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

Artikel: Werden auch die Trafostationen smart?
Autor: Bachmann, Maurus
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856710

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: 12.07.2025

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

TECHNOLOGIE **SMART GRID**

Werden auch die Trafostationen smart?

Empfehlungen für einen effizienten Betrieb der Netzebene 6

Künftig wird ein aktives Management der Niederspannungsnetze verlangt, was wiederum intelligente Trafostationen und einen Informationsaustausch im NS-Netz bedingt. Eine smarte Trafostation erhöht die Netzverfügbarkeit und die Netzkapazität. Weitere Funktionen können schrittweise hinzugefügt werden. Intelligente Lösungen sollen heute schon als Alternative zum herkömmlichen Netzausbau mit in Erwägung gezogen werden. Eingriffsmöglichkeiten auf Lasten und Produktion müssen dabei möglich sein, um optimal steuern und regeln zu können.

Maurus Bachmann et al.

Die Arbeitsgruppe «Smart Grid» des Vereins Smart Grid Schweiz VSGS hat untersucht, was beim Neubau einer NE6-Anlage berücksichtigt werden sollte, um weiterhin einen effizienten Netzbetrieb zu gewährleisten. Die Haupttreiber für Veränderungen sind:

- Zunehmende dezentrale Einspeisung (PV-Anlagen, Speicher, Blockheizkraftwerke, Notstromaggregate usw.)
- Verändertes Lastverhalten wegen Elektromobilität und Wärmepumpen
- Zunehmender Kostendruck
- Erhöhte regulatorische Anforderungen mit entsprechender Auskunftspflicht

Alle diese Veränderungen erfordern erweiterte Funktionalitäten der NE6-Anlage in den Bereichen Messen, Auswerten, Analysieren, Steuern und Regeln. Tabelle 1 zeigt die logische Kette, mit der zukünftig erforderliche Funktionalitäten abgeleitet werden.

Die möglichen Auswirkungen auf eine Trafostation werden anhand der drei Use Cases «Ersatz oder Sanierung einer Trafostation», «Anschluss einer grossen PV-Anlage auf Bauernhof» sowie der «Kommunikationsanbindung einer Trafostation» aufgezeigt. Betriebliche Aspekte werden nicht vollständig berücksichtigt.

Übersicht über Funktionalitäten der NE6

Als verbindendes Netzelement kommen auf den Trafo der Netzebene 6 (NE6) veränderte Anforderungen aus dem vorgelagerten Mittel- sowie aus dem nachgelagerten Niederspannungsnetz zu. Aus der NE5 beispielsweise Wirk- und Blindleistungsmanagement, virtuelle Kraftwerke, automatisierte Fehlereingrenzung, dynamische Rekonfiguration sowie Steuer- und Kommunikationsaufgaben. Aus der NE7 Einhaltung der Spannungs- und Stromqualität, Demand Side Management, virtuelle Kraftwerke, Vermeidung oder Management von Inselnetzen.

Die Funktionalität einer intelligenten Trafostation umfasst die Bereiche:

- Messdatenakquisition aus der Mittelspannungs- (MS) und Niederspannungsseite (NS) sowie allenfalls beim Hausanschluss
- Messwerterfassung und -speicherung
- Messdatenverarbeitung mit vorgegebener Logik sowie Erzeugung von Ausgabegrössen
- Gerätesteuerung mittels der Ausgabegrössen (Trafo, Leistungsschalter, PV-Anlage usw.)
- Übergeordnete Kommunikation mit der Netzleitzentrale

Use Case «Ersatz oder Sanierung einer Trafostation»

Der Anforderungskatalog für den Ersatz oder die Sanierung einer Trafostation wird für ein konkretes Beispiel festgelegt. Die Gesamtsanierung umfasst Mittelspannung, Trafo, Niederspannung, Kommunikation und das Gebäude. Die Trafostation ist im Netz bereits «eingeschlauft», d.h. die NS- und MS-Leitungen bestehen, alles ist verkabelt (8 NS-Abgänge). Für den 630-kVA-Einfach-Trafo soll genügend Platz vorhanden sein. Eine Kommunikationsanbindung Richtung Zentrale (Glasfaser, Mobile) ist vorhanden. Steuerbare Lasten, Produktion, Speicher, Smart Meter NE7 und die öffentliche Beleuchtung sollen sich anbinden lassen.

Mittelspannung

Mit einer optimalen Netztopologie und gezielten Messungen zwecks Fehlerortung können mit Leistungsschaltern bestimmte MS-Stränge abgeschaltet und die intakten Abschnitte mit Lasttrenn-

AEW Energie AG

Bild 1 Begehbare Trafostation mit Leittechnik.

