**Zeitschrift:** bulletin.ch / Electrosuisse
**Herausgeber:** Electrosuisse
**Band:** 106 (2015)
**Heft:** 3

**Artikel:** Smart Grid statt Netzausbau
**Autor:** Bucher, Christof
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-856617

**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:** 04.12.2025

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

TECHNOLOGIE **SMART GRID**

# Smart Grid statt Netzausbau

## Pilotprojekt zur Regelung von PV-Anlagen in Frenkendorf

Als im Sommer 2012 die 33 Fotovoltaikanlagen des Quartiers Eich in Frenkendorf die Netzspannung unzulässig anzuheben drohten, fällte der Netzbetreiber EBL eine wegweisende Entscheidung: Statt das Verteilnetz auszubauen, sollte die Situation mit einer intelligenten Steuerung der Anlagen entschärft werden. Im Sommer 2014 nahm das Smart Grid Eich seinen Pilotbetrieb auf. Erste Erfahrungen sind vielversprechend.

**Christof Bucher**

Das Quartier Eich besteht aus 48 Reihenhäusern, gegliedert in acht Gebäude. Auf 33 der Häuser sind PV-Anlagen installiert. Die gesamte Anschluss-Nennleistung beträgt rund 152 kW. Wenn alle PV-Anlagen mit maximaler Leistung ins Netz speisen, kann dies im ungünstigsten Fall bei Schwachlast zu einer Spannungserhöhung von mehr als 3 % auf dem Niederspannungskabel führen. Dies ist gemäss DACHCZ-Regeln und nach den Richtlinien des Netzbetreibers Elektra Baselland (EBL) nicht zulässig.

Damit der Fotovoltaik-Zubau nicht behindert wird, durften die Anlagen nur mit der Auflage gebaut werden, dass vorerst maximal 60 % ihrer Nennleistung ins Netz eingespeist wird. Unter dem Namen «Smart Grid Eich» (SGE) hat die EBL nun ein Regelungssystem aufgebaut, welches die Wirkleistungsreduktion der PV-Anlagen weitgehend obsolet macht.

### Ausgangslage

Die Entfernung zur nächsten Transformatorstation (TS) des Quartiers beträgt rund 250 m. Sieben der acht Gebäude teilen sich dabei einen Verknüpfungspunkt (VP) an dem Niederspannungskabel, welches von der TS zum Quartier Eich sowie zu weiteren Liegenschaften führt. Der Projektperimeter des Smart Grid Eich umfasst diese sieben Gebäude. Die einzelnen Häuser im Quartier Eich sind vom VP aus sternförmig erschlossen. **Bild 1** zeigt eine Luftaufnahme des Quartiers, aufgenommen aus südwestlicher Richtung.

Auf den genannten VP fallen 29 der 33 PV-Anlagen mit einer Anschlussleistung von 131 kVA. Das Verhältnis von AC- zu DC-Leistung ist dabei nahezu eins zu eins gewählt, d.h. die Leistungsspitzen könnten aus Sicht der PV-Anlagen eingespeist werden. Die Bezügersicherung mit 250 A versorgt 43 Häuser und kann deshalb den ganzen Solarstrom – auch von allfälligen zukünftigen Erweiterungsanlagen – ins Netz aufnehmen. Die relative Spannungsanhebung bei maximaler Einspeisung beträgt jedoch mehr als 3%, sodass die PV-Anlagen nach Inbetriebnahme auf 60 % resp. 78,6 kVA limitiert werden mussten.

### Voruntersuchung: Mögliche Massnahmen

Im Rahmen einer Vorstudie wurden vier Massnahmen zur Erhöhung der Aufnahmekapazität des Netzes für Solarstrom geprüft. Diese waren:

- Netzausbau
- Dynamische Regelung der PV-Anlagen
- Lastmanagement
- Batteriespeicher

Der Batteriespeicher und das Lastmanagement wurden vorerst aus Kostengründen verworfen. Die Wahl fiel auf eine dynamische Regelung der PV-Anlagen, da diese einerseits zukunftsweisend und andererseits dem Netzausbau insbesondere bei der Ausweitung auf weitere Netzgebiete wirtschaftlich überlegen ist.

### Projektbeschreibung

Die dynamische Regelung der PV-Anlagen sollte weitgehend mit der bestehenden Infrastruktur realisiert werden. Als Kommunikationsmedium zwischen der Netzleitstelle und den PV-Anlagen wurde deshalb die bestehende Rundsteueranlage verwendet.

Die gewählte Regelstrecke ist in **Bild 2** dargestellt. Am Hausanschlusskasten (HAK) des Quartiers Eich ist ein digitaler Messumformer installiert, der über eine von der EBL eingerichtete VPN-Verbindung (Internet) der Leitstelle der EBL die aktuellen Messdaten (Spannung, Strom, Leistung und Blindleistung) des gesamten Quartiers zur Verfügung stellt.

