

review

ABB Ability

03|2017 de



-
- 06–13 Stimmen von ABB
 - 14–37 ABB Ability
 - 38–67 Schutz und Sicherheit
 - 68–81 Universelle Verbindungen
 - 82–97 Regelung und Produktivität



84

Regelung von Gasverdichtern

Emax 2: Leistungsschalter für Mikronetze



60



Leserumfrage



16

Drahtlose Automatisierung



70

Mittelfrequenz-Transformatoren für CERN





99



76

Landseitige Stromversorgung

Schutz auf See mit
Emax 2 und Ekip Link



54

05 Editorial

Stimmen von ABB

08 Interview: ABB Ability™
13 Cybersicherheit von Grund auf

ABB Ability

16 Drahtlose Automatisierung
20 Prädiktive Benachrichtigung
26 Abwicklung von Automatisierungsprojekten
30 Austausch von Engineering-Daten
36 Optimierung für den Bergbau

Schutz und Sicherheit

40 Stromkreisüberwachungssystem
47 Mittelspannungs-USV mit ZISC-Topologie
54 Schutz auf See mit Emax 2 und Ekip Link
60 Leistungsschalter für Mikronetze

Universelle Verbindungen

70 Mittelfrequenz-Transformatoren
für CERN
76 Landseitige Stromversorgung

Regelung und Produktivität

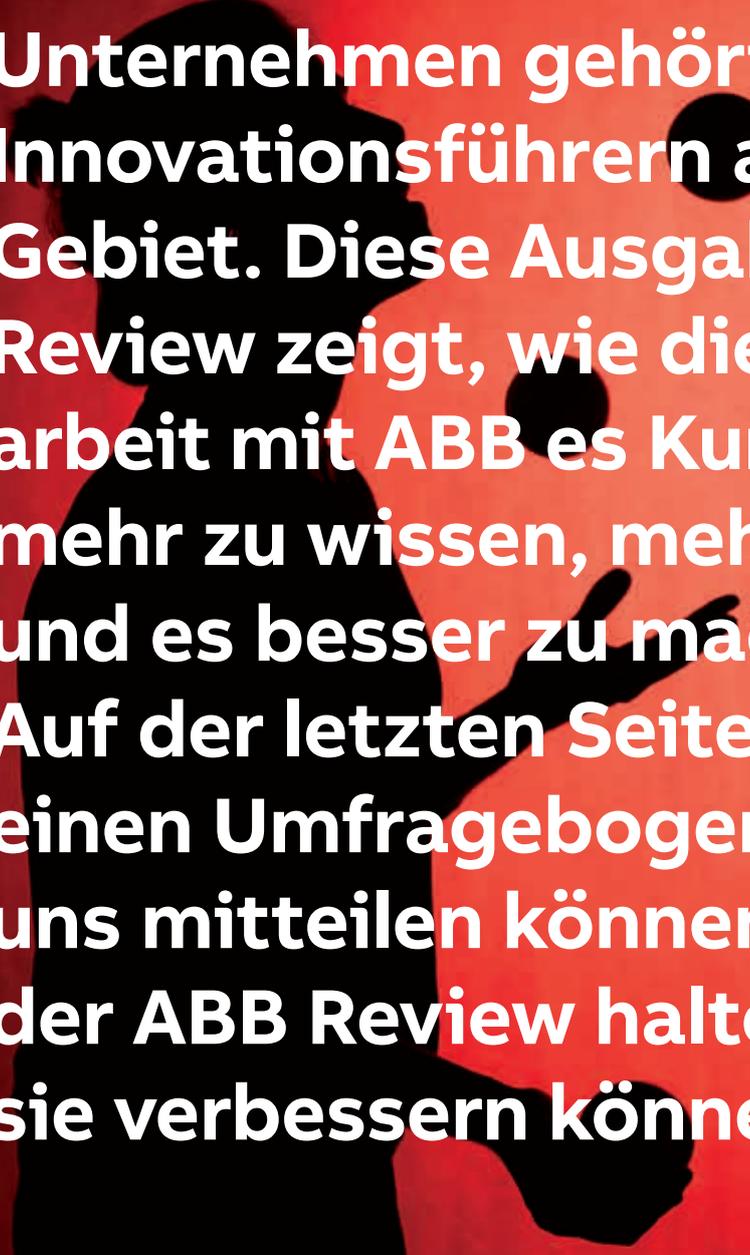
84 Regelung von Gasverdichtern
92 Ein einfaches und flexibles Planungstool

Buzzwords entschlüsselt

98 Blockchain

99 Impressum
99 Leserumfrage

Im Zuge der Digitalisierung befindet sich die industrielle Welt in einem Wandel, der jede Phase des betrieblichen Lebenszyklus betrifft. Mit 70 Millionen installierten digitalfähigen Geräten, 70.000 digitalen Steuerungssystemen und 6.000 Softwarelösungen für Unternehmen gehört ABB zu den Innovationsführern auf diesem Gebiet. Diese Ausgabe der ABB Review zeigt, wie die Zusammenarbeit mit ABB es Kunden ermöglicht, mehr zu wissen, mehr zu machen und es besser zu machen. Auf der letzten Seite finden Sie einen Umfragebogen, mit dem Sie uns mitteilen können, was Sie von der ABB Review halten und wie wir sie verbessern können.



EDITORIAL

ABB Ability™



Liebe Leserin, lieber Leser, wie Sie sicher bemerkt haben, ist die aktuelle Ausgabe der ABB Review umfangreicher als sonst. Unser Titelthema, ABB Ability™, ist so bedeutend, dass es einen größeren Umfang verdient. ABB Ability ermöglicht erhebliche Verbesserungen in puncto Verfügbarkeit, Geschwindigkeit, Ertrag und Sicherheit. Das System umfasst eine offene Plattform und Lösungen – von ABB und Drittanbietern –, die mit einer wachsenden Zahl von digitalisierten Produkten von ABB und anderen integriert werden.

Seit Anfang des Jahres präsentiert sich die ABB Review in einem neuen Format, was sich sowohl im Design als auch inhaltlich widerspiegelt. Um zu erfahren, was Sie darüber denken, und als Richtschnur für die weitere Entwicklung möchten wir Sie einladen, an einer kurzen Leserumfrage teilzunehmen, die Sie hinten im Heft finden (und bei der Sie einen kleinen Preis gewinnen können).

Eine interessante Lektüre wünscht Ihnen

Bazmi Husain
Chief Technology Officer



Stimmen von ABB



Wie wird die Zukunft aussehen?
Mit dieser Frage befassen sich Experten rund um den Globus. ABB ist nicht nur eine prominente Stimme bei vielen dieser Diskussionen, sondern übernimmt auch eine Führungsrolle durch wegweisende Handlungen. Digitalisierung und Cybersicherheit sind zwei Bereiche, in denen wir Kunden dabei helfen, schon jetzt und hier einen Blick in die Zukunft zu werfen.

- 08 ABB Ability™ verändert unser Geschäft
- 13 Cybersicherheit von Grund auf



STIMMEN VON ABB

ABB Ability™ verändert unser Geschäft



Guido Jouret

ABB Chief Digital Officer Guido Jouret erklärt, was es mit der neuen ABB Ability-Plattform auf sich hat.

In einem früheren Interview (erschien in der ABB Review 1/2017) berichtete Guido Jouret über die Strategie von ABB im Hinblick auf die Digitalisierung. In diesem zweiten Interview spricht er über ABB Ability.

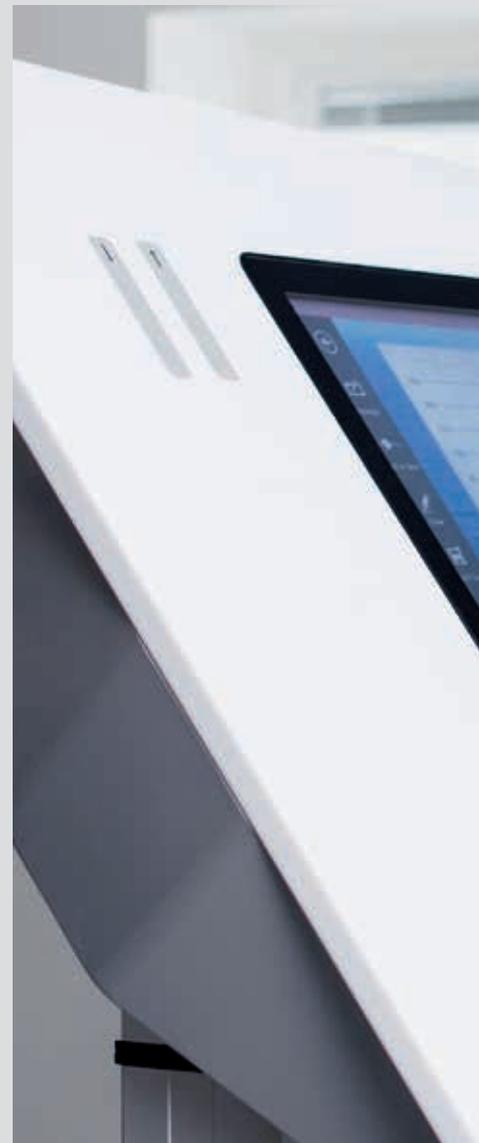
AR ABB Review (AR): Im März dieses Jahres wurde die ABB Ability-Plattform auf der ABB Customer World in Houston vorgestellt. Was genau ist ABB Ability?

GJ Guido Jouret (GJ): ABB Ability bezeichnet eine Reihe von Industrielösungen, die digitale Technologie nutzen. Es ist auch der Name der Plattform zur Erstellung solcher Lösungen. ABB wird ihr komplettes Angebot an Produkten und Dienstleistungen digitalisieren und eine cloudbasierte Plattform auf der Grundlage von Microsoft Azure-Technologie nutzen, um eine breite Palette von Analysen und Services anzubieten.

AR Inwiefern geht ABB Ability weiter als bisherige Automatisierungs- und Digitalisierungsangebote von ABB?

GJ Das Internet der Dinge (IoT) wird häufig als eine Reihe von Geräten beschrieben, die über eingebettete Sensorik- und Verarbeitungsfähigkeiten verfügen und somit Datenströme erzeugen können. Schon lange vor der Einführung von ABB Ability sprach ABB über das Potenzial, das ungenutzte Daten zur Steigerung der Produktivität bieten. Dank kontinuierlicher Fortschritte in der Digitalisierung und Kommunikation konnten diese Daten einer höheren hierarchischen Ebene bereitgestellt werden, wo sie gebündelt und analysiert wurden, um Führungskräften z. B. in Form von Berichten zur

01



—
01 Der ABB Collaboration Table bietet Zugang zu Prozessdaten in Echtzeit. Dies ist nur ein Beispiel dafür, wie ABB Ability Daten nutzbar macht.

Verfügung gestellt zu werden. Was vielfach noch gefehlt hat, war die Möglichkeit von ABB Ability, direkt Entscheidungen auf der Grundlage dieser Daten zu treffen. Das nennen wir bei ABB „den Kreis schließen“ →1.

Leittechniker kennen Regelkreise: Prozessdaten werden zurückgeführt, um Vorgänge mit minimaler Verzögerung zu beeinflussen. Sensor und Aktor befinden sich in unmittelbarer Nähe zueinander, sodass jeder negativen Veränderung der Ausgangsparameter sofort entgegengewirkt werden kann. Dieses Prinzip bildet das Herzstück der Regelungstheorie. Der Kreis, den wir mit ABB Ability schließen, ist vom Konzept her ähnlich, bezieht sich aber auf übergreifende Entscheidungen hinsichtlich Betrieb und Instandhaltung. Betrachtet werden übergeordnete Muster und Zusammenhänge, und es gelten großzügigere Anforderungen an die Latenz →2.

- AR** Mit welcher Art von Parametern befassen sich solche übergeordneten Regelkreise?
- GJ** Die unterstützten Regelentscheidungen reichen von der Optimierung von Instandhaltungszyklen bis zur Unterstützung von Entscheidungen der

Betriebsführung unter Berücksichtigung des großen Ganzen. Das bedeutet Erweiterung des Fokus über den unmittelbaren Prozess hinaus und die Betrachtung der allgemeinen Situation innerhalb der Anlage und darüber hinaus. So können Managemententscheidungen auf wirklichen Echt-

—
ABB wird ihr komplettes Angebot an Produkten und Dienstleistungen digitalisieren.

zeitinformationen begründet werden anstatt auf Daten, die zuvor gesammelt wurden – was manchmal manuell geschieht, häufig vom Umfang her begrenzt ist und potenziell mit Übertragungsfehlern verbunden ist. Durch Schließen dieser Lücke rücken Vorstandsetage und Leitwarte näher zusammen →3.

Diese Öffnung geschieht in beiden Richtungen, denn Manager können nicht nur aktuelle Daten sehen, sondern Entscheidungen können auch zurückfließen und sofort umgesetzt werden. Das ist die Integration von IT (Informationstechnologie) und OT (Betriebstechnologie).



Ein Beispiel ist das Laden eines Elektroautos. Dabei müssen das Auto und das Ladegerät miteinander sprechen, z. B. zum Zweck der Abrechnung, aber auch um sicherzustellen, dass die Batterie mit der richtigen Spannung und dem richtigen Strom geladen wird und sich das Gerät abschaltet, wenn die Batterie geladen ist. Dies ist die Grundfunktion eines solchen Systems. Darüber hinaus ist es für das Ladegerät sinnvoll, mit dem Stromnetz zu spre-

—
So wie Geräte innerhalb eines Systems werden auch Clouds unabhängig von Hersteller oder Architektur Informationen austauschen.

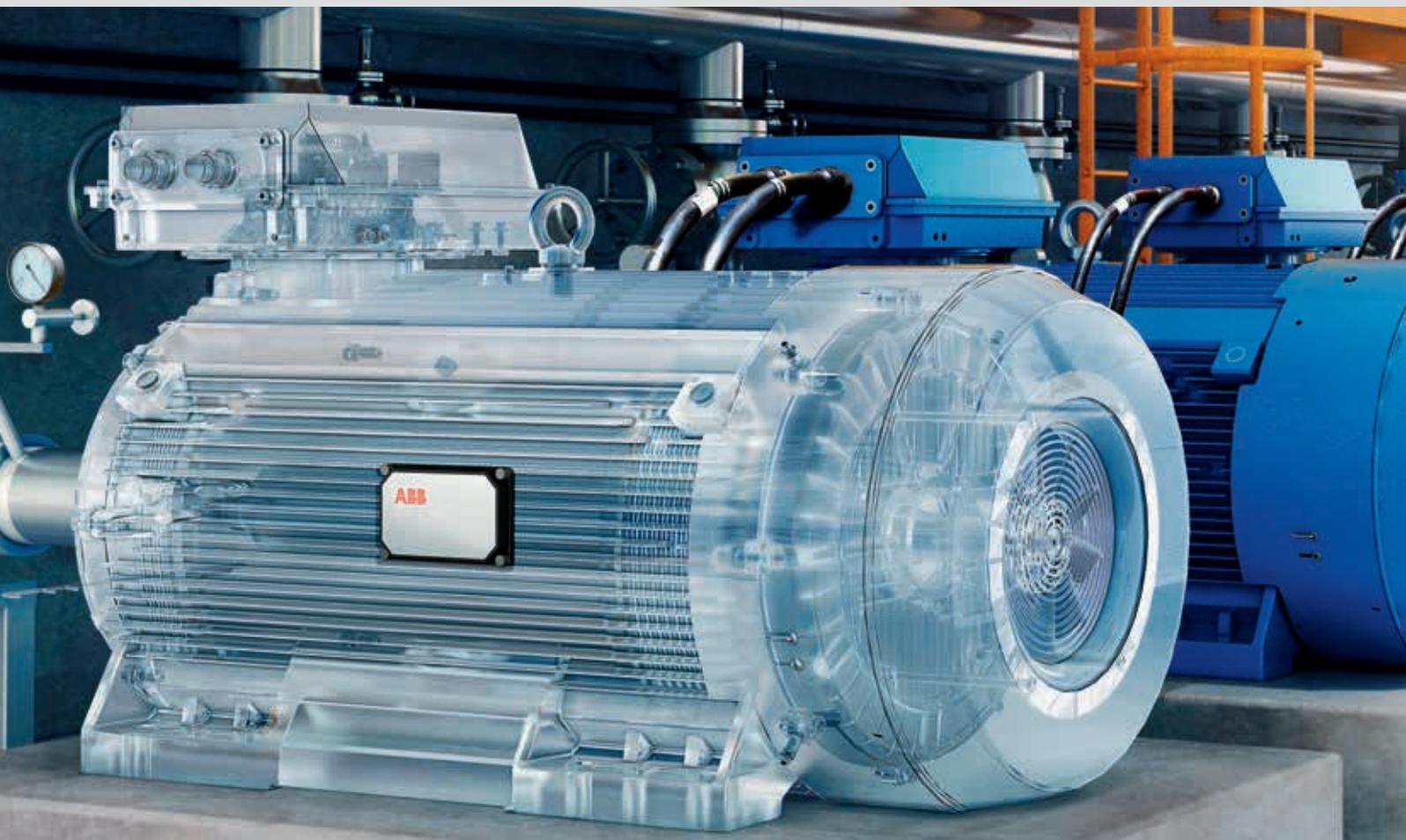
chen. So kann z. B. die Ladeleistung vorübergehend reduziert werden, wenn nicht genügend Strom zur Verfügung steht und es andere Verbraucher mit höherer Priorität gibt.

Ein weiteres mögliches Beispiel ist die diskrete Fertigung: Wenn das Management sieht, dass die Bereitstellung einer wichtigen Komponente in einem vorgelagerten Prozess gestört ist, kann der nachgelagerte Prozess umgeplant werden, um die

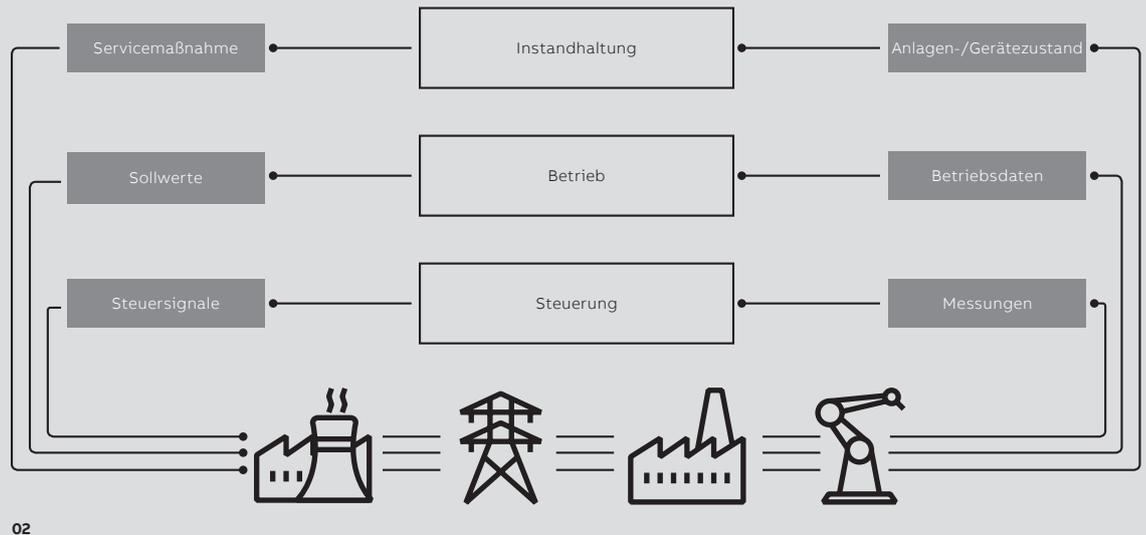
Störung zu mindern, anstatt ihn mit voller Kraft weiterzufahren, bis eine Komponente unerwartet ausgeht. Die Verzögerung kann z. B. durch Umstellen der Produktion auf ein anderes Produkt überbrückt werden. Und wird eine Störung in einem nachgelagerten Prozessabschnitt erkannt, gibt es vielleicht sinnvollere Möglichkeiten, eine bestimmte Ressource einzusetzen, als Teile herzustellen, die nicht verbraucht werden können.

AR In der Vergangenheit haben Hersteller durch die Entwicklung proprietärer Standards versucht, Kunden ein- und Mitbewerber auszuschließen. Mittlerweile ist Interoperabilität die vorherrschende Strategie. ABB unterstützt Standards wie die IEC 61850 (für die Schaltanlagenautomatisierung), die die Interoperabilität von Geräten verschiedener Hersteller sicherstellt. Das Zeitalter der proprietären Lösungen auf Systemebene gehört größtenteils der Vergangenheit an. Aber was ist mit der Cloud-Ebene? Wird sich die Geschichte hier wiederholen, indem Hersteller versuchen, die Konkurrenz auszuschließen?

GJ Im Gegenteil. Anstatt einem größeren Stück vom heutigen Automatisierungskuchen hinterherzujagen, müssen wir uns mit dem enormen Potenzial befassen, den Kuchen zu vergrößern. So wie Geräte innerhalb eines Systems Informatio-



—
02 So wie es beim Schließen herkömmlicher Regelkreise darum geht, Prozessdaten zurückzuführen, um laufende Entscheidungen zu beeinflussen, schließt ABB Ability ähnliche Kreise hinsichtlich Betrieb und Instandhaltung.



nen austauschen, werden auch Clouds unabhängig von Hersteller oder Architektur Informationen austauschen. Man kann also von einer „Intercloud“ sprechen, in der ganze Clouds Informationen austauschen und zusammenarbeiten →4.

AR Bei den bisher erwähnten Beispielen werden Daten innerhalb eines Kundenunternehmens geteilt. Wie ist es mit dem Teilen von Daten mit ABB?

GJ ABB kann Daten analysieren und Ausfallarten vorhersagen, um Kunden bei der Instandhaltung zu beraten oder – je nach Vereinbarung – entsprechende Maßnahmen ergreifen. Man könnte meinen, dass ABB dadurch ihrem eigenen Geschäft schadet. Wenn durch bessere Instandhaltung die Lebensdauer z. B. eines Motors verlängert wird, verpassen wir vielleicht die Chance, diesen zu ersetzen. Doch wir müssen hier das große Ganze sehen. Das Angebot und die Marktpräsenz von ABB werden sich vom Verkauf von Ausrüstung in Richtung Verkauf von Services verlagern.

—
Das Angebot und die Marktpräsenz von ABB werden sich vom Verkauf von Ausrüstung in Richtung Verkauf von Services verlagern.

Neben der Instandhaltung profitiert der Kunde auch davon, wenn ABB seine Betriebsabläufe besser kennt. Wenn ABB z. B. durch die Betrachtung typischer Lastzyklen weiß, wie der Kunde einen Roboter nutzt, ist ABB in der Lage, die nächste Generation von Robotern so zu gestalten, dass seine Bedürfnisse noch besser erfüllt werden.

AR Also je mehr Daten ein Kunde bereit ist zu teilen, desto mehr kann er profitieren. Aber würde eine stärkere Abhängigkeit von der Cloud den Kunden nicht auch angreifbarer machen?

—
03 Intelligente Sensoren überwachen den Funktionszustand von Niederspannungsmotoren.

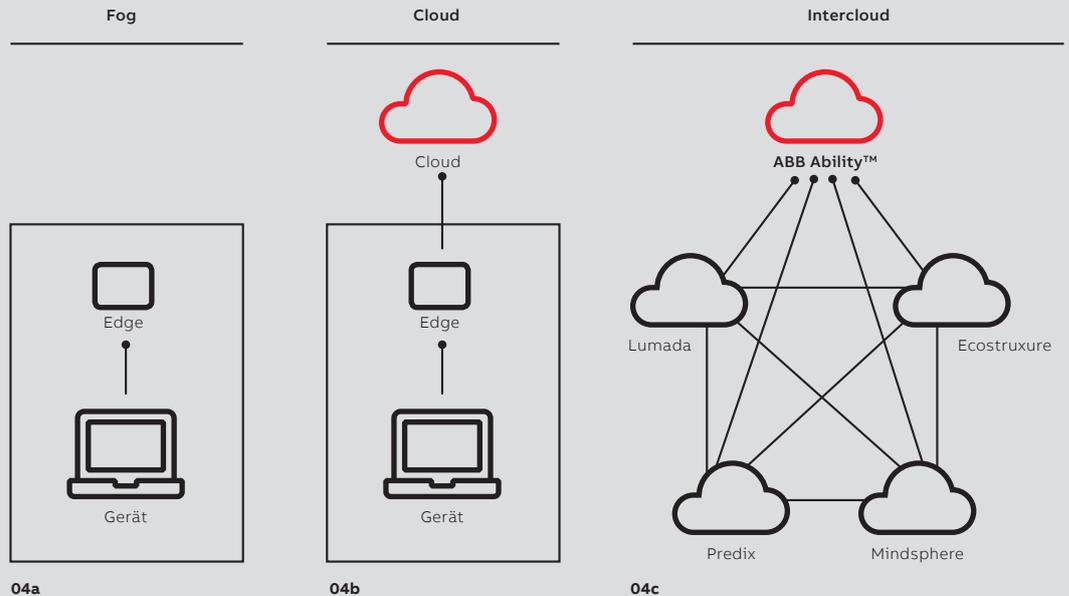


04 Entwicklung der Digitalisierung

04a Die traditionelle Automatisierung und Digitalisierung basiert auf lokaler Rechenleistung, häufig mit proprietärer Hard- und Software. Diese Stufe der Automatisierung vor der Cloud wird auch als „Fog“ bezeichnet.

04b Die Verbindung dieser Systeme mit der Cloud ermöglicht anspruchsvollere Algorithmen und die Berücksichtigung einer breiteren Datenbasis, was die Optimierung verbessert und die Leistungsfähigkeit erhöht.

04c Unterschiedliche Clouds verschiedener Hersteller kollaborieren in der Intercloud.



- GJ** Das ist eine sehr wichtige Frage. Schon jetzt sind immer mehr Roboter mit Kameras ausgestattet, z. B. Yumi. Der nächste Schritt ist wahrscheinlich die Verbreitung von Mikrofonen – zum einen, um eine Reaktion auf menschliche Befehle zu ermöglichen, und zum anderen, um die sensorische Wahrnehmungsfähigkeit von Robotern zu erweitern. Wer Zugriff auf diese Geräte hat, kann in normalerweise gesperrte Bereiche einer Fabrik hineinsehen und -hören. Der Kunde sieht möglicherweise seine

Die IoT Data Bill of Rights wird Grundrechte in Bezug auf Daten festlegen.

Geschäftsgeheimnisse und firmeneigene Informationen wie Produktionsdaten gefährdet. Nehmen wir z. B. einen Hersteller von exklusiven Sportwagen. Ein Roboter an der Fertigungslinie kann genaue Informationen über die produzierte Anzahl jedes Modells liefern. Sollten solche Daten – vorsätzlich oder versehentlich – in die Hände der Konkurrenz gelangen, könnte diese einen unfairen Marktvorteil erlangen.

- AR** Es gibt also einen Konflikt zwischen den Vorteilen, die ein Kunde durch das Teilen von Daten bekommt, und den Risiken, denen er dadurch ausgeliefert ist.

- GJ** Was wir brauchen, ist eine Grundrechtecharta, eine Art „Bill of Rights“. So wie die ursprüngliche Bill of Rights die Aufgabe hat, die Macht einer Regierung

einzu­schränken, damit sie keine Maßnahmen beschließen kann, die sich gegen das Wohl der Bevölkerung richten, wird die IoT Data Bill of Rights Grundrechte in Bezug auf Daten festlegen. ABB hat bereits einen ersten Entwurf eines solchen Dokuments verfasst und wartet zurzeit auf Input von Kunden dazu. Uns ist wichtig, dass dieses Dokument nicht von Juristen verfasst wird, sondern in seiner Form für alle leicht verständlich ist. Die Bill wird für ein Grundverständnis zwischen ABB und ihren Kunden sorgen und im Zentrum aller geschäftlichen Handlungen zwischen ABB und ihren Kunden stehen.

Zu den wichtigen Elementen dieses Dokuments gehören:

- Welche Daten erfasst ABB von ihren Kunden?
- Warum benötigt ABB diese Daten?
- Wie sichert ABB sie (Technologie und Grundsätze)?
- Wie profitieren Kunden von dieser Praxis?
- Was macht ABB mit den Daten eines Unternehmens, das kein Kunde mehr sein möchte?

Vom Format und Konzept her könnte sich die IoT Data Bill of Rights an Dokumenten wie der äußerst wirksamen Airline Passengers' Bill of Rights der US-Regierung orientieren, die Fluggäste u. a. vor langen Wartezeiten auf dem Rollfeld, versteckten Gebühren, mangelnder Information bei Verspätungen, Nichtverfügbarkeit von Wasser und Toiletten und Extragebühren für verlorenes Gepäck schützt. Wir freuen uns darauf, dies mit unseren Kunden zu diskutieren.

- AR** Vielen Dank für das Interview. ●

STIMMEN VON ABB

Cybersicherheit von Grund auf

Als großes, mehrere Kontinente umspannendes Unternehmen, benötigte ABB eine Person, die die Datensicherheit aller Produkte, Dienstleistungen und Informationssysteme beaufsichtigt. Zur Stärkung der vorhandenen Cybersicherheitsteams schuf ABB den Posten des Chief Security Officers, der dafür sorgt, dass das Unternehmen intern und extern einen einheitlichen Ansatz verfolgt.



Satish Gannu
ABB Industrial Automation
San Jose, USA

cybersecurity@ch.abb.com

Vor Kurzem kam ich als Chief Security Officer zu ABB. In dieser Funktion beaufsichtige ich die Sicherheit aller Produkte, Dienstleistungen und Informationssysteme. Ich komme aus der Computerprogrammierung und freue mich, ABB mit meinen fast 30 Jahren Erfahrung im Bereich IT-Sicherheit und Analyse unterstützen zu können.

In den vergangenen Monaten habe ich bemerkt, dass die Bedrohungslandschaft größeren Schwankungen unterliegt und eine Sicherung der industriellen Welt immer wichtiger wird. Die drei Hauptgründe für diese Herausforderungen liegen in der Weiterentwicklung der Bedrohungsakteure, der zunehmenden Anfälligkeit von Sicherheitslücken und der Integration von Informationstechnologie (IT) und Betriebstechnologie (OT). Hinzu kommt, dass sich unsere Branchen historisch bedingt keine großen Gedanken über die Sicherung der Protokolle gemacht haben. Als Branche gewinnt dies zunehmend an Bedeutung, und entsprechende Anstrengungen müssen unternommen werden und werden auch unternommen.

Wir alle kennen die Redensart, dass etwas nur so stark ist wie das schwächste Glied. Im Hinblick auf die IT-Sicherheit beweisen jüngste Angriffe dies immer wieder. Daher muss Sicherheit ganzheitlich betrachtet werden, was die physische Sicherheit einschließt.

Wenn es um kritische Infrastrukturen geht, arbeiten Angreifer monate- oder jahrelang aus allen Richtungen daran. Die jüngsten Angriffe auf das Stromnetz in der Ukraine erinnern uns daran, welche Priorität und präemptive Ausrichtung die Cybersicherheit haben muss, um zukünftige Angriffe auf die Industrie zu verhindern.

Bei der IT-Sicherheit verfolgt ABB den Defense-in-Depth-Ansatz.

Was wir aus den Angriffen lernen, ist, dass es bei der Sicherheit nicht mehr nur darum geht, den Perimeter zu schützen. Da dies nicht mehr ausreicht, verfolgen wir bei ABB den Ansatz der tiefengestaffelten Verteidigung (Defense-in-Depth). Sämtliche Produkte, Dienstleistungen, Cloud-Implementierungen und sogar unsere Lieferanten müssen bestimmte Mindestanforderungen in puncto Cybersicherheit erfüllen. Unsere Ability-Plattform ist von Grund auf mit Blick auf die Sicherheit gebaut.

Mehr über Cybersicherheit und den Ansatz von ABB lesen Sie in zukünftigen Artikeln in der ABB Review. ●





ABB



Ability





Welches Potential die Verknüpfung von Massendaten mit industriellen Prozessen birgt, ist bekannt. Die Integration dieser Informationen in direkte physische Handlungen – das „Schließen des Kreises“ – bietet neue Möglichkeiten, besonders für missionskritische Anwendungen. Aufgabe der Forschung und Entwicklung von ABB ist es, diese Chancen zu erkennen und mithilfe der jahrzehntelangen Branchenerfahrung des Unternehmens zum Vorteil der Kunden umzusetzen.



- 16 Auf dem Weg zur drahtlosen Automatisierung
- 20 Mehrwert für Produktion und Performance durch prädiktive Benachrichtigung
- 26 Die Zukunft der Projektabwicklung in der Automatisierung
- 30 Automatisierter Austausch von Engineering-Daten
- 36 Optimierung für den Bergbau



ABB ABILITY

Auf dem Weg zur drahtlosen Automatisierung

Können Wireless-Standards die Leistungsanforderungen von Feldbussen erfüllen und somit den Weg zur drahtlosen Automatisierung ebnen? Ein ABB-Forschungsteam hat es sich zur Aufgabe gemacht, die Antwort zu finden.

Johan Åkerberg
Leitender Wissenschaftler,
Lehrbeauftragter
ABB Corporate Research
Västerås, Schweden

johan.akerberg@
se.abb.com

Tilo Merlin
Leiter New Technologies
ABB Deutschland

tilo.merlin@de.abb.com

Stefan Bollmeyer
R&D Technology Manager
ABB Deutschland

stefan.bollmeyer@
de.abb.com

Seit den 1970er Jahren werden Fabriken rund um die Welt für die Automatisierung verdrahtet. In den 2000er Jahren ergänzten standardisierte Kommunikationsprotokolle, sogenannte „Feldbusse“, den Zugang zu umfangreichen Produktionssystemen. Allerdings sind grundsätzliche Anforderungen der Prozessindustrie wie eine einfache und zuverlässige Implementierung, Nutzung, Wartung und Problemdiagnose aus Sicht vieler Anwender selbst für intelligente Sensoren und Aktoren auch heute noch am besten mit der 4...20mA-Technologie zu erfüllen.

Wir sind heute im Alltag bereits von vielen drahtlosen Geräten umgeben. Warum sollte man die Funktechnologie nicht auch nutzen, um die Herausforderungen zu umgehen, die eine drahtgebundene Installation mit sich bringt – z. B. den Aufwand für die Planung und Installation der Verdrahtung, die Schirmungs- und Erdungsfragen zur Verhinderung von EMV-Problemen oder die fehlende Flexibilität und hohe Komplexität bei Änderungen?

01



—
01 Die Fabrik von Iggesund (Foto: Rolf Andersson, Bildbolaget, mit freundlicher Genehmigung von Holmen).

Der Übergang in diese Zukunft stellt jedoch eine Herausforderung dar – hauptsächlich aufgrund der unterschiedlichen Standards für drahtlose Feldgeräte, die Ende der 2000er Jahre eingeführt wurden, aber auch aufgrund der einfachen Tatsache, dass

—
Für die Regelung industrieller Prozesse müssen Wireless-Standards den aktuellen Feldbus-Standards in puncto Determinismus und Zuverlässigkeit ebenbürtig sein.

natürlich auch die drahtlose Kommunikation innerhalb bestimmter Leistungsgrenzen zuverlässig arbeiten muss. So kann eine Latenz, wie sie der Verbraucher beim Aufbau einer Seite im Browser des Smartphones gewohnheitsmäßig toleriert, in einer Prozessregelung Zeit, Geld und sogar Kunden kosten.

Drahtgebunden vs. drahtlos

Im Rahmen des Forschungsprojekts galt es, viele Leistungsmerkmale aktueller Wireless-Standards im Hinblick auf Regelungsanwendungen zu hinterfragen:

Schnelligkeit. Die Regelung umfangreicher industrieller Prozesse stellt neue Anforderungen an die derzeitigen Wireless-Standards, die den aktuellen Feldbus-Standards in puncto Determinismus und Zuverlässigkeit ebenbürtig sein müssen (z. B. um sich für die Regelung von sicherheitskritischen Anlagen mit Reaktionszeiten von unter einer Sekunde zu qualifizieren). Schnelligkeit bedeutet auch, dass jede Erweiterung der Anlage auf einfache und effiziente Weise implementiert, eingesetzt, gewartet und diagnostiziert werden kann.

Sichtbarkeit. Da es einige Anlagen gibt, in denen bestimmte Teile auf der Grundlage von Messwerten unter Verwendung aktueller Wireless-Standards gesteuert werden, ist es für Regelungsingenieure wichtig zu wissen, wie Daten erfasst und bereitgestellt werden. Dies gilt besonders, wenn Regelalgorithmen modifiziert wurden, um die mit der vorhandenen drahtlosen Kommunikation verbundenen zusätzlichen Unsicherheiten und Verzö-



INDUSTRIELLE WIRELESS-PROTOKOLLE – GEMEINSAMKEITEN UND UNTERSCHIEDE

Industrielle drahtlose Sensornetze gibt es bereits seit einigen Jahren. Hier dominieren drei Standards den Prozessautomatisierungsmarkt: WirelessHART, ISA 100.11a und WIA-PA. Der im Jahr 2008 veröffentlichte WirelessHART-Standard besitzt zurzeit den größten installierten Bestand, und allen dreien liegt die gleiche 802.15.4-Technologie zugrunde. Die Standards kommen hauptsächlich in der Prozessüberwachung zum Einsatz, können aber auch zur Bereitstellung von Sensormessungen für langsamere und nichtkritische Prozessregelungen verwendet werden.

Die drei Standards haben viele Gemeinsamkeiten, aber auch einige wesentliche Unterschiede. Alle drei basieren auf der Bitübertragungsschicht des IEEE-802.15.4-Protokolls, die u. a. die Übertragung mit 250 kBit/s auf 15 weltweit frei verfügbaren Kanälen im ISM-Band ermöglicht.

Ein Unterschied liegt in den Vorgaben für die Länge der TDMA-Zeitschlitz (variabel oder fest), ein weiterer im Frequenzsprungverfahren: Während WirelessHART eine feste Tabelle für den Kanalwechsel verwendet, nutzen ISA 100.11a und WIA-PA mehrere Tabellen einschließlich der von WirelessHART.

Hinsichtlich der Topologie verwenden alle drei Standards vermaschte Netze, wobei allerdings WIA-PA Clusterheads verwendet, was diesen Standard von den anderen beiden unterscheidet. Was das Routing von Paketen angeht, nutzen WirelessHART und ISA 100.11a das Graph-Routing und das Source-Routing. WIA-PA verwendet aufgrund der Organisation der Feldgeräte in Clustern und der Clusterheads eine etwas andere Strategie (Mesh-Start-Routing). Die echten Unterschiede zeigen sich jedoch in der Adressierung der Knoten: Während ISA 100.11a eine IP-Adressierung verwendet, nutzen die anderen beiden Standards eigene Lösungen.

gerungen zu kompensieren. Daher ist heute eine Form der Datenidentifizierung im Leitsystem erforderlich, um die Verwendung von ungeeigneten Algorithmen zu verhindern.

—
Drahtlose Netzwerke sollten sich genau wie derzeitige redundante Feldbusse selbst heilen können, ohne Pakete zu verwerfen.

Reaktionsvermögen. Zu den offensichtlichsten Einschränkungen der aktuellen Wireless-Standards gehören die mangelnde Unterstützung von Aktoren und die fehlende Verwendung von ausfallsicheren Zuständen (Fail-Safe). So garantiert die Verwendung einer TDMA-Schicht anstelle einer CSMA-Methode keine vorhersehbare und konsistente Fehlererkennung auf Systemebene. Ebenso sind die selbstheilenden Eigenschaften heutiger Maschennetze weder proaktiv noch reaktiv in der Lage, Verbindungs- oder Netzwerkfehler innerhalb der erforderlichen Zeitfristen für kritische Rege-

lungsanwendungen zu beseitigen. Drahtlose Netzwerke sollten sich genau wie derzeitige redundante Feldbusse selbst heilen können, ohne Pakete zu verwerfen.

Abgrenzung. Eine weitere wichtige Eigenschaft, die in den aktuellen Wireless-Standards fehlt, ist die Fähigkeit, zwischen Echtzeitdaten und Best-Effort-Daten zu unterscheiden. Gerätekonfigurationsdaten müssen durchgängig bestätigt sein (End-to-End-Acknowledgement), bevor die Echtzeit-Kommunikation zur Regelung verwendet werden kann. Anderenfalls kann es zu gefährlichen Situationen kommen, da es keine Garantien dafür gibt, dass die übertragenen Informationen vertrauenswürdig oder richtig skaliert sind. Andererseits kann es sein, dass Echtzeitdaten für Regelkreise veraltet sind, wenn sie zusammen mit Best-Effort-Daten in eine Warteschlange gestellt werden. Keiner der aktuellen Wireless-Standards bietet eine Echtzeit-Funktionalität wie bei Feldbussen.

Ausgehend von der Analyse der aktuellen Wireless-Feldbusstandards implementierte ABB verbesserte Schichten auf dem IEEE 802.15.4-Stack, um diese Defizite zu beseitigen. Die Ergebnisse von Laborversuchen waren so vielversprechend, dass man beschloss, das Konzept in einer laufenden Prozessanlage zu überprüfen. Der Kartonhersteller Iggesund Paperboard erklärte sich bereit, einen solchen Feldversuch zu unterstützen.

Von der Modellierung zur Realität

Mit Invercote und Incada fertigt Iggesund Paperboard zwei der weltweit führenden Kartonmarken. Die etwa 300 km nördlich der schwedischen Hauptstadt Stockholm gelegene Fabrik von Iggesund ist seit 1916 in Betrieb und gehört heute zu den fortschrittlichsten vollständig integrierten Zellstoff- und Papierfabriken der Welt.

In den aktuellen Wireless-Standards fehlt die Fähigkeit, zwischen Echtzeitdaten und Best-Effort-Daten zu unterscheiden.

Der Feldversuch war sehr kurz angelegt und dauerte nur etwas über sechs Wochen. Zusammen mit dem Kunden erarbeitete ABB Testkriterien, die dabei halfen, die Genauigkeit der Ergebnisse sicherzustellen und gleichzeitig die Störung des Anlagenbetriebs zu minimieren. Zum Beispiel wurde das Bedienpersonal nicht informiert, wenn Daten drahtlos übertragen wurden. So ermöglichten die Daten aus dem Prozessdatenspeicher einen objektiven Vergleich zwischen der drahtgebundenen und drahtlosen Übertragung, und man war nicht auf die subjektiven Reaktionen der Mitarbeiter auf die neue Technologie in ihrer Anlage angewiesen.

Die Ergebnisse des Versuchs verdeutlichen die Zusammenhänge zwischen TDMA-Zeitschlitzlänge, Übertragungsrate und Redundanz und geben Auskunft über die Gesamtverfügbarkeit (z. B. die Zahl der Kommunikationsfehler) und die Gesamtlatenz.

Die Versuchsanordnung umfasste drei drahtlose Regelkreise (Temperatur, Durchfluss und Druck) mit drei drahtlosen Messgeräten und Aktoren, die über ein Profinet-IO-fähiges Gateway mit dem Leitsystem ABB System 800xA verbunden waren. Die Regelkreise wurden in einem Controller vom Typ ABB AC800M mit einer Zykluszeit von 250 ms ausgeführt. Das Produktionssystem wurde im Chargen- bzw. Sequenzbetrieb gefahren und lieferte Informationen an das ABB-System (womit die Bedienerumgebung unverändert blieb).

Ergebnisse

Druckregelung. Die Druckregelung reagierte schnell auf Prozessstörungen, die durch die Ablaufsteuerung im Chargenprozess verursacht wurden, und war stabil in einem vollständig drahtlosen Regelkreis.

Durchflussregelung. Der Durchflussregler war ebenfalls stabil, aber im Vergleich zum Druckregler weniger Prozessstörungen ausgesetzt. Nur während der Reinigungssequenz am Ende einer Charge mussten größere Störungen geregelt werden.

Temperaturregelung. Vom Standpunkt der Sicherheit ist die Temperaturregelung der anspruchsvollste Regelkreis, da sie dafür sorgt, dass Dampf unter hohem Druck in den Kessel eingeleitet wird. Aus regelungstechnischer Sicht ist es jedoch der am wenigsten anspruchsvolle Regelkreis.

Latenzen. Die durchschnittlichen Latenzen für den Echtzeit- und Nicht-Echtzeit-Datenverkehr haben gezeigt, dass – wenn ähnliche Strategien für die Übertragung und wiederholte Übertragung wie bei den verdrahteten Feldbussen verwendet werden – die Latenzen der empfangenen Echtzeit-Pakete klein ausfielen und minimale Schwankungen aufwiesen.

Paketverlust. Während der Messungen kam es nur gelegentlich zu einzelnen Paketverlusten, und die Fail-Safe-Mechanismen wurden nicht ausgelöst, da drei aufeinander folgende Paketverluste nicht auftraten. Im Laufe einer achtstündigen Messdauer gingen nur drei Echtzeit-Pakete verloren, was mit aktuellen Feldbussen vergleichbar ist.

Eine letzte Prüfung im Rahmen der Machbarkeitsstudie bestand darin, das Bedienpersonal zu fragen, ob es irgendwelche Unterschiede in der Leistungsfähigkeit der Regelung oder der Qualität des Materials aus dem Chargenprozess feststellen konnte. Nach sorgfältiger Untersuchung der Daten aus dem Prozessdatenspeicher kamen die Mitarbeiter zum Schluss, dass sie keinen Unterschied feststellen konnten.

