

5/2013

55. Jahrgang B3654
DIV Deutscher Industrieverlag GmbH

atp~~e~~dition

Automatisierungstechnische Praxis

Wandlungsfähige Automation
auf Knopfdruck | 30

Spielerbasiertes Training
gestalten und integrieren | 40

Auf dem Weg vom Spielzeug
zum Werkzeug | 48

Überwachung von
CO₂-Untergrundspeichern | 56



Danke!

atp edition ist vom Verband Deutsche Fachpresse als Fachmedium des Jahres 2012 in der Kategorie Industrie/Produktion/Design ausgezeichnet worden. atp edition ist eine Gemeinschaftsleistung aus der Branche für die Branche. Hinter der hochwertigen Publikation für Automatisierungstechnik stecken viele kluge Köpfe. Nicht nur Chefredakteur, Herausgeber und Beiräte tragen mit ihrem Agenda-Setting dazu bei, dass atp edition in ihrer seit über 50-jährigen Tradition die maßgeblichen Themen der Automatisierungstechnik bestimmt. Auch die Fachredaktion leistet mit einem Peer-Review-Verfahren für wissenschaftlich fundierte Veröffentlichungen einen unverzichtbaren Beitrag. Nicht möglich wäre dies ohne unsere zahlreichen Fach-Autoren. Ein großes Dankeschön an alle, die hinter atp edition stehen und das Fachmagazin zu einem Erfolg machen – und nicht zuletzt an Sie, unsere Leser.

Ihre Entscheidung für die hochwertige Publikation atp edition stärkt die Bedeutung wissenschaftlicher Forschungsarbeiten in der Automatisierungstechnik.



Print wirkt

„atp edition“ ist ein Printtitel auf höchster Qualitätsstufe und mit Nachhaltigkeit im Sinne wiederkehrender Nutzung. Der Titel erfüllt den selbstgestellten Anspruch eines anspruchsvollen und seriösen Magazins für Top-Entscheider zwischen Wissenschaft und Praxis konsequent.

Entsprechend der journalistischen Konzeption ist Online hintenangestellt. Die Jury sah hier „die beispielhafte Umsetzung einer wissenschaftlich ausgerichteten Fachzeitschrift mit Magazincharakter“.



atpedition

FACHMEDIUM
DES JAHRES 2012
PREIS DER DEUTSCHEN FACHPRESSE

Wandlungsfähigkeit in der Produktion

Maschinen und Anlagen müssen aufgrund des Trends zu individualisierten Produkten, verkürzten Produktlebenszyklen, flexiblen Losgrößen und der zunehmenden Betrachtung der „Total Cost of Ownership“ immer schneller konstruiert, häufiger angepasst und aus Lebenszyklussicht vorausschauend entwickelt werden. Produzierende Unternehmen in Hochlohnländern wie Deutschland, die mit signifikant höherem Kostenanteil im Planungsumfeld am Markt agieren müssen, stehen somit vor der Herausforderung, auch bei der Zunahme der Produktvariantenvielfalt und schwankenden Auslastungsszenarien Ansätze für die Auflösung dieses skizzierten Spannungsfeldes zu finden. Hierfür hat die Produktionstechnik seit einigen Jahren den Begriff der Wandlungsfähigkeit geprägt, der als Kombination aus Flexibilität und Reaktionsfähigkeit verstanden werden kann. Die Wandlungsfähigkeit gehört neben der Ressourceneffizienz und der Ergonomie/Nutzerfreundlichkeit zu den drei wesentlichen Handlungsfeldern der Smart Factory. In einer wandlungsfähigen Fabrik ist es möglich, ein Produktionssystem schnell und mit geringem Investitionsaufwand an bisher nicht vorgesehene Randbedingungen und Produktvarianten anzupassen. Somit übertreffen die Möglichkeiten der Wandlungsfähigkeit deutlich die der reinen Flexibilität, mittels derer eine Rekonfiguration eines Produktionssystems lediglich hinsichtlich vorgedachter Randbedingungen und Produktvarianten erfolgen kann. Was bedeutet das für die industrielle Automation?

Wandlungsfähigkeit hat sowohl technologische als auch organisatorische Facetten. In Bezug auf die eingesetzten Automatisierungssysteme erfordert die Wandlungsfähigkeit eine Automatisierung von Engineeringvorgängen, die bisher noch nicht verfügbar ist. Werden heute Maschinenteile eingefügt, entfernt oder umgesetzt, so sind zeitaufwendige und fehlerträchtige manuelle Engineeringarbeiten, etwa in den Leitsystemen, Steuerungen, Feldgeräten und Netzwerken die Folge. Erschwerend kommt hinzu, dass mit der zunehmenden IKT-Integration auch die Komplexität der Automatisierungssysteme ansteigt. Das hat zur Folge, dass künftig nicht mehr überall die notwendige Expertise zur schnellen Inbetriebnahme zur Verfügung stehen wird. Hier müssen geeignete zuverlässige Plug-and-Play-Verfahren den Menschen unterstützen, die ähnlich wie das USB-Prinzip die Integration von Peripheriekomponenten an den Computer für den Benutzer erheblich vereinfacht hat. Hierzu werden neben der Autokonfiguration von Automatisierungskomponenten und der eingesetzten Kommunikationssysteme insbesondere Verfahren der semantischen Beschreibung benötigt, damit Maschinenmodule beispielsweise die notwendigen Signale des umgebenden Automatisierungssystems selbst identifizieren und sich mit diesen verbinden können. Hieran wird derzeit in der Forschung intensiv an verschiedenen Stellen gearbeitet, so auch in dem Industrie-4.0-Spitzencluster „Intelligente Technische Systeme OstwestfalenLippe it's OWL“.



J. Jasperneite

**PROF. DR.-ING.
JÜRGEN JASPERNEITE,**

**Institutsleiter, Institut für
industrielle Informationstechnik
(Init) der Hochschule OWL und
Leiter Fraunhofer-Anwendungs-
zentrum Industrial Automation
(IOSB-INA), Lemgo**

FORSCHUNG

- 6 | Hermes Award: Durch Open Core Engineering wird klassische SPS per Smartphone steuerbar
Preise für autonome Drohne und Flugsimulator
Call for atp experts – Thema: Plug-and-produce
- 7 | Roboter führt mündliche Befehle autonom aus

BRANCHE

- 8 | Profinet und Profisafe etablieren sich als Marktführer – knapp 54 Millionen Profibusgeräte
Gute Perspektiven für Chemie-Automatisierung
Hüter der Zeit vernetzen ihre Implementierungen
- 9 | Automation stagniert auf hohem Niveau
- 10 | „Überlebenswichtig“: Automatisierer ebnen der „Industrie 4.0“ den Weg in die Produktion
- 12 | „Fragen nach der Sicherheit sind der erfolgskritische Faktor bei der Umsetzung von Industrie 4.0“

INTERVIEW MIT SUSANNE KUNSCHERT, GESCHÄFTSFÜHRENDE GESELLSCHAFTERIN DER PILZ GMBH & CO. KG UND MITGLIED DER PROMOTORENGRUPPE SICHERHEIT BEI DER DEUTSCHEN FORSCHUNGSUNION

VERBAND

- 14 | „Automation ist Leitdisziplin für die Realisierung von Cyber-physical Systems in der Produktion“
VDE/DKE verabschiedet Normungs-Roadmap mit Eurasischer Wirtschaftskommission
- 15 | Baden-Baden: Automation 2013, industrielle Robotik und Wireless im Dreierpack
Verein soll Automation in die Schulen tragen

INTERVIEW

- 16 | „Von der Hauptsitzung 2013 erwarten wir Lösungsansätze zur Schnittstellenproblematik“

DIPL.-ING. HEINRICH ENGELHARD, NEUER NAMUR-GESCHÄFTSFÜHRER UND DR. PETER ZGORZELSKI, TECHNISCHER REFERENT, IM INTERVIEW MIT atp edition

PRAXIS

- 20 | Rotlichtlaser statt Mechanik für die Holzindustrie: Sicheres Positionieren auf der Kappsäge
- 22 | Prüf- und Simulationstool kann für fünf Durchflussmesstechniken eingesetzt werden
- 24 | Nachhaltige Produktionstechnik: Zertifizierungen helfen, die Spreu vom Weizen zu trennen
- 26 | Wandlungsfähige Automatisierungstechnik schafft höhere Flexibilität und reduziert die Kosten

HAUPTBEITRÄGE

- 30 | Wandlungsfähige Automation auf Knopfdruck
C. LEGAT, D. SCHÜTZ, S. FELDMANN, S. LAMPARTER, C. SEITZ UND B. VOGEL-HEUSER
- 40 | Spielebasiertes Training gestalten und integrieren
D. GORECKY, K. MURA, I. VON FALKENHAUSEN, J. APOLD UND F. ARLT
- 48 | Auf dem Weg vom Spielzeug zum Werkzeug
S. FALTINSKI, M. JÄGER, O. NIGGEMANN UND F. MAREK
- 56 | Überwachung von CO₂-Untergrundspeichern
D. BRÄUER UND A. REHKOPF

RUBRIKEN

- 3 | Editorial: Wandlungsfähigkeit in der Produktion
- 62 | Impressum, Vorschau

Produkte,
Systeme
und Service
für die
Prozess-
industrie?

Natürlich.



Der PostionMaster EDP300 überzeugt durch hohe Luftleistung (50 kg/h bei 10 bar), Diagnosefähigkeit nach Namur und Überdruckfestigkeit in fast allen Umgebungsbedingungen. Mit den Zulassungen für den Betrieb in Ex-Zone 1 und SIL2 ermöglicht der EDP300 eine hohe Anlagensicherheit. Durch die mechanische Stellungsanzeige ist die Erfassung der Ventilstellung auch ohne Stromversorgung möglich. Zuverlässiges Regelverhalten, Flexibilität und seine kompakte Bauform zeichnen den EDP300 aus.

www.abb.de/aktorik

Wussten Sie, dass Ihnen ABB neben dem umfassenden Portfolio für die Instrumentierung ebenso herausragende Produkte und Lösungen für die Analystechnik, maßgeschneiderte Leitsysteme sowie erstklassigen Service bietet? Lesen Sie mehr unter:

www.abb.de/prozessautomatisierung

ABB Automation Products GmbH

Tel.: 0800 111 44 11

Fax: 0800 111 44 22

vertrieb.messtechnik-produkte@de.abb.com

Power and productivity
for a better world™



Hermes Award: Durch Open Core Engineering wird klassische SPS per Smartphone steuerbar

Für ihr Projekt Open Core Engineering wurde die Bosch-Rexroth AG aus Lohr am Main mit dem renommierten Technologiepreis der Deutschen Messe AG ausgezeichnet. Bei der zehnten Verleihung des Hermes Award wurde damit zum ersten Mal eine reine Softwarelösung gewürdigt. Übergeben wurde der Preis, der ein PR-Paket im Wert von rund 100 000 Euro beinhaltet, im Beisein internationaler Prominenz im Rahmen der offiziellen Eröffnung der Hannover Messe. Mit Open Core Engineering wird „die klassische SPS-Anlage vom Smartphone aus steuerbar“, betonte Prof. Dr. Wolfgang Wahlster, Vorsitzender der Jury des Hermes Award, der auch an der Spitze der Geschäftsführung des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz steht und der Nobelpreis-Akademie in Stockholm angehört.

Open Core Engineering verbindet getrennte SPS- und IT-Welten in einem durchgängigen Angebot aus offenen Standards, Softwarewerkzeugen, Funktionspaketen und

Open Core Interface. Das klassische SPS-basierte Engineering wird so mit den neuen Möglichkeiten der Hochsprachen-Programmierung kombiniert. Zusätzlich können innovative Funktionen als Anwenderprogramme auch auf externen Geräten wie Smartphones laufen, wobei native Apps auf Smart Devices nicht nur Daten lesen, sondern auch Daten in die Steuerung schreiben. Damit können sich Komponentenlieferanten, erstmals ohne direkte Unterstützung der Steuerungshersteller durch individuelle Softwarefunktionen vom Wettbewerb differenzieren. Die Jury hatte in diesem Jahr 54 Einreichungen aus zehn Nationen zu bewerten. (gz)

DEUTSCHES FORSCHUNGSZENTRUM FÜR KÜNSTLICHE INTELLIGENZ (DFKI) GMBH,
Campus D 3_2, D-66123 Saarbrücken,
Tel. +49 (0) 681 85 77 50, Internet: www.dfki.de

Preise für autonome Drohne und Flugsimulator

Den ersten Preis beim Eurobotics Technology Transfer Award teilen sich SenseFly und das Labor für Intelligente Systeme der EPFL (Lausanne) mit ihrer Entwicklung von autonomen Miniaturdrohnen für zivile Zwecke sowie das DLR, Grenzbach Maschinenbau und Kuka für einen roboterbasierten Flugsimulator zum Training von Piloten.

Die Drohne kommt in Rettungsmissionen und zur Datengewinnung für geografische Informationssysteme zum Einsatz. Der Flugroboter beinhaltet ein Vision-basiertes Kontrollsystem, das autonom steuert und Kollisionen vermeidet. Vorbild waren Insekten: Das Kontroll- und Bildverarbeitungssystem basiert auf optischen Signalströmen die aus

verschiedenen Einfallswinkeln extrahiert werden. Der roboterbasierte Flugsimulator verwendet ein Standard-Industrierobotersystem als Bewegungsplattform, die alle Bewegungen eines Flugzeugs perfekt simuliert. Da ein normaler Industrieroboter genutzt wird, kostet der roboterbasierte Flugsimulator mit rund einer Million Euro nur einen Bruchteil des Preises anderer Simulatoren. (gz)

EUNITED ROBOTICS, EUROPEAN ROBOTICS ASSOCIATION,
Diamant Building, Boulevard A. Reyers 80,
1030 Brüssel, Belgien, Tel. +32 2 706 82 22,
Internet: www.eu-nited.net/robotics

Call for atp experts – Thema: Plug-and-produce

IN DER AUSGABE 55(11) DER ATP EDITION im November 2013 diskutiert die atp edition Potenziale und Herausforderungen aktueller Plug-and-produce-Ansätze in Fertigungs- und Prozessindustrie. Plug-and-produce verspricht, die Zeit von der Produktidee zur Produktion deutlich zu verkürzen. Hebel sind nicht nur Standardisierung und Modularisierung von Technologien, sondern auch Geschäftsmodelle und Engineeringprozesse. Plug-and-produce erfordert zwar gewerkeübergreifende Lösungsansätze, der Schwerpunkt der Beiträge soll jedoch auf den methodischen und technologischen Ansätzen der Automatisierungstechnik zur Erfüllung der gegebenenfalls spezifischen Anforderungen der Anwendungsdomäne liegen.

Wir bitten Sie, bis zum 12. Juli 2013 zu diesem Themenschwerpunkt einen gemäß der Autorenrichtlinien der atp edition ausgearbeiteten Hauptbeitrag per E-Mail einzureichen an urbas@di-verlag.de.

Die atp edition ist die hochwertige Monatspublikation für Fach- und Führungskräfte der Automatisierungsbranche. In den Hauptbeiträgen werden die Themen mit hohem wissenschaftlichem und technischem Anspruch und vergleichsweise abstrakt dargestellt. Im Journalteil werden praxisnahe Erfahrungen von Anwendern mit neuen Technologien, Prozessen oder Produkten beschrieben.

Alle Beiträge werden von einem Fachgremium begutachtet. Sollten Sie sich selbst

aktiv an dem Begutachtungsprozess beteiligen wollen, bitten wir um kurze Rückmeldung. Für weitere Rückfragen stehen wir Ihnen selbstverständlich gerne zur Verfügung.

Redaktion atp edition
Leon Urbas, Anne Hütter

CALL FOR atpexperts

Aufruf zur Beitragseinreichung
Thema: Plug-and-produce – Potenziale und Herausforderungen
Kontakt: urbas@di-verlag.de
Termin: 12. Juli 2013

Roboter führt mündliche Befehle autonom aus



WISSENSCHAFTLER UND STUDENTEN

der FH Frankfurt um Prof. Dr. Peter Nauth (3.v.l.) entwickeln einen Assistenzroboter für ältere Menschen.

Bild: FH Frankfurt am Main

Mit der Entwicklung von künstlicher Intelligenz beschäftigt sich ein Forschungsprojekt an der Fachhochschule Frankfurt am Main. Ziel ist es, Roboter zu entwickeln, die sich unter Einsatz intelligenter Sensoren in natürlicher Umgebung zurechtfinden und Aufgaben selbstständig ausführen können. Diese sogenannten Assistenzroboter sollen alte und körperlich beeinträchtigte Menschen im Alltag unterstützen.

„Die Mensch-Technik-Interaktion, die wir hier verwenden, basiert auf der künstlichen Intelligenz. Es geht uns vor allem darum, Lösungen zu entwickeln, wie Roboter gesprochene Befehle verstehen und in Strategien und Aktionen umsetzen, um den Befehl autonom, also ohne äußere Hilfe, auszuführen“, erklärt Projektleiter Prof. Dr. Peter Nauth vom Fachbereich 2: Informatik und Ingenieurwissenschaften der Hochschule.

Die Kommunikation mit Menschen und die Aktionen sollen auf möglichst natürliche Weise erfolgen. Gibt etwa eine Person das Kommando „Hole mir die Wasserflasche“, nutzt der Roboter den gespeicherten Raumplan, um sich in die Küche zu begeben, wo er die Wasserflasche erkennt, sie greift und der Person bringt. Hindernissen, die im Weg stehen, weicht er aus. Ebenso umfährt er Personen, um sie nicht zu verletzen. „Im Labor funktioniert das bereits“, erläutert Nauth.

Erste Erfahrungen sammelte die Forschungsgruppe im Jahr 2008 mit einem rund 30 Zentimeter großen menschenähnlichen Roboter, den sie mit unterschiedlichen Sensoren ausgestattet hatte: Ein Sensor zur Spracherkennung, zur visuellen Umfeld-Erfassung sowie zur Abstandsmessung. Diese Sensoren ermöglichten das selbstständige Orientieren und Ausführen von (Greif-)Befehlen. Derzeit experimentiert die Gruppe mit einem Roboter von rund 1,40 Meter Größe. Der stabile Arm stammt von einem Industrieroboter und kann daher auch schwere Gegenstände greifen. (gz)

FACHHOCHSCHULE FRANKFURT AM MAIN,

Fachbereich 2: Informatik und Ingenieurwissenschaften,
Nibelungenplatz 1, D-60318 Frankfurt am Main,
Tel. +49 (0) 69 153 30, Internet: www.fh-frankfurt.de

Der Servomotor AM8000 integriert das Feedbacksignal in das Standard-Motorkabel.



www.beckhoff.de/AM8000

Mit der Beckhoff „One Cable Technology“ (OCT) lassen sich Material- und Inbetriebnahmekosten deutlich reduzieren: Die neuen Servomotoren AM8000 kombinieren Power- und Feedbacksignale in einem Standard-Motorkabel. Damit sind sie ideal zur Konstruktion kompakter und leichter Maschinen geeignet. Die AM8000-Serie verfügt über ein optimales Verhältnis von Dreh- zu Trägheitsmoment sowie hohe Energieeffizienz und niedrige Lifecycle-Kosten. Die Entwicklung und Produktion in Deutschland garantiert – neben hoher Verfügbarkeit und Flexibilität – eine konstant hohe Qualität:

- 6 Baugrößen mit einem Stillstandsrehmoment von 0,5 – 90 Nm
- Geringe Verlustleistung durch neues Wicklungskonzept und Statorvollverguss
- Bis zu 5-fache Überlastfähigkeit
- Bis zu 50 % höhere Kugellagerbelastung
- 50 % längere Betriebsdauer (30.000 h)
- Pulverbeschichtetes Gehäuse
- Integrierter Temperatursensor
- Elektronisches Typenschild
- Energiesparende, spielfreie Permanentmagnet-Haltebremse



New Automation Technology **BECKHOFF**

Profinet und Profisafe etablieren sich als Marktführer – knapp 54 Millionen Profibusgeräte

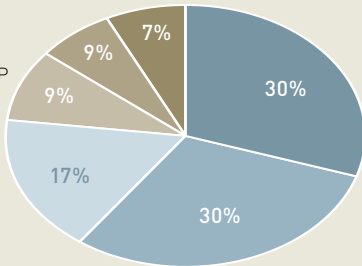
Die Profibus-Nutzerorganisation (PI) sieht die Bedeutung der Profinet-Technologie durch eine neue Studie bestätigt. Die Analyse „The World Market for Industrial Ethernet & Fieldbus Technologies – 2013 Edition“ von IMS Research sehe Profinet mit einem Marktanteil von 30 Prozent in einer Spitzenposition unter den weltweit etablierten Industrial-Ethernet-Lösungen. Gleichauf mit Profinet sieht die Studie EtherNet/IP. Zusammen mit Modbus TCP/IP (17 Prozent) werden mehr als drei Viertel des Marktes abgedeckt. Die schwerpunktmäßig auf Antriebstechnik ausgerichteten Varianten Ethercat und Powerlink kommen auf Marktanteile von sieben und neun Prozent. Innerhalb des Führungstrios erwarte die Studie für Profinet mit 16,9 Prozent die größte jährliche

Wachstumsrate gegenüber 14,8 Prozent bei EtherNet/IP und 15,9 Prozent für Modbus TCP/IP.

Besonders erfreulich aus Sicht der Profibus-Nutzerorganisation sind die Studienaussagen zu Profisafe: Mit einer Steigerung von 50 Prozent der neu ins Feld gebrachten Knoten, sei heute jedes zehnte neue Profibus- oder Profinet-Gerät mit Profisafe ausgerüstet. IMS sehe Profisafe mit einem Marktanteil von 41 Prozent unter den sicherheitsgerichteten Kommunikationsprotokollen an der Spitze.

Eine eigene Erhebung von PI zeigt als Zwischenergebnis, dass Profinet in 2012 mit 1,5 Millionen neu in den Markt gebrachten Geräten wiederum einen Rekord auf Jahressicht erzielen und die installierte Basis auf 5,8 Millionen Geräte erhöhen konnte. Die Zahl der installierten Profibus-Geräte stieg der Untersuchung zufolge in 2012 auf über 43,8 Millionen, darunter 7,5 Millionen in Anlagen der Prozessautomatisierung. Mit den 600 000 im Jahr 2012 in den Markt gebrachten Profisafe-Knoten sei gegenüber 2011 eine Steigerung um 50 Prozent erzielt worden. Die Gesamtzahl der Profisafe-Knoten liege damit bei 2,15 Millionen. (gz)

■ Profinet
■ Ethernet/IP
■ Modbus TCP/IP
■ Ethernet-Powerlink
■ Ethercat
■ Others



MIT MARKT-ANTEILEN von je 30 Prozent stehen Profinet und Ethernet/IP unter den Industrial-Ethernet-Lösungen an der Spitze.
Quelle: IMS Research

PROFIBUS-NUTZERORGANISATION,

Haid-und-Neu-Straße 7,
D-76131 Karlsruhe,
Tel. +49 (0) 721 965 85 90,
Internet: www.profibus.com

Gute Perspektiven für Chemie-Automatisierung

Trotz der aktuellen wirtschaftlichen und politischen Unsicherheiten dürften die weltweiten Ausgaben für Automatisierungstechnik in der chemischen Industrie in den nächsten fünf Jahren um jährlich 5,3 Prozent wachsen. Das zeigt eine Studie des Beratungsunternehmens ARC. Die Experten bestätigen, dass die globalen Player Investitionen nach Asien und – nicht zuletzt wegen der dortigen Öl- und Gasreserven – in den Mittleren Osten verlagern. 70 Prozent aller Investitionen in neue Anlagen dürften in den nächsten Jahren dorthin fließen. Allen

Avery, Co-Autor der ARC-Studie, geht zwar davon aus, dass sich der Absatz in den etablierten Märkten kurzfristig etwas abkühlen könnte. Bis 2015 solle die Investitionstätigkeit dort aber zur alten Stärke zurückfinden. In den sich entwickelnden Märkten werde das Wachstum bis 2016 durchgängig relativ stark sein. (gz)

ARC ADVISORY GROUP,

Boston, USA, 3 Allied Drive, Dedham, MA 02026,
Tel. +1 781 471 11 75, Internet: www.arcweb.com

Hüter der Zeit vernetzen ihre Implementierungen

Rund um die Möglichkeiten der hochgenauen Synchronisation von Rechneruhren mit Standards wie der IEEE 1588 dreht sich das International IEEE Symposium on Precision Clock Synchronization for Measurement, Control and Communication 2013 (ISPCS) in Lemgo. Veranstaltet wird die Tagung vom 22. bis 27. September vom Fraunhofer-Anwendungszentrum Industrial Automation gemeinsam mit dem Institut für Industrielle Informationstechnik der Hochschule Ostwestfalen-Lippe. IEEE 1588 wird unter anderem angewendet in industrieller Automation, Energieerzeugung- und -verteilung. Die sechstägige ISPCS besteht aus einem Plugfest und einem

Symposium. Beim Plugfest vernetzen Hersteller und Wissenschaftler ihre Implementierungen und testen Interoperabilität und Leistungsfähigkeit. Das anschließende Symposium dient der wissenschaftlichen Diskussion und Aufarbeitung neuester Erkenntnisse der Zeitsynchronisation. Informationen unter www.ispcs.org. (gz)

FRAUNHOFER IOSB-INA APPLICATION CENTER INDUSTRIAL AUTOMATION,

Langenbruch 6, D-32657 Lemgo,
Tel. +49 (0) 5261 702 59 25,
Internet: www.iosb-ina.fraunhofer.de

Automation stagniert auf hohem Niveau

Die deutsche Automatisierungsin-
dustrie zeigt sich verhalten op-
timistisch. Der ZVEI-Fachverband
Automation erwartet für 2013 ein
Wachstum von zwei Prozent. Der
Umsatz mit elektrischer Automati-
sierungstechnik ist im Jahr 2012 um
1,4 Prozent auf 48,3 Milliarden Euro
gestiegen. Die hohen Auftragsein-
gänge des ersten Halbjahrs 2012 ha-
ben sich jedoch in den letzten bei-
den Quartalen nicht fortgesetzt,
sodass 2012 hier mit einem Minus
von 2,4 Prozent schloss.

Der Export legte um knapp vier
Prozent zu und erreichte mit über
32,4 Milliarden Euro ein Allzeit-
hoch. Die Exportquote der deutschen Automatisierungsin-
dustrie ist damit auf weit über 80 Prozent gestiegen. „Bemer-
kenswert ist das erneut hohe Exportwachstum in die USA
von über zwölf Prozent, während in das ‚Europa der 27‘ gut
ein Prozent weniger geliefert wurde“, so Gunther Kegel, Vor-
standsvorsitzender des ZVEI-Fachverbands Automation. Rückläufig waren vor allem Exporte in die Mittelmeerländer.

Die Prozessautomatisierung profitiert aktuell davon,
dass ihr Konjunkturzyklus den anderen Branchenseg-
menten etwa neun Monate nachläuft. Michael Ziesemer,
im Vorstand des ZVEI-Fachverbands Automation für diese
Technologie zuständig, konnte daher über ein „beacht-
liches Wachstum von sechs bis sieben Prozent“ im Jahr
2012 berichten. Wachstumsspitzen lagen in den USA, in
Mittel- und Südamerika, in Teilen Asiens und Russland.

China bleibt mit einem Anteil von über einem Viertel der
weitaus größte Abnehmer. Ziesemer erwartet 2013 ein Plus
von drei bis vier Prozent: „Damit können wir zufrieden sein,
denn wir verbuchen das vierte Wachstumsjahr in Folge.“

Der Weltmarkt der elektrischen Automation, für den
sichere Zahlen erst mit mehrjähriger Verspätung vorlie-
gen, dürfte Berechnungen des ZVEI zufolge 2010 um fast
ein Fünftel auf 347 Mrd. Euro gewachsen sein. Bis 2012
könnte sich der Weltmarkt auf 420 Milliarden Euro ver-
größert haben, schätzt Kegel. Die führenden Nettoexpor-
teure in Sachen elektrischer Automatisierungstechnik
seien nach wie vor Japan und Deutschland.

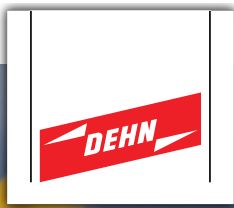
Auch die deutsche Elektroindustrie insgesamt gibt sich
vorsichtig optimistisch. Zu Jahresbeginn seien sowohl die
Bestellungen als auch Produktion und Umsatz wieder
gestiegen. „Grundsätzlich gehen wir davon aus, dass die
Dynamik im Jahresverlauf allmählich weiter zunehmen
wird“, so ZVEI-Präsident Friedhelm Loh auf der Hanno-
ver-Messe. Damit hält er an der Prognose von 1,5 Prozent
Produktionswachstum und einem Anstieg der Erlöse auf
173 Milliarden Euro in diesem Jahr fest. Die größeren
Impulse erwartet der ZVEI erneut aus dem Ausland, vor
allem wieder aus den Schwellenländern, aber auch aus
den sich re-industrialisierenden USA. (gz)



GUNTHER KEGEL,
Vorstandsvorsitzen-
der des ZVEI-Fach-
verbands Automation,
erwartet für 2013 ein
Wachstum von rund
zwei Prozent.

**ZVEI – ZENTRALVERBAND ELEKTROTECHNIK-
UND ELEKTRONIKINDUSTRIE E.V.,**

Lyoner Straße 9, D-60528 Frankfurt am Main,
Tel. +49 (0) 69 630 20, Internet: www.zvei.org



Condition Monitoring Einfach Intelligent

DEHNrecord SCM XT Monitoring von Blitz- und Überspannungsschutz

- Optimale Lösung für maximal 10 Schutzgeräte
- Drahtlose Zustandserkennung ohne zusätzliche Verdrahtung und Spannungsversorgung der Schutzgeräte
- Einfachste Integration selbst in bestehenden Anlagen
- Auch einsetzbar für Schutzgeräte in Ex(i)- oder SIL-Kreisen

Für mehr Informationen: www.dehn.de/anz/2296

DEHN schützt.
Überspannungsschutz, Blitzschutz / Erdung, Arbeitsschutz

DEHN + SÖHNE GmbH + Co.KG.
Postfach 1640, 92306 Neumarkt, Germany
Tel. +49 9181 906-1123, info@dehn.de

„Überlebenswichtig“: Automatisierer ebnen der „Industrie 4.0“ den Weg in die Produktion

Hannover Messe Industrie feiert in diesem Jahr mit Leitthema „Integrated Industry“ große Erfolge

STARTKNOPF: Symbolisch eröffnete Dr. Philipp Rösler (zweiter von rechts), Bundesminister für Wirtschaft und Technologie die Geschäftsstelle Industrie 4.0. Unterstützung bekam er von Dr. Klaus Mittelbach (ZVEI), Dr. Thomas Lindner (VDMA) und Prof. Dieter Kempf (BITKOM) (von links).



FORUM INDUSTRIAL IT: Dieter Westerkamp (li, GMA) moderierte die Expertenrunde in Halle 8. Bilder: Anne Hütter



Wir als Prozessautomatisierer haben den Einstieg in die Plattform Industrie 4.0 verpennt!“ – diese deutlichen Worte richtete Dr. Gunther Kegel (Vorsitzender des Vorstands Fachverband Automation) an die Zuhörer der Pressekonferenz des Fachverbandes Automation vom ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.) auf der diesjährigen Hannover Messe Industrie. Der ZVEI hatte auf der Hannover Messe mit BITKOM (Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e.V.) und VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.) den Betrieb der gemeinsamen Geschäftsstelle Industrie 4.0 aufgenommen.

Kegel glaubt, dass Industrial IT zum Wettbewerbsfaktor für Deutschland wird. Die Automatisierer arbeiten bereits an der Strukturierung der Dateninformation. Als Beispiel nennt er Initiativen wie FDI, Prolist oder OPC UA. „Die Komponenten können schon heute in vernetzten Strukturen Daten und Informationen in offenen Formaten austauschen, und diese Strukturen sind schon heute nicht mehr an bauliche oder geografische Grenzen gebunden“, so Kegel.

1. ETHERNET - EIN STARKER TREND FÜR INDUSTRIE 4.0

Massiv verstärkt habe sich, so Dipl.-Ing. Michael Zieseimer (Mitglied des Vorstandes des ZVEI- Fachverbandes Automation und Vorsitzender des Fachbereichs Messtechnik+ Prozessautomatisierung), der Einsatz von Ethernet in der Prozessautomation. Es gehe nicht mehr nur darum, Ethernet auf der Leitsystemebene einzusetzen, sondern bis hinunter ins Feld. Stichwörtern wie „Power over Ethernet“ und „Advanced Physical Layer“, die auch Ex-Schutz bieten, gewinnen an Bedeutung. „Wenn alle diese Dinge zusammen kommen, ist das genau der Beitrag der Prozessautoma-

tion zum 'Internet of Things' und 'Internet of Services' liefern kann. Wir diskutieren dieses Thema intensiv, weil es sich um eine fundamentale Veränderung der Automatisierungsarchitektur handelt. Zum Beispiel haben wir im ZVEI gerade den 'Arbeitskreis Modulare Automation' gegründet, der als Spiegelgremium zum entsprechenden Namur-Arbeitskreis fungieren wird“, so Zieseimer. Industrie 4.0 ist nach Sicht der Automationsexperten ein „Trend und kein Hype“. Dieses Geschäftsmodell könne sich gerade für Hochlohnländer als überlebenswichtig herausstellen.

Auf der Hannover Messe Industrie, die vom 8. bis 12. April 2013 stattfand, zeigten 6550 Aussteller aus 62 Ländern ihre Exponate. Laut Angaben des Veranstalters hatten 225 000 Besucher den Weg auf das ehemalige Expo-Gelände gefunden und machten die Hannover Messe unter dem Motto Integrated Industry zur nach eigenen Angaben stärksten Messe seit zehn Jahren.

AUTORIN



ANNE HÜTTER ist verantwortlich für die Redaktion und das Programmmanagement der atp im Deutschen Industrieverlag.

