

review

Höchste Anforderungen 04|2017 de



-
- 06–25 **Höchste Anforderungen**
 - 26–49 **Kreative Lösungen**
 - 50–65 **Pionierleistungen**



14

Kompakter Thermosiphon-Wärmetauscher



50 Jahre Konzernforschung in der Schweiz



36

Asset Health Center für AEP

Modularer Mehrpunkt-Umrichter

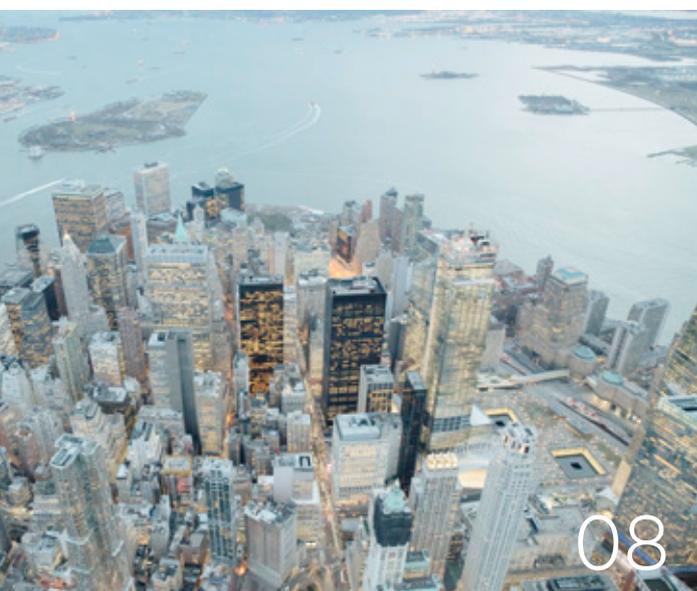


42





Digitales Umspannwerk



05 Editorial

Höchste Anforderungen

- 08 Digitales Umspannwerk
- 14 Kompakter Thermosiphon-Wärmetauscher
- 22 Trafostation für extreme Bedingungen

Kreative Lösungen

- 28 Software-Engineering
in der Automation
- 36 Asset Health Center für AEP
- 42 Modularer Mehrpunkt-Umrichter

Pionierleistungen

- 52 50 Jahre Konzernforschung
in der Schweiz
- 64 Drahtlos, aber verbunden
- 65 Kernforschung im Jahr 1941

Buzzwords entschlüsselt

- 66 Künstliche Intelligenz

67 Impressum

68 Index 2017

Unter extremen Bedingungen zeigt sich die wahre Zuverlässigkeit kritischer Systeme. Dies können besondere Gegebenheiten wie entlegene Standorte oder spezielle Umstände wie Wetterumschwünge oder Bedarfsspitzen sein. ABB bietet die Ausrüstung, das Know-how und die digitale Konnektivität, um die Systemleistung unter allen Bedingungen sicherzustellen. Diese Ausgabe der ABB Review stellt einige Projekte vor und zeigt, wie sie auch in alltäglichen Situationen zum Kundenerfolg beitragen.

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

EDITORIAL

Höchste Anforderungen



Liebe Leserin, lieber Leser,

im Jahr 2012 traf der Hurrikan Sandy New York City, wo er Hunderte Todesopfer forderte und Schäden in zweistelliger Milliardenhöhe verursachte. Der Energieversorger Con Edison verzeichnete erhebliche Hochwasserschäden an seinen Anlagen. Für den Wiederaufbau wandte sich das Unternehmen an ABB. Dabei sollte nicht nur die ursprüngliche Konfiguration und Funktionalität wiederhergestellt, sondern auch die Widerstandsfähigkeit der Anlagen gegen zukünftige Ereignisse verbessert werden. Dies wurde zum einen durch die Konstruktion der Ausrüstung und zum anderen durch Digitalisierung erreicht. So ermöglichen fortschrittliche Konnektivitäts- und Diagnosefunktionen nicht nur die Überwachung des normalen Betriebs, sondern unterstützen auch die Rekonfiguration der Ausrüstung und die rasche Entsendung von Reparaturteams im Notfall.

Diese und andere Beispiele von ABB-Produkten und Lösungen, die darauf ausgelegt sind, unter allen Bedingungen höchsten Anforderungen zu genügen, sind das zentrale Thema dieser Ausgabe der ABB Review.

Eine interessante Lektüre wünscht Ihnen

A handwritten signature in red ink, appearing to read 'Bazmi Husain'. The signature is stylized and fluid.

Bazmi Husain
Chief Technology Officer



Höchste Anforderungen





ngen

Dafür zu sorgen, dass bei einem Sturm die Lichter nicht ausgehen bzw. schnell wieder eingeschaltet werden können, erfordert nicht nur ein umfassendes Verständnis dessen, was zu erwarten ist, sondern auch dessen, was passieren kann. ABB kombiniert die entsprechende physische und digitale Technik, um für solche Anforderungen gewappnet zu sein und eine optimale Leistungsfähigkeit unter allen Bedingungen sicherzustellen.

- 08 Digitales Umspannwerk
- 14 Kompakter Thermosiphon-
Wärmetauscher
- 22 Trafostation für extreme
Bedingungen



HÖCHSTE ANFORDERUNGEN

Sturmsicher mit ABB Ability™ Digital Substation

In sturmgefährdeten Regionen müssen Energieversorgungssysteme so ausgelegt sein, dass Reparaturen schnell durchgeführt werden können, um die Versorgung von Bewohnern und Gewerbebetrieben wiederherzustellen. Um die erforderliche Robustheit zu gewährleisten, hat sich der Energieversorger Con Edison entschlossen, seine herkömmliche Technik durch digitale Schaltanlage-technik aus dem ABB Ability-Portfolio zu ersetzen.



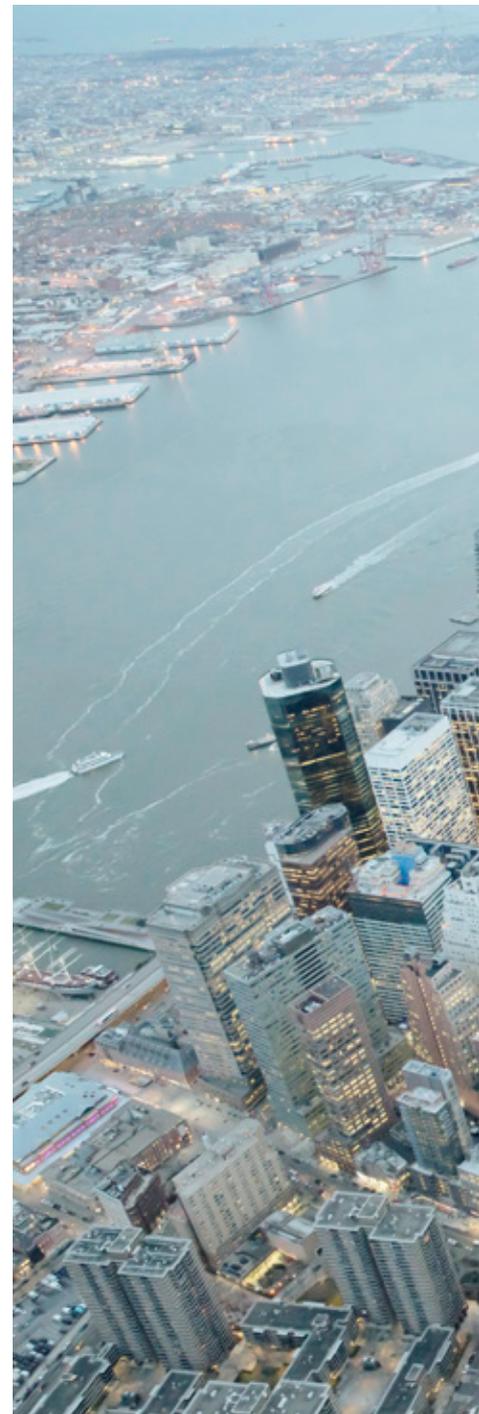
Gerhard Salge
ABB Power Grids
Zürich, Schweiz

gerhard.salge@ch.abb.com

Als der Hurrikan Sandy im Jahr 2012 die Stadt New York mit voller Wucht traf, kam es zu Überschwemmungen (bis zu 3,38 m über Normalniveau), wie sie normalerweise nur alle 260 Jahre auftreten [1]. Tatsächlich sorgte Sandy für die höchste Sturmflut seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1700 →1.

Als Hurrikan Sandy 2012 New York City mit voller Wucht traf, kam es zu Überschwemmungen, wie sie normalerweise nur alle 260 Jahre auftreten.

Neben New York City liegen noch drei weitere Städte – Newark, Jersey City und Hoboken – sowie eine Vielzahl kleinerer Orte an der Bucht von New York. Insgesamt leben in unmittelbarer Nähe der Bucht etwa 21 Millionen Menschen in einem sehr dicht besiedelten Ballungsraum mit einer Infrastruktur, wie man sie von einer Region mit globaler wirtschaftlicher Bedeutung erwartet. Neben tragischen Todesfällen verursachte



—
01 Die tiefe Lage und dichte Besiedlung von Manhattan Island und Umgebung machen die Infrastruktur besonders anfällig für Naturkatastrophen wie den Hurrikan Sandy.

Hurrikan Sandy Infrastrukturschäden in Höhe von über 60 Mrd. USD: Häuser wurden zerstört, Straßen, Tunnel und U-Bahn-Stationen überflutet und große Schäden durch das Salzwasser verursacht. Große Teile von New York City waren mehrere Tage lang ohne Strom, Wasser, Abwasser und Telekommunikation.

Als eines der größten privaten Energieunternehmen der USA besitzt Consolidated Edison, Inc. oder kurz „Con Edison“ Anlagen im Wert von über 47 Mrd. USD. Eine dieser Anlagen ist das Umspannwerk, das das Gebiet von Lower Manhattan einschließlich der Wall Street versorgt.

Das Umspannwerk gehört zu den größten seiner Art in den USA und beliefert mehrere Hunderttausend Kunden mit Strom. Den Mitarbeitern von

Con Edison ist die Zerstörung durch den Hurrikan Sandy in lebhafter Erinnerung geblieben. Große Mengen Meerwasser hatten das Umspannwerk überflutet und erhebliche Schäden an der Kupferverdrahtung und den Schaltschänken verursacht.

—
Hurrikan Sandy verursachte Infrastrukturschäden in Höhe von über 60 Mrd. USD.

Tatsächlich sahen einige Steuersysteme, Verdrahtungen und Klemmleisten nach wenigen Stunden so aus, als wären sie über Jahrzehnte korrodiert. Seitdem hat Con Edison rund 1 Mrd. USD in den Sturmschutz investiert, um ober- und unterirdische





02

Stromversorgungsanlagen gegen extreme Witterungen zu sichern. Die Maßnahmen beinhalten unter anderem den Schutz von Umspannwerken durch verstärkte Außenwände, Tore und Hochwasserschutzmauern →2-3. Ein weiteres bedeutendes Element des Sturmschutzprogramms von Con Edison war die Installation von digitaler Schaltanlagentechnik aus dem ABB Ability-Portfolio,

—
Große Mengen Meerwasser hatten erhebliche Schäden an der Kupferverdrahtung und den Schaltschänken verursacht.

um die Stromversorgung des wichtigen Umspannwerks in Manhattan zu sichern [2]. Vorgesehen war der Austausch mehrerer herkömmlicher Ausrüstungsteile gegen digitalfähige Technik.

ABB Ability Digital Substation

Eine digitale Schaltanlage ist eine Schlüsselkomponente für ein intelligenteres Stromnetz. In der Anlage ersetzt digitale Kommunikation per Glasfaserkabel die herkömmliche Übertragung analoger Steuersignale über Kupferkabel. Das erhöht die Sicherheit, Flexibilität und Verfügbarkeit, senkt die Kosten und Risiken und verbessert die Widerstandsfähigkeit im Fall des nächsten Jahrhundertsturms.

Sämtliche Steuerdaten, Relaismessungen und Überwachungsdaten fließen über den äußerst zuverlässigen digitalen Kommunikationsbus in Glasfasertechnologie. Dies senkt nicht nur die Betriebs- und Wartungskosten, sondern trägt auch zur Verbesserung der Stabilität und Zuverlässigkeit bei. So werden z. B. Daten zum Anlagenzustand über eine standardisierte digitale Kommunikation erfasst, um die Leistungsfähigkeit zu optimieren und die Effizienz und Wirtschaftlichkeit des Umspannwerks zu verbessern – was sich z. B. in einer Reduzierung der Ausfallzeiten von Transformatoren und Leistungsschalten um bis zu 50 % niederschlägt.





02 Das Umspannwerk von Con Edison in Lower Manhattan. Einige der neuen Schutzmaßnahmen wie die verstärkten Außenwände sind deutlich zu sehen.

03 Zu den Hochwasserschutzmaßnahmen gehören auch hohe Mauern und erhöhte Kabelkanäle.

04 Die vereinfachte Leitwarte von Con Edison erleichtert dem Bedienungspersonal die Arbeit.

Da die Informationen über einen digitalen Bus bereitgestellt werden, können alle verfügbaren Daten genutzt und mit historischen Daten und Flottenansichten kombiniert werden. Dies kann dabei helfen, die Zuverlässigkeit des Netzes zu erhöhen und die Lebensdauer der Anlagen in diesem und anderen Umspannwerken zu verlängern.

Darüber hinaus hat der Anlageneigentümer nicht nur die Möglichkeit, die Zuverlässigkeit des Umspannwerks selbst zu erhöhen, sondern auch den Betrieb und die Instandhaltung mit den Prozessen auf Unternehmensebene zu verknüpfen.

Die neue ABB Ability Digital Substation ermöglicht Con Edison zudem die Nutzung von Big Data.

So können kritische Anlagendaten und Unternehmensdaten extrahiert werden, um z. B. in Krisensituationen schnellere Entscheidungen zu ermöglichen. Zudem können die Daten analysiert werden, um Entwicklungen zu erkennen und potenzielle Probleme vorherzusagen. Mit anderen Worten, die Fülle von neuen Daten erleichtert den Wechsel von einer traditionellen zeitorientierten zu einer zustandsorientierten Instandhaltung.

Vereinfachte Steuerungen

Ein Bestandteil des Digitalisierungsprozesses war der Umstieg von den vorhandenen mehrschichtigen Steuerungssystemen, die zum Teil durch das Hochwasser des Hurrikans Sandy beeinträchtigt worden waren, auf ein neues automatisiertes System. Durch das Einzelsystem-Konzept werden nicht nur die Aufgaben des Personals erheblich vereinfacht, sondern auch die Sicherheit und Zuverlässigkeit verbessert →4.

Während der gesamten Planungs-, Test- und Installationsphase standen die Ingenieure von Con Edison in ständigem Dialog mit dem ABB-Team und konnten Phase 1 termin- und budgetgerecht ohne Unfälle oder Verletzungen in Betrieb nehmen.

Weitere Vereinfachungen wurden durch die Nutzung des offenen globalen Schaltanlagen-Kommunikationsstandards IEC 61850 ermöglicht. So nutzt das neue Automatisierungs-, Schutz- und Steuerungssystem für das Umspannwerk GOOSE-Nachrichten (die auf der IEC 61850 basieren) zur Steuerung der Leistungsschalter im Schaltfeld. Die Verwendung der IEC 61850 ermöglicht Con Edison die Implementierung einer interoperablen, herstellerunabhängigen Schutz- und Steuerungslösung, was bisher nicht möglich war. Die Kommunikation zwischen den Leistungsschaltern und Schutzrelais sowie der Betrieb aus der Ferne werden durch die faseroptischen Kommunikationsnetze ermöglicht.

03



04





05

Hybridschaltanlage PASS

Eine wesentliche Komponente der neuen ABB Ability Digital Substation ist die modulare 420-kV-Hybridschaltanlage vom Typ PASS (Plug and Switch System), die mehr als 10 m über dem Niveau des ursprünglichen Umspannwerks – und somit sicher vor extremen Überschwemmungen – installiert wurde, um die Versorgungssicherheit zu erhöhen und Ausfälle zu verhindern →5-7.

Die innovative PASS-Schaltanlage stellt alle Funktionen eines Hochspannungs-Schaltfelds in einem kompakten Design zur Verfügung und ermöglicht so nicht nur die Reduzierung des Platzbedarfs um 50 %, sondern auch den Ausbau einer bereits eng bestückten Station um neue Schaltfelder ohne zusätzlichen Flächenbedarf (in New York City sind Grundstücke ebenso teuer wie schwer zu bekommen). Die PASS-Ausrüstung lässt sich leicht transportieren und schnell installieren, ohne dass vor Ort aktive Teile montiert oder Hochspannungsprüfungen durchgeführt werden müssen.

06



—
Zu den Vorteilen gehören nicht nur niedrigere Betriebs- und Wartungskosten, sondern auch eine bessere Stabilität und Zuverlässigkeit.

Ein wesentlicher Grund für die Installationsfreundlichkeit ist ein einfaches, sicheres und effektives Merkmal, das eine schnelle Drehung der Durchführungen von der Transport- in die Betriebsposition und somit eine schnellere Installation und Inbetriebnahme vor Ort ermöglicht.

—
05 Die 420-kV-PASS-Schaltanlage von ABB im Umspannwerk von Con Edison.

—
06 Die Hybridschaltanlage vom Typ PASS befindet sich 10 m über dem Niveau der ursprünglichen Station.

—
07 Nach Ankunft der PASS am Standort werden die Durchführungen von der Transport- in die Betriebsposition gedreht.

Literaturhinweise

[1] P. M. Orton et al.: „A validated tropical-extratropical flood hazard assessment for New York Harbor“. Journal of Geophysical Research: Oceans. Online veröffentlicht am 31.12.2016. Verfügbar unter: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2016JC011679/epdf>

[2] ABB-Video „Digital substation helps New York guard against storm chaos“. Verfügbar unter: <https://www.youtube.com/watch?v=8AduBjK7Iic>

Weniger Kupfer

Im Rahmen der digitalen Modernisierung durch ABB wurden rund 80 % der alten Steuerverkabelung aus Kupfer durch wenige Glasfaserkabel ersetzt. Weniger Kupfer bedeutet mehr Sicherheit, denn als elektrischer Leiter birgt jedes Stück Kupfer in einem Umspannwerk die Gefahr eines Stromschlags für das Servicepersonal.

Sturm- und zukunftssicher

Die Digitalisierung des Stromnetzes ist ein zentrales Element in der zunehmend vernetzten

Die digitale Umrüstung dieses wichtigen Umspannwerks in New York City und die zusätzlichen Unwetterschutzmaßnahmen durch Con Edison werden dazu beitragen, das Netz robuster zu machen und die Zuverlässigkeit der Stromversorgung für die Menschen in Manhattan zu erhöhen. Darüber hinaus liefert die Digitalisierung die notwendige Flexibilität für einen möglichen – auch herstellerunabhängigen – Ausbau und sorgt so dafür, dass das digitale Umspannwerk nicht nur sturm- sondern auch zukunftssicher ist. ●

—
Die digitale Kommunikation per Glasfaserkabel ersetzt die herkömmliche Übertragung analoger Signale über Kupferkabel.

Welt von heute. Die ABB Ability-Technologie für digitale Umspannwerke ermöglicht den Bau von zuverlässigeren Stromnetzen, die eine effektivere menschliche Interaktion bei Betrieb, Instandhaltung und Arbeitssicherheit unterstützen.

07



HÖCHSTE ANFORDERUNGEN

Kompakter Thermosiphon-Wärmetauscher für Leistungsumrichter

Moderne leistungselektronische Umrichter können beachtliche Verlustwärme erzeugen. Da eine Wasserkühlung häufig unerwünscht bzw. unpraktisch ist, hat ABB einen kompakten Zwei-Phasen-Thermosiphon-Wärmetauscher entwickelt, der einfach aufgebaut, vollständig passiv und somit sehr zuverlässig ist. Auf Basis der gleichen Technologie wurde zudem ein kompakter Luft-Luft-Wärmetauscher zur Gehäusekühlung entwickelt.

Bruno Agostini
Daniele Torresin
ABB Corporate Research
Dättwil, Schweiz

bruno.agostini@
ch.abb.com
daniele.torresin@
ch.abb.com

Timo Koivuluoma
ABB Oy
Helsinki, Finnland

timo.koivuluoma@
fi.abb.com

Yong X. Wang
ABB AG
Brilon, Deutschland

yong.x.wang@de.abb.com

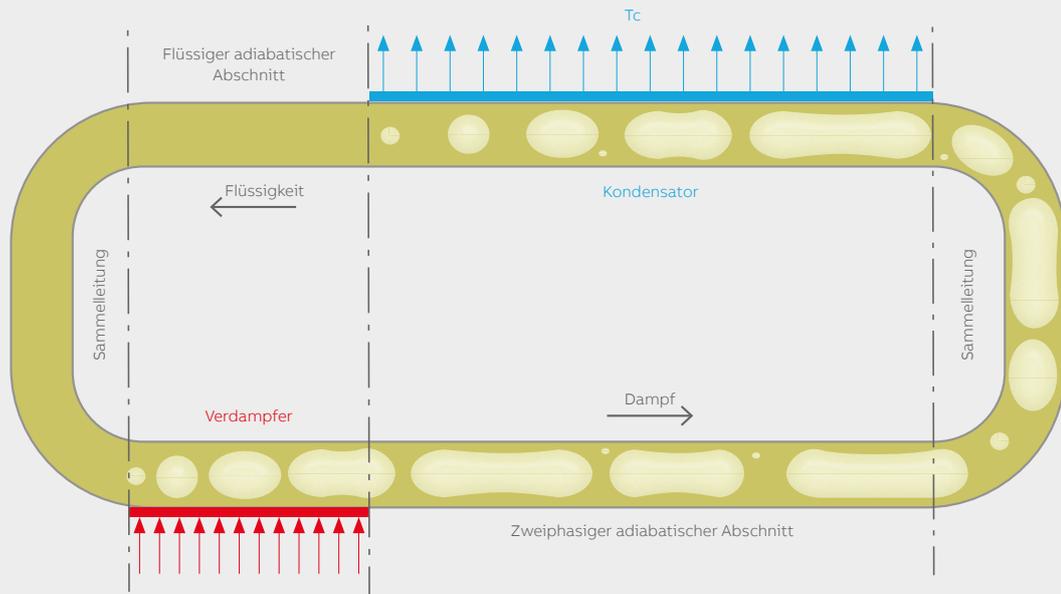
In der Leistungselektronik sind Wärmeverluste von über 100 W/cm² am Halbleiter und von über 30 W/cm² am Kühlkörper keine Seltenheit – und man kann davon ausgehen, dass diese Werte bei zukünftigen Produkten noch höher ausfallen werden. Wasser ist zwar ein äußerst wirksames Kühlmedium, aber in Verbindung mit Leistungselektronik häufig unerwünscht oder unpraktisch. Eine Zwei-Phasen-Kühlung stellt eine vielversprechende Alternative dar.

Der Thermosiphon stellt ein besonders interessantes Konzept dar, da er vollständig passiv, einfach aufgebaut und somit sehr zuverlässig ist.

Eine Zwei-Phasen-Kühlung nutzt Kühlmittel, um eine sehr hohe Wärmeübertragung zu erreichen. Ein besonders interessantes Konzept für eine Zwei-Phasen-Kühlung stellt der Thermosiphon dar, da er vollständig passiv, einfach aufgebaut und somit sehr zuverlässig ist.

ABB hat einen kompakten Thermosiphon-Wärmetauscher auf der Basis von Automobiltechnik entwickelt. Dieser besteht aus einer Vielzahl von parallel angeordneten Mehrkammer-Profilrohren mit Kapillarkanälen, die auf eine Grundplatte gelötet sind, auf der die Leistungsmodule montiert werden. Dieser kompakte Wärmetauscher zeichnet sich durch eine hohe Kühlleistung und einen geringen Luftwiderstand aus. Auf Basis der gleichen Technologie wurde auch ein ähnlich kompakter Luft-Luft-Wärmetauscher zur Gehäusekühlung entwickelt. Beide verbinden die Leistungsfähigkeit einer Wasserkühlung mit der einfachen Anwendung einer Luftkühlung.

Um diese in sich geschlossene Kühlsystemtechnologie von ABB zur Produktreife zu bringen, waren umfangreiche Arbeiten bezüglich der Herstellbarkeit, Arbeitsmedien, Sicherheit, gültigen Vorschriften und des Designs sowie eine eingehende Untersuchung der Anforderungen in puncto Leistungsfähigkeit, Sicherheit und Zuverlässigkeit erforderlich. Die Technologie wurde sowohl in den Labors von ABB als auch in der Praxis umfassend getestet.



01

01 Funktionsprinzip eines Thermosiphons.

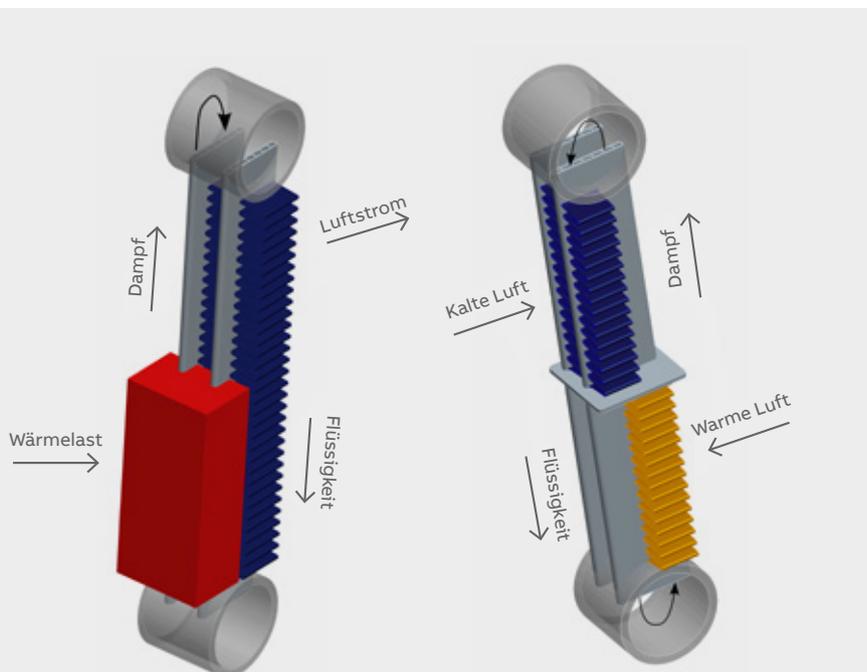
02 Die in sich geschlossene Kühlsystemtechnologie von ABB (Ausschnitt).

