

review

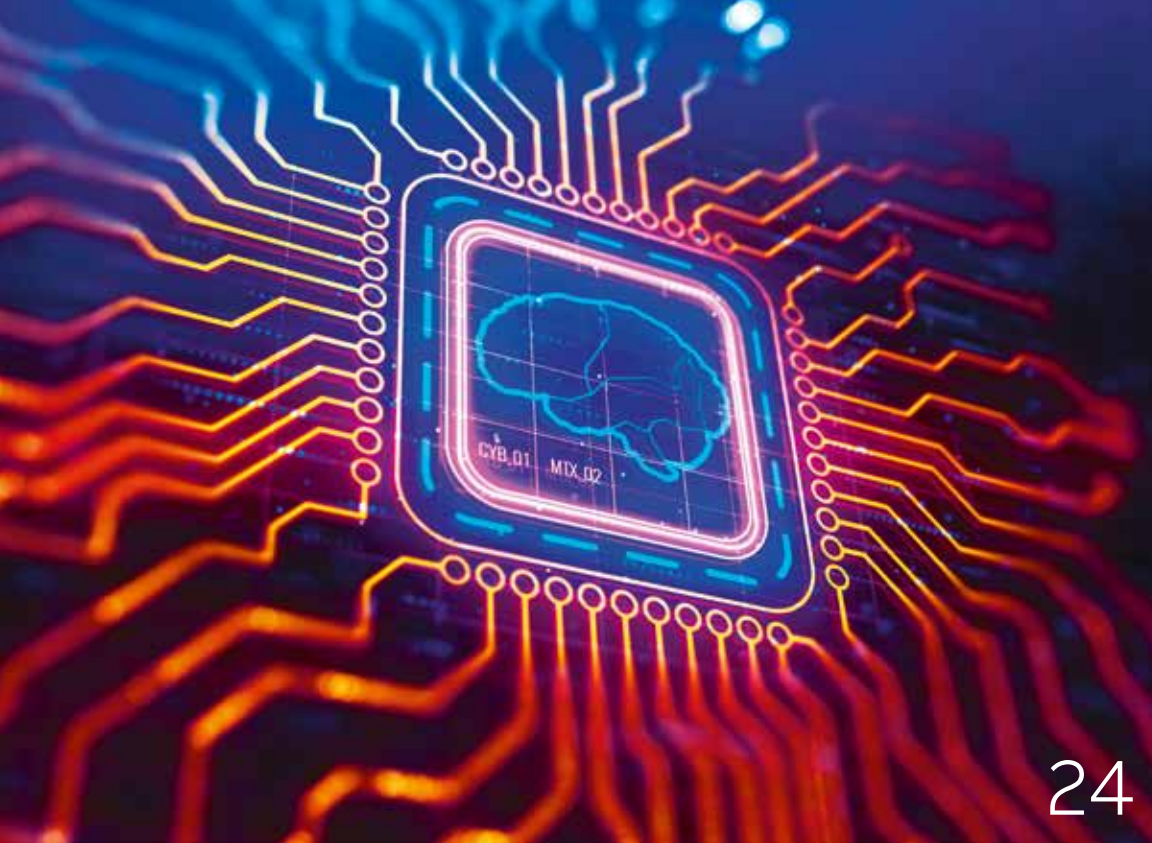
01|2021 de

Fortschritt durch Wissen



-
- 06 – 21 Innovations-Highlights
 - 22 – 47 Technologie-Einblicke
 - 48 – 77 Produktivität





Schnelle Innovation in
industrieller KI



Roboter in der
Fahrzeugmontage

Automatisiertes
Engineering





**MP³C für elektrische
Antriebe**

05 Editorial

Innovations-Highlights 2021

08 Ausgewählte Innovationen in Kürze

Technologie-Einblicke

- 24 Schnelle Innovation in industrieller KI
- 28 ABB Industrial AI Accelerator
- 30 5G für digitale Industrien
- 37 Energiemanagement mit Ekip UP
- 42 Quantencomputing

Produktivität

- 50 Zustandsüberwachung
- 54 Banddickenmessung
- 60 Automatisiertes Engineering
- 66 MP³C für elektrische Antriebe
- 74 Roboter in der Fahrzeugmontage

Buzzwords Entschlüsselt

78 Golden-Batch-Analysen

79 Abonnement

79 Impressum



—
Schwierige Zeiten können aufgrund der Dringlichkeit von Lösungen ein Katalysator für bedeutende Innovationen sein. Dabei werden akzeptierte Normen und Pläne für die Zukunft infrage gestellt. Diese Ausgabe der ABB Review befasst sich mit Technologien und Ideen, die dabei helfen, Erfahrungen von gestern auf aktuelle Anforderungen anzuwenden, um zukünftige Lösungen zu realisieren.

EDITORIAL

Fortschritt durch Wissen



Liebe Leserin, lieber Leser,

außergewöhnliche Zeiten verlangen außergewöhnliche Lösungen. Während eine Pandemie der Welt zu schaffen macht, sind wir gezwungen, viele Aspekte unserer täglichen Arbeit und unseres Miteinanders neu zu bewerten. Um etwas zu bewirken, müssen wir zusammenarbeiten und zusammen handeln. Das war immer so und gilt heute mehr denn je. Einzelne Ideen, ganz gleich wie brilliant, sind nur wenig wert, wenn sie nicht geteilt und gemeinsam umgesetzt werden.

Kollaboration steht auch im Mittelpunkt des Zwecks und der Werte unseres Unternehmens und ist unser Weg, um Erfolg für unsere Teilhaber zu schaffen und einen Beitrag zu einer nachhaltigeren Zukunft zu leisten. Die vorliegende Ausgabe der ABB Review enthält viele Beispiele dafür, wie ABB gemeinsam an Lösungen arbeitet oder anderen dabei hilft, ihre Ziele zu erreichen – von Startup-Unternehmen mit bahnbrechenden Ideen bis hin zu Kunden, die ihre Prozesse optimieren möchten.

Eine interessante Lektüre wünscht Ihnen

A stylized, handwritten signature in red ink, consisting of a large 'B' and 'R' followed by a horizontal line.

Björn Rosengren
Chief Executive Officer, ABB Group

Innovations- Highlights 2021





12

Ein kurzer branchen- und technologieübergreifender Überblick über neueste Entwicklungen kann ein guter Ausgangspunkt für Gespräche sein. Zum Beispiel darüber, wie ein Unternehmen von solchen Innovationen profitieren kann. Mit ihrer umfangreichen Erfahrung ist ABB bestens positioniert, solchen Gesprächen Taten folgen zu lassen und entsprechende Lösungen bereitzustellen.

- 8 YuMi: Hilfreiche Hände in Krankenhäusern und Labors
- 9 Neue Lösung vereinfacht die Integration von Robotern in Maschinen
- 10 Energie sparen mit IE5-SynRM-Motoren
- 11 Dielektrische Prüfung im virtuellen Hochspannungslabor
- 12 Neue Schnellladestation für Elektrofahrzeuge
- 13 Regelung der Stahlströmung in Stranggießkokillen
- 14 Katalysator für innovative Ideen
- 15 Ethernet-APL für explosionsgefährdete Bereiche
- 16 Informations-Ökosystem mit smarten Sensoren
- 17 Mobile Erkennung von Gasleckagen
- 18 Neue Generation von Kleinrobotern
- 19 Drive Connectivity Panel
- 20 Der X-Faktor der Datenwertschöpfung



14

YUMI®: HILFREICHE HÄNDE IN KRANKENHÄUSERN UND LABORS

Roboter sind nicht nur in Fertigungsbetrieben und schmutzigen Umgebungen tätig, sondern spielen auch eine zunehmend wichtige Rolle in Labors, wo sie sämtliche Aspekte von der F&E in der Pharmaindustrie und an Hochschulen bis hin zu Tests in medizinischen Einrichtungen unterstützen. Ein Beispiel hierfür ist der kollaborative Roboter YuMi® von ABB, der sich bereits bei verschiedenen wiederkehrenden, filigranen und zeitaufwändigen Labortätigkeiten wie dem Dosieren, Mischen, Pipettieren, Zusammenstellen steriler Instrumente und Be- und Entladen von Zentrifugen bewährt hat.

Mit seinem inhärent sicheren Design ist YuMi® einzigartig auf dem Markt. Dank abgerundeter, gepolsterter Arme, Kollisionserkennung und nicht vorhandener Quetsch- und Klemmstellen ist er in der Lage, ohne zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen wie Schutzgitter in relativ unstrukturierten Umgebungen sicher inmitten menschlicher Kollegen zu arbeiten. Damit eignet er sich für eine Vielzahl wiederkehrender Aufgaben mit hohem Durchsatz, auch wenn diese eine menschenähnliche Geschicklichkeit erfordern oder sich kurzfristig ändern können. So kann YuMi®

z. B. Prozessaufgaben wie das Beschicken, Abholen und Lagern von Geräten sowie den Transport und das Archivieren von Proben unterstützen.

Im Oktober 2019 hat ABB ein Forschungszentrum am Texas Medical Center (TMC) in Houston eröffnet, um neue Roboter- und Automationskonzepte für medizinische Einrichtungen und Labors zu entwickeln. Zu den dort präsentierten Prototypen gehören YuMi®-Roboter, die bei der Bedienung von Zentrifugen und der Handhabung von Reagenzgläsern helfen können, sowie ein Roboter vom Typ IRB 1200 zur Automatisierung des Flüssigkeitstransfers in einer Pipettieranwendung.

Ein weiteres in der Entwicklung befindliches Konzept ist ein mobiler YuMi® mit zwei Armen, der medizinisches Personal bei Labor- und Logistikaufgaben in Krankenhäusern unterstützen soll. Dabei soll der Roboter seine menschlichen Kollegen nicht nur selbstständig erkennen und umfahren können, sondern auch lernen, verschiedene Wege von einem Ort zum anderen zurückzulegen. •



NEUE LÖSUNG VEREINFACHT DIE INTEGRATION VON ROBOTERN IN MASCHINEN



Dank einer Bündelung der Ressourcen von ABB und B&R¹ werden Maschinenbauer bald in der Lage sein, ihre Produkte mit einem integrierten Roboter anzubieten. Eine gemeinsame Bedienoberfläche für Maschine und Roboter sorgt zudem für eine einfachere Bedienung.

Die Lösung erlaubt es Maschinen im Fertigungsbereich, in Echtzeit mit integrierten Robotern zu kommunizieren. Kurz gesagt, die Lösung optimiert die Kommunikation zwischen B&R-Servoantrieben und den Motoren in ABB-Robotern.

Ein praktisches Beispiel ist die Erkennung von Mängeln mithilfe einer Visio-Kamera. Dabei werden die Daten in weniger als einer Millisekunde in einen Steuerbefehl für einen entsprechenden ABB-Roboter umgewandelt. Dieser entfernt dann das fehlerhafte Werkstück ohne manuellen Eingriff aus dem Produktionsprozess, ohne diesen zu verlangsamen. Da die Maschinenanwendung automatisch optimierte Bewegungsprofile errechnet, wird die Gesamtverarbeitungszeit deutlich verkürzt und die Produktivität verbessert.

Hinter der Lösung, die ABB-Roboter in das Steuerungssystem von B&R integriert, steht eine einzelne Architektur. Diese vereint die von den vormals getrennten Systemen benötigten Informationen, sodass weder eine eigene Robotersteuerung noch ein getrennter Schaltschrank oder speziell für Robotersprachen geschultes Personal erforderlich sind.

Die Integration wird durch vorkonfigurierte Softwaremodule unterstützt, die Maschinenbauern die Entwicklung von Robotikanwendungen erleichtern. Die modulare, vorprogrammierte Software (mapps) von B&R ermöglicht die Implementierung komplexer, äußerst dynamischer Anwendungen, ohne dass neuer Programmcode geschrieben werden muss, was die Entwicklungszeiten drastisch verkürzt. Alles in allem ermöglicht die neue Lösung von ABB ein nie dagewesenes Maß an Präzision bei der Koordination von Maschinenprozessen und Roboterbewegungen. •

Fußnote

1) B&R ist ein im Bereich Automatisierung und Prozesssteuerung tätiges Unternehmen, das seit 2017 zur ABB-Gruppe gehört.



ENERGIE SPAREN MIT IE5-SYNRM-MOTOREN

Herkömmliche Asynchronmotoren sind mit inhärenten Nachteilen verbunden, die sich aus ihrer asynchronen Drehzahl ergeben – z. B. Wärmeverluste im Rotor, die den Wirkungsgrad senken und die Lebensdauer von Bauteilen und Lagern verkürzen. Da Asynchronmotoren rund ein Drittel des weltweit erzeugten Stroms verbrauchen, besteht ein klarer Bedarf an einem effizienteren Produkt. Hier kommt der IE5-Synchronreluktanzmotor (SynRM) ins Spiel, der sich durch einen hohen Wirkungsgrad, eine hohe Zuverlässigkeit und geringe Wartungsanforderungen auszeichnet.

SynRMs funktionieren nach einem sehr eleganten Prinzip, das erst seit der Entwicklung fortschrittlicher Elektronik zur Drehzahlregelung praktikabel ist. Beim SynRM ist der Rotor so konzipiert, dass er in einer Richtung den kleinstmöglichen magnetischen Widerstand (Reluktanz) und im rechten Winkel dazu den größtmöglichen Widerstand aufweist. Dabei dreht sich der Rotor mit der gleichen Frequenz wie das Drehfeld des umrichter gespeisten Stators.

Ohne die sonst üblichen Magneten und Käfige ist die Konstruktion des Rotors zuverlässiger als bei Asynchronmotoren, was die Wartungsanforderungen reduziert. Die niedrigere Betriebstemperatur des SynRM sorgt zudem für eine längere Lebensdauer der Isolierung und Lager sowie für längere Schmierintervalle der Lager. Durch Installation eines ABB Ability™ Smart Sensors lässt sich auch eine Zustandsüberwachung aus der Ferne realisieren.

SynRMs bieten eine höhere Leistungsdichte als Asynchronmotoren und arbeiten auch bei Teillast besser. Der trägheitsarme Rotor ermöglicht eine schnelle Reaktion und eine präzise Drehmoment- und Drehzahlregelung. Die SynRM-Hardware ist direkt kompatibel mit entsprechenden Asynchronmotoren von ABB, was ein Upgrade vereinfacht.

Da das Potenzial der SynRM-Technologie noch nicht vollständig erschlossen ist, sind durchaus noch höhere Wirkungsgrade denkbar. •

DIELEKTRISCHE PRÜFUNG IM VIRTUELLEN HOCHSPANNUNGLABOR

Die dielektrische Dimensionierung ist ein entscheidender Aspekt bei Mittel- und Hochspannungsgeräten wie Schaltanlagen und Transformatoren. Bei der Einführung eines neuen Geräts muss der Hersteller das Produkt gemäß Spannungsprüfungen zertifizieren, deren Anforderungen in technischen Normen festgelegt sind. Die Vorhersage der Prüfergebnisse wird typischerweise durch elektrostatische Feldberechnungen unterstützt, die mit den kritischen Werten für die jeweiligen Werkstoffe (z. B. Gase, Flüssigkeiten und Feststoffe) und Schnittstellen verglichen werden. Allerdings ist diese Vorgehensweise häufig unzureichend, da kein einfacher Zusammenhang zwischen dielektrischem Versagen und Feldstärken besteht.

Das ABB-Simulationstool Virtual High-Voltage Lab (VHVLab) bietet ein Software-Framework zur Vorhersage der Ergebnisse von dielektrischen Prüfungen und soll die Lücke zwischen numerischen Berechnungen und Experimenten schließen. Die Vorhersagen werden durch die Kombination von technischen Simulationen mit empirischem Wissen erstellt, das wiederum aus Experimenten und First-Principle-Simulationen von mikroskopischen Modellen gewonnen wurde. Diese

Art von Software ist nicht kommerziell erhältlich, da die in VHVLab integrierten Simulationsverfahren auf Prüferfahrungen basieren, die von ABB im realen Hochspannungslabor gemacht wurden. Eine maßgeschneiderte Plattform dieser Art stellt einen bedeutenden Wettbewerbsvorteil gegenüber kommerzieller Simulationssoftware dar und ermöglicht schnellere Entwicklungsschleifen. Die Entwicklung von VHVLab wird unterstützt durch die Forschungsarbeit akademischer Partner wie SINTEF – einer unabhängigen Forschungsorganisation in Trondheim, Norwegen, die einen Versuchsaufbau mit einer flexiblen Auswahl von Versuchsanordnungen entwickelt hat.

Das Tool bietet eine Reihe von numerischen Verfahren und empirischen Regeln, die es Ingenieuren ermöglichen, Entladungsphänomene zu evaluieren, zu visualisieren und zu verstehen. In dieser Hinsicht ist VHVLab nicht nur ein Engineering-Werkzeug, sondern auch eine Wissensdatenbank, in der die Erfahrungen von Forschern und Entwicklern gesammelt werden, um eine Grundlage für zukünftige digitale Prüfungen zu schaffen. •

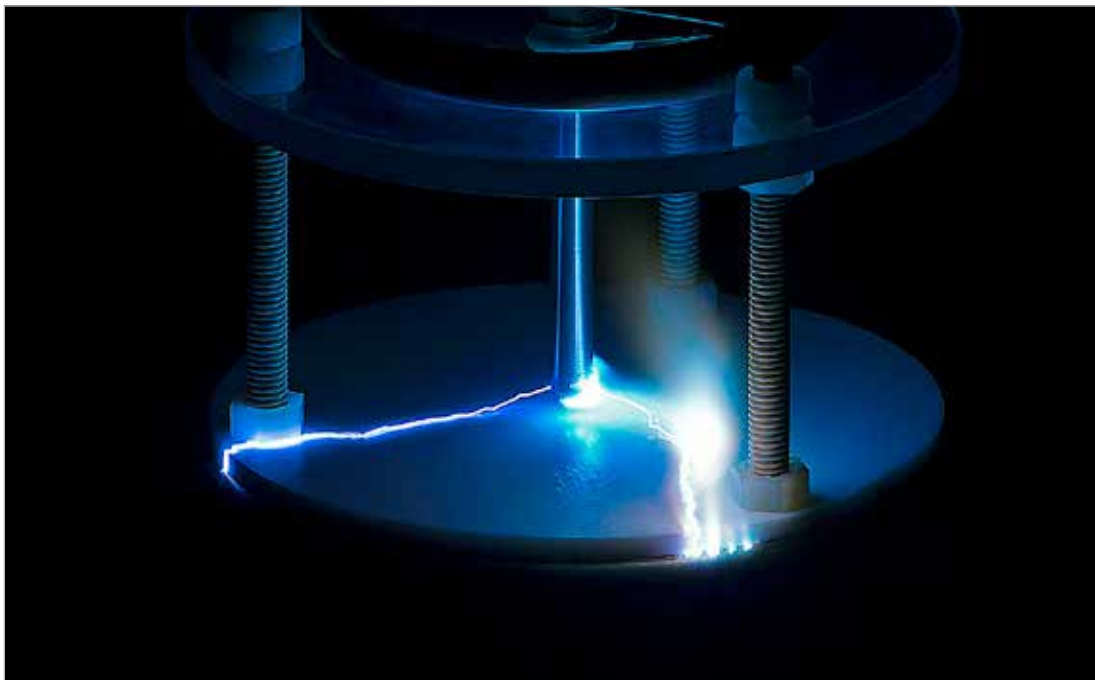


Foto: Sintef, Trondheim



NEUE SCHNELLLADESTATION FÜR ELEKTROFAHRZEUGE

Weltweit stehen Städte vor der Aufgabe, sauberere und leisere Verkehrslösungen umzusetzen. Vor diesem Hintergrund hat ABB mit der Terra 184 nun die kompakteste Hochleistungs-Ladestation mit der höchsten Leistungsdichte auf dem Markt vorgestellt. Das jüngste Mitglied der erfolgreichen Terra-Familie lädt schnell, ist kompakt und robust und ermöglicht das gleichzeitige Aufladen von drei Fahrzeugen. So profitieren Autofahrer von einem Höchstmaß an Komfort und die Betreiber der Ladestationen von einer maximalen Auslastung. Mit einer Ladeleistung von 180 kW eignet sich die neue Ladestation ebenso für Parkplätze am Straßenrand wie für Schnellladeterminals für E-Taxis und andere E-Fahrzeugflotten.

Die Terra 184 kann von Fahrzeugen aller Größen genutzt werden, ganz gleich, ob es sich dabei um Pkw, Busse oder Lkw der neuesten oder zukünftiger Generationen handelt. Anders als andere Hochleistungs-Ladestationen kommt die Terra 184, genauso wie die aktuelle Terra 54, mit einer Stellfläche von weniger als 0,5 m² aus. Dank des innovativen Designs sind keine separaten Verteilerschränke erforderlich, was eine schnelle und kompakte Lösung für beengte Städte ermöglicht.

Die Terra 184 unterstützt alle gängigen Ladestandards, einschließlich CCS, CHAdeMO und AC, und erfüllt die Anforderungen aller Batterien mit einer Spannung von bis zu 920 V. Die Station ist vielseitig konfigurierbar und kann z. B. mit maßgeschneiderten Terminals für die Kreditkartenzahlung, Bildschirmen und Ladekabeln ausgestattet werden.

Betreiber anderer Terra-Modelle, wie der Terra 94 oder 124, können ihre Ladelösung durch einfaches Hinzufügen von Leistungsmodulen auf die Terra 184 aufrüsten.

ABB ist seit einem Jahrzehnt auf dem Markt für Ladelösungen für Elektrofahrzeuge aktiv und hat seitdem über 14.000 DC-Schnellladestationen verkauft. Für ihren Beitrag zur Förderung nachhaltiger Verkehrslösungen auf internationaler Ebene wurde ABB unlängst mit dem Global E-mobility Leader 2019 Award ausgezeichnet. •



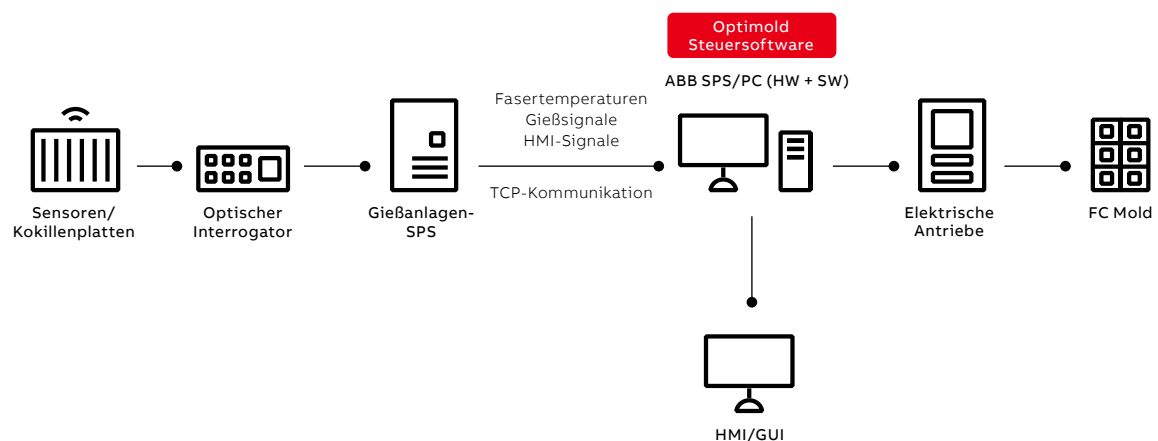
REGELUNG DER STAHLSTRÖMUNG IN STRANGGIESSKOKILLEN

Bei der Stahlherstellung kommt es auf eine hohe Produktivität und hochwertige Endprodukte an. Ein wichtiger Faktor hierfür ist die Geschwindigkeit des flüssigen Stahls beim Brammengießen. Das Flow Control (FC) Mold G3 System von ABB nutzt DC- und AC-Magnetfelder, um die Strömungsgeschwindigkeit in der Kokille von Stranggießanlagen zu regulieren. ABB Optimold Control ist die einzige industrielle Lösung, die die Strömungsgeschwindigkeit online misst und die notwendigen Feedback-Signale für eine automatisierte Regelung des FC Mold G3 Systems liefert. Das neu entwickelte ABB Ability™ Optimold Monitor System nutzt hochauflösende Lichtwellenleiter in der Kupferplatte der Kokille zur Messung der Temperaturverteilung, die anschließend mithilfe eines von ABB entwickelten Algorithmus in ein Signal für die Strömungsgeschwindigkeit umgewandelt wird. Ein besonderer Vorteil der Technologie ist ihre hohe Auflösung und Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Störungen.

Im September 2019 erzielte ABB bei Hyundai Steel in Korea mit fast 5.000 installierten Messpunkten einen Weltrekord. Dies ist ein bedeutender Vorteil gegen-

über traditionellen Methoden mit Thermoelementen, bei denen nur rund 100 Punkte gemessen werden können. ABB Ability™ Optimold Control ist ein Softwarepaket, das die Systeme ABB Ability™ Optimold Monitor und FC Mold G3 miteinander verbindet, um eine Regelung des FC Mold G3 Systems im geschlossenen Regelkreis zu ermöglichen. Gegenwärtig wird ABB Ability™ Optimold Control zur deterministischen Steuersoftware hinzugefügt, die bereits in jeder FC Mold-Installation enthalten ist. Der Echtzeit-Regelalgorithmus wirkt Prozessfehlern aufgrund verstopfter Tauchrohre und instabilem Argongas durch Anpassung eines vordefinierten Magnetfelds entgegen.

Die erste Installation von ABB Ability™ Optimold Control ist für 2021 bei Hyundai Steel geplant. In Zukunft soll die Lösung zu einem autonomen, von künstlicher Intelligenz unterstützten System weiterentwickelt werden. ABB Ability™ Optimold Control wird es Stahlherstellern ermöglichen, Schwankungen im Gießprozess mit negativen Auswirkungen auf die Sicherheit, Energieeffizienz und Produktqualität schnell zu identifizieren und zu korrigieren, um einen optimalen Guss zu gewährleisten. •





KATALYSATOR FÜR INNOVATIVE IDEEN

Im Jahr 2017 startete ABB das Digital Lighthouse Program als Katalysator für digitale Innovationen. Die Idee des Programms bestand darin, gute interne Ideen mit der notwendigen Finanzierung, den erforderlichen Ressourcen und der Einbindung von Kunden zusammenzuführen, um die Zeit bis zur Markteinführung zu verkürzen. Im Rahmen des Programms wurden innovative digitale Lösungen ausgewählt und in Zusammenarbeit mit Kunden entwickelt. Die Finanzierung erfolgte zum Teil ebenfalls durch das Programm.

Die Hauptziele des Programms waren:

- Beschleunigung der Entwicklung und Implementierung innovativer digitaler Lösungen auf Basis der ABB Ability™-Plattform für das industrielle Internet der Dinge (IIoT)
- Förderung der gemeinsamen Entwicklung von Lösungen mit Kunden durch deren frühzeitige Einbindung
- Schnellere Umsetzung innovativer digitaler Technologien wie künstliche Intelligenz, erweiterte Realität, virtuelle Realität, digitale Zwillinge und Blockchain bei ABB

Kandidaten mit guten Ideen machten Kunden ausfindig, die bereit waren, an der Entwicklung neuer digitaler Produkte mitzuwirken, erläuterten, welche Probleme mit dem Produkt behandelt werden könnten, skizzierten die Hindernisse für den Erfolg und wie diese mithilfe des Programms überwunden werden können, und zeigten das unmittelbare und langfristige Ertragspotenzial auf.

Zweieinhalb Jahre später, zum Ende des Programms, waren 66 minimal funktionsfähige Produkte, sogenannte MVPs (Minimum Viable Products), mit Kunden realisiert und über 40 Testimonials von Kunden publiziert. Bis heute wurden 30 im Rahmen des Lighthouse Programs entwickelte Produkte kommerzialisiert. Der wichtigste Aspekt des Programms ist jedoch die Förderung einer digitalen Innovationskultur innerhalb von ABB, was bedeutet, dass in Zukunft deutlich weniger digitale Innovationen ungeprüft und ungetestet in den Regalen herumliegen. •

ETHERNET-APL FÜR EXPLOSIONSGERFÄHRDETE BEREICHE

Seit 2011 arbeitet ABB mit Industriepartnern aus dem Bereich der Prozessautomation und verschiedenen Normungsorganisationen daran, die Standardisierung von Ethernet Advanced Physical Layer (APL) voranzutreiben. Ethernet-APL erweitert die Ethernet-Kommunikation, indem es die Einfachheit einer 4–20-mA-Verdrahtung mit der Ethernet-typischen schnellen Bandbreite und Protokollunterstützung kombiniert. Gleichzeitig ist Ethernet-APL einfach und robust genug, um in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt zu werden. Als Experte für IIoT-fähige Geräte ist ABB in der Lage, die Vorteile von Ethernet, wie z. B. die Mehrprotokollfähigkeit, zur Anbindung von weit verteilten, schleifengespeisten 2-Draht-Feldgeräten in potenziell explosionsgefährdeten Umgebungen zu nutzen.

Die Forschungsarbeit von ABB konzentriert sich auf OPC UA, ein neues, universell einsetzbares Kommunikationsprotokoll, das sich durch seine Cybersicherheit, Semantik und Informationsmodelle auszeichnet, die Beschreibungen überflüssig machen. Indem sie die OPC-UA-Technologie für kleine, ressourcenbegrenzte Feldgeräte nutzbar macht, löst ABB die Grenze zwischen Betriebstechnik (OT) und Informationstechnik (IT) auf.

Erfolgreiche Tests von OPC-UA-Lösungen für einen Durchflussmesser aus dem Jahr 2017 und von Druckmessumformern mit APL-Evaluationsplatinen aus dem Jahr 2019 zeigen, wie gut sich Ethernet-APL und OPC UA in moderne Prozessanlagenarchitekturen wie NAMUR Open Architecture (NOA), Module Type Packages (MTP) oder Open Group O-PAS (Open Process Automation System) einfügen.

Mit der Veröffentlichung von Ethernet-APL-Standards auf der Basis des Standards IEEE802.3cg (10BASE T1L), dem IEC-Standard für eigensicheres 2-Draht-Ethernet (2WISE) für Ex-Bereiche und der Veröffentlichung von Definitionen für die Implementierung von Ethernet-APL rückt eine großflächige Kommunikation auf Feldebene mithilfe von Ethernet-Protokollen wie z. B. OPC UA immer näher. Die vorgesehene Einführung von Ethernet-APL auf der ACHEMA im Juni 2021 wird von ABB und anderen Automatisierungsanbietern begleitet, die die ersten Ethernet-APL-Produkte präsentieren und damit eine neue Ära der sicheren, geschützten und praktischen Kommunikation auf der Feldebene für Prozessanlagen einläuten. •





INFORMATIONEN-ÖKOSYSTEM MIT SMARTEN SENSOREN

Mechanische Komponenten wie Lager und Reduktionsgetriebe befinden sich häufig an schwer zugänglichen Stellen, was ihre Inspektion schwierig und zeitaufwändig macht. Hier bietet der ABB Ability™ Smart Sensor für mechanische Produkte eine intelligente Lösung. Der drahtlose Sensor ermöglicht die Zustandsüberwachung von Dodge® Stehlagern und Reduktionsgetrieben und ist darauf ausgelegt, Ausfallzeiten zu reduzieren, die Zuverlässigkeit zu erhöhen und einen sicheren Betrieb zu gewährleisten. Der bedienungsfreundliche Sensor erkennt ungewöhnliche vibrations- und temperaturbezogene Zustände, sodass rechtzeitig entsprechende Wartungsmaßnahmen geplant und Ausfallzeiten verhindert werden können.

Dank einer neuen Firmware können die Fähigkeiten des Smart Sensors nun um zusätzliche Funktionen, z. B. zur Darstellung der RMS-Geschwindigkeit, zum Ändern des Messintervalls, zum Ändern des Empfindlichkeitsbereichs für den Beschleunigungsmesser

und zur Start/Stop-Erkennung, erweitert werden, die auf der Basis von Kundenrückmeldungen entwickelt wurden.

Der Smart Sensor bietet Nutzern Zugang zur digitalen ABB Ability™-Plattform und somit die Möglichkeit, das Potenzial des industriellen Internets der Dinge (IIoT) zu nutzen. So können Daten von mehreren Sensoren per Smartphone oder über das neue Plug-&-Play-Gateway von ABB an einen sicheren, cloudbasierten Server übertragen werden, um von fortschrittlichen Algorithmen zur Erkennung von Lagerschäden analysiert zu werden. Die Daten werden in der ABB Ability™-Plattform gespeichert und können von dort abgerufen und zur weiteren Analyse grafisch dargestellt werden.

Die neue Plug-&-Play-Lösung bietet somit den Zugang zu Datenanalysen mit einer nahtlosen Konnektivität von den Sensoren über Mobilfunknetze bis hin zum digitalen ABB Ability™-Portal. •

MOBILE ERKENNUNG VON GASLECKAGEN

Allein in den USA versorgen 4,8 Millionen Kilometer Gasleitungen jährlich 75 Millionen Kunden mit 700 Milliarden Kubikmetern Erdgas¹. Da rund die Hälfte der Infrastruktur vor 1970 gebaut wurde, ist diese entsprechend anfällig für Leckagen. Das Gas, das dadurch verloren geht, erhöht die Kosten für die Verbraucher, verursacht Versorgungs- und Wartungsunterbrechungen und gefährdet die Sicherheit und Umwelt.

Laut einer 2018 im Science-Magazin² veröffentlichten Studie hat die jährlich durch Leckagen entweichende Erdgasmenge einen Wert von 2 Mrd. USD und könnte 10 Millionen Haushalte versorgen. Hinzu kommt, dass das entweichende Gas zum Klimawandel beiträgt und einige der Umweltvorteile aus dem Umstieg von Kohle auf Erdgas zunichtemacht. Methan, der Hauptbestandteil von Erdgas, ist ein 21-mal stärkeres Treibhausgas als Kohlenstoffdioxid.

