Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 106 (2015)
Heft: 9

Artikel: Monitoring- und Management-Plattform für das Verteilnetz
Autor: Moser, Stephan
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856703

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.07.2025

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

BRANCHE **SMART GRID**

Monitoring- und Management-Plattform für das Verteilnetz

Zwei Demonstrations-Regionen seit Juni 2015 in Betrieb

Das vom Bundesamt für Energie unterstützte Smart-Grid-Projekt «Gridbox» umfasst die Entwicklung und Erprobung eines umfassenden, intelligenten Monitoring- und Management-Systems für zukünftige Stromnetze. Das System wird aktuell im Kiental im Berner Oberland und in einem Zürcher Stadtquartier erprobt, wobei verschiedene Funktionalitäten demonstriert werden und ein umfassender Messdatenbestand für Forschungszwecke erhoben wird.

Stephan Moser

Die Netzbetreiber wissen heute meist nur wenig über die reale Belastung ihrer Mittel- und Niederspannungsnetze. Die Netzinfrastruktur wird deshalb nach wie vor konservativ auf seltene Maximalbelastungen ausgelegt. Mit der heutigen Strategie werden die Investitionskosten mit zunehmendem Ausbau von dezentraler Erzeugung und der damit veränderten Netzbelastungen stark steigen. Eine vielversprechende Möglichkeit bietet sich mittels intelligenter Steuerung von Erzeugung und Verbrauch, womit diese optimal aufeinander angepasst werden können und teilweise auf Netzausbau verzichtet werden kann. Wird eine entsprechende Management-Infrastruktur so ausgestaltet, dass sie auch weitergehenden Bedürfnissen Rechnung trägt, können sich interessante Geschäftsmodelle ergeben.

Echtzeit-Erfassung und Optimierung des Netzzustandes

Das Projekt «Gridbox» ist eine Entwicklung von Supercomputing Systems in Zusammenarbeit mit den Parntern BKW, EWZ und Bacher Energie. Das Projekt wird vom Bundesamt für Energie unterstützt. Die Gridbox-Plattform ist ein generischer Ansatz für ein intelligentes Stromnetz: Verteilte Mess- und Steuergeräte in Haushalten, Verteilkabinen und Transformatorstationen auf Nieder- und Mittelspannung erfassen im Sekundentakt Synchrophasoren von Strom und Spannung und kommunizieren diese an eine regionale Master-Einheit. Diese aggregiert die Messungen und errechnet ein Gesamtbild des Netzzustandes (State Estimation). Dank eines solchen Echtzeit-Monitoring können Grenzwertverletzungen und Abweichungen lokalisiert werden (Bild 1).

Auf der Master-Einheit wird der Einsatz der regelbaren Aktoren optimiert, um die Spannungshaltung zu verbessern

