

review

03|2021 de

Assets und Konnektivität



46



52

-
- 06–39 **Digitale Assets**
 - 40–65 **Produktivität**
 - 66–77 **Konnektivität**



ABB Ability™ Genix



Sauberere Zukunft für
Schiffe und Häfen

Digitalisierung
im Stahlwerk





**Digitale Zwillinge
von Produkten**

05 Editorial

Digitale Assets

- 08 ABB Ability™ Genix
- 14 Bereitstellung digitaler Tools
- 20 Der digitale Zwilling
- 26 Digitale Zwillinge von Produkten
- 32 Hybride vorausschauende Wartung

Produktivität

- 42 IE5-Synchronreluktanzmotoren
- 46 Eine neue Klasse von Kollegen
- 52 Digitalisierung im Stahlwerk

Konnektivität

- 60 Ethernet-APL mit OPC UA
- 68 Neuer Leistungsschalter
- 74 Sauberere Zukunft für Schiffe und Häfen

Buzzwords entschlüsselt

- 78 Mehrkörpersimulation

79 Abonnement

79 Impressum



52

Die Digitalisierung bietet Unternehmen neue Möglichkeiten, um ihre Assets auf- und auszubauen, Prozesse zu entwickeln und auszuführen und neue Absatz- und Servicemöglichkeiten zu kreieren, die in der physischen Welt für Produktivität und Profit sorgen. Diese Ausgabe der ABB Review wirft einen Blick auf Beispiele für gelungene Verbindungen zwischen der virtuellen und realen Welt.



EDITORIAL

Assets und Konnektivität



Liebe Leserin, lieber Leser,

wir leben im Informationszeitalter – wir haben mehr Daten und Informationen zur Verfügung, als wir verarbeiten können. Was wir brauchen, ist Wissen – wie wir aus Daten und Informationen einen Mehrwert generieren können. Dies gilt für die menschliche Wahrnehmung und für Maschinen. Ein Sensor in einer Anlage liefert enorme Datenmengen, aber nur durch Interpretation und Kontextualisierung können wir fundierte Entscheidungen treffen, Prozesse optimieren und Probleme lösen.

Ein digitaler Zwilling ist ein virtuelles Abbild, das uns dabei hilft, das Verhalten eines Objekts, Prozesses oder Systems in einem bestimmten Kontext zu verstehen oder vorherzusagen. Dies kann in jeder Lebenszyklusphase von der Planung und Konfiguration über den Betrieb bis hin zur Diagnose und Wartung von Nutzen sein.

In dieser Ausgabe der ABB Review lesen Sie, wie digitale Zwillinge die Hürden zur Digitalisierung beseitigen und Daten nutzen, um die Produktion flexibler zu gestalten, die Produktivität zu steigern und die Nachhaltigkeit zu verbessern.

Eine interessante Lektüre wünscht Ihnen

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized initials 'BR' followed by a long horizontal stroke.

Björn Rosengren
Chief Executive Officer, ABB Group



Digitale Assets





Fast alles, was wir in der realen Welt erschaffen, kann auch digital abgebildet und analysiert werden. Dies liefert Erkenntnisse und Fähigkeiten – Assets – die uns dabei helfen, besser, schneller und zuverlässiger zu arbeiten und Werte zu schaffen. Von digitalen Zwillingen bis zur vorausschauenden Wartung – der Einsatz intelligenter Technologie, die dazu auch noch lernfähig ist, ermöglicht dies.



- 08 Betriebs- und Asset-Optimierung leicht gemacht mit ABB Ability™ Genix
- 14 Partnerschaften mit Startups beschleunigen die Bereitstellung digitaler Tools
- 20 Der digitale Zwilling: vom Hype zur Realität
- 26 Digitale Zwillinge von Produkten und wie man sie findet
- 32 Hybridansatz zur vorausschauenden Wartung

DIGITALE ASSETS

Betriebs- und Asset-Optimierung leicht gemacht mit ABB Ability™ Genix

Die umfassende und integrierte ABB-Lösung für die digitale Transformation hilft Unternehmen, ihre Produktivität, Prozessleistung, Produktqualität, Effizienz und Sicherheit zu verbessern, und ebnet Kunden den Weg durch die Digitalisierung in eine bessere Zukunft.



Rajesh Ramachandran
Process Automation and
ABB Ability
Bengaluru, Indien

rajesh.ramachandran@
in.abb.com

Ist die Welt wirklich bereit für die digitale Revolution? Aus Bedarfsicht ja. Heutige Industrieunternehmen – ganz gleich, ob im Prozess-, Energie- oder Hybridsektor – sind anlagenintensive Produzenten mit hochgradig komplexen, dynamischen Prozessen und unzähligen Eingangspunkten, die alle voneinander abhängen.

Angesichts des starken Wettbewerbs sind Unternehmen heute auf der Suche nach jedem erdenklichen betrieblichen Vorteil, um ein Höchstmaß an operativer Exzellenz zu erreichen, d. h. Produkte von höchster Qualität mit höchstmöglicher Geschwindigkeit und bestmöglicher Anlagenleistung und -zuverlässigkeit kostengünstig zu produzieren. Ist die Kapazität der Produktionsmittel bereits ausgereizt, kann modernste Industriearomatisierung dabei helfen, den Produktionsprozess effizienter zu gestalten. Durch geschickte Nutzung der Vielzahl von Betriebs-, Engineering- und IT-Daten, die in entsprechenden Systemen generiert und gespeichert werden, können massive Steigerungen der Produktivität und bessere Entscheidungen ermöglicht werden.



Sohrab Bhot
Process Automation
Digital
Mumbai, Indien

sohrab.bhot@
in.abb.com

Heute sind Unternehmen auf der Suche nach jedem erdenklichen betrieblichen Vorteil.

In diesem Zusammenhang wissen Mitglieder des Managements ebenso wie das Anlagenpersonal um das Potenzial der Digitalisierung, wenn es darum geht, anspruchsvolle Zielsetzungen im komplexen Betriebs- und Geschäftsumfeld von heute zu erreichen. Und dennoch haben viele Unternehmen Schwierigkeiten, weil sie nicht wissen, wo sie ihren Digitalisierungsprozess beginnen sollen [1].

Als Vorreiterin im Bereich der digitalen Innovation verbindet ABB ihre umfangreiche Erfahrung im Bereich der Industrie und der Automatisierung mit ihrer Fähigkeit zur Entwicklung bzw. Nutzung innovativer digitaler Technologien, um Industrien in ihrem Digitalisierungsprozess zu unterstützen. Im Juli 2020 brachte ABB die ABB Ability™ Genix



Analytics und AI Suite auf den Markt. Die umfassende und integrierte Enterprise-Lösung für die digitale Transformation umfasst Softwareanwendungen und Services, die Kunden dabei helfen, ihre Produktivität, Prozessleistung, Produktqualität, Effizienz und Sicherheit zu verbessern. Auf diese Weise hilft ABB ihren Kunden dabei, die Digitalisierung erfolgreich zu meistern.

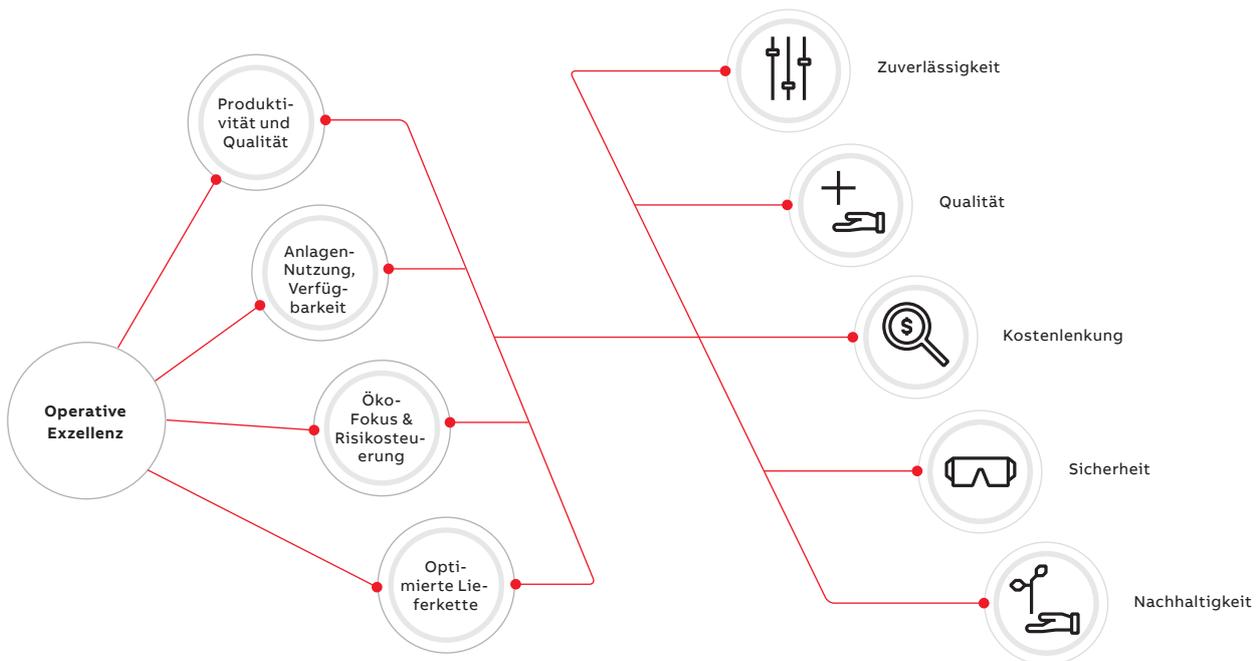
Die Herausforderungen verstehen

Angesichts des hohen Nutzens digitaler Technologien – etwa in Form einer 40%igen Steigerung der Produktivität – ist es überraschend, dass Unternehmen ihre Betriebe nur langsam digitalisieren. So nutzen Unternehmen derzeit nur etwa 30 % ihrer erzeugten Daten. Deshalb können Datenanalysen nur eingeschränkt Anwendung finden, und ein großes betriebswirtschaftliches Potenzial bleibt ungenutzt [2,3]. Es besteht also eine eindeutige Kluft zwischen der Anerkennung des Nutzens digitaler Technologien und der Fähigkeit bzw. der Bereitschaft, den enormen Mehrwert, den die Digitalisierung bietet, auszuschöpfen [4]. ABB hat dies näher untersucht

und herausgefunden, dass die Hauptursache nicht im mangelnden Wunsch zur Digitalisierung liegt, sondern im mangelnden Wissen, wo man anfangen soll. Hinzu kommt ein Mangel an verfügbaren und einfach zu implementierenden Marktlösungen, die z. B. ein minimales Veränderungsmanagement erfordern, unmittelbare Ergebnisse liefern, an individuelle Bedürfnisse und Präferenzen anpassbar sind und klar zeigen, wie etwas bewirkt werden kann.

Die umfangreiche Erfahrung und die digitalen Technologien von ABB unterstützen Industrien bei der Digitalisierung.

Wie bei jeder Reise durch unbekanntes und unsicheres Terrain führen Erkenntnisse zu Klarheit und Verständnis. Die Industrie benötigt also eine



01

schnelle, konfigurierbare, relevante Lösung, die eine starke Wirkung hat und mit strategischen Geschäftszielen im Einklang steht. Aus dieser Erkenntnis ist das Digitalisierungskonzept von ABB erwachsen. Dieses Konzept basiert auf der Philosophie von ABB, Bedenken der Kunden hinsichtlich der Einführung digitaler Technologien zu zerstreuen und Produktivitätssteigerungen zu ermöglichen. Grundlage hierfür bilden die fünf „S“:

- Schnell – rasche Implementierung, Generierung eines Mehrwerts in möglichst kurzer Zeit
- Smart – inhärent intelligent mit mehreren vorgefertigten Funktionen, unterstützt durch Domänenwissen
- Sicher – höchste Cybersicherheitsstandards zum Schutz des Kunden vor Cyberattacken und Datenschutzverletzungen
- Skalierbar – vom Werk bis zum Unternehmen und auf verschiedene Weise implementierbar, konfigurierbar nach Kontext, Anforderungen oder Präferenzen
- Simpel – mühelose Datenintegration, ein hohes Maß an Interoperabilität, Out-of-Box-Integration und benutzerfreundliche Visualisierungen und Anwendungen

Digitalisierung – von der Idee zur Realisierung

Die im Juni 2020 eingeführte ABB Ability™ Genix-Plattform und Suite basiert auf einer offenen Architektur und nutzt das Potenzial industrieller Analysen und industrieller KI, um funktionsübergreifende Daten in aussagekräftige Informationen zu verwandeln. Der Schlüssel hierzu liegt in der Erfassung, Verknüpfung und Kontextualisierung von Daten aus verschiedenen Quellen und Systemen, z. B. Echtzeit-Betriebsdaten aus betriebstechnischen Systemen (OT), Funktionsdaten aus IT-Systemen (IT) und Designdaten aus Engineering-Systemen (ET).

So geben OT-Daten von einem kritischen Betriebsmittel (Asset) wie einer Turbine z. B. Aufschluss darüber, wie gut dieses Asset funktioniert, während die ET-Daten zeigen, wie gut oder schlecht die Turbine im Hinblick auf Compliance-Vorgaben bezüglich der Integrität und Betriebssicherheit abschneidet. IT-Daten wiederum liefern Informationen darüber, wie der gewünschte Funktionszustand des Assets mit der richtigen Wartungsstrategie, Ersatzteilverhaltung, Risiko- und Investitionsplanung usw. aufrechterhalten werden kann.

Für jeden Schritt im Rahmen der digitalen Transformation bietet ABB die richtige Lösung.

ABB Ability™ Genix hat sich zu einer leistungsstarken Plattform entwickelt, die sich von der Asset-Ebene über Asset-Ökosysteme in Betrieben bis hin zum gesamten Unternehmen erstreckt und alle beteiligten Personen (Stakeholder) abdeckt. Dennoch bleibt die Grundeinheit das Asset, was die Erfassung der enormen Datenmengen, die jedes Asset erzeugt, beinhaltet.

Da viele Kunden Assets nutzen, die von ABB entwickelt und geliefert wurden – wie etwa Analytoren, Messgeräte, Antriebe, Motoren, Generatoren, Schaltanlagen, Antriebssysteme und Turbolader –, weiß ABB, wie diese Daten am besten extrahiert, kontextualisiert und genutzt werden können, um Vorhersagen zu ermöglichen, Verbesserungspotenziale zu identifizieren und Geschäftsmöglichkeiten zu fördern.

—
01 Der Wert der Daten kann genutzt werden, um die Zuverlässigkeit, Kostenkontrolle, Sicherheit, Produktqualität und Nachhaltigkeit zu verbessern und operative Exzellenz zu erreichen.

—
02 Die Integration eines kombinierten Ansatzes mit KI und Domänenwissen ermöglicht eine bessere industrielle Optimierung.

Dazu ist jedoch ein neues einheitliches Analysemodell erforderlich, das Domänenwissen mit KI kombiniert. Bisher haben Originalgerätehersteller (OEMs) Modelle für ihre Geräte bereitgestellt, die auf physikalischen Gesetzmäßigkeiten bzw. Grundprinzipien (First Principles) basieren und häufig auch als digitale Zwillinge bezeichnet werden. Nichtsdestotrotz basiert die industrielle Fertigung auf einem ganzen System aus Geräten oder Assets, die zur Ausführung eines Prozesses im Einklang zusammenarbeiten.

Die ABB Ability™ Genix Analytics und AI Suite ist eine umfassende und integrierte digitale Enterprise-Lösung.

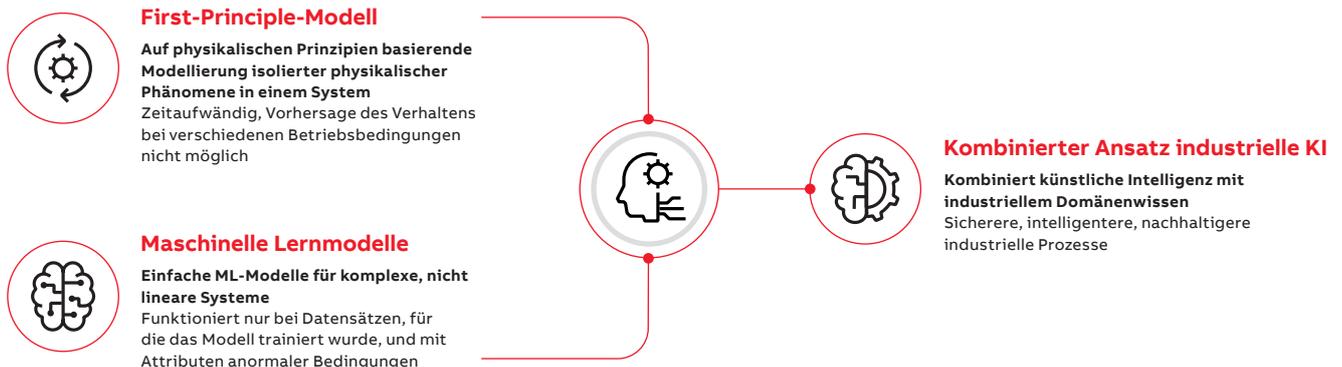
Die Erstellung eines First-Principle-Modells für ein solch komplexes System wäre viel zu aufwändig →02. Die Verwendung von rein datenbasierten maschinellen Lernmodellen (ML-Modellen) ist zwar vielversprechend, hat aber Nachteile für die Industrie, da sie nur Erkenntnisse über die Zustände und Anomalien liefern, für die sie trainiert wurden. Da solche Situationen erst einmal vorgekommen sein müssen, ist der Anwendungsbereich von ML-Modellen im industriellen Kontext naturgemäß begrenzt. Aus diesem Grund kombiniert ABB industrielles Domänenwissen mit datenbasierten KI-/ML-Modellen, um die Leistungsfähigkeit von Algorithmen für die Optimierung zu maximieren.

Das Potenzial von Daten freisetzen

Noch vor 30 Jahren als Science-Fiction idealisiert, ist der Gedanke von autonomen Fertigungsanlagen für viele ein Traum. Die rasche Entwicklung von selbstmeldenden und selbsttätigen Systemen hat die Vorstellungskraft erneut befeuert und veranlasst Fertigungsunternehmen weltweit dazu, sich mit den Möglichkeiten der Industrie 4.0 zu befassen.

Auf den ersten Blick geht es bei der Industrie 4.0 ausschließlich um Automatisierung – ein Eindruck, der nicht unbedingt falsch ist. Intelligente Sensoren und das Internet der Dinge (IoT) sind die sichtbarsten Vorboten dieses industriellen Wandels. Und die Automatisierung – allen voran ABB – trägt seit Langem zur Verbesserung der Qualität, Genauigkeit und Präzision in industriellen Prozessen bei. Doch nicht die Automatisierung an sich treibt die Digitalisierung voran, sondern ihr Umfang und ihre Allgegenwärtigkeit. Außerdem spielen Daten – aus IT-, OT-, ET-, Geoinformationssystemen und anderen Quellen – die entscheidende Rolle. Der Schwerpunkt liegt auf der Erfassung, Integration und Kontextualisierung von Daten und der Generierung von Erkenntnissen aus funktions- und systemübergreifenden Daten →03.

Ein erfolgreiches Management der Datenwertschöpfungskette ist entscheidend für das Erreichen der fünf „S“ – schnell, smart, sicher, skalierbar und simpel –, wobei jedes Element von der effektiven Erfassung und Verarbeitung von Daten abhängig ist. Das Potenzial, das sich aus einem erfolgreichen Management der Datenwertschöpfungskette ergibt, ist offensichtlich: Lösungsanbieter verwenden typischerweise über 80 % ihres Implementierungsaufwands dafür, industrielle Prozesse und Datenquellen zu verstehen und Methoden zur Datenerfassung



zu entwickeln. Doch dies ist für gewöhnlich mit einem komplexen Änderungsmanagement und einer verzögerten Investitionsrendite verbunden – was unweigerlich dazu führt, dass sich Unternehmen entscheiden, nur begrenzte digitale Punktlösungen einzusetzen, die niemals die Wirkung einer unternehmensweiten digitalen Transformation erreichen.

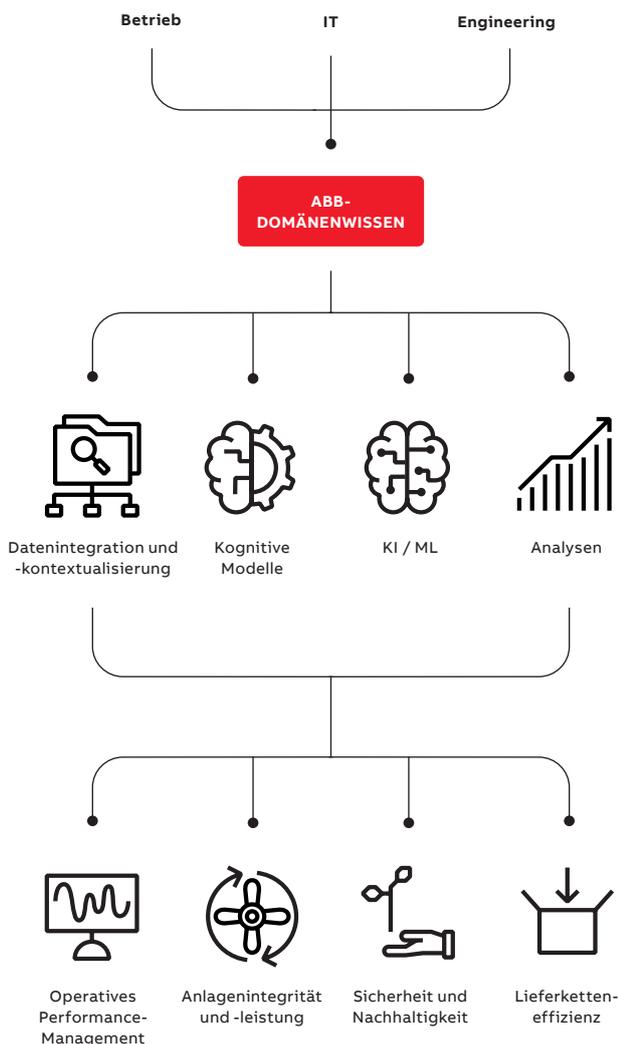
Wenn es darum geht, ein unternehmensweites Ergebnis zu erzielen, ist eine nahtlose und sichere Edge-Computing-Lösung von Vorteil. Daher hat ABB die leistungsstarke industrielle Analyse- und KI-Plattform ABB Ability™ Genix mit dem Betriebsdatenmanagement-Tool ABB Ability™ Edgenius verknüpft. Mit dieser umfassenden integrierten Lösung bietet ABB Industrieunternehmen ein überzeugendes Argument dafür, ihre digitale Transformation auf die gesamte Wertschöpfungskette auszuweiten, um eine starke Wirkung auf bedeutende Kenngrößen wie

Betriebsleistung, Anlagenintegrität und -leistung, Sicherheit, Lieferketteneffizienz, Energieeffizienz und Nachhaltigkeit zu erzielen.

Da Daten den Ausgangspunkt für jedes Element der Wertschöpfungskette darstellen, verbinden ABB Ability™ Genix und ABB Ability™ Edgenius auf einzigartige Weise die ABB-eigenen Stärken Domänenwissen, technisches Know-how und branchenübergreifende digitale Kompetenz. Was für ABB bei der industriellen Analytik und dem industriellen Internet der Dinge (IIoT) ausschlaggebend ist, ist das Wort „industriell“.

Solange die digitale Technologie nicht tief in die betrieblichen Prozesse integriert ist, bleibt der Weg zur Industrie 4.0 teilweise blockiert und die Wertschöpfung begrenzt. Daher nutzt ABB ihr gesamtes Know-how und branchenspezifisches Wissen, um neben der Transformation auch die entsprechende Relevanz sicherzustellen →04.

KUNDENSEITIGE DATENQUELLEN



Außergewöhnliche Wertschöpfung als ultimatives Ergebnis

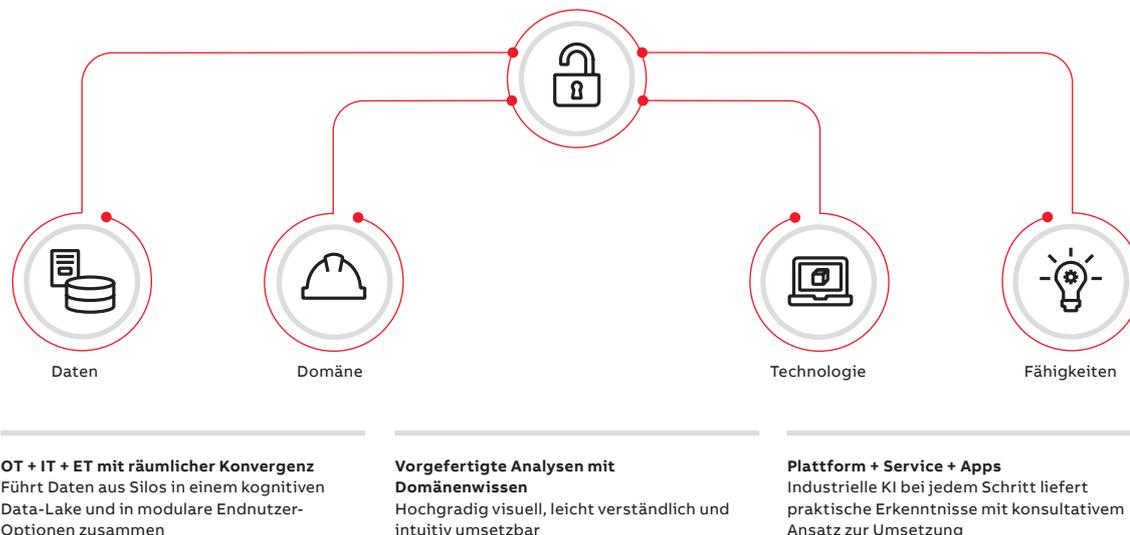
Am Ende ihres Digitalisierungsprozesses profitieren Kunden von einer umfassenden Lösung, die vom Werk bis zum Unternehmen skalierbar und in der Cloud, vor Ort oder in einer hybriden Form implementierbar ist. Für jeden Schritt, den Kunden im Rahmen ihrer digitalen Transformation unternehmen, bietet ABB die richtige Lösung.

Der erste Schritt ist die Einführung einer intelligenten Ausrüstung – Assets, die digitale Fußabdrücke und Datenpunkte erzeugen. Dieser Schritt hilft Industrieunternehmen dabei, den Anlagenzustand und die Leistungsfähigkeit, den

Der Schwerpunkt liegt auf der Erfassung, Integration und Kontextualisierung von Daten.

Prozess und die Sicherheit mithilfe von Echtzeit- bzw. echtzeitnahen Daten zu überwachen. Nur dann können digitale Mehrwertlösungen implementiert werden.

Trotz eines vorhandenen Verständnisses für die Vorteile der digitalen Transformation laufen Programme häufig mehrere Jahre und können entmutigend sein. Um dem entgegenzuwirken, hat ABB kleine, vorgefertigte Analyseanwendungen entwickelt, die dem Anwender einen klaren Mehrwert bieten. Die Anwendungen kombinieren Daten mit Domänenwissen und zielen auf fünf Werttreiber ab: Betriebsleistung, Anlagenintegri-



04

03 ABB Ability™ Genix und ABB Ability™ Edgenius kombinieren kundenseitige Datenquellen mit Datenintegration und Kontextualisierung, kognitiven Modellen, KI-/ML-basierten Modellen, Analysen und dem umfangreichen Domänenwissen von ABB, um eine Wertschöpfung im gesamten Unternehmen zu ermöglichen.

04 ABB Genix ist als modulare Architektur konzipiert, die Endnutzern verschiedene Optionen bietet. Vorgefertigte Analysen mit Domänenwissen liefern Erkenntnisse, die hochgradig visuell, leicht verständlich und intuitiv umsetzbar sind.

tät und -leistung, Sicherheit, Nachhaltigkeit und Lieferketteneffizienz →04. Nichtsdestotrotz müssen solche Analyseanwendungen für einen vollständigen langfristigen Nutzen auf einer robusten, skalierbaren und modularen Plattform

ABB zeigt, wie digitale Technologien, Industrie 4.0, industrielle Analytik und KI die Zukunft der Industrie formen.

wie ABB Ability™ Genix aufbauen. Zu den vorgefertigten Analyseanwendungen gehören unter anderem System Anomaly Detection (Anomalieerkennung), Opportunity Loss Manager (Analyse von Verlusten) und Heat Exchanger Fouling (Verschmutzung von Wärmetauschern).

Darüber hinaus lässt sich das Potenzial der ABB Ability™ Genix-Plattform zur schnellen Entwicklung einer spezifischen Analyselösung nutzen. Ein Beispiel hierfür ist eine intelligente vorausschauende Wartungslösung, die gemeinschaftlich für das getriebelose steuerbare Azipod®-Schiffsantriebssystem entwickelt wurde. Sie identifiziert

potenzielle Anomalien und sendet ein frühzeitiges Warnsignal für Wartungsmannschaften – KI-/ML-basierte Modelle verhindern einen Ausfall. Die Engine für die Erkennung anormaler Zustände und die Frühwarnung basiert auf der Integration von Echtzeit-Daten wie Wicklungstemperaturen, Drehzahl, Drehmoment, Leistung sowie Einlass- und Auslass-Kühllufttemperaturen, die im Rahmen einer internen Kooperation bereitgestellt wurden. Pilotimplementierungen haben gezeigt, dass so eine Verlängerung der Vorlaufzeiten von über einer Stunde möglich sind, sodass Probleme behandelt werden können, bevor sie möglicherweise zu einem katastrophalen Ausfall führen.

ABB Ability™ Genix, ABB Ability™ Edgenius und die darin enthaltenen, auf industrielle Werttreiber ausgerichteten Analyseanwendungen sind ein gutes Beispiel dafür, wie digitale Technologien, Prinzipien der Industrie 4.0, industrielle Analytik und KI die Zukunft der Industrie formen. •

Literaturhinweise

[1] McKinsey & Company: „Unlocking Success in Digital Transformations“. Survey, 29.10.2018. Verfügbar unter: <https://www.mckinsey.com/business-functions/organization/our-insights/unlocking-success-in-digital-trans->

formations (abgerufen am 07.06.2021).

[2] Accenture: „Artificial Intelligence“. Verfügbar unter: <https://www.accenture.com/in-en/insight-artificial-intelligence-future-growth>

[3] M. Gualtieri: „Hadoop is Data's Darling for a Reason“. Forrester, 21.01.2016. Verfügbar unter: <https://go.forrester.com/blogs/hadoop-is-datas-darling-for-a-reason> (abgerufen am 07.06.2021).

[4] E. Charalambous et al.: „AI in production: A game changer for manufacturers with heavy assets“. McKinsey & Company, 07.03.2019. Verfügbar unter: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/>

our-insights/ai-in-production-a-game-changer-for-manufacturers-with-heavy-assets (abgerufen am 07.06.2021).

DIGITALE ASSETS

Partnerschaften mit Startups beschleunigen die Bereitstellung digitaler Tools

Die Zusammenarbeit mit externen Technologieführern hilft ABB dabei, Kundenlösungen schneller bereitzustellen. Die Partnerschaft mit dem Münchner Augmented-Reality-Unternehmen RE'FLEKT bringt das Know-how von ABB mithilfe von Big Data, Analysen und Visualisierung direkt zum Kunden – und zwar wenn es gebraucht wird und wo es gebraucht wird.



01



Kim Fenrich
ABB Industrial
Automation
Zürich, Schweiz
kim.fenrich@us.abb.com

Für ABB liegt die Zukunft in einer offenen Innovation, die auf einer engen Zusammenarbeit mit externen Partnern wie Hochschulen, Forschungsorganisationen und Startups aufbaut. Aus diesem Grund treibt das Unternehmen externe Kollaborationen auf strukturierte Weise über Kanäle wie ABB Technology Ventures (ATV) und SynerLeap voran. SynerLeap bietet Technologieressourcen

Dies bietet ABB zudem die Möglichkeit, mehr über sich entwickelnde Technologien zu erfahren.



Dirk Scharf
RE'FLEKT
München, Deutschland

und Expertise zur Förderung von Innovation und Wachstum über Branchen hinweg, während ATV Unterstützung im Bereich Finanzierung und Geschäftsmodelle bietet. Beide Einheiten ergänzen und stärken sich gegenseitig. So hat

ATV bereits in einige SynerLeap-Partner investiert, und weitere werden folgen. Nicht zuletzt durch die Gründung von SynerLeap und ATV hat sich die Attraktivität von ABB für die weltweite Startup-Community deutlich erhöht.

Kollaborationspartnerschaften bieten ABB zudem die Möglichkeit, mehr über sich entwickelnde Technologien zu erfahren, wo diese am besten eingesetzt werden können (z. B. Anwendungsfälle mit hoher Wertschöpfung) und wie sie genutzt werden können, um Kundenprobleme zu lösen →01.