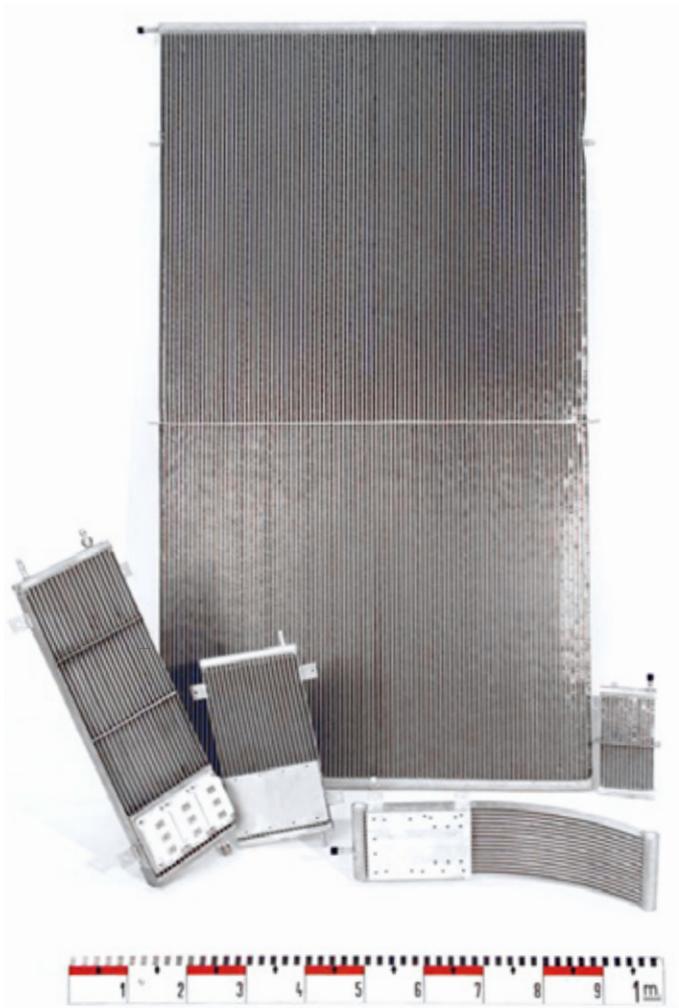
Der kompakte Wärmetauscher zeichnet sich durch eine hohe Kühlleistung und einen geringen Luftwiderstand aus.

Funktionsprinzip

Die in sich geschlossene Kühlsystemtechnologie von ABB wurde mit dem Ziel entwickelt, heutige luftgekühlte Aluminium-Kühlkörper durch einen äußerst leistungsfähigen und kompakten Thermosiphon-Kühler auf der Basis eines automobiltechnischen Wärmetauschers zu ersetzen. Die damit verbundenen Vorteile sind: eine reduzierte Gesamtproduktgröße, eine höhere Leistungsdichte, reduzierte Lüftergeräusche und ein verbessertes mechanisches Design. Das Funktionsprinzip und konstruktive Details eines Körper-Luft- und Luft-Luft-Kühlers (Patent EP2031332) sind in →1 und →2 dargestellt.

02





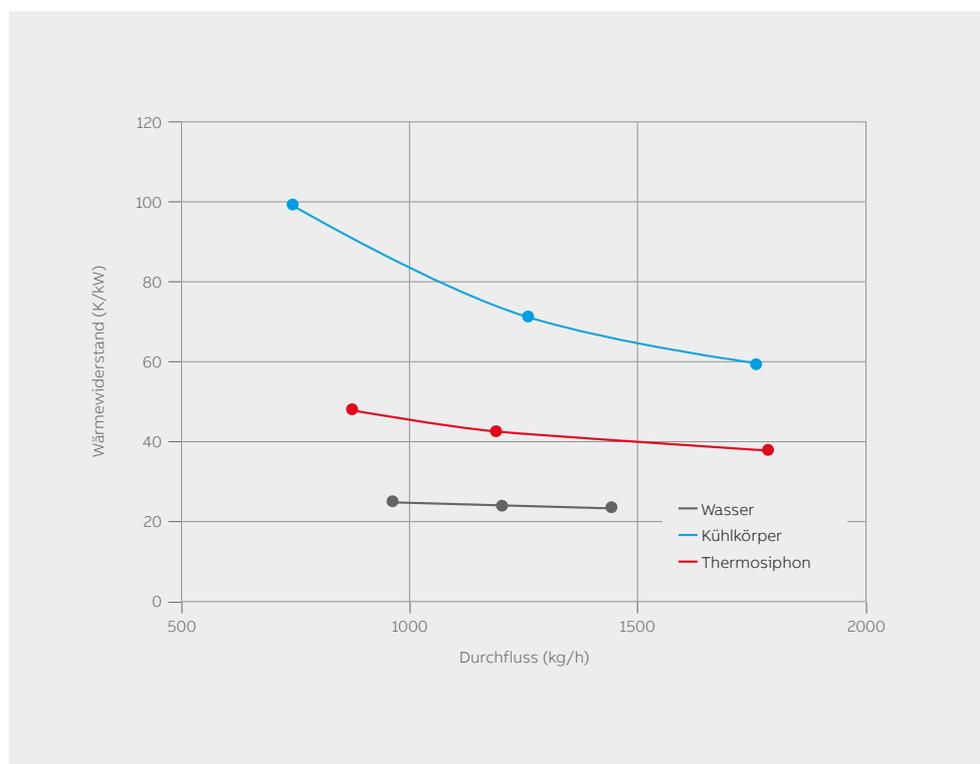
03

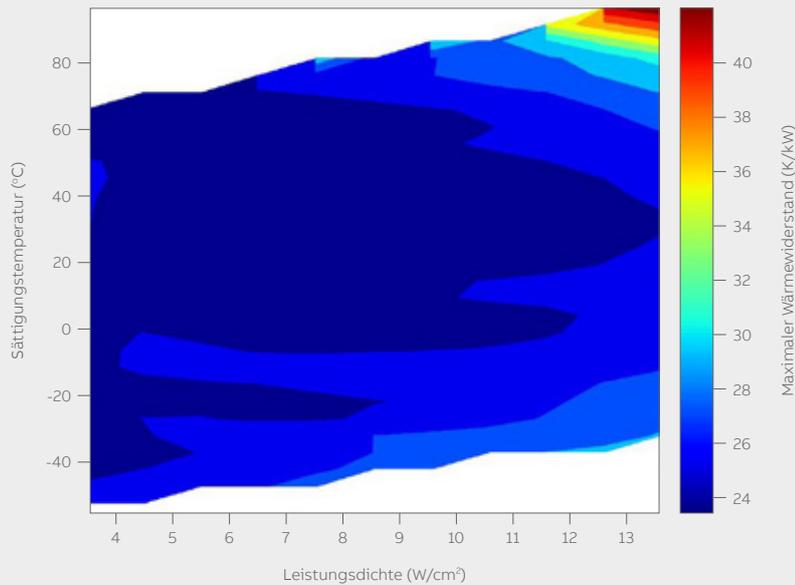
Der Kühler besteht aus parallel angeordneten extrudierten Mehrkammer-Profilrohren (MPE) aus Aluminium, deren Enden oben und unten mit

—
 ABB hat einen kompakten Thermosiphon-Wärmetauscher entwickelt, der aus einer Vielzahl von Mehrkammer-Profilrohren mit Kapillarkanälen besteht.

einer Sammelleitung verbunden sind. Der Kühler ist unterteilt in einen Verdampfer- und Steigleitungsabschnitt unten und einen Kondensator- und Fallleitungsabschnitt oben. Das MPE-Rohr besteht aus mehreren kleinen parallelen Kanälen (typischerweise 7 bis 13). Einige dieser Kanäle dienen der Verdampfung und sind auf eine Grundplatte gelötet, an der die wärmeabgebende Leistungselektronik befestigt ist. Die übrigen Kanäle verfügen über Luftlamellen zur Unterstützung der Kondensation. Damit verhält sich jedes MPE-Rohr wie ein einzelner Thermosiphon.

04





05

— 03 Familie der in sich geschlossenen, kompakten Thermosiphon-Wärmetauscher von ABB in Größen von 0,2 m bis 2 m.

— 04 Vergleich der Leistungsfähigkeit mit Standard-Kühltechnologien.

— 05 Kennfeld des in sich geschlossenen Kühlsystems von ABB bei extremen Lufttemperaturen.

Die Anzahl und Länge der MPE-Rohre kann entsprechend den Kühlanforderungen gewählt werden →3. Das Design ermöglicht eine hohe Dichte von MPE-Rohren und ist somit in der Lage, größere Wärmedichten zu bewältigen als klassische Heatpipe-Kühler.

— Das Design ermöglicht eine hohe Dichte von MPE-Rohren und ist somit in der Lage, größere Wärmedichten zu bewältigen.

Fertigung

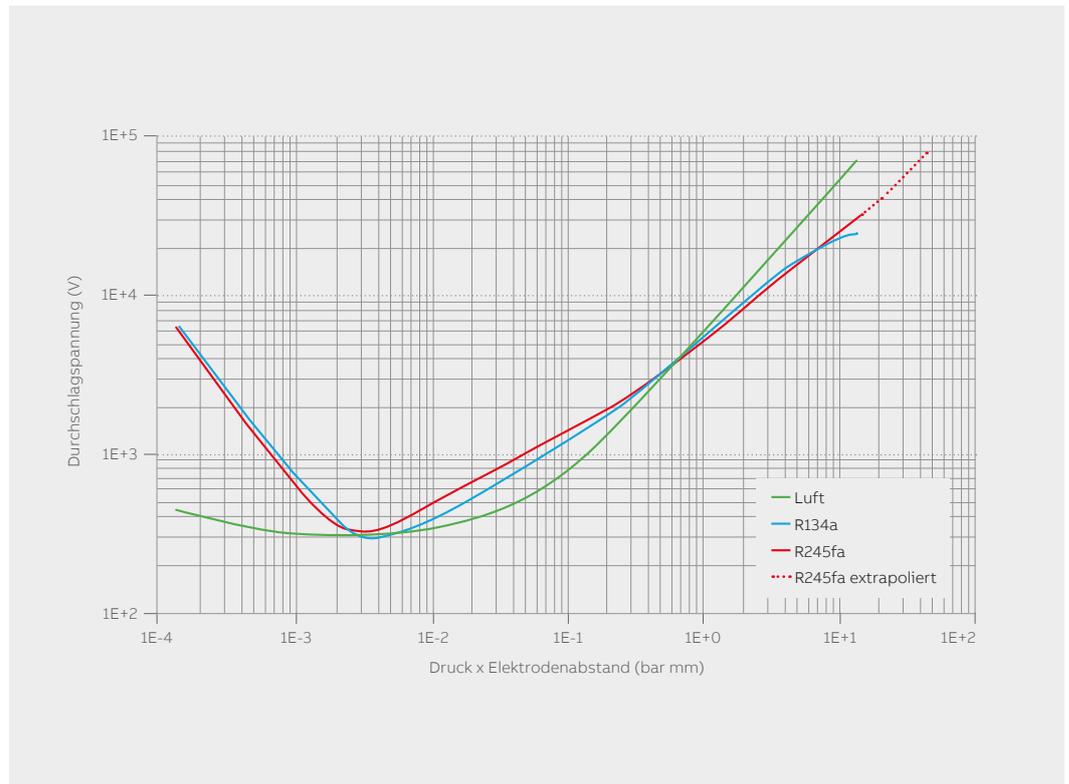
Eine gute Korrosionsbeständigkeit, Formbarkeit und eine hohe thermische Leitfähigkeit machen Aluminium zum idealen Werkstoff für den Bau des Kühlsystems. Die Fertigung erfolgt mithilfe des Nocolok-Verfahrens zum Hartlöten von Aluminium, der bevorzugten Methode zur Herstellung von Wärmetauschern wie Kühlern, Kondensatoren, Verdampfern und Heizkörpern im Kraftfahrzeugbereich. Da das Nocolok-Verfahren bei Herstellern von Kfz-Wärmetauschern weit verbreitet ist, sollten alle diese Betriebe in der Lage sein, die in sich geschlossenen Kühlsysteme herzustellen.

Leistungsfähigkeit [1]

Ein Vergleich hat gezeigt, dass die Leistungsfähigkeit des Zwei-Phasen-Kühlers von ABB mit einem um 50 % geringeren Wärmewiderstand zwischen der eines klassischen Kühlkörpers und der eines Wasserkühlers liegt →4. Der Luftdruckverlust ist typischerweise sechsmal geringer als bei einem standardmäßigen Kühlkörper.

Verfügbare Fluide [2]

Die für ABB interessanten Kältemittel aus der Gruppe der Fluorkohlenwasserstoffe (FKWs) sind R134a und R245fa. Diese FKWs sind allgemein chemisch sehr stabil und mit den meisten Werkstoffen gut verträglich. Ihre thermodynamischen und Transporteigenschaften reichen von recht gut bis sehr gut, was bedeutet, dass sie gute Voraussetzungen für eine hohe Kühleffizienz bieten. Seit den 1990er Jahren werden diese FKWs im großen Maßstab in verschiedenen Kühlanwendungen eingesetzt.



06

FKW-Kältemittel enthalten kein Chlor und sind somit nicht schädlich für die Ozonschicht. Allerdings sind sie aufgrund ihrer langen atmosphärischen Lebensdauer typischerweise starke Treibhausgase mit einem hohen Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP). Neue Gesetze zur Regelung der Nutzung und Freisetzung von FKWs sehen ein stufenweises Verbot von

Das in sich geschlossene Kühlsystem von ABB ist gasdicht.

R134a und R245fa vor. Diese werden ersetzt durch R1234ze bzw. R450A und R1233zd, die bei gleicher Leistungsfähigkeit ein deutlich niedrigeres GWP aufweisen. Jedoch ist das in sich geschlossene Kühlsystem von ABB gasdicht. Bei einem Betriebsdruck von 20 bar beträgt die Gesamtmenge des freigesetzten R134a 2,7 g/Jahr, was einen wartungsfreien Betrieb von 30 Jahren ermöglicht.

Im Hinblick auf die Fluidsicherheit unterliegen Thermosiphone aus MPE-Rohren aufgrund ihrer geringen Abmessungen keinen Druckbehälterverordnungen oder ähnlichen Vorschriften. Auch internationale Normen hinsichtlich der Klimaverträglichkeit haben nur geringe Auswirkungen auf die hermetischen Zwei-Phasen-Kühlsysteme von ABB, da sie als „ortsfeste Kälteanlagen“ klassifiziert sind.

Korrosion [3, 4]

Bei dem im Kühler verwendeten Werkstoff EN AWE-3003 handelt es sich um eine Aluminiumlegierung mit einer guten Korrosionsbeständigkeit in verschiedenen Umgebungen. Zur Prüfung der Korrosionsbeständigkeit wurden zwölf in sich geschlossene Kühlsysteme von ABB beschleunigten Tests in korrosiven Atmosphären gemäß den Normen ISO 3231 (SO₂), 6270 (Feuchtigkeit) und 9227 (Salzsprühnebel) unterzogen. Die Prüfungen simulieren eine Nutzung über einen Zeitraum von etwa fünf Jahren in echten verschmutzten Atmosphären.

— 06 Durchschlagspannung von R134a und R245fa im Vergleich zu Luft.

— 07 Simulation der dreidimensionalen Wärmeausbreitung an der Modulgrundplatte.

Nach Abschluss der Tests erwiesen sich alle geprüften Systeme als dicht und funktionstüchtig. Der Temperaturanstieg wurde ebenfalls gemessen und blieb im Wesentlichen unverändert, auch wenn die drei dem Salzsprühnebel ausgesetzten Muster bedingt durch Salzablagerungen an den Lamellen einen Temperaturanstieg von bis zu 8 K aufwiesen. Nach einer Reinigung wurde wieder die ursprüngliche Leistungsfähigkeit erreicht.

Extreme Temperaturen [5]

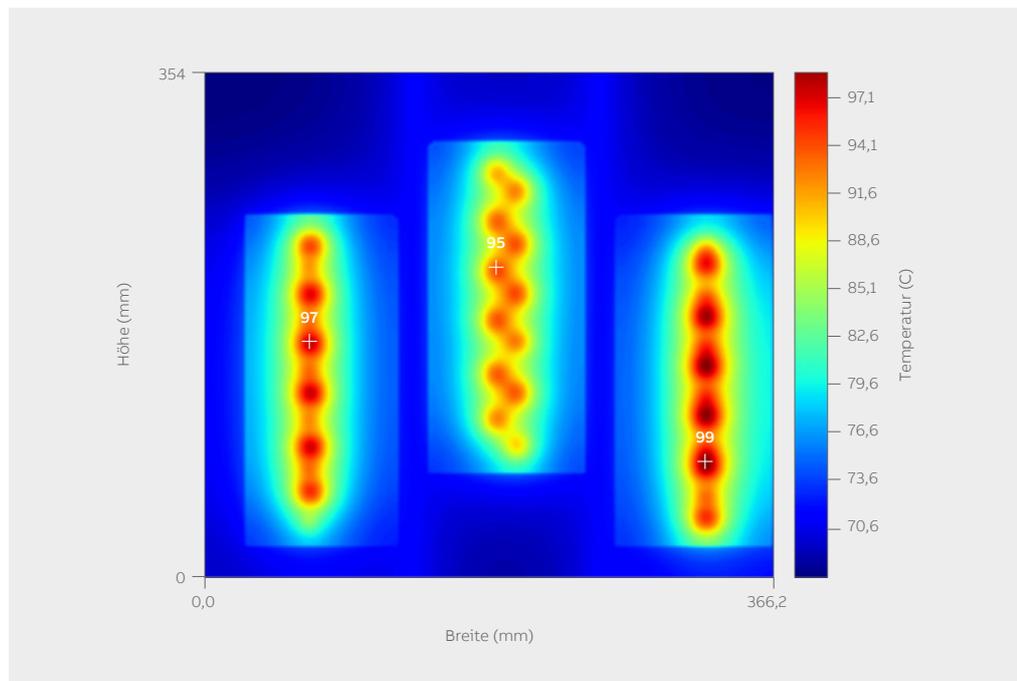
Eine experimentelle Charakterisierung des in sich geschlossenen Kühlsystems von ABB mit R134a bei Temperaturen zwischen -60 und $+60$ °C und Vibrationen von bis zu 8 g in einer HALT-Prüfkammer (Highly Accelerated Life Test) hat gezeigt, dass das System zufriedenstellend arbeitet →5. Die Farben in →5 stellen den Wärmewiderstand dar, der erst bei einer hohen Lufttemperatur

in Kombination mit einer hohen Wärmedichte ansteigt. Die Vibrationen hatten keine negativen Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit.

— Nach Abschluss der Tests erwiesen sich alle geprüften Systeme als dicht und funktionstüchtig.

Durchschlagspannung [6]

Wird ein Gerät in einer Hochspannungsumgebung eingesetzt, spielt die Durchschlagspannung eine wichtige Rolle. Hier ist R134a gegenüber Luft überlegen, solange das Produkt aus Druck und Elektrodenabstand den Wert von 1 bar mm nicht übersteigt →6. Tritt Kältemittel bei Atmosphärendruck aus, übersteigt die elektrische Isolierung



07

die von reiner Luft bis 5 kV, wenn der Abstand nicht größer als 1 mm ist. Darüber hinaus liegt das Isolationsvermögen zwischen dem von R134a und Luft. Daraus folgt, dass bei Niederspannungsanwendungen die Isolierung tatsächlich verbessert wird, während bei Hochspannung im Vergleich zu Luft ein größerer Abstand erforderlich sein kann. Gleiches gilt auch für R245fa.

Designtool [7-9]

Ein eindimensionales, numerisches Zwei-Phasen-Strömungsmodell diente als idealisierte Darstellung des Thermosiphons. Das Modell nutzt die Lösung von drei Erhaltungssätzen (Masse, Impuls und Energie) in Kombination mit einem Algorithmus zur Bestimmung des Massenstroms, der Sättigungstemperatur und der Dampfqualität am Verdampferausgang innerhalb des Kreislaufs.

Aufgrund ihrer geringen Abmessungen unterliegen Thermosiphone aus MPE-Rohren keinen Druckbehälterverordnungen oder ähnlichen Vorschriften.

Darüber hinaus werden Korrelationen aus der Literatur zur Charakterisierung der Zwei-Phasen-Strömung verwendet. Ein Lösungsalgorithmus für die dreidimensionale Wärmeausbreitung wird mit dem Lösungsalgorithmus für den Thermosiphon gekoppelt, um die Temperatur der Silizium-Sperrschicht vorherzusagen und sowohl die Aufbau- und Verbindungstechnik (Packaging) des Moduls als auch die Auswirkung des Wärmeübergangskoeffizienten beim Sieden auf den lokalen Wärmefluss zu berücksichtigen. →7 zeigt eine Simulation einer typischen dreidimensionalen Wärmeausbreitung an der Modulgrundplatte eines Solarwechselrichters vom Typ PVS980. Das Ergebnis zeigt eine gute Übereinstimmung zwischen den vorhergesagten und gemessenen Temperaturen.



—
08 Freiluft-Frequenzumrichter vom Typ ABB ACS800-38.

—
Literaturhinweise

[1] Luethi, C. (2012): „Test report Cothex base-to-air cooler“. ABB Technical Report 3BHS345716 E15.

[2] Aguiar Peixoto, R.: „Manual for Refrigeration Servicing Technicians“. UNEP publication. ISBN: 978-92-807-2911-5.

[3] Habert, M. (2009): „Aluminium reliability for COTHEX application“. ABB Corporate Research Technical Report

[4] Agostini, B., Habert, M. (2014): „Corrosion COTHEX Resistance Testing“. ABB Corporate Research Technical Report 9ADB005890-010.

[5] Habert, M. (2013): „Base-to-air COTHEX performance in extreme conditions“. ABB Corporate Research Technical Report 9ADB005890-008.

[6] Agostini, F. (2010): „Dielectric properties of refrigerants: R134a and R245fa“. ABB Corporate Research Technical Report 9ADB002335-027.

[7] Agostini, B., Habert, M. (2013): „Compact Thermosyphon Heat Exchanger for Power Electronics Cooling“. Journal of Energy and Power Engineering 7, S. 972-978.

[8] Agostini, B., Habert, M. (2015): „Compact air-to-air thermosyphon heat exchanger“. Heat Transfer Engineering, 36 (17). S. 1419-1425.

[9] Agostini, B. (2014): „Three-dimensional heat spreading simulation in a thermosyphon evaporator“. ABB Corporate Research Technical Report 9ADB003639-014.

—
Eine bewährte Technik

Das in sich geschlossene Kühlsystem von ABB ist eine ausgereifte Technologie, die die Leistungsfähigkeit einer Wasserkühlung mit der einfachen Anwendung einer Luftkühlung verbindet und zur Integration in Leistungsumrichter bereit ist. ABB bietet bereits drei Produkte an, in denen die Zwei-Phasen-Kühltechnologie zum Einsatz kommt:

- Seit 2011 verkauft ABB Trockentransformatoren mit hoher Schutzart [4] mit einer Gehäusekühlung auf der Basis von in sich geschlossenen Luft-Luft-Kühlsystemen. Die ersten beiden Einheiten dieses Typs wurden in einer maritimen Umgebung installiert.
- Der oberschwingungsarme Freiluft-Frequenzumrichter vom Typ ACS800-38 →8 ist seit 2012 erhältlich und wurde als Pilotinstallation in einer Wüstenumgebung eingesetzt.
- Das neueste Produkt mit dieser Kühltechnologie ist der Freiluft-Solarwechselrichter PVS980.

—
Ein eindimensionales, numerisches Zwei-Phasen-Strömungsmodell diente als idealisierte Darstellung des Thermosiphons.

Die Fertigungsmethoden und Komponenten für das in sich geschlossene Kühlsystem von ABB entsprechen dem neuesten Stand der Technik; die Zuverlässigkeitsbilanz ist aufgrund jahrzehntelanger Erfahrung in der Automobilindustrie hervorragend; und die Technologie wurde sowohl in ABB-Labors als auch in der Praxis umfassend getestet. ●



HÖCHSTE ANFORDERUNGEN

Eine kompakte Trafostation für extreme Bedingungen

Die Kompaktstation UniPack-G CSS (Compact Secondary Substation) von ABB besitzt ein Außengehäuse aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) zum Schutz vor rauen Umgebungen. Damit war die UniPack-G CSS die ideale Lösung für die Verladestation der Mina Abdullah Raffinerie auf einer künstlichen Insel im Persischen Golf.



Anthony Byatt
Externer Autor

Kontakt für weitere
Informationen:
riham.el_gamal
@eg.abb.com

Die Kuwait National Petroleum Company (KNPC) gehört zu den bedeutendsten Raffinerieunternehmen der Welt. KNPC besitzt zwei Raffinerien: Mina Abdullah und Mina Al-Ahmadi, die sich beide in Kuwait befinden. Um die Exportkapazitäten für Raffinerieprodukte von Mina Abdullah zu erhöhen, baute KNPC eine Offshore-Verladestation im Persischen Golf. Die rund 5 km vor der kuwaitischen Küste und 6 km von der Raffinerie entfernt gelegene Anlage mit dem Namen „Sea Island“ verfügt über zwei Liegeplätze für den Export von flüssigen Erdölprodukten und den Import von Schweröl im Notfall →1.

Da die UniPack-G CSS nur etwa ein Drittel des Gewichts einer Betonstation besitzt, sind die Transportkosten geringer, und die Installation an entlegenen Standorten ist einfacher.

Jeder Liegeplatz ist mit sechs Ladearmen ausgestattet: vier für Weißölprodukte und zwei für Bunker- bzw. Schwerölprodukte. Sechs Unterwasserpipelines für Rohbenzin, Kerosin, EGO (europäisches Gasöl), HSD (Diesel für schnellaufende Motoren), MDO (Schiffsdieselöl) und HSFO (Bunkeröl mit hohem Schwefelgehalt) führen zur Insel. Dort können in 36 Stunden 80.000 t Weißölprodukte und in 40 Stunden dieselbe Menge an Schwarzölprodukten verladen werden.

Die Infrastruktur, die diese hohe Aktivität auf der Insel unterstützt, benötigt erhebliche Mengen an elektrischer Energie. Die Insel wird durch Hochspannungs-Seekabel versorgt, doch es bedarf einer Umspannstation, um die Spannung auf das für die Verbraucher erforderliche Niveau herabzusetzen. KNPC war auf der Suche nach einer Trafostation, die in der Lage ist, der hohen Luftfeuchtigkeit, den extremen Temperaturen und dem korrosiven Seeklima auf der Insel standzuhalten – von der Entflammbarkeit ganz zu schweigen.

Schließlich entschied sich KNPC für die Kompaktstation UniPack-G CSS von ABB.





01

—
01 Die zur Raffinerie Mina Abdullah gehörige Offshore-Verladestation Sea Island (Foto: Kuwait National Petroleum Company).

ABB UniPack-G CSS

Stahl und Beton sind die üblichen Materialien für den Bau einer Umspannstation. Beton (bzw. Stein) ist wetterfest, aber sehr schwer und nicht einfach in der Handhabung. Eine Vormontage vereinfacht den Aufbau von Ort, erhöht aber die Transport- und Errichtungskosten, da eine komplette

—
Die Fähigkeit, die Innentemperatur unabhängig von den äußeren Bedingungen stabil zu halten, ist eine inhärente Eigenschaft des doppelwandigen Designs.

