

atp edition

Automatisierungstechnische Praxis

NAMUR

Special zur Namur-
Hauptsitzung 2016

Macher und Meinung:
Das Yokogawa-Management im
Interview mit der atp edition
„Global operieren, gemeinsam
innovieren“ | 12

Namur Open Architecture | 20

Plug-and-operate für die
produktionsnahe Logistik | 38

Höhere Anlagenperformance
in der Prozessindustrie | 48

Big und Smart Data | 58

Jetzt Zugang sichern!

Print. Digital. Heftarchiv.



Mit dem **All-in-one-Abo** der **atp plus** lesen Sie flexibel:
Print oder digital, online oder offline, jederzeit und überall. Und alles im Preis inbegriffen.
Registrieren Sie sich jetzt und nutzen Sie alle Optionen!

Einfach mit Kunden- und Abonummer unter www.di-verlag.de freischalten.

atp₊plus

Viele wichtige Schritte auf dem Weg zu Industrie 4.0

Es soll ja Menschen geben, die den Begriff Industrie 4.0 nicht mehr hören können, weil er so oft verwendet wird. Schade, denn eine wirkliche industrielle Revolution kommt nicht über Nacht, sondern erfordert jahrelange Arbeit. Und man kann sie nicht wie ein Produkt kaufen, sondern muss sie machen – mit Fleiß, Konzepten und unternehmerischem Mut. Auf der Namur-Hauptsitzung 2016 sah man, dass viele Arbeitskreise und viele Unternehmen viele kleine Schritte tun. Und weil sie nicht wild durcheinander laufen, sondern gut koordiniert in eine Richtung arbeiten, gibt es gute Ergebnisse.

Zugegeben: Nicht in allem, was mit Industrie 4.0 beworben wird, ist auch Industrie 4.0 drin. Die sieben jüngst in einem ZVEI-Leitfaden („Welche Kriterien müssen Industrie-4.0-Produkte erfüllen?“) veröffentlichten Kriterien bringen hier mehr Klarheit:

- eindeutige Identifikation aller Komponenten,
- standardisierte Industrie-4.0-Kommunikation zwischen den Komponenten,
- Industrie-4.0-Semantik als gemeinsame Sprache,
- eine virtuelle Beschreibung als digitales Abbild,
- Industrie-4.0-Dienste und -Zustände als offene Beschreibung von Daten und Funktionen,
- grundlegende standardisierte Funktionen sowie
- Security-Fähigkeiten.

Die auf der Namur-Hauptsitzung 2016 präsentierten und im vorliegenden Heft dokumentierten Konzepte gehen definitiv in die richtige Richtung:

- Namur Open Architecture (NOA) macht die Automatisierungspyramide transparent zum Export und kontrollierten Import von Daten und Informationen, ohne die Vorteile der bisherigen Automatisierungswelt aufzugeben.
- Plug-and-operate für die produktionsnahe Logistik wird möglich, wenn jeder Materialfluss durch einen Informationsfluss begleitet wird. Die materialflusstechnischen Industrie-4.0-Komponenten werden dadurch flexibel und kompatibel einsetzbar.
- Die Steigerung der Anlagenperformances wird messbar, wenn dafür sinnvolle Maßzahlen definiert werden. Verbesserungen können durch Anwendung von Modellen, Vergleichen mit bestmöglichen Werten und geeignete Informationsmodelle erreicht werden.
- Datengräber gibt es genug – mit Big Data- und Smart Data-Ansätzen kann ein Mehrwert für die Betreiber aufgezeigt werden. Nutzerzentrierte oder gerätezentrierte Ansätze liefern wertvolle Informationen.

Wie bei jedem Fortschritt wird es auch bei Industrie 4.0 Pioniere, Mitläufer und Nachzügler geben, wobei die Lowtech-orientierten Nachzügler in der Hochlohnregion Europa kaum überleben können. Lassen Sie sich durch die Beiträge informieren und motivieren und entscheiden Sie dann, in welchen Gebieten Sie und Ihr Unternehmen Pioniere sein wollen und wo Mitläufer. Den Druck, besser zu werden, spüren wir doch alle. Genug Sinnvolles zu tun gibt es, die technischen Möglichkeiten sind gegeben und die Richtung ist jetzt auch klar. Auf geht's!



Thomas Tauchnitz

DR. THOMAS TAUCHNITZ,

Mitglied des
NAMUR-Vorstands

NACHRICHTEN

FORSCHUNG

- 6 | Hybr-iT soll flexible Zusammenarbeit von Mensch und Roboter fit machen für den Industrieinsatz
System soll Wartungsinformationen automatisch aus Maschinendaten generieren und visualisieren
- 7 | Modellfabrik simuliert Industrie-4.0-Prozesse

BRANCHE

- 8 | Kooperationsvereinbarung: Roboterhersteller setzen für M2M-Kommunikation auf neue OPC-UA-Spezifikation
VDI beklagt zu langsamen Einstieg in Digitalisierung
- 9 | IO-Link spezifiziert Profil für Firmware-Update
E-Technik: Stagnation, aber mehr Studentinnen
Schwacher Dezember beendet durchwachsesenes Jahr

VERBAND

- 10 | Personalkarussell: Steckenreiter wechselt in den Samson-Vorstand, Hanisch in die Namur-Führung
NE 74 erfasst jetzt auch Ethernet-Feldbussysteme
- 11 | Führungswechsel bei europäischem Roboterverband
Kluger und Winkelmann im Robotik-Vorstand
Namur-Tagung in China zählte über 160 Teilnehmer

MACHER UND MEINUNG

- 12 | Global operieren, gemeinsam innovieren

**DR. ANDREAS HELGET, TAKASHI NISHIJIMA,
SATORU KUROSU, MASATOSHI NAKAHARA**

AUS DER PRAXIS

- 18 | Die Anwendung modularer Automation bei Sicherheitssystemen erhöht die Anlagenverfügbarkeit

HAUPTBEITRÄGE

- 20 | Namur Open Architecture

CHRISTIAN KLETTNER, THOMAS TAUCHNITZ, ULRICH EPPLE, LARS NOTHDURFT, CHRISTIAN DIEDRICH, TIZIAN SCHRÖDER, DANIEL GROSSMANN, SUPRATEEK BANERJEE, MICHAEL KRAUSS, CHRIS IATROU, LEON URBAS

- 38 | Plug-and-operate für die produktionsnahe Logistik

STEPHAN KESSLER, HARTMUT LENZ, CINDY RYTIR, ANNETTE SCHICK, MICHAEL SCHNEIDERHAN

- 48 | Höhere Anlagenperformance in der Prozessindustrie

UDO ENSTE

- 58 | Big und Smart Data

JENS FOLMER, IRIS KIRCHEN, EMANUEL TRUNZER, BIRGIT VOGEL-HEUSER, THORSTEN PÖTTER, MARKUS GRAUBE, SEBASTIAN HEINZE, LEON URBAS, MARTIN ATZMÜLLER, DAVID ARNU

RUBRIKEN

- 3 | Editorial
- 71 | Impressum, Vorschau

Hybr-iT soll flexible Zusammenarbeit von Mensch und Roboter fit machen für den Industrieinsatz

Im Forschungsprojekt Hybr-iT soll die flexible Zusammenarbeit von Menschen, Robotern und Produktionsanlagen intensiviert werden. Das Projekt wird koordiniert vom DFKI, an dessen Saarbrücker Standort die Arbeit kürzlich gestartet wurde. In dem vom Bundesforschungsministerium geförderten Vorhaben soll ein neuer Weg partizipativer Arbeitsgestaltung beschritten

werden: Selbstorganisation und Kommunikation der Teammitglieder werden mit der klassischen Arbeitsplanorientierung verschränkt und effektiv koordiniert.

Hybr-iT soll einen wesentlichen Beitrag leisten zu der zukünftig geforderten Wandlungsfähigkeit und somit zur optimalen Auslastung von Montage- und Fertigungsanlagen. Verfügbare Produktionssysteme sind zwar schon weitgehend digitalisiert, vernetzt und teilweise auch wandlungsfähig. Für eine tatsächliche Zusammenarbeit von Mensch und Roboter aber sind sie noch nicht hinreichend gerüstet. Hybr-iT adressiert neben diesen fertigungstechnischen Herausforderungen auch Fragen der soziotechnischen Beherrschbarkeit.

Ziele in Hybr-iT sind der Aufbau und die industrielle Erprobung hybrider Teams, in denen Menschen und Roboter mit softwarebasierten Assistenzsystemen in intelligenten Umgebungen in der industriellen Fertigung zusammenarbeiten. Hybr-iT erforscht und erprobt im industriellen Kontext die notwendigen Komponenten, die für die Planung und Optimierung hybrider Teams, für ihre Integration in eine vorhandene IT- und Produktionsstruktur sowie für ihre Steuerung im Produktionsbetrieb essenziell sind.

Aus IT-Sicht handelt es sich dabei um massiv verteilte Systeme mit sehr heterogenen Teilsystemen wie Anlagen- und Robotersteuerungen, Sicherheits-, Logistik-, Datenbank-, Assistenz-, Tracking-, Simulations- und Visualisierungssystemen, die in einer umfassenden ressourcenorientierten Architektur (ROA) miteinander verbunden werden.

DEUTSCHES FORSCHUNGSZENTRUM FÜR KÜNSTLICHE INTELLIGENZ, DFKI



KICK-OFF-MEETING: Zum Start des Projekts trafen sich Vertreter der beteiligten Institute und Unternehmen im DFKI Saarbrücken. Bild: DFKI

System soll Wartungsinformationen automatisch aus Maschinendaten generieren und visualisieren

Mit zukunftsweisenden Technologien wollen Forscher die Instandhaltung immer komplexer werdender Anlagen erheblich erleichtern. Realisiert werden soll das mit vernetzten Maschinen, intelligenten Assistenzsystemen und einer Verringerung der Schulungsarbeiten für Instandhalter. Daran forschen derzeit Wissenschaftler am Lemgoer Institut für industrielle Informationstechnik (inIT) gemeinsam mit Industriepartnern. Unterstützt wird das Projekt „Adima“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit rund 600 000 Euro.

Die Abkürzung Adima steht für Adaptive Assistenzsystem für die Instandhaltung intelligenter Maschinen und Anlagen. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Assistenzsystems, das Wartungsinformationen basierend auf maschinellen Lernalgorithmen selbstständig aus dezentral erfassten Maschinendaten generiert und so visualisiert, dass Instandsetzungsarbeiten von lokal ansässigen Technikern auch ohne

maschinenspezifisches Wissen schnell und erfolgreich durchgeführt werden können.

Für die Lemgoer Wissenschaftler sind computergestützte Assistenzsysteme der Schlüssel, um die steigende Komplexität der Anlagen für Menschen handhabbar zu machen. Um kontinuierlich die Praxistauglichkeit der Entwicklungen zu testen, soll im Laufe des Projektes ein Demonstrator des Assistenzsystems in Verbindung mit einer realen Anlage aufgebaut werden.

Das angestrebte Assistenzsystem beruht auf dem Internet der Dinge (IoT), mit dem Daten aus sehr unterschiedlichen Quellen einer Maschine und dessen Umfeld in der notwendigen Qualität erfasst und für die anschließende Wissensgenerierung aufbereitet werden sollen. Erste Einsätze peilen die Forscher bereits in 2019 an.

CENTRUM INDUSTRIAL IT (CIIT)

Modellfabrik simuliert Industrie-4.0-Prozesse

Eine vollautomatische Fabrik im Modellformat simuliert an der Universität Kassel ab sofort Industrie-4.0-Prozesse. Die Anlage umfasst auch selbstlenkende Roboter, die Produkte zwischen den Fertigungsinseln austauschen. Die Modellfabrik trägt dazu bei, Industrie 4.0 in Fahrt zu bringen. Sie ermöglicht es, vollautomatische Produktionsabläufe abzubilden und Methoden etwa zur Prognose von Fehlern in einer automatisierten, vernetzten und heterogenen Fabrik zu erforschen. So lassen sich gezielt kritische Situationen provozieren, beliebig oft wiederholen, analysieren und Methoden zur Verbesserung entwickeln.

Die Modellfabrik besteht aus sechs miteinander kommunizierenden Stationen sowie mobilen Robotern und einem Leitstand, von dem aus die Anlage überwacht wird. Die Anlage bildet einen Fertigungsprozess vom Zusammenfügen erster Komponenten bis zur Einlagerung des Endprodukts ab. Den Transport der Ausgangs- und Zwischenprodukte übernehmen Roboter.



EINBLICK IN DIE MODELLFABRIK: Wissenschaftler der Uni Kassel erforschen Produktionsabläufe in automatisierten, vernetzten und heterogenen Fabriken. Bild: Uni Kassel

Der Uni Kassel zufolge ist die Anlage in ihrer Form in Deutschland einzigartig: „Im Gegensatz zu Anlagen anderer Hochschulen kann unsere Modellfabrik mehr heterogene Prozesse abbilden, und die Fertigungsinseln sind untereinander flexibel verknüpfbar“, erklärt Prof. Dr. Andreas Kroll, Leiter des Fachgebiets Mess- und Regelungstechnik. Auch der Einsatz mobiler Roboter sei andernorts selten.

„Die Anlage ermöglicht uns grundlagenorientierte ebenso wie anwendungsnahe Forschung“, so Kroll weiter. Die Anlage wurde seit 2013 aufgebaut und bereits Anfang 2016 in einer vorläufigen Form in Betrieb genommen. In den vergangenen Monaten wurde die Fabrik durch eine zusätzliche Prozessinsel komplettiert. Alle Produktionseinrichtungen sind Eigenentwicklungen von Wissenschaftlern und Studierenden. Dadurch beschränkt sich die Kosten auf einen sechststelligen Betrag. Die Simulation technischer Systeme ist einer der Forschungsschwerpunkte der Universität Kassel.

UNIVERSITÄT KASSEL

all about 
automation
friedrichshafen

Gratis-Ticket
Code 35SmMsd7

Die Fachmesse für Industrieautomation in der Bodenseeregion

- Hochkarätige Aussteller für Systeme, Komponenten, Dienstleistungen
- Fokus auf einsatzbereite Lösungen und leistungsfähige Konzepte
- Viel Zeit für Fachgespräche in angenehmer Messeatmosphäre

08.–09.03.2017

Messe Friedrichshafen

Ihr Gratis-Ticket aktivieren:

www.automation-friedrichshafen.com

Kooperationsvereinbarung: Roboterhersteller setzen für M2M-Kommunikation auf neue OPC-UA-Spezifikation

Die VDMA-Fachabteilung Robotik und die OPC Foundation haben ein Memorandum of Understanding unterzeichnet, das die Erarbeitung einer OPC UA Robotics Companion Specification vorsieht. Am Ende einer „intensiven Meinungsbildung innerhalb der Robotikbranche“, so betont der VDMA, habe die Erkenntnis gestanden, dass die für die Realisierung von Industrie 4.0 notwendige Maschine-zu-Maschine

(M2M)-Kommunikation idealerweise auf Basis von OPC UA, einem industriellen M2M-Kommunikationsframework, gestaltet werden kann.

„Die Robotik ist ein Herzstück der Industrie 4.0. Mit der Entwicklung einer OPC UA Companion Specification speziell für die Robotik machen wir in der Umsetzung der Industrie 4.0 einen deutlichen Sprung nach vorne“, sagte Dr. Michael Wenzel, Vorsitzender der VDMA-Fachabteilung Robotik.

Erste Diskussionen, welche Informationen, Daten, Funktionen und Dienste in ein Produktionsnetzwerk zu integrieren sind und in OPC UA abgebildet werden sollen, wurden bereits geführt. Ein Arbeitskreis zur Entwicklung der Companion Specification formierte sich Mitte Februar. Stefan Hoppe, Vice President der OPC Foundation, erläutert: Ziel der OPC Foundation sei es, auf Basis von OPC UA „einen Industriellen Interoperabilitätsstandard für die horizontale und vertikale Integration vom Sensor bis in die IT-Enterprise-Ebene zu schaffen“.

Ein VDMA-Leitfaden „Industrie-4.0-Kommunikation mit OPC UA“ ist momentan in Arbeit. Er soll den Maschinen- und Anlagenbau bei der Einführung unterstützen und Handlungsempfehlungen geben. „Unser Ziel ist es, mit dem Leitfaden ein klares Bekenntnis zu OPC UA in der Industrie 4.0-Kommunikation zu geben. Dies führt zum Absenken der Hemmnisse kleiner und mittelständiger Unternehmen beim Auf- und Ausbau der I4.0-Kommunikation“, sagte Dr. Christian Mosch, vom VDMA-Forum Industrie 4.0.



DAS MEMORANDUM OF UNDERSTANDING

UNTERZEICHNETEN: Stefan Hoppe, Vice President der OPC Foundation (r.), und Patrick Schwarzkopf, Geschäftsführer des VDMA-Fachverbands VDMA Robotik + Automation. Bild: VDMA

VDMA-FACHABTEILUNG ROBOTIK

VDI beklagt zu langsamen Einstieg in Digitalisierung

Deutsche Unternehmen nutzen digitale Technologien in der Produktion noch zu vorsichtig – und verschenken damit ein Produktivitätspotenzial von mindestens acht Milliarden Euro. Das kritisiert der VDI auf Basis der aktuellen Erhebung „Modernisierung der Produktion“, die das Fraunhofer Institut für System und Innovationsforschung (ISI) gemeinsam mit der Hochschule Karlsruhe im Auftrag des VDI ausgewertet hat.

„Die deutschen Industrieunternehmen digitalisieren ihre Produktion zu zögerlich. Das gilt insbesondere für die mittleren und kleinen – die KMUs“, kritisiert Prof. Dr.-Ing. Udo Ungeheuer. Und der VDI-Präsident hebt die versenkten Potenziale hervor: „Wenn alle Industrieunternehmen in Deutschland mindestens eine Digitalisierungstechnologie einsetzen, würden wir Produktivitätssteigerungen in Höhe von etwa 7,9 Milliarden Euro erzielen.“ Bezogen auf Einzelunternehmen bedeute das: Betriebe, die mindestens eine Digitalisierungstechnologie nutzen, haben eine um 15 Prozent höhere Arbeitsproduktivität als diejenigen, die keine der Technologien nutzen.

Ungeheuer fordert daher insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen auf, mehr und schneller in die Digitalisierung zu investieren. Das sichere die Wettbewerbsfähigkeit. „Nur so halten wir auch künftig Produktion und Arbeitsplätze in Deutschland“, betont der VDI-Präsident.

Die Studie zeigt: Alle Industrieunternehmen profitieren enorm von Digitalisierungstechnologien. Dabei nutzen größere Unternehmen digitale Technologien bis zu drei Mal mehr als KMU. Allerdings erfordert der Einsatz der Technologien auch einen erheblichen Investitionsaufwand. „Für KMU könnte ein fokussiertes Vorgehen bei der Technologieeinführung gebracht sein, um sich anfänglich nicht zu übernehmen“, empfiehlt Prof. Dr. Steffen Kinkel, Hochschule Karlsruhe. So sei der Datenaustausch mit Kunden und Lieferanten bei den KMU noch vergleichsweise schwach ausgeprägt. Gerade hier liegen Potenziale, die durch Industrie 4.0 gehoben werden können.

VDI VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

IO-Link spezifiziert Profil für Firmware-Update

Selbst kleinste Sensoren haben heute einen leistungsfähigen Mikrocontroller und mehrere tausend Zeilen Softwarecode. Hin und wieder können Updates der Firmware erforderlich sein, etwa um neue Funktionalitäten zu ermöglichen oder für neu unterstützte Profile, die zum Zeitpunkt der Entwicklung des Gerätes noch nicht bekannt waren. Um diese Anforderungen zu bedienen, hat die IO-Link Community ein Firmware-Update-Profil spezifiziert.

IO-Link ist der Community zufolge derzeit das einzige Kommunikationsprotokoll, das einen einheitlichen Firmware-Update-Mechanismus herstellerübergreifend unterstützt. Das Firmware-Update-Profil wird zurzeit von verschiedenen Herstellern von IO-Link-Devices implementiert und benutzt den neu entwickelten BLOB-Transfer (Binary Large Objects) für die Übertragung von großen Datenmengen. In Zukunft sind damit Updates von Firmware einfacher und schneller möglich.

Der Hersteller des Devices stellt für das Firmware-Update eine spezielle Datei zur Verfügung (*.iolfw), die

neben der eigentlichen Gerätesoftware auch zusätzliche Informationen, etwa zur Verifizierung oder auch Informationen für den Kunden, enthält. Mit dem IO-Link-Profil lassen sich zudem Tools zur Parametrisierung des Masters für das Firmware-Update entwickeln. Der Anwender kann mit einem solchen Tool die bereitgestellte Datei öffnen und den Updatevorgang starten. Dabei überprüft das Tool, ob die Firmware und das Device kompatibel sind. War die Authentifizierung erfolgreich, schaltet das Tool das Device in den Bootload-Mode und startet die eigentliche Übertragung und Speicherung der neuen Software im Gerät. Am Ende des Vorgangs wird der Status des Updates angezeigt und bei einem erfolgreichen Update das Gerät neu gestartet, sodass es anschließend mit der neuen Funktionalität in der Anlage verwendet werden kann. Dabei soll das Update eines typischen Devices weniger als einer Minute dauern.

PI (PROFIBUS & PROFINET INTERNATIONAL)

E-Technik: Stagnation, aber mehr Studentinnen

Die Gesamtzahl der Studienanfänger im Fach Elektrotechnik und Informationstechnik stagniert, der Frauenanteil aber steigt. Im aktuellen Studienjahr (SS 2016/WS 2016/17) haben sich laut Statistischem Bundesamt 17 388 (plus 0,1 Prozent) Studenten in den Studiengang Elektrotechnik und Informationstechnik eingeschrieben, wie der VDE mitteilt.

Unter den Einsteigern waren 2842 Frauen (plus 5,4 Prozent). Damit hat ihr Anteil die Rekordquote von 16,3 Prozent erreicht. Die Zahl der männlichen Studienanfänger sank um 0,8 Prozent. Auswertungen des VDE ergaben, dass der Anteil der Studentinnen besonders seit 2011 kontinuierlich zugenommen habe – von zehn auf heute über 16 Prozent.

Bei der Wahl des Hochschultyps zeichnet sich eine Verschiebung in Richtung der Universitäten ab. Hier nahmen 6,7 Prozent mehr Studienberechtigte ein Studium auf, während die Zahl an Fachhochschulen um 4,7 Prozent zurückging. Insgesamt starteten etwa 7800 Studenten an den Universitäten und rund 9500 an den Fachhochschulen. Dabei unterscheiden sich die Vorlieben bei den Geschlechtern: Während rund 53 Prozent der Studentinnen an Universitäten strebten, lag dieser Anteil bei den männlichen Einsteigern nur bei etwa 44 Prozent.

VDE VERBAND DER ELEKTROTECHNIK ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK E.V.

Schwacher Dezember beendet durchwachsesenes Jahr

Beim Auftragseingang hat der Maschinenbau in Deutschland das Jahr 2016 mit einem weiteren durchwachsenen Monat beendet. Für den Dezember ergibt sich insgesamt ein Minus der Bestellungen von real 15 Prozent, wie der VDMA mitteilte. Wesentlicher Grund dafür war der Basiseffekt durch das starke Großanlagengeschäft im Vorjahresmonat. „Im Gesamtjahr 2016 verbuchte der Maschinenbau damit ein Minus der Auftragseingänge von real zwei Prozent“, erläutert VDMA-Chefvolkswirt Dr. Ralph Wiechers. „Mehr war angesichts der vielen politischen Unsicherheiten in der Welt auch nicht zu erwarten.“

Im Dezember überzeugte das Inland mit einem Zuwachs der Bestellungen um sieben Prozent, die Aufträge aus dem Ausland nahmen um 22 Prozent ab. „Anders als im Vorjahr blieb der Jahresendspurt bei den Bestellungen aus. Die Maschinenbaukonjunktur

erweist sich damit weiter als robust – nicht mehr, aber auch nicht weniger“, resümiert Wiechers.

Im Drei-Monats-Vergleich (Oktober bis Dezember) sank der Auftragseingang zum Vorjahr um real 8 Prozent. Auch hier verbuchte das Inland einen Zuwachs der Bestellungen (plus vier Prozent), während die Auslandsorders um zwölf Prozent sanken.

In Nordrhein-Westfalen schloss der Maschinen- und Anlagenbau das Jahr mit einem Gesamtminus von neun Prozent bei den Auftragseingängen ab. Von Oktober bis Dezember wurde sogar ein Minus von 14 Prozent verbucht. Das Minus von 20 Prozent bei den Auslandsaufträgen konnte durch das leichte Inlandsplus von zwei Prozent bei weitem nicht kompensiert werden.

VDMA VERBAND DEUTSCHER MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

Personalkarussell: Steckenreiter wechselt in den Samson-Vorstand, Hanisch in die Namur-Führung

Dr. Thomas Steckenreiter geht von Bayer zu Samson. Dort tritt er zum 1. Juni 2017 als Forschungs- und Entwicklungsvorstand an. Mit dem Wechsel von der Anwender- auf die Herstellerseite wird er seinen

Vorstandsposten bei der Namur aufgeben. Dort soll ihm Dr. Felix Hanisch folgen.

Steckenreiter will auf Basis seiner langjährigen Erfahrung zusammen mit seinem Entwicklungsteam den durch die digitale Transformation getriebenen technologischen Wandel in anwendbare Produkte, Dienstleistungen und zukünftige Geschäftsmodelle für die Prozessindustrie umsetzen. Der promovierte Chemiker führte von 2006 bis 2013 als Direktor den Bereich Marketing bei Endress+Hauser Conducta. Im Juli 2013 wechselte er zu Bayer Technology Services (BTS), heute Bayer AG, und leitete dort als Mitglied des BTS Management Committees weltweit die Division Operation Support & Safety. Der Wissenschaftler gehört auch dem Kreis der Herausgeber der *atp edition – Automatisierungstechnische Praxis* an.

Thomas Steckenreiter ist seit 2013 auch im Vorstand der Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie (Namur) tätig. Infolge des Wechsels zum Hersteller Samson wird er dort ausscheiden. Die Interessengemeinschaft, die die Interessen der Anwender vertritt, hat bereits auf der letzten Mitgliederversammlung Dr. Felix Hanisch, IO-S&A Global Process Control Technology, Covestro, als zusätzliches Namur-Board-Mitglied gewählt. Mit dem Wechsel von Dr. Felix Hanisch zu Bayer als Nachfolger von Dr. Steckenreiter wird er den Bayer-Platz im Namur-Vorstand übernehmen.



DR. THOMAS STECKENREITER wechselt zurück auf die Herstellerseite und verlässt daher den Namur-Vorstand. Bild: Samson

SAMSON AG

NE 74 erfasst jetzt auch Ethernet-Feldbussysteme

Die Namur hat ihre Empfehlung 74 „Anforderungen an einen Feldbus“ komplett aktualisiert und das Thema Anforderungen an Ethernet-Feldbussysteme neu eingefügt. Unter einem Feldbus werden Hard- und Software eines Kommunikationssystems verstanden, das Information zwischen dezentral angeordneten Sensoren und Aktoren (Feldgeräte) und Controllern eines Prozessleitsystems durchgängig digital austauscht.

Eine Kurzfassung der NE 74-Inhalte: Zurzeit erfolgt die Kommunikation zwischen dem Controller und den Feldgeräten über Einzelverbindungen. Diese Technik mit den standardisierten Strom- und Spannungssignalen (beispielsweise 4–20 mA, Namur-Signal für Initiatoren, 24-V-Binärsignal) gelangt in zunehmendem Maß an ihre Grenzen, wenn den steigenden Anforderungen an den Kommunikationsumfang, die Übertragungsgenauigkeit und die Übertragungssicherheit Rechnung getragen werden soll.

So werden vom Feldbus bessere und umfangreichere Kommunikationsmöglichkeiten mit Geräten im Feld erwartet, die es erlauben, neben den eigentlichen Mess- und Stellwerten auch Statussignale für Wartung und Diagnose, Parametrierdaten und andere Informationen zu übertragen.

Die zunehmend höheren Kommunikationsanforderungen werden durch „intelligente“ Feldgeräte (Wagen, Analysengeräte, „smart“-Transmitter) erfüllbar, bei denen eine teils konfigurierbare, teils parametrierbare Informationsverarbeitung innerhalb der Geräte qualitativ bessere Messsignale liefert und die nachfolgende Signalverarbeitung in den Controllern des Prozessleitsystems (PLS) entlastet.

Anders als beim analogen Einheitssignal (4–20 mA) besteht bei digitaler Signalübertragung die Möglichkeit, höher aufgelöste Signale zu übertragen und die Korrektheit übertragener Daten zu überprüfen. Die digitale Übertragung erfolgt grundsätzlich ohne Genauigkeitsverlust. Wollte man die zusätzlich verfügbaren Statussignale konventionell übertragen, würde der schon heute notwendige immense Verdrahtungsaufwand unrealistische Ausmaße erreichen. Der Übergang zum Feldbus (beziehungsweise zu Feldbussystemen) wird die einzige Möglichkeit sein, diesem Problem zu begegnen.

**NAMUR – INTERESSENGEMEINSCHAFT
AUTOMATISIERUNGSTECHNIK DER
PROZESSINDUSTRIE E.V.**

Führungswechsel bei europäischem Roboterverband

Walter Zulauf wird nun drei Jahre lang die Geschicke von EUnited Robotics lenken. Die Mitgliederversammlung des europäischen Roboterverbands wählte in Brüssel den Direktor Technologie der Güdel Group zum neuen Vorsitzenden. Er ist damit Nachfolger von Henrik A. Schunk, dem geschäftsführenden Gesellschafter von Schunk, der nach sechs Jahren an der Verbandsspitze zum stellvertretenden Vorsitzenden gewählt wurde. Wilfried Eberhardt, CMO bei Kuka wurde für eine zweite Amtszeit als stellvertretender Vorsitzender bestätigt. Wilfried Eberhardt hat derzeit auch das Amt des Präsidenten des Dachverbandes EUnited aisbl inne.

Als neuer Vorsitzender von EUnited Robotics will Walter Zulauf weiter an den Zukunftsthemen der Branche arbeiten. Das Unternehmen Güdel ist eines der Gründungsmitglieder des im Jahr 2004 geschaffenen Verbands.

Zulauf ist seit 1990 bei Güdel tätig und arbeitete eng mit dem 2014 verstorbenen Firmeninhaber Rudolf Güdel zusammen, der die Aktivitäten von EUnited Robotics über mehrere Jahre aktiv mitgestaltete.

Zu den Erfolgen von Henrik Schunk zählt unter anderem, EUnited Robotics als Sprachrohr der Industrie gegenüber der Europäischen Kommission etabliert und einen regelmäßigen Dialog gestartet zu haben. Unter seiner Leitung trafen sich im Jahr 2015 Experten und führende Vertreter der Branche auch zum ersten europäischen Robotik-Summit – eine Plattform, die den offenen Diskurs über die zukunftsweisenden Themen der Robotikindustrie in Europa initiierte und damit die Basis für zukünftige Veranstaltungen dieser Art bildet.

EUNITED ROBOTICS

Kluger und Winkelmann im Robotik-Vorstand

Die VDMA-Fachabteilung Robotik hat zwei neue ehrenamtliche Vorstandsmitglieder gewählt. Dr. Klaus Kluger und Ralf Winkelmann folgen auf Olaf Kramm (Fanuc) und Wilfried Eberhardt (Kuka), der weiterhin im Gesamtvorstand des VDMA-Fachverbandes Robotik + Automation aktiv sein wird. Kluger ist Managing Director Europe bei Omron Adept Technologies in Dortmund, Ralf Winkelmann verantwortet als Geschäftsführer den Vertrieb von Fanuc Deutschland in Neuhausen. Vorstandsvorsitzender der Fachabteilung bleibt Dr. Michael Wenzel, Kuka Industries.

Die Fachabteilung Robotik gehört zum VDMA-Fachverband Robotik + Automation. In ihm sind mehr als 270 Anbieter von Komponenten und Systemen aus den Bereichen Robotik, Integrated Assembly Solutions (vormals Montage- und Handhabungstechnik) sowie Industrielle Bildverarbeitung zusammengeschlossen.

VDMA-FACHABTEILUNG ROBOTIK



DIE NEUEN VORSTANDSMITGLIEDER Ralf Winkelmann (li.) und Dr. Klaus Kluger (r.) zusammen mit dem Vorstandsvorsitzenden Dr. Michael Wenzel. Bild: VDMA Rotobotik

Namur-Tagung in China zählte über 160 Teilnehmer

Mehr als 160 Teilnehmer besuchten Ende November 2016 die achte Namur-Konferenz in China. Das zentrale Thema ‚Smart Manufacturing‘ wurde während der Veranstaltung in Shanghai eingehend behandelt und diskutiert. Die neu gegründete Arbeitsgruppe der Namur in China zum Thema ‚Intelligent Manufacturing‘ berichtete über die in der Prozessindustrie erzielten Fortschritte und das Ergebnis einer Studie über die Erwartungen von Endanwendern. Weitere Arbeitsgruppen trugen Überlegungen und Lösungen aus ihren Arbeitsfeldern vor.

Neben dem Thema ‚Smart Manufacturing‘, das eine sehr wichtige Rolle bei der Steigerung der Effizienz in Betrieben und Unternehmen spielt, wurde Sicherheitsthemen wie funktionaler Sicherheit und

Explosionsschutz große Aufmerksamkeit gezollt. Parallel zur Hauptsitzung fanden zwei Workshops zu den Themen ‚Smart Manufacturing‘ und ‚Functional Safety‘ statt. Dieses neue Format gab den Teilnehmern eine bessere Möglichkeit zum Gedankenaustausch im Rahmen kleinerer Arbeitsgruppen.

Gesponsert wurde die Veranstaltung von der Firma Krohne, die bereits die Namur-Hauptversammlung 2015 in Deutschland gesponsert hatte. Die nächste Namur-Jahreskonferenz in China wird am 22. und 23. November 2017 stattfinden und von Yokogawa unterstützt.

**NAMUR – INTERESSENGEMEINSCHAFT
AUTOMATISIERUNGSTECHNIK DER
PROZESSINDUSTRIE E.V.**



DAS YOKOGAWA-MANAGEMENT IN BAD NEUENAHF (V.L.N. R.): MASATOSHI NAKAHARA (MANAGING DIRECTOR AND HEAD OF INDUSTRIAL AUTOMATION PLATFORM BUSINESS), SATORU KUROSU (MANAGING DIRECTOR AND HEAD OF SOLUTIONS SERVICES BUSINESS), TAKASHI NISHIJIMA (PRÉSIDENT UND CHIEF EXECUTIVE OFFICER OF YOKOGAWA) UND DR. ANDREAS HELGET (GESCHÄFTSFÜHRER YOKOGAWA DEUTSCHLAND).

Global operieren, gemeinsam innovieren

Macher und Meinung: Dr. Andreas Helget, Takashi Nishijima, Satoru Kurosu und Masatoshi Nakahara im Gespräch

Auf der Namur-Hauptsitzung 2016 präsentierte Yokogawa erstmals einen neuen kollaborativen integrierten Automatisierungsansatz, der auch vor Unternehmensgrenzen nicht Halt macht, der ausdrücklich mit dem alten Tabu bricht, dass Prozess- und Engineering-Daten nicht in fremde Hände gegeben werden dürfen. Warum das dringend nötig ist, erklärt das Yokogawa-Management im Interview mit atp edition.

atp edition: Yokogawa hat auf der diesjährigen Namur-Hauptsitzung mit seinem Keynote-Vortrag „Co-innovating tomorrow“ ein Plädoyer für eine offene und hochintegrierte unternehmensübergreifende Zusammenarbeit gehalten. In der Vergangenheit galten Sie eher als Systemanbieter, der einen eigenen proprietären Weg propagierte. Was hat zu dem Paradigmenwechsel geführt?

Helget: Dass sich Yokogawa öffnet, ist nicht neu. Yokogawa ist ein Global Player und infolgedessen wäre es töricht, sich in einer Welt, die geprägt ist von einer rasanten weltweiten Vernetzung, genau diesem Trend zu verschließen. Neu ist allenfalls die Radikalität, mit der wir das inzwischen tun und, dass das vielleicht in Deutschland bislang noch nicht so wahrgenommen wurde.

atp edition: Das klingt nach Lesson learned. Wie radikal ist die Offenheit Ihres Co-innovating-Konzepts?

Helget: Das bestimmt letztlich der Kunde: Hinter Yokogawas Co-innovating-Konzept steckt ein grundsätzlicher neuer Ansatz zur Zusammenarbeit in der Automatisierung. Er bedeutet im Kern: Wir und unsere Kunden, wir und unsere Zulieferer, und manchmal sogar wir und unsere Konkurrenten arbeiten an einem bestimmten Projekt gemeinschaftlich zusammen.

Klingt zu schön, um wahr zu sein. Feinde werden Freunde...

Nishijima: ...man muss sich ja nicht gleich verheiraten. Aber in der Hauptsache geht es bei unserem Co-innovating-Ansatz schon darum, Firmen die Zusammenarbeit zu ermöglichen, die darüber vorher noch nicht einmal nachgedacht haben. Wenn die beteiligten Unternehmen daraus dann einen Entwicklungs- oder Innovations-Vorteil ziehen, den sie alleine so nicht hätten erzielen können, nennen wir das Co-Innovation.

Hört sich in der Theorie gut an, aber ist das in der Praxis überhaupt zu verwirklichen?

Nishijima: Co-innovating ist mehr als eine Vision von Yokogawa: Es ist ein Konzept, das von Yokogawa bereits in der Praxis umgesetzt wird. Ein gutes Beispiel hierfür ist das CEMS-Projekt (Community Energy Management System), das wir für Toyota durchgeführt haben. Toyota wollte die Energiekosten für seine eigene Anlage sowie für Infrastrukturen weiterer Firmen im Industriegebiet der japanischen Region Tohoku reduzieren. Das CEMS beruht auf einem IT-System, das Yokogawa bereitstellt. Mit Hilfe des Systems werden Daten ausgetauscht und Bedarfsvorhersagen gemacht. Es stützt sich auf Big- und Smart-Data-Modelle, die dazu dienen, den Einsatz der gesamten Energie-Ressourcen zu optimieren. Natürlich ist dazu auch eine Automatisierungs-Komponente erforderlich, eine IIoT-Komponente, deren Herzstück ein komplex verdrahtetes Sensorik-Netzwerk ist, das im Grunde wie ein großer virtueller Sensor funktioniert. Das CEMS hat die Energiekosten der Anlagen signifikant reduziert.

