

Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 101 (2010)
Heft: 9: 100 Jahre Diskurs zur schweizerischen Energiepolitik = 100 ans de discussion sur la politique énergétique suisse

Artikel: Die nächste Evolutionsstufe des Stromnetzes
Autor: Santacana, Enrique
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856122>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die nächste Evolutionsstufe des Stromnetzes

Intelligente Netztechnologien als Schlüssel zu einer weltweit nachhaltigen Stromversorgung

Viele Stromnetze werden Betriebsszenarien und Belastungen ausgesetzt, die bei ihrer Entwicklung vor Jahrzehnten nicht vorgesehen waren. Diese Netze müssen nun in sogenannte «intelligente» Netze verwandelt werden, um die aktuellen Herausforderungen bewältigen zu können: steigender Strombedarf, Effizienzsteigerung bei Energieumwandlung, -übertragung und -nutzung, Sicherung einer hohen Versorgungsqualität und die Integration erneuerbarer Energien.

Enrique Santacana et al.

Der Ausdruck «intelligentes Netz» oder «Smart Grid» wurde in den letzten Jahren in der Elektrizitätswirtschaft häufig zur Beschreibung einer digitalisierten Version des heutigen Stromnetzes verwendet. Solche intelligenten Netze sind durch den Einsatz vorhandener und sich entwickelnder Technologien realisierbar. Dies wird allerdings einige Zeit dauern, wobei auch einige nicht technische Herausforderungen hinsichtlich der Regulierung, der Sicherheit, des Datenschutzes und der Verbraucherrechte zu bewältigen sind.

Bei einer Tagung der US-amerikanischen National Governors Association

im Februar 2009 begann der CEO eines bedeutenden Energieversorgungsunternehmens seine Rede mit dem Bekenntnis, dass er eigentlich gar nicht genau wisse, was der Begriff «Smart Grid» bedeute [1]. So erschreckend dies klingen mag, scheint es einer Vielzahl von Technikern und Ingenieuren doch ebenso zu gehen.

Anforderungen in den USA

Die Definition eines intelligenten Netzes kann je nach Standort auf der Welt unterschiedlich ausfallen. In den USA werden zur Definition eines intelligenten

Netzes gemeinhin folgende notwendige Eigenschaften angeführt [2–6]:

- Das Netz sollte selbstheilend sein, d.h. sich nach Störungen selbst wiederherstellen können.
- Es sollte eine aktive Teilnahme der Verbraucher bei der Laststeuerung ermöglichen.
- Es sollte gegen physische und virtuelle Angriffe geschützt sein.
- Es sollte eine den Bedürfnissen des 21. Jahrhunderts entsprechende Versorgungsqualität gewährleisten.
- Es sollte verschiedene Arten der Energieerzeugung und -speicherung zulassen.
- Es sollte neue Produkte, Dienstleistungen und Märkte ermöglichen.
- Es sollte eine Optimierung der Betriebsmittelnutzung und der betrieblichen Effizienz unterstützen.

Europäisches Konzept

Nach einem Bericht der Europäischen Kommission [7] weist ein intelligentes Netz in Europa folgende Eigenschaften auf:

- Flexibilität: Das Netz sollte die Bedürfnisse der Kunden erfüllen und gleichzeitig an zukünftige Veränderungen und Herausforderungen anpassbar sein.
- Zugänglichkeit: Eine Netzanbindung sollte für alle Nutzer möglich sein. Dies gilt insbesondere für erneuerbare Energien und hocheffiziente lokale Erzeugungsanlagen mit geringen oder gar keinen CO₂-Emissionen.
- Zuverlässigkeit: Die Sicherheit des Netzes und die Qualität der Energieversorgung sollten gewährleistet sein. Gleichzeitig sollte das Netz den Bedürfnissen des digitalen Zeitalters entsprechen und gegen Gefahren und Unsicherheiten geschützt sein.
- Wirtschaftlichkeit: Eine optimale Wertschöpfung wird durch Innovation, ein effizientes Energiemanagement und einheitliche Voraussetzungen für den Wettbewerb und die Regulierung ermöglicht.

