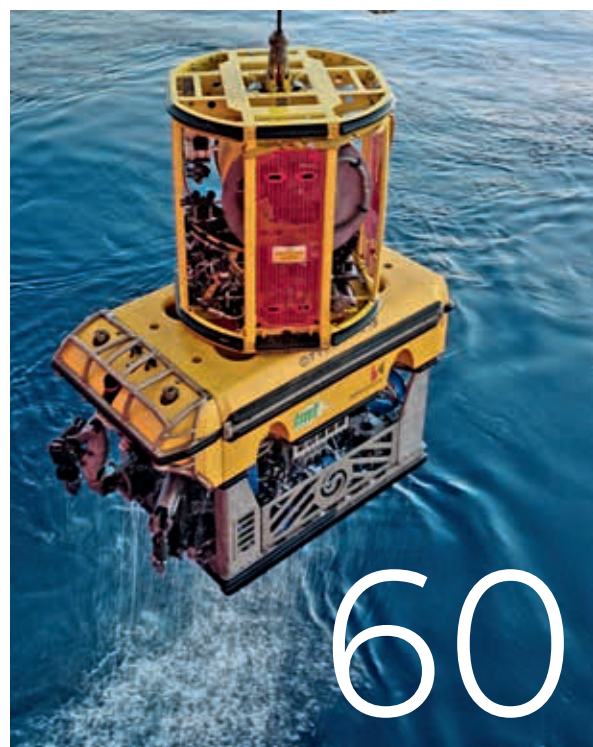


review

Afrika

02|2017 de



-
- 06–27 Afrika
 - 28–43 Sicherheit und Design
 - 44–57 Digitalisierung und Analyse
 - 58–71 Energie



18

Elektrifizierung einer Bahnstrecke

Solide Elektrik für die Tiefsee



60



66

Umweltfreundliche Alternative zu SF₆





**Container-Mikronetz
für das IKRK**

**Modellierung
von HS-Isolationen**



05 Editorial

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

71 Impressum

Afrika ist der zweitbevölkerungsreichste Kontinent der Erde. Bis zum Jahr 2100 wird die Bevölkerung voraussichtlich auf 4,4 Milliarden Menschen angewachsen sein. Eine halbe Milliarde Menschen lebt dort zurzeit ohne Elektrizität, und die Energie- und Transportkosten gehören zu den höchsten der Welt. ABB arbeitet zusammen mit ihren Kunden an innovativen Lösungen für eine neue Ära der industriellen Entwicklung und des wirtschaftlichen Aufschwungs. Einige unserer jüngsten Projekte stellen wir in dieser Ausgabe der ABB Review vor.

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

EDITORIAL

Energie für Afrika



Liebe Leserin, lieber Leser, Afrika bietet immense Möglichkeiten und große Herausforderungen. Nur etwa die Hälfte der Bevölkerung hat heute Zugang zu Elektrizität. Südlich der Sahara ist es sogar weniger als ein Drittel. Da Elektrizität eine wichtige Grundlage für die meisten gewerblichen Tätigkeiten ist, schlummert hier ein enormes Potenzial. Bei der Elektrifizierung kommt es nicht nur darauf an, die Ausrüstung und Technologie zu kennen, sondern auch die Anforderungen und das Potenzial der betroffenen Standorte. Diese Ausgabe der ABB Review enthält zwei Gastbeiträge, die sich mit Methoden und Werkzeugen zur geografischen Elektrifizierungsplanung befassen – einschließlich der Bestimmung der geeigneten Technologie angefangen von autonomen Systemen über Mikronetze bis hin zur vollständigen Netz-anbindung. Während einige der vorgestellten Technologien nur für Afrika gelten, können andere auch an anderen Orten eingesetzt werden. Sie sind das Ergebnis der umfangreichen Erfahrung von ABB in der Entwicklung innovativer Lösungen rund um den Globus.

Eine interessante Lektüre wünscht Ihnen

A handwritten signature in red ink, appearing to read 'Bazmi Husain'.

Bazmi Husain
Chief Technology Officer



Afrika





08

Die Bandbreite der Projekte von ABB in Afrika ist groß. Die Herausforderungen reichen von der Finanzierung und der einzigartigen Beschaffenheit der Infrastruktur und Geografie bis hin zum anschließenden Bedarf an Service, Unterstützung und Erweiterung. Dennoch eröffnen diese Projekte Möglichkeiten zur Verbesserung der industriellen und wirtschaftlichen Produktivität und somit auch des Lebensstandards. Der Erfolgsdruck ist immens. Daher arbeitet ABB eng mit Kunden und Partnern zusammen, um jedes Projekt mit dem entsprechenden Know-how zu unterstützen.

- 08 Interview: Energie für Afrika
- 13 Tolle Kiste: ein hybrides Mikronetz für den IKRK
- 16 Eigenbedarfs-Spannungswandler für Anwendungen mit geringer Leistung
- 18 Äthiopiens neue Verbindung zur Welt
- 23 Gastbeitrag: Ein Modell zur besseren Elektrifizierungsplanung



18

INTERVIEW

Energie für Afrika



Mark Howells

Professor Mark Howells bekleidet den Lehrstuhl für Energiesystemanalyse an der Königlich Technischen Hochschule (KTH) in Stockholm. Außerdem ist er Honorary Affiliate Professor an der University of Technology in Sydney und Herausgeber der Zeitschrift Energy Strategy Reviews. Zu seinen Forschungsgebieten gehören die Entwicklung und Anwendung quantitativer Modelle zur Unterstützung von Regierungen bei schwierigen politischen und Investitionsfragen → 1. In diesem Interview spricht Professor Howells über Herausforderungen der Elektrifizierung und Entwicklung in Afrika.

Bei Fragen zu ABB wenden Sie sich bitte an Alexandre Oudalov, alexandre.oudalov@ch.abb.com

- AR** **ABB Review (AR):** Nachhaltigkeit mit dem stetig steigenden Energiebedarf in Einklang zu bringen, ist eine globale Herausforderung. Inwiefern ist die Situation in Afrika besonders?
- MH** **Mark Howells (MH):** Wirtschaftliche Nachhaltigkeit ist eine bedeutende Herausforderung. Unternehmen müssen wissen, dass sie Gewinne erzielen können. Und das ist schwierig angesichts von Institutionen, denen es an Ressourcen mangelt, schlechter Politik und begrenzter Planungskapazität. Doch es werden wichtige Schritte in dieser Richtung unternommen. Auch gibt es viele private und informelle Initiativen, die das starke Wachstum des Kontinents nutzen.
- AR** Eine nachhaltige Energienutzung entwickelt sich häufig vornehmlich dort, wo staatliche Organisationen entsprechende Anreize schaffen. Passiert dies auch in Afrika?
- MH** Ja, es gibt wichtige Initiativen von Landesregierungen, der Afrikanischen Entwicklungsbank, der NEPAD, der Afrikanischen Union (AU) und anderen. Ein Beispiel ist die Agenda 2063 der AU – ein strategisches Rahmenwerk für die sozioökonomische Transformation des Kontinents in den nächsten 50 Jahren. Sie baut auf vergangenen und bestehenden Initiativen für Wachstum und nachhaltige Entwicklung auf und versucht, deren Umsetzung zu beschleunigen. Doch die Realisierung einer praktischen Pipeline mit entsprechenden Ressourcen für die marktwirtschaftliche, finanzielle und politische Entwicklung ist schwierig.

01 Entwicklungsmodelle unterstützen die Elektrifizierung.

01a Optimaler Technologiesplit für die Elektrifizierung gemäß OnSSET (oben) und optimale Stromgestehungskosten für die gewählte Technologie (unten).

01b Ergebnisse von OSeMOSYS für den optimalen Stromerzeugungsmix im kenianischen Netz (2012–2030).

ENTWICKLUNGSMODELLE UNTERSTÜTZEN DIE ELEKTRIFIZIERUNG

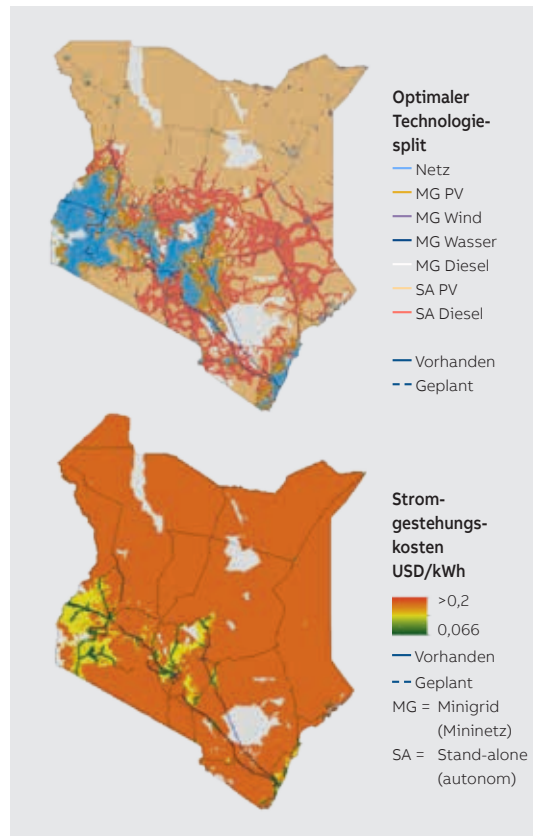
Entscheidungen müssen auf Wissen basieren. Dies gilt umso mehr, wenn es um komplexe und kostspielige Investitionen wie die Entwicklung und den Ausbau des Stromnetzes geht. Auch wenn eine neue Infrastruktur in einer bisher nicht versorgten Region gebaut wird, entsteht diese nicht in einem Vakuum. Geografische und wirtschaftliche Gegebenheiten beeinflussen die Effektivität eines solchen Projekts. Unter der Leitung von Professor Howells hat die Abteilung Energiesystemanalyse (dESA) der Königlich Technischen Hochschule (KTH) Stockholm Werkzeuge zur Unterstützung solcher Entscheidungen entwickelt. In Zusammenarbeit mit ABB hat die Gruppe einige Modellierungen und Fallstudien durchgeführt.

OnSSET (Open Source Spatial Electrification Toolkit [2]) und OSeMOSYS (Open Source Energy Modelling System [3]) sind zwei Optimierungstools zur Untersuchung von Energiesystemen. OnSSET führt eine Analyse auf der Grundlage des Strombedarfs von Haushalten für ein Elektrifizierungsziel von 100 % im Hinblick auf ein bestimmtes Zieljahr durch. Das System kann für verschiedene Elektrifizierungsziele angepasst werden.

Das andere Tool, OSeMOSYS, modelliert den Gesamtstrombedarf (nicht nur von Haushalten) und liefert den kostenoptimalen Strommix auf Jahresbasis, sowohl für netzgekoppelte als auch dezentrale Technologieoptionen.

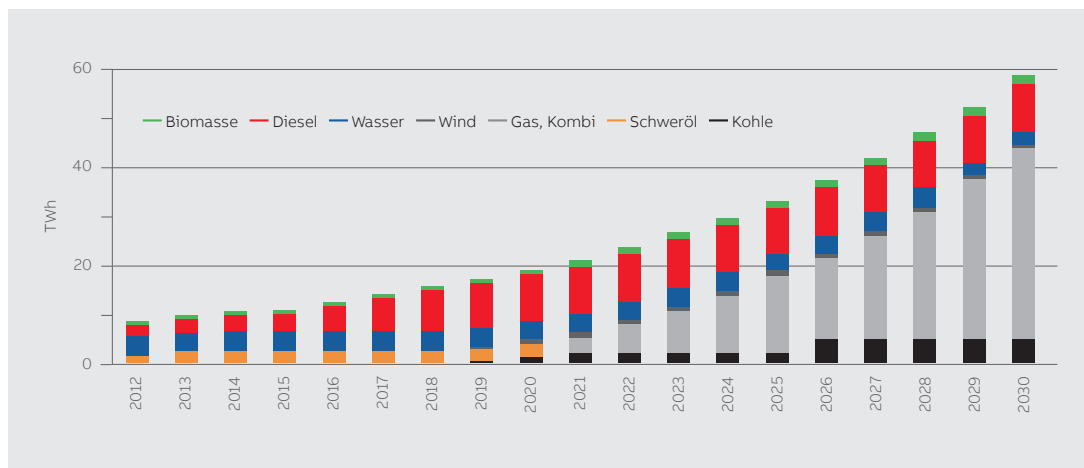
Die Tools können unabhängig voneinander eingesetzt werden, doch ihre Verknüpfung ermöglicht einen ganzheitlicheren Modellierungsansatz, dessen Ergebnisse bei der langfristigen Investitionsplanung helfen können.

Ein Beispiel ist Kenia. Eine iterative Modellierung mit beiden Tools hat gezeigt, dass eine allgemeine Elektrifizierung bis 2030 möglich ist → 1a. Als Ziel ging die Studie von der Bereitstellung von 1.800 kWh/a bzw. 2.195 kWh/a für alle ländlichen bzw. städtischen Haushalte bis 2030 aus. Dabei werden rund 84 % des Bedarfs durch den Ausbau des nationalen Stromnetzes und ca. 16 % durch netzferne Systeme (9 % durch Mikronetze und 7 % durch Standalone-Systeme, hauptsächlich PV-Anlagen und Dieselaggregate) gedeckt. Die



01a

geschätzte zusätzliche Kapazität für das Stromnetz von 26 GW wird hauptsächlich von neuen Kohle- und Erdgaskraftwerken bereitgestellt → 1b, wobei eine zusätzliche Freileitungskapazität von 21,6 GW erforderlich ist. Die geschätzten Gesamtkosten des Plans liegen bei 46,31 Mrd. USD [4], [5].



01b

Regierungen wissen häufig nicht, welche technischen, marktwirtschaftlichen und politischen Möglichkeiten sie haben. Und wenn sie die Vorzüge nicht kennen, ist es schwierig für sie, entsprechende Prioritäten zu setzen.

AR Welches sind die Hauptentwicklungsphasen im Hinblick auf die Elektrifizierung ländlicher Gebiete und den Zugang zu Elektrizität?

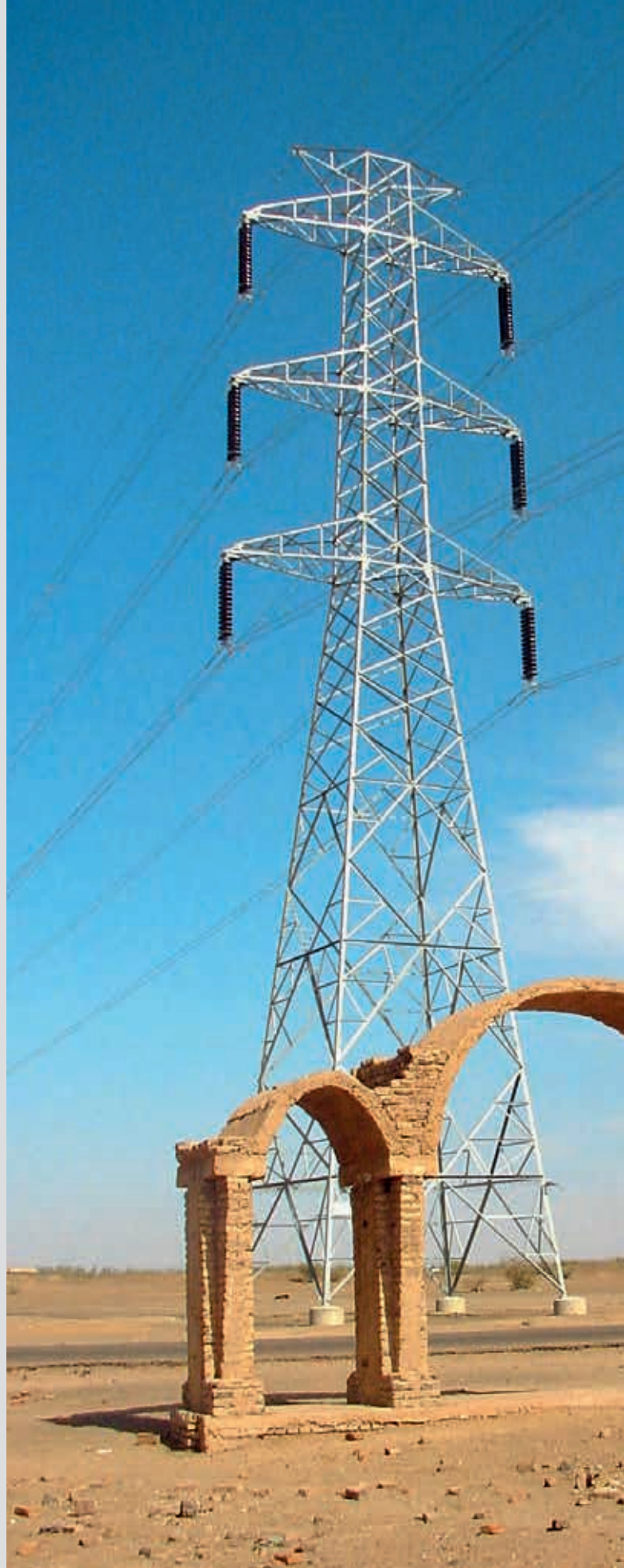
MH Abgesehen von einigen technischen Entwicklungen sind viele der Herausforderungen ähnlich, ob in L.A., London oder Lagos. In den Anfängen des Stromnetzes war es Bergwerken, Industrien und Farmen in den USA erlaubt, Genossenschaften zu bilden. Die Entwicklung und Realisierung des Netzes ging schnell voran. In Großbritannien entwickelte sich ein Großteil des Netzes in einer Zeit starker Regulierung. Die Regierung fürchtete Marktmissbrauch und unfaire Tarife für die Armen. Dies zwang viele Produzenten in den Konkurs, und schließlich übernahm der Staat die Kontrolle. Das Netz entwickelte sich zu einem zentral geplanten System, das das Land fortan mit zuverlässigem Strom versorgte. Wann, wo und wie der Staat eingreifen sollte, ist nicht leicht zu beantworten – und hängt von den lokalen Gegebenheiten ab.

Dennoch sind heute interessante Entwicklungen zu beobachten. Wo Gewinn gemacht werden kann, nimmt die Eigenerzeugung zu. Ist die Verteilung mit marktbasierter Vergütung erlaubt, bilden sich

—
Die ghanaische Regierung nutzt Subventionen, um die Differenz zwischen Tarif und Erzeugungspreis auszugleichen, wodurch Mininetze florieren.

Mininetze. Werden niedrige Tarife angeordnet, verlangsamt sich die Entwicklung von Mininetzen aufgrund des geringen Anreizes für die Produzenten.

In Ghana hat sich ein interessantes (und effektives) hybrides Mininetzmodell entwickelt, das die Möglichkeit bietet, die Differenz zwischen dem Tarif und dem Erzeugungspreis durch staatliche Subventionen auszugleichen. Es gibt mehrere Konzessionsprogramme, die dafür sorgen, dass der Wettbewerb die Preise niedrig hält, wobei die Regierung (häufig in Gestalt des staatlichen Energieversorgers) die Koordination und Finanzierung übernimmt. In anderen Fällen, wie in Südafrika,



—
02 110-kV-Übertragungs-
leitung von Eid Babikir
(Sudan).

haben netzbasierte staatliche Elektrifizierungsprogramme Millionen von Verbrauchern erfolgreich ans Netz gebracht.

Während manche Elemente der Elektrifizierung nicht neu sind, gibt es einige treibende Kräfte, die neu sind. Ostafrika ist zum Musterbeispiel für die Entwicklung von netzunabhängigen Geschäftsmodellen und erfolgreiche Innovation geworden. Es ist kein Zufall, dass mobiles Banking dort weit verbreitet ist. Solche Konzepte ermöglichen Zahlungsflüsse und Skaleneffekte und bieten die Möglichkeit, eine Vielzahl ergänzender Services zusammen mit Strom anzubieten. Intelligente Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) und Finanzen bekommen Raum, um sich zu entfalten und kreative lokale Unternehmer zu unterstützen. Plötzlich bieten kleine Energieversorger auch Unterhaltung, Kredite und andere Dienstleistungen an. Außerdem können Waren, die in Mikroindustrien produziert werden, auf einfache Weise gehandelt werden und dem Stromkäufer ein besseres Einkommen sichern. All das wird durch mobile Zahlungen vereinfacht.

AR Was ist mit großen Energieprojekten wie Sonnenwärmekraftwerken (CSP)? Sind diese sinnvoll? Welche Hürden stehen der Entwicklung von mehr Projekten dieser Art im Weg?

MH In einem funktionierenden Markt mit klaren Regeln und geringem Risiko können große, kapitalintensive Projekte sinnvoll sein. Doch diese sind häufig die Ausnahme. Für solche Projekte braucht es Stromabnahmeverträge, konzessionäre Finanzierung und andere Garantien, um die Risiken zu senken. In Afrika kommen die großen Entfernungen hinzu, die überwunden werden müssen →2. Angebot, Nachfrage und konventionelle Regelleistung befinden sich häufig an verschiedenen Orten. Das Netz – und auch die Strommärkte – befinden sich noch in der Entwicklung. Dennoch gibt es wichtige Impulse. In den weiter entwickelten Stromnetzen in Afrika wird in großem Maßstab schwankende erneuerbare Energie – z. B. in Form von Sonnenwärme – eingespeist. Nennenswerte Beispiele hierfür sind Südafrika und Ägypten.

Zu erwähnen ist auch, dass auf dem Kontinent einige der besten Sonnen- und Windverhältnisse der Welt herrschen. Hinzu kommen unerschlossene Ressourcen, für deren gewinnbringenden Abbau, Verarbeitung und Export große Mengen Energie erforderlich sind. Es sind also einige bedeutende Treiber vorhanden.



—
03 Anzahl und Anteil der Menschen ohne Zugang zu Elektrizität nach Ländern (2012) [1].

Literaturhinweise

[1] Al-Saffar, A. et al.: „Africa Energy Outlook“. Int. Energy Agency, World Energy Outlook Special Rep. Paris, 2014: S. 445.

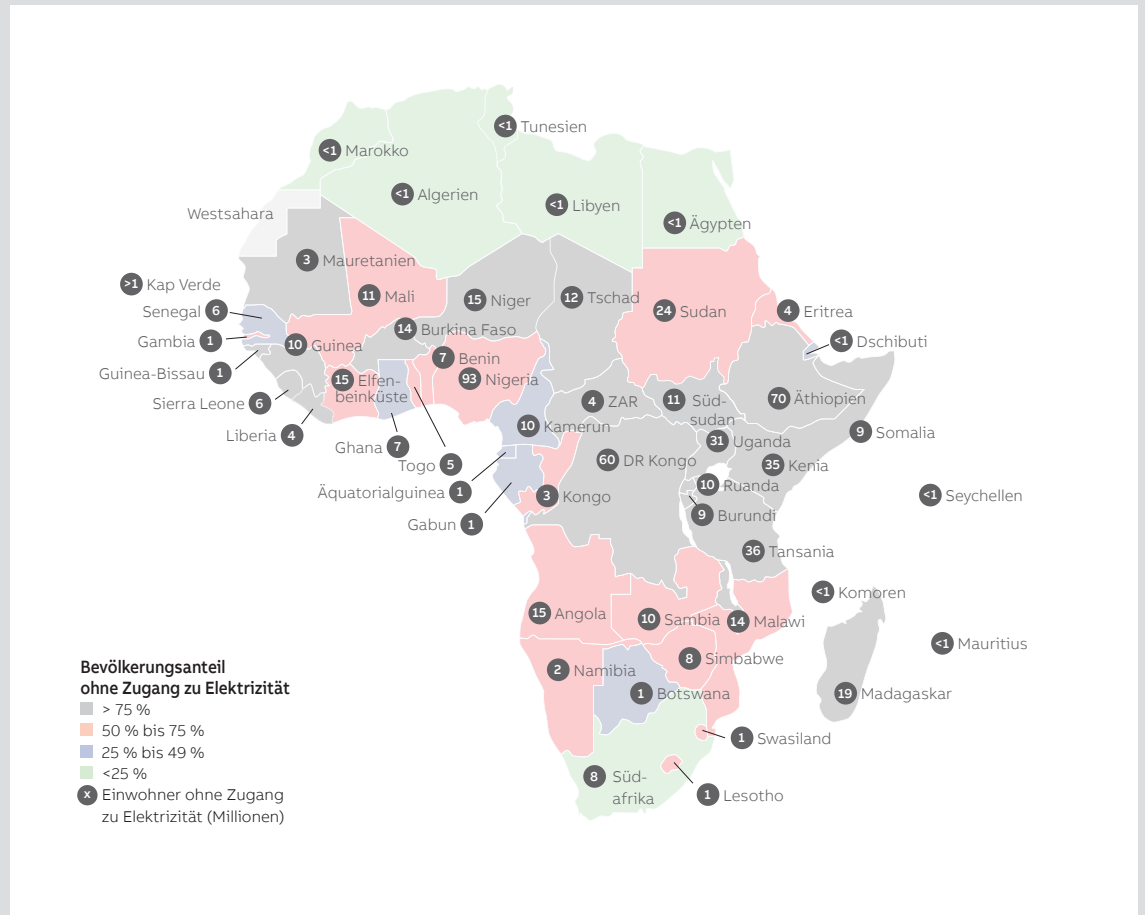
[2] Howells, M. et al. (2011): „OSEMOSYS: The Open Source Energy Modeling System: An introduction to its ethos, structure and development“. Energy Policy, Vol. 39 (10): S 5850–5870.

[3] Mentis, D. et al. (2016): „A GIS-based approach for electrification planning – A case study on Nigeria“. Energy for Sustainable Development, 29: S. 142–150.

[4] Moksnes, N.: „UN Sustainable development goals from a Climate Land Energy and Water perspective for Kenya“. Online verfügbar unter: <http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:946269/FULLTEXT01.pdf>

[5] UN Department of Social and Economic Affairs: „Universal access to electricity“. Online verfügbar unter: <http://un-desa-modelling.github.io/electrification-paths-presentation>

03



AR Welche besonderen Stärken/Fähigkeiten glauben Sie, kann ABB beisteuern, um die Entwicklung in Afrika zu unterstützen?

MH ABB ist als Lieferant von Wissen, Managementsystemen und Technologie außergewöhnlich gut positioniert. Dies reicht von kleinen Steuerungs- und Managementsystemen, die für Mikrosysteme (und Mikrokredite) skaliert werden können, bis hin zu Implementierungen auf nationaler Ebene und Marktmanagementsoftware für Strompools.

Außerdem verfügt ABB über Schlüsseltechnologien und entwickelt Technologien, die bei der Energieübertragung im großen Maßstab, der Integration von hybriden AC- und DC-Netzen (und vielem mehr) helfen können. Letztere werden wichtig, wenn netzunabhängige und netzbasierte Systeme beginnen, sich zu verflechten.

Eine wichtige Herausforderung ist die Bildung von Partnerschaften, Kommunikation und der Aufbau von Kapazitäten. Politische Entscheidungsträger und Unternehmer wissen häufig nicht, welche Technologien, Regelmechanismen und Märkte erforderlich sind, um das Wachstumspotenzial Afrikas zu fördern →3. Oder welche Vorteile ein Weg gegenüber einem anderen hat. Tatsächlich ist zur Feststellung der Machbarkeit und zum Transfer des notwendigen Wissens für diese Entscheidungen mehr als nur ein kurzes Verkaufsgespräch erforderlich. Notwendig ist eine konzertierte und kreative Anstrengung. Doch schon bei vielen Herausforderungen, die andere in der Vergangenheit für schwierig gehalten haben, hat ABB eine Vorreiterrolle übernommen ...

AR Vielen Dank für das Interview. ●

AFRIKA

Tolle Kiste: ein hybrides Mikronetz für das IKRK

Das Internationale Komitee des Roten Kreuzes (IKRK) betreibt seinen größten afrikanischen Logistik-Hub in der kenianischen Hauptstadt Nairobi, einer Region, in der Stromausfälle und Spannungsqualitätsprobleme an der Tagesordnung sind. Eine containerisierte Mikronetz-Lösung von ABB soll dem IKRK eine unterbrechungsfreie Stromversorgung aus herkömmlichen und erneuerbaren Energiequellen sicherstellen. Da sämtliche Komponenten des Mikronetzes in einem einzigen Container untergebracht sind, eignet sich diese innovative Lösung auch für andere Projekte des IKRK.



Samuel Macharia
ABB Power Grids
Nairobi, Kenia

samuel.macharia@
ke.abb.com

Das im Jahr 1863 gegründete IKRK hat seinen Hauptsitz in Genf in der Schweiz. Der Logistik-Hub in Kenia ist weltweit das größte Logistikzentrum des IKRK →1. Dort sind 170 Mitarbeitende mit der Auslieferung von Lebensmitteln und anderen lebenswichtigen Artikeln wie Medikamenten und Hilfsgütern über den gesamten afrikanischen

Mikronetze dienen zur Integration von dezentralen Energieressourcen und Lasten, die auf kontrollierte und koordinierte Art und Weise – entweder in Verbindung mit dem Hauptstromnetz oder zur unabhängigen Stromversorgung – betrieben werden können und so eine hohe Netzqualität und -stabilität gewährleisten.



