

review

02|2018 de

Kompetenz in Design



-
- 06–27 Kompetenz in Design
 - 28–65 Digitale Systeme und Analysen
 - 66–81 Bewegung
 - 82–93 Energie



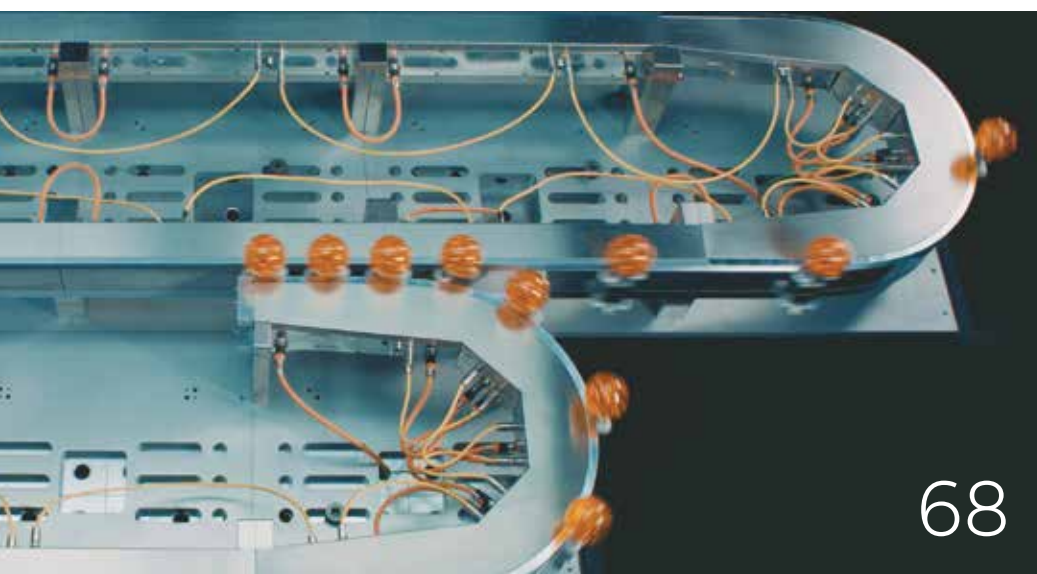
22

Vibroakustische Analysen für Trafos



90

Automatischer
Netzumschalter TruONE™



Intelligentes
Produkt-Transportsystem

68



Komplexität im Griff



Digitaler Durchflussmesser-Zwilling



Schnelle, hochauflösende Bahninspektion

05 Editorial

Kompetenz in Design

- 08 Komplexität im Griff
- 16 Simulation von HS-Durchführungen
- 22 Vibroakustische Analysen für Trafos

Digitale Systeme und Analysen

- 30 Revolution im Wassersektor
- 38 Modellbasierte Prozessregelung und Analyse
- 46 Prüfstand für ABB Ability™-gestützte Maschinen
- 52 Schnelle, hochauflösende Bahninspektion
- 58 Digitaler Durchflussmesser-Zwilling

Bewegung

- 68 Intelligentes Produkt-Transportsystem
- 74 Individualisierte Massenproduktion
- 76 Direktantriebe für Gurtbandförderer

Energie

- 84 Neuer Generatorleistungsschalter
- 90 Automatischer Netzumschalter TruONE™

Buzzwords entschlüsselt

- 94 Digitaler Zwilling

95 Impressum

Kompetenz in Design ist unerlässlich für alles – von der Integrität und Funktionalität von Gebäuden und Maschinen bis zum integrativen Betrieb von Datenmanagementsystemen. Dies erfordert nicht nur ein fundiertes Verständnis dafür, wie Dinge funktionieren und wie sie zusammenpassen, sondern auch die Weitsicht, sich vorzustellen und zu bauen, was möglich ist. Die Innovation, die aus dieser Kompetenz erwächst, ist das Thema dieser Ausgabe der ABB Review.

**Wir freuen uns über Ihr Feedback:
abb.com/abbreview**

EDITORIAL

Kompetenz in Design



Liebe Leserin, lieber Leser,

Was zeichnet ein gut durchdachtes Produkt aus? In der Industrie reicht es nicht mehr aus, dass ein Gerät seine Aufgaben fehlerlos erledigt. Es muss zusätzlich „smart“ sein und sich nahtlos in die betreffende Anlage und die erweiterte Wertschöpfungskette einfügen. Durch die Teilnahme an den Datenflüssen, Prozessen und der Intelligenz, die durch die Digitalisierung ermöglicht werden, wird das Gerät Teil einer fortschrittlichen digitalisierten Produktionsumgebung, die viel mehr ist als die Summe der Einzelteile.

Die Verfügbarkeit und der Austausch digitaler Informationen sind zentrale Aspekte eines digitalen Zwillings. Neben einzelnen Datenströmen und Trends werden auch physische und kontextbezogene Informationen digital erfasst, sodass das Verhalten eines Geräts bzw. eines ganzen Systems modelliert oder vorhergesagt werden kann. Ein digitaler Zwilling beseitigt Unsicherheiten bei der Planung und Konfiguration, unterstützt Anwendungen und hilft dabei, die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit durch Zustandsüberwachung und erweiterte Services zu gewährleisten.

Ich hoffe, die nachfolgenden Artikel vermitteln Ihnen einen Eindruck davon, welche – vielleicht auch weniger bekannten Aspekte der Digitalisierung – in unseren Produkten stecken.

Eine interessante Lektüre wünscht Ihnen

A stylized, handwritten signature in red ink, appearing to read 'Bazmi Husain'.

Bazmi Husain
Chief Technology Officer



Kompetenz in Design

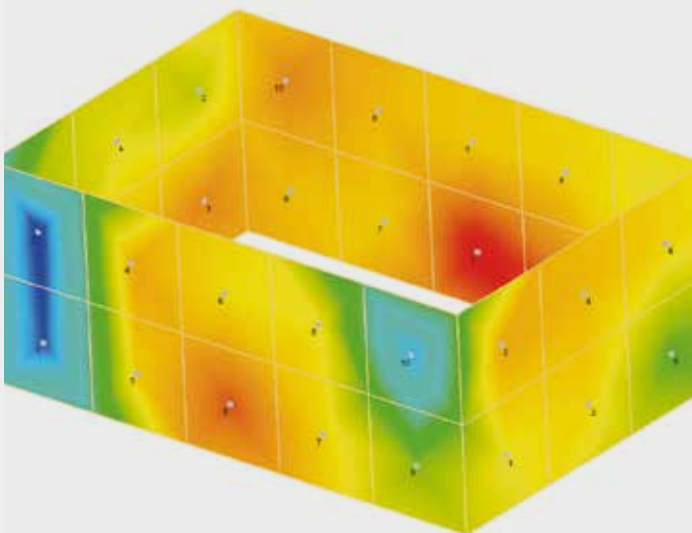


22



Man kann sagen, dass Unberechenbarkeit und Geräusche ein Zeichen für fehlende Transparenz eines Systems sind. ABB entwickelt neue Möglichkeiten, um solche Abhängigkeiten und Muster aufzudecken und eine optimale Performance – z. B. für Prozessleitumgebungen, HGÜ-Komponenten und Transformatoren – zu modellieren.

- 08 Komplexität im Griff
- 16 Numerische Simulationen von Hochspannungs-Durchführungen
- 22 Vibroakustische Analysen zur Minderung von Trafogeräuschen



08

 KOMPETENZ IN DESIGN

Komplexität im Griff

Industrie 4.0 und die damit verbundene Digitalisierung markieren den Beginn einer neuen Ära, in der innovative Technologien dabei helfen werden, komplexe Aufgaben verständlicher und handhabbarer zu machen und Prozessleitumgebungen neu zu definieren.

Martin Hollender
ABB Corporate Research
Ladenburg, Deutschland

martin.hollender@de.abb.com

Tone Grete Graven
ABB Industrial Automation
Oslo, Norwegen

tone-grete.graven@no.abb.com

Jeton Partini
Pierre Schäring
CGM, Future Operation
Center
Borås, Schweden

jeton.partini@se.abb.com
pierre.scharing@se.abb.com

Im Zuge von Industrie 4.0 wandeln sich auch die Prozessleitumgebungen. Als Industrie 4.0 wird die auf cyber-physischen Systemen basierende vierte industrielle Revolution bezeichnet, die durch Technologien wie Digitalisierung, das Internet der Dinge, Big Data, künstliche Intelligenz und virtuelle Realität vorangetrieben wird. Diese Technologien versprechen, viele der zunehmend komplexen Aufgaben wie Fehlererkennung und -diagnose, aber auch die Prozessoptimierung verständlicher

Kostengünstige Sensoren und KI ermöglichen die Überwachung immer größerer Anlagenteile durch einen einzigen Bediener.

und handhabbarer zu machen. Darüber hinaus sind sie ein erster Schritt in Richtung der vernetzten Leitwarten von morgen. Voraussetzung für den Erfolg dieser Entwicklungen sind fortschrittliche kollaborative Arbeitsumgebungen und leistungsstarkes Personal.

So, wie selbstfahrende Autos gerade im Begriff sind, den Verkehr von morgen zu verändern, sind



ausgeklügelte digitale Automatisierungsprogramme dabei, den Betrieb von industriellen Prozessen dramatisch zu verändern. Angetrieben durch kostengünstige Sensoren und leistungsstarke Algorithmen für künstliche Intelligenz (KI), die die Erkennung von Bildern, die Überwachung von Schwingungen und vieles mehr ermöglichen, ersetzen solche Programme zunehmend die menschliche Wahrnehmung. Immer größere Anlagenteile können von einem einzigen Bediener überwacht werden.

Dennoch sind wir oft noch weit von solchen Idealzuständen entfernt. Obwohl es integrierte industrielle Informationssysteme gibt, die Betriebsdaten erfassen, um eine bessere Zusammenarbeit zu ermöglichen [1] und Daten in Echtzeit



01

—
01 Moderne Kohlenwasserstoff verarbeitende Anlagen bestehen aus unzähligen Teilsystemen, die reibungslos zusammenarbeiten müssen. Der Schlüssel hierzu liegt in einem optimierten Datenmanagement.

bereitzustellen, zeigt eine Studie von McKinsey [2], dass z. B. im Fall von Offshore-Plattformen

—
Warum wird das Potenzial von Industrie 4.0 noch nicht vollständig ausgeschöpft? Die Antwort liegt häufig in der Komplexität.

nur ein kleiner Teil der erfassten Daten tatsächlich als Grundlage für betriebliche Entscheidungen genutzt wird →2.

Datenverfügbarkeit: Beseitigung von Informationssilos

Warum wird das Potenzial von Industrie 4.0 also noch nicht vollständig ausgeschöpft? Die Antwort liegt häufig in der Komplexität. Moderne Anlagen sind hochgradig miteinander verzahnte Systeme, d. h. ein Problem in einem Teil eines Prozesses kann sich durch verschiedene Teilsysteme und Anlagenkomponenten fortpflanzen. Moderne Automatisierungssysteme schaffen zusätzliche dynamische Wechselwirkungen zwischen diesen Komponenten, was eine klare Beurteilung potenzieller Probleme weiter erschwert. Zu dieser inhärenten Systemkomplexität kommt das menschliche Element, das die Zusammenarbeit von multidisziplinären Teams und das Einbeziehen von Spezialwissen (häufig von externen Anbietern) umfassen kann.

Comment			Source
	Menschen und Prozesse	0% Planung basiert vornehmlich auf den empfohlenen Wartungsintervallen des OEM	Interviews mit Betriebspersonal
	Bereitstellung	< 1% Keine Schnittstelle vorhanden, um Echtzeit-Analysen verfügbar zu machen	
	Analysen	< 1% Reporting beschränkt sich auf wenige KPIs, die rückblickend überwacht werden	BI- und KPI-Durchsicht
	Datenmanagement	~ 1% Daten stehen nicht in Echtzeit zur Verfügung, sodass nur eine Ad-hoc-Analyse möglich ist	Durchsicht der Infrastruktur und Bandbreite zwischen on- und offshore
	Infrastruktur	60% Nur 1 % kann für die tägliche Nutzung an Land gestreamt werden	
	Datenerfassung	100% ~40 % aller Daten werden nie gespeichert. Der Rest wird lokal offshore gespeichert	Prüfung der Speicherkapazität (am Speichersystem mit der höchsten Kapazität)

30,000 Tags gemessen

02

Leider wird die Zusammenarbeit zwischen Mitarbeitern unterschiedlicher Disziplinen, Standorte und Unternehmensbereiche → 3 häufig dadurch erschwert, dass die zur Lösung eines Problems benötigten Informationen unzugänglich in Informationssilos verborgen sind. Zudem verfügen viele Unternehmen nicht über die entsprechende Organisation und die erforderlichen Arbeitsprozesse zur Unterstützung einer multidisziplinären Zusammenarbeit, sodass die Arbeit

Die Idee ist, dem Industriearbeiter das gleiche Maß an digitaler Unterstützung zu bieten, wie es dem Büropersonal seit Jahren zur Verfügung steht.

eher wie bei einem Staffellauf als auf gemeinschaftliche Weise erledigt wird. Unternehmen sind sich dieser Herausforderungen durchaus bewusst. Tatsächlich wissen die meisten, dass sie angesichts der zunehmenden Menge digital erzeugter Daten ihre Arbeitsweisen verbessern müssen, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Fortschrittliche Unternehmen versuchen, die

Effektivität ihres Personals durch die Einführung digitaler Technologien zu verbessern – z. B. mithilfe von BYOD-Initiativen (Bring Your Own Device) zur Nutzung eigener elektronischer Geräte und die Einführung von Lösungen, die es den Mitarbeitern ermöglichen, überall effektiv zu arbeiten, sei es in der Leitwarte, im Produktionsbereich oder von zu Hause. Kurzum besteht die Idee darin, dem Industriearbeiter das gleiche Maß an digitaler Unterstützung zu bieten, wie es dem Büropersonal seit Jahren zur Verfügung steht.

Informationen, die zuvor in Leisystemen und proprietären Tools verborgen lagen, werden durch verbesserte Konnektivität und Integration von Systemen und Netzwerkebenen zunehmend verfügbar gemacht. Dieser Trend ermöglicht webbasierte Anwendungen, die die Konsolidierung von Daten aus unterschiedlichen Systemen und Tools unterstützen und einen einfachen Zugriff von jedem Standort aus ermöglichen. Ein einfacher Zugang zu Daten und eine gemeinsame Arbeitsumgebung stellen den ersten Schritt zu einer effektiven Zusammenarbeit zur Unterstützung des Prozessbetriebs dar. Verbesserungen im Bereich der Analytik und Visualisierung helfen dem Personal ebenfalls dabei, wachsende Datenmengen zu verstehen und zu bewältigen.

—
02 Nur ein geringer Prozentsatz der Daten, die in vielen Industrieprozessen erzeugt werden, wird als Grundlage für betriebliche Entscheidungen genutzt.

—
03 Zusammenarbeit über Standorte, Disziplinen und Unternehmen hinweg.

Zu den weiteren Technologietrends, die einen neuen kollaborativen Arbeitsansatz unterstützen, gehört die Videokonferenztechnik. Diese ist mittlerweile so ausgereift, dass viele Unternehmen ihre lokalen Leitwarten von Operations Centers aus über Videoverbindungen zwischen den Standorten unterstützen können. Auch auf mobilen Geräten oder Arbeitsplatzrechnern ermöglicht hochwertige Videokonferenztechnik

Digitale Technologien lassen die Grenzen zwischen lokalem Betrieb und Fernbetrieb verschwimmen.

Mitarbeitern den unmittelbaren Zugriff auf entferntes Expertenwissen. Miteinander kombiniert lassen die Einführung digitaler Technologie für einen einfachen, standortunabhängigen Zugang zu Informationen und die Verbreitung von Videokonferenztechnik zur Unterstützung einer standortübergreifenden Zusammenarbeit die Grenzen zwischen lokalem Betrieb und Fernbetrieb verschwimmen.

Einblicke in den Prozessbetrieb

Moderne Automatisierungssysteme decken nicht nur die meisten Aspekte des normalen Anlagenbetriebs ab, sondern sind auch in der Lage, viele ungewöhnliche Situationen zu bewältigen. Gehobene Regelungsverfahren wie die modellprädiktive Regelung (MPC) und die zustandsbasierte Regelung (SBC) [6] ermöglichen die Automatisierung sehr komplexer Aufgaben wie das Anfahren einer Industrieanlage. Tatsächlich ist eine automatische Regelung leistungsfähiger als ein typischer menschlicher Bediener. Infolgedessen hat das Bedienpersonal immer weniger mit den inneren Regelkreisen zu tun, die in direktem Kontakt mit dem Prozess stehen. So verlagern sich die Aufgaben der Anlagenfahrer zunehmend auf die leitende Kontrolle (engl. supervisory control) [6], wobei es gilt, eine Vielzahl von Regelmodulen zu überwachen und zu verwalten. Eine geringere Beteiligung an der direkten Prozessführung bedeutet aber auch, dass das Personal weniger Möglichkeiten hat, durch praktische Erfahrung ein Gefühl für den Prozess zu entwickeln – ein Problem, das sich auf dramatische Weise beim Verlust von Flug AF447 bemerkbar gemacht hat [7].



Damit sie den Prozess übernehmen können, wenn die Automatisierung ausfällt, benötigen Anlagenfahrer eine bessere Qualifikation und ein fundiertes Verständnis der zugrunde liegenden technischen Vorgänge, Automatisierungssysteme und Regelmodule. Hier sind Simulatorschulungen

—

Industrie 4.0 hat nicht nur einen wesentlichen Einfluss auf Informationsflüsse und die Verfügbarkeit von Informationen, sie wird auch die Qualitätssicherung entscheidend beeinflussen.

erforderlich, wenn es darum geht, ein Gefühl für Prozesse zu entwickeln. Ferner sollten Anlagenfahrer in die Optimierung der Prozessführung einbezogen werden. So bleiben sie nahe am Geschehen und können das erforderliche Wissen aufbauen, das es ihnen erlaubt, bei einem Ausfall der Automatisierung die Kontrolle zu übernehmen.

Industrie 4.0 hat nicht nur einen wesentlichen Einfluss auf Informationsflüsse und die Verfügbarkeit von Informationen, sie wird auch die Qualitätssicherung in der Industrie entscheidend beeinflussen [9]. Mithilfe von Big-Data-Verfahren lassen sich historische Prozessdaten in Algorithmen verarbeiten, die die Qualität der Produktion vorhersagen können [10]. So können entstehende Probleme frühzeitig erkannt und entsprechende Gegenmaßnahmen getroffen werden, bevor sie sich auswirken. Bislang brauchte ein Anlagenfahrer viele Jahre, um sich eine vergleichbare Erfahrung anzueignen.

Wissen von Experten fern der Anlage kann ebenfalls eine entscheidende Rolle bei der Vermeidung von Ausfällen spielen. So besagt der Untersuchungsbericht zum Unfall der Bohrplattform Deepwater Horizon [11], dass die Katastrophe unter anderem auf die falsche Interpretation der verfügbaren Messungen zurückzuführen ist. Wahrscheinlich hätte der Unfall verhindert werden können, wenn man den Rat von hoch qualifizierten Experten aus der Ferne hätte einholen können.

04



—
04 Ein erweiterter
Bedienerarbeitsplatz.

Optimierung der Prozessleistung

Leistungskennzahlen (sogenannte Key Performance Indicators, KPIs) für die Prozessführung in Bereichen wie Regelkreisen, Alarmmanagement, Energieeffizienz und Gesamtanlageneffektivität sind detailliert in [12] beschrieben. Das Management dieser KPIs gehört zwar nicht zu den klassischen Aufgaben des Anlagenfahrers, wird aber im Hinblick auf die Sicherung einer guten Produktionsleistung immer wichtiger. Um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen, müssen Bereiche wie Betrieb, Instandhaltung und Analyse ganzheitlich verwaltet werden. Viele der dazugehörigen Aufgaben können entweder von zentralisierten internen

—
Eine Herausforderung besteht in der Gestaltung von kollaborativen Umgebungen, die mit Remote-Service-Stellen vernetzt sind.

Servicezentren durchgeführt oder an spezialisierte externe Serviceanbieter vergeben werden. Typische Ziele sind ein höherer Durchsatz, eine höhere Effizienz und eine höhere Verfügbarkeit der Produktionsanlage [13]. Dies lässt sich durch einen strukturierten Ansatz erreichen, der die Ursachen von und die Reaktionen auf Prozessschwankungen und -störungen darlegt. Durch Reduzierung von Prozessschwankungen wird die Flexibilität des Betriebs sowie die Stabilität, Sicherheit und Integrität der Anlage erhöht, während der Anteil der nicht spezifikationsgemäßen Produktion, die Energiekosten, die Umweltbelastung, die Belastung des Bedienpersonals und der Verschleiß der Ausrüstung reduziert werden.

Ein Beispiel hierfür liefert Dow Chemical. Das Unternehmen hat eine globale Analytikebene eingeführt, auf der riesige Mengen von Daten zu leicht verständlichen Informationen und Kennzahlen aufbereitet werden [14]. So können Experten von einem zentralen Analysezentrum aus

Anlagen in aller Welt bei der Bestimmung von Produktionshindernissen, Verbesserung der Effizienz und Entwicklung von optimalen Verfahrensweisen (Best Practices) unterstützen.

Leitwarten und Anlagenfahrer von morgen

Wie bereits erwähnt, wurden die meisten einfachen Teile der traditionellen Arbeit von Anlagenfahrern bereits von der Automatisierung übernommen. Damit hat sich das Tätigkeitsprofil heutiger Anlagenfahrer gegenüber ihren Vorgängern deutlich verändert. Sie überwachen eine Vielzahl von Regelmodulen und müssen in der Lage sein, komplexe Situationen schnell zu diagnostizieren, mit verschiedenen unterstützenden Einheiten zusammenzuarbeiten und Feld- und Wartungspersonal zu koordinieren. Sie entscheiden, wann es an der Zeit ist, externes Fachwissen einzuholen, und regeln die Integration von entfernten Experten. Damit sie ihr volles Potenzial entfalten können, benötigen sie eine Arbeitsumgebung, die diese Tätigkeiten unterstützt.

Eine Herausforderung in diesem Zusammenhang besteht in der Gestaltung von kollaborativen Umgebungen, die die traditionellen Leitwarten ersetzen. Häufig brauchen sich solche Operations Centers nicht in der physischen Nähe des Prozesses zu befinden, müssen aber viel besser mit Remote-Service-Stellen im eigenen Unternehmen und mit entsprechenden Serviceanbietern und Lieferanten vernetzt sein.

Die frühzeitige Einbindung von erfahrenen Leitwartendesignern wird eine entscheidende Rolle für die Gestaltung von Collaborative Operations Centers der nächsten Generation spielen. Hierbei ist ein völlig neuer Ansatz erforderlich, der das volle Potenzial von Industrie 4.0 berücksichtigt. Da die traditionelle Bauweise von Leitwarten schon bald veraltet sein wird, müssen neue Best Practices definiert werden.

Die neuen Collaborative Operations Centers werden mit weniger Personal besetzt sein.





05

Gleichzeitig wird sich die Rolle des Bedienpersonals von der reaktiven zur vorausschauenden Problemlösung und Analyse wandeln. Um dies zu erreichen, muss das Personal hoch qualifiziert

—
In den Leitwarten von morgen wird sich die Rolle des Bedienpersonals von der reaktiven zur vorausschauenden Problemlösung und Analyse wandeln.

und in der Lage sein, mit vielen anderen spezialisierten Funktionen wie IT/OT-Support, multifunktionaler Support, technischer und Fernsupport,

Asset-Risikomanagement, Alarmmanagement, Sicherheit, Cybersicherheit und Instandhaltungsmanagement zusammenzuarbeiten.

Die häufige wechselseitige Kommunikation mit einer breiten Palette von Remote-Service-Spezialisten – heute noch eher selten, aber in Zukunft die Norm – erfordert eine neue Sicht auf Faktoren wie Raumaufteilung, Arbeitsbereiche, Bildschirme, Kameras, Analysewerkzeuge und |Arbeitsumgebungen für die Zusammenarbeit über verteilte Standorte.

Auch wenn die Arbeit in einer 24/7-Umgebung spannend sein mag, kann sie die Lebenserwartung verkürzen. →4 zeigt eine Plattform, die an die Bedürfnisse jedes Nutzers angepasst und sogar automatisiert werden kann. So kann z. B. die Entfernung zwischen Augen und Bildschirm

—
05 Das neu entworfene Collaborative Operations Center.

automatisch angepasst werden, um einer Ermüdung vorzubeugen, oder die Beleuchtung kann über den Tag hinweg verändert werden, um den Biorhythmus zu unterstützen. Darüber hinaus ermöglichen Analysen von täglich erfassten Daten die schrittweise Optimierung der Arbeitsbedingungen für das Bedienpersonal.

—
Die Arbeitsumgebung von morgen wird durch eine technische Entwicklung geprägt sein, die sich stärker an den Bedürfnissen des Bedienpersonals orientiert.

→5 zeigt das neu gestaltete Collaborative Operations Center für ein Unternehmen aus der Energie- und Umweltbranche. Fünf traditionelle Leitwarten mit 12 Bedienern sollen durch ein neues Collaborative Operations Center mit zwei Bedienern ersetzt werden, die bei Bedarf entferntes Expertenwissen anfordern können.

Anlagenfahrer der nächsten Generation

Während sich Leitwarten zu Collaborative Operations Centers wandeln, wird eine große Herausforderung darin bestehen, die nächste Generation von Anlagenfahrern anzusprechen – eine Generation, für die der Zusammenhang zwischen persönlicher Ergonomie und Gesundheit von fundamentaler Bedeutung ist. Dieser zunehmend wichtige Aspekt verlangt Arbeitsplatzdesigns, die nicht nur akustische Störungen minimieren und gleichzeitig Faktoren wie Beleuchtung und Luftqualität optimieren, sondern auch psychosoziale Aspekte der Arbeitsumgebung wie Gamifizierung, Zusammenarbeit, individueller Raum, Flexibilität, Lernen, Nachhaltigkeit, soziale Präsenz, emotionale Bindung und Kreativität berücksichtigen. Alles in allem ist zu erwarten, dass die Arbeitsumgebung von morgen durch eine technische Entwicklung geprägt sein wird, die sich stärker an den Bedürfnissen des Bedienpersonals orientiert. ●

Literaturhinweise

[1] Pfeffer, J. et al. (2015): „Towards Collaborative Plant Control Using a Distributed Information and Interaction Space“. IEEE 20th Conference on Emerging Technologies Factory Automation (ETFA). S. 1–4.

[2] McKinsey Digital (2015): „Industry 4.0“.

[3] Otten, W. (2016): „Industrie 4.0 Und Digitalisierung“. atp edition 1-2/2016, S. 28–32.

[4] Nimmo, I. (2015): „Operator Effectiveness and The Human Side of Error“. CreateSpace.

[5] Hollender, M. (2010): „Collaborative Process Automation Systems“. ISA: Triangle Park, North Carolina.

[6] Sheridan, T. B. (1992): „Telerobotics, Automation, and Human Supervisory Control“. MIT Press: Cambridge, MA, USA.

[7] BEA (2012): „Final Report On the Accident on 1st June 2009“.

[8] Lorenz, M., Rüßmann, M., Strack, R., Lueth, K. L., Bolle, M. (2015): „BCG Perspectives: Man and Machine in Industry 4.0“.

[9] Atzmüller, M. et al. (2016): „Big data analytics for proactive industrial decision support“. atp edition 9/2016, S. 62–74.

[10] National Commission on the BP Deepwater Horizon Oil Spill and Offshore Drilling (2011): „Deep Water – The Gulf Oil Disaster and the Future of Offshore Drilling“. Report to the President.

[11] Hollender, M., Chioua, M., Schlake, J., Merkert, L., Petersen, H. (2016): „KPI-based Process Operation“. atp edition 9/2016, S. 52–61.

[12] Bieker, H. P., Slupphaug, O., Johansen, T. A. (2007): „Real-Time Production Optimization of Oil and Gas Production Systems: A Technology Survey“. SPE Production & Operations 22(4), S. 382–391.

[13] Colegrove, L. F., Seasholtz, M. B., Khare, C. (2016): „Big Data: Getting Started on the Journey“. AIChE CEP Magazine.

[14] Doppelhamer, J., Hollender, M. (2011): „Intelligente Leitwarten“. atp edition 12/2011, S. 42–47.

KOMPETENZ IN DESIGN

Numerische Simulationen von Hochspannungs-Durchführungen

Seit Neuestem verlangen Kunden – insbesondere in China – eine erheblich höhere Strombelastbarkeit von neuen Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungssystemen (HGÜ). Um diesen neuen Anforderungen gerecht zu werden und gleichzeitig die Entwicklungskosten zu minimieren, sind fortschrittlichere Simulationen erforderlich, insbesondere für kritische stromführende Komponenten wie Durchführungen.

Remigiusz Nowak
Bogusław Samul
Adam Sitko
ABB Corporate Research
Center
Krakau, Polen

remigiusz.nowak@
pl.abb.com
boguslaw.samul@
pl.abb.com
adam.sitko@
pl.abb.com

Christos Athanasopoulos
Jonas Birgersson
ABB Components
Ludvika, Schweden

christos.athanasopoulos@
se.abb.com
jonas.birgersson@
se.abb.com

In den vergangenen Jahren ist die Leistungstransportkapazität von HGÜ-Leitungen auf 10 bis 20 GW gestiegen. Damit einher geht eine entsprechende Zunahme der Spannung und der Stromstärke. Während die Stromstärke bei der Typprüfung der ersten 800-kV-Systeme noch bei 4.000 A lag, beträgt sie bei neueren HGÜ-Systemen für 1.100 kV ganze 7.500 A. Um diese neuen Anforderungen zu bewältigen und gleichzeitig die Entwicklungskosten zu minimieren, müssen fortschrittlichere numerische Strömungssimulationen (Computational Fluid Dynamics, CFD) eingesetzt werden.

Um diese neuen Anforderungen zu bewältigen, müssen fortschrittlichere CFD-Simulationen eingesetzt werden.

Durchführungen – numerische Verfahren

Eine kritische Komponente, die in allen Stromnetzen zu finden ist, sind Durchführungen. Eine Durchführung ist ein isolierter Leiter, der Strom auf einem hohen Potential durch eine geerdete Sperre (eine Wand oder einen Transformator) zur Übertragungsleitung führt. Da eine Durchführung keine

Redundanz besitzt, muss sie strengen Spezifikationen genügen, um eine lange Lebensdauer (bis zu 40 Jahre) und einen störungsfreien Betrieb unter sehr wechselhaften und extremen Bedingungen zu gewährleisten

ABB verfügt über Wissenschaftler mit einschlägiger Erfahrung in numerischen Untersuchungen verschiedener Art sowie einem umfassenden theoretischen Wissen und praktischer Erfahrung in der Konstruktion und Fertigung von UHV-Durchführungen (Ultrahochspannung) für Gleich- und Wechselstrom. Mit fundierten Kenntnissen über die thermische, elektrische und mechanische Simulation von Durchführungen und entsprechenden Fähigkeiten zur Erstellung genauer numerischer Modelle, die durch experimentelle Tests bestätigt werden, lässt sich das Wärmeverhalten von Hochspannungs-(HS-) Durchführungen auf schnelle und kostengünstige Weise untersuchen.

—
01 ABB-Prüfstand für
große HS-Durchführungen
im schwedischen
Ludvika.

Die Popularität numerischer Methoden hat in den vergangenen 10 Jahren erheblich zugenommen, was hauptsächlich auf einen Anstieg der Rechenleistung und die damit einhergehende Möglichkeit zur Lösung immer komplexerer physikalischer Probleme in angemessenen Zeiträumen zurückzuführen ist.

—
Numerische Analysen ermöglichen eine Optimierung des Designs und des Leistungsvermögens, bevor das Produkt getestet wird.

Der große Vorteil numerischer Analysen ist, dass sie eine detaillierte Untersuchung des Produktverhaltens unter verschiedenen Bedingungen in kurzer Zeit und zu vertretbaren Kosten ermöglichen. Außerdem können das Design und das Leistungsvermögen eines Produkts optimiert werden, bevor es gemäß den entsprechenden technischen Normen getestet wird.

Bis vor Kurzem wurden bei den meisten thermischen Simulationen alle Werkstoffe von Durchführungen – einschließlich Öl und Luft – wie Feststoffe behandelt. Die Dynamik der Fluide wurde nur selten berücksichtigt. Mit dem Aufkommen von Durchführungen für sehr hohe Spannungen stieg auch die Nachfrage nach neuen, leistungsfähigen thermischen Modellen, die zudem kurze Entwicklungszeiten garantieren. Außerdem bestand der Bedarf, verschiedene bestehende Ansätze in ein gemeinsames thermisches Modell für Durchführungen zu integrieren.

Thermische Effekte in Durchführungen

Eine thermische Simulation liefert die Temperaturverteilung in einer Durchführung bei unterschiedlichen Strömen und Umgebungstemperaturen. Da einige Komponenten sehr strikte Temperaturgrenzen haben, ist eine solche Untersuchung wichtig, um einen thermischen Abbau und daraus resultierenden elektrischen Durchschlag auszuschließen.



Kondensatordurchführungen bestehen aus drei Hauptkomponenten: einer äußeren Isolierung zur Minimierung von Kriechströmen und Verhinderung von externen Überschlügen, einer inneren kapazitiv

Die thermische Simulation von HS-Durchführungen ist eine komplexe Aufgabe, deren Ergebnis von vielen Parametern beeinflusst wird.

gesteuerten Isolierung zur Verteilung und Stabilisierung des elektrischen Felds (daher „Kondensator“) und einem Leitersystem zur Führung des Stroms. Für den Kondensatorkern gilt eine kritische Temperatur, ab der die dielektrischen Verluste ansteigen und ein thermisches Durchgehen auslösen – d. h. der Temperaturanstieg erhöht die dielektrischen Verluste, die wiederum die Temperatur ansteigen lassen usw., bis es zum thermischen Versagen kommt.

Um die Gefahr des Versagens einer Durchführung im System zu minimieren, werden die in der internationalen Norm IEC 60137 und den strengen ABB-Standards festgelegten zulässigen Höchsttemperaturen angewandt. Die Durchführung von Erwärmungsprüfungen an echten Durchführungen – kompliziert, ressourcenintensiv und zeitaufwändig →1.

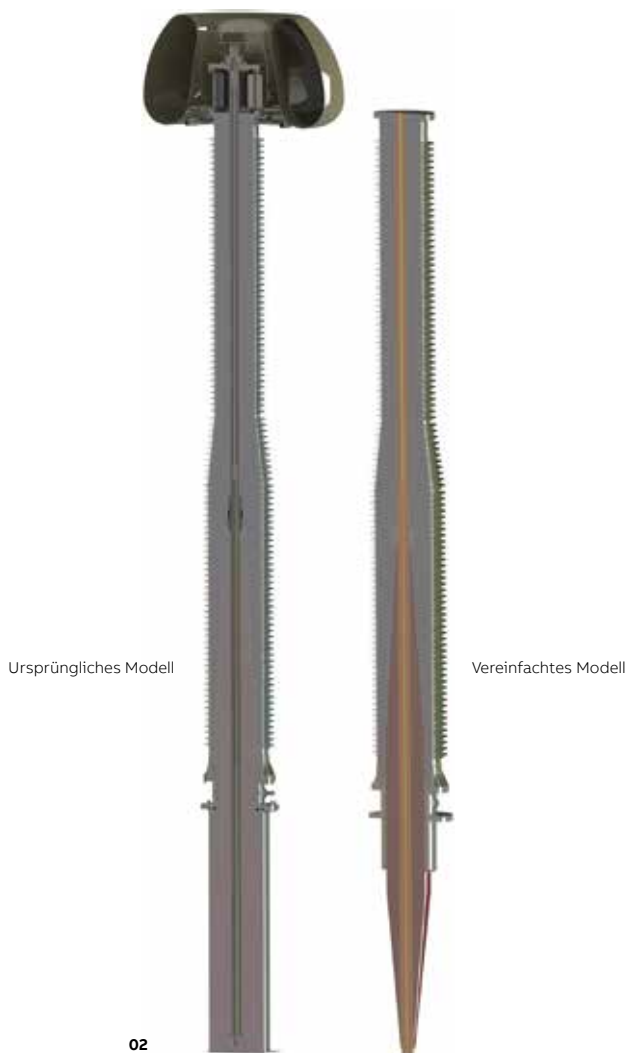
Erstellung eines thermischen Modells einer HS-Durchführung

Die thermische Simulation von HS-Durchführungen ist eine komplexe Aufgabe, deren Ergebnis von vielen Parametern beeinflusst wird. Dazu gehören Wärmeverluste, die Behandlung von Wärmeleitungs-, Wärmeströmungs- und Wärmestrahlungsvorgängen, Werkstoffparameter sowie die Modellierung von Turbulenzen bei SF₆-gefüllten Durchführungen. Allgemein kann der thermische Simulationsprozess in vier Schritte unterteilt werden:

- Erstellen des Geometriemodells
- Erzeugen des Rechengitters
- Einrichten der numerischen Modellparameter
- Numerische Analyse und Nachverarbeitung der Ergebnisse

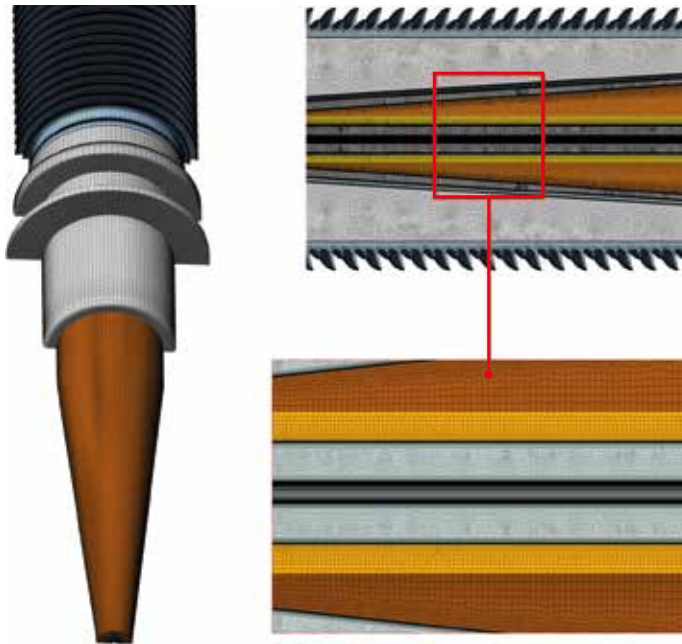
Erstellen des Geometriemodells

Das Erstellen des Geometriemodells ist in der Regel der einfachste Teil des Simulationsprozesses, da hierfür im Prinzip lediglich das CAD-Modell der Durchführung importiert und vereinfacht werden muss. Die meisten „kleinen“ Merkmale wie Schrauben, Hohlkehlen usw. werden aus dem Modell entfernt, da sie keinen erkennbaren Einfluss auf die Simulationsergebnisse haben →2.