Kompaktstation aus Beton um die 24 t wiegt. Stahl ist eine leichtere, weniger komplizierte und kostengünstigere Lösung. Das vergleichsweise geringere Gewicht einer Kompaktstation aus Stahl macht den Transport einfacher, und es sind keine schweren Installationsarbeiten vor Ort erforderlich. Eine Kompaktstation aus Stahl wiegt mit durchschnittlich 12 t etwa nur halb so viel wie eine Betonstation mit gleicher Funktionalität. Allerdings ist Stahl zwar leichter, aber nicht so fest wie Beton und außerdem verschleißanfälliger bei rauen Umweltbedingungen.

Idealerweise sollte das Gehäuse einer Kompaktstation die Vorteile von Beton und Stahl besitzen, aber nicht deren Nachteile. Vor diesem Hintergrund hat ABB das Gehäuse der UniPack-G CSS entwickelt →2.

Das Gehäuse der UniPack-G CSS besteht aus glasfaserverstärktem Kunststoff, was für ein hohes Maß an Festigkeit und Stabilität sorgt. Da die UniPack-G CSS nur etwa ein Drittel des Gewichts einer Betonstation auf die Waage bringt, sind die Transportkosten geringer, und die Installation an entlegenen oder schwierigen Standorten ist einfacher. Trotz des geringeren Gewichts ist GFK langlebiger als Beton oder Stahl und kann erheblichen Stößen standhalten – ein wichtiger Aspekt im Hinblick auf den Transport der UniPack-G CSS nach Sea Island.

Das Design der UniPack-G CSS wurde nach den höchsten Sicherheitsstandards der GB- und IEC-Normen für Kompaktstationen geprüft. Darüber hinaus ist das Standarddesign der UniPack-G stark feuerhemmend und störlichtbogensicher (nach IAC), was ein Höchstmaß an Sicherheit für die Öffentlichkeit und das Bedienpersonal gewährleistet.

Da die UniPack-G CSS einschließlich Dach und Türen aus GFK besteht, sind die Wartungsanforderungen und somit auch die Gesamtbetriebskosten niedrig.

Kampf der Hitze

Eine besondere Herausforderung am Standort Mina Abdullah stellen die hohen Umgebungstemperaturen und die intensive Sonneneinstrahlung dar. Das doppelwandige Gehäuse der UniPack-G sorgt dafür, dass die Ausrüstung im Inneren nicht durch die hohen Umgebungstemperaturen beeinträchtigt wird.

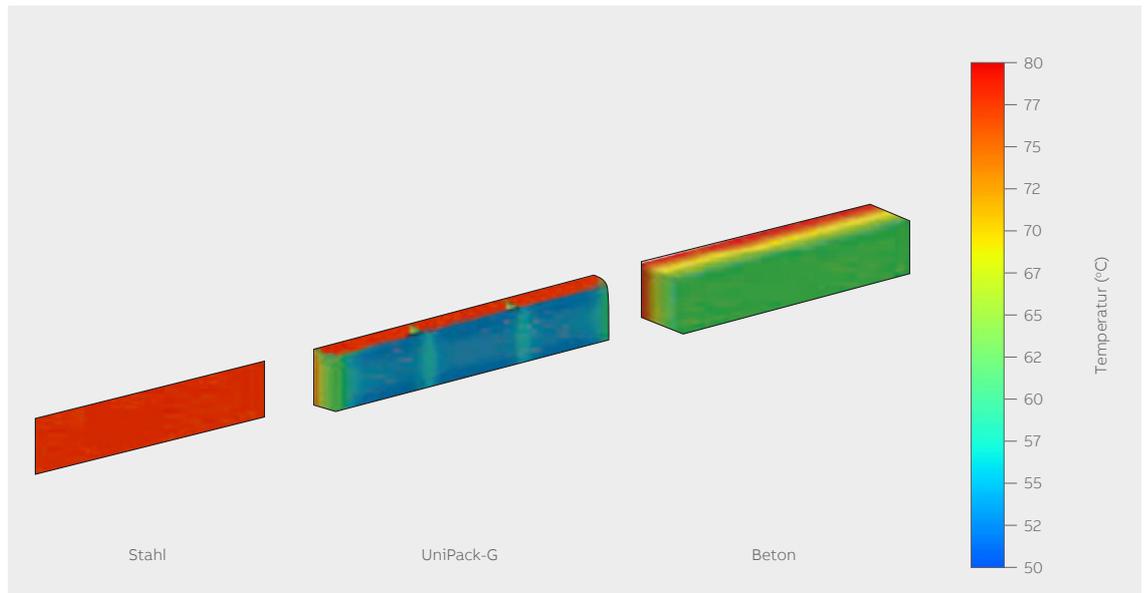
→3 zeigt die effiziente Isolierung der ABB UniPack-G. Die linke Darstellung zeigt die Innenwand eines typischen Stahlgehäuses bei intensiver Sonneneinstrahlung, wie sie typischerweise auf Sea Island herrscht. Hier würden sich die hohen Innentemperaturen negativ auf die Leistungsfähigkeit der Ausrüstung auswirken und einen Betrieb mit reduzierter Leistung (Derating) erforderlich machen.

Die zweite Darstellung zeigt die Vorteile der doppelwandigen Isolierung der UniPack-G: heiße Sonne (rot) außen, kühl (blau) innen. Die Fähigkeit, die Innentemperatur unabhängig von den äußeren Bedingungen stabil zu halten, ist eine inhärente Eigenschaft des doppelwandigen Designs, das bei allen Standardlösungen enthalten ist. Die Temperaturstabilität verhindert zudem ein Ausdehnen und Schrumpfen und die damit verbundenen mechanischen Spannungen, wie sie bei Stahl- oder Betonkonstruktionen auftreten.



—
02 Das Gehäuse der UniPack-G CSS.

—
03 Die UniPack-G (mittlere Darstellung) hemmt das Eindringen von Wärme deutlich besser als Stahl (links) oder Beton (rechts).



03

Die dritte Darstellung zeigt eine dickere Betonwand. Die hellgrüne Färbung lässt erkennen, dass die Innenseite wärmer ist als bei der UniPack-G.

Geringer Wartungsaufwand

Da die UniPack-G CSS einschließlich Dach und Türen aus GFK besteht, sind die Wartungsanforderungen und somit auch die Gesamtbetriebskosten niedrig. Unter der doppelwandigen Hülle, die der Station erstklassige thermischen Eigenschaften und eine hervorragende Festigkeit verleiht, ist kein zusätzlicher Stützrahmen erforderlich. Dadurch gibt es weniger Angriffspunkte für Korrosion, während gleichzeitig das Klima im Inneren der Station stabilisiert wird – ein Vorteil im Hinblick auf die anspruchsvollen Umweltbedingungen auf Sea Island. Auch ein regelmäßiges Lackieren der Station ist aufgrund der GFK-Konstruktion nicht erforderlich.

Dank ihrer besonderen Flexibilität stellt die UniPack-G die ideale Gehäuselösung nicht nur für Sea Island, sondern für sämtliche Produkte aus dem Smart-Grid-Portfolio von ABB einschließlich Überwachungs-, Steuerungs-, Mess- und Schutzprodukten dar.

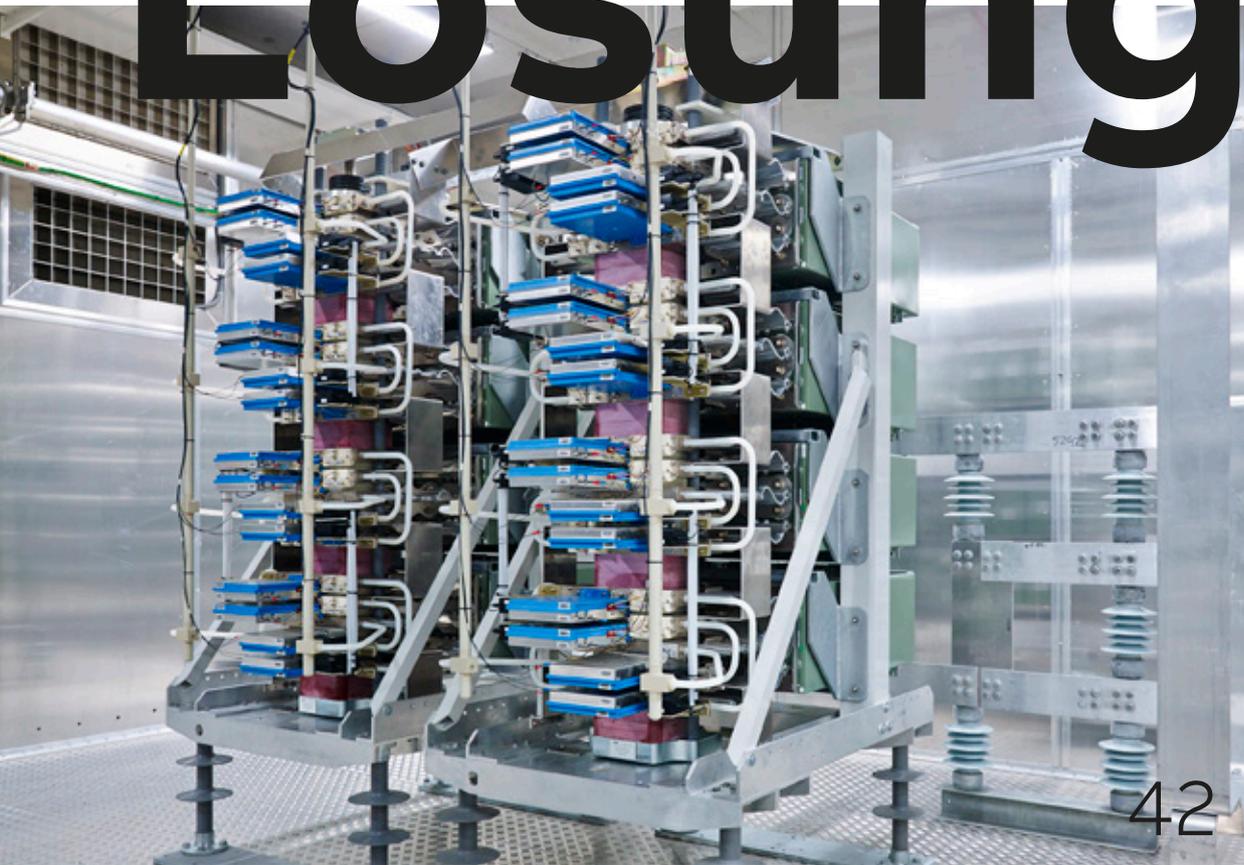
Die UniPack-G hat sich im Pilotprojekt mit KNPC, das Mitte 2016 abgeschlossen wurde, hervorragend bewährt, und es ist gut möglich, dass

—
Dank ihrer besonderen Flexibilität ist die UniPack-G die ideale Gehäuselösung für sämtliche Produkte aus dem Smart-Grid-Portfolio von ABB.

das Produkt bei KNPC und anderen Kunden, die Smart-Grid-Produkte gegen raue Umgebungsbedingungen schützen müssen, zur Standardlösung wird. ●



Kreative Lösungen





36

Bei ABB besteht eine direkte Verbindung zwischen der Bereitschaft zur Erfüllung höchster Anforderungen und der kontinuierlichen Weiterentwicklung, die erforderlich ist, um im alltäglichen Betrieb eine maximale Kapazität und Zuverlässigkeit zu gewährleisten. Die Erfüllung aktueller Kundenbedürfnisse bildet auch die Grundlage, auf der zukünftige Erfolge aufgebaut und neue Herausforderungen bewältigt werden können.

- 28 Software-Engineering in der Automation
- 36 Asset Health Center für AEP
- 42 Modularer Mehrpunkt-Umrichter



28

KREATIVE LÖSUNGEN

Anwendung von Software-Engineering-Methoden in der Automation

ABB-Forscher haben erkannt, dass sich durch Einbindung von Best Practices aus dem Software-Engineering in die Anwendungsentwicklung für die Industrieautomation Kostensenkungen und Qualitätssteigerungen erzielen lassen. Dazu ist entweder die Anpassung oder die Entwicklung entsprechender Tools und Methoden erforderlich, um den einzigartigen Anforderungen der Automation gerecht zu werden. ABB hat eine Reihe von Methoden aus dem Software-Engineering evaluiert und mögliche Anpassungen dieser Methoden für das Engineering von Automationslösungen erarbeitet.



Raoul Jetley
ABB Corporate Research
Bangalore, Indien
raoul.jetley@in.abb.com

Das Engineering von Automationslösungen erfordert Softwarefähigkeiten wie die Entwicklung von Anwendungslogik, Bibliotheken und Mensch-Maschine-Schnittstellen (Human-Machine-Interfaces, HMIs). Der Entwicklungslebenszyklus für Automationsanwendungen ist typischerweise proprietär und nicht mit gängigen Software-Engineering-Tools kompatibel, die auf universellen Programmiersprachen wie C/C++, Java usw. basieren. Bei der Entwicklung von Automationslösungen kommen hingegen domänenspezifische Programmiersprachen zur Anwendung, wie sie z. B. in der IEC 61131-3 definiert sind [1]. Das Ziel von ABB ist es, Automationstechnik mit fortschrittlichen Entwicklungsprozessen aus dem Software-Engineering zu kombinieren, um zukünftige Kundenanforderungen zu erfüllen.

Einige der in der Softwareentwicklung verwendeten Best Practices beinhalten Methoden zur Anforderungsaufnahme, statischen Codeanalyse, Berechnung von Codemetriken, Wirkungsanalyse, Testautomatisierung und zum Versionsmanagement. Die erfolgreiche Einbindung dieser Best

—
Der Entwicklungslebenszyklus für Automationsanwendungen ist typischerweise proprietär und nicht mit gängigen Software-Engineering-Tools kompatibel.

Practices durch Weiterentwicklung oder Anpassung an Engineering-Tools und -Methoden für die Industrieautomation würde die Nutzung von fortschrittlichen Konzepten wie SCDs (System Control Diagrams) in der Automation verbessern →1.

Auf den ersten Blick erscheint dies einfach, doch die Heterogenität der Technologie, Terminologie und Tools in industriellen Systemen – einschließlich der Diversität der Teams beim Domain-Engineering – bringen besondere Herausforderungen mit sich, mit denen sich die Wissenschaftler bei ABB befassen.



01

— 01 Gängige Softwareanwendungen können Ingenieuren und Managern dabei helfen, die Leistungsfähigkeit zu verbessern.

Anforderungsaufnahme

Bei der Entwicklung von Anwendungen für die Industrieautomation liegen die Anforderungen in verschiedenen Formaten vor:

- I/O-Listen, in denen die Eingabe- und Ausgabe-Tags spezifiziert sind,
- Ursache-Wirkungs-Matrizes (Cause-and-Effect-Matrices, CEMs), die die Beziehung zwischen Eingangssignalen und Ausgangsgrößen der Steuerung definieren,
- Rohrleitungs- und Instrumentierungsfließbilder (Piping & Instrumentation Diagrams, P&IDs), die beschreiben, wie Geräte und Aktuatoren miteinander verbunden sind,
- Control Narratives in natürlicher Sprache, die das Funktionsverhalten von Steueralgorithmen beschreiben und angeben, wie die Steuerungskomponenten in einer Anlage funktionieren.

Von diesen Anforderungen sind die ersten drei zwar anspruchsvoll, aber relativ einfach zu

standardisieren und zu formalisieren →2. So hat ABB z. B. zusammen mit Forschern der Helmut-Schmidt-Universität Hamburg Methoden zur Extrahierung von objektorientierten Beschreibungen aus P&IDs erforscht [2].

Die Standardisierung und Formalisierung von Control Narratives in der Automation erfordert deutlich mehr Aufwand →2. Standardmodelle im Software-Engineering verwenden Statecharts und Live-Streaming-Charts (LSCs), die Funktionen wie fortschrittliche Modellierungs-, Verifizierungs- und Validierungsverfahren ermöglichen. Die Struktur der Modelle, bei denen es sich entweder um zustandsbasierte oder kommunikationszentrische hierarchische Modelle handelt, könnte Ingenieure überfordern, die mit traditionellen funktionsbasierten Modellen vertraut sind. Darüber hinaus könnte die verwendete formale Notation zu komplex sein, um von Automationsingenieuren vollständig verstanden zu werden. Somit ist die Anpassung von

LSCs und Statecharts nicht der beste Ausgangspunkt [3]. Die im NORSOK-Standard I-005 definierten SCDs zur Beschreibung von Steuerungsfunktionen stellen einen besseren Ausgangspunkt für die Standardisierung und Formalisierung von Anforderungsdokumenten dar.

Die Weiterentwicklung dieses Ansatzes wird die Verknüpfung mit I/O-Listen, CEMs und P&IDs sicherstellen. Darüber hinaus können Tools zur Generierung formaler Modelle wie Statecharts und/oder LSCs entwickelt werden, die eine Steigerung der Effizienz und Senkung der Kosten ermöglichen.

Die im NORSOK-Standard I-005 definierten SCDs stellen einen Ausgangspunkt für die Standardisierung und Formalisierung von Anforderungsdokumenten dar.

Statische Codeanalysen

Die statische Codeanalyse wird im Software-Engineering verbreitet eingesetzt, um Laufzeitfehler zu erkennen und die Übereinstimmung mit Sicherheitsregeln und Best Practices der Programmierung sicherzustellen. Zu den Standardverfahren gehören:

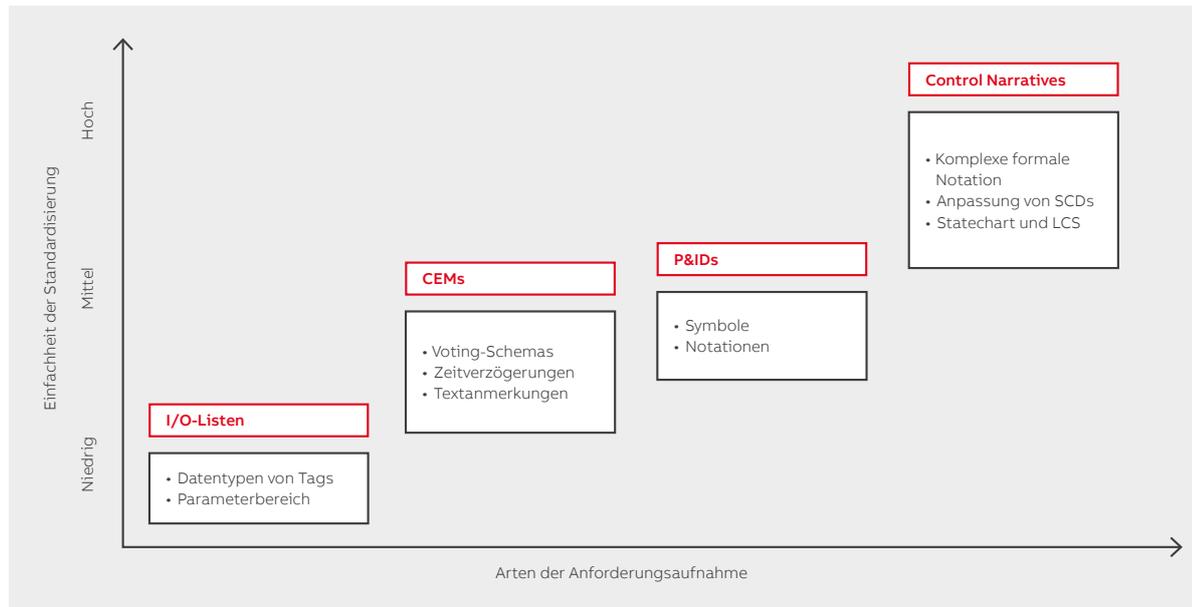
- Musterabgleich, bei dem mithilfe von Antimustern unsichere Strukturen im Programm identifiziert werden.
- Symbolische Ausführung, bei der symbolische Werte von Variablen verwendet werden um alle möglichen Programmpfade zu validieren.
- Programmflussanalyse, bei der Datenflussgleichungen für jeden Knoten des Kontrollflussgraphen definiert und Lösungen durch Berechnung der Ausgabe aus der Eingabe jedes Knotens ermittelt werden.
- Constraint-basierte Analyse, bei der mithilfe eines Constraint-Lösers eine Lösung für verschiedene einschränkende Bedingungen (Constraints) errechnet wird.

Diese Verfahren sind in der Automation nicht verbreitet. Stattdessen werden Testverfahren zur Erkennung von Fehlern verwendet, die typischerweise nach der Entwicklungsphase im Rahmen von Abnahmeprüfungen im Werk (Factory Acceptance Tests, FATs) oder am Einsatzort (Site Acceptance Tests, SATs) durchgeführt werden. Diese Verfahren sind kostspielig und können latente oder unentdeckte Fehler zur Folge haben, die zum Ausfall der Anwendung nach der Inbetriebnahme führen können.

Die Anpassung standardmäßiger statischer Analysemethoden an Software für industrielle Systeme könnte ein Schritt in Richtung einer Lösung sein. Die Verwendung statischer Codeanalysen könnte dabei helfen, die Richtigkeit und Sicherheit der Software sicherzustellen. Allerdings hat das Verfahren einige Schwächen wie die Erzeugung falscher positiver Ergebnisse („falsche Positive“), Zustandsexplosion [4] und die Einschränkung des Musterabgleichs bei der Erkennung einiger Laufzeitfehler. Diese müssen entsprechend behandelt werden, um eine breitere Akzeptanz des Verfahrens in der Industrie zu erreichen.

Es gibt bereits Bemühungen mit dem Ziel, die Verifizierung zu verbessern, um die Sicherheit von Steuerungsanwendungen zu gewährleisten [5]. Einige statische Analysetools erkennen Programmierverstöße für alle Sprachen der IEC 61131-3, sind aber auf den Grundstandard beschränkt und können nicht einfach erweitert werden [6]. Um eine größere Auswirkung auf das Engineering von Automationslösungen zu haben, muss ein statisches Tool auf die internen Darstellungen des Anwendungsprogramms zugreifen (die je nach Plattform unterschiedlich sein können), um das Ausführungsmodell der Programmiersprache zu verstehen und für ABB-Kundenunternehmen nutzbar zu machen, die sich durch unterschiedliche Anwendungsentwicklungsteams auszeichnen. Ein weiteres ungelöstes Hindernis ist das Fehlen von allgemein anerkannten Programmierstandards für industrielle Sprachen. Hier bieten die Richtlinien der IEC 61131-3 einen Ausgangspunkt für eine Standardisierung. Die Entwicklung von Tools, die Programmierverstöße über verschiedene Standards und Stile hinweg erkennen, wäre von großem Nutzen. Letztendlich müssen statische Analysetools in einem industriellen Umfeld falsche Positive, falsche Negative und die Leistungsfähigkeit gegeneinander abwägen, um die Ergebnisse für den alltäglichen Gebrauch anwendbar zu machen.

02 Einfachheit der Standardisierung für gängige Formate der Anforderungsaufnahme mit den Hauptausforderungen.



02

Größen- und Komplexitätsmetriken

Typischerweise werden Größen- und Komplexitätsmetriken in der Softwareentwicklung zur Schätzung von Kosten und Aufwand, Personalzuordnung, Wartbarkeit und Testbarkeit sowie zur Programm- und

Die Automationsbranche nutzt teure Testverfahren zur Erkennung von Fehlern, die zum Ausfall der Anwendung nach der Inbetriebnahme führen können.

Entwicklerevaluierung verwendet. Das Ziel von ABB ist es, entsprechende Metriken für die Automation zu entwickeln, um Programmverantwortliche mit den Werkzeugen auszustatten, die sie benötigen. Häufig basieren Entscheidungen für Automationsprojekte auf den Erfahrungen beteiligter Schlüsselpersonen. Die Entwicklung von Metriken mit „Managementfähigkeit“ würde zur Verbesserung der Effizienz und Kosten beitragen, wird aber mit Skepsis betrachtet. Ein notwendiger erster Schritt besteht darin, Automationsingenieure von der Notwendigkeit zur Verwendung von Metriken zu überzeugen. Ein von ABB vorgeschlagener Ansatz sieht vor, die Entwickler den Aufwand durch Zählen der I/Os schätzen zu lassen →3a [7]. Mithilfe einer geeigneten Methode zur Messung der tatsächlichen

Größe des entwickelten Codes können die Entwickler den geschätzten mit dem tatsächlichen Aufwand vergleichen. Die wiederholte Anwendung des Verfahrens ermöglicht die Ermittlung und Anwendung von Korrekturfaktoren. Das Ergebnis ist eine Reduktion des geschätzten und tatsächlichen Aufwands im Laufe der Zeit, was den Nutzen von Metriken für Automationsingenieure unterstreicht →3b.

Der nächste Schritt besteht in der Anpassung vorhandener Verfahren für Größen- und Komplexitätsmetriken zur Festlegung von Standards für die Industrieautomation. Da industrielle Sprachen aus Text und Grafiken bestehen, sind Programmzeilen (Lines of Code, LOC) kein gutes Maß zur Messung der Programmgröße. Bei der Programmierung in IEC-61131-3-Sprachen verbringen Entwickler Zeit mit der Zuordnung von I/Os und ähnlichen Tätigkeiten, die die Komplexität der Anwendungsentwicklung und die Wartbarkeit des industriellen Systems beeinflussen.

Daher ist die Erstellung eines Normalisierungsschemas für die verschiedenen Elemente von grafischen und textuellen Sprachen erforderlich. Hier ist es sinnvoll, die in der IEC 61131-3 definierten Program Organization Units (POUs) als Basiseinheiten für die Definition von Größenmetriken für Automationsanwendungen zu verwenden.

- Bedürfnisse identifizieren
- Machbarkeit
- Zu verwendende Metriken für Attribute identifizieren



- Messgrößen definieren und formulieren
- Berechnung der Metriken definieren
- Softwaremetriken formulieren

- Strategie definieren
- Usability bestimmen
- Analysieren & Verbessern
- Integrieren



- Studie und Review durchführen
- Sammeln & Berechnen
- Daten analysieren & vergleichen
- Änderungen identifizieren

03a

- Anforderung: Ingenieure sollen Metriken integrieren
- Metrik identifizieren: I/O-Listen



- Tatsächliche Größe messen
- I/Os zählen
- Berechnung definieren

- Usability und Integration von I/O-Listen
- Reduktion in Aufwandsmetriken



- Studie: Ingenieure zählen Anzahl von I/Os
- Wirkung schätzen
- Analysieren & Schätzung mit Messwerten vergleichen

03b

Andere Metriken können verwendet werden, um die Verständlichkeit und Wartbarkeit einer Anwendung zu messen. So kann z. B. mithilfe der kognitiven Komplexität bestimmt werden, wie einfach eine POU zu verstehen und nachzuvollziehen ist, während die Testkomplexität verwendet werden kann, um alle Steuerfehler für jeden Ausführungspfad der Anwendung zu bestimmen. Ein Tool, das Messgrößen vom Programm erfasst und dem Entwickler Metriken bereitstellt, wäre ebenfalls von Nutzen →4. Sobald Pilotergebnisse aus der Implementierung dieser Metriken vorliegen, könnten äußerst nützliche Metriken für die Automation entwickelt werden.