Michelle Kiener
ABB Review
Baden-Dättwil,
Schweiz

michelle.kiener@
ch.abb.com

Das hybride Mikronetz soll die Nutzung erneuerbarer Energie maximieren und eine zuverlässige Stromversorgung für das IKRK sicherstellen.

Diese kleinen Stromnetze sind außerordentlich flexibel und können z. B. an entlegene Orte transportiert werden, die sonst jahre- oder jahrzehntelang auf einen Netzanschluss warten müssten. Darüber hinaus eignen sie sich ideal als Reserve- speisung für netzgekoppelte Anlagen an Orten mit häufigen Stromausfällen.

Kontinent beschäftigt. ABB baut für das IKRK ein containerisiertes hybrides Mikronetz mit Solarzellen und einem Dieselgenerator sowie einem batteriegestützten Energiespeichersystem, um die Nutzung erneuerbarer Energie zu maximieren und eine zuverlässige Stromversorgung sicherzustellen. Das Mikronetz wird parallel zur vor Ort vorhandenen solar-/dieselbasierten Erzeugung eingesetzt und kann sich je nach Bedarf nahtlos mit dem Hauptstromnetz verbinden oder davon trennen. Die Fertigstellung ist für Mitte 2017 geplant.

Mikronetze ermöglichen die Integration verschiedener dezentraler Erzeugungsquellen einschließlich konventioneller diesel- und gasbetriebener Anlagen und/oder erneuerbarer Energien wie Photovoltaik, Windkraft, Wasserkraft, Gezeitenenergie und sogar thermischer Konzepte wie Kraft-Wärme-Kopplung mit einem Energiespeicher. Das Mikronetz liefert

Cleiton Silva
Ehemaliger ABB-Mitarbeiter



01

—
01 Die Logistikkzentrale
des IKRK in Nairobi
(Foto: IKRK).

die erforderliche Steuerung zur Koordination der Ressourcen entsprechend den Anforderungen von industriellen und privaten Verbrauchern [1].

Mikronetze haben ein enormes Potenzial in Afrika, wo über 900 Millionen Menschen keinen Zugang zu Elektrizität haben. Sie könnten dabei helfen, die wirtschaftliche Entwicklung in den Regionen südlich der Sahara, in denen mit 620 Millionen Menschen rund zwei Drittel der Bevölkerung ohne Strom leben, drastisch zu beschleunigen [2].

ABB gehört zu den Pionieren der Mikronetz-Technik und hat weltweit über 30 Mikronetze für entlegene Gemeinden, Inselnetze, Forschungs- und Industriezentren und Netzstützungsanwendungen installiert.

Lösungen mit einem Zweck

Das Projekt in Nairobi dient zwei Hauptzwecken. Zum einen soll es die unterbrechungsfreie, zuverlässige Stromversorgung der IKRK-Einrichtungen sicherstellen, um zu verhindern, dass wichtige Artikel wie Medikamente aufgrund von Stromausfällen

unbrauchbar werden. Da Stromausfälle in Kenia nichts Außergewöhnliches sind, ist eine unterbrechungsfreie Reservestromversorgung für die Lagerung von wichtigen Hilfsgütern unerlässlich →2.

—
Eine unterbrechungsfreie
Stromversorgung ist für
die Lagerung von wichtigen
Hilfsgütern unerlässlich.

Zum anderen soll es als Pilotprojekt dienen, bei dem die Mitarbeiter des IKRK die Technik in einer kontrollierten Umgebung testen und kennenlernen können, bevor sie sie in Flüchtlingslagern einsetzen, in denen die Probleme mit der Stromversorgung noch größer sind als in Nairobi.

—
02 Dauer von Stromausfällen in ausgewählten afrikanischen Ländern [3]
Hinweise: ZAR = Zentralafrikanische Republik. Daten entstammen der neuesten verfügbaren Konjunkturumfrage für die jeweiligen Länder. Quellen: Weltbank (2014); IEA-Analyse.

Literaturhinweise

[1] M. Ghavi (16. 12. 2016): „Microgrids Have a Key Role to Play in a Low-Carbon Future“. Online verfügbar unter <https://microgridknowledge.com/microgrids-key-role-low-carbon-future/>

[2] A. Al-Saffar et al.: „Africa Energy Outlook“. Int. Energy Agency. World Energy Outlook Special Rep. Paris, 2014. S. 3.

[3] A. Al-Saffar et al.: „Africa Energy Outlook“. Int. Energy Agency. World Energy Outlook Special Rep. Paris, 2014. S. 26.

Anschließen und sparen

Die containerisierte hybride Mikronetzlösung für das Logistikzentrum in Nairobi umfasst:

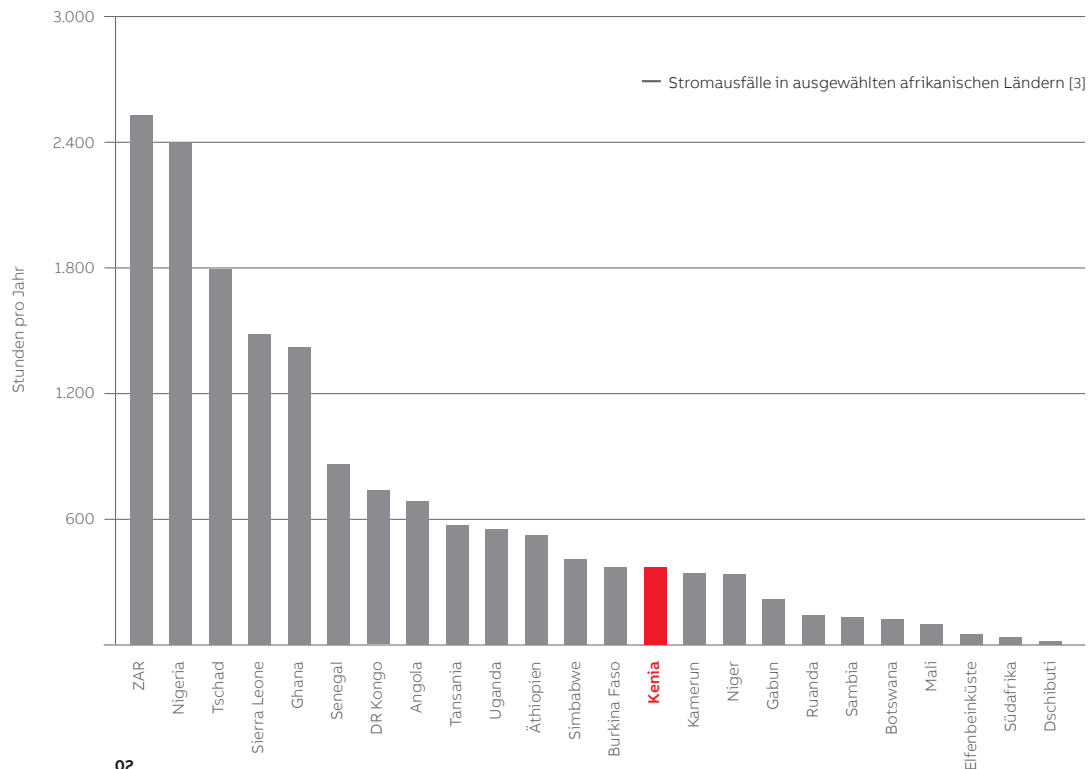
- ein Leitsystem vom Typ Microgrid Plus,
- ein Stabilisierungssystem vom Typ PowerStore,
- ein Energiespeichersystem auf der Basis von Lithium-Ionen-Batterien.

—
„Eine zuverlässige Stromversorgung ist essenziell, damit unsere Mitarbeiter ihre lebensrettende Arbeit ausüben können“ –
IKRK-Präsident Peter Maurer.

Neben den im Container untergebrachten Komponenten ist ABB auch für das Engineering, den Transport, die Überwachung der Errichtung und die Inbetriebnahme verantwortlich. Das System ermöglicht die Integration erneuerbarer Solarenergie in das vorhandene Stromnetz, das zurzeit vom Stromversorger Kenya Power (KPLC) und Dieselgeneratoren gespeist wird. So wird das hybride Mikronetz nicht nur dabei helfen, wichtige Ressourcen des IKRK zu schützen, sondern auch den CO₂-Ausstoß zu reduzieren.

„Eine zuverlässige Stromversorgung ist essenziell, damit unsere Mitarbeiter ihre lebensrettende Arbeit ohne Unterbrechungen ausüben können“, sagt IKRK-Präsident Peter Maurer. „Die Mikronetzlösung von ABB entspricht zudem dem IKRK-Ziel, umweltfreundliche Technologien einzusetzen. Lösungen wie diese sind der Beweis, dass die Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Hilfsorganisationen nicht nur möglich, sondern unerlässlich ist. Wir sind glücklich und stolz, ABB zu den Mitgliedern unserer Corporate Support Group zählen zu können.“

Die Vereinbarung geht auf eine IKRK-Initiative aus dem Jahr 2014 für eine bessere Zusammenarbeit mit dem privaten Sektor im Technologiebereich zurück. ABB ist seit 10 Jahren Mitglied der IKRK Corporate Support Group und hat an Wasser- und Lebensraum-Programmen für Betroffene des Konflikts in der Demokratischen Republik Kongo und dem Irak mitgewirkt. Darüber hinaus hilft ABB bei der Ausbildung der IKRK-Ingenieure. ●



AFRIKA

Eigenbedarfs-Spannungswandler für Anwendungen mit geringer Leistung

Für kleine Kommunen sind Umspannwerke häufig unerschwinglich. Mit der Mikro-Unterstation – einer kostengünstigen Schaltanlage auf der Basis einphasiger Eigenbedarfs-Spannungswandler (SSVTs) – bietet ABB eine interessante Lösung. SSVTs transformieren die Spannung in einem Schritt von Hoch- auf Mittel- oder Niederspannungswerte herunter.

Mathew Paul
Ehemaliger
ABB-Mitarbeiter

Kontakt für weitere
Informationen:
Andreas Moglestue
andreas.moglestue@
ch.abb.com

Alle Unterstationen verfügen über Mess- und Schutzsysteme, die über eine Niederspannungs-(NS-)Versorgung – die sogenannte Steuerspannungsversorgung – gespeist werden. Aus Gründen der Zuverlässigkeit benötigt jede Unterstation zwei redundante Steuerspannungsversorgungen. Normalerweise dient der Haupttransformator in der Unterstation als Hauptquelle für die Steuerspannung.

Fällt die Spannungsversorgung in der Station aus, kann das Netz über einen Leistungstransformator als zweite Quelle dienen. Allerdings ist dies eine kostspielige Möglichkeit, sowohl im Hinblick auf den damit verbundenen Kapitalaufwand als auch die Tatsache, dass der Transformator unter Spannung gehalten werden muss. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die erforderliche Leistung aus einem Abzweig des lokalen NS-Verteilnetzes zu beziehen. Doch auch dies ist teuer und störanfällig. In einigen Fällen verfügt der Haupttransformator über eine dritte Wicklung für die Steuerspannungsversorgung. Doch dies ist aus konstruktiven, Zuverlässigkeits- und Kostengründen ebenfalls keine ideale Lösung. Eine weitere Möglichkeit ist der Einsatz eines Reservegenerators. Diese Lösung zeichnet sich durch geringe Anschaffungs-, aber hohe Lebensdauerkosten aus.

In vielen Fällen kann die Steuerspannungsversorgung wesentlich einfacher und zu einem Bruchteil der Kosten mithilfe eines SSVT (Station Service Voltage Transformer) bzw. eines SSMV (einem SSVT für Mittelspannung) bereitgestellt werden [1].

Der SSVT

Ein SSVT verbindet die Eigenschaften eines Leistungstransformators und eines Messwandlers in einem zuverlässigen, kostengünstigen, einfachen und kompakten Produkt, das sich ideal für Anwendungen mit niedrigen Leistungsanforderungen eignet. So kann der Leistungsbedarf einer entlegenen Kommune oder einer Unterstation mit einem einzigen SSVT oder SSMV erfüllt werden.

Der SSVT benötigt nur wenig Stellfläche, ist dank seiner einphasigen Bauweise einfach zu konfigurieren und liefert – mit bestimmten Spannungseinschränkungen – zwischen 25 und 333 kVA bei 50 oder 60 Hz. Ein SSVT bzw. SSMV ist zwar kein Ersatz für eine vollwertige Unterstation, er kann aber die Reichweite der Stromversorgung auf entlegene Kommunen – z. B. kleine Dörfer in Afrika – ausdehnen →1. SSVT-/SSMV-Einheiten sind wesentlich kleiner und leichter als ein Leistungstransformator, weshalb sie sich besonders für den Transport an schwer zugängliche Standorte in Afrika oder anderswo eignen. SSVTs/SSMVs



01

—
01 Eine SSVT-Anlage für 220 kV/100 kVA in der Demokratischen Republik Kongo in der Nähe einer HS-Übertragungsleitung.

Literaturhinweis

[1] M. Paul: „Kleines Wunder – Eigenbedarfs-Spannungswandler für niedrige Leistungsanforderungen“. ABB Review 1/2016, S. 12–17.

können während des Anlagenbaus als Stromquelle genutzt und später als Steuerspannungsquelle konfiguriert werden.

Ein SSVT bzw. SSMV ist in einer einphasigen Mantelbauweise ausgeführt und wird primärseitig zwischen Phase und Erde geschaltet. Eine zwischen die Hochspannungs-(HS-) und Niederspannungs-(NS-)Wicklungen geschaltete geerdete Schirmwicklung schützt die Sekundärseite vor transienten Überspannungen.

—
Mit einem SSVT kann die Steuerspannung wesentlich einfacher und zu einem Bruchteil der Kosten bereitgestellt werden.

Das Schutzkonzept des SSVT sieht einen Stromwandler am HS-seitigen Neutraleiter- oder Erdanschluss vor, der mögliche Erdschlüsse an der Sekundärwicklung erkennt. Ein Stromwandler am Erdungsdraht des Kessels ermöglicht die Erkennung eines primärseitigen Erdschlusses. Wie bei einem Leistungstransformator kann ein optionales Unteröl-Druckrelais zur Erkennung interner Fehler eingesetzt werden. Bei einem Fehler auf der Primärseite kann der Leitungsschutz den SSVT isolie-

ren. Zurzeit ist für eine Blitzstoßspannung (BIL) von bis zu 750 kV eine HS-Ausfallsicherung zur Trennung eines defekten SSVT/SSMV von der Übertragungsleitung verfügbar. Über 750 kV kann ein einphasiger Leistungsschalter verwendet werden.

Eine Unterstation mit einem einphasigen SSVT oder SSMV kann unbemannt und sehr einfach gehalten sein – mit einem Ableiter, HS-Leistungsschalter, Trennschalter, Erdungsnetz und einer NS-Verteiler-tafel – alles in einer einphasigen und platzsparenden Konfiguration.

Durch die Beseitigung eines oder mehrerer Zwischentransformatoren reduzieren sich die Leerlauf- und Kupferverluste, was die Energieeffizienz des Systems erhöht. Außerdem benötigen SSVTs nur einen Bruchteil der Ölmenge von vergleichbaren Leistungstransformatoren und arbeiten zudem nahezu geräuschlos.

Zurzeit befinden sich SSVTs mit höheren Nennleistungen in der Entwicklung, die größeren, bisher isolierten Kommunen einen bequemen Zugang zum Stromnetz ermöglichen sollen. In vielen Ländern Afrikas verspricht der direkte Zugang zur Stromversorgung, wie er durch SSVTs ermöglicht wird, eine drastische und grundlegende positive Auswirkung auf die wirtschaftliche und soziale Entwicklung. ●

AFRIKA

Äthiopiens neue Verbindung zur Welt

Auf den ersten Blick schien das Projekt zur Elektrifizierung der Bahnstrecke Awash–Kombolcha–Hara Gebaya mit einer Reihe standardmäßiger Unterwerke und Stromversorgungsanlagen eher unkompliziert. Doch schon bald zeigte sich, wie komplex der Ausbau eines schwachen Hochspannungsnetzes in der rauen Topografie der äthiopischen Landschaft sein würde. Neun Monate innovative Entwicklungsarbeit lieferten nicht nur die richtige Lösung, sondern auch einen Prozess, der bei der Realisierung anderer Projekte in Afrika (und anderen Teilen der Welt) helfen kann.



Gonzalo González
ABB Power Grids,
Grid Integration
Baden, Schweiz

gonzalo.gonzalez@
ch.abb.com

Ende 2014 erhielt ABB vom türkischen Generalunternehmer Yapi Merkezi Insaat den Auftrag, das Unternehmen beim Bau einer neuen Bahnstrecke für die Ethiopian Railway Corporation (ERC) zu unterstützen, die die Verkehrskorridore im Norden und Osten des Landes mit einer kürzlich eröffneten Strecke zwischen der äthiopischen Hauptstadt Addis Abeba und dem Hafen von Dschibuti verbindet →1–4.

Ausschlaggebend für den Auftrag war die hohe Zuverlässigkeit der Produkte und Dienstleistungen von ABB. Das Projekt umfasst die Entwicklung und Lieferung von Ausrüstungspaketen für fünf 230/27,5-kV-Bahnunterwerke, acht Streckenposten, sechs Schaltanlagen für neutrale Zonen und etwa 30 Schaltanlagen für die Hilfsenergieversorgung. Zu den im Lieferumfang enthaltenen Schlüsselprodukten gehören verschiedene Hoch- und Mittelspannungsschaltanlagen, 25-MVA-Bahnnetztransformatoren, dynamische Kompensationsanlagen vom Typ Dynacomp zur Verbesserung des Leistungsfaktors, Bahnstrom-Leistungsschalter vom Typ FSK II+ sowie Ausrüstungen für die Hilfsenergieversorgung.

Als ABB und Yapi Merkezi begannen, die Einzelheiten zu besprechen, wurde beiden Unternehmen der Umfang der vor ihnen liegenden Herausforderun-

gen klar: Wo und auf welcher Spannungsebene sollte die Netzanbindung realisiert werden, welche Art von Fahrdrachtsystem war vorgesehen, und wie verhält sich das System im gestörten Betrieb?

Zunächst sah ABB eine 245-kV-Netzanbindung vor, doch laut dem äthiopischen Stromversorger EEP konnten die ersten 200 km nur mit 132 kV angeschlossen werden. Für 245 kV wäre der Bau von Freileitungen über eine Entfernung von 100 km erforderlich.

—
ABB behauptet, mehr als nur Produkte anzubieten. Dies war eine ideale Gelegenheit, diesen Mehrwert zu demonstrieren.

Um eine passende Lösung zu finden, musste eine vollständige Simulation des Stromversorgungssystems durchgeführt werden. In Zusammenarbeit mit dem Kunden ergänzte ABB ihr Softwaremodell um die besonderen Merkmale des Projekts. Zum Beispiel steigt die 400 km lange Strecke von 800 m auf 2.000 m Höhe – eine Tatsache, die im ursprünglichen Plan nicht berücksichtigt war.



Bruce Warner
ABB Power Grids,
Grid Integration
Baden, Schweiz

bruce.warner@ch.abb.com



01

—
01 Bau der Brücken B24 und B25 bei Kilometer 186+000 nach der ILM-Methode (Bild: Yapi Merkezi).

Nachdem der ERC Vorschläge für den Standort der Schaltanlagen unterbreitet wurden, begann ein kollaboratives Hin und Her, das gleichermaßen vom

—
Der Kooperationsprozess lieferte einige innovative und notwendige Erkenntnisse.

Erwerb der erforderlichen Grundstücke als auch den technischen Anforderungen bestimmt war. Nach neun Monaten und der gemeinsamen Anstrengung von ABB, Yapi Merkezi und ERC hatte man eine Lösung gefunden, die den verschiedenen Anforderungen des Projekts gerecht wurde.

Der Kooperationsprozess lieferte einige innovative und notwendige Erkenntnisse:

- 25-kV-Einzel- oder Doppelfahrdrahtsystem: Anfänglich war eine Lösung mit 2 x 25 kV vorgesehen, die zur Verbesserung des Spannungsprofils entlang der Strecke beitragen würde, aber ein starkes Hochspannungsnetz erforderte. Aufgrund des schwachen Hochspannungsnetzes erwies sich die Lösung als nicht machbar, sodass ABB das Versorgungssystem schließlich den Anforderungen des Projekts entsprechend anpasste.

02



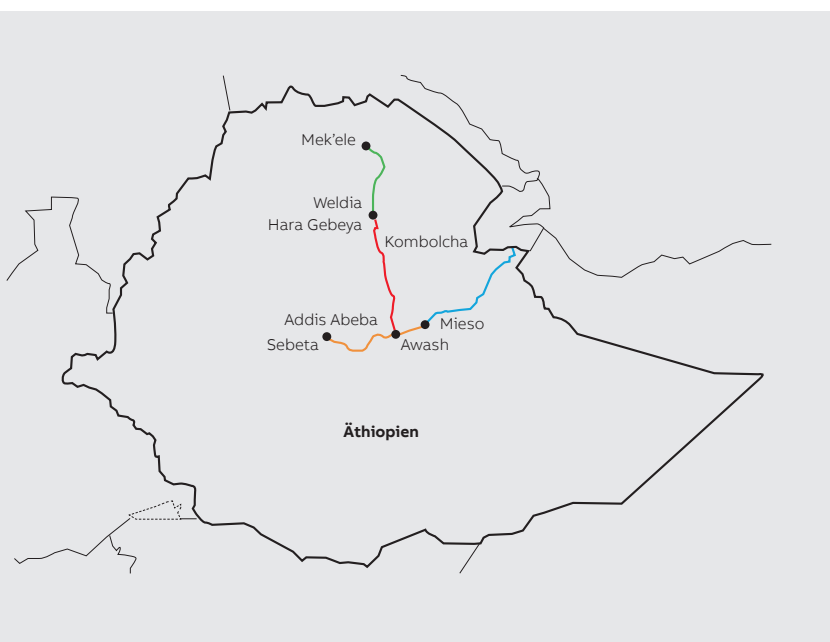
—
02 Künstlerische Darstellung des Bahnhofs Amibara, Äthiopien (Bild: Yapi Merkezi).



03

- Besonderheiten des Fahrdrachtsystems: Die Konstruktion von Fahrdrachtsystemen gehört zwar nicht zum Geschäft von ABB, doch da dies erhebliche Auswirkungen auf die Leistungs-

—
 ABB führte verschiedene Simulationen durch, um die optimale Lösung hinsichtlich Preis, Spannungsprofil und Zuverlässigkeit zu finden.



04

- fähigkeit des Gesamtsystems hatte, bat Yapi Merkezi um Unterstützung. In mehreren gemeinsamen Sitzungen erarbeitete man mögliche Lösungen und führte verschiedene Simulationen durch, um eine optimale Lösung hinsichtlich Preis, Spannungsprofil und Zuverlässigkeit zu finden.
- Gestörter Betrieb: Gefragt war eine Lösung, die ein Weiterfahren der Züge auch bei Stromausfällen ermöglichte. Bei einer umfassenden Lösung wären Züge in der Lage, auch bei Ausfall eines kompletten Unterwerks zu fahren, doch dies erwies sich angesichts der vorgesehenen Zahl von Unterwerken und des Zustands des



—
03 Typische Brücken-
konstruktion über einen
Fluss (Bild: Yapi Merkezi).

—
04 Das Projekt (rot) ver-
bindet die Wirtschafts-
und Verkehrskorridore
im Norden und Osten
Äthiopiens
(Bild: Yapi Merkezi).

—
05 Kapazitiver
Spannungswandler
Typ ABB CPB170.

—
06 HS-Stromwandler
Typ ABB IMB145.

vorhandenen Stromnetzes als unmöglich. ABB schlug eine alternative Lösung vor, bei der die Züge weiterfahren können, wenn ein Transformator in einem Unterwerk ausfällt, doch ERC war von diesem Ansatz nicht überzeugt.

ERC erwartete die Installation einer besonderen (auf dem europäischen Markt seltenen) Art von Bahnnetztransformator (dreiphasig in offener Dreieckschaltung), weil diese normalerweise in Ostafrika verwendet wird →5–6.

ERC war der Ansicht, dass diese Art von Transformator einen gestörten Betrieb im Unterwerk bei einem Ausfall verhindern würde. Dies wurde von ABB in einer Reihe von Untersuchungen geprüft, und schließlich eine Lösung mit drei einphasigen Transformatoren pro Unterwerk präsentiert.

Diese innovative Lösung war nicht nur praktischer als zwei dreiphasige Transformatoren in offener Dreieckschaltung, sondern auch viel zuverlässiger, da die Züge nicht nur bei Ausfall eines Transformator

05



06





07

—
07 HS-Trennschalter
Typ ABB SDF.

mators in einem Unterwerk, sondern auch bei Ausfall eines Transformators in allen Unterwerken weiter versorgt werden können.

- Streckenausbau: Obwohl ABB die Simulation für die komplette Strecke von 400 km durchführte, umfasste die erste Phase des Projekts (und des ABB-Auftrags) nur die ersten 270 km. Dabei sollten Züge die Endstation bei Kilometer 270 erreichen können, ohne dass der zweite Teil der Strecke fertiggestellt sein muss (die restlichen 130 km sollen in ein bis zwei Jahren in Betrieb sein). Aus diesem Grund wurde ein Unterwerk vom zweiten Abschnitt der Strecke in den ersten verlegt, womit sich der Umfang der ersten Phase von fünf auf sechs Schaltanlagen vergrößerte und für die zweite Phase von drei auf zwei Anlagen verringerte.

Angesichts der Tatsache, dass dieses und zwei weitere nahezu fertiggestellte Projekte erhebliche Anforderungen an das vorhandene Stromnetz stellen werden, sollte die von ABB bereitgestellte Technik zudem ausreichenden Spielraum für die zukünftigen Entwicklungspläne des Landes bieten.

Neben einer gewissen Überdimensionierung zum Schutz der vorhandenen Verbindungen lieferte ABB ERC wichtige Erkenntnisse über die Nutzung der installierten Anlagen für einen zukünftigen Ausbau.

—
Die von ABB bereitgestellte Technik sollte zudem ausreichenden Spielraum für die zukünftigen Entwicklungspläne des Landes bieten.

Der bisherige Projektfortschritt von Yapi Merkezi für den Abschnitt zwischen Kilometer 0+000 und Kilometer 270+000 beträgt 80%. ●

AFRIKA

Ein Modell zur besseren Elektrifizierungsplanung

Netzferne Elektrifizierungssysteme können die beste Lösung zur Versorgung von Gebieten darstellen, in denen das zentrale Stromnetz zu teuer ist oder die zuständige Gesellschaft nicht in der Lage ist, das Netz auszubauen. Forscher der Energy Initiative vom Tata Center for Technology and Design des MIT haben in Zusammenarbeit mit dem IIT-Comillas in Madrid ein computergestütztes Werkzeug namens Reference Electrification Model (REM) entwickelt, das die Elektrifizierungsplanung in Entwicklungsländern mit geringem Zugang zu Elektrizität verbessern und die Erfolgsrate von Off-Grid-Projekten erhöhen kann.



Yael Borofsky
Research Associate,
MIT Energy Initiative

yeb@mit.edu



Ignacio Pérez-Arriaga
Professor, Institute for
Research in Technology
(IIT)-Comillas University &
MIT Energy Initiative

ipa@mit.edu



Robert Stoner
Deputy Director for
Science and Technology,
MIT Energy Initiative

stoner@mit.edu

Im Afrika südlich der Sahara lebt mehr als eine halbe Milliarde Menschen ohne Elektrizität – meist in ländlichen Gebieten, die Jahre von einer zuverlässigen, zentralen Stromversorgung entfernt sind (falls es angesichts der zu erwartenden Kosten überhaupt dazu kommt). Ein erheblicher Teil der ländlichen Bevölkerung in Entwicklungsländern – laut der Internationalen Energieagentur 70% – könnte durch netzferne Systeme versorgt werden. Doch zu bestimmen, wo Off-Grid-Systeme wie Mikronetze die beste Lösung darstellen würden, ist (ganz zu schweigen vom Bau und Betrieb) leichter gesagt als getan. Hier kann das REM-Modell helfen. REM kann zudem die Kosten der Elektrifizierung schätzen und potenzielle Lösungen für ein schwieriges finanzielles Problem aufzeigen: Die Kosten für die Deckung eines geringen und weit gestreuten Bedarfs sind meist höher als das, was sich viele der unzureichend versorgten Kunden leisten können.

Ein jüngster Trend ist die Entwicklung kostengünstiger eigenständiger Systeme, die ein geringes Maß an Beleuchtung und Lademöglichkeiten für Mobiltelefone bieten. Doch solche Lösungen bieten Familien kaum Chancen, auf der Einkommensleiter emporzusteigen und die zusätzlichen Vorteile der Elektrizität zu nutzen. Der Mangel an industriellen oder gewerblichen „Ankerverbrauchern“ in ländlichen Gebieten, die den Gesamt-

ANMERKUNG DER REDAKTION:

Mit der Erfahrung aus drei Jahrzehnten und zahlreichen Projekten rund um die Welt gehört ABB zu den führenden Unternehmen im Bereich der Off-Grid- und Mikronetzlösungen. Ganz gleich, ob es darum geht, ganze Inseln, entlegene Dörfer oder isolierte Industriestandorte zu versorgen: ABB weiß, wie Systeme zugeschnitten und dimensioniert werden müssen – unabhängig von der Erzeugungsquelle und mit dem Ziel, eine maximale Zuverlässigkeit zu geringen Kosten zu gewährleisten. Kürzlich hat das Unternehmen eine Reihe neuer „Plug-&-Play“-Module auf der Basis vorgefertigter Varianten auf den Markt gebracht, die skalierbar, erweiterbar und leicht zu installieren sind.