DIV Deutscher Industrieverlag GmbH,
Arnulfstraße 124, D-80636 München,
Tel. +49 (0) 89 203 53 66 58,
E-Mail: huetter@di-verlag.de,
Internet: www.di-verlag.de



CYBER-PHYSICAL GEWINNT KONTUREN: Prof. Kowalewski eröffnete die Expertenrunde zu cyber-physical Systems und ihrem Potenzial für die Automation.



FACHVERBAND AUTOMATION: Rainer Bechtold, Dr. Reinhard Hüppe, Dr. Gunther Kegel und Dipl.-Ing. Michael Ziese mer sprachen über die Entwicklung der deutschen Automation und ihrer Zukunft.



VDE

Mess- und
Automatisierungstechnik

AUTOMATION 2013

Der 14. Branchentreff der Mess- und Automatisierungstechnik
am 25. und 26. Juni 2013, Kongresshaus Baden-Baden

Jetzt anmelden

www.automatisierungskongress.de

Automation (in the) cloud

Hören Sie mehr

als 60 Vorträge zu: Prozessen | Fertigung | Grundlagen & Methoden | Alltagsanwendungen

Treffen Sie über
500 Experten!

+ Podiumsdiskussion: CPS - Hype
oder Zukunft für die Automation?

Mit Fachbeiträgen unter anderem von:

» ABB » ads-tec » BASF » Bayer Technology Services » Bosch Software Innovations » Daimler » Endress+Hauser » Festo » Gefasoft » HIMA »
ifm consulting » KEBA » Pepperl+Fuchs » Pilz » SAMSON » SAP » SICK » Siemens » VMT Vision Machine Technic Bildverarbeitungssysteme

Veranstaltung der VDI Wissensforum GmbH | www.automatisierungskongress.de | Telefon +49 211 6214-201 | Telefax +49 211 6214-154

„Fragen nach der Sicherheit sind der erfolgskritische Faktor bei der Umsetzung von Industrie 4.0“

Dipl.-Kauffrau Susanne Kunschert, Geschäftsführende Gesellschafterin der Pilz GmbH & Co. KG und Mitglied der Promotorengruppe Sicherheit bei der Deutschen Forschungsunion im Interview mit atp edition

Auf der diesjährigen Hannover Messe herrschte Aufbruchsstimmung: „Industrie 4.0“ soll zum deutschen Innovationstreiber werden. Doch auch einige Mahner meldeten sich zu Wort. Das größte Problem bei der Umsetzung der Digitalen Fabrik auf Basis von Cyber-physischen Systemen ist die Informations- und Maschinensicherheit und die dafür fehlende Normierung. atp edition befragte im Rahmen der Messe Dipl.-Kauffrau Susanne Kunschert, Geschäftsführende Gesellschafterin der Pilz GmbH & Co. KG und Mitglied der Promotorengruppe Sicherheit bei der Deutschen Forschungsunion.

atp edition: Wie sind Sie Mitglied der Promotorengruppe Sicherheit bei der Forschungsunion geworden?

SUSANNE KUNSCHERT: Die Mitglieder der Forschungsunion wurden durch die Bundesregierung persönlich berufen. Ich wurde gebeten, in diesem Gremium Perspektiven des deutschen Mittelstands einzubringen. In der Forschungsunion sind alle wichtigen Gruppen im Innovationsgeschehen, etwa Hochschulen, große Forschungsorganisationen und Unternehmen unterschiedlicher Größe repräsentiert.

atp edition: Frau Kunschert, einer Studie des VDE zufolge, wird es noch bis 2025 dauern bis wir etwas von Industrie 4.0 in der Produktion merken. Die größten Probleme sind eine zufriedenstellende IT-Sicherheit und fehlende Normen und Standards. Was tun Sie in der Promotorengruppe, damit es schneller geht?

SUSANNE KUNSCHERT: Die Digitalisierung der Produktion wird schrittweise erfolgen. Vielleicht wird man erst in zehn Jahren rückblickend den Umfang des revolutionären Wandels auf diesem Innovationsfeld richtig erkennen. Es wird jetzt darauf ankommen an den konkreten offenen Fragestellungen zu arbeiten. Hierzu hat die Promotorengruppe Sicherheit der Forschungsunion eine konkrete Roadmap erarbeitet. Wichtig ist es, das notwendige Bewusstsein zu schaffen

atp edition: Stimmen Sie mit der GMA (Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik) überein, die in ihren Thesen formuliert, dass Safety und Security die kritischsten Erfolgsfaktoren für die Realisierung von Cyber-Physical Production Systems (CPPS) sind? Wie eng vernetzen Sie sich mit Verbänden, Wissenschaft und Industriepartnern, um die Herausforderungen zu lösen?

SUSANNE KUNSCHERT: Richtig. Mit der Weiterentwicklung der Automatisierungslandschaft zur Industrie 4.0 kommen neue Sicherheits Herausforderungen auf Unternehmen zu: Bei den angestrebten Produktionssystemen handelt es sich um hochgradig vernetzte Strukturen mit vielen beteiligten Menschen, IT-Systemen, Automatisierungskomponenten und Maschinen. Die jeweiligen Sichtweisen auf das Thema Sicherheit unterscheiden sich dabei deutlich: die

international verwendeten Begriffe „Safety“ für Maschinensicherheit und „Security“ für IT- und Datensicherheit machen das deutlich. Sicherheit ist daher zu Recht verankert als erfolgskritischer Faktor für Industrie 4.0 im Abschlussbericht, der der Bundesregierung auf der Hannover Messe übergeben wurde.

Deutschland gehört sowohl bei Lösungen für komplexe IT-Sicherheit als auch beim Thema Safety zur Weltspitze. Diesen Standortvorteil müssen wir für Industrie 4.0 nutzen. Im ersten Schritt haben wir bei einem Fachexpertenworkshop Mitte Januar alle Beteiligten aus Industrie, IT, Forschungseinrichtungen, Verbänden und Politik zusammengebracht und uns auf Handlungsempfehlungen in acht Themenfeldern geeinigt, die ebenfalls im Abschlussbericht beschrieben sind.

atp edition: Wo liegen die größten Schwierigkeiten bei der Integration der Safety- und Security-Anforderungen?

SUSANNE KUNSCHERT: Die Herausforderung liegt insbesondere darin, die Anforderungen beider Welten zu pas-senden und praktikablen Lösungen zu standardisieren. Die neuen Schutzziele umfassen beispielsweise den Schutz

SUSANNE KUNSCHERT ist seit 2002 Geschäftsführende Gesellschafterin der Pilz GmbH & Co. KG. In der Deutschen Forschungsunion engagiert sich bei der Promotorengruppe Sicherheit. Sie arbeitete an den Handlungsempfehlungen für das Projekt „Industrie 4.0“ mit.



von Produktionsdaten, Produkt- und Plagiatsschutz, Schutz des Know-hows, Zugangsschutz, Integritätsschutz, Fernwartung.

Der Bereich Safety zeichnet sich bereits durch große Investitionssicherheit und Rechtssicherheit aus. Das liegt auch an der Ordnung durch Normen und Standards. So sind Dinge wie ein Safety Integrity Level klar definiert und eine Einteilung in Gefährdungsklassen und Risikoabschätzungen möglich. Für das Zusammenspiel von Safety und Security werden in Zukunft spezielle Indikatoren benötigt, etwa für die Standardisierung. Ganz wichtig wird es außerdem sein, bei der Entwicklung von Lösungen von Anfang an die Bedürfnisse des Anwenders zu berücksichtigen, zum Beispiel bei der Benutzerfreundlichkeit.

atp edition: Inwieweit profitieren Sie von Ihrer Erfahrung aus dem Unternehmen Pilz bei der Arbeit für die Plattform Industrie 4.0?

SUSANNE KUNSCHERT: Industrie 4.0 stellt zum einen besondere Herausforderungen an die Modularisierung und Verteilung von Steuerungsfunktionen. Mit unseren Produkten und unserem Automatisierungssystem PSS 4000 haben wir gute Antworten auf die Fragen der Zukunft. Künftig werden intelligente Sensoren und Aktoren in verteilten Systemen vermehrt die Funktionen von Steuerungen übernehmen. Eine verbesserte Interaktion von Maschinenmodulen untereinander und von Mensch und Maschine ist das Ziel. Sichere Motion Controller, die synchron und sicher über Echtzeit-Ethernet gekoppelt sind, tragen bereits lokale Steuerungs- und Auswertefunktionen. Auch mit intelligenten Kamerasystemen zur dreidimensionalen sicheren Raumüberwachung und kamerabasierten Schutz- und Messsystemen markiert Pilz den Weg in diese Richtung. Pilz spricht hier von dynamischer Sicherheit. Dieses Technologie-Wissen fließt auch in die Plattform mit ein. Zum anderen kennen wir die Bedürfnisse der Maschinenbauer, Automatisierer aber auch die der Endkunden. Diese müssen mit ihren Sicherheitsbedürfnissen wahrgenommen und neue Schutzziele, etwa für den Schutz von Produktionsdaten oder den Integritätsschutz, definiert werden. Wir wollen mit unserer Erfahrung aus Maschinensicherheit und Automation das Zukunftsprojekt voranbringen.

atp edition: Wie stellt die Promotorengruppe sicher, dass eine ausgewogene Industriebeteiligung der Automatisierer bei der entscheidenden Frage Safety&Security gewährleistet wird?

SUSANNE KUNSCHERT: Die Arbeit an dem Zukunftsprojekt Industrie 4.0 wird durch eine gemeinsame Plattform der Verbände ZVEI, VDMA und Bitkom getragen. Es handelt sich also um keine Initiative der Bundesregierung sondern ein gemeinsames Engagement der deutschen Industrie. Natürlich werden auch öffentliche Förderprogramme weiter eine Rolle spielen. Die Forschungsunion hat gegenüber der Bundesregierung eine beratende Funktion. Diese Rolle werden wir auch weiterhin wahrnehmen.

Die Fragen stellte Anne Hütter.

Mit Sicherheit kompetent

samson



Mit den Stellventilen Typ 3241 von SAMSON sind Sie immer auf der sicheren Seite. Dank ihrer hohen MTBF brauchen Sie sich um einen Ausfall nicht zu sorgen.

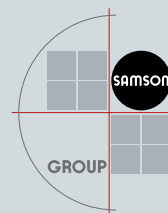
Noch mehr Sicherheit garantieren die Stellsregler der Bauarten 3730 und 3731. Mit ihrem zertifizierten Magnetventil und dem induktiven Grenzkontakt führen sie die Sprungantworttests automatisch durch und dokumentieren die Ergebnisse.

Gehen Sie auf Nummer sicher mit SAMSON.

SIL
SIL
SIL



SAMSON AG · MESS- UND REGELTECHNIK
Weismüllerstraße 3 · 60314 Frankfurt am Main
Telefon: 069 4009-0 · Telefax: 069 4009-1507
E-Mail: samson@samson.de · www.samson.de
SAMSON GROUP · www.samsongroup.net



„Automation ist Leitdisziplin für die Realisierung von Cyber-physical Systems in der Produktion“

Das Schlagwort Cyber-physical Systems (CPS) ist in kürzester Zeit zu einem allgegenwärtigen Begriff in der Diskussion über zukünftige technische und industrielle Trends und Herausforderungen geworden. Aber viele Fragen in diesem Zusammenhang müssen noch geklärt werden. Diesen Prozess hat die VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) im Rahmen der Hannover-Messe mit einer Stellungnahme zu CPS aus Sicht der Automation angestoßen.

Aktuell erhalten CPS besondere Aufmerksamkeit als Grundlage für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 der Bundesregierung im Rahmen der Hightech-Strategie. Doch von der grundlegenden Frage, was CPS genau sind, über ihre konkreten technologischen Vorteile für die Automation bis hin zu den noch zu bewältigenden Herausforderungen und kritischen Erfolgsfaktoren sind zahlreiche Punkte zu klären, um ein besseres Verständnis für CPS und ihre Anwendungen zu erreichen.

Diesen Klärungsprozess unterstützt der vor einem Jahr gegründete Fachausschuss 7.20 Cyber-physical Systems

mit seinem aktuellen Positionspapier. Es versucht, die offenen Fragen zu beantworten und geht insbesondere auf die konkreten Potenziale und Herausforderungen für die Automation ein. Neun Thesen und Handlungsfelder fassen jene kritischen Faktoren zusammen, die für die erfolgreiche Einführung von Cyber-physical Systems in der Produktion entscheidend sind.

Die zentrale Aussage lautet: „Automation ist Leitdisziplin für die Realisierung von CPS in der Produktion.“ Denn die Einführung von CPS in die Produktionstechnik und die Realisierung der Fertigungsanlagen von Industrie 4.0 würden nicht auf einen Schlag und auf der „grünen Wiese“ erfolgen. Beides müsse evolutionär aus den vorhandenen automatisierungstechnischen Lösungen und unter Berücksichtigung der vielfältigen Randbedingungen geschehen. Die Kompetenz der Automation etwa beim zielgerichteten Engineering von Anlagen sei daher bei allen Entwicklungen von CPS im Produktionsbereich einzubinden. Weitere Schlagworte der Stellungnahme lauten:

- Der Automationsgrad wird mit CPS weiter ansteigen.
- Security und Safety sind kritische Erfolgsfaktoren für die Realisierung von CPPS.
- Begriffsklärungen und Standardisierungen müssen jetzt erfolgen.
- Die Beherrschbarkeit von CPS erfordert neue methodische Ansätze für Planung, Entwicklung und Betrieb.
- Der Mensch muss bei der Einführung und beim Einsatz von CPS im Mittelpunkt stehen.

Die komplette Stellungnahme ist zu finden unter www.vdi.de/uploads/media/Stellungnahme_Cyber-Physical_Systems.pdf. (gz)

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



CYBER-PHYSICAL SYSTEMS aus Sicht der Automation diskutiert die GMA-Stellungnahme. Bild: Thomas Ersting/LAIF

VDE|DKE verabschiedet Normungs-Roadmap mit Eurasischer Wirtschaftskommission

Die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (VDE|DKE) hat mit der Eurasischen Wirtschaftskommission und der Normungsorganisation Euroasian Interstate Council for standardization, metrology and certification (EASC) eine Roadmap im Bereich Normung und Technische Regulierung verabschiedet. Diese legt gemeinsame Projekte zwischen Deutschland und der Eurasischen Zollunion bis 2014 fest, unter anderem bei Querschnittstechnologien wie Smart Grid und Smart Cities. Weitere Partner sind das Deutsche Institut für Normung (DIN), die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) und der Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie (ZVEI). Eine erste Kooperation ist mit der im Bau befindlichen

Wissenschaftsstadt Skolkovo nahe Moskau geplant, die als Modellprojekt einer Smart City bis 2014 fertig gestellt wird und dann Forschungszwecken dient.

Der VDE setzt sich dafür ein, dass Normung und Standardisierung mit der Zollunion direkt auf den internationalen Ebenen erfolgen, wie sie in den internationalen Gremien der Elektrotechnik IEC (Internationale Elektrotechnische Kommission) und CENELEC (Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung) gegeben sind. (gz)

VDE VERBAND DER ELEKTROTECHNIK ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK E.V.,
Stresemannallee 15, D-60596 Frankfurt am Main,
Tel. +49 (0) 69 630 80, Internet: www.vde.com

Baden-Baden: Automation 2013, industrielle Robotik und Wireless im Dreierpack

Parallel zum Kongress Automation der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik finden am 25. und 26. Juni in Baden-Baden die Tagungen Industrielle Robotik und Wireless Automation statt. Die Teilnehmer können frei zwischen den Veranstaltungen wechseln.

Die 3. VDI-Tagung Industrielle Robotik beleuchtet die Themenfelder Industrieroboter, Automatisierung sowie robotergestützte Montage- und Bearbeitungsprozesse. Die Beiträge decken das Spektrum von aktuellen Technologietrends über die Automatisierung bei kleinen Losgrößen oder großen Bauteilen bis hin zu automatisierten, oberflächenbearbeitenden Anwendungen ab.

Die 12. VDI-Jahrestagung Wireless Automation stellt innovative Entwicklungen von industriellen Funksystemen vor. Thematisiert wird der gesamte Lebenszyklus von Funklösungen innerhalb einer Automatisierungsanlage. Dazu gehören beispielsweise die Anforderungen bei der Entwicklung von industriellen Funksystemen, Aspekte der Funkplanung, Installation von Funkkomponenten sowie Sicherstellung von Übertragungszuverlässigkeit und Vorgehensweise bei Diagnose und Fehleranalyse.

Die Teilnehmer erhalten anhand von Anwendungsbeispielen aus verschiedenen Branchen einen Überblick über die



Möglichkeiten und Grenzen der Wireless Automation. Darüber hinaus können Hersteller die vielfältigen und spezifischen Anforderungen industrieller Automatisierungsanwendungen kennenlernen.

Anmeldung und Programm unter www.vdi.de/robotik und www.vdi.de/wireless (gz)

VDI WISSENSFORUM GMBH,

VDI-Platz 1, D-40468 Düsseldorf, Tel. +49 (0) 211 621 42 01, Internet: www.vdi-wissensforum.de

Verein soll Automation in die Schulen tragen

Mit dem Verein New Automation wollen der ZVEI die Robotation Academy und sechs führende Automatisierungsunternehmen Automationsthemen in Bildungseinrichtungen tragen. Der Verein wurde auf der Hannover Messe gegründet, zum Vorstandsvorsitzenden wurde Dr. Markus Mey berufen. Der Verein soll beispielsweise Schulen bei Planung und Umsetzung von Praxisprojekten in der elektrischen Automatisierungstechnik und IT unterstützen und junge Menschen für dieses Thema begeistern.

Denn, so betont Mitinitiator Dr. Reinhard Hüppe, Geschäftsführer des ZVEI-Fachverbands Automation, ein wichtiger Grund für den Nachwuchsmangel sei, dass in Bildungseinrichtungen keine oder sehr veraltete Unterrichtsmaterialien eingesetzt werden. Hüppe: „Dem wollen wir abhelfen.“ Die Bildungseinrichtungen können Projekte zur Förderung einreichen. Die dafür zur Verfügung gestellte State-of-the-Art Technik soll den Jugendlichen Technikfaszination und praxisnahe Kenntnisse und Erfahrungen vermitteln.

Die Gründungsunternehmen sind Christiani, ITQ, Pepperl+Fuchs, Phoenix Contact, Rittal und SEW Eurodrive. Die Gründer werben um weitere Firmen als Mitglieder, Bildungseinrichtungen können als assoziierte Mitglieder beitreten. (gz)

ZVEI - ZENTRALVERBAND ELEKTROTECHNIK- UND ELEKTRONIKINDUSTRIE E.V.,

Lyoner Straße 9, D-60528 Frankfurt am Main, Tel. +49 (0) 69 630 20, Internet: www.zvei.org

ATM.1ST

Kleinere Dimensionen für hochgenaue Anwendungen.

- Präzisionsdrucksensor
- Höchste Zuverlässigkeit
- Bis zu 125 Grad einsetzbar
- NEU: Mit integrierter Temperatur-Messung (ohne Ex)

ATEX Ex

global.sensors.excellence

www.stssensors.de

„Von der Hauptsitzung 2013 erwarten wir Lösungsansätze zur Schnittstellenproblematik“

Dipl.-Ing. Heinrich Engelhard, neuer Namur-Geschäftsführer und Dr. Peter Zgorzelski, Technischer Referent, im Interview mit atp edition

Auf der Namur-Hauptversammlung im vergangenen Jahr wurden Heinrich Engelhard als neuer Geschäftsführer der Namur und Peter Zgorzelski als Technischer Referent der Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie (Namur) vorgestellt. Nach den ersten vier Monaten im Amt gab atp edition Engelhard und Zgorzelski nun die Möglichkeit, ein erstes Fazit zu ziehen. Neben der angestrebten Internationalisierung der Namur sprachen beide Interviewpartner auch über Erwartungen an die kommende Namur-Hauptsitzung zum Thema „Integriertes Engineering“ und den Einsatz der Gemeinschaft für das Thema „Industrie 4.0“.



HEINRICH ENGELHARD:

Der Experte von Bayer Technology Services trat Anfang Januar den Posten des Namur-Geschäftsführers an. Seit 2012 ist er Senior Expert Standardisierung und arbeitet im Normenausschuss chemischer Apparatebau des DIN.

PETER ZGORZELSKI:

übernahm im Januar 2013 das neugeschaffene Amt des Technischen Referenten bei der Namur. Er leitete bis 2012 die Geschäftsstelle von Prolist International und ist außerdem Obmann des Arbeitskreises 1.2 der Namur.

atp edition: Herr Engelhard, Sie sind seit dem 1. Januar 2013 als Geschäftsführer der Namur im Amt. Was konnten Sie in dieser Zeit bereits erreichen?

HEINRICH ENGELHARD: So wie es immer am Anfang einer neuen Aufgabe ist, gilt es zunächst, sich einen Überblick zu verschaffen. Bei der Namur heißt das insbesondere, viele Menschen und die Organisation kennenzulernen. Und das ist nicht wenig, bei etwa 135 Mitgliedsfirmen, vier Arbeitsfeldern und fast 40 Arbeitskreisen. Dabei konnte ich schon mit vielen netten Kollegen Bekanntschaft machen, an Arbeitsfeldsitzungen teilnehmen, ein Treffen mit den Arbeitsfeld- und Arbeitskreisleitern durchführen und im Namen der Namur externe Veranstaltungen besuchen. Außerdem gilt es auch, den Vorstand zu unterstützen.

atp edition: Herr Engelhard, Internationalisierung steht ganz oben auf dem Plan der Namur für dieses Jahr. Welche Ergebnisse möchten Sie in dieser Hinsicht bis zur Namur-Hauptversammlung im November vorweisen können?

HEINRICH ENGELHARD: Meiner Meinung nach kann eine Internationalisierung nur dann dauerhaft Erfolg haben, wenn wir die Kontakte an der Basis nachhaltig etablieren. Zusätzlich muss natürlich die Abstimmung mit unseren internationalen Kooperationspartnern auf oberster Ebene weitergeführt werden.

atp edition: Herr Engelhard, wie gehen Sie diese Ziele konkret an?

HEINRICH ENGELHARD: Es haben bereits Gespräche mit einigen internationalen Kooperationspartnern stattgefunden, die natürlich fortgeführt werden. Ein zweites Treffen mit den Vorständen der europäischen Verbände ist in Planung. Dabei ist die Transparenz der Interessen für mich besonders wichtig, um Themenfelder der Kooperation gezielt in der Namur-Organisation verankern zu können. Eine Suche nach weiteren potenziellen Partnern gehört selbstverständlich auch dazu.

atp edition: Herr Engelhard, was sind für Sie, als Nachfolger von Dr. Morr, die ganz persönlichen Herausforderungen in der Namur? In welchen Bereich wollen Sie Ihren Schwerpunkt legen?

HEINRICH ENGELHARD: Als Maschinenbauingenieur aus Aachen habe ich nicht den fachlichen Hintergrund eines Physikers, wie Herr Dr. Morr. Hier habe ich sicher an der einen oder anderen Stelle Nachholbedarf, wenn es um fachliche Details geht. Aber dafür steht mir ja Dr. Zgorzelski zur Seite, der mich hervorragend unterstützen kann. Die heutigen Themen erfordern eine immer größere Vernetzung der einzelnen Arbeitsbereiche. Hier möchte ich mich besonders engagieren, damit bei der Bearbeitung von Querschnittsthemen ein schneller Austausch sichergestellt ist.

atp edition: Herr Engelhard, Sie gehören nun auch dem Beirat der atp edition an. Inwieweit wird Ihre Funktion als Namur-Geschäftsführer sich auf die Arbeit mit dem wissenschaftlichen Fachmagazin auswirken?

HEINRICH ENGELHARD: Beim Namur-Geschäftsführer laufen viele Informationen zu Erfahrungen und aktuellen Entwicklungen der Automatisierungstechnik aus Sicht der Anwender zusammen. Ich hoffe, ich kann die atp edition geeignet unterstützen und interessante Autoren und Beiträge beisteuern.

atp edition: Herr Zgorzelski, welche Aufgaben hat ein technischer Referent bei der Namur?

PETER ZGORZELSKI: Der Technische Referent bei der Namur unterstützt den Geschäftsführer und die Geschäftsstelle bei der Bearbeitung von fachlichen Themen der Prozessleittechnik. Dabei erledigt er bestimmte, mit dem Geschäftsführer abgestimmte Aufgaben selbstständig.

atp edition: Herr Zgorzelski, welche Aufgaben haben Sie bereits gelöst?

PETER ZGORZELSKI: Ich übe die Funktion des Technischen Referenten erst seit Anfang des Jahres aus. Im Moment ist die Einarbeitung in diese Funktion meine wichtigste Aufgabe. Womit ich allerdings schon seit ein paar Jahren die Namur unterstütze, als Technischer Referent werde ich dies auch weiter tun, ist die Organisation und Durchführung des jährlichen Normungsgesprächs, das am Ende jeder Namur-Hauptsitzung stattfindet.

atp edition: Herr Zgorzelski, wo sehen Sie Herausforderungen in Ihrer neuen Aufgabe?

PETER ZGORZELSKI: Der Technische Referent ist eine neue Funktion innerhalb der Namur-Geschäftsstelle. Die wichtigste Herausforderung für mich ist momentan deswegen die Abstimmung meiner Arbeit mit der von Herrn Engelhard.

atp edition: Herr Zgorzelski, welche persönlichen Ziele verfolgen Sie in Ihrer neuen Funktion?

„Beim Namur-Geschäftsführer laufen viele Informationen aus der Automationspraxis zusammen. Ich hoffe, ich kann atp edition mit guten Beiträgen und geeigneten Autoren unterstützen.“

HEINRICH ENGELHARD, neuer Namur-Geschäftsführer

PETER ZGORZELSKI: Ich bin seit 2003 bei Normungsarbeiten im Rahmen von DKE und von IEC tätig. Darum liegt mir die weitere Stärkung der Normungsaktivitäten der Namur auf der nationalen und internationalen Ebene besonders am Herzen.

atp edition: Dr. Jörg Kiesbauer, Vertreter des letzten Namur-Hauptsitzungssponsors Samson, forderte in dem Interview mit atp edition (1-2/2013) eine schnellere Verständigung mit der ISA (International Society of Automation). Was können Sie, Herr Zgorzelski und Herr Engelhard, ihm antworten?

HEINRICH ENGELHARD UND PETER ZGORZELSKI: Wir hatten Herrn Kiesbauer so verstanden, dass er die Bemühungen der Namur begrüßt, mit der ISA zu kooperieren.



EXPERTENRUNDE: Die Namur-Hauptsitzung versammelt jährlich die Anwender von Automatisierungstechnik in Bad Neuenahr. 2013 steht „Integriertes Engineering“ im Fokus.

Dabei zeigt er durchaus Verständnis, dass so eine Zusammenarbeit wachsen muss und abhängig von Menschen ist. Von Seiten der Namur-Geschäftsstelle haben wir den Kontakt auch nach Wechsel des Geschäftsführers nahtlos fortgeführt.

atp edition: „Integriertes Engineering“ ist das Thema der Namur-Hauptsitzung in diesem Jahr. Warum wird gerade diesem Thema Aufmerksamkeit geschenkt und nicht etwa Industrie 4.0 in der Verfahrenstechnik?

HEINRICH ENGELHARD UND PETER ZGORZELSKI: Wie Sie wissen, ist das Thema jeder Namur-Hauptsitzung mit dem Sponsor der Hauptsitzung verbunden. Das Thema Industrie 4.0 wird, da sind wir uns sicher, eine wichtige Rolle bei der nächsten Hauptsitzung spielen.

„Das Thema Industrie 4.0 wird, da sind wir uns sicher, eine wichtige Rolle bei der nächsten Namur-Hauptsitzung spielen.“

HEINRICH ENGELHARD UND PETER ZGORZELSKI

atp edition: Was sind die Möglichkeiten und die Herausforderungen bei „Integriertem Engineering“? Welche Ergebnisse erwarten Sie auf der Namur-Hauptsitzung 2013? Welche Antworten wünschen Sie sich in den Fachvorträgen?

HEINRICH ENGELHARD UND PETER ZGORZELSKI: In Ergebnissen der Namur-Arbeitskreise und in verschiedenen Diskussionen kommt ständig dasselbe Bild des Engineerings von heute zum Vorschein: Wir haben sehr gute Engineering-Tools für die einzelne Engineering-Aufgaben, aber was den Austausch von Daten zwischen den einzelnen Tools betrifft, sind wir noch am Anfang. Eine der Technologien in diesem Bereich ist die Merkmalleisten-Technik nach NE 100/IEC 61987-10, über die bei der vergangenen Hauptsitzung gesprochen wurde. Wir erhoffen uns weitere Impulse, die helfen, Hürden der verschiedenen Schnittstellen, wie etwa wie die zwischen den CAE-Tools und den Engineering-Tools für Prozessleitsysteme, zu überwinden.

atp edition: Spielt Industrie 4.0 für die Namur überhaupt eine Rolle?

HEINRICH ENGELHARD UND PETER ZGORZELSKI: Industrie 4.0 ist für die Namur ein wichtiger Punkt. Dieses Thema wurde sowohl in den Vorstandssitzungen besprochen, als auch im traditionellen Normungsgespräch am Ende der Namur-Hauptsitzung 2012 diskutiert. Darüber hinaus ist die Namur bestrebt, Mitglied der „Plattform Industrie 4.0“ von Bitkom (Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien), VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau) und ZVEI (Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie) zu werden, um hier bei der Gestaltung des Themas vorne mit dabei zu sein.

atp edition: Die Sonderregelung für stromintensive Unternehmen im Rahmen des Erneuerbare Energien Gesetzes (EEG) sorgt für Unmut in der öffentlichen Diskussion. Die energieintensivsten Branchen (Glas-, Keramik- oder Papierherstellung) erwarten höchstens 1,5 Prozent Energiekosten vom Bruttoproduktionswert. Wie positioniert sich die Namur in dieser Frage?

HEINRICH ENGELHARD UND PETER ZGORZELSKI: Hier überlassen wir dem VCI (Verband der Chemischen Industrie) das Feld, die Interessen der chemisch-pharmazeutischen Industrie zu vertreten.

Das Interview führten Prof. Dr.-Ing. Leon Urbas und Anne Hütter.

Die Referenzklasse für die Automatisierungstechnik



Erfahren Sie auf höchstem inhaltlichen Niveau, was die Automatisierungsbranche bewegt. Alle Hauptbeiträge werden in einem Peer-Review-Verfahren begutachtet, um Ihnen maximale inhaltliche Qualität zu garantieren.

Sichern Sie sich jetzt dieses erstklassige Lektüreerlebnis. Als exklusiv ausgestattetes Heft oder als praktisches ePaper – ideal für unterwegs, auf mobilen Endgeräten oder zum Archivieren.

Wählen Sie einfach das Bezugsangebot, das Ihnen zusagt: als Heft, ePaper oder Heft + ePaper!

Gratis für Sie: Der Tagungsband AALE 2013

Das Kompendium bietet eine Zusammenstellung der Fachreferate des 10. Fachkolloquiums für angewandte Automatisierungstechnik in Lehre und Entwicklung an Fachhochschulen. Die Veranstaltung versteht sich als Forum für Fachleute der Automatisierungstechnik aus Hochschulen und Wirtschaft.

1. Auflage 2013, 350 Seiten, Broschur



atp edition erscheint in der DIV Deutscher Industrieverlag GmbH, Arnulfstr. 124, 80636 München

WISSEN FÜR DIE
ZUKUNFT



Vorteilsanforderung per Fax: +49 931 / 4170-494 oder abtrennen und im Fensterumschlag einsenden

Ja, ich möchte atp edition regelmäßig lesen.

Bitte schicken Sie mir die Fachpublikation für zunächst ein Jahr (10 Ausgaben)

☐ als **Heft** für € 468,- zzgl. Versand (Deutschland: € 30,- / Ausland: € 35,-).

☐ als **ePaper** (Einzellizenz) für € 468,-

☐ als **Heft + ePaper** für € 638,40 (Deutschland) / € 643,40 (Ausland).

Als Dankeschön erhalte ich den Tagungsband AALE 2013 gratis.

Nur wenn ich nicht bis 8 Wochen vor Bezugsjahresende kündige, verlängert sich der Bezug um ein Jahr. Die sichere, pünktliche und bequeme Bezahlung per Bankabbuchung wird mit einer Gutschrift von € 20,- auf die erste Rechnung belohnt.

Antwort

Leserservice atp
Postfach 91 61
97091 Würzburg

Widerrufsrecht: Sie können Ihre Vertragserklärung innerhalb von zwei Wochen ohne Angabe von Gründen in Textform (z.B. Brief, Fax, E-Mail) oder durch Rücksendung der Sache widerrufen. Die Frist beginnt nach Erhalt dieser Belehrung in Textform. Zur Wahrung der Widerrufsfrist genügt die rechtzeitige Absendung des Widerrufs oder der Sache an den Leserservice atp, Postfach 9161, 97091 Würzburg.

Nutzung personenbezogener Daten: Für die Auftragsabwicklung und zur Pflege der laufenden Kommunikation werden personenbezogene Daten erfasst und gespeichert. Mit dieser Anforderung erkläre ich mich damit einverstanden, dass ich vom DIV Deutscher Industrieverlag oder vom Vulkan-Verlag ☐ per Post, ☐ per Telefon, ☐ per Telefax, ☐ per E-Mail, ☐ nicht über interessante, fachspezifische Medien und Informationsangebote informiert und beworben werde. Diese Erklärung kann ich mit Wirkung für die Zukunft jederzeit widerrufen.

Firma/Institution

Vorname, Name des Empfängers

Straße/Postfach, Nr.

Land, PLZ, Ort

Telefon

Telefax

E-Mail

Branche/Wirtschaftszweig

Bevorzugte Zahlungsweise

☐ Bankabbuchung

☐ Rechnung

Bank, Ort

Bankleitzahl

Kontonummer

X
Ort, Datum, Unterschrift

PAATPE0213

Rotlichtlaser statt Mechanik für die Holzindustrie: Sicheres Positionieren auf der Kappsäge

Massivholzverarbeiter rüstet Messstrecke mit verschleißfreiem Laser-Distanzmessgerät aus



IN DER SOGENANTEN ENDLOSFERTIGUNG entstehen verwindungsfrei verleimte Massivholzelemente bis 18 Meter Länge.