—
02 Beispiel für Modellvereinfachungen bei der Vorbereitung eines CAD-Modells für CFD-Simulationen.

—
03 Beispiel eines Rechengitters für eine Durchführung vom Typ GGF 600.



03

Erzeugen des Rechengitters

Ist das Geometriemodell fertig für die Simulation, muss ein numerisches Gitter erzeugt werden, das die Rechengebiete definiert. Die Gitterqualität ist ein wichtiger Parameter, denn sie hat einen wesentlichen Einfluss auf die Konvergenzgeschwindigkeit des numerischen Modells und die Qualität der Ergebnisse. Ein Gitter geringer Qualität, z. B. eines mit zu wenigen Elementen, kann trotz eines einwandfrei erstellten Modells zu Divergenz führen. Zu viele Elemente hingegen führen zu einer

—
Die Gitterqualität hat einen wesentlichen Einfluss auf die Konvergenz des numerischen Modells und die Qualität der Ergebnisse.

überproportionalen Verlängerung der Rechenzeit. Bei der Modellierung der SF_6 -Strömung in Durchführungen vom Typ GGF müssen die Wandbereiche in der Nähe der SF_6 -Strömung z. B. angemessen „vergittert“ werden, da die Gasströmung im Gehäuse allein durch Auftriebskräfte bestimmt wird (natürliche Konvektionsströmung), die hauptsächlich an den „heißen“ Leiter- und „kalten“ Gehäuseoberflächen entstehen →3.

Einrichten der numerischen Modellparameter

Ist das Rechengitter erzeugt und die Qualität akzeptabel, kann es in die CFD-Software übertragen werden, wo das Problem definiert und gelöst wird. Das Erstellen des numerischen Modells ist der komplexeste Teil der Simulation. Neben der Einstellung gängiger Funktionen zur Modellkonfiguration wie das Aktivieren der Energiegleichungen, das Anwenden von Gravitationskräften usw. beinhaltet die Einrichtung noch eine ganze Reihe wichtiger Aufgaben wie die Definition der Wärmeverluste und Materialien, die Spezifikation der Anfangs-, Rand- und Betriebsbedingungen, die Charakterisierung des Turbulenz- und Wärmestrahlungsmodells sowie die Auswahl der Löseereinstellungen.

Numerische Analyse und Nachverarbeitung der Ergebnisse

Bei der numerischen Untersuchung werden die Werte der geforderten Größen wie Temperaturen, Geschwindigkeiten, Drücke usw. für jede Zelle des Rechengitters berechnet. Der Lösungsvorgang ist iterativ, d. h. die Lösung für das untersuchte Problem wird – ausgehend von beliebigen Anfangsbedingungen – schrittweise aktualisiert. Die Korrektheit wird mithilfe sogenannter Residuen überwacht, die die Ungleichgewichte (Imbalances) in den Bilanzgleichungen des Modells für Masse, Impuls und Energie beschreiben. Ein numerisches Problem gilt als gelöst, wenn die Werte der Residuen minimiert sind, d. h. sich die Temperatur-, Geschwindigkeits-, oder Druckfelder im Modell in den nachfolgenden Berechnungsschritten nicht verändern. Zudem werden benutzerdefinierte Tools zur Überwachung simulationsspezifischer Werte wie Geschwindigkeit, Temperatur und Druck verwendet, die in einer stabilen Simulation einen konstanten Wert erreichen sollten.

Zum Schluss müssen die ermittelten Ergebnisse aus physikalischer und numerischer Sicht geprüft werden. In diesem Schritt kann die Richtigkeit des verwendeten Gitters und der Gleichungen noch einmal endgültig bestätigt werden. Darüber hinaus wird sichergestellt, dass die Simulation dem Grundprinzip der Massen- und Energieerhaltung entspricht.

Für eine zuverlässige numerische Darstellung müssen sämtliche Wärmeübertragungsvorgänge korrekt erfasst werden.

Vielseitigkeit und Genauigkeit von numerischen Simulationen

Wie bereits erwähnt, müssen für eine zuverlässige numerische Darstellung sämtliche Wärmeübertragungsvorgänge im Inneren und an den äußeren Begrenzungen der Durchführung korrekt erfasst werden. Moderne kommerzielle FEM- (Finite-Elemente-Methode) und FVM-Simulationspakete (Finite-Volumen-Methode) wie Ansys Fluent oder

COMSOL Multiphysics nutzen fortschrittliche Algorithmen, und alle Modelle, die im Rahmen der hier beschriebenen Arbeiten damit erzeugt wurden, weisen eine hohe Genauigkeit auf →4. Besondere Sorgfalt ist bei den thermischen Simulationen geboten, da sie äußerst empfindlich gegenüber Randbedingungen sind. Aus diesem Grund muss die Wärmeübertragungsrate an den Außenflächen des Modells sorgfältig spezifiziert werden. In vielen Fällen lässt sich die Wärmeabfuhr aus dem System nur schwer vorhersagen. So ist z. B. bei Konvektionsgrenzen die Wärmemigration von den Eigenschaften, der Geschwindigkeit und der Temperatur der Luft und des Öls sowie von der Form der wärmeabgebenden Oberfläche abhängig.

Zur Erstellung des Simulationsmodells wurden Ergebnisse von Erwärmungsprüfungen verschiedener Durchführungen sowie Angaben zu den physikalischen Parametern der Werkstoffe verwendet. Als Genauigkeitsziel wurde ein Unterschied zwischen der Simulation und den Ergebnissen der Erwärmungsprüfung von maximal ± 2 K angesetzt. Bei einem Ergebnis innerhalb dieser Spanne würde sich die Simulation in zufriedenstellender Weise als Designwerkzeug für Durchführungen eignen.



— 04 Beispiele von Ergebnissen numerischer Simulationen.
04a Temperaturverteilung.

04b Stromlinien der Geschwindigkeit.
04c Isoflächen der Temperatur.

— 05. Temperaturverteilung entlang des Leiters. Vergleich des numerischen 3-D-Modells mit den Ergebnissen der Erwärmungsprüfung.

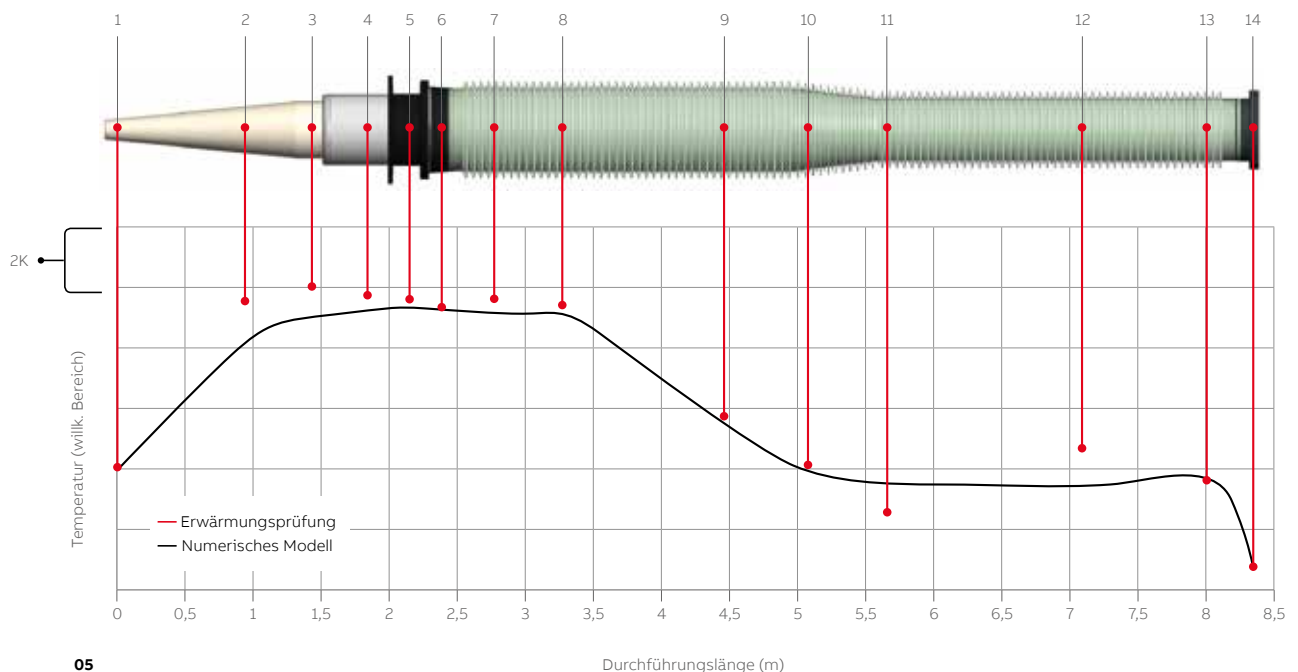
Ein Beispiel für die gemessene und die numerisch berechnete Temperaturverteilung entlang des Leiters ist in →5. dargestellt. Ein Vergleich der Kurven zeigt, dass die durchschnittliche Genauigkeit des konstruierten numerischen Modells bei einer maximalen Abweichung von 1,3 K etwa 2 % beträgt.

—

Die mit dem neuen thermischen Modell erzielten Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung von Computersimulationen als zusätzliches Designwerkzeug.

Die Abbildung zeigt deutlich, dass die Ergebnisse bei einem sorgfältig erstellten theoretischen und numerischen Modell sehr gut mit den Tests übereinstimmen. Diese Erkenntnis ebnet den Weg für weitere Untersuchungen oder Feinabstimmungen ausschließlich auf der Basis theoretischen Berechnungen als erheblich kostengünstigere und zeitsparende Alternative zum Redesign und zur Messung einer realen Komponente.

Die mit dem neuen thermischen Modell erzielten Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung von Computersimulationen als zusätzliches Werkzeug bei der Herstellung von HS-Durchführungen. Bei der Entwicklung der neuen Durchführungen für die 10- und 12-GW-HGÜ-Projekte haben numerische Simulationen dabei geholfen, die Stromtragfähigkeit der Durchführungen auf ein neues Niveau zu heben. ●



05

KOMPETENZ IN DESIGN

Vibroakustische Analysen zur Minderung von Trafogeräuschen

Die von einem Transformator ausgehenden Geräusche sind häufig ein ebenso wichtiger Parameter wie die Nennleistung, Spannung oder Verluste. Neue vibroakustische Analyseverfahren und numerische Modelle helfen dabei, den Geräuschpegel von Transformatoren durch konstruktive Verbesserungen zu senken.

Michał Kozupa
Grzegorz Kmita
ABB Corporate Research
Krakau, Polen

michal.kozupa@
pl.abb.com
grzegorz.kmita@
pl.abb.com

Roberto Zannol
Gianluca Bustreo
ABB Technology Center
Monselice, Italien

roberto.zannol@
it.abb.com
gianluca.bustreo@
it.abb.com

In Zeiten intensiven Wettbewerbs auf dem Transformatormarkt spielen Alleinstellungsmerkmale eine wichtige Rolle, wenn es darum geht, das Interesse des Kunden zu wecken. Ein mögliches Merkmal sind die Geräuschemissionen von Transformatoren.

Industrielärm gilt als Belastung. Da Geräusche von Transformatoren aufgrund ihrer akustischen Eigenschaften besonders unangenehm sein können, wird diesen bei der Entwicklung von ABB-Produkten seit jeher besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

Vibroakustische Tools ermöglichen eine detaillierte Analyse und Identifizierung von Geräusch- und Schwingungsquellen.

Mit dem Aufkommen neuer Werkzeuge für vibroakustische Analysen ergeben sich jedoch neue Möglichkeiten: 3-D-Laser-Scanning-Vibrometrie und Schallintensitätsscans in Verbindung mit leistungsfähigen multiphysikalischen numerischen Modellierungsverfahren ermöglichen nun eine detaillierte Analyse und Identifizierung von Geräusch- und Schwingungsquellen.

Zudem erleichtern diese Tools und Verfahren die Konstruktion von Systemen zur präzisen und effizienten Reduzierung von Trafogeräuschen.

Trafogeräusche und Schwingungen

Das Brummen ist eine typische Eigenschaft von Transformatoren, die auf physikalische Phänomene im Kern und in den Wicklungen zurückzuführen ist. In unbelasteten Transformatoren ist eine elastische Verformung des magnetischen Kerns (Magnetostriktion) die Hauptursache des Brummens, in belasteten Transformatoren sind es Wicklungsschwingungen [1, 2]. In beiden Lastzuständen ist das Geräusch harmonischer Natur, unterscheidet sich aber im Frequenzspektrum und der dominanten Frequenz →1.





—
Titelbild. ABB hat Konstruktionsverfahren entwickelt, die die Geräuschemissionen von Transformatoren wie diesem reduzieren.

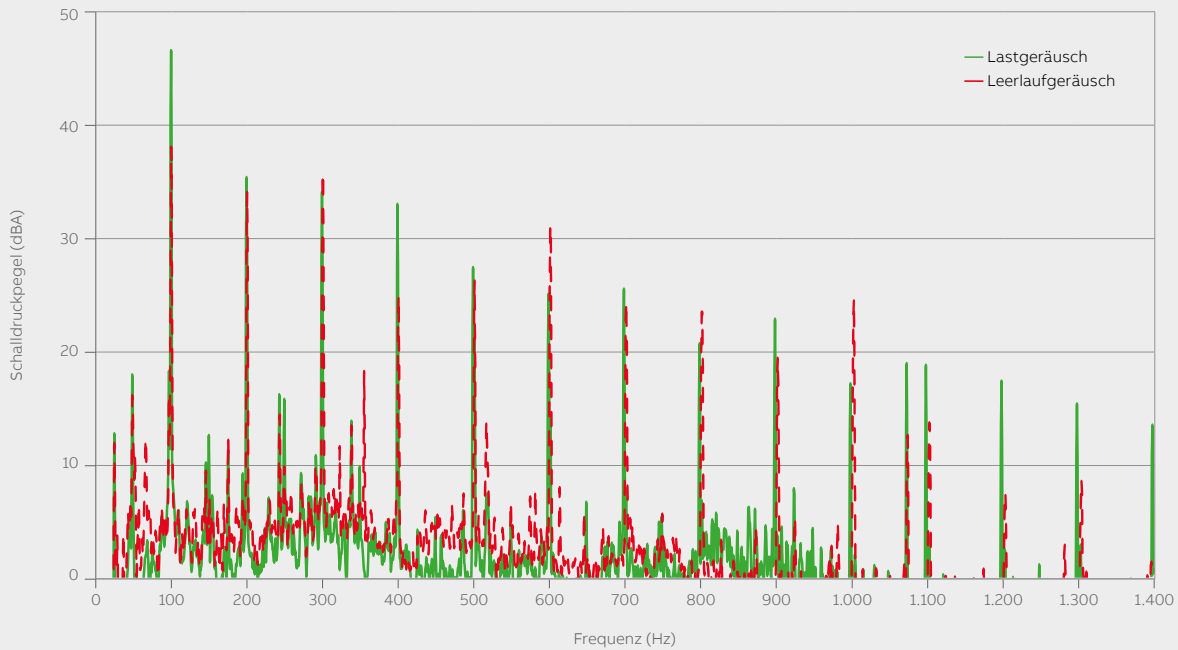
Obwohl die Schwingungen ihren Ursprung im Aktivteil eines Leistungstransformators haben (der für gewöhnlich von Öl umgeben ist), wird der Schall letztendlich vom Kessel abgestrahlt. Eine unsachgemäße mechanische Konstruktion des Transformators, insbesondere des Kessels, kann zu lokalen Strukturresonanzen und somit zur Verstärkung der Schallabstrahlung führen. Die Entwicklung entsprechender konstruktiver Gegenmaßnahmen erfordert eine zuverlässige Identifizierung dieser Geräusch- und Schwingungsquellen.

Schwingungsmessung per Laser

Eines der besten Verfahren zur Messung von Strukturschwingungen und Betriebsschwingungsformen ist die Laser-Doppler-Vibrometrie (LDV), da sie eine direkte Messung der Schwinggeschwindigkeit ermöglicht. Bei der LDV wird die Doppler-Verschiebung in der Frequenz eines Laserstrahls gemessen, der von einer schwingenden Oberfläche reflektiert wird.

Aufgrund der sehr hohen Frequenz des Laserlichts (~ 400 THz) ist die Messung sehr genau →2. LDV ist ein berührungsloses Verfahren, das zum einen das zu prüfende Gerät nicht beeinflusst und zum anderen Messungen an energietechnischen Produkten – z. B. in Betrieb befindlichen Hochspannungstransformatoren – aus sicherer Entfernung ermöglicht.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Messungen mit Beschleunigungssensoren – einem langsamen Verfahren mit niedrigerer Auflösung, bei dem die Lastsituation des Transformators berücksichtigt werden muss – ermöglicht LDV eine kontinuierliche 3-D-Abtastung mit Tausenden von Schwingungsmesspunkten und liefert in sehr kurzer Zeit detaillierte Schwingungsdaten →3.



01

Geräuschmessung mithilfe der Schallintensität

Eine gute Möglichkeit zur Identifizierung von Bereichen mit kritischer Geräuschabstrahlung bietet ein Schallintensitätsscan. Die Schallintensität ist eine Vektorgröße, d. h. sie liefert Informationen über Richtung und Betrag (standardmäßige Geräuschmessungen auf der Grundlage des Druckpegels messen nur den Betrag).

—
LDV ermöglicht eine kontinuierliche 3-D-Abtastung mit Tausenden von Messpunkten und liefert in sehr kurzer Zeit detaillierte Schwingungsdaten.

Schallintensitätssonden sind stark gerichtet und somit weniger anfällig für Störungen durch Hintergrundgeräusche. Ein Schallintensitätsscan ist eine sehr effiziente Methode zur Lokalisierung einer Schallquelle. Dazu wird mithilfe eines Messgitters eine Fläche definiert, über die dann Messungen an verschiedenen, in gleichem Abstand zueinander befindlichen Messpunkten vorgenommen werden. Aus den Ergebnissen lässt sich die Schalleistung über die Fläche berechnen, oder es können Konturendiagramme der Intensität erstellt werden. Durch Interpolation lassen sich Iso-Intensitätslinien für eine einzelne Frequenz oder einen Gesamtpegel ermitteln →4.



— 01 Vergleich des Geräuschspektrums eines Leistungstransformators unter Last und im Leerlauf.

— 02 Laser-Doppler-Schwingungsmessungen.

Zusammenhang zwischen Schwingung und Geräusch

Bei der Analyse von akustischen Bildern und Schwingungsmustern von Transformatoren ist ein gutes Verständnis der zugrunde liegenden

Numerische Analysen liefern ein Werkzeug zur Beurteilung der Wirksamkeit potenzieller Lösungen zur Geräuschdämpfung.

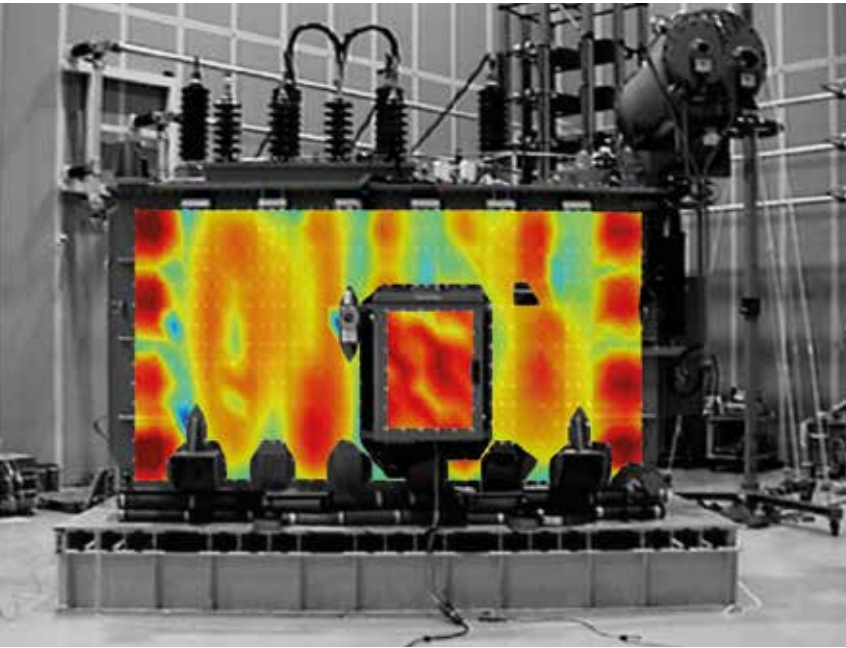
Energieumwandlung von Schwingung in Schall erforderlich. →5 zeigt die Hauptschritte bei der Umrechnung von Strukturschwingungen in hörbaren Schall. Die von der Struktur abgestrahlte Schalleistung lässt sich aus den Abmessungen der Oberfläche, der Strahlungseffizienz und der Schwingungsgeschwindigkeit berechnen.

Die Umrechnung in die Dezibel-Skala erfolgt mithilfe der Formel für den Schalleistungspegel. Da die Maßeinheit für das Geräusch von Transformatoren der A-bewertete Schalldruckpegel ist, wird die Schwinggeschwindigkeit ebenfalls mit A-Bewertung angegeben [3, 4].

Multiphysikalische numerische Modellierung

Numerische Analysen helfen nicht nur dabei, die Geräuscherzeugung selbst zu verstehen, sondern liefern auch ein Werkzeug zur Beurteilung der Wirksamkeit potenzieller Lösungen zur Geräuschdämpfung. Damit ist die Erstellung virtueller Prototypen (mit entsprechenden Zeit- und Kosteneinsparungen) ebenso möglich wie das Testen vor der endgültigen Realisierung und Validierung.





03

Der mit Trafogeräuschen verbundene Energiefluss stellt ein typisches multiphysikalisches Phänomen dar, das durch numerische Vorhersagen in den Bereichen Strukturdynamik Elektromagnetismus und Akustik wiedergegeben werden kann →6–7. Das Strukturmodell, einschließlich der Anregungskräfte, wird in einer vollständigen harmonischen Analyse berechnet – und zwar unter Berücksichtigung der Fluid-Struktur-Wechselwirkungen, da dies für die Ermittlung des korrekten Schwingungsmusters des Kessels entscheidend ist. Zwingend erforderlich ist jedoch, dass jede vollständige Analyse eines Struktursystems, bei der die akustische Antwort die Ausgabe darstellt,

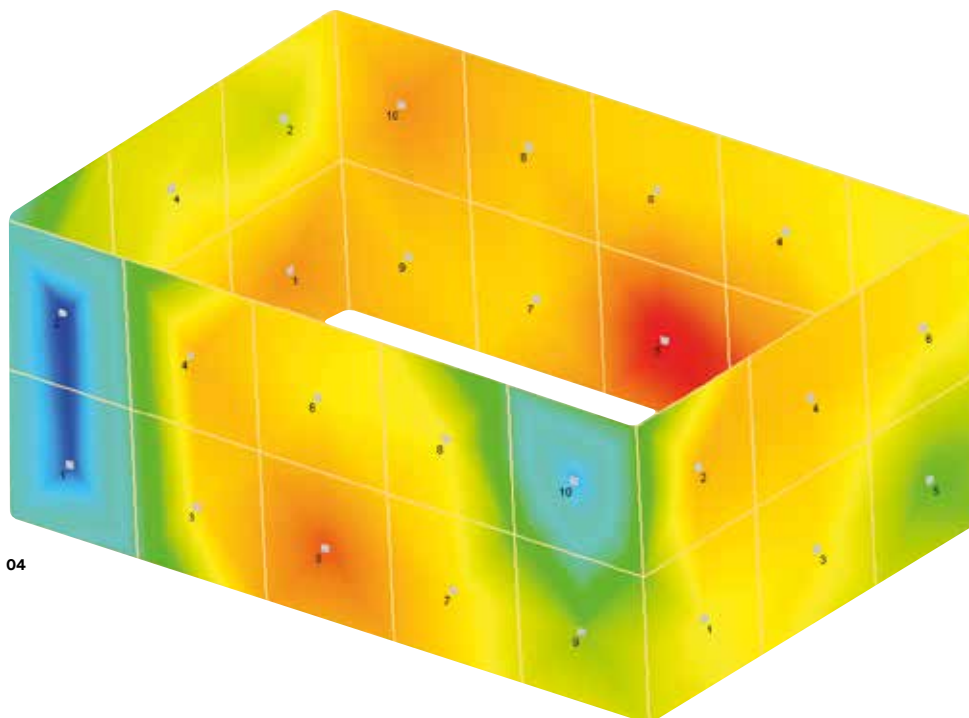
mit einer Betriebsmodalanalyse beginnt. Wichtig ist eine gute Übereinstimmung mit den Eigenwerten des Systems, die aus den realen Testdaten der 3-D-Laser-Vibrometrie abgeleitet werden.

Ein wohldefiniertes Schwingungsmodell der Außenflächen liefert nicht nur ein genaues akustisches Strahlungsmuster, sondern bietet auch Informationen über Bereiche mit hoher Schwingungsamplitude und leistet somit einen wertvollen Beitrag für die Umsetzung von Maßnahmen zur Geräuschdämpfung.

Ein wohldefiniertes Schwingungsmodell liefert ein genaues akustisches Strahlungsmuster und Informationen über Bereiche mit hoher Schwingungsamplitude.

Technologie zur Geräuschminderung

Die gängigste Lösung zur Geräuschminderung ist – nicht nur in der Transformatorenbranche – ein Gehäuse. Eine typische Schallschutzhaube kann die Geräuschemissionen um 20 bis 30 dB reduzieren, was erheblich ist. Einige Transformatoren weisen jedoch Geräuschfrequenzspektren auf, bei denen eine solche Dämpfung unwirksam ist.



04

03 Betriebsschwingungsform des Kessels eines 40-MVA-Transformators bei 100 Hz.

04 Schallintensitätsfeld um einen Leistungstransformator.

05 Umrechnung von Strukturschwingung in Schalldruckpegel.

06 Vollständiges numerisches Modell eines Leistungstransformators einschließlich elektro-magneto-mechanischer und akustischer Kopplung.

07 Akustische Abstrahlung des Transformator-kessels.

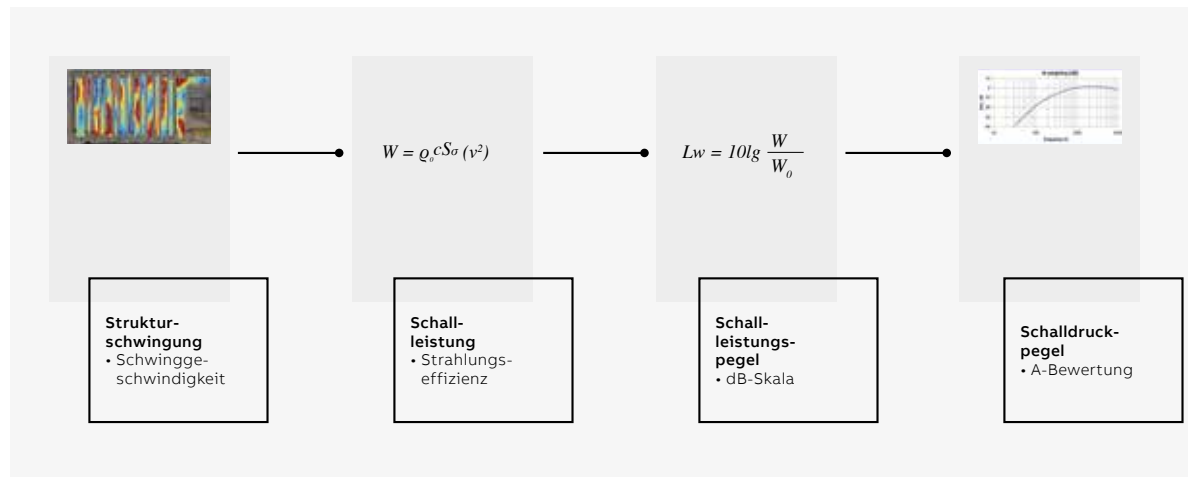
Literaturhinweise

[1] Kavasoglu, M. et al.: „Prediction of Transformer Load Noise“. Proceedings of the COMSOL Conference Paris, 2010.

[2] Girgis, R. S. et al.: „Comprehensive Analysis of Load Noise of Power Transformers“. IEEE Power Energy Society General Meeting 2009. S. 1-7.

[3] Hrkac, M. et al.: „Vibroacoustic behavior of SPT transformer“. International Colloquium Transformer Research and Asset Management CIGRE 2012.

[4] Kozupa M., Kmita, G.: „Investigation on noise radiation to structure vibration correlation in vibroacoustic of transformer“. Vibroengineering PROCEDIA, Volume 3. Katowice, 2014. S. 160-164.



05

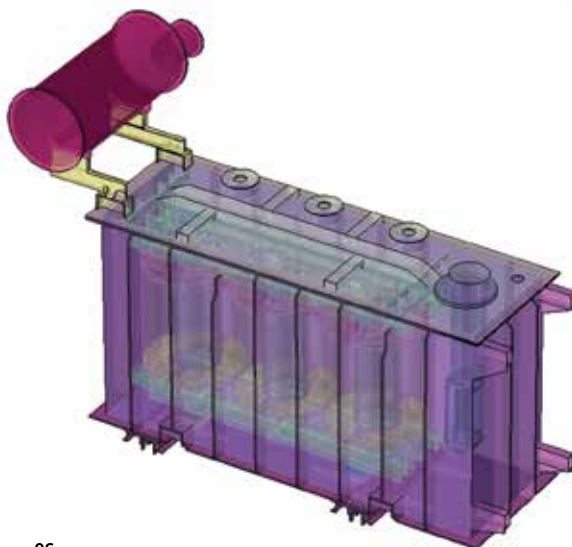
Aus diesem und anderen Gründen arbeitet ABB an Lösungen zur Geräuschreduzierung, die von außen unsichtbar in den Transformator integriert und so konstruiert sind, dass der Kunde den Transformator auf normale Weise warten und instand halten kann.

Vibroakustische Verfahren für Leistungstransformatoren sind auf eine Vielzahl anderer Produkte anwendbar.

Breitere Anwendung

Die beschriebenen vibroakustischen Verfahren für Leistungstransformatoren sind auf eine Vielzahl anderer Produkte anwendbar: große Motoren, bei denen Lagerdiagnosen und die Schwingungsübertragung durch Aufhängungen eine wichtige Rolle

spielen; Geräuschemissionen von Kondensatorbatterien; Strukturanalysen von Turboladern usw. Der zunehmende Wunsch der Kunden nach einer geringeren Umweltbelastung im Hinblick auf Geräuschemissionen wird zu einem verstärkten Einsatz vibroakustischer Messungen und multiphysikalischer Modelle führen. Dank ihres Know-hows auf dem Gebiet der LDV und der akustischen Modellierung ist ABB bestens gerüstet, um den Wünschen der Kunden nachzukommen. ●



06



07



38

Digitale Systeme und Analysen

46



Mit über 70 Millionen verbundenen Geräten und 70.000 Steuerungssystemen weltweit gehört ABB zu den führenden Unternehmen in der industriellen Digitalisierung. Wir entwickeln wegweisende Online- und Offline-Tools, die große Mengen an Daten in praktisch umsetzbare Informationen verwandeln und so dabei helfen, Fertigungsprozesse und Steuerungen zu optimieren.

- 30 Die smarte Revolution im Wassersektor
- 38 Modellbasierte Prozessregelung und Analyse in der Industrieautomatisierung
- 46 ORKAN – Prüfstand für ABB Ability™-gestützte Maschinen
- 52 Echtzeit-Analyse ganzer Zellstoff-, Papier- und Kartonbahnen
- 58 Digitaler Zwilling steigert die Performance von Durchflussmessern



DIGITALE SYSTEME UND ANALYSEN

Die smarte Revolution im Wassersektor

Externe Innovatoren können bedeutende Impulse für die Entwicklung neuer Produkte liefern. Durch die Zusammenarbeit mit einem solchen Partner, dem Unternehmen TaKaDu, ist ABB in der Lage, der Wasserwirtschaft neben ihrem vorhandenen Portfolio Lösungen anzubieten, die das volle Potenzial der Digitalisierung nutzen.



Victoria Lietha
ABB Technology Ventures
Zürich, Schweiz

victoria.lietha@ch.abb.com

Hugh Courtney, Präsident der International Partnership of Business Schools, einem Netzwerk renommierter Wirtschaftshochschulen zur Förderung der weltweiten Ausbildung im Bereich der Betriebswirtschaft, hat einmal gesagt, dass in einem globalen, vom Wettbewerb bestimmten Wirtschaftsumfeld Innovation die einzige Quelle für einen anhaltenden Wettbewerbsvorteil ist. Traditionell wurden Innovationen, die für die Entwicklung neuer Geschäfte entscheidend sind, innerhalb

Laut Schätzungen der Weltbank gehen weltweit 25 bis 30 % des Wassers durch Leckagen und Rohrbrüche verloren. Dies entspricht einem Einsparungspotenzial von 20 Mrd. USD.

eines Unternehmens entwickelt. In jüngster Zeit jedoch zwingen die Geschwindigkeit, Tiefe und Komplexität des technologischen Fortschritts immer mehr Unternehmen dazu, ihr Innovationskonzept zu überdenken und außerhalb des Unternehmens nach neuen Ideen zu suchen. In vielen Fällen ist

die Zusammenarbeit mit externen Akteuren zu einer unverzichtbaren Strategie geworden, wenn es darum geht, sich im Wettbewerb zu behaupten. Auch ABB verfolgt seit Längerem diesen Weg – mit bemerkenswertem Erfolg.

Dazu gehört auch die Gründung von ABB Technology Ventures (ATV) im Jahr 2009. ATV ist der für strategische Venture-Capital-Investitionen zuständige Arm von ABB [1]. Mit Niederlassungen in Zürich, dem Silicon Valley und Chennai (Indien) investiert ATV in Startups mit innovativen Technologien, die für ABB einen strategischen Wert besitzen.

Die seit 2012 bestehende Partnerschaft mit TaKaDu ist ein perfektes Beispiel dafür, wie eine solche Investition dabei helfen kann, das Produktangebot zu verbessern und neue Kunden zu gewinnen.



Im Blickpunkt: Wasser

Wasser steht im Mittelpunkt einiger der dringenden sozialen, politischen und wirtschaftlichen Herausforderungen der Welt. Laut dem „Global Risks Report 2018“ des Weltwirtschaftsforums gehört Wasserknappheit zu den zehn größten globalen Bedrohungen [2].

Die UN geht davon aus, dass ohne Umsetzung entsprechender Maßnahmen zur Reduzierung des Verbrauchs und der Verschmutzung bis zum Jahr 2030 die Hälfte der Weltbevölkerung keinen Zugang zu sauberem Wasser haben wird. Faktoren

—
Normalerweise verfügen Versorgungsunternehmen nicht über entsprechende Daten oder – wenn doch – analysieren sie sie zu wenig.

wie der Klimawandel, das Bevölkerungswachstum und neue Lebensweisen, die für einen steigenden Wasserbedarf sorgen – und somit zur Veränderung des häuslichen, gewerblichen und industriellen Wasserverbrauchs beitragen –, werden durch Faktoren auf der Versorgungsseite verstärkt.

AMIR PELEG – DER „HIGHTECH-KLEMPNER“



Mit 51 Jahren kann Amir Peleg, der sich selbst als der „Hightech-Klempner“ bezeichnet, bereits mehrere erfolgreiche Startups vorweisen, darunter YaData Ltd. (neue Technologie für Behavioral Targeting; übernommen von Microsoft), Unipier Ltd. (ehemals Cash-U) und EVS, (Elbit Vision Systems) Ltd. Im Jahr 2008 gründete er TaKaDu Ltd.

Amir Peleg hat einen B.Sc. in Mathematik, Physik und Informatik der Hebräischen Universität Jerusalem und einen MBA vom INSEAD (Institut Européen d'Administration des Affaires), einer privaten Wirtschaftshochschule in Fontainebleau, Frankreich. Als Jugendlicher gewann er einen Preis für junge Erfinder des Weizmann-Instituts in Israel. Außerdem ist er Chairman des Smart Water Networks Forum (SWAN).

Neben unzureichenden Investitionen in die Infrastruktur gehen laut Schätzungen der Weltbank weltweit 25 bis 30 % des Wassers durch Leckagen und Rohrbrüche verloren. Dies entspricht einem jährlichen Einsparungspotenzial von 20 Mrd. USD. Normalerweise verfügen Versorgungsunternehmen nicht über entsprechende Daten oder – wenn doch – analysieren sie sie zu wenig und verpassen so die Möglichkeit, einen Einblick in ihre Wasseretze zu bekommen. Reparaturen erfolgen häufig reaktiv und ungeplant. Nicht selten werden Probleme erst erkannt, wenn besorgte Bürger melden, dass Wasser die Straße entlang fließt.