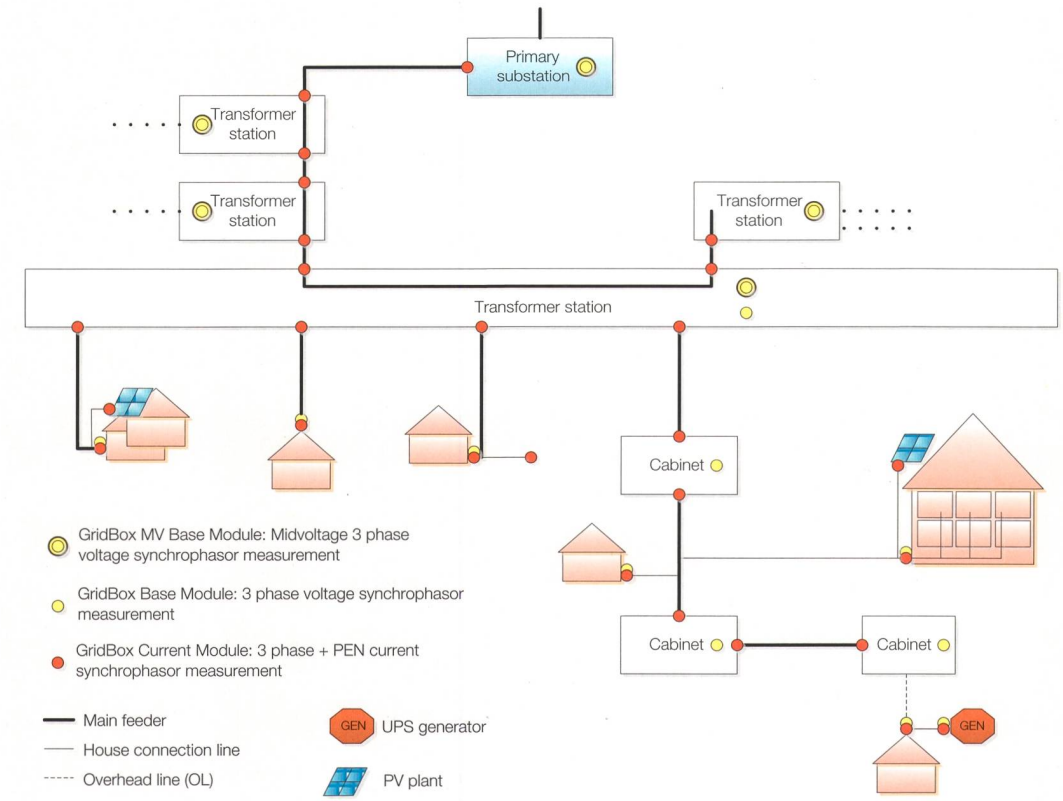


Bild 1 Schematisches Gridbox-Pilotnetz.

BRANCHE **SMART GRID**

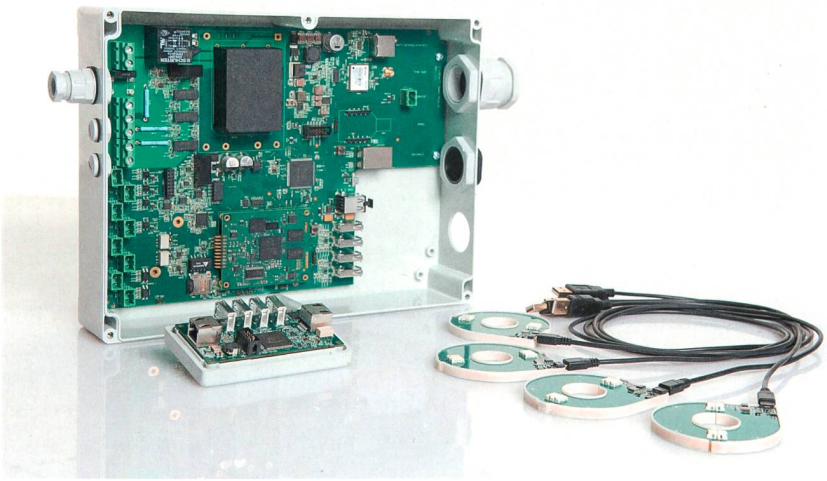


Bild 2 Das Gridbox-Basismodul, ein Strommodul und vier Stromsensoren.

und Leitungsüberlastungen zu vermeiden. Jede Sekunde berechnet die Optimizer-Komponente neue Sollwerte für die PV-Anlagen, Batterien, elektrischen Boiler und weitere Aktoren im Netz und verschickt diese über den Kommunikationskanal. Eine Web-basierte Visualisierung zeigt dabei den detaillierten Netzzustand und erlaubt es, die Arbeit des Optimierers zu beobachten.

Vorteile des kommunizierenden Ansatzes

Rein lokale Optimierer an einem Prosumer ohne Vernetzung mit umliegenden Akteuren haben den Nachteil, dass sie nur die Netzfrequenz und die Spannung am Einspeisepunkt der geregelten Anlage kennen. Gridbox kennt dank der verteilten Messgeräte den regionalen Netzzustand sehr genau und kann somit das regionale Optimum unter Berücksichtigung der gesamten Netztopologie erwirken. Damit wird ein Einsatz der regional vorhandenen Flexibilität zugunsten der gesamten Region (Micro Grid) und nicht nur für einen einzelnen Akteur möglich.