Technisch gesehen könnte im Falle des geschilderten Beispiels doch mithilfe eines Intelligenten Stromnetzes, eines Smart Grids eventuell doch genauso gut Energie gespart werden. Bei Co-innovating scheint aber in erster Linie der Wissensaustausch, nicht die Technologie an sich, im Mittelpunkt zu stehen?

Nakahara: Ja, unser Ansatz fokussiert ganz klar auf den unternehmensübergreifenden Wissensaustausch und den Wissenstransfer. Neue Lösungen werden vor allem dann gefunden, wenn man interdisziplinär an einem Problem arbeitet.

Nach der Devise: Gemeinsam wissen wir mehr?

Helget: In jedem Fall. Sehen Sie sich ein Individuum an: Es hat als Einzelnes nur begrenzten Optimierungsspielraum. In den großen Prozessanlagen haben wir aber die Möglichkeit, viele

Fähigkeiten und Erfahrungen zu kombinieren. Da gibt es einen Netzbetreiber, andere Firmen, die die Energie nutzen, und so weiter. Je mehr Partner man hat, desto mehr Freiheit hat man auch am Ende, alles für alle zu optimieren. Das ist die Idee. Und das ist der Unterschied zwischen einem Co-Innovation-Projekt und einem Smart Grid. Smart Grid stellt nur die technischen Daten für die Zusammenarbeit zur Verfügung, aber nicht das Business Modell.

Frau Professor Vogel-Heuser von der Universität München macht in einem Forschungsprojekt etwas Ähnliches. Sie versucht, Firmen, unter anderem Konkurrenten, zusammen zu bringen und im Rahmen eines Big-Data-Ansatzes gemeinsame Daten zum Vorteil aller nutzbar zu machen. Sie sagte, das Schwierigste sei, die Partner zu überzeugen, ihre Daten preiszugeben. Gerade für mittelständische Unternehmen. Ist das gemeint mit dem, was Sie machen? Zusammenarbeit, Coopetition in einer Branche, und Sie sind der Organisator und Moderator des Ganzen?

Nishijima: Das kommt dem, was wir unter Co-innovating verstehen, schon sehr nahe. Wir vernetzen Menschen, Unternehmen, Organisationen. Denn die gesamte Wertschöpfungskette besteht ja aus verschiedenen Firmen. Wenn Sie aber erwähnen, dass manche Unternehmen nicht ihr Wissen teilen wollen, kommt das natürlich vor allem auf den Kontext an. Die Preisgabe beziehungsweise das Teilen von Erfahrung und Wissen darf nicht ein Selbstzweck sein, sondern muss mir als Unternehmer ganz konkreten Nutzen bringen. Diese Schwelle versuchen wir zu überspringen, indem wir den Firmen ihren Mehrwert zeigen, der für sie durch Co-Innovation entsteht.

Helget: Und dieser entsteht durch die Vernetzung aller entlang der Wertschöpfungskette. So können zum Beispiel die Agrar-Chemieunternehmen auf die Erfahrungen von Landwirten zurückgreifen, die wiederum ihr Wissen aus den Unternehmen beziehen beziehungsweise mit diesen zusammen Lösungen entwickeln. Das wäre Kollaboration entlang der Wertschöpfungskette.

Kurosu: Ein anderes Beispiel ist eine Ölplattform im Golf von Mexiko. Hier gibt es eine Menge verschiedener Interessen an den Daten. Die Operator benötigen diese für den Betrieb, der Betreiber braucht sie, um seine Umsätze zu optimieren, der Investor wiederum möchte auch darauf zugreifen. Sie sehen:

„Wir sind der Enabler, wir liefern Automatisierungstechnik und vernetzen die Partner für deren gemeinsames Ziel mit wichtigen Informationen, mit ihren Erfahrungen und ihrem Wissen.“

ANDREAS HELGET



Dr. Andreas Helget stellte das Konzept von Yokogawa auf der Namur-Hauptsitzung vor.

Hier können technische Möglichkeiten, die sich durch die Menge an Daten – teilweise von verschiedenen Wettbewerbern – eröffnen, das eigentliche Ziel der Optimierung erleichtern und zum Nutzen aller sein. Hier können wir als eine Art Datenbroker agieren und die Unternehmen sinnvoll miteinander vernetzen, sodass dadurch ein Mehrwert entsteht.

Yokogawa somit in neuer Funktion als Makler beim Datenaustausch beziehungsweise beim fairen Umgang miteinander im Rahmen eines Wissenspools?

Helget: Im Grunde ja, wenn auch unsere Rolle bei jedem Projekt immer wieder etwas anders gelagert ist. Was aber eigentlich immer gilt, ist: Wir sind der Enabler, wir liefern Automatisierungstechnik und vernetzen die Partner für deren gemeinsames Ziel mit wichtigen Informationen, mit ihren Erfahrungen und ihrem Wissen. Auf dieser Grundlage erarbeiten wir projektbezogen individuelle, quasi maßgeschneiderte Lösungen für unsere Kunden.

Kurosu: Ich glaube, in diesem Zusammenhang ist auch wichtig zu erwähnen, dass ein derartiger Wissensaustausch vor wenigen Jahren bei den Firmen noch nicht akzeptiert worden wäre, auch und vor allem gerade in den sicherheitskritischen Industrien. Inzwischen machen wir jedoch die Erfahrung, dass sich mehr und mehr Unternehmen gerne auf Co-innovating einlassen, um eigene Ziele schneller und sicherer zu erreichen. Mit unserem Web-Center in Nordamerika garantieren wir unseren Kunden überdies höchste Sicherheit und die beste Security-Technologie, um letzte Ängste abzubauen, Daten in globalen Co-innovating-Netzwerken zu teilen.

Daten teilen, Standorte vernetzen... Das klingt erst einmal technisch nicht anspruchsvoll. Worin besteht hier die eigentliche Herausforderung?

Kurosu: Ich verstehe, worauf Sie hinauswollen. Natürlich reicht es nicht, nur die Verbindungen herzustellen. Wir

müssen eine komplette digitale Infrastruktur aufbauen, die jedem Kunden seinen individuellen Nutzen bringt: So möchte der Eine vor allem Analyse-Daten, der Andere wiederum optimiert damit seine Instandhaltung, wieder ein Anderer möchte großangelegte Simulationen erstellen. Außerdem sieht eine Anlage in Pakistan ganz anders aus als eine in Südamerika. Wir ermöglichen die reibungslose Kommunikation, sprich die Konnektivität dieser Unternehmen, indem wir eine gemeinsame Plattform herstellen. In gewisser Weise verstehen wir uns deshalb als Co-Pilot, der gemeinsam mit dem Betreiber alle Potenziale der Anlage ausschöpft und den Überblick behält oder auch komplett neue Anlagen gemeinschaftlich vorplant und ermöglicht.

Hört sich stark danach an, dass sich ihr Geschäft deutlich Richtung Datendienste und Software verschiebt. Ist das Geschäft mit Spezial-Hardware möglicherweise schon bald ein Auslaufmodell?

Helget: Nein, das kann man so nicht sagen. Die Hardware spielt immer noch eine wichtige Rolle in unserem Geschäft. Schauen Sie sich allein die Messtechnik an: Hier geht ohne Hardware, in dem Falle Sensoren, gar nichts. Auch unsere Prozessleit- und Steuerungssysteme sind immer noch ein wichtiger Teil unseres Portfolios, auf das unsere neuen digitalen Lösungen in gewisser Weise aufbauen. So wie der neue Feldbus, den wir auf der diesjährigen Namur-Hauptsitzung erstmals vorgestellt haben. Er erfüllt alle Anforderungen an Sicherheit, weil er als hochwertige Hardware eingesetzt wird, bietet aber mit einem eigenen offenen Kanal auch alle Möglichkeiten für neue digitale Methoden aus dem Bereich Industrie 4.0. Die einzelnen Kanäle bleiben jedoch für sich getrennt und die IIoT-Komponente hat keinen Einfluss auf den eigentlichen Prozess. Will sagen: Nur mit guter und sicherer Hardware, die zum Beispiel den Zugriff aus der Cloud oder aus dem Internet garantiert ausschließt, können wir die zusätzlich gewonnenen Daten überhaupt vernünftig auswerten und gefahrlos nutzen.

Nakahara: Anders gesprochen: Damit Co-innovating als Business-Modell funktionieren kann, braucht es als Grundlage ein Automatisierungssystem, bei dem Hardware als auch Software sozusagen aus einem Guss sind und sich beim alles entscheidenden Thema Safety und Security blind verstehen.

Verstanden. Dennoch zeigt das hohe Augenmerk, das Sie dem Thema Smart Engineering beimessen, klar, wohin die Reise für Yokogawa geht?

Nakahara: Sie meinen ADS, unsere Automation Design Suite?

Ja. Was ist die digitale Strategie dahinter?

Nakahara: ADS ist ein universelles Werkzeug. Es ist die zentrale Datendrehscheibe für Konzeption und Management der Anlagenautomatisierung. Sie hilft, aus dem Wust an Daten nutzbare Informationen zu machen und diese sinnvoll und einfach in die Planung zu integrieren.

„In gewisser Weise verstehen wir uns deshalb als Co-Pilot, der gemeinsam mit dem Betreiber alle Potenziale der Anlage ausschöpft und den Überblick behält.“

SATORU KUROSU

Das Schöne daran ist, dass ich die damit erstellten Module mehrfach nutzen kann und immer schneller zu meiner eigentlichen Applikation komme. Einfach in die Modulbibliothek gehen, Anwendung auswählen, kopieren und gegebenenfalls modulieren: Solch smartes Engineering ist mit der AD-Suite jetzt möglich.

Nishijima: Und zwar über den gesamten Lebenszyklus einer Anlage hinweg und nicht mehr nur für die Planung. Das beginnt mit Design, Planung und Implementierung und setzt sich in der Betriebsphase fort. Wann und wo immer Änderungen oder Erweiterungen der Automatisierungstechnik notwendig werden, ist es mit der AD-Suite einfach und schnell möglich, Anpassungen vorzunehmen.



Satoru Kurosu über bereits laufende Projekte.

„Wir müssen Lösungen finden, neue Technologien in die bestehenden Anlagen einzuführen ohne Safety und Security zu vernachlässigen.“

TAKASHI NISHIJIMA

Nakahara: ...und in Zukunft wird es damit auch möglich sein, schon vor wichtigen Schritten wie Planung oder Revision das Ganze komplett virtuell einmal durchzuspielen

Der berühmte digitale Zwilling...?

Helget: Genau, und dann gibt es nur noch „as built“ im Sinne des Wortes. Keine Abweichungen mehr und damit ein Maximum an Information für den Betrieb, zu jedem Zeitpunkt die Möglichkeit, Dinge mehrfach und in Echtzeit zu prüfen. Die letzte Konsequenz daraus ist, dass wir alle Informationen aus Design, Betrieb, Wartung, Asset Management und viele weitere kontextualisiert vorliegen haben. Die vertikale und horizontale Integration mithilfe der AD-Suite ist also nicht ein „netter Nebeneffekt“, sondern grundlegende Voraussetzung dafür, Daten und Informationen applikationsbezogen und sinnvoll zu teilen, um somit einen höheren Grad an Optimierung zu erreichen.

Hört sich fast an wie: Die Maschine lenkt, der Mensch denkt ...noch...?

Helget: Das Gegenteil ist der Fall. Wenn man eine Anlage optimieren will, braucht man auf der einen Seite die Daten, aber auf der anderen auch zwingend das Wissen und die Erfahrung desjenigen Menschen, der diese Anlage vielleicht

schon seit vielen Jahren fährt. Wir versuchen beides zu kombinieren. So kann der erfahrene Chemieingenieur mit viel Expertise für seinen Bereich mit unseren Tools sehr viel mehr erreichen. Andersherum würde unsere Plattform ohne das Wissen und die Erfahrung der Menschen nur sehr begrenzt Wirkung entfalten können. Hier müssen also beide Welten zueinander kommen.

Best of both Worlds. Gilt das für Sie auch bei IIoT und Industrie 4.0?

Nishijima: Der Ansatz von Industrie 4.0, integriert zu denken und die Anlage nicht mehr in streng hierarchisch voneinander getrennten Ebenen (Produktion, Steuerung, Geschäftsebene) zu behandeln, halten wir für äußerst gelungen und wertvoll zu berücksichtigen. Mit unserem Portfolio versuchen wir ja auch genau diese Dreidimensionalität abzubilden. Wohin die Reise allerdings in Sachen Standardisierung und Verfügbarkeit von offenen Schnittstellen geht, bleibt ein Stück weit Spekulation. Aber es lohnt sich, hier nach Deutschland zu schauen, wo diese Dinge ja in vielen Gremien und Verbänden befürwortet werden.

Helget: Die Sache mit Industrie 4.0 sehe ich von zwei Seiten. Einerseits steht außer Frage, dass die einzelne Komponente, oder im Fall Sensor das Feldgerät, immer intelligenter und autonomer wird. Je nach Messverfahren ist so ein Sensor schon heute ein ganz eigenes System. Betrachte ich aber auf der anderen Seite die Prozessindustrie mit Planungszyklen von rund 20 Jahren und dann den Zug namens Industrie 4.0, der mit rasendem Tempo auf uns zukommt, wird deutlich, dass es den einen Weg, auf den Zug aufzuspringen, noch nicht gibt. Zurzeit gibt es lediglich engagierte und ehrgeizige Ziele, organisatorische und technische Mechanismen zu finden, wie die Prozessindustrie das Internet der Dinge für sich nutzen kann, ohne selbst abgehängt zu werden. Der Zeitpunkt



Masatoshi Nakahara, Satoru Kurosu, Dr. Andreas Helget und Takashi Nishijima bei der Namur-Presskonferenz.

ist allerdings noch viel zu früh, zu sagen, welches Konzept sich letztendlich durchsetzen wird, ob das der Namur, das anderer Hersteller oder gar unser eigenes. Vielleicht kann man die jetzige Situation ein bisschen mit dem Szenario der 1970er Jahre vergleichen, wo erste automatisierungstechnische Ansätze eingeführt wurden, es aber gut zehn Jahre brauchte, bis die Automatisierungspyramide stabil stehen konnte. Jetzt steht uns aber etwas deutlich Komplexeres bevor.

Ist also ein kompletter Green-Field-Ansatz nötig oder gibt es auch Wege, die Industrie 4.0-Methoden in bestehenden Anlagen umzusetzen?

Nishijima: Zunächst einmal müssen wir festhalten, dass sich ein Großteil unserer Kunden natürlich in Brown-Field-Projekten befindet. Das ist vielleicht in der Fertigungsindustrie etwas anders. In unserem Bereich aber müssen wir Lösungen finden, neue Technologien in die bestehenden Anlagen einzuführen, ohne die Anforderungen, die diese an uns stellen, vor allem im Hinblick auf Safety und Security, zu vernachlässigen.

Helget: Eine dieser Lösungen ist zum Beispiel der vorhin erwähnte neue Bus, der die sicherheitskritische Kommunikation physisch von den IIoT-Daten trennt. Ein ähnlicher Ansatz ist das Namur-Konzept „Namur Open Architecture“. Die Parallelen sind deutlich zu sehen. Aber auch hier gilt: Das sind nur erste Ansätze, Anlagen der Prozessindustrie an die neue Zeit heranzuführen. Keiner kann sagen, ob nicht morgen ein ganz anderer Weg beschritten wird.



Das Yokogawa-Management.

Ganz egal, welcher Weg es sein wird, die Konsequenzen werden erheblich sein...

Helget: Das ist ein wichtiger Punkt, den Sie ansprechen und den wir auch unseren Kunden vermitteln müssen: 1. Welche Ziele wollen sie erreichen? Und 2.: Können sie mit den Folgen leben, die eine Implementierung von IIoT-Technologien mit sich bringt? Nehmen wir zum Beispiel die eben erwähnte Debatte um die Datensicherheit. Sie ist unter anderem die Folge des Wandels weg von den proprietären Lösungen hin zu den offenen Ansätzen, die es heute gibt. Der Umgang mit den Risiken, die mit einer noch „offeneren Welt“ beziehungsweise Architektur einhergehen werden, muss also geübt werden. Denn die Risiken neben allem Zuwachs an Effizienz und Geschwindigkeit werden bestehen bleiben und müssen mitbedacht werden.

ZUM UNTERNEHMEN

Yokogawa ist ein globales Unternehmen, das maßgeschneiderte Automatisierungslösungen für die Prozessindustrie anbietet. Das Unternehmen hat sich seit seiner Gründung 1915 auf zukunftsweisende Forschung und innovative Produkte spezialisiert. Industrielle Automatisierung, Test- und Messausrüstung sowie spezielle Nischen-Produkte wie zum Beispiel für die Gesundheits- und Luftfahrttechnologie sind die Hauptgeschäftsfelder von Yokogawa. Daneben bietet das Unternehmen auch eine Vielzahl von Services, die von einer Erstinstallation bis hin zu einer kontinuierlichen Kunden- und Systembetreuung reichen. Yokogawa unterhält

ein weltweites Netzwerk von 92 Unternehmen an Standorten in 59 Ländern.

Etwa 200 Mitarbeiter der europäischen Yokogawa-Organisation sind an verschiedenen Produktions- und Vertriebsstandorten in Deutschland und am Sitz der Yokogawa Deutschland GmbH in Ratingen beschäftigt; mehr als 70 Automatisierungs-, Elektrotechnik- und Verfahreningenieure arbeiten bei Yokogawa Deutschland an der Konzeption, Planung und Umsetzung von Automatisierungslösungen. In Europa besitzt Yokogawa einen eigenen Vertrieb sowie eigene Service- und Engineering-Organisationen. Yokogawa Europe B.V. wurde 1982 als

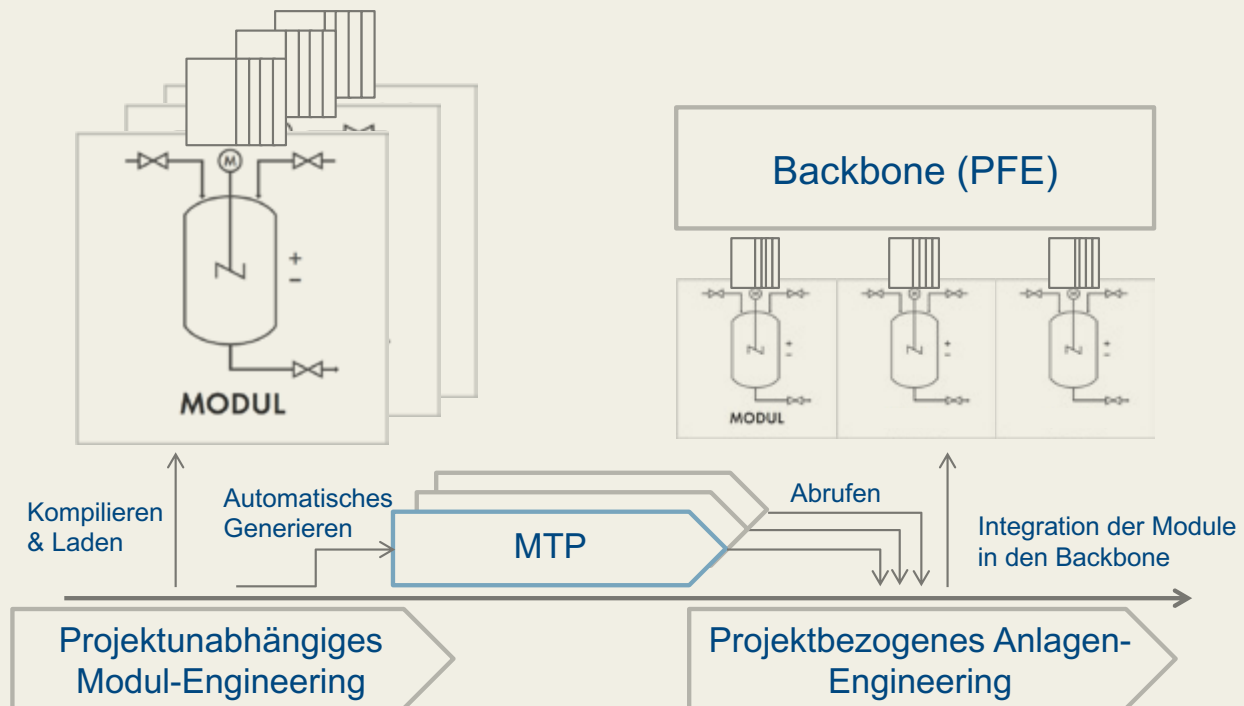
Zentrale für Europa in Amersfoort, NL, gegründet.

In ihrer Funktion als Expertin für die chemische und pharmazeutische Industrie steht die Yokogawa Deutschland GmbH auch im Dialog mit der Namur, der „Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie“, die die Interessen der Anwenderseite der Prozessindustrie auf dem Gebiet der Automatisierungstechnik vertritt. In der Namur sind über 140 Anwenderfirmen organisiert.

Im Jahr 2016 übernahm Yokogawa bereits zum zweiten Mal nach 2005 das Sponsoring der Namur-Hauptsitzung in Bad-Neuenahr.

Die Anwendung modularer Automation bei Sicherheitssystemen erhöht die Anlagenverfügbarkeit

Erhöhter Informationsgrad ermöglicht umgehende Fehlerbehebung und vermeidet Stillstände



Mittels MTP wird das Modul in die Prozessführungsebene integriert. Durch die systemneutrale Beschreibung der Schnittstelle kann der Modullieferant sehr schnell seine Package Unit in Anlagen implementieren.

Durch die Integration des Safety Instrumented Systems (SIS) über Module Type Package (MTP) erhält der Anlagenbetreiber eine höhere Verfügbarkeit seiner Anlage. Denn dadurch liefert das SIS einen höheren Informationsgrad in der Prozessführungsebene (PFE), wodurch sich das Risiko von Anlagenstillständen verringern lässt. Möchte der Anlagenbetreiber auch sicherheitsrelevante Daten aus der Prozessführungsebene verändern, so wird dies mit dem Safety-MTP realisiert.

Vergleicht man die herkömmliche Integration von SIS in Anlagen, so ist der Informationsgrad des SIS in der PFE vom Anlagenbetreiber abhängig. Am Beispiel einer 2v3-Messung kann dies verdeutlicht werden. Anlagenbetreiber A lässt sich den gebildeten Messwert ohne weitere Informationen darstellen. Anlagenbetreiber B achtete bei der Integration seines SIS dagegen auf eine hohe Verfügbarkeit der Anlage und lässt sich zusätzlich zum gebildeten Messwert weitere Informationen, wie die drei Rohwerte, Grenzwerte und Alarmer anzeigen.

Beide Anlagenbetreiber können die funktionale Sicherheit Ihrer Anlage nach IEC 61511 gewährleisten. Aber für ihre Verfügbarkeit ergeben sich erhebliche Unterschiede. Während Anlagenbetreiber A beim

Ausfall einer Messung und Auslösen der 2v3-Messung nur die Informationen in seiner PFE hat, dass die Anlage in den sicheren Zustand gefahren wurde, kann Anlagenbetreiber B mit dem erhöhten Informationsgrad seines SIS direkt reagieren und den Fehler beheben. Sollte nun eine weitere Messung zu Schaden kommen, wird die Anlage automatisch in den sicheren Zustand gefahren. Doch das Risiko, die Anlage automatisch in den sicheren Zustand zu versetzen, ist bei Anlagenbetreiber A höher.

INTEGRATION PER SAFETY-MTP LÄSST ÄNDERUNG SICHERHEITSRELEVANTER PARAMETER ZU

Die Modulare Automation stellt dem Anlagenbetreiber mehr Informationen seines Safety Instrumented Systems (SIS) zur Verfügung. Eine über MTP angebundene Anlage verfügt über standardisierte Bibliotheken sowohl auf SIS-Ebene als auch auf der Human-Machine-Interface-Ebene (HMI-Ebene). Der Informationsgrad einer über MTP angebundene Anlage ist vergleichbar mit Anlage B aus dem oben genannten Beispiel.

Möchte der Anlagenbetreiber, zum Beispiel aufgrund von Rezeptfahrweisen, auch sicherheitsrelevante Parameter ändern, so kann er dies über die Integration mittels Safety-MTP realisieren.

Die standardisierte Bibliothek auf der SIS-Ebene besteht aus unterschiedlichen Datenobjekten, wie zum Beispiel einer 2v3-Messung. Diesem Datenobjekt, 2v3-Messung, sind Aspekte wie Rohwerte, Grenzwerte, Alarmer und weitere Einzeldaten, zugeordnet. In dem Human Machine Interface (HMI) kommt eine Bibliothek zum Einsatz, die bei der Darstellung der 2v3-Messung auf das zugehörige Datenobjekt der SIS-Bibliothek referenziert.

In dem HMI kann der Bediener sich die über MTP angebundene 2v3-Messung anzeigen lassen. Bei der Integration einer SIS über MTP hat der Bediener nur lesenden Zugriff auf sicherheitsrelevante Daten. Sollen sicherheitsrelevante Daten durch den Anlagenbediener auch verändert werden, so müssen diese über ein Safety-MTP in die HMI integriert werden. Eine spezielle Berechtigung mit einer Eingabe- und Bestätigungsprozedur macht es möglich, sicherheitsrelevante Parameter/Daten aus der HMI über ein nicht fehlersicheres Kommunikationsprotokoll in der SIS zu verändern. Die verwendete Technologie ist die gleiche, wie bei einem regulären integrierten MTP.

Die über MTP und auch über Safety-MTP integrierten Daten werden mit einem Safety Flag gekennzeichnet. Damit kann der Anlagenfahrer in der HMI zwischen sicherheits- und nicht sicherheitsrelevanten Daten unterscheiden.

PROGRAMMIERUNG ERFORDERT MTP-BIBLIOTHEK

Um die Vor- und Nachteile der Integration eines SIS über MTP und Safety-MTP zu zeigen, betrachten wir die hierfür notwendigen Werkzeuge und Implementationschritte. Eine spezielle MTP-Bibliothek muss für die Programmierung des SIS verfügbar sein. Damit wird bereits bei der Programmierung der SIS der Informationsgehalt zur Integration in die PFE definiert.

Das verwendete Datenobjekt aus der SIS-Bibliothek hat einen HMI-Anteil der mit der HMI-Bibliothek kompatibel sein muss. Durch Instanziierung des Typicals/Datenobjekts im Programm der Sicherheitssteuerung werden die HMI-/PFE-bezogenen Anteile der Variablen auf eine Kommunikationsschnittstelle, wie zum Beispiel OPC-Variablen, gesetzt. Die HMI-spezifischen Kommunikationsdaten werden aus der SIS-Programmierungsumgebung in einen MTP-Container exportiert und sind als OPC-Variablen bekannt.

Das HMI-Bild wird in einem MTP-konformen Editor erstellt. Die statischen Informationen wie ein Behälter und die dynamische Informationen wie eine 2v3-Messung werden auf dem HMI-Bild dargestellt und in das MTP-Format exportiert. Im MTP befinden sich nun der grafische Anteil des Moduls, das HMI-Bild, als auch der kommunikationsspezifische Anteil, in Form von OPC-Variablen.

IMPORTWERKZEUG GENERIERT AUS DEM MTP DCS-SPEZIFISCHE HMI-BILDER

Das Modul wird mittels MTP in die PFE integriert (siehe Abbildung). Ein spezifisches MTP-Importwerkzeug im Leitsystem (Distributed Control System, DCS) generiert aus dem MTP DCS-spezifische HMI-Bilder. Diese unterscheiden sich von den mit dem DCS-Bildeditor erstellten

Bildern nur durch die zum Einsatz kommenden Bibliotheken und dadurch, dass die Informationen aus dem SIS immer mit einem Safety Flag gekennzeichnet sind.

Der Modul-Lieferant ist nun in der Lage, ein systemneutrales Engineering durchzuführen. Das Ergebnis ist ein MTP-Container, der die spezifische Information des Moduls beziehungsweise der Package Unit, wie zum Beispiel einer 2v3-Messung mit all ihren Parametern als dynamischen Anteil und als statistischen Anteil einen Behälter, enthält.

Der Anlagenbetreiber kann über das Systemneutrale MTP sein Modul in ein spezifisches DCS importieren. Durch den Importvorgang wird automatisch ein HMI-Bild mit allen notwendigen Referenzen zu weiteren Bildern oder Faceplates generiert.

Der Informationsgrad der über MTP integrierten Anlage ist höher und standardisiert. Sicherheitsrelevante Parameter/Daten können aus der HMI verändert werden, wenn sie über Safety-MTP in die PFE integriert wurden.

Die Modulare Automation erhöht also die Diagnosemöglichkeit aus Sicht der funktionalen Sicherheit, sie hat Auswirkungen auf den Informationsgehalt der SIS in der PFE. Weiterhin führen die Standardisierung sowie die Differenzierung durch das Safety Flag zu einer bedienerfreundlichen Anlagenführung.

PACKAGE UNIT KANN SCHNELL INTEGRIERT WERDEN

Durch die systemneutrale Beschreibung der Schnittstelle kann der Modullieferant sehr schnell seine Package Unit in Anlagen implementieren. Bei der Implementierung des Moduls ergibt sich eine Zeitersparnis von bis zu 70 Prozent, verglichen mit der derzeitigen Praxis. Individuelle Anlagen können schneller aus praxisbewerten Modulen aufgebaut werden. In einer modular aufgebauten Anlage können auch größere Störfälle schnell behoben werden, da defekte Module mit geringem Aufwand gegen gleichwertige ausgetauscht werden können. Die Verfügbarkeit von Anlagen erhöht sich darüber hinaus nicht nur unter dem Aspekt der funktionalen Sicherheit. Durch praxisbewährte Module kann in kleineren Mengen, flexibler, wirtschaftlicher und intelligenter produziert werden.

AUTOR



Dipl.-Ing. (FH) **CHRISTOPH KOTSCH** ist seit 2009 verantwortlich für die Integration von HIMA Steuerungen in ABB Systeme.

**HIMA Paul Hildebrandt GmbH,
Albert-Bassermann-Straße 28,
68782 Brühl,
Tel. +49 (0) 6202 70 98 24,
E-Mail: c.kotsch@hima.com**

Namur Open Architecture

Die Namur-Pyramide wird geöffnet für Industrie 4.0

Die durch die klassische Namur-Pyramide beschriebene Automatisierungsstruktur ist bewährt und ermöglicht langjährige Betriebssicherheit. Allerdings fehlt den Systemen die Offenheit, neue Technologien werden erst spät verwendet und die Kosten sind hoch, was angesichts der rasanten Entwicklungen im Bereich von Internet of Things, Industrie 4.0, Mobile Devices und Big Data nutzvolle Innovationen verhindert. In diesem Beitrag wird das im Namur-Arbeitskreis 2.8 Automatisierungsnetzwerke und -dienste entwickelte Konzept Namur Open Architecture (NOA) vorgestellt. Das Konzept bietet sowohl für Bestands- als auch für Neuanlagen Möglichkeiten, um Anlagen effizient für kommende Innovationen zu ertüchtigen. Die Kernidee ist, die Daten der bisherigen Kern-Automatisierungswelt durch offene Schnittstellen wie beispielsweise OPC UA in die Systemwelt für Monitoring- und Optimierungsaufgaben zu exportieren und dabei die Kernautomatisierung weitgehend unverändert zu belassen. Alternativ kann über einen zweiten Kommunikationskanal direkt auf die bestehenden Feldgeräte zugegriffen werden.

SCHLAGWÖRTER Automatisierungspyramide / Industrie 4.0 / offene Schnittstellen / offene Architekturen

Namur Open Architecture – The Namur Pyramid is opened for Industry 4.0

The NAMUR Pyramid automation structure is generally accepted and supports long term reliability of operation. But these systems lack openness, new technologies are implemented with delays, and the costs are high. In view of the rapid developments in the Internet of Things, Industry 4.0, mobile devices, and big data, this obstructs innovations. This article introduces the NAMUR Open Architecture developed by the NAMUR working group 2.8 Automation Network and Services. The concept offers possibilities to enable innovative solutions for new and existing plants. The process control core remains largely unaffected. The basic idea is an open interface, e.g. OPC UA, between the existing core process control domain and the monitoring and optimization domain. Alternatively, a second communication channel can directly access information from existing field devices.

KEYWORDS automation pyramid / Industry 4.0 / open interface / open architecture

CHRISTIAN KLETTNER, BASF
THOMAS TAUCHNITZ, SANOFI AVENTIS
ULRICH EPPLE, LARS NOTHDURFT, RWTH AACHEN
CHRISTIAN DIEDRICH, TIZIAN SCHRÖDER, OTTO-VON-GUERICKE-UNIVERSITÄT
DANIEL GROSSMANN, SUPRATEEK BANERJEE, TH INGOLSTADT
MICHAEL KRAUSS, BASF
CHRIS IATROU, LEON URBAS, TU DRESDEN

Die als Namur-Pyramide bekannt gewordene Automatisierungspyramide der Prozessleittechnik, auch Ebenenmodell genannt, ist seit ihrer Veröffentlichung eine bewährte und anerkannte Automatisierungsstruktur [19]. In der Feldebene werden die Sensorsignale erfasst und die Aktoren angesteuert. Die Prozessleitebene fokussiert sich auf die optimale Automatisierung des Prozesses, darüber sind die Betriebsleitebene und die Unternehmensleitebene der Automatisierung der überlagerten logischen Einheiten gewidmet. Auf der Feldebene sind viele Daten zu verarbeiten und die Anforderungen bezüglich Echtzeitfähigkeit und Verfügbarkeit hoch. In den höheren Ebenen wird verdichtete Information verarbeitet, mit Echtzeitanforderungen im Minuten- bis Stundenbereich. Durch den technischen Fortschritt werden – gerade bei kleineren Anlagen – die Funktionen von mehreren Ebenen in zusammenfassenden Systemen realisiert, es gibt also keine Eins-zu-eins-Zuordnung mehr zwischen der funktionalen Ebene und einer gerätetechnischen Implementierung. In den letzten Jahren wurde deshalb immer wieder die Auflösung der Automatisierungspyramide verkündet [4, 11, 20, 21].

Das geht an der betrieblichen Praxis vorbei, wo die Namur-Pyramide noch immer als hoch verfügbare, ausgereifte Automatisierungsarchitektur eingesetzt wird. Die so strukturierten Systeme erlauben der Prozessindustrie einen nachhaltigen Betrieb mit weit größeren Lebenszyklen, als die eingesetzten Komponenten von Haus aus mitbringen [16].

Doch diese für den Anwendungsfall in der Prozessindustrie optimierten Systeme haben naturgemäß Nachteile. Generell sind sie nicht offen, sondern geschlossen und monolithisch. Dadurch ist einerseits die eindeutige Verantwortlichkeit des Systemherstellers und -integrators gewährleistet, andererseits hat diese fehlende Offenheit mehrere gravierende Nachteile:

- Die fehlende Offenheit verhindert es, neue Technologien schnell einzusetzen, da auf die Realisierung innerhalb der jeweils vorhandenen Systeme gewartet werden muss. Häufig ist dafür der Austausch oder

zumindest ein Upgrade der Systeme erforderlich, was erst nach Entwicklung der Systeme erfolgen kann und hohen finanziellen und Engineeringaufwand erfordert. Das hat beispielsweise den Einsatz von Feldbussystemen in bestehenden Anlagen erschwert.

- Die hohen Anforderungen an Anlagensicherheit und Verfügbarkeit erzwingen ein aufwendiges und dokumentiertes Vorgehen. Experimente nach der Trial-and-Error-Methode verbieten sich ebenso wie schnelle Tests von geänderten Methoden in Bestandsanlagen.

Im Ergebnis führt das dazu, dass die Prozessautomatisierung den Anschluss an die moderne Informationstechnik verlieren wird, teilweise sogar schon verloren hat. Und das wird aktuell als besonders schmerzhaft wahrgenommen, weil die IT sich rasant entwickelt. Es seien nur die Stichworte Internet of Things (IoT), Industrie 4.0, Cloud Computing, Big Data und Mobile Devices genannt. Hier werden mit enormem Aufwand von Staat, Universität und Industrie Methoden und Komponenten entwickelt, Architekturen entworfen und Dienstleistungen angeboten. Auch Unternehmen aus der IT-Branche, die bisher nicht in der Prozessautomatisierung aktiv waren, entwickeln Lösungen.

Während in diesem Bereich die ersten Ergebnisse sichtbar sind, gibt es nur begrenzte Vorhaben der klassischen Automatisierungsunternehmen für die Prozessindustrie, die Verbindung dieser neuen Technologien mit der klassischen Automatisierungswelt zu ermöglichen. Manchmal drängt sich der Eindruck auf, dass die Inselsituation der Prozessautomatisierung so lange wie möglich aufrechterhalten und ausgenutzt werden soll.

Diese unbefriedigende Situation führt dazu, dass unter den wirtschaftlichen Zwängen unstrukturierte Einzellösungen entstehen. Beispiele sind:

- Ausstatten einzelner Feldgeräte mit Sendern zur Funkübertragung von Messwerten – statt diese Werte vom PLS abzugreifen,
- Vor-Ort-Änderung von Feldgeräteparametern durch Bluetooth-Schnittstelle – statt durch das zentrale Feldgeräteparametrierwerkzeug,

- Auslesen der Messwerte durch eine zusätzliche Schnittstelle des Feldbusses – statt vom PLS, Archivierung auf externen Datenbanken statt im MES.

Die geschilderte Situation – nicht nutzbare hohe Innovationsrate außerhalb der Prozessautomatisierung, fehlende Offenheit und unstrukturierte Einzellösungen – kann nicht im Interesse der Betreiber verfahrenstechnischer Anlagen sein. Deshalb hat die Namur Anfang 2016 innerhalb des Arbeitskreises 2.8 Automatisierungsnetzwerke und -dienste mit der Konzeptionierung einer offenen Systemstruktur, der Namur Open Architecture (NOA) begonnen.