TECHNOLOGIE **SMART GRID**

Treiber			
Dezentrale Einspeisung	E-Mobilität Wärmepumpen	Kostendruck	Regulierung Auskunftspflicht
Auswirkungen			
Trafobelastung Spannungshaltung Leitungsbelastung Kurzschlussleistung	Trafobelastung Spannungshaltung Leitungsbelastung	Netzbau und Betrieb müssen optimiert werden	Vermehrtes Reporting
Massnahmen			
Abregeln Blindleistung Spannungsregelung konv. Ausbau	Demand Side Management Spannungsregelung konv. Ausbau	Optimierung von Prävention Fehlerlokalisierung Fehlerbehebung	Power Quality und weitere Messungen
Erweiterte Funktionalitäten			
messen / auswerten analysieren steuern / regeln	messen / auswerten analysieren steuern / regeln	messen / auswerten analysieren steuern / regeln	messen / auswerten

Tabelle 1 Treiber, Auswirkungen, Massnahmen, Funktionalitäten.

schaltern wieder zugeschaltet werden. Die Wahl der MS-Elemente und deren Kosten sind vom gewählten Konzept abhängig.

Transformator

Die Kosten für einen Verteilnetztrafo von 630 kVA liegen etwa im Bereich von 25 000 CHF. Beim Ersatz oder bei der Sanierung einer Trafostation kann ein regelbarer Ortsnetztrafo (Ront) eingebaut werden. Die bestehenden Platzverhältnisse in begehbaren Trafostationen erlauben dies in den meisten Fällen (Bild 1). Grob geschätzt werden die Kosten der Transformatoren etwa verdoppelt, künftig allenfalls reduziert infolge grösserer Stückzahlen. Ein wesentlicher Treiber für die notwendige Nennleistung ist die langfristig erwartete PV-Leistung sowie die erwarteten Lasten beispielsweise für Wärmepumpen oder Elektromobilität im entsprechenden NS-Gebiet. Bei Erreichen der Belastungsgrenzen könnte ein Batteriespeichersystem Abhilfe schaffen, allerdings mit relativ grossem zusätzlichem Platzbedarf.

Niederspannung

Die Kosten für eine komplette Niederspannungsverteilung mit einem Trafofeld sowie acht Niederspannungsabgängen belaufen sich auf 15 000 bis 20 000 CHF. Für eine Überwachung können die Abgänge mit unterschiedlichen Messgeräten ausgestattet werden. Je nach Typ und Anzahl Funktionen sind 500 bis 1500 CHF pro Gerät zu budgetieren.

Kommunikationstechnik

Für Überwachung und Steuerung ist die intelligente Trafostation an die zentrale Netzleitstelle anzubinden. Es wird empfohlen, die Station mit einem zentralen Stationsleitgerät auszurüsten, welches die notwendigen Schnittstellen zur Anbindung der einzelnen Anlagenkomponenten bietet. Ein modularer Aufbau des Gerätes erlaubt eine nachträgliche Erweiterung des Systems und somit einen vereinfachten Zubau weiterer Funktionalitäten.

Für die Kommunikation zwischen der Trafostation und den Endkunden/Produktionsanlagen bietet sich PLC (Power Line Communication) auf dem 400-V-Netz an. Die Technologie wird durch Smart-Metering-Systeme bereits heute verwendet. Auf demselben Kanal erfolgt auch die Kommunikation mit Lastschaltgeräten (Rundsteuerungsersatz). Falls vorhanden, kann auch Kommunikation über Glasfasern genutzt werden.