Der Übergang zu Wireless

Die Machbarkeitsstudie von ABB hat gezeigt, dass es mit einem sorgfältig konzipierten Wireless-Protokollstack möglich ist, Teile einer Produktionsanlage mithilfe eines standardmäßigen IEEE-802.15.4-Funktransceivers, eines Echtzeitbetriebsystems und eines für Regelanwendungen ausgelegten Stacks zu regeln. Vielleicht noch wichtiger ist jedoch die Erkenntnis, dass dabei ein Leistungsniveau erreicht werden kann, das PROFIBUS oder anderen modernen Feldbussen ebenbürtig ist.

Die Forschungsarbeit von ABB hat wichtige Bereiche für zukünftige Untersuchungen aufgezeigt, was dabei hilft, den Weg zur drahtlosen Automatisierung zu ebnet. ●

ABB ABILITY

Mehrwert für Produktion und Performance durch prädiktive Benachrichtigung

ABB nutzt prädiktive Benachrichtigungen im Rahmen einer wertorientierten Servicestrategie für produzierende Industrieunternehmen. Mit den richtigen Personen und an der richtigen Stelle eingesetzt tragen sie zum Schutz und zur Verbesserung der Produktion, Betriebsmittelverfügbarkeit, Prozessleistung und Produktqualität bei.

Dave Biros

ABB Industrial Automation Service
Westerville, USA

dave.biros@us.abb.com

Kevin Starr

ABB Oil, Gas and Chemicals
Westerville, USA

Kevin.starr@us.abb.com

Patrik Boo

ABB Industrial Automation Service
Houston, USA

patrik.boo@us.abb.com

Benachrichtigungen sind allgegenwärtig. Unsere Smartphones erhalten Benachrichtigungen von Apps, die uns über Termine, Softwareupdates oder die Entwicklung von Aktienkursen informieren. Offenbar sind wir davon überzeugt, dass Benachrichtigungen unser Leben verbessern. Warum werden sie dann nicht regelmäßig eingesetzt, um industrielle Prozesse zu verbessern? Die Antwort lautet: Weil Benachrichtigungen uns mitteilen, was bereits passiert ist. In einem industriellen Umfeld könnte dies ein teurer Betriebsmittelausfall sein. Was wäre, wenn wir genau vorhersagen könnten,

Bei ABB verschaffen 137 qualifizierte Serviceingenieure ihren Kunden mithilfe erweiterter digitaler Services eine Wertschöpfung von über 60 Mio USD.

was passieren wird, und eine entsprechende Benachrichtigung mit genügend Vorlaufzeit versenden würden, sodass negative Ereignisse verhindert und positive genutzt werden können?

Bei ABB verschaffen 137 qualifizierte Serviceingenieure ihren Kunden mithilfe erweiterter digitaler Services (sog. Advanced Services) eine Wertschöp-

fung von über 60 Mio USD. Die ABB-Experten werten prädiktive Benachrichtigungen aus, identifizieren Probleme und entwickeln wertorientierte vorausschauende Instandhaltungsprogramme zur Bereitstellung optimaler erweiterter Serviceleistungen →1.

Prädiktive Strategien aus historischer Sicht

ABB ist überzeugt, dass proaktive Servicestrategien mit prädiktiven Benachrichtigungen produzierenden Unternehmen einen echten Mehrwert bieten. So können nicht nur Ausfälle verhindert und die Instandhaltung von Betriebsmitteln verbessert werden – die Einrichtung eines wertorientierten prädiktiven Benachrichtigungsprogramms trägt auch zur Verbesserung industrieller Prozesse bei. Experten von ABB haben sich bereits in der Vergangenheit mit den Problemen von prädiktiven Strategien befasst.

Indikative Strategien, die in den 1950er und 1960er Jahren entwickelt wurden, finden noch immer Verwendung – z. B. wenn mithilfe zusätzlich installierter Geräte und entsprechender Software bestimmte Eigenschaften online gemessen werden, um eine schnellere Herstellung einer größeren Zahl von besseren Produkten zu ermöglichen.

Die ersten prädiktiven Regelalgorithmen wurden in den 1970er und 1980er Jahren entwickelt und schufen die Voraussetzungen dafür, dass physische



01

— 01 Prädiktive Benachrichtigungen erreichen die richtigen Personen, die entsprechend handeln.

— 02 Beispiel für ein Kritikalitätsranking.

Messungen durch Software ersetzt werden konnten. Die damit verbundene Komplexität und Empfindlichkeit war jedoch für einen Einsatz außerhalb der akademischen Welt nicht praktikabel.

Eine praktische, aber teure prädiktive Methode war die in den 1980er und 1990er Jahren entwickelte Zustandsüberwachung, die drohende Betriebsmittelausfälle erkennt und das Personal zum Handeln auffordert.

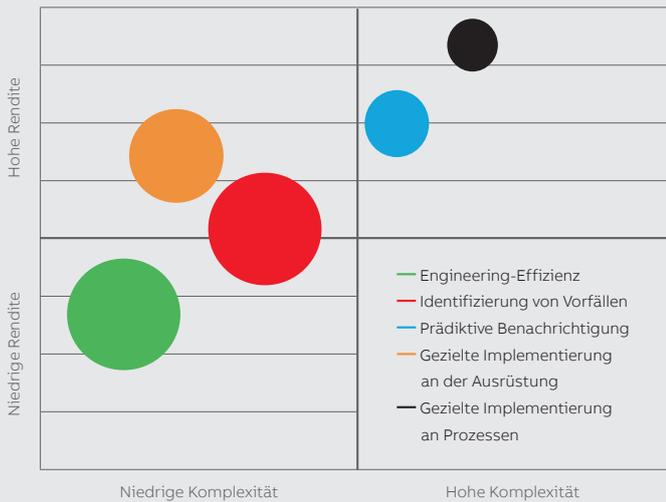
Stufe	Auswirkungen (eine oder mehrere der genannten)
A	Verlust v. Leben, Körperteilen o. Unfall m. Ausfallzeit Anlagenabschaltung, unmittelbare Strafkosten Nichteinhaltung von Vorschriften Sachschaden > \$ 100.000
B	Personenschaden Sicherer Produktionsausfall Wahrsch. Strafkosten oder Personenschaden Sachschaden > \$ 10.000 und < \$ 100.000
C	Möglicher Personenschaden Möglicher Produktionsausfall Mögliche Strafkosten Möglicher Sachschaden < \$ 100.000
D	Keine Gefahr von Personenschäden Keine Auswirkung auf die Produktion Keine Nichterfüllung von Vorschriften Sachschaden < \$ 10.000
Minimal	Keine Auswirkung auf die Produktion Reparaturkosten < \$ 1.000

02

Heute beauftragen viele Hersteller Serviceunternehmen, die regelmäßig die Anlage besuchen, Messungen vornehmen und dafür sorgen, dass die Technik innerhalb der Vorgaben funktioniert. Diese Strategie ist zwar kostengünstig, verhindert aber keine katastrophalen Ausfälle, die zwischen den Servicebesuchen passieren.

Ein weiteres Problem ist der Verlust von qualifiziertem Personal. Steigender Kostendruck veranlasst viele produzierende Unternehmen dazu, verfahrenstechnisches Fachpersonal abzubauen, während gleichzeitig immer mehr Fachleute in den Ruhestand gehen. Damit Servicestrategien erfolgreich sein können, muss Fachwissen erhalten bleiben.

Ein letztes Hindernis für die prädiktive Benachrichtigung ist die zurückhaltende Einstellung gegenüber dem Einsatz von remotefähigen Technologien in industriellen Umgebungen. In der Befürchtung, dass jemand eine Störung verursachen könnte, lassen produzierende Unternehmen ungern Fernverbindungen zu ihren Prozessleitsystemen zu. Zwar mindern Verbesserungen in der sicheren Kommunikation und Maßnahmen zur Cybersicherheit die Befürchtungen, doch die Zurückhaltung vieler Industrieunternehmen bleibt.



Hinweis: Die Größe der Kreisflächen ist proportional zur untersuchten Population.

03

Der Weg zur prädiktiven Benachrichtigung

ABB hat einen schrittweisen Ansatz zur effektiven Anwendung prädiktiver Benachrichtigungen unter Berücksichtigung der damit verbundenen Herausforderungen entwickelt. Dieser umfasst drei Schritte:

- **Auswahl der Elemente für die Vorhersage:** Das Unternehmen muss bestimmen, für welche Betriebsmittel und Prozesse in seiner Anlage prädiktive Benachrichtigungen empfangen werden sollen. Eine Kritikalitätsanalyse der Betriebsmittel und Prozesse zeigt, was passieren kann, wenn etwas schief läuft, und wie sich dies auf die Anlagenleistung auswirkt. Dies kann mithilfe eines Kritikalitätsrankings erfolgen, das die Schwere der Auswirkungen auf die Sicherheit, Produktion oder Kosten beschreibt →2.
- **Erfassung und Anwendung von Expertenwissen:** Viele produzierende Unternehmen beauftragen externe Anbieter mit der Zustandsüberwachung, d. h. das Fachwissen hängt von der Person ab, die die Dienstleistung erbringt. Zu wissen, wie das Know-how eines Experten erfasst und auf einfache, wiederholbare Weise angewendet werden kann, ermöglicht eine effektive Durchführung von zeitaufwändigen Bestandteilen der Aufgabe.
- **Bestimmung des Mehrwerts bzw. Nutzens digitaler Services:** Unter 111 produzierenden Industrieunternehmen aus Nordamerika, Südamerika, Europa, Asien, dem Nahen Osten und Australien mit einer Vielzahl von unterschiedlichen Prozessen (Zement, Chemikalien, Bergbau, Metalle, Öl und Gas) hat ABB den Mehrwert digitaler Services (einschließlich der prädiktiven Benachrichtigung) bestimmt und die Hauptnutzenbereiche →3 ermittelt, die im Folgenden näher beschrieben werden.

Nutzen digitaler Services

Engineering-Effizienz: Das Ziel besteht darin, die Zeit für die Fehlerdiagnose durch Erfassung und

Verarbeitung großer Mengen von Produktionsdaten zu verkürzen. Der Nutzen besteht in der schnelleren Durchführung von Diagnosen. Hersteller verstehen den Mehrwert, doch die Rendite ist geringer als bei anderen Nutzen.

Identifizierung von Vorfällen: Eine schnelle Identifizierung von Vorfällen wie Betriebsmittelausfällen wird ermöglicht durch die automatische Analyse von großen Datenmengen. Hersteller erkennen den Mehrwert dieses Services, der sich durch eine mäßige Rendite auszeichnet und dennoch schwieriger umzusetzen ist als andere Nutzen. ABB erfasst und kategorisiert die Daten in Form von Leistungsindikatoren (Key Performance Indicators, KPIs) →4. Die KPIs werden verfolgt und in einer Balkenanzeige dargestellt. Diese besteht aus einem zusammenfassenden Hauptbalken und mehreren Unterbalken für diskrete Ereignisse. Nimmt die Zahl der Ereignisse in den Unterbalken zu, so vergrößert sich auch der Hauptbalken. Eine automatische Priorisierung zeigt, welche Ereignisse Aufmerksamkeit verlangen.

Gezielte Implementierung an der Ausrüstung: Der Mehrwert besteht in einer verbesserten Leistungsfähigkeit der Betriebsmittel, erreicht durch die Identifizierung von Verbesserungsmöglichkeiten und die anschließende schnelle und effiziente Umsetzung mit einer hohen Rendite. Die Realisierung dieses Mehrwerts kann komplex sein, doch Originalausrüstungshersteller (OEMs) können dies relativ leicht erreichen.

Gezielte Implementierung im Prozess: Das Ziel besteht in der Optimierung der Produktion, der Qualität oder der Produktionskosten. Der Mehrwert entsteht durch die Identifizierung von Verbesserungsmöglichkeiten und den Einsatz der richtigen Fähigkeiten zur Erbringung von Serviceleistungen zur Verbesserung der Prozessleistung. Die

—
03 Nutzen und Relevanz von digitalen Services für die untersuchte Menge von Herstellern.

—
04 Bedienoberfläche mit Paretdiagrammen zu KPIs.

Realisierung des Mehrwerts kann komplex sein, bietet aber eine hohe Rendite. Dieser Nutzen ist am schwierigsten umzusetzen und wird von einer kleineren Menge der Hersteller erkannt.

Prädiktive Benachrichtigung: Das Ziel besteht darin, diskrete Ereignisse rasch zu analysieren, zu identifizieren und zu kategorisieren, um Muster zu generieren, die Ausfälle vorhersagen, und das Per-

—
Das Ziel besteht darin, diskrete Ereignisse rasch zu analysieren, zu identifizieren und zu kategorisieren, um Muster zu generieren, die Ausfälle vorhersagen.

sonal zu alarmieren, damit es schnell reagieren kann. Der Nutzen ist mit einer mäßigen Komplexität und einer hohen Rendite verbunden.

Die gezielte Implementierung an der Ausrüstung und die gezielte Implementierung im Prozess beruhen auf Informationen, die durch prädiktive Benachrichtigungen bereitgestellt werden. Diese drei Servicestrategien richten sich an das Anlagen- oder Prozessdesign bzw. den Instandhaltungs-

prozess mit dem Ziel, eine Wiederholung negativer Ereignisse zu verhindern und eine optimale Verfügbarkeit der Ausrüstung und Prozesse zu gewährleisten.

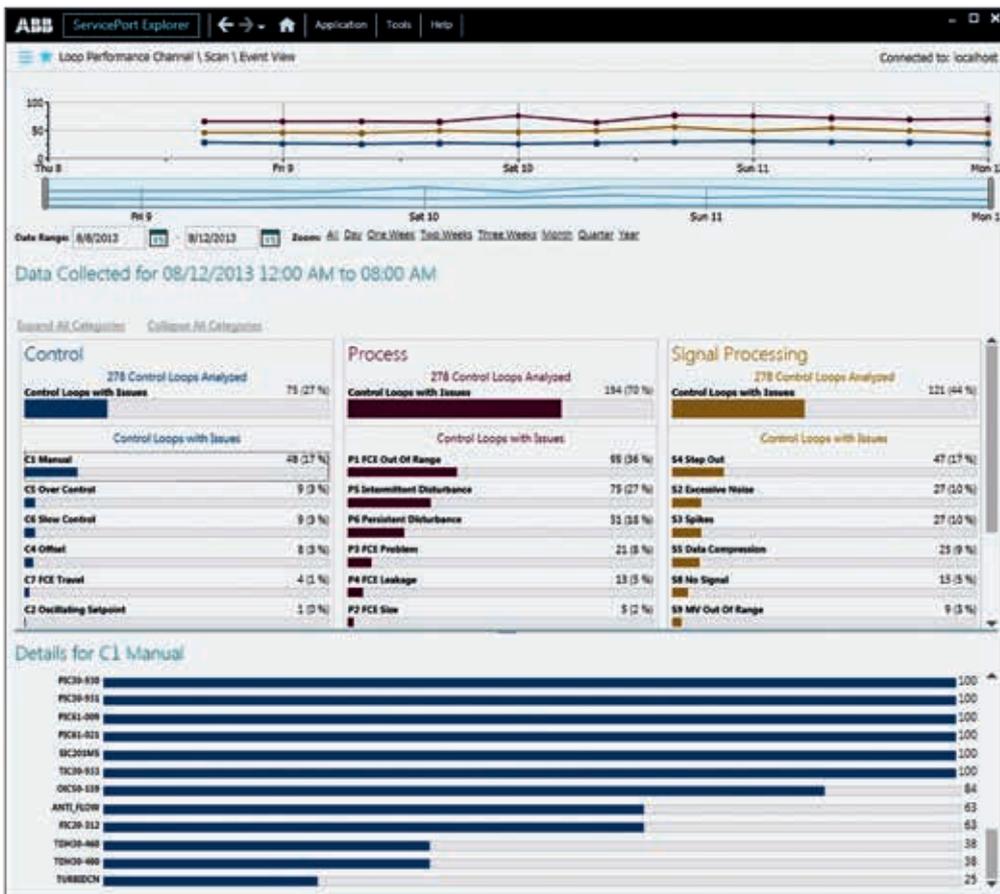
Die Untersuchung von ABB zeigt, dass eine prädiktive Benachrichtigung des Personals, verbunden mit einer empfohlenen Maßnahme, dazu führt, dass eine Maßnahme ergriffen wird. Das Schöne an einer gemeinsamen Implementierung dieser Servicestrategien ist, dass die Reaktion mit großer Wahrscheinlichkeit einen hohen Mehrwert liefert.

Fallstudie

Ein Betrieb in den USA stellt Produkte für den Konsum von Nahrungsmitteln und Getränken her, d. h. die Qualität spielt eine bedeutende Rolle. Qualitätsleitsysteme (QLS) unterstützen den Betrieb der Maschinen, während erweiterte digitale Services für eine frühzeitige Erkennung von potenziellen Problemen mit den QLS sorgen. Prädiktive Benachrichtigungen helfen dem Betrieb, Probleme zu identifizieren und zu mindern, die sonst leicht mehrere Millionen Dollar kosten könnten.

Anwendung

Die in der Anlage genutzten digitalen Services erfassen und analysieren automatisch Daten von den QLS, stellen Ansichten von KPIs bereit, die dabei helfen, Variablen zu identifizieren, die die Produktion



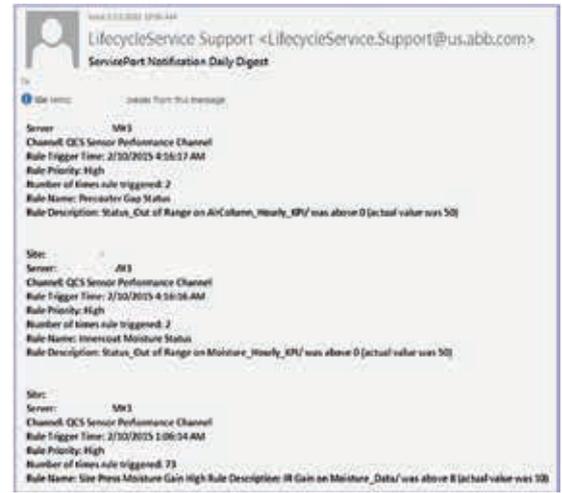
beeinträchtigen, und liefern Empfehlungen für entsprechende Maßnahmen. Die Services identifizieren, kategorisieren und priorisieren Möglichkeiten zur Verbesserung der Betriebsmittelverfügbarkeit, Prozessleistung und Produktqualität durch Visualisierung und Analyse der Messbeständigkeit, Regelkreisnutzung und Prozessvariabilität. Identifizierte Probleme werden von Serviceingenieuren vor Ort und aus der Ferne behandelt.

Über spezielle Ansichten können Rohdaten betrachtet und analysiert werden oder nach Schweregrad sortierte Zusammenfassungen von KPIs dargestellt werden. Außerdem können eigene Parameter für KPIs und die Anzeige von Ereignissen festgelegt werden, die außerhalb der Toleranz liegen. KPIs, die die festgelegten Parameter verlasen, lösen prädiktive Benachrichtigungen aus →5.

Benachrichtigung

Zur Verfolgung der KPIs können Serviceingenieure Parameter für prädiktive Benachrichtigungen festlegen, die eine Meldung auslösen, sobald ein Messwert diese Parameter überschreitet. Eines Tages erhielt ein Ingenieur dieser Anlage zu Hause eine prädiktive Benachrichtigung, dass der Grenzwert für ein Messgerät überschritten wurde.

An der Anlage angekommen, untersuchte er das Problem mithilfe der Datenansichten. Ein großer Balken in einem der Paretodiagramme bestätigte die Überschreitung des Grenzwerts. Daraufhin untersuchte er die Rohdaten und den Schweregrad, um das Ausmaß des Problems zu bestimmen und die notwendigen Maßnahmen festzulegen, um Ausfallzeiten zu verhindern. Als Ergebnis wurde der



05

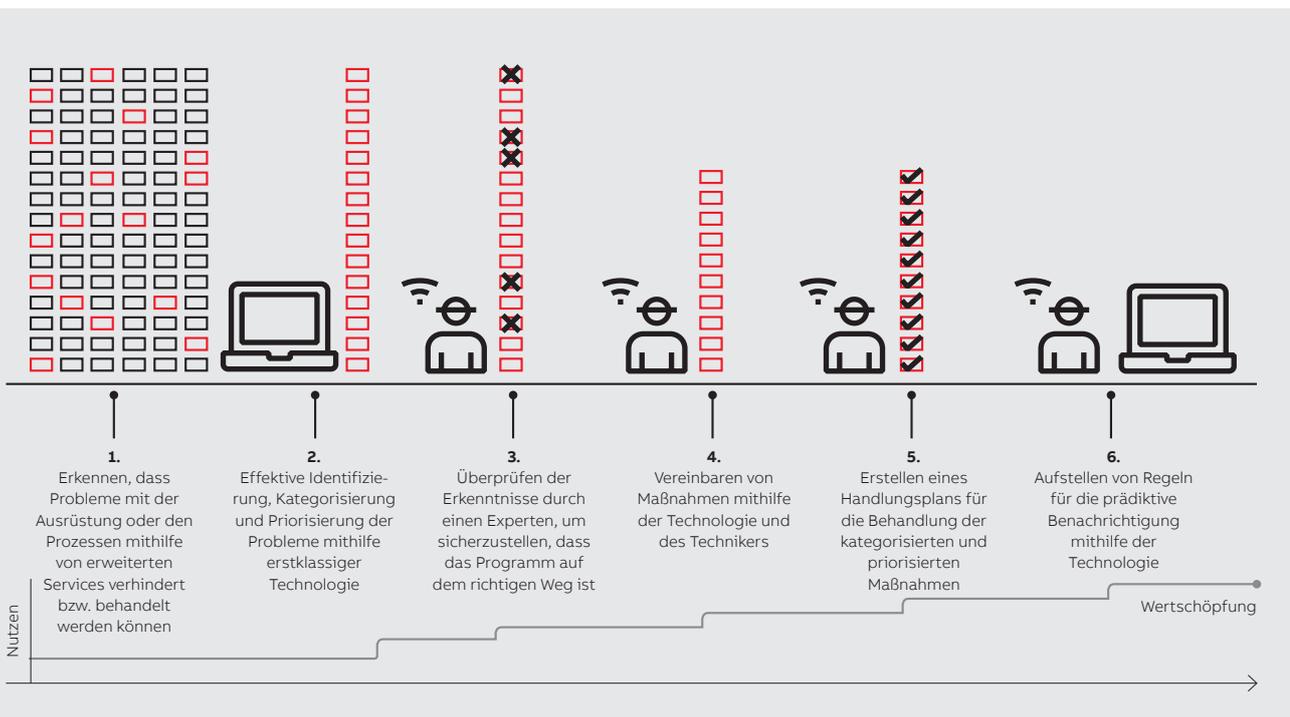
Austausch des Messgeräts für die nächste planmäßige Anlagenabschaltung eingeplant.

Minderung

Ein Not austausch des Instruments hätte einen teuren Produktionsausfall bedeutet. Durch die Maßnahme des Ingenieurs nach Erhalt der prädiktiven Benachrichtigung konnten Qualitätsverluste und ungeplante Ausfallzeiten in Höhe von über 100.000 USD vermieden werden. Gleichzeitig blieben eine hohe Betriebsmittelverfügbarkeit, Prozessstabilität und Produktqualität erhalten.

Einrichtung eines prädiktiven Programms

ABB hat eine schrittweise Strategie zur Einrichtung eines technologiegestützten prädiktiven Benachrichtigungsprogramms entwickelt, das die erfolgreiche Bereitstellung von erweiterten Services zur Verbesserung der Betriebsmittelverfügbarkeit, Anlagenleistung und Produktqualität ermöglicht →6:



—
05 Eine prädiktive Benachrichtigung in Form einer E-Mail, die einen ABB-Ingenieur zum Handeln auffordert, um Ausfallzeiten zu verhindern.

—
06 Ein gut konzipiertes prädiktives Benachrichtigungsprogramm konzentriert sich auf Maßnahmen mit hohem Mehrwert.

—
07 Regeln für das prädiktive Benachrichtigungsprogramm.

—
Literaturhinweis
[1] Biros, D. (2015): „Are you on track? How Predictive Notification keeps production on track“. ABB White Paper, S. 18.

- Erkennen, dass Probleme mit der Ausrüstung oder den Prozessen mithilfe von digitalen Services gezielt und kostenwirksam verhindert bzw. behandelt werden können. Es kann kein Mehrwert erzielt werden, wenn ein Unternehmen nicht daran glaubt, dass Probleme mithilfe von digitalen Services gemindert werden können.

—
Digitale Services sind die effektivste Möglichkeit zur Bereitstellung von Expertenwissen in heutigen Produktionsumgebungen.

- Effektive Identifizierung, Kategorisierung und Priorisierung der Probleme mithilfe erstklassiger Technologie. Lieferanten haben unterschiedliche Fähigkeiten und Spezialisierungen, z. B. hinsichtlich bestimmter Betriebsmittel, Produktions- und Geschäftsprozesse oder Branchenlösungen. Produzierende Unternehmen müssen die Lieferanten finden, die die besten Technologien und Anwendungen für ihre Anlagen und Geschäftsprozesse bieten.
- Überprüfen der Erkenntnisse durch einen Experten, um sicherzustellen, dass das Programm auf dem richtigen Weg ist. Produzierende Unternehmen sollten Zugang zu sachkundigen und erfahrenen Experten haben. Sie sorgen dafür, dass die KPIs mit der größten Wertschöpfung zur Entwicklung effektiver prädiktiver Benachrichtigungen herangezogen werden. Für viele ist dieses Wissen unter den OEMs zu finden.

- Vereinbaren von Maßnahmen mithilfe der Technologie und des Technikers. Nachdem die bestmögliche Technologie und die KPIs mit der größten Wertschöpfung gewählt sind, werden die Maßnahmen vereinbart, die beim Überschreiten von Parametern zu treffen sind. Dies geschieht am besten in Zusammenarbeit mit dem Personal, das die Maßnahmen durchführt, um ein gemeinsames Verständnis sicherzustellen.
- Erstellen eines Handlungsplans, um sicherzustellen, dass die vereinbarten Maßnahmen schnell und effizient durchgeführt werden können, wenn Parameter überschritten werden und eine prädiktive Benachrichtigung erfolgt ist. Dabei muss festgelegt werden, was, wann, wo von wem durchgeführt wird und wo sich die erforderlichen Werkzeuge und/oder Teile befinden.
- Aufstellen von Regeln für die prädiktive Benachrichtigung. Nach Untersuchung der möglichen Probleme und Bestimmung der zu verwendenden KPIs werden Grenzwerte festgelegt, die die Maßnahmen auslösen sollen →7.

Digitale Services sind die effektivste Möglichkeit zur Bereitstellung von Expertenwissen in heutigen Produktionsumgebungen. Prädiktive Benachrichtigungen zu drohenden Problemen bieten produzierenden Unternehmen eine hohe Wertschöpfung im Hinblick auf die Verbesserung der Betriebsmittelverfügbarkeit, Prozessleistung und Produktqualität. Allerdings sind selbst die besten digitalen Services und prädiktiven Benachrichtigungen nur wirksam, wenn die richtigen Personen am richtigen Ort die Benachrichtigungen erhalten und entsprechend handeln. ●

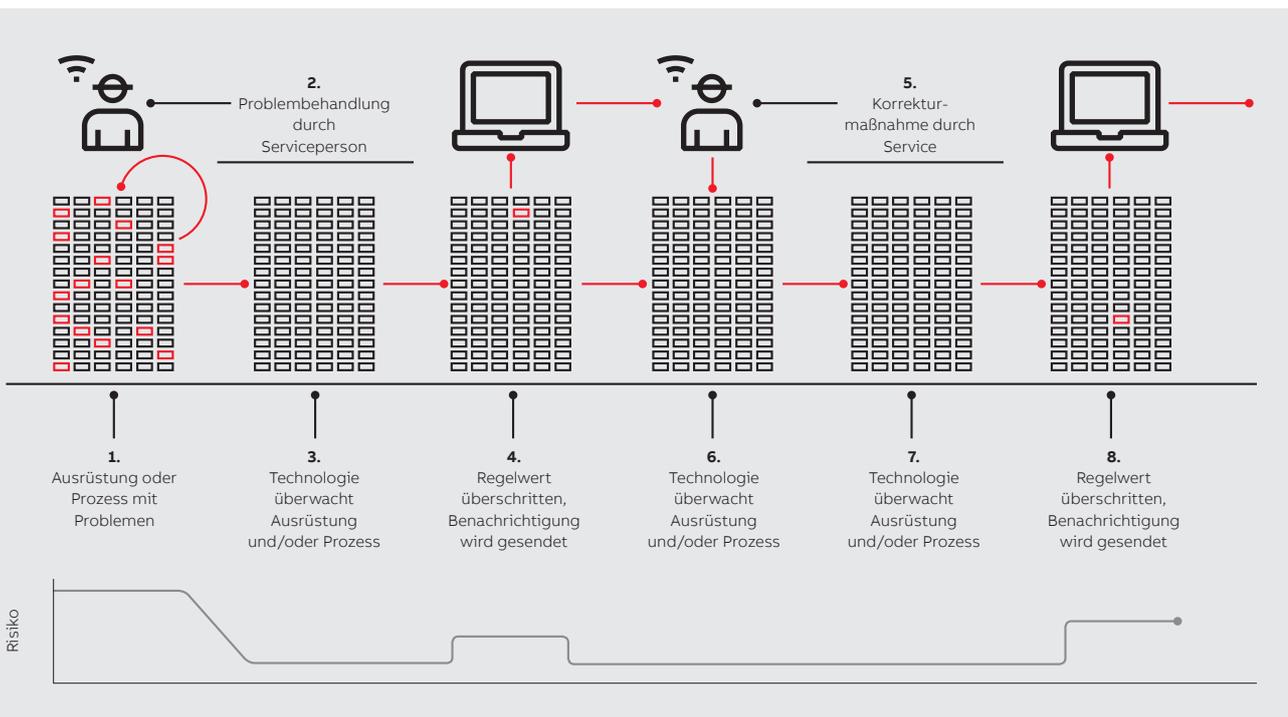


ABB ABILITY

Die Zukunft der Projektentwicklung in der Automatisierung

Bei Automatisierungsprojekten kommen seit Jahrzehnten controllerzentrische Leitsystemarchitekturen zum Einsatz. Diese sind mit voneinander abhängigen Projektaufgaben verbunden, die späte Änderungen erschweren. Dank einer neuen I/O-Lösung von ABB gehören Budgetüberschreitungen und Projektverspätungen nun der Vergangenheit an.

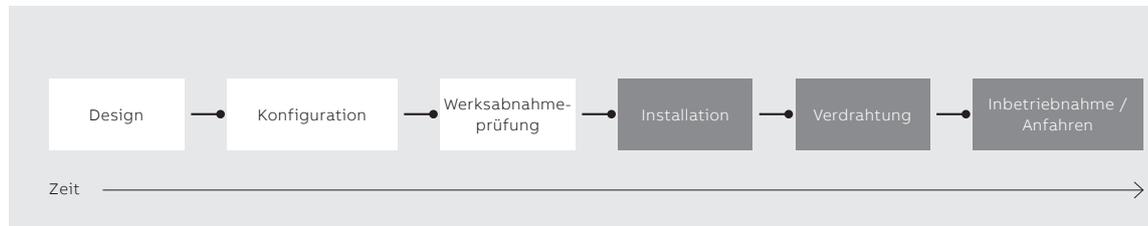


Alicia Dubay
ABB Industrial Automation,
Control Technologies
Austin, USA

alicia.dubay@us.abb.com



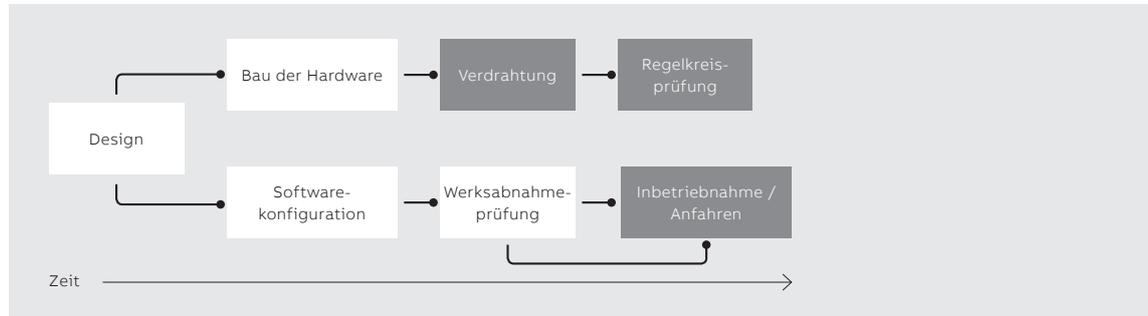
—
01 Die ABB Select-I/O-Lösung ändert die Durchführung von Automatisierungsprojekten grundlegend.



—
02 Projekttablauf – alt und neu.

02a

02a Traditioneller serieller Projekttablauf.



02b Projekttablauf mit Select I/O: Aufgaben können parallel durchgeführt werden.

02b

Seit vielen Jahren kommen in Automatisierungsprojekten controllerzentrische Leitsystemarchitekturen zum Einsatz. Dabei sind jedoch die Mehrkanal-I/O-Module an einen bestimmten Prozessregler (Controller) gebunden. Dadurch entstehen Abhängigkeiten zwischen Projektaufgaben, die späte Änderungen komplizieren bzw. erschweren. Dies gilt als eine Hauptursache für Kostenüberschreitungen und Projektverzögerungen und ist der Grund, warum Automatisierungsaufgaben bei vielen Projekten als kritisch eingestuft werden.

—
Select I/O ist eine Einkanal-I/O-Lösung für Prozess- und Sicherheitsanwendungen, die über ein redundantes Industrial-Ethernet-I/O-Netzwerk mit dem System kommuniziert.

Mit der neuen ABB I/O-Lösung und der entsprechenden Engineering-Software für die ABB Ability™ System 800xA-Plattform gehören Budgetüberschreitungen und Verspätungen bei Automatisierungsprojekten der Vergangenheit an →1.

Alles eingefroren?

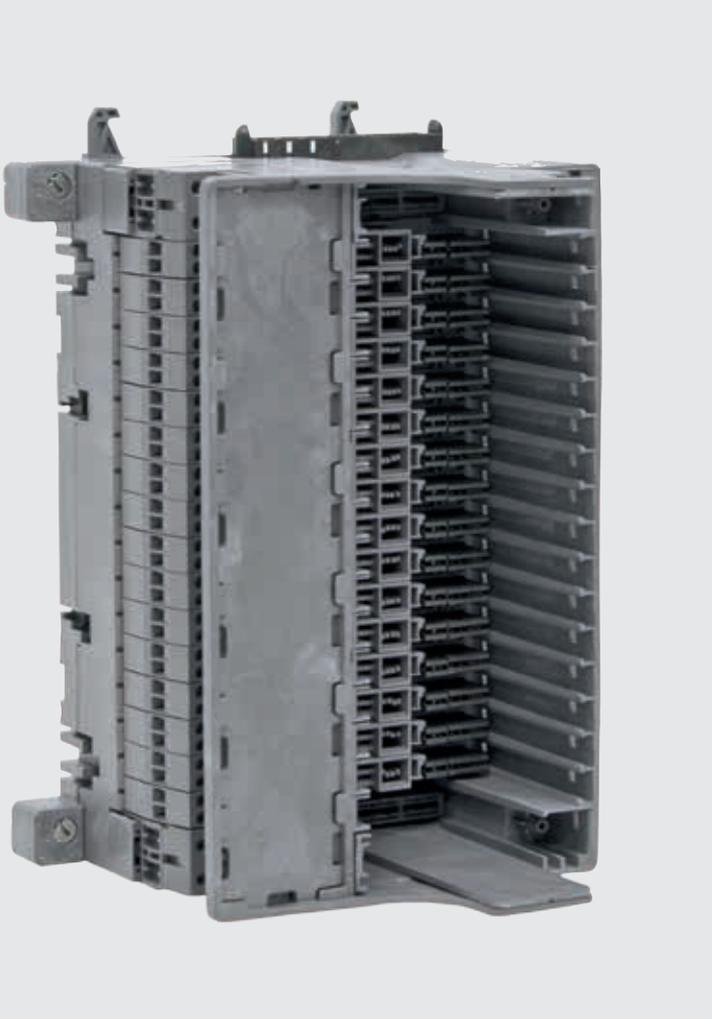
Üblicherweise wird bei den meisten technischen Projekten in der Industrie das Design in einer relativ frühen Phase „eingefroren“ (Design Freeze). Danach können Automatisierungsingenieure ihr Design fertigstellen, die erforderliche Hardware – Controller, I/Os usw. – bestellen und mit der Anwendungsprogrammierung beginnen. Änderungen, die nach dem Design Freeze erfolgen, führen häufig zu Nacharbeiten, und je später die Änderungen vorgenommen werden, desto höher sind die

Kosten für die Nacharbeiten und die Wahrscheinlichkeit einer Verzögerung im Zeitplan.

Für Unternehmen, die mehrere große Investitionsprojekte gleichzeitig abwickeln, an denen möglicherweise Dutzende von Unterauftragnehmern und Lieferanten beteiligt sind, können sich durch Budgetüberschreitungen und Verzögerungen erhebliche Kosten summieren. Aus diesem Grund haben sich diese Unternehmen schon seit Längerem mit Automatisierungstechnik-Anbietern zusammengeschlossen, um Informationen, die in Datenbanken und Tabellenblättern gespeichert sind, mit intelligenter Instrumentierung und intelligenten Geräten, digitalen Feldbustechnologien und Ethernet-basierten I/O-Lösungen zu kombinieren, um eine automatische Konfiguration, Validierung und Prüfung von Leitsystemen einschließlich Erstellung der entsprechenden Dokumentation zu ermöglichen. Ein solcher Ansatz fördert die Entkopplung von wechselseitigen Abhängigkeiten innerhalb eines Projekts und erleichtert die parallele Ausführung von Aufgaben. Eine parallele Ausführung mit mehreren Arbeitssträngen wiederum ermöglicht einen flexibleren Umgang mit Änderungen. So kann insbesondere die I/O-Inbetriebnahme parallel zur Anwendungsentwicklung erfolgen →2.

Die Lösung: System 800xA Select I/O

Um die Inbetriebnahme von I/Os parallel zu anderen Engineering-Aufgaben zu ermöglichen und somit die Auswirkungen von Änderungen an fest verdrahteten Signalen zu reduzieren, hat ABB eine Ergänzung zu den I/O-Lösungen der System 800xA-Familie entwickelt. Select I/O ist eine Einkanal-I/O-Lösung für Prozess- und Sicherheitsanwendungen, die über ein redundantes Industrial-Ethernet-I/O-Netzwerk mit dem System kommuniziert →3. Ein redundantes Netzwerk hat die Eigenschaft, dass es nicht an einen bestimmten Controller gebunden ist.



03

Select I/O bietet mehrere Vorteile:

- Anschlüsse können in einer frühen Projektphase vor Ort installiert und verdrahtet werden, sodass keine sperrigen Rangierschränke notwendig sind.
- Viele Aspekte von Select I/O sind standardisiert, was den Testaufwand reduziert.
- Die Hardware, I/Os und die Anwendung können in Software simuliert werden.

Bei traditionellen Automatisierungsprojekten wurden die Mehrkanal-I/O-Module normalerweise unmittelbar nach dem Design Freeze beim Lieferanten bestellt, sodass die Schaltschrankbauer mit dem Montageprozess beginnen konnten. Späte Änderungen würden zu Nacharbeiten führen. Mit Select I/O können die Signaltypen (AI, AO, DI, DO für analoge und digitale Ein- und Ausgänge) viel später durch Hinzufügen einzelner Signalaufbereitungsmodule (Signal Conditioning Modules, SCMs) definiert werden, was die Bedeutung des Design Freeze und die finanziellen Auswirkungen von späten Änderungen mindert →4.

Dies alles ermöglicht den Bau von standardisierten und kompakten Select-I/O-Schränken, die vorprojektiert und vorgeprüft an den Standort verschickt

werden können, wo sie viel früher im Projekt installiert und verdrahtet werden können als herkömmliche Schränke.

Digitales Rangieren

Wird eine I/O in einem Ethernet-Netzwerk bereitgestellt, können alle Controller darauf zugreifen. Daher kann die I/O statt physisch mit Rangierschränken oder Querverdrahtung digital rangiert werden. Wird eine Regelanwendung, die eine Anbindung an bestimmte I/O-Signale erfordert, von einem Controller auf einen anderen verlegt, ist keine Nacharbeit erforderlich, da die I/O-Konktivität automatisch rangiert wird, wenn der Controller seine Anwendungssoftware „kompiliert“. Dieses Konzept minimiert die Notwendigkeit von Änderungsaufträgen für den Endnutzer oder Anlagenbauer.

xStream Engineering

Das xStream Engineering-Konzept basiert auf der Idee, dass mithilfe von System 800xA mehrere (oder „x“) Arbeitsstränge (Work Streams) gleichzeitig und unabhängig voneinander (bzw. entkoppelt) erfolgen können. Indem die Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Projektaufgaben reduziert werden und eine Möglichkeit für eine spätere Zusammenführung geschaffen wird, kann das Risiko einer Projektverzögerung erheblich gesenkt und die Wahrscheinlichkeit eines planmäßigen oder frühzeitigen Projektabschlusses deutlich erhöht werden. Herzstück des Konzepts ist der Ethernet I/O Wizard, ein Bestandteil der System 800xA

Mit ABB Select I/O und der entsprechenden Engineering-Software gehören Budgetüberschreitungen und Projektverzögerungen der Vergangenheit an.

Engineering-Software. Dieser kann in Verbindung mit jeder Projektabwicklungsmethodik verwendet werden, eignet sich aber am besten zur Konfiguration und Funktionsprüfung von Select I/O vor Ort, und zwar vor – und getrennt von – der Bereitstellung der Anwendung.

Zur Veranschaulichung der Funktionsweise von xStream Engineering stelle man sich zwei einfache Arbeitsstränge vor: Der eine Strang umfasst die Aufgaben, die vor Ort durchgeführt werden können, während der andere die Arbeiten an der Anwendung beinhaltet, die an einem anderen Standort (häufig bei ABB oder dem Systemintegrator) durchgeführt werden. Während die I/O-Schränke in einer

—
03 ABB Select-I/O-
Modulsocket.

—
04 Select-I/O-Signal-
aufbereitungsmodul
(SCM).

—
05 Select I/O beschleunigt und vereinfacht die Automatisierung und sorgt für eine erfolgreiche Projektabwicklung.

frühen Phase des Projekts an ihren Standort geliefert werden können, werden folgende Schritte später, kurz vor der Inbetriebnahme, ausgeführt:

1. **Konfigurieren:** An einem bestimmten Select-I/O-Cluster wird der Select-I/O-Modulsocket mit dem für den I/O-Typ passenden SCM bestückt. Anschließend wird ein sogenanntes Field Kit – bestehend aus einem Controller und einem Laptop mit System 800xA Engineering-Tools – an die Ethernet-I/O-Feldkommunikationsschnittstelle (FCI) angeschlossen. Die Select I/O wird automatisch gescannt und mithilfe von Daten aus der I/O-Signalliste (die u. a. den Signalnamen enthält) und HART-Konfigurationsdaten, die in vorhandenen Feldgeräten gespeichert sind, konfiguriert. Außerdem wird automatisch eine Testkonfiguration auf der Basis des erkannten I/O-Typs erstellt, um die Funktionsprüfungen des Regelkreises (Loop

gente Feldgeräte vor Ort auf ihre Funktion hin geprüft werden, während parallel die Anwendungsentwicklung in einem der ABB-Projektzentren erfolgt. Das Erstellen und Speichern der Prüf- und Nachweisdokumentation erfolgt Mithilfe der Vorlagen für Loop Checks des System 800xA Documentation Manager.

3. **Verbinden:** Nach der Funktionsprüfung kann die I/O-Struktur in die Produktanwendung importiert werden, die unter Verwendung der gleichen Signalnamen wie bei der I/O-Konfiguration entwickelt wurde. Bei der Übertragung der I/O-Konfiguration in das Produktsystem werden die Signale automatisch per Soft-Marshalling rangiert, d. h. es ist kein Mapping erforderlich. Mögliche Konflikte oder fehlende I/O-Zuordnungen werden über die Signalübersicht und/oder den Ethernet I/O Wizard gemeldet und schnell korrigiert. Damit ist das System nun bereit für die Inbetriebnahme.

—
Wird eine I/O in einem Ethernet-Netzwerk bereitgestellt, können alle Controller darauf zugreifen. Daher kann die I/O statt physisch digital rangiert werden.

Checks) zu unterstützen. Ist z. B. ein SCM vom Typ AI mit einem HART-Messumformer verbunden, erkennt der Ethernet I/O Wizard dies automatisch, konfiguriert die I/O-Struktur und erstellt ein temporäres AI-Regelmodul für Prüfzwecke.