1. ZIELSETZUNG VON NAMUR OPEN ARCHITECTURE

Zielsetzung der Namur ist es, die bestehenden Automatisierungsstrukturen so zu erweitern, dass eine flexible Umsetzung von Industrie 4.0 in der Prozessindustrie, sowohl für Neu- als auch für Bestandsanlagen möglich wird. Für diese Erweiterung gelten folgende Anforderungen:

- Die neuen Methoden sollen optional und additiv zur bewährten Automatisierungsarchitektur einsetzbar sein. Sie sollen diese also nicht ersetzen, sondern erweitern.
- NOA soll auf bestehenden Standards aufsetzen und dadurch offen und unabhängig von einzelnen Anbietern sein.
- NOA darf die Verfügbarkeit und die Sicherheit der bestehenden Automatisierung nicht einschränken oder gefährden.
- NOA soll schnelle und kostengünstige Implementierungen ermöglichen.

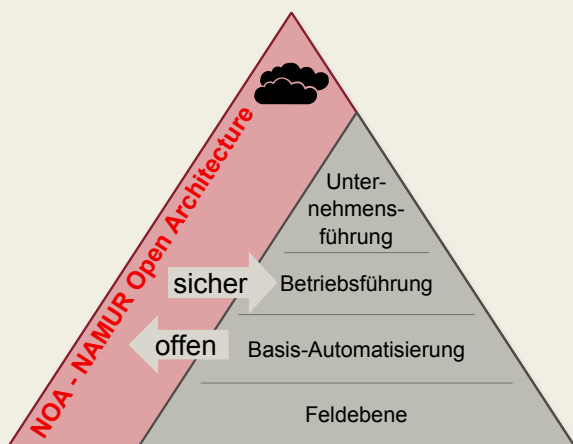


BILD 1: Namur Open Architecture als Erweiterung der Automatisierungspyramide

- NOA soll auf verschiedenen Ebenen an die Automatisierungspyramide andocken können, also wahlweise auf Feld-, Prozessleit- oder Betriebsleitebene.

Die Zielsetzung wird in Bild 1 dargestellt. Rechts – grau hinterlegt – ist die klassische Automatisierungspyramide. Daneben – rosa hinterlegt – ist die Industrie 4.0-Welt, symbolisiert durch die Wolke der Cloud. Die Anbindung NOA ist sowohl offen als auch sicher.

2. ÜBERSICHT NAMUR OPEN ARCHITECTURE

NOA unterscheidet drei Bereiche, wie in Bild 2 gezeigt. Der graue Bereich ist die Kernautomatisierung, die den sicheren und zuverlässigen Kernbetrieb der Anlage gewährleistet. Daneben werden sich Bereiche stärker ausprägen, die heute teilweise schon vorhanden sind und Aufgaben zur Optimierung und Überwachung (Monitoring and Optimization, M+O) übernehmen. Hierbei handelt es sich um Aufgaben, die nicht für die Kernautomatisierung eingesetzt werden und somit keinen direkten Einfluss auf die Anlagenverfügbarkeit haben. Diese Betrachtung ermöglicht eine Differenzierung in den Anforderungen, sodass ein Raum für neue innovative Anwendungen entsteht, ohne in Konflikt mit den Anforderungen den klassischen Automatisierungsaufgaben zu kommen.

Im Bereich Plant Specific M+O finden sich betriebsnahe Applikationen und Services, wie beispielsweise Advanced Process Control oder Alarm Management. Bei Central M+O sind anlagenübergreifende Applikationen und Services, wie Reliability Center oder Plattformen für Advanced Analytics für prädiktive Instandhaltungsanwendungen zu finden. Im Zuge der fortschreitenden Vernetzung und Digitalisierung ist ferner eine firmenübergreifende Vernetzung über Central-M+O-Komponenten zu erwarten; beispielsweise einen gemeinschaftlichen Serviceansatz zwischen Anlagenbetreibern und Equipmentherstellern. Der M+O-Bereich bildet somit eine offene Grundlage für neue Applikationen, Services und Geschäftsmodelle im Sinne von Industrie 4.0.

Die Einordnung in die Bereiche muss applikationspezifisch erfolgen. Eine entsprechende Metrik zur Einordnung wird durch den Namur-AK 2.8 erarbeitet. Der Charme von NOA liegt in der Anpassungsfähigkeit in bestehende Anlagen. Durch offene Ansätze in Koexistenz mit bewährten Strukturen können bestehende Anlagen nachgerüstet werden, um neue innovative Anwendungen zu implementieren.

Für die klassische Automatisierung bedeutet die konzeptionelle Entwicklung von NOA jedoch keinen Entwicklungsstopp. Auch im Bereich von Core Process Control sind weitere technologische Entwicklungen, wie zum Beispiel eine offene Schnittstelle zwischen Feldgeräten und Prozessleitsystem, sowie die Weiterentwicklung von IP-basierten Kommunikationstechnologien für die Feldebene notwendig.

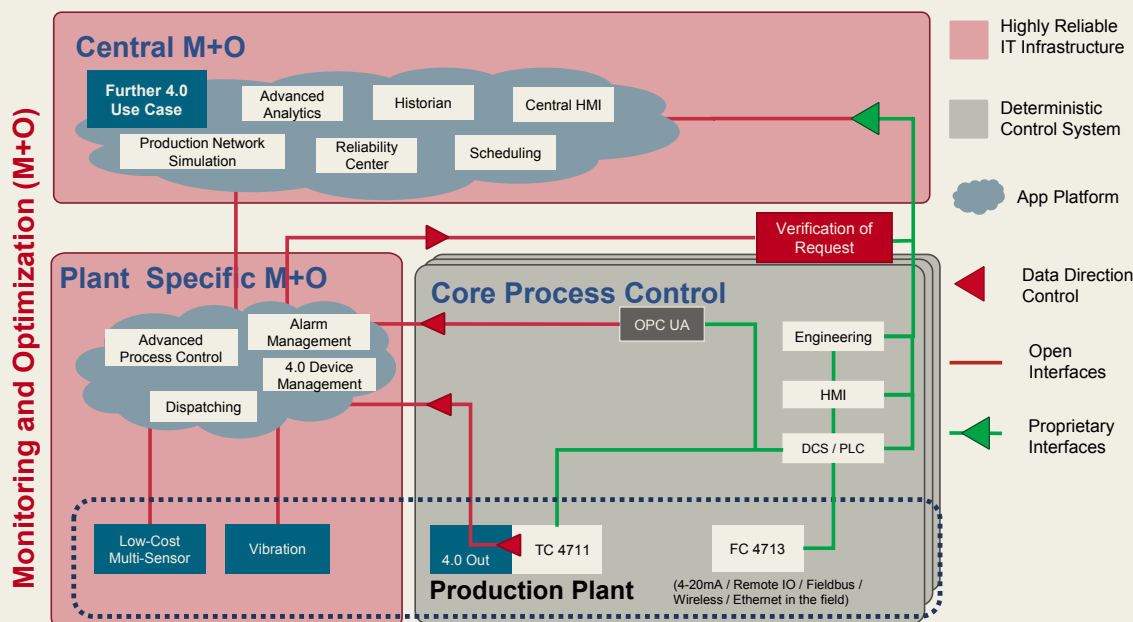


BILD 2: Struktur der Namur Open Architecture

2.1 Offene Schnittstelle

Die im M+O-Bereich laufenden Applikationen und Services speisen sich durch einen einfachen Zugriff auf Daten und sind durch schnelle Innovationszyklen gekennzeichnet, losgelöst von den langen Lebenszyklen der Anlagen. Offene und herstellerunabhängige Schnittstellen aus der Kernautomatisierung in den Bereich von M+O sind hierfür eine Grundvoraussetzung. Diese Schnittstellen sorgen für eine Entkopplung zwischen den jeweiligen Bereichen sowie für einen standardisierten Übergang. Die Spezifikation solcher Schnittstellen und der zugehörigen Informationsmodelle basierend auf bestehenden Standards ist eine der Hauptaufgaben des AK 2.8.

Neben lesendem Zugriff aus der Kernautomatisierung in die M+O-Bereiche muss ebenso eine Möglichkeit geschaffen werden, Werte aus dem rosa Bereich, beispielsweise Setpoints bei Advanced-Process-Control-Anwendungen, zurückzuschreiben. Um auch diese schreibenden Zugriffe aus dem M+O-Bereich in die Prozessführung zu ermöglichen, werden Verification-of-Request-Funktionen benötigt. Diese Funktionen stellen einen sicheren und zuverlässigen Informationsfluss aus den M+O-Bereichen in die Kernautomatisierung dar. Die Verification of Request könnte im einfachsten Fall die Prüfung und Freigabe durch den Anlagenfahrer sein. Denkbar wären auch automatische Prüfungen, etwa auf plausible Wertebereiche oder rezeptabhängige Parameter. In diesem neuen Bereich ist noch kreative Entwicklungsarbeit erforderlich.

2.2 Zweiter Kommunikationskanal für bestehende Feldgeräte

Neben einer offenen Schnittstelle aus den Prozessleitsystemen in den M+O-Bereich setzt sich NOA mit der Konzeptionierung und Strukturierung eines zweiten Kommunikationskanals auseinander, um einen einfachen und flexiblen Informationsfluss aus installierten Feldgeräten zu gewährleisten und zusätzliche Information über den Prozess oder den Status des Feldgeräts zu gewinnen. Ein solcher zweiter Kommunikationskanal ist für permanente Instrumentierung nur erforderlich, wenn die Systeme der Kernautomatisierung die Daten nicht transparent und offen zur Verfügung stellen können. Gerade bei Bestandsanlagen ist dieser Ansatz interessant, da oftmals schon intelligente Geräte im Feld verbaut sind, die Daten aber weitestgehend ungenutzt bleiben.

Ein wesentlicher Punkt beim zweiten Kommunikationskanal ist die informationsschutztechnische Rückwirkungsfreiheit. Es muss sichergestellt werden, dass der zweite Kommunikationskanal keinerlei Rückkopplung auf die primäre Kommunikation und auf die eingestellten Parameter des Feldgeräts hat.

Mit heutigen Kommunikationsprotokollen, wie Hart, lässt sich eine Rückwirkung nicht ohne Weiteres vermeiden. Auch eine zusätzliche Kommunikationsschnittstelle parallel zu bestehenden Busprotokollen, wie OPC UA in den Feldgeräten, stellt als Seitenkanal ein Sicherheitsrisiko dar. Somit müssen Maßnahmen getroffen werden, um die Veränderung von Sensoreinstellungen über die zweite Schnittstelle zu unterbinden.

Vorhersage des Foulingverhaltens an einem Wärmetauscher**Benefit**

Produktionsausfälle durch gesteigerte Transparenz von Anlagen-assets reduzieren
Optimierte Planung von Instandhaltungs- und Produktionsaufgaben



Anlagen sind im Regelfall nicht für Optimierungsaufgaben instrumentiert, da zusätzliche Instrumentierung kostenintensiv ist.

Geringe Anforderungen an Verfügbarkeit (nicht Mission-critical)

Keine direkte Anbindung an Prozessleitsystem notwendig

Mit NOA lassen sich zusätzlich erforderliche Messgrößen einfach und flexibel erfassen und in Optimierungssysteme integrieren

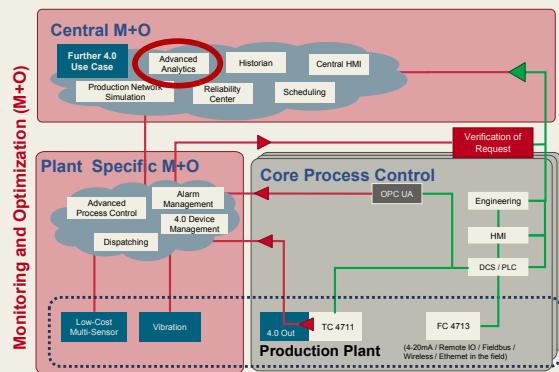


BILD 3: Beispiel Anwendungsfall Wärmetauscher

Um hier technisch tragfähige Lösungen zu erreichen, ist eine frühzeitige Mitarbeit von Feldgeräteherstellern erforderlich.

2.3 M+O-Sensoren

Neben bestehenden Sensoren für die Kernautomatisierung gibt NOA Raum für weitere Sensoren, um zusätzliche Information aus den Anlagen zu extrahieren. Solche Sensoren werden typischerweise bei nicht-invasiven Messprinzipien, wie Vibrationsmessungen, Verbreitung finden und können weitestgehend als IoT (Internet of Things) oder IIOT (Industrial Internet of Things) Devices verstanden werden. Wesentlich ist hier eine einfache und flexible Integration, ein aufwandreduziertes Engineering sowie ein entsprechendes Life-Cycle-Management. Über den Lebenszyklus der Anlage muss über geeignete Maßnahmen sichergestellt werden, dass M+O-Sensoren nicht für Kernautomatisierungsaufgaben eingesetzt werden, da es sonst zu einer Vermischung der Anforderungsprofile und letztendlich der geforderten Verfügbarkeiten kommen kann. Daher sind Kernautomatisierung und M+O strikt zu trennen.

3. ANWENDUNGSFÄLLE

Der Treiber von NOA ist die wirtschaftliche Realisierung von Monitoring- und Optimierungsapplikationen, um Produktionsanlagen und Prozesse weiter zu verbessern und somit kostengünstig und effizient zu produzieren. Nachfolgend wird an zwei Beispielen die Notwendigkeit von offenen Strukturen verdeutlicht.

Ein Beispiel für Anlagenoptimierung ist das Monitoring des Foulingverhaltens an Wärmetauschern. Unter Fouling wird die Bildung unerwünschter Beläge innerhalb von Wärmetauschern verstanden. Dieser Vorgang reduziert die Wärmeübertragungsleistung des Apparates und führt in der Regel zu

reduzierter Performance, erhöhten Betriebskosten und im schlimmsten Fall zu Anlagenstillstandszeiten oder beeinträchtigt die Produktqualität.

Anlagen sind im Regelfall nicht für Optimierungsaufgaben instrumentiert, da zusätzliche Instrumentierung kostenintensiv ist. Somit lassen sich einfache Kalkulationen, wie des Wärmeübergangskoeffizienten, nicht durchführen, da Messungen nicht vorhanden sind beziehungsweise auf zusätzliche Feldgeräteinformation, wie die Temperatur an einer Durchflussmessung, nicht zugegriffen werden kann. Optimierungsaufgaben werden dadurch schon im Grundsatz erschwert oder stellen sich oftmals als unwirtschaftlich dar, da die Hürden durch eine Umsetzung in konventionellen Automatisierungsstrukturen zu hoch sind.

Dabei sind die Anforderungen bezüglich Verfügbarkeit und Echtzeitverhalten bei solchen Anwendungen eher als gering einzuordnen, und eine kostenintensive Integration in die Prozessleitebene ist oftmals nicht erforderlich.

Eine Einordnung in die NOA-Architektur zeigt Wege für eine flexible Einbindung von zusätzlichen Messgrößen. Kostenintensive PLS-Integrationen können so umgangen und Optimierungsanwendungen wirtschaftlich realisiert werden, siehe Bild 3.

Ein weiteres Beispiel findet sich im Bereich Plant Asset Management. Großmaschinen, wie Verdichter und Kompressoren, werden heute oftmals durch zusätzliche M+O-Systeme als Insellösung überwacht. Ein Transfer auf Standardequipment, wie Pumpen und Ventile, ist nur mit hohem technischen Aufwand und damit hohen Kosten möglich und hat sich bis heute in der Prozessindustrie nicht durchgesetzt. Optimierungspotenzial, wie eine großflächige Auswertung über das Betriebsverhalten von Pumpen, bleiben somit ungenutzt, da keine Assetdaten verfügbar sind. Durch die positive Preisentwicklung im Bereich von Sensoren ist jedoch zu erwarten, dass Equipment mehr und

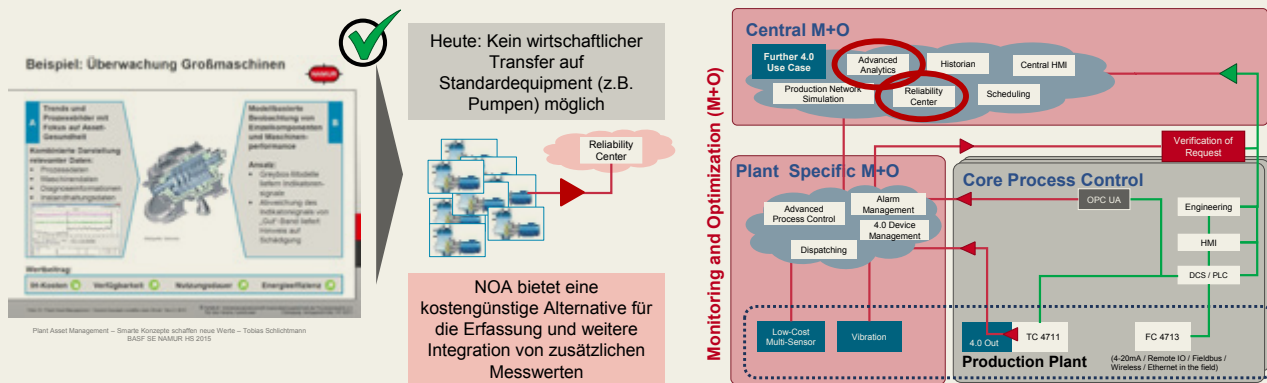


BILD 4: Beispiel Anwendungsfall Standardequipment

mehr mit Intelligenz ausgestattet wird (IoT). Somit ist es unabdingbar, die Grundarchitekturen für die kommunikationstechnische Einbindung dieser zusätzlichen Komponenten zu legen, siehe Bild 4.

Durch eine einfache und offene Architektur bietet NOA einen entsprechenden Ansatz, um Standardequipment mit entsprechenden Überwachungen auszustatten, da Messwerte von zusätzlichen Sensoren einfach und flexibel in die jeweiligen Applikationen integriert werden können, ohne die klassischen Leitsystemstrukturen mit der zusätzlichen Datenlast zu belasten.

4. INFORMATIONSMODELL

Um eine flexible und herstellerunabhängige Kommunikation zwischen den Elementen in der NOA-Struktur zu erreichen, wurde ein erstes Informationsmodell entwickelt, das als einheitlicher Informationsraum für Daten aus der Anlage dient, siehe Bild 5. Industrie 4.0 setzt die Verfügbarkeit von Information, beispielsweise bezüglich Fähigkeiten, Eigenschaften oder Interoperabilität von realen Komponenten, innerhalb eines Netzwerks aus intelligenten, interagierenden Teilnehmern voraus. M2M-Kommunikation erfordert die Vereinbarung von Syntax und Semantik ausgetauschter Daten bei Sender und Empfänger. Die Abbildung der Bedeutung (Semantik) ist erforderlich, um technische Systeme in die Lage zu versetzen, eigenständig Aktionen zu initiieren [7].

Das NOA-Informationsmodell definiert Typvorlagen für unterschiedliche Geräteklassen wie Druck-, Füllstand- oder Temperatur-Messgeräte. Der Informationsraum trägt im Allgemeinen Instanzen mehrerer Geräte. Wie in Bild 6 skizziert, gehört zu jeder Instanz ein Satz von charakterisierenden Parametern. Dazu zählen unter anderem Herstellername, Seriennummer, Prozesswert oder die Benutzersprache. Parameter können selbst wiederum durch Attribute charakterisiert werden. Natürlichsprachige Beschreibungen, üblicherweise in den

Handbüchern von Feldgeräten mitgeliefert, werden auf Attribute der Parameter abgebildet, auf diese Weise formalisiert und somit maschinenlesbar. Attribute können beispielsweise gemäß IEC 61360 so klassifiziert werden:

- Identifizierende Attribute (Beispiel Kennung: 0112/2///61987#ABB271#002, bevorzugter Name: tag name/PCE request, Versionsnummer: 002),
- Semantische Attribute (Beispiel Definition: alphanumeric character sequence uniquely identifying a measuring or control point, Quellendokument der Definition: Merkmal TAG aus IEC 61987, Formel),
- Werteattribute (Beispiel Datentyp: STRING_TYPE, Maßeinheit: entfällt, Werteliste: AKZ),
- Relationale Attribute (Beispiel Übergeordnete Klasse eines Datenelementtyps: Control Input 0112/2///61987#ABC806#001 oder Measured variable 0112/2///61987#ABC407#002).

Die beschriebene Grundstruktur des Informationsmodells, nach der ein Satz von Geräten jeweils durch Sätze von Parametern beschreibbar ist, entspringt dem Device Integration Model (DI), wie es bei FDI (IEC 62769) verwendet wird [2], das somit die Basis des NOA-Modells bildet.

Als Quelle für standardisierte Parameter dienen im NOA-Modell aktuell die 34 Core-Parameter der NE 131 [17] sowie IEC61987/eClass-Merkmale. Jede Instanz eines Parameters referenziert über eine eindeutige ID die zugehörige Typbeschreibung, siehe Bild 6. Der Aufbau der ID erfolgt für standardisierte Parameter gemäß ISO 29002-5. Zusätzlich können herstellerspezifische, nicht-standardisierte Parameter definiert und durch die Verwendung einer URI identifiziert werden. Auf diese Weise werden menschenverständliche Begriffsdefinitionen zu Metadaten der Dinge. Bild 7 verdeutlicht das Prinzip. Eine ID stellt eine Verbindung zu den in der Typbeschreibung enthaltenen Metadaten her. Diese Metadaten beschreiben ein physisches oder logisches Objekt der realen Welt

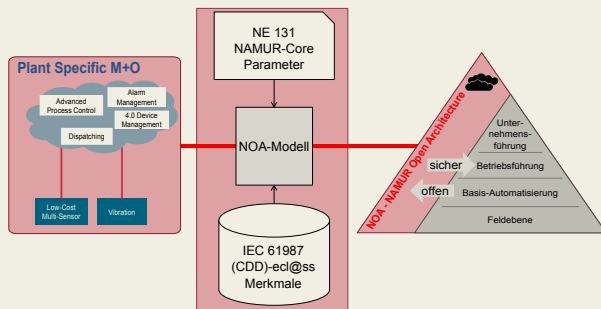


BILD 5: NOA-Modell als einheitlicher Informationsraum für Daten aus der Anlage

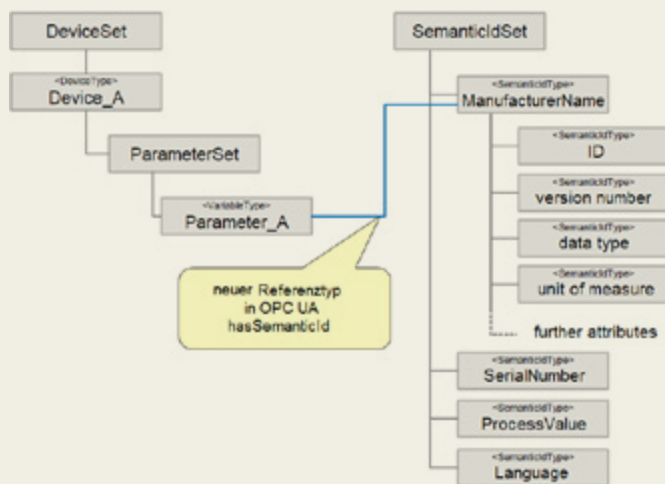


BILD 6: Grundstruktur des NOA-Informationsmodells

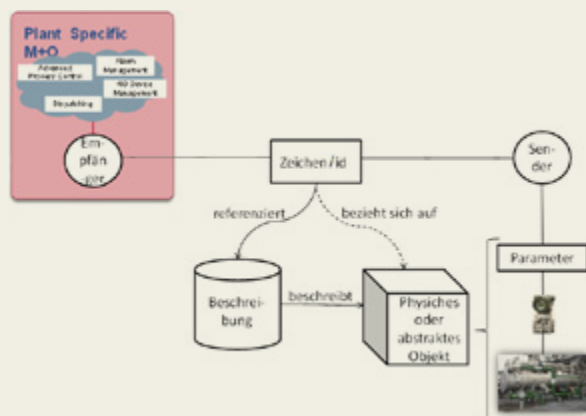


BILD 7: Einordnung des semiotischen Dreiecks in das NOA-Konzept

in einer semantisch eindeutigen, maschinenlesbaren Form. Probleme natürlichsprachiger Darstellungen, wie das Vorhandensein von Homonymen, Mehrsprachigkeit und unterschiedliche Sichtweise, lassen sich so vermeiden.

Der Informationsaustausch zwischen den beteiligten Partnern umfasst mindestens die ID des Parameters sowie dessen Ausprägungsaussage [5]. Die Ausprägungsaussage umfasst den Wert des Parameters und gegebenenfalls ergänzende Attribute, wie einen Zeitstempel oder eine Angabe zur Qualität des Wertes. Auch die Charakterisierung des Aussageziels, das heißt, ob es sich bei dem Wert um eine Anforderung, eine Zusage oder einen Istwert handelt, ist hier möglich. Syntax- sowie Semantikbeschreibungen werden in diesem Fall nicht bei jeder Interaktion mit übertragen, sondern sind bekannt und müssen nicht zugreifbar beim Sender und Empfänger vorliegen. Andererseits sind in einem I4.0-System auch lose Kommunikationsstrukturen vertreten. In diesem Fall haben die beteiligten Instanzen zuvor keine festen Absprachen über die Semantik und gegebenenfalls auch über die Syntax auszutauschender Information getroffen. Um dennoch ein gemeinsames Verständnis der Interaktion zu gewährleisten, werden die für die jeweiligen Parameter festgelegten Identifikatoren genutzt. Lokal vorgehaltene oder systemweit zugängliche Bibliotheken ermöglichen es dann, mit Hilfe der ID Syntax- und Semantikbeschreibungen zur Laufzeit abzurufen [3].

Eine mögliche Schnittstelle im NOA Konzept ist OPC UA. Im Objektraum eines OPC-UA-Servers wären die Parameter mit ihrer ID und Wert sowie, wo erforderlich, ergänzenden Attributen einzubetten.

5. DEMONSTRATOREN

Die Implementierung von NOA ist als iterativer Ansatz zu verstehen. Um die Entwicklung agil und praxisnah zu begleiten, wurden im Rahmen der Arbeiten im Namur-AK 2.8 erste Demonstratoren erstellt. Ziel der Demonstratoren ist eine Machbarkeitsstudie, um die Umsetzbarkeit mit heutiger Technologie und verfügbaren Standards sowie die noch notwendigen Optimierung- und Entwicklungspotenziale aufzuzeigen. Die Demonstratoren wurden im Rahmen der Namur-Hauptsitzung 2016 vorgestellt und werden kontinuierlich weiterentwickelt.

5.1 Demonstrator 1 (TH Ingolstadt)

Der Demonstrator der Technischen Hochschule Ingolstadt zeigt die Nutzung von NOA basierend auf bestehenden intelligenten Feldgeräten für Bestandsanlagen, sowie für Brownfield/Greenfield Projekte, siehe Bild 8. Intelligente Feldgeräte bieten über ihre Kommunikationsschnittstelle, zum Beispiel Profibus/Profinet, Hart, Foundation Fieldbus, Modbus, neben dem eigentlichen

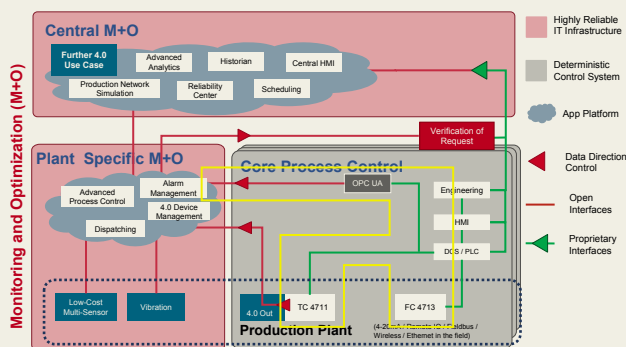


BILD 8: Einordnung des Demonstrators der TH Ingolstadt in die NOA-Architektur

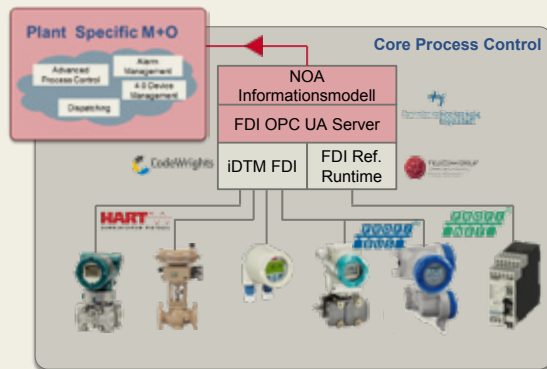


BILD 9: Aufbau des Demonstrators der TH Ingolstadt

Prozesswert bereits sehr umfassende Information über das Gerät beziehungsweise den Prozess an.

Beispiele sind aktuelle Konfigurationseinstellungen, Diagnoseinformation sowie weitere Prozesswerte, wie die Temperatur oder die Dichte des Mediums bei einem Durchflussmessumformer oder Information von Antrieben, die eine Aussage über den Zustand des Primärequipments ermöglichen. Mit dieser zusätzlichen Information lassen sich Anwendungsfälle, wie die Überwachung von Wärmetauschern oder Standard-Equipment, wie Pumpen, bereits heute in Bestandsanlagen umsetzen. Der Zugang zu dieser Information ist allerdings häufig nur über proprietäre Leitschnittstellen möglich. Dies führt zu einem hohen wiederkehrenden Aufwand, da leitsystemspezifische Kopplungen zu implementieren sind. Ändert sich die Leitschnittstelle, zum Beispiel aufgrund eines Versionswechsels, muss die Kopplung nachgezogen werden, was wiederum Aufwand verursacht. Bietet das Leitsystem keinen Zugang oder ist dieser zu eingeschränkt, bleibt noch die Option, einen parallelen Zugang zu den Feldgeräten zu schaffen.

In jedem Fall müssen aber Teile der Topologie des Automatisierungssystems ein zweites Mal geplant und verwaltet werden. Das erzeugt nicht nur Kosten für zusätzliche Hardware, sondern schafft Aufwand für Engineering und Installation sowie Redundanzen, die bei Änderungen zu Inkonsistenzen führen können. Aus diesen Gründen wird das Potenzial der Information intelligenter Feldgeräte derzeit nur sehr begrenzt genutzt, etwa für die Gerätekonfiguration während der Inbetriebnahme. Zudem liegt die verfügbare Information in Kommunikations- beziehungsweise herstellerspezifischen Namensräumen vor, was eine einheitliche Weiterverarbeitung für die oben genannten Anwendungsfälle erschwert.

Mit Field Device Integration (FDI, IEC 62769) steht ein internationaler Standard für die Geräteintegration zur Verfügung, der bereits ein standardisiertes offenes Informationsmodell über OPC UA zur Verfügung stellt [9]. Ein FDI-OPC-UA-Server stellt ein FDI-Informationsmodell zur Verfügung und bietet damit den herstellerunabhängigen Zugang zu Feldgeräteinformation [13, 10]. Das FDI-Informationsmodell stellt eine Weiterentwicklung des DI-Modells dar, das ebenfalls aus den FDI-Standardisierungsaktivitäten entstanden ist und die Basis für eine Reihe weiterer Informationsmodelle legt, zum Beispiel PLCopen [12]. Damit bietet ein FDI-Server eine sehr gute Basis für die Umsetzung des NOA-Informationsmodells: Der DeviceType inklusive ParameterSet und den Parameterknoten ist bereits in FDI enthalten. Für die Umsetzung des NOA-Informationsmodells ist lediglich die Verknüpfung zu den SemanticIds zu realisieren, sodass Feldgeräteparameter, die über FDI-Mechanismen zur Verfügung gestellt werden, nun zusätzlich ihre Semantik anbieten.

Der Demonstrator der TH Ingolstadt setzt diese Architektur folgendermaßen um, siehe Bild 9: Ein FDI-OPC-UA-Server bietet das in FDI spezifizierte Informationsmodell über OPC UA an. Die in der Topologie des Automatisierungssystems enthaltenen Feldgeräte finden sich im Informationsmodell als virtuelle Repräsentanten wieder. Das Informationsmodell des FDI-Servers wurde im Demonstrator erweitert, sodass nun auch die im NOA-Informationsmodell definierte Semantik verfügbar ist. Somit kann ein OPC-UA-M+O-Client nun für die genannten Anwendungsfälle auf die Feldgeräte zugreifen und weitere Information über das intelligente Feldgerät, dessen Zustand sowie Prozessparameter abfragen. Da der FDI-Server die gerätespezifischen FDI-Device-Packages kennt und verarbeitet, ist er in der Lage, sowohl die NE 131-Parameter als

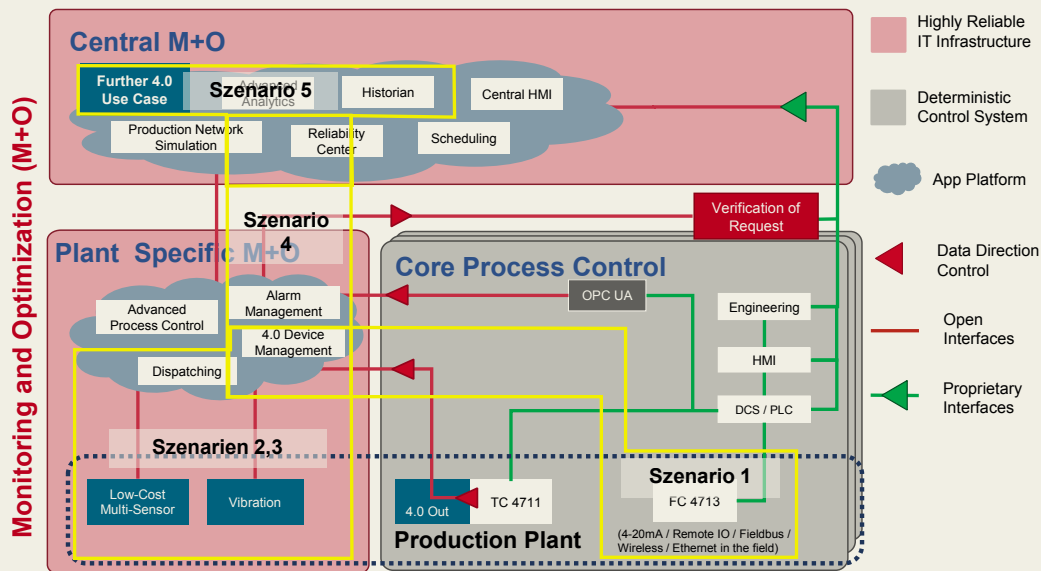


BILD 10: Verortung der Szenarien des Dresdner NOA-Demonstrators

auch geräte- und herstellerspezifische Parameter anzubieten. Für die Zuordnung der NE 131-Parameter zu den Geräteparametern im FDI-Device-Package wurden jeweils Dateien mit Mapping-Information erstellt und den FDI-Device-Packages beigelegt. Im Demonstrator wurden sechs Feldgeräte unterschiedlicher Hersteller mit drei Protokollen beispielhaft integriert:

Die Differenzdruck-Messumformer Yokogawa EJX-110A (Hart) und Siemens Sitrans-P DSIII (Profibus PA) sowie der Temperaturmessumformer ABB TTH-300 (Hart) bieten neben dem Prozesswert umfangreiche Information zum aktuellen Zustand, die sich für Monitoring-Applikationen nutzen lässt. Außerdem ist der Zugriff auf die aktuelle Konfiguration und die damit verbundenen NE 131-Parameter möglich.

Der Coriolis-Massendurchfluss-Messumformer Krohne MFC400 (Profibus DP/PA) verfügt neben dem aktuellen Massendurchfluss über weitere Prozessgrößen, die für eine Optimierung relevant sein können. Dazu zählt beispielsweise die Dichte des Mediums oder aber die Erkennung von Gasblasen im Medium. Zudem lässt sich umfangreiche Information zu Gerätezustand und -konfiguration abfragen.

Stellventile zählen zu den kritischen Bestandteilen einer jeden Anlage. Demensprechend ist eine vorausschauende Instandhaltung wünschenswert. Der elektropneumatische Stellungsregler Samson 3730-6 (Hart) bietet dafür umfangreiche Information an, wie etwa den dynamischen Belastungsfaktor, der aufgrund der Belastung des Ventils langsam zunimmt. Aufgrund des Verlaufs dieses Kennwerts lässt sich eine Aussage zum Funktionsvorrat dieses Ventils treffen. Für die

detaillierte Diagnose steht weitere Information im Gerät zur Verfügung, die über das NOA-Informationsmodell repräsentiert wird.

Das Motorsteuergerät Siemens Simocode Pro V (Profinet IO) verfügt über eine Vielzahl von Parametern, die eine Aussage über den Zustand des Primärequipments, wie Pumpen, ermöglichen. Dazu zählen unter anderem Wirk- und Blindleistung, Phasenverschiebung sowie das thermische Motormodell, das im Motorsteuergerät mitgerechnet wird. Diese sind über das NOA-Informationsmodell verfügbar.

Der Zugriff auf die genannten Feldgeräte und Parameter wurde im Rahmen des Demonstrators auf der Namur-Hauptsitzung erfolgreich gezeigt. Besonders hervorzuheben ist dabei, dass sich alle Feldgeräte unabhängig von Protokoll oder Hersteller im Informationsmodell einheitlich präsentieren. Das heißt, Informationsnutzer müssen sich keine Gedanken über die Spezifika des unterlagerten Kommunikationsprotokolls beziehungsweise die Topologie des Automatisierungssystems machen. Sie greifen auf die gewünschte Information im Informationsmodell zurück, und der unterlagerte FDI-Server kümmert sich um die korrekte gerätespezifische Umsetzung im jeweiligen Kommunikationsprotokoll. Für die Visualisierung der Feldgeräteinformation wurde auf das Dashboard der TU Dresden zurückgegriffen, siehe Abschnitt 5.2. Insbesondere im Zusammenspiel mit geräteintegrierten OPC-UA-Servern ist die Aggregation zu einem Gesamtmodell über einen Aggregationsserver wie in Abschnitt 5.2 und [7, 8] beschrieben, sinnvoll und zu empfehlen.