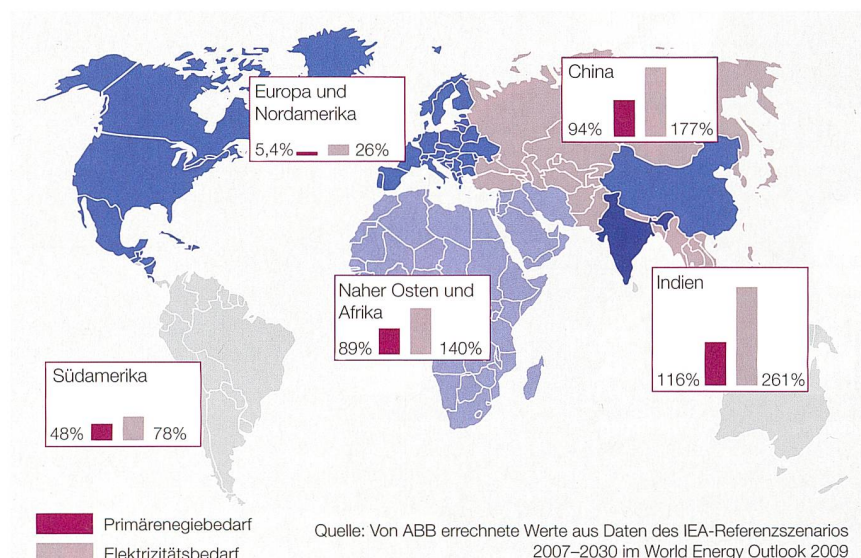


Bild 1 Vergleich des steigenden Bedarfs an Primärenergie und elektrischer Energie in verschiedenen Regionen.

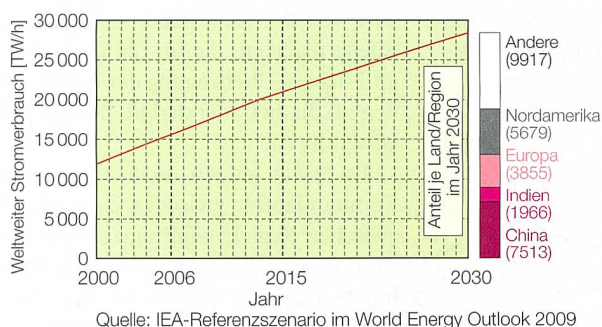


Bild 2 Globaler und regionaler Stromverbrauch.

China entwickelt Konzept

Auch China, eines der Länder mit dem grössten Energiebedarf weltweit, arbeitet an der Entwicklung des intelligenten Netzkonzepts. Laut einer Mitteilung der amerikanisch-chinesischen Kooperation für saubere Energien JUCCCE vom Dezember 2007 bezeichnet der Ausdruck «Smart Grid» ein System zur elektrischen Energieübertragung und -verteilung, das Elemente der traditionellen und modernen Energietechnik, fortschrittliche Sensor- und Überwachungstechnik sowie Informations- und Kommunikationstechnologie beinhaltet, um die Leistungsfähigkeit des Netzes zu erhöhen und eine Vielzahl zusätzlicher Dienste für die Verbraucher zu unterstützen. Dabei definiert sich ein intelligentes Netz nicht durch die Technologien, die es beinhaltet, sondern durch das, was es zu leisten vermag [8].

Die Notwendigkeit intelligenter Netze

Die Elektrizität ist die vielseitigste und am meisten genutzte Energieform weltweit. Mittlerweile haben über fünf Milliarden Menschen Zugang zu elektrischer Energie, und es werden stetig mehr. Der elektrische Energiebedarf, die Zuverlässigkeit und die Qualität der Stromversorgung sind eng mit dem wirtschaftlichen Entwicklungsstand eines Landes oder einer Region verbunden. Laut einer Prognose der Internationalen Energieagentur (IEA) steigt der weltweite Bedarf an elektrischer Energie doppelt so schnell wie der Primärenergiebedarf (**Bild 1**), wobei die grösste Steigerungsrate in Asien zu verzeichnen ist (**Bild 2**). Um diesen wachsenden Bedarf decken zu können, müsste in den nächsten 20 Jahren jede Woche ein Kraftwerk mit einer Leistung von 1 GW einschliesslich der dazugehörigen Infrastruktur gebaut werden!