Die Lösung von TaKaDu analysiert und verarbeitet Daten, die von verschiedenen intelligenten Sensoren im Netz erfasst werden.

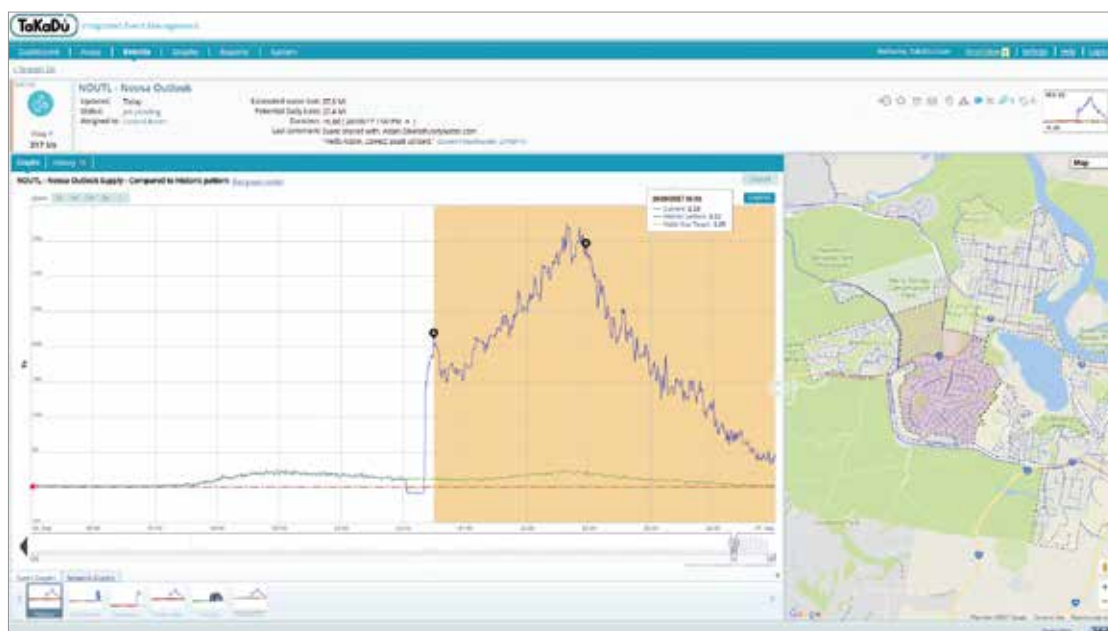
Technologie von TaKaDu bringt die Lösung

Die gute Nachricht ist, dass neue Technologien dabei helfen können, das Problem zu lösen. Mithilfe von digitalen Technologien, Datenanalysen und Algorithmen auf der Basis künstlicher Intelligenz (KI) sind Versorgungsunternehmen und Städte besser in der Lage, das Angebot und die Nachfrage nach sauberem Wasser zu lenken und somit die Wertschöpfung ihrer physischen Wasserinfrastruktur zu erhöhen. Zu den Pionieren, die diese neuen

Technologien in die Wasserwirtschaft einführen, gehört das israelische Unternehmen TaKaDu, mit dem ATV eine Partnerschaft geschlossen hat [1].

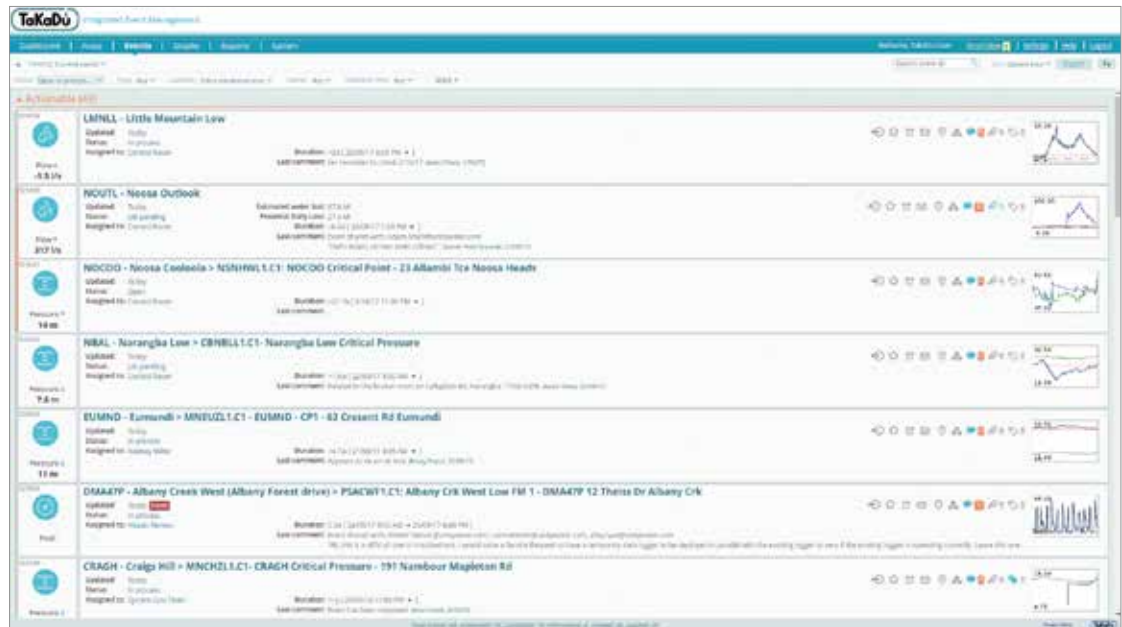
Laut Amir Peleg, dem Gründer und CEO von TaKaDu, ist Wasser in Israel – einem Land mit großer Wasserknappheit – für niemanden eine Selbstverständlichkeit → 1. Tatsächlich kommen rund 50 % des israelischen Trinkwassers aus Entsalzungsanlagen (eine teure Technik), während die Landwirtschaft recyceltes Abwasser für die Bewässerung nutzt (mit über 85 % hat Israel weltweit die höchste Recyclingrate für Abwasser).

Der Auslöser für Amir Pelegs Vorstoß in die Wasserwirtschaft kam, als er im Sommer 2008 selbst gezwungen war, seinen Wasserverbrauch aufgrund regionaler Knappheit zu reduzieren. Er fand heraus, dass 15 bis 20 % des gesamten Wassers, das die örtlichen Versorgungsunternehmen in das Netz pumpen, verloren gingen. Bei einem zufälligen Gespräch mit einem Ingenieur erkannte Amir Peleg zudem, in welcher ineffizienten Lage sich viele Wasserversorger befinden: Obwohl sie durchschnittlich 25 bis 30 % ihres Wassers verlieren und eine erhebliche Menge an Rohdaten zu ihren undichten Wassernetzen erfassen, werden diese Daten nur wenig genutzt, um einen Einblick in den Zustand des Wassersystems zu gewinnen oder Entscheidungen zu treffen. Aus dieser Erkenntnis heraus wurde TaKaDu geboren.



02 Beispiel einer Datenanalyse von TaKaDu.

03 Beispiel eines Ereignismanagements von TaKaDu.



03

Verarbeitung von Leitungsnetzdaten

Amir Peleg und sein Team begannen, Algorithmen zu entwickeln und statistische Ansätze zu nutzen, um Leckagen in Wassernetzen zu erkennen und größere Rohrbrüche zu verhindern. Die Lösung

Die Daten werden von der patentierten, cloudbasierten SaaS-Lösung von TaKaDu zur Kapazitätsüberwachung, Erkennung von Problemen und Meldung von Störungen in Echtzeit genutzt.

von TaKaDu analysiert und verarbeitet Daten, die von verschiedenen intelligenten Sensoren im Netz erfasst werden. Zu den verschiedenen Datenquellen gehören Eingaben von Betriebs- und Überwachungssystemen (z. B. SCADA), sensorbasierten Durchflussmessern, Druckdaten sowie andere externe Einflussfaktoren wie Wetter- und kalendarische Ereignisse.

Die Daten werden von der patentierten, cloudbasierten SaaS-Lösung (Software-as-a-Service) von TaKaDu genutzt, um die optimale Kapazität zu überwachen, Auffälligkeiten in den Daten zu erkennen, Ereignisse in Leitungen, Zählern, Ventilen und anderen Geräten zu klassifizieren und Störungen im Netz in Echtzeit zu melden. Trotz ihrer bahnbrechenden Bedeutung für Versorgungsunternehmen und das intelligente Wassermanagement erfordert die Lösung keine Veränderungen des Wassernetzes, zusätzliche Geräte oder Investitionsausgaben. Alles in allem ist die Lösung von TaKaDu in der Lage, Ereignisse in Wassernetzen vorherzusagen, zu erkennen, zu analysieren und zu managen, was die Kosten reduziert und die Transparenz und Effizienz erhöht →2–5.

Doch wie funktioniert die Technologie von TaKaDu? Für jedes Wassernetz bzw. jeden Teil eines Netzes bestimmt die Software die normale Verbrauchsstruktur als Vergleichsbasis. So kennt das System z. B. den üblichen Wasserfluss je nach Tageszeit, Wochentag, Saison usw. und lernt, dass der Bedarf morgens und abends am höchsten ist, bevor die Menschen zur Arbeit gehen, bzw. wenn sie wieder heim kommen, und dass dieses Verhalten am Wochenende oder zu Feiertagen abweicht. Je mehr Informationen über die normale Wassernutzung zur Verfügung stehen, desto präziser kann die Software Anomalien wie Leckagen, Rohrbrüche oder Wasserdiebstähle erkennen. So erkannte die Software von TaKaDu bei Yarra Valley Water, einem Wasserversorger in Melbourne, eine ungewöhnliche Aktivität an einem Feuerlöschhydranten. Als Beamte vor Ort eintrafen, fanden sie einen Erdbeerfarmer vor, der Wasser vom Hydranten abzapfte.

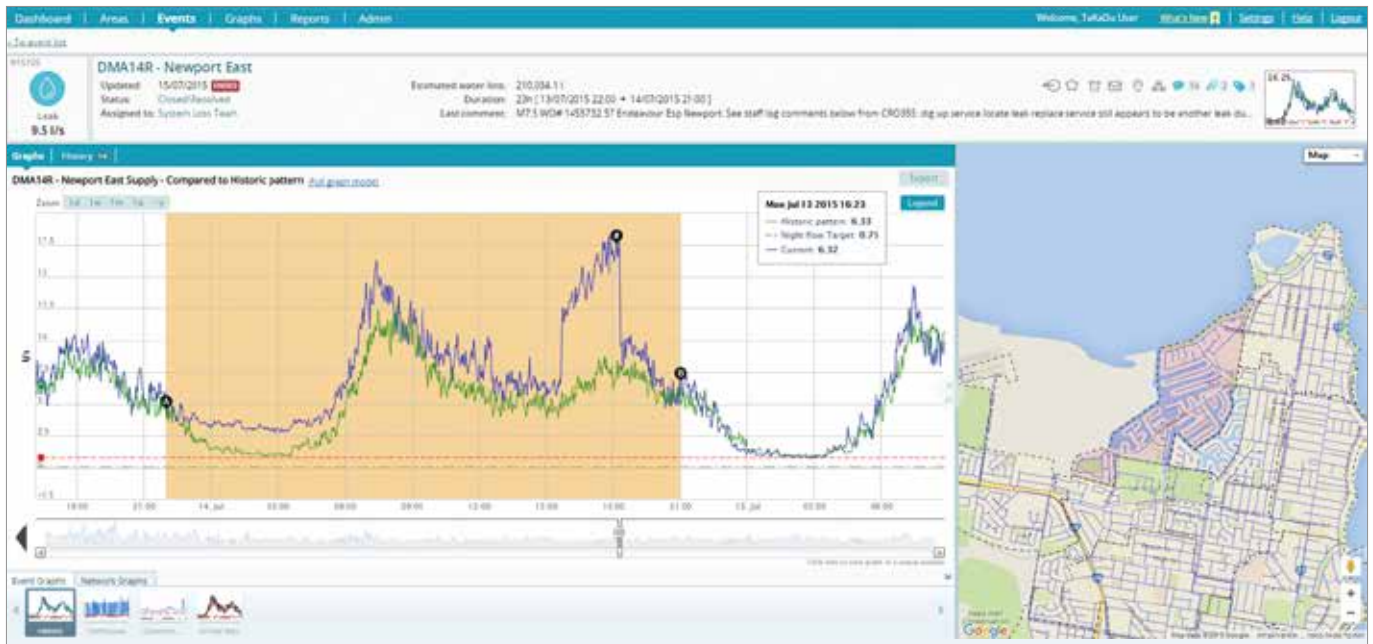
Ein entscheidender innovativer Schritt von TaKaDu bestand darin, den gesamten Prozess als Management von Ereignissen verschiedener Art zu betrachten und sämtliche Informationen und sämtliches Wissen darüber in einer einzigen Benutzeroberfläche zu kombinieren. Um es mit Amir Pelegs Worten zu sagen: „Ähnlich wie CRM-Software (Customer Relationship Management) die Geschäftsbeziehungen heutiger Unternehmen mit Kunden verwaltet, bündelt das integrierte Ereignismanagement alle Datenebenen, die ein Versorgungsunternehmen zu seinem Netz hat, zu jedem Vorfall in eine einzige Wissensebene.“

Je mehr Informationen über die normale Wassernutzung zur Verfügung stehen, desto präziser kann die Software Anomalien wie Leckagen, Rohrbrüche oder Wasserdiebstähle erkennen.

Die tiefgehende Transparenz, Echtzeit-Erkennung und der schnelle Einblick in jede Art von Ereignis beinhaltet die Identifizierung von:

- Leckagen, bevor daraus größere Leitungsbrüche entstehen,
- Veränderungen und Entwicklungen im Wasserdruk oder Versorgungsunterbrechungen,
- ungewöhnlichen Verbrauchsstrukturen oder Wasserdiebstahl,
- Problemen mit der Wasserqualität,
- Fehlern in Zählern, Ventilen, Druckminderern und anderen Betriebsmitteln,
- Problemen mit der Fernmessung und Datenverfügbarkeit,
- automatische Frühwarnung bei Betriebsproblemen wie offenen Ventilen und Zonenverletzungen.





05

— 04 Beispiel eines Management-Dashboards von TaKaDu.

— 05 Typisches Leckageereignis im TaKaDu-System. Während ABB die Instrumentierung, Steuerungssysteme, Sensoren und Messprodukte liefert, bietet TaKaDu eine KI-basierte Lösung, die frühzeitig vor den wahrscheinlichsten Leckageszenarien warnt und dem Kunden die optimale Platzierung einer minimalen Anzahl von Drucksensoren zeigt.

Laut Amir Peleg befinden sich viele Versorgungsunternehmen in einer Grauzone – sie verfügen über einige Sensoren und eine gewisse Analytik und fragen sich, warum sie weitere Sensoren einsetzen sollten. Doch sobald sie das Leistungsvermögen des TaKaDu-Produkts erkennen, ändern sie ihre Meinung. Der Rückenwind, den sie dadurch bekommen, löst einen durch positives Feedback motivierten Investitionszyklus aus.

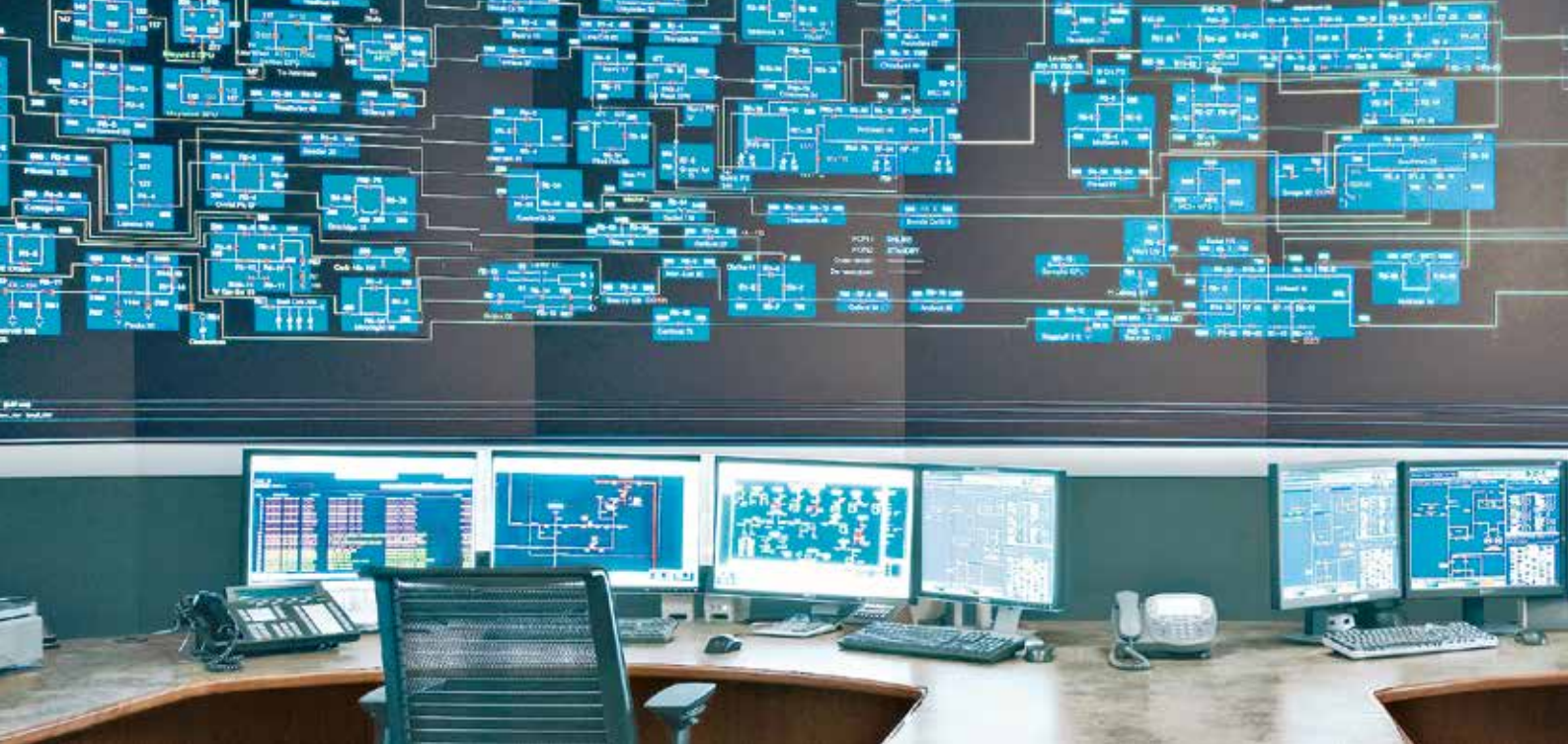
Ergänzend zum ABB-Automatisierungsportfolio für den Wassersektor liefert TaKaDu sein praxiserprobtes Überwachungssystem, das von vielen Wasserversorgern genutzt wird.

Ho-Chi-Minh-Stadt

Ergänzend zum ABB-Automatisierungsportfolio für den Wassersektor liefert TaKaDu sein praxiserprobtes Überwachungssystem, das von Wasserversorgern rund um die Welt eingesetzt wird. Die Innovationen von TaKaDu ermöglichen ABB-Kunden eine effiziente Produktion, Fortleitung, Verteilung, Behandlung und Nutzung von Wasser bei gleichzeitiger Reduzierung des Energieverbrauchs, Minimierung der Verluste und Erhöhung der Zuverlässigkeit.

„Die KI-basierte Lösung von TaKaDu bietet der Wasserwirtschaft die Möglichkeit, genau im richtigen Moment auf die Welle der Digitalisierung aufzuspringen“, sagt Kurt Kaltenegger, Head of Technology bei ATV. „Durch die Partnerschaft mit TaKaDu sind wir in der Lage, unseren Kunden in der Wasserwirtschaft das volle Potenzial aufzuzeigen, das die fortgeschrittene Automatisierung und Datennutzung bietet.“ Während die Lösung von TaKaDu dabei hilft, Rohdaten in Wissen umzuwandeln, profitiert TaKaDu von der langjährigen Erfahrung, etablierten Technologie und breiten Kundenbasis von ABB.

Die leistungsstarke Symbiose von ABB und TaKaDu zeigt sich unter anderem in einem umfangreichen städtischen Projekt zur Steigerung der Effizienz, Reduzierung von Leckagen, Verhinderung von Unterbrechungen und Sicherung des Zugangs zu sauberem Wasser für die Einwohner von Ho-Chi-Minh-Stadt – einer Stadt, in der fast 50 % des Trinkwassers durch undichte und beschädigte Leitungen verloren gehen.



06

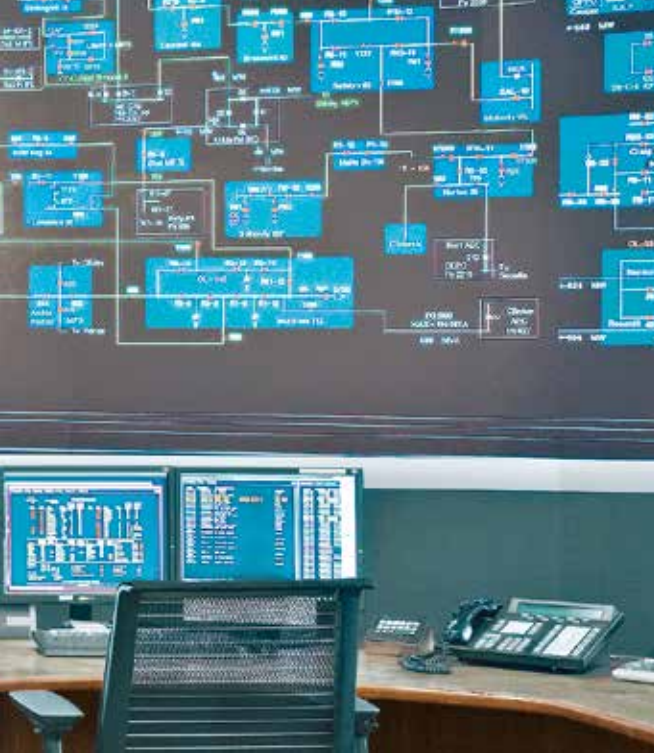
Die Saigon Water Supply Corporation (SAWACO) nutzt digitale Steuerungs- und Überwachungstechnik von ABB zusammen mit der integrierten Ereignismanagementlösung von TaKaDu im Rahmen der Sanierung des Wasserverteilnetzes von Ho-Chi-Minh-Stadt.

—
Die Saigon Water Supply Corporation (SAWACO) nutzt digitale Steuerungs- und Überwachungstechnik von ABB zusammen mit der integrierten Ereignismanagementlösung von TaKaDu.

Die ABB-Lösung – ABB Ability™ Symphony Plus SCADA – überwacht und steuert das gesamte Wasserverteilungssystem und integriert die Ereignismanagementlösung von TaKaDu, die Netzereignisse und Vorfälle wie Leckagen, Rohrbrüche, fehlerhafte Betriebsmittel, Fernmess- und Datenprobleme sowie Betriebsausfälle erkennt, analysiert und lenkt →6.

Die einander ergänzenden Lösungen von ABB und TaKaDu bieten SAWACO die Möglichkeit, den Netzzustand über mehrere Datenerfassungspunkte in Form von Sensoren und Zählern zu überwachen und liefern nutzbare Informationen zur Reduzierung des Anteils von unprofitablem Wasser. Damit ist SAWACO in der Lage, die Menge des an die Industrie und die acht Millionen Einwohner der Stadt gelieferten Wassers zu erhöhen →7. Nach ersten Schätzungen wird SAWACO dadurch rund 50 Mio. m³ Wasser im Jahr – das entspricht dem Fassungsvermögen von 20.000 olympischen Schwimmbecken – und Produktionskosten von über 10 Mio. USD einsparen.

„Wir freuen uns, mit ABB an diesem Projekt in einem der dynamischsten Länder Asiens zusammenzuarbeiten“, sagt Amir Peleg. „Durch die Umwandlung von Rohdaten in Wissen können wir SAWACO dabei helfen, den täglichen Verlust von mehreren Hunderttausend Kubikmetern unprofitablem Wasser zu reduzieren und gleichzeitig die Betriebseffizienz deutlich zu verbessern.“



— 06 Das Wassernetzmanagement ist nur eine Anwendung von SCADA. Im Laufe der Jahre wurden SCADA-Lösungen von ABB an die spezifischen Bedürfnisse von Unternehmen in vielen verschiedenen Bereichen angepasst.

— 07 Die Technologie von TaKaDu verhilft Wasserversorgern mit einem reaktiven Ad-hoc-Krisenmanagement zu einem datengestützten, effizienten Entscheidungsprozess.

Literaturhinweise

[1] V. Lietha: „Auf der Suche nach strategischer Innovation und Kollaboration“. ABB Review 1/2018, S. 8–12.

[2] Weltwirtschaftsforum: „The Global Risks Report 2018“. Verfügbar unter: <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2018>.

[3] www.takadu.com

Gut gerüstet für die Zukunft

Seit den erfolgreichen Anfängen hat sich die Technologie von TaKaDu stetig weiterentwickelt. Das Unternehmen hat Wasserversorgern geholfen, die Wandlung von einem reaktiven Ad-hoc-Krisenmanagement zu einem datengestützten, effizienten

— Die Lösungen von TaKaDu sind als umweltfreundliche Technologie international anerkannt.

Entscheidungsprozess zu vollziehen. Mittlerweile ist die Technologie von TaKaDu in 12 Ländern weltweit im Einsatz, darunter Australien, Brasilien, Chile, Israel, Rumänien, Spanien und die USA. Zu den Kunden gehören kleine und große, ländliche und städtische, private und öffentliche Wasserversorger.

07

Die Lösungen von TaKaDu sind als umweltfreundliche Technologie international anerkannt und wurden mit dem Technology Pioneer Award des Weltwirtschaftsforums ausgezeichnet. Darüber hinaus nahm TaKaDu an einer Podiumsdiskussion zum Thema Wasserknappheit vor bedeutenden Staatsoberhäuptern anlässlich des Jahrestreffens in Davos teil. Einen bedeutenden Anteil an der Entwicklung der Vision hatten allerdings auch die Investitionen in das Unternehmen. So wurde ATV am 21. Mai 2014 mit dem Global Corporate Venturing Award in der Kategorie unter 50 Mio. USD für sein Investment in TaKaDu ausgezeichnet. Der Preis würdigt Innovation, beste Verfahren und Service im Bereich des Corporate-Venturing. Zu den Mitnominierten in dieser Kategorie gehörten Google Ventures, Amex Ventures, Intel Capital und Nike – was die Stellung von ABB als international anerkanntes, innovatives und strategisches Unternehmen unterstreicht und die Zusammenarbeit von ABB und TaKaDu als erfolgreiche und symbiotische Partnerschaft würdigt. ●



DIGITALE SYSTEME UND ANALYSEN

Modellbasierte Prozessregelung und Analyse in der Industrieautomatisierung

Die ABB Advanced Process Control & Analytics Suite umfasst Online- und Offline-Tools für die Implementierung modellbasierter Regler und Analysen. Dies bietet Unternehmen der Prozessindustrie und Energiewirtschaft neue Möglichkeiten zur Überwachung, prädiktiven Analyse und Regelung auf Geräte-, Edge- und Cloud-Ebene und ermöglicht Effizienzsteigerungen in Echtzeit.



Luis Domínguez
Ability Platform Engineering
Digital ABB
Baden-Dättwil, Schweiz

luis.dominguez@
ch.abb.com

Was wäre, wenn Unternehmen der Prozessindustrie und Energiewirtschaft neue Technologien wie Clouds, Datenanalysen, Visualisierung und modellbasierte Algorithmen im Rahmen des Internets der Dinge (IoT) einsetzen könnten, um Lösungen zur modellbasierten Prozessregelung (Advanced Process Control, APC) und Analyse besser zu nutzen und ihre Betriebsabläufe zu optimieren? Diese Evolution der Möglichkeiten zum Erwerb, zur Bildung und zum Transfer von Wissen birgt ein Potenzial, das nicht nur eine verbesserte Betriebsplanung, sondern auch Vorhersagen und Schätzungen ermöglicht, wenn zuverlässige Messdaten fehlen.



Eduardo Gallestey
ABB Process Industries
Industrial Automation
Baden-Dättwil, Schweiz

eduardo.gallestey@
ch.abb.com

Mit über 70 Mio. verbundenen Geräten und 70.000 Steuerungssystemen weltweit gehört ABB zu den führenden Unternehmen in der industriellen Digitalisierung. Das Unternehmen investiert jährlich 1,5 Mrd. USD in die Forschung und Entwicklung, um Kunden in der Prozessindustrie und der Energiewirtschaft die bestmöglichen vereinheitlichten branchenübergreifenden Lösungen bereitzustellen. Dieser Innovationsgeist hat ABB dazu veranlasst, in den vergangenen fünf Jahren verstärkt in die APC und die analytische Modellierung zu investieren, um Kunden leistungsstarke Optimierungs- und Prognosewerkzeuge an die Hand zu geben.



— Eine prädiktive Optimierungslösung auf der Basis von ABB Ability APCA wird an Bord von Schiffen eingesetzt, um den Kraftstoffverbrauch zu optimieren und Emissionen zu reduzieren.

Traditionell basiert die APC auf Strategien zur modellprädiktiven Regelung und Zustandsschätzung mit gleitendem Zeithorizont, bei denen ein mathematisches Modell der Industrieanlage

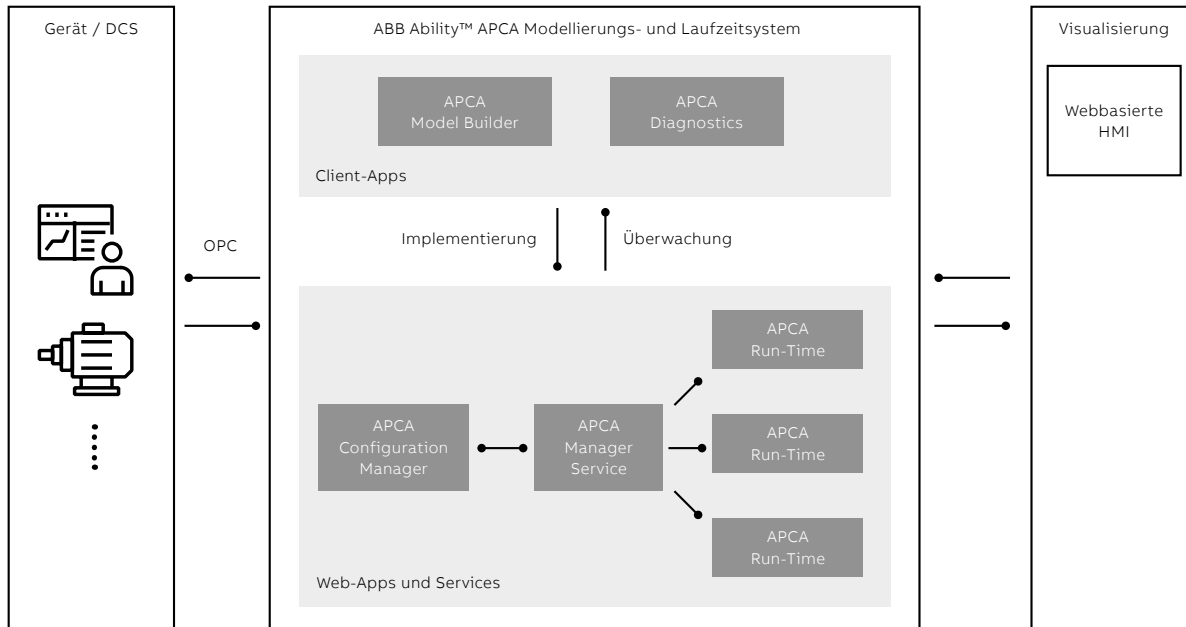
—
Mit über 70 Mio. verbundenen Geräten und 70.000 Steuerungssystemen weltweit gehört ABB zu den führenden Unternehmen in der industriellen Digitalisierung.

und intelligente Algorithmen zur Schätzung nicht gemessener Zustände und Regelgrößen zum Einsatz kommen. Die APC hilft Unternehmen dabei, betriebliche und finanzielle Ziele durch Steigerung des Durchsatzes und Reduzierung des Energieverbrauchs zu erreichen.

Typischerweise ist in der Prozessindustrie und Energiewirtschaft die APC in einem verteilten Leitsystem (Distributed Control System, DCS) wie ABB Ability™ 800xA oder ABB Ability™ Symphony Plus integriert, womit der Nutzer von dezentraler Ressourcenzuordnung, Redundanz und Kommunikation sowie der intrinsischen Cybersicherheitsinfrastruktur dieser modernen DCSs profitiert.

Weil sich die APC-Technologie mit dem Aufkommen neuer Komponenten und Merkmale immer weiterentwickelt, untersuchen Wissenschaftler und Ingenieure bei ABB das Potenzial künstlicher Intelligenz (KI) durch den Einsatz von neuronalen Netzen für bestärkendes Lernen (Reinforcement Learning) sowie von Edge- und Cloud-Technologien für die digitale Analyse und Optimierung. Die technische Basis für die Implementierung von APC-Lösungen von ABB stellt die ABB Ability™-Plattform dar.





01

ABB Ability Advanced Process Control & Analytics Suite

Die im Jahr 2017 eingeführte ABB Ability-Plattform ist die integrierte industrielle Internetplattform von ABB. Die ABB Ability-Plattform bietet zurzeit über 180 Lösungen für verschiedene Industrien. Sie dient unter anderem auch als Technologieplattform zum Aufbau und zur Anbindung von ABB

Eine jüngste Entwicklung auf dem Gebiet der digitalen Lösungen ist die ABB Ability™ Advanced Process Control & Analytics Suite, die Analyse- und Optimierungsservices bereitstellt.

Ability-Lösungen wie dem Ability™ Marine Advisory System OCTOPUS für das Management und die Optimierung des Betriebs von Schiffen [1].

Die Plattform umfasst mehrere Technologien, die eine Digitalisierung ermöglichen und auf Geräte-, Edge- und Cloud-Ebene implementiert sein können. Diese vereinheitlichende Technologie basiert auf ABB-eigener Technologie und Software und nutzt die Cloud-Infrastruktur, Cybersicherheit und Services der Microsoft Azure-Plattform.

Eine jüngste Entwicklung auf dem Gebiet der digitalen Lösungen ist die ABB Ability™ Advanced Process Control & Analytics (APCA) Suite, die Analyse- und Optimierungsservices (A&O) für die Überwachung, prädiktive Analyse und Regelung bereitstellt [2].

— 01 Die Architektur des ABB Ability APCA-Systems zeigt die Implementierung und Überwachung von modellbasierten Reglern und Analysen.

— 02 Beispiele von Anzeigen des APCA Configuration Managers.

02a Hauptseite des APCA Configuration Managers mit einer Liste aller implementierten Regler in einer Anlage.

02b Gantt-Diagramm des APCA Configuration Managers mit einer Übersicht der Ausführungszeiten und des Ausführungsplans der implementierten Regler.

Die ABB Ability APCA Suite umfasst eine Reihe von Tools, die die Implementierung modellbasierter Regler und Analysen in einer optimierten Arbeitsweise ermöglichen →1: APCA Model Builder

Die Lösung von ABB für die Zellstoff- und Papierindustrie ist OPT800 – eine von ABB Ability APCA unterstützte Lösung zur Verbesserung der Effizienz von Papierfabriken.

(offline), APCA Diagnostics (offline), APCA Configuration Manager (online), APCA Run-Time Engine (online) und APCA Manager Webservice (online). ABB Ability APCA kommuniziert die implementierten modellbasierten Regler und Analysemodelle mit der ABB Ability Edge und kann (z. B. zur Regelung) in einem DCS oder (z. B. zur Optimierung) in der ABB Ability™ Cloud betrieben werden.

Offline-Entwicklung und - Analyse modellbasierter Regler

Der Vorteil einer Offline-Entwicklung modellbasierter Regler und Analysen in APCA Model Builder besteht darin, dass die Anwendungsdaten des Kunden problemlos zu Modellierungs-, Reglerentwurfs- und Analysezwecken genutzt werden können, bevor die Lösungen kostspielig implementiert werden. So können umfangreiche Datensätze importiert und erweiterte Datenverarbeitungsaufgaben wie Resampling, Interpolation und Filtern zusätzlich zu Simulationen mit und ohne Rückführung durchgeführt werden. Dies bietet erhebliche betriebliche Vorteile.

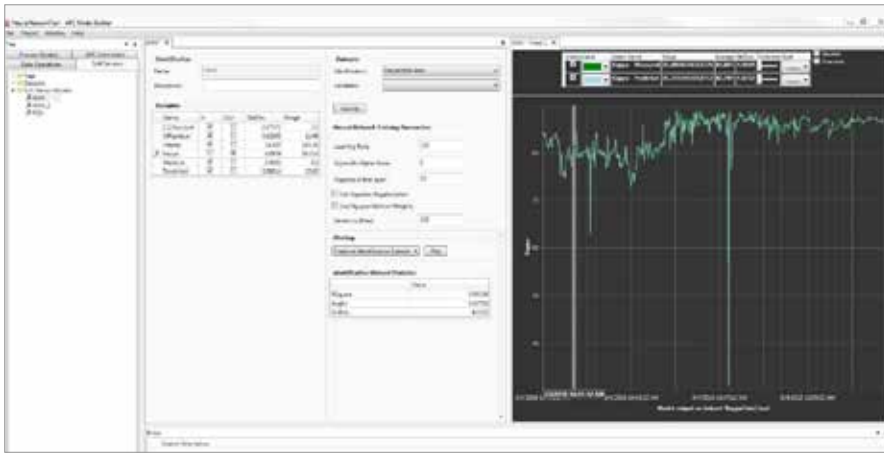
Informationssicherheit ist eine der größten Herausforderungen für Unternehmen, die auf Datenanalysen und Regelungen angewiesen sind. Auch hier bietet APCA Model Builder eine Lösung. ABB Ability APCA nutzt Zertifikate für autorisierte Nutzer, um die Authentizität und Integrität der in APCA Model Builder entwickelten Analysemodelle und modellbasierten Regler sicherzustellen. So werden nur Modelle und Regler mit gültigen Zertifikaten von autorisierten Nutzern in APCA Model Builder zugelassen und können in den APCA Configuration Manager exportiert werden. Durch den Verzicht auf die menschliche Entscheidungskomponente wird die Sicherheit verfeinert und verbessert.