Dieser Gastbeitrag vom Tata Center for Technology and Design, das zur Energy Initiative des MIT gehört, zeigt, wie solche Projekte identifiziert und beurteilt werden können. Das MIT gehört zu den Mitgliedern des ABB Technology Forums.

DIESELPREIS	
	\$ 0,85 \$ 0,90 \$ 0,95 \$ 1,00
REM-Lauf	Vaishali_sensitivity_ diesel_0 85_20160420
REM-Region	5
REM-Cluster	ug_1
Elektrifizierungstyp	Mikronetz
Kunden	8.769
Solarleistung (kW)	141,8
Speicherkapazität (kWh)	559,7
Leistung Generatorsatz (kW)	629,8
Energiekosten (\$/kWh)	0,29
Gedeckter Bedarf	0,99
Spitzenbedarf (kW)	782,9
Bedarf (kWh/Jahr)	2.034.823,07
Diesel (Liter)	474.274
Jährl. Finanzkosten (\$)	572.840

— Mikronetz
— Netzerweiterung
● Vom modellierten Netz versorgte Kunden
● Bereits elektrifizierte Kunden

01

verbrauch anheben würden, erschwert die Konzeption wirtschaftlich tragbarer Systeme. Die Diversität der Umstände, unter denen Mikronetze eine vielversprechende Lösung darstellen, schafft Skalierbarkeitsprobleme, die die Entwicklungskosten in die Höhe treiben können.

—
REM bietet ein Höchstmaß an Granularität, das in solchen datenbegrenzten Umgebungen bisher unerreichbar war.

Neben anderen Unsicherheiten lässt auch die Möglichkeit, dass das Netz schließlich doch kommen könnte, Investitionen in Off-Grid-Systeme riskant erscheinen.

Angesichts dieser Hindernisse – und der regulatorischen Herausforderungen, die sich ergeben, wenn der Status Quo des Stromsektors in Frage gestellt wird – sollte die Entscheidung, wo das Netz erweitert, Mikronetze realisiert oder Standalone-Systeme eingesetzt werden, genau überlegt werden. Bestehende Ansätze für diese Art der „hybridisierten“ Elektrifizierungsplanung in Ent-

wicklungsländern reichen von politisch motivierten Entscheidungen zum Ausbau des Netzes bis hin zu anderen Softwaretools wie dem Network Planner der Columbia University.

REM bietet ein Höchstmaß an Granularität bei der Entscheidungsfindung im Hinblick auf die Elektrifizierung (d. h. auf der Ebene einzelner Gebäude), das in solchen datenbegrenzten Umgebungen bislang unerreichbar war.

REM ist ein robustes Optimierungstool, das darauf ausgelegt ist, Daten zu Regionen jeglicher Größe – sei es ein Dorf, ein Landkreis oder ein ganzes Land – zu verarbeiten, um Kostenvergleiche zwischen verschiedenen Kombinationen von Elektrifizierungsarten (Netzerweiterungen, Mikronetze oder Standalone-Systeme) anzustellen und Bereiche zu identifizieren, die sich besser für eine netzgekoppelte oder netzferne Elektrifizierung eignen →6. Darüber hinaus liefert das Tool erste technische Entwürfe für empfohlene Netzerweiterungen und ist in der Lage, detaillierte Systementwürfe für Netzerweiterungen oder Mikronetze zu erstellen, die von Auftragnehmern, Regierungen und Investoren für die Szenarioplanung und Budgetierung genutzt werden können.



Funktionsweise

Zur Beurteilung der Zielkonflikte und Bestimmung der kostengünstigsten Pläne benötigt REM zwei Kategorien von Eingaben:

- Räumlich-geografische und Ressourceninformationen – Lage von Gebäuden, Stromverteilungsnetz (wenn vorhanden), administrative oder kontextrelevante Grenzen (einschließlich topografischer und geologischer Merkmale, die das Netz nicht oder zu höheren Kosten überwinden kann) →2 sowie die Verfügbarkeit und die Preise verschiedener Energieressourcen.
- Strombedarf und Kosten – Klassifizierung von Gebäudearten, Charakterisierung des Strombedarfs für jede Gebäudeart (auf der Grundlage von Daten wie stündliche Bedarfsprofile von ähnlichen Gebäuden in ähnlichen Kontexten, Zensusdaten über den Besitz von Geräten oder bestehende Bedarfsziele) →4, Elektrifizierungsstatus von Gebäuden, Zuverlässigkeit des vorhandenen Netzes, Kosten für nicht gelieferte Energie, Ausstattung/technische Anforderungen des Netzes und der Erzeugungsanlagen sowie ein Abzinsungsfaktor zur Bestimmung des Kapitalwerts eines Projekts.

Die grundlegende Eingabe ist die Lage der Gebäude in der untersuchten Region, denn es ist die Fähigkeit, Entscheidungen auf einer solch granulareren Ebene zu treffen, die es REM ermöglicht, Planungen sowohl im kleinen als auch im großen Maßstab durchzuführen. Da diese Informationen von Verwaltungen und lokalen Energieversorgern noch immer selten zu bekommen sind (obwohl hier in jüngster Zeit erhebliche Fortschritte zu beob-

achten sind), nutzt REM einen Algorithmus, der in der Lage ist, die Standorte von Gebäuden aus Satellitenbildern zu extrahieren →5. Mithilfe dieser Daten gliedert REM die Gebäude in mehreren

—
REM gliedert die Gebäude in Cluster, entwirft Systeme für diese Cluster und vergleicht die Kosten der realisierbaren Optionen.

Verarbeitungsschritten in Cluster, entwirft Systeme für diese Cluster und vergleicht die Kosten der realisierbaren Optionen.

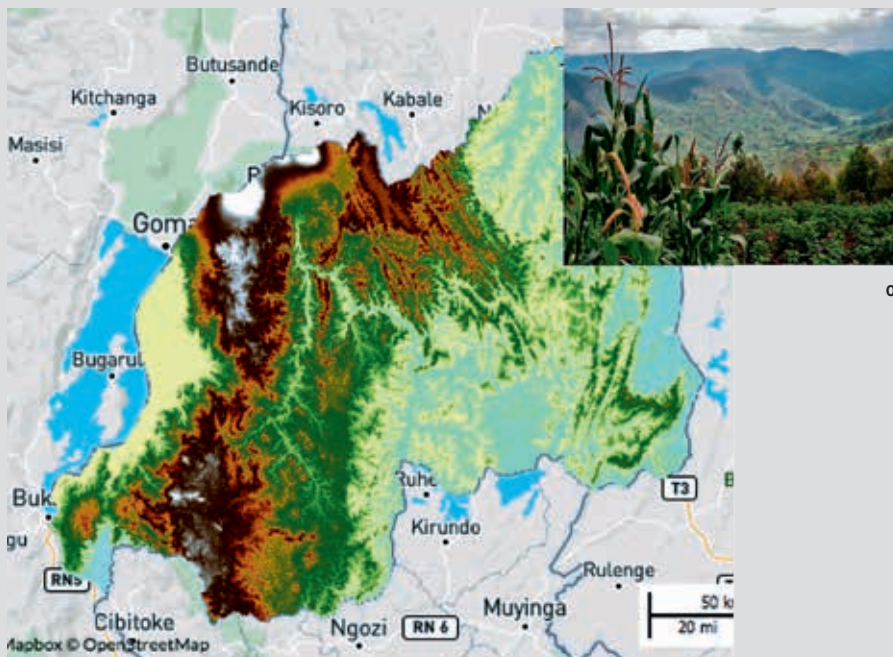
Die Ausgabe der Informationen zu den kostengünstigsten Optionen für alle Verbraucher in einer Region erfolgt in zwei Formaten. Das erste ist eine Tabelle mit Informationen über jeden Cluster bzw. jedes Einzelgebäude einschließlich des vorgesehenen Systems, der geschätzten Kosten für das System, der Art der Erzeugung und einer detaillierten Kostenaufstellung. Die zweite Ausgabe ist eine Reihe von Dateien, die zur Evaluierung des gesamten untersuchten Gebiets mithilfe von GIS-Software dargestellt werden können →1.

Diese Ergebnisse können von (staatlichen oder privaten) Projektplanern genutzt werden, um eine Vielzahl von Was-wäre-wenn-Planungsfragen zu erörtern und mögliche Folgen verschiedener politischer oder regulatorischer Eingriffe zu unter-

—
 01 Mögliche Darstellung der REM-Ausgabe für den Nutzer.

—
 02 Eine topografische Karte von Ruanda, wie sie als Eingabe für REM verwendet wurde.

—
 03 Blick vom Dorf Karambe auf das bergige Gelände in Ruanda (Foto: Ignacio Pérez-Arriaga).



03

02

suchen. Das Ziel von REM auf der Einzelsystemebene besteht darin, eine zuverlässige Grundlage für weitere Machbarkeitsstudien und die Beteiligung der lokalen Gemeinschaft zu liefern.

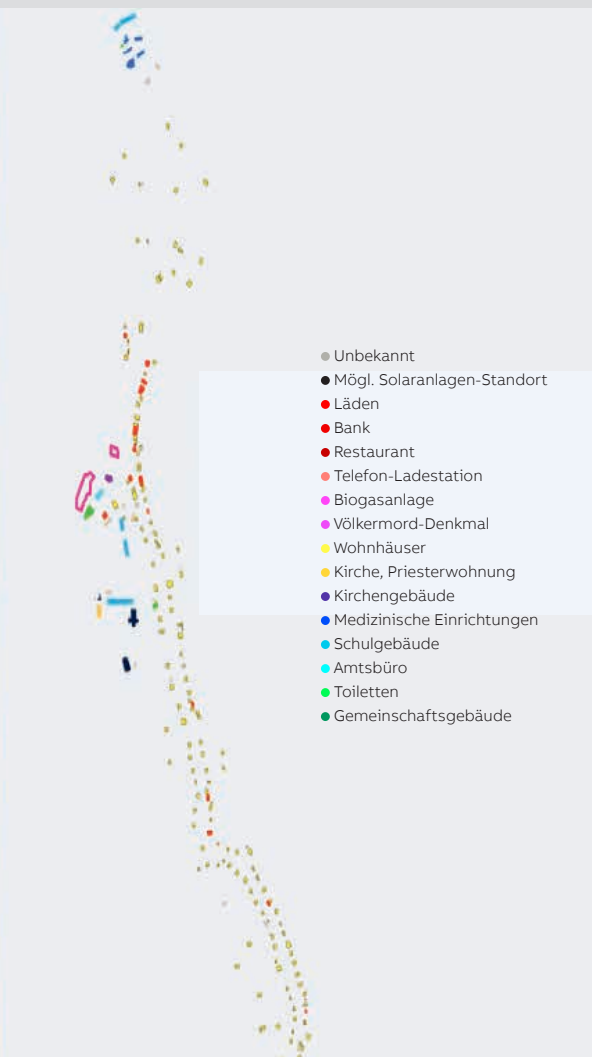
Status und Verfügbarkeit

Die Entwicklung von REM wurde unterstützt durch frühe Vor-Ort-Projekte, die zur Verbesserung verschiedener Funktionalitäten des Modells und einigen wichtigen Erkenntnissen geführt haben. In Ruanda, wo das REM-Team mit den Ministerien für Infrastruktur und Bildung zusammenarbeitete, wurde z. B. deutlich, dass sich die bergige Geografie des Landes besonders gut für Mikronetze eignet →3, da eine Erweiterung des Netzes zu diesen Dörfern bzw. die elektrische Verbindung der Dörfer sehr teuer ist. Die Kommunen legen großen Wert auf Elektrizität, da die Einwohner dann nicht mehr so häufig in die Hauptstadt hinunter reisen müssen, um Batterien zu kaufen oder Mobiltelefone aufladen zu lassen.

Neben der REM-Analyse wurden umfangreiche Gemeinschaftserhebungen genutzt, um zuverlässige Lastschätzungen zu erhalten und die Gefahr einer Überdimensionierung der Systeme und unnötiger Kosten zu reduzieren.

—
Die Ergebnisse können von Projektplanern zur Erörterung von Was-wäre-wenn-Planungsfragen genutzt werden.

In Vaishali, einem Distrikt in Bihar (einem der ärmsten Bundesstaaten Indiens) wurde REM zur Modellierung verschiedener Elektrifizierungsszenarien eingesetzt, die zu weiteren interessanten Schlussfolgerungen führten. So zeigen die REM-Analysen, dass Gebiete, in denen es bereits eine Verteilnetzinfrasturktur gibt, trotzdem gute Kandidaten für Mikronetze sein können, wenn die Netzzuverlässigkeit schlecht ist und der Netzausbau nicht schnell voranschreitet.





05

— 04 Beispiel für die Charakterisierung von Verbrauchern in Karambe, Ruanda.

— 05 Frühe Ergebnisse einer Lokalisierung von Gebäuden auf Satellitenbildern mithilfe eines Algorithmus zur Objektextraktion.

— 06 Grafisches Beispiel für die Veränderung der Kosten bei verschiedenen Annahmen hinsichtlich des Bedarf und des Erzeugungsmix.

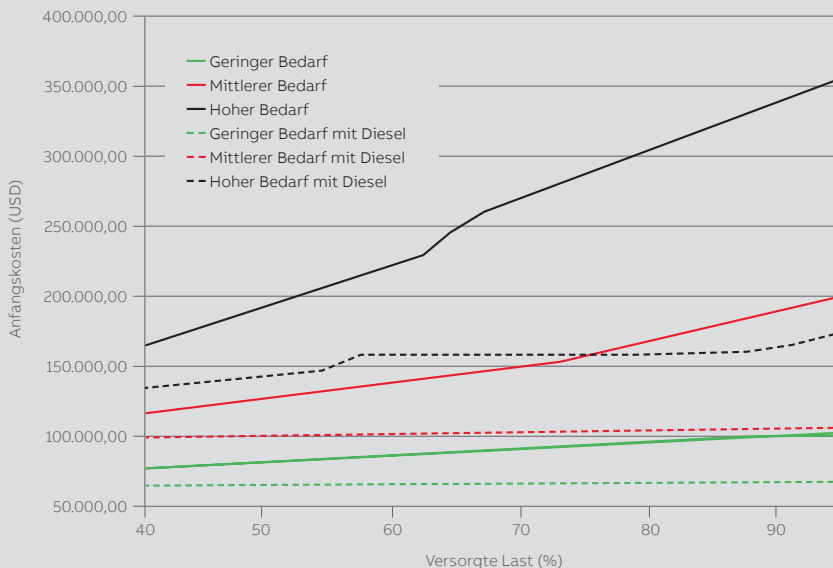
Außerdem führt die mangelnde Lastdiversität zu einer ausgeprägten Bedarfsspitze am Abend und erfordert erhebliche Batteriespeicherkapazität,

REM spielt eine entscheidende Rolle, wenn es darum geht, den besten „Lösungsmix“ in Ländern zu finden, in denen hybride Stromversorgungssysteme in Frage kommen.

was die Mikronetzkosten in die Höhe treibt. REM verwendet eine rigorose Systemoptimierung zur Minimierung der Investitions- und Betriebskosten

für ein vorgegebenes Zuverlässigkeitsziel unter Berücksichtigung der zu erwartenden Bedarfsprofile sowie historischer Wetter- und Sonneneinstrahlungsdaten.

REM hilft Nutzern schon jetzt dabei, besser zu verstehen, welche bedeutende Rolle staatliche und private Gelder beim Schließen der sogenannten „Viability Gap“ spielen – also der Lücke zwischen dem, was Menschen ohne Zugang zu Elektrizität zahlen können, und dem, was es kostet, ihren Zugang zu Elektrizität zu verbessern. Da es gilt, eine Vielfalt von großen und kleinen Projekten zu betrachten, spielt REM eine entscheidende Rolle, wenn es darum geht, verschiedene Optionen zu untersuchen und den besten „Lösungsmix“ in Ländern zu finden, in denen hybride Stromversorgungssysteme in Frage kommen. ●



06



Sicherheit und Desig





38

In den über einhundert Jahren, in denen ABB ihre Kunden mit neuester Technologie ausstattet, hat sich gezeigt, dass Benutzerfreundlichkeit und – wenn es um den Betrieb kritischer Systeme geht – Zuverlässigkeit nicht nur funktionale Anforderungen sind, sondern ein wesentlicher Bestandteil der Sicherheit. Dieses Wissen fließt in das Design von Geräten und den dazugehörigen Steuerungssystemen ein, um die Gefahr von Störungen zu reduzieren und – falls es doch dazu kommt – die Auswirkungen und die Dauer zu minimieren.

- 30 Auswirkungen menschlicher Faktoren auf die Anlagensicherheit
- 35 Adaptive Arbeitsumgebungen verbessern die Mobilität des Leitwartenpersonals
- 38 Modellierung der Isolation in Hochspannungs-Schaltanlagen



30

SICHERHEIT UND DESIGN

Auswirkungen menschlicher Faktoren auf die Anlagensicherheit

In modernen Anlagen muss das Bedienpersonal häufig zahlreiche Aufgaben erfüllen, sodass es ihm schwer fällt, ungewöhnliche Prozessbedingungen zu bewältigen. Forschungen haben gezeigt, dass ein intelligenter und ergonomischer Arbeitsplatz dabei helfen kann, das Risiko zu mindern und die Produktivität zu steigern.

Luis Duran
Hampus Schäring
Industrial Automation,
Control Technologies
Houston, USA

luis.m.duran@us.abb.com
hampus.scharing@
us.abb.com

Jeton Partini
Industrial Automation,
Control Technologies
Boras, Schweden

jeton.partini@se.abb.com

Die Einführung missionskritischer Computersysteme und automatisierter Aufgaben in Fertigungsprozessen hat dafür gesorgt, dass die Sicherheit und Produktivität im normalen Betrieb gestiegen ist. Doch was passiert, wenn es zu außergewöhnlichen Situationen kommt? Hier muss nach wie vor der Mensch einschreiten →1

Menschliche Faktoren und Sicherheitskultur

Der Faktor Mensch muss aus vielerlei Gründen im Mittelpunkt jeder Sicherheitsdiskussion stehen. Nicht zuletzt, weil menschliches Versagen trotz der strikten Sicherheitskultur in den meisten Unter-

Für eine erfolgreiche Sicherheitskultur ist eine klare und explizite Risikomanagementstrategie im Unternehmen erforderlich.

nehmen nach wie vor eine häufige Ursache von Zwischenfällen und Unfällen ist. Die Folgen solcher Vorfälle reichen von kleineren Verletzungen bis hin zu schlagzeilenträchtigen Katastrophen. Für eine erfolgreiche Sicherheitskultur ist eine klare und explizite Risikomanagementstrategie im Unternehmen erforderlich.

Risiken verstehen und managen

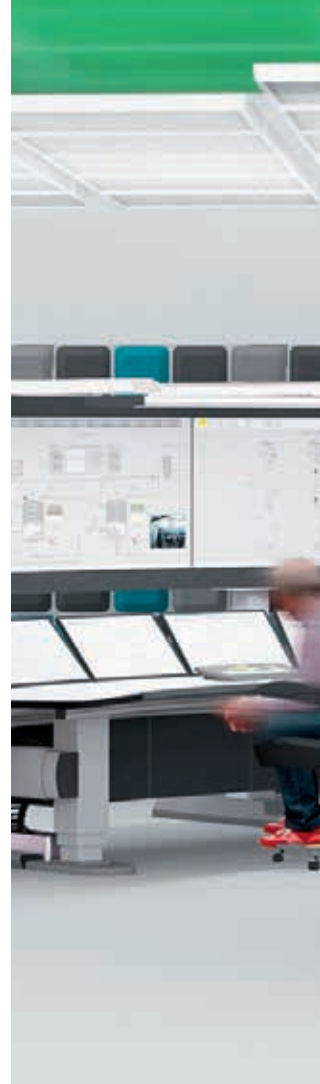
Für ein besseres Verständnis und Management der Risiken sollten Anlagenbetreiber zunächst eine Gefahren- und Risikobeurteilung durchführen, um die allgemeinen Sicherheitsanforderungen zu identifizieren. Anschließend sollten vorbeugende Maßnahmen festgelegt werden, um Ausfälle soweit wie möglich zu verhindern oder – falls es doch dazu kommt – die negative Folgen zu minimieren. Als Ausgangspunkt können hier bereits gemachte Erfahrungen dienen:

- Was sollte nach einer bestimmten Erfahrung anders gemacht werden, um ein erneutes Eintreten zu verhindern?
- Was kann getan werden, um mehr aus dieser Erfahrung zu lernen?
- Was sollte nach einem erneuten Eintreten der Erfahrung anders gemacht werden?

Wichtig ist, dass die Sicherheitskultur eines Unternehmens nicht als lästige Pflicht, sondern als Möglichkeit für Einzelpersonen und Abteilungen gesehen wird, um aus positiven Veränderungen zu lernen. So können Mitarbeiter zu einer sichereren und produktiveren Arbeitsweise motiviert werden →2.

Technologie als Teil der Lösung

Im Hinblick auf mögliche Ausfälle sehen bewährte Engineeringverfahren eine Verteilung der Risikominderung auf verschiedene Schutzebenen in Form von unabhängigen Funktionen und Systemen





01

— 01 Letztendlich muss der Mensch eingreifen, um viele ungewöhnliche Situationen zu beheben.

— 02 Sicherheit und Produktivität sollten Bestandteil der Unternehmenskultur sein.

vor. Dazu gehören sogenannte sicherheitstechnische Systeme (Safety Instrumented Systems, SIS), die eine oder mehrere Schutzebenen realisieren.

Schutzebenen

Ein Prozessleitsystem beinhaltet eine „Ebene“, die nicht nur die Produktivität des Prozesses unterstützt, sondern auch den Anlagenbedienern dabei hilft, den Prozess innerhalb sicherer Betriebsgrenzen zu halten. Heute warnen die meisten Prozess-

leitsysteme das Bedienpersonal bei ungewöhnlichen Bedingungen und unterstützen es durch Bereitstellung kritischer Informationen in Echtzeit.

— **Bewährte Engineeringverfahren sehen eine Verteilung der Risikominderung auf verschiedene, voneinander unabhängige Schutzebenen vor.**

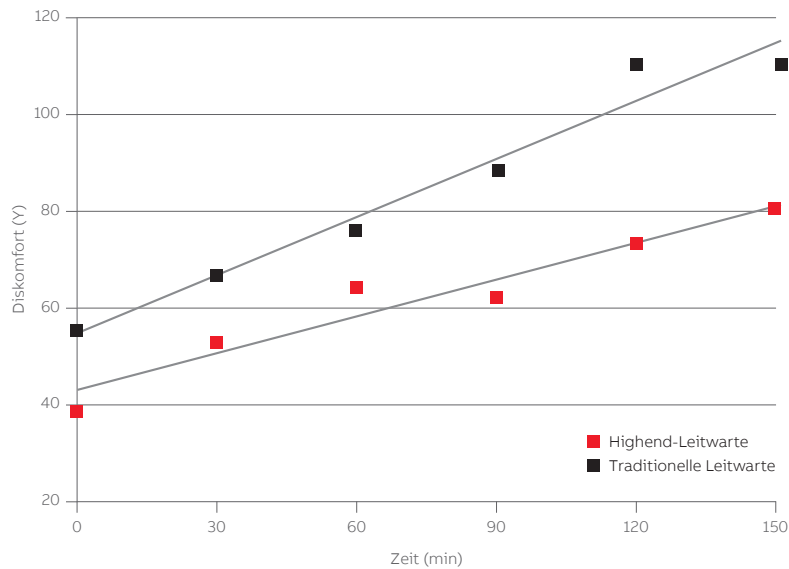
02



Entwickeln sich Ereignisse zu schnell für einen wirksamen Eingriff durch das Bedienpersonal, treten andere Schutzebenen – z. B. ein automatisches SIS – in Aktion, um die normalen Prozessbedingungen wiederherzustellen.

Ein sicherheitsgerechtes Design wird durch eine Reihe von Normen wie die IEC 61508 und IEC 61511 unterstützt, deren Ziel es ist, „Best Practices“ für die Entwicklung, Dokumentation, Validierung und Verifizierung von Sicherheitsprojekten zu definieren.

Für den Fall, dass keine der Ebenen (Technologie oder Mensch) die Gefahr verhindern kann, gibt es weitere Ebenen, die die Folgen mindern sollen, wie Feuer- und Gaswarnsysteme oder Notfallmaßnahmen, die hier nicht behandelt werden.



03

Tatsächlich aber werden alle diese Technologien von Menschen entwickelt und implementiert, weshalb sie nicht perfekt bzw. zu 100 % sicher sein können.

Integration von Leit- und Sicherheitssystemen

Integrierte Leit- und Sicherheitssysteme ermöglichen einen effektiven Betrieb und helfen dabei, bestimmte Ursachen für menschliches Versagen zu minimieren. Zu den Vorteilen dieses Ansatzes gehören:

- Häufige Fehlerarten können bereits bei der Entwicklung und vor der Produkteinführung ausgeschlossen werden.
- Das Standardprodukt kann so gestaltet werden, dass ein unbefugter Zugriff auf kritische Einrichtungen verhindert wird.
- Das Produkt kann im Rahmen von integrierten Prüfungen im Testlabor durch Experten getestet werden, die über umfassendes Fachwissen zu den verschiedenen beteiligten Technologien verfügen.

Nutzerorientiertes Design

Laut verschiedenen Quellen sind rund 70 % aller weltweit gemeldeten Zwischenfälle in der Öl- und Gasindustrie auf menschliches Versagen zurückzuführen. Gleichzeitig verursachen sie über 90 % der finanziellen Verluste in der Branche. Dem kann entgegengewirkt werden, indem die psychosoziale und die physische Arbeitsumgebung des Leitwartenpersonals aufeinander abgestimmt werden. Durch diese Art des „Human Factor Engineerings“ und die Nutzung ergonomischer Lösungen können finanzielle Verluste vermieden werden.

Die Gestaltung einer Arbeitsumgebung für Menschen in einer Leitwarte oder Leitzentrale ist ebenso anspruchsvoll wie fundamental. Eines der wichtigsten Ziele ist die Reduzierung von menschlichen Fehlern durch Abstimmung physischer und psychosozialer Elemente. Laut der britischen Health and Safety Executive (HSE) umfasst die physische Komponente die Gestaltung des gesamten Arbeitsplatzes und der gesamten Arbeitsumgebung. Die psychische Komponente beinhaltet die Informations- und Entscheidungsfindungs-

—
Dem kann entgegengewirkt werden, indem die psychosoziale und physische Arbeitsumgebung des Leitwartenpersonals aufeinander abgestimmt werden.

anforderungen einzelner Personen sowie deren Wahrnehmung der Aufgaben und Risiken. Diskrepanzen zwischen den Arbeitsanforderungen und den Fähigkeiten der Betroffenen erhöhen das Potenzial von menschlichen Fehlern [1].

Es gibt eine Vielzahl von Richtlinien und Normen, die sich mit der Gestaltung von Leitwarten bzw. Leitzentralen befassen. In der Offshore-Industrie hat sich z. B. die ISO 11064 weltweit als Hauptstandard etabliert.

Entwicklung der Arbeitsumgebung

Trotz der Häufigkeit von menschlichen Fehlern und der dadurch verursachten Kosten konzentrierte sich die Gestaltung von Leitwarten und -zentralen in der Vergangenheit zu Lasten der menschlichen

— 03 Empfundener Diskomfort in einer traditionellen und einer Highend-Leitwarte.

— 04 Die Flexibilität des Extended Operator Workplace ermöglicht einen nutzerorientierten Ansatz und somit eine Steigerung der Effizienz.

Seite vorwiegend auf physische Aspekte und den Prozess selbst. Zudem geht der zunehmende Einsatz von Leitzentralen anstelle von lokalen Leitwarten mit einer höheren Arbeitslast des Bedienpersonals und einem damit verbundenen

—
Das Gesundheitsbewusstsein des Bedienpersonals ist einer der Hauptantriebsfaktoren für die Entwicklung von Lösungen zur frühzeitigen Erkennung von negativem Stress.

höheren Stressniveau einher. Mehr Stress kann wiederum zu Depressionen, Angstzuständen und Burnout führen.

Schlechte Ergonomie, unzureichende Beleuchtung und hohe, gesundheitsschädliche Geräuschpegel können diese an sich schon ungünstige Situation weiter verschlechtern.

