliche wie effiziente Möglichkeit, die EBW-Router für unterschiedlichste M2M- und IoT-Anwendungen einzusetzen. Außerdem lassen sich die um die Sandbox erweiterten Geräte vollenfänglich in die Insys Smart IoT-Plattform integrieren: Das flexible, hoch-vorintegrierte Ecosystem für M2M- und IoT-Anwendungen stellt sämtliche Kommunikationselemente für die Realisierung von IoT-Konzepten bereit (www.insys-smart-iot.de). Bei allen bereits im Einsatz befindlichen EBW-Routern kann die Sandbox mit dem Firmware-Update Insys OS 2.12.10 nachgerüstet werden. Die aktuelle OS-Version unterstützt unter anderem auch das VLAN-Tagging für Anschlüsse der Deutschen Telekom. Die Firmware Insys OS ist ein von Insys icom verschlanktes Linux-Betriebssystem, das um wichtige Eigenschaften für die professionelle Anwendung ergänzt wurde.

EBW-Router zeichnen sich aufgrund der Optimierung für reines, sicheres Routing durch ein sehr gutes Preis-Leistungsverhältnis aus, betont der Hersteller. Das mache die Kommunikationsgeräte auch für Massenapplikationen interessant, wie die der Vernetzung von Fertigungsinseln, im Smart Grid und im IT-Umfeld. Die Router sind in Varianten für Ethernet, HSPA, WLAN, WLAN/HSPA und LTE erhältlich. Zur Anbindung lokaler Anwendungen dient eine LAN-Schnittstelle.

www.insys-icom.de/EBW



Messgeräte alternativ an Automationssysteme anbinden

Zur Vermeidung unnötiger Profinetverbindungen ermöglichen die Universaltreiber der UMD-Messgeräte von PQ Plus den direkten Anschluss an Automatisierungsgeräte über Ethernet mit Modbus-TCP. Diese Schnittstellen sind standardmäßig auf den SPSEN vorhanden.

Da bei den UMD-Messgeräten in der Regel keine steuerungsrelevanten Echtzeitdaten erzeugt werden, ist eine konventionelle Kommunikation ausreichend. Deswegen kann auf verteuernende Zusätze verzichtet werden. Die Daten werden in Datenbausteine direkt eingetragen. Das Modbus-TCP-Interface des UMD96EL bildet alle Prozessdaten als Fließpunktzahlen (32 oder 64 Bit) in Input-Registern paarweise beziehungsweise in 4er-Gruppen ab. Die Konfigurationsdaten werden in Holding-Register abgebildet.

FB1 (aus dem allgemeinen Modbus-TCP-Beispiel) dient als Modbus-TCP-client-Treiberbaustein und nutzt die Systembausteine zum Senden und Empfangen über TCP/IP und bleibt unverändert. Als Parameter werden VerbindungsID-Nummer, Knotennummer (UID), Modbus-Kommando (function code 1, 2, 3, 4, 6, 15 oder 16) und Nutzdatenpointer übergeben. Alle lokalen Variablen des Kommunikationstreiberbausteins FB1 sowie Sende- und Empfangsdaten liegen in dem zugehörigen Instanzdatenbaustein. FC1 stellt die Modbus-Kundenapplikation dar und wurde wie folgt angepasst:

Da die relevanten Prozessdaten verstreut liegen, erfolgen mehrere Kommunikationszyklen auf Datengruppen. Im NW3 wird (einmalig nach dem Hochlauf) die Konfigu-



ration über function code 10hex geschrieben. Im NW4 werden Statusregister gelesen, in NW5 die Spannungswerte L1-L3, im NW6 die Stromwerte L1-LN, in NM7 die Leistungsfaktoren, in NW8 die Wirk- und Scheinleistungen und in NW9 die Energiezähler. In NW10 wird der Sprungverteiler auf 1 zurückgesetzt, um den Reset-State nicht zyklisch auszuführen. Der Setup-State wird über Bit M 96.0 verriegelt und kann bei Bedarf aktiviert werden.

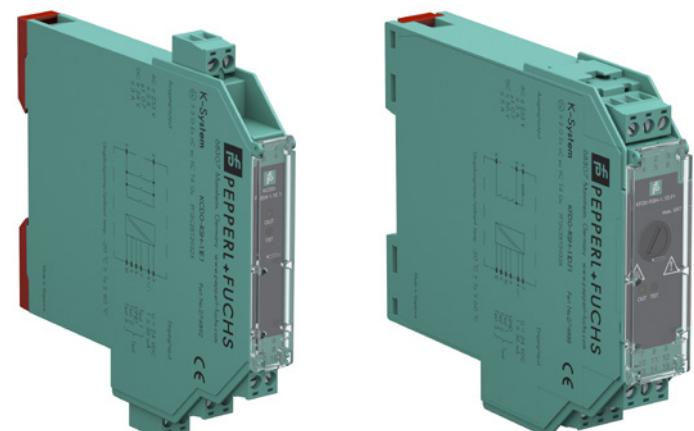
www.pq-plus.de

Mit neuer Relais-Serie auf der sicheren Seite

Ausgezeichnete Proof-Intervalle, Unempfindlichkeit gegen Testpulse vieler ESD/DCS-Systeme und hohe Wirtschaftlichkeit – so beschreibt Pepperl+Fuchs wichtige Merkmale einer neuen Reihe von Sicherheitsrelais. Die Module gehören zum K-System, das seit mehr als 25 Jahren in der Prozessindustrie etabliert ist.

Die einkanaligen Sicherheitsrelais sind busgespeist und verfügen über Testeingänge zur Überprüfung aller Relaisausgänge. Die Eingänge sind kompatibel zu den DO(digital output)-Karten vieler ESD/DCS-Systeme. Alle Module sind aufgrund ihrer dreifach-redundanten Kontakte extrem zuverlässig, entsprechend ATEX Zone 2 zugelassen und verfügen zudem über SIL3 entsprechend IEC61508 ed2 und EN62061 Maschinenrichtlinie.

Die Sicherheitsrelais sind als DTS (De-energized-to-safe)- und als ETS (Energized-to-safe)-Version erhältlich, jeweils mit bis zu 5 A Schaltstrom (20 mm-Version) oder bis zu 3 A Schaltstrom (12,5 mm-Version). Das Proof-Interval, bezogen auf 10 % der PFD (Ausfallwahrscheinlichkeit), beträgt 32 Jahre (DTS) beziehungsweise 10 Jahre (ETS) und kann mit Hilfe der Proof-Test-Eingänge sogar noch ausgeweitet werden. Der Eingangskreis ist für alle Geräte identisch: Ist ein Modul an einer DO-Karte erfolgreich getestet, sind auch alle anderen Module der neuen Sicherheitsrelais



SICHERHEITSRELAI als schmale Energized-to-safe-Variante.

DE-ENERGIZED-TO-SAFE Sicherheitsrelais mit Schaltströmen bis 5A. Bilder: Pepperl+Fuchs

kompatibel. Im Fall einer Änderung oder Anpassung des Eingangskreises, kann dies für die gesamte Gerätefamilie übernommen werden. Die Nutzung von Relais verschiedener Hersteller minimiert die Gefahr systematischer Fehler.

www.pepperl-fuchs.de

PRODUKTE & LÖSUNGEN

Die neue Generation der Flüssigkeitsanalyse

SensoTech stellte die neu entwickelte Gerätegeneration „LiquiSonic V10“ für die Inline-Analysenmesstechnik vor. SensoTech setzt dabei das Prinzip der Schallgeschwindigkeitsmessung ein. Zu der neuen Gerätegeneration gehören Sensoren und Controller.

So umfasst die Sensorkonstruktion ein neues, kleineres und robusteres Elektronikgehäuse. Die Messwerterfassung wurde schneller und genauer, die Reproduzierbarkeit verbessert. Gesenkt wurde der Energieverbrauch der V10-Sensoren. Für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen sind die V10-Sensoren ATEX-, IECEx- und FM-zertifiziert, während andere V10-Sen-

sormodelle für den Einsatz in der Lebensmittel- und Pharma industrie 3-A-zertifiziert sind.

Der V10-Controller verfügt über ein hochauflösendes Touchdisplay, das sich am Bedienkonzept moderner Smartphones und Tablets orientiert und die Handhabung einfach und komfortabel macht. Der Hochleistungsprozessor und ein großer Arbeitsspeicher ermöglichen eine extrem schnelle und zuverlässige Messdatenauswertung. Der Controller besitzt eine 2-GB-SSD. Durch die simultane Visualisierung mehrerer Prozessparameter und optimierte grafische Darstellungen ist die Trendansicht informativ und übersichtlich. Die Bedienung des Controllers kann passwortgeschützt mit frei definierbaren Benutzerkonten und Autorisierungsstufen erfolgen. Integriert sind auch kyrillische und asiatische Schriftzeichen. Per Ethernet können die Messwerte in das Firmennetzwerk integriert werden. Unter höchsten Sicherheitsstandards besteht die Möglichkeit, auf den Controller über die Netzwerkschnittstelle oder über eine Web-Browser-Verbindung zuzugreifen.

Ändern sich die Prozessbedingungen, kann der Anwender schnell und unkompliziert über die USB-Schnittstelle am Controller oder per Browser neue Produktdatensätze laden. Für die Prozessautomatisierung kann der V10 Controller neben analogen und digitalen Ausgängen, seriellen Schnittstellen und Feldbus (Profibus DP, Modbus RTU) jetzt auch über die Feldbusschnittstelle Modbus TCP/IP die Echtzeit-Informationen an das Prozessleitsystem übertragen.

www.sensotech.com



DIE NEU ENTWICKELTE GERÄTEGENERATION

LiquiSonic V10 überzeugt durch modernste Technologie, kapazitiven Touchscreen und nützliche Automatisierungsfeatures. Bild SensoTech

Kapazitive Sensoren für raue Industrieumgebungen

Kapazitive Sensoren bieten viele Vorteile, sind aber in der Regel nicht für Messungen im Industrieumfeld ausgelegt. Micro-Epsilon macht nun auch hochpräzise Messungen mit kapazitiven Sensoren auch unter extremen Bedingungen möglich.



VERSCHIEDENE SENSOREN von Micro-Epsilon.

Bild: Micro-Epsilon

Für herkömmliche kapazitive Sensoren sollte die Umgebung sauber und trocken sein. Kapazitive Wegsensoren von Micro-Epsilon aber können auch in rauen Industrieumgebungen eingesetzt werden, sie zeigen sich in der Regel unempfindlich gegenüber Staub und Luftfeuchtigkeit, optional sind sie auch für den Reinraum oder das Ultrahochvakuum geeignet. Zudem überzeugen sie durch weitere Vorteile, wie sehr zuverlässige und stabile Messungen, die hochgenau und im Nanometerbereich erfolgen, sogar bei schwierigen Temperaturbereichen wie dem absoluten Nullpunkt.

Je nach Anwendung lässt sich zudem die Anzahl der Messkanäle individuell bestimmen. Durch Synchronisierung der Kanäle werden – auch beim Einsatz mehrerer Sensoren in unmittelbarer Nähe – präzise Ergebnisse erreicht. Die kapazitiven Sensoren sind außerdem langzeitstabil, weil keine Komponenten verbaut sind, die die Lebensdauer einschränken. Außerdem lassen sich Sensor und Controller aus der Micro-Epsilon Produktpalette einfach kombinieren. So kann jeder Sensor mit jedem Controller verwendet werden, eine sonst übliche aufwendige Kalibrierung entfällt.

www.micro-epsilon.de

Ultraschlankes Area-Imaging Scan-Modul mit Miniatur-Decoder Board Mini DB für 2D-Barcodes

Honeywell bietet mit der N6600-Serie ein ultraschlankes Area-Imaging Scan-Modul mit integriertem Miniatur-Decoder Board Mini DB zur schnellen und genauen Erfassung von Barcodes mit kleinen Mobilgeräten. Mit einer Höhe von lediglich 6,8 Millimetern ist „die N6600 Serie das schlankste 2D-Scan-Modul auf dem Markt“, sagt Emre Onder, Vice President, Electronic and Optical Sensing, Honeywell Sensing and Productivity Solutions.

Die N6600 Serie ist speziell für raue Umgebungen konzipiert und verfügt über einen Global Shutter, um auch stark beschädigte oder schlecht gedruckte Barcodes präzise einlesen zu können, sowie eine hohe Bewegungstoleranz von 5,84 Metern pro Sekunde. Je nach Umgebung und Anwendungsfall umfasst das Scan-Modul entweder eine grüne LED-Zielvorrichtung oder eine rote Laser-Zielvorrichtung.

Die N6600-Serie ist für das Lesen von 2D-Barcodes konzipiert und in der Lage, 60 Bilder pro Sekunde zu erfassen. Das N6600 Scan-Modul kann zudem mit dem Miniatur-Decoder-Board Mini DB von Honeywell kombiniert werden. Dieses ist 60 Prozent kleiner als die Vorgängergeneration und lässt sich deshalb in kleinere Mobilgeräte integrieren. Das Mini DB bietet eine Board-



FÜR RAUE UMGEBUNGEN: Das Honeywell N6600 Scan-Modul.

to-Board-Anschlusskonfiguration sowie die Auswahl zwischen RS-232- und USB-Schnittstellen. Honeywells aktualisierte Dekodierungs-Software optimiert die Leistung des Mini DB und ermöglicht ein verbessertes Scannen von Bildschirmen.

www.honeywell.com

Modularer Differenzdruckmessumformer

Der Messgerätehersteller Labom stellt mit seiner Pascal CV-Reihe eine Produktserie vor, die einen hohen Standardisierungsgrad mit Flexibilität und kundenspezifischen, individualisierten Lösungen kombiniert. Durch die Integration verschiedener Funktionsmodule kann je nach Bedarf auch nachträglich eine Erweiterung der Messaufgabe erfolgen. Zur Auswahl stehen unter anderem ein Schaltmodul mit zwei potentialfreien Kanälen bis 0,5 A Schaltstrom, eine Multifunktionsanzeige, ein 4...20 mA-Ausgangssignal mit Hart-Protokoll und ein Profibus PA.

Ob in der Chemie, Petrochemie, Verfahrenstechnik oder in der allgemeinen Prozesstechnik: Die Differenzdruckmessung in Bereichen wie der Filterüberwachung oder Füllstandsmessung erfordert individuelle und kunden-spezifische Lösungen. Diese Prozessanpassung wird durch das Modulkonzept der Pascal CV-Reihe von Labom erfüllt. Der Druckmessumformer Pascal CV Delta P ermöglicht einen einfachen Austausch verschiedener Funktionsmodule nach dem Prinzip „Plug and measure“. Dabei können die Module vor Ort ohne Unterbrechung des Prozesses und ohne Neuabgleich ausgetauscht werden und sind sofort einsatzbereit.

Besonders durch das Schaltmodul ergibt sich eine Reihe von Anwendungsmöglichkeiten, die sich beispielsweise für die Überwachung von Filtern anbieten. Der Differenzdruckmessumformer misst nicht nur den Sättigungsgrad des Filters, sondern kann durch das An- oder Ausschalten eines angeschlossenen Gerätes auch direkt die notwendigen Maßnahmen einleiten.

Das für einen Druckmessumformer ungewöhnlich kompakte Gehäuse ist aus robustem Edelstahl und genügt mit einer besonders hohen Schutzart von IP 69K höchsten Anforderungen. Der Pascal CV Delta P gewährleistet bei einem Turndown von 5:1 eine besonders hohe Genauigkeit von $\leq 0,15\%$; der Nennbereich liegt zwischen 0,4 und 40 bar. Für den Prozessanschluss stehen verschiedene Lösungen zur Auswahl.

www.labom.de



DER DRUCKMESSUMFORMER Pascal CV Delta P ermöglicht einen einfachen Austausch verschiedener Funktionsmodule nach dem Prinzip „Plug and measure“. Bild: Labom

PRODUKTE & LÖSUNGEN

Kabel- und Montagekosten im Feld minimieren

Mit dem umfangreichen IP-67-I/O-Spektrum für EtherCAT P von Beckhoff lassen sich bei minimiertem Verdrahtungsaufwand und hoch flexibel alle I/O-Signale einer Maschine oder Anlage dezentral erfassen. Zugrunde liegt die Einkabellösung EtherCAT P, welche die bewährte EtherCAT-Technologie mit der Leistungsversorgung für die Netzwerkeinheit vereint.

Mit EtherCAT P hat Beckhoff die ultraschnelle EtherCAT-Kommunikation und Power (2 x 24 V DC/3 A) auf einem 4-adrigen Standard-Ethernet-Kabel kombiniert. Dies ermöglicht die direkte Versorgung sowohl der EtherCAT-P-Slaves als auch der angeschlossenen Sen-



DREI BEISPIELE FÜR DAS BREITE ETHERCAT-P-I/O-SPEKTRUM in IP 67: EtherCAT-Sternverteiler, Digital-Eingangs-Box (8-Kanal) und Analog-Eingangs-Box ±10 V/0...20 mA (4-Kanal). Bild: Beckhoff

soren und Aktoren, sodass separate Leistungskabel entfallen und sich die Systemverkabelung deutlich vereinfacht. Damit erweist sich EtherCAT P als bestens geeigneter Sensor-, Aktor- und Messtechnik-Bus, mit Vorteilen sowohl bei der Verbindung von abgesetzten kleineren I/O-Stationen im Klemmenkasten als auch bei dezentralen I/O-Komponenten vor Ort im Prozess. Für die 24-V-I/O-Ebene ist bereits ein komplettes Spektrum an System- und I/O-Komponenten in Schutzart IP 67 verfügbar. Zum Anschluss der Sensoren und Aktoren stehen alle bewährten EP-Box-Module als EPP-Ausführung für EtherCAT P bereit. Hierzu zählen verschiedene 4-, 8- und 16-kanalige Digital-Eingangs-Box-Module beziehungsweise 4-, 8-, 16- und 24-kanalige Digital-Ausgangs-Module, zahlreiche 4-, 8- und 16-kanalige IP-67-I/Os mit kombinierten Digital-Ein-/Ausgängen sowie seriellen Schnittstellen RS232 und RS422/RS485.

Dazu kommen EPP-Box-Module für analoge Ein- und Ausgangsgrößen, wie ±10 V/0...20 mA, Differenz-/Absolutdruck sowie Daten von Widerstandssensoren, Thermoelementen und Inkremental-Encodern. Mit EtherCAT P reduzieren sich Beckhoff zufolge für den Maschinenbau die Materialkosten, der Montage- und Zeitaufwand sowie die Fehlerhäufigkeit bei der Installation. Zudem wird der benötigte Bauraum in Schleppketten, Kabeltrassen und Schaltschränken in der Maschine selbst minimiert. Die neue EtherCAT-P-Verkabelung ermöglicht zudem kleinere Sensoren und Aktoren.

www.beckhoff-automation.de

Vier-Achsen-Scara-Roboter

Comau führt mit dem Rebel-S einen eigenen 4-Achsen-Scara-Roboter ein. Er wird in fünf Modellvarianten mit einer Nutzlast von 6 kg und drei verschiedenen Reichweiten erhältlich sein. Alle Modelle werden vom R1C-Controller gesteuert, der in einem 19-Zoll-Gestell montiert ist und in einen einzelnen Schrank integriert werden kann, um eine komplette Fertigungslinie zu steuern. Die Roboter sind auch in der openRobotics-Version erhältlich, bei der sie direkt in eine vorhandene, mittels B&R-Technologie gesteuerte Maschinen-/Linienautomation integriert sind.



DEN REBEL-S gibt es in fünf Varianten. Bild: Comau

Die neuen Scara-Roboter könnte man als „Rebellen“ bezeichnen, weil sie – anders als die übrigen Roboter im Comau-Portfolio – kein Gelenk besitzen. Sie bieten eine Reihe von Montagepositionen und verwenden Distanzelemente – eine einfache, aber sehr innovative Lösung, um die Reichweite des Roboters zu vergrößern.

Der Rebel-S ist mit Reichweiten von 450 mm, 600 mm und 750 mm erhältlich. Alle drei Versionen sind für die Boden- oder Wandmontage geeignet. Die Versionen mit 600 mm und 750 mm Reichweite auch für die Deckenmontage. Diese Flexibilität bei der Montageposition wird durch doppelte Kabeloptionen (entweder vertikal oder horizontal) unterstützt.

Die unterschiedlichen Reichweiten werden durch Distanzelemente realisiert, Module, mit denen der Roboter seinen Aktionsradius vergrößern kann. Mit einem Erweiterungssatz bestehend aus Distanzelementen und Kabeln sind die fünf Modelle untereinander austauschbar. Im Rahmen seiner Kundenbetreuungsstrategie wird Comau eine Reihe von Zubehörkomponenten anbieten, einschließlich Förderbandverfolgung und ein Plug-and-play-Sichtsystem sowie einige Dienstleistungspakete.

www.comau.com

Sechs hochauflösende Lasermodule messen bis zu zwölf kritische Komponenten gleichzeitig und kontinuierlich

Als Reaktion auf den weltweiten Bedarf an hochgenauen, leicht zu bedienenden und kostengünstigen Prozessgasanalyse- und Emissionsüberwachungssystemen entwickelte Emerson das Modell Rosemount CT5400 für kontinuierliche Gasanalyse.

Die Emerson zufolge einzigartige Kombination von abstimmbaren Diodenlasern (Tunable Diode Laser, TDL) und Quantenkaskadenlasern (Quantum Cascade Laser, QCL) in einem Gerät erlaubt unter Nutzung der patentierten „Laser-Chirp“-Technik eine nahezu unmittelbare, hochauflösende Spektroskopie zur Messung zahlreicher Moleküle, sowohl im nahen als auch im mittleren Infrarot-Bereich – von unter ppm bis hin zum Prozentbereich. Im Gegensatz zu traditionellen Prozessgasanalysatoren, die ständig Kalibrierung und Überprüfung benötigen, und herkömmlichen laserbasierten Systemen, die lediglich ein oder zwei Komponenten erfassen, kann das modulare Design des CT5400 bis zu sechs hochauflösende Lasermodule aufnehmen und somit bis zu zwölf kritische Komponenten gleichzeitig messen. So kann CT5400 mehrere Analysatoren mit entsprechenden Probeentnahmesystemen ersetzen. Der CT5400 ist eine hochgenaue, preisgünstige Alternative zu anderen aktuellen Analysetechnologien.

Der rackmontierte Analysator CT5400 wurde für Prozessanwendungen, DeNOX/SCR (Rauchgasent-



DER CT5400 KANN BIS ZU sechs hochauflösende Lasermodule aufnehmen und somit bis zu 12 kritische Komponenten gleichzeitig messen. Bild: Emerson

stickung/selektive katalytische Reduktion), Ammoniumnitrat-Vorstufen, kontinuierliche Emissionsüberwachungssysteme (CEMS) und kontinuierliche Umgebungsüberwachungssysteme (CAMS) entwickelt. Er nutzt die Technologie des kürzlich vorgestellten Analysators Rosemount CT5100, der mit einem robusten Gehäuse ausgestattet ist. Das Modell CT5400 ist die kostengünstige Alternative für den Schrankeneinbau außerhalb der Ex-Zone.

www.EmersonProcess.com

Kompakter Embedded-PC für die Hutschienenmontage

Mit dem neuen Industrie-PC der Serie Arrakis-pico ergänzt Welotec sein umfangreiches Sortiment im Bereich der Embedded Computer. Mit Abmessungen von nur 106 x 30 x 85 mm ist das lüfterlose System geeignet für enge Bauräume zum Beispiel in Schaltschränken – und überzeugt gleichzeitig mit einer hohen Leistung.

Der Embedded-PC der Serie Arrakis-pico ist mit einem leistungsfähigen Intel-Atom-E3825-Prozessor mit einer Taktfrequenz von 1,33 GHz ausgerüstet. Zwei CPU-Kerne sorgen für eine optimale Geschwindigkeit, die Unterstützung von AES-NI gewährleistet eine schnelle Datenverschlüsselung in VPN-Netzwerken. Mit einem Arbeitsspeicher von 2 GB lässt sich der PC auch für umfangreichere Anwendungen einsetzen. Mit drei Intel-Netzwerkchips (i210) verfügt der Arrakis-pico über drei unabhängige LAN-Ports, zudem stehen eine RS-485-Schnittstelle und ein USB 2.0 Port zur Verfügung. Hier können sowohl Profibus als auch Profinet mit entsprechenden Treibern realisiert werden. Das System ist für den Einsatz in der Netzwerksicherheit auch IPFire-kompatibel. Das Gehäuse aus Metall ist in Schutzklasse IP20 ausgeführt; der Arra-



MIT SEINEN KOMPAKTNEN ABMESSUNGEN ist der Industrie-PC Arrakis-pico ideal geeignet für enge Bauräume zum Beispiel in Schaltschränken. Bild: Welotec

kis-pico ist für einen weiten Betriebstemperaturbereich von -20°C bis 60°C konzipiert.

Die Hutschienen-PCs sind als dezentrale Computer unter anderem als Firewall, VPN Gateway, IDS-System oder als lokale Webserver einsetzbar. Mögliche Anwendungen sind auch die Anlagensteuerung und Fernwartung in der Automatisierung.

www.welotec.com

AUS DER PRAXIS

Zentrale Datenbank löst Vielzahl von Dateninseln ab und beschleunigt die Anlagenplanung

Daten als Ausgangspunkt und Zentrum des Engineering – Dokumente als „Nebenprodukt“



SILOS FÜR ZEMENT: Für Hersteller dieses Baustoffes in aller Welt entwickelt und baut Claudius Peters Anlagen. Bilder: Claudius Peters

Das eine Software nicht nur technische Prozesse beschleunigt und optimiert, sondern auch noch für eine neue, deutlich höhere Qualität der Zusammenarbeit sorgt, kommt nicht häufig vor. Beim Anlagenbauer Claudius Peters ist das gelungen: Dank der datenbankbasierten Softwareplattform Engineering Base (EB), fallen in der Anlagenplanung Behinderungen des Workflows durch die bisherigen Dateninseln aus verschiedenen Tools weg. Denn nun sind alle Daten des Anlagenmodells für jeden Bearbeiter an jeder Stelle immer aktuell. Zudem hat EB interdisziplinär Brücken geschlagen und das Verständnis von Verfahrens- und Elektrotechnikern füreinander erheblich gestärkt, sodass die verschiedenen Disziplinen nun parallel statt sequenziell arbeiten.

Das Planen von Großanlagen zur Grundstoffverarbeitung ist eine komplexe Aufgabe mit vielfältigen Herausforderungen. Dass Pläne dabei gar nicht mehr im Zentrum stehen, klingt paradox, ist aber bei einigen Anlagenbauern heute schon gelebte Praxis. Der Spezialist für Schüttgut- und Verfahrenstechnik Claudius Peters (CP) ist einer davon. Er hat sein Engineering ganz neu strukturiert. Das Ergebnis ist laut dem Unternehmen „eine Erfolgsstory“.

Ausgangspunkt der CP-Idee zur Veränderung der eigenen Engineering-Prozesse war der Wunsch nach besserer Vernetzung der Daten und bisher eingesetzten Werkzeuge. Er entstand im Rahmen eines Innovationsprojektes mit dem Ziel, die CP-Gruppe auch für künftige große Herausforderungen des 21. Jahrhunderts weiter zu stärken. So suchte man nach einem System, das Durchgängigkeit über Disziplingrenzen hinweg gewährleisten sollte, einen einfachen Wissenszugang ermöglicht und mit den Bearbeitungs-

auch die Projektdurchlaufzeiten deutlich verringert – bei gleichzeitiger Qualitätsverbesserung.

Claudius Peters ist in der Zement-, Gips-, Kohle-, Stahl- und Aluminium-Industrie zu Hause. Das über 100-jährige Unternehmen konzipiert und fertigt Lagerplätze, Förderanlagen, Silos, Mahl- und Packanlagen, Gips-Homogenisierer sowie Schüttguttechnik sowohl für Schiffe als auch für Aluminium und Kohle. Die Zentrale der weltweit operierenden Claudius Peters Group GmbH steht im norddeutschen Buxtehude.

Nach gründlicher Recherche entschieden sich die Schüttgutexperten für einen alten Bekannten. Seit mehr als 20 Jahren hatte CP zu diesem Zeitpunkt schon mit Software von Aucotec projektiert. Nun überzeugten die Möglichkeiten der modernen, datenbankbasierten Softwareplattform Engineering Base, aber auch die Fachberatung und Umstiegsbegleitung des Anbieters.

WORKFLOW OHNE STOLPERSTEINE

Mittlerweile ist das System seit gut zweieinhalb Jahren operativ im Einsatz, auch bei Großprojekten mit vielen Anwendern. „Unsere Erwartung, dass die Behinderungen des Workflows durch die bisherigen Dateninseln aus verschiedenen Tools wegfallen, hat sich voll erfüllt“, sagt Thomas Nagel, Operations Director bei der zur Group gehörenden Claudius Peters Projects GmbH. „Es geht nicht mehr darum, ob etwas geht, sondern nur noch, wie.“

Mit Engineering Base wurde ein kompletter Neubeginn gewagt, eine Altdatenübernahme kam wegen der neuen funktionsorientierten Sicht auf P&IDs und Basisplanung nicht infrage. „Die Herangehensweise,



KOHLENMÜHLE: Mit der Einführung der Softwareplattform Engineering Base konnte Claudius Peters die Planung solcher und anderer Anlagen deutlich effizienter gestalten.

die sich mit EB ergibt, erfordert Umdenken, führt aber insgesamt zu einer erheblichen Zeitersparnis und zu qualitativ deutlich hochwertigeren Dokumentationen“, berichtet Ulrich Cord, Group Manager Automation und Projektleiter EB bei Claudius Peters. Die Elektrotechnik sparte dabei allerdings zunächst keine Zeit, denn die Anforderungen an die Strukturierung waren höher als früher. Doch die Standardisierung mit Hilfe von in der zentralen Datenbank abgelegten, funktionsorientierten Typicals steigerte die Effektivität der Planung deutlich. Und neue Mitarbeiter konnten problemlos und schnell eingearbeitet werden.