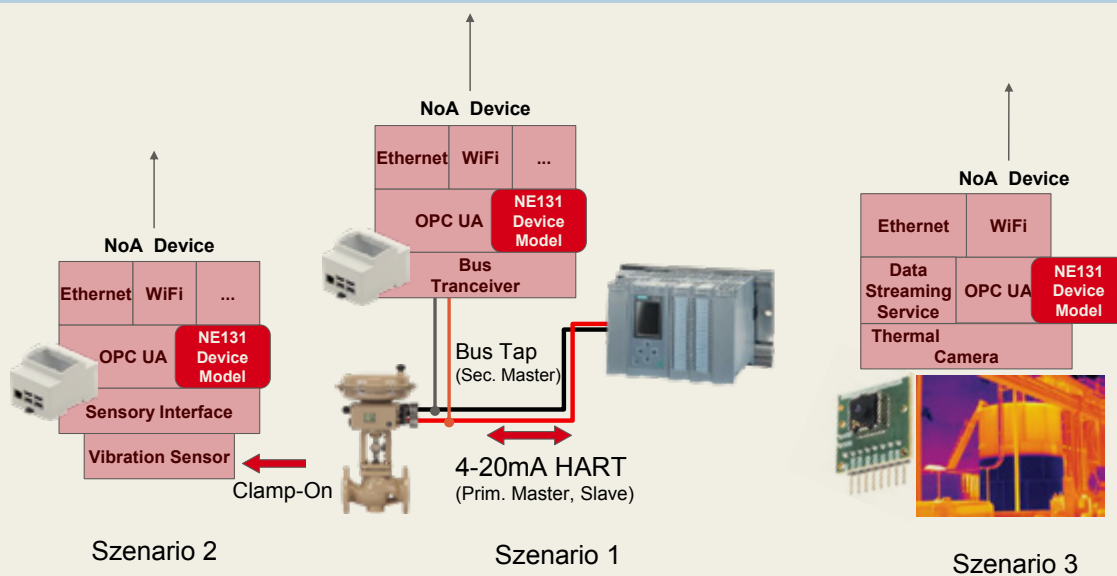


BILD 11: Schematische Darstellung und Szenariozuordnung der drei datenerfassenden Geräte des Demonstrators der TU Dresden

Mit dem beschriebenen Ansatz ist es also möglich, die umfangreiche Information intelligenter Feldgeräte standardisiert und offen zu nutzen. Ein Arbeitspunkt ist die Zuordnung der Geräteparameter im FDI-Package zu den NE 131-Parametern. Hier wurde bereits die Abstimmung mit der FieldComm Group und der Profibus-Nutzerorganisation angestoßen, um einen einheitlichen Weg zu definieren, sodass der im Demonstrator gegangene Umweg über Mappings vermieden wird.

5.2 Demonstrator 2 (TU Dresden)

Der Demonstrator der Professur für Prozessleittechnik der Technischen Universität Dresden untersucht die Aspekte vertikale Integration und Informationsnutzung. Im Fokus steht die effiziente Einbindung der durch NOA bereitgestellten Information in semantische Netze. Diese erhöht die Fähigkeit verfahrenstechnischer Anlagen zur schnellen, weitgehend automatisierbaren Anpassung an volatile Produktionseinflüsse durch Plug-and-produce oder Measurement-on-demand, wenn Aspekte der Informationssicherheit und der Gebrauchstauglichkeit zu berücksichtigen sind [6].

Ausgangspunkt des Demonstrators ist die Bestandsautomatisierung einer fiktiven prozesstechnischen Anlage. Repräsentiert wird diese durch eine Steuerung (Siemens S1500) sowie einen über 4-20mA und Hart angebundenen pneumatischen Stellantrieb (Samson). Auf dieser Hardwarebasis werden die in Bild 10 dargestellten fünf Szenarien in je einem Teildemonstrator umgesetzt.

5.2.1 Hard- und Software

Drei Geräte des Demonstrators sind für die Erfassung von Information in Anlagennähe verantwortlich. Der Entwurf der Geräte orientiert sich dabei an der Architektur eines Mehrwertadapters [14]. Eine anwendungsspezifische Schnittstelle erfasst die Daten aus der jeweiligen Informationsquelle (Sensor, Aktor, Feldbusgerät). Die so gesammelten Daten werden von einem OPC-UA-Server zugänglich gemacht, der diese durch das NE 131-Informationsmodell semantisch annotiert. Die gegebenen Geräte versenden periodisch UDP-Broadcasts, sodass hinzugefügte oder entfernte OPC-UA-Informationsquellen lokalisiert werden können. Ein viertes Gerät detektiert diese Quellen und aggregiert deren OPC-UA-Information automatisch. Jedes der im Demonstrator eingesetzten Geräte wird von einem Raspberry Pi betrieben, der per WLAN oder Ethernet Zugriff zum OPC-UA-Server (open-source-Stack open62541 [18]) gewährt. Die Anbindung an die industrielle Kommunikation erfolgt über Schnittstellen, die von der TU Dresden für den NOA-Demonstrator entwickelt wurden. Schlussendlich ist die IP-Infrastruktur, also WLAN Access Point und Ethernet-Switch, Teil der Demonstrationsplattform.

5.2.2 Szenario 1: Semantische Integration von Altgeräten

In diesem Szenario, siehe Bild 11, werden Daten eines bereits in der Anlage verbauten Feldgeräts angezapft. NOA stellt den relevanten Ausschnitt des Datenhaushalts semantisch annotiert zur Verfügung. Die Funktion

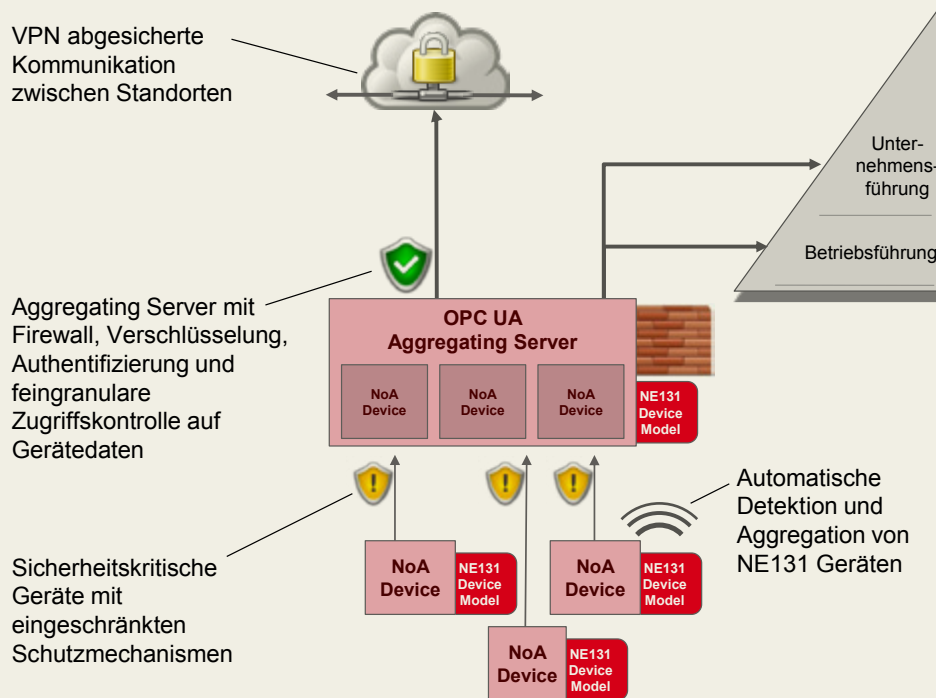


BILD 12: Darstellung der Rolle des Aggregating-Servers in einer NOA-Architektur

des Feldgeräts als Teil der Prozessführung soll dabei nicht beeinflusst werden. Wesentliches Alleinstellungsmerkmal dieser Teildemonstration ist, dass für die Anbindung des für den NOA-Ansatz datenerfassenden Geräts weder neue Sensoren noch Feldbus-master-Bausteine in den Bestand eingebracht werden. Dies funktioniert immer dann, wenn bestehende Feldbusse Secondary/Multi-Master Modi beziehungsweise frei allozierbare Zeitscheiben zur asynchronen Kommunikation bereitstellen. Für das Auslesen der Gerätedaten sind drei Modi denkbar, die jeweils unterschiedliche Konsequenzen für das Security-by-design haben:

- **Passiv lesend** (mithören der Kommunikation zwischen Steuerung und Feldgerät). Die erfassbaren Daten sind gleichzeitig auf die Informationsinhalte der erfassten Kommunikation beschränkt. Lediglich Authentizität und Vertraulichkeit sind kompromittierbar.
- **Aktiv lesend** (versenden von Lesebefehlen an das Feldgerät). Durch die Beeinflussung der Master/Slave-Kommunikation kann die Verfügbarkeit kompromittiert, aber ebenso beliebige Daten des Feldgeräts erfasst werden.
- **Aktiv lesend/schreibend** (zusätzliche Schreibbefehle). Alle Angriffsmöglichkeiten werden möglich und die Ausgestaltung eines effizienten Zonen-Übergangs wird erforderlich.

Der implementierte Teildemonstrator für dieses erste Szenario greift als Hart-Secondary-Master aktiv lesend auf den Bus zu. Feldgeräte werden über Hart identifiziert und Daten wie Hersteller, Gerätetyp und (periodisch) der primäre Prozesswert ausgelesen. Hart stellt hier ein ideales Protokoll für die Demonstration der NOA-Fähigkeiten dar, da in entsprechenden Feldgeräten oft mehr als 100 Datenwerte Auskunft über Prozess und Lebenszyklus bieten. In der Praxis wird diese Informationsfülle selten genutzt und Hart lediglich als Konfigurationsschnittstelle eingesetzt. Die für Diagnose und Optimierung wertvolle Information wird durch NOA für die algorithmische Weiterverarbeitung wieder zugänglich gemacht.

5.2.3 Szenarien 2 und 3: Effiziente Integration temporärer Sensorik

Die Szenarien 2 und 3, siehe Bild 11, agieren unter der Prämisse, dass Prozessabschnitte der Bestandsanlage für fortgeschrittene Prozessoptimierungsmethoden zusätzliche Sensorik benötigen. Die Szenarien unterscheiden sich in Hinsicht auf die dafür notwendige Bandbreite. In Szenario 2 wird lediglich ein Vibrationssensor eingebracht, dessen Kommunikationsanforderungen auch durch konventionelle Feldbusse abgedeckt werden könnten. Szenario 3 überwacht einen Prozessabschnitt mittels einer Thermografiekamera

(Video-Datenstrom), deren Bandbreitenanforderung nicht rückwirkungsfrei über etablierte Feldbustechnologien bereitgestellt werden kann. In beiden Szenarien soll die laufende Anlage nicht durch das Einbringen neuer Sensorik modifiziert und die Geräte minimalinvasiv (Clamp-On) an die Anlage angeschlossen werden.

Ein anwendungsnahes Beispiel für Szenario 2 ist eine Pumpe, an der Kavitation durch einen zusätzlichen Vibrationssensor festgestellt werden soll. In Szenario 3 könnte die gleiche Pumpe in ihrer Gesamtheit auf Hitzeentwicklungen an Antrieb oder mechanischen Komponenten überwacht werden, an denen die Montage zusätzlicher Sensorik nicht möglich ist. Auch andere breitbandige Datenströme wie Audiodaten für die akustische Diagnose von Feldgeräten wären potenzielle Anwendungsfelder für das Szenario.

Der Teildemonstrator 2 basiert auf einem handelsüblichen Beschleunigungssensorbaustein von Analog Devices. Der Raspberry Pi hinterlegt die ermittelte Beschleunigung in der OPC-UA-Process-Value-Variable. Teildemonstrator 3 verwendet ein FLIR Lepton Thermografiemodul, um einen http-Video-Feed bereitzustellen. OPC UA bildet die URL, Eigenschaften des Videostreams und des verwendeten Thermografie-systems ab.

5.2.4 Szenarien 4 und 5: Vertikale Integration

Szenario 4 des Demonstrators ist der NOA-Aggregating-Server. Es handelt sich um einen OPC-UA-Server, der wie die bereits vorgestellten Geräte das NE 131-Gerätemodell beherrscht, siehe Bild 12. Der Server sucht kontinuierlich nach den UDP-Broadcasts von datenerfassenden Geräten. Wird ein neues Gerät detektiert, spiegelt der Aggregating-Server den Informationshaushalt des Geräts in einem neuen OPC-UA-Objekt. Die Spiegelung verwendet OPC-UA-Subscriptions, um Werte kontinuierlich zu aktualisieren. Schreiboperationen auf solchen aggregierten Variablen oder Methoden werden an das Quellgerät weitergeleitet. Ein Aggregating-Server enthält damit die Information aller anlagennahen Geräte des NOA-Ansatzes, die sich im Netzwerk als solche zu erkennen geben. Sendet ein Gerät über eine längere (definierbare) Zeit keine UDP-Broadcasts, wird der Informationsgehalt des Geräts wieder aus dem Aggregator entfernt.

Der Aggregating-Server erfüllt zwei maßgebende Rollen für den NOA-Ansatz. Primär setzt der Server das Plug-and-play-Konzept um, indem er als zentraler Ansteuerpunkt für alle OPC-UA-Information dient. Datenerfassende Geräte werden automatisch detektiert und dargestellt. Inbetriebnahmekonfigurationen an den datenerfassenden Geräten entfallen. In seiner zweiten Rolle entkoppelt ein Aggregating-Server kommunikationstechnisch Informationssensoren von den Quellen (Proxy). Gängige Sicherheitsmechanismen können an zentraler Stelle implementiert werden.

Zukünftig könnten in diesem System Zugriffsrechte auf bestimmte Daten vergeben, Verschlüsselungs- und Authentifizierungsmechanismen eingesetzt und eine Firewall umgesetzt werden. Das Verfahren ist ausschlaggebend für den Einsatz von NOA in realen Netzwerkumgebungen, da ein unregelmäßiger Seitenkanal bis zu der Information der Anlage eine Vielzahl IT-Sicherheitstechnischer Konsequenzen nach sich zieht.

Im abschließenden, fünften Szenario wird die flexible Nutzung des Informationshaushaltes durch das an der TU Dresden entwickelte NOA-Dashboard gezeigt, siehe Bild 13. Es handelt sich um ein NodeJS-basiertes Web-Frontend, dem eine REST-Schnittstelle den lesenden und schreibenden Zugriff auf den OPC-UA-Informationshaushalt des Aggregating-Servers und damit auf alle im Netz aktiven Geräte ermöglicht. Das NOA-Dashboard, im Demonstrator über den Browser eines generischen Tablets zugänglich, verdeutlicht Szenarien wie die mobile Wartung und Instandsetzung. Die Schnittstelle zum Nutzer agiert vollständig konfigurationsfrei: Wird einer der Teildemonstratoren aus Szenarien 1 bis 3 eingeschaltet, erscheint dieser nach kurzer Zeit gespiegelt im Aggregating-Server (Szenario 4) und in der Übersicht des Webinterfaces (Szenario 5). Geräteparameter können auf einer Detailansicht eingesehen und – sofern gestattet – modifiziert werden. Eine Trendlinie aller Prozesswerte und der Videostream der Thermografiekamera sind ebenfalls zugänglich.

5.3 Demonstrator 3

(Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg)

Der Demonstrator stellt eine prototypische Implementierung eines Automation-Gateways (AG) dar. Dieses bietet eine sichere Ankopplung von Feldgeräten aus dem Bereich der Kernautomatisierung an Cloud-Applikationen aus dem M+O-Bereich über eine offene OPC-UA-Schnittstelle, siehe Bild 14. Ein solches Gateway kann in der Praxis durch eine Remote-IO-Baugruppe realisiert werden, die mit der benötigten Gateway-Funktionalität ausgestattet wird.

Für Anwendungen des M+O kann das Automation-Gateway Sekundärwerte bestehender Geräte, zum Beispiel Temperaturwert von Druckmessgeräten, oder zusätzliche Geräte anbinden, beispielsweise über Hart oder Profibus PA. Auf diese Weise lassen sich zusätzlich Messgrößen ohne größeren Aufwand für beispielsweise Advanced Process Control nutzen oder in andere Applikationen des M+O einbinden, siehe Bild 15.

Die Implementierung des AG basiert aktuell auf einer SPS von Wago mit E/A-Modulen. Dies dient als Prototyp für die besagte Remote-I/O. Hierüber sind ein Hart-fähiges Differenzdruckmessgerät und ein Hart-fähiger Temperaturtransmitter von Yokogawa angeschlossen. Es erfolgt eine Abbildung von Gerätezugriffen der SPS (Hart Universal und Common Practice Commands) auf einen SPS-internen OPC-UA-Server mit herstellerspezifischem

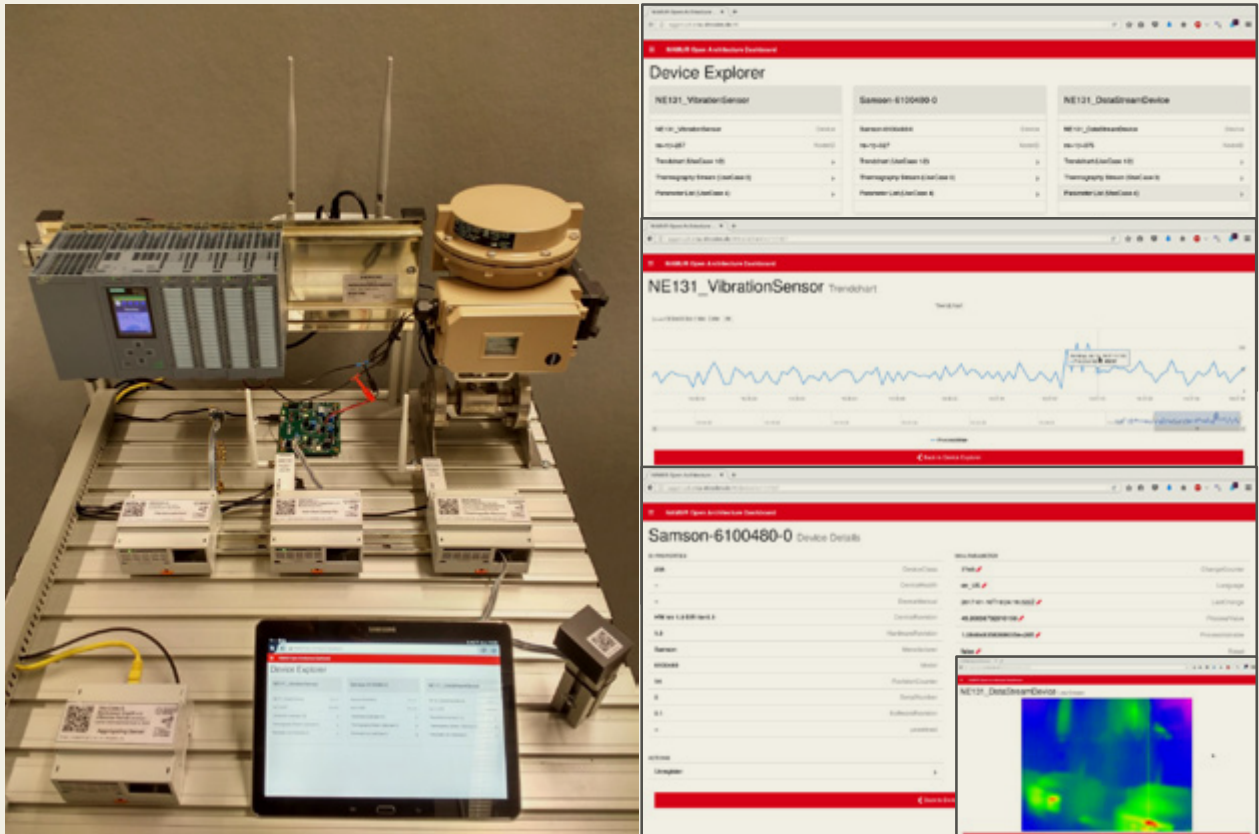


BILD 13: NOA-Demonstrationsplattform der TU Dresden (links) und Ansichten des NOA-Dashboards (von oben: Geräteübersicht, Trendlinien des Prozesswerts, Gerätedetails und Video-Stream der Thermografiekamera)

Informationsmodell. Ein weiterer, separater OPC-UA-Server mit integriertem NOA-Informationsmodell greift auf den SPS-internen Server zu und führt ein Mapping auf das NOA-Modell durch. Zukünftig soll dieser separate Server direkt in dem Gateway implementiert sein.

Der Zugriff auf den OPC-UA-Server mit dem NOA-Modell kann über ein zusätzliches Ethernet/IP-Segment oder zum Beispiel über Profinet geschehen. Das enthaltene NOA-Informationsmodell stellt für jedes Gerät standardisierte, über eine ID identifizierbare Geräteparameter aus der NE 131 und IEC61987/eClass bereit. Parameter, die nicht standardisiert sind, können beispielsweise über herstellerspezifische URI identifizierbar gemacht werden. Durch die Verwendung von ID (ISO-29002-5, URI) sind die Daten semantisch eindeutig. Das schafft die Voraussetzung für die in der Industrie 4.0 geforderte Interoperabilität technischer Systeme.

Der Demonstrator zeigt, wie durch Nutzung eines Automation-Gateways Daten Hart-fähiger Feldgeräte einfach und flexibel über standardisierte Protokolle

(OPC-UA) übergeordneten Applikationen verfügbar gemacht werden können. Zukünftig ist der Ansatz auf weitere Kommunikationsprotokolle zu übertragen (zum Beispiel Profibus PA, Profinet), sodass ein protokollunabhängiger Zugriff über das NOA-Informationsmodell möglich ist. Derartige Automation-Gateways müssten von Herstellern angeboten werden. Entscheidend für deren Anwendbarkeit ist die Umsetzung des Verification of Request als auch weiterer Schutzmechanismen, wie die Verschlüsselung der Kommunikation mit der Cloud oder die Nutzung signierter Firmware.

5.4 Demonstrator 4 (RWTH Aachen)

In der Prozessmesstechnik werden heute überwiegend Feldgeräte eingesetzt, die mit erheblichen Speicher- und Rechenressourcen ausgestattet sind. Diese Ressourcen werden genutzt, um vielfältige Messfunktionen, Messwertvorverarbeitungsfunktionen und Selbstdiagnosefunktionen im Gerät auszuführen.

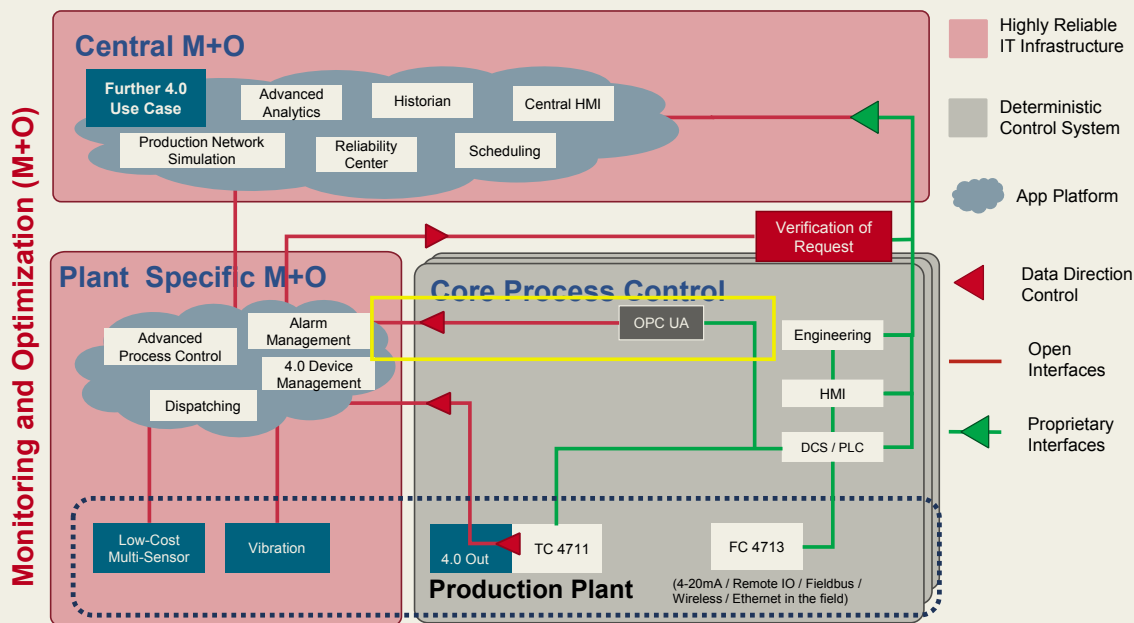


BILD 14: Einordnung des Demonstrators der Universität Magdeburg in die NOA-Architektur

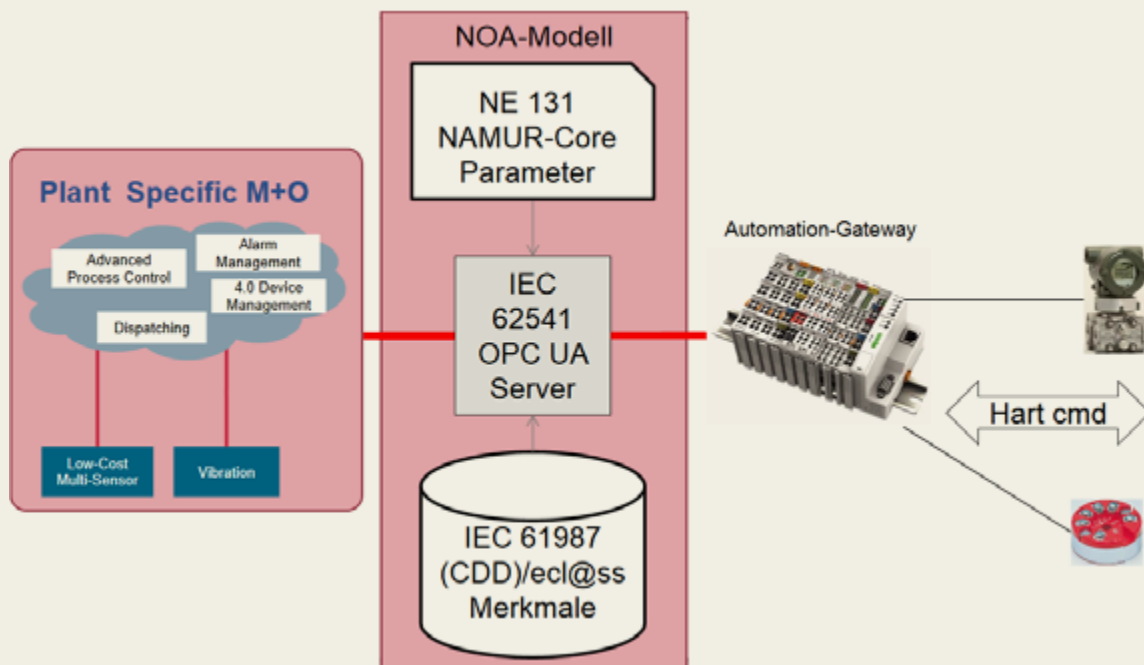


BILD 15: Anbindung an Cloud-Applikationen durch Automation-Gateway

Damit entsteht im Gerät umfangreiche Information, die auch für übergeordnete M+O-Dienste von Interesse wäre. Die klassische 4-20mA-Technologie bietet jedoch keine effiziente Möglichkeit, um an diese Information

heranzukommen. Sämtliche an die übergeordneten M+O-Dienste zu übermittelnden Daten müssten über das 4-20mA-Hart-Protokoll übertragen und durch die Automatisierungssysteme verwaltet und durchgeroutet

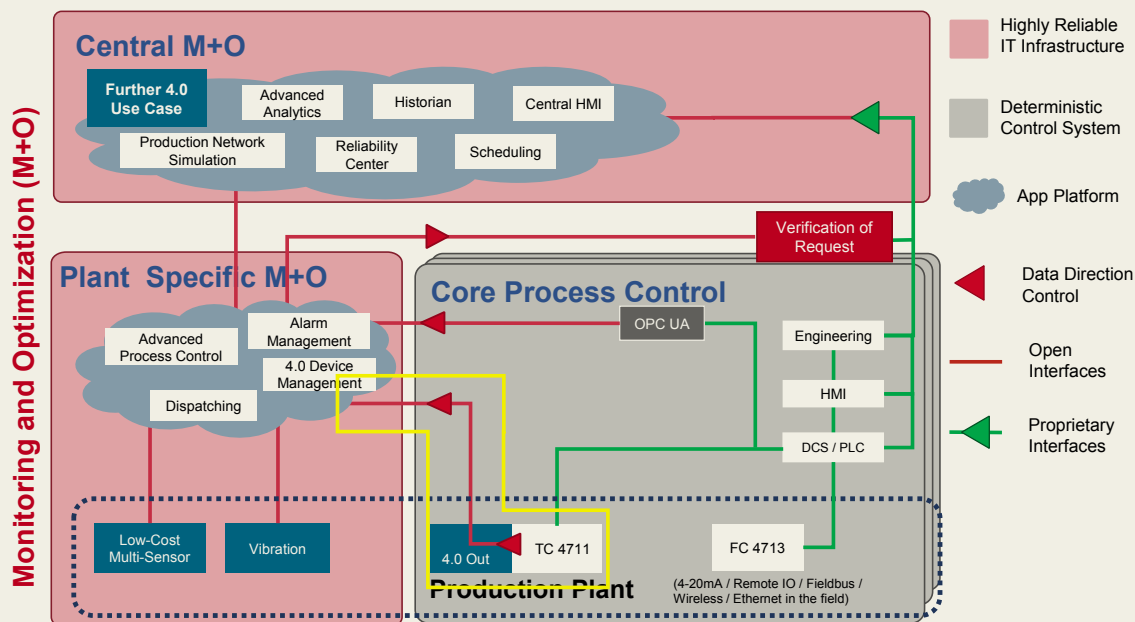


BILD 16: Einordnung des RWTH-Demonstrators in die NOA-Architektur

werden. Dies ist technisch und organisatorisch aufwendig und ineffizient. Ein Anwendungsszenario von NOA ist die Implementierung eines zweiten Kommunikationskanals zur direkten parallelen Übertragung dieser Information vom Feldgerät an die M+O-Dienste. Der von der RWTH Aachen und Krohne entwickelte Demonstrator 4 dient zur Darstellung dieses Szenarios.

Die Basis des Demonstrators bildet ein Coriolis-durchflussmesser von Krohne, siehe Bild 16. Dieser ist klassisch über ein 4-20mA-Signal (mit Hart) an das Leitsystem angebunden (grüne Linien im Core Process Control). Für die Demonstration wurde von Krohne mit einem Ergänzungsmodul eine zusätzliche Recheneinheit im Feldgerät implementiert und an den internen Bus des Messumformers angeschlossen (rote Linie von I4.0 Out). Auf dem Ergänzungsmodul befindet sich ein I4.0-Device-Manager, an den jede wichtige Information des Messumformers übertragen wird. Die Datenübertragung basiert auf einem rein lesenden Zugriff, um die Informationsdiode intrinsisch zu realisieren. Das I4.0-Device-Management verwaltet die empfangenen Daten in einem OPC-UA-Server. Über den zweiten Kommunikationskanal kann auf diese Daten mit OPC-UA-Diensten offen zugegriffen werden. Die Semantik des Metamodells entspricht dem FDI-Feldgerätestandard.

In der prototypischen Implementierung bildet ein Pi Zero die zusätzliche Recheneinheit auf dem Ergänzungsmodul. Der Pi Zero besitzt einen WiFi

Access Point zur Realisierung des zweiten Kommunikationskanals mit WLAN, siehe Bild 17. Auf Grund der geringen Baugröße des Pi Zero konnte die gesamte Erweiterung im Gehäuse des Messumwandlers untergebracht werden. So bleibt die IP-Schutzklassifikation erhalten.

Über die OPC-UA-Schnittstelle kann sich die im Netz befindliche Verwaltungsschale effizient mit aktueller Information und Meldungen versorgen. Die Verwaltungsschale bildet für alle übergeordneten M+O-Dienste die zentrale Anlaufstelle für alle das Feldgerät betreffende Information. Sie verwaltet die Historie und kennt den aktuellen Zustand des Feldgeräts. Einmal übernommene Daten stehen auch in Offlinephasen des Feldgeräts zur Verfügung. Der Demonstrator zeigt, dass dieses Konzept für Vierleitergeräte technologisch umsetzbar ist.

Zweileitergeräte können nicht mit dem oben beschriebenen Verfahren in die NOA-Architektur integriert werden, da über das 4-20mA-Signal nicht genug Leistung bereitgestellt wird. Um diese trotzdem integrieren zu können, wurde ergänzend ein Konzept zur Anbindung über Bluetooth Low Energy entwickelt, siehe Bild 18. Ein bereits in der Nähe vorhandenes Vierleitergerät dient hierbei als Hub, um die Daten zu sammeln und über OPC UA zur Verfügung zu stellen.

Mit der reinen Bereitstellung der Daten ist das Potenzial des zusätzlichen I4.0-Device-Managers noch nicht ausgeschöpft. Ein nächster Schritt wäre die Implementierung einer App-Struktur zur lokalen Ausführung

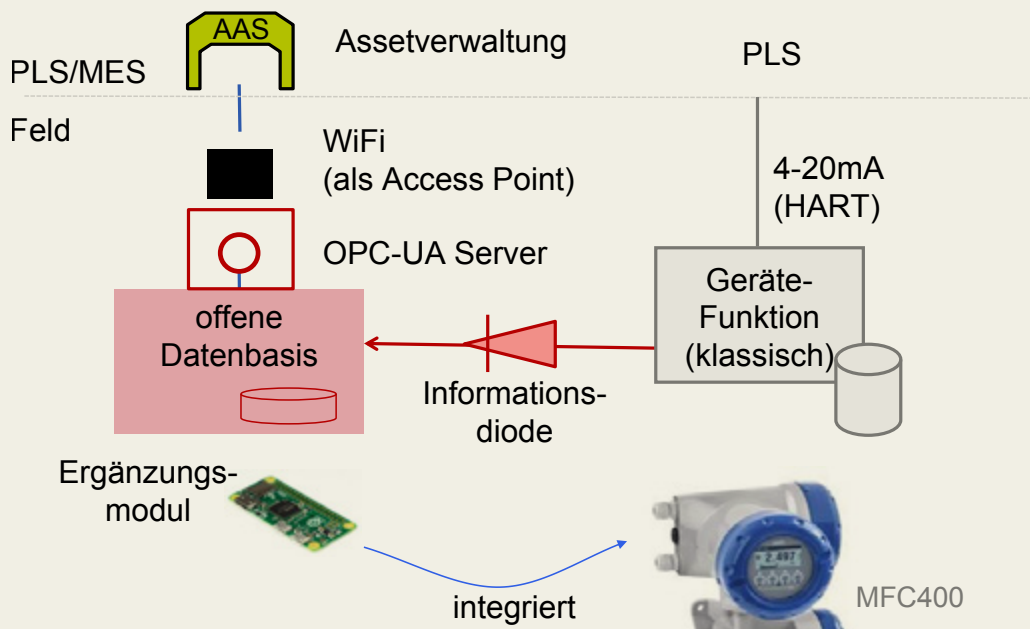


BILD 17: Erweiterung eines Feldgeräts um den zweiten Kanal

von Diagnose- und Statistikfunktionen. Ein weiterer Anwendungsfall ist die lokale Speicherung von wichtigen Lebenszyklusdaten auf dem Gerät.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Namur Open Architecture bietet einen konzeptionellen Ansatz für eine offene Struktur in der Prozessautomatisierung, sowohl für Bestands- als auch für Neuanlagen. Der Ansatz ist additiv zu bestehenden Strukturen und stellt eine Grundlage für die Implementierung von neuen innovativen Anwendungen im Rahmen von Industrie 4.0 dar. Folgende Leitlinien und Kernanforderungen sind dabei zu berücksichtigen:

- Keine Kompromisse bei Anlagenverfügbarkeit und Anlagensicherheit;
- Offene Systemschnittstellen zwischen Process Control und Monitoring & Optimization;
- Ansatz muss sowohl für neue Produktionsanlagen als auch für bestehende Produktionsanlagen nutzbar sein;
- Agile Umsetzung basierend auf bestehenden Standards;
- Automation Security ist integraler Bestandteil (Security by Design);
- Anwendbarkeit, Reduktion der Komplexität und Wirtschaftlichkeit sind wesentliche Erfolgsfaktoren. Der Schwerpunkt der weiteren Entwicklung liegt auf der Konzeptionierung der Informationsmodelle, der

jeweiligen Schnittstellen und des zweiten Kommunikationskanals. Detaillierte Security-Betrachtungen, um eine sichere Kommunikation zwischen M+O und Core Process Control sicherzustellen und Fragen zum Life Cycle Management der NOA-Architektur sind ebenfalls noch zu beantworten.

