Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 105 (2014)
Heft: 12

Artikel: Dezentrale Intelligenz und regionales Systemmanagement
Autor: Sahli, Christian / Trunz, Roger / Weilharter, Bernhard
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856328

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

Dezentrale Intelligenz und regionales Systemmanagement

Neue Geschäftsmodelle für Energieversorgungsunternehmen

Die dezentrale Produktion hat zu nachhaltigen Veränderungen in der Stromversorgung geführt. Die Eigenverbrauchsregelung sowie das Aufkommen von dezentralen Speichern im Verteilnetz werden zu weiteren Umwälzungen führen. Die Energieversorgungsunternehmen sind angehalten, diese Veränderungen zu antizipieren, mit neuen Geschäftsmodellen die netzfreundliche Integration von dezentraler Produktion und Speicherung ins Netz und in den Strommarkt zu unterstützen und gleichzeitig den Interessen der Prosumenten nach Eigenverbrauchsoptimierung Rechnung zu tragen.

Christian Sahli, Roger Trunz, Bernhard Weilharter

Die Produktion von Strom aus Solaranlagen hat sich heute in erster Linie aus finanziellen Überlegungen (garantierte Einspeisevergütung) etabliert. Mittlerweile ist in der Schweiz die Steckdosenparität erreicht (d.h. für einen Privathaushalt ist die Produktion von Strom mit der eigenen Solaranlage gleich teuer wie der Bezug vom Netz). Die technische Entwicklung und die damit verbundene, weitere Senkung der Gestehungskosten des Stroms aus PV-Anlagen dürften unverändert weitergehen. Den Strom selber herzustellen und diesen auch selber zu verbrauchen, wird dadurch attraktiv. Entsprechend wird die im Gesetz festgeschriebene Eigenverbrauchsregelung an Bedeutung gewinnen (vgl. Stufen 1 und 2 in **Bild 1**).

Die Prosumenten können zudem ihren Eigenverbrauchsgrad durch Batterien oder Lastensteuerung weiter erhöhen, was mit zunehmender Differenz zwischen den Kosten des eigenen Stroms und für Strom aus dem Netz attraktiv wird. Aktuelle Studien zeigen, dass die Kosten von Batterien in absehbarer Zeit soweit absinken können, dass ihr Einsatz für Haushalte und Gewerbe mit PV-Produktion eine Option wird.[1] Tritt dies ein, wird ein Grossteil des Solarstroms aus Privathaushalten und Gewerben das Netz gar nicht mehr erreichen (vgl. Stufe 3a in **Bild 1**).

Prosumenten mit PV-Anlage und gekoppeltem Speicher müssen sich entscheiden, wie sie ihren restlichen Strombedarf längerfristig decken wollen. Neben dem Restbezug aus dem Netz ist auch eine vollständige Abkoppelung vom Netz denkbar, indem sich der Prosument zum reinen Selbstversorger entwickelt (z.B. grösserer Speicher und/oder Notstromaggregat zum Laden der Batterie). Der Entscheid des Prosumenten für die eine oder andere Variante (vgl. Stufen 3a und 3b in **Bild 1**) dürfte wesentlich durch die für ihn anfallenden Kosten beeinflusst werden. Ausserdem muss nicht unbedingt jeder einzelne Prosument diesen Entscheid für sich alleine treffen. Innovative Lösungen wie Zusammenschlüsse in Energiegenossenschaften oder die Etablierung von Quartier-/Arealnetzen von Privatkunden sind weitere Optionen. Die Prosumenten werden folglich keine vollständige Autonomie anstreben und ans Netz angeschlossen bleiben, wenn die EVUs attraktive Produkte und Dienstleistungen zu kompetitiven Preisen für Stufe 3a anbieten können.

Technische Implikationen: Paradigmenwechsel

Neben diesen marktbedingten Veränderungen vollzieht sich aus technischer Sichtweise ein Paradigmenwechsel. Die dezentrale, dargebotsabhängige Produktion verlangt eine Abkehr von der bisher etablierten Steuerung der Stromflüsse (d.h. Strombedarf ist gegeben und steuert die Stromproduktion). Die dargebotsabhängige Stromproduktion verlangt eine Flexibilisierung des Stromverbrauchs, welche via lokale Speicher und schaltbare Lasten auf lokaler Ebene allenfalls kombiniert mit zentralen Grossspeichern sicherzustellen ist (vgl. **Bild 2**).

