Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse
Band: 104 (2013)
Heft: 12

Artikel: Zielnetzplanung in Verteilnetzen
Autor: Widmer, Patrick / Gut, Urs
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856559

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: 15.07.2025

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

Zielnetzplanung in Verteilnetzen

Das Beispiel der St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke

Die St. Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG wird in Kürze die Zielnetzplanungsarbeiten ihres Verteilnetzes der Netzebenen 4 und 5 fertigstellen. Unter Berücksichtigung der vorgegebenen Rahmenbedingungen wurden für mehrere Teilgebiete verschiedene Netzvarianten bewertet und miteinander verglichen. Die angewandte Methodik und die Ergebnisse dieser Arbeiten werden in vorliegendem Artikel anhand eines Beispiels diskutiert.

Patrick Widmer, Urs Gut

Mit dem Ziel, bei unveränderter Versorgungsqualität die Netzkosten zu reduzieren und einen gesicherten Langzeitinvestitionsplan zu schaffen, begann die St. Gallische Kraftwerke AG (SAK) vor drei Jahren mit der Entwicklung des Zielnetzes. [1] Komplexitätsbedingt unterteilte man das Versorgungsgebiet, die Kantone St. Gallen und beide Appenzell, in kleinere, aber logisch zusammenhängende Teilgebiete (z.B. Rheintal, Fürstenland). Anhand kantonaler Wirtschaftswachstumsprognosen und voraussichtlicher Bauerwartungsgebiete in den für die Zielnetzplanung aufbereiteten Teilgebieten war es möglich, ein bedarfsgerechtes Verteilnetz zu entwickeln. So entstand ein grobes Zielnetz, welches aufgrund des langen Lebenszyklus von rund 40 Jahren laufend und entsprechend neuen Erkenntnissen anzupassen ist.

Rahmenbedingungen bei der Zielnetzplanung

Die Wirtschafts- und Bevölkerungswachstumsprognosen der Kantone für die nächsten 30 bis 40 Jahre sind bezüglich Auswirkungen auf die Lastentwicklung gebührend zu berücksichtigen. Bedingt durch die hohe Unsicherheit bei der Entwicklung dezentraler Energieerzeugungsanlagen bleibt deren Einfluss für Lastentwicklungsprognosen hingegen unberücksichtigt.

Sämtliche Untersuchungen basieren auf den relevanten technischen Normen und dem SAK-internen Netzstandard. Letzterer beschreibt insbesondere folgende für die Netzplanung notwendigen Merkmale:

- Zulässige Netzstrukturen in Abhängigkeit der Siedlungsdichte (Ring-, Strahlen- und Stichnetze).
- Minimalvorgaben an die Kurzschlussleistung.
- Vorgaben der Versorgungsverfügbarkeit.
- Definition der Kriterien zur Eigensicherheitsbeurteilung der Unterwerke.

Da Unterwerke wesentlichen Einfluss auf die Versorgungsverfügbarkeit im Netz haben, bildet deren technische Definition einen integrierenden Bestandteil im SAK-Netzstandard. Insbesondere wird zwischen eigensicheren und nicht eigensicheren Unterwerken und deren Einsatzgebiet differenziert. Eigensichere Unterwerke erfüllen dabei sämtliche Kriterien zur Erfüllung der (n-1)-Redundanz [1]. Die (n-1)-Sicherheit von nicht eigensicheren Unterwerken wird durch entsprechende Massnahmen im Mittelspannungsnetz gewährleistet.

Methodik

Unter Berücksichtigung der genannten Rahmenbedingungen wurden die Teilzielnetze entwickelt, die aus Komplexitätsgründen aus der Aufteilung des gesamten Versorgungsnetzes stammen. Hiefür wurden unter Anwendung bekannter Techniken zur Ideenfindung potenzielle Netzvarianten erarbeitet. Diese wurden anschliessend eingehend technisch und monetär untersucht, bewertet und miteinander verglichen.