MANUSKRIPTEINGANG
19.1.2017

Im Peer-Review-Verfahren begutachtet

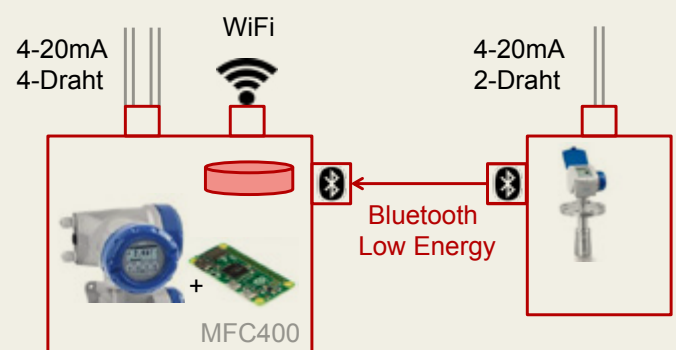


BILD 18: Anbindung von Zweileitergeräten

REFERENZEN

- [1] Diedrich, C., Hadlich, T. und Thron, M. (2015). Semantik durch Merkmale für I4.0. In: B. Vogel-Heuser, Hrsg., Handbuch Industrie 4.0. Berlin/Heidelberg: Springer
- [2] Diedrich, C. und Riedl, M. (2015). Integration von Automatisierungsgeräten in Industrie-4.0-Komponenten. In: B. Vogel-Heuser, Hrsg., Handbuch Industrie 4.0., Berlin/Heidelberg: Springer
- [3] Diedrich, C., Bieliaiev, A., Bock, J., Gössling, A., Hänisch, R., Koziol, H., Kraft, A., Pethig, F., Niggemann, O., Reich, J., Vollmar, F., Vialkowsch, J. und Wende, J. (2016). Grammatik für Industrie 4.0-Komponenten. In: Tagungsband VDE-Kongress 2016. VDE-Verlag
- [4] Diesner, M. (2016). MES im Internet of Things. [online] VDI-Z Integrierte Produktion. Verfügbar unter: <http://www.ingenieur.de/VDI-Z/2016/Ausgabe-06/Sonderteil-Industrie-4.0/MES-im-Internet-of-Things>
- [5] Epple, Ulrich. (2011). Merkmale als Grundlage der Interoperabilität technischer Systeme. *at – Automatisierungstechnik*, 59(7), S. 440-450
- [6] Graube, M., Pfeffer, J., Ziegler, J. und Urbas, L. (2012). Linked data as integrating technology for industrial data. *International Journal of Distributed Systems and Technologies (IJ DST)*, 3(3), S. 40-52
- [7] Großmann, D., Banerjee, S., Bregulla, M., Braun, R. und Schulz, D. (2014). OPC UA Server Aggregation – The Foundation for an Internet of Portals. In: *Proceedings of the 2014 IEEE Emerging Technology and Factory Automation*, IEEE
- [8] Großmann, D., Banerjee, S., Bregulla, M., Braun, R. und Schulz, D. (2014). Auf dem Weg zum Internet of Portals – Anwendungen für OPC UA Server Aggregation. *atp edition*, 56(7-8), S. 42-51
- [9] Großmann, D., Braun, M., Danzer, B., Kaiser, A. und Riedl, M. (2015). FDI – Field Device Integration: Handbook for the unified Device Integration Technology. VDE Verlag
- [10] Großmann, D. und Seintsch, S. (2016). FDI und OPC-UA: Grundsteine von Industrie 4.0. *atp edition*, 58(1-2), S. 34-39
- [11] Herp, A. (2014). Industrie 4.0 – Was macht eine Revolution revolutionär?. [online] Markt & Technik. Verfügbar unter: <http://www.elektroniknet.de/markt-technik/elektronikfertigung/was-macht-eine-revolution-revolutionaer-113004.html>
- [12] IEC 62541-100 (2010). OPC UA Specification – Part 100, OPC UA for Devices, www.iec.ch
- [13] IEC 62769-5 (2013). Field Device Integration (FDI), Technical Specification – Part 5: FDI Information Model. www.iec.ch
- [14] Krauss, M., Pötter, T., Iatrou, C., Urbas, L. und Klettner, C. (2016). 100% Wireless on Top. *atp edition*, 58(06), S. 50-65
- [15] Kiesbauer, J., Banerjee, S., Erben, S. und Großmann, D. (2016). Predictive Maintenance auf der Basis von FDI und OPC UA. In: *Tagungsband VDI-Kongress Automation 2016*. VDI
- [16] Menzel, G., Feier, D., Adam, G. und Hauff, T. (2003). Investitionssicherheit von Einrichtungen der Prozessleittechnik – eine (un)lösbare Aufgabe? *atp edition*, 45(3), S. 26-30
- [17] NE 131 (2009). NAMUR-Standardgerät. <http://www.namur.org>
- [18] Palm, F., Grüner, S., Pfrommer, J., Graube, M. und Urbas, L. (2015). Open source as enabler for OPC UA in industrial automation. In: *2015 IEEE 20th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA)*, IEEE, S. 1-6
- [19] Polke, M. (1985). Prozessleittechnik für die Chemie – Status und Trend. *atp-Sonderheft: NAMUR-Statusbericht 1985 „Prozessleittechnik für die chemische Industrie“*. München: Oldenbourg, S. 5-14.
- [20] Vogel-Heuser, B., Kegel, G. und Bender, K. (2009). Global Information Architecture for Industrial Automation. *atp edition*, 51(1-2), S. 108-115
- [21] Vogel-Heuser, B., Diedrich, C. und Broy, M. (2013). Anforderungen an Cyber-Physical Systems vor dem Hintergrund unterschiedlicher Domänenmodelle der Automatisierungstechnik und der Informatik. *at – Automatisierungstechnik*, 61(10), S. 669-676

AUTOREN

Dipl.-Ing. **CHRISTIAN KLETTNER** (geb. 1980) absolvierte eine Ausbildung zum Prozessleitelektroniker bei BASF SE bevor er Automatisierungstechnik an der Hochschule Mannheim studierte. Bei der BASF arbeitet er im Senior Project BASF 4.0 und beschäftigt sich mit Digitalisierung im Produktionsumfeld. Innerhalb der Namur leitet er die Arbeitskreise 2.8

„Automatisierungsnetzwerke und Dienste“ und 4.15 „Mobile Automation“.

**BASF SE, G-FTT/E,
67056 Ludwigshafen,
Tel. +49 (0) 621 604 34 87,
E-Mail: christian.klettner@basf.com**

AUTOREN

Dr.-Ing. **THOMAS TAUCHNITZ** (geb. 1957) studierte in Hannover Elektrotechnik und promovierte im Bereich der Regelungstechnik. Bei Sanofi-Aventis Deutschland arbeitet er im Industrial Engineering for Emerging Markets. Er ist Vorstandsmitglied der Namur und Leiter des GMA-FA 6.16. Arbeitsschwerpunkte sind Prozess- und Betriebsleitebene sowie Engineering-Daten.

Prof. Dr.-Ing. **ULRICH EPPLE** (geb. 1953), war 1979 bis 1985 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Systemdynamik und Regelungstechnik Universität Stuttgart, 1985 bis 1990 Mitarbeiter im Ressort Prozessleittechnik in der Bayer AG, 1991 bis 1995 Geschäftsführer der Gesellschaft für Prozesstechnik GmbH, und leitet seit 1995 den Lehrstuhl für Prozessleittechnik, RWTH Aachen. Hauptarbeitsgebiete: Modellbildung in der Leittechnik, formale Beschreibungsmethoden, Anwendung modellgetriebener Verfahren in der Prozessautomatisierung. Assistenzsysteme zur Unterstützung von Ingenieurprozessen.

M. Sc. **LARS NOTHDURFT** (geb. 1989) hat 2015 sein Studium der Automatisierungstechnik an der RWTH Aachen abgeschlossen. Seitdem arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Prozessleittechnik in Aachen. Sein Fachgebiet liegt beim automatisierten Austausch von Informationen durch Modelltransformationen im Umfeld von Industrie 4.0.

Prof. Dr.-Ing. **CHRISTIAN DIEDRICH** (geb. 1957) hat technische Kybernetik und Automatisierungstechnik studiert und lehrt und forscht an der Otto-von-Guericke-Universität und am Institut für Automation und Kommunikation (ifak) e.V. in Magdeburg. Seine Schwerpunkte liegen auf dem Gebiet der Automation in digital betriebenen Produktionssystemen basierend auf informations- und wissensbasierten Methoden. Dazu gehören vor allem die industrielle Kommunikation, Integrations- sowie Beschreibungsmethoden. Er leitet unter anderem den Arbeitskreis „Ontologie“ in der Plattform Industrie 4.0 und ist Convenor in der IEC-Standardisierung von EDDL, FDT und FDI.

M. Sc. **TIZIAN SCHRÖDER** (geb. 1991) ist Mitarbeiter am Lehrstuhl Integrierte Automation an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Zuvor studierte er Wirtschaftsingenieurwesen für Elektro- und Informationstechnik mit dem Schwerpunkt Automatisierungstechnik. Seine

Hauptarbeitsfelder sind semantische Beschreibungsmethoden als Grundlage für Interoperabilität in der digitalen Fabrik sowie Interaktionsmodelle für I4.0-Komponenten.

Prof. Dr.-Ing. **DANIEL GROSSMANN** (geb. 1977) studierte an der TU München Maschinenbau mit den Schwerpunkten Informationstechnik und Automatisierungstechnik. Nach seiner Promotion im Bereich Geräteintegration, für die er 2008 den Namur-Award erhielt, wechselte er in die Konzernforschung der ABB AG. Seit 2013 ist er Professor für Ingenieurinformatik und Datenverarbeitung an der Technischen Hochschule Ingolstadt. Zu seinen Forschungsthemen zählen industrielle Kommunikation, Geräteintegration und Informationsmodellierung in der Automatisierungstechnik als Basis für Industrie 4.0, Cyber Physical Systems und Industrial Internet of Things.

M. Sc. **SUPRATEEK BANERJEE** (geb. 1986) ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Zentrum für Angewandte Forschung der Technischen Hochschule Ingolstadt. Zuvor studierte er Informationstechnologie an der Universität Stuttgart. Sein Arbeitsgebiet umfasst die Informationsmodellierung sowie Kommunikationsarchitekturen für Industrie 4.0, Cyber Physical Systems und Industrial Internet of Things.

Dr. **MICHAEL KRAUSS** (geb. 1984) ist seit seiner Promotion in theoretischer Physik 2010 im Fachzentrum für Automatisierung der BASF SE in Ludwigshafen tätig. Seit 2013 leitet er ein Fachgebiet für Prozessleitsysteme mit dem Fokus auf Automatisierungsprojekten. In der NAMUR leitet er die Arbeitskreise 2.1 PLS und SPS und 4.20 Remote Operation.

Dipl.-Ing. **CHRIS IATROU** (geb. 1986) studierte Informationssystemtechnik mit Schwerpunkt auf digitalen VLSI-Schaltungsentwurf an der technischen Universität Dresden. Seit 2015 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Prozessleittechnik der Technischen Universität Dresden. Seine Forschungsschwerpunkte liegen auf der Untersuchung von Automatisierungsarchitekturen zur Einbindung und dem steuerungsrelevanten Einsatz semantischer Daten in echtzeitkritischen Produktionsumgebungen.

Prof. Dr.-Ing. **LEON URBAS** (geb. 1965) ist Inhaber der Professur für Prozessleittechnik und Leiter der Arbeitsgruppe Systemverfahrenstechnik an der Technischen Universität Dresden. Er forscht an Methoden und Auswirkungen der digitalen Transformation in der Prozessindustrie.

Plug-and-operate für die produktionsnahe Logistik

Aktuelle Herausforderungen und Lösungskonzepte

Eine flexible Automatisierung und Vernetzung produktionsnaher logistischer Anlagen und Equipments stellt die Prozessindustrie vor Herausforderungen. Im Namur-Arbeitskreis 4.19 Produktionsnahe Logistik wurden verschiedene Herausforderungen durch die Projekterfahrungen der Mitglieder identifiziert; sie werden im Beitrag vorgestellt. Ausgewählte Lösungskonzepte, die durch Überwindung klassischer Automatisierungsarchitekturen die Weiterentwicklung logistischer Produktionseinheiten und Leistungsobjekte und die Realisierung dezentral gesteuerter Einheiten ermöglichen, sind erfolgversprechend.

SCHLAGWÖRTER Industrie 4.0-Komponenten / digitaler Zwilling / dezentrale Intelligenz / produktionsnahe Logistik

Plug & operate for production-related logistics – Current challenges and solution concepts

Flexible automation and the interconnectedness of production-related logistics systems and equipment present the process industry with challenges. This paper presents different challenges that have been identified by members of the Namur working group 4.19 “Production-related logistics” in the course of their project work. Selected concepts are discussed that promise to overcome classic automation architectures and enable further development of logistics production units and objects as well as the implementation of decentralized units.

KEYWORDS Industry 4.0 components / digital twin / decentralized intelligence / production-related logistics

STEPHAN KESSLER, HARTMUT LENZ, CINDY RYTIR, BAYER
ANNETTE SCHICK, BASF
MICHAEL SCHNEIDERHAN, WACKER

Neuartige Produktionskonzepte rücken verstärkt in den Fokus der Herstellungsprozesse der chemischen und pharmazeutischen Industrie. In Zukunft wird vor allem dezentralisierten Fabriken und modularen, möglichst kontinuierlich produzierenden Anlagen mit kleinen bis mittleren Kapazitätsquerschnitten eine bedeutende Rolle zugeschrieben. Dadurch müssen Produktionsabläufe und zugehörige logistische Abwicklungen auf zunehmend diversifizierte und schwankende Nachfrageverhältnisse abgestimmt und Anlagen flexibel angeordnet und miteinander verschaltet werden.

Um dies umsetzen zu können, sind die Produktionskonzepte in sichere, zuverlässige und kostengünstig zu betreibende Logistik- und Supply Chain-Prozesse einzubetten. Es ist daher erforderlich, dass die logistischen Prozesse und Systeme flexibel einsetzbar und kompatibel sind, um sie problemlos in verschiedenen Produktionsszenarien einsetzen und verschiedene logistische Objekte handhaben zu können. Die veränderten Anforderungen an die Produktion berühren somit ebenso das Design und den Betrieb von produktionsnahen Logistikprozessen, -systemen und -strukturen. Dies gilt insbesondere für die vielfältigen, in vielen Fällen weitreichend automatisierten produktionsnahen Logistikprozesse der Prozessindustrie. Idealerweise sind diese nach dem Plug-and-operate-Prinzip aufwandsarm miteinander zu verschalten.

1. HINTERGRUND

Produktionsnahe Logistik

Produktionslogistik, Lager- und Materialflusstechnik sind nach DIN/VDI wichtige Teile des innerbetrieblichen Leistungserstellungsprozesses, durch die sichergestellt wird, dass die richtigen Mengen an Material in der richtigen Qualität an den richtigen Stellen im Unternehmen zur richtigen Zeit bereitgestellt werden [1]. Unter produktionsnaher Logistik in der Prozessindustrie versteht der Namur-Arbeitskreis 4.19 Material- und Informationsflüsse, die der direkten Ver- und Entsorgung der chemisch-verfahrenstechnischen Transformationsprozesse

(beispielsweise Synthese, Separation, Formulierung) dienen und demnach unmittelbare Schnittstellen zu diesen Prozessen haben und häufig in räumlicher Nähe zu diesen erbracht werden. Beispielfähig zu nennen sind an dieser Stelle Einwaage-, Abfüll- oder Verpackungsprozesse, aber ebenso das Puffern von Material im unmittelbaren Vor- oder Nachlauf der Produktion, zum Beispiel in Vorlagebehältern. Derartige produktionsnahe Logistikprozesse können wiederum Schnittstellen zu produktionsfernen Logistikaktivitäten aufweisen, wie Lagerung, Transport oder Umschlag von Einsatzstoffen oder Fertigwaren.

Typische produktionsnahe Logistikkette

Das in Bild 1 gezeigte Beispiel veranschaulicht anhand einer Gebindeabfüllung und -palettierung die typischen Prozessschritte eines produktionsnahen Logistikprozesses, der sich an einen verfahrenstechnischen Produktionsschritt anschließt, zum Beispiel die Herstellung von Kunststoffgranulat. Charakteristisch für diesen Prozess sind zwei Aspekte:

- 1 | Die Leistungsobjekte, die die einzelnen logistischen Prozessschritte durchlaufen und dabei eine Transformation erfahren; im Beispiel sind dies die abgefüllten Gebinde, die im Verlauf des Prozesses zu Ladungseinheiten gebündelt werden (Paletten mit Gebinden). Menge, Ausprägung und zeitliche Verteilung dieser Leistungsobjekte definieren die Systemlast, die das logistische System erbringen muss – im Sinne einer Transformationsleistung an den das System durchlaufenden Leistungsobjekten.
- 2 | Die logistischen Produktionseinheiten beziehungsweise Package Units, deren Zusammenspiel für die Erbringung der Transformationsleistung an den Leistungsobjekten sorgt; im Beispiel sind dies eine Sackabfüllanlage, verschiedene Stetigförderer für Einzelgebinde (Sack) und Ladungseinheit (Palette), Etikettierer, Palettierer und Haubenstretcher (zur Anbringung der Ladungssicherung).

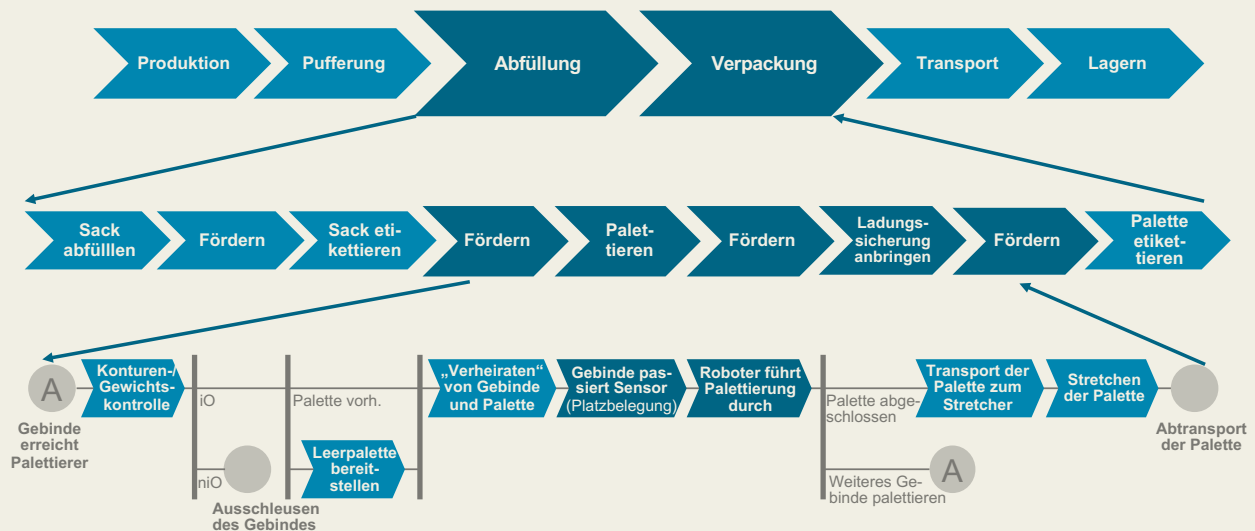


BILD 1: Prozessschritte einer typischen produktionsnahen Logistikkette

Damit die produktionsnahen Logistikprozesse den Anforderungen des Produktionsprozesses gerecht werden, ist eine materialflusstechnische Integration, aber auch ein abgestimmtes Zusammenspiel zwischen Material- und Informationsflüssen erforderlich, wie es in der untersten Ebene von Bild 1 vereinfacht für das Palettieren und Ladungssichern dargestellt wird.

2. HERAUSFORDERUNGEN DER AUTOMATISIERUNG

Die verschiedenen logistischen Produktionseinheiten sind möglichst flexibel miteinander und mit den zugehörigen Produktionsanlagen zu verschalten, was einerseits eine physische und andererseits eine informationstechnische Verbindung notwendig macht.

Innerhalb der Logistikautomatisierung gibt es heute mehrere, hierarchisch angeordnete Systemebenen, siehe Bild 2: Die dem physischen Materialfluss direkt überlagerte Steuerungsebene, die häufig durch speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) realisiert ist. Diese Ebene nimmt Detailaufgaben, wie zum Beispiel die Steuerung von Fördertechnikantreiben, wahr. Transporte und der Ressourceneinsatz werden auf der Ebene des Materialflussrechners (MFR) gesteuert. Ihm überlagert ist die verbindende Ebene der Leitsysteme angesiedelt – im Logistikkontext auch als Logistics Execution System (LES) oder Warehouse Management System (WMS) bezeichnet [2, 3]. Übergeordnete, administrative Aufgaben und Planungen werden schließlich auf der Unternehmensebene ausgeführt, in der Enterprise Resource Planning Systeme (ERP-Systeme) eingesetzt werden.

Gerade in der produktionsnahen Logistik der Prozessindustrie sind häufig hochautomatisierte Anlagen zu finden, die innerhalb der dargestellten prinzipiellen Ebenen der Logistikautomatisierung teils mit projektspezifischer Automatisierungsstruktur ausgeführt werden. So sind logistische Produktionseinheiten und -steuerungen auf die jeweiligen Prozessschritte ausgelegt und an den Produktionsprozess angepasst worden. Systemarchitekturen und Bestandssysteme sind häufig gewachsen. Bei veränderten Anforderungen an Prozesse und Anlagen müssen Schnittstellen und Programme ebenenübergreifend angepasst und Integrationskonzepte definiert werden. In Bestandsanlagen stellt die Integration neuer Anlagen beziehungsweise Komponenten im laufenden Betrieb sowohl Anwender als auch Systemhersteller vor große Herausforderungen.

Aber ebenso ist die software- beziehungsweise steuerungstechnische Integration verschiedener neuer Anlageneinheiten problematisch. Selbst einfache Operationen erfordern komplexe Verzweigungen in verschiedene Systemebenen, siehe Bild 2. Außerdem verwenden viele Hersteller proprietäre Systeme mit uneinheitlichen Schnittstellen und Semantiken, sodass Anlagenerweiterungen oder -wiederverwendungen aufwendig sind, da sich die Systeme nicht ohne Weiteres integrieren lassen. Innerbetrieblich führen diese Systeme zudem zu redundanter Datenhaltung.

Viele und insbesondere kleine, spezialisierte Hersteller von logistischen Systemen für die Prozessindustrie fokussieren sich auf die Entwicklung der Logistikhardware und unterschätzen den Validierungs- und Integrationsaufwand der IT-Systeme. Dabei gewinnt die

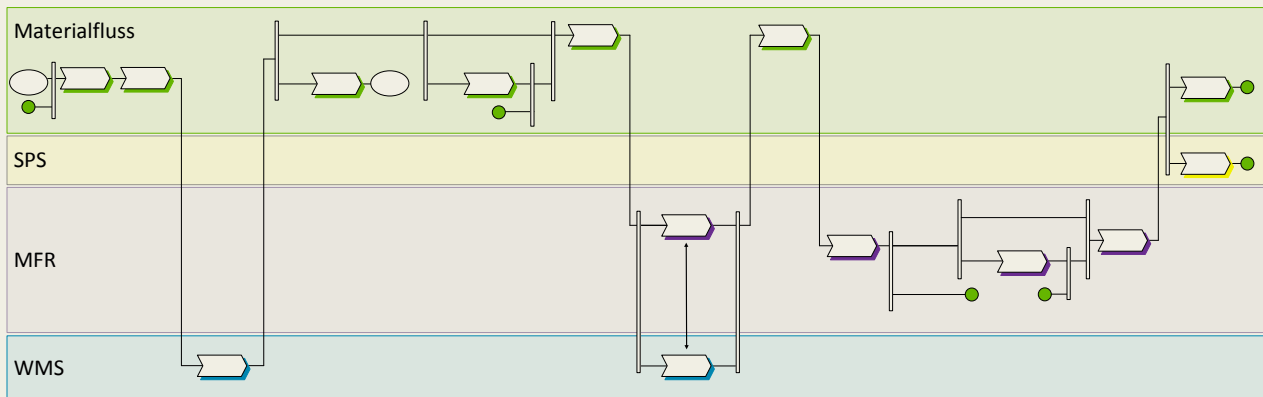


BILD 2: Schematische Darstellung eines physischen Materialflusses und begleitender IT-Prozesse

übergreifende Zusammenarbeit von Verfahrenstechnik, Automatisierung, IT und Logistik-Prozessownern bei der Prozessgestaltung in Zeiten der Digitalisierung vermehrt an Bedeutung. Eine einfachere und schnellere Integration von Systemeinheiten verspricht in diesem Zusammenhang der Industrie-4.0-Ansatz, auf den im folgenden Abschnitt eingegangen wird.

3. INDUSTRIE-4.0-KOMPONENTEN IN DER LOGISTIK

Herausforderung Digitalisierung

Gerade im Bereich der Produktionslogistik ist im „Hinblick auf die neuen Entwicklungen zur Thematik Industrie 4.0 [...] davon auszugehen, dass zukünftige Anwendungen der Lager- und Materialflusstechnik weitgehend autonom ablaufen werden. Dazu werden Normen für elektronische Steuersysteme benötigt, um Schnittstellen definieren zu können. [...] Auch für den Datenaustausch der Geräte untereinander, z.B. zum Senden und Auswerten von Positionsdaten, müssen Schnittstellen und Protokolle definiert werden.“ [1]

Wie die vorstehend ausgeführten Erfahrungen mit der Integration logistischer Produktionseinheiten deutlich gemacht haben, fehlt es heute an Normen und Standards, um technische Neuentwicklungen einfach, schnell und herstellerunabhängig in bestehende Systeme integrieren zu können. Dabei spielt die Standardisierung von Logistikprozessen und -systemen sowie deren Befähigung zu autonomer Selbststeuerung im Sinne des Industrie-4.0-Paradigmas eine wichtige Rolle.

Verwaltungsschale und digitaler Zwilling

Das Konzept der cyber-physischen Systeme, zum Beispiel in Form von Industrie-4.0-Komponenten, ermöglicht

hierbei Fortschritte. Industrie-4.0-Komponenten bestehen nach [4] aus einem physischen Gegenstand und einer Verwaltungsschale. Das Konzept der Verwaltungsschale zielt darauf ab, Objekte, zum Beispiel ein Produkt, ein Bauteil oder eine Maschine, im Sinne des Industrie-4.0-Paradigmas kommunikationsfähig zu machen. In der Verwaltungsschale können, ähnlich wie in einer Cloud, Daten und Funktionen, die unterschiedliche Gewerke, Lebenszyklusphasen oder Analyseszenarien des Objekts betreffen, abgespeichert werden. Die Verwaltungsschale sammelt und verwaltet folglich Information zugeordneter Objekte [4].

Angenommen, verschiedene Objekte entsprechen mehreren Anlagen eines Betriebs, so dienen deren Verwaltungsschalen als Kommunikationsplattform, um Information auszutauschen. Konkret ist beispielsweise vorstellbar, dass bei einer Anlagenintegration die Soft- und Hardwareinformation der beteiligten Anlagenteile über die Verwaltungsschalen zur Verfügung gestellt und ausgetauscht wird. Dadurch entfällt eine aufwendige Anlagenintegration, wie in Abschnitt 2 beschrieben.

Ein digitaler Zwilling ist als digitales Abbild eines Objekts zu verstehen. Dem Objekt sind demnach virtuelle Daten und Information zugeordnet, die seine Eigenschaften und räumlichen Dimensionen beschreiben. Dieses Konzept stammt ursprünglich aus dem Bereich Anlagenplanung und Produktentwicklung, um verschiedene Funktionen vor der physischen Herstellung virtuell zu testen [5]. Wird dieses digitale Abbild nach Entstehung des physischen Gegenstands genutzt und begleitet diesen im Lebenszyklus, beispielsweise verfügbar gemacht über die Verwaltungsschale der Industrie-4.0-Komponente, kann es fortlaufend um relevante Information angereichert beziehungsweise erweitert werden. Mit Hilfe der digitalen Zwillinge

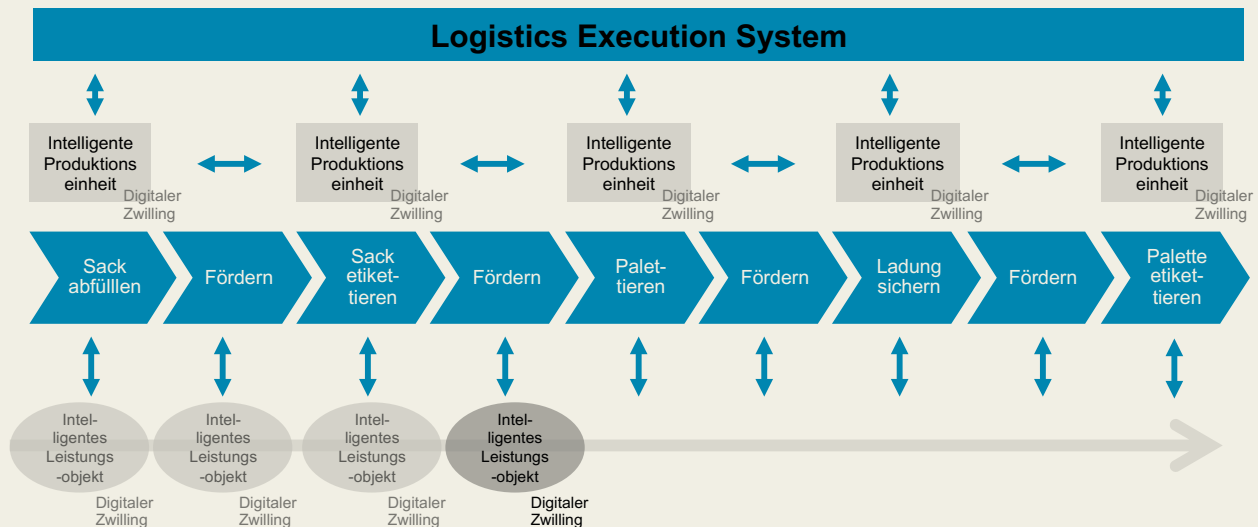


BILD 3: Plug-and-operate in der produktionsnahen Logistik durch das Zusammenspiel intelligenter Produktionseinheiten und Leistungsobjekte

ließe sich dann die Kommunikationsfähigkeit zwischen verschiedenen physischen Objekten – vergleichbar mit einer virtuellen Inbetriebnahme – vereinfacht herstellen.

Bezogen auf die eingangs beschriebene Beispielprozesskette in Bild 1 für produktionsnahe Logistik ist vorstellbar, dass sowohl die logistischen Leistungsobjekte, die diese Prozesskette durchlaufen, als auch die logistischen Produktionseinheiten als Industrie-4.0-Komponenten ausgeprägt sind. Dies erlaubt die Weiterentwicklung produktionsnah eingesetzter logistischer Package Units zu *intelligenten Maschinen*, die flexibel miteinander verschaltet werden können und die im Zusammenspiel mit *intelligenten logistischen Leistungsobjekten* sowie übergeordneten Steuerungssystemen gleichzeitig für eine effiziente Leistungserbringung sorgen, siehe Bild 3.

Dies erfordert ein höheres Maß an dezentraler Intelligenz, das heißt eine Verlagerung von Daten und Steuerungsentscheidungen vom Leitsystem zu den intelligenten Produktionseinheiten beziehungsweise Leistungsobjekten und ein höheres Maß der Kommunikation zwischen diesen. Die Industrie-4.0-Komponenten sind in die Lage zu versetzen, eigenständig auf äußere Einwirkungen und intern gespeicherte Vorgaben zu reagieren. In diesem Zusammenhang ist ein Automatisierungskonzept gefragt, das eine Verschaltung einzelner Einheiten ermöglicht, um diese herstellerunabhängig sowohl integrieren als auch segregieren zu können.

Erst damit rückt die Realisierung von Plug-and-operate in der produktionsnahen Logistik näher und weiterführende Industrie-4.0-Szenarien werden realisierbar, wie:

- die flexible (Re-)Konfiguration einzelner Prozessschritte und die Integration neuer Module in eine Gesamtanlage (vergleiche [6], Ausführung zur Seifenanlage der SmartFactory^{KL}),
- die autonome Selbstadaptation, die einer eigenständigen Anpassung eines Systems aus intelligenten Produktionseinheiten beziehungsweise Leistungsobjekten an eine neue Produktionsaufgabe entspricht, vergleiche [7],
- oder die begleitende Selbstoptimierung miteinander verketteter intelligenter Produktionseinheiten im Betrieb, vergleiche [4].

4. LÖSUNGSKONZEPTE

In der Namur, aber ebenso innerhalb anderer Initiativen wurden bereits erste Konzepte erarbeitet, um die Modularisierung von Anlagen – auch vor dem Hintergrund der Automatisierungstechnischen Umsetzung – zu unterstützen. Der Namur-AK 4.19 versteht sich als Plattform, um die Anwendung dieser Lösungskonzepte im Kontext der Logistikautomatisierung in der Prozessindustrie zu betrachten. Nachfolgend werden daher drei vielversprechende Lösungskonzepte vorgestellt und hinsichtlich ihrer Relevanz für das Arbeitsfeld des Arbeitskreises beleuchtet.

Namur-Modul-Type-Package

Durch die Herausgabe der Namur-Empfehlung „Anforderungen an die Automatisierungstechnik durch die Modularisierung verfahrenstechnischer Anlagen“ (NE148) wurden notwendige Entwicklungen und Rahmenbedingungen für die automatisierungstechnische Integration mehrerer Module zu einer Gesamtanlage aufgezeigt [8]. Das Automatisierungskonzept Dima (Dezentrale Intelligenz Modularer Anlagen) setzt die Anforderungen an die Systemarchitektur aus der Namur-Empfehlung erstmals um [9].

Das gemeinsam von Namur und ZVEI entwickelte Modul Type Package, kurz MTP, knüpft daran an. Alle Information, die für eine Modulintegration in die Prozessführungsebene benötigt wird, enthält demnach das Modul selbst. Durch das MTP wird ein Modul herstellerneutral beschrieben, Workflows zur projektunabhängigen Definition der Module und ihre projektbezogene, automatisierungstechnische Integration werden vorgegeben und die Entwicklung von Engineering-Werkzeugen zum Export und Import des MTP wird angestoßen. Neben der physikalischen Modularisierung stellt das Modul seine automatisierungstechnische Funktionalität über das MTP als Dienst der übergeordneten Prozessführungsebene zur Verfügung.

Einem agilen Entwicklungsansatz folgend wurde auf der Namur-Hauptversammlung 2016 ein MTP-Prototyp vorgestellt. Am Beispiel der Integration der Mensch-Maschine-Schnittstelle konnte aufgezeigt werden, dass verfahrenstechnische Module mit diesem Ansatz grundsätzlich herstellerunabhängig in die Prozessführungsebene eingebunden und zu einer Gesamtanlage zusammengeführt werden können [10, 11].

Da die Realisierung von Plug-and-operate in der produktionsnahen Logistik ebenfalls eine herstellerneutrale automatisierungstechnische Integration verschiedener logistischer Produktionseinheiten zum Ziel hat, erscheint die Prüfung der Nutzbarkeit oder vielmehr Erweiterbarkeit des MTP-Ansatzes auch für dieses Anwendungsfeld erstrebenswert. Dabei wird zu klären sein, inwiefern über MTP auch das in Bild 3 dargestellte Zusammenspiel logistischer Package Units mit intelligenten logistischen Leistungsobjekten realisierbar ist. Auch die verstärkt erwartete, direkte Machine-to-Machine-Kommunikation zwischen den einzelnen logistischen Anlagenbausteinen ist im heutigen Entwicklungsstand des MTP noch weitgehend unberücksichtigt, da die Module in eine übergeordnete Steuerungsebene, wie das Prozessleitsystem eingebunden sind und die Funktionen dort gebündelt und abgerufen werden.

Namur Open Architecture

Insbesondere am zuletzt genannten Punkt setzt die Namur Open Architecture (NOA) an. Sie stellt eine Erweiterung beziehungsweise eine Adaptionmöglichkeit der klassischen Automatisierungspyramide für

zusätzliche Funktionen bereit, siehe Bild 4 [12]. Zu NOA finden sich zwei weitere Aufsätze in dieser Ausgabe.

Bestehende hierarchische Automatisierungsstrukturen sollen gezielt und kontrolliert geöffnet und so ergänzt werden, dass Möglichkeiten von Industrie 4.0, wie die Integration schnelllebigster IT-Komponenten im Rahmen des Internet of Things, nutzbar werden. Durch die offenere Systemstruktur mit NOA können zusätzliche Sensoren für Monitoring- und Optimierungsprozesse einfach integriert und parallel dazu vorhandene Information durch die Kern-Automatisierung an bestehenden Feldgeräten abgeholt werden. Der NOA-Ansatz kann somit als offener Kommunikationsstandard für die Erstellung digitaler Zwillinge für komplette Funktionseinheiten aufgefasst werden.

Wie Abschnitt 2 dieses Artikels deutlich gemacht hat, fehlt bei der Automatisierung produktionsnaher Logistikprozesse ein herstellerübergreifend anerkannter Standard, der systemunabhängige Schnittstellen und Protokolle vorgibt. Die automatisierungstechnische Einbindung intelligenter logistischer Leistungsobjekte, die sich häufig nur für einen begrenzten Zeitraum im betrachteten System befinden, erfordert zudem die Berücksichtigung von Information aus vergleichsweise kurzlebigen informationstechnischen Komponenten. Eine Forcierung der Standardisierungsbemühungen von Anwenderseite durch die Nutzung von NOA als geeignetem Kommunikationsstandard kann hier sicherlich unterstützend wirken und ebenso im Logistikkontext Anwendung finden.

In Bezug auf die produktionsnahe Logistik ist die Nutzung von NOA für Zusatzfunktionen denkbar, beispielsweise bei Störungen. Fällt eine Anlage, wie der Palettierer im in Bild 3 dargestellten Prozess aus, könnte über eine Zusatzfunktion, die nicht durch die

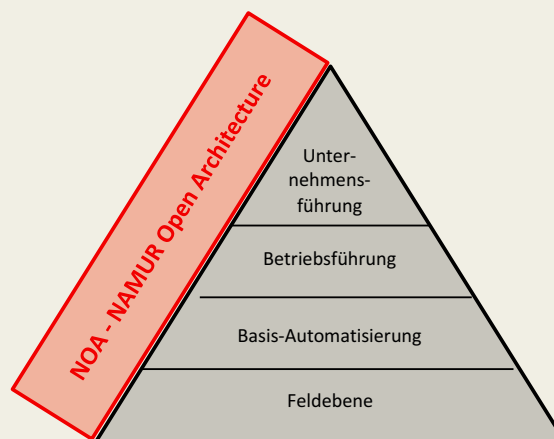


BILD 4: Erweiterung der klassischen Automatisierungspyramide durch Namur Open Architecture [12]

Kerna automatisierung abgebildet ist, reagiert werden. Vorgeschaltete Anlagen, wie die Abfüllanlage, können ihre Geschwindigkeit gezielt anpassen, um den Problemen am Palletierer entgegenzuwirken.

Smart Factory

Ein anderes Lösungskonzept, das für die Modularisierung und automatisierungstechnische Integration von Anlagen eingesetzt werden kann, wurde in der Stückgutindustrie unter dem Begriff Smart Factory bereits in Testanlagen umgesetzt [6]. Die Smart Factory verbindet dabei mehrere Ideen von Industrie 4.0.

Die Grundidee besteht darin, eine Fabrik zu gestalten, die sich dezentral und echtzeitnah selbst steuern kann. Unter dem Begriff smart wird in diesem Zusammenhang die Fähigkeit verstanden, aufgrund eigener Informationsverarbeitung mit der Umwelt Information austauschen und anspruchsvolle Funktionalitäten anbieten zu können [13]. Folglich besteht die Möglichkeit,

dass Material, Maschinen, Lager- und Logistiksysteme miteinander kommunizieren können und damit jeder Zustand der Wertschöpfungskette genau beschreibbar ist. Dies lässt sich zur Steuerung eines möglichst optimalen Wertstroms nutzen. Werden die Überlegungen der Smart Factory auf die klassische Automatisierungspyramide aus Bild 4 oder die in Abschnitt 2 angesprochenen Systemebenen der Logistikautomatisierung angewandt, werden Entscheidungen nicht mehr an der Spitze der Pyramide getroffen. Stattdessen können verbundene Komponenten beziehungsweise Systemteile ihre Dienste zur Verfügung stellen und direkt untereinander – auf unterster Ebene der Automatisierungspyramide – austauschen [14].