Die Abstimmung von psychosozialen und physischen Elementen trägt automatisch zur Verbesserung der Gesundheit und des Wohlbefindens in der Leitwarte bzw. -zentrale bei. Unternehmen sollten Stressmanagement- und Beratungsgrundsätze entwickeln, um diejenigen Arbeitsweisen zu identifizieren und zu beseitigen, die die größte Unzufriedenheit verursachen. Natürlich unterscheiden sich Menschen in ihren kognitiven Prozessen und ihrer Fähigkeit, Probleme zu lösen – so können z. B. einige Bediener gut mehrere Dinge gleichzeitig erledigen oder die Komplexität einer Aufgabe erfassen, während andere ihre Stärke in der Datenanalyse oder der Personalführung haben. Dennoch gibt es einen Wert, den alle gemeinsam haben: die Gesundheit. Das Gesundheitsbewusstsein des Bedienpersonals ist einer der Hauptantriebsfaktoren für ABB bei der Entwicklung von Lösungen zur frühzeitigen Erkennung von negativem Stress und Anzeichen einer sich verschlechternden Gesundheit.

Zusätzliche Bedeutung gewinnt das nutzerorientierte Design durch den demografischen Druck, der von einer alternden Belegschaft auf der nördlichen Halbkugel ausgeht. Um zu verhindern, dass wertvolles Wissen verloren geht, müssen junge Menschen für eine Karriere in der Industrie interessiert werden. Dies kann nur gelingen, wenn ihnen ein Arbeitsplatz angeboten wird, der sie zufriedenstellt.





05

—
05 Eine erstklassige Leitwartenumgebung reduziert die Wahrscheinlichkeit von menschlichem Versagen.

—
Literaturhinweis
[1] „Reducing error and influencing behavior“. Health and Safety Executive, 1999. Verfügbar unter: <http://www.hse.gov.uk/pUbns/priced/hsg48.pdf>

Ein ganzheitlicher Ansatz

Nur die physische oder die psychosoziale Komponente der Leitwartenumgebung zu verbessern, ist kein ganzheitlicher Ansatz. Vielmehr müssen beide Aspekte auf verträgliche Weise verbessert werden. Dies unterstreichen Forschungsarbeiten von ABB in Zusammenarbeit mit der Technischen Hochschule Chalmers in Schweden, bei denen eine traditionelle Leitwarte mit einer hochentwickelten Highend-Leitwarte verglichen wurde. Zwar nahm bei beiden der empfundene Diskomfort mit der Zeit zu, doch in der Highend-Leitwarte war der Anstieg geringer, d. h. es lag unter physischen und psychosozialen Aspekten eine ganzheitlichere Umgebung vor →3.

Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung

Eine Möglichkeit zur Beeinflussung der Leistungsfähigkeit ist die Verwendung unterschiedlicher Beleuchtungsniveaus. So steigert ein hohes Beleuchtungsniveau die Motivation und reduziert Fehler und Unfälle. Außerdem hat die Beleuchtung direkte Auswirkungen auf die Gesundheit und das Wohlbefinden, da der menschliche Biorhythmus direkt mit der Umgebungshelligkeit verknüpft ist. In Zusammenarbeit mit der Universität Lund und anderen Hochschulen arbeitet ABB an einer nutzerorientierten Beleuchtungsplattform für Leitwartenpersonal. In einer praktischen Anwendung der Forschungsarbeit hat das Bedienpersonal die Möglichkeit, die Beleuchtung in seinem jeweiligen Aufgabenbereich mithilfe von kaltem oder warmem Licht frei einzustellen →4. Mit einer Beleuch-

tungsstärke zwischen 900 und 1.800 lx liegt das Niveau über der von der ISO 11064 empfohlenen Mindeststärke von 500 lx.

Eine weitere Möglichkeit, die Effizienz des Bedienpersonals zu erhöhen, besteht darin, die Vielzahl von Kommunikationsmöglichkeiten zu vereinfachen (ein Bediener wird nicht effizienter, wenn er viele verschiedene Kommunikationsmittel gleichzeitig nutzt). Statt eines Wirrwarrs an Geräten für UKW/UHF-Funk, Telefonie, Mobilfunk, Wechselsprechanlage, Rufsystem usw. kann die gesamte Kommunikation auf ein Gerät gelegt werden.

—
Integrierte Leit- und Sicherheitssysteme ermöglichen einen effektiven Betrieb und helfen dabei, bestimmte Ursachen für menschliches Versagen zu minimieren.

Die Steuerung der Geräuschpegel mithilfe von gerichtetem Schall ist eine weitere Möglichkeit, die Bedingungen am Arbeitsplatz zu verbessern. Sogenannte „Sound Showers“ sind besonders nützlich, da sie die Telekommunikation, Alarmierung usw. ermöglichen, ohne dass andere Personen gestört werden.

Der Mensch an erster Stelle

Die Berücksichtigung von menschlichem Versagen ist ein wichtiger Bestandteil der Gestaltung von Leitwarten. Systemdesigner müssen sehr vorsichtig sein, da sie menschliche Fehler herbeiführen können, wenn sie nicht alle betrieblichen Eventualitäten identifiziert und ein geeignetes Regelungsverfahren oder eine geeignete Systemreaktion dafür vorgesehen haben. Diese latente Gefahr kann im Verborgenen lauern, bis eine bestimmte betriebliche Konstellation eintritt und es zu einem Zwischenfall kommt. In solchen Situationen ist das Bedienpersonal häufig unvorbereitet und nicht in der Lage, angemessen zu reagieren.

Bei der Investition in neue Einrichtungen oder der Modernisierung vorhandener Anlagen könnten Industriebetriebe davon profitieren, wenn sie einen Teil der Investitionen dafür nutzen würden, die Wahrscheinlichkeit von menschlichem Versagen zu reduzieren. Dies kann z. B. durch die Umsetzung von Best Practices für die nutzerorientierte Gestaltung geschehen →5. Die Berücksichtigung der menschlichen Faktoren in der Leitwarte eröffnet nicht nur eine Vielzahl von zusätzlichen Vorteilen, sondern führt auch zu einer sicheren und produktiveren Arbeitsumgebung. ●

 SICHERHEIT

Adaptive Arbeitsumgebungen verbessern die Mobilität des Leitwartenpersonals

Leitwartenpersonal muss seinen Arbeitsplatz von Zeit zu Zeit vorübergehend verlassen. ABB hat den Prototyp einer Arbeitsumgebung entwickelt, bei der sich das Bedienpersonal nicht mehr notwendigerweise direkt am Arbeitsplatz aufhalten muss, um seine Arbeit effektiv zu erledigen.

Veronika Domova
Saad Azhar
Jonas Brönmark
 ABB Corporate Research
 Västerås, Schweden

veronika.domova@se.abb.com
 saad.azhar@se.abb.com
 jonas.bronmark@se.abb.com

Maria Ralph
 Ehemalige
 ABB-Mitarbeiterin

Die Bedienerarbeitsplätze heutiger Leitwarten sind häufig wesentlich komplexer als noch vor zehn Jahren. Auch wenn viele Prozessereignisse von der modernen Prozessleittechnik bewältigt werden

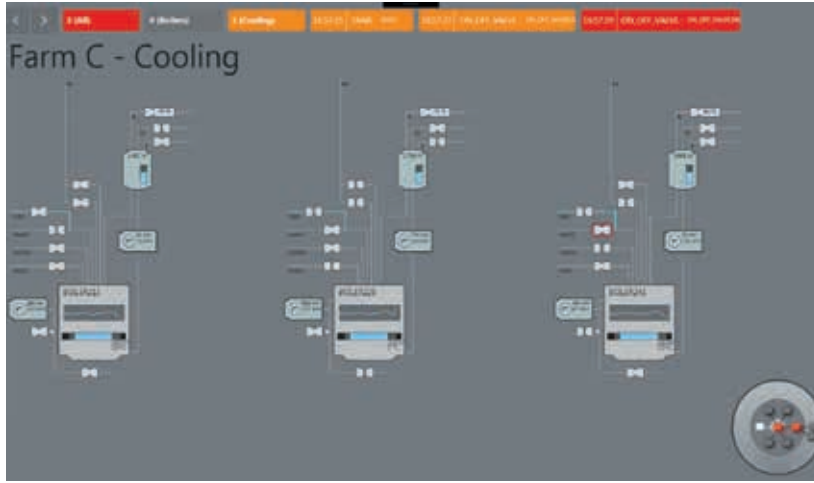
Das Hauptziel des Prototyps bestand darin, die Flexibilität des Bedienpersonals bei der Interaktion mit dem Leitsystem zu erhöhen.

können, ist die ständige Anwesenheit eines menschlichen Bedieners in vielen Fällen zwingend erforderlich. Doch viele Bediener müssen ihren Platz während einer Schicht mehrmals verlassen. Was kann getan werden, um die Wachsamkeit des Personals über den Prozess während solcher Phasen der Abwesenheit zu erhalten?

Der erste Schritt zur Entwicklung einer Lösung, die dem Bedienpersonal eine größere Mobilität ermöglicht, besteht darin, ein umfassendes Verständnis für die Arbeitsweise des Leitwartenpersonals zu

entwickeln. Dazu wurden Interviews und Beobachtungen durchgeführt, um wertvolle Einblicke in die „echten“ Arbeitsweisen, Ziele, Bedürfnisse und Bedenken des Personals zu erhalten:

- Das Bedienpersonal interagiert mit mehreren komplexen grafischen Benutzeroberflächen (GUIs) auf mehreren Bildschirmen und navigiert zwischen vielen verschiedenen Ansichten des zu steuernden Prozesses.
- Für das Bedienpersonal ist es manchmal nicht leicht, die richtige Maus für den richtigen Bildschirm zu finden und eine bestimmte Ansicht oder ein bestimmtes Objekt aufzurufen. Die Navigation basiert in der Regel auf komplexen Dropdown-Menüs mit mehreren Ebenen, die sich zum Teil über den gesamten Bildschirm erstrecken.
- Wenn ein Bediener seinen Arbeitsplatz verlassen muss, um zum Platz eines Kollegen zu gehen, ist es schwierig, die Vorgänge am eigenen Arbeitsplatz (z. B. welche Alarmer ausgelöst werden) im Auge zu behalten.



01



02

- Es kommt vor, dass das Bedienpersonal Arbeiten außerhalb der Leitwarte (etwa im Produktionsbereich) erledigen muss. Nach der Rückkehr in die Leitwarte wird zusätzliche Zeit benötigt, um Sicherheitsausrüstung oder Schutzkleidung abzulegen oder die Hände zu waschen, bevor wieder mit der Prozesssteuerung interagiert wird.

Die gesammelten Informationen lieferten wichtige Designkriterien für die neue Lösung.

Designkonzepte

Auf der Grundlage der bei den Interviews und Beobachtungen ermittelten Bedürfnisse wurde ein Prototyp erstellt. Das Hauptziel des Prototyps bestand darin, die Flexibilität des Bedienpersonals

—
 Liegt mindestens ein dringender Alarm vor, schaltet die Leuchte auf hellrotes Licht um. Liegen nur Warnungen vor, leuchtet sie orange.

03



bei der Interaktion mit dem Leitsystem (d. h. wie und wo es mit dem System interagiert) zu erhöhen, indem Folgendes gewährleistet wird:

- Die Möglichkeit zu arbeiten, auch wenn man sich nicht vor den Bildschirmen befindet
- Flexibilität in der Arbeitsweise des Bedienpersonals
- Schnelle Navigation zwischen verschiedenen Ansichten im System
- Schnelle Navigation zu einem bestimmten Prozessobjekt innerhalb einer Ansicht
- Bessere Situationseinschätzung zur schnellen Erkennung von Alarmen, Alarmtypen und des Status der aktuellen Prozessansicht

— 01 Kleinere GUI – wird angezeigt, wenn sich der Bediener in der Nähe der Schirme befindet.

— 02 Größere GUI – wird angezeigt, wenn sich der Bediener von den Schirmen wegbewegt.

— 03 Alarme, die in der Leitwarte ausgelöst werden, beeinflussen die Beleuchtung.

— 04 Durch Sprache und Blicke können Informationen zu einer bestimmten Prozessgrafik aufgerufen werden.

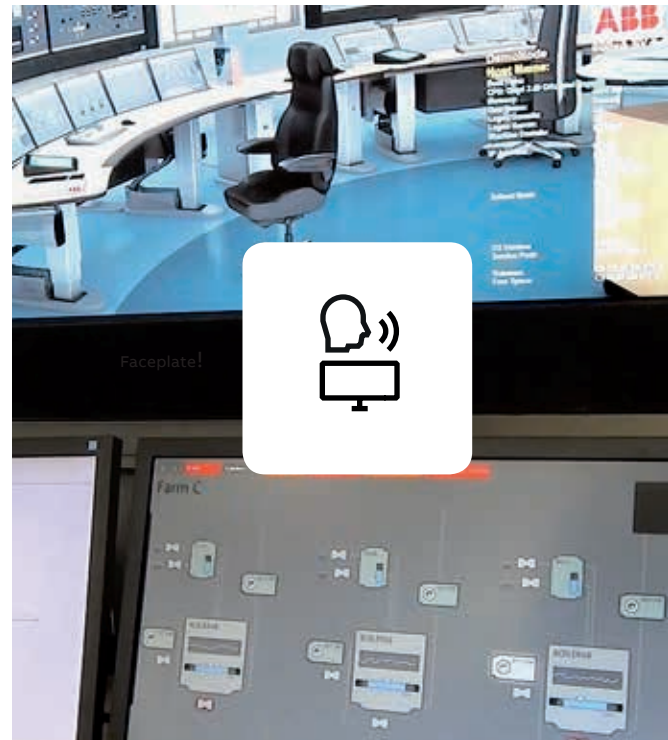
— 05 Auswahl einer Grafik in der Prozessansicht durch Gestenerkennung.

Zu den Merkmalen des Prototyps gehören:

- Eine adaptive GUI, bei der sich die Größe der Schrift und der Grafiken auf dem Schirm je nach Standort des Bedieners innerhalb oder außerhalb der Leitwarte anpasst →1–2.
- Eine interaktive Beleuchtung, die weißes Licht aussendet, wenn keine Alarme vorliegen. Liegt mindestens ein dringender Alarm vor, schaltet die Leuchte auf hellrotes Licht um. Liegen nur Warnungen vor, leuchtet sie orange. Neben der Farbe kann auch die Intensität des Lichts je nach Priorität des Alarms verändert werden →3.
- Verschiedene akustische Töne geben an, von welchem Objekt das Alarmsignal ausgeht und wie schwerwiegend der Alarm ist – ein Kesselalarm löst z. B. das Geräusch von kochendem Wasser aus.

Der erste Schritt zur Entwicklung einer Lösung besteht darin, ein umfassendes Verständnis für die Arbeitsweise des Leitwartenspersonals zu entwickeln.

- Die Möglichkeit zur Interaktion mit dem Leitsystem per Blickerkennung (Eye-Tracking), Spracherkennung und Gestensteuerung. Mithilfe von Microsoft Kinect, einem Eyetracker von Tobii (dem führenden Anbieter von Eye-Tracking-Technologie), Spracherkennung und Leap Motion (einer Bewegungssteuerungssoftware des gleichnamigen amerikanischen Unternehmens) kann das Bedienpersonal mit dem System interagieren, indem es eine Prozessgrafik mit den Augen fixiert und Sprachbefehle wie „Faceplate öffnen“ erteilt →4. Bei diesem Beispiel werden dem Bediener Informationen über das betrachtete Objekt angezeigt. Außerdem kann der Bediener per Geste in der Hierarchie der Systemansichten nach oben oder unten navigieren und seinen Zeigefinger als Maus-



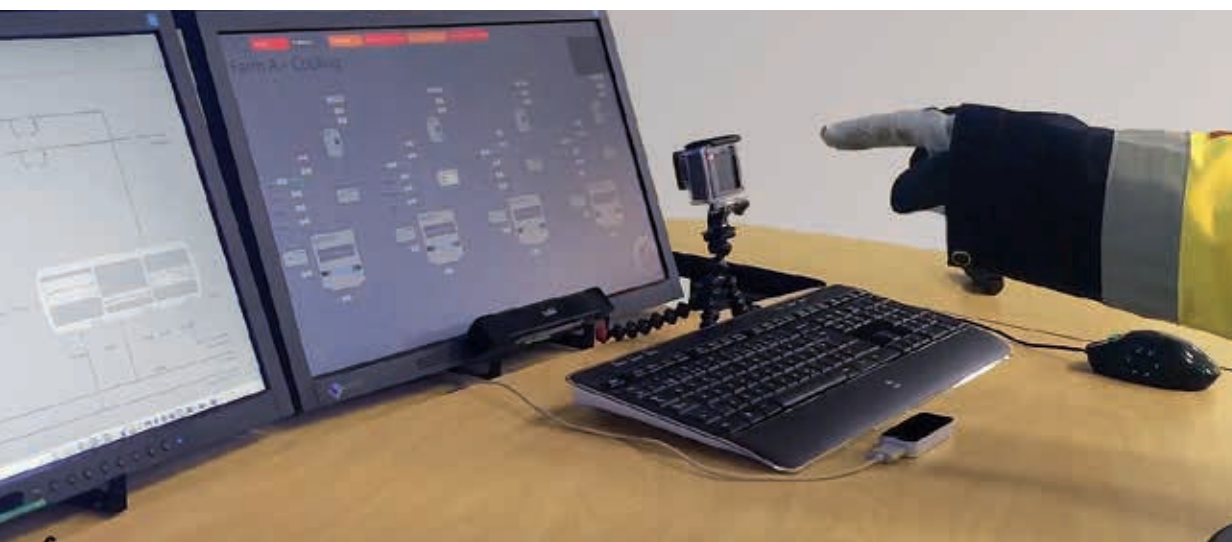
04

zeiger zum Auswählen von Objekten und zum Klicken verwenden →5.

Dank dieser Interaktionsmöglichkeiten ist das Bedienpersonal nicht mehr auf die Interaktion mit dem Prozess per Maus und Tastatur beschränkt, sondern kann mobiler, flexibler und uneingeschränkter arbeiten. Außerdem entfällt das Problem, unter mehreren Computermäusen die richtige zu finden, sodass sich das Bedienpersonal voll auf seine Aufgabe konzentrieren kann. Dadurch, dass das Personal in der Lage ist, auf die benötigten Informationen zuzugreifen, und sich gleichzeitig frei bewegen kann, bleibt ein durchgängiges Bewusstsein für die Situation gewährleistet.

Diese Art von Lösung kann in einer Vielzahl von industriellen Prozessen eingesetzt werden, um dem Bedienpersonal eine größere Bewegungsfreiheit zu geben, ohne dass die betrieblichen Anforderungen vernachlässigt werden. ●

05



SICHERHEIT UND DESIGN

Modellierung der Isolation in Hochspannungs-Schaltanlagen

Das Ziel der Isolationskoordination besteht darin, die Spannungsfestigkeit von Transformatoren und anderen Schaltanlagenkomponenten im Hinblick auf mögliche Überspannungen im System zu bestimmen. Stehen die Eigenschaften der Isolation fest, kann der Designer ein geeignetes Schutzkonzept wählen, das die Wahrscheinlichkeit eines überspannungsbedingten Ausfalls reduziert oder gar beseitigt.

Tomasz Kuczek
Tomasz Chmielewski
ABB Corporate Research
Krakau, Polen

tomasz.kuczek@pl.abb.com
tomasz.chmielewski@pl.abb.com

Akram Abdel-Latif
ABB Power Grids, Grid
Integration
Baden, Schweiz

akram.abdel-latif@ch.abb.com

Überspannungen in Stromnetzen können durch eine Vielzahl von Ereignissen hervorgerufen werden. Diese Ereignisse können gemäß den internationalen Normen für die Isolationskoordination (IEC-60071-Reihe) im Frequenzbereich dargestellt werden und werden hauptsächlich durch ihre Größe, Anstiegszeit und Frequenz bestimmt.

Dieser Artikel befasst sich hauptsächlich mit hochfrequenten Phänomenen aus der Klasse der transienten Überspannungen mit schnellem Anstieg (Fast-Front Transients). Solche Transienten werden für gewöhnlich durch Blitzschläge verursacht und können zu Überspannungen führen, die das Fünffache der Bemessungs-Betriebsspannung oder mehr erreichen.

—
Blitzeinschläge können zu Überspannungen führen, die das Fünffache der Bemessungs-Betriebsspannung oder mehr erreichen.

Korrekt ausgelegte und gut platzierte Überspannungsableiter (wie die der ABB Polim-Reihe) stellen ein wirksames Mittel zur Begrenzung hoher Überspannungen dar. Trotz ihrer einfachen Anwendung

01



—
01 Welche Schritte sind notwendig, damit die Ausrüstung in Schaltanlagen Überspannungen, wie sie z. B. durch Blitzeinschläge verursacht werden, unbeschadet übersteht? (Im Bild: eine 132-kV-Schaltanlage).

gibt es mehrere Aspekte, die bei der Wahl des richtigen Ableiters berücksichtigt werden müssen.

Am komplexesten ist dabei die Evaluation des Überspannungsschutzes bei transienten Bedingungen. In der Vergangenheit war es Ingenieuren nicht möglich, die komplexen Untersuchungen durchzuführen, die für ein besseres Verständnis von transienten

—
Korrekt ausgelegte und gut platzierte Ableiter stellen ein wirksames Mittel zur Begrenzung hoher Überspannungen dar.

Phänomenen notwendig sind. Heute hilft Software zur Simulation elektromagnetischer transienter Vorgänge (EMT) den Designern und ist für die Untersuchung bestimmter Fälle sogar unverzichtbar.

Modellierung der Auswirkung von Blitzeinschlägen

Bei Hochspannungs-(HS-)Schaltanlagen, die von Freileitungen gespeist werden, sind Blitzeinschläge unvermeidbar →1. Ein Blitz kann entweder in das Leiterseil (direkter Einschlag) oder in das Erdseil

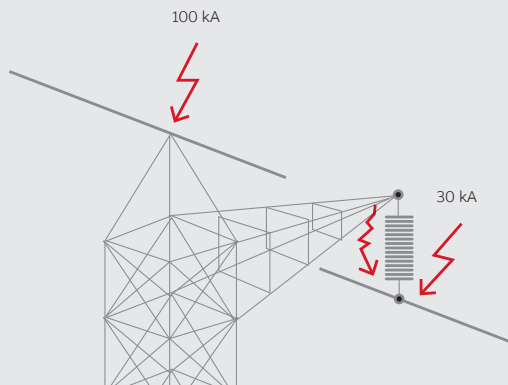
einschlagen, was zu einem rückwärtigen Übersschlag (Backflash) über den Isolatorstrang führt. Dabei können Spannungswerte von mehreren Megavolt bei Frequenzen zwischen 50 kHz und 10 MHz erreicht werden.

Die in EMT-Studien für Blitzeinschlagsereignisse verwendeten Stromstärken und Spannungskurven werden gemäß den Richtlinien internationaler Normungsausschüsse (IEC, CIGRE) gewählt, die auf der Basis langjähriger Messungen festgelegt wurden. Trotz der unvorhersehbaren Natur von Blitzen liefert ein solcher Ansatz eine zufriedenstellende Näherung in Bezug auf den Blitzstrom →2.

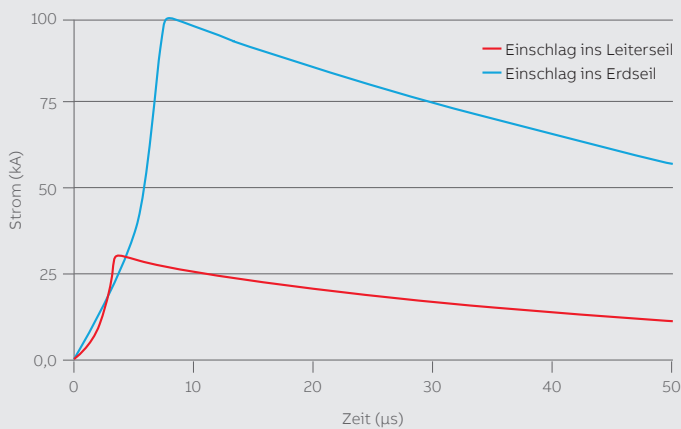
Schutz von Schaltanlagen

Bei einem direkten Blitzeinschlag oder Backflash entsteht eine Überspannungswelle, die sich entlang des Außenleiters zur Schaltanlage ausbreitet. Die Begrenzung solcher Überspannungen ist entscheidend für den sicheren und zuverlässigen Betrieb der Ausrüstung in einer Schaltanlage, insbesondere von Transformatoren, die zu den teuersten Komponenten des Stromnetzes gehören. Die Reduzierung von Überspannungen wird ermöglicht durch die nichtlineare Eigenschaft von Zinkoxid-Überspannungsableitern. Im statischen

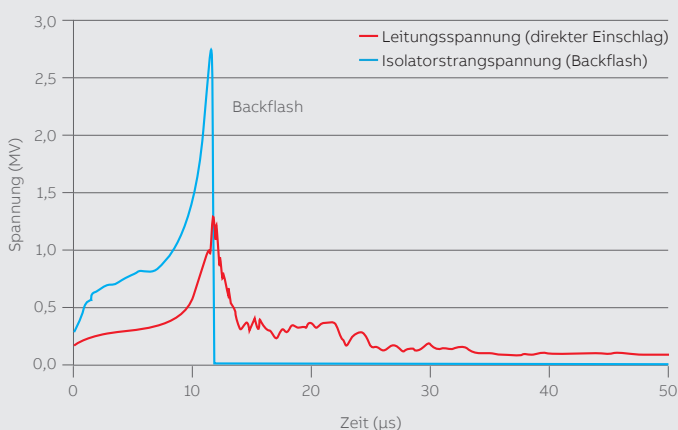




02a



02b



02c

Zustand ist die Stromaufnahme dieser Ableiter vernachlässigbar, wohingegen sie bei Überspannungen, wie sie z. B. durch Blitzentladungen verursacht werden, sehr hohe Ströme (im kA-Bereich) aufnehmen können. Dank dieser Eigenschaft werden Überspannungen auf die zulässigen Werte bzw. darunter begrenzt.

Hier gilt die allgemeine Regel, den Ableiter so nahe wie möglich an der zu schützenden Ausrüstung zu platzieren.

→3 zeigt das Spannungsverhalten bei einem sogenannten 8/20-µs-Blitzstromstoß mit Bezug auf die maximale Dauerspannung U_c . Die Zahlen 8 und 20 beziehen sich auf die Stirnzeit bzw. die Rückenhalbwertzeit der Stromstoßwelle in µs. Die Form 8/20 ist eine von mehreren Standard-Wellenformen, die seit vielen Jahren Anwendung finden. Sie wird häufig verwendet, auch wenn sie nicht alle Blitzstoßströme genau widerspiegelt.

Simulation von Blitzüberspannungen

Bei Untersuchungen zur Isolationskoordination muss davon ausgegangen werden, dass die schlimmsten möglichen Bedingungen zur gleichen Zeit eintreten. Um diese Eventualität einzuplanen, müssen mehrere kritische Aspekte der Anwendung – z. B. Scheitelwert und Steilheit des Blitzstroms, die Topologie der Anlage, das Layout der Freileitungen, die Gegenwart von Hochspannungskabeln, die Maststruktur sowie die Bemessungsdaten und Position der Überspannungsableiter – verifiziert werden. Diese Aspekte können mithilfe eines typischen, in der Software EMTP-ATP (Electromagnetic Transients Program – Alternative Transients Program) modellierten HS-Netzes untersucht werden. Das hier betrachtete Netz besteht aus einer 380-kV-Freileitung, einem HS-Kabel zur Versorgung der gasisolierten Schaltgeräte in der Schaltanlage und einem Leistungstransformator →4.

Beispiele von Simulationsergebnissen für Blitzeinschläge in das Leiterseil (direkter Einschlag) und in das Erdseil (Backflash) sind in →5–6 dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass der Spitzenwert der Überspannung durch den Einsatz von Überspannungsableitern unter den zulässigen Grenzwert für die Blitzstoßspannung (Basic Insulation Level, BIL) gesenkt wird, der gemäß IEC 60071 für 400-kV-Netze bei 1.425 kV (Spitzenwert) liegt. Die Norm empfiehlt zudem einen sogenannten Sicherheitsfaktor k_S von 1,15. Einige Kunden nutzen ihre eigenen Standards mit einem Faktor k_S von 1,20 oder sogar 1,25. Dieser größere Fehlerspielraum setzt strengere Anforderungen bei den Spezifikationen des Überspannungsableiters voraus.

—
02 EMT-Simulation eines Blitzeinschlags in eine Maststruktur gemäß CIGRE WB 33.0.

