

Smart Grids

Intelligente und sichere elektrische Energieversorgungsnetze wurden bereits zu Beginn der Elektrifizierung erfunden und bis heute weiterentwickelt. Elektrische Sicherungen, Schutz- und Überwachungseinrichtungen sind seit über 100 Jahren phänomenale Geräte zum Schutz von Leben und technischen Einrichtungen. Ohne diese „smarten“ Geräte wäre ein fehlerfreies und ausfallsicheres elektrisches Energieversorgungssystem undenkbar und die Versorgung mit elektrischer Energie viel zu gefährlich.



– Eine Erfindung des 19. Jahrhunderts

Ingenieure haben seit dem 19. Jahrhundert für die schnell wachsende Versorgung von immer mehr Anwendungen mit elektrischer Energie, geeignete Lösungen für den sicheren und zuverlässigen Betrieb entwickelt, erprobt, großtechnisch eingesetzt und permanent verbessert. Im Rahmen der nachhaltigen Weiterentwicklung der Versorgungssysteme muss mit den verfügbaren Ressourcen (Energiequellen, technischen Einrichtungen und Menschen mit Erfahrung) sowie die physikalischen Gesetzmäßigkeiten verantwortungsvoll und „smart“ umgegangen werden.



Smart Grids helfen, die Physik zum Wohl der Menschen sicher und zuverlässig nutzbar zu machen – gestern, heute und morgen.



Ein System – viele Ziele

Das System der elektrischen Energieversorgung befindet sich seit mehr als 130 Jahren im Aufbau. Neben der hochverfügbaren Bereitstellung elektrischer Energie hat der Schutz von Leben und technischen Einrichtungen den Ausbau des Versorgungssystems maßgeblich geprägt. Spezielle Konzepte, Verfahren und Geräte waren von Anfang an „smart“ – eine intelligente, selektive Abschaltung eines defekten Stromkreises oder eine intelligent geplante redundante Netz-Topologie führen im Störfall zu einer minimalen Versorgungsunterbrechung.

Ein solch smartes Energieversorgungssystem, das streng physikalischen Gesetzmäßigkeiten folgt, wird in der Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und der Öffentlichkeit zunehmend im Zusammenhang mit dem Schonen von in der Erde vorkommenden Ressourcen und der Umwelt sowie dem Streben nach Gewinnsteigerung betrachtet. Smart Grids werden als probate Mittel zum Erreichen dieser Ziele betrachtet.

Die Energiewende und das zunehmende Interesse an erneuerbaren Energiequellen und Speichermöglichkeiten (wie beispielsweise Pumpspeicher, Gas- oder Wärmespeicher) werden immer öfter im Zusammenhang mit neuen technologischen Möglichkeiten des schnellen und sicheren Austauschs von Informationen gesehen – einem Kernthema von Smart Grids.

Der Begriff „Smart Grid“ als intelligentes Energieversorgungssystem umfasst nach den DKE- und IEC-Smart-Grid-Roadmaps „die Vernetzung, Überwachung, Steuerung und Regelung von intelligenten Erzeugern, Speichern, Verbrauchern und Netzbetriebsmitteln in Energieübertragungs- und Verteilungsnetzen mit Hilfe von

**Hochverfügbare,
bezahlbare und
effiziente Versorgung**

**Menschen
und
technische
Einrichtungen
schützen**



Informations- und Kommunikationstechnik (IKT). Ziel ist es, auf Basis eines transparenten energie- und kosteneffizienten sowie sicheren und zuverlässigen Systembetriebs, die nachhaltige und umweltverträgliche Sicherstellung der Energieversorgung zu erhalten.“

Neuerdings wird in **Smart Markets** (in denen sich die Marktteilnehmer, die Energie anbieten oder nachfragen, organisieren) und **Smart Grids** (die weiter zu entwickelnden technischen

Einrichtungen und Verfahren, die für die hochverfügbare, effiziente und sichere Versorgung auf der Basis der physikalischen Gesetzmäßigkeiten benötigt werden) unterschieden. Obwohl beide eng miteinander verbunden sind, sorgen sie für etwas Orientierung im Dschungel der Diskussionen.