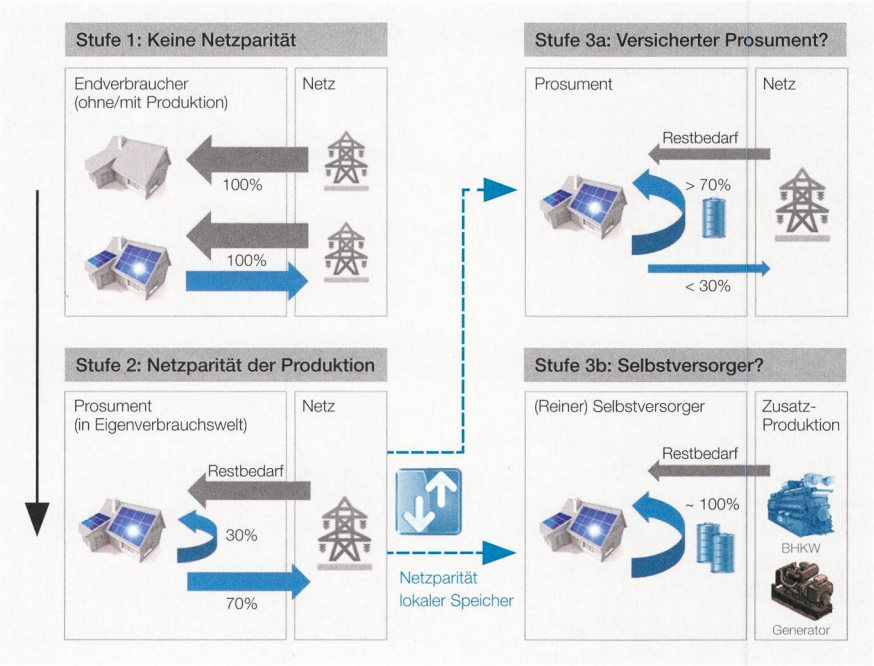


Bild 1 Entwicklung Retail-Markt.

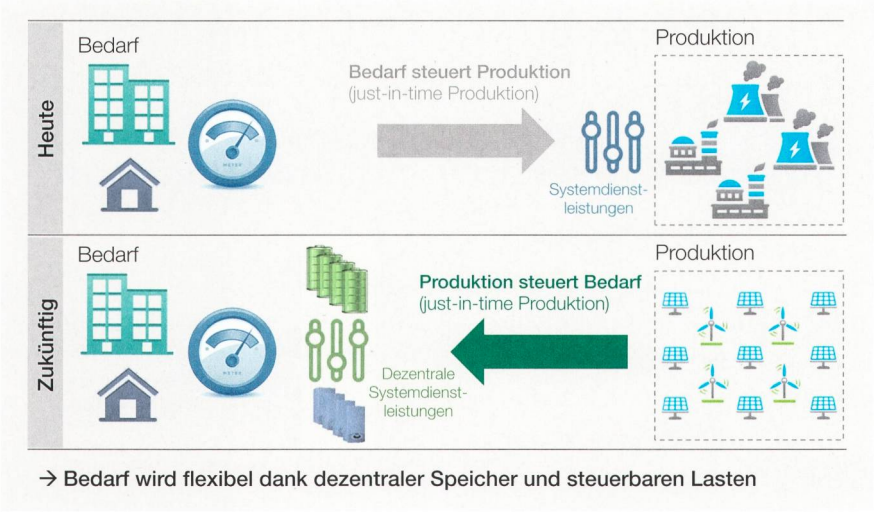


Bild 2 Paradigmenwechsel durch dezentrale, dargebotsabhängige Stromproduktion.

Die grundsätzlichen Umsetzungsmöglichkeiten des Paradigmenwechsels werden in **Bild 3** illustrativ angedeutet. In der Vergangenheit war die Stromproduktion (Grosskraftwerke) mehrheitlich auf der Hochspannungsebene angesiedelt und der Bedarf auf die unteren Netzebenen konzentriert. Systemdienstleistungen werden demzufolge auf der Hochspannungsebene erbracht. In Zukunft erfolgt die Einspeisung der Stromproduktion auf allen Netzebenen. Entsprechend wird sich der Ausgleich zwischen Bedarf und Produktion auch in die unteren Netzebenen verlagern. Zusätzlich wird sich der Strombedarf durch technische Weiterentwicklungen auf der Anwenderseite verstärkt an die Produktion anpassen.