2. **Prüfen:** Nachdem die I/O konfiguriert und eine Testkonfiguration auf den Regler heruntergeladen ist, können intelligente und nicht intelli-

Die oben beschriebenen Schritte werden vor Ort vorgenommen, während der Anwendungscode bei ABB oder dem Systemintegrator konfiguriert und mit simulierter Hardware geprüft wird. Select I/O und die System 800xA Engineering-Tools unterstützen die Entkopplung von Aufgaben und bieten die Möglichkeit, dass zwei unabhängige Teams parallel zueinander präzise und effizient an einem gemeinsamen Ziel arbeiten können. Damit werden die Auswirkungen von Änderungen während des Projekts und der Inbetriebnahme erheblich gemindert. Alles in allem hilft Select I/O – mit Unterstützung der System 800xA Engineering-Tools – dabei, das oberste Ziel zu erreichen – die Automatisierung aus dem kritischen Pfad von Investitionsprojekten herauszunehmen. Das Ergebnis sind weniger Überraschungen, weniger Änderungsaufträge, eine frühere Inbetriebnahme sowie glücklichere Eigner und Betreiber →5. ●



04



05

ABB ABILITY

Automatisierter Austausch von Engineering-Daten

Der ABB Collaboration Manager (CM) ermöglicht einen automatisierten Austausch von Engineering-Daten zwischen Engineering-Werkzeugen verschiedener Anbieter. Darüber hinaus bietet der CM Funktionen zur Änderungsberechnung, Archivierung, Versionierung, Konsistenzberechnung und -visualisierung sowie eine Cockpit-Ansicht für Projektleiter.



Prerna Bihani
ABB Power Grids,
Grid Integration
Ludvika, Schweden

prerna.bihani@se.abb.com

Projektarbeit ist Teamwork, und Teamwork lebt vom Informationsaustausch. Doch während Ingenieure ihre Ideen problemlos miteinander besprechen können, ist der elektronische Datenaustausch zwischen Engineering-Tools mitunter recht schwierig. Tool-Suites mit einer gemeinsamen Datenbank erscheinen hier zunächst vielversprechend, jedoch binden sie den Kunden an einen einzigen Anbieter, während die besten Engineering-Tools meist von anderen Anbietern stammen. Zudem ist jedes Engineering-Tool zumeist für seinen jeweiligen lokalen Zweck optimiert, aber üblicherweise nicht für die Interaktion mit anderen Tools ausgelegt.



Rainer Drath
Ehem. ABB Senior Principal
Scientist

rainer.drath@
hs-pforzheim.de

Kurz gesagt, die Übergabe von Engineering-Daten von einem Tool zum anderen ist eine mühsame, zeitaufwändige und fehleranfällige Aufgabe, die noch immer zumeist manuell erfolgt – mithilfe ausgedruckter Diagramme, handgeschriebener Zettel oder – im besten Fall – mithilfe von Excel- oder PDF-Dateien. Bei jedem Datenaustausch-Szenario gerät der Projektablauf während der Datenübertragung ins Stocken, und in vielen Fällen gehen bereits bearbeitete Daten sogar verloren und müssen wieder neu erstellt werden. Ein nahtloser Datenaustausch ist nicht etabliert, und oft wird versucht, diese Lücke mit provisorischen selbstentwickelten Lösungen zu füllen.

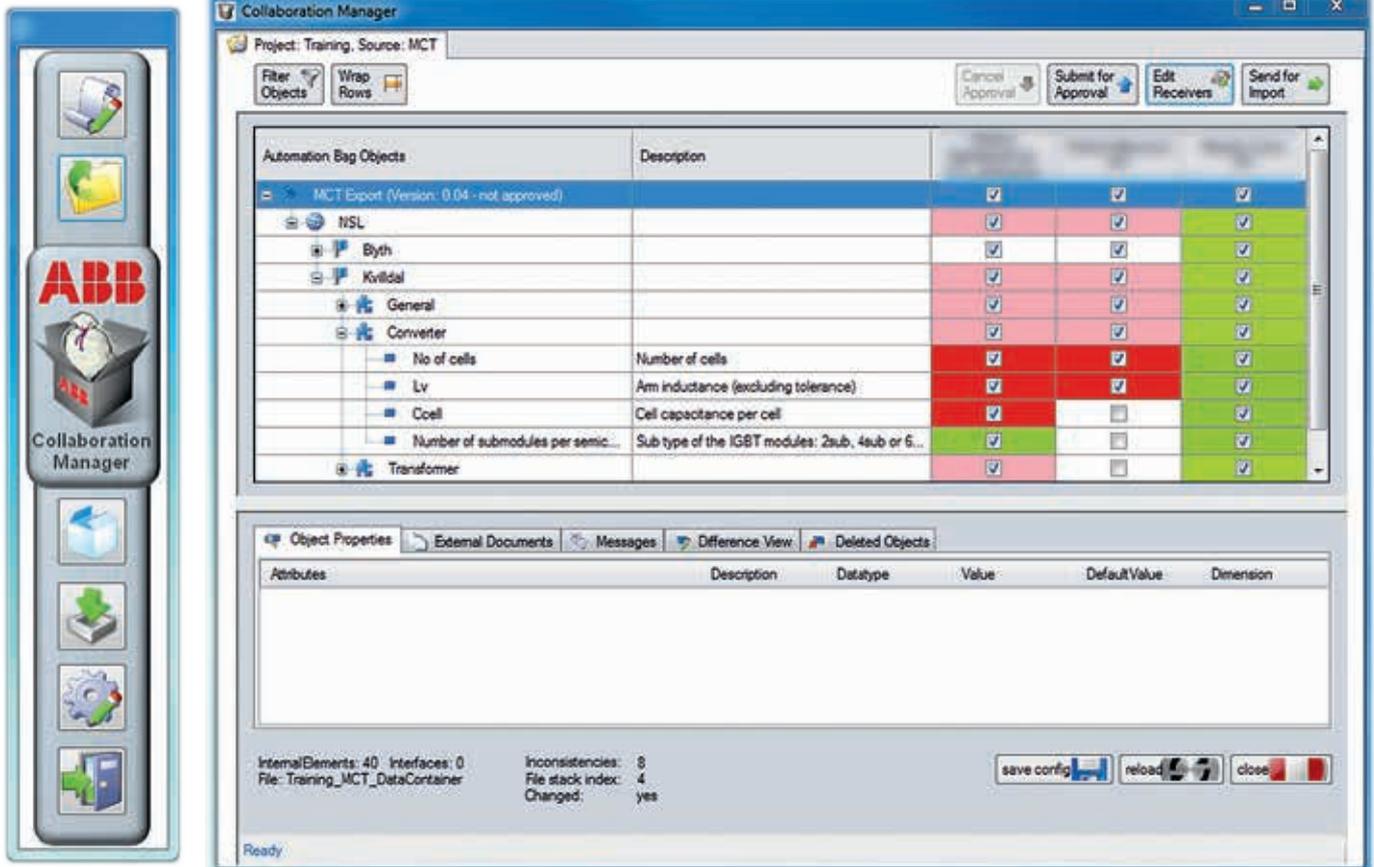
Dieses Fehlen eines systematischen und geführten Datenaustauschs – einschließlich der Behandlung von Unterschieden und der Prüfung auf Konsistenz – veranlasste die Forschung von ABB dazu, den Collaboration Manager (CM) zu entwickeln. Der

—
Die Übergabe von Engineering-Daten zwischen Tools ist eine mühsame, zeitaufwändige und fehleranfällige Aufgabe, die noch immer zumeist manuell erfolgt.

ABB-Unternehmensbereich für Hochspannungsgleichstromübertragung (HGÜ) in Schweden hat den CM mittlerweile in seine Arbeitsabläufe integriert und erzielt damit erhebliche Kosteneinsparungen und Qualitätsverbesserungen.

Die Grundidee des Collaboration Managers

ABB hat das CM-Konzept entwickelt, um Ingenieuren einen geführten elektronischen und automatisierten Datenaustausch zwischen Tools verschiedener Anbieter in einer heterogenen Werkzeuglandschaft zu ermöglichen [1–5]. Hierzu bietet der



01

—
01 CM: Beispiel für die Ansicht eines Daten-eigentümers mit drei Empfängern.

CM Funktionen, die mit Excel-Dateien so nicht möglich sind, wie Änderungsberechnung, Archivierung, Versionierung, Konsistenzberechnung und -visualisierung sowie ein Projektleiter-Cockpit.

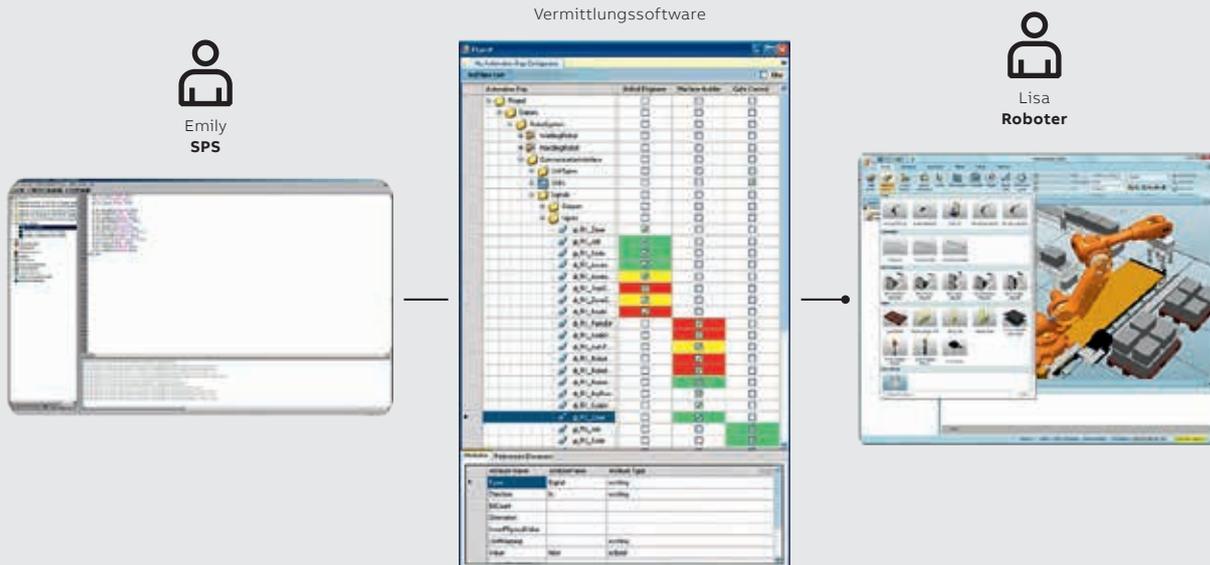
Eine wichtige Eigenschaft des CM ist seine Einfachheit, sowohl technisch als auch in der Anwendung: Der Datenaustausch basiert auf Dateien, die in gemeinsam genutzten Ordnern in einem Netzwerk

—
Das Konzept des CM ermöglicht Ingenieuren einen geführten elektronischen und automatisierten Datenaustausch zwischen Tools verschiedener Anbieter.

oder der Cloud gespeichert werden. Der CM fungiert dabei als Vermittlungssoftware →1–2 und wurde speziell für den iterativen Datenaustausch zwischen einer beliebigen Anzahl unabhängiger Engineering-Toolpaare konzipiert.

→3 zeigt einen typischen CM-Workflow: Emily ist hier exemplarisch die Eigentümerin von Engineering-Daten einer SPS (speicherprogrammierbaren Steuerung). Sie sendet einen Teil dieser Daten an die Roboter-Ingenieurin Lisa, die als Datenempfängerin fungiert. Der CM weiß, welche Daten von Lisa verwendet wurden, und kann zu jeder Zeit prüfen und anzeigen, ob die beiden Datensätze synchronisiert sind. Die wahre Stärke des CM zeigt sich jedoch bei sich wiederholenden Iterationen: Emily führt Änderungen durch und sendet eine neue Version der Daten an Lisa. Der CM kann die Datensätze vergleichen und Unterschiede bzw. Inkonsistenzen für Emily und Lisa farblich hervorheben.

Technisch zeichnet sich der CM durch eine einfache Softwarearchitektur ohne jede Datenbanken, Client-Server- oder serviceorientierte Architektur (SOA) aus. Der einfache, dateibasierte Ansatz erfordert lediglich den Zugriff auf einen gemeinsamen Dateiserver oder ein Cloud-basiertes Speichersystem wie SharePoint. Als Dateiformat nutzt der CM den AutomationML-Standard gemäß IEC 62714 [6]. AutomationML-Dateien werden durch Ablegen in einen bestimmten Ordner versendet. Selbst ein Offline-Austausch per E-Mail oder USB-Stick wird unterstützt.



02

Der CM archiviert automatisch alle ausgetauschten Dateien und bietet eine Vergleichsfunktion, die sämtliche Änderungen überwacht und anzeigt. Er unterstützt damit den Datenaustausch inklusive Änderungs- und Versionsmanagement zwischen voneinander unabhängigen Tools, die sich nicht „kennen“ müssen. Darüber hinaus werden Eigentumskonflikte systematisch verhindert und die Konsistenz der Daten über verschiedene Engineering-Tools hinweg sichergestellt. Insgesamt bietet der CM Vorteile für verschiedene Nutzergruppen:

- Ingenieuren ermöglicht der CM einen transparenten Datenaustausch mit anderen Ingenieuren und liefert kontinuierlich Informationen über Inkonsistenzen zwischen den Daten des eigenen Engineering-Tools und denen des Empfängers. Der Datenaustausch wird durch die Ingenieure selbst initiiert, was die Verantwortung der Ingenieure unterstreicht und einen spontanen Datenaustausch zwischen zwei beliebigen Engineering-Tools ermöglicht.
- Projektleitern liefert der CM alle wichtigen Informationen zur Dateninkonsistenz aller Teilnehmer über das gesamte Projekt hinweg und hebt diejenigen Punkte hervor, die besondere Aufmerksamkeit erfordern.
- Softwareentwicklern und Hosting-Unternehmen bietet der CM eine Plug-In-Architektur, die den Aufwand bei der Entwicklung von Importern/Exportern stark vereinfacht.

Der CM und HGÜ – Business trifft Innovation

Seit 1954 gehört ABB zu den Pionieren auf dem Gebiet der HGÜ, die eine zuverlässige und effiziente Übertragung von elektrischer Energie über große Entfernungen mit minimalen Verlusten ermöglicht. Bis heute hat ABB mehr als 110 HGÜ-Projekte mit einer Gesamtleistung von über 120.000 MW realisiert, was etwa der Hälfte der weltweit installierten Leistung entspricht.

—
Der Datenaustausch basiert auf Dateien, die in gemeinsam genutzten Ordnern in einem Netzwerk oder der Cloud gespeichert werden.

Zurzeit benötigt ABB für HGÜ-Projekte rund 40 Engineering-Tools auf 20 verschiedenen Plattformen. In einem typischen Jahr laufen allein in der Abteilung System Design etwa 30 parallele Workflows mit rund 400 Interaktionspunkten für den Datenaustausch. Jede Interaktion ist wiederum mit einer oder mehreren Datenübertragungen zwischen einem Sender und einem Empfänger verbunden. Geht man von zwei Datenaustauschen pro Interaktionspunkt und Jahr aus, ergibt dies 24.000 Datenaustausche im Jahr. Werden in einem Workflow 20 Parameter im Jahr ausgetauscht, sind dies 480.000 Parameter, die ausgetauscht werden müssen.

—
02 Früher CM-Prototyp zur Veranschaulichung des Grundkonzepts.

—
03 CM-Workflow.

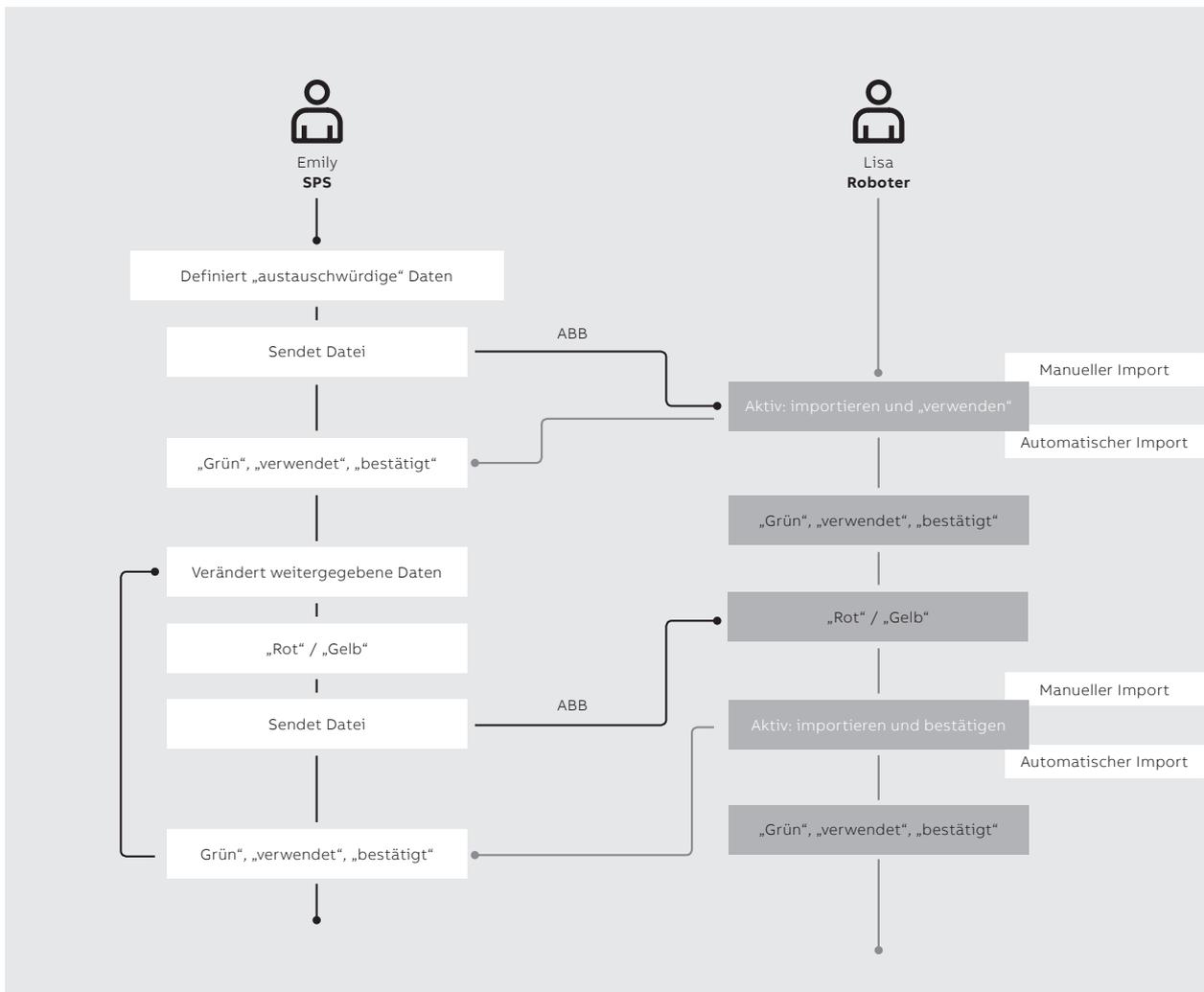
Der überwiegende Teil dieser Datenübertragungen erfolgt derzeit auf dem Papier – ein fehleranfälliger Prozess, der jedes Jahr einen Aufwand von mehreren Personenjahren erfordert. Angesichts mehrerer Iterationen, eines fehlenden Änderungsmanagements, Verzögerungen bei den Vorlaufzeiten und der Wiederholung grundsätzlich gleicher Szenarien in anderen Abteilungen können die Kosten schnell in die Höhe steigen.

Um dies zu verbessern, wurden verschiedene Anstrengungen unternommen, darunter auch ein Projekt zu Datenströmen, um ein besseres Verständnis für die Komplexität der Datenübertragungen in Engineering-Studien zu entwickeln. Dabei wurde zunehmend die Notwendigkeit eines automatisierten Datenaustauschs mit Änderungsmanagement deutlich, und eine Reihe von wünschenswerten Funktionen für eine entsprechende Software wurde identifiziert. Erste Versuche erfolgten

mit einem internen Excel-basierten Datenaustauschtool. Allerdings war damit kein richtiges Änderungsmanagement möglich, und die Daten konnten nur zwischen Excel-Arbeitsmappen ausgetauscht werden.

—
Der ABB-Unternehmensbereich HGÜ hat den CM in seine Arbeitsabläufe integriert und erzielt damit erhebliche Kosteneinsparungen und Qualitätsverbesserungen.

Der CM ist die perfekte Lösung für den Datenaustausch in HGÜ-Projekten. Dank der Software und dem Basisformat AutomationML – einem neutralen XML-basierten Datenformat, das speziell für den Austausch von Engineering-Daten entwickelt



—
04 Project Cockpit: Beispiel einer Statusübersicht mit neun Projekt-Ingenieuren und sechs Tools.

—
05 CM: Ansicht eines Empfängers nach dem Datenimport per Maus-klick.

wurde – ist ein einfacher und effektiver automatisierter Datenaustausch zwischen den heterogenen Engineering-Tools sowie ein wirksames Änderungsmanagement möglich.

—
Der CM zeichnet sich durch eine einfache Softwarearchitektur ohne jede Datenbanken, Client-Server- oder service-orientierte Architektur aus.

Der CM für HGÜ: mehr Qualität und Effizienz durch digitalen Datenaustausch

Im Zuge der Anpassung für HGÜ-Projekte bei ABB wurde der CM-Forschungsprototyp um einige neue Funktionen ergänzt:

- Das Project Cockpit liefert einen Überblick über den aktuellen Status der Datenübertragungen für ein gesamtes Projekt. Dieser stellt den aktuellen Status der Konsistenz aller Datenaustauschpunkte in einer farbkodierten Sender-Empfänger-Matrix dar. Jede Zelle dieser Matrix visualisiert den Synchronisationsstatus eines Empfängers gegenüber seinen zugehörigen Senderdaten →4. Mithilfe des Project Cockpits können Projektleiter jederzeit Statusänderungen erkennen und auf einfache Weise Problem-bereiche identifizieren und angehen.

- Ein neuer digitaler Genehmigungsprozess bietet die Möglichkeit, die Datenqualität durch einen „Approver“ (ein Experte, der die Daten prüft und freigibt) zu bestätigen. Einem Datensatz können mehrere Approver zugewiesen werden. Ist dieser von allen bestätigt, wird er als „approved“ (genehmigt), oder andernfalls als „rejected“ (abgewiesen) markiert. Die Versionsnummer eines Datensatzes ist zur einfachen Erkennung der Datenqualität ebenfalls mit dem Genehmigungsstatus verknüpft.

—
Der CM archiviert automatisch alle ausgetauschten Dateien und bietet eine Vergleichsfunktion, die sämtliche Änderungen überwacht und anzeigt.

- Eine effiziente Mapping-Technologie im AutomationML-Datenmodell ermöglicht die Zuordnung von Parametern des Quell-Tools zu entsprechenden Parametern des/der Ziel-Tools über vordefinierte Tool-Klassen, die während des Vorgangs von Exportern und Importern gelesen werden. Dies hat zwei Vorteile: Zum einen werden auf der Senderseite nur die für den jeweiligen Empfänger relevanten Daten zur Übertragung ausgewählt, und zum anderen können die Empfänger Daten mit einem einzigen Klick ohne manuelle Zuordnung importieren →5. Dies funktioniert ohne einen gemeinsamen semantischen Standard, eine Schlüssel-fähigkeit von AutomationML.

		Receiver Tool Folders								
Used data % (version #)		MCT2	PSCAD2	RS2	CTI_Harmonics	MCT	RS1	ISO	PSCAD	HAP
Sender Tool Folders	MCT2		0.00 % (v.1.0)	99.99 % (v.1.0)	90.40 % (v.1.0)					
	PSCAD2									
	RS2									
	CTI_Harmonics									
	MCT		65.99 % (v.2.0)	99.99 % (v.2.0)	85.71 % (v.2.0)		99.99 % (v.2.0)	100.00 % (v.1.0)		
	RS1									
	ISO			100.00 % (v.3.0)			99.99 % (v.3.0)		85.71 % (v.3.0)	
	PSCAD									
	HAP			7.00 % (v.3.0)				99.99 % (v.3.0)		

 ABB ABILITY

Optimierung für den Bergbau

Dank ABB Ability™ profitieren Bergbaukunden von verbesserten Prozessen und Betriebsabläufen.



Eduardo Galleste
Venkat Nadipuram
ABB Process Automation
Dättwil, Schweiz

eduardo.galleste@
ch.abb.com
venkat.nadipuram@
ch.abb.com

Bergbauunternehmen sind in einer schwierigen Situation: Einerseits sinken die Verkaufspreise für ihre Produkte, andererseits sind sie gezwungen, entlegene und weniger hochwertige Lagerstätten zu erschließen. Gleichzeitig sehen sie sich mit steigenden Energiekosten und strengeren Umweltauflagen konfrontiert. Diese Herausforderungen können nur durch sorgfältige Optimierung der Prozessleistung und Verbesserung der Anlagenverfügbarkeit bewältigt werden.

ABB hat ein Programm ins Leben gerufen, um die Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit von Bergbauanwendungen mithilfe der ABB Ability™-Plattform zu verbessern.

ABB gehört zu den führenden Anbietern von Lösungen für die Elektrifizierung und Automatisierung in der Mineralstoffindustrie. Das Angebot umfasst Produkte und Dienstleistungen für Mahl-, Förder- und Materialhandhabungsanwendungen, darunter Komponenten wie Direktumrichter, drehzahlregelte Antriebe, Motoren, Getriebe und anwendungsspezifische Software.



Modernisierte Schachtförderanlage von ASEA in Sudbury, Ontario (Kanada).



ABB hat ein Programm ins Leben gerufen, um die Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit von Bergbauanwendungen mithilfe der ABB Ability™-Plattform zu verbessern. Zudem soll das Programm einen besseren Betrieb aus der Ferne ermöglichen und den Einsatz von gehobenen Prozessregelungen unterstützen, um eine optimale Anlagenutzung zu gewährleisten.

Hierbei nutzt ABB analytische Methoden aus dem Bereich Big Data, um Modelle zu entwickeln, die dabei helfen, Systemausfälle vorherzusagen und die Leistungsfähigkeit zu steigern. Genutzt werden Daten wie:

- hochfrequente elektrische Daten
- Prozessdaten von Mineralstoffprozessen mit Bezug zur Zuverlässigkeit, Leistungsfähigkeit und Qualität, typischerweise von Mahl-, Förder- und Hebeanwendungen.

Ein integraler Bestandteil des Konzepts ist die Einrichtung von Kollaborationszentren, von denen aus ABB ihre Kunden mithilfe von Spezialisten unterstützt, um eine schnellstmögliche Reaktion und den Zugang zum globalen Know-how des Unternehmens zu gewährleisten.

Die erwarteten Ergebnisse sind:

- Niedrigere Betriebskosten
- Höhere Produktivität und Energieeffizienz bei erschwinglichen Kosten
- Bessere Kapitalrendite durch Verlängerung der Anlagenlebensdauer und Senkung der Lebenszykluskosten ●



47

Schutz und Sicherheit



60





Die Sicherheit von industriellen Prozessen und der elektrischen Energieverteilung zu gewährleisten, geht weit über Backups, Ausfallsicherheit und Redundanzen hinaus. Um zu wissen, wie die Funktionen von Systemen geschützt werden können, ist ein fundiertes Verständnis ihrer Arbeitsweise erforderlich. Dieses Wissen bildet die Grundlage für die Entwicklung der Produkte von ABB, die verschiedenste Anwendungen von Schiffen bis hin zu Mikronetzen unterstützen.



- 40 Stromkreisüberwachungssystem CMS
- 47 Mittelspannungs-USV bietet Schutz im Megawattbereich
- 54 Logische Zonenselektivität mit Emax 2 und Ekip Link
- 60 Emax 2 schützt, überwacht und steuert Mikronetze

SCHUTZ UND SICHERHEIT

Stromkreisüberwachungssystem CMS

Das neue ultrakompakte und leistungsfähige Mehrkanal-Stromkreisüberwachungssystem CMS von ABB bietet Betreibern von großen und komplexen elektrischen Anlagen die Möglichkeit, elektrische Parameter wie Stromstärke, Leistung, Energie und Oberschwingungen in jedem Abzweig zu überwachen, zu visualisieren, aufzuzeichnen und zu exportieren.

Paweł Ludowski
Piotr Ryba
Jerzy Wasacz

ABB Corporate Research
Krakau, Polen

pawel.ludowski@pl.abb.com
piotr.ryba@pl.abb.com
jerzy.wasacz@pl.abb.com

Harm deRoo
Nico Ninov
Fabian Maier

ABB Low Voltage Products
Schaffhausen, Schweiz

harm.deroo@ch.abb.com
nico.ninov@ch.abb.com
fabian.maier@ch.abb.com

Angesichts steigender Energiekosten und eines wachsenden Bewusstseins für die CO₂-Bilanz benötigen die Betreiber von Anlagen mit umfangreichen und komplexen Stromversorgungsinfrastrukturen wie Rechenzentren, Flughäfen, Krankenhäuser und Banken einen genauen Einblick in die Energienutzung in jedem einzelnen Abzweig ihres Netzes. Dies kann mithilfe des neuen CMS (Current Monitoring System) von ABB erreicht werden, einer Produktfamilie aus ultrakompakten und leistungsfähigen Mehrkanal-Stromkreisüberwachungssystemen →1.

Die CMS-700 wurde speziell für die Anforderungen kritischer Anwendungen wie Rechenzentren entwickelt.

Das CMS besteht aus einer Steuereinheit und mehreren Sensoren. Die einzelnen Komponenten des Systems können problemlos in Schalt- und Verteilerschränken installiert werden und eignen sich zur Nachrüstung bestehender Anlagen. Bei der Entwicklung des Systems wurde besonderer Wert auf

Anwenderfreundlichkeit, einen großen Messbereich (bis zu 160 A) und skalierbare Lösungen für jede Anwendung gelegt. Das CMS erweitert das bestehende Produkt CMS-600 mit der neuen Steuereinheit CMS-700, die nicht nur die Überwachung des Stroms, sondern auch anderer elektrischer Parameter wie Leistung, Energie oder der harmonischen Gesamtverzerrung (THD) sowohl an der dreiphasigen Hauptnetzeinspeisung als auch in jedem Abzweig mit neuen Sensortypen ermöglichen. Zu den neuen Funktionen gehören die Visualisierung über eine Web-Benutzeroberfläche, Datenaufzeichnung, automatischer Datenexport und Ethernet-Kommunikation.

Die CMS-700 wurde speziell für kritische Anwendungen wie Rechenzentren entwickelt, doch das CMS eignet sich auch für andere Energieüberwachungsanwendungen, z. B. zur Identifizierung von Einsparungspotenzialen in Zweckbauten wie Bürogebäuden.

—
01 Stromkreisüber-
wachungssystem.

CMS-Hardware

Das Herzstück der Steuereinheit CMS-700 ist ein Anwendungsprozessor vom Typ Texas Instruments AM3352 ARM Cortex-A8 →2, der mit einem 256 MB DDR3 RAM und einem 4 GB eMMC Flash-Speicher

—
Das CMS eignet sich auch für andere Energieüberwachungsanwendungen, z. B. zur Identifizierung von Einsparungspotenzialen in Bürogebäuden.

ausgerüstet ist. Die Kommunikation erfolgt über TCP/IP, Modbus RTU, Modbus TCP/IP oder SNMP v1, v2c bzw. v3. Eine Ethernet-Verbindung ermöglicht den Zugang zu einer Web-Benutzeroberfläche über ein HTTP-Anwendungsprotokoll sowie den Zugang zu Messdaten über Modbus TCP/IP bzw. SNMP-Protokolle. Drei MODBUS-Anschlüsse für CMS-Stromsensoren ermöglichen den Anschluss von bis zu 96 Sensoren (32 pro Kanal).

Darüber hinaus steht ein isolierter externer Modbus-Anschluss als industrielle Standard-Kommunikationsschnittstelle zur Verfügung und sichert die Abwärtskompatibilität mit der Vorgängerversion CMS-600. Ein Netzüberwachungskreis ist ebenfalls enthalten. Dieser misst elektrische Parameter wie Effektivspannung (VRMS) und -strom (IRMS), Leistungsfaktor, Energie, Wirkleistung, Blindleistung und Scheinleistung. Die harmonische Gesamtverzerrung der Spannungen und Ströme wird ebenfalls berechnet. Die Daten werden über einen I2C-Bus an den Hauptprozessor übermittelt. Das gesamte System wird direkt vom Außenleiter L1 gespeist, während die Flyback-Topologie des AC/DC-Wandlers für die Isolierung und Niederspannungsversorgung des gesamten Geräts und der externen Sensoren über CMM-Ports (Communication Media Module) sorgt.

Die CMS-700 besitzt drei separate Platinen: Eine Platine mit einer CPU, RAM, Flash-Speicher und Ethernet-Schnittstelle stellt die Rechenleistung bereit →3. Eine zweite Platine enthält den AC/DC-Wandler, die Energieüberwachungsschaltung und die externe Modbus-Schnittstelle sowie

01



Anschlüsse für Spannungs- und Stromeingänge. Die dritte und kleinste Platine enthält Anschlüsse und eine Schutzschaltung für die Verbindung zwischen der Prozessorplatine und den externen CMM-Sensoren. Eine Explosionsansicht des gesamten Geräts ist in →4 dargestellt.

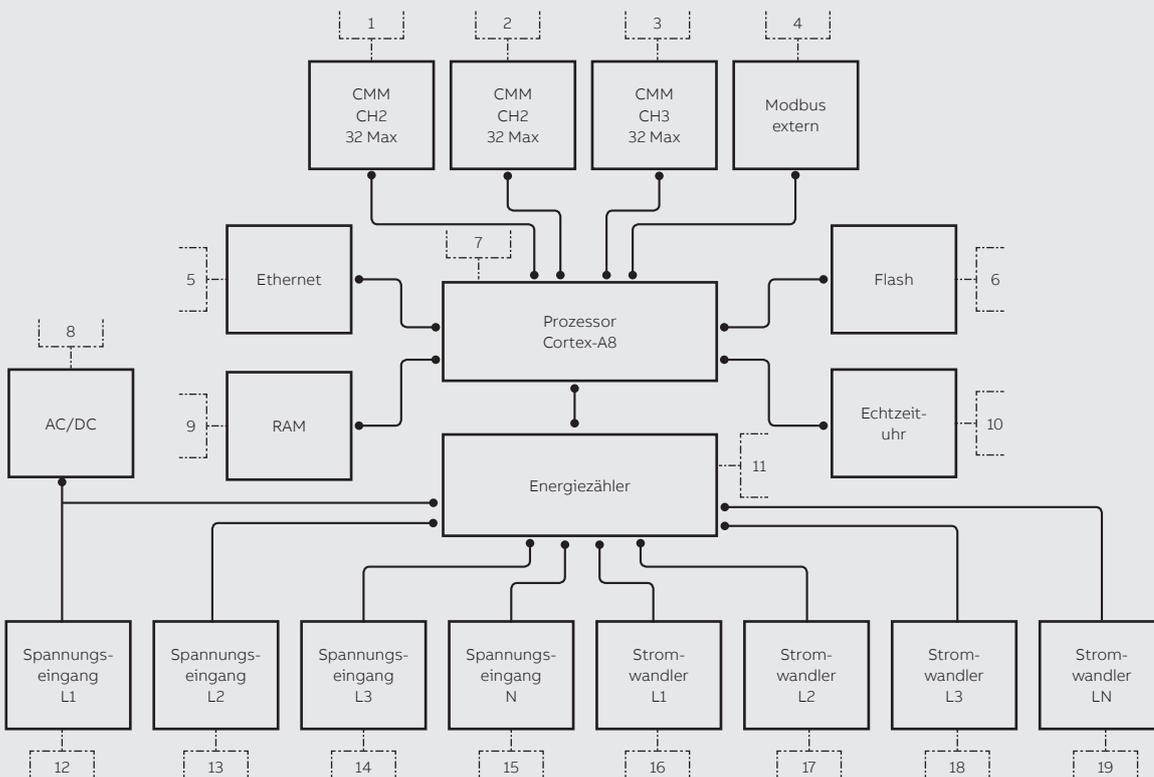
Drei MODBUS-Anschlüsse für CMS-Stromsensoren ermöglichen den Anschluss von bis zu 96 Sensoren.

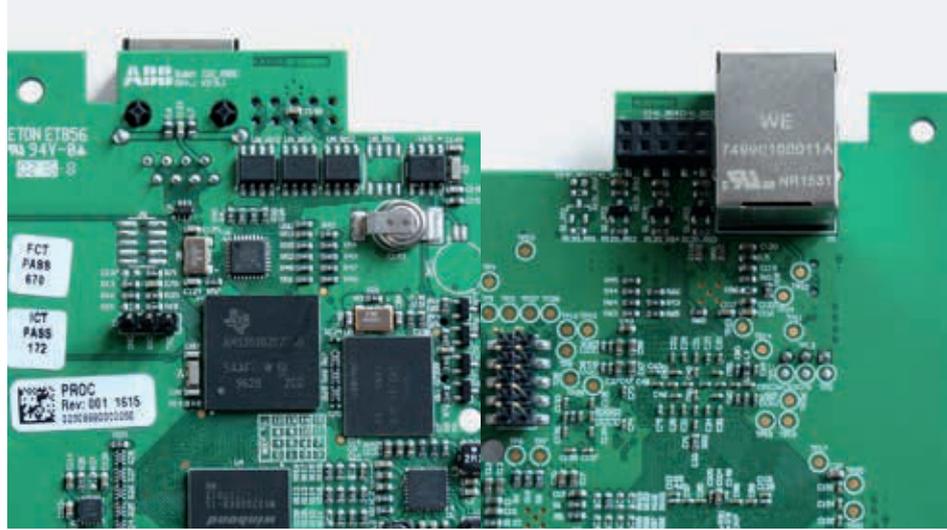
Simulation des Hardwaredesigns

Die Entwicklung der Elektronik wurde von numerischen Strömungssimulationen (Computational Fluid Dynamics, CFD) in der Software ANSYS Fluent unterstützt. Die CAD-Modelle (Computer Aided

Design) wurden aus Altium Designer ins STEP-Format exportiert und anschließend in SolidWorks importiert und vereinfacht. Die Platinenmodelle wurden im Gehäusemodell angeordnet und anschließend in die ANSYS-Software geladen, wo das Finite-Volumen-Netz erstellt und die physikalischen Bedingungen für die Simulation definiert wurden →5.

Entscheidend bei dieser Art der Simulation ist die korrekte Modellierung der mehrlagigen Multi-layer-Platinen. Die Platinen der CMS-700 bestehen aus bis zu sechs 35 µm starken Kupferlagen mit dazwischen angeordnetem FR4-Laminat. Die Vernetzung (Meshing) der dünnen Kupferlagen erfolgte mithilfe eines Schalen-Konstruktionsmodells, in dem die virtuelle Dicke und thermische Leitfähigkeit jeder Lage definiert wurden.





03

—
02 Blockschaltbild der Hardware.

—
03 Prozessorplatine.

—
04 Explosionsansicht der Steuereinheit CMS-700.

Die CFD-Simulationen ermöglichten die Erkennung von heißen Stellen und eine Beurteilung des Gehäusedesigns unter Berücksichtigung der Wärmeableitung →6. Darüber hinaus halfen die Simulationen bei Auslegung der Messwiderstände für die Strommessung. Idealerweise sollten Widerstände einen geringen Widerstandswert besitzen (um möglichst wenig Wärme zu erzeugen), doch ein geringer Widerstand ist mit höheren Bauteilkosten verbunden. Mithilfe der CFD-Modellierung wurde der bestmögliche Kompromiss zwischen Wärme-erzeugung und Kosten gefunden.

Nach dem Bau der ersten Prototypen wurden die CFD-Simulationen durch Temperaturmessungen verifiziert. Dabei wurden heiße Stellen mithilfe einer Infrarotkamera lokalisiert und Temperaturprofile mithilfe von Widerstandstemperaturfühlern des Typs PT100 ermittelt, wobei die Messungen die Genauigkeit der CFD-Simulationen bestätigten →7.

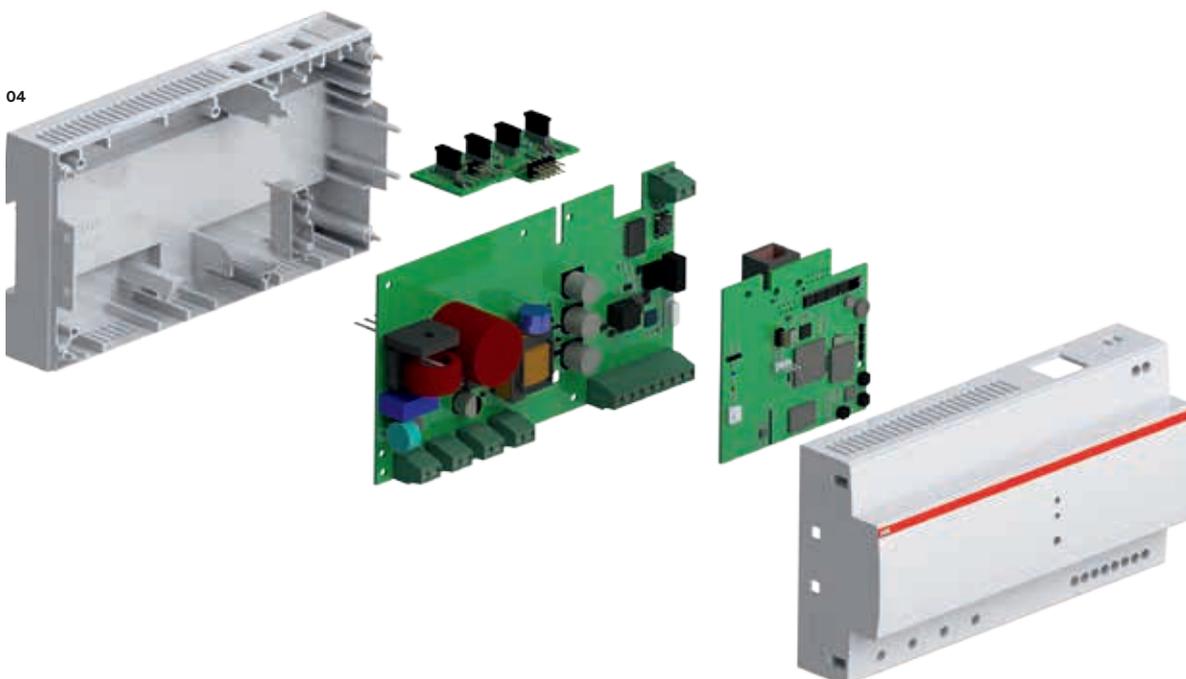
Die Robustheit des Hardwaredesigns wurde zudem durch Prüfungen der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) nach IEC-Norm bestätigt.

Software

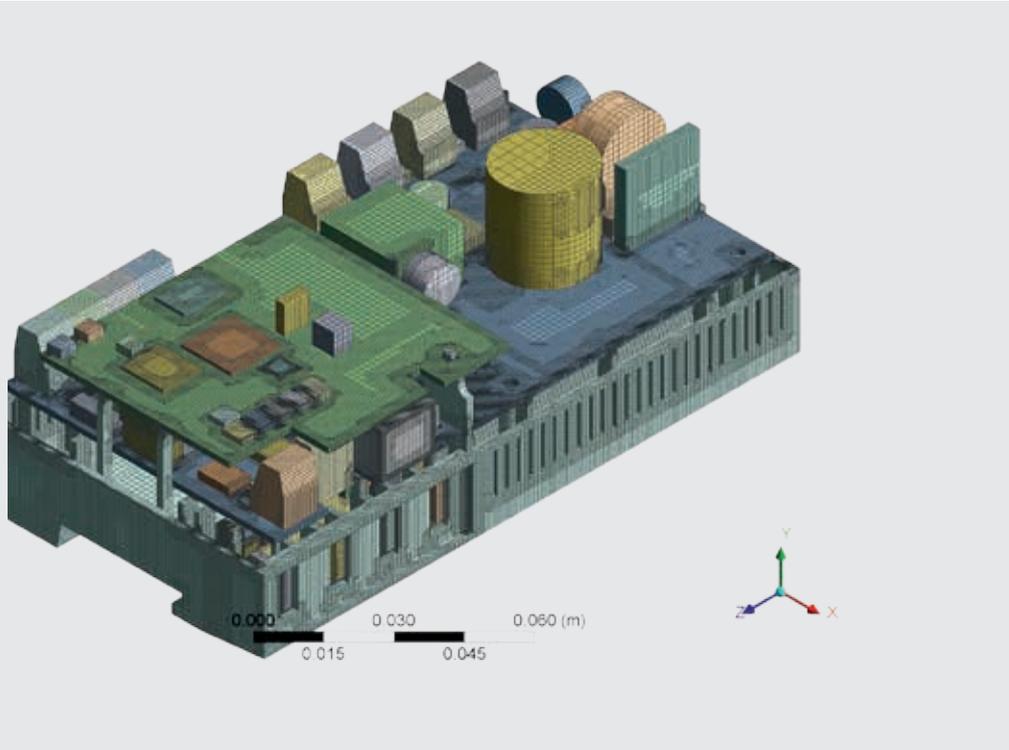
Die CMS-700 wird durch eingebettete Software gesteuert, die auf einem eigens zugeschnittenen Linux-System läuft. Das eingebettete Betriebssystem enthält einen Bootloader, einen Linux-Kernel

—
Die Robustheit des Hardware-
designs wurde durch EMV-
Prüfungen nach IEC-Norm
bestätigt.

und das Root-Dateisystem. Alle Systemkomponenten wurden mithilfe der Linaro GCC-Toolchain für die ARM-Architektur kompiliert. Der Bootloader und Linux-Kernel wurden mithilfe eines Linux-SDK (Software Development Kit) von Texas Instruments erstellt. Die Erstellung des Root-Dateisystems



04



05

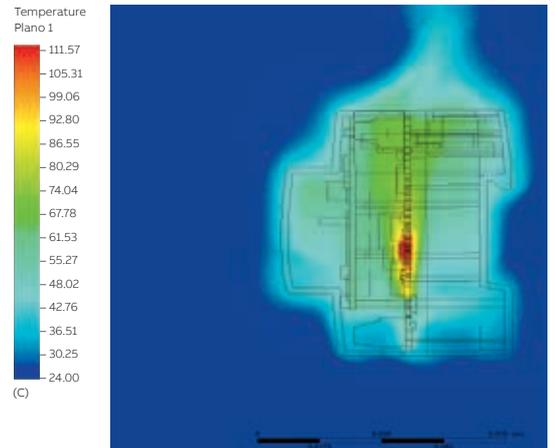
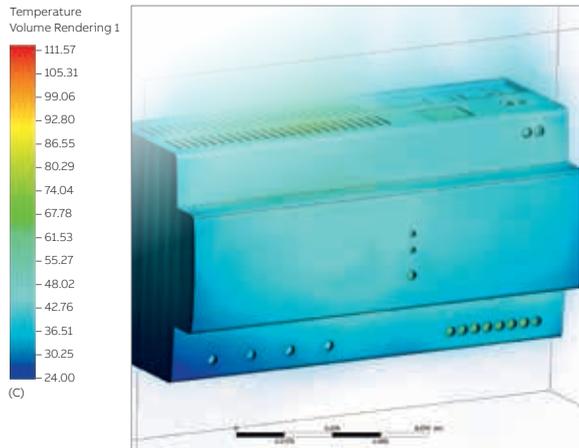
erfolgte mithilfe des Tools Buildroot, wobei ein universeller Open-Source-Bootloader gewählt wurde.