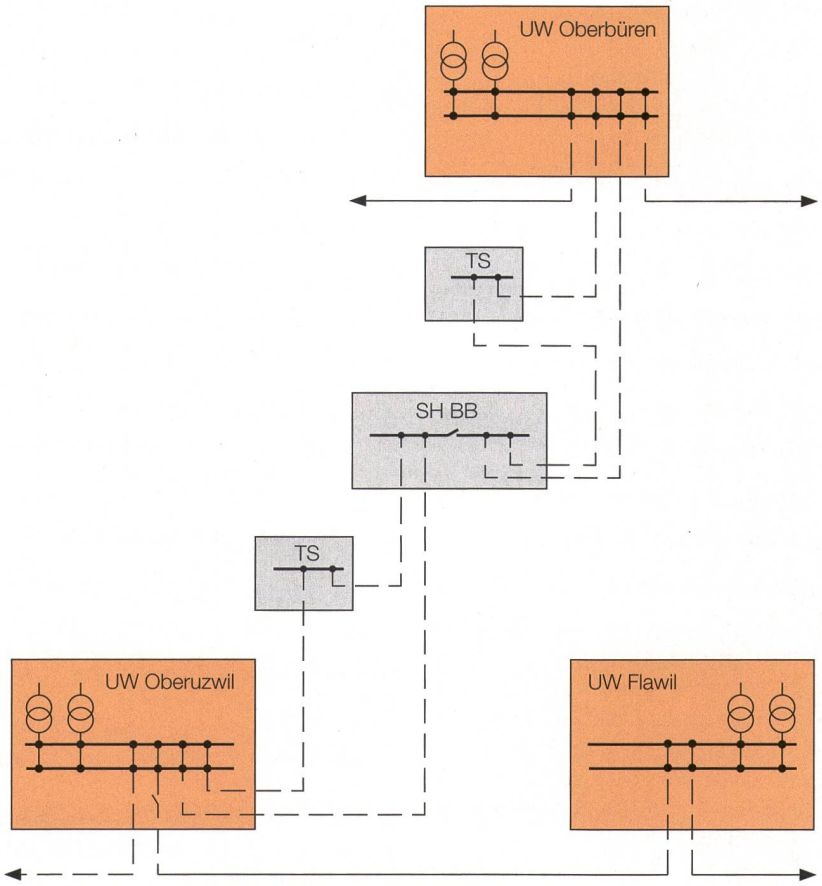

Bild 1 Zielnetzvariante 1: Versorgung über drei bestehende Unterwerke.