Die aktuellen Diskussionen betreffend Einführung von «Smart Grid»-Konzepten zur Lastensteuerung, Einsatz von grossen Netzbatterien zum Nutzen des Gesamtnetzes (Systemdienstleistungen) und Netzausbau auf allen Ebenen, um Lastspitzen in die grossen Zentralspeicher (Pumpspeicherwerke) einzulagern, sind Ausdruck eines zentralistischen Lösungsansatzes. Dezentrale Produktion führt jedoch zu dezentral auftretenden Problemen, welche besser «dezentral vor Ort» als durch Weitergabe an die nächsthöhere Netzebene gelöst werden. Der dezentrale Lösungsansatz für die Bewerkstelligung des Paradigmenwechsels könnte insbesondere durch folgende Charakteristiken gekennzeichnet sein:

- Soweit möglich lokaler Ausgleich von Bedarf und Produktion via Speicher und schaltbare Lasten auf unteren Netzebenen.
- Erbringen von Systemdienstleistungen (dezentrale Netzdienstleistungen) auf unteren Netzebenen (Stichwort «dezentral vor Ort»).
- Weitergabe von «saldierten» Bedarfs- oder Produktionsspitzen an die nächste Netzebene.
- Damit verbunden: Minimierung des Netzausbaus auf allen Netzebenen.

Netzfreundliche Integration der dezentralen Produktion

Die Marktveränderungen und der Paradigmenwechsel stellen sowohl den Netzbereich als auch den Energievertrieb eines Energieversorgungsunternehmens vor grosse Herausforderungen, u.a.:

- Weitere stochastische Elemente in unteren Netzebenen (lokale, ungesteuerte Speicher als weitere Unbekannte).
- Erlösrückgänge im Verteilnetz und im Energievertrieb aufgrund geringerer Liefermengen.
- Reduzierte gegenläufige Lastflüsse, aber kaum veränderte gegenläufige Lastspitzen (solange Prosumenten sich nicht vom Netz abkoppeln)
- Höhere Kosten des Netzbezugs wegen Netzausbau und damit Erhöhung der Attraktivität von autonomen Lösungen ohne Netzanschluss.

Die Herausforderungen der Energiewende bestehen folglich aus Sicht der lokalen EVUs und des Gesamtsystems nicht in der kostengünstigen dezentralen Stromproduktion, sondern in der netzfreundlichen Integration der dezentralen Produktion und der notwendigen Neupositionierung der EVUs. [2]

Es gibt erfolgsversprechende Ansätze, diese netzfreundliche Integration technisch zu bewerkstelligen und gleichzeitig neue bzw. veränderte Geschäftsmodelle für die EVUs daraus abzuleiten. In **Bild 4** ist auf der linken Seite die ungesteuerte Einspeisung der dezentralen Produktion dargestellt. Prosumenten installieren lokale Speicher in der ausschliesslichen Absicht, ihren Eigenverbrauch zu maximieren, d.h. ohne Berücksichtigung der Anforderungen auf der Netzseite. Überschussproduktion wird ins Netz abgegeben, zusätzlicher Bedarf aus dem Netz gedeckt. Für EVUs (Vertrieb) und Netzbetreiber (Netzstabilität) ist diese Situation nicht kontrollierbar, da das Verhalten des Prosumenten nicht einschätzbar

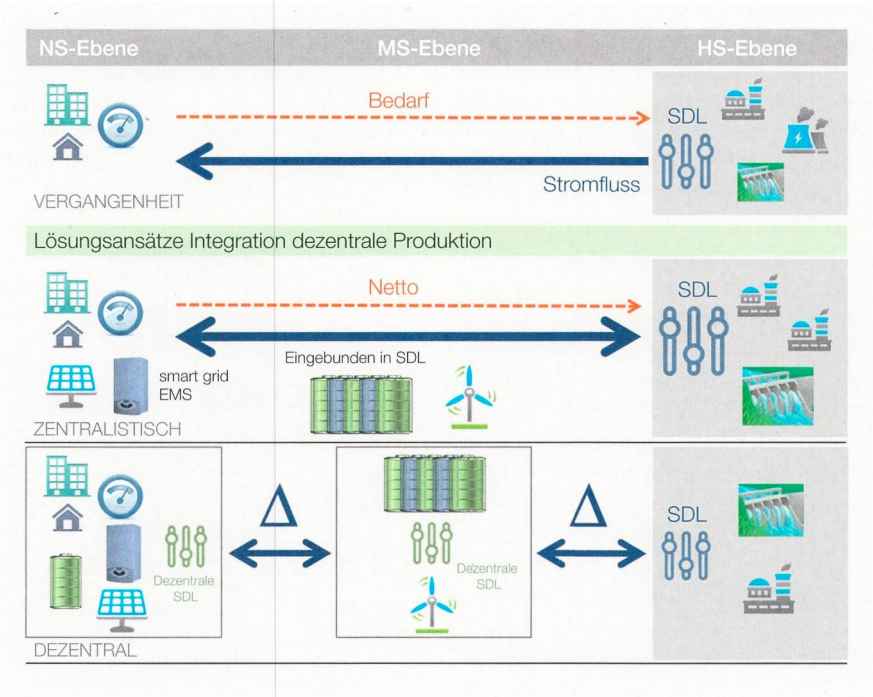


Bild 3 Zentralistischer Ansatz vs. dezentraler Ansatz für die Integration der dezentralen Produktion.