Die neue Funktions-Sicht passt nun auch perfekt zu der international verbindlichen Anlagenstrukturierungs-Norm IEC 81346. „Wir mussten erst ein Verständnis für die normgerechten Aspekte ‚Funktion‘, ‚Ort‘ und ‚Produkt‘ und ihre Zusammenhänge entwickeln. Doch heute haben wir ein eigenes durchgängiges Kennzeichnungssystem für Verfahrens- und Elektrotechnik und können es sogar durch einfaches Umschalten mit Kundensystemen wie KKS und anderen in Einklang bringen“, erklärt CP-Manager Cord.

Schon sehr kurz nach einem ersten, von Aucotec gehaltenen Einstiegsworkshop sammelten die Planungsingenieure in einem Pilotprojekt praktische Erfahrungen mit dem neuen System. „Wir haben einfach angefangen, und zwar mit 100 % Standard-EB, ganz ohne Anpassungen“, erzählt Nagel. Key User und Anwender aus den betroffenen Abteilungen legten dann gemeinsam ihren „Claudius-Peters-Weg“ für das künftige Engineering fest. „Eine Systemoptimierung allein reicht nicht. Man muss die Mitarbeiter mitnehmen“, so Cord.

Drastisch reduzierte Aufwände bei Kennzeichnungsänderungen, nachvollziehbares und einfaches Assoziieren der vorgeschriebenen Anlagenaspekte, aber auch die reibungslose Bearbeitung eines Projekts durch 20 Anwender gleichzeitig oder die automatische Darstellung von Informationen in Listen, Zeichnungen und Datenblättern bei nur einmaliger Eingabe – das alles basiert auf einer entscheidenden Grundlage: der in EB integrierten Datenbank. Sie sorgt als „single source of truth“ dafür, dass alle Daten des Anlagenmodells für jeden Bearbeiter an jeder Stelle immer aktuell sind.

EB HAT GRUNDSÄTZLICHEN WANDEL ANGESTÖBEN

Ulrich Cord dazu: „Wir wollten weg von den Papierprozessen der Dokumentenwelt. Wir befinden uns in einem Wandel, den Aucotechs Plattform angestoßen hat. Für uns ist das schon jetzt eine Erfolgsgeschichte.“ EB habe interdisziplinär Brücken geschlagen und die Kommunikationskultur im Engineering verändert. „Die Köpfe stecken jetzt viel früher viel enger zusammen“, so der Automations-Experte. Das Verständnis von Verfahrens- und Elektrotechnikern für einander sei durch die unmittelbare Sicht auf die Arbeitsergebnisse der anderen beteiligten Disziplinen erheblich gestärkt. Wie ineffizient sequenzielles Arbeiten ist, habe laut Cord erst die neue, datenbankgestützte Planung gezeigt, die die Arbeit der verschiedenen Disziplinen parallelisiert hat.

Ermöglicht wird das, da EB das Engineering vom Plan zu den Daten verschiebt. Es ist daher nicht mehr dokumentenzentriert, sondern die Daten selbst stehen im Vordergrund, inklusive all ihrer Verknüpfungen.

AUS DER PRAXIS



ALUMINIUMWERK: Als Spezialist für Schüttgut- und Verfahrenstechnik ist Claudius Peters in den verschiedensten Branchen aktiv. Alle profitieren von der grundlegenden Neuaufstellung des Engineerings mit der Software Engineering Base.

Ein Plan ist dabei nur eine der möglichen Sichtweisen auf das Anlagenmodell – und nicht mehr zwingend der Ausgangspunkt. Objekte lassen sich rein alphanumerisch er- und bearbeiten, die grafische Entsprechung entsteht weitgehend automatisch. „Wir denken nicht mehr in Dokumenten, sondern objektorientiert. Dabei haben wir die intelligente Nutzung unserer zentral erfassten Daten im Fokus, die miteinander wirken sollen. Abgelegt auf toten, separaten Plänen können sie das nicht“, beschreibt CP-Manager Ulrich Cord die Vorteile in der Praxis, und Thomas Nagel ergänzt: „Durch Aucotec haben wir verstanden, was Daten sind; das ist die Zukunft!“

WEITERE OPTIMIERUNG RICHTUNG INDUSTRIE 4.0

Nach der Implementierung des neuen Systems liegt der Fokus der Schüttgut-Experten jetzt auf der Standardisierung. Hauptaufgabe ist dabei, Bauteile, -gruppen und Teilanlagen sinnvoll vorzudenken und zu strukturieren. Mit derart vorgefertigten Standards, einmal abgelegt in EB, lassen sich die Durchlaufzeiten noch erheblich weiter reduzieren.

Engineering Base wird außerdem das Zusammenwirken unternehmensweiter Softwaretools noch verbessern und redundante Datenpflege weiter reduzieren. Die ERP- und 3D-Kopplung – bidirektional und mit verknüpften Objekten – soll kurzfristig erfolgen. „Mit der Vernetzung der Daten und Werkzeuge haben wir bei uns einen grundsätzlichen Wandel der IT-Landschaft ausgelöst“, sagt Nagel. Gleich nach der Vorstellung von EB mit Ideen zur 3D-Kopplung bei der Geschäftsführung wurde ein Projekt unter dem Namen „Inspired Excellence“ gestartet. Es soll die Optimierung der Planungsvorgänge und Softwarelandschaft weiter vorantreiben und wird von höchster Stelle unterstützt.

Neben Durchgängigkeit vom Vertrieb bis in den Aftermarket-Service, größtmöglicher Vermeidung redundanter Daten, verringerten Durchlaufzeiten und erhöhter Qualität in allen Projektphasen gehört zu der Exzellenz-Idee auch die Vorbereitung auf aktuelle Trends wie Industrie 4.0. So setzte EB Standards auch im weiteren Sinne.

Eine reale Umsetzung des Industrie-4.0-Themas hat CP schon im Visier. Dass die Ingenieure EB dazu für geeignet halten, liegt wiederum an seiner Datenbankbasierung. Die Ingenieure bei Claudius Peters wissen, dass ohne sie nichts geht in Richtung Industrie 4.0. „Geräte und Maschinen beginnen ihr Leben erst nach der Planung, wo ein Engineering-System normalerweise aufhört. Wir wollen Betriebs- und Störungsdaten mit den Planungsdaten koppeln. EB hat bereits bewiesen, dass das System hier sehr effiziente Unterstützung bieten kann. Das wollen wir nutzen“, erklärt Thomas Nagel.

AUTOR

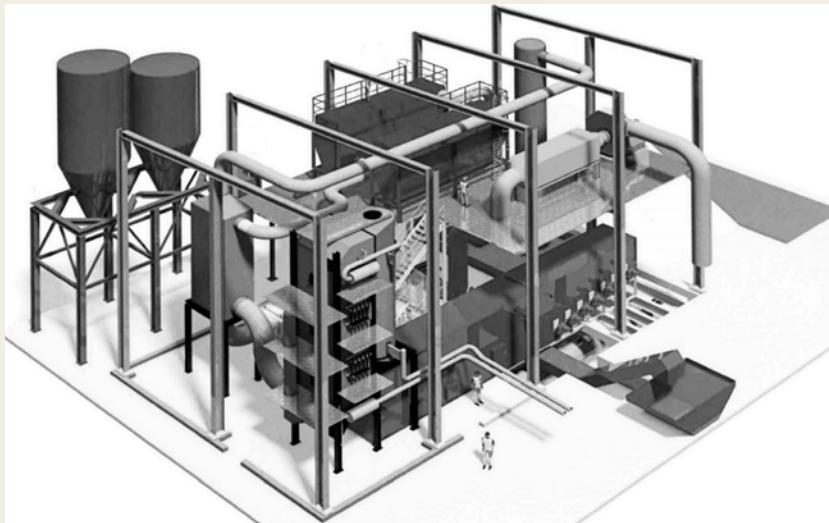


MARTIN IMBUSCH ist Produktmanager für den Bereich Prozessindustrie.

Aucotec AG,
Oldenburger Allee 24,
30659 Hannover,
Tel. +49 (0) 511 610 30,
E-Mail: mim@aucotec.com

Optimierte Prozessführung sorgt für große Energieeinsparungen bei Klärschlammverbrennung

Modellprädiktiver Algorithmus findet gleichzeitig den besten Arbeitspunkt des Gesamtsystems



SCHEMA DES OFENS und der Rauchgasreinigung mit Wärmetauscher, wie in der Verbrennungsanlage am ICO Obernburg realisiert.
(Quelle: Michaelis GmbH)

Energieeffizienz und die nachhaltige Nutzung von Ressourcen ist eines der dominanten Themen der Automatisierungstechnik. Neben der Entwicklung neuer, energieärmer Komponenten, spielt die Prozessführung eine wichtige Rolle. Bei verfahrenstechnischen Anlagen mit mehreren Stationen betrifft dies insbesondere die Optimierung der Prozessparameter. Im Beitrag wird ein intelligenter Regelungsalgorithmus vorgestellt, mit dem dies bewerkstelligt werden kann. Damit lassen sich etwa bei energieintensiven Anlagen große Einsparpotenziale realisieren. Die Regelung wird im konkreten Beispiel für eine neu errichtete Verbrennungsanlage am Industrie Center Obernburg (ICO) in Unterfranken realisiert.

REGELUNG INS GLOBALE OPTIMUM

Im Rahmen eines durch das bayerische Staatsministerium für Wirtschaft geförderten Forschungsprojekts beschäftigen sich die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU) und die APE Engineering GmbH mit der Entwicklung eines globalen modellprädiktiven Optimierungsalgorithmus zur energieeffizienten Regelung eines Prozesses zur dezentralen Verbrennung von Klärschlamm. Dieser verläuft mehrstufig: Zunächst wird der Klärschlamm über eine Pipeline aus der benachbarten Gesamtkläranlage bereitgestellt. Er wird dann in zwei Stufen, zunächst mechanisch (Dekanter), dann thermisch (Dünnschichttrockner) vorgetrocknet und schließlich im Ofen verbrannt. Die im Ofen verbrauchte Energie (Erdgas) wird anschließend dem heißen Rauchgas über Wärmetauscher teilweise entzogen und der Vortrocknung zugeführt. Das Rauchgas durchläuft die chemische Rauchgaswäsche, in der Schadstoffe abgeschieden werden, bevor es über den Kamin freigesetzt wird. Die Anlage ist über einen

externen Prozess mit einem isolierten Thermalöl-Tank als Energiespeicher gekoppelt.

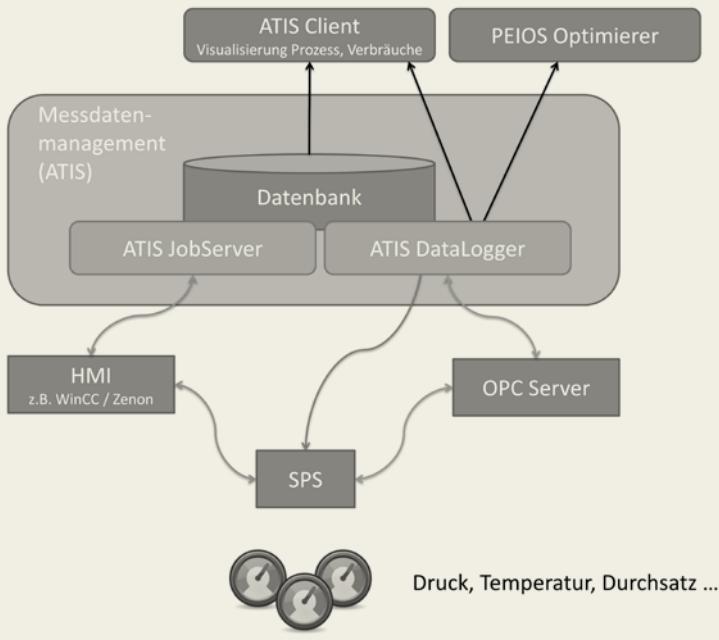
Während sich bisherige Ansätze in der Regel darauf beschränken, für einen Anlagenteil einen optimalen Betriebszustand zu finden, wird hier ein Ansatz zur globalen Optimierung vorgestellt, der alle Komponenten im Zusammenspiel effizient einregelt. Grundlage der globalen Optimierung bilden die kontinuierliche Erfassung der Prozessdaten und die physikalische Modellierung der Anlagenteile. Sowohl mit den Modellen als auch mit dem Algorithmus selbst wird hier Neuland betreten. Der Ansatz ist auf andere Prozesse übertragbar. Abhängig von der Zielfunktion und dem Parametersatz ist es denkbar, neben dem energiesparenden Betrieb auch weitere Kriterien, wie minimale Rückstände oder minimale chemische Reinigungsmittel, zu realisieren.

KOMMUNIKATION IN ALLE RICHTUNGEN

Das Automatisierungssystem der Klärschlammverbrennung besteht aus mehreren speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS). Die Kommunikation mit dem Optimierungsalgorithmus soll in beide Richtungen laufen: Die Stationen der Anlage übermitteln Daten des Ist-Zustands an den Optimierer, dieser sendet die daraus ermittelten neuen Stellgrößen zurück.

Die Kommunikation zwischen Optimierer und Prozessebene wird von der im Projekt entwickelten ATIS-Architektur (Advanced Technical Information System) übernommen. ATIS kann Daten aus einer Visualisierung (über XML-Export), einem OPC-Server oder direkt (P2P) von einer SPS erfassen. Empfangene Daten werden anschließend in einer PostgreSQL-Datenbank abgelegt, die diese sowohl für nachgelagerte Systeme (Visualisierung,

AUS DER PRAXIS



DARSTELLUNG DER ARCHITEKTUR zur Visualisierung, Datenerfassung und Kommunikation mit den regelungstechnischen Komponenten mit ATIS.

Optimierer) bereitstellt, als auch für die Langzeitarchivierung sorgt. Ebenso werden die Prozesseingriffe durch den Optimierer gespeichert und quittiert.

Die Kommunikation mit dem ATIS-Server erfolgt über (Industrial) Ethernet (unabhängig von dem auf Feldebene verwendeten Bussystem). In der aktuellen Aufgabenstellung werden 100 bis 200 Datenpunkte verwendet, die im Sekundentakt verarbeitet werden. Eine automatisierte Regelung des Systems durch den Optimierer erfolgt im Viertelstundentakt. Aufgaben dieser Art lassen sich bereits auf einer kostengünstigen Hardware, wie dem Raspberry Pi 2 mit Windows 10 IoT, bewerkstelligen.

STABILER BETRIEB UND OPTIMALER ARBEITSPUNKT

Das Ziel der Optimierung ist es, neben der Senkung der für den Verbrennungsprozess benötigten Primärenergie, einen optimalen Arbeitspunkt des Gesamtsystems zu finden, der zugleich den stabilen Betrieb der Anlage gewährleistet. Das entwickelte Optimierungsverfahren wird ergänzend zu den bereits vorhandenen Steuerungen und Regelkreisen der einzelnen Anlagenkomponenten an der Klärschlammverbrennungsanlage installiert, sodass der Betrieb der Anlage auch weiterhin autark möglich ist.

Beim eingesetzten Algorithmus handelt es sich um eine nichtlineare modellprädiktive Regelung (nonlinear model predictive control, NMPC). Aufgrund der moderaten Dynamik des Gesamtprozesses wird der Algorithmus alle 15 Minuten automatisiert angestoßen und berechnet einen optimalen Betriebspunkt der Anlage für einen Prädiktionszeitraum von voraussichtlich 6 Stunden. Dabei wird eine Zeitdiskretisierung in 15-Minuten-Schritten zugrunde gelegt. Die zeitliche Verzögerung bei der Übermittlung von Mess- und Stellgrößen kann aufgrund der hohen Zeitschrittweite vernachlässigt werden, ebenso wie die Einschwingzeiten der Anlagenkomponenten, die sich im Bereich von

einer Minute bewegen. Davon abweichend sollen höhere Einschwingzeiten bei der Regelung des Verbrennungs ofens berücksichtigt werden.

Neben den über ATIS bereitgestellten Messdaten erhält der Algorithmus eine Prognose des Klärschlammaufkommens für den jeweils zu optimierenden Zeithorizont als Eingabe. Die Ausgabe der Optimierung ist ein Vektor optimaler Stellgrößen sowie eine Prognose für die mit diesen Stellgrößen einhergehende Entwicklung der Zustandsvariablen über den Prädiktionszeitraum.

Bei dem in jedem Optimierungsdurchlauf zu lösenden mathematischen Modell handelt es sich um ein nichtlineares Optimierungsproblem (nonlinear program, NLP), das neben Schranken für die Zustands- und Steuervariablen auch nichtlineare Gleichungen enthält. Die daraus resultierende Nichtkonvexität des Gesamtproblems führt mit der Anforderung, dass stets ein global optimaler Betriebspunkt berechnet werden soll dazu, dass im Kern des NMPC-Reglers ein Verfahren zur globalen Optimierung von nichtkonvexen NLPs eingesetzt werden muss. Das hier verwendete Verfahren basiert auf einer Kombination aus Outer Approximation und Spatial Branching.

EIN ANSATZ, UNTERSCHIEDLICHE ZIELE

Aufgrund der moderaten Dynamik des Gesamtsystems wird ein quasi-stationäres Anlagenmodell verwendet. Die Topologie der Anlage wird durch einen Graphen kodiert. Die Kanten des Graphen repräsentieren die Anlagenkomponenten, die über die Knoten des Graphen miteinander verbunden sind. Die Zustandsgrößen werden über entsprechende Erhaltungsgleichungen an die Knoten gekoppelt.

Das Ziel der Optimierung ist die Minimierung des Primärenergiebedarfs

$$P_{total} = \sum_t (P_{gas,t} + P_{dk,t} + P_{ds,t}).$$

Alternative Zielfunktionen, wie die Minimierung der operativen Kosten, erfordern eine integrierte Betrachtung der gekoppelten externen Systeme und sind Gegenstand zukünftiger Arbeiten.

PERFORMANCE DES OPTIMIERUNGSALGORITHMUS

Da jede Komponente der Anlage über eine eigene Regelungstechnik verfügt und der NMPC-Optimierer die Stellgrößen dieser Regelungstechnik regelt, sollte die Zykluszeit des Optimierers nicht unter der Einschwingzeit der Komponenten liegen, um belastbare Messungen durchführen zu können. Hinzu kommen die Rechenzeit für die Umrechnung der Messgrößen in die physikalischen Größen des Modells, die Zeit zur Optimierung der Zielfunktion mit der auch die Stellgrößen für die Regelungstechnik der einzelnen Komponenten ermittelt werden und die Übermittlung an die Automatisierung.

Der Optimierungsalgorithmus wurde in der Programmiersprache Python implementiert. Die Modellierung der NLP-Probleme und die Ansteuerung eines globalen NLP-Lösers erfolgt über die Modellierungssprache GAMS 24.5. Als Löser wird derzeit Baron 15.9 mit einem Zeitlimit von 840 s verwendet. Das hier exemplarisch verwendete und vereinfach dargestellte Szenario besteht aus einer Anlieferung von 27 000 kg/h Klärschlamm mit einem Trockensubstanzgehalt von zwei Prozent bei einer Anlieferungstemperatur von 18 °C, einem Organikanteil der Trockensubstanz von 70 Prozent und einem Schwefelgehalt von 6 Prozent. Die Tabelle gibt einen Überblick über die Laufzeiten des Optimierungsalgorithmus bei variierender Zeitschrittanzahl (Open Loop). Die Rechnergebnisse wurden auf einem AMD Opteron 2435 Prozessor mit 64 GB Arbeitsspeicher erzielt.

Für bis zu 10 Zeitschritte wird das Optimierungsproblem bereits im Presolving von Baron gelöst. Für mehr als

TABELLE 1: Für bis zu 10 Zeitschritte wird das Optimierungsproblem bereits im Presolving vom Baron 15.9 gelöst. Für mehr als 10 Zeitschritte können durch heuristische Verfahren Lösungen gefunden werden.

Laufzeiten des Optimierungsalgorithmus		
Zeitschritte	Rechenzeit	Knoten
2	0,6 s	0
5	0,8 s	0
10	1,0 s	0
25	2,0 s	1
50	3,1 s	1

10 Zeitschritte können durch heuristische Verfahren, die Teil des Gesamtlösungsalgorithmus sind, Lösungen gefunden werden, deren Optimalität bereits im Wurzelknoten des Branch-and-Bound-Baums bewiesen werden kann.

WIE GEHT ES WEITER

Im Rahmen des Projekts wurde bislang der offene Regelkreis implementiert. Vorhersagen werden mit einfachen analytischen Modellen beschrieben. Neben der Realisierung des geschlossenen Regelkreises zielen künftige Arbeiten darauf ab, diese Modelle durch passende Kennfelder oder das Regelverhalten (Übertragungsfunktion) der Komponenten zu ersetzen, um die Aussagekraft des Modells weiter zu erhöhen.

AUTOREN

Dr. MICHAEL KRÖHN koordiniert seit 2012 die Forschung und Entwicklung bei APE Engineering GmbH. Er beschäftigt sich mit intelligenter Prozessautomatisierung und innovativen Assistenzsystemen.

APE Engineering GmbH,
Hansaring 18,
63843 Niedernberg,
Tel. +49 (0) 6028 991 54 14,
E-Mail: michael.kroehn@ape-engineering.de

Dipl.-Inf. THORSTEN GELLERMANN hat an der Universität Paderborn Informatik studiert, war zwischenzeitlich an der TU Darmstadt beschäftigt und arbeitet zur Zeit an der FAU Erlangen-Nürnberg.

Dr. BJÖRN GEISSLER hat an der TU Darmstadt Informatik studiert und im Anschluss seine Promotion im Bereich der mathematischen Optimierung an der FAU Erlangen-Nürnberg abgeschlossen, wo er

noch heute wissenschaftlich tätig ist. Außerdem ist er Geschäftsführer der develOPT GmbH.

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg,
Lehrstuhl für Wirtschaftsmathematik,
Cauerstraße 11,
91058 Erlangen,
Tel. +49 (0) 9131 856 71 52,
E-Mail: bjoern.geissler@fau.de

Prof. Dr. ALEXANDER MARTIN leitet den Lehrstuhl für Wirtschaftsmathematik an der FAU Erlangen-Nürnberg. Sein Forschungsgebiet umfasst das Studium und die Lösung gemischt-ganzzahliger Optimierungsprobleme mit Anwendungen in der Logistik sowie im Energie- und Prozessmanagement.

NORBERT REUTER führt seit 2007 als geschäftsführender Gesellschafter die APE Engineering GmbH. Unter anderem verantwortet er die Bereiche Engineering und Dokumentation.

Energiedaten als Führungsgrößen

Selbstadaptive Grenzwertsetzung hochenergetischer Prozesse

Für die energieeffiziente Fertigung ergeben sich aus der zunehmenden Verknappung natürlicher Ressourcen wachsende Anforderungen. Die Nutzung von Energiedaten als Führungsgröße effizienter hochenergetischer Prozesse könnte sich als ein Anwendungsszenario erweisen. Im Beitrag wird die Relevanz des Energiemonitorings im Rahmen der forcierten Vernetzung industrieller Strukturen hinterfragt. Weiterführend werden eine Ableitung für eine intelligente Automation, im Sinne des Toyota-Produktionssystems auch Jidōka (Autonomation) genannt, auf Basis einer selbstadaptiven Grenzwertsetzung vorgestellt sowie deren erforderliche Fähigkeiten beschrieben.

SCHLAGWÖRTER Energiemonitoring / dezentrales Steuerungsmanagement / Selbstadaptation

Self-adaptive setting of process limits for high-energy processes – Energy data as reference values

Demands on energy-efficiency in manufacturing are increasing due among other things to the depletion of natural resources. Using energy data as reference values could be an appropriate application scenario for the efficient control of high-energy processes. This paper examines the relevance of energy monitoring as part of the interlinking of industrial plants. Additionally, the use of this data for intelligent automation (referred to in the Toyota Production System as Jidōka and autonomation) is introduced and core capabilities are characterized.

KEYWORDS energy monitoring / decentralised control management / self-adaptive setting

RENÉ VON LIPINSKI, JÖRG REIFF-STEPHAN, TH Wildau

Die informationstechnische Vernetzung industrieller Produktionsprozesse schreitet weiter voran, wobei die Zukunftsinitiative Industrie 4.0 als Katalysator fungiert [6]. Die Vorzüge, die aus derartigen Umstrukturierungen resultieren, sind vielschichtig und sollen dabei helfen, Unternehmen, wie auch den Wirtschaftsstandort Deutschland, langfristig zu sichern. An Mitteln und Wegen zur Realisierung der intelligenten Fabrik wird jedoch nicht erst seit Industrie 4.0 geforscht. Bereits für das Toyota-Produktionssystem (TPS) stellt die intelligente Automation unter dem Begriff Jidoka (Autonomation) eines der stützenden Elemente dar [14]. Ziel hierbei ist es, dass im Falle einer Störung durch ein automatisiertes Stoppen des Produktionsprozesses

- herstellungsbedingter Ausschuss,
- eine Beschädigung der Produktionsanlage sowie
- weitere Verschwendungen, wie Energieeffizienzen, vermieden werden.

Für künftige industrielle Produktionsprozesse ist vor allem die Nutzung von energetischen Daten ein wichtiger Aspekt zum effizienten Umgang mit den weltweit begrenzten Ressourcen [3]. Infolgedessen gewinnen das intelligente Management energetischer Ressourcen und die entsprechenden technischen Entitäten der neuen Wertschöpfungsnetzwerke zunehmend an Bedeutung. Es ist zu erwarten, dass innerhalb der vernetzten Strukturen zukünftiger Produktionssysteme das energetische Abbild der Prozesse für eine Vielzahl von Applikationen zur Anwendung kommen wird. Ein Anwendungsszenario beschreibt hierbei das selbstständige Abschalten der Anlagen auf Basis von Daten zum Energieverbrauch. Abweichungen von dem für den Prozess erwarteten Lastprofil könnten auf qualitative Mängel der zu fertigenden Produkte hinweisen. Ebenso könnte der erhöhte Energiebedarf einer Maschine ein Indiz für den fortgeschrittenen Verschleiß eines Lagers oder eines Führungselements sein. Eine Aufgabe besteht darin, durch die genauen Kenntnisse der aktuellen und zukünftigen Energiebedarfe von Produktions-

anlagen, Maschinen und einzelner Baugruppen Wartungs- und Instandhaltungsprozesse unterstützen beziehungsweise die Einhaltung qualitativer Standards sicherstellen zu können.

Eine Voraussetzung hierfür stellt die Befähigung bestehender betrieblicher Entitäten zur Erfassung energetischer Daten dar. Je nach Anspruch der Messaufgabe und strukturellen Voraussetzung im Produktionsumfeld kann für eine entsprechende Implementierung auf verschiedene marktverfügbare Lösungen zurückgegriffen werden. Im Rahmen des Beitrags wird über eine Untersuchung konzeptionell unterschiedlicher Energiemonitoringsysteme berichtet und deren Anwendbarkeit analysiert. An die Ergebnisse der Analyse anknüpfend, werden Szenarien zur Nutzung im selbstanalytischen und selbstadaptiven Produktionsumfeld aufgezeigt und Regeln abgeleitet.

1. INDUSTRIELLER BEDARF

Prozessabläufe in den Unternehmen müssen unter betriebswirtschaftlichen Anforderungen zunehmend material- und energieeffizient ausgeführt werden. So kann beispielsweise das energetische Profil eines Prozessschritts als Entscheidungsfaktor in Produktionsplanungsvorgänge einfließen, wodurch Lastspitzen im fabrikinternen Energienetz vermieden werden [16]. Lastspitzen sind hierbei mitunter auf Einschaltprozesse von Maschinen und Anlagen zurückzuführen. Oftmals wird das durchschnittliche Lastprofil des eigentlichen Produktionsprozesses um ein Vielfaches überschritten. Da die Maximalwerte im Lastprofil die energetischen Bereitstellungskosten direkt beeinflussen, bietet ein intelligentes Lastmanagement hohes Potenzial zur Kostenreduktion [13].