Firewall

Die CMS-700 ist durch eine interne Firewall auf Basis des Netzwerk-Paketfilters nftables, einem Subsystem des Linux-Kernels, geschützt. Firewall-Regeln erlauben ausschließlich Verbindungen zu HTTP-, SNMP- und Modbus-Diensten. Außerdem unterstützt die Firewall eine Verbindungsüberwachung (Connection Tracking), was die Implementierung einer zustandsorientierten Firewall (Stateful-Firewall) und Konfiguration von Paket-

begrenzern ermöglicht. Diese Art Firewall kann so konfiguriert werden, dass alle eingehenden Datenpakete akzeptiert werden, die zu einer von der CMS-700 initiierten Verbindung gehören (Zustand „established“) oder mit Verbindungen, die von der CMS-700 initiiert wurden, in Beziehung stehen (Zustand „related“). Diese Funktion wird z. B. verwendet, um eine Antwort vom NTP-Server (Network Time Protocol) zuzulassen, wenn die Verbindung von der CMS-700 initiiert wurde.

Die Firewall schützt das Gerät nicht nur gegen unberechtigten Zugriff, sondern auch vor DoS-Angriffen (Denial-of-Service) einschließlich ARP-,



06

—
05 Finite-Volumen-Netz des CAD-Modells.

—
06 Ergebnisse der CFD-Simulationen: Temperaturverteilung im und am Gehäuse.

—
07 Vergleich der CFD-Simulationsergebnisse mit PT100-Temperaturmessungen.

07a Die CFD-Simulation zeigt heiße Stellen an der Unterseite der acht oberflächenmontierten Bauelemente auf der Platine mit AC/DC-Wandler, Energieüberwachungsschaltung und externer Modbus-Schnittstelle.

07b Die PT100-Messung entlang der Strecke 1 spiegelt das Temperaturprofil der Simulation (linkes Bauelement) wider.

ICMP-, IP-, TCP- und UDP-Paketstürmen. Der Geräteschutz wurde im ABB Device Security Assurance Center verifiziert, wo die CMS-700 Cybersicherheits-tests nach ABB-Richtlinien unterzogen wurde.

Backend- und Frontend-Code

Der für die Messungen, Datenübertragung, Konfiguration und Visualisierung zuständige Code kann in Backend- und Frontend-Code unterteilt werden.

Messwerte von den CMM-Sensoren werden als Verlaufsdiagramm und als aktuelle Werte in einer Tabelle angezeigt.

Der Backend-Code bildet die Mittelschicht zwischen der Web-Benutzeroberfläche und der Hardware. Er ermöglicht die Gerätekommunikation, Messungen, Datenerfassung und die Datenübertragung per SNMP- und Modbus-Protokoll. Die Frontend-Software ist die Web-Benutzeroberfläche, die unter Verwendung eines AngularJS-

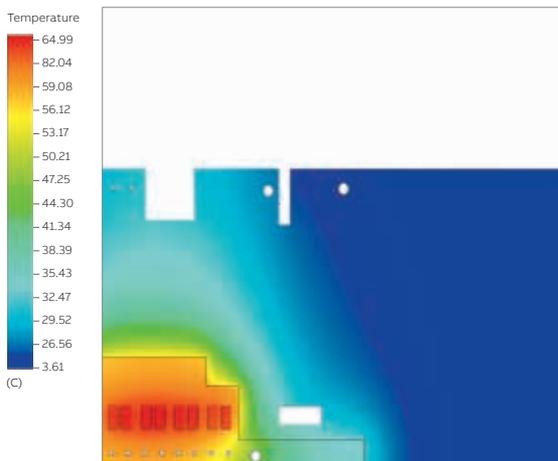
Frameworks in JavaScript programmiert wurde. Die gesamte HTTP-Übertragung zwischen der CMS-700 und dem Web-Browser ist durch SSL-Technologie (Secure Sockets Layer) verschlüsselt.

Konfiguration

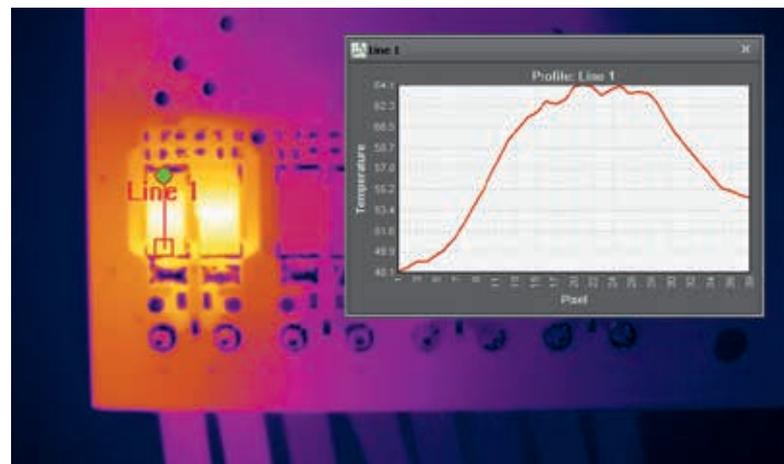
Die Weboberfläche des Geräts zeigt die Messwerte und kann in mehreren Sprachen konfiguriert werden.

Messwerte von den CMM-Sensoren werden als Verlaufsdiagramm und als aktuelle Werte in einer Tabelle angezeigt. Da sämtliche Messdaten vom Gerät gespeichert werden, gibt es eine Oberfläche zur Darstellung von historischen Daten (die als .csv-Dateien exportiert werden können). Die gleichen Funktionen stehen für Netzqualitätsmessungen (Spannung, Strom, THD, Leistungsfaktor, Wirk-, Blind- und Scheinleistung) zur Verfügung. Darüber hinaus berechnet die CMS-700 den Energieverbrauch im Hauptnetz und in den von CMM-Sensoren überwachten Abzweigen. Diese können in separaten Ansichten dargestellt werden.

Im Konfigurationsbereich können Parameter wie die Stromwandler-Verhältnisse für das Hauptnetz eingestellt werden. Auch eine umfassende Konfiguration der CMM-Sensoren ist möglich. So können z.B. Parameter für die Datenbindung (Name



07a



07b

—
08 Open-Core-Sensor.

—
09 Solid-Core-Sensor.

des Abzweigs, zugeordnete Gruppe, zugeordnete Phase und Leistungsfaktorkorrektur) hinzugefügt, entfernt, angezeigt, identifiziert und bearbeitet werden. Auch das Ziel für den automatischen Datenexport – E-Mail oder FTP-Server – ist ebenso wie Kommunikationsprotokolle, Sprache, Zeit, Passwörter, Softwareupdates und das Zurücksetzen auf die Werkseinstellungen über die Weboberfläche einstellbar.

—

Jeder Sensor verfügt über einen eigenen Mikroprozessor zur Signalverarbeitung, d. h. die Messdaten werden digital über die Busschnittstelle an die Steuereinheit übertragen.

Neue Sensoren

Die Sensoren besitzen eine standardisierte Breite von 18 bzw. 25 mm und können Oberschwingungen sowie Wechsel-, Gleich- oder Mischströme bis 160 A (TRMS) messen.

Jeder Sensor verfügt über einen eigenen Mikroprozessor zur Signalverarbeitung, d. h. die Messdaten werden digital über die Busschnittstelle an die Steuereinheit übertragen. Dies reduziert den Verkabelungsaufwand in der Verteilung und maximiert die Zuverlässigkeit der Messwertübertragung. Störungen, wie sie bei analogen Daten auftreten, sind ausgeschlossen.

Die ABB CMS-Sensoren sind in Open-Core- oder Solid-Core-Ausführung erhältlich →8–9. Die Solid-Core-Sensoren sind geschlossen ausgeführt und eignen sich mit einer AC-Genauigkeit von $\leq \pm 0,5\%$ für alle Anwendungen, in denen es auf höchste Messgenauigkeit ankommt. Dank ihrer U-Form lassen sich die Open-Core-Sensoren problemlos in vorhandenen Anlagen nachrüsten, ohne dass Verkabelungen gelöst oder die Anlage abgeschaltet werden muss. Mit einer AC-Genauigkeit von $\leq \pm 1,0\%$ sind sie in einer Vielzahl von Anwendungen einsetzbar.

Anwendungen und erste Kunden

Die CMS-700 wurde speziell für kritische Anwendungen wie Rechenzentren entwickelt. In einem Rechenzentrum in Irland wurden 20 Steuereinheiten installiert, um den Strom und die Energie in allen Phasen und 730 Abzweigen zu überwachen. So hat der Kunde den Gesamtenergieverbrauch und den Verbrauch jedes Abzweigs bzw. Servers im Blick. Darüber hinaus zeigt das CMS jede Unregelmäßigkeit in der Stromversorgung auf. Weitere mögliche Nutzer mit kritischen Verbrauchern sind Flughäfen, Krankenhäuser, Telekommunikationsunternehmen und Banken. In Brasilien installierte eine Bank kürzlich 90 Steuereinheiten und 8.000 Sensoren zur Überwachung und Visualisierung ihres Energieverbrauchs.

Doch die Steuereinheit ist nicht nur für kritische Verbraucher vorgesehen – sie kann auch verwendet werden, um den Energiebedarf einzelner Verbraucher zu visualisieren. So integrierte z. B. ein ABB-Kunde die CMS-700 in eine Produktionslinie, um die Energiekosten für jedes Produkt zu analysieren. ●



08



09

SCHUTZ UND SICHERHEIT

Mittelspannungs-USV bietet Schutz im Megawattbereich

Im Jahr 2017 führte ABB mit der revolutionären ZISC-Technologie eine neue Generation von unterbrechungsfreien Stromversorgungen (USV) für Mittelspannung (MS) auf Basis der Stromrichterplattform PCS120 ein →1. Das äußerst leistungsstarke und flexible System erweitert das ABB-Portfolio von MS-USV für die zuverlässige und effiziente Versorgung von kritischen Verbrauchern mit hochwertigem Strom.



Eduardo Soares
ABB Electrification
Products, Power
Conditioning
Napier, Neuseeland

eduardo.soares@
nz.abb.com

Die rapide Zunahme von digitalen Daten und die verstärkte Nutzung von digitalen Geräten im Technologiesektor in den letzten zehn Jahren verändern die moderne Wirtschaft und Gesellschaft. Der Bedarf an zuverlässigen Echtzeitdaten und die Ver-

breitung digitaler Geräte sind so groß wie nie. Diese reicht von kundenorientierten Technologien wie dem Internet der Dinge und intelligenten persönlichen Geräten bis zur Massendatenanalyse und datenabhängigen Organisationen wie Finanzinstituten und staatlichen Sicherheitsbehörden.

01



Angetrieben wird dieser Wandel durch die Entwicklung einer umfassenden Infrastruktur sowie stetig steigende Investitionen in Fertigungsstätten für elektronische Komponenten und riesige Rechenzentren. Skaleneffekte begünstigen dabei das Wachstum einzelner Standorte, was z. B. zur Entstehung von Megarechenzentren mit einem entsprechend höheren Leistungsbedarf – häufig im Bereich von mehreren Dutzend Megawatt – führt.

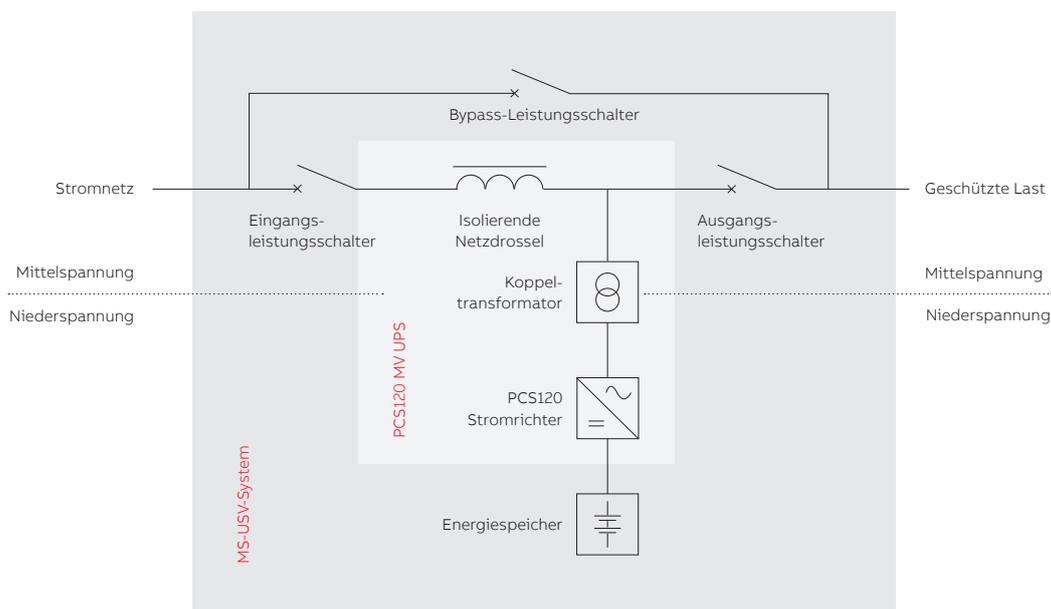
—
Skaleneffekte begünstigen das Wachstum einzelner Standorte, was zu einem entsprechend höheren Leistungsbedarf – häufig im Bereich von mehreren Dutzend Megawatt – führt.

Da die finanziellen Verluste, die durch den Ausfall dieser kritischen Anlagen entstehen, nicht hinnehmbar sind, benötigen sie eine weitaus höhere Versorgungsqualität, als sie von den Energieversorgern gewährleistet werden kann. Das gilt nicht nur für Rechenzentren und Halbleiterfabriken, sondern auch für andere Industriezweige mit kriti-

schen Verbrauchern wie die pharmazeutische und chemische Industrie sowie den Lebensmittel- und Getränkektor.

Rechenzentren sind bestrebt, ihre Kosten zu senken und die Einsparungen an ihre Kunden weiterzugeben. Die Kunden wiederum nutzen Vergleichsmaßstäbe wie den PUE-Wert (Power Usage Effectiveness, Effizienz des Energieeinsatzes) und Betriebskostenanalysen, um sich für ein Rechenzentrum zu entscheiden [1]. Da sich bei diesen High-Tech-Anlagen ein enormer Leistungsbedarf auf einen einzigen Standort konzentriert, spielen eine maximale Zuverlässigkeit und optimale Effizienz eine entscheidende Rolle für die Wettbewerbsfähigkeit dieser kritischen Verbraucher.

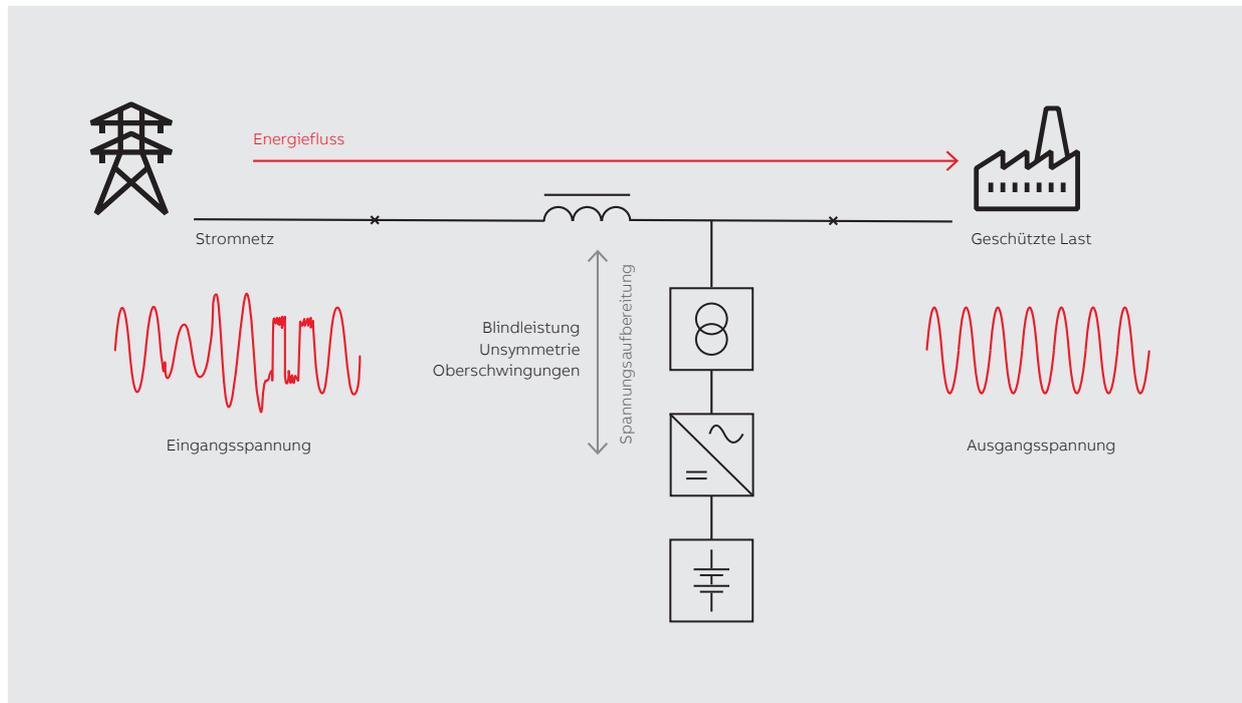
Laut Daten, die zu Forschungszwecken von Rechenzentren erhoben wurden [2], belaufen sich die Gesamtausfallkosten für eine einminütige Unterbrechung der Stromversorgung auf rund 5.600 USD. Bei einer durchschnittlichen Ausfalldauer von 90 min können sich die Kosten für einen einzigen Ausfall schnell auf über eine halbe Million Dollar summieren. Verluste in dieser Größenordnung kann sich kein Unternehmen leisten. Um die Wahrscheinlichkeit solcher Vorfälle zu verringern, benötigen Branchen mit kritischen Verbrauchern eine extrem zuverlässige Stromversorgung sowie robuste Stromverteilungs- und Schutzeinrichtungen.



01 Die PCS120 MV UPS von ABB.

02 Prinzipschaltbild der ABB ZISC-Architektur.

03 Im Power-Conditioning-Betrieb sorgt die PCS120 MV UPS für eine saubere, unterbrechungsfreie Stromversorgung.



03

Eine zusätzliche technische Herausforderung besteht in der Bereitstellung einer flexiblen Lösung, die alle oben genannten Anforderungen an ein extrem zuverlässiges System mit dem Wunsch nach

Mit der PCS120 MV UPS, die mit einer Vielzahl von Konfigurationen kompatibel ist, hat ABB die optimale Produktlösung gefunden.

Kosteneinsparungen durch eine hohe Effizienz und niedrige Betriebskosten in Einklang bringt. Hier wäre eine Schutz- und Verteilungslösung auf der Mittelspannungsebene in Kombination mit einer Stromrichter- und Speicherfunktion auf der Niederspannungs-(NS-)Ebene eine ideale Lösung für Rechenzentren und andere Branchen mit kritischen Verbrauchern.

ABB rühmt sich damit, optimale Produktlösungen für die Leistungsanforderungen ihrer Kunden zu finden. Mit der Entwicklung der unterbrechungsfreien Stromversorgung PCS120 MV UPS, die mit

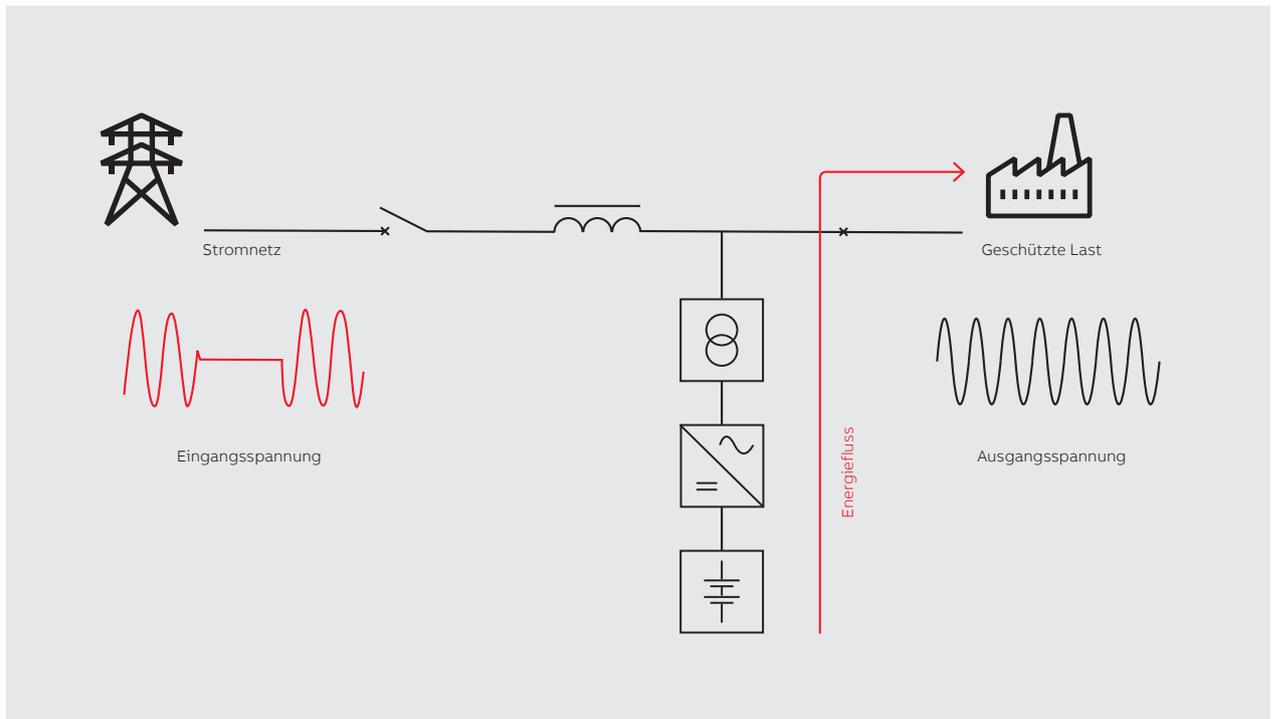
einer Vielzahl von Konfigurationen – insbesondere der bewährten, fehlertoleranten Ringbuskonfiguration – kompatibel ist, stellt ABB dies erneut unter Beweis.

Als statische Alternative für die Ringbusanordnung sorgt die die PCS120 MV UPS für die notwendige Flexibilität und stellt eine äußerst zuverlässige und effiziente Lösung dar.

Leistungsschutz auf Mittelspannungsebene

Die Umsetzung des Leistungsschutzes auf der Mittelspannungsebene hat mehrere Vorteile. Vor allem kann so die Stromverteilung vereinfacht werden, für die weniger Schaltanlagen, Transformatoren und Kabel benötigt werden. Gleichzeitig werden die Wartung, Verwaltung und Überwachung des Systems erleichtert. Da bei Mittelspannung bei gleichem Leistungsbedarf geringere Ströme fließen, stellt diese Konfiguration die effizienteste Lösung dar. Zudem fallen die Wärmeverluste geringer aus, und die Investitionskosten können minimiert werden.

Die Leistungsfähigkeit großer Niederspannungsanlagen wird für gewöhnlich durch die Stromtragfähigkeit der NS-Schaltanlagen und -Sammelschienen begrenzt. Das MS-Design löst dieses Problem, indem größere Lastblöcke von einem einzelnen Ort aus versorgt werden können. Außerdem ist eine optimierte Raumnutzung möglich, da MS-USV an kostengünstigeren lastfernen Stellen (z. B. in Technikräumen oder Unterstationen) untergebracht werden können.



04

Da weniger Infrastrukturkomponenten wie Schaltanlagen benötigt werden, trägt der Betrieb mit Mittelspannung erheblich zur Gesamtzuverlässigkeit des Verteilungssystems bei. Studien zeigen, dass die Einzelzuverlässigkeit von Mittelspannungsgeräten deutlich höher ist als die ihrer NS-Gegenstücke [3].

—
Die ZISC-Topologie erreicht einen Wirkungsgrad von bis zu 98 %, was deutlich über etablierten rotierenden USV-Systemen liegt.

ABB-Leistungsschutzlösungen für Mittelspannung

Um der Nachfrage nach einem Leistungsschutz für die Mittelspannungsebene nachzukommen, brachte ABB im Jahr 2014 die PCS100 MV UPS auf den Markt. Die Produktlösung mit netzinteraktiver Single-Conversion-Topologie ist bis 6 MVA und 6,6 kV skalierbar und konnte sich dank ihrer Effizienz rasch am Markt etablieren.

Nach dem erfolgreichen Einsatz der ersten Einheiten sah sich ABB schon bald mit der Nachfrage nach weiteren Leistungsschutzlösungen für den MS-Bereich konfrontiert. ABB nahm die Herausforderung an und begann mit der Entwicklung eines Konzepts, das sowohl mehrere Spannungsebenen – für noch mehr Leistung – als auch die Möglichkeit einer kontinuierlichen Spannungsaufbereitung anstelle der in der Industrie üblichen passiven Standby-Topologie beinhaltet.

Als Unternehmen mit 134 Jahren Erfahrung in der Entwicklung innovativer Technologien war ABB in der Lage, schnell auf die Anforderungen der Kunden zu reagieren. Das Ergebnis ist ein neues bahnbrechendes USV-Design für den Mittelspannungsbereich: die ZISC-Architektur (Impedance (Z) Isolated Static Conversion).

Die PCS120 MV UPS und die ZISC-Architektur

Die 2017 eingeführte ZISC-Architektur ist eine neue Topologie für statische MS-USV. Sie basiert auf einer isolierenden Netzdrossel in Kombination mit den neuen Hochleistungs-Stromrichtern vom Typ ABB PCS120 →2. Durch kontinuierliche Regelung des Spannungswinkels über der Drossel sind die Stromrichter in der Lage, die vom Stromnetz zur Last fließende Wirk- und Blindleistung zu regeln, ohne den Energiespeicher zu entladen.

—
04 Die PCS120 MV UPS im netzunabhängigen Betrieb nach dem nahtlosen Umschalten der Last auf den Energiespeicher.

—
05 Die PCS120-Stromrichterplattform mit sechs Leistungsmodulen pro Schaltschrank und integrierter Redundanz.

Gleichzeitig regeln und filtern die PCS120-Stromrichter durchgängig netzseitige Störungen wie Oberschwingungen und Spannungsunsymmetrien aus und unterstützen die kritischen Verbraucher

—
Das modulare Hardwarekonzept sorgt für eine unübertroffene Wartungsfreundlichkeit und Redundanz bei maximaler Verfügbarkeit.

mit Blindstrom →3. Diese Betriebsart wird als Power Conditioning (Strom- bzw. Spannungsaufbereitung) bezeichnet. Bei einem Ausfall der Netzversorgung öffnet die PCS120 MV UPS ihren Eingangsleistungsschalter und schaltet die Last nahtlos auf den Energiespeicher um (netzunabhängiger Betrieb) →4.

Damit bietet dieses robuste Designkonzept einen zuverlässigen Leistungsschutz und eine kontinuierliche Spannungsaufbereitung, sodass der Verbraucher jederzeit mit hochwertigem Strom versorgt ist.

In Verbindung mit der PSC120-Stromrichtertechnik erreicht die ZISC-Topologie einen Wirkungsgrad von bis zu 98 %, was deutlich über etablierten rotierenden USV-Systemen liegt.

„Man soll die Dinge so einfach wie möglich machen – aber nicht einfacher.“ – Albert Einstein

Die Besonderheit des ZISC-Designs liegt im Zusammenspiel von Einfachheit und Robustheit. Die einzigen Komponenten auf der Mittelspannungsebene sind die isolierende Netzdrossel und der Koppeltransformator. Damit lässt sich die ZISC-Technologie problemlos an verschiedene Spannungen und Leistungsanforderungen anpassen. Auch eine Parallelschaltung ist leicht umsetzbar, womit Leistungen von über 40 MVA in verschiedenen Konfigurationen erreicht werden können.



Da sich die Stromrichter und Energiespeicher auf der Niederspannungsebene befinden, bleibt ABB-Kunden die vertraute NS-Technik mit all ihrer Funktionalität, Wartungsfreundlichkeit und vor allem der Modularität eines Niederspannungssystems wie der PCS120-Stromrichterplattform erhalten.

Die PCS120-Stromrichterplattform

Die PCS120-Stromrichterplattform hat entscheidend zur Entwicklung der ZISC-Technologie beigetragen. Sie basiert auf dem gleichen modularen Ansatz wie ihr Vorgänger PCS100, bietet jedoch die doppelte Leistungsdichte. Die PCS120-Plattform ist die Antwort von ABB auf die Forderung nach innovativem Design in der Leistungselektronik →5.

—
 Das Ergebnis ist ein neues bahnbrechendes USV-Design für den Mittelspannungsbereich: die ZISC-Architektur.

Als Herzstück des USV-Systems verkörpert die PCS120 nicht nur ein neues Konzept hinsichtlich Robustheit und Zuverlässigkeit, sondern zeichnet sich auch durch eine ganz neue Konnektivität aus. So wurde z. B. die Analyse von Netzqualitätsereignissen in die neu entwickelte Schnittstelle integriert. Durch die Kombination von Trendanalysen mit proaktiven digitalen Services im Sinne der ABB Ability™-Plattform werden außerdem die Wartung und Überwachung verbessert →6.

Was die Hardware betrifft, sorgt das modulare Konzept für eine unübertroffene Wartungsfreundlichkeit und Redundanz bei maximaler Verfügbarkeit. Im unwahrscheinlichen Fall eines Modulausfalls isoliert das System das betroffene Modul und arbeitet mit geringfügig reduzierter Ausgangsleistung weiter. Gleichzeitig sendet die intelligente Steuerung eine Mitteilung an das Überwachungssystem, sodass die Wartungstechniker ihren nächsten Besuch entsprechend planen können. Automatische intelligente Tools für das Management der Firmware und ein neues modulares Einschubdesign garantieren dem Kunden eine hervorragende Wartungsfreundlichkeit und ein problemloses Ersatzteilmanagement.



06 Die neue digitale Bedienoberfläche der PCS120 MV UPS mit umfangreichen Funktionen für die Ereignisanalyse und proaktive Wartung.

Literaturhinweise

[1] Stansberry, M.: „Uptime Institute Data Center Industry Survey 2015“. Uptime Institute, 2015.

[2] Emerson Network Power: „Understanding the Cost of Data Center Downtime: An Analysis of the Financial Impact on Infrastructure Vulnerability“. White Paper, 2011.

[3] CCG Facilities Integration Incorporated: „Medium Voltage Electrical Systems for Data Centers“. 15. Sept. 2012.

One ABB

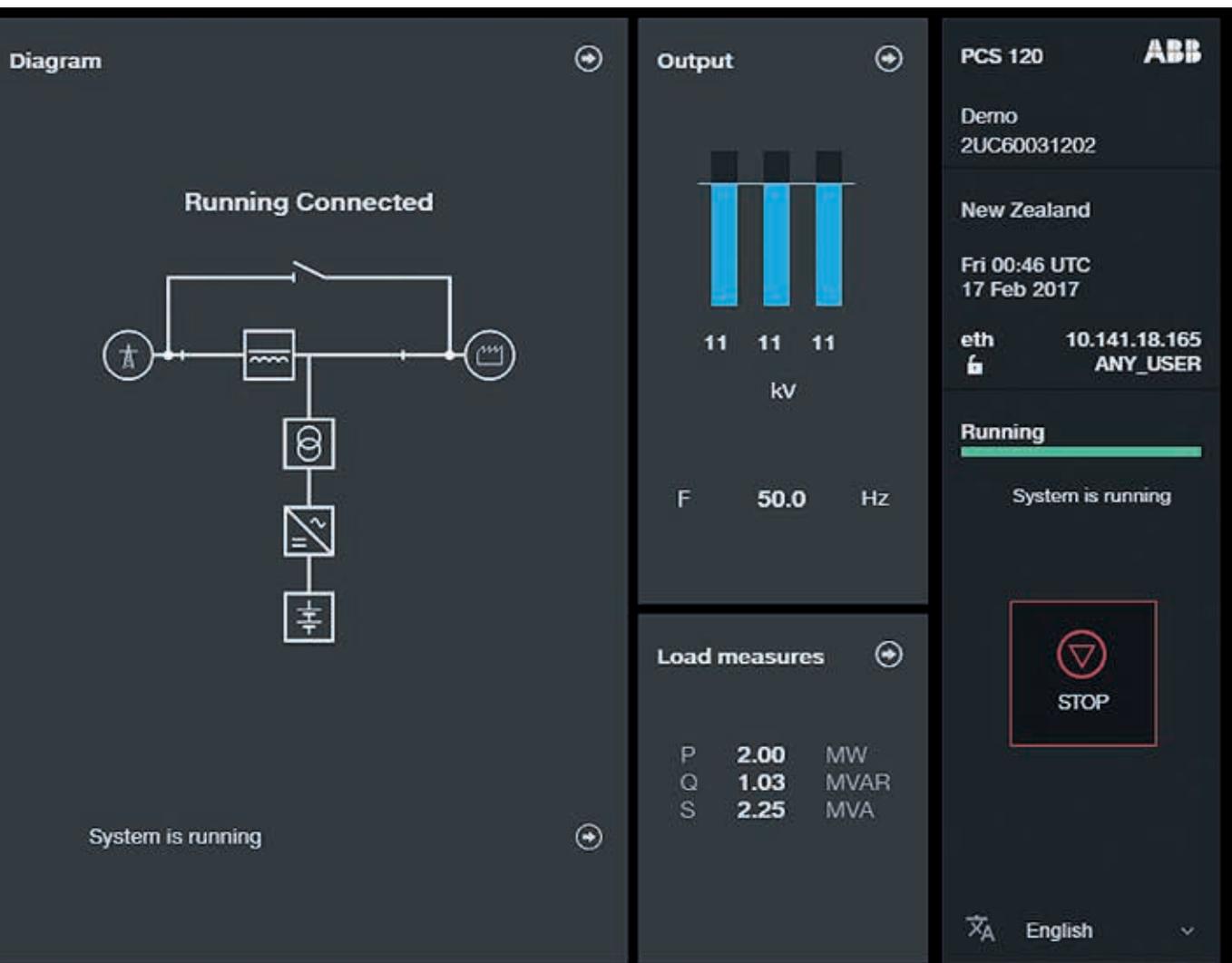
Neben dem PCS120 MV UPS-System umfasst das globale ABB-Portfolio die MS-Schaltanlagenlösung UniGear Digital sowie verschiedene digitale

Die Besonderheit des ZISC-Designs liegt im Zusammenspiel von Einfachheit und Robustheit. Die einzigen Komponenten auf der MS-Ebene sind die Netzdrossel und der Koppeltransformator.

Schutzrelais. Die digitale Integration zwischen der PCS120 MV UPS und den Schaltanlagen gemäß IEC 61850 sorgt für zusätzliche Zuverlässigkeit mit dezentralen Steuerungsmöglichkeiten. Das umfangreiche Inhouse-Paket ist auf eine nahtlose Verknüpfung mit der ABB Ability-Plattform ausgelegt.

Darüber hinaus sorgt die einheitliche Unternehmensstruktur von ABB mit lokalen Vertretungen auf der ganzen Welt für einen optimalen Kundensupport mit eigens eingerichteten Projektmanagement-Teams, die die Einhaltung von Projektleistungen und Zeitplänen sicherstellen.

Ein zentrales Bestreben von ABB ist es, die Anforderungen ihrer Kunden in einem sich schnell entwickelnden und wettbewerbsintensiven Markt zu erfüllen. Die „One ABB“-Lösung bietet Kunden im Bereich Mittelspannungs-Leistungsschutz eine zentrale Anlaufstelle mit einer Vielzahl von hervorragenden Produkten, die neben der ZISC-Architektur und der PCS120 MV UPS auch die oben beschriebenen Dienstleistungen umfassen. ●



SCHUTZ UND SICHERHEIT

Logische Zonen- selektivität mit Emax 2 und Ekip Link

Moderne Schiffe mit dynamischer Positionierung (DP) besitzen ein ausgeklügeltes elektrisches System zur Versorgung der Antriebseinheiten, die das Schiff an seiner Position halten. Eine logische Zonenselektivität mithilfe von Emax 2 und Ekip Link sorgt für höchste Zuverlässigkeit und Flexibilität in DP-Schiffen mit geschlossener Sammelschienenkuppelung.

Antonio Fidigatti
Borje Axelsson
Carlo Collotta
ABB Electrification
Products Division
Bergamo, Italien

antonio.fidigatti@
it.abb.com
borje.axelsson@
se.abb.com
carlo.collotta@
it.abb.com

Jedes Seeschiff ist den Kräften von Wind, Wellen und Strömungen ausgesetzt. Die dynamische Positionierung (DP) ermöglicht ein automatisches Halten der Position mithilfe des Antriebssystems auch unter Einwirkung dieser Naturkräfte. DP-Schiffe gibt es in vielen verschiedenen Formen und Größen – von Steinschüttschiffen und Basisschiffen für Taucher und ferngesteuerte Fahrzeuge über Rohrverlege-, Kran- und Bohrschiffe bis hin zu Offshore-Supportschiffen →1.

Die dynamische Positionierung ermöglicht Schiffen ein automatisches Halten der Position mithilfe des Antriebssystems.

Ein gemeinsames Merkmal dieser Schiffe ist die Notwendigkeit zur exakten Positionshaltung, d. h. sie müssen ihre Position und ihren Steuerkurs auch bei rauestem Seegang und stärkster Tidenströmung genau beibehalten.

DP – Komponenten und Redundanzen

Ein DP-System umfasst drei Elemente:

- **Energieerzeugungssystem:** Alles, was notwendig ist, um das DP-System mit elektrischer Energie zu versorgen, einschließlich Generatoren, Schalttafeln, Stromverteilungssystemen (Kabel und Kabelführung) sowie Energiemanagement.
- **Schuberzeugungssystem:** Alle Komponenten und Systeme, die erforderlich sind, um das DP-System mit Schubkraft und Richtung zu versorgen. Das Schuberzeugungssystem umfasst die Schubeinrichtung (z. B. Strahlruder) mit den dazugehörigen Antriebseinheiten sowie die elektronischen und manuellen Steuerungen.
- **DP-Steuerungssystem:** Alle für die dynamische Positionierung des Schiffs notwendigen Steuerungskomponenten und -systeme (einschließlich Software). Dazu gehören ein Computer und eine Joystick-Steuerung (als manuelle Reserve), ein Positionsbezugssystem (per Satellit), ein DP-Sensorsystem und Bedienfelder.

Nicht alle DP-Schiffe sind in puncto Redundanz gleich ausgestattet. Die Regeln der Internationalen Seeschiffahrts-Organisation IMO (International Maritime Organization) definieren drei Redundanzstufen für DP-Schiffe:

- **Class 1 (DP 2).** Keine Redundanz erforderlich.

—
01 Viele Schiffe müssen in der Lage sein, eine genaue Position und einen genauen Steuerkurs zu halten.

- **Class 2 (DP 2).** Redundanz gewährleistet die Toleranz des Systems gegenüber einem einzelnen Fehler, d. h. ein Verlust der Position darf im Falle eines einzelnen Fehlers in einer aktiven Komponente oder einem aktiven System (z. B. Generatoren, Schubsysteme, Schafttafeln, ferngesteuerte Ventile usw.) nicht auftreten, kann aber nach Ausfall einer statischen Komponente (z. B. Kabel, Rohre, handbetätigte Ventile usw.) auftreten.

—
Erforderlich ist ein Versorgungssystem mit höchster Zuverlässigkeit und Flexibilität, was angesichts des begrenzten Platzes, der hohen Komplexität und der rauen Umgebung schwierig ist.

- **Class 3 (DP 3).** Zusätzlich zu den Anforderungen der Klasse 2 müssen die redundanten Systeme räumlich voneinander getrennt sein, wobei eine Beständigkeit gegen Feuer und Wasser gewährleistet sein muss. Im Falle eines einzelnen Fehlers in irgendeiner aktiven oder statischen Kom-

ponente darf kein Positionsverlust auftreten. Dies gilt auch für den kompletten Ausfall eines Raums durch Feuer oder Wasser [1] →2.

Das vollelektrische DP-Schiff

Wie bei anderen Schiffsklassen besteht auch bei DP-Schiffen ein starker Trend zur Elektrifizierung. Für DP-Schiffe bietet das Konzept des vollelektrischen Schiffs (All-Electric-Ship, AES) als einziges die Möglichkeit, auf einfache und effiziente Weise eine umfassende und präzise Positionsregelung unter allen möglichen Umweltbedingungen auf See zu erreichen.

Die dafür notwendige Leistungsfähigkeit erfordert ein Stromversorgungssystem mit höchster Zuverlässigkeit und Flexibilität, was angesichts des begrenzten Platzes an Bord, der Komplexität des elektrischen Systems und der rauen Umgebungsbedingungen schwierig ist. Daher spielt das Fehlermanagement beim Betrieb von DP-Schiffen eine wichtige Rolle und muss Folgendes gewährleisten:

- Isolierung der fehlerhaften Komponente bzw. des fehlerhaften Systems, bevor sich der Fehler von einem System zum nächsten ausbreiten kann.
- Bereitstellung einer Strategie zur Trennung/ Abschaltung eines fehlerhaften Systems basierend auf der Erkennung der Fehlerrichtung.



DP-Klassenbezeichnung												
IMO Equipment Class	ABS	BV	CCS	DNV Det Norske Veritas (Norwegen)		GL	IRS	KR	LR	NK	RINA	RS
	American Bureau of Shipping (USA)	Bureau Veritas (Frankreich)	China Classification Society (China)			Germanischer Lloyd (Deutschland)	Indian Register of Shipping (Indien)	Korean Register of Shipping (Korea)	Lloyds Register (UK)	Nippon Kaiji Kyokai (Japan)	Registro Italiano Navale (Italien)	Russian Maritime Register of Shipping (Russland)
	DPS-0	DYNAPOS SAM		DYNAPOS AUTS	DPS-0				DP (CM)		DYNAPOS SAM	
Class 1	DPS-1	DYNAPOS AM/AT	DP-1	DYNAPOS AUT	DPS-1	DP 1	DP(1)	DP (1)	DP (AM)	Class A DP	DYNAPOS AM/AT	DYNPOS-1
Class 2	DPS-2	DYNAPOS AM/AT R	DP-2	DYNAPOS AUTR	DPS-2	DP 2	DP(2)	DP (2)	DP (AA)	Class B DP	DYNAPOS AM/AT R	DYNPOS-2
Class 3	DPS-3	DYNAPOS AM/AT RS	DP-3	DYNAPOS AUTO	DPS-3	DP 3	DP (3)	DP (3)	DP (AAA)	Class C DP	DYNAPOS AM/AT RS	DYNPOS-3

02

- Bereitstellung von flexiblen und redundanten Leistungsschutzsystemen.
- Bereitstellung einer Selbstüberwachung zur Begrenzung versteckter Fehler.