In Demonstrationsanlagen zur Smart Factory wurden Anlagenteile unterschiedlicher Hersteller flexibel zu Produktionsanlagen kombiniert, die beispielsweise über intelligente Werkstückträger gezielt auch Information über das zu transformierende Leistungsobjekt für die Prozesssteuerung nutzen. Ein Factory Backbone sorgt

REFERENZEN

- [1] DIN, VDI (2015). Deutsche Normungsroadmap Logistik. Berlin/Düsseldorf: VDI, S. 12, S. 20, S. 28
- [2] Kilger, C. und Herman, R. (2006). Integriertes Informationsmanagement in Intralogistik-Systemen – Architektur und Potenzial. In: D. Arnold, ed., Intralogistik. Potentiale, Perspektiven, Prognosen. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, S. 212-223
- [3] VDI 3601 (2015). Warehouse-Management-Systeme. <http://www.vdi.de>
- [4] BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2016). Ergebnispapier Plattform Industrie 4.0. Struktur der Verwaltungsschale – Fortentwicklung des Referenzmodells für die Industrie 4.0-Komponente, S. 11 ff., S. 19 ff
- [5] Geipel-Kern, A. (2016). Auf dem Weg zur digitalen Reife. *Process – Chemie-Pharma-Verfahrenstechnik*, 23(10), S. 34-35
- [6] Intelligent, modular – und bereits in industrietauglicher Ausführung: Die Industrie 4.0-Anlage von SmartFactory^{KL}. [online] SmartFactory^{KL}. Verfügbar unter: <http://www.smartfactory.de/>
- [7] Vogel-Heuser, B. (2014). Herausforderungen und Anforderungen aus Sicht der IT und Automatisierungstechnik. In: T. Bauernhansl, ed., Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 42-45
- [8] NE 148 (2013). Anforderungen an die Automatisierungstechnik durch die Modularisierung verfahrenstechnischer Anlagen. <http://www.namur.org>
- [9] Bernshausen, J., Haller, A., Holm, T., Hoernicke, M., Obst, M. und Ladiges, J. (2016). Namur Modul Type Package – Definition. Beschreibungsmittel für die Automation modularer Anlagen. *atp edition*, 58(1-2), S. 72-81
- [10] Bernshausen, J., Haller, A., Holm, T., Hoernicke, M., Obst, M. und Ladiges, J. (2016). Namur Modul Type Package – Definition. *atp edition*, 58(1-2), S. 72-81
- [11] Holm, T., Obst, J., Ladiges, L., Urbas, L., Fay, A., Albers, T. und Hennen, U. (2016). Namur Modul Type Package – Implementierung. Anwendung des Namur-MTP für Prozessanlagen. *atp edition*, 58(1-2), S. 82-90
- [12] Klettner, C., Tauchnitz, T., Eppe, U., Nothdurft, L., Diedrich, C., Schröder, T., Großmann, D., Banerjee, S., Urbas, L. und Iatrou, C. (2016). NOA – Namur Open Architecture, *atp edition*, 59(1-2), S. 20-37
- [13] Acatech (2014). Intelligente Objekte – Klein, vernetzt, sensitiv. Eine neue Technologie verändert die Gesellschaft und fordert zur Gestaltung heraus. Acatech bezieht Position 5, S. 9
- [14] Kleinemeier, M. (2014). Von der Automatisierungspyramide zu Unternehmenssteuerungsnetzwerken. In: T. Bauernhansl, ed., Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 571-579
- [15] Fischer, S. und Gorecky, D. (2016). Smart Factory – Eine Idee wird Realität. In: R. Heinze, C. Manzei, L. Schleupner, ed., Industrie 4.0 im internationalen Kontext. Kernkonzepte, Ergebnisse, Trends. Berlin/Offenbach: VDE Verlag, S. 152-154

DANKSAGUNG

Der Inhalt dieses Beitrags basiert überwiegend auf Erfahrungen und Information der Mitglieder des Namur-Arbeitskreises 4.19 und greift darüber hinaus auf Materialien beziehungsweise Beiträge anderer Namur-Arbeitskreise zurück. Daher gilt der Dank dem offenen Austausch im Arbeitskreis und dem Zugang zu Information, die durch die Plattform der Namur zugänglich ist.

für eine einheitliche Infrastruktur, da Anlagenteile über eine einheitliche Schnittstelle verfügen und über diese angebunden werden können [15].

Bisherige Überlegungen und Anwendungen zur Smart Factory fokussieren nicht die Prozessindustrie und dort ablaufende produktionsnahe Logistikprozesse. Entsprechend dem in Bild 3 dargestellten Ansatz, ist die in der Smart Factory angestrebte Vernetzung und der direkte Informationsaustausch zwischen intelligenten Leistungsobjekten und den intelligenten Produktionseinheiten vielversprechend. Schließlich spielt das Handling von Stückgut – im Sinne von in Gebinden und/oder auf Ladungsträgern verpackten Materialien – auch in produktionsnahen Logistikketten der Prozessindustrie eine große Rolle.

FAZIT

Um der Realisierung von Plug-and-operate in der produktionsnahen Logistik näher zu kommen, sind intelligente, echtzeitorientierte und standardisierte Bausteine (im Sinne von logistischen Produktionseinheiten) erforderlich, die herstellerunabhängig, wiederverwertbar, wandlungsfähig und modular je nach Prozessanforderung unter Nutzung der technologischen und digitalen Möglichkeiten miteinander vernetzt werden können. Diese müssen eine wirtschaftliche, sprich minimale Gesamtdurchlaufzeit aller Aufträge bei optimierten Beständen sicherstellen und zwar nicht nur bereichsbezogen, sondern möglichst auch unternehmensübergreifend. Nur so lässt sich die Idee umsetzen, kostengünstig neue Anlagenteile in bestehende Anlagen zu integrieren beziehungsweise neue Anlagen schneller aus Modulen zu erstellen.

Gewährleistet werden kann dies durch einheitliche IT- und Prozess-Standards sowie durch eine enge Kooperation zwischen Anlagen-, Fördertechnik- sowie Software-Herstellern. Erst das Zusammenspiel und gemeinsame Gestalten von Prozessen durch Verfahrenstechnik, Automatisierung, IT und Logistik macht Plug-and-operate möglich.

MANUSKRIPTEINGANG

22.12.2016

Im Peer-Review-Verfahren begutachtet

AUTOREN

Dr.-Ing. **STEPHAN KESSLER** (geb. 1977) ist als Lead Discipline Engineer für Logistics Engineering und Consulting im Bereich Engineering und Technology der Bayer AG tätig. In dieser Funktion entwickelt und implementiert er logistische Konzepte für Standorte und Produktionsanlagen der Prozessindustrie.

Dipl.-Ing. **HARTMUT LENZ** (geb. 1964) leitet als Director das Team Logistics Engineering & Consulting im Bereich Engineering und Technology der Bayer AG. Gemeinsam mit seinem Team stellt er fachliche Expertise im Bereich Logistik für die Bayer AG bereit und realisiert Projekte weltweit.

Bayer AG, Namur AK 4.19,
Kaiser-Wilhelm-Allee, Gebäude K9,
51368 Leverkusen,
Tel. +49 (0) 214 305 76 11,
E-Mail: hartmut.lenz@bayer.com

CINDY RYTIR (geb. 1993) ist Studentin im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen der Hochschule Mannheim und verfasst ihre Abschlussarbeit im Bereich Engineering und Technology der Bayer AG.

Dr. **ANNETTE SCHICK** (geb. 1967) ist als Process Designer für Manufacturing und Site Logistics Prozesse im Bereich Information Services & Supply Chain Operations der BASF tätig. In dieser Funktion entwickelt sie als Teil der globalen Business Process Management Abteilung Prozesse und Strategien im Bereich Produktion und Site Logistics.

Dipl.-Kfm. **MICHAEL SCHNEIDERHAN** (geb. 1961) ist als Direktor Information Technology für die Themengebiete Factory Applications innerhalb der Wacker Chemie AG zuständig. In dieser Funktion konzipiert, entwickelt und betreibt er IT Lösungen beziehungsweise Applikationen im Umfeld von Manufacturing und Logistics, Laboratory und Process Data Management.



SciFo

#ScienceForum #suchen #finden #wissen #online

Wissen ist... ...zu wissen, wo es steht.

SciFo: Ihr Fachwissen in einer Datenbank

- » Stellen Sie aus unseren Fachinformationen Ihr ganz **persönliches Know-how** zusammen – für sich und Ihr Team
- » Finden Sie **sekundenschnell** genau das, was **Sie suchen** – jederzeit und überall
- » Rufen Sie **direkt** die **gewünschten Informationen** ab – ob Fachartikel, Zeitschrift oder Buch

Jetzt Angebot anfordern und 30 Tage kostenlos testen!
Nutzen Sie unser Formular unter www.scifo.de

Höhere Anlagenperformance in der Prozessindustrie

Performancekennzahlen zur Entscheidungsunterstützung

Der Beitrag zeigt systematisch auf, wie sich Maßzahlen zur Bewertung der Anlagenperformance in der Prozessindustrie nutzen lassen. Dabei wird der Fokus auf die operative, zeitnahe Nutzung der Maßzahlen gelegt. Es wird Bezug auf Forschungsergebnisse des EU-Projektes MORE genommen. Industriell umgesetzte Beispiele verdeutlichen den Nutzen, aber ebenso die Herausforderungen bei der Umsetzung von Lösungen zur Steigerung der Anlagenperformance durch Maßnahmen im operativen Betrieb.

SCHLAGWÖRTER Performancekennzahlen / KPI / Anlagenperformance / Informationsmodellierung / Betriebsassistenz

Improving plant performance in the process industry – Using indicators to analyse performance

The paper illustrates how performance indicators can be used to analyse and improve plant performance, focusing on the use of indicators in real-time to support the operational decisions in the day-to-day operations of chemical production processes. The contributions are based mainly on results of the EU project MORE. In addition, industrial applications are considered and challenges to implementing solutions in practice are discussed. Finally, current research activities are outlined and an overview is given of possible future applications.

KEYWORDS plant performance / performance indicators / information modelling / production assistance

UDO ENSTE, LEIKON

Der Bedarf Produktionsanlagen *bestmöglich* zu betreiben, ist eine Motivationsquelle, die als Selbstverständlichkeit angesehen und seit jeher verfolgt wird. Das Verständnis zur Beurteilung eines bestmöglichen Betriebs und damit zur Beurteilung einer Anlagenperformance unterliegt jedoch einem stetigen Wandel. Die Fragen der Messbarkeit einer Anlagenperformance und der Eignung von Indikatoren zur eindeutigen Ursache-Wirkungsanalyse und darauf aufbauend zur Ableitung von Maßnahmen zur Verbesserung der Performance müssen stetig überdacht und neu beantwortet werden. Die Entwicklung und Nutzung geeigneter Maßzahlen kann entscheidend dazu beitragen, ob Effizienzmanagementsysteme und Systeme zur Entscheidungsunterstützung einen nachhaltigen Nutzen aufweisen, siehe unter anderem [1-3].

Die Herausforderung besteht zum einen darin, dass die Beurteilung der Anlagenperformance mehreren Teilzielen unterliegt, die sich teilweise gegenseitig beeinflussen und sich nicht selten durch Prozessführungsänderungen konträr zueinander verändern können. Zum anderen ist es zur Bewertung der Anlagenperformance immer wichtig, geeignete Bezugspunkte zur Beurteilung von Verbesserungs- oder Verschlechterungstendenzen zu finden. Bei ungeeigneten Indikatoren oder Bezugspunkten kann es im schlimmsten Fall passieren, dass Effizienzverbesserungen angezeigt werden, obwohl eine Verschlechterung eingetreten ist.

Im Bereich der Energieeffizienz bekommt dieser Aspekt eine besondere Bedeutung, da bei Audits gemäß ISO 50001 [4] beziehungsweise ISO 50003 [5] ab 2017 erstmals messbare Steigerungen der Energieeffizienz nachgewiesen werden müssen, um an steuerlichen Vergünstigungen partizipieren zu können.

1. WANDEL DER PERFORMANCEBEURTEILUNG

Das Verständnis für den Begriff der Anlagenperformance hat sich in den vergangenen Jahren weiterentwickelt, siehe Bild 1. Mit der Einführung von Prozessleitsystemen und den Methoden der Regelungstechnik

stand zunächst die Steigerung der Prozessstabilität und der Robustheit im Fokus. Unterstützt durch Betriebssysteme (MES) sowie Simulationswerkzeuge wurde dann vermehrt die Verbesserung der Produktqualität und des Durchsatzes angestrebt.

Insbesondere ab den 90er-Jahren wurde versucht, Forderungen nach Steigerungen der Anlagenverfügbarkeit zu erfüllen. Zum Einsatz kamen dabei Lösungen des Plant Asset Managements und des Online Condition Monitorings. In den letzten Jahren wurde vermehrt die Energie- und Materialeffizienz betrachtet. Neuartige Messtechniken inklusive Onlineprozessanalysen helfen dabei, hier einen sukzessiven Fortschritt zu erzielen.

Aktuell und vermutlich noch intensiver in naher Zukunft wird zunehmend das flexible Betreiben der Anlagen nach aktuellem Marktbedarf und aktuellen Energie- und Rohstoffpreisen gefordert. Grund dafür ist die erhöhte Dynamik der Einkaufs- und Verkaufsbedingungen. Die gestiegene Dynamik des Marktbedarfs ist heute ein wesentlicher Treiber, um die Wertschöpfungsketten weiter zu optimieren. Der Bedarf nach kleineren Losgrößen, kürzere Time to Market

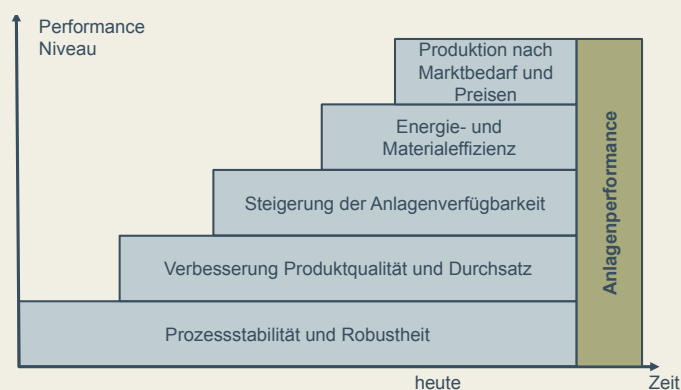


BILD 1: Kriterien der Anlagenperformance

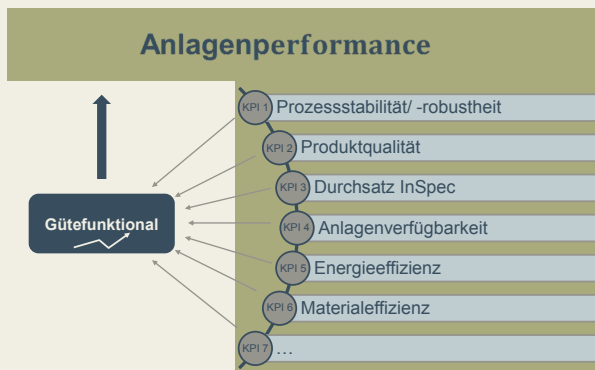


BILD 2: Bildung von Gütefunktionalen



BILD 3: Operative und retrospektive Nutzung von Maßzahlen

– Anforderungen neuer Produkte und die daraus resultierenden Ansprüche an die Flexibilität der Anlagen bedürfen neuer Herangehensweisen und Ansätze zur Steigerung der Anlagenperformance mit Mitteln produktionsnaher IT-Lösungen, die im operativen Betrieb eingesetzt werden.

Alle Kriterien zusammen bestimmen heute die Anlagenperformance. Die Anlagenperformance stellt damit einen Begriff dar, der den Nutzen und die Effizienz – im Sinne einer Bewertung des Nutzens im Verhältnis zum erforderlichen Einsatz – einer Anlage wiedergibt. Die Performance setzt sich dabei meist aus einer Kombination von Aspekten zusammen, was dann in einer multikriteriellen Bewertung resultiert.

Zur quantitativen Ermittlung einer Aussage zur Anlagenperformance müssen den einzelnen Bewertungsaspekten zunächst Maßzahlen zugeordnet werden. Man spricht von Performance Indicators (PI) und bei besonders wichtigen Bewertungsgrößen von Key Performance Indicators (KPI). Allein die Definition, Erfassung und Visualisierung beziehungsweise Reporting einer Menge an unabhängigen KPI stellt bereits einen nicht zu unterschätzenden Nutzen dar, um kontinuierlich geeignete Maßnahmen zur Verbesserung der Anlageneffizienz abzuleiten.

Es ist in der Regel nicht möglich, alle Ziele gemeinsam zu optimieren. Daher bedarf es für eine zentrale Aussage zur aktuellen Anlagenperformance der Formulierung eines Gütefunktionalen, siehe Bild 2. Dieses Gütefunktional kann mathematisch beschrieben werden, zum Beispiel in dem die einzelnen KPI als Teilziele aufgefasst, gewichtet und dann zu einer gemeinsamen Zielfunktion zusammengefasst werden. Oftmals wird das Gütefunktional aber implizit – basierend auf Erfahrungswerten oder durch die Reduktion auf eine oder wenige Zielgrößen – in den Köpfen der Entscheider gebildet.

Erschwerend kommt hinzu, dass das Gütefunktional selber in der Regel dynamisch ist. Bei Vollausslastung der Anlagen kann es vorkommen, dass aus wirtschaftlicher Betrachtung der Anlagenverfügbarkeit und dem Durchsatz ein höherer Performancebeitrag zugemessen wird als beispielsweise der Energie- oder Materialeffizienz. In Zeiten geringerer Nachfrage oder bedingt durch andere Faktoren können dagegen die Energie- oder Materialeffizienz bei der Bewertung der Plant Performance wieder eine höhere Gewichtung bekommen.

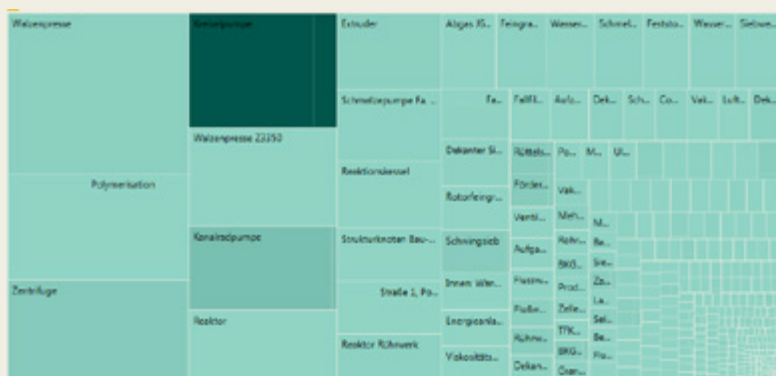
2. MAßZAHLEN

Maßzahlen zur Bestimmung einer Anlagenperformance werden in diversen Normen und Richtlinien definiert. Dazu zählen insbesondere die internationalen Normen ISO 22400 [6] und ISO/IEC 20140 [7] sowie die nationalen Richtlinien VDMA 66412 [8] und VDI 4800 [9]. Zur Bestimmung von Energie- und Materialeffizienzenkdaten, die zur Entscheidungsunterstützung und Optimierung im operativen Betrieb genutzt werden können, wird 2017 die Namur-Empfehlung NE 162 Ressourceneffizienzindikatoren für die Überwachung und Verbesserung der Ressourceneffizienz in verfahrenstechnischen Anlagen [10] erscheinen, die zur Zeit in einer Joint Working Group des Namur-AK 4.17 Energieeffizienz und des AK 2.4 MES erarbeitet wird und auf Vorarbeiten des EU-Forschungsprojektes MORE [11] basiert. Vorgehensmodelle zur Nutzung von Ressourceneffizienzindikatoren, die auch verallgemeinerbar bei der Umsetzung anderer Performanceaspekte genutzt werden können, werden in [12] und [13] sowie, speziell für diskontinuierlich betriebene Anlagen, in [14] beschrieben. Eine ausführliche Darstellung und Diskussion wird in [15] erscheinen.

Auf Basis von Maßzahlen können Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet werden. Die Stellhebel zur Verbesserung der Anlagenperformance sind:

- langfristig: Änderungen des Anlagendesigns oder Verfahrensumstellungen,
- mittelfristig: Umstellung von Instandhaltungsstrategien oder Komponententausch,
- kurzfristig: Variation der Prozessführung.

Die Maßzahlen können dabei sowohl retrospektiv – also auf Basis der Historien – als auch operativ genutzt werden. Zur Ableitung der langfristigen Maßnahmen



a) Treemap



b) Word-Cloud

BILD 4: Instandhaltungsanalysen

überwiegt die retrospektive Betrachtung, für die kurzfristigen, operativen Strategien werden vermehrt die Aktualdaten, zeitlich naheliegende Historien und vermehrt auch Prädiktionen verwendet, siehe Bild 3.

Bei der retrospektiven Nutzung der Plant Performance KPI wird die Historie der Maßzahlen betrachtet. Ziel ist es, Verbesserungspotenziale und Performancetendenzen zu erkennen. Neben grundsätzlichen Entscheidungen zum Anlagendesign und der Fahrweisenoptimierung können dabei Analysen und Optimierungen, zum Beispiel für Reinigungs- und Instandhaltungszyklen oder auch für Anlagenbelegungen und Auftragsmanagement im Rahmen der Grobplanung, genutzt werden. Systemtechnische Funktionen, die dazu benötigt werden, sind unter anderem statistische Analysen und Reports. Durch diese Analysen lassen sich Schwachstellen und Probleme, insbesondere systematische Probleme und Fehler einer Anlage, erkennen.

Ein Beispiel eines Reports ist eine Bad-Actor-Analyse, die im Rahmen des Instandhaltungsmanagements eingesetzt werden kann. Unterschiedliche instandhaltungsrelevante Anlagenkomponenten werden in Form einer Treemap aufgeführt, siehe Bild 4. Hier stellt die Größe des Vierecks die Reparaturkosten dar (je größer, desto höher) und die Farbe des Vierecks nimmt Bezug auf die vorbeugenden Wartungsaktivitäten (je dunkler, desto mehr). Nun gilt es, die großen und auch dunklen Vierecke zu sichten, da an diesen Aggregaten oft vorbeugende Instandhaltung durchgeführt wird, bei gleichzeitig hohen Reparaturkosten. Dies ist auf den ersten Blick ein Widerspruch im Instandhaltungskonzept. Es lohnt sich deshalb, sich darüber Gedanken zu machen, ob hier die Instandhaltungsstrategie ange-

passt werden kann, zum Beispiel durch einen anderen Wartungsumfang.

Eine weitere Form der retrospektiven Analyse im Feld des Instandhaltungsmanagements zeigt Bild 4b. Dort wird die Häufigkeit von Wörtern in Instandhaltungsanforderungen am Beispiel von SAP-PM-Meldungen in einer Word-Cloud dargestellt. Die Anzahl an Nennungen hat Auswirkungen auf die Größe der Wörter. Die Farbtiefe als zweite Dimension stellt die Instandhaltungskosten dar, die in Aufträgen, die mit den Wörtern verbunden sind, gebucht wurden. Am Beispiel lässt sich intuitiv erkennen, dass der Betrieb ein größeres Problem mit Undichtigkeiten hat, vermutlich an Abgasleitungen.

3. NUTZUNG VON MAßZAHLEN IM OPERATIVEN BETRIEB

Heute werden Prozessanlagen primär mit Hilfe der Basismessgrößen wie Druck, Temperatur, Durchfluss und Füllstand gefahren. Dazu werden Aktualwerte und Vergangenheitsdaten (zeitliche Trends) genutzt. Je aktueller die Werte umso mehr Informationsgehalt kann aus den Daten gezogen werden. Das soll das dargestellte hellblaue Dreieck im linken Teil von Bild 5 symbolisieren.

Wenn Maßzahlen nicht nur retrospektiv sondern bereits im operativen Betrieb genutzt werden, erhöht sich der Informationsgehalt zur effektiven Steuerung von Anlagen. Anlagenfahrer, die Betriebsleitung aber ebenso das IH-Management können mit verdichteter Information arbeiten, die die Zielgrößen einer Fahrweise bereits mehr oder weniger direkt repräsentiert. Der dadurch erhöhte Informationsgehalt und Mehrnutzen

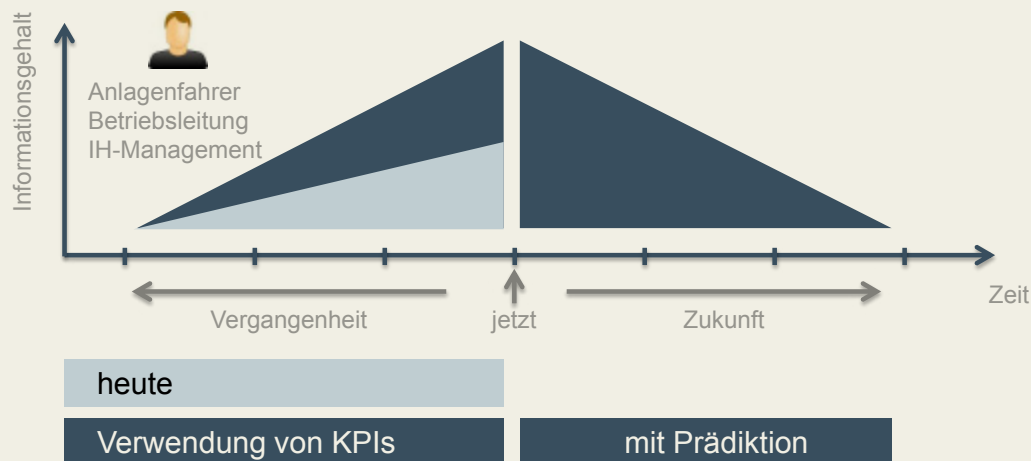


BILD 5: Informationsgehalt von Prozessdaten und Maßzahlen zur Nutzung im operativen Betrieb

werden durch das dunkelblaue Dreieck im linken Teil von Bild 5 dargestellt. Der Nutzen sind zielorientierte Führungsvorgaben, Betriebsassistenz und Vorgaben zur Entscheidungsunterstützung in der Prozessführung. Auch verbesserte Plandaten für das Auftragsmanagement, insbesondere im Rahmen der Feinplanung, können dadurch abgeleitet werden. Systemtechnische Funktionen, die dazu genutzt werden können, sind unter anderem Onlinemonitoring von KPI über Dashboards, KPI-basierte Steuerungen und Regelungen sowie Echtzeioptimierungen, die sich zum Beispiel für Einsatz- und Ablaufplanungen eignen.

Ein Beispiel für ein Dashboard zum Onlinemonitoring zeigt der Screenshot in Bild 6. Zu sehen sind vier Maßzahlen, die das Betriebspersonal im operativen Betrieb nutzt, um die aktuelle Performance der Anlage

zu bewerten und Änderungen in der Prozessführung zu initiieren. Die Maßzahlen werden zudem in einem Langzeitarchiv gespeichert, um retrospektive Analysen zur Ableitung von mittel- und langfristigen Maßnahmen durchzuführen.

Im Dashboard sind für jede Maßzahl der Aktualwert und ein Kurzzeittrend dargestellt. Interessant ist neben der Darstellung historischer Trendverläufe der Effizienzkennzahlen auch die Nutzung moderner HMI-Elemente. Mit Hilfe von Bullet Charts werden der Messbereich, der Aktualwert, der zuletzt durchlaufende Bereich, Grenzwerte, Warnungen zur Verletzung von Grenzwerten und die aktuelle Tendenz auf einen Blick erfasst.

Ein bedeutender Mehrgewinn wird erzielt, wenn die operative Nutzung von Maßzahlen noch mit modellbasierten Anwendungen kombiniert wird. Mit Hilfe mathematischer Prozessmodelle können unter anderem Vorhersagen für wichtige Prozessgrößen und KPI berechnet werden. Damit steigt die Informationsbasis weiter an. Dieser Mehrgewinn an Information wird in Bild 5 durch das rechte dunkelblaue Dreieck symbolisiert. Auch hier gilt, je näher der Wert am Aktualzeitpunkt ist, umso höher ist der Informationsgehalt. Die Prozessmodelle können auf statischen, dynamischen oder statistischen Methoden beruhen. Oftmals genügen bereits einfache Relationen, um einen ersten Gewinn an Information für die Betriebsmannschaft zu erzielen.

Ein Beispiel hierzu ist eine Anwendung aus dem Kraftwerksbereich, bei dem ein mathematisches Modell des Wasser-Dampf-Kreislaufs dazu genutzt wird, die Performance der Anlage in Hinblick auf den Wirkungsgrad zu erhöhen, siehe auch [16]. In einem Prädiktionsmodus wird das Verhalten einzelner Kenngrößen bei unveränderten Einstellungen

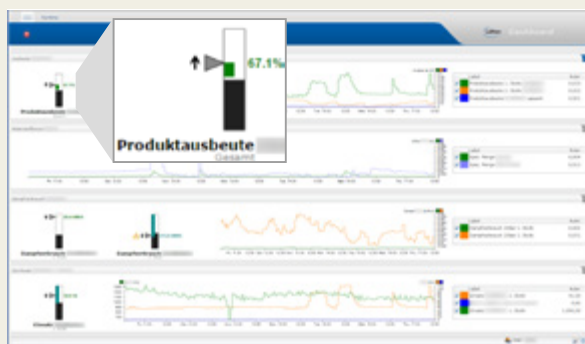


BILD 6: Modernes Dashboard

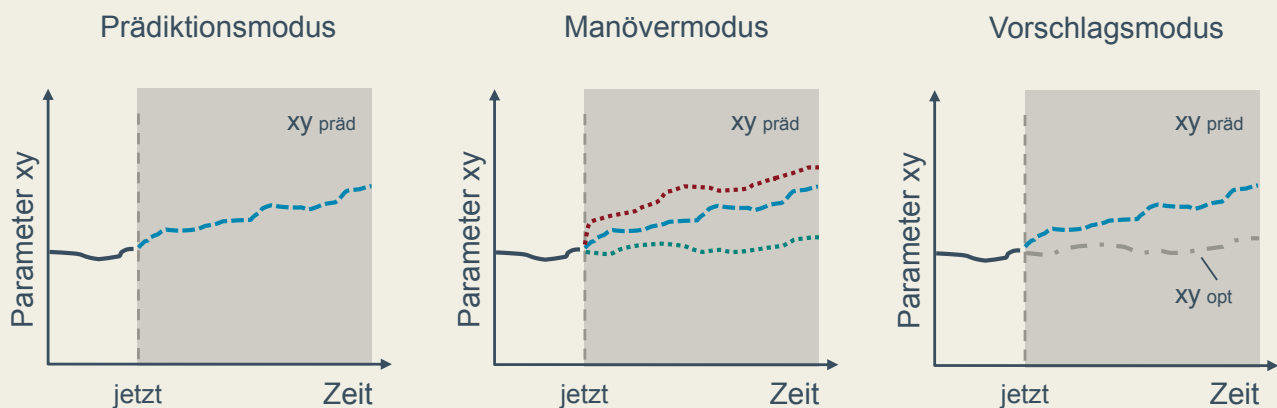


BILD 7: Betriebsassistentenfunktionen auf Basis von Vorhersagen

beziehungswise Sollwerten vorausgesagt. Dadurch kann der Anlagenfahrer vorzeitig ungünstige Betriebszustände identifizieren und vermeiden. In einem zweiten Schritt kommt ein Manöversimulator zum Einsatz. In diesem Modus kann der Anlagenfahrer während des Betriebs Auswirkungen verschiedener möglicher Fahrweisen oder Sollwertänderungen analysieren. Über einen Vergleich von Ergebnissen kann er sinnvolle Alternativen eigenständig identifizieren und umsetzen. In einem dritten Schritt wird ein Vorschlagsmodus genutzt. Dabei kommt neben dem Modell ein Optimierer zum Einsatz, der mögliche Verstellungen und deren Auswirkungen mit Hilfe eines Gütefunktional bewertet und eine optimale Betriebsweise vorschlägt.

4. BEZUGSSYSTEME ZUR BEWERTUNG VON MAßZAHLEN

Konzeptionell ist es immer wieder eine Herausforderung, geeignete Zielgrößen und Gütefunktionale bei mehreren, gegebenenfalls teilweise in Konflikt stehenden Zielgrößen, auszuwählen und dann Bezugspunkte zur Bewertung der Anlagenperformance zu finden. Die Interpretation und die Freiräume zur operativen Beeinflussung sind dabei abhängig von Randbedingungen, wie dem aktuellen Betriebspunkt und der Anlagenauslastung, der aktuellen Fahrweise und bei Mehrproduktanlagen der aktuell produzierten Produkte, den Rohstoffqualitäten oder externen Randbedingungen, wie zum Beispiel den Umgebungstemperaturen. Es hat sich daher als Vorteil erwiesen, aktuelle Performanceindizes immer bestmöglichen Werten unter vergleichbaren Bedingungen, zum Beispiel im gleichen Lastpunkt, gegenüberzustellen, wodurch sich ein normierter KPI ergibt.

Ein normierter Performanceindex ist das Verhältnis von aktuellem KPI zu einem Referenz-KPI. Dieser Referenz-KPI kann entweder bezogen auf die Vergangenheit der betrachteten Anlage aus der Historie der Datenaufzeichnungen (best demonstrated practice) oder mit Hilfe eines theoretisch errechneten Optimums (best achievable practice) ermittelt werden, siehe Bild 8. Die

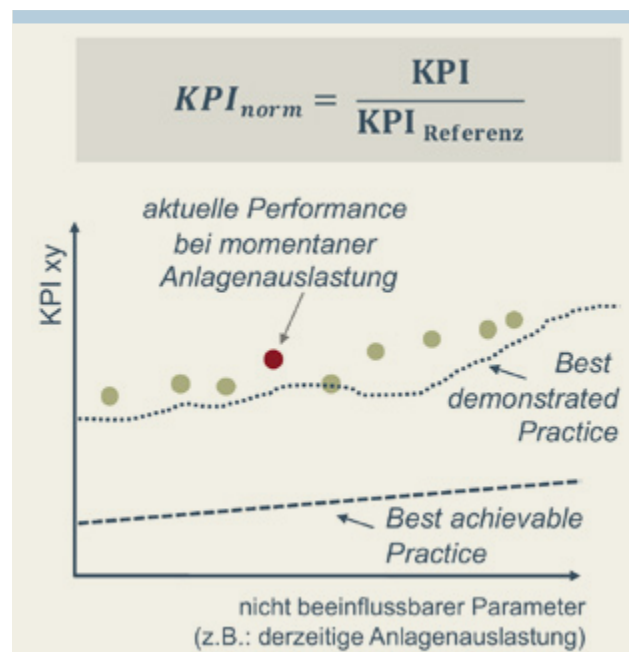


BILD 8: Bezugspunkte zur Bewertung der Anlagenperformance



BILD 9: Dashboard mit Darstellungen zur normierten Energieperformance

Praxis zeigt, dass immer, wenn der Mensch Teil der Bewertungskette ist, der Bezug zu real erreichbaren Zielen im Sinne der Best Demonstrated Practice motivierender ist, als der Bezug zu theoretisch möglichen Zielen.

Innerhalb von Dashboards können Anlagenfahrer und Betriebsverantwortliche eine intuitiv deutbare Darstellung des aktuellen Performancezustands gegenüber einem bestmöglichen unter vergleichbaren Produktionsbedingungen nutzen. Ein Beispiel

hierzu ist eine Onlineauswertung, die im Bereich des Energiemanagements genutzt wird, siehe Bild 9. Dargestellt ist die Energieperformance zweier Teilanlagen: der Reaktion und der Destillation. Die unteren Trendkurven zeigen dazu in schwarz den aktuellen Energieperformance-Index (EnPI) und in grün den korrespondierenden Benchmarkwert, der aus der Vergangenheit des Anlagenbetriebs in vergleichbaren Lastsituationen abgeleitet wurde. Der Abstand der Linien zeigt den Anlagenfahrern und Betriebsverantwortlichen intuitiv den aktuellen gegenüber dem bestmöglichen Performancezustand und welches Potenzial zur Performanceverbesserung momentan besteht. Unterstützt wird die Analyse durch eine Kacheldarstellung. Jede Kachel repräsentiert dabei eine Zeitspanne von einer Stunde und zeigt farblich die normierte Performance: je grüner, je performanter. Die Tendenz im aktuellen Stundenraster im Vergleich zum vorherigen Raster wird durch eine Pfeildarstellung am Ende einer Kachelreihe angezeigt.

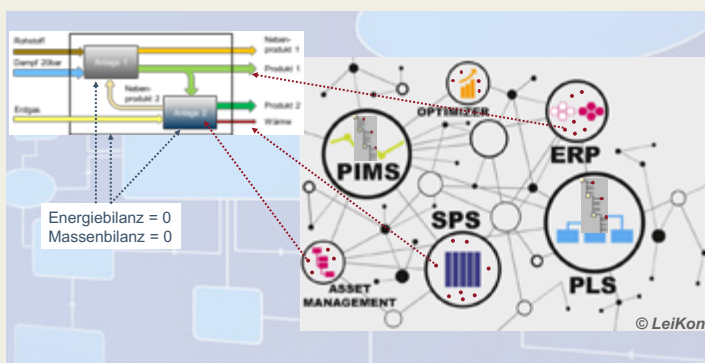


BILD 10: Online nutzbare Informationsmodelle in der Prozessindustrie

5. KONTEXTSENSITIVE BERECHNUNG UND NUTZUNG VON MAßZAHLEN

Der Hauptnutzen der IT-Technologie der letzten Jahre, insbesondere bezogen auf die Nutzung von Smart Devices, ist die kontextsensitive Nutzung von Daten. Wer benötigt wann, wo, wie und welche Information? Die IT-Unternehmen wie Google, Facebook oder

Amazon haben dazu mächtige Informationsmodelle geschaffen, die den Kontext der Daten online herstellen und für gezielte Auswertungen nutzen.

