

Gridbox-Technologie

Intelligente Monitoring- und Managementplattform für das Verteilungsnetz

In dem Projekt Gridbox wurde ein intelligentes Monitoring- und Managementsystems für künftige Verteilungsnetze entwickelt und erprobt. Kern des Gridbox-Systems sind verteilte Mess-, Kommunikations- und Steuergeräte, die in Echtzeit den Netzzustand erfassen und gegebenenfalls Steuerungsmaßnahmen durchführen. Das System wurde in einem ländlichen Netzgebiet im Berner Oberland sowie in einem Zürcher Stadtquartier erprobt. Dabei konnte die Mächtigkeit des Systems demonstriert und ein umfangreicher Messdatenbestand für Forschungszwecke gewonnen werden. Gridbox ist eine Entwicklung der Supercomputing Systems AG in Zusammenarbeit mit den Partnern BKW Energie AG, EWZ und Bacher Energie AG.

Verteilungsnetzbetreiber wissen heute meist nur wenig über die reale Belastung ihrer Mittel- und Niederspannungsnetze. Die Netzinfrastruktur wird deshalb noch immer konservativ auf selten auftretende Maximalbelastungen ausgelegt. Mit dieser Vorgehensweise werden die Investitionskosten mit zunehmendem Ausbau dezentraler Erzeugung und den damit veränderten Netzbelastungen stark steigen. Eine Alternative ist die intelligente Steuerung und damit optimale Anpassung von Erzeugung und Verbrauch. Dadurch kann teilweise der Ausbau der Netze reduziert werden. Wird die dafür notwendige Managementinfrastruktur so gestaltet, dass sie auch weitergehenden Bedürfnissen Rechnung trägt – Stichwort generische Plattform –, können sich darüber hinaus interessante Geschäftsmodelle ergeben.

Echtzeiterfassung und Optimierung des Netzzustands

Die Gridbox-Plattform ist ein generischer Ansatz für ein intelligentes Stromnetz: Verteilte Mess- und Steuergeräte in Haushalten, Verteilerschränken und Transformatorstationen auf Nieder- und Mittelspannungsebene erfassen im Sekundentakt Synchrophasoren – also Stärke und Phase – von Strom und Spannung und kommunizieren diese an eine regionale Master-Einheit. Diese fasst die Messwerte zusammen und errechnet ein Gesamtbild des Netzzustands (State Estimation). Aufgrund eines solchen Echtzeitmonitorings können Grenzwertverletzungen und Abweichungen bestimmt werden (Bild 1).

In der Master-Einheit wird der Einsatz der regelbaren Aktoren optimiert, um die Spannungshaltung zu verbessern und Leitungsüberlastungen zu vermeiden. Jede Sekunde berechnet der Optimizer neue Sollwerte für die PV-Anlagen, Batterien, elektrischen Boiler sowie für weitere Aktoren im Netz und sendet diese über den Kommunikationskanal. Über eine Webplattform wird der aktuelle Netzzustand detailliert dargestellt. So kann die Funktionsweise des Optimizers jederzeit beobachtet werden.

Vorteile des kommunizierenden Ansatzes

Lokal agierende, bei einem Prosumenten eingesetzte Optimierungssysteme ohne Vernetzung mit umliegenden Akteuren haben den Nachteil, dass sie nur die Netzfrequenz und die Spannung am Einspeisepunkt der geregelten Anlage kennen und damit nur begrenzt Informationen über den gesamten Netzzustand haben. Gridbox kennt dagegen aufgrund der verteilten Messgeräte den regionalen Netzzustand sehr genau und kann somit