Der erste Schritt zur Beseitigung von Gasleckagen besteht darin, sie zu finden. Jahrelang erfolgte dies langwierig und arbeitsintensiv mithilfe von Handsensoren – was so gar nicht den Anforderungen der digitalen Wirtschaft des 21. Jahrhunderts in Bezug auf schnelle, präzise und transparente Daten entspricht.

Die mobile ABB-Lösung ist ein hochempfindliches, fahrzeugbasiertes System, das geringste Mengen Methan in der Luft erfasst und durch Messung der Windgeschwindigkeit und -richtung die Lokalisierung von Leckagen aus der Ferne ermöglicht. Das Erkennungssystem umfasst den patentierten Methan/Ethan-Analysator von ABB, ein GPS-System, ein Ultraschallanemometer und eine eigene Leckageerkennungsssoftware. Die vom System generierten Karten können von Serviceteams auf einem mobilen Gerät oder in der Betriebszentrale abgerufen werden. Im Vergleich zu traditionellen Methoden kann mit der fahrzeugbasierten Lösung pro Stunde ein 10 bis 25-mal größerer Bereich untersucht werden. •

Fußnoten

1) EIA: „Natural gas explained, Natural gas pipelines“. https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=natural_gas_pipelines

2) R. A. Alvarez *et al.*: „Assessment of methane emissions from the U.S. oil and gas supply chain“. Science. <https://science.sciencemag.org/content/361/6398/186?rss=1>





NEUE GENERATION VON KLEINROBOTERN

Ein veränderter Kundengeschmack und der Mangel an Fachkräften veranlassen Fertigungsunternehmen dazu, zunehmend individualisierte Produkte in kleinen Stückzahlen zu produzieren. Diese High-Mix-Low-Volume-Produktion verlangt eine höhere Leistungsfähigkeit, Flexibilität und Kompaktheit. Die neue Generation von ABB-Kleinrobotern ist darauf ausgelegt, diese Ziele zu erreichen. Die Robotertypen IRB 910INV, IRB 1100 und IRB 1300 basieren auf einer modularisierten Plattform, die eine noch schnellere Entwicklung maßgeschneiderter Roboter ermöglicht (etwa ein Drittel der Zeit im Vergleich zu herkömmlichen Methoden). Die Roboter sind in sieben Hauptvarianten und über 22 Konfigurationen erhältlich.

Mit ihrer auf die besonderen Anforderungen von Kunden und Anwendungen – z. B. Beladen, Montieren, Behandeln/Bearbeiten – abgestimmten Reichweite, Traglast und Genauigkeit kommen die Roboter in rauen und komplexen Fabrikumgebungen in der Automobil-, Elektronik- und Halbleiterindustrie sowie im Gesundheitswesen und der Nahrungsmittel- und Getränkeindustrie zum Einsatz, wo eine hohe Schutzart, ISO-Reinraumklasse oder eine lebensmitteltaugliche Schmierung erforderlich ist.

Der äußerst flexible und platzsparende IRB 910INV SCARA ist als Reinraumausführung und in zwei Varianten erhältlich. Mit 350 mm Reichweite und einer Traglast von 3 kg bzw. mit 550 mm Reichweite und 6 kg Traglast eignet er sich ideal für die Elektronikindustrie. Der IRB 1100 ist standardmäßig in der Schutzart IP40 oder optional IP67 ausgeführt. Er bietet die höchste Traglast und Wiederholgenauigkeit in seiner Klasse und ist ebenfalls in zwei Varianten mit 475 mm oder 580 mm Reichweite erhältlich.

Der Roboter ermöglicht bis zu 35 % kürzere Zykluszeiten und benötigt 10 % weniger Platz. Der kürzlich vorgestellte IRB 1300 ist standardmäßig in der Schutzart IP40 ausgeführt und in drei Varianten mit 900, 1.150 oder 1.400 mm Reichweite und einer Wiederholgenauigkeit von 0,02 bis 0,03 mm erhältlich.

Alle Varianten können mit der optionalen Absolute-Accuracy-Funktion ausgestattet werden, um eine noch höhere Genauigkeit für hochpräzise Anwendungen zu gewährleisten. Damit bietet die neue Generation von modularisierten Kleinrobotern von ABB die Individualisierung, Flexibilität und Kompaktheit, die verschiedenste Fertigungsindustrien von heute benötigen. •

DRIVE CONNECTIVITY PANEL



Mit dem Drive Connectivity Panel präsentiert ABB Nutzern von ABB-Frequenzumrichtern in verschiedenen Branchen nun eine Plug-&-Play-Lösung, die Internet-konnektivität, Datenerfassung, cloudbasierte Analysen und Visualisierung kombiniert. Schon wenige Minuten nach Installation des Connectivity Panels können Daten im Cloud-Portal analysiert werden.

Das Drive Connectivity Panel erfasst die Betriebsdaten des Umrichters und sendet sie per NarrowBand IoT (NB-IoT) über das Mobilfunknetz direkt an die Cloud. Damit ist das Drive Connectivity Panel das einzige Produkt auf dem Markt, das eine Cloud-Verbindung ermöglicht, ohne einen E/A-Port zur Datenerfassung zu nutzen. Die Verschlüsselung innerhalb des Panels

und der Upload über das sichere, speziell für industrielle Geräte vorgesehene NB-IoT-Mobilfunknetz sorgen für eine sichere Datenübertragung in die ABB Ability™ Cloud-Plattform.

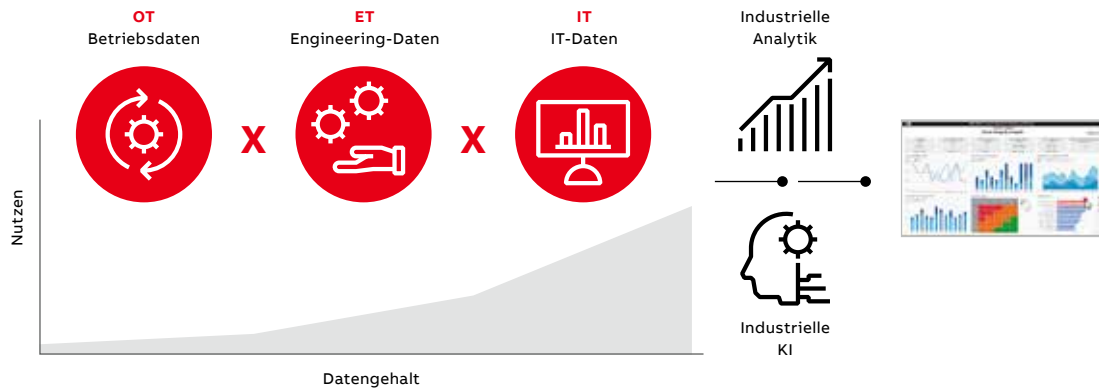
Dank neuester Mobilfunktechnologien kann das Panel, wenn es sich in einem Bereich mit normaler Signalabdeckung befindet, mit den Cloud-Services interagieren, auch wenn der Umrichter im Untergeschoss installiert ist.

Die NB-IoT-Lösung eignet sich ideal für die Zustandsüberwachung in Anwendungen, die grundlegende Analysen und Alarmmeldungen erfordern, aber geringe Datenmengen nutzen. Kontinuierliche Datenuploads ermöglichen die Überwachung des Funktionszustands von ABB-Frequenzumrichtern aus der Ferne, Ereignisbenachrichtigungen, die Generierung von Leistungskennzahlen sowie die Erstellung von Parameter Trends. Der Zustand und die Performance der Umrichter werden auf leicht interpretierbare Weise visualisiert. Die Bluetooth-Schnittstelle des Panels ermöglicht bei Bedarf den Zugriff auf den ABB Remote-Service ABB Ability™ Mobile Connect für Frequenzumrichter über die mobile Drivetune-App.

Die Zustandsüberwachungslösung auf der Basis des Drive Connectivity Panel ist bereits in China erhältlich und befindet sich in Europa und den USA in der Pilotphase. •



DER X-FAKTOR DER DATENWERTSCHÖPFUNG



Die grundlegende Philosophie für die Konzeptualisierung und Vision des digitalen Angebots von ABB besteht darin, verstreute Bytes und digitales Rauschen zu synchronisierten, unternehmensweiten Informations-Ökosystemen zusammenzuführen, um eine umfassende operative Exzellenz zu gewährleisten.

Was die Analyse- und KI-Software ABB Ability™ Genix und das Betriebsdaten-Managementtool ABB Ability™ Edgenius zusammen erreichen, lässt sich am besten als exponentielle Wirkung oder – wie wir es nennen – X-Faktor bezeichnen. Zentraler Aspekt dieses X-Faktors ist die Aggregation und Kontextualisierung von Daten. Dabei werden Daten aus verschiedenen Quellen, d. h. Echtzeit-Betriebsdaten, IT-Daten und Engineering-Daten, in ein kognitives Datenmodell zusammengeführt, das anschließend für industrielle Analysen und die Anwendung von KI-gestützten bzw. auf maschinellen Lernverfahren (ML) basierenden Modellen genutzt wird.

Typischerweise befinden sich Daten in einzelnen Silos, wobei geschätzt über 70 % nicht für Analysezwecke genutzt werden. ABB Ability™ Genix und ABB Ability™ Edgenius helfen dabei, funktionsübergreifende Daten mithilfe kohärenter Datenmodelle und Kontextualisierung in aussagekräftige Informationen zu verwandeln.

So wurde z. B. vor Kurzem eine intelligente vorausschauende Wartungslösung für Azipod®-Schiffsantriebe entwickelt. Die Lösung nutzt KI-/ML-basierte Modelle, um potenzielle Anomalien zu erkennen und Wartungsteams frühzeitig vor drohenden Ausfällen zu warnen. Die Anomalieerkennung und Frühwarnung basiert auf der Integration von Echtzeitdaten wie Wicklungstemperaturen, Drehzahl, Drehmoment, Leistung und Kühllufttemperaturen. Pilotinstallationen bestätigen die Vorteile der Lösung: Längere Vorlaufzeiten von über einer Stunde, die dem Betreiber die Möglichkeit bieten, Probleme zu behandeln, bevor diese zu einem katastrophalen Ausfall führen. Ein gutes Beispiel dafür, wie ABB Ability™ Genix und ABB Ability™ Edgenius dabei helfen, eine optimale Daten-Wertschöpfung zu erzielen. •

ABB

ABB Review
The corporate technical journal

Download the latest edition

ABB Review 04/2020 Industrial automation

- English.pdf, 2.1 MB
- German.pdf, 2.1 MB
- French.pdf, 2.1 MB
- Spanish.pdf, 2.1 MB
- Chinese.pdf, 2.1 MB

Featured articles from 04/2020: Industrial automation

More articles from 04/2020

Look inside

Subscribe to ABB Review

Print edition

Non-edition form

Get involved: The ABB Review is an online platform for sharing your knowledge and experience.

Recent and archived editions

ABB Review Special Reports

Die neueste Ausgabe
in fünf Sprachen

Ausgewählte Artikel
der neuesten Ausgabe

Weitere Artikel der
neuesten Ausgabe

Abonnement (für die
gedruckte Ausgabe
oder elektronisch)

Letzte Ausgaben der
ABB Review

Special Reports

Kennen Sie die ABB Review- Webseiten?

Entdecken Sie neue
Aspekte der ABB Review
und bleiben Sie bezüglich
der neuesten Produkte
und Technologien von ABB
auf dem Laufenden:
abb.com/abbreview

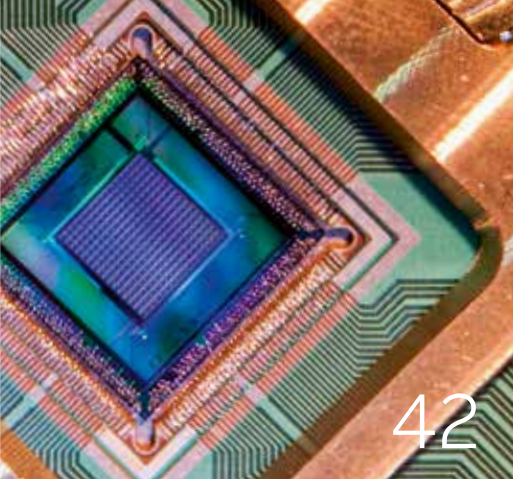
Gesammelte Interviews
aus den letzten Ausgaben

Gesammelte Artikel der Serie
„Buzzword entschlüsselt“

Archiv mit älteren Ausgaben
bis zum Jahr 1914.
Ein beispielloser Blick in die
Geschichte per Mausklick.

Technologie- Einblicke

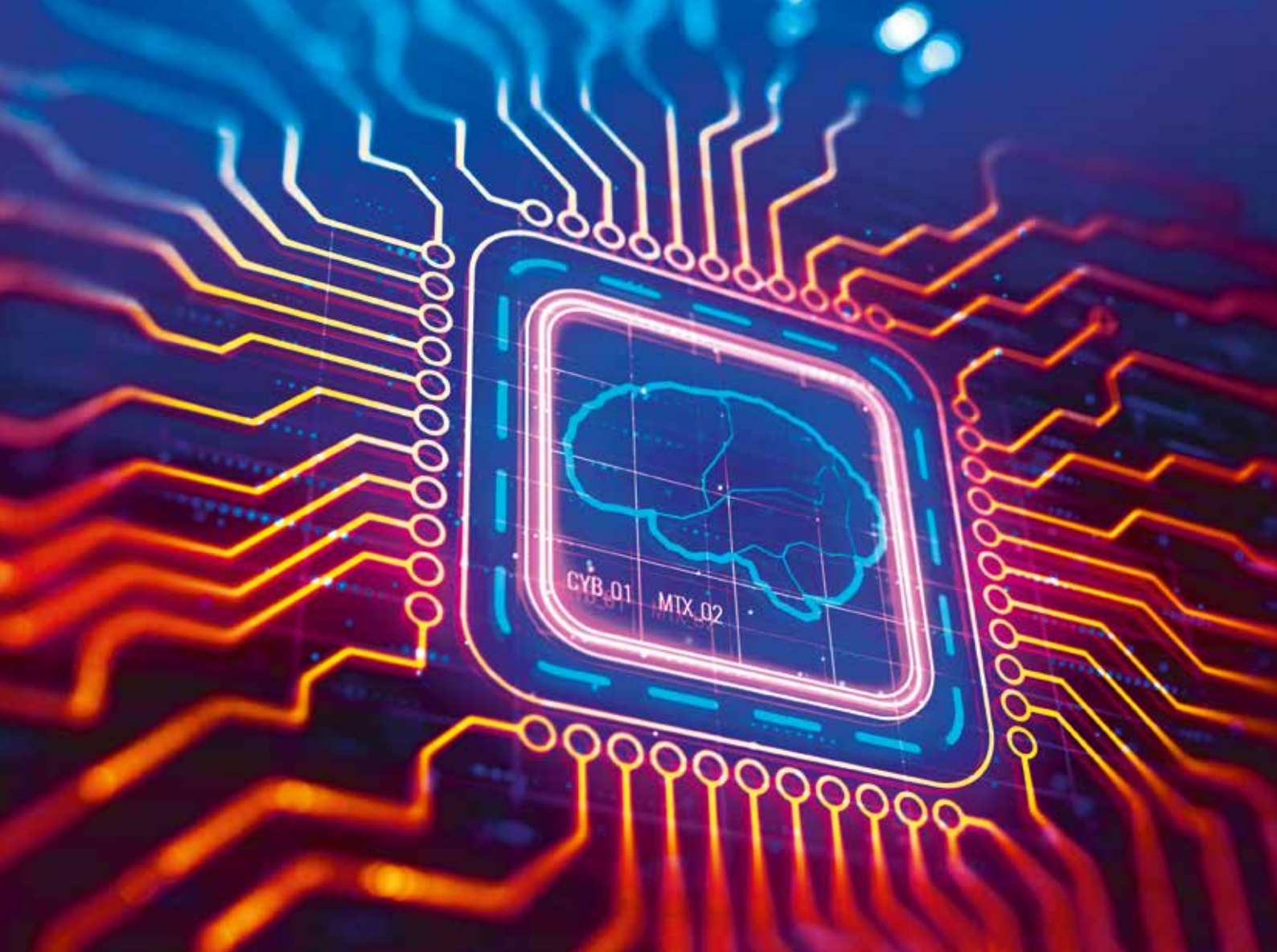




Die Verflechtung von Technologie und Intelligenz schreitet unaufhaltsam voran. Schließlich können intelligente Geräte und Systeme einen wertvollen Beitrag zu industriellen Prozessen leisten. ABB verbindet die neuesten Entwicklungen in diesem Bereich mit den aktuellen und zukünftigen Anforderungen und Bedürfnissen ihrer Kunden.



- 24 Schnelle Innovation auf dem Gebiet der industriellen KI
- 28 ABB Industrial AI Accelerator
- 30 5G für digitale Industrien
- 37 Asset- und Energiemanagement mit Ekip UP
- 42 Quantencomputing: Hype und Hoffnungen



TECHNOLOGIE-EINBLICKE

Schnelle Innovation auf dem Gebiet der industriellen KI

Die künstliche Intelligenz (KI) ist dabei, die Industrie zu revolutionieren. Eine Möglichkeit für ABB, ihre Kompetenzen auf dem Gebiet der KI zu erweitern, ist die Zusammenarbeit mit innovativen Startups. So hat ABB unter anderem das ABB Industrial AI Accelerator Programm durchgeführt, um mithilfe solcher Kooperationen die industrielle Revolution weiter voranzutreiben.



01

Ein fester Bestandteil der ABB-Philosophie ist ein „Outside-in-Ansatz“, bei dem externe Ideen in das Unternehmen eingebracht werden, um die eigene Innovationstätigkeit zu ergänzen. Die Zusammenarbeit mit externen Partnern wie Hochschulen, Forschungsinstituten oder Startups bietet ABB die Möglichkeit, bahnbrechende Technologien oder neue Geschäftsmodelle zu identifizieren und zu nutzen, um ihren Kunden neue Produkte anzubieten.

KI, die häufig auch als „nächste Technologieschwelle“ oder „intelligente Revolution“ bezeichnet wird, ist ein Bereich, in dem Kooperation eine entscheidende Rolle spielen kann. KI hat das Potenzial, die menschlichen Fähigkeiten in einer Vielzahl von Industrien zu erweitern. So ist die KI nicht nur ein technologisch wachsender, sondern im Hinblick auf Venture-Capital-Investitionen auch einer der am besten finanzierten Bereiche. In fast allen Industriezweigen versuchen große Unternehmen, KI-Funktionalitäten in ihre Produkte zu integrieren. Laut dem AI Index Report 2019 sind die weltweiten Investitionen in KI-Startups seit dem Jahr 2010 jährlich im Durchschnitt um über 48 % gestiegen (2018: 40,4 Mrd. USD) [1].

Vor diesem Hintergrund hat ABB im Jahr 2019 das ABB Industrial AI Accelerator Programm mit dem Ziel durchgeführt, die Entwicklung und Nutzung von künstlicher Intelligenz zu fördern, um die industrielle Revolution weiter voranzutreiben [2] → 01.

Das Programm richtete sich an Startups mit neuen vielversprechenden Ideen zur Nutzung von KI-Komponenten in Lösungen bzw. an Startups, die Technologien entwickeln, die den Einsatz solcher Lösungen in einem industriellen Umfeld ermöglichen. Die Teilnehmer am ABB Industrial AI Accelerator Programm erhielten Coaching und technische Unterstützung sowie die Möglichkeit, Kunden zu gewinnen und zu wachsen und ihre Lösung auf globaler Ebene zu kommerzialisieren. Darüber hinaus wurde aus allen für das Programm ausgewählten Startups ein Gesamtsieger ermittelt.

Wahl des Gesamtsiegers

Insgesamt wurden sieben vielversprechende Startups – die meisten davon in einem frühen Entwicklungsstadium – dazu ausgewählt, am Industrial AI Accelerator Programm teilzunehmen, um mögliche industrielle Anwendungen ihrer Konzepte zu prüfen und ihre Entwicklung zu beschleunigen.

Das Programm richtete sich an Startups mit vielversprechenden Ideen zur Nutzung von KI-Komponenten.

Die Auswahl der sieben Kandidaten von über 100 Startups aus 20 Ländern erfolgte in einem zweimonatigen Verfahren. Dabei erhielt ABB Unterstützung durch delphai (AtomLeap GmbH). Delphai ist eine Self-Service-Plattform für Market Intelligence, die KI nutzt, um Informationen über globale Innovationstrends, Marktentwicklungen und Unternehmen bereitzustellen.

Im Verlauf des viermonatigen Programms arbeiteten die ausgewählten Startups mit einer entsprechenden ABB-Division oder einem Unternehmensbereich zusammen, was ihnen die Möglichkeit bot, vom einschlägigen Fachwissen von ABB zu profitieren und ihr Wachstum zu beschleunigen.

Am Ende der vier Monate präsentierten die sieben Startups ihre Lösungen auf einem „Demo Day“ vor rund 70 Teilnehmern. Jedes Startup musste seine Lösung einer sechsköpfigen Jury aus Geschäfts- und Technologieexperten sowie Investoren vorstellen und sich kritischen Fragen stellen. Am Ende kürte die Jury Greenlytics als Gewinner.

01 Das ABB Industrial AI Accelerator Programm richtete sich an Startups mit Kompetenzen im Bereich KI.



Victoria Lietha
ABB Technology Ventures
Zürich, Schweiz

victoria.lietha@
ch.abb.com

Beschleunigt in die Zukunft

Trotz der großen Bandbreite im Hinblick auf ihre industriellen Anwendungen hatten alle Kollaborationsprojekte eines gemein: einen klar definierten Anwendungsfall, für den die Startups gemeinsam mit ABB eine spezifische Lösung mit beiderseitigem Nutzen entwickelten.

Um die Zusammenarbeit mit ABB weiter voranzutreiben und den Startups dabei zu helfen, schneller zu wachsen und auf einem globalen Markt zu expandieren, zeichnete das ABB-Innovations-Hub SynerLeap drei Startups – Greenlytics, Vathos Robotics und

SynerLeap bringt Startups mit unseren Unternehmensbereichen zusammen.

OneWatt – mit einer kostenlosen sechsmonatigen Mitgliedschaft aus [2]. Die übrigen Finalisten – Cobrainer, Dutch Analytics, Intelec und 8power – werden ihre Entwicklung vielversprechender neuer Lösungen fortsetzen.

Die Unterstützung von Startups durch ein solches Programm hat strategische Gründe, wie Kurt Kaltenegger, Leiter von ABB Technology Ventures (ATV), erklärt: „Das ABB Industrial AI Accelerator Programm war nur eine von vielen Initiativen, die ABB unternimmt, um mit Startups zusammenzukommen. Ein anderer Weg ist unserer globales Startup-Innovations-Hub SynerLeap, das Startups mit unseren Unternehmensbereichen zusammenbringt, um die Zusammenarbeit zu fördern und Proof-of-Concept-Projekte durchzuführen. Dies beschleunigt die Entwicklung differenzierender Innovationen, mit denen wir neue Kunden gewinnen oder Probleme bestehender Kunden lösen können. Darüber hinaus bieten wir finanzielle Unterstützung durch strategisches Beteiligungskapital, um das weitere Wachstum herausragender Startups zu ermöglichen und zu beschleunigen.“ •

Literaturhinweise

[1] The Stanford Institute for Human-Centered Artificial Intelligence: „The AI Index Report“. Verfügbar unter: https://hai.stanford.edu/sites/default/files/ai_index_2019_report.pdf (abgerufen am 07.04.2020).

[2] www.synerleap.com (abgerufen am 07.04.2020).

EINE GROSSE BANDBREITE VON KI-ANWENDUNGEN

Die Tätigkeiten der sieben Startups, die am Accelerator-Programm teilgenommen haben, spiegelt die große Bandbreite möglicher KI-Anwendungen wider.



Greenlytics

Das schwedische Startup Greenlytics entwickelt Tools zur KI-basierten Prognose für die Erzeugung und den Verbrauch von Energie aus Wind und Sonne sowie Entscheidungshilfen für den Stromhandel und die Anlagenoptimierung. Im Rahmen des Kollaborationsprojekts mit ABB wurde deren Lösung bereits für das Projekt „Mission to Zero“ in der Anlage von ABB Busch-Jäger in Lüdenscheid eingesetzt.

Im Rahmen des Programms wurde das Produkt SolarMind in die ABB-Energiemanagementlösung OPTIMAX® integriert, um die Stromerzeugung von Photovoltaikanlagen vorherzusagen. Das KI-System von Greenlytics wird kontinuierlich mithilfe von historischen Daten, standortsbasierten Anlagendaten und Wetterdaten aktualisiert.

„Wir haben von Anfang an starke Synergien zwischen dem Produktangebot von Greenlytics und ABB OPTIMAX gesehen“, erklärt Julia Marie Leichthammer von ABB, die eng mit Greenlytics zusammenarbeitete. „Die deutlich genaueren Prognosen von Greenlytics erhöhen die Flexibilität des prädiktiven Energiemanagementsystems OPTIMAX. Das ermöglicht wiederum eine bessere Koordination des Anlagenbetriebs und des Stromhandels, wodurch die Kosten für die dezentralen Erzeugungsanlagen, Verbraucher und Speicher unserer Kunden weiter gesenkt werden.“

Der Greenlytics-Gründer Sebastian Haglund El Gaidi beschreibt die Vorteile der Zusammenarbeit mit ABB wie folgt: „Wir können von ABB lernen und deren globale Präsenz nutzen, um unsere Dienstleistungen zu erbringen.“

Das Programm bot Greenlytics zudem die Möglichkeit, ihre Vision zu erweitern: „Die Zusammenarbeit mit ABB hilft uns dabei, unsere Vision eines zunehmend von erneuerbaren Energien gespeisten, dezentraleren und intelligenteren Stromnetzes von morgen zu entwickeln. Wir haben bereits viel über den Markt und die Bedürfnisse der Kunden gelernt, was wichtig ist für ein Startup.“



Cobrainer

Eine ganz andere Seite der KI repräsentiert Cobrainer. Das Münchener Startup nutzt maschinelles Lernen, um großen und mittleren Unternehmen durch automatische Erstellung von Kompetenzprofilen und intelligente Zuordnung von Aufgaben, Projekten und Qualifizierungsmaßnahmen eine intelligente Mitarbeitermobilität zu ermöglichen.

Zusammen mit dem HR-Team von ABB entwickelte und implementierte das Startup die „ABB Career App“ auf Basis der Cobrainer Skill Career Technologie. Diese hilft Studierenden dabei, ein Kompetenzprofil zu erstellen, um passende Jobempfehlungen von ABB zu erhalten.



Dutch Analytics

Dutch Analytics aus dem niederländischen Den Haag bietet eine Plattform namens UbiOps, die das Hosting und Management von Data-Science-Anwendungen ermöglicht. Das Startup hat mit dem ABB-Geschäftsbereich Marine & Ports an Kühlsystemen für Mittelspannungs-Frequenzumrichter auf Schiffen mit dieelelektrischem Antrieb zusammengearbeitet. Hier kommt es darauf an, dass während des Schiffsbetriebs die richtige Menge an Kühlflüssigkeit bereitgestellt wird. Mithilfe von Daten aus dem auf verschiedenen Schiffen installierten ABB Ability™ Marine Remote Diagnostic System entwickelte und implementierte das Team ein Modell, das Verdampfungsraten von Flüssigkeiten vorhersagt und mitteilt, wann die nächste Wartung durchgeführt werden sollte. Kunden in der Eisenbahn-, Schifffahrts- und Fertigungsindustrie profitieren bereits von dieser KI-Technologie durch die Vorhersage von Ausfällen und Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit.

Jorick Naber, COO von Dutch Analytics, sagt: „Die Zusammenarbeit mit ABB bietet einen enormen Mehrwert für Dutch Analytics. Wir glauben, dass das gemeinsame Projekt weitere technologische Verbesserungen ermöglicht und uns dabei hilft, unsere UbiOps-Plattform in verschiedenen Branchen einzuführen.“



Intelec

Intelec aus Oslo, Norwegen, bietet Software zur Analyse von Produktionsdaten aus der Fertigungs- und Prozessindustrie und nutzt maschinelle Lernverfahren, um Ausfälle zu verhindern, Störungen vorherzusagen und Produktionsprozesse zu optimieren. Intelec nutzt Produktionsdaten aus dem ABB Ability™ Extended Automation System 800xA zur automatischen Verarbeitung, Strukturierung, Kennzeichnung und Bereinigung von Rohdaten aus einem spezifischen

Industrieprozess. Die verarbeiteten Daten wurden anschließend verwendet, um maschinelle Lernalgorithmen auszuwählen, zu trainieren und zu implementieren und neue Erkenntnisse zu gewinnen.



OneWatt

Das Startup aus dem niederländischen Arnheim hat ein nichtinvasives, berührungsloses vorausschauendes System zur Erhaltung der Leistungsfähigkeit von Motoren entwickelt. Die erforderlichen Daten werden durch integrierte akustische Erkennungssensoren (EARS) erfasst, die dem Motor „zuhören“, um unnötige Reparaturen oder ungeplante Ausfallzeiten zu verhindern. In Zusammenarbeit mit ABB hat das Unternehmen seine KI in Smart Sensors von ABB integriert, um Einblicke in den Anlagenbetrieb und sich entwickelnde Fehler zu erhalten. Durch die Partnerschaft ist es OneWatt gelungen, weitere typische Fehler wie Kavitation, elektrische Asymmetrie und Motorexzentrizität zu erkennen.



Vathos Robotics

Vathos Robotics aus Düsseldorf nutzt Computer-Vision-Technologie und maschinelles Lernen, um einfach zu bedienende Automationslösungen zu entwickeln. Die modulare Softwarearchitektur der Computer-Vision-Technologie ermöglicht eine einfache Integration in Roboteranwendungen von ABB. Durch lokale Web-APIs (clientseitige Anwendungsprogrammierschnittstellen) kann die für das Training der KI-Modelle notwendige Rechenleistung in die Cloud verlagert werden. Kritische Anwendungen können durch Bereitstellung von Edge-Computing-Hardware vor Ort vor den Folgen eines Internetausfalls geschützt werden.



8power

8power aus Cambridge, England, entwickelt batteriefreie, drahtlose Sensorlösungen für industrielle Anwendungen und die Zustandsüberwachung von Maschinen. Die Energieversorgung der Sensoren erfolgt mithilfe des patentierten Vibration Energy Harvesters. Das Konzept löst ein grundlegendes Problem des Internets der Dinge (IoT): die Versorgung vieler drahtloser Sensoren ohne die Notwendigkeit eines Batteriewechsels. 8power löst das Problem auf clevere Weise durch die Gewinnung von Energie aus mechanischen Schwingungen. Zusammen mit dem Team von ABB aus dem Bereich Öl und Gas arbeitete 8power an der Integration von KI-Algorithmen in energieautarke Sensorlösungen für die Diagnose und Überwachung von Geräten. •

TECHNOLOGIE-EINBLICKE

ABB Industrial AI Accelerator

Künstliche Intelligenz (KI oder englisch AI für Artificial Intelligence) ist ein sich rasch entwickelnder Bereich, in dem ABB stets auf der Suche nach Kooperationen mit vielversprechenden Startups ist. Um solche Beziehungen zu fördern, hat ABB das Industrial AI Accelerator Programm durchgeführt. Wir sprachen mit dem Projektleiter des Programms, Philipp Vorst, um mehr darüber zu erfahren.



Philipp Vorst

Projektleiter des Industrial AI Accelerator Programms

AR Danke, dass Sie sich Zeit nehmen, mit uns zu sprechen, Philipp. Könnten Sie die Idee hinter dem ABB Industrial AI Accelerator Programm beschreiben?

PV Sehr gern! ABB ist überzeugt, dass die Zukunft der Innovation in der offenen Innovation liegt – also die Zusammenarbeit mit externen Partnern wie Hochschulen, Forschungsorganisationen, Startups usw. einschließt. Eine Technologie, die sich sehr schnell entwickelt, weshalb externe Kooperationen von entscheidender Bedeutung sind, ist KI. Also haben wir vor etwa zwei Jahren dieses Programm durchgeführt, um Kollaborationen in diesem Bereich zu fördern – mit starker Beteiligung der lokalen Unternehmen und großer Unterstützung durch das Management, insbesondere in Polen und Deutschland. Die ABB-Forschungszentren in Deutschland und Polen waren aufgrund ihrer umfangreichen Erfahrung in offener Innovation stark

involviert. Gleiches gilt für ABB Technology Ventures – oder ATV – und ABB weltweit, was für eine globale Reichweite sorgte.

AR Was ist KI? Ist es das Gleiche wie maschinelles Lernen?

PV Einfach ausgedrückt wird KI durch Computersysteme verkörpert, die intelligentes menschliches Verhalten – z. B. Lernen, Schlussfolgern und Selbstkorrektur – in verschiedenen Umgebungen nachahmen können. Maschinelles Lernen wird zwar häufig synonym verwendet, ist aber tatsächlich nur ein Zweig der KI. Maschinelles Lernen bezieht sich auf Algorithmen, die darauf ausgelegt sind, aus Daten zu lernen. KI kann die Leistung des Menschen in vielen industriellen Bereichen – z. B. Steuerungssysteme und Robotik – erheblich verbessern. KI ist ein fruchtbarer Bereich für Startups, und viele sind extrem aktiv auf diesem Gebiet. Da sich die Interessen von ABB mit denen einiger Startups decken, sind dies hervorragende Partner, mit denen wir zusammenarbeiten können, um unsere Ziele schneller zu erreichen.

AR ABB hat bereits einige Initiativen zur Förderung der Zusammenarbeit mit Startups, oder?

PV Ja, wir haben ATV, die bereits erwähnte Venture-Capital-Einheit von ABB, aber auch SynerLeap, unser Innovationszentrum für Startups in Schweden. Hinzu kommen verschiedene Aktivitäten innerhalb des gesamten Unternehmens.