DAS LASER-DISTANZMESSGERÄT AMS 304i lässt sich vom Staub nicht stören.



ZWISCHEN DEM LASER-DISTANZMESSGERÄT und dem gegenüber auf dem Messschlitten montierten Reflektor gibt es keine Mechanik, die verschleifen oder beschädigt werden könnte.



MIT EINEM AUFWENDIGEN GENERAL-KEILZINKENSTOSS werden die Lignotrend-Rohlinge stirnseitig zu langen geradlinigen Endlos-Elementen verklebt. Bilder: Leuze Electronic

Optische Längenmesssysteme wie das Laser-Distanzmessgerät AMS 300i von Leuze Electronic haben gegenüber mechanischen Lösungen den Vorteil, dass sie über die gesamte Messstrecke nicht verschleifen oder beschädigt werden können. Deshalb hat der Badische Holzverarbeiter Lignotrend eine Kappsäge, auf der Massivholzelemente bis 18 Meter Länge millimetergenau zugeschnitten werden, mit diesem Laser-Distanzmessgerät nachgerüstet.

AUF ENDLOSSTRASSE WERDEN HOLZELEMENTE VON 18 METERN LÄNGE PRODUZIERT

Bei Lignotrend im badischen Weilheim/Bannholz entstand bereits 1991 die Idee, durch die gekreuzte Verklebung von getrockneten Brettlamellen massive Holzblocktafeln für tragende Wandbauteile herzustellen.

Das Ziel: die natürlichen Vorteile des Baustoffs Holz mit den modernen industriellen Möglichkeiten zu verbinden. „So kann die biologische Qualität des Baustoffs im Hinblick auf Emissionsfreiheit und gutes Raumklima optimal genutzt werden, verbunden mit einer ressourcenschonenden Lebensweise und Baukultur. Gleichzeitig ist es möglich, ein viel präziseres und formstabileres Produkt herzustellen als das ursprüngliche, natürliche Holz“, so Dipl.-Ing Ralf Harder vom Marketing bei Lignotrend.

Durch das Verkleben von Längs- und Querlagen wird das „natürliche Arbeiten“ des Holzes, also dessen Formänderung im Laufe der Zeit, auf ein vernachlässigbares Maß reduziert. Seither produziert das Unternehmen formstabil und verwindungsfrei verleimte Massivholzelemente aus einheimischem Nadelholz, die als tragende

und nichttragende Wand-, Decken- und Dachelemente eingesetzt werden.

„Die tafelförmigen Module sind in Bezug auf ihre Eigenschaften wie Schallschutz, Tragfähigkeit und Raumakustik optimiert. Ihre technische und baubiologische Qualität sowie die nachhaltige Funktionalität der Massivholzelemente sind durch Prüfungen belegt, spricht unabhängig zertifiziert“, ergänzt Harder.

Für seinen Kollegen Jürgen Groß von der Produktionsleitung bei der Lignotrend Produktions GmbH beginnt die Qualitätsfertigung der Massivholzelemente bereits in den modernen Anlagen, die die präzisen Zuschnitte und eine exakte Verarbeitung ermöglichen. Dazu gehört auch die sogenannte Endlosstraße, auf der die Bauelemente in Längen von bis zu 18 Metern produziert werden.

VOM ROHLING BIS ZUM ENDLOS-ELEMENT

„Die Grundmodule unserer Bauelemente sind Rohlinge in Kurzform mit 3 Metern Länge und 62,5 Zentimetern Breite, die wir in weitgehend automatisierten Anlagen herstellen“, erzählt Jürgen Groß. Die wenigen manuellen Handgriffe, wie etwa beim Einlegen der einzelnen Holzlagen, dienen dem Erkennen und dem Ausgleichen von natürlich gegebenen Unregelmäßigkeiten. Das sichert bereits in einem sehr frühen Stadium eine maximale Qualität schon im Rohling.

Nach dem Kleben („Verpressen“) werden die Rohlinge in der erwähnten Endlosstraße stirnseitig mit einem aufwändigen General-Keilzinkenstoß verbunden. Dabei entstehen geradlinige Elemente, die danach von einer Kappsäge exakt auf Länge geschnitten werden. Dazu fährt ein Messschlitten dem Endlos-Element entgegen. Nach dem Einschieben des Elements in den Messschlitten wird er wieder zurückgefahren bis das exakte Längenmaß für das jeweils herzustellende Holzelement erreicht ist und die Säge in Aktion treten kann.

Ursprünglich war der Messschlitten mit einem Seilzuggeber ausgestattet, so wie es aufgrund der rauen Umgebungsbedingungen bei Holzbearbeitungsmaschinen üblich ist. Jürgen Groß erläutert die hierbei auftretenden Probleme: „Durch das Verheddern des Seilzugs oder durch Reißen des Drahtseils kam es oft zu Produktionsausfällen und hohen Reparaturkosten.“ Aus diesem Grund hat er nach einer alternativen Lösung gesucht hat.

SENSORIK ERFASST POSITION VON BEWEGTEN ANLAGENTEILEN ÜBER GRÖßERE ENTFERNUNGEN

Fündig wurde er beim optischen Entfernungsmesssystem AMS 300i des Sensorspezialisten Leuze Electronic. Es basiert auf einem Rotlichtlaser und wurde für Applikationen konzipiert, bei denen Positionsdaten von bewegten Anlagenteilen über größere Entfernungen erfasst und berechnet werden müssen. Das Laser-Distanzmessgerät AMS 300i ist prädestiniert für die Anforderung, denn es kann Entfernungen bis 300 Meter millimetergenau erfassen und dank modernster Signalprozessoren im Millisekunden-Raster genau berechnen.

Von entscheidender Bedeutung für Jürgen Groß war zudem, dass das AMS-300i-System lediglich aus einem Laser-Messgerät und einem gegenüber auf dem Messschlitten der Kappsäge montierten Reflektor besteht. Dazwischen gibt es keine mechanischen Komponenten, die zu Störungen führen können oder Wartungsaufwand erfordern.

Weiterhin wichtig war für ihn die einfache Einbindung des neuen Messsystems in die vorhandene Steuerung. Aufgrund der im Gerät integrierten Profibus-Schnittstelle war dies direkt ohne zusätzlichen Aufwand möglich. Insgesamt bietet die AMS-300i-Familie mit zehn integrierten Schnittstellenvarianten (RS232- bis zur Profinet-Anbindung) eine große Schnittstellenvielfalt.

EINFACHE INSTALLATION, STÖRUNGSFREIER BETRIEB

„Insgesamt war die steuerungstechnische Anbindung sowie die mechanische Installation des Messsystems recht einfach und schnell gelöst“, resümiert Jürgen Groß. Die Installation des Lasergeräts am Gestell der Kappsäge erfolgte mit integrierter Vibrationsdämpfung über die entkoppelte Justage- und Fixiereinheit des AMS 304i. Federelemente sorgen für eine effiziente Dämpfung. Somit sind vibrationsentkoppelte Messdaten sichergestellt. Zudem erleichtern der gut sichtbare Rotlichtlaser und ein Klartext-Display die Justage und Inbetriebnahme.

„Aufgrund der relativ stark staubbelasteten Umgebung unmittelbar an der Kappsäge haben wir vor die Optik des AMS 304i einen Druckluftanschluss installiert. Mit dem Einblasen von Druckluft wird verhindert, dass sich Holzstaub am Distanzmessgerät festsetzt“, ergänzt Jürgen Groß.

Von der neuen Lösung ist er begeistert, denn mit ihr sind störungsfreie und exakte Positionsmessungen möglich, zudem werden Reparatur- und Wartungskosten spürbar reduziert.

AUTOR



MATTHIAS MAY

ist Marketing Manager bei der Leuze Electronic GmbH in Owen.

**Leuze Electronic GmbH + Co. KG,
In der Braike 1, D-73277 Owen,
Tel. +49 (0) 7021 57 30,
E-Mail: info@leuze.de**

Prüf- und Simulationstool kann für fünf Durchflussmesstechniken eingesetzt werden

Fieldcheck erleichtert den Stadtwerken ETO in Telgte das Testen der Gerätegenauigkeit



GÜNTER KAULINGFRECKS, Meister Wassernetze bei den Stadtwerken ETO in Telgte, überprüft ein Durchflussmessgerät.

FIELDCHECK zur Verifikation von eingebauten Durchflussmeseinrichtungen.



Die Stadtwerke ETO in Telgte liefern Energieversorgung aus einer Hand: Etwa 50 000 Kunden versorgen sie rund um die Uhr mit Strom, Gas, Wärme und Trinkwasser. Dabei steht die Versorgungssicherheit an erster Stelle. Das Unternehmen investiert jährlich zirka drei Millionen Euro in den Ausbau und Erhalt der regionalen Infrastruktur. In den Wassergewinnungs- und Aufbereitungsanlagen wurden in den vergangenen Jahren 18 mechanische Wasserzähler gegen moderne und hochgenaue magnetisch-induktive Durchflussmessgeräte (MID) des Typs Promag W von Endress+Hauser ausgetauscht. Diese haben gegenüber den mechanischen Wasserzählern

den Vorteil, dass sie eine weitaus höhere Genauigkeit aufweisen und nahezu wartungsfrei arbeiten. In den Geräten befinden sich nämlich keine mechanisch bewegten Teile, dadurch sind sie robuster.

GERÄTE PRÜFEN, OHNE SIE AUSZUBAUEN

Auf Grund behördlicher Auflagen müssen die Betreiber ihre eingesetzten Messgeräte alle drei Jahre auf Genauigkeit kontrollieren. Aus diesem Grund haben die Stadtwerke nach einer einfachen und kostengünstigen Lösung gesucht, um im laufenden Betrieb eine schnelle und zuverlässige Überprüfung der Durchflussmessgerä-

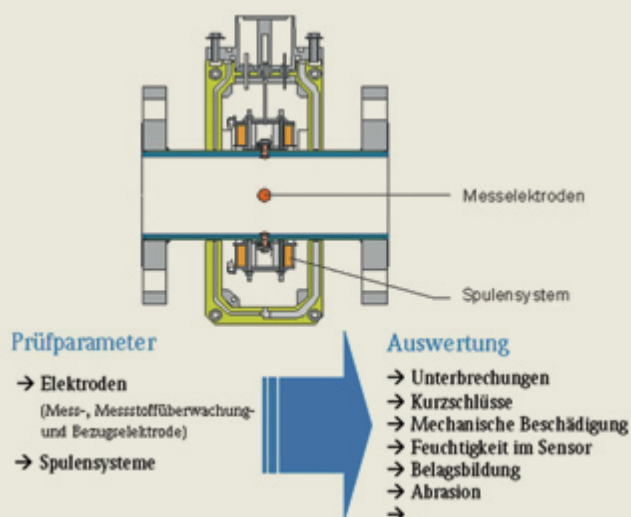
SENSORTECHNIK AKTUELL 2013

Mehr Sensorik-Neuigkeiten? Sensortechnik Aktuell 2013 lesen!

Der Beitrag von Endress+Hauser ist in dem Werk Sensortechnik Aktuell 2013 erschienen. Das Buch wird jährlich vom DIV Deutschen Industrieverlag GmbH verlegt und liegt dieser Ausgabe bei. Es bietet einen schnellen Überblick über relevante Sensoren für die Prozess- und Fabrikautomation. In übersichtlichen Tabellen sind die Geräte in Spezialgebiete der Sensorik eingeordnet. Autoren aus der Praxis liefern Fachartikel über effiziente Applikationen. Produktporträts runden die Darstellung ab.

HERAUSGEBER: Ch. Eckert, 1. Auflage 2013,
96 Seiten, Broschur, 19,80 EUR, ISBN: 9783835633704,
Internet: www.di-verlag.de/de/sensortechnik-aktuell-2013





DARSTELLUNG DER PRÜFMÖGLICHKEITEN

beziehungsweise Prüfparameter an einem magnetisch-induktiven Durchflussmessgerät.

te durchzuführen, ohne dass diese dabei demontiert werden müssen und die Versorgungssicherheit in Frage gestellt wird. Die Lösung heißt Fieldcheck von Endress+Hauser. Es prüft ohne Ausbau des Gerätes, die gesamte Messkette schnell und zuverlässig direkt im Prozess. Das große Plus: Es lassen sich vor allem Durchflussmessgeräte in geschlossenen Rohrleitungsnetzen jederzeit überprüfen. Eine Leitungsöffnung zum Ausbau der Geräte wäre in solchen Netzen praktisch unmöglich.

Das übergreifende Prüf- und Simulationstool kann bei fünf modernen Durchflusstechnologien der Proline-Familie eingesetzt werden: Coriolis, magnetisch-induktiv, Ultraschall, Vortex sowie thermische Massemessgeräte.

Darüber hinaus unterstützt das Konzept das klassische Life Cycle Management in vielen Industrien, etwa Unternehmen aus der Wasserwirtschaft wie Wasserwerke oder kommunale Kläranlagen.

TOOL UNTERSTÜTZT ANLAGENVERFÜGBARKEIT

Mit dem Prüf- und Simulationstool lässt sich die korrekte Funktionsweise von Durchflussmessgeräten einfach und effizient kontrollieren. Das kalibrierte Referenzsystem ist das erste seiner Art, das Messumformer und Sensoren vollumfänglich und rückführbar direkt im Feld, im eingebauten Zustand überprüfen beziehungsweise verifizieren kann. Hierzu wird das Rohsignal rückführbar simuliert, als würde das Medium durch den Sensor fließen. Eine Kalibrierung findet dann entlang des Signalweges und der Verarbeitung bis zum Ausgang statt. Geräteausbau und kostenintensive Produktionsunterbre-

chungen gehören damit der Vergangenheit an. Die Verfügbarkeit der Anlagen steigt.

Darüber hinaus kann das Werkzeug die physikalischen Eigenschaften eines Messgerätes auslesen und interpretieren, unabhängig vom eingesetzten Messprinzip. Bei den magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräten der Gerätefamilie Proline Promag (MID) sind dies zum Beispiel Faktoren wie Stabilität des Spulenstroms, Anstiegsverhalten und Zustand der Elektroden. Die Prüf- und Testergebnisse kann der Anwender über die dazugehörige Software in eine Datenbank übernehmen, auswerten, archivieren und als Prüfzertifikat ausdrucken. Die Manipulationssicherheit der gesammelten Daten ist verbrieft.

FREIWILLIGE JÄHRLICHE PRÜFUNG DER GERÄTE

„Mittels Prüfzertifikat kann ich gegenüber der Behörde jederzeit glaubhaft nachweisen, dass sich die Geräte in einem ordnungsgemäßen Zustand befinden und hochgenaue Messwerte liefern. Dadurch können längere Standzeiten und kostspielige Demontage- und Wartezeiten vermieden werden“, sagt Günter Kaulingfrecks, Meister Wassernetze bei den Stadtwerken ETO.

Und das Werkzeug hilft dem Anwender schon bei der Inbetriebnahme von Durchflussmessgeräten. Denn die Eingangsüberprüfung, das heißt der sogenannte „Finger Print“ im eingebauten Zustand, ist ein erstes Maß für die Qualität und bildet die Basis für spätere Verifikationen. Durch die regelmäßige Überprüfung der Durchflussmessgeräte im laufenden Betrieb kann eine gleichbleibende Messgenauigkeit sichergestellt und dokumentiert werden.

Mittlerweile überprüfen die Stadtwerken ETO die Durchflussmessgeräte nicht mehr alle drei Jahre, gemäß der behördlichen Forderung, sondern freiwillig jedes Jahr. Dies bietet den Vorteil, dass das Betriebspersonal dadurch eine gewisse Routine entwickelt und die Tests der magnetisch-induktiven Durchflussmessgeräte in kurzer Zeit abgeschlossen sind. Dies spart Zeit und Kosten und gewährleistet eine hohe Zuverlässigkeit und Genauigkeit im Betrieb.

AUTOR



CHRISTIAN GUTKNECHT ist Branchenmanager Umwelt bei Endress+Hauser in Weil am Rhein.

Endress+Hauser Messtechnik GmbH+Co. KG,
Colmarer Straße 6,
D-79576 Weil am Rhein,
Tel. +49 (0) 7621 975 30,
christian.gutknecht@de.endress.com

Nachhaltige Produktionstechnik: Zertifizierungen helfen, die Spreu vom Weizen zu trennen

EME-Standard befähigt Hersteller, die Effizienz ihrer Anlagen an Benchmarks zu orientieren



EFFIZIENTE PRODUKTIONSANLAGEN sind am Markt nur schwer zu identifizieren. Es geht auch anders: Diese Hydronic RO-Wasseraufbereitungsanlage wurde von Hersteller Krones gemäß dem Enviro-Managementsystem entwickelt. Die Zertifizierungsstelle der TÜV Süd Industrie Service GmbH prüfte und bestätigte, dass die Anforderungen erfüllt werden. Bild: Krones

Effiziente Produktionstechnik gewinnt in Zeiten hoher Energiepreise und knapper werdender Ressourcen an Bedeutung. Doch die geeigneten Produkte am Markt zu identifizieren, stellt Investitionsverantwortliche vor Herausforderungen – weil die Anlagenhersteller meist keine Angaben über die Verbräuche von Energie, Roh- und Betriebsstoffen machen. Orientierung bietet der TÜV Süd-Standard „Energy and Media Efficiency, Environmental Sustainability“ (EME), wie er beispielhaft bei der Krones AG umgesetzt wurde.

Wie hoch wird der Energieverbrauch der neuen Abfüllanlage sein? Wird Wasser sparsam eingesetzt? Und wie viel Desinfektionsmittel muss für den Betrieb einkalkuliert werden? Fragen wie diese müssen bei Investitionsentscheidungen beantwortet werden, damit die Betriebskosten kalkulierbar werden und die Produktion nachhaltig und wettbewerbsfähig gestaltet werden kann. Zudem steckt im Anlagen- und Maschinenbau noch immer viel Potenzial für Effizienzsteigerungen. Ansatzpunkte sind hier jedoch schwerer zu identifizieren als in anderen Branchen, da nur eine umfassende, systematische Betrachtung der komplexen Prozesse und Komponenten sämtliche Potenziale aufzeigt.

BESTE VERFÜGBARE TECHNIK ALS MESSLATTE

Die TÜV Süd Industrie Service GmbH hat deshalb einen Standard zur Bewertung der Energie- und Medieneffizienz von komplexer Anlagentechnik erstellt, der gleichzeitig die Umwelteinflüsse berücksichtigt. Benchmark

ist dabei die beste verfügbare Technik. Der Standard „Energy and Media Efficiency, Environmental Sustainability“ (EME) befördert so die Entwicklung von energieeffizienten, ressourcen- und umweltschonenden Industriesystemen und Fertigungsprozessen.

Die Voraussetzungen für mehr Effizienz in der Produktion müssen bereits bei den Herstellern von Maschinen und Produktionsanlagen geschaffen werden. Denn nur Technik, die unter dem Leitgedanken der Energieeffizienz entwickelt und produziert wird, kann auch energieeffizient betrieben werden. Dabei tragen je nach Maschine, Anlage und Branche viele Prozesse und Komponenten zum Energie- und Medienbedarf bei. Neben Strom und Druckluft zählt dazu beispielsweise der Verbrauch von Wasser, Kühl-, Schmier- oder Desinfektionsmitteln sowie von Einsatzstoffen und Prozessgasen. Aus deren Verwendung resultieren meist industrielle Abwässer und Emissionen, die direkten schädlichen Einfluss auf die Umwelt nehmen können. Die Energie- und Medieneffizienz verschiedenartiger Anlagen und Maschinen kann daher branchenübergreifend nur eingeschätzt werden, wenn in jedem Einzelfall alle Komponenten, Parameter und Produkteigenschaften betrachtet werden.

SYSTEM- ODER EINZELZERTIFIKATE

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wird bei der Zertifizierung nach dem TÜV Süd EME-Standard unterschieden zwischen:

- Einzelzertifikaten
(für Einzelanlagen und baugleiche Muster) und
- Systemzertifikaten
(für definierte Produktreihen eines Herstellers)

Im ersten Fall werden der Energiebedarf und Ressourcenverbrauch einer konkreten Maschine gemessen, analysiert und die Verbrauchswerte werden von unabhängiger Seite bescheinigt. Im zweiten Fall prüfen und zertifizieren die TÜV-Süd-Experten den übergeordneten Unternehmensprozess, der als Managementsystem aufgebaut sein kann. Das ist insbesondere sinnvoll, wenn Hersteller individuelle und kundenspezifische Lösungen anbieten, bei denen kein Baumuster zugrunde liegt und Modifikationen (etwa Dimensionierung, Leistung) häufig sind. Hierbei rücken die einzelnen Produkte und Maschinen in den Hintergrund und die Entwicklungs- und Konstruktionsprozesse beim Hersteller in den Vordergrund. Diese bilden die Grundlage für die System-Zertifizierung.

DEN EFFIZIENZGEDANKEN FEST VERANKERN

Hierfür müssen die Aspekte Energieeffizienz und Ressourceneffizienz fest im Unternehmen verankert sein und auch die Umwelteinflüsse seiner Produkte in den Fokus rücken. Denn nur so kann gewährleistet werden, dass die Mitarbeiter die Anlagen hinsichtlich größtmöglicher Effizienz entwickeln. Für die Systemzertifizierung muss der Hersteller deshalb konkrete Vorgaben, Unternehmensleitlinien und ein internes Regelwerk erstellen und dabei alle Anforderungen des EME-Standards berücksichtigen. Auch ist ein Energiebeauftragter zu benennen, der im Unternehmen geeignete Strukturen, Informationskanäle und Fortbildungsmaßnahmen etabliert.

Die Mitarbeiter entwickeln und konstruieren die Anlagensysteme dann konform zu den Leitlinien und bewerten die fertige Maschine mit einem Punktesystem anhand eines detaillierten Prüfkatalogs, dem die Unternehmensleitlinien und somit der EME-Standard zugrunde liegen. Im Kern fordern die Vorgaben auch die permanente Beobachtung der besten verfügbaren Technik und den Abgleich damit. Denn das sind wichtige Voraussetzungen dafür, dass der Hersteller bei seinen Produkten Einsparpotenziale auf allen Ebenen identifizieren und ausschöpfen kann.

Bei der Produktentwicklung liegt dann der Fokus auf Leitfragen wie: Wird Druckluft bedarfsgerecht und effizient produziert und eingesetzt? Sind moderne Antriebe und Pumpen mit hohem Wirkungsgrad und Energiespar-Optionen eingebaut und optimal dimensioniert? Wird Abwärme für weitere Prozesse intelligent genutzt? Sind die Stoffeinsatzmengen bekannt und wurden bereits Maßnahmen zur Minimierung ergriffen? Zudem erfolgt die Betrachtung der Gesamtanlage. Hier wird untersucht, ob durch die Summe der Komponenten weitere Einsparungen möglich sind, und ob diese – beispielsweise durch Kreislaufführung oder Kaskadennutzung – auch genutzt werden.

VERBRÄUCHE DIFFERENZIIERT AUSGEWIESEN

Ein Beispiel ist die Krones AG, die mit ihrem unternehmenseigenen Programm, das unter dem Markennamen Enviro läuft, die Entwicklung von effizienten und umweltverträglichen Produktionsanlagen forciert. Das Unternehmen plant, entwickelt und fertigt Maschinen und komplette Anlagen für die Getränkeindustrie in den Bereichen Prozess-, Abfüll- und Verpackungstechnik sowie Intralogistik. Bei der Produktentwicklung wird auch der Verbrauch der Medien wie Wasser und Druckluft sowie Schmierstoffe, Reinigungs- und Desinfektionsmittel berücksichtigt und untersucht, ob die Stoffe auch hinsichtlich ihrer Umweltbeeinflussung ausgewählt und optimal dosiert verwendet werden.

Die TÜV Süd Industrie Service GmbH hat die Produktentstehungs- und Herstellungsprozesse der Krones AG nach dem EME-Standard zertifiziert und somit extern bestätigt, dass die vom Stand der Technik abgeleiteten Anforderungen erfüllt werden. Außerdem werden Energiebedarf, Wasser- und Medienverbrauch sowie der Bedarf an weiteren Betriebsmitteln konkret für verschiedene Betriebszustände ermittelt und ausgewiesen. Das schafft für die Kunden Transparenz bei den Betriebskosten.

AUTOREN

Dr. **STEFAN HEUSS**,
Kompetenzzentrum Energieeffizienz.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH,
Ridlerstraße 65, D-80339 München,
Tel. +49 (0) 89 57 91 35 19,
E-Mail: stefan.heuss@tuev-sued.de

Dr. **MICHAEL BUNK**, Geschäftsfeld Anlagen-
technik, Leiter Abteilung Energiesysteme.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH,
Drescherhäuser 5d, D-01159 Dresden,
Tel. +49 (0) 351 420 23 15,
E-Mail: michael.bunk@tuev-sued.de

Dr. **CHRISTOPH REICHEL**, Geschäftsfeld
Anlagentechnik, Abteilung Messtechnik.

TÜV SÜD Industrie Service GmbH,
Drescherhäuser 5d, D-01159 Dresden

Wandlungsfähige Automatisierungstechnik schafft höhere Flexibilität und reduziert die Kosten

Prototyp einer adaptiven Fertigung für kundenspezifische Produkte entsteht in Lemgo und Blomberg

INTELLIGENZ:

Der Sprung vom mechatronischen zum intelligenten System soll mit dem Forschungscluster „it's owl“ gelingen. Geforscht wird dazu unter anderem bei Phoenix Contact, Blomberg, beim Institut für industrielle Informations-technik (InIT) und beim Fraunhofer-Anwendungszentrum Industrial Automation (IOSB-INA).



Der Cluster „it's owl“ gehört zu den 15 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ausgewählten Clustern für die Hightech-Strategie 2020. Im Zuge dieser Strategie legte die Bundesregierung Ziele und Prioritäten für die wichtigsten Innovationfelder in Deutschland fest. Unter dem Motto „Deutschlands Spitzencluster – Mehr Innovation. Mehr Wachstum. Mehr Beschäftigung“ schuf sie eine Maßnahme, in deren Rahmen die Cluster bundesweit mit jeweils 40 Millionen Euro gefördert werden.

So sollen die Fähigkeiten einer Region gebündelt werden und die Beteiligten wie Industrieunternehmen, Forschungs- und Bildungseinrichtungen, Institute, Verbände und Politik derart vernetzt werden, dass sowohl eine gemeinsame Weiterentwicklung als auch eine aktive Zusammenarbeit der Akteure gelingt.

INNOVATIONSSPRUNG VOM MECHATRONISCHEN ZUM INTELLIGENTEN TECHNISCHEN SYSTEM

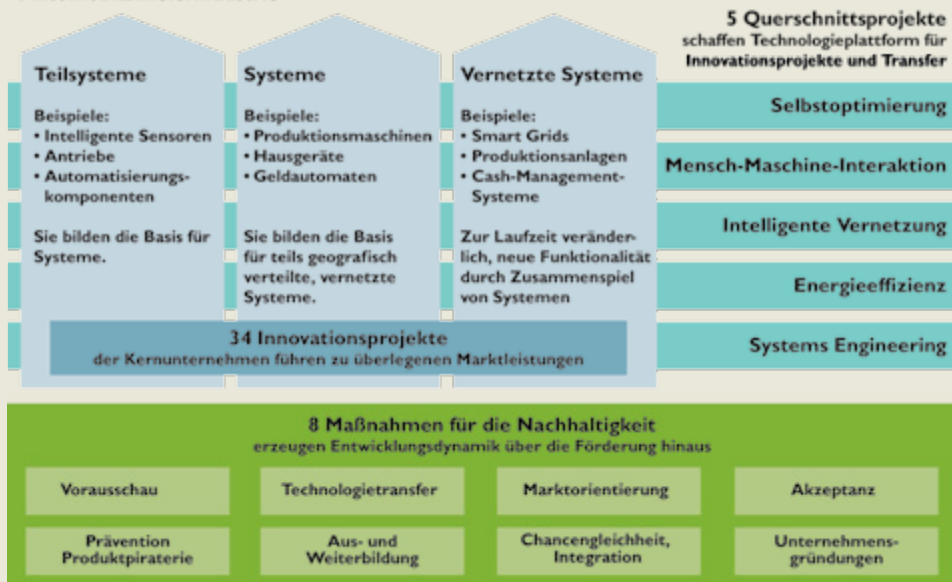
Die Region Ostwestfalen-Lippe (OWL) ist durch eine Vielzahl mittelständisch geprägter Unternehmen gekennzeichnet. Die Bandbreite reicht von Spezialisten in Nischenmärkten bis zu weltweiten Marktführern, die in unterschiedlichen Applikationsfeldern und Branchen Produkte und Lösungen anbieten. Gemein ist vielen dieser Unternehmen die Absicht, im Spitzencluster „it's owl“ den Innovationssprung vom mechatronischen zum intelligenten technischen System mit inhärenter Intelligenz zu gestalten. Hinter der Intention verbergen sich

verschiedene Anforderungen von Anwendern mechatronischer Systeme im Hinblick auf eine intelligente Vernetzung, Selbstoptimierung, Energieeffizienz sowie die Mensch-Maschine-Interaktion. Im Sinne des Spitzenclusters „it's owl“ sind intelligente technische Systeme:

- adaptiv, interagieren also mit ihrem Umfeld und passen sich autonom daran an.
- robust, da sie auch unerwartete, vom Entwickler nicht einkalkulierte Situationen in einer dynamischen Umgebung bewältigen.
- vorausschauend, weil sie auf Basis von Erfahrungswissen die künftige Wirkung von Einflüssen sowie mögliche Zustände antizipieren.
- benutzerfreundlich, indem sie das spezifische Verhalten der Anwender berücksichtigen.

Intelligente technische Systeme erweisen sich folglich als genauso vielschichtig wie ihr Einsatz in unterschiedlichen Applikationen. Das Gleiche gilt für die 174 Partner des Spitzenclusters „it's owl“ aus Wirtschaft und Wissenschaft. Sie werden insgesamt 47 Projekte realisieren – davon 34 Innovationsprojekte, aus denen marktreife Produkte und Herstellungsverfahren entstehen. Fünf Querschnittsprojekte der Hochschulen und Forschungseinrichtungen schaffen die Technologieplattform, während acht Nachhaltigkeits-Maßnahmen die Ergebnisse in die Breite tragen sowie die kontinuierliche Weiterentwicklung des Clusters fördern.

Globaler Markt für intelligente technische Systeme der Clusterbranchen Maschinenbau, Elektro- und Elektronikindustrie, Automobilzulieferindustrie



PROJEKTSTRUKTUR
des Spitzenclusters
„it's owl“ –
intelligente
technische Systeme
Ostwestfalen-Lippe.

HARD- UND SOFTWARE MIT INTEGRIERTER SELBSTOPTIMIERUNG

Das Forschungsprojekt „Automation für wandlungsfähige Produktionstechnik“ von Phoenix Contact macht die Herausforderungen an intelligente technische Systeme sowie das Zusammenspiel zwischen den Experten aus Wissenschaft und Industrie deutlich. Die Mitarbeiter des Instituts für industrielle Informationstechnik (InIT) in Lemgo beteiligen sich dabei in den Bereichen echtzeitfähige Kommunikation über Profinet sowie digitale Bildverarbeitung. Die echtzeitfähige Datenübertragung stützt sich auf das Cluster-Querschnittsprojekt „Intelligente Vernetzung“, in dem das Fraunhofer-Anwendungszentrum Industrial Automation (IOSB-INA) unter anderem neue Verfahren der Ad-hoc-Kommunikation entwickelt.

Ziel des Projektes ist die Konzeption intelligenter Automatisierungskomponenten wie Steuerungen oder Bedien- und Feldgeräte sowie einer Software für den intelligenten Entwurf und die Bedienung. Zu diesem Zweck werden Hard- und Software mit Selbstoptimierungsfunktionen ausgestattet. Die erarbeiteten Mechanismen und Technologien stellen elementare Bestandteile zukünftiger Automatisierungssysteme hin zu noch stärker vernetzten Lösungen mit semantischer Interoperabilität auf dem Weg zur Industrie 4.0 dar.

Treiber sind die Kundenanforderungen, die den Lösungsherstellern im Fertigungsbereich zusätzliche Flexibilität und Kostenreduzierung abverlangen. Denn Out-

of-the-Box-Ansätze lassen sich mit derzeitigen Konzepten immer schwieriger umsetzen. Als Folge ergeben sich ein steigender Engineering-Aufwand sowie weitere Kosten bei der Inbetriebnahme und Umrüstung. Auch die Tendenz zur Individualisierung von Produkten erhöht die Produktvarianz und erfordert die Herstellung flexibler Losgrößen, die von Stückzahl eins bis zur Massenfertigung reichen können. Aktuell werden Maschinenkonzepte jedoch mit festgelegter Hard- und Software sowie definierten Schnittstellen geplant und realisiert. Die herzustellenden Produkte sind ebenfalls in ihrer Varianz vorgedacht und für den Fertigungsprozess definiert. Die Flexibilität bewegt sich somit in vorgedachten Konfigurationen.

KOMBINATION AUS FLEXIBILITÄT SOWIE REAKTIONS- UND ANPASSUNGSFÄHIGKEIT

Werden Produkte, Herstellungsverfahren oder Funktionen außerhalb der festgelegten Konfigurationen benötigt, muss ein großer Teil des Automatisierungssystems betrachtet und um mechanische Komponenten sowie Steuerungs-, Leitsystem- und Kommunikationstechnik erweitert werden. Alternativ ist die vorhandene Lösung anzupassen oder neu zu konfigurieren. Neben den maschinen- und anlagenrelevanten Aspekten sollten die Auswirkungen auf die Prozesskette bewertet werden. So sind die Handhabung des Systems im Betrieb und im Störfall, das Umrüsten und die Außerbetriebnahme häufig betroffen und tragen nicht unerheblich zum An-

derungsaufwand bei. Vor diesem Hintergrund ist eine wandlungsfähige Automatisierungstechnik erforderlich, um Kosten und Zeitbedarf zu senken sowie die Flexibilität zu erhöhen.

