

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 84 (1993)

Heft: 18

Artikel: Grundlagen der 24- bis 420-kV-Netzplanung

Autor: Schwab, Fred

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-902725>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.04.2025

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

Ausgehend vom elektrizitätswirtschaftlichen Belastungskataster wird das Regionalnetz gezielt erweitert und ausgebaut. Die rückschliessende Stromversorgung im Mittelspannungsnetz ist kurzschlussleistungsarm, aber trotzdem redundant und versorgungssicher. Auf der Verbundebene muss eine homogene Netztopologie erreicht werden, da sonst die Investitionen im Höchstspannungsnetz nicht voll genutzt werden können.

Grundlagen der 24- bis 420-kV-Netzplanung

■ Fred Schwab

Unter einem elektrischen Netz versteht man die technischen Systeme zur Verbindung und Vermaschung von Kraftwerken, Unterwerken, Schalt- und Transformatorstationen, das heisst die Verknüpfung der Verbraucher mit den Produzenten. Daneben hat das Netz je nach Spannungsebene Transit-, Sicherheits- und Reservestellungsaufgaben zu erfüllen.

Unter Netzplanung versteht man generell die vorausschauende Ermittlung der Trends einer Entwicklung, indem versucht wird, entsprechende Daten aufzuarbeiten und zu extrapolieren. Dabei muss die vergangene Entwicklung erfasst und die zukünftige variantenmässig abgeschätzt und extrapoliert wer-

den. Dazu müssen alle vorhandenen Indikatoren mit Hilfe der mathematischen Statistik und der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf ihre Signifikanz und Extrapolationsfähigkeit untersucht werden.

Elektrischer Belastungskataster eines Regionalnetzes

Ausgangspunkt jeder Netzplanung (auch historisch gesehen) ist das Regionalnetz, das die primären Versorgungs- und Verteilbedürfnisse der Region abdecken muss. Ausgehend von den gemessenen Spitzenbelastungen der letzten Erfassungen in den Versorgungsnetzen entsteht ein elektrizitätswirtschaftlicher Basisbelastungskataster. Aus den Zonenplänen der Gemeinden und Kan-

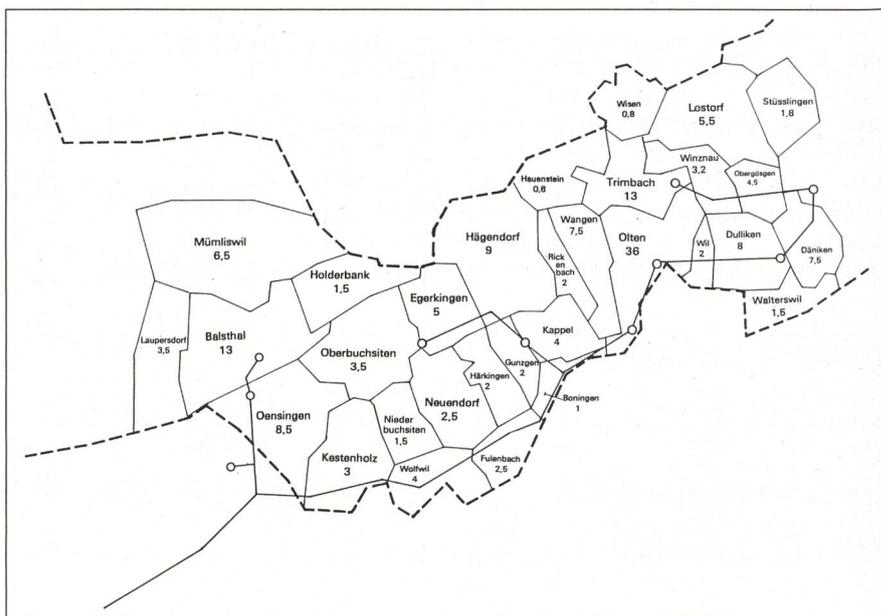


Bild 1 Belastungskataster (in Megawatt) der Region Olten-Gösgen-Gäu-Thal im Jahr 2000

Adresse des Autors:
Dr. Fred Schwab, dipl. Ing. ETH, Vizedirektor,
Aare-Tessin AG für Elektrizität, 4600 Olten.