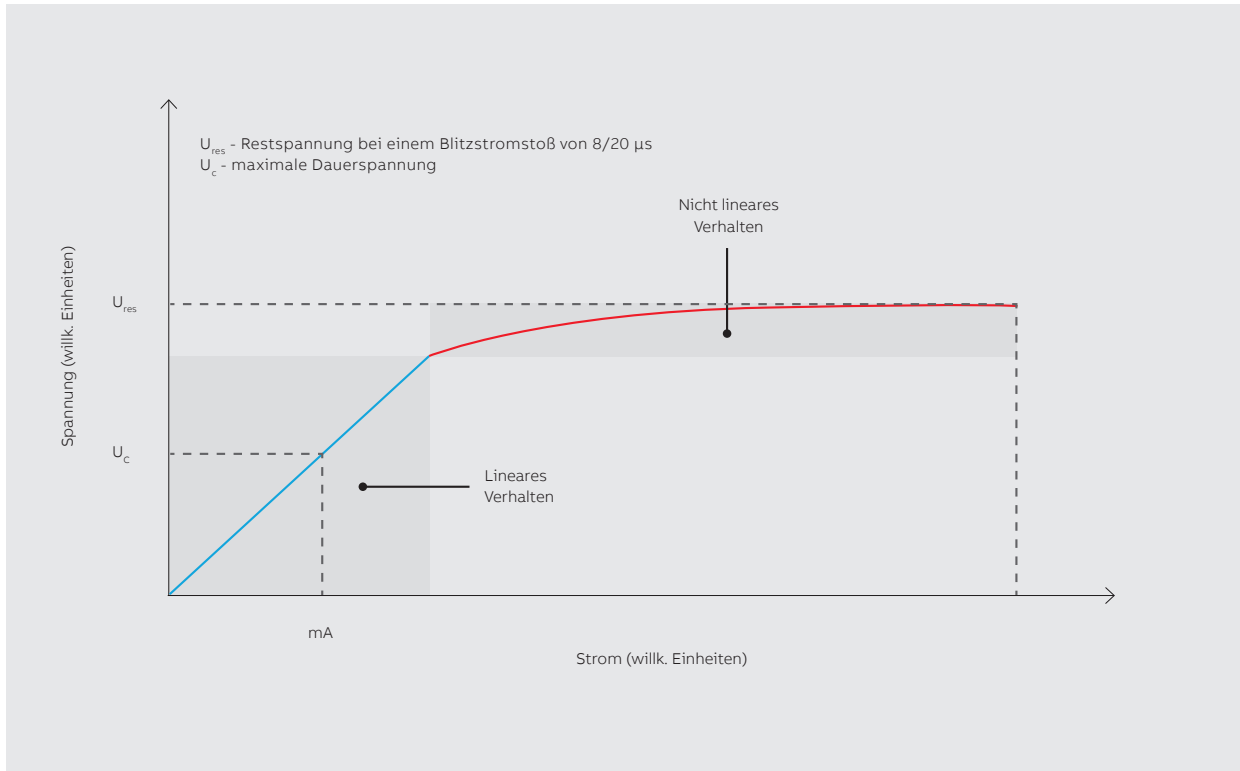
Q2a Maststruktur und Stellen des Blitzeinschlags.

Q2b Typische Blitzstoßströme.

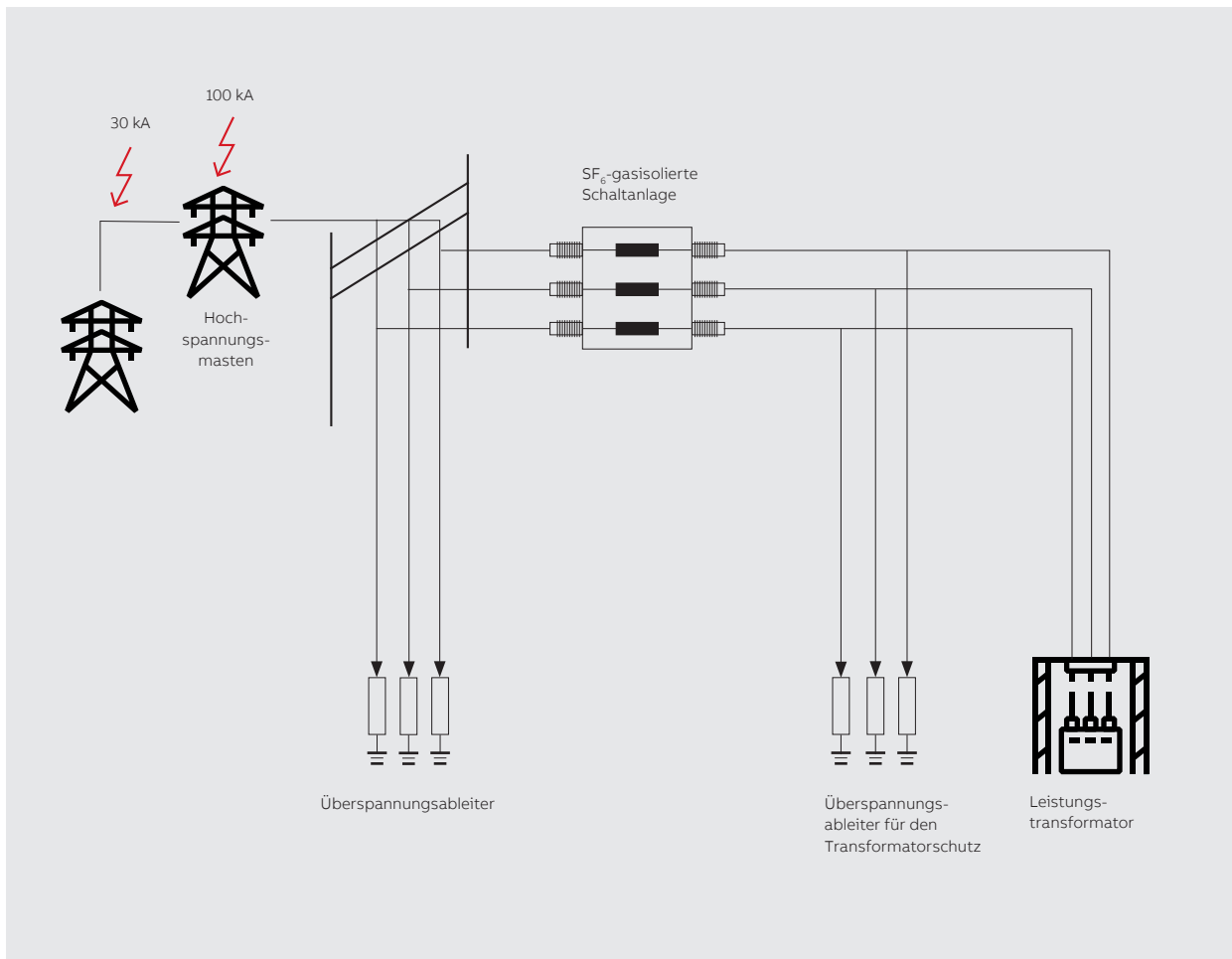
Q2c Typische durch einen Blitzeinschlag erzeugte Spannungen.

—
03 Nicht lineare Kennlinie des ABB PEXLIM-Ableiters.

—
04 Prinzipschaltbild des untersuchten 380-kV-Systems.



03



04

Nicht zu vergessen ...

Neben den Überspannungsableitern selbst gibt es noch weitere Faktoren, die es zu berücksichtigen gilt – z. B. die Längen der Leitungen, die die Ableiter miteinander verbinden. Hier gilt die allgemeine Regel, den Überspannungsableiter so nahe wie

ABB bietet auch in anderen relevanten Bereichen Simulationen zur Isolationskoordination an – z. B. Analysen zum Schalten von Leistungs- oder Trennschaltern.

möglich an der zu schützenden Ausrüstung (Transformator, Kabel oder Schaltanlage) zu platzieren. Überlange Verbindungen führen besonders bei hohen Frequenzen zu einer Reduzierung des Dämpfungsvermögens von Überspannungsableitern. Dies liegt daran, dass der induktive Blindwiderstand der Verbindungen bei hochfrequenten Transienten eine bedeutendere Rolle spielt als unter statischen Bedingungen bei 50 oder 60 Hz →7–8.

Mit anderen Worten, es tritt während des Blitzereignisses ein zusätzlicher Spannungsabfall auf, der zu höheren Überspannungswerten und einem Überschreiten der BIL-Werte führen kann.

Aus diesem Grund sollten die Leitungen von Überspannungsableitern so kurz wie möglich gehalten werden. Dies ist besonders bei Hochspannungs- und Ultrahochspannungssystemen wichtig, in denen die Leitungen für gewöhnlich sehr lang sind.

Ein weiterer zu berücksichtigender Faktor ist die Fähigkeit des Ableiters, die von Überspannungen erzeugten großen Energiemengen aufzunehmen. Überspannungsableiter werden in Leitungsentladungsklassen von 1 (niedrigste) bis 5 (höchste) eingeteilt, die ihr Energieaufnahmevermögen wiedergeben.

Geräte der Klasse 2 können für weniger gefährdete Gebiete mit geringer Blitzaktivität und gelegentlichen Schalthandlungen gewählt werden. Die Klasse 5 ist bei hoher Blitzaktivität bzw. Anlagen mit häufigen (täglichen) Schalthandlungen zu wählen →9. Mitunter wird ein Ableiter einer höheren Klasse als eigentlich notwendig verwendet, um eine zusätzliche Sicherheitsreserve zu schaffen.

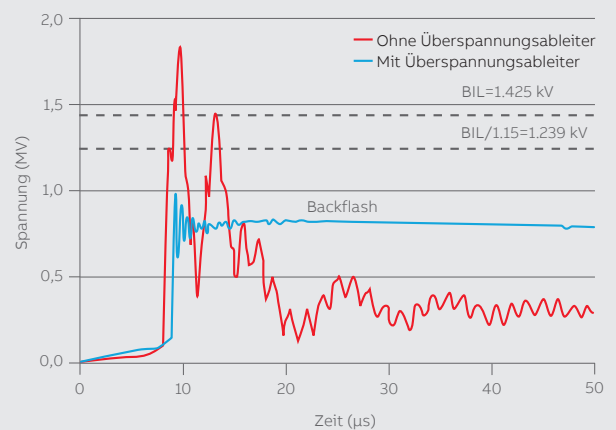
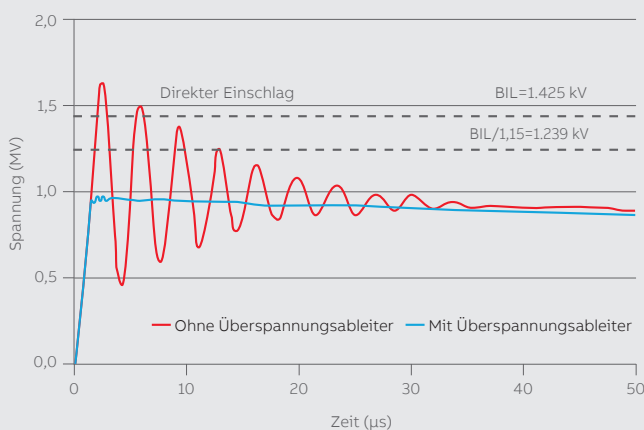
Kundenorientierter Ansatz

Bei jedem Projekt, bei dem ABB für das Engineering, die Installation und die Inbetriebnahme von gasisolierten Hochspannungs-Schaltanlagen verantwortlich ist, muss die Eignung der vorgesehenen Überspannungsableiter überprüft werden. Die meisten Kunden möchten, dass die entsprechenden Untersuchungen auf der Grundlage der neuesten einschlägigen Normen durchgeführt werden, z. B.:

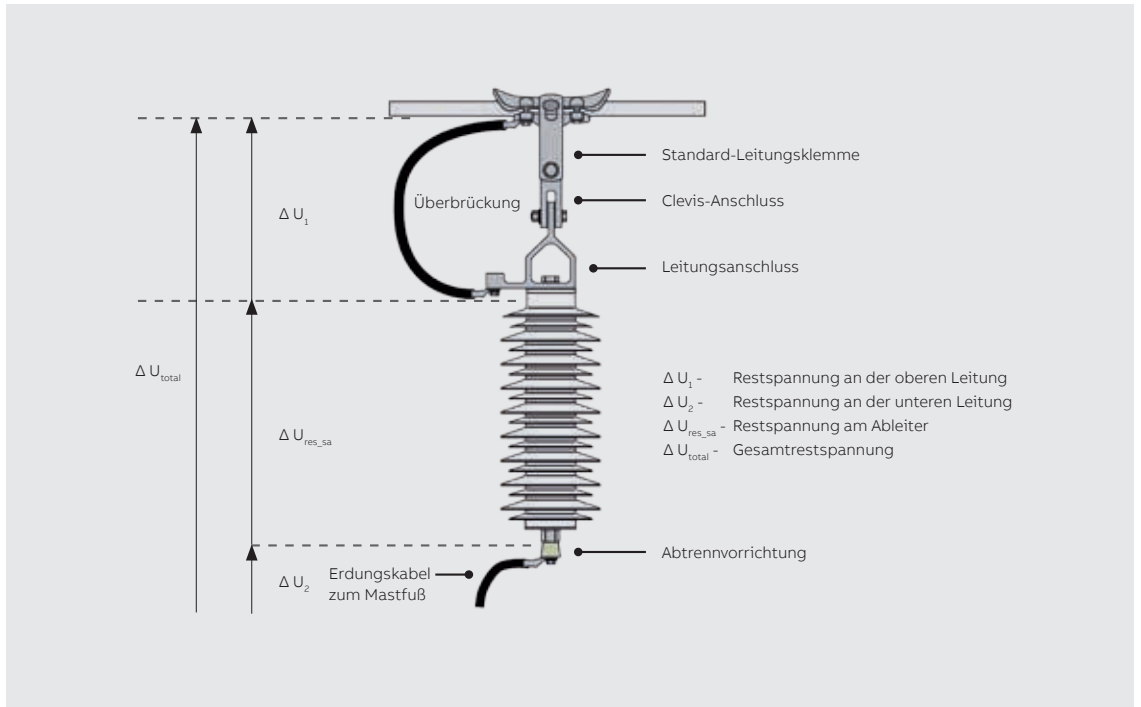
- die IEC-60071-Reihe
- die IEEE-Norm C62.82.1 (Überarbeitung der IEEE 1313.1 und 1313.2)

Der Kunde erwartet, dass sich ABB bei ihren Untersuchungen hochfrequenter Transienten an diese Normen hält.

Zudem haben einige Kunden eigene technische Projektspezifikationen, die berücksichtigt werden müssen und auf die im Abschlussbericht Bezug genommen werden muss. Bei Abweichungen von



- 05 Simulierte Überspannungen an den HS-Anschlüssen des Transformators bei einem direkten Einschlag.
- 06 Simulierte Überspannungen bei einem Backflash.
- 07 Restspannungsanteile bei einem Überspannungsableiter mit oberem und unterem Leitungsanschluss.
- 08 Überspannung in Abhängigkeit von der Gesamtleitungslänge.
- 09 Vergleich der Restspannungen für Ableiter verschiedener Leitungsentladungsklassen bei einem Blitzstromstoß von 8/20 μ s.



07

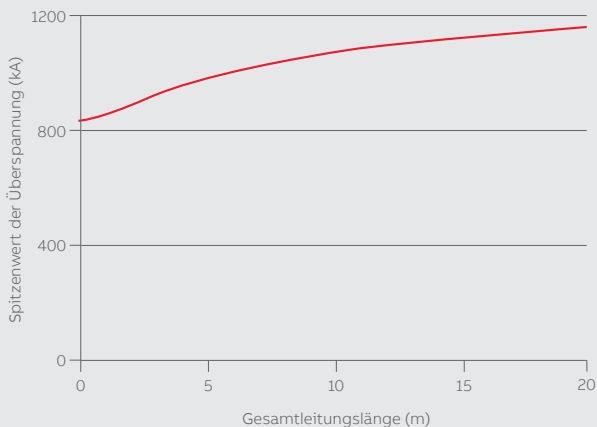
den Kundenanforderungen ist es äußerst wichtig, eine Einigung zu finden. In bestimmten Fällen ist auch ein besonderer Ansatz erforderlich, der nicht vollständig durch die internationalen Normen abgedeckt wird.

Dabei können Spannungswerte von mehreren Megavolt bei Frequenzen zwischen 50 kHz und 10 MHz erreicht werden.

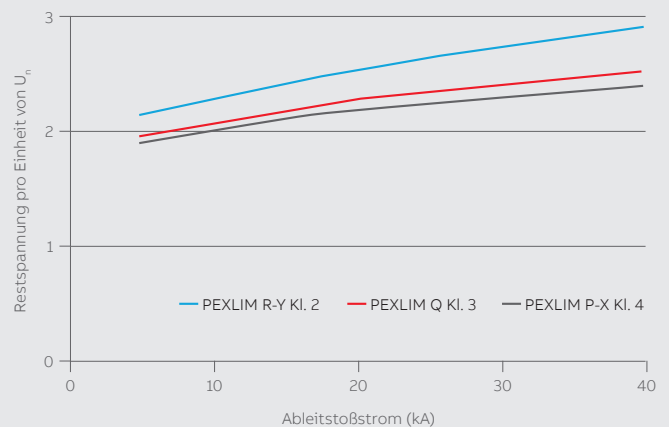
Der Kunde hat stets die Möglichkeit, den Untersuchungsbericht zur Isolationskoordination zu prüfen, um mögliche Unsicherheiten zu klären.

Diese vollständige Transparenz und Diskussionsbereitschaft sorgen dafür, dass die erzielten Ergebnisse korrekt sind und mit sämtlichen Kundenanforderungen übereinstimmen.

Natürlich ist die Untersuchung der Blitzüberspannungen nur ein Aspekt bei der Konzeption von Schaltanlagen. An dieser Stelle sollte darauf hingewiesen werden, dass ABB auch in anderen relevanten Bereichen Simulationen zur Isolationskoordination anbietet – z. B. Analysen zu Schaltereignissen im Zusammenhang mit der Betätigung von Leistungs- oder Trennschaltern auf allen Spannungsebenen. ●



08



09



Digitalisierung und Analyse





ung

46

e



53

Der Begriff „Cloud“ steht für die dezentrale Sammlung, Bündelung, Analyse und Anwendung von Daten – häufig mit Geschwindigkeiten, die zu schnell sind, um sich auf menschliches Eingreifen zu verlassen. Dies kommt häufig in Situationen zum Tragen, in denen Sicherheits- und/oder finanzielle Aspekte schnelles Handeln erfordern.

ABB nutzt diese Werkzeuge und verknüpft sie mit den Technologien, die die Grundlage von kritischen industriellen Anwendungen bilden. Die neue ABB Ability™-Plattform bietet Kunden die Möglichkeit, mithilfe der Cloud zusammenzuarbeiten, zu optimieren, zu automatisieren und Daten auszutauschen.

- 46 Überwachung, Optimierung und Steuerung von elektrischen Anlagen mit ABB Ability™
- 53 Physische Sicherheit von Transformatoren durch Sensoren und Edge Analytics

DIGITALISIERUNG UND ANALYSE

Überwachung, Optimierung und Steuerung von elektrischen Anlagen mit ABB Ability™

Das ABB Ability Electrical Distribution Control System nutzt die Konnektivität von Emax 2-Leistungsschaltern zur Bereitstellung einer leistungsstarken, cloudbasierten ABB Ability-Lösung zur Überwachung, Optimierung und Steuerung von Niederspannungs-Stromverteilungssystemen.



Nicola Scarpelli

ABB Electrification
Products, Protection and
Connection
Bergamo, Italien

nicola.scarpelli@it.abb.com

Die Welt der Stromversorgung wurde einst von großen staatlichen Versorgungsunternehmen regiert, die den Strom in großen, zentralen Kraftwerken erzeugten. Auch die Übertragungs- und Verteilnetze, die den Strom bis zum Verbraucher transportierten, waren meist Eigentum dieser Gesellschaften. Im Zuge der Liberalisierung hat sich dieses Bild komplett verändert. Heute ist eine Vielzahl von Unternehmen an der Erzeugung, Übertragung und Verteilung des Stroms beteiligt.

Ein weiterer Katalysator für die Veränderungen war die zunehmende Nutzung erneuerbarer Energien, die heute in vielen Ländern einen großen Teil des Energiehaushalts abdecken.

In diesem neuen Umfeld spielen Kosten und Komplexität eine bedeutende Rolle. So geraten die zusätzlichen Kosten, die für die Installation von Hard- und Software für die Steuerung, Überwachung oder das Management der Systeme anfallen, schnell außer Verhältnis zu den Gesamtkosten. Eine höhere Systemkomplexität ist ebenfalls mit zusätzlichen Kosten verbunden. Der Wunsch, diese Kosten zu reduzieren, hat zur

Entwicklung vieler innovativer Hard- und Softwarelösungen geführt. Doch angesichts des riesigen Angebots an digitalen Systemen und der Vielzahl von Anbietern ist ein vollständig integrierter Ansatz gefragt.

ABB Ability

Ende 2016 präsentierte ABB ihre neue zentralisierte Softwareplattform ABB Ability. Das Ziel von ABB Ability ist die Bündelung sämtlicher digitaler Produkte und Dienstleistungen von ABB, die aus einer einzigartigen Kombination aus Branchenwissen, Technologieführerschaft und digitaler Expertise hervorgegangen sind, um einen echten Mehrwert für den Kunden zu schaffen. ABB Ability umfasst das Angebot von ABB an digitalen Lösungen und unterstützt die Nutzung der Möglichkeiten des industriellen Internets der Dinge (IIoT) auf einer skalierbaren, horizontalen Ebene über alle Geschäftsbereiche hinweg.

ABB Ability fällt auf fruchtbaren Boden: Mit einem der größten installierten Bestände in der Industrie von über 70.000 digitalen Steuerungssystemen und mehr als 70 Millionen digitalen Geräten ist das Potenzial von ABB Ability für ABB-Kunden riesig.

—
01 Der Emax 2 fungiert als Datenknoten in einem NS-Mikronetz oder einem anderen elektrischen Netz.

Um eine bessere Leistungsfähigkeit und höchste Zuverlässigkeit und Sicherheit zu gewährleisten, baut ABB Ability auf der Microsoft-Plattform Azure auf. ABB und Microsoft haben eine strategische Partnerschaft geschlossen, um Kunden die Möglichkeit zu bieten, von der einzigartigen Kombination aus Azure und dem fundierten Branchenwissen und umfangreichen Portfolio an Industrielösungen von ABB zu profitieren.

Die digitale Transformation, für die sich beide Partner engagieren, geht weit über die oben genannte elektrische Infrastruktur hinaus: Segmente wie Robotik, Schifffahrt und Häfen, Gebäude, Elektrofahrzeuge und erneuerbare Energien können ebenfalls von der cloudbasierten integrierten Konnektivitätsplattform auf der Basis von Microsoft Azure profitieren.

Emax 2 und das ABB Ability Electrical Distribution Control System

Im Bereich der elektrischen Anlagen ermöglichen die Niederspannungsprodukte von ABB in Kombination mit dem ABB Ability Electrical Distribution Control System dem Kunden die Realisierung einer innovativen Energie- und Asset-Management-Lösung.

Durch Ausstattung eines vorhandenen Produkts – z. B. des Leistungsschalters vom Typ Emax 2 – mit entsprechender Intelligenz und Nutzung einer bereits vorhandenen Kommunikationsinfrastruktur (des Internets), können fortschrittliche Schutz-, Optimierungs-, Konnektivitäts- und Logikfunktionen sowie Last-, Erzeugungs- und Speichermanagementfunktionen bereitgestellt werden, ohne dass dafür zusätzliche teure Geräte erforderlich sind. Das ABB Ability Electrical Distribution Control System öffnet die Tür zu zusätzlichen Funktionalitäten, die

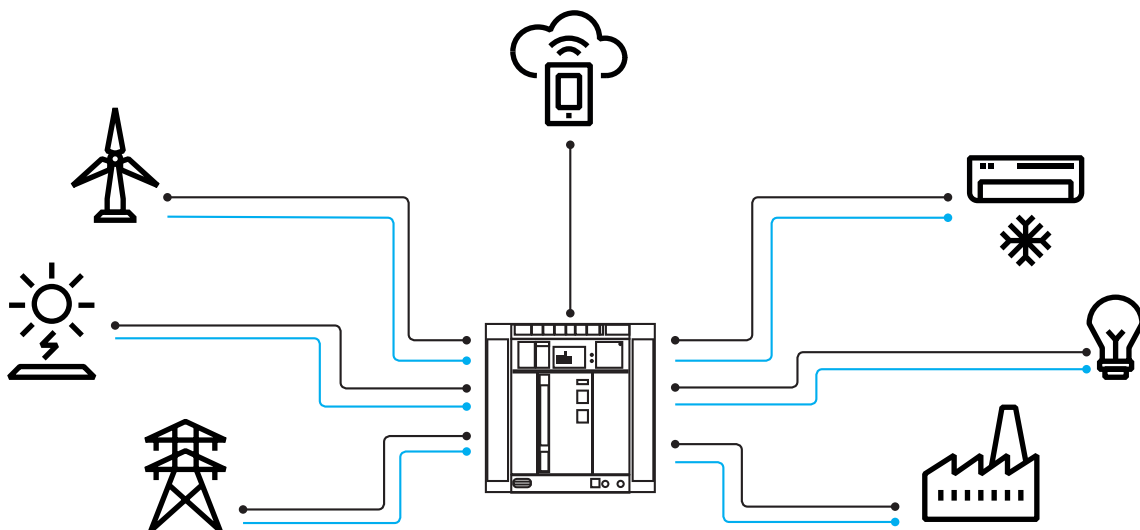
es dem Nutzer erlauben, elektrische Anlagen mithilfe eines cloudbasierten Azure-Systems, das ein fester Bestandteil des ABB Ability-Konzepts ist, zu überwachen, zu optimieren und zu steuern.

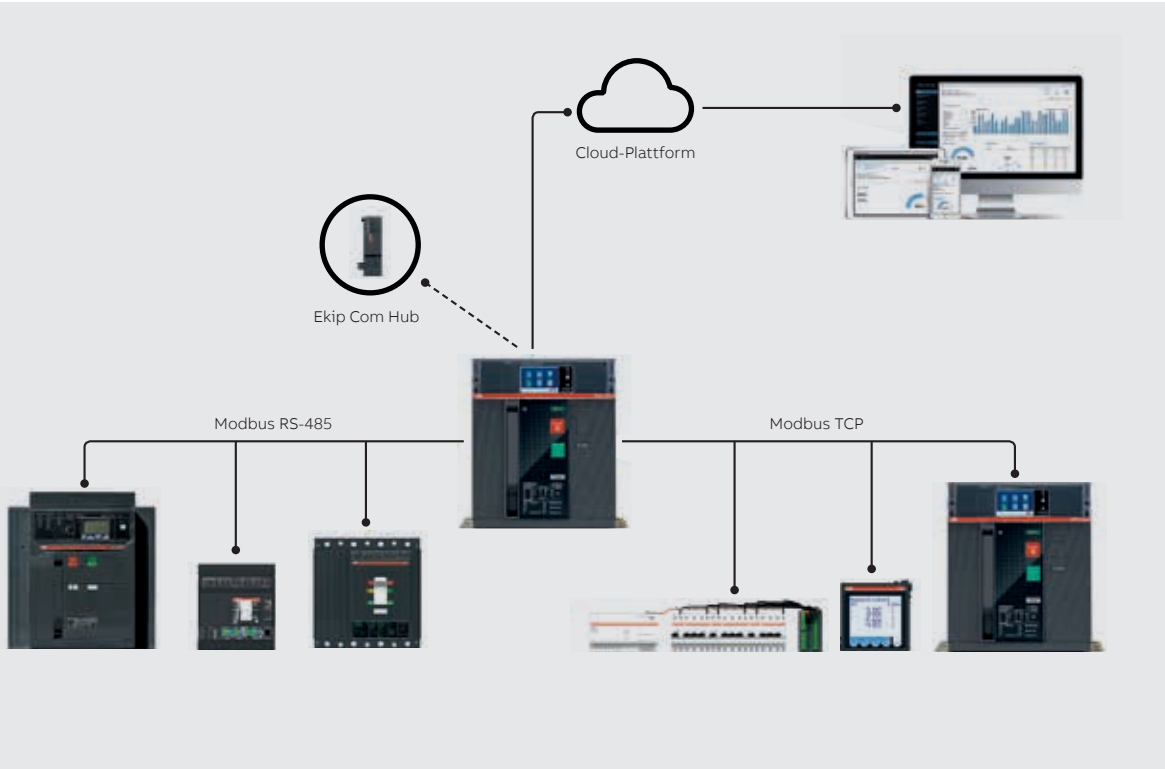
Der offene Leistungsschalter Emax 2 wird dabei zum intelligenten Knotenpunkt im Niederspannungs-Verteilungssystem, der sowohl Energie- als auch Datenflüsse lenkt →1.

Das ABB Ability Electrical Distribution Control System ist eine cloudbasierte Plattform für elektrische Anlagen, die folgende Funktionen bereitstellt:

Das ABB Ability Electrical Distribution Control System ist eine cloudbasierte Plattform für die Überwachung, Optimierung und Steuerung elektrischer Anlagen.