Topologie-Erkennung

Im Rahmen des Gridbox-Projektes wurden Algorithmen entwickelt und zum Patent angemeldet, welche es erlauben, allein aufgrund von Messungen von Strom und Spannung auf die Verbindungen zwischen den Messpunkten und deren elektrischen Eigenschaften zu schliessen. Auf diese Weise kann ein Netzmodell geschätzt werden. Sollte sich zeigen, dass ein solches Netzmodell in der Praxis hinreichend genau ist, würde dies den Aufwand für die Installation und den Betrieb des Gridbox-Systems erheblich reduzieren («Plug and Play»). Zudem wäre zu jeder Zeit bekannt, wie das Netz geschaltet ist und Veränderungen könnten zeitnah detektiert und gegebenenfalls alarmiert werden. Heute kennen die Netzbetreiber auf Niederspannungsebene den Zustand ihrer Schalter und Sicherungen oft nicht mit Sicherheit. Somit hat ein automatisch erkanntes Netzmodell das Potenzial, akkurater zu sein als ein manuell konfiguriertes.

Gridbox-Geräte: multifunktionale Einheiten

Um das Gridbox-Konzept in der Praxis zu testen, wurden geeignete Geräte entwickelt. Dem Formfaktor kam eine wichtige Bedeutung zu. Ziel war es, dass die Geräte in heute gängiger Infrastruktur (Trafostationen, Verteilkästen, Hausinstallationen) installierbar sind, ohne Umbauten vornehmen zu müssen. Dies machte mitunter auch die Entwicklung von sehr kleinen Stromsensoren nötig, da am Markt nichts Geeignetes verfügbar war. Das Resultat ist ein generisches Steuer- und Messgerät, welches die wichtigsten Funktionalitäten einer Phasor-Measurement-Unit (PMU), eines Power-Quality-Messgeräts und eines Störschreibers in einem Gerät vereint. Richtungsweisend ist auch der kompakte, modulare Aufbau, welcher es einer einzigen Gridbox erlaubt, bis zu 40 Ströme (10 Stränge) zu messen, was in Verteilkabinen und Trafostationen wichtig ist (Bilder 2 und 3).

Herausforderungen eines verteilten Systems

Als verteiltes und kommunizierendes System verfügt die Plattform über State-of-the-Art-IT-Management-Funktionen wie automatisierte Software- und Konfigurationsverteilung (Deployment), umfassendes Konfigurationsmanagement, Fail-safe-Update-Mechanismen, zentrales Monitoring und Logging. Dem Projekt zugute kommen Konzepte und Erfahrungen aus Projekten in anderen Branchen, wo ähnliche Systeme für die Überwachung von Schienensystemen, Funknetzen oder Industrieanlagen eingesetzt werden.

IT-Security-Aspekte

Ein besonderes Augenmerk liegt auf Security und Privacy-Aspekten; so erfolgt sämtliche Kommunikation im System verschlüsselt, und die Geräte werden gegenseitig authentifiziert. Zudem sorgt die regional hierarchische Kommunikationsstruktur des Gridbox-Konzeptes künftig dafür, dass vertrauliche Nutzerdaten nur da anfallen, 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 mehr möglich sind.

Kommunikationsprotokoll Gridnet

Ein speziell für das System Gridbox entwickeltes Kommunikationsprotokoll «Gridnet» erlaubt es, die Mess- und Steuersignale äusserst bandbreiteneffizient und – für jeden Regler kritisch – mit minimaler Latenz zu übertragen. Das

Bild 3 Beispiel einer Installation in einer Verteilkabine.