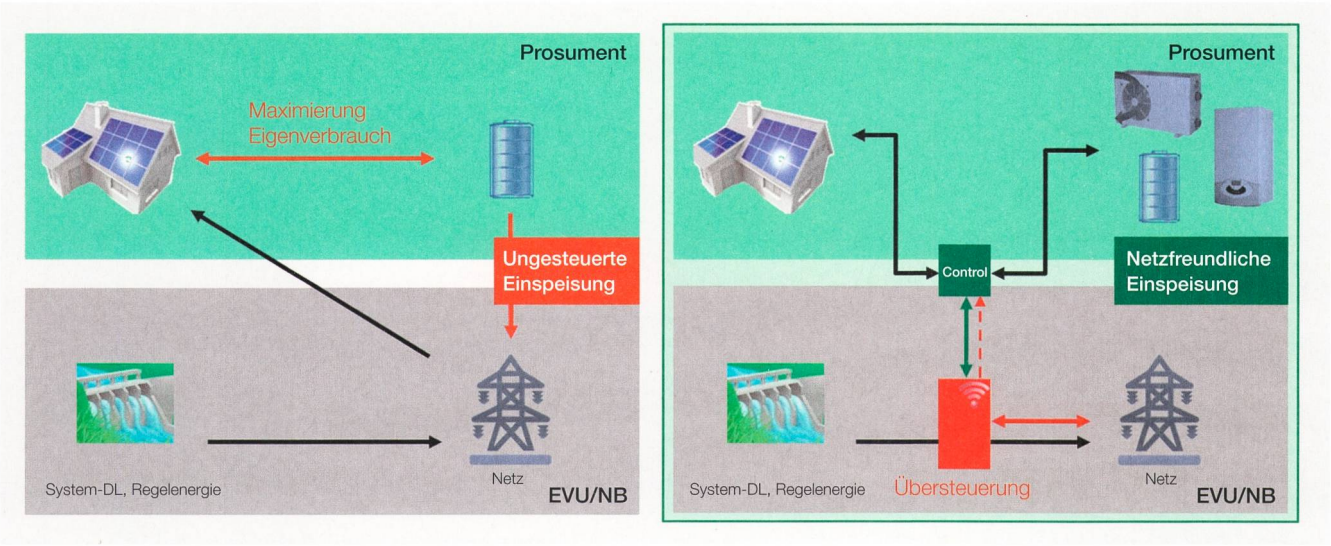


Bild 4 Netzfreundliche Integration von dezentraler Produktion.

oder prognostizierbar ist. Auf der rechten Spalte in **Bild 4** ist die angestrebte netzfreundliche Einspeisung der dezentralen Produktion dargestellt. Die Integration von dezentraler Produktion ist dann netzfreundlich, wenn die lokalen Netzanforderungen höhere Priorität geniessen als die Eigenverbrauchsoptimierung des Prosumenten. Die Steuerung von lokalen Speichern und schaltbaren Lasten ist so auszulegen, dass ohne Eingriffe zuerst die Netzbedürfnisse berücksichtigt werden und, als Nebenbedingung, der Eigenverbrauchsgrad der Prosumenten optimiert (aber nicht mehr maximiert) wird. Zusätzlich kann das EVU über eine Kommunikationsschnittstelle Einfluss auf die Steuerung nehmen. Denkbar wäre, über die Schnittstelle weiche Empfehlungen abzugeben, welche die Steuerung mitberücksichtigt, oder aber harte Befehle (z.B. lokale Speicher laden), welche übersteuernd wirken. Beispiel für eine solche Steuerung, die die Netzanforderungen priorisiert, ist die Lösung von InGrid AG, welche auf einem selbstlernenden Algorithmus basiert. [3]

Damit dieses Zusammenspiel zwischen Prosument und EVU funktionieren kann, müssen insbesondere drei Aspekte beachtet werden:

- Im Rahmen der Kostenoptimierung werden Prosumenten dazu tendieren, kleine Batterien (abgestimmt auf die Grösse der Solaranlage) zu installieren. Aber auch diese werden vom Prosumenten während Schlechtwetterperioden nur eingeschränkt und während der Wintermonate gar nicht eingesetzt werden. Damit liegt der Vorteil eines Batterie-Sharings zum Vorteil von EVU und Prosument auf der Hand.
- EVUs müssen den Prosumenten darlegen können, dass ihre finanziellen Interessen durch die Zusammenarbeit bzw. durch die Übersteuerungsmöglichkeiten des EVUs nicht tangiert werden.
- Die Steuerung muss so einfach wie möglich gehalten werden, damit die Komplexität des Lösungsansatzes überschaubar bleibt.