Betrieb mit geschlossenem Kuppelschalter

Schiffsantriebssysteme sind für gewöhnlich isoliert ausgeführt, wobei vier bis acht Generatoren und das gesamte Stromversorgungssystem in zwei, drei

—
Die logische Zonenselektivität ermöglicht eine schnelle Fehlerisolierung, ohne dass die nicht direkt betroffenen Nutzer etwas davon merken.

oder vier Abschnitte unterteilt sind. Die Sammelschienen der einzelnen Abschnitte sind über eine Kuppelleitung mit einem Leistungsschalter, dem sogenannten Kuppelschalter, miteinander verbunden. Bei geschlossenem Schalter erhöht die Kuppelung die Flexibilität des Stromversorgungssystems (jeder Generator kann dann jeden Verbraucher, z. B. die Strahlruder, versorgen).

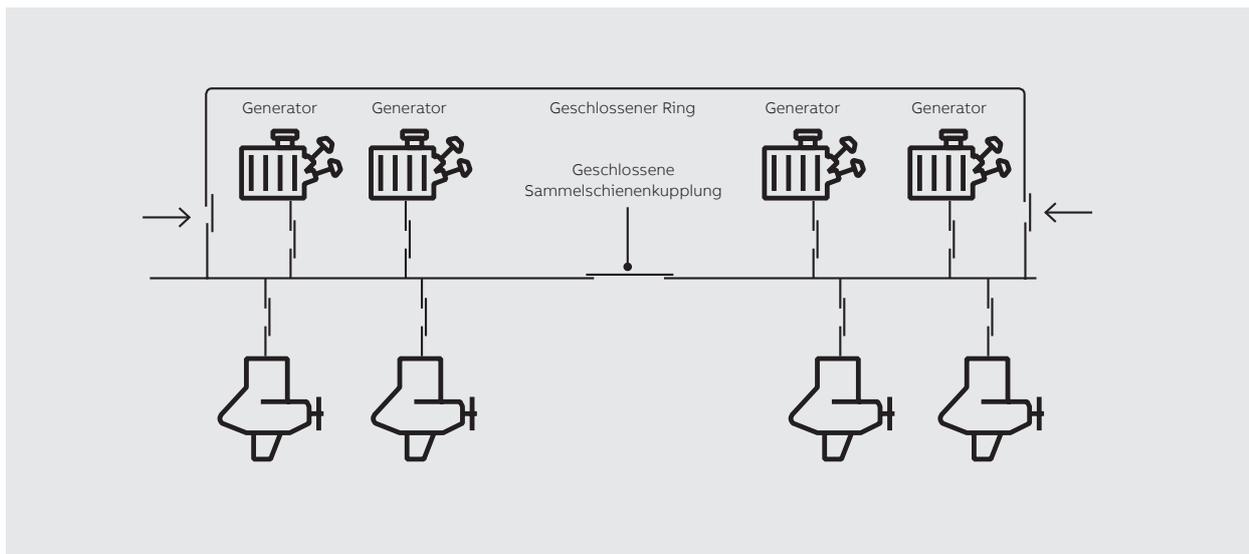
Mit geschlossenem Kuppelschalter kann das Schiff mit wenigen Motoren mit hoher Leistung betrieben werden, anstatt dass alle Motoren mit geringer Leistung laufen müssen. Diese Betriebsart senkt sowohl die Betriebskosten (z. B. den Kraftstoffverbrauch um etwa 3–5 %) als auch die Instandhaltungskosten (um ca. 30 %).

Da auch die Emissionen reduziert werden, ist der Betrieb mit geschlossenem Kuppelschalter wünschenswert, und auch das Design von fehlertoleranten Systemen für den Betrieb mit geschlossener Sammelschienenkuppelung und geschlossenem Ring ist möglich. Dieses Fehlermanagementkonzept wird ermöglicht durch den Leistungsschalter im geschlossenen Ringsystem →3.

Emax 2- und Ekip Link-Module

Der Emax 2 ist viel mehr als ein Leistungsschalter nach traditioneller Definition. Dank seiner Kompaktheit und der hohen, durch Vorprüfung gewährleisteten Zuverlässigkeit eignet sich der Emax 2 hervorragend für den Einsatz auf Schiffen. Der Emax 2 basiert auf einem innovativen All-in-One-Konzept. Tatsächlich ist er der erste intelligente Leistungsschalter, der speziell für den Schutz, die Anbindung und die Optimierung von Niederspannungs-Mikronetzen entwickelt wurde. Durch Hinzu-

03



—
02 DP-Klassifizierungen haben weltweit Gemeinsamkeiten.
Hinweis: Aufgrund von Unterschieden zwischen den Klassifizierungen, lokalen Ausnahmen usw. ist die Entsprechung zur IMO-Klasse nur ungefähr.

—
03 Geschlossene Sammelschielenkupplungen ermöglichen einen effizienteren Betrieb.

—
04 Emax 2 Leistungsschalter und Ekip Link-Modul.



Emax 2
Leistungsschalter



Ekip Link-
Modul

04

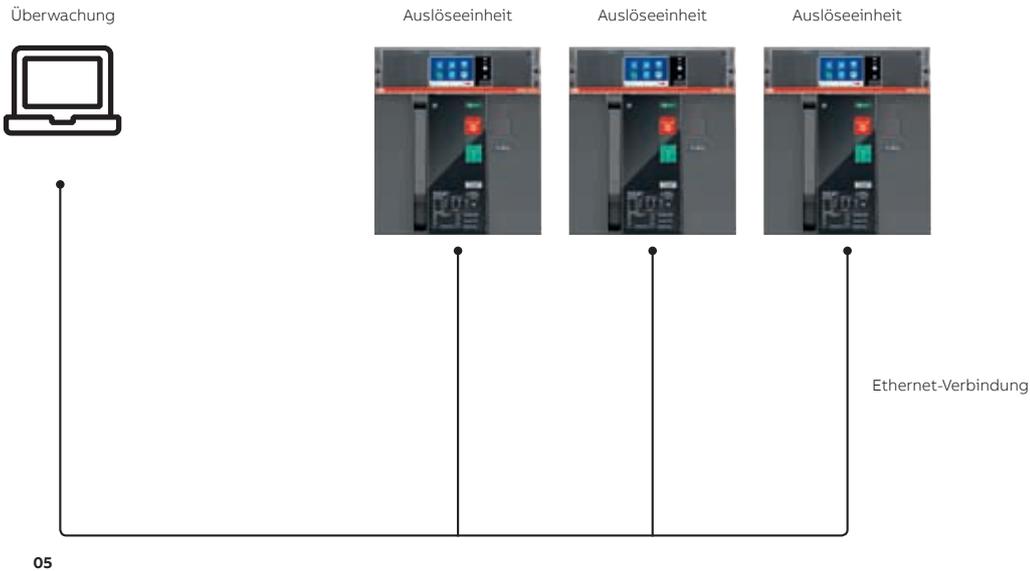
fügen entsprechender Module können alle notwendigen zusätzlichen Funktionen realisiert werden. Ein grundlegendes Zubehör ist die elektronische

—
Richtungsschutz ist nützlich in Ringsystemen mit mehreren Generatoren, in denen es auf die Richtung des Leistungsflusses ankommt, der den Fehler speist.

Auslöseeinheit bzw. das Schutzrelais, z. B. vom Typ Ekip Hi-Touch oder Ekip G Hi-Touch. Bei diesen Einheiten ermöglichen doppelte Schutzeinstellungen eine flexible Änderung der Systemkonfiguration.

DP-Anwendungen erfordern eine andere Signalisierung, deren zusätzliche Flexibilität durch programmierbare Kontakte erreicht wird. Ekip Link, das Kommunikationsmodul für Niederspannungs-Leistungsschalter von ABB, regelt die Kommunikation zwischen den Leistungsschaltern über einen ABB-eigenen internen Bus →4.

Alle Leistungsschalter können über ein Ekip Link-Modul, das per Ethernet mit dem Hauptschalter verbunden ist, miteinander kommunizieren. Sind mehr als zwei Schalter an der Selektivitätskette beteiligt, können die zu den verschiedenen Ekip Link-Einheiten gehörigen Signale mithilfe eines Ethernet-Switches gesteuert werden →5.



05

Mithilfe des ABB-Kommunikationsprotokolls ermöglicht Ekip Link:

- die Realisierung einer komplexen logischen Selektivität ohne komplexe Verdrahtung,
- die Bereitstellung von Redundanz mithilfe des Ekip Link-Busses oder einer Standardverdrahtung,
- die Durchführung einer (konfigurierbaren) Diagnose zur Prüfung der Selektivität der Verdrahtung.

Logische Zonenselektivität verbindet Zonenselektivität und Richtungsschutz und ist häufig in Schiffen der Klasse DP 2 und DP 3 gefordert.

Logische Zonenselektivität mit Emax 2 und Ekip Link

Ein wichtiges Element bei der Auslegung des Stromversorgungssystems von DP-Schiffen ist der Schutz gegen elektrische Störungen. Eine sehr effiziente Methode zur Behandlung solcher Fehler ist die sogenannte logische Zonenselektivität, die eine schnelle Fehlerisolierung ermöglicht, ohne dass die nicht direkt betroffenen Nutzer etwas davon merken.

Bei dieser Methode wird der fehlerhafte Zweig des Systems durch schnelles Öffnen eines oder mehrerer benachbarter Leistungsschalter präzise isoliert und somit die vorübergehende Fehlerdauer und die elektrische Beanspruchung reduziert.

Logische Zonenselektivität verbindet Zonenselektivität und Richtungsschutz

Im Gegensatz zu traditionellen Selektivitätsmethoden, die zeit- und/oder strombasiert sind, funktioniert das Prinzip der Zonenselektivität so, dass der Leistungsschalter, der aufgrund eines Fehlers auslösen sollte, ein Sperrsignal an andere (vorgelagerte) Schalter sendet, um deren Auslösen zu verhindern →6. Mit anderen Worten, der vornehmlich betroffene Schalter kann gegebenenfalls andere Schalter vom Auslösen abhalten.

Hinter diesem Konzept steckt eine Logik, die festlegt, welche Schalter in bestimmten Situationen auslösen bzw. nicht auslösen sollen. Mit Emax 2 kann das Sperrsignal durch traditionelle Festverdrahtung oder durch Buskommunikation mit Ekip Link realisiert werden. Auch eine parallele Verwendung beider Methoden ist möglich (Redundanz).

Richtungsschutz

Richtungsschutz ist nützlich in ring- und netzförmigen Systemen mit mehreren Stromquellen (Generatoren), in denen es auf die Richtung des Leistungsflusses ankommt, der den Fehler speist. Der Emax 2 von ABB ist der erste Niederspannungs-Leistungsschalter mit vollständig integrierten Funktionen für den Richtungsschutz und die richtungsabhängige Zonenselektivität.

Zur Verwendung des Richtungsschutzes muss die Referenzrichtung des Stroms angegeben werden. Verschiedene Schwellen- und Verzögerungszeiten für die unterschiedlichen Richtungen können ebenfalls eingestellt werden.

—
05 Jede Auslöseeinheit (Schutzrelais) ist mit einem Ekip Link-Modul und somit mit einem Hauptschalter verbunden.

—
06 Der vornehmlich betroffene Leistungsschalter kann gegebenenfalls andere Schalter durch Sperren vom Auslösen abhalten.

—
07 Die Ethernet-basierte Verbindung ersetzt die fehleranfällige Twisted-Pair-Verkabelung.

Literaturhinweis

[1] Giddings, Ian C.: „IMO Guidelines for Vessels with Dynamic Positioning Systems“. Online verfügbar unter: http://dynamic-positioning.com/proceedings/dp2013/quality_giddings_pp.pdf

Verbindung mit Ekip Link

Im Ekip Link-System sind alle an der logischen Zonenselektivität beteiligten Leistungsschalter über einen Ethernet-basierten proprietären Bus miteinander verbunden. Dadurch kann die traditionelle fest verdrahtete Twisted-Pair-Verkabelung entfallen, die die Installation, Inbetriebnahme und Prüfung bisher erschwert hat →7.

—
Die Verwendung eines proprietären Busses garantiert eine schnelle, vorhersehbare und vom Verkehr auf anderen Bussen unabhängige Kommunikation.

Die Ekip Link-Module müssen an allen Leistungsschaltern installiert werden. Bei der Einrichtung werden die Einstellungen der Auslöseeinheiten für die logische Zonenselektivität mithilfe der ABB Ekip Connect-Software konfiguriert. Dabei wird festgelegt, welche Signale empfangen und welche an den nächsten Schalter übermittelt werden. Außerdem werden die Knoten des Systems eingerichtet und die IP-Adressen der beteiligten Geräte

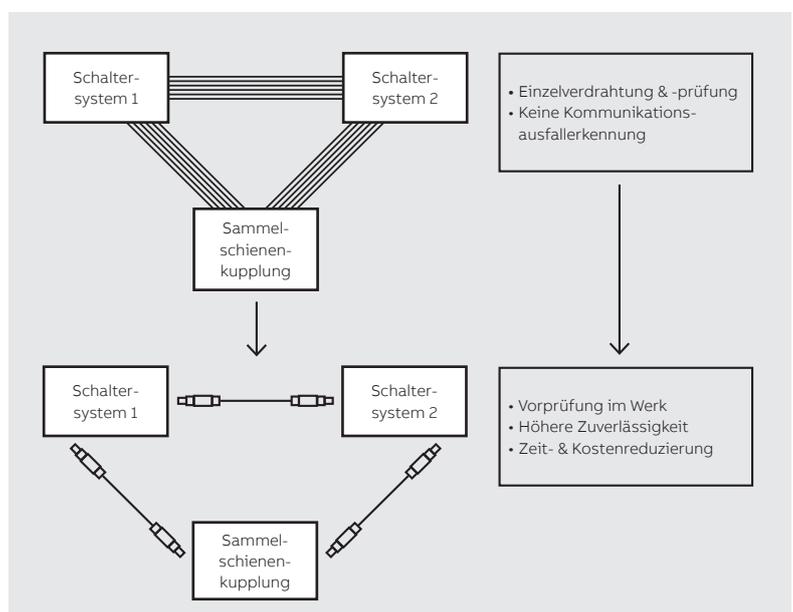
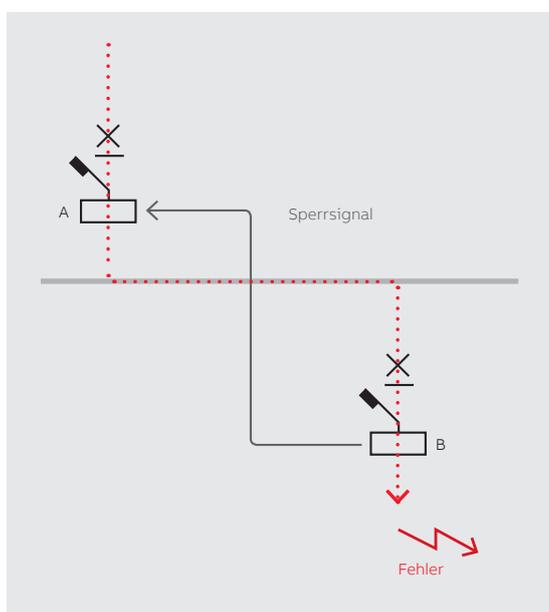
(Akteure) festgelegt. Ein Knoten entspricht einer bestimmten Gruppe von Schaltern, von denen einer als „Referenzeinheit“ bestimmt wird, in dem die Einstellungen für die logische Zonenselektivität mithilfe der Ekip Connect-Software konfiguriert werden. Die übrigen Schalter der Gruppe sind die Akteure.

Das System aus Emax 2 und Ekip Link ermöglicht eine Auslösung mit logischer Zonenselektivität bei hoher Präzision und Zuverlässigkeit binnen 100 ms.

Positionierung für die Zukunft

Der mit dem Ekip Link-Modul ausgestattete offene Leistungsschalter Emax 2 bildet die Grundlage einer einzigartigen Lösung für eine logische Zonenselektivität im Niederspannungsbereich, die für höchste Anforderungen in puncto Zuverlässigkeit, Flexibilität und Effizienz an Bord von DP-Schiffen mit geschlossenen Sammelschienenkupplungen entwickelt wurde. Zudem zeichnet sich die Lösung durch eine einfache Installation, Inbetriebnahme und Prüfung aus.

Die hier beschriebenen Methoden unter Verwendung von Emax 2 und Ekip Link lassen sich auch auf andere Mikronetzanwendungen oder komplexe elektrische Systeme wie etwa Rechenzentren anwenden, in denen Zonenselektivität bedeutende Vorteile bieten kann. ●



SCHUTZ UND SICHERHEIT

Emax 2 schützt, überwacht und steuert Mikronetze

Emax 2, der innovative All-in-one-Leistungsschalter von ABB, erhöht die Flexibilität und senkt die Kosten von Mikronetzen. Der Schalter integriert alle wichtigen Mikronetz-Funktionen und bietet erweiterte Funktionen für eine Vielzahl von Anforderungen im netzgekoppelten und netzunabhängigen Betrieb.



Fabio Monachesi
Low Voltage Air
Circuit Breaker
ABB Electrification
Products
Perugia, Italien

fabio.monachesi@
it.abb.com

Stromnetze erfahren zurzeit eine Umwälzung, wie es sie seit Einführung der elektrischen Energieverteilung nicht gegeben hat. Die Haupttreiber dieser dramatischen Entwicklung sind das rasche Wachstum der erneuerbaren Energien und die zunehmende Verbreitung von Mikronetzen.

Die grundlegenden Veränderungen der Stromnetze, die mit der zunehmenden Nutzung dezentraler erneuerbarer Energiequellen – sowie höheren Anforderungen an die Netzstabilität und vollständige Systemintegration – einhergehen, werfen neue Fragen hinsichtlich der Netzarchitekturen auf. Mikronetze liefern hier die Antworten.

Die zunehmende Nutzung dezentraler erneuerbarer Energiequellen stellt die Netzarchitekturen vor neue Herausforderungen.

Mikronetze sind Niederspannungs-(NS-)Netze, die mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden sind oder auf kontrollierte und koordinierte Weise eigenständig betrieben werden. Sie verfügen häufig über Dieselgeneratoren und Energiespeicher-



systeme (Schwungräder, Lithium-Ionen-Batterien usw.), ergänzt durch erneuerbare Energiequellen wie Solaranlagen.

Im Jahr 2016 waren weltweit NS-Mikronetze mit einer Gesamtleistung von 1,5 GW installiert. Schätzungen für das Jahr 2020 gehen von bis zu 4 GW aus – ideale Voraussetzungen für den Emax 2 von ABB →1.

Der Emax 2 ist der erste Leistungsschalter mit einer eingebetteten programmierbaren Logik zur Steuerung der ATS-Funktion.

Der Emax 2 von ABB

Der Emax 2 ist der erste intelligente Leistungsschalter für NS-Mikronetzanwendungen. In nur einem Produkt bietet der Emax 2 fortschrittlichen Schutz, umfassende Konnektivität und programmierbare Logik sowie Last-, Erzeugung- und Speichermanagementfunktionen. Damit ist der Emax 2 die innovative All-in-one-Lösung für den Schutz, die Anbindung und die Optimierung von NS-Mikronetzen.

Obwohl der Emax 2 um etwa 30 % kompakter ist als vergleichbare Geräte und damit der kompakteste offene Leistungsschalter auf dem Markt, bietet er eine Vielzahl von erweiterten Funktionen, die im Folgenden näher beschrieben werden.

Schutz

Der Leistungsschalter bietet umfangreichen Schutz für Verbraucher und Erzeuger. So bringt z. B. der Anschluss eines Generators an ein NS-Mikronetz oder ein Mittelspannungs-(MS-)Netz über einen Transformator spezielle Anforderungen hinsichtlich des Maschinenschutzes und des Synchronismus zwischen den Erzeugungseinheiten und dem Netz mit sich. Für diese und andere Anforderungen bieten die Emax 2-Generatorschutzauslöser eine Vielzahl neuer Schutzfunktionen und Möglichkeiten zur Überwachung der Parallelschaltung.

Der Übergang vom netzgekoppelten zum netzunabhängigen Betrieb verändert die Netzkonfiguration und die Kurzschlussanforderungen. Ein Beispiel hierfür ist ein Mikronetz mit Anbindung an das öffentliche Netz (netzgekoppelt) und einem Notstromgenerator (netzunabhängig). Emax 2 bietet adaptive Schutzeinstellungen für jedes Szenario, die einen koordinierten Betrieb unter allen Bedingungen sicherstellen.



Zonenselektivität ist die fortschrittlichste Methode, um schnelle, koordinierte Schutzentscheidungen zu gewährleisten. Grundlage hierfür ist ein Netz, in dem alle Geräte untereinander Signale senden und empfangen können. Im Fehlerfall reagiert der dem Fehler am nächsten gelegene

—

Obwohl der Emax 2 um etwa 30 % kompakter ist als vergleichbare Geräte, bietet er eine Vielzahl erweiterter Funktionen.

Emax 2 entsprechend und sendet ein Sperrsignal an die anderen Leistungsschalter, um deren Auslösen zu verhindern. Dank redundanter Zonenselektivität auf Basis von zwei Koordinierungsnetzwerken – elektrisch und digital (Ethernet) – wird ein Höchstmaß an Zuverlässigkeit garantiert.

Beim Trennen des Mikronetzes vom Hauptnetz sind Schnittstellenschutzfunktionen auf der Basis von Spannungs- und Frequenzmessungen erforderlich. Der Emax 2 fungiert als Leistungsschalter am Verknüpfungspunkt des Mikronetzes mit dem Hauptnetz (Point of Common Coupling, PCC) und

beinhaltet diese Funktionen in Übereinstimmung mit internationalen Standards.

Logik

In einem Mikronetz spielt Servicekontinuität eine wesentliche Rolle. Kommt es im öffentlichen Stromnetz zu einem Fehler, regelt ein automatischer Transferschalter (ATS) das Umschalten der Versorgung von der Hauptstromleitung auf eine lokale Generatorleitung. Der Emax 2 ist der erste Leistungsschalter mit einer eingebetteten programmierbaren Logik zur Steuerung dieser ATS-Funktion. Die neuen Funktionen sorgen für eine maximale Servicekontinuität und ermöglichen eine Reduktion der benötigten Schaltgeräte um bis zu 30 %.

Verriegelungsfunktionen erhöhen die Zuverlässigkeit des elektrischen Systems und die Sicherheit von Personen in einem NS-Mikronetz mit Anschluss an ein MS-Netz. Der Emax 2 ist in der Lage, Erdchlüsse zu unterscheiden (einspeiseseitig/restricted oder abgangsseitig/unrestricted) und ein Trennen des MS-Netzes über programmierbare Kontakte ohne externe Relais zu veranlassen.

02



—
01 Emax 2, die innovative
All-in-one-Lösung.

—
02 Ekip Connect 3
Softwaretool.

Außerdem muss beim Auslösen des MS-Leistungsschalters der NS-Leistungsschalter öffnen, um eine Lastflussumkehr zu verhindern. Mithilfe der Emax 2-Kommunikationsprotokolle bzw. programmierbarer Kontakte lassen sich solche Funktionen und Verriegelungen zwischen den MS- und NS-Seiten realisieren.

Konnektivität

Der im Emax 2 integrierte Network Analyzer überwacht die Energiequalität und eine Vielzahl von elektrischen Parametern. Die Systemintegration wird durch eine umfassende Konnektivität über Kommunikationsprotokolle wie IEC 61850, Modbus TCP, Modbus RTU, EtherNet/IP, Profibus, ProfiNet, DeviceNet, Link und OpenADR gewährleistet. Ekip View und Ekip Control Panel microScada stehen ebenfalls zur Verfügung.

Das ABB Ability™ Electrical Distribution Control System ist eine cloudbasierte Plattform, die in der Lage ist, den Leistungsfluss in jeder beliebigen Anlage mithilfe der Intelligenz und Konnektivität der Emax 2-Leistungsschalter zu überwachen und zu analysieren. Die Auswertung von Livedaten

sowie die Steuerung und Verwaltung von industriellen Stromversorgungssystemen und Gebäuden aus der Ferne sind ebenfalls möglich.

Management

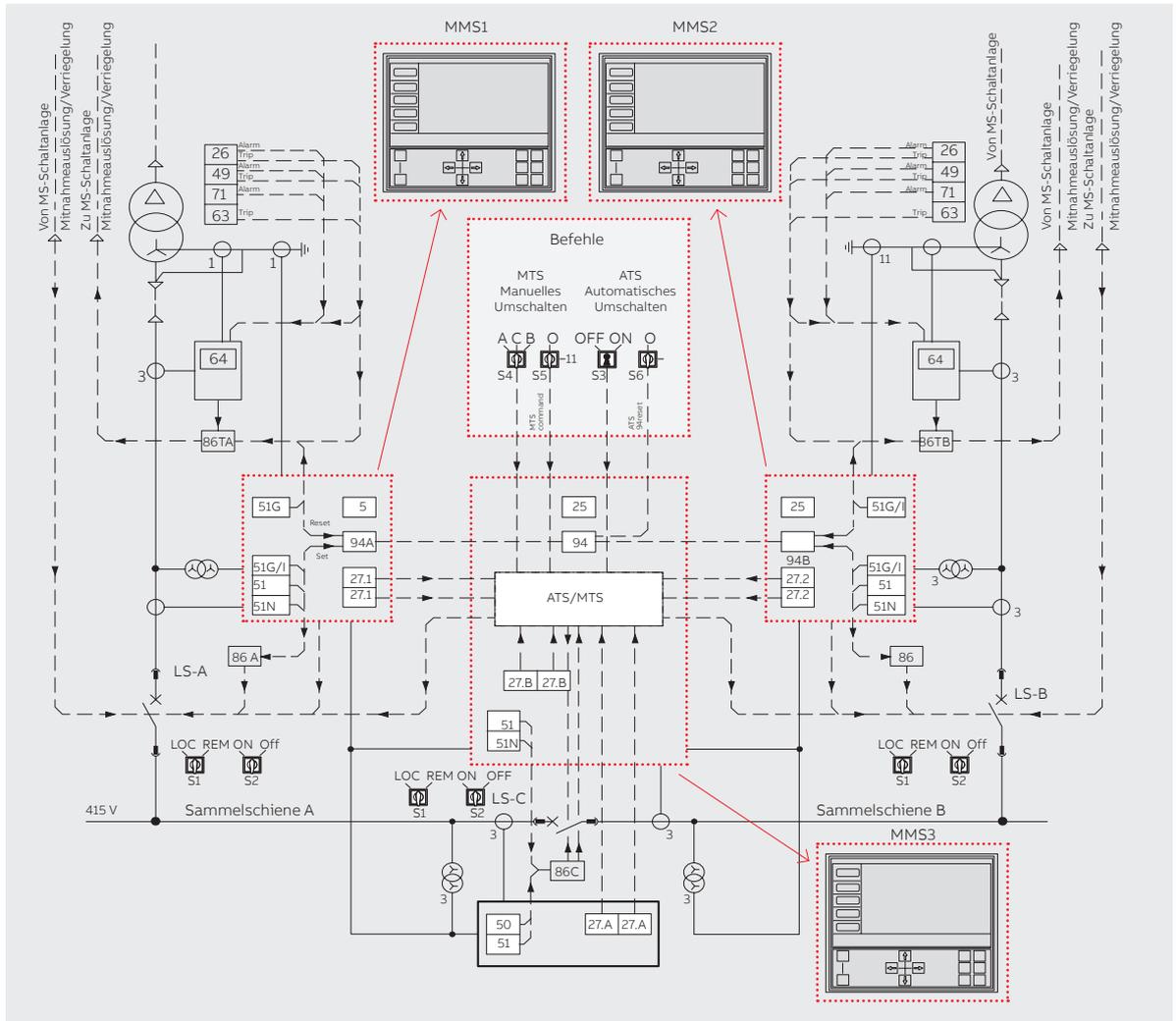
Ein schneller Lastabwurf kann die Inselbildung des Mikronetzes beim Übergang vom netzgekoppelten zum netzunabhängigen bzw. stationären Zustand unterstützen. Die Schutzfunktion ROCOF (Frequenzänderungsrate) sorgt dafür, dass der Emax 2 nur Lasten trennt, wenn ein gefährliches Ungleichgewicht auftritt →4. Die Lastabwurflogik wird durch digitale Kontakte realisiert, die in den Leistungsschalter integriert oder extern in DIN-Hutschienenmodulen installiert sind.

—
Zonenselektivität ist die fortschrittlichste Methode, um schnelle, koordinierte Schutzentscheidungen zu gewährleisten.

Durch Lastspitzenreduktion (Peak Shaving) und Lastverschiebung (Load Shifting) kann der Leistungsfluss im Mikronetz gesteuert werden, der Leistungspreis reduziert und die Leistungsaufnahme der Anlage optimiert werden. Dank entsprechender Kommunikationsprotokolle ist der Emax 2 bereit für virtuelle Kraftwerksanwendungen (Bündelung von Erzeugern und Verbrauchern) und Demand-Response-Programme zur Lastbeeinflussung. Ein patentierter Power-Management-Algorithmus ist ebenfalls im Emax 2 integriert.

Der Emax 2 bietet umfangreiche Funktionalitäten in einem einzigen Gerät und ersetzt somit mehrere Geräte durch eine einfache, kostengünstige und intelligente Lösung.





03a

Ein mit dem öffentlichen Stromnetz verbundenes Mikronetz kennt vier Betriebszustände (Inselbildung, Inselbetrieb, Wiederanschluss und netzgekoppelter Betrieb), die alle mithilfe des Emax 2 gesteuert werden können.

Der Emax 2 verfügt über eine patentierte schnelle Lastabwurfmethode, die die Strom- und Spannungsmessungen nutzt, um die Gefahr eines Frequenzabfalls zu reduzieren.

Inselbildung

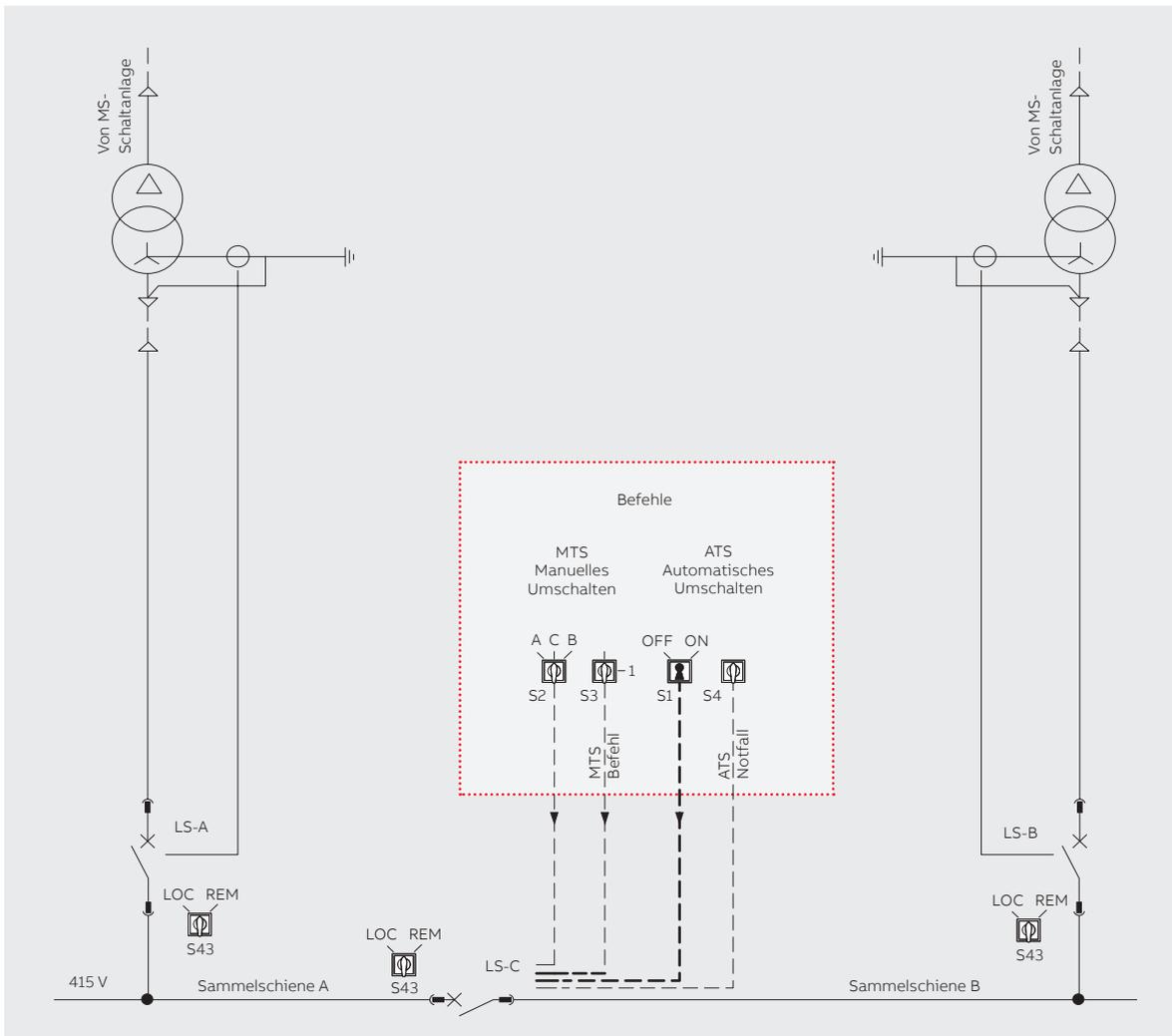
Der Emax 2 wird für gewöhnlich unmittelbar hinter dem MS/NS-Transformator als Schnittstelle zwischen dem Mikronetz und dem Hauptnetz installiert. Tritt ein Fehler im MS-Netz auf, ist der Emax 2 in der Lage, diesen zu erkennen und die entsprechenden spannungs- und frequenzbasierten Schutzwertwerte schnell zu verändern. Das in den Leistungsschalter integrierte Schnittstellenschutzsystem trennt das Mikronetz von Hauptnetz,

sodass es unabhängig weiterbetrieben werden kann. Anschließend passt der Emax 2 die Abzweigungseinstellungen automatisch an die neuen Mikronetzbedingungen an. Insbesondere sollten die Werte für den Kurzschlusschutz reduziert werden, da die Netzseite keinen Beitrag mehr zum Fehler leistet. Dank dieses adaptiven Schutzes bleibt die Koordination zwischen den verschiedenen Ressourcen auch im netzunabhängigen Betrieb gewährleistet.

Ekip Link ist das ABB-eigene Bustool, das die horizontale Kommunikation zwischen den Leistungsschaltern vereinfacht und eine digitale Selektivität ermöglicht. Durch die direkte Kommunikation zwischen den Emax 2-Leistungsschaltern ist keine Überwachungs- oder Mastereinheit erforderlich, was den Datenaustausch beschleunigt.

Während des Übergangs in den Inselbetrieb ist es wichtig, einen Frequenzabfall zu verhindern, falls es zu Instabilität oder einem Systemzusammenbruch (Blackout) kommt.

Der Emax 2 verfügt über eine patentierte, integrierte und schnelle Lastabwurfmethode, die die Strom- und Spannungsmessungen des Geräts nutzt, um die Gefahr eines solchen Ereignisses zu



03b

03 Der integrierte ATS reduziert die Anzahl der für die Umschaltlogik erforderlichen Komponenten.

03a Typische Konfiguration.

03b Mit integriertem ATS.

reduzieren. Auf Basis des Leistungsbedarfs und Messungen der Frequenz im Mikronetz sorgt die adaptive Lastabwurf Funktion für eine schnelle Abschaltung kritischer Lasten, um das Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch zu erhalten und Blackouts zu verhindern. Da es möglich ist, dass nach dem Inselbildungsereignis Energiequellen hinzukommen oder verloren gehen – z. B. indem ein Reservegenerator gestartet oder ein Wechselrichter mit Inselbildungsschutz aktiviert wird –

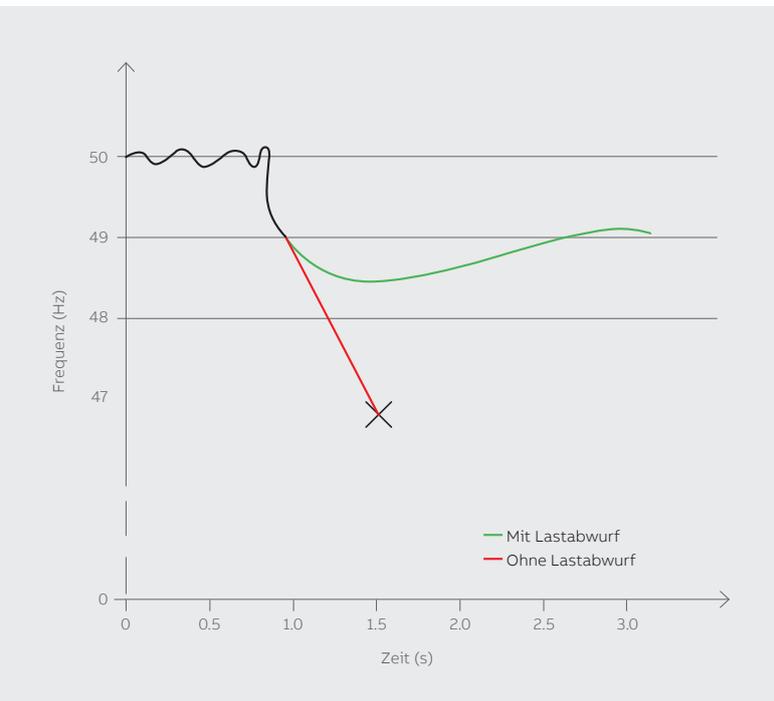
Das ABB Ability™ Electrical Distribution Control System ist in der Lage, den Leistungsfluss in jeder beliebigen Anlage zu überwachen und zu analysieren.

besitzt der Lastabwurf des Emax 2 verschiedene Konfigurationen: eine für ein Notstromaggregat und eine für Solarenergie, die die Anlagengeografie sowie die Neigung, Ausrichtung und Größe der Solarmodule berücksichtigt.

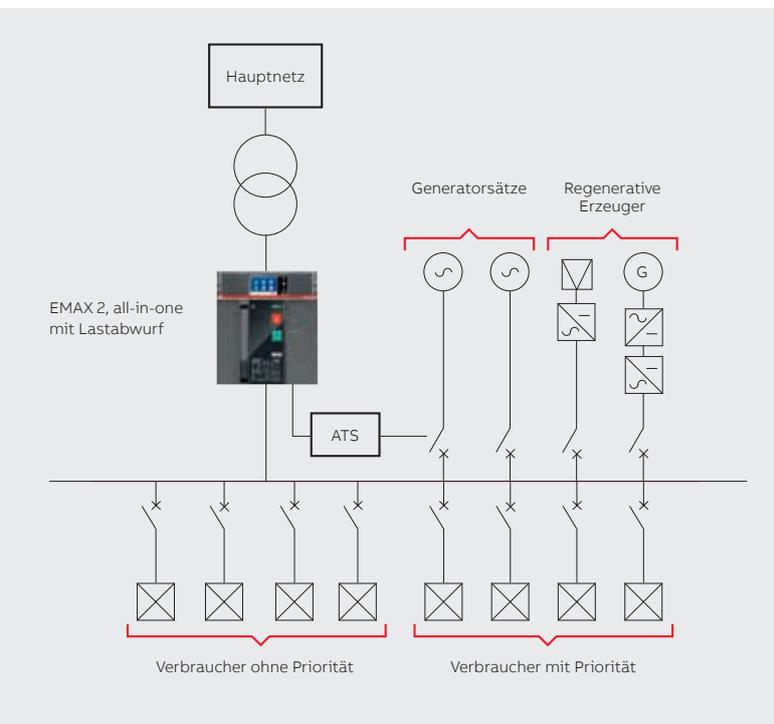
Inselbetrieb

Befindet sich das Mikronetz im netzunabhängigen Betrieb, können andere Ressourcen wie z. B. Reservegeneratoren gestartet werden. Wie oben beschrieben, steuert die integrierte ATS-Logik des Emax 2 das Umschalten von der Hauptleitung auf eine Notstromleitung, um Probleme aufgrund von Fehlerzuständen im öffentlichen Netz bzw. dem MS-Netz zu minimieren. Bei dem integrierten ATS handelt es sich um ein leistungsstarkes Energieautomatisierungssystem, das leicht zu installieren und zu programmieren ist. Der ATS nutzt die neuen Funktionalitäten des Softwaretools Ekip Connect 3 →2 und des Emax 2 zur Bereitstellung einer kompakten und zuverlässigen Lösung →3. Die integrierte ATS-Lösung ist ebenso kompakt wie der Emax 2, da außer internen Auslöseeinheiten und der Ekip Link-Kommunikation nichts weiter hinzugefügt werden muss. Bei Bedarf können Ekip Synchrocheck-Module installiert werden, um den Synchronismus während der Parallelschaltung zu gewährleisten.

Der ATS des Emax 2 reduziert die zur Programmierung einer automatisierten Schaltanlage erforderlichen Kenntnisse in der SPS-Programmierung und Elektrotechnik durch allgemeine (geprüfte und gebrauchsfertige) Vorlagen, die über eine grafi-



04a



04b

sche Benutzeroberfläche (GUI) angepasst werden können. Ist der Benutzer zufrieden, kann die Vorlage mithilfe eines einfachen Tools auf das Gerät geladen werden. Eine nachträgliche Änderung der Parameter ist mithilfe eines Laptops über dieselbe GUI möglich. Die geschätzte Zeitersparnis für das Engineering eines Mikronetz-ATS beträgt rund 95 %.

Wiederanschluss

Ein weiteres integriertes Merkmal des Emax 2 ist die Fähigkeit zur Resynchronisierung des Mikronetzes mit dem Hauptnetz, wenn sich dieses in einem stationären Zustand befindet.

Der integrierte Network Analyzer überwacht die Energiequalität und eine Vielzahl von elektrischen Parametern.

Für die Parallelschaltung ist weder ein externes Synchrocheck-Relais noch eine Synchronisierereinrichtung erforderlich. Auf der Mikronetzseite verfügt der Emax 2 über integrierte Spannungssensoren, sodass auf der Hauptnetzseite nur ein Einphasentransformator erforderlich ist.

Mithilfe des Ekip Synchrocheck-Moduls überwacht der Emax 2 die wichtigsten Parameter für den Wiederanschluss und passt die Spannung und Frequenz des Mikronetzes an die des Hauptnetzes an. Die Sekundärregelung der lokalen Generatorregler wird mithilfe von Ekip Signalling-Kontakten realisiert, sodass eine Synchronisierung erreicht werden kann. Mithilfe von Ekip Synchrocheck und der integrierten Einschaltspule schließt der Leistungsschalter automatisch wieder, wenn das Erreichen des Synchronismus erkannt wird →5.

Netzgekoppelter Betrieb

Leistungsspitzen können die Stromkosten in die Höhe treiben. Um Demand-Response-Anwendungen die Steuerung des Leistungsflusses am Netzanschlusspunkt zu ermöglichen, verfügt der Emax 2 über einen integrierten patentierten Power-Management-Algorithmus, der eine langsame Last- und Generatortrennung bzw. Leistungsmodulation durchführt. Der Algorithmus basiert auf der Beschränkung des durchschnittlichen Leistungsflusses zum Mikronetz entsprechend der Belastbarkeit des Transformators, auf der vertraglich vereinbarten Leistung oder einem empfangenen Demand-Response-Signal. Für letzteres nutzt der Emax 2 das OpenADR-Protokoll (Open Automated Demand Response) zur Kommunikation mit Lastaggregatoren oder Versorgungsunternehmen als virtueller Endknoten.

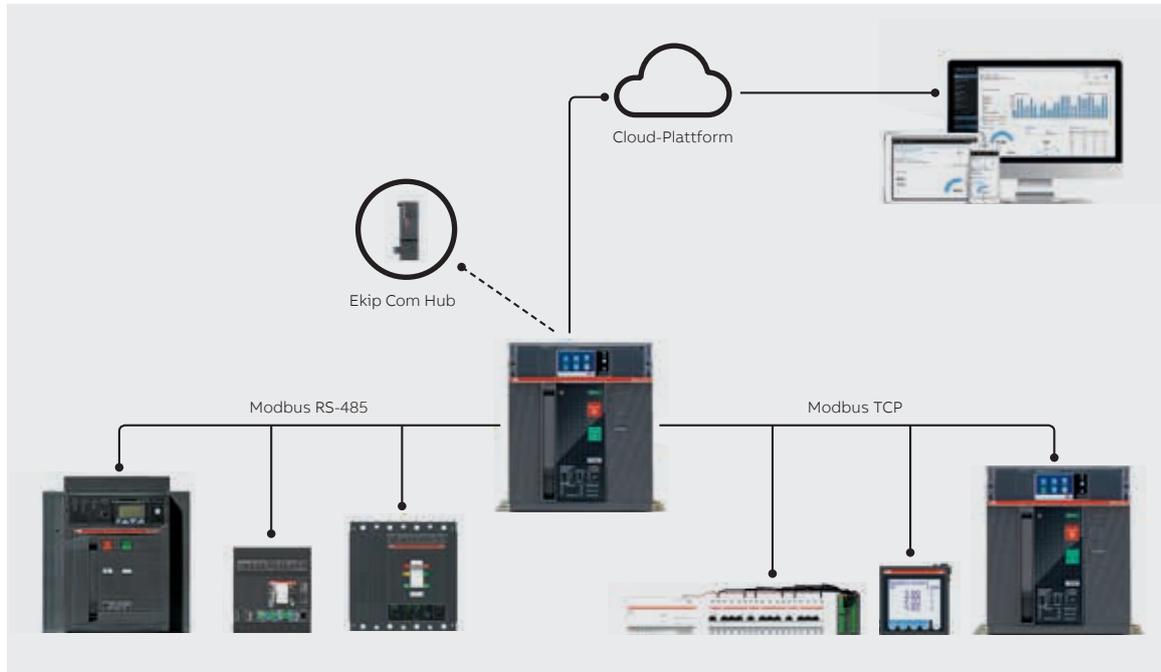
04 Ein Lastabwurf schützt das Mikronetz vor einem raschen Frequenzabfall. Die Anlage bleibt funktionstüchtig und kann netzunabhängig weiterbetrieben werden, wobei priorisierte Verbraucher stets versorgt werden.