BRANCHE **SMART GRID**

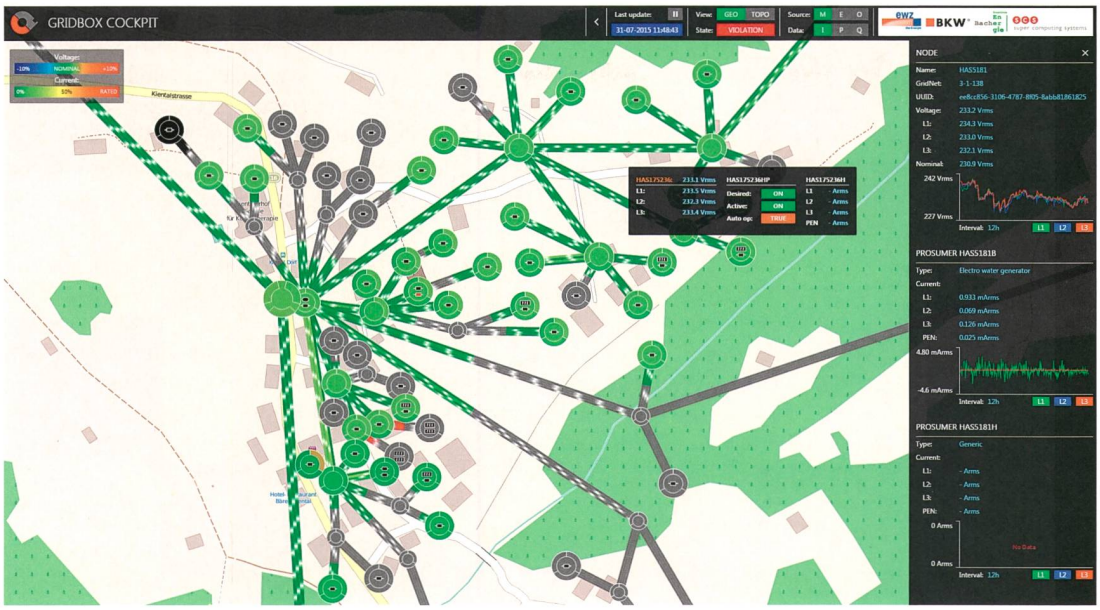


Bild 4 Live-Messwerte können im Sekundentakt überwacht und angezeigt werden.

Protokoll unterstützt eine grosse Vielfalt von Datenarten und -formaten, bietet Tunnel-Fähigkeit für Drittprotokolle und ist robust bezüglich Paketverlusten auf unzuverlässigen Kanälen. Ebenso bietet das Protokoll eine Rechteverwaltung für verteilte Systeme, d.h. Meldungen können selektiv an Systemteile oder Gruppen von Komponenten versendet werden.

Kommunikationskanäle

Das Gridnet-Protokoll kann mit den spezifischen Eigenheiten verschiedener physischer Kommunikationskanäle umgehen. So kommen als Kommunikationsmedium in der Region Kiental Mobilfunk sowie in der städtischen Umgebung in Zürich Glasfaser wie auch Broadband Powerline Communication (BPL) zum Einsatz. Auch Funk im 868-MHz-ISM-Band wurde evaluiert; eine Technologie, welche nur wenig Bandbreite bietet, dafür aber unabhängig von einem Drittanbieter funktioniert. Diese kann in ländlichen Regionen eingesetzt werden, wo Powerline-Kommunikation auf Freileitungen verboten ist.

Das Projekt hat die Ambition, bezüglich Kommunikationsprotokoll für derartige Systeme den zukünftigen Standard zu setzen.

Projektumfang

Das Projekt Gridbox startete im Jahr 2011 mit einer Konzeptstudie und einer darauf folgenden Prototypen-Entwicklung zur Technologie-Verifikation. Die eigentliche Entwicklungsarbeit startete Mitte 2013, das System bleibt bis März 2016 in Betrieb. Eine wichtige Anforderung im Projekt ist die Erprobung des Gridbox-Konzepts in echten Demonstrations-Netzen mit einer kritischen Grösse, so dass fundierte Aussagen gemacht werden und Praxiserfahrungen im Hinblick auf Entwicklung, Installation, Betrieb und Auswertung gesammelt werden können.

Demonstrations-Regionen

Im laufenden Projekt wurden daher 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 sind knapp 150 Geräte installiert und in Betrieb, welche Daten an zwei Master-Einheiten liefern.