Wirkungsanalysen

Prädiktive Analysen gewinnen in der Industrieautomation zunehmend an Bedeutung [8]. Wird eine Komponente einer Steuerungsanwendung verändert, kann sich dies auf andere Teile der Anwendung auswirken und schwerwiegende Folgen haben. Meistens untersuchen Automationsingenieure

Die Entwicklung von Metriken mit „Managementfähigkeit“ würde zur Verbesserung der Effizienz und Kosten beitragen.

die Auswirkungen von Änderungen auf andere Anwendungsteile manuell. Die Möglichkeit, sowohl die Auswirkungen als auch die Abhängigkeiten solcher Änderungen für die gesamte Anwendung automatisch und visuell zu analysieren, würde zur Verbesserung der Funktionalität und Kosten beitragen.



—
03 Allgemeiner Metrik-
ansatz und Beispiel einer
Umsetzung in Bezug
auf I/Os.

—
04 Ingenieure verwenden
Tools, um Messgrößen
vom Programm zu
erfassen und Metriken
bereitzustellen.

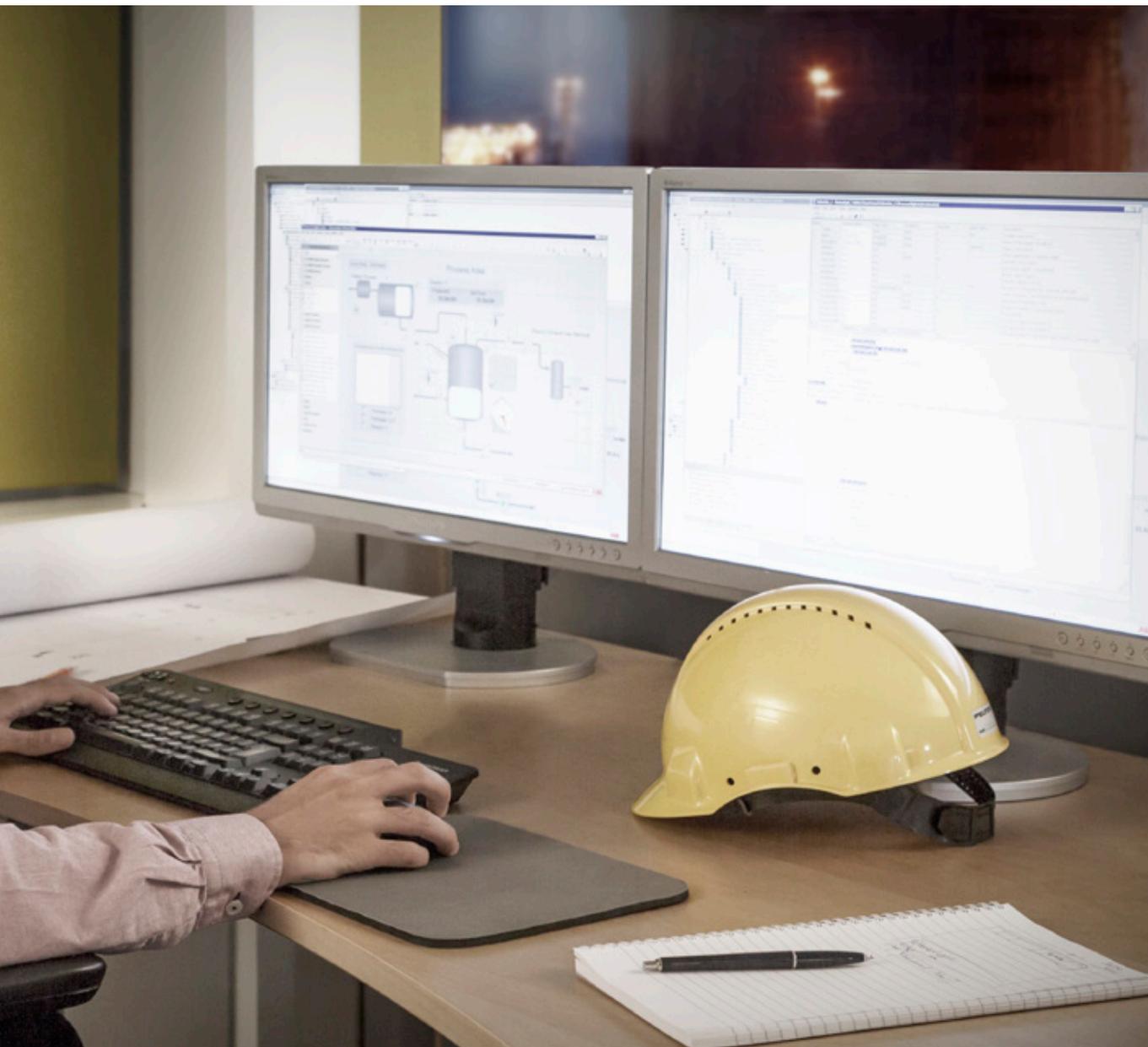
Es gibt verschiedene Ansätze zur Analyse der Auswirkungen von Änderungen in einer Software. Diese werden bereits in verschiedenen Bereichen eingesetzt, eine Anwendung auf das Engineering von Automationslösungen steht aber noch aus. Eine besondere Herausforderung ist die Tatsache, dass die in der Automatisierung verwendeten domänenspezifischen Sprachen eng mit anderen Komponenten wie Hardware, HMI, Bibliotheken und I/O-Komponenten verknüpft sind. Diese komplexen, aber essentiellen Abhängigkeiten müssen bei der Bestimmung der Auswirkungen von Änderungen in Automationsanwendungen berücksichtigt werden.

Der Entwickler einer Steuerungsanwendung möchte z. B. die Auswirkungen und möglichen Folgen einer Änderung in der Anwendungslogik bestimmen, um die Gefahr einer Fortpflanzung unbeabsichtigter Veränderungen zu reduzieren (Steuerlogik wird geschrieben, um große Anlagenobjekte zu parametrisieren und eine Sequenzlogik für Anlagenaktivitäten wie die Chargenproduktion zu implementieren) →5. Die Veränderung kann

durch Analyse der Abhängigkeiten zwischen und innerhalb der verschiedenen POU's der Anwendung erkannt werden. Dies könnte durch Program Slicing erfolgen, das typischerweise zur Bestimmung der

—
Eine weitere Möglichkeit zur Steigerung der Effizienz, insbesondere beim Testen von Software, ist die Testautomatisierung.

Abhängigkeiten von Kontroll- und Datenfluss für alle geänderten Komponenten einer Anwendung verwendet wird. Das Ergebnis wäre eine höhere Engineering-Effizienz in der Anwendungsentwicklungs-, Test- und Wartungsphase durch weniger Fehler und somit niedrigere Kosten – also ein unmittelbarer Vorteil für ABB-Kunden.





05

Testautomatisierung

Eine weitere Möglichkeit zur Steigerung der Effizienz, insbesondere beim Testen von Software, ist die Testautomatisierung. Während einige Unternehmen damit begonnen haben, automatisierte Skripte zur Ausführung von Testfällen (insbesondere für

—
 Eine automatisierte Verfolgung von Änderungen in textuellen und grafischen Sprachen kann sich positiv auf die Engineering-Effizienz, die Projektkosten und die Projektlaufzeit auswirken.

Bibliotheken) zu verwenden, ist das automatisierte Testen im Engineering von Automationslösungen nicht weit verbreitet. Die Generierung von Testfällen (Test Cases) und das Testen von Anwendungsfällen (Use Cases) sind größtenteils noch immer arbeitsintensive Prozesse.

Die Testautomatisierung ist besonders kosteneffektiv, wenn sie wiederholt z. B. für Regressionstests eingesetzt wird. Ziel dieser Art von Test ist es, sicherzustellen, dass durch neuen oder veränderten Code keine vorhandene Funktionalität beeinträchtigt wird. Anstatt die einzelnen Testfälle manuell auszuführen, kann der Prozess automatisiert werden, um den zum Testen der Anwendung erforderlichen Aufwand zu reduzieren. Regressionstests könnten in Verbindung mit Wirkungsanalysen eingesetzt werden, um ein gezieltes Testen (Focused Testing) zu erleichtern, bei dem nur die Teile der Anwendung getestet werden, die verändert wurden oder von der Veränderung betroffen sein können.

Simulationsumgebungen können bei Integrations- und Funktionstests verwendet werden, um potenzielle Probleme aufzudecken, bevor die Anwendung am Kundenstandort in Betrieb genommen wird (für FAT/SAT). Simulationstests bieten Ingenieuren die Möglichkeit, die Systemeigenschaften gegenüber einem definierten Modell oder einem digitalen Zwilling zu testen. Diese eigenschaftsbasierten Tests sind teurer, liefern aber deutlich höhere Garantien im Hinblick auf das Verhalten beim Testen.

Ferner können aus den implementierten Anwendungen automatisch Testfälle abgeleitet werden. Durch Abdeckungskriterien kann sichergestellt werden, dass alle möglichen Ausführungspfade in der Software durch den definierten Testfall getestet werden. Anstatt Testfälle von den Ingenieuren manuell erstellen zu lassen, um mögliche Szenarien zu prüfen, kann dieses Verfahren dafür sorgen, dass verschiedene Programmzustände von der generierten Testsuite abgedeckt werden, was das Vertrauen in den Testprozess erhöht.

Versionsmanagement

Eine Verbesserung des Versionsmanagements durch eine automatisierte Verfolgung von Änderungen in textuellen und grafischen Sprachen hilft dabei, kostspielige Fehler zu vermeiden, die bei manuellen Methoden auftreten können. Dies wiederum kann sich positiv auf die Engineering-Effizienz, die Projektkosten und die Projektlaufzeit auswirken. Dies erfordert die Entwicklung von Tools, die es

— 05 Codemetrik-Dashboard für eine einfache Steuerungssystemanwendung.

— 06 Bestimmung der Unterschiede zwischen zwei grafischen Programmen.

Literaturhinweise

[1] „Programmable controllers – Part 3: Programming languages“. IEC 61131-3, 2013.

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

[3] Harel, D. (1987): „Statecharts: A visual formalism for Complex Systems“. Science of Computer Programming, Vol. 8 No. 3, S. 45.

[4] Pavlovic, O., Ehrich, H. D. (2010): „Model Checking PLC Software Written in Function Block Diagram“. IEEE Computer Society. Proceedings of the 3rd International Conference on Software Testing, Verification and Validation. Paris, Frankreich. S. 439.

[5] Blech, J. O., Biha, S. O. (2011): „Verification of PLC properties based on formal semantics in Coq“. Proceedings of the 9th International Conference on Software Engineering and Formal Methods (SEFM'11). Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg. S. 58.

[6] „CoDeSys Static Analysis 3.5.2.0., CoDeSys Professional Developer Edition“. 2013.

[7] Nair, A.: „Product Metrics for IEC 61131-3 languages“. IEEC Conference on Engineering Technologies and Factory Automation (ETFA 2012). Sept. 2012.

[8] Biros, D. (2015): „Are You on track how Predictive Notification keeps production on track“. ABB White Paper, S 18.

Entwicklern ermöglichen, Versionen visuell zu vergleichen und Änderungen in grafischen Sprachen anzuzeigen. Ein nützliches System zeigt und pflegt eine Liste sämtlicher Änderungen zwischen zwei Versionen eines Programms, das in einer der fünf IEC-61131-3-Sprachen geschrieben wurde →6.

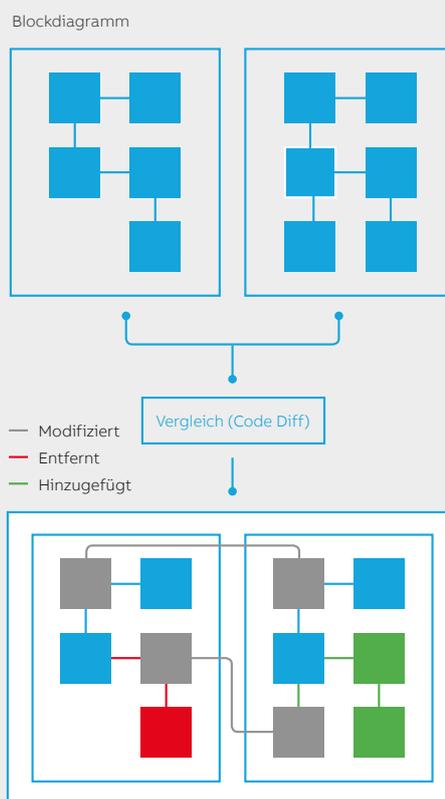
ABB weiß, wie Softwareverfahren entwickelt bzw. an die einzigartigen Anforderungen der Automation angepasst werden können.

Tools für textbasierte Vergleiche und Änderungs-erkennung existieren bereits und können direkt angewendet werden. Für grafische Programme gemäß IEC 61131-3, die z. B. die Funktionsbaustein- oder Ablaufsprache nutzen, kann eine äquivalente XML-Notation verwendet werden, um Elemente oder Komponenten zu vergleichen und verschiedene Versionen zu pflegen.

Bei Steuerungsanwendungen können Hardware- und I/O-Module das Verhalten der Software beeinflussen. Daher ist eine ausgeklügelte Versionskontrolle erforderlich, um jegliche Auswirkungen von Programmänderungen auf Hardwaremodule und Bibliotheken prüfen zu können. So könnten verschiedene Versionen der gesamten Systeminstallation gepflegt werden.

Die proprietäre Natur des Automations-Engineerings erschwert die Erforschung und Etablierung allgemeiner Tools und Verfahren aus dem Software-Engineering. Dennoch können Best Practices aus dem Software-Engineering evaluiert und Tools und Verfahren können angepasst und auf die Industrieautomation angewandt werden. ABB kennt die damit verbundenen Probleme und Herausforderungen und weiß, wie Softwareverfahren entwickelt bzw. an die einzigartigen Anforderungen der Automation angepasst werden können. Die erfolgreiche Einbindung dieser Software-Engineering-Methoden erfordert die gemeinsame Anstrengung von ABB-Forschern und Praktikern. ●

06



Darstellung von Codeänderungen zwischen Versionen einer Funktion

KREATIVE LÖSUNGEN

Asset Health Center für AEP

Mit den Herausforderungen einer alternden Übertragungsinfrastruktur konfrontiert, entschloss sich der Energieversorger American Electric Power (AEP) dazu, gemeinsam mit ABB vorhandene Infrastruktur- und Systemdaten zu integrieren und – unter Verwendung entsprechender Algorithmen – Betriebsdaten in nutzbare Informationen zur Entscheidungsunterstützung zu verwandeln.



Gerhard Salge
ABB Power Grids
Zürich, Schweiz

gerhard.salge@ch.abb.com

AEP ist ein integriertes Energieversorgungsunternehmen und Eigentümer des größten Stromübertragungsnetzes der USA mit über 64.000 km Übertragungs- und 360.000 km Verteilungsleitungen. Das Unternehmen ist in 11 Bundesstaaten tätig und versorgt landesweit rund 5,4 Millionen Kunden. Kürzlich sah sich AEP mit der Situation konfrontiert, dass ein großer Teil der Anlagen ein fortgeschrittenes Alter erreicht hatte. So war z. B. ein Drittel aller Netztransformatoren bereits älter als 50 Jahre, und 18 % waren älter als 60 Jahre. Damit rückte die Notwendigkeit, die Erneuerung und Instandhaltung der Anlagen zu priorisieren und zu rationalisieren und gleichzeitig eine erstklassige Versorgung zu gewährleisten, zunehmend in den Fokus.

—
Ein detaillierter Überblick hilft dabei zu entscheiden, welche Anlagen dringend einer Instandhaltung bedürfen, welche warten können und welche bis wann ersetzt werden müssen.

Die Fragen, mit denen sich AEP befasste, drehten sich um Themen wie Ausfallprävention und die Optimierung der Instandhaltungsmaßnahmen – Themen, die alle Stromversorger betreffen →1.

AEP hatte erkannt, dass ein detaillierter Überblick über den Anlagenzustand dabei helfen würde, zu entscheiden, welche Anlagen dringend einer Instandhaltung bedürfen, welche warten können und welche bis wann ersetzt werden müssen. Mit dem Ziel, die Zuverlässigkeit der Übertragungsinfrastruktur sicherzustellen, Instandhaltungsmaßnahmen richtig zu priorisieren und den Austausch von alternden Anlagen voranzutreiben, entschloss sich AEP zur Bildung der AEP-ABB Transmission Technology Alliance mit ABB. Ein erster Schritt zur Erreichung dieser Ziele war die Einrichtung eines robusten Asset Health Centers.

—
01 Die Verfolgung des Alters, Zustands und Instandhaltungsbedarfs von Anlagen ist ein Thema, das alle Stromversorger betrifft.



01

Mit einem Asset Health Center können Anlagendaten (Asset-Daten) organisiert und priorisiert werden, sodass das Instandhaltungspersonal vor Ort und das Bedienpersonal in den Leitwarten gezielte Unterstützung zur Entscheidungsfindung erhalten, anstatt von einer Flut unnötiger oder irrelevanter

—
Eine zentrale Funktion besteht darin, kontinuierlich den Anlagenzustand zu beurteilen und wenn nötig geeignete Maßnahmen zu ergreifen, bevor es zu einem Ausfall kommt.

Daten überschwemmt zu werden. Eine zentrale Funktion eines Asset Health Centers besteht darin, kontinuierlich den Zustand der Anlagen zu beurteilen und, wenn nötig, geeignete Maßnahmen zu ergreifen, bevor es zu einem Ausfall kommt.

Aufgrund ihrer Erfahrung in der Konzeption und Implementierung von Systemen, die Betriebsmittel- und Informationstechnologien zusammenführen, wurde ABB in die Entwicklung dieser hochgradig strategischen und zukunftsorientierten Asset-Health-Center-Plattform einbezogen. Ein wichtiger Aspekt, den es bei dem Projekt – und bei ähnlichen Projekten in großen Teilen der Industrie – zu berücksichtigen gilt, ist die riesige Flut an Daten, die mittlerweile von intelligenten Sensoren im Feld erfasst werden →2.

ABB ist in der einzigartigen Lage, diese praktischen, nützlichen und umsetzbaren Datenströme in einem System zusammenzuführen, das alle beteiligten Technologien integriert.

Die ABB Asset-Health-Center-Lösung für AEP stellt nicht nur eine Plattform für die Erfassung von Daten bereit, sondern beinhaltet auch Expertensystemmodelle, die sowohl kurz- als auch langfristige Aufgaben priorisiert nach Dringlichkeit empfehlen →3. Diese Funktionalitäten spielen eine wesentliche Rolle für eine effektive Entscheidungsfindung auf Anlagenebene.

Die Lösung beinhaltet Expertensystemmodelle, die sowohl kurz- als auch langfristige Aufgaben priorisiert nach Dringlichkeit empfehlen.

AEP hatte erwartet, durch die automatisierte Beurteilung der Anlagenzustände und die Identifizierung von Anlagen, die gewartet oder ausgetauscht werden müssen, wertvolle Vorteile beim Betrieb und bei der Instandhaltung realisieren zu können →4. Tatsächlich kann AEP bereits auf mehrere Transformatorausfälle verweisen, die verhindert werden konnten.

02

AEP gehört zu den frühen Anwendern der Technologie und hat erkannt, dass mit einem Asset Health Center Echtzeitdaten und historische Daten aus dem gesamten Netzwerk erfasst und in aussagekräftige und zeitnahe Erkenntnisse verwandelt werden können. Nach den positiven Erfahrungen im Hinblick auf die optimierte Instandhaltung und die reduzierten Ausfälle von Transformatoren hat AEP das Konzept auf weitere Assets wie Leistungsschalter ausgedehnt. Der langfristige Plan von AEP sieht vor, das gesamte Anlagenportfolio durchzugehen und alle wichtigen Arten von Betriebsmitteln in das Asset-Health-Center-System zu integrieren.

ABB arbeitet weiterhin an der Verbesserung der Asset-Health-Center-Technologie und hat vor Kurzem eine Lösung der nächsten Generation eingeführt.





03

02 ABB CoreSense™ ist ein Beispiel dafür, wie Daten erfasst und genutzt werden, um den Funktionszustand von Betriebsmitteln zu überwachen. CoreSense überwacht Transformatoren kontinuierlich und warnt frühzeitig vor drohenden Fehlern.

03 ABB Asset Health Center empfiehlt Maßnahmen, priorisiert nach Dringlichkeit.

Asset-Management-Lösung der nächsten Generation

Im Juli 2017 hat ABB mit ABB Ability™ Asset Health Center die Asset-Performance-Management-Lösung (APM) der nächsten Generation auf den Markt gebracht. Diese neueste softwarebasierte Lösung kombiniert das APM-Angebot von ABB mit der Microsoft Azure Cloud-Plattform und ermöglicht so anlagenintensiven Branchen eine Verbesserung der Effizienz und Optimierung der Kosten.

Die branchenführende ABB Asset-Health-Center-Lösung nutzt prädiktive und präskriptive Analysen sowie maßgeschneiderte Modelle auf der Basis jahrzehntelanger Branchenerfahrung, um entstehenden Instandhaltungsbedarf zu ermitteln und anhand der Ausfallwahrscheinlichkeit und Kritikalität der Anlagen zu priorisieren. Die Modelle sind nicht nur in der Lage, sich verschlechternde Zustände, Risiken und deren relative Bedeutung zu identifizieren, sondern liefern auch fundierte Empfehlungen und Prioritäten für Lösungs-, Analyse- und Abhilfemaßnahmen.

Asset Health Center ist eine Schlüsselkomponente des ABB Connected Asset Lifecycle Management Konzepts, das als ganzheitliche Lösung für das Lebenszyklusmanagement von Anlagen konzipiert

—
ABB Ability Asset Health Center ermöglicht anlagenintensiven Branchen eine Verbesserung der Effizienz und Optimierung der Kosten.

wurde →5. Diese ist nun als SaaS-Lösung (Software as a Service) verfügbar, deren Implementierung in der Azure Cloud-Plattform eine einfachere und schnellere Ausführung ermöglicht. Darüber hinaus wurden die Visualisierung und Analytik verbessert und die Integration von prädiktiven Modellen, z. B. mithilfe von Cortana Intelligence, vereinfacht.

Durch Kombination des in den softwarebasierten Technologien von ABB integrierten Branchenwissens mit den globalen Möglichkeiten der Microsoft Azure Cloud-Plattform ergibt sich eine leistungsstarke Lösung, die Versorgungsunternehmen dabei hilft, neue Erkenntnisse zu gewinnen und schnellere Entscheidungen herbeizuführen, um neue Wachstumschancen zu realisieren. Asset Health Center auf Microsoft Azure bietet Kunden die Möglichkeit, die Leistungsfähigkeit der Azure IoT Suite

—
Die Nachverfolgungsfunktion sorgt dafür, dass identifizierte Risiken zuverlässig beseitigt oder gemindert werden.

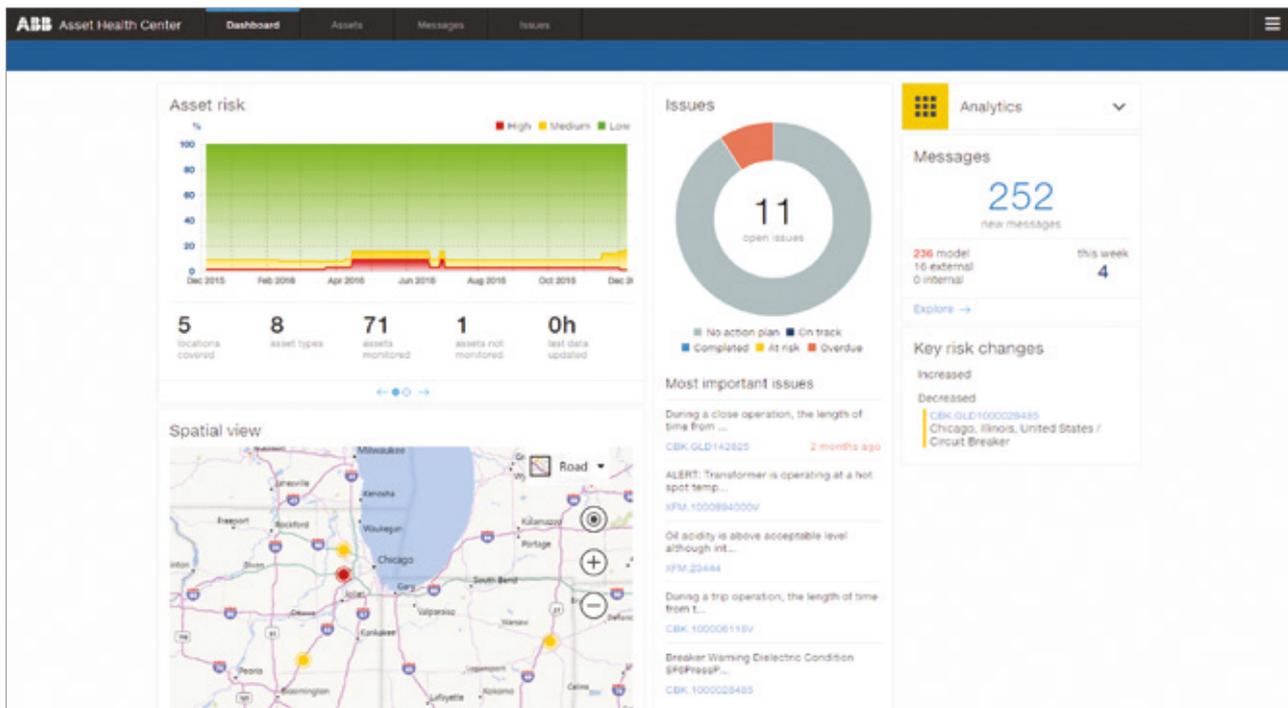
und der Cortana Intelligence Suite zu nutzen, um Geschäftsanwendungen mit maschineller Intelligenz zu erweitern. Dies wiederum ermöglicht dem Nutzer den Schritt von einer einfachen deskriptiven Analytik zu einer präskriptiven Analytik mit Empfehlungen, die die Prozesse für eine risikobasierte Investitionsoptimierung im Einklang mit den Normen ISO 55000 und PAS 55 erleichtern.

Die Nachverfolgungsfunktion von Asset Health Center sorgt dafür, dass identifizierte Risiken zuverlässig beseitigt oder gemindert werden. Alarm- und Überwachungsfunktionen können aktiviert werden, um sicherzustellen, dass Nutzer aktiv über den Status dieser Risiken informiert werden und diese entsprechend behandelt werden. Asset Health Center kennzeichnet gefährdete Assets, informiert über den Abschluss wichtiger Maßnahmen im unternehmensweiten Asset-Management-System (EAM) und bietet weitere Tools, die sicherstellen, dass frühzeitig erkannte Risiken rechtzeitig beseitigt werden, um ein Eintreten zu verhindern.

Neben der Identifizierung und Beseitigung von Problemen durch prädiktive Asset-Analysen müssen Versorgungsunternehmen eine Vielzahl von Routinearbeiten wie regelmäßige Inspektionen und kleinere Instandhaltungsarbeiten in ihrer täglichen Planung berücksichtigen. Die meisten Versorgungsunternehmen haben einen Arbeitsrückstand, der von den verfügbaren Ressourcen nicht kurzfristig bewältigt werden kann. Asset Health Center sammelt alle offenen Arbeiten und schlägt mithilfe eines weiteren Algorithmus eine Reihenfolge für einen risikooptimierten Instandhaltungsplan vor.