Unter Wandlungsfähigkeit wird in diesem Zusammenhang eine Kombination aus Flexibilität und Reaktionsfähigkeit verstanden. Verfügt es über diese Eigenschaften, lässt sich ein Produktionssystem schnell und mit geringem Investitionsaufwand an bisher nicht vorgesehene Rahmenbedingungen und Produktvarianten adaptieren. Damit übertreffen die Möglichkeiten der Wandlungsfähigkeit die der reinen Flexibilität deutlich, die eine Rekonfiguration des Produktionssystems lediglich hinsichtlich der definierten Randbedingungen und Produktvarianten erlaubt. Die schematische Darstellung der Module zeigt die Flexibilität eines aus den Modulen 1 bis 4 bestehenden Systems durch die festgelegten Alternativen in Modul 3 Option A und Option B. Wandlungsfähig wird das System erst dann, wenn es ein zum Entstehungszeitpunkt noch nicht bekanntes Element – Modul 3 Option? – aufnehmen und nutzen kann.

Die Adaptivität beschreibt die Anpassungsfähigkeit des neuen Moduls an die Umgebung respektive der Umgebung an das neu hinzugefügte Modul. Das Projekt „Automation für wandlungsfähige Produktionstechnik“ sieht folglich ein modulares Design der mechatronischen Einheiten (Mechanik, Steuerung und Kommunikation) sowie deren Kombination und Selbstkonfiguration ohne Verwendung von Engineering-Tools vor. Diese Aufgabenstellung wird durch die Phoenix Contact GmbH & Co. KG in Blomberg, die Phoenix Contact Electronics GmbH in Bad Pyrmont und das Institut für industrielle Informationstechnik (InIT) in Lemgo erforscht sowie in Methoden und Funktionen überführt.

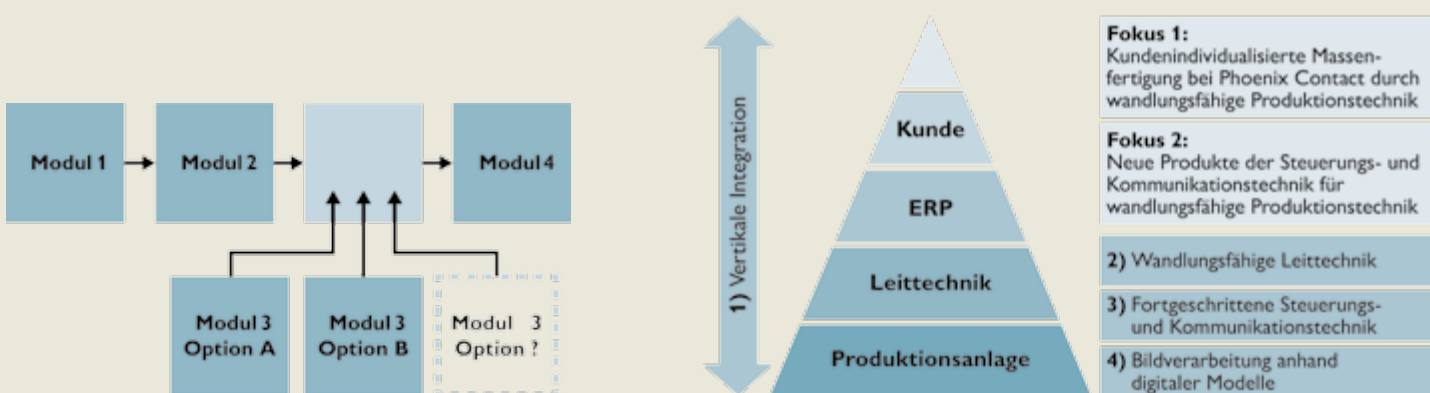
VORGEHENSWEISE IN VIER SCHRITTEN

Im Rahmen des Projekts wird ein Demonstrator erstellt, der die wandlungsfähige Produktionstechnik

erprobt sowie die Interaktion der eingesetzten Komponenten sichtbar gestaltet. Die Tests finden in der Lemgoer Modellfabrik des InIT sowie bei Phoenix Contact statt. Darüber hinaus integriert der Automatisierungshersteller die Methoden zu Prüfungszwecken in bestehende Produkte, sodass sie den Anwendern in zukünftigen Gerätevarianten zur Verfügung stehen. Aus dieser Vorgehensweise ergeben sich vier Arbeitspakete:

- 1 | Vertikale Integration –
Integration von IT-Systemen:
Dahinter verbirgt sich die Erstellung eines kontinuierlichen Datenflusses in Bezug auf die Produkt- und Prozesskonfiguration vom Kunden bis zur Produktion.
- 2 | Wandlungsfähige Leittechnik –
Adaptierbare Bedien- und Beobachtungssysteme:
Hierbei handelt es sich um das Management flexibler Losgrößen sowie variabler Produkt- und Prozesskonfigurationen in einer rekonfigurierbaren Produktionslinie.
- 3 | Erweiterte Steuerungs- und Kommunikationstechnologien:
In diesem Zusammenhang wird eine Autokonfiguration in den Automatisierungskomponenten (SPS, Profinet-IRT-Feldgeräte) entwickelt.
- 4 | Bildverarbeitung gegen digitale Modelle:
Darunter ist die Nutzung der Autokonfiguration über digitale Produktinformationen in Qualitätsprüfungssystemen zu verstehen.

Das Ergebnis des gerade gestarteten dreijährigen Projekts wird der Prototyp einer adaptiven Fertigung für kundenspezifische Produkte sein. Der Projektträger Karlsruhe (PTKA-PFT) betreut dabei das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Projekt.



SCHEMATISCHE DARSTELLUNG
einer adaptiven und wandlungsfähigen Automation

FOKUS des Spitzencluster-Projekts von Phoenix Contact und InIT sowie die sich daraus ergebenden Arbeitspakete



IT-POWERED AUTOMATION ALS WESENTLICHE VORAUSSETZUNG

Um flexibel, leistungsfähig und zukunftssicher zu automatisieren, setzt Phoenix Contact bereits seit vielen Jahren auf IT-Technologien, die an die Anforderungen der industriellen Automation angepasst werden. Weltweite Ethernet-Standards, eine durchgängigen Kommunikation sowie die Vielseitigkeit machen eine IT-gestützte Automatisierung zur wirtschaftlichen Lösung für vielfältige Anwendungen. Denn sie bildet die Basis für eine nahtlose Datenübertragung von der Unternehmensleitungsebene bis ins Feld.

Unter dem Ansatz der IT-powered Automation subsumieren sich verschiedene Technologien für Applikationen im Umfeld von PC und Software, Security, Safety, Wireless, Web und Ethernet-Kommunikation. Sie werden schon heute in zahlreiche Komponenten, Systeme und Lösungen von Phoenix Contact integriert. Das ist wiederum Voraussetzung für die Gestaltung einer adaptiven und wandlungsfähigen Automation. Als Beispiel sei die Echtzeitfähigkeit eines Profinet-Systems genannt. Phoenix Contact hat einen entsprechenden I/O-Chip für einfache und trotzdem intelligente Feldgeräte sowie Steuerungssysteme entwickelt. Die erforderliche Hochleistungsübertragung zwischen den technischen Systemen wird durch Einbindung von Basismechanismen des Profinet-Protokolls in einen Kommunikations-Chip ermöglicht. Mit dem sogenannten Tiger-Chip lassen sich erst hohe Dynamik in der Steuerungs- und Regelungstechnik sowie mehr Genauigkeit in der Messtechnik realisieren.

Diese Fähigkeiten werden im Spitzencluster-Projekt genutzt und in ihrer Kombination erweitert, um die Konfiguration von Netzwerken durch wandlungsfähige und adaptive Mechanismen zu vereinfachen oder in den Betriebsphasen komplett zu ersetzen.

AUTOR



JOHANNES KALHOFF,
Projektleiter „itsowl-AWA-Pro – Automation für wandlungsfähige Produktionstechnik“ der Phoenix Contact GmbH & Co. KG. Die Projektergebnisse werden sich künftig in Hard- und Software-Produkten

wiederfinden, die es dem Anwender erleichtern, steigende Anforderungen an Maschinen und Anlagen zu lösen. Die Komplexität von der Planung bis zum Betrieb wird verringert. Ein Schritt hin zur Industrie 4.0.

Phoenix Contact GmbH & Co. KG,
Flachsmarkstr. 8, D-32825 Blomberg,
Tel. +49 (0) 5235 33 11 62,
E-Mail: jkalhoff@phoenixcontact.com

Die Referenzklasse für die Automatisierungstechnik

atp edition ist das Fachmagazin für die Automatisierungstechnik. Die Qualität der wissenschaftlichen Hauptbeiträge sichert ein strenges Peer-Review-Verfahren. Bezug zur automatisierungstechnischen Praxis nehmen außerdem die kurzen Journalbeiträge aus der Fertigungs- und Prozessautomatisierung.

Sichern Sie sich jetzt diese erstklassige Lektüre! Als exklusiv ausgestattetes Heft oder als praktisches ePaper – ideal für unterwegs, auf mobilen Endgeräten oder zum Archivieren.

Wählen Sie einfach das Bezugsangebot, das Ihnen zusagt: als Heft, ePaper oder Heft + ePaper!



Wandlungsfähige Automation auf Knopfdruck

Assistenz für die modellbasierte Softwareentwicklung

Änderungen der Produkt- und Systemanforderungen bei Produktionsanlagen, die während der Planung nicht berücksichtigt wurden, erfordern es, die Steuerungssoftware schnell anzupassen. Da in Feldebeneensteuerungen nur der notwendige Funktionsumfang implementiert wird, sind Änderungen der Steuerungssoftware mit hohem Aufwand verbunden. Zur Lösung dieser Problematik wird im Beitrag ein Assistenzwerkzeug zur modellbasierten Entwicklung wandlungsfähiger Feldebeneensteuerungssoftware vorgeschlagen. Es unterstützt den Anwender bei der Implementierung des notwendigen Steuerungsprozesses.

SCHLAGWÖRTER Wandelbarkeit / Produktionsautomatisierung / Modellbasierte Softwareentwicklung / Automatische Planung

Changeability on Demand – A support system for model-based software development

Product or system requirements of manufacturing systems which were neglected during planning subsequently call for rapid adaptations to the field control software. Since current control software implements only the envisaged functionality, considerable efforts are required to introduce changes. A model-based engineering system is proposed for adaptable field control software which guides the engineer in implementing the necessary additional control processes.

KEYWORDS changeability / production automation / model-based software engineering / automated planning

CHRISTOPH LEGAT, Siemens
DANIEL SCHÜTZ, Technische Universität München
STEFAN FELDMANN, Technische Universität München

STEFFEN LAMPARTER, Siemens
CHRISTIAN SEITZ, Siemens
BIRGIT VOGEL-HEUSER, Technische Universität München

Die wachsende Dynamik globaler Märkte erfordert von produzierenden Unternehmen, die Wandlungsfähigkeit auf veränderte Bedingungen sicherzustellen. Diese Fähigkeit wird als entscheidender Wettbewerbsfaktor identifiziert [1]. Während Amortisationszeiträume von Produktionsstätten mehrere Jahrzehnte betragen können, verkürzen sich Lebenszyklen von Produkten stetig. Dies bedingt Veränderungen in der Anlagengestaltung, das heißt strukturelle Veränderungen, sowie Ergänzungen oder Austausch von Maschinen [2]. In diesem Zusammenhang wird die Modularisierung als wesentliches Gestaltungswerkzeug betrachtet [3], um einen schnellen, aufwandsarmen Um- und Ausbau der Produktionsanlage zu ermöglichen. Ansätze für wandlungsfähige, innerbetriebliche Logistiksysteme identifizieren gerade die Erweiterungs- und Integrationsfähigkeit als grundlegende Wandlungsfaktoren [4, 5]. Die Wandlungsfähigkeit von Produktionsanlagen ist hierbei in hohem Maße von der Automatisierungstechnik abhängig, da die Steuerungssoftware sich an verändernde Gegebenheiten anpassen muss.

Anhand eines Beispiels lässt sich die Motivation zur Steigerung der Wandlungsfähigkeit von Produktionsanlagen durch anpassbare Steuerungssoftware verdeutlichen. Die in Bild 1 dargestellte Stempelanlage besteht in der Initialkonfiguration aus vier Anlagenkomponenten: einem Warenlager zur Zuführung von Werkstücken in das System, einem Stempelmodul zur Bearbeitung der Werkstücke, einem Kranmodul zum Transport der Werkstücke zwischen den Anlagenkomponenten und einer Rampe zur Entnahme der Werkstücke aus dem System. Auf Grund veränderter Bedingungen, zum Beispiel Optimierung der innerbetrieblichen Logistik, ist eine angepasste Anordnung der Komponenten notwendig (siehe Konfiguration 1). Im weiteren Verlauf erfordert die Einführung eines neuen Produktes die Ergänzung einer zusätzlichen Komponente (siehe Konfiguration 2). Klassische Ansätze zur Implementierung der Steuerungssoftware nach IEC 61131-3 bedingen in diesen Fällen einen hohen manuellen Anpassungsaufwand.

Aus diesem Grund wird in diesem Beitrag ein neues (Re-)Engineering Support System zur Implementierung wandlungsfähiger Steuerungssoftware vorgeschlagen. Basierend auf einem objektorientierten Modellierungsansatz lassen sich einzelne Komponenten vom Hersteller unabhängig voneinander entwickeln und anschließend vom Nutzer zu einer Fertigungsanlage zusammenfügen. Um eine vollständige Überarbeitung des Modells im Falle notwendiger, gegebenenfalls kleiner Änderungen zu vermeiden, wird eine lose Kopplung der Modelle des technischen Prozesses (Produktmodell) und des technischen Systems (Komponenten- und Systemmodell) ermöglicht. Eine automatische Ableitung des optimalen Steuerungsprozesses auf Basis dieser Modelle sowie dessen grafische Darstellung ermöglichen es, den Anwender beim Anpassen der Steuerungssoftware zu unterstützen.

1. STAND DER TECHNIK

Nach Nyhuis et al. [6] muss ein wandlungsfähiges Produktionssystem flexibel und rekonfigurierbar sein. Flexible Produktionssysteme können innerhalb vorgegebener Grenzen angepasst werden. Dies ermöglicht kurzfristige Anpassungen an veränderte Bedingungen – auch im laufenden Betrieb – beschränkt sich jedoch auf einen „vorgedachten Umfang von Merkmalen sowie deren Ausprägung“ [7]. Rekonfiguration ist in diesem Zusammenhang die Eigenschaft eines Produktionssystems, durch Austausch von Funktionseinheiten Änderungen der Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Die aktuelle Praxis, Steuerungssoftware in den standardisierten Sprachen der IEC 61131-3 zu programmieren, führt jedoch bei Rekonfiguration der Produktionsanlage zu erheblichem manuellem Aufwand.

Um den Anpassungsaufwand zu reduzieren, ist die Wiederverwendbarkeit von Software sicherzustellen. Der Einsatz objektorientierter Entwicklungsmethoden empfiehlt sich hier wegen seiner klaren Modularität [8]. Weiterhin ermöglicht die Kapselung automatisie-

rungstechnischer Funktionalitäten in mechatronischen Objekten eine holistische Betrachtung des Automatisierungstechnischen Systems und – damit verbunden – eine vereinfachte Komposition des Gesamtsystems [9]. Standardisierte Austauschformate zur Spezifikation der Eigenschaften und Anforderungen mechatronischer Objekte [10] sowie objektorientierte, grafische Notationen für deren Modellierung [11] unterstützen den Ingenieur dabei, mechatronische Komponentenbibliotheken zu erstellen. Veränderungen an einzelnen Komponenten, wie im Falle von Konfiguration 1 der Stempelanlage, oder Anpassungen des Produktionsprozesses (bei Konfiguration 2), verursachen jedoch erheblichen Anpassungsaufwand des Gesamtmodells des Anlagenverhaltens. Der Grund: die enge Kopplung zwischen Steuerungsoperationen der Anlage und dem zu realisierenden technischen Prozess innerhalb des Modells.

Daher werden zahlreiche alternative Steuerungskonzepte, wie zum Beispiel dienst- [12] oder agentenbasierte [13] Architekturen, vorgeschlagen. Diese zeichnen sich durch hohe Wiederverwendung aus und ermöglichen es durch eine losere Kopplung innerhalb der Software, den Produktionsprozess einfacher anzupassen. Diese Konzepte erfordern jedoch einen grundlegenden Paradigmenwechsel in der Steuerungsentwicklung, was hohe Investitionskosten bedingt.

Moderne Programmierumgebungen für Roboter verfolgen einen alternativen Ansatz. Auf Basis feingranularer Basisoperationen, sogenannter Primitiven [14], können komplexe Operationen definiert werden. Eine automatische Ableitung notwendiger Handlungssequenzen für Montageroboter auf Basis gegebener Computer Aided Design Daten wurde in diversen Ansätzen realisiert, wie zum Beispiel [15, 16]. Die Anwendbarkeit dieser Ansätze basiert auf dem Einsatz flexibler Roboter, deren mögliche Basisoperationen bereits vom Hersteller klar definiert sind. Für eine applikationsunabhängige Entwicklung von Steuerungssoftware sind diese Ansätze kaum geeignet, da bei der Entwicklung notwendiger Maschinen, wie zum Beispiel im Sondermaschinenbau, mögliche Operationen der Maschine nicht a priori gegeben sind, sondern neu entwickelt werden müssen.

Derzeit existiert allerdings noch kein Entwicklungswerkzeug, das Vorteile der automatischen Handlungsplanung mit objektorientierten Modellierungstechniken kombiniert, um die Entwicklung wandlungsfähiger, applikationsunabhängiger Feldebeneensteuerungssoftware zu unterstützen.

2. (RE-)ENGINEERING SUPPORT SYSTEM

Das in diesem Beitrag vorgeschlagene Assistenzwerkzeug zur Entwicklung wandlungsfähiger Steuerungssoftware erfordert verschiedene Schritte von der Komposition des Systems aus einer Komponentenbibliothek bis zur Visualisierung des optimalen Steuerungsprozesses als Implementierungsempfehlung für den Anwender (Bild 2).

Zunächst erhält der Nutzer Information über die möglichen Steuerungsfunktionalitäten der Komponenten vom Hersteller in einer Komponentenbibliothek (Kom-

ponentenmodell). Dieses beinhaltet die ausführbaren Operationen einzelner Komponenten sowie deren Einschränkungen. Basierend auf dieser Bibliothek stellt der Anwender die Information über die möglichen Steuerungsfunktionalitäten der gesamten Produktionsanlage (Systemmodell) – die Komposition der Komponenten zum Gesamtsystem – und das zu fertigende Produkt (Produktmodell) – die Anforderungen bezüglich des Fertigungsprozesses – zusammen. Diese Modelle werden in eine Ontologie transformiert, die deren formale Semantik beinhaltet, um automatisiert ein vollständiges Petrinetz-basiertes Verhaltensmodell der Steuerung abzuleiten, das alle möglichen Steuerungsprozesse abbildet. Das Petrinetz bildet die Basis, um durch ein lineares Programm den optimalen Steuerungsprozess zu bestimmen. In einem letzten Schritt wird dieser in einer adäquaten Repräsentation visualisiert, um die Komplexität des Verfahrens zu verringern. Eine manuelle Analyse des Verhaltensmodells ist dennoch durch Überprüfung des Petrinetzes möglich.

2.1 Modellbildung

Die Unified Modeling Language (UML) wurde als Basis des Modellierungssatzes gewählt, da diese die meisten der notwendigen Modellierungskonstrukte in ihrer standardisierten Spezifikation (UML V2.2) beinhaltet und sich als geeignet für die Modellierung automatisierungstechnischer Steuerungssoftware erwies [17]. Des Weiteren lässt sich IEC 61131-3-konforme Steuerungssoftware mittels formaler Abbildungsregeln aus UML-Diagrammen generieren [8]. Im Folgenden wird eine grafische Notation zur Visualisierung modellierter Komponenten verwendet, sowie eine tabellarische Notation zur Formulierung von Vorbedingungen und Effekten. Eine ausführliche Beschreibung des um zusätzliche Modellierungskonstrukte ergänzten UML-Profils findet sich in [18].

Komponentenmodell

Um die Wandlungsfähigkeit einer Feldebeneensteuerungssoftware zu erhöhen, stellen Anlagenkomponenten voneinander unabhängige, mehrfach wiederverwendbare Einheiten (Klassen) dar. Neben den verbauten Sensoren (Variablen), müssen Operationen (Methoden) der Komponenten beschrieben werden. Um später das vollständige Verhaltensmodell ableiten zu können, muss beschrieben werden, wann eine Operation ausführbar ist (Vorbedingungen) und in welchem Zustand die Ausführung der Operation resultiert (Effekte). Um die Auswirkung von Operationen konsolidiert beschreiben zu können und einen eindeutigen Zusammenhang zwischen Zuständen vor und nach Operationsausführung zu gewährleisten, stellen Effekte eine Abbildungsvorschrift zwischen Zuständen dar. Die Vorbedingungen und Effekte werden in Abhängigkeit zu den Variablen, das heißt Sensoren, der Komponentenklasse definiert.

Das *Kranmodul* des Anwendungsbeispiels (Bild 3) besteht aus einem Vakuumsauger zur Fixierung der Werkstücke (Sensor *B5*), einer vertikalen Achse, die durch

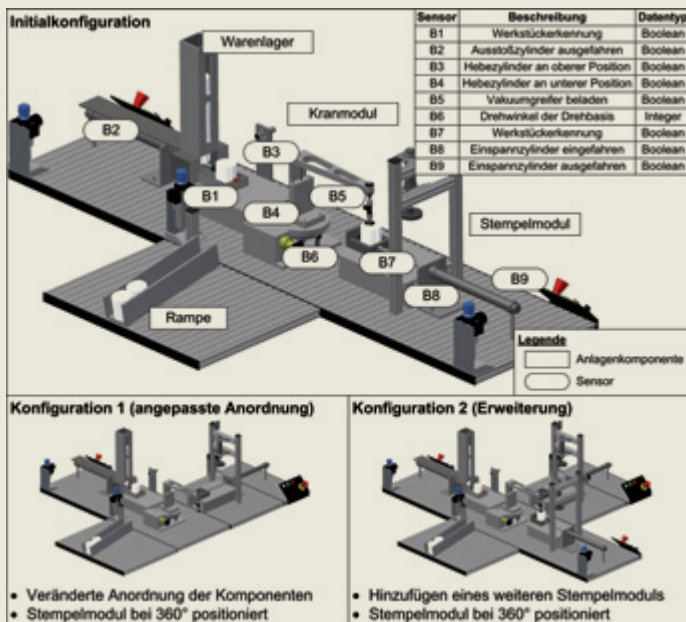


BILD 1: Anwendungsbeispiel Stempelanlage

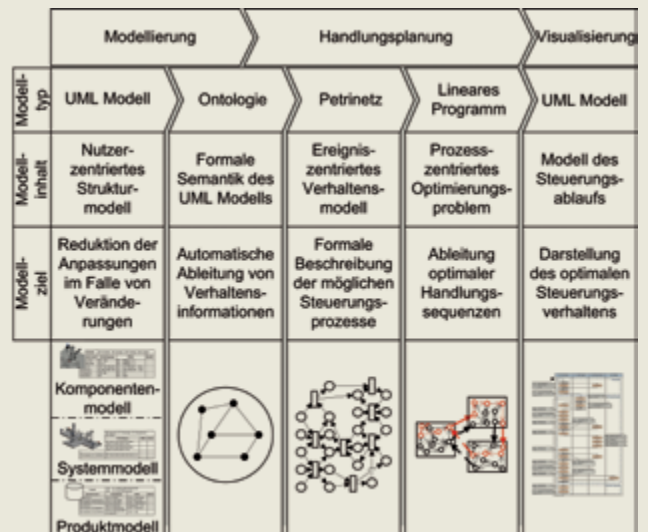


BILD 2: Grundbestandteile des (Re-)Engineering Support Systems

einen bistabilen Zylinder (Sensoren *B3* und *B4*) abgehoben und abgesenkt werden kann, sowie einem Drehteller (Sensor *B6*), der sich durch einen Elektromotor in beide Richtungen drehen lässt. An diesem Beispiel lassen sich unter anderem die beiden Operationen *dreheLinks()* und *dreheRechts()* modellieren: Die Veränderung des Drehwinkels in die jeweilige Richtung erfolgt nur innerhalb der konstruktionsbedingten Einschränkungen, siehe Bild 3. Analog werden die Operationen der verbleibenden Anlagenkomponenten modelliert.

Der Vorteil dieser objektorientierten Modellierung liegt darin, Modellkomponenten wiederverwenden und damit die Wandelbarkeit der Fertigungsanlage adressieren zu können. Objektorientierte Entwicklungsmethoden ermöglichen die Anwendung von Mechanismen wie Polymorphie und Vererbung. Hierdurch kann beispielsweise die Bearbeitung von Werkstücken mit verschiedenen Materialien durch einen zweiten Stempel (wie in Konfiguration 2) mittels einer adaptierten Implementierung beziehungsweise durch Überschreiben der Operation *stempeln()* des *Stempelmoduls* adressiert werden.

Systemmodell

Die Modellierung des Gesamtsystems erfolgt ebenfalls durch eine Klasse, deren Variablen durch Objekte der zuvor modellierten Komponenten des Systems gebildet werden. Bei der Modellierung des Gesamtsystems ergeben sich weitere Einschränkungen an die Ausführbarkeit von Operationen, zum Beispiel durch die Zusammenstellung der Anlagenkomponenten. Diese können als ergänzende Vorbedingungen und Effekte der Operatio-

nen im Systemmodell angegeben werden. Im Falle der Initialkonfiguration der Stempelanlage trifft dies auf Drehoperationen des Krans zu (siehe Bild 4).

Es ist notwendig, Anforderungen an die Synchronität von Abläufen zu stellen, um zum Beispiel den Übergabeprozess des Produkts zwischen zwei Anlagenkomponenten zu gewährleisten. So muss im Falle der Stempelanlage das Ansaugen durch das Kranmodul und das Einfahren des Zylinders des Warenlagers synchronisiert werden (siehe Bild 4). Weitere Synchronitätsanforderungen an die Operationen werden in analoger Weise beschrieben.

Ändert sich die Konfiguration der Stempelanlage, so müssen entsprechende Einschränkungen der Operationen des Systemmodells angepasst werden. Die neue Position des Stempels in Konfiguration 1 muss bei der Modellierung des Systemmodells durch Anpassung der Vorbedingungen der Krandrehoperationen berücksichtigt werden. In Konfiguration 2 muss ein zusätzlicher Stempel vorgesehen werden.

Produktmodell

Um Anforderungen bezüglich des Fertigungsprozesses darstellen zu können, wird eine Klasse zum Beschreiben der Produkteigenschaften verwendet. Die Modellierung der Vorbedingungen und Effekte erfolgt analog zur Modellierung des Komponenten- und Systemmodells. Zusätzlich müssen der Initialzustand (*Initial*) sowie der Zielzustand (*Goal*) eines Produktes beschrieben werden. Die Modellierung der in der Stempelanlage gefertigten Werkstücke zeigt Bild 5.

Im vorliegenden Fall sollen gestempelte Werkstücke nach Vereinzelung im Warenlager an die Rampe übergeben werden. Eine Adaption des Produktmodells für Konfiguration 1 der Stempelanlage ist nicht notwendig. Für den Einsatz der Konfiguration 2 zur Bearbeitung verschiedener Werkstücktypen muss das Produktmodell durch eine neue Produktklasse ergänzt werden. Verglichen mit dem Aufwand zur Neuimplementierung der Steuerungssoftware kann durch den vorgestellten Modellierungsansatz der Implementierungsaufwand erheblich reduziert und somit die Wandlungsfähigkeit der Fertigungsanlage gewährleistet werden.

2.2 Handlungsplanung für SPSEN

Im Anschluss an die Modellierung des Komponenten-, System- und Produktmodells werden die darin enthaltenen Informationen in eine Ontologie transformiert, um eine Handlungsplanung für Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPSen) zu realisieren.

Die Ontologie besteht im Wesentlichen aus einer *Upper Ontology* und einer *Plant Ontology*. Erstere beschreibt die Semantik der zuvor eingeführten Modelle und ist für jede mit dem hier vorgeschlagenen Assistenzwerkzeug modellierte Anlage identisch. Die *Plant Ontology* beinhaltet die Information über die konkrete Anlage. Die notwendigen Transformationsregeln sind mittels der Query-View-Transformation-Spezifikation QVT V1.1 definiert. Eine detaillierte Beschreibung der Ontologie sowie nähere Information zur Transformation finden sich in [19].

Basierend auf dem in der Ontologie beschriebenen Wissen des Entwicklungsmodells mit Komponenten-, System- und Produktmodell kann nun eine Handlungsplanung für SPSEN realisiert werden. Sie besteht aus zwei Prozessschritten: Ableitung des Verhaltensmodells sowie Identifikation des optimalen Steuerungsprozesses.

Ontologie-gestützte Generierung des Verhaltensmodells

Um eine automatische Handlungsplanung für SPSEN zu ermöglichen, ist ein Verhaltensmodell notwendig, das alle erlaubten Steuerungsprozesse – den gesamten Handlungsraum – beschreibt. Folglich muss das Beschreibungsmittel nicht-deterministische Abläufe unter Berücksichtigung der Zustände unterschiedlicher Komponenten und verteilter Sensoren unterstützen. Ferner ist ein eindeutig definierter Formalismus notwendig. Petrinetze erfüllen diese Anforderungen, und bieten zusätzlich eine gute grafische Repräsentation um das Verhaltensmodell manuell zu analysieren.

Die Stellen *S* eines Petrinetzes repräsentieren mögliche Zustände des Systems. Dabei wird die Wertebelegung einer einzelnen im Entwicklungsmodell definierten Variablen jeweils durch eine separate Stelle repräsentiert: Eine einzelne Stelle des Petrinetzes legt beispielsweise den Wert *true* des Sensors *B3* fest; eine weitere Stelle definiert diesen Wert für Sensor *B4* (Bild 6, rechte Spalte). Der zu einem diskreten Zeitpunkt gültige Zustand wird in Petrinetzen durch Markenbelegungen der Stellen repräsentiert. Der Anfangszustand eines betrachteten Systems ist durch die *initiale Markierung* gegeben und entspricht den im Systemmodell vorhandenen Anfangszuständen der Komponenten beziehungs-

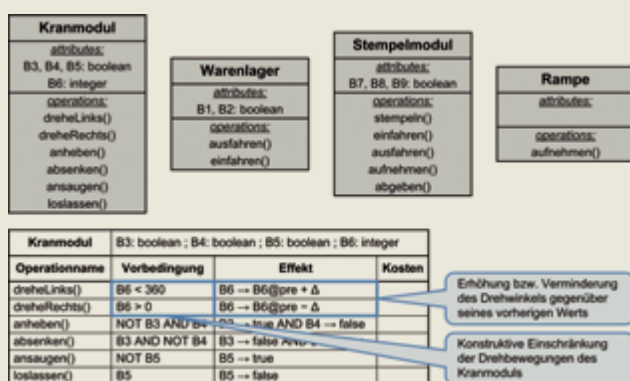
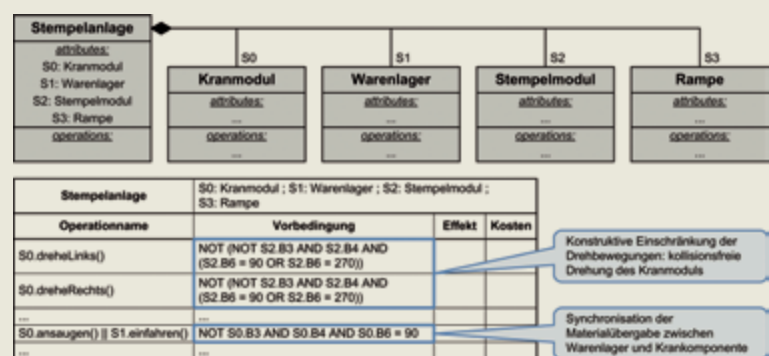


BILD 3: Ausschnitt des Komponentenmodells der Stempelanlage (Initialkonfiguration)



weise dem Startzustand des Produktes. Zustandsübergänge, im Formalismus des Petrinetzes als Schalten bezeichnet, werden mittels Transitionen T dargestellt, die folglich den im Entwicklungsmodell deklarierten Operationen entsprechen. Im Folgenden wird das Petrinetz als Bedingungs-/Ereignisnetz aufgefasst, weshalb die Stellenkapazität maximal eins beträgt und keine Kantengewichtungen existieren. Eine Transition kann schalten, falls alle Stellen im Vorbereich einer Transition mit einer Marke besetzt sind. Dies entspricht den Vorbedingungen einer Operation. Der Schaltvorgang einer Transition bewirkt, dass alle Marken der Stellen im Vorbereich der Transition entfernt werden und jeder Stelle im Nachbereich der Transition eine Marke hinzugefügt wird (Effekt einer Operation). Vor- und Nachbereich einer Transition werden in der Flussrelation F zusammengefasst.

Ausgehend von der initialen Markierung lässt sich iterativ das Petrinetz generieren. Hierbei müssen in jedem Iterationsschritt des Algorithmus (das heißt in jedem Zustand) zum einen ausführbare Operationen identifiziert und zum anderen der Folgezustand abgeleitet werden. Beide Aufgaben werden mittels logischer Schlussfolgerungen auf Basis des semantischen Wissensmodells realisiert, wie Bild 6 zeigt.

