

review

03|2019 de

Autonome Systeme



08



44

08 – 51 **Autonome Systeme**
52 – 73 **Energie**



36

Datenanalysetools für die Industrie



23

Smarte Visualisierungen



08

Der Weg zu autonomen Systemen

Grünes Kraftwerk Brennstoffzelle



60

05 Editorial

Autonome Systeme

- 08 Der Weg zu autonomen Systemen
- 16 Visualisierung von Stromnetzmodellen
- 23 Smarte Visualisierungen
- 30 Anlagenorchestrierung und Pilotanwendungen
- 36 Datenanalysetools für die Industrie
- 44 ABB Drive Connectivity Panel
- 46 Zustandsüberwachung von Erzmöhlen

Energie

- 54 Eine USV für raue Bedingungen
- 60 Grünes Kraftwerk Brennstoffzelle
- 68 Bruch sichere Transformatoren

Buzzwords entschlüsselt

74 Autonome Systeme

75 Impressum

Autonome Systeme können Maschinen, Fabriken, Netze oder ganze Städte ohne menschliches Zutun effizienter, zuverlässiger und sicherer machen. Bei der Realisierung solcher Systeme sind innovative Lösungen in verschiedenen Bereichen gefragt. Hier treffen Digitalisierung und Branchenerfahrung zusammen. In dieser Ausgabe der ABB Review stellen wir einige der neuesten Technologien vor, die ABB in Zusammenarbeit mit Kunden entwickelt.

EDITORIAL

Autonome Systeme



Liebe Leserin, lieber Leser,

in einer Welt, die von unvorhersehbaren Ereignissen und stetiger Veränderung geprägt ist, hilft uns unsere natürliche Lernfähigkeit, uns anzupassen und Zusammenhänge zu erkennen. Mittlerweile sind auch industrielle Systeme dabei, sich solche Fähigkeiten anzueignen. Das klassische Automatisierungssystem, das mithilfe einer begrenzten Zahl starrer Anweisungen nur innerhalb schmaler Grenzen optimale Ergebnisse liefert, wird zunehmend durch autonome Systeme ersetzt, die in der Lage sind, sich kontinuierlich anzupassen, zu lernen und sogar ihre eigenen Regeln aufzustellen.

In dieser Ausgabe der ABB Review werfen wir einen Blick auf einige Beispiele aus dem Unternehmen, in denen eine zunehmende Autonomie neue Möglichkeiten bei der Erfassung, Interpretation und Verarbeitung von Daten sowie deren Nutzung für fundierte Entscheidungen eröffnet.

Eine interessante Lektüre wünscht Ihnen

Bazmi Husain
Chief Technology Officer



Autonome Systeme



Ein lernfähiges System ist viel mehr als die Summe seiner Einzelteile. Es führt nicht nur programmierte Vorgänge aus oder reagiert direkt auf Sensoreingaben, sondern ist in der Lage, sich an veränderlichen Erfahrungen zu orientieren. Hier liegt der Schritt von der einfachen Automatisierung zu autonomen Funktionen. Auch ABB befasst sich eingehend mit der notwendigen Forschung und Entwicklung, um diese Lücke zu schließen.

- 08 Der Weg von der Automatisierung zu autonomen Systemen
- 16 Nutzerorientierte Stromnetzvisualisierung mit digitalen Zwillingen
- 23 Smarte Visualisierungen für kommunale Systeme
- 30 Anlagenorchestrierung und Pilotanwendungen
- 36 Datenanalysetools liefern Einblicke in Ereignisse und Alarme
- 44 Neues Panel bietet neue Einblicke in Antriebsdaten
- 46 Zustandsüberwachung von Mühlenpanzerungen durch maschinelles Lernen

AUTONOME SYSTEME

Der Weg von der Automatisierung zu autonomen Systemen



Daten gelten als das Öl der digitalen Wirtschaft. Doch im Kontext der vierten industriellen Revolution dürfte der Schlüssel zum Erfolg in selbstlernenden Algorithmen liegen, die ein autonomes Engineering, einen autonomen Betrieb und eine autonome Steuerung von Anlagen ermöglichen. So werden die Marktführer von morgen diejenigen sein, die über das notwendige Fachwissen verfügen, um branchenspezifische maschinelle Lernalgorithmen zu entwickeln, die zur Verbesserung der Produktivität ihrer Kunden beitragen.



Wilhelm Wiese
ABB Global Industries
and Services
Bengaluru, India

wilhelm.wiese@
in.abb.com

Das Thema autonomes Fahren ist in aller Munde. Tatsächlich sind die Fortschritte, die in den vergangenen Jahren in diesem Bereich erzielt wurden, so beeindruckend, dass sie die Entwicklung auf dem Gebiet der Industrieautomatisierung in den Schatten stellen. Um die aktuellen Entwicklungen besser zu verstehen, werfen wir zunächst einen Blick auf die fünf Stufen des autonomen Fahrens [1–3], wie sie die Automobilindustrie definiert, und betrachten diese im Kontext heutiger industrieller Automatisierungssysteme →1.

Stufe 0: An diesem Punkt befinden wir uns heute, d. h. der Mensch steuert alles. Bezogen auf die Industrieautomatisierung entspricht Stufe 0 dem Betrieb von Anlagen in der Inbetriebnahmephase, wenn die Prozesse konfiguriert und optimiert werden.

Stufe 1: Laut Definition der US-Bundesbehörde für Straßen- und Fahrzeugsicherheit NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) steht auf dieser Stufe ein fortschrittliches Fahrerassistenzsystem (Advanced Driver Assistance System, ADAS) zur Verfügung, das den menschlichen Fahrer zeitweise beim Lenken oder Bremsen/Beschleunigen unterstützen kann, aber nicht gleichzeitig.

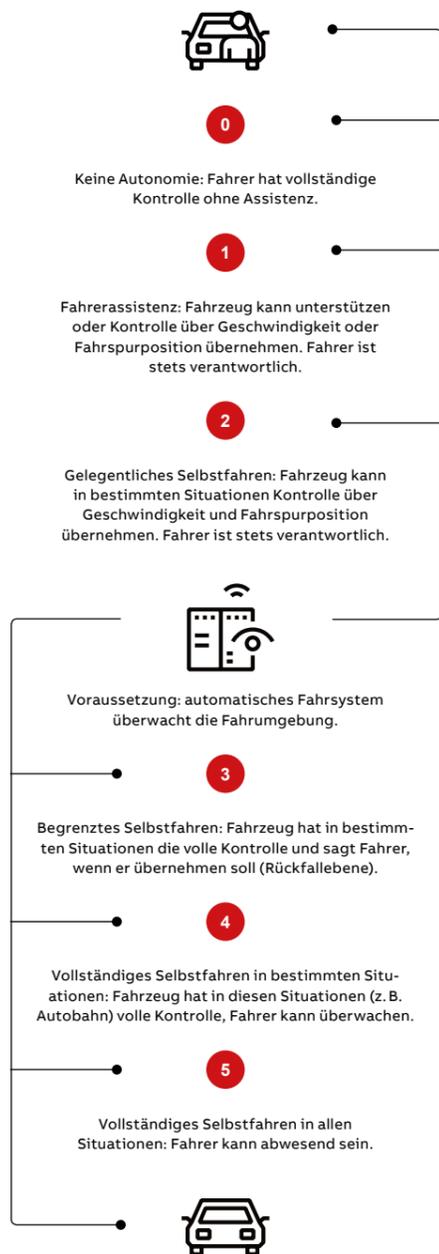
Die Autonomie der heutigen Anlagenbetriebstechnik liegt irgendwo zwischen Stufe 2 und 3.

Bezogen auf die Industrieautomatisierung entspricht dies Regelkreisen, die bestimmte Prozessgrößen durch Rückkopplung von Sensorsignalen auf ihrem Sollwert halten.

Stufe 2: Gemäß NHTSA übernimmt auf dieser Stufe ein ADAS unter bestimmten Umständen sowohl das Lenken als auch das Bremsen/Beschleunigen. Der menschliche Fahrer muss weiterhin jederzeit seine volle Aufmerksamkeit schenken und den Rest der Fahrzeugführung übernehmen. Bezogen auf die Industrieautomatisierung entspricht dies der Art und Weise, wie die meisten Anlagen betrieben werden. Das Bedienpersonal überwacht die Produktion von der Leitwarte aus und schreitet nur ein, wenn ein Alarm anzeigt, dass sich bestimmte Prozessgrößen in eine unerwünschte oder unerwartete Richtung verändern.

Stufe 3: Gemäß NHTSA steht auf dieser Stufe ein automatisches Fahrsystem (Automated Driving

System, ADS) zur Verfügung, das unter bestimmten Umständen sämtliche Aspekte der Fahrzeugführung übernehmen kann. Der menschliche Fahrer muss jedoch bereit sein, jederzeit die Kontrolle zu übernehmen, wenn es das ADS verlangt. In allen anderen Fällen übernimmt der menschliche Fahrer die Fahrzeugführung. Bezogen auf die Industrieautomatisierung entspricht dies in etwa einer



01

	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Stufe 5
Steuerung		×			
Betrieb		×	×		
Engineering	×				

02

— 01 Stufen der Autonomie am Beispiel von selbstfahrenden Fahrzeugen.

— 02 Erreichte Autonomiestufen in der Industrie.

Anlage mit einer kontinuierlichen Produktion und einigen wenigen Servicemitarbeitern vor Ort, die den Betrieb unterstützen.

Stufe 4: Auf dieser Stufe gibt es ein ADS, das in der Lage ist, unter bestimmten Umständen alle Fahraufgaben auszuführen und die Fahrumgebung zu überwachen, also im Prinzip das Fahren zu übernehmen. Die Aufmerksamkeit des Menschen ist dann nicht mehr erforderlich. Die heutige Automatisierungstechnik ist in den meisten Branchen noch immer weit von dieser Stufe entfernt.

Stufe 5: Hier kann ein ADS unter allen Umständen die gesamte Fahrzeugführung übernehmen. Die menschlichen Insassen sind nur Passagiere und müssen sich in keinsten Weise um das Fahren kümmern. Man kann davon ausgehen, dass es noch eine Weile dauern wird, bis selbst die Automobilindustrie diese Stufe erreicht.

Industrielle autonome Systeme

Ausgehend von den Autonomiestufen für selbstfahrende Fahrzeuge lassen sich nun mindestens drei Konzepte für industrielle autonome Systeme ableiten →2.

Autonomes Engineering

Bei den meisten Diskussionen über autonome Systeme geht es um den autonomen Betrieb. Eine Voraussetzung hierfür ist jedoch ein autonomes Engineering. Nehmen wir die Vision der vierten industriellen Revolution [4] als Richtschnur, wird deutlich, wie sich die Industrieautomatisierung parallel zu den fünf Stufen des autonomen Fahrens entwickeln könnte. Ein Beispiel ist die Herstellung und Optimierung von Smartphones. Diese Geräte besitzen Hunderte von Konfigurationsparametern, die es den Nutzern ermöglichen, ihr „Kommunikationserlebnis“ zu individualisieren. Und obwohl in über 90 % aller Fälle die Standardeinstellungen verwendet werden, nehmen sich einige Nutzer die Zeit, ihre Geräte und Anwendungen zu optimieren.

Werden diese Optimierungen mit dem Hersteller geteilt, können die Informationen dazu genutzt werden, das Produkt zu verbessern, die Kosten für die Fehlerbeseitigung zu senken und die voreingestellten Parameter zu optimieren.

In einem weiteren Schritt könnten alle Smartphones ihre verbesserten Konfigurationen in einen riesigen Datenpool laden, der wiederum allen zur Verfügung steht. Auf ähnliche Weise verbindet die heutige industrielle Automatisierungstechnik bereits Millionen von Geräten. Zusammen mit dem Wissen, wie sich die Geräte in welchen Anwendungen und unter welchen Umgebungsbedingungen miteinander verbinden, bildet dies die Grundlage für ein autonomes Engineering.

Die durch KI und maschinelles Lernen generierten probabilistischen Reaktionen könnten die industriellen Leitsysteme von morgen grundlegend verändern.

Mithilfe der Big-Data-Analytik lassen sich Geräte- und Anwendungseinstellungen ableiten, die viel besser sind als die Voreinstellungen. Das Datenmodell sorgt dabei für eine kontinuierliche Verbesserung der Einstellungen. Ähnlich wie bei der Unterstützung durch ein fortschrittliches Fahrerassistenzsystem könnten sich Ingenieure dann entscheiden, ob sie die vom Hersteller vorgegebenen Standardparameter oder die Einstellungen nutzen möchten, die weltweit von den meisten Ingenieuren in einer ähnlichen Konfiguration für eine ähnliche Anwendung in einer vergleichbaren Umgebung gewählt wurden. Diese Kombination von menschlichen und maschinellen Ressourcen würde das autonome Engineering von Stufe 1 auf Stufe 2 heben. Ist dies einmal vollzogen und ausgereift, ließe sich Stufe 3 realisieren, auf der eine Anlage in der Lage wäre, ihre Konfiguration selbstständig zu verändern, z. B. um saisonalen Veränderungen der Umweltbedingungen Rechnung zu tragen. Dies ist der Grund, warum autonomes Engineering in gewissem Umfang eine Voraussetzung für einen autonomen Betrieb darstellt.

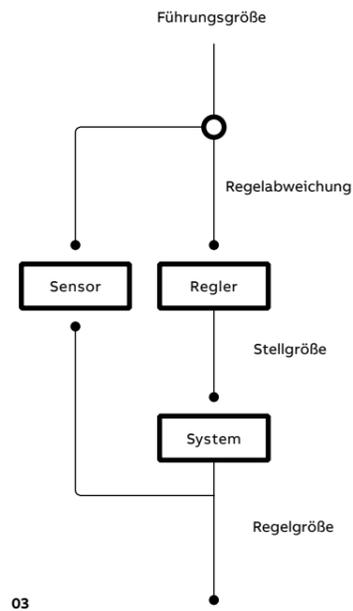
Autonomer Betrieb

Die Autonomie der heutigen Anlagenbetriebstechnik liegt irgendwo zwischen Stufe 2 und 3. Doch für eine vollständige Autonomie ist deutlich

— 03 Regelkreisbasierte Automatisierung.

— 04 Betriebliches Risikomanagement als Blaupause für KI.

— 05 ABB-Industrieroboter zum Palettieren von Fleisch in einer Fabrik für Tiefkühlprodukte. ABB investiert verstärkt in autonome Produktionstechnologien.



03

mehr erforderlich als autonomes Engineering. Um dies zu erreichen, müssen Systeme in der Lage sein, Geräte- und Anwendungseinstellungen sowie Prozesswerte miteinander zu kombinieren. Ein guter Ausgangspunkt ist eine Analyse der Alarm- und Ereignisdaten von mehreren Jahrzehnten, die Informationen über das Verhalten von Produktionssystemen unter verschiedensten Bedingungen enthalten.

Dabei ist jedoch zu beachten, dass der Hauptgrund für Produktionsausfälle und Anlagenabschaltungen noch immer menschliches Fehlverhalten ist [5]. Somit spielt die Verfügbarkeit von anlagenweiten Daten eine zentrale Rolle für den autonomen Betrieb und ist eine wichtige Voraussetzung, wenn es darum geht, das Potenzial heutiger Technologien und Datenanalyseverfahren zu nutzen. Mit ihrer unbegrenzten Speicher- und Rechenleistung bieten uns maschinelle Lernverfahren erstmalig die Möglichkeit dazu. Doch um vollständige

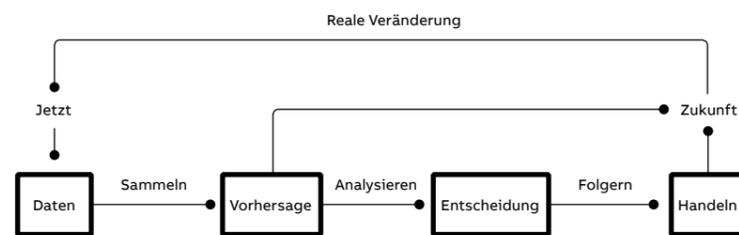
Autonomie zu erreichen, muss ein solches System in der Lage sein, eine Konfiguration automatisch zu ändern, wenn es eine neue Fehlersituation erkennt. Mit anderen Worten, es muss über das, was es aus einer umfangreichen Menge von Daten zu vorherigen Situationen gelernt hat, hinauszugehen und selbst neue Alarme auslösen, konfigurieren und darauf reagieren können. Dies ist erheblich komplexer als alles, was Ingenieure bisher konfiguriert haben. Daten sind also der Ausgangspunkt für einen autonomen Betrieb, während selbstlernende Algorithmen den Weg zur nächsten Autonomieebene ebnet.

Autonome Steuerung

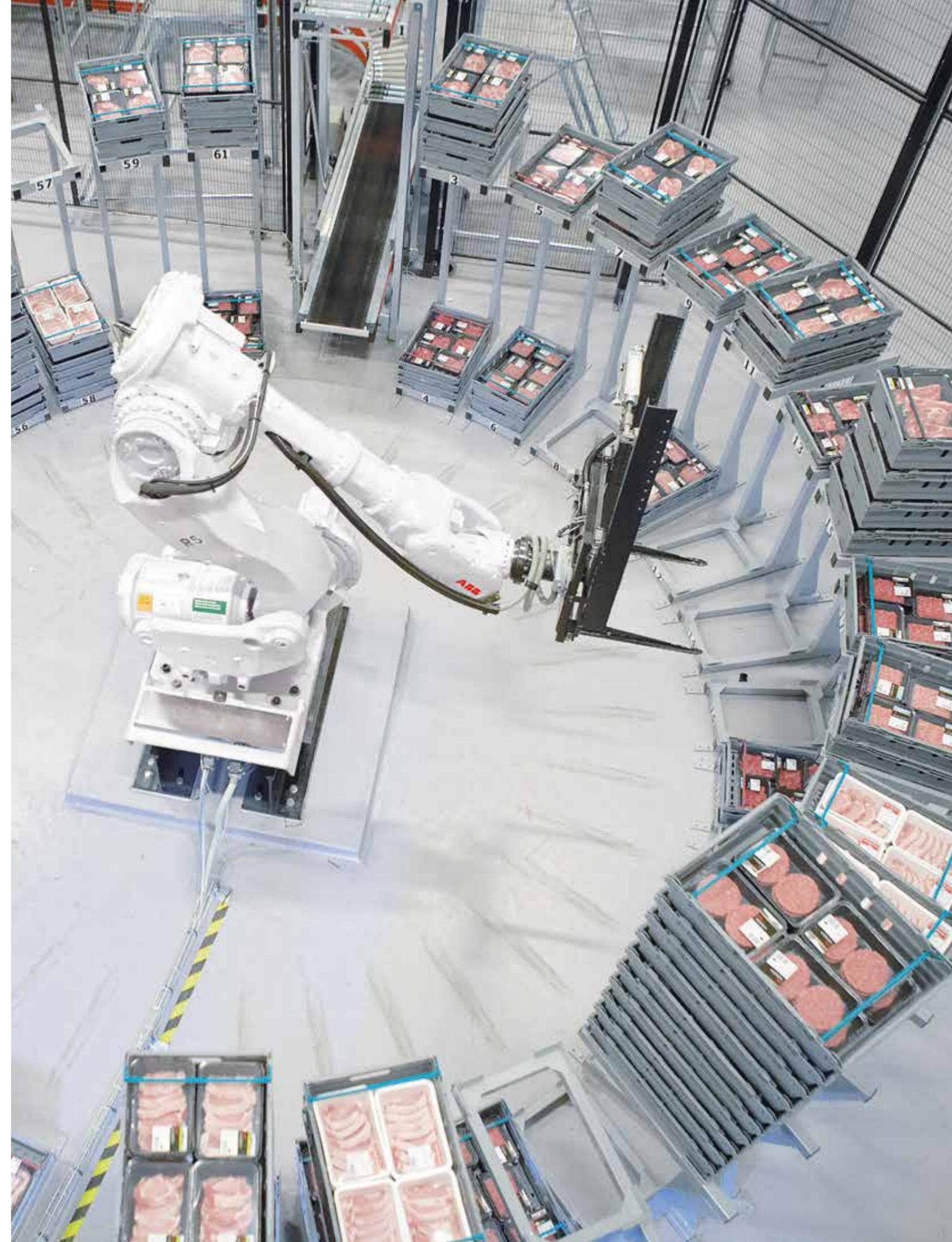
Dies führt uns zum Konzept der autonomen Steuerung, dem vielleicht kontroversesten Aspekt autonomer Systeme. Das überzeugendste Argument, das gegen die Verdrängung der heutigen regelkreisbasierten Automatisierung →3 durch maschinelles Lernen ins Feld geführt wird, ist, dass die Reaktion eines Regelkreises deterministisch und maschinelles Lernen probabilistisch ist. Dass ein einzelner Regelkreis deterministisch ist, steht außer Zweifel. Doch die Frage ist, ob ein Leitsystem, das auf Hunderten oder gar Tausenden von Regelkreisen basiert, ebenfalls deterministisch ist.

— Die nächste Stufe der autonomen Steuerung verlangt eine ganzheitliche Betrachtung industrieller Automatisierungssysteme.

Vor diesem Hintergrund könnten die durch künstliche Intelligenz (KI) mithilfe maschineller Lernverfahren generierten probabilistischen Reaktionen die industriellen Leitsysteme von morgen grundlegend verändern. Während Leitsysteme auf der



04



05

Basis von Technologien der dritten industriellen Revolution bereits eine sehr hohe Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit erreicht haben, werden sich die Fähigkeiten von Systemen auf der Basis von Technologien der vierten industriellen Revolution mit einer Geschwindigkeit entwickeln, die ihresgleichen sucht. Eine probabilistische Reaktion von heute 80 % kann schon bald eine Reaktion von 99 % sein, was nahe an einem deterministischen System liegt, wenn man einen ganzen Prozessbereich oder eine ganze Anlage betrachtet.

In den kommenden Jahren wird die KI das heutige Steuerungsparadigma grundlegend verändern – von der Signalrangierung zur Prozessdatenanalyse, von Rückkopplungsschleifen zur Vorhersage und von der Prozesskalibrierung zur Selbstoptimierung →4. Zudem werden KI-basierte Systeme schon bald deutlich besser sein als traditionelle Regelkreissysteme, da maschinelle Lernverfahren in der Lage sind, Hunderte und Tausende von Parametern zu korrelieren, anstatt nur eine Größe mit einem Sollwert zu vergleichen. Um dieses Potenzial zu nutzen, ist für die nächste Stufe der autonomen Steuerung eine ganzheitliche Betrachtung industrieller Automatisierungssysteme erforderlich →5. Dazu müssen sämtliche Engineering-Daten, Geräteparameter sowie Prozess- und Umweltdaten in ein maschinelles Lernsystem gespeist werden, das auf der Basis von physikalischen Gesetzmäßigkeiten, Rückmeldungen aus dem Qualitätssicherungssystem und der Erfahrung von Bedienern und Anlageningenieurern trainiert wird. Sind diese Schritte gemacht, werden keine Regelkreise mehr benötigt, um Prozesseingangsparameter für Geräte zu bestimmen.

Produktseitig wird dies anfänglich zu einem disruptiven Wandel führen, da die bereits installierten industriellen Automatisierungsgeräte nicht in der Lage sind, zusätzlich zu ihren Automatisierungsfunktionen maschinelle Lernverfahren zu implementieren. Allerdings ist zu erwarten, dass die nächste Generation industrieller Geräte in dieser Hinsicht wesentlich leistungstärker sein wird.

Auf technologischer Seite ist davon auszugehen, dass KI-basierte Leitsysteme die heutigen verteilten Leitsysteme in Zukunft vollständig ersetzen werden. Zum einen, weil sie schneller bessere Ergebnisse liefern, und zum anderen, weil die Architektur heutiger Leitsysteme überholt ist. Verteilte Leitsysteme haben ihren Ursprung in der dritten industriellen Revolution, als Rechenleistung und Speicherkapazität knapp waren und sich die Steuerung für eine Echtzeit-Kommunikation in der Nähe der Ausrüstung befinden musste. Alle diese Einschränkungen sind nicht mehr gültig und werden mit dem Aufkommen der drahtlosen 5G-Kommunikation weiter reduziert.

Die gute Nachricht für den Markt ist, dass dieser Wandel aufgrund der enormen Größe des installierten Bestands relativ langsam vonstattengehen wird, was den Nutzern Zeit gibt, neue Systeme zu implementieren und sich mit ihnen vertraut zu machen.

Es gibt viel zu tun

Erfolgreiche Anbieter müssen schnell und agil sein, was die Entwicklung entsprechender Services angeht. Dies erreichen sie, indem sie die Bedeutung proprietärer Hardware minimieren und sich auf cloudbasierte SaaS-Lösungen (Software-as-a-Service) verlagern. Ferner müssen sie auf Leitsysteme umschwenken, deren Architekturen und Designs von vornherein im Hinblick auf Autonomie entwickelt wurden.

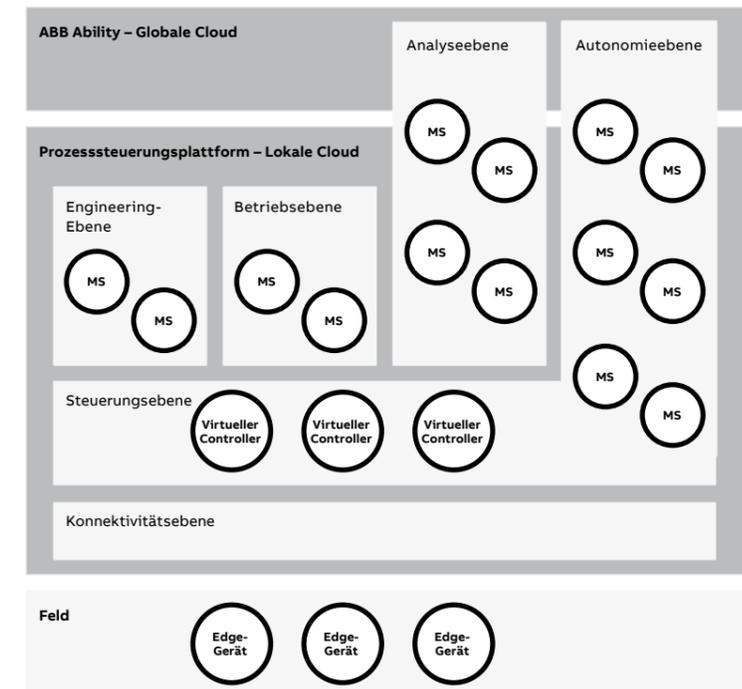
Die Architektur und das Design der autonomen industriellen Systeme von morgen müssen autonomes Engineering, autonomen Betrieb und autonome Steuerung unterstützen.

Es ist davon auszugehen, dass KI-basierte Leitsysteme die heutigen verteilten Leitsysteme vollständig ersetzen werden.

Um dies zu erreichen, müssen zukünftige autonome Leitsysteme von unten nach oben konzipiert werden, da die Steuerungsebene und die darunter liegende Feldebene die prozess- und gerätespezifischen Daten für die Datenanalysen und neue KI-basierte Lösungen bereitstellen. Dies erklärt auch, warum eine Erweiterung heutiger Hardware nicht möglich ist, denn die industriellen Controller von heute verfügen nicht über die notwendige Rechenleistung oder Speicherkapazität zur Ausführung zusätzlicher Analysen oder KI-Prozesse. Dennoch wird der erste Schritt darin bestehen, die Software von heute auf eine leistungstärkere Plattform – einen virtuellen Controller, der in einer Cloud-Umgebung läuft – zu migrieren.

Ein virtueller Controller als Ausgangspunkt für die Architektur →6 löst viele Anforderungen auf dem Weg zu schnellen und agilen Datenanalysen, KI-basierten Lösungen und autonomen Systemen. Erstens stehen alle Daten innerhalb derselben Cloud-Umgebung für Datenanalysen und KI-Anwendungen zur Verfügung. Zweitens kann die Steuerungssoftware dank unbegrenzter Rechenleistung und Speicherkapazität um neue Funktionen und Schnittstellen erweitert werden. Und drittens können neue Funktionen schnell

—
06 Architektur für einen autonomen Betrieb.



06

Literaturhinweise

[1] www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety

[2] David P. Watson, David H. Scheidt: „Autonomous Systems“. Johns Hopkins Applied Physics Laboratory Technical Digest, Vol. 26, No. 4, 2005.

[3] new.abb.com/news/detail/11164/autonomous-systems

[4] en.wikipedia.org/wiki/Fourth_Industrial_Revolution

[5] www.continuitycentral.com/index.php/news/business-continuity-news/2448-manufacturing-is-the-sector-most-prone-to-unplanned-downtime-due-to-human-error

innerhalb der Cloud entwickelt werden, ohne dass Veränderungen oder Erweiterungen der Hardware erforderlich sind, was die Geschwindigkeit und Agilität maximiert.

Architektur und Design der industriellen Systeme von morgen müssen autonomes Engineering, autonomen Betrieb und autonome Steuerung unterstützen.

Die Rolle von ABB Ability

Die Anbindung einer Prozesssteuerungsplattform an ABB Ability liefert den Datenpool für neue Analyseservices und ebnet heutigen Industrien den Weg zu einer neuen Produktivität. In dieser Architektur kann ein autonomes System mit Eingaben von ABB Ability sogenannte Microservices (MS) für Analysen ausführen und so ein autonomes Engineering, einen autonomen Betrieb und eine autonome Steuerung ermöglichen. Auf der Datenanalyseebene sammeln die Microservices in der Prozesssteuerungsplattform die Daten und entscheiden, ob diese zur lokalen Optimierung oder für das Flottenmanagement verwendet werden können.

Diese eingebaute Intelligenz in der Prozesssteuerungsplattform hilft dabei, die in die globale Cloud übertragene Datenmenge zu optimieren.

Gleichwohl wird die Realisierung einer autonomen Steuerung einige Zeit dauern und viele Zwischenschritte erfordern. Man kann allerdings davon ausgehen, dass die Anbindung an ABB Ability das maschinelle Lernen beschleunigen wird. So könnten Microservices nicht nur von virtuellen Controllern innerhalb derselben Prozesssteuerungsplattform, sondern auch von anderen industriellen Systemen in ähnlichen Umgebungen lernen.

Der Übergang zu autonomen Systemen stellt mit Sicherheit eine Herausforderung dar, die aber mit diesem schrittweisen Ansatz realisierbar ist. Entscheidend für die notwendige Agilität und Geschwindigkeit ist die Umstellung von einem transaktionsbasierten Produktgeschäft auf SaaS und eine minimale Entwicklung proprietärer Hardware. Dabei hat der Schlüssel zum Erfolg zwei Seiten: Während auf technologischer Seite eine auf Autonomie ausgerichtete Basisarchitektur erforderlich ist, bedarf es auf der betriebswirtschaftlichen Seite eines schrittweisen Geschäftsmodells, bei dem die neue Entwicklung zum Umsatz beiträgt, während das bestehende Geschäft weiterläuft. •

AUTONOME SYSTEME

Nutzerorientierte Stromnetzvisualisierung mit digitalen Zwillingen



Antony Hilliard
ABB Automation Solutions
Västerås, Schweden

antony.hilliard@
se.abb.com



Giuseppe Martinelli
ABB Enterprise Software
Network Management
Västerås, Schweden

giuseppe.martinelli@
se.abb.com

Das neue Visualisierungsdesign von ABB ermöglicht Ingenieuren einen schnellen Zugriff auf die Funktion des digitalen Zwillings im Network State Estimator. So können Netzprobleme effizienter gelöst und ein zuverlässigeres Stromnetz für die Zukunft gewährleistet werden.

