



Luftaufnahme vom Pilotquartier in Neyruz (FR).

Akzeptanz von Smart-Grid-Technologien

VNBs und Kunden | Damit die Energiewende möglich wird, müssen die Stromnetze ans neue Energiesystem angepasst werden. Grosse Investitionen sind unvermeidlich, aber wie können diese optimiert werden? Der Verteilnetzbetreiber Groupe E hat ein Projekt in Neyruz (FR) durchgeführt, um neue Smart-Grid-Technologien zu testen und ihre Akzeptanz durch die Bevölkerung zu evaluieren.

PETER CUONY

In Neyruz befindet sich ein für die Schweiz typisches Einfamilienhausquartier, nur dass es in diesem Quartier schon eine grosse Anzahl von Wärmepumpen und PV-Anlagen gibt: Zu den 257 Kunden, die von einer einzigen MS-/NS-Transformatorstation versorgt werden, gehören 89 Wärmepumpen und 50 PV-Anlagen, und seit Kurzem werden auch immer mehr

Ladestationen für Elektroautos ans Stromnetz angeschlossen. Simulationen zeigen, dass in diesem Quartiernetz im Jahr 2035 der Transformator und 13 Kabel überlastet sein werden, wenn die Entwicklung wie geplant weitergeht.

Wollte Groupe E das Problem in diesem Quartier nur mit der herkömmlichen Netzverstärkung lösen, d. h. die überlasteten Netzelemente durch stär-

kere ersetzen, kostete dies für dieses Quartier allein ungefähr eine halbe Million Franken. Das ganze Stromnetz von Groupe E mit diesem Ansatz auf die Anforderungen der Energiewende vorzubereiten, wäre ein sehr aufwendiges und teures Unterfangen, das die Energiewende verzögern und die Kunden über Jahrzehnte mit erhöhten Netztarifen belasten würde.

Um einen schnellen Umstieg ins neue Energiesystem zu ermöglichen und den Kunden auch in Zukunft attraktive Netznutzungstarife anbieten zu können, hat das Unternehmen in den vergangenen Jahren eine Smart-Grid-Strategie entwickelt und mit deren Umsetzung begonnen. Im eingangs erwähnten Smart-Grid-Projekt in Neyruz (FR) wurden mehrere für die Zukunft wichtige Smart-Grid-Technologien erfolgreich getestet.

Der Smart Meter verbessert die Netzplanung

Groupe E hat in diesem Pilotprojekt alle Kunden, die von derselben Trafostation gespeist werden, mit Smart Metern ausgerüstet. Das Unternehmen konnte somit ~300 Lastgänge (15-min-Leistungsmessungen) der Kunden zusammenzählen und so einen Lastgang für den Ortsnetztransformator berechnen. Um die Resultate zu verifizieren, wurde in diesem Netz auch ein Netzmessgerät in der Transformatorstation installiert und mit dem berechneten Lastgang aus den Smart Metern verglichen. **Bild 1** zeigt, dass die Summe (Aggregation) der Smart-Meter-Lastgänge ein sehr gutes Bild der Belastung des Transformators ergibt. Durch Aggregation von ausgewählten Smart-Meter-Daten können so Lastgänge für jedes Kabel und jede Verteilkabine berechnet werden, ohne dass dafür teure Netzmesstechnik installiert werden muss.

Der Verteilnetzbetreiber beginnt Anfang 2023 mit dem Rollout der Smart Meter und wird bis 2030 alle aktuellen Stromzähler durch Smart Meter ersetzen. Zur Übermittlung der Daten setzt Groupe E dabei auf das schon bestehende Mobilfunknetz, was finanzielle Vorteile bringt und auch die zusätzliche Strahlenbelastung auf ein Minimum reduziert. So entspricht die Übermittlung der täglichen Lastgänge ungefähr dem Versand von einem SMS pro Zähler. Weiter bereitet Groupe E aktuell Informationssysteme vor, damit durch die im Pilotprojekt erfolgreich getestete Aggregation der Lastgänge in Zukunft volle Transparenz im ganzen Stromnetz geschaffen werden kann. Dies erlaubt, mögliche Überlastungen schneller zu erkennen, Smart-Grid-Technologien gezielter