Ein weiterer Aspekt für den vermehrten Bedarf an technologischen Lösungen für die Erfassung und Verwaltung energetischer Daten ist die wachsende Nachfrage nach einer Energiemanagement-Zertifizierung gemäß DIN EN ISO 50001 beziehungsweise DIN EN 16247-1, um beispielsweise an steuerlichen Entlastungen zu partizipieren [4]. Des Weiteren kann die genaue Kenntnis über

HAUPTBEITRAG | AALE 2016

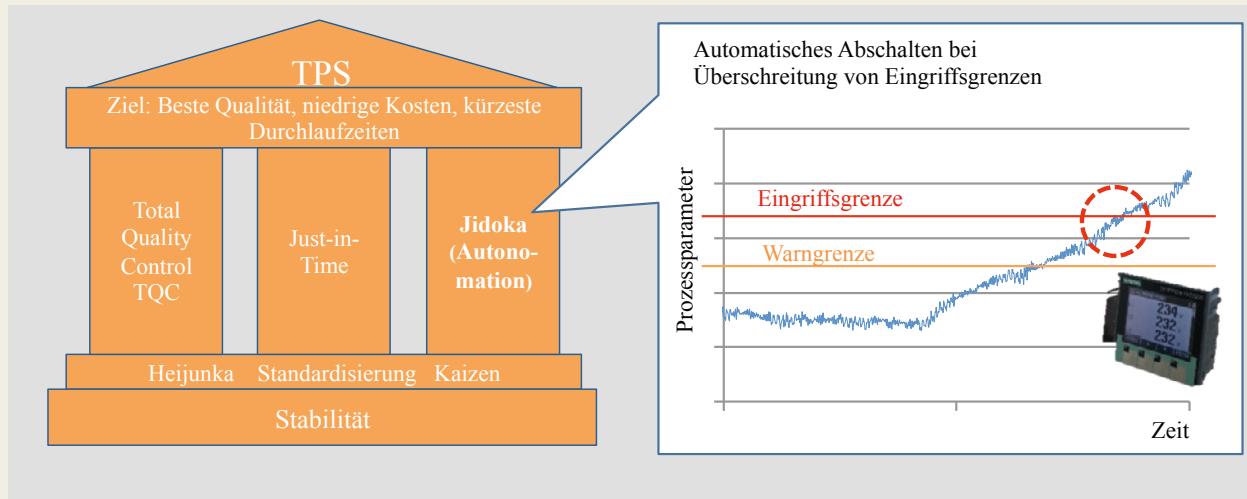


BILD 1: Eingrenzung des Nutzens energetischer Datenströme im Umfeld von Lean-Ansätzen des Toyota-Produktionssystems (TPS)

den aktuellen Energiebedarf von Produktionsanlagen, Maschinen und einzelne Baugruppen, Wartungs- und Instandhaltungsprozesse unterstützen [9].

Das Spektrum für Applikationen zur Nutzung energetischer Daten ist somit breit gefächert. Ein mit einem Industriepartner definiertes Anwendungsszenario, das die zuvor genannten Aspekte vereint, ist beispielsweise die Verbesserung der Energieeffizienz an Thermoprozessanlagen. Die Nutzungsdauer von Thermoprozessanlagen ist mit einer Betriebsdauer von bis zu 30 Jahren sehr lang. In Bezug auf die mitunter veralteten Technologien bietet sich hierbei ein hohes Potenzial zur Reduktion des Energiebedarfs durch Optimierungsmaßnahmen. Neben der Optimierung des Ofenwandaufbaus oder der Beheizungstechnik verbessert unter anderem eine intelligente Steuerungs- und Regelungstechnik die Energieeffizienz [1]. Energetische Daten können direkt als Information für die Steuerungs- und Regelungsprozesse der Thermoprozessanlage dienen, oder als Entscheidungskriterium für übergeordnete Funktionen der Produktionsplanung und Steuerung genutzt werden.

1.1 Störgrößeneingrenzung / Trendanalyse

Bei genauerer Betrachtung der Ziele von Industrie 4.0 und denen des Toyota-Produktionssystems ist eine nicht unerhebliche Schnittmenge festzustellen. Diese umfasst zum Beispiel das Streben nach Arbeitsumgebungen, die sich flexibel an Prozess-, Produkt- und Nachfrageänderungen anpassen [12]. Für die automatisierte Optimierung von Thermoprozessanlagen könnten somit die Ansätze

des TPS aufgegriffen werden. Ein Kernelement ist das bereits angeführte Element Jidoka. Damit sollen Ursachen für Verschwendungen frühzeitig erkannt und beseitigt werden. Der mit der Beseitigung einmalig verbundene Produktionsstillstand ist nach TPS hinzunehmen, da seine Kosten auf lange Sicht immer niedriger sind als die von Ineffizienzen, Nacharbeiten und Reparaturen.

Das selbstständige Eingreifen der Anlage in einen kontinuierlichen Fertigungsprozess erfolgt aufgrund des Überschreitens von Grenzwerten prozessrelevanter Größen, siehe Bild 1. Üblicherweise handelt es sich um qualitative Ausprägungen der hergestellten Produkte. Wegen des durch Industrie 4.0 vorangetriebenen Vernetzungsgrads der betrieblichen Strukturen können jedoch weitere Größen für die selbstständigen Entscheidungsprozesse herangezogen werden.

Für die behandelte Applikation kann diese Größe beispielsweise die benötigte Energiemenge zur Durchführung eines thermischen Fertigungsprozesses sein. Dieser Wert wird kontinuierlich erfasst und zum Beispiel dem energetischen Fingerabdruck des zu fertigenden Produkts zugeordnet oder übergeordneten Steuerungsprozessen als Leistungskennzahl (key performance indicator, KPI) zur Verfügung gestellt. Mittels Trendanalyse lassen sich die Daten dann nutzen, um die Energieeffizienz der Thermoprozessanlage zu erhöhen.

Wird etwa für die Produktion von einzelnen Werkstücken oder Losen bei gleichen Prozessparametern für den Fertigungsprozess ein anhaltend höherer Energiebedarf festgestellt, kann dies auf anormale Anlagen- und Prozesszustände hinweisen. Der erhöhte Energiebedarf ist

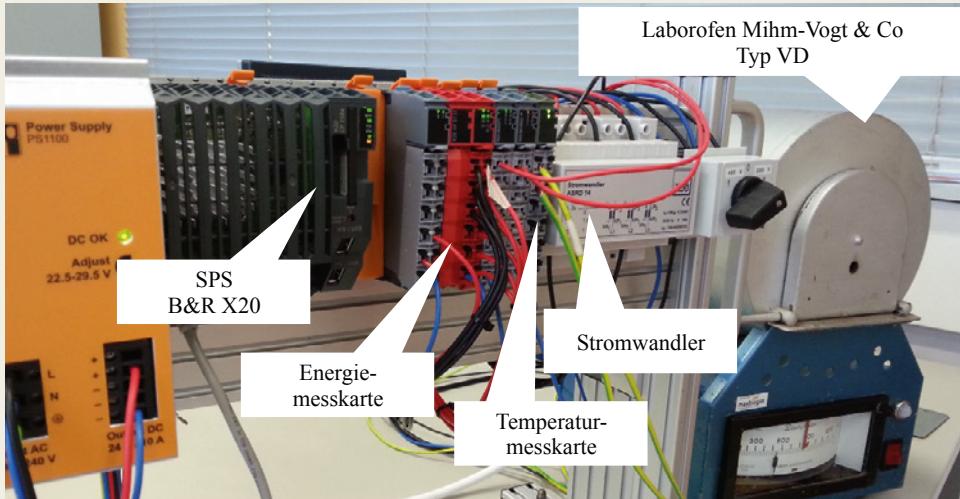


BILD 2: Prototypischer Versuchsaufbau zur Untersuchung von Optimierungsmaßnahmen für Thermoprozessanlagen

dann beispielsweise auf die ungünstige Parametrierung vorgelagerter Prozesse, unerkannte Wärmebrücken oder den Verschleiß der Heizelemente beziehungsweise des Wandaufbaus im Inneren des Ofens zurückzuführen. Durch eine Trendanalyse erfolgt der Abgleich historischer Daten mit der aktuellen Zustandsüberwachung. Überschreiten die Werte die Warngrenze, wird automatisch ein Inspektionsauftrag ausgelöst. Kommt es zur Überschreitung von Eingriffsgrenzen wird der Prozess automatisch gestoppt, und es kann nach den Ursachen für die divergierenden Energiewerte gesucht werden.

Die Umsetzung der beschriebenen Optimierung einer Thermoprozessanlage wird im Beitrag anhand eines Labordemonstrators verdeutlicht. Als Thermoprozessanlage wurde ein Laborofen älteren Baujahrs gewählt, um die Tauglichkeit der Optimierungsmaßnahmen für Anwendungen in bestehenden Anlagen zu prüfen. Ein erster Versuchsaufbau ist in Bild 2 dargestellt.

Der in der Abbildung erkennbare Steuerungsaufbau (SPS B&R X20) nimmt bereits eine Überlegung voraus, die im Folgenden genauer hinterfragt werden muss. Welcher apparative und informationstechnische Aufwand zur Identifikation und Verarbeitung der Sensorsignale der Energiemesskarte ist nötig? Wie können Daten eingekoppelt werden? Welche Kompetenzen sind für den Aufbau erforderlich?

2. ENERGIEMONITORING

Voraussetzungen für das in Abschnitt 1 beschriebene Szenario ist die Befähigung bestehender betrieblicher

Entitäten zur Erfassung energetischer Daten. Ein wesentliches Teilsystem, insbesondere unter dem Blickwinkel der im Beitrag diskutierten Anwendung, stellt das Sensor- wie auch das übergeordnete Monitoringsystem dar.

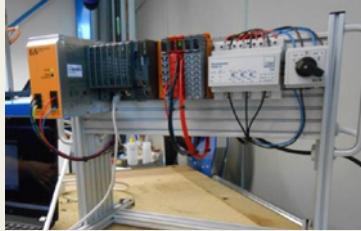
Anforderungen

Primär ist es erforderlich, dass das betrachtete Teilsystem die spezifischen, technischen Anforderungen der Messaufgabe erfüllt. Anhand der Messaufgabe werden ferner der Messumfang sowie die Mindestanforderungen für Messbereich, Messgenauigkeit, Abtastrate sowie Datenspeicherrate definiert [3].

Eine wesentliche Herausforderung bei der Implementierung ist die Integration innerhalb bestehender Automatisierungsstrukturen. Entsprechend muss die Kompatibilität zur informationstechnischen Infrastruktur des Unternehmens, zum Beispiel durch passende Schnittstellen, gewährleistet sein. Des Weiteren ist es erforderlich, dass das System den Anforderungen künftiger, durch Industrie 4.0 geprägter, horizontaler wie auch vertikaler Wertschöpfungsnetzwerke gerecht wird [11]. Dies erfordert unter anderem die Unterstützung entsprechender Kommunikationsstandards wie OPC UA oder die Sicherstellung der Beherrschbarkeit komplexer Systeme [9]. Neben den geschilderten Anforderungen ist es unabdingbar, dass das technische System den wirtschaftlichen Spezifikationen der geplanten Implementierungsmaßnahmen entspricht. Daraus ergeben sich die Hauptanforderungen an das Energiemonitoringsystem:

HAUPTBEITRAG | AALE 2016

TABELLE 1: Übersicht der nutzwertanalytisch verglichenen Energiemonitoringsysteme

Benennung	Beschreibung	Bild
Variante 1	<p>Erweiterung einer B&R SPS (X20) durch X20 AP 3131-Energiemessmodul</p> <p>Datenverwaltung und Visualisierung über B&R Automation Studio</p> <p>Visualisierung der Daten über portables Endgerät.</p>	
Variante 2	<p>Energiemessgerät Siemens Sentron PAC 3200 für Schalttafeleinbau</p> <p>Kommunikation über Modbus/TCP oder Ethernet</p> <p>Datenauswertung mittels Siemens Powermanager</p>	
Variante 3	<p>Portabler Messaufbau unter Verwendung eines Janitza UMG 604 Moduls</p> <p>Kommunikation über Modbus/TCP oder Ethernet</p> <p>Datenauswertung mittels Gridvis-5.0.4</p>	
Variante 4	<p>Messkoffer mit Embedded PC Beckhoff CX5020-1120 und Messkarte Beckhoff KL3403</p> <p>Visualisierung der Daten über portable oder integrierte Endgeräte</p>	

- Sicherstellung der Beherrschbarkeit komplexer Systeme,
- Gewährleistung der Veränderungsfähigkeit,
- Berücksichtigung der Industrie-4.0-Architekturmerkmale,
- Wirtschaftlichkeit sowie
- Erfüllung spezifisch messtechnischer Kriterien.

Konzeptionelle Umsetzungsvarianten

Je nach Ausgangssituation eines Unternehmens kann die bestehende technologische Infrastruktur auf verschiedene Weise zum Energiemonitoringsystem erweitert werden. Marktüblich sind integrative Bestandteile für speicherpro-

grammierbare Steuerungen (SPS) und Industrierechner (IPC) wie auch Stand-alone-Lösungen und Mischformen.

Eine kostengünstige Implementierungsvariante ist die Ergänzung einer vorhandenen SPS oder eines IPC um eine separate Energiemesskarte beziehungsweise ein -modul. Das Abrufen der energetischen Daten kann dann beispielsweise über die Entwicklungsumgebung für SPS-Programme des Steuerungsanbieters realisiert werden und mittels geeigneter Schnittstellen (wie Modbus/TCP) übergeordneten Steuerungen oder Scada-Systemen zur Verfügung gestellt werden [5].

Des Weiteren besteht die Option, eigenständige Energiemessgeräte als Stand-alone-Lösung zu nutzen. Für die Erstellung von Messprojekten werden dann vom Messge-

TABELLE 2: Übersicht der Bewertungskriterien

Hauptanforderungsgruppe	Bewertungskriterium
1. Sicherstellung der Beherrschbarkeit komplexer Systeme	1.1 Supportfaktor 1.2 Kompetenzfaktor
2. Veränderungsfähigkeit	2.1 Abwärtskompatibilität 2.2 Erweiterbarkeit 2.3 Adapterorientierte Funktionalität
3. Architekturmerkmale Industrie 4.0	3.1 Durchgängigkeit der Daten entlang der Prozesskette 3.2 Einsatz von Standards in der Kommunikation 3.3 Gleichzeitige Unterstützung von zentraler und dezentraler Intelligenz 3.4 Interoperabilität
4. Wirtschaftliche Bewertungskriterien	4.1 Anschaffungskosten Gesamtsystem 4.2 Anschaffungskosten Ergänzungssystem 4.3 Zeitaufwand für Implementierung
5. Technische Kriterien (ohne direkte Industrie-4.0-Relevanz)	5.1 Messgenauigkeit 5.2 Mean Time Between Failures (MTBF) 5.3 Benötigter Bauraum 5.4 Updatezeit (Messwert) 5.5 Auflösung 5.6 Energieeffizienz (Scheinleistungsaufnahme)

rätehersteller mitunter spezifische Anwenderprogramme zur Verwaltung energetischer Daten angeboten. Als Beispiele seien Gridvis (Janitza electronics), Powermanager (Siemens) oder Emwise (Phoenix Contact) erwähnt. Ebenso kann die Datenverwaltung über grafische Programmiersysteme wie Labview (National Instruments) umgesetzt werden. Je nach Komplexität der Messaufgabe und Vernetzungsstruktur kann für die Erfassung energetischer Daten ferner auf eine Mischform der zuvor genannten Optionen zurückgegriffen werden.

2.1 Gegenüberstellung exemplarischer Umsetzungsvarianten

Im Zuge der Projektbearbeitung wurden exemplarisch für die Konzeptvarianten marktverfügbare Lösungen zur Umsetzung eines Energiemonitoringsystems prototypisch realisiert und nutzwertanalytisch gegenübergestellt. Die Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der Versuchsaufbauten.

Für einen Vergleich der verschiedenen Implementierungsvarianten kommen, abgeleitet aus den zuvor genannten Anforderungen an Energiemonitoringsysteme, siehe Abschnitt 2, die in Tabelle 2 aufgeführten Bewertungskriterien zur Anwendung. Die für die Versuchsaufbauten genutzten Systeme wurden auf den Erfüllungsgrad der Bewertungskriterien hin untersucht und nutzwertanalytisch gegenübergestellt. Aufgrund der hohen Anzahl an Bewertungskriterien erfolgt die Gewichtung mit Hilfe von

Kriteriengruppen. Dabei werden zunächst die Hauptanforderungsgruppen untereinander gewichtet. Anschließend erfolgt die Gewichtung der Kriterien innerhalb der einzelnen Hauptanforderungsgruppen.

Auf die Bewertungskriterien der Hauptanforderungsgruppe 1 wird im Weiteren noch näher eingegangen. Zur Klärung der restlichen Merkmale wird auf [7] verwiesen.

Für die Bewertung der Beherrschbarkeit komplexer Systeme sind insbesondere Nutzungsfaktoren von ausschlaggebender Bedeutung. So dient etwa der Supportfaktor (1.1) als Bewertungsgröße für die Beurteilung, inwieweit der Anwender durch den Hersteller bei Implementierung und Betrieb des Systems Unterstützung erfährt. In die Bewertung fließt die Qualität sowie die Verfügbarkeit von Dokumenten wie Bedienungsanleitungen oder Hilfdateien ein. Des Weiteren wird die Kundenbetreuung bewertet.

Hingegen dient der Kompetenzfaktor (1.2) der Beurteilung, ob vom Anwender/Bediener spezielle Fähigkeiten beziehungsweise Kompetenzen zur Benutzung des Systems verlangt werden. Dies wurde durch die Erstellung eines Referenzprojekts zur Messung mehrerer definierter energetischer Daten am Beispiel einer Thermoprozessanlage untersucht. Neben den zuvor erwähnten Nutzungsfaktoren ist die eigentliche Funktionserfüllung, also die Aufnahme der Energie- und Verbrauchsdaten, ein wesentlicher Aspekt bei der Bewertung der Energiemonitoringsysteme; diese wurde durch die praktischen Versuche geprüft.

HAUPTBEITRAG | AALE 2016

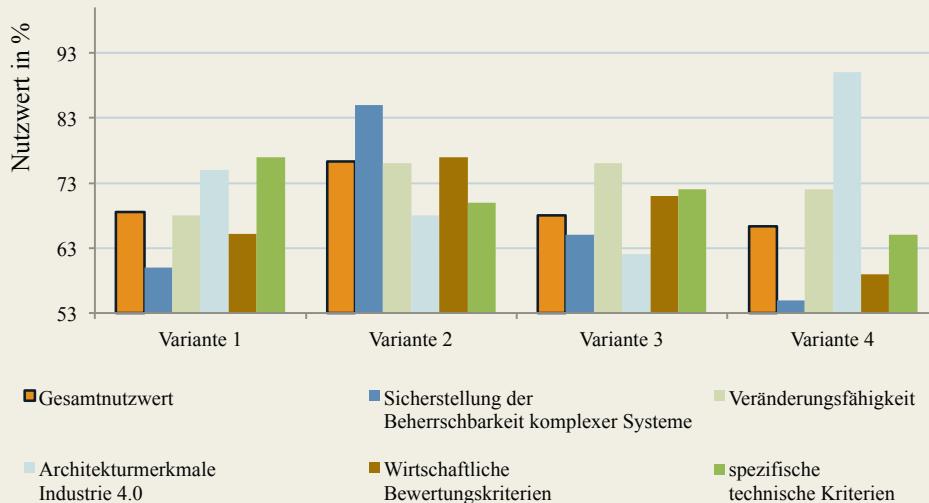


BILD 3: Nutzwertprofil der Analyse

Das Ergebnis: Alle behandelten Varianten stellen die Messgenauigkeiten zur Erfassung der Energiedaten bereit. Die Leistungsprofile können entsprechend exakt aufgenommen und die Daten in die Datenerfassungssysteme überführt werden. Der dafür erforderliche Aufwand findet Berücksichtigung in der gesamtheitlichen, nutzwertanalytischen Bewertung. Je nach Anforderungsprofil des Unternehmens variiert die Relevanz der hinzugezogenen Kriterien und es bedarf einer Gewichtung. Für die Untersuchung im Rahmen des im Beitrag beschriebenen Projektes erfolgte die Gewichtung der Kriterien für ein Unternehmen mit KMU-Struktur. Es wurde hierzu insbesondere ein hoher Stellenwert auf den Support- und Kompetenzfaktor gelegt. Dies ist damit zu begründen, dass KMU oft sehr spezifisch geschulte Expertisen in ihrem Kompetenzbereich aufweisen und nicht im gleichen Maße auf ein breit gefächertes Portfolio an Erfahrungsträgern zurückgreifen können wie etwa Großunternehmen.

Die Ergebnisse der nutzwertanalytischen Gegenüberstellung der verschiedenen Implementierungsvarianten zeigt Bild 3. Es ist festzustellen, dass sich die Bewertung der verschiedenen Konzeptvarianten bezüglich des Gesamtnutzwerts auf annähernd gleichem Niveau befindet. Implementierungsvariante 2 (Sentron) weist jedoch mit einem Nutzwert von 78 % die größte Übereinstimmung mit dem Anforderungsprofil des Projekt-partners auf.

Es bleibt jedoch festzustellen, dass die Auswahl einer geeigneten Umsetzungsvariante für ein Energiemonitoringsystem stark von den Ausgangsbedingungen des jeweiligen Unternehmens abhängt. Somit lässt sich keine allgemeingültige Aussage über den Grad

der Eignung einer Variante für einen breiten Kreis von Unternehmen treffen. Hieraus leitet sich der Bedarf nach Modellen zur individuellen Bewertung und Auswahl von Implementierungsstrategien ab. Im Rahmen des Forschungsprojekts MetamoFAB [2] wird an einem derartigen Modell gearbeitet. Dieses wird Unternehmen helfen, Zielgrößen für technische Entitäten zu definieren und über Analyse- und Bewertungsprozesse eine geeignete Implementierungsstrategie abzuleiten.

3. REGELABLEITUNG

Exemplarisch für den beschriebenen technologischen Prozess zur Nutzung einer Thermoprozessanlage wird im Folgenden ein selbstdadaptierendes Regelungsmodell spezifiziert. Unter Nutzung des Prozessparameters *Wirkleistung* (P_w) kann eine Führung unter dem Zielkriterium Energieeffizienz aber ebenso als Anpassung von Eingriffs- und Selbstabschaltungsgrenzen beschrieben werden. Hierbei wird mit Kenntnis der Istwerte $P_w(t)$ und einer betriebsschichtweisen Trendanalyse eine Warn- (ε_a) und eine Abschaltungsgrenze (ε_h) als regulierendes Element spezifiziert und in die Prozesssteuerung implementiert werden, siehe Bild 4. Das Führungssystem wird gleichermaßen befähigt, diese Grenzen auf Basis vorangegangener Prozesszeiträume anzupassen. Hierbei wird folgende funktionale Zuordnung herangeführt:

$$\text{Warngrenze: } \lim_{t \rightarrow t_1} f(t) = P_w(t) + \varepsilon_a \quad (1)$$

$$\text{Haltegrenze: } \lim_{t \rightarrow t_3} f(t) = P_w(t) + \varepsilon_h \quad (2)$$

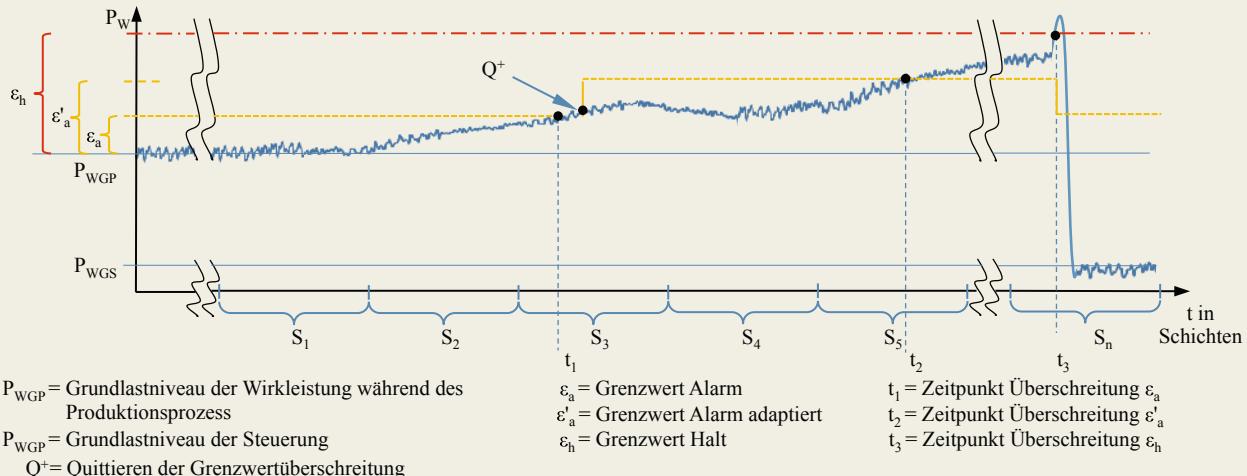


BILD 4: Funktionaler Zusammenhang selbstadaptierender Grenzwertsetzung

REFERENZEN

- [1] Blesl, M., Kessler, K.: Energieeffizienz in der Industrie. Berlin: Springer Vieweg 2013
- [2] BMBF: Industrie 4.0. MetamorFab (Metamorphose zur intelligenten, vernetzten Fabrik). <http://www.metamofab.de>
- [3] Dorst, W., Glohr, C., Hahn, H., Knafla, F., Loewen, U., Rosen, R., Schiemann, T., Vollmar, F., Winterhalter, C.: Umsetzungsstrategie Industrie 4.0-Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0. Frankfurt am Main, BITKOM e.V., VDMA e.V. & ZWEI e.V. 2015
- [4] Kahlenborn, W., Kabisch, S., Klein, J., Richter, I., Schürmann, S.: Energiemanagementsysteme in der Praxis: ISO 50001: Leitfaden für Unternehmen und Organisationen. Berlin, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 2012
- [5] Kleine Büning, H., Maier, A., Niggemann, O., Pethig, F., Schetinin, N., Vodencarevic, A.: Analyse und Visualisierung des Energieverbrauchs in Produktionsanlagen. In: Tagungsband Automation 2012. VDI, 2012
- [6] Krüger, J., Parthey, H., Wink, R.: Wissenschaft und Innovation: Wissenschaftsforschung Jahrbuch 2014. Berlin, Wissenschaftlicher Verlag Berlin 2014
- [7] Langlois, R.: Modularity in technology and organization. In: Journal of Economic Behavior & Organization 49(1), S. 19–37, 2002
- [8] Langmann, R., Stiller, M.: Industrial Cloud – Status und Ausblick. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 52(5), S. 647–664, 2015
- [9] Niggemann, O., Jasperneite, J., Vodencarevic, A.: Konzepte und Anwendungsfälle für die intelligente Fabrik. In: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden: Springer Fachmedien 2014
- [10] Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen: Industrielle Cloudbasierte Steuerungsplattform für eine Produktion mit cyber-physicalen Systemen. <http://www.projekt-picasso.de>
- [11] Reiff-Stephan, J., Richter, M., von Lipinski, R.: Intelligent sensor systems for self-optimising production chains. In: Tagungsband 1st International Conference and Exhibition on Future RFID Technologies. 2014
- [12] Syska, A.: Produktionsmanagement: Das A-Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute. Wiesbaden, Gabler Verlag 2006
- [13] Tönsing, E.: Energiekostenreduzierung durch betriebliches Energiemanagement. <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/fachartikel/02-E-Manage.pdf>
- [14] Vahrenkamp, R.: Produktionsmanagement. München, Oldenbourg Verlag 2008
- [15] VDI/VDE-GMA: Cyber-physical systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation. Thesen und Handlungsfelder. https://www.vdi.de/uploads/media/Stellungnahme_Cyber-Physical_Systems.pdf
- [16] Weinert, N.: Vorgehensweise für Planung und Betrieb energieeffizienter Produktions-systeme. Stuttgart, Fraunhofer-Verlag, 2010

HAUPTBEITRAG | AALE 2016

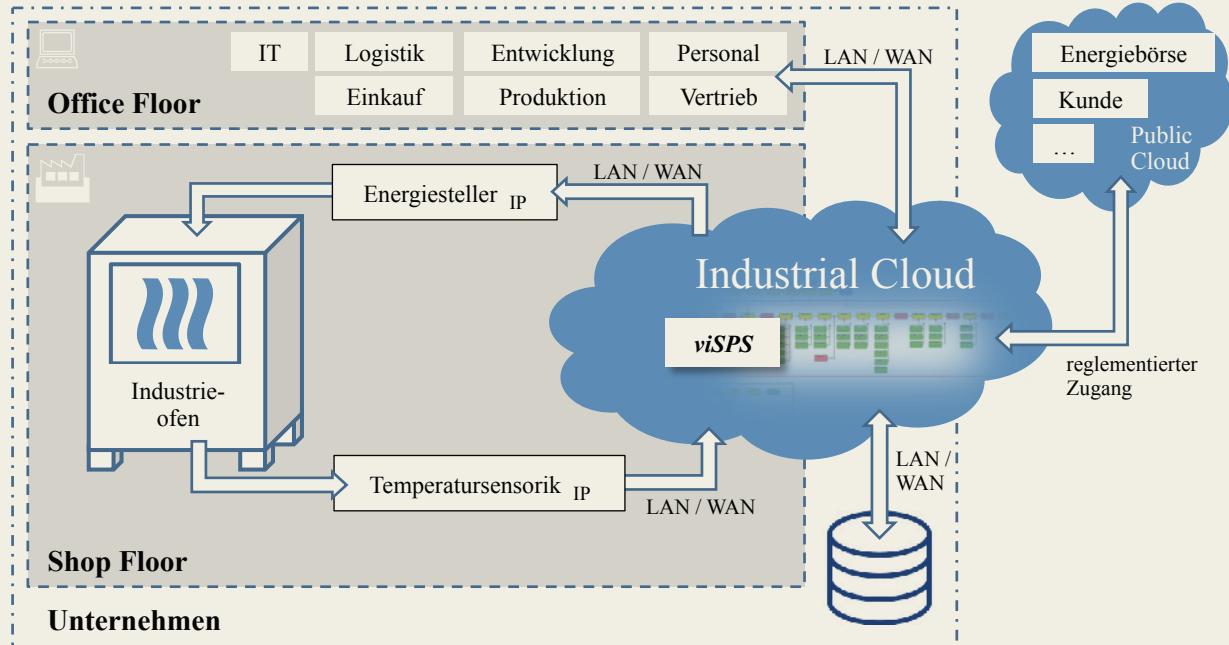


BILD 5: Informationsfluss einer Thermoprozessanlage mit Cloud-basiertem Führungssystem

Wesentliches Kriterium wird neben der Energie auch die Grundaussage zur Ursache des erhöhten Energieaufwands sein. In der Diskussion nach Bild 4 zeigt sich, dass über den Betrieb von zwei Schichten (S1 und S2) die Leistungsaufnahme (auf Grundlastniveau PWGP) zum kontinuierlichen Betrieb annähernd stabil bleibt. Innerhalb der dritten dargestellten Periode konvergiert der Funktionswert $f(t) = P_w(t)$ gegen den Grenzwert $f(t) = P_w + \varepsilon_a$. Zum Zeitpunkt t_j wird demnach und mit Erreichen des Grenzwertes eine Alarmmeldung automatisch ausgegeben und eine Prüfung der Anlage initiiert. Eine Quittierung des Signals ohne entsprechende Einflussnahme ($Q+$) seitens des Bedienpersonals führt zu einer selbst-adaptiven Grenzwertanpassung innerhalb des Führungssystems von $\varepsilon_a' = \varepsilon_a + \xi_s \leftrightarrow \xi_s \in x$ mit $x = \text{Schrittweite}$. Der weitere Betrieb der Thermoprozessanlage in den Folgeschichten wird mit angepasstem Grenzwert getätig.