Gleichzeitig spielen in einer zunehmend digitalisierten Gesellschaft eine hohe Versorgungsqualität und -zuverlässigkeit eine bedeutende Rolle, da bei mangelnder Qualität hohe wirtschaftliche Verluste drohen. Dies zeigt ein Bericht des Berkley National Laboratory aus dem Jahr 2005, nach dem sich die in den USA jährlich durch Netzstörungen verursachten Kosten auf schätzungsweise 80 Mia. USD belaufen. Der grösste Teil davon (52 Mia. USD) wird von kurzzeitigen Unterbrechungen verursacht. Die Bedrohung der physischen und informationstechnischen Güter durch terroristische Angriffe unterstreicht zudem die Notwendigkeit von widerstandsfähigen Stromnetzen mit selbstheilenden Fähigkeiten.

Ein weiterer bedeutender Aspekt ist die Belastung der Umwelt. Etwa 80% der Treibhausgasemissionen sind auf den CO₂-Gehalt in der Atmosphäre zurückzuführen, und die elektrische Energieerzeugung ist der grösste Einzelverursacher von CO₂-Emissionen. Die Entwicklung des jährlichen CO₂-Ausstosses (in Gigatonnen) von Kraftwerken im Vergleich zu anderen Verursachern ist in **Bild 3** dargestellt. Über 40% der CO₂-Emissionen werden von konventionellen Kraftwerken verursacht. Um diese Belastung zu reduzieren und gleichzeitig den weltweit steigenden Bedarf an elektrischer Energie decken zu können, sind erneuerbare Energien, ein wirksames Lastmanagement durch Beeinflussung des kunden-seitigen Lastverhaltens (Demand Response, DR) und eine höhere Effizienz bei der Umwandlung, Übertragung, Nutzung und Speicherung der Energie erforderlich.

Doch ein zunehmender Anteil an erneuerbaren Energien bringt eigene Herausforderungen mit sich. So steigt nicht nur die Unsicherheit in der Versorgung, auch die entlegene geografische Lage von Windparks und Sonnenkraftwerken be-

lastet die bestehenden Infrastrukturen zusätzlich.

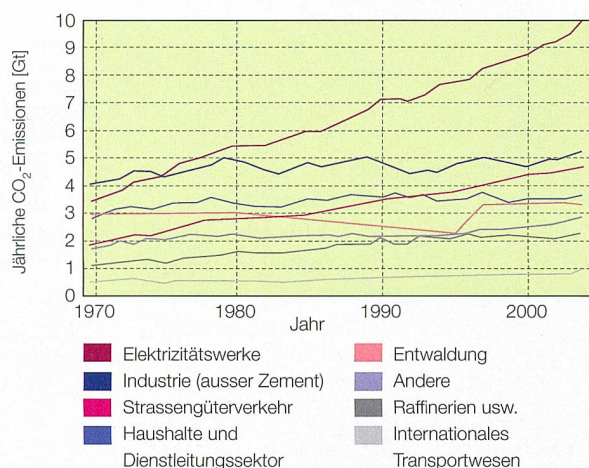
Diese neuen Anforderungen können nur durch Umwandlung der vorhandenen Netze erfüllt werden, die grösstenteils vor vielen Jahrzehnten entwickelt wurden und unter der zusätzlichen Belastung nun Zeichen der Alterung zeigen. Die Industrie und viele Regierungen sind sich zunehmend einig, dass die Antwort auf diese Herausforderungen in intelligenten Netztechnologien liegt. Dieser Trend zeigt sich unter anderem in der Bewilligung von Fördergeldern in Höhe von 4 Mia. USD durch die US-Regierung Ende 2009 für die Erforschung und Entwicklung, Demonstration und Implementierung von intelligenten Netztechnologien und der damit verbundenen Standards [9]. Auch die Europäische Union und China haben im Jahr 2009 umfangreiche Initiativen zur Erforschung, Demonstration und Implementierung intelligenter Netztechnologien angekündigt.