- **Überwachung:** Bestimmen der Anlagenperformance, Überwachen der elektrischen Anlage und sofortiger Zugang zu den wichtigsten Informationen
- **Optimierung:** Erfassen und Analysieren von Daten jedes Geräts und Nutzen der Ergebnisse als Grundlage für Geschäftsentscheidungen
- **Steuerung:** Erstellen von Berichten und Meldungen, Implementieren einer wirksamen Energiemanagementstrategie aus der Ferne





02

Dank einer hohen Skalierbarkeit der Services und einer flexiblen Anwendung eignet sich das ABB Ability Electrical Distribution Control System für kleine und mittlere Industrieunternehmen sowie gewerbliche und öffentliche Gebäude. Das System

—
Das ABB Ability Electrical Distribution Control System eignet sich für kleine und mittlere Industrieunternehmen sowie gewerbliche und öffentliche Gebäude.

wurde konzipiert für Endanwender, Betriebsleiter, Planer und Anlagenbauer.

Das ABB Ability Electrical Distribution Control System ermöglicht den Zugriff auf mehrere Standorte, d. h. es ist in der Lage, gleichzeitig die Performance verschiedener Betriebsstätten zu überwachen und zu vergleichen. Außerdem kann der Nutzerzugriff durch Erstellung von Profilen für verschiedene Zugangsstufen gesteuert werden.

Dank dieser Merkmale bleibt der Nutzer stets über die aktuelle Systemleistung informiert und kann Effizienzanalysen und Audits durchführen, ohne vor Ort sein zu müssen. Echtzeitdaten und historische Trends können für einzelne oder mehrere Standorte aufgerufen werden, um Performancewerte zu vergleichen und Benchmarks zu erstellen. So kann ein Wartungstechniker mehrere Standorte

betreuen, und da das ABB Ability Electrical Distribution Control System kontinuierlich Diagnosen der Geräte in der elektrischen Anlage durchführt, brauchen Instandhaltungsmaßnahmen nur vorgenommen werden, wenn sie tatsächlich nötig sind. Diese Art der vorausschauenden Instandhaltung trägt zur Verbesserung der Betriebsabläufe und Senkung der Kosten bei.

Außerdem kann das ABB Ability Electrical Distribution Control System in komplexere Überwachungs- und Automatisierungssysteme integriert werden, wobei Betriebsabläufe vereinfacht und Kosten reduziert werden. Wird das Management der Stromverteilung dem ABB Ability Electrical Distribution Control System übertragen, können die Gesamtkosten und die Einrichtungszeit für ein Gebäudemanagementsystem um 15% reduziert werden.

Der wohl größte Mehrwert des ABB Ability Electrical Distribution Control System besteht in der Vereinfachung der Energie- und Asset-Management-Prozesse und -Tätigkeiten am Standort. Das System ist speziell darauf ausgelegt, diese Aufgaben so einfach wie möglich zu gestalten.

—
02 Eingebettete Lösung
mit dem ABB Ekip Com
Hub.

—
03 Externe Lösung mit
dem ABB Ekip E-Hub.

Systemarchitektur

Das ABB Ability Electrical Distribution Control System arbeitet mit einer Web-App-Schnittstelle, sodass Nutzer jederzeit und von überall per Smartphone, Tablet oder PC auf das System zugreifen können. Es bietet einen Mehrbenutzerzugriff und verbindet sich direkt mit dem Niederspannungs-Verteilungssystem.

Die Clouddienste des ABB Ability Electrical Distribution Control System stehen auch für die Nachrüstung installierter Geräte und früherer Versionen der ABB-Leistungsschalter zur Verfügung.

Das ABB Ability Electrical Distribution Control System ermöglicht den Zugriff auf mehrere Standorte.

Die elektrische Anlage kann per „Plug & Play“ über den Emax 2 oder Ekip E-Hub mit der Cloud-Computing-Plattform verbunden werden. Das System kann als eingebettete oder externe Lösung implementiert werden.

Eingebettete Lösung

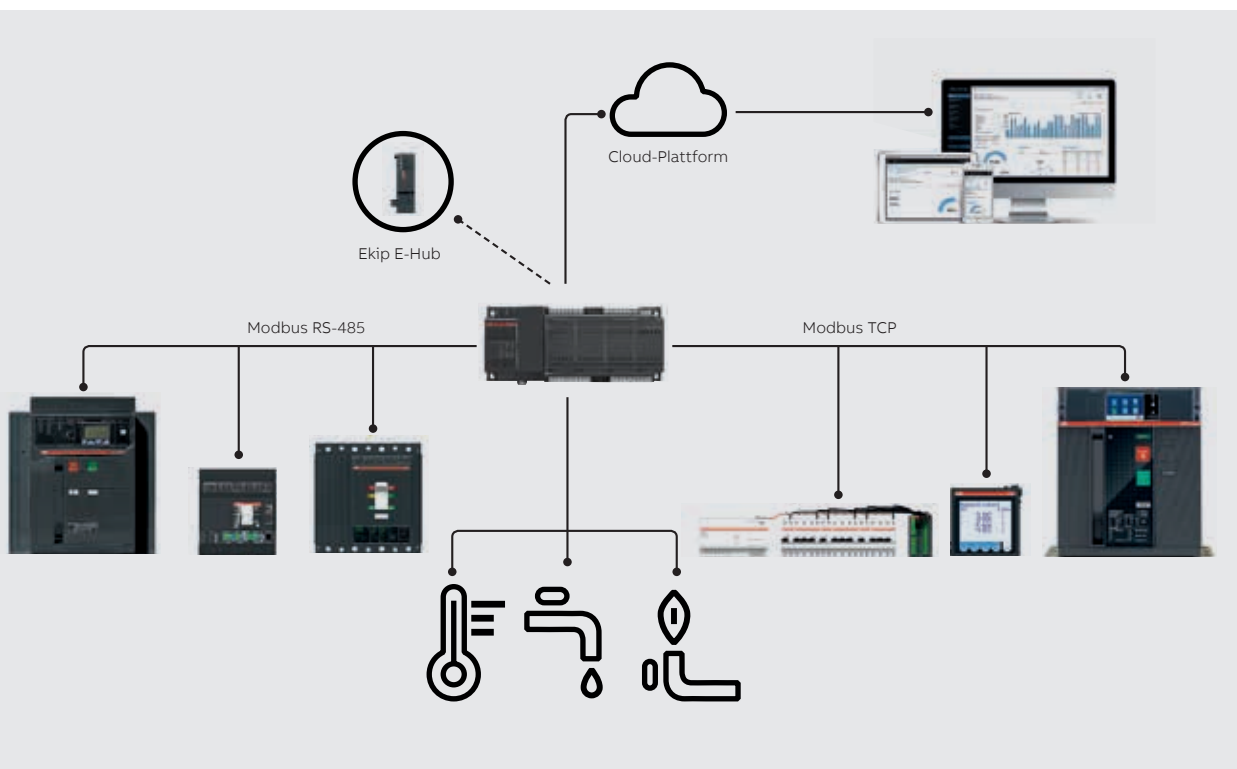
Ein mit dem neuen Ekip Com Hub Modul ausgestatteter Emax 2 stellt die Verbindung zur Cloud her →2. Dieses spezielle Kommunikationsmodul wird einfach in den Anschlusskasten gesteckt und mit dem Internet verbunden. Andere Geräte können ebenfalls Messungen und Daten mit dem Ekip Com Hub und der Cloud teilen, wenn der Emax 2 mit einer der folgenden Kommunikationsmodule ausgestattet ist:

- Ekip Com Modbus RS-485
- Ekip Com Modbus TCP
- Ekip Link

Das ABB Ability Electrical Distribution Control System ist darauf ausgelegt, die Dinge so einfach wie möglich zu machen: Durch den Zugriff auf das Ekip Com Hub Modul über die Ekip Connect Software ist eine geführte Inbetriebnahme dank selbstkonfigurierender Verbindungen in wenigen Minuten möglich.

Externe Lösung

Fremdhardware kann auf eine DIN-Schiene montiert werden, um eine Datenerfassung innerhalb der elektrischen Anlage zu ermöglichen →3. Darüber hinaus können Sensoren für Daten wie Temperatur, Feuchtigkeit und Wasserverbrauch über analoge und digitale E/As angeschlossen werden. Optionale Module für Wi-Fi oder GPRS erweitern die Bandbreite der möglichen Anwendungen.



—
04 Das ABB Ability Electrical Distribution Control System Dashboard.

—
05 Das ABB Ability Electrical Distribution Control System Dashboard bietet Zugang zu den Daten einer einzelnen oder mehrerer Anlagen.

—
06 Die leistungsstarke Asset-Management-Funktion des ABB Ability Electrical Distribution Control Systems.

—
07 Frühzeitige Benachrichtigungen tragen zur Steigerung der betrieblichen Effizienz bei.

Überwachung

Überwachungsfunktionen werden durch vorkonfigurierte Widgets im Dashboard des ABB Ability Electrical Distribution Control Systems vereinfacht →4. Daten von einzelnen oder mehreren Anlagen können verarbeitet werden, um Energieverbrauchs- und Erzeugungstrends anzuzeigen. Außerdem erhält der Nutzer Informationen über die elektrische Anlage zu Bedarf, Spitzenzeiten, Leistungsfaktor und Spannungsqualität in Echtzeit →5. Die Tools des ABB Ability Electrical Distribution Control Systems vereinfachen den Austausch von Informationen und ermöglichen eine Steigerung der Effizienz auf täglicher Basis bei gleichzeitiger Reduzierung des Risikos von Ausfallzeiten und Senkung der Instandhaltungskosten um bis zu 30 %.

Die leistungsstarke Asset-Management-Funktion des ABB Ability Electrical Distribution Control Systems ermöglicht die Erstellung einer vertrauten Anlagenübersicht durch Hochladen von benutzerdefinierten Diagrammen, Fotos, technischen Zeichnungen von Schaltanlagen und synoptischen Tafeln →6. Diese Darstellungen können mithilfe von Tags und Drag-&-Drop-Werkzeugen interaktiv gestaltet werden. Somit können Nutzer jederzeit auf sämtliche Asset-Informationen zugreifen, die sie benötigen. Zum Beispiel:

- Zustand von Geräten
- Allgemeine Parameter wie Gerätetyp, Seriennummern und Nenndaten
- Instandhaltungsdaten wie neuste Wartungsarbeiten, Kontaktverschleiß, Anzahl der Auslösungen usw.
- Elektronikdaten wie Software-Versionen und Relais-Informationen

Außerdem stehen dem Nutzer direkte Links zu entsprechenden ABB-Dokumentationen und Handbüchern zur Verfügung.

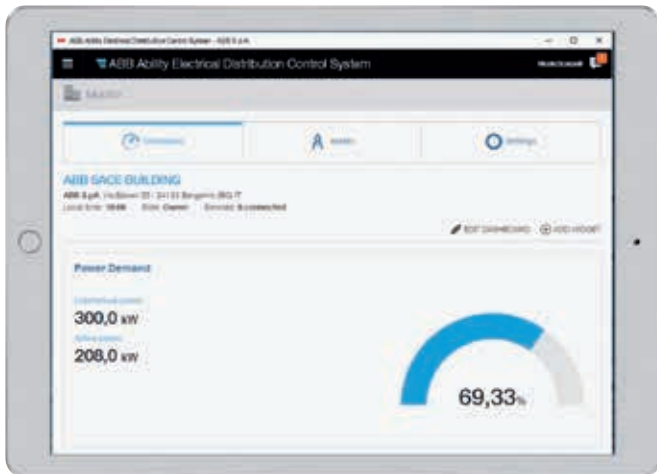
Optimierung

Dadurch, dass dem Nutzer alle relevanten Daten zur Verfügung stehen, können Zuverlässigkeit und Effizienz maximiert werden. Das ABB Ability Electrical Distribution Control System ermöglicht die digitale Erfassung und den Export von Daten, das Zusammenstellen von Berichten und den Zugriff

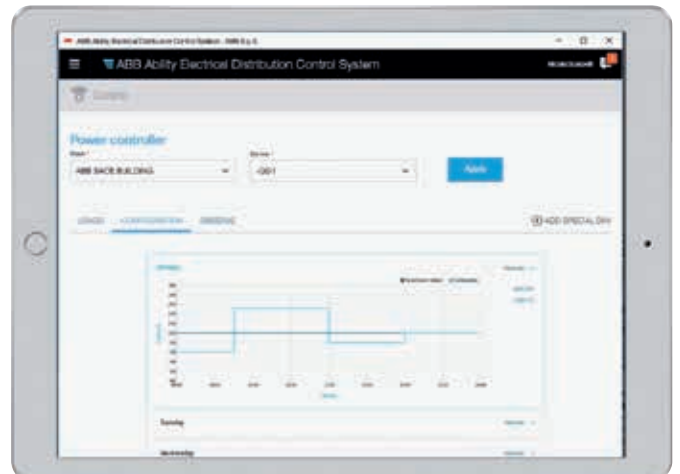
—
Der wohl größte Mehrwert des Systems besteht in der Vereinfachung der Energie- und Asset-Management-Prozesse und -Tätigkeiten am Standort.

auf historische Trends. So erhalten Nutzer ein umfassendes Bild der elektrischen Anlage, um effektive Benchmarks zu definieren und diese mit optimalen Verfahren (Best Practices) zu vergleichen. Darüber hinaus können Instandhaltungsarbeiten digital archiviert und über Berichte heruntergeladen werden.

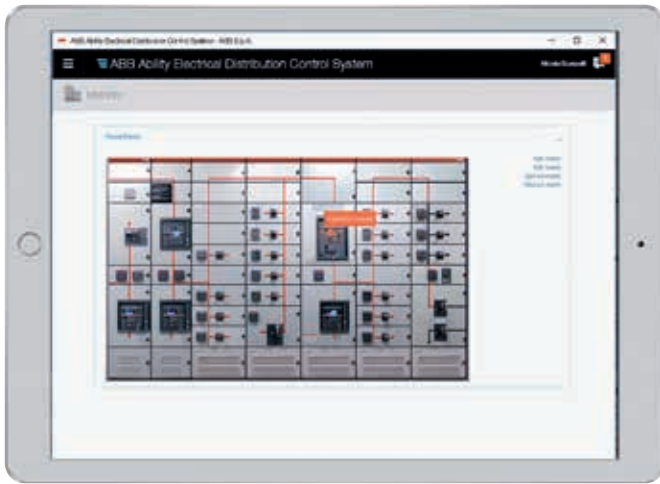
Die Analysefunktion des ABB Ability Electrical Distribution Control Systems vereinfacht und verbessert die Analyse von Leistungsfaktoren, Energiemanagement und Kosten. Die Verfügbarkeit einer umfassenden Sammlung von Daten für einzelne oder mehrere Anlagen unterstützt fundierte Entscheidungen.



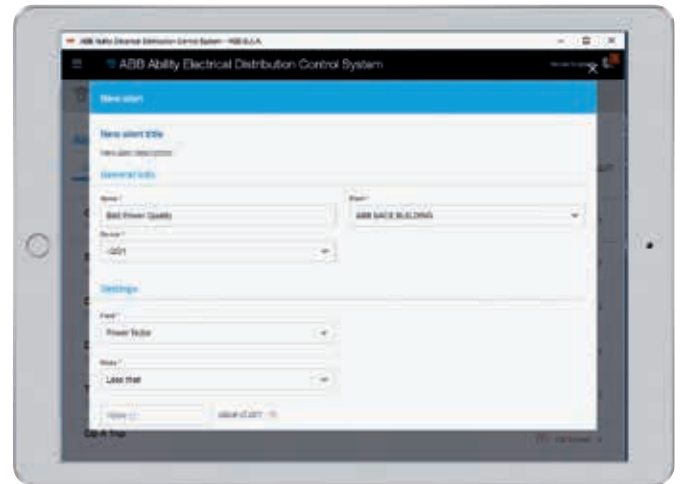
04



05



06



07

Steuerung

Das ABB Ability Electrical Distribution Control System bietet nicht nur Unterstützung bei der Erkennung von Verbesserungsbedarf, sondern auch bei der Umsetzung einer wirksamen Last- und Energiemanagementstrategie aus der Ferne.

Das Lastmanagement wird vereinfacht durch präzise Messungen, die vom ABB Ability Electrical Distribution Control System und der Power-Cont-

—

Das System arbeitet mit einer Web-App-Schnittstelle, sodass Nutzer jederzeit und von überall per Smartphone, Tablet oder PC auf das System zugreifen können.

roller-Funktion des Emax 2 gewährleistet werden. Durch Senkung des Leistungsbedarfs mittels Lastabwurf/Einspeisung für Lasten mit geringer Priorität werden Energieeinsparungen ermöglicht.

Mit der Benachrichtigungsfunktion des ABB Ability Electrical Distribution Control Systems steht dem Nutzer eine Art „Wachhund“ für seine Anlagen zur Verfügung →7. Die Benachrichtigungseinstellungen können an die individuellen Bedürfnisse und Interventionspläne des Nutzers angepasst werden, z. B. um das entsprechende Personal per Textnachricht und E-Mail zu informieren.

Einfachheit

Das ABB Ability Electrical Distribution Control System kommt ohne die hohen Kosten und die komplexe Einrichtung eines herkömmlichen Energieüberwachungs- und -managementsystems aus. Es muss lediglich ein Kommunikationsmodul – der neue Ekip Com Hub – im Anschlusskasten installiert werden, um die Verbindung zur Cloud herzu-

stellen. Mit der Inbetriebnahme des Systems über den Ekip Connect-Assistenten mit selbstkonfigurierenden Verbindungen bietet das ABB Ability Electrical Distribution Control System einzigartige Vorteile – wie die Möglichkeit zur Anbindung eines Schaltfelds an die Cloud in rund 10 Minuten →8.

Ist die Verbindung hergestellt, kann der Zugriff auf die Plattform mit wenigen Klicks auf weitere Nutzer – z. B. Partner und Mitarbeiter – erweitert werden. Jedem Nutzer werden entsprechend seiner Rolle in der betreffenden Anlage Aufgaben und Berechtigungen zugewiesen.

Es sind keine komplexen Konfigurationen, Adapter für DIN-Schienen oder Gateways erforderlich. Im Vergleich zu ähnlichen Lösungen ermöglicht das ABB Ability Electrical Distribution Control System eine Reduzierung der erforderlichen Anzahl von Hardwarekomponenten um 60%. Darüber hinaus trägt die integrierte Architektur des Systems zur Reduzierung der Verdrahtung und Anschlusszeit bei und vereinfacht die Integration von Geräten im System.

Das System im praktischen Einsatz

Die erste Pilotinstallation des ABB Ability Electrical Distribution Control Systems fand beim italienischen Wasserversorger Consorzio di Bonifica Veronese statt. Dank der Fernüberwachungs- und Benachrichtigungsfunktion des Systems konnte der Kunde die Zeit und die Kosten für Fahrten zwischen den verschiedenen Standorten erheblich reduzieren. Außerdem ermöglicht das System ein proaktives und schnelles Eingreifen zur Wiederherstellung normaler Betriebsbedingungen, Vermeidung von Fehlern, Durchführung von Instandhaltungsarbeiten und Reduzierung von Ausfallzeiten. So konnte der Kunde die Instandhaltungszeiten um 40 % und die Betriebskosten um 30 % reduzieren.



08a



08b



08c



08d

- 08 Einfache Einrichtung.
- 08a Start von Ekip Connect 3.0 und Wahl der Funktion.
- 08b Scannen des Netzes.
- 08c Konfigurieren des Geräts und der Anlage.
- 08d Übertragen in die Cloud.

Die Wahrscheinlichkeit von Strafen für schlechte Wasserqualität – eine ständige Gefahr in einer Branche, in der Pumpen mit variabler Last betrieben werden – wurde ebenfalls erheblich gesenkt.

Darüber hinaus konnte der Kunde aufgrund der Verfügbarkeit der Daten ohne den zusätzlichen Zeit- und Kostenaufwand einer unabhängigen externen Prüfung Energieeffizienzcertifikate im Wert von 24.000 EUR erwerben. Demnächst soll die Lösung in mehreren Dutzend weiteren Wasserversorgungsanlagen des Kunden eingesetzt werden.

Einsatz in einer der größten Solar-Dachanlagen in Dubai

Eine weitere Installation des ABB Ability Electrical Distribution Control Systems befindet sich in einer der größten privaten Solar-Dachanlagen der Golfregion in Dubai (Vereinigte Arabische Emirate) auf dem Gebäude der ABB-Niederlassung im Industriegebiet Al Quoz. Die 315-kW-Anlage versorgt die Büros von ABB, während überschüssiger Strom in das nationale Netz eingespeist wird.

Das ABB Ability Electrical Distribution Control System verbindet die Dachanlage mit dem IIoT, liefert ein digitales Profil der PV-Anlage, analysiert kontinuierlich die Spannungsqualität und verfolgt

die Energieerzeugung und den Energiebedarf am Standort. Eine kontinuierliche Diagnose der Anlage trägt zur Maximierung der Produktivität bei und unterstützt eine effektivere und intelligentere Instandhaltung.

— Das System ermöglicht die digitale Erfassung und den Export von Daten, das Zusammenstellen von Berichten und den Zugriff auf historische Trends.

ABB Ability und das IIoT

Seit über einem Jahrzehnt entwickelt ABB Technologien für das IIoT in Form von Steuerungssystemen, Kommunikationslösungen, Sensoren und Software. ABB Ability eröffnet noch bessere Möglichkeiten für IIoT-Technologien, Daten intelligent zu nutzen, um Betriebsabläufe zu optimieren, die Produktivität zu steigern und die Flexibilität zu maximieren. Der Emax 2 und das ABB Ability Electrical Distribution Control System sind zwei Produkte, die die Überwachung, Optimierung und Steuerung von elektrischen Anlagen grundlegend verändern. ●

DIGITALISIERUNG UND ANALYSE

Physische Sicherheit von Transformatoren durch Sensoren und Edge Analytics

Eine neue ABB-Technologie verbessert die physische Sicherheit der Stromversorgungsinfrastruktur, insbesondere von großen Leistungstransformatoren, mithilfe von vibroakustischen Sensoren, der Erkennung von Schlageinwirkungen in Echtzeit und Edge Analytics.

Mirrasoul J. Mousavi
James Stoupis
ABB Corporate Research
Raleigh, NC, USA

George Frimpong
ABB Power Products,
Transformers
Raleigh, NC, USA

mirrasoul.j.mousavi@
us.abb.com
james.stoupis@
us.abb.com
george.k.frimpong@
us.abb.com

Laut eines kürzlich bei USA TODAY erschienenen Berichts ist die Stromversorgungsinfrastruktur der USA etwa alle vier Tage Ziel eines physischen Angriffs oder Cyber-Angriffs [1]. Der erste vorsätzliche Angriff dieser Art war ein Sabotagefall in einem Umspannwerk im Jahr 2013. Die wachsende Zahl physischer und Cyber-Angriffe auf die Stromversorgungsinfrastruktur stellt eine große Gefahr

dar und unterstreicht die sich verändernden Anforderungen an die physische Sicherheit. Im Mittelpunkt solcher Angriffe stehen häufig große Leistungstransformatoren in Umspannwerken, und das hat gute Gründe: Obwohl sie nur weniger als 3% aller Transformatoren in der Infrastruktur der USA ausmachen, fließen zwischen 60 und 70% der gesamten Elektrizität durch sie [2] →1.

01



Darüber hinaus kann es zwischen 5 und 16 Monate dauern, bis ein beschädigter Leistungstransformator ersetzt und wieder in Betrieb ist. Generell gehören Leistungstransformatoren aufgrund der mangelnden Verfügbarkeit von Ersatzteilen, des kundenspezifischen Designs, langer Vorlaufzeiten bei der Fertigung, des schwierigen Transports und der hohen Installationsanforderungen zu den kritischsten Betriebsmitteln im Stromnetz.

Angesichts der hohen Bedeutung der Sicherheit der Stromnetzinfrastruktur hat die NERC (North American Electric Reliability Corporation) im Auftrag der FERC (Federal Energy Regulatory Commission) den Zuverlässigkeitsstandard CIP-014-1 entwickelt, der im Oktober 2015 in Kraft trat. Gemäß dieser Norm müssen Eigentümer bestimmter Übertragungsanlagen bis zum August 2016 die Verwundbarkeit kritischer Anlagen prüfen und entsprechende Sicherheitspläne umsetzen.

Eine neue, zum Patent angemeldete Technologie von ABB mit der kommerziellen Bezeichnung CoreStrike™ verbessert die physische Sicherheit der Stromversorgungsinfrastruktur mithilfe von vibroakustischen Sensoren, Erkennung von Schlägeinwirkungen in Echtzeit und Edge Analytics.

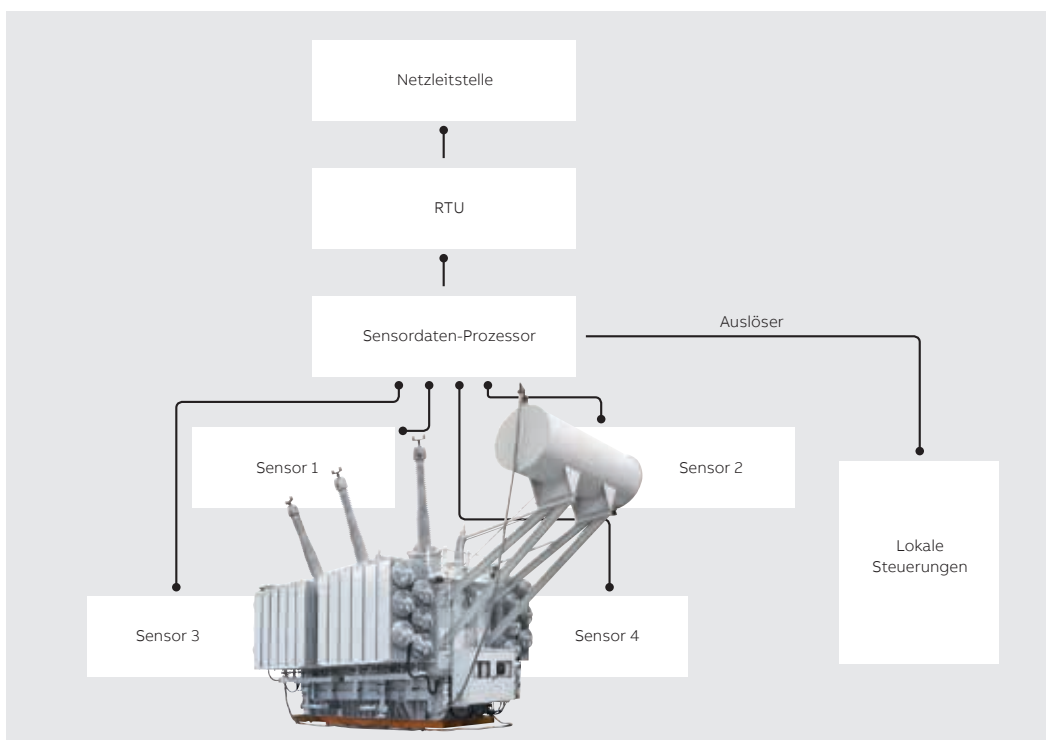
Motivation

Laut einer kürzlich vom Branchenportal Utility Dive durchgeführten Umfrage sahen 80 % der befragten Führungskräfte von Versorgungsunternehmen eine geplante Sabotage als eine mögliche Bedrohung ihrer Umspannwerke [3]. Die gleiche Umfrage ergab, dass von Versorgungsunternehmen zwischen 2011

und 2014 über 300 vorsätzliche physische Angriffe auf die Stromversorgungsinfrastruktur gemeldet wurden, die zu Netzstörungen geführt haben. Diese Verwundbarkeit, die sich unmittelbar auf die Netzzuverlässigkeit auswirkt, kann durch Verbesserung der physischen Sicherheit von Umspannwerken und Leistungstransformatoren mithilfe von Sensoren und Automatisierung reduziert werden.

Wird die physische Integrität eines Transformators beeinträchtigt, muss sofort – zumindest betrieblich – gehandelt werden, um die Größe des Schadens zu begrenzen und die möglichen schwerwiegenden Folge- und Begleitverluste eines katastrophalen Ausfalls zu verhindern. Trotz ihrer großen Auswirkung sind Angriffe nicht häufig zu erwarten, sodass die Implementierungskosten stets ein Aspekt sind, der bedacht werden muss.

ABB hat sich der Verwundbarkeit der Versorgungsinfrastruktur angenommen und CoreStrike entwickelt – ein kostengünstiges System zur Erkennung und Beurteilung von Schlägeinwirkungen auf Leistungstransformatoren in Echtzeit. Während es verschiedene Technologien zur Verbesserung der physischen Sicherheit von kritischen Betriebsmitteln in Umspannwerken gibt, lässt sich eine absolute physische Sicherheit praktisch nicht erreichen. Für die Eigentümer und Betreiber von Energieübertragungsanlagen ist dies wenig beruhigend, doch der intelligente Einsatz der in diesem Beitrag beschriebenen Technologie als integraler Bestandteil eines Sicherheitsplans kann dabei helfen, die Auswirkungen eines Vorfalls zu mindern und in manchen Fällen sogar zu verhindern.



—
01 Ein erheblicher Teil des Stroms eines Landes fließt durch eine relativ kleine Zahl von Transformatoren. Technologie von ABB hilft dabei, die Sicherheit dieser empfindlichen Knoten im Stromnetz zu verbessern. Im Bild: ein Polytransformator.

—
02 Lösungskonzept und Architektur.