Das in München und San Francisco ansässige und auf Augmented Reality (AR) und Mixed Reality (MR) spezialisierte Unternehmen RE'FLEKT ist ein herausragender SynerLeap-Partner, mit dem bedeutende technologische Fortschritte erzielt wurden. Die weltweit führende Technologie von RE'FLEKT bietet Unternehmen und Industrien die Möglichkeit, eigene AR- oder MR-Anwendungen zu erstellen. ABB arbeitet mit RE'FLEKT zusammen daran,



— 01 Durch die Zusammenarbeit mit externen Unternehmen, die Experten auf ihrem jeweiligen Gebiet sind, kann die Zeit bis zur Markteinführung einer Lösung verkürzt werden.

AR in eine breite Palette von Anwendungen – z. B. für Remote-Support, -Service, -Wartung und -Training – zu integrieren.

Daten zusammenführen

In der Vergangenheit waren industrielle Automatisierungsdaten meist in separaten, voneinander isolierten Systemen und Netzwerken zu finden, sodass das Bedienpersonal gezwungen war, auf einer Vielzahl von Bildschirmen oder Dashboards

AR kommt bereits im Bereich Wartung, Training und Service zum Einsatz.

nachzusehen, um den Zustand eines bestimmten Betriebsmittels oder Prozesses zu prüfen. Mit Beginn der Digitalisierung wurden diese getrennten Systeme miteinander verbunden, sodass Daten zusammengefasst und verknüpft werden

konnten. Die Herausforderung bestand darin, diese Daten in einen Kontext zu setzen, der sie aussagekräftig und nutzbar macht. Ein solcher Kontext wird durch AR bereitgestellt. AR bietet dem Nutzer die Möglichkeit, ein Gerät anzusehen, es genau zu identifizieren, die damit verbundenen Daten zu visualisieren, fortschrittliche Analysen durchzuführen, IoT-Daten (Internet of Things) zu verknüpfen und nicht zuletzt KI-Algorithmen, also künstliche Intelligenz anzuwenden, um weitere Informationen abzuleiten. Mit anderen Worten, AR kann in jeder Phase des Lebenszyklus eines Geräts oder einer Anlage genutzt werden.

Eine breitere Perspektive

AR kommt bereits im Bereich Wartung, Training und Service – insbesondere in den ABB Ability™ Collaborative Operations Centers →02 – nutzbringend zum Einsatz. Der nächste Schritt besteht darin, die Technologie in Bereichen zu implementieren, in denen der potenzielle Nutzen, der sich aus der Verknüpfung von Daten ergibt, hoch ist – wie etwa in der Konstruktion, in der Montage und im Betrieb.

ABB ABILITY™ COLLABORATIVE OPERATIONS CENTERS

In dieser neuen Ära der Digitalisierung ist eine enge Zusammenarbeit zwischen Herstellern und Zulieferern entscheidend, wenn es darum geht, die Vorteile von Big Data, Analysen und Visualisierung optimal zu nutzen. ABB ermöglicht diese Zusammenarbeit durch ihre ABB Ability™ Collaborative Operations Center (COCs). Sie bilden das Rückgrat der digitalen Dienstleistungen von ABB und helfen Kunden in der Industrie dabei, das Potential der Digitalisierung voll auszuschöpfen.

In den COCs nutzen ABB-Experten fortschrittliche Analysen, um aus Daten aussagekräftige, praktisch umsetzbare Informationen zu gewinnen, die Kunden dabei helfen, Entscheidungen zu treffen und ihre Unternehmensleistung zu optimieren. Die COCs bieten rund um die Uhr Zugang zu den digitalen Technologien, Datenanalysen und dem Domänenwissen von ABB. Die weltweit vernetzten Centers verfügen über modernste Anwendungen, die eine enge Zusammenarbeit zwischen Kunden und ABB-Experten und eine schnelle Anpassung an veränderte Bedingungen ermöglichen.

Die COCs nutzen die ABB Ability™ Cloud-Infrastruktur. Diese bietet dem Kunden die Möglichkeit, Daten sicher zu integrieren und zu bündeln, vorausschauende Analysen durchzuführen und Einblicke zu generieren, die dabei helfen, die Produktivität zu steigern.

Typischerweise richtet ABB eine Fernüberwachung für den Kunden ein und integriert diese in ein COC. Vor Ort installierte Feldgeräte erfassen Daten, die mithilfe fortschrittlicher Verfahren analysiert werden, um eine schnelle

Identifizierung, Kategorisierung und Priorisierung von Problemen zu ermöglichen. Zudem werden Kommunikationsprotokolle zwischen dem Kundenstandort und ABB sowie dem Hauptsitz des Kunden eingerichtet, um weitere finanzielle Analysen und Entscheidungen zu unterstützen.

Dank der Lösungen von ABB und RE'FLEKT sind die COCs durch Schritt-für-Schritt-Anweisungen, die in der realen Umgebung angezeigt werden, in der Lage, Wartungs-, Onboarding- und Trainingskosten zu reduzieren. Durch AR-geführte Wartungsverfahren können Reparaturzeiten verkürzt und eine stabile Produktion sichergestellt werden.

Kim Fenrich, Simulation Product Manager bei ABB, fasst den AR-Ansatz wie folgt zusammen: „Wir nutzen transformative Technologien wie AR, um neue Geschäftsmodelle zu realisieren, die die Kundenperformance steigern. Diese Technologien verändern unsere Zusammenarbeit mit Kunden und machen Wissen für Menschen schneller zugänglich.“ •

02 Die ABB Ability™ Plattform und Cloud-Infrastruktur bieten Kunden die Möglichkeit, Daten sicher zu integrieren und zusammenzufassen, vorausschauende Analysen durchzuführen und Einblicke zu generieren.





03

— Die AR-Lösungen von RE'FLEKT reduzieren Wartungs-, Onboarding- und Trainingskosten durch Schritt-für-Schritt-Anweisungen, die in der realen Umgebung angezeigt werden.

Je mehr Daten in diesen Bereichen zusammengeführt werden, desto aussagekräftiger werden sie in ihrer Gesamtheit – und ermöglichen z. B. intelligentere, fundiertere Entscheidungen. So lassen sich durch die Verknüpfung

—
Häufig lässt sich die Leistungsfähigkeit des digitalen Zwillings mithilfe von AR verbessern.

von Konstruktionsdaten mit Betriebsdaten Vergleiche zwischen den aktuellen Betriebsbedingungen und der erwarteten Performance anstellen. Es kann zwar sein, dass der Betrieb konstruktionsgemäß läuft, aber dass die Konstruktionsdaten falsch waren. Ist dies der Fall, lassen sich die Betriebsdaten in die ursprünglichen Konstruktionszeichnungen zurückführen, um die Konstruktion zu verändern und sicherzustellen, dass zukünftige Iterationen auf korrekten, realen Daten basieren.

Wenn der gesamte Lebenszyklus eines Produkts von der Konstruktion über den Betrieb und die Wartung bis hin zur Optimierung mit einer einzigen, akkuraten Datenquelle unterstützt wird – und 3-D- oder Livedaten mithilfe von AR eingebunden werden können – ermöglicht dies zugänglichere Trainings und einen besseren und schnelleren Anlagensupport. Außerdem kann der Remote-Support vereinfacht und die Notwendigkeit zum Entsenden von Serviceingenieuren reduziert werden.

Digitale Zwillinge

Ein digitaler Zwilling ist ein virtuelles Abbild eines Objekts oder Systems, das über Operational Awareness, also ein „Bewusstsein“ für betriebliche Zusammenhänge, verfügt. Eine Anlage wird durch viele miteinander verbundene digitale Zwillinge repräsentiert, was es dem Nutzer erlaubt, in einen bestimmten Teil der Anlage hineinzuzoomen und umfassende Echtzeit-Statusinformationen abzurufen, um mögliche Probleme schneller zu lösen.

Je mehr Daten dem digitalen Zwilling von der Konstruktionsphase an zur Verfügung stehen, desto besser ist der Kunde in der Lage, die Performance seiner Anlage zu verbessern, die Lebensdauer der Ausrüstung zu verlängern, Veränderungen zu bewältigen und Ausfallzeiten zu reduzieren. Ist z. B. ein Motor defekt, und es ist kein identisches Modell verfügbar, weil sich die Spezifikationen geändert haben oder das Modell veraltet ist, kann der Nutzer mithilfe von AR, dem digitalen Zwilling und entsprechender Simulationssoftware prüfen, was passiert, wenn ein Motor mit einer anderen Spezifikation eingesetzt würde.

Bei vielen Anwendungen lässt sich die Leistungsfähigkeit des digitalen Zwillings mithilfe der AR-Technologie von RE'FLEKT deutlich verbessern →03.

Klein anfangen

Eine Durchflussmesser-Anwendung namens ABB Ability™ AR Guided Support für Messgeräte nutzt einige der eben beschriebenen Konzepte und ist ein konkretes Beispiel dafür, wie die Zusammenarbeit mit RE'FLEKT zur Entwicklung von Konzepten geführt hat, die dem Kunden einen unmittelbaren Nutzen bieten.



04a



04b



04c

Über die gesamte Industrie hinweg sind mehrere Hunderttausend ABB-Durchflussmesser im Einsatz. Diese sind über verschiedene Kanäle – direkt von ABB, per Installation durch Systemintegratoren, Vertrieb durch Drittanbieter usw. – an ihren Standort gelangt, was es für ABB schwer macht, die Gesamtqualität im Auge zu behalten oder sich einen Überblick über den installierten Bestand zu verschaffen. Fällt ein Messgerät aus, weiß der Nutzer manchmal nicht, an wen er sich wenden soll.

ABB verfügt über die notwendigen 3-D-Modelle und die Expertise, um AR-geführte Supportverfahren für diese Messgeräte zu erstellen. RE’FLEKT bietet das notwendige Know-how im Bereich AR, um diese Verfahren in puncto Nutzen und Einfachheit auf ein neues Niveau zu heben. Dabei macht RE’FLEKT viel mehr, als nur Daten zusammenzuführen. Das Unternehmen nutzt vielmehr sein umfangreiches geistiges Eigentum, um die gesamte AR-Umgebung aufzuwerten →04–07.

Durchflussmesser eignen sich besonders als Anwendungsfall zur Vertiefung der Zusammenarbeit.

Als Anwendungsfall zur Vertiefung der Zusammenarbeit zwischen ABB und RE’FLEKT eignen sich die Durchflussmesser besonders, da sie die Möglichkeit boten, die Vorstellungen von ABB an einem unkomplizierten Gerät mit einem hohen Nutzwert zu überprüfen. Hätte man stattdessen mit einem großen, komplexen Ziel wie etwa einem getriebelosen Mühlenantrieb oder einer Papiermaschine begonnen, wären lange, risikobehaftete Entwicklungsarbeiten nötig gewesen.

Nach genauer Festlegung der Anforderungen, Durchführung eines Proof-of-Concept-Projekts und Abschluss der Entwicklungs- und Pilotphasen wurde eine Preview-Anwendung mit einer



05a



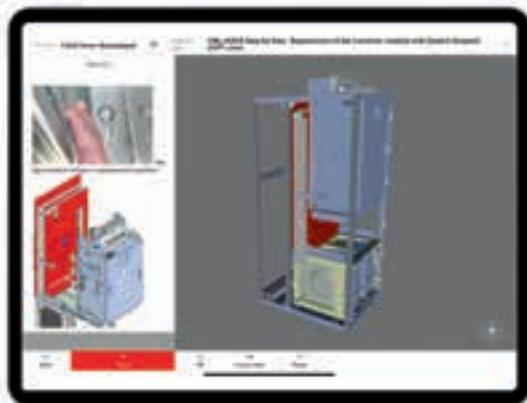
05b



05c



05d



06



07

— 04 ABB-Viewer.

04a Hauptbildschirm.

04b Menü.

04c Geräteauswahl.

— 05 Beispielanzeigen für Messgeräte.

05a Sicherheitshinweise.

05b Anleitungen zur Demontage.

05c Detaillierte Anleitungen.

05d Die Darstellung der realen Umgebung erleichtert die Orientierung.

— 06 Fotos können ebenfalls in die Anzeige integriert werden.

— 07 Detaillierte Handhabungsanweisungen erhöhen die Sicherheit.

kleinen Zahl von geführten Supportverfahren für Channel-Partner und Kunden bereitgestellt, um Feedback vom Markt zu erhalten. Darüber hinaus hat ABB mit ABB Ability™ Remote Insights für Service ein neues visuelles Remote-Support-Tool eingeführt, das AR zur schnelleren Problemlösung nutzt. Die auf der Plattform von RE'FLEKT basierende globale Standardlösung bietet Experten in ABB Support-Centern die Möglichkeit, das zu sehen, was der Kunde sieht.

Markteinführung

Durch die Bereitstellung von innovativen Tools, die Anlagenbetreiber bei der Eigenwartung unterstützen, einen klar erkennbaren Nutzen bieten und zur Steigerung der Performance beitragen, will ABB das Vertrauen ihrer Kunden weiter stärken.

Durch eine phasenweise Markteinführung, die mit dem Proof-of-Concept beginnt, will ABB den Nutzen demonstrieren, den geführte Supportverfahren bei der Lösung realer Probleme bieten. Sobald dieser Nachweis erbracht ist, folgt die Beteiligung der Kunden und des Managements. Dies treibt die Entwicklung und Einführung weiterer geführter Supportverfahren voran, und mit zunehmender Bandbreite der Verfahren werden diese schnell zu einem erwarteten Bestandteil vieler Lieferungen.

Das AR-Ökosystem von RE'FLEKT wird die Entwicklung, Einführung und Nutzung dieser erweiterten Funktionen erheblich vereinfachen.

Schnellere Bereitstellung digitaler Tools durch Partnerschaften

Die ABB Collaborative Operations Centers und das AR-Ökosystem von RE'FLEKT ermöglichen die

Irgendwann sollen AR-basierte Verfahren in vielen ABB-Systemen und -Geräten für einen Mehrwert sorgen.

Zusammenführung von dauerhaftem Monitoring, Datenvisualisierungen in Echtzeit und unmittelbarem Zugang zu Fachwissen. So können Daten und Analysen in einfache Schritt-für-Schritt-Anweisungen mit Echtzeit-Unterstützung aus der Ferne verwandelt werden, die es dem Servicetechniker ermöglichen, notwendige Aufgaben zur Fehlerbehebung effizient zu absolvieren.

Das AR-Ökosystem von RE'FLEKT ermöglicht ABB nicht nur die Bereitstellung eines unmittelbarem Kundensupports, sondern auch die interne Erstellung von AR-gestützten Anleitungen und Tutorials, die direkt vor Ort beim Kunden eingesetzt werden können. Dies trägt zur Optimierung von Arbeitsabläufen, Verbesserung der Fähigkeiten des Technikers und Erhöhung der Kundenzufriedenheit bei.

Irgendwann einmal sollen AR-basierte Verfahren genutzt werden, um in vielen ABB-Systemen und -Geräten einen Mehrwert zu schaffen. Das volle Potenzial ist jedoch erst bei einer vollständigen Integration der Kundendaten erreicht, was noch etwas dauern dürfte.

Die zukunftsweisenden Plattformen von RE'FLEKT machen AR und MR für Unternehmen erschwinglich und skalierbar und ermöglichen es ABB, ihr Branchenwissen in maßgeschneiderte AR- und MR-Lösungen zu verwandeln. •



SYSTEM

- Unit 01
98%
EN2053445
- Part 02
95%
LW2345678
- Part 04
99%
CG6789012
- Part 05
97%
AA3333444



DIGITALE ASSETS

Der digitale Zwilling: vom Hype zur Realität

Die wachsende Nachfrage nach Digitalisierung und dem industriellen Internet der Dinge (IIoT) machen den digitalen Zwilling zu einer Schlüsseltechnologie für digitale Industrien. Wie können digitale Zwillinge digitale Technologien verbessern, die Entwicklung und Standardisierung von Architekturen vorantreiben und neue Anwendungsfälle und Geschäftsmodelle ermöglichen?

—
01 Digitale Zwillinge sind Schlüsselemente für die Digitalisierung in vielen Industriezweigen. Sie werden häufig durch das Umfeld definiert, in dem sie eingesetzt werden.

Digitale Abbilder werden bereits seit Jahren verwendet, um Informationen zu Betriebsmitteln (sogenannten „Assets“) über deren Lebenszyklus hinweg zu modellieren. Allerdings wurden diese Modelle noch nicht als „digitale Zwillinge“ bezeichnet, bis der Ausdruck im Jahr 2003 im Rahmen einer Hochschulvorlesung erstmalig verwendet wurde. Seitdem sind viele verschiedene Definitionen für den Begriff digitaler Zwilling entstanden, die sich typischerweise auf den jeweiligen Anwendungsfall beziehen →01. In jüngster Zeit bemühen sich verschiedene Konsortien – wie z. B. das Industrial Internet Consortium (IIC), an dem auch ABB beteiligt ist, die Welt der digitalen Zwillinge über bestimmte Anwendungsfälle hinaus zu definieren. So definiert das IIC den digitalen Zwilling selbst als digitale Repräsentation einer Entität (z. B. eines Geräts, einer Produktionszelle oder einer Anlage), die die Anforderungen bestimmter Anwendungsfälle erfüllt [1,2]. Aus dieser Definition folgt zweierlei:

- Obwohl viele den digitalen Zwilling mit dem IIoT assoziieren, nimmt die Definition keinerlei Bezug auf IIoT-Aspekte, da der Begriff des digitalen Zwilling (wenn auch nicht die Bezeichnung) älter ist als das IIoT.
- Digitale Zwillinge sollten in Verbindung mit Anwendungsfällen diskutiert werden, die die Daten, Modelle, Berechnungen und Services definieren, die bereitgestellt werden sollen.

Lebenszyklusdaten werden aufgrund unterschiedlicher Anforderungen an die Funktionalität, aufgrund unterschiedlicher Nutzerbedürfnisse, aufgrund von Firmenfusionen usw. häufig an verschiedenen Stellen und in unterschiedlichen Formaten gespeichert →02. Diese sogenannten Datensilos führen zu mangelnder Interoperabilität auf verschiedenen

—
Der digitale Zwilling kann ein einheitliches Informationsmodell für ET-, IT- und OT-Daten bereitstellen.

Zugangsebenen und erfordern fehleranfällige und zeitaufwändige manuelle Datenaustauschverfahren. Die Zusammenführung von Daten zur Verarbeitung in Analyseanwendungen wird ebenfalls erschwert.

Diese Probleme lassen sich mithilfe von digitalen Zwillingen lösen, die entweder lokal oder in der Cloud implementiert werden können. Hier kann der digitale Zwilling ein einheitliches Informationsmodell zur Definition ansonsten inkompatibler ET-, IT- und OT-Daten bereitstellen. Dieses Modell dient dann als Grundlage für Schnittstellen zur Programmierung von Anwendungen (Application Programming Interfaces, APIs) für den Datenzugriff und zur Definition von semantischen Zusammenhängen zwischen für gewöhnlich verteilten Datensätzen. So kann der digitale Zwilling einheitliche APIs zur Abfrage von Lebenszyklusdaten verschiedener Art anbieten, ganz gleich, ob die Daten in der Cloud oder in externen Datenquellen gespeichert sind [4].

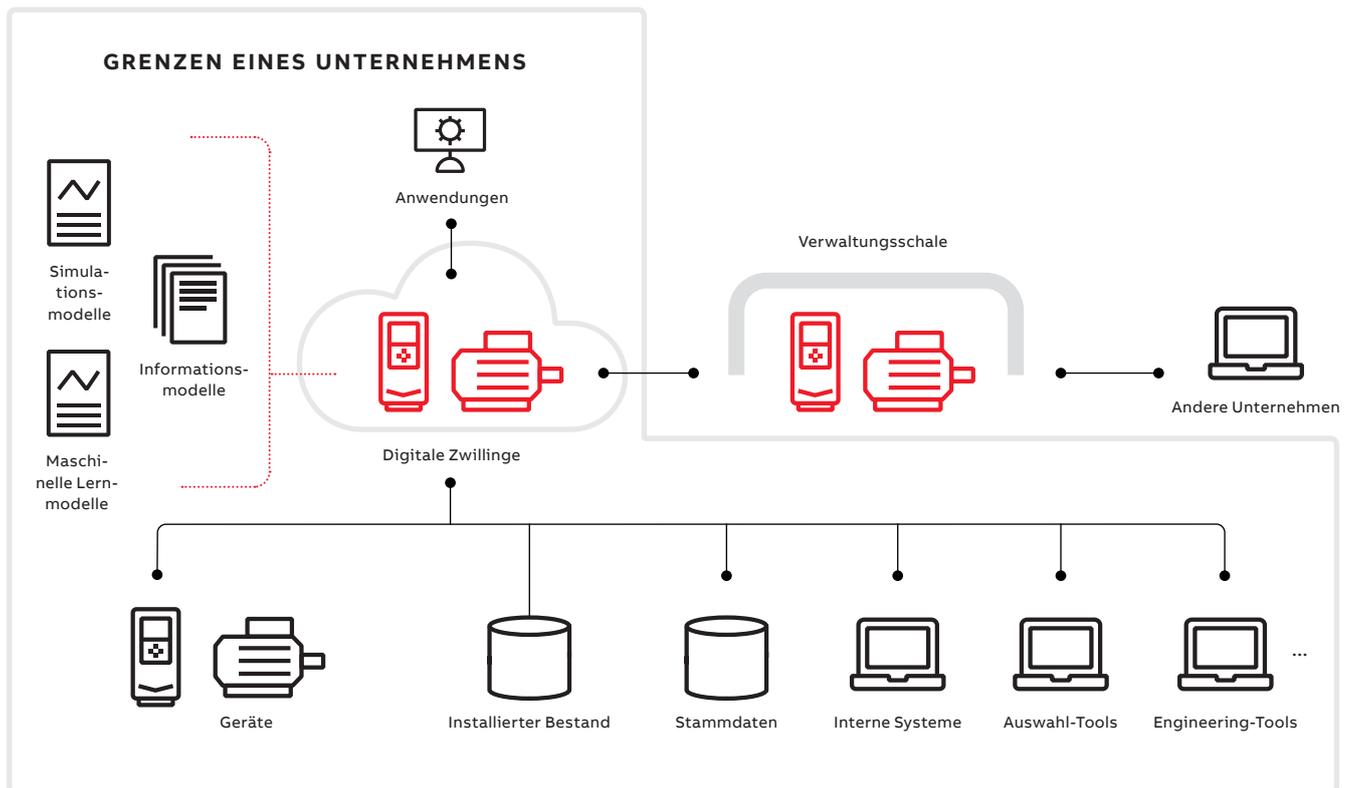


Somayeh Malakuti
ABB Corporate
Research Center
Ladenburg, Deutschland

somayeh.malakuti@
de.abb.com

Der digitale Zwilling in industriellen Systemen

Die Lebenszyklusdaten von industriellen Geräten können in ET-Daten (Engineering-Technologie), IT-Daten (Informationstechnologie) und OT-Daten (Betriebstechnologie) unterteilt werden. Diese



02

Der „Reifegrad“ von digitalen Zwillingen lässt sich erhöhen, indem Zusammenhänge zwischen verschiedenen, im digitalen Zwilling enthaltenen Modellen dargestellt und bessere Schlussfolgerungen aus diesen Informationen abgeleitet werden →03. Der Inhalt digitaler Zwillinge lässt sich mithilfe von maschinellen Lernverfahren und Simulationsmodellen erweitern. Dies erhöht die Intelligenz des digitalen Zwillings und ermöglicht bessere Schlussfolgerungen hinsichtlich des Zustands seines physischen Gegenstücks. Außerdem können so auch Echtzeit-Simulationsmodelle unterstützt werden. Noch fortschrittlichere Anwendungsfälle lassen sich durch Kombination mehrerer Modelle – z. B. zu intelligenten Simulationsmodellen zur Vorhersage des Zustands eines Geräts – erreichen.

Im Zeitalter des IIoT tragen Technologien wie die Cloud, Edge Computing, 5G-Konnektivität und Augmented Reality dazu bei, das Konzept des digitalen Zwillings auf die nächste Stufe zu heben, indem sie eine Verbesserung der digitalen Technologien, die Entwicklung und Standardisierung von Architekturen, die Schaffung innovativer Interaktionen zwischen Systemen bzw. Nutzern und die Realisierung von neuen Geschäftsmodellen ermöglichen →04.

Mit diesen Technologien und Interaktionen können digitale Zwillinge wiederum neue Anwendungsfälle ermöglichen – z. B. integriertes Informationsmanagement entlang des Wertstroms, integriertes, cloudbasiertes Engineering,

Plug-&-Produce für Feldgeräte und virtueller Vor-Ort-Support. Die Integration von digitalen Zwillingen in Automatisierungsprozesse hilft z. B. dabei, die Inbetriebnahmedauer und den damit verbundenen Aufwand zu reduzieren und die Zeit bis zum Produktionsstart zu verkürzen.

Zwei Anwendungsfälle – integriertes, cloudbasiertes Engineering und Plug-&-Produce für Feldgeräte – veranschaulichen die Vorzüge von digitalen Zwillingen:

Digitale Zwillinge reduzieren die Inbetriebnahmedauer und den damit verbundenen Aufwand.

Integriertes, cloudbasiertes Engineering

Statt alle in →02 dargestellten Aspekte zu umfassen, kann sich die Nutzung des digitalen Zwillings auch darauf konzentrieren, einen integrierten Datenaustausch zwischen Tools zu ermöglichen. So können zu einem früheren Zeitpunkt verwendete Geräteparameter als dediziertes Modell im digitalen Zwilling in der Cloud gespeichert werden, sodass das Engineering-Tool diese später abrufen kann, um seine Parameter korrekt zu initialisieren. Darüber hinaus ermöglicht der digitale Zwilling ein cloudbasiertes Backup und die Wiederherstellung von Engineering-Daten.

—
02 Der digitale Zwilling löst das Problem der Datensilos.

—
03 „Reifegrade“ des digitalen Zwillings.

Plug-&-Produce für Feldgeräte

Die Konfiguration oder der Austausch von Feldgeräten kann heutzutage sehr aufwändig sein, da möglicherweise nicht standardisierte Informationen aus verschiedenen Quellen in unterschiedlichen Formaten zusammengeführt werden müssen. Der digitale Zwilling eines Feldgeräts ermöglicht jedoch ein Plug-&-Produce-Szenario, das die Inbetriebnahme von Feldgeräten beschleunigt. Durch automatische Geräteerkennung und Cloud Computing in Verbindung mit standardisierten Informationsformaten wie AutomationML und OPC UA können mit dem Netzwerk verbundene Geräte automatisch erkannt, Engineering- und Betriebsparameter abgeglichen und die passenden Parameter aus der Cloud auf die Geräte heruntergeladen werden. Während für den physischen Austausch der Geräte weiterhin geschultes Personal benötigt wird, ermöglicht der digitale Zwilling eine sofortige Rekonfiguration, ohne dass ein Geräte- oder Prozessexperte erforderlich ist.

Standardisierung und Initiativen

Im Zusammenhang mit digitalen Zwillingen gibt es verschiedene Standardisierungsvorhaben, die zurzeit laufen. So definiert die in der IEC 81346 standardisierte Aspekt-Objekt-Technologie die sogenannten Aspekte, die zur Strukturierung von Informationen im Hinblick auf bestimmte Betrachtungsweisen (z. B. Produkt, Funktion oder Ort) eines industriellen Systems erforderlich sind. Die IEC 62832 definiert ein Rahmenwerk für die Digitale Fabrik, in dessen Mittelpunkt die Repräsentation der Assets der Fabrik steht, auch wenn diese Repräsentation nicht als digitaler Zwilling bezeichnet wird.

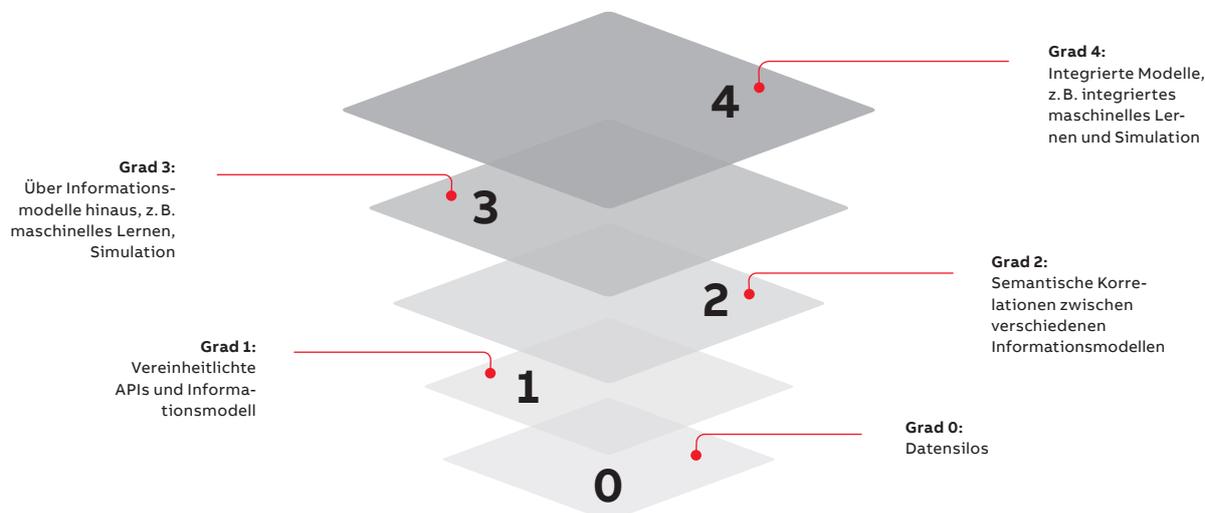
In den vergangenen Jahren sind noch weitere Initiativen hinzugekommen: Das Projekt IEEE P2806 hat sich zum Ziel gesetzt, die Systemarchitektur für digitale Repräsentationen physischer Objekte

Die Verwaltungsschale fördert die Interoperabilität digitaler Zwillinge.

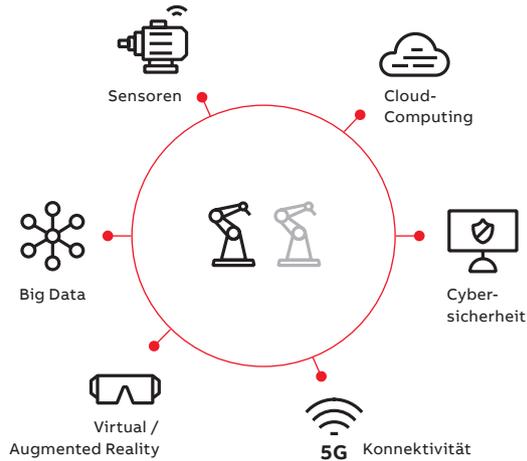
in Fabrikumgebungen zu definieren, wobei der Schwerpunkt auf den Konnektivitätsanforderungen und Datenattributen für industrielle künstliche Intelligenz liegt. Und die Arbeitsgruppe ISO/AWI 23247 treibt die Nutzung digitaler Zwillinge in der Fertigung durch Definition einer Referenzarchitektur voran.

Während Unternehmen digitale Zwillinge häufig als isolierte Systeme anbieten, könnten viele Anwendungsfälle von Interaktionen zwischen digitalen Zwillingen verschiedener Anbieter profitieren. Die deutsche Plattform Industrie 4.0 hat die sogenannte Verwaltungsschale (engl. Asset Administration Shell) [3] als Umsetzung des industriellen digitalen Zwillings für die intelligente Fertigung entwickelt, um die Interoperabilität über den gesamten Wertstrom zu fördern.