AR Was macht ATV?

Das ATV-Team unterstützt ABB bei der Beurteilung und Investition in Startups und fördert die Zusammenarbeit mit den Geschäftsbereichen von ABB. ABB investiert strategisches Venture-Capital in bahnbrechende Technologieunternehmen, die mit der Vision von ABB und unseren mittel- und langfristigen strategischen Zielen im Einklang stehen. Durch Investition in diese Unternehmen erhält ABB Zugang zu neuen Technologien, bekommt Einblicke in neue Bereiche, lernt etwas über neue Geschäftsmodelle und bleibt in Bezug auf Innovationen, die außerhalb des eigenen Unternehmens passieren, auf dem Laufenden.



AR Und was ist mit SynerLeap?

PV SynerLeap ist unsere andere große Kollaborationsinitiative, die Unternehmen aus aller Welt dabei hilft, einen globalen Markt zu erreichen und ihr Geschäft zu skalieren. SynerLeap schließt Partnerschaften mit Unternehmern und Startups und bietet ihnen die Möglichkeit, von den Ressourcen, internen Netzwerken und Kompetenzen eines bedeutenden multinationalen Unternehmens wie ABB zu profitieren. Wie ich kürzlich erfahren habe, hat SynerLeap in drei Jahren über 90 Unternehmen gefördert – eine großartige Leistung, finde ich.

AR Wie haben Sie geeignete Startups für das Accelerator-Programm ausgewählt?

PV In einem zweimonatigen Prüfverfahren haben wir aus über 100 Unternehmen sieben Startups ausgewählt. Dabei haben wir z. B. bewertet, wie gut die Aktivitäten der Startups zu den Anwendungsfällen von ABB passen, und uns die angebotenen technischen Lösungen und die Teams selbst angesehen. Zwei der ausgewählten Unternehmen kamen übrigens aus dem SynerLeap-Netzwerk.

AR Was passierte dann?

PV Ab Ende Januar 2019 nahmen die ausgewählten Startups dann an dem viermonatigen Programm teil. Dabei arbeitete jedes Startup mit einem bestimmten Partner bei ABB an einem spezifischen Anwendungsfall – z. B. der Anomalieerkennung für Steuerungssysteme oder der industriellen Bildverarbeitung für Roboter.

Ein erster Meilenstein war die Hannover Messe Anfang April 2019, wo ein Face-to-Face-Workshop mit der ausgewählten Kohorte stattfand und die Startups die Gelegenheit hatten, ihre Lösungen bei einem speziellen Pitch-Event auf dem Stand von ABB vorzustellen. Da Schweden das Partnerland der Messe war, spielte SynerLeap eine aktive Rolle beim Innovation Lab im schwedischen Pavillon. Außerdem nahm SynerLeap am Pitch-Event von ABB teil, um vor ABB-Experten, Kunden und Partnern von den Erfolgen ihrer Arbeit zu berichten. Das Event war eine hervorragende

Werbung auch für den abschließenden „Demo Day“ im Mai in Berlin. Auf dem Demo Day präsentierten die Accelerator-Startups die Ergebnisse ihrer Kollaborationsprojekte, und eines der Startups – Greenlytics – wurde von einer Jury zum Gewinner gekürt.

AR Welchen Ansatz verfolgten die Startups bei KI, und wie half ihnen das Accelerator-Programm?

PV Die am Accelerator-Programm teilnehmenden Startups nutzen KI-Komponenten wie maschinelles Lernen oder visuelle Wahrnehmung, um vielversprechende Lösungen zu entwickeln und diese im industriellen Bereich einzusetzen. Durch die Teilnahme am ABB Industrial AI Accelerator Programm erhielten die Startups Coaching und technische Unterstützung sowie die Möglichkeit, ihre Lösungen weiter auf industrielle Bedürfnisse zuzuschneiden und Kunden zu gewinnen, um zu wachsen und ihre Lösung auf globaler Ebene zu kommerzialisieren.

AR War das Accelerator-Programm ein Erfolg?

PV Zweifellos! Das Programm hat Kollaborationen in Gang gesetzt, die für alle Beteiligten von Nutzen sind. Ohne das Programm hätte es möglicherweise viel länger gedauert, bis es zu diesen Kollaborationen gekommen wäre, oder sie hätten vielleicht nicht stattgefunden. Sehr wichtig war, dass sich die ABB-Divisionen für den Erfolg der Kollaborationen eingesetzt haben, die Startups unterstützt haben und mit ihnen an vorgegebenen, geschäftsrelevanten, KI-bezogenen Anwendungsfällen zusammengearbeitet haben. Ein großes Lob an alle Teams für ihr Engagement, sowohl auf Seiten der Startups als auch auf ABB-Seite! Und lassen Sie mich hinzufügen, dass es neben den sieben Startups, die wir ausgewählt haben, noch viele weitere mit äußerst fruchtbaren Ideen gab – ein gutes Omen für die Zukunft!

AR Vielen Dank für das Interview, Philipp. •



TECHNOLOGIE-EINBLICKE

5G für digitale Industrien

5G – die fünfte Generation der Mobilfunkkommunikation – ist eine Schlüsseltechnologie für die Digitalisierung der Industrie. Die Auswirkungen, die 5G auf die für ABB relevanten Branchen hat, sind kaum zu unterschätzen. Welchen Mehrwert bietet 5G genau, und wie will ABB diesen nutzen?



Dirk Schulz
Industrial Automation,
Corporate Research
Ladenburg, Germany

dirk.schulz@de.abb.com

Im Zuge der rasch voranschreitenden Digitalisierung – einem der Megatrends unserer Zeit – versuchen viele vertikale Branchen, ihre Wettbewerbsfähigkeit durch eine stärkere Integration von Wertschöpfungsnetzwerken, Betriebsabläufen und Produktionsanlagen zu verbessern. Mehr denn je wird von Automatisierungssystemen erwartet, dass sie für Flexibilität sorgen, die Produktivität steigern und das betriebliche Risiko für ihre Eigentümer senken. Für die Anbieter von Automatisierungslösungen bedeutet dies, dass sie ihren Fokus von der Automatisierung von Energie- und Materialflüssen auf die Automatisierung von Informationsflüssen und digitalen Prozessen – auch zwischen verschiedenen vertikalen Branchen – ausdehnen müssen →01. 5G kann dabei helfen, die Anforderungen eines solchen konvergenten digitalen Ökosystems zu erfüllen.

Was ist 5G?

Angesichts der zunehmenden Vernetzung und der Abhängigkeit der Welt vom Austausch von Daten ist die Kommunikationsbranche dabei, mit 5G eine völlig neue Art der drahtlosen Vernetzung zu realisieren [1]. Mit der Fähigkeit, viele Geräte gleichzeitig zu bedienen und sogar verschiedene logische Netze für autonomes Fahren, Sprach- und industrielle Anwendungen auf einer physischen Infrastruktur auszuführen, ist 5G nicht nur schneller als 4G, sondern richtungsweisend →02.

Die folgenden drei Leistungsmerkmale von 5G werden schrittweise in den nächsten Jahren zur Verfügung stehen →03:

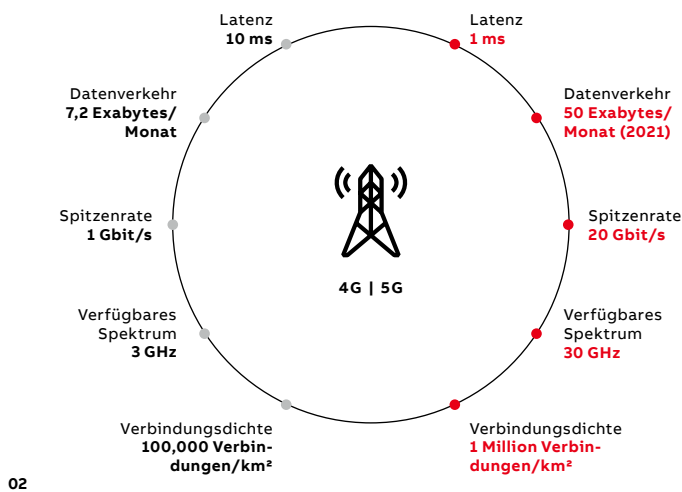
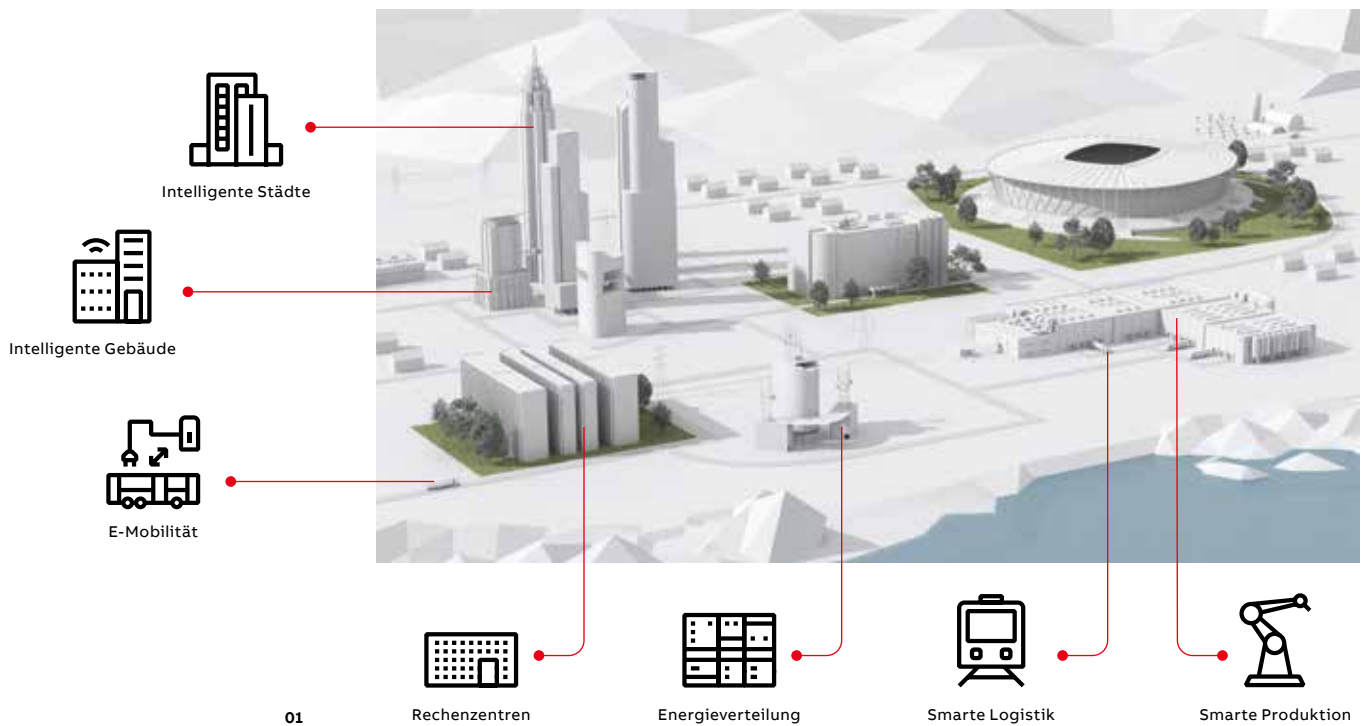
- eMBB (Enhanced Mobile Broadband) erhöht die Bandbreite um ein Vielfaches gegenüber 4G und unterstützt Anwendungen wie Video-Streaming oder Augmented Reality (AR) in HD-Qualität – sowohl im Consumer- als auch im industriellen Bereich. Der Ausbau des öffentlichen 5G-Netzes begann im Jahr 2019.

- URLLC (Ultra-Reliable Low-Latency Communication) reduziert die Latenz und erhöht die Zuverlässigkeit der Kommunikation. URLLC zielt besonders auf prozess- und sicherheitskritische Anwendungen wie die Prozess- und Bewegungsregelung, sichere Kommunikation und autonome Logistik mit fahrerlosen Transportfahrzeugen (FTFs) ab. URLLC kann auch als Critical Machine-Type Communication (cMTC) bezeichnet werden. Die Standardisierung für diesen Aspekt ist abgeschlossen, und die kommerzielle Verfügbarkeit wird für 2021/2022 erwartet.
- mMTC (Massive Machine-Type Communication) erhöht die mögliche Anzahl von vernetzten Geräten um ein Vielfaches. Dieser Aspekt richtet sich vornehmlich an Sensoranwendungen mit niedrigen Datenraten (z. B. im Vergleich zu Video), aber einer hohen räumlichen Dichte. Dieses Merkmal wird zuletzt standardisiert und soll bis Ende 2023 verfügbar sein.

In der Praxis ist häufig eine Kombination dieser Leistungsmerkmale gefragt. Ein gutes Beispiel ist das Streaming von Augmented-Reality-Inhalten, das sowohl eine große Bandbreite für die Inhalte als auch eine geringe Latenz erfordert, um Verzögerungen zwischen der Kopfbewegung und dem AR-Bild zu

5G ist nicht nur schneller als 4G, sondern richtungsweisend.

verhindern. Ist die Verzögerung zu groß, ist die Technologie für eine praktische Anwendung im Feld nicht geeignet. Regelungsanwendungen erfordern sowohl eine hohe Sensordichte als auch eine hohe Zuverlässigkeit (aber relativ niedrige Datenraten). Diese beiden Beispiele umreißen ganz gut die zwei



Grundarten der industriellen 5G-Kommunikation:

- Deterministische Kommunikation zur Regelung physischer Prozesse. Diese Art der Kommunikation erfordert eine hohe Zuverlässigkeit und geringe Latenz, um geschlossene Regelkreise für cyber-physische Prozesse zu ermöglichen.
- Transaktionale Kommunikation zur Optimierung und Erhaltung von Prozessen und Prozessausrüstung. Hierzu ist eventuell die Vernetzung einer Vielzahl verschiedener Sensoren erforderlich.

Neben der oben beschriebenen Verbesserung der Protokolleistung bieten Mobilfunk-Ökosysteme auf der Basis von 5G-Technologie verschiedene Merkmale und Neuerungen mit Vorteilen für automatisierte industrielle Systeme:

Skalierbare, deterministische Kommunikationsinfrastruktur

5G bietet Mechanismen für eine garantierte Übertragung von Daten mit begrenzter Latenz. Stehen entsprechende Netzwerkressourcen zur Verfügung, können Anwendungen problemlos skaliert werden, da ein Ressourcenschutz bereits in die Technologie integriert ist. Die Netzwerkperformance lässt sich bei Bedarf wiederum durch das Hinzufügen zusätzlicher Funk-, Glasfaser- und Computerressourcen skalieren.

Network slicing

Network Slicing ermöglicht Mandantenfähigkeit durch die Aufteilung des Netzes in parallele, virtuelle Teilnetze (sogenannte Slices): Nutzer können z. B. einzelne „Slices“ buchen, um zeitkritische Anwendungen ausführen, ohne in eine dedizierte Infrastruktur

Mobilfunk-Ökosysteme auf der Basis von 5G bieten verschiedene Vorteile für die Industrieautomation.

investieren zu müssen (so können sich z. B. autonome Fahrzeuge und Produktionsanlagen ein 5G-Netz teilen). Alternativ kann in einem einzelnen privaten Netz die Kommunikation zuverlässig von der Büro-IT, der Prozesssteuerung, den Betriebsabläufen, der Gefahrenabwehr, der Energieversorgung, der Infrastruktur usw. getrennt werden.

—
01 5G bedient Anforderungen eines konvergenten digitalen Ökosystems mit vertikalen Branchen von der Energieverteilung bis hin zur Automatisierung smarter Städte.

—
02 5G ist etwa 10-mal so leistungsfähig wie 4G.

—
03 Hauptleistungsbereiche von 5G: Kommunikationslatenzen: 125 µs bis mehrere Sekunden
Datenraten: kbit/s bis Gbit/s
Reichweite: 1 m bis 1.000 km
Gerätedichte: 1 bis 1.000.000 Geräte/km²
Verfügbarkeit: 99 bis 99,999 %

Universalität

5G zeichnet sich durch universell einsetzbare und konfigurierbare Funktechnik aus. Die Funkausrüstung kann abhängig von den verfügbaren Funkressourcen so konfiguriert werden, dass eine bestimmte Kombination aus Determinismus, Bandbreite und Teilnehmeranzahl unterstützt wird. Es sind keine speziellen Funktechnologien mehr erforderlich, um verschiedene Arten von Automatisierungsanwendungen von der Bewegungssteuerung bis hin zu Prozessvideo abzudecken.

Präzise Zeitsynchronisation

Neben einer geringen Latenz für Regelungsanwendungen ermöglicht eine präzise Zeitsynchronisation in Weitverkehrsnetzwerken eine drahtlose Zeitfolgeerfassung (Sequence of Events, SoE) für kritische Prozesse, in denen Alarime und Ereignisse von verteilten Betriebsmitteln global in eine chronologische Folge integriert werden müssen.

Mobiles Edge-Computing

Signalverarbeitung und Datenanalysen können flexibel als virtualisierte Softwarefunktionen in der Nähe des Prozesses implementiert werden, ohne (energiebegrenzte) Sensoren oder prozesskritische Ausrüstung zu belasten. Dieser Ansatz bietet mehrere Vorteile: Feedbackdaten können mit geringer Latenz zum Prozess zurückgeführt werden (z. B. zur Regelung der Produktqualität), und es ist vor Ort keine zusätzliche spezielle Rechenausrüstung erforderlich. Wird ein sogenanntes privates Netzwerk verwendet, verlassen keine sensiblen Daten das Unternehmensnetzwerk und müssen auch nicht in Rechenzentren Dritter übertragen werden.

Geringer Energiebedarf und hohe Dichte

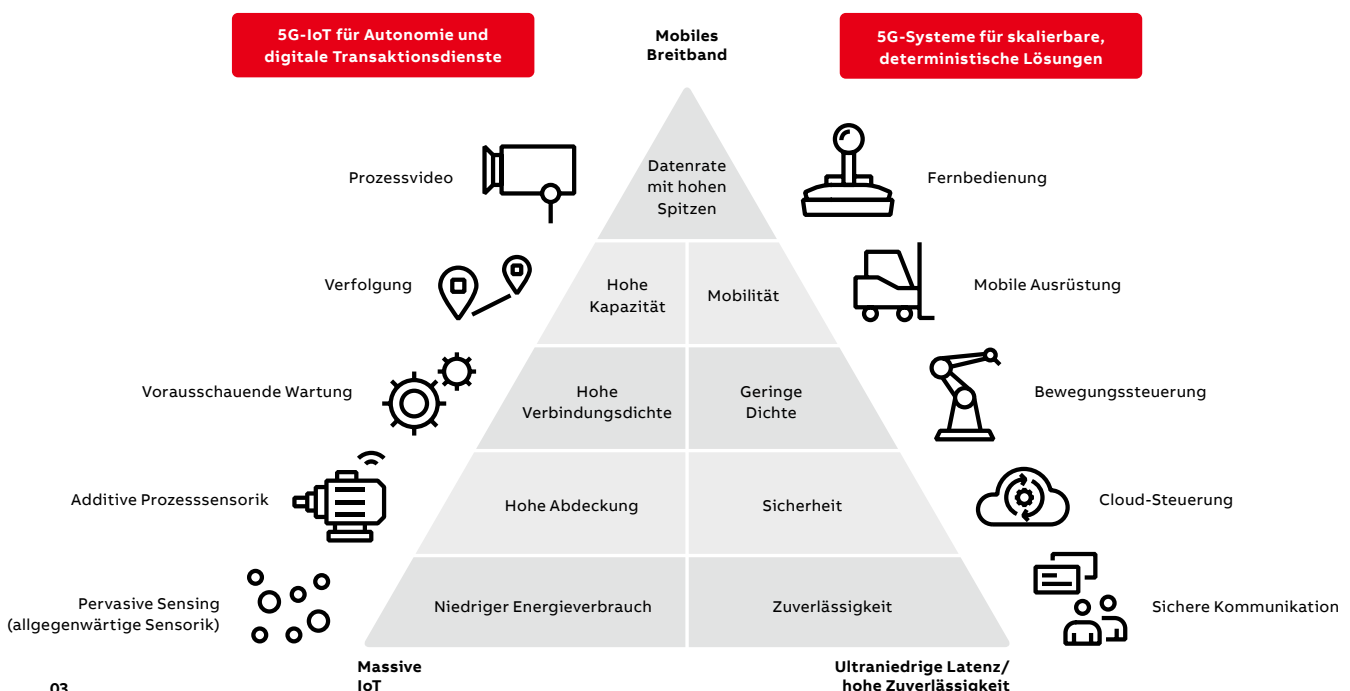
5G umfasst Protokollvarianten mit geringem Energiebedarf und einer niedrigen Datenrate, die den Narrow-Band-IoT-Standard (NB-IoT) nutzen, um eine erheblich größere Gerätedichte zu unterstützen (siehe mMTC). NB-IoT ist ein kostengünstiger Mobilfunkstandard auf Basis von LTE, der sich durch geringen Energie- und Bandbreitenbedarf auszeichnet und gleichzeitig Verbindungen zu einer Vielzahl von Mobilfunkgeräten bzw. -diensten unterstützt. Zu den weiteren Pluspunkten

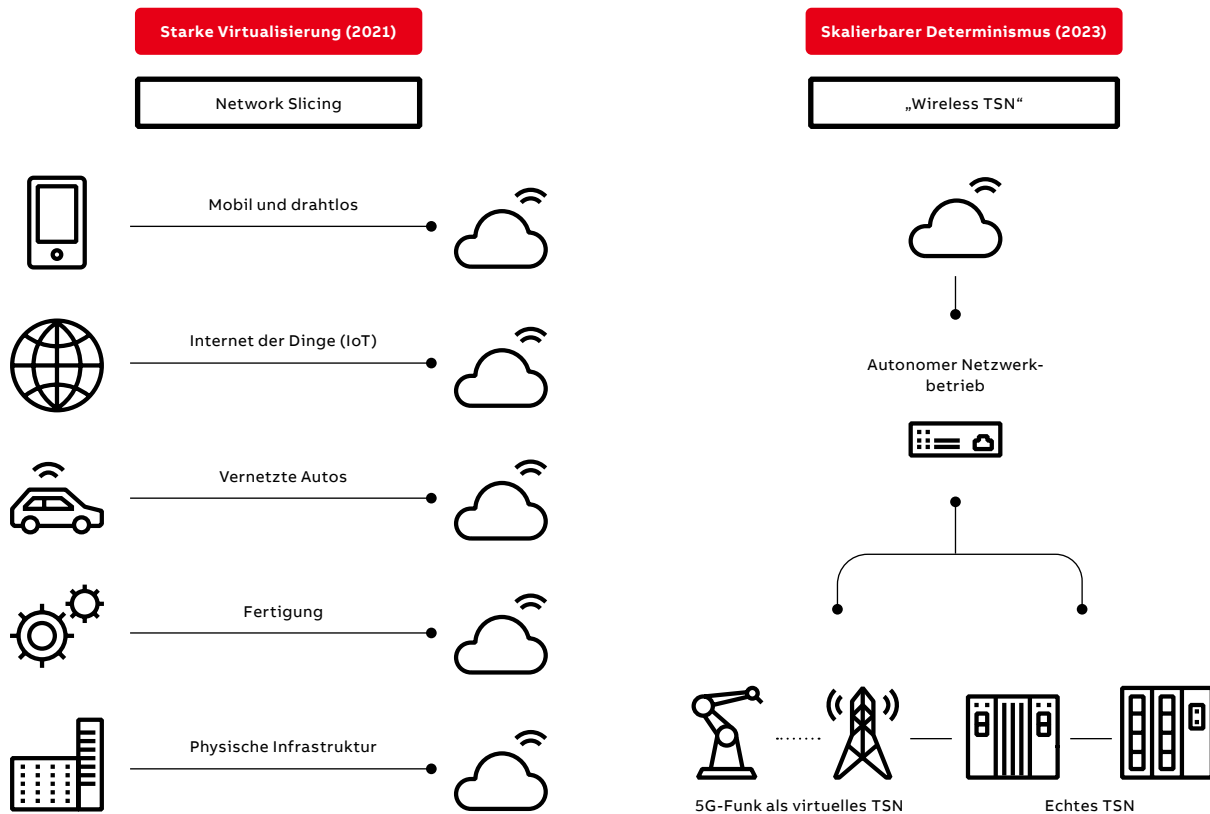
—
Der zusätzliche Kundennutzen ist der Haupttreiber für das Engagement von ABB.

gehören eine hohe Netzabdeckung in Innenräumen, eine lange Batterielebensdauer und eine hohe Verbindungsichte. Mit einer Übertragungsleistung im mW-Bereich ermöglicht NB-IoT die flexible Platzierung auch von energieautarken Sensoren ohne Rücksicht auf die Kommunikation oder Stromquelle, was sowohl die Kosten als auch die Installationszeit reduziert. Netzseitig sollte NB-IoT überall dort ohne weitere Kosten verfügbar gemacht werden können, wo es bereits LTE oder 5G-Netzabdeckung gibt.

Der Nutzen von 5G

Wie oben beschrieben, können verschiedene industrielle 5G-Anwendungen parallel auf ein und denselben Netzwerkinfrastruktur ausgeführt werden, sofern





04

Universelle Konnektivität für Produktionssysteme

5G ermöglicht eine universelle Konnektivität für industrielle Systeme.

entsprechende Funk- und Netzwerkressourcen zur Verfügung stehen. Diese Ressourcen können per Software rekonfiguriert werden, um den sich verändernden Anforderungen in adaptiven Produktionssystemen gerecht zu werden. Da sich die Netzwerkperformance sehr genau an die jeweiligen Anforderungen anpassen lässt, führen zusätzliche Kosten (durch Hinzufügen von Ressourcen) zu einem unmittelbaren Mehrwert (anwendungsspezifische Performance).

Neben den bereits beschriebenen technischen Innovationen liegt der Haupttreiber für das Engagement von ABB im Bereich 5G im zusätzlichen Kundennutzen. Erstmalig können z. B. die Eigentümerschaft und der Betrieb einer missionskritischen Automatisierungsinfrastruktur an einen Automatisierungsanbieter abgegeben werden. So können sich Anlagen- und Fabrikbetreiber der Kosten und Mühen, die mit dem Betrieb und der Wartung der DCS-Hardware ver-

bunden sind, entledigen, aber die Kontrolle über ihre Feldbusse, Controller und E/A-Geräte behalten. Auf diese Weise kann das betriebliche Risiko entweder behalten oder übertragen werden.

5G trägt zudem zur Steigerung der Produktivität bei. Die Möglichkeit, Sensoren ohne zusätzliche Infrastrukturkosten hinzuzufügen und zu verbinden, ist ein Katalysator für die Digitalisierung physischer Produktionsprozesse und Infrastrukturen. Zusätzliche Daten bieten zusätzliche Einblicke in Prozesse und Produkte, die von maschinellen Lernalgorithmen dazu genutzt werden können, Systemausfälle und Qualitätsprobleme vorherzusagen und zu verhindern.

Zu den weiteren Wertversprechen von 5G gehören:

- 5G wird die Flexibilität innerhalb von Produktionsprozessen erhöhen. Drahtlose Kommunikation ermöglicht generell eine einfachere Umstrukturierung von Maschinen, Produktionsmodulen oder Materialtransporten mithilfe von FTTs. 5G bietet insbesondere die Zuverlässigkeit und den Determinismus, die für eine solche Flexibilität im industriellen Maßstab erforderlich sind.
- 5G fördert die Nachhaltigkeit und ist selbst eine nachhaltige Technologie. Die 5G-Infrastruktur kann

—
04 Bedeutende Innovationen von 5G und TSN.

—
05 5G wird bedeutende Auswirkungen auf viele für ABB relevante Branchen haben.

von verschiedenen Anwendungen und Industrien gemeinsam genutzt werden. Man kann von ausgehen, dass die Sensoren bzw. die mobilfunkbasierte Automatisierungstechnik, in die heute investiert wird, viele Jahre lang genutzt werden kann.

Zusammen mit TSN (Time-Sensitive Networking) – eine Reihe von IEEE-Standards für eine deterministische Datenübertragung in lokalen Netzen – ermöglicht 5G die Bereitstellung einer universellen Konnektivität und Rechenkapazität für industrielle Systeme und (umfangreiche) Infrastrukturen. Damit

können die notwendigen Ressourcen für Automatisierungsfunktionen für Sicherheit, Regelung, Betriebsabläufe, Datenanalysen oder maschinelles Lernen bereitgestellt werden, ohne Kommunikationsprotokolle oder Implementierungsfragen berücksichtigen zu müssen →04.

Realisierung von 5G

5G ist ein komplexes, aber vielseitiges Kommunikations-Ökosystem, das verschiedene Funktechnologien, kabelgebundene Weitverkehrsnetze (WANs), leistungsstarke Computer und eine Vielzahl intelligenter



—
06 Wann werden 5G-Automationslösungen verfügbar sein? Der 5G-Fahrplan aus der Sicht vertikaler Branchen.

—
Literaturhinweis

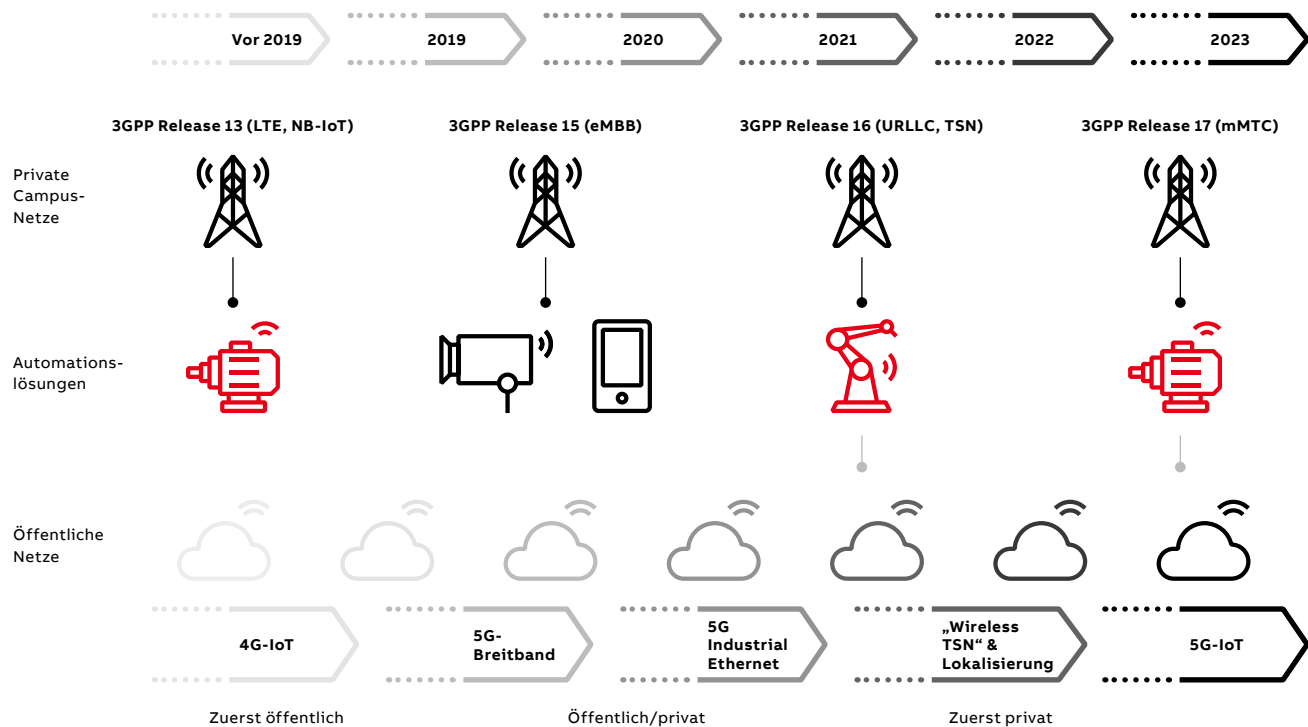
[1] D. Schulz: „Buzzwords entschlüsselt: 5G“. *ABB Review* 3/2020, S. 78–79.

Softwarefunktionen umfasst und das Potenzial zur Bereitstellung einer universellen Konnektivität für industrielle Systeme bietet →05. Die Verfügbarkeit von 5G in den kommenden Jahren ist in →06 dargestellt. Mit Merkmalen wie einer konfigurierbaren Kommunikationsleistung, Protokollvarianten mit geringem Energiebedarf, prozessnahen Rechenkapazitäten (Collocated Computing) und Verfügbarkeit durch Network Slicing übertrifft 5G die Leistungsfähigkeit bestehender Kommunikationstechnologien für industrielle Anwendungen.

ABB liefert Telekommunikationslösungen für die Öl- und Gasindustrie, und Mobilfunktechnik ist bereits Bestandteil vieler ABB-Produkte. Außerdem gehört ABB zu den ersten Unternehmen, die das NB-IoT-Protokoll nutzen, um Flottenmanagement- und Telemetrie-Anwendungen zur Verbesserung der Anlagenverfügbarkeit zu realisieren.

—
ABB und Ericsson treiben die Standardisierung, Regulierung und technische Entwicklung von 5G voran.

Um die zukünftigen Möglichkeiten der Digitalisierung optimal zu nutzen, arbeitet ABB mit weltweit führenden Unternehmen der Informations- und Kommunikationstechnik wie IBM (KI), Microsoft (ABB Ability™ Cloud), HPE (Edge-Computing) und Ericsson (5G) zusammen. ABB und Ericsson treiben zusammen die Standardisierung, Regulierung und technische Entwicklung von 5G voran. Hauptziele sind dabei die Verfügbarkeit lokaler Frequenzen und die Härtung der Technologie für industrielle Anwendungen. •



3GPP: 3rd Generation Partnership Project
ist eine weltweite Kooperation von
Standardisierungsgremien für die
Standardisierung im Mobilfunk.