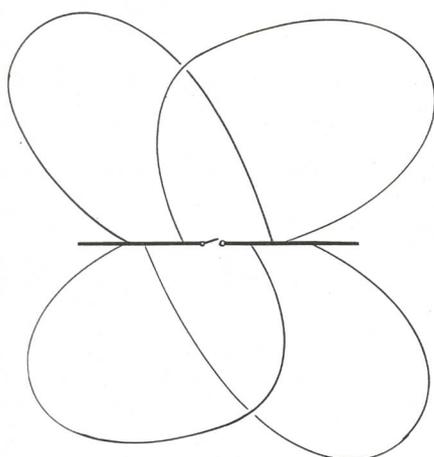


Bild 2 Prinzip der rückschliessenden Versorgung

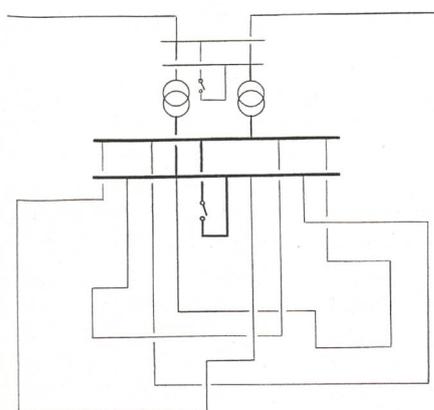


Bild 3 Kurzschlussleistungsarme, rückschliessende Mittelspannungsversorgung

tone und der vorausgesehenen Entwicklung der Bevölkerung sowie der Industrie wird versucht, ein zukünftiger Belastungskataster zu erstellen (Bild 1). Aus den vorhandenen Transformatorenstützpunkten der entsprechenden Spannungsebenen wird dann die Verstärkung der Netze, deren Erweiterung und die Vermehrung oder Erhöhung der Spannungsebenen projektiert, indem die Schwachpunkte erkannt und ausgemerzt werden. In der dargestellten Region müssen beispielsweise im nächsten Jahrzehnt 220-kV-Stützpunkte verstärkt, zweiseitig angespiesen oder neu geschaffen werden, was frühzeitig in die Planung einfließen muss.

Kurzschlussleistungsarme, rückschliessende Mittelspannungsversorgung

Eine optimale Stromversorgung, vor allem im Mittelspannungsbereich, war seit jeher ein angestrebtes Anliegen der Elektrizitätsversorgungsunternehmen. Unter «optimal» ist eine sichere, umweltfreundliche und preiswerte Anspeisung der Verbraucher zu verstehen, wobei diese drei Zielpunkte zum

Teil in Opposition zueinander stehen. Eine sichere Stromversorgung ist erreichbar durch eine enge Vermaschung mit Anspeisungen von möglichst vielen unabhängigen Seiten. Eine umweltfreundliche Versorgung sollte elektromagnetisch feldlos und vor allem unsichtbar sein. Eine preiswerte Versorgung besteht aus einem einzigen dünnen Draht, der möglichst billig an kostengünstigen Holzstangen befestigt ist.

Die für die Versorgungssicherheit angestrebte enge Vermaschung mit vielen Einspeisepunkten ergibt eine hohe Kurzschlussleistung, die entsprechend teure Apparate, Anlagen und Leitungsverbindungen bedingt. Um diese widersprüchlichen Anforderungen «unter einen Hut zu bringen», gibt es mehrere, mindestens theoretisch funktionierende Überlegungen.