Der erweiterte Fall der Überschreitung der Haltegrenze nach Gleichung 2 führt zur selbsttätigen Stillsetzung der Anlage durch das Führungssystem und damit zum Herabsetzen der Leistungsaufnahme auf das Grundlastniveau der Steuerung (P_{WGS}). Dieser Fall tritt ein, wenn bei Überschreiten der Warngrenze (ε_a) zum Zeitpunkt t_2 ein Weiterbetrieb der Anlage über Folgeschichten S_n (mit $n \geq 6..m$) getätig wird und durch einen sprunghaften Anstieg der relevanten Prozessgröße zum Zeitpunkt t_3 die Grenzüberschreitung ε_h eintritt. Prozessbedingt kann

dies infolge von verspäteten Reaktionszeiten durch das Instandhaltungspersonal zustande kommen. Nach einer automatischen Stillsetzung der Anlage wird der Grenzwert für die Warngrenze (ε_a) durch das Führungssystem selbsttätig auf den ursprünglichen Wert zurückgesetzt.

4. AUSBLICK

Basierend auf den Umsetzungsvarianten zum Energie-monitoring und den Ableitungen zur Regelbasis für ein selbstdadaptives Führungskonzept eines energetischen Prozesses bleibt die Aufgabe, zu klären, auf welchen informationsverarbeitenden Systemen in der Zukunft agiert wird. Der vermehrte dezentrale Einsatz der Sensorik sowie die Gewinnung von umfangreichem Datenmaterial inklusive entsprechender zeitraumbezogener Analysedaten macht eine zentrale Datenhaltung erforderlich.

Ein möglicher Ansatz, dieser verstärkten Datenverarbeitung flexibel gerecht zu werden, ist im Themenfeld Industrial Cloud zu finden. Der Begriff beschreibt die Nutzung des Cloud Computing für die Produktionsautomatisierung. Unternehmen, die zum heutigen Zeitpunkt auf Cloud-Anwendungen zurückgreifen, nutzen diese vorwiegend für Dokumentationszwecke, Software Update Management und Störungsdiagnose beziehungsweise Störungsauswertung [15].

Künftige Szenarien der Produktionsautomatisierung gehen jedoch davon aus, dass Steuerungsfunktionalitäten nicht mehr in den dezentralen Hardwarekomponenten gekapselt sein werden. Zur Vereinfachung der Beeinflussbarkeit und der damit einhergehenden Erhöhung der Flexibilität, soll die klassische SPS in eine Cloud verlagert werden und dort als virtuelles zentrales Steuerungssystem (viSPS) agieren [8]. Auch für Anwendungen mit zeitkritischen Funktionen wird der Einsatz Cloud-basierter Steuerungsstrukturen nicht ausgeschlossen. Herausforderungen bei der Realisierung derartiger Strukturen sind vor allem die echtzeitfähige Kommunikation und Aspekte der Datensicherheit.

Bei Bewältigung dieser Herausforderungen können die Geräte der Feldebene künftig dynamisch an veränderte Prozessbedingungen angepasst, neu angeordnet oder ergänzt werden. Die SPS wird an Bedeutung verlieren, da Sensoren und Aktuatoren mit Hilfe IP-basierter Adressierung über standardisierte Kommunikationsknoten mit der Steuerungssoftware in der Cloud interagieren. Die Implementierung von neuen Feldgeräten verursacht somit nur noch einen minimalen Aufwand hinsichtlich der Verdrahtung. Dieser beschränkt sich dann nur noch auf die Verbindungen zur Energieversorgung und zum Kommunikationsknoten. Im Fall von energieautarken Funksensoren entfällt die Verdrahtung völlig. Die industrielle Cloud der Produktionsautomation wird aller Voraussicht nach eine private beziehungsweise hybride Struktur aufweisen [8, 10]. Das Steuerungsnetzwerk wird somit vorzugsweise auf die Unternehmensgrenzen begrenzt sein, jedoch einen bedarfsgerechten Informationsaustausch mit anderen Netzwerken zulassen.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Autonomation im Sinne des Toyota-Produktionssystems wird durch die erweiterten, technologischen Möglichkeiten von Industrie-4.0-Systemen vorangetrieben. Aufgrund der forcierten Vernetzung industrieller Strukturen steht so beispielsweise für automatisierte Abschaltvorgänge zunehmend ein breites Spektrum an Daten zur Verfügung. Somit kann die Detektion anormaler Anlagenzustände anhand von Trendanalysen energetischer Daten erfolgen. Voraussetzung hierfür ist die Befähigung der bestehenden technischen Entitäten zur Erfassung entsprechender Daten. Eine Auswahl marktverfügbarer Energemonitoringsysteme wurde auf deren Eignung zur Erfassung und Verarbeitung von Energiedaten experimentell und analytisch geprüft.

Bezogen auf die untersuchten Systemvarianten konnte aufgrund der Vielfalt der Lösungsansätze keine abschließende Aussage getroffen werden, ob beispielsweise System A gegenüber System B zu bevorzugen wäre. Vielmehr zeigt der Vergleich,

dass für den jeweiligen Anwendungsfall das geeignete System zu identifizieren ist. Mit den Ansätzen zur Messung energierelevanter Prozesskenngrößen wurde eine Ableitung einer Führungsstrategie mit selbstadaptierenden Grenzwerten vorgestellt. Das Konzept wird an einem Demonstrator getestet und in einer virtuellen SPS implementiert. Mit der cloud-basierten Implementierung wird die Integration neuer Entitäten im Shop Floor zunehmend erleichtert. Die Nutzung der Industrial Cloud für Steuerungsaufgaben kann die Rolle der klassischen SPS verdrängen und die Flexibilität künftiger Produktionsanlagen verbessern.

MANUSKRIPTEINGANG
25.05.2016

Im Peer-Review-Verfahren begutachtet

AUTOREN



M. Eng. **RENÉ VON LIPINSKI** (geb. 1981) ist seit 2013 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Hochschule Wildau.

Innerhalb der Forschungsgruppe Automatisierungstechnik beschäftigt er sich unter anderem mit Transformationsprozessen zur Umsetzung von

Industrie-4.0-Ansätzen innerhalb bestehender industrieller Strukturen.

**Technische Hochschule Wildau,
Hochschulring 1,
15745 Wildau,
Tel. +49 (0) 3375 50 84 79,
E-Mail: von_lipinski@th-wildau.de**



Dr.-Ing. **JÖRG REIFF-STEPHAN**, (geb. 1971) ist Professor für Automatisierungstechnik, Sprecher des Forschungsschwerpunktes „Cyberphysische Produktionssysteme“ sowie Gründungsmitglied des An-Institutes für Material, Entwicklung und Produktion (iMEP) an der Technischen Hochschule Wildau.

Seine Forschungsarbeiten liegen in der Aufnahme und Verarbeitung von Information sowie deren Nutzung in intelligenten Prozessen.

Strukturelle Codeanalyse

Analyseframework mittels Semantic-Web-Technologien

Gut strukturierte Steuerungssoftware hilft, bewährten Code wiederzuverwenden und somit Zeit und Geld zu sparen. Oftmals gibt es jedoch Optimierungspotenziale, zum Beispiel durch die Notwendigkeit pragmatischer Anpassungen vor beziehungsweise bei der Inbetriebnahme oder durch gewachsene Softwarestrukturen. Um zu einer besseren Softwarestruktur zu gelangen, fehlt es jedoch zumeist an Werkzeugunterstützung im Maschinen- und Anlagenbau. Dieser Beitrag zeigt ein Konzept und eine prototypische Werkzeugunterstützung mittels Semantic-Web-Technologien auf, die die strukturelle Analyse von Steuerungssoftware ermöglichen.

SCHLAGWÖRTER Steuerungssoftware / Codeanalyse / Semantic-Web-Technologien

Structural Code Analysis – Analysis Framework Using Semantic Web Technologies

Well-structured control software provides the means to reuse existing code and to save time and money. However, there is often scope for optimization, e.g. due to the need for pragmatic adaptations before or during the commissioning phase, as well as due to growing software structures. Appropriate tool support is currently lacking in the machine and plant manufacturing domain to achieve a better software structure. This article introduces a concept and a prototypical support tool by means of Semantic Web Technologies, which allow for the structural analysis of control software.

KEYWORDS control software / code analysis / semantic web technologies

STEFAN FELDMANN, SEBASTIAN ULEWICZ, Technische Universität München
SEBASTIAN DIEHM, Schneider Electric Automation
BIRGIT VOGEL-HEUSER, Technische Universität München

Bei der Entwicklung von automatisierten Produktionssystemen im Maschinen- und Anlagenbau herrscht ein hoher Kosten- druck. Insbesondere der Wunsch vieler Kunden nach Speziallösungen führt zu immer mehr Sondermaschinen und Varianten und damit immer seltener zu Großserien von Standardmaschinen. Um Time-to-Market zu verkürzen und die Umsetzungseffizienz zu steigern, ist bei diesen Speziallösungen eine Wiederverwendung erprobter Lösungen anzustreben. In vielen Fällen ist dies jedoch gerade im Bereich der Steuerungssoftware problematisch: Häufig sind die Softwaremodule in Steuerungsprogrammen durch viele Abhängigkeiten eng verwoben, historisch gewachsen und machen eine Wiederverwendung und Anpassung schwierig, wenn nicht sogar unmöglich. Bei über die Jahre weiterentwickelten Modulbibliotheken können komplexe Abhängigkeiten und schwer durchschaubare Verschachtelungen entstehen.

Eine unabhängigeren Modularisierung und stärkere Standardisierung kann hier helfen. Dafür ist eine genaue Analyse der Zusammenhänge der vorhandenen Strukturen nötig. Die Zusammenhänge im Programm und in den Modulbibliotheken sind jedoch in aktuellen Entwicklungsumgebungen nur unzureichend oder umständlich nachvollziehbar, sodass eine Analyse zu einem aufwendigen Unterfangen werden kann.

Im Beitrag wird ein Konzept für eine graphenbasierte Programmanalyse vorgestellt, das bei der Analyse der Zusammenhänge in Programmen und Modulbibliotheken hilft, Potenziale in Bezug auf eine Verbesserung der Modularität und Wiederverwendung zu identifizieren. Zunächst werden Anforderungen an die Modularität in der Automatisierungstechnik vorgestellt, anschließend Werkzeuge und Forschungsarbeiten im Umfeld des Ansatzes. Das Konzept selbst umfasst ein Framework für die Analyse und Visualisierung von Abhängigkeiten in Programmen und Bibliotheken nach IEC 61131-3 [1], das mit Hilfe von Semantic-Web-Technologien die Analyse der Steuerungssoftware auf Muster, Regeln und Metriken ermöglicht.

1. MODULARITÄT UND IHRE ANFORDERUNGEN

Durch gute Modularisierung können bewährte Module in verschiedenen Anlagen wiederverwendet und so Zeit und Geld bei der Erstellung neuer Steuerungscodes für Maschinen und Anlagen gespart werden. Gute Modularisierung zeichnet sich dabei unter anderem durch eine möglichst große Unabhängigkeit aus: Ist die Verwendung eines Moduls an ein anderes gebunden (das heißt gekoppelt), so verringert dies die Anzahl der Situationen, in denen das Modul eingesetzt werden kann.

Gerade in Modulbibliotheken ist beispielsweise bereits ein gewisses Maß an Modularität vorhanden; diese wird jedoch häufig durch verschiedene Abhängigkeiten zu anderen Bibliotheken wieder verschlechtert. Weiterhin macht alleine die Existenz einer Modulbibliothek noch keine Aussage über die Qualität des Codes in der Bibliothek oder über die Qualität der Struktur derselben. Zudem sind in Steuerungsprogrammen häufig besonders komplexe oder umfangreiche Bausteine vorhanden, für die sich eine Untersuchung auf Modularisierung und ein Refactoring alleine aufgrund des dadurch eingesparten Wartungsaufwands lohnen kann.

Um nun die Bewertung der Qualität und Modularität einer bestehenden Steuerungssoftware geeignet zu unterstützen, sind vier Bestandteile essenziell: Ein Abhängigkeitsmodell (Bestandteil B1) beinhaltet die für die Analyse relevante Information. Hierzu zählen zum einen die Steuerungssoftware selbst, beispielsweise Programmorganisationseinheiten und Variablen, zum anderen Abhängigkeiten zwischen diesen Bausteinen, die sich implizit aus der Steuerungssoftware beziehungsweise erst zur Laufzeit ergeben oder während des Kompilierungsvorgangs verfügbar sind, zum Beispiel Aufrufe zwischen Programmorganisationseinheiten oder Lese- beziehungsweise Schreibzugriffe. Zum Zweiten ist die Identifikation von auffälligen Mustern in der Steuerungssoftware (Bestandteil B2) von Bedeutung. Dies beinhaltet zum einen die Überprüfung der Einhaltung von vordefinierten Konventionen und Richtlinien (zum Beispiel Namenskonventionen, Coderichtlinien hinsichtlich der Softwarestruktur) sowie zum anderen die Aufdeckung von auffälligen Bausteinen (zum

HAUPTBEITRAG | AUTOMATION 2016

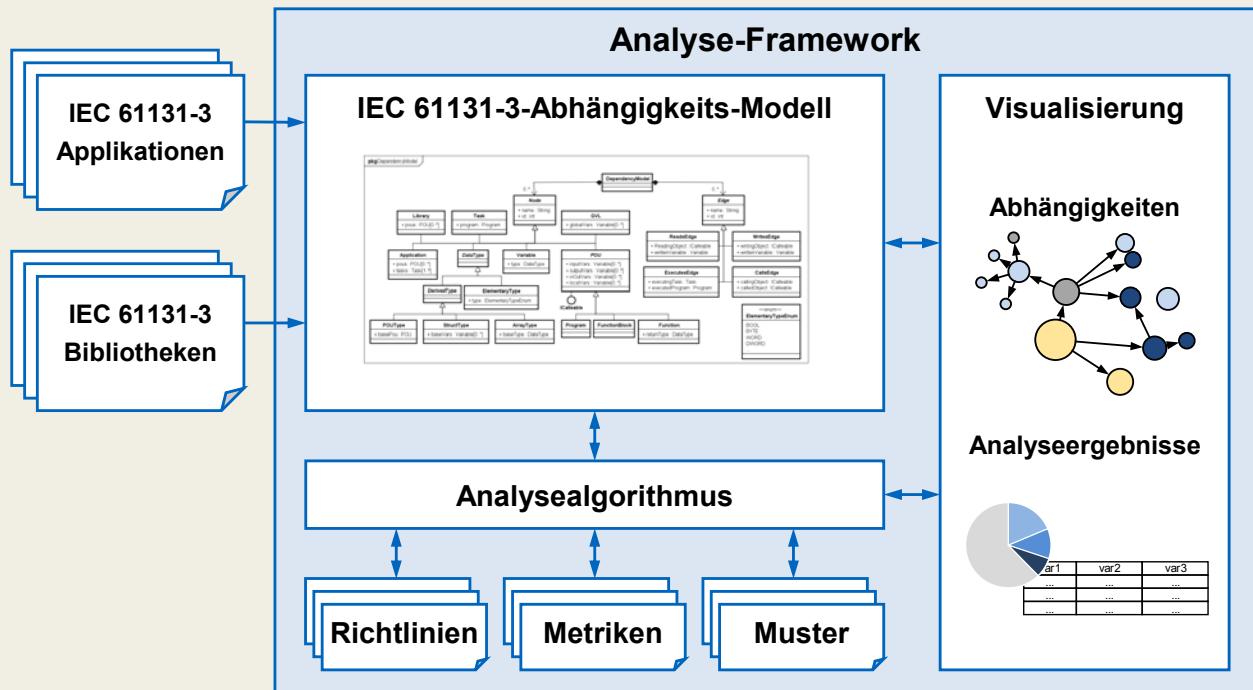


BILD 1: Übersicht über das Analyse-Framework: IEC-61131-3-Applikationen und -Bibliotheken werden in ein Abhängigkeitsmodell überführt, analysiert und visualisiert.

Beispiel hinsichtlich Komplexität, Schnittstellengröße und -anzahl). Drittens ist die Definition und Berechnung von Codekennwerten (Bestandteil B3) erforderlich, um die Charakteristika der Steuerungssoftware zu quantifizieren und somit die Modularität in Zahlen auszudrücken. Hier sind neben der Komplexität der Softwarebausteine auch Schnittstellen zwischen den Bausteinen, Hierarchieebenen und so weiter, von Interesse. Schlussendlich muss ein Analyseframework eine geeignete Visualisierung der Softwarestruktur (Bestandteil B4) anbieten, um Softwareentwickler bei der Bewertung ihrer Softwarestruktur zu unterstützen.

2. STAND DER TECHNIK

Auf Basis der zuvor identifizierten Bestandteile werden im Folgenden jene Arbeiten untersucht, die sich mit der strukturellen Codeanalyse von Steuerungssoftware beschäftigen.

Im Gegensatz zu Ansätzen, die die Verifikation des Verhaltens von Software in den Fokus stellen, beispielsweise Model-Checking, adressiert die Programmanalyse die Untersuchung der Softwarequalität durch die Analyse der implementierten Software. Während die dynamische Programmanalyse wiederum eine Ausfüh-

rung der Software und Beobachtung ihres Verhaltens in den Schwerpunkt rückt, zielt die statische Codeanalyse auf die Überwachung von Softwareparametern ohne eine Ausführung des Codes ab [2]. Folglich kann davon ausgegangen werden, dass statische Codeanalyse durch ihre relativ einfache und kostengünstige Realisierung [3] sich eignet, um die Qualität von Steuerungssoftware schnell und effektiv zu beurteilen.

Obwohl Codeanalysewerkzeuge im Bereich der IT bereits weit etabliert sind (beispielsweise mit Programmen wie NDepend, SonarQube und Visual Studio Code Maps), beschränken sich Werkzeuge der Automatisierungstechnik häufig auf einfache Aufrütbäume oder Querverweislisten (siehe B1). In beschränktem Umfang lassen sich hiermit für Steuerungsprogramme Verbindungen (Aufrufe, Datenflüsse) nachvollziehen, jedoch geht die Übersicht über die Zusammenhänge bei der Detailsuche meist verloren (siehe B4). Auch bei der automatischen Programmalyse sind heute Werkzeuge für die Prüfung von Coderichtlinien (Codesys Static Analysis, logi.Lint) oder zur Errechnung von Kennwerten von Codeeigenschaften verfügbar (Itris PLCChecker), wodurch die Bestandteile B2 und B3 zum Teil erfüllt werden können. Bei der statischen Codeanalyse werden jedoch

in erster Linie einfach zu prüfende Probleme behandelt, wie das mehrfache Schreiben auf den gleichen Speicherbereich. Die Berechnung von Codekennwerten bezieht sich meist auf einzelne Bausteine und deren Vergleich zu anderen Bausteinen, sie bietet jedoch häufig keine Möglichkeiten der Analyse der Verbindungen zwischen Bausteinen und ist so für die Bewertung oder Verbesserung der Modularität wenig geeignet.

Während bisher kaum weit verbreitete Softwarewerkzeuge und -konzepte zur statischen Analyse von Steuerungssoftware im Maschinen- und Anlagenbau zur Verfügung stehen [4], wird die statische Analyse von Steuerungssoftware in der Forschung bereits seit einigen Jahren untersucht [5]. Im Fokus stehen dabei die Identifikation von Fehlern oder schlechten Programmfragmenten, sowie die Aufdeckung von Verletzungen gegenüber Programmierrichtlinien. Jee et al. [6] konzentrieren sich auf Programmierrichtlinien im Kontrollfluss von Implementierungen in der Funktionsbausteinsprache in der Kernkrafttechnik. Im Schwerpunkt der Arbeiten von Zhabela et al. [7] stehen Metriken für den aufkommenden Programmierungsstandard der IEC 61499 [8]. Insbesondere wurden Komplexitätsmetriken untersucht und auf die Spezifika der IEC 61499 angepasst. Ein Framework für die flexible Definition und Untersuchung von Mustern und Metriken (B2 und B3) sowie für die Visualisierung von Steuerungssoftware (B4) ist dabei nicht Hauptaugenmerk. Ein erster Ansatz zur Visualisierung der Abhängigkeiten in der Steuerungssoftware wurde in [9] vorgestellt. Insbesondere konnte festgestellt werden, dass, ähnlich zu den berühmten Softwaremustern in der IT (vergleiche Gang of Four [10]), offensichtlich allgemein wiederverwendbare Architekturmuster in der Steuerungssoftware existieren. Darauf aufbauend konnte ein erstes konzeptionelles Framework für die statische Codeanalyse von IEC 61131-3-Steuerungssoftware erarbeitet werden [11]. Diese Vorarbeit bildet die Basis für den im Beitrag vorgestellten Ansatz.

3. CODEANALYSE-FRAMEWORK

Zur Umsetzung der Ansätze wurde ein Codeanalyse-Framework, siehe Bild 1, entwickelt, das dazu verwendet werden kann, Steuerungsapplikationen und -bibliotheken nach IEC 611313 zu analysieren. Dazu werden diese eingelesen und in ein *Abhängigkeitsmodell* überführt, siehe Abschnitt 3.1). Durch *Analysealgorithmen*, die auf Semantic-Web-Technologien aufbauen, wird dann zum einen das Filtern und Hervorheben bestimmter Muster, Abschnitt 3.2, sowie zum anderen die Berechnung relevanter Metriken für den Quelltext, Abschnitt 3.3, ermöglicht. Das Framework ist bereits in der Umsetzung und bietet auch eine grafische Analyse der Steuerungssoftware an, die in Abschnitt 3.4 kurz beschrieben wird.

3.1 Graphenbasierte Beschreibung von Zusammenhängen

Die Definition und Identifikation von auffälligen Mustern, die Überprüfung der Einhaltung von Konventionen und Richtlinien sowie die Berechnung von Codekennwerten erfordern ein geeignetes Abhängigkeitsmodell der Steuerungssoftware, siehe B1 in Abschnitt 1. Dieses Abhängigkeitsmodell muss die für die strukturelle Codeanalyse von Steuerungssoftware relevanten Entitäten (zum Beispiel Programmorganisationseinheiten und Variablen) und deren Relationen (wie Aufrufe und Datenflüsse durch Lese- beziehungsweise Schreibzugriffe) beinhalten. Im Folgenden wird das dem Abhängigkeitsmodell zugrundeliegende Metamodell [11] beschrieben.

Während Austauschformate wie PLCopenXML [12] das Ziel haben, die Struktur des IEC-61131-3-Projekts abzubilden und auszutauschen, stehen im Abhängigkeitsmodell zur Analyse neben der Struktur auch die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Elementen des Projekts im Fokus. Folglich wird im Metamodell zwischen Knoten (nodes), die die strukturellen Einheiten beschreiben, und Kanten (edges), die deren (gegebenenfalls implizite, also nicht direkt ersichtliche) Abhängigkeiten untereinander hinterlegen, unterschieden. Strukturelle Einheiten sind dabei die wesentlichen Objekte eines IEC-61131-3-Projekts, beispielsweise Projekte (projects), Programmorganisationseinheiten (program organization units, POU) oder Variablen (variables). Die Abhängigkeiten beschreiben neben Aufrufen (hinterlegt durch ExecutesEdges für den Aufruf eines Programms durch einen Task beziehungsweise CallsEdges für den Aufruf zwischen zwei Objekten) auch Lese- oder Schreibzugriffe (hinterlegt durch ReadsEdges beziehungsweise WritesEdges) zwischen Objekten und Variablen. Letztere resultieren, im Gegensatz zu explizit verfügbaren Abhängigkeiten wie in der IEC 61131-3 definiert, aus der Interpretation der Steuerungssoftware während der Kompilierung und geben weitere Anhaltspunkte für Verbesserungs- oder Restrukturierungsmöglichkeiten.

Insbesondere für die objektorientierte Erweiterung der IEC 61131-3 in ihrer aktuellsten Version von 2013 [1] existieren zudem für Schnittstellen (interfaces), Funktionsbausteine (function blocks) und Klassen (classes) die Abhängigkeiten, die beispielsweise den Vererbungsbaum repräsentieren (hinterlegt durch ExtendsEdges zwischen Funktionsbausteinen beziehungsweise Klassen oder Schnittstellen sowie durch ImplementsEdges für die Implementierung einer Schnittstelle durch eine Klasse oder einen Funktionsbaustein). Den Knoten und Kanten können weitere Attribute, wie die Komplexität von Programmorganisationseinheiten, die anhand der Halstead- oder McCabe-Metrik bestimmt werden können (siehe Abschnitt 3.3), zugewiesen werden. Jede

HAUPTBEITRAG | AUTOMATION 2016

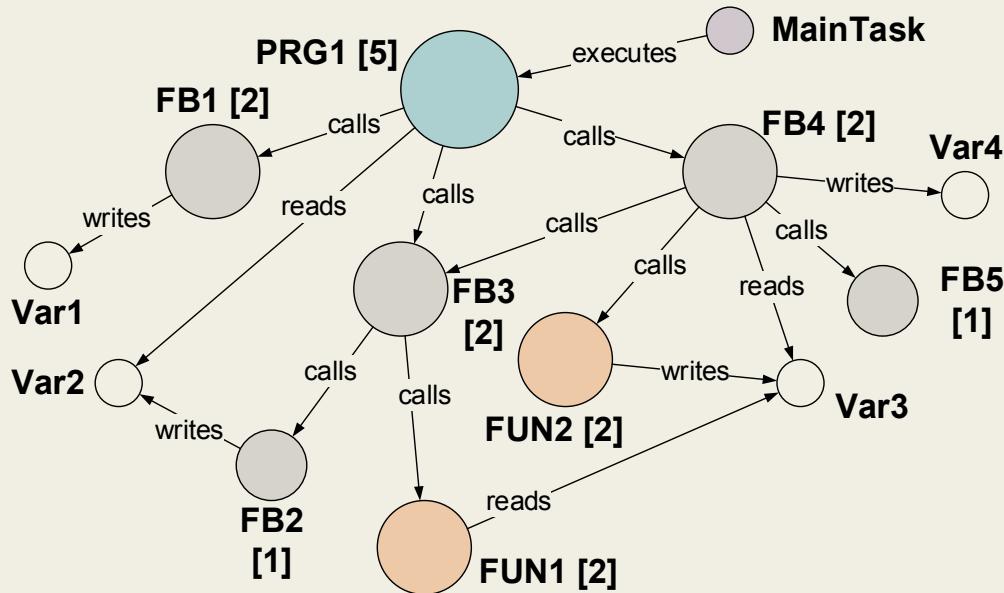


BILD 2: Beispielhaftes Abhängigkeitsmodell als gerichteter Graph (PRG: Programm, FB: Funktionsbaustein, FUN: Funktion, Var: Variable, Komplexitätskennwert in eckigen Klammern)

Ausprägung dieses Metamodells resultiert somit in einem Abhängigkeitsmodell für ein konkretes IEC-61131-3-Projekt oder eine IEC-61131-3-Bibliothek.

Anhand dieses Metamodells für Abhängigkeiten in der Steuerungssoftware wird nun ein gerichteter Graph erzeugt und visuell dargestellt, dessen Knoten und Kanten gekennzeichnet (typisiert) sind. Mit Hilfe dieses Graphen können zum einen spezielle Muster erkannt oder visualisiert werden, siehe Abschnitt 3.2, oder spezifische Kennwerte berechnet werden, siehe Abschnitt 3.3. Wie ein Abhängigkeitsmodell für ein einfaches Programm aussehen könnte, ist in Bild 2 dargestellt.

3.2 Filtern des Graphen und Prüfen von Regeln mit Semantic-Web-Technologien

Um die Erkennung von Mustern im Graphen sowie die Überprüfung der Einhaltung von Konventionen und Richtlinien zu ermöglichen, siehe B2 in Abschnitt 1, greift der Ansatz zur Analyse von Steuerungssoftware auf Technologien des Semantic Web zurück: Durch Überführung der Steuerungssoftware in einen RDF-Graphen (Resource Description Framework) kann, ähnlich zu Datenbankabfragen, mit SPARQL-Queries (SPARQL Protocol and RDF Query Language) sehr spezifische Information aus dem Modell extrahiert werden. Diese Information ermöglicht es zum einen, spezifische Filter für den Graphen zu erstellen, sowie zum

anderen Konventionen und Richtlinien, die durch die Software eingehalten werden sollen, zu überprüfen.