04a Ein rascher Frequenzabfall muss verhindert werden.

04b Lastabwurfschema.

05 Die Funktion für die synchronisierte Wiedereinschaltung ermöglicht den Wiederanschluss des Mikronetzes an das Hauptnetz ohne externe Synchronisierereinrichtung.

06 Eingebettete Mikronetzlösung mit dem ABB Ability Ekip Com Hub.



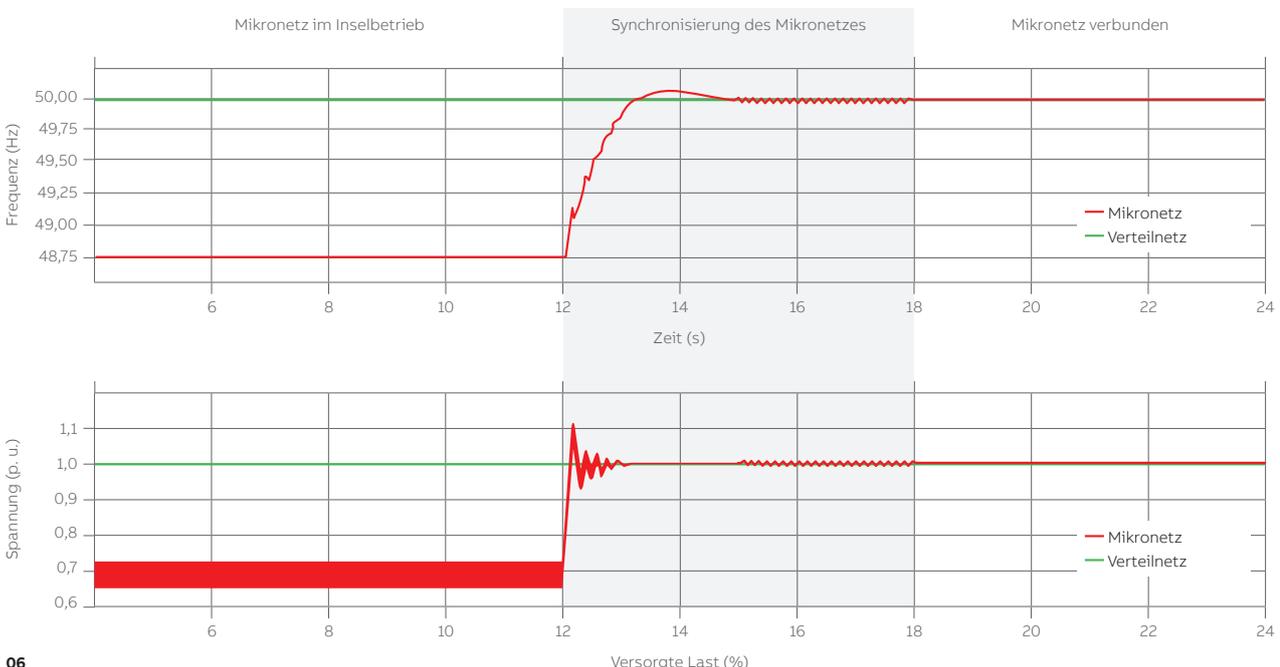
05

Auch Verwalten von Mikronetzen bietet der Emax 2 vielerlei Vorteile. So ermöglicht das ABB Ability Electrical Distribution Control System autorisierten Personen die Überwachung, Optimierung und Steuerung des Mikronetzes von jedem Standort aus. Dazu muss lediglich das Kommunikationsmodul Ekip Com Hub im Anschlusskasten installiert werden, um eine Cloudverbindung herzustellen →6.

Die Cloudarchitektur wurde in Zusammenarbeit mit Microsoft entwickelt, um eine höchstmögliche Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit und Sicherheit zu gewährleisten. Zum ersten Mal sind intelligente

Leistungsschalter damit in der Lage, umfassende Überwachungs- und Managementfunktionen in ausgedehnten NS-Netzen bereitzustellen.

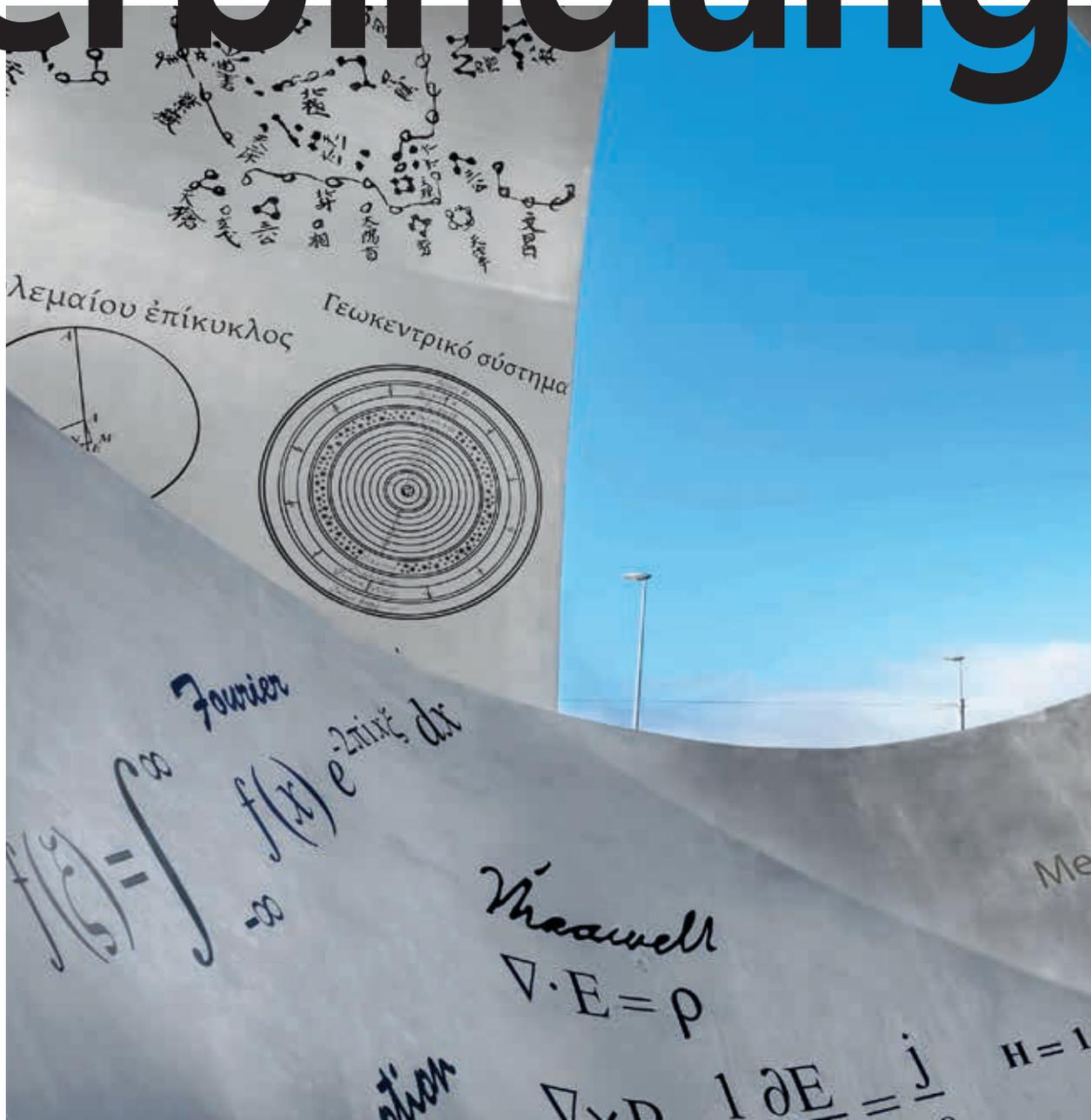
Während die Verbreitung von Mikronetzen voranschreitet, bietet der intelligente Leistungsschalter Emax 2 von ABB den Betreibern die Möglichkeit, ihre Kosten zu reduzieren und ihre Fähigkeiten zu erweitern. Schutz, Steuerung, Überwachung und Management – alle Aufgaben können mit einem einzigen Gerät bewältigt werden. So wird sichergestellt, dass die Verbraucher und Erzeuger im Mikronetz auf kontrollierte Weise arbeiten, ganz gleich, ob das Mikronetz mit dem öffentlichen Netz gekoppelt ist oder netzunabhängig betrieben wird. ●



06



Universele Verbindung



en

Womit verbinden die meisten Menschen den Namen ABB? Viele denken wahrscheinlich an Produkte und Anwendungen für Stromnetze und den Fertigungsbereich. Doch ABB ist viel mehr als das. In dieser Rubrik stellen wir einige weniger bekannte Anwendungen vor: Transformatoren für Experimente am CERN und Umrichter für saubere Luft in Häfen.

- 70 Spezielle Trafos für einen speziellen Kunden
- 76 Netzanschluss für Kreuzfahrt- und Containerschiffe



UNIVERSELLE VERBINDUNGEN

Spezielle Trafos für einen speziellen Kunden

Mittelfrequenz-Transformatoren (MFTs) bieten eine Eigenschaft, die herkömmlichen leistungselektronischen Systemen heute fehlt: eine galvanische Trennung auf Mittelspannungsebene. Dank MFTs können leistungselektronische Systeme auf den Mittelspannungs-(MS-)Bereich ausgedehnt werden und somit die traditionelle Kombination aus Stromrichter und Netzfrequenz-Transformator auf kompaktere Weise ersetzen. Aufgrund ihrer umfangreichen Erfahrung auf dem Gebiet der MFTs und der Möglichkeit, maßgeschneiderte MFTs zu fertigen, ist ABB bisher als einziger Anbieter weltweit in der Lage, einen MFT zu liefern, der die anspruchsvollen Anforderungen des Europäischen Kernforschungszentrums CERN erfüllt →1.

Toufann Chaudhuri
Stephane Isler
Marie-Azeline Faedy
ABB Sécheron SA
Genf, Schweiz

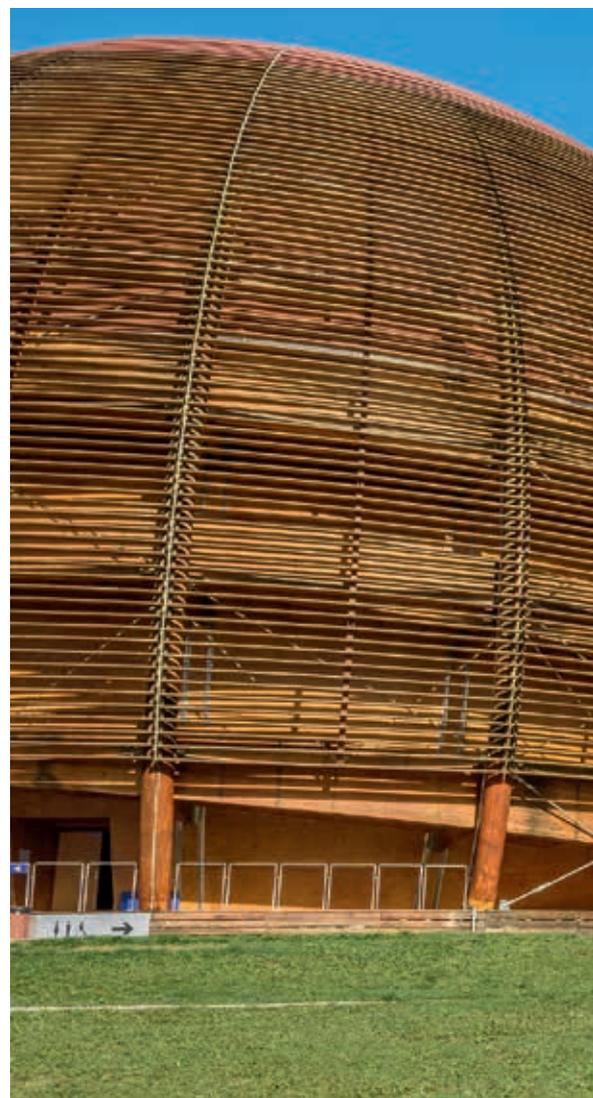
toufann.chaudhuri@
ch.abb.com
stephane.isler@
ch.abb.com
marie-azeline.faedy@
ch.abb.com

Niederfrequenz-Transformatoren (NFTs) sind Transformatoren, die direkt mit dem Stromnetz verbunden sind. Die Betriebsfrequenz (Grundfrequenz) entspricht im Wesentlichen der Netzfrequenz, d. h. 16,7, 50 oder 60 Hz. In einigen speziellen Anwendungen (z. B. im Traktionsbereich) unterliegt der Transformator zusätzlich einem Oberschwingungsgehalt von bis zu mehreren Kilohertz (Grundschiwingung + Oberschwingungen).

MFTs sind Transformatoren, die zur Größen- oder Gewichtsreduzierung gegenüber einer NFT-Lösung mit Stromrichtern (DC/AC, AC/DC oder DC/DC) verbunden sind. In diesem Fall beträgt die Grund-

MFTs sind Transformatoren, die zur Größen- oder Gewichtsreduzierung gegenüber einer NFT-Lösung mit Stromrichtern verbunden sind.

frequenz bereits mehrere Kilohertz oder mehr. Der Schwingungsverlauf enthält zudem häufig Oberschwingungen mit deutlich höheren Frequenzen (mehrere Dutzend Kilohertz).



—
01 Hauptsitz des CERN
in Genf, Schweiz
(Foto: © CERN).

Physikalische Aspekte

Beim Vergleich von NFTs und MFTs spielen einige physikalische Unterschiede eine Rolle. So wirken sich mittlere Frequenzen auf das Verhalten der Werkstoffe aus. Die durch den magnetischen Fluss bei mittlerer Frequenz verursachten Verluste sind wesentlich größer als bei niedriger Frequenz, was bedeutet, dass herkömmliche Kernwerkstoffe nicht verwendet werden können. Um die Eisenver-

—
Die Kombination aus geringerem Wicklungsdurchmesser und einer geringeren Windungszahl sorgt für eine drastische Reduzierung der Leitergesamtlänge und somit des elektrischen Widerstands.

luste zu begrenzen, müssen wesentlich dünnere Stahlbleche (bis zu einigen Mikrometern) oder Ferrite verwendet werden. Ähnlich wirkt sich der Mittelfrequenzanteil im Strom sehr stark auf die Kupferverluste aus, weshalb die Leiter in viele parallele Kabel mit sehr kleinem Querschnitt (sogenannte Litzendrähte) aufgeteilt werden müssen.

Aus diesem Grund werden MFTs mit anderen Kern- und Leiterwerkstoffen gebaut als NFTs. Sowohl der magnetische Fluss als auch die Zahl der Windungen sind umgekehrt proportional zur Frequenz. Geht man von einer konstanten Flussdichte aus, so ermöglicht eine Erhöhung der Frequenz eine Reduzierung des Kernquerschnitts und der Windungszahl. Somit reduziert sich die Größe des Transformators bei zunehmender Frequenz erheblich. Zudem sorgt die Kombination aus geringerem Wicklungsdurchmesser und einer geringeren Windungszahl für eine drastische Reduzierung der Leitergesamtlänge und somit des elektrischen Widerstands, worin der Hauptgrund für die deutlich höhere Effizienz von MFTs gegenüber NFTs liegt.

Neben der Tatsache, dass MFTs bei einer höheren Effizienz weniger Rohstoffe benötigen als vergleichbare Netzfrequenz-Transformatoren, liegt ein Hauptvorteil von MFTs in ihrem geringeren Platzbedarf →2.



INTERVIEW

CERN und ABB Review im Gespräch über Transformatoren



Dr. Davide Aguglia

ABB Review spricht mit dem am MFT-Projekt für das Proton Synchrotron beteiligten Davide Aguglia über die technischen Herausforderungen und die Ergebnisse des Projekts.

Electrical Power Converter Group, CERN
Genf, Schweiz

AR **ABB Review (AR):** Können Sie für uns beschreiben, wie die MFTs mit Ihrer Arbeit bei CERN zusammenhängen?

DA **Davide Aguglia (DA):** Ich bin Sektionsleiter in der Electrical Power Converter Group. Die Gruppe liefert Energieversorgungslösungen für den Großteil der Magnete und der Hochfrequenz-(HF-)Ausrüstung. Die Magnete werden benötigt, um den Teilchenstrahl zu lenken, und die Hochfrequenz, um diesen zu beschleunigen. Es gibt acht Sektionen in der Gruppe. Die MFTs sind für die Sektion Fast Pulsed Converter und werden für das Proton Synchrotron (PS) installiert. Das PS gehört zu den Beschleunigern, die den Großen Hadronen-Speicherring (LHC) und andere Experimente bei CERN speisen.

AR Warum startete CERN ein Projekt zum Austausch der vorhandenen Transformatoren?

DA Die Luminosität des LHC musste erhöht werden. Das ist die Anzahl der Teilchenkollisionen pro Sekunde. Um dies zu erreichen, wird der Beschleunigerkomplex verstärkt und modernisiert. Dafür sind neue Leistungsumrichter für das HF-System des PS zur Beschleunigung der Teilchen notwendig. Die MFTs sind wichtige Kernkomponenten der neuen Umrichter.

AR Können Sie für unsere Leser zusammenfassen, was an den Energieanforderungen des PS besonders ist?

DA Es müssen unabhängig von den zeitlichen Lastveränderungen konstante 25 kV bereitgestellt werden. Die HF-Last besteht aus Elektronenröhren (HF-Verstärker), die elektrische Leistung in HF-Leistung umwandeln. Die Eigenschaften der HF-Last verändern sich je nach Art der Beschleunigung. Das bedeutet, dass sich die Last ändert, aber die Versorgung mit 25 kV konstant bleiben muss. Im Grunde müssen wir eine perfekte bzw. ideale Spannungsquelle schaffen.

AR Was waren die besonderen technischen Herausforderungen bei diesem Projekt?

Die Antwort von ABB auf die MFT-Herausforderung

ABB besitzt umfangreiche Erfahrung mit MFTs. Üblicherweise ist jede Größenreduktion im Mittelspannungsbereich durch die erforderlichen Isolationsabstände begrenzt. Doch aufgrund der hervorragenden Leistungseigenschaften einer Ölisolierung kann auch bei höheren Anforderungen an die Isolationsspannung die Kompaktheit der MFTs genutzt werden. Dank der Ölisolierung können verschiedene Kühlmethoden verwendet werden: natürliche oder forcierte Ölkühlung, indirekte Wasserkühlung, natürliche oder forcierte Luftkühlung – alle sind möglich.

Eine der Herausforderungen, die mit der Bereitstellung einer hohen Isolationsspannung bei gleichzeitiger Reduzierung der Größe um mehrere Größenordnungen verbunden ist, betrifft die Durchführungen. Während standardmäßige Hochspannungsdurchführungen nur einen Bruchteil der

Größe eines NFT ausmachen, sind sie größer als ein ganzer MFT, was bedeutet, dass sie nicht verwendet werden können. Stattdessen sind kleine Durchführungen durch eine isolierende Abdeckung der Ölkap-

—

Neben der Tatsache, dass MFTs weniger Rohstoffe benötigen als vergleichbare Netzfrequenz-Transformatoren, liegt ein Hauptvorteil in ihrem geringeren Platzbedarf.

selung erforderlich. Um die erforderlichen Kriech- und Luftstrecken sicherzustellen, sind umfangreiches Wissen über Dielektrizität und die Möglichkeit zur Durchführung von FEM-Simulationen (Finite-Elemente-Methode) erforderlich.

DA Es gibt drei besondere Anforderungen, die in einer Ausrüstungskomponente erfüllt werden mussten. Und diese gab und gibt es meines Wissens noch immer nirgendwo anders. Soweit ich weiß, ist es der erste Transformator, der eine Hochspannungsisolierung von 25 kV, eine Mittelfrequenz von 20 kHz und eine Leistung von 100 kW miteinander kombiniert.

Darüber hinaus sollten die Umrichter modular sein, sodass sie bei CERN auch in Zukunft und nicht nur für die Verstärkung und Modernisierung des PS verwendet werden können.

AR Der erste Umrichter ist mittlerweile installiert. Wie laufen die Dinge?

DA Fünf Leistungsumrichter wurden bestellt. Das bedeutet insgesamt 17 MFTs – drei für jeden Umrichter und zwei als Ersatz. Der Prototyp befindet sich bereits in Betrieb. Er wird noch analysiert, verhält sich aber gut. Drei weitere Umrichter sollen diesen Herbst in Betrieb gehen.

AR ABB und CERN sind beides große Organisationen. Glauben Sie, das hat während des Projekts zu Synergien oder Herausforderungen geführt?

DA Es wurde ein spezieller Vertrag aufgesetzt, um den Bedürfnissen des Projekts gerecht zu werden. Die mit einem solch anspruchsvollen Projekt verbundenen Risiken mussten für beide Parteien abgedeckt werden, was eine aufwändigere Beschaffungsphase zur Folge hatte.

Die Größe von ABB war sicherlich ein Vorteil für mich und alle beteiligten technischen Mitarbeiter von CERN. Dank der Größe von ABB konnten alle Phasen des Projekts intern abgewickelt werden. Nichts wurde untervergeben und alles erfolgte in-house. Das machte die Zusammenarbeit viel schneller und einfacher, und die Verantwortlichkeiten waren klar zwischen zwei Parteien geregelt.

AR Wodurch zeichnete sich ABB besonders aus?

DA Großartig an ABB war die hohe Kompetenz auf dem Gebiet. Ich wurde in Genf von den Ingenieuren, Technikern und dem F&E-Leiter von ABB empfangen. Die Techniker waren z. B. in die frühen Gespräche über das Design eingebunden. Es ist ein sehr technisches Projekt, und die Möglichkeit, direkt mit den ABB-Ingenieuren zu sprechen und auf ihre umfangreiche Erfahrung zurückgreifen zu können, war definitiv ein Highlight für mich.

AR Das freut uns zu hören. Vielen Dank für Ihre Zeit und das Interview.

CERN

Das Hauptgelände des 1954 gegründeten CERN liegt bei Genf, unmittelbar an der schweizerisch-französischen Grenze. Dort werden einige der größten und komplexesten wissenschaftlichen Geräte

—

ABB ist bisher als einziger Anbieter weltweit in der Lage, CERN ein solches Produkt für diese anspruchsvolle Anwendung zu liefern.

der Welt zur Erforschung von Elementarteilchen, den Grundbestandteilen von Materie, eingesetzt [1]. Dazu gehören unter anderem speziell gebaute Teilchenbeschleuniger und Detektoren. Insgesamt verfügt CERN über neun Beschleuniger, zu denen auch das Proton Synchrotron gehört.

Modernisierung des Proton Synchrotron

Das Proton Synchrotron (PS), in dem 1959 erstmalig Protonen beschleunigt wurden, gilt als das „Arbeitspferd“ von CERN, denn es fungiert als Vorbeschleuniger für viele Experimente →3. Das PS beinhaltet mehrere Hochfrequenz-Kavitäten (Hohlraumresonatoren), die eine äußerst stabile Gleichspannung von 25 kV benötigen. Im Rahmen einer Modernisierung des PS im Jahr 2013 wurde



03





—
02 Mittelfrequenz-
Transformator (MFT).

—
03 Proton Synchrotron
bei CERN, an dem der
MFT von ABB installiert
ist (Foto: © CERN).

—
Literaturhinweis
[1] [https://home.cern/
about](https://home.cern/about). Abgerufen am
21.02.2017.

beschlossen, den dazugehörigen MFT in den DC/DC-Umrichter von CERN zu integrieren. Außerdem sollte die Leistung erhöht werden, wobei der neue MFT nicht größer sein durfte als sein Vorgänger, da er am selben Platz installiert werden sollte.

Die Hauptspezifikationen für die neuen MFTs lauteten wie folgt:

- Betriebsfrequenz: 22 kHz
- Nennleistung: 160 kVA
- Esteröl-Isolierung, KNAN-Kühlung
- Zwei Primär- und 24 Sekundärwicklungen
- Teilentladungsfrei bei 30 kV (RMS)
- Maximale Größe: 580 × 480 × 400 mm
- Maximales Gewicht: 90 kg

Hier kam ABB ihre Erfahrung in der Konstruktion und Bereitstellung von leistungselektronischen Traktionstransformatoren (PETT) mit einer Isolationsspannung von 38 kV, einer Betriebsfrequenz von 2 kHz und einer Leistung von 180 kW zugute. Ein besonderes Merkmal der MTFs für CERN sind die 24 Hochspannungswicklungen.

Im Jahr 2016 lieferte ABB 17 MFT-Einheiten, die alle Vorgaben erfüllten. Die MFTs absolvierten erfolgreich alle vom CERN-Team durchgeführten Tests, und das Team zeigte sich voll und ganz zufrieden mit dem Produkt, das ABB für sie entwickelt hatte. ABB ist in der Lage, einen MFT bei Bemessungs-

frequenz (in diesem Fall 20 kHz) auf die Leerlauf- und Lastverluste sowie die Induktivitäten zu prüfen. Die Möglichkeit, den MFT unter den endgültigen Betriebsbedingungen zu testen, garantiert eine optimale Prüfung und hilft dabei, die vollständige Erfüllung der Kundenspezifikationen zu gewährleisten. Die Installation und Inbetriebnahme erfolgten im ersten Halbjahr 2017. Damit ist ABB bisher als einziger Anbieter weltweit in der Lage, CERN ein solches Produkt für diese anspruchsvolle Anwendung zu liefern.

Die Kraft der Beschleunigung

ABB gehört zu den wenigen Lieferanten von kundenspezifischen MFTs für anspruchsvolle leistungselektronische Hochspannungs-Anwendungen. Die Vorteile von MFTs sind vielfältig und lassen sich am besten wie folgt zusammenfassen:

- Sehr hohe Leistungsdichte für Mittelspannungs- bzw. Hochleistungssysteme
- Geringerer Platzbedarf, kompakt und leicht
- Einfach anpassbar zur Integration in modulare Umrichter
- Verbesserte Energieeffizienz
- Flexible Kühlmöglichkeit
- Weniger Kupfer, Eisen und Öl
- 100 % wartungsfrei

Mit diesen Vorteilen werden die MTFs von ABB Kunden wie CERN dabei helfen, weitere Einblicke in die elementare Welt der Materie zu erhalten. ●

UNIVERSELLE VERBINDUNGEN

Netzanschluss für Kreuzfahrt- und Containerschiffe

Am Liegeplatz kann ein großes Schiff bis zu 20 MVA elektrische Leistung benötigen, die für gewöhnlich von den Schiffsdieseln bereitgestellt wird. Allerdings gelten in immer mehr Häfen strengere Vorschriften in puncto Luftqualität und Geräuschemissionen. Vorkonfigurierte Lösungen auf Basis der Mittelspannungs-Frequenzumrichterfamilie ACS6000 von ABB liefern konformen und zuverlässigen landseitigen Strom mit höchster Qualität zu optimierten Kosten →1–2.



Roberto Bernacchi
ABB Power Grids,
Grid Integration
Sesto San Giovanni, Italien

roberto.bernacchi@
it.abb.com

Viele Seeschiffe erzeugen Strom mithilfe ihrer Dieselmotoren, wenn sie im Hafen liegen. Allerdings sind Schiffsmotoren nicht gerade für ihre Umweltfreundlichkeit bekannt, und da Häfen häufig von einer sensiblen Meeresumwelt oder dicht besiedelten Großstädten umgeben sind, gelten immer strengere Vorschriften in puncto Luftqualität und Geräuschemissionen. Tatsächlich belegen die Aspekte Luftqualität, Energieeffizienz und Lärm auf der Liste der Top-10-Umweltprioritäten für große Häfen der ESPO (European Sea Ports Organization) die ersten drei Plätze [1].

Landseitige Stromversorgung

Zur Reduzierung der Emissionen von Schiffen während der Liegezeit stellen Hafenbehörden häufig einen Landstromanschluss bereit. Allerdings können die größten Containerschiffe – z. B. der Super-Post-Panamax-Klasse – bis zu 7,5 MVA und große Kreuzfahrtschiffe bis zu 20 MVA benötigen. Werden mehrere große Containerschiffe gleichzeitig angeschlossen, kann der Energiebedarf am Kai erheblich ansteigen.

Die Bereitstellung solcher Energiemengen stellt die elektrische Infrastruktur im Hafen vor große Anforderungen, sowohl im Hinblick auf den Kapitalaufwand als auch auf die Komplexität der Ausrüstung, die laufenden Kosten und die Wartung. Hinzu kommt, dass Schiffe möglicherweise über ein

50- oder 60-Hz-Bordnetz (die meisten verwenden 60 Hz) verfügen, sodass der Frequenzumrichter nicht nur die hohen Leistungen bewältigen, sondern auch die örtliche Netzfrequenz an die jedes Schiffs anpassen muss.

ABB ASC6000 SFC

Mit dem Ziel, eine moderne landseitige Stromver-

—
ABB hat eine Reihe von vorkonfigurierten statischen Frequenzumrichterlösungen auf Basis der modularen ACS6000-Plattform entwickelt.

sorgung für Schiffe mit hohem Leistungsbedarf bereitzustellen, hat ABB eine Reihe von vorkonfigurierten statischen Frequenzumrichterlösungen auf Basis der modularen Mittelspannungs-Frequenzumrichterplattform ACS6000 mit der Bezeichnung ACS6000 SFC (Static Frequency Converter) entwickelt.



Ester Guidi
ABB Robotic and Motion,
Medium Voltage Drives
Turgi, Schweiz

ester.guidi@ch.abb.com



01

—
01 Am Liegeplatz können Schiffe große Strommengen benötigen. Diese werden häufig von den Dieselmotoren an Bord erzeugt, was sich negativ auf die lokale Umwelt auswirken kann.

Diese Lösungen sorgen für eine zuverlässige Versorgung von Schiffen mit hochwertigem Strom – in vollständiger Übereinstimmung mit globalen Standards – zu optimierten Kosten pro MVA.

—
Zur Reduzierung der Emissionen von Schiffen während der Liegezeit stellen Hafenbehörden häufig einen Landstromanschluss bereit.

Die integrierte ACS6000 SFC Landanschlusslösung bietet folgende Kernfunktionen:

- Statische Umwandlung des dreiphasigen 50/60-Hz-Hafennetzstroms für das 60/50-Hz-Bordnetz
- Vollständige Wirk- und Blindleistungsregelung für das Bordnetz
- Lastflussausgleich mit parallel geschalteten Frequenzumrichtersystemen zur Versorgung der lastseitigen Verteilungsinfrastruktur
- Festgelegter Kurzschlussstrom, um die Funktion nachgeschalteter Schutzeinrichtungen zu gewährleisten
- Hervorragendes Oberschwingungsverhalten auf Netz- und Schiffseite

Die für diese Anwendung gewählte ACS6000 SFC-Plattform umfasst 12 Varianten, die sämtliche Leistungsanforderungen – von einem einzelnen Containerschiff über mehrere Containerschiffe bis hin zu den größten derzeit in Betrieb befindlichen Kreuzfahrtschiffen – abdecken.

Wichtige Designkriterien waren die Minimierung der Auswirkungen von netzseitigen Oberschwingungen und die Maximierung der schiffseitigen Spannungsqualität. Zur Reduzierung des Oberschwingungsgehalts im Drehstromnetz kommt ein

—
In immer mehr Häfen gelten strengere Vorschriften in puncto Luftqualität und Geräuschemissionen.

12- oder 24-Puls-Diodengleichrichter als Netzgleichrichtereinheit (LSU) bzw. eine doppelte/dreifache aktive Gleichrichtereinheit (ARU) zum Einsatz.

Auf der Schiffseite ist jede Wechselrichtereinheit (INU) mit einer separaten Wicklung des Ausgangstransformators verbunden, wobei die lastseitigen Wicklungen in Reihe geschaltet sind, um das



02

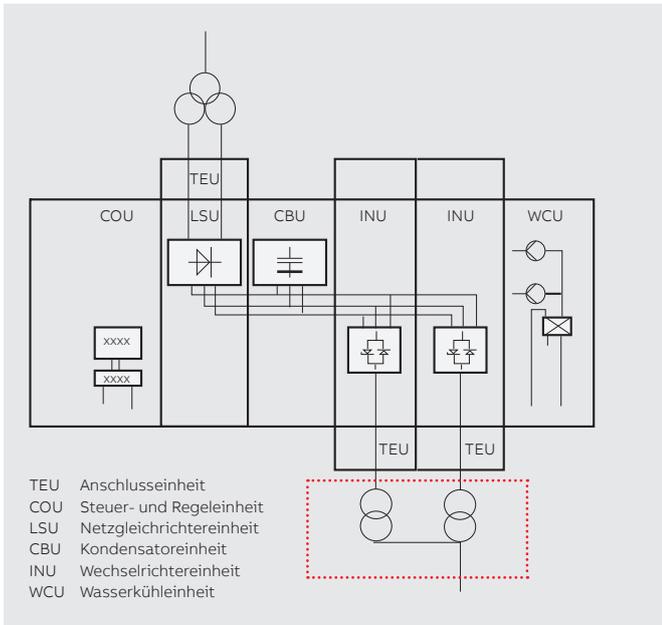
gewünschte lastseitige Netz zu bilden. Diese Reihenschaltung, verbunden mit einer Phasenverschiebung der einzelnen Wicklungen und einem speziellen Filter, ermöglicht eine erhebliche Reduzierung der charakteristischen Oberschwingungen des Umrichters. Die Standardkonfigurationen des

—
Die Lösungen sorgen für eine zuverlässige Versorgung von Schiffen mit hochwertigem Strom in vollständiger Übereinstimmung mit globalen Standards.

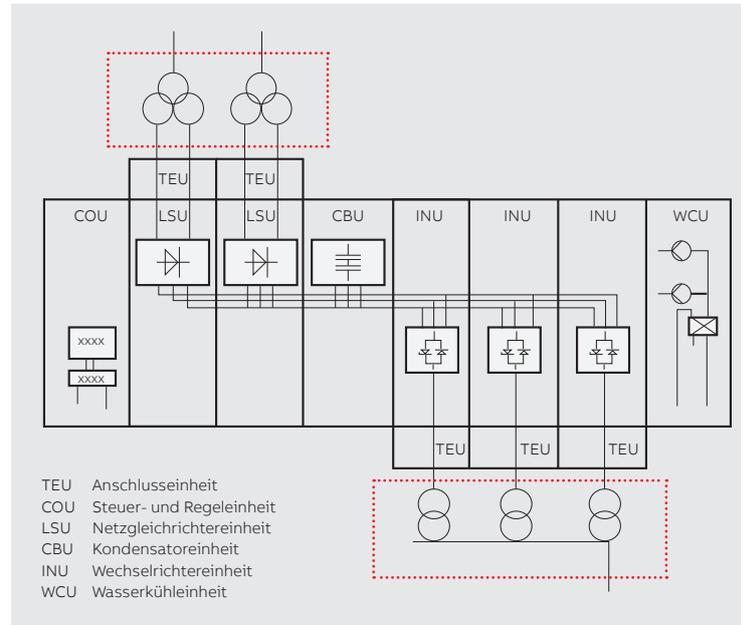
ACS6000 SFC sind in →3 dargestellt. Um die Betriebskosten für den Endnutzer zu minimieren, spielte der Wirkungsgrad bei der Wahl des statischen Frequenzumrichters eine wichtige Rolle. In diesem Zusammenhang ist die gewählte Kühlmethode von besonderer Bedeutung, denn mit einem wassergekühlten Umrichter lässt sich ein Umwandlungswirkungsgrad von über 98 % erreichen. Außerdem liegt der Wirkungsgrad – anders als bei

einem rotierenden Umformer – bei Teillast und sogar bis zu einem Lastfaktor von 30 % mit über 97 % nahe dem Höchstwert.

Die Integration des ACS6000 SFC in das Hafennetz erfolgt gemäß den strengen Anforderungen des weltweiten Standards IEC/ISO/IEEE 80005-1 „High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems“ (Hochspannungs-Landanschlussysteme) und den von den Zertifizierungsgesellschaften festgelegten Klassenregeln für das Schiff. So wird z. B. das optimierte Pulsmuster zur Erzeugung des sinusförmigen Strom- und Spannungsverlaufs für das Schiff so gewählt, dass die Oberschwingungen im unteren Bereich (bis zur 50. Harmonischen) entweder beseitigt oder auf ein akzeptables Maß reduziert werden. Durch Hinzufügen eines maßgeschneiderter RC- oder RLC-Filters werden die übrigen Oberschwingungen höherer Ordnung (bis zur 100. Harmonischen) gedämpft, um eine harmonische Gesamtverzerrung der Spannung von unter 4 % zu erreichen. Die Wahl der Frequenzumrichterplattform ist allerdings nur der erste Schritt zur Bereitstellung einer zuverlässigen Lösung für die Landstromversorgung.



03a



03b

02 Der ACS6000 von ABB.

03 Standardkonfigurationen des ACS6000 SFC.

03a ACS6000 SFC Double (bis zu 14 MVA).

03b ACS6000 SFC Triple (bis zu 24 MVA).

04 Umrichtersystem und Lieferumfang.

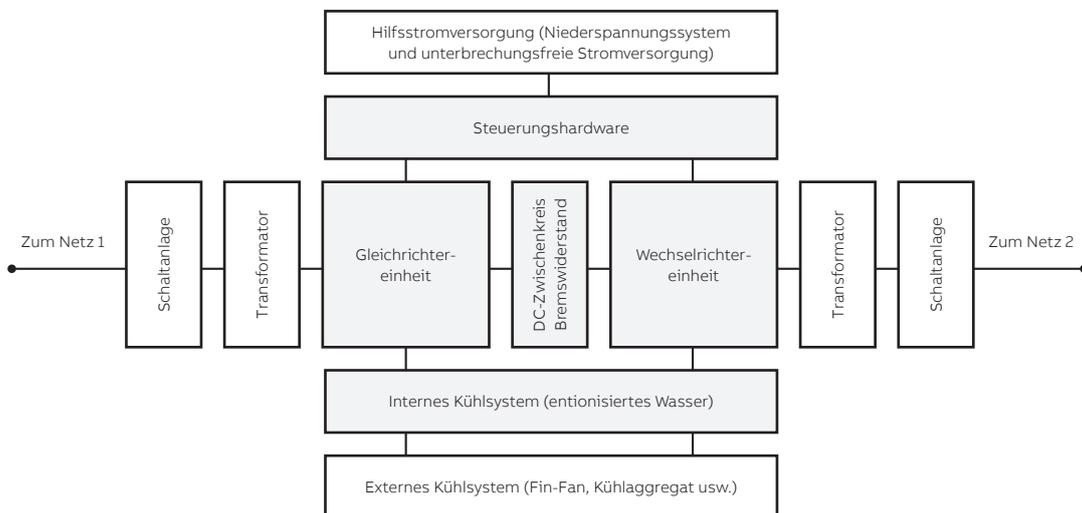
Verschiedene schiffsspezifische Aspekte müssen ebenfalls berücksichtigt werden:

- Systemspannung für die Schiffsversorgung: 6,6 kV oder 11 kV über einen Aufspanntransformator. Der Transformator muss mit einem Stufenschalter ausgestattet sein, um ein Umschalten zwischen den beiden Spannungen zu ermöglichen.
- Synchronisierung und Lastteilung mit dem Dieseldgenerator an Bord, insbesondere während der Übergangsphase unmittelbar nach Anschluss des Schiffs an die Landstromversorgung.
- Mögliche Leistungsrückflüsse vom Schiff zum Landanschluss sollten durch einen entsprechenden Bremswiderstand geregelt werden, da eine Rückspeisung in das Hafennetz nach einigen Netzanschlussbedingungen (Grid Codes) nicht zulässig ist.

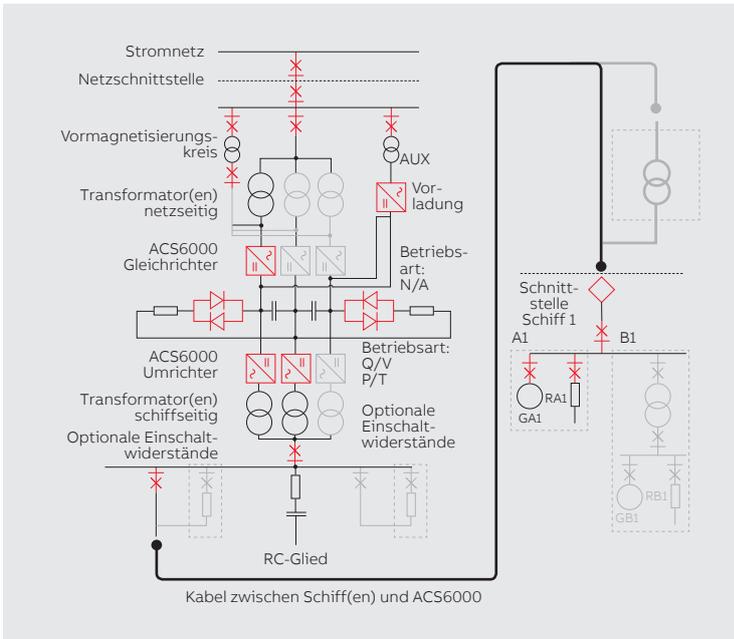
- Eine Leistungsfaktorregelung (Wirk- und Blindleistungsmanagement) sollte in Echtzeit unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Schiffsnetze erfolgen.

Die für diese Anwendung gewählte ACS6000 SFC-Plattform umfasst 12 Varianten, die sämtliche Leistungsanforderungen abdecken.

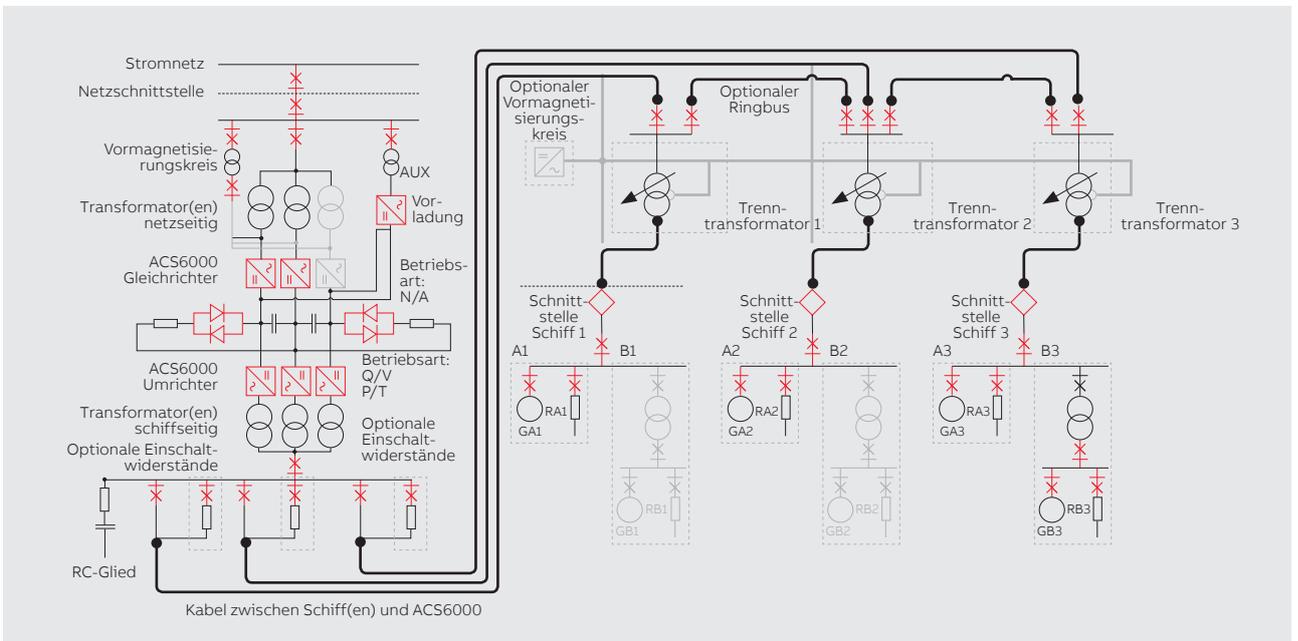
- Bei der Auswahl der Kurzschlussstromfestigkeit des Umrichters ist die nachgeschaltete Selektivität ebenso zu berücksichtigen wie eine mögliche Überlastung durch bordseitige Schaltlasten.



04



05a



05b

- Eine vollständige elektrische Steuerung und ein vollständiger elektrischer Schutz des Schiffs und des Umrichters sollten durch entsprechende last- und schiffseitige Schaltanlagen gewährleistet werden.