Die Fotovoltaikanlagen in den zwei Pilotnetzen haben eine Maximalleistung von 760 kVA, grösstenteils regelbar in Wirk- und Blindleistung. Weitere 140 kW

Bilder: SCS

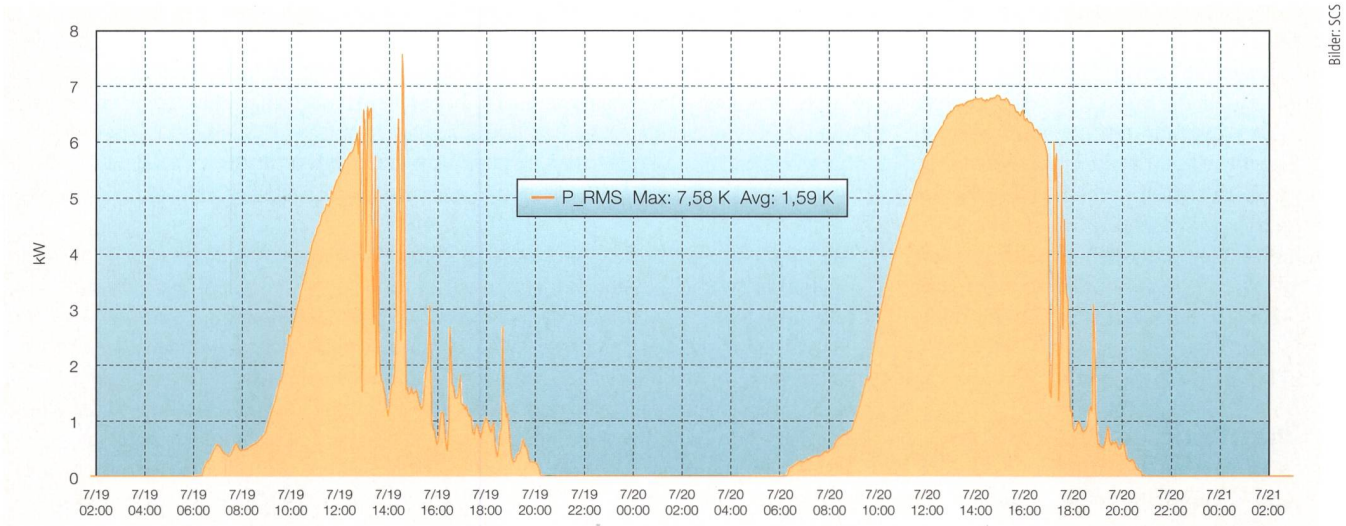


Bild 5 PV-Einspeisung eines Hausanschlusses.

BRANCHE **SMART GRID**

stehen als verschiebbare Last in Form von Warmwasserboilern und Wärmepumpen zur Verfügung. Ein Batteriesystem mit 120 kVA und 720 kWh liefert dem Optimierer weitere Freiheitsgrade.

Live-Visualisierung der Verteilnetzebene

Für Forschungs- und Demonstrationszwecke als auch zur Unterstützung der Entwicklung wurde eine webbasierte Visualisierung der beiden Demonstrationsnetze mit Kartenhintergrund umgesetzt. 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 rein rechnerischen Grössen des State Estimators wie Ströme und Spannungen an Netzpunkten ohne Messtechnik visualisiert. Auch kann die Funktionsweise des Optimierers beobachtet werden **(Bilder 4 und 5)**.

Einjährige Betriebsphase

Das Projekt umfasst eine Demonstrationsphase von einem Jahr mit Beginn am 1. Juni 2015. Während dieses Jahres werden verschiedene Testkampagnen durchgeführt, um die Möglichkeiten des Konzepts aufzuzeigen. Zudem werden sämtliche anfallenden Messdaten in zwei Datenarchiven abgelegt.

Die Demonstrationen der Funktionalitäten erfolgen im Alltagsbetrieb und haben keine Einschränkungen für die involvierten Haushalte und Infrastrukturen zur Folge.

Ein einzigartiger Datenpool

Reale Mittel- und Niederspannungsnetze wurden kaum je mit einem so dichten Netz von Messpunkten ausgestattet und Messwerte im Sekundentakt über ein ganzes Jahr aufgezeichnet. Der Datenpool enthält alle Ströme und Spannungen an den Messpunkten als auch einzelne Power-Quality-Metriken wie Klirrfaktor und Oberwellen. Um diese Daten für weitergehende Forschung zu erhalten und nutzbar zu machen, wurde ein gut strukturiertes Datenmodell für Mess- und Metadaten erstellt sowie eine zuverlässige Archivierung der anfallenden zirka 20 TB Daten sichergestellt.