Elektrische Energieübertragungs- und Verteilnetze werden immer smarter und komplexer. Daher sind vorausschauende Echtzeit-Überwachungsfunktionen erforderlich, die Netzbetreibern dabei helfen, ihr Netz im Verbund zu managen und internationale Vorschriften zu erfüllen. Die massiven Stromausfälle an der nordamerikanischen Ostküste und in Italien im Jahr 2003 haben gezeigt, wie anfällig Stromnetze sein können. Daher sind Übertragungsnetzbetreiber nun verpflichtet, neben ihren eigenen Netzen auch die Netze ihrer Nachbarn zu überwachen – eine Herkulesaufgabe [1].

Der ABB Ability™ Network Manager (NM) bietet ein kombiniertes SCADA- (Supervisory Control and Data Acquisition) und Energiemanagement-System (EMS), das Kunden fortschrittliche Anwendungen für die Überwachung und den Betrieb von Stromnetzen bereitstellt.

Herzstück des EMS ist der Network State Estimator (SE), der auf einem digitalen Zwilling, d. h. einem virtuellen Modell des kompletten Kundennetzes einschließlich Erzeugungsanlagen, Transformatoren, Stromkreisen usw. basiert. Das Vorhersagemodell des SE läuft in Echtzeit und nutzt einen WLSE-Algorithmus (Weighted Least Square Estimation) mit erweiterten Blockmatrizen, um verrauschte oder fehlende Daten zu glätten bzw. auszugleichen. Darüber hinaus können Lücken in der Transparenz des Stromnetzes gefüllt werden, um die Erkennung und Entscheidungsfindung sowohl für menschliche Bediener als auch für EMS-Anwendungen zu erleichtern. Mit anderen Worten, der SE erfüllt kritische Funktionen und bietet genau die Merkmale, die Kunden benötigen.

Wartung des State Estimators

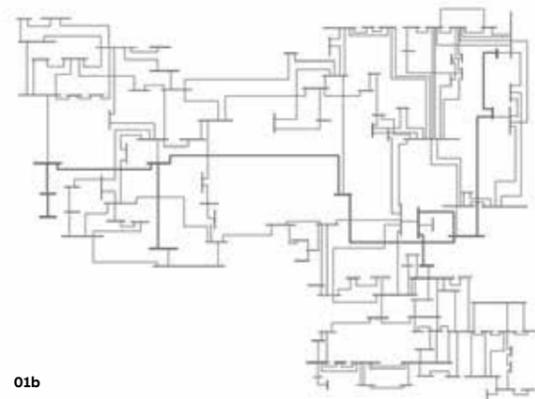
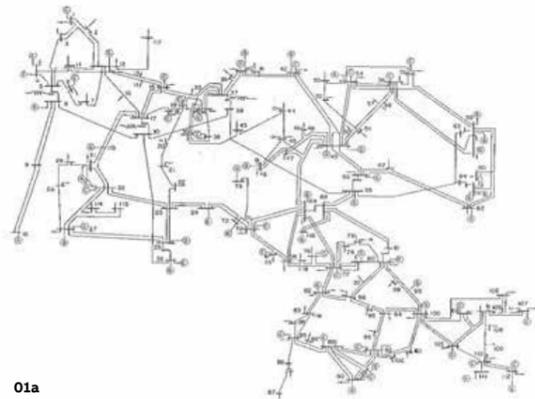
Die Tatsache, dass der State Estimator in veränderlichen Umgebungen funktionieren muss, bringt entscheidende Herausforderungen mit sich. Auch wenn im Laufe der Zeit Betriebsmittel im Netz ersetzt und Netzverbindungen verändert werden, muss die Qualität der Lösung erhalten bleiben.

Dies ist besonders problematisch, wenn ausreichend viele Modelldiskrepanzen und fehlerhafte Daten durch ausgefallene Telemetrie oder Cyberangriffe zusammentreffen. In solchen Fällen kann es sein, dass der Algorithmus des State Estimators nicht in der Lage ist, für einzelne Teile oder das gesamte Netz Lösungen zu liefern, was wiederum die automatische Überwachung (z. B. die Störfallanalyse) beeinträchtigt und die Gefahr von Verstößen gegen Vorschriften mit sich bringt. Durch einen solchen SE-Ausfall stehen auch die Tools, die EMS-Ingenieure zur Lageeinschätzung und zur Lösung von Netzproblemen benötigen, nicht mehr zur Verfügung.

Herzstück des EMS ist der Network State Estimator (SE), der auf einem digitalen Zwilling des kompletten Kundennetzes basiert.

Hinzu kommt, dass durch die Anforderung, auch benachbarte Netze überwachen zu müssen, die Gefahr von irregulären Modellen oder Daten zunimmt. So war von den 113 SE-Ausfällen, die zwischen 2013 und 2017 an der nordamerikanischen Ostküste auftraten, der größte Teil auf Modellierungs- oder Kommunikationsprobleme zurückzuführen [2].

Angesichts dieser Herausforderungen ist die Inbetriebnahme und Überwachung des SE zur Sicherung der Zuverlässigkeit nicht nur kost-, sondern auch zeit- und arbeitsintensiv. Aus diesem Grund hat ABB Visualisierungsmethoden untersucht, die SE-Ingenieuren, Experten und Nichtexperten dabei helfen, den Zustand und die Diagnose des SE-Modells (z. B. Lösungsresiduen und Konvergenziterationen) auf einfache und effiziente Weise zu überwachen.



Projektstart und Methoden

Im Jahr 2018 startete ABB ein Forschungsprojekt, um Methoden zur Visualisierung von „Problemstellen“ für das SE-Modell, d. h. Stellen, an denen es zu Diskrepanzen zwischen Modell und Daten kommt, zu untersuchen. Mithilfe von Displays, die es Experten und Nichtexperten intuitiv ermöglichen, Probleme zu verstehen, lassen sich mögliche Gefahren, die die Zuverlässigkeit der Lösung bedrohen, effizient und proaktiv mindern, indem sie dem Personal Folgendes ermöglichen:

- Messungen zur Blockierung fehlerhafter Daten
- Lokalisierung hinfalliger Aspekte des Modells
- Überprüfung der Modellabstimmung und möglicher Verbesserungen

Das Visualisierungskonzept wurde im Rahmen von Designworkshops und Interviews mit ABB-Experten und externen Reviews (durch jeweils zwei Network-Manager-Kunden in Europa und in Nordamerika) validiert.

Abbildung der elektrischen Verbindungen

Für die Erstellung einer geeigneten visuellen Analyse für die SE-Diagnose griff das Designteam auf herkömmliche Kartendarstellungen elektrischer Netze zurück, wie sie für verschiedene Zwecke verwendet werden [3]: die geografische Ansicht und die schematische Netzdarstellung →1.

Verteilnetzbetreiber entsenden Wartungsmannschaften, um physische Schäden an der Ausrüstung zu beheben. Geografische Ansichten zeigen den physischen Standort von Betriebsmitteln, sind leicht zu interpretieren und somit gut für diese Zwecke (Navigation auf einem durchgängigen Plan mit Zoomfunktionen) geeignet →1a. Da der physische Standort für die Funktionalität des SE-Modells jedoch unerheblich ist, sind geografische Ansichten allein ungeeignet.

Die Visualisierungsmethoden helfen SE-Ingenieuren, Experten und Nichtexperten dabei, den Zustand und die Diagnose des SE-Modells zu überwachen.

Schematische Darstellungen zeigen die logischen elektrischen Verbindungen der Stromkreise und Stationen im Netz und sind somit eine Standarddarstellung für Übertragungsnetzbetreiber →1b. Diese Art der Darstellung ist abstrakter als die geografische Ansicht. Sammelschienen sind als gerade Linien dargestellt, und die Navigation erfolgt in diskreten Schritten entlang der Linien. Die schema-

Zurzeit zeigen die Displays für die Überwachung des SE Dateneingaben und geschätzte Ergebnisse und basieren vornehmlich auf Zahlen und Tabellen. Die Displays sind für die Wartung durch fortgeschrittene Experten ausgelegt, von denen es nur wenige gibt und die gesucht sind. Für Nichtexperten ist die Benutzung schwierig, zeitaufwändig und arbeitsintensiv. Außerdem hemmt das Design die Überwachung und Diagnose des Modellzustands, was für Versorgungsunternehmen von entscheidender Bedeutung ist, wenn es darum geht, sich auf dem heutigen Markt zu behaupten.

— Titelbild: Visualisierungen werden entsprechend ihrer Aufgabe konzipiert.

01a Geografische Ansichten zeigen, wo sich die physischen Betriebsmittel befinden, und werden seit den 1970er Jahren verwendet.

01b Standarddiagramme für Übertragungsnetze zeigen die logische Lage der Verbindungen. Hier wird die Nennspannung gemäß [5] durch die Liniendicke abgebildet.

01c Die Leistungsbilanz zeigt die Netzfunktion auf Basis der Arbeiten von Cuffe und Keane [4] einschließlich der Designmodifikationen von ABB.

— 02 ABB entwickelte eine Visualisierung der Netztopologie für den State Estimator des Power System Explorers. Das Ergebnis ergänzt die vorhandene Oberfläche für den digitalen Zwilling des Übertragungsnetzes.

tische Ansicht ist unerlässlich für die Planung und ermöglicht Netzbetreibern ein einfaches Erkennen der möglichen Verbindungen, die mithilfe von Leistungsschaltern und anderen Schaltern hergestellt werden können. Dies ist zwar wertvolles Wissen, doch für den SE ist nur die aktuelle Situation relevant. Ein winziger optischer Unterschied auf einer schematischen Darstellung würde die Auswirkungen, die ein Ereignis wie das Schließen eines Leistungsschalters auf die Lösung des SE-Modells hätte, eventuell nicht angemessen widerspiegeln.

Da sich die Fehlerbeseitigung im State Estimator vom Betrieb eines Verteil- oder Übertragungsnetzes unterscheidet, ist ein neuer Ansatz erforderlich. Auf der Basis bisheriger Forschungen [4] kombinierte ABB die klassische Graphentheorie mit visuellen Formatierungen, Landmarken und Navigationshilfen zur einer Netzvisualisierung, die abstrakt und benutzerfreundlich ist und die zugrundeliegende Struktur des Netzmodells abbildet →1c,2 [5]. Sollte sich diese Visualisierung für den SE bewähren, könnte sie sich auch für die Überwachung zukünftiger Stromnetze eignen.

Obwohl Netzwerkgraphen heute in vielen Bereichen (Sozialwissenschaften, Logistik usw.) erfolgreich für Analysen eingesetzt werden, bestand die Herausforderung für ABB darin, diese anspruchsvolle Anwendung nutzerorientiert auf Stromnetze zuzuschneiden.

Designentwicklung

Da die Visualisierungen der Indikatoren für den SE-Modellzustand für große Netzmodelle skalierbar sein müssen, wurde ein minimalistischer Designansatz gewählt, der Platz für Daten und einen „globalen“ visuellen Effektstil lässt, der die Eigenschaften des Gesamtnetzes und des Modells widerspiegelt.

Dementsprechend wurden Merkmale klassischer Netzwerkgraphen integriert: Knotenkreise als Stationen und Kantenlinien zur Darstellung von Stromkreisen. Als visuelle Hauptfaktoren dienten die Knotengröße, Linienbreite und Linienlänge. Die Knotengröße repräsentiert die Differenz zwischen Stromerzeugung und Last, d. h. größere Kreise stehen für wichtige Stationen, also große Erzeugungsanlagen oder große Lasten wie z. B. Städte. Kleinere Kreise repräsentieren autarke Städte bzw. Übertragungsstationen und kleine Knotenpunkte (Kreise sind verborgen). Die Linienbreite visualisiert die Kapazität bzw. das Spannungsniveau des Stromkreises. Eine dickere Linie bedeutet einen höheren Leistungsfluss. Dieser Stil unterscheidet starke von schwachen Stromkreisen und trennt Netze mit unterschiedlichem Spannungsniveau optisch voneinander →2,3.

Heute: Wo liegt das Problem?

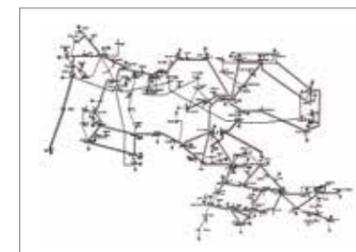
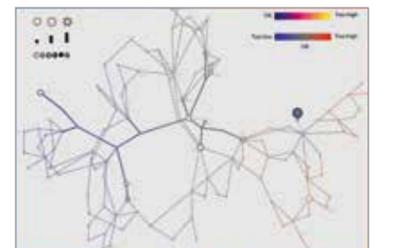
- SE nutzt einen digitalen Zwilling des Übertragungsnetzes zur Unterstützung der Anwendungen.
- Inbetriebnahme und Wartung sind anspruchsvoll.
- Vorhandene Oberfläche zeigt das Netz nicht.
- Klassische Netzdiagramme sind nicht für die Diagnose digitaler Modelle vorgesehen.

Registerkarten mit Tabellen und Zahlen

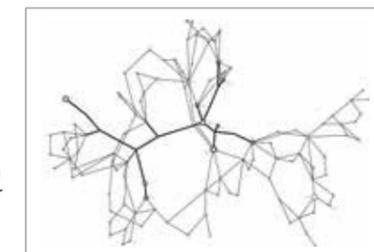
Diagramm ergänzt die vorhandene Oberfläche



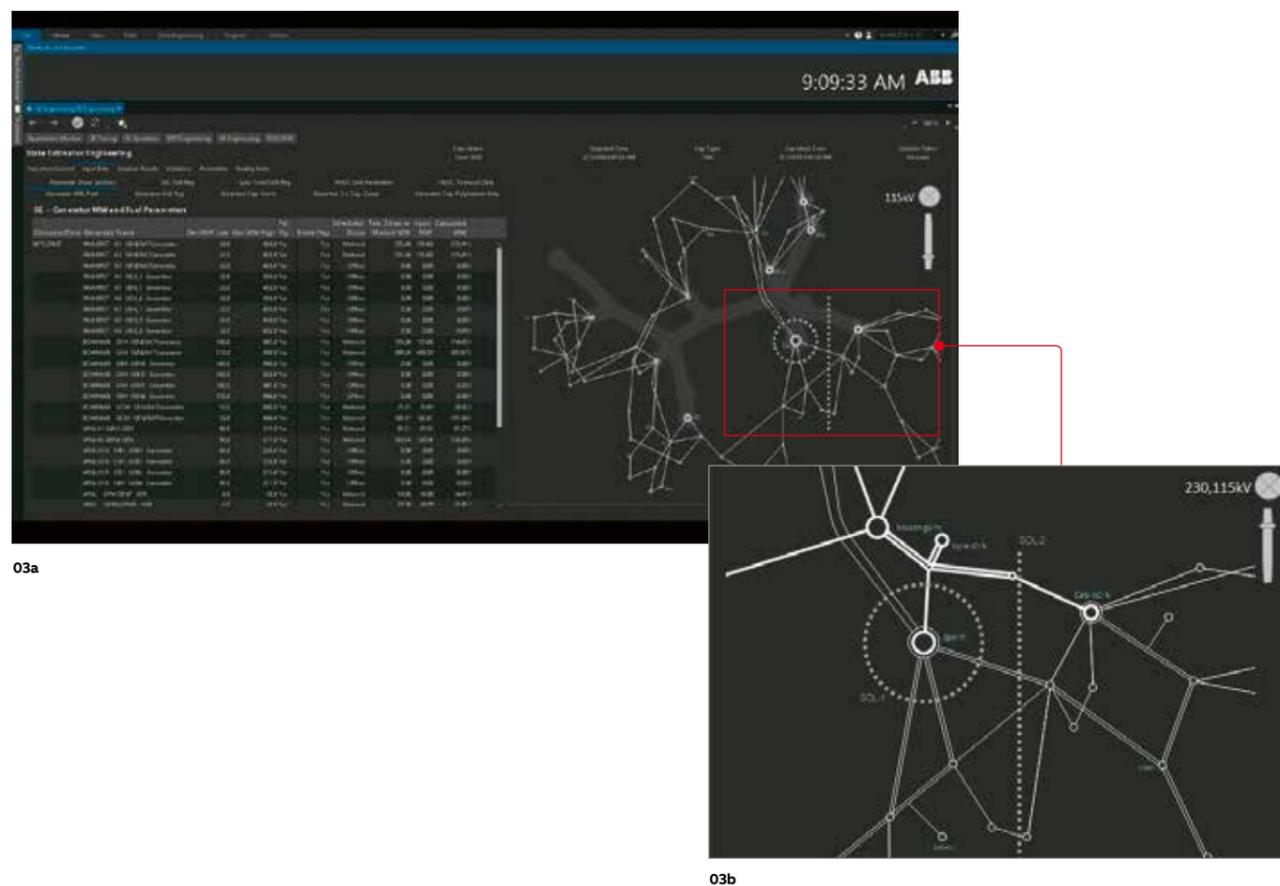
Zukünftiges Datenvisualisierungspotenzial



Darstellung der Struktur



Visualisierung der Modellqualität



03a

03b

— ABB nutzte die klassische Graphentheorie zur Erstellung einer abstrakten und benutzerfreundlichen Netzvisualisierung.

Obwohl Farbe häufig für die Netzspannung verwendet wird, eignen sich Farben besser zur Kennzeichnung von Daten. Hier liegt der Schlüssel zur Darstellung der Qualität der SE-Modelllösung. Typischerweise steht die Linielänge für eine Entfernung, doch da die Entfernung für den SE nicht unmittelbar relevant ist, wurde die Linielänge impedanzbasiert festgelegt und repräsentiert den Netto-Leistungstransport [4]. Damit unterstützt die Linielänge die visuelle Metapher, dass sich „Leistung geradlinig bewegt“. Gleichzeitig wird die Netzstruktur am wenigsten verzerrt [4]. Außerdem hilft dies den SE-Ingenieuren, den „Weg des geringsten Widerstands“ und das zugrundeliegende elektrische Modell zu visualisieren. Längere Linien repräsentieren weniger direkte Leistungsflusswege →3,4.

Bedeutende Grenzen in der SE-Modelllösung (z. B. zwischen dem Kundennetz und benachbarten Netzen oder zwischen „beobachtbaren“ und „nicht beobachtbaren“ Bereichen) werden durch spezielle Linien dargestellt.

Die daraus resultierende Visualisierung ist eine aufschlussreiche Darstellung der aktuellen Netzkonfiguration aus Sicht des SE. Sie zeigt, wie die Leistung von großen Erzeugungsanlagen zu großen Verbrauchern fließt und welche Aspekte dieses Flusses vom SE korrekt gelöst werden →3,4.

— Wiedererkennbare visuelle Merkmale bieten dem Nutzer die Möglichkeit, sein Wissen und seine Erfahrung einzusetzen.

Unterstützung der Visualisierung
Nach Fertigstellung des Designkonzepts blieben einige wichtige Fragen bestehen: Wie können EMS-Ingenieure das Visualisierungsdesign mit dem,

— 03 Das SE-Netzvisualisierungskonzept ergänzt vorhandene tabellarische Datenstrukturen und unterstützt eine intuitive Navigation mit Schwenk- und Zoomfunktionen, Tabellenauswahl und der Suche nach Stationen/Landmarken.

03a Netzvisualisierung mit tabellarischer Darstellung.

03b Strukturen von Interesse können herangezogen werden.

— 04 Die Netzstruktur wird monochrom dargestellt. Farben visualisieren Indikatoren für den SE-Modellzustand, z. B. Lösungsresiduen oder Konvergenziterationen. Mithilfe von Farbskalen wird das Auge auf die Quelle des Problems gelenkt – je höher der Kontrast, desto bedeutender die Abweichung.

was sie über ihre Netze und ihre Region wissen, in Verbindung bringen? Welche Merkmale fördern die Nützlichkeit einer netzzentrierten Visualisierung?

Eine zu große Zahl von Herausforderungen kann sich auf die Akzeptanz einer Visualisierung auswirken. Die Nutzung von Konsistenz und Konventionen hilft dabei, Missverständnisse zu vermeiden, die zur Gefahr werden können. Daher entwickelt ABB das netzzentrierte Design für SE-Modell-Wartungspersonal (IT- oder Elektroingenieure) als Ergänzung zu traditionellen Darstellungen →2.

Eine weitere Hürde für die Akzeptanz liegt in der Gefahr der Desorientierung des Nutzers. Um dies zu verhindern, wurden herkömmliche Designmerkmale wie „Norden ist oben, Westen ist links“ integriert. Außerdem wurden durch Zusammenfassung kleinerer Knotenpunkte und Linienabschnitte innerhalb der Stromkreise und die progressive Detaillierungsstufen geschaffen →3. Bei kleineren Stationen wird dies mit einer Zoomfunktion erreicht. Netzlandmarken wie Gruppen von Linien innerhalb einer Systembetriebsgrenze (System Operating Limit, SOL) werden durch große visuelle Hintergrundmerkmale dargestellt. So wird ein Bereich mit hoher Last und geringer Übertragungskapazität (Load Pocket) in einer Stadt mit einer kreisförmigen Grenzlinie dargestellt (die SOL beschreibt eine Grenze für den Gesamtleistungsfluss in den Stromkreisen, die vom Grenzkreis geschnitten werden). SOLs für regionale Übertragungen wie Ost-West-Flüsse werden als Grenzlinien dargestellt, die in diesem Fall senkrecht verlaufen →3b.

— Farben können zur Visualisierung von Daten verwendet werden, die als Indikatoren für den SE-Modellzustand dienen.

Bei der Untersuchung von Modellierungsproblemen können unterschiedliche Netzspannungsebenen als „Schichten“ behandelt werden, die in den Vordergrund gerückt werden können, während der Rest des Netzes im Hintergrund dargestellt wird. Anstatt alle Details innerhalb der Stationen unterzubringen, hilft das Design dem Nutzer dabei, zu dem jeweiligen Display zu navigieren, sobald die Störung in der Modellierung lokalisiert ist →3.

Wiedererkennbare visuelle Merkmale bieten dem Nutzer die Möglichkeit, sein Wissen und seine Erfahrung beim Navigieren und Durchsuchen der Netzdarstellungen einzusetzen. Diese nutzerorientierte Gestaltung hilft SE-Ingenieuren bei der Diagnose von Stressfaktoren für den SE-Modellzustand.

Farbe hilft bei der Interpretation

ABB hat ein attraktives nutzerorientiertes Visualisierungskonzept entwickelt, das die Struktur des Netzmodells mithilfe skalierbarer Stile darstellt. Da die Darstellung gut in schwarz-weiß funktioniert, können Farben zur Visualisierung von Daten verwendet werden, die als Indikatoren für den SE-Modellzustand dienen →4.



05

Visualisierungen des State Estimators

Wichtige Daten können durch Überlagerung mithilfe von visuellen Stilen oder Icons dargestellt werden.

Die Verwendung von Graustufen ermöglicht die farbige Darstellung von Datenmustern:

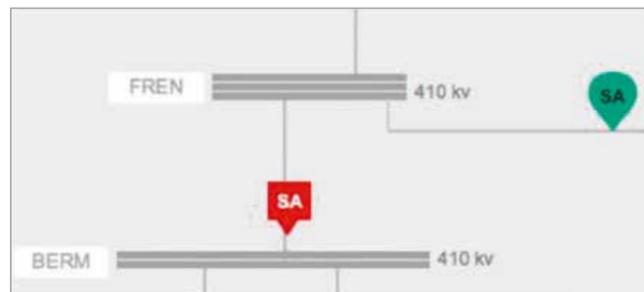
- Lösungsresiduen
- Konvergenziterationen
- Schätzung vs. Annahme

Anwendungen können entsprechend den Bedürfnissen der Nutzer entwickelt werden.

Pins/Pop-ups sollten sparsam eingesetzt werden

- Letzte konvergierte Station
- Schlechte Topologie?

05 In Zukunft können überlagerte Datenvisualisierungen genutzt werden, um verschiedene Netzzustände entsprechend den Anforderungen des Kunden zu vergleichen, z. B. zeitliche Verläufe, Lastflussstudien und Simulationen. Dieser Screenshot zeigt markierte Punkte.



05

So können ubiquitäre analoge Daten wie Modellresiduen und Konvergenzzeiten anhand kontinuierlicher Farbskalen dargestellt werden. Eine zunehmende Helligkeit lenkt dabei das Auge auf gestresste Modellbereiche, sodass sich bei Problemen mit dem SE-Modellzustand schnell Muster erkennen lassen. Zusätzlich können diskrete Indikatoren wie die letzte konvergierte Station oder eine schlechte Topologie durch Popup-Pins gekennzeichnet werden →4,5.

Um das System noch nutzerorientierter zu gestalten, hat ABB die Rückmeldungen von Kunden hinsichtlich erweiterter Funktionalitäten – z. B. animierte Partikelströme zur Darstellung von Wirk- und Blindleistungsflüssen – einbezogen →5.

Blick in die Zukunft

Sobald das Visualisierungskonzept für die Überwachung und Diagnose des SE freigegeben ist, könnte es in Zukunft auch für andere kritische Anwendungen verwendet werden. So könnten z. B. die Folgen von Störungen mit dem höchsten Risikopotenzial visualisiert oder der Zustand eines Netzes nach einem Ausfall einschließlich der sich ausbreitenden Überlastung dargestellt werden. Auch Veränderungen in benachbarten Netzen im Laufe eines geschäftigen Tages oder große Veränderungen in Lastflüssen und Redundanzen könnten zusammengefasst werden.

Literaturhinweise

[1] NERC (05.06.2018): „Lessons Learned: External Model Data Causing State Estimator to not Converge.“ Verfügbar unter: www.nerc.com/pa/rrm/ea/Lessons%20Learned%20Document%20Library/LL20180602_External_Model_Data_Causing_State_Estimator_to_Not_Converge.pdf

[2] NERC (12.12.2017): „Reference Document: Risks and Mitigations for Losing EMS Function.“ Verfügbar unter: www.nerc.com/comm/OC/ReferenceDocumentsDL/

Risks_and_Mitigation_for_Losing_EMS_Functions_Reference_Document_20171212.pdf

[3] A. Hilliard et al. (2017): „Work Domain Analysis of Power Grid Operations“. Cognitive Work Analysis: Applications, Extensions and Future Directions. S. 149–170.

[4] P. Cuffe, A. Keane: „Visualizing the Electrical Structure of Power Systems“. IEEE Systems Journal 11(3), 2017. S. 1810–1821. Verfügbar unter: doi.org/10.1109/JSYST.2015.2427994

[5] C. Mikkelsen et al. (2012): „Visualization of Power System Data on Situation Overview Displays“. S. 119–126. Verfügbar unter: doi.org/10.1109/IV.2012.41

[6] Market Watch (20.02.2019): „Distribution Transformer Global Market Projected to Grow Radiantly by 2023“. Verfügbar unter: www.marketresearchfuture.com/reports/distribution-transformer-market-2581

Die Möglichkeit, Situationen schnell und einfach visuell beurteilen zu können, hilft Stromnetzbetreibern dabei, die Zuverlässigkeit und Sicherheit des Systems auf effiziente Weise zu gewährleisten. Darüber hinaus können dieselben Funktionen, die zur Überwachung des SE benötigt werden, den Experten von ABB bei der Einrichtung des Modells, der Durchführung von Abnahmeprüfungen und der Schulung von Kundenpersonal helfen.

Häufig verwendet, aber selten perfekt gewartet, erfordert der SE ein kontinuierliches Feintuning durch Experten, um seine volle Funktionalität entfalten zu können. Dennoch wird mit der fortschreitenden Energiewende die Notwendigkeit eines besseren Bewusstseins für die Situation im Stromnetz zweifelsohne zunehmen. Aus diesem Grund wird sich ABB verstärkt der Entwicklung und Erweiterung des SE widmen. Der aktuelle Zuwachs an erneuerbaren Energien und die Notwendigkeit zur Sicherung der Kapazität sind potenzielle Treiber. Die SE-Technologie ist noch nicht auf dem Markt für kleine Verteilnetze, einem stark wachsenden Marktsektor [6], eingeführt. Verbesserungen in der Infrastruktur und der Leittechnik unterstützen eine weitere Verbreitung des SE auf dem Hoch- und Mittelspannungsmarkt und ebnen den Weg auf den Niederspannungsmarkt.

Für die US-amerikanischen Übertragungs- und Verteilungsmärkte wird bis 2023 ein erhebliches Wachstum erwartet [6]. Durch die Verbesserung der Leistungsfähigkeit und Usability der SE-Modelllösung erwartet ABB letztlich auch eine Steigerung der Profitabilität, und das Visualisierungsdesign des SE ist ein erster Schritt. •

Durch die Verbesserung der Leistungsfähigkeit und Usability der SE-Modelllösung erwartet ABB letztlich auch eine Steigerung der Profitabilität.

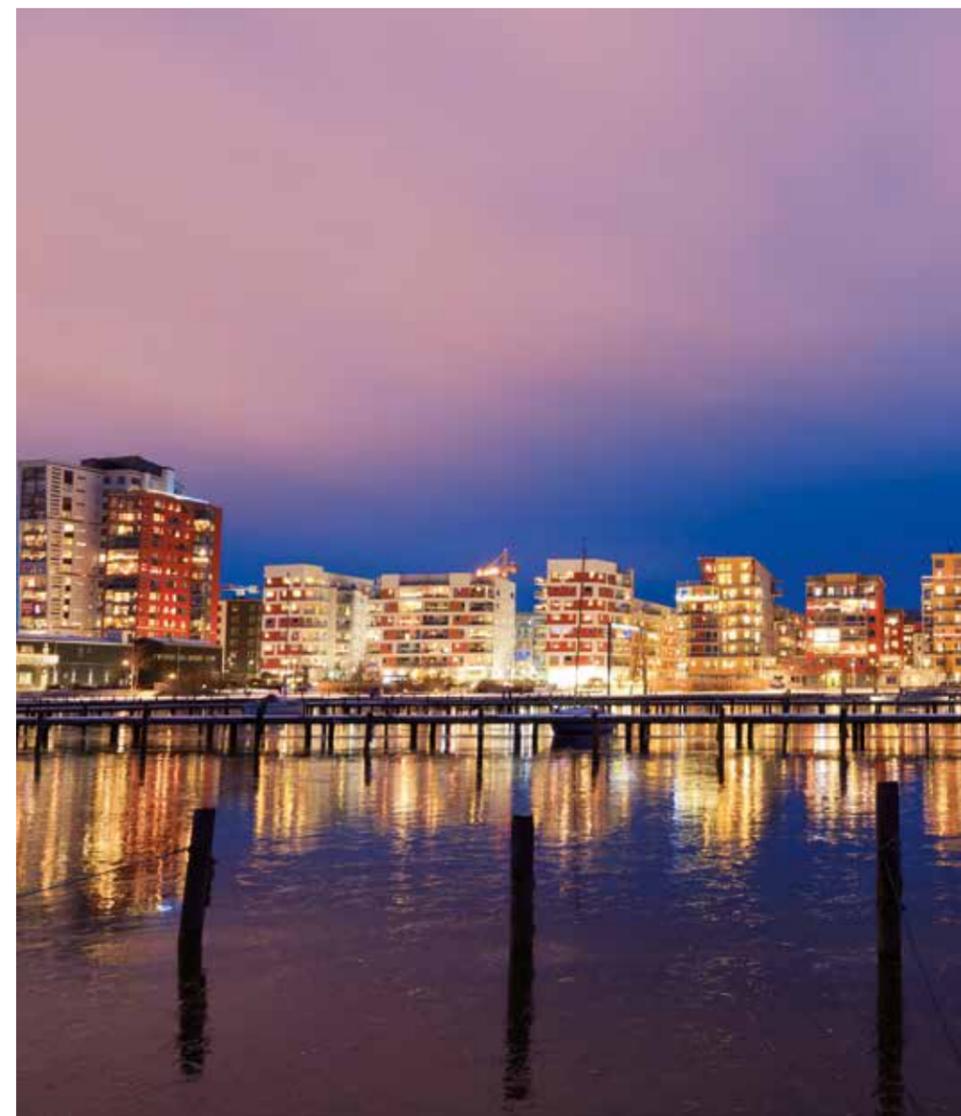
Foto (Bild 01 auf S. 23): powrnibe, istockphoto.com

AUTONOME SYSTEME

Smarte Visualisierungen für kommunale Systeme

Auf der Basis nutzerorientierter Gestaltungsprinzipien hat ABB intuitive Datenvisualisierungen für zwei wichtige kommunale Systeme entwickelt: die Fernwärme und das Gesundheitswesen. Die vielversprechenden Ergebnisse legen die Grundlage für weitere Forschungen auf dem Gebiet der smarten Visualisierung und künstlichen Intelligenz.