Herausforderungen intelligenter Netze

Die Bewältigung der grössten Herausforderungen für intelligente Netze – mehr mit weniger zu erreichen und gleichzeitig die Effizienz, Zuverlässigkeit, Sicherheit und ökologische Nachhaltigkeit zu verbessern – hängt davon ab, ob es gelingt, das gesamte Netz, angefangen von den Prozessen der Energiegewinnung bis hin zur Bereitstellung und Nutzung der Energie, mit einer Kombination aus Sensor-, Kommunikations-, Informations- und Leittechnologien «intelligent» zu gestalten (**Bild 4**).

Zu den dringendsten technischen Herausforderungen gehören:

- die wirtschaftliche Erhöhung der Netzkapazität bei gleichzeitiger Minimierung der Umweltbelastung,
- optimierte Nutzung der Netzressourcen durch Lastflusssteuerung und -management,
- Steuerung und Management des Lastflusses zur Reduzierung der Leistungsverluste und des Spitzenbedarfs in den Übertragungs- und Verteilnetzen,
- Anbindung erneuerbarer Energiequellen an lokalen und dezentralen Standorten an das Netz und Management von Erzeugungsquellen mit schwankendem Energiedargebot,
- Integration und Optimierung der Energiespeicherung zur Reduzierung der Anforderungen an die Netzkapazität,



Quelle: IPCC «Migration of Climate Change», Cambridge University Press, 2007

Bild 3 Zunahme der CO₂-Belastung mit der elektrischen Energieerzeugung als grösstem Einzelverursacher.

- Integration mobiler Verbraucher (z. B. sogenannter Plug-in-Elektrofahrzeuge) als Quelle bzw. Last zur Stabilisierung des Netzes,
- Reduzierung der Gefahr von Black-outs und – falls es dazu kommt – Erkennung und Isolierung von Netzstörungen und schnelle Wiederherstellung der Versorgung,
- Management des kundenseitigen Lastverhaltens zur Entlastung des Netzes und zur Optimierung der Ressourcennutzung.

Intelligente Netztechnologien

Ein intelligentes Netz umfasst vier Kategorien von Technologien, die zur Bereitstellung intelligenter Netzfunktionen zusammenarbeiten:

- Entscheidungsintelligenz,
- Kommunikation,
- Sensoren/Aktuatoren,
- Energieumwandlung/-übertragung/-speicherung/-nutzung.

Die Entscheidungsintelligenzebene umfasst sämtliche Computerprogramme, die in einem Relais, einem intelligenten elektronischen Gerät (Intelligent Electronic Device, IED), einem Stationsautomatisierungssystem, einer Leitwarte oder dem Back-Office eines Unternehmens laufen. Diese Programme verarbeiten die Informationen von den Sensoren bzw. den Kommunikations- und IT-Systemen und liefern entweder die Steueranweisungen oder Informationen zur Unterstützung von Geschäftsprozessentscheidungen. Die Steueranweisungen werden von den Aktuatoren ausgeführt und bewirken Veränderungen in der physikali-

schen Schicht zur Anpassung der Leistungsabgabe von Kraftwerken und der Lastflüsse innerhalb des Netzes.

Die Bedeutung der Entscheidungsintelligenz in intelligenten Netzen ist klar: Ohne steuerbare Netzkomponenten, die eine Versetzung des Netzes in einen effizienteren und zuverlässigeren Zustand ermöglichen, hätten die gesamten erfassten und kommunizierten Daten nur einen begrenzten Wert. Je mehr sich die Leistungsabgabe von Kraftwerken, die Lastflüsse in Übertragungsleitungen und der Verbrauch auf der Nutzerseite steuern lassen, desto effizienter und zuverlässiger kann der Netzbetrieb gestaltet werden. Ohne die Möglichkeit zur Lastflusssteuerung durch flexible Drehstrom-Übertragungssysteme (Flexible AC Transmission Systems, FACTS) wäre ein unabhängiger Systembetreiber (Independent System Operator, ISO) zum Beispiel nicht in der Lage, Übertragungsengpässe zu bewältigen, ohne auf weniger wirtschaftliche Lastverteilungspläne zurückgreifen zu müssen. Und ohne die Möglichkeit zur Steuerung von Geräten wie Transformator-Stufenschaltern oder automatisch geschalteten Kondensatorbatterien würde die Industrie die Entwicklung einer Spannungs- und Blindleistungsoptimierung zur Senkung der Leistungsverluste nicht einmal in Erwägung ziehen.