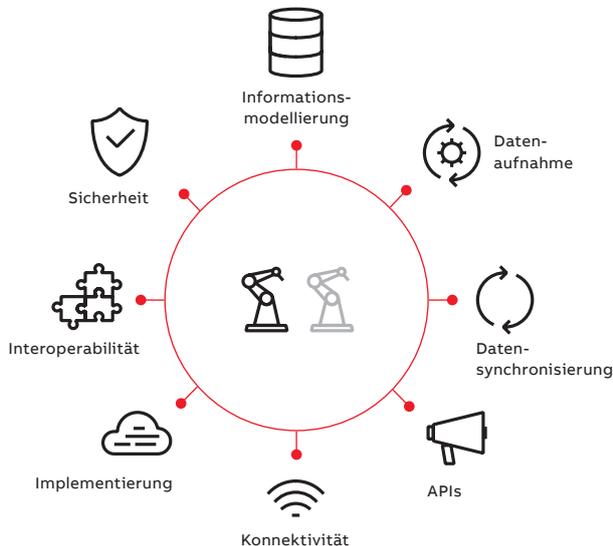
Neben dem IIC und der Plattform Industrie 4.0 gibt es noch weitere Gruppen, die sich mit dieser Thematik befassen – z. B. die Industrial Digital Twin Association (eine Nutzerorganisation für



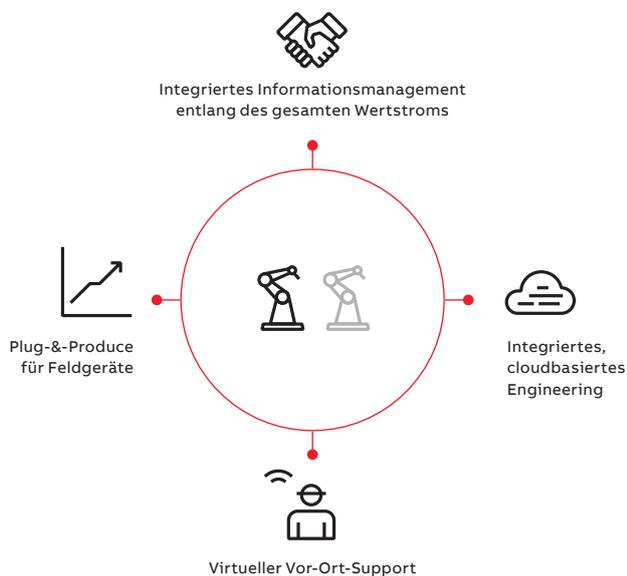
BASIEREND AUF VERSCHIEDENEN TECHNOLOGIEN WIE ...



DIGITALER ZWILLING MIT ASPEKTEN WIE ...



ERMÖGLICHT NEUE ANWENDUNGSFÄLLE WIE ...



den digitalen Zwilling in der Industrie 4.0, die einen Open-Source-Ansatz verfolgt); das Digital Twin Consortium [5], das sich für die Konsistenz in Vokabular, Architektur, Sicherheit und Interoperabilität der digitalen Zwillingstechnologie einsetzt; die Open Manufacturing Platform [1], deren Ziel es ist, plattformagnostische Lösungen voranzutreiben; und das Projekt GAIA-X [7], zu dessen Eckpfeilern die Interoperabilität auf der Ebene von Informationsmodellen und digitalen Zwillingen gehört.

Der digitale Zwilling, digitale Geschäftsmodelle und die Zukunft

Der digitale Zwilling legt die Grundlage für neue digitale Services und Kollaborationen und hilft dabei, vorhandene Services zugänglicher und effizienter zu gestalten. Und da viele Fehler in der Produktion auf falsche oder veraltete Daten zurückzuführen sind, erleichtert eine allgemein anerkannte Möglichkeit für den Zugriff auf und den Austausch von gerätebezogenen Daten das kollaborative Engineering über den gesamten Lebenszyklus hinweg [8] →05.

—
Ein einfacher Zugriff auf und Austausch von gerätebezogenen Daten erleichtert das kollaborative Engineering.

Im Gegensatz zum physischen Gerät kann ein digitaler Zwilling einschließlich aller seiner Aspekte – mit entsprechenden Cybersicherheitsmaßnahmen – auf breiter Ebene verfügbar gemacht werden, was wiederum die Bereitstellung von cloudbasierten „X-as-a-Service“-Anwendungen ermöglicht. Ferner ermöglicht der integrierte Zugang zu ET-, IT- und OT-Daten über die APIs des digitalen Zwillings die Realisierung des Datenzugriffs und die Umsetzung von Nutzungsregeln auf der Ebene des digitalen Zwillings. So brauchen solche Regeln nicht für jede Datenquelle einzeln definiert zu werden, und die Definition von Nutzungsrichtlinien für externe Nutzer der Daten wird erleichtert.

Es besteht kein Zweifel, dass der digitale Zwilling eine bedeutende Rolle in der rasch fortschreitenden digitalen Evolution der Industrie spielen wird. Durch verschiedene Projekte und Kollaborationen sowie die Mitarbeit in Konsortien wie dem IIC und der Plattform Industrie 4.0 hilft ABB dabei, einheitliche Definitionen und Standards für digitale Zwillinge voranzutreiben und zu etablieren. •

—
04 Aspekte des digitalen Zwillings im Überblick.

—
05 Digitale Zwillinge ermöglichen einen breiten Zugang zu gerätebezogenen Daten und helfen dabei, Produktionsfehler aufgrund falscher oder veralteter Daten zu verhindern.



05

—
Literaturhinweise

[1] Industrial Internet Consortium: „Digital twins for Industrial Applications“. Verfügbar unter: https://www.iiconsortium.org/pdf/IIC_Digital_Twins_Industrial_Apps_White_Paper_2020-02-18.pdf (abgerufen am 10.02.2021).

[2] Industrial Internet Consortium and Plattform Industrie 4.0: „The digital twin and Asset Administration Shell Concepts and Application in the

Industrial Internet and Industrie 4.0“. Verfügbar unter: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/Digital-Twin-and-Asset-Administration-Shell-Concepts.pdf> (abgerufen am 10.02.2021).

[3] Plattform Industrie 4.0: „Details of the Asset Administration Shell – Part 1: The exchange of information between partners in the value chain of Industrie 4.0“. Verfügbar unter: https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/Details_of_the_Asset_Administration_Shell_Part1_V3.html (abgerufen am 10.02.2021).

[4] S. Malakuti et al.: „A Four-Layer Architecture Pattern for Constructing and Managing Digital Twins“. Software Architecture. Springer International Publishing 2019. S. 231–246.

[5] The Digital Twin Consortium. <https://www.digitaltwinconsortium.org>

[6] Open Manufacturing Platform. <https://open-manufacturing.org>

[7] GAIA-X. <https://www.data-infrastucture.eu/GAIA-X/Navigation/EN/Home/home.html>

[8] S. Malakuti et al.: „The digital twin: An Enabler for New Business Models“. Automation 2019 conference.



01

DIGITALE ASSETS

Digitale Zwillinge von Produkten und wie man sie findet

Industrieanlagen können Tausende von Geräten umfassen, die alle ihre eigene Dokumentation besitzen. Ein Demonstrator von ABB auf der Basis von Industrie-4.0—Technologien zeigt, wie die Verwaltung einer umfassenden und aktuellen Dokumentation über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts hinweg sichergestellt werden kann.

— 01 Industrie 4.0 bietet Tools, die dabei helfen, die Dokumentation für mehrere Tausend Geräte in einer typischen Industrieanlage zu verwalten.

— 02 Beispiel eines AutoID-Weblinks in Form eines QR-Codes für einen Temperatur-Messumformer.

Informationen wie Dokumentationen, Handbücher, technische Daten, Zeichnungen, Hinweise und Zertifikate begleiten ein Produkt über seinen gesamten Lebenszyklus von der Konstruktion und Installation über den Betrieb und die Wartung bis hin zur Außerbetriebnahme und zum Recycling. Relevante und aktuelle

Digitale Zwillinge können beim Informationsaustausch zwischen Kundentools, ABB-Datenarchiven und anderen Systemen helfen.

Dokumentation zu einem Produkt zu finden, ist für Nutzer heutzutage häufig eine Herausforderung, da ein Großteil der Informationen manuell erstellt, abgelegt und aktualisiert wird. Dabei kann selbst eine mittelgroße Anlage viele Tausend Einzeldokumentationen umfassen → 01. Die Verwaltung dieser riesigen Datenmengen zu automatisieren, ist mit einigen Hürden verbunden – etwa im Hinblick auf die eindeutige Identifizierung von Geräten, die Bereitstellung maschinenlesbarer Dokumente, eine klare Semantik (Bedeutung) der Informationen, standardisierte Metadaten und geeignete Mechanismen zur Aktualisierung.

Glücklicherweise helfen Fortschritte bei den Industrie-4.0-Spezifikationen für interoperable industrielle digitale Zwillinge dabei, diese Hürden zu überwinden. Digitale Zwillinge liefern eine digitale, interoperable und durchgängige Lösung zur Bereitstellung von Informationen zu Geräten in verschiedenen Lebenszyklusphasen vom Produktdesign und der Zertifizierung über die Produktion, die Logistik, den Transport und die Distribution bis hin zum Betrieb und zur Wartung in Kundenanlagen.

Dieser Artikel zeigt, wie digitale Zwillinge dabei helfen können, die Herausforderungen des Informationsaustauschs zwischen Kundentools, ABB-Datenarchiven (Repositories) und anderen Systemen zu bewältigen.



<https://id.abb/9AAC129110?SN=3K65000054982>

02

AutoID – Identifikation von Geräten und Gerätetypen

Im Jahr 2018 wurde ABB eingeladen, eine Initiative der europäischen Prozessindustrie zur Entwicklung eines globalen, intelligenten Identifikationssystems für Geräte aller Art – von kleinen massengefertigten Sensoren bis hin zu großen kundenspezifischen Maschinen – zu unterstützen. Eine robuste und sichere Identifikation von Geräten ist eine wichtige Voraussetzung für die Bereitstellung von anlagenbezogenen Informationen.

Zusammen mit über 50 Partnern, Lieferanten und Kunden arbeitete ABB an der Standardisierung eines solchen Identifikationssystems („AutoID“), was schließlich in der DIN SPEC 91406 manifestiert wurde. Um die weltweite Umsetzung zu beschleunigen, unterstützt ABB die Arbeitsgruppe bei der Verankerung der DIN SPEC in einer IEC-Norm.

Der Ansatz ist so einfach wie effizient. Ein eindeutiger Identifikationsschlüssel in Form eines maschinenlesbaren Labels reicht aus, um

- alle mit einem solchen Label gekennzeichnete Geräte zu unterscheiden und zu referenzieren,
- Informationen aller Art zu einem physischen Objekt zu erstellen, zu verarbeiten, zu speichern und auszutauschen.

Um die Notwendigkeit einer zentralen Koordinierungsstelle zur Sicherung der Eindeutigkeit des Codes zu vermeiden, wurde folgendes Grundprinzip festgelegt: Der Code sollte ein

— **Sten Grüner**
Marie Platenius-Mohr
ABB Corporate Research
Center
Ladenburg, Deutschland

sten.gruener@
de.abb.com
marie.platenius-mohr@
de.abb.com

— **Tilo Merlin**
ABB Process Automation – Measurement & Analytics
Frankfurt, Deutschland

tilo.merlin@de.abb.com

— **Kai Garrels,**
ABB Electrification
Heidelberg, Deutschland

kai.garrels@de.abb.com

— **Michael Klippahn**
ABB Motion Service,
Smart Solutions –
Global R&D
Ladenburg, Deutschland

michael.klippahn@
de.abb.com



03

Element enthalten, das den Hersteller identifiziert, und ein weiteres Element, das dem Hersteller unterliegt und in seinem Bereich einzigartig ist. Die Umsetzung der Codierung erfolgt mithilfe von Internetadressen (Weblinks).

Als physischer „Träger“ wurde ein 2D-Code (QR- oder DataMatrix-Code) gewählt, der ein Erfassen der AutoID durch optische Scanner und Smartphones ermöglicht. Um auch Anwendungen abzudecken, bei denen keine optische Erfassung möglich ist, funktioniert AutoID auch mit Funk- (RFID) und Nahfeldkommunikation (NFC).

ABB nutzt die Weblink-Funktion von AutoID-QR-Codes, um den Nutzer direkt zur Produktwebseite zu leiten →02.

Quellen für digitale, maschinenlesbare Produktinformationen

Produktspezifische Informationen zum umfangreichen und vielfältigen ABB-Produktportfolio stehen in verschiedenen maschinenlesbaren Quellen zur Verfügung:

- Die ABB Library – diese wird von ABB entwickelt und gepflegt und enthält Marketing- und technische Dokumente, Software, Filme und andere Dokumente zu ABB-Produkten und -Services.
- Das Product Information Management (PIM) System – ein ABB-Stammdatenrepository für Übersetzungen, das kundenseitige ABB-Produktangebot (Offering Tree) sowie Produkt- und Teiledaten.
- Die PIM-Anwendung – diese Anwendung bietet z. B. Webservices, XML-Exporte für Produktdaten und Klassifikationsbaum-Exporte in nachgelagerte Anwendungen.
- Product Information Services (PIS) – eine Stammdatenanwendung zur konsistenten Navigation, Suche, Auswahl und Darstellung des ABB-Angebots. PIS ist als Dienst für verschiedene nachgelagerte interne und externe Anwendungen implementiert.

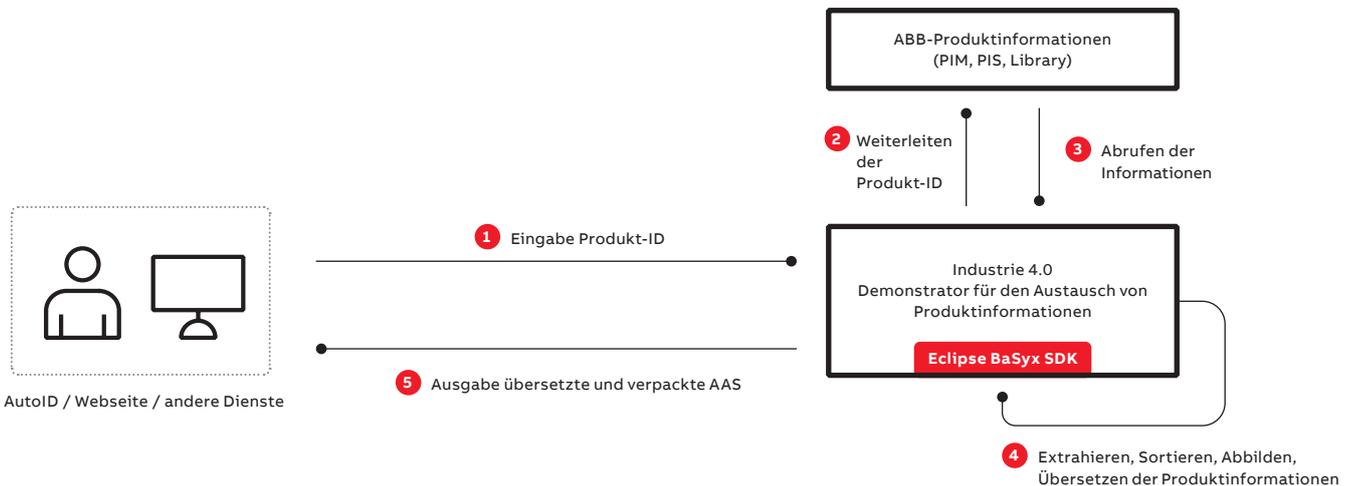
— Technische Eigenschaften müssen dem Kunden in eindeutiger Form bereitgestellt werden.

Diese Quellen werden von dem von ABB entwickelten Demonstrator für den Austausch von Produktinformationen genutzt, der im Folgenden näher beschrieben wird.

Standardisierte Informationsformate

Die Verfügbarkeit von digitalen Informationen allein reicht für einen organisationsübergreifenden Austausch nicht aus. Zum Glück stehen standardisierte Konzepte zur Verfügung, um diese Lücke zu schließen.

Die technischen Eigenschaften von Geräten müssen dem Kunden in einer Art und Weise



04

—
03 Beispiel für die Definition der Eigenschaft Schutzgrad (IP-Code) in ECLASS mit einem Ausschnitt der zulässigen Werte (Quelle: [1]).

—
04 Überblick über den Demonstrator für den Austausch von Produktinformationen.

—
05 Der Austausch von Produktinformationen zwischen Kundentools wird durch die Verwendung digitaler Zwillinge erheblich erleichtert.

bereitgestellt werden, die keine Mehrdeutigkeiten hinsichtlich ihrer Bedeutung zulässt. Diese Herausforderung wird mithilfe vordefinierter semantischer Klassifikationsstandards wie ECLASS [1] oder dem IEC Common Data Dictionary [2] gelöst. Diese Standards definieren Klassifikationen für Geräte wie z. B. „Temperatursensor“ und Eigenschaften wie Gewicht oder Höhe und deren Werte →03. Die Definition selbst basiert auf der IEC 61360 und enthält eine menschenlesbare Beschreibung, ein Datenformat und einen eindeutigen semantischen Identifikator.

Im Hinblick auf Dokumentationen definiert die deutsche Richtlinie VDI 2770 ein Informationsmodell für die Bündelung elektronischer Dokumente zu Paketen und deren Ergänzung mit Metainformationen. Diese Informationen ermöglichen nicht nur eine strukturierte mehrsprachige Dokumentation für jedes Gerät, sondern bieten auch die Möglichkeit zum effizienten Durchsuchen, Kategorisieren und Prüfen dieser Informationen.

Der industrielle digitale Zwilling

Eine der Kernideen von Industrie 4.0 ist es, einen interoperablen, herstellerunabhängigen und offenen Informationsaustausch über den Lebenszyklus von Produkten und Unternehmensgrenzen hinweg zu ermöglichen.

Zur technischen Realisierung dieser Idee wurde das Konzept der Verwaltungsschale (Asset Administration Shell, AAS) als interoperable Umsetzung des digitalen Zwillings im industriellen Bereich entwickelt. Die Entwicklung des industriellen digitalen Zwillings – einschließlich der AAS – wird federführend von der „Plattform Industrie

4.0“, einem Zusammenschluss von deutschen Industrie- und IT-Unternehmen, Verbänden, Gewerkschaften, Hochschulen und politischen Institutionen sowie der Industrial Digital Twin Association (IDTA) vorangetrieben. Gegenstände der fortlaufenden Arbeiten sind unter anderem die Standardisierung von Teilmodellen, um eine Wiederverwendung zu ermöglichen, und Cyber-sicherheitsaspekte für die Zugriffskontrolle. Zudem ist eine IEC-Arbeitsgruppe (TC 65/WG 24) dabei, die Konzepte der AAS in eine internationale Norm zu überführen.

—
Die Standardisierung von Teilmodellen soll eine Wiederverwendung ermöglichen.

Im Kontext von Industrie 4.0 kann ein Asset jede physische oder virtuelle Einheit sein, die für ein Unternehmen von Wert ist. In diesem Artikel bezieht sich der Begriff Assets auf Geräte und Gerätetypen. Der digitale Zwilling ist stets mit einem Asset verknüpft und stellt eine digitale Repräsentanz von Asset-Informationen für spezifische Anwendungsfälle – z. B. für den Austausch von Produktinformationen – dar. Die gesammelten Informationen für einen spezifischen Anwendungsfall des betreffenden Assets werden als Teilmodell bezeichnet.

Der industrielle digitale Zwilling besteht aus einem technologieunabhängigen Informationsmodell und Abbildungen auf technische Umsetzungen,



die für die jeweilige Lebenszyklusphase geeignet sind. So kann der digitale Zwilling während der Spezifikation einer Anwendung z. B. als Dateipaket ausgetauscht werden. In späteren Lebenszyklusphasen, z. B. bei der Überwachung des Betriebs und der Wartung, kann der Informationsaustausch über eine Webschnittstelle erfolgen.

Der Demonstrator zeigt, wie Industrie-4.0-Tools zusammenarbeiten und heutige Barrieren beseitigt werden können.

Infrastruktur zum Auffinden des digitalen Zwillings

Die Verwaltung der AASs für die Produkte erfolgt durch die Hersteller. AAS-Registaturen ermöglichen das Auffinden einer AAS mithilfe einer Asset-ID ähnlich wie bei einem Telefonbuch. Ist keine ID verfügbar, kann der Inhalt einer AAS durch die Angabe von Eigenschaften durchsucht oder abgefragt werden.

Demonstrator für den Austausch von Produktinformationen

Der ABB-Demonstrator für den Austausch von Produktinformationen nutzt alle oben beschriebenen Tools →04–05.

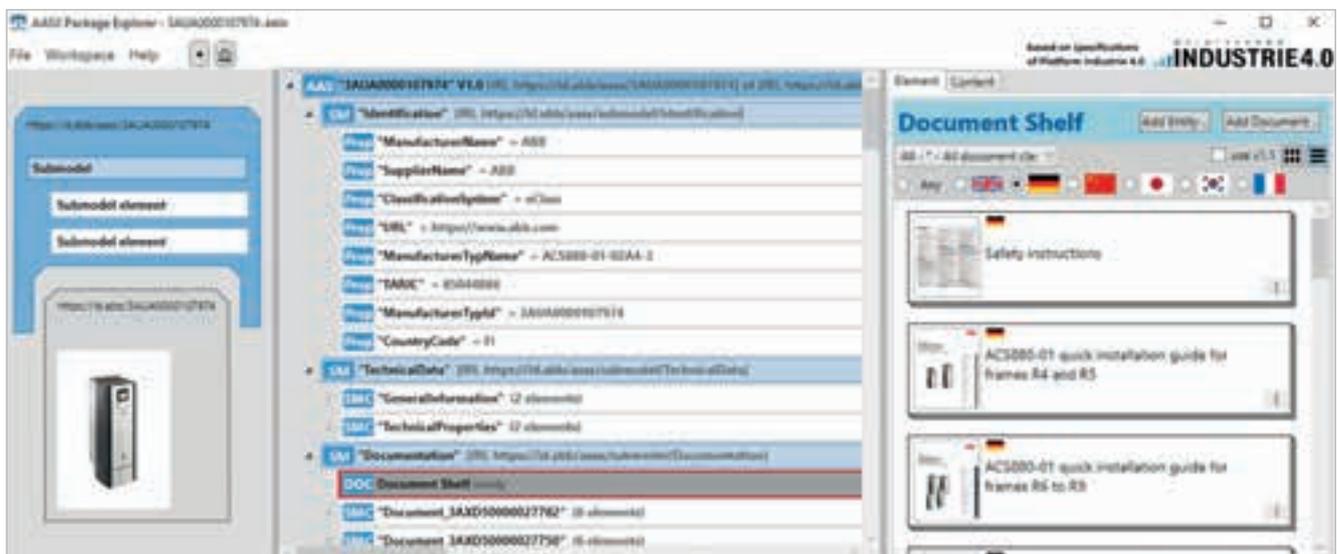
In einem ersten Schritt nutzt das System eine Produkt-ID von AutoID als Eingabe, um die oben beschriebenen ABB-Informationssysteme nach Produktinformationen, Dokumentation und Bildern abzufragen. Die entnommenen Informa-

tionen werden verschiedenen Teilmodellen des digitalen Zwillings zugeordnet und gegebenenfalls auf das interne digitale Zwillingsformat übertragen. Semantische Bezüge in Form von ECLASS-Identifikatoren werden ebenfalls berücksichtigt. Zum Schluss wird der digitale Zwilling als AAS übersetzt, gebündelt und als Datei an den Nutzer zurückgeliefert.

→06 zeigt einen Screenshot des Tools AASX Package Explorer [3], das auf Spezifikationen der Plattform Industrie 4.0 basiert. Mit dem Explorer kann der Inhalt einer AAS-Datei angezeigt werden: Links ist ein Produktbild zu sehen, in der Mitte sind die einzelnen Teilmodelle und deren Inhalte in einer Baustuktur dargestellt, und rechts werden Details zum ausgewählten Element – in diesem Fall die im Teilmodell „Dokumentation“ enthaltenen Dokumente – angezeigt.

Der Demonstrator zeigt, wie Industrie-4.0-Tools zusammenarbeiten und die eingangs genannten Barrieren beseitigt werden können:

- Der Produkttyp eines Geräts wird mithilfe von AutoID eindeutig identifiziert.
- Produktinformationen können in einem digitalen und maschinenlesbaren Format aus den ABB-Informationssystemen abgerufen werden.
- Informationen werden in ein standardisiertes Format (ECLASS, IEC Common Data Dictionary und VDI 2770) umgewandelt.
- Informationen werden in Form eines industriellen digitalen Zwillings verpackt, der als AAS implementiert ist.
- Der industrielle digitale Zwilling kann mithilfe der AutoID identifiziert und sein Inhalt heruntergeladen werden.



— 06 Ansicht des digitalen Zwillings eines Produkts einschließlich Identifikation, technischer Daten und Dokumentation.

— 07 Aufkommende Hybridsysteme stellen die nächste Herausforderung für den Informationsaustausch zwischen Kundentools, ABB-Datenrepositorys und anderen Systemen dar. Das ultimative Ziel ist dennoch eine vollständige Informationsintegration.



07

— ABB arbeitet kontinuierlich daran, die Vision von industriellen digitalen Zwillingen voranzutreiben.

Der Beitrag von ABB zur Standardisierung und Anwendung von industriellen digitalen Zwillingen

Angefangen mit frühen Beiträgen zu cyber-physischen Systemen und der AAS [4] hat ABB erheblich zur Entwicklung des digitalen Zwillingskonzepts beigetragen [5]. Seit 2017 leitet ABB die Arbeitsgruppe „Referenzarchitekturen, Standards und Normung“ der Plattform Industrie 4.0, die 2019 die ersten Spezifikationen zur Verwaltungsschale veröffentlicht hat.

Seit 2016 gehört ABB außerdem dem Konsortium aus Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen an, das im Rahmen der Projekte BaSys 4.0 und BaSys 4.2 erste Verwaltungsschalen definiert und implementiert hat [6].

Auf der Hannover Messe 2019 präsentierte ABB den ersten durchgängigen Demonstrator, der Informationen zu einem Antriebsstrang (bestehend aus Motor und Frequenzumrichter-Antrieb) bereitstellt, indem er Informationen aus technischen Produktdatenbanken, Engineering- und Konfigurationstools und aus der Online-Überwachung in einer cloud-basierten AAS bündelt. Anlässlich der SPS IPC Drives 2019 stellte ABB zusammen mit einem Konsortium von Herstellern der Automatisierungsbranche und Forschungsorganisationen eine interoperable Implementierung des „digitalen Typenschildes“ vor.

ABB arbeitet kontinuierlich daran, die Vision von industriellen digitalen Zwillingen durch Standardisierung und Implementierung voranzutreiben. Aktuelle Arbeiten umfassen die Verknüpfung von Industrie-4.0-Konzepten mit der Prozessautomatisierung – etwa durch Definition eines Teilmodells für eine Prozessmodulschnittstelle, das sogenannte Module Type Package [7]. Diese Arbeit ist von besonderer Bedeutung für aufkommende Hybridsysteme, d. h. Produktionssysteme, die verschiedene Einzelgeräte, Prozessausrüstung, Prozesse und Branchenstandards nutzen →07. •

Literaturhinweise:

[1] <https://www.eclasscontent.com>

[2] <http://cdd.iec.ch>

[3] <https://github.com/admin-shell-io/aasx-package-explorer>

[4] C. Wagner et al.: „The role of the Industry 4.0 asset administration shell and the digital twin during the life cycle of a plant“. *22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, 2017. Verfügbar unter: <https://doi.org/>

10.1109/ETFA.2017.8247583 (abgerufen am 02.02.2021).

[5] Industrial Internet Consortium und Plattform Industrie 4.0: „Digital Twin and Asset Administration Shell Concepts and Application in the Industrial

Internet and Industrie 4.0“, 2020. Verfügbar unter: <https://www.plattform-i40.de/PI40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/Digital-Twin-and-Asset-Administration-Shell-Concepts> (abgerufen am 02.02.2021).

[6] <http://www.basys40.de>

[7] K. Stark et al.: „Engineering von Prozessmodulen“. *ABB Review* 2/2019, S. 72–77.

DIGITALE ASSETS

Hybridansatz zur vorausschauenden Wartung

Wie können wir künstliche Intelligenz nutzen, um die vorausschauende Wartung kritischer industrieller Assets zu optimieren? ABB kombiniert Domänenwissen mit Algorithmen des maschinellen Lernens zu einem einzigartigen und dennoch praktischen Ansatz.



—
Jinendra Gugaliya
Ehemaliger
ABB-Mitarbeiter

Will Leonard
ABB Energy Industries
Cambridge, England

will.leonard@
gb.abb.com

Peter Damer
ABB Energy Industries
St Neots, England

peter.damer@
gb.abb.com

Maurizio Barabino
ABB Energy Industries
Genoa, Italien

maurizio.barabino@
it.abb.com

Prozessindustrien wie Raffinerien, Zementwerke, Kraftwerke usw. sind auf eine Vielzahl kritischer Betriebsmittel wie Motoren, Pumpen, Lüfter, Kompressoren, Turbinen usw. angewiesen, um einen reibungslosen Produktionsprozess zu gewährleisten. Diese Maschinen in einem einwandfreien Funktionszustand zu halten, ist entscheidend, denn Verschleiß ist unvermeidbar, und Ausfälle sind unerwünscht. Sichergestellt wird dies typischerweise durch eine geplante Wartung, bei der z. B. in bestimmten Abständen Komponenten ersetzt und rotierende Teile

—
Der Paradigmenwechsel in der Anlageninstandhaltung wird von ABB federführend vorangetrieben.

geschmiert werden, oder durch eine ungeplante bzw. reaktive Wartung, bei der die Maschinen nur gewartet werden, wenn sie ausfallen – ein kostspieliges Unterfangen [1,2], denn laut einer jüngsten Studie der ARC Advisory Group verlieren Unternehmen zwischen 3 und 5 % ihrer Produktion aufgrund ungeplanter Stillstände [2]. Durch eine Verbesserung der Anlagenutzung um nur 1 % ließen sich also jährlich ohne weiteres mehrere Millionen Dollar an zusätzlichem Umsatz

generieren [2]. Hinzu kommt, dass Energieunternehmen rund 40 % ihrer Betriebskosten sowohl für geplante als auch ungeplante Wartungen ausgeben – wobei nur 20 % ihrer Assets abgedeckt werden [2]. Eine geplante Wartung hat Vorteile gegenüber einer ungeplanten Wartung, da der Betrieb von Maschinen bis zum Ausfall nicht nur zu ungeplanten Anlagenstillständen, sondern auch zu einer ernsthaften Gefährdung der Sicherheit des Personals, der Ausrüstung und der Umwelt führen kann [3,4].

Mit dem Aufkommen der Industrie 4.0 und den damit verbundenen Fortschritten auf dem Gebiet der digitalen Technologie, des maschinellen Lernens (ML) sowie des Cloud- und Edge-Com-



—
ML-Ansätze führen häufig zu mehreren Arten von falsch positiven und/oder falsch negativen Ergebnissen.

putings zeichnet sich ein Paradigmenwechsel in der Anlageninstandhaltung ab, der von ABB federführend vorangetrieben wird. Heutzutage sind viele Assets hochgradig digitalisiert, sodass kritische Sensormessungen enorme Datenströme erzeugen. Mithilfe fortschrittlicher Analysen kann erkannt werden, wann ein Betriebsmittel gewar-

tet werden muss. Dieser sinnvolle datengestützte Ansatz der vorausschauenden Wartung bietet neue Möglichkeiten zur Steigerung der Kosteneffizienz, da er auf dem tatsächlichen „Gesundheitszustand“ des Betriebsmittels (Asset-Health) basiert. So muss sich der Betreiber nicht mehr zwischen dem Betrieb einer Maschine bis zum Ausfall und dem Austausch eventuell noch einwandfreier Komponenten entscheiden – die Wartung kann vorausgesagt und optimiert werden.

Vorausschauende Wartung

Eine vorausschauende Wartung kann die Wertschöpfung von Produktionsprozessen erhöhen, indem sie die Effizienz verbessert und die Notwendigkeit von ungeplanten Wartungshandlungen und Redundanz reduziert und so die Kosten

FAULTS	Casing temperature	Room pressure	Location distributor	Vibration turbine casing
Rotor unbalance	5	7	5	3
LP compressor fouled	5	7	5	3
HP turbine hot and damaged	5	7	5	3
Overheating	5	7	5	3
No output voltage	5	7	5	3
Rotor unbalance	5	7	5	3
Risk	5	7	5	3

01

senkt [1]. Allein in der Prozessindustrie könnten mithilfe dieses Ansatzes die Stillstandszeiten um 30 bis 50 % reduziert und die Lebensdauer der Ausrüstung um 20 bis 40 % verlängert werden [1].

Eine Voraussetzung für eine erfolgreiche vorausschauende Wartungsstrategie ist die frühzeitige Erkennung und Identifizierung sich anbahnender Fehler. Dies wiederum erfordert eine Überwachung der Ausrüstung und frühzeitige Warnungen zur Untersuchung potenzieller Fehlerursachen.