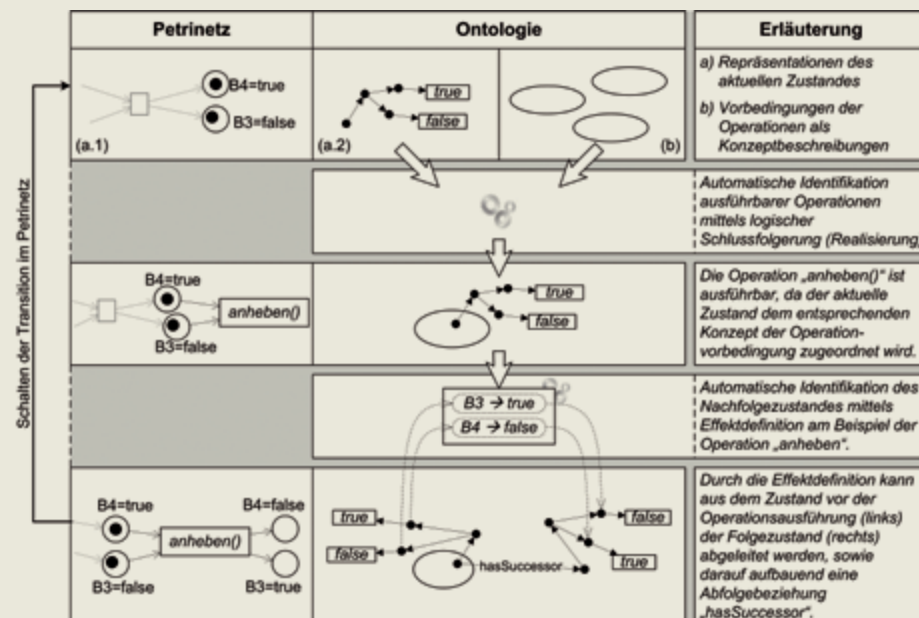
Zur Identifikation ausführbarer Operationen müssen für einen betrachteten Zustand die im Komponentenmodell gegebenen Vorbedingungen sowie die im Systemmodell angegebenen Einschränkungen berücksichtigt werden. Vorbedingungen stellen mathematisch betrachtet eine Menge von Zuständen dar. Kann ein gegebener Zustand (Instanz in der Ontologie) als ein Element dieser

Menge (Konzept der Vorbedingung einer Operation) identifiziert werden, ist die Vorbedingung erfüllt und folglich die Operation ausführbar. Dies entspricht einem der Standardinferenzmechanismen der Web Ontology Language (OWL) – der Realisierung (Instance Checking). Auf Basis dieser abgeleiteten Information können im Petrinetz entsprechende Transitionen generiert werden. Beinhaltene Vorbedingungen von Operationen Disjunktionen, müssen im Petrinetz mehrere Transitionen mit unterschiedlichem Vor-/Nachbereich erzeugt werden, welche dieselbe Operation repräsentieren.

Zur Ableitung des Folgezustands werden, wie in Bild 6 dargestellt, die Effektdefinitionen des Modells herangezogen. Effekte einer Operation stellen, wie in Abschnitt 2.1 beschrieben, die Abbildung eines Zustands auf einen Nachfolgezustand dar. Um diese Semantik abzubilden, muss die Ausdrucksmächtigkeit von OWL mittels der Semantic Web Rule Language (SWRL) erweitert werden. SWRL stellt ein in Kombination mit OWL entscheidbares Fragment der Logik 1. Ordnung dar. Auf Basis der in der Ontologie enthaltenen Regeln wird automatisiert auf Nachfolgezustände geschlossen (siehe Bild 6).

Einige für das Entwicklungsmodell spezifische Aspekte müssen bei der Generierung des Petrinetzes beachtet werden. Als synchron deklarierte Operationen im Entwicklungsmodell können nur parallel ausgeführt werden. Um deren Ausführbarkeit zu bestimmen, gilt es die Vorbedingungen beider Operationen und gegebenenfalls zusätzliche Vorbedingungen für die Parallelisierung zu beachten. Analog trifft dies für die Effektdefinition zu. Operationen sind vollständig auf Basis ihrer Vorbedingungen und Effekte beschrieben. Die notwen-

BILD 6: Beispielhafte Darstellung der Inferenzmechanismen zur Generierung der Verhaltensmodells



dige Anwesenheit eines Werkstücks zur Ausführung von Operationen ist auf Basis von Sensorwerten (zum Beispiel Lichtschranken) entsprechend berücksichtigt. Operationen, deren Ausführbarkeit (Vorbedingung) unabhängig von der Beobachtbarkeit der Werkstückposition beschrieben ist, wie zum Beispiel die Drehoperationen des Kranmoduls, können folglich abhängig oder unabhängig von der Anwesenheit eines Werkstücks ausgeführt werden. Wird eine solche Operation mit einem Werkstück vorgenommen, müssen produktspezifische Anforderungen und Auswirkungen der Operationsausführung auf das Werkstück betrachtet werden. Andernfalls sind lediglich die im Komponenten- und Systemmodell angegebenen Vorbedingungen zu berücksichtigen. Zuvor erläuterte Sachverhalte sind in der Ontologie formal definiert und werden automatisch durch die Inferenzmechanismen mit einbezogen.

Durch das vorgeschlagene Verfahren zur automatischen Ableitung eines Petrinetz-basierten Verhaltensmodells werden ausschließlich Wertebelegungen der Variablen berücksichtigt, die durch das System tatsächlich erreicht werden können. Außerdem wird jeweils für eine einzelne Wertebelegung einer Variablen eine separate Stelle im Petrinetz verwendet. So wird eine kombinatorische Zustandsexplosion vermieden und zugleich auf eine totale Ordnung von Schaltvorgängen verzichtet, das heißt nicht für alle Paare von Schaltvorgängen kann deren Reihenfolge bestimmt werden. Operationen, für die im Entwicklungsmodell eine Synchronisationsbedingung (Parallelisierung) nicht explizit angegeben ist, werden als unabhängig voneinander ausführbar betrachtet. Somit ist deren Ausführbarkeit ausschließlich von notwendigen Vorzuständen einer Operationsausführung (Vorbedingung) abhängig.

Wie in Bild 7 gezeigt, ergeben sich Schaltfolgen im Petrinetz, die unabhängig von anderen Schaltfolgen ausgeführt werden können, wie beispielsweise die Drehoperationen des Kranmoduls und seine Operation *absenken()*. Diese Schaltfolgen können parallelisiert werden. Ihre Koordination erfolgt durch schaltbare Transitionen, deren Vorbereitung Stellen enthalten, die durch die unabhängigen Schaltfolgen erreicht werden, wie in Bild 7 anhand der synchronen Operation *S0.ansaugen()* || *S1.einfahren()* exemplarisch dargestellt. Folglich können notwendige sequenzielle Schaltfolgen bestimmt werden, ohne Aussagen über die Ordnung zwischen Operationen unabhängiger Prozesse treffen zu müssen. So bleibt die notwendige Information zur Bestimmung eines Ablaufplans mit parallelisierbaren Teilsequenzen erhalten und die Größe des Petrinetzes (dessen Anzahl an Stellen) ist durch die Summe möglicher Werte der Wertebereiche aller im Entwicklungsmodell definierten Variablen beschränkt. Hierdurch ist die Skalierbarkeit für eine große Anzahl von Variablen gewährleistet.

Ableitung und Lösung des Optimierungsproblems

Basierend auf dem vollständigen Verhaltensmodell der Anlage ist die Ableitung des optimalen Steuerungsverhaltens notwendig, um dies dem Anwender präsentieren zu können. Ziel dieser Handlungsplanung ist die Identifizierung eines deterministischen Ablaufplans, der definiert, welche Operationen von welchen Komponenten in welcher Reihenfolge ausgeführt werden müssen.

Drei grundlegende Funktionalitäten des Handlungsplans zeigt Bild 8: Anlauf- und Rückführungsplan beinhalten Transitionen des Petrinetzes, die keine Handhabung des Werkstücks repräsentieren. Transitionen unter Berücksichtigung produktspezifischer Bedingungen werden dem Produktionsplan zugeordnet. Eine Besonderheit stellen Rückführungstransitionen dar (in Bild 8 gestrichelt dargestellt), da diese für die zyklische Struktur des gesamten Ablaufplans notwendig sind. Ihnen ist keine Operation des Systems zugeordnet.

Während Petrinetze für die automatische Verifikation von Systemeigenschaften einen geeigneten Formalismus darstellen, eignen sich Petrinetze für die Ableitung von Handlungssequenzen nur bedingt. Im Gegensatz dazu können mathematische Optimierungsverfahren effizient die optimale Lösung eines gegebenen Gleichungssystems berechnen. Aus diesem Grund wird auf Basis des Petrinetz-basierten Verhaltensmodells eine Abbildung auf ein lineares Problem formuliert, das dann an beliebige Optimierungswerkzeuge übergeben werden kann. Im Folgenden wird das Optimierungsproblem als binäres, ganzzahliges, lineares Problem aufgefasst, wobei zur Bestimmung der Optimalität eine zu minimierende Kostenfunktion unter Verwendung der binären Variablen genutzt wird.

Transitionen des Petrinetzes werden binäre Variablen mittels einer Funktion x , und Flussrelationen des Petrinetzes binäre Variablen mittels einer Funktion y zugewiesen. Wird in der Lösung für die Variablen einer Transition ein Wert von Eins bestimmt, entspricht dies dem Schalten der Transition. Da Rückführungs- und Anlaufplan dieselben Operationen beinhalten, müssen durch die Abbildungsfunktion jeweils unterschiedliche Variablen im linearen Programm erzeugt werden. Die Basisgleichungen des Handlungsproblems lauten:

$$\forall t \in T : \forall s \in \{s \in S \mid (s, t) \in F\} : \sum y(s, t) - x(t) = 0 \quad (1)$$

$$\forall t \in T : \forall s \in \{s \in S \mid (t, s) \in F\} : \sum y(s, t) - x(t) = 0 \quad (2)$$

$$\forall s \in S : \sum_{t \in \{t \in T \mid (s, t) \in F\}} y(s, t) - \sum_{t \in \{t \in T \mid (t, s) \in F\}} y(s, t) = \begin{cases} -1, & \text{falls } s \text{ Startzustand} \\ 1, & \text{falls } s \text{ Zielzustand des Produktes} \\ & \text{oder im Nahbereich einer} \\ & \text{Rückführungstransition} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases} \quad (3)$$

Die aus (1) und (2) resultierenden Gleichungen stellen die Korrektheit der Schaltsemantik des Petrinetzes durch Verknüpfung der Transitionsvariablen $x(t)$ und den Variablen der Flussrelationen $y(s, t)$ im Vorbereitung (Gleichung 1) beziehungsweise Nachbereich (Gleichung 2) der Transition dar. Die sich aus (3) ergebenden Gleichungen sichern die Dynamik des Systems, das heißt die Auswahl einer Sequenz von Schaltvorgängen. Für jeden gegebenen Zustand s des Petrinetzes werden hierzu die Flussrelationen $y(s, t)$ gegenübergestellt, die sich in dessen Vorbereitung (Minuend in Gleichung 3) respektive dessen Nachbereich (Subtrahend in Gleichung 3) befinden. Für die Auswahl des optimalen Plans werden die Kosten der Operationen zugrunde gelegt. Operationen des Produktions- und Rückführungsplan werden deutlich höher gewichtet als Operationen des Anlaufplans, da diese regelmäßig ausgeführt werden. Die Kosten des Anlauf-

BILD 7: Ausschnitt aus dem Petrinetz der Stempelanlage



BILD 8: Grundbestandteile eines Handlungsplans für SPS

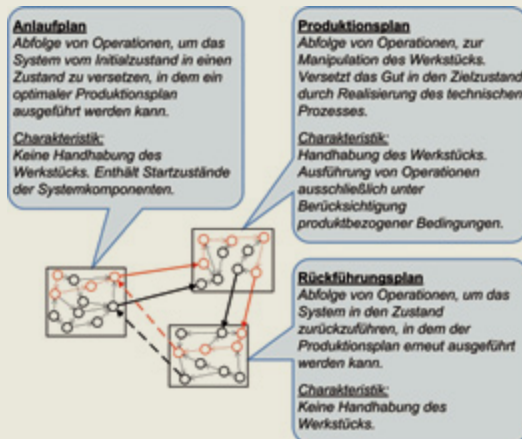
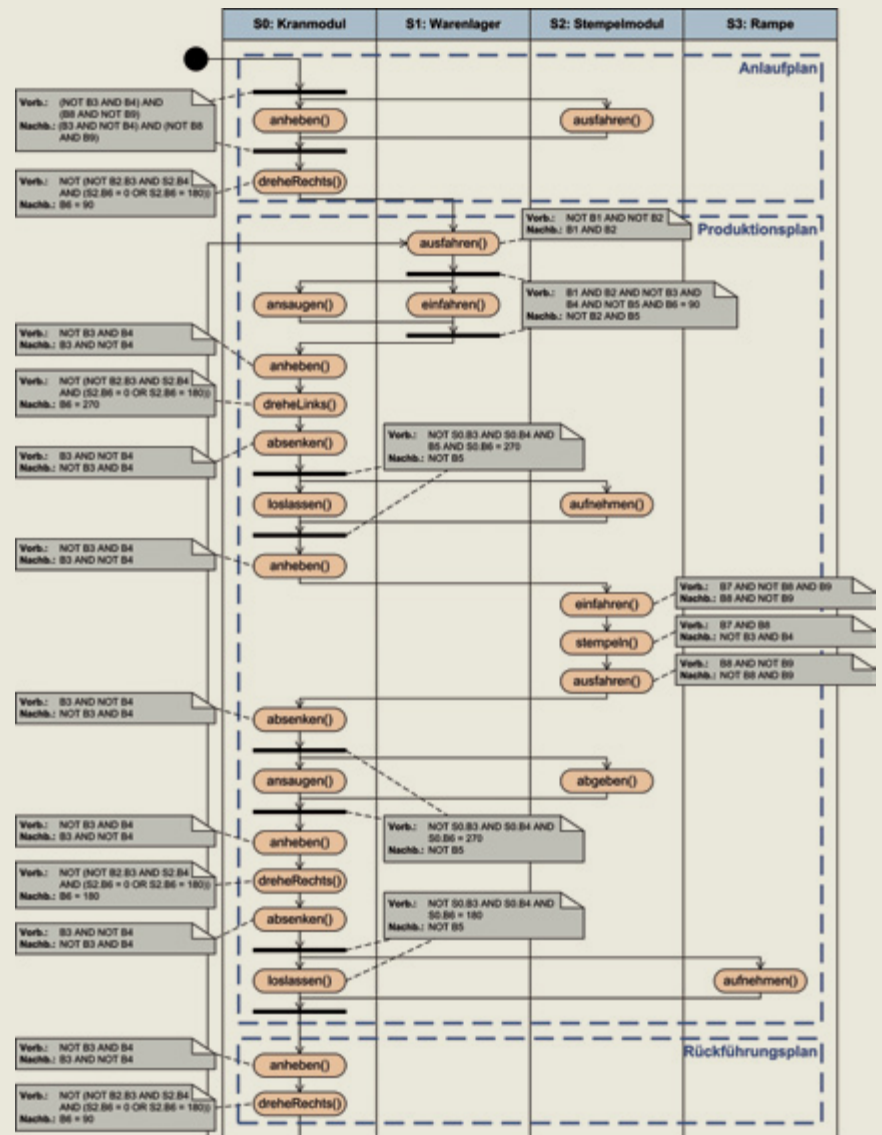


BILD 9: Visualisierung des optimalen Steuerungsprozesses



plans dürfen zur Sicherstellung der Optimalität jedoch nicht vollständig außer Acht gelassen werden.

Die Komplexität des Modells kann durch die Anzahl notwendiger Variablen im Gleichungssystem abgeschätzt werden. Da bereits das zu Grunde liegende Petrinetz keine kombinatorische Zustandsexplosion aufweist, ist dies auch für das lineare Programm gegeben. Durch die Duplizierung binärer Variablen für Operationen, die dem Anlauf- beziehungsweise Rückführungsplan zugeordnet sind, ist die Anzahl der Variablen größer als die Anzahl der Transitionen im Petrinetz – jedoch maximal doppelt so groß. Das resultierende Gleichungssystem lässt sich durch eine unimodulare Matrix repräsentieren, weshalb das Problem mittels Relaxation effizient lösbar ist.

Das erzeugte lineare Programm wird nun einem beliebigen Optimierungswerkzeug übergeben. Die Lösung des Optimierungsproblems wird in einem letzten Schritt aufbereitet, sodass gewählte Transitionen durch entsprechende Operationen des Entwicklungsmodells ersetzt werden.

2.3 Visualisierung der Implementierungsempfehlung

Eine Visualisierung der Implementierungsempfehlung kann im Aktivitätsdiagramm der UML V2.2 erfolgen und genutzt werden, um das Steuerungsprogramm in IEC 61131-3 manuell zu implementieren, oder IEC 61131-3-konformen

Steuerungscode automatisch zu generieren [8]. Bild 9 zeigt den optimalen Steuerungsprozess für die Initialkonfiguration der Stempelanlage ausgehend vom Ausgangszustand, das heißt Kran über dem Stempel positioniert (siehe Bild 9). Um die Komplexität der generierten Operationssequenzen zu reduzieren, werden mehrfach aufeinanderfolgende Aufrufe derselben Operation zu einer einzelnen Operation zusammengefasst, wie zum Beispiel im Falle der Stempelanlage die Operation `dreheLinks()` des Kranmoduls. Auf Basis der zuvor modellierten Effekte können nun konkrete Nachbedingungen formuliert werden, da der Zustand vor Ausführung der Operation gegeben ist. Vor- und Nachbedingungen, die durch Zusammenführen des Komponenten-, System- und Produktmodells bestimmt wurden, werden durch Kommentare im Aktivitätsdiagramm visualisiert. Die Synchronität von Operationen (das heißt deren parallele Ausführung) wird an Beginn und Ende durch Split- respektive Join-Symbole dargestellt. Folglich sind Vor- und Nachbedingungen in diesen Fällen nicht Operationen, sondern Parallelitätssymbolen zugeordnet. Die Zugehörigkeit einer Operation zu einer Anlagenkomponente wird durch Swimlanes visualisiert.

Nach der erfolgreichen Überprüfung und Verifikation kann der Anwender den Steuerungsprozess für die Erstellung der Feldebeneensteuerung freigeben. Im Falle veränderter Anforderungen wird auf Basis angepasster Modelle mit Hilfe der automatischen Handlungsplanung ein neuer, optimaler Steuerungsprozess visualisiert.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Beitrag wurde ein grafisches Assistenzwerkzeug zur modell-basierten Entwicklung wandlungsfähiger Steuerungssoftware vorgestellt. Es ermöglicht, bereits während der Entwicklung einzelner Komponenten dessen vollständige Steuerungsfunktionalität durch den Hersteller konsolidiert zu beschreiben. Diese vom Hersteller bereitgestellten Modelle können bei der Entwicklung größerer Organisationseinheiten bis hin zu ganzen Fertigungsanlagen genutzt und entsprechend der konkreten Anforderungen eingeschränkt werden. Das Assistenzwerkzeug bietet eine automatische Empfehlungsfunktion des zu implementierenden, optimalen Steuerungsprozesses. Mit diesem (Re-)Engineering Support System lässt sich der Entwicklungs- beziehungsweise Anpassungsaufwand der Steuerungssoftware deutlich reduzieren. Das Assistenzwerkzeug unterstützt die Kommunikation zwischen den am Entwicklungsprozess beteiligten Personen und Disziplinen und ermöglicht eine Anpassung des Steuerungsprogrammes durch Technologen, Applikationsentwickler oder Ingenieure.

MANUSKRIPTEINGANG
20.12.2012

Im Peer-Review-Verfahren begutachtet

REFERENZEN

- [1] Heinen, T., Peter, K., Erlach, K., Nyhuis, P., Lanza, G., Westkämper, E.: Zukunftsthemen der Fabrikplanung: Wohin geht der Trend? - Ergebnisse einer umfangreichen Online-Umfrage des VDI-Fachausschusses "Fabrikplanung". ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 105(5), S. 405-409, 2010.
- [2] Schenk, M., Wirth, S.: Fabrikplanung und Fabrikbetrieb: Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte Fabrik. Springer 2004
- [3] Meier, H., Schröder, S., Velkova J., Schneider, A.: Modularisierung als Gestaltungswerkzeug für wandlungsfähige Produktionssysteme. wt - Werkstatttechnik 102(4), S. 181-185, 2012
- [4] Scholz-Reiter, B., Sowade, S.: Wandlungsfähigkeit durch selbststeuernde Produktionssysteme - Ein Beispiel aus der Bekleidungsindustrie. Industrie Management 27(3), S. 9-12, 2011
- [5] Günthner, W.A., Heinecker, M., Wilke, M.: Materialflusssysteme für wandelbare Fabrikstrukturen. Industrie Management 18(5), S. 8-10, 2002
- [6] Nyhuis, P., Heinen, T., Reinhart, G., Rimpau, C., Abele, E., Wörn, A.: Wandlungsfähige Produktionssysteme - Theoretischer Hintergrund zur Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen. wt - Werkstatttechnik 98(1-2), S. 85-91, 2008

AUTOREN

Dipl.-Inf. **CHRISTOPH LEGAT** (geb. 1982) ist Doktorand der Siemens AG sowie am Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme der TU München. Sein Forschungsinteresse gilt der Flexibilisierung von Steuerungssoftware durch Anwendung von Methoden der Künstlichen Intelligenz.

**Siemens AG,
Corporate Technology,
Otto-Hahn-Ring 6, D-81739 München.
Tel. +49 (0) 89 63 64 31 35,
E-Mail: christoph.legat.ext@siemens.com**

**Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme,
Technische Universität München,
Bolzmannstr. 15, D-85748 Garching bei München,
Tel. +49 (0) 89 289 16448,
E-Mail: legat@ais.mw.tum.de**

- [7] Westkämper, E., Zahn, E., Tilebein, M.: Ansätze zur Wandlungsfähigkeit von Produktionsunternehmen – Ein Bezugsrahmen für die Unternehmensentwicklung im Turbulenten Umfeld. wt – Werkstatttechnik 90(1-2), S. 22-26, 2000
- [8] Witsch, D., Wannagat, A., Vogel-Heuser, B.: Entwurf wiederverwendbarer Steuerungssoftware mit Objektorientierung und UML. atp – Automatisierungstechnische Praxis 50(5), S. 54-60, 2008
- [9] Weyrich, M., Klein, P.: Engineering of automated Manufacturing Systems with Mechatronic Objects. In: 38th Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, S. 6170–6175. IEEE 2012
- [10] Prinz, J., Lüder, A., Suchold, N., Drath, R.: Beschreibung mechatronischer Objekte durch Merkmale. atp edition – Automatisierungstechnische Praxis 53(7-8), S. 62-69, 2011
- [11] Thramboulidis, K., Frey, G.: Towards a Model-Driven IEC 61131-based Development Process in Industrial Automation. Journal of Software Engineering and Applications 4(4), S. 217-226, 2011
- [12] Zühlke, D., Ollinger, L.: Agile Automation Systems Based on Cyber-Physical Systems and Service-Oriented Architectures. In: Lee, G. (Hrsg.): Advances in Automation and Robotics, 1, S. 567-574. Springer 2012
- [13] Wannagat, A., Vogel-Heuser, B., Mubarak, H., Göhner, P.: Evaluation of Agent-Oriented Methodologies for the Development of Flexible Embedded Real-Time Systems in Automation. atp international – automation technology in practice 49(1), S. 25-33, 2007
- [14] Finkemeyer, B., Kröger, T., Wahl, F.M.: Executing Assembly Tasks Specified by Manipulation Primitive Nets. Advanced Robotics 19(5), S. 591-611, 2005
- [15] Possel-Dölken, F., Herfs, W., Kempf, T., Brecher, C.: Kognitive Automatisierung – Szenarien und Ansätze für die selbstoptimierende Steuerung von Abläufen. atp – Automatisierungstechnische Praxis, 49(12), S. 50-60, 2007
- [16] Zäh, M.F., Wiesbeck, M.: A Model for Adaptively Generating Assembly Instructions Using State-Based Graphs. In: Mitsuishi, M., Ueda, K., Kimura, F. (Hrsg.): Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier, S. 195-198. Springer 2008
- [17] Vogel-Heuser, B., Braun, S., Obermeier, M., Jobst, F., Schweizer, K.: Usability Evaluation on Teaching and Applying Model-Driven Object Oriented Approaches for PLC Software. In: Proc. American Control Conference, S. 4464-4469. IEEE 2012
- [18] Schütz, D., Legat, C., Vogel-Heuser, B.: On Modelling the State-Space of Manufacturing Systems Using UML. In: Proc. 14th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, S. 469-474. Elsevier 2012.
- [19] Legat, C., Schütz, D., Vogel-Heuser, B.: Automatic Generation of Field Control Strategies for Supporting (Re-)Engineering of Manufacturing Systems. In: Journal of Intelligent Manufacturing 24(2). Springer 2013. doi:10.1007/s1045-013-0744-z

Dipl.-Ing. **DANIEL SCHÜTZ** (geb. 1984) ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme der Technischen Universität München. Sein Forschungsinteresse gilt der modellbasierten Entwicklung intelligenter, zuverlässiger Steuerungssoftware.

Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme, Technische Universität München, Bolzmannstr. 15, D-85748 Garching bei München

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

Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme, Technische Universität München, Bolzmannstr. 15, D-85748 Garching bei München

Dr. **STEFFEN LAMPARTER** (geb. 1977) ist Senior Research Scientist und Projektleiter bei der Siemens AG im Technologiefeld Business Analytics & Monitoring der zentralen Forschungsabteilung Corporate Technology.

Siemens AG, Corporate Technology, Otto-Hahn-Ring 6, D-81739 München

Dr. **CHRISTIAN SEITZ** (geb. 1975) ist Entwicklungsingenieur in der Vorfeldentwicklung des Sektors Industry der Siemens AG. Hauptthemengebiete sind neue Ansätze im Umfeld Wartung, Instandhaltung und Diagnose von Fertigungsanlagen.

Siemens AG, Industry Sector, Gleiwitzer Str. 555, D-90475 Nürnberg

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

Lehrstuhl für Automatisierung und Informationssysteme, Technische Universität München, Bolzmannstr. 15, D-85748 Garching bei München

Spielebasiertes Training gestalten und integrieren

Eine Fallstudie aus der Automobilmontage

Virtuelles, spielebasiertes Training von manuellen Montageprozessen ist ein vielversprechender Ansatz, um die Qualifikation von Mitarbeitern in der Automobilindustrie zu verbessern. Langfristiger Erfolg von neuen Trainingsmethoden ist nur zu erwarten, wenn die bestehenden Trainingsprozesse verstanden und sinnvoll ergänzt werden. In einer Fallstudie innerhalb der Automobilmontage wurden sie analysiert. Der Beitrag beschreibt, wie daraus Implikationen für die Gestaltung und die Integration von virtuellem, spielebasiertem Training abgeleitet wurden. Hauptziel ist eine möglichst hohe Akzeptanz bei Benutzern und Entscheidern.

SCHLAGWÖRTER Automobilmontage / Serious Games / Training / Virtual Reality

Developing and integrating game-based training – A case study in the automotive industry

Virtual, game-based training of manual assembly processes offers a promising approach to improve the qualification of employees in the automotive industry. New training methods can only be successful in the long-term if the existing training processes are understood and appropriately developed. In a case study, the existing training processes for automotive assembly were analyzed and implications derived for the design and integration of virtual, game-based training. The main goal is to achieve the greatest possible acceptance among users and decision makers.

KEYWORDS car assembly / serious games / training / virtual reality

DOMINIC GORECKY, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Kaiserslautern
KATHARINA MURA, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Kaiserslautern
IULIA VON FALKENHAUSEN, Technische Universität Kaiserslautern
JUDITH APOLD, FRANK ARLT, Adam Opel AG

Als Antwort auf die Absatzkrise streben Automobilhersteller durch neue Fahrzeugmodelle und -varianten eine Diversifizierung ihrer Produktpalette an [1], um so in rentablen Nischenmärkten Fuß zu fassen und die Abhängigkeit vom stagnierenden oder rückläufigen Volumenmarkt zu reduzieren. Die Planung, Entwicklung und Einführung von Produktmodellen und -varianten stellen eine enorme organisatorische und technologische Herausforderung dar, insbesondere angesichts der inhärenten Komplexität eines Fahrzeuges mit bis zu 10 000 Einzelteilen und der entsprechend notwendigen Anzahl an Fertigungsschritten. Die Produktkomplexität zeigt sich in der Endmontage am deutlichsten, da hier aus den zahlreichen Einzelteilen die endgültige Fahrzeugvariante entstehen muss. Gleichzeitig gilt die Endmontage als der Fertigungsbereich in der Automobilproduktion mit dem höchsten Anteil an manueller Arbeit [2]. Sie erfordert ein perfekt eingearbeitetes Team von Montagearbeitern, welche die Arbeitsschritte so gut beherrschen, dass die hohen Qualitätsanforderungen erfüllt werden [3].

Die Qualifizierung der Mitarbeiter an der Produktionslinie wird überwiegend durch Training an realen Fahrzeugprototypen durchgeführt (Hardware-Training). Diese Trainingsmethode weist eine Reihe von Defiziten auf, denen durch Technologien der Virtuellen Realität begegnet werden kann [3]. Der Beitrag untersucht die bestehende Trainingsmethode in der Automobilindustrie, um zu evaluieren, inwieweit sie durch ein virtuelles, spielbasiertes Training ergänzt oder ersetzt werden kann. Ein virtuelles, spielbasiertes Training von Montageprozessen stellt einen vielversprechenden Ansatz dar, um unterschiedliche Fahrzeugtypen und -varianten unmittelbar und in beliebiger Wiederholung und Detailstufe zu trainieren. Mit dem Einbringen von Spielelementen lassen sich auf Benutzerseite die Trainingsmotivation, das erfolgreiche Lernen und die Akzeptanz für das virtuelle Training sicherstellen.

Im Artikel wird zunächst der Stand der Forschung im Bereich des virtuellen Trainings im industriellen Kontext zusammengefasst und gegen das virtuelle, spielbasierte Training abgegrenzt. Danach wird exploriert, wie ein virtuelles, spielbasiertes Training gestaltet und wie

es in die bestehenden Trainingsprozesse integriert werden kann. Dafür wird anhand einer empirischen Fallstudie der aktuelle Trainingsprozess in der Anwendungsdomäne der Automobilindustrie analysiert. Aufbauend auf den Analyseergebnissen zum Trainingsablauf werden Gestaltungslösungen vorgeschlagen – welche Trainingsinhalte können sinnvoll mit dem virtuellen, spielbasierten Training trainiert werden und mit welchen Gestaltungselementen können die Trainingsinhalte erfolgreich erlernt werden? Aufbauend auf den Analyseergebnissen zum organisatorischen Kontext werden Integrationsansätze gezeigt – wie ist das virtuelle, spielbasierte Training in die bestehenden Entwicklungs- und Trainingsprozesse zu integrieren? Die Zielsetzung ist es, eine hohe Nutzerakzeptanz von Seiten der Trainees und Trainingsverantwortlichen zu erreichen.

1. TRAINING VON MONTAGEPROZESSEN

In [4] wird Training als „systematischer Erwerb von Fähigkeiten, Regeln, Konzepten oder Haltungen, der zu einer verbesserten Leistung in einer anderen Umgebung“ führt. Die gängigste Methode für das Training von Montageprozessen in der Automobilindustrie ist das Training unmittelbar am Arbeitsplatz (On-the-Job-Training) unter Verwendung realer Fahrzeugprototypen. Dabei übernimmt ein erfahrener Mitarbeiter die Funktion eines Trainers und leitet den Trainee an und beaufsichtigt ihn.

1.1 Virtuelles Training

Die Virtuelle Realität (VR) ermöglicht es, realitätsnahe, interaktive und immersive Lernumgebungen zu schaffen und so erfolgreiches Lernen zu fördern. Zahlreiche Studien belegen einen positiven Lerneffekt durch den Transfer von in der virtuellen Welt erworbenen Kenntnissen in die Realität, unter anderem [5].

Virtuelles Training als Teil der industriellen Ausbildungspraxis ist jedoch im Gegensatz zu Luftfahrt, Militär

und Medizin bisher weniger etabliert. Gegenüber den herkömmlichen, betrieblichen Trainingsansätzen verspricht es vor allem mehr Flexibilität und geringere Ausbildungskosten. Industriell eingesetzte VR-basierte Trainingssysteme schulen beispielsweise Wartungsprozesse [6] oder Fertigungsverfahren, wie zum Beispiel das Schweißen [7]. Auch manuelle Montageaufgaben lassen sich bereits durch VR-basierte Trainingslösungen realistisch darstellen und anleiten (darunter die auf dem Markt verfügbaren Softwarelösungen LivingSolids, Vizendo, nGrain und Cortona3D). Allerdings scheitern diese im betrieblichen Alltag oft aufgrund von zwei grundlegenden Problemen [3], die im Folgenden erläutert werden.

Die Datenaufbereitung (Authoring), welche notwendig ist, um die virtuellen Trainingsszenarien zu generieren, ist sehr aufwendig. Der naheliegende Ausweg besteht darin, die Trainingsinhalte möglichst ohne manuelle Überarbeitung aus den verfügbaren Daten- und Informationsstrukturen des Unternehmens zu übernehmen und in eine für die virtuelle Trainingsanwendung verständliche Repräsentation zu überführen. In [8] wird dazu ein informationstechnischer Integrationsansatz vorgeschlagen.

Das zweite Problem ist die geringe Nutzerakzeptanz der virtuellen Trainingsanwendungen. Sie ergibt sich aus der Art wie die virtuellen Trainingslösungen gestaltet und in die bestehenden Unternehmensprozesse integriert sind. Bei den bestehenden Trainingslösungen handelt es sich um simulationsartige, desktopbasierte Anwendungen, die über eine Click-and-Point-Interaktionsmetapher bedient werden. Da die Interaktion nicht der tatsächlichen Trainingsaufgabe entspricht, sind negative Auswirkungen auf den potenziellen Lernerfolg, die Motivation und die Akzeptanz der zu Trainierenden zu erwarten [9]. Weiterhin kann ohne sinnvolle und abgestimmte Integration des Trainings in den Betriebsalltag keine Akzeptanz bei den Beteiligten und Entscheidungsträgern geschaffen werden. Es bedarf einer ausreichenden Beachtung und Ergänzung der bestehenden Trainingsprozesse, zum Beispiel im Hinblick auf die Veränderung von Rollen und Aufgaben sowie auf organisatorische Faktoren.

1.2 Virtuelles, spielebasiertes Training

Unter den Begriffen Gamification, Serious Games und Game-Based Learning gibt es in der Literatur vermehrt Ansätze, die Videospielelemente, wie ansprechendes Design, eine interessante Geschichte, Spaß, Wettbewerb, Herausforderung und Belohnungssysteme, nicht nur zur reinen Unterhaltung [10], sondern auch zur Wissensvermittlung und Leistungssteigerung verwenden. Beispielsweise zeigt [11], wie sich reale, manuelle Montageoperationen in ein virtuelles, Tetris-ähnliches Spiel übertragen lassen, indem die Schnelligkeit des Mitarbeiters in der realen Montageaufgabe der Zahl der zerstörten Ziegel in dem Spiel und einer erhöhten Punktezahl entsprach. Es zeigten sich positive Effekte auf die Motivation der Testpersonen und eine gesteigerte Arbeitsqualität.