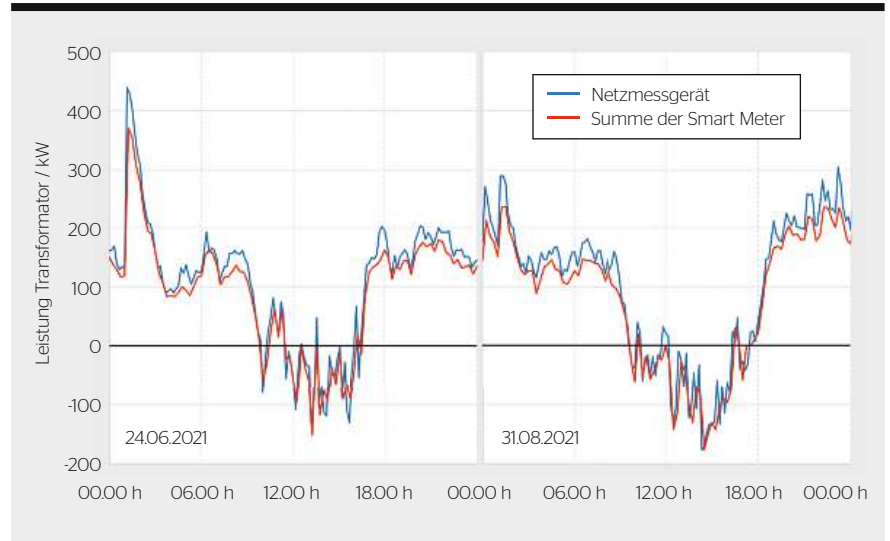


Bild 1 Lastgang an zwei Sommertagen von einem Netzmessgerät in der Transformatorstation mit 10-min-Auflösung und von der Summe aller Smart-Meter-Lastgänge in diesem Quartier mit 15-min-Auflösung. Es konnten nicht alle Zähler in diesem Quartier durch Smart Meter ersetzt werden, was zusammen mit den Netzverlusten die kleine Differenz zwischen den Kurven erklärt. Am 24. Juni 2021 ist die von der Rundsteuerung verursachte Lastspitze um 1.00 Uhr gut ersichtlich und am 31. August 2021 wurde diese Spitze um über 100 kW reduziert, indem die Boiler mit individuell adressierbaren Steuerkontakten gestaffelt eingeschaltet wurden.

einzusetzen und bessere Investitionsentscheide für ein sicheres und effizienteres Stromnetz im neuen Energiesystem zu treffen.

Die Steuerung von flexiblen Stromverbrauchsgeräten

Ein weiterer Gegenstand des Pilotprojekts war die Flexibilisierung des Verbrauchs, d. h. die Verschiebung des Stromverbrauchs von Geräten, die einen grossen Teil des Stromverbrauchs bei Kunden verursachen. Zu diesen «grossen flexiblen Stromverbrauchern» zählen bei Groupe E elektrisch betriebene Heizungen (Wärmepumpen und Elektrodirektheizungen), elektrische Warmwassererzeuger (Boiler) und neu auch Ladeinfrastrukturen für Elektrofahrzeuge (Ladestationen, Wallboxen und Steckdosen zum Laden von Elektroautos).

Im Kanton Freiburg steuert das Unternehmen schon jetzt jeden Tag zirka 30 000 Boiler und 35 000 elektrisch betriebenen Heizungen, ohne dass dies den Komfort der Kunden beeinträchtigt. Die Boiler werden in der Nacht 6 Stunden zugeschaltet und die Heizungen über Mittag während 75 Minuten blockiert. Die Kommunikation funktioniert über eine Rundsteuerung, die die Freiburgischen

Elektrizitätswerke vor zirka 70 Jahren bei der letzten Elektrifizierungswelle eingeführt haben.

Dieses System ist heute veraltet und den Herausforderungen der aktuellen Elektrifizierungswelle nicht mehr gewachsen. Deshalb wird die Rundsteuerung bei Groupe E ab nächstem Jahr durch die Steuerung über zwei Schaltkontakte im Smart Meter abgelöst. Der Vorteil der Smart-Meter-Steuerung ist, dass die Schaltkontakte individuell adressiert und die Netzlastspitzen dadurch besser geglättet werden können. Im Pilotprojekt wurde der Rundsteuerempfänger bei 117 Kunden mit elektrisch betriebenen Heizungen und Boilern durch individuell adressierbare Schaltkontakte ersetzt. Die Boiler-Lastspitze im Quartier des Pilotprojektes (**Bild 1**) konnte mit dem neuen Steuersystem erwartungsgemäss geglättet werden. Für eine temporäre Sperrung der Heizungen im Winter wurden verschiedene Verschiebungen vom Mittag in den Morgen und in den Abend getestet, um die beste Auslastung des Stromnetzes zu erreichen.