Die ersten beiden Punkte können in den neuen Geschäftsmodellen der EVUs und Netzbetreiber berücksichtigt werden. Der dritte Punkt wird im Beispiel der Lösung von InGrid AG durch den eingesetzten, selbstlernenden Algorithmus sichergestellt (vgl. auch **Bild 5**). Während bei Smart-Grid-Konzepten alle Verbraucher und Produzenten an ein zentrales Steuerungssystem angebunden werden, besteht der «Intelligent Grid»-Ansatz für die netzfreundliche Integration von dezentraler Produktion aus einer Kombination von netzfreundlichen, selbstgesteuerten Einheiten und mittleren und grossen Einheiten, die sinnvollerweise in eine zentrale Steuerung eingebunden werden. Durch die Übersteuerungsmöglichkeit können auch die kleinen Einheiten beeinflusst werden, wenn dies aus übergeordneten Überlegungen (Netzstabilität) notwendig sein sollte.

Die Vorteile der netzfreundlichen Integration der dezentralen Produktion (vgl. rechte Spalte in **Bild 4** kombiniert mit dem dezentralen Ansatz in **Bild 3**) liegen auf der Hand, u.a.:

- Lokal entstehende Probleme werden weitgehend lokal gelöst und nicht auf die nächsthöhere Netzebene weitergegeben.
- Die Lösung kann schrittweise implementiert werden (keine Vorinvestitionen in Gesamtsteuerungssysteme oder grosse zentrale Speicher, der Umfang der lokalen Speicher wächst mit dem PV-Ausbau, Investitionen erfolgen graduell).
- Die Komplexität im Gesamtsystem wird klein gehalten. Kleine Einheiten mit kleiner Wirkung auf das Ge-

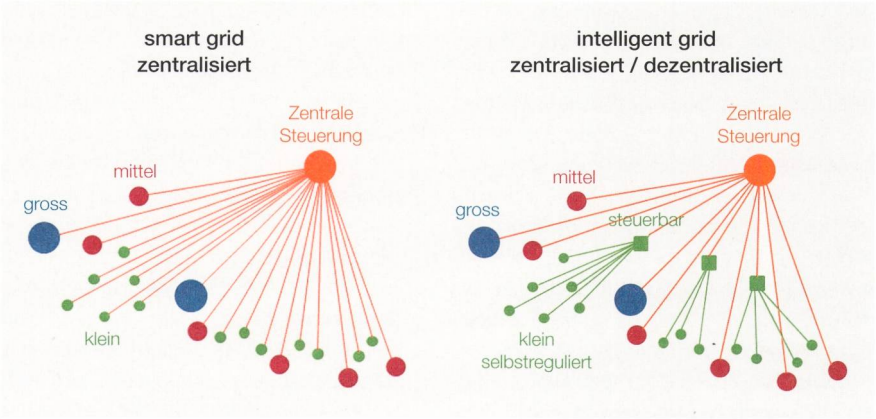
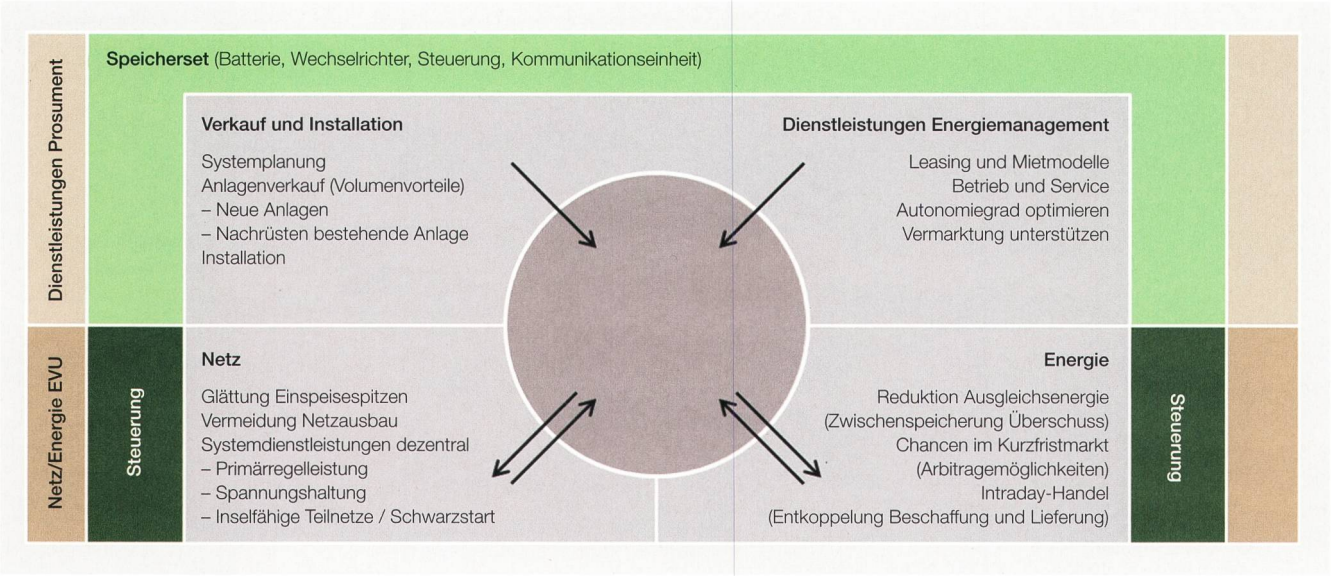