Die Anreicherung von virtuellem Training mit spielebasierten Ansätzen hat das Potenzial, sich positiv auf das Lernen, die Motivation und die Akzeptanz auszuwirken. Denn im Gegensatz zu reinen Simulationen fördert ein ansprechendes Spieledesign mit intuitiven Interaktionsmöglichkeiten das Explorieren und Mani-

pulieren der Spielumgebung und der darin präsentierten Inhalte. Das Lernen gestaltet sich dadurch als aktiver, selbstgesteuerter Prozess anstatt als passive Informationsaufnahme. Der Einsatz von Spielelementen steigert außerdem die Motivation, sich wiederholt mit der Spielumgebung und dem inhärenten Lernstoff auseinanderzusetzen. Viele Spieler erleben beim Spielen von Computerspielen einen als Flow bezeichneten Zustand, der sich durch hohe Konzentration, intrinsische Motivation und müheloses Engagement auszeichnet [12]. Letztlich weisen Computerspiele für den kommerziellen Gebrauch heutzutage eine immer höhere Bedeutung und Beliebtheit auf. Es deutet sich an, dass deren Einsatz auch im Arbeitsumfeld Freude und Spaß fördern und damit die Akzeptanz bei den Trainees erhöhen kann.

2. EMPIRISCHE FALLSTUDIE ALS GRUNDLAGE

Die Fallstudie untersucht den aktuellen Trainingsprozess in der Automobilindustrie (Hardware-Training). Aus den Ergebnissen zum Trainingsablauf (Abschnitt 2.2) werden Empfehlungen für die Gestaltung abgeleitet (Abschnitt 3) und aus den Ergebnissen zu den organisatorischen Rahmenbedingungen (Abschnitt 2.3) werden Lösungen für die Integration des virtuellen, spielbasierten Trainings vorgeschlagen (Abschnitt 4).

2.1 Vorgehensweise und Stichprobe

Um das Training bezüglich Nutzerrollen, Aufgaben sowie Material, Inhalt und Ablauf zu analysieren, wurde in einem Werk eines deutschen Automobilherstellers eine etwa 45-minütige teilnehmende Beobachtung durchgeführt, an der zwei männliche Trainer und ein weiblicher Trainee teilnahmen. Die Mitarbeiterin wurde bei der Montage des Cockpits eines neuen Fahrzeugmodells angelernt. Alle drei waren im Alter zwischen 45 und 55 Jahren und seit mindestens zehn Jahren bei dem Hersteller beschäftigt. Sie nahmen anschließend an einem strukturierten Interview teil.

Zusätzlich wurde die Frage gestellt, wie die Trainees das Training subjektiv bewerten. In diesem Zusammenhang wurde in drei europäischen Werken (Deutschland, Spanien und Polen) desselben Automobilherstellers ein Fragebogen zur Zufriedenheit mit der aktuellen Trainingsmethode verteilt und von sechs Trainees ausgefüllt. Ihre qualitativen Angaben zu positiv und negativ erlebten Aspekten des aktuellen Trainings gingen in die Fallstudie ein. Darüber hinaus sollten die organisatorischen Rahmenbedingungen untersucht werden. Dazu wurde die Fallstudie durch ein Experteninterview mit einem Planungsingenieur ergänzt.

2.2 Ergebnisse: Trainingsablauf

Auf Basis der Fallstudie wurden die Aufgaben der Trainer und Trainees während des Trainingsablaufs identifiziert und die Trainingsinhalte und deren Vermittlung beschrieben. Subjektive Meinungen der Trainees zum Trainingsprozess wurden gesammelt. Tabelle 1 fasst diese Ergebnisse zusammen.

Das Training der Cockpit-Montage führten die Trainer in einem durch Stellwände abgegrenzten Bereich durch (Near-the-Job). Zur Vorbereitung erstellten sie Montageanleitungen aus der verfügbaren Produktinformation, markierten kritische Operationen oder Abweichungen zwischen dem dokumentierten und dem real verfügbaren Produkttyp und stellten die benötigten Hardwareteile bereit. Sie planten je nach Komplexität die erforderliche Trainingszeit pro Operation ein und dokumentierten die Einhaltung der Trainingspläne.

Beim Training wurde dem Trainee durch den Trainer erklärt und demonstriert, wie das komplette Cockpit montiert wird, welche Operationen kritisch sind und wo mögliche Fehlerquellen auftreten, welche Werkzeuge verwendet und welche Bauteile, zum Beispiel Schrauben, benötigt werden. Es folgten daraufhin mehrere Trai-

ningseinheiten, in denen der Trainee die Montage selbst durchführte und die Abfolge der Operationen sowie den haptischen Umgang trainierte. Dabei unterstützte ihn der Trainer und gab gegebenenfalls Feedback zu Fehlern. Bei Operationen, die eine Zusammenarbeit erfordern, übernahm ein zweiter Trainer die Rolle des Kollegen.

An das Near-the-Job-Training schließt sich mit dem Serienanlauf des neuen Fahrzeugs das On-the-job-Training an, in dem graduell auf Schnelligkeit und mit Zeitdruck an der Linie trainiert wird (siehe Bild 1).

2.2 Ergebnisse: Organisatorische Rahmenbedingungen

Neben dem Trainingsablauf ist es wichtig, den organisatorischen Kontext zu analysieren, die Rahmenbedingun-

Vor- und Nachbereitung des Trainings Was muss vor und nach dem eigentlichen Training getan werden?	– Erstellung von Montageanleitungen durch Trainer – Erstellung zusätzlicher Illustrationen durch Trainer – Bereitstellung der Hardwareteile am Trainingsplatz – Erstellung, Kontrolle und Dokumentation der Trainingspläne durch Trainer	
Trainingsinhalte Was wird den Mitarbeitern im Training vermittelt?	– Richtige Reihenfolge der Operationen – Beteiligte Werkzeuge – Beteiligte Bauteile – Art und Weise der Montage (zum Beispiel Hintergrundinformation zum Verbinden von Kabelsträngen) – Kritische Operationen und mögliche Fehlerquellen – Richtiger haptischer Umgang mit dem Material	
Art der Wissensvermittlung Welche Methoden wenden die Trainer zum Anlernen der Mitarbeiter an?	– Theoretische Einführung durch Trainer – Demonstration durch Trainer – Selbstständiges, wiederholtes Durchführen der Montageoperationen durch Trainee – Individuelle Rückmeldung und Unterstützung durch Trainer – Training mit Zeitdruck an der Produktionslinie	
Subjektive Bewertung des Trainingsprozesses durch die Trainees (hier Aussagen von sechs Trainees) Wie erleben die Trainees das Training?	positive Aspekte – Möglichkeit zur Interaktion mit dem Trainer – Qualität der Wissensvermittlung – Möglichkeit, Neues zu sehen und zu lernen – Möglichkeit, Arbeitsleistung zu verbessern	negative Aspekte – Zeitliche Engpässe und Zeitdruck – Operationen zu Bauteilen, die nicht verfügbar sind (zum Beispiel, weil sie noch nicht freigegeben wurden), können nur theoretisch besprochen werden.



BILD 1: Mitarbeiter an der Produktionslinie beim On-the-job-Training

TABELLE 1: Zusammenfassung der Ergebnisse zum Trainingsablauf mit Wissensinhalten, ihrer Vermittlung und der subjektiven Bewertung

gen für die Integration eines virtuellen, spielebasierten Trainings zu kennen und geeignete Lösungsansätze zu bestimmen. Das Training der Mitarbeiter an der Produktionslinie, wie in Bild 2 skizziert, kann erst nach Abschluss einer langen Vorbereitungsphase beginnen. Dazu gehört die Zeit, in der das neue Fahrzeug und seine Produktion geplant wurden, die Zeit bis die Trainer mit den virtuellen als auch realen Prototypen auf das Training vorbereitet wurden, sowie die Zeit bis die Hardware-Prototypen tatsächlich verfügbar sind.

Für das Training vor Produktionsstart stehen maximal zwei Wochen pro Trainee mit einem Hardware-Prototyp zur Verfügung. Eine einzelne Near-the-Job-Trainingseinheit mit einem Hardware-Prototypen dauert je Mitarbeiter etwa 45 Minuten. Diese Trainingseinheit wird je nach zeitlicher Verfügbarkeit vier- bis sechsmal an unterschiedlichen Tagen wiederholt. Das führt zu hohem Zeitdruck bei Trainern und Trainees.

Die Hardware-Prototypen, die zum Trainieren der Operationen dienen, werden entweder speziell angefertigt oder durch Hinzunahme älterer, verfügbarer Bauteile zusammengebaut. Sie repräsentieren eine begrenzte Anzahl an Produktvarianten, das heißt, mögliche Abweichungen (zum Beispiel Lenkrad rechts) und Ausstattungsextras (zum Beispiel Freisprecheinrichtung) können nicht trainiert werden. Die benötigten Bauteile des Prototypen sind zu Trainingsbeginn und im Laufe des Trainings häufig nicht vollständig. Außerdem erfordert der Materialverschleiß der Hardwareteile, dass von Zeit zu Zeit Reparaturen durchgeführt werden müssen.

Die organisatorischen Rahmenbedingungen, die sich aus der Fallstudie ergeben, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Frühestmöglicher Beginn des Trainings ist erst nach Abschluss der Produktentwicklung.
- Eine Trainingseinheit inklusive Auf- und Abbau der Hardware dauert etwa eine Stunde.
- Das Training ist nur einem Trainee pro Trainingseinheit zugänglich.
- Die Vollständigkeit der verfügbaren Hardwareteile ist eingeschränkt.
- Die Wiederholbarkeit des Trainings ist aufgrund des Materialverschleißes eingeschränkt.
- Die Produktvarianten, die abgebildet werden können, sind begrenzt.

3. LÖSUNGSANSÄTZE FÜR DIE GESTALTUNG

Es werden nun Anforderungen an die effiziente und effektive Gestaltung des virtuellen, spielebasierten Trainings formuliert. Auf Basis des Stands der Technik und der Ergebnisse der Fallstudie zum Trainingsablauf schlagen die Autoren Gestaltungslösungen vor, die den Lerninhalt, das Lernkonzept und die Auswahl der Interaktionsmittel umfassen.

Im ersten Schritt wird entschieden, welche Trainingsinhalte bei der Gestaltung des virtuellen, spielebasierten Trainings realisiert werden. Basierend auf der Gegenüberstellung in Tabelle 2 sowie den Ergebnissen aus der Fallstudie wurde in Tabelle 3 festgelegt, welche Trainingsinhalte durch das virtuelle, spielebasierte Training zu vermitteln sind. Der Trainingsinhalt des virtuellen Trainings

ist das Wissen über das Produkt und den zugehörigen Prozess einschließlich der benötigten Hilfsmittel, welche möglichst realistisch dargestellt sein müssen, um dem Benutzer einen leichten Transfer zum späteren realen Produkt zu ermöglichen. Außerdem ist die Montagesequenz, das heißt die Reihenfolge der Einzeloperationen ein wichtiger Trainingsinhalt. Da sich mittels eines virtuellen, spielebasierten Trainings viele Varianten abbilden lassen, sollte dieses Potenzial zwingend realisiert werden. Die Handhabung des realen Materials und die praktische Finesse können im virtuellen Training nicht oder nur mit Einschränkungen und hohen technischen Aufwänden verwirklicht werden (siehe Tabelle 2).

Für die Vermittlung des Wissens gibt es im virtuellen, spielebasierten Training viele Gestaltungsmöglichkeiten. Die theoretische Einführung zum Produkt und seiner Endmontage, die die Trainer im Hardware-Training zu Beginn geben, lässt sich durch realistische Simulationen und Tutorials ersetzen. Interaktive Übungen zum Einstieg, wie zum Beispiel Mini-Quiz oder die Möglichkeit, die relevanten Teile aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten, dienen dem Kennenlernen und Vertrautmachen mit dem Produkt und Prozess. Daraufhin kann der Ablauf selbstständig in dem System in einer ansprechend gestalteten Spielumgebung durchgespielt werden. Die Aktionen des Trainees sind von akustischem und direktem Feedback begleitet. Die Anforderungen an den Benutzer werden dabei schrittweise und angepasst an den Lernfortschritt gesteigert: Zunächst muss er den richtigen, nächsten Schritt aus einer gegebenen Vorauswahl finden, später muss er zu dem richtigen Schritt das passende Werkzeug selbst auswählen und schließlich muss er die gesamte Sequenz in der richtigen Reihenfolge mit der richtigen Kombination aus Bauteilen und Werkzeugen virtuell ausführen.

Der Wettbewerb gegen sich selbst oder in der Gruppe (Highscores) soll implementiert werden, um zum wiederholten Training der Operationen zu motivieren und die Leistung zu verbessern. Die ansprechend gestaltete Spielumgebung stellt außerdem einen wichtigen Anreiz dar, unterschiedliche Varianten zu trainieren.

Als Interaktionsmittel für das spielebasierte, virtuelle Training eignen sich Geräte aus der Konsumelektronik (zum Beispiel Microsoft Kinect, Nintendo Wii), welche eine natürliche, multimodale Interaktion zu geringen Anschaffungskosten bieten (vergleiche Bild 3). Die gestenbasierte Interaktion ermöglicht intuitive Manipulationen der virtuellen Umgebung (beispielsweise Verändern der Sicht auf das Produkt, Aufnehmen von Werkzeugen, Hinführen zum Ort der Montage, Ausführen von Schraubbewegungen).

4. LÖSUNGSANSÄTZE FÜR DIE INTEGRATION

Zusätzlich zu den Anforderungen an die Gestaltung des virtuellen, spielebasierten Trainings werden in diesem Abschnitt die Anforderungen und Lösungsansätze für die Integration in die bestehenden organisatorischen Rahmenbedingungen beschrieben, die in Abschnitt 2.3 identifiziert wurden.

Wie in Tabelle 2 gezeigt, besitzt das virtuelle, spielebasierte Training in der Automobilmontage das Potenzial, die Nachteile des Hardware-Trainings an realen Vorserienfahrzeugen auszugleichen, ohne dieses aber zu

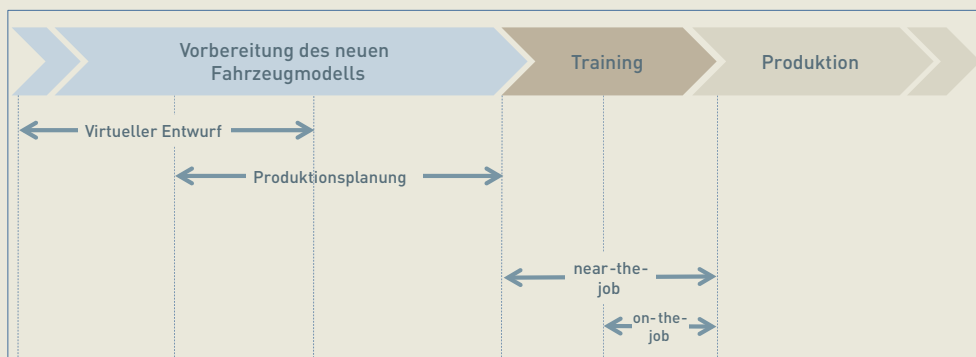


BILD 2: Zeitlicher Verlauf von den Produkt- und Produktionsplanungsphasen für ein neues Fahrzeug bis zum Start der Produktion. Dazwischen liegt die Trainingsphase.

	Virtuelles Training	Hardware-Training
Produkt/Bauteil	Aussehen, spezifische Merkmale	Aussehen, spezifische Merkmale, Gewicht, Haptik
Operation/Prozess	Einbauposition, umliegende Bauteile, erforderliche Werkzeuge und Zubehör, Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen	Bewegungsabläufe zum Positionieren, Justieren und Fixieren von Bauteilen, Handhabung von Werkzeugen
Montagesequenz	Durchspielen der Reihenfolge der Einzeloperationen	Ausführung der Einzeloperationen am realen Prototypen
Finesse	Hintergrundinformation zum Beispiel bezüglich der Qualitätsanforderungen	Geschickte, praktische Ausführung, Hintergrundinformation

TABELLE 2: Vergleich der Trainingsinhalte im virtuellen Training und traditionellen Hardware-Training, in Anlehnung an [13]

ersetzen. Das in dem virtuellen, spielebasierten Training erworbene Wissen begünstigt das nachfolgende Erlernen der motorischen Fertigkeiten, die durch wiederholte motorische Ausübung im Hardware-Training vermittelt werden [5, 14]. Die Trainees sollen demnach Vorwissen zur Art und Reihenfolge der Montage erworben haben und können Erfahrungen zu den Montageoperationen aus dem virtuellen Spiel unmittelbar einbringen.

Um die Akzeptanz der Trainer auch gegenüber neuartigen Trainingsansätzen zu gewährleisten, dürfen ihre Kompetenzen nicht leichtfertig beschnitten werden. Die Trainer sollen neben dem Hardware-Training das virtuelle Training unterstützen. Aufgaben, wie das Erstellen und Pflegen der Trainingssitzungen und -pläne, sollen nach der Einführung eines virtuellen, spielebasierten Trainings in den Händen der Trainer verbleiben. Wie bisher begleiten sie die Trainees durch das virtuelle Trainingssystem und evaluieren und besprechen die Ergebnisse und das Feedback aus dem virtuellen Training.

Im Rahmen des virtuellen Trainings verändert sich voraussichtlich auch die Einflussnahme der Trainees. Durch die aktive Exploration soll sich ihr Aufgabenspektrum um die Feedbackoption erweitern, mit der Vorschläge und Kommentare in dem virtuellen Training digital erfasst werden. Damit schließt die Kombination aus virtuellem und Hardware-Training die Lücke zwischen den digitalen Modellen und Werkzeugen in der Produktentstehung und den realen Produkteigenschaften und Pro-

duktionsbedingungen. Einerseits lässt sich die Information über geplante Produkte schon früh zu Trainingszwecken nutzen, andererseits kann die Information der Trainees zur Optimierung der Produktentwicklung und Produktionsplanung medienbruchfrei zurückfließen (siehe Bild 4). Ein dazu geeigneter informationstechnischer Integrationsansatz wird in [8] aufgezeigt.

Durch den früheren Beginn des virtuellen, spielebasierten Trainings besteht das Potenzial, den Zeitdruck vor Start der Produktion zu entschärfen, weil bereits ein Wissensvorsprung erarbeitet wurde. Durch die Entlastung der Trainer, beispielsweise hinsichtlich des Reparaturaufwands, soll mehr Zeit zum praktischen Umgang mit der echten Hardware und für den Wissensaustausch mit den Trainees zur Verfügung stehen, den beide Parteien in der Fallstudie als sehr wichtig und als großen Pluspunkt im Rahmen des Trainings bewerteten. Nachhaltiges Near-the-Job-Training während der Produktion kann minimiert werden. Das On-the-Job-Training kann mit einer höheren Taktzeit beginnen. Bild 4 gibt die zeitliche Integration des virtuellen, spielebasierten Trainings im Produktentstehungsprozess wieder.

Nicht unwesentlich für die Akzeptanz bei der Einführung von Computer-gestützten Trainingssystemen ist der Umgang mit den erfassten Mitarbeiterdaten. Eine frühe und enge Einbindung von Betroffenen und Interessensvertretern (zum Beispiel Betriebsrat) in den Entwicklungsprozess beseitigt datenschutzrechtliche Hindernisse.

Trainingsinhalte	– Es soll Wissen vermittelt werden, in welcher Reihenfolge welche Produktteile mit welchen Bauteilen und Werkzeugen an welcher Position montiert werden. – Der Kontext, die Bauteile und Werkzeuge sollen realistisch gestaltet sein. – Alle wichtigen Varianten sollen abgebildet werden.
Art der Wissensvermittlung	– Die Einführung soll mittels virtueller Simulation erfolgen. – Interaktives Training mit Quiz soll die selbstständige Exploration mit dem Produktmodell und der Montage fördern. – Die richtige Montage soll mit steigender Schwierigkeit trainiert werden. – Das Training soll in einer ansprechend gestalteten Spielumgebung stattfinden, um die Motivation zur wiederholten Übung und den Lernerfolg zu fördern. – Die ausgewählte Hardware aus der Konsumelektronik soll eine intuitive, natürliche Interaktion ermöglichen.
Subjektive Bewertung des Trainingsprozesses durch die Trainees	– Die Benutzer sollen ein kontinuierliches Leistungsfeedback bekommen. – Die Spielelemente sollen den Spaß beim Training fördern.
Vor- und Nachbereitung des Trainings	– Zum Verwalten und Auswerten der Trainingsergebnisse durch den Trainer soll ein Werkzeug zur Trainingsorganisation und -statistik zur Verfügung stehen. – Die Trainer sollen geeignete Trainingsszenarien für einzelne Trainees oder die Gruppe auswählen können. – Die Rolle des Trainers soll einen wichtigen Stellenwert behalten. – Die Aufgabe der Trainees, Feedback zur Montage zu geben, soll in dem virtuellen Training implementiert sein.

TABELLE 3: Anforderungen an die Gestaltung des virtuellen, spielbasierten Trainings



BILD 3: Prototyp für das virtuelle, spielbasierte Training unter Verwendung einer Microsoft Kinect

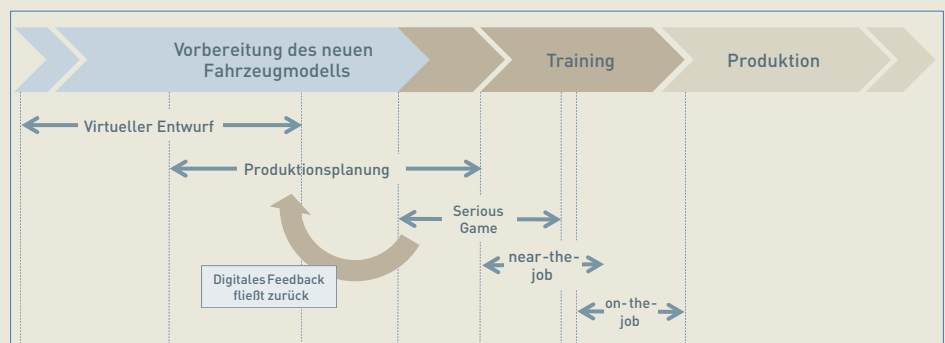


BILD 4: Integration des virtuellen, spielbasierten Trainings führt zu früherem Trainingsbeginn, medienbruchfreiem Feedback, verkürztem Near-the-Job- und beschleunigtem On-the-Job-Training.

FAZIT

Die Fallstudie in der Automobilindustrie zeigt den Ablauf und die Organisation des Hardware-Trainings auf. Der Beitrag erklärt, wie ein virtuelles, spielbasiertes Training ergänzend integriert werden kann, um die bestehenden Defizite (beispielsweise mangelnde Vollständigkeit, Flexibilität, Wiederholbarkeit) aufzuheben. Mittels virtuellem Training wird frühzeitig ein Wissensvorsprung erarbeitet, der im Hardware-Training vertieft wird. Durch eine Neudefinition der Rollen von Trainer und Trainees unter Beachtung eines partizipativen, benutzerzentrierten Vorgehens lässt sich deren Akzeptanz sicherstellen.

Für die Gestaltung wird festgelegt, dass vor allem deklaratives Wissen adressiert werden soll. Realistische Simulationen, Steigerung der Schwierigkeit in der interaktiven Lernumgebung, Wettbewerb und effektvolles Feedback werden als Gestaltungselemente zur Förderung des Lernens und der Motivation vorgeschlagen. Das Potenzial bezüglich der Akzeptanz liegt darin, dass das Trainingsspiel und der damit verbundene Spaß als Anreiz zum Trainieren fungieren. Die präsentierten Lösungsansätze werden in kommenden Arbeiten evaluiert.

MANUSKRIPTEINGANG

31.10.2012

Im Peer-Review-Verfahren begutachtet

DANKSAGUNG

Diese Arbeit entstand im Rahmen des EU-FP7-geförderten Forschungsprojekts „Virtual Simulation and Training of Assembly and Service Processes in Digital Factories“ (VISTRA).

REFERENZEN

- [1] Schuh, G., Kampker, G., Franzkoch, B.: Anlaufmanagement. wt Werkstattstechnik 95, S. 405-409, 2005
- [2] Kropik, M.: Überblick über die Automobilfertigung. In: Produktionsleitsysteme in der Automobilfertigung. S. 1-30. Springer 2009
- [3] Krammer, P., Neef, D., Plapper, P.: Advanced Manufacturing Technologies for General Assembly. SAE Technical Paper, 2011
- [4] Goldstein, I. L.: Training in organizations: needs assessment, development and evaluation. Thomson Brooks/Cole 1993
- [5] Malmsköld, L.: Virtual Training - Preparatory Training in Automotive Assembly. Chalmers University of Technology 2012
- [6] Wang, Q. H., Li, J. R.: A desktop VR prototype for industrial training applications. Virtual Reality 7(3-4), S. 477-488, 2004
- [7] Stone, R., Watts, K., Zhong, P.: Virtual Reality Integrated Welder Training. Welding Journal 90, S. 136-141, 2011
- [8] Stork, A., Gorecky, D., Stahl, C., Loskyll, M., Michel, F.: Enabling Virtual Assembly Training in and beyond the Automotive Industry. In: Proc. 18th Int. Conf. Virtual Systems and Multimedia 2012, S. 347-352. IEEE 2012
- [9] Gorecky, D., Lawson, G., Mura, K., Hermawati, S., Overby, M. L.: User-centered design of a training system. In: Proc. 4th Int. Conf. Applied Human Factors and Ergonomics, S. 78-87. CRC Press 2012
- [10] Deterding, S., Sicart, M., Nacke, L., O'Hara, K., Dixon, D.: Gamification: Using game-design elements in non-gaming contexts. In: Proc. ACM CHI 2011, S. 2425-2428. ACM 2011
- [11] Korn, O.: Industrial Playgrounds. How Gamification helps to enrich work of elderly or impaired persons in production. In: Proc. 4th ACM Symp. Engineering Interactive Computing Systems EICS S. 313-316. ACM 2012
- [12] Pavlas, D., Heyne, K., Bedwell, W., Lazzara, E., Salas, E.: Game-based Learning: The Impact of Flow State and Videogame Self-efficacy. In: Proc. Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 54(28), S. 2398-2402. SAGE 2010
- [13] Malmsköld, L., Örtengren, R., Carlson, B. E., Svensson, L.: Virtual Training - Towards a Design Framework. In: Proc. World Conf. E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2007, S. 6299-6307. AACE 2007
- [14] Dawei, J., Bhatti, A., Nahavandi, S.: Design and evaluation of a haptically enable virtual environment for object assembly training. In: Proc. Workshop Haptic Audio visual Environments and Games 2009, S. 75-80. IEEE 2009

AUTOREN

Dipl.-Ing. **DOMINIC GORECKY** (geb. 1984) leitet die Mensch-Maschine-Interaktionsgruppe am Fachbereich Innovative Fabrikssysteme am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz. Wissenschaftlich beschäftigt er sich unter anderem mit zukunftsweisenden Assistenz- und Trainingssystemen für das Fabrikumfeld.

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz,
Trippstadter Str. 122, D-67663 Kaiserslautern,
Tel. +49 (0) 631 205 75 53 87,
E-Mail: dominic.gorecky@dfki.de

Dipl.-Psych. **KATHARINA MURA** (geb. 1985) ist wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Gruppe Mensch-Maschine-Interaktion am Fachbereich Innovative Fabrikssysteme, wo sie sich mit Assistenz- und Trainingssystemen für den industriellen Einsatz beschäftigt.

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz,
Trippstadter Str. 122, D-67663 Kaiserslautern

Dipl.-Wirt.-Ing. **IULIA VON FALKENHAUSEN** (geb. 1985) studierte Wirtschaftsingenieurwesen mit den Schwerpunkten Innovation, Virtuelle Produktentwicklung und Produktion an der TU Kaiserslautern. Sie schrieb ihre Diplomarbeit im Rahmen des FP7-Projektes Vistra in Kooperation mit der Adam Opel AG und dem Lehrstuhl Produktionsautomatisierung (Prof. Dr.-Ing. Zühlke).

Technische Universität Kaiserslautern,
Trippstadter Str. 122, D-67663 Kaiserslautern

Dipl.-Ing. **JUDITH APOLD** (geb. 1982) ist Projekt Ingenieurin bei der Adam Opel AG und arbeitet im Bereich Fertigungsplanung für die Vorausbildung von neuen Fertigungstechnologien für die Final- und Endmontage.

Adam OPEL AG,
Bahnhofsplatz, D-65423 Rüsselsheim

FRANK ARLT (geb. 1970) ist Ingenieur für Fertigungssimulation bei der Adam Opel AG und arbeitet als Technischer Koordinator des FP7-Projektes Vistra in der Fertigungsplanung Montage im Bereich der virtuellen Entwicklung.

Adam OPEL AG,
Bahnhofsplatz, D-65423 Rüsselsheim

Auf dem Weg vom Spielzeug zum Werkzeug

Entwicklung und Einsatz mobiler Applikationen für die Automatisierungstechnik

Mobile Endgeräte und Applikationen (Apps) finden mehr und mehr Einzug in die Automatisierungstechnik. Firmen wie Siemens, Phoenix Contact und Weidmüller stellen bereits erste Apps zur Verfügung. Der Markt der mobilen Endgeräte umfasst derzeit allerdings zueinander inkompatible Plattformen, wodurch die Apps für jede Plattform neu entwickelt werden müssen. Neben der Entscheidung für eine Zielpattform kann auf verschiedene Entwicklungsansätze zurückgegriffen werden. Um diese Entscheidungen zu erleichtern, gibt dieser Beitrag einen Einblick in die Entwicklungsansätze und Abläufe der verschiedenen Plattformen. Dazu gehören native Apps, die mit plattform-spezifischen Sprachen und Werkzeugen entwickelt werden. Im Gegensatz dazu stehen plattformunabhängige Apps, die auf Web-Technologien basieren. Das Fraunhofer-Anwendungszentrum Industrial Automation IOSB-INA und das Institut Industrial IT in Lemgo entwickeln derzeit Apps für den Einsatz in der Automation. Drei dieser Entwicklungen werden im Artikel präsentiert.

SCHLAGWÖRTER Smartphones / Industrielle Apps / Wartung / Diagnose / Konfiguration

From Toys to Tools – Developing mobile applications for industrial automation

Mobile devices are increasingly being used in the field of automation, and companies such as Siemens, Phoenix Contact und Weidmüller already offer apps. However, mutually incompatible platforms mean that various versions have to be developed. Apart from opting for a specific platform, the development may be simplified by adopting platform independent approaches, like the creation of web-based applications. These and other fundamentals are discussed. A general overview is given of the market of mobile devices, and three app developments are presented based on projects of the Fraunhofer Application Centre IOSB-INA and the Institute Industrial IT in Lemgo, Germany.

KEYWORDS smartphones / industrial apps / maintenance / diagnosis / configuration

SEBASTIAN FALTINSKI, ISI-Automation
MICHAEL JÄGER, Institut Industrial IT
OLIVER NIGGEMANN, Institut Industrial IT
FRANK MAREK, ISI-Automation

Als Apple 2007 das iPhone auf den Markt brachte, entstand ein neuer Markt für Mobiltelefone, die mehr konnten, als nur zu telefonieren und SMS zu verschicken. Seitdem erscheint jedes Jahr ein Nachfolgemodell mit immer neuen Funktionen, schnelleren Prozessoren und besseren Displays. Ähnliches gilt für das iPad, das seit 2010 erhältlich ist. Dieses Gerät ersetzt jedoch kein bereits vorhandenes Mobiltelefon – stattdessen hat Apple mit dem iPad einen neuen Markt geschaffen, der irgendwo zwischen Notebook und Smartphone liegt. Konkurrenz kommt im Markt der mobilen Geräte seit 2008 vor allem von Googles freiem Betriebssystem Android. Betriebssysteme wie Microsofts Windows Phone spielen bisher noch eine untergeordnete Rolle [1].

Unabhängig davon, welches Gerät einen im Alltag begleitet, sind die auf dem Smartphone installierten Programme (Apps) entscheidend für den Nutzen, den das Gerät seinem Besitzer bietet. Einzelne Apps sind zumeist auf einen eingeschränkten Anwendungsfall zugeschnitten.

Der Markt für Apps wächst stark. Apple verkündete auf der Apple-Entwicklerkonferenz WWDC 2012 (Juni 2012), dass bereits mehr als 30 Milliarden Apps aus dem App Store geladen wurden. Dieser bietet den 400 Millionen angemeldeten Besitzern von iOS-basierten Geräten eine Auswahl aus 650 000 unterschiedlichen Apps an. Google stellt für das Android System im Play Store etwa 600 000 verschiedene Apps zur Auswahl [2], die bis Ende 2011 etwa 10 Milliarden mal heruntergeladen wurden [3].

Im Verhältnis zu den beiden Konkurrenten ist die Auswahl bei Microsofts Windows Phone 7 eingeschränkt, da hierfür (Stand 6/2012) nur etwa 100 000 unterschiedliche Apps zur Verfügung stehen [4]. Allerdings hatte Android etwa zwei Jahre Zeit, um seinen Vorsprung auszubauen.

Diese Zahlen zeigen, dass der Markt für mobile Plattformen eine nicht zu unterschätzende Größe darstellt und für viele Unternehmen interessant sein kann. Auch die Aussichten für die kommenden Jahre sind sehr po-

sitiv. So prognostiziert Forrester Research ein Wachstum des weltweiten App-Markts von heute sechs Milliarden US-Dollar auf 55,7 Milliarden US-Dollar im Jahr 2015 [5]. Doch die in den Vertriebsplattformen verfügbaren Apps sind größtenteils für Aufgaben ausgelegt, die eher bei einem Privatanwender anfallen. Mit zunehmender Beliebtheit der Geräte stellt sich die Frage, ob sich auch Aufgaben im industriellen Bereich dank Apps leichter, schneller oder angenehmer lösen lassen. Ein Angebot von Apps für den industriellen Einsatz ist bereits vorhanden, jedoch sicher noch ausbaufähig. Die verfügbaren Apps behandeln häufig den Bereich Support für Industriekunden [6], Produktkataloge [7, 8] und Kundeninformationen [9].