—
03 Prototyp mit kostengünstiger Hardware.

Lösungskonzept und Übersicht

Das ABB-Konzept für eine sensorbasierte Erkennung und Beurteilung von Schlageinwirkungen besteht aus speziellen Sensoren, einem Sensordaten-Prozessor (SDP), einer Fernwirkereinheit (RTU) für die Fernkommunikation und einer Schnittstelle zur Netzleitstelle →2. Die Daten von den Sensoren werden vom SDP erfasst und mit einem Zeitstempel versehen. Darüber hinaus erfolgt im SDP eine

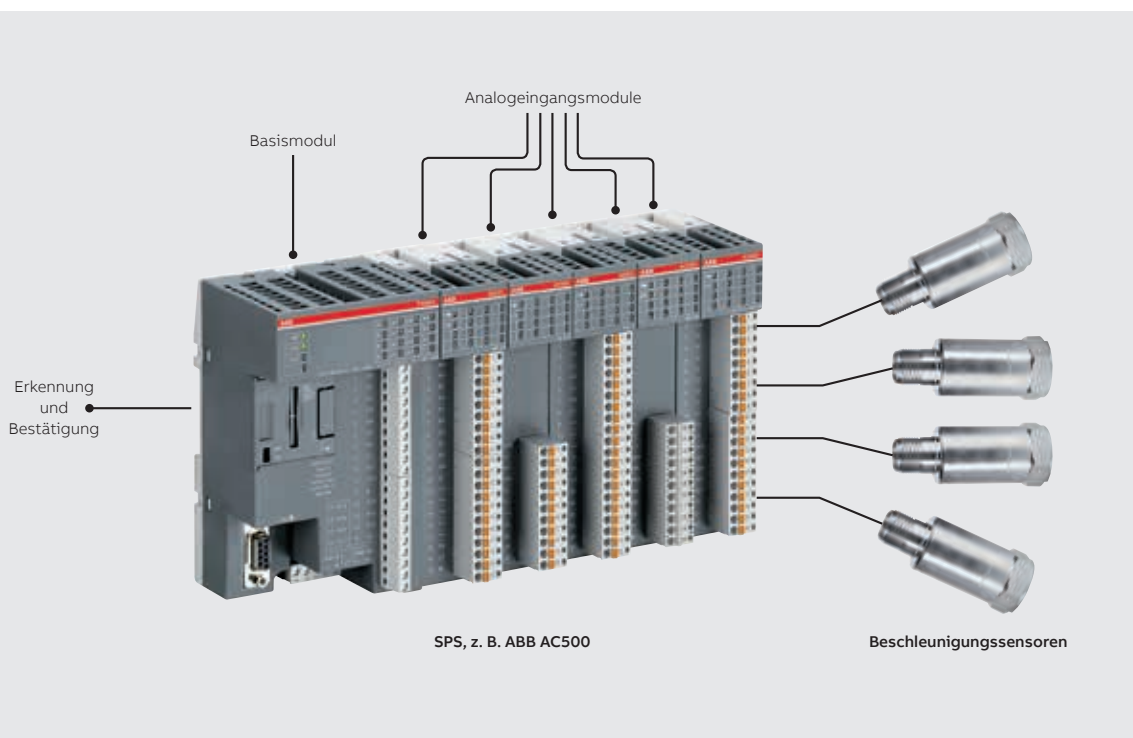
—
Die Ausgangsgrößen der Sensoren können zum Schließen von Kühlsystemventilen bei Erkennung eines Ölverlusts oder zum Öffnen von Ventilen für ein redundantes Kühlsystem genutzt werden.

Vorverarbeitung der Rohdaten, z. B. durch Filtern und Mitteln. Der SDP führt Erkennungsalgorithmen aus, die eine lokale Alarmierung und Meldung auslösen. Dies wird – im Sinne der Durchführung von Analysen direkt am Rand des Netzwerks – gemeinhin als Edge Analytics bezeichnet. Die Ergebnisse des SDP werden von der RTU empfangen und über ein bevorzugtes Kommunikationsmedium an die Netzleitstelle übermittelt, wo mithilfe komplexerer Algorithmen der Schaden an der Infrastruktur beurteilt oder die Integrität der Betriebsmittel geprüft werden kann (Cloud Analytics).

Das Ergebnis wird auf dem Dashboard des Bedieners in Echtzeit angezeigt. In bestimmten Implementierungen können – unter Beachtung betrieblicher Anforderungen und Cybersicherheitsanforderungen – die Ausgangsgrößen der Sensoren für lokale Steuerungen, z. B. zum Schließen von Kühlventilen an einem Transformator bei Erkennung eines Ölverlusts oder – falls vorhanden – zum Öffnen von Ventilen für ein redundantes Kühlsystem genutzt werden.

Das sensorbasierte System dient außerdem als Auslöser für andere Sicherheitsmaßnahmen. So kann es z. B. genutzt werden, um Kameras anzuweisen, bestimmte Aufnahmen vom Transformator oder von der unmittelbaren Umgebung des Umspannwerks zu machen oder aufzuzeichnen. Diese können als Beweise bei forensischen Untersuchungen und vor Gericht verwendet werden. Herkömmliche Überwachungssysteme sind meist in einem festen Winkel montiert oder auf bestimmte Betriebsmittel gerichtet – oder bewegen sich sehr langsam, sodass der Beginn des Angriffs möglicherweise verpasst wird.

Eine Umsetzung des Konzepts mit kostengünstiger Hardware wurde im Rahmen eines Feldversuchs getestet. Die Grundanordnung besteht aus mindestens vier RMS-Beschleunigungssensoren mit einer in einer speicherprogrammierbaren Steuerung (SPS) eingebetteten Erkennungs- und Beurteilungslogik, die als kombinierte RTU und SDP fungiert →3.



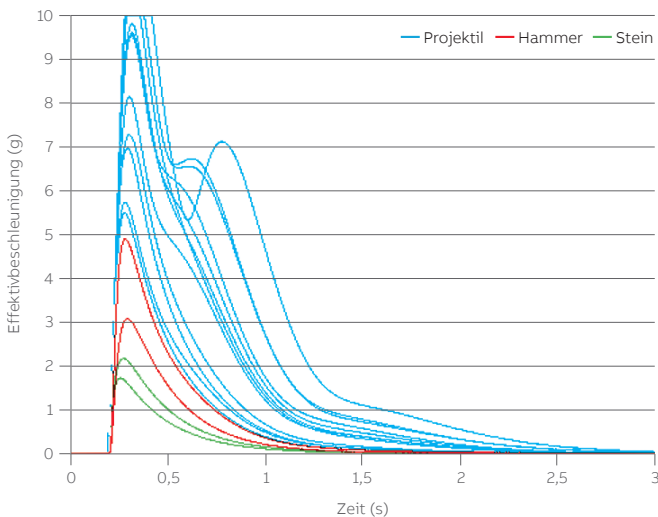


04

Die Beschleunigungssensoren werden strategisch an der Kesselwand des Transformators platziert, sodass mögliche Einwirkungen an allen empfindlichen Bereichen erkannt werden →4. Das System überwacht den Transformatorkegel auf Einwirkungen, deren Auslenkungen vorgegebene Grenzen übersteigen. Ist dies der Fall, schaltet das System eine LED ein oder aktiviert ein digitales Signal, das zur automatischen oder halbautomatischen Initiierung von Steuereingriffen in ein SCADA-System (Supervisory Control and Data Acquisition) übertragen werden kann. Die Anzahl der durch einen Schlag aktivierten Signale definiert die Schwere der Einwirkung, d. h. ein Angriff, der von allen Beschleunigungssensoren registriert wird, gilt als schwerer als ein Angriff, der nur das Signal eines Sensors auslöst.

Nachweis der Machbarkeit durch Feldversuche

Um die technische Machbarkeit der Lösung zu prüfen und verschiedene Forschungs- und Konstruktionsfragen zu klären, wurden drei Testreihen an verschiedenen Standorten mit unterschiedlichen Zielsetzungen durchgeführt.



05

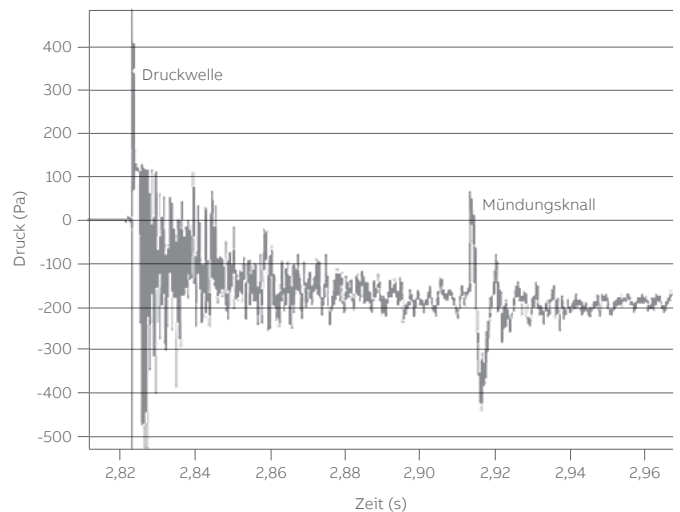
Die erste Testreihe wurde in einem Ballistiklabor gemäß der Norm UL 752 für schusssichere Einrichtungen durchgeführt. Die bei den Versuchen

—
 Eine Umsetzung des Konzepts mit kostengünstiger Hardware wurde im Rahmen eines Feldversuchs getestet.

gesammelten Daten und Bilder halfen dabei, die Anforderungen an die Sensoren und die Datenerfassung für die anschließenden Feldversuche zu spezifizieren.

Bei der zweiten Testreihe auf einem Schießstand wurde ein mit Wasser gefüllter Kessel eines Netzkupfeltransformators mit verschiedenen Schusswaffen aus einer Entfernung von 55 m beschossen. Schwingungs- und Akustikmessungen ermöglichten eine eingehende Analyse und Charakterisierung der Aufschlagsignaturen von verschiedenen Geschossen sowie von Hammer- und Steinschlägen →5. Mithilfe der deutlichen Unterschiede in den RMS-Wellenformen kann ein Geschosseinschlag von einem gegen den Transformatorkegel geworfenen Stein unterschieden werden. Interessanterweise glichen einige Hammerschläge den Signaturen von Geschossen. Dies ist ein durchaus gewünschtes Ergebnis, denn es zeigt, dass alle stumpfen Angriffe mit derselben Anordnung erkannt und bestätigt werden können.

→6 zeigt ein hochauflösendes akustisches Signal, das bei einem der Versuche erfasst wurde. Die Ankunftszeiten der Druckwelle und des Mündungsknalls stimmen mit den theoretischen Berechnungen überein, und die Druckveränderungen auf dem Weg kennzeichnen das Kaliber und die Position des Geschosses.



06

—
04 Beispiel für die Platzierung von Beschleunigungssensoren am Kessel.

—
05 Messungen der Effektivbeschleunigung bei Geschossversuchen.

—
06 Akustische Signatur bei einem Feldversuch.

—
07 Effektivbeschleunigung bei natürlichen Ereignissen.

Literaturhinweise

[1] Online verfügbar unter <http://www.usatoday.com/story/news/2015/09/09/cyber-attacks-doe-energy/71929786/>. Aufgerufen am 25. 2. 2016.

[2] Parfomak, P. W.: „Physical Security of the U.S. Power Grid: High-Voltage Transformer Substations“. Congressional Research Service. Juni 2014.

[3] Online verfügbar unter: <https://www.utilitydive.com/library/the-state-of-physical-grid-security-2015-report/>. Aufgerufen am 25. 2. 2016.

Eine genaue Analyse mehrerer solcher Aufzeichnungen kann eine Vielzahl von Informationen hinsichtlich Schussrichtung, Position, Flugbahn, Geschosstyp und Kaliber liefern.

Die dritte Testreihe wurde an einem spannungsführenden Transformator durchgeführt, um schwingungstechnische und akustische Basiszahlen und -signaturen mithilfe hochpräziser Sensoren und Datenerfassungsgeräte zu bestimmen. Die Nähe des betreffenden Transformators zu einer Eisenbahnstrecke (unmittelbar hinter dem Transformator) und einem Flughafen ermöglichen die Messung und Beobachtung realistischer Umwelteffekte, sodass das Forschungsteam der Erkennungsmethodik eine gewisse Robustheit gegen Fehlalarme zugrunde legen konnte. Beispiele von RMS-Beschleunigungsprofilen für fünf Fälle sind in →7 dargestellt. Wie deutlich zu erkennen ist, sind Hammerschläge wesentlich dominanter als die Schwingungen, die bei Routineereignissen wie dem Einschalten des Transformators, der Pumpen und Lüfter verursacht werden.

Vorteile der Lösung

Maßnahmen zur Verbesserung der physischen Sicherheit auf der Basis von Sensoren und Datenanalysen bieten eine Reihe von Vorteilen.

Zum Beispiel:

- Die Erkennung erfolgt praktisch gleichzeitig mit dem Ereignis. Dies gibt dem Bedienpersonal wertvolle zusätzliche Zeit, um über Maßnahmen zur Abmilderung der Auswirkungen zu entscheiden. Der Hauptvorteil einer schnellen Reaktion besteht in der Möglichkeit, die aktiven Teile des Transformators vor schweren Schäden und einem damit verbundenen längeren Ausfall zu bewahren.

- Das System ist auch nützlich in Fällen, in denen der Transformator den Angriff übersteht. In diesem Fall kann das Wissen um den versuchten Anschlag als Auslöser für Inspektionen vor Ort dienen oder weitere Investitionen zur Sicherung des Transformators bzw. des Umspannwerks rechtfertigen.
- Die Erkennung ist transformatorspezifisch und somit effektiver nutzbar als allgemeine Sicherheitsmaßnahmen wie die Videoüberwachung von Umspannwerken.
- Die Erkennung erfolgt automatisch, sodass keine aktive permanente Überwachung durch Bedienpersonal erforderlich ist.
- Andere Sicherheitsmaßnahmen wie Überwachungskameras können ausgelöst werden.

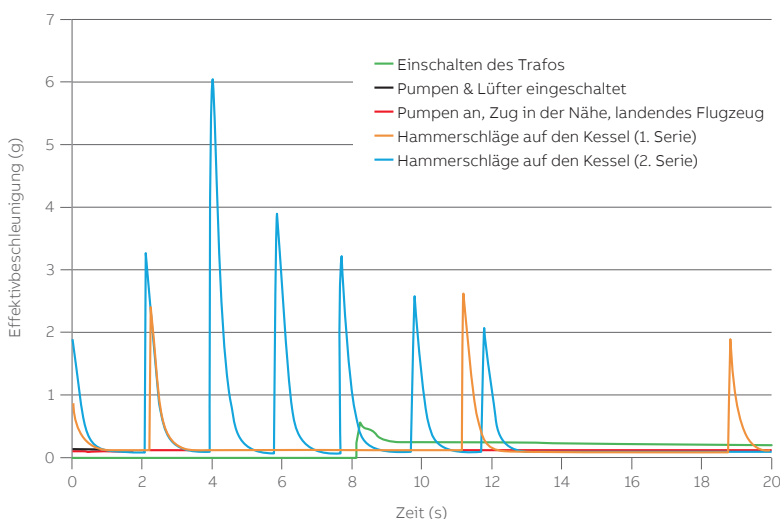
Blick in die Zukunft

Die Lösung zur Erkennung und Meldung von Schlageinwirkungen in Echtzeit ist eine weitere digitale Innovation von ABB, die Versorgungsunternehmen dabei hilft, ihre Ziele im Hinblick auf die physische Sicherheit von Leistungstransformatoren und anderen wertvollen Betriebsmitteln zu erreichen bzw. zu übertreffen. CoreStrike behandelt einen wichtigen Bereich der physischen Sicherheit durch frühzeitige Erkennung und Beurteilung potenzieller oder tatsächlicher Angriffe. Die Informationen vom System können in Automatisierungs- und Steuerungskonzepten verwendet werden, um das Bedienpersonal bei einem Angriff zu warnen bzw. zu alarmieren und/oder weiteren Schaden zu verhindern (z. B. durch Aktivierung redundanter Kühlsysteme). Dabei ist anzumerken, dass für Steuerungsanwendungen bestimmte betriebliche Anforderungen und Cybersicherheitsanforderungen berücksichtigt werden müssen.

Ein Prototyp der Technologie wurde an einem realen Stationstransformator installiert, um die langfristige Stabilität und Robustheit des Systems gegenüber falsch positiven Ergebnissen zu beobachten. Hagelschlagereignisse wurden vom System bereits erfasst und aufgezeichnet. Zukünftige Versionen der Technologie könnten im Einklang mit dem ABB Ability-Lösungsportfolio für das digitale Stromnetz die Integration zusätzlicher Sensoren ermöglichen und präskriptive Eindämmungsmaßnahmen beinhalten.

Danksagung

Die Autoren danken Andrew Bleich, Randy Joyce, Randy Colvin, Ning Kang, Poorvi Patel und Don Puder für ihre Unterstützung bei den Feldversuchen. Ferner gilt unser Dank Craig Stiegemeier, Thomas Buijs und Petter A. Fiskerud für die Anregung des Business Case bzw. die Unterstützung der Produktentwicklung. ●





66

Energie



Energie war schon immer eine wichtige Ressource. Doch um sie nutzbar zu machen, ist nicht nur ein System aus Werkzeugen und Prozessen erforderlich, die auf einschlägiger Erfahrung und Know-how basieren, sondern auch ein Verständnis dafür, wo, wann, wie und warum sie eingesetzt wird.

Während bei einem Projekt Technologie zur Unterstützung von Fahrzeugen bereitgestellt wird, die 3.000 m tief im Meer arbeiten, führt ein anderes zur Entwicklung eines neuen klimafreundlichen Isoliergases mit breiten Anwendungsmöglichkeiten. Diese und andere Projekte unterstreichen die Bandbreite der Tätigkeiten von ABB im Bereich Energie.

60 Solide Elektrik für ROVs in 3.000 m Tiefe

66 ABB bietet erste Mittelspannungs-GIS mit klimafreundlicher SF₆-Alternative an



ENERGIE

Solide Elektrik für ROVs in 3.000 m Tiefe

Die ferngesteuerten Fahrzeuge (Remotely Operated Vehicles, ROVs) von Total Marine Technology in einer Meerestiefe von 3.000 m mit Strom zu versorgen, ist keine leichte Aufgabe. Die Sanftanlasser- und AF-Schütztechnik von ABB erwies sich als die ideale Lösung.

Joakim Jansson
Martin Erkander
ABB Electrification
Products, Protection and
Connection
Västerås, Schweden

joakim.x.jansson@
se.abb.com
martin.erkander@
se.abb.com

Chris Thomas
ABB Electrification
Products, Protection and
Connection
Coventry, England

chris.p.thomas@
gb.abb.com

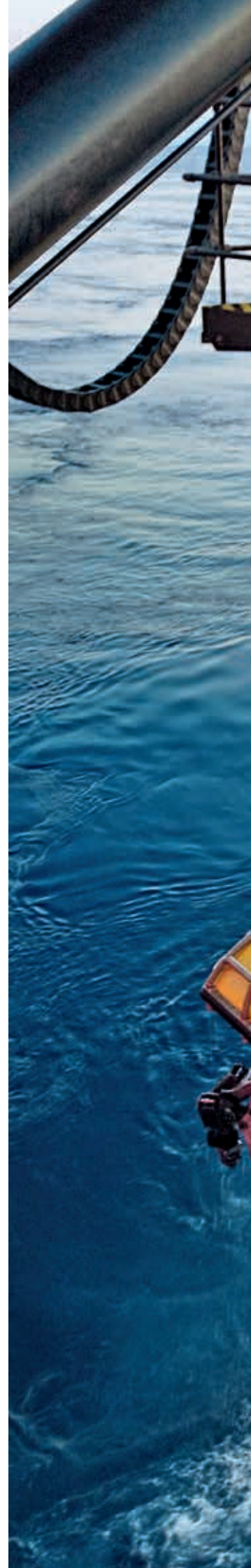
Slobodan Stankovic
Total Marine Technology
Bibra Lake, Australien

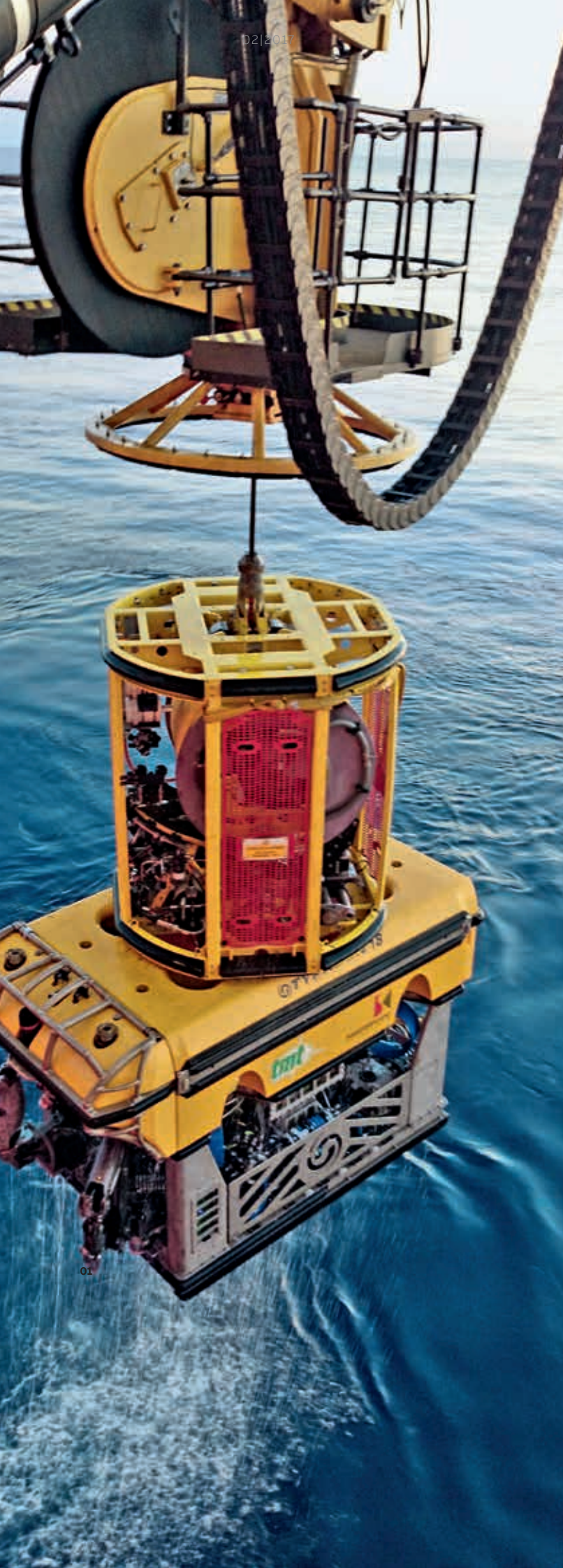
Es ist wenig überraschend, dass der größte Teil des leicht erreichbaren Öls und Gases unter dem Meeresboden bereits entdeckt und gefördert ist bzw. gefördert wird. Neue Öl- und Gasvorkommen werden für gewöhnlich in entlegenen, tieferen Regionen entdeckt, die Arbeiten in Wassertiefen von mehreren Kilometern bei starken Strömungen und eiskalten Wassertemperaturen erfordern.

Für diese Tiefseeumgebungen bietet Total Marine Technology (TMT) eine umfassende Palette von

—
Die einwandfreie Funktion von ROVs in einer Tiefe von 3.000 m sicherzustellen, ist äußerst anspruchsvoll.

ROVs, von denen einige regelmäßig in Tiefen von 1.500 m arbeiten →1–2. Im Jahr 2010 erhielt TMT jedoch einen Auftrag von einem anderen australischen Unternehmen, der die Konstruktion und den Bau eines ROV erforderte, das doppelt so tief tauchen kann.





Im Gegensatz zu einem autonomen Unterwasserfahrzeug (AUV), das keine feste Verbindung zu einem Schiff oder einer Anlage an der Oberfläche hat, ist ein ROV für gewöhnlich durch Kabel für Hydraulik, Strom, Video- oder Steuersignale mit der Oberfläche verbunden →3–4.

—
 Ein Sanftanlasser erhöht die Spannung über einen vorgegebenen Zeitraum, d. h. der vom System aufgenommene Spitzenstrom wird reduziert, und die Ausgangsspannung ist stabiler.

Die zum ROV übertragene hydraulische oder elektrische Energie kann für Bordsysteme, den Antrieb oder für die hydraulischen Arme und Greifer verwendet werden, mit denen das ROV seine Arbeit unter Wasser erledigt. Beim TMT-ROV Typhoon MK2 wird die hydraulische Kraft von einem Hydraulikaggregat (Hydraulic Power Unit, HPU) am ROV erzeugt. Die an der Oberfläche vorliegende elektrische Wechselspannung von 440 V wird auf 3.250 V AC (60 Hz) hochtransformiert und zum ROV übertragen, um es zu starten. Das HPU benötigt 3.000 V AC zum Betrieb der Hydraulikpumpen unter Wasser.

Damit das ROV seine Arbeit erfolgreich erledigen kann, muss die einwandfreie Funktion der Manipulatoren und der anderen Systeme gewährleistet sein. Ein Ausfall oder eine Störung der Stromversorgung an der Oberfläche könnte zu einer Fehlfunktion der Hydraulik führen, was wiederum eine Beschädigung der Ausrüstung, Verzögerungen oder sogar den Abbruch der Mission und das Verpassen eines günstigen Wetterfensters nach sich ziehen kann. Die einwandfreie Funktion von ROVs in einer Tiefe von 1.500 m sicherzustellen, ist schon schwierig – umso anspruchsvoller ist der Einsatz in 3.000 m Tiefe.

Um eine reibungslose und konstante Stromversorgung der Hydraulikaggregate sicherzustellen, die das ROV in 3.000 m Tiefe antreiben, entschied sich TMT für Sanftanlasser- und AF-Schutztechnik von ABB.

Sanftanlasser

Auch wenn einige – auch mehrere Hundert Kilometer von der Küste entfernte – Offshore-Anlagen von Land aus mit Strom versorgt werden, arbeitet

—
Beschichtete Platinen schützen die Elektronik gegen Feuchtigkeit und die aggressive Meeresumgebung.

der größte Teil mit lokalen Generatoren. Auf einem Schiff erfolgt die Stromerzeugung zwangsläufig immer lokal. Die Generatoren sind so bemessen, dass sie den Bedarf des Schiffs oder der Plattform decken, aber nicht viel mehr. Wenn dann ein größeres Betriebsmittel wie eine Pumpe gestartet wird,

kann es zu größeren Spannungseinbrüchen und -spitzen kommen, die die Stromversorgung zum ROV beeinträchtigen.

Doch Schwankungen in der Stromversorgung an der Oberfläche sind nicht die einzige Herausforderung. Damit das Hydrauliksystem des ROV funktionieren kann, muss es einen bestimmten Druck aufrechterhalten. Wird z. B. einer der Arme des ROV vom Bediener (der sich an der Oberfläche befindet) bewegt, sinkt der Druck im hydraulischen System, und der Generator an der Oberfläche muss den plötzlichen Leistungsbedarf der Hydraulikpumpe ausgleichen. Wird die Pumpe direkt, d. h. ohne Anlasshilfe in Form einer vorübergehend reduzierten Spannung (wie sie von einem Sanftanlasser bereitgestellt wird) eingeschaltet, besteht die Gefahr eines Spannungseinbruchs, da der Generator normalerweise nicht in der Lage ist, genügend Momentanleistung zu liefern. Dies kann wiederum zu einer Fehlfunktion des HPU führen.

02



—
01 Die Sanftanlasser- und AF-Schütztechnik von ABB erwies sich als ideal für das elektrische System zur Versorgung der Hydraulik eines ROV für Tiefen bis 3.000 m.

—
02 Ein ROV vom Typ TMT Typhoon 20.

—
03 ROVs sind durch Hydraulik-, Strom-, Daten- und Steuerkabel mit der Oberfläche verbunden. Die Einheit auf dem ROV ist das Tether Management System für das Halteseil.

Hier kommt der Sanftanlasser in Spiel →6. Ein Sanftanlasser oder „Softstarter“ erhöht die Spannung über einen vorgegebenen Zeitraum, d. h. der vom System aufgenommene Spitzenstrom wird reduziert, und die Ausgangsspannung ist stabiler. Kurzum, das gesamte System wird zuverlässiger. Ein typischer Anlaufstrom mit Sanftanlasser ist um 40 % niedriger als beim direkten Einschalten.