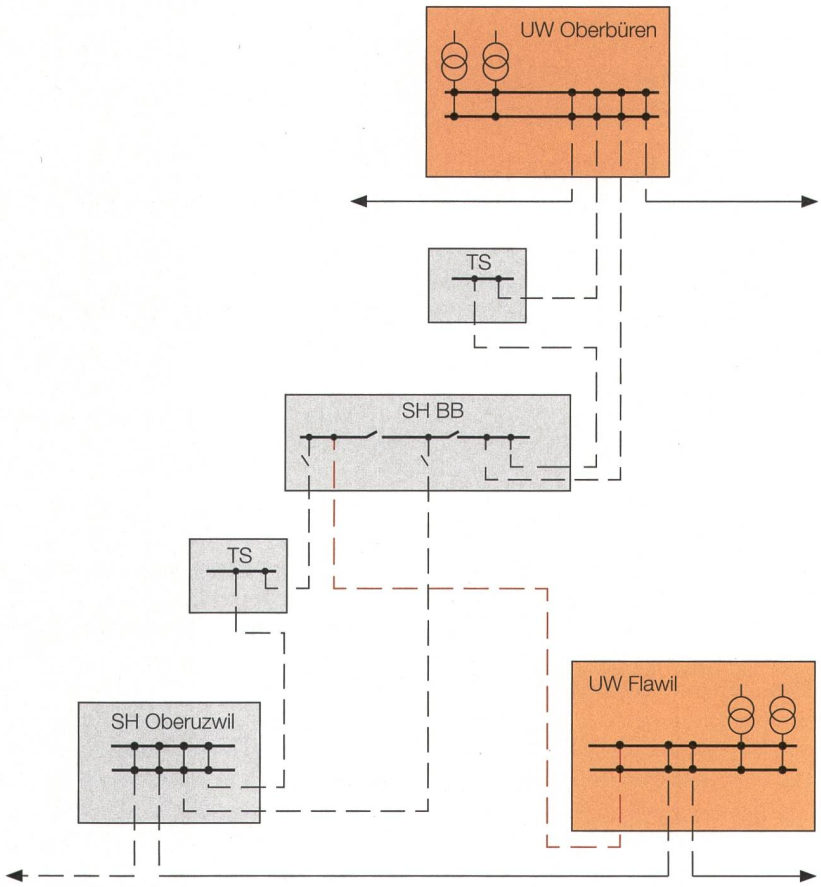

Bild 2 Zielnetzvariante 2: Versorgung über zwei Unterwerke.

Die technische Analyse beruhte natürlicherweise auf der Basis der klassischen Lastfluss- und Kurzschlussberechnungen. Dabei waren neben dem Normalbetrieb des Verteilnetzes insbesondere auch Notbetriebsszenarien von Interesse. Die Einhaltung der in den SAK-Netzstandards sowie relevanten Normen definierten Vorgaben waren Minimalvoraussetzungen bei der Beurteilung sämtlicher Varianten. Nebst diesen klassischen Netzberechnungen erfolgten Berechnungen der Versorgungsverfügbarkeit mit statistischen Zuverlässigkeitsdaten einzelner Betriebsmittel und der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Dabei wurden insbesondere die Kenngrössen der Ausfallenergie (Energy not supplied ENS) und der Ausfallhäufigkeit (SAIFI) beziehungsweise Nichtverfügbarkeit (SAIDI) analysiert. Die so ermittelten Werte der Versorgungsverfügbarkeit zeigen keineswegs die Realität, sondern dienen vielmehr dem Variantenvergleich verschiedener Netzkonfigurationen. Die detaillierten Ergebnisse der Zuverlässigkeitsberechnungen zeigen zudem die Schwachstellen des Netzes, indem der Einfluss auf die Versorgungsqualität einzelner Betriebsmittel sichtbar wird.

Eine monetäre Beurteilung der aus technischer Sicht möglichen Netzvarianten erfolgte zwecks Plausibilisierung auf zwei unterschiedliche Arten. Mit der Barwertmethode wurden sämtliche Geldflüsse, ohne Differenzierung von Investitionen und Betriebsaufwänden, über die gesamte Netzlebenszykluszeit von 40 Jahren diskontiert aufsummiert. Die über die Jahre entstehenden Netzverluste der einzelnen Varianten wurden ebenfalls mitberücksichtigt. Die andere Bewertungsmethode beruht auf der Summation sämtlicher Abschreibungen unter Berücksichtigung allfälliger Sonderabschreibungen aufgrund vorzeitigen Rückbaus bestehender Anlagen. Nachteilig gilt es hier zu erwähnen, dass mit dieser Betrachtung nur die Investitionen, nicht aber die Betriebsaufwendungen berücksichtigt werden.

Auf Basis der technischen und monetären Analyse bestand nun die Möglichkeit, die geeignetsten Zielnetzvarianten der Teilzielnetze bestimmen zu können. Schwierigkeiten bei der Variantenwahl bereiteten die Netzvarianten mit besserer Versorgungsverfügbarkeit und zugleich höheren Kosten. In diesen Fällen wäre eine Gesamtkostenbeurteilung hilfreich gewesen, die den volkswirtschaftlichen Schaden aufgrund von Stromversorgungsunterbrüchen berücksichtigt. Wegen der nur sehr schwer zu bestimmenden Schadenshöhe und auch der in der Literatur stark divergierenden Kennzahlen wurde aber auf diese Beurteilung verzichtet.

Beispiel Teilversorgungsgebiet Fürstenland

Grosse Teile der Region Fürstenland, insbesondere die Gebiete um Uzwil und Flawil, werden heute über die 50/20-kV-Unterwerke Oberuzwil und Flawil und das 110/20-kV-Unterwerk Oberbüren mit installierten Transformatorenleistungen von 2x25 MVA je Unterwerk respektive 2x40 MVA in Oberbüren versorgt. Die kumulierte Spitzenleistung der betrachteten Region beträgt bei einem jährlichen Energieumsatz von 280 GWh rund 56 MW. Neben den rund 42 000 Bewohnern der Region werden auch bedeutende Industrieunternehmen aus den genannten Unterwerken mit elektrischer Energie beliefert.