Die Einsatzszenarien im industriellen Umfeld sind jedoch vielfältiger und reichen über alle Lebensphasen einer technischen Anlage von der Planung über die Inbetriebnahme und Wartung bis zum Umbau. In der Planungsphase lässt sich die Leistungsfähigkeit der kleinen Geräte nutzen, um 3D-Modelle in der noch leeren Produktionshalle dem Kunden vorzustellen. Dabei sind Anwendungen aus dem Bereich Augmented Reality denkbar, die geplante Anlagenkomponenten direkt in die bereits vorhandene Umgebung abbilden und auf dem Gerätedisplay darstellen.

Die Parametrierung von Feldgeräten ist ein weiterer Anwendungsbereich für mobile Apps. Hier gibt es bereits Lösungen von unterschiedlichen Herstellern, um beispielsweise Klemmen zu parametrieren [10] oder auf Controller zuzugreifen [8]. Solche Apps bieten die Chance, kleinere Störungen direkt vor Ort zu beheben, ohne dass weitere Hardware und Software für die Fehlerbehebung benötigt wird.

Nachdem eine Anlage in Betrieb genommen wurde, ist es häufig hilfreich, Prozessdaten nicht nur in einem zentralen Leitsystem zu visualisieren, sondern diese auch im Feld anzubieten. Hier lassen sich anlagenunabhängige Visualisierungswerkzeuge verwenden, die zu jeder Zeit und an jedem Ort die notwendigen Prozessdaten in Echtzeit bereitstellen. Ein Zugriff auf Daten der Feldebene erfolgt dabei über bereits etablierte Pro-

tokolle wie OPC UA. Durch die in den Geräten vorhandene Kamera ist es zudem möglich, eine Störung aufzuzeichnen, zu dokumentieren oder direkt an einen zentralen Support zu senden.

Software für Geräte aus dem Produktionsbereich – wie Barcodescanner oder Datenerfassungsterminals – basieren häufig auf Betriebssystemen wie Windows CE, die teilweise in die Jahre gekommen sind. Hier bieten sich weitere Einsatzbereiche für moderne App-basierte Lösungen.

1. ANWENDUNGSBEISPIELE

Der folgende Abschnitt beschreibt drei Anwendungsbeispiele von Apps aus dem industriellen Umfeld.

1.1 Prozess- und Energiedatenvisualisierung

Die Visualisierung von Prozessgrößen erfolgt meist in einem zentralen Leitsystem. Häufig ist es jedoch hilfreich, eine Visualisierung direkt im Feld zur Verfügung zu stellen. So können beispielsweise Störungen in der Anlage gesucht und Auswirkungen direkt vor Ort beobachtet werden. Das Fraunhofer IOSB-INA hat für diesen Anwendungsfall eine App (Bild 1) entwickelt, die Prozessdaten in Echtzeit liefert. Die Form der Darstellung kann auf den Anwendungsfall zugeschnitten oder sehr abstrakt, wie im gezeigten Beispiel, erfolgen. Der Zugriff auf die Prozessdaten geschieht über die WLAN-Schnittstelle auf einen zentralen OPC UA Server, an den das Leitsystem angeschlossen ist.

Bei der Kommunikation zwischen mobilem Endgerät und zentralem Leitsystem wird die OPC-UA-Technologie eingesetzt. Zudem bietet dieses Verfahren für den Zugriff auf Prozessdaten einen entscheidenden Vorteil im Vergleich zum klassischen OPC; es kann ohne eine Windows-Technologie wie COM/DCOM verwendet werden, wodurch der Einsatz auf den Apple- und Google-Geräten (vergleiche Bild 2, ähnliche App auf einem Android Smartphone) möglich wird.

1.2 Parametrierung und Überwachung

Im Bereich der Automation müssen Feldgeräte häufig individuell parametrierbar sein, um sie auf ein gegebenes Szenario anzupassen. Dabei wird meist eine vom Hersteller bereitgestellte PC-Software verwendet. Ein Anwendungsbeispiel ist die Parametrierung von Umrichtern oder Buskopplern. In einem solchen Fall bieten spezialisierte Smartphone-Apps eine interessante Alternative zu PC-Software. Sie können für einzelne Gerätehersteller und Typen aus dem entsprechenden App Store geladen und direkt verwendet werden. Die Verbindung zwischen Smartphone und Feldgerät erfolgt dabei per Bluetooth oder WLAN.

Am Fraunhofer IOSB-INA wurde ein Konzept einer Android-App entwickelt, das die Parametrisierung und Überwachung eines Umrichters eines renommierten An-

triebsherstellers aus Deutschland via Bluetooth ermöglicht. Bei der Entwicklung standen grundlegende Fragestellungen zur Bluetooth-Kommunikation auf Basis der Smartphones im Vordergrund. Für die Kommunikation muss eines der standardisierten Bluetooth-Profile verwendet werden. Es existieren bereits Profile für Anwendungen wie Freisprechen (HFP) oder Zugriff auf ein Telefonbuch (PBA). Diese werden beispielsweise bei der Einbindung eines Smartphones in die Elektronik von Fahrzeugen verwendet.

Für die Parametrisierung von Geräten im industriellen Umfeld ist jedoch kein spezielles Profil verfügbar, weshalb auf ein allgemein verwendbares Profil zurückgegriffen wurde. Hier bot sich das Serial-Port-Profil (SPP) an. Dieses ermöglicht eine universelle serielle Datenübertragung zwischen Geräten. Das Profil wurde auf der Seite des Umrichters integriert und eine entsprechende Android App entwickelt. Eine App für Apple-Geräte ließ sich aufgrund der in dem zugrundeliegenden Betriebssystem iOS fehlenden SPP-Unterstützung bisher nicht umsetzen [11].

Die Erfahrungen aus dem Entwicklungsprozess zeigen, dass Entwurf und Entwicklung einer geeigneten Benutzeroberfläche einen Großteil der Entwicklungszeit benötigen. Hierbei unterstützen eine gute Dokumentation der Android-API sowie eine große Anzahl von Tutorials. Entwickler, die Erfahrung mit klassischen Java-Anwendungen haben, sollten sich jedoch auf etwas Einarbeitungszeit einstellen. Das Android-Framework hat eine andere Struktur als die Java-Standard-Edition und verlangt daher auch eine andere Softwarearchitektur.

1.3 3D-Visualisierung von Automatisierungsanlagen

Im Fokus des ZIM Kooperationsprojektes ZUVIS [12] (gefördert durch das BMWi) am Institut Industrial IT steht die dreidimensionale Visualisierung von Automationsanlagen. Ein 3D-Modell soll zum Beispiel eine intuitive Orientierung innerhalb einer Anlage ermöglichen. Ist ein ausreichend hoher Detailgrad gegeben, können 3D-Elemente leichter realen Anlagenelementen zugeordnet werden. Neben der Visualisierung einer Automatisierungsanlage beschäftigt sich das Projekt mit der Visualisierung der Prozessdaten.

Die im Projekt entstehende App soll Visualisierungen für verschiedene Anlagen automatisch generieren. Das bedeutet, dass die Visualisierung dynamisch konfigurierbar sein muss und nicht auf einzelne Anlagen beschränkt ist. Die Visualisierung einer Anlage, ihrer Komponenten und Prozessgrößen wird also in Abhängigkeit einer Konfigurationsdatei generiert. Dazu wird im Projekt das Beschreibungsformat AutomationML [13] verwendet. Der sich noch in der Entwicklung befindende Standard basiert auf XML und soll zukünftig einen einheitlichen Datenaustausch zwischen Engineeringwerkzeugen des Anlagenbaus ermöglichen. Automatisierungsanlagen können über diesen Standard beschrieben und darüber hinaus mit 3D-Modellen im Datenformat Collada [14] erweitert werden.



BILD 1: Visualisierung des Energieverbrauchs einer Produktionsanlage auf dem iPad



BILD 2: Visualisierung des Energieverbrauchs einer Produktionsanlage auf einem Android Smartphone

Mit AutomationML als Grundlage ergibt sich ein weiterer Vorteil: Unterliegt eine Anlage Änderungen, muss die App nicht angepasst werden. Stattdessen reicht eine Änderung der AutomationML-Konfigurationsdatei aus. Anhand dieser Datei lässt sich dann die Visualisierung generieren.

Zur angemessenen Darstellung dreidimensionaler Elemente wird auf OpenGL ES gesetzt, welches auf Android und iOS verfügbar ist. Die darzustellenden Elemente können dabei allerdings von Anlage zu Anlage in Form und Maß variieren. Die Idee des Projekts besteht darin, zunächst eine abstrakte Visualisierung anzubieten. Darüber hinaus soll eine detaillierte Visualisierung durch Collada ermöglicht werden, wenn eine solche Beschreibung in der dazugehörigen AutomationML-Datei referenziert wird.

Zur Zeit wird im Projekt eine Implementierung in iOS angestrebt, wobei eine iOS-spezifische 3D-Engine zum Einsatz kommt. Die Engine setzt direkt auf der OpenGL-ES-Schnittstelle auf und lässt sich in Objective-C programmieren. So sind fertige Features der Engine nutzbar, die sonst manuell mit OpenGL ES implementiert werden müssten.

Die Engine ist zum Beispiel in der Lage, Collada-Dateien ohne eigenen Importer direkt einzulesen. Des Weiteren ermöglicht es die Engine, 3D-Modelle über eine eigene API zu manipulieren. Ohne Engine müssten viele einzelne Detailoperationen, wie zum Beispiel Transparenz, Farbänderungen, Skalierung, Translation und vie-

les mehr, durch Matrixmultiplikationen aufwendig von Hand codiert werden. Eine Umsetzung auf die Android-Plattform ist bereits geplant. Da die eingesetzte Engine allerdings nicht kompatibel zu Android ist, muss auf eine andere 3D-Engine gesetzt werden, um die genannten Vorteile weiter zu nutzen.

2. ENTWICKLUNG VON SMARTPHONE APPS

Vor der Entscheidung, den Kunden oder nur für die eigenen Mitarbeiter eine spezialisierte App bereitzustellen, ergeben sich viele Fragen. Dazu gehört die Entscheidung über die nötigen und möglichen Funktionen einer zu entwickelnden App. Dabei stellt sich die Frage, welches Betriebssystem bevorzugt wird. Eine Entscheidungshilfe liefert ein Marktüberblick.

2.1 Der Markt mobiler Betriebssysteme

Aktuelle Untersuchungen zu den Marktanteilen verschiedener Betriebssysteme für Smartphones und Tablets zeigen, dass zwei Systeme den Markt dominieren: Android (Google) und iOS (Apple). Android liegt dabei bei einem Marktanteil von 64,1 % (43,4 % vor einem Jahr). Apples Betriebssystem konnte sich im vergangenen Jahr nicht so stark steigern und kommt auf 18,8 % (18,2 %). [15]

Während das Android-System von Google von Herstellern wie Samsung oder HTC eingesetzt wird, findet iOS ausschließlich auf Apple-Geräten Verwendung. Aus Sicht des Entwicklers einer App unterscheiden sich beide Systeme grundsätzlich. Während Apps für das Android-System in Java entwickelt und in einer eigens für Android entwickelten Java-Laufzeitumgebung (Dalvik Virtual Machine) ausgeführt werden, setzt Apple auf die Programmiersprache Objective-C.

2.2 Varianten der App-Entwicklung

Die native App

Der klassische Weg zu einer Smartphone-App führt über die plattformspezifische Programmiersprache. Eine solche App wird als native App bezeichnet und schöpft den vollen Funktionsumfang der jeweiligen Plattform aus, etwa das Auslesen aller vorhandenen Sensoren für Position oder Bewegungen. Zudem werden bei nativen Apps UI-Elemente der Plattform verwendet. Dadurch bietet die App Verhalten und Aussehen, welche dem Benutzer bereits bekannt sind. Die App ist jedoch auf eine Plattform, etwa Android, beschränkt. Um eine ähnliche App für iOS bereitzustellen, ist eine Neuimplementierung notwendig.

Die webbasierte App

Neben der nativen Entwicklung einer App gibt es die Möglichkeit, eine App webbasiert ablaufen zu lassen. Dabei handelt es sich um eine Webseite, die im Browser des Smartphones dargestellt wird und mit Webtechnologien wie HTML, JavaScript und CSS erstellt wird. Im Gegensatz zu klassischen Webseiten sind diese jedoch auf die UI-Elemente des Smartphones angepasst. Da sich jedoch keine nativen UI-Elemente verwenden lassen, ergeben sich häufig visuelle Unterschiede zu echt nativen Apps. Dies macht sich zum Beispiel bei Übergängen zwischen verschiedenen Ansichten bemerkbar. Um diesem Problem entgegenzuwirken, gibt es verschiedene JavaScript-Bibliotheken, die UI-Elemente von iOS und Android nachbilden. Ein Beispiel ist jQuery Mobile, welches UI-Elemente und Verhalten nachahmt, wie den Wechsel zwischen Ansichten unter iOS.

Da die App im Webbrowser abläuft, ist eine Installation wie bei nativen Apps nicht notwendig. Durch einen webbasierten Zugriff ist daher ein Vertrieb ohne die plattformspezifischen Stores möglich. Je nach Anwendungsfall kann dies sowohl von Vorteil und als auch von Nachteil sein. Beispielsweise kann für den Verkauf solcher Apps nicht auf die von Google oder Apple bereitgestellten Mechanismen zurückgegriffen werden. Zur Verwaltung von Benutzerkommentaren oder Fehlerreports ist daher eine eigene Infrastruktur notwendig.

Eine Mischform zwischen nativer und webbasierter App entsteht durch die Einbettung von Web-Apps in eine native App. Möglich ist dies etwa mit dem PhoneGap-Framework von Adobe [16]. Die native App beinhaltet dabei lediglich eine WebView-Komponente, welche die Darstellung einer Webseite übernimmt. Die Webseite ist dabei in der nativen App enthalten und wird nicht aus dem Netz geladen.

PhoneGap verfügt über eine umfangreiche JavaScript-Bibliothek, um auf einen Großteil der im Gerät vorhandenen Sensoren und Schnittstellen zuzugreifen. Das Ergebnis ist eine native App, deren Inhalt auf Basis von Web-Technologien entstanden ist. Um das Verfahren für alle Plattformen anwenden zu können, werden die jeweiligen Entwicklungswerkzeuge benötigt, um die zugrundeliegende native App zu erstellen.

Die hybride App

Häufig besteht bei der Entwicklung einer mobilen App der Wunsch, Teile von vorhandenem Code, beispielsweise aus einer Desktop-Applikation, wiederverwenden zu können. Heute basieren solche Applikationen für Windows oft auf dem .Net-Framework und werden in Sprachen wie C# entwickelt. Eine Möglichkeit, einen Teil dieses Codes auf dem Smartphone einsetzen zu können, bietet das Mono-Framework, welches eine .Net-kompatible Laufzeitumgebung für verschiedene Plattformen bereitstellt.

Ein ähnliches Prinzip verfolgt das Unternehmen Xamarin, um die Entwicklung für mobile Plattformen zu ermöglichen. Die mit C# erstellte Software wird in eine Zwischensprache übersetzt, die auch beim .Net Framework verwendet wird. Dieser Code muss noch vor Ausführung auf Apple-Geräten in nativen ARM-Code übersetzt werden, da Apple keinen dynamischen Code auf den Geräten zulässt.

Im Gegensatz dazu ist die Ausführung von dynamischem Code auf Android-Systemen möglich, wodurch der Code aus der Zwischensprache erst zur Laufzeit in nativen Code des Geräts übersetzt wird [17].

Die Entwicklung einer App auf Basis von MonoTouch (iOS) und MonoDroid (Android) erfolgt dabei in einer eigenen Entwicklungsumgebung (MonoDevelop) mit C#. Bei MonoTouch ist der Entwickler allerdings auf ein Mac-OS-X-basiertes System angewiesen, da nur hier alle Werkzeuge, wie beispielsweise der zum Entwurf von Benutzeroberflächen notwendige Xcode Interface Builder, zur Verfügung stehen. Durch die Abhängigkeit zwischen Benutzeroberfläche und App ist die App zunächst nur für eine Plattform verfügbar. Um auch Android zu unterstützen, ist daher ein separates Projekt notwendig. Wie viel Code dabei wiederverwendbar ist, hängt schließlich von der Softwarearchitektur ab und lässt sich daher nicht allgemein beantworten.

2.3 Simulation und Gerätetest

Vorraussetzung für die Entwicklung von Software für Apple-Geräte ist die Verwendung eines Mac-OS-X-basierten Systems. Hier werden alle notwendigen Entwicklungswerkzeuge und Bibliotheken direkt mitgeliefert oder können kostenlos installiert werden. Dies schließt die Entwicklungsumgebung Xcode sowie das Programm Instruments ein, welches zur Softwareanalyse dient. Eine weitere Voraussetzung ist der Beitritt zum Apple Entwicklerprogramm [18]. Hier gibt es unterschiedliche Varianten, die sich in Kosten- und Leistungsumfang unterscheiden.

Für einzelne Entwickler existiert das individual IOS-Developer-Programm. Darüber hinaus ist mit dem Company-IOS-Developer-Programm eine Variante des Programms vorhanden, welche für Entwicklergruppen gedacht ist. Dem Company-IOS-Developer-Programm können jedoch nur Firmen beitreten, die über eine D-U-N-S-Nummer verfügen. D-U-N-S steht hier für Data Universal Numbering System, welches weltweit zur Identifikation von Unternehmen dient.

Für beide Versionen des IOS-Developer-Programms gilt, dass Software auf bis zu 100 Geräten getestet und später im App Store vertrieben werden kann. Die Kosten belaufen sich bei beiden Programmen auf 79 € pro Jahr.

Im Unterschied zur Individual-Variante des Programms, bietet die Company-Version die Möglichkeit, verschiedene Rollen innerhalb des Verwaltungsportals zu verteilen. Diese sind zum Management des Portalzugangs erforderlich, da beispielsweise ein Entwickler (Rolle: Member) keinen Zugriff auf die Umsätze (Rolle: Sales/Finance) der App benötigt und möglicherweise auch nicht besitzen sollte. Die Verwaltung dieser Rollen übernimmt die Person, die den Zugang zu einem Programm erwirbt (Rolle: Agent). Der Beitritt zur Company-Version des Developer-Programms spricht somit ganze Entwicklerteams an, die ihre Apps über den App Store vertreiben möchten.

Sollen proprietäre Apps für eine Firma selbst entwickelt werden, bietet Apple das Enterprise-Programm an. Dieses kostet umgerechnet etwa 230 € pro Jahr und verlangt ebenfalls eine D-U-N-S-Nummer. Apps können in diesem Programm ausschließlich über eine firmeninterne Plattform verteilt werden. Zum Beispiel wurde mit der IOS-Version 4 die „Over the Air Distribution“ eingeführt, mit welcher es möglich ist, Apps über einen firmeninternen Webserver zu verteilen. Die Firma kann bei einer großen Menge an Apps aber auch selbst eine Plattform zur Verfügung stellen, die dem App Store ähnelt.

Um eine App auf einem IOS-Gerät zu installieren, müssen Entwickler zunächst Mitglied in einem dieser Programme sein und ein Entwicklerzertifikat mithilfe des Portals generieren. Zusätzlich muss jedes Entwicklungsgerät als solches im Onlineportal von Apple registriert werden. Ferner werden Entwicklergerät und Entwickler über Zertifikate miteinander verknüpft.

Wird eine App dann mit einem Entwicklerzertifikat signiert, kann sie auf dem zugelassenen Gerät ausgeführt werden. Dieser Sicherheitsmechanismus sorgt dafür, dass eine App immer einem Entwickler beziehungsweise Entwicklerteam zugeordnet werden kann. Zum Signieren der App ist Apples Entwicklungsumgebung Xcode nötig, mit dessen Hilfe eine App direkt auf einem Gerät ausgeführt werden kann. Neben der Möglichkeit, die App auf einem Gerät zu testen, kann die App auch in einem Simulator über Xcode getestet werden. Hierzu ist weder eine Signierung der App, noch der Beitritt zum Apple-Developer-Programm notwendig.

Eine App für das Android-System lässt sich, im Gegensatz zum IOS-Umfeld, ohne weitere Lizenzierung ausführen. Während der Entwicklung bietet sich zunächst eine Simulation der App auf dem im Android

SDK enthaltenen Simulator an. Mithilfe des Simulators können Android-Geräte mit unterschiedlichem API-Level und Bildschirmgröße emuliert und die App direkt aus der Entwicklungsumgebung heraus getestet werden. Der Emulator bietet dabei einige Nachteile gegenüber der Ausführung auf einem realen Gerät. Beispielsweise können die Bluetooth-Schnittstelle oder verschiedene Sensoren nicht verwendet werden. Einige Sensoren lassen sich jedoch mittels Software von Drittanbietern simulieren.

Da sich die Software aufgrund von Sensoreingaben und unterschiedlicher Rechenleistung auf einem realen Gerät immer anders verhält, ist ab einem gewissen Entwicklungsstand der Test auf einem realen Gerät notwendig. Hierfür braucht es im Gegensatz zu IOS keine Registrierung als Entwickler. Bei Android-Geräten kann in den Einstellungen direkt der USB-Debugging-Modus eingeschaltet werden, wodurch sich die App direkt auf einem Gerät testen lässt. Zusätzlich ist ein Debugging-Treiber auf dem PC des Entwicklers zu installieren. Danach sollte das Gerät in der Entwicklungsumgebung Eclipse als verfügbares Gerät zum Debugging auswählbar sein. Bei der Auswahl dieses Zielgerätes wird die App direkt dort installiert und kann getestet werden.

3. BEREITSTELLUNG DER APP

Die Verteilung der Apps erfolgt bei beiden Betriebssystemen über ein Store-System. Der Benutzer verwendet dabei eine App mit der verfügbare Apps auf den Servern der Hersteller gesucht, heruntergeladen und lokal installiert werden können. Beide Stores, der App Store von Apple und der Play Store von Google, unterstützen den Vertrieb von kostenlosen und kostenpflichtigen Apps, für die einmalig gezahlt werden muss. Neben der direkten Bezahlung von Apps, bieten beide Systeme die Möglichkeit von In-App-Käufen. Hierbei wird die App kostenlos mit einer Grundfunktion bereitgestellt. Möchte der Benutzer weitere Funktionen nutzen, so kann er diese über einen Kauf innerhalb der App erwerben.

Unabhängig von der gewählten Verkaufsstrategie, behalten Apple und Google Teile des Erlöses als Provision (Transaktionsgebühr). Bei beiden Anbietern entspricht dies im Moment 30 % des Umsatzes. Zusätzlich wird eine einmalige Registrierungsgebühr für die Anmeldung als Android Developer [19] im Play Store fällig. Nach einer erfolgreichen Registrierung kann die App in den Store geladen werden. Hierbei sind neben der App zusätzliche Angaben notwendig, die dem Käufer bei der Suche nach der App unterstützen. Hierzu gehören beispielsweise Screenshots, Videos, Beschreibungstexte sowie eine Einordnung in bereits vorhandene Kategorien wie Spiele, Tools oder Büro. Nachdem dieser Schritt abgeschlossen ist, kann die App direkt hochgeladen werden und ist ab diesem Zeitpunkt im Play Store verfügbar.

Neben dem Vertrieb der App bietet der Play Store die Möglichkeit, die Verbreitung der App zu beobachten und

AUTOREN

M. Sc. **SEBASTIAN FALTINSKI** (geb. 1984) hat die in diesem Beitrag beschriebenen Untersuchungen am Fraunhofer IOSB-INA durchgeführt. Er studierte Elektrotechnik mit Schwerpunkt Informationstechnik von 2005 bis 2011 an der HS-OWL. Am Fraunhofer-Anwendungszentrum IOSB-INA in Lemgo arbeitete er im Bereich Softwareentwicklung für mobile Geräte, Middleware und Kommunikationstechnik für die Automation sowie AutomationML. Seit Januar 2013 ist er bei der ISI Automation GmbH & Co. KG Leiter der Softwareentwicklung für den Bereich ISIPlus – Industrial Solutions.

ISI Automation GmbH & Co. KG,
Langenbruch 6, D-32657 Lemgo

B. Sc. **MICHAEL JÄGER** (geb. 1984) studierte Elektrotechnik mit Schwerpunkt Informationstechnik von 2006 bis 2010 an der HS-OWL. Seit 2010 ist er Mitarbeiter am Institut Industrial IT inIT in Lemgo. Schwerpunkt seiner Arbeit ist die Softwareentwicklung für Profinet-Netzwerke und mobile Endgeräte zum Einsatz in der Automatisierungstechnik im Rahmen diverser Forschungsprojekte.

Institut Industrial IT,
Institut für industrielle Informationstechnik,
Langenbruch 6, D-32657 Lemgo

Prof. Dr. **OLIVER NIGGEMANN** (geb. 1972) ist seit November 2008 Mitglied des inIT. Er vertritt das Fachgebiet Embedded Software Engineering in der Lehre und forscht im inIT in den Bereichen Verteilte Echtzeit-Software und der Analyse und Diagnose verteilter Systeme. Gleichzeitig forscht er im Fraunhofer-Anwendungszentrum Industrial Automation (INA) in Lemgo.

Institut Industrial IT,
Institut für industrielle Informationstechnik,
Langenbruch 6, D-32657 Lemgo,
Tel. +49 (0) 5261 702 59 90,
E-Mail: oliver.niggemann@hs-owl.de

Dipl.-Ing. **FRANK MAREK** (geb. 1964) studierte Elektrotechnik mit Schwerpunkt Automatisierung an der HS-OWL. Von 1985 bis 1990 Realisierung internationaler Automatisierungsprojekte als Dipl.-Ing. im Bereich industrial IT, Management internationaler Automatisierungsprojekte, seit 2008 geschäftsführender Gesellschafter der ISI Automation GmbH & Co. KG, Leitung der Strategic Business Unit Industrial IT der ISI Automation im CIIT Lemgo.

ISI Automation GmbH & Co. KG,
Langenbruch 6, D-32657 Lemgo

Fehlermeldungen oder Benutzerkommentare zu empfangen. Dazu gehören die Verbreitung auf unterschiedlichen Android-Versionen, Gerätetypen sowie in Ländern und Sprachen. Diese Informationen sind für die Weiterentwicklung und Fehlerbehebung wichtig. So kann entschieden werden, ob die Verwendung der API einer neueren Android-Version, beispielsweise um neue Funktionen zu unterstützen, für zu viele Nutzer zu einer Inkompatibilität und damit zu einer nicht mehr verwendbaren App führen würde. Zusätzlich können Informationen über die Verbreitung bei der Überlegung hilfreich sein, ob und für welche Sprachen eine Übersetzung der App bereitgestellt werden sollte, um so die Verbreitung weiter zu steigern.

Neben dem Google Play Store ist es unter Android möglich, die eigene App über andere Stores zu vertreiben, zum Beispiel Amazon Appstore oder AndroidPIT. Der Zugriff auf diese Stores erfolgt, wie beim Play Store, über eine App des jeweiligen Stores und ermöglicht die Suche und den Download neuer Apps aus dem entsprechenden Store.

Neben der Verteilung über einen der App Stores besteht die Möglichkeit, die App direkt von einem PC auf ein Android-Gerät zu kopieren. Die App wird dabei in Form eines apk-Containers bereitgestellt, welcher von einem Entwickler signiert wurde. Der apk-Container kann direkt auf den geräteinternen Speicher oder auf eine eingelegte Speicherkarte kopiert werden. Für die Installation muss die Datei dann mithilfe eines Dateibrowsers, welcher frei im Play Store verfügbar ist, geöffnet werden.

REFERENZEN

- [1] Gartner: Gartner Command Nearly Half of Worldwide Smartphone Operating System Market by Year-End 2012.
<https://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1622614>
- [2] Statista: der Verfügbaren Apps im Google Play Store (Android Market) von Dezember 2009 bis Oktober 2012.
<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/74368/umfrage/anzahl-der-verfuegbaren-apps-im-google-play-store/>
- [4] Mad Skills: 10 Billion App-Promo.
<http://www.androidnext.de>
- [5] Anonym: All About Windows Phone.
<http://allaboutwindowsphone.com/news/>
- [5] Schadler, T., McCarthy, J.: Mobile Is The New Face Of Engagement. Forrester Research Report.
http://cdn.blog-sap.com/innovation/files/2012/08/SAP_Mobile_Is_The_New_Face_Of_Engagement.pdf
- [6] Siemens: Siemens Industry Online Support.
<http://itunes.apple.com/de/app/siemens-industry-online-support/id478868966?mt=8>
- [7] Weidmüller: Weidmüller; <http://itunes.apple.com/de/app/weidmuller/id471853918?mt=8>
- [8] Phoenix Contact: PHOENIX CONTACT Katalog.
<http://itunes.apple.com/de/app/phoenix-contact-katalog/id426916389?mt=8>

Nach der Installation kann die App wie gewohnt verwendet werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Tablets und Smartphones werden in der Automatisierungstechnik immer wichtiger. Ständig gelangen mehr Apps für diesen Bereich in die App Stores der Plattformen, wobei die Aufgaben der Apps von Produktkatalogen über Visualisierung und Planung bis hin zu Maschinenparametrierung und Steuerung reichen.

Bei der Erstellung einer App sind jedoch Eigenheiten der Plattformen zu beachten. Dazu gehören unterschiedliche Programmiersprachen, Hardwareversionen, Lizenzen und Vertriebswege. Webbasierte Ansätze ermöglichen es, eine App für verschiedene Plattformen bereitzustellen. Sind jedoch Performance, plattformspezifische Benutzeroberflächen oder standardisierte Vertriebswege wichtig, ist eine native App zu bevorzugen. Eine Entscheidung für oder gegen eine der vorgestellten Varianten der App-Entwicklung hängt von vielen Faktoren ab und muss für jedes Projekt neu beschlossen werden. Schließlich ist die Entscheidung für oder gegen die Verwendung einer bestimmten Plattform ein nicht zu unterschätzender Erfolgsfaktor für eine App.

MANUSKRIPTEINGANG
05.10.2012

Im Peer-Review-Verfahren begutachtet

- [9] ABB: ABB connect. <http://itunes.apple.com/de/app/abb-connect/id522332047?mt=8>
- [10] WAGO: JUMPFLEX-ToGo. <http://play.google.com>
- [11] Apple: Apple Support:
<http://support.apple.com/kb/HT3647>
- [12] HS-OWL: Zustandsvisualisierung von komplexen Produktionsanlagen auf unterschiedlichen mobilen Endgeräten.
<http://www.hs-owl.de/init/research/projects/b/filteroff/201/single.html>
- [13] AutomationML: AutomationML Whitepaper Part 1 - Architecture. <http://www.automationml.org>
- [14] COLLADA: 3D Asset Exchange Schema.
<http://www.khronos.org/collada/>
- [15] Gartner: Gartner Says Worldwide Sales of Mobile Phones Declined 2.3 Percent in Second Quarter of 2012.
<http://www.gartner.com/newsroom/id/2120015>
- [16] Adobe Systems: PhoneGap Webseite.
<http://www.phonegap.com>
- [17] Xamarin: Introduction to Mobile Development.
http://docs.xamarin.com/ios/getting_started/introduction_to_mobile_development
- [18] Apple: Apple Developer Website. <http://developer.apple.com>
- [19] Android: Android Developer Website.
<http://developer.android.com>

atp-award

Herausforderung Automatisierungstechnik

Mit dem atp-award werden zwei Autoren der atp edition für hervorragende Beiträge ausgezeichnet. Ziel dieser Initiative ist es, Wissenschaftler und Praktiker der Automatisierungstechnik anzuregen, ihre Ergebnisse und Erfahrungen in Veröffentlichungen zu fassen und die Wissenstransparenz in der Automatisierungstechnik zu fördern. Teilnehmen kann jeder Autor der zum Zeitpunkt der Veröffentlichung nicht älter als 35 Jahre ist. Nach Veröffentlichung eines Beitrags ist der Autor, wenn er die Bedingung erfüllt, automatisch im Pool. Die Auswahl des Gewinners übernimmt die atp-Fachredaktion. Derjenige Autor, der im Autorenteam der jüngste ist, erhält stellvertretend für alle Autoren die Auszeichnung. Der Preis wird in zwei Kategorien ausgelobt: Industrie und Hochschule. Die Kategorienermittlung ergibt sich aus der in dem Beitrag angegebenen Adresse des jüngsten Autors.

Veröffentlichungen – Beitrag zum Wissenspool im Fachgebiet Automatisierungstechnik

Die Entwicklung eines Wissensgebietes erfolgt durch einen kooperativen Prozess zwischen wissenschaftlicher Grundlagenforschung, Konzept- und Lösungsentwicklung und Anwendung in der Praxis. Ein solcher Prozess bedarf einer gemeinsamen Informationsplattform. Veröffentlichungen sind die essentielle Basis eines solchen Informationspools. Der atp-award fördert den wissenschaftlichen Austausch im dynamischen Feld der Automationstechnik. Nachwuchsingenieure sollen gezielt ihre Forschungen präsentieren können und so leichter den Zugang zur Community erhalten. Der Preis ist mit einer Prämie von jeweils 2000€ dotiert.

Die Auswahl erfolgt in zwei Stufen:

Voraussetzung für die Teilnahme ist die Veröffentlichung des Beitrags in der atp edition. Jeder Aufsatz, der als Hauptbeitrag für die atp edition eingereicht wird, durchläuft das Peer-Review-Verfahren. Die letzte Entscheidung zur Veröffentlichung liegt beim Chefredakteur. Wird ein Beitrag veröffentlicht, kommt er automatisch in den Pool der atp-award-Bewerber, vorausgesetzt einer der Autoren ist zum Zeitpunkt der Veröffentlichung nicht älter als 35 Jahre. Ausgezeichnet wird der jüngste Autor stellvertretend für alle Autoren der Gruppe. Eine Jury aus Vertretern der atp-Fachredaktion und des -Beirats ermittelt schließlich den Gewinner in den jeweiligen Kategorien Hochschule und Industrie. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.