ABB-Sanftanlasser zeichnen sich durch eine Reihe weiterer Merkmale aus, die sie besonders zuverlässig machen:

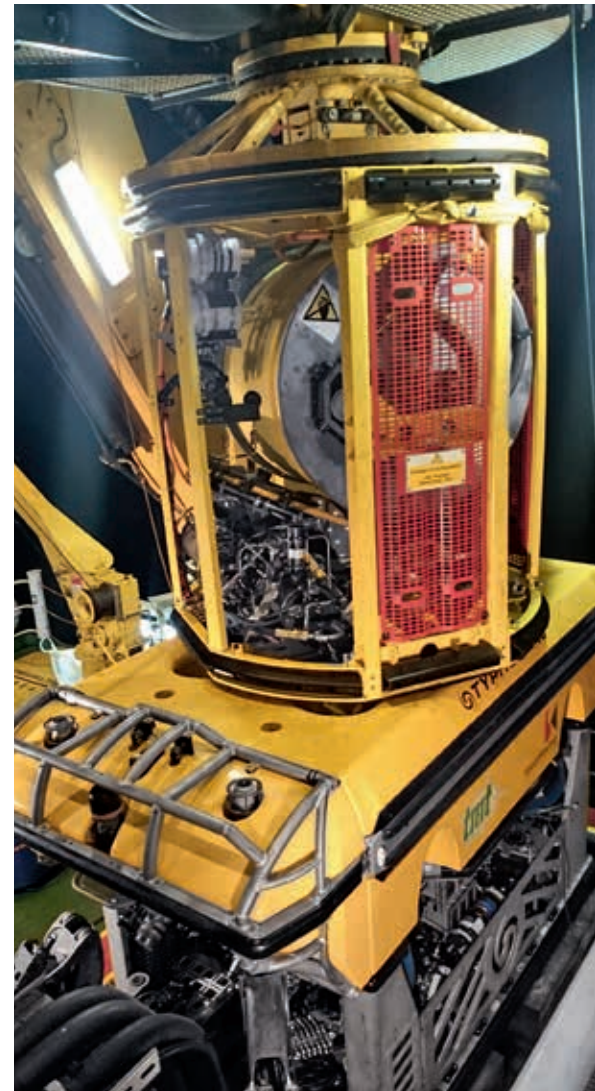
- Der Sanftanlasser verfügt über eine Drehmomentregelung. Diese hilft dabei, Druckinstabilitäten im Fluid zu verhindern, wie sie sonst durch das schnelle Schließen von Ventilen verursacht würden. Die daraus resultierende geringere Belastung trägt zur Verlängerung der Lebensdauer des Systems bei. Die Funktion ist äußerst nützlich zur Verhinderung von Druckschlägen in Pumpsystemen. In der Vergangenheit konnten Nutzer von ABB-Sanftanlassern dank der Drehmomentregelung bis zu 40% der Instandhaltungskosten für ihre Pumpen einsparen.

—
Beim Einsatz von AF-Schützen werden weniger Ersatzteile benötigt, da die gleiche Spule sowohl AC- als auch DC-Steuerspannungen unterstützt.

- Ein integrierter elektronischer Überlastschutz sorgt dafür, dass der Motor nicht überhitzt. Der ABB Softstarter PSTX verfügt z. B. über mehr als 10 Schutzfunktionen gegen verschiedene Lastzustände und Netzunregelmäßigkeiten wie Unter- und Überspannungen. Der PSTX ist bekannt für seine umfangreichen Funktionen und Merkmale, die eine Reduzierung der Anzahl von Komponenten in der Schalttafel um 80% und eine Verkürzung der Installationszeit um 60% ermöglichen.
- Beschichtete Platinen schützen die Elektronik gegen Feuchtigkeit und die aggressive Meeresumgebung.

Darüber hinaus sind Sanftanlasser von ABB kompakt und einfach in der Installation und Anwendung:

- Dank eines integrierten Bypasses kann das Gerät kleiner ausfallen als ein Sanftanlasser mit getrenntem seitlich installierten Bypass. Der integrierte Bypass verkürzt die Installationszeit und erhöht die Zuverlässigkeit, da die komplette Einheit im Werk montiert und getestet wird.



03

- Eine klare und einfache Mensch-Maschine-Schnittstelle vereinfacht die Bedienung des Geräts. Einrichtung und Diagnose erfolgen über intuitive Menüs. Der ABB-Softstarter verfügt über eine externe Tastatur (ein Merkmal, das bei anderen Sanftanlassern nur selten zu finden ist), sodass eine Überwachung und Änderung der Einstellungen auch bei geschlossener Schaltschranktür möglich ist. Beim PSTX verfügt die Tastatur über ein 3 m langes Anschlusskabel.

Diese Vorteile haben TMT dazu bewegt, die vorhandenen Sanftanlasser durch ABB-Softstarter vom Typ PSTB zu ersetzen.

AF-Schütze

Neben den Sanftanlassern helfen auch Schütze von ABB dabei, die elektrische Versorgung der Motoren und Pumpen für das Hydrauliksystem des ROV sicherzustellen.

Ein Schütz ist ein elektrisch betätigter Schalter, der einen Stromkreis schaltet, um Strom zu verteilen oder Motoren zu starten. Er ähnelt einem Relais, arbeitet aber mit wesentlich höheren Stromstärken. Anders als Relais können Schütze direkt an Verbrau-





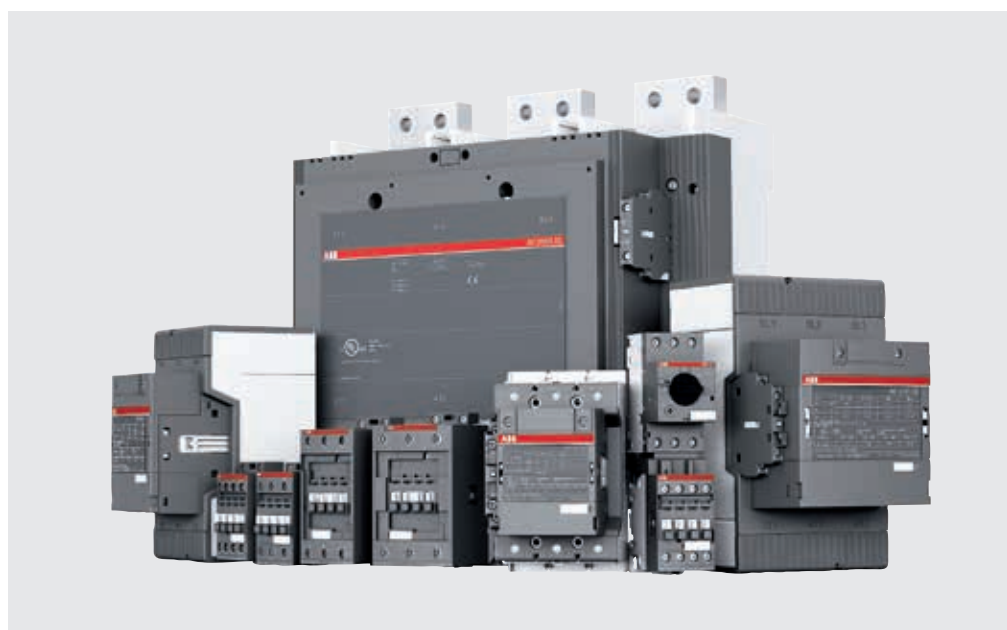
04

cher mit hoher Leistungsaufnahme angeschlossen werden und verfügen über Einrichtungen zur Beherrschung bzw. Unterdrückung von Lichtbögen beim Unterbrechen hoher Motorströme.

Die Elektronik in den AF-Schützen von ABB verwandelt die Wechselspannung (AC) bzw. Gleichspannung (DC) des Steuerkreises in eine DC-Steuer-spannung, die an die Spule angelegt wird, um die Kontakte und den Hauptstromkreis zu schließen →5. In Verbindung mit einem breiten Steuer-spannungsbereich ermöglicht diese Art der Steue-

rung einen zuverlässigen Betrieb des Schützes auch bei instabilen Netzbedingungen. Darüber hinaus sorgt die Elektronik im Schütz für eine stetige Optimierung des Energieverbrauchs und beseitigt traditionelle Probleme von Schützen wie Brummen und Flattern. Das Ergebnis ist eine verlängerte Lebensdauer des Schützes und ein praktisch geräuschloser Betrieb.

Die Spannungsschwankungen, die in einem instabilen Netz auftreten und Probleme mit herkömmlichen Schützen verursachen können, stellen für



05

—
04 Das Tether Management System vor der Montage auf dem ROV.

—
05 Schütze der ABB AF-Reihe.

—
06 Die Produktfamilie der ABB-Sanftanlasser.

AF-Schütze keine Gefahr dar. Überspannungen bewältigt das Schütz selbst (herkömmliche Schütze erfordern externe Überspannungsschutzeinrichtungen), sodass diese den Steuerkreis nie erreichen.

Die Elektronik im AF-Schütz sorgt für eine stetige Optimierung des Energieverbrauchs.

Angesichts des begrenzten Lagerraums, einer langen, risikobehafteten Lieferkette und eilig bestellten Austauschteilen kann die Logistik auf hoher See eine ziemliche Herausforderung darstellen. Beim Einsatz von AF-Schützen werden weniger Ersatzteile benötigt, da die gleiche Spule sowohl AC- als auch DC-Steuerspannungen unterstützt und nur vier Spulen erforderlich sind, um einen Spannungsbereich von 24 bis 500 V AC bzw. von 20 bis 500 V DC abzudecken. Dies entspricht einer Reduktion der Teilezahl um etwa 90 % im Vergleich zu einer herkömmlichen Schützbaureihe. Darüber hinaus sind AF-Schütze kompakt (bis zu 30 % kleiner als herkömmliche Einheiten), wodurch sich zusätzlich wertvoller Platz auf einem Schiff einsparen lässt.

Weitere Steuerungstechnik-Produkte

In einem zweiten Schritt beschloss TMT, vorhandene Steuerungstechnik-Komponenten eines Mitbewerbers durch Niederspannungsprodukte von ABB zu ersetzen. Die Vorteile dieser Entscheidung gehen weit über die Reduktion der Anzahl von Lieferanten hinaus. So bietet das installationsfreundliche Dreiphasen-Überwachungsrelais von ABB

genau die benötigten Funktionen (z. B. Über- und Unterspannungsüberwachung und Phasenausfallüberwachung), während die Thermistor-Motor-schutzrelais durch direkte Messung der Temperatur in den Motorwicklungen eine längere Motorlebensdauer garantieren. Außerdem wurden verschiedene Bedienfeld-Elemente (Knöpfe, Schalter, Leuchten usw.) durch Produkte aus der ABB-Palette von Befehls- und Meldegeräten ersetzt, die den rauen Einsatzbedingungen der TMT-ROVs standhalten. Darüber hinaus sorgt die globale Ausrichtung und starke lokale Präsenz von ABB rund um die Welt für eine weltweite Unterstützung – ein wichtiger Aspekt für ROVs, die fernab der Heimat eingesetzt werden.

Einfach, kompakt und zuverlässig

Der Einsatz eines ROV in 3.000 m Tiefe erfordert ein gut durchdachtes und professionell ausgeführtes technisches Konzept. Ein wichtiges Element hierbei ist ein erstklassiges elektrisches Versor-

In einem zweiten Schritt beschloss TMT, vorhandene Steuerungstechnik-Komponenten durch Niederspannungsprodukte von ABB zu ersetzen.

gungssystem, das dafür sorgt, dass das ROV genau so funktioniert, wie es soll. Um dies sicherzustellen, entschied sich TMT aufgrund ihrer Einfachheit, Zuverlässigkeit und logistischen Vorteile für Sanftanlasser und AF-Schütze von ABB. ●



ENERGIE

ABB bietet erste Mittelspannungs-GIS mit klimafreundlicher SF₆-Alternative an

Gasisolierte Schaltanlagen mit SF₆-Gas (Schwefelhexafluorid) zeichnen sich durch besonders kompakte Abmessungen, höchste Zuverlässigkeit und maximale Sicherheit aus. Allerdings ist SF₆ ein starkes Treibhausgas. ABB bietet als erstes Unternehmen gasisolierte Mittelspannungs-Schaltanlagen (MS-GIS) mit einem klimafreundlichen Isoliergas auf der Basis eines neuen Moleküls an.

Sebastian Zache
Maik Hyrenbach
ABB Electrification
Products, Medium Voltage
Products
Ratingen, Deutschland

sebastian.zache@
de.abb.com
maik.hyrenbach@
de.abb.com

Magne Saxegaard
ABB Electrification
Products, Medium Voltage
Products
Skien, Norwegen

magne.saxegaard@
no.abb.com

Das Mittelspannungsnetz liegt zwischen dem Hochspannungs-Fernübertragungsnetz und den Niederspannungs-Verbrauchernetzen und versorgt unter anderem die Straßenbeleuchtung in Wohn- und Gewerbegebieten, energieintensive Industriebetriebe, Sportstadien und U-Bahnen mit dem erforderlichen Strom.

Schaltanlagen bilden die zentralen Knotenpunkte im Stromnetz, an denen alle Verbindungen zusammenlaufen. Sie sind dafür ausgelegt, Ströme unter allen zu erwartenden Bedingungen ein- und auszuschalten. Unter normalen Bedingungen bieten sie den Netzbetreibern die notwendige Flexibilität und Kontrolle über ihre Netze. Im Fehlerfall sind sie in der Lage, automatisch hohe Fehlerströme abzuschalten, um das übrige Netz zu schützen – und Menschen vor schweren Verletzungen zu bewahren.

GIS-Technik für anspruchsvolle Anwendungen

Während Städte stetig wachsen und ihr Energiebedarf zunimmt, werden Grundstücke immer knapper und teurer. In solchen Fällen sind Schaltanlagen mit kompakten Abmessungen gefragt, und hier kommen SF₆-GIS ins Spiel: Statt der Umgebungsluft nutzen diese SF₆ als Isoliermedium, da es dreimal bessere Isoliereigenschaften besitzt

als Luft und somit kompaktere Anlagendesigns ermöglicht →1. SF₆-GIS zeichnen sich nicht nur durch einen geringeren Platzbedarf, sondern auch durch eine höhere Zuverlässigkeit aus. Der gekapselte SF₆-Gasbehälter schließt das Isoliergas ein und trennt die stromführenden Teile von der Umgebung, sodass ungewünschte Fremdeinwirkungen durch Staub, Feuchtigkeit und Tiere verhindert werden. Dies senkt die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls gegen null – ein entscheidender Vorteil für Branchen, in denen ein Produktionsausfall leicht 100.000 EUR und mehr am Tag kosten kann.

GIS zeichnen sich durch einen geringeren Platzbedarf und eine höhere Zuverlässigkeit aus.

Darüber hinaus ist die GIS-Technologie praktisch wartungsfrei und trägt zu einer Reduzierung der Betriebskosten über den gesamten Lebenszyklus der Anlage (typischerweise 30 Jahre oder mehr) hinweg bei.

—
01 SafeRing AirPlus
von ABB.

—
02 C5-Fluorketonmolekül.

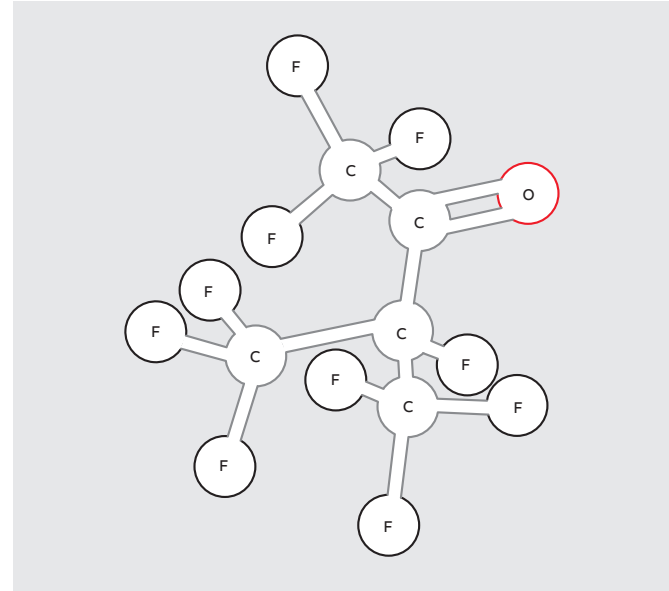
SF₆ in der Diskussion

ABB baute die weltweit erste GIS im Jahr 1967 und ebnete damit den Weg für eine Technologie, die in anspruchsvollen Anwendungen heute Stand der Technik ist. Das außerordentliche elektrische Leistungsvermögen von SF₆ hat der Technologie zu einer globalen Erfolgsgeschichte verholfen – sowohl in der Mittel- als auch in der Hochspannung. Doch trotz aller Vorzüge hat SF₆ einen ent-

—
Trotz aller Vorzüge hat SF₆ einen Nachteil: Wenn es in die Atmosphäre gelangt, ist es ein starkes Treibhausgas.

scheidenden Nachteil: Wenn es in die Atmosphäre gelangt, ist es ein starkes Treibhausgas.

Die Wirkung von Treibhausgasen wird durch ihr Treibhauspotenzial (Global Warming Potential, GWP) angegeben. Das GWP ist ein errechneter Wert, der zwei Hauptfaktoren berücksichtigt:



02

- Absorptionsverhalten: Wie gut absorbiert ein Gas Wärme (in Form von Infrarotstrahlen), anstatt sie wieder in den Weltraum abzustrahlen?
- Verweilzeit: Wie lange bleibt das Gas in der Atmosphäre erhalten, bevor es zerfällt?

01





03

Als Referenz dient Kohlenstoffdioxid (CO_2), dessen GWP mit dem Wert 1 definiert ist. Das GWP von SF_6 liegt bei 22.800.

Seit den 1990er Jahren ist mit dem wachsenden Bewusstsein für den Klimawandel auch das Interesse an der Suche nach klimafreundlichen Alternativen zu SF_6 gestiegen. Allerdings waren die Ergebnisse bisher enttäuschend, da sich vielversprechende Kandidaten als instabil oder toxisch erwiesen.

—
In Zusammenarbeit mit dem Partner 3M hat ABB eine vielversprechende Alternative zu SF_6 entwickelt: das Isoliergas AirPlus.

Ein weiterer Nachteil von SF_6 ist, dass die Nutzung aufgrund des hohen Treibhauspotenzials und des Fehlens einer geeigneten Alternative für elektrische Anwendungen in vielen Ländern mittlerweile an regulatorische Auflagen und Verfahren zur Handhabung und Lagerung gebunden ist, die die Verwaltungskosten in die Höhe treiben.

AirPlus – eine SF_6 -Alternative mit niedrigem GWP
Fünfzig Jahre nach dem Bau der ersten GIS der Welt schreibt ABB erneut GIS-Geschichte und hat in Zusammenarbeit mit dem Partner 3M eine vielversprechende Alternative zu SF_6 entwickelt: das Isoliergas AirPlus. Das neue Gas kommt vom technischen Leistungsvermögen her nahe an SF_6 heran, hat aber mit einem GWP von etwa 0,5 praktisch keine Auswirkung auf die globale Erwärmung.

Im Vergleich zu SF_6 mit einem GWP von 22.800 entspricht dies einer Reduzierung von über 99,99%. Das neue in AirPlus enthaltene Molekül zerfällt nach durchschnittlich 16 Tagen unter Einfluss der Sonnenstrahlung in der Atmosphäre – bei SF_6 sind es über 3.000 Jahre. Natürlich gelten diese Zahlen nur, wenn das Gas in die Umwelt gelangt. Daher besitzen ABB GIS-Produkte einen geschlossenen Gaslebenszyklus, der eine Freisetzung so weit wie möglich verhindert, ganz gleich, ob AirPlus oder SF_6 eingesetzt wird. Anders als SF_6 ist AirPlus kein reines Gas, sondern ein Gasgemisch. Über 80 Volumenprozent bestehen aus trockener Luft, der übrige Teil ist ein dielektrisches Fluid namens

NOVEC 5110, ein C5-Fluorketonmolekül (C5 FK oder C₅F₁₀O) von 3M →2. Dieses Molekül hat hervorragende Isoliereigenschaften, kombiniert mit einem äußerst geringen CO₂-Fußabdruck.

Bei der Handhabung von AirPlus sind keine größeren Sicherheitsmaßnahmen erforderlich als bei SF₆. Es ist als praktisch ungiftig eingestuft, und sein Expositionsgrenzwert ist vergleichbar mit dem von SF₆. Zusätzliche Sicherheitsvorteile bietet

—
Das neue Molekül zerfällt nach durchschnittlich 16 Tagen unter Einfluss der Sonnenstrahlung in der Atmosphäre – bei SF₆ sind es über 3.000 Jahre.

AirPlus in unterirdischen Anwendungen wie dem Tunnel- oder Bergbau: Während große Mengen SF₆ eine gewisse Zeit benötigen, bis sie sich mit Luft mischen, was zu Sauerstoffmangel führt, besteht die AirPlus-Gasmischung bereits zu über 80% aus Luft und verdünnt sich schnell mit der Umgebungsluft.

Neben den Umwelt- und Sicherheitsaspekten profitieren AirPlus-Nutzer von schlankeren Prozessen und niedrigeren Betriebskosten. Der Einsatz von SF₆ ist in vielen Ländern durch Vorschriften und Verfahren zur Handhabung und Lagerung – in wenigen Fällen sogar durch Steuern reglementiert. Für AirPlus gelten solche Auflagen nicht und sind auch in Zukunft nicht zu erwarten.

Pilotprojekt mit Netze BW

Netze BW in Baden-Württemberg ist einer der größten Verteilnetzbetreiber Deutschlands. Als Mitglied des EnBW-Konzerns gehört das Unternehmen zu den vier führenden Stromversorgern in Deutschland.

Im Rahmen eines 10-Millionen-Euro-Projekts hat Netze BW das 100-kV/20-kV-Umspannwerk in Trochtelfingen modernisiert. Dabei wurden die alten 20-kV-Mittelspannungs-Schaltanlagen durch ABB-GIS vom Typ ZX2 in einer Doppelsammelschienen-Konfiguration ersetzt, was eine Platzersparnis von 40% gegenüber luftisolierten Schaltanlagen ermöglichte →3–5. Dies bot Netze BW die Möglichkeit, zusätzliche Abzweige zu installieren und die notwendige Flexibilität angesichts der wachsenden Beliebtheit von erneuerbaren Energiequellen wie Wind und Sonne in dieser Region sicherzustellen.

„Als ABB ihre laufende Arbeit an der Entwicklung von SF₆-Alternativen erwähnte, waren wir sofort interessiert“, sagt Martin Konermann, Geschäftsführer von Netze BW. „Denn AirPlus erfüllt gleichzeitig zwei unserer Unternehmensziele: innovativ zu sein und die Umwelt zu schützen.“

Netze BW und ABB vereinbarten die Umstellung eines Teils der Anlagen von SF₆ auf AirPlus, um zu zeigen, dass beide Technologien auch innerhalb ein und derselben Schaltanlage betrieben werden können. Hierbei handelt es sich um die erste in Deutschland installierte AirPlus-GIS und die zweite weltweit.

—
 03 AirPlus-GIS bei der Ankunft im Umspannwerk Trochtelfingen.

—
 04 Installationsarbeiten an einer AirPlus-GIS in Trochtelfingen.





05

Selbstverständlich hat die Pilotanlage sämtliche Typ- und Stückprüfungen gemäß IEC-Standards erfolgreich durchlaufen. Nach der Installation und Tests vor Ort wurde die neue Schaltanlage im Juni 2016 in Betrieb genommen. Das für Netze BW und ABB gleichermaßen erfolgreiche Pilotprojekt markiert einen wichtigen Meilenstein in der Entwicklung der Technologie zu einem Standardprodukt.

Das Produktangebot von ABB

Im April 2016 gab ABB auf der Hannover Messe die Einführung von zwei Schaltanlagenprodukten mit dem klimafreundlichen alternativen Isoliergas AirPlus bekannt. Diese Produkte sind der erste Schritt zu einem breiteren AirPlus-Portfolio und der Beginn einer neuen Ära für die GIS-Technologie auf dem Mittelspannungsmarkt.

ZX2 AirPlus

ZX2 AirPlus ist die ABB-Schaltanlage für die Primärverteilung mit dem neuen AirPlus-Isoliergas. Sie basiert auf der bekannten SF₆-GIS ZX2 in Einfach- und Doppelsammelschienausführung. Zunächst ist die AirPlus-Version für eine IEC-Nennspannung von bis zu 36 kV mit einem Kurzschlussstrom von 31,5 kA und einem Bemessungsstrom von 2.000 A für die meisten Schaltfeldtypen und -varianten erhältlich.

Während das Innenleben für die Verwendung von AirPlus angepasst wurde, bleibt das Äußere der Anlage unverändert, d. h. Nutzer können auf die bekannten kompakten Dimensionen und das bewährte ZX2-Design vertrauen.

Da Schaltanlagen für die Primärverteilung eine langfristige Investition mit einer Lebensdauer von über 40 Jahren darstellen, bietet ABB mit ZX2

—
AirPlus erfordert keine größeren Sicherheitsmaßnahmen als SF₆. Es ist praktisch ungiftig und sein Expositionsgrenzwert ist vergleichbar mit dem von SF₆.

Ready-for-AirPlus optional eine Variante für Nutzer, die evtl. zu einem späteren Zeitpunkt auf AirPlus umstellen möchten. Die ZX2 Ready-for-AirPlus ist werksseitig mit SF₆ gefüllt, aber für den Einsatz von AirPlus vorbereitet, sodass eine Umstellung jederzeit möglich ist.

— Die ZX2 GIS von ABB ist erheblich kompakter als ihre Vorgängeranlage in luftisolierter Technik.

SafeRing AirPlus

SafeRing AirPlus ist die ABB-Ringkabelschaltanlage für die Sekundärverteilung mit dem neuen AirPlus-Isoliergas. Sie besitzt die gleichen kompakten Abmessungen wie die bekannten SafeRing/ SafePlus-Produkte mit SF₆-Isolierung und ist zunächst für IEC-Nennspannungen von bis zu 24 kV

—

Im April 2016 gab ABB auf der Hannover Messe die Einführung von Produkten mit dem klimafreundlichen Isoliergas AirPlus bekannt.

mit einem Kurzschlussstrom von 16 kA und einem Bemessungsstrom von 630 A erhältlich. Die wichtigen Lasttrenn- und Leistungsschalteinheiten sind in verschiedenen Konfigurationen im Blockdesign für die häufigsten Anwendungen verfügbar.

Da für AirPlus eine umfangreichere Neuentwicklung der vorhandenen Ringkabelschaltanlage erforderlich war, basieren sowohl die Leistungsschalter als auch die Lasttrennschalter auf Vakuum-Technologie. So erfolgt das Schalten mithilfe zuverlässiger Vakuum-Schaltkammertechnik, während das AirPlus-Gas ausschließlich als Isoliermedium dient.

AirPlus-Technologie für alle

ABB ist überzeugt, dass AirPlus dabei hilft, den Anteil des Stromnetzes an der globalen Erwärmung zu reduzieren, und möchte, dass möglichst viele Nutzer von dieser innovativen Technologie profitieren. Aus diesem Grund hat sich das Unternehmen dazu entschlossen, die Patente freizugeben und andere Hersteller einzuladen, den Weg von AirPlus mitzugehen.

AirPlus ist die ökoeffiziente SF₆-Alternative von ABB für Mittelspannungs-Schaltanlagen mit einem GWP von unter 1. Das neue Gas hilft dabei, den CO₂-Fußabdruck des Stromnetzes weiter zu reduzieren, indem es die GIS-Technologie auf die nächste Stufe hebt. ABB hat die ersten Produkte mit dem klimafreundlichen Isoliergas auf den Markt gebracht und wird das AirPlus-Portfolio in den kommenden Jahren erweitern. Da SF₆ weiterhin für höchste Anforderungen und besondere Anwendungen benötigt wird, arbeitet ABB ebenfalls daran, die Gasemissionen von GIS weiter zu reduzieren. Diese zweigleisige Strategie soll getreu dem Motto „Power for a better world“ den Weg in eine grünere Zukunft ebnen. ●

Impressum

Editorial Board

Bazmi Husain
Chief Technology Officer
Group R&D and Technology

Adrienne Williams
Senior Sustainability
Advisor

Christoph Sieder
Head of Corporate
Communications

Reiner Schoenrock
Technology and Innovation
Communications

Roland Weiss
Group Research Portfolio
Manager
Group R&D and Technology

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

Herausgeber

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

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

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

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

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

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

Satz und Druck

Vorarlberger
Verlagsanstalt GmbH
6850 Dornbirn, Österreich

—
Layout
DAVILLA AG
Zürich, Schweiz

—
Übersetzung
Thore Speck,
Dipl.-Technikübersetzer
(FH)
24941 Flensburg,
Deutschland

Haftungsausschluss

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

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

ISSN: 1013-3119

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



Tablet-Ausgabe

Die ABB Review ist
auch als Tablet-
Version verfügbar.

Besuchen Sie
abb.com/
abbreviewapp

Bleiben Sie auf dem Laufenden ...

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

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



Vorschau 03/2017
ABB Ability™

Mit über 70 Millionen im Betrieb befindlichen verbundenen Geräten weltweit gehört ABB zu den Vorreitern der industriellen Digitalisierung. Doch die digitale Transformation hat gerade erst begonnen. Die nächste Ausgabe der ABB Review zeigt anhand einiger jüngster Beispiele, wie ABB gemeinsam mit Kunden die Cloud nutzt, um Daten zu bündeln, zu analysieren und anzuwenden.