Damit die Entscheidungsintelligenzebene funktionieren kann, müssen Daten von den mit dem Netz verbundenen Geräten an die Steuereinheiten übertragen werden, die sich höchstwahrscheinlich in der Leitstelle des Energieversorgers befinden. Dort werden die Daten verarbeitet und in Form von Steueranweisungen

an die Geräte zurückkommuniziert. Dies wird von der Kommunikations- und IT-Ebene realisiert, die für die zuverlässige und sichere Übertragung der Informationen an die betreffenden Stellen im Netz zuständig ist.

Es findet jedoch auch eine direkte Kommunikation zwischen Geräten (z. B. zwischen Reglern oder einzelnen IEDs) statt, da einige Echtzeitfunktionalitäten nur so realisiert werden können. Interoperabilität und Datensicherheit sind wichtige Voraussetzungen für eine universelle Kommunikation zwischen Systemen mit unterschiedlichen Medien und Topologien und zur Unterstützung von «Plug-and-Play»-Funktionen für Geräte, die beim Anschluss an das Netz automatisch konfiguriert werden.

Intelligente Netzlösungen

Intelligente Netze können mithilfe vorhandener und in der Entwicklung befindlicher Technologien realisiert werden. Die folgenden Beispiele stellen einige dieser intelligenten Netztechnologien vor.

Weitbereichsüberwachungssystem (WAMS)

Das Weitbereichsüberwachungssystem (Wide Area Monitoring System, WAMS) erfasst an strategischen Punkten innerhalb des Netzes Informationen über den Netzzustand in Echtzeit. Die genauen Zeitstempel liefern GPS-Satelliten. Mithilfe dieser Vektordaten führt das System eine umfassende Analyse des Netzes zur Erkennung möglicher Instabilitäten durch. Im Jahr 2003 wurde die WAMS-Technologie vom Massachusetts Institute of Technology (MIT) als eine der 10 Technologien gewürdigt, die das Potenzial haben, die Welt zu verändern.

Fernwirk- und Datenerfassungssysteme (SCADA)

SCADA-Systeme (Supervisory Control and Data Acquisition Systems) überwachen Tausende von Messpunkten in nationalen und regionalen Stromnetzen. Sie modellieren Netze, simulieren den Lastbetrieb, lokalisieren Fehler, verhindern Ausfälle und unterstützen den Energiehandel. Das grösste SCADA-System der Welt befindet sich in Karnataka, Indien. Es umfasst 830 Unterstationen, die 16 Millionen Menschen mit Strom versorgen, und ist in der Lage, die Effizienz des Netzbetriebs um 50% zu steigern und gleichzeitig den Verlust an Verbraucherminuten um 70% zu reduzieren.