Die rückschliessende Stromversorgung basiert auf der Halbierung der Versorgungssammelschiene, sei es eines 16- oder 50-kV-Unterwerkes. Die beiden halben Sammelschienen, wie sie in Bild 2 dargestellt sind, werden entweder von je einer unabhängigen Seite oder je einem Transformator gespiesen. In einem solchen Unterwerk gehen die Versorgungsringe von der einen Halbsammelschiene aus über die verschiedenen Versorgungspunkte wie Mittelspannungs-Niederspannungstransformatoren, Grossabnehmer usw. und enden auf der zweiten Halbsammelschiene. Bedingung ist eine Anspeisung mit einer n-1-Sicherheit, das heisst jede Halbsammelschiene benötigt je einen Transformator. Auf der oberen Spannungsebene sind ebenfalls zwei Halbsammelschienen, die je von einer unabhängigen Seite angespiesen werden, notwendig. Anstelle der zwei Halbsammelschienen werden in der Praxis, entsprechend Bild 3, meistens Doppelsammel-

schiene verwendet und anstelle der Längstrennung ein Kuppelfeld, was entsprechendes Mehrkosten bedingt. Wichtig ist, dass zwischen den so konzipierten Unterwerken auf der gleichen Spannungsebene keine Verbindungen vorhanden sind, das heisst, dass jedes Unterwerk eine Versorgungsinsel darstellt.

So ermöglicht die rückschliessende Mittelspannungs-Stromversorgung einen redundanten Anspeisemodus, ähnlich einem vermaschten Netz, ohne dass die Kurzschlussleistung in hohe Werte ausartet. In alten Netzen muss die Philosophie durch das Umhängen einzelner Kabelstränge zu einem rückschlussfähigen Ring auf dasselbe Unterwerk verwirklicht werden. Je dichter die alte Vermaschung war, um so einfacher kann das neue Prinzip erarbeitet werden.

Planung auf der Verbundebene

Die richtige Planung der Regionalnetze führt zielgerecht auch zur entsprechenden Planung der Grobverteilung (220 kV) und Verbundnetze (400 kV). In der UCPTÉ (Union pour la coordination de la production et du transport de l'électricité), der gesamteuropäischen Dachorganisation der Verbund-Elektrizitätsunternehmen, wird jährlich mit Lastfluss- und Überlastberechnungen das optimale Funktionieren der Verbundnetze getestet [1], [2], [3]. Dazu wird jede grenzüberschreitende Leitung auf Überlast überprüft. Anschliessend wird die am stärksten belastete Leitung zwischen zwei Ländern auf dem Rechner ausgeschaltet und kontrolliert, ob diese Schwächung keine andere Leitung überlastet. Ein solches Vorgehen ergibt die sogenannte n-1-Sicherheit, das heisst ein beliebiges Element darf ausfallen, ohne dass

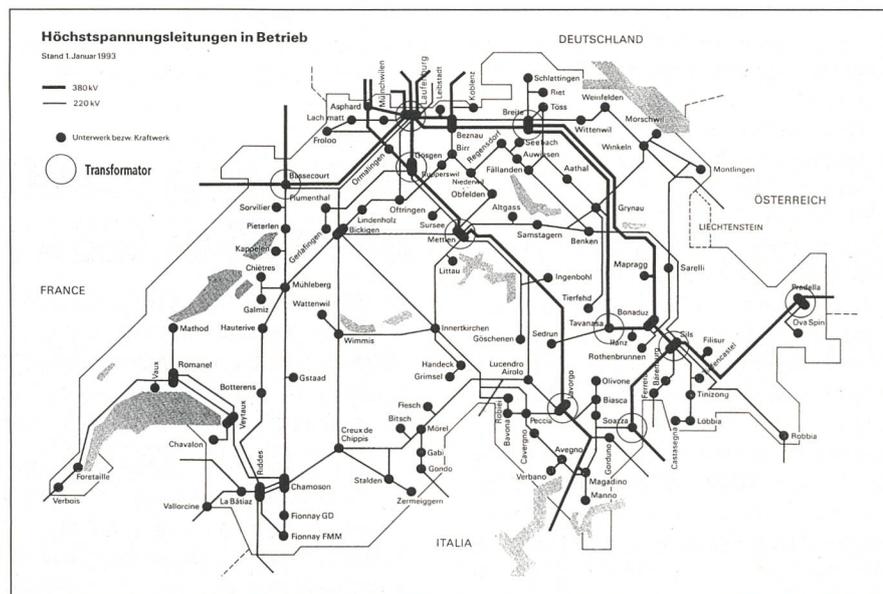


Bild 4 Netzkupplungs-Transformatoren

das Gesamtsystem zusammenbricht. Die gleichen Untersuchungen werden auch für die Netzkopplungs-Transformatoren durchgeführt.