Name	Controller	IPC Source	Status	Last Modified	Size	Delete	Backup	Export	Import
Regener Control	REGC_1	apca/ModelBuilder/RegenerControl/1	Stopped	Jan 4, 2018 9:45:23 AM					
Regener Control with Analytic Model	REGC_1_BAS	apca/ModelBuilder/RegenerControl/1	Auto	Jan 11, 2018 2:04:00 PM					
LevelControl	LevelWPC	apca/ModelBuilder/LevelControl/1	Auto	Jan 11, 2018 2:04:00 PM					
MaterialControl	PowerPlant_Level_Best_Controller	apca/ModelBuilder/LevelControl/1	Auto	Jan 11, 2018 2:04:00 PM					
HydroPowerPlant	PowerPlant_2nd_Follow_WC	apca/ModelBuilder/LevelControl/1	Auto	Jan 11, 2018 2:04:00 PM					
Pressure	WPC_2ndstage	apca/ModelBuilder/LevelControl/1	Stopped	Jan 4, 2018 9:45:27 AM					
HeatExchanger	HE_Controller	apca/ModelBuilder/HeatExchanger/1	Auto	Jan 11, 2018 2:04:00 PM					
AbControl	AbAPC_Controller	apca/ModelBuilder/AbControl/1	Manual	Jan 11, 2018 2:04:00 PM					

02a



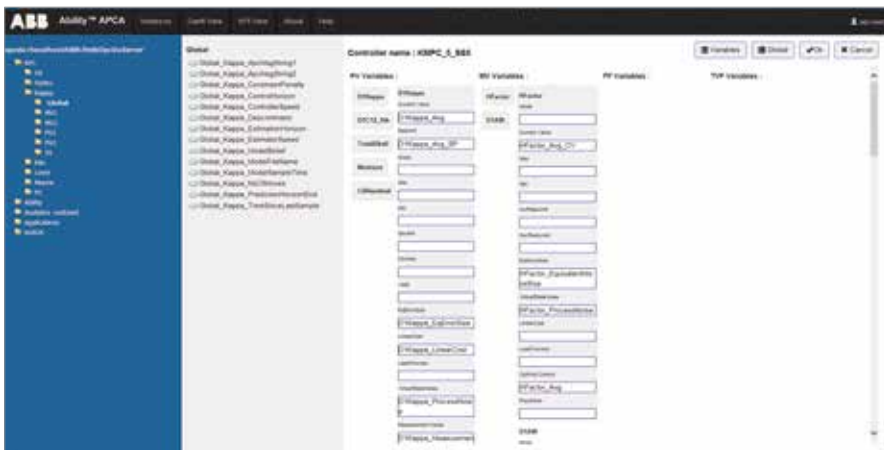
02b



03a



03b



03c

Mit APCA Diagnostics kann die Leistung von implementierten Reglern durch Visualisierung der Reglerfähigkeit aus Protokolldateien analysiert werden. Schätzwerte der Prozessgrößen und die Qualität der Vorhersagen können mit den von der Anlage empfangenen Daten verglichen werden und die Erkennung von ungewöhnlichen Situationen erleichtern.

Online-Implementierung und -Überwachung modellbasierter Regler und Analysen

Modellbasierte Regler können in einer Webanwendung namens APCA Configuration Manager erstellt, bearbeitet, importiert, exportiert oder gelöscht werden →2a, Wie beim Model Builder wird auch hier die Signatur überprüft, sobald eine Reglerdatei importiert wird. Bei ungültigen

Dateien oder fehlenden Signaturen werden entsprechende Fehlermeldungen generiert, um die Sicherheit zu gewährleisten.

Ein besonderes Merkmal dieses Online-Systems ist die Fähigkeit zur Unterstützung industrieller Kommunikationsstandards (wie z. B. OPC). So haben Nutzer die Möglichkeit, eine Verbindung zu einer Anlage herzustellen, um Tags zu erstellen oder zu konfigurieren und diese auf importierte Reglergrößen zu übertragen. Die Sicherheit wird dabei durch Authentifizierungs- und Verschlüsselungsverfahren gewährleistet. Normalerweise kommen sichere WebSocket-Kommunikation (HTTPS), zertifikatbasierte Sicherheit (SSL) und Transportschichtssicherheit (TLS) zum Einsatz.

— 03 Beispiele von APCA-Anzeigen.

03a APCA Model Builder mit einem KNN-Modell für den Kappa-Wert in einem Zellstoffkocher.

03b APCA Configuration Manager mit den Konfigurationseigenschaften eines geladenen Reglers.

03c APCA Configuration Manager mit der Übertragung von Signaltags auf Reglergrößen und -parameter.

Wenn Regler in das System geladen werden, wird vom APCA Configuration Manager eine Instanz der APCA Run-Time Engine (Laufzeit-Engine) erstellt. Die Laufzeit-Engine enthält die Optimierungsalgorithmen, die im Hintergrund laufen. Jede erstellte Instanz der Laufzeit-Engine wird vom APCA Manager Service überwacht → 2b. Fällt eine Laufzeit-Engine aus, stellt der Manager diese innerhalb der Abtastzeit wieder her, sodass die Funktionalität auch unter schwierigen Bedingungen gewährleistet ist. Andere Laufzeit-Instanzen wie Mitteilungen oder ein Alarmereignis werden ebenfalls vom APCA Manager Service weitergeleitet bzw. in der Webanwendung angezeigt. Der APCA Service Manager und die APCA Run-Time Engine arbeiten also konzertiert zusammen, um den Betrieb der implementierten Regler sicherzustellen.

— ABB Ability SmartVentilation ermöglicht eine Verbesserung der Luftqualität in Bergwerken und Energieeinsparungen zwischen 30 und 50 % im Jahr.

Analytik

Ein Problem, vor dem Regelungsingenieure häufig stehen, ist die Notwendigkeit, Daten aus fehlenden Messungen oder Backupdaten für unzuverlässige Messungen abzuleiten. In solchen Fällen können Analysemodelle aus Gesetzmäßigkeiten der Physik (First Principles) oder Prozessdaten hergeleitet und im APCA Laufzeit-System implementiert werden.

Analytische Modelle, die im APCA Model Builder verwendet werden können, sind: grafische (First Principles), lineare Regression, nicht lineare Regression, Hauptkomponentenanalyse, künstliche neuronale Netze (KNN) und Support Vector Machines (SVM). Benutzer können verschiedene Modelle testen und das am besten passende bzw. leistungsstärkste Modell wählen, was ihnen die Nutzung modernster Analysemethoden ermöglicht.

Anwendungen in der Industrieautomatisierung

Die Geschäftseinheiten innerhalb der ABB-Division Industrial Automation nutzen die Optimierungs- und Analysetechnologie von ABB Ability APCA zur Bereitstellung von Lösungen für die individuellen Herausforderungen verschiedener Branchen.

Verbesserung der Anlageneffizienz in der Zellstoff- und Papierindustrie

ABB Ability APCA hilft Prozessindustrien wie der Zellstoff- und Papierindustrie bei der Optimierung der Betriebsabläufe, auch wenn nur unzureichende Messungen zur Verfügung stehen. Die Lösung von ABB für diese Branche ist OPT800 – eine von ABB Ability APCA unterstützte Lösung zur Verbesserung der Effizienz. Hier werden KNN-Analysemodelle auf der Basis von Messungen wie H-Faktor, Alkalität, Feuchtigkeit und Restalkalität, die an der Blasleitung des Zellstoffkochers ermittelt werden, verwendet, um den häufig nicht verfügbaren Kappa-Wert innerhalb des Kochers vorherzusagen [3]. Die im APCA Model Builder identifizierten, trainierten und validierten KNN-Modelle werden anschließend für die Entwicklung von APC-Reglern genutzt → 3a–c. Die Verwendung von Analysemodellen in Verbindung mit modellbasierten Reglern ermöglicht nicht nur eine Steigerung der Produktion und des Ertrags von 1 bis 5 %, sondern auch eine Reduktion des Kappa-Werts und der Schwankung des Restalkaligehalts in Zellstoffkochern zwischen 25 und 50 %. Ähnliche Reduktionen beim Abfall und Verbesserungen bei den Schwankungen von Leistungskennzahlen werden in anderen Phasen des Zellstoff- und Papierprozesses erreicht [4].

Optimierung von Belüftungssystemen in Untertagebergwerken

Die neueste Funktionalität von ABB Ability APCA ermöglicht die Identifizierung von komplexen Mehrgrößensystemen (Multiple-Input Multiple-Output, MIMO), z. B. unter Verwendung

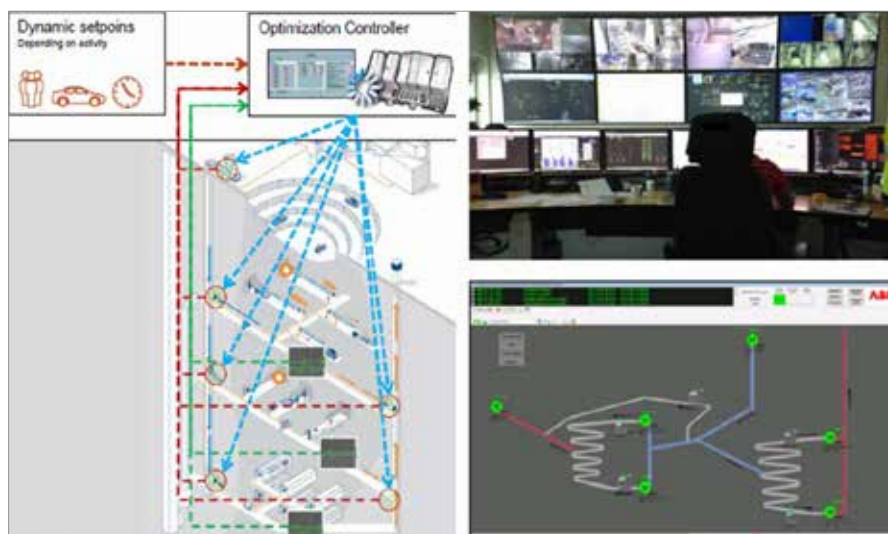
Mithilfe der APCA-Technologie sind Schiffsbetreiber in der Lage, die Kraftstoffkosten und den Verbrauch um mindestens 4 % zu senken und die Emissionen zu reduzieren.

sogenannter Gain-Delay-Modelle. Diese Technologie spielte eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung der ABB Ability SmartVentilation-Lösung, einem modularen System, das in ABB Ability 800xA integriert werden kann und zur Optimierung von Belüftungssystemen in Untertagebergwerken dient →4.

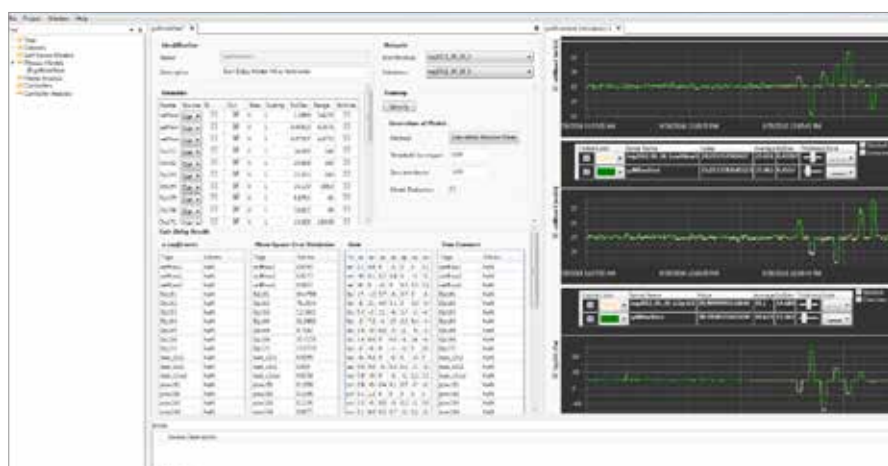
ABB Ability SmartVentilation sorgt für eine optimale Luftströmung und einen schnellen Abzug von Sprenggasen bei gleichzeitiger Senkung des Energieverbrauchs [5]. Während der herkömmliche Betrieb von Belüftungssystemen mit Sicherheitsrisiken für das Personal und unnötig hohen Energiekosten verbunden ist, ermöglicht ABB Ability SmartVentilation eine Verbesserung der Luftqualität und Energieeinsparungen zwischen 30 und 50 % im Jahr.

Optimierung des Kraftstoffverbrauchs in der Schifffahrt

Das von ABB Ability APCA unterstützte ABB Ability™ Marine Advisory System OCTOPUS ist in der Schifffahrt erfolgreich im Einsatz, wo Kraftstoffverbrauch und -kosten sowie der Betrieb der Stromerzeugungsanlage zu den Hauptverursachern von hohen Kosten und Emissionen gehören.



04a

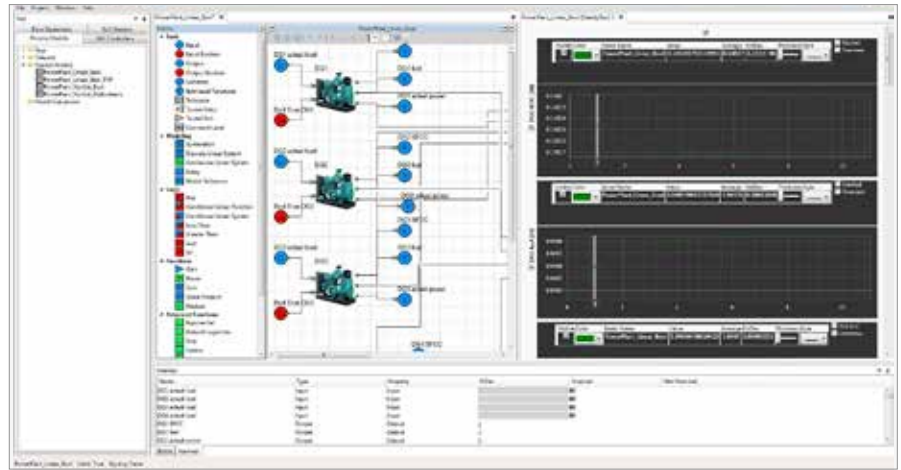


04b

04a Layout eines Bergwerks, in dem ein mit APCA Model Builder identifiziertes Gain-Delay-Modell zur Optimierung des Belüftungssystems verwendet wurde.

04b APCA Model Builder mit einem Gain-Delay-Modell für das Belüftungssystem eines Bergwerks.

05 Grafisches Modell einer Stromerzeugungsanlage in APCA Model Builder mit der Darstellung rückführungsfreier Simulationen.



05

Die prädiktive Optimierungslösung für Stromerzeugungsanlagen nutzt den prognostizierten Strombedarf eines Schiffs während seiner gesamten Fahrt als Eingabe zur Bestimmung der optimalen Last für jeden Generator.

Bei dieser langfristigen Optimierung kommt ein modellprädiktiver Regler zum Einsatz, der ein Prozessmodell der gesamten Anlage nutzt, um den Anlagenzustand in zukünftigen Zeitschritten (Vorhersagehorizont) vorherzusagen, sodass eine optimale Verteilung der Last über die gesamte Fahrt hinweg bestimmt werden kann →5. Daraufhin wird eine optimale Regelsequenz für eine kürzere Zeitspanne (Optimierungshorizont) bestimmt.

Die neu entwickelte ABB Ability Advanced Process Control & Analytics Suite revolutioniert die Datenanalyse und reduziert den Modellierungsaufwand.

Der Kraftstoffverbrauch jedes Generators wird als nicht lineare Funktion der Lasten und aktuellen Betriebszustände auf der Basis spezifischer Kraftstoff-Verbrauchskurven und benutzerdefinierter Randbedingungen modelliert. APC-Regler passen dann die entsprechenden Lasten unter Berücksichtigung des identifizierten Kraftstoff-effizienzmodells für jeden Dieselgenerator in Echtzeit an.

Mithilfe der APCA-Technologie von ABB sind Schiffsbetreiber in der Lage, die Kraftstoffkosten und den Verbrauch um mindestens 4 % zu senken [6] und die Emissionen zu reduzieren, was wiederum die CO₂-Bilanz verbessert und die Gesamtbetriebskosten senkt.

Revolutionierung der Datenanalyse

Dank der Revolution des IoT sind Prozessindustrien wie die Zellstoff- und Papierindustrie und der energieabhängige Schifffahrtssektor in der Lage, modellbasierte Regler, Analysen und Optimierungslösungen innerhalb des Betriebsnetzes, in und von einer industriellen Cloud aus zu implementieren und zu überwachen. Die neu entwickelte ABB Ability Advanced Process Control & Analytics Suite revolutioniert die Datenanalyse und reduziert den Modellierungsaufwand. Das Ergebnis ist eine verbesserte Inbetriebnahme und Online-Überwachung modellbasierter Regler. Die neue Technologie hat das Potenzial, Software-as-a-Service als Geschäftsmodell auf ein völlig neues Niveau zu heben, indem sie strategische Vorhersagen vereinfacht und kollaborative Betriebsabläufe ermöglicht. ●

Literaturhinweise

- [1] K. Tervo et al.: „Closing the loop from office to propeller with ABB Ability™“. Generations, 2017, S. 136-139.
- [2] L. Domínguez, S. M. Kumar, E. Gallestey, S. Saynevirta: „A data-driven revolution“. INTECH 2017, S. 12-17.
- [3] A. Badwe, R. Satini: „Optimierte Zellstoffproduktion – Konsistente Zellstoffqualität durch gehobene Prozessreglung“. ABB Review 1/2016, S. 53-59.
- [4] ABB's OPT800 suite of advanced control solutions for pulp & paper. <http://new.abb.com/pulp-paper/abb-in-pulp-and-paper/systems/control-systems/advanced-process-control>
- [5] SmartVentilation: A real-time mine ventilation. https://library.e.abb.com/public/666ab25d273649f788cf51fa87431afd/ABB_Flyer_Smart_Ventilation_RevB_A4_LR.pdf
- [6] M. Lundh, W. Garcia-Gabin: „Estimation and Optimization of Vessel Fuel Consumption“. Technical Report ABB Corporate Research, 2015.

DIGITALE SYSTEME UND ANALYSEN

ORKAN – Prüfstand für ABB Ability™-gestützte Maschinen

Der fortschrittliche Mehrzweck-Prüfstand für ABB Ability™-gestützte Maschinen ermöglicht das Testen gehobener Regelungsverfahren und Zustandsüberwachungskonzepte sowie die Evaluierung industrieller Verdichtersysteme und trägt damit zur Entwicklung innovativer Technologien für den Öl-, Gas- und Chemiesektor (OGC) bei.

Piotr Lipnicki
Daniel Lewandowski
ABB Corporate Research
Krakau, Polen

piotr.lipnicki@
pl.abb.com
daniel.lewandowski@
pl.abb.com

Diego Pareschi
ABB BV
Rotterdam, Niederlande

diego.pareschi@
nl.abb.com

Die moderne Fertigung erfährt zurzeit einen Wandel – vernetzte Fabriken sind nicht nur mit Geräten, Systemen, Computern und Menschen verbunden, um eine bessere Überwachung, Datenerfassung, -analyse, -verarbeitung und Kommunikation in Echtzeit zu ermöglichen, sondern auch mit Informationsplattformen, die Daten und fortschrittliche Analysen zur Optimierung, Entscheidungsfindung und Vorhersage nutzen →1. Das richtige Zusammenspiel all dieser Elemente ermöglicht Industriekunden eine Steigerung ihrer Effizienz, Erhöhung des Durchsatzes und Senkung der Ge-

Gerät der Verdichter in den instabilen Bereich, kommt es zum Pumpen, das eine ernsthafte Gefahr für den Verdichter und die gesamte Anlage darstellt.

samtbetriebskosten. Gleichwohl muss die Ausrüstung, die von relativ einfachen Geräten bis hin zu komplexen Maschinen reicht, in der Lage sein, diverse physikalische, elektrische und mechanische Abläufe zu bewältigen und mit den für die Prozessregelung zuständigen Komponenten (z. B. Reglern) zusammenarbeiten.

Angesichts dieser zunehmenden Interkonnektivität und der Vielzahl von Funktionen, die gleichzeitig ablaufen, muss die heutige Ausrüstung auch unter anspruchsvollen Bedingungen zuverlässig und effizient funktionieren. So verwundert es nicht, dass die zunehmenden Wechselwirkungen häufig zu Problemen führen, was nicht nur zusätzliche Kosten verursacht, sondern auch zum Ausfall einzelner Geräte oder ganzer Anlagen führen kann.

Viele moderne Produktionsbetriebe und Anlagen nutzen Antriebssysteme, IT-Infrastrukturen und Geräte, die anfällig für Unterbrechungen oder Störungen im Stromnetz sind. In vielen Fällen kann auch die Produktionsausrüstung selbst die Ursache von Unregelmäßigkeiten sein und die Stromversorgung negativ beeinflussen. Eine solche Beeinträchtigung der Versorgungsqualität kann drastische Kosten verursachen und erhebliche negative Auswirkungen für eine Anlage haben. Aus diesem Grund sollten unplanmäßige Systemabschaltungen verhindert werden.

Die Fähigkeit zur Analyse elektrischer Systeme ist eine wichtige Voraussetzung, wenn Industriebetriebe ihre Ausrüstung vor Netzstörungen schützen und eine einwandfreie Funktion innerhalb komplexer Systeme sicherstellen wollen. Daher müssen entsprechende Maßnahmen getroffen werden, um die Auswirkungen von Netzstörungen



—
Titelbild. Verdichter spielen eine wichtige Rolle im Upstream-, Midstream- und Downstream-Bereich des OGC-Sektors.

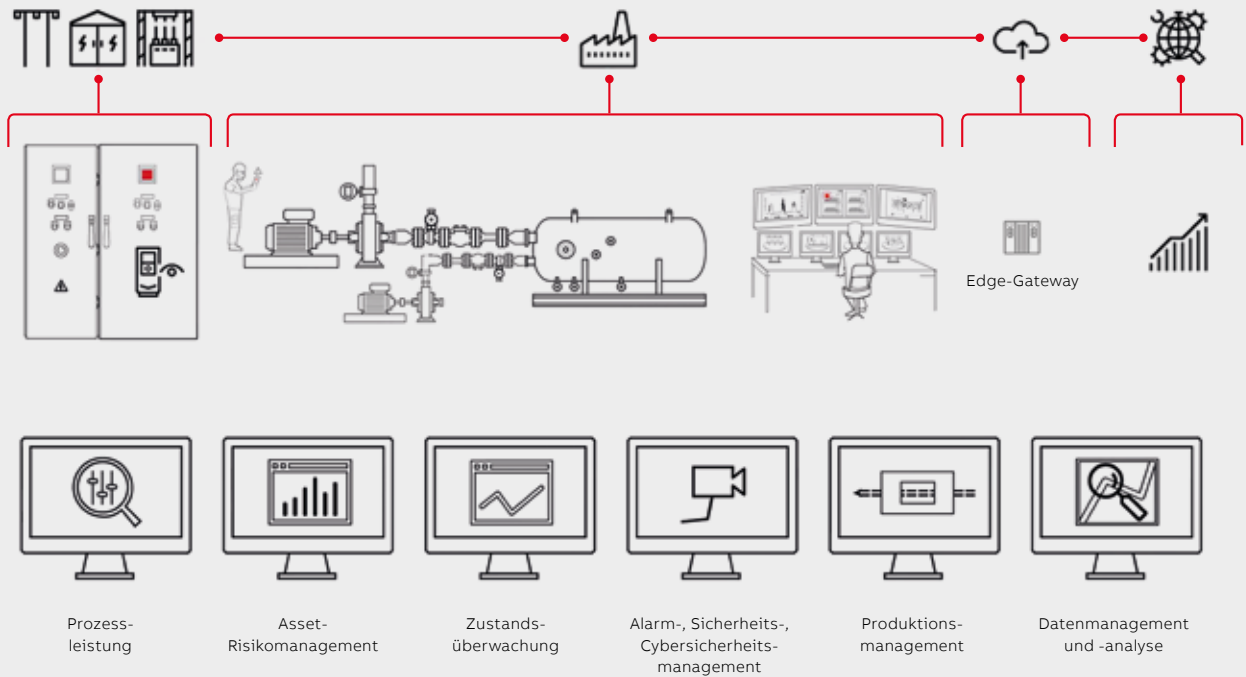
zu minimieren. Dazu gehören Möglichkeiten zur Überbrückung von Netzausfällen (Ride-Through), die den ungestörten Weiterbetrieb kritischer Anlagen erlauben und somit die Sicherheit und Profitabilität gewährleisten.

—
Die Kosten, die durch eine Störung entstehen, können schnell den Anschaffungspreis des Verdichters übersteigen.

Mit ihren wegweisenden Technologielösungen spielt ABB eine aktive Rolle beim derzeit stattfindenden Innovationsschub der vierten industriellen Revolution.

ABB kombiniert fundiertes Branchenwissen mit unübertroffener Erfahrung auf dem Gebiet der Konnektivität und ermöglicht es Kunden, mehr zu wissen, mehr zu tun und mehr zu erreichen. Dieses Engagement für den Dienst am Kunden ist seit der Gründung des Unternehmens vor über 130 Jahren ein wichtiger Bestandteil der ABB-Strategie.

Als Vorreiter auf dem Gebiet der digitalen und technologischen Innovation entwickelt ABB intelligente Konzepte, die durch Design Reviews, fortschrittliche Modellsimulationen und umfassende Experimente unter streng kontrollierten Bedingungen – insbesondere in relativ kleinen Prüfanordnungen – verifiziert werden. Eine solche Anlage ist der Verdichterprüfstand ORKAN →2.



01

Verdichterprüfstand ORKAN

Die Öl-, Gas- und chemische Industrie ist auf die Verdichtung und den Transport von Gas angewiesen. In der chemischen Industrie haben diese Prozesse den größten Anteil am Energieverbrauch. Zur Verbesserung der Effizienz werden in vielen Industrieanlagen Strömungsverdichter eingesetzt. Aufgrund der strengen Anforderungen hinsichtlich des Volumenstroms und Druckverhältnisses spielen die Auslegung und die Konstruktion dieser Geräte eine wichtige Rolle. Hinzu kommt, dass der Energieverbrauch zu einem großen Teil vom Design bestimmt wird.

ORKAN wird genutzt, um den Einfluss elektrischer Störungen zu untersuchen, Stabilitätsuntersuchungen durchzuführen und Lösungen zum Schutz gegen Strömungsstörungen zu entwickeln.

Seit ihrem ersten Einsatz vor über 100 Jahren wurden Strömungsverdichter kontinuierlich verbessert. Ein Grund für den verbreiteten Einsatz von Strömungsverdichtern in vielen kritischen Anwendungen (z. B. Gaspipelines) ist ihre ausgefeilte Konstruktion und hervorragende Zuverlässigkeit. Doch aufgrund der Allgegenwärtigkeit und der starken Abhängigkeit von Strömungsverdichtern sind die Anforderungen an ihre Zuverlässigkeit hoch.

Betriebsmittelausfälle müssen verhindert werden, da sie finanzielle Verluste und eine Gefährdung der Sicherheit nach sich ziehen können. So können die Kosten, die durch eine Störung entstehen, schnell den Anschaffungspreis des Verdichters übersteigen. Somit besteht ein starkes wirtschaftliches Interesse an der Entwicklung eines robusten und genauen Zustandsüberwachungssystems, das die Funktionstüchtigkeit dieser Verdichter sicherstellt.

Damit ein Zustandsüberwachungssystem richtig funktionieren kann, benötigt es fundiertes Wissen über diese komplexen Maschinen. Der Arbeitsbereich von Radialverdichtern mit dem höchsten Wirkungsgrad liegt im stabilen Bereich in der Nähe der sogenannten Pumpgrenze, die das Kennfeld in einen stabilen und einen instabilen Bereich

02a



—
01 ABB Collaborative Operations liefert praktisch umsetzbare Informationen zur Leistungsoptimierung.

—
02 Orkan test rigs are shown-Kraków, Poland.

02a ORKAN-Prüfstand 1.

02b ORKAN-Prüfstand 2.

teilt. Allerdings ist es schwierig, den Verdichter in diesem Bereich zu halten. Gerät der Verdichter durch Reduzieren der Fördermenge oder Erhöhen des Enddrucks in den instabilen Bereich, kommt es zum sogenannten Pumpen, das eine ernsthafte Gefahr für den Verdichter und die gesamte Anlage darstellt. Je länger der Verdichter in diesem Zustand betrieben wird, desto größer ist die Gefahr schwerwiegender Schäden. Daher ist eine präzise Regelung des Verdichtersystems erforderlich.

Seit 2012 testet ORKAN die Integration verschiedener ABB-Technologien in cloudbasierte und lokale Lösungen.

Der Einsatz eines Zustandsüberwachungssystems bietet potenzielle Vorteile, denn fortschrittliche Algorithmen ermöglichen sowohl eine grundlegende Verbesserung der Sicherheit als auch eine Steigerung des Verdichterdurchsatzes. Genau zu diesem Zweck wurde der ORKAN-Prüfstand von ABB entwickelt. Er umfasst zwei Maschinen, um verschiedene Arten von Anwendungen (z. B. Serien- und Parallelbetrieb) abzudecken und den Betrieb in realen Anlagen nachzubilden →2.

Der Prüfstand wird genutzt, um den Einfluss von prozessseitigen elektrischen Störungen zu untersuchen, Stabilitätsuntersuchungen durchzuführen und Lösungen zum Schutz von Maschinen gegen Strömungsstörungen zu entwickeln. In den vergangenen Jahren wurde der Prüfstand erfolgreich zur Entwicklung und zum Testen verschiedener Lösungen genutzt, darunter Regelungsverfahren für Netzstörungen, die Versorgung (elektrisch und

mechanisch) und die Prozessführung (grundlegende Prozessregelung, Saugdruckregelung, Enddruckregelung und Pumpverhütungsregelung).

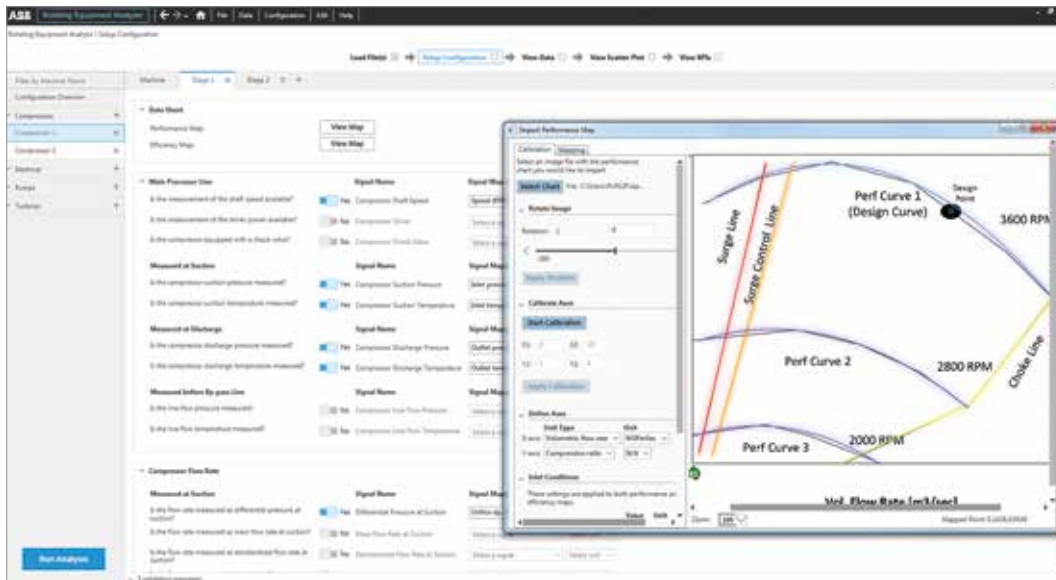
Die Ausstattung des Prüfstands umfasst ABB-Geräte wie Niederspannungs-Frequenzumrichter vom Typ ACS880 und ACS850, zwei Asynchronmotoren, Controller vom Typ AC800 PEC, SPS vom Typ AC500 High Performance und AC500 CMS, Emax-Leistungsschalter sowie eine Vielzahl von Durchfluss-, Druck- und Temperatursensoren. Die Einbindung einer ABB ServicePort-Anwendung ermöglicht die Darstellung, Abfrage und Verfolgung aller wichtigen Leistungskennzahlen (Key Performance Indicators, KPIs), um eine maximale Leistungsfähigkeit der Kompressoren und der beteiligten Prozesse sicherzustellen →3.

Fallbeispiele

Seit 2012 spielt der Prüfstand eine wichtige Rolle als Testplattform für die Integration verschiedener ABB-Technologien in cloudbasierte und lokale Lösungen – z. B. beim Testen von Zustandsüberwachungs- und Diagnosealgorithmen und bei der Evaluierung des Zusammenspiels von Leit- und Diagnosesystemen. Durch die Kombination von Steuerungs- bzw. Regelungs- und Diagnosefunktionen bieten ABB-Lösungen Kunden einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil. ORKAN dient außerdem als Prüfstand zur Erfassung umfangreicher Daten und zur Evaluierung von IoT- (Internet of Things) und Cloud-Lösungen →4. Der Prüfstand unterstützt mehrere Kommunikationsprotokolle, was eine hohe Vielseitigkeit bei der Konnektivität, bei der Analyse und beim Testen ermöglicht. Die große Menge an Daten, die bei den Tests erfasst wird, erlaubt die Untersuchung verschiedener Analysemethoden für eine Zustandsüberwachung durch Diagnose und Vorhersage – für die in Branchen wie der OGC-Industrie ein hoher Bedarf besteht.

02b





03

Die Untersuchungen auf dem Prüfstand helfen außerdem bei der Beantwortung der Fragen: Wie wird der Endanwender die Ergebnisse der Analyse nutzen? Wie können die Ergebnisse auf intuitive Weise präsentiert werden? Ein primäres Ziel der Prüfstandarbeit ist die Anpassung der Lösungen an verschiedene Anwendungsfälle – z. B. für Datenendnutzer wie Serviceingenieure, Bedienpersonal und Instandhaltungsmanager, mechanische und elektrotechnische Abteilungen sowie Zustandsüberwachungsexperten. Wichtig ist auch die Gewinnung einfacher, aussagekräftiger und praktisch umsetzbarer Informationen. In der Umsetzung bedeutet dies z. B. ampelähnliche Statusanzeigen, klare Aussagen zu aktuellen und zukünftigen Zuständen und die Möglichkeit, Probleme bis zu ihrer Ursache herunterzubrechen.

Der Prüfstand wird außerdem zum Testen der ABB Ability Rotating Machines Analytics Software-Suite genutzt, die drahtlose Sensoren und Steuerungssysteme mit der ServicePort-Plattform verbindet.

Jüngste Aktivitäten

Zur Entwicklung präziser Regelungs- und Überwachungsmethoden bedarf es viel mehr als ausgefeilter Simulationsmodelle. So können weder komplexe Simulationen die Realität zu 100 % nachbilden, noch können Kreuzkorrelationen verschiedener Parameter alle Vorgänge, die für Verdichtersysteme von Bedeutung sind, beschreiben oder Ergebnisse liefern, die die Natur vollständig

widerspiegeln. Zudem ist der erfolgreiche Einsatz theoretischer Lösungen in numerischen Umgebungen keine Garantie dafür, dass die Lösungen auch in der Realität funktionieren.

Die Häufung möglicher Störungen, ungenaue Parameter und das hohe Maß an Modellidealisierungen, die typischerweise vorgenommen werden, können dazu führen, dass selbst die fortschrittlichste theoretische Lösung in der Realität unbrauchbar ist. Aus diesem Grund gelten künstliche Intelligenz (KI) bzw. maschinelles Lernen (ML) als gute Testfälle für eine Überprüfung auf dem Prüfstand. Im November 2016 wurde ORKAN erstmalig verwendet, um Technologien für ML und prädiktive Diagnostik für rotierende Maschinen, die zu den kritischen Betriebsmitteln im OGC-Sektor gehören, zu entwickeln und zu testen.

Seit 2017 wird der Prüfstand außerdem zum Testen der ABB Ability Rotating Machines Analytics Software-Suite genutzt, die drahtlose Sensoren und Steuerungssysteme für Verdichter mit der ServicePort-Plattform und der ABB Ability-Cloud verbindet →3.

Die digitale Zukunft gestalten

Mit Blick auf die Zukunft der Industrie bündelt ABB ihr branchenübergreifendes digitales Know-how in ABB Ability – einem Konzept, das sich vom einzelnen Gerät über den Netzwerkrand bis hin zur Cloud erstreckt – mit Geräten, Systemen, Lösungen, Services und einer Plattform, die optimal zusammenarbeiten. Ein nächster Schritt ist die Entwicklung eines digitalen Abbilds von Sensoren, Geräten und Systemen, eines sogenannten digitalen Zwillings, der eine praktisch identische Kopie der physischen Geräte darstellt.

— 03 ServicePort-Anzeige eines Verdichterkennfelds zur Darstellung der Pumpgefähr.