Ausgehend von den kantonalen Wachstumsprognosen, dem Lastzuwachs vergangener Jahre und ohne Berücksichtigung des Zubaus dezentraler Energieerzeugungsanlagen wurde im betrachteten Netzgebiet von einer jährlichen Lastzunahme von 1 % während des Betrachtungszeitraumes von 40 Jahren ausgegangen.

Im Zuge des 50/110-kV-Verteilnetzumbaus beabsichtigt Axpo, 2015 die Versorgungsspannung der Unterwerke

	Heute		Nach 40 Jahren	
Kenngrössen	**Zielnetzvariante 1**	**Zielnetzvariante 2**	**Zielnetzvariante 1**	**Zielnetzvariante 2**
SAIFI	0,122/a	0,144/a	0,125/a	0,148/a
SAIDI	11,7 min/a	11,9 min/a	27,1 min/a	27,8 min/a
ENS	10,7 MWh/a	10,5 MWh/a	35,4 MWh/a	31,5 MWh/a
Verlustleistung	0,75 MW	0,89 MW	1,49 MW	1,78 MW

	Zielnetzvariante 1	Zielnetzvariante 2	Abweichung
Barwertmethode	CHF 9 042 037.–	CHF 5 178 108.–	-42,7 %
Summe der Abschreiber	CHF 8 814 040.–	CHF 4 494 798.–	-49 %

Tabelle Simulationsergebnisse der technischen und der monetären Analyse.

Bild 3 Das Unterwerk Oberuzwil wird als Folge der Analyseergebnisse vollständig aufgelöst.

Oberuzwil und Flawil von 50 auf 110 kV zu erhöhen. Diese Spannungserhöhung verursacht zusätzliche Investitionen für den Ersatz der Unterwerkstransformatoren. Die Hochspannungsschaltanlagen hingegen wurden bereits vorher auf die höhere Betriebsspannung ausgelegt.

Varianten für das Teilzielnetz Fürstenland

Für die elektrische Energieversorgung im genannten Teilversorgungsgebiet wurden unter Berücksichtigung des Lastwachstums über die Netzlebenszykluszeit zwei Zielnetzvarianten erarbeitet:

- Zielnetzvariante 1: Die Versorgung erfolgt über drei bestehende Unterwerke (Bild 1), wovon zwei (Oberuzwil und Flawil) im Jahre 2015 bedingt durch den 50/110-kV-Spannungsumbau der Axpo umgebaut werden müssen. Um der Lasterhöhung innerhalb des Netzlebenszyklus gerecht zu werden, ist infolge der durch die Spannungsumstellung unumgänglichen Transformatorenauswechslungen geplant, die Bemessungsleistung der Transformatoren in Flawil zu erhöhen. Die Unterwerke Flawil und Oberbüren befinden sich an Versorgungsgrenzgebieten und versorgen deshalb zusätzlich andere Netzgebiete der SAK. Das Unterwerk in Oberbüren erfüllt bereits sämtliche technischen Anforderungen, weshalb kein Investitionsbedarf besteht. Das bestehende Mittelspannungsnetz ist bereits heute in der Lage, die zukünftigen Lasten übertragen zu können, ohne dabei die technischen Rahmenbedingungen zu verletzen. Diese Variante zeichnet sich durch moderate Netzveränderungen aus, insbesondere durch die Kapazitätserhöhung der Unterwerkstransformatoren in Oberuzwil und Flawil.
- Zielnetzvariante 2: Im Gegensatz zu den nur moderaten Anpassungen der Zielnetzvariante 1 sieht die Variante 2 die vollständige Aufhebung des Unterwerkes Oberuzwil vor (Bild 2). Damit die definierten Rahmenbedingungen auch ohne Unterwerk Oberuzwil eingehalten werden können, sind nebst der zusätzlichen Kapazitätserhöhung des Unterwerkes Flawil gegenüber der Zielnetzvariante 1 weitreichende Investitionen im Mittelspannungsnetz und auch im Unterwerk Oberbüren unvermeidlich. Die Beschaffung neuer Unterwerkstransformatoren in Oberuzwil entfällt, und die bestehende gasisolierte 110-kV-Hochspannungsschaltanlage kann als Ersatz in einem anderen SAK-Unterwerk eingesetzt werden.