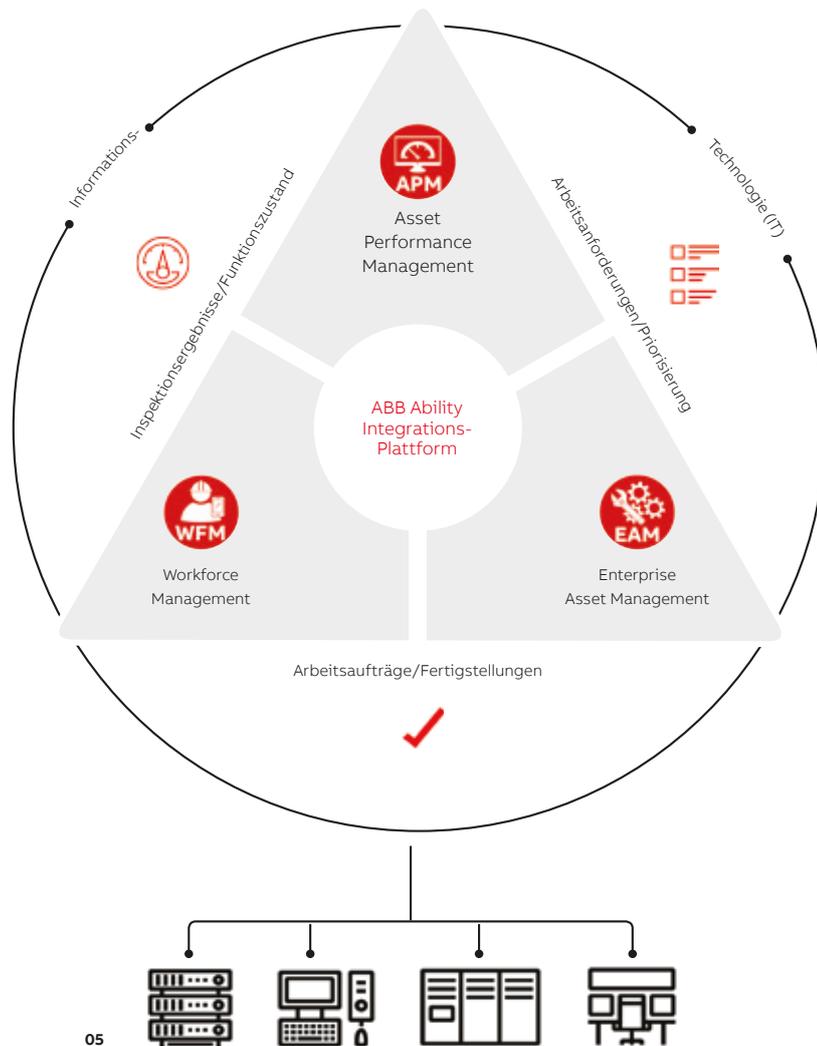
Asset Health Center ist zudem eine bedeutende Komponente des ABB-Konzepts für digitale

04



—
04 Die Informationsseiten von Asset Health Center liefern dem Bedienpersonal einen klaren Überblick über den Anlagenzustand, sodass Risiken minimiert werden können.

—
05 Asset Health Center ist ein integraler Bestandteil des ganzheitlichen Connected Asset Lifecycle Management Konzepts von ABB.



Umspannwerke, bei dem es Zustandsdaten erfasst, um die Leistung, Effizienz und Kosteneffektivität der Anlage zu optimieren – etwa indem es die Ausfallzeit von Transformatoren und Leistungsschaltern um bis zu 50 % reduziert.

—
Asset Health Center nutzt prädiktive und präskriptive Analysen sowie maßgeschneiderte Modelle auf der Basis jahrzehntelanger Branchenerfahrung.

Asset Health Center ist ein Beispiel dafür, wie die digitalen Lösungen aus dem ABB Ability-Portfolio Kunden dabei helfen, die Leistungsfähigkeit des Internets der Dinge zu nutzen und Daten in direkte Maßnahmen zu verwandeln, die ihnen einen realen Mehrwert bieten.

Bereitstellung über die Microsoft Azure Cloud oder vor Ort

Asset Health Center kann als Service über die Azure Cloud bereitgestellt oder vor Ort installiert werden. Die skalierbare Architektur ermöglicht eine Inbetriebnahme binnen weniger Stunden mit einer schnellen Aufwandsrendite und risikoarmen Piloten.

Asset Health Center kann auf eine unternehmensweite Anwendung hochskaliert werden, die IT-Kernanforderungen wie Cybersicherheit, einmalige Benutzeranmeldung (Single Sign-On) und eine standardisierte Integration gängiger Drittanbietersysteme unterstützt. Die Anwendung ist erweiterbar, sodass sich die Analytik mit dem Asset-Management-Programm des Nutzers entwickeln kann. Da Asset Health Center auf Azure und der Cortana Intelligence Suite aufbaut, können die Erweiterungen vom Nutzer hinzugefügt und mit allgemein verfügbarem Know-how gepflegt werden, d. h. es ist kein spezielles Plattformtraining erforderlich. ●

KREATIVE LÖSUNGEN

Neue STATCOM-Technologie mit modularen Mehrpunkt-Umrichtern

STATCOM-Produkte (statischer Kompensator) von ABB kommen vermehrt in Stromnetzen zum Einsatz, die mit Stabilitätsproblemen und anderen Schwierigkeiten zu kämpfen haben. Nun wurde das STATCOM-Portfolio um ein Produkt mit Spannungswiderrand-Umrichtertechnologie (VSC) auf der Basis modularer Mehrpunkt-Umrichter (MMCs) erweitert – den SVC Light Medium Power (MP).



Bjoern Oedegard
ABB Power Grid,
Grid Integration
Technology & Solutions
Development
Turgi, Schweiz

bjoern.oedegard
@ch.abb.com



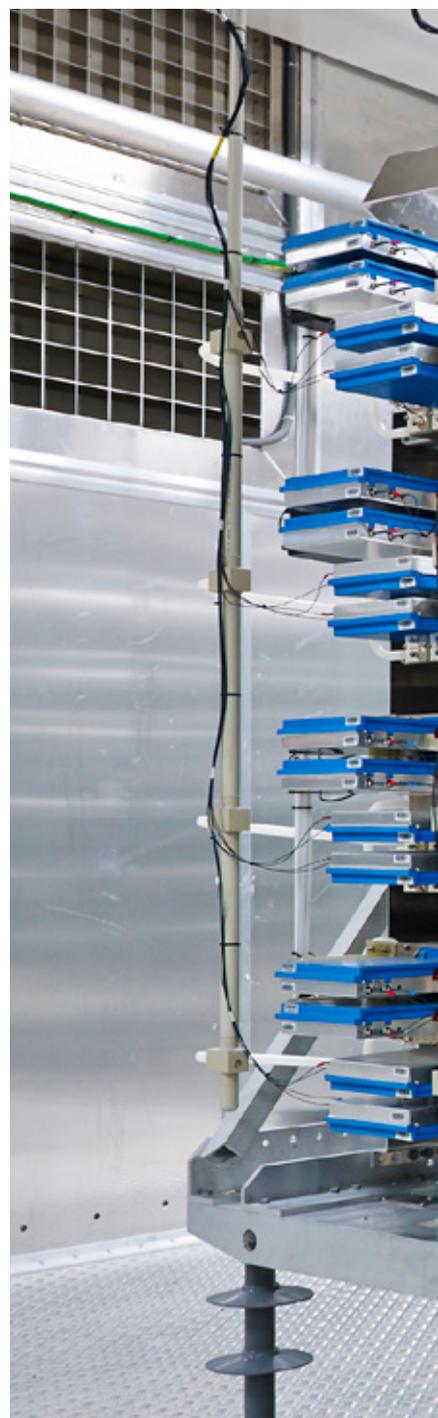
Mauro Monge
ABB Power Grid,
Grid Integration
Västerås, Schweden

mauro.monge
@se.abb.com

Der weltweite Trend zur Nutzung erneuerbarer Energien hat einen erheblichen Einfluss auf Erzeugungs-, Übertragungs- und Verteilungsunternehmen und die Lösungen, die sie anbieten. Ein bedeutender Aspekt dieser Entwicklung ist der Übergang von einem zentralisierten Netz mit großen Kraftwerken und unidirektionalem Leistungsfluss zu einem dezentralen Netz mit einer Mischung aus zentralen und dezentralen Erzeugungseinheiten und einer Kombination aus

—
MMCs kommen seit einigen Jahren in Anwendungen wie FACTS und HGÜ-Systemen für Übertragungs- und Verteilnetze zum Einsatz.

entlegenen und urbanen Verbrauchern, in dem die Leistung zum Teil in beide Richtungen fließt. Hinzu kommen die zunehmende Abkehr von einer synchronen Erzeugung und die damit verbundene Reduktion der Kurzschlussfestigkeit und Trägheit des Stromnetzes.



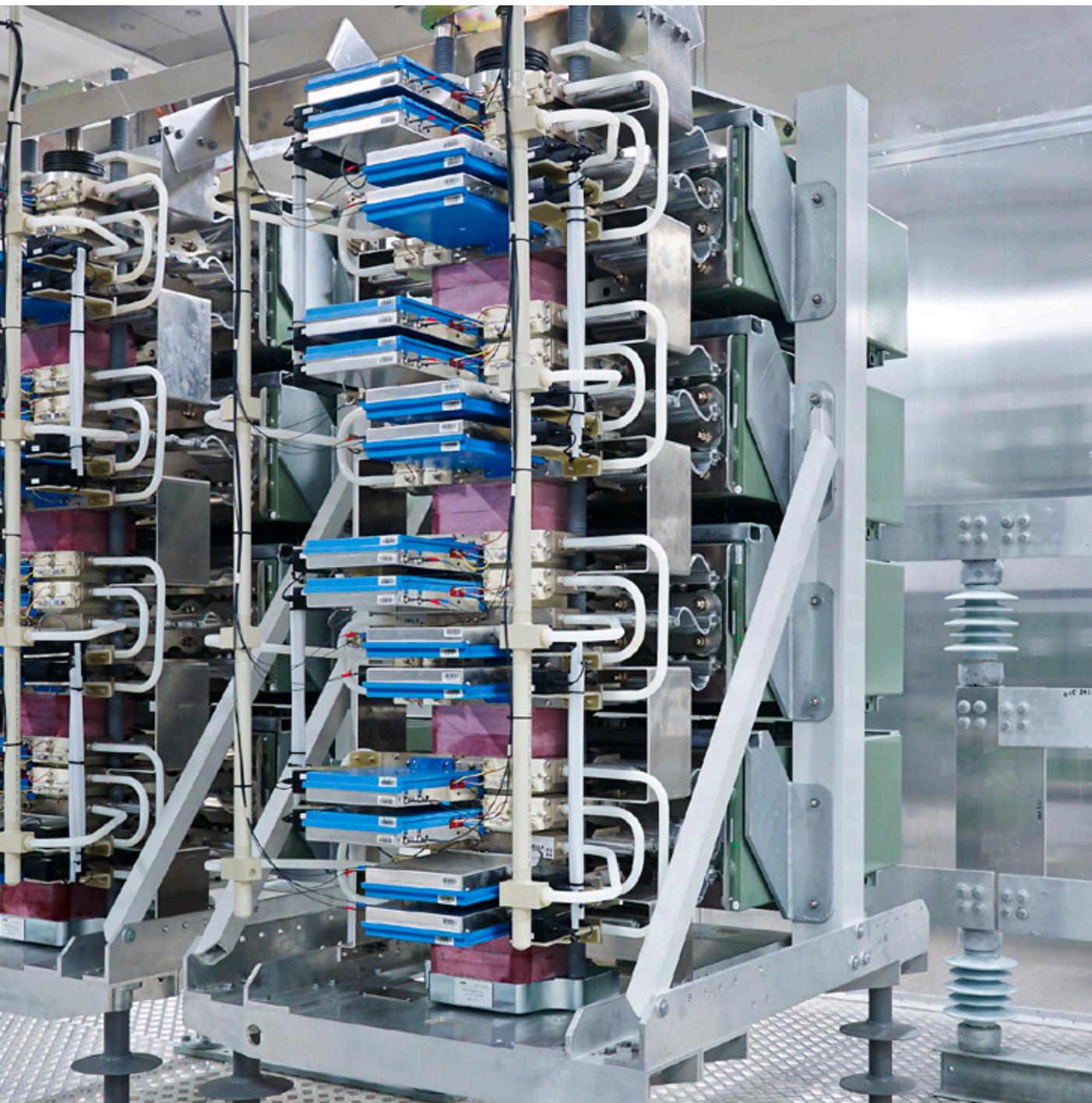
—
01 FACTS-Lösung
von ABB.

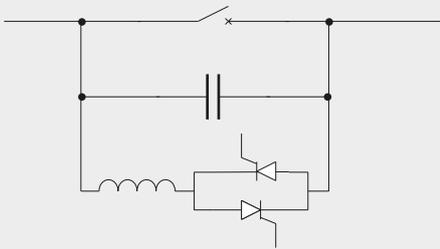
Als Folge dieser Entwicklung unterliegt die Netzkonfiguration zunehmend dynamischen Veränderungen, die eine sorgfältigere Planung der Größe, Art und Lage von Anlagen mit FACTS (flexible Drehstrom-Übertragungssysteme) zur Regelung der Blindleistungskompensation erfordern →1. Aus diesem Grund spielt ein breites und vielseitiges Produktportfolio für die Blindleistungskompensation eine zunehmend wichtige Rolle, wenn es darum geht, Kunden in dieser sich verändernden Energielandschaft optimale Lösungen zu bieten.

Solche Kompensationsprodukte können:

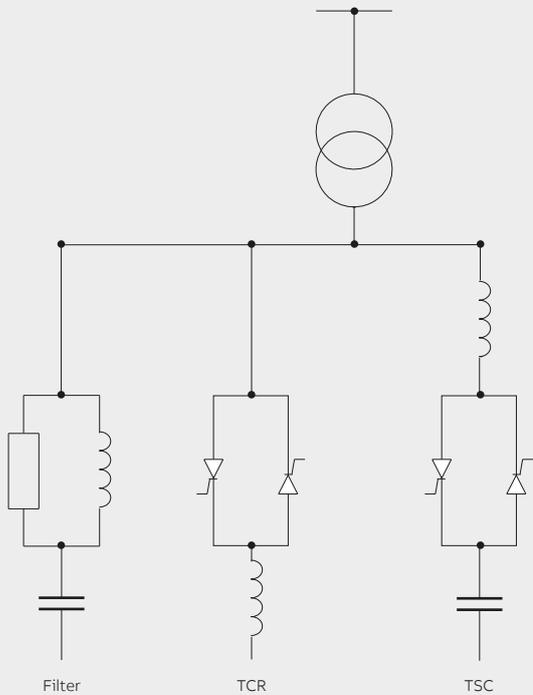
- die Netzstabilität verbessern und die Gefahr von Stromausfällen begrenzen,
- die Übertragungskapazität vorhandener Stromleitungen erhöhen und somit die notwendigen Investitionskosten (CAPEX) der Betreiber senken,
- die Erfüllung zunehmend strengerer Netzanschlussregeln (Grid Codes) sicherstellen und somit z. B. die Anbindung regenerativer Erzeugungsanlagen ermöglichen,
- durch einfache Aufrüstung flexibel an dynamische Veränderungen der Netzkonfiguration oder industriellen Produktion angepasst werden.

01

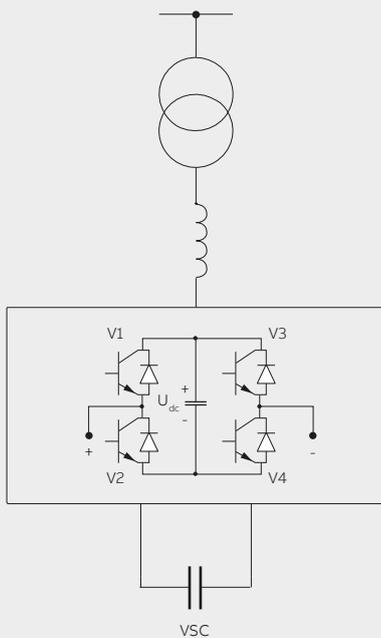




02a



02b



02c

Das FACTS-Portfolio von ABB umfasst verschiedene Technologien. Diese reichen von der festen Serienkompensation und der thyristorgesteuerten Serienkompensation (TCSC) über SVC Classic-Lösungen – einschließlich thyristorgeschalteten Kondensatoren (TSCs) und thyristorgesteuerten Drosselspulen (TCRs) – bis hin zu den fortschrittlichsten STATCOM-Geräten auf VSC-Basis mit selbstkommutierenden Halbleitern wie IGBTs (Insulated-Gate Bipolar Transistors) oder IGCTs (Integrated Gate-Commutated Thyristors) in Zweipunkt-, Dreipunkt- oder MMC- Umrichtertopologien →2. Außerdem stehen hybride STATCOM- und SVC-Classic-Lösungen zur Verfügung [1].

Mit dem neuen SVC Light MP verfügt ABB nun über ein vollständiges FACTS-Portfolio zur umfassenden Unterstützung von Kunden bei der Lösung von Netzqualitätsproblemen.

Der Anwendungsbereich der STATCOM-Technologie ist in den letzten Jahren stetig gewachsen – eine Entwicklung, die durch die veränderte Beschaffenheit der Stromnetze und die Fähigkeit von STATCOMs, die Auswirkungen schwacher Netze zu mindern, weiter vorangetrieben wird. Ein weiterer Faktor ist eine bedeutende Weiterentwicklung der STATCOM-Technologie in Form des modularen Mehrpunkt-Umrichters (MMC). MMCs kommen seit einigen Jahren verbreitet in Anwendungen mit sehr hohen Spannungen und Leistungen wie FACTS und HGÜ-Systeme für Übertragungs- und Verteilnetze zum Einsatz [2].

—
02 FACTS-Lösungen von ABB werden in zahlreichen Technologien realisiert.

02a TCSC.

02b SVC Classic.

02c SVC Light.

—
03 STATCOM-Umrichtertopologien mit Ausgangsspannungs-Wellenformen und entsprechenden Grundschwingungsspannungen.

03a Zweipunkt-VSC.

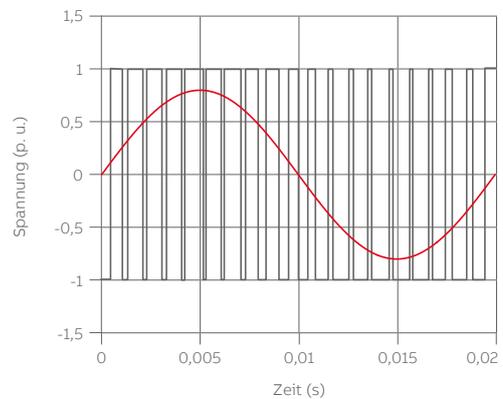
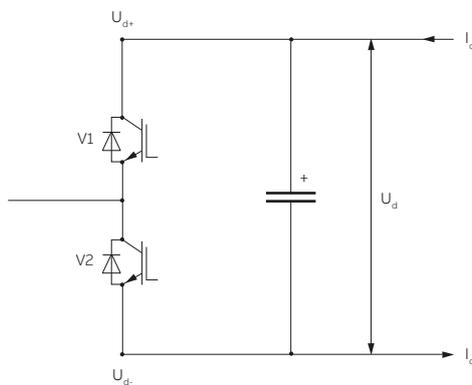
03b Dreipunkt-VSC.

03c Chain-Link-Umrichter (MMC).

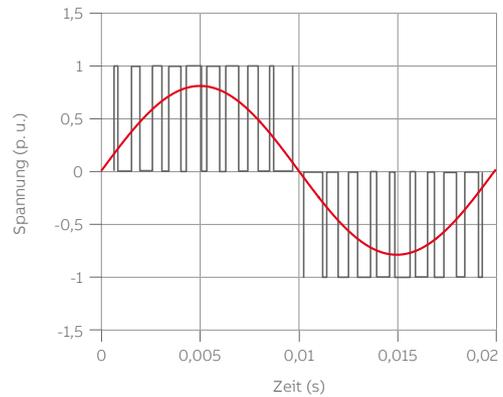
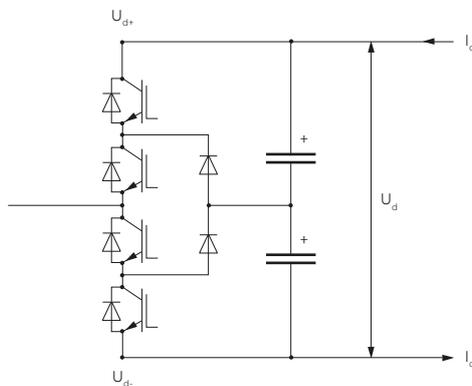
Warum MMC?

Die in der neuesten SVC Light-Generation eingesetzten verketteten Umrichter (Chain-Link-Umrichter) basieren auf identischen VSC-Zellen in Reihenschaltung, die unabhängig voneinander geschaltet werden können und damit einen negativen, keinen oder einen positiven Betrag zur Gesamtspannung des Umrichters leisten können →3. Diese Konfiguration bietet eine Reihe von Vorteilen, die ihre große Beliebtheit erklären:

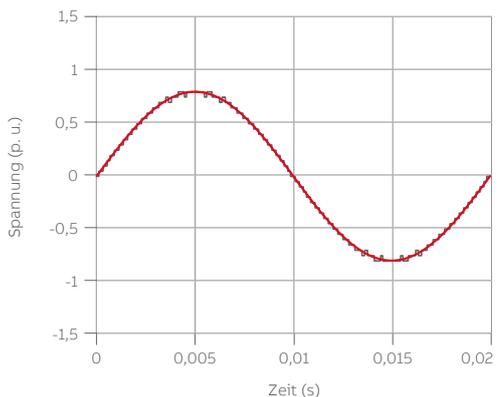
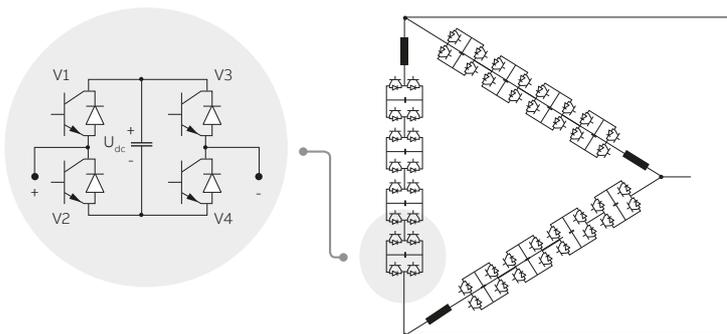
- Durch das unabhängige Schalten der Umrichterzellen kann die Klemmenspannung in kleinen Schritten aufgebaut werden, die zusammen eine hochwertige Sinuswellenform mit deutlich geringerem Oberschwingungsgehalt als bei anderen Umrichtertopologien ergeben.



03a



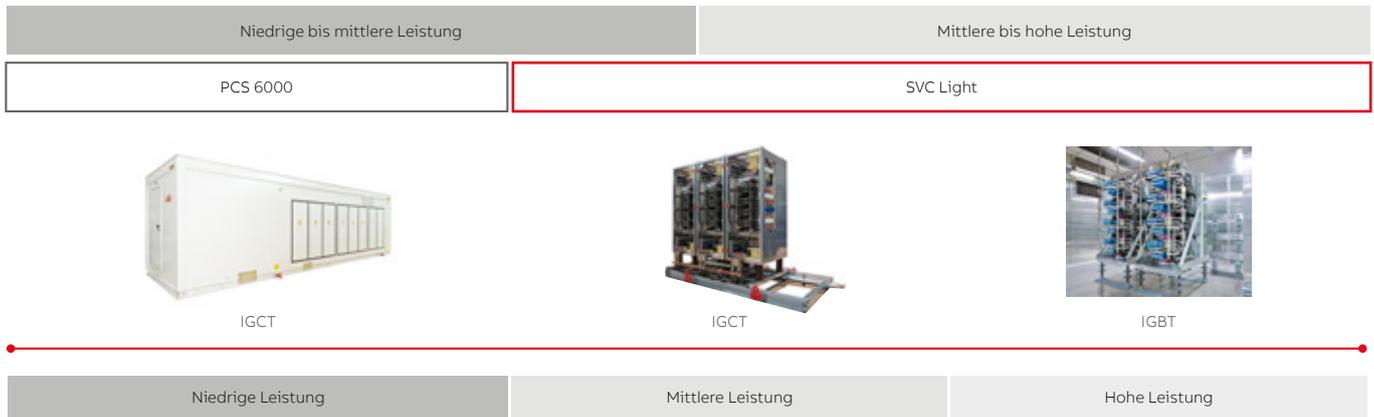
03b



03c

—
Die Druckkontakt-Technologie verbessert die Anlagenzuverlässigkeit und die Betriebskosten gegenüber drahtgebundenen industriellen Modulen.

- SVC Light ist in der Lage, auch ohne Filter niedriger Ordnung höchste Oberschwingungsanforderungen zu erfüllen, was die Robustheit gegen harmonische Resonanzen erhöht und die Gesamtsystemverluste reduziert. In einigen Fällen ist zur Erfüllung des Grid Code ein kleiner Hochpassfilter erforderlich.



04

- Reduzierter Platzbedarf im Vergleich zu SVC Classic und anderen STATCOM-Technologien, da im Schaltfeld weniger passive Komponenten erforderlich sind.
- Durch die Reihenschaltung redundanter MMC-Zellen lässt sich eine hohe Systemredundanz und Ausfallsicherheit mit extrem hohen Zuverlässigkeitswerten ($> 99,5\%$) erreichen. Besondere Kundenanforderungen können durch geringfügige Anpassungen des modularen STATCOM-Designs erfüllt werden.
- Durch die Reihenschaltung von MMC-Zellen ist ein direkter Anschluss ans Mittelspannungsnetz ohne Transformator möglich. Je nach benötigter Leistung ist mit einem SVC Light-Produkt ein transformatorloser Netzanschluss bis zu einer Netzspannung von 69 kV möglich.

SVC Light MP basiert auf druckkontaktierten IGCT-Halbleitern und ist das Ergebnis einer erfolgreichen Zusammenarbeit von Anwendungs-, Umrichter- und Halbleiterentwicklungsteams.

- Ein weiterer Vorteil der Verwendung verketteter modularer Umrichter in identischen Zellen besteht darin, dass ein hohes Maß an Vorfertigung und Werksprüfung möglich ist. Das Ergebnis ist eine Verkürzung der Projektvorlaufzeiten und eine höhere Produktqualität. Außerdem erlaubt die Modularisierung der Hardware eine Standardisierung und Skalierbarkeit des Layouts und der Gebäude.



05a



05b



05c

—
04 STATCOM-Portfolio.