In der Leitstelle der EBL steht der Regler-PC, das Herzstück des Smart Grid Eich. Die Firma Basler & Hof-

EBL (Genossenschaft Elektra Baselland)

**Bild 1** Das Quartier Eich in Frenkendorf (BL).

TECHNOLOGIE **SMART GRID**

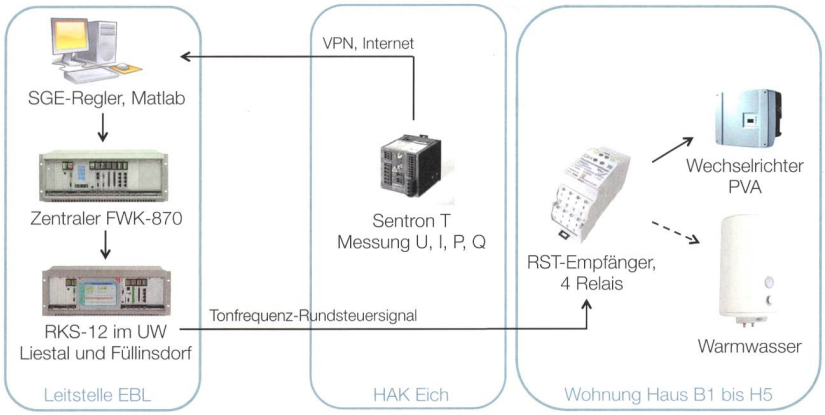


**Bild 2** Regelstrecke des Smart Grid Eich.

mann AG hat zu diesem Zweck ein Matlab-basiertes Tool erstellt, das die Messwerte aus dem Messumformer im HAK Eich ausliest und daraus den Sollwert für cosφ und die Wirkleistungsgrenze der Wechselrichter berechnet. Dieser Sollwert wird über ein von der Swistec Systems AG programmiertes Interface an das bestehende Rundsteuerprogramm weitergegeben, das ein Rundsteuersignal mit dem entsprechenden Befehl absetzt.

Zu jedem Wechselrichter im Quartier Eich wurde von der Firma Solvatec AG, welche das Projekt mit initiiert und die PV-Anlagen gebaut hat, ein Vierkanal-Rundsteuerempfänger installiert. Dieser empfängt das Regelsignal und gibt es in Form von drei binären Zuständen an die Wechselrichter weiter. Damit lassen sich insgesamt $2^3 = 8$ Wechselrichterzustände codieren. Der vierte Kanal wird zurzeit noch nicht verwendet und steht für allfällige Projekterweiterungen für Lastmanagement zur Verfügung.

## Der Regelalgorithmus

Der Regelalgorithmus basiert auf den bekannten Konzepten cosφ(U) und P(U): Die Blindleistung Q resp. der Leistungsfaktor cosφ sowie die Begrenzung der Wirkleistung P wird als Funktion der lokalen Netzspannung vorgegeben. Im Gegensatz zu der Wechselrichtersteuerung nach AR-N-4105 wird die Blindleistung nicht anhand der momentanen Wirkleistung des Wechselrichters vorgegeben, sondern anhand der Spannung. Dies hat den Vorteil, dass Blindleistung nur dann bezogen wird, wenn es aufgrund der hohen Spannung notwendig ist. Der Blindleistungsaustausch mit dem Netz und damit die Kabelverluste können dank dieser Regelung minimiert werden.

**Bild 3** zeigt die Funktionsweise des Regelungsalgorithmus in einem Kennliniendiagramm. Darin wird deutlich, dass bei steigender Netzspannung zunächst nur die Blindleistungsregelung, und erst danach die Wirkleistungsreduktion aktiv wird.

## Pro und Kontra Rundsteuerung

Es mag zunächst ein wenig fragwürdig erscheinen, mit einer Rundsteuerung mehr Intelligenz ins Verteilnetz zu bringen. Denn im Gegensatz zu einem Breitbandkommunikationssystem kann damit nur ein Bruchteil der Informationen versendet werden, noch dazu nur in eine Richtung. Aus folgenden Gründen entschied man sich beim Smart Grid Eich trotzdem für den Einsatz einer Rundsteuerung zur Kommunikation:

- Die Rundsteuerung ist bereits vorhanden, funktioniert zuverlässig, bietet ein Echtzeitverhalten und soll kurz- und mittelfristig weiterbetrieben werden.
- Für die vorgesehene Regelung ist die Bandbreite der Rundsteuerung ausreichend. Eine genauere Regelung würde die Spannungsqualität und den Ertragsverlust nur unwesentlich beeinflussen.
- Mit der Einführung von Swistra können einzelne Empfänger oder Gruppen von Empfängern dediziert geregelt werden. Die Möglichkeiten eines Broadcast bleiben ebenfalls erhalten.
- Ein späterer Wechsel auf ein anderes Kommunikationssystem ist möglich. Mit der Wahl der Rundsteuerung wird die Zukunft nicht verbaut.