Wichtige Kriterien waren die Minimierung von netzseitigen Oberschwingungen und die Maximierung der schiffseitigen Spannungsqualität.

In Anbetracht der genannten Punkte kommt der Dimensionierung des Umrichters, der Spezifikation des Transformators (Eingang und Ausgang), dem

Kühlsystem sowie den Schutz- und Steuergeräten eine besondere Bedeutung zu →4.

Die Integration des ACS6000 SFC in eine vorkonfigurierte Lösung ermöglicht eine reibungslose Ausführung bei jeder Projektkonfiguration.

Bei einer Lösung für einen Einzelliegeplatz bzw. ein einzelnes Schiff wird ein ACS6000 SFC gewählt, der nicht nur die Nennleistungsanforderungen des Schiffs erfüllt, sondern auch in der Lage ist, die Überlast zu bewältigen, die durch das Starten von großen, direkt ans Netz angeschlossenen Motoren und das Einschalten von Bordtransformatoren verursacht werden, und der außerdem die notwendige Selektivität zur Isolierung von Fehlern im Schiffnetz unterstützt →5a. Besondere Aufmerksamkeit

—
05 Vorkonfigurierte Lösungen ermöglichen eine reibungslose Projektausführung.

05a Konfiguration für einen Einzelliegeplatz.

05b Konfiguration für mehrere Liegeplätze.

—
06 „Smarte Häfen“ benötigen eine schlanke und effiziente Netzintegration, die einen erfolgreichen Ausgleich von Angebot und Nachfrage ermöglicht.

—
Literaturhinweis
[1] „ESPO/EcoPorts Port Environmental Review 2016 – Insight on port environmental performance and its evolution over time“. April 2016. Online verfügbar unter: http://www.espo.be/media/news/ESPO_EcoPorts%20Port%20Environmental%20Review%202016.pdf

wird der Vormagnetisierung des netzseitigen Transformators geschenkt, um die Gefahr von Spannungsabfällen im Hafennetz zu minimieren.

Eine Lösung für mehrere Liegeplätze kann von den Betriebskosten her günstiger ausfallen, da mehrere Schiffe gleichzeitig von einer Frequenzumrichterstation versorgt werden können →5b. Zusätzlich sollte die spezifische Last der einzelnen Schiffe taxiert werden, um sicherzustellen, dass

—
Um die Betriebskosten für den Endnutzer zu minimieren, spielte der Wirkungsgrad bei der Wahl des SFC eine wichtige Rolle.

die Station in der Lage ist, die Gesamtlast zu bewältigen. Dabei gilt es, die Vormagnetisierungsanforderungen des landseitigen Transformators zu berücksichtigen, der die galvanische Trennung zwischen den Schiffen sicherstellt.

Hafenelektrifizierung – eine ganzheitliche Betrachtung

Aufgrund der Komplexität der Situation und der damit verbundenen Randbedingungen erfordert die Installation eines Landstromanschlusses einen Ansatz, der über das eigentliche Anschlussystem hinausgeht und die Hafenelektrifizierung als Ganzes betrachtet. Das Hafennetz sollte als eine dyna-

mische Umgebung gesehen werden, zu der jederzeit neue Verbraucher oder Erzeuger hinzukommen können. Hierfür ist ein starkes Hafennetz von entscheidender Bedeutung. Um einen erfolgreichen Ausgleich von Angebot und Nachfrage zu gewährleisten, muss das Hafennetz durchgängig robust sein – angefangen von der einspeisenden Hochspannungs-(HS-)Schaltanlage bis hin zum Niederspannungs-Verbraucher →6. Eine Aufrüstung der HS-Schaltanlage oder eine Ertüchtigung des Hafennetzes durch Repowering kann die Aufnahme von mobilen Verbrauchern – sowohl seeseitig (elektrische oder Hybridfähren) als auch landseitig (Elektrofahrzeuge) – ermöglichen und die Integration von erneuerbaren Energiequellen wie Windparks oder Photovoltaikanlagen erleichtern.

Kurz gesagt, die landseitige Stromversorgung und die Hafenelektrifizierung helfen dabei, die Rolle von Häfen als bedeutende Wirtschaftsmotoren zu stärken – sowohl in traditioneller Hinsicht als Drehscheiben für den Personen- und Warenverkehr als auch in moderner Hinsicht als nachhaltige, vollständig in die umgebende Gemeinschaft integrierte Wirtschaftseinheiten. Die Bereitstellung von sauberer Energie und die Beseitigung von Diesel- und Geräuschemissionen tragen zur Verbesserung des Arbeits-, Verkehrs- und Lebensumfelds in und um Häfen bei. Die Elektrifizierung ist die einzige kosteneffiziente Möglichkeit, eine nahezu 100%ige Reduzierung der lokalen Emissionen und ein langfristiges Hafenwachstum sicherzustellen. ●

Energie & Automatisierungstechnik für	Übersicht	Vorteile
Landanschluss 	<ul style="list-style-type: none"> • Infrastruktur zur Versorgung von Schiffen mit Strom von Land während der Liegezeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Beseitigt 98 % der Emissionen und sämtliche Geräusche und Schwingungen • Verbesserung der Lebensqualität in Hafennähe
Hafenelektrifizierung 	<ul style="list-style-type: none"> • HS-Schaltanlage • MS/NS-Elektrifizierung • Leistungstransformatoren 	<ul style="list-style-type: none"> • ABB als alleinige Schnittstelle für die gesamte Hafenelektrifizierung • Hochzuverlässige HS-Produkte
Hafennetzintegration 	<ul style="list-style-type: none"> • Automatisierung des Hafen-Verteilnetzes • Integration von erneuerbaren Energien • Kommunikationsnetze 	<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserte Versorgungszuverlässigkeit • Autarke Hafenmikronetze • Sichere/leistungsstarke Kommunikation
E-Mobilitäts-Lösungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Ladeinfrastruktur für Hybridfähren • Ladeeinrichtungen für E-Fahrzeuge 	<ul style="list-style-type: none"> • Emissionsfreie Hafenbesuche • Integriertes Transportwesen (von der Schiene auf E-Fahrzeuge)
Service/Nachrüstung 	<ul style="list-style-type: none"> • Beratung für optimale Lösungen • Nachrüstung vorhandener Anlagen • Wartungsverträge/Ersatzteile 	<ul style="list-style-type: none"> • Erhebl. Verbesserung der Zuverlässigkeit, Sicherheit und Leistungsfähigkeit • Verlängerter Systemlebenszyklus



Regelung Produktiv





und ität

Regelungen und die Produktivität sind gefährdet, wenn die erforderlichen Daten nicht zur Verfügung stehen, fehlerhaft sind oder eine kleine Abweichung für eine große gehalten wird (oder umgekehrt). ABB hat einige der fortschrittlichsten und zuverlässigsten Regelungsverfahren entwickelt und implementiert, die häufig nicht nur auf „intelligenten“ automatischen Systemen beruhen, sondern die Entwicklung von intelligenten Planungen und Prozessen ermöglichen.

- 84 Rettung in der Not – Regelung von elektrisch angetriebenen Gasverdichtern
- 92 Ein bedienungsfreundliches und flexibles Planungswerkzeug



REGELUNG UND PRODUKTIVITÄT

Retter in der Not – Regelung von elektrisch angetriebenen Gasverdichtern

Praktisch alle technischen Systeme werden heutzutage automatisch geregelt. Da die Regelung jedoch nicht so greifbar ist wie die Hardware, ist ihre zentrale Rolle weniger offensichtlich, und Innovationen im Bereich der Regelung bleiben häufig verborgen. Im Gegensatz dazu steht die Bekanntheit innovativer Produkte wie Quadcopter, autonome Fahrzeuge oder Industrieroboter, die ohne automatische Regelung nicht existieren würden. In diesem Artikel geht es um ein innovatives Regelungssystem für elektrisch angetriebene Gasverdichter, das dabei hilft, die Anlage zu schützen und Kosten in Millionenhöhe zu vermeiden.

Thomas Besselmann
Andrea Cortinovis
Mehmet Mercangöz
 ABB Corporate Research
 Baden-Dättwil, Schweiz

thomas.besselmann@
 ch.abb.com
 andrea.cortinovis@
 ch.abb.com
 mehmet.mercangoez@
 ch.abb.com

Arne-Marius Ditlefsen
Harald Fretheim
Jan Wiik
 ABB Industrial Automation,
 Oil, Gas and Chemicals
 Oslo, Norwegen

arne-marius.ditlefsen@
 no.abb.com
 harald.fretheim@
 no.abb.com
 jan.wiik@no.abb.com

Sture Van de moortel
Pieder Joerg
 ABB Robotics and
 Motion, Drives
 Turgi, Schweiz

sture.vandemoortel@
 ch.abb.com
 pieder.joerg@ch.abb.com

Radialverdichter sind in der Öl- und Gasindustrie weit verbreitet. Sie werden dort in verschiedenen Anwendungen im Upstream-, Midstream- und Downstream-Bereich eingesetzt, um Erdgas zu verdichten und durch Pipelines von der Quelle bis zum Endverbraucher zu transportieren. Diese großen rotierenden Maschinen sind nicht nur die größten Energieverbraucher in einer Gasverarbeitungsanlage, sondern aufgrund der Tatsache, dass ihr Ausfall automatisch große wirtschaftliche Verluste nach sich zieht, auch die kritischsten Betriebsmittel. Aus diesem Grund spielen eine hohe Verfügbarkeit und maßgeschneiderte Regelungs- und Sicherheitssysteme bei ihrem Betrieb eine entscheidende Rolle.

Große rotierende Maschinen können von konventionellen Gasturbinen oder von Elektromotoren mit drehzahlgeregelten Antrieben angetrieben werden. Elektrisch angetriebene Gasverdichter (Electrically Driven Compressors, EDC) bieten mehrere Vorteile gegenüber Gasturbinen, wie zum Beispiel höhere Wirkungsgrade, kürzere Ansprechzeiten, einen größeren Betriebsbereich, niedrigere Wartungskosten und die Vermeidung lokaler Treibhausgasemissionen.

In diesem Artikel geht es um die Erhöhung der Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit von EDC durch automatische Regelung mithilfe des Prozess-



schutzsystems Dynamic Time to Surge (DT2S) und des Drehmomentregelungssystems Model Predictive Torque Control (MPTC).

Der Schwerpunkt liegt dabei auf Störungen im Stromnetz, die ein kurzweiliges Ausbleiben des Antriebsdrehmoments bewirken können, was zu einem für den Verdichtungsprozess schädlichen Pumpen des Verdichters führen kann.

Der Gasverdichtungsprozess

→1 zeigt einen EDC in einer typischen industriellen Anordnung. Das elektrische System besteht aus einem lastgeführten Umrichter (Load-Commutated Inverter, LCI) mit Eingangstransformator, netz- und maschinenseitigen Stromrichtern, Synchronmotor und Erregersystem. Das elektrische System ist über eine flexible Welle mit dem Verdichter verbunden, wobei die Welle durch ein Getriebe in eine langsam laufende Motorwelle und eine schnell laufende Verdichterwelle aufgeteilt wird.

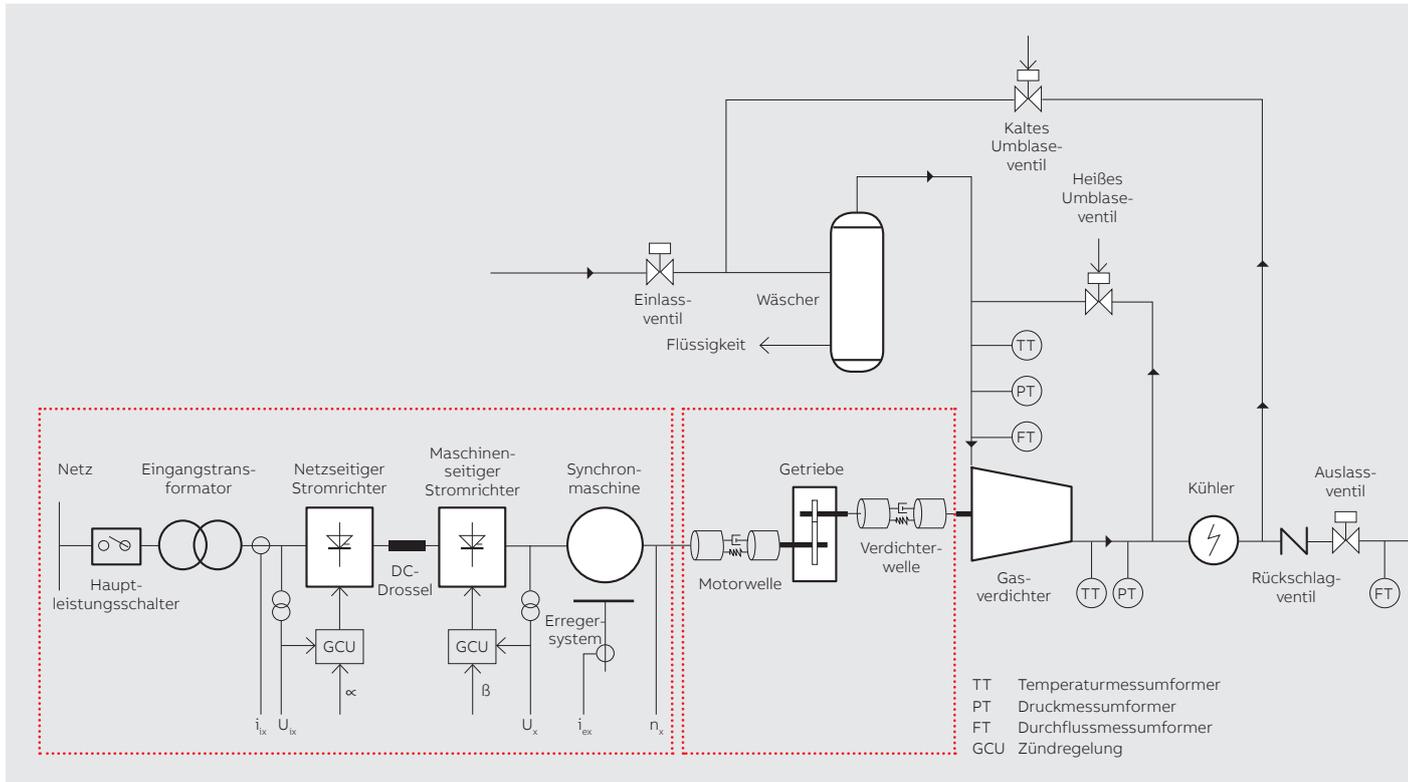
Das Erdgas gelangt vom saugseitigen Sammler durch das Einlassventil und den Gaswäscher in den Einlass des Radialverdichters, wo es mithilfe des Drehmoments vom Elektromotor verdichtet wird. Anschließend gelangt es durch das Auslassventil in den druckseitigen Sammler und schließlich in den Kühler, wo es abgekühlt wird. Der Betrieb des Ver-

dichters kann mithilfe von zwei Rückströmwegen beeinflusst werden, die die Druckseite mit der Saugseite verbinden. Beim Öffnen eines der sogenannten Umblaseventile sinkt der Strömungswiderstand und somit auch das Druckverhältnis zwi-

—
Die entwickelte Lösung verleiht elektrisch angetriebenen Verdichtern eine bessere Ride-Through-Fähigkeit bei geringerem Pump-
risiko.

schen Saug- und Druckseite, wodurch sich der Durchfluss durch den Verdichter erhöht. Das Öffnen des „kalten“ Umblaseventils kann stufenlos erfolgen (wenn auch innerhalb von Sekunden und damit relativ langsam) und wird dazu genutzt, die Betriebsbedingungen zu verändern und den Verdichter vor dem Pumpen zu schützen. Das „heiße“ Umblaseventil hingegen kann nur vollständig geöffnet werden, allerdings innerhalb von einigen hundert Millisekunden, um den Verdichtungsprozess zum Schutz abzuschalten.





01

Der stationäre Betrieb eines Radialverdichters wird oft anhand eines Verdichterkennfelds dargestellt, das das Verhältnis zwischen Förderhöhe und Durchfluss zeigt. Dabei gibt die Förderhöhe des Verdichters an, wie viel Arbeit pro Einheit Gas verrichtet wird.

Die Förderhöhe steht im Verhältnis zum Druckanstieg zwischen Saug- und Druckseite, wobei allerdings der durch eine bestimmte Förderhöhe bewirkte Druckanstieg von der Dichte des verarbeiteten Gases anhängig ist. Wie in →2 zu erkennen ist, müssen beim Betrieb der Maschine verschiedene Randbedingungen beachtet werden. Die wichtigste davon ist die Pumpgrenze. Beim Pumpen ist der Verdichter pendelnden Prozessbedingungen mit erhöhten Vibrationen und Temperaturen ausgesetzt, die zu erhöhtem Verschleiß oder sogar zu Bauteilversagen führen können und daher möglichst vermieden werden sollten.

Der ABB Megadrive-LCI

Aufgrund der Energieintensivität des Gasverdichtungsprozesses sind leistungsstarke drehzahlge-regelte Antriebe eine bevorzugte Lösung für den Antrieb von Verdichtern. Ein typisches drehzahlge-regeltes Antriebssystem umfasst einen Synchron-motor, der von einem lastgeführten Umrichter wie dem ABB Megadrive-LCI gespeist wird.

Der Megadrive-LCI von ABB →3 ist seit Jahrzehnten ein Erfolgsmodell im Segment der Mittelspan-nungsantriebe. Die Ursache für seinen anhaltenden kommerziellen Erfolg liegt vor allem in seiner bewährten Robustheit und Effizienz, verbunden

mit der Unterstützung sehr hoher Spannungen und Leistungen. Im Laufe der Jahre hat ABB den Megadrive-LCI mit Leistungen von einigen Megawatt bis über 100 MW produziert.

Ein solches drehzahlge-regeltes Antriebssystem ist in der unteren linken Ecke von →1 schematisch dar-gestellt. Auf der Netzseite ist der LCI über einen Transformator mit dem Mittelspannungsnetz und auf der Maschinenseite mit dem Synchron-motor verbunden. Der LCI selbst umfasst einen netzseitigen Stromrichter, einen induktiven DC-Zwischen-kreis und einen maschinenseitigen Stromrichter, womit er zur Klasse der Stromzwischenkreis-Um-richter gehört. Das Leistungsteil des Megadrive-LCI basiert auf Thyristortechnik, was den Einsatz in Hochleistungsanwendungen ermöglicht.

Im Antriebsmodus wird der Wechselstrom mit fester Frequenz aus dem Mittelspannungsnetz zunächst in Gleichstrom und anschließend in Wechselstrom mit variabler Frequenz umgewandelt, was einen effizienten, Betrieb des Synchronmotors mit variabler Drehzahl erlaubt.

Typische Herausforderungen

Gasverarbeitungsanlagen befinden sich meist an abgelegenen Orten mit störanfälligen Stromnetzen. Wetterereignisse wie Schneefall, Sturm und vereiste Freileitungen sorgen mitunter für Beeinträchtigungen der Stromversorgung, die sich in einem plötzlichen Abfall der Netzspannung in einer oder mehreren Phasen äußern. Solche Spannungseinbrüche sind mit 50 bis 150 ms zwar recht kurz, können aber dennoch schwerwiegende Folgen haben.

—
01 Anordnung eines EDC
in einer Industrieanlage.

—
02 Kennfeld eines
Radialverdichters.

Spannungseinbrüche stellen eine große Herausforderung für das Regelungssystem eines LCI dar. Je nachdem, ob und wie das System in der Lage ist, auf diese Störungen zu reagieren, besteht die Gefahr, dass der LCI seinen sicheren Betriebsbereich verlässt und abschaltet. Ein häufiges Phänomen ist ein Überstrom im DC-Zwischenkreis aufgrund des hohen Einschaltstroms bei Rückkehr der Netzspannung.

Eine gängige Lösung besteht darin, den Betrieb des LCI bis zur Wiederkehr der Netzspannung zu unterbrechen. Dies mag für viele Anwendungen akzeptabel sein, aber nicht für einen elektrisch angetriebenen Gasverdichter, der sich aufgrund des plötzlichen Wegfalls des Antriebsdrehmoments schnell der Pumpgrenze nähert. Üblicherweise wird daher bei einem Spannungseinbruch vorsichtshalber der Verdichtungsprozess abgeschaltet, um mechanische Schäden und Verschleiß zu vermeiden.

In jedem Fall wird der Gasverdichter angehalten und muss durch ein zeitaufwändiges Anlaufverfahren wieder in Betrieb gesetzt werden.

Die Entscheidung, ob und wann der Gasverdichtungsprozess gestoppt werden sollte, ist eine schwerwiegende Frage. Wird er zu früh gestoppt, führt der Produktionsausfall möglicherweise zu unnötigen finanziellen Einbußen. Erfolgt die Abschaltung zu spät, gelangt der Verdichter in den Pumpbereich, und es droht eine mechanische Beschädigung der Ausrüstung.

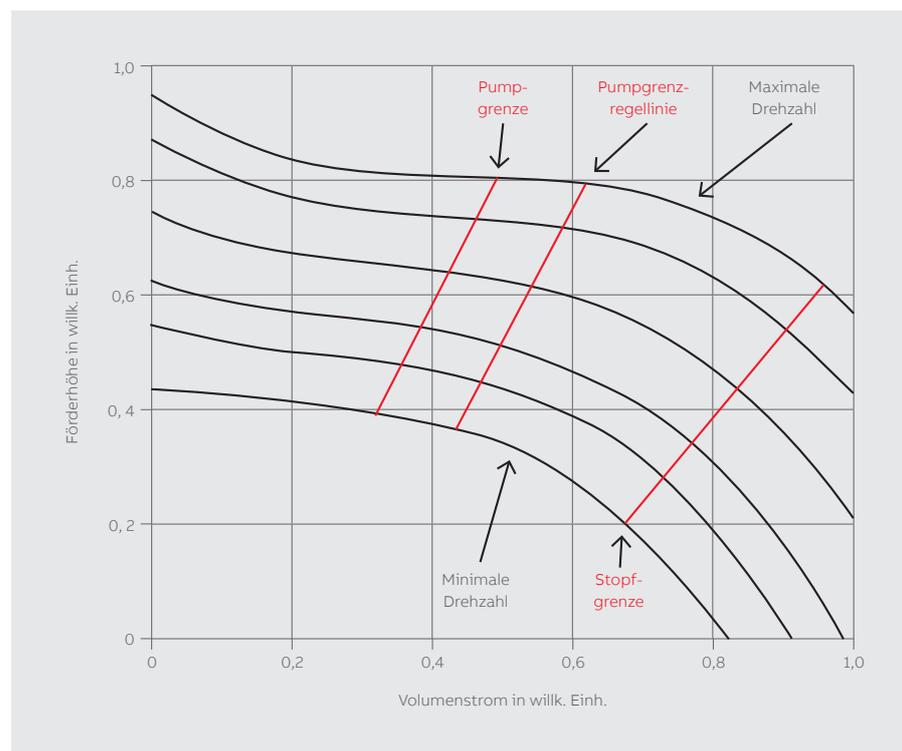
Die Entscheidung ist umso schwieriger, wenn man das relativ langsame Ansprechen der Umblaseventile bedenkt. Selbst das schnellere „heiße“ Umblaseventil benötigt einige hundert Millisekunden, d. h. die Entscheidung zum Öffnen muss früh genug getroffen werden. Gleichzeitig wird eine Entscheidung zum Abschalten erst nach einigen hundert Millisekunden wirksam, während derer das Verdichtersystem ungeschützt ist.

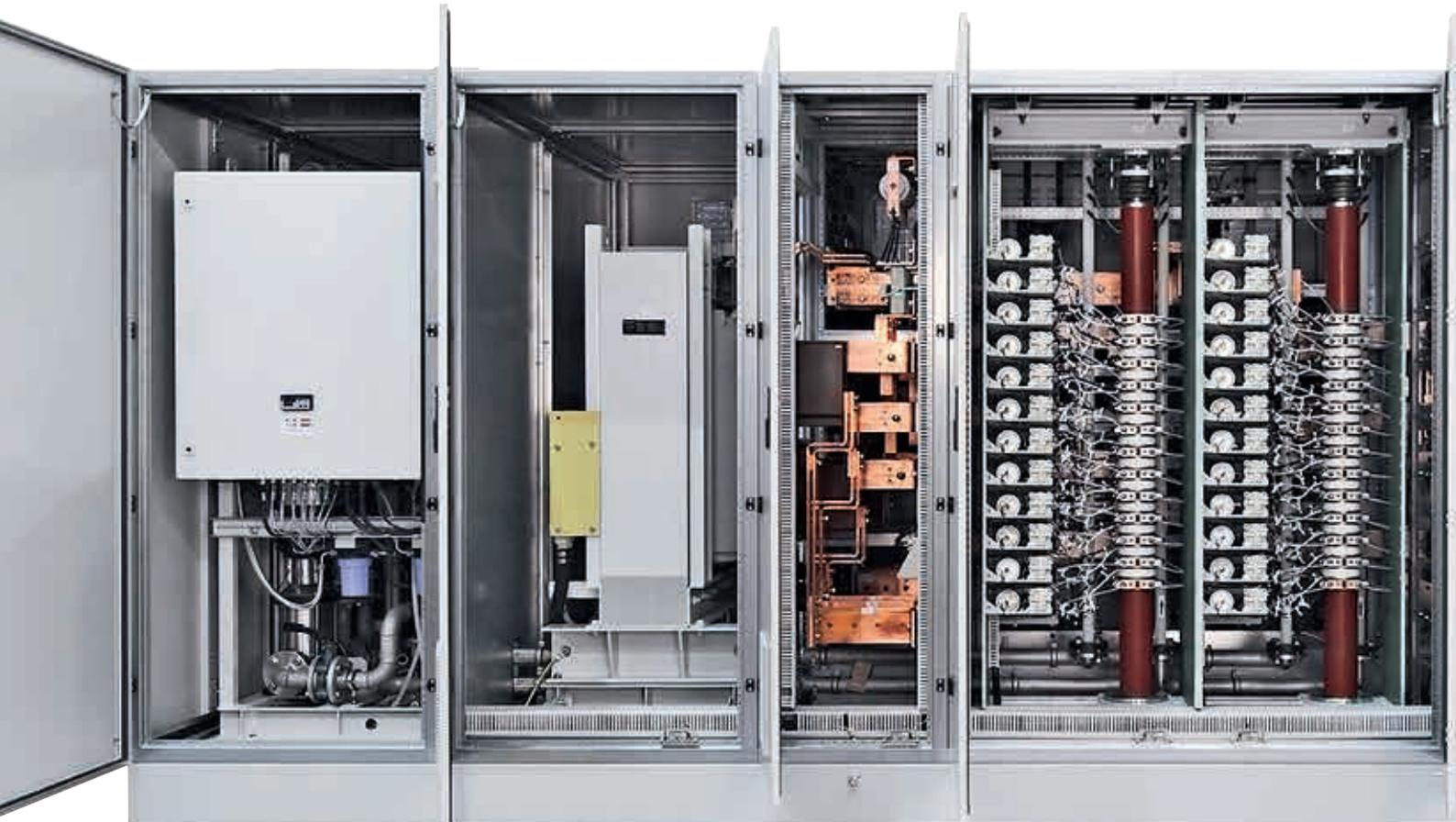
Architektur des Automatisierungssystems

Um die Robustheit des Verdichtersystems gegenüber Unterspannungen zu verbessern, wurde ein Automatisierungssystem entwickelt, das zwei Hauptkomponenten umfasst:

- Eine Regelungslösung für den ABB Megadrive-LCI, die in der Lage ist, Spannungseinbrüche zu überbrücken (Ride-Through-Fähigkeit), ohne den Antrieb abzuschalten.
- Ein modellbasiertes Pumpschutzsystem für den Verdichtungsprozess, das einen sicheren Betrieb des Verdichtersystems ohne unnötige Abschaltungen bei Spannungseinbrüchen gewährleistet.

Die zur Unterstützung des Verdichterschutzsystems verwendete Architektur ist in →4 dargestellt. Das Schutzsystem ist auf einem separaten Steuergerät installiert, womit dasselbe System auch in anderen elektrischen Antriebskonfigurationen ohne den ABB Megadrive-LCI eingesetzt werden kann. Allerdings bietet die Kombination des Schutzsystems mit dem Megadrive-LCI einige weitere Vorteile, die im Folgenden näher beschrieben werden.





03

Eine Voraussetzung für das beschriebene Schutzkonzept ist eine schnelle Schätzung der Motordrehzahl, um eine präzise Reaktion während eines Spannungseinbruchs und einen konsistenten Sicherheitsabstand zur Pumpgrenze zu ermöglichen. Dies wird durch die Regelung des LCIs mit einer Aktualisierungsrate im Millisekundenbereich gewährleistet.

Das auf dem separaten Steuergerät installierte Verdichterschutzsystem beinhaltet ein dynamisches Modell zur Berechnung der Zeit bis zum Überschreiten der Pumpgrenze (Dynamic Time to Surge – DT2S) und einen Überwachungsteil.

Dynamic Time to Surge – DT2S

Im Fall von Spannungseinbrüchen sind herkömmliche Pumpschutz-Regelungssysteme nicht immer in der Lage, diese sehr schnellen Störungen zu bewältigen, womit die Gefahr besteht, dass es im Verdichtersystem zum Pumpen kommt. Andererseits sollte die Anlage nur abgeschaltet werden, wenn dies aus Sicherheitsgründen unbedingt nötig ist. Die Frage ist also, wie Spannungseinbrüche sicher überbrückt werden können. Wie sich gezeigt hat, besteht eine sichere und effiziente Möglichkeit in der Integration der vom elektrischen System und vom Verdichtersystem bereitgestellten Informationen.

Zur Bewältigung von Spannungseinbrüchen in EDC-Systemen gibt es derzeit keine klar etablierte Lösung. Eine mögliche Lösung könnte auf der

Berechnung einer statischen Zeit bis zum Überschreiten der Pumpgrenze mithilfe einer realitätsnahen Offline-Simulation aufbauen, um das Problem in der Echtzeitumgebung auf die Auswertung einer Tabelle zu reduzieren, die von bestimmten Prozessvariablen abhängig ist. Dieser Ansatz berücksichtigt jedoch keine veränderlichen Betriebsbedingungen wie Randbedingungen oder Veränderungen des Systemwiderstands. Außerdem sind solche Ansätze typischerweise für Worst-Case-Bedingungen ausgelegt, was zu überkonservativen Lösungen und allzu häufigen Abschaltungen führt.

Um einen sicheren EDC-Betrieb bei gleichzeitiger Maximierung der Ride-Through-Fähigkeiten zu gewährleisten, wurde eine neue Lösung entwickelt. Diese verknüpft Informationen vom elektrischen System mit Prozessinformationen, um mithilfe eines Prozessmodells die zukünftige Entwicklung der Prozessverlaufskurve (Trajektorie) vorherzusagen. Dazu werden elektrische Daten und Prozessdaten mit unterschiedlichen Abstraten gemessen und an eine Initialisierungsroutine übergeben. Diese ermittelt den Ausgangs-Betriebspunkt für den Prozess und das erwartete Teildrehmoment während des Spannungseinbruchs. Diese Informationen werden in ein Modell des Gasverdichtungsprozesses übertragen, das über ein bestimmtes Vorhersagefenster hinweg numerisch integriert wird. Mithilfe der Systemtrajektorien wird schließ-



— 03 Der Megadrive-LCI von ABB.

— 04 Architektur des Automatisierungssystems. Beispiel für die Implementierung des entwickelten Automatisierungssystems für den Verdichterschutz vor Ort.

lich bestimmt, wann es innerhalb des Vorhersagefensters zu einem Überschreiten der Pumpgrenze kommt.

Dieser alle 5 bis 10 ms in Echtzeit errechnete Wert wird als Dynamic Time to Surge (DT2S) bezeichnet. Die DT2S kann dann bezogen auf eine Sicherheitsgrenze, die als Sicherheitsabstand zur Pumpgrenze definiert ist, als Entscheidungskriterium für oder gegen eine Abschaltung verwendet werden. Der Sicherheitsabstand entspricht dabei der maximal erwarteten Reaktionszeit des Sicherheitssystems.

Neben dem Schutzalgorithmus beinhaltet die DT2S-Lösung ein Überwachungssystem, das Online-Daten und hochauflösende Momentaufnahmen (Snapshots) von transienten Vorgängen liefert. Sämtliche Daten werden in einem Archivierungssystem (Historian) gespeichert und können zur Analyse von bestimmten Ereignissen oder zeitlichen Entwicklungen genutzt werden. Die Überwachung umfasst zudem Vibrationsmessungen am Verdichter und Motor.

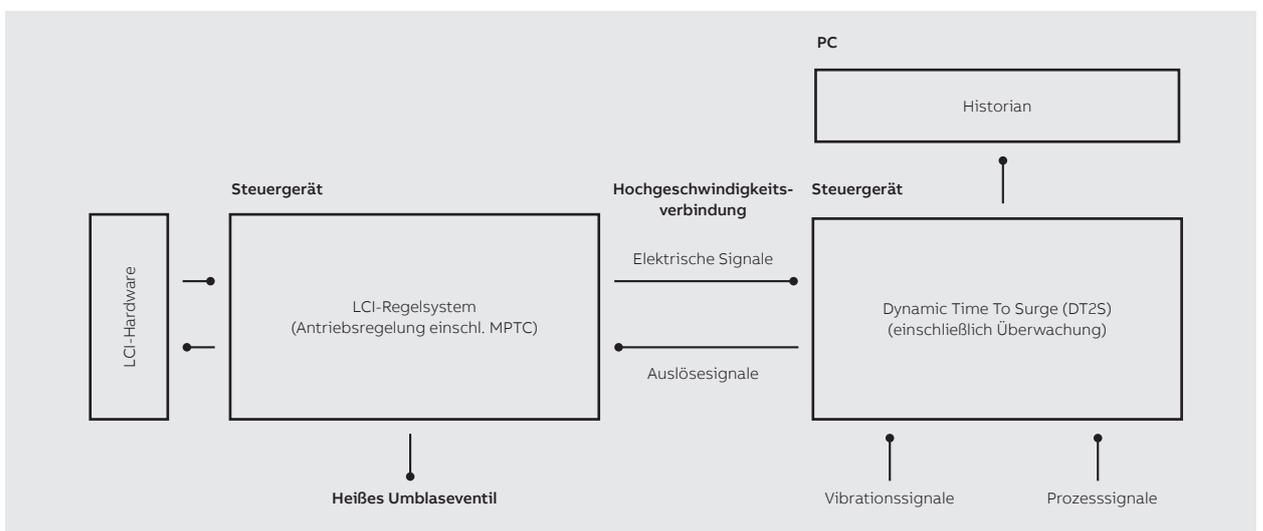
— Neben dem Schutzalgorithmus beinhaltet die DT2S-Lösung ein Überwachungssystem.

Die Überwachungsdaten können genutzt werden, um

- den sicheren Betrieb des Verdichters während eines Spannungseinbruchs zu bestätigen,
- die Festlegung des Schutzniveaus zu unterstützen, z. B. durch Evaluierung von Vibrationen während eines Spannungseinbruchs,
- Veränderungen in der Verdichterkennlinie zu verfolgen, die Auswirkungen auf die Schutzfunktionen haben könnten.

Model Predictive Torque Control – MPTC

Die modellprädiktive Drehmomentregelung (Model Predictive Torque Control, MPTC) ist ein neu entwickeltes Regelungssystem für den ABB Megadrive-LCI. MPTC nutzt einen Regelungsalgorithmus auf Basis der modellprädiktiven Regelung (Model Predictive Control, MPC), der den Weiterbetrieb des Antriebs bei Störungen in der Stromversorgung gewährleistet und dabei den Verdichter mit einem Teildrehmoment versorgt, um ein Pumpen zu verhindern.



MPC hat ihren Ursprung in der Prozessindustrie und wird seit den 1980er Jahren in Chemieanlagen und Ölraffinerien eingesetzt. Anders als traditionelle Regelungsverfahren sagt MPC das zukünftige Verhalten des zu regelnden Systems mithilfe eines mathematischen Modells voraus und löst ein Optimierungsproblem, um den bestmöglichen Steuerungseingriff unter Berücksichtigung vorgegebener Kriterien und betrieblicher Grenzen zu berechnen.

Die größte Herausforderung bei der Regelung des LCI mit MPTC ergibt sich aus der Notwendigkeit, schnell auf Änderungen der Netzspannung zu reagieren. Hierzu wird ein nichtlineares Problem formuliert, linearisiert und jede Millisekunde auf einem Steuergerät des Typs ABB AC 800PEC gelöst →5. Da der gesamte MPTC-Algorithmus nur einen Bruchteil der verfügbaren Rechenleistung benötigt, kann die gesamte Regelung rechtzeitig berechnet werden.

MPTC ist nicht nur in der Lage, Grenzen von Betriebsgrößen wie der Stromstärke zu berücksichtigen und so Überströme zu verhindern, sie entscheidet auch über die koordinierte Zündung der Thyristoren, was die Fähigkeit zur Kompensa-

tion von Störungen und insbesondere die Ride-Through-Fähigkeit bei Spannungseinbrüchen verbessert.

Genauer gesagt ist der LCI mit MPTC in der Lage, Spannungseinbrüche zu überbrücken und gleichzeitig das Verdichtersystem mit einem Teildrehmoment zu versorgen. Wie viel Leistung dabei bereitgestellt werden kann, hängt von der Art und der Tiefe des Spannungseinbruchs ab →6. Mit einem Teildrehmoment kann ein Überschreiten der Pumpgrenze gänzlich verhindert oder zumindest verzögert werden, sodass mehr Zeit für die Wiederkehr der Netzspannung bzw. für das Einleiten von Schutzmaßnahmen bleibt. Somit trägt MPTC zur Steigerung der Sicherheit und Verfügbarkeit des gesamten Verdichtersystems bei.

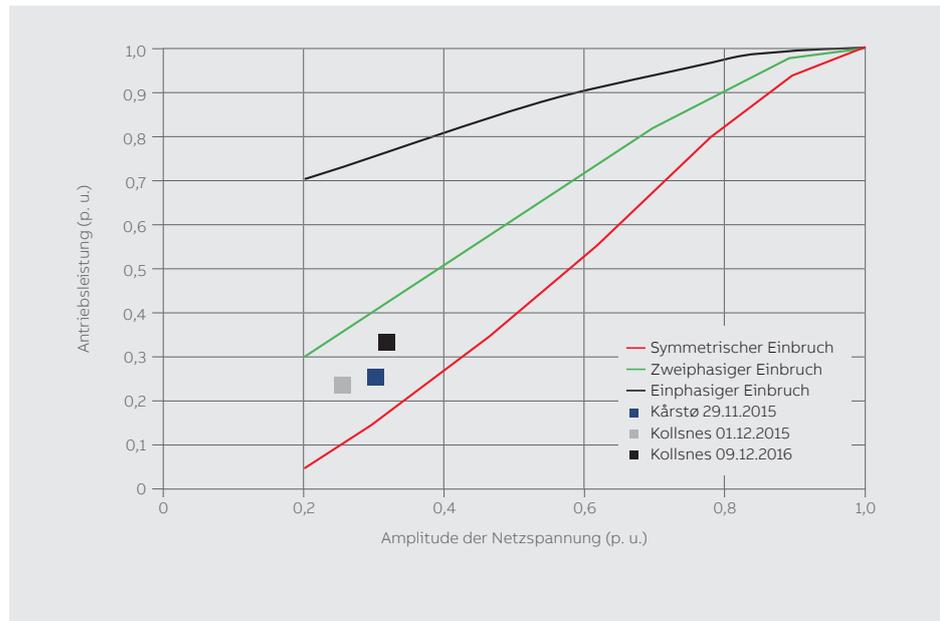
Pilotanlagen

Das hier beschriebene System einschließlich MPTC und DT2S mit Überwachung wurde im Jahr 2016 in einem Verdichtersystem in der Gasverarbeitungsanlage von Statoil in Kollsnes (Norwegen) installiert. Das DT2S-System wurde zunächst eine Zeit lang rückführungsfrei betrieben, um Daten für die Abstimmung des Systems und die Bestimmung



05

06



—
05 ABB AC 800PEC – das für den Megadrive-LCI verwendete Steuergerät.

—
06 Erwartete Antriebsleistung bei Netzspannungsstörungen für einphasige, zweiphasige und symmetrische Spannungseinbrüche. Gemessene Antriebsleistung bei symmetrischen Netzspannungsstörungen in Kollsnes und Kårstø.

—
07 Beispiel für die Überbrückung eines Spannungseinbruchs.

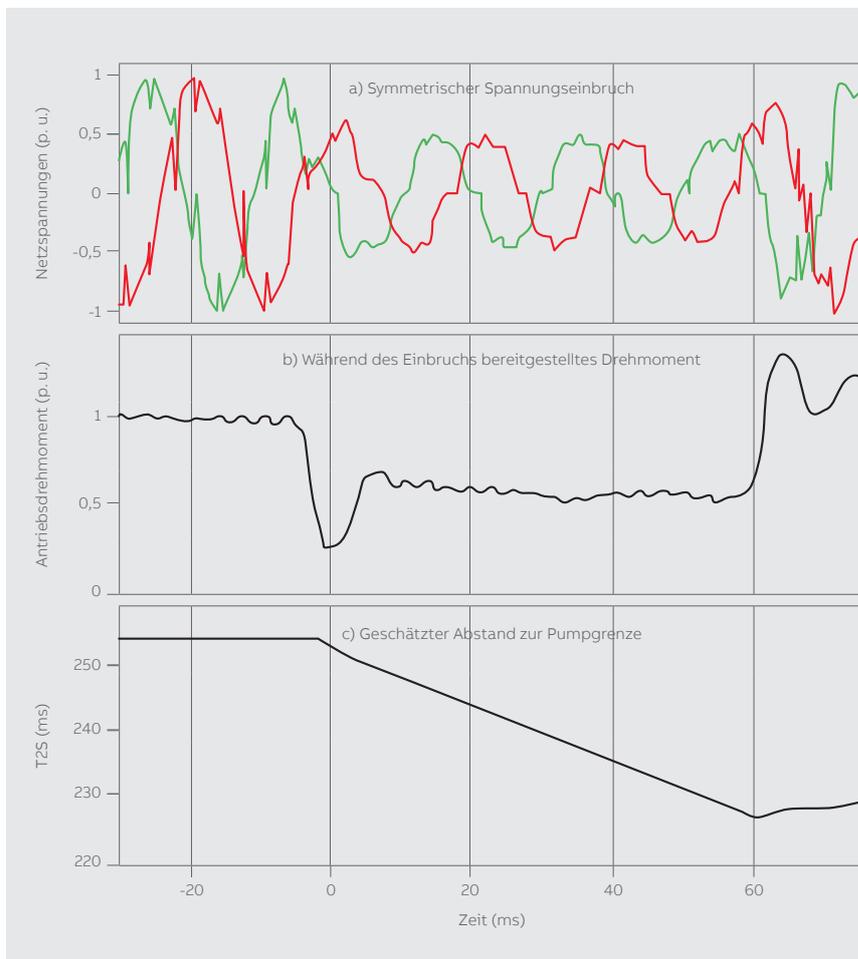
Literaturhinweise

[1] A. Cortinovis, M. Mercangöz, T.O. Stava, S. Van de moortel, E. Lunde: „Dynamic Time to Surge Computation for Electric Driven Gas Compressors during Voltage Dips“. 11th IFAC Symposium on Dynamics and Control of Process Systems DYCOPS-CAB 2016. Trondheim, Norwegen, 6.–8. Juni 2016.

[2] T. Besselmann, P. Jörg, K. Terje, E. Lunde, T.O. Stava, S. Van de moortel: „Partial Torque Ride Through with Model Predictive Control“. 2016 Petroleum and Chemical Industry Conference Europe (PCIC Europe). Berlin, Juni 2016. S. 1–8.

[3] T. Besselmann, S. Van de moortel, S. Almér, P. Jörg, H. J. Ferreau: „Model Predictive Control in the Multi-Megawatt Range“. IEEE Transactions on Industrial Electronics Vol. 63, Nr. 7, Juli 2016. S. 4641–4648.

[4] R. Bhatia, H. Krattiger, A. Bonanini, D. Schafer, J. Inge, G. Sydnor: „Weltweit größter drehzahlvariabler Antrieb mit Synchronmotor“. ABB Technik 6/1998. S. 14–20.



07

der Sicherheitsgrenzen zu erfassen. Die Sicherheitsgrenzen haben den Zweck, die Gefahr von Schäden zu minimieren und die Ride-Through-Fähigkeit des EDC bei Spannungseinbrüchen zu maximieren.

Nach der Abstimmung wurde das System durch Schließen des Regelkreises aktiviert, d. h. es schützte die 41,2-MW-Verdichteranlage vor Spannungseinbrüchen. Die Aufzeichnung eines solchen Ereignisses ist in →7 dargestellt. Der symmetrische Spannungseinbruch dauert ca. 60 ms an. Während dieser Zeit stellt der LCI weiterhin ein Drehmoment bereit, das die Bewegung in Richtung Pumpgrenze verlangsamt. Gleichzeitig beurteilt das DT2S-Sys-

tem die Situation als sicher ohne Notwendigkeit zur Abschaltung der Verdichteranlage. Nach Wiederherstellung der Spannung beschleunigt der Verdichter wieder und vergrößert den Abstand zur Pumpgrenze.