Die Wartung genau vorherzusagen, ist keine leichte Aufgabe. Für eine effektive Wartungsplanung muss vorhergesagt werden, wie sich ein erkannter außergewöhnlicher Zustand in Zukunft entwickeln wird. Nur dann sind Rückschlüsse auf die wahrscheinlichen zukünftigen Folgen möglich [1]. Aus diesem Grund erfordert eine erfolgreiche vorausschauende Wartung einen dreiteiligen Prozess:

- Zustandsüberwachung zur frühzeitigen Erkennung von Fehlern
- Identifizierung bestimmter Ausfallarten entsprechend der Fehlererkennung
- Quantifizierung des Ausmaßes der Fehlerentwicklung zur Unterstützung der Wartungsplanung

Trotz der Verfügbarkeit verschiedener ML-Verfahren zur Entwicklung von Modellen für den Asset-Zustand wie die Hauptkomponentenanalyse, KNN (K-Nearest Neighbor), LOF (Local Outlier Factor), OCSVM (One Class Support Vector Machine) usw. [5], stellen ML-Verfahren „Black-Box“-Ansätze dar und sind vollständig von Asset-Daten abhängig, d. h. sie stellen keine Vermutungen über das Asset oder seine Ausfall-

arten an. Praktische Erfahrungen in der Industrie zeigen, dass solche Ansätze nicht immer erfolgreich sind und häufig zu mehreren Arten und/oder mehreren Instanzen derselben Art von falsch positiven und falsch negativen Ergebnisse führen. Das Auslösen eines Alarms, obwohl der Zustand des Assets einwandfrei ist, bzw. das Ausbleiben eines Alarms bei nicht einwandfreiem Zustand kann zu ungeplanten und überflüssigen Kosten führen und die Brauchbarkeit des Ansatzes reduzieren [6].

Um solche unerwünschten Folgen zu verhindern, schlägt ABB einen robusten Hybridansatz vor, der ML-Modelle und eine Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) nutzt, um genaue Informationen über den tatsächlichen Asset-Zustand bereitzustellen.

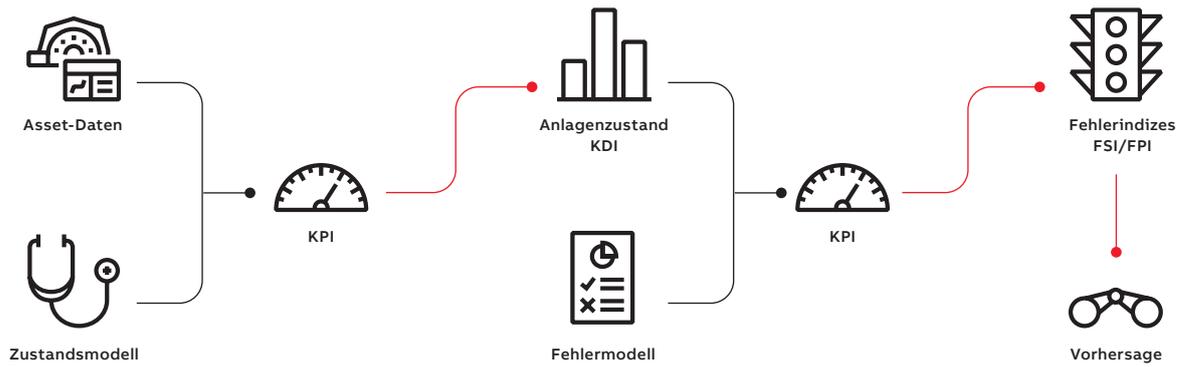
Der robuste Hybridansatz nutzt ML-Modelle und FMEA, um den tatsächlichen Asset-Zustand festzustellen.

Der innovative Hybridansatz von ABB

Der Hybridansatz von ABB nutzt historische Daten und Engineering-Modelle eines Assets, um die Implementierung einer vorausschauenden Wartung zu ermöglichen. Dies erfolgt mithilfe einer Online-Zustandsüberwachung in Kombination mit Data-Science-Verfahren. Dabei kommt eines von zwei Verfahren zum Einsatz:

- Erkennung von Anomalien anhand von Abweichungen zwischen Online-Messungen und dem normalen Betriebsverhalten
- Identifizierung bekannter Fehlermerkmale anhand der Übereinstimmung von Online-Messungen mit einer „Fehlersignatur“

Beide Verfahren nutzen ein Datenmodell, wobei das erste einen „einwandfreien Zustand“ des Assets und das zweite die „Datensignatur“ des Assets unter Fehlerbedingungen abbildet. Die Tatsache, dass ein Verfahren quasi eine Ableitung des anderen darstellt, lässt den Schluss zu, dass beide gleich nützlich sind. In der Praxis ist das erste Verfahren jedoch häufig der bessere Ansatz, da fast immer ausreichend historische Daten zur Verfügung stehen, die einen einwandfreien Zustand abbilden. Mit diesen Daten kann das Modell trainiert werden. Umgekehrt stehen



02

01 Beispiel für die Festlegung der Verbindung zwischen Fehlerart und Messung durch Gewichtungen. Jede Gewichtung wird als Anteil an der Gesamtsumme berechnet.

02 Die Darstellung des Hybridansatzes zeigt, wie Daten und Fehleranalysemodelle verwendet werden, um die Indikatoren für die vorausschauende Wartung zu generieren.

03 Beispiel für die Darstellung von KDIs und Fehlern. Links die zusammengefassten Informationen für die drei KDIs eines Assets mit dem niedrigsten Score, rechts eine Zusammenfassung der Fehler. Die Kürzel für die Parameter (P) entsprechen dem ISA-Standard S5.1.

normalerweise keine oder nur unzureichende Daten zur Verfügung, um alle möglichen Fehlerzustände abzubilden, sodass das Modell nicht ausreichend trainiert werden kann. Hinzu kommt, dass das zweite Modell auf Eigenschaften der Ausrüstung basiert, die in den Daten beobachtet werden und von der Installation und den Betriebsbedingungen abhängen. Somit sind Daten, die sich auf eine bestimmte Maschine beziehen, nicht ausreichend, um ein akkurates Fehlermodell zu trainieren.

Beim Hybridansatz wird ein Engineering-Modell verwendet, um die Abweichung der Online-Messungen vom Zustandsmodell zu quantifizieren. Dabei kommt ein sogenanntes FMA-Modell (Failure Mode Analysis) zum Einsatz. Das gemeinhin als Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse oder FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) bezeichnete Verfahren ist eine Kernkomponente von zuverlässigkeitsorientierten Instandhaltungsprogrammen (Reliability Centered Maintenance, RCM). Da bereits Modelle für die gängigsten Betriebsmittel und Systeme existieren, bietet sich dieses Verfahren an. Das Verfahren der FMEA beinhaltet die Mittel (durch Beobachtung) zur Definition der potenziellen Fehlererkennung und -identifizierung. Ist eine solche Erkennung durch Online-Sensormessungen gegeben, ist die Vorhersage von Ausfällen möglich.

Drei Schritte zum Erfolg: der Prozess zum Hybridansatz

Wissenschaftler von ABB haben einen neuen Prozess zur Bestimmung des Asset-Zustands entwickelt, der drei Schritte umfasst:

- 1) Festlegen des Engineering-Modells durch Definition von Ausfallarten und den dazugehörigen Messungen
- 2) Trainieren des Datenmodells mit historischen Daten
- 3) Anwenden des Modells

Wissenschaftler von ABB haben einen neuen Prozess mit drei Schritten entwickelt: Definieren, Trainieren und Anwenden.

In Schritt 1 wird die Verbindung zwischen Ausfallarten und den entsprechenden Messungen in Form von Gewichtungen erfasst. Eine Gewichtung ungleich null bedeutet, dass der Fehler in anormalen Werten der Messung zu beobachten ist, wobei die Höhe der Gewichtung die relative Stärke der Beobachtung gegenüber den anderen Messungen widerspiegelt →01.

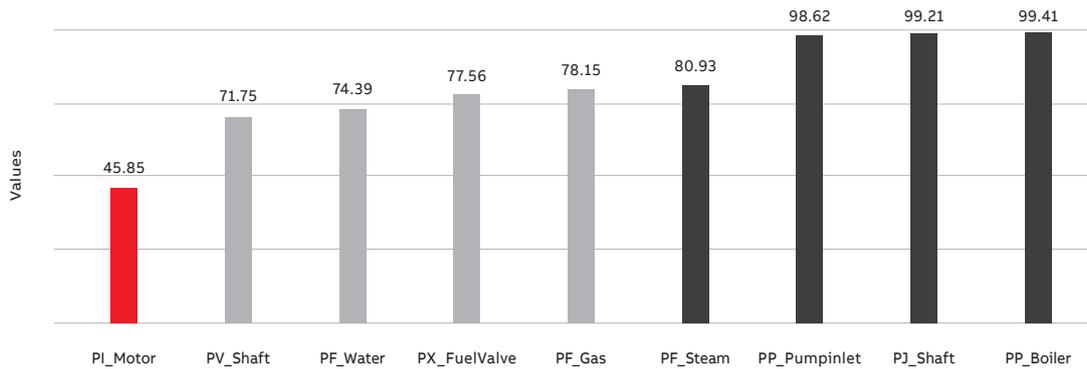
TOP HEALTH INDICATORS

Property	Graph	KDI	PV	Reference	Time to critical
PI_Motor		● 45.85 %	52.48 A	50.46	--
PV_Shaft		● 71.75 %	162.94 rpm	157.42	--
PF_Water		● 74.39 %	45.91 t/hr	47.01	--

TOP FAULTS

Fault	Severity	Probability	Time to critical
Pump fault	● 39.11 %	● 98.82 %	--
Gas valve malfunction	● 22.15 %	● 95.61 %	--
Boiler steam loss	● 22.1 %	● 95.43 %	--

03



	PI_Motor	PV_Shaft	PF_Water	PX_FuelValve	PF_Gas	PF_Steam	PP_Pumpinlet	PJ_Shaft	PP_Boiler
HI Value	45.85	71.75	74.39	77.56	78.15	80.93	98.62	99.21	99.41
PV Value	52.48	162.94	45.91	32.73	11.59	46.06	0.5	2129.22	32
Reference	50.46	157.42	47.01	44.13	11.85	47.05	0.5	2128.52	32
Std Dev Values	0.66	2.75	0.59	6.62	0.16	0.64	0	6.5	0.03

04

Motor fault

Property Name	KDI	PV	Reference	SD
PI_Motor	● 46%	52.48 A	50.46	0.66
PV_Shaft	● 72%	162.94 rpm	157.42	2.75
PJ_Shaft	● 99%	2129.22 Nm	2128.52	6.5

05

In Schritt 2 wird das Zustandsdatenmodell mithilfe von historischen Daten trainiert. Ausgewählte Daten spiegeln dabei den Betrieb der Ausrüstung in einem eiwandfreien Zustand und unter allen Betriebsbedingungen wider. Beim Training werden verschiedene statistische Methoden und ML-Verfahren verwendet, um ein komprimiertes, für die Echtzeit-Berechnung geeignetes Modell abzuleiten.

In Schritt 3 wird das trainierte Modell schließlich angewendet. Solche Modelle nehmen in regelmäßigen Abständen (z. B. von einer Minute) Daten vom Asset auf und liefern Informationen über den Asset-Zustand, aus denen z. B. ersichtlich ist, mit welcher Wahrscheinlichkeit der aktuelle Zustand zu einer bestimmten Ausfallart führen würde.

Wie funktioniert das Hybridmodell?

Der Hybridansatz nutzt sowohl Daten als auch Fehleranalysemodelle, um Kennzahlen – sogenannte Indikatoren – für die vorausschauende Wartung zu generieren: Diagnoseindikatoren (Key Diagnostic Indicators, KDIs) und Fehlerindikatoren →02. Zunächst wird für jede Messung in jedem Modell durch Vergleich der Abweichung des gemessenen Werts vom „erwarteten“ Referenzwert ein KDI errechnet. Der Referenzwert wird ermittelt, indem die

gesamten Daten nach der bestmöglichen Übereinstimmung mit den aktuellen Bedingungen durchsucht werden. Zur effizienten Berechnung des nächstgelegenen Nachbarn wird ein ML-Algorithmus wie KNN verwendet.

—
 KDIs werden als Prozentwert angegeben, um dem Anwender eine einfache Deutung zu ermöglichen.

Sämtliche KDIs werden als Prozentwert angegeben, um dem Anwender unabhängig vom verwendeten Modell, von der Messgröße oder dem Messbereich eine einfache Deutung zu ermöglichen. Beachtenswert ist, dass – obwohl es sich um einen einzelnen Wert handelt – zur KDI-Berechnung ein multivariates Verfahren zum Einsatz kommt, um sicherzustellen, dass die am besten passende Übereinstimmung alle für das Modell definierten Messungen berücksichtigt →02-03.

— 04 Beispieldaten für Zustandsindikatoren mit entsprechenden Referenzwerten. Die Kürzel für die Parameter (P) entsprechen dem ISA-Standard S5.1.

— 05 Zugrunde liegende KDI-Werte für einen Motorfehler (Beispieldaten). Die Kürzel für die Parameter (P) entsprechen dem ISA-Standard S5.1.

— 06 Da für Anwender nicht nur der aktuelle Zustand ihrer Ausrüstung interessant ist, liefert der Hybridansatz von ABB die Grundlage für die Vorhersage zukünftiger Zustände.

Als Nächstes werden Fehlerindikatoren für die Wahrscheinlichkeit (Fault Probability Indicator, FPI) und die Schwere (Fault Severity Indicator, FSI) für jeden Fehler berechnet →02. Die Berechnung stellt eine Zusammenfassung der Abweichungen aller gewichteten Messungen dar. Die Aggregationsberechnung unterscheidet sich dabei jeweils, um eine Unterscheidung zwischen Schwere und Wahrscheinlichkeit auf Basis der relativen Verteilung der Abweichung über alle Messungen hinweg zu ermöglichen →03.

Neben einer Darstellung der zusammenfassenden Informationen zu den KDIs und Fehlern kann sich der Anwender alle Indikatoren nach ihrem Wert (Score) sortiert anzeigen →04. Für jeden Fehler können dann die zugrunde liegenden KDI-Informationen abgerufen werden →05. Der Wert für die Standardabweichung wird mithilfe eines KNN-Algorithmus für die aus dem Datenmodell extrahierten Werte errechnet. Dieser Wert wird zur Berechnung des KDI-Scores verwendet und liefert einem erfahrenen Anwender Einblicke in die zugrunde liegende Berechnung.

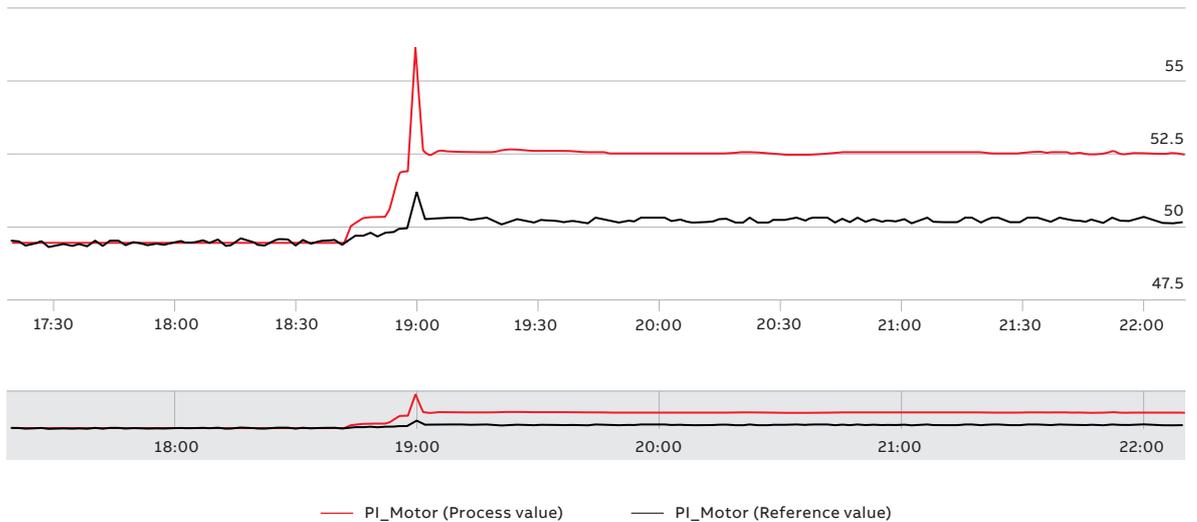
Während sich die genannten Indikatoren auf den aktuellen Zustand der Ausrüstung beziehen, ist für eine vorausschauende Wartung eine Vorhersage des zukünftigen Zustands erforderlich →06. Dazu werden dem Anwender zunächst historische Trends für jeden Indikator bereitgestellt, um eine manuelle Analyse zu ermöglichen →07.

Der Hybridansatz nutzt Daten und Fehleranalysemodelle zur Generierung von KDIs und Fehlerindikatoren.

Als Zweites wird ein Prognoseprofil für die Indikatoren über einen bestimmten Zukunftshorizont erstellt, das mithilfe des ARIMA-Regressionsverfahrens (Auto Regressive Integrated Moving Average) errechnet (und visualisiert) wird.



From 10/12/2020 17:04 to 10/12/2020 22:10



07

Fault	Severity %	Probability %	Time to critical	Description	Recommendations
Pump fault	39.11	98.82	--	Pump fault	Check impeller, volute, instrumentation
Gas valve malfunction	22.15	95.61	--	Valve opening does not match expected	--
Boiler steam loss	22.1	95.43	--	Loss of steam	Check drum
Motor fault	10.66	83.97	--	Loss of efficiency	Check copper, iron and mechanical losses

08

Das Fehlermodell liefert zusätzliche Informationen zur Ursachenanalyse und zu Korrekturmaßnahmen, die ebenfalls einfach einzusehen sind →08. Durch Integration der Fehlerindikatorwerte und der Fehlerinformationen in ein computergestütztes Wartungsmanagementsystem (Computerized Maintenance Management System, CMMS), das Wartungsmaßnahmen nach Priorität und Ressourcenverfügbarkeit koordiniert, lässt sich ein vollständig automatisierter Workflow realisieren.

Architektur für den Hybridansatz

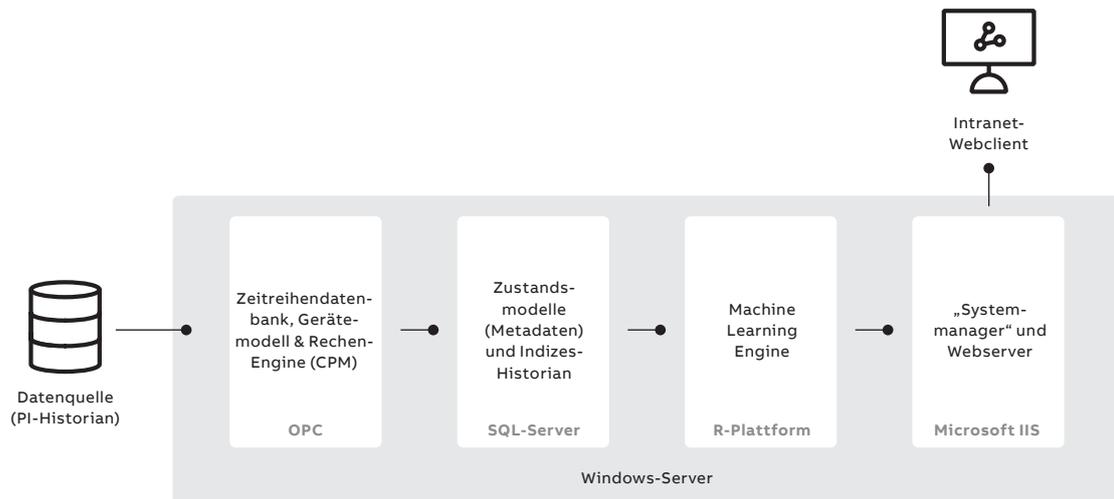
ABB hat eine typische Architektur zur Anwendung des Hybridansatzes definiert →09. Hierbei werden die im Prozessdatenspeicher (Historian) gespeicherten historischen Daten eines Assets verwendet, um das Model zu trainieren. Als Engine für die historischen Daten und die Berechnung dient die ABB-eigene CPM-Plattform. Die Anwendungsdaten werden in einer MS SQL-Datenbank gespeichert, und das Training und die Entwicklung der Modelle erfolgen mithilfe einer Open-Source-R-Plattform. Die Ergebnisse werden mit-

hilfe eines Webservers präsentiert, wobei der Zugriff und das Abrufen der Ergebnisse über einen Intranet-Client erfolgen.

Die entwickelte Software ist seit Mitte 2020 erfolgreich im Einsatz.

Test im Wasserkraftwerk

Die entwickelte Software wurde Mitte 2020 erfolgreich in 33 Wasserkraftwerken von Enel Green eingesetzt. Zurzeit wird der Zustand verschiedener Assets wie Wasserturbinen, Pumpen, Motoren, Generatoren usw. in Echtzeit überwacht. Der Abschluss des Projekts ist für 2022 geplant. Die Ergebnisse werden zusammengefasst in einer hierarchischen Darstellung angezeigt und sind für den Anwender gut einseh-



09

— 07 Beispiel einer Vorhersage zur zukünftigen Entwicklung von Zustandsindikatoren.

— 08 Beispiele für verschiedene Fehler und deren Eintrittswahrscheinlichkeit.

— 09 Architektur für den vorgesehenen Hybridansatz.

bar – ein bedeutender Vorteil. Die Assets erscheinen zunächst logisch nach Anlagenteilbereichen zusammengefasst, die wiederum ebenfalls logisch zusammengefasst die Gesamtanlage darstellen. Auf Anlagenebene kann die Anzahl der Assets eingesehen werden, die in einem guten Zustand (grün), grenzwertigen Zustand (gelb) und schlechten Zustand (rot) sind. Die Ansicht lässt sich auf verschiedene Anlagenebenen herunterbrechen, sodass auf einen bestimmten Anlagenabschnitt oder auch ein bestimmtes Asset zugegriffen werden kann. So können gezielt genau die benötigten Informationen abgerufen werden.

Aufgrund des anfänglichen Projekterfolgs plant ABB, den Hybridansatz zur vorausschauenden Wartung auf verschiedene Industriezweige wie konventionelle Kraftwerke, Raffinerien, Zementwerke, die Öl- und Gasindustrie usw. auszuweiten. Dies ist möglich, weil die ML- und FMA-Modellierung – anders als die First-Principle-Modellierung, die eine genaue Kenntnis der branchenspezifischen Ausrüstungen und Prozesse erfordert – von Natur aus vollständig generisch und somit nicht branchenspezifisch sind. *y specific – a transformational approach.*

— Der Zustand verschiedener Assets wird in Echtzeit überwacht, und der Projektabschluss ist für 2022 geplant.

Den Blick fest auf die Bedürfnisse der Industrie gerichtet, entwickelt ABB die erforderlichen Mittel zur Nutzung der enormen generierten Datenströme in Verbindung mit fortschrittlichen Analysen, um eine wirklich vorausschauende Wartung zu ermöglichen und Prozessindustrien dabei zu helfen, ihre Produktion zu verbessern und die Rentabilität ihrer Anlagen zu maximieren. •

Literaturhinweise

[1] V. Dilda et al.: „Manufacturing: Analytics unleashes productivity and profitability“. *McKinsey & Company*, 14.08.2017. Verfügbar unter: <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturing-analytics-unleashes-productivity-and-profitability> (abgerufen am 07.06.2021).

[2] ARC Advisory Group: „Asset Performance Management Defined“. Verfügbar unter: <https://www.arcweb.com/technologies/asset-performance-management> (abgerufen am 07.06.2021).

[3] Z. Petrovic: „Catastrophes caused by corrosion“. *Military Technical Courier*, Vol. 64, No. 4, 2016, S.

1048–1068. Verfügbar unter: <https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0042-8469/2016/0042-84691604048p.pdf>

[4] Accruent: „5 Consequences of Reactive Maintenance Strategies“. 28.03.2019. Verfügbar unter: <https://www.accruent.com/resources/blog-posts/5-consequences-reactive-maintenance-strategies>

quences-reactive-maintenance-strategies

[5] M. Munir et al.: „DeepAnT: A Deep Learning Approach for Unsupervised Anomaly Detection in Time Series“. *IEEE Access*, Jan. 2019, S. 1991–2004.

[6] H. Ringberg, et al.: „Sensitivity of PCA for Traffic Anomaly Detection“. *ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review*, Vol. 35, Issue 1, 2007, S. 109–120.



Produk- tivität





Einfach ausgedrückt ist Produktivität das Verhältnis zwischen Output und Input. Eine Steigerung ist häufig mit Komplikationen – sowohl im Hinblick auf die Kosten und die Zeit, aber auch auf die Grundlagen der Physik – verbunden. Zusammen mit Kunden arbeitet ABB an der Nutzung digitaler Technologien, mit denen sich viele dieser Hürden umgehen oder überwinden lassen.

- 42 IE5-Synchronreluktanzmotoren
- 46 Eine neue Klasse von Kollegen
- 52 Digitale Transformation eines Stahlwerks



PRODUKTIVITÄT

IE5-Synchronreluktanzmotoren



01

**Tero Helpio**

ABB IEC LV Motors
Division, Motion
Business Area.
Helsinki, Finnland

tero.helpio@fi.abb.com

Die IE5-Synchronreluktanzmotoren (SynRMs) von ABB erfüllen die Kriterien der neuen IEC-Wirkungsgradklasse IE5 „Ultra Premium Energy Efficiency“ und sind die erste Wahl, wenn es darum geht, die weltweite Nachfrage nach höherer Energieeffizienz zu erfüllen.

**Jouni Ikäheimo**

ABB IEC LV Motors
Division, Motion
Business Area.
Helsinki, Finnland

jouni.ikaheimo@
fi.abb.com

Ein Drittel des gesamten erzeugten Stroms wird von Motoren in Bewegung umgewandelt, und man geht davon aus, dass sich die Zahl der Elektromotoren bis zum Jahr 2040 verdoppeln wird. Dies ist in etwa so, als würde man einen Strommarkt von der Größe Chinas zum weltweiten Energiebedarf hinzufügen. Diese massive Zunahme in der Nutzung elektrischer Energie treibt die Nachfrage nach effizienteren Motoren voran.

Der traditionelle Asynchronmotor ist zwar der in der Industrie am häufigsten eingesetzte Motor, besitzt aber inhärente Nachteile, die

sich aus seiner asynchronen Drehzahl ergeben – wie etwa Wärmeverluste im Rotor, die den Wirkungsgrad senken und die Lebensdauer von Bauteilen und Lagern verkürzen. Die neuen IE5-Synchronreluktanzmotoren (SynRM) von ABB hingegen erfüllen die Kriterien der höchsten Wirkungsgradklasse IE5 „Ultra Premium Efficiency“, die von der IEC (International Electrotechnical Commission) neu definiert wurde. Neben seiner hohen Energieeffizienz zeichnet sich der SynRM durch eine hohe Zuverlässigkeit und geringe Wartungsanforderungen aus →01–02.

— 01 Die IE5-SynRMs von ABB eignen sich ideal für Anwendungen wie Wasserpumpstationen.

— 02 Der IE5-SynRM stellt hinsichtlich Effizienz, Zuverlässigkeit und Leistungsdichte einen bedeutenden Schritt in Richtung einer nachhaltigen Elektromotortechnologie dar.

— 03 In Anwendungen wie dem Silobetrieb trägt der IE5-SynRM zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit bei.

Was ist ein SynRM?

SynRMs funktionieren nach einem sehr eleganten Prinzip, das bereits seit Langem bekannt ist, dessen Potenzial aber erst seit der Entwicklung fortschrittlicher Technologie zur Drehzahlregelung ausgeschöpft werden kann.

—
Der Rotor hat keine Magneten und Wicklungen und weist fast keine Leistungsverluste auf.

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. Ein Frequenzrichter steuert das Statorfeld so, dass es um den Motor „rotiert“. Durch die richtungsmäßig unterschiedlichen Reluktanzeigenschaften des Rotors dreht sich der Rotor mit der gleichen Frequenz wie das Statorfeld.

Die SynRM-Technologie verbindet das Leistungsvermögen des Permanentmagnetmotors mit der Einfachheit und Wartungsfreundlichkeit des Asynchronmotors, da SynRMs keine Komponenten mit Seltenen Erden besitzen, wie es bei Permanentmagneten der Fall ist. Der Rotor besitzt weder Magneten noch Wicklungen und weist nahezu keine Leistungsverluste auf. Und da im Rotor keine Magnetkräfte wirken, ist die Wartung so einfach wie bei Asynchronmotoren.

ABB hat im Jahr 2011 einen SynRM der Effizienzklasse IE4 auf den Markt gebracht, der zunächst

03



02

für Pumpen und Lüfter angeboten wurde und nun für alle Anwendungen zur Verfügung steht. Im Jahr 2019 präsentierte ABB dann den IE5-SynRM mit Ultra-Premium-Effizienz. ABB bietet zwei Baureihen von SynRMs an:

- Hochleistungs-SynRMs mit einer Ausgangsleistung von 1,1 bis 350 kW in den Baugrößen IEC 90 bis 315
- IE5-SynRMs mit einer Ausgangsleistung von 5,5 bis 315 kW in den Baugrößen IEC 132 bis 315

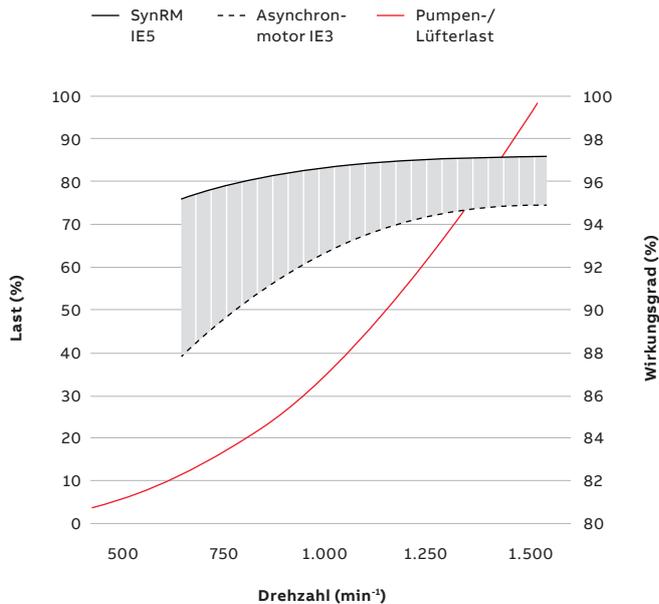
Auf der Antriebsseite nimmt die Zahl der drehzahlgeregelten Anwendungen zu, was die Kommerzialisierung der Antriebstechnologie für SynRMs vorantreibt.

Durch den Umstieg auf IE5-Ultra-Premium-SynRMs von ABB, die im Vergleich zu IE2-Motoren bis zu 50 % geringere Energieverluste aufweisen, können Kunden ihre Energieeffizienz und Zuverlässigkeit erhöhen und ihre Nachhaltigkeit verbessern. So ermöglicht der IE5-SynRM gegenüber Asynchronmotoren der Klasse IE2 eine deutliche Reduzierung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen →03.

Niedrigere Temperaturen und mechanische Kompatibilität

Die SynRM-Technologie zeichnet sich durch bis zu 30 °C niedrigere Wicklungstemperaturen und bis zu 15 °C niedrigere Lagertemperaturen aus, was unter anderem die Lebensdauer der Isolierung und der Lager verlängert und für längere Schmierintervalle der Lager sorgt. Niedrigere Lagertemperaturen sind ein wichtiger Faktor, da etwa 70 % der Motorausfälle auf Lagerschäden zurückzuführen sind.

Da der IE5-SynRM die gleiche Größe hat wie ein IE2-Asynchronmotor, sind für eine Umrüstung in



04

der Regel keine mechanischen Modifikationen erforderlich, was nicht nur den Austausch herkömmlicher Asynchronmotoren erleichtert, sondern auch die Ersatzteilverhaltung und Wartung vereinfacht.

IE5 gemäß IEC TS 60034-30-2

Die IEC-Norm 60034-30-1 zur IE-Wirkungsgradklassifizierung wurde mittlerweile durch die IEC 60034-30-2:2016 abgelöst, die neue Wirkungsgradklassen für Wechselstrommotoren mit variabler Drehzahl definiert und erstmalig die IE5-SynRMs von ABB abdeckt. Aus dieser Norm stammt auch die für die ABB-SynRMs verwendete Bezeichnung „Ultra Premium Efficiency“ (UPE).

Verglichen mit IE4-Motoren weisen IE5-Motoren 20 % geringere Verluste auf.

Die neue Norm ermöglicht den direkten Vergleich von traditionellen Asynchronmotoren mit Drehzahlregelung und fortschrittlichen, ausschließlich für den drehzahlgeregelten, also den Umrichterbetrieb, ausgelegten Motoren (wie SynRMs). Dabei kommt es nicht darauf an, ob die IE-Klassifizierung mit direktem Netzbetrieb (Direct On Line, DOL) gemäß IEC 60034-30-1 oder mit einem drehzahlgeregelten Antrieb gemäß IEC TS 60034-30-2 erfolgt, da die IE-Klasse den Wirkungsgrad beider Lösungen im drehzahlgeregelten Betrieb beschreibt, d. h. Motoren der gleichen IE-Klasse haben den gleichen Wirkungsgrad.