TECHNOLOGIE-
EINBLICKE

Asset- und Energiemanagement mit Ekip UP

01 Ekip UP überwacht, schützt und steuert die Stromverteilung und Automation in vielen verschiedenen Anwendungen.

01



Fabio Monachesi
ABB Electrification
Bergamo, Italien

fabio.monachesi@
it.abb.com



Sekhar Chakraborty
ABB Electrification
Coventry, England

sekhar.chakraborty@
gb.abb.com

Als Bestandteil des ABB Ability™-Angebots für eine intelligente Stromversorgung verwandelt Ekip UP Stromverteilungs- und Automationsanwendungen in digitale Mikronetze und ermöglicht so eine Verbesserung der Energieeffizienz, Betriebsverfügbarkeit und Sicherheit.

Ein bedeutendes neues Element in der Energieversorgungslandschaft ist das Mikronetz. Mikronetze bestehen aus dezentralen Energieressourcen und Verbrauchern, die vorwiegend über Niederspannungs-(NS-)Netze verbunden sind und auf kontrollierte und koordinierte Weise zusammenarbeiten. Dabei können NS-Mikronetze mit dem öffentlichen Stromnetz verbunden sein oder im sogenannten Inselbetrieb arbeiten. NS-Mikronetze spielen eine bedeutende Rolle für den Ausbau erneuerbarer Energien. Die Dezentralisierung, die durch NS-Mikronetze erreicht wird, ist der Gegenentwurf zu traditionellen zentralisierten Stromnetzen.

Bei der geringen Größe und dem knappen Budget von NS-Installationen kann die Realisierung einer

intelligenten Steuerung, Überwachung bzw. eines intelligenten Managements schnell den größten Teil der Gesamtkosten eines Mikronetzes ausmachen. Dies hat dazu geführt, dass Millionen von offenen Leistungsschaltern und Kompaktleistungsschaltern aller Marken in Mikronetzen und anderen LV-Anwendungen installiert wurden, die über keinerlei erweiterte Funktionen für die Überwachung oder Ressourcenoptimierung verfügen. Diese unglückliche Situation kollidiert nun mit der zunehmenden Digitalisierung in Form des Internets der Dinge (IoT) und Kommunikationsnetzen, die in der Lage sind, das Potenzial von Daten zur Optimierung des Energiemanagements zu nutzen – vorausgesetzt, die entsprechende Technologie steht zur Verfügung. ABB Ekip UP bietet diese intelligente Technologie →01-02.



02

Ekip UP

Ekip UP von ABB ist ein multifunktionales Digitalgerät, das Überwachung, Schutz, Steuerung, programmierbare Logik, volle Konnektivität, einfache Integration und umfassendes Management für NS-Stromverteilungs- und Automationsanwendungen mit Spannungen bis 1.150 V und Betriebsströmen von 100 bis 6.300 A bietet →03–05.

Mithilfe eines optionalen Gateway-Moduls kann Ekip UP direkt mit dem ABB Ability™ Electrical Distribution Control System (EDCS) verbunden werden, um eine leistungsstarke, cloudbasierte Plattform zur Überwachung, Optimierung und Steuerung ganzer elektrischer Systeme bereitzustellen. Die Cloud-Architektur wurde in Zusammenarbeit mit Microsoft entwickelt, um ein Höchstmaß an Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit und Sicherheit zu gewährleisten. Die Kombination aus Ekip UP und EDCS bietet umfangreiche Überwachungs- und Managementfunktionen für ausgedehnte NS-Netze.

Ekip UP ist in den folgenden fünf Versionen erhältlich:

Ekip UP Monitor

Ekip UP Monitor ermöglicht die Messung aller relevanten Parameter wie Spannung, Strom, Frequenz, Phase, Wirk-/Blindleistung usw. für ein zuverlässiges Energiemanagement von Anlagen mit bis zu 4 MW. Darüber hinaus verfügt Ekip UP Monitor über einen integrierten Netzanalysator zur Analyse der Spannungsqualität gemäß IEC 61000-4-30, der Oberschwingungen bis zur 50. Harmonischen misst, und einen Datenlogger zur Fehleranalyse. Das Gerät unterstützt acht Feldbus- und Ethernet-Protokolle plus einen proprietären Bus für eine einfache Systemintegration. Jedes Ekip UP besitzt vier Steckplätze für Steckmodule, die eine Verknüpfung von bis zu 3.000 Datenpunkten mit Überwachungssystemen ermöglichen und eine entsprechende Modularität für jede Anwendung gewährleisten.

Darüber hinaus erfasst das Gerät Sammelschienen-, Transformator- und Schaltanlagentempe-

raturen sowie Luftfeuchtigkeitswerte mithilfe von Temperaturfühlern und analogen Sensoren in integrierten Modulen.

Ekip UP Protect und Ekip UP Protect+

Diese beiden Modelle bieten zusätzlich zu den Funktionen von Ekip UP Monitor Schutzfunktionen auf der Basis von Strom-, Spannungs-, Frequenz und

—
Ekip UP kann direkt mit dem cloudbasierten ABB Ability™ EDCS verbunden werden.

Leistungsdaten. Ekip UP Protect+ bietet zudem Generatorschutz sowie adaptive und gerichtete Überstromschutzfunktionen für Stromverteilungs- und Erzeugungsanwendungen. Das Gerät unterstützt Zonenselektivität über einen proprietären Bus und



03

— 02 Das modulare Plug-&-Play-Design von Ekip UP erleichtert die Konfiguration neuer Systeme und die Aufrüstung alter Systeme.

— 03 Ekip UP bietet eine umfassende Funktionalität für NS-Stromverteilungs- und Automationsanwendungen.

native IEC-61850-GOOSE-Kommunikation für Unterstationen. Außerdem erlaubt es die Unterscheidung von einspeiseseitigen und abgangsseitigen Erdschlüssen. Die Zonenselektivität ermöglicht die schnelle Isolierung eines fehlerhaften Bereichs, sodass eine Abschaltung nur in unmittelbarer Nähe des Fehlers erfolgt und der Rest der Anlage in Betrieb bleibt.

Beide Modelle können mit Softwarefunktionen für Lastabwurf, Synchronitätsprüfung (Synchrocheck), programmierbare Logik und zertifizierten Schnittstellenschutz ausgestattet werden. Diese erweiterten Funktionen helfen dabei, die Betriebsverfügbarkeit und Energieeffizienz sicherzustellen und die Komplexität zu reduzieren.

Ekip UP kann auch einfach als Reserve für ein ausgefallenes Relais fungieren.

Ekip UP Control

Ekip UP Control ergänzt die oben beschriebenen Geräte um einen patentierten Energiemanagementalgorithmus, der Lastspitzen reduziert und Lasten verschiebt, um die Leistungsfähigkeit und Produktivität des Systems zu optimieren. Mithilfe solcher Maßnahmen lassen sich die Stromkosten um bis zu 20 % senken.

Ekip UP Control wird dem MS/NS-Transformator nachgeschaltet und kann mithilfe von Frequenzdaten bei Unsymmetrien im Notfall Lasten abschalten. Dieses Schnittstellenschutzsystem bietet den notwendigen Schutz zur Anbindung von Endverbrauchern mit lokaler Erzeugung an das Versorgungsnetz. Die Erzeugungseinheiten werden vom Netz getrennt, wenn die Werte für die Netzspannung und -frequenz außerhalb des zulässigen Bereichs liegen. Stabilisiert sich das

Hauptnetz, sorgt die integrierte Synchrocheck-Funktion von Ekip UP für einen sicheren Wiederanschluss.

Ekip UP Control+

Ekip UP Control+ ist das Topmodell der Ekip UP-Familie. Mit seinen zusätzlichen Steuerungsfunktionen wird es praktisch zu einem vollständigen Mikronetz-Controller. Ekip UP Control+ ist in der Lage, verschiedene Softwarefunktionen auszuführen, um Nutzern im Bereich der Stromverteilung und Automation dabei zu helfen, ihre individuellen Anforderungen und Ziele zu erfüllen.

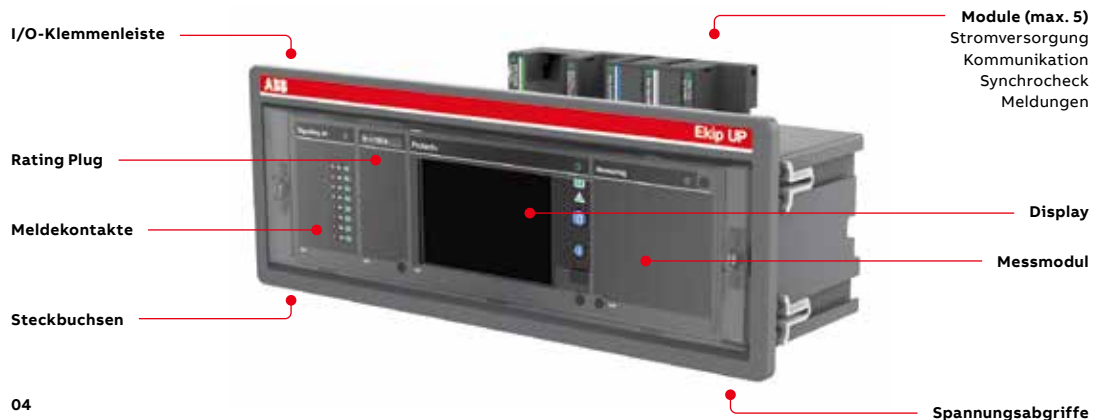
Anwendungsbereiche von Ekip UP

Ekip UP kommt in einer Vielzahl von NS-Umgebungen zum Einsatz. In Gewerbegebäuden wie Hotels, Einkaufszentren oder Bürohäusern überwacht Ekip UP den Energieverbrauch vorhandener Anlagen und

— **Ekip UP Protect+ bietet Generatorschutz sowie adaptive und gerichtete Schutzfunktionen.**

verbindet diese mit der Cloud. Das integrierte Remote-Energiemanagementsystem und der intelligente Energiemanagement-Algorithmus bieten Anlagenmanagern und Endnutzern die Möglichkeit, die Energieeffizienz ihrer elektrischen Anlage zu verbessern. In neuen Infrastrukturen mit Ladestationen für Elektrofahrzeuge hilft Ekip UP dabei, die vorherrschenden Stromflüsse zu verstehen und Strategien zur Lastreduktion und Lastverschiebung zu realisieren.





04

In Industrie- und Versorgungsanlagen schützt Ekip UP Kraftwerkssysteme und Automationsprozesse mit einer direkten Schnittstelle zu jedem Schaltgerät. Ekip UP unterstützt eine umfassende Reihe von ANSI-Schutzfunktionen für die Stromerzeugung und -verteilung mithilfe einer integrierten programmierbaren Logik, die entsprechende Schaltbefehle an Lasttrennschalter senden kann (eine typische Anwendung in der Öl- und Gasindustrie).

Mikronetze sind NS-Umgebungen, die besonders von Ekip UP profitieren können, da das Gerät in der Lage ist, die Belastung und den Lastfluss von Verbrauchern/Generatoren zu koordinieren. Dank der verfügbaren Softwarefunktionen kann Ekip UP dabei helfen, die Betriebsverfügbarkeit von Mikronetzen in Rechenzentren, Solaranlagen usw. zu maximieren. Die umfangreiche Konnektivität von Ekip UP ermöglicht zudem eine einfache Integration.

ABB Ability™ EDCS

ABB Ability™ EDCS ist eine cloudbasierte Plattform zur Überwachung, Optimierung und Steuerung elektrischer Systeme, die folgende Hauptfunktionen unterstützt:

- **Überwachen:** Erfassen der Anlagenperformance, Überwachen des elektrischen Systems und Zuordnen von Kosten
- **Erkunden:** Visualisieren der Systemstruktur, Überprüfen des Funktionszustands von Betriebsmitteln und Abrufen von handlungsrelevanten Informationen unter Berücksichtigung von Prognosen und Vorschriften
- **Analysieren:** Planen und Analysieren automatischer Datenexporte, Optimieren der Betriebsmittelnutzung und Unterstützen von Geschäftsentscheidungen
- **Handeln:** Erstellen von Berichten und Meldungen, Implementieren einer effektiven Energiemanagementstrategie zur einfachen Realisierung

von Einsparungen, Verwalten und Planen von Wartungsmaßnahmen

Die von EDCS verwendeten Daten – von Kompaktleistungsschaltern, Sicherungsautomaten, Lichtbogenwächtern, Messumformern usw. – werden von Ekip UP bereitgestellt. Ekip UP stellt die Cloudverbindung her, ohne dass bei Brownfield-Anwendungen vorhandene Betriebsmittel ersetzt werden müssen. EDCS bietet einen Mehrbenutzerzugriff und nutzt eine Web-App-Schnittstelle, sodass das System jederzeit und überall über eine cybersichere Verbindung per Smartphone oder PC genutzt werden kann. Mithilfe der EDCS-Plattform sagt Ekip UP den Wartungsbedarf von installierten ABB- und GE-Betriebsmitteln vorher und ermöglicht so eine Reduzierung der Betriebskosten um bis zu 30 %.

EDCS bietet Zugang zu Echtzeitdaten und historischen Trends, sodass Performancedaten für einen oder mehrere Standorte verglichen und Benchmarks definiert werden können. So kann ein Wartungstechniker mehrere Standorte betreuen, und da EDCS die

In neuen Infrastrukturen mit Ladestationen hilft Ekip UP dabei, die Stromflüsse zu verstehen.

Geräte im elektrischen System kontinuierlich einer Diagnose unterzieht, müssen nur dann Maßnahmen ergriffen werden, wenn diese auch notwendig sind. Durch direkte Messung der Geräteaktivität ist der EDCS-Algorithmus in der Lage, die Zuverlässigkeitskurve eines Geräts zu erstellen und das nächste Wartungsdatum vorzuschlagen.

—
04 Hauptkomponenten
von Ekip UP.

—
05 Ekip UP nimmt nur
wenig Platz ein. Da
das Gerät sowohl auf
einer DIN-Hutschiene
als auch in der Tür
montiert werden
kann, erfüllt es die
Installationsanfor-
derungen von OEMs und
Schaltanlagenbauern.

Ekip UP im Einsatz

Ein typisches Einsatzbeispiel für Ekip UP ist eine Schaltanlagenanwendung, in der die Leistungsschalter noch in einem guten Betriebszustand sind, aber andere Komponenten ausgetauscht werden müssen. Dies war z. B. bei dem für das Emirat Sharjah zuständigen Strom- und Wasserversorger SEWA (Sharjah Electricity and Water Authority) in den Vereinigten Arabischen Emiraten der Fall.

In der Unterstation von Qasimia waren die Auslöseeinheiten sämtlicher NS-Leistungsschalter (eines Mitbewerbers von ABB) defekt, und der ursprüngliche Lieferant empfahl einen vollständigen Austausch der Schalter. Aufgrund des Umfangs der Maßnahmen und der damit verbundenen Kosten wandte sich die SEWA auf der Suche nach einer alternativen Lösung an ABB.

—
Ekip UP bietet eine cloudgestützte Technologie, die Kosten und Ausfallzeiten reduziert.

Da die Schalter ansonsten in Ordnung waren, ersetzte ABB lediglich die fehlerhaften elektronischen Auslöser durch Ekip UP, das vollständig kompatibel mit allen existierenden NS-Schaltern, einschließlich Geräten von Mitbewerbern, ist. Die Inbetriebnahme wurde von ABB Ekip Connect unterstützt. Das kostenlose Softwaretool hilft dabei, die Fähigkeiten von Ekip UP im Hinblick auf das Energiemanagement, die Erfassung und Analyse von elektrischen Größen und das Testen von Schutz-, Wartungs- und Diagnosefunktionen zu optimieren.

Eine intelligente Wahl

Die umfangreiche Funktionalität von Ekip UP wird durch eine breite Palette von Zubehör ergänzt. Mit seinem modularen und standardisierten Design bietet Ekip UP – unterstützt durch die Funktionalität von EDCS – eine ideale Möglichkeit zur Implementierung einer cloudgestützten Technologie, die Kosten und Ausfallzeiten reduziert und gleichzeitig ein einfacheres, effizienteres und profitableres Energiemanagement ermöglicht. Ekip UP ist im wahrsten Sinne des Wortes eine intelligente Wahl, wenn es darum geht, NS-Anlagen zu überwachen, zu schützen und zu steuern. •



TECHNOLOGIE-EINBLICKE

Quanten- computing: Hype und Hoffnungen

Um Autonomie in einer industriellen Umgebung zu erreichen, müssen Berechnungsprobleme im Bereich der Optimierung und der künstlichen Intelligenz (KI) gelöst werden. Einige dieser Probleme lassen sich nicht mit der heute verfügbaren Hard- und Software knacken. Könnte Quantencomputing den Schlüssel dafür bieten?



Thorsten Strassel
ABB Research Switzerland
Baden-Dättwil,
Schweiz

thorsten.strassel@
ch.abb.com

Quantencomputing ist zurzeit eines der am meisten diskutierten Themen im Bereich der Technologie. Doch da es von unseren täglichen Erfahrungen in der klassischen Welt weit entfernt ist, bleibt sein disruptives Potenzial für die meisten nur schwer fassbar. Beinahe täglich gibt es neue Schlagzeilen, Sensationsmeldungen und Berichte über Fortschritte, die zuletzt Ende 2019 in der spektakulären Meldung gipfelten, dass Google seine Konkurrenten im Wettrennen um die „Quantenüberlegenheit“ geschlagen hat. Die Nachricht sorgte für große Aufregung in der Technologie-Community, und die Errungenschaft wurde sogar mit der Mondlandung von Apollo 11 verglichen →01–02.



Elsi-Mari Borrelli
ABB Research Switzerland
Baden-Dättwil,
Schweiz

elsi-mari.borrelli@
ch.abb.com

Bei allem Enthusiasmus gilt es, die Bedeutung von Quantencomputing für zukünftige industrielle Anwendungen zu hinterfragen und objektiv zu beurteilen: Welche Technologien würde Quantencomputing für industrielle Anwendungen ermöglichen? Welche Hindernisse verhindern den Einsatz von Quantencomputern heute? Gibt es andere neue Technologien, die eine ähnliche Auswirkung haben könnten?

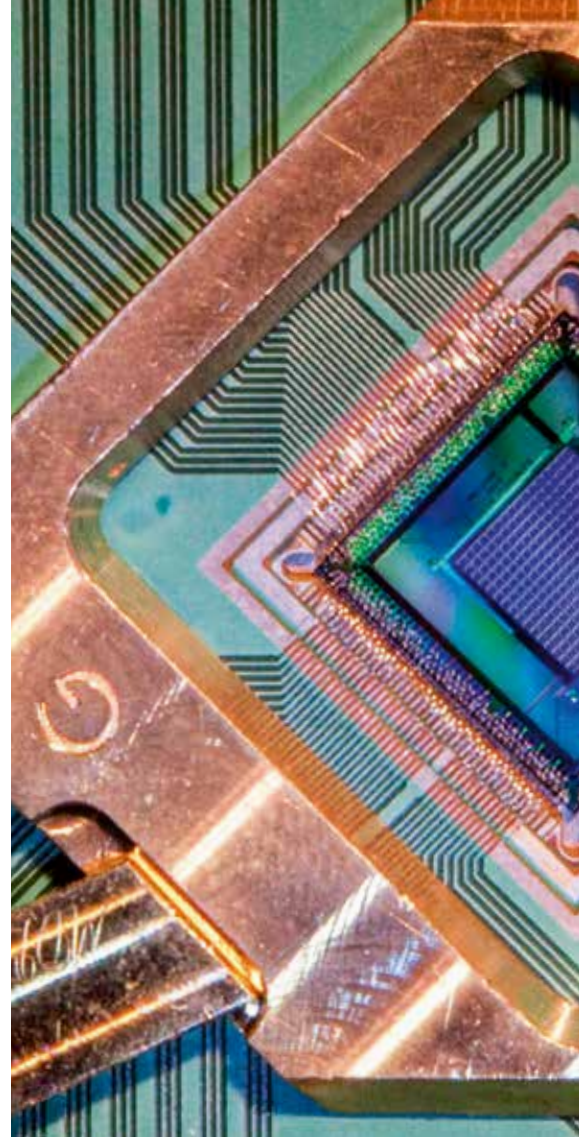
Kann man schon Quantencomputer kaufen?

Hier bietet es sich zunächst an, zu klären, was Quantencomputer sind, und wer in der Lage ist, sie zu bauen.

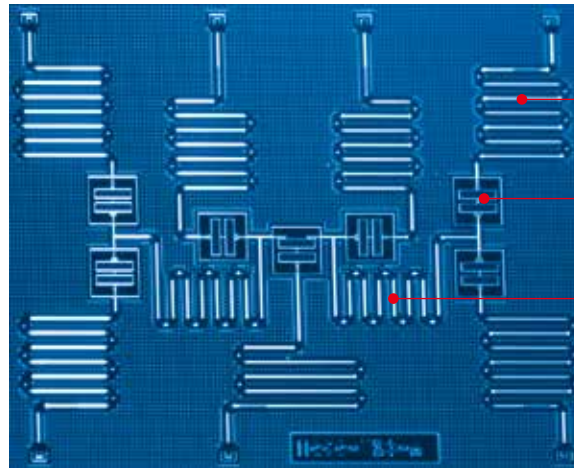
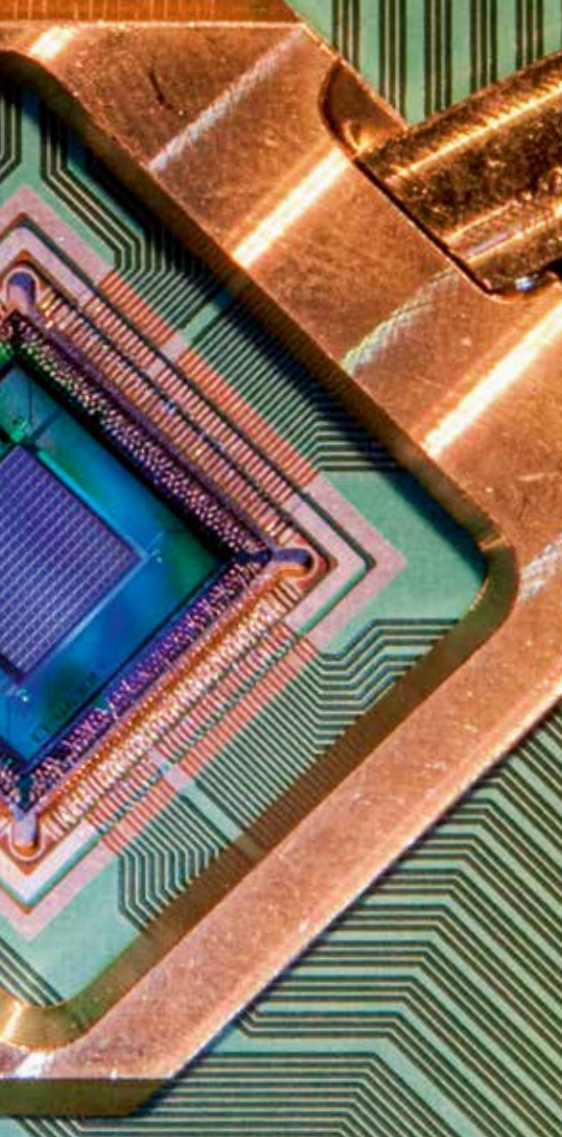
Zunächst einmal ist – auch langfristig – nicht davon auszugehen, dass unsere Laptops durch schnelle Quantencomputer abgelöst werden. Ebenso wenig sind

**Quantencomputer sind
Spezialmaschinen – darauf
ausgelegt, bestimmte
Rechenprobleme zu lösen.**

es universelle Supercomputer, die alle großen Rechencluster ersetzen können. Quantencomputer sind vielmehr große Spezialmaschinen, die darauf ausgelegt sind, bestimmte Rechenprobleme zu lösen, die mit



01



02



03

Foto Abb. 03: IBM, geteilt über Kandala et al., Nature und Creative Commons, Lizenzdetails: <https://creativecommons.org/licenses/by-nd/2.0/legalcode>

— 01 Quantencomputer könnten den Schlüssel für eine weitgehende Autonomie von Maschinen in der Industrie bieten, doch sind sie außerhalb des Labors praktikabel? Das Bild zeigt einen Chip vom Typ D-Wave 2000Q.

— 02 Früher 7-Qubit-Chip von IBM auf der Basis supraleitender Technologie.

— 03 Quantencomputer IBM Q System One.

konventioneller Hardware (und deren Nachfolgern) nicht oder nur sehr schwer bewältigt werden können → 03. Quantencomputer nutzen Prinzipien der Quantenmechanik, um Probleme in wenigen Minuten zu lösen, für die die schnellsten Supercomputer Tausende von Jahren oder länger benötigen würden. Dieser Geschwindigkeitszuwachs ist nur mithilfe spezieller Algorithmen möglich, die sich die Gesetze der Quantenphysik zu Nutze machen (und deren Entwicklung eine Wissenschaft für sich ist). Herkömmliche Algorithmen für klassische Bits und Bytes reichen nicht aus.

Die Idee des Quantencomputings wurde im Jahr 1982 vom Physik-Nobelpreisträger Richard Feynman in einem mittlerweile berühmten Vortrag bei IBM angestoßen. Es folgte eine Reihe von experimentellen Versuchen, die schließlich Ende der 1990er Jahre zur Entwicklung der ersten Prozessoren auf der Basis sogenannter Qubits, dem quantenmechanischen Analog des Bits in der klassischen Informatik, führten. Dank jüngster theoretischer Fortschritte hat sich die Technologie entscheidend weiterentwickelt. Heute

sind Chips mit 54 Qubits Stand der Technik, und Unternehmen wie Google, IBM und Honeywell haben mit hochkarätigen Forschungsabteilungen die Führerschaft im Bereich der Hardware übernommen, während einige Hardware-Startups versuchen, Boden gut zu machen. (Deren Bemühungen beziehen sich

— **Der Geschwindigkeitszuwachs ist nur mithilfe spezieller Algorithmen möglich.**

auf eine universelle Quantencomputer-Architektur mit Hardware, die für die algorithmischen Methoden des Quanten-Annealings optimiert ist. Am bekanntesten ist hier das Unternehmen D-Wave Systems.) Gleichzeitig leisten Behörden und die Wallenberg-Stiftung in Schweden Unterstützung bei der Wissensentwicklung

und Kommerzialisierung. Trotz aller Bemühungen bleibt die Technologie bislang hinter Labortüren und ohne kommerzielle Anwendung. Aber wie lange noch?

Was steckt dahinter?

Seit der erstmaligen Vorstellung der Idee des Quantencomputings und der Realisierung der ersten Qubit-Implementierungen werden verschiedene Kandidaten für die Hardwareimplementierung untersucht. Als ausgereifteste Technologien für die Realisierung von Quantencomputer gelten heute Ionenfallen und supraleitende Schleifen →04–05.

Die fortschrittlichsten Demonstrations-Chips verfügen über 54 Qubits, wobei jedes Qubit mit vier weiteren verbunden ist, um ein universelles supraleitendes Quantencomputing zu ermöglichen. Bei dem in →04 dargestellten System führen viele Mikrowellenkabel für die Steuersignale zum Quantenchip – dem dunklen quadratischen Objekt im unteren Teil des Bilds. Bei Ionenfallen liegt die aktuelle Zahl bei 11 Qubits mit voller Konnektivität. Qubits können auf verschiedenen Technologieplattformen implementiert



04

Es sind signifikante technische Durchbrüche notwendig, um die Technologie über ein paar Tausend Qubits hinaus zu skalieren.

werden, die jeweils Vor- und Nachteile für die Konstruktion von Quantencomputern mit sich bringen. Zur Ausführung eines Algorithmus auf der Quanten-Hardware interagieren die Qubits auf der Grundlage verschiedener Logikgatter miteinander. Neben den Eigenschaften der Qubits selbst bestimmen ihre spezifische Anordnung und die Eigenschaften der Gatteroperation die erfolgreiche Implementierung der Quantenalgorithmen. Da die Qubits und somit die darin gespeicherten Informationen sehr empfindlich gegenüber Rauschen von externen Quellen und den Gatteroperationen selbst sind, stellt eine präzise Implementierung der Algorithmen eine große Herausforderung dar. Um das durch Wechselwirkungen mit ihrem Umfeld entstehende Rauschen zu reduzieren, müssen heutige Quantencomputer bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt oder in einem hochwertigen Vakuum betrieben werden →06. Ein zukünftiger universeller Quantencomputer würde daher effiziente Fehlerkorrekturalgorithmen benötigen, um den negativen Auswirkungen durch Rauschen entgegenzuwirken. Es wurden bereits verschiedene Fehlerkorrekturstrategien vorgeschlagen, die aber alle Qubits beanspruchen, was die Gesamtzahl der verfügbaren Qubits auf dem Chip für die Lösung des eigentlichen Rechenproblems reduziert.

Heutige Quantenchips sind auf einige Dutzend Qubits beschränkt – bei einer noch immer beträchtlichen Zahl von Fehlern in den Gatteroperationen. Doch wie soll die Hardware mittel- und langfristig skalieren? Ein Pendant des bekannten Moorschen Gesetzes prognostiziert jedes Jahr eine Verdopplung der Leistungsfähigkeit von Quantencomputern („Quantenvolumen“) [1]. Es sind jedoch signifikante technische Durchbrüche notwendig, um die Technologie über ein paar Tausend Qubits hinaus zu skalieren. Während wir also darauf warten, dass die Technologie die versprochene immense Rechenleistung erreicht, stellt sich die Frage, ob auch schon mittelfristig ein Nutzen zu erwarten ist.

Die Bedeutung der Algorithmen

Quantencomputer sind wahrscheinlich am bekanntesten für die theoretische Bedrohung, die sie für vorhandene Verschlüsselungssysteme darstellen. Da aber die Faktorisierung kryptografisch signifikanter Zahlen Berechnungen mit rund einer Million hochwertiger Qubits erfordert, sind selbst die besten heutigen Quantenchips weit von der notwendigen Leistungsfähigkeit entfernt. Das Gleiche gilt für alle Quantenalgorithmen der Kategorie „Marsmissionen“, d. h. Algorithmen, die einen enormen Geschwindigkeitszuwachs für eine Vielzahl von Anwendungen versprechen (im Gegensatz zu Algorithmen der Kategorie „Mondflüge“, die einen weniger beeindruckenden Geschwindigkeitszuwachs, aber mit begrenzter Hardware versprechen).



04 Das Innenleben des Quantencomputer-Systems von IBM. Der Quantenchip befindet sich in dem kleinen dunklen Quadrat in der unteren Bildmitte.

05 Für Quantencomputer verwendete Qubit-Technologien. Die Qubits werden typischerweise durch Mikrowellen oder Laser manipuliert.

05a Supraleitende Schleifen.

05b Ionenfalle.

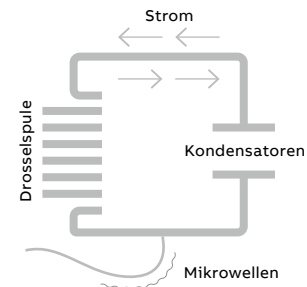
05c Silizium-Quantenpunkte.

Eine solche Kluft zwischen der vorhandenen Hardware und den Anforderungen zur Ausführung vielversprechender Algorithmen bietet natürlich einen optimalen Nährboden für Skepsis: Sind die technischen Herausforderungen, die bewältigt werden müssen, um einen echten Vorteil mit Quantenhardware zu erzielen, einfach zu groß? Um Skeptikern ein besseres Gegenargument zu

Sind die technischen Herausforderungen, die bewältigt werden müssen, einfach zu groß?

bieten als einfach „abwarten“, prägte der Physiker John Preskill im Jahr 2012 den Begriff „Quantenüberlegenheit“ als Meilenstein für die Entwicklung von Quantencomputern. Um diesen Meilenstein zu erreichen, muss ein Quantencomputer in der Lage sein, eine beliebige nicht triviale Aufgabe (die nicht einmal nützlich sein muss) deutlich schneller auszuführen als die beste klassische Hardware. Dieser Meilenstein wurde im Oktober 2019 vom Quantencomputing-Team von Google erreicht [2].

Die Wissenschaftler von Google nutzten ein künstliches Rechenproblem, bei dem es um das Sampling

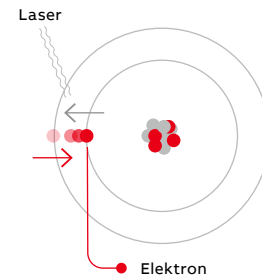


Supraleitende Schleifen

Ein widerstandsloser elektrischer Strom schwingt in einem mikroskopischen Schwingkreis auf einem Chip. Zur Manipulation der Energieniveaus werden Mikrowellensignale eingekoppelt.

- +** Schnelle Gatteroperationen. Fertigungstechnik ähnlich wie bei Halbleiterchips.
- Lebensdauer der Informationen im Qubit ist kurz. Muss auf extrem niedrigen Temperaturen gehalten werden.

05a

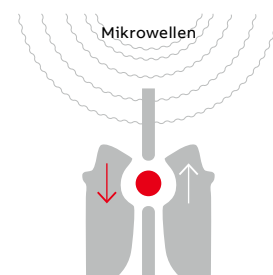


Ionenfalle

Elektronenzustände in Ionen werden manipuliert. Die Ionen werden mittels Laserkühlung und HF-Feldern gefangen, zusätzliche Laserstrahlen zur Manipulation.

- +** Sehr stabile Qubits. Höchste erreichte Gatter-Wiedergabetreue.
- Langsame Operationen. Optischer Zugang für Laserstrahlen und extrem hohes Vakuum erforderlich.