— 04 Anzeige des Datenloggers DL400 für die Erfassung von Daten zur Beurteilung der Leistung von Prozess und Leitsystem.

Fußnote

1) Siehe auch „Digitaler Zwilling steigert die Performance von Durchflussmessern“ auf Seite 58 dieser Ausgabe der ABB Review.

Der Prüfstand macht sich die Möglichkeiten digitaler Zwillinge zunutze. Ein digitaler Zwilling erfordert ein konsistentes Datenmodell, das die Messgrößen und deren Abbildung enthält, aus der die digitale Darstellung resultiert. Voraussetzung ist, dass die Messungen den digitalen Zwilling leicht erreichen, was wiederum eine entsprechende Kommunikationsinfrastruktur erfordert.

ORKAN bietet ideale Voraussetzungen zur Prüfung und Weiterentwicklung disruptiver Technologien und zum Erforschen und Testen digital transparenter Geräte und Systeme.

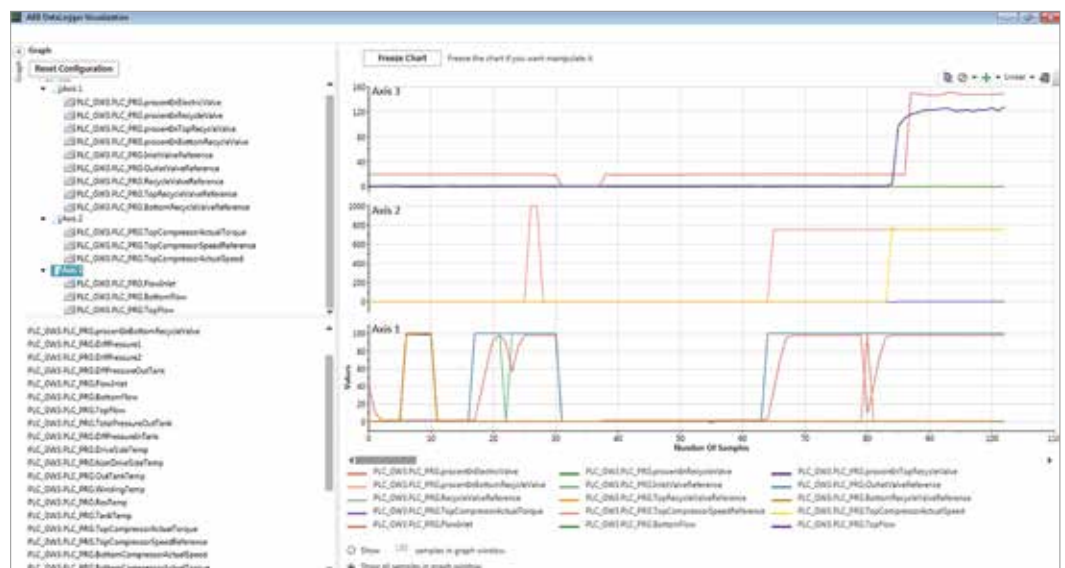
Idealerweise ist diese komplexe Infrastruktur auf den digitalen Zwilling und das dazugehörige Objekt zugeschnitten. ABB nutzt diesen Ansatz zur Entwicklung innovativer digitaler Technologien in ihren weltweiten Forschungszentren¹⁾. Um jedoch das Potenzial der Digitalisierung in vollem Umfang nutzen zu können, wird nicht nur ein digitaler Spiegel, sondern ein virtuelles Abbild mit Fähigkeiten benötigt, die sich von denen des realen Objekts unterscheiden – ein digitaler Avatar. Wie der Zwilling ist der Avatar ein digitales Objekt, das die Realität abbildet. Doch anders als der digitale Zwilling kann der Avatar auf eine Art und Weise mit der digitalen Welt interagieren, die sich vom typischen Verhalten des Objekts in der realen Welt unterscheidet. Als führender Innovationsträger ist ABB zurzeit dabei, dieses Konzept zu erforschen.

Ausblick

Technologische Innovation benötigt Umgebungen, die Erfindung, Konstruktion, Simulation, Experimentieren und den Einsatz neuer Technologien und Lösungen unterstützen. Dies ist ein wichtiger Ausgangspunkt, wenn es darum geht, technologische Fortschritte zu nutzen und sich im digitalen Rennen in die Zukunft erfolgreich zu behaupten.

Der Mehrzweck-Prüfstand ORKAN erfüllt alle diese Anforderungen und noch mehr. Er bietet ideale Voraussetzungen nicht nur zur Prüfung und Weiterentwicklung disruptiver Technologien, sondern auch zum Erforschen und Testen digital transparenter angeschlossener Geräte und Systeme sowie entsprechender Services, die die Digitalisierung unterstützen. Damit ist ORKAN ein Teil von ABB Ability, dem gebündelten branchenübergreifenden digitalen Know-how von ABB. ●

04



DIGITALE SYSTEME UND ANALYSEN

Echtzeit-Analyse ganzer Zellstoff-, Papier- und Kartonbahnen

Wie kann neueste Bilderverarbeitungstechnik genutzt werden, um noch mehr und noch kleinere Details an schnellen Maschinen zur Herstellung von Bahnprodukten zu analysieren? Und wie können die Daten ganzer Bahnen verarbeitet werden, um die Beurteilung der Produktqualität und die Überwachung und Steuerung des Produktionsprozesses zu verbessern?

Tommi Huotilainen
Seppo Riikonen
ABB Oy
Helsinki, Finnland

tommi.huotilainen@
fi.abb.com
seppo.riikonen@
fi.abb.com

Myron Laster
ABB Industrial
Automation
Atlanta, GA, USA

myron.laster@us.ab.com

Bildgebende Bahninspektionssysteme (Web Imaging Systems, WIS) →1 werden hauptsächlich zur Qualitätsanalyse, d. h. zur Erkennung von Fehlern und anderen unerwünschten Unregelmäßigkeiten verwendet. Löcher, Flecken und Schmutzpartikel sind Beispiele für sogenannte diskrete Fehler, während Falten, Streifen und Schleimbatzen sogenannte weiche Fehler darstellen. Beide Fehlerarten sollten erkannt werden, um eine angemessene Produktqualität sicherzustellen.

WIS werden hauptsächlich zur Qualitätsanalyse, d. h. zur Erkennung von Fehlern und unerwünschten Unregelmäßigkeiten in Zellstoff- und Papierprodukten verwendet.

In vielen Fällen basiert die Beurteilung der Qualität von Bahnprodukten, die mit den schnellen und hochwertigen Maschinen von heute erzeugt werden, auf Labor- oder Online-Messungen, die nur kleine Teile der Produktfläche berücksichtigen. Vor Kurzem hat ABB jedoch neue Verfahren entwickelt, die es ermöglichen, eine Vielzahl von interessanten Zielbereichen eines Bahnprodukts in Echtzeit – und über die gesamte Produktfläche – zu analysieren.

Diese neuen Verfahren und davon abgeleiteten Messungen bieten Zellstoff- und Papierherstellern die Möglichkeit:

- die für die Gesamtqualität eines Bahnprodukts ausschlaggebenden Faktoren online zu überwachen,
- sofort zu reagieren, um den Produktionsprozess zu verbessern,
- die Gesamtqualität des Produkts zu beurteilen,
- die gefertigten Produktbereiche anhand bestimmter Kundenanforderungen zu klassifizieren.

Dies wiederum bietet ein erhebliches Einsparungspotenzial im Vergleich zu Fällen, in denen große Mengen eines Produkts mit guter Qualität verworfen oder herabgestuft werden, weil in einem Bereich der Bahn eine mindere Qualität festgestellt wurde.

—
01 Web-Imaging-System
von ABB.

Die ABB-Analyseverfahren nutzen neueste Entwicklungen auf dem Gebiet der Bilderfassung und Echtzeit-Datenverarbeitung, um ein Bild des Produkts aufzunehmen und anschließend zwischen interessanten und uninteressanten Bildbereichen

—
Die Verfahren nutzen neueste Entwicklungen in der Bilderfassung und Echtzeit-Datenverarbeitung, um ein Bild des Produkts aufzunehmen und die interessanten Bereiche zu erkennen.

zu unterscheiden. Letzteres wird häufig auch als ROI-(Region of Interest-)Segmentierung bezeichnet. Anschließend erfolgt eine morphometrische (Messung von Größe und Form) Analyse der Größen, Längen, Breiten, Winkel und Verhältnisse von ROIs in Echtzeit.

Da diese Analysen unabhängig von der Anzahl interessanter Bereiche pro Zeiteinheit in Echtzeit erfolgen müssen, kann eine Echtzeit-ROI-Analyse bei einer großen ROI-Anzahl sehr anspruchsvoll sein [1].

Prinzipien der bildgebenden Bahninspektion

In einem Echtzeit-WIS, werden Zellstoff-, Papier- oder Kartonprodukte zunächst unter Verwendung einer geeigneten Beleuchtung, Bildkonfiguration, Optik und Kamera aufgenommen →2. Anschließend werden die erzeugten Rohbilddaten durch die Imaging-Hardware analysiert, wobei zunächst verschiedene Korrekturen an den eingehenden Rohdaten (z. B. positionsabhängige Helligkeitskorrekturen und Grauwerttransformationen) vorgenommen und die ROI-Segmentierung durchgeführt werden. Der Segmentierungsteil kann sehr anspruchsvoll sein, und für gewöhnlich werden verschiedene Segmentierungsverfahren und -parameter parallel eingesetzt, um mehrere Merkmale für die anschließende Analyse zu erhalten.



Eine Möglichkeit zur effizienten Bewältigung der großen Datenmenge, die bei der Echtzeit-Analyse von Bildern mit hoher Auflösung und hohem Dynamikumfang anfällt, ist die Entwicklung spezieller Hardware auf der Grundlage eines FPGA (Field-Programmable Gate Array). Ein FPGA ist ein programmierbarer Logikschaltkreis [2], der eine Vielzahl einfacher logischer Elemente beinhaltet, die zur Realisierung komplexerer Funktionen miteinander

—

ABB hat eine FPGA-basierte Kamera entwickelt, die Rohbilddaten verarbeitet und nur Zielbilder mit der gewünschten Auflösung und dem gewünschten Dynamikumfang überträgt.

verbunden werden können. Heutige FPGAs enthalten Millionen von logischen Elementen und unterstützen hohe interne Taktfrequenzen, große interne Speicher und dedizierte digitale Signalverarbeitungsblöcke. ABB hat eine FPGA-basierte Bildverarbeitungskamera entwickelt, die eingehende Rohbilddaten verarbeitet und nur die Ergebnisse und Zielbilder überträgt, die die gewünschte Auflösung und den gewünschten Dynamikumfang aufweisen [2]. Dieses Datenreduktionsverfahren ermöglicht eine Verarbeitung der Daten für eine komplette Bahn in Echtzeit.

FPGA-basierte Hardwareplattformen vereinfachen zudem die spätere Einbindung neuer Messfunktionen zur Verlängerung des WIS-Lebenszyklus.

Morphometrische Echtzeitmethoden für ROIs

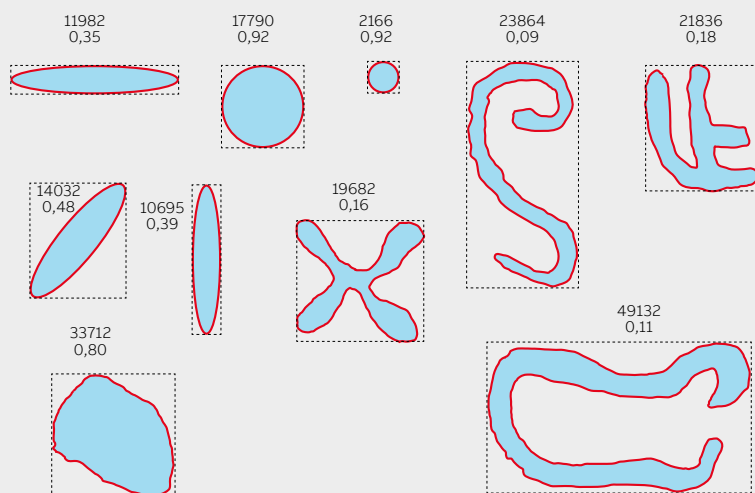
Die ROI-Segmentierung bestimmt, welche Bereiche des im Bild erfassten Produkts von Interesse sind. Der nächste Schritt besteht darin, diese Bereiche in Echtzeit zu analysieren und nützliche Informationen über die Produktqualität zu generieren. Diese Daten können dann zur Charakterisierung geometrischer Merkmale und zur Klassifizierung der interessanten Bereiche auf der Grundlage dieser Merkmale verwendet werden.

Wichtige Parameter solcher Bereiche sind z. B. die Fläche (die der Gesamtpunktzahl eines Bereichs entspricht) und der Umfang, der zur Bestimmung mehrerer anderer geometrischer Eigenschaften (z. B. der Rundheit) genutzt werden kann →3. Vergleicht man die in →3 dargestellten Formen, sieht man z. B., dass die Rundheit einen kreisförmigen Bereich (Wert 0,92) von einem blumenförmigen Bereich (Wert 0,16) unterscheidet, obwohl die Werte für das Merkmal Fläche nahezu gleich sind (17.790 bzw. 19.682).

Klassifizierung von ROIs in Echtzeit

Drei separate Tests wurden durchgeführt, um den neuen FPGA-basierten Echtzeit-Algorithmus zur Erkennung und Klassifizierung interessanter Bereiche zu prüfen: ein kombinierter Intensitäts- und Größenklassifizierungstest, ein Größenklassifizierungstest unter extremen Bedingungen und





03

02 Aspekte der bildgebenden Bahninspektion.

03 Beispiele für segmentierte Bereiche mit unterschiedlichen Formen. Der obere Wert ist der gemessene morphometrische Parameter Fläche, der untere ist die Rundheit, abgeleitet aus den gemessenen Parametern Fläche und Umfang.

04 Rotierende Trommeln zum Testen des Algorithmus.

ein morphometrischer Klassifizierungstest. Zum Einsatz kam eine Prüfanordnung mit einstellbarer Beleuchtung und maßgeschneiderten Musterträgertrommeln, die eine variable Abtastgeschwindigkeit ermöglicht →4.

Kombinierter Intensitäts- und Größenklassifizierungstest

Beim diesem Test geht es darum, die Leistungsfähigkeit des Systems zu testen, wenn zunächst ein Schwellenwert definiert wird, um die interessanten Punkte zu finden, und anschließend die Größe der Punkte mithilfe eines weiteren, potenziell empfindlicheren Schwellenwerts bestimmt wird. Dazu wurde ein Testmuster mit 90 grauen Punkten und 90 Punkten mit grauen und dunklen Anteilen und fünf verschiedenen Punktgrößen (Flächen von 3,1 bis 0,2 mm²) bei einer Geschwindigkeit von 115 m/min abgetastet →5.

Bei einer Erkennung mit niedriger Empfindlichkeit wurden 10.980 Punktbereiche mit eingeschlossenen kleineren dunkleren Punkten erkannt, größtmäßig gemessen (auf der Grundlage einer weiteren Segmentierung mit hoher Empfindlichkeit) und anhand

der gemessenen Größen klassifiziert. In diesem Fall wurden aufgrund der niedrigeren Empfindlichkeit nur die grauen Punkte mit einem dunklen Bereich (linke Seite in →5) für die Bereichszählung erkannt. Bei einer höheren Empfindlichkeit wurden alle 21.960 grauen/dunklen Punkte erkannt.

Drei separate Tests wurden durchgeführt, um den neuen FPGA-basierten Echtzeit-Algorithmus zu prüfen.

Die Ergebnisse hinsichtlich der Anzahl, Größe und Intensitätsklassifizierung stimmten außerordentlich gut mit der Verteilung dunkler Punkte im Testmuster überein, d. h. das System war in der Lage, Punkte mit der gewünschten Intensität zu erkennen, ihre Größe gemäß einer bestimmten Segmentierungsempfindlichkeit zu messen und die erkannten Punkte nach ihrer Größe zu klassifizieren.

Größenklassifizierungstest unter extremen Bedingungen

Mit diesem Test sollte festgestellt werden, ob der Algorithmus in der Lage ist, schwarze Punkte auf dicht gepunktetem Testpapier bei sehr hoher Geschwindigkeit nach ihrer Größe zu klassifizieren.

Das Testmuster wies 240 dunkle Punkte in fünf unterschiedlichen Größen (0,60 bis 0,06 mm²) auf →6. Die Bereichserkennungs- und Flächenmessleistung beim Test lag bei 1,4 Mio. Bereichen pro Sekunde. Das Ergebnis der Größenklassifizierung stimmte sehr gut mit der tatsächlichen Verteilung der dunklen Punkte auf dem Testmuster überein →7.

Morphometrischer Klassifizierungstest

hoher Geschwindigkeit und einer großen Anzahl unterschiedlich geformter, eng beieinander liegender Bereiche geprüft: 240 dunkle Formen in fünf unterschiedlichen Größen zwischen 0,10 und 2,50 mm² mit vier verschiedenen Formen →8. Das Muster wurde mit einer Geschwindigkeit von 420 m/min abgetastet, d. h. die Bereichserkennungs- und Flächenmessleistung beim Test betrug 223.000 Bereiche pro Sekunde. Die Ergebnisse der Größen- und Formklassifizierung stimmten mit der Verteilung von dunklen Formen auf dem Testmuster überein.



04

Zellstoff-Schmutzanalyse

Sowohl die Menge als auch die optische Wirkung (Fläche und Intensität) von sichtbarem Schmutz in Zellstoff, Papier oder Karton kann die Qualität des Endprodukts erheblich beeinflussen [3–7]. Aus diesem Grund gehören die Schmutzpunktbestimmung und die Schmutzflächenklassifizierung zu den nützlichsten Verfahren zur Qualitätsprüfung.

Die neuen Echtzeitverfahren von ABB decken die gesamte Bahn ab, was neue Normen erforderlich macht.

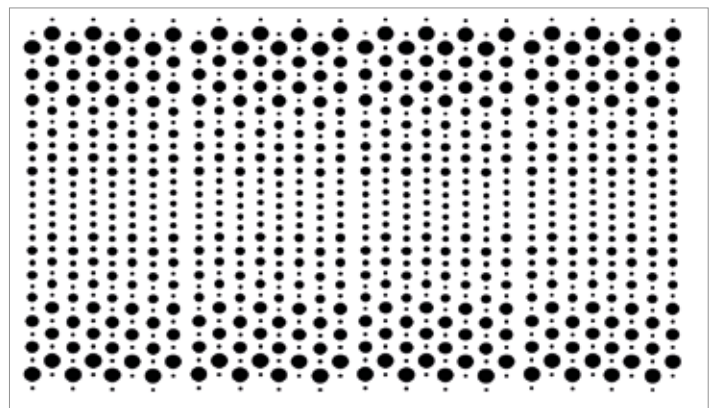
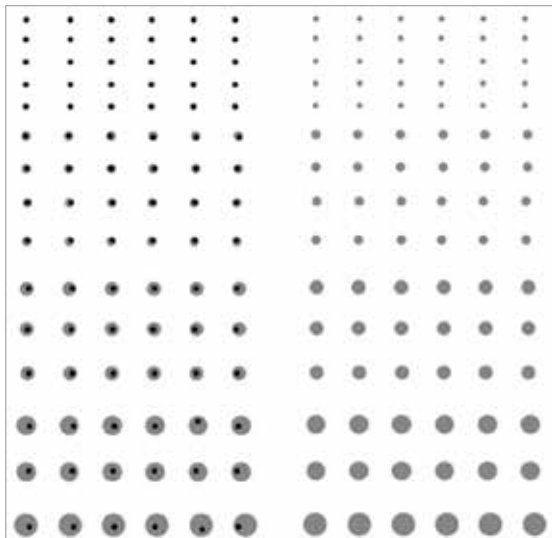
Mehrere internationale Normen für Schmutzanalyseverfahren wurden bereits veröffentlicht. Allerdings befassen sich die meisten davon mit Offline-Labormessungen, die nur eine kleine Fläche des Produkts abdecken.

Die neuen Echtzeitverfahren von ABB hingegen decken die gesamte Bahn ab, was neue Normen erforderlich macht. Für die zukünftige Festlegung dieser Normen wäre es nützlich, zunächst die Anforderungen zu ermitteln und zu definieren und dann die Referenzwerte zu bestimmen und zu standardisieren, die für die Produzenten am nützlichsten sind. Tests haben gezeigt, dass die neuen Verfahren von ABB – einschließlich der Schmutzflächenmessung und Größenklassifizierung – eine zuverlässige formbasierte Schmutzklassifizierung für die gesamte Bahn in Echtzeit ermöglichen und somit als Basis für die Normfestlegung dienen können.

Das neue Echtzeit-Schmutzanalyseprodukt von ABB

ABB DIRT Count ist Bestandteil der innovativen QMS Web Imaging Familie von integrierten Bildverarbeitungsprodukten, die die Erkennung, Messung und Analyse von Verschmutzungen an ganzen Bahnprodukten in Echtzeit ermöglicht. Dabei handelt es sich um ein automatisiertes, bildbasiertes Online-Inspektionssystem auf der Basis hochauflösender Digitalkameras mit CMOS-Technologie und Echtzeit-Methodik. Das System inspiziert die volle Breite der Produktbahn mit konsistenten, wiederholbaren Ergebnissen. Es erkennt und meldet Fehler und Schmutzpartikel ab einer Größe von 0,01 mm². Dank der fortschrittlichen Bildverarbeitungstechnologie und der hohen Kameradichte können Abmessungen mit einer Genauigkeit von bis zu 0,04 mm bestimmt werden.

Die intelligenten WIS-Kameras von ABB analysieren den Schmutzgehalt bei der Zellstofftrocknung und erkennen gleichzeitig andere größere und strukturelle Fehler in der Zellstoffbahn, die die Produktion beeinträchtigen können. ABB QMS Web Imaging mit DIRT Count bietet Herstellern die Möglichkeit, die Zellstoffqualität der gesamten Bahn zu überwachen und somit die Produktion und den Ertrag zu optimieren.



— 05 Testmuster für den kombinierten Intensitäts- und Größenklassifizierungstest.

— 06 Testmuster für den Größenklassifizierungstest unter extremen Bedingungen.

— 07 Ergebnis des Größenklassifizierungstests. Die Ergebnisse stimmen genau mit der tatsächlichen Größenklassifizierung des Testmusters überein.

— 08 Testmuster für die Erkennung eng beieinander liegender, unterschiedlich geformter Bereiche.

References

[1] Huottilainen, T. et al.: „Real-time ROI Morphometrics in High Quality Web Imaging“. PaperCon, Cincinnati, Ohio, 2016.

[2] Mittal, S. et al.: „FPGA: An Efficient and Promising Platform for Real-Time Image Processing Applications“. Proceedings of the National Conference on Research and Development in Hardware & Systems (CSI-RDHS). Kalkutta, Indien, 2008.

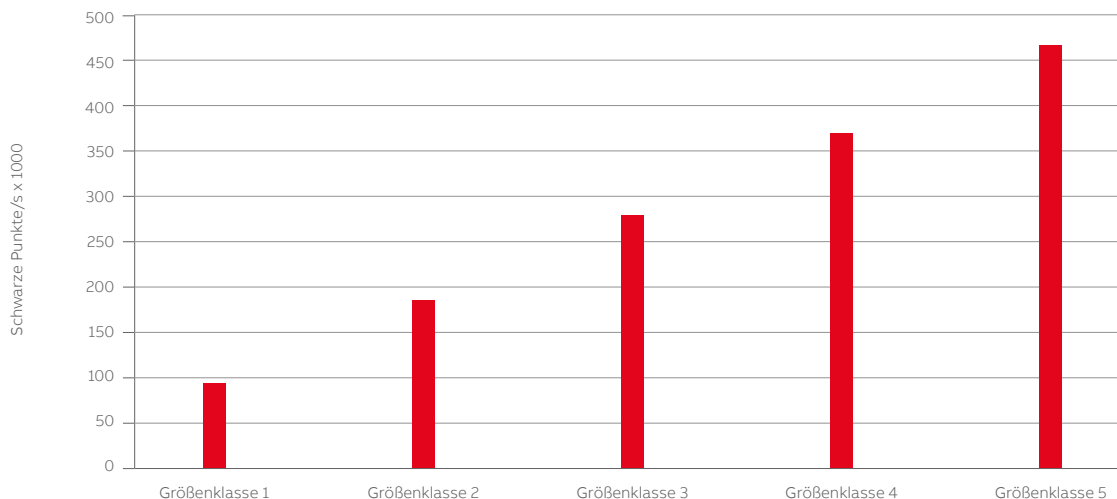
[3] Strokina, N. et al. (2013): „Framework for Developing Image-based Dirt Particle Classifiers for Dry Pulp Sheets“. Machine Vision and Applications Vol. 24, No. 4. Springer-Verlag. S. 869-881.

[4] Strokina, N.: „Machine vision methods for process measurements in pulping“. Ph.D. thesis. Lappeenranta University of Technology, Lappeenranta, Finland, 2013.

[5] Strokina, N. et al.: „Semisynthetic ground truth for dirt particle counting and classification methods“. Proceedings of the 12th IAPR Conference on Machine Vision Applications. Tokio, Japan, 2011.

[6] Strokina, N. et al.: „Adaptive Classification of Dirt Particles in Paper-making Process“. 17th Scandinavian Conference on Image Analysis. Ystad, Schweden, 2011.

[7] Fouladgaran, M. et al.: „Automated counting and characterization of dirt particles in pulp“. Proceedings of the International Conference on Computer Vision and Graphics. Warschau, Polen, 2010. S. 166–174.



07

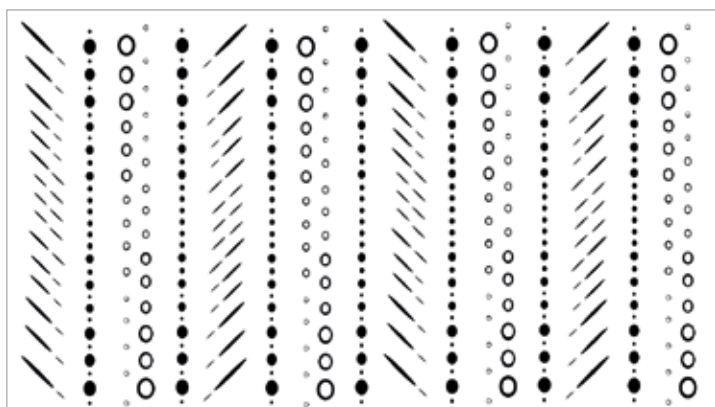
Vollständige Abdeckung

Eine intelligente Kameraplattform, die eine FPGA-basierte, parallele Bildverarbeitung in Echtzeit unterstützt, ist eine der erfolgreichsten Hardwarelösungen für Bahninspektionssysteme. Datenverarbeitung und Datenparallelität sowie die Flexibilität im Hinblick auf Funktionsupdates ermöglichen die Nachrüstung eines vorhandenen WIS mit Softsensoren und damit die Verlängerung des Lebenszyklus und die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit.

Moderne FPGA-basierte Technologien und Bildverarbeitungsalgorithmen bieten neue Möglichkeiten für die Analyse von Zellstoff-, Papier- und Kartonprodukten in Echtzeit. Dabei sind sie in der Lage, auch bei einer extrem hohen ROI-Dichte die gesamte Bahn abzudecken. Tests der neuen Methoden haben gezeigt, dass es möglich ist, mit nur einer Kamera über 1,4 Millionen ROIs pro Sekunde zu erkennen, zu zählen, größenmäßig zu messen (Fläche), nach ihrer Intensität und Größe zu klassifizieren und die Ergebnisse darzustellen. Dies entspricht der Verarbeitung von über fünf Milliarden interessanter Bereiche pro Stunde und Kamera.

Darüber hinaus hat ABB das neue Produkt QMS Web Imaging DIRT Count herausgebracht, das die neue ABB WIS-Hardware und die neue ROI-Behandlungsmethodik zur Erkennung, Analyse und Klassifizierung von Schmutzpartikeln nutzt.

Die neuen Bahninspektionsverfahren und -lösungen von ABB werden dabei helfen, die Qualität von Bahnprodukten zu verbessern, Ausschuss zu reduzieren, die Effektivität der Anlagen zu erhöhen und eine bessere Produktivität zu erreichen. ●



08

DIGITALE SYSTEME UND ANALYSEN

Digitaler Zwilling steigert die Performance von Durchflussmessern

Die Durchflussmessprodukte von ABB spiegeln den neuesten Entwicklungsstand auf dem Gebiet der Durchflussmesstechnik wieder. Ein neues Werkzeug – der digitale Zwilling – bildet den eigentlichen Durchflussmesser in einer virtuellen Umgebung nach und ist in der Lage, die Leistungsfähigkeit von magnetisch-induktiven Durchflussmessern vorherzusagen. Der digitale Zwilling auf der Basis multiphysikalischer Modellierung trägt zur Verbesserung des Designs von Durchflussmessern bei und ermöglicht die Vorhersage der Leistungsfähigkeit unter realen Betriebsbedingungen.



Subhashish Dasgupta
ABB Corporate Research
Bangalore, Indien

subhashish.dasgupta@
in.abb.com



Vinay Kariwala
ABB BU Measurement
& Analytics
Bangalore, Indien

vinay.kariwala@in.abb.com

Seit etwa zehn Jahren beeinflussen neue Technologien und die Digitalisierung auch traditionelle Prozessindustrien, in denen Flüssigkeiten wie Wasser und Abwasser transportiert und aufbereitet werden müssen. Angesichts der zunehmenden Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit dieser Technologien arbeiten die Forschungsteams bei ABB engagiert daran, Kunden stets die bestmöglichen und kostengünstigsten Werkzeuge zur Verbesserung ihrer Wettbewerbsfähigkeit bereitzustellen. Das Konzept des digitalen Zwillings trägt dazu bei, indem es die frühzeitige Erkennung physischer Probleme und die präzise Vorhersage der Folgen ermöglicht. Als zukunftsorientiertes Unternehmen nutzt ABB diese Technologie zur Verbesserung ihrer Durchflussmessprodukte mit dem Ziel, prozessbedingte Herausforderungen zu bewältigen, eine noch schnellere Wertschöpfung zu ermöglichen und die stetig steigenden Kundenerwartungen zu erfüllen.



Magnetisch-induktive Durchflussmesser

Um einen hohen Leistungsstandard zu erreichen und zu gewährleisten, benötigen Produktionsprozesse eine zuverlässige und genaue Messtechnik. Aufgrund ihres Engagements im Bereich Produktentwicklung, Systemlösungen und Service ist ABB seit über 40 Jahren ein zuverlässiger Partner der weltweiten Wasserwirtschaft. Durchflussmesser von ABB gehören zu den traditionellen Arbeitspferden der Prozessindustrie, denn sie sind robust, zuverlässig und vor allem genau →1a.

Magnetisch-induktive Durchflussmesser, die einen großen Teil des Angebots von ABB im Bereich der Durchflussmesstechnik ausmachen, sind aufgrund

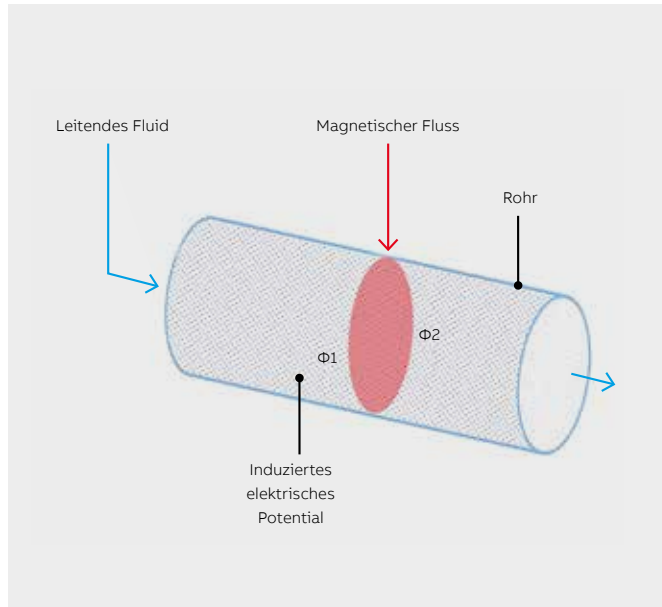
ihrer einzigartigen Vorteile besonders attraktiv für Kunden, die leitfähige Flüssigkeiten transportieren oder verarbeiten. Zu diesen Vorteilen gehören eine einfache Installation, ein vernachlässigbarer Druckabfall und eine hohe Genauigkeit. Darüber hinaus wird die Leistungsfähigkeit von magnetisch-induktiven Durchflussmessern weder durch Veränderungen der Temperatur, des Drucks oder der Dichte, noch durch kleinere Schwankungen in den Strömungsprofilen beeinflusst. Unabhängig von der Fließrichtung und mit einer Messabweichung von 0,2 % über einen breiten Messbereich ermöglichen magnetisch-induktive Durchflussmesser eine präzise Messung auch bei geringen Durchflussmengen.

Titelbild. Wasser- und Abwasseraufbereitungsanlage.





01a

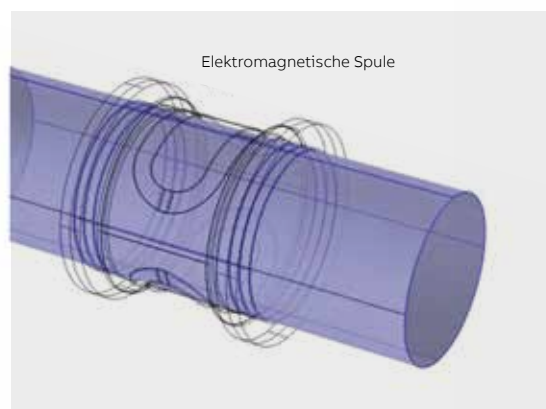


01b

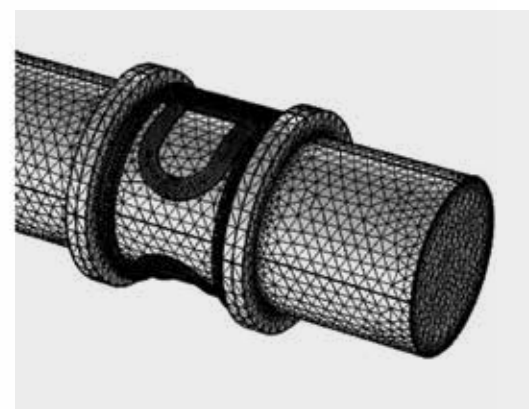
ABB ist ständig dabei, Werkzeuge zu untersuchen, die dabei helfen, das Angebot an magnetisch-induktiven Durchflussmessern zu verbessern, um die steigenden Anforderungen in puncto Leistungsfähigkeit und Kostenoptimierung zu erfüllen. Das Ziel von ABB ist es, fundiertes physikalisches Wissen über Durchflussmesser mit neuen verifizierbaren Modellierungsverfahren zu kombinieren, um die Wertschöpfung vorhandener Durchflussmesser zu erhöhen.

Aufgrund ihres Engagements im Bereich Produktentwicklung, Systemlösungen und Service ist ABB seit über 40 Jahren ein zuverlässiger Partner der weltweiten Wasserwirtschaft.

Magnetisch-induktive Durchflussmesser nutzen Messmethoden auf der Basis des Faradayschen Gesetzes der elektromagnetischen Induktion, um die Fließgeschwindigkeit eines Mediums zu bestimmen. Erzeugt man in einem Rohr, durch das eine leitfähige Flüssigkeit (z. B. Wasser) fließt, ein Magnetfeld, wird im Rohrquerschnitt ein elektrisches Potential bzw. eine elektromagnetische Kraft (EMK) induziert → 1b. Da die Kraft proportional zur Fließgeschwindigkeit bzw. zum Durchfluss ist, lässt sich durch Messung der induzierten EMK der Durchfluss bestimmen. Das Verhältnis von induzierter EMK zur Fließgeschwindigkeit ist die Empfindlichkeit, die mit dem Kalibrierungsfaktor verbunden ist. Ebenso wichtig wie die Vorhersage der Empfindlichkeit ist die Vorhersage von Schwankungen in der Empfindlichkeit aufgrund veränderlicher Bedingungen. So müssen thermische und strukturelle Ereignisse, die sich auf den Betrieb des Durchflussmessers auswirken können, im Interesse der Produktsicherheit und zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Durchflussmessers unter rauen Bedingungen evaluiert werden.



02a



02b

—
01a Magnetisch-induktiver Durchflussmesser von ABB.

01b Durch die Wechselwirkung zwischen dem magnetischen Fluss und dem sich bewegenden leitfähigen Fluid wird ein elektrisches Potential (Φ_2) induziert, das proportional zur Fluidgeschwindigkeit ($\Phi_1 - \Phi_2$) ist.

—
02a Geometrie eines mit CAD konstruierten Durchflussmessers.

02b Diskretisierte Geometrie für FEA-Berechnungen.

02c Evaluierung qualitativer physikalischer Phänomene. Rot steht für Höchstwerte.

Das Konzept des digitalen Zwillinges

Was wäre, wenn man ein prädiktives Modell auf der Grundlage von physikalischem Wissen entwickeln könnte, das in der Lage ist, die Leistungsfähigkeit von Durchflussmessern vorherzusagen und die Notwendigkeit von Tests zu minimieren? Das Ergebnis wäre eine drastische Steigerung der Produktivität und Performance. Um dies zu erreichen, hat ABB ein Softwaremodell des magnetisch-induktiven Durchflussmessers auf der Basis eines multiphysikalischen Finite-Elemente-Analyseverfahrens (FEA) entwickelt. Das Softwaremodell – der digitale Zwilling – bildet das physische Betriebsmittel in der virtuellen Welt ab und ahmt das Verhalten des realen Objekts nach. Mithilfe des so gewonnenen Prozesswissens können komplexe Zusammenhänge hinsichtlich der Leistungsfähigkeit verstanden, Probleme erkannt und Designs verbessert werden. Die Informationen können anschließend für den Bau und den praktischen Betrieb des Produkts genutzt werden. Mit digitalen Zwillingen kann nahezu jeder Zustand in der virtuellen Welt mit der Gewissheit simuliert werden, dass das gleiche Verhalten auch in der Realität auftreten würde.