Die Akzeptanz der Smart-Grid-Technologien bei den Kunden

Neben den technischen Aspekten wollte Groupe E auch mehr über die

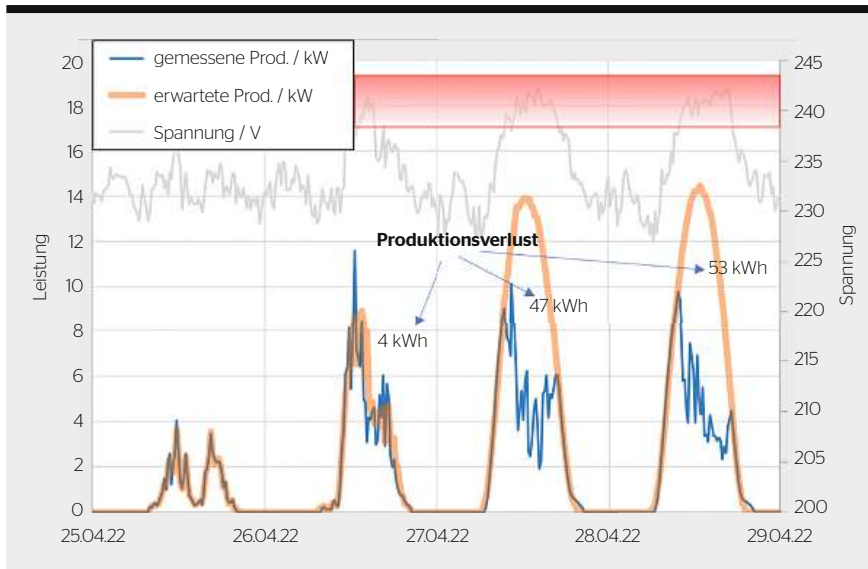


Bild 2 Berechnete (orange) und gemessene (blau) Produktionskurve einer PV-Anlage mit einer P(U)-Regelung und die Netzspannung (grau). Es ist klar ersichtlich, dass die PV-Anlage die Leistung reduziert, wenn die Netzspannung sich erhöht. Die P(U)-Regelung wurde für das Pilotprojekt bei tieferen Spannungen aktiviert, damit der Effekt klar ersichtlich ist (lineare Reduktion der Leistung von 100 auf 0 % im Spannungsbereich 103,5 bis 105,5 %). Die Differenz der orangenen und blauen Kurve ergibt den berechneten Produktionsverlust.

Akzeptanz der Smart-Grid-Technologien bei den Kunden erfahren. In einem von Innosuisse finanziell unterstützten Projekt hat die Universität Genf die Akzeptanz der Kunden wissenschaftlich untersucht und dokumentiert [1, 2]. In einer ersten Phase wurde im Sommer 2020 eine Umfrage durchgeführt über die Akzeptanz der Steuerung von flexiblen Stromverbrauchern durch Groupe E. Dabei wurden 5000 Kunden per E-Mail angeschrieben und eine Kontrollgruppe von 500 Kunden per Post. Rund 900 Antworten gingen zur Steuerung von elektrisch betriebenen Heizungen ein und 550 zur Steuerung von Ladestationen für Elektroautos. Das Hauptziel der Umfrage bestand darin, mit einer Conjoint-Analyse herauszufinden, welche Merkmale die Akzeptanz für eine Steuerung der flexiblen Stromverbraucher beeinflussen.

Die Resultate zeigen, dass es sehr wichtig ist, dass die Kunden gut verstehen, wieso die Steuerung eingesetzt wird und wie sie funktioniert. Weiter wird auch eine finanzielle Entschädigung für die Steuerung als angebracht und wichtig erachtet, die Höhe der Entschädigung scheint jedoch eine untergeordnete Rolle zu spielen. Ein letzter wichtiger Punkt, der vor allem

die Steuerung von Ladestationen für Elektroautos betrifft, ist die Möglichkeit, die Steuerung temporär aussetzen zu können. Die Umfrage hat gezeigt, dass mit den vorgeschlagenen Konditionen 60 bis 70% der Kunden die Steuerung ihrer flexiblen Stromverbraucher ermöglichen würden. Dieses Akzeptanzniveau ist im Vergleich zu anderen internationalen Studien hoch und zu einem grossen Teil mit dem hohen Vertrauen der Kunden in Groupe E zu begründen. Weiter enthielt die Umfrage auch einen A-/B-Test, der zeigt, dass die Akzeptanz höher ist, wenn die Steuerung für ein sicheres und effizienteres Stromnetz eingesetzt wird als für die verbesserte Integration von erneuerbaren Energien.

In einer zweiten Phase im Sommer 2021 wurde die Rundsteuerung bei 117 Kunden mit flexiblen Stromverbrauchern im Quartier in Neyruz mit individuell adressierbaren Steuerkontakten ersetzt. Die Kunden wurden schriftlich eingeladen, ihre flexiblen Stromverbraucher für eine optimierte Steuerung zur Verfügung zu stellen. Von den 49 erhaltenen Antworten haben 42 (86%) der optimierten Steuerung zugesagt und nur 7 (14%) haben diese abgelehnt.