Filterung des Graphen

Die Filterung des Graphen ermöglicht das Ausblenden und das Hervorheben von Elementen. Hierzu werden SPARQL-Queries verwendet, die die jeweilige Information aus dem Graphen extrahieren (zum Beispiel alle Programmorganisationseinheiten im Graphen oder alle Aufrufe zwischen Programmorganisationseinheiten) und entsprechenden visuellen Eigenschaften zuordnen. Diese visuellen Eigenschaften können beispielsweise dazu führen, Knoten beziehungsweise Kanten im Graphen auszublenden, einzublenden oder zu markieren. Die verschiedenen SPARQL-Queries werden dann ähnlich wie Makros oder Skripte verknüpft, um vordefinierte, hochflexible Filter-(ketten) zu definieren, zu parametrieren und bei Bedarf auszuführen. Mit Hilfe der Filter wird somit eine explorative Untersuchung des Programms vereinfacht, da der Benutzer die im derzeitigen Kontext irrelevante Information ausblenden und so den Überblick behalten kann.

Beispiele für Filter, die mit Hilfe dieses Mechanismus definiert und auf den Graphen ausgeführt werden können, sind Aufrufgraphen in denen alle Programmorganisationseinheiten sowie deren Aufrufe untereinander dargestellt werden, siehe Bild 3, oder Lese-/

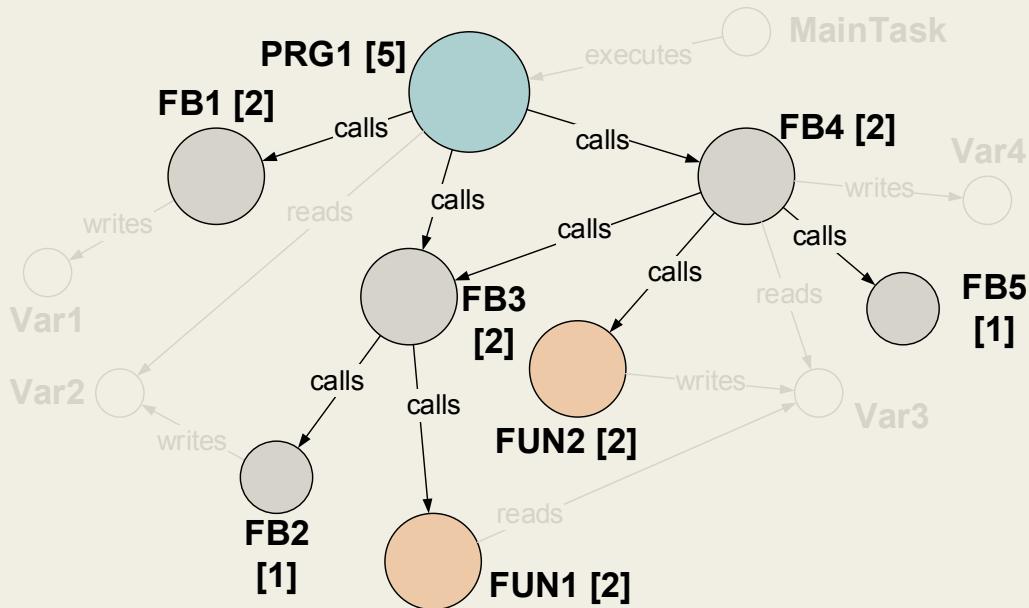


BILD 3: Ein gefilterter Graph: Es werden nur POU und Aufrufe angezeigt und Bausteine mit einem Komplexitätswert von über 3 hervorgehoben (PRG1 mit Komplexität 5).

Schreibgraphen, in denen Abhängigkeiten durch Lese-/Schreibzugriffe auf Variablen dargestellt werden. Auch Vererbungsgraphen und Verwendungsgraphen können die Analyse der Verbindungen in und zwischen Bibliotheken und Applikationen ermöglichen.

Weitere Graphen lassen sich durch spezifische Anfragen definieren, zum Beispiel um Programmorganisationseinheiten aufzuführen und zu kennzeichnen, die bestimmte Komplexitätsschwellwerte über- oder unterschreiten.

Konventionen und Richtlinien

Die Überprüfung der Einhaltung von Konventionen und Richtlinien, die projekt- oder unternehmensspezifisch festgelegt werden, ist essenziell, um die Qualität und Verständlichkeit von Steuerungssoftware sicherzustellen. Dies drückt sich beispielsweise in den aktuellen Arbeiten der PLCopen hinsichtlich Coderichtlinien aus [13]. Solche Konventionen und Richtlinien beinhalten neben Namenskonventionen auch strukturelle Konventionen, wie die Begrenzung der Verwendung von globalen Variablen oder die Vermeidung von nicht verwendeten Variablen. Analog zum Filtermechanismus werden auch für die Überprüfung solcher Regeln SPARQL-Queries verwendet. Diese Queries definieren dann über Graphmuster, welche Kriterien durch die Bestandteile der Steuerungssoftware eingehalten

werden sollen und liefern Aussagen darüber, ob das jeweilige Kriterium eingehalten wurde oder nicht.

Beispiele für Konventionen und Richtlinien, die mit diesem Mechanismus spezifiziert und ausgewertet werden können, sind *Namenskonventionen* oder *maximale Komplexitäten von Programmorganisationseinheiten* (zur Vermeidung besonders komplexer Softwarebestandteile). Auch die *Verletzung der Aufrufstruktur*, zum Beispiel einer hierarchischen Aufrufstruktur, um die Austauschbarkeit von Softwareeinheiten sicherzustellen, kann geprüft werden. Weitere Konventionen, die projekt- oder unternehmensspezifisch erforderlich sind, können durch spezifische Anfragen definiert werden.

Parametrierung von Filtern und Regeln

Neben der Möglichkeit selbstdefinierte SPARQL-Queries zu definieren und anzuwenden, ist es in vielen Fällen sinnvoll, bereits existierende Filter beziehungsweise Regeln zu parametrieren. Beispiele für solche Parametrierungen sind sowohl die Definition von Schwellwerten als auch die Parametrierung von Namenskonventionen. Folglich ermöglicht es der Ansatz, SPARQL-Queries für solche Anwendungsfälle zu parametrieren. Neue Anwender können somit, ohne die SPARQL-Queries im Detail verstehen beziehungsweise bearbeiten zu müssen, vordefinierte Filter und Regeln nach ihren Bedürfnissen anpassen.

HAUPTBEITRAG | AUTOMATION 2016

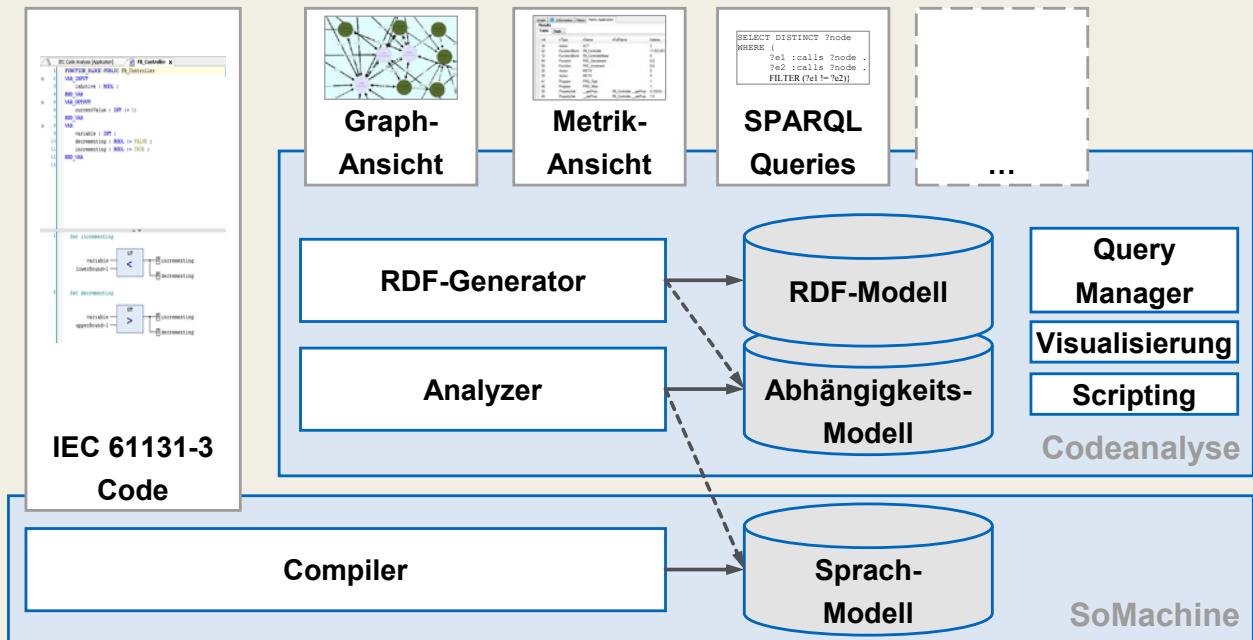


BILD 4: Integration des Analyseframeworks als Plug-in in Schneider Electric SoMachine

3.3 Relevante Codekennwerte und deren Berechnung

Bei der Betrachtung eines Steuerungsprogramms oder einer Bibliothek kann die Berechnung von Codekennwerten helfen, einzelne Module sowie Zusammenhänge zwischen Modulen genauer bewerten zu können, siehe B3 in Abschnitt 1. Dabei sind Umfang und Komplexität der Bausteine sowie die Abhängigkeiten eines Bausteins von besonderer Bedeutung. Die beschriebenen Kennwerte lassen sich mit Hilfe des Abhängigkeitsmodells sehr einfach berechnen: Jede relevante Information ist dort vorhanden. Analog zu der Filterung des Graphen und der Überprüfung von Regeln können Metriken mit Hilfe von SPARQL-Queries spezifiziert und aus dem Abhängigkeitsmodell extrahiert werden.

Umfang und Komplexität eines Bausteins

Große und komplexe POU haben in der Regel den Nachteil, dass sie schwer verständlich und damit schlecht erweiterbar und somit oft schwer zu warten sind. Die in den Bausteinen enthaltenen Funktionen können jedoch in vielen Fällen zumindest zum Teil an anderen Stellen im Programm oder anderen Programmen wiederverwendet werden, wodurch sich bei diesen Bausteinen eine genauere Analyse der Modularisierung anbietet. Aus diesem Grund ist es von Interesse,

gerade umfangreiche und komplexe Bausteine schnell erkennen zu können und einer genaueren Analyse zu unterziehen. An dieser Stelle bieten sich dafür drei Kennwerte an: *Lines of Code* (Anzahl der Codezeilen), die *Halstead-Metrik* und die *McCabe-Metrik*. Da jede der Metriken ihre Vor- und Nachteile besitzt, wurden alle Metriken im Ansatz umgesetzt. Die Berechnung dieser Metriken ist derzeit nur für die Programmiersprache *Strukturierter Text* (ST) gut anwendbar. Eine Untersuchung der Anwendbarkeit weiterer Metriken für die anderen Sprachen der IEC 61131-3 ist geplant. Die Metriken werden direkt bei der Ableitung des Abhängigkeitsmodells anhand von Information aus dem Kompiliervorgang berechnet und im Abhängigkeitsmodell hinterlegt.

Abhängigkeit eines Bausteins

Ein wiederverwendbares Modul ist stark durch die Verknüpfungen zu anderen Modulen gekennzeichnet: Ein besonders eng verwobenes Modul ist nur schwer ohne die Einbindung der anderen Module möglich, obwohl diese vielleicht gar nicht gebraucht würden. Ein Aufbrechen dieser engen Verknüpfung ist meist zwingend notwendig, um eine Modularisierung nicht nur dieses, sondern auch der angrenzenden Bausteine zu ermöglichen.

Die Abhängigkeiten zu anderen Modulen werden hier mit den Kennwerten der Anzahl der ein- und ausgehenden Aufrufe und Datenzugriffe (Fan in beziehungsweise Fan out), der Vererbungstiefe, sowie der Anzahl der Abhängigkeiten zu anderen Bausteinen und Bibliotheken beschrieben.

Durch den Einzug der Objektorientierung spielen auch Probleme, die mit der Vererbung einhergehen, eine immer größere Rolle. Die gute Anwendbarkeit von Vererbung auf das Problem der Variantenbildung von Maschinenmodulen forciert den Einsatz dieser Technik aus der objektorientierten Programmierung in der Praxis und führt zu komplexen Vererbungsstrukturen. Durch zu hohe Vererbungstiefe kann die Übersichtlichkeit im Programm schnell verloren gehen, da oftmals nicht mehr klar ist, welche Funktionen zur Verfügung stehen und wo diese definiert wurden. Aus diesem Grund ist es bereits jetzt in vielen Unternehmen üblich, eine Obergrenze für die Vererbungstiefe vorzugeben, die nicht zu überschreiten ist.

Obwohl Modulbibliotheken oft gut modularisierte Bausteine enthalten, kommt es beim Aufbau verknüpfter Bibliotheken häufig zu ähnlichen Problemen wie

zwischen Bausteinen: Für manche Bibliotheken müssen andere Bibliotheken eingebunden werden, da auf dort definierte Bausteine zurückgegriffen wird. Soll eine Bibliothek erneuert oder umstrukturiert werden, ist es in diesem Fall oft nicht einfach, die Vorgänge durchzuführen.

3.4 Visualisieren und Umsetzung

Im Rahmen eines Forschungsprojekts der Technischen Universität München gemeinsam mit Schneider Electric Automation wurde mit einer Umsetzung der Ansätze in Form eines Plug-ins in die Codesys-basierte Steuerungsprogrammumgebung *SoMachine* begonnen, siehe Bild 4. Durch die enge Anbindung an die Entwicklungsumgebung können Zusammenhänge im Programm ausgelesen und in das graphenbasierte Format übertragen werden.

Die graphische Darstellung aller Abhängigkeiten, siehe B4 in Abschnitt 1, in einem Steuerungsprogramm wird in seiner Gänze jedoch schnell unübersichtlich: Allein die Programmorganisationseinheiten und Variablen können schnell einige hundert bis tausend Knoten

REFERENZEN

- [1] IEC 61131-3:2013: Programmable Controllers – Part 3: Programming Languages, 2013. url: <https://webstore.iec.ch/publication/4552> (aufgerufen am 17.05.2016)
- [2] Emanuelsson, P., Nilsson, U.: A Comparative Study of Industrial Static Analysis Tools. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science* 217, S. 5-21, 2008. doi: 10.1016/j.entcs.2008.06.039
- [3] Jones, C., Bonsignour, O., Subramanyam, J.: *The Economics of Software Quality*. Pearson Education, 2011
- [4] Prähofer, H., Angerer, F., Ramler, R., Lacheiner, H., Grillenberger, F.: Opportunities and challenges of static code analysis of IEC 61131-3 programs. In: *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*, S. 18. IEEE 2012. doi: 10.1109/ETFA.2012.6489535.
- [5] Prähofer, H., Zoitl, A.: Verification of hierarchical IEC 61499 component systems with behavioral event contracts. In: *International Conference on Industrial Informatics*, S. 578-585. IEEE 2013. doi: 10.1109/INDIN.2013.6622948
- [6] Jee, E., Yoo, J., Cha, S., Bae, D.: A data flow-based structural testing technique for FBD programs. *Information and Software Technology* 51(7), S. 1131-1139, 2009. doi: 10.1016/j.infsof.2009.01.003
- [7] Zhabelova, G., Vyatkin, V.: Towards software metrics for evaluating quality of IEC 61499 automation software. In: *IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*, S. 18. IEEE 2015. doi: 10.1109/ETFA.2015.7301502
- [8] IEC 61499-1:2012: Function blocks – Part 1: Architecture, 2012. url: <https://webstore.iec.ch/publication/5506> (aufgerufen am 17.05.2016)
- [9] Fuchs, J., Feldmann, S., Legat, C., Vogel-Heuser, B.: Identification of Design Patterns for IEC 61131-3 in Machine and Plant Manufacturing. *IFAC Proceedings Volumes* 47(3), S. 6092-6097, 2014. doi: 10.3182/20140824-6-ZA-1003.01595
- [10] Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., Vlissides, J.: *Design Patterns. Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Prentice Hall, 1994
- [11] Feldmann, S., Hauer, F., Ulewicz, S., Vogel-Heuser, B.: Analysis Framework for Evaluating PLC Software: An Application of Semantic Web Technologies. In: *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*. IEEE 2016 (angenommener Beitrag)
- [12] PLCopen Technical Committee 6: XML Formats for IEC 61131-3 V2.01, 2009. url: http://www.plcopen.org/pages/tc6_xml/ (aufgerufen am 17.05.2016)
- [13] PLCopen Promotional Committee 2: PLCopen Promotional Committee Training: Coding Guidelines, 2009. url: http://www.plcopen.org/pages/pc2_training/ (aufgerufen am 17.05.2016)

HAUPTBEITRAG | AUTOMATION 2016

TABELLE 1: Identifikation von Knoten im Graphen, die von zwei anderen Knoten aufgerufen werden

Abfrage	Abfrageergebnis
<pre>SELECT DISTINCT ?node WHERE { ?e1 :calls ?node . ?e2 :calls ?node . FILTER (?e1 != ?e2) .}</pre>	<pre> graph TD PRG1((PRG1 [5])) -- executes --> main_tas((main tas)) FB4((FB4 [2])) -- writes --> C((C)) FB3((FB3 [2])) -- calls --> PRG1 FB3 -- calls --> FB4 PRG1 -- calls --> FB3 B1((B1 [2])) -- reads --> FB3 </pre>

TABELLE 2: Abfrage zur Berechnung der Abhängigkeit der POU

Abfrage	Abfrageergebnis	
	?pou	?cVal
SELECT ?pou (COUNT(?otherPou) AS ?cVal)	:FUN1	1
WHERE { ?pou rdf:type :POU . ?otherPou :calls ?pou . }	:FUN2	1
GROUP BY ?pou	:FB3	2

in einem industriellen Programm ausmachen, insbesondere, wenn viele Bibliotheken verwendet werden. Mit Hilfe der Filterung des Graphen, siehe Abschnitt 3.2, kann die grafische Darstellung jedoch auf wesentliche Aspekte reduziert werden; die Extraktion von Metriken aus dem Abhängigkeitsmodell der Steuerungssoftware hilft zudem, die interessanten Aspekte hervorzuheben, siehe Abschnitt 3.3.

4. ANWENDUNGSBEISPIELE

Anhand von zwei Anwendungsbeispielen wird im Folgenden dargestellt, wie extrahierte Information sowie die errechneten Kennwerte helfen können, wiederverwendbare Programmteile und Modulschnittgrenzen durch grafische Unterstützung zu identifizieren.

4.1 Regelverletzungen finden und anzeigen

Durch Extraktion von Information aus dem Abhängigkeitsmodell und anschließende Regelprüfung können Regelverletzungen visuell hervorgehoben werden. Im Beispiel in Tabelle 1 wird etwa geprüft, ob eine festgelegte Aufrufstruktur, das heißt eine Baumstruktur (Elemente verzweigen sich immer weiter, führen jedoch nicht wieder zusammen), missachtet wird oder nicht. Durch die Abfrage, ob zwei (oder mehr) Knoten *e1*

beziehungsweise *e2* einen gemeinsamen Knoten *node* aufrufen, können hier Bausteine identifiziert werden, die dieser Struktur nicht entsprechen.

4.2 Besonders stark eingebundene Bausteine identifizieren und explorativ analysieren

In Tabelle 2 ist eine Abfrage beschrieben, bei der die Abhängigkeit jedes Bausteins, das heißt die Anzahl der Bausteine, die von einem Baustein aufgerufen werden, berechnet wird.

Die hier extrahierte Information kann im Weiteren beispielsweise einer tabellarischen Ansicht übergeben werden. Durch Sortierung der Werte können Bausteine, die besonders eng im Softwareprojekt verwurzelt sind, schnell identifiziert werden.

Darüber hinaus ist die Übernahme der Werte in die grafische Darstellung besonders interessant: Durch Hervorhebung von Bausteinen mit hoher Abhängigkeit von anderen Bausteinen können Hotspots im Programm, das heißt Besonderheiten oder Auffälligkeiten, genauer überprüft werden. Durch weitere Unterscheidung der Abhangigkeitsrichtung kann eine differenziertere Analyse durchgeführt werden: Besonders häufig aufgerufene Bausteine lassen sich beispielweise auf deren Übernahme in Bibliotheken prüfen. Auch Bausteine, die einmal aufgerufen werden und viele andere Bau-

steine aufrufen, können die Schnittgrenze (Einstiegspunkt) eines über mehrere Bausteine hinausgehenden Moduls darstellen.

FAZIT

Der im Beitrag vorgestellte Ansatz ermöglicht die Analyse und Bewertung der Abhängigkeiten innerhalb von und zwischen Steuerungsprogrammen und Modulbibliotheken und unterstützt so die Identifikation von Optimierungspotenzialen von Softwaremodulen im Maschinen- und Anlagenbau. Die Entwicklung einer verbesserten modularen und wiederverwendbaren Steuerungsapplikations- und Bibliotheksstruktur auf Basis bestehender Steuerungsprogramme und Bibliotheken wird dadurch unterstützt und hilft, neue Herausforderungen und Anforderungen am Markt weiterhin zu meistern.

Die Stärke des beschriebenen Ansatzes liegt in der Möglichkeit, die Analyse des Steuerungscodes flexibel anzupassen, das heißt Filter, Regeln und Metriken mit Hilfe der genannten Semantic-Web-Technologien zu formulieren und zu parametrieren. Dabei wird für den Ansatz ein Abhängigkeitsmodell verwendet, das über die im IEC-61131-3-Standard definierten Elemente hinausgeht und weitere Information berücksichtigt, die aus dem Kompilervorgang der Software hervorgeht.

Nichtsdestotrotz ist der Ansatz an einige Einschränkungen geknüpft: Zum Ersten wird das Abhängigkeitsmodell bereits bei kleinen (Maschinen-)Codes komplex,

und folglich werden die dargestellten Visualisierungen der Graphen komplex. Zum Zweiten adressiert der Ansatz im Besonderen strukturelle Information über die Steuerungssoftware, dynamische Aspekte werden dabei nicht berücksichtigt. Zum Dritten steht und fällt ein solcher Ansatz zur strukturellen Codeanalyse mit der Angemessenheit der Filter, Regeln und Metriken, die für die jeweilige zu analysierende Software definiert wurden. Das Erstellen und Pflegen solcher Filter, Regeln und Metriken kann jedoch sehr zeit- und wartungsintensiv sein; es müssen insbesondere jene untersucht und erstellt werden, die typischerweise für Steuerungssoftware im Maschinen- und Anlagenbau zutreffen.

Folglich umfassen zukünftige Arbeiten zum einen die Erarbeitung und Weiterentwicklung von speziell auf die Modularität im Maschinen- und Anlagenbau ausgerichteten Filtern, Regeln und Metriken. Zum anderen ist die industrielle Erprobung des entwickelten Frameworks Gegenstand aktueller Arbeiten. Schlussendlich stellt sich die Frage, wie die für die strukturelle Codeanalyse verwendete Visualisierung geeignet angepasst und zum Refactoring von Steuerungssoftware, beispielsweise durch direkte Interaktion mit dem visualisierten Abhängigkeitsgraphen, verwendet werden kann.

MANUSKRIPTEINGANG
25.05.2016

Im Peer-Review-Verfahren begutachtet

AUTOREN

Dipl.-Ing. **STEFAN FELDMANN** (geb. 1990) ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme an der Technischen Universität München. Sein Forschungsinteresse gilt der Anwendung wissensbasierter Systeme zur Verbesserung der interdisziplinären Entwicklung in automatisierungstechnischen Projekten.

**Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme,
Boltzmannstraße 15,
85748 Garching bei München,
Tel. +49 (0) 89 28 91 64 41,
E-Mail: feldmann@ais.mw.tum.de**

Dipl.-Ing. **SEBASTIAN ULEWICZ** (geb. 1985) ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme an der Technischen Universität München. Sein Forschungsinteresse gilt den Bereichen des Testens und der

Verifikation von Steuerungssoftware im Maschinen- und Anlagenbau.

Dipl.-Inf. (FH) **SEBASTIAN DIEHM** (geb. 1980) ist technischer Projektleiter im Bereich der Softwareentwicklung bei Schneider Electric, Machine Solutions, Marktheidenfeld. Neben seiner Hauptaufgabe, die Verantwortung der technischen Umsetzung von Software und Embedded Lösungen, liegt sein Schwerpunkt in der Prototypisierung und Entwicklung neuer und strategischer Entwicklungsthemen.

Prof. Dr.-Ing. **BIRGIT VOGEL-HEUSER** (geb. 1961) leitet den Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme an der Technischen Universität München. Ihre Forschungsgebiete adressieren die System- und Softwareentwicklung, insbesondere die Modellierung verteilter, intelligenter eingebetteter Systeme.

KPI-based Process Operation

Management of highly automated processes

A key performance indicator (KPI) is a metric used to evaluate factors that are crucial to the success of an organization. Usually these factors are represented by normalized numbers (e.g. 0-100%) and maximizing or minimizing them is equivalent to making progress toward operational or strategic goals of the organization. Different KPIs of variable levels of complexity exist, rating factors such as customer and employee satisfaction, compliance, security or economic success. This article focuses on KPIs closely related to process operations like production performance, energy consumption, availability and safety. These KPIs are mainly based on measurable process data.

KEYWORDS KPI / control loop monitoring / OEE / energy management / alarm management / enterprise dashboards / transparency / continuous improvement processes

KPI-basierte Prozessführung – Management hoch automatisierter Prozesse

Leistungskennzahlen (engl. KPI) sind Metriken, um Einflussfaktoren auf den Unternehmenserfolg zu messen. Üblicherweise werden sie in Prozent angegeben und ihre Minimierung oder Maximierung bedeutet Verbesserung in Richtung wichtiger Unternehmensziele. Es gibt viele verschiedene Leistungskennzahlen unterschiedlicher Komplexität, wie beispielweise Kunden- und Mitarbeiterzufriedenheit, Regelkonformität, Sicherheit oder ökonomischer Erfolg. Dieser Beitrag fokussiert sich auf wichtige Leistungskennzahlen mit direktem Bezug zur Prozessführung, wie Produktionsleitung, Energieverbrauch, Verfügbarkeit und Sicherheit. Zumeist können die betrachteten Kennzahlen aus direkt messbaren Prozessgrößen abgeleitet werden.

SCHLAGWÖRTER Regelkreisüberwachung / Gesamtanlageneffektivität / Energiemanagement / Alarmmanagement / unternehmensweite Transparenz / kontinuierlicher Verbesserungsprozess

**MARTIN HOLLENDER, MONCEF CHIOUA, JAN SCHLAKE,
LENNART MERKERT**, ABB Corporate Research Center Germany
HEIKO PETERSEN, ABB Automation

Industrial plants can be operated without using Key Performance Indicators (KPIs). But if the plant personnel want to reach operational excellence, KPIs play an important role. KPIs make it possible to assess the level of excellence that has already been reached and where there is improvement potential compared to other plants or to industry best practice. Proactive management of relevant KPIs ensures safety and efficiency. Another goal is to remove unnecessary tasks, so that plant personnel can focus on true value adding tasks. Of course, KPIs are no silver bullet and need to be implemented wisely so as to not just add administrative overheads without resulting in business benefits. To be effective, it is important not just to measure KPIs, but also to act upon them for measurable improvements. A Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycle as defined in many ISO standards (e.g. [18]) is often used to achieve this. All too often, KPIs are just measured and shown in periodic reports without leading to any corrective action. Industrial practitioners emphasize that KPIs need to change something. However it is not easy to transform measurements into actionable information. In the following sections we show several examples of how this can be done.

Cooperation between humans and automation is a crucial factor for achieving operational excellence in production plants. Human operators, shift leaders and engineers are good at coping with the unforeseen, and are very creative and flexible. On the other hand automation can rigorously implement pre-programmed algorithms and rules. Automation never gets tired, bored or distracted. Over the years, the level of automation has steadily increased and we are now at a point where most of the everyday control tasks can be handled by automation. The classic role of operators who were once deeply involved in closed loop control has progressively been taken over by automation. The role of humans has shifted to a supervisory management role [1,2]. Senior shift leaders and plant engineers have the qualification profile required for managing highly automated processes. Management of important KPIs for process performance, control loops, alarms, energy, availability and safety is a key part of their jobs. These KPIs can be organized in so called KPI

trees [24]. KPI trees show how KPIs support each other, for example, increasing the quality of the alarm system automatically makes the system safer to operate. Other KPIs can conflict with each other. Increasing the production rate, for example, often means running the process in a less energy efficient manner.

1. PROCESS ASSET KPIS

Today industrial processes are highly automated. In practical terms this means that every second thousands of decisions are taken to open or close a valve, to inject a chemical, or to increase or decrease a motor's speed. Typically these decisions are taken by controllers based on the process data they obtain. Industrial production relies heavily on these decisions, but how reliable are they?

In the past two decades, a lot of effort went into the development of KPIs that evaluate the performance of controllers and their reliability. Because controllers base their decisions on process data and pass these on to the process, the KPIs also need to cover measurements for signal quality and process capability. Relatively simple events in the chain from sensors, to transmitters, to controller, to the actuators, can lead to production issues or even shutdowns. A KPI system must monitor all of these areas continuously in order not to miss out any event. In addition, long term monitoring makes it possible to detect gradual performance degradation and to calculate statistical KPIs, e.g. how often did this signal spike occur or how long is the process running at limits. This is all valuable information that allows any looming faults to be detected at an early stage.