Smart Markets mit der hohen Volatilität der erneuerbaren Energiequellen stellen umfangreiche Anforderungen an Smart Grids; sie zu erfüllen, erfordert vor allem, dass die Lösungen mit den physikalischen Gesetzen des elektrischen Netzes in Einklang stehen. Die Beherrschung der Volatilität des Wasser- und Sonnenangebots in der Versorgung

ENERGIEKOMMUNIKATION AUF DEM FORUM „LIFE NEEDS POWER“ DER HANNOVER MESSE

Stromnetzbetreiber:

„Wir können die Gesetze von Ohm und Kirchhoff nicht ändern.“

Jurist:

„Einspruch! Jedes Gesetz kann man ändern.
Mit 2/3 Mehrheit sogar das Grundgesetz.“

mit Nahrungsmitteln durch Speicherung, Transport und Verteilung kann als Lehrbeispiel für die smarte Energieversorgung der Zukunft dienen. Die volatilen Angebote an Sonnen- und Windenergie könnten durch zunehmende Speicherung zur sicheren, hochverfügbaren und effizienten Versorgung beitragen.

Wie sicher ist unsere Energieversorgung?

Die derzeitigen Energie-Rohstoffe (Gas, Öl, Kohle, Uran, ...) und auch die volatilen Energiequellen wie Sonne, Wasser und Wind sind nur bedingt sicher. Diese Unsicherheit beschäftigt vor allem den zukünftigen Smart Market – bei der Betrachtung von Smart Grids ist sie von untergeordneter Bedeutung.



Smarte Maßnahmen, um die elektrische Energieversorgung sicher (im Sinne von hochverfügbar) zu gestalten, wurden seit den 1880er Jahren entwickelt und permanent verbessert. Bei der Netzplanung für die oberen Spannungsebenen werden schon lange die sogenannten (n-1)- und (n-2)-Kriterium angewendet – sie besagen, dass bei einem (oder zwei) störungsbedingten Ausfällen eines beliebigen Betriebsmittels (Generator, Transformator, Leitung, ...) das Netz in seiner Gesamtheit die Versorgung innerhalb der vorgegebenen Grenzen sichern muss. Höhere Kosten für deren Implementierung sind gerechtfertigt, weil beispielsweise durch redundante Leitungswege oder Kraftwerke Versorgungsunterbrechungen großer Gebiete vermieden werden können.

Die europäischen Übertragungsnetze sind in einem europäischen Verbundnetz und einige auch in einem Netzregelverbund miteinander gekoppelt, um beim Ausfall einer Komponente in einem Netz oder bei Ungleichgewicht von Stromerzeugung und -abnahme in einem Teilnetz Hilfe aus einem benachbarten Netz in Anspruch nehmen zu können. Diese Transportnetze können zu Recht als Hochspannungs-Smart-Grids bezeichnet werden.

In Verteilungsnetzen (Mittelspannung, Niederspannung) wird meist das Risiko einer Versorgungsunterbrechung im Minuten- bis Stundenbereich in Kauf genommen. Hier wird oft auf einen Netzausbau nach dem (n-1)-Kriterium verzichtet. Entsprechend sind wenige bis gar keine technischen Einrichtungen vorgesehen, die einen Ausfall einer Komponente oder die gestörte Balance zwischen Erzeugung und Abnahme selbstständig kompensieren könnte.

Im Bereich der Energieversorgungssysteme müssen viele systemrelevante Grenzen und Parameter (Auslösestrom für Leistungsschalter, Frequenz, Spannung, Isolation einer Leitung, ...), Sekundär-Geräte (Messsysteme, Steuerungen, Regelungen, ...) und Primär-Geräte



(Transformatoren, Leistungsschalter, Wechselrichter, ...) so wie in Zukunft viele Komponenten der Integrationsebenen (vor allem der Kommunikations-Infrastruktur wie Ethernet-Switches, Router, Stromversorgungen) ständig und meistens in Echtzeit überwacht werden. Bei sich anbahnenden Störungen muss gegebenenfalls innerhalb von Millisekunden regelnd eingegriffen werden. Wird gewartet bis eine Komponente versagt, dann kann ein ganzes System leicht kollabieren mit unabsehbaren Folgen für Menschen und Umwelt, wenn eine ausfallsichere Versorgung unablässig ist.

Von Anfang der Elektrifizierung an wurde auch ein besonders hoher Wert auf den Schutz des Menschen vor Berührung des elektrischen Netzes gelegt. Weltweit ist es Stand der Technik, den Menschen vor den Gefahren der elektrischen Spannung zu schützen. Eine Reihe von IEC- und anderen Normen definiert geeignete Maßnahmen, die einen hohen Sicherheitsstandard ermöglicht haben.