05b

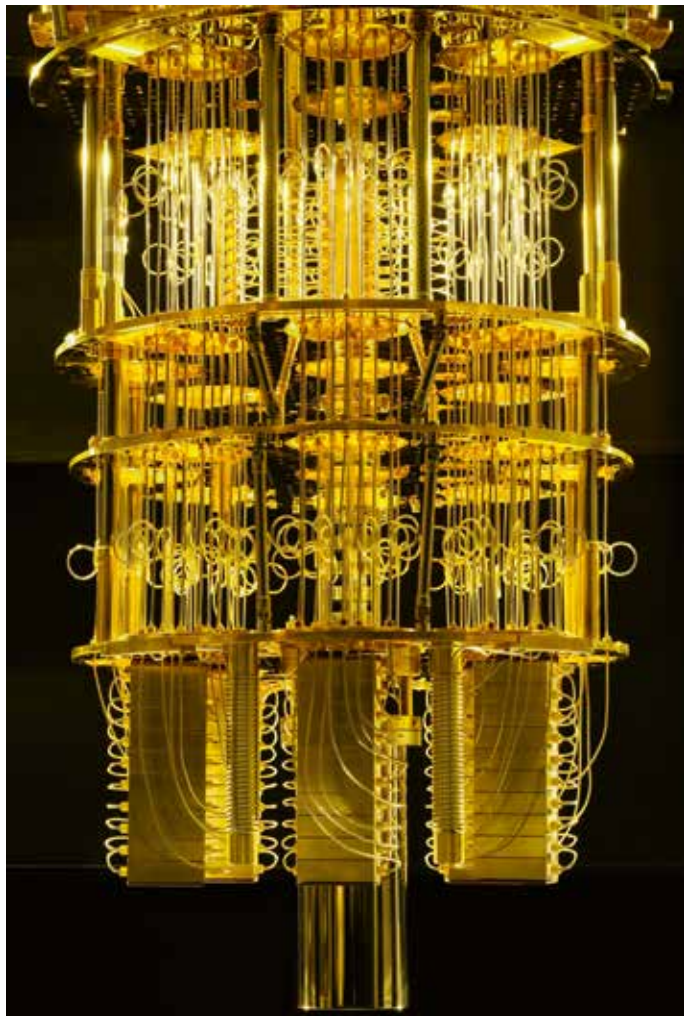


Silizium-Quantenpunkte

„Künstliche Atome“ mit einem einzelnen Elektron werden auf einer Silizium-Halbleiterstruktur geschaffen. Mikrowellenpulse steuern den Quantenzustand.

- +** Stabil. Baut auf bereits verwendeter Fertigungstechnik aus der Halbleiterindustrie auf.
- Weniger ausgereifte Technologie. Muss auf extrem niedrigen Temperaturen gehalten werden.

05c



06

von zufälligen Quantenschaltungen geht. Dazu wurden Sequenzen von Quantengattern zufällig, d. h. ohne jede Absicht zur Bildung tatsächlicher Algorithmen, erzeugt. Das Ergebnis der „Berechnung“ sollte der 54-Qubit-Quantencomputer in Form einer Bitfolge (z. B. 0101 ...) ausgeben. Aufgrund der Quantennatur der Gatter gibt es bei jeder Sequenz eine statistische Streuung mit inhärenten Quanteneigenschaften in den Ausgaben. Der implementierte Quantenalgorithmus wiederholt die Berechnung und generiert so schnell wie möglich Verteilungen für das Sampling der Bitfolgen für jede Quantenschaltung. Die wahrscheinlichste Ausgabe einer solchen zufälligen Quantenschaltung auf einem klassischen Computer zu bestimmen, wird mit zunehmender Zahl der Qubits und implementierten Gatter exponentiell schwieriger. Die Wissenschaftler haben errechnet, dass ein klassischer Computer 10.000 Jahre benötigen würde, um diese Aufgabe zu erledigen, für die der Quantencomputer nur wenige Minuten benötigte.

Die Aufgabe, mit der die Überlegenheit demonstriert wurde, hat keinerlei Nutzen für irgendeine Anwendung, und es deutet nichts darauf hin, dass mit den derzeitigen Chips in absehbarer Zeit irgendeine nützliche Aufgabe gelöst werden könnte. Die Demonstration hat „nur“ gezeigt, dass auch ein relativ kleiner Quantencomputer eine bestimmte nicht triviale Aufgabe besser erledigen kann als ein klassischer Computer. Vor diesem Hintergrund wäre der Ausdruck „Quantenvorteil“ statt „Quantenüberlegenheit“ vielleicht besser geeignet, um diese Errungenschaft zu beschreiben.

Es spricht jedoch einiges dafür, dass selbst rauschempfindliche NISQ-Computer (Noisy Intermediate-Scale Quantum) mit einigen Hundert oder Tausend Qubits dabei helfen könnten, komplizierte kombinatorische Optimierungsprobleme mit Quantenheuristik (z. B. Quanten-Annealing) oder einem Algorithmus vom Typ QAOA (Quantum Approximate Optimization Algorithm) zu lösen →07.

Selbst NISQ-Computer könnten dabei helfen, komplizierte kombinatorische Optimierungsprobleme zu lösen.

Solche kombinatorischen Optimierungsprobleme haben eine Vielzahl von Anwendungen, und entsprechende Quantenchips sind bereits in der kurz- und mittelfristigen Planung aller bedeutenden Entwickler von Quantenhardware vorgesehen. Im September 2020 kündigte IBM die Entwicklung eines Prozessors mit über 1.000 Qubits namens IBM Quantum Condor bis zum Jahr 2023 an [3]. Von solchen Fortschritten auf dem Gebiet der Quantenchips können verschiedene Sektoren vom Finanzwesen bis hin zur Automobilindustrie profitieren [4,5].

Schlüssel zur industriellen Autonomie?

ABB befasst sich mit dem Thema Quantencomputing, um das damit verbundene Potenzial zur Optimierung großer autonomer Flotten, Energiesysteme, Versorgungsketten und Fertigungsprozesse zu nutzen. Viele der Anwendungen beinhalten extrem komplexe Optimierungsprobleme, die sich zurzeit nicht effizient oder gar nicht lösen lassen. Bietet Quantencomputing den Schlüssel zur Lösung dieser Probleme?

Bei allem Hype um das Thema Quantencomputing sollte man bedenken, dass nicht nur die Hardware das Zeug dazu hat, die Entwicklung zukünftiger autonomer Systeme zu revolutionieren. So

06 IBM Q Dilution Refrigerator: Die niedrige Temperatur am Boden ermöglicht einen rauscharmen Betrieb des Chips.

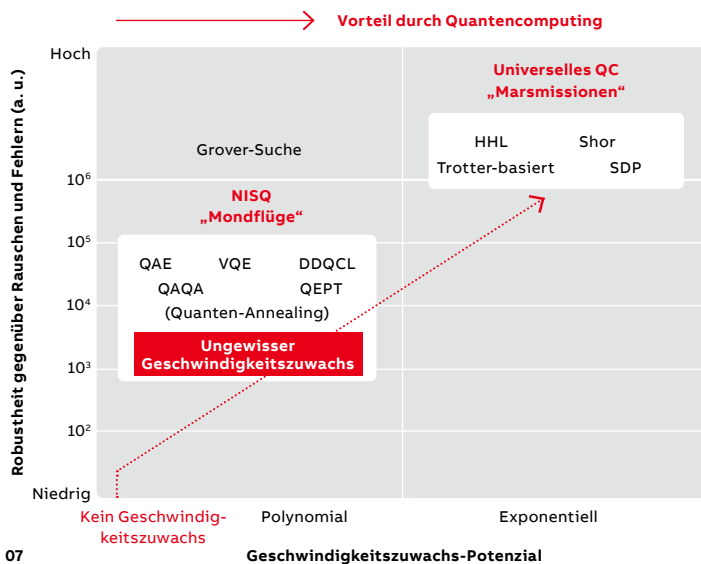
07 Ausgewählte Quantencomputing-Algorithmen scharen sich im kurz- und mittelfristigen NISQ-Bereich. Langfristige Algorithmen der Kategorie „Marsmissionen“ sind für universelle Quantencomputer vorgesehen [6].

könnten sich Innovationen auf dem Gebiet der Optimierungsalgorithmen am Ende besser bezahlt machen – selbst wenn diese auf derselben klassischen Hardware ausgeführt werden. Einige dieser von Quantencomputing-Algorithmen inspirierten Innovationen haben bereits zu erheblich verkürzten Lösungszeiten bei einigen Problemen geführt. Diese algorithmischen Entwicklungen sorgen zwar nicht für solche Schlagzeilen wie Meldungen über Quantencomputing, könnten aber in naher Zukunft die größeren Auswirkungen haben.

Als richtungsweisende Kraft auf dem Weg zur industriellen Autonomie ist ABB federführend in der Adaption aufkommender Computertechnologien

Nicht nur die Hardware hat das Zeug dazu, die Entwicklung zukünftiger autonomer Systeme zu revolutionieren.

für neue industrielle Anwendungen. Angesichts der zunehmenden Fortschritte auf dem Gebiet der Software und der Quantenhardware kommt es darauf an, vorbereitet zu sein, wenn es darum geht, mögliche Potenziale zu nutzen, um die industrielle Automatisierungslandschaft neu zu gestalten. •



Grover-Suche: Ein Quantenalgorithmus, der mit hoher Wahrscheinlichkeit die einzigartige Eingabe für eine Black-Box-Funktion mit einer bestimmten Ausgabe findet

QAE: Quantum Amplitude Estimation für Monte-Carlo-Sampling

VQE: Variational Quantum Eigensolver

DDQCL: Data-Driven Quantum Circuit Learning

QAOA: Quantum Approximate Optimization Algorithm

QEPT: Quantum-Enhanced Population Transfer

HHL: (Harrow, Hassidim, Lloyd) Quantenalgorithmus zur Lösung linearer Gleichungssysteme

Shor: Ein Algorithmus mit polynomialer Laufzeit für die Faktorisierung ganzer Zahlen

Trotter-basiert: Zur Simulation der Quantenchemie

SDP: Semidefinite Programme für kombinatorische Optimierungsprobleme

Literaturhinweise

[1] J. Gambetta, S. Sheldon: „Cramming More Power Into a Quantum Device“. IBM Research Blog 2019. Verfügbar unter: <https://www.ibm.com/blogs/research/2019/03/power-quantum-device/> (abgerufen am 02.09.2020).

[2] F. Arute et al. (2019): „Quantum supremacy

using a programmable superconducting processor“. Nature 574, S. 505–510. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1666-5> (abgerufen am 02.09.2020).

[3] J. Gambetta: „IBM’s Roadmap For Scaling Quantum Technology“. Verfügbar unter: <https://www.ibm.com/blogs/>

research/2020/09/ibm-quantum-roadmap/ (abgerufen am 21.09.2020).

[4] F. Neukart et al.: „Traffic Flow Optimization Using a Quantum Annealer“. Frontiers in ICT, 20. Dezember 2017. Verfügbar unter: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/>

fict.2017.00029/full (abgerufen am 02.09.2020).

[5] M. Kühn et al.: „Accuracy and Resource Estimations for Quantum Chemistry on a Near-Term Quantum Computer“. Journal of Chemical Theory and Computation 2019 15(9), S. 4764–4780. Verfügbar unter: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/>

acs.jctc.9b00236%E2%80%AC (abgerufen am 02.09.2020).

[6] A. Montanaro (2016): „Quantum algorithms: an overview“. npj Quantum Information 2, Artikel Nr. 15023. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1038/npjqi.2015.23> (abgerufen am 02.09.2020).

Produktivität





54

Technologie, die schneller, besser, effizienter und zuverlässiger arbeitet, steigert die Produktivität und verbessert die Nachhaltigkeit. Hier kommen Automation, Robotik und intelligente Regelungen zusammen, um einen bestimmten Zweck zu erfüllen. ABB arbeitet am Schnittpunkt dieser Technologien, um entsprechende Lösungen zu entwickeln.

- 50 Zustandsüberwachung für die Energie- und Mobilitätswende
- 54 Neuer Schritt in der Banddickenmessung
- 60 Der Weg zum automatisierten Engineering
- 66 MP³C: neue Regelung für maximalen Wirkungsgrad und Dynamik
- 74 Roboter erobern die Fahrzeugendmontage



60

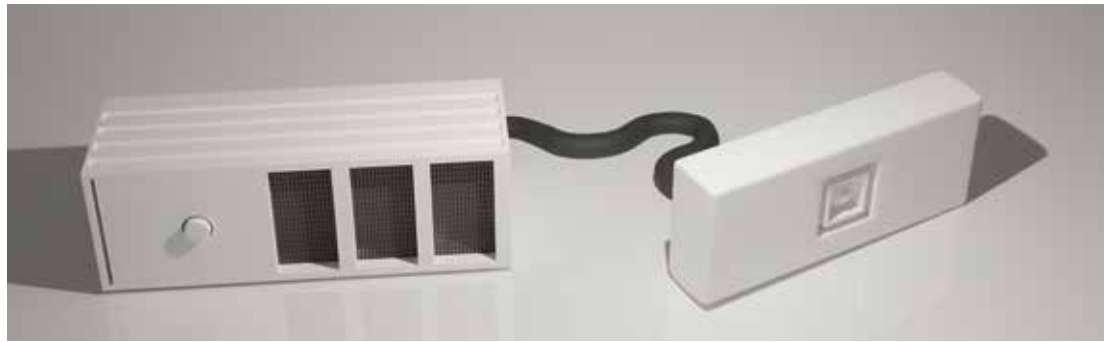
PRODUKTIVITÄT

Zustandsüberwachung für die Energie- und Mobilitätswende

Die stetig steigende Zahl von erneuerbaren Energiequellen und Elektrofahrzeugen stellt elektrische Verteilnetze und deren Wartungsstrategien vor zusätzliche Herausforderungen. Eine zustandsbasierte Wartung mithilfe von Infrarotkameras und künstlicher Intelligenz (KI) hilft dabei, sich anbahnende Fehler in Netzkomponenten zu erkennen.



01 Die Technologie des FLEMING-Projekts verbessert die Zuverlässigkeit von elektrischen Komponenten wie Schaltanlagen. Das Bild zeigt luftisolierte Mittelspannungs-Schaltanlagen vom Typ ABB UniGear ZS1.



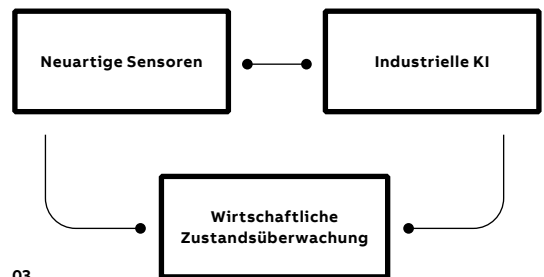
02

02 Verknüpfung von Sensorausrüstung und KI.

03 Neuartige Sensoren und KI ermöglichen eine wirtschaftliche Zustandsüberwachung.

Viele Länder sind auf der Suche nach Möglichkeiten, um ihre CO₂-Emissionen zu senken. Dabei stehen zwei technische Aspekte des modernen Lebens im Mittelpunkt des Interesses: die elektrische Energieerzeugung und die persönliche Mobilität. Beide Bereiche erfahren zurzeit einen starken Wandel: Aus Wind- und Sonnenenergie wird immer mehr CO₂-arme Elektrizität gewonnen, während im Mobilitätssektor fossile Kraftstoffe zunehmend durch Elektrizität ersetzt werden – häufig unter der Annahme, dass der Strom aus umweltfreundlichen Quellen stammt.

Die Anbindung von erneuerbaren Energiequellen und Elektrofahrzeugen an das Verteilnetz stellt ein bereits stark belastetes System vor zusätzliche Herausforderungen. So sind erneuerbare Quellen von Natur aus unbeständig und unterliegen Schwankungen, während große Elektrofahrzeugflotten neue Spitzenlasten und



03

mit einer Erweiterung der Sensortechnik grundlegend verbessert werden kann. Das Ziel ist es, so wesentlich zum Erfolg der Energie- und Mobilitätswende in Deutschland beizutragen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse können später auch auf andere Bereiche angewendet werden.

Das FLEMING-Konsortium unter der Führung von ABB umfasst Partner aus der Wirtschaft und Wissenschaft wie den Software Innovation Campus Paderborn (SICP) der Universität Paderborn, das Forschungsinstitut für Rationalisierung (FIR) der RWTH Aachen, das Institut für Elektroenergiesysteme und Hochspannungstechnik (IEH) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und die Heimann Sensor GmbH (ein Hersteller hochwertiger Infrarot-Sensoren). Zu den assoziierten Partnern gehören die Städtischen Werke Überlandwerke Coburg GmbH (ein Versorgungsunternehmen im Bereich Energie, Wasser und Mobilität) und die WestfalenWIND GmbH (ein Windparkbetreiber im Kreis Paderborn).

Thermische Überwachung

Die thermische Überwachung ist eine praktische Möglichkeit zur Erkennung von technischen Problemen in einem elektrischen System. Wenn elektrische Leiter von Strom durchflossen werden, erwärmen sie sich gemäß des Ersten Jouleschen Gesetzes. Dieses Prinzip wird im Alltag z. B. in Heizstäben und elektrischen Wasserkochern genutzt.

Die dabei erzeugte Wärmemenge hängt nicht nur von der Stromstärke, sondern auch vom Widerstand des Leiters ab. So können bei einer Erhöhung des Widerstands – z. B. durch Korrosion oder Schaltanlagenelemente wie Sammelschienen-schrauben, die

Ralf Gitzel
Holger Kaul
Aydin Boyaci
Jörg Gebhardt
Ido Amihai
Martin W. Hoffmann
Stephan Wildermuth
Industrial Automation,
Corporate Research
Ladenburg, Germany

ralf.gitzel@de.abb.com
holger.kaul@de.abb.com
aydin.boyaci@de.abb.com
joerg.gebhardt@de.abb.com
ido.amihai@de.abb.com
martin.w.hoffmann@de.abb.com
stephan.wildermuth@de.abb.com

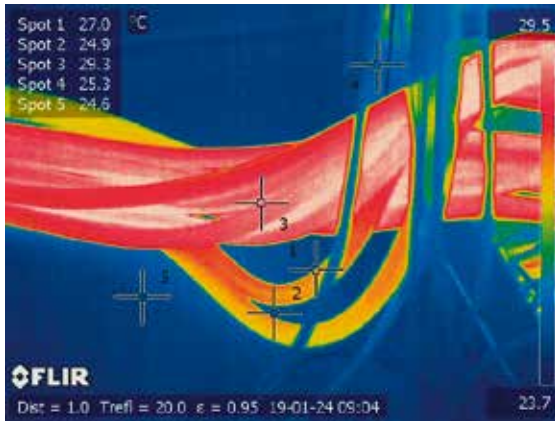
Callisto Gatti
ABB ELDS
Dalmine, Italien

callisto.gatti@it.abb.com

Infrarotkameras und KI können helfen, sich anbahnende Fehler in MS-Schaltanlagen zu erkennen.

einen allgemeinen Anstieg des Strombedarfs verursachen. Dies zwingt Netzbetreiber dazu, neue Möglichkeiten zu finden, um die Flexibilität ihres Netzbetriebs zu erhöhen und eine größere Zahl von Unregelmäßigkeiten und Schaltereignissen zu bewältigen. Zudem stellt die zusätzliche Belastung traditionelle Wartungsstrategien auf die Probe, was ohne eine zustandsbasierte Wartung zu explodierenden Kosten führen kann.

Der vorliegende Artikel beschreibt, wie Infrarotkameras in Kombination mit KI dabei helfen können, sich anbahnende Fehler in Mittelspannungs-(MS-) Schaltanlagen zu erkennen und eine zustandsbasierte Wartung zu ermöglichen → 01–03. Die beschriebenen Arbeiten wurden von ABB in Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern im Rahmen des Forschungsprojekts FLEMING durchgeführt. Im FLEMING-Projekt untersucht ein Konsortium aus Forschung und Wirtschaft, wie der heutige Sensoreinsatz in Verteilnetzen durch Verwendung von Methoden der KI zusammen



04

unsachgemäß installiert wurden oder sich durch Vibrationen gelöst haben (ein häufiges Problem besonders auf Schiffen) – punktuell heiße Stelle auftreten. Solche Hotspots – und somit tatsächliche und entstehende Fehlerstellen – können durch Infrarot-Thermografie (IRT) sichtbar gemacht werden [1–3]. In →04–05 zeigt ein Infrarotbild die Erwärmung durch einen kürzlichen bzw. anhaltenden Stromfluss durch mehrere Kabel. Da eine länger andauernde übermäßig hohe Temperatur zu einem Leistungsverlust führend kann, ist eine frühzeitige Erkennung von Hotspots wünschenswert [1].

Thermische Überwachungssensoren

Es gibt zwar berührende Messverfahren, mit denen sich der thermische Zustand von Betriebsmitteln bestimmen lässt, doch diese Methoden sind mit gewissen Nachteilen verbunden:

- Eine berührende Messung auf elektrischem Potential birgt die Gefahr, dass die dielektrischen Anforderungen der Schaltanlage beeinträchtigt werden, und reduziert die Gerätesicherheit [1].
- Befindet sich die Überwachungsausrüstung in Bereichen mit starken magnetischen oder elektrischen Feldern, kann es zu elektromagnetischen Störungen des Messvorgangs kommen [4,5].

Bei Infrarotkameras gibt es diese Probleme nicht. Außerdem kann – anders als bei einer Punktmessung – mit IRT ein großer Bereich abgedeckt werden, was die Sensorkosten deutlich reduziert [4,6].

Sensoren, die zur Zustandsüberwachung in Schaltanlagen platziert werden, müssen eine hohe Messgenauigkeit über einen breiten Umgebungstemperaturbereich gewährleisten. Außerdem müssen sie eine lange Lebensdauer besitzen und über diese hinweg zuverlässige und stabile Messungen (d. h. mit geringer Sensordrift) liefern. Obwohl es mehrere Infrarot-Temperaturmessverfahren gibt (z. B. bolometrische und pyroelektrische Verfahren), erfüllen thermoelektrische Sensoren wie Thermosäulen diese Anforderungen am besten.

Thermoelektrische Sensoren bestehen im Allgemeinen aus mehreren auf einer dünnen Membran angeordneten Thermoelementen. Wird die Membran durch die einfallende Infrarotstrahlung erwärmt, erzeugt der Sensor eine Ausgangsspannung, die proportional zur



05

einfallenden Infrarotstrahlung ist. Durch die Anordnung solcher Sensoren in einer Pixelmatrix kann ein Infrarotbild erzeugt werden. Die Tatsache, dass keine bewegten Elemente erforderlich sind, trägt zur Langlebigkeit solcher Sensoren bei.

Algorithmen

Die von den IRT-Sensoren gelieferten Daten enthalten auch Hinweise auf Hotspots aufgrund von technischen Defekten, die den Widerstand des Leiters verändern. Ein Mensch könnte solche Problemstellen in einer Visualisierung der Sensordaten leicht erkennen, doch wenn das System ohne menschlichen Eingriff überwacht werden soll, ist ein entsprechender Algorithmus erforderlich.

Um ein solches System zu realisieren, müssen die Daten zunächst bereinigt werden. Häufig muss der niedrige Kontrast des Infrarotbilds verbessert werden. Außerdem muss das Rauschen in den Pixelsignalen entfernt bzw. reduziert werden, um eine Verfälschung der für die statistische Analyse verwendeten Daten zu verhindern.

Nach der Vorverarbeitung der Daten können verschiedene Arten von Algorithmen angewendet werden. Ein klassischer Ansatz ist die Implementierung eines Expertensystems. Dabei nutzt das System im Prinzip eine Checkliste und eine Reihe von Regeln, die von Menschen definiert wurden, um zu bestimmen, ob ein

Anders als bei Punktmessungen kann mit IRT ein großer Bereich abgedeckt werden.

Zustand problematisch ist oder nicht. Zur Unterstützung der Expertenmeinung können Simulationen auf der Basis physikalischer Gesetze herangezogen werden, die die Eigenschaften ungewöhnlicher Zustände aufzeigen. In beiden Fällen gilt es, den richtigen Mittelweg zwischen der Erstellung eines nahezu perfekten, aber zu teuren Modells und einem vereinfachten Modell, das nicht gut genug ist, um die Realität angemessen abzubilden, zu finden.

—
04 Infrarotaufnahme von mehreren Kabeln. Der Stromfluss ist deutlich sichtbar.

—
05 Mögliche Fehlerstellen zeigen sich als Hotspot (oben rechts) in dieser Konzeptdarstellung.

Eine weitere Methode ist der Einsatz von maschinellen Lernalgorithmen aus dem Bereich der KI, die in der Lage sind, automatisch Muster in großen Datenmengen zu erkennen. Diese Algorithmen, die einen statistischen Ansatz nutzen, können ebenfalls von Expertenwissen profitieren. So weiß ein Experte z. B., dass die Höchsttemperatur innerhalb eines Infrarotbilds ebenso wie die Temperaturunterschiede zwischen bestimmten Bereichen von Bedeutung sind. Welche Kombinationen von Temperaturen und Temperaturunterschieden akzeptabel sind oder nicht, lässt sich automatisch mithilfe der statistischen Analyse des Algorithmus bestimmen – vorausgesetzt, dieser wurde entsprechend trainiert. Die im Rahmen des FLEMING-Projekts eingesetzten Algorithmen reichen von reinen Expertensystemen bis hin zu sogenannten Convolutional Neural Networks, die den menschlichen visuellen Cortex nachbilden.

Vorausschauende und zustandsbasierte Wartung

Die oben beschriebene Werkzeugkette kann zur Erkennung von akuten Problemen genutzt werden und bietet Wartungsteams die Möglichkeit, sofort zu reagieren. Besser wäre allerdings eine frühzeitige Warnung vor einem möglichen Ausfall. Sowohl Expertenwissen als auch statistische Analysen können dabei helfen, Situationen zu erkennen, die einem frühen Stadium eines Ausfalls oder eines Schadensereignisses entsprechen. Dieser Ansatz führt zu einer Reihe von möglichen Algorithmen, die zur vorausschauenden oder zustandsbasierten Wartung genutzt werden können.

Grundsätzlich klassifiziert der Algorithmus eine Eingabe dahingehend, ob ein Fehler in einer ansonsten einwandfreien Situation vorliegt. Durch Kombination

—
Der RUL-Wert ermöglicht es dem Betreiber, Reparaturen in geplante Ausfallzeiten zu legen.

mit Wissen über Verschlechterungsmechanismen kann diese Klassifizierung weiter verfeinert werden, um die

Weiterentwicklung des Fehlers zu charakterisieren. Dies führt zur Erstellung einer Ausfallvorhersage bzw. eines Zustandsindex für das betreffende Betriebsmittel. Mithilfe weiterer Daten und/oder eines noch besseren Verständnisses für die Entwicklung von Ausfällen lässt sich nicht nur ein sich anbahnender Ausfall, sondern auch die geschätzte Zeit bis zum Eintreten, d. h. die Restnutzungsdauer (Remaining Useful Life, RUL) des Betriebsmittels, vorhersagen. Dieser am schwierigsten zu ermittelnde Parameter ist gleichzeitig die nützlichste Kennzahl, denn sie ermöglicht es dem Betreiber, Reparaturen so zu planen, dass sie in geplante Ausfallzeiten fallen. Die RUL ist schwierig zu ermitteln, weil dazu nicht nur ein fundiertes Verständnis der Ausfallmechanismen, sondern auch eine Prognose des Nutzungsverlaufs erforderlich ist, was nicht immer möglich ist.

Alle genannten Algorithmen sind rein informativ. Ein intelligentes System kann und sollte diese Informationen jedoch nutzen, um Empfehlungen für Maßnahmen, Wartungspläne und Reparaturanleitungen bereitzustellen.

Die Vision von FLEMING

Die signifikanten Veränderungen, mit denen das Stromnetz konfrontiert wird, stellen die Netzkomponenten vor nie da gewesene Belastungen, die selbst hoch zuverlässige Betriebsmittel wie Schaltanlagen schneller verschleiben lassen. Die Vision von FLEMING ist es, vorhandene zustandsbasierte Überwachungslösungen zu verbessern und für diese neuen Herausforderungen fit zu machen. Während eine automatische Ausfallerkennung bereits vor FLEMING entwickelt wurde, befasst sich das Projekt mit erweiterten Prognosen und RUL-Berechnungen. Das Ziel ist es, hoch zuverlässige Sensortechnologien wie IRT und KI miteinander zu kombinieren, um praktisch nutzbare Vorhersagen zu erhalten, die ungeplante Ausfallzeiten von Betriebsmitteln minimieren. Die hier beschriebene IRT-basierte Lösung für kritische MS-Ausrüstung kann voraussichtlich an andere Arten von Schaltanlagen angepasst werden.

Weitere Ausfallarten und Überwachungslösungen wie Vibrationssensoren sind Gegenstand zukünftiger Artikel. •

Literaturhinweise

[1] H. Niancang (1998): „The infrared thermography diagnostic technique of high-voltage electrical equipment with internal faults“. *Proceedings of the POWERCON '98, 1998 International Conference on Power System Technology*, Peking, China. Volume 1, S. 110–115.

[2] T. Craig (2017): „Condition monitoring in low-voltage circuit-breaker technology“. *Proceedings of the IET International Conference on Resilience of Transmission and Distribution Networks*, RTDN 2017, Birmingham, UK. S. 1–6.

[3] A. S. N. Huda, S. Taib (2013): „Application of infrared thermography for predictive/preventive maintenance of thermal defect in electrical equipment“. *Applied Thermal Engineering* 61, S. 220–227.

[4] M. S. Jadin, S. Taib (2012): „Recent progress in diagnosing the reliability of electrical equipment by using infrared thermography“. *Infrared Physics and Technology*, Volume 55, Issue 4, S. 236–245.

[5] B. Li et al. (2006): „HV Power equipment diagnosis based on infrared imaging analyzing“. *Proceedings of the 2006 International Conference on Power System Technology*. S. 1–4.

[6] Y. Chou, L. Yao (2009): „Automatic diagnostic system of electrical equipment using infrared thermography“. *Proceedings of the 2009 International Conference of Soft Computing and Pattern Recognition*. S. 155–160.

PRODUKTIVITÄT

Neuer Schritt in der Banddickenmessung

Die Messung und Regelung der Banddicke ist einer der wichtigsten Aspekte beim Kaltwalzen von Aluminium. Das ABB-Dickenmesssystem Millmate Thickness Gauge (MTG) erledigt dies präzise, zuverlässig und sicher. Mit dem neuen High-Pass Mode werden Kunden demnächst in der Lage sein, hochfrequente Schwankungen in der Dicke von Aluminium-Dünnsband (0,6 bis 0,1 mm) zu erfassen und für die Vorsteuerung zu nutzen.



01





—
01 Beim spaltfreien Messkopf ist nichts über der Walzlinie, was das durchlaufende Band behindern kann. Er kann unterhalb des Rollgangs installiert werden, um das System beim Einfädeln, Ausfädeln und bei Bandrissen zu schützen.

Aluminium ist leicht, fest, stark reflektierend und recycelbar und somit ein idealer Werkstoff für viele Verbraucher- und Industrieprodukte. Zudem können durch den Einsatz von Aluminium Energiekosten gesenkt und CO₂-Emissionen reduziert werden – wichtige Aspekte auf dem heutigen Markt [1]. Kein Wunder also, dass Aluminiumblech sehr gefragt ist, z. B. als Verpackungsmaterial und zur Herstellung von Blechdosen oder in der Fahrzeugherstellung, wo es insbesondere im Karosserierohbau (z. B. beim Ford F-150) zum Einsatz kommt [1]. Prognosen zufolge ist auf dem nordamerikanischen Markt für Leichtbau-Werkstoffe zwischen 2020 und 2025 ein enormes Wachstum zu erwarten, wobei Aluminium wertmäßig den größten Anteil einnehmen wird [1]. Zur Herstellung eines bestimmten Aluminium-Endprodukts ist jedoch eine genaue Kontrolle der chemischen Zusammensetzung, Kaltverfestigung und thermischen Geschichte des Aluminiums bzw. der Legierung und natürlich seiner Dicke erforderlich.

Hierzu benötigen Aluminium-Kaltwalzwerke Dickenmesssysteme, die nicht nur zuverlässig, sicher, robust, kompakt und präzise sind, sondern auch unter rauen und räumlich beengten Bedingungen arbeiten können. Die Fähigkeit, Dickenabweichungen während des Walzvorgangs zu minimieren, ist von entscheidender Bedeutung. Auch wenn dies zunächst einfach klingt, ist es tatsächlich äußerst schwierig.

—
Für Kaltwalzwerke bedeuten engere Toleranzen eine höhere Effizienz und den Zugang zu weiteren Märkten.

Mit dem Ziel, ihren Kunden bestmögliche Mess- und Analysetechnik bereitzustellen, hat ABB das einzigartige spaltfreie Messsystem MTG Box Gauge →01 mit Impuls-Wirbelstromtechnologie (Pulsed Eddy Current, PEC) →02 entwickelt, das sowohl den spezifischen Widerstand (zwischen 27 und 65 nΩm) als auch die tatsächliche Dicke (0,5 bis 8 mm) von Aluminium- und plattiertem Aluminiumband bestimmen kann [2]. Trotz dieser Errungenschaft arbeitet ABB kontinuierlich

darán, die Grenzen der Dickenmessung zu erweitern. Die neue Hochpass-Option „High-Pass Mode“ bietet Kunden die Möglichkeit, schnelle Schwankungen in der Dicke von Aluminium-Dünnsband (zwischen 0,6 und 0,1 mm) zu bestimmen und die Werte unter bestimmten Voraussetzungen für die Vorsteuerung zu nutzen.