Today several commercial tools offer a way to monitor automated processes, mainly referred to as Control Performance Management. Plants in the process industries mainly use PID controllers to keep important process variables at their desired setpoints. The concept of PID control was introduced to industrial production processes from the 1930s to 1950s [23], first on a small scale with a few pneumatic loops per process and today on a large scale with several hundreds if not thousands of PID control loops digitally implemented. The performance of a single

HAUPTBEITRAG

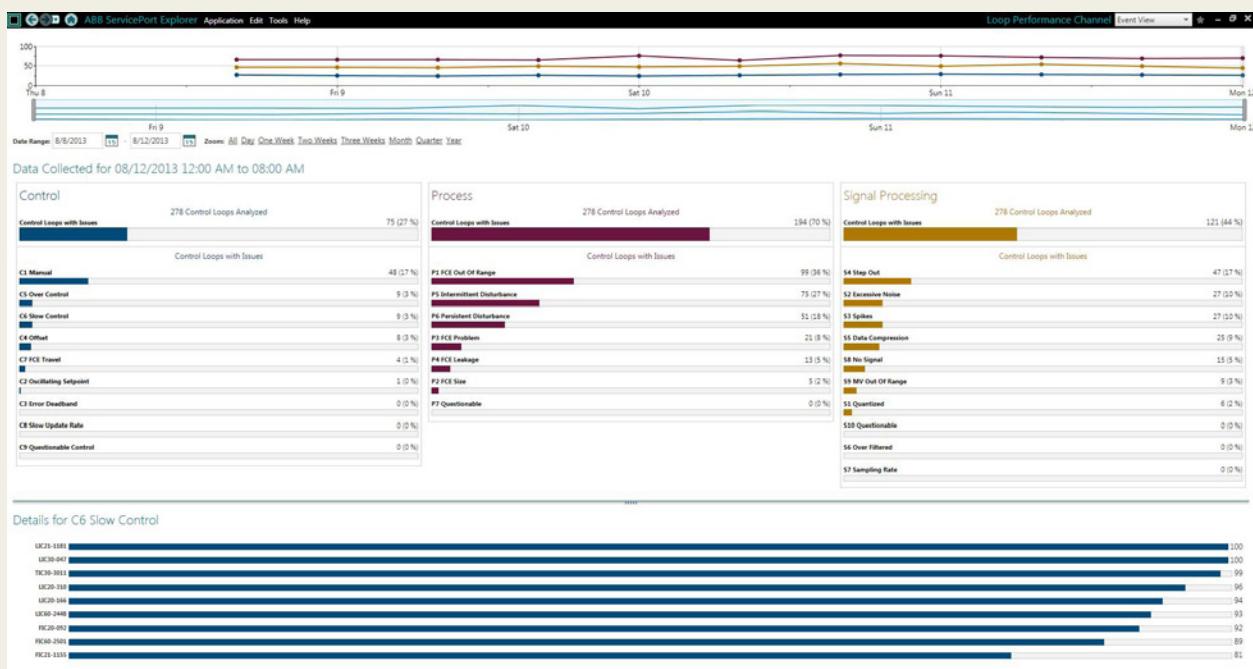


FIGURE 1: Screen shot from the control loop channel of ABB's Service Port

control loop [3] is evaluated on the basis of indices that are computed using operational process data. These indices vary in their level of complexity from simple statistical measures such as standard deviation of the controller output error to nonlinearity assessment.

A key challenge in the assessment of control loops is to distinguish if a controller is performing poorly because it is mistuned, or because of an outside disturbance. This was first addressed by Harris in 1989 in his paper “Assessment of closed loop performance” [4]. The measure he introduced there - later to be named the “Harris index” - compares the variance of a process variable to the minimum achievable variance, which is caused by outside disturbances. The introduction of the Harris index triggered significant advances in the field of Control Performance Management. Since then, several indices quantifying various control loop properties have been proposed, e.g. indices to identify certain time trends such as oscillations [5, 6] and others that focus on typical faults such as control actuator malfunctions (e.g. valve stiction in [7]). These indices rate the performance, making it possible to identify poorly performing loops.

However, calculation of performance indices should not be a goal in itself. The indices need to trigger action and be part of a continuous improvement process. This is why performance indices need to be turned into KPIs. By definition KPIs have not only to be measurable, but also actionable. It must be possible to influence them towards

a (strategic) company target that can also be understood by non-expert plant personnel, for instance in terms of their impact on the process performance.

Therefore, any performance monitoring result should also be expressed as a Key Performance Indicator, including suggestions for corrective actions such as control loop retuning, control structure modifications or sensors and actuators maintenance actions (see [8]), which could lead to improvements of this specific KPI.

Many industrial production companies use software packages to produce weekly or monthly status reports. The results of such assessments generally present the ten worst performers. Modern Control Performance Monitoring systems - like ABB's ServicePort – evaluate process performance continuously. They are able to send out alarms or text messages as soon as an issue arises and thus trigger corrective actions.

Figure 1 shows a screenshot of the KPI dashboard in ABB's ServicePort. The trend display on top shows the development of all KPIs over time, grouped into the three categories, control, process and signal processing. In the bar chart underneath, these categories are broken down into more detail. In this example the most striking issues per category are loops in manual (17%), final control element (FCE) out of range (36%), and signal step outs (17%). Selecting one of the bars drills further down to the individual loops with their respective issues, root causes and possible corrective actions.

1.1 Business impact of KPIs

KPIs are usually linked to a monetary value so that addressing and ‘fixing’ a KPI results in a direct economic benefit. In [10], the authors suggest following a top-down approach, which focuses on process KPI exhibiting abnormal deviations and then drills down to the root cause of the degradation, eventually identifying the faulty equipment.

The starting point of the top-down approach is to identify a KPI that points to plant sections that are not performing as expected. The first step of the top-down approach focuses on each section and in each section on a subgroup of all measurements. For example, we can look at all the flow measurements. The reason for this step is that there are usually too many measurements in a plant to consider them all at once. When a section has been identified, it can be analyzed in more detail in a second step. All measurements of the identified section are then considered and a section-wide analysis can be pursued as described in [11].

Advantages of the top-down approach are that a) disturbances affecting plant efficiency are addressed and b) the financial impact of the disturbance can be evaluated if the KPI measures the economic performance. The method is easier to interpret as well as computationally more efficient because only a fraction of all plant measurements have to be analyzed and the control expert can drill down to section and process measurements. The approach is truly plant-wide and not section-wide and can be separated into three steps.

- Step 1: Isolating disturbance in KPI measurement.
- Step 2: Isolating the process section most affected by the disturbance.
- Step 3: Isolating the root cause by finding the measurement closest to the faulty asset.

2. SAFETY KPIs

Many production plants make important safety KPIs visible for everyone at their entrance door, such as the number of injuries during the last year. To actively manage safety in a production process, there are also some more predictive KPI, e.g. the number of near miss incidents [12]. Safety is ensured with help of Layers of Protection (LOPA). Both alarms and safety instrumented systems (SIS) are one layer of protection. By analyzing how these layers are actually stressed, it is possible to make predictions about the future safety of the plant. The assumption is that serious incidents are often the result of, or are indicated by a larger number of smaller, undesirable, or unsafe acts or behaviors [13]. So called lagging indicators are generally retrospective, whereas leading indicators are usually forward-looking. Many loss of primary containment events in the oil and gas industries have no actual consequences but are still failures and therefore lagging outcomes, but also provide leading information when predicting the likelihood of major incidents with serious consequences.

Typical safety KPIs include:

- Number of accidents and injuries
- Number of missed audits or inspections
- Number of overdue hazard evaluations
- Number and priority of safety related alarms
- Number and level of automatically initiated trips

Safety experts also investigate the longest standing alarms. In many plants it turns out that some alarms have been active for several years. This gives a first impression about the operational discipline in that plant (the commitment by every member of an organization to carry out each task the right way every time as defined by DuPont [14]). In a world-class production plant, each alarm will be resolved in good time, be it by changing process equipment, control parameters or the configuration of the alarm system. Even small defects are not acceptable.

3. ALARM SYSTEM KPIs

Alarm management is an excellent example of how the use of KPIs has changed industrial practice. Systematic alarm management was developed after the accident at the Texaco Milford Haven refinery in 1994 and was first documented in the EEMUA 191 guideline [15] in 1999. Alarm systems were well established before that time. In early times, the implementation of every single alarm was associated with high cost – therefore only those alarms that really were considered as important were implemented. With the introduction of modern Distributed Control Systems (DCS) it became possible to implement alarms at almost no cost. This resulted in alarm systems with way too many alarms that did not support the operators in their tasks as documented for example in the investigation report for the Milford Haven accident [16] (In the 11 minutes prior to the incident, the operators received 275 different alarms). The authors of EEMUA 191 recognized that most plants got way too many alarms. So even if important and useful alarms are annunciated, they are usually buried inside a flood of nuisance alarms and therefore often ignored. EEMUA 191 introduced a couple of easy to measure pragmatic KPIs that were taken over by all alarm management guidelines and standards that followed. The two most famous KPIs from EEMUA 191 are:

- The average alarm rate should be below 1 alarm per 10 minutes
- The peak alarm rate should be below 10 alarms per 10 minutes

These KPIs are not dependent on the type of plant or automation system but on the human ability to handle information, which is the same in all industries. The KPIs put pressure on the designers of an alarm system to avoid configuring too many alarms. They make it possible to get a rough estimate of the current alarm system quality. Blindly optimizing the KPIs would be rather easy by disabling all alarms in the systems. This is clearly not the intention behind the KPIs: the objective is that all while important alarms are activated, both average and peak alarm rate are kept under control.

HAUPTBEITRAG



FIGURE 2: Dashboard showing KPIs computed for several industrial plants

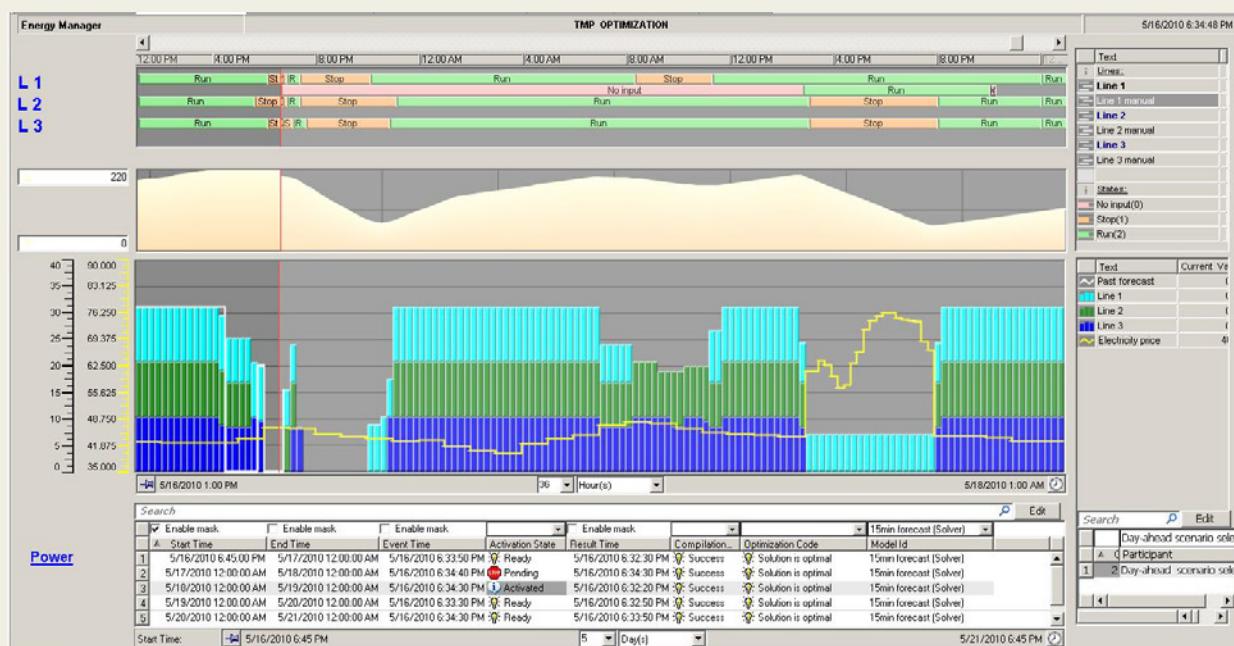


FIGURE 3: Energy monitoring and optimization tool

Today, systematic alarm management is a well-established practice, especially in safety-critical industries. IEC 62682 [17] summarizes the best practice and is currently the most relevant alarm management standard. It emphasizes the role of life-cycle support for alarm management. There are many reasons why the alarm configuration should be changed over time: plants and production regimes change, there is equipment wear and tear, and new insights and improved knowledge should also be continuously integrated into the system. This constant change is both a fact and a necessity. It must be managed with dedicated Management of Change (MoC) procedures and support systems. KPIs can be used to continuously monitor the quality of the current alarm system, evaluate the effect of changes, and derive the need for improvements. For instance, if a change in the alarm configuration results in a significant increase in the average alarm rate, it is a clear indication that this change should be reviewed and possibly reverted.

Today, many plants have reached an average alarm rate below one alarm in 10 minutes. Some companies require this target even for new plants directly after they go into production. This KPI creates pressure on system vendors, integrators and operators.

However, a maximum alarm rate of 10 alarms per 10 minute interval during process upsets is an ambitious target and sometimes even significant efforts put into alarm system engineering will not be sufficient to reach it. The KPI will help to drive advanced alarming methods further and to improve the state of the art. Figure 2 shows important alarm management KPIs from a whole range of plants.

The dashboard shown in Figure 2 gives a very dense overview of 100 plants). The leftmost column contains the plant names. The next column shows the priority distribution of the alarms. Then the average alarm rate for each plant is shown for the last day. The column on the right contains the 6 most important alarm management KPIs. By hovering on a plant name, all KPIs from that plant become emphasized and connected with bold lines. It is the task of the alarm management to improve the KPIs stepwise and to move the dashes step by step more to the left until the green target zones are reached. The dashboard gives a very good overview of the current status of the whole fleet.

4. ENERGY KPIS

During the 2015 Paris United Nations Climate Conference, 185 countries announced their intention to limit or reduce their level of greenhouse gas emissions. One of the key means to achieve this goal is a more efficient use of energy and resources. Industrial plants with high energy consumption can contribute to this goal as reducing energy consumption directly translates to cost savings allowing reasonable return

on efficiency investments. In particular where energy is an important cost factor, e.g. in steel, pulp or chemical industry with energy cost shares of at least 20% [25], efficiency investments are economically attractive. Many countries offer incentives for monitoring and reviewing plant energy consumption. For instance, in Germany, companies introducing an ISO 50001 [18] certified energy management system benefit from reduced power fees.

One of the key factors for a successful and sustainable reduction of energy consumption is to create awareness of how much energy is needed for various processes. ISO 50001 proposes a Plan-Do-Check-Act cycle, a continuous improvement cycle, in order to achieve this goal.

Energy and resource monitoring systems can be instrumental in properly investigating and proposing promising energy saving projects as well as in validating achieved savings. Such systems have been available on the market for more than a decade. They offer basic monitoring functionalities as well as more advanced tools like automated report generation, demand forecasting, energy targeting or energy portfolio optimization. Figure 3 shows a screenshot of the optimization user interface of ABB's cpmPlus Energy Manager. Here the production of three production lines is optimized with respect to energy consumption (bar graphs in light green, green and blue in lower graph) prices (yellow line in lower graph). The run/stop sequence of the production lines (upper graph) is optimized such that minimum and maximum levels of an intermediate storage tank (middle graph) are respected and energy costs are minimized. When installing such a system it is crucial to identify the major energy flows within a plant in order to locate the right metering points. In addition, relevant energy KPIs need to be identified, e.g. energy consumption per product or batch, energy consumption per time slot, maximum power peak or greenhouse gas emission levels.

Besides KPIs focusing on energy consumption, KPIs driven by energy costs can be chosen as well. In many cases, a reduction in overall consumption will also reduce the energy cost – however, when considering highly volatile energy prices, this might not be true in all cases.

Whatever energy KPI is chosen, it is important to keep the whole production plant in mind when running energy efficiency projects in order to avoid shifting energy consumption from one sub process to another.

Within the EU-funded MORE project (“Real-time Monitoring and Optimization of Resource Efficiency in Integrated Processing Plants”), an additional set of energy KPIs was identified besides the KPIs related to material and energy flow analysis mentioned above. It is proposed that the environmental impact is included in the KPI assessment, as even small

HAUPTBEITRAG

```

<KPIDefinition>
    <ID>OEE Plant A</ID>
    <Description>
        </Description>
        <Name> Overall Equipment Effectiveness </Name>
        <Scope> plant </Scope>
        <Formula>
            KPI=Quality*Performance*Availability if production is scheduled
        </Formula>
        <UnitOfMeasure>%</UnitOfMeasure>
        <Range>
            <ID>Natural</ID>
            <Description>Natural Range</Description>
            <LowerLimit>0</LowerLimit>
            <UpperLimit>100</UpperLimit>
        </Range>
        <Trend>Higher-is-better</Trend>
        <Timing>On-demand</Timing>
        <Timing>Periodically</Timing>
        <Audience>Operator</Audience>
        <Audience>Supervisor</Audience>
        <Audience>Management</Audience>
        <ProductionMethodology>
            Continuous
        </ProductionMethodology>
    </KPIDefinition>

```

LISTING 1: KPI-ML for Example KPI OEE

material streams can have large impacts, for example causing toxic waste. The authors suggest comparing current consumption to best values reached in the past or to theoretical optimum consumption to generate reasonable consumption targets [19].

In industrial production, a focus on energy KPIs makes it possible to significantly improve the plant environmental footprint. Continuous monitoring systems that provide real time insights into the current energy consumption and the overall environmental impact allow operators to adjust their actions towards an environmentally friendly and economically sustainable operations strategy. Such online energy monitoring systems lay the foundation for advanced energy management, including demand forecasting, energy portfolio optimization and demand side management [20].

5. OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) is the ratio of a plant's actual sellable production to the theoretical

maximum production, expressed as a percentage. OEE is defined as the product of availability, performance and quality. It is widely used in discrete manufacturing but is also relevant for many plants in the process industry.

OEE matters for any plant that aims to be as close as possible to their maximum throughput or that has strict delivery commitments. For instance, in the upstream oil & gas industry sector, the cost of operation is so high that the goal is generally to exploit a reserve as quickly as possible. Maximizing OEE requires a close cooperation between maintenance and operations departments in order to determine the root causes of downtimes and quality deviation issues.

A production regime that pushes very much to the limits increases the production rate but might also generate more trips and unplanned shutdowns. Well-chosen KPIs make all relevant consequences of such decisions transparent and help to optimize the OEE.

6. STANDARDIZED FORMAT FOR THE DEFINITION OF KPIs

To enable a better reuse of information, the Manufacturing Enterprise Solutions Association (MESA) developed the KPI Markup Language (KPI-ML). It makes it possible to exchange KPIs from one Manufacturing Operations Management (MOM) application to another. KPI-ML is based on ISO 22400 which was published in 2014. The standard provides an overview of the concepts and terminology related to KPIs [9]. According to the standard, a

KPI cannot be considered only as a calculated number but also has to be backed up with additional information providing content and context of the KPI calculation:

- KPI Content:
- Name
- ID
- Description
- Scope
- Formula
- Unit of Measure

REFERENCES

- [1] Krämer, S.; Bamberg, A.; Dünnebier, G.; Hagenmeyer, V.; Piechottka, U.; Schmitz, S. Prozessführung: Beispiele, Erfahrung Und Entwicklung. Chemie Ingenieur Technik, 2008, 80, 1341–1342.
- [2] Hollender, M. Collaborative Process Automation Systems; ISA: Triangle Park, North Carolina, 2010.
- [3] Jelali, M. An Overview of Control Performance Assessment Technology and Industrial Applications. Control Engineering Practice, 2006, 14, 441–466.
- [4] Harris, T.J. Assessment of Control Loop Performance. Can. J. Chem. Eng., 1989, 67, 856–861.
- [5] Hägglund, T. A Control-Loop Performance Monitor. Control Engineering Practice, 1995, 3, 1543–1551.
- [6] Miao, T.; Seborg, D.E. Automatic Detection of Excessively Oscillatory Feedback Control Loops. In Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Control Applications, 1999; 1999; Vol. 1, pp. 359–364 vol. 1.
- [7] Horch, A.; Isaksson, A.J. A Method for Detection of Stiction in Control Valves. Proceedings of the IFAC workshop on On line Fault Detection and Supervision in the Chemical Process Industry, 1998.
- [8] Wolff, F. Kontinuierliches Regelgütemanagement in Der Prozessindustrie. TechnoPharm 4, 2014, 252–256.
- [9] ISO 22400 Automation Systems and Integration - Key Performance Indicators (KPIs) for Manufacturing Operations Management, 2014.
- [10] Chioua, M.; Bauer, M.; Chen, S.-L.; Schlake, J.C.; Sand, G.; Schmidt, W.; Thornhill, N.F. Plant-Wide Root Cause Identification Using Plant Key Performance Indicators (KPIs) with Application to a Paper Machine. Control Engineering Practice, 2015.
- [11] Horch, A.; Cox, J.W.; Bonavita, N. Peak Performance-Root Cause Analysis of Plant-Wide Disturbances. ABB review, 2007, 24–29.
- [12] Oktem, U.; Meel, A. Near-Miss Management: A Participative Approach to Improving System Reliability. In Encyclopedia of Quantitative Risk Analysis and Assessment; John Wiley & Sons, Ltd, 2008.
- [13] International Association of Oil & Gas Producers. Process Safety - Recommended Practice on Key Performance Indicators; 456; 2011.
- [14] Klein, J.A.; Bradshaw, W.M.; Vanden Heuvel, L.N.; Lorenzo, D.K.; Keeports, G. Implementing an Effective Conduct of Operations and Operational Discipline Program. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 2011, 24, 98–104.
- [15] EEMUA Publication 191 Alarm Systems - a Guide to Design, Management and Procurement; 3rd edition.; EEMUA, 2015.
- [16] Health and Safety Executive. The Explosion and Fires at the Texaco Refinery, Milford Haven, 24 July 1994: A Report of the Investigation by the Health and Safety Executive into the Explosion and Fires on the Pembroke Cracking Company Plant at the Texaco Refinery, Milford Haven on 24 July 1994; 1997.
- [17] IEC 62682 Management of Alarms Systems for the Process Industries, 2014.
- [18] ISO 50001 Energy Management System, 2011.
- [19] Kalliski, M.; Beisheim, B.; Krahè, D.; Enste, U.; Krämer, S.; Engell, S. Real-Time Resource Efficiency Indicators. atp edition - Automatisierungstechnische Praxis, 2016, 58, 64.
- [20] Merkert, L.; Harjunkoski, I.; Isaksson, A.; Säynevirta, S.; Saarela, A.; Sand, G. Scheduling and Energy – Industrial Challenges and Opportunities. Computers & Chemical Engineering, 2015, 72, 183–198.
- [21] MESA. Key Performance Indicator Markup Language (KPI-ML), 2015.
- [22] Schmidt, W.; Schlake, J.; Horch, A.; Bauer, M. Key Performance Indicators (KPIs) in der Prozessindustrie - Anwendung und Implementierung. Proceedings EKA, Magdeburg, 2016.
- [23] Bennett, S. A brief history of automatic control. IEEE Control Systems Magazine, 16 (3), 17–25., 1996.
- [24] Smith B. KPI Checklists. Metric Press, 2013.
- [25] Electricity Costs of Energy Intensive Industries An International Comparison. German Ministry of Economic Affairs and Energy. July 2015

HAUPTBEITRAG



FIGURE 4: Dashboard summarizing KPI

- Range
 - Trend
 - KPI Context:
 - Timing
 - Audience
 - Production Methodology
 - Effect Model Diagram
 - Notes, including information on constraints, use, etc.
- KPI-ML can be implemented in the xml format for convenience [21]. Hence, KPI-ML is an important mechanism to make high quality KPIs available in many different environments.

Example OEE

A KPI-ML for a KPI calculation of the KPI ‘OEE’ for a Plant A according to section 7 could look like in Listing 1. The KPI-ML provides context and content information which could be used in various applications for numerous purposes. To name only a few:

The description can be displayed offering general information about the KPI

Scope can be used for clustering of KPI, e.g. all plant KPIs.

Range information allows scaled visualizations of the KPI

Trend information gives the user insight into good and bad KPI values

Timing indicates how often the KPI is calculated

Audience information can be used for user management. Not all KPIs are useful or allowed for all levels of hierarchy in the plant organization.

KPI-ML can also be used for a simpler configuration of KPIs leading to a more graphical configuration instead of programming approach to make new KPIs available [22].

7. ENTERPRISE DASHBOARDS

Enterprise dashboards make huge volumes of information available not only for power users but also for the wider organization in real-time. They aggregate, relate and present operational and business data (see Figure 4). They can be used to benchmark performance and identify best practice.

Interactive dashboards allow users to organize and analyze business critical KPIs and production data. Intelligent search engines ensure fast access to all data across applications. Users save, reuse and organize their dashboards to gain insight into operations. Data is contextualized by relating it to specific production phases, shifts, or batch runs. Annotation and

notification services support collaboration of experts from different domains like operations, maintenance and equipment suppliers. Prediction is enabled by looking at similar previous cases, e.g. the effect of running the plant on full load for extended periods.

The KPIs shown in Enterprise Dashboards are sometimes even technically not correct. For example, maintenance operations can interfere with the way the numbers for the KPI are collected. Many plant managers prefer to be able to review the KPI before they leave the plant. However if the KPIs are massaged too much, they no longer convey an unbiased view of the truth. A real-time Enterprise Dashboard with automated data collection doesn't require cumbersome manual data collection and creates transparency in the business. It is a vital tool for governance and compliance processes.

KPI should not so much be a tool for supervision and control, but rather for improvement, learning and cooperation. HTML5 is a technology that allows distribution of the Graphical User Interface both to mobile work places like tablets and smartphones and to stationary displays like large screen dashboards. The available functionality includes dynamic updates of real-time process values and covers everything needed for KPI-based process control.

8. CONCLUSIONS & OUTLOOK

We have shown how KPIs for control loops, energy, alarms, OEE and safety can be used to holistically manage production processes. In all cases it is very important to keep the original intention behind a KPI in mind and not to optimize a KPI for its own sake. Just measuring a KPI is worthless, the full Plan-Do-Check-Act cycle needs to be completed so that KPIs really drive improvements. It is not always easy to link higher level business goals with measurable process signals and events. A good KPI is understandable and can be drilled down so that it becomes clear how it can be improved. A world class production plant needs to manage the whole set of KPIs. In the future, measurable KPIs and achievable business impact will be linked even tighter together making the prioritization of improvement actions even easier.

MANUSKRIPTEINGANG

08.01.2016

Im Peer-Review-Verfahren begutachtet

AUTHORS

MARTIN HOLLENDER (born 1963) is working for the Operations Management group at ABB Corporate Research. His research areas are alarm management and industrial analytics.

ABB AG,
Corporate Research Center Germany,
68526 Ladenburg,
E-Mail: martin.hollender@de.abb.com

MONCEF CHIOUA (born 1971) is with the Operations Management group at ABB Corporate Research. His research interests lay in the field on process data analytics. Address: ABB AG, Corporate Research Center Germany, 68526 Ladenburg, E-Mail: moncef.chioua@de.abb.com

JAN SCHLAKE (born 1979) is working for the Operations Management group at ABB Corporate Research.

His research areas are Plant Asset Management and industrial analytics. Address: ABB AG, Corporate Research Center Germany, 68526 Ladenburg, E-Mail: jan-christoph.schlake@de.abb.com

LENNART MERKERT (born 1986) is working for the Operations Management group at ABB Corporate Research. His research areas are optimal control and energy management. Address: ABB AG, Corporate Research Center Germany, 68526 Ladenburg, E-Mail: lennart.merkert@de.abb.com

HEIKO PETERSEN (born 1965) is working as Global Product Manager for Advanced Services at ABB Automation GmbH. His areas of work include process data analytics and optimization services. Address: ABB Automation GmbH, Kallstädterstr. 1, 68309 Mannheim, E-Mail: heiko.petersen@de.abb.com

Big data analytics for proactive industrial decision support

Approaches and first experiences in the FEE Project

Big data technologies offer new opportunities for analyzing historical data generated by process plants. The development of new types of operator support systems (OSS) which help the plant operators during operations and in dealing with critical situations is one of these possibilities. The project FEE has the objective to develop such support functions based on big data analytics of historical plant data. In this contribution, we share our first insights and lessons learned in the development of big data applications and outline the approaches and tools that we developed in the course of the project.

KEYWORDS big data / data analytics / decision support

Big Data Analytics zur proaktiven industriellen Entscheidungsunterstützung: Lösungsansätze und erste Erfahrungen des Projekts FEE

Big-Data-Technologien eröffnen neue Optionen zur Analyse historischer Anlagen-daten in der Prozessindustrie. Eine Möglichkeit ist die Entwicklung neuer Operator-Unterstützungssysteme (OSS), die dem Anlagenfahrer im Betrieb und bei der Be-handlung kritischer Situationen assistieren. Das Projekt FEE hat das Ziel, derartige Unterstützungs-funktionen basierend auf Big Data Analytics unter Nutzung histori-scher Anlagendaten zu entwickeln. In diesem Beitrag teilen wir erste Erfahrungen und Lessons Learned hinsichtlich der Entwicklung von Big-Data-Applikationen. Weiterhin stellen wir im Projektentwickelte Lösungsansätze und Werkzeuge dar.