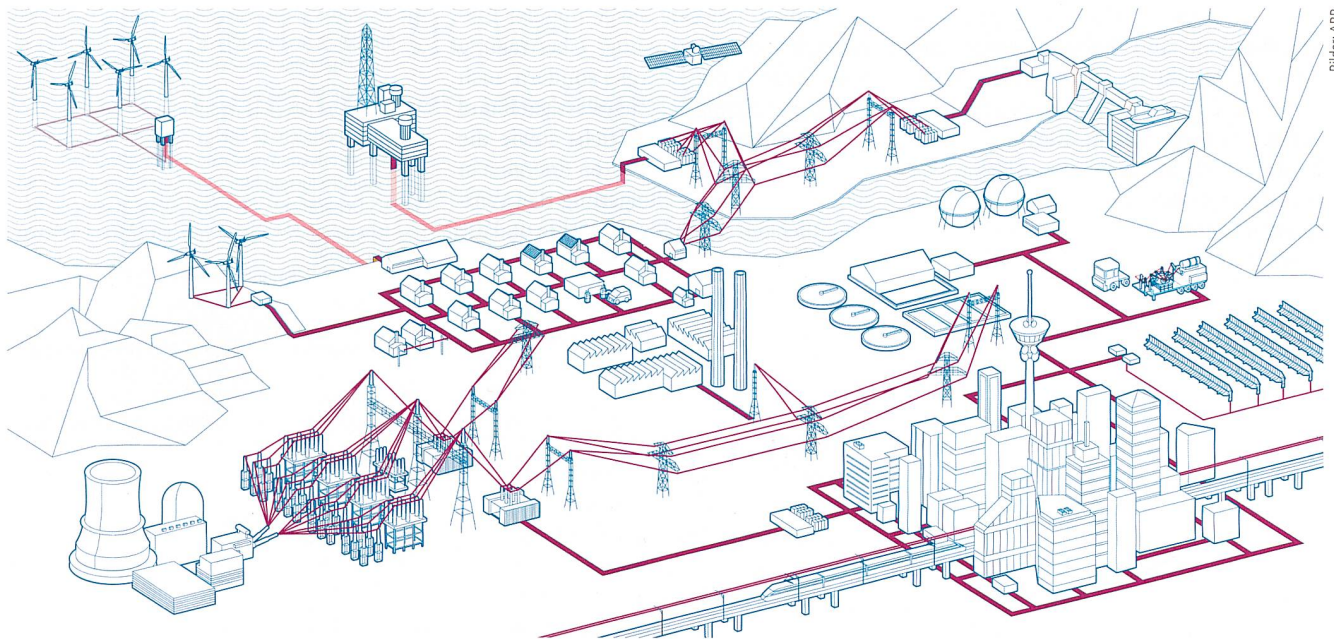


Bild 4 Das intelligente Netz umfasst den gesamten Zyklus der Energieerzeugung, -übertragung und -nutzung.

Besserer Leistungstransport durch FACTS

FACTS kompensieren die Leitungsinaktivität (durch Serienkompensation), um einen maximalen Leistungstransport zu gewährleisten, und ermöglichen die Steuerung von Lastflüssen. In einigen Fällen kann die Übertragungskapazität eines Netzes sogar verdoppelt werden. Ausserdem helfen sie (durch dynamische Parallelkompensation) dabei, Störungen zu mildern und das Netz zu stabilisieren. Der grösste statische Blindleistungskompensator (Static Var Compensator, SVC) der Welt mit einem Betriebsbereich von +575 Mvar (kapazitiv) bis -145 Mvar (induktiv) bei 500 kV wird von Allgheny Power in den USA betrieben.

Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ)

HGÜ-Systeme wandeln den von Kraftwerken erzeugten Wechselstrom zur Übertragung in Gleichstrom und zur Verteilung an die Verbraucher wieder in Wechselstrom um. So können auch Netze mit unterschiedlichen Betriebsfrequenzen (z.B. 50 oder 60 Hz) mit HGÜ-Systemen gekoppelt werden, wobei Instabilitäten in einem Teil des Netzes isoliert und eingedämmt werden können. Die HGÜ eignet sich ideal für die verlustarme Übertragung elektrischer Energie von entlegenen oder schwierigen Standorten (z.B. unter Wasser) und über grosse Entfernungen. Ein Beispiel hierfür ist die 2000 km lange Ultra-Hochspannungs-Gleichstrom-Verbindung (UHGÜ-Verbindung) zwischen

Xiangjiaba und Schanghai in China, die eine Reduzierung der Übertragungsverluste um über 30% ermöglichen soll. Als eines der leistungstärksten Übertragungssysteme der Welt besitzt es eine Übertragungsleistung von 6400 MW bei einer Spannung von ± 800 kV.

Ein weiterer Vorteil der HGÜ sind die geringeren Infrastrukturkosten (weniger und kleinere Hochspannungsmasten, weniger Leitungen), was die höheren Investitionskosten für die Umrichterstationen ausgleicht.

Prozesssteuerung bei der Energieerzeugung

Die Optimierung von Hilfssystemen in Kraftwerken bietet ein erhebliches Einsparungspotenzial, wenn man bedenkt, dass bis zu 8% der erzeugten Energie von diesen Systemen verbraucht werden. Weitere Einsparungen lassen sich durch Optimierung des Verbrennungsprozesses und der Anfahrzeiten der Kessel erzielen.