01



01 ABB arbeitet eng mit öffentlichen und privaten Interessengruppen zusammen, um digitale Visualisierungslösungen zu entwickeln, die Städten wie Västerås in Schweden dabei helfen können, die Effizienz und Nachhaltigkeit zu verbessern.



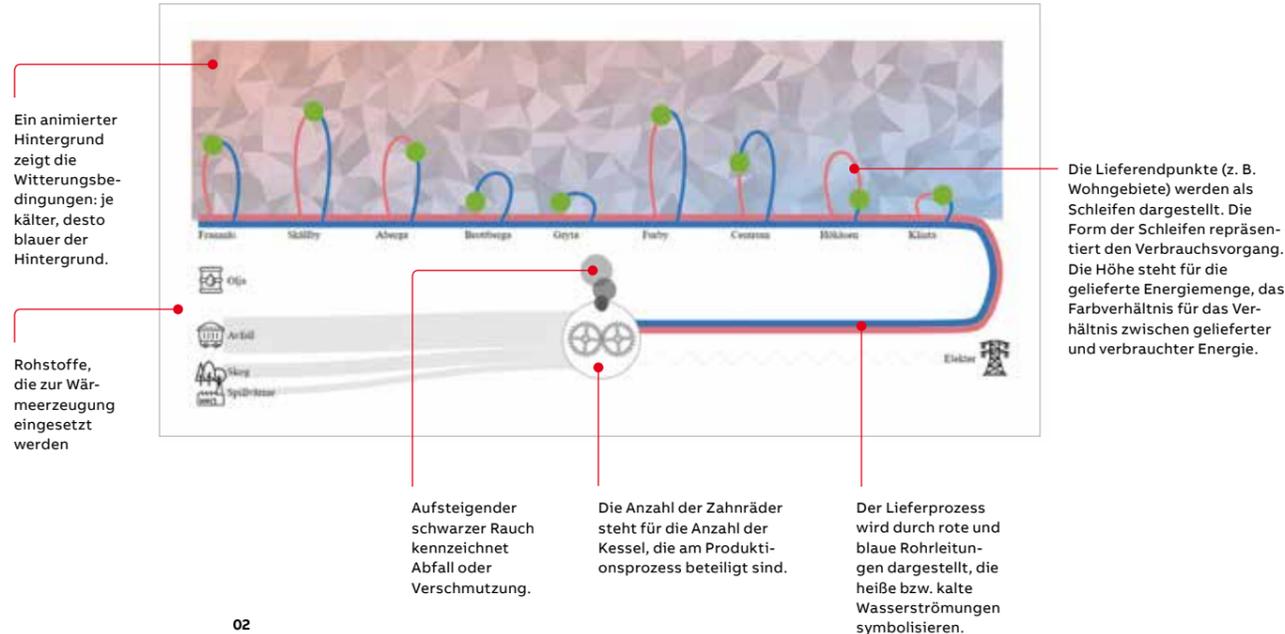
Veronika Domova
ABB Corporate Research
Västerås, Schweden

veronika.domova@se.abb.com



Shiva Sander Tavallaey
ABB Corporate Research
Västerås, Schweden

shiva.sander-tavallaey@se.abb.com



02

Eine fortschrittliche Analytik und Informationsvisualisierung kann das Bewusstsein und das Verständnis für die technischen Prozesse innerhalb einer Kommune fördern und somit zur Entwicklung von Richtlinien, zu einer höheren Produktivität und zu Energieeinsparungen beitragen. Durchdachte Visualisierungen können z. B. dabei helfen, Engpässe im Patientenstrom eines Krankenhauses aufzudecken, und die Wirksamkeit des Gesundheitssystems steigern. Ebenso kann die effektive Datenvisualisierung eines Fernwärmesystems dem verantwortlichen Bedienpersonal dabei helfen, den Energieerzeugungsprozess effizienter zu betreiben, was die Zufriedenheit der Einwohner erhöht und die regionale Umweltbelastung senkt.

Mithilfe nutzerorientierter Gestaltungsprinzipien entstanden innovative Visualisierungen für kommunale Krankenhäuser und Fernwärmesysteme.

Wichtige Daten den richtigen Nutzern in geeigneter visueller Form darzustellen, ist keine leichte Aufgabe. In Zusammenarbeit mit verschiedenen Interessengruppen haben Forscher von ABB auf der Basis nutzerorientierter Gestaltungsprinzipien (User-Centered Design)¹ verschiedene innovative Visualisierungen für kommunale Krankenhäuser und Fernwärmesysteme in Schweden entwickelt, die genau dies erreichen.

Fernwärme und -kälte (FWK) ist eine effiziente, brennstoffflexible und nachhaltige Möglichkeit der Energiebereitstellung →1. In Schweden werden z. B. über 50 % aller Haushalte mit Fernwärme versorgt [1].

Als Pionier und Technologieführer im Bereich der Automatisierungs- und Steuerungstechnik trägt ABB mit modernen Überwachungs-, Steuerungs- und Datenerfassungssystemen (SCADA-Systemen), einer intelligenten Pumpenregelung (IPC) für Frequenzumrichter sowie Kommunikations- und Schnittstellenlösungen zur Effizienz von Fernwärmesystemen bei.

Die Steuerung eines Fernwärmeerzeugungs- und -verteilungssystems ist eine anspruchsvolle Aufgabe, bei der Prozessbilder und eine Vielzahl von Parametern eine Rolle spielen. Die Witterungsabhängigkeit sorgt dabei für eine gewisse Unsicherheit und Unberechenbarkeit, und wenig benutzerfreundliche ältere Bedienoberflächen, die mit numerischen Daten und Prozessbildern überfrachtet sind, machen die Sache nicht leichter. Die Folge ist, dass der Produktionsprozess häufig nach „Bauchgefühl“ oder auf der Basis bisheriger Erfahrungen betrieben wird.

Zur Erforschung des Entwurfsraums von Benutzeroberflächen für Industrieanwender arbeitete ABB mit verschiedenen schwedischen Energieunternehmen, dem unabhängigen staatlichen Forschungsnetzwerk RISE (Research Institutes of Sweden) und anderen Institutionen wie PiiA (Process Industrial IT and Automation Agency) zusammen. Dabei

- 02 Die Darstellung visualisiert die Hauptkomponenten eines Fernwärmesystems: Erzeugung, Verteilung und Verbrauch.
- 03 Die Hauptübersichten sind: Patientenstrom, Patientenfälle und Patientenübergänge zwischen Abteilungen.
- 04 Die Patientenstromübersicht zeigt den Aufbau des Krankenhauses und die Zahl der behandelten Patienten. Nutzer können nach diagnose- und zeitbezogenen Attributen filtern. Histogramme liefern eine visuelle Darstellung der Wartezeit.

untersuchten Experten von ABB Corporate Research und RISE Möglichkeiten, um Laufzeitdaten von FWK-Prozessen unter Verwendung nutzerorientierter Gestaltungsprinzipien¹ in aufschlussreiche und ästhetisch ansprechende Visualisierungen umzuwandeln, um ein besseres Verständnis des Zustands des FWK-Systems zu ermöglichen.

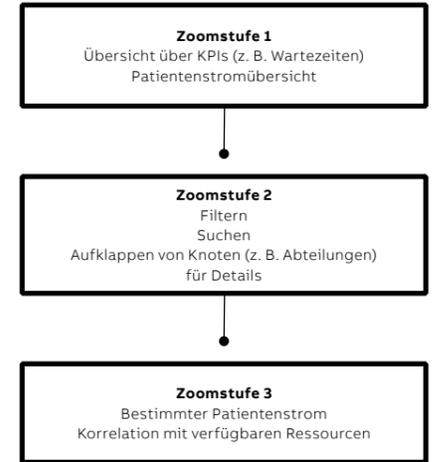
Dazu wurden zunächst umfangreiche Feldstudien (Interviews mit Bedienern, Produktionsplanern, Servicetechnikern, Umweltingenieuren, Privatkunden und verbundenen Unternehmen) durchgeführt, um entsprechendes Hintergrundwissen aufzubauen. Durch Analyse der gesammelten Daten mithilfe verschiedener Verfahren konnten die Herausforderungen der Bediener ermittelt werden.

Im Rahmen interaktiver Workshops mit verschiedenen Interessengruppen wurden Ideen für mögliche Lösungen erarbeitet.

Im Rahmen interaktiver Workshops mit verschiedenen Interessengruppen wurden Ideen für mögliche Lösungen erarbeitet. Anschließend folgte die Entwicklung von High- und Low-Fidelity-Prototypen, wobei der Entwicklungsprozess durch qualitative Benutzerevaluierungen, deren Ergebnisse wieder in den Entwicklungsprozess einfließen, kontinuierlich verbessert wurde.

Zu Anfang wurden viele Ideen und Konzepte betrachtet, wobei jedoch diejenigen, die dem Bedienpersonal dabei helfen, einen sofortigen Überblick über den Zustand des Fernwärmesystems zu bekommen, stark favorisiert wurden.

— Fußnote
1) Siehe auch „Nutzerorientierte Stromnetzvisualisierung mit digitalen Zwillingen“ auf Seite 16.



03

Grundlage für die Entwicklung solcher Visualisierungen ist die Aggregation großer Datenmengen und die anschließende Darstellung der Ergebnisse in aussagekräftigen und ästhetisch ansprechenden Bildern und Symbolen.

Die daraus resultierende Pipeline-Darstellung ist eine schlanke Weblösung, die in einem modernen Browser läuft. Sie zeigt die drei Hauptkomponenten eines Fernwärmesystems: Erzeugung, Verteilung und Verbrauch →2.

Die Visualisierung lässt das Bedienpersonal schnell erkennen, ob das Fernwärmesystem korrekt arbeitet, und soll als Ausgangspunkt für die Arbeitsabläufe des Bedienpersonals dienen. Benutzer können in die einzelnen Aspekte der Visualisierung hineinzoomen und per Mausklick auf das entsprechende Element eine detailliertere Prozessdarstellung – z. B. ein Prozessbild oder die Stadtplanansicht – aufrufen.



04

AutoMed ist ein langfristiges Forschungsprojekt, das sich mit der Realisierung einer intelligenteren Ressourcenzuweisung und Organisation des Patientenstroms befasst.

Professionelle Bediener, die die Pipeline-Darstellung evaluiert haben, zeigten sich sehr interessiert an den Möglichkeiten zukünftiger visueller Lösungen und waren fasziniert von der Animation und der Verwendung leuchtender Farben. Auch wenn einige Probanden dem Nutzen eines solchen Konzepts in naher Zukunft skeptisch gegenüberstanden, konnten sich die meisten die Darstellung als Übersichtsbildschirm in der Leitwarte vorstellen. Die vorläufigen Ergebnisse erwiesen sich als durchaus vielversprechend.

Qualitätsgewinn im Gesundheitswesen

Die demografische Entwicklung und begrenzte medizinische Ressourcen belasten die Gesundheitssysteme. Zur Arbeit von medizinischem Personal gehören – in Schweden ebenso wie in anderen Ländern – auch Verwaltungs- und Instandhaltungstätigkeiten wie Büroarbeit, Planungsaufgaben und das Reinigen und Sortieren von medizinischem Gerät. Dies beinhaltet auch den Umgang mit ansteckenden Bakterien oder gefährlichen Substanzen [2]. Diese notwendigen Routinearbeiten sind nicht nur wiederkehrend, monoton und potenziell gefährlich – die dafür aufgewendete Zeit könnte häufig anderweitig besser genutzt werden.

Was wäre, wenn Krankenhäuser effizientere Mittel und Wege finden könnten, diese Arbeiten zu erledigen? ABB ist überzeugt, dass Roboter und Algorithmen dabei helfen können, Arbeitsabläufe so zu verbessern, dass dem Menschen gefährliche und monotone Arbeiten abgenommen werden. Ausgehend von ihrem Know-how auf dem Gebiet der Robotik und Automatisierungstechnik hat sich ABB mit Visualisierungslösungen befasst, die das Personal entlasten könnten, damit es sich um das kümmern kann, was es am besten kann – die Betreuung und Pflege von Patienten.

AutoMed: Kollaboration ist der Schlüssel

AutoMed ist ein im Jahr 2015 ins Leben gerufenes, von der staatlichen schwedischen Agentur für Innovation Vinnova finanziertes langfristiges Forschungsprojekt im medizinischen Umfeld. Im Rahmen dieses Projekts arbeitete ABB mit zwei schwedischen Krankenhäusern und verschiedenen Hochschul- und Industriepartnern zusammen, um zu erforschen, wie sich mithilfe von Verfahren der Prozessautomatisierung, Optimierung, Planung, Simulation und Modellierung eine intelligenterere Ressourcenzuweisung und Organisation des Patientenstroms realisieren lässt.

Mangels Echtzeit-Daten arbeiteten die ABB-Forscher eng mit schwedischen Krankenhäusern zusammen, um anhand historischer Daten von Patientenströmen potenzielle Engpässe zu identifizieren und ein Simulationstool zu entwickeln, das in der Lage ist, diese vorherzusagen. Ein Schlüsselmerkmal dabei ist die Erstellung einer Benutzeroberfläche für eine umfassende Datenexploration und -analyse.

Darüber hinaus sollten Mitarbeiter die Möglichkeit haben, durch Visualisierung der Wartezeiten – d. h. wie lange Patienten auf die erforderliche medizinische Behandlung warten müssen –



05

05 Benutzerfreundliche Visualisierungen mit fortschrittlichen Funktionen zur Datenexploration und -analyse könnten dabei helfen, die Gründe für die Bildung von Warteschlangen in Krankenhäusern aufzudecken.

Engpässe in den Patientenströmen zu erkennen, die zu Verzögerungen im gesamten medizinischen Versorgungssystem führen. Leider war es mangels zuverlässiger Daten nicht möglich, ein vollständiges Bild der Patientenwartezeiten zu ermitteln. Daher entschloss man sich, die Wartezeiten für jede Abteilung anhand von Durchschnittszeiten, der Standardabweichung und durch Identifizierung von Ausreißern (d. h. Patienten, die länger oder kürzer als normal warteten) zu approximieren.

Darüber hinaus befasste sich ABB mit Visualisierungen, die dabei helfen können, einen einmaligen Prozessablauf für bestimmte Krankheiten zu bestimmen. Überraschenderweise können sich die Behandlungspläne von Patienten nach der Diagnose von Fall zu Fall unterscheiden, d. h. die zu besuchenden Abteilungen und Verfahrensweisen hängen zu einem gewissen Grad von der Beurteilung und spontanen Entscheidung des verantwortlichen Arztes bzw. der verantwortlichen Ärzte ab. Dabei wäre es hilfreich, einen relativ einheitlichen Ablauf für jede Krankheit zu haben. Zurzeit unterscheidet sich der Ablauf von Patient zu Patient. Die Forscher haben einige Gemeinsamkeiten gefunden und näherungsweise einen solchen Ablauf für bestimmte Krankheiten bestimmt.

Innovatives Visualisierungsdesign

Im Rahmen des Projekts wurde ein webbasiertes Portal mit verschiedenen Ansichten entworfen und erstellt, die eine interaktive Exploration der medizinischen Daten ermöglichen. Folgende Hauptübersichten stehen zur Verfügung: Übersicht über den Patientenstrom, Übersicht über die Patientenfälle und Übersicht über die Patientenübergänge zwischen den Abteilungen →3.

Die Visualisierungslösungen könnten das Personal entlasten, damit es sich um das kümmern kann, was es am besten kann – die Betreuung der Patienten.

Die Patientenstromübersicht ist eine hierarchische Darstellung, die den Aufbau des Krankenhauses und die Zahl der akuten und geplanten Patienten zeigt, die die jeweiligen Abteilungen über einen bestimmten Zeitraum besucht haben →4. Die Oberfläche bietet Funktionen zur Filterung der Daten nach diagnose- und zeitbezogenen Attributen. Die einzelnen Abteilungen können erweitert

oder reduziert werden. Das Spektrum der Wartezeiten wird in Form von Histogrammen rund um jede Abteilung (mit zunehmender Wartezeit im Uhrzeigersinn) angezeigt. Je höher die Säule, desto größer ist die Zahl der wartenden Personen. Bewegt man den Mauszeiger über eine Säule, erscheint ein Popup mit der genauen Information. Die Farben der Balken kennzeichnen die Länge der Wartezeit: kürzer, etwas länger oder deutlich über einem geschätzten Schwellenwert. Per Mausklick auf einen Balken gelangt der Nutzer zur Übersicht über die Patientenfälle zu der jeweiligen Säule des Histogramms.

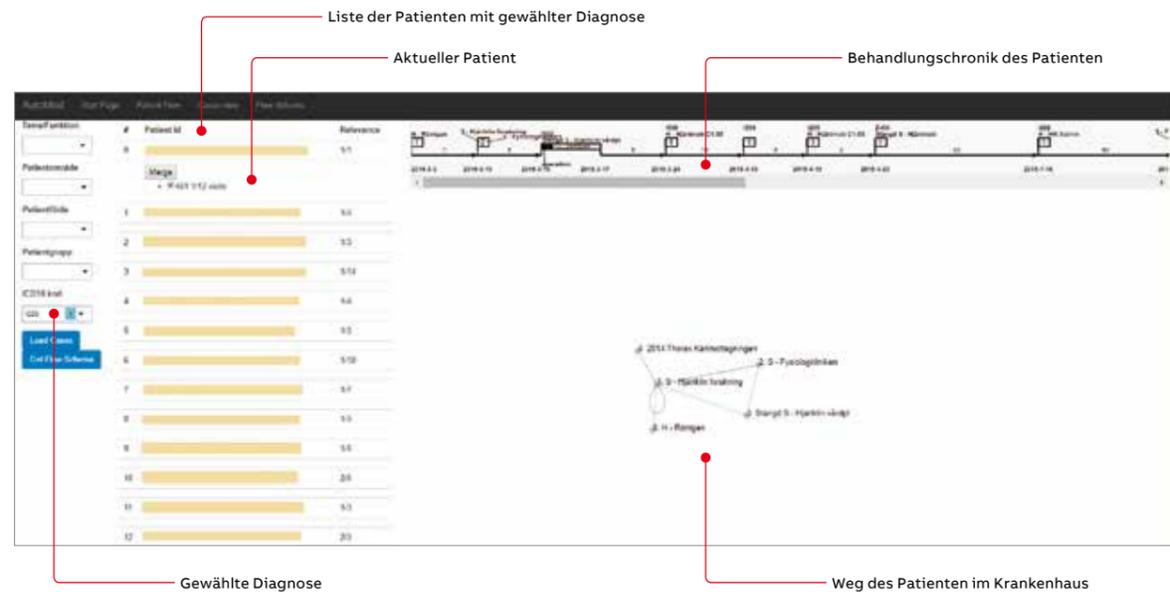
AutoMed ist ein webbasiertes Portal mit verschiedenen Ansichten zur interaktiven Exploration von medizinischen Daten.

Die Patientenfallübersicht zeigt die Krankheitsgeschichte der Patienten. Mithilfe von Filtern und Identifikationsnummern kann ein bestimmter, allerdings anonymer, Patient gefunden werden. Die Zeitleistendarstellung zeigt den zeitlichen Verlauf einer Krankheit einschließlich Diagnosen,

besuchten Abteilungen, erhaltenen Behandlungen und Wartezeiten →5,6. Um zu ermitteln, warum es zu Wartezeiten kam, wird der betreffende Zeitraum mit der Verfügbarkeit der erforderlichen Ressourcen, z. B. die Zahl freier Betten in diesem Zeitraum, korreliert.

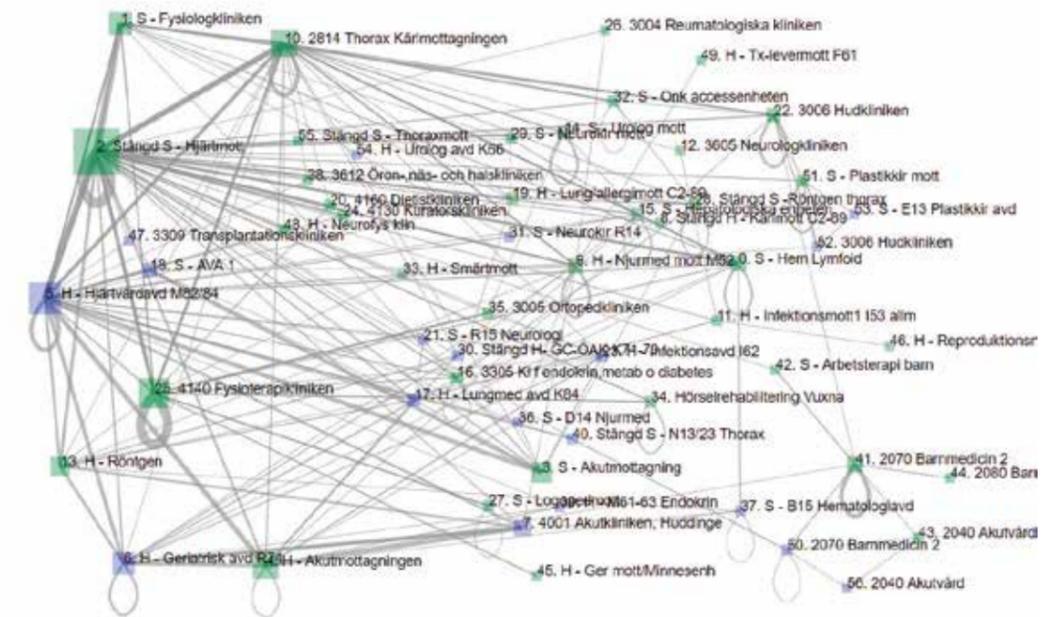
Die Übersicht über die Patientenübergänge zeigt die Übergänge eines Patienten zwischen den verschiedenen Abteilungen während des Behandlungsprozesses. Zur genaueren Betrachtung können die Abteilungen und die von vielen Personen vollzogenen Übergänge vergrößert werden. Genaue numerische Informationen erhält der Nutzer, indem er den Mauszeiger über die visuellen Elemente bewegt. Mithilfe von Filtern können Abteilungen und Übergänge identifiziert werden, die mit einer bestimmten Krankheit in Verbindung stehen →7.

Da der Erfolg einer Visualisierung an ihrer Gebrauchstauglichkeit (Usability) gemessen wird, wurde das Webportal medizinischem Fachpersonal vorgestellt und von einzelnen Personen praktisch getestet – mit positiven Rückmeldungen: Die Teilnehmer erwarteten weitere Systemverbesserungen und zeigten sich offen gegenüber einer Fortsetzung des Projekts.



06 Die Übersicht über die Patientenfälle zeigt den zeitlichen Verlauf einer Krankheit.

07 Die Übersicht über die Patientenübergänge zeigt die Bewegung von Patienten zwischen den Abteilungen. Die Größe des Abteilungs-symbols und die Dicke der Verbindungslinien spiegelt die Anzahl der Besuche wider.



Literaturhinweise

- [1] Euroheat & Power (01 May 2017): „District Energy in Sweden“. Verfügbar unter: www.euroheat.org/knowledge-hub/district-energy-sweden/
- [2] J. Westbrook et al. (24. Nov. 2011): „BMC Health Service“. Verfügbar unter: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3238335

Herausforderungen und künftige Schritte
Der Zugang zu hochwertigen Daten ist entscheidend für die erfolgreiche Entwicklung datenbasierter Lösungen, stellt aber für viele Branchen einschließlich des Gesundheitswesens eine Herausforderung dar. Im Rahmen der beiden hier genannten Projekte traten verschiedene datenbezogene Probleme auf, die von rechtlichen Aspekten bei der Datenübertragung und einer geringen Datenqualität bis hin zu fehlenden Daten und branchenspezifischem Jargon reichten. Um diese Schwierigkeiten zu beseitigen, war eine umfangreiche manuelle Analyse und Datenverarbeitung erforderlich, die in enger Zusammenarbeit mit Vertretern der jeweiligen Bereiche durchgeführt wurde, bevor sich die Experten von ABB den eigentlichen Projektzielen widmen konnten.

Die Tatsache, dass an beiden Projekten eine große Zahl verschiedener Interessengruppen beteiligt war, eröffnete neue Kooperationsmöglichkeiten und zeigte verschiedene Perspektiven auf. Gleichzeitig wurden die Forschungsprozesse gelegentlich durch die stark voneinander abweichenden Vorstellungen der Beteiligten erschwert.

Im Rahmen der Feldstudien stießen die ABB-Experten auf einige eingefahrte Arbeitsweisen, die einer Akzeptanz neuer Lösungen und Methoden tendenziell entgegenstanden. Gleichwohl zeigten sich die Industrienutzer und das medizinische Personal interessiert an den Vorteilen neuer Visualisierungslösungen und sahen darin eine Möglichkeit zur künftigen Steigerung der Effizienz.

Der nächste logische Schritt ist die Einbindung von maschinellen Lernverfahren und künstlicher Intelligenz.

Inspiziert durch den Erfolg beider Projekte werden die Forscher bei ABB ihre Arbeit an effektiven Big-Data-Visualisierungen fortsetzen. Der nächste logische Schritt ist die Einbindung von maschinellen Lernverfahren und künstlicher Intelligenz mit dem Ziel, dem Nutzer Tipps zu geeigneten Maßnahmen zu liefern. •

MODULARE PROZESSANLAGEN: TEIL 2

Anlagenorchestrierung und Pilotanwendungen

Die Modularisierung von Anlagen gilt als Möglichkeit, einige der aktuellen Herausforderungen der Prozessindustrie zu bewältigen. Zusammen mit ihren Partnern hat ABB entsprechende Konzepte und Produkte für die Automatisierung modularer Prozessanlagen entwickelt. Ergänzend zu dem in der vorherigen Ausgabe der ABB Review erschienenen ersten Artikel befasst sich der vorliegende Beitrag mit der Orchestrierung von Anlagen und den im Rahmen von Pilotstudien gewonnenen Erfahrungen.

Mario Hoernicke
Katharina Stark
 ABB Corporate Research
 Ladenburg, Deutschland

mario.hoernicke@de.abb.com
 katharina.stark@de.abb.com

Axel Haller
 ABB Industrial Automation
 Mannheim, Deutschland

axel.haller@de.abb.com

Ralf Jeske
 ABB Industrial Automation
 Minden, Deutschland

ralf.jeske@de.abb.com

Henry Bloch
Alexander Fay
 Helmut-Schmidt-Universität
 Hamburg, Deutschland

Alexander Wittenbrink
 Invite GmbH
 Leverkusen, Deutschland

Torsten Knohl
 Bayer AG
 Leverkusen, Deutschland

Stephan Hensel
Leon Urbas
Anna Menschner
 Technische Universität
 Dresden, Deutschland

Für die Eigentümer von Prozessanlagen präsentiert sich die Modularisierung als eine vielversprechende Möglichkeit, um viele ihrer aktuellen Herausforderungen – z. B. die Verbesserung der Flexibilität und Interoperabilität zwischen Anlagenkomponenten – zu bewältigen. Aus diesem Grund arbeitet ABB seit 2014 mit mehreren Partnern (Bayer, der Technischen Universität Dresden, INVITE – einer öffentlich-privaten Partnerschaft der TU Dortmund und der Bayer Technology Services GmbH – und der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg) an der Entwicklung von Konzepten zur effektiven Automatisierung modularer Prozessanlagen.

Die Modularisierung gilt als vielversprechende Möglichkeit, um viele Herausforderungen der Prozessindustrie zu bewältigen.

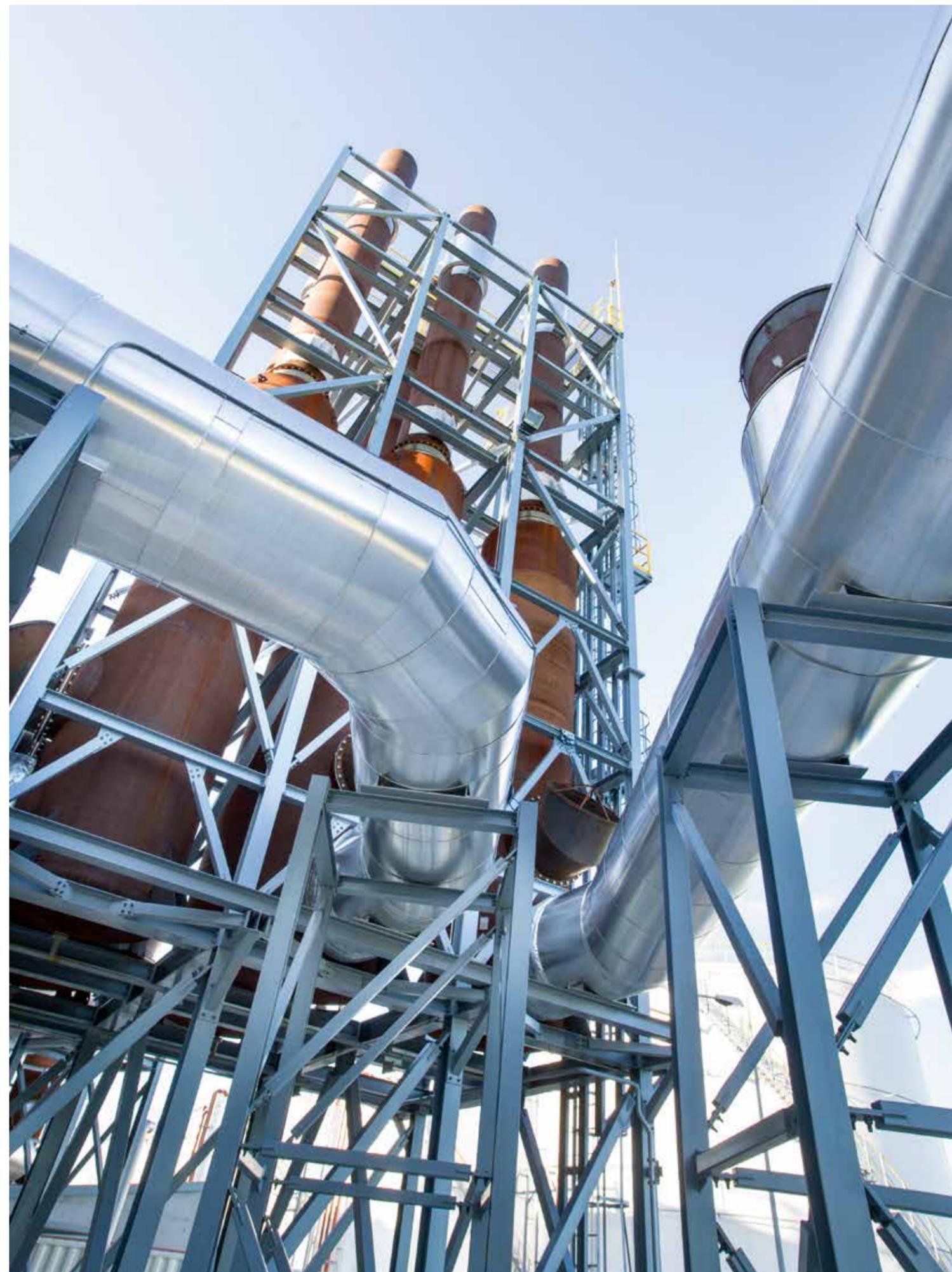
Ein modulares Automatisierungssystem besitzt zwei Ebenen, die durch ein Netzwerk miteinander verbunden sind:

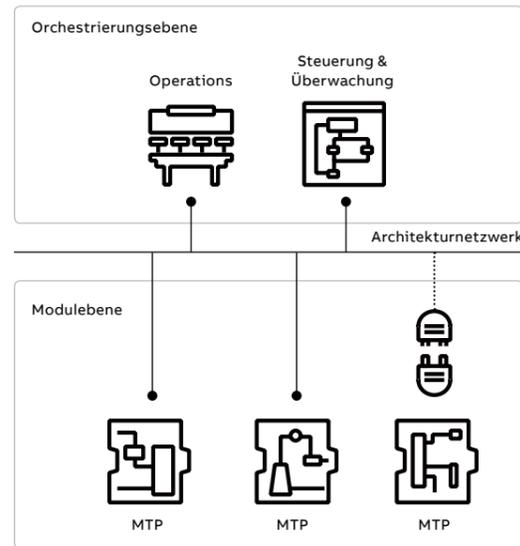
- Die Modulebene in Form eines kleinen Controllers oder einer SPS, die die Logik eines einzelnen Prozessmoduls ausführt.
- Die Orchestrierungsebene, auf der Prozessmodule integriert und zu einer Prozessanlage kombiniert werden.