## Beispiel eines Tagesablaufs

**Bild 4** zeigt ein typisches Beispiel eines Tagesverlaufs im Sommer 2014. Es ist ein sonniger und weitgehend wolkenloser Wochentag Anfang Juli. Nachdem die Warmwasserboiler etwa um 1 Uhr nachts geladen sind, steigt die Netzspannung auf knapp 235 V, wo sie bis etwa 4 Uhr morgens verharrt. Bevor nun die PV-Anlagen gegen 8 Uhr signifikant Leistung ins Netz einspeisen, sinkt die Spannung in den frühen Morgenstunden auf rund 230 V. Bereits um 10 Uhr erreichen die noch leistungsbegrenzten PV-Anlagen ihr Produktionsmaximum, das sie bis 16 Uhr weitgehend beibehalten. Aus der Netzspannungskurve geht dies jedoch nicht hervor. Nur zwischen 12 und 13 Uhr sowie nachmittags von 16 bis 17 Uhr treten Spannungsspitzen auf, die gemäss den festgelegten Regelparametern eine Regelung zur Folge haben.

Die Regelung wiederum fällt nur moderat aus: Bis zur Regelstufe 4 **(Bild 4)** wird die Blindleistungsregelung aktiviert, und erst ab Stufe 5 die Wirkleistung reduziert. So wurde an diesem Beispieltag lediglich während 15 Minuten am Mittag und während sechs Minuten am Abend die Wirkleistung der PV-Anlagen reduziert, und nicht wie bei der statischen Wirkleistungsbegrenzung während sechs Stunden.

Es ist jedoch anzumerken, dass beim gezeigten Beispiel die meisten PV-Anlagen zu diesem Zeitpunkt noch nicht an das SGE angeschlossen waren, d.h. die Regelung hat noch keine Auswirkung auf die Leistung. Nach Inbetriebnahme ist deshalb mit einem etwas stärkeren Spannungsanstieg bereits am Vormittag zu rechnen, der aber durch das Blindleistungsmanagement weitgehend wieder kompensiert wird.

## Erwartete Ergebnisse

Für die statische Abregelung der PV-Anlagen auf 60 % prognostiziert die EBL einen Energieertragsverlust von 6 % oder 8 MWh. Gemäss Simulationen von Basler & Hofmann sollen diese Verluste mit dem vorgestellten Regelungs-

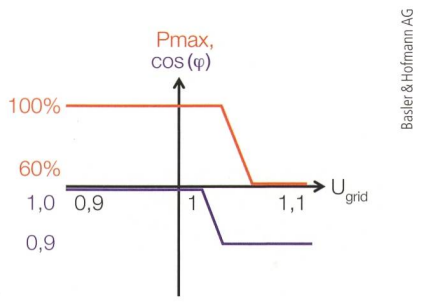


**Bild 3** Regelungsalgorithmus des Smart Grid Eich: cosφ (U) und P(U).

TECHNOLOGIE **SMART GRID**

Basler & Hofmann AG

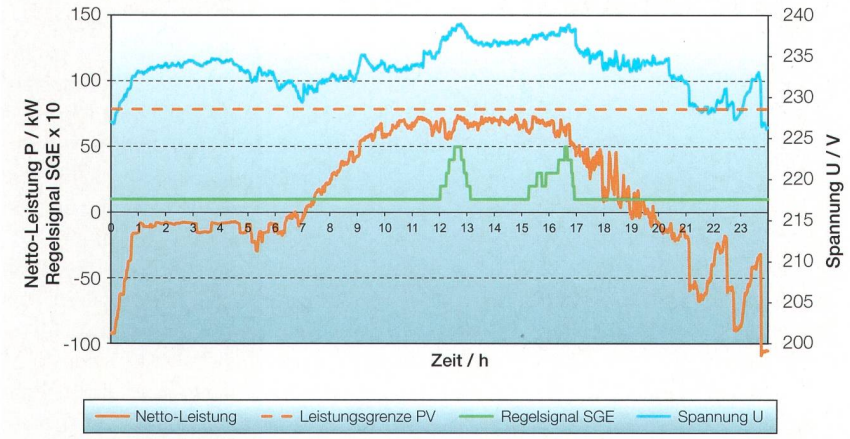


**Bild 4** Netzspannung und Regelsignal am Beispiel eines Tagesablaufs ohne aktive Regelung.

konzept auf weniger als 1 % (rund 1,3 MWh) reduziert werden können. Dazu sind pro Jahr rund 3000 zusätzliche Rundsteuersendungen zu erwarten. Nach der Hochrechnung von Swistec Systems (Lieferant der Rundsteuerung) entspricht dies einem zusätzlichen Energiebedarf für die Rundsteueranlage von rund 135 kWh.