Effiziente industrielle Antriebe

Die Optimierung motorgetriebener Systeme stellt das grösste Einzelpotenzial für Energieeinsparungen in der Industrie dar. Allein durch die Installation elektrischer Antriebssysteme können rund 3% der Energie eingespart werden, was der Erzeugungsleistung von über 200 mit fossilen Brennstoffen befeuerten Kraftwerken (mit je 500 MW) entspricht. Der weltweit installierte Bestand solcher Antriebslösungen von ABB sorgt für eine

jährliche Einsparung von 170 Mio. t CO₂, was 20% der Gesamtemissionen Deutschlands entspricht. Die Prozesssteuerung stellt eine weitere wirksame und unmittelbare Möglichkeit für die Industrie dar, um Energieeinsparungen von rund 30% zu erzielen.

Optimale Performance durch Gebäudesystemtechnik

Laut dem Weltwirtschaftsrat für Nachhaltige Entwicklung (World Business Council for Sustainable Development, WBCSD) kann der Energieverbrauch durch die Installation von Automatisierungssystemen in Gebäuden um bis zu 60% und der globale Verbrauch um bis zu 10% gesenkt werden.

Energiespeicherung zur Überbrückung von Ausfallzeiten

Die Gesamtenergiemenge, die in ein elektrisches Netz eingespeist und daraus entnommen wird, muss zu jeder Zeit ausgeglichen sein. Jegliches Ungleichgewicht führt dazu, dass die Netzfrequenz vom normalen Wert von 50 oder 60 Hz abweicht. Die Bereitstellung von Regelleistung ist ein wichtiges Thema für Energieversorgungsunternehmen, insbesondere wenn es darum geht, den Energiemix um grosse Mengen erneuerbarer Energien mit schwankendem Dargebot wie Wind und Sonne zu erweitern. Die Massenspeicherung elektrischer Energie hilft dabei, Ungleichgewichte im Netz zu kompensieren und die Notwendigkeit von umfangreichen rotierenden Reser-

ven zu reduzieren. Eine Lösung für dieses Problem sind Batteriesysteme mit DC-AC-Umrichtern. Das grösste batteriegestützte Energiespeichersystem (Battery Energy Storage System, BESS) der Welt befindet sich in Fairbanks, Alaska. Die Anlage ist in der Lage, 15 min lang eine Leistung von 26 MW bereitzustellen, und bietet dem Energieversorger somit genügend Zeit, bei einem Ausfall seine Erzeugungsreserve anzufahren.

Integration von Energiespeichern mit FACTS

FACTS regulieren den Lastfluss bzw. die Spannung in einem Netz, indem sie die Leitungsreaktanzen regulieren oder Blindleistung einspeisen und so die Kapazität des Netzes maximieren. Durch die Kombination eines batteriegestützten Speichersystems mit FACTS kann bei Bedarf schnell Wirkleistung in das Netz eingespeist oder entnommen werden. Darüber hinaus bietet diese Technologie Unterstützung bei der Bereitstellung von Regelleistung, der Spitzenlastversorgung sowie bei der Spannungsregelung und der Sicherung der Versorgungsqualität.

Das Netz für das 21. Jahrhundert

Die intelligente Netztechnologie ist keine Einzellösung, sondern vielmehr eine Zusammenstellung vorhandener und sich entwickelnder Technologien, die miteinander kooperieren. Bei richtiger Implementierung ermöglichen diese Techno-

logien nicht nur eine Steigerung der Effizienz bei der Erzeugung, Übertragung und Nutzung der Energie, sondern auch eine Optimierung der Zuverlässigkeit und des wirtschaftlichen Betriebs sowie die Integration von erneuerbaren Energien in das Netz und eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch Strommärkte und die Beteiligung der Verbraucher.

Referenzen

- [1] Berst, Jesse: Why the smart grid industry can't talk the talk. 5. März 2009. www.smartgridnews.com (Abruf im Nov. 2009).