Bild 5 Intelligent Grid – netzfreundliche Selbststeuerung von kleinen Produzenten/Verbrauchern.



Bilder: Swiss Utility Solutions AG

Bild 6 Ansatzpunkte für Geschäftsmodelle eines EVUs.

samtsystem steuern sich (überwacht durch das lokale EVU) weitgehend selbstständig. Die übergeordnete, zentrale Steuerungslogik kann sich auf mittlere und grössere Einheiten mit entsprechender Wirkung auf das Gesamtsystem (kleine Anzahl, grosse Wirkung) konzentrieren.

- Die Gesamtheit oder Teile der kleinen Einheiten lassen sich bei Bedarf durch die zentrale Steuerungseinheit hart übersteuern (Schaltbefehle).
- Die Ansteuerung der kleinen Einheiten kann unidirektional (z.B. durch bestehende Rundsteuerungssysteme) oder bidirektional (z.B. via Smart Meter) erfolgen.

Ansatzpunkte für neue Geschäftsmodelle

Die Prosumenten werden in der Zukunft Unterstützung bei der Beschaffung, Installation und im Betrieb von dezentralen Anlagen für die Optimierung von Eigenverbrauch nachfragen. Entweder holen sich die Prosumenten in Zukunft diese Dienstleistungen bei industriellen Anbietern und/oder spezialisierten Unternehmen für das Management von Eigenverbrauchslösung, oder die EVUs stellen solche Angebote bedarfsgerecht bereit. Heute sind die EVUs ideal positioniert, diese Dienstleistungen integriert aus einer Hand zu erbringen (siehe dazu **Bild 6**). Damit wird auch sichergestellt, dass die Netzanforderungen bestmöglich berücksichtigt werden.

Durch die Eingriffsmöglichkeiten der EVUs könnten die kleinen Einheiten beispielsweise zu einem virtuellen Kraftwerk zusammengeschalten werden. Diese virtuellen Kraftwerke können dazu verwendet werden, dezentral System- bzw. Netzdienstleistungen zu erbringen und/oder am Regelenergiemarkt teilzunehmen und/oder die Energiebeschaffung zu optimieren und am Kurzfristhandelsmarkt teilzunehmen.

Insgesamt resultiert aus der netzfreundlichen Integration der dezentralen Produktion eine Verknüpfung des dezentralen Energiemanagements der Prosumenten mit dem Netz- und Energiemanagement des EVUs.

Schlussfolgerungen

Die dezentrale Produktion von Solarstrom hat Steckdosenparität erreicht, wodurch die weitere Verbreitung von Solarstrom auch ohne staatliche Förderung zum Selbstläufer wird. Aufgrund der Eigenverbrauchsregelung dürften lokale Speicher zur Erhöhung des Eigenverbrauchs mit fallenden Preisen für Prosumenten attraktiv werden. Im Endeffekt werden die Prosumenten vor der Entscheidung stehen, wie hoch der Eigenversorgungsgrad sein soll bzw. ob sie sich gar in Richtung Selbstversorger entwi-

Résumé

Intelligence décentralisée et gestion régionale du système

Nouveaux modèles commerciaux pour les entreprises d'approvisionnement en énergie

La production d'électricité décentralisée a donné lieu à des changements durables dans l'approvisionnement en électricité. Suite à la réglementation de la consommation propre, les propriétaires d'une installation solaire ont tout intérêt à produire de l'électricité et à la consommer eux-mêmes. De plus, ils peuvent augmenter leur degré de consommation en ayant recours à des accumulateurs ou à la gestion de la charge. Etant donné qu'entre-temps la production des installations solaires a atteint la parité des prises électriques (c'est-à-dire que la production propre est plus avantageuse que le soutirage de l'électricité dans le réseau), les soi-disant « prosommateurs » peuvent réduire leurs coûts.