Im Rahmen der sieben grossen Überlandwerke der Schweiz (Atel, BKW, CKW, EGL, EOS, EWZ, NOK) ist ebenfalls eine Gruppe für den Datenaustausch für die Planung im Hochspannungsnetz tätig.

Ziel der Planung

Ein optimales Netz muss eine homogene Netztopologie haben. Das bedeutet, dass alle Verbindungen, Leitungen und Transformatoren die für die Belastung notwendigen Kapazitäten aufweisen müssen. Die alte Weisheit, dass «eine Kette so stark ist, wie ihr schwächstes Glied», gilt besonders für ein Verbundnetz. Vor allem solange 400- und 220-kV-Netze im Verbund parallel betrieben werden, nützt der beste 400-kV-Teil nichts, wenn er nicht gleichmässig verteilt ist und das 220-kV-Netz nicht impedanzgerecht parallel läuft. Sonst wird unweigerlich die schwächste 220-kV-Leitung die Grenzen des gesamten 220- und 400-kV-Verbundes bestimmen. Man kommt dann zu der paradoxen Erscheinung, dass beim Abschalten der schwächsten und daher am stärksten belasteten 220-kV-Leitung die Gesamtkapazität des Netzes nicht sinkt, sondern ansteigt. Der Grund liegt eben darin, dass aus Rücksicht darauf, dass auch die schwächste Leitung nicht überlastet werden darf, alle anderen nur mit Teillast gefahren werden können. Beim Verschwinden dieses Engpasses können alle andern Leitungen mit höherer Last betrieben werden, bis zum Erreichen der maximal zulässigen Last des nächsten schwächsten Gliedes. Solange wegen des aus politischen Gründen enorm verzögerten Ersatzes alter Leitungen durch deren Neubau solche Engpässe betrieben werden müssen, können eben die nach heutigen Kriterien gebauten, modernen Netzteile nicht voll genutzt werden.

Grundsätzlich gilt, je schlechter, das heisst je inhomogener die Netztopologie ist, desto schlechter kann das Netz genutzt werden. Dies bedeutet wiederum, dass gewisse grosse Investitionen in ein überlagertes 400-kV-Netz nicht genutzt werden können. Die gleichen Überlegungen gelten auch für die Belastungsbefriedigung, das heisst die Netzkopplungs-Transformatoren 400/220 kV müssen möglichst in den tatsächlichen Belastungszentren aufgestellt werden (Bild 4). Hinderlich ist auch das historisch gewachsene Netz der Schweiz, das wegen der damaligen Erzeugung durch die grossen Wasserkraftanlagen im Alpenraum und dem Verbrauch im Mittelland ein extremes Süd-Nord-Netz ergeben hat, das heute nur noch mühsam in ein echt vermaschtes Netz umgewandelt werden