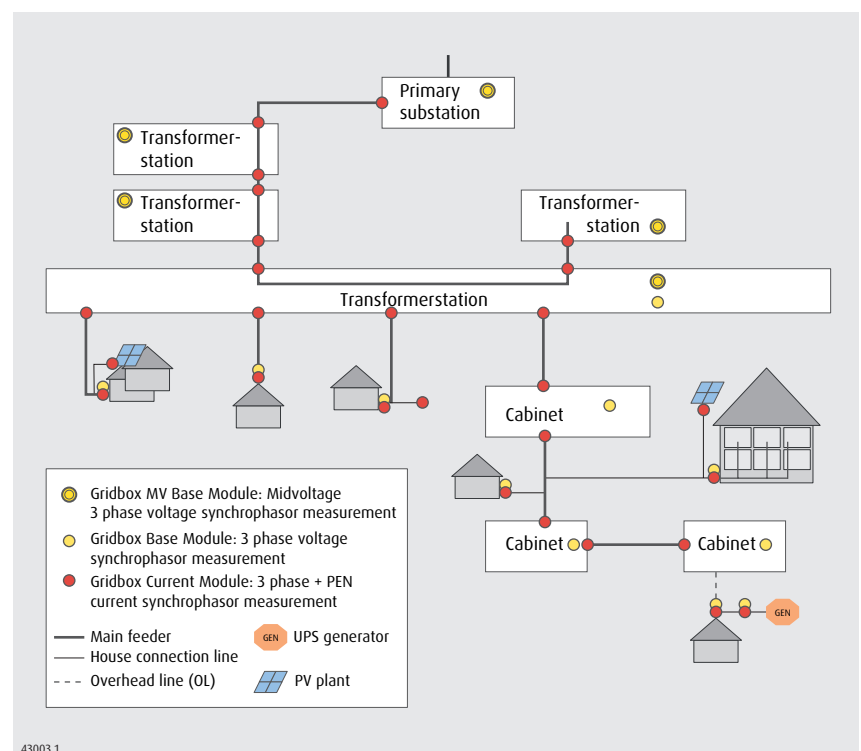


Bild 1. Schematische Darstellung des Gridbox-Pilotnetzes

ein regionales Optimum unter Berücksichtigung der gesamten Netztopologie erwirken. So können regional vorhandene Flexibilitäten zur Optimierung des gesamten Netzabschnitts (Micro Grid) und nicht nur der einzelnen Anlage genutzt werden.

Topologie erkennen

Im Rahmen des Gridbox-Projekts wurden Algorithmen entwickelt und zum Patent angemeldet, mit denen allein aufgrund von Strom- und Spannungsmessungen die Netztopologie berechnet sowie bis zu einem gewissen Grad an Genauigkeit die Leitungen elektrisch charakterisiert werden können. Somit ist es möglich, das vorliegende Netzmodell abzuschätzen. Dieser Ansatz zielt darauf ab, den Aufwand für Installation und Betrieb des Gridbox-Systems zu reduzieren (Plug-and-Play-Prinzip), indem die Konfiguration des Netzmodells entfällt. Zudem ist jederzeit bekannt, wie das Netz geschaltet ist. Heute kennen die Netzbetreiber den Zustand ihrer Schalter und Sicherungen in der Niederspannungsebene dagegen oft nicht.

Intelligente PMU, PQ-Messgerät und Störschreiber in einem Gerät

Für das Pilotprojekt wurden Geräte entwickelt, die alle benötigten Funktionen enthalten. Wichtig war dabei auch der Formfaktor. Die Geräte sollen in heute übliche Anlagen ohne größere Umbaumaßnahmen eingebaut werden können – zum Beispiel in Transformatorstationen, Verteilerschränke und Hausinstallationen. Daher mussten sehr kleine und genaue Stromsensoren entwickelt werden. Das Ergebnis ist ein generisches Steuer- und Messgerät, das die wichtigsten Funktionen einer Phasor-Measurement-Unit (PMU), eines Power-Quality-Messgeräts und eines Störschreibers in einem Gerät vereint sowie eine hohe Rechenleistung und vielfältige Kommunikationsschnittstellen hat. Durch den kompakten und modularen Aufbau der Gridbox ist es möglich, mit einem einzigen Gerät bis zu 40 Ströme (10 Stränge) zu messen. Dies ist vor allem beim Einsatz in Verteilerschränken und Transformatorstationen wichtig (Bild 2 und 3).