Die gewünschte Spannungsqualität kann ohne Netzausbau eingehalten werden, selbst wenn noch weitere PV-Anlagen im Quartier gebaut werden.

## Bisherige Erkenntnisse

Das Smart Grid Eich ist seit September 2014 in Betrieb. Zwar steht der Härtetest mit einer hohen PV-Einspeisung noch aus, trotzdem lassen sich nach dem ersten halben Betriebsjahr bereits verschiedene Erkenntnisse formulieren:

- Das System funktioniert bei niedriger und mittlerer Einstrahlung zuverlässig. Die Erfahrungen für hohe Einstrahlungen sind noch ausstehend.
- Die Abregelung der PV-Anlagen ist nur selten notwendig. Insbesondere am Vormittag und von 13 bis 16 Uhr dürfen die PV-Anlagen meistens voll einspeisen.
- Die Netzspannung hat zwei typische Spitzen: mittags von 12 bis 13 Uhr und nachmittags von 16 bis 17 Uhr.
- Abschätzung durch Messung und Extrapolation: Wird der cosφ von 1,0 auf 0,9 induktiv gesenkt, so sinkt die lokale Netzspannung um rund 1,5 % resp. 3,5 V.

## Kosten und Finanzierung

Da es sich um ein Pilotprojekt handelt, entstehen gegenüber einer konventionellen Lösung Mehrkosten. Das Bundesamt für Energie (BFE) beteiligt sich im Rahmen einer P+D-Projektfinanzierung an diesen Mehrkosten. Kann das Projekt auf weitere Netzgebiete ausgeweitet werden, so ist auf lange Sicht mit tieferen Kosten zu rechnen, welche deutlich unterhalb den Netzausbaukosten liegen.

Der geringe verbleibende Energieertragsverlust der PV-Anlagen wird von den Anlagebetreibern getragen. Diese sparen sich dafür die Verstärkungskosten für den Hausanschluss.

## Ausblick

Während einem Jahr (2015) soll das Smart Grid Eich betrieben und detailliert beobachtet werden. In der anschliessenden Evaluation soll unter anderem zu folgenden Themen Stellung bezogen werden:

- Auswertung der Messdaten, Erfolgskontrolle, Bericht und Präsentationen
- Vor- und Nachteile des Smart Grid Eich gegenüber anderen Smart-Grid-Konzepten.
- Möglichkeiten der Erweiterung des Smart Grid Eich auf weitere Netzgebiete.
- Machbarkeit, Aufwand und Ertrag für zusätzliches Lastmanagement (Boiler) mit dem vorhandenen System.

## Autor

Dr. **Christof Bucher** studierte bis 2008 Elektrotechnik und Informationstechnologie an der ETH Zürich. Seit Studienabschluss arbeitet er als Planungsingenieur für PV-Anlagen bei Basler und Hofmann, wo er von 2010 bis 2014 seine Dissertation zum Thema Integration von Solarstrom ins Verteilnetz schrieb. Er hat das Regelkonzept des Smart Grid Eich entworfen und implementiert.

**Basler & Hofmann AG, 8032 Zürich**
**christof.bucher@baslerhofmann.ch**

**Résumé**

**Un smart grid à la place d'un renforcement du réseau**

**Un projet pilote destiné à réguler les installations photovoltaïques de Frenkendorf**

Alors qu'à l'été 2012 les 33 installations photovoltaïques du quartier d'Eich à Frenkendorf menaçaient de faire augmenter la tension du réseau à un niveau inadmissible, le gestionnaire de réseau EBL a pris une décision déterminante. Au lieu de renforcer le réseau de distribution ou de limiter l'injection d'électricité photovoltaïque à 60 %, il a choisi de désamorcer la situation en faisant appel à une régulation intelligente et dynamique des installations. Le smart grid d'Eich a ainsi entamé son exploitation pilote à l'été 2014. La communication est assurée par le système existant de télécommande centralisée. Les premières expériences se révèlent prometteuses. Sans développement du réseau, ce smart grid a permis d'atteindre une efficacité supérieure à celle obtenue avec une limitation de l'injection. De plus, ce système s'avère nettement moins coûteux qu'un renforcement du réseau tout en produisant des résultats similaires.

No

Anzeige

**Die Beiträge dieser Ausgabe finden Sie auch unter**
**www.bulletin-online.ch**