D'un point de vue technique, la production d'électricité décentralisée donne lieu à un changement de paradigmes. Alors que jusqu'à présent le besoin d'électricité a géré la production, à l'avenir, le besoin d'électricité devra s'adapter à la production. Le recours aux accumulateurs décentralisés et aux charges commutables localement permettra d'avoir la flexibilité nécessaire. Et si cette dernière peut être gérée en adéquation avec le réseau, les problèmes de réseau locaux causés par la production décentralisée pourront être résolus de manière décentralisée.

Ces changements offrent la possibilité aux EAE de se repositionner. Elles peuvent par exemple mettre au point des modèles commerciaux qui permettent de gérer la production décentralisée en adéquation avec le réseau et de soutenir les prosommateurs dans l'optimisation de leurs propres besoins. En outre, de nouveaux acteurs essaieront de prendre pied dans ce marché. C'est justement pour cela qu'il est recommandable pour les EAE de concevoir activement et suffisamment tôt le changement de paradigmes. Se

ckeln wollen. Durch die Eigenverbrauchsregelung ist eine Wahlfreiheit für die Prosumenten faktisch gegeben. Damit ist es den Prosumenten bereits heute – ohne vollständige Marktöffnung – möglich, sich gegen die Belieferung durch das EVU zu entscheiden und selbst oder in Verbindung mit anderen eine alternative Versorgungslösung aufzubauen. Durch technische Entwicklungen und neue industrielle Produkte am Markt werden diese Alternativen rasch an Bedeutung gewinnen.

Aus einer technischen Sichtweise impliziert die Energiewende einen Paradigmenwechsel. Während bisher der Strombedarf die Stromproduktion gesteuert hat, wird sich der Strombedarf in Zukunft an die Produktion anpassen müssen. Die Mittel zur Flexibilisierung des Strombedarfs sind dezentrale Speicher und lokal schaltbare Lasten. Falls diese Speicher und Lasten netzfreundlich gesteuert werden, können die lokal auftretenden Netzprobleme, verursacht durch die dezentrale Produktion, dezentral mit Unterstützung der lokalen EVUs «vor Ort» gelöst werden (ohne oder mit minimalem Netzausbau).

Technische Lösungsansätze für die selbstgesteuerte (Komplexitätsreduktion) und netzfreundliche Integration der dezentralen Produktion in den Strommarkt und ins Netz sind vorhanden. Allerdings versuchen auch industrielle Anbieter und «neue Player» Zugriff auf die lokalen Speicher und Lasten zu erhalten mit dem Ziel, den Eigenverbrauch der Prosumenten zu maximieren oder auf andere Art im Strommarkt teilzunehmen (Vermarktung von virtuellen Kraftwerken) und nicht, um das Netz stabil zu halten. Die aktive Mitgestaltung des Paradigmenwechsels eröffnet den EVUs die Chance einer Neupositionierung. Dazu gehört, dass von den EVUs neue Geschäftsmodelle entwickelt werden, welche eine netzfreundliche Steuerung der dezentralen Produktion erlauben (d.h. Zugriff der EVUs auf dezentrale Speicher und schaltbare Lasten), die Strombeschaffung optimieren, aber auch gleichzeitig den Bedürfnissen der Prosumenten nach Optimierung des Eigenverbrauchs gerecht werden.

Referenzen

[1] Vgl. Weilharter Bernhard, Obexer Moritz, Versorgungsautonomie 2.0 durch dezentrale Speicher, Energiewirtschaftliche Tagesfragen 64. Jg., 2014, Heft 4.

[2] Vgl. Popp Matthias, Sahli Christian, Dezentrale Speicher als Chance für Energieversorgungsunternehmen?, Bulletin SEV/VSE 7/2014, S. 13-16.

[3] Vgl. Ursin Max, Ein «Smart Grid» von der Natur inspiriert, Bulletin SEV/VSE 9/2012, S. 36-39, oder auch Höckel Michael, Häni Thomas, Eberhard Syril, Elektromobilität in Verteilnetzen, Bulletin SEV/VSE 9/2012, S. 40-43.

Autoren

Christian Sahli ist ehemaliger Präsident der Finanzkommission des VSE und Partner bei Swiss Utility Solutions AG.