Plattform für eine Vielzahl von Anwendungen

Das Gridbox-Konzept beinhaltet im Kern eine generische Mess-, Kommunikations- und Regelplattform, welche Basisdienste für netzbezogene Anwendungen zur Verfügung stellt. Auf dieser Plattform können nun unterschiedlichste Anwendungen als reine Software («Apps») implementiert werden. Die Anwendungsfelder sind vielfältig: Für den Netzbetreiber sind die Echtzeit-Anwendungen wie PQ-Bestimmung, Monitoring, Fehlererkennung und -lokalisierung sowie Topologie-bezogene Funktionalitäten interessant. Zusätzlich bieten die Messdaten aus dem System die Möglichkeit, die Netzplanung zu unterstützen und den Netzausbau zu optimieren. Auch das Asset Management kann unterstützt werden (Lifetime-Optimierung, zustandsbasierte Wartung). Künftige Anwendungsfälle wie virtuelle Kraftwerke (VPP) sowie die massive Integration verteilter erneuerbarer Energieproduzenten werden ebenso unterstützt. Bei Gridbox-Hausinstallationen können Funktionalitäten und Dienstleistungen wie Eigenverbrauchsoptimierung, neue dynamische Stromprodukte mit Echtzeit-Preisinformationen, Metering-Applikationen usw. angeboten werden. Hier unterscheidet sich die Gridbox-Plattform zu anderen Ansätzen vor allem dadurch, dass zusätzlich Informationen bezüglich Netztopologie und Netzzustand sowie ein Echtzeit-Kommunikationskanal zum Netzbetreiber zur Verfügung stehen und somit auch den Bedürfnissen des Netzes Rechnung getragen werden kann.

Autor

Stephan Moser ist Leiter des Departments Energy Systems bei Supercomputing Systems AG in Zürich.
Supercomputing Systems AG, 8005 Zürich
stephan.moser@scs.ch

Glossar

Definitionen

- Synchrophasor: Komplexe Amplitude von Strom und Spannung zu einem genau definierten Zeitpunkt. Typischerweise wird eine globale Zeitbasis wie die GPS-Zeit zur Synchronisation verteilter Messpunkte verwendet.
- PMU: Phasor Measurement Unit – Messgerät zur Bestimmung von Synchrophasoren und daraus abgeleiteten Messgrössen. PMUs werden v.a. im Übertragungsnetz im Rahmen von Wide-Area-Monitoring-Systemen eingesetzt.
- State Estimation: Beobachter-Komponente in einem regelungstechnischen System, welche aufgrund eines Modells des realen Systems nicht-messbare Grössen rekonstruiert. Damit lässt sich bei unvollständiger Messabdeckung ein Gesamtsystemzustand berechnen. Im Demonstrationsnetz sind dies Ströme und Spannungen an nicht-gemessenen Stellen.
- Prosumer: Verbraucher elektrischer Energie, welcher gleichzeitig auch Produzent ist.
- Aktoren: Steuerbare Produzenten oder Verbraucher, welche der Optimierer-Komponente zur Beeinflussung des Verteilnetzzustands als Freiheitsgrade zur Verfügung stehen. Im Projekt GridBox sind dies v.a. PV-Anlagen, Warmwasserboiler, Wärmepumpen und Batterien.

Résumé

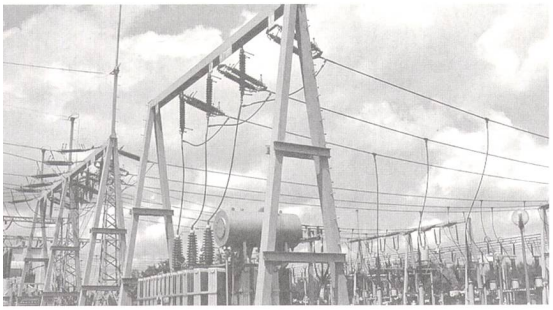
Plate-forme de surveillance et de gestion pour le réseau de distribution

Deux régions de démonstration depuis juin 2015

Aujourd'hui, les gestionnaires de réseau savent généralement peu de choses sur la charge réelle de leurs réseaux moyenne et basse tension. C'est là qu'intervient « Gridbox », un projet de SmartGrid soutenu par l'Office fédéral de l'énergie : il comprend le développement et l'expérimentation d'un système de surveillance et de gestion intelligent et complet pour les réseaux électriques du futur. Ce système est actuellement testé dans le Kiental (vallée de l'Oberland bernois), ainsi que dans un quartier de la ville de Zurich, faisant la démonstration de différentes fonctionnalités et établissant un inventaire complet des données de mesure à des fins de recherche.