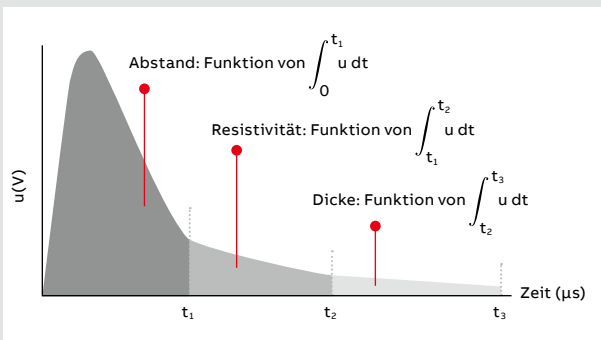
—
Eva Wadman
Jarl Sobel
Anders Eidenvall
Industrial Automation
Measurement & Analytics
Västerås, Schweden

eva.k.wadman@
se.abb.com
jarl.r.sobel@se.abb.com
anders.eidenvall@
se.abb.com



02

DIE PEC-TECHNOLOGIE – GRUNDLAGE FÜR DEN ERFOLG DES MTG-SYSTEMS



Die ABB PEC-Technologie basiert auf einem revolutionären Prinzip und ist entscheidend für den Erfolg des MTG-Systems. Die patentierte Technologie ermöglicht die Bestimmung der Dicke, der Resistivität und des Abstands zwischen dem Sensor und dem zu messenden Material zu verschiedenen Zeitpunkten [2]. Dazu erzeugen elektrische Spulen im Messkopf unterhalb einer Abdeckung ein gepulstes schwaches Magnetfeld. Nach der plötzlichen Unterbrechung des konstanten Erregerstroms zur Spule wird das von den Wirbelströmen im Metallblech erzeugte Magnetfeld anhand der in der Spule induzierten Spannung gemessen. Durch Verfolgung des gesamten Penetrationsverlaufs über die induzierte Spannung können drei Signalwerte zu drei verschiedenen Zeitpunkten ermittelt werden: die Entfernung, die Resistivität und die Dicke. Damit ist der MTG Gauge Sensor in der Lage, die tatsächliche Dicke legierungsunabhängig präzise, zuverlässig, sicher und mit geringer Signaldrift zu bestimmen.

Walzvorgang und Dickenregelung

Beim Walzen wird Metall in einer rauen Umgebung (unter Einwirkung von Staub, Dampf, Emulsionen und anderen Flüssigkeiten) starken Druck- und Zugkräften ausgesetzt, wobei das Material durch Walzen und Strecken in seine endgültige Form und Dicke gebracht wird. Während des Walzens nimmt die Geschwindigkeit zu, um die Veränderung in der Dicke auszugleichen. Hier kommt es darauf an, die richtige Balance zwischen der Dickenreduktion durch die Walzkraft und der Dickenreduktion durch das Pressen des Materials durch den Walzspalt herzustellen. Gelingt dies nicht 100%, kann das Metallband reißen oder sich anheben – mit verheerenden Folgen. Daher müssen Dickenmesssysteme die Dicke innerhalb enger Toleranzen regulieren, während sich das Material mit veränderlicher Geschwindigkeit durch die Anlage bewegt. Gleichzeitig gilt es, eine maximale Produktivität und minimale Kosten durch Ausschuss zu gewährleisten. Für Kaltwalzwerke, in denen Aluminiumblech nach präzisen Vorgaben hergestellt wird und die Produktion rund um die Uhr läuft, bedeuten engere Toleranzen eine höhere Effizienz und den Zugang zu weiteren Märkten. Der Produktionsprozess zur Herstellung von tiefgezogenen Aluminiumdosen verlangt z. B. extrem enge Toleranzen, d. h. die Hersteller benötigen Aluminiumband mit einer Dickenabweichung von wenigen Mikrometern (über die gesamte Länge und Breite) bei einer Banddicke von 200 µm.

Um eine ebenso zuverlässige wie präzise Dickenmessung unter den rauen und anspruchsvollen Bedingungen eines Walzwerks zu ermöglichen, hat ABB das MTG-System mit PEC-Technologie entwickelt →01.

MTG – spaltfreie Messung von Aluminiumband

Aufgrund ihrer vielen Wettbewerbsvorteile gegenüber herkömmlichen strahlungsbasierten Systemen für die

03

— 02 Da die Messung von der Umgebung unabhängig ist, kann das MTG-System nahe am Walzspalt und sogar zwischen den Gerüsten platziert werden. Die elektrische Spule im Messkopf ist durch eine glasfaserverstärkte Epoxidharzplatte gegen Stöße und Erschütterungen durch das Metallband geschützt.

— 03 Die von einem kleinen Magnetfeld erzeugte PEC-Antwort wird nur von der Dicke und dem spezifischen Widerstand (Resistivität) beeinflusst. Dies ermöglicht es dem MTG-System, die tatsächliche Dicke unabhängig von der Umgebung zu messen.

— 04 Schematische Darstellung des Messverfahrens für Dickenschwankungen in Aluminium-Dünnband mit dem High-Pass Mode.

Dickenmessung von Aluminium gewinnt die MTG-Systemfamilie weltweit zunehmend an Akzeptanz [2]:

- **Robustes und kompaktes Design**

Das Sensorgehäuse aus Aluminiumbronze besitzt herausragende chemische und mechanische Eigenschaften, die das Gerät vor den rauen Bedingungen im Walzwerk schützen →01.

- **Spaltfrei**

Das Messgerät ist spaltfrei, d. h. über der Walzlinie ist nichts, was das durchlaufende Band behindern kann →02. Der aus einer Sensorelement-Box bestehende Messkopf des MTG Box Gauge Systems kann unterhalb des Rollgangs installiert werden, um das System beim Einfädeln, Ausfädeln und bei Bandrissen zu schützen.

- **Legierungsunabhängig**

Die PEC-Sensortechnologie ist in der Lage, die tatsächliche Dicke unabhängig von der Materialzusammensetzung und ohne Kompensation für Legierungen zu bestimmen →03.

- **Unabhängig von der Walzwerkumgebung**

Das System ist unempfindlich gegen alles – z. B. Kühlmittel, Dampf oder Schmutz – außer dem Metallband im Messbereich und eignet sich somit ideal für den Einsatz zwischen den Walzgerüsten.

- **Enge Dickentoleranzen**

Schwankungen in der chemischen Zusammensetzung der Legierung beeinflussen die Messungen ebenso wenig wie die raue Walzwerkumgebung (z. B. Schmiermittel). Dank einer Genauigkeit von $\pm 1,5 \mu\text{m} \pm 0,05 \%$ sind Walzwerke in der Lage, die gewünschte Dicke mit den geforderten Toleranzen herzustellen.

- **Sicher für Mensch und Umwelt**

Da das MTG-Messsystem ohne strahlungsbasierte Technologie auskommt, besteht keinerlei Gefahr für die Gesundheit und die Umwelt. Es sind keine Sperrzonen erforderlich, und es muss kein radioaktiver Abfall entsorgt werden.

- **Seltene und schnelle Kalibrierung**

Das Messsystem wird fertig kalibriert mit 12 Kalibrierplatten ausgeliefert. Nach der Inbetriebnahme ist alle sechs Monate eine Kalibrierung erforderlich, die in nur 20 min durchgeführt werden kann. Die Kalibrierplatten stellen sicher, dass das System die absolute Dicke und Dickenabweichungen gemäß rückführbarer Standards misst.

- **Vernachlässigbare Wartungskosten**

Ohne zerbrechliche oder alternde Komponenten, Strahlungsquellen oder Detektoren, Hochspannungstransformatoren oder Feinmechanik ist das MTG-Messgerät nahezu wartungsfrei.

- **Längere Produktionszeit**

Da die Dickenmessungen materialunabhängig sind, gibt es weniger Ausfallzeiten aufgrund von Kalibrierungs- und Wartungsmaßnahmen.

- **Schnelle und attraktive Rendite**

Durch die Reduzierung von Ausfallzeiten und Ausschuss, den geringeren Ersatzteilbedarf, die seltene Kalibrierung und die geringeren Sicherheitsanforderungen im Vergleich zu strahlungsbasierten Techno-

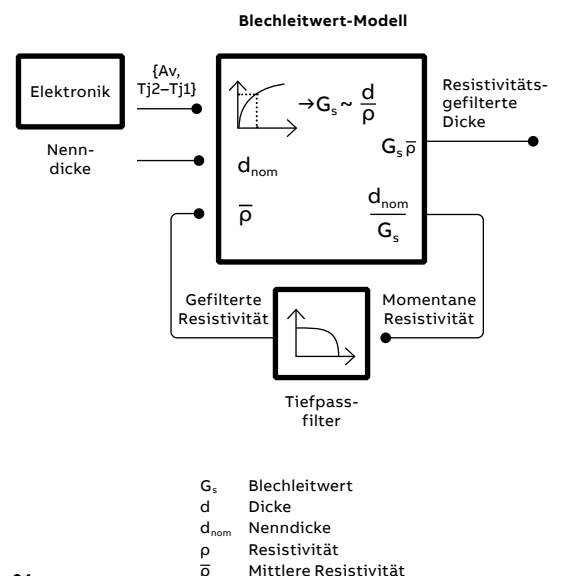
logien stellt das MTG-System eine kostengünstige Alternative zu strahlungsbasierten Lösungen dar, die sich schnell rentiert.

Der nächste Schritt

Seit über 15 Jahren bietet das MTG-System mit PEC-Technologie Metallbandherstellern die Möglichkeit, enge Toleranzen einzuhalten und ihre Röntgen- und Kontaktmesssysteme zu ersetzen, um ihre Wettbewerbsfähigkeit bei der Herstellung von Standard-Aluminiumband zu steigern. Doch was wäre, wenn die Messsignale des MTG-Systems zur Bestimmung der Dicke von sehr dünnem Metallband (mit einer Dicke von bis zu 0,1 mm) genutzt werden könnten? Zurzeit sind strahlungsbasierte Systeme,

Das MTG Box Gauge System mit PEC-Technologie bestimmt den spezifischen Widerstand und die tatsächliche Banddicke.

Röntgen- und Beta-Sensoren in der Lage, in diesem Bereich mit hoher Geschwindigkeit/geringem Rauschen zu messen. Die mechanischen Kontaktmesssysteme und das ABB MTG C-Frame System mit einem relativ kleinen Messspalt können in diesem Bereich zwar ebenfalls präzise messen, aber nur an der Bandkante. Messungen in der Bandmitte sind nicht möglich. Vor allem aber machen die mit strahlungsbasierten Systemen verbundenen Sicherheits- und Umweltkosten sowie die geringe Praktikabilität mechanischer Messgeräte diese Methoden für Hersteller von Aluminiumband unattraktiv.



High-Pass Mode

Stets diese Bedürfnisse der Kunden im Auge, begannen Forscher bei ABB im Jahr 2019 damit, sich mit einer Funktion für das MTG-System zur Messung von Aluminium-Dünnsband zu befassen. Obwohl die absolute Dicke bei Dünnsband nicht direkt gemessen werden kann, entwickelte ABB eine Option, die unter bestimmten Voraussetzungen in der Lage ist, bei Banddicken zwischen 0,1 und 0,6 mm Dickenschwankungen mit hoher Frequenz (schneller als 0,024 Hz) und einem hohen Signal-Rausch-Verhältnis zu bestimmen: den sogenannten High-Pass Mode (Hochpass-Modus) [4]→04. Damit der hochpassgefilterte Wert für die Dicke errechnet werden kann, müssen jedoch bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein:

- Da persistente Dickenänderungen mit einer Dauer von mehr als 10 Sekunden gennult werden, kann diese Funktion nur für die Vorsteuerung (zwischen den Gerüsten oder eingangsseitig) genutzt werden.
- Die relative Schwankung im spezifischen Widerstand (Resistivität) des Materials muss geringer sein als die relative Schwankung der Dicke, da im

High-Pass Mode der elektrische Leitwert, der dem Kehrwert der Resistivität entspricht, die Dicke widerspiegelt →04.

- Für eine präzise Wiedergabe der Dickenschwankungen muss die Nenndicke nahe an der tatsächlichen durchschnittlichen Dicke liegen.
- Da nur schnelle Dickenschwankungen gemessen werden, bleiben langsame Schwankungen unerkannt.

Auf dem Weg zu Dünnsbandmessungen

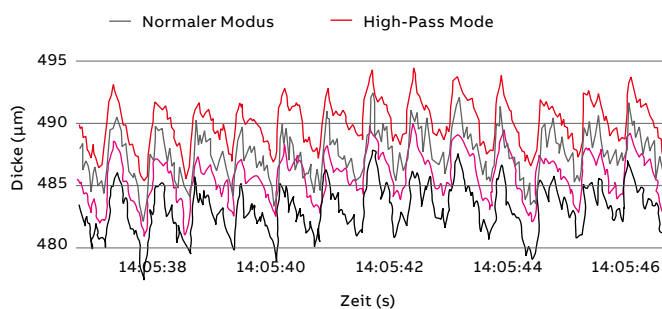
Der innovative High-Pass Mode von ABB soll Kunden eine praktische Möglichkeit zur spaltlosen Messung von Abweichungen in der Dicke von Aluminium-Dünnsband bieten. Die Signale sind unempfindlich gegenüber Einflüssen in der Umgebung, z. B. in Form von Schmiermitteln, Schmutz oder anderen nicht leitenden Materialien. Die solide theoretische Grundlage und rigorose Tests zeigen, dass die Auswirkungen von leichten Schwankungen im Legierungsgehalt auf die gemessene Dicke in der Praxis vernachlässigbar sind.

Im Rahmen eines Tests wurden die mit dem ABB MTG Box Gauge System im normalen Modus gemessenen Dickenschwankungen bei einer Banddicke von 490 µm mit denen im High-Pass Mode verglichen →05. Obwohl das MTG-System die tatsächliche Dicke unabhängig von der Zusammensetzung der Legierung misst, wird dies aufgrund der Physik des Elektromagnetismus mit abnehmender Banddicke immer schwieriger. Da das MTG-System bei diesem Test nahe an der unteren Grenze des Verfahrens arbeitet, die bei etwas unter 0,5 mm liegt, weist die Messung größere Schwankungen auf als vergleichbare Messungen mit dem High-Pass Mode →05a.

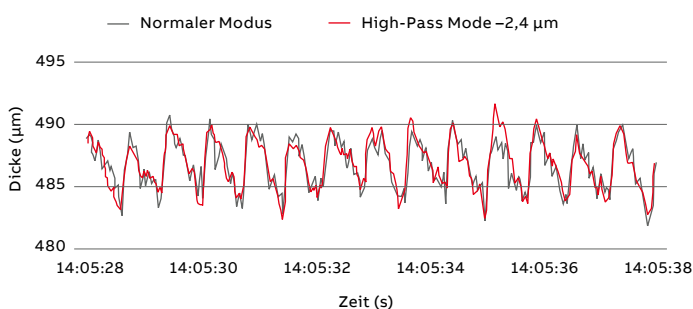
Da der High-Pass Mode nicht die absolute Dicke misst, liegen die Signalschwankungen um die Nenndicke des gemessenen Bands. Dennoch besteht eine enge Übereinstimmung zwischen den gemessenen Dickenschwankungen im High-Pass Mode und im normalen Modus, wenn die mittlere Resistivität mithilfe eines gleitenden Durchschnitts von 10 s gefiltert wird.

Die High-Pass-Option kann hochfrequente Dickenschwankungen bei Banddicken zwischen 0,1 und 0,6 mm bestimmen.

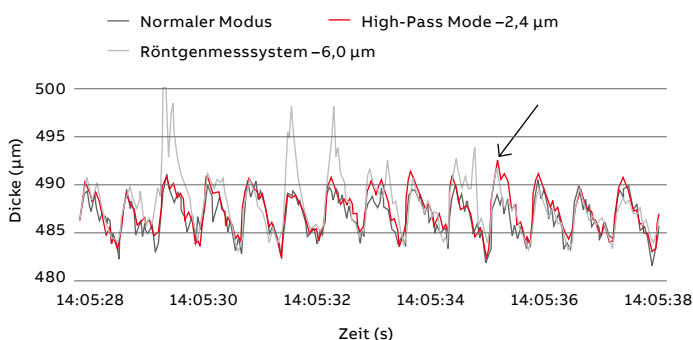
Resistivitätsschwankungen, die schneller sind als 10 s, tragen im High-Pass Mode jedoch zu einer falschen Messung der Dickenschwankung bei. Hier wurde ein Abfall der Resistivität beobachtet, der nur 0,5 s dauerte →05b. Ein solcher Abfall von 0,4 nΩm (0,7 %) verursacht wie theoretisch zu erwarten im High-Pass Mode einen falschen Anstieg der gemessenen Dicke



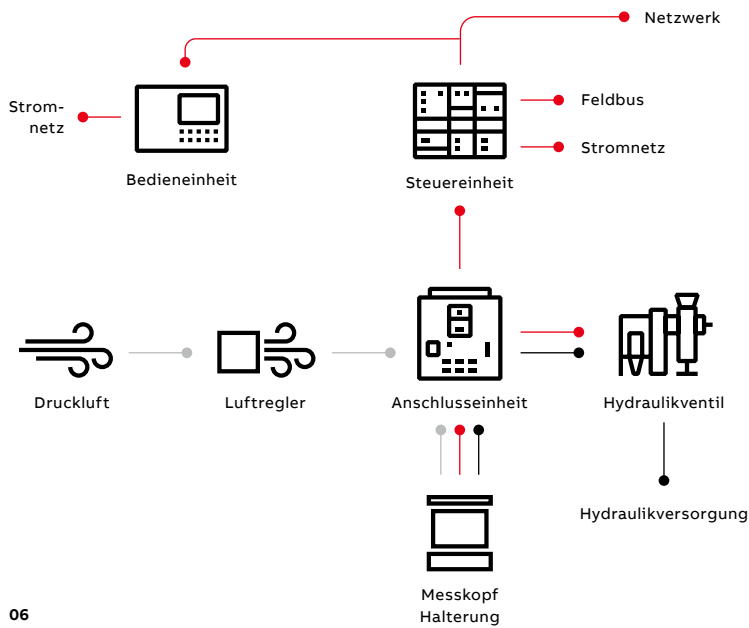
05a



05b



05c



06

— 05 Die Ergebnisse zeigen die Wirksamkeit des High-Pass Mode im Vergleich zu Messungen mit dem MTG Box Gauge System und einem Röntgensystem.

05a Messung der Eingangsdicke eines kaltgewalzten Bands (für 10 s) mit einer Nenndicke von 490 µm (die tatsächliche Dicke ist einige Mikrometer geringer).

05b Der Resistivitätsabfall (0,4 nΩm) führt zu einem falschen Anstieg der gemessenen Dicke im High-Pass Mode um 3,5 µm (0,7 %). Aufgrund des Unterschieds in der absoluten Größe wurde das Signal des High-Pass Mode zum leichteren Vergleich im Verhältnis angepasst.

05c Die im High-Pass Mode gemessene kleine Resistivitätsänderung wirkt sich auch auf ein Röntgenmesssystem aus. Die vom ABB-System gemessene Dicke ist im normalen Modus legierungsunabhängig, im High-Pass Mode aber nicht.

— 06 Das MTG-System ist ein intelligentes Messsystem, das auf eine schnelle Inbetriebnahme, einen optimalen Betrieb und eine einfache Wartung ausgelegt ist.

von 3,5 µm (0,7 %) → 05b. Ein Vergleich der Banddickenmessungen mit dem MTG-System und einem Röntgensystem zeigt, dass sich leichte lokale Veränderungen in der Materialzusammensetzung des Bands auch auf die Röntgenmessungen auswirken → 05c.

Diese vielversprechenden Ergebnisse untermauern nicht nur die theoretischen Erwartungen, sondern zeigen auch, dass die mit dem High-Pass Mode ermittelten Dickenschwankungen mit den vom MTG-System und mit Röntgenmethoden gemessenen Schwankungen vergleichbar sind, wenn die genannten Voraussetzungen erfüllt sind.

Ausgelegt auf Zuverlässigkeit und Genauigkeit

Das MTG-System (bestehend aus Messkopf, Steuer- und Bedieneinheit, Luftregler, Hydraulik und Anschlusseinheit) ist auf optimale Bedienfreundlichkeit, Funktionalität, Zuverlässigkeit, Konnektivität und Integrationsfähigkeit ausgelegt → 06 und kann mit automatischen Dickenregelungssystemen (Automatic Gauge Control, AGC) zur Dickenvorsteuerung, Monitorregelung und Massenflussregelung verbunden werden. Mit verschiedenen Integrationsschnittstellen (z. B. für die Feldbuskommunikation via Profibus-DP und die Netzwerkkommunikation via VIP, OPC DA und Modbus TCP), einer Bedieneinheit (zur Anpassung von Konfigurationen, Dickenwerten und Statusinformationen), einer Bedienoberfläche (zur Darstellung von

Dickenabweichungen als Echtzeitdaten und Trends), einem Diagnoseteil (für Fehlerinformationen usw.) und einem Serviceteil (für Kalibrierungen, manuelle Regelungsfunktionen und servicebasierte Anwendungen) ist das System ebenso flexibel wie bedienerfreundlich und effizient.

Das auf einem vertikal beweglichen Rahmen montierte Messgerät passt sich mithilfe eines hydraulischen Positionierungssystems automatisch an die richtige Messentfernung an. Eine rasche Positionierung sorgt dafür, dass Messungen nahezu unmittelbar nach Anlegen der Bandzugspannung beginnen können, was die dickengeregelte Bandlänge maximiert. Abstandsänderungen aufgrund geringer Veränderungen in der Geschwindigkeit oder im Bandzug werden automatisch korrigiert.

Dank der Integration der Systemkomponenten und der herausragenden Fähigkeiten der einzelnen Geräte und Einheiten sind Metallhersteller in der Lage, rund

— Damit werden Hersteller in der Lage sein, Dickenabweichungen auch bei Dünnband durch Vorsteuerung auszuregeln.

um die Uhr, sicher und mit vernachlässigbaren Wartungskosten Dickenvorgaben mit engen Toleranzen einzuhalten. Das MTG-System mit dem spaltfreien Messsensor und der PEC-Technologie ermöglicht die genaue Messung der tatsächlichen Dicke von Aluminiumband. Die Materialunabhängigkeit, Umwelt- und Sicherheitsvorteile sowie die schnelle Inbetriebnahme tragen zur Steigerung der Produktivität und des Ertrags bei der Herstellung von Standard-Metallband in einem nachhaltigen Prozess bei [2,4].

Dank der neuen High-Pass-Option von ABB werden Metallbandhersteller bald in der Lage sein, Dickenabweichungen auch bei Aluminium-Dünnband durch Vorsteuerung auszuregeln und somit die stetig steigenden Toleranzanforderungen zu erfüllen und neue Märkte zu erschließen. •

Literaturhinweise

[1] Market Watch: „What are the key market trends impacting the growth of the automotive lightweight material market?“, *Market Watch*, 16.07.2020. Verfügbar unter: <https://www.marketwatch.com/press-release/what-are-the-key-market-trends-impacting-the-growth-of-the-automotive-lightweight-material-market-2020-07-16> (abgerufen am 18.07.2020).

[2] L. Thegel, E. Wadman: „Dickenmessung für Nichteisenmetalle“, *ABB Review* 1/2017, S. 40–45.

[3] ABB: „Measure IT Pulsed Eddy Current technology: Operating Principle“, *Automation Technologies*, 2004-05, S. 1–6.

[4] ABB AB Industrial Automation (2020): „Millmate thickness gauging systems“, Verfügbar unter: www.abb.com/thicknessgauging.

PRODUKTIVITÄT

Der Weg zum automatisierten Engineering

Automatisierungsingenieure müssen noch immer einen Großteil der Steuerlogik und Prozessgrafiken von Hand erstellen. Das Ziel der DEXPI-Initiative (Data Exchange in the Process Industry) ist es, solche Aufgaben durch standardisierte Modelle der Anlagentopologie zu automatisieren. Forscher von ABB zeigen, wie diese Modelle dabei helfen können, Kosten zu sparen und die Qualität zu verbessern.

01



—
01 Die automatisierte Erstellung von Steuerlogik und Prozessgrafiken kann Zeit und Kosten sparen und die Qualität verbessern.

Die Erstellung von Steuerlogik und Prozessgrafiken für Leitsysteme wie ABB Extended Automation System 800xA, ABB Ability™ Symphony Plus oder ABB Freelance erfordert nach wie vor eine Menge Handarbeit. Auch wenn Engineering-Bibliotheken eine Wiederverwendung vereinfachen und Tools für das Massen-Engineering die Handhabung von E/A-Listen automatisieren, müssen Automatisierungsingenieure weiterhin viele Kundenspezifikationen von Hand „einpfeifen“. Die von BASF, Equinor und Bayer unterstützte DEXPI-Initiative arbeitet zurzeit an standardisierten Anlagentopologiemodellen zur Automatisierung weiterer Engineering-Aufgaben [1]. Ein von ABB durchgeführtes Forschungsprojekt zeigt, wie diese Modelle dabei helfen können, Kosten zu sparen und die Qualität zu erhöhen. Die Ergebnisse basieren auf der Analyse von vier Anlagenspezifikationen aus kürzlich durchgeführten System 800xA-Projekten.

Anlagen-Engineering heute

Heutige Prozessingenieure nutzen Rohrleitungs- und Instrumentierungsfließbilder (R&I-Diagramme) als Blaupausen für die Automatisierung eines Produktionsprozesses →01. Diese Zeichnungen beschreiben die erforderliche Ausrüstung – z. B. Tanks, Pumpen, Motoren und Ventile – und Instrumentierung, z. B. Sensoren für Temperatur, Durchfluss, Füllstand und Druck. Obwohl es Benennungskonventionen und Normen für die Symbole (Shapes) der Komponenten in R&I-Diagrammen gibt, bieten verschiedene CAD-Tools Prozessingenieuren viel Freiheit. So können benutzerspezifische Shapes erstellt, Freitext-Anmerkungen hinzugefügt und ungewollt nicht verbundene Rohrleitungen gezeichnet werden, was eine algorithmische Analyse erschwert und eine automatisierte Verarbeitung der codierten Informationen verhindert.

Daher werden R&I-Diagramme häufig als PDF-Dateien (oder sogar als Ausdrucke) ausgetauscht, von denen dann die Automatisierungsingenieure die Steuerlogik und Prozessgrafiken manuell ableiten. Erfahrene Ingenieure sind zwar in der Lage, einige semantische Unklarheiten (z. B. Shapes, die nicht vollständig den Normen entsprechen) auszugleichen, doch finden sich in den Bildern häufig auch Inkonsistenzen und Unvollständigkeiten in Bezug auf andere Spezifikationsdokumente, was zeitaufwändige Rückfragen bei den Prozessingenieuren erforderlich macht.

Einige CAD-Tools unterstützen bereits intelligente R&I-Diagramme, sogenannte Smart P&IDs, die aller-

dings in der Industrie noch nicht weit verbreitet sind. Smart P&IDs sind mit einer Datenbank verknüpft, die die codierten Informationen (z. B. Instrumentierungslisten) und Metadaten der gezeichneten Komponenten (z. B. Rohrdurchmesser, Alarmlisten usw.) in strukturierten Tabellen enthält. Algorithmen können solche strukturierten Informationen viel leichter verarbeiten als Zeichnungen mit generischen Rechtecken, Linien und Kreisen. Zurzeit werden Smart P&IDs für gewöhnlich in toolspezifischen Formaten gespeichert, was die Konstruktion einer Software-Werkzeugkette kompliziert.

Topologie-Engineering

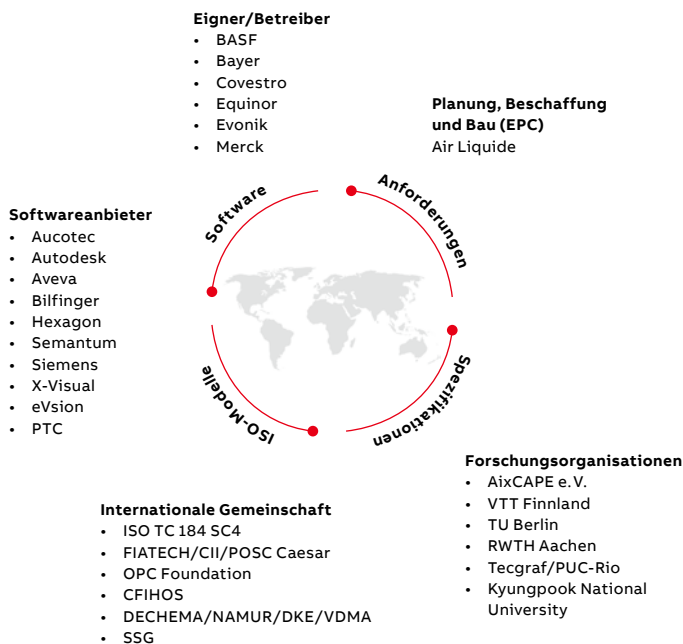
Seit 2011 arbeitet die DEXPI-Initiative an einem einheitlichen Spezifikationsstandard für R&I-Diagramme basierend auf objektorientierten Konzepten in einem XML-Dateiformat – also eine Art standardisierte Version von Smart P&IDs. Die Spezifikation beschreibt sowohl Zeichnungsinformationen (z. B. grafische Koordinaten und Zeichenanweisungen) als auch abstrakte Modelle von Betriebsmitteln, Instrumenten und deren Abhängigkeiten. Letztere werden auch als „Topologiemodelle“ bezeichnet, da sie die Anlagentopologie – analog zur Topologie von elektronischen Schaltungen oder Computernetzwerken – als eine Art Netzwerk abbilden [2].

—
Einige CAD-Tools unterstützen bereits Smart P&IDs, die aber noch nicht weit verbreitet sind.

Zu den Mitgliedern der Initiative gehören große Automatisierungskunden wie BASF, Bayer, Covestro, Equinor, Evonik und Merck. Alle großen Anbieter von CAD-Tools wie Autodesk, Aveva, Hexagon und Siemens sind ebenfalls beteiligt →02. Die Spezifikation wurde im Laufe der Jahre immer weiterentwickelt (im Jahr 2020 wurde die Version 1.2 veröffentlicht), und Anbieter von CAD-Tools nehmen regelmäßig an Hackathons (intensive Softwareentwicklungsveranstaltungen) der DEXPI-Arbeitsgruppe teil, um DEXPI XML-Import- und -Exportprogramme für neue Produktreleases zu testen.

—
Heiko Koziolk
Andreas Burger
Hadil Abukwaik
Julius Rückert
Marie Platenius-Mohr
ABB-Forschungszentrum
Ladenburg, Deutschland

heiko.koziolk@
de.abb.com
andreas.burger@
de.abb.com
hadil.abukwaik@
de.abb.com
julius.rueckert@
de.abb.com
marie.platenius-mohr@
de.abb.com



02

Topologiemodelle stehen im Mittelpunkt des „Topologie-Engineerings“, das in den letzten Jahren von der Wissenschaft mit dem Ziel entwickelt wurde, topologische Informationen zur Durchführung von Engineering-Aufgaben zu nutzen. Standardisierte Modelle im DEXPI XML-Dateiformat ermöglichen die Automatisierung von Aufgaben, die derzeit noch manuell erfolgen:

- Erstellung der Steuerlogik: Bis zu einem gewissen Umfang lassen sich die Verriegelungslogik und zustandsbasierte Regelung von Anlagentopologiemodellen ableiten [3].
- Erstellung von Prozessgrafiken: Das von einem R&I-Diagramm abgeleitete und in ein Topologiemodell codierte grafische Layout kann als Vorlage für die Erstellung von Mensch-Maschine-Schnittstellen für Anlagenfahrer dienen.
- Erstellung von Simulationen: Topologiemodelle können auf Objekttypen in Simulations-Frameworks (z. B. Modelica) übertragen werden, um einfache Anlagensimulatoren für Werksabnahmeprüfungen und die Schulung von Bedienpersonal zu erstellen.
- Ursachenanalyse: Anlagentopologiemodelle können vom Bedienpersonal genutzt werden, um die Ursachen von Anomalien zu untersuchen [2].
- Alarmmanagement: Kommt es in einer Industrieanlage zu einer Vielzahl kausal verbundener Alarmmeldungen, kann dies das menschliche Bedienpersonal überfordern. Anlagentopologiemodelle können dabei helfen, solche Alarmfluten zu begrenzen.

CAYENNE Topology Editor

Im Rahmen eines kürzlich durchgeführten Forschungsprojekts hat ABB den Prototyp eines Softwaretools namens „CAYENNE Topology Editor“ implementiert,

um die Möglichkeit der Automatisierung von Engineering-Aufgaben mithilfe von Anlagentopologiemodellen zu demonstrieren. Das Tool unterstützt die Erstellung von Anlagentopologiemodellen aus DEXPI XML-Dateien, Microsoft Visio R&I-Diagrammen und proprietären SmartPlant P&ID-Exporten → 03. In Modernisierungsprojekten (sogenannten Brown-field-Projekten) können Topologiemodelle auch aus bestehenden 800xA-Prozessgrafiken abgeleitet werden, die rudimentäre topologische Informationen enthalten. Die importierten Topologiemodelle können vom Benutzer visuell geprüft und bearbeitet werden.

Das CAYENNE-Tool bietet einen Steuerlogik-Generator, der Verriegelungslogik aus den Topologiemodellen synthetisieren kann. Eine Regel-Engine unterstützt den Generator bei der Erstellung der Steuerlogik, indem sie vordefinierte, domänenspezifische Regeln auf die Topologiemodelle anwendet. Zum Beispiel: Wenn ein Füllstandanzeiger an einem Tank einen Alarm für einen niedrigen Füllstand auslöst, wird eine Pumpe an einem Abfluss des Tanks abgeschaltet. Die Regel-Engine durchsucht das Topologiemodell

Der CAYENNE Steuerlogik-Generator kann Verriegelungslogik aus Topologiemodellen synthetisieren.

nach dem in der Regel codierten Muster. Wird eine passende Übereinstimmung gefunden, werden die entsprechenden eindeutigen Bezeichner entnommen und die erforderliche Steuerlogik generiert, wobei das Alarmzustandssignal für die Ursache bedingungs-mäßig mit dem Steuersignal für die Wirkung verknüpft wird. Das Tool unterstützt die Erstellung von Control-Module-Diagrammen und Funktionsplänen für System 800xA Control Builder M. Außerdem können strukturierter Text gemäß IEC 61131-11 und Ursache-Wirkungs-Matrizes generiert werden.