Eigenbedarf und Überwachung

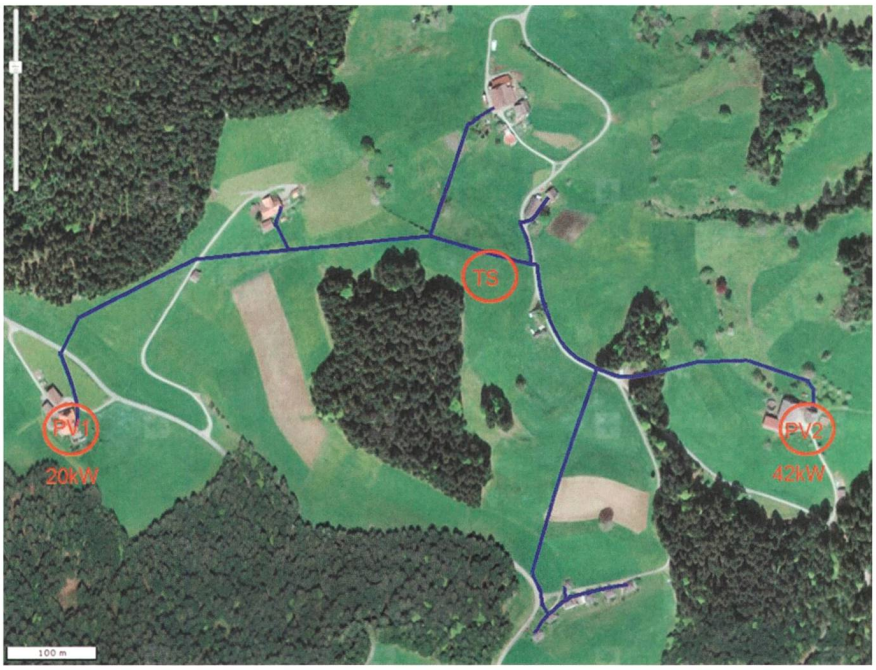
Um die Überwachung inklusive Übermittlung der Messwerte auch bei einem Stromunterbruch sicherzustellen, wird eine Notversorgung benötigt.

Use Case «Grosse PV-Anlage auf Bauernhof»

Bei diesem Fallbeispiel steht die Vorgehensweise und nicht die Lösung im Vordergrund. Es ist ein Thema für ländliche Netzbetreiber mit vielfältigen Einflussfaktoren, was eine allgemeingültige Standardlösung ausschliesst. Ab wann eine PV-Anlage als «gross» resp. «kritisch» zu bezeichnen ist, ist vor allem im Verhältnis zur installierten Trafogrösse sowie zur «elektrischen Entfernung» (Leitungsimpedanz und Länge) zwischen Trafostation und PV-Anlage zu beantworten.

Relevant für die Beurteilung ist die Spannungsanhebung, welche durch die maximal mögliche Einspeisung aller PV-Anlagen (ohne Verbrauchslasten) verursacht wird. In der Ausgangslage (Bild 2) wird der gültige Grenzwert an beiden Stellen nicht eingehalten. Es werden nun verschiedene Lösungsvarianten verglichen.

Die Basisoption ist eine konventionelle Netzverstärkung. Im konkreten Fall müsste die Hälfte der gesamten Stromkreislänge in diesem Netz durch stärkere Kabel ersetzt werden. Die Investitionskosten einschliesslich Tiefbau liegen dafür in der Grössenordnung von 120 000 CHF.



NIS AG

Bild 2 Use Case «Anschluss einer grossen PV-Anlage auf Bauernhof».

TECHNOLOGIE **SMART GRID**

BKW Energie AG

Bild 3 Regelbarer Ortsnetztransformator als Maststation.

CKW

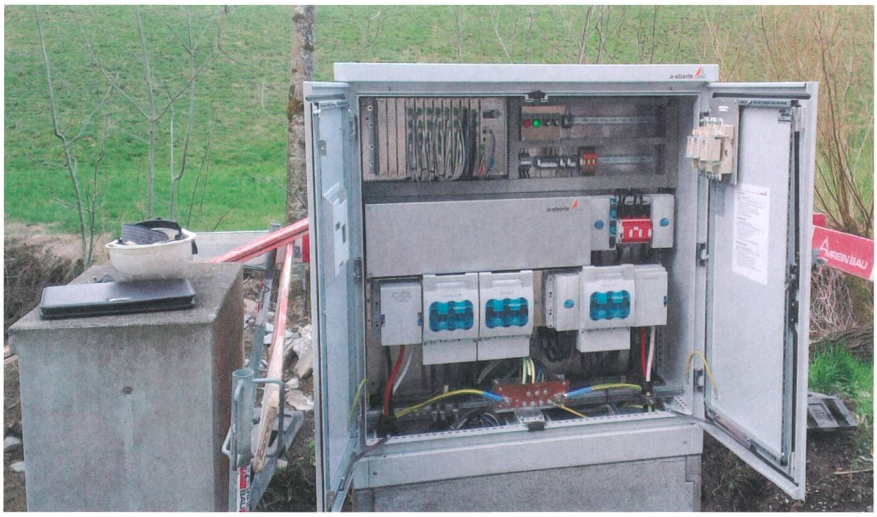


Bild 4 Einzelstrangregler.