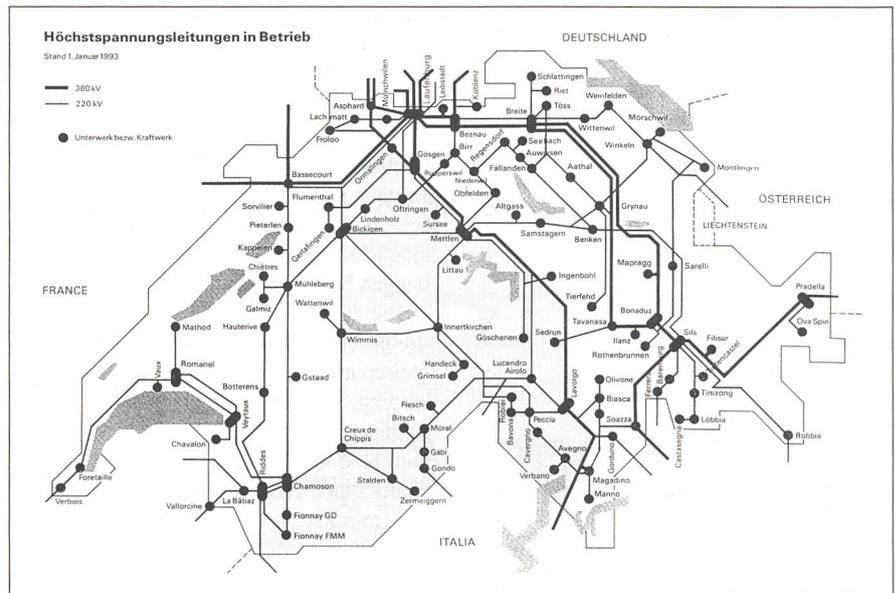


Bild 5 Fehlende 400-kV-Verbindungen zwischen Ost- und Westnetz

kann, da vor allem starke West-Ost-Verbindungen fehlen. In Bild 5 ist der vermaschungslose 400-kV-Keil dargestellt, der das Netz in einen Ost- und einen Westteil trennt, wodurch die Homogenität des Schweizer Netzes empfindlich gestört wird.

Ausblick

Das wichtigste Ziel in der Netzplanung ist das Erreichen einer möglichst homogenen Netztopologie im schweizerischen Hoch- und Höchstspannungsnetz (400- und 220 kV), damit auch die modernen Netzteile voll genutzt werden können. Das bedingt das Vorantreiben der gesamtschweizerisch geplanten Projekte, wie die 400-kV-Verbindungen Verbois–Romanel–Mühleberg sowie Romanel–Chippis–Airolo. Wie dies zum Teil vorgesehen ist, müssen die starken Verbraucherschwerpunkte Bern, Genf und Lausanne noch an das 400-kV-Netz angeschlossen werden. Für Genf und Lausanne wird das in absehbarer Zeit der Fall sein. Da in der

Schweiz momentan keine neuen grossen Kraftwerke gebaut werden können, sind wir je länger je mehr auf die Produktion aus Frankreich angewiesen. Zur Importierung der vor allem im Winter benötigten Energiemengen fehlen immer mehr starke Leitungen Richtung Westen. Die projektierte Verbindung aus dem Raum Mulhouse (Frankreich) in den Raum Basel sichert nicht nur eine redundante Anspeisung der Region Basel, sondern ist auch zwingend notwendig, um die in Frankreich eingekauften Energiemengen in die Schweiz zu bringen. Daher sollte der Bau dieser Leitung vordringlich an die Hand genommen werden.

Literatur

- [1] Der Internationale Verbund der UCPE. Union pour la coordination de la production et du transport de l'électricité, 1985, Sonderdruck.
- [2] Ausfall von Kraftwerkseinheiten; Simulationsrechnungen über Auswirkungen auf die Lastflüsse im UCPE-Netz. UCPE Quartalsbericht IV/1986.
- [3] Kurzschlussströme in den Grenzknoten der UCPE am 17. Januar 1990. Jahresbericht 1989.

Bases de la planification de réseaux entre 24 et 420 kV

Un réseau électrique est un ensemble de systèmes techniques reliant des centrales, des sous-stations, des postes de couplage et de transformation entre eux, soit la «connexion» des consommateurs aux producteurs. Suivant le niveau de tension, le réseau doit également assumer des tâches de transit, de sécurité d'approvisionnement et de réserve.

La planification d'un réseau doit de manière générale dégager les tendances du développement en analysant et extrapolant les données correspondantes. Elle tient compte du développement passé et de celui pouvant être envisagé et extrapolé pour l'avenir. Toutes les indications existantes doivent être analysées à l'aide de la statistique mathématique et du calcul des probabilités quant à leur signification et leur aptitude à l'extrapolation.