Multiphysikalisches Modell

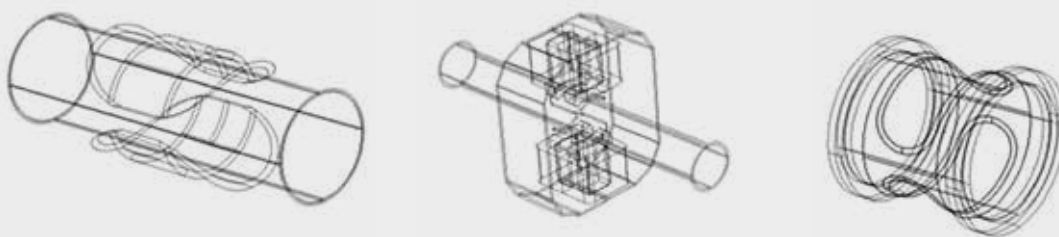
Die FEA-Modellierung beinhaltet die Diskretisierung eines Objekts in kleinere finite Elemente. Das Berechnungsmodell wird mit Informationen wie Materialeigenschaften und mit Betriebs- und Randbedingungen gespeist und löst physikalisch basierte Gleichungen für die finiten Bereiche, um

Parameter abzuleiten. Dieses Verfahren, das dreidimensionale und – wenn erforderlich – zeitveränderliche Informationen liefert, wird zur Vorhersage der Leistungsfähigkeit und zur konstruktiven Verbesserung der Ausrüstung in Branchen wie der Öl- und Gasindustrie und der Luftfahrt eingesetzt. Durch den Einsatz der FEA-Modellierung kann – im Gegensatz zu konventionellen Prüfmethoden – sichergestellt werden, dass komplexe Vorgänge leicht verstanden werden. Laborprüfmethode sind durch ihre Abhängigkeit von der Anzahl und Platzierung der in der Ausrüstung verwendeten Sensoren beschränkt, was bei prozesstechnischen

—
ABB hat ein Softwaremodell des magnetisch-induktiven Durchflussmessers auf der Basis eines multiphysikalischen FEA-Verfahrens entwickelt.

Anwendungen kostenintensiv und schwierig zu ändern ist. Im Gegensatz dazu ermöglichen neue Fortschritte und sinkende Kosten auf dem Gebiet der Rechenleistung die einfache und iterative Lösung komplexer physikalisch basierter Gleichungen mithilfe der FEA.

ABB entschied sich für die Entwicklung eines multiphysikalischen Modells des magnetisch-induktiven Durchflussmessers, um ihr bereits hervorragendes Angebot von Durchflussmessprodukten weiter zu verbessern.



Integration physikalischer Phänomene

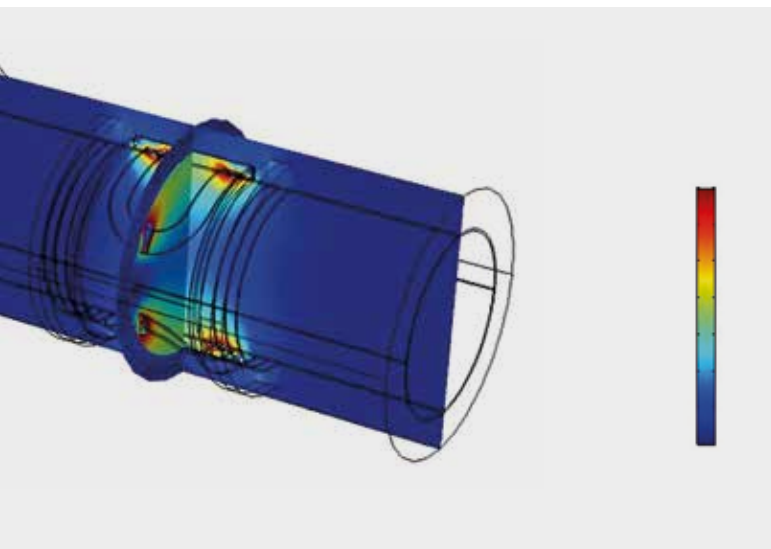
Zunächst wurde die Geometrie eines Durchflussmessers mithilfe einer CAD-Software (Computer-Aided Design) erstellt → 2a. Anschließend wurde die Geometrie, bzw. das Rechengelände, in viele kleine

Mit digitalen Zwillingen kann nahezu jeder Zustand in der virtuellen Welt simuliert werden.

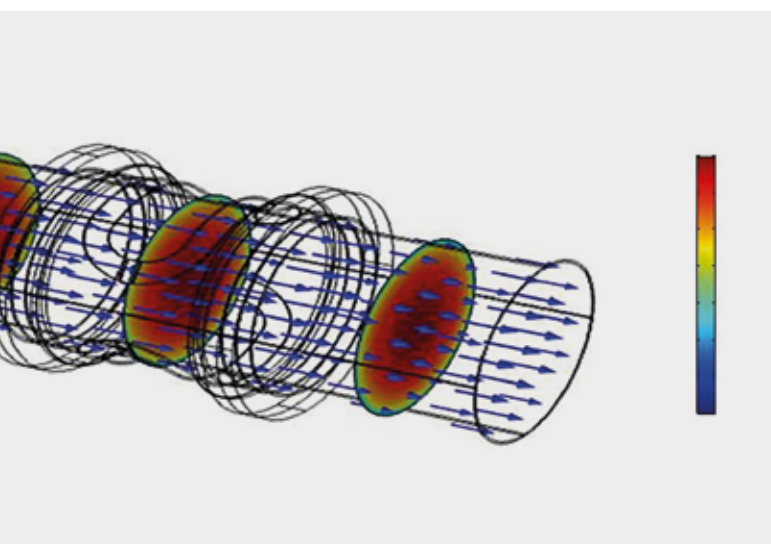
Elemente diskretisiert, für die Gleichungen gelöst wurden → 2b. Auf diese Weise wurden mehrere Durchflussmesser verschiedener Ausführung und Größe modelliert → 2c.

Die Integration der beiden Hauptphänomene Elektromagnetismus und Strömungsdynamik sowie verschiedener anderer physikalischer Phänomene in ein einziges Modell ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Der Elektromagnetismus wird durch Lösen der Maxwell-Gleichungen analysiert. Diese liefern die magnetische Flussdichte innerhalb des Rechengeländes → 3a. Die Strömungsdynamik wird durch Lösen von Massen- und Impulserhaltungsgleichungen für verschiedene Strömungsbedingungen analysiert und so die Fluidströmung durch das Rohr simuliert → 3b. Schließlich wird die induzierte EMK, die aus der Wechselwirkung zwischen dem magnetischen Fluss und der Fluidgeschwindigkeit resultiert, durch Integration der Magnet- und Strömungsfelder mithilfe der vom Faradayschen Gesetz der elektromagnetischen Induktion abgeleiteten Lorentz-Gleichungen berechnet → 3c.

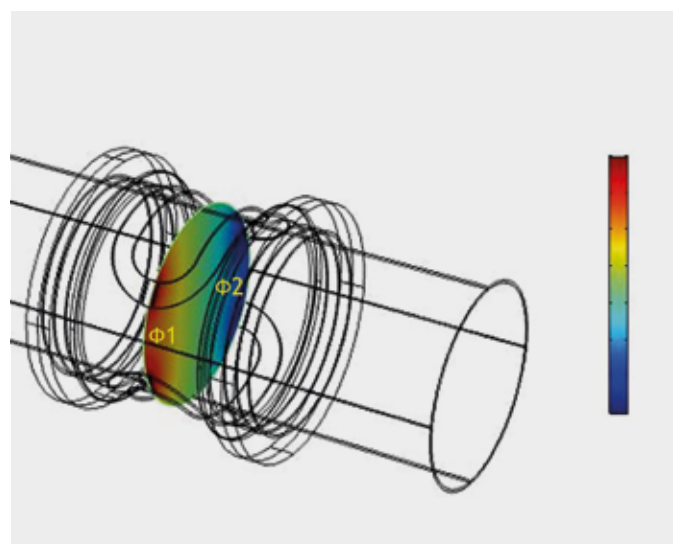
Das Ergebnis ist die Empfindlichkeit bzw. das Verhältnis der induzierten EMK zur Fluidgeschwindigkeit. Um ein umfassendes Bild zu erhalten, ermittelt das Modell auch Wärmeausbreitungs- und strukturdynamische Parameter. Daraus werden die thermischen und hydraulischen Belastungen berechnet, die auf die Rohrwand wirken → 4. Solche fortschrittlichen Simulationen sind unverzichtbar, wenn es darum geht, die Auswirkungen von schwierigen Bedingungen – z. B. hohe Temperaturen oder Flüssigkeiten, die mit hohem Druck durch das Rohr fließen – auf den Funktionszustand des Durchflussmessers vorherzusagen. Das Endergebnis dieser umfangreichen Berechnungen ist ein vollständiges multiphysikalisches Modell des Durchflussmessers, das in der Lage ist, die Leistungsfähigkeit und drohende Ausfälle unter widrigen Bedingungen vorherzusagen.



03a



03b



03c

—
03 Evaluierung qualitativer physikalischer Phänomene. Rot steht für Höchstwerte.

03a Magnetflussverteilung.

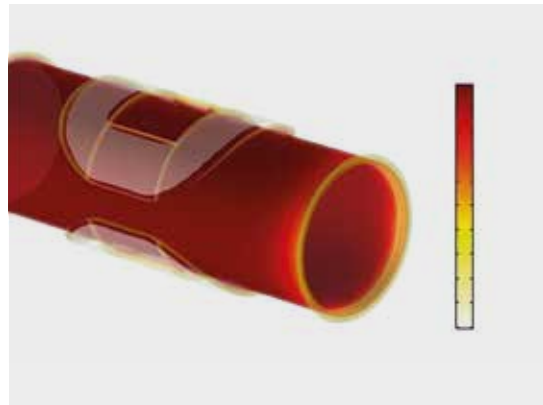
03b Fluidgeschwindigkeitskonturen.

03c Elektrisches Potential.

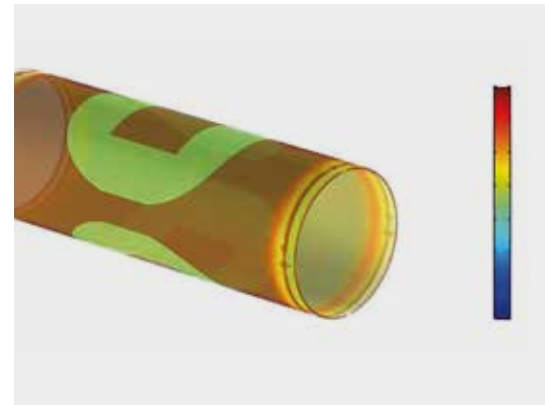
—
04 Qualitative thermische und hydraulische Spannungsfelder. Rot steht für Höchstwerte.

04a Temperaturfeld.

04b Hydraulisches Spannungsfeld.



04a



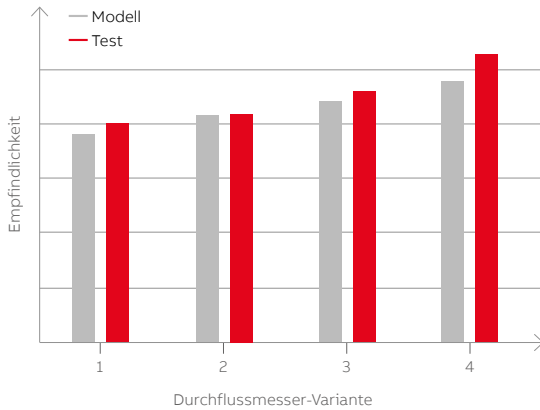
04b

Ein bedeutender Vorteil der Modellierung ist die Minimierung der Notwendigkeit von kostenintensiven und zeitaufwändigen Tests. Im Jahr 2017 wurden mehrere ABB-Durchflussmesser für verschiedene Leitungsgrößen modelliert. Ein Vergleich der vom Modell berechneten und der in praktischen Versuchen ermittelten Empfindlichkeiten ergab eine Übereinstimmung von 95 %, was die Eignung und Genauigkeit des Modells als realistisches prädiktives Werkzeug bestätigt →5. Neben der Empfindlichkeit konnte mithilfe des Modells

Wie sich gezeigt hat, übertrifft der modifizierte Durchflussmesser das vorhandene Produkt leistungsmäßig, was den Weg für zukünftige Designverbesserungen ebnet. So wird der Einsatz von digitalen Zwillingen in der Entwicklung von Durchflussmessern dazu beitragen, die Empfindlichkeit von Durchflussmessern zu erhöhen, die Messgenauigkeit zu verbessern und die Herstellungskosten zu reduzieren. Zurzeit finden umfangreiche Arbeiten zum Test von Prototypen, zur Einbindung der verschiedenen Designmodifikationen und zur Untersuchung der Machbarkeit einiger neuer Ideen statt.

—
So kann der bestmögliche Installationsort für Durchflussmesser innerhalb eines vorgegebenen Rohrleitungssystems bestimmt werden.

auch die Linearität des Durchflussmessers, mit anderen Worten die Konstanz der Empfindlichkeit bei sich verändernden Durchflussmengen, vorhergesagt werden. Der digitale Zwilling war nicht nur ein wichtiges Hilfsmittel in der Testphase. Das Modell wurde auch intensiv genutzt, um das Design und die Qualität des vorhandenen Durchflussmessers zu verbessern. Durch Einbindung neuer Komponentendesigns und innovativer Ideen in das Modell konnte die Verbesserung in der Leistungsfähigkeit des Durchflussmessers evaluiert werden.

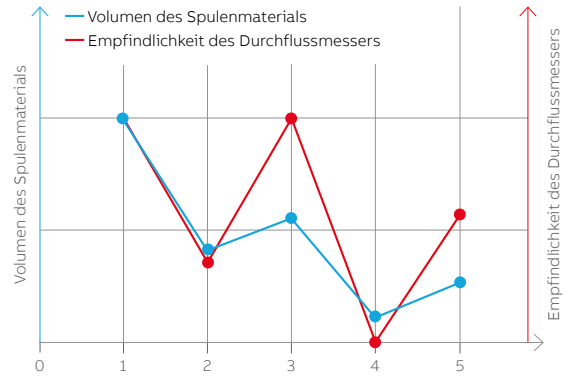


05

Weniger Aufwand, größerer Nutzen

Das Hauptziel der Produktentwicklung besteht darin, den Materialeinsatz zu minimieren und dabei die Leistungsfähigkeit zu erhalten bzw. zu maximieren. Dementsprechend wurde das Modell des digitalen Zwillings genutzt, um das Design von Durchflussmesserkomponenten im Hinblick auf eine Senkung der Materialkosten zu optimieren. Als wichtige Komponente wurde die elektromagnetische Spule überarbeitet, um die optimale Größe und Form für eine bestmögliche Leistung zu ermitteln. Dazu wurden verschiedene Größen einer Spule in einer Reihe von Iterationen evaluiert →6. Dabei stellte sich heraus, dass bei einer bestimmten Variante die ursprüngliche Empfindlichkeit mit einer erheblich reduzierten Menge an Spulenmaterial (Kupfer) erreicht werden konnte. Des Weiteren haben Simulationen von radikal neuen Designs gezeigt, dass die Menge des benötigten Materials zur Erhaltung der ursprünglichen Leistungsfähigkeit erheblich reduziert werden kann. Dies ist besonders interessant für die Entwicklung großer Durchflussmesser, da die Kosten für die Spule einen erheblichen Teil der Gesamtmaterialekosten ausmachen können.

Kürzlich wurden neue Lösungen zur Reduzierung des Platzbedarfs von großen Durchflussmessern in der anschließenden Prototypentestphase evaluiert und verifiziert.



06

Nachbildung von realen Betriebsbedingungen

Während Entwicklung und Test wichtige Phasen im Lebenszyklus eines Produkts darstellen, ist die Installationsphase mit ganz eigenen Herausforderungen verbunden, da z. B. Systemmerkmale wie Rohrbiegungen und Ventile Strömungsprofile stören und die Messgenauigkeit beeinträchtigen können. Daher ist es wichtig, die systemischen Auswirkungen von Rohrleitungsmerkmalen auf die Leistungsfähigkeit von Durchflussmessern zu verstehen. Aus diesem Grund wurde der digitale Durchflussmesser-Zwilling von ABB um das kundenseitige Rohrleitungssystem erweitert →7.

Das Hauptziel der Produktentwicklung besteht darin, den Materialeinsatz zu minimieren und dabei die Leistungsfähigkeit zu erhalten bzw. zu maximieren.

So konnten die Auswirkungen von Strömungsveränderungen auf die Messgenauigkeit untersucht werden und wertvolle Erkenntnisse über die Effekte von Systemmerkmalen wie vorgelagerte Biegungen gewonnen werden. Dies wiederum ermöglichte es ABB, den bestmöglichen Installationsort für Durchflussmesser innerhalb eines vorgegebenen Rohrleitungssystems zu bestimmen bzw. die Messwerte von installierten Durchflussmessern zu korrigieren.

— 05 Mehrere Durchflussmesser-Varianten wurden modelliert und mit Testdaten verglichen.

— 06 Iterative Modellierung zur Bestimmung des optimalen Spulendesigns.

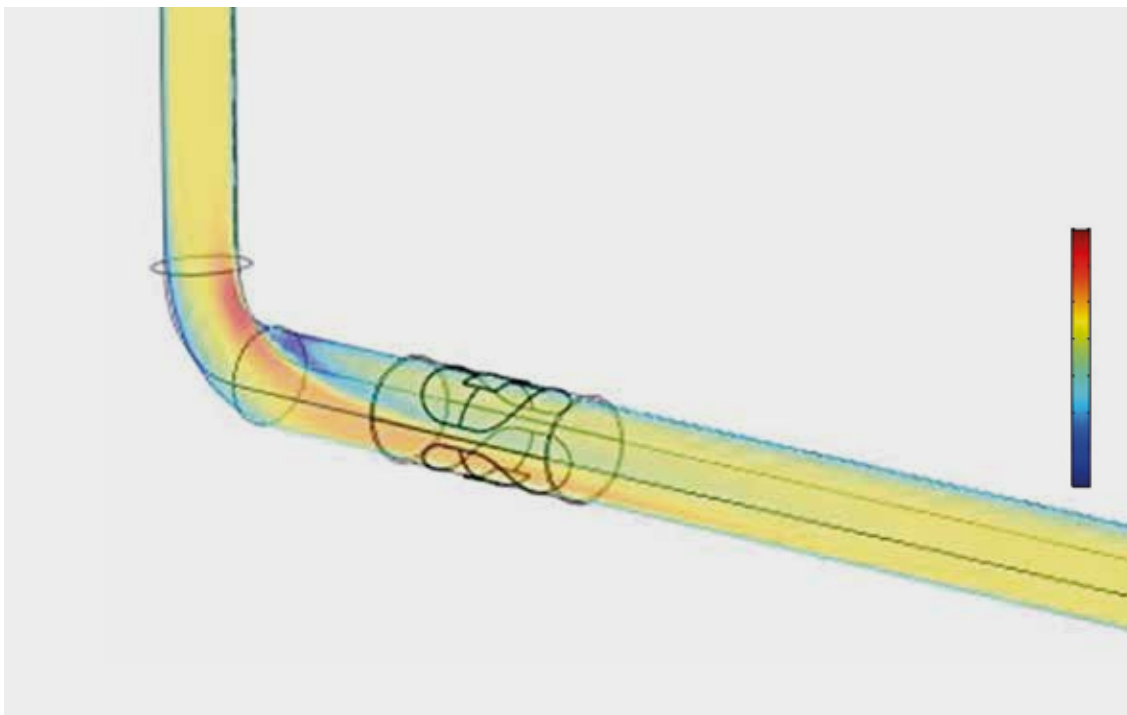
— 07 Modellierung eines im kundenseitigen Rohrleitungssystem installierten Durchflussmessers zur Vorhersage der Leistungsfähigkeit unter gestörten Strömungsbedingungen.

Bislang hat sich das Tool bei der Vorhersage der Leistungsfähigkeit von Durchflussmessern bestens bewährt und Ingenieuren dabei geholfen, das Design von Durchflussmessern zu verbessern. Die Erweiterung des Modells um die Simulation der Einflüsse auf die Strömungsprofile in kundenseitigen Rohrleitungssystemen eröffnet neue

Darüber hinaus kann die Technologie des digitalen Zwillings die Installation von Durchflussmessern in Kundenanlagen unterstützen.

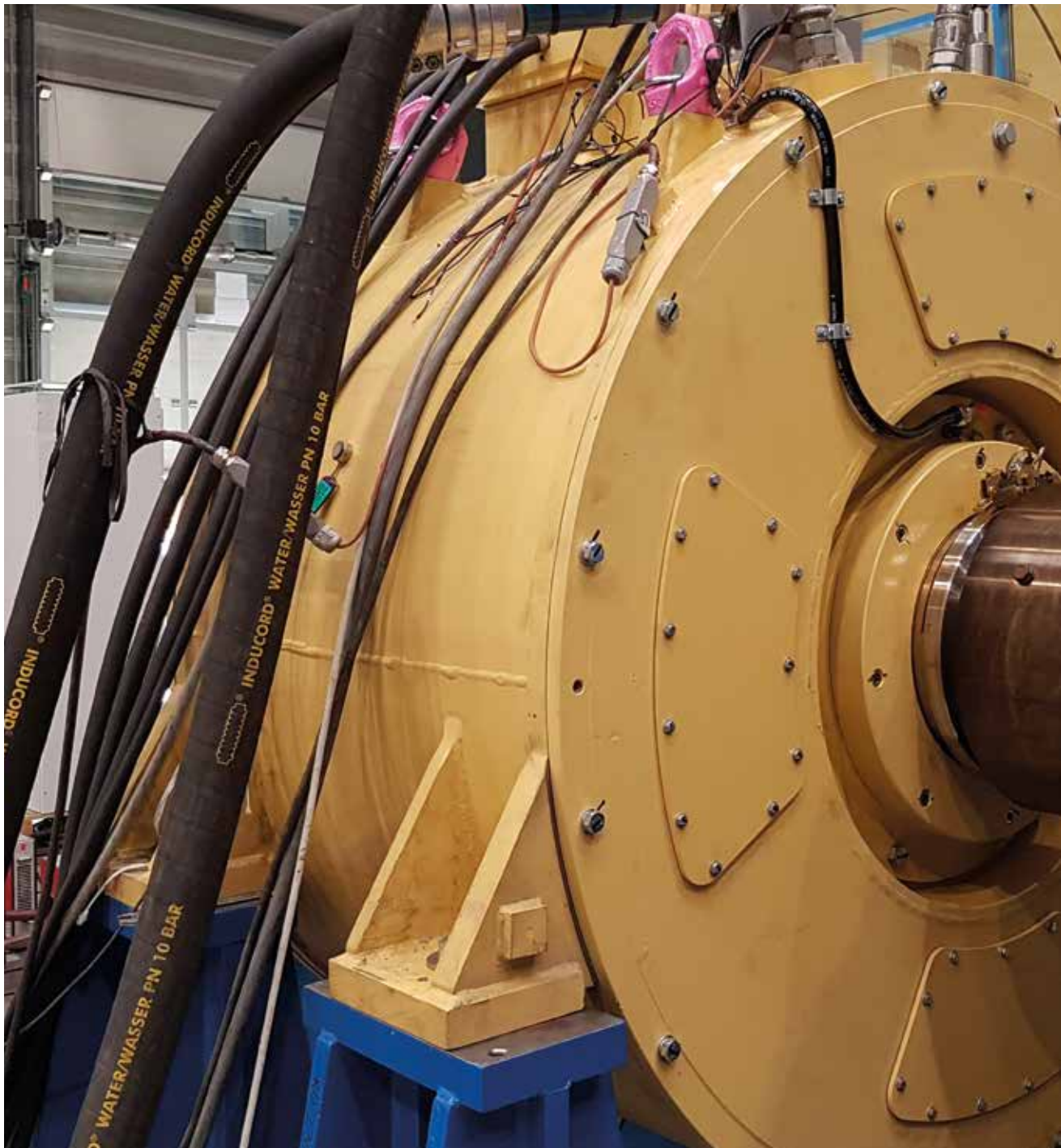
Möglichkeiten für die Verbesserung der Messgenauigkeit. Darüber hinaus kann die Technologie des digitalen Zwillings die Installation von Durchflussmessern in Kundenanlagen unterstützen und so Branchen wie der Wasserwirtschaft dabei helfen, ihre Durchflussregelungssysteme mit Blick auf eine drastische Verbesserung der Prozessleistung zu optimieren.

Bei ABB wird intensiv daran gearbeitet, das Modell des digitalen Zwillings auch für andere Prozessindustrien einsetzbar zu machen, um Kunden die fortschrittlichsten digitalen Möglichkeiten zur Optimierung ihrer Produktivität und Performance bieten zu können. Oberstes Ziel von ABB ist es, die Wertschöpfung zu maximieren und fehlerfreie Produkte herzustellen, die schnell auf den Markt gebracht werden können und einen optimalen Betrieb sicherstellen. ●





Bewegung





68

Zu konstruieren, wie sich Geräte bewegen, wo und wann sie miteinander interagieren und was sie berühren oder montieren, ist keine leichte Aufgabe. Umso schwieriger wird es, wenn veränderliche Betriebsparameter hinzukommen. Intelligente Technologien und Sensorik stellen zusätzliche Herausforderungen dar, eröffnen aber gleichzeitig auch neue Möglichkeiten.

- 68 Intelligenter Transport für Produktionslinien
- 74 Ein flexibler Ansatz für eine individualisierte Massenproduktion
- 76 Direktantriebe für Gurtbandförderer mittlerer Leistung



76

MOTION

Intelligenter Transport für Produktionslinien

Um Massenproduktion und Individualisierung in Einklang zu bringen, benötigen Unternehmen hoch flexible Fertigungsanlagen, die zugleich effizient und rentabel arbeiten. Genau dies verspricht das intelligente Transportsystem ACOPOStrak →1 von B&R, einem Unternehmen, das seit 2017 zum ABB-Konzern gehört.

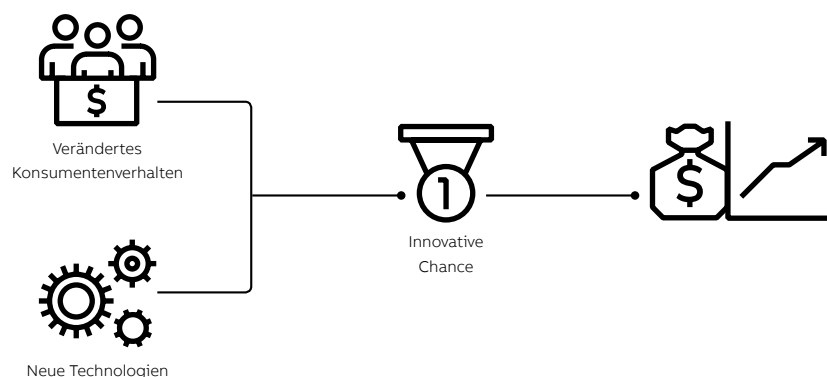


Carmen Klingler-Deiseroth
Freie Fachjournalistin

Kontakt für weitere
Informationen:
robert.kickinger@
br-automation.com

Für die heutige Generation der Digital Natives werden individualisierte Produkte immer mehr zur Selbstverständlichkeit. Um mit dieser sich rasch verändernden Nachfrage Schritt zu halten, benötigen die Hersteller hoch flexible Fertigungsanlagen, die zugleich effizient und rentabel arbeiten. Dies stellt die Produktionsinfrastrukturen vor eine ganze Reihe neuer Anforderungen.

Die Produktion in Losgröße 1 ist nichts Neues und in vielen Handwerksbetrieben Alltag. Neu ist jedoch die Idee, individualisierte Produkte unter Massenproduktionsbedingungen herzustellen. Bisher ließ sich dies nur schwer auf wirtschaftliche Weise realisieren, da jede Flexibilisierung der Anlagen für gewöhnlich mit einer sinkenden Gesamtanlageneffektivität (Overall Equipment Effectiveness, OEE) einhergeht. Kurz gesagt: Individualisierung rechnete sich nicht.





01

—
01 Das intelligente Transportsystem ACOPOStrak wird das Design und den Betrieb von Produktionslinien grundlegend verändern.

—
02 Neue Technologien und der zunehmende Wunsch nach individualisierten Massenprodukten ergeben neue Wertschöpfungsmöglichkeiten für die Industrie.

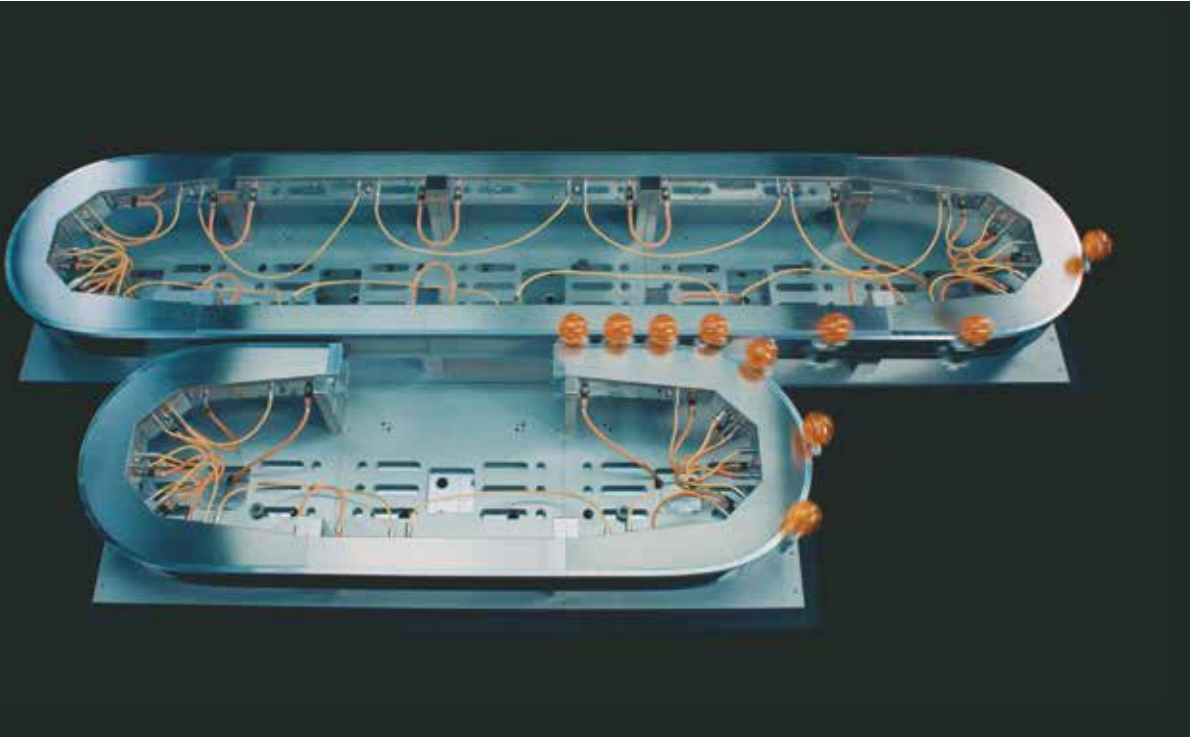
Das Ziel der individualisierten Massenproduktion muss demnach sein, dass die drei OEE-Faktoren Verfügbarkeit, Performance und Qualität im Vergleich zur reinen Serienproduktion nicht sinken. Zudem versuchen die Hersteller, eine möglichst hohe Investitionsrendite (Return on Investment, ROI) und eine möglichst kurze Markteinführungszeit (Time-to-Market, TTM) für neue Produkte und Produktänderungen zu gewährleisten. Nur so lässt sich die Individualisierung von Massenprodukten wirtschaftlich umsetzen →2.

—
ACOPOStrak ist ein intelligentes Transportsystem, dessen revolutionäres Konzept eine neue Ära der flexiblen und effizienten Produktion einläutet.

Bisher war die Entwicklung flexibler Fertigungsanlagen ein langwieriger Prozess. In vielen Fällen werden Probleme erst erkannt, wenn die Anlage in Betrieb ist. Grundlegende Änderungen am Maschinendesign können dann die Time-to-Market um Monate verlängern, was mit hohen Kosten verbunden ist.

Intelligentes Transportsystem ACOPOStrak

Soll die steigende Nachfrage nach echter individualisierter Massenproduktion und Losgröße 1 durch flexible Fertigung befriedigt werden, sind innovative Ansätze in Mechanik und Antriebstechnik erforderlich. Diese bilden den Kern von ACOPOStrak, einem intelligenten Transportsystem, dessen revolutionäres Konzept den Bau adaptiver Fertigungsanlagen ermöglicht und eine neue Ära der flexiblen und effizienten Produktion einläutet. ACOPOStrak wurde von der B&R Industrial Automation GmbH entwickelt, einem österreichischen Unternehmen, das seit Kurzem zum ABB-Konzern gehört.



03

Weiche maximiert OEE

Was macht das intelligente Transportsystem für die Automatisierung adaptiver Prozesse so einzigartig? Die Antwort liegt in der Weiche. Sie ist im wahrsten Sinne des Wortes der Dreh- und Angelpunkt des Systems. Sie funktioniert rein elektromagnetisch und damit völlig verschleißfrei. Wie bei einer Weggabelung lassen sich mithilfe der Weiche Produktströme trennen und zusammenführen. Die Shuttles, die die Werkstücke tragen, können bei voller Geschwindigkeit von einer Tracklinie auf die andere übergeben werden, ohne dass die Produktivität beeinträchtigt wird →3.

So können z. B. Massenprodukte wie Sechserpacks mit Getränken in unterschiedlichen Geschmacksrichtungen in Echtzeit individuell zusammengestellt werden – drei hiervon, zwei davon und eine davon – und zwar ohne Umbaumaßnahmen an der Hardware →4. Um eine hohe Qualität zu gewährleisten, müssen Produktionslinien in der Lage sein, in Echtzeit auf Probleme oder schlechte Produkte zu reagieren, ohne den Produktionsprozess zu beeinträchtigen. Das bedeutet, dass fehlerhafte Produkte an Ort und Stelle und bei voller Produktionsgeschwindigkeit aussortiert werden müssen. Geschieht dies nicht unmittelbar nach der Qualitätskontrolle, durchläuft das mangelhafte Produkt den ganzen Prozess, sodass am Ende eventuell das gesamte Los abgeschrieben werden muss. Mithilfe der ACOPOStrak-Weiche lassen sich fehlerhafte Produkte aussortieren, sobald diese erkannt werden.



04

—
03 Die rein elektromechanischen Weichen von ACOPOStrak ermöglichen das Trennen und Zusammenführen von Produktströmen bei voller Produktionsgeschwindigkeit.

—
04 Massenprodukte wie Sechserpacks mit Getränken können in Echtzeit individuell zusammengestellt werden.

—
05 Bei einem Produktwechsel setzt der Bediener lediglich die Räder eines neuen Shuttles auf die Führungen der Servicelinie, während die Produktion mit voller Geschwindigkeit weiterläuft.

Parallele Bearbeitung

Mit seinen Weichen schafft ACOPOStrak die Möglichkeit, parallele Bearbeitungsstationen flexibel zu implementieren. So lässt sich ein Produktstrom auf mehrere Bearbeitungsstationen verteilen und anschließend wieder zusammenführen. So wird die Produktionsgeschwindigkeit nicht mehr durch die langsamste Station gebremst. Der Endkunde braucht für einen höheren Output keine proportional größere Maschinenstellfläche mehr. Mit anderen Worten, ACOPOStrak steigert die Produktivität pro Quadratmeter, was letztendlich zu einem höheren ROI beiträgt.

—
Mit seinen Weichen schafft ACOPOStrak die Möglichkeit, parallele Bearbeitungsstationen flexibel zu implementieren.

Maschinen oder Anlagen, die auf ACOPOStrak basieren, können bei Bedarf modular und flexibel um einzelne Trackelemente und Bearbeitungsstationen erweitert werden, um auf einen veränderten Bedarf zu reagieren. Damit werden adaptive, skalierbare

Maschinen, wie sie die Vision des industriellen Internets der Dinge (IIoT) vorsieht, Realität. Fertigungsanlagen auf der Basis von ACOPOStrak sind zudem äußerst fehlertolerant. Tritt z. B. bei einem Ventil einer Abfüllanlage eine Störung auf, wird dieses Ventil einfach nicht mehr angefahren. Es entsteht kein Ausschuss, was sich erheblich auf den Qualitätsfaktor der OEE-Kennzahl auswirkt.

Umrüstung ohne Maschinenstillstand

Um höchste Verfügbarkeit zu gewährleisten, können die Shuttles ohne Werkzeug und im laufenden Betrieb getauscht werden. Bei einem Produktwechsel muss der Bediener lediglich die Räder des neuen Shuttles auf die Führungen setzen. Die Shuttles werden durch Permanentmagnetkraft am Track gehalten. Noch effizienter werden Umrüstung und Service, wenn eine Servicelinie am Track vorhanden ist. Auf der Servicelinie werde die neuen Shuttles angebracht und über eine Weiche in die Produktivlinien des Tracks eingeschleust →5. Gleichzeitig können nicht mehr benötigte Shuttles auf die Servicelinie umgeleitet werden. All dies geschieht bei voller Produktionsgeschwindigkeit.