- [2] US House of Representatives (2007): Energy Independence and Security Act of 2007 (US H.R. 6). <http://georgewbush-whitehouse.archives.gov/news/releases/2007/12/20071219-6.html> (Abruf im November 2009).
- [3] US Department of Energy (2008): The smart grid: An introduction. www.oe.energy.gov/Smart-GridIntroduction.htm (Abruf im November 2009).
- [4] US Department of Energy (2008): Smart grid system report. www.oe.energy.gov (Abruf im November 2009).
- [5] Electricity Advisory Committee (2008): Smart grid: enabler of the new era economy.
- [6] US Department of Energy (2003): Grid 2030: A national vision for the next 100 years. www.oe.energy.gov (Abruf im November 2009).
- [7] European smart grid technology platform (2006): European Commission report. www.smartgrids.eu (Abruf im November 2009).
- [8] Joint US-China Cooperation on Clean Energy (JUCCCE): Smart grid – future grid: A basic information report on smart grid. Memo vom 18. Dezember 2007.
- [9] American Recovery and Reinvestment Act of 2009, Pub. L. No. 111-5, 13 Stat. 115 (2009).

Résumé

La prochaine étape

d'évolution du réseau électrique
Les technologies intelligentes de réseau, clé d'un approvisionnement mondial durable en courant électrique

De nombreux réseaux électriques sont soumis à des scénarios d'exploitation et à des charges qui n'étaient pas prévus lors de leur développement voici plusieurs dizaines d'années. Ces réseaux doivent désormais être convertis en ce qu'on appelle des réseaux « intelligents », ou smart grids, afin de pouvoir répondre aux exigences actuelles : consommation croissante, amélioration de l'efficacité dans la conversion, le transport et l'utilisation de l'énergie, garantie d'une haute qualité d'approvisionnement et intégration d'énergies renouvelables. Cet article présente les concepts et composants de ces nouveaux réseaux.

No

Angaben zu den Autoren

Enrique Santacana, Präsident und CEO.

ABB Inc., Cary, NC, USA
enrique.santacana@us.abb.com

Bazmi Husain, Friedrich Pinnekamp

ABB Smart Grids, Zürich, Schweiz
bazmi.husain@ch.abb.com
friedrich.pinnkamp@ch.abb.com

Per Halvarsson

ABB Power Systems, Grid Systems/FACTS
Västerås, Schweden
per.halvarsson@se.abb.com

Gary Rackliffe

ABB Power Products, Raleigh, NC, USA
gary.rackliffe@us.abb.com

Le Tang, Xiaoming Feng

ABB Corporate Research, Raleigh, Nord Carolina, USA,
le.tang@us.abb.com
xiaoming.feng@us.abb.com

Anzeige

Die IBZ Schulen bilden Sie weiter.

Höhere Fachschule (eidg. anerkannt)

Dipl. Techniker/in HF

Elektrotechnik
(Techn. Informatik, Elektronik, Energie)
Informatik (Software Entwicklung, Systemmanagement, Wirtschaftsinformatik)
Maschinenbau
Betriebstechnik
Neu! Logistik
Hochbau und Tiefbau
Kunststofftechnik
Haustechnik
Metallbau

Dipl. Wirtschaftsinformatiker/in HF

Nachdiplomstudien

HF NDS Betriebswirtschaftslehre für Führungskräfte: (Managementkompetenz)

Höhere Berufsbildung

Vorbereitungsschulen auf eidg.

Berufs- und Höhere Fachprüfungen

Elektro-Installateur
Telematiker
Elektro-Projektleiter
Elektro-Sicherheitsberater
Praxisprüfung gemäss NIV2002
Prozessfachmann
Neu! Logistikfachmann
Industriemeister
Bauführer Hochbau und Tiefbau*
Bauleiter Tiefbau
Bauleiter Hochbau
Metallbau-Werkstatt- und Montageleiter
Metallbaukonstrukteur
Metallbaumeister

Kursbeginn: Oktober/April

Kursorte: Zürich Bern Basel Aarau
Sargans Sursee Winterthur Zug

*IBZ-Diplom



IBZ

IBZ Schulen für Technik Informatik Wirtschaft

Telefon 062 836 95 00

E-Mail ibz@ibz.ch, www.ibz.ch

ISO 9001 • eduQua