Anders als eine traditionelle Prozessanlage, die auf Tausenden von Messstellen basieren kann, ist eine modulare Anlage eher mit einer objektorientierten Softwareumgebung vergleichbar, allerdings mit einem funktionsorientierten, modulbasierten Ansatz. Ein Ergebnis des gemeinsamen Projekts von ABB mit ihren Partnern ist die Definition der Prozessmodulschnittstelle, des sogenannten Module Type Package (MTP), das eine nahtlose Integration von Prozessmodulen in ein Orchestrierungssystem ermöglicht [1] →1.

Im MTP sind die Schnittstellen der Automatisierungstechnik spezifiziert, die für die Kommunikation zwischen dem Modulautomatisierungssystem und dem übergeordneten Orchestrierungssystem erforderlich sind. Das MTP dient zur Identifizierung der Funktionalität und Kommunikationsschnittstellen eines modularen Automatisierungssystems und ist somit der Schlüssel zu dem von modularen Anlagenarchitekturen versprochenen geringen Engineering-Aufwand.

Die Modulebene setzt sich aus den benötigten Modultypen zusammen, die vom Anlagenplaner gewählt werden können. Jedes Modul stellt eine Reihe von gekapselten Prozessfunktionen – die sogenannten Dienste – bereit, die von einer Prozessführungsebene (kurz PFE) orchestriert werden können. Diese Dienste beschreiben Prozessfunktionen wie Mischen, Dosieren oder Erwärmen. Die einzelnen Module arbeiten zusammen, um die Anforderungen der Anlage zu erfüllen.





01

Beim Aufbau eines neuen Systems werden zunächst die Modultypen entwickelt und dann in die PFE integriert. Durch die Wiederverwendung von Modulen desselben Typs lässt sich der Engineering-Aufwand für die Anlage drastisch reduzieren.

Die Kommunikation zwischen der Modulebene und der Orchestrierungsebene erfolgt per OPC UA. Die PFE fungiert als OPC-UA-Client, der sich mit den OPC-UA-Servern der Module verbindet, um die erforderlichen Befehle an die Module zu übermitteln.

Durch Wiederverwendung von Modulen desselben Typs lässt sich der Engineering-Aufwand drastisch reduzieren.

Für die relativ geringen Anforderungen der Modulebene kann ein kleineres Automatisierungssystem wie ein Controller vom Typ Freelance AC700F oder die B&R X20-Familie eingesetzt werden. Für die Orchestrierungsebene wurde das ABB Extended Automation System 800xA gewählt.

Orchestrierungsebene

Über der Modulebene befindet sich die Orchestrierungsebene. Diese steuert die Module, indem sie die darin enthaltenen Dienste startet, stoppt

und visualisiert und das Bedienbild (HMI) der Module entsprechend der im MTP definierten Modulspezifikation darstellt. Eine typische Orchestrierungsebene nutzt keinen weiteren Controller, sondern steuert die Module per OPC UA, z. B. über einen normalen PC. Da die Module auf äußerst komfortable Weise im MTP definiert werden können, geht das Engineering eines Orchestrierungssystems sehr einfach und schnell vonstatten.

Engineering der Orchestrierungsebene

Das Engineering der Orchestrierungsebene umfasst drei Teile: eine Modultyp-Bibliothek, die Definition der Anlagenstruktur und die Definition des Steuerungskonzepts.

Ein bedeutender Teil des Konzepts ist die erweiterbare Modultyp-Bibliothek. Jeder verwendete Modultyp wird in diese Bibliothek importiert und steht damit den anderen Editoren des Engineering-Tools zur Verfügung. Der Import erfolgt durch einfaches Auswählen einer MTP-Datei. Eine weitere Konfiguration ist nicht erforderlich.

Sobald die erforderlichen Module zur Bibliothek hinzugefügt wurden, können sie genutzt werden, um die Anlagenstruktur zu definieren. Dabei besitzt jeder Modultyp Anschlüsse, die als Verbindungspunkte für Materialflüsse (Anschluss einer Rohrleitung) oder Informationsflüsse (Anschluss eines Signals) betrachtet werden können. Diese Informationen können auch für das Engineering der Anlagentopologie genutzt werden. Dabei wird für jedes Modul ein Symbol in den Topologie-Editor gezogen und damit eine Instanz des Moduls erstellt →2. Die Module werden mithilfe ihrer im MTP festgelegten Anschlüsse miteinander verbunden. Jedes Modul besitzt einen eindeutigen Tag-Namen, mit dem es in der PFE identifiziert werden kann.

Der letzte Schritt besteht in der Definition eines Steuerungskonzepts. Dies erfolgt mithilfe einer Methode auf der Basis einer Ablaufsprache (AS), mit der sich wie in der IEC 61131-3 beschriebenen Schritte, Transitionen sowie parallele und alternative Verzweigungen definieren lassen. Der Hauptunterschied zu gängigen Ablaufsprachen liegt in der Definition der Steuerlogik hinter den Schritten und Transitionen. Statt Code gemäß IEC 61131-3 wird eine Liste von Modulen, den dazugehörigen Diensten und den möglichen Befehlen verwendet. Die nutzbaren Module werden automatisch in den betreffenden Tabellen angezeigt, die auf der zuvor entwickelten Anlagenstruktur basieren.

— 01 Architektur des modularen Automatisierungssystems von ABB.

— 02 Anlagenmodellierung: Für jedes Modul wird ein Bedienbild generiert.

— 03 Für jede Messstelle jedes Moduls haben die Faceplates und Symbole sofort Zugang zu den Onlinewerten. Die Dynamisierung erfolgt automatisch.

— 04 Arbeitsplatz für die Modulorchestrierung in System 800xA. Ein Übersichtsbild mit den Topologien der modularen Anlage und den Abläufen für die Orchestrierung wird automatisch erstellt.

Mit diesem recht einfachen Engineering-Konzept kann ein Großteil der Laufzeit generiert werden. Die Laufzeit besteht aus zwei Hauptteilen: der Visualisierung und der Orchestrierung der Module.

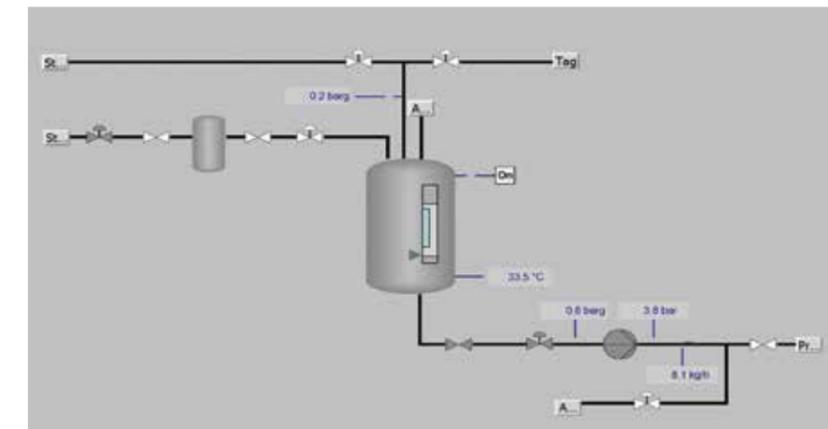
Vom Engineering-Tool werden die für die Anlage erforderlichen Informationen in System 800xA importiert. Dort werden alle für das Bedienpersonal und die Anlagenplaner relevanten Informationen automatisch generiert →2–4.

Bei der beschriebenen Erzeugung der Orchestrierung in System 800xA erfolgen das Engineering der modularen Anlage und die Einrichtung der

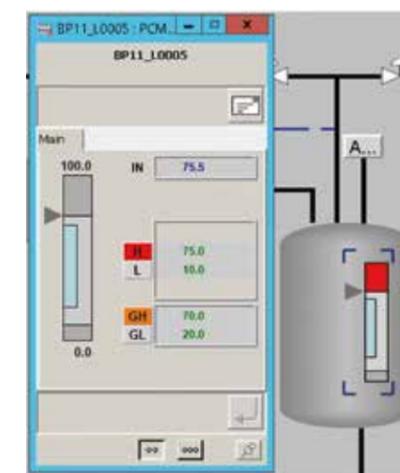
Orchestrierungslaufzeit fast vollständig automatisch. Der Nutzer erhält eine voll funktionsfähige Betriebsumgebung, die sofort in der Lage ist, die Module zu orchestrieren, sobald eine Online-Verbindung hergestellt ist.

Pilotanwendungen

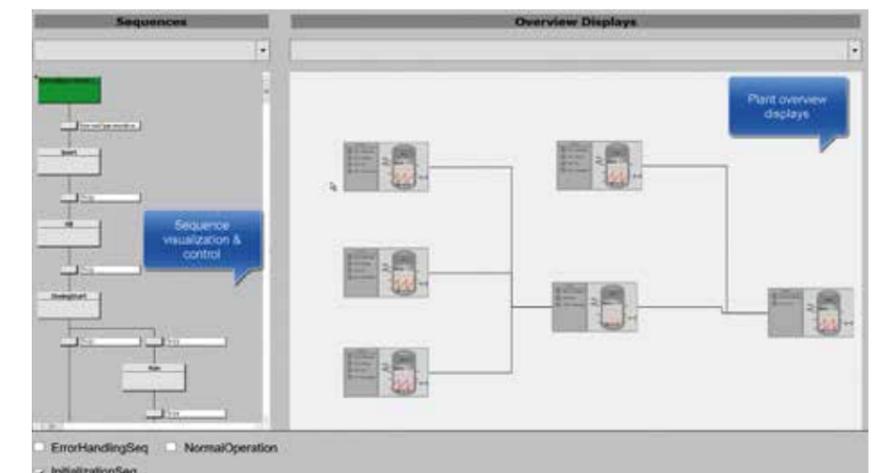
Um die Funktionstüchtigkeit der Konzepte zu überprüfen, wurde ein Prototyp des Systems in zwei Anwendungen getestet – einmal in Zusammenarbeit mit der NAMUR (der Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie) und einmal in einer realen Pilotanwendung in Zusammenarbeit mit dem Pharmaunternehmen Bayer AG.



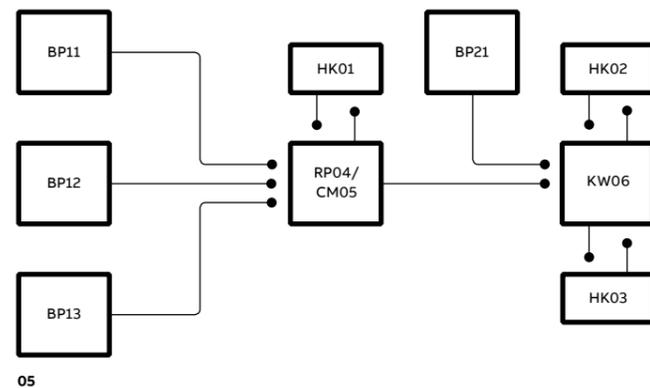
02



03



04



05

NAMUR-Anwendung

Die NAMUR-Anwendung umfasst drei verschiedene Modultypen mit jeweils zwei bis vier Funktionen, die verwendet werden können:

- Vorlagebehälter (BPxx), viermal in der Anlage verwendet. Funktionen: Inertisierung, Dosierung, Entleerung und Füllung.
- Mischreaktor (RPxx), einmal in der Anlage verwendet. Funktionen: Inertisierung, Temperierung, Prozessausführung.
- Destillation (KWxx), einmal in der Anlage verwendet. Funktionen: Inertisierung und Prozessausführung.

Das Engineering der modularen Anlage und die Einrichtung der Orchestrierungslaufzeit erfolgen fast vollständig automatisch.

Die Verbindung der Module untereinander ist in →5. dargestellt. Drei der Vorlagemodule bilden ein Dosiersystem für den Mischreaktor. Das Produkt aus dem Mischreaktor wird einer Destillationsstufe zugeführt, die ebenfalls mit einem Vorlagemodul verbunden ist.

Ebenfalls mit der Destillationsstufe verbunden sind Erhitzer (HKxx in →5). die allerdings bei der Pilotanwendung nicht berücksichtigt wurden. Darüber hinaus kann der Reaktor gegen einen kontinuierlichen Reaktor (CM05 in →5) ausgetauscht werden. Dieses Modul ist dem RP-Reaktor sehr ähnlich und wurde in der Pilotanwendung nicht verwendet.

Damit keine unerwünschten Reaktionen mit Verunreinigungen stattfinden, muss der Prozess zunächst inertisiert werden, bevor die anderen Funktionen ausgeführt werden können. Aus diesem Grund müssen die anderen Funktionen der Modultypen mit der Inert-Funktion verriegelt sein.

Für jedes Modul muss ein Bedienbild (HMI) bereitgestellt werden. Die HMIs wurden von den Rohrleitungs- und Instrumentierungsdiagrammen abgeleitet, die von der NAMUR für die Fallstudie bereitgestellt wurden.

Eine Beschreibung der Module und der modularen Anlage wurde ebenfalls bereitgestellt. Auf der Grundlage dieser Informationen wurden die Module der Fallstudie mithilfe von ABB-Komponenten und dem Prototyp implementiert. Für jeden Modultyp wurde ein MTP erstellt.

Mithilfe dieser MTPs wurden die Anlagentopologie und ein Ablauf für das Anfahren der Anlage entwickelt. Dieser endet, sobald die Anlage den stationären Zustand erreicht hat.

Bayer-Anwendung

Bei der von Bayer bereitgestellten Pilotanwendung handelt es sich um ein Filtrieranlagensystem zur Herstellung pharmazeutischer Wirkstoffe. Für dieses Pilotanwendungsszenario wurden zwei Module mit Controllern vom Typ ABB Freelance und eines mit einem Controller vom Typ B&R X20 ausgerüstet. Das Engineering erfolgte mithilfe des Prototyps und der Freelance-Engineeringsoftware.

— 05 Von der NAMUR beigesteuertes Fallbeispiel.

— 06 Filtrationsmodul von Bayer, ausgestattet mit dem modularen Automatisierungssystem von ABB.

Literaturhinweise

[1] Jens Bernshausen et al.: „NAMUR Module Type Package – Definition“. atp edition 1–2/2016, S. 72–81.

[2] ABB: „Modular automation solution for life science company Bayer AG“. Verfügbar unter: new.abb.com/life-sciences/references/modular-automation-solution-for-life-science-company-bayer-ag

Die Dienste für jeden Modultyp wurden auf Grundlage der bereitgestellten Rohrleitungs- und Instrumentierungsdiagramme, Funktionsbeschreibungen, Abläufe, Codebeispiele und Taglisten erarbeitet. Die herkömmlichen Engineering-Dokumente dienten als Eingabe und wurden in eine dienstbasierte Beschreibung umgewandelt.

Die Pilotanwendungen zeigen, dass die modularen Automatisierungskonzepte für modulare Anlagen funktionieren.

Anschließend wurden die MTPs erstellt und zur MTP-Bibliothek im Engineering-Tool für die Orchestrierung hinzugefügt, in dem die Topologie der modularen Anlage und die Abläufe zum Betrieb der Anlage entwickelt wurden. Eines der daraus resultierenden Module ist in →6 dargestellt [2].



06

Beide Pilotanwendungen zeigen, dass die Konzepte funktionieren und die gesetzten Ziele, d. h. reduzierter Engineering-Aufwand, verkürzte Inbetriebnahmezeit und schnelle Markteinführung, erfüllen.

Schnelles Engineering durch modulare Automatisierung

Die Pilotanwendungen zeigen, dass die modularen Automatisierungskonzepte für modulare Anlagen einschließlich Betrieb, Überwachung und Steuerung funktionieren. Der zur Einrichtung des Systems erforderliche Engineering-Aufwand fiel mit dem neuen Ansatz im Vergleich zu traditionellen Methoden erheblich geringer aus. Außerdem kann ein Modul, das einmal in Betrieb genommen wurde, wiederverwendet werden, was das zukünftige Engineering und die Inbetriebnahme einer modularen Anlage beschleunigt. Insgesamt wird der Aufwand für das Anlagenengineering und die Inbetriebnahme erheblich verringert.

Das Endergebnis ist ein Softwareprodukt, das für die Automatisierung modularer Anlagen verwendet werden kann.

Das Projekt lieferte wertvolle Eingaben für die Standardisierung des MTP. Zudem fließen die Ergebnisse des Projekts mit unterschiedlichen Perspektiven (Universität, Konzernforschung, Produktentwicklung und Anlagenbetreiber) in die Arbeiten der Community ein. Auf diese Weise konnte die Norm, die von den Projektpartnern weiterentwickelt wird, erheblich vorangetrieben werden.

Das Endergebnis ist ein Softwareprodukt, das für die Automatisierung modularer Anlagen verwendet werden kann. Dieses wird von ABB und ihren Partnern weiterentwickelt, um neuesten Anforderungen zu entsprechen, fehlende Merkmale zu integrieren und neueste Teile der Norm zu berücksichtigen. •

AUTONOME SYSTEME

Datenanalysetools liefern Einblicke in Ereignisse und Alarme

Die neuen umfassenden, maßgeschneiderten Datenanalyse- und Diagnosetools von ABB bieten Prozessindustrien ein hohes Maß an Transparenz zur Erkennung, zum Vergleich und zur Behandlung von Störungen, Alarmfluten und Zeitreihendaten. Das neue System kann vor Ort oder in der Cloud implementiert werden und hilft Ingenieuren dabei, bessere Entscheidungen zu treffen.



Moderne Prozessautomatisierungssysteme erzeugen laufend riesige Datenmengen. Ein System im Upstream-Bereich der Öl- und Gasindustrie liefert den ABB-Serviceingenieuren z. B. jeden Monat rund 1,5 GB an komprimierten Daten mit über 3.900 Tags und 250.000 Alarmen und Ereignissen. Für eine Nutzung im industriellen Kontext muss diese Informationsflut in angemessener Qualität bereitgestellt werden.

DIAS verbindet moderne Datenanalyseverfahren mit der umfangreichen Erfahrung der ABB-Serviceingenieure.

Datenanalysen sind der Schlüssel, wenn es darum geht, aus der Fülle der generierten Rohdaten nützliche Informationen zu extrahieren, um erwünschte und unerwünschte Prozesszustände zu erkennen, Empfehlungen für Verbesserungen abzugeben und es dem Bedienpersonal zu ermöglichen, die notwendigen Maßnahmen einzuleiten. Allerdings erfordern solche Analysen fundiertes Anwendungswissen und sind sehr mühsam.

Da Sicherheit, Effizienz und Profitabilität miteinander einhergehen, hat ABB eine neue Analyselösung entwickelt, die sich an die Bedürfnisse der automatisierten Prozessindustrie richtet: Data Analytic Tools for Industrial Automation (DIAS). Das 2017 zur Stärkung der Analyse- und Diagnosefähigkeiten entwickelte System verbindet moderne Datenanalyseverfahren mit der umfangreichen Erfahrung der ABB-Serviceingenieure in einer umfassenden und dennoch maßgeschneiderten analytischen Prozesslösung →1. Das System ermöglicht eine ganzheitliche Sicht auf historische Daten und bietet interaktive Darstellungen, mit denen wichtige Details herausgehoben und intelligente und effiziente Datenanalysen durchgeführt werden können. Auf diese Weise können Zusammenhänge erkannt und wichtige Einblicke in Prozesse gewonnen werden, die wiederum bessere Entscheidungen und einen profitableren Betrieb ermöglichen.

01 DIAS hilft dem Leitpersonal in modernen Prozessanlagen bei der Diagnose von Störungen und Alarmfluten.

Nuo Li
Martin Hollender
Andrew Cohen
Moncef Chioua
Matthieu Lucke
ABB Corporate Research
Ladenburg, Deutschland

nuo.li@de.abb.com
martin.hollender@de.abb.com
andrew.cohen@de.abb.com
moncef.chioua@de.abb.com
matthieu.lucke@de.abb.com

Rheinhard Bauer
Ehemaliger ABB-Mitarbeiter

Explorer für Alarme und Ereignisse

Alarme zeigen Störungen in Prozessanlagen an. Sind sie einmal ausgelöst, können sie sich rasch ausbreiten und zu Alarmfluten entwickeln. Bedienerpersonal, das nicht in der Lage ist, diese Ereignisse sicher zu handhaben, wird nicht selten überfordert. Die meisten Vorfälle im Chemiesektor, die vom US Chemical Safety Board untersucht wurden, sind auf solche Alarmfluten zurückzuführen [1]. Ein sicherer Anlagenbetrieb ist also nicht nur für die menschliche Belegschaft von größter Bedeutung. Die mit solchen Ereignissen verbundenen Kosten können auch erhebliche Auswirkungen auf die Profitabilität einer Anlage haben.

Dies hat ABB dazu veranlasst, sich mit Möglichkeiten zur Verbesserung des Datenanalyseprozesses zu befassen und diese an einer Offshore-Separationsanlage für Öl und Gas zu testen →2. Diese Anlagen haben die Aufgabe, Rohöl, Gas und Kondensate vor deren Abtransport in der Nähe des Bohrlochs zu trennen. ABB bekam die Betriebsdaten einer entsprechenden Anlage zur Verfügung gestellt, um das DIAS-System zu evaluieren. Die Daten wurden über einen Zeitraum von 382 Tagen aufgezeichnet.

Die Darstellung im AE Explorer ermöglicht eine schnelle und einfache Untersuchung eines verdächtigen Ereignisses.

Die ABB-Serviceingenieure begannen damit, die Prozessalarme und Abschaltungen mithilfe ihrer Erfahrung zu untersuchen. Der DIAS Alarm and Event Data Explorer (AE Explorer) half ihnen dabei,

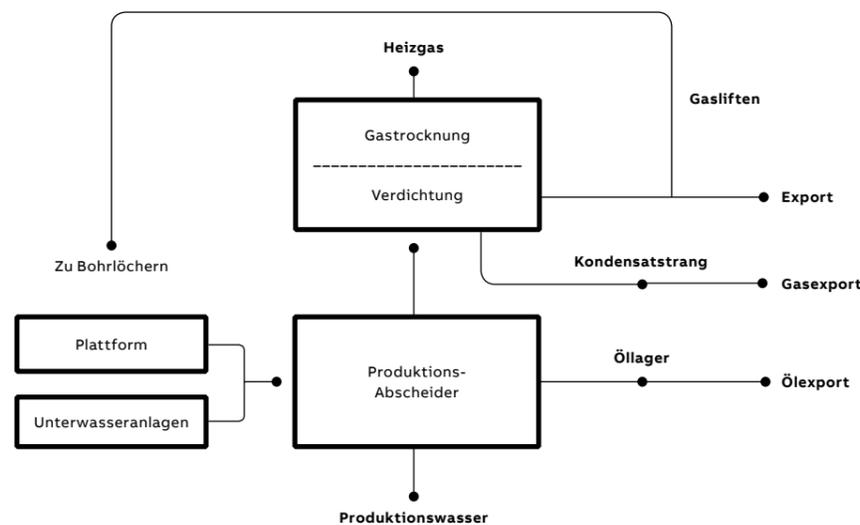
interessante Ereignisse schnell zu identifizieren. Die Ergebnisse können in umfassenden, aber dennoch menschenlesbaren Ansichten dargestellt werden →3. Durch Verschieben, Hineinzoomen in Details und weitere Aktionen können Ingenieure die Daten auf einfache Weise näher untersuchen, um sich Klarheit über ein Ereignis oder eine Situation zu verschaffen.

Wird ein verdächtiges Ereignis gefunden, kann dieses ausgewählt und die Funktion „Investigate“ aktiviert werden. Daraufhin ordnet der AE Explorer die Darstellung anders an, um eine schnelle und einfache Untersuchung des Ereignisses zu ermöglichen. Ausgehend vom Sortierergebnis erhält der Nutzer z. B. ein klares Bild von der Kausalkette eines Ereignisses →4. Dies wiederum ermöglicht Ingenieuren eine schnellere und bessere Reaktion auf alltägliche Situationen wie z. B. Störungen.

Analyse außergewöhnlicher Situationen

Durch den Einsatz von verteilten Prozessleitsystemen und die Interkonnektivität von Prozessanlagen stellen Alarmfluten eine echte Herausforderung für das Alarmmanagement moderner Prozessanlagen dar [2]. So kann eine schnelle und präzise Diagnose wiederkehrender Alarmfluten für den Betrieb einer Anlage von erheblichem Nutzen sein. Daher bietet DIAS ein innovatives Tool auf der Basis maschineller Lernverfahren, das in der Lage ist, problematische Alarmfluten in Gruppen zusammenzufassen und zu klassifizieren und somit die wiederkehrenden Alarmfluten in der riesigen Menge von Betriebsdaten selektiv zu erkennen.

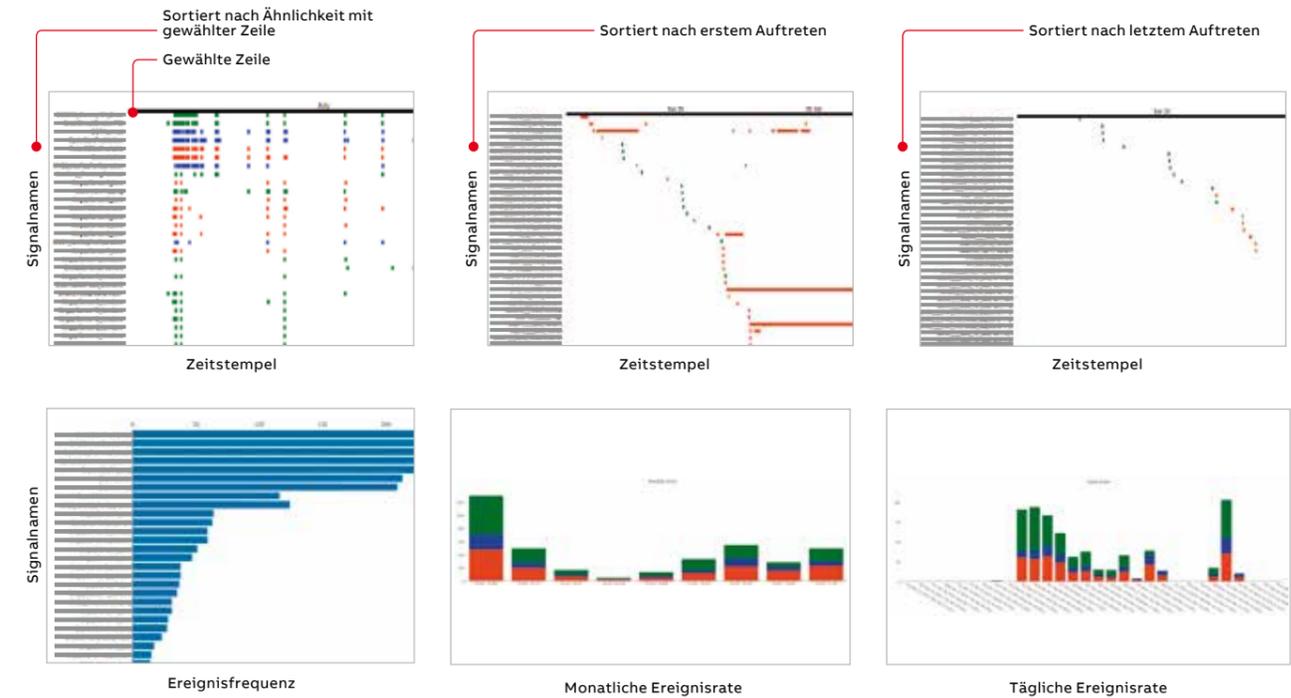
Diese nützliche Funktion wurde an einer Offshore-Separationsanlage für Öl und Gas →2 umfassend getestet. Dabei erkannte DIAS 1.473 einzelne Alarm-Tags. Bei einem Schwellenwert für



02



03a



03b

02 Prozessdiagramm der Separationsanlage.

03 DIAS Alarm and Event Data Explorer (AE Explorer).

03a Suchmaske im AE Explorer.

03b Der AE Explorer erleichtert die Identifizierung und Sortierung von Ereignissen.

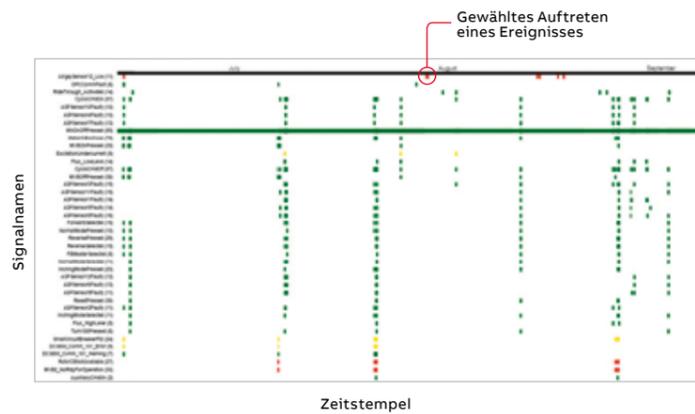
Alarmfluten von acht Alarmen in 10 Minuten identifizierte DIAS 926 Alarmfluten und teilte sie automatisch nach ihrer Ähnlichkeit in fünf Klassen ein. In einer außergewöhnlichen Situation ordnete das System 16 Alarmfluten derselben Klasse zu. Darüber hinaus identifizierte DIAS den Ort der außergewöhnlichen Situation, nämlich das für das Wiedereinpressen von gefördertem Produktionswasser verantwortliche PWRI-System (Produced Water ReInjection System) →5.

Alarmfluten in dieser Klasse beginnen mit einem „Low-Flow“-Alarm aufgrund eines geringen Durchflusses in der Pumpe P11 (A FICA 130 L), gefolgt von einem „Low-Flow“-Alarm in der Pumpe P21 (A FICA 116 L). Dies führt zur Abschaltung beider Pumpen. Daraufhin steigt der Füllstand der Entgasungstrommel schnell an, bis nacheinander „High-Level“-Alarme für den Wasserstand (C LICA 128A H) und den Ölstand (C LT 118 H) ausgelöst werden.