—
05 Aufbau von MMC-Zellen und Umrichtern mit IGBTs (SVC Light HP) und IGCTs (SVC Light MP).

05a IGBT (ohne Ansteuereinheit).

05b IGCT (ohne Ansteuereinheit).

05c Umrichtermodul vom Typ SVC Light HP mit druckkontaktierten IGBTs, vier Zellen in einem Untermodul.

05d Umrichtermodul vom Typ SVC Light MP mit druckkontaktierten IGCTs, zwei Zellen in einem Untermodul.

05e Layout eines Umrichters vom Typ SVC Light MP.

Das STATCOM-Portfolio von ABB

ABB bietet STATCOM-Lösungen für unterschiedliche Anschlussspannungen und Bemessungsleistungen bis 425 MVar an. Ermöglicht wird dies durch eine diversifizierte Technologie, die entsprechend den besonderen Anforderungen der Anwendung stets eine maximale Leistungsfähigkeit und Wertschöpfung für den Kunden gewährleistet.

Das ABB STATCOM-Portfolio für Bemessungsleistungen über 10 MVar umfasst den PCS 6000 und SVC Light →4. Die Auswahl der jeweiligen Umrichtertechnologie ist Bestandteil der gesamten Lösungsoptimierung, bei der sowohl die Leistungsfähigkeit als auch die Investitions- und Betriebskosten der Anlage berücksichtigt werden.

Am unteren Ende des Leistungsspektrums steht der PCS 6000 mit druckkontaktierten IGCT-Halbleitern in einer Dreipunkt-Spannungswienkreistopologie. Im oberen Leistungsbereich kommen im SVC Light HP (High Power) druckkontaktierte IGBT-Schalter in einer fortschrittlichen verketteten Mehrpunkttopologie, einer Variante des MMC, zum Einsatz. Dazwischen komplettiert nun der neue SVC Light MP (Medium Power) das STATCOM-Portfolio →4.

Ein neuer MMC-Umrichter

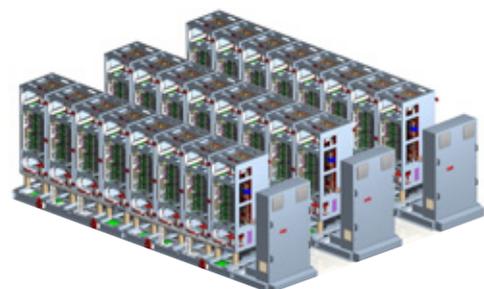
Aufgrund der genannten Vorteile bot sich auch für den neuen Umrichter die MMC-Technologie an. Der SVC Light MP basiert auf druckkontaktierten IGCT-Halbleitern und ist das Ergebnis einer erfolg-

—
Der neue SVC Light MP nutzt bewährte Steuerungsalgorithmen, die anspruchsvolle Anwendungen unterstützen.

reichen Zusammenarbeit von Anwendungs-, Umrichter- und Halbleiterentwicklungsteams →5. Diese Zusammenarbeit ermöglichte wichtige Verbesserungen auf dem Gebiet der rückwärts leitenden IGCT-Halbleiter (RC-IGCTs) [4] mit einem für die Anforderungen von MMC-Umrichtern optimierten Design, das für eine erstklassige Effizienz und Robustheit der zentralen STATCOM-Komponente sorgt. Dank ihrer hervorragenden Lastwechselfähigkeit und ihrem inhärent stabilen Kurzschlusszustand ermöglicht die von ABB verwendete Druckkontakt-Technologie eine höhere Anlagenzuverlässigkeit und niedrigere Betriebskosten gegenüber drahtgebundenen industriellen Modulen.



05d



05e

Aufgrund der hohen Zahl von Halbleitern in Anwendungen für mittlere und hohe Spannungen bzw. Leistungen muss nach Ausfall einer einzelnen Zelle ein Weiterbetrieb möglich sein, um die von den Kunden geforderte Zuverlässigkeit zu gewährleisten.

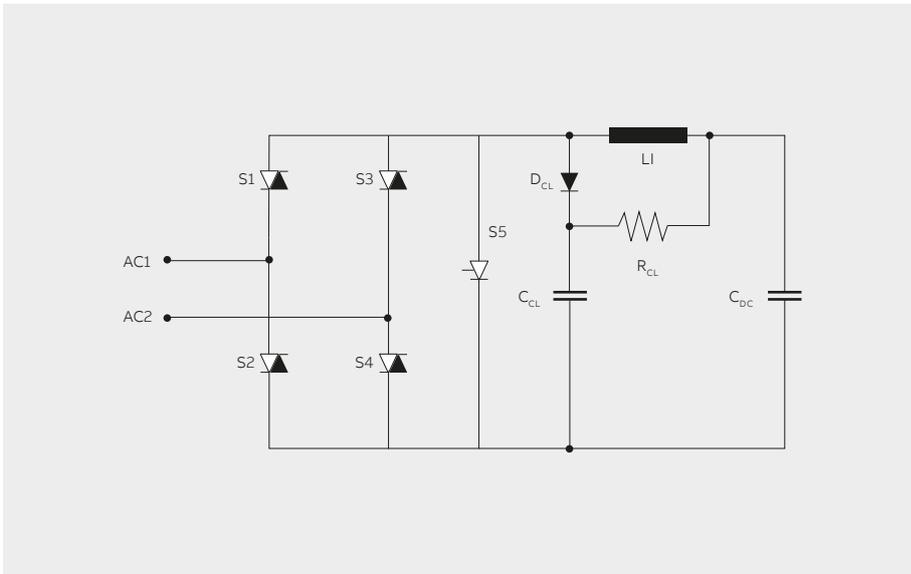
Der Thyristor kann binnen Mikrosekunden nach dem Fehler einen Bypassstrompfad durch die ausgefallene Zelle herstellen.

Im neuen IGCT-basierten Chain-Link-Umrichter wird diese Funktionalität durch einen Thyristor-Bypassschalter sichergestellt (S5 in →6). Dieser Thyristor kann binnen Mikrosekunden nach dem Fehler einen Bypassstrompfad durch die ausgefallene Zelle herstellen und dabei den Entladestrom

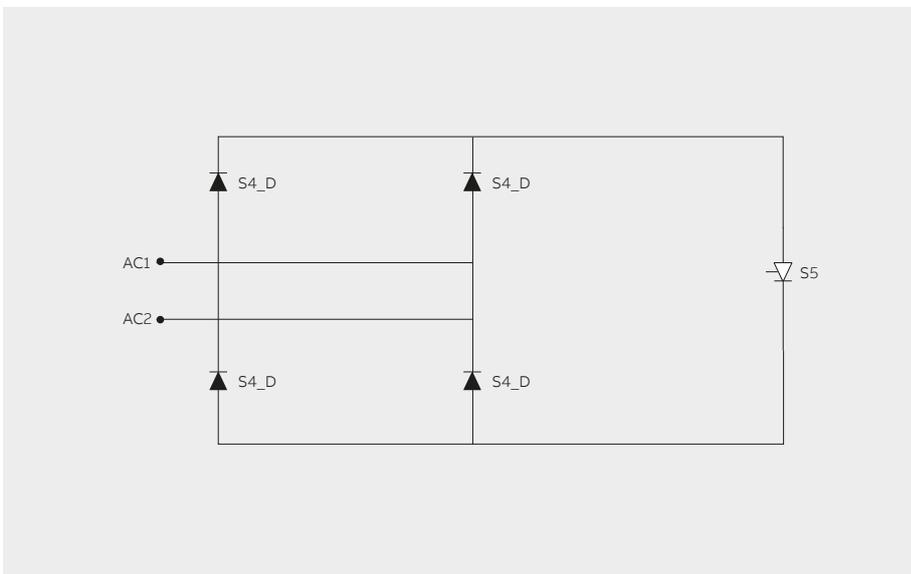
des Kondensators dieser Zelle aufnehmen, ohne dass das Thyristorgehäuse beschädigt wird. Bei einem Ausfall wechselt der Thyristor in einen inhärent stabilen und dauerhaften Kurzschlusszustand, der einen sicheren und zuverlässigen Weiterbetrieb bis zur nächsten planmäßigen Wartung ermöglicht →6b. Dieses Kurzschlusszustandskonzept (SCFM) wurde kürzlich in einer 8.760-stündigen Dauerprüfung bestätigt.

Ein überzeugendes Gesamtportfolio

Als Pionier und führender Anbieter von FACTS-Produkten verfügt ABB mit dem neuen SVC Light MP nun über ein vollständiges FACTS-Portfolio, das es dem Unternehmen ermöglicht, seine Kunden bei der Lösung von Netzqualitätsproblemen in verschiedenen Anwendungen – lange Übertragungsleitungen, Integration von erneuerbaren Energien, Industrieanlagen usw. – umfassend zu unterstützen.



06a



06b

—
06 Hauptschaltkreis einer IGBT-basierten MMC-Zelle.

06a Hauptschaltkreis einer SVC Light MP-Leistungszelle.

06b Stabiler und dauerhafter Bypassstrompfad einer ausgefallenen Leistungszelle (Zweig ganz rechts).

—
Literaturhinweise

[1] Hutchinson, S., Halonen, M.: „STATCOM and Hybrid STATCOM Solutions Based on Chain-Link Multilevel Converter Technology for the Electrical Transmissions Network“. Gridtech 2015, Delhi, Indien, April 2015.

[2] Jacobsen, B. et al.: „VSC HVDC Transmission with Cascaded Two-Level Converters“. Cigre 2010.

[3] Oedegard, B. et al.: „Rugged MMC Converter Cell for High Power Applications“. EPE 2016, Karlsruhe, September 2016.

[4] Vemulapati, U. et al.: „Schalter mit Zukunft“. ABB Review 4/2016. S. 67-71.

[5] Grünbaum, R. et al.: „FACTS: Powerful Means for Dynamic Load Balancing and Voltage Support of AC Traction Feeders“. Power Tech 2001, Porto.

[6] Bagnall, T. et al.: „PCS6000 STATCOM Ancillary Functions: Wind Park Resonance Damping“. EWEC 2009, Marseille.

[7] Grünbaum, R. et al.: „STATCOM for Grid Code Compliance of a Steel Plant Connection“. 19th International Conference on Electricity Distribution, Wien, Mai 2007.

Tatsächlich stehen bei der Auslegung der gesamten SVC Light STATCOM-Familie die Kundenanforderungen im Mittelpunkt, wobei Stromnetzexperten, Entwickler und Ausführungsteams zusammenarbeiten, um die optimale Leistungsfähigkeit und das bestmögliche Anlagenlayout für jede Anwendung zu gewährleisten. Dabei werden der Umrichter, das Steuerungssystem, die Kühlung und die Gehäuse ebenso berücksichtigt wie passive Elemente wie Strangdrosselspulen, Filter (sofern erforderlich), Leistungsschalter, Trennschalter und der Leistungstransformator.

Die Steuerung und der Schutz der gesamten Lösung erfolgen über das MACH-Steuerungssystem (Modular Advanced Control for HVDC and FACTS) aus dem ABB Ability™-Portfolio. MACH ist eine leistungsstarke Steuerungsplattform, die speziell für Anwendungen mit hohen Anforderungen in puncto Leistungsfähigkeit und Verfügbarkeit wie die HGÜ und FACTS entwickelt wurde. Das System ist in Hunderten Anwendungen auf der ganzen Welt im Einsatz und basiert auf einem vollständig redundanten Echtzeit-Controller, in dem Signale von allen wichtigen Komponenten der Umspannstation sowie Messwerte von Strom- und Spannungswandlern im Schaltfeld verarbeitet und für die Synchronisation, Überwachung, Steuerung und den Schutz genutzt werden. Als erstklassige Steuerungsplattform unterstützt MACH die Überwachung und den Betrieb sowohl lokal als auch aus der Ferne, wobei entsprechende Lösungen für die Cybersicherheit in allen Anlagen integriert sind.

Der neue SVC Light MP ist vollständig in die SVC Light-Steuerungsplattform und -philosophie integriert und nutzt bewährte Steuerungsalgorithmen (es gibt über 800 FACTS-Installationen weltweit), die anspruchsvolle Anwendungen zur Sicherung der Netzqualität wie schnelle Spannungsregelung binnen einer Periode, Lastausgleich [5], aktive Oberschwingungsfilterung, Windparkstabilisierung [6], Flickerkompensation in Industrieanlagen [7] und viele mehr unterstützen.

—
Der neue SVC Light MP ist vollständig in die SVC Light-Steuerungsplattform integriert.

Der gesamte Lebenszyklus eines FACTS-Systems von ABB ist darauf ausgerichtet, den Kunden mit nachhaltigen, rentablen Lösungen und Dienstleistungen zu unterstützen, die die Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit der Systeme maximieren. Der SVC Light MP als neues Mitglied der FACTS-Familie leistet dazu einen wichtigen Beitrag. ●

Unter den wissenschaftlichen Leistungen der wohl die Forschungen über künstliche Atomumstände. Ein neuer Zweig der Physik ist hier in begriffen. In sicheren Experimente können die nur bekannte chemische Elemente ineinander um eine grosse Zahl von neuen, bisher unbekannt herstellen. Unter diesen Elementen sind namentlich radioaktiven Atomarten von grossem Interesse. Atomumsandlung benötigten Atomkerne höchster den am elegantesten mit Hilfe des Cyclotrons herliche Radioaktivität ist für die Chemie und namentlich biologischer Vorgänge von grösster Bedeutung, bei Atom-Umwandlungen frei werdende ungeahnte Möglichkeiten technischer Verwertung.

I. KERNBAUSTEINE UND KERN

Die Physiker sind heute der Ansicht, materielle Naturgeschehen auf die durch mittelte Wechselwirkung weniger einfacher Bausteine der Materie zurückgeführt werden können. Diese Elementarteilchen, denen die Wellenmechanik zugleich Korpuskel- und Wellenmechanik zuschreiben müssen, teilen wir in leichte und schwere Teilchen ein.

Zur Gruppe der leichten Elementarteilchen gehören vor allem die Elektronen. Sie sind negativ geladen als Negatronen $-e$ oder positiv geladen als Positronen $+e$ vor. Die Masse

Pionierleistungen



Dezimalindex 539.152.1 -- 539.17

Letzten Jahre stehen
 wandlung an erster
 rascher Entwicklung
 Physiker heute nicht
 ändern, sondern auch
 Atombomben künstlich
 h die ca. 300 künst-
 Die zur künstlichen
 Geschwindigkeit wer-
 gestellt. Die künst-
 tlich für die Unter-
 stung, und die unge-
 m Energien scheinen
 n sich zu schliessen.

sogenannten *Mesonen* oder schweren Elektronen. Sie tragen dieselben Ladungen wie die Elektronen, sind aber ca. 160mal schwerer als diese. Zu den leichten Teilchen wollen wir auch die Lichtquanten oder *Photonen* zählen: Das sind die Elementarteilchen, welche die Energieübertragung bei allen Arten elektromagnetischer Strahlung vermitteln, also bei γ Strahlen, Röntgenlicht, ultravioletem, sichtbarem und ultrarotem Licht. Als letztes bekanntes leichtes Teilchen ist noch das hypothetische

KRÄFTE.

das das ganze
 durch Felder ver-
 rüchlicher *Elemen-*
 teführt werden
 n wir nach der
 und Wellennatur
 te und schwere

arteilchen ge-
 kommen sowohl
 als auch positiv
 eines Elektrons

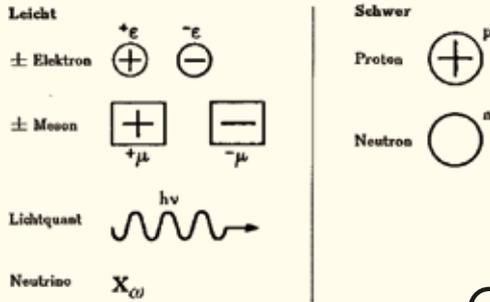


Abb. 1. — Elementarteilchen.

65

Neue Technologie ist immer extrem, denn sie stellt den Status Quo in Frage. Genau dies macht auch ABB, seit das Unternehmen im Jahr 1900 ein Forschungslabor für Dampfturbinen einrichtete. Allein in den vergangenen 50 Jahren haben Forscher bei ABB bedeutende Durchbrüche auf verschiedenen Gebieten – angefangen von der Laseroptik über die Leistungselektronik bis hin zur Automatisierung – erzielt und in nützliche Technologien für Kunden umgesetzt – und weitere werden folgen.

- 52 50 Jahre Konzernforschung in der Schweiz
- 64 Drahtlos, aber verbunden
- 65 Kernforschung im Jahr 1941



52

PIONIERLEISTUNGEN

50 Jahre ABB-Konzernforschung in der Schweiz

Im Jahr 1967 gründete ABB in Baden-Dättwil eine Forschungseinrichtung mit 34 Wissenschaftlern. In den 50 Jahren seit der Gründung ist der Schweizer Zweig der ABB-Konzernforschung →1 erheblich gewachsen und hat eine ganze Reihe von bahnbrechenden Entwicklungen und innovativen Produkttechnologien hervorgebracht.



Anthony Byatt
Externer Autor

Kontakt für weitere Informationen:
sandra.andermaier
@ch.abb.com

Ein besonderer Dank gilt den vielen Autoren, deren Arbeit in den letzten 50 Jahren direkt und indirekt zu den hier präsentierten Inhalten beigetragen hat.

Im Jahr 1891 gründeten Charles Brown und Walter Boveri im schweizerischen Baden ein neues Unternehmen, um das Potenzial einer vielversprechenden neuen Technologie zu nutzen – der Elektrizität. Zusammen mit dem schwedischen Unternehmen Asea gehört Brown Boveri & Cie. (BBC) zu den Vorgängerunternehmen von ABB. Dank der Vision und des Unternehmergeists der Gründer entwickelte

Dank der Vision und des Unternehmergeists der Gründer entwickelte sich BBC rasch zu einem erfolgreichen Unternehmen, das den Grundstein für viele bedeutende Innovationen legte.

sich BBC rasch zu einem erfolgreichen Unternehmen, das den Grundstein für viele bedeutende Innovationen in der modernen Energieversorgung legte.

In den ersten zehn Jahren nach der Gründung leisteten bei BBC dieselben Teams, die die Produkte entwickeln, auch die Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Im Jahr 1900 entschloss sich das Unternehmen jedoch, in Baden ein eigenes



01

02





—
01 Der Eingang zum
ABB-Forschungszentrum
in Baden-Dättwil.

—
02 Prof. Ambros P. Speiser
(1922–2003), erster For-
schungsdirektor bei BBC.

Forschungslabor für Dampfturbinen einzurichten. Aufgrund der raschen Fortschritte im Bereich der Wissenschaft folgten bald – ebenfalls in Baden – ein physikalisches Labor (1916) und ein Labor für Hochspannungsprodukte (1943).

Im Jahr 1957 wurde das berühmte Zentrallabor in Baden gegründet, das eine Vielzahl von Innovationen für energietechnische und industrielle Anwendungen hervorgebracht hat, von denen viele auch in der heutigen Technik noch zum Einsatz kommen. Da man überzeugt war, dass alle technischen Innovationen ihren Ursprung in den grundlegenden Wissenschaften haben und dass es für das Unternehmen wichtig sei, zu diesem Schaffensprozess beizutragen, entschied sich BBC im Jahr 1966 für die Gründung einer konzernweiten Forschungsorganisation.

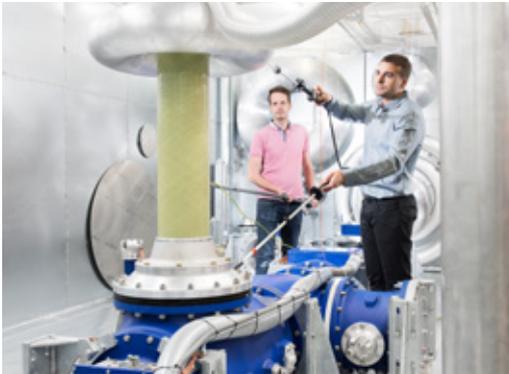
Das Unternehmen gewann Professor Ambros P. Speiser für den Posten als erster Forschungsdirektor und betraute ihn 1967 mit dem Aufbau des Forschungszentrums →2. Speiser war der perfekte Kandidat für diese Aufgabe. Der Absolvent der ETH Zürich hatte Harvard und Princeton besucht und gemeinsam mit Heinz Rutishauser und Eduard Stiefel Pionierarbeit auf dem Gebiet der elektronischen Rechenmaschinen geleistet. Unter seiner Leitung entstand ERMETH, die erste elektronische Rechenmaschine der Schweiz. Er gründete das IBM-Forschungslabor in Rüschlikon, dem er als Direktor vorstand und dessen Forschung später mit zwei Nobelpreisen für Physik (1986 Rastertunnelmikroskop und 1987 Hochtemperatur-Supraleitung) ausgezeichnet wurde.

ABB Corporate Research Schweiz Highlights

1980 – 2017

HS-Leistungsschalter mit Selbstblastechnik

1970 bis 1975: Grundlagenforschung zur Entwicklung eines quantitativen Verständnisses des Lichtbogens und neuer Diagnosemethoden. Die Arbeiten führten zu fundierten Erkenntnissen, neuen Konzepten und einem internationalen Renommee, das bis heute besteht. Ein Ergebnis dieser Tätigkeit ist das Selbstblasprinzip, das zwischen 1975 und 1980 weiter erforscht wurde. Zunächst wurde die Bewegung des Lichtbogens durch Magnetkräfte in Mittelspannungs-(MS-)Produkten von BBC eingesetzt (1977). Später stellte man fest, dass das Selbstblasprinzip in Verbindung mit Abbranddüsen aus PTFE auch für Hochspannungs-(HS-)Leistungsschalter genutzt werden kann.



1980
Evaluierung der Technologie mit anschließenden Tests von 1981 bis 1985.

1985
Erstes Produkt: Leistungsschalter für 72,5 kV und 24 kA Kurzschlussstrom.

2017
Die Eigenschaften von Plasmalichtbögen werden heute durch Spektroskopie und Hochgeschwindigkeitsaufnahmen untersucht. Mit multiphysikalischen 3-D-Feldsimulationen und speziell entwickelten Hochleistungs-Experimenten ist ABB Corporate Research

in der Schweiz führend in der Grundlagenforschung auf diesem Gebiet (Bild: Hochspannungs-Versuchsanordnung). Das Selbstblasprinzip ist bei allen Herstellern von HS-Leistungsschaltern bis heute das meistgenutzte Konzept.

Eine Zeit großer Veränderungen

Das Schweizer Forschungszentrum wurde zu einer Zeit gegründet, in der die Welt an der Schwelle eines neuen technischen Zeitalters stand →3. Nur wenige Jahre zuvor war von Fairchild die erste analoge integrierte Schaltung eingeführt worden, die verbreitet Einsatz fand, und deren Entwickler kaum geahnt haben dürften, welchen Einfluss ihre Erfindung in den kommenden Jahrzehnten haben würde. Der Wettlauf zum Mond war in vollem Gang – eine Mission, aus der selbst einige bedeutende technische Entwicklungen hergehen sollten.

Die Kernenergie erlebte einen Boom, und in vielen europäischen Ländern wurde das Farbfernsehen eingeführt. Zu dieser Zeit war BBC Technologieführer sowohl in der Energieerzeugung, -übertragung und -verteilung als auch auf vielen anderen Gebieten. Die Zeit war in der Tat günstig für die Eröffnung eines neuen Forschungszentrums.

Grundlagenforschung als Mission

Die Aufgaben des Forschungszentrums konzentrierten sich auf die Entwicklung und Durchführung eines mittel- bis langfristigen

03a



03b



1990 – 2017

Ökoeffiziente gasisolierte Schaltanlagen (HS und MS)

Trotz seiner vielfachen Verwendung in gasisolierten Schaltanlagen (GIS) ist Schwefelhexafluorid (SF₆) ein starkes Treibhausgas. ABB bietet als erstes Unternehmen MS-GIS mit einem klimafreundlichen Isoliergas auf der Basis eines neuen Moleküls an. Mit der Prüfung der Verträglichkeit des neuen Isoliergases mit den Komponenten der GIS unter verschiedenen Betriebsbedingungen hat ABB Corporate Research in der Schweiz einen bedeutenden Beitrag zu diesem Technologie-sprung geleistet.



1990er

Umfangreiches Screening und Testen von SF₆-Ersatzgasen.

2008 – 2012

Gemeinsame F&E-Arbeit von Konzernforschung und Geschäftsbereich zur Entwicklung eines CO₂-basierten HS-Leistungsschalters.

2009

3M entwickelt perfluorierte Ketone als Komponente für ökoeffiziente dielektrische Gasgemische.

2009 – 2015

F&E-Arbeit zu den dielektrischen und physikalischen Eigenschaften und der Materialverträglichkeit von Keton-basierten Gemischen.

2015

Einweihung des ewz-Umspannwerks Oerlikon in Zürich, des ersten Umspannwerks mit ökoeffizienten Schaltanlagen (MS und HS).

2016

Produkteinführung der kompakten SF₆-freien MS-Schaltanlagen SafeRing AirPlus™ und ZX2 AirPlus.

2017

Weitere Suche nach ökoeffizienten Lösungen mit höherer Leistung (Bild: SF₆-freie Schaltanlage vom Typ SafePlus AirPlus).

03 Das ABB-Forschungszentrum.

03a Der neue Standort auf der grünen Wiese am Stadtrand von Baden im Jahr 1972. Während des Baus war die erste Belegschaft von 1967 vorübergehend in der Region untergebracht.

03b 2015: Der ABB-Komplex in Baden-Dättwil wurde ständig erweitert, und rundherum sind noch andere Gebäude entstanden.

Forschungsprogramms auf dem Gebiet der grundlegenden Wissenschaften, bei dem es nicht nur auf die praktische Anwendbarkeit, sondern auch auf die wissenschaftliche Bedeutung ankam.

Im Jahr 1973 wurden die Forschungslabors in Deutschland und Frankreich in die weltweite Konzernforschung von BBC integriert.

Vielversprechende Entwicklungen wurden zur Produktisierung an die Geschäftseinheiten weitergegeben. Im Laufe der ersten Jahrzehnte wuchs auch die Bandbreite der Themengebiete:

- 1967: Laseroptische Messungen, Siliziumkarbid (übernommen vom Zentrallabor)
- 1968: Plasmaphysik, Magnetismus, physikalische Metallurgie, theoretische Physik
- 1969: Halbleiter
- 1970: Automatisierung und Flüssigkristallanzeigen
- 1973: Bruchmechanik
- 1974: Strömungsmechanik
- 1979: Elektrochemie und Sinterwerkstoffe
- 1980: Informatik
- 1984: Elektromagnetische Verträglichkeit, Kommunikation und Verschlüsselung
- 1985: Fertigungstechnik, Optoelektronik und Umwelttechnik
- 1986: Mikroelektronik und Robotik

Im Jahr 1973 wurden die BBC-Forschungslabors in Heidelberg und im französischen Le Bourget (CERCEM) in die weltweite Konzernforschung von BBC integriert. Eine noch einschneidendere Veränderung kam mit der Fusion von BBC und Asea zu ABB (Asea Brown Boveri).