SCHLAGWÖRTER Big Data / Data Analytics / Entscheidungsunterstützung

MARTIN ATZMUELLER, UNIVERSITY OF KASSEL
BENJAMIN KLÖPPER, ABB CORPORATE RESEARCH CENTER GERMANY
HASSAN AL MAWLA, ABB CORPORATE RESEARCH CENTER GERMANY
BENJAMIN JÄSCHKE, UNIVERSITY OF KASSEL
MARTIN HOLLENDER, ABB CORPORATE RESEARCH CENTER GERMANY
MARKUS GRAUBE, TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
DAVID ARNU, RAPIDMINER
ANDREAS SCHMIDT, UNIVERSITY OF KASSEL
SEBASTIAN HEINZE, TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
LUKAS SCHORER, ABB CORPORATE RESEARCH CENTER GERMANY
ANDREAS KROLL, UNIVERSITY OF KASSEL
GERD STUMME, UNIVERSITY OF KASSEL
LEON URBAS, TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

The high degree of automation in the processing industries allows economical operations even in countries with high labour costs, such as Germany. However, it reduces the experience of the operators regarding the process dynamics. But know-how about the production process is crucial, especially if the production facility reaches an unexpected operation mode such as a critical situation. For example, such critical situations can lead to information overload (due to „alarm flood“), which can be overwhelming for the plant operator [1,2]. If control is lost it can result in serious damage to assets and costly downtime in the production process. Furthermore, this is not only expensive for the operating company but can also be a threat for humans and the environment. Therefore, it is important to support the plant operator in a critical situation with an assistant system using real-time analytics and ad-hoc decision support. The analysis of the historical data collected in process plants is an opportunity to develop such operator support systems (OSS).

A typical process plant like a paper mill, a hot-rolling mill or a petro-chemical plant, for example, generates a large amount of documentation and data throughout its entire life-cycle: I/O and tag lists, piping and instrumentation diagrams (P&ID), control logic, alarm configurations (during planning and commissioning), measurement values, alarm and event logs, shift books, laboratory results (during operation), maintenance notification, repair and inspection reports (during maintenance).

Analytics are already performed today [1,2,3] to analyze and improve the operation of plants. However, this is usually limited to data from single data sources and does not consider tight semantic integration. In contrast, an integration of all different types of data within process plants leads directly into the area of the so-called big data [4]. For instance, a refinery produces more than 300 GB measured values per year, from more than 60,000 sensors with sampling intervals between 1 and 60 seconds. Data

may be structured (sensor readings, database tables), semi-structured (alarm and event logs) or unstructured (shift books, operation manuals). Data is often stored for ten years or more. The availability of such historical plant data makes big data analytics and machine learning interesting, also in the process industries. Overall, this application domain features the notorious big data criteria: high volume, high velocity and high variety. The development of such operator support functionality is the aim of the FEE project (<http://fee-projekt.de>), which is described in the following section.

1. THE FEE PROJECT

The objective of the BMBF-funded cooperative research project “Early detection and decision support for critical situations in production environments”(FEE) is the analysis of large and heterogeneous data volumes stored in petro-chemical production plants in a big data analytics platform with the aim of supporting plant operators. Big data technologies will enable data-driven OSS to warn the operator at an early stage about unexpected and uncommon situations and support an ad-hoc analysis, as well as the development of intervention strategies. The main goal is to enable the operators to act proactively and to overcome today’s reactive fashion of operating chemical plants. An early detection of critical situations will permit plant operators to analyse the situation and carry out corrective actions before a problem or deviation results in a major problem. Online what-if simulation will give plant operators the opportunity to simulate consequences of intervention strategies. Online process analysis will provide plant operators with information about major process couplings, dominant time constants and process gains. Together, these assistance functions will allow plant operators to develop a more appropriate response to process upsets.

The consortium of the FEE project includes application partners from the chemical industry. They provide use cases for the project and background

HAUPTBEITRAG

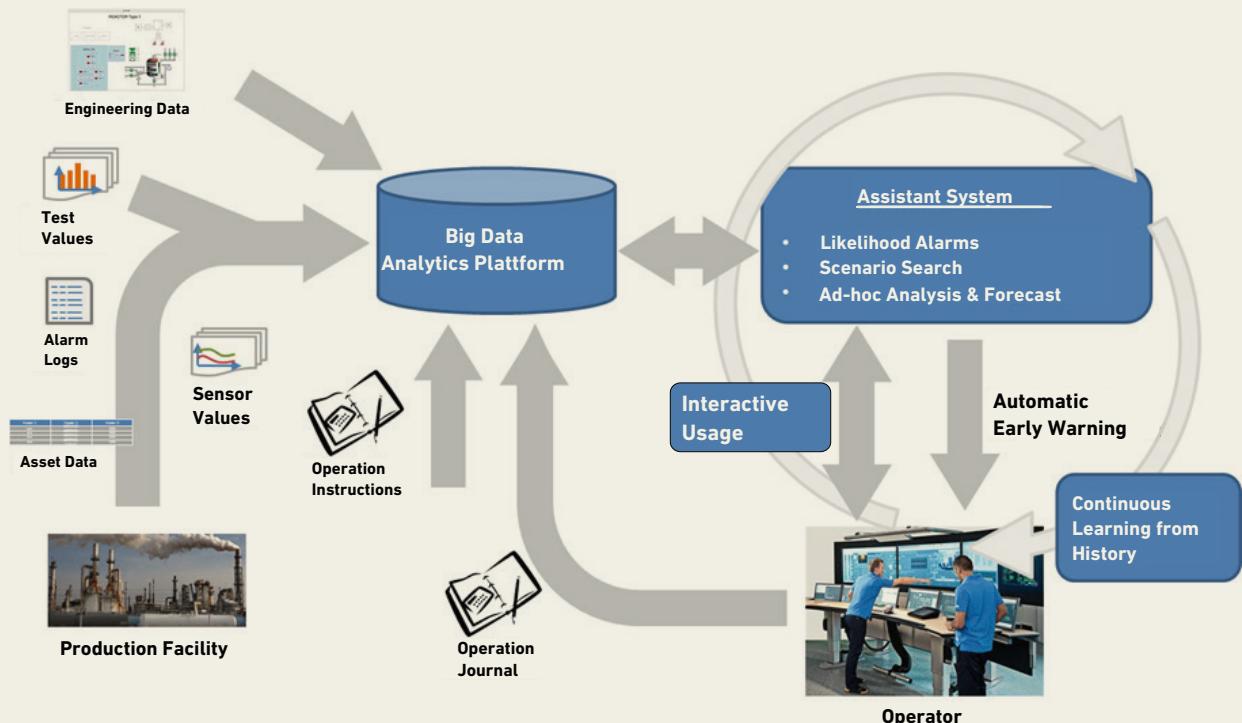


FIGURE 1: The big data analytics platform consolidates and integrates heterogeneous mass data collected over many years. The assistant system is built on top of the platform and utilizes analytical methods which automatically generate an early warning or even recommend how to handle a specific situation.

knowledge about the production process which is important for designing analytical methods. The data enabling the use cases was collected in petrochemical plants over many years from a variety of sources. The heterogeneous data is consolidated and integrated by the big data analytics platform (see Figure 1).

Petro-chemical production plants (see Figure 2 for an illustration) have some specific requirements that are not common for most of today's big data systems. First of all, such plants are safety-critical systems and consequently there are very important requirements regarding the reliability and clarity of operator's aid or guidance. Furthermore the plants and the corresponding process control systems are real-time systems with deterministic deadlines. Even if no hard deadlines will be applied for data analytics, the applicability of the results will depend on their timely availability. Overall, the development of data-driven OSS has to account for both the specific requirements of the future users as well as the requirements arising from the technical environment. Existing reference models of data analytics or software development do

not completely cover these tasks.

As a consequence, even during the early phases of the project the project team identified a need for specific tools and methods tailored to the need of the application domain.

2. EXPERIENCE AND FIRST LESSONS LEARNED

In this section, we report about the first lessons learned during the execution of the FEE project regarding the organization of the development process, and we highlight the importance of data preprocessing and data exploration for successful project execution.

Multidisciplinary Development Process

The starting point for the development process applied in the FEE project was the well known CRISP-DM [5] process, a comprehensible reference process for data mining projects [6]. However, it turned out that such a data mining focussed process model is not sufficient and a multi-disciplinary approach will become necessary.



FIGURE 2: A Claus unit of a major German oil refinery, which is used for the recovery of sulfur from hydrogen sulfide, is used as a case study in the FEE project.

The development team needs to have expertise in the areas of data mining, user-centric design, software technologies and architectures, production management, as well as automation technology. In particular, we see the need for three areas of development or activities: **user analysis, data analysis and big data architecture and infrastructure planning**. The three areas can certainly be mapped back to the CRISP-DM phases, but require different levels of detailed involvement. User analysis can be mapped on business understanding but requires expertise in user-centred development and control system design. Data analysis can be mapped on data understanding, data exploration, data modelling and evaluation and is the actual domain of data scientists and data mining experts. Architecture and infrastructure planning addresses the deployment, but goes far beyond the submission of a final report; it deals with building and information systems that are able to utilize data mining models under the (soft) real-time requirements of process control systems. The different activity areas are strongly interdependent (e.g. a chosen visualisation is not feasible if the corresponding modelling fails, or architectural requirements like response time define constraints regarding possible modelling types); there is also an experimental character of the data analysis to be noted. The feasibility for data mining or other analytics approaches is limited by the historical data collected. In many cases, the data does not contain

the necessary information for producing the desired results. This is also a reason why an agile development approach is better suited than a conventional one. **In coordination with end users, the development team has to be able to adjust the direction of a project when environmental conditions change.** Especially the creation of early proofs-of-concept is useful in order to identify potential failures as soon as possible.

Figure 3 shows the process that has been developed during the project to identify potential application scenarios, capture functional and non-functional requirements and to develop both suitable data analytics and user interfaces. The process is carried out in 6 steps, where steps 4 und 5 are executed in parallel and with close feedback loops between the corresponding teams.

1 | Scenario Identification: Here a specifically developed ‘Scenario Canvas’ (cf. [7] for a detailed description), was used in end-customer workshops to capture the specific plant situation along with consequences, possible intervention or prevention strategies and the available data – both historical and online. This information helped to rule out irrelevant scenarios (e.g. insufficient data available, consequences not critical, or no prevention/intervention possible from operator side). Furthermore, the current processes in the operator rooms have been described with the help of business process models and the basis of understanding the current situation. Based on

HAUPTBEITRAG

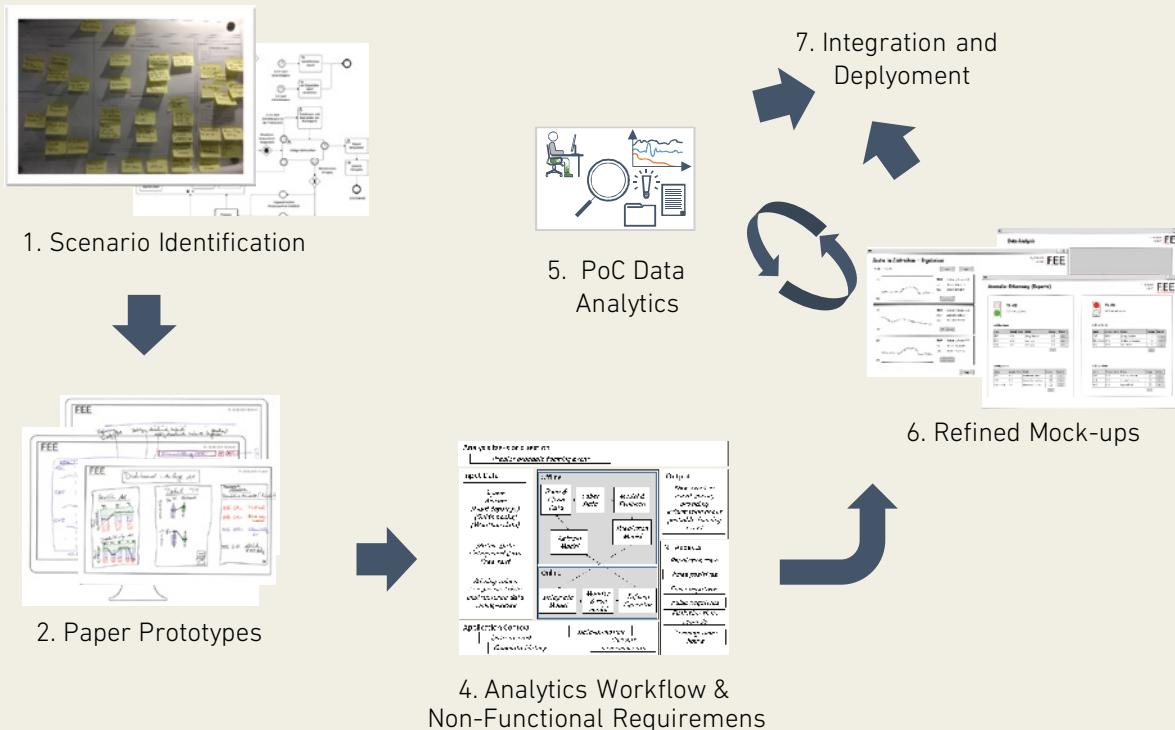


FIGURE 3: Activities and artifacts in the development of the application scenarios of the FEE project.

the learning collected in the ‘Scenario Canvas’ a short description is created of the scenario with the relevant actors (operators, shift-leader, process engineers) and the understanding of the desired situation.

- 2 | User Stories and Paper Prototype: Based on the desired situation an interdisciplinary team (HMI experts, data analysts, software architects) in a focus group develop both user stories and first paper prototypes of future user interfaces. The interdisciplinary setup of the team helps when considering the potentials and constraints of the different areas.
- 3 | Analytics Workflow and Non-Functional requirements: Based on the previous results (user stories and paper prototypes), the same interdisciplinary team starts to define a high level description of the required data analytics and the non-functional requirements arising from the scenario. In this step, big data forces like data volume, variety, velocity, required availability and consistency are discussed extensively.
- 4 | Proof of Concept (PoC) Data Analytics: Develop first models based on the historical data in order

to demonstrate the feasibility of the intended support functionality

- 5 | Refined Mock-Ups: Refine the paper-prototypes into mock-ups appropriate for collecting early feedback from end-users
- 6 | Integration and Implementation: In this step, the PoC models have to be refined and improved to meet operational requirements, and integration with the automation system and the user interfaces has to be implemented. This phase has not yet been addressed in the project and remains future work.

Data Integration and Preprocessing

The importance of data integration and appropriate preprocessing for a successful implementation of data driven OSS can hardly be overestimated. In this section, the integration requirements for handling the plant data are described. It covers the necessary steps for preparing the data and implications for the chosen system architecture. Overall, techniques for structured data have been widely applied in the data mining community. Data preparation is a phase in the CRISP-DM

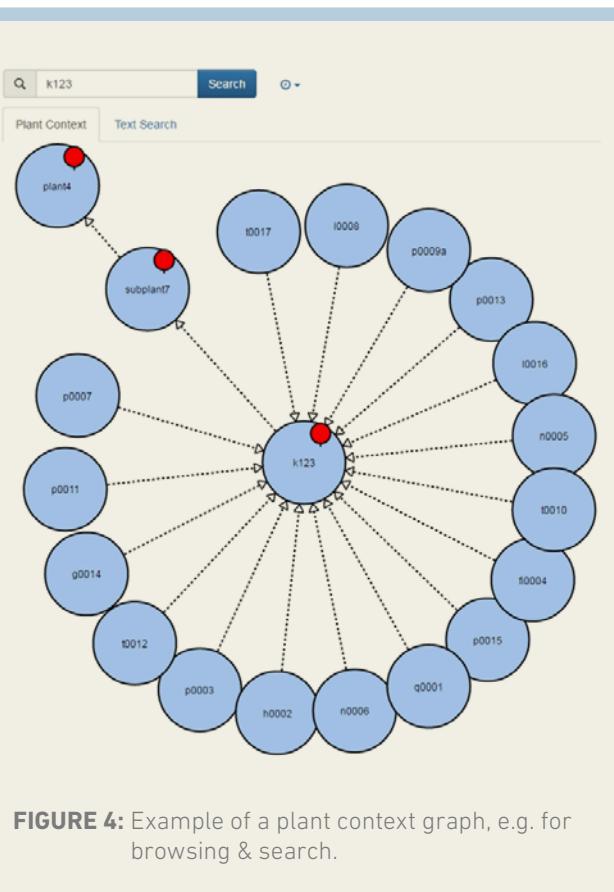


FIGURE 4: Example of a plant context graph, e.g. for browsing & search.

standard data mining process model [5] that is regarded as one of the key factors for good model quality.

The most important long term data store of a plant is called process historian or plant information management system (PIMS). Modern PIMS are able to store ten thousands of signals captured over many years [8]. It is almost certain that in a large plant with many thousands of sensors, some of the sensors will deliver wrong signals. As a consequence, some signals might not be suitable for the intended analysis [10]. Modern smart instruments implement sophisticated self-diagnosis mechanisms telling about the quality and reliability of the measured signal. Typical preprocessing problems that a data analyst faces include outliers [11], frozen signals (signal stops moving, typically the current value will stay at the last known good value in case of an error), noise (e.g. electromagnetic interference), or an unsuitable sampling rate (too high or too low).

Many analytical algorithms are based on very strong assumptions regarding the cleanliness and validity of the data. A single outlier can lead to useless and misleading results of complex calculations. It is therefore very important to have an adequate prepro-

cessing in place to either remove or at least identify intervals with measurement problems. Data reconciliation [9] uses mathematical models of the process to discover and remove errors in the measured signals.

In addition to the metric data outlined above, there are usually also semi-structured and unstructured data available, e.g. alarm logs and shift books. Typically, unstructured data is organized into multiple documents containing free text, for which relevant information needs to be extracted [12]. The preprocessing of unstructured data starts with a tokenization step. For each document, the text is cleaned by removing non-word characters, e.g. punctuation and special characters, and then split at each whitespace to create a set of words for the document. The union of all words in the document collection yields the dictionary. One of the most commonly used representations for a document is the bag-of-words model. A document is represented by a multiset of words, i.e. a set of words with corresponding frequencies. Since the order of the words is ignored, this type of model is not able to capture the relation between words, e.g. the co-occurrence of words in a sentence. Here, alternative representations that consider, for example, subsequent word pairs (bigrams) or longer word sequences can be used for capturing interdependencies. For further details and a detailed description of data integration and preprocessing methods in the context of big data, we refer to [13].

Data Exploration

The generation and validation of models to implement the desired support functions is a complicated task for a data analyst because usually different approaches need to be explored and validated. Gaining a strong grasp of the available data is crucial for an analyst to focus on the data that are of highest relevance to the situation at hand. Because of the amount of available data it is important to focus on the relevant parts and to give the operator a compact overview, cf. [14]. Supporting this task promises a faster development of data-driven models and thus increases quality and availability aspects of a plant.

A first step in the data understanding phase of the CRISP-DM model [5] is to calculate basic statistical key figures. This includes distribution information such as extreme values, mean and variance, but also information about the data types (metric, categorical, text) and quality (number of missing values). Those figures should be calculated once for the complete time frame but also for windows of finer granularity, like days or hours.

A further method for data exploration is the calculation of cross-correlations between the signals of sensors. These can give an understanding of how different parts of a plant interact and how situational

HAUPTBEITRAG

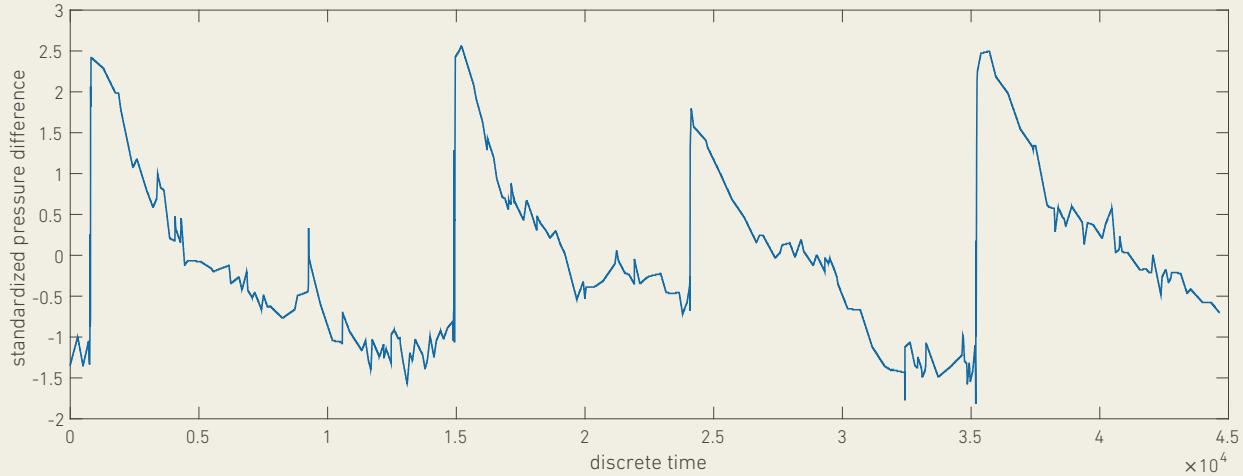


FIGURE 5: Standardized pressure difference measurement over a period of one month

changes propagate through the plant. A heat map can visualize the correlation values between all sensor signals (i.e. all tags of a pair of assets), whereas line plots are useful to show the effect a time shift has on the correlation between two signals. It is important to remember that the correlation indicates similar behaviour for the observed data but does not prove causality.

Another data exploration tool is provided by a hierarchical visualization model of the assets. The required information comes from the piping and information diagrams (P&ID). Figure 4 shows an abstracted P&ID graph; in this example, we can observe the hierarchical relations between the individual entities (modelled as nodes in the graph), and thus obtain an indication about the structural relations between the assets, which can be exploited for browsing, filtering, and providing details on demand according to the “Visual Information Seeking Mantra” [15].

To allow for a fast exploration of the data, one has to focus on the relevant aspects. To this end, additional filter options are necessary. Those filters have to be easy to use but at the same time powerful enough to give the user enough leeway to explore the data unrestricted. Therefore, semi-automatic methods that combine automatic network analysis methods for detecting exceptional patterns [16] with interactive exploratory approaches provide powerful tools for inspecting the network-based exploration tool. Using such methods we can, for example, detect strongly related (linked) groups that exhibit exceptional characteristics, e.g. relating to a temporal burst of alarms in a certain timeframe. In addition, customized views based on a network-based clustering of the assets can be provided.

3. BIG DATA ARCHITECTURE

Handling the large amounts of historical plant data requires a special IT infrastructure, e.g. based on Map/Reduce [17]. From a technical point of view, in most application cases of the FEE project, the data analysis can be divided into two parts: 1) training models with suitable algorithms (data modelling in CRISP-DM [5]), and 2) applying the models during operation of the plants or during deployment in order to fulfil the actual assistant function, (e.g. ‘make predictions’). As part of the model training, the usually extensive historical data have to be analyzed as they are stored in the IT-system of the process plant (data-at-rest). There will be no direct interaction with the automation system during this phase and response time plays only a minor role. However, when the model is applied during operation only a small subset of data is required to calculate the input feature of the model and this will be available as a stream of data from the production process. Here the analytics process is typically subject to soft real-time requirements, i.e. “the shorter the response times the better”. The Lambda Architecture [18] offers a layout for a robust system that is designed to prepare batch views of stored data (batch layer) and handling requests on those views as well as on rapidly arriving new data (speed layer). The separation of these layers matches the described phases of model training and model application very well. The analysis of historical data-at-rest takes place mainly in the batch layer suited for the execution of long-running processes. The models trained in the batch layer, such as classifiers, are applied to the speed layer with help of streaming technologies. Other outcomes of the batch layer, such

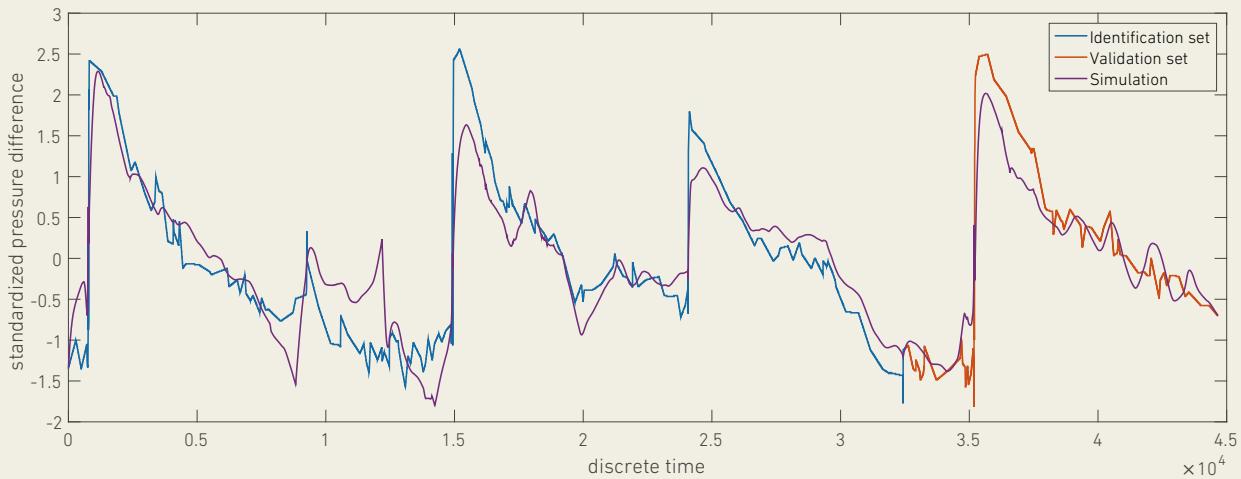


FIGURE 6: Simulation of foaming indicator

as search indexes, make up the basis of the serving layer and all interactive functions.

While the basic structure of the adjusted Lambda Architecture stays the same in different realizations of assistant systems, the requirements for each system must be considered. This way the design for each concrete case can be defined, e.g. by making the specific technology choices or by sizing the execution platform. Design tools include the so-called Quality Attribute Scenarios [19] which enable the communication of characteristics for quality attributes (such as performance, availability, security, adaptability) especially to stakeholders without IT or software background.

4. USE CASES FOR BIG DATA ANALYTICS

There are many actions in production that would benefit from better analysis. Concerning the most promising ones in the process industries we present two approaches for big data analytics in this area and possible outcomes. The single use cases can be implemented separately, but can provide a larger benefit if they are coupled.

4.1 Dynamic model-based predictive alarming

A unit of a major German oil refinery is considered as a case study. The unit under study consists of a Claus process, which is a gas desulfurizing process, and a Shell Claus off-gas treating (SCOT) process, which is connected downstream of the Claus process to remove sulfur compounds from Claus tail gas. An example of an abnormal operating situation is foaming in the

SCOT process. The foaming occurs in the last stage of the SCOT process in which a solvent loaded with H_2S is regenerated. The cause of foaming is considered to be the accumulation of impurities and rust particles in the pipes. The formation of foam in a column causes it to overflow and eventually results in plant downtime. To avoid this undesirable consequence of foaming, an anti-foaming agent is introduced manually into the unit when peaks are observed in the pressure difference measurement in the column in which foaming takes place. Figure 5 depicts the standardized pressure difference measurement over a period of one month.

In the current situation, operators have to observe the relevant process values and react under time-pressure by informing their colleagues in the field to take appropriate countermeasures. An early warning giving the operators time to react without time-pressure is highly desired. However, a conventional alarm definition based on thresholds of single process values fails to provide this early warning in a reliable and useful manner.

Chosen methods for analytics PoC

The prediction of such re-occurring critical situations may be formulated as a system identification task which can be performed by a variety of methods, see [20] for an extended discussion.

Continuous processes in production plants are typically operated at fixed operating points, which allows the application of linear dynamic methods for modelling and control, as demonstrated by the numerous successful applications of linear model predictive control in the process industry [21].

HAUPTBEITRAG

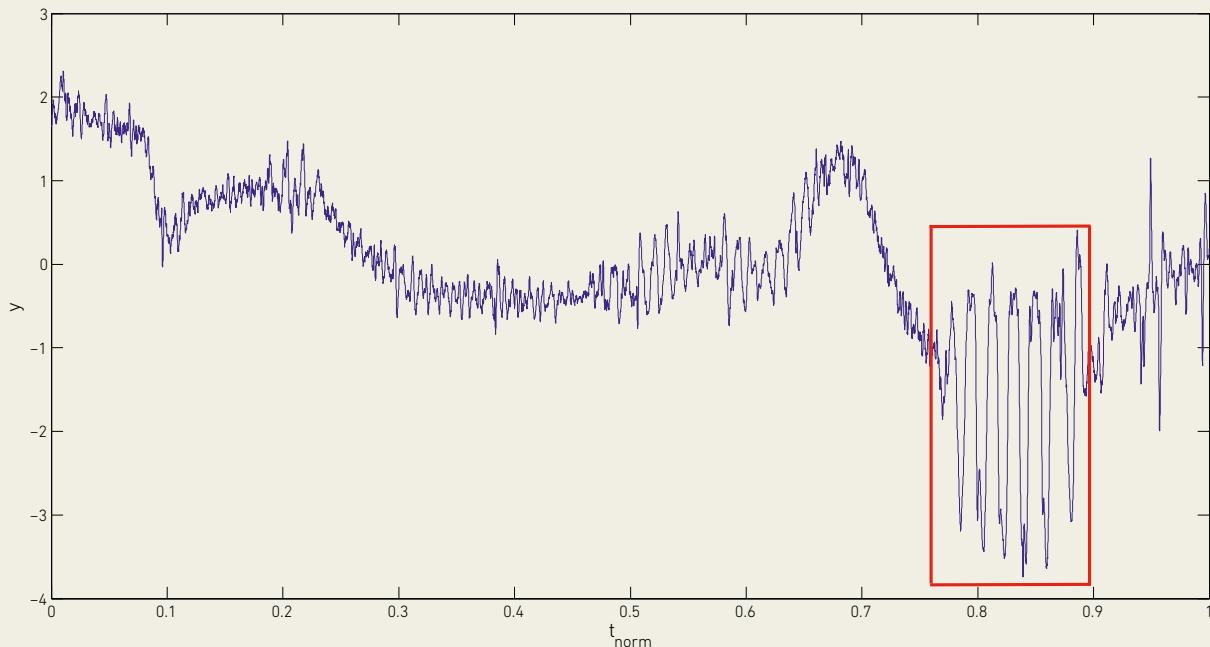


FIGURE 7: Example time series with anomaly (red box) and load change (e.g. at $t = 0.1$)

A possible way to detect foaming in good time is by predicting indicative process variables over a chosen prediction horizon and assessing these. The task of prediction may require making certain assumptions about process inputs over the prediction horizon. Furthermore, online what-if simulation could be beneficial and will require the modelling of multivariate input-output relationships of process systems. For this purpose, multi-input multi-output (MIMO) linear dynamic models can be identified locally around different operating points. When statistical assumptions are made, model estimation goes along with confidence information for the prediction to assess its trustworthiness. The identification of MIMO models from plant operational data will require the development of multivariate techniques for searching data segments with high information content with respect to system identification.