DIAS bietet ein innovatives Tool zur Zusammenfassung und Klassifizierung problematischer Alarmfluten.

Wie die Tests an der Separationsanlage zeigten, eignete sich der neue Ansatz der Alarm-Koaktivierung für die Analyse fortlaufender Alarmsequenzen und war etablierten Sequenzvergleichsmethoden bei der Analyse außergewöhnlicher Vorfälle überlegen [2,3].

Da die Ergebnisse von maschinellen Lernalgorithmen für Menschen verständlich und interpretierbar sein müssen, bietet DIAS Ingenieuren ein hohes Maß an Transparenz und die Möglichkeit, die Ergebnisse der Gruppierung auf der Grundlage



04

ihres Prozesswissens zu verbessern. Dazu steht eine intuitive grafische Benutzeroberfläche (GUI) zur Verfügung. Zum Beispiel werden zwei der 16 vom Algorithmus gruppierten Alarmfluten in derselben senkrechten Box dargestellt →6a. So können Ingenieure die daraus resultierenden Klassen mithilfe von Vergleichstools oder des AE Explorers überprüfen und beurteilen.

Um die Bestimmung der Ursachen ähnlicher Alarmfluten zu unterstützen, bietet AE Explorer die Möglichkeit, ähnliche Alarmfluten mit vertikalen Linealen zu markieren und nach Ereignissen zu suchen, die häufig kurz vor und/oder nach den markierten Alarmfluten auftraten →6b. Je häufiger dies der Fall ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass das Ereignis und die betreffende Alarmflut eine gemeinsame Ursache haben →6c. Diese Möglichkeit zur Klassifizierung von Ereignissen und Untersuchung der Ursachen von Alarmfluten trägt zur Sicherheit, Produktivität und somit zur Profitabilität bei.

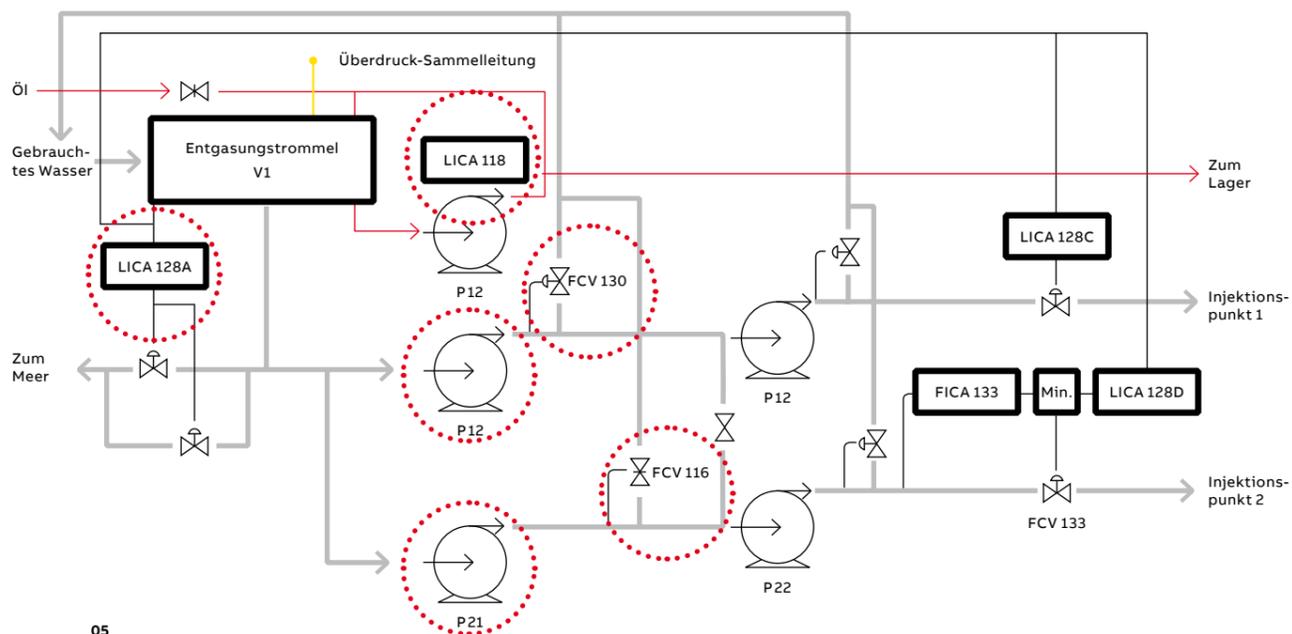
Untersuchung von Zeitreihendaten

In der Mineralstoff- und Zementindustrie kommen getriebelose Mühlenantriebe zum Einsatz, die störungsfrei laufen müssen. Um die Analysefähigkeiten dieser Systeme zu verbessern, analysieren ABB-Serviceingenieure die Betriebsdaten, die von diesen Antrieben erzeugt werden. Ihr besonderes Augenmerk gilt dabei den Werten der Zeitreihensignale kurz vor und nach einem Ereignis. Dazu kann das betreffende Ereignis zunächst mithilfe des AE Explorers identifiziert werden. Anschließend können die kurz vor und nach dem ausgewählten Ereignis aufgezeichneten Zeitreihendaten in der Transienten-Ansicht von DIAS verglichen und analysiert werden →7a.

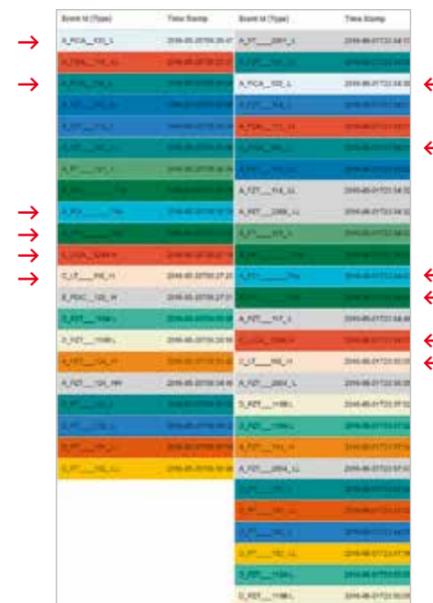
Die Transientenrecorder-Ansicht gewährt Serviceingenieuren tiefe Einblicke in die Historie eines Ereignisses. So kann z. B. durch den Vergleich der gemessenen Stromwerte am Ein- und Ausgang eines Motors ein Sensorausfall identifiziert werden →7b.

Heatmap-Ansichten zeigen wichtige Merkmale in Zeitreihendaten auf.

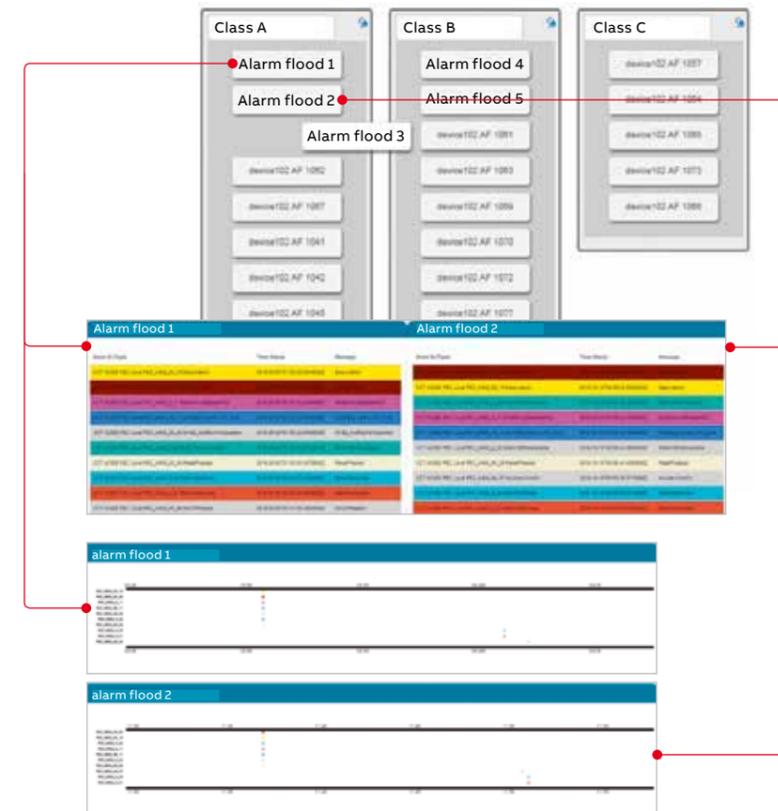
Neben einem Überblick über bestimmte interessante Situationen über mehrere Signale hinweg bietet DIAS Heatmap-Ansichten, die wichtige Merkmale in Zeitreihendaten – z. B. abrupte Veränderungen in Signalen – aufzeigen →8a.



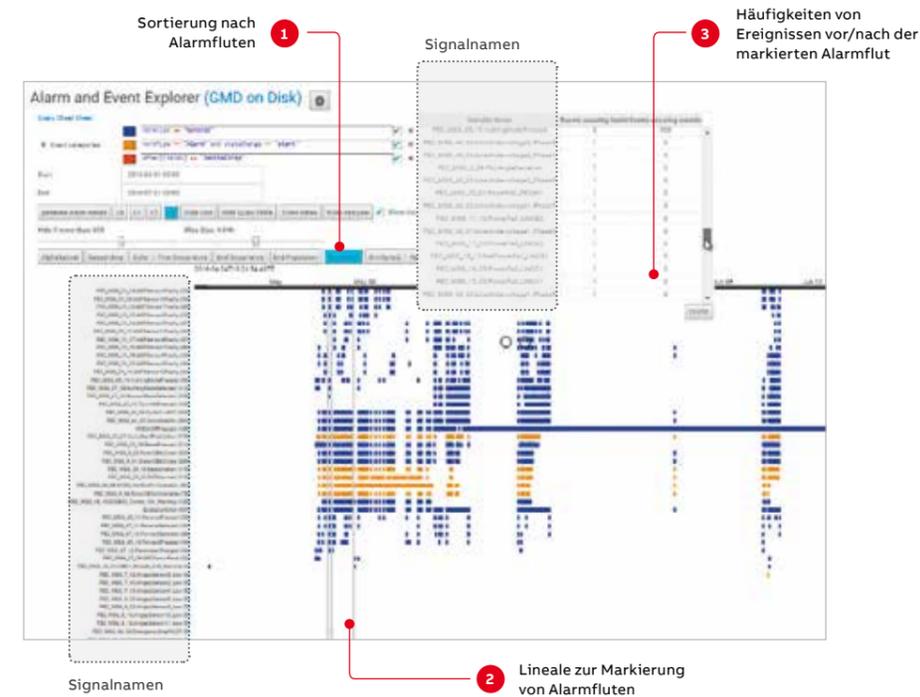
05



06a



06b



06c

04 Darstellung der Kausalkette zu einem Ereignis.

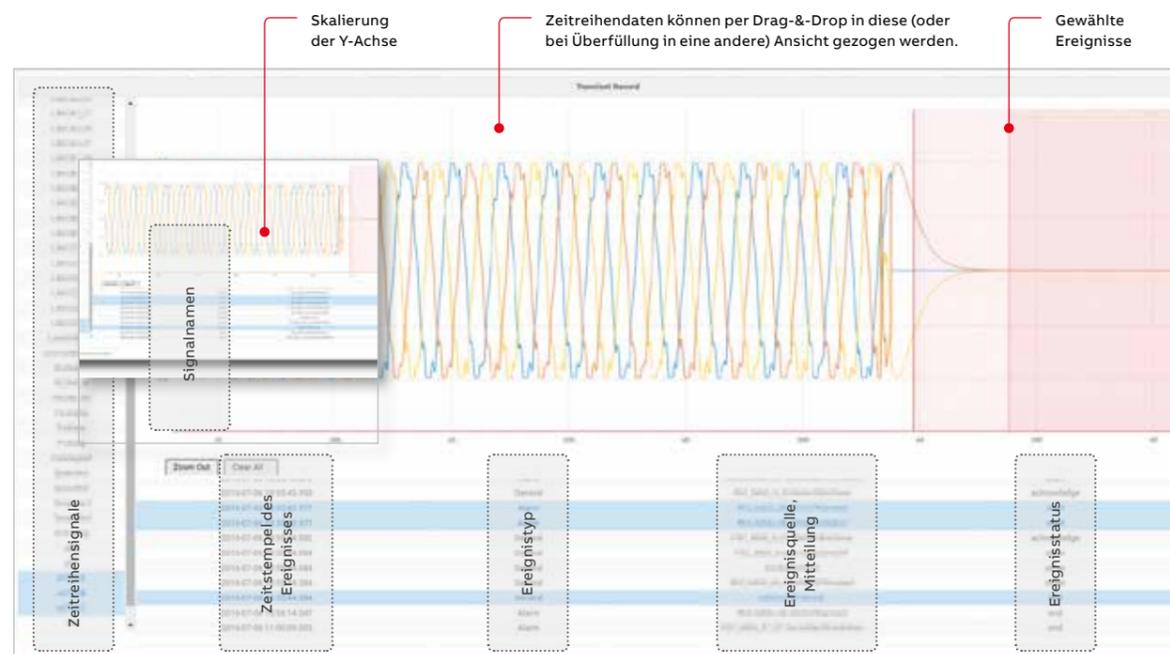
05 Prozessdiagramm des PWRI-Abschnitts. Graue Linien stehen für Wasser, schwarze Linien für Öl und gelbe Linien für Gas. Diagnostizierte Ursache: Änderung des Kraftstofftyps in den Pumpen.

06 DIAS ermöglicht Ingenieuren die Erkennung von Alarmfluten und Ereignissen.

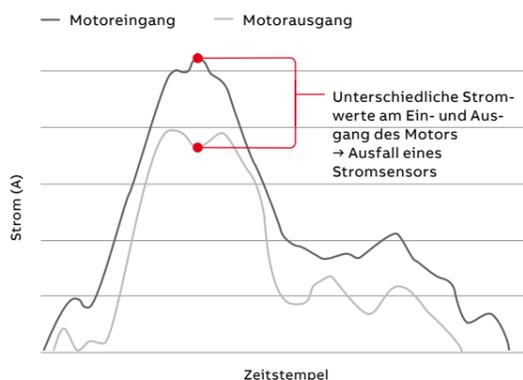
06a Zwei von DIAS in die gleiche Klasse eingegordnete Alarmfluten.

06b Eine Überprüfung und Anpassung der Gruppierungs- bzw. Klassifizierungsergebnisse ist möglich.

06c Identifizierung einer gemeinsamen Ursache für mehrere Ausfälle.



07a



07b

Jeder Abschnitt der Heatmap repräsentiert die abrupte Veränderung eines Signals in einem bestimmten Intervall. Je dunkler die Farbe, desto größer ist die Veränderung. Per Mausklick auf einen Abschnitt gelangt man zu einer hochauflösenden Trenddarstellung, die eine genauere Untersuchung ermöglicht. Ein weiteres hilfreiches Tool ist die hochverdichtete Trendansicht, die Ingenieuren einen Überblick über die gewählten Zeitreihendaten bietet →8b. Um eine bessere Erkennung von Mustern in den zeitlichen Veränderungen zu ermöglichen, werden Signale in der Trendansicht nach der Ähnlichkeit ihrer Form angeordnet, wobei die ähnlichsten Formen ganz oben aufgeführt sind. Diese und andere Funktionalitäten der hier beschriebenen Tools machen DIAS zu einem außerordentlich wertvollen Analysesystem für alle Prozessindustrien, in denen getriebelose Mühlenantriebe eine Rolle spielen.

Weitere Entwicklung und zukünftige Anwendungen

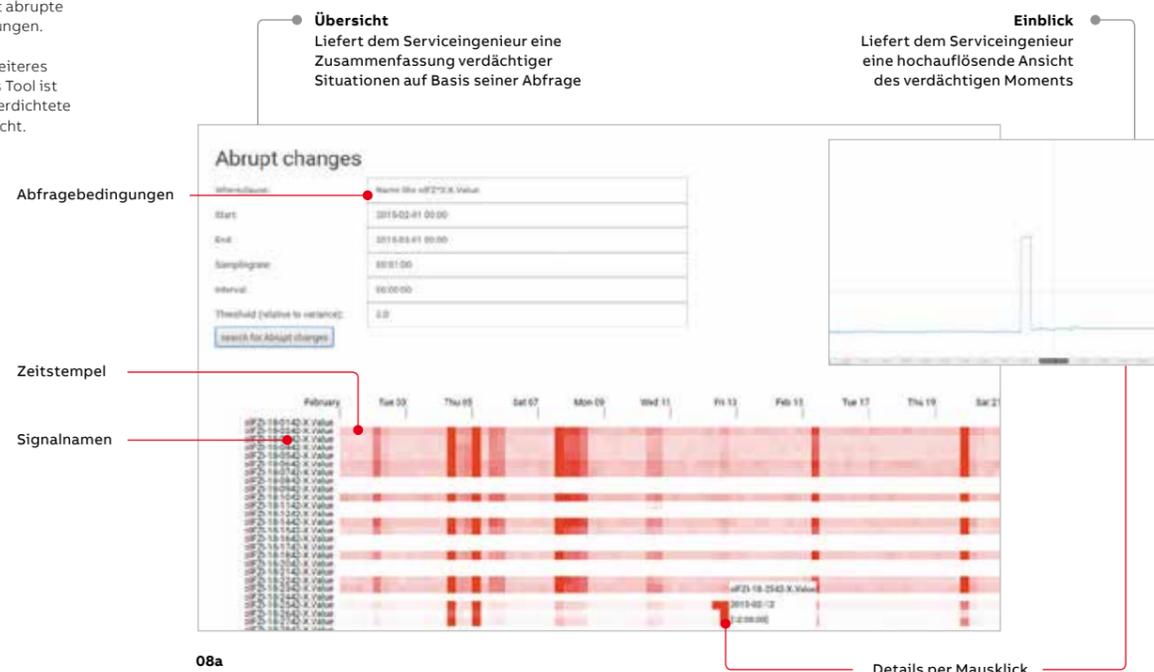
Im Laufe der Jahrzehnte haben sich ABB-Serviceingenieure durch die Bereitstellung hochwertiger Services für Prozessindustrien fundierte branchenspezifische Kenntnisse über Betriebsdaten angeeignet und bewährte Verfahren für die Analyse dieser Daten entwickelt. DIAS wurde auf iterative Weise in Zusammenarbeit mit Serviceingenieuren entwickelt, um eine bestmögliche Unterstützung ihrer täglichen Arbeit zu gewährleisten. Für ABB bedeutet dies ein höchstmögliches Maß an Zuverlässigkeit im Hinblick auf die Analyseergebnisse. DIAS wurde unter Verwendung modernster Technologien als Webanwendung entwickelt. Jedes DIAS-Tool ist modularisiert und kann entweder vor Ort oder in der Cloud implementiert werden.

DIAS wurde als Webanwendung entwickelt. Jedes Tool ist modularisiert und kann vor Ort oder in der Cloud implementiert werden.

Aufgrund der großen Vielfalt von Alarmsystemen, die zurzeit in den Prozessindustrien zum Einsatz kommen, gibt es verschiedene gängige Konzepte zur Speicherung von Alarm- und Ereignisdaten. Um Serviceingenieuren die Komplexität der Datenverbindung zu ersparen, bietet DIAS konfigurierbare

Datenverbindungen. Darüber hinaus können verschiedene Datenverbindungen wie ABB Real Time Database (RTDB), Microsoft SQL Server, Oracle Database und Elastic Search nahtlos über die Benutzeroberfläche geschaltet werden. Unabhängig davon, welcher Datenspeicher angeschlossen ist, kann über eine universelle Abfrageoberfläche nach interessanten Alarmen und Ereignissen gesucht werden →3a. Solche Abfragen beinhalten umfangreiches Prozesswissen. Um dieses Wissen mit anderen zu teilen und den Abfrageaufwand zu reduzieren, speichert DIAS Abfragevorlagen und stellt diese verschiedenen Nutzern zur Verfügung.

- 07 Transientenrecorder-Ansicht.
- 07a Durch Umschalten in die Transienten-Ansicht können bestimmte Ereignisse im Detail untersucht werden.
- 07b Erkennung eines Stromsensorsausfalls mithilfe der Transienten-Ansicht.
- 08 Der AE Explorer bietet zusätzliche Tools zur Unterstützung von Serviceingenieuren.
- 08a Eine Heatmap-Ansicht zeigt abrupte Veränderungen.
- 08b Ein weiteres nützliches Tool ist die hochverdichtete Trendansicht.



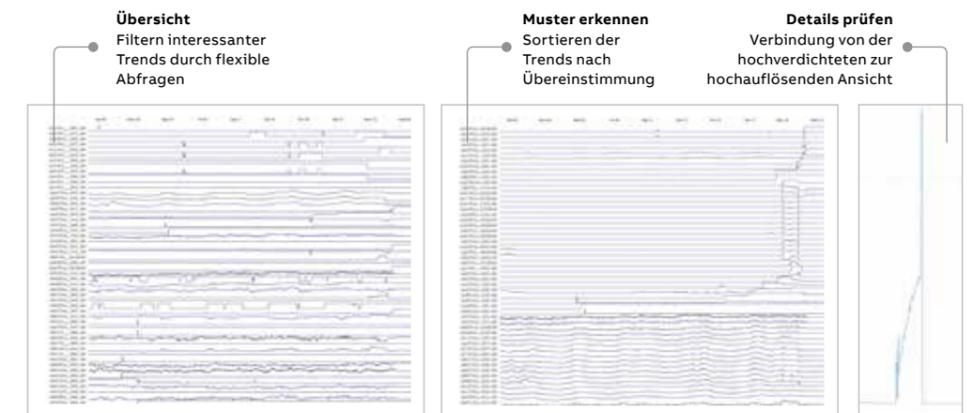
08a

Literaturhinweise

[1] D. Beebe et al.: „Alarm floods andplant incidents“. Digital Refining Processing Operation & Maintenance. ProSys Inc, 2007.

[2] V. R. Marco et al.: „Causal analysis for alarm flood reduction“. Proceedings of 11th IFAC Symposium on Dynamics and Control of Process Systems including Biosystems (DYCOPS-CAB 2016). 6.–8. Juni 2016, Trondheim, Norwegen. S. 723–728.

[3] M. Lucke et al.: „Online alarm flood classification using alarm coactivations“. Proceedings of 10th IFAC Symposium on Advanced Control of Chemical Processes. 25.–27. Juli 2018, Shenyang, China. S. 345–350.



08b

AUTONOME SYSTEME

Neues Panel bietet neue Einblicke in Antriebsdaten

Das neue ABB Drive Connectivity Panel nutzt die Möglichkeiten der neuesten mobilen Technologien für das Internet der Dinge (IoT), um mit Frequenzumrichtern in einer Vielzahl von industriellen Umgebungen zu kommunizieren. Dank der Konnektivität des Panels zu ABB Ability Cloud-Diensten haben Kunden unter anderem die Möglichkeit, den Zustand Ihrer ABB-Umrichter und Leistungskennzahlen (KPIs) aus der Ferne zu überwachen. Diese direkte Verbindung zur Cloud ist bisher einzigartig.



Roland Schmale
ABB Drives, Digital
Ladenburg, Deutschland

roland.schmale@
de.abb.com

Als führender Anbieter von Frequenzumrichtern im Standard- und Premiumsegment hat ABB das Drive Connectivity Panel →1 entwickelt, ein einzigartiges Plug-&-Play-Gerät, das vom Modern Manufacture Magazine in China mit dem Preis „Innovation Product 2018“ ausgezeichnet wurde. Das neue Panel bietet eine Vielzahl von Funktionen, die darauf ausgelegt sind, eine große Bandbreite von Informationen aus dem Inneren des Umrichters leicht lesbar und visualisierbar aufzubereiten. So können Kunden u. a. auf Einstellungen des Motorverhaltens, Regelungsmakros, Diagnosen sowie Daten zur Energieeffizienz und zu Energieeinsparungen zugreifen.



Pasi V. Karhinen
ABB Drives
Helsinki, Finnland

pasi.v.karhinen@
fi.abb.com

Die bereitgestellten Daten können dabei helfen, das wahre Potenzial von Umrichtern aufzuzeigen.

Dank der breiten Verfügbarkeit neuester mobiler Technologien für das Internet der Dinge (IoT) einschließlich NarrowBand IoT (NB-IoT) und Bluetooth ist das Panel in der Lage, mit Umrichtern in verschiedensten Industrieumgebungen zu kommunizieren. Durch die Konnektivität zu den ABB Ability Cloud-Diensten →2 mit entsprechender Datenverschlüsselung und hoher Cybersicherheit haben Kunden durch kontinuierliche Datenuploads die Möglichkeit, den Zustand ihrer ABB-Umrichter, Leistungskennzahlen (KPIs), Ereignisse sowie Echtzeit- und historische Parameter Trends aus der



01

Ferne zu überwachen. Die Remote-Unterstützung ermöglicht zudem den Zugang zu ABB-Expertenwissen für die Analyse von Problemen vor Ort.

All dies zusammen bietet dem Kunden einen erheblichen Nutzen in Bereichen wie Geräte- und Anlagenmanagement, Zustandsfernüberwachung, vorbeugende Instandhaltung, Produktnutzungsanalyse, Produktoptimierung und -individualisierung. Tatsächlich können die von der neuen Plattform bereitgestellten Daten dabei helfen, das wahre Potenzial von Umrichtern aufzuzeigen, und zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und kundenspezifischer Services beitragen.

02



01 Das neue ABB Drive Connectivity Panel ermöglicht Kunden u. a. die Überwachung des Status ihrer ABB-Umrichter aus der Ferne.

02 Das Drive Connectivity Panel überträgt die Antriebsdaten an den Cloud-Dienst ABB Ability Condition Monitoring for Drives, der wiederum genaue Informationen zu Ereignissen in Echtzeit liefert und somit zur Verbesserung der Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Instandhaltung des Antriebsstrangs beiträgt.

03 Die Fertigungsindustrie in China – ein bedeutendes Geschäftsfeld für ABB – zeichnet sich durch stetiges Wachstum im Bereich IoT aus.

Nahe an der Cloud

Für viele kleine und mittelgroße Unternehmen, die sich in großen Ländern wie China →3 häufig an entlegenen Orten befinden, kann die Nutzung von elektrischen Antrieben aufgrund einer fehlenden Internetverbindung vor Ort eine Herausforderung darstellen. In solchen Fällen ist der Kunde normalerweise gezwungen, ein Gateway oder Edge-Device zu nutzen, dessen Installation und Inbetriebnahme nicht nur zeitaufwändig ist, sondern auch einen Feldbusanschluss erfordert, der vielleicht schon für die Verbindung zu speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) verwendet wird.

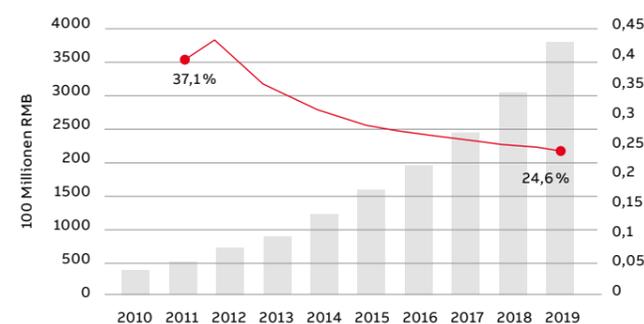
Und selbst wenn dies möglich ist, wird nur ein Teil der Antriebsdaten an das Cloud-Gateway übermittelt, d. h. Daten, die nicht von einer SPS abgerufen werden, stehen nicht zur Verfügung. Hinzu kommt, dass die Daten, die zwischen einer SPS und einem Umrichter kommuniziert werden, manchmal nicht ausreichen, um komplexe Analysefunktionen wie Deep Learning, Zustandsanalysen und Ausfallprognosen aus der Ferne zu unterstützen.

Hier bietet das Drive Connectivity Panel eine Antwort. Die Installation und Inbetriebnahme des Panels ist ein Plug-&-Play-Vorgang, für den der Antriebsstrang nicht angehalten werden muss.

Die Daten werden über das ABB-interne Protokoll vom Panel-Bus des Umrichters erfasst. So können Betriebsdaten des Umrichters zusammen mit Ereignisprotokollen und sogar Black-Box-Daten direkt per NB-IoT über das Mobilfunknetz an die Cloud gesendet werden. Ein NB-IoT-Modem, eine SIM-Karte und eine Hochleistungsantenne sind in der Panelhardware implementiert. Selbst der Datenverkehr über das NB-IoT Mobilfunknetz ist im Cloud-Dienst ABB Ability Condition Monitoring for Drives inklusive. Darüber hinaus ermöglicht die Bluetooth-Schnittstelle des Panels bei Bedarf den Zugriff auf den ABB Remote-Support über die Driwetune App.

Die Installation und Inbetriebnahme ist ein Plug-&-Play-Vorgang, für den der Antriebsstrang nicht angehalten werden muss.

Die direkte Verbindung des Drive Connectivity Panels zur Cloud ist eine ideale Lösung für Kunden, die eine kostengünstige Cloud-Lösung benötigen →3 – Unternehmen, die es sich nicht leisten können, ihre Maschinen bei laufender Produktion anzuhalten, um festzustellen, wie effizient ein Umrichter und der gesamte Antriebsstrang arbeiten, ob es Anzeichen eines bevorstehenden Ausfalls gibt und was sie tun können, um die Möglichkeit eines Ausfalls zu minimieren. Bislang ist der direkte Cloud-Ansatz einzigartig und ein Alleinstellungsmerkmal, das ABB von allen anderen Anbietern von Frequenzumrichtern unterscheidet. •



03 Quelle: Chinesisches Ministerium für Industrie und Informationstechnik

AUTONOME SYSTEME

Zustandsüberwachung von Mühlenpanzerungen durch maschinelles Lernen

Um eine übermäßige Abnutzung der Trommeln von Erzmühlen zu verhindern, werden diese mit austauschbaren Panzerungen ausgestattet. ABB und die Berner Fachhochschule haben ein Überwachungssystem für Mühlenpanzerungen entwickelt, das mithilfe von Beschleunigungssensoren und maschinellen Lernverfahren den besten Zeitpunkt zum Austausch der Panzerung bestimmt und somit Stillstandskosten reduziert.

—
Venkat Nadipuram
ABB Process Industries,
Mining, Aluminium and
Cement
Baden-Dättwil, Schweiz

venkat.nadipuram@
ch.abb.com

—
Marco Jordi
Prof. Dr. Axel FÜRST
Berner Fachhochschule
Institut für Intelligente
Industrielle Systeme I3S
Burgdorf, Schweiz

In großen Bergwerken wird das Erz vor Ort gemahlen, um wertvolle Mineralien zu gewinnen. Die Mühlen, die diese Extraktion durchführen, bestehen aus einer großen Trommel, in der das Erz und ggf. auch Stahlkugeln den physikalischen Mahlprozess durchführen. Während sich die Trommel dreht, werden das Erz und die Stahlkugeln im Mühleninneren durch das Profil der Panzerung bis zum sogenannten Kaskadenwinkel gehoben. Dann fällt das Erz ins Mahlbett und wird zerschlagen bzw. rutscht ins Mahlbett und wird zerrieben.

Mit einem Durchmesser von bis zu 10 m sind solche Trommeln sehr teuer. Um Schäden zu verhindern, werden sie daher mit speziellen Panzerungen aus Metall oder Gummi versehen. Da auch der Austausch dieser Panzerungen aufgrund der erforderlichen Stillstandzeit und Ersatzteile mit hohen Kosten verbunden ist, sollte der Austausch so spät wie möglich, aber auch zu einem Zeitpunkt erfolgen, an dem sich die Produktionseinbußen in Grenzen halten. Dies lässt sich nur erreichen, wenn die tatsächliche Abnutzung der Panzerung bekannt ist. Der Verschleiß lässt sich zwar im Mühleninneren messen, doch auch hierfür muss die Produktion unterbrochen werden. Wünschenswert ist also ein Verfahren, das eine Verschleißerkennung im laufenden Betrieb ermöglicht →1.