Herausforderungen eines verteilten Systems

Als verteiltes und kommunizierendes System enthält die Gridbox-Plattform moderne IT-Managementfunktionen wie automatisierte Software- und Konfigurationsverteilung (Deployment), umfassendes Konfigurationsmanagement, Fail-Safe-Update-Mechanismen sowie zentrale Monitoring- und Logging-Funktionen. Bei dem Projekt konnten Konzepte



Bild 2. Das Gridbox-Basismodul, ein Strommodul mit vier Stromsensoren



Bild 3. Beispiel einer Installation in einem Verteilerschrank

Anzeige



**13. Baden-Badener
Energiegespräche**

Jetzt anmelden unter
www.ew-online.de

**Anderes Klimaregime, neuer Markt
– was nun?**

24. und 25. Mai 2016 in Baden-Baden

Eine Kooperation von:



Medien und Kongresse



Energie Consulting GmbH

und Erfahrungen aus Projekten in anderen Branchen genutzt werden, in denen ähnliche Systeme zum Beispiel für die Überwachung von Schienensystemen, Funknetzen und Industrieanlagen eingesetzt werden.

IT-Sicherheit

Ein besonderes Augenmerk liegt bei dem Projekt auf Security- und Privacy-Aspekten. So findet die gesamte Kommunikation im System verschlüsselt statt und die Geräte authentifizieren sich gegenseitig. Zudem sorgt die hierarchisch aufgebaute und in Regionen gegliederte Kommunikationsstruktur des Gridbox-Konzepts dafür, dass vertrauliche Messdaten nur dort vorhanden sind, wo sie direkt für die Funktionalität benötigt werden. An die nächste Region werden nur aggregierte Werte weitergereicht, so dass keine Rückschlüsse auf einzelne Netzelemente oder Teilnehmer möglich sind.

Kommunikationsframework Gridnet

Das für das System Gridbox entwickelte Kommunikationsframework Gridnet ermöglicht es, die Mess- und Steuersignale auch bei geringer verfügbarer Bandbreite mit minimaler Latenz zu übertragen. Das Framework ist flexibel, unterstützt vielfältige Datenarten und -formate, bietet Tunnel-Fähigkeit für Drittprotokolle und ist robust bezüglich Paketverluste auf unzuverlässigen Kanälen. Ebenso bietet es eine Rechteverwaltung für verteilte Systeme. Dies bedeutet, dass Meldungen selektiv an Systemteile oder Gruppen von Komponenten versendet werden können.

Kommunikationskanäle

Gridnet unterstützt verschiedene physische Kommunikationskanäle und kann mit deren physischen Eigenheiten umgehen. So kommen als Kommunikations-



Bild 4. Live-Messwerte können im Sekundentakt angezeigt und überwacht werden.

medium in der ländlich-alpinen Region Kiental Mobilfunk und in der städtischen Umgebung in Zürich Glasfaser sowie Broadband Powerline Communication (BPL) zum Einsatz. Auch Funk im 868-MHz-ISM-Band wurde getestet – eine Technologie, die nur eine geringe Bandbreite hat, dafür aber unabhängig von einem Drittanbieter betrieben wird. Diese kann in ländlichen Regionen eingesetzt werden, wo Powerline-Kommunikation auf Freileitungen verboten ist.

Projektumfang

Regionen des Demonstrationsprojekts

Eine wichtige Anforderung im Projekt war die Erprobung des Gridbox-Konzepts in Installationen mit einer kritischen Größe, so dass fundierte Aussagen gemacht und Praxiserfahrung in Hinblick auf Entwicklung, Installation, Betrieb und Auswertung gesammelt werden konnten. Daher wurden zwei Testregionen mit der Gridbox-Technologie ausgerüstet: Im Kiental im Berner Oberland wurde ein

ländliches Nieder- und Mittelspannungsnetz ausgerüstet, in der Stadt Zürich ein Niederspannungsnetz eines typischen urbanen Quartiers. Insgesamt kommen knapp 150 Geräte mit zwei regionalen Master-Einheiten zum Einsatz.