Für einen validen Vergleich werden die Grenzwerte für die IE-Klassen gemäß IEC 60034-30-2 durch Berücksichtigung der durch den Umrichter verursachten zusätzlichen Oberschwingungsverluste im Netzmotor reduziert: 15 % zusätzliche Verluste für Netzmotoren bis 90 kW und 25 % für Netzmotoren über 90 kW. So hätte ein IE3-Netzmotor mit 15 kW und einem Nennwirkungsgrad von 92,1 %, der von einem Umrichter gespeist wird, einen tatsächlichen Wirkungsgrad von 91,0 % (also 15 % weniger). Dieser Wert müsste mit dem Wirkungsgrad von 94,8 % eines entsprechenden SynRM verglichen werden. Die Grenzwerte sind bei 90 % Drehzahl und 100 % Drehmoment zu erreichen. Der IE5-SynRM-Katalog von ABB enthält eine Berechnung des typischen Wirkungsgrads von IE3-Motoren mit drehzahlgeregeltem Antrieb, um einen leichteren Vergleich zu ermöglichen.

In der Praxis weisen IE5-Motoren verglichen mit einem IE4-Motor – unabhängig von der verwendeten Technologie oder IEC-Norm – 20 % geringere Verluste auf.

Effizienz im Teillastbereich

Nach der neuen Verordnung EU 2019/1781 zur Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an Elektromotoren und Drehzahlregelungen müssen Hersteller die Motorverluste an bestimmten Lastpunkten angeben. Dies ermöglicht den Vergleich verschiedener Motoren unter Teillastbedingungen im Umrichterbetrieb. Früher war ein Vergleich aufgrund fehlender Informationen über die Verluste bei Asynchronmotoren im Umrichterbetrieb nicht möglich. IE5-SynRMs bieten auch bei Teillast eine hohe Effizienz.

IE5-SynRM vs. IE3-Asynchronmotoren bei Umrichterbetrieb

Labormessungen von ABB zeigen, dass IE5-SynRMs auch unter Teillastbedingungen Vorteile gegenüber IE3-Motoren aufweisen, die in diesem Bereich sogar noch ausgeprägter sind als am Nennpunkt. →04 zeigt den typischen Wirkungsgradverlauf eines IE5-SynRM im Vergleich zu einem IE3-Asynchronmotor im Pumpen-/Lüfterbetrieb gemäß Labormessungen von ABB.

Energieverbrauch und Gesamtbetriebskosten

Eine Reduzierung des Energieverbrauchs durch den Einsatz von Motor-Umrichter-Paketen bestehend aus SynRM und Frequenzumrichter bedeutet auch eine Reduzierung der Kosten für den Prozessbetrieb und der Gesamtbetriebskosten. Und obwohl Unternehmen aufgrund der damit verbundenen Investitionskosten oft zögern, Motoren auszutauschen oder Frequenzumrichter in ihre Prozesse zu integrieren, betragen die Kosten für einen Motor nur einen Bruchteil der Energiekosten, die für seinen Betrieb erforderlich sind.

—
04 Vergleich des Wirkungsgrads eines IE3-Asynchronmotors und eines IE5-SynRM bei verschiedenen Pumpen- bzw. Lüfterlasten (Labormessungen).

—
05 Die IE5-SynRMs von ABB liefern ab Drehzahl null das volle Drehmoment und bieten einen hervorragenden Wirkungsgrad bei Teillast – eine wichtige Voraussetzung z. B. zum Festmachen von Schiffen.

Langfristige Energieeinsparungen zahlen sich aus

Bei einem 110-kW-Motor, der mit einer Drehzahl von 1.500 min^{-1} läuft, ist der Unterschied im Anschaffungspreis zwischen einem IE5-SynRM und einem IE3-Motor verglichen mit der jährlichen Energiekostensparnis vernachlässigbar. Im Vergleich zu einem IE3-Motorpaket spart ein IE5-Paket Energie und Kosten, sobald es in Betrieb ist, wobei sich der Kostenunterschied nach etwa 13 Monaten amortisiert. Darüber hinaus generiert das IE5-SynRM-Paket während

Die IE5-SynRMs von ABB liefern ab Drehzahl null das volle Drehmoment.

seiner Nutzungsdauer von 10 bis 15 Jahren weiterhin jährliche Einsparungen. Innerhalb von etwa 10 Jahren haben sich die Anschaffungskosten für das gesamte IE5-Paket durch den reduzierten Energiebedarf amortisiert.

Bereit für die Zukunft

Da IE5-Motoren weniger Strom verbrauchen als andere Motoren, tragen sie zur Reduzierung der CO₂-Emissionen bei. Ein konstantes quadratische Drehmoment mit einem hohen Wirkungsgrad ermöglicht eine schnelle, präzise Regelung. Die IE5-SynRMs von ABB liefern ab Drehzahl null das volle Drehmoment und bieten einen hervorragenden Wirkungsgrad bei Teillast →05. Die Drehzahl

lässt sich aufgrund der synchronen Eigenschaft des Motors sehr präzise regeln, und die Leistungsentfaltung ist aufgrund der geringen Trägheit des Rotors fast servoartig. Der Motor ist sehr leise und ideal für den Antrieb von Pumpen, Lüftern, Kompressoren usw. in allen industriellen Anwendungen. IE5-SynRMs von ABB werden bereits in zahlreichen Kundenanlagen eingesetzt, um Kosten zu senken und die Produktivität zu steigern. So ist es einem Unternehmen in der Lebensmittelverarbeitung durch die Umstellung auf SynRMs von ABB gelungen, den Energieverbrauch seines Lüftersystems fast zu halbieren.

ABB hat es sich zum Ziel gesetzt, für alle industriellen Anforderungen die richtige Motorlösung zu bieten und die Nachfrage des Marktes nach mehr Leistung, einer höheren Effizienz, längeren Wartungsintervallen und einem geringeren ökologischen Fußabdruck zu erfüllen. Das Unternehmen ist davon überzeugt, dass die IE5-SynRM-Technologie – die die Mindestanforderungen an den Wirkungsgrad von Elektromotoren (Minimum Efficiency Performance Standards, MEPS) in allen bedeutenden Industrieregionen bei Weitem übertrifft – die Grundlage für nachhaltige Niederspannungsmotoren der Zukunft bildet.

Effizienz wird zunehmend zu einem kritischen Thema für Hersteller von Motoren und Motorsystemen. Der Trend in der EU, den USA und Asien geht klar in Richtung weiterer Vorschriften, nicht nur für Motoren, sondern auch für das System, in das sie eingebettet sind. Dies ist ein Grund für ABB, vorauszudenken – mit der IE5-SynRM-Technologie. •



PRODUKTIVITÄT

Eine neue Klasse von Kollegen

In immer mehr Anwendungen arbeiten Roboter Hand in Hand mit Menschen zusammen. Gleichzeitig werden die ein- und zweiarmigen Helfer immer kleiner, intelligenter, schneller, lernfähiger und vor allem sicherer. Kurz gesagt, sie entwickeln sich zu einer neuen Klasse von Kollegen, den sogenannten „Cobots“.

Roboter sind auf dem Vormarsch. Während sie früher durch Sicherheitszäune vom Menschen getrennt wurden, erobern sie zunehmend die vergleichsweise offenen Räume →01–02 kleiner und mittelgroßer Fertigungsbetriebe, wo sie eng mit Menschen in der Materialhandhabung, Maschinenbedienung und Kleinteilmontage zusammenarbeiten. Darüber hinaus sind sie eine willkommene Hilfe in Labors →03, Logistikzentren, Lagerhäusern und Werkstätten.

Diese neue Klasse von Helfern, die sogenannten Cobots, sind darauf ausgelegt, in der Gegenwart von Menschen zu arbeiten, ohne dass zusätzliche Sicherheitseinrichtungen wie Zäune erforderlich sind. So sind sie besonders geeignet, Unternehmen zu unterstützen, die Schwierigkeiten haben, Personal für monotone, schmutzige, wiederkehrende, gefährliche oder unergonomische Aufgaben zu gewinnen und zu halten. Tatsächlich könnte Europa laut einem Bericht von McKinsey



Marc Mustard
Content & Robotics
Manchester, England

marc.mustard@
gb.abb.com



—
01 Dank besonderer Sicherheitsmerkmale ist die neueste Generation von Robotern in der Lage, Seite an Seite mit Büropersonal zu arbeiten.

—
02 Bei der Lead-Through-Programmierung kann der Roboterarm komplett per Hand bewegt werden, um individuelle Bewegungsabläufe zu erstellen.

aus dem Jahr 2020 über die Zukunft der Arbeit [1] ein Arbeitskräftemangel drohen, wenn sich die Wirtschaft von der Corona-Krise erholt. So wird erwartet, dass die Zahl der Menschen im arbeitsfähigen Alter bis zum Jahr 2030 um 13,5 Millionen (bzw. um 4 %) sinkt.

Vorteile von Robotern

Die Möglichkeit, Prozesse zu automatisieren, ohne physische Absperrungen installieren zu müssen, reduziert nicht nur die Gesamtkosten einer Anlage, sondern spart auch Platz und schafft eine offenere Arbeitsumgebung. So können menschliche Mitarbeiter ihre Aufgaben frei ausführen, und Unterbrechungen werden minimiert, da die Produktion nicht angehalten und neu gestartet werden muss, wenn sich jemand einem Roboter nähert.

Darüber hinaus kann die Installation von Robotern Unternehmen dabei helfen, die Betriebskosten zu senken, die Produktqualität und -konsistenz zu verbessern, die Produktionsleistung und Fertigungsflexibilität zu erhöhen und die Nutzung der Betriebsmittel zu verbessern. Die Automatisierung hilft nicht nur dabei, einen Mangel an Arbeitskräften auszugleichen, sondern kann auch zur Verbesserung der Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz beitragen, indem Roboter menschliche Mitarbeiter beim Heben schwerer Lasten und bei wiederkehrenden Aufgaben unterstützen.

Auch hat sich gezeigt, dass sich die Automatisierung eines Prozesses oder einer Produktionslinie positiv auf die Zufriedenheit der Mitarbeiter auswirken kann, da ihnen dies die Möglichkeit bietet, sich fortzubilden und erfüllendere, wert schöpfendere Tätigkeiten zu übernehmen.

Angesichts dieser Trends hat ABB vor Kurzem ihr Portfolio an kollaborativen Robotern erweitert und die Cobots GoFa™ und SWIFTI™ vorgestellt, die das branchenführende Angebot an ein- und zweiarmigen Cobots vom Typ YuMi® und Single-Arm YuMi® ergänzen.

—
Es wird erwartet, dass die Zahl der Menschen im arbeitsfähigen Alter bis 2030 um 13,5 Millionen sinkt.

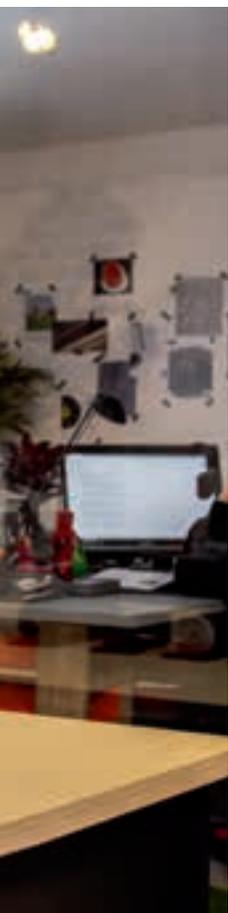
GoFa™ – der flexibel Einsetzbare

Mit einer Traglast von bis zu 5 kg und einer Geschwindigkeit von 2,2 m/s ist GoFa →04 erheblich schneller als andere Cobots seiner Klasse und kann mehr Vorgänge in einer bestimmten Zeit ausführen als seine Mitbewerber. Damit eignet er sich ideal für Montage- oder Pick- und Pack-Aufgaben, bei denen Objekte schnell und präzise von einem Ort zum anderen bewegt werden müssen. Hinzu kommt eine hohe Positionswiederholgenauigkeit im Mikrometerbereich, die es ihm ermöglicht, Lasten mit gleichbleibender Präzision zuverlässig aufzunehmen, zu bewegen und wieder abzusetzen.

Ein weiteres bedeutendes Merkmal von GoFa ist seine Reichweite von 950 mm, mit der er andere Cobots der 5-kg-Klasse um etwa 12 % übertrifft. Und mit einer um 70 % längeren Reichweite als der einarmige YuMi kann GoFa dabei helfen, die Zahl der benötigten Cobots in einem bestimmten Arbeitsbereich zu reduzieren.

GoFa verfügt über ein passives Sicherheitssystem, das es ihm ermöglicht, ohne Sicherheitsbarrieren in der unmittelbaren Gegenwart von Menschen zu arbeiten. Integrierte Momenten- und Positionssensoren in allen sechs Gelenken sorgen dafür, dass er bei Berührung mit einer Person binnen Millisekunden zum Stillstand kommt.

Dabei ist GoFa jederzeit und überall einsetzbar. Mit einem geringen Gewicht von 27 kg, einer Stellfläche von nur 165 mm² und flexiblen Montagemöglichkeiten kann GoFa – ebenso wie YuMi und Single-Arm YuMi – jederzeit dort eingesetzt werden, wo er benötigt wird - zum Beispiel um kurzfristige Prozessveränderungen



— EIN COBOT FÜR LABORTECHNIKER

Im schwedischen Universitätsklinikum Karolinska unterstützt ein kollaborativer Roboter von ABB das Laborteam bei mühsamen manuellen Arbeiten und sorgt so für eine bessere Arbeitsumgebung und höhere Effizienz [1].

Roboterlösungen sind im Gesundheitswesen nichts Neues. Mit wachsendem Druck in allen Bereichen – von der Entwicklung und dem Testen von Impfstoffen bis hin zur Patientenbetreuung – intensiviert sich auch die Suche nach neuen Möglichkeiten, die Lücken bei der Produktionskapazität und der Mitarbeiterverfügbarkeit durch den Einsatz von Robotern zu füllen.

So sucht auch das Universitätsklinikum Karolinska in Schweden an ihrem eigenen Innovationszentrum nach Wegen, die Leistungsfähigkeit im Gesundheitswesen durch Automatisierung zu steigern.

In Zusammenarbeit mit verschiedenen Unternehmen – darunter ABB – untersucht die Klinik den möglichen Einsatz von Robotertechnik in verschiedenen Bereichen von der Chirurgie und der Pädiatrie bis hin zum Transport von Instrumenten, Wäsche und Essen. Ein Bereich, in dem die Automatisierung bereits genutzt wird, ist das Labor der Universität. Hier werden jährlich mehrere Millionen medizinische Proben verarbeitet,

und obwohl eine feste automatische Sortierung dabei hilft, große Mengen zu bewältigen, kam man auf die Idee, dass bei vielen mühsamen, wiederkehrenden manuellen Aufgaben – wie etwa das Scannen von Reagenzgläsern und das Öffnen

—
ABB-Roboter übernehmen das Scannen von Reagenzgläsern und das Öffnen von Transportverpackungen.

von Transportverpackungen – Roboter hilfreich sein könnten. Dank eines kollaborativen Roboters von ABB, der diese Funktion übernommen hat, konnten Labortechniker von dieser monotonen und ermüdenden Arbeit befreit werden. Das Ergebnis sind weniger überanstrengte Handgelenke, verbesserte Arbeitsabläufe und eine höhere Effizienz. •

—
In Krankenhauslaboren können Roboter bei vielen mühsamen, wiederkehrenden manuellen Aufgaben helfen.



— Literaturhinweis

[1] ABB: „ABB's collaborative robot at Karolinska University Laboratory“. 12.11.2020. Verfügbar unter: <https://new.abb.com/news/detail/70465/abbs-collaborative-robot-at-karolinska-university-laboratory> (abgerufen am 19.05.2021).



04

03 ABB forscht nach neuen Möglichkeiten, um Krankenhäuser und deren Belegschaft mit Robotertechnologie zu unterstützen.

04 Mit einem Gewicht von nur 27 kg kann GoFa überall dort eingesetzt werden, wo er benötigt wird.

Mit einer Geschwindigkeit von über 5 m/s ist SWIFTI fünfmal schneller als die meisten Maschinen in seiner Klasse.

zu unterstützen oder Lücken in Produktionslinien zu schließen. Dies bietet Anwendern die notwendige Flexibilität, um sich schnell an veränderte Bedingungen oder Kundenanforderungen anzupassen.

GoFa ist für den Einsatz mit Robotersteuerungen der ABB OmniCore-Familie ausgelegt. Neben einer erstklassigen Bewegungssteuerung und Bahngenaugigkeit bietet OmniCore ein hohes Maß an Flexibilität, Konnektivität und Leistung und ermöglicht eine Reduzierung der Stellfläche um

50 % im Vergleich zu vorherigen Steuerungen. Zudem ermöglicht OmniCore eine problemlose Integration von neuesten digitalen Produktionstechnologien einschließlich verschiedener Feldbusse, fortschrittlicher Bildverarbeitungssysteme und Kraftsteuerungen.

SWIFTI – der schnelle Partner

SWIFTI →05 ist ein kollaborativer Industrieroboter, der erheblich schneller ist als GoFa und sich besonders für Aufgaben wie das Montieren oder Polieren eignet. Mit einer Geschwindigkeit von über 5 m/s ist SWIFTI, der für die sporadische Zusammenarbeit mit Menschen und Traglasten von bis zu 4 kg ausgelegt ist, sogar fünfmal schneller als die meisten Maschinen in seiner Klasse.

SWIFTI verfügt über ein aktives Sicherheitssystem auf der Basis eines Laser-Scanners. Nähert sich eine Person dem Roboter, z. B. um Teile zu laden, zu entladen oder neu zu positionieren, ver-



So schnell wie ein
Standard-
Industrieroboter
5 m/s



Einfache Sicher-
heitskonfiguration
per FlexPendant

Interaktions-
Statuslicht



Traglast
4 kg
max. Reichweite
580 mm

Ansteckbares Gerät
zur handgeführten
Programmierung



SWIFTI

KOLLABORATIV UND
SICHER – AUCH BEI
HOHEN GESCHWIN-
DIGKEITEN

langsam SWIFTI seine Bewegungen ggf. bis zum Stillstand. Sobald die Person die Sicherheitszone wieder verlässt, setzt der Cobot seine Bewegung fort und kehrt zu seiner vollen Geschwindigkeit und Produktionsleistung zurück.

**SWIFTI verbindet kollabora-
tive Sicherheit mit einer hohen
Geschwindigkeit und Genauigkeit.**

SWIFTI wurde eigens konzipiert, um die Lücke zwischen kollaborativen und Industrierobotern zu schließen, und beseitigt viele der Hürden, die Unternehmen bisher davon abgehalten haben, das Potenzial der robotergestützten Automatisierung auszuschöpfen. Indem er die Sicherheit, Anwenderfreundlichkeit und einfache Installation eines kollaborativen Roboters mit der hohen Geschwindigkeit, Präzision, Leistung

und Kompaktheit des ABB-Industrieroboters IRB 1100 verbindet, bietet SWIFTI das Beste aus beiden Welten. So hilft er Unternehmen dabei, ihre Produktivität zu steigern, indem er über verschiedene Anwendungen hinweg eine bessere Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter ermöglicht.

Ein weiterer Vorteil von SWIFTI ist, dass dasselbe Werkzeug verwendet werden kann wie beim Standard-Industrieroboter IRB 1100, was dabei hilft, Kosten zu sparen. Ein Beispiel hierfür ist das Vakuum-Paket mit vier integrierten Druckluftleitungen, das ein gleichzeitiges Aufnehmen mehrerer Objekte mithilfe von Saugnapfen ermöglicht. Das normalerweise für den ABB-Industrieroboter IRB 1100 vorgesehene Vakuum-Paket kann ohne weitere Veränderungen auch für SWIFTI verwendet werden.

Und da er auf der gleichen Plattform basiert wie der IRB 1100, ist SWIFTI die ideale Lösung für Anwendungen, bei denen Menschen sporadisch im gleichen Arbeitsbereich agieren müssen

—
05 SWIFTI wurde konzipiert, um die Lücke zwischen kollaborativen und Industrierobotern zu schließen.

—
06 Zur Programmierung müssen einfach Blöcke per Drag & Drop auf den Schirm des ABB FlexPendant gezogen werden.

wie der Roboter. Dazu gehören das Laden und Entladen von Teilen ebenso wie die Montage, Konfektionierung und Materialhandhabung sowie Schraub-, Einsetz- und Polieraufgaben.

—
Benutzerdefinierte Blöcke können zur Steuerung spezieller Greifer oder spezifischer Aktionen erstellt werden.

Einfache Programmierung

Obwohl GoFa und SWIFTI hochentwickelte Maschinen sind, muss man keine komplexen Programmiersprachen können, um sie zu programmieren. Stattdessen lassen sich mittels Lead-Through-Programmierung durch einfaches Bewegen der Cobot-Arme per Hand und mithilfe der Wizard Easy Programming Software individuelle Programme erstellen. Dazu müssen lediglich die entsprechenden grafischen Funktionsblöcke per Drag & Drop auf das Display des ABB FlexPendant →06. gezogen werden. Das Ergebnis lässt sich

sofort überprüfen, und die Bewegungen des Cobots können bei Bedarf schnell angepasst werden. Durch Verknüpfen der Blöcke lassen sich ganze Programme für eine Vielzahl von Anwendungen erstellen.

Für Unternehmen mit spezielleren Programmieranforderungen lassen sich auch neue Blöcke zur Ausführung spezifischer Aufgaben erstellen. Dazu steht die ABB Skill Creator Software zur Verfügung, die Standard-RAPID-Programmerroutinen in Wizard-Blöcke umwandelt, die dann von Anwendern ohne Programmierkenntnisse verwendet werden können. Die benutzerdefinierten Blöcke, auch „Skills“ genannt, können zur Steuerung spezieller Greifer oder spezifischer Anwendungen – zum Beispiel zur Laborautomatisierung – erstellt werden. Außerdem können Anwender die Simulations- und Offline-Programmiersoftware RobotStudio® von ABB verwenden. RobotStudio ist die branchenführende PC-basierte Lösung für die Programmierung, Konfiguration und virtuelle Inbetriebnahme. Und mithilfe von SafeMove Visualizer lassen sich die sicheren Arbeitsbereiche für SWIFTI direkt auf dem ABB FlexPendant definieren. •

Literaturhinweis

McKinsey: „The Future of Work in Europe“. Discussion Paper, June 2020, S. iv. Verfügbar unter: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/future%20of%20organizations/the%20future%20of%20work%20in%20europe/mgi-the-future-of-work-in-europe-discussion-paper.pdf> (abgerufen am 19.05.2021).



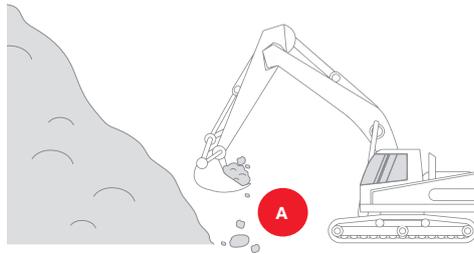


01

PRODUKTIVITÄT

Digitale Transformation eines Stahlwerks

In nur wenigen industriellen Szenarien spielen so viele Aspekte eine kritische Rolle wie in einem Stahlwerk: Anlagennutzung, Betriebsplanung, Sicherheit und Energieverbrauch müssen alle perfekt aufeinander abgestimmt sein, um negative Auswirkungen zu vermeiden. ABB Ability™ Smart Melt Shop unterstützt einen energieeffizienten, sicheren und produktiven Betrieb dieser Produktionsanlagen.



—
01 ABB Ability™ Smart Melt Shop trägt durch Verfolgung der Ausrüstung, Planung von Vorgängen und Modellierung des Temperaturverhaltens zur Verbesserung der Energieeffizienz und Produktivität bei.

—
02 Einheiten und Prozessablauf in einem integrierten Stahlwerk.

- A Rohstoffhandhabung
- B Hochofen
- C Transport in Pflanne
- D Sauerstoffblas-konverter
- E Transport in Pflanne
- F Nachbehandlung
- G Stranggießen

—
Anurag Nandwana
Gautham Madenoor
Ramapriya
Ulaganathan Nallasivam
ABB Corporate Research
Bangalore, Indien

anurag.n@in.abb.com
gautham.madenoor-
ramapriya@in.abb.com
ulaganathan.nallasivam@in.abb.com

Tarun Mathur
ABB Metals
Mannheim, Deutschland

tarun.mathur@
in.abb.com

Thota Phanindra
Suraj Kotian
Praveen KC
Amitkumar Chakraborty
ABB Metals
Bangalore, Indien

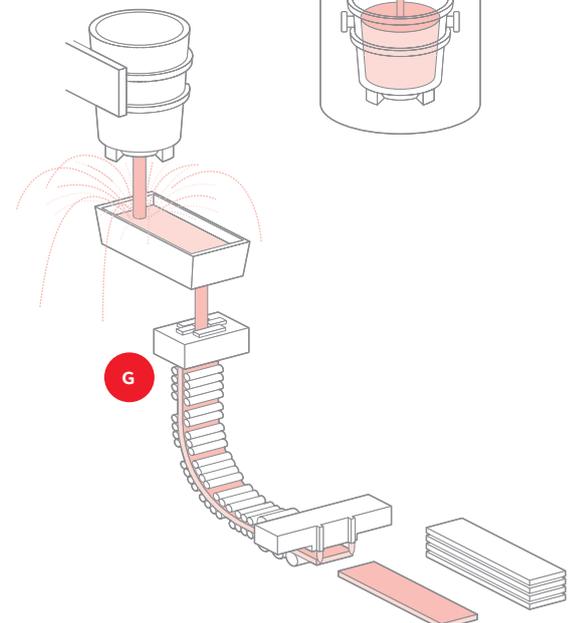
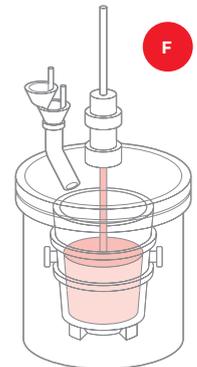
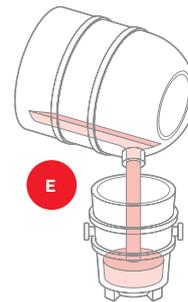
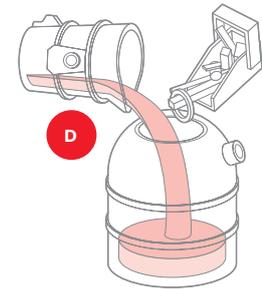
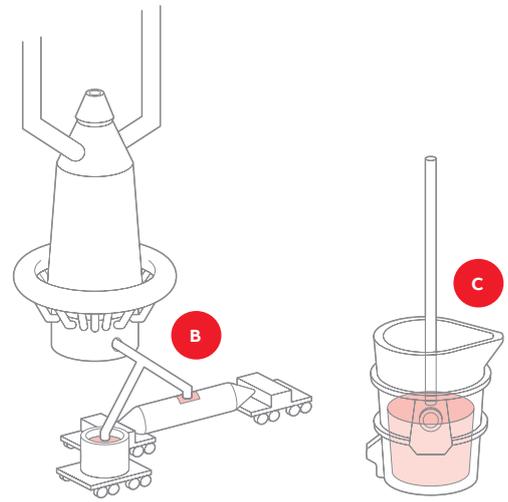
venkata.phanindra@
in.abb.com
suraj.s.kotian@
in.abb.com
praveen.kc@in.abb.com
amitkumar.chakra-
borty@in.abb.com

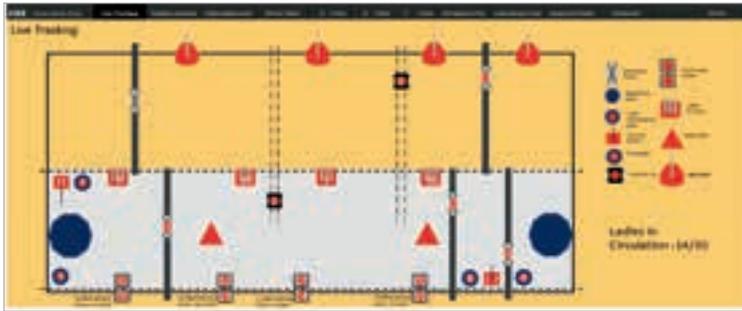
Mit ihren viele Jahrhunderte zurückliegenden Ursprüngen gehört die Stahlherstellung zu den ältesten noch praktizierenden Industrien. Zwar hat der technische Fortschritt den Prozess im Laufe der Zeit verändert – und verändert ihn weiterhin –, doch die Grundprinzipien bleiben dieselben. Das Herzstück der modernen Stahl-

Die Handhabung solcher Mengen an geschmolzenem Metall ist sehr gefährlich.

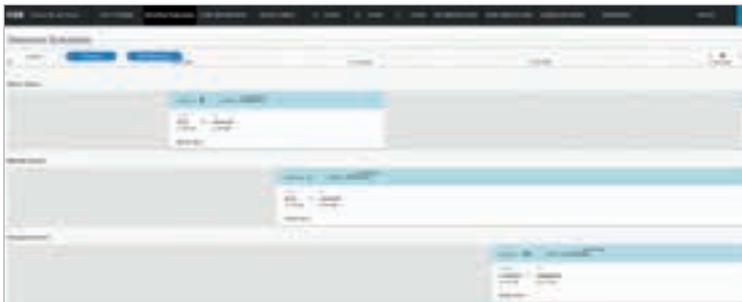
herstellung bildet das Stahlwerk. Hier werden die Einsatzstoffe in einem Ofen erhitzt. Anschließend wird die entstandene Charge aus geschmolzenem Metall mit einem typischen Gewicht von 200 t und einer Temperatur von ca. 1.600 °C in einen feuerfesten Behälter – die sogenannte Pflanne – gegossen, um sie dem nächsten Schritt des Herstellungsprozesses zuzuführen →01. Die Herstellung und Handhabung solcher Mengen an geschmolzenem Metall ist nicht nur sehr energieintensiv, sondern bei unsachgemäßer Durchführung auch sehr gefährlich.

Die mit der Metallschmelze gefüllte Pflanne wird mithilfe eines Schienenwagens oder Deckenkrans zum sogenannten Pfannenofen transportiert, wo die gewünschte Homogenisierung der Zusammensetzung und Temperatur stattfindet. Anschließend wird die Pflanne mithilfe von Deckenkränen zu einer Stranggießanlage transportiert, wo der flüssige Stahl zu festen Brammen, Knüppeln usw. geformt wird. Dazu wird die flüssige Schmelze zunächst in einen Zwischenbehälter (den sogenannten Verteiler oder Tundish) oberhalb der Gießanlage abgelassen. Von dort fließt der flüssige Stahl in die Gießform, die sogenannte Kokille →02. Nachdem die gesamte Charge in den Verteiler geleert und die Pflanne entschlackt wurde, wird die leere Pflanne mithilfe von Deckenkränen zu einem Wartungsstand gebracht. Nach erfolgter Wartung ist die Pflanne breit, die nächste Charge aufzunehmen.





03



04



05

Digitalisierungsmöglichkeiten im Stahlwerk

Ein typisches Stahlwerk verfügt über eine begrenzte Anzahl von Lichtbogenöfen/Konvertern, Pflannenöfen, Stranggießanlagen, Kranen, Transportwagen und – in manchen Fällen – Entgasungseinrichtungen und andere Einheiten zur Herstellung von reineren Stählen und Spezialstählen. Daher ist es entscheidend, dass diese Anlagen effektiv genutzt werden. In den meisten Stahlwerken wird der Anlagenbetrieb von einer Betriebsmannschaft geführt, die die Standorte von Kranen, die Verfügbarkeit der einzelnen Einheiten sowie die laufenden und anstehenden Aufträge überwacht. Die Verfolgung von Kranen, Pflannen usw. in Echtzeit erfolgt durch den Supervisor oder spezielles Personal vor Ort. Angesichts der Tatsache, dass Unfälle in einem Stahlwerk tödlich enden können, stellen diese Tätigkeiten ein hohes Sicherheitsrisiko dar.

Da der Gießprozess möglichst unterbrechungsfrei ablaufen sollte, muss der Supervisor die durchgängige Verfügbarkeit von Schmelze an allen Gießanlagen sicherstellen. Hinzu kommt, dass dem Stranggießen mit der Behandlung im Pflannenofen ein Chargenprozess vorausgeht. Diese Kombination aus diskontinuierlichen und kontinuierlichen Prozessen macht den „manuellen“ Entscheidungsprozess in Echtzeit für den Supervisor noch komplizierter.

Hier sieht ABB eine Möglichkeit für eine digitalisierte Lösung, die dem Supervisor dabei hilft, einen sicheren und produktiven Betrieb zu gewährleisten.

Mit ABB Ability™ Smart Melt Shop bietet ABB eine umfassende digitale Lösung für Stahlwerke.