Auch in der Prozessindustrie existieren heterogene, vernetzte IT-Systemlandschaften und Kernelemente zur Strukturierung und Zuordnung von Daten, siehe Bild 10. Aber die Information ist heute in Onlinesystemen primär Datenpunkt-orientiert abgelegt. Teilweise werden zwar hierarchische Zusammenhänge aufgebaut, die sich an Anlagenstrukturen orientieren, aber mehr Kontextinformation ist pro Datenpunkt in der Regel nicht hinterlegt. Es werden Informationsmodelle für kontextbasierte Onlineauswertungen benötigt, siehe [17]. Die Informationsmodelle müssen dabei die Bedeutung von Datenpunkten, gegenseitige Abhängigkeiten von Information sowie verfahrenstechnische und anlagentechnische Bezüge und Bilanzräume abbilden können. Die Informationsmodellierung und die Context Awareness sind ein wesentlicher Schlüssel zur effektiven Analyse und Optimierung der Anlagenperformance.

Ein Beispiel dazu ist ein Informationsmodell zur Abbildung von Material- und Energieströmen an einem Standort. Im Rahmen des EU-Forschungsprojektes MORE wurde ein online nutzbares Informationsmodell auf Basis des Werkzeugs IntexcSuite [18] entwickelt. Ein derartiges Informationsmodell enthält Wissen über unterschiedliche Anlagentypen und Typen von Energie- und Masseströmen. Es kennt Flussrichtungen, sodass von einer Durchflussmessung nicht nur der Name der Messstelle und der aktuelle Wert bekannt ist, sondern ebenso, dass der gemessene Durchfluss von Anlage 1 nach Anlage 2 fließt und dabei das Produkt 1 mit dem Energieinhalt y transportiert. Auch Bilanzgrenzen und zugehörige Regeln der Massen- und Energiebilanz sind ein allgemeingültiger Bestandteil des Informationsmodells, siehe Bild 11.

Wenn ein solches Informationsmodell mit den Datenpunkten aus SPS, PLS oder einem Betriebsdatenerfassungs- beziehungsweise Laborinformationssystem verknüpft wird, können ad hoc Onlineauswertungen auf Basis der im Informationsmodell hinterlegten Strukturinformation ausgeführt werden. Der Nutzen liegt in einer verbesserten Echtzeittransparenz der Energie- und Materialströme einer Anlage oder eines gesamten Verbundstandorts, im Aufbau einer zentralen Wissens- und Kalkulationsdrehscheibe und in der leichteren Erkennung von Ursache- und Wirkungszusammenhängen. Die im Informationsmodell hinterlegte Struktur- und Kontextinformation kann direkt zur Berechnung fehlender Messwerte, zur Onlineplausibilisierung von Prozessdaten, zur Onlinekalkulation von Effizienzkennzahlen oder zur Bildung von Ad-hoc-Bilanzräumen quer zur Anlagenhierarchie genutzt werden. Ein sukzessiver Aufbau eines online nutzbaren Informationsmodells und die Kopplung dieses Ansatzes mit neuartigen Betriebsassistentenfunktionen stellen

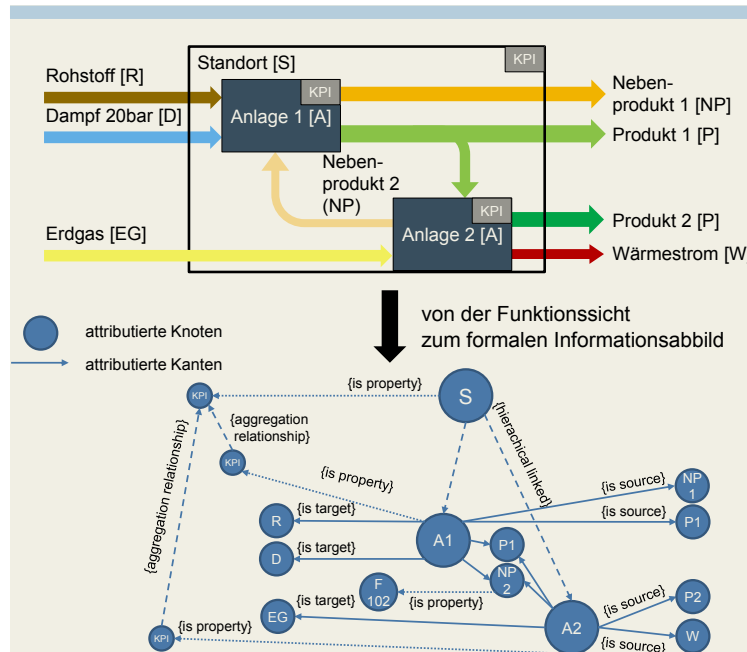


BILD 11: Formale Abbildung einer Funktionssicht

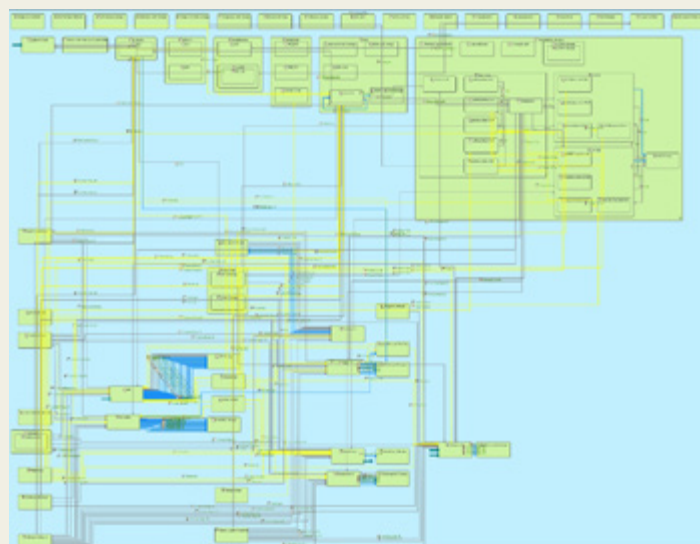


BILD 12: Grafische Repräsentation eines industriell eingesetzten online nutzbaren Informationsmodells der Energie- und Materialflüsse

damit eine neue vielversprechende Herangehensweise dar, um die Anlagenperformance mit Mitteln produktionsnaher IT-Lösungen zu steigern.

Bild 12 zeigt dazu einen Ausschnitt eines automatisch generierten Abbilds einer formalen Beschreibung von

DANKSAGUNG

Teile der dargestellten Forschungsergebnisse wurden im Rahmen eines Förderprogramms der Europäischen Kommission unter der Fördernummer 604068 gefördert (FP7 Project MORE – Real-time Monitoring and Optimization of Resource Efficiency in integrated Processing Plants).

Ressourcenflüssen eines Chemiestandorts auf Basis von [18]. Die hierarchischen Anlagenstrukturen, die Anlagenbezeichnungen und wesentliche Energie- und Materialflussverbindungen wurden aus bestehenden Systemen importiert.

Ein Nutzenbeispiel sind mögliche Ad-hoc-Bilanzanalysen quer zur Anlagenhierarchie auf Basis von Typinformation. Eine Frage „Wie ist die Performance meiner Reaktoren in Bezug auf die Energieeffizienz?“ ist aus der hinterlegten Information direkt ableitbar. Dabei ist hier ein Reaktor ein spezieller Anlagentyp und die Energieeffizienz ein spezieller Performance-typ. Auf Basis des Informationsmodells können online alle Anlagen vom Typ Reaktor gefiltert werden, deren ein- und ausgehende Energieströme, inklusive der Energieanteile, die in Masseströmen enthalten sind, ermittelt und alle zu einem virtuellen Ad-hoc-Bilanzraum zusammengeführt werden, siehe Bild 13. Durch die Verlinkung der einzelnen Energie- und Masseströme mit Datenpunkten und Historien der bestehenden Leit- und Betriebsdatenerfassungssysteme werden

REFERENZEN

- [1] Mobley, R.K. (1999). Total Plant Performance Management. Gulf Publishing Company
- [2] Dhafr, N. and Ahmad, M. (2006). Chemical Plants: Performance Measurement of Processes. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley-VCH Verlag
- [3] Lindberg, C. F., Tan, S. T., Yan, J. Y., Starfelt, F. (2015). Key performance indicators improve industrial performance. *Energy Procedia*, 75, S. 1785 - 1790
- [4] ISO 50001 (2011). Energy management – Requirements with guidance for use. <http://www.iso.org>.
- [5] ISO 50003 (2014). Energy management systems – Requirements for bodies providing audit and certification of energy management systems. <http://www.iso.org>
- [6] ISO 22400 (2014). Automation systems and integration – Key performance indicators (KPIs) for manufacturing operations management. <http://www.iso.org>
- [7] ISO/DIS 20140-5 (2014). Automation systems and integration – Evaluating energy efficiency and other factors of manufacturing systems that influence the environment – Part 5: Environmental influence evaluation data. <http://www.iso.org>
- [8] VDMA 66412 (2010). Manufacturing Execution Systems (MES) Kennzahlen. <http://www.vdma.org>
- [9] VDI 4800 (2016). Blatt 1: Ressourceneffizienz; Methodische Grundlagen, Prinzipien und Strategien. <http://www.beuth.de>
- [10] NE 162 (2017). Ressourceneffizienzindikatoren für die Überwachung und Verbesserung der Ressourceneffizienz in verfahrenstechnischen Anlagen. <http://www.namur.net>
- [11] Real-time Monitoring and Optimization of Resource Efficiency in Integrated Processing Plants. [online] MORE-NMP. Verfügbar unter: <http://www.more-nmp.eu>
- [12] Kalliski, M., Krahé, D., Beisheim, B., Krämer, S. and Engell, S. (2015). Resource efficiency indicators for real-time monitoring and optimization of integrated chemical production plants. *Computer Aided Chemical Engineering*, 37, S. 1949 – 1954
- [13] Kalliski, M., Beisheim, B., Krahe, D., Engell, S., Krämer, S. and Enste, U. (2016). Real-time resource efficiency Indicators – Material and energy efficient plant operation. *atp edition*, 58(1), S. 64–71
- [14] Kalliski M. and Engell, S. (2016). Real-Time Resource Efficiency Indicators for Monitoring and Optimization of Batch-Processing Plants. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 95(2), S. 265–280
- [15] Krämer S. and Engell S. (2017) Improving Resource Efficiency in Processing Plants. Wiley-VCH Verlag
- [16] Vinnemeier, P., Tomberg, M., Gibbert, M. and Wirsum, M. (2014). Dynamische Modellierung und Simulation des Wasser-/Dampfkreislaufs eines Solarturmkraftwerks für ein Betriebsassistenzsystem. In: *Kraftwerkstechnik 2014: Strategien, Anlagentechnik und Betrieb; Beiträge des 46. Kraftwerkstechnischen Kolloquiums am 14. und 15. Oktober 2014 in Dresden*, Freiberg: Saxonia, S. 425–442
- [17] Kampert D. und Eppe U. (2015). Challenges in the Modelling and Operation of Physically Coupled Systems of Systems. In: *8th Vienna International Conference on Mathematical Modelling (MATHMOD 2015)*, Elsevier
- [18] Intexc. [online] Intexc – Integrational Excellence. Verfügbar unter: <http://www.intexc.de>

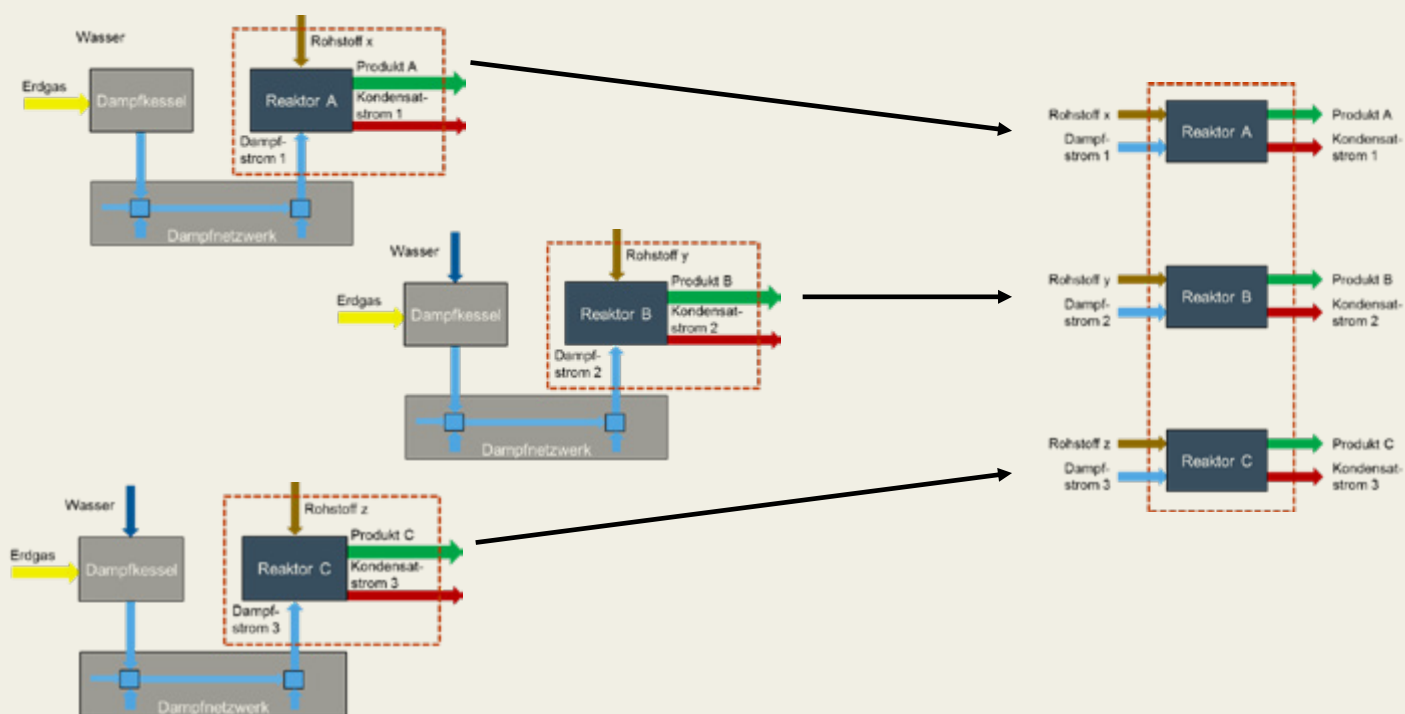


BILD 13: Ad-hoc-Bilanzraum quer zur Anlagenhierarchie gebildet auf Basis von Typinformation

Effizienzkennzahlen auf Basis der hinterlegten Strukturinformation online berechnet.

FAZIT

Eine möglichst hohe Anlagenperformance ist und bleibt ein wichtiges strategisches Ziel der Anlagenbewirtschaftung in der Prozessindustrie. Je reifer eine Volkswirtschaft und eine Unternehmenskultur sind, umso wichtiger ist es, die bestehenden Ressourcen bestmöglich auszunutzen. Insbesondere kontextbezogene Onlineauswertungen von Daten werden dazu in den nächsten Jahren wertvolle Beiträge leisten, um die Anlagenperformance weiter zu steigern.

MANUSKRIPTEINGANG
06.01.2017

Im Peer-Review-Verfahren begutachtet

AUTOR



Dr.-Ing. **UDO ENSTE** (geb. 1968) studierte Elektrotechnik an der RWTH Aachen und hat anschließend dort am Lehrstuhl für Prozessleittechnik promoviert. Er ist seit 2000 Geschäftsführer der LeiKon GmbH, Herzogenrath. Seine Hauptarbeitsfelder liegen im Bereich der operativen Prozessführung, MES sowie funktionaler Sicherheit. Er ist seit 1997 Mitglied im Normenausschuss DIN DKE K931 „Systemaspekte der Leittechnik“ und seit 2011 Obmann des NAMUR-Arbeitskreis 2.4 „MES“.

LeiKon GmbH,
Kaiserstr. 100,
52134 Herzogenrath,
Tel. +49 (0) 2407 951 73 31,
E-Mail: udo.enste@leikon.de

Big und Smart Data

Herausforderungen in der Prozessindustrie

In der Prozessindustrie fallen eine Vielzahl unterschiedlicher, heterogener Daten an, und das Gesamtsystem kann aufgrund seiner Komplexität und Dynamik nicht komplett formal beschrieben werden. Daher untersuchen die Projekte Sidap und FEE die Eignung von Big- Data- und Smart-Data-Ansätzen in dieser Domäne. Obwohl beide Projekte unterschiedliche Ansätze verfolgen, ergeben sich gemeinsame Herausforderungen. Dieser Beitrag fasst diese zusammen und zeigt Lösungsansätze auf, beispielsweise durch die Schaffung eines gemeinsamen Datenverständnisses oder die Anreicherung der Daten mit Zusatzinformation.

SCHLAGWÖRTER Big Data / Smart Data / Prozessindustrie / Datenvorverarbeitung / Datenanalyse / Datenmanagementplattform / Mensch-Maschine

Big and smart data – Challenges in the process industries

In process industries, large amounts of heterogeneous information are generated. However, the overall system is too complex and dynamic to be fully described in a formal way. The projects SIDAP and FEE investigate the use of big data and smart data in this domain. Though the projects have different focuses, they face a number of similar challenges. These challenges are summarized and ways are suggested to overcome them, like establishing a basis for the common understanding of data or the enrichment of data with additional meta-information.

KEYWORDS big data / smart data / process industries / data pre-treatment / data analysis / data management platform / human-machine interface

JENS FOLMER, IRIS KIRCHEN, EMANUEL TRUNZER, BIRGIT VOGEL-HEUSER, TU MÜNCHEN
THORSTEN PÖTTER, BAYER AG
MARKUS GRAUBE, SEBASTIAN HEINZE, LEON URBAS, TU DRESDEN
MARTIN ATZMÜLLER, UNIVERSITÄT KASSEL
DAVID ARNU, RAPIDMINER

Prozesstechnische Anlagen generieren im täglichen Betrieb einen kontinuierlichen Strom an Messdaten. Hinzu kommen beispielsweise Qualitätswerte, Auftrags- und Wartungsdaten. Big Data mit seinen Charakteristiken Volume, Variety und Velocity [4] hat das Versprechen abgegeben, aus den Unmengen an Daten sinnvolle Schlussfolgerungen zu ziehen. Im Gegensatz zu wissensbasierten Systemen [15], die formalisiertes Wissen zur Analyse nutzen, ist hierbei kein Vorwissen über den Inhalt der Daten notwendig. Aber auch Big-Data-Ansätze versuchen zunehmend, mehr Vorwissen in die Analyse zu integrieren, um die komplexen Sachverhalte besser erklären zu können und die Ergebnisse der Analysen stark zu verbessern. Der Begriff Smart Data drückt diese Anpassung von Big Data hin zur wissensunterstützten Analyse von großen Datenmengen und die Nutzung der Analyseergebnisse aus. Die zugrundeliegenden Methoden und Ansätze können hierbei an unterschiedlichsten Stellen in der Prozessindustrie eingesetzt werden. So befassen sich die aktuellen Forschungsprojekte *Frühzeitige Erkennung und Entscheidungsunterstützung für kritische Situationen im Produktionsumfeld* (FEE) beziehungsweise *Skalierbares Integrationskonzept zur Datenaggregation, -analyse, -aufbereitung von großen Datenmengen in der Prozessindustrie* (Sidap) mit der Vorhersage von Geräteausfällen in chemischen Anlagen, der Analyse von Alarmschauern [1] und der Vorhersage der Prozessqualität, um Assistenzsysteme zur besseren Führung der Anlagen anbieten zu können.

In großen Anlagen kommt es immer wieder zu anormalen Situationen. Diese werden sichtbar, wenn sie zu einer großen Anzahl an Alarmen führen, die allerdings die Sicht auf die Problemursachen verdecken können. In kritischen Situationen, zum Beispiel Pumpenausfall oder Übersäumen, bleiben oft nur wenige Minuten für eine angemessene Reaktion, bevor sicherheitsgerichtete Steuerungen die Anlage in einen sicheren Zustand, oft die Abschaltung, überführen. Die Kürze der verfügbaren Zeit erlaubt Anlagenfahrern in der Regel nur eine Reaktion basierend auf dem eigenen Erfahrungsschatz

zum Abwenden von Produktionsausfällen – nicht aber eine tiefergehende Situationsanalyse und Ableitung von Handlungen zur wirtschaftlich-technisch optimalen Problembewältigung. Aus diesem Grund ist das Ziel von FEE, sich abzeichnende kritische Situationen frühzeitig zu erkennen und den Operator mit Hilfe von Big-Data-Technologien rechtzeitig prädiktiv zu alarmieren [2]. Damit kann dieser proaktiv mit dem Problem umgehen und wird geringer belastet. Andererseits soll das System die Entscheidungsfindung der Anlagenfahrer in kritischen Situationen unterstützen, indem es vergangene ähnliche Situationen mit Potenzial zur Übertragung der Auswirkungen ausgibt.

Demgegenüber stellt Sidap die Vorhersage von Geräteausfällen in den Vordergrund. Die Geräte verschiedener Anbieter erzeugen in einer heterogenen IT-Landschaft eine Flut von Daten, darunter Nutzungs-, Wartungs- und Qualitätsdaten. Bisher werden diese Daten von den Unternehmen häufig in unterschiedlichen IT-Systemen gesammelt und nur als lokales Ereignis (in einer Anlage) betrachtet. Aggregierte Daten aus mehreren Anlagen werden von den Unternehmen selten weiterverwendet. Der Gerätehersteller sammelt unabhängig davon eigene Daten. Das Potenzial einer übergreifenden Analyse möglichst aller Daten wird derzeit nicht genutzt. Ziel von Sidap ist die Entwicklung und Erprobung von Big-Data-Technologien für diese innovativen und wettbewerbsrelevanten Nutzungsszenarien. Es werden unternehmensübergreifende, sichere und skalierbare Datenintegrationsarchitekturen, sowie Analysemethoden zur Datenaggregation und zur Unterstützung der Entscheidungsfindung im Betrieb entworfen. Dies erfolgt in enger Zusammenarbeit zwischen Betreibern und Geräteanbietern der Prozessindustrie, IT-Anbietern und Forschung. Sidap entwickelt hierzu eine datengetriebene sowie serviceorientierte Integrationsarchitektur. Diese Integrationsarchitektur macht vorhandene Strukturinformation und Daten aus dem Engineering und den Prozessleitsystemen unter Berücksichtigung ihrer unterschiedlichen Semantik in abstrahierter, integrierter und zugriffsgeschützter Form für interaktive Analysen zugänglich. So können Gerätehersteller anhand von



BILD 1: Faktoren für die Beeinflussung der Overall Equipment Effectiveness (OEE)

ausgewählten Nutzungsdaten ihrer Geräte in den Produktionsanlagen und der Wartungs- und Reparaturdaten Gerätestörungen analysieren. Basierend auf der Datenauswertung können Zusammenhänge identifiziert und somit präventiv mögliche Fehler identifiziert und vor dem Eintritt Abhilfemaßnahmen getroffen werden. Für den Anlagenbetreiber wird eine optimale Nutzung der Geräte und damit einhergehend ein möglichst störungsfreier Betrieb sichergestellt.

Beide Forschungsprojekte zielen auf eine Erhöhung der Overall Equipment Effectiveness (OEE) ab. Bei Sidap steht die integrale Betrachtung der Lebenszykluskosten der Feldgeräte in verfahrenstechnischen Anlagen im Fokus. Die OEE kann durch unterschiedliche Faktoren, wie Verbesserung der Produktqualität, Erhöhung der Anlagenleistung oder Steigerung der Anlagenverfügbarkeit, erreicht werden, vergleiche Bild 1. In Sidap soll die Anlagenverfügbarkeit durch die Vorhersage von Geräte- und Equipmentausfällen und die entsprechende Umplanung der Wartung erreicht werden. Die Nutzung der verfügbaren Daten verbessert die Kenntnisse der Geräte- und Equipmentzustände über Unternehmen und Unternehmensstandorte hinweg. In FEE wird ebenfalls die Verfügbarkeit durch das Vermeiden kritischer Situationen mit möglicher Abschaltung adressiert. Hinzu kommt eine Steigerung der Qualität durch eine bessere Prozessführung.

Im Fokus steht ferner die Erhöhung der OEE durch die integrale Betrachtung der Lebenszykluskosten über Unternehmensgrenzen hinweg, zwischen den

Herstellern der Feldgeräte und des Equipments, dem Betreiber der Anlagen beziehungsweise der Instandhaltung und, bezogen auf das Reengineering von Altanlagen oder das Engineering von neuen Anlagen, auch dem Engineering. In den letzten Jahren überwog demgegenüber eine stark vom Einkauf und den Kosten des Einkaufs dominierte Betrachtung, die allerdings nicht dazu führte, langlebige Geräte einzusetzen. Der Grund lag auch darin, dass belastbare Ausfallzahlen und Betriebskosten für die Equipments nicht vorlagen.

1. ANWENDUNGSFÄLLE FÜR BIG DATA IN DER PROZESSINDUSTRIE

Big-Data-Ansätze sind für die Prozessindustrie und die beim Betrieb der Anlagen anfallenden Daten höchst relevant. Spezifische Anwendungsfälle sind hierbei notwendig, um den Nutzen durch solche Ansätze zu verdeutlichen.

1.1 Identifikation von kritischen Zuständen

Nach dem Eintritt eines kritischen Ereignisses in einer Prozessanlage werden üblicherweise Maßnahmen ergriffen, um dieses Ereignis in Zukunft komplett zu verhindern, etwa durch zusätzliche Sensorik, kürzere Wartungsintervalle, bessere Prozessführung oder geänderte Vorschriften. In einigen Fällen ist es jedoch nicht oder nur mit erheblichen Aufwand möglich, die Ursache des Problems zu lösen, während es

bewährte Maßnahmen gibt, um mit den Symptomen umzugehen. Ein Beispiel für diese Art von wiederkehrenden kritischen Ereignissen ist das Überschaumen in Kolonnen. Eine Warnung, dass ein solches Ereignis in naher Zukunft bevorsteht, kann es ermöglichen, präventive Maßnahmen, zum Beispiel die Hinzugabe eines Anti-Schaummittels zielgerichteter einzusetzen und somit die negativen Auswirkungen der präventiven Tätigkeit auf die Verfügbarkeit und Qualität des Prozess zu minimieren. Dabei weisen Prozesswerte vor einem solchen Ereignis häufig charakteristische Muster auf, die durch eine Analyse erkannt werden können. Kritische Situationen können jedoch ferner unabhängig von bekannten Ereignissen auftreten. Hier ist ein Vergleich mit einem vorher angelernten Modell des zu detektierenden Ereignisses nicht möglich. Dennoch ist es für die Führung des Prozesses eine wichtige Information, falls sich die Anlage anders verhält, als sie sich bei ähnlichen Bedingungen früher verhalten hat. Dies ermöglicht es dem Anlagenfahrer, aktiv eine Diagnose zu starten, um sich anzeichnende kritische Situationen zu vermeiden. Die Eingangsinformation für eine Analyse bildet die Gesamtheit der verfügbaren Daten über den aktuellen Zustand der Anlage. Dazu gehören Prozesswerte, Alarme, Meldungen, Labormessungen und Planungsinformation. Aus diesen wird ein Modell des normalen Zustands der Anlage gebildet, gegen welches die aktuelle Situation verglichen wird. Daraus kann eine Anomaliebewertung der gesamten Anlage, von Teilanlagen, einzelnen Modulen und Signalen erfolgen. Diese Vorgehensweise erlaubt es dem Operator, sich auf die sich ungewöhnlich verhaltenden Teile der Anlage zu konzentrieren.

1.2 Spezialfall: Regelarmaturen

Für die Vorhersage von Geräteausfällen werden unter anderem Prozess-, Wartungs- und Auslegungsdaten benötigt. Diese werden derzeit in verschiedenen Datenbanken bei den jeweiligen Unternehmen gespeichert. So hat der Betreiber die Prozessdaten zur Verfügung, während der Hersteller des Equipments genauere Information zur Auslegung der Regelarmatur besitzt. Bisher müssen diese Daten für eine Analyse meist händisch zusammengefügt werden. Aus diesem Grund wird eine verbesserte unternehmensübergreifende Systemvernetzung angestrebt, um schneller und effektiver auf diese Daten zugreifen zu können und Datenintegration und -aggregation so weit wie möglich zu automatisieren. Ausgangsbasis für die Analyse ist die erarbeitete Klassifikation von Armaturfehlern, die die Erkennungs- und Prädikationsmerkmale auflistet. Die Klassifikation beinhaltet die unterschiedlichen Sichtweisen auf eine Regelarmatur aus den verschiedenen Phasen des Lebenszyklus und aus Sicht der verschiedenen Stakeholder. Typische Fehlerbilder können zum Beispiel Kegelverschleiß, Fouling oder das Haken des Ventils

sein. Je nach Zielsetzung der Analyse, zum Beispiel Erkennung von Nullpunktverschiebungen, Prädikation von Ventilverschleiß, werden aus dieser Klassifikation die Anforderungen an das Analysemodell und die auszuwertenden Daten abgeleitet. Das Ziel der Analyse ist, ungeplante Anlagenabschaltungen zu vermeiden und das Equipment in der Anlage kontinuierlich zu verbessern, zum Beispiel durch die Weiterentwicklung der Regelarmaturen für die nächste Produktgeneration oder durch die Anpassung der Ventilauslegung an die tatsächlichen Bedingungen in der Anlage.

2. SYSTEMVERNETZUNG

Viele der aufgezeigten Anwendungsfälle können nur durch die Vernetzung von bereits bestehenden Systemen adressiert werden. Die Autoren unterscheiden zwischen der unternehmensinternen und der unternehmensübergreifenden Vernetzung.

2.1 Unternehmensinterne Integration unterschiedlicher Datenarten

Zur Lösung anlagenspezifischer Problemstellungen steht hier zu allererst die Integration der unterschiedlichen Datenquellen an, die in einer Anlage vorhanden sind und üblicherweise seit Jahren aufgezeichnet werden. Dabei sind die Daten von Sensoren, aus Engineering- und anderen Datenbanken, aus Prozess- Informations-Management-Systemen (PIMS) sowie aus Schichtbüchern und Betriebsvorschriften sehr heterogen und müssen für die Verknüpfung in einem zentralen Data Warehouse auf eine gemeinsame semantische Basis übertragen werden. In FEE wurde aufgrund der Heterogenität der Daten entschieden, die Verknüpfung der Datenpunkte mit Hilfe von Semantic Web/ Web Ontology Language (OWL) durchzuführen [14]. Dabei werden unter anderem die einzelnen Alarmmeldungen und Datentags semantisch als RDF aufbereitet und unter Nutzung einer selbst erstellten Ontologie mit dem dazugehörigen Datensatz sowie durch Nutzung der Planungsdaten (R&I-Daten) miteinander verknüpft.

2.2 Unternehmensübergreifende Nutzung von Engineering- und Prozessinformation

Für das Beispiel der Ventildiagnose sind in der Datenanalyse Betriebs- und Auslegungsdaten aus unterschiedlichen Quellen zu kombinieren, um suboptimale oder kritische Zustände erkennen und bewerten zu können. Dies erfordert oftmals die Vernetzung über Unternehmensgrenzen hinweg, da die notwendigen Daten nicht gesammelt im Unternehmen selbst vorliegen. Durch eine solche unternehmensübergreifende Nutzung der Daten kann Wissen extrahiert werden, das sonst aufgrund lückenhafter Datenlage im Verborgenen bleiben würde. Im Fokus steht hierbei die

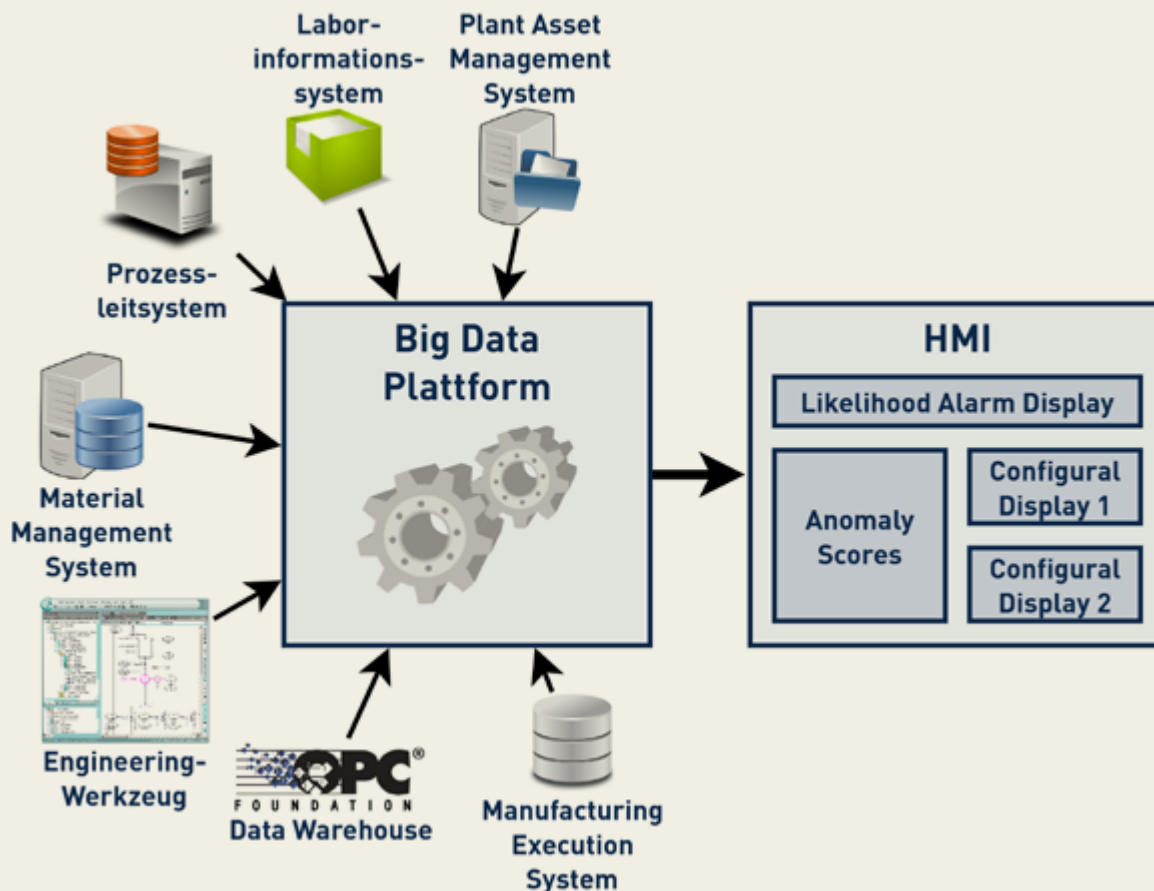


BILD 2: Integration verschiedener Daten aus einer Anlage zur Überführung in Big-Data-Analyseplattformen

Datensicherheit und -integrität: zunächst müssen die Daten, die zwischen den Unternehmen geteilt werden sollen, gemeinsam ausgewählt werden, sodass einerseits die vertrauliche Information über den technologischen Prozess geschützt und andererseits die wesentliche Information für die Beurteilung des Geräts bereitgestellt werden können. Die Rohdaten werden gemäß den Vorgaben des Datenbesitzers, zum Beispiel des Anlagenbetreibers, automatisch anonymisiert. Dies beinhaltet zum Beispiel das Entfernen unnötiger Metainformation oder die Normalisierung von Datenreihen. Des Weiteren muss neben einer manipulationssicheren und verschlüsselten Übertragung der Daten eine sichere Speicherung der Daten am Ort der Verwendung gewährleistet werden.