Die Photovoltaikanlagen in den zwei Pilotnetzen haben eine Maximalleistung von 760 kW – größtenteils regelbar in Wirk- und Blindleistung. Weitere 140 kW stehen als verschiebbare Last in Form von Warmwasserboilern und Wärmepumpen zur Verfügung. Ein Batteriesystem mit 120 kW und 720 kWh im städtischen Netz liefert dem Optimizer weitere Freiheitsgrade.

Live-Darstellung der Verteilungsnetzebene

Für Forschungs- und Demonstrationszwecke, aber auch zur Unterstützung der Entwicklung wurde eine webbasierte Visualisierung der beiden Demonstrationsnetze mit Kartenhintergrund erstellt. Dabei werden alle Installationspunkte mit ihren Messdaten und aktuellen Schaltzuständen in Echtzeit angezeigt. Für jeden Punkt können die historischen Messdaten angezeigt werden. Ebenso werden die rechnerischen Größen des State Estimators – wie Ströme und Spannungen – an Netzpunkten ohne Messtechnik dargestellt. Auch kann die Funktionsweise des Optimizers beobachtet werden (Bild 4).

Einjährige Betriebsphase

Das Projekt enthält eine Demonstrationsphase von einem Jahr. Während dieser Zeit wurden verschiedene Testkampagnen durchgeführt, um die Möglichkeiten des Konzepts aufzuzeigen. Zudem wurden alle Messdaten in zwei Datenarchiven gespeichert. Die Demonstration der Funktionen fand im Alltagsbetrieb statt, hatte jedoch keine Einschränkungen für die einbezogenen Haushalte und Infrastrukturen zur Folge.

Anzeige

BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.

Energie. Wasser. Leben.

Forderungsmanagement 2016

14. bis 15. Juni 2016, Bad Neuenahr

Jetzt informieren und anmelden:
www.ew-online.de

Einzigartiger Datenpool

Außer dem Gridbox-Projekt gibt es praktisch keine vergleichbaren Mittel- und Niederspannungsnetze, die mit einem so dichten Netz von Messpunkten ausgestattet sind und bei denen Messwerte im Sekundentakt über ein ganzes Jahr aufgezeichnet wurden. Der Datenpool enthält sowohl alle Strom- und Spannungswerte an den Messpunkten als auch einzelne Power-Quality-Werte wie Klirrfaktor und Oberwellen. Um diese Daten für weitergehende Forschungsansätze zu erhalten und künftig nutzen zu können, wurde ein strukturiertes Datenmodell für Mess- und Metadaten erstellt sowie eine zuverlässige Archivierung der Daten – rund 20 TB – sichergestellt.

Ergebnisse

Der in dem Projekt entwickelte Algorithmus zur State Estimation des Verteilungsnetzes hat sich bewährt. Mit ihm kann die Spannung im gesamten Netz mit einer Abweichung von rund 1 % ermittelt werden. Kritisch war dabei vor allem die Genauigkeit des Netzmodells. Kurzfristige Ausfälle von Messdaten konnten dagegen ersetzt werden. Die Synchrophasor-Informationen verbesserten die State Estimation nur wenig. Die kritische Zahl an Installationspunkten für eine gute State Estimation umfasst auf Netzebene sieben (N7) typischerweise die Transformatorstation, die Verteilerschranke sowie kritische Prosumenten.

Die Optimierung des Netzzustands geschieht durch einen Optimal-Powerflow-Algorithmus. Dieser wurde unabhängig für alle drei Phasen eingesetzt und unterstützt vermaschte Netze. Er wurde im Single-Timestep-Verfahren betrieben – noch keine Prädiktion – und ermöglichte eine Regellatenz von rund 5 bis 12 s. Mit dem Verfahren ist eine Multi-Location- und Multi-Objective-Optimierung möglich. Dies bedeutet, dass verschiedene Regelziele für das gesamte Netz definiert werden können, und es werden Akteure aus allen Regionen des Netzes für die Erreichung der Ziele eingesetzt.