So, wie sich eine Steigerung der Produktivität auf den Umsatz auswirkt, ist ein energieeffizienter Betrieb des Stahlwerks für die Kosten von entscheidender Bedeutung. Von besonderem Interesse ist dabei der energieintensive Betrieb des Pflannenofens, in dem die flüssige Schmelze in der Pfanne auf eine hohe Temperatur erwärmt wird. Beim anschließenden Transport zur Gießanlage kühlt die Schmelze ab, wobei die Temperatur unter den geforderten Wert fallen kann, sodass eine Nachbearbeitung und erneutes Erwärmen erforderlich werden, was mit einem unnötigen Energieverbrauch, einer geringeren Produktionseffizienz und einer möglichen Beschädigung der Ausrüstung verbunden ist. Ein vorsorgliches Überhitzen über die erforderliche Temperatur wiederum führt zu längeren Verarbeitungszeiten und einem höheren Energiebedarf.

Mit ABB Ability™ Smart Melt Shop bietet ABB eine umfassende digitale Lösung zur Steigerung der Sicherheit, Produktivität und Energieeffizienz von Stahlwerken, die folgende Komponenten umfasst:

- Ein Pflannenverfolgungssystem für vollständige Transparenz im Stahlwerk
- Ein Planungsmodul für ein effektives Auftragsmanagement von Kranen und Verarbeitungsanlagen zur Sicherung einer hohen Produktionseffizienz
- Ein thermisches Modul zur Steigerung der Energieeffizienz und Produktivität

—
03 Pfannenverfolgungssystem. Mehr als ein Dutzend Einheiten können gleichzeitig in Betrieb sein.

—
04 Konsolidierte Planungsdarstellung.

—
05 Bildschirm für Kranfahrer.

—
06 Der Gießprozess.

Pfannenverfolgungssystem

In einem Stahlwerk ist es wichtig, dass der Standort und Betriebszustand der Pfannen und Krane jederzeit bekannt ist. Während Krane relativ gut sichtbar und einfach zu lokalisieren sind, kann die Bestimmung des genauen Standorts der Pfannen schon schwieriger sein. Hier kommen bereits verschiedene Verfahren – z. B. auf der Basis von RFID-Tags (Radio-Frequency Identification) – zum Einsatz, die jedoch alle mit Einschränkungen verbunden sind. So können RFID-Tags nur in der Nähe einer Basisstation erkannt werden und neigen trotz eines gekühlten Gehäuses zu Ausfällen.

ABB Ability™ Smart Melt Shop beseitigt diese Einschränkungen, indem es jeden Pfannenträger im Werk genau verfolgt. Das Prinzip dieser Methode beruht auf der Tatsache, dass eine Pfanne nur von einem Kran oder einem Transportwagen bewegt werden kann. Sobald eine Pfanne in die aktive Zone des Stahlwerks kommt, wird sie mithilfe einer Kamera anhand ihrer Pfannennummer identifiziert. Ihr Standort wird kontinuierlich in der Laufzeitdatenbank aktualisiert. Dieselben Informationen werden auf den zentralen Überwachungsdisplays angezeigt →03 bis ein anderer Träger wie etwa ein Kran zu der Position kommt und sie aufnimmt. Zwischen

—
Das Planungsmodul nutzt Echtzeitinformationen, um Aktivitäten möglichst produktiv und effizient zu planen.

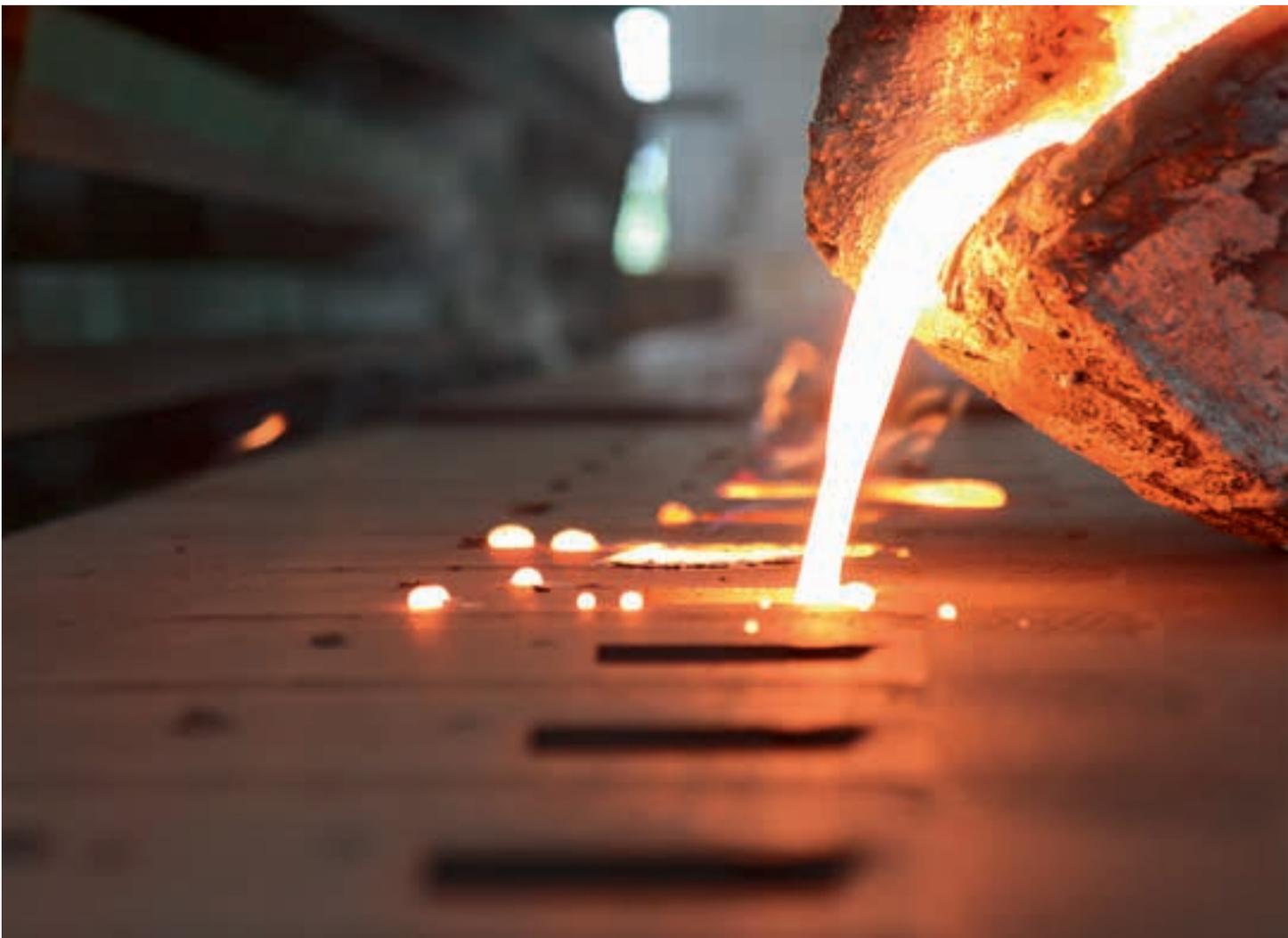
den tatsächlichen Überwachungspunkten wird die Position der Pfanne aus der erwarteten Bewegung des Pfannenträgers ermittelt.

Planungsmodul

Das Planungsmodul von ABB Ability™ Smart Melt Shop nutzt die Echtzeitinformationen des Pfannenverfolgungssystems, um auf möglichst produktive und effiziente Weise zukünftige Aktivitäten bis zu einem bestimmten Zeithorizont zu planen. Nähert sich ein Plan dem Ende, berechnet das Modul den nächsten Plan. So wird für jeden Zeithorizont ein Plan generiert, indem das System:

- Informationen von jeder Ausrüstungskomponente erfasst,
- festlegt, wo die zur Abholung vorgesehenen Pfannen abgesetzt werden müssen,
- den für den Transport der Pfannen zuständigen Kran bestimmt,

06





- die genauen Zeiten errechnet, zu denen die Pfannen von den Kranen am jeweiligen Anlagenteil aufgenommen und abgesetzt werden sollen.

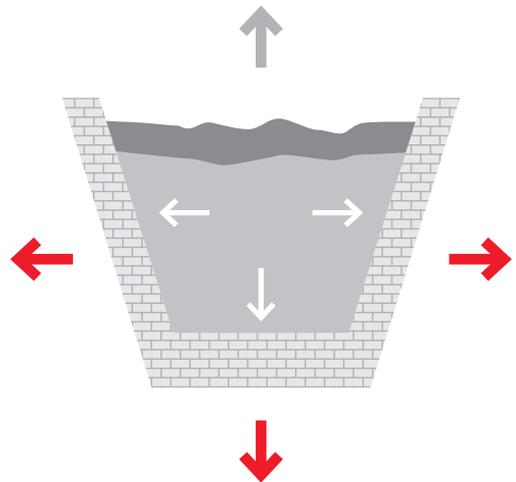
—
 Der kran spezifische Auszug aus dem allgemeinen Plan dient als Anweisung für die rechtzeitige Bewegung des Krans.

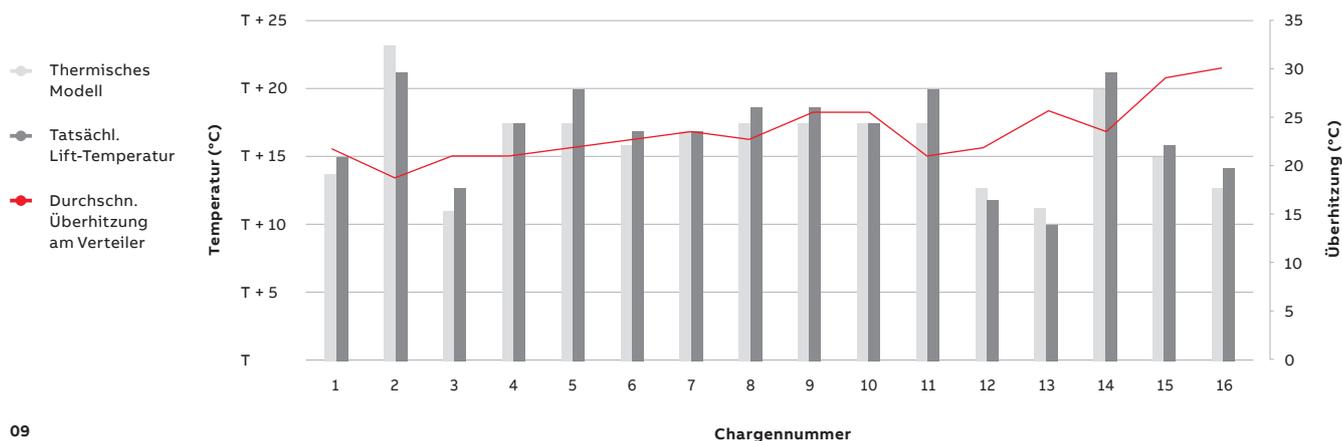
Bei diesen Berechnungen muss sichergestellt werden, dass bestimmte für den Stahlwerkbetrieb typische Bedingungen berücksichtigt werden. So muss z. B. jede Pfanne einen Zyklus von bestimmten Prozessschritten durchlaufen und für eine bestimmte Zeit an einem Anlagenteil verbleiben, bevor sie abgeholt werden kann. Unter Berücksichtigung dieser und weiterer Bedingungen generiert das Modul einen Plan zur Überwachung, der zentral angezeigt wird →04.

Neben der zentralen Anzeige wird jedem Kranfahrer ein separater Bildschirm ins Cockpit übertragen, der die geplanten zukünftigen Aktivitäten für den betreffenden Kran anzeigt. Dieser kran spezifische Auszug aus dem allgemeinen Plan dient als Anweisung für die rechtzeitige Bewegung des Krans →05. Neben seiner Aufgabe als Lenkungsstool für einen produktiven Betrieb liefert die Ausgabe des Planungsmoduls nützliche Informationen an das thermische Modul.

Thermisches Modul

Wie bereits erwähnt, sollte die Temperatur der Schmelze bei Ankunft an der Gießanlage innerhalb eines bestimmten Bereichs liegen, wobei





09

07 Während des Prozesses geht Wärme verloren.

08 Wärmeverlust bei einer mit Stahlschmelze gefüllten Pfanne.

09 Vorhersage des thermischen Modells und Temperatur an der Gießanlage. Die geforderte Überhitzung liegt zwischen 20 und 30 °C.

allerdings beim Halten, Transport und Gießen der Schmelze Wärme verloren geht →06–08.

Dieser Wärmeverlust hängt von verschiedenen Prozessvariablen wie den Eigenschaften der Schmelze, der Haltezeit, der Temperatur der Schmelze, den Eigenschaften der Schlackenschicht, der Gießart und von Pfanneneigenschaften wie der Wandzusammensetzung, dem Erosionszustand der Auskleidung, der

ABB Ability™ Smart Melt Shop verbessert die Produktivität, Energieeffizienz und Betriebssicherheit.

thermischen Vergangenheit der Pfanne usw. ab. Da sich diese Eigenschaften mit jeder Charge, die in der Pfanne transportiert wird, verändern, fällt auch der Wärmeverlust und somit die erforderliche Temperatur nach der Behandlung im Pfannenofen anders aus. So kann die optimale Temperatur am Pfannenofen auch zwischen den einzelnen Chargen variieren. In der Anlage, in der das Modell erstmalig implementiert wurde (siehe nächsten Abschnitt), schwankte dieser Wert um mehr als 40 °C.

ABB Ability™ Smart Melt Shop nutzt ein thermisches Modell, um diesen dynamischen Wärmeverlust zu schätzen und die erforderliche Endtemperatur am Pfannenofen für einen erfolgreichen Gießvorgang vorherzusagen. Mithilfe eines Diskretisierungsverfahrens errechnet das Modell die Wärmeübertragung durch die Pfannenwand und verschiedene andere Schnittstellen und liefert dem Bediener des Pfannenofens einen Temperatursollwert.

Einsatz in einem Stahlwerk

Die ABB-Lösung wurde bei einem großen Stahlhersteller in Indien implementiert, wo das System zu einem reibungslosen und effizienten Betrieb der Verarbeitungsanlagen im Werk geführt hat. →09 veranschaulicht die Leistungsfähigkeit des thermischen Modells. Alle Chargen wurden auf ± 2 °C der vom thermischen Modell vorgegebenen Temperatur erwärmt. Von den 16 Chargen lagen alle außer einer (Charge Nummer 2) an der Gießanlage innerhalb des gewünschten Temperaturbereichs. Mithilfe des Modells lassen sich in dem Stahlwerk, das über eine jährliche Produktionskapazität von vier Millionen Tonnen verfügt, schätzungsweise 4.500 MWh an Energie im Jahr einsparen. Hinzu kommen ein geringerer Elektrodenverbrauch und geringere Kosten für die Neuauskleidung der Pfannen pro Stahlcharge. Gleichzeitig führt die Anlieferung der Schmelze mit einer optimalen Temperatur an der Gießanlage zu einer höheren Gießgeschwindigkeit und einer besseren Produktivität.

Meilenstein auf dem Weg zum autonomen Stahlwerk

ABB Ability™ Smart Melt Shop zeigt, wie die Digitalisierung in Produktionsanlagen, in denen einige der unwirtschaftlichsten und gefährlichsten Bedingungen herrschen, eine radikale Veränderung bewirken kann. Der digitalisierte Betrieb von ABB Ability™ Smart Melt Shop verbessert die Produktivität und Energieeffizienz und steigert die Betriebssicherheit. In Anbetracht der Tatsache, dass viele Stahlwerke auf manueller Basis arbeiten, ist das Verbesserungs- und Automatisierungspotenzial groß. ABB Ability™ Smart Melt Shop markiert damit einen Meilenstein auf dem Weg zu einem autonomen und effizienten Betrieb. •



Konnektivität





Daten und Elektrizität sind wohl die beiden Ressourcen, auf denen die vernetzte Welt von morgen fußen wird. Die entsprechenden Netzwerke zu realisieren, ist keine leichte Aufgabe. Sie zu verwalten und zu schützen, ist noch schwieriger. ABB besitzt umfangreiche Erfahrungen in beiden Bereichen.

- 60 ABB bringt Ethernet-APL mit OPC UA ins Feld
- 68 Neuer Leistungsschalter erleichtert Integration dezentraler Erzeugung
- 74 Sauberere Zukunft für Schiffe und Häfen



KONNEKTIVITÄT

ABB bringt Ethernet-APL mit OPC UA ins Feld

In Zusammenarbeit mit anderen führenden Unternehmen und Normungsorganisationen hat ABB eine Ethernet-Konnektivität für die Feldgeräteebene entwickelt, die sich auch für explosionsgefährdete Bereiche der Prozessindustrie eignet. Durch Erweiterung dieser Technologie in Richtung konvergente Netzwerke auf der Basis von OPC UA hilft ABB der Industrie dabei, die Grenze zwischen IT und OT zu überwinden.





Stefan Bollmeyer
ABB Measurement & Analytics
Minden, Deutschland

stefan.bollmeyer@de.abb.com



Francisco Mendoza
ABB Process Automation
Ladenburg, Deutschland

francisco.mendoza@de.abb.com

In den vergangenen zehn Jahren haben sich Ethernet-basierte Netzwerktechnologien in industriellen Automatisierungsanwendungen zunehmend etabliert. In der Prozessautomatisierung hingegen finden sie nur begrenzt Anwendung [1], was vornehmlich auf ihre eingeschränkte Nutzbarkeit in explosionsgefährdeten Bereichen zurückzuführen ist. So war dieser bedeutende Sektor bisher darauf angewiesen, analoge 4–20-mA-, 4–20 mA + HART- oder Feldbus-Technologien zu nutzen und zugunsten der Sicherheit auf Bandbreite und Kommunikationsgeschwindigkeit zu verzichten.

Als Folge stehen die umfangreichen Daten, die auf der Feldsensorebene erfasst werden, für eine unternehmensweite Nutzung in internen Systemen oder der Cloud nur begrenzt oder gar nicht zur Verfügung. Da Daten und die Datenübertragung die Schlüssel zur Industrie 4.0 und zum Industriellen Internet der Dinge (IIoT) darstellen, hält jedes Hemmnis in der Datenkommunikation Unternehmen in der Prozessindustrie davon ab, das volle Wertschöpfungspotenzial der Datenverfügbarkeit und -übertragung auszuschöpfen.

Aus diesem Grund hat sich ABB einem Konsortium aus elf anderen führenden Unternehmen und drei Normungsorganisationen angeschlossen, um den APL-Standard (Advanced Physical Layer) zu entwickeln und die Ethernet-Kommunikation auf Feldebene auch in explosionsgefährdeten Bereichen der Prozessindustrie zu ermöglichen [1]. Die entwickelte Ethernet-APL-

Technologie ist einfach, praktisch, kompatibel, benutzerfreundlich und bietet Bandbreiten und Geschwindigkeiten, die es Prozessindustrien ermöglichen, die Vorzüge der Digitalisierung, z. B. in Form von Asset-Management- und Zustandsüberwachungsanwendungen, zu nutzen. Gleichzeitig arbeitet ABB daran, das Potenzial von Ethernet-APL durch Forschungen auf dem Gebiet

Trotz der allgemeinen Akzeptanz von Ethernet ist seine Verbreitung in der Prozessindustrie vergleichsweise gering.

der IIoT-Geräte zu erweitern. Bereits verfügbare Prototypen zeigen, dass es möglich ist, moderne Protokolle wie OPC UA mit Cybersicherheit und Möglichkeiten zur Informationsmodellierung, die besonders geeignet sind, die Grenzen zwischen Informationstechnologie (IT) und Betriebstechnologie (Operation Technology, OT) zu überbrücken, in kleine, ressourcenbegrenzte Feldgeräte zu implementieren [2]. Mit der Technologie-Einführung ab Juni 2021 werden bald entsprechende Produkte erhältlich sein, die es Prozessindustrien in Kombination mit Ethernet-APL ermöglichen, Daten über die gesamte Wertschöpfungskette vom Gerät auf der Feldebene bis hin zum Leitsystem und der Cloud effektiv zu nutzen [2].

01 Kommunikationstechnologien in der Prozessautomatisierung früher und heute

	Vergangenheit		Gegenwart		
	Pneumatisch	Elektronisch + Feldbus	Ethernet		
Technologie	Pneumatisch	4-20 mA	4-20 mA + HART	Feldbus	Ethernet
Medien	Luft	Analog	Analog + seriell	Seriell digital	Netzwerk
Messung	1 Wert	1 Wert	1+n Werte	n Werte	n Werte
Lokaler Zugriff auf Daten			Gateway erforderlich	Integriert	Integriert
Fernzugriff auf Daten			Gateway erforderlich	Gateway erforderlich	Integriert

Parameter	Attribut
Stromversorgungsanschluss (Ethernet-APL Power Switch)	Bis zu 92 W
Switch-Netzwerk	Ja
Referenzkabeltyp	IEC 61158-2, Type A
Maximale Trunk-Länge	Bis zu 1000 m, in Zone 1/Division 2
Maximum Spur-Länge	Bis zu 200 m, in Zone 0/Division 1
Geschwindigkeit	10 Mbit/s, Vollduplex
Schutz für explosionsgefährdete Bereiche inspiriert durch Feldbus	2-WISE für alle Zonen und Divisionen, mit optionaler Eigensicherheit am Gerät
Standards	IEEE 802.3cg-2019 (10BASE-T1L), IEC TS 60079-47 ED1 (2-WISE)

02

Ethernet für die Prozessindustrie

Kommunikations- und Netzwerktechnologien haben sich in den vergangenen Jahrzehnten rapide entwickelt →01. Mit seiner Vielzahl an standardisierten Tools für die Installation, Fehlerbehebung und Diagnose, der großen Bandbreite und hohen Kommunikationsgeschwindigkeit ist Ethernet heute der allgemein anerkannte Standard für drahtgebundene digitale Technologien in den meisten Branchen und Geschäftsanwendungen. Aber dennoch ist seine Verbreitung in der Prozessindustrie noch immer vergleichsweise gering. Warum ist das so? Hierfür gibt es zwei vorwiegende Gründe: die Einfachheit und Kostengünstigkeit – und damit Dominanz – bereits vorhandener Kommunikationstechnologien und die Explosionsgefahr in vielen Umgebungen der Prozessindustrie [3]. Kosten, Eignung und Praktikabilität machen die Nutzung von Ethernet-basierten Technologien auf der Feldebene zu einer Herausforderung.

Datenübertragungstechnik im Wandel der Zeit

Früher wurden Feldgeräte zur Messung von Prozesswerten üblicherweise mithilfe einer einfachen Verdrahtung an Leitsysteme (Distributed Control Systems, DCSs) angeschlossen und die Messungen als analoge 4–20-mA-Signale übertragen [3]. Später wurde mit der HART-Technologie das analoge Signal um eine digitale Kommunikationsmöglichkeit erweitert, wobei die Einfachheit der herkömmlichen Verdrahtung erhalten blieb. Doch trotz der digitalen Eigenschaft sind die Bandbreite und Kommunikationsgeschwindigkeit extrem niedrig (1.200 bit/s) →01–02. Nichtsdestotrotz besitzt diese Technologie noch immer den größten Marktanteil bei installierten und neuen Anlagen [3].

Anfang der 2000er Jahre avancierte die in den 1990er Jahren eingeführte vollständig digitale, serielle Feldbustechnik zur Technologie der Wahl. Die Technologie bietet zwar eine verbesserte Bandbreite (31,25 kbit/s) →02, erfordert aber Gateways und hat sich im Hinblick auf Planung, Betrieb und Wartung als zu komplex erwiesen, um Nutzer in der Prozessindustrie gänzlich zufriedenzustellen. Was die Prozessindustrie für eine vollständig digitale Zukunft benötigt, ist eine Technologie mit einer Ethernet-ähnlichen Bandbreite und Kommunikationsgeschwindigkeit, die so einfach zu planen, zu betreiben und zu warten ist wie die 4–20-mA-Zweidrahtlösung, aber dennoch bis zur Feldebene reicht und sich für explosionsgefährdete Bereiche eignet.

—
Die Explosionsgefahr in vielen Prozessumgebungen hemmt die Nutzung von Ethernet-basierter Technologie im Feld.

Kollaboration als Schlüssel

Eine Ethernet-ähnliche Kommunikationstechnologie zu realisieren, die die genannten Anforderungen erfüllt, ist keine leichte Aufgabe, denn die zu bewältigenden Herausforderungen sind vielfältig: kurze Kabelreichweiten (100 m), komplexe Verdrahtung (Ethernet-Kabel mit mehreren verdrehten Adernpaaren) und mangelnde Sicherheit für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen. Hier ist eine intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit und die enge Zusammenarbeit zwischen führenden Unter-

— 02 Technische Eigenschaften von Ethernet-APL.

— 03 Ethernet-APL erhöht die Bandbreite zum Feldgerät in explosionsgefährdeten und ungefährlichen Umgebungen.

nehmen auf dem Gebiet der Prozessautomatisierung und Normungsorganisationen erforderlich, um diese Schwierigkeiten zu bewältigen. Bereits 2010 haben führende Unternehmen der Branche die Notwendigkeit von vollständig digitalisierten Anlagen und Anwendungen der Industrie 4.0 erkannt und auf die Bedeutung einer Ethernet-Konnektivität für die Feldebene hingewiesen [3]. Im Jahr 2015 wurde von einer Gruppe führender Anbieter von Prozessautomatisierungstechnik mit ABB, Emerson, Endress+Hauser, Krohne, Pepperl+Fuchs, Phoenix Contact, R. Stahl, Rockwell Automation, Samson, Siemens, Vega und Yokogawa mit Unterstützung von führenden SDOs (Standards Development Organizations) wie FieldComm Group, ODVA und PROFIBUS & PROFINET International das Advanced Physical Layer (APL) Projekt ins Leben gerufen [3]. Im Jahr 2018 kamen die Beteiligten überein, dass eine Lösung, um nachhaltig zu sein, vollständig kompatibel mit dem Ethernet-Standard IEEE 802.3 sein und bestimmte Kriterien erfüllen sollte [3]:

- Zweidraht-Kabel
- Lange Kabelstrecken
- Spannungsversorgung und Kommunikation über dasselbe Kabel
- Unterstützung aller Explosionsschutztechnologien einschließlich Eigensicherheit
- Einfache Installationstechnik
- Wiederverwendung vorhandener Feldbuskabel

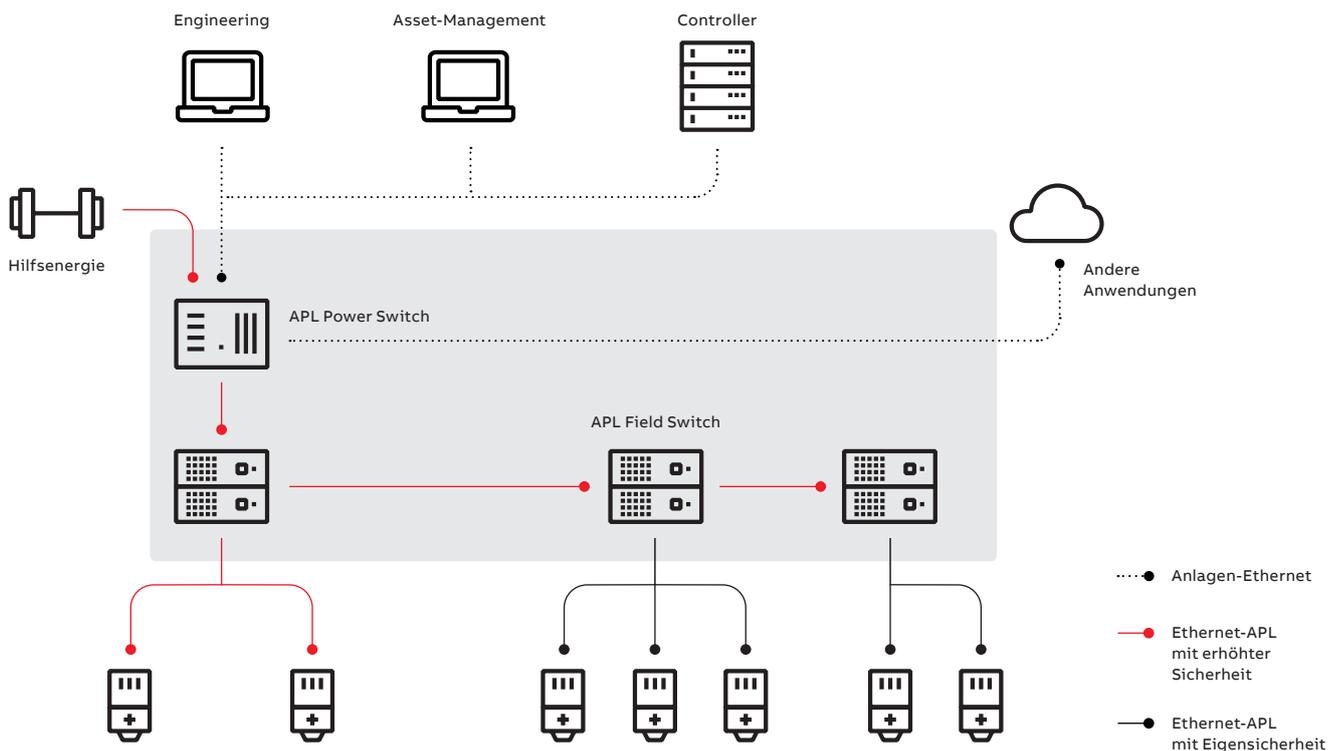
vom Typ A zur Reduzierung der Kosten und Vereinfachung der Umstellung vom Feldbus auf Ethernet-APL

- Unempfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Störungen
- Unterstützung von Überspannungsschutz

— Die erweiterte physikalische Schicht ermöglicht die SPE-Kommunikation über eine Entfernung von 1.000 m.

Ethernet-APL

Ethernet-APL ist das Ergebnis einer fast zehnjährigen Bemühung, Ethernet auf die Feldebene zu bringen, und ein Ableger des ursprünglichen Ethernet-Standards IEEE 802.3 mit dem vor Kurzem veröffentlichten Standard IEEE 802.3cg-2019 [4]. Die 10BASE-T1L-Variante dieses Standards vereinfacht die Netzwerkarchitektur erheblich und erhöht die verfügbare Bandbreite für die digitale Instrumentenkommunikation (300-mal schneller als FOUNDATION Fieldbus H1 oder PROFIBUS PA und 8.000-mal schneller als das frühe HART-Protokoll) →02, sodass die genannten Kriterien des APL-Projekts erfüllt werden [1].





04



05



06

—
04 Ethernet-Prototypen (unten) ermöglichen ABB Coriolis Masse-Durchflussmessern (oben) die Kommunikation über OPC UA.

—
05 Ethernet-Prototyp für die Kommunikation mit einem Laser-Füllstand-Messumformer vom Typ ABB LLT100 via OPC UA.

—
06 Ethernet-APL-Netzwerk für die Kommunikation über OPC UA mit Prototypen eines ABB-Druckmessumformers (links), eines Füllstand-Messumformers (rechts) und eines Ethernet-APL-Switches (oben).

Ethernet-APL ist eine erweiterte physikalische Schicht, die die Ethernet-Kommunikation über ein Adernpaar (Single Pair Ethernet, SPE) über eine Entfernung von 1.000 m mit optionaler Spannungsversorgung von Endgeräten ermöglicht [3] →02. Durch Definition von Port-Profilen für verschiedene Explosionsschutzklassen ermöglicht APL die Erweiterung von 10BASE-T1L für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen – eine bedeutende technische Errungenschaft für die Prozessindustrie. Darüber hinaus definiert die technische Spezifikation der IEC für ein eigensicheres Zweidraht-Ethernet (2-WISE) Richtlinien für die Eigensicherheit (ohne die Notwendigkeit von Berechnungen) von schleifen- und separat gespeisten Instrumenten in explosionsgefährdeten Bereichen bis Zone 0, 1 und 2 bzw. Division 1 und 2 →03, [4]. Die in diesem Jahr (2021) veröffentlichte 2-WISE-Spezifikation (IEC TS60079-47:2021) basiert auf dem eigensicheren Feldbuskonzept FISCO (Fieldbus Intrinsically Safe Concept) und wird die Planung und den Nachweis der Eigensicherheit für Ethernet-APL vereinfachen [4].

Unterstützte Topologien

Ethernet-APL ist darauf ausgelegt, verschiedene Installationstopologien mit optionalen Redundanz- oder Resilienzkonzepten und Trunk-und-Spur-Verkabelung zu unterstützen. Der Trunk (Hauptleitung) überträgt hohe Leistungen und Signalstärken über lange Strecken bis 1.000 m, wohingegen der Spur (Stich- oder Anschlussleitung) für geringere Leistungen und Längen bis 200 m vorgesehen ist, aber optional eigensicher ausgelegt werden kann. Ethernet-APL sieht Punkt-zu-Punkt-Verbindungen vor, wobei jede Verbindung zwischen den Kommunikationspartnern ein Segment bildet. Somit isolieren Ethernet-APL-Switches die Kommunikation zwischen den Segmenten.