3. VORGEHENSMODELL FÜR DATENGETRIEBENE ANALYSEN

Intensive Datenanalytik wird nicht um ihrer selbst willen betrieben, sondern muss zu allererst durch geeignete Szenarien, wie in Abschnitt 2 beschrieben, einen

Mehrwert für die Betreiber aufzeigen. Aus diesen lassen sich die notwendigen und verfügbaren Daten (online und offline) für den betrachteten Kontext analysieren. Danach kann das System entweder in einem nutzerzentrierten FEE- oder gerätezentrierten Sidap-Prozess entwickelt werden. Die Nutzerzentrierung, siehe Bild 3, bietet sich an, wenn der Mehrwert für den Endnutzer noch nicht vollkommen klar definiert ist. Mit Hilfe von User Stories und einfachen Prototypen werden in der Diskussion mit den Anwendern iterative funktionale und nicht-funktionale Anforderungen abgeleitet. Hier hat sich bewährt, diese in einen Workflow für die Analytik zu überführen und die Big-Data-Potenziale und Herausforderungen abzuleiten. Hierauf aufbauend werden unter Einsatz spezifischer Techniken zur Analyse umfangreicher und heterogener Daten neuartige Echtzeitmethoden entwickelt, wobei historische Daten auf den aktuellen Kontext bezogen werden. Im Rahmen der vorgesehenen Softwarelösung zur Analyse der Daten werden zunächst vorhandene Daten analysiert und statistische Modelle entwickelt, die im

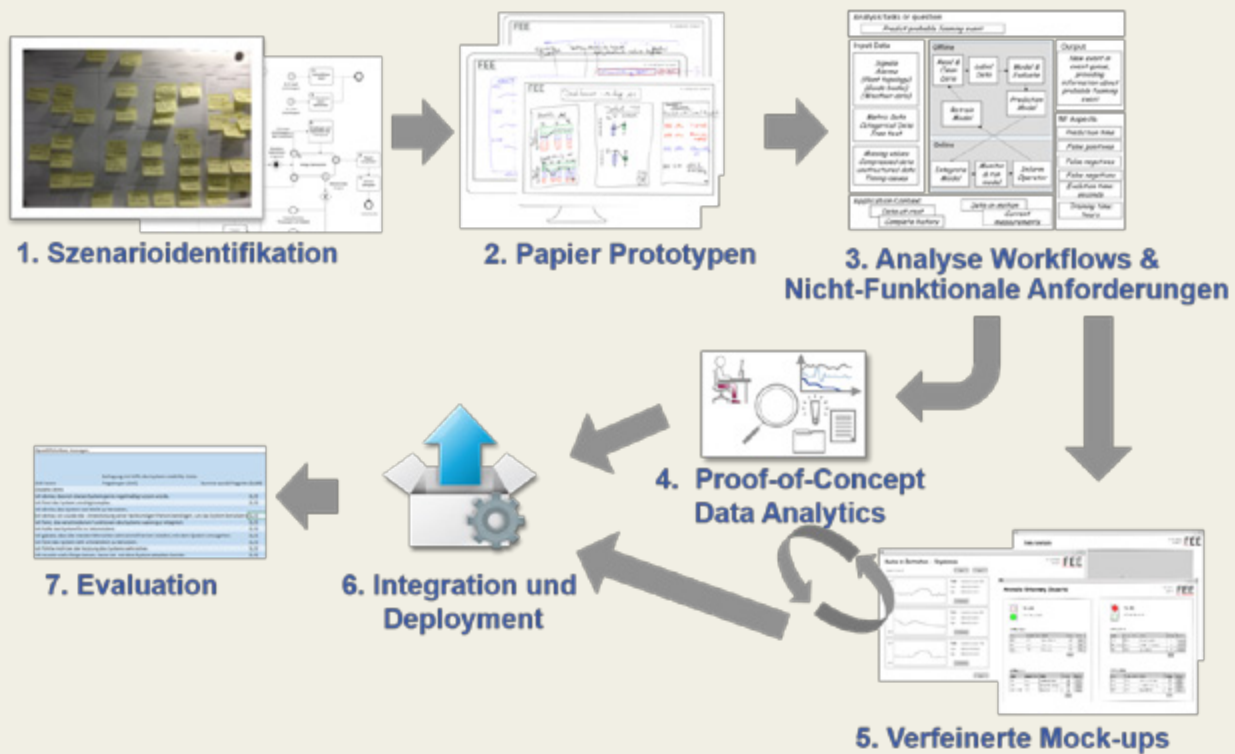


BILD 3: Allgemeines Vorgehensmodell für die Entwicklung datengetriebener Analysemodelle

Sinn eines lernenden Systems im Laufe der Zeit an neue Daten und Ereignisse angepasst werden. Die so erzeugten Modelle werden anschließend permanent zur Entscheidungsunterstützung angewendet. Parallel hierzu wird ein User Interface zur Visualisierung der Analyseergebnisse mit spezieller Betrachtung von Unsicherheiten der Ergebnisse [13] erstellt. Als letzter Schritt steht die Integration in den Betrieb an. Hier ist eine Kopplung an Live-Daten notwendig und die Integration der Analytikergebnisse in die relevanten Dashboards der Entscheider.

Datengetriebene Analyseprojekte zeichnen sich meist durch einen vergleichbaren Datenfluss durch die verschiedenen Systeme und Ebenen aus, vergleiche Bild 3 [7]. Zunächst müssen, sofern mehrere Datenquellen mit unterschiedlichen Formaten mit einbezogen werden sollen, die Rohdaten in ein generisches Datenformat gebracht werden (Datenintegration). Hierfür werden Datenadapter genutzt, die die heterogenen Datenformate und Schnittstellen, zum Beispiel Daten in csv-Tabellenformat, Daten aus dem Manufacturing Execution System (MES) oder über eine OPC-Schnittstelle, an die Analyse anbinden. Dieses dient zum gemeinsamen Verständnis der Daten und zur Zugänglichmachung dieser Daten für die Analyse. Durch das modulare Adapterkonzept können

somit einfach neue Datenquellen zugänglich gemacht werden. Anschließend werden diese Daten aggregiert und mit zusätzlicher Metainformation aus anderen Quellen angereichert, sowie, falls notwendig, anonymisiert. Bevor die Daten für eine Analyse benutzt werden können, müssen diese aufbereitet werden (data curation). In diesem Schritt werden zum Beispiel Ausreißer aus dem Datensatz entfernt oder die Abstrakten der einzelnen Signale synchronisiert. Die Integration, Aggregation und Aufbereitung der Daten wird durch eine Datenmanagementplattform, eine Middleware zwischen Datenquellen und Analyse, übernommen. Durch Interaktion des Datenanalysten mit dem zu erstellenden Modell, zum Beispiel Zeitreihenmodell oder physikalische Modelle, wird mit Hilfe der Daten ein Modell trainiert. Der Datenanalyst beeinflusst hierbei sowohl die Modellparameter, als auch iterativ den vorhergegangenen Schritt der Datenaufbereitung. Ein historischer Speicher mit zuvor gelernten Modellen, Parametersätzen und zusätzlichen Metadaten kann dazu genutzt werden, vorhandenes Wissen in das zu entwickelnde Modell mit einfließen zu lassen. Ist der Datenanalyst mit den Ergebnissen des Modells zufrieden, wird dieses in die Produktivumgebung eingebracht und kann zur Diagnose und Prädiktion verwendet werden. Neben den optimierten Parametern

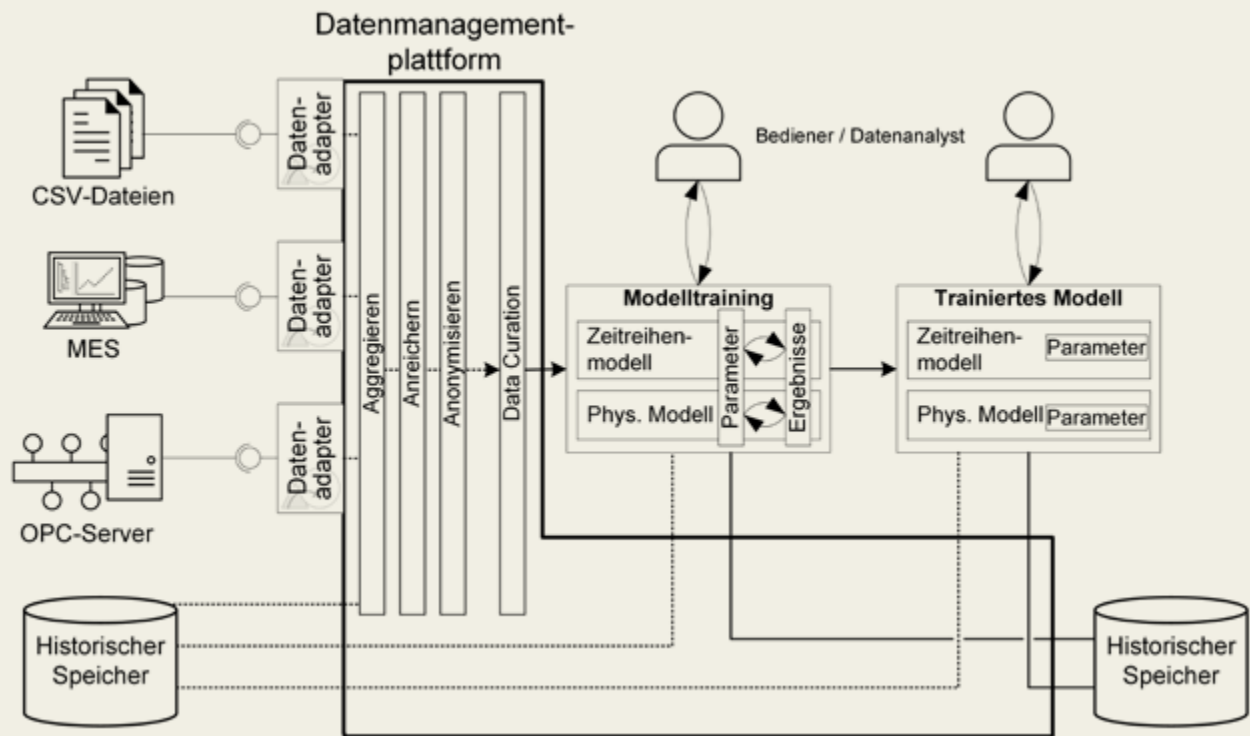


BILD 4: Datenmanagementplattform und -flussdiagramm (in Anlehnung an [5])

können ferner die Ergebnisse der Analysen wieder in den historischen Datenspeicher zurückgesichert werden. Die Datenmanagementplattform abstrahiert somit die Schnittstelle zwischen Rohdaten und der Analyse selbst.

4. EINGESETZTE METHODEN UND ERGEBNISSE DER DATENANALYSE

Für die Analyse der Daten müssen zunächst geeignete Methoden ausgewählt und angepasst werden. Nachfolgend werden anhand der verschiedenen Anwendungsfälle die verwendeten Methoden und Ergebnisse diskutiert.

4.1 Schadensfallidentifikation von Geräten am Beispiel von Ventilen

Zur Identifikation von Schadensfällen bei Ventilen wurden parallel eine modellbasierte und eine signalbasierte Methode entwickelt. Unerwünschte Anhaftungen am Ventilkegel und Kegelverschleiß als häufige Schadensfälle rücken in den Fokus der zu betrachtenden Analyse. Die Modelle, sowie die Ergebnisse, innerhalb des Projektes Sidap, werden in den folgenden zwei Abschnitten erläutert. Insgesamt wurden für die Beispiele

237.072.054 Datenpunkte in die Analyse miteinbezogen. Ziel war es, durch verschiedene Modelle Anomalien im Ventilverhalten zu erkennen. Diese lassen bei längerfristigem Auftreten auf einen Ventildefekt schließen.

4.1.1 Modellbasierte / signalbasierte Methode

Die modellbasierte Methode [6] betrachtet den Hub des Ventils (h) als Eingangsgröße und den Durchfluss (F) als Ausgangsgröße des Systems. Beide Größen werden durch ein physikalisches Modell, abgeleitet von der DIN EN 60534 [8], in den relativen Durchflusskoeffizient überführt. Zur Berechnung der Soll-Ist-Abweichung wird der Soll-Durchflusskoeffizient durch das Ventilmodell und der Ist-Durchflusskoeffizient nach dem Ventil verglichen. Diese Abweichung lässt sich dazu verwenden, einen Schadensfall zu erkennen. Im Falle eines im Vergleich zum theoretischen Wert zu großen Durchflusses kann von einem Kegelverschleiß ausgegangen werden. Es vergrößert sich die freie Durchflussquerschnittsfläche im Ventil mit der Folge eines erhöhten Volumenstroms. Andererseits kann durch Fouling innerhalb des Ventils der gemessene Durchfluss unter den berechneten fallen. Durch diese Charakteristika ist es somit möglich, Ventilverschleiß und Fouling zu detektieren. Bei der signalbasierten Methode werden

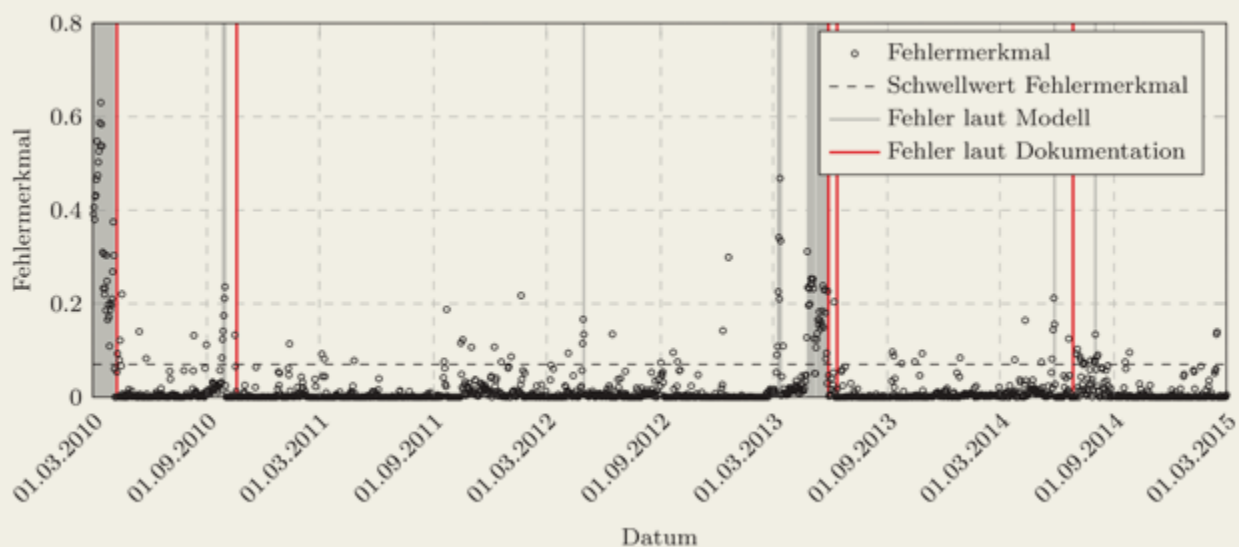


BILD 5: Ergebnisse der signalbasierten Methode

der Ventilhub und der Druck am Ausgang des Ventils in die Analyse mit einbezogen. Aus dem vorliegenden Datensatz werden Zeitreihenmodelle generiert, um das zeitliche Verhalten der Messgrößen zu beschreiben. Die zeitabhängigen Veränderungen der Modellkoeffizienten, und damit des Ventilverhaltens, werden herangezogen, um Schadensfälle zu erkennen. Zur Zeitreihenanalyse werden Autoregressive Moving Average (Arma) Modelle sowie Vektor Autoregressive (VAR) Modelle eingesetzt,

4.1.2 Ergebnisse der Datenanalyse (inklusive Datenbeschreibung)

Für die Validierung der Methoden steht ein Datensatz mit historischen Prozessdaten einer automatisierten prozesstechnischen Anlage über fünf Jahre zur Verfügung, der aus den Daten des laufenden Produktionsbetriebs des Industriepartners generiert wurde. Dieser beinhaltet Werte zu den Messgrößen Ventilhub, Druck und Durchfluss. Zusätzlich wurden aufgetretene Fehler des Ventils innerhalb des Aufzeichnungszeitraumes mit Zeitstempel und Beschreibung dokumentiert.

Der vorliegende Datensatz wurde in einen Trainings- und einen Testdatensatz unterteilt. Durch die Optimierung der Modellparameter unter Verwendung des Trainingsdatensatzes wurden die Modelle an das zu untersuchende Ventilverhalten angepasst. Mittels Testdatensatz wurden die Modelle anschließend validiert und das Ergebnis anhand der Receiver Operating Characteristics evaluiert. Auf der einen Seite konnte bei beiden Methoden ein hoher Anteil der Fehler richtig erkannt werden. Auf der anderen Seite wurden jedoch auch einige Fehlalarme (False Positives) durch

die Modelle ausgegeben, vergleiche Bild 5. In weiteren Arbeiten werden die bestehenden Ansätze durch den Einbezug zusätzlich generierter Metainformation verfeinert und darüber hinaus zusätzliche Analysemethoden angewandt werden.

4.2 Identifikation kritischer Situationen

Kritische Zustände in prozesstechnischen Anlagen lassen sich durch verschiedene Verfahren feststellen. Im Folgenden wird der Ansatz im Rahmen des Projekts FEE beschrieben, bei dem Anomalien durch die Analyse der Prozessdaten und Alarmpattern beschrieben werden.

4.2.1 Anomalieerkennung anhand von numerischen Prozessdaten

Ziel der Anomalieerkennung ist es, vom normalen Verhalten abweichende Situationen zu erkennen. Nach der Definition von Hawkins [9] liegt ein solches Verhalten vor, wenn eine Beobachtung so sehr von anderen Beobachtungen abweicht, dass die Vermutung entsteht, dass sie von einem anderen Prozess erzeugt wurde. Im Kontext von Produktionsanlagen ist die Herausforderung, trotz sich ändernder Anlagenzustände, ein verlässliches Detektionsverfahren zu erstellen. Für die Bewertung, ob eine Anomalie vorliegt, kann eine Beobachtung entweder mit einem zuvor als normal klassifizierten Soll-Zustand verglichen werden, oder es wird das Verhalten mit der lokalen Nachbarschaft (k-nearest neighbour) verglichen [12]. Beide Verfahren liefern einen numerischen Indikator (anomaly score), der angibt, wie abweichend die jeweilige Situation ist.

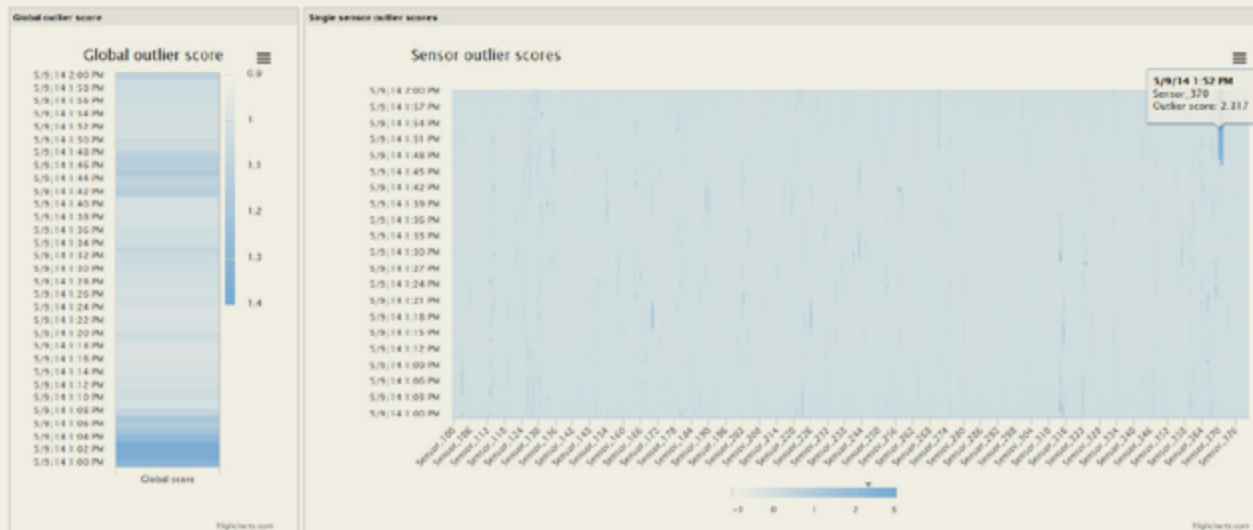


BILD 6: Anomaly-Scores über die Zeit für Gesamtanlage (links) und auffällige Sensoren (rechts)

Bei der Vielzahl der eingehenden Signale ist eine manuelle Überwachung aller Indikatorvariablen nicht mehr möglich.

4.2.2 Alarmmuster

Als zusätzliches Verfahren zur Analyse von Anomalien wurde das HypGraphs-Verfahren [10] entwickelt, das Sequenzen von Alarmen zwischen Anlagenteilen als Markov-Kette erster Ordnung modelliert. Mit Hilfe eines datengetriebenen Modells des Normalzustands werden Anomaliehypothesen überprüft und mit Hilfe eines Bayes'schen Verfahrens gewichtet. Die Evidenzwerte erlauben einen einfachen Vergleich der Hypothesen untereinander. Starke Abweichungen der Markov-Kette gegenüber dem Normalverhalten liefern Hinweise auf kritische Alarmsequenzen und können auch als Anomalie-Score dargestellt werden.

4.2.3 Ergebnisse der Datenanalyse

Die Algorithmen wurden für jeweils eine Anlage der Anwendungspartner über einen Zeitraum von mehreren Monaten erstellt. Die Anomalie-Scores werden dabei als Heatmaps über einen wählbaren Zeitraum und eine Auswahl an Sensoren (Teilmenge der Anlage) aufgetragen. Insbesondere die Darstellung großer Mengen an Sensoren über einen langen Zeitraum ermöglicht so einen Überblick über den Zustand der Anlage (siehe Bild 6). Neben dem Wechsel der Lastzustände werden ferner andere Situationen dargestellt, die größere Teile der Anlage betroffen haben. Mittels geeigneter Sortierung

kann im Anschluss auf Wirkzusammenhänge geschlossen werden, wobei sich insbesondere die Sortierung von allen Elementen mit Anomaly-Scores über einer bestimmten Grenze als hilfreich erwiesen hat. Eine quantitative Bewertung der Ergebnisse ist schwierig, da der Begriff einer Anomalie nicht eindeutig definiert ist und im Zweifel auch bislang unbekannte Ereignisse erkannt werden sollen. In den beobachteten Zeiträumen zeigte sich aber, dass auffällige Ereignisse, wie zum Beispiel Lastwechsel oder ein Aufschwingen der Anlage, einen hohen Anomaly-Score aufzeigen. Insbesondere die Verknüpfung von hohen Anomaly-Scores mit den korrespondierenden Messwerten, erwies sich für die Beurteilung des Anlagenverhaltens als sehr nützlich.

5. HERAUSFORDERUNGEN FÜR DIE UMSETZUNG

Eine Vielzahl an gemeinsamen Herausforderungen wurde im Rahmen der Projekte identifiziert. Diese betreffen unter anderem Probleme bei der Datenintegration, der Definition von Systemschnittstellen und Unvollständigkeit der Daten und Dokumentation, sowie den Umgang mit Fehlalarmen und Anlagenevolution. Für viele dieser Herausforderungen können derzeit im Rahmen der Projekte nur Lösungsansätze, aber keine konkreten Lösungen gegeben werden.

5.1 Integrationsprobleme / semantische Lücken

Obwohl die Forderung nach einer Integration von Anlagendaten nicht neu ist, zeichnet sich diese Aufgabe in der Realität durch erhebliche Herausforderungen aus.

Beispielsweise weisen die Daten, die einem Equipment zugeordnet werden müssen, in unterschiedlichen Datenbanken verschiedene Bezeichnungen oder Einheiten auf. Zudem unterscheiden sich die Abtastraten der einzelnen Signale und müssen vor der Analyse auf eine gemeinsame Referenzzeit übertragen werden (Zeitsynchronisation). Änderungskomprimierte Signale, vor allem Sollwerte, die nur bei Änderung übertragen werden, erfordern erweitertes Wissen beim Auffüllen der Datenreihen. Zudem ist häufig spezifische Information für die Auswertung von Daten in Kommentarfeldern versteckt (zum Beispiel Soll- versus Istwerte), die eine automatische Integration erschweren. Lösungsansätze bieten die Verknüpfung der Rohdaten mit zusätzlicher Metainformation und ein durchgängiges Datenmodell zur Datenrepräsentation. Da diese aber je nach Anwendungsfall zu konzipieren sind, ist ihre Realisierung komplex.

5.2 Systemschnittstellen

Die Heterogenität der einzelnen Daten drückt sich ebenso in der Gestaltung der Schnittstellen der Systeme aus. Diese gehen üblicherweise von unterschiedlichen Datenmodellen aus. Einige der Probleme sind die Modellierung in unterschiedlichem Detaillierungsgrad und die Nutzung von verschiedenen Größeneinheiten. Darüber hinaus ist die Erfassung von relevanter Information, etwa wichtige Daten aus Stellungsreglern, nicht immer ohne Mehraufwand möglich, weil die dafür notwendige Kommunikation entweder nicht konfiguriert wurde oder von der Datenübertragungsrate zu langsam ist (zum Beispiel bei Hart). Des Weiteren stellt sich die Frage nach der optimalen Datenhaltung, die je nach konkretem Anwendungsfall unterschiedlich beantwortet werden muss. Einerseits kann es sinnvoll sein, eine zentrale Datenhaltung zu etablieren, um den Zeitbedarf für eine Abfrage großer Datenmengen möglichst klein zu halten. Andererseits weist diese Form der zentralisierten Datenhaltung den Nachteil auf, dass der eigentliche Eigentümer der Daten nicht mehr im Besitz dieser ist. Zur Überwindung dieser Problemstellung müssen die Daten entweder ausreichend gesichert und anonymisiert auf dem zentralen Speicher abgelegt, oder aber dezentral bei den jeweiligen Eigentümern gespeichert werden. Dies kann weiterhin die zu übertragenden Datenmengen je nach Anwendungsfall verringern, da nicht ständig ein kontinuierlicher Datenstrom zwischen den einzelnen Datenbanken übertragen werden muss, sondern nur gezielt für die Analyse benötigte Daten abgefragt werden. Auch hier bildet ein gemeinsames Datenverständnis die Grundlage zur Überwindung der Hindernisse.

5.3 Datenvollständigkeit

Die Instrumentierung prozesstechnischer Anlagen soll oftmals nur den einwandfreien Betrieb sicherstellen und wurde nicht für die Datenanalyse ausgelegt, es

fehlt beispielsweise die Temperatur des Mediums. Die Messdatenarchivierung wird meist durch die Dokumentationspflicht des Betreibers bestimmt, sodass Datenpunkte aggregiert und nicht separat gespeichert werden, die für eine nachgelagerte Datenanalyse aber hilfreich wären. Die gespeicherten Datensätze sind oftmals nicht mit dem Betriebszustand der Anlage zum Zeitpunkt der Messung verknüpft. Mittels einer vorgelagerten Datenvorverarbeitung sind deshalb Abtastraten zu synchronisieren und instationäre Betriebsphasen sowie Zeiten mit fehlerhafter Messdatenerfassung aus den Rohdaten zu entfernen. Weiterhin können durch den Einbezug von Prozesswissen zusätzlich Datenreihen vervollständigt oder ergänzt werden.

5.4 Dokumentationslücken

Für die Anwendung von Big-Data-Ansätzen ist digital vorliegende Information eine Voraussetzung. Selbst wenn Formulare bereits digitalisiert sind, häufig bei Schichtbüchern, und nicht auf Papier (Aufnahme von Schadensfällen in Werkstätten) vorliegen, führen Freitexteingaben zu unterschiedlichen Einträgen für denselben Fehler (vergleiche „Ventil klemmt“ und „Ventil fährt nicht auf“). Die Informationsextraktion aus solchen unstrukturierten Daten ist eine große Herausforderung. Neben der Entitätsauflösung ist vor allem das Matching der Entitäten mit Domänenbegriffen und deren Synonymen schwierig. Bei nicht digital vorgehaltenen Planungsdaten ist zudem ein Re-engineering mit Wissensextraktion aus Bildern (P&IDs in PDF) notwendig. Hier besteht Bedarf für weitere Forschung und eine zunehmende Digitalisierung der Prozesse. Neben der in Abschnitt 5.1 diskutierten semantischen Lücke ist der Dokumentationsgrad unternehmens- und personenabhängig.

5.5 Anlagenevolution (Änderungen, Umbauten)

Eine weitere Problematik liegt in der stetigen Änderung von prozesstechnischen Anlagen über ihre Lebensdauer. So werden bei planmäßigen Stillständen Komponenten ausgewechselt und modernisiert sowie Prozessführungsstrategien im Zuge einer kontinuierlichen Optimierung angepasst. Damit verändert sich das Verhalten einer Anlage, und die angelernten Modelle für die Datenanalytik verlieren über die Zeit an Wert. Nichtsdestotrotz lassen sich zu einem gewissen Teil veraltete Modelle weiter nutzen, da sich einerseits nicht das komplette Verhalten einer Anlage ändert und andererseits, weil direkt nach einem Umbau oder einer Umstellung noch keine Daten für das Anlernen neuer Modelle zur Verfügung stehen. So ist das ständige Anlernen und Weiterlernen von Big-Data-Modellen ein fester Teil im Lebenszyklus von Anlagen und Geräten und muss als Prozess gelebt werden.

5.6 Fehlalarme

Die Güte einer Analyse kann nicht nur durch die korrekt erkannten Fehler- oder Ausnahmezustände charakterisiert werden. Ebenso bedeutend ist die Rate an Fehlalarmen bei der das Modell eine Meldung ausgibt, obwohl keine kritische Situation oder ein Fehler in der Anlage vorliegen. Fehlalarme werden beispielsweise durch instationäre Betriebsbedingungen hervorgerufen, bei denen das Modell eine Anomalie zum gelernten, normalen Anlagenverhalten feststellt. Die Berücksichtigung des aktuellen Betriebszustands kann daher die Rate an Fehlalarmen senken. Fehlalarme schädigen zum einen das Vertrauen in die Ergebnisse der Datenanalytik und können andererseits konkret zu unnötigen Maßnahmen veranlassen, zum Beispiel das Herunterfahren einer Anlage zur Fehlerbeseitigung, was einen vermeidbaren Verfügbarkeitsausfall der

Produktionsanlage zur Folge hat. Je nach Anwendungsfall und Zielsetzung ist deshalb abzuwägen, wie das Modell angepasst werden muss.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Ansätze aus dem Bereich Big Data und Smart Data in der Prozessindustrie entwickeln sich zu einem nützlichen Instrument für die Unterstützung während des Betriebs. Es gibt eine große Bandbreite an Anwendungsmöglichkeiten, die in Projekten wie Sidap und FEE evaluiert werden. Die mathematischen Algorithmen existieren bereits für eine Vielzahl der identifizierten Problemstellungen. Jedoch sind Out-Of-The-Box-Versprechungen für Big-Data-Lösungen in der Prozessindustrie selten möglich. Als problematisch erweist sich die Integration und Vorverarbeitung von Daten sowie

REFERENZEN

- [1] Vogel-Heuser, B., Schütz, D. und Folmer, J. (2015). Criteria-based Alarm Flood Pattern Recognition using Historical Data from Automated Production Systems (aPS). *Mechatronics*, 31, S. 89-100
- [2] Atzmueller, M., Klöpper, B., Mawla, H. A., Jäschke, B., Hollender, M., Graube, M., Arnu, D., Schmidt, A., Heinze, S., Schorer, L., Kroll, A., Stumme, G. und Urbas, L. (2016). Big data analytics for proactive industrial decision support. *atp edition*, 58(9), S. 62-74
- [3] Wiczorek, R. und Manzey, D. (2010). Is Operators' Compliance with Alarm Systems a Product of Rational Consideration? In: Proc. HFES 54, Santa Monica: Human Factors and Ergonomics Society, S. 1722-1726. Verfügbar unter: <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1071181311551061>
- [4] McAfee, A., Brynjolfsson, E., Davenport, T.H., Patil, D.J. und Barton, D. (2012). Big Data. The management Revolution. *Harvard Bus Review*, 90(10), S. 61-67
- [5] Trunzer, E., Kirchen, I., Folmer, J. und Vogel-Heuser, B. (2017). A Flexible Architecture for Data Mining from Heterogeneous Data Sources in Automated Production Systems. In: Proceedings 18th IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), IEEE
- [6] Folmer, J., Schrüfer, C., Fuchs, J., Vermum, C. und Vogel-Heuser, B. (2016). Data-Driven Valve Diagnosis to Increase the Overall Equipment Effectiveness in Process Industry. In: Proceedings 14th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN), IEEE. Verfügbar unter: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=7800953>
- [7] Nemati, H. R.; Steiger, D. M.; Iyer, L. S.; Herschel, R. T. (2002). Knowledge warehouse. An architectural integration of knowledge management, decision support, artificial intelligence and data warehousing. *Decision Support Systems*, 33(2), S. 143-161.
- [8] DIN EN 60534-2-1 (2012). Industrial-process control valves - Part 2-1: Flow capacity - Sizing equations for fluid flow under installed conditions. <http://www.beuth.de>
- [9] Hawkins, D. (1980). Identification of Outliers. London: Chapman and Hall
- [10] Atzmueller, M., Schmidt, A., Kloepper, B. und Arnu, D. (2016). HypGraphs: An Approach for Modeling and Comparing Graph-Based and Sequential Hypotheses. In: Proc. ECML-PKDD Workshop on New Frontiers in Mining Complex Patterns (NFMCP), Springer
- [11] Runde, S., Fay, A., Schmitz, S. und Eppe, U. (2011). Wissensbasierte Systeme im Engineering der Automatisierungstechnik. *at - Automatisierungstechnik*, 59(1)
- [12] Jäschke, B. und Kroll, A. (2016). Ein Nächste-Nachbarn-Ansatz zur Anomaliedetektion bei Massendaten aus kontinuierlich betriebenen Chemieanlagen. In: Proceedings 26. Workshop Computational Intelligence, KIT Scientific Publishing
- [13] Pfeffer, J., Graube, M. und Urbas, L. (2014). Interaktion mit Big Data in Industriellen Wertschöpfungsnetzwerken. In: VDI-Berichte. Bd. 2222, VDI
- [14] Graube, M., Pfeffer, J., Ziegler, J., und Urbas, L. (2012). Linked Data as Integrating Technology for Industrial Data. *International Journal of Distributed Systems and Technologies*, 3(3), S. 40-52

DANKSAGUNGEN

Wir bedanken uns sowohl beim BMWi für die Förderung des Projekts SIDAP (Förderkennzeichen 01MD15009F) und beim Bundesministerium für Bildung und Forschung für die Förderung des Projekts FEE (Förderkennzeichen 01IS14006), als auch bei den Kooperationspartnern Bayer, Evonik, IBM, Samson, Uni Kassel, ABB, BASF, Ineos und PCK für die Unterstützung. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

MANUSKRIPTEINGANG
23.12.2016

Im Peer-Review-Verfahren begutachtet

AUTOREN

JENS FOLMER (geb. 1981), M.Sc. angewandte/technische Informatik, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme der TU München. Er ist Mitglied des Leitungskreises des Lehrstuhls und leitet die Forschungsgruppe „Big Data in automatisierten Produktionssystemen“. Die Themenschwerpunkte orientieren sich an den Technologien „Industrie 4.0“ und „Cyberphysikalische-Produktionssysteme (CPPS)“.

**Technische Universität München,
Fakultät für Maschinenwesen,
Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme,
Boltzmannstraße 15, 85748 Garching bei München,
TEL. +49 (0) 89 289 164 27,
folmer@ais.mw.tum.de**

IRIS KIRCHEN (geb. 1989), M.Sc. Wirtschaft mit Technologie, ist wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme der TU München. Ihr Tätigkeitsfeld umfasst die datengetriebene Analyse von Prozessdaten aus automatisierten Produktionssystemen zur Unterstützung des Anlagenbetreibers.

EMANUEL TRUNZER (geb. 1990), M.Sc. Chemieingenieurwesen, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme der TU München. Sein Forschungsinteresse gilt der Integration von Expertenwissen in den Datenanalyseprozess und dem Datenmanagement.

Prof. Dr.-Ing. **BIRGIT VOGEL-HEUSER** (geb. 1961) leitet als Ordinaria den Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme (ehemals: Lehrstuhl für Informationstechnik) der TU München. Sie forscht an der Entwicklung und Systemevolution verteilter intelligenter eingebetteter Systeme in mechatro-

die Notwendigkeit projektspezifischer Aufwände. Der kontinuierliche Aufbau von Expertise in Bezug auf Datenintegration, -analyse und -auswertung bei den Betreibern ist deshalb zwingend erforderlich, um Big-Data-Ansätze in der Prozessindustrie sinnvoll zu etablieren. Weiterhin müssen Lösungsanbieter die abweichenden Rahmenbedingungen und Problemstellungen berücksichtigen, um in anderen Bereichen etablierte Methoden auf die Prozessindustrie zu übertragen.

nischen Produkten und Produktionsanlagen. Gleichzeitig ist sie Sprecherin des Sonderforschungsbereiches (SFB) 768 „Zyklusmanagement von Innovationsprozessen“ und Mitinitiatorin sowie Mitglied des Coordination Boards vom Schwerpunktprogramm (SPP) 1593 „Design For Future – Managed Software Evolution“.

MARKUS GRAUBE (geb. 1985), Dipl.-Ing. Mechatronik, arbeitet am Lehrstuhl für Prozessleittechnik der Technischen Universität Dresden. Seine Forschungsinteressen umfassen die semantische Informationsmodellierung und die Mensch-Maschine-Interaktion.

SEBASTIAN HEINZE (geb. 1990), Dipl.-Ing. Informationssystemtechnik, arbeitet seit 2015 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Prozessleittechnik der Technischen Universität Dresden. Sein Forschungsgebiet umfasst die Förderung von Kollaboration im industriellen Umfeld mittels neuen Interaktionstechniken.

Prof. Dr.-Ing. **LEON URBAS** (geb. 1965) ist Inhaber der Professur für Prozessleittechnik und Leiter der Arbeitsgruppe Systemverfahrenstechnik an der Technischen Universität Dresden. Er beschäftigt sich mit der digitalen Transformation in der Prozessindustrie.

MARTIN ATZMUELLER (geb. 1976) ist Assistant Professor an der Universität Tilburg, Visiting Professor an der Universität Paris und Privatdozent an der Universität Kassel. Seine Forschungsgebiete umfassen Themen wie Data Science, Data Mining, Netzwerkanalyse, ubiquitäre soziale Medien sowie Big Data.

DAVID ARNU (geb. 1983), M. Sc. Statistik und maschinelles Lernen, arbeitet als Data Scientist in der Forschungsabteilung der RapidMiner GmbH. Seine Forschungsinteressen umfassen die prädiktive Analytik und Big Data.

Ein starkes Doppel für die Automatisierungstechnik



atp-edition

Automation
Blue

weitere Informationen unter h.pelzer@vulkan-verlag.de

SCHWERPUNKT: MODULARISIERUNG

Modularisierung am Beispiel einer verfahrenstechnischen Modellanlage,

Nutzerzentrierte Entwicklung von mechatronischen Systemen,

Steuerungsengeering für Prozessmodule

Aus aktuellem Anlass können sich die Themen kurzfristig verändern.

IMPRESSUM

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 Augsburg, Jürgen Franke

Spartenleiter: Jürgen Franke

Herausgeber: Dr. rer. nat. Thomas Albers, Dr.-Ing. Dagmar Dirzus,
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, Prof. Dr.-Ing. Ulrich Epple, Prof. Dr.-Ing. Alexander Fay,
Prof. Dr.-Ing. Georg Frey, Dipl.-Ing. Thomas Grein, Prof. Dr.-Ing. Hartmut
Haehnel, Dr.-Ing. Andreas Helget, 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 Wernsdorfer, 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, Professur für
Prozessleittechnik,
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 2017

Anzeigenverwaltung:

Martina Mittermayer
Telefon +49 (0) 89 203 53 66 16
E-Mail: mittermayer@di-verlag.de

Satz, Layout und Herstellung:

Sylvia Kierdorf, 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 die 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 4170-1615
Telefax +49 (0) 931 4170-492
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

Wissen, was relevant ist

www.atpinfo.de

- **Jetzt mit integrierter Suchfunktion** für die Hauptbeiträge der atp edition (2008-2015)
- **Alle wichtigen Branchenmeldungen**, laufend aktualisiert
- Nachrichten aus **Wissenschaft und Praxis** der Automation – immer **auf den Punkt**



atp!info Das Online-Medium für die Automatisierungstechnik