Im Pilotprojekt wurden viel praktische Erfahrung gesammelt. Dabei waren vor allem die unterschiedlichen Installationsbedingungen sowie die Vielfalt an Schnittstellen und Ausprägungen von Geräten große Herausforderungen. Hier wäre ein höherer Grad an Standardisierung hilfreich.

Gridbox als Plattform für viele Anwendungen

Das Gridbox-Konzept enthält im Kern eine generische Mess-, Kommunikations- und Regelplattform, die Basisdienste für netzbezogene Anwendungen zur Verfügung stellt. Auf dieser Plattform können unterschiedliche Softwareanwendungen (Apps) bereitgestellt werden. Die Anwendungen sind vielfältig:

- Für den Netzbetreiber sind die Echtzeitanwendungen wie PQ-Bestimmung, Monitoring, Fehlererkennung und Fehlerlokalisierung sowie topologiebezogene Funktionen interessant. Zusätzlich können die Messdaten dazu verwendet werden, die Netzplanung zu unterstützen und den Netzausbau zu optimieren.
- Das Assetmanagement kann unterstützt werden – Lifetime-Optimierung, zustandsbasierte Wartung.
- Künftige Anwendungen wie virtuelle Kraftwerke (VPP) sowie die Integration verteilter erneuerbarer Energienanlagen können auf der Plattform umgesetzt werden.
- Mit der Gridbox-Hausinstallation können neue Funktionen und Dienstleistungen angeboten werden – zum Beispiel Eigenverbrauchsoptimierung, dynamische Stromprodukte mit Echtzeitpreisinformation, Messdienstleistungen.

Bei all diesen Anwendungen unterscheidet sich die Gridbox-Plattform von anderen Ansätzen vor allem dadurch, dass detaillierte Informationen bezüglich Netztopologie und Netzzustand in Kombination mit einem Echtzeitkommunikationskanal zum Netzbetreiber

Glossar

Synchrophasor: zeitsynchronisierte Strom- und Spannungsmessgrößen mit präziser Phaseninformation

PMU: Phasor Measurement Unit

State Estimation: Schätzung des Netzzustands beziehungsweise der Strom- und Spannungswerte an allen Orten eines Netzes bei unvollständigen Messdaten

Prosument: künftige Rolle eines Haushalts oder einer industriellen Infrastruktur, wobei Energie sowohl produziert als auch konsumiert wird

Optimizer: Software, die rechnerisch die Optimierung des Netzzustands zum Ziel hat

zur Verfügung stehen. Dadurch werden zum einen die Bedürfnisse des Netzbetreibers berücksichtigt. Zum anderen können neue Anwendungen systemweit optimal eingesetzt werden.

Nächsten Schritte

Die Projektpartner planen, die Gridbox-Technologie auf der Basis der Projektergebnisse zu einem marktreifen Produkt weiterzuentwickeln. Somit steht künftig ein Netzmanagementsystem zur Verfügung, mit dem Netzbetreiber die aktuellen und künftigen Herausforderungen im Netz bewältigen können.

Das Projekt wurde vom schweizerischen Bundesamt für Energie unterstützt.

>> **Stephan Moser,**
Leiter des Departments Energy Systems,
Supercomputing Systems AG,
Zürich/Schweiz

>> stephan.moser@scs.ch

>> www.scs.ch

43004

Anzeige

Newsletter

„WASSERSTOFF, BRENNSTOFFZELLE + ELEKTROMOBILITÄT“



Nachrichten, Informationen, Meinungen und Märkte – Woche für Woche aktuell und auf den Punkt!

Abonnieren Sie den Online-Newsletter „WASSERSTOFF, BRENNSTOFFZELLE + ELEKTROMOBILITÄT“ unter <http://www.energie.de/bsznewsletter> und behalten Sie die Branche im Blick!