1967 – 2017

Metalloxid-(MO-) Überspannungsableiter (Varistoren)

Richtig bemessene und platzierte Überspannungsableiter – wie die der ABB Polim-Reihe – sind unverzichtbar, wenn es darum geht, Überspannungen in Stromnetzen zu begrenzen. Dank der Arbeit von ABB Corporate Research in der Schweiz hat ABB die gesamte Wertschöpfungskette von MO-Überspannungsableitern – vom Rohstoff bis zum fertigen Produkt – im Haus.



1967

Zufällige Entdeckung des Varistoreffekts in ZnO bei Matsushita.

1972

GE erhält die Lizenz von Matsushita zur Fertigung von MO-Varistoren für Niederspannung (NS).

1976

ABB Corporate Research in der Schweiz demonstriert eigene MO-Varistoren für HS, doch BBC

zögert, die Produktion aufzunehmen.

1976

ASEA erwirbt Technologie von Matsushita und beginnt mit der Produktion.

1980

ASEA bietet eine ganze Palette von MO-Ableitern für HS an.

1982 – 1987

BBC steigert die Varistor- und

Ableiterproduktion auf der Basis grundlegender Arbeiten von ABB Corporate Research in der Schweiz.

1984

BBC entwickelt ersten Überspannungsableiter mit Polymerisolation für die MS-Verteilung.

1988

BBC und ASEA bündeln ihre Kräfte und werden Weltmarktführer für MO-Ableiter in den

Bereichen MS, HS-LIS/ GIS, AC/DC, UHS, Bahnstrom usw. (Bild: Früher Isolator-Ableiter vom Typ POLIM-S, der die mechanische Tragfunktion und den Überspannungsschutz in einem Bauteil kombiniert).

1988

Beginn der gemeinsamen schweizerisch/schwedischen F&E auf dem Gebiet der MO-Technologie.

2011

ABB präsentiert Hochfeld-MO-Varistoren für kompakte GIS.

2017

Kontinuierliche Forschung und Produktentwicklung für neue leistungselektronische Anwendungen.

Es folgten koordinierte Managementprogramme für die über 800 Wissenschaftler in den nun sechs Konzernforschungszentren in der Schweiz, Schweden, Deutschland, Norwegen, Finnland und Italien. Gleichzeitig wurde die Rolle der Konzernforschung neu definiert und der Fokus stärker an

Die Rolle der Konzernforschung wurde neu definiert und der Fokus stärker an Geschäftseinheiten und Märkten ausgerichtet.

den Geschäftseinheiten und Märkten ausgerichtet. Diese Verlagerung bestimmt auch heute die Forschungsprogramme am Forschungszentrum in der Schweiz.

Heutige Forschungsbereiche

Das ABB-Forschungszentrum in der Schweiz beschäftigt rund 200 Mitarbeiter aus über 35 Ländern, die vornehmlich in den Bereichen Automatisierung, Leistungselektronik, Energie und Werkstoffe sowie energietechnische Produkte und Systeme tätig sind. Die folgenden Abschnitte geben einen Einblick in einige der Forschungsthemen in diesen Bereichen.

Automatisierung

In der Industrie hält eine neue Generation von Automatisierungssystemen Einzug, die nicht nur einfache Regelkreise bzw. regelbasierte Prozesse ausführen, sondern auch in der Lage sind, auf der Basis eines ganzheitlichen Verständnisses des Systemzustands, Vorhersagen der Zukunft und sogar der automatischen Anpassung der Prozessabstraktionen die Gesamtleistungsfähigkeit des Systems zu optimieren. Mit ABB Ability™ treibt ABB diese Revolution im Bereich der Automatisierungssysteme voran.

• 1968 – 1984

Flüssigkristallanzeigen (LCDs)



1968

RCA präsentiert erste Ergebnisse mit LCDs auf Basis des dynamischen Streumodus.

1969

BBC beschließt, in den Markt für Medizinelektronik einzusteigen.

1969 – 1972

Zusammenarbeit mit Hoffmann-La Roche.

1970

Twisted-Nematic-LCD von Hoffmann-La Roche.

1973

Vorstellung der ersten LCD-Armbanduhr auf der MUBA-Verbrauchermesse in Basel – ein Gemeinschaftsprodukt von Hoffmann-La Roche (Flüssigkristallmaterial), BBC (LCD), Faselec (integrierte Schaltung) und Ebauches (Uhr).

1973

LCD-Pilotfertigungsline in einer Vakuumröhrenfabrik in Birr.

1974

LCD-Fabrik in Lenzburg mit 110 Mitarbeitern. Anzeigen für Casio (Casiotron) und Schweizer Uhrenhersteller.

1978

Montagelinie in Hongkong.

1980

Vidolec, ein Joint-Venture von BBC und Philips.

1983

Entwicklung des STN-LCDs (Super-Twisted Nematic), patentiert am 12.3.1983. Hohe Auflösung, hervorragender Kontrast, geringer Verbrauch (Bild: Passiv-Matrix-LCD mit STN-Technologie und 540 x 270 Pixeln).

1984

Verkauf von Videlec an Philips, Neuausrichtung der Forschung auf Optoelektronik.

1984

BBC beschließt, das Patent für STN-LCD zu behalten, lukrative Einnahmequelle durch Lizenzen.

ABB Ability digitalisiert die Industriearbeitsautomatisierung

ABB Ability vereint branchenübergreifendes digitales Know-how und erstreckt sich vom einzelnen Gerät über den Netzwerkrand bis hin zur Cloud – mit Geräten, Systemen, Lösungen, Services und einer Plattform, die ABB-Kunden in die Lage versetzen, Daten in direkte Handlungen umzusetzen. So schließt sich der Kreis, und es entsteht ein echter Mehrwert für den Kunden in der physischen Welt. In vielen ABB Ability-Anwendungen – bzw. in praktisch jedem industriellen Automatisierungsumfeld – sind es die Feldgeräte, die dem Prozess am nächsten sind. ABB ist ein führender Hersteller von Feldgeräten, und die Konzernforschung in der Schweiz trägt mit ihrer Forschungsarbeit in den Bereichen Optik, Laserspektroskopie, Radaranwendungen und Akustik zu diesen Produkten bei. Die Forscher befassen sich zudem mit den eingebetteten Berechnungen, die erforderlich sind, um gehobene Regelalgorithmen zur Lösung anspruchsvoller Optimierungsprobleme in Echtzeit auszuführen.

Systemarchitektur

Mit zunehmender Intelligenz und Digitalisierung steigt auch die Komplexität von Systemen. Wie kann man dann Systeme bauen, die korrekt, verlässlich,

—
Das ABB-Forschungszentrum
in der Schweiz beschäftigt
rund 200 Mitarbeiter aus über
35 Ländern.

skalierbar und sicher sind und eine hohe Leistungsfähigkeit liefern? Um diese und andere Fragen zu beantworten, entwickelt die ABB-Konzernforschung die nächsten Generationen von Software- und Systemarchitekturen.

1970 – 2016

Faseroptischer Stromsensor (FOCS)



Um 1970

Forschung an frühen Geräten auf Basis des Faraday-Effekts, später aufgegeben.

1992

Dissertation und Grundlagenpatent für modernen FOCS.

1997 – 2001

Grundlegende FOCS-Entwicklung, Demonstration in einem 170-kV-Leistungsschalter in einem Umspannwerk von ENEL.

2000

ABB in den USA bringt magneto-optischen Stromwandler (MOCT) auf den Markt.

2005

Produkteinführung FOCS für industrielle DC-Messungen. Finalist beim Swiss Technology Award und Hermes Award (Hannover Messe). Beginn der FOCS-Produktion in Baden-Dättwil.

2007

Fertigung des 100. FOCS. Verlegung der Produktion von Baden-Dättwil nach Turgi.

2006 – 2008

Entwicklung der FOCS-Technologie der zweiten Generation (G2) mit IEC 61850-9-2-konformer Elektronik.

2009

Beginn der FOCS G2-Produktentwicklung.

2010

Pilotinstallation eines Freiluftleistungsschalters mit FOCS im schwedischen Stromnetz.

2016

Installation des ersten kommerziellen Leistungs- und Trennschalters mit FOCS in einem intelligenten Umspannwerk der State Grid China Corporation (SGCC). (Bild: Physiker bei der Arbeit an neuen Entwicklungen im Optiklabor).

Dank steigender Rechenleistung und der Anpassung universeller Betriebssysteme sind immer mehr Anwendungen in der Lage, Überwachungs- und Steuerungsfunktionen in Echtzeit zu nutzen. Die ABB-Konzernforschung in der Schweiz befasst sich mit verschiedenen Aspekten von Echtzeitsystemen mit dem Ziel, entsprechende Lösungen für Systemarchitekturen, eine zuverlässige digitale Kommunikation und Echtzeit-Testsysteme bereitzustellen.

Die homomorphe Verschlüsselung ermöglicht die Verschlüsselung, Übertragung und Analyse sensibler Daten, ohne dass ein Schlüssel geteilt werden muss.

Sicherheit und Datenschutz für cyber-physische Systeme

Kunden verlangen einen sicheren Umgang mit ihren Daten. Das revolutionäre Konzept der homomorphen Verschlüsselung ermöglicht die Verschlüsselung, Übertragung und Analyse sensibler Daten, ohne dass ein Schlüssel geteilt werden muss. Nur der Kunde kann auf die Daten und Ergebnisse zugreifen. Die ABB-Konzernforschung hat Möglichkeiten gefunden, den Rechenaufwand für die homomorphe Verschlüsselung erheblich zu reduzieren und sie somit auf effektive Weise nutzbar zu machen.

Blockchain ist eine weitere Technologie, die dabei hilft, Transaktionen zwischen Parteien zu sichern, die einander nicht vertrauen. Zurzeit werden neue Anwendungsmöglichkeiten für die Blockchain untersucht, die den damit verbundenen Rechenaufwand rechtfertigen, aber auch alternative Technologien, die mit weniger Aufwand verbunden sind.

1988 – 2016

Leistungselektronik: Halbleiter, Packaging, Integration, Umrichter und Steuerung

Die Leistungselektronik gehört zu den Kernkompetenzen von ABB Corporate Research in der Schweiz. Eine wichtige Institution ist das PEARL (Power Electronics Advanced Research Lab), das die Erforschung von Leistungshalbleitern, Modulen und Anwendungen der nächsten Generation ermöglicht. Hier werden neue Bauelemente entwickelt und Muster im Reinraum gefertigt. Anschließend können die sogenannten Dies gehäust und in größere Leistungsmodule integriert werden. Eine frühere Fertigungseinrichtung für die angewandte F&E auf dem Gebiet der leistungselektronischen Bauelemente war das sogenannte „Mikrolabor“.

1988 – 1994

Nutzungsdauer des „Mikrolabors“.

1988 – 1994

F&E zum feldgesteuerten Thyristor (FCTh) bildet die Grundlage für den IGCT (integrierter Gate-kommutierter Thyristor).

1988 – 1994

F&E zum MOS-gesteuerten Thyristor (MCT) ermöglicht den IGBT von ABB.

1995 – 1998

Übertragung der IGBT-Produktion an ein externes Unternehmen.

1995

IGCT-basierter PCS-Leistungsumrichter für 100 MW.

1995 – 2000

IGBT-basierte Flatpack- und StakPak-Leistungsmodule.

1998

Verlagerung der IGBT-Produktion von einem externen Unternehmen zur ABB-Halbleiterfabrik in Lenzburg, Schweiz.

1999

ACS6000-Frequenzumrichter für 5–30 MVA (IGCT).

2010

4,5-kV-StakPak-Module für HVDC Light.



2014

Eröffnung des neuen PEARL (Bild: modernste Anlagen für das Packaging).

2016

STATCOM (statischer synchroner Kompensator) auf Basis einer neuen Topologie und eines verbesserten IGCT.

Leistungselektronik

Überall, wo hohe Spannungen und Ströme beherrscht werden müssen, sind leistungselektronische Komponenten zu finden. Als Pionier auf diesem Gebiet arbeitet ABB kontinuierlich daran, die Leistungsdichte, Effizienz, Funktionalität und Zuverlässigkeit leistungselektronischer Geräte zu verbessern. Eine bedeutende Rolle spielt dabei das neue Leistungselektronik-Forschungslabor PEARL, mit dessen Einrichtung das Schweizer Forschungszentrum nun über sämtliche Kernkompetenzen – Halbleiter, Packaging, thermische Integration, Topologien und Steuerung – unter einem Dach verfügt.

SiC-Entwicklungen

Halbleiter aus Siliziumkarbid (SiC) haben viele Vorteile gegenüber Bauelementen auf Siliziumbasis. Die ABB-Konzernforschung in der Schweiz besitzt langjährige Erfahrung und umfangreiches Wissen auf dem Gebiet der SiC-Technik. Um die damit verbundenen Vorzüge umzusetzen, werden hier Elemente wie Schottky-Dioden und MOSFET-Schalter entwickelt, die in ABB-Produkten eingesetzt werden können.

ABB StakPak-Leistungsmodul stabilisiert Stromnetze

StakPak ist ein Familie von druckkontaktierten Hochleistungs-IGBTs (Bipolartransistoren mit isoliertem Gate) und Dioden in einem fortschrittlichen modularen Gehäuse, das eine gleichförmige Chip-Andruckverteilung auch in Stapeln mit

Die ABB-Konzernforschung in der Schweiz besitzt langjährige Erfahrung und umfangreiches Wissen auf dem Gebiet der SiC-Technik.

mehreren Modulen garantiert. Die ABB-Konzernforschung in der Schweiz arbeitet intensiv an der Entwicklung neuer Werkstoffkombinationen und struktureller Konzepte für Leistungsmodule, um extrem zuverlässige und ausfallsichere Package-Lösungen für HGÜ-Anwendungen zu realisieren.



1996 – 2017

Hochtemperatur-Supraleitung

Nach dem Nobelpreiserfolg am IBM-Forschungslabor von Prof. Speiser in Rüschlikon auf dem Gebiet der Hochtemperatur-Supraleitung (HTS) wurde das Thema auch für die ABB-Konzernforschung zunehmend interessant, und es wurden in den Folgejahren bemerkenswerte Erfolge auf diesem Gebiet erzielt.

1986

Entdeckung der Hochtemperatur-Supraleitung bei IBM, Nobelpreis 1987.

1996

Pilotinstallation eines von ABB entwickelten Fehlerstrombegrenzers (FCL) für 12 MW auf der Basis von HTS-Werkstoffen in der Schweiz (erster HTS-FCL im Stromnetz).

1997

Test eines 630-kVA-Transformators (18,7/0,42 kV) mit supraleitendem Draht bei SIG in Genf (erster HTS-Transformator im Stromnetz).

2002

Erfolgreicher Labortest eines resistiven FCL für 6,4 MVA.

2001–13

Kooperation mit der Universität Genf an einem supraleitenden FCL.

2012–17

Entwicklung eines einphasigen supraleitenden, strombegrenzenden 577-kVA-Transformators (20/1 kV) mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Präsentation des Demonstrators auf der Hannover Messe 2017 (Bild: Prototyp des strombegrenzenden Transformators).

04 Bei ABB Corporate Research erforschen multidisziplinäre Teams die Grundprinzipien energietechnischer Systeme.

Innovative Kühltechnik für raue Umgebungen und erneuerbare Energien

Das innovative und hocheffiziente in sich geschlossene Kühlsystem von ABB nutzt die Prinzipien des Phasenübergangs und der Thermosiphon-Technologie. Es kombiniert die Einfachheit einer

Das Engagement im Bereich Energie und Werkstoffe reicht von Grundlagen bis hin zur Werkstoffentwicklung und der Verfahrenstechnik.

Luftkühlung mit der Leistungsdichte von flüssigkeitsgekühlten Systemen und zeichnet sich durch einen geringen Wartungsaufwand und eine einfache Inbetriebnahme aus – und ist somit ideal für Freiluft-Anwendungen. Die ABB-Konzernforschung führte die erforderlichen grundlegenden wissenschaftlichen Arbeiten für die Konstruktion des Kühlsystems durch, das zurzeit in Umrichtern, Solarwechselrichtern und Trockentransformatoren zum Einsatz kommt.



• 1996 – 2017

Automatisierung

Stationsautomatisierung – das Ökosystem um die Normenreihe IEC 61850

Die Norm IEC 61850 ist die Grundlage für digitale Umspannwerke. ABB Corporate Research hat von Beginn an wichtige Beiträge sowohl zur Norm selbst als auch zur Implementierung entsprechender Technologien und Tools geleistet:

- Bedeutende Beiträge zu allen Aspekten der Norm und den technischen Anleitungen als Mitglied der technischen Komitees und Arbeitsgruppen der IEC (z. B. IEC TC57)
- Systematische Modellierung der Norm in UML, um die automatische Generierung von Software und Dokumentation zu ermöglichen (z. B. ABB 61850 Basisbibliotheken)
- Konzepte und Architektur für Engineering-, Test- und Inbetriebnahmetools (z. B. ITT, IET und DST600) für die Stationsautomatisierung

Kommunikations- und Steuerungstechnik für Bahnanwendungen

Auch im Bereich der Bahnanwendungen hat ABB Corporate Research im Laufe der Jahre bedeutende Beiträge geleistet:

- Das TCN (Train Communication Network) ist in Zügen weltweit im Einsatz
- Bedeutende Beiträge zum ETCS (European Train Control System)
- Pionierarbeit an einer Adhäsionsregelung für geberlose Antriebsstränge
- Etablierung der Ferndiagnose für Züge (ROSIN)
- Elektrische Systemkompatibilität von Schienenfahrzeugen

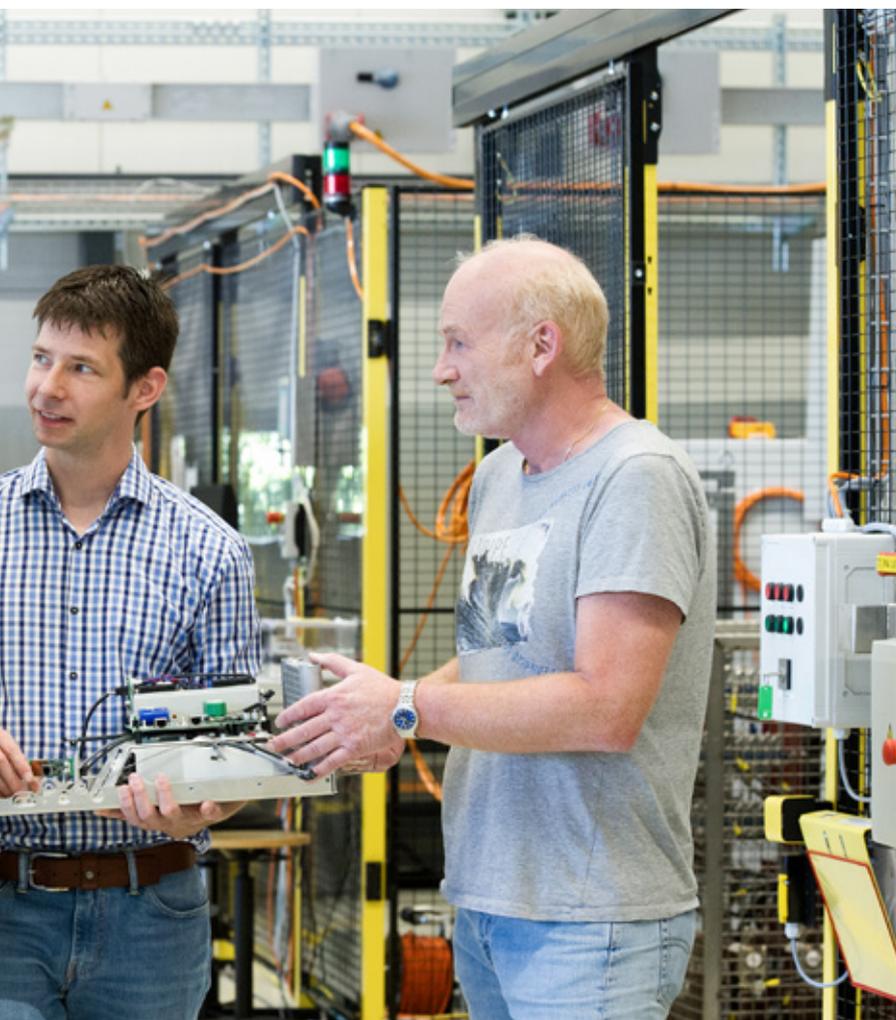
Automatisierung – immer eine führende Kraft

ABB Corporate Research ist seit jeher ein Vorreiter auf dem Gebiet der Informations- und Kommunikationstechnik:

- Procontrol P215 als einheitliche BBC-Leittechnikplattform
- Pionierarbeit auf dem Gebiet der grafischen Softwareentwicklung im Jahr 1992 („FuPla“) führt zu CoDeSys und der IEC 61131
- Fehlertolerante Prozessoren ermöglichen das HGÜ-Projekt Pacific Intertie
- WISA-Konzept für drahtlose Sensoren und Steuerung in Fabriken erhält den Gold Award für Technology Innovation des Wall Street Journals
- GLASS – Fernüberwachung eingebetteter Systeme mithilfe von Internettechnologien als Vorläufer des industriellen Internets der Dinge
- Erkennung der Notwendigkeit und Beginn der Umsetzung einer robusten industriellen Cybersicherheit Jahre vor 9/11 und Stuxnet. Später sichere Datenspeicherung und -verarbeitung in der Cloud

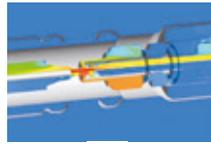
LEAP – LEarning for PIAnt Process Improvement

- Untersuchung neuer maschineller Lerntechnologien zur automatischen Modellgenerierung und Entscheidungsfindung in der gehobenen Prozessregelung
- Umsetzung der fehlenden Teile: Zurechenbarkeit, Robustheit, Wartbarkeit
- Anerkennung von maschinellem Lernen als „Game Changer“
- Verbesserung der Engineering-Effizienz und Vereinfachung der Entwicklung von gehobenen Regelungslösungen



Energie und Werkstoffe

Das Engagement der ABB-Konzernforschung im Bereich Energie und Werkstoffe reicht von Grundlagen bis hin zu weiterführenden Arbeiten im Bereich der Werkstoffentwicklung und der Verfahrenstechnik. Zu den Forschungsthemen im physikalischen Bereich gehören z. B. die Prinzipien des Ladungstransports in Hochspannungskomponenten und andere komplexe multiphysikalische Wechselwirkungen. Dieses Wissen wird z. B. in der Systemsimulation von Leistungsschaltern genutzt. Im Bereich der angewandten Physik arbeiten Forscher in der Schweiz an der Optimierung des Wärmemanagements zur Verbesserung der Leistung und des Platzbedarfs von Produkten.



1973
Selbstblasschalter
für Hochspannungs-
Schaltanlagen



2001
Elektronischer
Gaszähler



1975
Metalloxid-Über-
spannungsableiter
aus gesintertem
Keramikwerkstoff



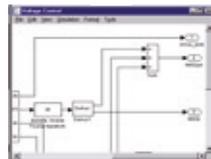
2000
Generator-
leistungsschalter
für 190 kA



1984
Flüssigkristall-
zeige (LCD) mit
STN-Technologie



1996
Strombegrenzer
mit Hochtemperatur-
Supraleiter-
Technologie



1992
Grafische
Softwareent-
wicklung



1994
Druckkontaktiertes
Halbleitermodul
für die Hochspannungs-
Gleichstrom-Übertragung

Das Schweizer Forschungszentrum ist das Kompetenzzentrum für Energiespeicherlösungen, insbesondere für Batteriesysteme. Die Arbeit der Forscher umfasst die gesamte Wertschöpfungskette vom Wissen über Batteriezellen über die Integration in Module und Aspekte der Kühlung bis hin zu Batteriesystemen und betriebswirtschaftlichen Evaluierungen.

Die ABB-Konzernforschung liefert die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen für Energieversorgungssysteme und viele damit verbundene Produkte.

Die Tätigkeiten auf dem Gebiet der Werkstoffforschung und Fertigungsmethoden umfassen die Entwicklung neuer metallischer Verbindungen als Hochleistungs-Kontaktmaterialien in

Leistungsschaltern, die Entwicklung von harten Permanentmagneten durch innovative Verfahren wie 3-D-Metalldruck und Spark-Plasma-Sintern und neue Werkstoffkonzepte auf der Basis von Thermoplasten, Duroplasten und Elastomeren in Verbindung mit neuen Fertigungsprozessen für vollständig öl- und papierfreie Durchführungen.

Energietechnische Produkte und Systeme

Die Arbeit der ABB-Konzernforschung liefert die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen für Energieversorgungssysteme und viele der damit verbundenen Produkte →4. Im Rahmen des Forschungsprogramms „Power Systems of the Future“ wird z. B. mithilfe von Datenerfassung, Szenariogenerierung sowie technischen und wirtschaftlichen Analysen untersucht, wie neue Technologien, Politik und Geschäftsmodelle den Stromsektor formen können.



2003
Weitbereichs-
schutz für Hoch-
spannungsnetze



2017
LinPak SiC-
Leistungsmodul



2004
Optischer
Gleichstrom-
sensor



2015
Eco-GIS für
170 kV



2007
6,5-kV-Leistungs-
modul für
Traktions-
anwendungen



2014
HGÜ-Kabel
für 525 kV



2008
Generatorleis-
tungsschalter mit
Wärmerohrkühlung



2012
Leistungs-
elektronischer
Traktions-
transformator

05

—
05 Einige der bedeutenden
Errungenschaften der
ABB-Konzernforschung
in der Schweiz von 1973
bis 2017.

Dies wiederum ermöglicht die Evaluierung potenzieller technischer Herausforderungen wie der zunehmende Bedarf an ausreichenden Betriebsreserven und Übertragungs- bzw. Verteilungskapazitäten sowie einer geringeren Netzträchtigkeit und Kurzschlussleistung.

Wachsende Entfernungen bei der elektrischen Energieübertragung haben weltweit zu einer Zunahme von eingebetteten HGÜ-Systemen in bestehenden AC-Übertragungsnetzen geführt. Schweizer Forscher haben neue Regelungskonzepte entwickelt, um die Möglichkeiten der HGÜ besser zu nutzen und die Gesamtübertragungskapazität der Netze zu maximieren.

Die nächsten 50 Jahre

Die 34 Wissenschaftler, die sich 1967 der neu gegründeten ABB-Konzernforschung in der Schweiz anschlossen, können kaum geahnt haben, dass ihre Arbeit die Grundlage für so viele bedeutende und erfolgreiche ABB-Technologien bilden würde →5.

Sicher ist, dass sie nicht voraussehen konnten, wie sich die Welt der Technik generell in den nächsten fünf Jahrzehnten verändern würde.