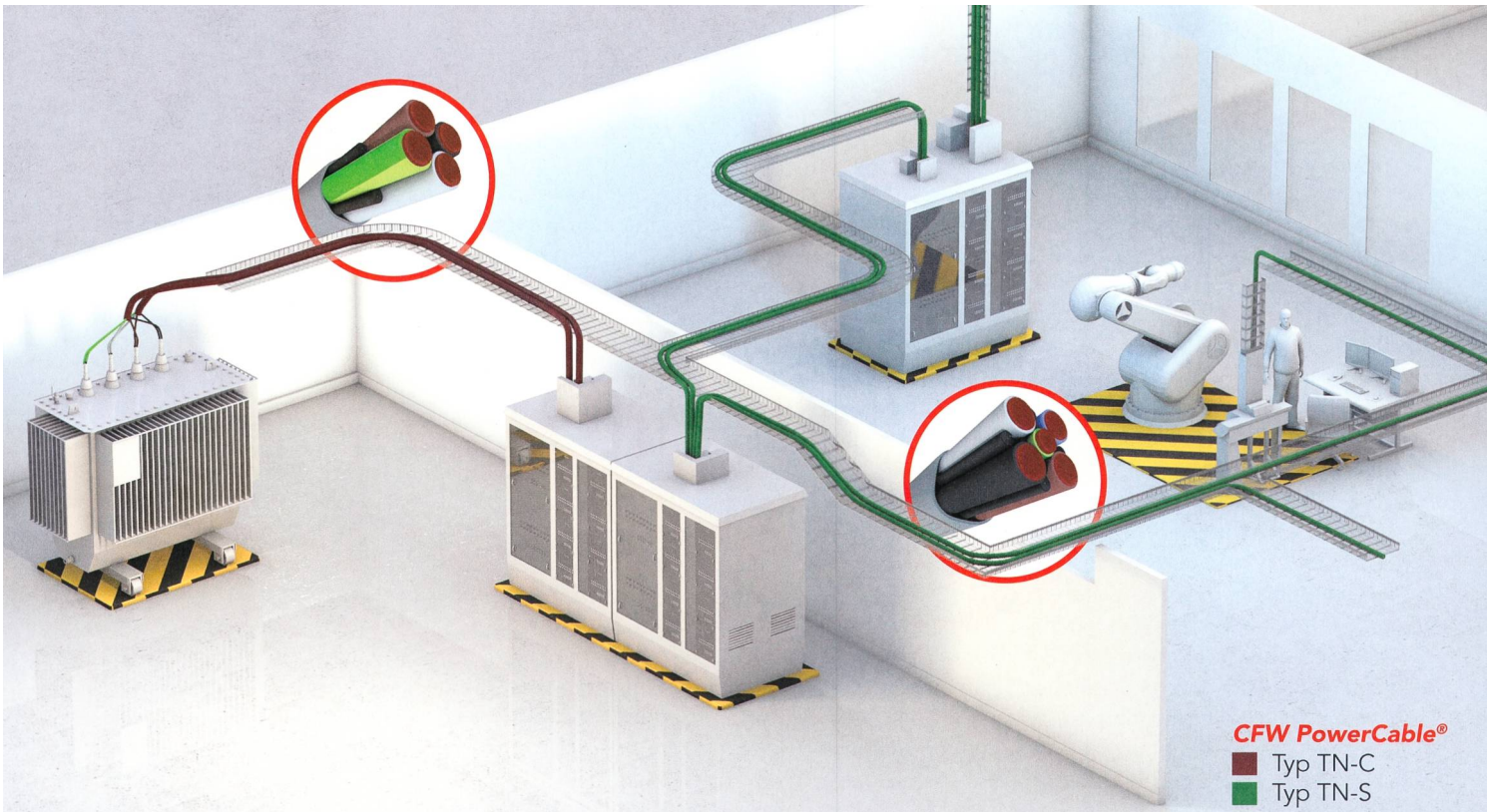
Swiss Utility Solutions AG, 3011 Bern
christian.sahli@susol.ch

Roger Trunz ist Partner bei Swiss Utility Solutions AG.
roger.trunz@susol.ch

Bernhard Weilharter ist Partner bei Swiss Utility Solutions AG.
bernhard.weilharter@susol.ch

Swiss Utility Solutions AG unterstützt die im Jahr 2013 gegründete InGrid AG.

Anzeige



CFW PowerCable® – das Starkstromkabel ohne Risiken und Nebenwirkungen

Starkstromverbindungen mit CFW PowerCable® sorgen für:

✓ **bestmöglichen Gebäudeschutz**
keine Korrosionsschäden durch vagabundierende Erdausgleichsströme

✓ **optimalen Personenschutz**
keine Belastung durch elektromagnetische Felder

✓ **wirkungsvollen Geräteschutz**
keine EMV-Probleme zwischen Stark- und Schwachstromkreisen

✓ **nachhaltigen Investitionsschutz**
keine Zusatzkosten durch problematische Starkstrominstallationen

Auch in **FE 180** lieferbar!

> Verlangen Sie ausführliche Unterlagen oder buchen Sie bei uns den passenden Workshop mit dem nebenstehenden QR-Code!

CFW EMV-Consulting AG
Dorf 42
CH-9411 Reute
T +41 71 891 57 41
F +41 71 891 65 68
info@cfw.ch
www.cfw.ch