Als Nächstes wird geprüft, inwieweit sich die Spannungsanhebung durch Blindleistungsregelung am PV-Wechselrichter reduzieren lässt. In der vorliegenden Situation genügt dies allerdings nicht. Netzverstärkungsmassnahmen sind trotzdem notwendig, was zu Investitionskosten von etwa 100 000 CHF führt.

Weiter kommen spannungsregelnde Betriebsmittel in Frage. Im Wesentlichen geht es dabei um den regelbaren Ortsnetztransformator (Ront, **Bild 3**) sowie den Einzelstrangregler (ESR, **Bild 4**). Während der Ront einen bestehenden Verteiltransformator ersetzt und somit auf das gesamte Niederspannungsnetz wirkt, kann ein ESR grundsätzlich überall im Niederspannungsnetz positioniert werden. Der geregelte Bereich hinter dem Ront oder dem ESR wird von den Schwankungen des vorgelagerten Netzes entkoppelt. Im vorliegenden Beispiel sind zwei Stränge von Spannungsproblemen betroffen. Damit kommt ein Ront oder ein ESR zwischen Verteiltransformator und dessen NS-Verteilung in Frage. Da bei einem Trafotausch kein zusätzlicher Platzbedarf besteht, wird diesem hier der Vorzug gegeben. Die Investitionskosten liegen im Bereich von 50 000 CHF. **Bild 5** zeigt, dass der Spannungsfall auch in den Strängen ohne PV-Anlagen zu berücksichtigen ist.

Dieses Beispiel ist nicht allgemeingültig, aber typisch für Situationen in einem ländlichen Netz. Die angestellten Überlegungen sind grundsätzlicher Art und berücksichtigen keine Lebenszykluskosten wie möglicherweise höhere Instandhaltungskosten (z.B. mehr Störungen) bei neuen Betriebsmitteln. Spezielle Gegebenheiten vor Ort wie anstehende Verkabelungen können dazu führen, dass nicht immer die Variante mit den geringsten Investitionskosten ausgeführt wird.

Use Case «Kommunikationsanbindung einer Trafostation»

Aus topologischer Sicht gibt es drei Typen von Kommunikationsverbindungen:

- Anlage – Trafostation
- Trafostation – Zentralsystem
- Anlage – Zentralsystem

Dabei wird unter «Anlage» der gesamte dezentrale Kommunikationsbedarf summiert, z.B. Laststeuerung, PQ-Messungen an ausgewählten Netzpunkten, Verteilkästen und Produktionsanlagen.

Die Messwerte der Anlage werden periodisch zur Trafostation bzw. zum Zentralsystem übermittelt. Bei einer Grenzwertverletzung wird – falls vorhanden – der lokale Algorithmus der Trafostation diese analysieren und korrigieren. Kann die Grenzwertverletzung nicht durch Massnahmen in der Trafostation behoben werden, erfolgt eine Eskalation der Alarmsituation zum Zentralsystem.

Zur Überwachung der Trafostation werden weitere Informationen wie Schaltzustände oder Alarme von Brand-

BKW Energie AG

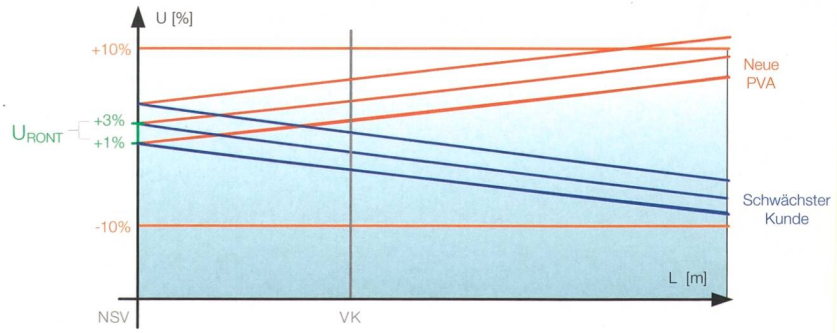


Bild 5 Spannungsverlauf im NS-Netz mit Ront.

TECHNOLOGIE **SMART GRID**

meldern übermittelt. Im Falle eines Stromunterbruchs soll die Kommunikation mindestens für eine Stunde möglich bleiben.

Mit der Anwendung von Informations- und Kommunikationstechnologien in einer modernen Trafostation kommen auch Fragen zur Sicherheit auf. Die unbewachte Station auf einfach zugänglichem Grund bildet einen Kommunikationsknoten mit Verbindungen zum Netzleitsystem und anderen netzbetrieblich relevanten Datenbanken. Die Trafostation samt deren Infrastruktur wird darum ein systemweites Konzept zum Schutz gegen physische Zugriffe und missbräuchliche Computerangriffe (Cyber Attacks) aufweisen müssen.