Schwingungsüberwachung

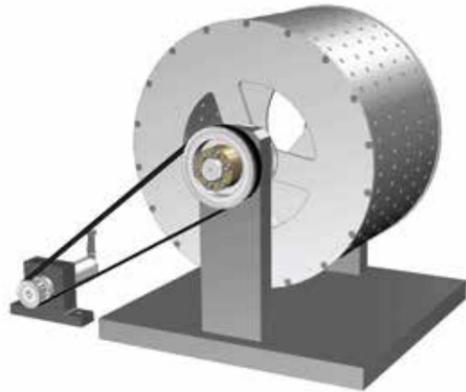
Wenn das Erz auf die Panzerung trifft, entstehen Schwingungen. Die Tatsache, dass diese Schwingungen und deren Übertragungsfunktion sich mit der Dicke der Panzerung verändern, liefert einen Ansatz zur Messung des Verschleißes. Dies hat ABB und das Institut für Intelligente Industrielle Systeme (I3S) der Berner Fachhochschule dazu veranlasst, Frequenzgang- und transiente Simulationen durchzuführen, um dieses Verhalten genauer zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigen eindeutig, dass die Amplitude des Beschleunigungssignals einer abgenutzten Panzerung höher ist als die einer neuen Panzerung.

—
Der Austausch sollte so spät wie möglich und zu einem Zeitpunkt erfolgen, an dem sich die Produktionseinbußen in Grenzen halten.

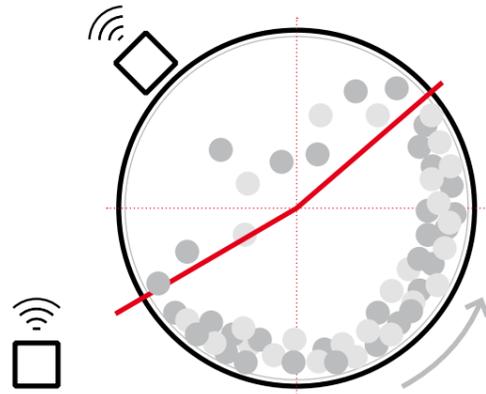
Um diese Erkenntnisse zu verifizieren, wurde zunächst ein maßstabgetreues Modell einer Mühle erstellt →2, weil der Zugang zu einer echten

—
01 Die Überwachung des Verschleißes von Panzerungen in Erzmühlen mit hohem Durchsatz ist entscheidend, wenn es darum geht, die Prozessverfügbarkeit zu maximieren. Das Bild zeigt eine Mühle in einem Bergwerk von Boliden im schwedischen Garpenberg, wo mindestens seit 375 v. Chr. Bergbau betrieben wird. Heute werden in dem Bergwerk jährlich 2,5 Millionen Tonnen Erz abgebaut.





02a



02b

Erzmühle im Betrieb nicht ohne Weiteres möglich ist. An diesem Modell wurde eine Vielzahl von experimentellen Messungen mit unterschiedlichen Panzerungsdicken durchgeführt. Die Messdaten wurden mithilfe von tiefen neuronalen Netzen analysiert und mit hoher Genauigkeit nach Verschleißklassen klassifiziert.

Zur Übertragung dieses Verfahrens vom Labormaßstab auf eine reale Mühlenumgebung wurden entsprechende Messungen an einer echten Erzmühle durchgeführt. Mithilfe dieser Daten entwickelten das I3S und ABB einen Prototyp, der die Messung des Panzerungszustands und der Prozessparameter einer Mühle im laufenden Betrieb ermöglicht.

Simulationen

Frequenzganganalysen und transiente Simulationen von Panzerungsmodellen nach der Finite-Elemente-Methode (FEM) in ANSYS [1] bekräftigten die Idee, dass das Beschleunigungssignal, das jeweils

durch das Auftreffen des Erzes auf der Trommelwand verursacht wird, bei neuen und abgenutzten Panzerungen einen messbaren Unterschied aufweist. So sind z. B. die Frequenzen bei einer abgenutzten Panzerung höher als bei einer neuen, da sich die Dämpfungseigenschaften des Gummis mit zunehmendem Verschleiß verschlechtern. Die größten messbaren Unterschiede bei den Simulationen liegen jedoch in den Amplituden →3. Dies stimmt mit der Theorie überein, dass eine dünne Gummischicht zu einem stärkeren Stoß führt, was wiederum höhere Anregungskräfte hervorruft.

Panzerungsverschleiß

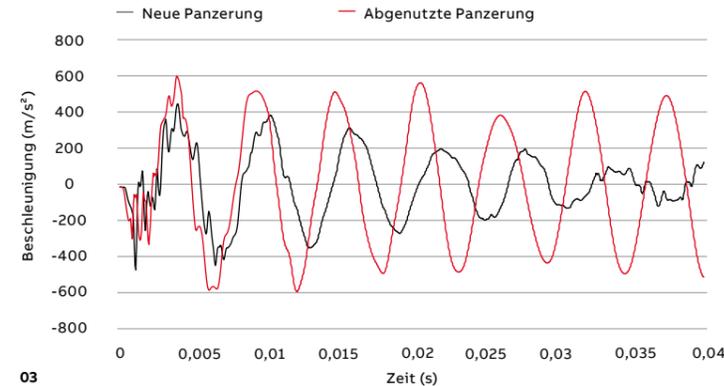
Die Dicke der Panzerung wurde indirekt mithilfe von Beschleunigungssensoren an der Außenseite der Modelltrommel gemessen.

Aus dem Rohsignal dieser Sensoren wurden durch Vorverarbeitung Merkmale extrahiert, die in einem tiefen neuronalen Netz zur Mustererkennung verwendet werden können. Das zur Klassifizierung der Panzerungsdicke verwendete Mustererkennungsnetz („patternnet“) umfasste eine Eingabeschicht, drei versteckte Schichten mit jeweils 500 Neuronen und eine Ausgabeschicht.

Die Ergebnisse zeigten eine sehr hohe Genauigkeit von nahezu 98 %, d. h. nur 2 % aller Messdatensätze wurden falsch klassifiziert.

Mithilfe dieser Konfiguration wurden sowohl die am maßstäblichen Modell als auch die in den Feldversuchen gewonnenen Daten klassifiziert. Im Labor wurden sieben verschiedene Panzerungszustände mit Dicken zwischen 2 und 17 mm und verschiedenen Lasten mithilfe des Modells simuliert. Das Ziel bestand darin, das vorverarbeitete Signal in eine von sieben entsprechenden Klassen einzuordnen. Die Ergebnisse zeigten eine sehr hohe Genauigkeit von nahezu 98 % für die Messungen am Modell, d. h. nur 2 % aller Messdatensätze wurden falsch klassifiziert. Dies spiegelt die Ergebnisse der Trainings- (70 %) und der Testdaten (30 %) wider. →4 zeigt die Konfusionsmatrix der Testdaten. Darin ist zu sehen, dass auch die Daten, die nicht korrekt klassifiziert wurden, in der Nähe der Diagonalen erscheinen, d. h. der Klassifizierungsfehler ist gering.

Auch die Ergebnisse der Feldmessungen wiesen eine hohe Genauigkeit auf. Hier war aufgrund der Umwelteinflüsse zwar eine deutlich geringere



03

02 Maßstabgetreues Modell

02a Modell einer Autogenmühle für Versuchsmessungen im Labor. Das Modell besteht aus einer Stahltrommel, die über einen Zahnriemen von einem kleinen Elektromotor angetrieben wird. Eine austauschbare Gummischicht im Trommelinneren simuliert die Panzerung.

2b Funktionszeichnung des Modells mit Ablöse- und Auftreffwinkel sowie WLAN-Beschleunigungssensor zur Messung der Schwingungen an der Trommelaußenseite. Das Beschleunigungssignal ist die abhängige Variable, die Panzerungsdicke und Mühlenlast sind unabhängige Variablen, Drehzahl, Temperatur, Erzgröße und -qualität sind kontrollierte Variablen. Gemessen wurden Panzerungsdicken von 2–17 mm bei Lasten von 1–4 kg, wobei für jeden Zustand mindestens zwei Beschleunigungsmessungen von 2 min mit einer Abtastfrequenz von 970 Hz durchgeführt wurden.

03 Beschleunigungssignale einer transienten Simulation mit einer neuen und einer abgenutzten Panzerung. Das Signal der abgenutzten Panzerung weist aufgrund der geringeren Dämpfung höhere Amplituden und Frequenzen auf.

04 Konfusionsmatrix zur Klassifizierung der Panzerungsdicke in sieben Klassen (2, 5, 7, 10, 12, 15, 17 mm) auf Basis der Messungen am maßstäblichen Modell.

Genauigkeit zu erwarten, doch mit einem angepassten tiefen neuronalen Netz auf der Basis von Tensorflow [2] konnte dennoch eine relativ hohe Genauigkeit von 82,9 % erreicht werden. Das Ziel ist es, eine weitere Verbesserung der Genauigkeit durch mehr Trainingsdaten zu erreichen.

Ablöse- und Auftreffwinkel

Die Kaskadenwinkel in der Erzmühle wurden mithilfe der Beschleunigungssignaldaten von einer Umdrehung der realen Mühle bestimmt. Das Beschleunigungssignal einer Umdrehung ist in →5 dargestellt. In der Auftreffzone, in der die Steine auf die Panzerung treffen, sind hohe Amplituden zu erkennen. Auch im Bereich des Ablösewinkels, an dem sich die Steine von der Panzerung lösen,

treten Signalveränderungen auf. Diese entstehen dadurch, dass die Erzbrocken in diesem Bereich lose aufeinander liegen. Der Kraftvektor verschiebt sich dabei mit der Position des Erzes, und das Erz beginnt, das Erzbett zu verlassen und in Richtung Bettmittelpunkt zu rutschen, was Schwingungen am Mühlenmantel verursacht.

Zur Bestimmung des Ablöse- und Auftreffwinkels wird die Informationsentropie des Signals berechnet. Die Entropie des Signals (über ein bestimmtes gleitendes Fenster) repräsentiert die im Signal enthaltene Menge an Informationen [3]. Mit anderen Worten, je zufälliger und unvorhersehbarer das Beschleunigungssignal aufgrund der Stöße ist, desto größer ist seine Entropie. Dank dieser Berechnung lassen sich Veränderungen im Beschleunigungssignal und somit der Ablöse- und Auftreffwinkel erkennen. Ein wichtiger Parameter ist die Fensterlänge des errechneten Index. In diesem Fall liefert eine Fensterlänge von 1.180 Abtastwerten gute Ergebnisse.

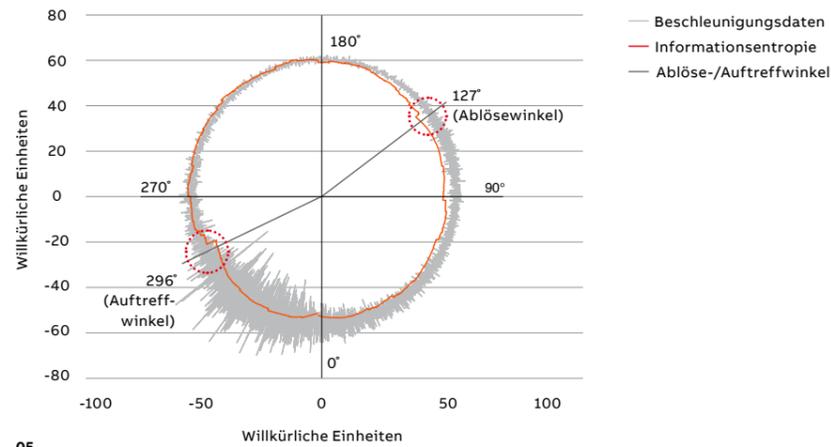
Mit einem angepassten tiefen neuronalen Netz auf der Basis von Tensorflow konnte eine relativ hohe Genauigkeit von 82,9% erreicht werden.

Konfusionsmatrix

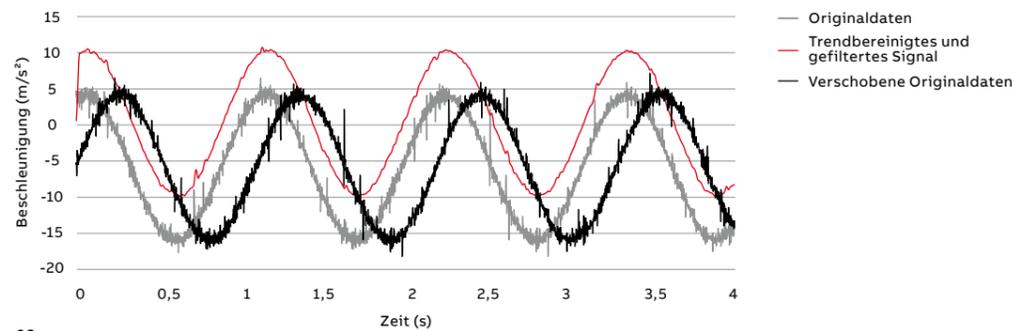
Ausgangsklassen	1	2	3	4	5	6	7	
1	159 14,2 %	0 0,0 %	0 0,0 %	1 0,1 %	0 0,0 %	1 0,1 %	1 0,1 %	98,1 % 1,9 %
2	0 0,0 %	159 14,2 %	0 0,0 %	0 0,0 %	0 0,0 %	0 0,0 %	1 0,1 %	99,4 % 0,6 %
3	0 0,0 %	0 0,0 %	160 14,3 %	0 0,0 %	0 0,0 %	0 0,0 %	0 0,0 %	100 % 0,0 %
4	0 0,0 %	0 0,0 %	0 0,0 %	153 13,7 %	0 0,0 %	5 0,4 %	1 0,1 %	96,2 % 3,8 %
5	0 0,0 %	0 0,0 %	0 0,0 %	0 0,0 %	153 13,7 %	1 0,1 %	3 0,3 %	97,5 % 2,5 %
6	1 0,1 %	0 0,0 %	0 0,0 %	6 0,5 %	0 0,0 %	153 13,7 %	1 0,1 %	95,0 % 5,0 %
7	0 0,0 %	1 0,1 %	0 0,0 %	0 0,0 %	7 0,6 %	0 0,0 %	153 13,7 %	95,0 % 5,0 %
	99,4 % 0,6 %	99,4 % 0,6 %	100 % 0,0 %	95,6 % 4,4 %	95,6 % 4,4 %	95,6 % 4,4 %	95,6 % 4,4 %	97,3 % 2,7 %
	1	2	3	4	5	6	7	

Zielklasse

04



05



06

Feldversuche

Zur Verifizierung der mathematischen Modelle wurden Feldversuche durchgeführt. Dabei wurde die empfindliche Sensorausrüstung mit einem robusten Metallgehäuse gegen die raue und schmutzige Mühlenumgebung geschützt. Die Ausrüstung umfasste eine Batterie, einen Zeitgeber, mehrere Treiber für die Beschleunigungssensoren, einen Analog-Digital-Wandler und ein Datenerfassungsgerät. Die Beschleunigungssensoren selbst wurden mit Magneten direkt an der Mühltrommel befestigt. Das System wurde an einer in Betrieb befindlichen Mühle installiert, wo es über einen Zeitraum von mehreren Wochen Daten erfasste.

Da das Schwingungssignal aufgrund der vielen Stöße stark verrauscht ist, müssen die Rohdaten vorverarbeitet werden.

Datenanalyse mit maschinellen Lernverfahren

Da das Schwingungssignal aufgrund der vielen während der Rotation aufgezeichneten Stöße stark verrauscht ist und sich die verschiedenen Panzerungszustände nur schwer unterscheiden lassen, ist eine Vorverarbeitung der Rohdaten erforderlich. Und da die Anwendung maschineller Lernalgorithmen nur mit einer standardisierten Datenbasis möglich ist, wurde in vielen Iterationen das bestmögliche Klassifizierungsmodell bestimmt.

Vorverarbeitung der Daten

Die Tatsache, dass der Mühlendrehwinkel beim Start der Messungen nicht immer derselbe ist, führt zu Unterschieden zwischen den Datensätzen. Doch da für eine einwandfreie Auswertung eine einheitliche Datenbasis erforderlich ist, wurde ein Phasendetektor in das System integriert. Das Ursprungssignal wurde durch einen Tiefpassfilter (mit einer Grenzfrequenz von 2 Hz) gefiltert und anschließend einer Kurvenanpassung und Trendbereinigung unterzogen. So konnte die Phase in den

05 Polardiagramm der Ablöse- und Auftreffwinkel bei einer Umdrehung einer realen Erzmühle.

06 Vorverarbeitung der Beschleunigungsdaten. Das verschobene Signal wird aus dem Ursprungssignal und dem trendbereinigten und gefilterten Signal berechnet.

07 Neuronales Netz zur Klassifizierung der Panzerungsdicke.

Literaturhinweise

[1] ANSYS® Academic Research Mechanical, Release 18.1, ANSYS, Inc.

[2] M. Abadi et al.: „TensorFlow: Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Systems“. Preliminary White Paper, November 2015. Verfügbar unter: download.tensorflow.org/paper/whitepaper2015.pdf

[3] S. Vajapeyam: „Understanding Shannon's Entropy metric for Information“. März 2014. Verfügbar unter: arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1405/1405.2061.pdf

[4] MATLAB Neural Network Toolbox 2016a. The MathWorks, Inc. Natick, Massachusetts, USA.

trendbereinigten und gefilterten Daten bestimmt werden. Diese wurde dann verwendet, um die Originaldaten so zu verschieben, dass der Ausgangspunkt bei allen Datensätzen gleich ist →6.

Nach der Phasenverschiebung wurden die Daten der zweiminütigen Messungen in einzelne Abschnitte unterteilt, die jeweils einer Umdrehung der Trommel entsprechen, und durch Resampling auf 1.024 Abtastwerte umgerechnet. So konnte eine konsistente Datenbasis für den maschinellen Lernalgorithmus geschaffen werden.

Merkmalsextraktion

Maschinelle Lernalgorithmen versuchen, eine Reihe von Merkmalen den korrekten Zielwerten zuzuordnen. Daher ist die richtige Wahl dieser Merkmale von entscheidender Bedeutung. Verschiedene Merkmale, z. B. Wavelets, Entropie und Fourier-Analyse, wurden getestet. Das beste Ergebnis wurde mit einer Kombination aus statistischen Werten, den Beschleunigungsrohdaten und der schnellen Fourier-Transformation (FFT) jeder Umdrehung erzielt. Alle diese Merkmale wurden mit dem entsprechenden Zielwert in einer Tabelle zusammengefasst, die als Eingangsmatrix für das neuronale Netz dient.

Aufbau eines neuronalen Netzes zur Mustererkennung

Zur Klassifizierung der Daten wurden verschiedene maschinelle Lernverfahren wie Support Vector Machines, Entscheidungsbäume und neuronale Netze getestet, wobei neuronale Netze die besten Ergebnisse lieferten. Ein neuronales Netz ist in der Lage, Muster in einem Signal zu erkennen, die dabei helfen, das Signal in eine Zielklasse einzuordnen. Entsprechende Klassen wurden für alle Messungen aus den Versuchen mit unterschiedlichen Mühlenlasten und Panzerungsdicken definiert.

Daraufhin wurden die Eingangs- und Ausgangsmatrizen erstellt. Die Eingangsmatrix beinhaltet die oben beschriebene Tabelle mit den Merkmalen, während die Ausgangsmatrix die korrekten Zielklassen für die jeweiligen Merkmale definiert.

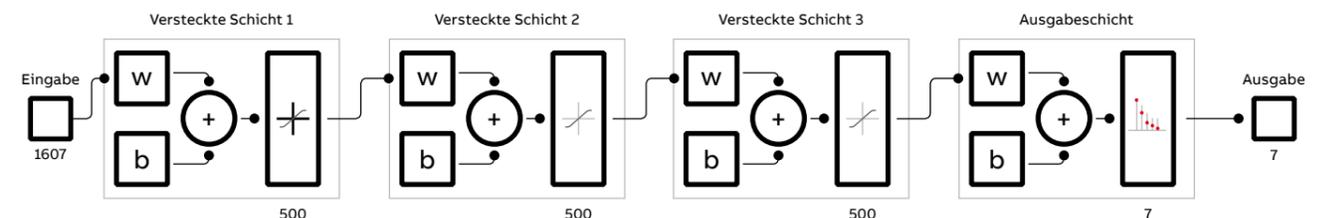
Anschließend wurde ein neuronales Netz [4] mit drei versteckten Schichten mit jeweils 500 Neuronen und einer Ausgangsschicht für die Klassifizierung erstellt →7.

Von den Daten wurden 70 % für das Training des neuronalen Netzes, 15 % für die Validierung und 15 % zum Testen des neuronalen Netzes verwendet. Als Trainingsverfahren für das neuronale Netz kam die sogenannte „scaled conjugate gradient backpropagation“ zum Einsatz, eine Methode, bei der kritische Modellparameter (Neuronengewicht und -Bias) auf iterative Weise aktualisiert werden. Abschließend erfolgte ein Feintuning der Hyperparameter (d. h. einflussreiche Parameter, die nicht im Kernmodell angepasst werden) für das Netz, sodass eine optimale NetzEinstellung erreicht wurde, mit der eine zuverlässige Bestimmung des Panzerungszustands möglich ist.

Dank des Systems können Panzerungen zustandsabhängig ausgetauscht werden, was Stillstandzeiten und Kosten reduziert.

Höhere Produktivität und geringere Kosten

Die Annahme, dass sich das Beschleunigungssignal deutlich in Abhängigkeit von der Panzerungsdicke verändert, wurde durch Simulationen und Messungen am maßstäblichen Modell und einer realen Mühle bestätigt. Das vom I3S und ABB entwickelte Überwachungssystem zeigt, wie Beschleunigungssensoren und maschinelle Lernverfahren genutzt werden können, um den Zustand und die Prozessparameter einer Mühle im laufenden Betrieb zu messen. Dank des Systems können Panzerungen zustandsabhängig ausgetauscht werden, was Stillstandzeiten und Kosten reduziert und Ressourcen schont. Das neue Überwachungssystem wird Mühlenbetreibern in Zukunft dabei helfen, ihre Produktivität zu steigern und Instandhaltungsmaßnahmen besser zu planen •



07

Energie



Fail Fast (schnelles Scheitern) ist ein bedeutendes Konzept heutiger Technologie-Innovatoren, doch undenkbar in solch kritischen Branchen wie der elektrischen Energieerzeugung und -verteilung. ABB verfügt über mehr als 100 Jahre Erfahrung auf dem Gebiet der Energietechnik und nutzt diese als Plattform für die Entwicklung neuer Technologien, um Stromversorgungen robuster, umweltfreundliche Brennstoffe nutzbarer und Transformatoren widerstandsfähiger zu machen.



- 54 PowerLine DPA: die robuste USV für raue Bedingungen
- 60 Die Brennstoffzelle – ein grünes Kraftwerk
- 68 TXpand™ – die bruchsichere Transformatorenlösung

ENERGIE

PowerLine DPA: die robuste USV für raue Bedingungen



Die unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) PowerLine DPA von ABB ist darauf ausgelegt, den rauen Bedingungen industrieller Umgebungen standzuhalten. Da ihr auch der Staub, die Korrosion, die Feuchtigkeit und die Wärme einer PVC-Fabrik nichts anhaben können, entschied sich der größte europäische PVC-Hersteller Inovyn für das Produkt.



Paolo Catapane
ABB Electrification,
Smart Power
Quartino, Schweiz

paolo.catapane@
ch.abb.com

In vielen Industriezweigen kann eine Unterbrechung der Stromversorgung schwerwiegende Folgen haben – wertvolle Produktionszeit kann verloren gehen, Produktionslinien müssen einen komplexen und kostspieligen Neustart durchlaufen, Produkte können zerstört und Prozessanlagen beschädigt werden, und die Sicherheit kann beeinträchtigt werden.

Neben vollständigen Stromausfällen kann es auch zu kurzzeitigen Spannungseinbrüchen oder -erhöhungen kommen. Treten diese über einen längeren Zeitraum auf, spricht man von sogenannten Brownouts bzw. Überspannungen. Darüber hinaus können elektrisches Rauschen, Frequenzschwankungen oder Oberschwingungen im Netz auftreten. Mögliche Folgen solcher Ereignisse sind Datenverlust, Produktionsseinbußen, Nichtverfügbarkeit wichtiger Services, Gefährdung der Hardware, finanzielle Verluste und Sicherheitsprobleme. Aus diesem Grund setzen viele Unternehmen unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV-Systeme) ein.

Industrielle Umgebungen stellen jedoch aufgrund der dort herrschenden Bedingungen (Chemikalien, Staub, Schwingungen, Korrosion, Feuchtigkeit und Wärme) ein schwieriges Umfeld für elektrische und elektronische Geräte dar.

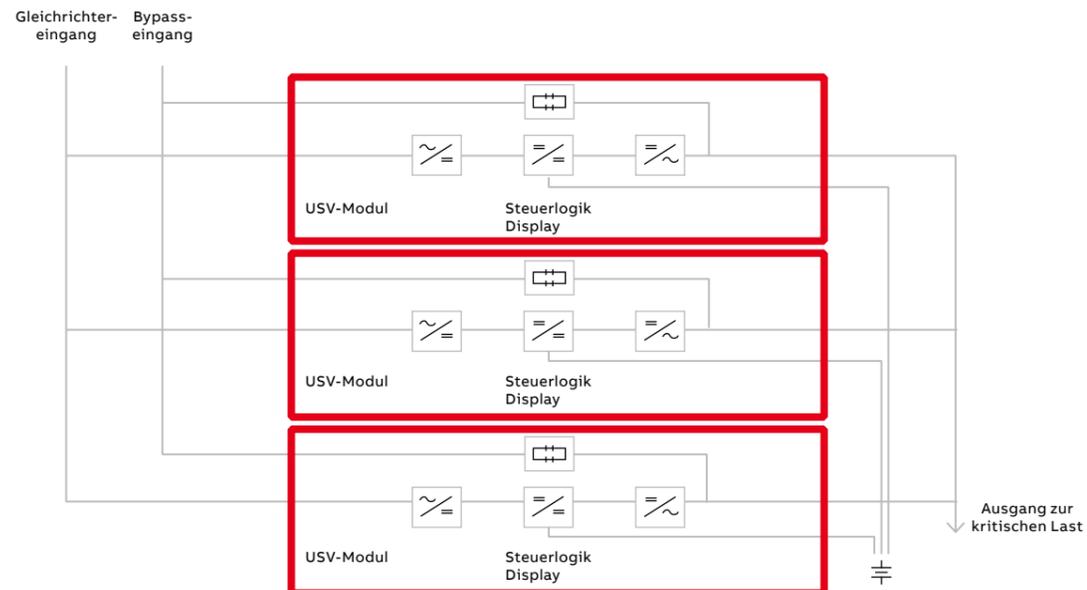
Die ABB PowerLine DPA wurde speziell für den Einsatz in solchen rauen Umgebungen entwickelt →1 und basiert auf der dezentralen Parallelarchitektur (DPA) von ABB. DPA ist eine modulare Architektur, die aufgrund ihrer Beschaffenheit nicht nur eine hohe Verfügbarkeit bietet, sondern sich auch durch eine hohe Wartungsfreundlichkeit, Skalierbarkeit und Flexibilität auszeichnet. Alle diese Merkmale zusammen sorgen für geringe Gesamtbetriebskosten über die erwartete Lebensdauer von 15 Jahren hinweg.

Dezentrale Parallelarchitektur

USV-Systeme mit einer zentralen Parallelarchitektur (CPA) besitzen irgendeine Form von hierarchischer, zentraler Steuerung bzw. Hardware (z. B. einen statischen Bypass). Dies macht sie anfällig, wenn einmal eine dieser zentralen Komponenten ausfallen sollte. So kann ein einziger Fehler die gesamte USV lahmlegen. Bei einer DPA hingegen ist die USV modular aufgebaut, wobei jedes Modul über sämtliche Hard- und Software verfügt, die für einen autonomen Betrieb notwendig ist, wie Gleichrichter, Wechselrichter, Batterielader, statischer Bypass-Schalter, Rückspeisungsschutz, Steuerlogik, Display und Funktionsabbild zur Überwachung und Steuerung →2. So wird die Ausgangsleistung eines Moduls nicht durch Fehler an anderen Stellen des USV-Systems beeinträchtigt. Fällt ein Modul aus, übernehmen die anderen seine Last. Mit anderen Worten, ein Multimodulsystem ist fehlertolerant, und es gibt keine einzelnen Fehlerquellen, was die Verfügbarkeit maximiert.

DPA ist eine modulare Architektur, die sich durch eine hohe Verfügbarkeit, Skalierbarkeit und Flexibilität auszeichnet.

Die einzigen Elemente, die von allen Modulen gemeinsam genutzt werden, sind die E/A-Anschlüsse, die Kundenschnittstelle, der Wartungsbypass und ein Systemdisplay. Diese befinden sich im selben Schrank, in dem auch die USV-Module untergebracht sind, und sind für den USV-Betrieb nicht entscheidend.



01 Inovyn, der größte PVC-Hersteller Europas, entschied sich für die ABB PowerLine DPA, da sie den rauen Bedingungen in der belgischen Fabrik problemlos standhalten kann.

02 Bei der DPA verfügt jedes Modul über sämtliche Hard- und Software, die für einen autonomen Betrieb notwendig ist. Es gibt keine gemeinsamen kritischen Elemente.

03 Ein Teil der PowerLine USV-Anlage bei Inovyn.

Wartungsfreundlichkeit

Ein großer Vorteil der DPA ist, dass die Module im laufenden Betrieb getauscht, d. h. entnommen oder eingesetzt, werden können, ohne dass die kritische Last gefährdet wird und ohne dass eine Abschaltung oder vollständige Übertragung auf das Versorgungsnetz erforderlich ist. Dieser einzigartige Aspekt der Modularität erfüllt die Anforderung kontinuierlicher Verfügbarkeit, verkürzt die mittlere Reparaturzeit (MTTR) erheblich, verringert den nötigen Lagerbestand an speziellen Ersatzteilen und vereinfacht Systemaufrüstungen.

Skalierbarkeit

Dank des modularen Aufbaus der DPA kann das System bei steigendem Leistungsbedarf – z. B. wenn eine neue Prozesslinie in Betrieb genommen wird – um weitere Module ergänzt werden. So muss die Anlage nicht von Anfang an überdimensioniert werden, um zukünftigen Erweiterungen Rechnung zu tragen. Module werden einfach hinzugefügt, wenn sie benötigt werden.

PowerLine DPA

Die PowerLine DPA 20–120 kVA ist das neueste Produkt im ABB-Portfolio von Leistungsschutzprodukten auf Basis der DPA →3. Die USVs der PowerLine DPA-Reihe wurden speziell für den Einsatz in rauen Industrieumgebungen entwickelt.

Da hier die Beständigkeit der Geräte eine entscheidende Rolle spielt, wurde besonderes Augenmerk auf die physische Robustheit gelegt. Mit einer Schutzart von IP42 ist die PowerLine DPA gegen Staub, Kondenswasser, übermäßige Feuchtigkeit (bis zu 95 %), korrosive Luftverunreinigungen und rauen Umgang geschützt. Die USV ist für den Betrieb in einem Temperaturbereich zwischen –5 und +45 °C ausgelegt. Da Sicherheit höchste Priorität genießt, bietet die PowerLine DPA ein Höchstmaß an Schutz für Benutzer und Wartungspersonal. Die Konformität der USV mit den relevanten Normen – IEC/EN 62040-1 für allgemeine Anforderungen und Sicherheitsanforderungen, IEC/EN 62040-2 für EMV-Anforderungen und IEC/EN 62040-3 für Leistungs- und Prüfanforderungen – wurde verifiziert.