Le cœur du concept Gridbox inclut une plate-forme de mesure, de communication et de réglage qui met à disposition des services de base pour les applications liées au réseau. Sur cette plate-forme, les applications les plus diverses peuvent être implémentées sous la forme de simples logiciels. Les domaines d'utilisation sont multiples : pour le gestionnaire de réseau, par exemple, les utilisations en temps réel telles que la détermination de la qualité de la tension, la surveillance et l'identification des erreurs sont intéressantes. De plus, les données de mesure tirées du système offrent la possibilité de soutenir la planification du réseau et d'optimiser son extension. Les cas d'utilisation futurs, tels que les centrales électriques virtuelles et l'intégration de producteurs d'énergie renouvelable éparpillés, pourront également s'appuyer sur ce système. Se

Lösungen zur sicheren Energieversorgung



Von der Konzeption über die Planung
bis hin zur Realisierung unterstützen wir Sie
bei Revisionen und Neuprojekten.

Bewährte Elemente verbunden mit
neuesten Technologien gewährleisten optimale
Nutzung aller Ressourcen und höchste Effizienz.

Kraftwerke • Unterwerke • Bahnstromanlagen

ESATEC

Energiesysteme und Anlagentechnik AG
Mühlentalstrasse 136 | CH-8201 Schaffhausen
Tel. +41 52 630 20 00 | Fax +41 52 630 20 10
www.esatec.ch

«Der Sicherheitstester»

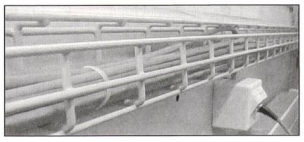
EurotestXE MI 3102BT

Neu

Einfach - Selbsterklärend - Menügeführt
NIV und NIN Installationsprüfungen
FI Prüfungen Typ B und B+
Automatische Testabläufe, Messdatenspeicher
Schnittstellen RS232, USB und Bluetooth
Software EuroLinkPRO inkl.
Android Software optional

ANDROID APP ON Google play | ELKO SYSTEME AG | Bluetooth

Messgeräte • Systeme • Anlagen
Zur Kontrolle und Optimierung des Verbrauches elektrischer Energie
Brüelstrasse 47 CH-4312 Magden Telefon 061-845 91 45 Telefax 061-845 91 40
E-Mail: elko@elko.ch Internet: www.elko.ch



LANZ für Neubauten und Nachinstallationen

Zur Verbindung von Trafo und Hauptverteilung:
LANZ HE-Stromschienen 400 A – 6000 A 1000 V IP 68

Zum el. Anschluss von Maschinen und Anlagen:
LANZ EAE-Stromschienen 25 A – 4000 A 600 V

Zur Führung von Strom-, Daten- und Steuerkabel:
LANZ C-Kanäle G-Kanäle Gitterbahnen Flachbahnen Multibahnen Weitspann-MB Steigleitungen

Zur Zuführung von Strom-, Daten- und Telefonleitungen zu Arbeitsplätzen in Büro und Betrieb:
Brüstungskanal-Stromschienen 63 A 230/400 V, Doppelboden-Anschlussdosen und -Auslässe.

ISO 9001 CE- und IEC-konforme Stromschienen, Kabelbahnen und Kabelzuführungen sind die Kernkompetenz von LANZ. Beratung, Offerte, rasche und preisgünstige Lieferung von
lanz oensingen ag CH-4702 Oensingen Tel. 062 388 21 21

☐ Mich interessieren .....
.....Bitte senden Sie Unterlagen.

☐ Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!

Name / Adresse / Tel. _____

•A4

lanz oensingen ag
CH-4702 Oensingen Südringstrasse 2
Telefon 062 388 21 21 Fax 062 388 24 24
www.lanz-oens.com info@lanz-oens.com