Simulationsergebnisse

Eine Analyse der Ergebnisse (Tabelle) zeigt, dass die beiden Zielnetzvarianten technisch praktisch identisch sind. In der monetären Bewertung ergeben sich hingegen wesentliche Vorteile zugunsten der Zielnetzvariante 2. Aufgrund dieser Ergebnisse ist die Zielnetzvariante 2 trotz umfangreicher Netzveränderungen der Variante 1 vorzuziehen.

Ausblick

Die SAK wird im Zuge des 50/110-kV-Spannungsumbaus der Axpo im Jahre 2015 die Zielnetzvariante 2 realisieren und das Unterwerk Oberuzwil vollkommen aufheben. Die notwendigen Investitionen in das Mittelspannungsnetz werden bereits jetzt getätigt, um zum Zeitpunkt der Unterwerks-Ausserbetriebnahme eine adäquate Versorgung gewährleisten zu können.

Das Unterwerksgebäude von Oberuzwil samt Grundstück befindet sich an guter Lage am Rande des Dorfes. Eine Umnutzung ist denkbar, wurde aber bis anhin nicht in Betracht gezogen. Auch das Erwirtschaften möglicher Liegenschaftserträge blieb bislang noch gänzlich unberücksichtigt.

Fazit

Die Ergebnisse des gezeigten Fallbeispiels repräsentieren die Erfahrungen, welche die SAK im Zuge der Zielnetzplanung über das gesamte Versorgungsgebiet gewonnen hat. Es besteht vielerorts die Möglichkeit, historisch gewachsene Netze ohne Versorgungsqualitätsverlust wesentlich kostengünstiger zu gestalten.

Referenzen

[1] Capatt, Walter, Widmer, Patrick: Investitionsplanung bei Verteilnetzen, Bulletin SEV/VSE 12/2010, S. 9ff.

Angaben zu den Autoren

Patrick Widmer, Dipl. El. Ing. FH, Executive MBA, ist Leiter Engineering der SAK AG
St. Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG, 9001 St. Gallen
patrick.widmer@sak.ch
Urs Gut, Dipl. El. Ing. FH, MSc, ist Fachingenieur Netztechnik bei der SAK AG.
urs.gut@sak.ch

[1] In der Versorgungstechnik üblicher Ausdruck für redundante Systeme.

Résumé

Planification du réseau cible dans les réseaux de distribution

L'exemple de l'EAE des cantons de St-Gall et d'Appenzell

Il y a trois ans, l'EAE des cantons de St-Gall et d'Appenzell (St. Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG, SAK) a commencé à développer un réseau cible. L'objectif était de réduire les coûts sans pour autant entraver la qualité d'approvisionnement. Dans ce but, l'aire de desserte a été divisée en aires partielles. Sur la base des prévisions économiques et en tenant compte des conditions-cadres techniques, des variantes de réseau possibles ont été élaborées pour chaque aire partielle. Par la suite, elles ont été comparées entre elles d'un point de vue technique et financier.

L'article expose le cas de l'aire partielle « Fürstenland » : deux variantes de réseau cible ont été comparées pour cette aire. Dans la première, l'approvisionnement s'effectue par le biais de trois sous-stations existantes, dont deux devraient être transformées à partir de 2015. La seconde variante prévoit la suppression complète de l'une des trois sous-stations. L'approvisionnement n'a lieu que par le biais de deux sous-stations, ce qui implique des investissements supplémentaires dans le réseau moyenne tension.

L'analyse des résultats montre que les deux variantes de réseau cible sont pratiquement identiques du point de vue technique. Au niveau financier, la variante 2 présente toutefois plusieurs avantages considérables. C'est pour cette raison que la SAK a opté pour cette solution et qu'elle supprimera la sous-station Oberuzwil à partir de 2015. Les investissements nécessaires dans le réseau moyenne tension ont déjà débuté. Se