Elektronische Geräte im Bereich der elektrischen Energieversorgung müssen auch besonders hohe Anforderungen bezüglich der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) erfüllen, die weit über die Anforderungen aus dem Büro- oder Industrieumfeld hinausgehen. Die „IEC Smart Grid Standardization Roadmap“ von 2010 weist deutlich auf diese Anforderungen hin. In der zweiten Ausgabe der bekannten amerikanischen „NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards“ (2012) werden diese Anforderungen neuerdings neben die Anforderungen der Kommunikations-Sicherheit (Security) gestellt. Die Verfügbarkeit einer Automatisierungs- oder Kommunikationskomponente, muss in einem Energieversorgungssystem viel höher sein, als im Büro- oder Heimbereich.

Darüber hinaus erfordern ausgedehnte Integrations-ebenen eine hohe Sicherheit im Sinne von Verfügbarkeit und Verwundbarkeit der Infrastruktur und der Versorgungssysteme, bisher hat das Thema Security praktisch wenig Beachtung bei der Implementierung erfahren. In der zukünftigen Energieversorgung muss das Thema

deutlich mehr Eingang in die Implementierungen finden und die Lösungen müssen viel konsequenter angewendet werden.

Smarte Lösungen für eine sichere Energieversorgung werden für die Erzeugung, den Transport, die Verteilung und die Verbraucher benötigt – in öffentlichen Netzen genauso wie in öffentlichen Gebäuden und Betrieben sowie in anderen Infrastrukturen wie Verkehrssysteme oder das Internet.

Was ist in Zukunft neu?

Das zuverlässige und sichere Betreiben des zukünftigen elektrischen Versorgungssystems stellt insbesondere seit der letzten Jahrhundertwende Techniker, Kaufleute und Politiker vor neue Herausforderungen. Notwendige Veränderungen sind zu erwarten wegen:

- der schnell wachsenden Anzahl von dezentralen Einspeisungen, dem Übergang von einer zentralen zu einer mehr dezentralen Stromerzeugung,
- des Ausbaus der erneuerbaren Energieerzeugung,
- des Aufbaus einer Integrationsebene und
- der alternden Netz-Infrastrukturen.

Diese Veränderungen müssen am „offenen Herz“ (das heißt im laufenden Versorgungs-Betrieb) vor dem Hintergrund folgender Tatsachen vorgenommen werden:

- einer zunehmend alternden sowie reduzierten technischen Expertise,
- der Forderung nach mehr Energieeffizienz,
- der kurzen Zeit zur Umsetzung und
- der hohen Erwartungen an rentable Investitionen in zunehmend vernetzten Versorgungssystemen für elektrische Energie, Gas, Wärme und Verkehr.

Die seit einiger Zeit zu beobachtenden breiten und heftigen Diskussionen sowie die Veröffentlichung umfangreicher Studien und Stellungnahmen aus der Politik, Forschungseinrichtungen, Verbänden, Vereinen und

„**Energy-on-Demand** wird von vielen als Lösung für den effizienten Umgang mit Energie betrachtet.“



aus der Industrie hat es zu keiner Zeit beim Aufbau des elektrischen Versorgungssystems gegeben. Was ist so interessant an der elektrischen Energieversorgung der Zukunft? Für viele traditionell im Bereich der industriellen Automatisierung oder im Bereich der Netzwerktechnologie, dem Internet oder dem Cloud-Computing operierenden Hersteller scheint die zunehmend notwendige Ausrüstung in den Integrations-Infrastrukturen in Verteilungsnetzen ein riesiger neuer Markt zu sein.

Können hier die Internet-Technologien und allgemeine Automatisierungslösungen helfen?

Internet der Energie

Der BDI (Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.) führt zum Thema Smart Grid aus: „Der Informations- und Kommunikationstechnologie kommt bei der Entwicklung einer zukunftsfähigen Energieversorgung eine Schlüsselrolle zu. Sie ist die Basis für die Realisierung eines zukünftigen **Internets der Energie**, das heißt der intelligenten elektronischen Vernetzung aller **Komponenten des Energiesystems**. Die größte Herausforderung besteht indes darin, eine

Integrationsebene zwischen betriebswirtschaftlichen Anwendungen und dem physikalischen Netz zu schaffen, welche eine Kommunikation komplexer, über heterogene Netze und Firmengrenzen hinweg verteilter IT-Komponenten ermöglicht.“