Fazit und Empfehlungen

Die Resultate der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die identifizierten Veränderungen verlangen ein aktiveres Management der NS-Netze, was wiederum intelligente Trafostationen und vermehrten Informationsaustausch im NS-Netz bedingt.
- Eine smarte Trafostation liefert heute schon einen Beitrag zur Erhöhung der Netzverfügbarkeit. Weitere Funktionen können schrittweise hinzugefügt werden. Platz soll dafür vorgehalten werden.
- Der Anschluss einer grossen PV-Anlage in einem ländlichen Netz kann nicht allgemeingültig behandelt werden. Spezielle Gegebenheiten vor Ort können dazu führen, dass die Variante mit den geringsten Investitionskosten nicht automatisch optimal ist.
- Die kommenden Anforderungen an die Kommunikationstechnologie sind relativ moderat. Wichtiger ist, wie die Kommunikationslösung eingeführt wird (Infrastrukturprojekt).
- Der Bau von intelligenten Lösungen mit Zusatzfunktionen in der Trafostation soll als mögliche Option in der Netzplanung heute schon berücksichtigt werden. Eingriffsmöglichkeiten auf Lasten und Produktion müssen dabei möglich sein, um optimal steuern und regeln zu können.

Autoren

Maurus Bachmann, Geschäftsführer.
Verein Smart Grid Schweiz, 2560 Nidau
maurus.bachmann@smartgrid-schweiz.ch

Jürg Balsiger, Leiter Planung Elektrizität.
Energie Wasser Bern, 3001 Bern, juerg.balsiger@ewb.ch

Walter Bleuel, Planungsingenieur II.
IWB, 4002 Basel, walter.bleuel@iwb.ch

Adrian Bürki, Planungsingenieur I.
IWB, 4002 Basel, adrian.buerki@iwb.ch

Nicola Canepa, Projektmanager.
AET, 6501 Bellinzona, nicola.canepa@aet.ch

Thierry Chollet, Responsable Service Comptage et Admin Technique.
Romande Energie, 1110 Morges
thierry.chollet@romande-energie.ch

Marc Eisenreich, Engineer Smart Grid.
BKW Energie AG, 3013 Bern, marc.eisenreich@bkw.ch

Florian Felix, Asset Management Netz.
Repower AG, 7130 Ilanz, florian.felix@repower.com

Michael Früh, Projektleiter.
Energie Wasser Bern, 3001 Bern, michael.frueh@ewb.ch

Patrick Hauser, Leiter Messung und Telematik.
AEW Energie AG, 5000 Aarau, patrick.hauser@aew.ch

Florian Kienzle, Smart Grid Spezialist.
EWZ, 8050 Zürich, florian.kienzle@ewz.ch

Thomas Koch, Fachingenieur.
Axpo Power AG, 5401 Baden, thomas.koch@axpo.com

Jürgen Müller, Leiter Operatives Asset Management.
CKW, 6015 Luzern, juergen.mueller@ckw.ch

Résumé **Les stations de transformation deviendront-elles aussi intelligentes?**

Recommandations pour une exploitation efficace du niveau de réseau 6

L'alimentation décentralisée, le comportement des charges modifié par la mobilité électrique et les pompes à chaleur, ainsi que d'autres facteurs rendront une gestion active des réseaux à basse tension nécessaire à l'avenir. Pour ce faire, des stations de transformation intelligentes ainsi qu'un échange d'informations dans le réseau à basse tension seront indispensables. Une station de transformation intelligente accroît la disponibilité et la capacité du réseau. Des fonctions supplémentaires peuvent aussi être ajoutées progressivement. Des solutions intelligentes doivent d'ores et déjà être envisagées en tant qu'alternatives au développement traditionnel du réseau. Celles-ci doivent permettre de réaliser des interventions sur les charges et la production afin de pouvoir assurer une commande et une régulation optimales. Cet article présente les éléments à respecter en cas de nouvelle construction d'une installation de niveau de réseau 6, ainsi que les fonctions supplémentaires à prendre en considération afin de permettre une exploitation efficace du réseau. No

Anzeige

Während sich unsere Jüngsten ausmalen, wie es morgen sein wird, bauen und unterhalten wir mit über 800 Mitarbeitenden Energie- und Telecomnetze, von welchen auch die nächsten Generationen noch profitieren werden.

Arnold: Netzbau mit Leidenschaft & Zukunft

ARNOLD
ENERGIE & TELECOM
Ein Unternehmen der BKW