Betriebswirtschaftliche Aspekte

Elektrische Antriebe sind ein wichtiger Bestandteil des ABB-Portfolios für die Öl- und Gasindustrie. Hier werden Gasturbinen aufgrund der geringeren Wartungskosten und strengerer Emissionsvorschriften zunehmend durch elektrische Antriebe ersetzt. Dies und weitere Vorteile wie ein größerer Betriebsbereich, ein höherer Wirkungsgrad und ein dynamischeres Drehmomentverhalten haben dafür gesorgt, dass sich elektrische Antriebe mittlerweile als De-facto-Standard für Onshore-Anlagen etabliert haben.

Der Markt für große Mittelspannungsantriebe wird von einigen wenigen großen Herstellern bestimmt. Für die Kunden spielt der Preis natürlich eine wichtige Rolle – aber auch die hohe Verfügbarkeit, die das Produkt gewährleistet. Diese steht in direktem Verhältnis zur produzierten Gasmenge, d. h. die mit Ausfällen verbundenen finanziellen Verluste sind erheblich. ●

BERATUNG DURCH EXPERTEN

Lassen Sie die Prozessleistung Ihres Antriebssystems von Experten optimieren.

ABB bietet eine Beratung durch führende Antriebsexperten an, die Ihnen bei der Entwicklung maßgeschneiderter Lösungen zur Optimierung Ihrer Antriebssysteme helfen. Weitere Informationen erhalten Sie unter: <http://new.abb.com/drives/services/engineering-and-consulting/drive-system-consulting>

REGELUNG UND PRODUKTIVITÄT

Ein bedienungsfreundliches und flexibles Planungswerkzeug

Für viele ist die Produktionsplanung noch immer eine komplexe und exotische Funktionalität, die selten den Weg in den Fertigungsbereich findet. ABB nutzt die Norm ISA-95 als neutrale Datenaustauschplattform und Grundlage für eine bedienungsfreundliche und flexible Planungstechnologie auf der Basis von Gantt-Diagrammen. Diese Technologie steht Unternehmen in Form von Bausteinen für branchenspezifische Produkte zur Verfügung.

iiro Harjunkoski
Martin Hollender
Reinhard Bauer
Jens Doppelhamer
Subanatarajan Subbiah
 ABB Corporate
 Research Center
 Ladenburg, Deutschland

iiro.harjunkoski@de.abb.com
 martin.hollender@de.abb.com
 reinhard.bauer@de.abb.com
 jens.doppelhamer@de.abb.com
 subanatarajan.subbiah@de.abb.com

Werner Schmidt
 Ehemaliger ABB-Mitarbeiter

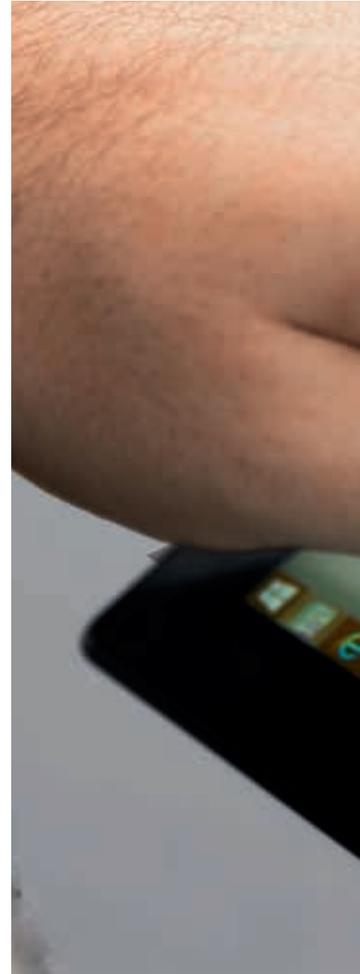
In den letzten zwei Jahrzehnten gab es viele bedeutende Fortschritte in der Entwicklung von Planungsmodellen, -methoden und -lösungen. Eine äußerst wichtige und teilweise noch immer ungelöste technische Herausforderung bleibt jedoch bestehen: die

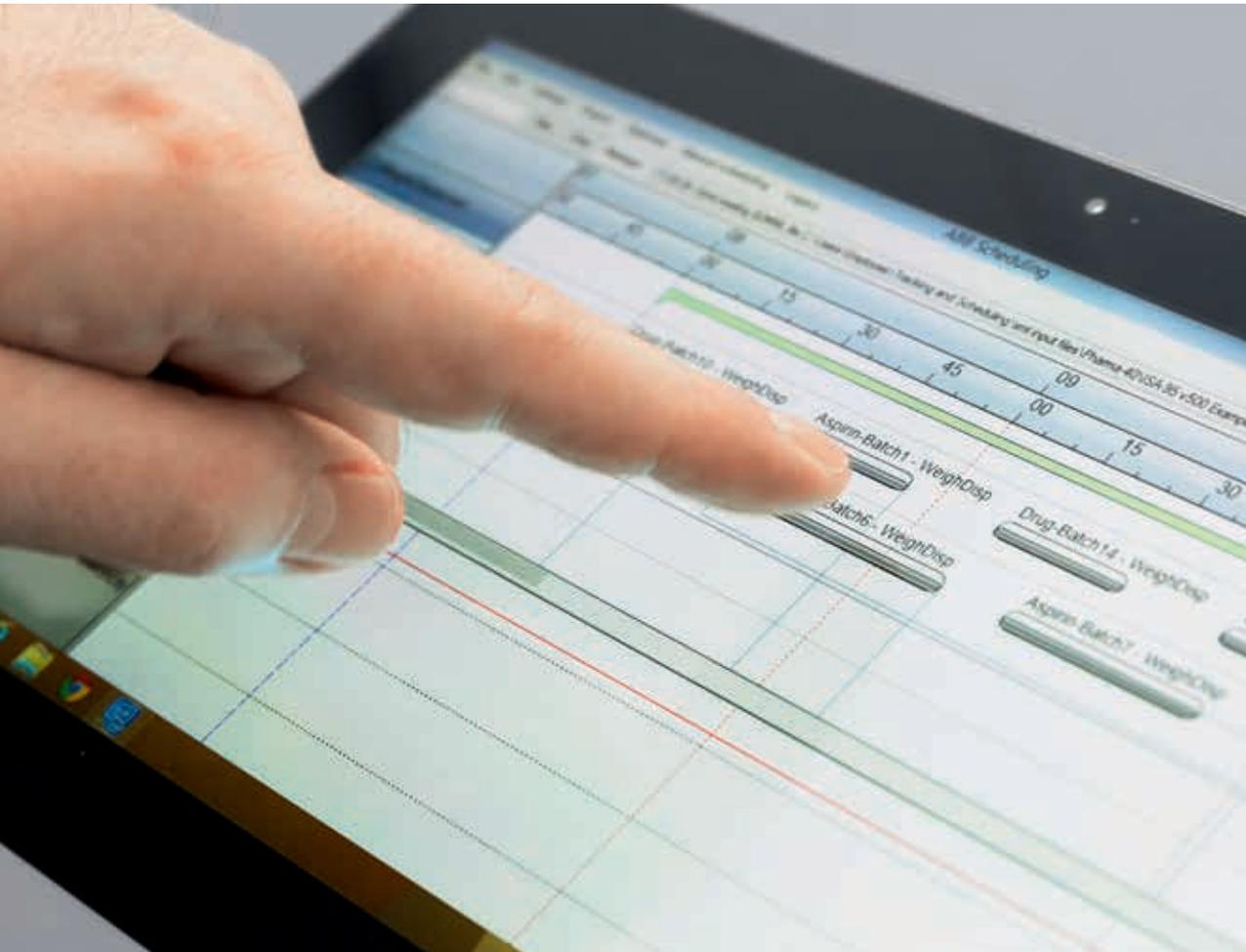
—
 Eine Planungslösung sollte eng an die Produktionsumgebung angebunden sein, damit ihr automatisch alle erforderlichen Produktions- und Prozessdaten zur Verfügung stehen.

effiziente Implementierung dieser Lösungen in einem industriellen Kontext. Ein gängiger Ansatz besteht darin, Anlagenexperten und Prozessverantwortliche mit Optimierungsspezialisten zusammenzuführen, um eine lokale Lösung zu realisieren. Dies führt häufig zu stark individualisierten Implementierungen, die für gewöhnlich nicht wiederverwendbar und aufgrund ihrer Komplexität schwierig zu pflegen sind. Diese Einschränkungen stehen einer

weiteren Verbreitung im Weg und führen zu Inselösungen. Doch mit der stetig steigenden Verfügbarkeit von Daten und einer zunehmenden Automatisierung und Elektrifizierung kann die Produktionsplanung nicht länger als autonome Lösung betrachtet werden. Konzepte wie das Internet der Dinge, Smart Grids, Smart Manufacturing, Big Data, Industrie 4.0 und SaaS (Software as a Service) sowie die zunehmende Bedeutung einer unternehmensweiten Optimierung [1] erhöhen den Druck zur Verknüpfung und Interaktion mit benachbarten Lösungen und Systemen.

In den meisten industriellen Umgebungen sollte eine Planungslösung eng an die Produktionsumgebung angebunden sein – z. B. an ein verteiltes Prozessleitsystem (DCS), Manufacturing Execution System (MES) oder kollaboratives Produktionsmanagementsystem (CPS) –, damit ihr automatisch alle für die Planung erforderlichen Produktions- und Prozessdaten zur Verfügung stehen. Eine Verbindung zum ERP-System (Enterprise Resource Planning) ist häufig unerlässlich, da die Produktion für gewöhnlich durch Kundenaufträge angestoßen wird, die über eine ERP-Schnittstelle eingegeben werden. Darüber hinaus werden ERP-Systeme für





die Beschaffung genutzt, um sicherzustellen, dass das entsprechende Material und die entsprechenden Ressourcen zur Verfügung stehen, wenn sie laut Produktionsplan benötigt werden.

Für eine erfolgreiche Planung sind folgende Informationen erforderlich:

- Verfügbarkeit der Ressourcen, d. h. Ausrüstung, Material, Personal, Betriebsstoffe usw.
- Abhängigkeiten und Regeln bezüglich der Prozessschritte

—
 Einer der Eckpfeiler der Planungskomponente ist die Norm ISA-95, die entwickelt wurde, um als Schnittstelle zwischen Geschäfts- und Leitsystemen zu fungieren.

- Aktueller Zustand der Produktion und Kapazität der Produktionsressourcen für weitere Aufträge
- Produktionsaufträge mit den entsprechenden Lieferterminen und Prioritäten
- Ein Ziel für die Planung

Die Tatsache, dass sich einige Daten von einer Minute auf die andere ändern können, unterstreicht die Notwendigkeit einer Konnektivität, die die Aktualität des Plans gewährleistet. Bei dem hier beschriebenen Ansatz wurde der größte Teil dieser dynamischen Informationen auf Basis der Norm ISA-95 [2] modelliert, die den Austausch und die Kommunikation zwischen Systemkomponenten erleichtert.

Vorteile der Planung

Wichtig ist ein genaues Verständnis für die wirklichen Bedürfnisse von industriellen Produktionsbetrieben. In Zeiten von Hypes und Trends werden die Technologien selbst leicht zu Treibern, und bei allem Enthusiasmus, diese einzusetzen, geraten die primären Bedürfnisse eines typischen Kunden leicht in Vergessenheit. Zu den gefragtsten Aspekten fortschrittlicher Planungslösungen gehören:

- **Sicherheit:** Die Planung kann zur Verbesserung der Sicherheit beitragen, indem sie z. B. einen Überblick über zukünftige Betriebsabläufe liefert oder komplexe Umstellungen bzw. umfangreichere gleichzeitige Abläufe im Produktionsbereich verhindert.

- Niedrigere Kosten und vereinfachte Betriebsabläufe: Dieser Aspekt gewinnt mit steigender Komplexität der Prozesse an Bedeutung. Das Bedienpersonal, das die Lösungen nutzt, sollte ein besseres Bewusstsein für die Kosten bekommen und sich von der Lösung unterstützt fühlen.
- Produktionseffizienz: Maximierung des Durchsatzes und Minimierung der Einrichtzeiten.

Alle Eingangsinformationen für ein Planungsproblem können über B2MML bereitgestellt werden.

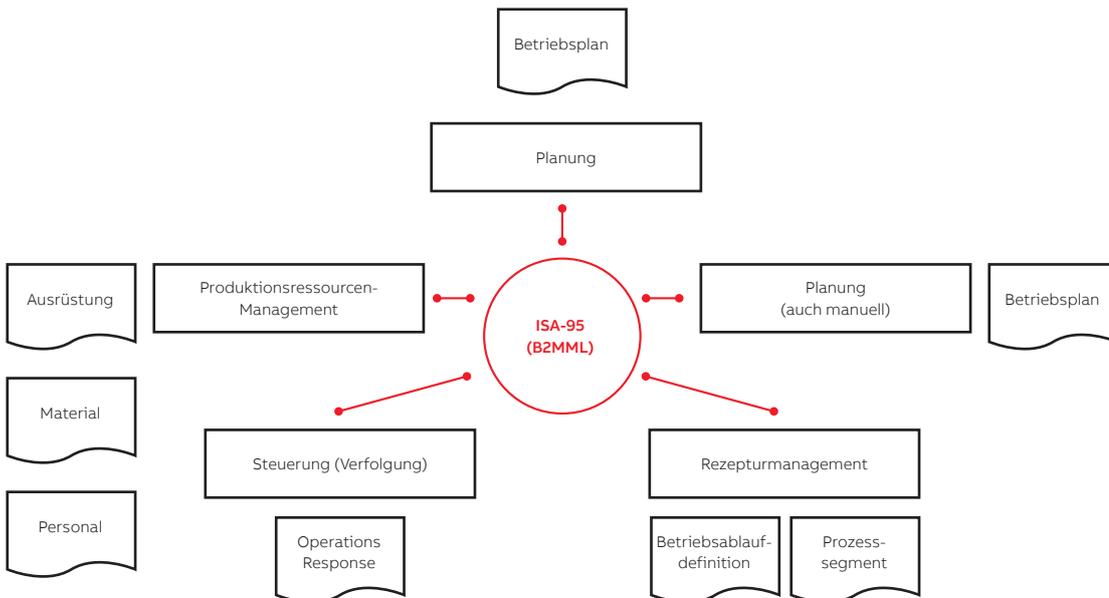
- Bessere Betriebsmittelnutzung (Anlagenrentabilität): Teure Betriebsmittel müssen bestmöglich genutzt werden. Hierbei kann die Planung helfen und sogar redundante Betriebsmittel aufzeigen.
- Effektivere Entscheidungen: Ein Automatisierungssystem sollte in erster Linie dabei helfen, den Prozess zu lenken und schnellere und zuverlässigere Entscheidungen unterstützen.

Generell verhilft eine funktionierende Planungslösung zu einem besseren Überblick über die Betriebsabläufe in der Anlage und trägt zu einer frühzeitigen Erkennung von Engpässen bei. Darüber hinaus ermöglicht sie eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit durch eine ausgewogenere Maschinennutzung und höhere Zuverlässigkeit. Außerdem kann eine automatisierte Planung einem Unternehmen unabhängig von den Fähigkeiten des Bedienpersonals dabei helfen, sich an rasch verändernde Situationen anzupassen und Pläne mit hoher Qualität zu identifizieren. Die Vorteile, Trends und Herausforderungen von Projekten zur praktischen Implementierung von Planungslösungen sind bereits hinreichend dokumentiert [3].

Die Planungskomponente

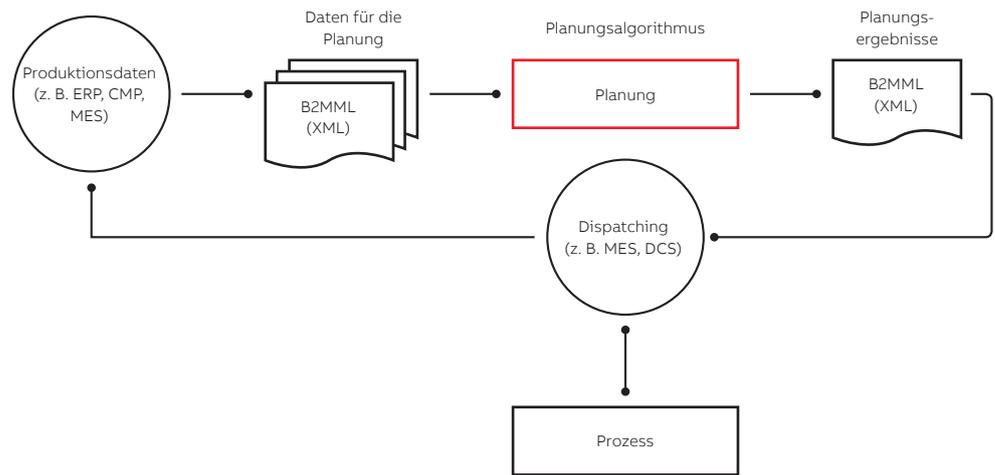
Für die Entwicklung einer erfolgreichen Planungslösung müssen die mit der Produktisierung verbundenen Hauptherausforderungen behandelt werden:

- Definieren einer Landschaft, die in der Lage ist, die algorithmische Umgebung zu hosten, die erforderlichen Daten zu erfassen und die Ergebnisse an den Produktionsprozess zu kommunizieren.
- Finden einer generischen Problembeschreibung, die in der Lage ist, realistische Probleminstanzen zu formulieren.
- Bereitstellen von Algorithmen, die für verschiedene Fälle effizient einsetzbar sind und gute und machbare Lösungen liefern.
- Pflegen der Lösung über eine für Nichtexperten geeignete Konfigurationsumgebung



01 ISA-95- und B2MML-Elemente liefern alle notwendigen Informationen für die Planung.

02 Beispiel eines Workflows mit B2MML-Datenaustausch.



02

Landschaft

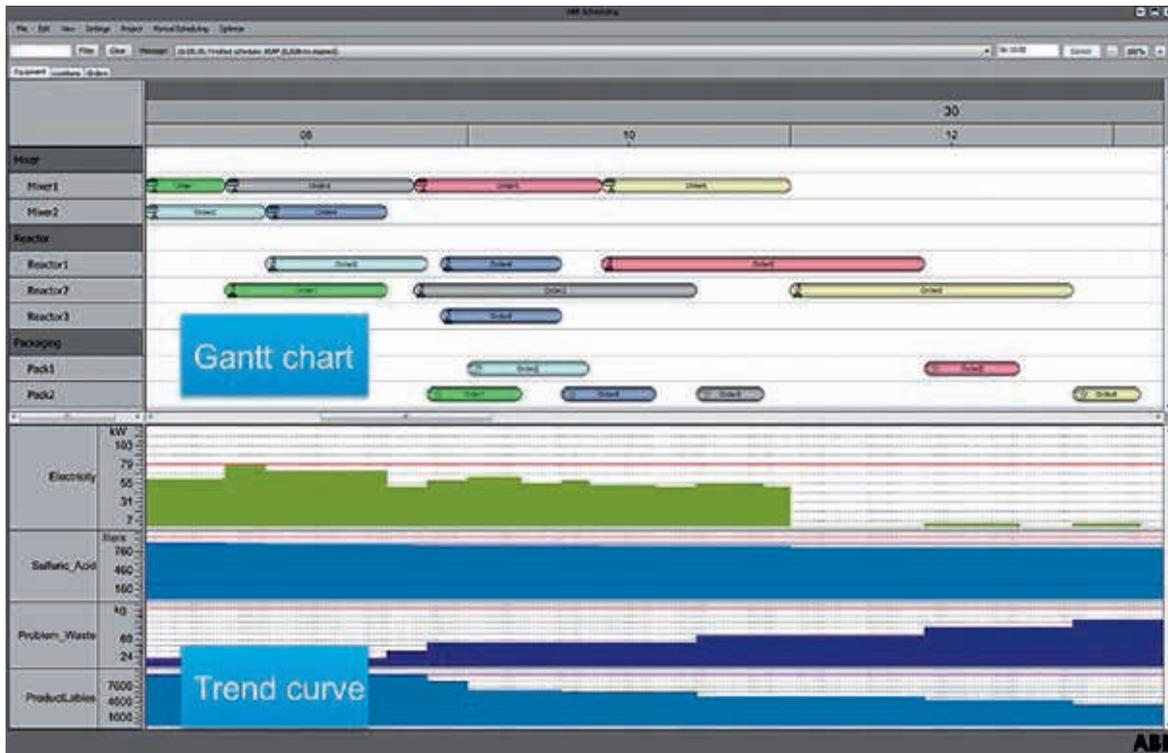
Einer der Eckpfeiler des von ABB entwickelten Prototyps ist die Norm ISA-95, die entwickelt wurde, um als Schnittstelle zwischen Geschäfts- und Leitsystemen zu fungieren. Sie definiert die meisten erforderlichen Datenfelder und bietet eine XML-basierte Implementierung für die Integration namens B2MML (Business to Manufacturing Markup Language) [4]. Darüber hinaus enthält die Norm unterstützende Funktionen wie XML-Schemas, die von vielen Programmierungssprachen

Das Planungstool beinhaltet eine Reihe von heuristischen Algorithmen, die schnell eine gute und machbare Lösung finden.

unterstützt werden, um eine einfache Handhabung von XML-Daten zu ermöglichen. Alle Eingangsinformationen für ein Planungsproblem können über B2MML bereitgestellt werden. Auch die Planungsergebnisse werden in diesem Format bereitgestellt. Die meisten gängigen planungsbezogenen Informationen werden direkt unterstützt und können durch Erweiterungen ergänzt werden.

Wie →1 zeigt, beinhaltet die von der ISA-95 definierte Umgebung Informationen zu Ausrüstung, Material, Personal, Produktionsrezepturen und -zielen. Die aktuelle Produktionssituation wird durch die sogenannten „Operations-Response“-Datenstrukturen kommuniziert. Die Daten werden ausschließlich in XML an den Planungsalgorithmus übergeben. Dies sichert die Flexibilität zur Integration der Planungsfunktionalität und ermöglicht die Verwendung verschiedener Arten von Algorithmen, da die Eingabedaten neutral sind und von jedem gewählten Lösungsansatz verwendet werden können.

Ein Beispiel für den Workflow mit B2MML ist in →2 dargestellt. Zuerst werden die Produktionsdaten für die Planung von verschiedenen Systemen gesammelt (ERP, CPM usw.). Die Erfassung der Daten kann nach dem Push- oder Pull-Prinzip erfolgen. Nach Ausführung des Planungsalgorithmus werden die Planungsergebnisse einem Dispatching-System bereitgestellt, das direkt mit dem Prozess interagiert. Idealerweise kann der gesamte ISA-95-Datensatz in einer gemeinsamen Datenbank gespeichert werden, die von allen beteiligten Softwarekomponenten regelmäßig aktualisiert wird.



03

Algorithmen

Das Planungstool beinhaltet eine Reihe von heuristischen Algorithmen. Dies bot sich an, da das Ziel darin bestand, einen schnell reagierenden generischen Algorithmus bereitzustellen, der nicht notwendigerweise das globale Optimum (d. h. die bestmögliche Lösung) erreicht, sondern schnell eine gute und machbare Lösung findet. Der Algorithmus ist in der Lage, alle wichtigen ausrüstungs-

—

Der Algorithmus ist in der Lage, ausrüstungsbezogene Randbedingungen, Arbeitsstunden sowie Standardbeschränkungen hinsichtlich Energie, Material und Personal zu berücksichtigen.

bezogenen Randbedingungen, Arbeitsstunden sowie Standardbeschränkungen hinsichtlich Energie, Material und Personal zu berücksichtigen. Damit ist das Planungssystem in der Lage, den Verbrauch von Betriebsstoffen sowie die Materialnutzung und -produktion zu verfolgen →3.

Ein neues Merkmal des Prototyps ist die manuelle Drag-&-Drop-Funktion. Aufgrund der schnellen algorithmischen Performance kann der automatische Algorithmus mit der manuellen Drag-&-Drop-Funktion kombiniert werden.

Die Planungslösung kann in verschiedenen Modi betrieben werden, die von einem rein visuellen, manuellen Werkzeug bis hin zu einem komplexen algorithmischen Löser reichen. Im rein manuellen Modus obliegt die Entscheidungslogik vollständig dem Bediener ohne jegliche Korrekturmaßnahmen. Aufträge werden mithilfe der Drag-&-Drop-Funktion verschoben, wobei die Plausibilität gegenüber den Produktionsrezepten geprüft wird. Bei einem Regelverstoß wird die Verschiebung abgelehnt. Alternativ können die manuellen Handlungen durch Algorithmen unterstützt werden, die ausgehend von den manuellen Änderungen den Plan ganz oder teilweise neu erstellen. Die manuelle Option ermöglicht die Ausführung intuitiver, regelbasierter Handlungen, die zu komplex sind, um in einem generischen Algorithmus abgebildet zu werden.

Darüber hinaus kann der Prototyp durch zusätzliche Algorithmen erweitert werden, die in jeder .NET-Sprache implementiert werden können.

Konfiguration

Die Konfiguration umfasst hauptsächlich die Erstellung der erforderlichen B2MML-Dateien →4. Die Verwendung einer Norm wie der ISA-95 erleichtert die Verständigung auf ein Datenmodell und vereinfacht die Kommunikation zwischen Systemen verschiedener Hersteller. Die Verwaltung generischer Daten in einer ISA-95-Datenbank ist viel einfacher als das Erfassen von proprietären Modell-daten. Außerdem hat sich die ISA-95 als bevorzugter Standard für die Integration von ERP- und Fertigungsebene etabliert, und immer mehr Fachkräfte sind in B2MML geschult.

—
03 Typisches Gantt-Diagramm und Trendkurven zur Verfolgung von Elektrizität und Material.

—
04 Beispiel einer B2MML-Datei. Der Text in Schwarz zeigt die fallspezifischen Daten, ISA-95-Standardtags sind in Rot dargestellt.

Literaturhinweise

[1] Grossmann, I. E. (2014): „Challenges in the application of mathematical programming in the enterprise-wide optimization of process industries“. Theoretical Foundations of Chemical Engineering, 48 (5), S. 555–573.

[2] ISA-95: The international standard for the integration of enterprise and control systems. <http://www.isa-95.com/>

[3] Harjunkski, I. et al. (2014): „Scope for industrial applications of production scheduling models and solution methods“. Computers and Chemical Engineering, 62, S. 161–193.

[4] Harjunkski, I., Bauer, R.: „Sharing data for production scheduling using the ISA-95 standard“. Frontiers in Energy Research, 26 Oktober 2014. <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fenrg.2014.00044/full>

Idealerweise werden die B2MML-Daten verwendet, um das Planungsproblem auf eine bedienerfreundliche Weise zu modellieren – z. B. durch maßgeschneiderte GUI-Elemente und die Verwendung bekannter Terminologie.

Planung für die Zukunft

Die Prototyplösung wurde erfolgreich an mehreren Beispielpunkten in verschiedenen industriellen Bereichen getestet und weist ein hohes Nutzenpotenzial auf. Sie ergänzt die zur Verfügung stehenden Technologien und Verfahren in Form von Bau-

Die von der ISA-95 definierte Umgebung beinhaltet Informationen zu Ausrüstung, Material, Personal, Produktionsrezepturen und -zielen.

steinen für branchenspezifische Produkte und wird bereits im Bergbaubereich eingesetzt. Der heuristische Ansatz ist ebenso skalierbar wie flexibel, und dank der schnellen Ausführungszeit kann der Prototyp als interaktive Lösung eingesetzt werden. Er ermöglicht eine unkomplizierte Modellierung verschiedener Anforderungen und kann problemlos erweitert werden, um zukünftigen Bedürfnissen gerecht zu werden.

Technische Entwicklungen verändern die traditionelle Hierarchie der Automatisierungspyramide, in der Entscheidungen isoliert getroffen werden. Dadurch werden komplexe Systeme einfacher handhabbar. Da eine alleinstehende Produktionsplanung weniger nutzbringend ist, liegt der Schlüssel zur Verbesserung in der Integration. Wichtig ist auch die richtige Ausrichtung von Technologie und Geschäft, um aussagekräftige und nützliche Ergebnisse zu gewährleisten. Die natürliche „Heimat“ für eine Planungslösung ist in einem Produktionsmanagementsystem, wo die kurzfristigen Entscheidungen getroffen werden und die notwendigen Prozessinformationen zur Verfügung stehen. ●

```
- <OperationsSchedule xmlns="http://www.wbf.org/xml/B2MML-V05">
  <ID>Factory A schedule requests</ID>
  <Description>This example shows the schedule *after* optimization</Description>
  <StartTime>2012-08-30T08:00:00</StartTime>
  <EndTime>2012-08-30T17:30:00</EndTime>
  <ScheduleState>Forecast</ScheduleState>
  <PublishedDate>2012-08-30T07:40:00</PublishedDate>
  - <OperationsRequest>
    <ID>Order1</ID>
    <StartTime>2012-08-30T08:00:00</StartTime>
    <EndTime>2012-08-31T08:00:00</EndTime>
    <Priority>1</Priority>
    <OperationsDefinitionID>Chemical1</OperationsDefinitionID>
    - <SegmentRequirement>
      <ProcessSegmentID>Mix</ProcessSegmentID>
      <EarliestStartTime>2012-08-30T08:00:00</EarliestStartTime>
      <LatestEndTime>2012-08-30T08:30:00</LatestEndTime>
      <Duration>PT0H30M</Duration>
      - <PersonnelRequirement>
        <PersonnelClassID>Mixeroperator</PersonnelClassID>
        <PersonID>Mixeroperator-2</PersonID>
      </PersonnelRequirement>
      - <EquipmentRequirement>
        <EquipmentClassID>Mixer</EquipmentClassID>
        <EquipmentID>Mixer1</EquipmentID>
      </EquipmentRequirement>
      - <MaterialRequirement>
        <MaterialClassID>Electricity</MaterialClassID>
        <MaterialUse>Consumable</MaterialUse>
      - <Quantity>
        <QuantityString>30.0</QuantityString>
        <DataType>double</DataType>
        <UnitOfMeasure>kW</UnitOfMeasure>
      </Quantity>
      </MaterialRequirement>
    </SegmentRequirement>
  </OperationsRequest>
  - <OperationsRequest>
    <ID>Order2</ID>
    <StartTime>2012-08-30T08:00:00</StartTime>
```

BUZZWORDS ENTSCHLÜSSELT

Blockchain

In einer neuen Serie versuchen wir, komplexe Themen aus der Welt der Technik kurz und einfach zu erklären. Im ersten Artikel der Reihe geht es um den Begriff „Blockchain“.



Ein Eintrag wird an die Blockchain übermittelt.



Thomas Locher
Yvonne-Anne Pignolet
ABB Corporate Research
Baden-Dättwil, Schweiz

thomas.locher@ch.abb.com
yvonne-anne.pignolet@ch.abb.com

Eine Blockchain ist eine dezentrale Datenbank, die dazu dient, eine stetig wachsende Liste von Einträgen zu verwalten. Dabei wird die Datenbank auf mehrere Rechner repliziert, um Fehlertoleranz zu erreichen. Listen von Einträgen werden zu Blöcken zusammengefasst, die einen Zeitstempel und einen Verweis zum vorherigen Block enthalten, sodass sich eine Kette von Blöcken ergibt. Die Computer sichern die Konsistenz zwischen den Replikaten in Peer-to-Peer-Manier durch Ausführung eines Protokolls zur Prüfung der Gültigkeit und der Übereinstimmung bezüglich des nächsten Blocks, der hinzugefügt werden soll. Da über den Block ein Konsens herrschen muss, ist es für einen einzelnen Computer nicht möglich, die Daten zu manipulieren →1.

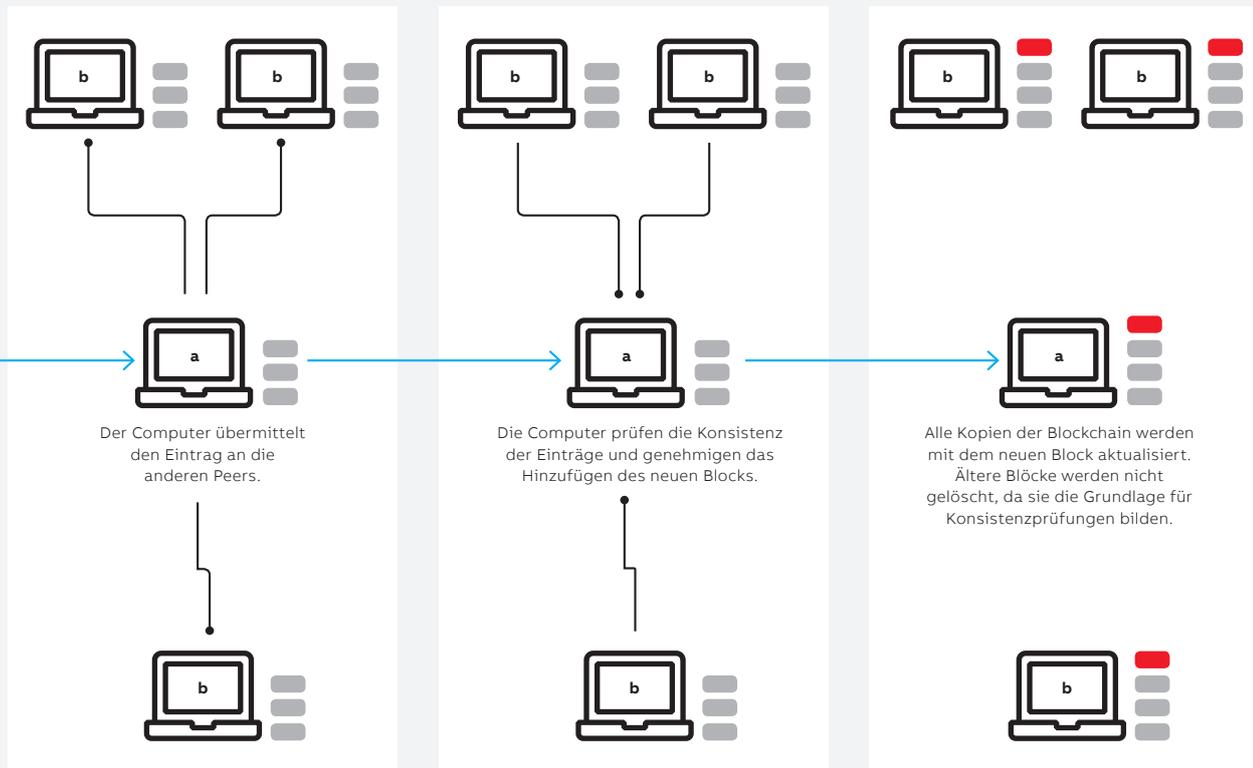
Das Konzept der Blockchain wurde erfunden, um den Austausch der virtuellen Währung „Bitcoin“ zu ermöglichen, ohne dabei auf das Vertrauen der Teilnehmer eine zentrale Kontrollinstanz angewiesen zu sein. Später kamen weitere Anwendungen und Blockchains mit anderen Eigenschaften hinzu. Generell kann eine Blockchain als dezentrales Register fungieren, in dem beliebige Einträge auf effiziente, nachprüfbar und unveränderbare Weise gespeichert werden. Der Finanzbranche schweben z. B. einfachere Transaktionen zwischen Banken mithilfe der Blockchain-Technologie vor. Im industriellen Kontext könnten Blockchains für Herkunfts- und Eigentumsnachweise oder die Verfolgung von virtuellen und physischen Gütern eingesetzt werden.

AUF EINEN BLICK

- Kein zentrales Transaktionsverzeichnis (Ledger), d. h. eine Manipulation ist viel schwieriger als bei traditionellen Registern.
- Basiert auf Konsens und nicht auf Autorität.
- Trotz der bekanntesten Anwendung Bitcoin kann das Prinzip der Blockchain zur Aufzeichnung von digitalen Informationen aller Art verwendet werden.



01 Prinzip einer Blockchain.



01

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 © 2017
ABB Switzerland Ltd.
Baden, Schweiz

Satz und Druck

Vorarlberger
Verlagsanstalt GmbH
6850 Dornbirn, Österreich

Layout

DAVILLA AG
Zürich, Schweiz

Übersetzung

Thore Speck,
Dipl.-Technikübersetzer
(FH)
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](http://www.abb.com/abbreview)



Tablet-Ausgabe

Die ABB Review ist
auch als Tablet-
Version verfügbar.

Besuchen Sie
[abb.com/
abbreviewapp](http://abb.com/abbreviewapp)

Bleiben 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 04/2017

Den Übergang bewältigen

Zurzeit finden zwei große Umwälzungen statt: im Bereich der elektrischen Energieerzeugung und -verteilung und im Bereich der digitalen Kommunikation und Steuerung. Alle Branchen sind davon betroffen, und Unternehmen müssen sich auf Veränderungen einstellen – jetzt und in Zukunft. Die nächste ABB Review befasst sich mit den ersten Schritten und zeigt, wie Unternehmen den Übergang bewältigen können.

LESERUMFRAGE 2017

Ihre Meinung ist gefragt



Der Eindruck und die Zufriedenheit unserer Leserschaft sind wichtig für die zukünftige Ausrichtung der ABB Review. Daher möchten wir Sie einladen, an einer kurzen Umfrage (10 Fragen) teilzunehmen. Unter allen Teilnehmern verlosen wir fünf Bluetooth-Soundstationen. Ihre Meinung ist uns wichtig, und wir bedanken uns für Ihre Teilnahme. Die Umfrage ist auch online verfügbar unter www.abb.com/abbreview.

Die Umfrage kann auch online unter www.abb.com/abbreview ausgefüllt werden.

Einsendeschluss ist der 3. November 2017.

F1 In welcher Beziehung stehen Sie zu ABB? (Bitte nur eine Antwort)

- Kunde
- Lieferant
- Mitarbeiter/in
- Presse/Medien
- Investor
- Mitbewerber
- Bildungswesen
- Andere

F2 Welchem der folgenden Bereiche gilt Ihr Hauptinteresse? (Bitte nur eine Antwort)

- Stromerzeugung
- Stromübertragung und -verteilung
- Andere Versorgungswirtschaft
- Öl und Gas
- Andere Energie
- Bergbau und Mineralstoffe
- Zellstoff und Papier
- Nahrungsmittel und Getränke
- Chemikalien
- Andere Prozessfertigung
- Automobilherstellung
- Andere diskrete Fertigung oder Handhabung
- Gebäudeautomatisierung
- Andere Automatisierung
- Seefahrt/Marine
- Andere Verkehrswesen
- Rechenzentren
- Andere

F3 Welcher Altersgruppe gehören Sie an? (Bitte nur eine Antwort)

- 15-24
- 25-34
- 35-44
- 45-54
- 55-64
- 65+
- Keine Angabe

F4 Wie nutzen Sie die ABB Review? (Mehrere Antworten möglich)

- Um die Technologien von ABB besser zu verstehen
- Um Technologie allgemein besser zu verstehen
- Um das Angebot von ABB besser zu verstehen
- Zu Vertriebs-/Marketingzwecken
- Zu Schulungs-/Bildungszwecken
- Zur Personalbeschaffung
- Zu Forschungszwecken
- Andere

F5 Wie erhalten Sie Ihr Exemplar der ABB Review? (Bitte nur eine Antwort)

- Persönliches Abonnement (Druckausgabe)
- Direkter Kontakt zu ABB-Mitarbeiter/in
- Ausleihe aus der Bibliothek
- Umlauf im Unternehmen
- Ich lese sie online (PDF)
- Ich lese die Tablet-/Smartphone-Version
- Andere

F6 Zur Optimierung unserer Vertriebskanäle – wie würden Sie Ihr Exemplar der ABB Review gern erhalten? (Bitte nur eine Antwort)

- Persönliches Abonnement (Druckausgabe)
- Direkter Kontakt zu ABB-Mitarbeiter/in
- Ausleihe aus der Bibliothek
- Umlauf im Unternehmen
- Als Online-Version (PDF)
- Als Tablet-/Smartphone-Version
- Andere

F7 Die ABB Review ist zurzeit in vier Sprachen erhältlich. Wenn Sie eine zusätzliche Sprache wählen könnten, welche wäre das? (Bitte nur eine Antwort)

- Arabisch
- Italienisch
- Chinesisch
- Portugiesisch
- Russisch
- Andere (bitte angeben) _____

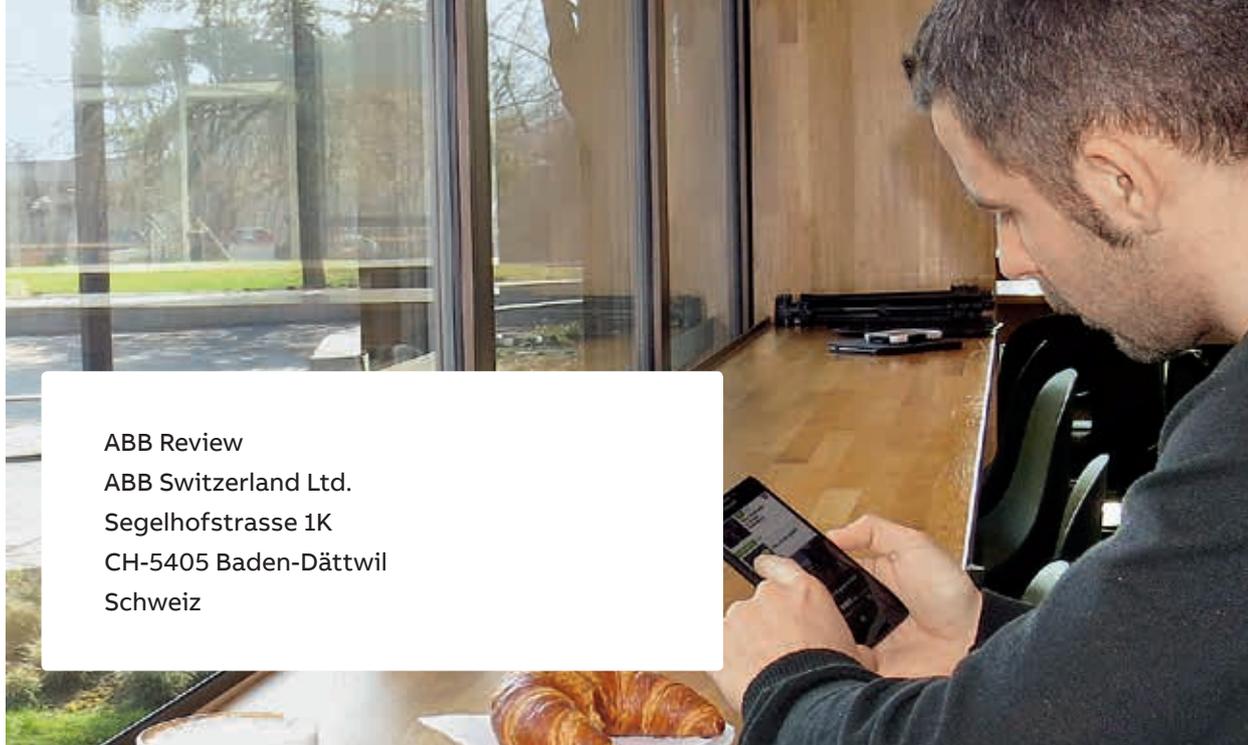


ABB Review
 ABB Switzerland Ltd.
 Segelhofstrasse 1K
 CH-5405 Baden-Dättwil
 Schweiz

—
 Bitte ausfüllen
 und bis zum
 3. November 2017
 in einem frankier-
 ten Umschlag an
 die nebenste-
 hende Adresse
 senden.

Bitte hier falten.

Seit Ausgabe 1/2017 erscheint die ABB Review in einem neuen Look. Die verbleibenden Fragen beziehen sich alle auf diese „neue“ ABB Review.

F8 Wie zufrieden sind Sie mit dem technischen Inhalt der Artikel?

- (Bitte nur eine Antwort)**
- Meistens nicht technisch genug
 - Manchmal nicht technisch genug
 - Technischer Inhalt ist gut
 - Manchmal zu technisch
 - Meistens zu technisch

F9 Wie zufrieden sind Sie mit der Anzahl der Artikel pro Ausgabe?

- (Bitte nur eine Antwort)**
- Ich hätte gern viel mehr
 - Ich hätte gern mehr
 - Zufrieden
 - Ich hätte gern weniger
 - Ich hätte gern viel weniger

F10 Wie zufrieden sind Sie mit dem neuen Layout/der Navigation?

- (Bitte nur eine Antwort)**
- Ich finde die Navigation sehr einfach
 - Ich finde die Navigation einfach
 - Zufrieden
 - Ich finde die Navigation schwierig
 - Ich finde die Navigation sehr schwierig

Haben Sie weitere Anmerkungen oder Anregungen, wie die ABB Review verbessert werden kann?

Wenn Sie Ihren Namen und Ihre E-Mail-Adresse angeben, nehmen Sie an der Verlosung von fünf Bluetooth-Soundstationen teil. Die Angaben werden ausschließlich zur Verbesserung der ABB Review und für die Verlosung verwendet. Ihre persönlichen Daten werden nicht weitergegeben oder veröffentlicht. Wir danken Ihnen für Ihr Feedback. Die Ergebnisse der Umfrage werden in einer kommenden Ausgabe der ABB Review veröffentlicht. Die Umfrage ist auch online verfügbar unter www.abb.com/abbreview.

Vorname

Nachname

Land

E-Mail-Adresse