Protokollkompatibilität als Erfolgsgrundlage

Trotz der vielversprechenden Aussichten wird es einige Zeit dauern, bis sich die Ethernet-APL-Technologie großflächig etabliert hat [3]. So braucht die Prozessindustrie, in der noch immer die analoge 4–20 mA + HART-Technologie vorherrscht, überzeugende Gründe, um ihre Planung und ihre Systeme auf APL umzustellen. Jegliche Zurückhaltung beim Umstieg von vorhandener Technik kann nur überwunden werden, wenn der Nutzen der neuen Technologie klar auf der Hand liegt.

Da Ethernet-APL Protokolle wie EtherNet/IP, HART-IP, OPC UA, PROFINET und andere unter-

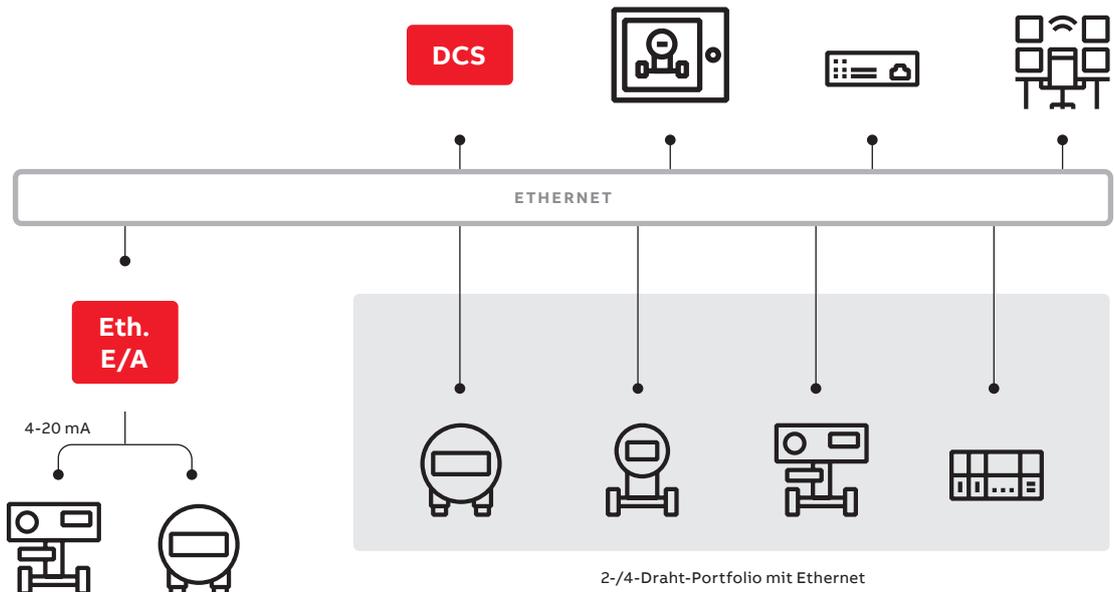
stützt, ist ein solcher Umstieg realistisch. Die Tatsache, dass viele Prozessindustrien heute bereits Leitsysteme nutzen, die PROFINET und/oder Ethernet/IP-Protokolle unterstützen, erleichtert den Umstieg auf Ethernet-APL [1]. Und da APL ohne Gateways oder andere Protokollumwandlungen auskommt, sollten Unternehmen den Mehrwert schnell erkennen, der sich aus der reduzierten Komplexität, den geringeren Betriebskosten, der verbesserten Nutzerfreundlichkeit und der erhöhten Robustheit gegenüber herkömmlichen Feldbussystemen bzw. den analogen 4–20 mA + HART-Systemen ergibt.

Wichtig ist, dass moderne Protokolle ebenfalls über APL laufen können [1]. In diesem Zusammenhang befasst sich ABB insbesondere mit OPC UA (Open Platform Communication Unified Architecture). Ethernet-APL ermöglicht die Implementierung von OPC UA direkt in Feldgeräten und vereinfacht so die Integration in IT- und OT-Anwendungen der Industrie 4.0.

—
APL ermöglicht die Erweiterung von 10BASE-T1L für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen.

Erweiterung von Ethernet-APL mit OPC UA im Feld

Im Jahr 2016 forderte die Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie (NAMUR) in einem Positionspapier (aus dem 2018 schließlich die NAMUR-Empfehlung NE 168 hervorging [5,6]) Hersteller dazu auf, ein einfach anzuwendendes Ethernet-Kommunikationssystem für die Feldebene zu entwickeln und dabei die Probleme zu vermeiden, die Endanwender mit bestehenden Feldbussystemen haben [5,6]. Dies hat ABB dazu veranlasst, sich auf die Beseitigung vorhandener Barrieren zu konzentrieren, die die Kommunikation von Informationen stören – wie etwa die umfangreichen Umwandlungen und Datenbeschreibungen, die traditionelle Feldbusse benötigen, um Daten in einer Prozessanlage z. B. zu Steuerungs-, Überwachungs-, Optimierungs- und Wartungszwecken nutzbar zu machen. Da die OPC-UA-Technologie auch den Transport von semantischen Informationen ermöglicht, könnte sie nach Überzeugung von ABB bei richtiger Anwendung dabei helfen, die mit Feldbussen verbundenen Barrieren zu beseitigen. Im Jahr 2017 hat ABB damit begonnen, eine Reihe von



Vorhandenes 2-/4-Draht-Portfolio

07

Prototypen zu entwickeln, um zu zeigen, dass OPC UA dazu geeignet ist, Daten von ressourcenbegrenzten Geräten sicher mit ausreichender Performance und geringem Speicherbedarf zu übertragen. Bis dahin wurde OPC UA nur für den Informationsaustausch zwischen leistungsstärkeren Geräten wie PC-Servern oder Controllern verwendet.

Durch die Integration von OPC UA und Ethernet-APL macht ABB das Kommunikationsprotokoll für Feldgeräte verfügbar.

Zunächst untersuchte ABB die Verwendbarkeit von OPC UA mit Vierdraht-Durchflussmessern (mit getrennten Drähten für Spannungsversorgung und Kommunikation). Mithilfe eines Ethernet-Adapters, der das HART-Protokoll vom Gerät in einen OPC-UA-Server umwandelt, konnte eine ausreichende Performance erreicht werden, d. h. es konnte problemlos über OPC UA auf Hunderte von Geräteparametern zugegriffen werden, ohne dass zusätzliche Gerätebeschreibungen notwendig waren →04. Darüber hinaus untersuchte ABB die Verwendbarkeit von OPC UA mit Geräten mit geringerer Rechenleistung und geringerem Speicher und somit geringer Leistungsaufnahme wie Füllstand-Messumformern →05. Dank eines neu verfügbaren OPC-UA-Kommunikationsstacks, der für Embedded-Geräte (hohe Performance und geringer Speicher) vorgesehen ist, konnte

ABB eine Ethernet-Plattform nutzen, die OPC UA zusammen mit der vollen Gerätefunktionalität nativ in den Prototyp integriert. So konnten der Stromverbrauch und der Speicherbedarf bei gleicher Aktualisierungsrate weiter reduziert werden.

Da die Ergebnisse die Anforderungen hinsichtlich Performance und Stromverbrauch für Ethernet-APL erfüllten, implementierte ABB ein natives OPC-UA-Gerät mit Spannungsversorgung und Kommunikation über Ethernet-APL. Hierzu wurde die Füllstand-Messumformeranwendung erfolgreich auf Evaluierungsboards portiert, die vom Ethernet-APL-Konsortium entwickelt wurden →06. Als Nächstes untersuchte das ABB-Team erfolgreich die Portier- und Integrierbarkeit von OPC UA auf einen Druckmessumformer-Prototyp, der eine der schnellsten Aktualisierungsraten im Bereich der Prozessinstrumente (2 ms) erfordert.

Zurzeit werden diese ABB-Prototypen von ausgewählten Kunden in ersten Ethernet-APL-Testumgebungen eingesetzt, wo sie ihre volle Interoperabilität in einem herstellerunabhängigen Ethernet-APL-Netzwerk beweisen. Damit realisiert ABB nicht nur Ethernet-APL-Geräte, sondern treibt gemeinsam mit der OPC Foundation und der FieldComm Group auch die Standardisierung von OPC-UA-basierten Geräten voran.

Ausgehend von diesen Tests können Kunden zuversichtlich sein, dass – sobald OPC-UA-Feldgeräte kommerziell erhältlich sind – Ethernet-typische Bandbreiten und Geschwindigkeiten mit Spannungsversorgung und Kommunikation über Zweidraht-Systeme und unproblematischen schnellen Aktualisierungsraten möglich sein werden →07. Dank eingebetteter Informations-

— 07 Schematische Darstellung zukünftiger konvergenter Ethernet-Netzwerke in der Prozessindustrie mit vorhandenen 4–20-mA-Geräten und IIoT-fähigen Feldgeräten auf der Basis von Ethernet-APL und Mehrprotokollfähigkeit.

— 08 Mit seiner Vielzahl an standardisierten Tools für die Installation, Fehlerbehebung und Diagnose sowie seiner großen Bandbreite und hohen Geschwindigkeit ist Ethernet der ultimative Standard für drahtgebundene digitale Technologien in den meisten Industrien.

modelle und integrierter Semantik benötigen diese Geräte keine zusätzlichen Beschreibungen und können problemlos in verschiedene Anwendungen integriert werden.

Die ersten Ethernet-APL-Produkte wurden auf der virtuellen ACHEMA Pulse im Juni 2021 vorgestellt.

Wertschöpfung vom Feld zum Unternehmen

Mit einer einfachen Netzwerkarchitektur und ohne die Notwendigkeit einer Protokollumwandlung ist Ethernet-APL vielseitig kompatibel und einfach in der Anwendung. Mit einer Geschwindigkeit von 10 Mbit/s weist Ethernet-APL zudem die Einfachheit des 4–20-mA-Kommunikationsprotokolls auf, bietet aber gleichzeitig eine Ethernet-typische Bandbreite, die sich für die Instrumentenkommunikation und Unterstützung mehrerer Protokolle eignet. Indem es die Anbindung von weiträumig verteilten, schleifen-gepeisten Zweidraht-Feldgeräten in explo-

sionsgefährdeten Bereichen ermöglicht, bietet Ethernet-APL eine verbesserte Kommunikation ohne Beeinträchtigung der Sicherheit →08. Durch die Integration von OPC UA und Ethernet-APL macht ABB dieses universell einsetzbare und moderne Kommunikationsprotokoll für Feldgeräte verfügbar. Aufgrund der damit verbundenen Semantik und Informationsmodelle kann auf Beschreibungen verzichtet werden, was dabei hilft, die Brücke zwischen OT und IT zu schlagen.

Im Vorfeld der Einführung von Ethernet-APL im dritten Quartal 2021 hat ABB zusammen mit anderen Anbietern von Automatisierungstechnik die ersten Ethernet-APL-Produkte auf der virtuellen Fachmesse ACHEMA Pulse im Juni vorgestellt. Damit finden die jahrzehntelangen Bemühungen, Ethernet für die Kommunikation auf der Feldebene von Prozessautomatisierungsanlagen zu nutzen, ein erfolgreiches Ende. Das Ergebnis ist eine sichere, geschützte und praktische Kommunikation zwischen dem Feld und dem gesamten Unternehmen einschließlich der Cloud. •

Danksagung

Dieser Artikel wäre nicht möglich gewesen ohne die Ideen, die Arbeit und das Engagement vieler Personen bei ABB. Unser besonderer Dank gilt Roland Braun, Philipp Bauer, Alexander Gogolev, Alexander Nahrwald, Peter Ude und Tilo Merlin.

Literaturhinweise

[1] K. Larson: „The Last Mile-APL Standard to Make Field-level Ethernet a Practical Reality“. *Control*, Juni 2020, S. 24–28.

[2] A. Gogolev: „OPC UA und TSN: Industrie 4.0 für Endgeräte“. *ABB Review* 1/2020, S. 30–35.

[3] APL Project Group (2020): „Ethernet to the Field“. White Paper, S. 1–17.

[4] Profinews: „Moving Forward: Advanced Physical Layer for Industrial Ethernet“. *Profinews*, 30.11.2019. Verfügbar unter: <https://profinews.com/2019/11/moving-forward-advanced-physical-layer-for-industrial-ethernet> (abgerufen am 01.07.2021).

[5] Plauky: „Ethernet-Kommunikation“. Positionspapier. NAMUR Hauptsitzung 2016.

[6] NAMUR Arbeitskreis 2.6 Digitale Prozesskommunikation: „Anforderungen an ein Ethernet-Kommunikationssystem für die Feldebene“. 22.11.2018, S. 1–9.





01

KONNEKTIVITÄT

Neuer Leistungsschalter erleichtert Integration dezentraler Erzeugung

Dezentrale Energieerzeugungssysteme wie die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bieten ein erhebliches Potenzial zur Reduzierung der CO₂-Emissionen in Ballungsgebieten.



Englands erstreckt, vor Kurzem die Installation des weltweit ersten FLCBs in einem Umspannwerk im Ost-Londoner Stadtbezirk Tower Hamlets → 01. Der neue Leistungsschalter ist darauf ausgelegt, die Anbindung von potenziell klimaneutralen Energietechnologien wie KWK-Anlagen an das Netz einfacher und kostengünstiger zu gestalten [1].

Schneller, kleiner, günstiger

Die neuen, superschnellen Leistungsschalter, die nur ein Viertel der Größe von Begrenzern auf der Basis anderer gängiger Technologien haben und nur halb so teuer sind, sollen in Zukunft die Anbindung von 460 MW zusätzlicher dezentraler Erzeugungsleistung an das städtische Netz

—

Der FLCB von ABB ist 20-mal schneller als jeder andere Leistungsschalter.

ermöglichen. Besonders deutlich werden die Vorteile der Schalter im Vergleich zu herkömmlichen Leistungsschaltern, bei denen der Strom durch Öffnen mechanischer Kontakte und anschließendem Löschen des entstehenden Lichtbogens unterbrochen wird. Bei solchen Schaltern fließt für etwa 50–100 ms der volle Fehlerstrom durch den Schalter und das restliche Netz. Sind alle nachgeschalteten Umspannwerke und Netzkomponenten für den Strom ausgelegt, wird der Fehler sicher abgeschaltet. Sollen aber neue dezentrale Erzeugungsanlagen an das Netz angebunden werden, besteht die Gefahr, dass diese Auslegungsgrenze überschritten wird und zusätzliche Maßnahmen implementiert werden müssen. Eine Möglichkeit besteht in der Installation eines sogenannten Fehlerstrombegrenzers, der den Fehlerstrom auf einen für das Netz unkritischen Wert begrenzt.

Der Fehlerstrombegrenzer muss schnell genug sein, um den Strom binnen weniger Millisekunden und nicht erst nach einigen Dutzend Millisekunden zu begrenzen. Hier gibt es zwei Grundkonzepte, die schon seit Jahren genutzt werden: dynamische Impedanz und schnelle Unterbrechung.

Geräte, die das Prinzip der dynamischen Impedanz nutzen, haben unter normalen Betriebsbedingungen geringe Auswirkungen auf das Netz. Im Fehlerfall steigt ihre Impedanz aber rapide an, wodurch der maximale Spitzenstrom begrenzt wird. Beispiele für Geräte dieser Art sind elektro-

—

01 Der fehlerstrombegrenzende Leistungsschalter wurde in einem Pilotprojekt in Tower Hamlets in Ost-London installiert.

—

Thomas Eriksson
Jesper Magnusson
Johan Nohlert
 Switching and Systems
 Västerås, Schweden

thomas.r.eriksson@
 se.abb.com
 jesper.magnusson@
 se.abb.com
 johan.nohlert@
 se.abb.com

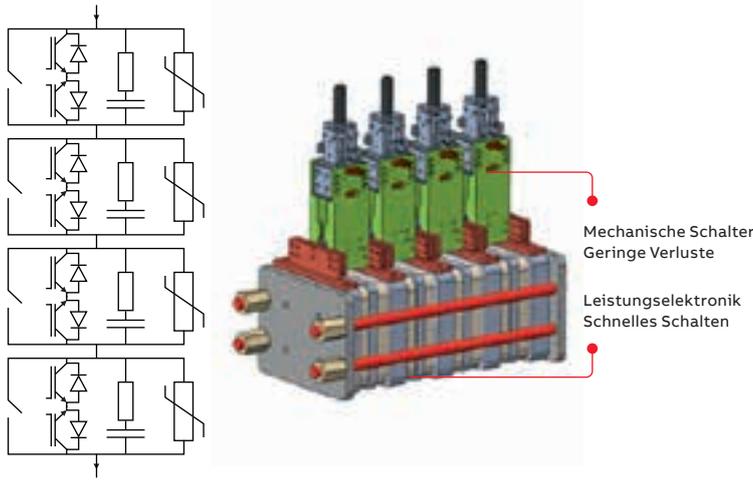
Bjoern Gottschlich
Peter Jost
 Control & Protection
 Solutions
 Ratingen, Deutschland

bjoern.gottschlich@
 de.abb.com
 peter.jost@de.abb.com

Dezentrale Energieerzeugungssysteme sicher und ohne große Zusatzkosten an das Stromnetz anzubinden, stellt seit Langem eine Herausforderung dar. Angesichts des hohen Energieeinsparungspotenzials, das von KWK-Anlagen ausgeht, testen die Londoner Behörden einen von ABB entwickelten fehlerstrombegrenzenden Leistungsschalter (Fault Current Limiting Circuit Breaker, FLCB), der eine sichere und kostengünstige Nutzung dieser kohlenstoffarmen Technologie verspricht.

Der von ABB entwickelte FLCB kombiniert modernste Leistungshalbleiter mit extrem schnellen mechanischen Schaltern und ermöglicht so eine Erkennung und Begrenzung von Fehlerströmen innerhalb weniger Millisekunden. Damit ist er 20-mal schneller als jeder andere Leistungsschalter.

Vor diesem Hintergrund verkündete der Verteilnetzbetreiber UK Power Networks, dessen Netz sich über London, den Südosten und den Osten

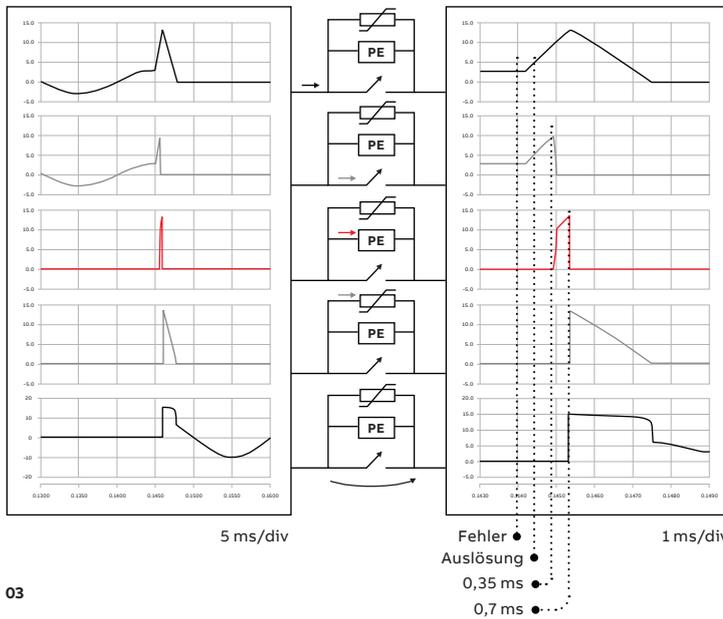


02

Beispiel für diese Art von Begrenzer ist der bereits kommerziell erhältliche I_5 -Begrenzer [3]. Dieser besteht aus einer schnellen Erkennungseinheit und einem schnellen Kommutierungsschalter mit einer parallelen Sicherung. Wird ein Fehler erkannt, öffnet eine pyrotechnische Ladung den Schalter, und der Strom kommutiert auf die parallele Sicherung. Diese schmilzt und unterbricht den Strom.

Eine weitere Möglichkeit zur schnellen Unterbrechung bietet der Einsatz von Leistungshalbleitern. Diese sind in der Lage, Ströme binnen weniger Mikrosekunden zu unterbrechen, und lassen sich nach Klärung des Fehlers einfach aus der Ferne wieder einschalten – ein Vorteil gegenüber Sicherungen, die nach dem Auslösen manuell ersetzt werden müssen. Allerdings sind Leistungshalbleiter teuer und benötigen insbesondere bei höheren Nennströmen eine zusätzliche Kühlung.

Eine weitere Möglichkeit zur schnellen Unterbrechung bietet der Einsatz von Leistungshalbleitern. Diese sind in der Lage, Ströme binnen weniger Mikrosekunden zu unterbrechen, und lassen sich nach Klärung des Fehlers einfach aus der Ferne wieder einschalten – ein Vorteil



03

magnetische und supraleitende Strombegrenzer [2]. Deren besondere Eigenschaft besteht darin, dass sie den maximalen Spitzenstrom begrenzen, aber den Strom nicht vollständig unterbrechen. Nach Klärung des Fehlers wird die Impedanz wiederhergestellt und der Normalbetrieb fortgesetzt. Ein gemeinsamer Nachteil dieser Geräte ist, dass sie meist groß und schwer sind und – wenn sie auf einem supraleitenden System basieren – stark gekühlt werden müssen. Der Vorteil dieser Technologie ist, dass die Lösungen per se ausfallsicher sind, da die meisten denkbaren Ausfallarten mit einem hohen Impedanzzustand verbunden sind, bei dem Überströme begrenzt werden.

Beim zweiten Konzept, der schnellen Unterbrechung, erfolgt die Begrenzung des Fehlerstroms durch Unterbrechen des Stroms, bevor er die kritische Auslegungsgrenze erreicht. Dies sollte innerhalb weniger Millisekunden erfolgen. Ein

Der von ABB entwickelte FLCB bietet erhebliche Vorteile gegenüber anderen Technologien.

gegenüber Sicherungen, die nach dem Auslösen manuell ersetzt werden müssen. Allerdings sind Leistungshalbleiter teuer und benötigen insbesondere bei höheren Nennströmen eine zusätzliche Kühlung.

Hybridlösung

Der von ABB entwickelte FLCB bietet erhebliche Vorteile gegenüber den genannten Technologien. Anders als ein I_5 -Begrenzer, bei dem die pyrotechnische Ladung und die Sicherung nach jeder Auslösung ersetzt werden müssen (Single Shot Device), ist der hybride FLCB für eine große Anzahl von Schaltvorgängen mit und ohne Strom ausgelegt. Um dies zu erreichen, wurde eine Hybridlösung realisiert, die das schnelle Schaltvermögen von Leistungshalbleitern und die geringen Verluste von mechanischen Schaltern miteinander kombiniert. Die daraus resultierende Lösung ist kompakter als passive Geräte mit dynamischer Impedanz, weswegen sie sich besonders für dicht besiedelte Gebiete wie das Londoner Stadtgebiet eignet, in denen andere Technologien schwer einsetzbar sind.

- 02 Das modulare Konzept des FLCB.
- 03 Simulierte Ströme durch und Spannung über dem FLCB mit Zeitangaben zur Auslösung.
- 04 Fehlerstrombegrenzung mit einem hybriden FLCB.
- 05 Test zur Verifizierung des FLCB.

Der hybride FLCB setzt sich aus drei Hauptbestandteilen zusammen: einem schnellen mechanischen Schalter, der Leistungselektronik und einem Überspannungsableiter →02. Im Normalbetrieb fließt der Strom mit sehr geringen Verlusten über den mechanischen Schalter. Wird ein Fehler erkannt, öffnet der Schalter, und die Lichtbogenspannung transferiert/kommutiert den Strom auf die Leistungselektronik (LE). In einem zweiten Schritt wird die Leistungselektronik abgeschaltet und der Strom auf den Überspannungsableiter kommutiert. Dieser ist darauf ausgelegt, eine Gegenspannung zu erzeugen, die größer als die Systemspannung ist und somit den Strom auf null zwingt. Ein zweiter wichtiger Designparameter für den Überspannungsableiter ist seine Fähigkeit, gespeicherte induktive Energie während einer Fehlerabschaltung abzuführen →03. Das in →04 dargestellte Diagramm veranschaulicht den Unterbrechungsvorgang im Vergleich zum vollen unbeeinflussten Fehlerstrom.

Schneller Kommutierungsschalter

Zur Realisierung eines hybriden Konzepts mit Abschaltzeiten von unter 1 ms, wie sie für einen unbeeinflussten Fehlerstrom von 25 kA erforder-

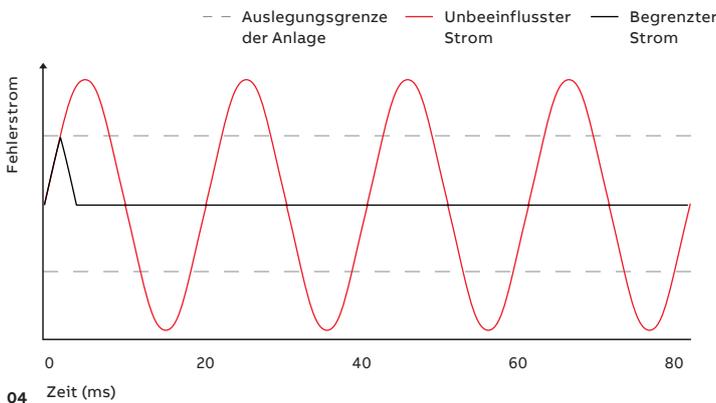
lich wären, ist ein extrem schneller mechanischer Schalter erforderlich. Schaut man sich den Abschaltvorgang in →04 an, wird deutlich, dass die Kontakttrennung innerhalb von etwa 0,35 ms erfolgen muss, nachdem ein Fehler erkannt bzw. ein Strom als Fehler identifiziert wurde. Erreicht wird dies mit einem maßgeschneiderten, leichten Kontaktsystem in Kombination mit einem elektromagnetischen Antriebssystem, die zusammen die gewünschte Reaktionszeit und Beschleunigung ermöglichen.

Leistungsfähigkeit

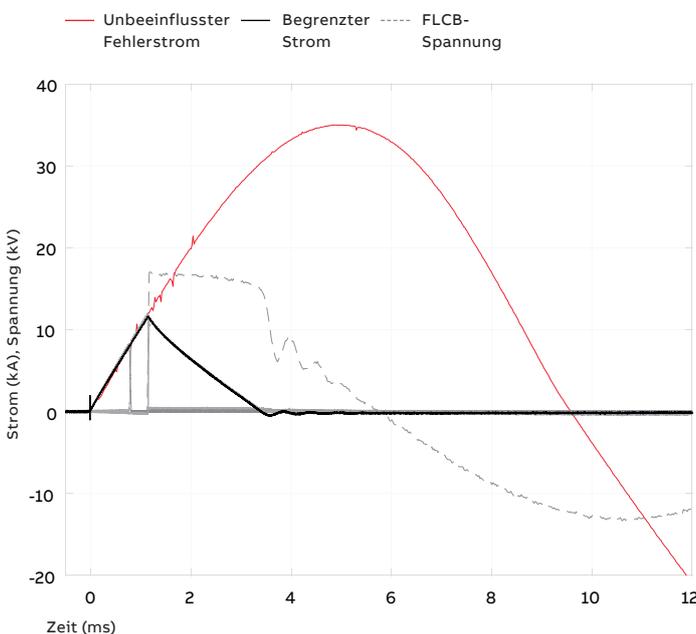
Bei der Pilotanlage von UK Power Network in Tower Hamlet, die von ABB und UK Power Networks gemeinsam unter dem Projektnamen „Powerful CB“ betrieben wird, wurden folgende Grundanforderungen an den FLCB gestellt:

- Nennspannung: 12 kV
- Nennstrom: 2.000 A
- Unbeeinflusster Fehlerstrom: 25 kA (effektiv)
- Begrenzter Strom: 13 kA (Spitze)
- Strombegrenzung in weniger als 1 ms nach Fehlererkennung

In einem früheren Projekt [4] hatte sich gezeigt, dass diese Anforderungen mit dem oben beschriebenen Hybridkonzept erfüllt werden können. Im Rahmen des Projekts wurden mehrere Tests durchgeführt, um die Leistungsfähigkeit des Systems zu verifizieren. Ein Beispiel eines Unterbrechungstests mit vollem unbeeinflusstem Fehlerstrom ist in →05 dargestellt.



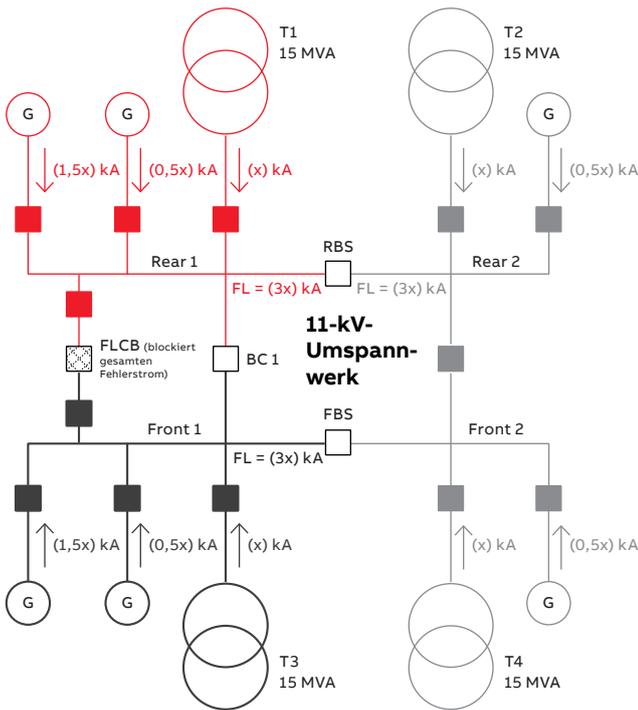
04



05

Die Hauptaufgabe des FLCB ist es, den maximalen Fehlerstrom im Netz bzw. im Umspannwerk zu begrenzen.

Um sicherzustellen, dass der maximal zulässige Fehlerstrom im Netz – bei gleichzeitiger Berücksichtigung einer maximalen Stromsteilheit di/dt von 11 kA/ms bei einem unbeeinflussten Fehlerstrom von 25 kA – nie überschritten wird, muss der FLCB den Strom in weniger als 1 ms nach Erkennung des Fehlers begrenzen. Dies stellt sowohl das Erkennungssystem als auch die Funktionsweise des Geräts vor extreme Anforderungen. Um diese zu erfüllen, wurde die Steuereinheit eines I_s -Begrenzers verwendet, die den Momentanwert des Stroms kontinuierlich misst und binnen weniger Mikrosekunden ein Auslösesignal an das Steuerungssystem des FLCB sendet, sobald ein vorgegebener Wert überschritten wird. Da der FLCB mehrere aktive Geräte umfasst, wurde für den Betätigungsvorgang ein



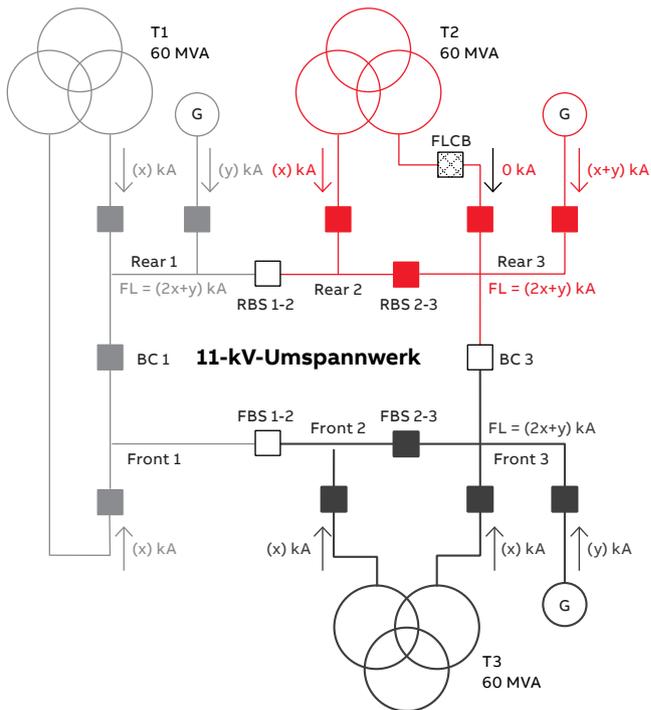
06

- FL = Fehlerstrom
- BC = Querkupplung
- RBS = Längskupplung hintere Sammelschiene
- FBS = Längskupplung vordere Sammelschiene

schnelles und präzises Steuerungssystem mit einer Zeitaufösung im Mikrosekundenbereich implementiert.