Der Platz für elektrische Anlagen ist häufig begrenzt oder sehr teuer. Die PowerLine DPA-USV benötigt nicht nur eine geringe Stellfläche, sondern besitzt auch eine Kabelzuführung von vorn (oben und unten), sodass kein rückwärtiger Zugang und zusätzlicher Raum erforderlich sind. Und da die Leistungsmodule senkrecht angeordnet sind, wird auch bei der Installation weiterer Module keine zusätzliche Stellfläche benötigt.

Die PowerLine DPA ist eine Online-Doppelwandlungs-USV, d. h. der eingehende Wechselstrom (AC) wird zunächst in Gleichstrom (DC) umgewandelt,



aus dem dann der Ausgangs-Wechselstrom mit einer sauberen Sinusform synthetisiert wird. Diese beiden Umwandlungsschritte, auf die sich die Bezeichnung „Doppelwandlung“ bezieht, isolieren die Spannungskurve am Ausgang von jeglichen Störungen auf der AC-Eingangsseite.

Die PowerLine DPA-USV wurde speziell für den Einsatz in rauen Industrieumgebungen entwickelt.

Die USV verfügt über eine hohe Überlastbarkeit und Kurzschlussfestigkeit. In einigen industriellen Anwendungen wird der AC-Eingang der USV von Schaltanlagen oder Motorschaltfeldern gespeist und nutzt häufig gemeinsame Sammelschienenanschlüsse mit elektrisch stark rauschenden Lasten wie drehzahlgeregelten Antrieben. In solchen Fällen wird ein Trenntransformator installiert, um den USV-Eingang vor den Auswirkungen des elektrischen Rauschens zu schützen. Mit Bemessungsleistungen von 20 bis 120 kVA und einem Eingangsleistungsfaktor von 0,99 erfordert die USV keine teuren elektrischen Installationen und ist einfach zu warten.

Zu den weiteren Merkmalen der PowerLine DPA, die speziell für den Einsatz in anspruchsvollen industriellen Anwendungen entwickelt wurden, gehören Montagehalter für eine einfache Installation, Schwingungsdämpfer, IP42-Schrankschutz, halogenfreie Kabel und eine Kaltstartfunktion.

Fernüberwachung

Im Falle eines Stromausfalls ist es wichtig, dass alle relevanten Personen schnell und umfassend über den Systemstatus informiert werden. Aus diesem Grund kann die PowerLine DPA-USV mit Relais-Platinen und einer Netzwerkmanagementkarte geliefert werden, die den Anschluss an ein DCS-System (verteiltes Steuerungssystem) oder SCADA-System (Überwachung, Steuerung und Datenerfassung) über SNMP, Modbus TCP oder Modbus RS485 erlauben. Diese Schnittstellen ermöglichen die Überwachung der Umgebungsbedingungen, eine umfassende Alarmbehandlung und -weiterleitung, eine redundante USV-Überwachung, die Integration der PowerLine DPA in hersteller- und plattformunabhängige Umgebungen sowie die Übertragung von USV-Daten an Web-Anwendungen.

PowerLine DPA bei Inovyn

An seinem Standort im belgischen Jemeppe-sur-Sambre produziert Inovyn 475.000 Tonnen PVC im Jahr. Dies entspricht etwa 50 Sattelaufliegern am Tag (von hier stammt unter anderem das PVC aller europäischen Kreditkarten) →1, 4–6. Im Werk arbeiten rund 500 Personen im Schichtbetrieb rund um die Uhr, um die Stellung des Unternehmens als größter PVC-Produzent in Europa zu sichern. Aufgrund der besonders anspruchsvollen Umgebungsbedingungen in der Fabrik (Staub, Korrosion, Feuchtigkeit, Wärme usw.) entschied sich Inovyn, die Stromversorgung mit der PowerLine DPA zu sichern.

Aufgrund der besonders anspruchsvollen Umgebungsbedingungen in der Fabrik entschied sich Inovyn für die PowerLine DPA.

Eine derart umfangreiche PVC-Produktion erfordert ein äußerst präzises System. „In unserer Fabrik haben wir sehr viele E/A-Vorgänge innerhalb unseres DCS“, erklärt Pierre Henveaux, Elektroingenieur und Leiter des Bereichs Hoch- und Niederspannungstechnik. „Das DCS – Data Control System – ist ein Computer, der die Anlage steuert. Es startet die Motoren, öffnet und schließt die Ventile usw. Kurz gesagt, es steuert die gesamte Ausrüstung. Von allen unseren Fabriken in Europa besitzt Jemeppe größte Anzahl an E/A-Vorgängen. Dass das System offline geht und wir nicht wissen, was vor sich geht, ist keine Option.“

PVC wird in Chargen produziert, d. h. das DCS muss so effizient wie möglich arbeiten – nicht zuletzt weil die Zahl der E/A-Vorgänge mit fortschreitender technischer Entwicklung weiter zunehmen wird. „Unsere Standards sind sehr hoch. Eine unserer Hauptanforderungen ist die unter-



04

brechungsfreie Stromversorgung. Wenn wir die Kontrolle für zwei Millisekunden verlieren, ist alles verloren. Die Daten kommen nicht mehr durch, und das System geht in den sicheren Zustand. Wenn wir ein DCS für mehr als 40 Millisekunden verlieren, ist das eine Katastrophe.“ Inovyn besitzt eine eigene Stromerzeugungsanlage, die ein Achtel der Leistung eines durchschnittlichen Kernreaktors liefert. Doch auch ein solches System ist nicht gegen Mikroausfälle gefeit.

Partnerschaft zwischen ABB und Inovyn

Inovyn und ABB arbeiten bereits seit dem Jahr 2000 erfolgreich zusammen. Während bisherige USV-Systeme in erster Linie für Rechenzentren entwickelt wurden, erforderte die Anwendung von Inovyn eine robustere Lösung. Dies veranlasste ABB dazu, die PowerLine DPA-USV zu konzipieren.

Inovyn hat zwei PowerLine DPA-Einheiten installiert →6. Neben der Qualität der Geräte überzeugte Inovyn vor allem die Robustheit des Systems, da jedes Modul in einem soliden, durch leistungsstarke Filter geschützten Gehäuse untergebracht ist. Dank dieser robusten Bauweise erreicht die USV eine erwartete Lebensdauer von 10 bis 15 Jahren – deutlich länger als vergleichbare Lösungen von Mitbewerbern.

Derzeit verwendet Inovyn ein DCS der älteren Generation, plant aber die Umstellung auf ein effizienteres System in den nächsten Jahren. Wenn es soweit ist, kann auch die PowerLine DPA-USV problemlos erweitert werden. Darüber hinaus wird das Unternehmen zwei weitere USV-Systeme in



05



06

04 Einige der Prozessanlagen im Werk von Inovyn.

05 Rohstoffe für die PVC-Herstellung bei Inovyn.

06 Polymerisationsanlage im Inovyn-Werk in Jemeppe-sur-Sambre, Belgien.

einer neuen Produktionslinie installieren, die 2019 in Betrieb gehen soll.

Wenn Inovyn in den nächsten Jahren sein DCS umstellt, kann auch die PowerLine DPA-USV problemlos erweitert werden.

Eine USV für die Zukunft

Die Gewährleistung einer kontinuierlichen Versorgung mit sauberem Strom ist für viele Unternehmen eine wesentliche Voraussetzung für ihren Erfolg. Die PowerLine DPA-USV, die für den Einsatz in anspruchsvollen Industrieumgebungen entwickelt wurde, kann diese Garantie bieten.

Die modulare Architektur der PowerLine DPA ermöglicht eine einfache Wartung und Erweiterung. Da Module im laufenden Betrieb ausgetauscht werden können, muss die USV niemals abgeschaltet werden, was eine erstklassige Verfügbarkeit gewährleistet.

Mit einem Wirkungsgrad von bis zu 96 % und einem Leistungsfaktor von eins bietet die PowerLine DPA-USV nicht nur eine verbesserte Effizienz und Optimierung der Investition, sondern zeichnet sich auch durch eine hohe Benutzerfreundlichkeit und verbesserte Sicherheit in einer Vielzahl äußerst anspruchsvoller Industrieumgebungen aus. Kombiniert mit einer hohen Wartungsfreundlichkeit schlägt sich dies in sehr niedrigen Gesamtbetriebskosten über die Lebensdauer der USV hinweg nieder. •

ENERGIE

Die Brennstoffzelle – ein grünes Kraftwerk

Brennstoffzellen erzeugen Strom durch die chemische Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff. Als einzige Nebenprodukte fallen dabei Wasser und Wärme an →1. Eine umweltfreundlichere Energiequelle ist kaum vorstellbar. Doch wie können Brennstoffzellen der Welt auf dem Weg zur CO₂-Neutralität helfen, und welche Herausforderungen sind damit verbunden?



Photo: luchschen, iStockphoto.com

01

—
01 Brennstoffzellen stellen eine äußerst umweltfreundliche Möglichkeit zur Stromerzeugung dar. Selbst die Nebenprodukte der chemischen Reaktion – Wasser und Wärme – können genutzt werden.

Mit der zunehmenden Urbanisierung steigt auch der weltweite Energiebedarf [1] – ein Bedarf, der häufig durch fossile Brennstoffe wie Öl, Gas und Kohle gedeckt wird →2. In Schwellenländern werden trotz einer zunehmenden Nutzung erneuerbarer Energiequellen noch immer rund 70 % des Energiebedarfs durch nicht erneuerbare fossile Brennstoffe gedeckt.

Die weltweiten fossilen Brennstoffreserven sind begrenzt, und ihre Förderung wird immer schwieriger und teurer. Hinzu kommt, dass ihre Nutzung den Treibhausgasausstoß, die Zerstörung der Ozonschicht, Schäden durch sauren Regen, die Luftverschmutzung und den Klimawandel fördert. Doch damit nicht genug: Auch die Versorgungskette für fossile Brennstoffe ist nicht frei von Gefahren. Man denke nur an die mögliche Luft- und Wasserverschmutzung und andere Risiken, die mit der Förderung, dem Transport und der Verarbeitung verbunden sind.

—
Die Brennstoffzelle benötigt nur einen einzigen Schritt, um ihren Brennstoff in elektrische Energie umzuwandeln.



Mahesh Vaze
ABB Corporate Research
Bengaluru, Indien

mahesh.vaze@in.abb.com

Eine Möglichkeit, Strom ohne jeglichen Ausstoß von CO₂, SO_x, NO_x oder Partikeln zu erzeugen, bietet die Brennstoffzelle.

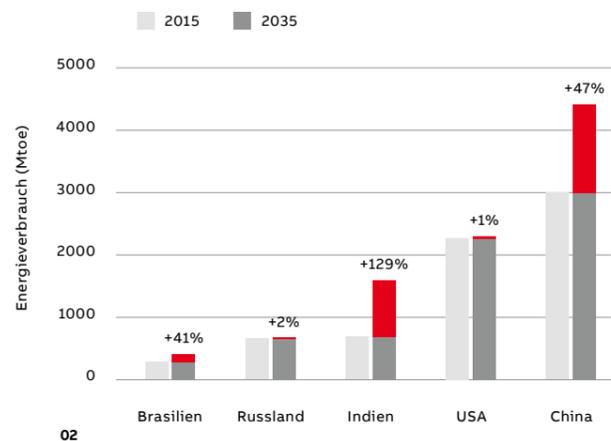
Die Brennstoffzelle

Eine Brennstoffzelle ist ein Strömungsreaktor, der die chemische Energie eines Brennstoffs durch elektrochemische Reaktionen direkt in elektrische Energie umwandelt. Während Verbrennungsmotoren ein mehrstufiges Verfahren nutzen, um die chemische Energie des Brennstoffs in Elektrizität umzuwandeln (von chemischer Energie in thermische Energie in mechanische Energie in elektrische Energie), benötigt die Brennstoffzelle nur einen einzigen Schritt, um ihren Brennstoff (Wasserstoff) durch Oxidation in elektrische Energie umzuwandeln →3. Als Produkte entste-



Mikko Kajava
ABB Marine & Ports
Helsinki, Finnland

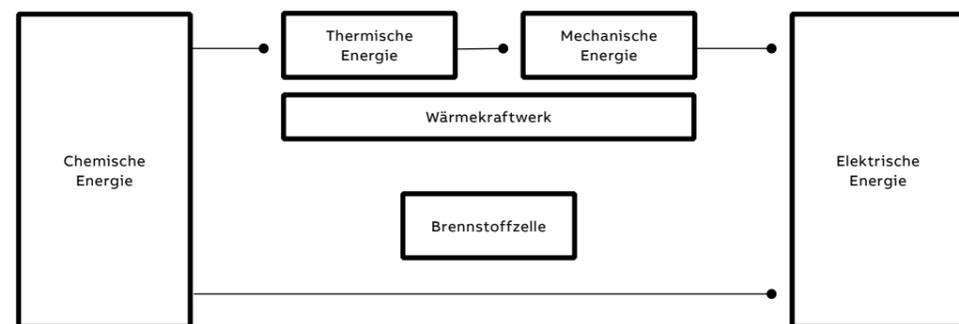
mikko.kajava@fi.abb.com



hen dabei Strom, Wasser und Wärme. Das Wasser und die Wärme werden abgeführt, um den Betrieb der Brennstoffzelle zu verbessern. Der erforderliche Sauerstoff kann aus der Umgebungsluft gewonnen werden, und es entstehen keine Treibhausgase (wenn nachhaltig gewonnener Wasserstoff verwendet wird). Da keine Schadstoffe emittiert werden, besteht auch keine Gefahr, dass Umwelt- und Gesundheitsvorschriften verletzt werden.

Die Brennstoffzelle wurde 1839 vom walisischen Physiker Sir William Robert Grove erfunden und später von der NASA genutzt, um Trinkwasser und Strom für Raumfahrzeuge zu erzeugen. Zwar erhielt die Entwicklung der Brennstoffzellen durch frühe Unfälle mit Wasserstoff (z. B. die Hindenburg-Katastrophe) einen Dämpfer, doch dank jüngster technischer Fortschritte ist es gelungen, eine Brennstoffzellentechnologie zu entwickeln, die zuverlässig, sicher und im öffentlichen und privaten Sektor weithin anerkannt ist. Eine Übersicht über die wichtigsten Arten von Brennstoffzellen ist in →4 dargestellt.

Nicht zuletzt aufgrund ihrer inhärenten Modularität wird der Brennstoffzelle eine erfolgreiche Zukunft in stationären, portablen und mobilen Anwendungen vorhergesagt →5.



Stationäre Anwendungen

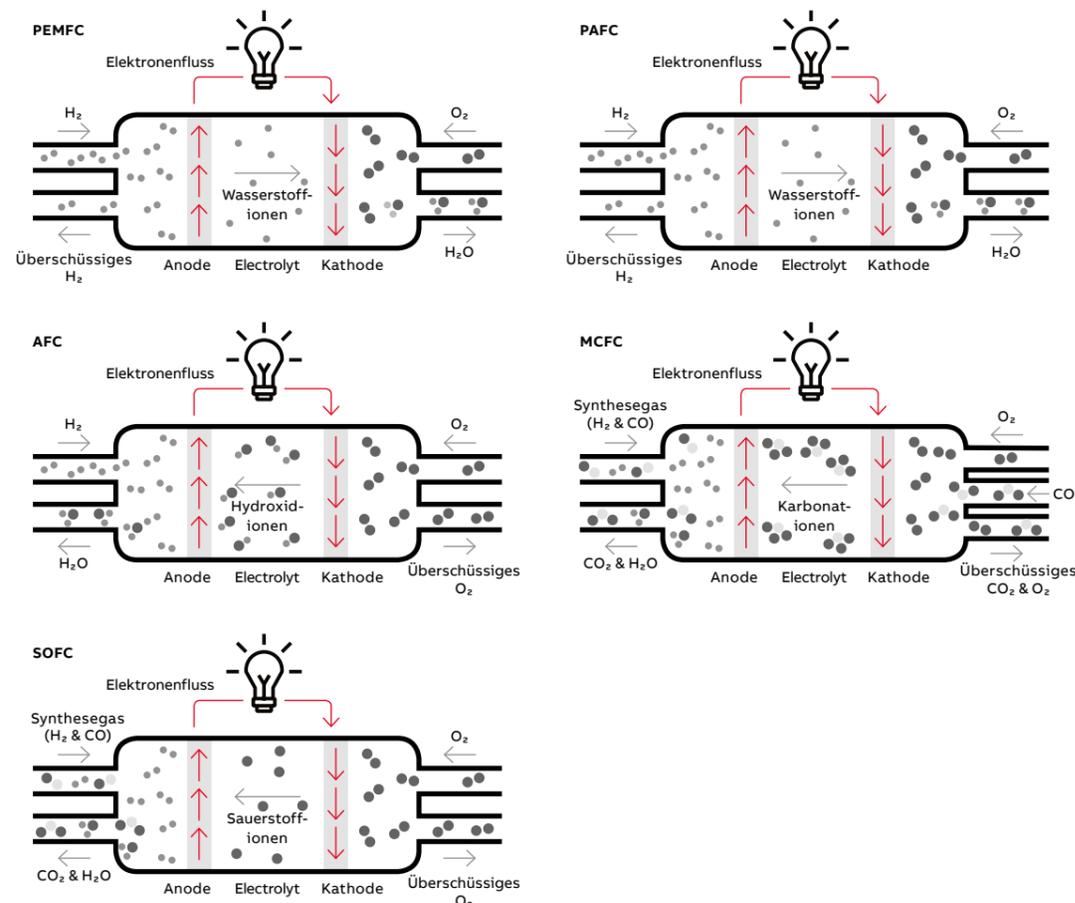
Stationäre Brennstoffzellenkraftwerke liefern saubere, effiziente und zuverlässige dezentrale Energie. Kontinuierlich sinkende Kosten für Brennstoffzellen und Verbesserungen im Wirkungsgrad sorgen für eine attraktive Kombination aus Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit, die die Zahl solcher Anlagen in den vergangenen Jahren hat steil ansteigen lassen →6.

Der zurzeit größte Brennstoffzellenpark mit einer Gesamtleistung von 59 MW wurde 2014 von FuelCell Energy Inc. gebaut und befindet sich Hwaseong, Südkorea [3]. Der für die Anlage erforderliche Wasserstoff wird aus dem Erdgas für das örtliche Fernheizungssystem gewonnen.

Eine weitere erfolgreiche Anwendung ist eine 300-kW-Anlage in der Fenchurch Street in London [4]. Die besondere Herausforderung bestand hier darin, das Brennstoffzellensystem in einem bestehenden Gebäude mit begrenztem Platzangebot unterzubringen. Daher entschloss man sich, die Brennstoffzelle in das Kühl-, Heizungs- und Stromversorgungssystem des Gebäudes zu integrieren. Gegenüber einem vergleichbaren verbrennungsbasierten Stromerzeugungssystem reduziert die Anlage den Schadstoffausstoß um 18.000 kg und den CO₂-Ausstoß um 1.800 t.

Aufgrund ihrer inhärenten Modularität wird der Brennstoffzelle eine erfolgreiche Zukunft in stationären, portablen und mobilen Anwendungen vorhergesagt.

- 02 Gesamtverbrauch an Primärenergie in Millionen Tonnen Öleinheiten.
- 03 Energieumwandlungsprozess in einer Brennstoffzelle.
- 04 Arten von Brennstoffzellen.
- 05 Anwendungen von Brennstoffzellen



04

	PEMFC/PEFC Polymerelektrolyt/ Polyelektrolyt	PAFC Phosphorsäure	AFC Alkalische	MCFC Schmelzkarbonat	SOFC Festoxid
Anwendungen	Stationäre Stromerzeugung, Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), Transport	Stationäre Stromerzeugung u. KWK (hauptsächl. in Krankenhäusern wg. Nutzung des heißen Abwassers zum Sterilisieren)	Raumfahrt u. unter Wasser, weniger in Automobilen, Trinkwasser	Stationäre Stromerzeugung, im Verbund mit Gasturbine u. KWK-Anlagen, Industrie u. Militär	Stationäre Stromerzeugung, Hilfsenergie in Kfz, Kraft-Wärme-Kopplung
Brennstoff	H ₂ /Reformat	H ₂ /Reformat	H ₂ /Reformat	H ₂ /CO/Reformat	H ₂ /Reformat
Oxidationsmittel	O ₂ /Luft	O ₂ /Luft	O ₂ /Luft	CO ₂ /O ₂ /Luft	O ₂ /Luft
Kosten	Kostspielig	Teuer	Hoch	Niedrig	Niedrig
Wirkungsgrad (%)	50–60	40–55	50–60	55–65	55–65
Leistungsdichte (kW/m³)	3,8–6,5	0,8–1,9	1	1,5–2,6	0,1–1,5
Leistungsbereich (kW)	1–250	50–200	1–100	1.000–2.000	1–900
Betriebstemperatur (°C)	60–200	175–200	65–200	600–650	650–1.000
Risiko	CO-Vergiftung des Platinkatalysators; Reaktor zur Reduzierung von CO im Brenngas nötig, wenn H ₂ aus Kohlenwasserstoff/Alkohol gewonnen wird	Korrosion durch Säuren, CO-Vergiftung und schwefelhaltige Verbindungen	Alkalischer Elektrolyt reagiert mit CO ₂ in unreinem O ₂ /H ₂ – führt zu CO ₂ -Vergiftung u. beeinträchtigt Zellenlebensdauer	Hohe Betriebstemperaturen u. korrosiver Elektrolyt beschleunigen Komponentenausfall u. Korrosion; verkürzte Zellenlebensdauer	Hohe Betriebstemperaturen verkürzen Zellenlebensdauer

Brennstoffzellen sind mittlerweile eine anerkannte alternative Energiequelle in ländlichen Gegenden mit fehlender oder unzuverlässiger Stromversorgung. So erzeugt die Poelano High School in Goedgevonden, Ventersdorp – einer ländlichen Gegend in Südafrika – mithilfe von Wasserstoff-Brennstoffzellentechnologie 2,5 kW, um den Bedarf für die schuleigene Informations- und Kommunikationstechnik sowie die Beleuchtung zu decken. Die Lösung ist zuverlässig, effizient, sicher und leise. Solche Mininetz-Konfigurationen mit Brennstoffzellen können nationale Stromnetze entlasten bzw. erweitern und soziale, politische und wirtschaftliche Vorteile für entlegene oder schlecht versorgte Regionen auf der Welt bringen.

Portable Anwendungen

Aufgrund ihrer höheren Energiedichte werden portable Brennstoffzellen (Portable Fuel Cells, PFCs) häufig als Ersatz für traditionelle Lithium-Ionen- und Blei-Säure-Batterien eingesetzt →7. Zu den weiteren Vorteilen von PFCs gehören ein netz-

unabhängiger Betrieb, längere Laufzeiten, schnelles Wiederaufladen, geringeres Gewicht, Komfort, Zuverlässigkeit und niedrige Betriebskosten. Aus diesem Grund werden PFCs gerne für militärische Anwendungen, als Hilfsstromversorgung und in tragbaren Produkten wie Taschenlampen und elektronischen Geräten eingesetzt. Der Leistungsbereich von PFCs liegt zwischen 5 W und 500 kW.

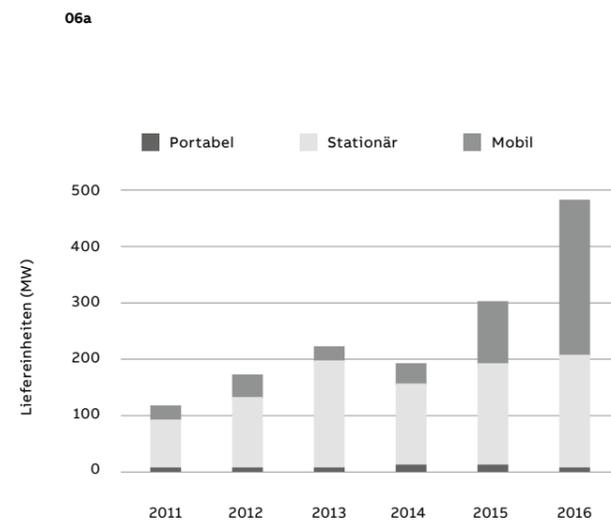
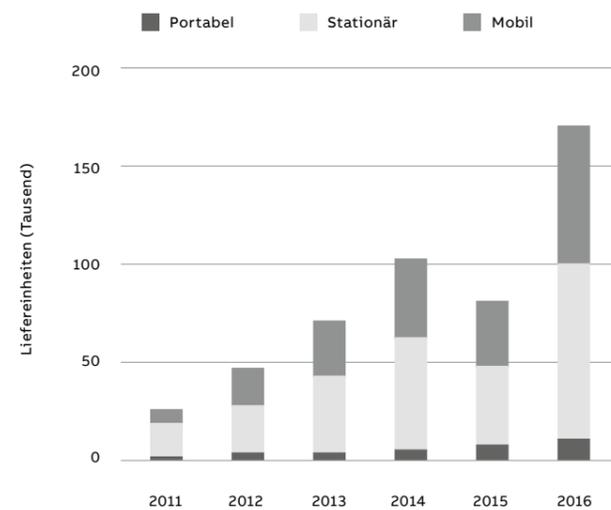
Portable Brennstoffzellen werden aufgrund ihrer Wirksamkeit und Zuverlässigkeit, längeren Lebensdauer und geringen thermischen, akustischen und Schwingungssignaturen auch für den Primärtrieb von unbemannten Luftfahrzeugen, sogenannten UAVs (Unmanned Aerial Vehicles), eingesetzt. Ein Beispiel hierfür ist der Ion Tiger, ein mit flüssigem Wasserstoff betriebenes, vom US Naval Research Laboratory entwickeltes UAV, das trotz seiner 550-W-Brennstoffzelle nur 17 kg wiegt. Der Ion Tiger kann über einen Tag lang und damit mehr als sechsmal länger in der Luft bleiben als ein entsprechendes batteriebetriebenes Luftfahrzeug. Die Nutzung von kryogenem flüssigem Wasserstoff verdoppelt die Flugzeit.

Viele Länder sind dabei, eine Tankstellen-Infrastruktur für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge aufzubauen.

Mobile Anwendungen

Im Kampf gegen die Luftverschmutzung und immer knapper werdende fossile Brennstoffreserven sind viele Länder dabei, eine Tankstellen-Infrastruktur für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge aufzubauen →8. Auch Stadtverwaltungen setzen vermehrt auf Wasserstoff. So besitzt die Stadt Aberdeen die größte Flotte von Wasserstoff-Brennstoffzellenbussen in Europa [6]. Im ersten Betriebsjahr fanden insgesamt 1.600 Tankvorgänge statt, wobei das Nachtanken nur 5 bis 7 Minuten dauert. Die Wasserstoff-Tankstelle, an der insgesamt 35.000 kg Wasserstoff aufgenommen wurden, erwies sich als extrem zuverlässig und verfügbar (99,99 %). Nachdem die Stadt 2016 mit dem Low Carbon Championship Award für die Verkehrsinitiative des Jahres ausgezeichnet wurde, denken die Stadtplaner nun über eine Erweiterung der Flotte nach. Ähnliche Brennstoffzellenbusse sind auch in andern Städten rund um die Welt erfolgreich im Einsatz.

Die Schifffahrt, die für 3 bis 5 % des weltweiten CO₂-Ausstoßes und für über 5 % der weltweiten SO_x-Emissionen verantwortlich zeichnet, ist ebenfalls an einem verstärkten Einsatz von Brennstoffzellen interessiert. Dies zeigen verschiedene Forschungsprojekte →9.



06b

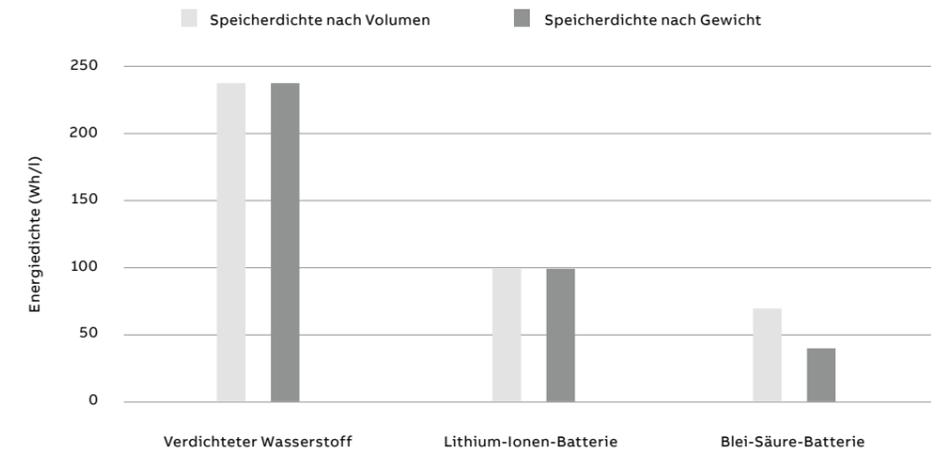
06 Gelieferte Brennstoffzellen-Systeme.

06a Anzahl der gelieferten Einheiten (in Tausenden).

06b Leistung der gelieferten Einheiten in MW.

07 Vergleich der Energiedichte von verdichtetem Wasserstoff (3.000 psi) mit Lithium-Ionen- und Blei-Säure-Batterien [5].

08 Saubere Brennstoffzellen mit hoher Energiedichte sind eine ideale Lösung für den Antrieb von Verkehrsmitteln in Stadtgebieten.