CAYENNE Prozessgrafik-Generator

Das CAYENNE-Tool enthält außerdem einen Prozessgrafik-Generator, der das aus einem R&I-Diagramm importierte Layout auf die in einer ABB System 800xA Engineering-Bibliothek enthaltenen Shapes überträgt. Dies ermöglicht die teilweise Erstellung von System 800xA-Prozessgrafiken, die anschließend manuell von einem Automatisierungsingenieur fertiggestellt werden können. Das Tool unterstützt die Generierung von Geräten, Instrumenten und Rohrleitungen. Die Positionen und Größen der Shapes bleiben erhalten, was eine Übersetzung zwischen dem grafischen Koordinatensystem des Topologiemodells und der Prozessgrafik erfordert. Dieses Mapping kann für verschiedene

— 02 Ziel der DEXPI-Initiative: ein einheitliches P&ID XML-Dateiformat für CAD-Tools.

— 03 Topologie-Engineering: vom R&I-Diagramm über das Topologiemodell zur Steuerlogik und Prozessgrafik.

System 800xA Engineering-Bibliotheken individuell angepasst werden, sodass die jeweiligen Shapes in der Prozessgrafik angezeigt werden können. Dieser Vorgang wurde für die System 800xA-Standardbibliothek und die normalerweise für Öl- und Gasanlagen verwendete „Reuse“-Bibliothek demonstriert.

Integration in AUCOTEC Engineering Base

Der CAYENNE Topology Editor wurde als Prototyp in das Tool Engineering Base von AUCOTEC integriert, das von ABB für Greenfield-Projekte verwendet wird. Zurzeit ist AUCOTEC dabei, einen DEXPI XML-Importer für Engineering Base zu implementieren, der es er-

Prozessgrafiken aus Engineering Base zu generieren, sondern auch die Verriegelungslogik zu erstellen, die die vom Tool generierten Funktionsbausteine verbindet.

Fallstudien

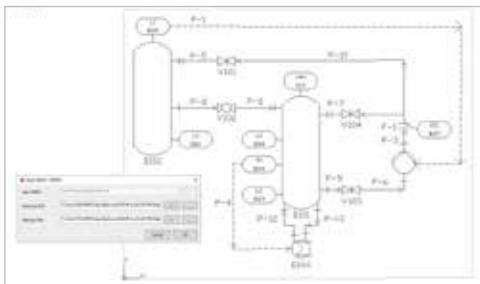
Zur Evaluierung des Topologie-Engineerings und um zu prüfen, ob der CAYENNE Topology Editor das Engineering beschleunigen würde, hat ABB vier retrospektive Studien an Spezifikationen von Automatisierungsprojekten durchgeführt, deren dazugehörige Anlagen bereits errichtet und automatisiert wurden [4]:

- eine mittelgroße Produktionsanlage für Düngemittel in Südamerika mit rund 1.000 E/As →04. Der evaluierte Anlagenabschnitt umfasste 18 Kessel, acht Pumpen und einen Reaktor.
- eine Kraftstoff-Produktionsanlage (4.000 E/As) in Südamerika
- ein Ölabscheideprozess (400 E/As) im Nahen Osten mit Abscheidebehältern, Instrumentierung und einer komplexen Rohrleitungsstruktur
- ein Upstream-Ölförderungsprozess (7.000 E/As) in Südamerika →05. Da in diesem Prozess eine Vielzahl paralleler, gleicher Rohrleitungen und Instrumentierung zum Einsatz kommt, wurde nur eine Auswahl analysiert.

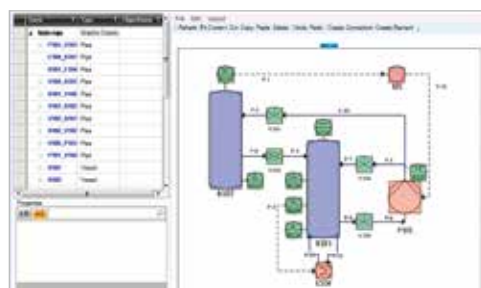
ABB hat vier retrospektive Studien an Spezifikationen von Automatisierungsprojekten durchgeführt.

möglichen wird, das ABB Plant Data Processing (PDP) Tool mit einem Topologiemodell zu kombinieren. Der CAYENNE Topology Editor ist nicht nur in der Lage,

AutoCAD Plant 3D

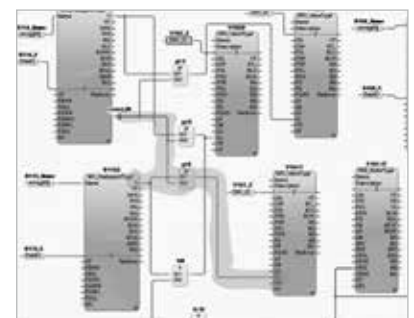


DEXPI

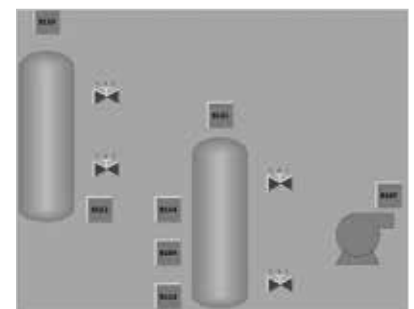


Topologiemodell

800xA Control Builder



Verriegelungscode



800xA PG2-Graphik

Generieren



04

Für jede der genannten Anlagen analysierte ein Forschungsteam die Planungs-, Beschaffungs- und Bauspezifikationen (EPC) und wählte einen repräsentativen Anlagenabschnitt aus, der jeweils 10 bis 20 R&I-Diagramme umfasste. Anschließend wurden Topologiemodelle für den CAYENNE Topology Editor erstellt. Da die R&I-Diagramme nur

Bei der Erstellung von Prozessgrafiken fallen die geschätzten Kosteneinsparungen mit etwa 50 % sogar noch höher aus.

als PDF-Dateien zur Verfügung standen, mussten diese zunächst in Formaten neu gezeichnet werden, die von den CAYENNE-Tools unterstützt werden. So erstellte das Forschungsteam z. B. R&I-Diagramme in Microsoft Visio auf Basis der PDFs, was in jedem der Fälle etwa einen Tag in Anspruch nahm. Sobald EPC-Unternehmen ihre R&I-Dateien im DEXPI XML-Format exportieren, kann dieser Schritt entfallen. Durch Import der erstellten Dateien in den CAYENNE Topology Editor wurde das entsprechende Topologiemodell erstellt.

Anschließend analysierte das Forschungsteam pro Fall rund 50 bis 100 in Ursache-Wirkungs-Matrizes

definierte Verriegelungen. Dabei wurde für jedes Ursache-Wirkungs-Paar der dazugehörige Prozesstopologiepfad im R&I-Diagramm überprüft. Durch Vergleich mit den Pfaden anderer Ursache-Wirkungs-Paare konnten generische Verriegelungskonzepte identifiziert und als Regeln codiert werden. Ein häufig gefundenes Muster war z. B., dass bei einem von einem Drucksensor ausgelösten Alarm für einen zu hohen Wert ein vorgelagertes Ventil geschlossen werden muss. Für viele Verriegelungen musste die generische Regel nur einmal definiert werden und konnte später mehrfach verwendet werden. Wären diese Regeln vor dem Projekt verfügbar gewesen, hätten die Ursache-Wirkungs-Matrizen größtenteils mithilfe des CAYENNE Topology Editors erstellt werden können.

Insgesamt konnten 91 % der Verriegelungen in den Fallstudien durch Regeln generiert werden. Die Studien ergaben insgesamt 92 Verriegelungsregeln, von denen 73 % als „generisch“ eingestuft wurden, d. h. sie wären wahrscheinlich auch in anderen Anlagen anwendbar. Die übrigen 27 % der Regeln enthielten anlagenspezifische Muster, die nur für sehr ähnliche Anlagen gelten würden. Hier ist der erforderliche Aufwand nur gerechtfertigt, wenn diese innerhalb der Anlage etliche Male vorkommen.

Einige der Regeln (7 %) waren über alle vier Fallstudien hinweg anwendbar. Der Grund für diesen geringen Prozentsatz liegt in der Heterogenität der Anlagen. Während bei der Düngemittelproduktion hauptsächlich Füllstandmessungen eine Rolle spielen, geht es bei



05

—
04 Die Spezifikationen dieser Düngemittel-Produktionsanlage wurden verwendet, um das automatisierte Engineering mithilfe von Topologiemodellen zu testen.

—
05 Öl- und Gasförderung: Im Upstream-Bereich können viele Verriegelungen auf der Basis von Topologiemodellen für Anlagen wie diese erstellt werden.

der Ölförderung hauptsächlich um Druckmessungen in Rohrleitungen. Zieht man ähnliche Anwendungsfälle (z. B. fünf Düngemittelanlagen) heran, würde dies die fallübergreifende Wiederverwendbarkeit von Verriegelungsregeln erheblich erhöhen.

Die geschätzten Kosteneinsparungen durch die Generierung von Verriegelungen und die Beseitigung von manueller Codier- und Testarbeit liegen bei etwa 15 % des Gesamtaufwands für das Engineering der Steuerlogik. Zudem werden menschliche Fehlerquellen reduziert. Bei der Erstellung von Prozessgrafiken fallen die geschätzten Kosteneinsparungen basierend auf den beschriebenen Fallstudien mit etwa 50 % sogar noch höher aus.

Ein bedeutender Schritt zur Automatisierung des Engineerings

Topologiemodelle sind Schlüsselemente für die Automatisierung von Engineering-Aufgaben für Systeme wie ABB System 800xA, ABB Symphony Plus Operations und ABB Freelance. Alle großen Anbieter von CAD-Tools arbeiten an der Unterstützung für den kürzlich entwickelten DEXPI XML-Standard für R&I-Diagramme. Topologiemodelle, die aus diesen Diagrammen extrahiert werden, ermöglichen eine teilweise automatisierte Erstellung von Steuerlogik und Prozessgrafiken und wurden in der Vergangenheit bereits zur Erstellung von Anlagensimulatoren für die Schulung von Bedienpersonal verwendet. Um das Potenzial von Topologiemodellen optimal auszuschöpfen, müssen weitere Fallstudien zur

Topologiemodelle sind Schlüsselemente für die Automatisierung von Engineering-Aufgaben.

Verbesserung der Tools und Konzepte durchgeführt werden. Dabei gilt es, die erforderlichen Software-Tools hinsichtlich ihrer Benutzerfreundlichkeit zu optimieren und in andere Engineering-Tools zu integrieren. Dieser Schritt wird die Automationsindustrie auf ihrem Weg zu einem vollständig automatisierten Engineering ein bedeutendes Stück voranbringen. •

Literaturhinweise

[1] <https://dexpi.org/>

[2] E. Arroyo et al.: „Von Papier zu digital“ *ABB Review* 1/2016, S. 65–69.

[3] Schlegel M. et al.: „A combined analysis of plant connectivity and alarm logs to reduce the number of alerts in an automation system“ *Journal of Process Control*, 23(6), S. 839–851.

[4] Drath R. et al.: „Computer-aided design and implementation of interlock control code“ *2006 IEEE Conference on Computer Aided Control System Design, 2006 IEEE International Conference on Control Applications, 2006 IEEE International Symposium on Intelligent Control*, S. 2.653–2.658.



PRODUKTIVITÄT

MP³C: neue Regelung für maximalen Wirkungsgrad und Dynamik

Die neue modellprädiktive Pulsmusterregelung (Model Predictive Pulse Pattern Control, MP³C) von ABB maximiert den Wirkungsgrad und die Motorfreundlichkeit und bietet die gleiche erstklassige Dynamik und Robustheit wie die bewährte direkte Drehmomentregelung (DTC) von ABB. Neben der Schiffs-, Metall- und Prozessindustrie können auch Prüfstände und der Bergbau von der innovativen Technologie profitieren.

— 01 Der ABB Azipod®-Schiffsantrieb benötigt präzise geregelte Antriebe mit variabler Drehzahl, um einen geringeren Kraftstoffbedarf, eine erstklassige Manövrierfähigkeit und schnelle Leistungsanpassungen zu ermöglichen.

— 02 Der ACS6080 mit MP³C wurde 2019 eingeführt.

Tobias Geyer
ABB Medium Voltage Drives
Turgi, Schweiz

tobias.geyer@ch.abb.com

Wim van der Merwe
ABB Medium Voltage Drives
Lodz, Polen

wim.van-der-merwe@pl.abb.com

Vedrana Spudic
ABB Process Industries
Baden-Dättwil, Schweiz

vedrana.spudic@ch.abb.com

Jess Galang
Ester Guidi
Gerald Scheuer
ABB Medium Voltage Drives
Turgi, Schweiz

jess.galang@ch.abb.com
ester.guidi@ch.abb.com
gerald-a.scheuer@ch.abb.com

Um auch unter rauen Bedingungen effizient auf den Weltmeeren unterwegs sein zu können, sind heutige Schiffe auf fortschrittliche Technologie und eine erstklassige Leistungsfähigkeit angewiesen → 01. Kraftstoffeffizienz spielt eine entscheidende Rolle, wenn es darum geht, die Frachtkosten zu senken und den CO₂-Ausstoß zu reduzieren [1]. Die Schiffsantriebe der ABB Azipod®-Familie senken nicht nur den Kraftstoffverbrauch, sondern ermöglichen auch eine hervorragende Manövrierfähigkeit und schnelle Leistungsanpassung (z. B. für Eisbrecher) und helfen so der Schifffahrt dabei, ihre Nachhaltigkeitsziele zu erreichen und Kosten zu senken [2]. Aber wie macht

der elektrische Azipod®-Antrieb dies auch in den eisigen Regionen der Weltmeere möglich? Das getriebelose, steuerbare Antriebssystem nutzt einen Elektromotor, der in einer Gondel unter dem Schiffsrumpf angebracht ist. Diese ist um 360° drehbar, sodass die Schubkraft in jede beliebige Richtung gelenkt werden kann. Dazu sind drehzahlvariable Antriebe (Variable Speed Drives, VSDs) erforderlich, die präzise geregelt werden müssen. Außerdem sind Motorfreundlichkeit (zur Minimierung der Motortemperatur, Geräusche und Vibrationen), eine hervorragende Dynamik (z. B. bei Netzereignissen) und – aufgrund der hohen Leistung – niedrige Schaltfrequenzen gefordert.





03

Hier kommt die bahnbrechende MP³C-Technologie (Model Predictive Pulse Pattern Control) von ABB ins Spiel, die eine maximale Betriebseffizienz und hervorragende Dynamik für solche elektrischen Antriebe ermöglicht →02.

Antriebsleistung und Wirkungsgrad

Bei Systemen wie dem ABB Azipod®-Antrieb wird die Antriebsleistung von einem leistungselektronischen Umrichter reguliert, der die Drehzahl durch Veränderung der Motorfrequenz und -spannung regelt. Kommt es zu einer Netzstörung – was leicht vorkommen kann – muss das Regelungssystem die Spannung des Gleichspannungs-Zwischenkreises entsprechend aufrechterhalten, um ein sicheres Funktionieren des Antriebssystems zu gewährleisten. Zur Erhöhung des

—
Das elektrische Azipod®-Antriebssystem nutzt drehzahlvariable Antriebe, die präzise geregelt werden müssen.

Wirkungsgrads muss die Zahl der Schaltvorgänge pro Grundschwingung möglichst gering gehalten werden. Darüber hinaus wird die in den Kondensatoren des Zwischenkreises gespeicherte Energie typischerweise auf ein Minimum reduziert, um die Sicherheit bei Mittelspannungs-(MS-)Fehlern zu erhöhen.

Schaltvorgänge führen zu Strom- und Drehmomentwelligkeiten, die wiederum mechanische Vibrationen verursachen. Diese sind bei niedrigen Schaltfrequenzen meist besonders ausgeprägt. Hinzu kommt, dass Eisbrecher, die in Polargebieten operieren, strenge Auflagen hinsichtlich Unterwassergeräuschen erfüllen müssen, um die Störung der Meeresfauna zu minimieren. Traditionelle Regelungsmethoden für Umrichter benötigen hohe Schaltfrequenzen, um diese Geräuschanforderungen zu erfüllen, was wiederum mit hohen Umrichterverlusten verbunden ist. Diese bedeutenden Randbedingungen lassen sich mit traditionellen Regelungsmethoden nur schwer erfüllen. Die Anwendung von MP³C auf VSDs macht dies nun möglich.

Erstklassige Dynamik mit ACS6080 und MP³C

Energieeffizienz, Sicherheit und eine schnelle, präzise und robuste Regelung sind auch in der Prozessindustrie von entscheidender Bedeutung. In der Bergbau- und Metallindustrie sind sowohl Kalt- als auch Warmwalzwerke zur Herstellung hochwertiger Produkte auf die Regelung von Drehzahl und Drehmoment der Walzen angewiesen. Da das Material abrupt ein- und austritt, machen schnelle Lastwechsel zwischen Leerlauf und Vollast die Drehmomentregelung schwierig →03.

Hinzu kommen Oberschwingungen, die zu Oberschwingungsverlusten führen und eine zusätzliche Kühlung und Überdimensionierung der Maschinen erfordern. Den richtigen Antrieb mit der richtigen Regelung für kritische Anwendungen zu finden und

— 03 Der ACS6080 mit MP³C reduziert Oberschwingungsverluste und trägt somit zur Verbesserung des Wirkungsgrads und der Nachhaltigkeit in Kalt- und Warmwalzwerken bei.

— 04 MP³C kombiniert die erstklassige Dynamik der DTC mit dem hervorragenden Oberschwingungsverhalten von OPPs im stationären Betrieb.

Oberschwingungsverluste zu reduzieren, ist eines der Hauptziele von ABB. Eine Reduzierung der Verluste führt zu einem höheren Wirkungsgrad und somit zu einer besseren Nachhaltigkeit.

Hier kommt der ABB-Frequenzumrichter ACS6080 mit der bahnbrechenden MP³C-Technologie zur Regelung der Halbleiterelemente ins Spiel. Die über die letzten zehn Jahre entwickelte Regelungsmethode ermöglicht eine Maximierung der Dynamik und des Wirkungsgrads bei minimalem Oberschwingungsgehalt für einen optimalen Motorbetrieb in allen Situationen.

Regelungsmethoden im Überblick

Viele Jahrzehnte lang war es nur mit Schwierigkeiten und Kompromissen möglich, einen überschwingungsarmen Betrieb (insbesondere die Fähigkeit zur Minimierung der Verzerrungen je Schaltfrequenz) mit einer erstklassigen Dynamik zu kombinieren.

Die in den 1980er Jahren entwickelte direkte Drehmomentregelung (Direct Torque Control, DTC) und die feldorientierte Regelung (Field-Oriented Control, FOC) verdeutlichen dieses Dilemma →04. Da die DTC eine hohe Abtastfrequenz (von ca. 40 kHz) und Hysterese-regler mit einer Schalttafel nutzt, um das elektromagnetische Drehmoment und die Magnetisierung der elektrischen Maschine zu regeln, ist die Drehmomentreaktion schnell und präzise. Das Ergebnis ist eine erstklassige Dynamik des Antriebs und ein gegenüber Spannungsschwankungen im Zwischenkreis und anderen Störungen robustes System.

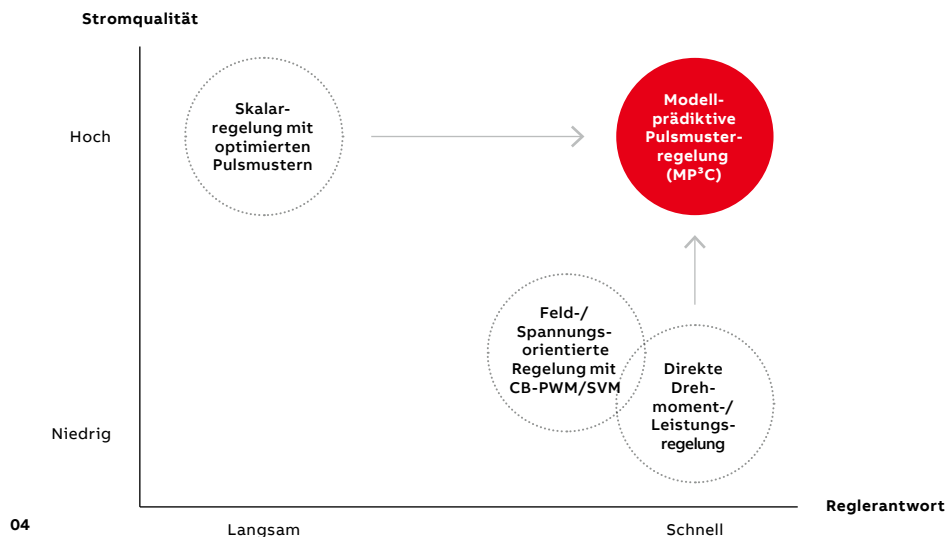
Alternativ dazu nutzt die FOC ein rotierendes rechtwinkliges Koordinatensystem und Linearregler, die Spannungssollwerte an einen mit trägerbasierter Pulsweitenmodulation (CB-PWM) oder Raumzeigermodulation (SVM) arbeitenden Pulsweitenmodulator (PWM) liefern. Da MS-Umrichter mit niedrigen

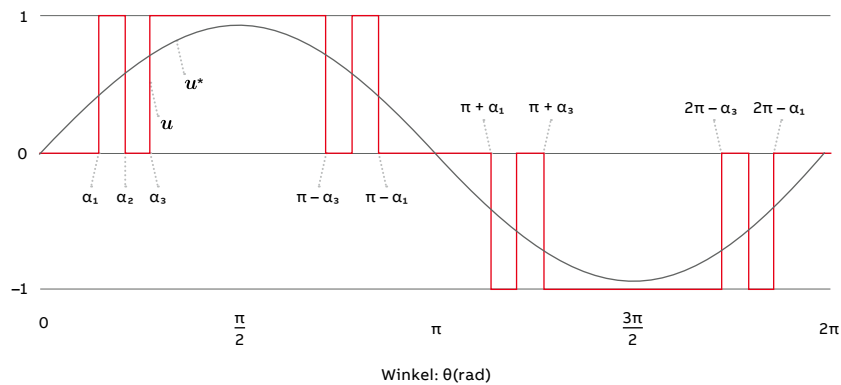
Schaltfrequenzen (wenige hundert Hertz) arbeiten, liegt die Pulszahl (das Verhältnis von Schaltfrequenz zu Grundfrequenz) typischerweise unter 10, was zu ausgeprägten Oberschwingungen führt. Hinzu kommt, dass die Abtastfrequenz des feldorientierten Linearreglers dem Vierfachen der Schaltfrequenz entspricht (hier rund 1 kHz). Dies begrenzt die

Der Wunsch nach Energieeinsparungen ohne Abstriche in puncto Dynamik hat zur Entwicklung der MP³C geführt.

Bandbreite des Reglers, verlangsamt ihn und führt zu einer schlechten Dynamik und Kompensation von Störungen →04.

Diese Nachteile lassen sich mithilfe von optimierten Pulsmustern (Optimized Pulse Patterns, OPPs) beseitigen, die die Stromüberschwingungen für eine bestimmte Schaltfrequenz minimieren und sich damit für MS-Umrichtersysteme anbieten →05. Allerdings lässt sich eine Regelung mit großer Bandbreite mithilfe von Linearreglern und OPPs nur schwer realisieren, da starke Stromwelligkeiten den Regler negativ beeinflussen. Zwar ist dies mithilfe eines langsamen Regelkreises – z. B. Spannung/Frequenz-Regelung (U/f) für OPPs – theoretisch möglich, aber für die meisten MS-Antriebsanwendungen unpraktisch. Bei Veränderungen des Drehmomentsollwerts oder Übergängen zwischen Pulsmustern reagiert der Regler nicht schnell genug, was zu übermäßigen transienten Strömen und einer schlechten Dynamik führt.





05

Die kleine Energie, die bei MS-Systemen im Zwischenkreis gespeichert wird (typische Speicherdauer < 5 ms), erfordert bei Netzereignissen eine schnelle Drehmomentumkehr, um Über- oder Unterspannungen im Zwischenkreis zu verhindern. Aus diesem Grund werden traditionell DTC- oder FOC-Methoden anstelle von OPP-basierten Verfahren genutzt.

Dank ihrer 45-jährigen Erfahrung in der Entwicklung von drehzahlvariablen Antrieben einschließlich der DTC (eine Innovation von ABB) ist es ABB gelungen, die Leistungsfähigkeit von Elektromotoren immer weiter zu verbessern und drastische Energieeinsparungen durch Anpassung von Motordrehzahl und -drehmoment an die tatsächlichen Anforderungen der angetriebenen Last zu erzielen. Der Wunsch, einen größtmöglichen Wirkungsgrad und Energieeinsparungen ohne Abstriche in puncto Dynamik zu ermöglichen, hat zur Entwicklung der MP³C als ultimatives Regelungssystem für anspruchsvolle Anwendungen geführt.

Perfektes Zusammenspiel

Mit MP³C ist es ABB gelungen, eine erstklassige Dynamik mit dem hervorragenden Oberschwingungsverhalten von OPPs im stationären Betrieb zu vereinen → 04.

Hierzu nutzt ABB das bekannte Verfahren der modellprädiktiven Regelung (Model Predictive Control, MPC), bei dem ein mathematisches Modell des zu regelnden Antriebssystems genutzt wird, um das zukünftige Verhalten des Systems innerhalb eines bestimmten Zeithorizonts vorherzusagen und durch Lösung eines mathematischen Optimierungsproblems die optimale Stellgröße für die Regelung zu wählen. Ist dies geschehen, erhält das System neue Messwerte und wiederholt den Vorgang für einen verschobenen Horizont [3].

Herausragendes Regelungsprinzip

Im Prinzip verbindet MP³C die MPC mit der OPP-Technologie, wobei OPPs die Oberschwingungen je Schaltfrequenz minimieren und die MPC durch Minimierung

einer Kostenfunktion und Manipulation der Schaltpunkte der OPPs dafür sorgt, dass das System der idealen Ständerflusstrajektorie folgt [4]. Mithilfe einer hohen Abtastfrequenz (40 kHz) und eines sich verschiebenden Horizonts werden eine schnelle dynamische Reaktion und eine hervorragende Störgrößenunterdrückung erreicht.

Bei den OPPs wird auf das feste Modulationsintervall der klassischen PWM mit zwei Schaltvorgängen pro Phase und Modulationsintervall verzichtet. Stattdessen werden die OPPs offline durch Berechnen der optimalen Schaltwinkel und Schaltübergänge ermittelt, um die Stromüberschwingungen für eine bestimmte Schaltfrequenz zu minimieren. Hierbei wird typischerweise eine Viertel- und Halbwellensymmetrie

—
MP³C ermöglicht einen maximalen Wirkungsgrad und eine hervorragende Dynamik.

vorausgesetzt. Bei einer induktiven Last sind die Stromüberschwingungen proportional zur Summe der Gegentakt-Spannungsüberschwingungen im Quadrat geteilt durch die Ordnungszahl der Oberschwingungen. Die optimalen Schaltwinkel α_i und die Schaltübergänge Δu_i können dann für einen bestimmten Aussteuerungsgrad m und eine bestimmte Pulszahl d zur Minimierung der Stromüberschwingungen berechnet werden:

$$\begin{aligned} \text{Minimiere}_{\alpha_i} \quad & \sum_{n=5,7,\dots} \left(\frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^d \Delta u_i \cos(n\alpha_i) \right)^2 \\ \text{Nebenbedingungen} \quad & \frac{4}{\pi} \sum_{i=1}^d \Delta u_i \cos(\alpha_i) = m \\ & 0 \leq \alpha_1 \leq \alpha_2 \leq \dots \leq \alpha_d \leq \frac{\pi}{2} \end{aligned}$$

— 05 Die Schaltwellenform eines OPP (die Pulszahl d entspricht der Anzahl der Schaltvorgänge pro Phase und Viertelwelle) zeigt die minimalen Stromober-schwingungen für eine bestimmte Schalt-frequenz bei einer induktiven Last.

— 06 Darstellung des MP³C-Regelungsprin-zips mit Ständer-fluss-trajektorie, Ständerflusskorrektur und Trajektorienverfol-gung. Der Läufer-flussvektor $\psi_{r, \text{aß}}$, Ständerflussvektor $\psi_{s, \text{aß}}$, Sollwert-Ständer-flussvektor $\psi_{s, \text{aß}}^*$ und Ständerfluss-fehler $\psi_{s, \text{aß, err}}$ sind in stationären recht-winkligen Koordinaten dargestellt.

06a Die optimale Ständerflusstrajektorie (minimale Oberschwin-gungen) wird durch Integration des OPP nach der angegebenen Gleichung ermittelt.

06b Der Ständerfluss-vektor wird durch Verschieben der Schaltzeitpunkte (hier in Phase a) verändert. Dadurch wird eine schnelle Regelung erreicht.

06c Die Trajektorienver-folgung der MP³C wird durch Regelung des Ständerflusses entlang der Ständerfluss-Sollwerttrajektorie (Integral des OPP) erreicht. Dies minimiert die Strom-überschwingungen.

Aussteuerungsgrad hängt von der Ausgangsspan-nung ab, und die Pulszahl steht in Beziehung zur Schaltfrequenz.

Die Sollwerttrajektorie des Ständerflussvektors ergibt sich aus dem Integral der Ständerspannung des OPPs über der Zeit → 06. Diese Trajektorie ist per Definition optimal. Bei genauer Verfolgung der Trajektorie wird die Gesamtbedarfsverzerrung (Total Demand Distortion, TDD) der Ständerströme durch entsprechendes Verschieben der Zeitpunkte der Schaltvorgänge minimiert – was besonders bei starken Störungen wie einer großen Welligkeit der Zwischenkreisspannung wichtig ist. Durch enge Ver-folgung der Ständerfluss-Sollwerttrajektorie erreicht die MP³C ein nahezu optimales Oberschwingungs-stromspektrum und minimiert die negativen Auswir-kungen der Spannungswelligkeit im Zwischenkreis auf die Oberschwingungen des Ständerstroms.

Fakten belegen Leistungsvorteile

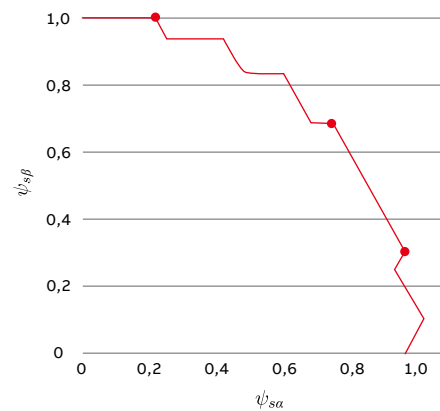
Die Ergebnisse von Simulationen, Labor- und Feldversuchen unterstreichen die Überlegenheit der MP³C gegenüber herkömmlichen Methoden. So zeigt z. B. das Verhältnis zwischen den Umrichterverlusten und den Oberschwingungsverlusten der Maschine bei Veränderung der Schaltfrequenz, dass die MP³C hinsichtlich Verlusten besser abschneidet als die FOC → 07a. Hier erreicht die MP³C mit einer Pulszahl

2019 brachte ABB den ACS6080 mit MP³C für eine erstklassige Regelung und Optimierung von Antriebssträngen auf den Markt.

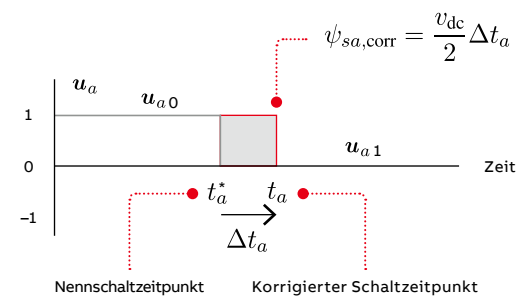
von drei eine Gesamtreduktion der Verluste von 25 kW gegenüber der SVM (mit einem Trägerverhältnis von 9). Dies kann sich sowohl auf die Investitions- als auch die Betriebskosten positiv auswirken. Bei einem Strompreis von 80 EUR/MWh würde die Verlustminderung von 25 kW die jährlichen Stromkos-ten um 17.500 EUR senken.

Ähnliche Vorteile ergeben sich auch im Hinblick auf eine reduzierte TDD → 07b. Da geringere Oberschwin-gungen im Ständerstrom auch geringere Drehmo-mentüberschwingungen bedeuten, kann die TDD des Luftspalt-Drehmoments durch MP³C bei ähnlichen Umrichterverlusten gegenüber der FOC mit SVM reduziert werden. Die damit verbundenen geringeren mechanischen und thermischen Belastungen verlän-gern die Lebensdauer von elektrischen Maschinen und deren Wartungsintervalle, was sich wiederum positiv auf die Betriebskosten auswirkt.