Implementierung im Netz

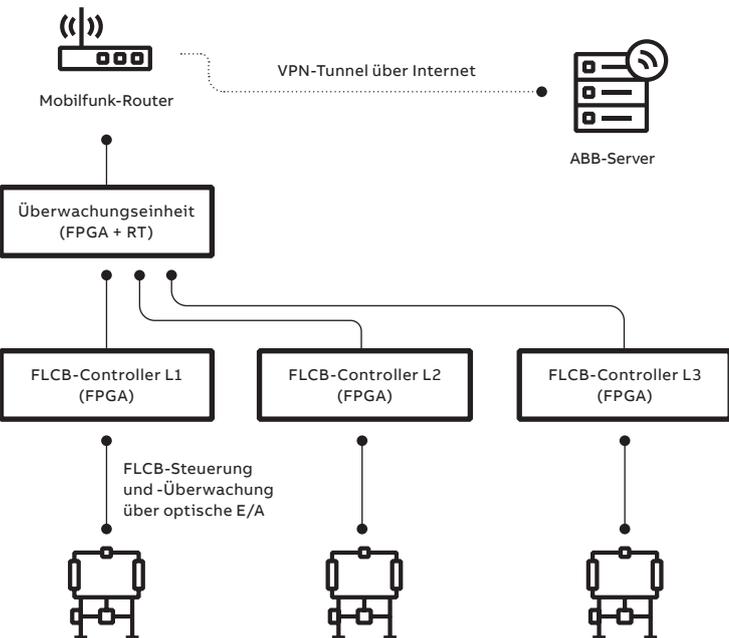
Die Hauptaufgabe des FLCB besteht darin, den maximalen Fehlerstrom im Netz bzw. in einem Umspannwerk zu begrenzen. Dazu kann er auf verschiedene Weise im Netz implementiert werden. Einige Beispiele sind in →06 und →07 dargestellt. Wird in der in →06 dargestellten



07

Konfiguration ein Transformator aufgrund eines Fehlers oder geplanter Wartungsarbeiten vom Netz genommen, werden die Sammelschienenabschnitte gekuppelt, sodass die Last versorgt wird, ohne die verbleibenden Transformatoren zu überlasten. Dadurch kann der Gesamtfehlerstrom jedoch bis an die Auslegungsgrenze oder darüber hinaus ansteigen, was für gewöhnlich ein Abschalten von Erzeugungsanlagen erfordert. Wenn jedoch anstelle eines gewöhnlichen Leistungsschalters ein FLCB als Sammelschienen-Kuppelschalter eingesetzt wird, würde dies den Fehlerstrom von einem Sammelschienenabschnitt zum anderen reduzieren,

Der Funktionszustand verschiedener Komponenten wird automatisch erfasst und zur Analyse an ABB übermittelt.



08

sodass die Erzeugungsanlagen während dieser außergewöhnlichen Betriebsweise verbunden bleiben können. Dies liegt daran, dass der FLCB die Sammelschienenabschnitte bei einem Fehler in weniger als 1 ms trennt, sodass nur ein sehr begrenzter Fehlerstrom von einem Sammelschienenabschnitt zum anderen fließt. Dies sorgt für eine maximale betriebliche Flexibilität, minimiert die Gefahr einer Überlastung des Umspannwerks und bietet die Möglichkeit, die Erzeugungsanlagen in Betrieb zu lassen.



09

—
06 FLCB als
Sammelschienen-
Kuppelschalter.

—
07 FLCB in einer der
Einspeisungen.

—
08 Konfiguration zur
Fernüberwachung der
FLCB-Pilotanlage.

—
09 Behörden in
London testen den
neuen FLCB von ABB.

In einer alternativen Konfiguration wird der FLCB in einer oder mehreren Einspeisungen platziert →07. In dieser Anordnung trennt er die Einspeisungen bei einem Fehler, sodass der Fehlerbeitrag aufgrund der hohen Leistungsfähigkeit des Geräts wirksam begrenzt wird. Diese Konfiguration bietet zusätzlichen Spielraum hinsichtlich des Fehlerstroms, was die Anbindung von zusätzlicher dezentraler Erzeugungsleistung ermöglicht, ohne dass die Auslegungsgrenzen überschritten werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den FLCB direkt in einer Generatoreinspeisung, z. B. von einer neu installierten KWK-Anlage, einzubauen. Im Falle eines Fehlers würde der Strom von der Erzeugungsanlage innerhalb von 1 ms begrenzt, was die Anbindung neuer dezentraler Erzeugungsanlagen ermöglicht, ohne dass der verfügbare Spielraum hinsichtlich des zulässigen Fehlerstroms überschritten wird.

Literaturhinweise

[1] Networks: „UK Power Networks pioneers new super-fast circuit breakers“. 07.02.2020. Verfügbar unter: <https://networks.online/heat/uk-power-networks-pioneers-new-super-fast-circuit-breakers/> (abgerufen am 24.01.2021).

[2] Y. Zhang, R. A. Dougal: „State of the art of Fault Current Limiters and their applications in smart grid“. 2012 IEEE Power and Energy Society General Meeting, 1–6.

[3] ABB: „Fault current limiter I_s-limiter“. Verfügbar unter: <https://new.abb.com/medium-voltage/apparatus/fault-current-limiters/current-limiter> (abgerufen am 19.05.2021).

[4] L. Liljestränd et al. (2016): „A new hybrid medium voltage breaker for DC interruption or AC fault current limitation“. 18th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'16 ECCE Europe), 1–10.

[5] Um mehr über die fehlerstrombegrenzende Lösungen von ABB zu erfahren, wenden Sie sich bitte an: DE-FCL@abb.com

Ergebnisse der Pilotanlage

Zurzeit führen ABB und UK Power Networks eine Pilotevaluation des FLCB in einem Londoner Umspannwerk durch. Die Anlage wurde gewählt, weil dort in der Vergangenheit eine relativ große Zahl von Fehlern registriert wurde, genügend Platz für die Installation zur Verfügung steht und der Spielraum hinsichtlich des Fehlerstroms nicht weit von der Auslegungsgrenze entfernt ist. Innerhalb der Anlage wurde der Schalter in drei herkömmlichen Mittelspannungs-Schaltfeldern (eines für jede Phase) platziert. Im Rahmen des Probebetriebs wird der FLCB als Sammelschienen-Kuppelschalter und als Einspeisungsleistungsschalter zwischen Transformator und Sammelschiene getestet.

Während der Studie wird das Pilotsystem durchgängig von ABB fernüberwacht. Dabei wird der Funktionszustand verschiedener Komponenten zusammen mit Transientenaufzeichnungen auto-

—
Seit der Aktivierung des FLCB wurden keine Fehler im System registriert.

matisch erfasst und über das in →08 dargestellte System zur Analyse an ABB übermittelt. Dies ermöglicht die Untersuchung des Langzeitverhaltens des Geräts und eine detaillierte Analyse der Ergebnisse von Schutzauslösungen. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, dass spezialisiertes Personal den Kunden bei möglichen Störungen durch eine rasche Reaktion auf der Grundlage detaillierter Diagnosen unterstützt.

Trotz kontinuierlicher Überwachung und der Bereitschaft des FLCB, auf jedweden Fehler zu reagieren, wurden seit der Aktivierung bis heute keine Fehler im System registriert →09 [5]. •

 KONNEKTIVITÄT

Sauberere Zukunft für Schiffe und Häfen



Alana Tapp
Product Marketing
Napier, Neuseeland

alana.tapp@nz.abb.com

Wenn es darum geht, die von der Schifffahrt ausgehenden Emissionen zu reduzieren, kommt den Häfen eine bedeutende Rolle zu. ABB bietet skalierbare und flexible Frequenzrichter-technologie, die einen nahtlosen, automatisierten Transfer der Schiffslast von der Bordstromversorgung auf eine landseitige Quelle und zurück garantiert und somit die Bedürfnisse von Reedern und Häfen gleichermaßen erfüllt. Das Ergebnis ist eine signifikante Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs, der Umweltverschmutzung und der Belastung durch Vibrationen und Geräusche.



Josh Egbers
Sales
Victoria, Australien

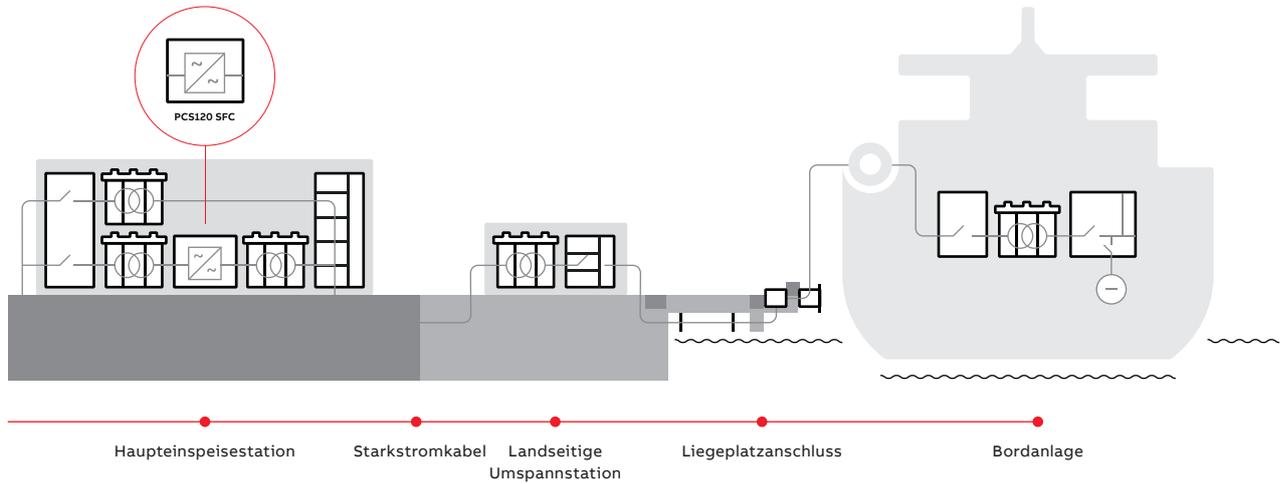
josh.egbers@
au.abb.com

Laut der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) werden 90 % aller Handelsgüter auf dem Seeweg transportiert [1]. Und da die Nachfrage im weltweiten Frachtverkehr weiter steigt, ist bis zum Jahr 2050 eine Verdreifachung des Seehandelsvolumens zu erwarten. Doch auch wenn die Schifffahrt eine kostengünstige Möglichkeit zum Transport von Waren über große Entfernungen bietet, ist sie gleichzeitig ein bedeutender Verursacher von Emissionen, der für rund 30 % aller weltweiten

NOX-Emissionen und etwa 2,6 % des weltweiten Treibhausgasausstoßes verantwortlich ist.

Laut einem Bericht des organisatorisch der OECD angegliederten Weltverkehrsforums (ITF) aus dem Jahr 2018 [2] kommt Häfen bei der Reduzierung der Emissionen aus der Schifffahrt eine bedeutende Rolle zu →01. Der Grund hierfür ist, dass Schiffe in den meisten Häfen während der Liegezeit ihre Dieselgeneratoren laufen lassen, um Systeme wie Heizung, Lüftung, Kühlung oder





02

— 01 Bei der Reduzierung von Schiffsemissionen spielen Häfen eine bedeutende Rolle.

— 02 Übersicht über eine landseitige Stromversorgung.

— 03 Mögliche Konfiguration eines Landanschlusses.

die Bordküche zu betreiben. Dies hat nicht nur negative Auswirkungen auf die Umwelt, sondern belastet durch die von den Schiffen erzeugten Geräusche und Vibrationen auch die Lebensqualität von Anwohnern.

Der wachsende Druck zur Senkung der durch den weltweiten Schiffsverkehr verursachten Umweltbelastung zwingt die Reeder dazu, sich proaktiv mit der Messung und Überwachung des Verbrennungsvorgangs zu befassen, was sich unter anderem in Programmen zum Kraftstoffmanagement auf Schiffen (Marine Fuel Management, MFM) widerspiegelt. Doch wenn es darum geht, umweltfreundlicher zu werden und die hohen Anforderungen von Regulierungsbehörden wie der IMO/MARPOL und der EU zu erfüllen, sind entscheidende Schritte erforderlich. Hier kann fortschrittliche Technologie helfen.

Landseitige Stromversorgung

Die neue statische Frequenzumrichtertechnologie (Static Frequency Converter, SFC) von ABB ist eine sinnvolle und kostengünstige Möglichkeit, die Umweltfreundlichkeit von Häfen und Flotten zu verbessern. Die Lösung bietet Schiffen die Möglichkeit, ihre Dieselgeneratoren während der Liegezeit im Hafen abzuschalten und sich an eine landseitige Stromversorgung anzuschließen. Allerdings arbeiten die Stromerzeugungsanlagen der meisten Schiffe mit einer Frequenz von 60 Hz, wohingegen die Netzfrequenz in den meisten Teilen der Welt 50 Hz beträgt. Das bedeutet, dass eine besondere landseitige Technik erforderlich ist, um Schiffe mit Strom zu versorgen →02–03 [3].

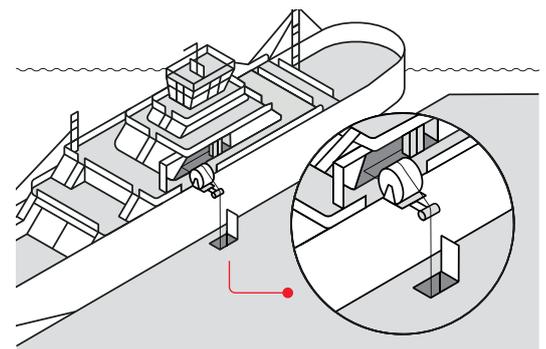
Vor diesem Hintergrund bietet ABB statische Frequenzumrichter, die in der Lage sind, den Netzstrom zuverlässig und effizient in die entsprechende Lastfrequenz umzuwandeln. Die führende Umrichtertechnologie des Unternehmens garantiert einen nahtlosen automatisierten Transfer der Schiffslast von der Bordstromversorgung auf die landseitige Quelle und zurück. Das Ergebnis ist eine signifikante Reduzierung des Kraftstoff- und Schmierölverbrauchs, was sich wiederum in einem geringeren Schadstoff-

Die ABB-Lösung bietet Schiffen die Möglichkeit, ihre Dieselgeneratoren während der Liegezeit im Hafen abzuschalten.

ausstoß und niedrigeren Kosten niederschlägt. Die Landstromversorgung eignet sich besonders für Schiffe, die auf bestimmten Routen verkehren, und Schiffe, die im Hafen große Mengen an Strom benötigen. Dies bietet z. B. konkrete Vorteile für Terminalbetreiber, deren Fähren jeden Tag für eine bestimmte Zeit am Liegeplatz festmachen.

Modular und skalierbar

Das SFC-System von ABB ist ein skalierbares, modulares Umrichtersystem. Es besteht aus mehreren unabhängigen Gleich- und Wechselrichterpaaren, die von einer Systemsteuerung gesteuert werden. So entsteht eine stabile und zuverlässige Spannungs- und Frequenzquelle, die in der Lage ist, bei parallelem Betrieb mit anderen Energiequellen wie dem bordeigenen Erzeugungssystem die Stromversorgung zu synchronisieren und zu regulieren. Diese Eigenschaften ermöglichen eine maximale Flexibilität bei der Anpassung des Systems an Kundenanforderungen. Das SFC-Portfolio von ABB umfasst den PCS100 (Power Converter System) und den kommenden PCS120 →04, der sich besonders für Anwendungen mit geringer Leistung eignet.



03





04

—
04 Der PCS120 SFC von ABB.

—
05 Immer mehr Häfen reduzieren ihre Umweltbelastung, indem sie Schiffen den Anschluss ans Stromnetz ermöglichen.

05a Pipavav Shipyard Limited ist die größte Werft Indiens.

05b Killybegs Fishery Harbour Centre an der Nordwestküste Irlands.

05c Der Hafen von Bahrain.

Die Modularität und Skalierbarkeit dieser Systeme ermöglicht den parallelen Betrieb mehrerer Einheiten, sodass sich die Lösung an die Leistungsanforderungen verschiedener Schiffe und an unterschiedliche Hafeninfrastrukturen anpassen lässt →05. Soll eine Einheit im Freien aufgestellt werden, kann bei Bedarf eine geeignete Einhausung als Teil des Gesamtpakets geliefert werden. Dies bietet dem Kunden Flexibilität bei der Planung und Realisierung der physischen und räumlichen Anordnung der Umrichtersysteme, sodass sie sich harmonisch in die Umgebung einfügen.

Geringe betriebliche Auswirkungen

Ein weiterer Vorteil dieser Systeme ist ihre hervorragende Verfügbarkeit, die sich aus ihrer hohen Zuverlässigkeit und Robustheit sowie ihrem geringen Wartungsbedarf (PCS100 SFC: MTTR < 30 min / PCS120 SFC: MTTR < 10 min) ergibt – Faktoren, die sich wiederum in niedrigeren Betriebskosten niederschlagen. Eine weitere Reduzierung der Betriebskosten lässt sich durch die Nutzung von erneuerbaren Energien wie Wind- oder Wasserkraft, Photovoltaik oder Brennstoffzellen als primäre Energiequelle erreichen. •

Literaturhinweise

[1] OECD: „Ocean Shipping and Ship Building“. Verfügbar unter: <https://www.oecd.org/ocean/topics/ocean-shipping/> (abgerufen am 19.05.2021).

[2] International Transport Forum: „Reducing Shipping Greenhouse Gas Emissions“. Verfügbar unter: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/reducing-shipping-greenhouse-gas-emissions.pdf> (abgerufen am 19.05.2021).

[3] ABB: „ABB's innovative power electronics solutions for the shipping industry“. Verfügbar unter: https://library.e.abb.com/public/81fd11c3db e14d829003b7f8fc2107e2/2UCD401148-P_b%20Shipping%20Industry.pdf (abgerufen am 19.05.2021).

[4] ABB: „Shore-to-ship power cuts emissions for Ireland's Atlantic fishing fleet“. Verfügbar unter: <https://new.abb.com/news/detail/>

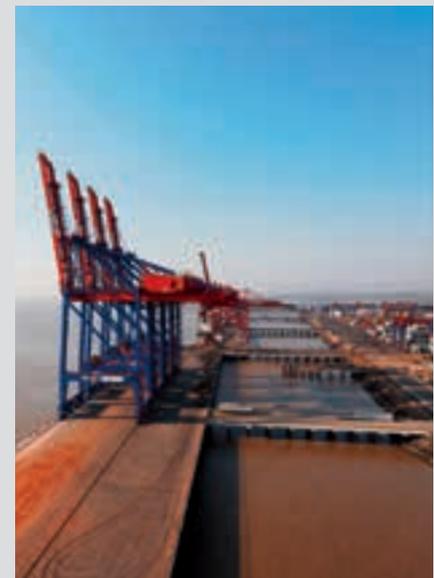
73144/shore-to-ship-power-cuts-emissions-for-irelands-atlantic-fishing-fleet (abgerufen am 19.05.2021).

[5] ABB: „ABB innovation saves costs and reduces pollution at a shipyard in Bahrain“. Verfügbar unter: https://library.e.abb.com/public/b9389d3068574610-9d7a4568215e0-c87/2UCD401158-P_b_PCS100_SFC_ASRY_shipyard.pdf (abgerufen am 19.05.2021).

INDIENS ERSTE GRÜNE WERFT

Pipavav Shipyard Limited (PSL) sitzt im Bundesstaat Gujarat an der indischen Westküste und ist die größte Werft Indiens. Die Werft verfügt über eines der größten Trockendocks der Welt sowie einen Komplex zum Bau und zur Reparatur von Schiffen und Offshore-Anlagen. Im Laufe der Zeit hat PSL einige der modernsten Einrichtungen im Schiffbau installiert und in Betrieb genommen.

Mit seinen vier statischen 250-kVA-Frequenzumrichtern vom Typ ABB PCS100 SFC ist PSL die erste und einzige „grüne Werft“ Indiens →05a. Dank der modernen ABB-Lösung können Schiffe statt Dieselgeneratoren nun Netzstrom nutzen, was der Werft geholfen hat, den Schadstoffausstoß, die Umweltbelastung und die Geräuschemissionen zu verringern und gleichzeitig signifikante Kosteneinsparungen zu erzielen. Darüber hinaus profitiert PSL von einer höheren Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit im Vergleich zu Anlagen mit rotierenden Umformern.



05a

05



05b

EMISSIONSENKUNGEN FÜR IRLANDS HOCHSEE-FISCHERIFLOTTE

Im Killybegs Fishery Harbour Center in Donegal an der Nordwestküste Irlands →05b versorgen statische Frequenzumrichter vom Typ ABB PSC100 SFC Fischerboote mit Netzstrom und helfen so, 96.000 l Dieselkraftstoff und 2.000 t CO₂ im Jahr einzusparen [4]. Die Umrichter – die ersten ihrer Art in Irland – wurden vom irischen Ministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Fischerei an 12 Liegeplätzen installiert.

Killybegs ist einer von rund 100 Häfen in Nordeuropa, in denen Hochseefisch wie Hering und Makrele angelandet werden kann. Die lokale Fangflotte umfasst rund 25 große Trawler, die bis vor Kurzem zur Versorgung ihrer Bordsysteme im Hafen auf 70-kVA-Dieselmotoren angewiesen waren.

Dank der neuen Umrichter können einige Schiffe nun auf den Einsatz ihrer Dieselmotoren verzichten und so die lokalen Emissionen jährlich um einen Beitrag senken, der dem Ausstoß von etwa 500 Pkw entspricht. Darüber hinaus werden durch Reduzierung der Geräuschemissionen, der Brandgefahr und der Wartungsanforderungen auf den Trawlern die Lebensbedingungen im Hafen verbessert.

Die Umrichter leisten einen wichtigen Beitrag zur Zukunftssicherheit des Hafens, indem sie dabei helfen, die neuen Vorschriften zu erfüllen, mit denen die Internationale Seeschiffahrts-Organisation (IMO) beabsichtigt, die Emissionen der Schifffahrt bis zum Jahr 2050 mindestens auf die Hälfte des Werts von 2008 zu reduzieren.

Die Umrichter werden vom normalen 400-V-Netz versorgt und sind zusammen mit Schaltanlagen und Sicherheitssystemen in einem eigenen Anlagenraum untergebracht. Der Anschluss der Trawler erfolgt über kaisseitige Industriesteckdosen, wobei der Stromzugang vom Hafenmeister kontrolliert wird. Jeder Umrichter bietet eine Fernüberwachungsfunktion für die Verbrauchszählung und kann isoliert und individuell zwischen 50 und 60 Hz umgeschaltet werden.

BAHRAIN: WENIGER KOSTEN UND BELASTUNG

Dank der Netzanschlusstechnik von ABB können Schiffe im Hafen von Bahrain →05c ihre Dieselmotoren abschalten und sauberere landseitige Energiequellen nutzen [5]. Dank der drei im Hafen installierten ABB PCS100 SFC kann der Kraftstoffverbrauch eines großen Schiffs während eines 10-stündigen Hafenaufenthalts um bis zu 20 t und der CO₂-Ausstoß um 60 t reduziert werden. Die ABB-Netzanschlusstechnik ermöglicht die Versorgung der Bordsysteme, die typischerweise mit einer Frequenz von 60 Hz arbeiten, über das Landstromnetz (typischerweise 50 Hz).

Das in Bahrain ansässige führende Schiffbau- und -reparaturunternehmen ASRY (Arab Shipbuilding & Repair Yard), hat viele Jahre lang rotierende Umformer genutzt, die jedoch hinsichtlich ihrer Umweltbelastung, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit zunehmend Probleme bereiteten. Hinzu kam ein genereller Wirkungsgrad von rund 75 %. Dank der PCS100 SFCs, die keine rotierenden Teile besitzen und daher keine mechanische Wartung benötigen, liegt der Wirkungsgrad nun bei 95 %. Als Folge sind die Betriebs- und Wartungskosten deutlich gesunken, und die Anlagenverfügbarkeit ist gestiegen. Zudem konnten jegliche geräusch- und vibrationsbedingten Störungen beseitigt werden.

ASRY hat als eine der ersten Werften weltweit neben dem ISPS-Code für Hafensicherheit auch ISO-Zertifizierungen für ihre Recycling-, Qualitäts-, Umwelt-, Arbeitsschutz- und Sicherheitsmanagementsysteme erhalten.



05c



01

BUZZWORDS ENTSCHLÜSSELT

Mehrkörpersimulation

Mehrkörpersimulationstools unterstützen und beschleunigen die Entwicklung komplexer mechanischer Systeme.

Ondrej Frantisek
Sebastian Breisch
ABB Process Automation,
Corporate Research
Ladenburg, Deutschland

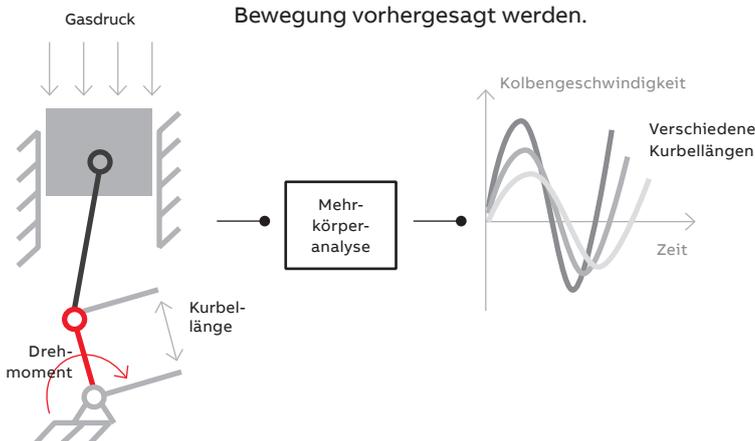
sebastian.breisch@
de.abb.com
ondrej.frantisek@
de.abb.com

Alessandro Stucchi
ABB SpA
Dalmine, Italien

alessandro.stucchi@
it.abb.com

Die Mehrkörpersimulation (MKS) ist ein Werkzeug zur Analyse von Bewegungen und Kräften in mechanischen Systemen →01. Die häufig mit der Finite-Elemente-Methode (FEM) verwechselte Methode liefert Informationen über Bewegungen und Kräfte, wohingegen sich die FEM mit Verformung und Festigkeit befasst.

Ein einfaches Beispiel eines Mehrkörpersystems ist ein Schubkurbelgetriebe zur Umwandlung einer vertikalen Kolbenbewegung in eine Drehbewegung, wie es z. B. in Verbrennungsmotoren zum Einsatz kommt. Mithilfe der Mehrkörpersimulation lassen sich die Bewegung des Systems und die Reaktionskräfte in den Gelenken bei bestimmten Lasten bestimmen. Umgekehrt kann auch die Reaktion einer Last auf eine bestimmte Bewegung vorhergesagt werden.

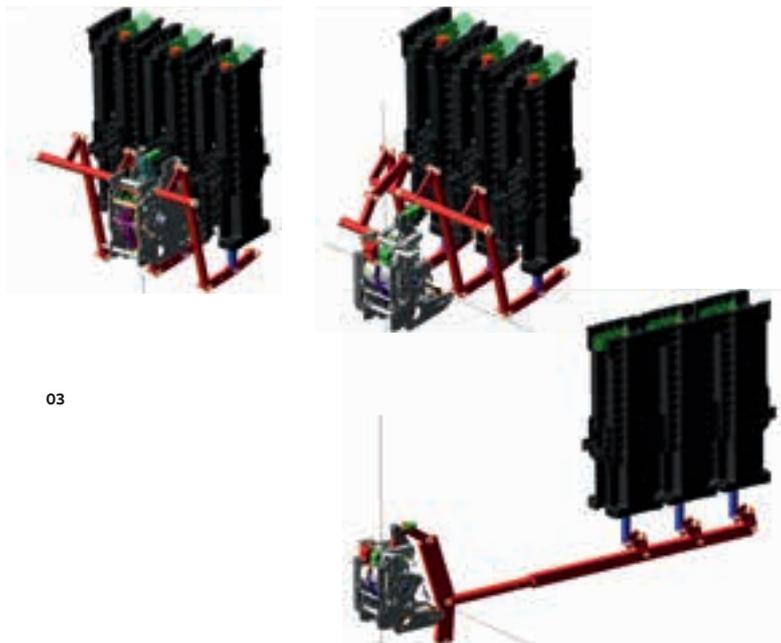


02

Zudem kann das Modell des Mechanismus parametrisch aufgebaut und der Einfluss dieser Parameter auf die Systemdynamik untersucht werden →02. Dies ist besonders wichtig in den ersten Phasen der Produktentwicklung, in denen Mechanismen mit verschiedenen Abmessungen simuliert werden, bis die gewünschte Leistungsfähigkeit erreicht ist. Später in der Entwicklung werden parametrische Analysen genutzt, um den Einfluss von Produktions- und Montagetoleranzen zu bestimmen und die entscheidende Frage zu beantworten, ob der Mechanismus auch bei Unzulänglichkeiten, die im Zuge der Produktion entstehen, wie gefordert funktionieren wird.

Ein wichtiger und normalerweise unvermeidbarer mechanischer Parameter, der mithilfe der Mehrkörpersimulation untersucht wird, ist das Gelenkspiel. Dies hat häufig einen erheblichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit eines Produkts und lässt sich aufgrund seiner Nichtlinearität nicht mittels einfacher Analytik modellieren.

Bisher wurde davon ausgegangen, dass die Glieder innerhalb des Mechanismus starr sind, sich also nicht verformen. Wie sieht es nun mit der Verformung und der Festigkeit mechanischer Verbindungen aus? MKS-Tools sind heute in der Lage, das Verhalten von Mechanismen mit einfachen flexiblen Teilen recht gut zu beschreiben. Bei komplizierten Teilen sind die Ergebnisse weniger genau, weshalb FEM-Tools benötigt



03

— 01 Die Mehrkörpersimulation ist unerlässlich für eine schnelle und zuverlässige Konstruktion von Produkten mit komplexer Mechanik wie dieser Stromabnehmer.

— 02 Parametrische Analyse eines mechanischen Systems.

— 03 Mehrkörpermodelle von verschiedenen Topologien eines Mittelspannungs-Leistungsschalters.

werden, wenn genaue Informationen über Verformung oder Festigkeit gefragt sind. Die Vorbereitung und Berechnung einer FEM-Simulation ist normalerweise sehr zeitaufwändig und kann damit recht teuer sein. Doch es gibt eine schnelle und clevere Lösung: den Mechanismus in einem MKS-Tool und nur das kritische Teil in einem FEM-Tool zu simulieren, wobei Eingaben aus der Mehrkörpersimulation verwendet werden können.

ABB nutzt Mehrkörpersimulationen unter anderem für die Konstruktion von Leistungsschaltern. Leistungsschalter sind äußerst komplexe mechanische Systeme, die sich nur begrenzt durch analytische Formeln beschreiben lassen. Für die Analyse der Dynamik eines solch komplexen Systems ist ein MKS-Tool unentbehrlich →03. So war es mithilfe eines MKS-Tools z. B. möglich, in nur zwei Monaten drei Leistungsschaltermotivtopologien miteinander zu vergleichen. Ohne das Tool hätten drei Demonstrationmuster gebaut werden müssen – ein kostspieliger und langwieriger Vorgang.

MKS-Tools bieten wertvolle Unterstützung bei der Entwicklung komplizierter mechanischer Systeme. Sie beschleunigen den Entwicklungsprozess erheblich und helfen dabei, unangenehme Überraschungen bei der Produktion zu vermeiden, indem sie die Möglichkeit bieten, den Einfluss von Fertigungstoleranzen vorab zu bestimmen. •

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

Bernhard Eschermann

Chief Technology Officer, ABB Process Automation

Amina Hamidi

Chief Technology Officer, ABB Electrification

Andreas Moglestue

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

Herausgeber

Die ABB Review wird herausgegeben von der ABB-Gruppe.

ABB Ltd.
ABB Review
Affolternstrasse 44
CH-8050 Zürich, 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 Ltd.
Zürich, Schweiz

Druck

Vorarlberger
Verlagsanstalt GmbH
6850 Dornbirn, Österreich

Layout

Publik. Agentur für Kommunikation GmbH
Ludwigshafen
Deutschland

Satz

Indicia Worldwide
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



Vorschau 04/2021

Logistik

Logistik ist der Bereich, in dem Businesspläne an Betriebsergebnissen gemessen werden. Neueste digitale Technologien helfen dabei, diese Ergebnisse schneller, profitabler und nachhaltiger zu erzielen. Die nächste ABB Review zeigt, wie Unternehmen digitale Prozesse und Tools nutzen, um Herausforderungen in Chancen zu verwandeln.