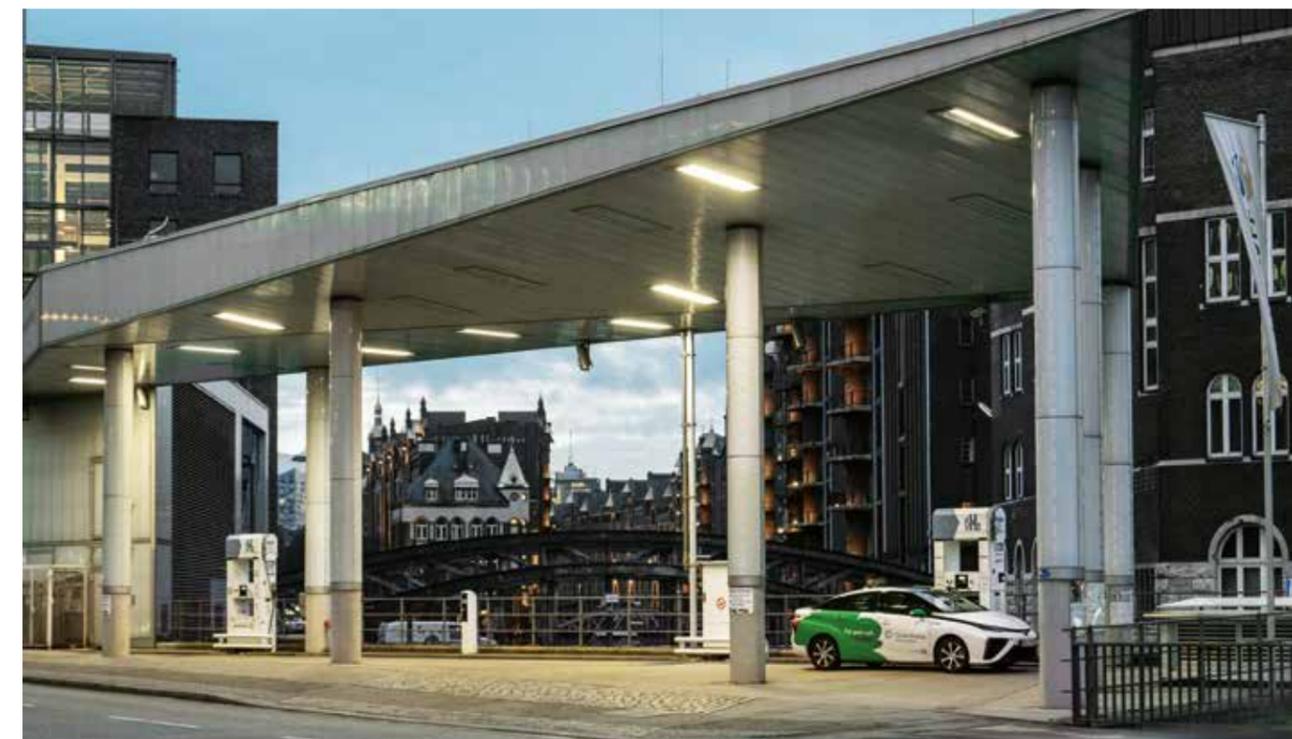


07

Auch ABB arbeitet im Bereich Brennstoffzellen mit der Schifffahrtsindustrie zusammen. Das Projekt MARANDA [7] ist ein von der Europäischen Union finanziertes Gemeinschaftsprojekt mehrerer Unternehmen zur Entwicklung und Implementierung einer Protonenaustausch-Membran-Brennstoffzelle (PEMFC) mit einer Leistung von 165 kW für den Einsatz an Bord des Forschungsschiffs Aranda. Das Hauptziel des Forschungsprojekts besteht darin, die Fähigkeit der Brennstoffzelle zur Erzeugung emissionsfreier elektrischer Energie mit geringer Geräusch- und Schwingungsentwicklung im maritimen Umfeld nachzuweisen. ABB liefert die erforderliche Stromrichtertechnik zum Anschluss des Brennstoffzellensystems an die

elektrische Energieversorgung des Schiffs. In einem anderen Pilotprojekt entwickelte ABB mit dem Brennstoffzellenhersteller Ballard eine 100-kW-Lösung für die Kreuzfahrtgesellschaft Royal Caribbean Cruises [8].

ABB liefert die erforderliche Stromrichtertechnik zum Anschluss des Brennstoffzellensystems an die elektrische Energieversorgung der Aranda.



08

Foto: Adrian Hancu, istockphoto.com



09

Herausforderungen von Wasserstoff und Brennstoffzellen

Obwohl Wasserstoff sich sehr schnell in der Luft verflüchtigt (wodurch seine Brennbarkeit rasch abnimmt), es nicht so viel „Sprengkraft“ pro Volumen besitzt wie andere gängige Kraftstoffe und die Wirkung von Flammen und Hitze aufgrund der sehr schnellen Verbrennung nur sehr kurz ist, erfordert der Umgang mit Wasserstoff besondere Vorsicht. Tatsächlich gibt es zurzeit mehrere Normen, die sich mit der sicheren Installation von Brennstoffzellen befassen.

Darüber hinaus bestehen im Zusammenhang mit Brennstoffzellen noch weitere Herausforderungen in anderen Bereichen:

- Sichere und effektive Produktion, Speicherung und Verteilung von Wasserstoff
- Kosten, vornehmlich aufgrund teurer Katalysatoren. Kosten stellen heute die größte Hürde für Brennstoffzellen dar.

- Brennstoffzellenstapel (sogenannte Stacks), die zur Erzeugung höherer Spannungen und Leistungen gebaut werden, müssen in puncto Leistung, Effizienz, Kosten und Größe optimiert werden. Allerdings sind die für den Leistungsrückgang (Degradation) über die Lebensdauer der Brennstoffzellen hinweg verantwortlichen Mechanismen noch nicht vollständig geklärt (als Ursachen der Degradation gelten kinetische Verluste, ohmsche Verluste, Stofftransportverluste und Reformatverluste).

Außerdem müssen die Auswirkungen von Gefrier- und Tavorgängen und Verunreinigungen im Stack sowie die Gefahren einer Wasserflutung oder Austrocknung des Stacks untersucht und genau modelliert werden. Hier können Multiphysik-CFD- (Computational Fluid Dynamics) und ROM-Verfahren (Reduced Order Model) zur Modellierung der Elektrochemie, Wärmeübertragung und

Foto: Gaël Musquet, Wikimedia Commons

Strömungsmechanik in der Brennstoffzelle genutzt werden, um entsprechende Steuer- und Betriebskennlinien zu ermitteln und Möglichkeiten der Feinabstimmung und Optimierung zu untersuchen. Diese Betriebskennlinien helfen bei der Auslegung der Steuer- und Schutzsysteme und der Leistungselektronik, die für die Integration von Brennstoffzellen in das Hauptstromnetz erforderlich sind.

Trotz der verbleibenden Herausforderungen genießt die Brennstoffzellentechnologie in der Öffentlichkeit und der Wirtschaft mittlerweile eine breite Akzeptanz. Als „grünes“ Kraftwerk ist die Brennstoffzelle unerreicht, denn welche andere Energiequelle ist in der Lage, neben sauberem elektrischem Strom auch Wärme für den Haushalt oder Arbeitsplatz und Wasser zu liefern, das zum Trinken aufbereitet werden kann? •

Literaturhinweise

[1] Economic Times Bureau: „India's energy consumption to grow faster than major economies“. 27. Januar 2017. Verfügbar unter: economictimes.indiatimes.com/industry/energy/oil-gas/indias-energy-consumption-to-grow-faster-than-major-economies/articleshow/56800587.cms

[2] The Fuel Cell and Hydrogen Annual Review. 4th Energy Wave, 2016.

[3] T. Overton: „World's Largest Fuel Cell Plant Opens in South Korea“. Power Magazine. February 25, 2014.

[4] Logan Energy: „A case study on 300 kW Fuel Cell System installed at 20 Fenchurch Street“. Verfügbar unter: www.loganenergy.com/wp-content/uploads/2015/11/150818-20-Fenchurch-Street-GW.pdf

[5] B. Cook: „An introduction to fuel cells and hydrogen technology“. Heliocentris, Kanada, 2001.

[6] Ballard: „A case study on Fuel Cell Zero-Emission Buses for Aberdeen, Scotland“. Verfügbar unter: ballard.com/docs/default-source/motive-modules-documents/aberdeen-case-study.pdf

[7] M. Kajava: „MARANDA – Aranda goes hybrid“. Verfügbar unter: new.abb.com/marine/generations/generations-2017/business-articles/maranda-aranda-goes-hybrid

[8] J. Bogen: „Catching fuel cell fever“. Verfügbar unter: new.abb.com/marine/generations/generations-2017/business-articles/catching-fuel-cell-fever

09 Die Energy Observer ist das erste wasserstoffbetriebene Schiff der Welt. Das ehemalige Rennboot stößt weder Treibhausgase noch Feinstaub aus und produziert an Bord kohlenstofffreien Wasserstoff aus Meerwasser.

ENERGIE

TXpand™ – die bruchsichere Transformatorlösung

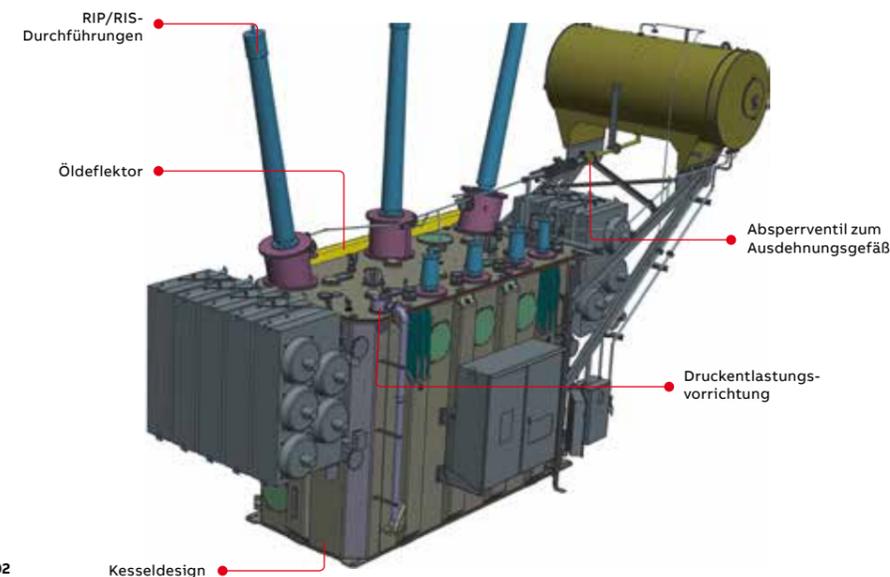
Störlichtbögen in ölgefüllten Transformatoren können katastrophale Folgen haben. Die mithilfe numerischer Methoden entwickelte TXpand-Lösung von ABB, die unter anderem ein optimiertes Kesseldesign und sicherere Komponenten beinhaltet, ist in der Lage, die Auswirkungen der meisten Störlichtbogenereignisse zu mindern.



01

01 Trotz konstruktiver Maßnahmen zur Verhinderung von Störlichtbögen in Transformatoren besteht immer ein Restrisiko eines solchen Ereignisses und die Möglichkeit eines Kesselbruchs mit anschließendem Brand. Die TXpand-Lösung von ABB wurde speziell für die Energiewirtschaft entwickelt und optimiert, um die Folgen von Störlichtbögen zu mindern.

02 Merkmale von TXpand.



Samuel S. Brodeur
ABB Inc.
Varenes, Kanada

samuel.s.brodeur@
ca.abb.com



Huan M. Dinh
ABB Inc.
Lexington, KY, USA

huan.m.dinh@us.abb.com

Ölgefüllte Transformatoren gehören zu den kritischen Stromnetzkomponenten, die rund um die Uhr unter rauen Bedingungen in Betrieb sind. Zwar ist die Ausfallrate bei solchen Transformatoren mit etwa 1 % pro Betriebsjahr relativ niedrig [1], doch angesichts der katastrophalen Folgen, die ein solches Ereignis haben kann (Ölaustritt, Feuer, Kollateralschäden), nicht unerheblich.

Kommt es in einem ölgefüllten Transformator zu einem niederimpedanten Störlichtbogen, erhitzt und verdampft dieser das umgebende Öl, wodurch eine Gasblase entsteht. Hierbei handelt es sich nicht um eine chemische Explosion, die eine explosive Mischung aus einem Brennstoff und einem Oxidationsmittel erfordert. Aus diesem Grund werden Explosionsschutzsysteme wie die häufig in petrochemischen Anlagen eingesetzten Berstscheiben in Transformatoren nur selten verwendet.

Die TXpand-Lösung von ABB wurde speziell entwickelt, um die Auswirkungen von Störlichtbögen in Transformatoren zu mindern →1.

TXpand

Ein Konzept zur Minderung der Brandgefahr sollte mehrere elektrische Schutzeinrichtungen umfassen. Am wichtigsten ist die Einbindung eines schnellen Leistungsschalters zur Begrenzung der Fehlerdauer und somit der Energie, die der Fehlerzone zugeführt wird. Darüber hinaus sollten die elektrischen Einrichtungen durch das Transformator-Design ergänzt werden. TXpand umfasst fünf besondere konstruktive Merkmale →2.

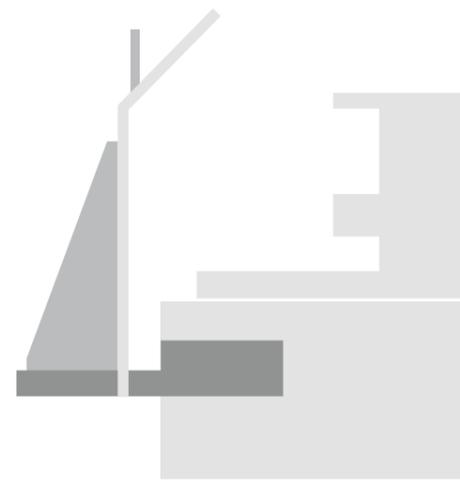
Kesseldesign

Laut einer Untersuchung des kanadischen Stromversorgers Hydro-Québec zu Transformatorausfällen in dessen 735-kV-Netz war in 50 von 74 Fällen ein Kesselbruch die Hauptursache für einen Ölaustritt und somit einer Brandgefahr [2]. Diese Gefahr kann durch das hier beschriebene bruchsichere Kesseldesign reduziert werden. Die Grundidee des Konzepts besteht darin, eine bestimmte Lichtbogenenergie durch plastische Verformung des Kessels zu absorbieren. Das entsprechende Kesseldesign bildet das Herzstück der TXpand-Lösung. Durch sorgfältige Analyse und Modellierung wurden die festesten Bereiche des Kessels flexibel und die schwächsten Punkte fester gestaltet. Sollbruchstellen ermöglichen zudem einen kontrollierten Ablauf selbst bei unvorhersehbaren Ereignissen.

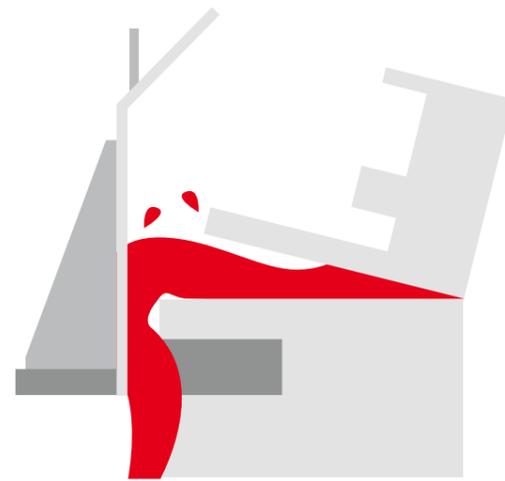
Die Grundidee besteht darin, eine bestimmte Lichtbogenenergie durch plastische Verformung des Kessels zu absorbieren.

RIP/RIS-Durchführungen

Die meisten Brände nach einem Lichtbogenereignis in einem Transformator werden durch das Versagen von ölprägnierten Papierdurchführungen (OIP) verursacht [1]. Laut der oben genannten Untersuchung von Hydro-Québec ist das Versagen solcher Durchführungen die zweite Hauptursache



03a



03b

für Ölaustritte (in 18 der 74 Fälle) [2]. Durch den Einsatz von Durchführungen aus harzimprägniertem Papier (Resin-Impregnated Paper, RIP) oder harzimprägniertem synthetischem Material (Resin-Impregnated Synthetics, RIS) kann die Gefahr von Ölaustritten, Feuer und berstendem Porzellan bei einem Störlichtbogen reduziert werden.

Absperrventil zum Ausdehnungsgefäß

Das Absperrventil befindet sich an der Ölleitung zwischen dem Kessel und dem Öldehnungsgefäß. Es lässt den Ölfluss in beide Richtungen zu, schließt aber und löst einen Alarm aus, sobald der Durchfluss einen bestimmten Wert überschreitet. Bei Versagen einer Durchführung oder Bruch des Hauptkessels verhindert das Ventil, dass Öl aus dem Ausdehnungsgefäß austritt und ein eventuelles Feuer nährt.

Druckentlastungsvorrichtung (PRD)

Das sogenannte PRD (Pressure Relief Device) besteht aus einem federbelasteten Ventil und dient dazu, den Innendruck abzulassen, nachdem die Lichtbogenenergie durch die Verformung des Kessels absorbiert wurde. Ein Rohr am Ventilauslass leitet das Öl und das Gas sicher in das Auffangsystem am Fuß des Transformators ab.

Öldeflektor

Das fünfte konstruktive Merkmal steht im Zusammenhang mit den Sollbruchstellen, die an der Schweißnaht des Kesseldeckels vorgesehen sind. Hier kann ein Öldeflektor angebracht werden, der das im Störfall kurzzeitig austretende Öl-/Gas-Gemisch umlenkt, um eine Gefährdung von Personen zu verhindern →3.

Die Theorie hinter dem Kesseldesign

Die Bildung von Lichtbögen in Öl ist seit Jahrzehnten Gegenstand von Untersuchungen, und es ist einiges über die Wissenschaft hinter diesem Phänomen bekannt. So weiß man z. B., dass die Lichtbogenenergie vom maximal verfügbaren Strom, der Lichtbogenbrenndauer (die bei wirklichen elektrischen Schutzvorrichtungen kurz ausfällt) und der Lichtbogenspannung abhängt. Aus einem Fall, der im 735-kV-Netz von Hydro-Québec aufgezeichnet wurde, konnte eine Auswirkung des Drucks der umgebenden Gasblase auf die Spannung abgeleitet werden [3]. Dies führte zur Entwicklung einer Gleichung zur genaueren Berechnung der Lichtbogenspannung, dem am schwersten feststellbaren Parameter.

Entscheidend ist ein gutes Verständnis der wissenschaftlichen Grundlagen des Kessels.

Die chemische Zusammensetzung des Lichtbogens wird seit 1953, hauptsächlich für Leistungsschalteranwendungen, untersucht. Die Autoren von fünf veröffentlichten Studien sind sich einig, dass die Gaserzeugungsrate linear verläuft und die Temperatur in der Reaktionszone bei 2.000 K liegt [1]. Im Rahmen umfangreicher Versuche an Verteiltransformatoren in Verbindung mit numerischen Simulationen wurde festgestellt, dass ein Gas-Volumen-Umwandlungsfaktor von $85 \text{ cm}^3/\text{KJ}$ bei Normaltemperatur und -druck gut mit der Realität übereinstimmt [4]. Diese Gaserzeugung wird in der

—
03 Der Öldeflektor lenkt austretendes Öl nach unten gegen die Kesselaußenwand und verhindert so eine Gefährdung von Personen.

03a Normalzustand.

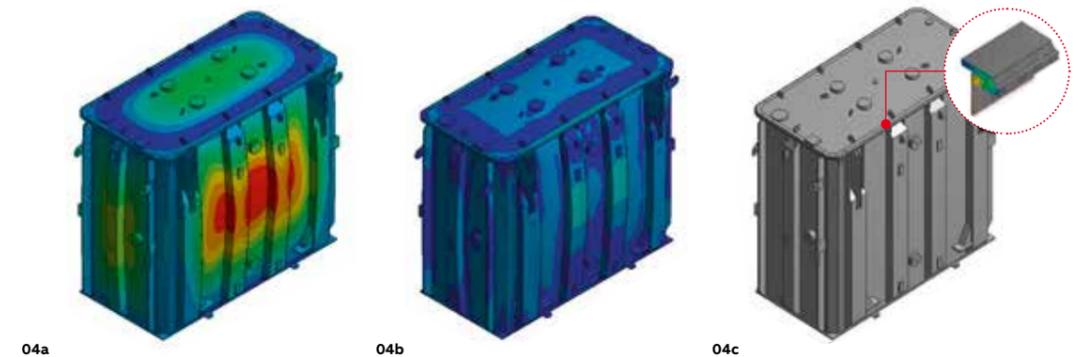
03b Mit umgelenktem austretendem Ölfluss.

—
04 Numerische Analysen des Kessels.

04a Verschiebung (Kesselflexibilität).

04b Spannung (Evaluierung der globalen Festigkeit).

04c Kritische Bereiche (Kesselbruchstellen).



04a

04b

04c

folgenden Gleichung zur Beschreibung des Druckaufbaus in einem Transformatorkegel verwendet [3]. Die Gleichung enthält einen dynamischen Verstärkungsfaktor, der das Verhältnis des lokalen dynamischen Drucks zum endgültigen statischen Druck beschreibt. Dieser dynamische Effekt wurde in Versuchen an Transformatoren mit chemischen Explosionen in speziellen Behältern [5] und in einer umfangreichen numerischen Studie mit Hochdruck-Injektionen [3] festgestellt.

$$P_s = F \left[100 \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{kE}{100C}} - 50 \right]$$

Ps: berechneter Kesseldruck (kPa)

E: zu widerstehende Fehlerenergie (kJ)

k: Lichtbogenenergie-Umwandlungsfaktor ($5,8 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{kJ}$)

C: Kesselausdehnungskoeffizient (m^3/kPa)

F: dynamischer Verstärkungsfaktor

Entscheidend ist ein gutes Verständnis der wissenschaftlichen Grundlagen des Kessels. Die Bedeutung des Kesselausdehnungskoeffizienten für den Kesselinndruck wurde zuerst 1959 bei Versuchen mit ölgefüllten rechteckigen Transformatorkegeln erkannt, die plötzlichen Stickstoffentladungen ausgesetzt wurden, und gleichzeitig durch numerische Studien bestätigt [6,7]. Da jedoch über das Resistenzverhalten von Transformatorkegeln praktisch nichts bekannt war, begannen Hydro-Québec und ABB im Jahr 2011 damit, das Thema eingehend zu untersuchen. In über fünfjähriger Forschungsarbeit wurde eine numerische Methodik zur Analyse des plastischen Verhaltens von Transformatorkegeln bis zum Bruch entwickelt. Die numerischen Ergebnisse wurden durch rund 40 zerstörende

Versuche validiert. Sämtliche numerische Parameter wie Vereinfachung der Geometrie, Gittergröße, Elementtyp, Kontaktelement, Randbedingungen und Ergebnisanalyse wurden experimentell kalibriert. Das Ergebnis des jahrelangen Lernprozesses sind numerische Simulationen, die genaue Verschiebungsergebnisse und somit den Ausdehnungskoeffizienten – und letztendlich die Festigkeitseigenschaften – des Kessels liefern →4.

Test an einem großen Leistungstransformator

Hierzu wurde ein regulärer 330-kV/210-MVA-Transformator mit einer Aktivteilattrappe nach den TXpand-Designregeln konstruiert und gebaut [8]. In den Kessel wurde Luft mit dem gleichen Druck eingepresst, den das entstehende Gas bei einer Lichtbogenenergie von 20 MJ in Öl erzeugt. Hierbei handelt es sich nach Kenntnis von ABB um die höchste je aufgezeichnete Energiefreisetzung. Der Kessel dehnte sich wie von den numerischen Simulationen vorhergesagt aus und absorbierte die gesamte eingebrachte Energie ohne Bruch →5. Das PRD brauchte 5 s, um den Innendruck abzulassen, was im Vergleich zu einer Fehlerdauer von drei Perioden (50 ms) eher langsam ist.

Sämtliche numerische Parameter wurden experimentell kalibriert.

In einem zweiten Test wurde der Einpressdruck erhöht, um einen Kesselbruch hervorzurufen. Selbst wenn die Gasblase am unteren Ende des Kessels entsteht, reißt der Kessel an der von der numerischen Simulation vorhergesagten Sollbruchstelle, d. h. an der Deckelschweißnaht.



06

—
05 330-kV-Transformator-
kessel beim
Drucktest.

05a Vor dem
Störlichtbogenereignis.

05b Nach dem
Störlichtbogenereignis.

06 SSVT beim Störlicht-
bogentest (40 kA für
300 ms).

Test an einem Eigenbedarfs-Spannungswandler

Die für Leistungstransformatoren entwickelten TXpand-Simulationsverfahren wurden auf einen Eigenbedarfs-Spannungswandler (Station Service Voltage Transformer, SSVT) mit einer Bemessungs-Blitzstoßspannung (BIL) von 650 kV angewandt, dessen Kesselvolumen deutlich geringer (etwa ein Hundertstel) als das eines Leistungstransformators ist. Die Analyse führte zu mehreren konstruktiven Änderungen zur Verbesserung der Störlichtbogenfestigkeit des Kessels. Im Jahr 2017 wurde eine vollständige SSVT-Einheit mit einem Störlichtbogenstrom von 40 kA für 300 ms gemäß IEC 61869-1 2007 auf höchsten Störlichtbogenschutz (Stufe 2 und Klasse II) getestet →6. Der SSVT absolvierte sämtliche Tests erfolgreich: Der Kessel hielt dem Druck stand, es wurden keine Materialaustritte oder Brüche festgestellt, und das anfallende Öl wurde innerhalb von etwa 5 s durch das PRD evakuiert. Dieser Versuch hat gezeigt, dass die für große Leistungstransformatoren entwickelte numerische Methodik für SSVTs skaliert werden kann.

—
Die TXpand-Lösung basiert auf einer numerischen Methodik, fundiertem Wissen und langjähriger Forschungs- und Entwicklungsarbeit.

TXpand ist einfach, effizient und kostengünstig

Die TXpand-Lösung basiert auf einer numerischen Methodik, fundiertem Wissen über die Entstehung von Lichtbogengas und langjähriger Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Versuche mit großen Leistungstransformatoren und SSVTs haben die Wirksamkeit von TXpand bewiesen. Kooperationen mit Kunden haben gezeigt, dass TXpand einfach, effizient und kostengünstig ist. Damit verfügt ABB über eine bewährte Technologie, die in der Lage ist, die Folgen von Störlichtbogenereignissen in Transformatoren erheblich zu mindern. Ein sichererer Transformator könnte zudem als Ausgangspunkt für eine Überprüfung der Kosten und Risiken im Hinblick auf das teure Ölauffangsystem in Umspannwerken dienen. •



05a



05b

Literaturhinweise

[1] Cigré: „Guide for Transformer Fire Safety Practices – Working Group A2.33“. Cigré – Technical Brochure 537, 2013.

[2] M. Foata: „Power Transformer Fire Risk assessment“. Cigré, Sydney, Australien, 2008.

[3] M. Foata, J.-B. Dastous: „Power transformer tank rupture prevention“. Cigré, Paris, 2010.

[4] J.-B. Dastous, M. Foata: „Analysis of Faults in Distribution Transformers with MSC/PISCES-2DELK“. MSC World User's Conference, Los Angeles, 1991.

[5] T. Kawamura et al.: „Prevention of Tank Rupture Due to Internal Fault of Oil Filled Transformers“. Cigré Session, Paris, 1988.

[6] M. Foata, G. Khouzam: „Power Transformer Tank Rupture“. Canadian Electrical Association, Engineering and

Operating Division. Toronto, 1994.

[7] R. E. Kothmann, D. G. Thompson: „Power Transformer Tank Rupture: Risk Assessment and Mitigation“. EPRI, 1995.

[8] S. Brodeur, J.-B. Dastous: „Design and Testing of an

Arc Resistant Power Transformer Tank“. IEEE Transactions on Power Delivery, 2019 (noch in Prüfung durch IEEE).



01

BUZZWORDS ENTSCHLÜSSELT

Autonome Systeme

Wie autonom sind industrielle Systeme von heute?



Wilhelm Wiese
ABB Global Industries and Services
Bengaluru, Indien

wilhelm.wiese@in.abb.com

Ist die Autonomie einer Produktionsanlage vergleichbar mit der Autonomie, die wir mittlerweile bei Fahrzeugen sehen? Schließlich besitzen beide Anwendungsbereiche eine Vielzahl von Gemeinsamkeiten – was uns Aufschluss über die Bedeutung des Begriffs Autonomie gibt.

Alle sprechen über autonome Systeme in Autos. Doch wie ist der Stand dieser Systeme in der Industrie? Während die US-Bundesbehörde für Straßen- und Fahrzeugsicherheit NHTSA fünf Stufen der Autonomie [1] definiert, fehlen entsprechende Definitionen auf dem Gebiet der Industrieautomatisierung noch. Dennoch lassen sich die beiden Anwendungsbereiche ohne Weiteres miteinander vergleichen.

Um Missverständnisse zu vermeiden: Automatisierung und autonome Systeme sind zwei unterschiedliche Dinge. Einfach gesagt, zeichnen sich autonome Systeme durch die Fähigkeit aus, unabhängig von direkter menschlicher Einwirkung zu handeln →1, was automatisierte Systeme nicht können [2,3].

Ein angemessenes und erreichbares Ziel für autonome Systeme in der Industrie ist die Umsetzung der NHTSA-Stufe 3. Übertragen auf das Engineering

eines industriellen Leitsystems wäre dies ein System, das in der Lage ist, sämtliche Aspekte einer Konfigurationsaufgabe selbst durchzuführen. Dazu bestimmt es die am besten geeignete Konfiguration auf der Grundlage von Informationen, die es aus einem globalen Datenpool mit optimierten Geräteeinstellungen erhält. Dabei werden zahllose Kombinationen verbundener Geräte, der jeweilige Anwendungsbereich und Umweltdaten wie Klimabedingungen berücksichtigt.

Autonome Systeme zeichnen sich durch die Fähigkeit aus, unabhängig von direkter menschlicher Einwirkung zu handeln, was automatisierte Systeme nicht können.

Bezogen auf den Betrieb gilt für die Stufe 3, dass der menschliche Bediener bereit sein muss, jederzeit die Kontrolle zu übernehmen, wenn es das autonome System verlangt.



02

01 Das Ziel beim Engineering industrieller Systeme besteht darin, die Notwendigkeit menschlichen Eingreifens durch maschinelles Lernen zu beseitigen.

02 Ein ABB-Roboter vom Typ FlexPicker. Die Algorithmen, die diese Maschinen steuern, helfen dabei, eine flexible und hygienische Lebensmittelverarbeitung zu gewährleisten.

Literaturhinweise

[1] www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety

[2] www.roboticsbusinessreview.com/ai/breaking-down-autonomous-systems

[3] new.abb.com/news/detail/11164/autonomous-systems

Sowohl beim Engineering als auch beim Betrieb ist das Ziel dasselbe: die Notwendigkeit menschlichen Eingreifens durch maschinelles Lernen zu beseitigen →2. Technisch sind dazu wesentliche Änderungen in der Steuerungsschicht eines autonomen Systems erforderlich, da diese eine ganzheitliche Sicht auf die Anlage benötigt.

Vor diesem Hintergrund ist zu erwarten, dass künstliche Intelligenz das heutige Steuerungsparadigma grundlegend verändern wird – von der Signalarangierung zur Prozessdatenanalyse, von Rückkopplungsschleifen zur Vorhersage und von der Prozesskalibrierung zur Selbstoptimierung. In den autonomen Systemen von morgen werden Engineering, Betrieb und Steuerung in einem kontinuierlichen Zyklus selbstlernender Algorithmen verschmelzen, der Prozess- und Anlagenoptimierungen ermöglichen wird, die heute kaum vorstellbar sind. •

Foto S. 75 unten: Franck-Boston, istockphoto.com



Impressum

Editorial Board

Bazmi Husain
Chief Technology Officer
Group R&D and Technology

Adrienne Williams
Senior Sustainability
Advisor

Christoph Sieder
Head of Corporate
Communications

Reiner Schoenrock
Technology and Innovation

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

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

Herausgeber

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

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

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

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

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

Herausgeber und Copyright ©2019 ABB Switzerland Ltd. Baden, Schweiz

Druck
Vorarlberger
Verlagsanstalt GmbH
6850 Dornbirn
Österreich



Layout

Publik. Agentur für Kommunikation GmbH
Ludwigshafen
Deutschland

Satz

Konica Minolta
Marketing Services
London
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

Tablet-Version

Die Produktion der Tablet-Version der ABB Review (für iOS und Android) wird Ende 2018 eingestellt. Lesern der Tablet-Versionen wird empfohlen, die PDF- oder Webversionen zu nutzen. abb.com/abbreview

Blieben Sie auf dem Laufenden ...

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



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

—
Vorschau 04/2019

Elektrifizierung im Verkehrswesen

Das weltweite Verkehrswesen beruht auf einer komplexen Mischung von Technologien und Prozessen, die dafür sorgen, dass Energie in Bewegung umgewandelt wird. In der nächsten Ausgabe der ABB Review zeigen wir, wie verschiedene Branchen die Elektrifizierung nutzen, um effizienter zu werden, Kosten zu senken und einen Beitrag zur Rettung des Planeten zu leisten.