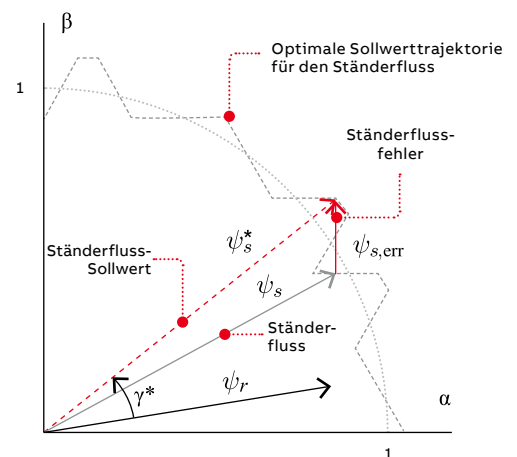
$$\psi_s(t) = \psi_s(0) + \frac{v_{dc}}{2} \int_0^t u_{OPP}(\tau) d\tau$$



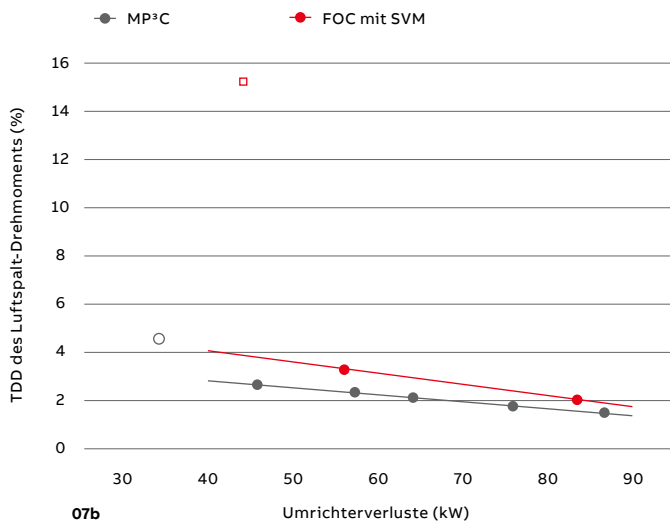
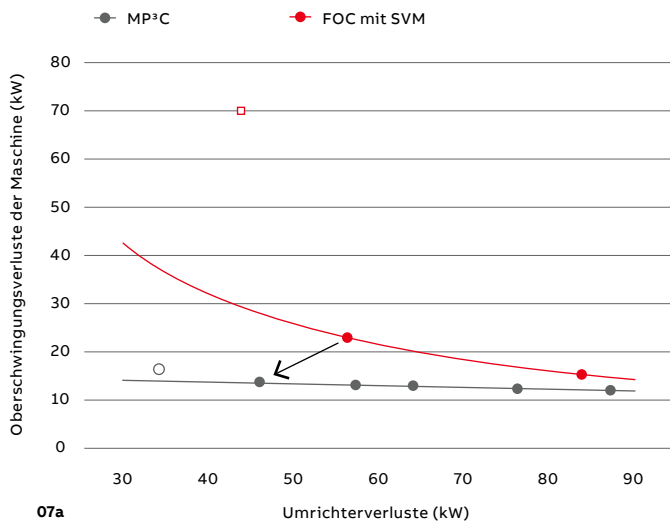
06a



06b



06c



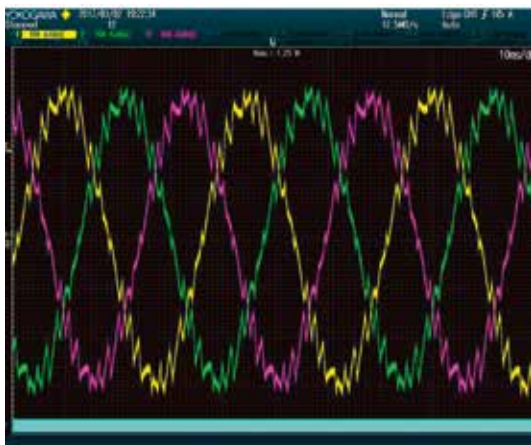
Versuche, die mit einer 3,3-kV-Asynchronmaschine mit 1.140 kVA durchgeführt wurden, bestätigen die Wirksamkeit der MP³C → 08. Hier erreicht die MP³C ein nahezu optimales Verhältnis von Stromoverschwingungen zur Schaltfrequenz im stationären Betrieb. Außerdem werden bei Sollwertsprüngen ähnlich wie bei der DTC sehr kurze Strom- und Spannungstransienten erreicht, wenn bei Bedarf zusätzliche Pulse eingefügt werden können [5].

Dank der geringen Stromoverschwingungen der MP³C bei niedrigen Pulszahlen ist eine Erhöhung der Grundfrequenz möglich. Dies vergrößert den Spielraum beim Entwurf von Systemen für Anwendungen wie Kompressoren, die schnell laufende Motoren erfordern. Durch Erhöhung der Ausgangsdrehzahl des elektrischen Antriebs können zusätzliche Getriebe in Größe und Gewicht reduziert werden oder ganz weggelassen, was erhebliche Einsparungen bei den Anfangsinvestitionen ermöglicht.

MP³C-Anwendungsfälle

Die ABB MS-Frequenzumrichter vom Typ ACS6000 werden unter anderem eingesetzt, um vollständig regelbare Bedingungen für Prüfstände sicherzustellen. In einem von ABB untersuchten Fall kam es zu übermäßig hohen Temperaturen an Maschinen, die mit dem ACS6000 verbunden waren, was die vom Prüfstand erreichte Leistung begrenzte. Mithilfe der MP³C konnte die Motortemperatur gesenkt (z. B. 40 K statt 65 K) und die harmonische Verzerrung der Motorströme reduziert werden, sodass der Prüfstand mit einer höheren Leistung betrieben werden konnte – ein solides Ergebnis.

ABB lieferte den ersten ACS6080 mit MP³C für ein Pumpspeicherkraftwerk.



08

Darüber hinaus hat ABB den ersten Umrichter vom Typ ACS6080 mit MP³C für ein Pumpspeicherkraftwerk bereitgestellt. Indem sie die Vorteile eines hohen Wirkungsgrads und einer höheren Ausgangsfrequenz verbindet, eröffnet die MP³C Kunden neue Möglichkeiten zur Modernisierung ihrer vorhandenen Frequenzumrichtersysteme.

— 07 Simulationsergebnisse zeigen die Überlegenheit der MP³C gegenüber der FOC im Hinblick auf Umrichterverluste und Drehmomentober-schwingungen.

07a Die MP³C schneidet hinsichtlich der Umrichter-verluste besser ab als die FOC, wenn die Schaltfrequenz verändert wird. Zur Verdeutlichung wurde sowohl für MP³C (grau) als auch FOC (rot) eine Regressionsgerade errechnet (die nicht ausgefüllten Datenpunkte wurden als Ausreißer betrachtet).

07b In diesem Fall reduziert die MP³C die Drehmomentober-schwingungen um 33 %. Der Vergleich zwischen SVM mit dem Trägerverhältnis 9 und MP³C mit der Pulszahl 4 zeigt eine Reduktion der Drehmomentober-schwingungen (TDD) von 3,3 % auf 2,2 %.

— 08 Die MP³C erreicht ein nahezu optimales Verhältnis von Strom-überschwingungen zur Schaltfrequenz im stationären Betrieb. Das Bild zeigt Ständerstromwellen im stationären Betrieb bei einer Grundfrequenz von 30 Hz und 60 % des Nenn-drehmoments der Maschine. Für die Pulszahl 5 beträgt die Schaltfrequenz 150 Hz und die TDD des Stroms 8,7 %.

— 09 Neben der Schiffs-, Metall- und Prozess-industrie können auch Prüfstände und der Bergbau von der innovativen ABB-Technologie für elektrische Antriebsanwendungen profitieren.

Literaturhinweise

[1] ABB: „ABB Azipod® electric propulsion can save \$1.7 million in fuel costs annually, study shows“. ABB Group Press Release, 05.06.2019. Verfügbar unter: <https://new.abb.com/news/detail/24879/abb-azipodr-electric-propulsion-can-save-17-million-in-fuel-costs-annually-study-shows> (abgerufen am 12.07.2020).

[2] ABB: „ABB Azipod® takes marine propulsion to the North Pole and beyond“. ABB Group Article, 23.08.2019.

Verfügbar unter: <https://new.abb.com/news/detail/30623/abb-azipodr-takes-marine-propulsion-to-the-north-pole-and-beyond> (abgerufen am 12.07.2020).

[3] J. B. Rawlings, D. Q. Mayne: „Model predictive control: Theory and design“. Nob Hill Publ., Madison, WI, USA, 2009.

[4] T. Geyer et al.: „Model Predictive Pulse Pattern Control“. *IEEE Trans. on Industry Applications*, Vol. 48, No 2, März/April 2012. S. 663–676.

[5] T. Geyer, N. Oikonomou: „Model predictive pulse pattern control with very fast transient responses“. *Proc. IEEE Energy Convers. Congr. Expo.*, Pittsburgh, PA, USA, September 2014.

Erstklassige Kombination: ACS6080 mit MP³C

Im Jahr 2019 brachte ABB den Frequenzumrichter ACS6080 mit MP³C auf den Markt, um eine erstklassige Regelung und Optimierung von Antriebssträngen zu ermöglichen. In mehreren Fällen wird im Vergleich zu herkömmlichen Systemen eine höhere Systemeffizienz und Motorausgangsleistung erreicht, da die Ausgangsleistung bei hohen Grundfrequenzen erhöht werden kann. Insgesamt trägt der ACS6080 mit MP³C zur Senkung der Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten bei.

Durch die Kombination von MPC und OPP erfüllt der neue ACS6080 mit MP³C von ABB die Forderung der Industrie nach geringen Stromüberschwingungen und einer hohen Dynamik. Damit stehen der Metall- und Bergbaubauindustrie, dem Schiffbau und Industrien mit

— MP³C führt den Wirkungsgrad und die Motorfreundlichkeit an die Grenzen des physikalisch Machbaren.

Prüfstandanwendungen wertvolle zusätzliche Freiheiten zur Verfügung → 09. MP³C führt den Wirkungsgrad und die Motorfreundlichkeit an die Grenzen des physikalisch Machbaren – bei gleichzeitiger Erhaltung der Dynamik und Robustheit der direkten Drehmomentregelung (DTC). •





01

PRODUKTIVITÄT

Roboter erobern die Fahrzeugendmontage

In den vergangenen Jahrzehnten wurde in der Automobilindustrie eine Vielzahl von Prozessen – z. B. beim Pressen der Karosseriebleche, in der Karosseriefertigung, beim Lackieren und im Motor- und Getriebebau – automatisiert. Doch wenn es um die Endmontage geht, stellt die Automatisierung nach wie vor eine große Herausforderung dar. Das liegt daran, dass Tätigkeiten wie die Verkabelung, die Radmontage und der Einbau vieler anderer Komponenten extrem komplex ist.

—
01 Beispiel einer Montagelinie für Fahrzeuge in einer ABB-Demonstrationsanlage.

—
02 Compliant Visual Servoing. Das Verfahren nutzt Feedback-Informationen von einem Vision-Sensor zur Kompensation von Bewegungen und Vibrationen.

Dank Fortschritten auf dem Gebiet der Robotik und der optischen Verfolgung (Visual Tracking) bei ABB werden diese Hürden zunehmend kleiner und weichen ersten Pilotanwendungen. Darüber hinaus kann davon ausgegangen werden, dass die in diesem Artikel beschriebenen Technologien irgendwann auch in anderen Bereichen mit instabilen Zielen, z. B. in Logistikprozessen mit fahrerlosen Transportfahrzeugen, anwendbar sein werden.

Lange Zeit galt die Automatisierung vieler Abläufe in der Fahrzeugendmontage als praktisch unmöglich. Folglich wurden entsprechende Komponenten nie mit

Roboter stellen solche Umgebungen jedoch vor schwierige Herausforderungen. So sind Fahrzeugtransportsysteme tendenziell unregelmäßig, und Böden können uneben sein, was zu Erschütterungen und Vibrationen führen kann. Wenn also ein Roboter in einer solchen Umgebung menschliches Verhalten nachahmen soll, muss dieser mit einem künstlichen Sehvermögen ausgestattet sein. Aktuelle herkömmliche Vision-Systeme basieren normalerweise auf der Erfassung statischer Referenzpositionen zur Lokalisierung von Zielpositionen für Montageaufgaben. In diesem Fall, in dem sich Fahrzeugkarosserien entlang einer Montagelinie bewegen, ist eine weitere Fähigkeit erforderlich: das kontinuierliche optische Verfolgen eines Objekts (Vision Tracking), um Bewegungen, Unregelmäßigkeiten und Vibrationen auszugleichen. Dabei passt der Roboter seine Bewegungen kontinuierlich an eine Abfolge von Referenzbildern an, die mit einer Frequenz von 20–50 Bildern pro Sekunde erfasst werden.

Die Technologie nutzt Feedback-Informationen von einem Vision-Sensor, um Bewegungen und Vibrationen zu kompensieren.

Blick auf moderne Automatisierungsmöglichkeiten konzipiert. Das Ergebnis ist, dass an Endmontagelinien in der Automobilindustrie →01 noch immer erstaunlich viel Handarbeit gefordert ist.

Vollständig automatisierte Linien, wie sie z. B. im Karosserierohbau zu finden sind, arbeiten im „Stop-&-Go“-Betrieb, was die Automatisierung verschiedener Zellen erleichtert. Manuelle Linien hingegen bewegen sich langsam und kontinuierlich, wobei die Karosserien durch verschiedene Transportsysteme oder – in fortschrittlichen Anlagen – durch fahrerlose Transportfahrzeuge (FTFs) transportiert werden. Diese Systeme, die typischerweise in Fabriken und Lagerhäusern zum Einsatz kommen, folgen markierten Linien bzw. Drähten auf dem Boden oder nutzen Funkwellen, Kameras, Magnete oder Laser zur Navigation. Ganz gleich, ob ein Transportsystem oder ein FTF als Transportmittel eingesetzt wird, die Bewegung findet mit einer moderaten Geschwindigkeit von etwa 100 mm/s statt, sodass menschliche Arbeiter in der Lage sind, Montagearbeiten mit der notwendigen Sicherheit auszuführen.

Vision Tracking basiert auf einem Verfahren namens Visual Servoing →02, das Feedback-Informationen von einem bildverarbeitenden Sensor (Vision-Sensor) nutzt, um Bewegungen und Vibrationen zu kompensieren. Anstatt sich entlang einer programmierten Bahn zu bewegen, wie es herkömmliche Roboter tun, werden die Roboterbewegungen durch die Informationen gelenkt, die von einem oder mehreren Vision-Sensoren bereitgestellt werden. Bei ABB-Robotern heißt diese Funktionalität Externally Guided Motion (EGM). Mit einer Aktualisierung der Führungseingaben alle 4 ms sind so sehr schnelle Reaktionen möglich.

Neben EGM nutzen ABB-Roboter einen Kraft-Momenten-Sensor namens ABB Integrated Force Control. Diese Technologie ermöglicht es einem Roboter, seine Bewegungen anhand von Kraft- und Drehmomenteneingaben anzupassen, die aus der Berührung mit einer Fahrzeugkarosserie resultieren. Dies wird auch als Compliant Mechanical Behavior (nachgiebiges mechanisches Verhalten) bezeichnet. Dazu wird der Sensor normalerweise zwischen dem Werkzeug und dem Handgelenk des Roboters installiert →02. Die Kombination von Visual Servoing mit nachgiebigem mechanischen Verhalten ist ein Beispiel für Sensorfusion, einer Technologie, bei der Daten aus

—
Josep Vilarrasa
Jorge Vidal-Ribas
Robotics, Final Trim & Assembly
Barcelona, Spanien

josep.vilarrasa@es.abb.com
jorge.vidal-ribas@es.abb.com

—
Jordi Artigas
Robotics, Consumer Segment & Service Robotics
Barcelona, Spanien

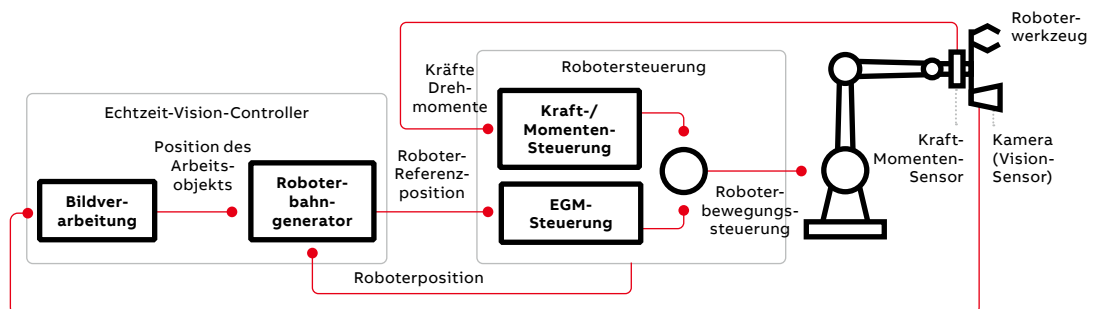
jordi.artigas@es.abb.com

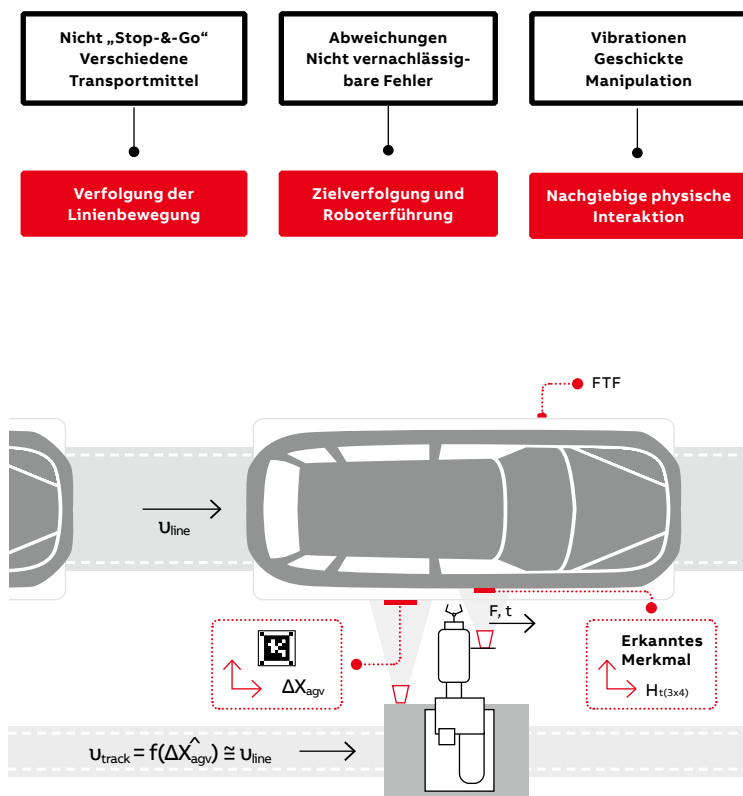
—
Tomas Groth
Robotics & Discrete Automation Technology
Västerås, Schweden

tomas.groth@se.abb.com

—
Biao Zhang
ABB Robotics
Raleigh, NC, USA

biao.zhang@us.abb.com





03

verschiedenen Sensorquellen in Echtzeit miteinander verknüpft werden.

Da diese Technologien immer weiter heranreifen, lohnt es sich zu überlegen, wie ein vollständig automatisierter Endmontageprozess aussehen könnte. Wie in →03 dargestellt, lässt sich dieser in drei Schritte unterteilen, die im Folgenden beschrieben werden.

1. Verfolgung der Linienbewegung

Hierbei hat es darum, die Hauptbewegung einer Montagelinie zu verfolgen, um daraus eine pseudostatische Umgebung abzuleiten. Typischerweise verfolgen Roboter Objekte auf einem Transportsystem mithilfe einer sogenannten Conveyor-Tracking-Funktion. Diese basiert auf einem Geber, der mechanisch mit der Bewegung des Fördersystems verbunden ist. Im Falle von Karosserien, die sich auf

FTFs bewegen, lässt sich diese Art der Verfolgung aufgrund der erforderlichen mechanischen Anpassungen nicht so einfach realisieren.

Die Lösung von ABB basiert auf dem Einsatz von Visual-Servoing-Technologie, bei der FTFs entweder mithilfe eines sogenannten AprilTags oder eines optischen Merkmals verfolgt wird. Der Vorteil eines AprilTags ist, dass dieses nicht nur einfach zu installieren, sondern erheblich robuster ist. AprilTags sind zweidimensionale Barcodes, die von der Universität Michigan entwickelt wurden. Sie ähneln QR-Codes, sind aber für die Verarbeitung kleinerer Datenmengen konzipiert. So sind sie vergleichsweise robust und leichter zu erkennen, was wiederum eine genauere Lokalisierung und schnellere Verarbeitung ermöglicht.

Eine optische Verfolgung erfordert allerdings den Einsatz von Kameras, die auf dem Boden montiert sind, oder einer Kamera am Roboterfuß, wenn der Roboter selbst auf einer Linearachse montiert ist. Eine Linearachse, die im ABB-Portfolio auch als „Verfahrachse“ bezeichnet wird, ist eine servogesteuerte lineare Verfahreinheit, die zur Vergrößerung der Reichweite eines Roboters eingesetzt werden kann. Linearachsen werden in Montageprozessen benötigt, in denen eine erhebliche Kontaktzeit zwischen dem zu montierenden Teil bzw. der Komponente und der Fahrzeugkarosserie erforderlich ist.

Die Technologie ist nicht auf die Verfolgung von Roboterbewegungen auf FTFs beschränkt und kann auch mit herkömmlichen Transportsystemen verwendet werden.

2. Zielverfolgung und Roboterführung

Ist diese pseudostatische Umgebung gegeben, muss ein Roboter noch immer die verbleibenden Toleranzen, Unregelmäßigkeiten und Vibrationen bewältigen, um sein Montageziel zu erreichen. Hierzu kommt eine am

Die kombinierten Eingaben (Sensorfusion) sind der Schlüssel zu einem erfolgreichen Montageprozess.



04

Roboterwerkzeug montierte Kamera zum Einsatz. Der Roboter kennt die relative Position der Kamera in Relation zur Kraft-Momenten-Steuerung (Force Torque Controller) des Werkzeugs, sodass diese auf die Zielposition ausgerichtet werden kann. Im Gegensatz zur Verfolgung der Linienbewegung mit AprilTags ist die Kamera auf ein reales Merkmal einer Fahrzeugkarosserie fokussiert →03, dessen relative Position zum Montageziel bekannt ist. In diesem Fall kommen keine

—
03 Verfolgungsschritte bei einem möglichen vollständig automatisierten Endmontageprozess.

—
04 Merkmalsverfolgung bei der Montage. Die Linien stehen für Roboterbewegungen bei der Verfolgung eines Ziels mithilfe von Echtzeit-Bildverarbeitung.

—
05 Konzeptbild einer Cockpit- und Türmontage.

AprilTags zum Einsatz, da es zu kompliziert wäre, diese an verschiedenen Stationen anzubringen und wieder abzunehmen. Allerdings stellt die Verfolgung optischer Merkmale noch immer eine Herausforderung dar, wenn sich die Karosserien mit hoher Geschwindigkeit bewegen. Dies gilt besonders, wenn verschiedene Farben und unterschiedliche Lichtverhältnisse im Spiel sind. →04 zeigt Roboterbewegungen bei der Verfolgung eines Ziels mithilfe von Echtzeit-Bildverarbeitung.

3. Nachgiebige physische Interaktion

Ist das Ziel identifiziert, wird der physische Kontakt initiiert, und der Roboter führt seine Montageaufgabe aus →05, indem er einer Kombination aus Eingaben von optischen und Kraft-Momenten-Sensoren folgt. Das bedeutet, dass die optische Verfolgung während des gesamten Kontakts weiterläuft und sich der

nicht nötig, wenn sich in einer nachfolgenden Station eine manuelle Tätigkeit anschließt. In wieder anderen Fällen könnte Schritt 1 entfallen, wenn z. B. ein traditionelles Conveyor Tracking verwendet wird.

Blick in die Zukunft

Zukünftig könnten neue Konzepte realisiert werden, die eine Montage in statischen Zellen ermöglichen, sodass Technologien zur Durchführung von Montageaufgaben an sich bewegenden Linien hinfällig werden. Ein Konzept sieht z. B. die Zusammenfassung der leicht automatisierbaren Zellen zu einer vollständig automatisierten Teillinie vor, die im Stop-&-Go-Betrieb arbeitet. Andere Konzepte basieren auf statischen Montagezellen, die sich an der Logistik der Fahrzeuge und Komponenten orientieren.

Allerdings wird der Bedarf zur Automatisierung von Montageaufgaben an bewegten Linien auf kurze und mittlere Sicht weiterhin eine wichtige Rolle spielen. Auch wenn dieser Bedarf zurzeit hauptsächlich von Anforderungen im Bereich der Fahrzeugendmontage ausgeht, können die hier beschriebenen Technologien, sobald diese vollständig entwickelt sind, zweifellos auch in anderen Bereichen mit instabilen Zielen wie etwa in Logistikprozessen mit FTFs Anwendung finden.

—
Zu den Pilotanwendungen gehören die Cockpitmontage, der Teppich- und Sitzeinbau und die Türmontage.

Roboter durch das kontinuierliche Feedback vom Force-Control-Sensor, der zwischen dem Handgelenk und dem Werkzeug installiert ist, nachgiebig verhält. Diese Kombination aus Eingaben von einem Vision-Sensor und einem Kraft-Momenten-Sensor (Sensorfusion) ist der Schlüssel zur erfolgreichen Ausführung eines Montageprozesses.

Bei einigen Anwendungsfällen sind die in Schritt 2 und 3 genutzten Fähigkeiten möglicherweise nicht erforderlich. So ist eine fehlerlose Genauigkeit eventuell

Zunächst konzentriert sich ABB darauf, die Technologie im Automobilsektor anzuwenden, wo sie in Pilotanwendungen bei Kunden unter anderem bereits bei der Cockpitmontage (zurzeit in der Produktionsanlaufphase), beim Einbau von Teppichen und Sitzen und bei der Türmontage zum Einsatz kommt. Darüber hinaus werden die bei diesen und anderen Anwendungen gewonnenen Erfahrungen auf andere Montageanwendungen im Kfz-Bereich mit ähnlichen technischen Herausforderungen übertragen. •





01

BUZZWORDS ENTSCHLÜSSELT

Golden-Batch-Analysen

Ein Bereich, in dem sich mithilfe von Big Data erhebliche Verbesserungen erzielen lassen, ist die chargenverarbeitende Industrie. ABB Ability™ BatchInsight nutzt solche Daten, um den Betrieb von Chargenprozessen zu optimieren.



Martin Hollender
Industrial Automation,
Corporate Research
Ladenburg, Germany

martin.hollender@de.abb.com

In Zusammenarbeit mit erfahrenen Anwendern bei Pilotkunden hat ABB das Operator-Support-System ABB Ability™ BatchInsight entwickelt, das mithilfe von Big Data in der Lage ist, Anomalien in einer Charge sowohl offline retrospektiv als auch online in Echtzeit zu erkennen und zu korrigieren.

Chargenprozesse sind agil, aber auch komplex, dynamisch und nicht linear. ABB Ability™ BatchInsight unterstützt den reibungslosen und störungsfreien Betrieb solcher Prozesse, indem es Anlagenfahrern

dabei hilft, Probleme frühzeitig zu erkennen und im laufenden Betrieb zu korrigieren.

Das System nutzt historische Daten, um das zu erwartende Verhalten des Chargenprozesses unter Nennbedingungen zu erlernen. Es erstellt ein statistisches Modell einer optimalen Charge, das sogenannte „Golden Batch“, das wiederum als Referenz für die grade produzierte Charge genutzt wird. Bei Abweichungen vom Golden-Batch-Modell erhält das Bedienerpersonal eine Warnung.

01 Big Data kann dabei helfen, die Produktivität und Energieeffizienz in Prozessindustrien zu verbessern.

02 Das Balkendiagramm zeigt die Anteile verschiedener Variablen an einer Abweichung. Das Diagramm oben rechts zeigt den zeitlichen Verlauf einer Abweichung für eine bestimmte Prozessvariable im Vergleich zu allen anderen Variablen (grüne Kurve). Das untere Diagramm zeigt den Beitrag einer ausgewählten Variable in der untersuchten Charge (blau) gegenüber einer Referenzcharge (grau).



02



Das System wurde in Zusammenarbeit mit einem Kunden mithilfe historischer Chargendaten in einer Chemieranlage getestet, wobei ein Online-Ansatz emuliert wurde (d. h. Daten für die aktuelle Charge standen nur bis zum aktuellen Schritt zur Verfügung).

ABB Ability™ BatchInsight unterstützt den reibungslosen und störungsfreien Betrieb komplexer, nicht linearer Prozesse.

Mithilfe eines MPCA-Modells (Multiway Principle Component Analysis) sollte ein Schaumbildungsproblem erkannt werden, das in einem Teil der Chargen auftrat. Das Modell wurde ausschließlich mit Chargen ohne Schaumbildung trainiert. In 83 % der Fälle konnte das System eine Schaumbildung mindestens 5 min vor dem eigentlichen Auftreten – häufig auch schon Stunden davor – vorhersagen. Obwohl ein Schäumen in 20 % der Fälle falsch vorhergesagt wurde, sind die Vorhersagen dennoch sehr hilfreich, da sie den Anlagenfahrer auf verdächtige Chargen hinweisen. •

ABONNEMENT

ABB Review abonnieren

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.

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

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.

IMPRESSUM

Editorial Board

Theodor Swedjemark

Head of Corporate Communications

Adrienne Williams

Senior Sustainability Advisor

Reiner Schönrock

Technology and Innovation

Andreas Moglestue

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

Herausgeber

Die ABB Review wird herausgegeben von der ABB-Gruppe.

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

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

Herausgeber und Copyright ©2021
ABB Switzerland Ltd.
Baden, Schweiz

Druck

Vorarlberger
Verlagsanstalt GmbH
6850 Dornbirn, Österreich

Layout

Publik. Agentur für
Kommunikation GmbH
Ludwigshafen, Deutschland

Satz

Konica Minolta
Marketing Services
London WC1V 7PB
Großbritannien

Übersetzung

Thore Speck
24941 Flensburg
Deutschland

Haftungsausschluss

Die in dieser Publikation enthaltenen Informationen 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 professionelle Beratung zu empfehlen ist. Wir weisen darauf hin, dass eine technische 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

abb.com/abbreview



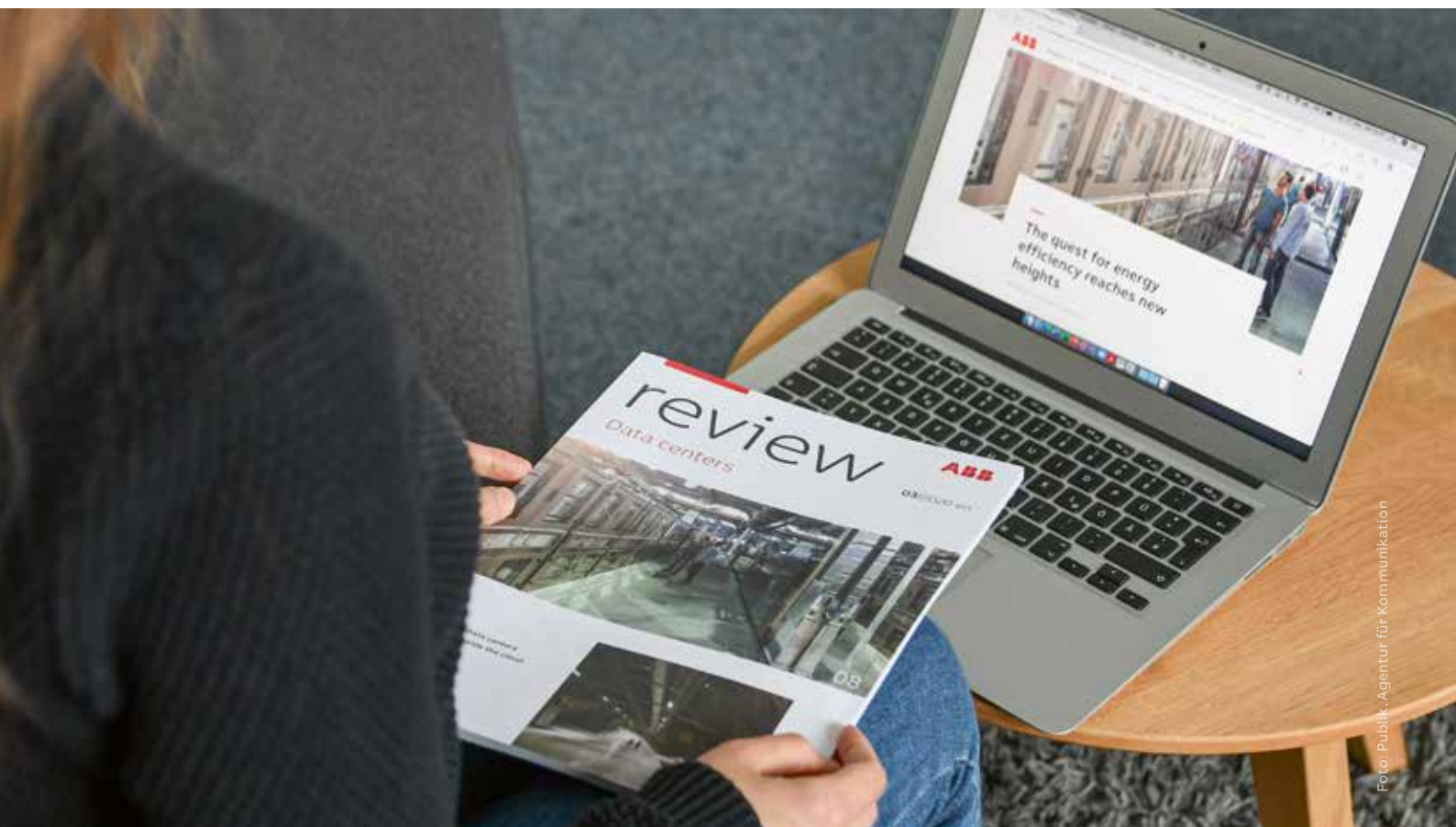


Foto: Publik, Agentur für Kommunikation

Abonnieren und auf dem Laufenden bleiben

Sie haben eine Ausgabe der ABB Review verpasst? Sie können sich per E-Mail benachrichtigen lassen, sobald eine neue Ausgabe online ist, oder sich die gedruckte Version direkt zusenden lassen.

Diese Optionen finden Sie auf unserem Web-Portal – neben einer Auswahl der neuesten Artikel und einer durchsuchbaren Bibliothek mit allen bisherigen Beiträgen bis zurück ins Jahr 1996 (und ausgewählten Artikeln bis zurück zu den Anfängen der Zeitschrift im Jahr 1914).



www.abb.com/abbreview