Telefoninterviews im Herbst 2021 haben erlaubt, mehr über die 58% der Kunden zu erfahren, die nicht geantwortet haben. In den meisten Fällen gaben die Kunden an, dass fehlende Information und Nichtverständnis die Hauptgründe für die ausbleibende Antwort waren. Mehrere Kunden haben ihr Einverständnis doch noch erteilt, nachdem ihre Fragen beantwortet waren. Umfrage und Pilotversuch haben gezeigt, dass es eine Herausforderung ist, die Steuerung der flexiblen Stromverbraucher verständlich zu präsentieren, aber dass eine sehr grosse Mehrheit der Kunden das Vorgehen befürwortet und unterstützt, wenn Funktionsweise und Absicht klar sind.

Eine effiziente Integration der Photovoltaik ins Stromnetz

Ein weiterer Smart-Grid-Ansatz, der dem Praxistest unterzogen wurde, war eine netzstützende Funktion, die im Wechselrichter von fünf PV-Anlagen in derselben Quartierstrasse aktiviert wurde. Solange sich die Spannung im Stromnetz in einem akzeptablen Bereich befindet, produzierte die PV-Anlage so viel Strom, wie die Sonneneinstrahlung ermöglichte. Wird aber in einem Quartier viel mehr Solarstrom produziert als lokal verbraucht werden kann, dann führt die Einspeisung des Solarstroms zu einer Erhöhung der Spannung im Stromnetz.

Aus Sicherheitsgründen darf die Nominalspannung (230/400 V) nicht um mehr als 10% überschritten werden. Mit der netzstützenden Funktion, auch P(U) genannt, reduzieren die Wechselrichter der PV-Anlage die Produktionsleistung, sobald diese obere Spannungsgrenze erreicht wird. Das durch die Photovoltaik verursachte Spannungs-Problem wird mit dieser Funktion einfach und effizient von den PV-Anlagen dezentral gelöst. Die temporäre Leistungsreduktion führt an der betroffenen Anlage zu einer Produktionseinbusse. Da aber diese netzdienliche Spannungsstützung nur sehr wenige Stunden im Jahr benutzt wird, sind die dadurch entstehenden Produktionseinbussen sehr klein im Vergleich zu den Kosten für eine traditionelle Netzverstärkung.

Um eine finanzielle Benachteiligung der betroffenen Produzenten zu ver-

hindern, hat Groupe E einen Algorithmus entwickelt, der den Produktionsverlust schätzt (**Bild 2**), damit dieser dem Produzenten vergütet werden kann. Die fünf Kunden mit PV-Anlagen, die Groupe E für das Pilotprojekt angefragt hat, waren alle einverstanden, dass die netzstützende P(U)-Funktion in ihren Wechselrichtern parametrisiert und ihnen der Produktionsverlust zum Rücklieferarif vergütet wird.

In einem aktuell noch laufenden und vom BFE unterstützten Projekt untersucht die Berner Fachhochschule das transiente Verhalten und die Stabilität der P(U)-Regelung von mehreren Wechselrichtern, die an der gleichen Niederspannungsleitung angeschlossen sind [3].

Die Energiewende, eine systemische Vision

Für ein effizientes und sicheres Stromnetz, das die Energiewende unterstützt, braucht es eine Vision und neue Lösungsansätze. Für eine erfolgreiche Umsetzung ist zentral, dass sowohl Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Verteilnetzbetriebe als auch die Kunden das Vorgehen verstehen und unterstützen. Dafür braucht es Pilotprojekte, welche die technischen Aspekte verständlich machen und den Nutzen konkret aufzeigen. Auch ein intensiver Austausch mit den Kunden ist wichtig, damit eine verständliche Kommunikation in diesen komplexen Themen gelingt.

Verteilnetzbetreiber und Kunden können sich an das altbekannte Energiesystem klammern, bremsen da-

durch aber die Energiewende und gefährden die Sicherheit und Effizienz des Stromnetzes. Wenn sich Verteilnetzbetreiber und Kunden auf neue intelligente Ansätze einigen, unterstützen sie damit die Energiewende und helfen, ein sicheres und effizientes Stromnetz zum Nutzen aller Beteiligten zu schaffen.

Referenzen

- [1] www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629621004114
- [2] www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421522001252
- [3] www.bfh.ch/de/forschung/forschungsprojekte/2021-602-995-416/



Autor

Peter Cuony ist Leiter Produkte bei Groupe E.
→ Groupe E, 1763 Granges-Paccot
→ peter.cuony@groupe-e.ch