Das besonders flexible Design von ACOPOStrak erlaubt die Realisierung aller möglichen offenen und geschlossenen Streckenlayouts durch Anordnung der Elemente in verschiedenen Kombinationen auf einem Raster →6. Das Track-System ist im Kern ein Linearmotor, der modular aus vier Elementen aufgebaut wird: ein Geraden-Element, ein 45°-Element und zwei nach rechts bzw. nach links gebogene 22,5°-Elemente.

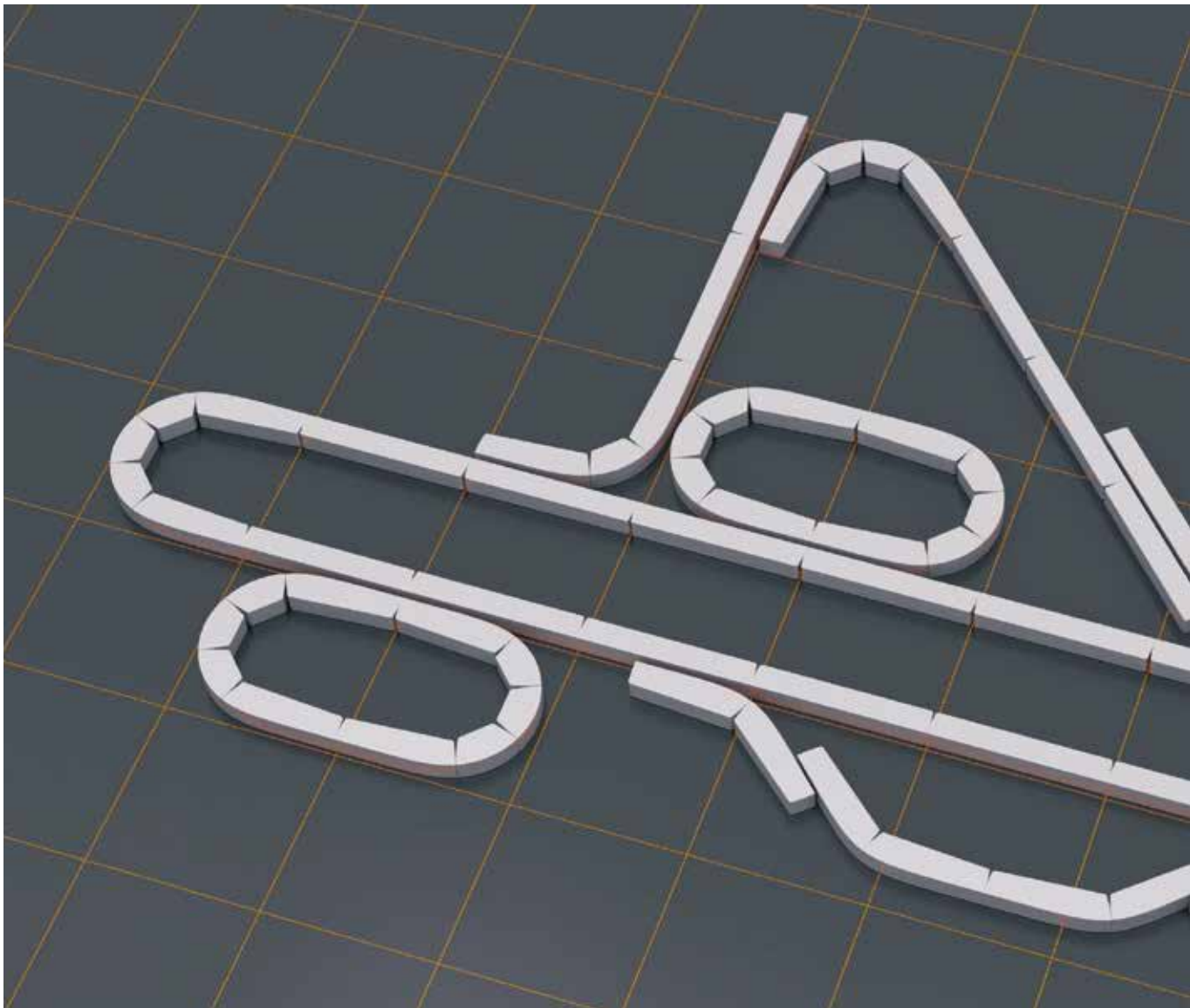
ACOPOStrak ist einfach skalierbar, während sich herkömmliche Anlagen in den meisten Fällen nicht einfach erweitern lassen. Um die Stückzahl zu erhöhen, muss entweder eine neue Linie dazugestellt oder die bisherige Linie durch eine größere ersetzt werden. Das ist mit hohen Investitionskosten und einem hohen Platzbedarf verbunden. Dank des flexiblen Designs von ACOPOStrak gehört dieses Skalierbarkeitsproblem der Vergangenheit an. Noch mehr Möglichkeiten ergeben sich, da das System vor Ort um weitere Stationen ergänzt

werden kann bzw. Stationen entfernt werden können. So lässt sich die Kapazität flexibel an die Nachfrage anpassen.

Hoch dynamisch und flexibel

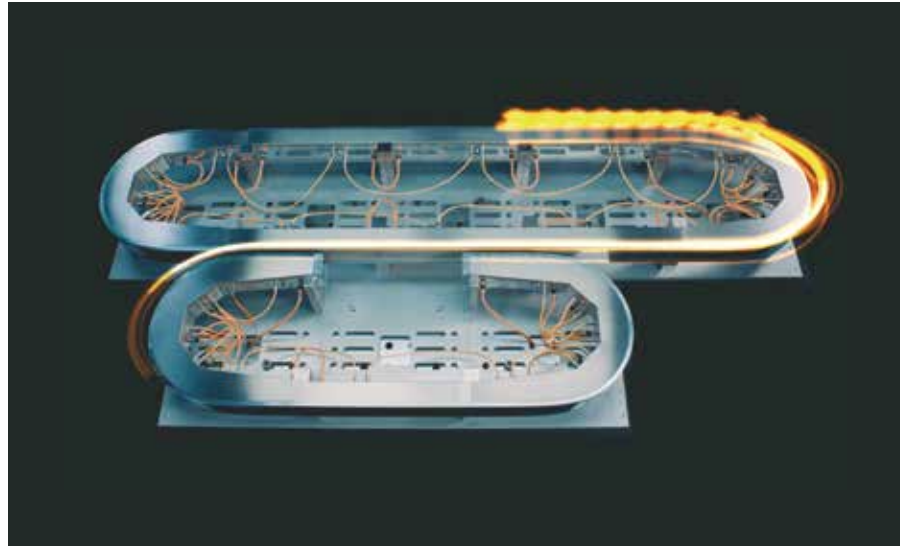
Das intelligente Transportsystem bietet nicht nur ein Höchstmaß an Flexibilität, es ist auch hochperformant. ACOPOStrak erreicht eine Beschleunigung von über 5 g und eine Maximalgeschwindigkeit von mehr als 4 m/s bei einem minimalen Produktabstand von nur 50 mm →7.

— Dank des flexiblen Designs von ACOPOStrak gehört das Skalierbarkeitsproblem der Vergangenheit an.



—
06 Das flexible Design von ACOPOStrak erlaubt alle möglichen Layouts durch Kombination der Elemente auf einem Raster.

—
07 ACOPOStrak erreicht Beschleunigungen von über 5 g und Geschwindigkeiten von über 4 m/s.



07

Schneller am Markt

B&R bietet umfangreiche Softwarefunktionen, die dafür sorgen, dass ACOPOStrak in kurzer Zeit und mit minimalem Aufwand in Betrieb genommen werden kann. Ein und derselbe Applikationscode ist in der Simulation ebenso wie auf der realen Hardware uneingeschränkt lauffähig.

—
Die Programmierung erfolgt prozessorientiert: Der Programmierer beschreibt Regeln, die den Produktfluss am Track definieren, anstatt eine hohe Anzahl von Achsen oder Shuttles einzeln zu programmieren.

Die Programmierung des Tracks erfolgt prozessorientiert. Der Programmierer beschreibt Regeln, die den Produktfluss am Track definieren. Das geht schneller, als eine hohe Anzahl von Achsen oder Shuttles einzeln zu programmieren. Zudem wird der Entwickler durch eine integrierte Kollisionsvermeidung entlastet, die für einen reibungslosen Fluss der Produktion sorgt.

Mit ACOPOStrak hat B&R eine Lösung entwickelt, die einen hoch rentablen Betrieb von flexiblen, modularen Fertigungsanlagen ermöglicht. ACOPOStrak sichert eine hohe OEE, einen attraktiven ROI und eine kurzen Time-to-Market und schafft damit die Voraussetzungen für eine echte individualisierte Massenproduktion. ●



INTERVIEW

Ein flexibler Ansatz für eine individualisierte Massenproduktion



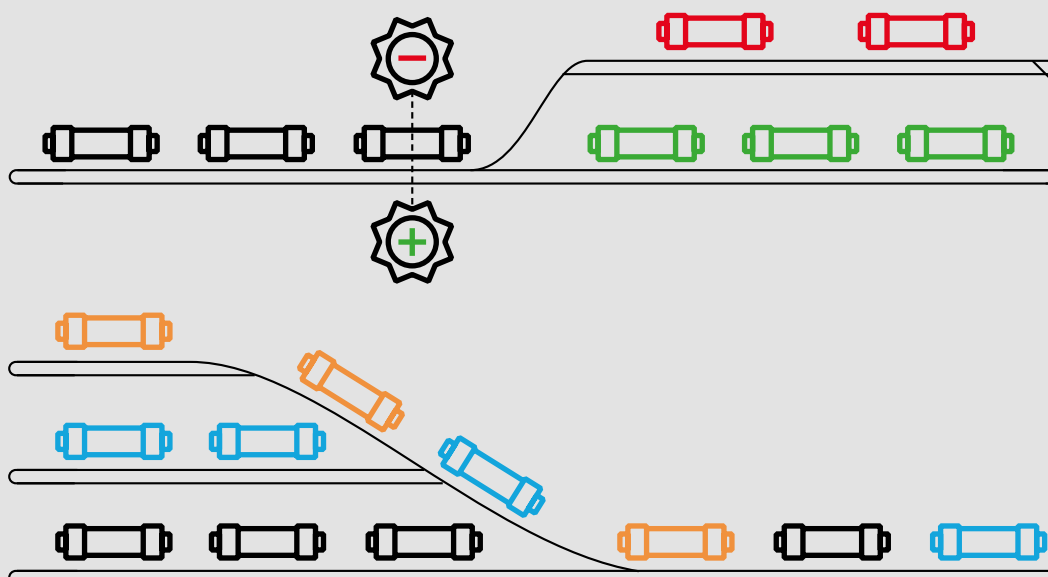
Robert Kicking

ABB Review sprach mit Robert Kicking, Manager Mechatronic Technologies bei B&R, über die Vorteile von ACOPOStrak.

ABB Review (AR): Herr Kicking, die Digitalisierung schlägt heutzutage große Wellen in der Industrie. Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Digitalisierung und ACOPOStrak?

Robert Kicking (RK): Es ist zu kurz gedacht, Digitalisierung auf Kommunikationstechnik und Software zu beschränken. Wir stehen vor neuen Herausforderungen, die auch ein radikales, innovatives Umdenken beim Transport von Produkten in Maschinen und Produktionsanlagen erfordern. B&R hat sich dieser Herausforderung angenommen. Mit der Entwicklung des intelligenten Transportsystems ACOPOStrak ermöglichen wir wegweisende neue Maschinenkonzepte.

01



01 Der zunehmende Wunsch der Verbraucher nach individualisierten Produkten zwingt die Hersteller dazu, innovative und flexible Produktionsverfahren einzuführen.

AR Die Weiche scheint ein zentrales Element von ACOPOStrak zu sein. Was sind ihre Vorteile?

RK Die Hochgeschwindigkeitsweiche ist der Schlüssel zur Flexibilität von ACOPOStrak. Die Shuttles, die die Werkstücke transportieren, können die Weichen bei voller Geschwindigkeit passieren. Der minimale Produktabstand beträgt dabei nur wenig mehr als die Größe des Shuttles. Zudem ermöglicht die Weiche ein sofortiges Aussortieren von fehlerhaften Produkten, sodass sie nicht bis zum Ende durch die Produktion geschleust werden müssen. Das wirkt sich positiv auf die Effektivität der Anlage aus.

AR Hat die Weiche noch weitere Vorteile?

RK Nicht nur Produkte können fehlerhaft sein. Fällt z. B. ein Ventil in einer Abfüllanlage aus, sollte die Automatisierung so intelligent darauf reagieren, dass die defekte Station nicht mehr angefahren wird, der Prozess an sich aber weiterläuft. Bisher gab es in so einem Fall zwei Möglichkeiten: Entweder ich lasse ich den Prozess weiterlaufen und alle vom defekten Ventil befüllten Produkte sind Ausschuss, oder ich stoppe die Produktion. Beide Optionen sind aus wirtschaftlicher Sicht nicht sinnvoll.

AR Und was ist, wenn ein Shuttle gewechselt werden muss – z. B. wenn ein anderer Werkstückträger für ein anderes Produkt benötigt wird?

RK Mit ACOPOStrak können Sie eine Servicelinie einrichten – ähnlich wie die Boxengasse im Motorsport oder die Wechselbank beim Eishockey. Mit ihrer Hilfe können Shuttles aus dem Hauptkreislauf entnommen und in Ruhe getauscht werden. Die Produktivlinie kann bei voller Geschwindigkeit weiterlaufen.

AR Gibt es für den Nutzer irgendwelche Einschränkungen bei der Gestaltung des Anlagenlayouts?

RK Nur durch die Gestalt der modularen Tracksegmente, von denen es vier verschiedene gibt: ein Geradensegment, ein 45°-Segment und jeweils ein nach links und ein nach rechts gebogenes 22,5°-Kurvensegment. Daraus lässt sich quasi jedes erdenkliche Layout bauen. Und das System ist skalierbar. Mit anderen Worten, ACOPOStrak passt sich optimal an die Gegebenheiten der Produktionsanlage an. Zudem ermöglicht das System völlig neue Maschinendesigns, die bisher nicht umsetzbar waren.

AR Wie würden Sie die Bedeutung von ACOPOStrak für den Markt zusammenfassen?

RK Betrachtet man die Performancezahlen in Kombination mit den Vorteilen der Weichen und der extremen Gestaltungsflexibilität, ergibt sich ein Gesamtpaket, wie es der Markt noch nicht gesehen hat. Return on Investment, Gesamtanlageneffektivität (OEE) und Time-to-Market sind die wirtschaftliche Basis jeder Produktion. In diesem Kontext müssen Maschinenbauer ebenso wie Maschinen- und Anlagenbetreiber die Herausforderung der Produktionsflexibilisierung angehen. Wer nicht darauf achtet, wird Wettbewerbsnachteile erfahren. Es hat sich gezeigt, dass individualisierte Massenprodukte höhere Margen ermöglichen als klassische Serienprodukte. Eine erfolgreiche Umsetzung steht und fällt jedoch mit einer fortschrittlichen Produktionsinfrastruktur.

Zusammenfassend würde ich sagen, dass die Industrie mit ACOPOStrak an der Schwelle eines Generationensprungs in puncto Produktivität und schnellerer Investitionsrendite für individualisierte Produkte und kleine Losgrößen steht.

AR Vielen Dank für das Interview, Herr Kicking. ●

BEWEGUNG

Direktantriebe für Gurtbandförderer mittlerer Leistung

Die neuen getriebelosen Antriebe für Gurtbandförderanlagen (GCD) mit Permanentmagnetmotoren (PM-Motoren) von ABB senken die Produktionskosten und erhöhen die Wettbewerbsfähigkeit. Zudem erfüllt die Kombination aus PM-Motor und getriebeloser Technologie die Anforderungen an ein umweltgerechtes Design, spart Energie, verringert die Ausfallrate und senkt den Wartungsaufwand.



Ulf Richter
ABB Mining
Cottbus, Deutschland

ulf.richter@de.abb.com

Unternehmen, die Stoffe wie Zement, Erze, Steine oder Kohle handhaben, sind abhängig von Förderbandsystemen, die leistungsstark, zuverlässig, effizient und äußerst robust sind. Da bei einem Ausfall einer Förderanlage stündlich enorme Kosten entstehen können, spielt die Verfügbarkeit eine entscheidende Rolle. ABB liefert seit Langem Fördersysteme, die die strengen Anforderungen von produzierenden Unternehmen in einer Vielzahl von Branchen erfüllen →1.

Getriebe

ABB unterteilt Gurtbandförderer nach Leistungsbereichen →2. Bandförderer niedriger Leistung kommen in fast allen Anlagen zum Einsatz, in denen Material bewegt wird. Bandförderer mittlerer Leistung werden häufig zum Transport von Gestein und Kohle eingesetzt, während Bandförderer mit hoher Leistung für dichtere Rohstoffe wie Kupfer- oder Eisenerz verwendet werden, die über große Entfernungen oder steile Steigungen transportiert werden müssen.

Der obere Leistungsbereich stellt herkömmliche Bandantriebe vor besondere Herausforderungen, insbesondere im Hinblick auf das Getriebe. Der Bau von Getrieben, die Leistungen von 3,5 MW und mehr bewältigen, ist keine leichte Aufgabe. Und selbst wenn dies gelingt, ist ihr Betrieb mit einem





—
01 Typischer
Bandantrieb
mit Getriebe.

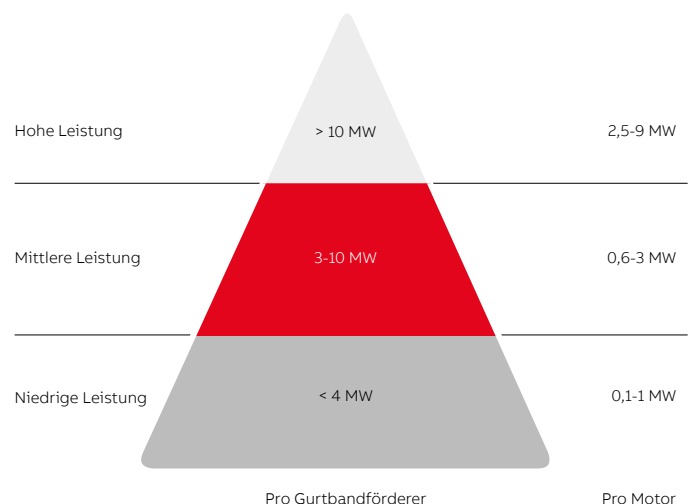
—
02 Einteilung von
Gurtbandförderern
nach installierter
Leistung.

hohen Wartungsaufwand verbunden. Hinzu kommt eine relativ kurze Lebensdauer. Weitere Herausforderungen ergeben sich aus der konstruktiven Vielfalt von Antrieben – angefangen bei mobilen Einheiten, bei denen die Motoren im Tragwerk der Antriebsstation untergebracht sind, bis hin zu stationären Anlagen, bei denen der Motor auf Betonfundamenten montiert ist.

Solche Probleme lassen sich mithilfe eines getriebelosen Antriebs (Gearless Conveyor Drive, GCD) umgehen. Bei einem GCD kommt ein großer, langsam laufender Synchronmotor zum Einsatz, der auf einer für das hohe Drehmoment solcher Motoren ausgelegten Trommelwelle montiert ist. Der Motor

Ein GCD ist einfach im Aufbau und – aufgrund seiner relativ geringen Zahl von Komponenten – langlebig und wartungsarm.

wird von einem drehzahlregelmäßigen Antrieb gespeist, der für eine typische Wellendrehzahl von 50 bis 70 min^{-1} sorgt. Für gewöhnlich gibt es mehrere Antriebsmodule pro Antriebsstation, und Anlagen können mehrere Antriebsstationen haben. Die Leistung aktueller GCDs reicht von etwa 2,5 bis 7 MW bei einer Gesamtanschlussleistung von 5 bis 20 MW.



Ein GCD ist einfach im Aufbau und – aufgrund seiner relativ geringen Zahl von Komponenten – langlebig und wartungsarm. Einige Antriebe, die im Jahr 1985 für die Kohleförderanlage Prosper-Haniel in Deutschland geliefert wurden, sind noch immer in Betrieb. Auch im Hinblick auf Energieeinsparungen sind GCDs interessant: Aus der zwei- bis dreiprozentigen Effizienzsteigerung, die mit ihnen bei Anlagen im oberen Leistungssegment erreicht werden kann, ergeben sich über die Lebensdauer der Anlage hinweg erhebliche kumulative Einsparungen bei den Stromkosten.

Basierend auf ihrer langjährigen Erfahrung hat ABB eine Reihe von Niederspannungs-PM-Motoren speziell für GCDs entwickelt.

Ein Nachteil der aktuellen GCD-Technologie sind jedoch die relativ hohen Anschaffungskosten, weshalb solche Systeme nur im oberen Leistungssegment und bei einer langen vorgesehenen Betriebsdauer mit konventionellen Designs konkurrieren können. Um auch im mittleren Leistungssegment wirtschaftlich praktikabel zu sein, sind ein geringeres Gewicht, eine effizientere Kühlung und eine kompaktere Größe erforderlich. Mit anderen Worten, es ist ein neuer Ansatz nötig, wenn Kunden mit Anwendungen mit geringerer Leistung von GCDs profitieren sollen.

	Mit Getriebe und Frequenzumrichter (kW)	Getriebelos mit Frequenzumrichter (kW)
Pumpe/Kühler	0,6	0,6
Transformator	1,24	1,17
Frequenzumrichter	2,44	2,31
Motor	5,88	4,9
Motorerregung	0	0
Getriebe	7	0
Gesamtverluste	17,16	8,98
Gesamtwirkungsgrad	89,1 %	93,90 %

Gerät	Wirkungsgrad
Käfigläufer-Asynchronmotor	96,00 %
Getriebe	95,00 %
Transformator	99,20 %
Umrichter	98,40 %
Permanentmagnetmotor	96,43 % (kann für höheren Wirkungsgrad ausgelegt werden (~98 % für PM))

Neue GCDs mit Nieder- bzw. Mittelspannungsmotoren

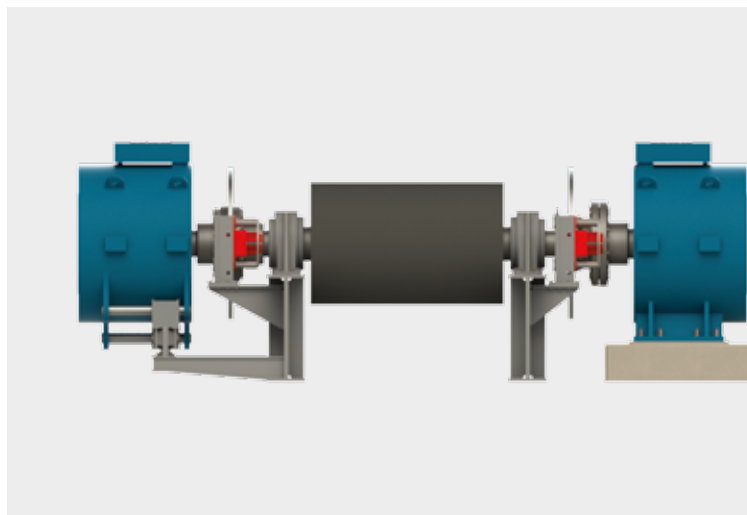
PM-Motoren werden schon seit Jahrzehnten in Schiffsantrieben, Pumpen, Lüftern, Gebläsen, Windenergieanlagen, Automobilen usw. eingesetzt. Basierend auf ihrer langjährigen Erfahrung auf diesem Gebiet hat ABB nun eine Reihe von Niederspannungs-PM-Motoren speziell für GCDs entwickelt.

Mit einem Leistungsbereich von 1 bis 3 MW eignen sich diese neuen GCDs von ABB hervorragend für eine Vielzahl von Anwendungen und können sowohl in Alt- als auch in Neuanlagen eingesetzt werden. Dabei sind ihre Kosten vergleichbar mit denen für entsprechende herkömmliche Systeme mit Getriebe.

Das innovative GCD-Konzept ist leicht, kompakt und kann mit Luft- oder Flüssigkeitskühlung ausgeführt werden →3. Die Motoren sind in fuß- oder wellenmontierter Ausführung erhältlich, wobei letztere schneller zu installieren und einfacher auszurichten ist und geringere Fundamentierungsarbeiten erfordert →4. Das Design ist robust genug, um den Stößen und Schwingungen standzuhalten, die mit dem Transport von Zement, Gestein, Kohle und anderem gängigen Abbau-material verbunden sind. Mit einer Schutzart von IP66 ist der PM GCD vollständig gegen Staub und Strahlwasser geschützt. Ein weiterer Vorteil des GCD ist sein niedrigerer Betriebsgeräuschpegel.

Ein PM GCD bietet erhebliche betriebliche Vorteile gegenüber entsprechenden Lösungen mit Getriebe:

- Weniger Komponenten, dadurch eine höhere Zuverlässigkeit (50 % niedrigere Ausfallrate) und geringere Wartungsanforderungen
- Höhere Effizienz bei niedrigerem Energieverbrauch und geringeren Geräuschemissionen
- Bessere Anlagenausnutzung



03 Vergleich zwischen getriebelosem 200-kW-PM (SyncPM) und Synchro-motor bei 70 % Last (140 kW).

04 Fußmontierte (rechts) und wellenmontierte Ausführung (links). Der an der Trommelwelle montierte Motor lässt sich schnell installieren und austauschen. Die Fußausführung hingegen ist einfacher auszulegen und zu dimensionieren, besonders weil das Motorgewicht keinen Einfluss auf die Dimensionierung der Trommelwelle hat. Die Wahl hängt von der Präferenz des Kunden ab.

05 Kumulative Kostenersparnis eines GCD gegenüber einem Getriebe-Antrieb in einer Förderanlage im Bergbau. 40 km Förderlänge, 22 Antriebe mit je 1.500 kW und 136 min⁻¹, drei Tage Pufferkapazität.

06 Das GCD-Aggregat in der Pilotinstallation im Tagebau Jänschwalde.



06

- Betriebskosteneinsparungen (OPEX)
- Reduzierung der Energieverluste um über 30 %
- Keine Überwachung und Prüfung von Getrieben
- Kein Öl (reduzierte Brandgefahr)
- Verlängerter Lebenszyklus (die erwartete Motorlebensdauer ist mit 25 Jahren 10 Jahre länger als bei einer vergleichbaren Lösung mit Getriebe)

Getriebelose Antriebe sind besonders vorteilhaft in Anlagen:

- mit einem geplanten Lebenszyklus von mehr als 10 Jahren
- in denen Getriebe eine Störungsquelle darstellen

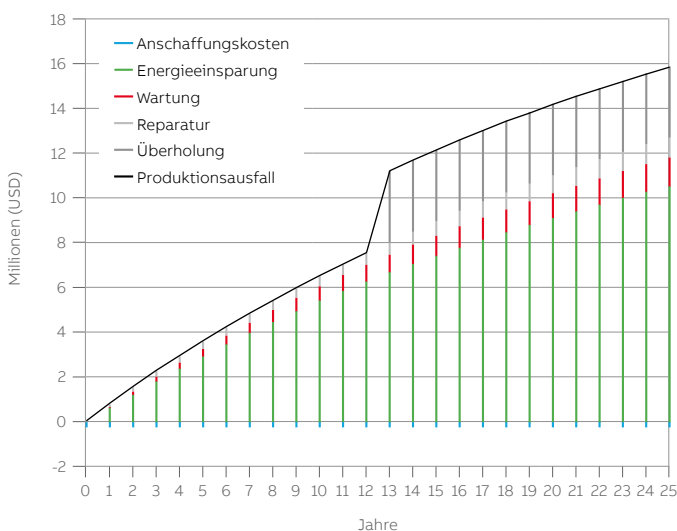
- in denen eine hohe Zuverlässigkeit gefordert ist bzw. keine redundanten Produktionslinien vorhanden sind
- mit kleinen oder gar keinen Materialpuffern
- die schwer zu warten sind (große Höhe, extreme Temperaturen)
- bei denen das Wartungspersonal schwer zu binden oder teuer ist
- mit rauen Umgebungsbedingungen

Kosten-Nutzen-Analyse an einem praktischen Beispiel

Das folgende Beispiel zeigt, wie der neue GCD dabei helfen kann, die Betriebskosten für Gurtbandförderanlagen im Bergbau zu senken. Betrachtet wird eine Anlage mit folgenden Eigenschaften:

- Förderlinie: vier Bänder
- Gesamtzahl der Antriebe: 12
- Leistung: 1.000 kW (pro Antrieb)
- Förderleistung: 8.000 t/h
- Energiekosten: 0,10 USD/kWh
- Getriebewirkungsgrad: 96 %
- Jährliche Betriebsdauer: 6.900 h
- Haldenkapazität: drei Tage

Die Ergebnisse der Analyse sind in →5 dargestellt. Die Abbildung zeigt die kumulative Kostenersparnis (einschließlich der Investitionskosten) für eine mit dem PM GCD ausgerüstete Förderanlage im Vergleich zur gleichen Anlage mit Getriebe-Antrieben.



05



07

Die größten Kostenfaktoren sind Energie (Strom), Wartung, Reparatur und Produktionsausfälle. Die vier Säulen zeigen die eingesparten Kosten für den jeweiligen Zeitabschnitt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Einsparungen im Bereich Strom und Überholung am größten ausfallen. Nach 15 Jahren hätte das Unternehmen mithilfe des GCD rund 12 Mio. USD eingespart.

Pilotprojekt: Nachrüstung eines 200-kW-Bandantriebs

Im Juli 2017 startete ABB nach einjähriger Planung in Zusammenarbeit mit der Lausitz Energie Bergbau AG (LEAG) ein Pilotprojekt mit dem Titel „Getriebeloser Bandantrieb mit PM-Motor“ im Braunkohletagebau Jänschwalde bei Cottbus.

Der neue getriebelose PM-Antrieb mit mittlerer Leistung läuft dort parallel zum vorhandenen Getriebe-Antrieb am 2,5 m breiten Austragsband eines Eimerkettenbaggers, der sich am Ende des Abwurfauslegers befindet. Das Band hat eine Kapazität von 15.400 t/h und transportiert Sand mit Einschlüssen großer Steine (in Form von eiszeitlichen Findlingen), die mechanische Stöße und Schwingungen verursachen. Die Umgebungstemperaturen im Bereich der Anlage sind mit -25 bis +40 °C extrem.

Das GCD-Aggregat besteht aus einem PM-Motor, einem Frequenzumrichter und einem Transformator → 6-8. Beide Antriebe – mit und ohne Getriebe – sind mit derselben Trommelwelle verbunden, was

—
Das GCD-Aggregat besteht aus einem PM-Motor, einem Frequenzumrichter und einem Transformator.

einen genauen Vergleich ermöglicht. Die zwei Antriebe sind gemäß den Spezifikationen der LEAG bemessen, und jeder Antrieb ist in der Lage, die volle Produktion zu bewältigen. Die komplette Demontage, Installation und Inbetriebnahme des Systems dauerte nur zwei Wochen.

—
07 Der getriebelose Antrieb im Piloteinsatz.

—
08 Vor der Installation in der Pilotanlage wurde der Antrieb auf einem speziellen Prüfstand bei ABB auf Herz und Nieren geprüft.

Das Pilotprojekt hat die Machbarkeit der Installation von getriebelosen Bandantrieben an mobilen Bergbaumaschinen bestätigt und gezeigt, dass sich PM-Drehmomentmotoren zum Antrieb von Bandförderanlagen eignen. Bislang arbeitet der GCD hervorragend unter den anspruchsvollen

PM GCDs sind eine effiziente, langlebige und zuverlässige Lösung, die dem Betreiber dabei hilft, Produktion und Umsätze zu steigern und Kosten zu senken.

Bedingungen. Das Potenzial hinsichtlich Energieeinsparungen, Verringerung der Ausfallrate, Reduzierung des Wartungsaufwands usw. wurde ebenfalls bestätigt und hat die Erwartungen zum Teil übertroffen. Ferner zeigt das Pilotprojekt, dass getriebelose Antriebe als Alternative zu herkömmlichen Getriebe-Antrieben eingesetzt werden können und gleichzeitig die Anforderungen an ein umweltgerechtes Design gemäß ISO 50001 (Energieeffizienz) erfüllen, sodass die Umweltzertifizierungen von Bergbauunternehmen erhalten bleiben.

Antrieb für zukünftige Entwicklungen

PM GCDs stellen eine effiziente, langlebige und zuverlässige Lösung dar, die dem Bergbau und anderen produzierenden Unternehmen dabei hilft, Produktion und Umsätze zu steigern und gleichzeitig Kosten zu senken. PM GCDs reduzieren den Aufwand für Wartung, Reparaturen und Anlagenmanagement drastisch. Während die Anfangsinvestitionen im Vergleich zu einem herkömmlichen Antrieb in der Regel höher ausfallen (bei einem GCD mit 1,5 MW liegen die Investitionskosten für den elektrischen Antrieb rund 10 bis 20 % und die kombinierten Kosten für die elektrische und mechanische Ausrüstung rund 5 % höher), amortisieren sich diese aufgrund der Einsparungen bei der Wartung, den Energiekosten und den Ausfallzeiten typischerweise in weniger als einem Jahr. Bei der Betrachtung des Gesamtkostenmodells für die Anschaffung eines GCDs sollte auch bedacht werden, dass das Fördersystem in der Regel eine kritische Funktion innerhalb der Bergbau- oder Produktionsanlage einnimmt, d. h. dass bei einer Störung auch der Betrieb von Baggern, Brechern oder anderen Verarbeitungseinheiten beeinträchtigt wird.

Die Einführung eines GCDs auf der Basis eines PM-Synchronmotors für Bandförderanlagen mittlerer Leistung bietet interessante Möglichkeiten für die Zement- und Bergbauindustrie. So erlaubt das neue Konzept die Implementierung eines getriebelosen Motors in vorhandene oder neue Förderanlagen mittlerer Leistung – ein Unterfangen, das mithilfe konventioneller getriebeloser Motoren bisher praktisch schwierig und wirtschaftlich nicht praktikabel war. ●



Energie





90

Der Energiesektor befindet sich im Wandel – nicht nur in Bezug auf neue Quellen und Verteilungsmethoden für Strom, sondern auch im Hinblick auf den Einsatz fortschrittlicher digitaler Technologien und Werkstoffe in den Komponenten vieler Systeme. Im Jahr 1901 baute ABB Europas erste Dampfturbine, heute entwickeln wir die Technologie von morgen.

- 84 Neuer Generatorleistungsschalter verbessert den Kraftwerksschutz
- 90 Kompakt integriert: der TruONE™ ATS



84

ENERGIE

Neuer Generatorleistungsschalter verbessert den Kraftwerksschutz

Generatorleistungsschalter (GLS) spielen in Kraftwerken eine wichtige Rolle, denn sie schützen wertvolle Betriebsmittel und erhöhen die Anlagenverfügbarkeit. Der HEC 10, Nachfolger des HEC 7/8 von ABB, zeichnet sich durch ein verbessertes Schaltvermögen, kleinere SF₆-Volumina und -leckraten sowie eine längere Lebensdauer und einen geringeren Platzbedarf aus →1.

Mirko Palazzo
Alejandro Marmolejo
Oliver Fritz
Stefan Arndt-Hasler
ABB Schweiz AG
Zürich, Schweiz

mirko.palazzo@ch.abb.com
alejandromarmolejo@ch.abb.com
oliver.fritz@ch.abb.com
stefan.arndt@ch.abb.com

GLS sind Schaltgeräte in der Hochstromverbindung zwischen den Generatoren und Leistungstransformatoren in Kraftwerken. Sie schützen wichtige Betriebsmittel und tragen gleichzeitig zur Vereinfachung von Betriebsabläufen und zur Verbesserung der Verfügbarkeit der Kraftwerke bei. Seit 1954 schützen GLS von ABB Kraftwerke aller Art in über 8.000 Installationen in mehr als 100 Ländern. ABB verfügt über das umfangreichste und modernste Angebot von GLS in SF₆- und Vakuumausführungen für Kurzschlussströme von 50 bis 300 kA und Nennströme von 3 bis 50 kA. Um allen Normen zu entsprechen und auch die anspruchsvollsten Kundenwünsche erfüllen zu können, investiert ABB kontinuierlich in die Forschung und Entwicklung von GLS.

Um auch die anspruchsvollsten Kundenwünsche erfüllen zu können, investiert ABB kontinuierlich in die Forschung und Entwicklung von GLS.

Ende der 1990er Jahre brachte ABB den GLS HEC 7/8 für Kurzschlussströme bis 210 kA auf den Markt. Im Jahr 2012 präsentierte ABB mit dem HEC 9 den weltweit größten GLS für Kraftwerke mit bis zu 2.000 MW und für Kurzschlussströme bis zu 300 kA.

—
01 Das neue ABB-Generatorschaltersystem HEC 10, Nachfolger des HEC 7/8.

Kürzlich hat die ABB mit dem HEC 10 einen weiteren leistungsstarken GLS aus der HEC-Familie lanciert, in dessen Entwicklung als HEC-7/8-Nachfolger jahrzehntelange Felderfahrung geflossen ist. Der neue Schalter zeichnet sich durch ein verbessertes Schaltvermögen, kleinere SF₆-Volumina und -leckraten sowie eine längere Lebensdauer und einen geringeren Platzbedarf aus.

Zwei zum Schutz der kritischsten Generatoranwendungen ausgelegte HEC-10-Typen sind erhältlich:

- HEC 10-170 mit einem Bemessungs-Kurzschlussstrom von 170 kA und einer Bemessungsspannung von 31,5 kV,
- HEC 10-210 mit einem Bemessungs-Kurzschlussstrom von 210 kA und einer Bemessungsspannung von 33 kV.