First results

Several linear system identification methods such as prediction error methods (PEM) and subspace identification methods (SIM) have been applied and assessed for modelling the pressure difference in the foaming column of the SCOT unit. Initial simulation results are promising. A total of 29 process variables were chosen as model inputs by inspecting the P&ID of the

unit. The data set was preprocessed by reconstructing missing data points and standardizing it. Elastic net regularization was used to select 7 inputs and a total of 26 terms out of a chosen candidate set of 150 terms. The resulting sparse ARX model is 5th order. Figure 6 shows the model simulation on the identification data set (samples 1 to 3.25×10^4) and on the validation data set (remaining time series).

Future work will focus on making multi-step ahead predictions for giving early warning and developing additional methods for online process analysis for operator support.

4.2 Anomaly detection

Problem statement

Monitoring of the production process is one of the main tasks of operators. However, the large number of sensor values in chemical plants leads to a high workload if operators are supposed to monitor all sensor values. As an example, an industrial petrochemical plant is considered with about 1000 analog sensors providing numerical data, semi-structured categorical data such as alarms, and textual data such as operator logs. The plant operates continuously 24/7 and changes the load about twice a week.

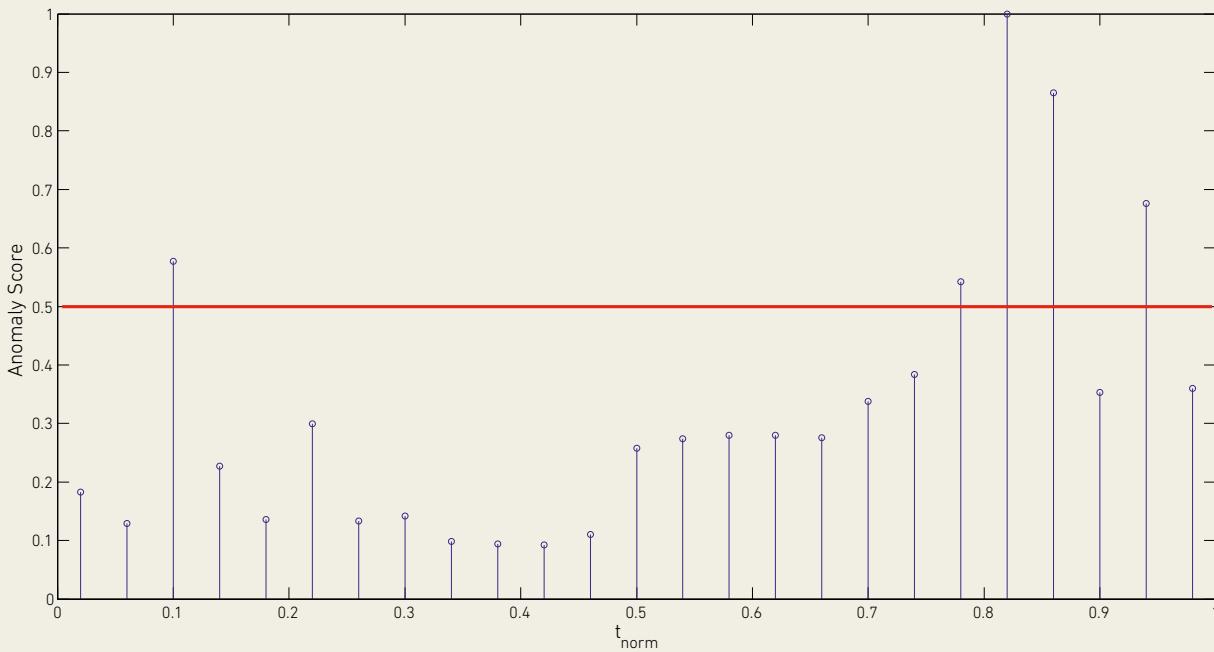


FIGURE 8: Anomaly scores and possible threshold

Often, the retrospective analysis of an event with major economic impact reveals that operators or process engineers would have been able to detect the problem earlier and to develop appropriate intervention strategies, if they had known which data and especially signals to focus on in monitoring and diagnostics. Consequently, an anomaly detection system is desirable. It should provide the users with early information if a process shows unusual behaviour and points to the specific signals which manifest the unusual process behaviour.

Anomalies are usually referred to as data points or sequences that differ significantly from data acquired under normal operating conditions [22]. For that purpose, a nominal operating condition model is extracted from historical data. An alarm will be set off if the current process deviates from normal behaviour. Figure 7 shows an example for anomalous behaviour of the butadiene plant ($t = 0.75 \dots 0.9$). Only one time series is shown for reasons of clarity, but this anomaly can actually be observed in various signals in varying significance. Furthermore, Figure 7 demonstrates the behavior during a load change (e.g. $t = 0.1$), as well as the development of anomalous behaviour ($t = 0.5 \dots 0.7$). Ideally the detection method would already recognize the growing anomaly in order to provide the operator with time to think, plan and react before the anomaly occurs.

Chosen methods for analytics PoC

Anomaly detection has been of scientific interest throughout the past decade [23]. It can be described as a two-class-classification problem with data for only one class being available. Moreover particularly in complex systems not all possible anomalies might be known, or an anomaly will occur just once as plant authorities will take actions to prevent its repeated occurrence. Therefore an anomaly detection algorithm looks for data points or sequences which differ significantly from the normal behaviour of the system. Anomaly detection typically just uses numerical data but can also be enhanced by using non-metric data and asset information.

A broad variety of algorithms have been proposed to detect anomalous behaviour. For time series anomaly detection it is common practice to analyze sub-sequences, and where necessary time series transformations are used. The features represent the context rather than just a single observation and are a more sophisticated way of analyzing the behaviour of the system. Most of these methods use density-based descriptions of normal behaviour and analyze the query data by calculating the distance to the k-th nearest neighbour. Therefore it is assumed that under normal operating conditions the data points will form dense clusters, whereas in the case of an anomaly the data points will be located in regions of smaller

HAUPTBEITRAG

density. In most applications, Euclidian distances are used as a distance measure. Since a complex industrial system usually has a large number of sensors, these calculations become computationally expensive while the accuracy decreases with an increasing number of variables [24]. As a consequence, the

data is often projected to a subspace assuming that the anomaly can still be detected therein. The most commonly used method for this purpose is principal component analysis (PCA). Other approaches for anomaly detection are also available but are not as flexible as the nearest neighbour method, which works

REFERENCES

- [1] Folmer J., Vogel-Heuser, B.: Computing dependent industrial alarms for alarm flood reduction. In: Proc. 9th International Multi-Conference on Systems, Signals and Devices (SSD), pp.1-6, IEEE 2012
- [2] Varga, T., Szeifert, F., Abonyi, J.: Detection of Safe Operating Regions: A Novel Dynamic Process Simulator Based Predictive Alarm Management Approach. Industrial & Engineering Chemistry Research 49(2), 658–668, 2010
- [3] Windmann, S., Maier, A., Niggemann, O., Frey, C., Bernardi, A., Gu, Y., Pfrommer, H., Steckel, T., Krüger, M., Kraus, R.: Big Data Analysis of Manufacturing Processes. In: Proc. European Workshop on Advanced Control and Diagnosis (ACD2015), IOP 2015
- [4] McAfee, A., Brynjolfsson, E., Davenport, T.H., Patil, D.J. Barton, D.: Big Data. The management Revolution. Harvard Bus Review 90(10), S. 61-67, 2012
- [5] Shearer, C.: The CRISP-DM Model: The New Blueprint for Data Mining. Journal of Data Warehousing, 5(4), S. 13-22, 2000
- [6] Azevedo, A., Santos, M. F.: KDD, SEMMA and CRISP-DM: a parallel overview. In: Proceedings of the IADIS European Conference on Data Mining. IADIS 2008
- [7] Klöpper, B., Dix, M., Schorer, L., Ampofo, A., Atzmueller, M., Arnu, D., Klinkenberg, R: Defining Software Architectures for Big Data Enabled Operator Support Systems. In: Proc. IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN). IEEE Press, 2016
- [8] Hollender, M.: Collaborative Process Automation Systems, ISA 2010
- [9] Crowe, C. M.: Data reconciliation—progress and challenges. Journal of Process Control 6(2), 89–98, 1996
- [10] Thornhill, N. F., Choudhury, M. S., Shah, S. L.: The impact of compression on data-driven process analyses. Journal of Process Control 14(4), 389-398, 2004
- [11] Liu, H., Shah, S., Jiang, W.: On-line outlier detection and data cleaning. Computers & chemical engineering 28(9), 1635-1647, 2004
- [12] Atzmueller, M., Kluegl, P., Puppe, F.: Rule-Based Information Extraction for Structured Data Acquisition using TextMarker. Proc. LWA, 2008
- [13] Atzmueller, M., Schmidt, A., Hollender, M.: Data Preparation for Big Data Analytics: Methods & Experiences. In: Atzmueller, M., Oussena, S., Roth-Berghofer, T. (eds): Enterprise Big Data Engineering, Analytics, and Management, 157-170. Hershey,PA, IGI Global 2016
- [14] Huss, J.: Prototypische Entwicklung einer Trend basierten Datenbank-Suchmaschine, Dissertation TU Berlin, 2008
- [15] Shneiderman, B.: The Eyes Have It: A Task by Data Type Taxonomy for Information Visualizations. In: Proc. IEEE Symposium on Visual Languages, pp. 336–343, IEEE 2016
- [16] Atzmueller, M., Doerfel, S., Mitzlaff, F.: Description-Oriented Community Detection using Exhaustive Subgroup Discovery. Information Sciences 329, pp. 965-984, 2016
- [17] Dean, J., Ghemawat, S.: MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters. Commun. ACM 51(1), S. 107-113, 2008
- [18] Marz, N., Warren, J.: Big Data: Principles and Best Practices of Scalable Realtime Data Systems, Manning 2013
- [19] Barbaci, M., Clements, P., Lattanzi, A., Northrop, L., Wood, W.: Using the Architecture Tradeoff Analysis Method (ATAM) to Evaluate the Software Architecture for a Product Line of Avionics Systems: A Case Study. In: Tech. Report CMU/SEI-2003-TN-012, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 2013
- [20] Ljung, L.: Perspectives on system identification, Annual Reviews in Control 34(1), pp.1-12, 2010
- [21] Qin, S. J., Badgwell, T. A.: A survey of industrial model predictive control technology, Control Engineering Practice 11(7), 733-764, 2003
- [22] Chandola, V., Banerjee, A., Kumar, V.: Anomaly detection for discrete sequences: A survey. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering 24(5), pp.823-839, 2012
- [23] Pimentel, M. A., Clifton, D. A., Clifton, L., Tarassenko, L.: A review of novelty detection. Signal Processing 99, pp.215-249, 2014
- [24] Zhang, L., Lina, J., Karim, R.: An angle-based subspace anomaly detection approach to high-dimensional data: With an application to industrial fault detection. Reliability Engineering & System Safety 142, pp. 482-497, 2015
- [25] Keogh, E., Chakrabarti, K., Pazzani, M., Mehrotra, S.: Dimensionality reduction for fast similarity search in large time series databases. Knowledge and information System 3(3), pp. 263-286, 2001
- [26] Kluegl, P., Atzmueller, M., Puppe, F.: Meta-Level Information Extraction. Proc. 32nd Annual German Conference on AI, pp.233-240. Springer 2009

on original time series as well as feature vectors or subspace projections. For that reason, this approach was chosen for first tests that are supposed to provide further information on both the influence of different transformations or features and the feasibility of the anomaly detection for the available data.

First results

In order to gain experience, the above mentioned nearest neighbour method was implemented and tested on the data of the butadiene plant. At first, training data containing nominal operation behaviour was segmented to provide nominal operation patterns. Secondly, query data segments were compared to these patterns by computing the Euclidian distance. The distances can be regarded as anomaly scores.

Due to the flexibility of this approach the influence of time series representations and preprocessing could be investigated. Anomalous behaviour could be identified using either the original time series, piecewise aggregate approximation [25], or PCA scores as input to the nearest neighbour algorithm. Figure 8 illustrates anomaly scores for the same time window as used in Figure 7. At first, 13 variables were used that had been chosen by an asset expert. Since anomaly detection is supposed to supervise the process without a priori knowledge, in a second step 227 variables were used for the whole column. The results could be reproduced with dimension reduction by PCA but led to less difference between anomaly scores for the anomaly and for normal operation.

However there are two main drawbacks that need to be dealt with in the future: The method behind the results in Figure 8 is computationally expensive because of the distances that have to be computed in high-dimensional space for finding the k-th nearest neighbour. The computation time has to be improved by magnitudes for online analysis, thus appropriate big data techniques should be used. Furthermore the method leads to several false positives caused by load changes in the plant so that better and more meaningful features are required.

5. CONCLUSIONS & OUTLOOK

In the first phase of the FEE project, the team has spent a significant amount of time analyzing in detail the problems of operators in industrial control rooms. This has led to several use cases. For both ,predictive alarming‘ and ,anomaly detection‘ suitable methods have been identified and first results presented.

A future use case that poses different challenges and architectural requirements is the search for similar situations in the historical data. Such a functionality can support operators or process engineers with the retrospective or online diagnosis of the process.

A possible approach is to look for signals that behave like a suspicious one in order to localize the problem. A major problem in diagnostics tasks is the large numbers of signals and alarms. A further interesting question is whether a situation similar to the current plant situation has occurred in the past. Then, the process manager or the operator can investigate differences in the further development of the process and differences to the current situation. Here we want to investigate the potential of search on time-series data. The search for similarities in time series is a known problem. In the setup phase, the feature space and similarity measures have to be defined. Afterwards the data has to be indexed accordingly and updated continuously with new data. Although the similarity of situations can be quite obvious for humans, who can easily focus on the relevant parts of the signals, the behaviour of similar signals on the time axis can differ a lot (e.g. a ramp after 2 hours instead of 3 hours). In these cases, advanced techniques like dynamic time warping (DTW) can be used to make the signals comparable again.

The search can also be enhanced by using non-metric data and asset information. This could include the occurrence and patterns of alarms as well as leveraging an ontology for selecting appropriate signals (e.g. all temperature signals in unit x and its adjacent units), also relying on hierarchical concepts and abstractions. Here, methods relying on network construction and analysis described in the data exploration use case provide promising results. Specifically, the network representation enables effective data integration and annotation, abstracting metric and unstructured data into a common representation. The setting of this potential use case again matches the Lambda Architecture [18] (cf. Section 2) with the batch, and speed layer, and serving layer. Compared with other FEE use cases, the integration of speed and serving layer is of particular importance. Also, interesting areas of future research consider the integration of further information about processes, for example concerning interactions by email or behavioural (sensor) data, or additional information from unstructured and semi-structured data, by adapting and integrating further advanced approaches for information extraction, e.g. [26].

ACKNOWLEDGEMENTS

The FEE project was sponsored by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF), reference number 01IS14006. The authors are responsible for the contents of this contribution.

HAUPTBEITRAG

The very close interaction with industrial end users enabled by the FEE project ensures that the most relevant problems are tackled and that all required industrial process data and information are available. In future work packages, the developed solutions will be demonstrated together with the industrial partners.

MANUSKRIFT EINGANG
12.02.2016
Im Peer-Review-Verfahren begutachtet

AUTHORS

PD Dr. **MARTIN ATZMUELLER** (born 1976) is adjunct professor (Privatdozent) at the University of Kassel and heads the Ubiquitous Data Mining Research Group at the Research Center for Information System Design (ITeG), Research Unit Knowledge and Data Engineering. His research areas include data mining, network analysis, ubiquitous social media, and big data.

FG Wissensverarbeitung, Wissenschaftliches Zentrum für Informationstechnik-Gestaltung & FB Elektrotechnik/Informatik, Universität Kassel, 34121 Kassel,
E-Mail: atzmuel@cs.uni-kassel.de

Dr. **BENJAMIN KLÖPPER** (born 1981) works for the Analytics and Software Applications group at ABB Corporate Research. His research areas are Big Data Architecture and Fleet Analytics.

HASSAN ENAM AL MAWLA (born 1986) is a scientific assistant at the Measurement and Control Department of the University of Kassel. His research interests include linear and nonlinear system identification methods, and data-driven process analysis.

BENJAMIN JÄSCHKE (born 1988) is a scientific assistant at the Measurement and Control Department of the University of Kassel. His research topics are data mining, time series analysis, and anomaly detection.

Dr.-Ing. **MARTIN HOLLENDER** (born 1963) is working for the Operations Management group at ABB Corporate Research. His research areas are alarm management and industrial analytics.

MARKUS GRAUBE (born 1985) is working for the Chair of Distributed Control Systems of the Technische Universität Dresden. His research areas are semantic information modeling and human-machine-interaction.

DAVID ARNU (born 1983) works as a data scientist at RapidMiner GmbH at the Funded R&D group in the

R&D department. His research areas are predictive analytics and Big Data.

ANDREAS SCHMIDT (born 1982) is a scientific assistant at the Knowledge & Data Engineering Group and Interdisciplinary Research Center for Information System Design (ITeG) at the University of Kassel. His research interests include data mining, information retrieval and machine learning in the context of big data.

SEBASTIAN HEINZE (born 1990) is working for the Chair of Distributed Control Systems of the Technische Universität Dresden. His research area is human-machine-interaction in the process industry.

LUKAS SCHORER (born 1987) studied Media Technology at the Technical University of Ilmenau. His research interests are human-machine-interaction, user-centred design and requirements engineering. In 2015 he worked as research intern at the ABB Corporate Research Center Germany.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. **ANDREAS KROLL** (born 1967) is head of the Measurement and Control Department at the University of Kassel. His research areas are nonlinear identification and control methods, computational intelligence, and complex systems.

Univ.-Prof. Dr. **GERD STUMME** (born 1967) is head of the Knowledge & Data Engineering Group and Executive Director of the Interdisciplinary Research Center for Information System Design (ITeG) at the University of Kassel. His research interests include data mining, information retrieval, social media, social network analysis.

Prof. Dr.-Ing. **LEON URBAS** (born 1965) is head of the Chair of Distributed Control Systems and the System Process Engineering Group of the Technische Universität Dresden. His main interest is the digital transformation in the process industry.

VORSCHAU AUSGABE 10 / 2016

SCHWERPUNKT: SENSOR NETWORKS

atpedition

Prozessanlagenplanung 2.0 – Netzarchitektur aus Verfahrensbeschreibung ableiten

Time Sensitive Networking – Leistungssteigerung von Industrial Ethernet

Einsatz von WirelessHart in der Prozessregelung – WirelessHart am Beispiel einer Durchflussregelung

Schwingungsdämpfung bei Industrierobotern – Ein semi-aktiver Ansatz zur Verbesserung der Dynamik

Aus aktuellem Anlass können sich die Themen kurzfristig verändern.

IMPRESSIONUM

Verlag:

DIV Deutscher Industrieverlag GmbH
Arnulfstraße 124, 80636 München
Telefon +49 89 203 53 66-0, Fax +49 89 203 53 66-99
Internet: www.di-verlag.de

In Zusammenarbeit mit

Vulkan Verlag GmbH
Friedrich-Ebert-Straße 55, 45127 Essen
Telefon +49 201 820 02-0, Fax +49 201 820 02-40
Internet: www.vulkan-verlag.de

Geschäftsführer: Carsten Augsburger, Jürgen Franke

Verlagsleiterin: Kirstin Sommer

Spartenleiter: Jürgen Franke

Herausgeber: Dr. rer. nat. Thomas Albers, Dr. Gunther Kegel, Dr.-Ing. Jörn Oprzynski, Dr.-Ing. Wilhelm Otten, Dr.-Ing. Thomas Steckenreiter

Beirat: Prof. Mike Barth, Dr.-Ing. Kurt Dirk Bettenhausen, Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich, Dr.-Ing. Dagmar Dirzus, Prof. Dr.-Ing. Ulrich Epple, Prof. Dr.-Ing. Alexander Fay, Prof. Dr.-Ing. Georg Frey, Dipl.-Ing. Thomas Grein, Prof. Dr.-Ing. Hartmut Haeßnel, Dipl.-Ing. Tim-Peter Heinrichs, Dr.-Ing. Thomas Hauff, Prof. Dr.-Ing. Jens Jäkel, Dr.-Ing. Jörg Kiesbauer, Dipl.-Ing. Gerald Mayr, Antonio Monaco, Dr.-Ing. Josef Papenfort, Dipl.-Ing. Igor Stolz, Prof. Dr.-Ing. Birgit Vogel-Heuser, Dr. Andreas Wernsdörfer, Prof. Dr.-Ing. Michael Weyrich, Dr.rer.nat. Christian Zeidler

Organschaft: Organ der GMA (VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik) und der NAMUR (Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie).

Redaktion:

Jürgen Franke (verantwortlich)
Telefon +49 (0) 89 203 53 66 0
E-Mail: franke@di-verlag.de

Simon Meyer
Telefon +49 (0) 201 820 02 32
E-Mail: s.meyer@vulkan-verlag.de

Gerd Scholz (gz)

Einreichung von Hauptbeiträgen:
Prof. Dr.-Ing. Leon Urbas

(Chefredakteur, verantwortlich für die Hauptbeiträge)
Technische Universität Dresden,
Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, Professor für
Prozesseitentechnik,
01062 Dresden
Telefon +49 (0) 351 46 33 96 14
E-Mail: urbas@di-verlag.de

Fachredaktion:

Dr.-Ing. Michael Blum, Dipl.-Ing. Heinrich Engelhard, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Jasperneite, Dr.-Ing. Bernhard Kausler, Dr.-Ing. Niels Kiupel,

Prof. Dr.-Ing. Gerrit Meixner, Dr.-Ing. Jörg Neidig, Dipl.-Ing. Ingo Rolle, Dr.-Ing. Stefan Runde, Prof. Dr.-Ing. Frank Schiller

Verantwortlich für den Anzeigenteil:

Helga Pelzer
Telefon +49 (0) 201 82002-35
E-Mail: h.pelzer@vulkan-verlag.de

Es gelten die Preise der Mediadaten 2016

Anzeigenverwaltung:

Brigitte Krawczyk
Telefon +49 (0) 89 203 53 66 12
E-Mail: krawczyk@di-verlag.de

Satz, Layout und Herstellung:

Maike Nippert, Vulkan Verlag GmbH

Bezugsbedingungen: „atp edition – Automatisierungstechnische Praxis“ erscheint monatlich mit Doppelausgaben im Januar/Februar und Juli/August.

Bezugspreise: Der Jahres-Abonnementpreis beinhaltet den Bezug des gedruckten Hefts sowie eine Einzellizenz für das ePaper und das Online-Archiv der Jahrgänge seit 2008.

Abonnement: € 595,-*

Einzelausgabe (Heft): € 62,-*

Einzelausgabe (ePaper): € 59,-*

* inkl. Versand

Die Preise enthalten bei Lieferung in EU-Staaten die Mehrwertsteuer, für das übrige Ausland sind sie Nettopreise. Bestellungen sind jederzeit beim Leserservice oder bei Buchhandlungen im In- und Ausland möglich. Bei Neubestellungen gelten die zum Zeitpunkt des Bestelleingangs gültigen Bezugspreise. Abonnements verlängern sich um ein Jahr, wenn sie nicht bis acht Wochen vor Ende des Bezugszeitraums schriftlich gekündigt werden. Die Abonnementgebühren werden im Voraus in Rechnung gestellt oder bei Teilnahme am Lastschriftverfahren bei den Kreditinstituten abgebucht. Bitte teilen Sie Änderungen von Adressen oder Empfängern bis spätestens sechs Wochen vor Gültigkeit dem Leserservice mit.

Abonnement-/Einzelheftbestellung:

Leserservice atp
Postfach 9161
97091 Würzburg
Telefon +49 0 931 417 16 15
Telefax +49 0 931 417 04 94
leserservice@di-verlag.de

Druck:

Druckerei Chmielorz GmbH
Ostring 13, 65205 Wiesbaden-Nordenstadt

Die atp wurde 1959 als „Regelungstechnische Praxis – rtp“ gegründet.

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung ohne Einwilligung des Verlages strafbar.

ISSN : 2190-4111

eISSN : 2364-3137





8. SIL-Sprechstunde

Funktionale Sicherheit

20. + 21.09.2016, Mannheim, Pepperl+Fuchs GmbH

www.sil-sprechstunde.de



Veranstaltungskonzept

Der Zufall hat viele Aspekte, vieles davon beeinflusst natürlich auch Fragen der Funktionalen Sicherheit. Lassen Sie sich Ihre Fragen zu SIL jetzt beantworten! Die Veranstaltungsreihe hebt sich von den üblichen Schulungen und Seminaren dadurch ab, dass die Teilnehmer das Programm mitgestalten. Reichen Sie Ihre Fragen rund um SIL ein. Diskutieren Sie mit Experten über die aktuellen Themen der Funktionalen Sicherheit auf der diesjährigen SIL-Sprechstunde in Mannheim!

Termin

- Dienstag, **20.09.2016**
Veranstaltung (11:30 – 17:00 Uhr)
„Get-Together-Abend“ (ab 18:00 Uhr)
- Mittwoch, **21.09.2016**
Veranstaltung (9:00 – 14:00 Uhr)

Ort

Pepperl+Fuchs GmbH
Lilienthalstr. 200
68307 Mannheim

Programm

- Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen
- Ist der probabilistische Ansatz bei „Energized to Trip“ und „State Dependent“ Sicherheitsfunktionen sinnvoll und ausreichend?
- Betrachtung systematischer und zufälliger Fehler im Rahmen der Namur-Empfehlung NE 106
- Warum probabilistische Betrachtungen oft fragwürdig sind
- Große SIL-Sprechstunde

DIV Deutscher Industrieverlag GmbH/
Vulkan Verlag GmbH
Helga Pelzer
Friedrich-Ebert-Str. 55
45127 Essen
Tel.: +49 (0)201 8 20 02-35
Fax: +49 (0)201 8 20 02-40
E-Mail: h.pelzer@vulkan-verlag.de
www.atpinfo.de

atpedition
Automatisierungstechnische Praxis

Referenten

- Werner Brockschmidt, Tesium GmbH
- Thomas Gabriel, Bayer Technology Service GmbH
- Ivo Hanspach, HIMA Paul Hildebrandt GmbH + Co KG
- Martin Herrmann, Infracor GmbH
- Andreas Hildebrandt, Pepperl+Fuchs GmbH
- Thomas Karte, Samson AG
- Michael Kindermann, Pepperl+Fuchs GmbH
- Gerold Klotz-Engmann, Endress+Hauser Messtechnik GmbH+Co. KG
- Josef Kuboth, Landesamt für Natur-, Umwelt- und Verbraucherschutz NRW
- Udo Menck, Dow Deutschland Anlagengesellschaft mbH
- Bernd Schrörs, Bayer Technology Services GmbH
- Heiko Schween, HIMA Paul Hildebrandt GmbH + Co KG
- Pascal Staub-Lang, TÜV SÜD Industrie Service GmbH, NL St. Ingbert
- Johann Ströbl, TÜV SÜD Industrie Service GmbH, NL Regensburg
- Michael Tewes, Infracor

Teilnahmegebühren

- atp edition-Abonnenten 550 € zzgl. MwSt.
- Firmenempfehlung 600 € zzgl. MwSt.
- reguläre Teilnahmegebühr 700 € zzgl. MwSt.
- Studenten kostenlos

(Universität, Fachhochschule, Duale Hochschule – Vorlage des Studentenausweises bei der Anmeldung erforderlich)

Anmeldung und Fragen

Detaillierte Informationen zur Veranstaltung, das vollständige Programm sowie die Online-Anmeldung finden Sie im Internet unter www.sil-sprechstunde.de

Hier können Sie Ihre Fragen auch direkt online und anonym einreichen.

Pepperl+Fuchs GmbH
Dr. Andreas Hildebrandt
Lilienthalstraße 200
68307 Mannheim
Tel.: +49 (0) 621 776-1454
Fax: +49 (0) 621 776-1108
E-Mail: ahildebrandt@de.pepperl-fuchs.com
www.pepperl-fuchs.de

PEPPERL+FUCHS
PROTECTING YOUR PROCESS