Dient eine solche Integrationsebene vornehmlich dem Smart Market oder dem Smart Grid auf Verteilungsebene oder beiden? Die heute installierten Komponenten in den oberen Spannungsebenen sind bereits gut vernetzt (CIM für die netzleitstelleninterne Kommunikation, Fernwirktechnik für Kommunikation mit Netzleitstellen und Erzeugungsanlagen sowie IEC 61850 für Schaltanlagen und Erzeugungsanlagen). Bei der Notwendigkeit der Integration von tausendmal mehr Komponenten in den unteren als in den oberen Spannungsebenen ist noch weitgehend unklar, welche Aufgaben sie haben werden und wie diese helfen können, auch langfristig die Stabilität der Stromversorgung auf dem heutigen Niveau zu halten.

Energy-on-Demand wird von vielen als Lösung für den effizienten Umgang mit Energie betrachtet. Im Rahmen von sozialen Netzwerken könnten Verbraucher plötzlich volatiles Verbrauchsverhalten entwickeln und



„**Entwicklungen** müssen als kontinuierliche „Weiter“-Entwicklungen der vorhandenen Systeme mit all ihren komplizierten Aspekten verstanden werden.“

▶▶▶ begrenzt oder großflächig ihren Verbrauch synchron ein- oder abschalten, was zu unerwarteten Rückwirkungen auf die Netze und unter Umständen zu Netzzusammenbrüchen führen könnte.

Eine wesentliche Frage bei der Realisierung zukünftiger Netze ist die Kenntnis von möglichen und wahrscheinlichen Ausfallszenarien. Wie viele Einspeisungen und Lasten an welchen Stellen im Netz können kommunikativ gesteuert werden und welche Regelmechanismen können diese Einflüsse soweit und so schnell kompensieren, dass die Netze auf allen Ebenen in jedem Augenblick stabil betrieben werden können?

Selbst unter der Annahme, dass alle Einflüsse bekannt und entsprechende Mechanismen zum stabilen Netzbetrieb entwickelt und erprobt wurden, so bleiben wesentliche Fragen unbeantwortet: Wer soll diese Automatisierungs-Infrastruktur und die dafür vorgesehenen Internet-basierten Integrationsebenen finanzieren und – vor allem – wer soll sie implementieren, installieren, vernetzen, nutzen und weiter entwickeln? ■

*Dipl.-Ing. Karlheinz Schwarz
NettedAutomation GmbH*

FAZIT:

Der Aufbau von Automatisierungs-Infrastrukturen und Integrationsebenen für die Energieversorgung erfordert Ressourcen, die weit über die derzeitigen Vorstellungen und kurzfristig verfügbaren Ressourcen hinausgehen. Die Förderung smarter Energieversorgungssysteme darf nicht vorrangig ein „Konjunkturförderprogramm“ für die Integrationsebenen sein. Die Aspekte wie die elektrische Sicherheit, die hohe Verfügbarkeit der Energieversorgung, die alternde elektro- und informationstechnische Infrastruktur und vor allem das alternde Personal für die Weiterentwicklung und den Betrieb des elektrischen Netzes müssen eine deutlich höhere Priorität erhalten.

Die zukünftige Energieversorgung muss als Ganzes verstanden werden. Entwicklungen müssen als kontinuierliche „Weiter“-Entwicklungen der vorhandenen Systeme mit all ihren komplizierten Aspekten verstanden werden. Nur so kann auch in Zukunft die bisher gewohnte Versorgungssicherheit gewährleistet werden. Bezogen auf den Umfang als auch die gewünschte kurze

Umsetzungszeit werden alle bisherigen Erfahrungen der zurückliegenden 130 Jahre in den Schatten gestellt.

Die derzeit in Planung befindliche Energiewende und damit einhergehend der Aufbau einer schrittweisen Strukturveränderung und einer engeren Verflechtung der Energienetze für Strom, Gas, Wärme und Elektromobilität sowie die dafür notwendigen Infrastrukturen werden mehr einem Marathon als einem Sprint ähneln. Eine domänenübergreifende Zusammenarbeit vor allem mit den Elektro- und Energietechnikern muss deutlich ausgebaut werden. IEC- und andere Normen können – vor allem vor dem Hintergrund der begrenzten Entwicklungs-Ressourcen – einen wichtigen Beitrag zur Vereinheitlichung von Lösungen bei den Integrationsebenen leisten.

Die Smart Grids, die im Rahmen der Energiewende entstehen, werden Erfindungen mehrerer Jahrhunderte vereinen.