Beide Typen gibt es in jeweils 2 Varianten:

- L mit vollständig natürlicher Kühlung für Nennströme bis 20 kA,
- XL mit einem innovativen Hybrid-Kühlsystem für Nennströme bis 29 kV.

HEC-Technologie der dritten Generation

Das Schaltkammerdesign des HEC 10 stellt eine Weiterentwicklung der bewährten Technologie dar, auf der die HEC-Produktfamilie basiert. Alle

—
Das Schaltkammerdesign des HEC 10 stellt eine Weiterentwicklung der Selbstblastechnologie dar, auf der die HEC-Produktfamilie basiert.

HEC-Generatorschalter sind sogenannte Selbstblasschalter. In deren Schaltkammern wird der Lichtbogen im Nulldurchgang des Stroms durch einen Gasstrom aus einer Heizkammer ausgeblasen, wobei der Blasdruck von der Lichtbogenenergie selbst erzeugt wird.

01



KLASSE G1

Ein GLS der Klasse G1 mit einem Bemessungs-Kurzschlussausschaltstrom für generatorgespeiste Kurzschlüsse von I_{scg} (Effektivwert der symmetrischen Komponente des unbeeinflussten Kurzschlussstroms bei generatorgespeisten Fehlern) ist durch zwei Tests zu prüfen: einen mit dem vollen Ausschaltstrom I_{scg} und einer anfänglichen Stromasymmetrie von 110 % und einen mit 74 % von I_{scg} und einer Asymmetrie von 130 %.

KLASSE G2

Ein GLS der Klasse G2 mit einem Bemessungs-Kurzschlussausschaltstrom für generatorgespeiste Kurzschlüsse von I_{scg} ist durch einen Test mit dem vollen Ausschaltstrom I_{scg} bei einer Stromasymmetrie von 130 % zu prüfen.

02

ABB befasst sich seit Jahrzehnten intensiv mit der Erforschung von Gasschaltern und hat in den letzten Jahren weitere Fortschritte im Verständnis der Grundlagen des thermischen und dielektrischen Schaltens erzielen können. Diese neuen Erkenntnisse sind in die Konstruktion der Lichtbogenlöschzone des HEC 10 eingeflossen, wofür Wissenschaftler und Entwicklungsingenieure eng zusammengearbeitet haben. So wurden u. a. neue Konstruktionsprinzipien für die Strömungsquerschnitte um die Tulpenkontakte eingeführt. Außerdem konnte anhand umfangreicher experimenteller Erfahrungen aus der HEC-9-Entwicklung das dielektrische Schaltvermögen weiter optimiert werden.

Das Ergebnis ist ein deutlich verbessertes Schaltvermögen des HEC 10 im Vergleich zu seinem Vorgänger.

Das Ergebnis ist ein deutlich verbessertes Schaltvermögen des HEC 10 im Vergleich zu seinem Vorgänger, das sich z. B. in kürzeren für den Druckaufbau notwendigen Lichtbogenzeiten und erweiterten Kurzschlussstrom-Bemessungsdaten niederschlägt. Diese umfassen auch das anspruchsvolle Schalten von Kurzschlüssen unter Asynchron-(Out-of-Phase-)Bedingungen mit dem maximal möglichen Asynchronwinkel von 180°, was die Anforderungen der für GLS relevanten Norm IEC/IEEE 62271-37-013 deutlich übertrifft. Sämtliche Typprüfungen wurden ohne einen einzigen Fehler absolviert, was die herausragende Qualität und Robustheit der Schaltkammer bestätigt.

Neue Industrienormen

Im Oktober 2015 veröffentlichten die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) und das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) eine neue „duale“ Industrienorm für GLS mit der Bezeichnung IEC/IEEE 62271-37-013, die die bis dahin gültige Norm IEEE C37.013-1997(R2008) ersetzt. Der HEC 10 wurde in vollem Umfang gemäß den Anforderungen dieser neuen Norm typgeprüft und übertrifft diese teilweise.

Höchste Anforderungen für generatorgespeiste Kurzschlüsse erfüllt

Einer der Hauptunterschiede zwischen der IEC/IEEE 62271-37-013 und der alten IEEE C37.013 liegt in der Anforderung hinsichtlich der Asymmetrien von generatorgespeisten Kurzschlussströmen, die durch zeitweise ausbleibende Stromnulldurchgänge gekennzeichnet sind. GLS müssen nunmehr in der Lage sein, generatorgespeiste Kurzschlüsse mit Stromasymmetrien von 130 statt vorher 110 % sicher abzuschalten, um den Anforderungen realer Anwendungen besser zu genügen [1]. Dazu definiert die neue duale Norm zwei Klassen – G1 und G2 –, wobei letztere die deutlich anspruchsvollere ist →2.

Der HEC 10 wurde gemäß den Anforderungen der Klasse G2 mit generatorgespeisten Kurzschlussströmen von bis zu 160 kA mit Stromasymmetrien von bis zu 130 % typgeprüft.

Getestet unter Asynchronbedingungen	Ausschaltstrom (kA)	TRV Scheitelwert (kV)	TRV Steilheit (kV/μs)	TRV Time Delay (μs)
90°	85	2,6 x Ur	5,2	1
180°	159	3,2 x Ur	8,1	0,7

03

—
02 Die Klassen G1 und G2 gemäß IEC/IEEE 62271-37-013.

—
03 Testparameter des HEC 10 unter Asynchronbedingungen mit Asynchronwinkeln von 90 und 180°.

—
04 Das HEC-10-Kühlsystem.

Anforderungen der neuesten Norm übertreffen: Kurzschlusschaltungen

Etwa beim Anschluss von Spannungswandlern und Synchronisierereinrichtungen kann es – z. B. durch Verdrahtungsfehler bei der Inbetriebnahme oder Instandhaltung – mitunter zur Fehlsynchronisierung und damit zu Asynchronbedingungen kommen. Obwohl die Anforderungen der IEC/IEEE 62271-37-013 lediglich einen Asynchronwinkel von 90° abdecken, können anerkanntermaßen Synchronisierungsfehler mit Asynchronwinkeln von bis zu 180° vorkommen. Out-of-Phase-Bedingungen mit Asynchronwinkeln von 180° können die GLS sehr harten elektrischen Beanspruchungen aussetzen [1, 2], die nicht notwendigerweise durch Typprüfungsbedingungen mit einem Asynchronwinkel von nur 90° abgedeckt werden.

Um eine maximale Kraftwerkssicherheit zu gewährleisten, übertrifft der HEC 10 die in der IEC/IEEE 62271-37-013 definierten Mindestanforderungen und wurde auch unter Out-of-Phase-Bedingungen bis 180° erfolgreich getestet. →3 zeigt einen Vergleich der Testparameter des HEC 10 bei Asynchronwinkeln von 90 und 180°. Der große Ausschaltstrom und der steile Anstieg der Einschwingspannung (Transient Recovery Voltage, TRV) mit

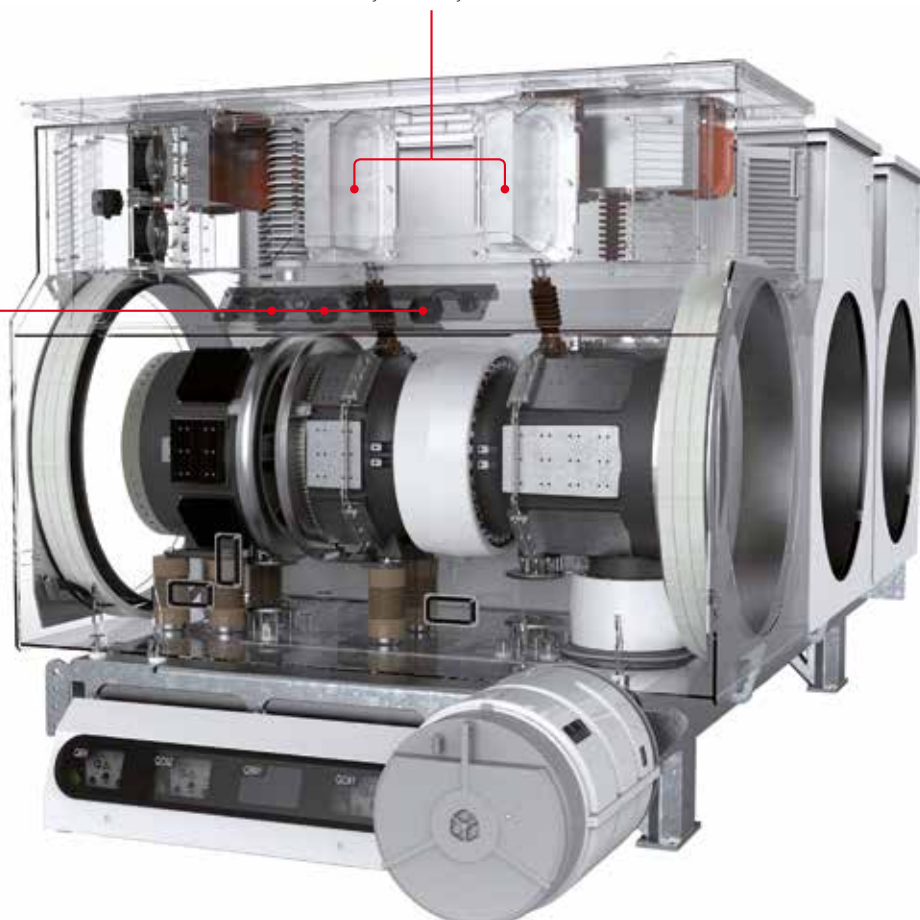
—
Um eine maximale Kraftwerks-sicherheit zu gewährleisten, übertrifft der HEC 10 die Mindestanforderungen der IEC/IEEE 62271-37-013.

8,1 kV/μs verdeutlichen die hohen Ansprüche bei Kurzschlusschaltungen unter 180°-Asynchronbedingungen. Die erfolgreiche Prüfung des HEC 10 auch unter diesen Bedingungen beweist die hohe Leistungsfähigkeit des Schaltkammerdesigns.

04

Hybrid-Kühlsystem

Online-Temperatur-
überwachung



Anforderungen der neuesten Norm übertroffen: mechanische Zuverlässigkeit

Die mechanische Zuverlässigkeit von GLS wird durch mechanische Dauerprüfungen nachgewiesen. Die entsprechenden Normen verlangen 1.000 bzw. 3.000 Leerlaufschaltungen (Close-Open, CO) für den GLS sowie 1.000, 2.000 und teilweise 10.000 Leerlaufschaltungen für Trenn- und Erdungsschalter. Der HEC 10 wurde erweiterten mechanischen

Hauptanliegen bei der Entwicklung des HEC 10 waren Vereinfachung und Optimierung – z. B. wurde die Zahl der Komponenten im Vergleich zum HEC 7/8 erheblich reduziert.

Dauerprüfungen unterzogen, die mit 10.000 CO-Schaltungen für GLS und Trennschalter und 5.000 CO-Schaltungen für Erdungsschalter die Anforderungen der relevanten Normen weit übertreffen und die hohe Zuverlässigkeit und Qualität des neuen Systems unterstreichen.

Separater Trennschalter

Die Hauptschaltenelemente des HEC 10 bestehen wie bei ABB üblich aus einer Löschkammer mit SF₆-isolierten Haupt- und Lichtbogenkontakten und einem auf der Trafoseite in Reihe geschalteten, separaten Trennschalter. Daraus ergibt sich eine sichere und sichtbare Trennung zwischen dem Leistungstransformator und dem Generator ohne Kompromisse bei der Kraftwerkssicherheit.

Optimiert für ein kompaktes Design

Hauptanliegen bei der Entwicklung des HEC 10 waren Vereinfachung und Optimierung. So wurde z. B. die Anzahl der Komponenten im Vergleich zum HEC 7/8 erheblich reduziert, was ein kompaktes Design ermöglicht.

Darüber hinaus wurden die Kontaktsysteme der Trenn- und Erdungsschalter durch die Einführung eines neu entwickelten einstellungsunabhängigen Lagersystems verbessert, das sich durch eine höhere Fehlertoleranz auszeichnet.

Für die Erdungsschaltermastgestänge wurden rotierende Wellen statt Schub-Zug-Anordnungen verwendet und damit die Eigensicherheit des Systems erhöht.

Die Einführung von Feldsteuerungselementen, die bisher eher in der Hochspannungstechnik üblich sind, ermöglichte eine Trennschalterkonstruktion mit außerordentlich kurzem Hub bei unveränderter Spannungsfestigkeit und damit eine weitere Reduzierung des notwendigen Bauraums.

05



—
05 Das digitale
GLS-Überwachungs- und
Kontrollsystem GMS600
von ABB.

References

[1] M. Palazzo, M. Delfanti:
„New Requirements
for the application
of generator circuit
breakers“. IPST
Vancouver, Canada,
18.–20. Juli 2013.

[2] M. Palazzo et al.:
„Revision of TRV
requirements for the
application of generator
circuit breakers“. Electric
Power Systems Research,
Volume 138, September
2016, S. 66–71.

Ein innovatives Kühlsystem

Ein effizientes Kühlkonzept garantiert den sicheren und zuverlässigen Betrieb des GLS. Das Ergebnis aufwändiger thermischer Simulationen ist für den HEC 10-170XL ein Hybrid-Kühlsystem aus passiven Heatpipes und Kühlkörpern, die mit einfachen, sparsamen und wartungsarmen Ventilatoren beblasen werden →4. Dieses innovative Kühlsystem ermöglicht nicht nur Nennströme bis 29 kA, sondern in Verbindung mit dem Überwachungs- und Kontrollsystem GMS600 von ABB auch eine lückenlose Online-Überwachung der Temperatur und der Ventilatoren, die eine zustands- statt nur intervallbasierte Instandhaltung erlaubt.

Der Verzicht auf SF₆-gefüllte Kühler ermöglicht ein Höchstmaß an Zuverlässigkeit und eine SF₆-Leckrate von unter 0,1 % im Jahr, die deutlich unter dem gemäß Norm zulässigen Höchstwert liegt. Wenn notwendig, können die Ventilatoren problemlos während des Betriebs ausgetauscht werden, ohne dass etwa der Generator heruntergefahren werden muss.

—
**Ein effizientes Kühlkonzept
garantiert den sicheren und
zuverlässigen Betrieb des GLS.**

Weitere Sicherheitsmerkmale

Ein weiteres Beispiel für das Potential der HEC-10-Optimierungsstrategie ist die Integration des Hauptantriebsstrangs in die Längsträger des Polrahmens. So konnten die unverzichtbaren Schutzfunktionen, etwa gegen das unbeabsichtigte Berühren bewegter Teile zwischen Antrieb und Schaltelementen, weitgehend in die strukturell erforderlichen Komponenten integriert werden. Das Ergebnis ist ein einfaches und robustes Design, das gleichzeitig ein Höchstmaß an Sicherheit für die Kraftwerksmitarbeiter gewährleistet.

Digitale Überwachung mit dem GMS600

Der HEC 10 kann mit dem digitalen GLS-Überwachungs- und Kontrollsystem GMS600 von ABB ausgerüstet werden →5. Das GMS600 bietet eine Vielzahl von Funktionen wie z. B. Datenlogging, Störungsaufzeichnung, Antriebsüberwachung sowie Überwachung von Temperatur und SF₆-Dichte. Der Dauerbetrieb des Hybrid-Kühlsystems wird u. a. durch die kontinuierliche Kontrolle der Ventilatordrehzahlen überwacht.

—
**Kunden, die sich für den von
ABB angebotenen Online-
Support entscheiden, erhalten
regelmäßige Zustandsberichte.**

Darüber hinaus werden alle wichtigen Kühlsystemdaten vom GMS600 erfasst und für regelmäßige Analysen bereitgestellt. Kunden, die sich für den von ABB angebotenen Online-Support entscheiden, erhalten regelmäßige Zustandsberichte. Vom GMS600 erfasste Daten können über die Cloud mit geeigneten ABB-Ability™-Tools verbunden werden. ABB Ability™ bündelt branchenübergreifend das gesamte digitale Know-how von ABB und macht es auf einer integrierten Industrial-Internet-Plattform und Cloud-Infrastruktur anwendbar. ABB Ability™ ermöglicht die Erweiterung und Optimierung von Daten- und Zustandsanalysen, der Systemfunktionalität und der Leistungsfähigkeit aller ABB-Ability™-fähigen Geräte und Systeme einschließlich der ABB-Generatorschalter. ●

ENERGIE

Kompakt integriert: der TruONE™ ATS

Der TruOne von ABB ist weltweit der erste automatische Netzumschalter, der alle notwendigen Sensoren, Steuerungen, Schalter und Benutzeroberflächen in einem einzigen, leicht zu installierenden Gerät integriert. Der TruONE erhöht die Zuverlässigkeit der Netzumschaltung, vereinfacht die Installation und verkürzt die Installationszeit um 80 % →1.



Riku Pelttari
ABB Oy
Vaasa, Finland

riku.pelttari@fi.abb.com

Fällt bei einer kritischen Anwendung – z. B. in Krankenhäusern, Rechenzentren oder Telekommunikationseinrichtungen – der Strom aus, schaltet ein automatischer Netzumschalter (Automatic Transfer Switch, ATS) sofort auf die Notstromversorgung um. Normalerweise ist die Installation eines ATS sehr aufwändig, denn es müssen verschiedene einzelne elektrische Komponenten miteinander verdrahtet und in einem Gehäuse oder Schaltschrank montiert werden.

Normalerweise ist die Installation eines ATS sehr aufwändig.

Zweifelloos erfüllt eine solche Anordnung bei einem Stromausfall ihre Funktion: automatisches Anfahren des Notstromgenerators, Umschalten der Last auf den Generator und – wenn der Ausfall behoben ist – Zurückschalten auf die Hauptstromversorgung. Doch die Vielzahl von Verbindungen und Komponenten in einem traditionellen ATS sorgt für eine übermäßige Komplexität, gefährdet die Zuverlässigkeit und begrenzt die funktionale Flexibilität.



—
01 Automatischer
Netzumschalter vom
Typ TruONE.

Der neue ABB TruONE ATS ist weltweit der erste automatische Netzumschalter, der alle notwendigen Sensoren, Steuerungen, Schalter und Benutzeroberflächen in einem einzigen, leicht zu installierenden Gerät integriert, das nicht nur die Installation vereinfacht und die Installationszeit erheblich verkürzt, sondern auch die Zuverlässigkeit der Netzumschaltung erhöht.

TruONE ist in ungekapselter und gekapselter Ausführung erhältlich. Das Herzstück der Lösung sind die parallelen Pole, die die Quellen mit der Last verbinden, sowie der seitlich montierte Mechanismus, der nicht nur die polinternen Leistungskontakte in die gewünschte Stellung bringt, sondern auch die erforderlichen Steuerungen für eine umfassende ATS-Funktionalität beinhaltet. Die kompakte Einheit aus Polen und Mechanismus enthält alles Notwendige, um ein automatisches Umschalten zwischen zwei verschiedenen Quellen

zu ermöglichen. Hierzu waren bisher mehrere Kabelbäume, verteilte Elektronik, Spannungswandler, externe Steuerungen und ein Schaltschrank oder Gehäuse, das alles zusammenhält, erforderlich.

In vielen Anwendungen bietet TruONE ein neues Maß an Sicherheit für das Bedienpersonal bei der manuellen Bedienung – auch unter Last – dank eines neuartigen Griffs, der leicht erhöht zwischen dem Mechanismus und den Leistungskontakten sitzt. Dies ermöglicht die manuelle Bedienung durch einen Ausschnitt in der Schranktür, ohne dass die Tür, die das Bedienpersonal vor Lichtbögen schützt, geöffnet werden muss.

Hinzu kommt, dass keine gefährlichen Netzspannungen mehr mit der Schranktür verbunden werden müssen. Das abnehmbare Bedienelement (Human-Machine-Interface, HMI) ist vollständig vom Netz isoliert, was die Bediener-sicherheit deutlich erhöht.

—
Der neue ABB TruONE ist weltweit der erste ATS, der alle notwendigen Sensoren, Steuerungen, Schalter und Benutzeroberflächen in einem einzigen Gerät integriert.

Mithilfe von Snap-on-Zubehör (z. B. Spannungswandler, Kommunikationsmodule und Klemmenabdeckungen), das direkt auf der Einheit aufgesteckt werden kann, lässt sich der TruONE mit allem ausstatten, was aktuelle ATS-Lösungen der Spitzenklasse bieten – aber in einer kompakten Einheit, die kein Gehäuse oder Schrank benötigt, um alle Komponenten zusammenzuhalten. Dies bietet eine Vielzahl von Vorteilen entlang der ATS-Wertschöpfungskette.

Eine der bedeutendsten Innovationen im Design des TruONE ATS ist die Selbstversorgung aller erforderlichen Funktionalitäten über die Netzan-schlüsse (200 bis 480 V AC) ohne die Notwendigkeit externer Spannungswandler. Ohne dieses innovative Design wäre es nicht möglich, alle genannten Funktionalitäten in einer einzigen Einheit zu implementieren bzw. eine solche Bandbreite von Betriebsmöglichkeiten unabhängig vom Spannungspegel in nur einem einzigen Artikel (Stock Keeping Unit, SKU) anzubieten.





02a



02b

Einfache Installation

Einer der größten Vorteile einer solchen integrierten ATS-Einheit ist ihre einfache Installation. Dabei lässt sich die ungekapselte Ausführung ebenso einfach in einem Schrank oder Gehäuse installieren, wie die leichtesten gekapselten ATS-Lösungen an einer Wand angebracht werden können. Einfach einen TruONE ATS in ein Gehäuse heben und mit vier Montageschrauben an der Rückwand befestigen – fertig ist die vollwertige ATS-Lösung. Mit nur vier Schrauben lassen sich alle Sensoren und Bedienelemente, die gesamte Elektronik und Kommunikation sowie alle übrigen Funktionalitäten bereitstellen, die für einen vollständigen ATS erforderlich sind.

Die HMI kann durch einen Ausschnitt in der Tür bedient werden, ohne dass diese geöffnet werden muss. Alternativ kann die HMI bündig außen an der Gehäuse- oder Schranktür angebracht werden. Dazu ist lediglich ein 25 mm großes, rundes Loch in der Tür erforderlich. Anschließend kann die HMI vom Schalterahmen abgenommen, außen an der Tür angebracht, mit der mitgelieferten Mutter gesichert und mit einem standardmäßigen RJ45-Kabel angeschlossen werden →2–3.

Insgesamt ist die Installation eines TruONE im Vergleich zu traditionellen ATS-Lösungen in vielerlei Hinsicht einfacher und um 80 % schneller. Vergleichsstudien haben gezeigt, dass TruONE den erforderlichen zusätzlichen Verkabelungsaufwand erheblich reduziert und die Inbetriebnahmezeit verkürzt. Auch aus ergonomischer Sicht ist die Installation deutlich benutzerfreundlicher.

Mit diesem neuen Konzept ist die TruONE-Produktreihe im Begriff, den Bau von gekapselten ATS-Lösungen zu revolutionieren. Zum ersten Mal ist es für Schaltschrankbauer und Originalgerätehersteller (OEMs) möglich und wirtschaftlich, eine Highend-ATS-Lösung ausgehend von einer ungekapselten Lösung zu bauen, die einfach zu lagern, leicht zu handhaben und vor allem sehr

einfach zu installieren ist. Dieser Ansatz ermöglicht eine völlig neue Flexibilität in der Produktion und erlaubt die projektweise Entwicklung eines ATS innerhalb eines Systems. Zudem ermöglicht TruONE eine Verkürzung der Lieferzeiten durch Standardisierung auf der Basis einiger SKUs in ungekapselter Ausführung, die dann zur geforderten Lösung aufgebaut werden.

Snap-on-Zubehör

Das bereits erwähnte Zubehörkonzept von TruONE trägt ebenfalls zur Vereinfachung und Leistungsfähigkeit des Produkts bei. Sämtliches Zubehör wird in Form von Snap-on-Lösungen werkzeuglos innerhalb der Abmessungen des Schalterahmens montiert. Nie zuvor war es so einfach, die Installationsverkabelung eines ATS berührungssicher (IP-2X) zu gestalten wie jetzt mit den aufsteckbaren

Einer der größten Vorteile einer solchen integrierten ATS-Einheit ist ihre einfache Installation.

Klemmenabdeckungen des TruONE. Und wenn zusätzlich zu den standardmäßig enthaltenen digitalen E/As mechanische Hilfskontakte erforderlich sind, können diese ebenfalls in jeder Bauphase der ATS-Lösung ohne Werkzeug aufgesteckt werden. Das gleiche gilt für das Hinzufügen verschiedener Kommunikationsprotokolle (bis zu sieben), zusätzlicher E/As oder einer 24 V DC Hilfsspannungsversorgung für die HMI. Die meisten der zusätzlichen ATS-Funktionalitäten können durch Hinzufügen von Zubehör zu einem späten Zeitpunkt realisiert werden. Dies wiederum vereinfacht die Beschaffung und Bevorratung von ATS-Grundbausteinen zur Realisierung aller möglichen Konfigurationen, auch für anspruchsvollste Endkunden.

—
02 Die HMI lässt sich einfach abnehmen und an der Tür anbringen. Dies ermöglicht eine Bedienung ohne Öffnen der Tür und ist ein Beispiel für die Benutzerfreundlichkeit des TruONE.

02a Schalter mit abgenommener HMI.

02b Die HMI wird mit zwei Schrauben außen an der Tür befestigt. Der Anschluss wird durch ein Loch geführt und mit einer Mutter gesichert. Ein RJ45-Kabel verbindet die HMI mit der TruONE-Einheit.

—
03 Außen montierte HMI (hier mit IP54-Schutzabdeckung).

Einfache Anwendung

Man könnte meinen, eine hochgradig integrierte ATS-Lösung sei unflexibel und schwierig in der Anwendung, doch tatsächlich ist beim TruONE das Gegenteil der Fall.

Wie bereits erwähnt, ermöglicht die HMI eine lokale Steuerung der ATS-Funktionalität. Vorhandene Lösungen verfügen für gewöhnlich über eine separate Steuerung, die die gesamte für die Steuerung des ATS erforderliche Elektronik und die dazugehörige Schnittstelle beinhaltet. Diese Steuerungen sind in der Regel sperrig und benötigen ihre eigene spezielle Installationsmechanik, was bedeutet, dass sie dort verwendet werden müssen, wo sie installiert sind. Dies führt häufig zu Einschränkungen beim Design einer ATS-Installation, insbesondere hinsichtlich der Türen einer gekapselten Lösung.

Beim TruONE hingegen kann die HMI am Schalter selbst angebracht oder (ohne Werkzeug) abgenommen und über ein (bis zu 10 m langes) RJ45-Kabel fernbedient werden. Diese Flexibilität lockert die Einschränkungen beim Einsatz des ATS. So kann die HMI z. B. in einem anderen Schrankelement platziert werden, wo bereits andere für die Anlage wichtige Steuerungen untergebracht sind. Oder die HMI kann bei der Inbetriebnahme des ATS vorübergehend vom Schaltergehäuse abgenommen werden, um den Zugang zu erleichtern, und beim Systemstart

wieder angebracht werden. Da sich die gesamte Funktionalität für den Betrieb des ATS im Schalter selbst befindet, funktioniert der ATS im Bedarfsfall auch mit abgenommener HMI.

Zuverlässigkeit

Ein ATS stellt eine wichtige Verbindung in kritischen Anwendungen dar und muss daher extrem zuverlässig sein. Das Konzept des integrierten ATS erhöht die Zuverlässigkeit durch die signifikante Reduzierung der Anzahl von Anschlusspunkten innerhalb eines ATS-Systems. Statt Dutzenden von Hilfs- und Steuerkabeln, die um das Gehäuse eines ATS herum verlaufen, hat eine ungekapselte

—
Das Konzept des integrierten ATS erhöht die Zuverlässigkeit durch die signifikante Reduzierung der Anzahl von Anschlusspunkten innerhalb eines ATS-Systems.

TruONE-Einheit keine und benötigt lediglich Stromanschlüsse. Das gleiche gilt natürlich für die fertige gekapselte Lösung. Mit anderen Worten, Dutzende potenzieller Ausfallpunkte entfallen ebenso wie die Suche nach losen Verbindungen, eine häufige Quelle für Störungen bei der Inbetriebnahme.

Wartungsfreundlichkeit

Der TruONE ist nicht nur besonders wartungsfreundlich als Produkt, das Design des ATS eröffnet auch völlig neue Möglichkeiten für die Umrüstung älterer ATS-Installationen. Aufgrund ihrer kompakten Größe und ihres in sich geschlossenen Designs selbst in der ungekapselten Ausführung können die ATS der neuen Produktreihe nahezu alle alten Installationen einfach und schnell ersetzen. Dazu muss lediglich der alte Schalter durch eine TruONE-Einheit ersetzt werden, und die Stromkabel müssen wieder angeschlossen werden. Gleichzeitig kann die Hilfsverdrahtung der alten ATS-Lösung vollständig entfernt werden, da der TruONE maximal eine Steuerkabelverbindung benötigt, nämlich das Ethernet-Kabel vom Schalter zur HMI, wenn eine Türmontage erforderlich ist. Vergleicht man den Aufwand und das Risiko, das mit der komplexen Umrüstung eines alten, herkömmlichen ATS mit einem ähnlichen Schalter verbunden ist, mit der Einfachheit einer TruONE-Umrüstung, dürfte dem geeigneten Benutzer die Entscheidung für das TruONE-Konzept nicht schwer fallen. ●



BUZZWORDS ENTSCHLÜSSELT

Digitaler Zwilling – praktisch identisch?

Im vierten Teil der Reihe „Buzzwords entschlüsselt“ geht es um die Bedeutung des Begriffs „digitaler Zwilling“.



Christopher Ganz
Group Service R&D Manager
Zürich, Schweiz

christopher.ganz@
ch.abb.com

Ein typisches modernes industrielles Gerät hinterlässt eine beträchtliche Spur digitaler Daten. Dazu gehören CAD-Zeichnungen und Simulationen aus der Konstruktionsphase, Informationen über den Standort, verbundene Geräte und die Konfiguration aus der Integrationsphase sowie anschließend erfasste Nutzungs-, Diagnose- und Wartungsdaten. Neben solchen bestimmbar, messbaren oder beobachtbaren Daten können mithilfe von Algorithmen auch nicht beobachtbare Parameter (tatsächliche und vorhergesagte) errechnet bzw. simuliert werden.

Diese Daten und Algorithmen liegen typischerweise bereits an verschiedenen Orten oder in verschiedenen Formaten vor. Wären diese von einem virtuellen Verzeichnis – dem digitalen Zwilling – aus zugänglich, erhielte man ein umfassendes digitales Bild des physischen Geräts. Da es sich hierbei um mehr als nur eine statische Beschreibung handelt, können die Informationen verwendet werden, um das Verhalten des physischen Objekts zu simulieren. 3-D-Visualisierungstools ermöglichen zudem eine virtuelle Inspektion und Beobachtung und verbessern so das Verständnis und das Wissen über die Ausrüstung.

Zu den typischen Anwendungen eines digitalen Zwillings gehören:

Konstruktion: In der Konstruktionsphase kann durch Simulation und Visualisierung das Gesamtkonzept in 3-D geprüft und verifiziert werden, um sicherzustellen, dass alle Teile zusammenpassen. Simuliert werden mechanische, thermische und elektrische Aspekte sowie deren Wechselwirkungen.

Systemintegration: 3-D-Visualisierungen auf Systemebene helfen dabei, Aspekte wie Platzbedarf und physische Verbindungen zu überprüfen. Durch Verknüpfung mit den digitalen Zwillingen anderer Komponenten können u. a. Wechselwirkungen wie Datenübertragungs- und Steuerungsfunktionen,

das mechanische und elektrische Verhalten und Was-wäre-Wenn-Szenarien simuliert werden. Der Integrationsaufwand vor Ort und die Stillstandszeit für den Kunden werden reduziert.

Diagnose: Die Betrachtung des digitalen Zwillings, z. B. in einer 3-D-Darstellung, kann die Fehlerbehebung unterstützen. Mit Augmented-Reality-Brillen können Servicetechnikern entsprechende Parameter zur Ausrüstung eingeblendet werden. Nicht beobachtbare Daten wie Temperaturen von unzugänglichen Teilen oder Materialbeanspruchungen können durch Simulationen ergänzt werden.

Prognose: In Kombination mit Vorhersagealgorithmen liefern historische und aktuelle Betriebs- und Sensordaten Erkenntnisse über den Zustand der Ausrüstung und die Wahrscheinlichkeit verschiedener Ausfallarten. Dies hilft bei einer rationalen Instandhaltungsplanung und Vermeidung ungeplanter Stillstände.

Erweiterte Services: Sind alle entsprechenden Parameter (IoT-Konnektivität, Analysealgorithmen usw.) im digitalen Zwilling vorkonfiguriert, können diese bei der Installation der Ausrüstung aktiviert werden, wenn der Kunde diese Services gebucht hat. Im Idealfall ist kein weiteres Engineering erforderlich.





Der Schlüssel zu den verschiedenen Aspekten eines digitalen Zwillings ist die Verbindung von einem gemeinsamen digitalen Verzeichnis zu Daten, die an verschiedenen Orten gespeichert sind. Durch den Zugriff auf Daten aus dem gesamten Produktlebenszyklus ist der digitale Zwilling in der Lage, die für die verschiedenen Anwendungsfälle erforderlichen Daten bereitzustellen.

Alles in allem ist ein digitaler Zwilling ein vollständiges und funktionstüchtiges virtuelles Abbild einer Anlage, eines Teilsystems oder Systems, das digitale Aspekte über den Bau (PLM-Daten,

Konstruktionsmodelle, Fertigungsdaten) mit Echtzeitaspekten über den Betrieb und die Instandhaltung kombiniert.

Der digitale Zwilling ermöglicht die konsistente Erfassung und Verteilung von Informationen über den gesamten Lebenszyklus des physischen Objekts. Ziel ist es, durch Datenverarbeitung (z. B. Simulation und fortschrittliche Analysen) Erträge zu maximieren und Betriebsabläufe und Investitionen (sowohl für den Kunden als auch für ABB) zu optimieren.

Impressum

Editorial Board

Bazmi Husain
Chief Technology Officer
Group R&D and Technology

Adrienne Williams
Senior Sustainability
Advisor

Christoph Sieder
Head of Corporate
Communications

Reiner Schoenrock
Technology and Innovation
Communications

Roland Weiss
R&D Strategy Manager
Group R&D and Technology

Andreas Moglestue
Chief Editor, ABB Review
andreas.moglestue@
ch.abb.com

Herausgeber

Die ABB Review wird
herausgegeben von
ABB Group R&D and
Technology.

ABB Switzerland Ltd.
ABB Review
Segelhofstrasse 1K
CH-5405 Baden-Dättwil
Schweiz
abb.review@ch.abb.com

Die ABB Review erscheint
viermal pro Jahr in
Englisch, Französisch,
Deutsch und Spanisch.
Die ABB Review wird
kostenlos an Personen
abgegeben, die an der
Technologie und den
Zielsetzungen von ABB
interessiert sind.

Wenn Sie an einem
kostenlosen Abonnement
interessiert sind, wenden
Sie sich bitte an die
nächste ABB-Vertretung,
oder bestellen Sie die
Zeitschrift online unter
www.abb.com/abbreview.

Der auszugsweise
Nachdruck von Beiträgen
ist bei vollständiger
Quellenangabe gestattet.
Ungekürzte Nachdrucke
erfordern die schriftliche
Zustimmung des
Herausgebers.

Herausgeber und
Copyright ©2018
ABB Switzerland Ltd.
Baden, Schweiz

Druck

Vorarlberger
Verlagsanstalt GmbH
6850 Dornbirn,
Österreich

Layout

DAVILLA AG
Zürich, Schweiz

Satz

Konica Minolta
Marketing Services
WC1V 7PB London,
Großbritannien

Übersetzung

Thore Speck,
24941 Flensburg,
Deutschland

Haftungsausschluss

Die in dieser Publikation
enthaltenen Informa-
tionen geben die Sicht
der Autoren wieder und
dienen ausschließlich zu
Informationszwecken.
Die wiedergegebenen
Informationen können
nicht Grundlage für eine
praktische Nutzung
derselben sein, da in
jedem Fall eine profes-
sionelle Beratung zu
empfehlen ist. Wir weisen
darauf hin, dass eine tech-
nische oder professionelle
Beratung vorliegend nicht
beabsichtigt ist.

Die Unternehmen der
ABB-Gruppe übernehmen
weder ausdrücklich noch
stillschweigend eine
Haftung oder Garantie
für die Inhalte oder die
Richtigkeit der in dieser
Publikation enthaltenen
Informationen.

ISSN: 1013-3119

<http://www.abb.com/abbreview>



Tablet-Ausgabe

Die ABB Review
ist auch als
Tablet-Version
verfügbar.

Besuchen Sie
abb.com/abbreview

Blieben Sie auf dem Laufenden ...

Haben Sie eine ABB Review verpasst?
Melden Sie sich unter abb.com/abbreview für
unseren E-Mail-Benachrichtigungsservice an und
verpassen Sie nie wieder eine Ausgabe.

Nach der Anmeldung erhalten Sie per E-Mail einen
Bestätigungslink, über den Sie Ihre Anmeldung
bestätigen müssen.



—
Vorschau 03/2018

Werkstoffe

Der Bereich der Werkstoffe erfährt zurzeit eine Revolution – sowohl im Hinblick auf die Verwendung traditioneller Werkstoffe als auch in Bezug auf neue Materialien. Vorangetrieben wird diese Entwicklung durch intelligente Methoden und Algorithmen, die Wissen zu einem wichtigen Baustein machen. Die nächste Ausgabe der ABB Review befasst sich mit Anwendungen von ABB-Produkten und deren Auswirkungen in diesem sich stark entwickelnden Bereich.