Beiträge richten Sie bitte an:

DIV Deutscher Industrieverlag GmbH
Herrn Prof. Leon Urbas
Chefredakteur atp edition
Arnulfstraße 124 • 80636 München
Tel. +49 (0) 89 203 53 66-58 • E-Mail: urbas@di-verlag.de

Beachten Sie die Autorenhinweise der atp edition für Hauptbeiträge unter folgendem Link:
<http://www.atp-online.de>

Bitte senden Sie Ihre Beiträge an: urbas@di-verlag.de

Überwachung von CO₂-Untergrundspeichern

Kohlendioxidkonzentration in Bodenluft messen

Der Beitrag zeigt eine Realisierung zur automatischen Überwachung von CO₂-Untergrundspeichern im Rahmen der CCS- Technologie. Dabei werden zunächst die Grundlagen zur Messung der Bodenluft dargelegt. Anschließend wird der Aufbau einer Einzelmessstelle für den Einsatz bei der CCS- Technologie erläutert. Neben konstruktiven Betrachtungen finden vor allem Realisierungen der Steuerung Beachtung. Schließlich wird ein Konzept zum Aufbau eines autonom arbeitenden Funknetzes erläutert.

SCHLAGWÖRTER CCS / Sensornetz / Gasmesstechnik / Monitoringsystem

**Monitoring carbon dioxide storage –
Measuring carbon dioxide concentrations in soil gas**

An automated monitoring system is explained for carbon dioxide capture and storage (CCS). The principles of carbon dioxide measurements in the soil gas are outlined. Then the setup for a measurement point for use with the CCS technology is explained. In addition to design considerations, control details are introduced. The final part deals with a concept of a wireless sensor network.

KEYWORDS CCS / sensor network / gas sensing / monitoring

Die CO₂-Sequestration als Teilgebiet des CCS (Carbon Capture and Storage) stellt als Brückentechnologie für die Klimapolitik einen vielversprechenden Ansatz dar. Ziel dieser Technologie ist es, das bei Verbrennungsprozessen in Kraftwerken entstehende Kohlendioxid abzuscheiden und in geologischen Untergrundformationen dauerhaft zu speichern. Ein wesentliches Kriterium für die Einsetzbarkeit von CCS ist die Dichtheit der Kohlendioxidspeicher. Um diesen Nachweis zu erbringen, ist ein geeignetes Monitoringsystem notwendig. Nur durch eine stetige Überwachung lassen sich Leckagen frühzeitig und zuverlässig erkennen, um so eine gesundheitsgefährdende Wirkung durch austretendes Kohlendioxid zu vermeiden.

Dieser Beitrag stellt ein System zum Überwachen von CO₂-Untergrundspeichern vor. Dabei wird, basierend auf den Richtlinien zur Bodenluftmessung, der Aufbau einer Außenmessstelle beschrieben. Es geht um Konzepte für die automatisierte Überwachung der Bodenluft und die funkbasierte Übertragung der Messwerte zwischen den einzelnen Messstationen und einer Basisstation.

1. ÜBERWACHUNG VON CCS-UNTERGRUNDSPEICHERN

Als geologische Speicher kommen hierbei leere Erdgas- und Erdöllagerstätten, Aquifere sowie nicht abbaubare Kohleflöze in Frage [2, 4]. Durch Verwerfungen oder undichte Injektionsbohrungen beziehungsweise Sperrschichten kann das CO₂ an die Oberfläche gelangen. Deshalb ist die permanente Überwachung der Speicher essenziell für den sicheren Betrieb der CCS-Technologie.

Um Leckagen sicher zu erkennen, wird über dem Untergrundspeicher ein Messraster mit Sensoren aufgebaut [5]. Die Struktur und Dichte des Rasters hängt von der Form, Tiefe und Größe des Speichers ab. Weiterhin spielt die Lage von Verwerfungen im Untergrund eine wesentliche Rolle. Deshalb ist eine exakte Analyse des Untergrunds im Vorfeld erforderlich. So kann die Sensordichte bei unregelmäßigen Untergrundformationen und damit potenziellen Leckagestellen erhöht werden.

1.1 Grundlage des Messstellenkonzeptes

Jede einzelne Messstelle nimmt die Konzentration des Kohlendioxids in der Bodenluft auf. Basis für die Messanordnung liefert VDI-Richtlinie 3865 [1]. Diese beinhaltet die Probenahme von Bodenluft in natürlichem Lockergestein und anthropogenen Auffüllungen. Permantgase wie CO₂ sind nicht Gegenstand dieser Richtlinie. Der Aufbau der Messstelle erfolgt deshalb nur in Anlehnung an [1]. Die Richtlinie liefert in Unterabschnitt 4.3.3. Angaben für die stationäre Messung der Bodenluft. Der entsprechende Aufbau ist in Bild 1 dargestellt.

Die Messung erfolgt in Bohrlöchern mit einer minimalen Tiefe von einem Meter. In die Bohrung wird ein Sondenrohr eingebracht. Dieses ist im unteren Teil perforiert oder geschlitzt, um einen Gasaustausch mit der Umgebung zu ermöglichen. Um das Sondenrohr herum befinden sich zur Verfüllung verschiedene Schichten. Dabei dient der Filterkies zum freien Gasaustausch mit dem Boden. Die darüberliegenden Schichten verhindern, dass atmosphärische Einflüsse die Messergebnisse verfälschen. Der Gassensor wird direkt im Sondenrohr installiert oder außerhalb des Aufbaus. Im zweiten Fall muss die Bodenluft durch eine Pumpe an die Oberfläche befördert werden. Für die Verwendung zur CO₂-Untergrundspeicher-Überwachung im vorliegenden Fall müssen aufgrund der Sensorbeschaffenheit Modifikationen des Aufbaus durchgeführt werden.

1.2 Kohlendioxidsensor

Die Messung von Kohlendioxid kann nach verschiedenen Sensorprinzipien erfolgen [2]:

- Elektrochemische Verfahren
- Optische Verfahren
- Halbleitersensorik

Für die permanente und sichere Überwachung der Bodenluft eignen sich vor allem optische Verfahren. Diese arbeiten verschleißfrei, langzeitstabil und sind unemp-

findlich gegenüber Umwelteinflüssen. Für das Konzept der Einzelmessstelle wird der Sensor GMP343 der Firma Vaisala verwendet. Dieser arbeitet nach dem Prinzip der Nicht-Dispersiven-Infrarot (NDIR)-Absorptionsmessung. Der Sensor erlaubt es, auftretende Temperatur- und Druckeinflüsse zu kompensieren. Mit einem Messbereich von 0 ppm bis 20 000 ppm ist er für die zu erwartenden Konzentrationen geeignet. Eine beheizbare Optik verhindert Messfehler durch Kondenswasser.

2. KONSTRUKTIVE AUSLEGUNG DER MESSSTATION

Ziel ist der Aufbau einer autonom agierenden Messstelle. Die konstruktive Gestaltung wird maßgeblich von der festgelegten Strom- und Datenanbindung bestimmt. Für einen wartungsfreien Langzeitbetrieb von bis zu zehn Jahren stellen Solaranlagen die wirtschaftlich günstigste Lösung für die Stromversorgung der Messstation dar. Sie sind im Gegensatz zu fest verdrahteten Lösungen flexibel einsetzbar, was einen schnellen Aufbau des Sensornetzes ermöglicht. Bild 2 stellt den gewählten Aufbau der Messstation dar, Bild 3 die fertig aufgebaute Messstation.

Die Messstation besteht aus zwei wesentlichen Baugruppen: dem unterirdisch angebrachten Sondenrohr mit Sensor sowie den oberirdisch angeordneten Komponenten zur Stromversorgung und Steuerung der Messstelle.

2.1 Sondenrohr mit Messeinsatz

Das Sondenrohr ist angelehnt an die im vorherigen Abschnitt beschriebene VDI-Richtlinie 3865. Da der gewählte Sensor bereits einen Durchmesser von 56 mm hat, ist das umgebende Sondenrohr auf 100 mm ausgelegt. Dies ermöglicht den freien Gasaustausch zwischen Sensor und Umgebung. Das Sondenrohr besteht aus einzelnen Rohren mit einer Länge von jeweils 500 mm. Dies erlaubt es, je nach Gelände die Messtiefe frei zu variieren. Nach oben ist es gemäß VDI-Richtlinie 3865 luftdicht abgeschlossen. Um einen Austausch mit der Umgebung zu ermöglichen, ist das unterste Sondenrohr perforiert.

2.2 Stromversorgung und Steuerelektronik

Der oberirdische Teil beinhaltet die Komponenten zur Stromversorgung der Anlage. Dabei handelt es sich um ein Solarmodul mit entsprechender Halterung sowie den Laderegler und einen Akkumulator. Die Komponenten sind in einem Schaltschrank untergebracht. Zum schnellen Einbringen und zum zerstörungsfreien Entfernen werden Schraubfundamente verwendet. Wesentlich für die Auslegung der einzelnen Komponenten ist ein mehrjähriger wartungsfreier Betrieb. Zusätzlich sind Vorkehrungen gegen Diebstahl und Vandalismus einzubeziehen.

3. STEUERUNG DER MESSSTATION

Den Kern der Messstation bildet die Steuerelektronik. Diese basiert auf einem Mikrocontroller, dessen Aufgaben das Auslesen der CO₂-Konzentration sowie der Tem-

peraturen an der Messstation, die Kommunikation mit der Basisstation über Funk und das Abschalten einzelner Komponenten zur Minimierung des Strombedarfs sind. Die Struktur der Messstationssteuerung zeigt Bild 4.

Als Funkmodul kommt ein Amber Wireless Modul AMB8425 zum Einsatz. Es ermöglicht den Aufbau von autonomen Funknetzen im 868 MHz Short Range Device (SRD)-Band. Mit einer Reichweite von 700 Metern im freien Gelände lassen sich auch großmaschige Funknetze über dem Areal aufbauen. Nach der Inbetriebnahme wartet der Mikrocontroller im Sleep-Modus. Kommt am Funkmodul ein Datenpaket an, so wird er per Interrupt aktiv geschaltet und verarbeitet das Datenpaket. Dabei werden von der Basisstation in den Datenpaketen zwei Kommandos versendet: Starten eines kompletten Messzyklus oder Auslesen der Temperatur.

Bei einem kompletten Zyklus wird zunächst die Stromversorgung des Sensors aktiviert. Nach der Aufwärmphase von 30 Minuten, um Kondenswasser von der Optik zu entfernen und eine definierte Temperatur zu erzielen, wird der Sensor zurückgesetzt. Da die CO₂-Konzentration Schwankungen unterliegt, ist es zweckmäßig, mit gefilterten Messwerten zu arbeiten. Das Rücksetzen des Sensors bewirkt gleichzeitig ein Rücksetzen des Filters. Damit haben die aufgenommenen Werte während der Aufwärmzeit keinen Einfluss auf die aufgezeichnete Konzentration. Eine Minute nach dem Rücksetzen wird die Konzentration abgefragt. Aufgrund des eingestellten Filters liefert der Sensor den Mittelwert aller in der letzten Minute aufgenommenen Messwerte. Bei der verwendeten Samplezeit von 2 Sekunden wird folglich der Mittelwert über die letzten 30 Messwerte gebildet.

Nach der Aufnahme der Konzentration werden die beiden Temperatursensoren ausgelesen. Diese können aufgrund der niedrigen Spannung direkt am Ausgang des Mikrocontrollers in Betrieb genommen werden. Ihre Einschwingzeit beträgt nur wenige Millisekunden. Deshalb kann bereits nach einer Sekunde die Temperatur abgefragt werden. Die Konzentration wird mit den Temperaturen als Datagramm zusammengefasst und an die Basisstation gesendet. Anschließend geht der Mikrocontroller erneut in den Sleep-Modus, bis die nächste Anfrage von der Basisstation erfolgt. Alternativ zum kompletten Messzyklus lassen sich die Temperaturen separat abfragen.

4. AUFBAU DES FUNKNETZES

Für den Aufbau des Sensornetzes müssen die einzelnen Funkmodule geeignet miteinander kommunizieren. Aufgrund der Größe des Messfeldes von circa 20 km² kann keine vollständige Vernetzung erfolgen. Es sind somit geeignete Teilnetze und zugehörige Routing-Algorithmen zu realisieren.

Das verwendete Funkmodul AM8425 unterstützt eine Adressierung, welche eine Einteilung in 255 Netze mit je 255 Einheiten ermöglicht und damit den Aufbau autonom agierender Sensorverbände. Dazu werden einzelne Messstationen als Verteilstellen ausgeführt. So wird zwischen einer Gruppe von Sensoren um eine Verteilstelle herum ein eigenes Netz mit einer eigenen ID aufgebaut. Die Messstellen innerhalb des Netzes kommunizieren ausschließlich mit dieser einen Verteilstelle im Sinne einer Sterntopologie.

BILD 1: Permanente Bodenluftmessstelle nach [1]

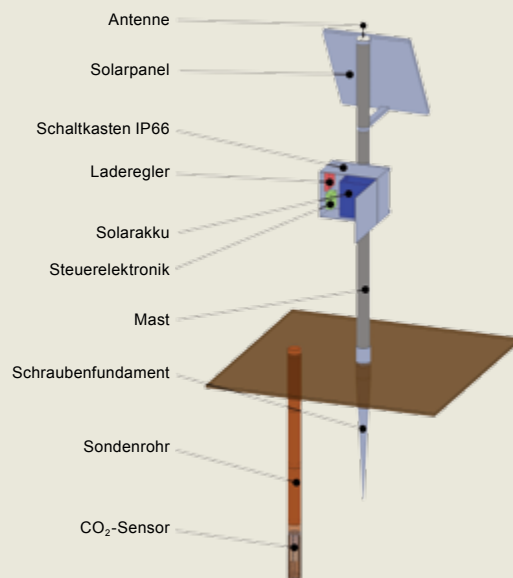
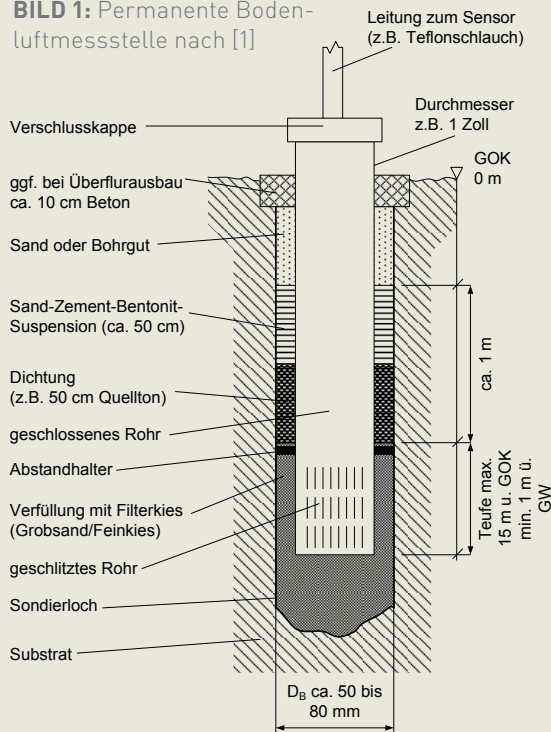


BILD 2: Aufbau einer Messstation

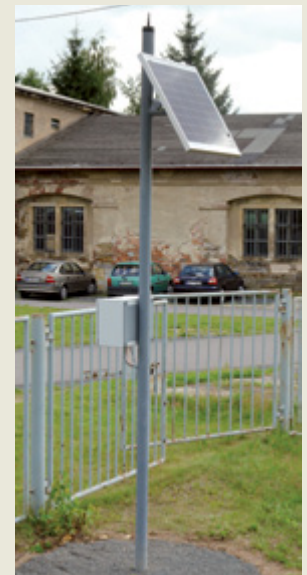


BILD 3: Fertige Messstelle

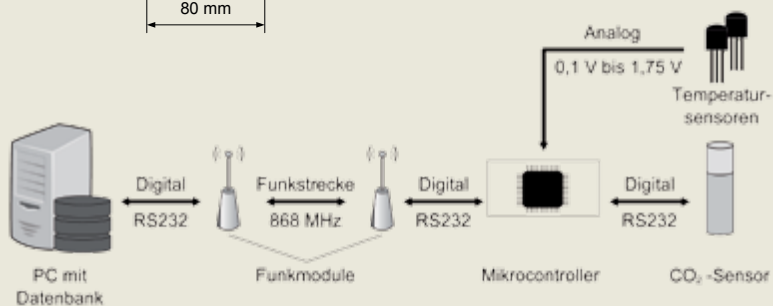


BILD 4: Struktur der Messstationssteuerung

Die Verteilstellen leiten die Datenpakete untereinander weiter und kommunizieren auf diesem Wege mit der Basisstation. Jeder Verteiler muss mindestens in Reichweite von zwei weiteren Stationen sein, um bei einem Ausfall einen alternativen Übertragungsweg bereitzustellen. Da nicht alle Verteilstellen direkt mit der Basisstation kommunizieren können, liegt ein Netz ohne feste Topologie vor. Bild 5 zeigt den Aufbau des Sensorfunknetzes mit Verteilstationen und Basisstation. Aufgrund der flexiblen Einteilung lassen sich Aufgaben, wie das Hinzufügen und Entfernen von Sensoren, softwaretechnisch automatisiert realisieren.

Die Zuordnung zu einer Verteilstelle erfolgt über die Netzwerkadresse. Soll ein neuer Sensor dem Feld hinzugefügt werden, so wird bei dessen Inbetriebnahme ein Broadcast über alle Netze durchgeführt. Dabei sendet die Messstelle eine Anforderung, in ein Netz aufgenommen zu werden. Empfängt eine Verteilstelle das entsprechende Paket, so wird anhand einer hinterlegten Liste die nächste freie Adresse im jeweiligen Netz gesucht. Diese wird an die einzubuchende Messstelle versendet. Dort werden Adresse und Netzwerk des Funkmoduls per Soft-

ware konfiguriert. Ab diesem Zeitpunkt kommuniziert die Messstelle ausschließlich mit der ihr zugewiesenen Verteilstelle. Antworten mehrere Stellen auf die Anforderung, so wird das erste antwortende Netz verwendet.

Das Entfernen von Stationen aus dem Netz muss manuell initiiert werden. Dies lässt sich über einen Schalter mit Verbindung zum Mikrocontroller realisieren. Nach dessen Betätigung meldet sich die Messstelle bei der Verteilstelle ab. Das manuelle Einleiten ist notwendig, um die Unterscheidung zwischen gewolltem Entfernen und technischem Defekt zu treffen.

Die Verwendung einer Messstelle als Verteilstelle wird ebenfalls durch den Nutzer vorgegeben. So ist es möglich, zunächst ein unabhängiges Netz aufzubauen und erst anschließend die Zuordnung Verteilstelle oder reine Messstelle vorzunehmen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Kommunikation der Verteilstellen untereinander eine redundante Verbindung zwischen jeder Stelle und der Basisstation ermöglicht.

Sollen die CO₂-Konzentrationen gemessen werden, so wird dies vom Hauptrechner initiiert. Dies hat den Vorteil, dass nicht jeder Mikrocontroller selbstständig

die Messzeiten überwachen muss. Der Hauptrechner sendet ein Broadcast mit dem Kommando zur Messwertaufnahme. Dies wird über alle Verteilstellen im Netz geleitet. Die Verteilstellen selbst leiten die Pakete an die zugeordneten Messstellen weiter. In der jeweiligen Station werden die Komponenten zur Messwertfassung zugeschaltet. Nach der Aufheizphase des Sensors werden die Messwerte erfasst und an die Verteilstellen weitergeleitet. Diese versenden die Pakete weiter an den Hauptrechner, welcher sie in der Datenbank speichert.

Zur effizienten Kommunikation ist es sinnvoll, die Route von jeder Verteilstelle zum Hauptrechner vorher festzulegen. Damit können die Pakete gezielt weitergeleitet werden. Alternativ kann durch den Einsatz von Repeatern auch das Überbrücken größerer Entfernungen ohne zusätzliche Softwaremechanismen realisiert werden.

5. RISIKOBEWERTUNG

In diesem Abschnitt werden die wesentlichen Risikofaktoren beim Betrieb des vorgestellten Konzeptes zusammengetragen und auf ihren potenziellen Schaden

untersucht. Die entsprechende Risikobewertungsmatrix ist in Tabelle 1 dargestellt.

Messfehler können an vereinzelten Stationen, bedingt durch Umwelteinflüsse oder Bodenaktivitäten, auftreten. Diese Fehler sind unkritisch und lassen sich durch einen Abgleich mit den Konzentrationen an umliegenden Stationen erkennen. Ein ebenfalls unwesentlicher Schaden entsteht durch die kurzzeitige Störung der Kommunikation. Die Messwerte können im Mikrocontroller zwischengespeichert und später an den Server gesendet werden.

Der Ausfall der Energieversorgung kann durch einen Defekt an Akkumulator oder Laderegler entstehen. Bei Ausfall des Solarmoduls oder unzureichender Sonneneinstrahlung können Mikrocontroller und Sensor bis zu 14 Tage weiter über den Akkumulator versorgt werden. Dabei ist der Ausfall einer einzelnen Messstelle als unkritisch zu bewerten, da benachbarte Stationen eventuelle Konzentrationsanstiege erkennen können. Der Ausfall der Verteilstelle verhindert die Überwachung eines größeren Areals und ist damit kritischer. Gleiche Schadenpotenziale gelten für den Ausfall der Elektronik einer Station. Generell ist für den Fall des Defektes einer Messstelle ein schneller Austausch zu gewährleisten, was nur in Kombination mit einer hohen Verfügbarkeit von Ersatzteilen möglich ist.

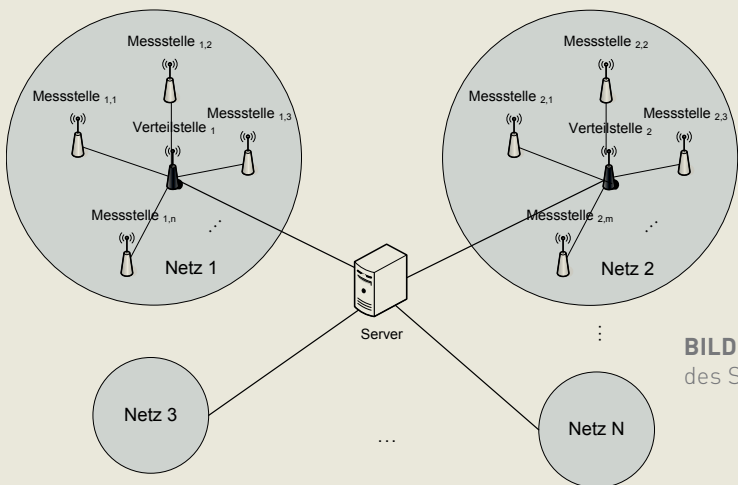


BILD 5: Aufbau des Sensornetzes

TABELLE 1: Risikobewertung

		Potenzieller Schaden			
		Unwesentlich	Gering	Kritisch	Katastrophal
Eintrittswahrscheinlichkeit	Häufig ≥ 1/d	– Messfehler			
	Wahrscheinlich ≥ 1/M	– Kurzzeitige Störung der Kommunikation			
	Gelegentlich ≥ 1/a		– Unterbrechung oder Ausfall der Energieversorgung einer Messstelle	– Unterbrechung oder Ausfall der Energieversorgung einer Verteilstelle	
	Möglich ≥ 1/10a		– Ausfall der Elektronik einer Messstelle	– Ausfall der Elektronik einer Messstelle	– Ausfall des Servers
	Unwahrscheinlich < 1/10a		– Zerstörung mehrerer Stationen durch Diebstahl, Vandalismus oder Umwelteinflüsse		

Da die Messstellen in der Regel im freien Gelände platziert sind, ist eine Zerstörung durch Diebstahl, Vandalismus oder Umwelteinflüsse (wie beispielsweise Blitzeinschlag oder Sturmschäden) möglich. Für die Bewertung des potenziellen Schadens ist die Anzahl der betroffenen Stationen ausschlaggebend. Um einfaches Entwenden der Komponenten zu verhindern, sind das Solarmodul und der Schaltschrank mit dem Mast verschweißt. Eine umfassende Überwachung und Sicherung durch Alarmsysteme ist realisierbar, bedingt jedoch zusätzliche Kosten und erhöht den Energiebedarf der einzelnen Stationen. Die Notwendigkeit zur Überwachung hängt vom jeweiligen Standort der Messstelle ab und lässt sich somit erst bei Aufbau des Messfeldes vollständig abschätzen. Der Schutz vor Umwelteinflüssen ist bei der konstruktiven Auslegung der Stationen berücksichtigt.

Kritischer als der Ausfall von Mess- oder Verteilstellen ist der Ausfall des Serversystems zu bewerten. Dies kann durch redundante Systeme mit unterbrechungsfreier Stromversorgung weitgehend ausgeschlossen werden.

Die Vorabanalyse des Untergrundes liefert wichtige Informationen über potenzielle Leckagestellen des Speichers. Das Messraster muss entsprechend dicht gewählt sein, um austretendes CO₂ sicher zu detektieren. Durch die Erdschichten erfolgt eine Verteilung des ausströmenden Kohlendioxids im Erdreich. Damit wird ein punktförmiges Leck stets von mehreren Stationen erkannt. So werden Fehlalarme verhindert und austretendes Kohlendioxid frühzeitig erkannt.

FAZIT

Der Beitrag stellt eine Realisierung der Überwachung von CO₂-Untergrundspeichern vor. Die konstruktive Auslegung berücksichtigt insbesondere die Vorgaben zur Messung der Bodenluft nach VDI 3865-2 [1]. Die Komponenten sind für einen mehrjährigen, autonomen Betrieb der Einzelmessstelle ausgelegt.

Das Konzept der Funkkommunikation ermöglicht es, die erforderlichen Sensornetze schnell aufzubauen und zu modifizieren. Damit ist eine Anpassung an das jeweilige Speicherareal sowie an die Oberflächengegebenheiten möglich. Das vorgestellte Konzept erlaubt eine redundante und sichere Überwachung der Speicherareale im Rahmen der CCS-Technologie.

Ziel der im Beitrag behandelten Überwachung ist der Nachweis der Dichtigkeit des Speichers über einen längeren Zeitraum. Dabei ist die Vorabuntersuchung des Untergrundes von entscheidender Bedeutung. Nur dadurch kann das plötzliche Austreten größerer Mengen von Kohlendioxid ausgeschlossen werden. Für einen Einsatz als Schutzeinrichtung über einem dauerhaft in Betrieb befindlichen CO₂-Speicher ist eine sicherheitsgerichtete Auslegung des Monitoringsystems entsprechend gültiger Normen erforderlich.

MANUSKRIPTEINGANG

11.12.2012

Im Peer-Review-Verfahren begutachtet

AUTOREN



M.Sc. **DIRK BRÄUER** (geb. 1981) war wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Automatisierungstechnik der Bergakademie Freiberg. Hauptarbeitsgebiete: Automatisierung und Regelung von verteilten Systemen im Bereich der Thermodynamik und Energie.

**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,
Institut für Materialphysik im Weltraum,
Linder Höhe, 51147 Köln**



Prof. Dr.-Ing. **ANDREAS REHKOPF** (geb. 1959) ist Direktor des Instituts für Automatisierungstechnik der TU Bergakademie Freiberg. Seine Hauptarbeitsgebiete sind Modellierung, Regelung und Prozessautomatisierung thermodynamischer und mechatronischer

Systeme, verteilter Automatisierungssysteme des Verkehrs, der Energie und der Betriebswirtschaft.

**Technische Universität Bergakademie Freiberg,
Institut für Automatisierungstechnik,
Lessingstrasse 45, 09596 Freiberg,
Tel. +49 (0) 3731 39 32 91,
E-Mail: andreas.rehkopf@aut.tu-freiberg.de**

REFERENZEN

- [1] VDI 3865 Blatt 2: Messen organischer Bodenverunreinigungen – Techniken für die aktive Entnahme von Bodenluftproben, 1998. www.beuth.de
- [2] Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC Special Report on Carbondioxide Capture and Storage. Cambridge University Press 2005
- [3] Comini, E., Faglia, G., Sberveglieri, G.: Solid State Gas Sensing. Springer 2009
- [4] Dach, T., Rehkopf, A.: Automatisierte Überwachung von Kohlendioxid-Untergrundspeichern bei der CCS-Technologie. In: Tagungsband Automation 2010, S. 431-435. VDI-Verlag 2010
- [5] Dach, T., Rehkopf, A.: Möglichkeiten zu Monitoring und Simulation im Bereich der Gasautomation am Beispiel der CO₂-Flächenmessung mit Hinblick auf die Multisensortechnik. In: Tagungsband ASIM 2009 - 20. Symposium Simulationstechnik. S. 286-289. Shaker 2009

IMPRESSUM



Verlag:
DIV Deutscher Industrieverlag GmbH
Arnulfstraße 124, D-80636 München
Telefon +49 (0) 89 203 53 66 0
Telefax +49 (0) 89 203 53 66 99
www.di-verlag.de

Geschäftsführer:
Carsten Augsburg, Jürgen Franke

Verlagsleiterin:
Kirstin Sommer

Spartenleiterin:
Anne Hütter

Herausgeber:
Dr. rer. nat. Thomas Albers
Dr. Gunther Kegel
Dipl.-Ing. Hans-Georg Kumpfmüller
Dr.-Ing. Wilhelm Otten

Beirat:
Dr.-Ing. Kurt Dirk Bettenhausen
Prof. Dr.-Ing. Christian Diedrich
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Epple
Prof. Dr.-Ing. Alexander Fay
Prof. Dr.-Ing. Michael Felleisen
Prof. Dr.-Ing. Georg Frey
Prof. Dr.-Ing. Peter Göhner
Dipl.-Ing. Thomas Grein
Prof. Dr.-Ing. Hartmut Haehnel
Dr.-Ing. Jörg Kiesbauer
Dipl.-Ing. Rolf Marten
Dipl.-Ing. Gerald Mayr
Dr. Jörg Nothdurft
Dr.-Ing. Josef Papenfort
Dr. Andreas Wernsdörfer
Dipl.-Ing. Dieter Westerkamp
Dr. rer. nat. Christian Zeidler

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

Redaktion:
Anne Hütter (ahü)
(verantwortlich)
Telefon +49 (0) 89 203 53 66 58
Telefax +49 (0) 89 203 53 66 99
E-Mail: huetter@di-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
D-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

DIV und Vulkan Verlag sind Unternehmen der ACM



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

Bezugspreise:
Abonnement jährlich: € 468,- + € 30,-/
€ 35,- Versand (Deutschland/Ausland);
Heft-Abonnement + Online-Archiv:
€ 638,40; ePaper (PDF): € 468,-;
ePaper + Online-Archiv: € 608,40;
Einzelheft: € 55,- + Versand;
Die Preise enthalten bei Lieferung
in EU-Staaten die Mehrwertsteuer,
für alle übrigen Länder sind es
Nettopreise. Mitglieder der GMA: 30%
Ermäßigung auf den Heftbezugspreis.
Bestellungen sind jederzeit über den
Leserservice oder jede Buchhandlung
möglich.
Die Kündigungsfrist für Abonnement-
aufträge beträgt 8 Wochen zum Bezugs-
jahresende.

**Abonnement-/
Einzelheftbestellung:**
Leserservice atp
Postfach 91 61, D-97091 Würzburg
Telefon +49 (0) 931 41 704 94
Telefax +49 (0) 931 41 704 92
E-Mail: leserservice@di-verlag.de

**Verantwortlich für
den Anzeigenteil:**
Inge Matos Feliz
Telefon +49 (0) 89 203 53 66 22
Telefax +49 (0) 89 203 53 66 99
E-Mail: matos.feliz@di-verlag.de
Es gelten die Preise der Mediadata 2013

Anzeigenverwaltung:
Brigitte Krawczyk
Telefon +49 (0) 89 203 53 66 12
Telefax +49 (0) 89 203 53 66 99
E-Mail: krawczyk@di-verlag.de

Art Direction / Layout:
devis aronaitis design | dad |

Druck:
Druckerei Chmielorz GmbH
Ostring 13,
D-65205 Wiesbaden-Nordenstadt
Gedruckt auf chlor- und
säurefreiem Papier.

Die atp wurde 1959 als „Regelungs-
technische Praxis – rtp“ gegründet.
DIV Deutscher Industrieverlag
GmbH München

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen
Beiträge und Abbildungen sind urheber-
rechtlich geschützt. Mit Ausnahme der
gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine
Verwertung ohne Einwilligung des Verla-
ges strafbar.

Gemäß unserer Verpflichtung nach § 8
Abs. 3 PresseG i. V. m. Art. 2 Abs. 1c DVO
zum BayPresseG geben wir die Inhaber
und Beteiligungsverhältnisse am Verlag
wie folgt an:

DIV Deutscher Industrieverlag GmbH,
Arnulfstraße 124, D-80636 München.

Alleiniger Gesellschafter des Verlages
ist die ACM-Unternehmensgruppe,
Ostring 13,
D-65205 Wiesbaden-Nordenstadt.

ISSN 2190-4111



VORSCHAU

DIE AUSGABE 6 / 2013 DER

atp edition
Automatisierungstechnische Praxis

ERSCHEINT AM 03.06.2013

MIT DEM SCHWERPUNKT

„DIE DIGITALE ANLAGE IM LEBENSZYKLUS“

Engineering von Regel-
ventilen unter Verwendung
von standardisierten
Merkmalsleisten

Intelligente Start-Stopp-
Automatik für
Nicht-Produktivphasen

Strategien zur Energie-
effizienzsteigerung in
Automatisierungssystemen

Digitale Daten in der
Instandhaltung von Anlagen

Aus aktuellem Anlass können sich die Themen
kurzfristig verändern.

LESERSERVICE

E-MAIL:
leserservice@di-verlag.de

TELEFON:
+49 (0) 931 417 04 94

atp^{edition}

Automatisierungstechnische Praxis

Erreichen Sie die Top-Entscheider
der Automatisierungstechnik.

Sprechen Sie uns an wegen Anzeigenbuchungen
und Fragen zu Ihrer Planung.

Inge Matos Feliz:

Tel. +49 89 203 53 66-22

E-Mail: matos.feliz@di-verlag.de