Heute, in einer Zeit, in der der technologische Wandel schneller voranschreitet als jemals zuvor in der Geschichte der Menschheit, ist es fast unmöglich, sich vorzustellen, welche Technologien es im Jahr 2067 – also in weiteren 50 Jahren – geben wird. Sicher ist allerdings, dass es eine neue Generation von ABB-Wissenschaftlern geben wird, die mit Pioniergeist, Wissensdurst und Erfindungsgabe die Zukunft mitgestalten wird. ●

PIONIERLEISTUNGEN

Drahtlos, aber verbunden

ABB ist weithin bekannt für ihre energie- und automatisierungstechnischen Produkte. Weniger bekannt hingegen ist, dass das Unternehmen auch im Bereich der mobilen Telekommunikation eine wegweisende Rolle gespielt hat.

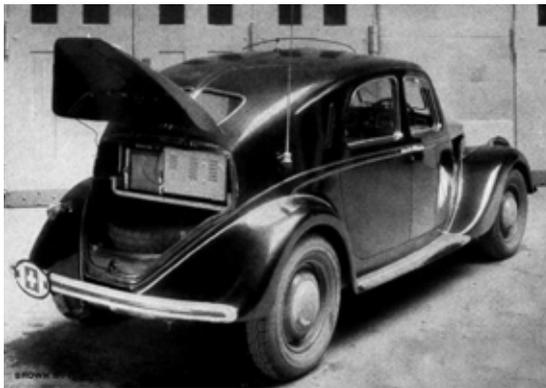


Dacfe Dzong
Wiss. Mitarbeiter
im Ruhestand
ABB Corporate Research
Dättwil, Schweiz

Im heutigen Zeitalter von Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge befinden sich so gut wie alle Branchen in einem raschen Wandel. Ermöglicht wird dies durch die Verbreitung von leistungsstarken und erschwinglichen Weitbereichs-Kommunikationssystemen. Ein Großteil des damit verbundenen Datenaustauschs erfolgt drahtlos.

Die aktuelle Verschmelzung von industrieller Software und Telekommunikation könnte den Eindruck erwecken, dass die drahtlose Kommunikation ein neues Thema für ABB ist. Doch weit gefehlt, denn bereits in den 1930er Jahren forschte das ABB-Vorgängerunternehmen BBC auf dem Gebiet der drahtlosen Kommunikation. Im Jahr 1939 lieferte das Unternehmen ein Kommunikationssystem für die Flugsicherung am Flugplatz Kloten (heute Flughafen Zürich). Ein mobiles Fernsprechsysteem für die Polizei wurde ebenfalls entwickelt →1, das 1941 erstmals von der Züricher Polizei eingesetzt wurde. Dabei handelte es sich um eine frühe kommerzielle Anwendung der Frequenzmodulation (FM) →2.

01a



01b



Andreas Moglestue
ABB Review
Dättwil, Schweiz

andreas.moglestue
@ch.abb.com

Diese mobilen Funkanlagen nahmen den größten Teil des Kofferraums eines Polizeiwagens ein →1a und waren noch weit von den heutigen Mobiltelefonen entfernt. Es sollte noch über ein Vierteljahrhundert vergehen, bis 1978 ein kommerzielles öffentliches drahtloses Telefonsystem von der Schweizerischen Post (PTT) eingeführt wurde →3. Das Mobiltelefon von BBC wog 15 kg und passte in einen Aluminiumkoffer – ohne Batterie. Das Gerät musste mit einer Autobatterie oder dem Stromnetz verbunden werden. Daher auch der Name des PTT-Netzes: NATEL – Nationales Autotelefon. Die Bezeichnung wird in der Schweiz noch immer umgangssprachlich für jede Art von Mobiltelefon verwendet.

01 Drahtlose Telefonie war kein Neuland für ABB.

01a Mobile Fernsprechanlage im Kofferraum eines Polizeiwagens in Zürich (Brown Boveri Mitteilungen, Dezember 1941).

01b Handapparat im Inneren eines Polizeiwagens in Zürich (Brown Boveri Mitteilungen, Dezember 1941).

Die Eigenarten der Frequenzmodulation und deren Vorteile gegenüber der Amplitudenmodulation werden erläutert.

Wir besetzen uns seit längerer Zeit mit diesem neuen Modulationsverfahren, welches in Amerika in starkem Aufschwung begriffen ist. Durch unsere Versuche und die Erfahrungen mit einer von uns erstellten Anlage werden die erwarteten günstigen Eigenschaften der Frequenzmodulation bestätigt.

Die Übertragung niederfrequenter Signale kann bekanntlich in Form einer modulierten Hochfrequenzschwingung erfolgen. Für eine solche Schwingung mit der Amplitude a und der Kreisfrequenz ω gilt allgemein:

$$e = a \cdot \sin \varphi(t) = a \cdot \sin \int \omega dt \quad (1)$$

Bei der Amplituden-Modulation (AM) bleibt die Kreisfrequenz ω konstant, während die Amplitude a entsprechend dem Momentanwert des Niederfrequenzsignals um den veränderlichen Betrag a_s von einem Mittelwert a_0 abweicht. Dieses Signal kann beispielsweise aus einer Wechselspannung mit der durch grossen Index gekennzeichneten Kreisfrequenz $\omega_s = 2\pi f_s$ bestehen. Dann ist in (1):

$$a = a_0 + a_s = a_0(1 + m_s \cdot \sin \omega_s t); \quad \omega = \omega_0 = \text{const.} \quad (2)$$

02

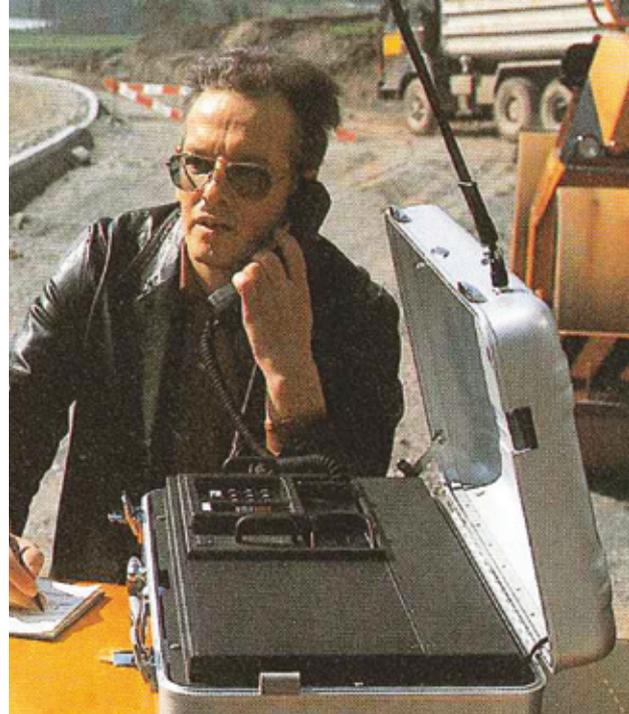
Bei Frequenzmodulation (FM) bleibt dagegen die Amplitude a konstant, während die momentane Kreisfrequenz ω entsprechend dem zu übertragenden Signalbetrag vom Mittelwert ω_0 abweicht:

$$\omega = \omega_0 + \omega_s = \omega_0(1 + m_f \cdot \sin \omega_s t); \quad a = a_0 = \text{const.} \quad (3)$$

Die durch kleinen Index gekennzeichnete Abweichung $\omega_s = 2\pi f_s$ zwischen momentaner und mittlerer Kreisfrequenz $\omega = 2\pi f$ bzw. $\omega_0 = 2\pi f_0$ hat den Maximalwert $\omega_h = 2\pi f_h = m_f \cdot \omega_0 = 2\pi \cdot m_f \cdot f_0$. Der Frequenzhub, d. h. die maximale Frequenzabweichung $f_h = m_f \cdot f_0$, ist im allgemeinen bedeutend kleiner als die Mittelkreisfrequenz f_0 , d. h. der Modulationsgrad m_f bleibt bei FM klein gegenüber 1.

Ein Vergleich beider Modulationsarten ergibt nun trotz den aus (2) und (3) ersichtlichen Analogien ganz erhebliche Unterschiede des Schwingungscharakters, der auftretenden Störungen und Verzerrungen, wie auch der Übertragungsapparaturen.

Die amplitudenmodulierten Schwingungen zerfallen bekanntlich in eine Trägerfrequenz f_0 und zwei Seitenfrequenzen, welche um die Signalfrequenz f_s nach oben und unten von f_0 abweichen. Bei Frequenzmodulation



03

— 02 Artikel über das Prinzip der Frequenzmodulation (FM), veröffentlicht in den Brown Boveri Mitteilungen Dezember 1941. Der vollständige Artikel kann über die Webseite der ABB Review www.abb.com/abbreview heruntergeladen werden.

— 03 Das Telefon Natel A von BBC wog 15 kg und war in einem Aluminiumkoffer untergebracht (Brown Boveri Mitteilungen 9/1980, S. 554).

Sämtliche Netze dieser Art waren analog. Ende der 1980er Jahre begann die Arbeitsgruppe Groupe Spécial Mobiles (GSM) der europäischen Verwaltungen für Post und Telekommunikation mit der Entwicklung eines digitalen Mobilfunkstandards, der später als GSM (Global System for Mobile Communications) bekannt wurde. Obwohl BBC nicht mehr als Hersteller von Autotelefonen tätig war, verfügte das Unternehmen über umfassendes Wissen in der digitalen Kommunikation, weshalb BBC von der PTT beauftragt wurde, die Schweiz in der Gruppe zu vertreten.

Die Verantwortung wurde an Dacfeý Dzung, einen Wissenschaftler vom ABB-Forschungszentrum in Dättwil, übertragen. Bis heute enthält das GSM-Verbindungsprotokoll ein von ihm definiertes Datenbit, ohne das keine GSM-Verbindung hergestellt werden kann – eine unsichtbare aber dauerhafte Anerkennung der ABB-Forschung.

ABB ist zwar nicht mehr auf dem Gebiet des kommerziellen Mobilfunks, wohl aber in der digitalen drahtlosen Kommunikation – z. B. innerhalb von Fabriken – tätig, einem Bereich mit wachsender Bedeutung für die vierte industrielle Revolution. ●



Paul Scherrer
1890-1969

Kernforschung im Jahr 1941

Die ABB Review 3/2017 enthielt einen Artikel über die Lieferung spezieller Transformatoren für CERN. Das Interesse von ABB an der Kernforschung ist nicht neu. Im Dezember 1941 erschien in den Brown Boveri Mitteilungen ein Gastbeitrag von Paul Scherrer (1890–1969), Professor für Experimentalphysik an der ETH Zürich. Scherrer war 1954 an der Gründung des CERN beteiligt. Nach ihm sind das Debye-Scherrer-Verfahren zur Untersuchung kristalliner Strukturen und das Paul Scherrer Institut in Würenlingen (Schweiz) benannt. In seinem Artikel erklärt Scherrer den damaligen Wissensstand über Atomkerne. Das historische Dokument kann über die Website der ABB Review www.abb.com/abbreview aufgerufen werden. ●

NEUERE ERGEBNISSE KERNPHYSIKALISCHER FORSCHUNG.

Unter den wissenschaftlichen Leistungen der letzten Jahre stehen wohl die Forschungen über künstliche Atomumwandlung an erster Stelle. Ein neuer Zweig der Physik ist hier in rascher Entwicklung begriffen. In sicheren Experimenten können die Physiker heute nicht nur bekannte chemische Elemente ineinander umwandeln, sondern auch eine ganze Zahl von neuen, bisher unbekanntesten Atomarten künstlich herstellen. Unter diesen Elementen sind namentlich die ca. 300 künstlich radioaktiven Atomarten von grossem Interesse. Die zur künstlichen Atomumwandlung benötigten Atomkerne höchster Geschwindigkeit werden am elegantesten mit Hilfe des Cyclotrons hergestellt. Die künstliche Radioaktivität ist für die Chemie und namentlich für die Untersuchung biologischer Vorgänge von grösster Bedeutung, und die ungeheuren, bei Atom-Umwandlungen frei werdenden Energien schenken ungeahnte Möglichkeiten technischer Verwertung in sich zu erschliessen.

I. KERNBAUSTEINE UND KERNKRÄFTE.

Die Physiker sind heute der Ansicht, dass das ganze materielle Naturgeschehen auf die durch Felder vermittelte Wechselwirkung weniger einfacher Elementarbausteine der Materie zurückgeführt werden könne. Diese Elementarteilchen, denen wir nach der Wellenmechanik zugleich Korpuskel- und Wellennatur zuschreiben müssen, teilen wir in leichte und schwere Teilchen ein.

Zur Gruppe der leichten Elementarteilchen gehören vor allem die Elektronen. Sie kommen sowohl negativ geladen als Negatronen $-e$ als auch positiv geladen als Positronen $+e$ vor. Die Masse eines Elektrons beträgt in Atomgewichtseinheiten 0,000543. (Masse des Sauerstoffatoms willkürlich = 16,000 gesetzt.) Ein Elektron ist also ca. 2000mal leichter als ein Wasserstoffatom. Neben diesen leichten Elektronen existieren die

sogenannten Mesonen oder schweren Elektronen. Sie tragen dieselben Ladungen wie die Elektronen, sind aber ca. 160mal schwerer als diese. Zu den leichten Teilchen wollen wir auch die Lichtquanten oder Photonen zählen: Das sind die Elementarteilchen, welche die Energieübertragung bei allen Arten elektromagnetischer Strahlung vermitteln, also bei γ Strahlen, Röntgenlicht, ultraviolett, sichtbarem und ultrarotem Licht. Als letztes bekanntes leichtes Teilchen ist noch das hypothetische

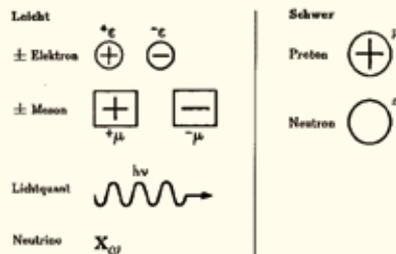


Abb. 1. — Elementarteilchen.

Neutrino zu nennen, dessen Existenz nur indirekt aus Experimenten erschlossen wird und das bis jetzt nicht direkt sichtbar gemacht werden kann. Photonen und Neutrino sind ungeladen und haben die Ruhmasse null,

BUZZWORDS ENTSCHLÜSSELT

Künstliche Intelligenz

Im zweiten Teil der Reihe „Buzzwords entschlüsselt“ geht es um künstliche Intelligenz. Der Gastbeitrag stammt von Derik Pridmore, CEO von Osaro, einem in San Francisco ansässigen Unternehmen, das mit ABB im Bereich des maschinellen Lernens zusammenarbeitet.



Derik Pridmore
CEO von Osaro
San Francisco, USA

derik@osaro.com

Osaro ist Spezialist für maschinelle Intelligenz und arbeitet zusammen mit ABB daran, ABB-Produkten das Lernen beizubringen.
www.osaro.com

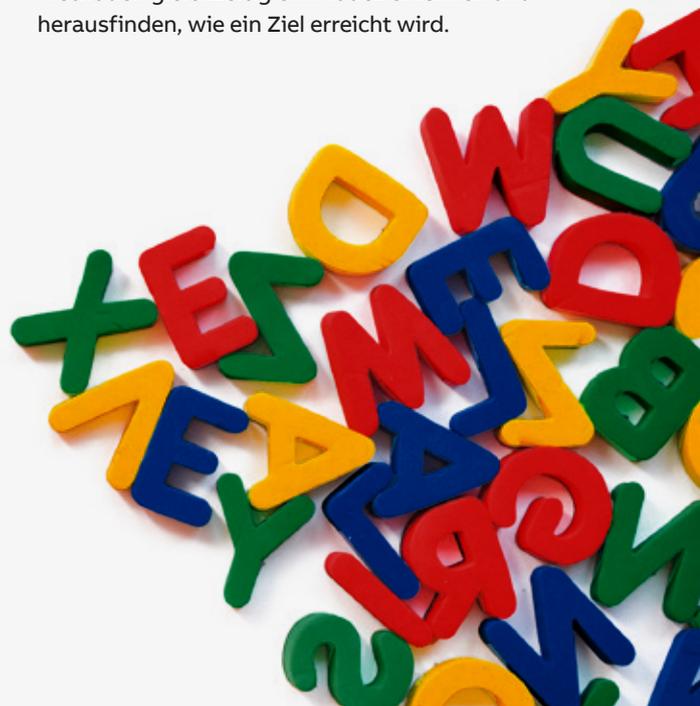
Ich werde oft gefragt, was künstliche Intelligenz ist und warum sie für die Industrierobotik wichtig ist. Der Begriff scheint Unternehmen, die darauf hoffen, ihre Kunden damit besser zu bedienen, zu faszinieren, zu verwirren und zu frustrieren.

Bevor wir künstliche Intelligenz definieren, sollten wir Intelligenz definieren. Intelligenz ist die Fähigkeit eines (menschlichen oder anders gearteten) Agenten, Ziele in verschiedenen Umgebungen zu erreichen ¹⁾.

So sind Menschen, wenn sie vor ein neues Ziel oder eine neue Situation gestellt werden, häufig in der Lage, das Ziel zu erreichen. Ihre Intelligenz stattet sie mit den entsprechenden Fähigkeiten aus. Eine künstliche Intelligenz ist ein Algorithmus (Computercode), der diese Eigenschaft besitzt – die Fähigkeit, Ziele in verschiedenen Umgebungen zu erreichen.

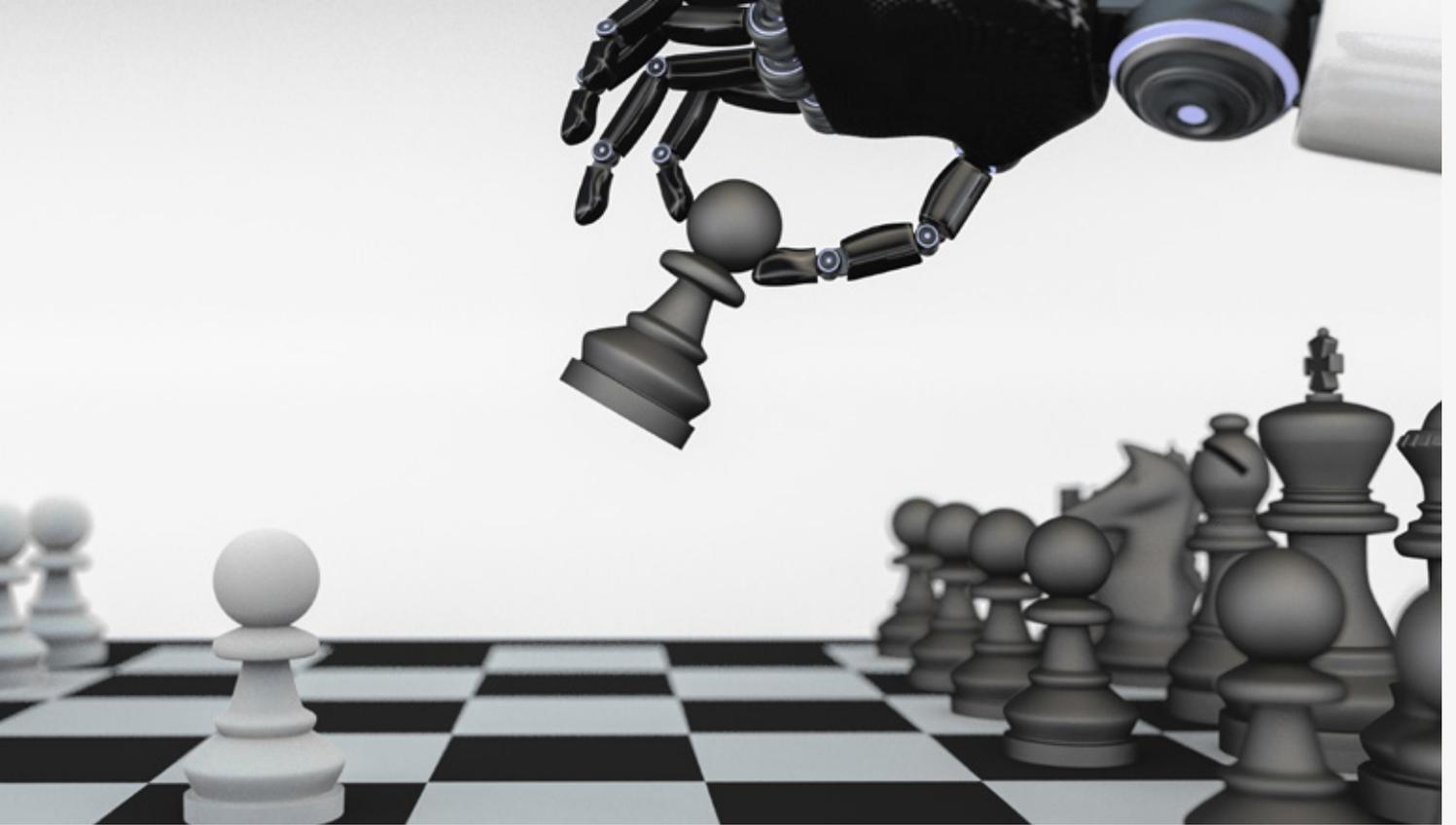
Da Lernen eine nützliche Methode zur Steigerung der Intelligenz ist, werden die Bezeichnungen „maschinelles Lernen“ und „künstliche Intelligenz“ häufig synonym verwendet. Maschinelles Lernen bezeichnet einfach Algorithmen, die darauf ausgelegt sind, aus Daten zu lernen. Zwei Methoden des maschinellen Lernens, die sich als besonders vielversprechend erwiesen haben, sind das tiefgehende Lernen (Deep Learning) und das bestärkende Lernen (Reinforcement Learning).

Deep Learning ist eine überwachte Lernmethode, die neuronale Netze nutzt, um komprimierte und verallgemeinerte Repräsentationen eines Datenbestands zu bilden. Beim Reinforcement Learning werden eine Repräsentation einer Umgebung und ein Ziel (die sogenannte Belohnungsfunktion) genommen und nach der Trial-and-Error-Methode versucht, Aktionen zu finden, die die Belohnung maximieren. (Dies kann auch Wege zum Erreichen des Ziels beinhalten – nach diesem Imitationslernen funktioniert auch die Software von Osaro.) Theoretisch können wir durch Kombination dieser beiden Methoden gleichzeitig ein Modell erkennen und herausfinden, wie ein Ziel erreicht wird.



Fußnote

1) Für einen technischen Überblick zu dieser Definition siehe <https://arxiv.org/pdf/0712.3329.pdf> (Englisch).



bleibt nur die Frage, wie schnell, wie gut, über welche Umgebungen hinweg und mit welchen Garantien wir lernen können. Hier liegen auch die Forschungsschwerpunkte des maschinellen Lernens.

Mithilfe dieser Definitionen können wir verstehen, warum künstliche Intelligenz für die Industrierobotik wichtig ist. Verändert ein Unternehmen ein Bauteil oder einen Arbeitsplatz nur geringfügig, versagen heutige Roboter und müssen mit neuen Anweisungen ausgestattet werden.

Die Algorithmen zur Steuerung herkömmlicher Roboter verfügen über sehr wenig Intelligenz. Künstliche Intelligenz wird nicht nur die Aufgaben und Umgebungen erweitern, in denen Roboter eingesetzt werden können, sondern auch die Gesamtkosten für Roboterimplementierungen durch Zeiteinsparung und Reduzierung teurer Umprogrammierungen senken. ●

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 Innovati-
on Communications

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

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

Herausgeber

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

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

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

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

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

Herausgeber und
Copyright ©2017
ABB Switzerland Ltd.
Baden, Schweiz

Druck

3MA Group
68250 Rouffach,
Frankreich

Layout

DAVILLA AG
Zürich, Schweiz

Satz

Konica Minolta
Marketing Services
WC1V 7PB London,
Großbritannien

Übersetzung

Thore Speck,
Dipl.-Technik-
übersetzer (FH)
24941 Flensburg,
Deutschland

Haftungsausschluss

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

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

ISSN: 1013-3119

[http://www.abb.com/
abbreview](http://www.abb.com/abbreview)



Tablet-Ausgabe

Die ABB Review
ist auch als
Tablet-Version
verfügbar.

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

Bleiben Sie auf dem Laufenden ...

Haben Sie eine ABB Review verpasst?
Melden Sie sich unter www.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.





01|2017 Innovation

Innovations-Highlights

- 08 Kurzartikel Innovationen
- 16 Interview: Die digitale Revolution

Schutz und Sicherheit

- 20 Emax 2 und Arc Guard System™ TVOC-2
- 25 IEC 61850 vereint NS- und MS-Schutz
- 32 Sicherheitsbeleuchtung
- 34 Trockenisolierung für Kondensatordurchführungen

Messtechnik

- 40 Dickenmessung für Nichteisenmetalle
- 46 50 Jahre Planheitsregelung

Service und Zuverlässigkeit

- 54 Potenziale freisetzen durch Retrofitting
- 60 Generatoren für die Netzstützung
- 65 Neue IGBT-Stromrichter für die RE460



02|2017 Afrika

Afrika

- 08 Energie für Afrika
- 13 Container-Mikronetz für das IKRK
- 16 Eigenbedarfs-Spannungswandler
- 18 Elektrifizierung einer Bahnstrecke
- 23 Ein Modell zur besseren Elektrifizierungsplanung

Sicherheit und Design

- 30 Menschliche Faktoren und Anlagensicherheit
- 35 Adaptive Arbeitsumgebungen
- 38 Modellierung von HS-Isolationen

Digitalisierung und Analyse

- 46 ABB Ability™ Distribution Control System
- 53 Physische Sicherheit von Transformatoren

Energie

- 60 Solide Elektrik für die Tiefsee
- 66 Umweltfreundliche Alternative zu SF₆



03|2017

ABB Ability

Stimmen von ABB

- 08 Interview: ABB Ability™
- 13 Cybersicherheit von Grund auf

ABB Ability

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

Schutz und Sicherheit

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

Universelle Verbindungen

- 70 Mittelfrequenz-Transformatoren für CERN
- 76 Landseitige Stromversorgung

Regelung und Produktivität

- 84 Regelung von Gasverdichtern
- 92 Ein einfaches und flexibles Planungstool

Buzzwords entschlüsselt

- 98 Blockchain
- 99 Leserumfrage



04|2017

Höchste Anforderungen

Höchste Anforderungen

- 08 Digitales Umspannwerk
- 14 Kompakter Thermosiphon-Wärmetauscher
- 22 Trafostation für extreme Bedingungen

Kreative Lösungen

- 28 Software-Engineering in der Automation
- 36 Asset Health Center für AEP
- 42 Modularer Mehrpunkt-Umrichter

Pionierleistungen

- 52 50 Jahre Konzernforschung in der Schweiz
- 64 Drahtlos, aber verbunden
- 65 Kernforschung im Jahr 1941

Buzzwords entschlüsselt

- 66 Künstliche Intelligenz
- 68 Index 2017

Vorschau 01/2018
Innovation

Die nächste Ausgabe der ABB Review mit dem Schwerpunkt Innovation wirft einen Blick hinter die Kulissen einiger der erfolgreichsten ABB-Innovationen und zeigt, wie diese entstanden sind. Darüber hinaus gewährt sie exklusive Einblicke in die neuesten Technologien und Forschungen, die die Grundlage für zukünftige Erfolge bilden.