Energie-Erzeugung und Verteilung : die Seiten des VSE

Objekttyp: **Group**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins : gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **62 (1971)**

Heft 14

PDF erstellt am: **03.06.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Kleine energiewirtschaftliche Rundschau

Die Energiepolitik im Rechenschaftsbericht des Bundesrates, neues Raumplanungsgesetz, eidgenössischer Baustopp und mehrjährige Strompreisbindung.

Von *F. Wanner,* Zürich

Das Elektrizitätsbarometer lautet zur Zeit auf veränderlich, wenn nicht sogar auf Sturm.

Diesen Eindruck erhält man zwar nicht aus der Lektüre des Berichtes des Bundesrates über die Regierungspolitik im Zeitraum von 1967–1971, der in der Junisession der Eidgenössischen Räte sang- und klanglos verabschiedet worden ist. Der Abschnitt über die Energiewirtschaft in dieser schweizerischen «State of Union-Botschaft» umfasst ganze 19 Zeilen und zeigt noch keinerlei Anzeichen einer Gewitterstimmung an. Ja, voll Stolz meldet der Bundesrat darin, dass bis Ende 1971 drei Atomkraftwerke mit einer Leistung von 1000 MW im Betrieb stehen werden, dass der Bau einer europäischen Erdgasleitung von Nord nach Süd durch die Schweiz gesichert sei und *dass damit die Zielsetzung der helvetischen Energiepolitik «Förderung der Atomenergie und des Erdgases zur besseren Diversifikation im Energiesektor» die ersten Erfolge zu verbuchen habe.*

So weit, so gut. Wie schnell sich aber die Dinge ändern können und zu einer noch vor kurzem nicht für möglich gehaltenen neuen Gewichtsverteilung der öffentlichen Interessen führen, zeigt die sozusagen über Nacht zu einem Politikum erster Ordnung gewordene Umweltschutz-Diskussion in unserem Lande. Vieles wird dadurch in Frage gestellt, was noch vor kurzem als richtig galt. Besonders die Elektrizitätswerke werden, wie schon so oft in der Vergangenheit, vor eine Situation gestellt, die von ihr eine weitere Probe der Anpassungsfähigkeit, des Suchens nach Aushilfen und den Mut zu Neukonzeptionen auf dem Gebiet der Stromerzeugung verlangt. Gewiss gleicht der von vielen Emotionen getragene Umweltschutz heute noch oft einem ungebändigtem Ideenstrom und viele seiner Forderungen bedürfen noch der wissenschaftlichen Abklärung und vielleicht, wie z. B. der Gewässerschutz und besonders die Kühlwasserfrage, sogar einer überstaatlichen Verständigung. So wäre es sicher wünschbar, den sog. Bericht «Baldinger», der jetzt zum vorläufigen Verdikt über den Bau der nächsten Atomkraftwerke auf der Basis der Wasserkühlung geführt hat, *auf seine Brauchbarkeit als europäische Gewässerschutz-Ordnung zu überprüfen.* Denn sonst könnte es leicht einmal dazu kommen, dass wir den Strom aus ausländischen Atomkraftwerken beziehen müssten, und zwar aus Nachbarstaaten, die für die Wasserkühlung weniger strenge Vorschriften anwenden, um möglichst billigen Atomstrom zu erzeugen.

Müssig ist wohl im Moment auch die Frage, ob es richtig war, dass die Schweiz als einziges Land den Sprung von der Wasserkraft direkt zur Atomkraft machte. Ölthermische Werke gehören zwar im Ausland zu den Selbstverständlichkeiten. Vom Umweltschutz aus betrachtet waren sie aber ohne Zweifel das grössere Übel als der jetzt vom Energiewirtschaftsamt und den Gewässerschutz-Behörden empfohlene Übergang zum Bau von Atomkraftwerken mit Kühltürmen oder anderen Systemen der Luftkühlung. So oder so sehen sich aber die Produktionswerke vor den Zwang zum Handeln gestellt. Es wird sich also schon in naher Zukunft erweisen, ob sich unser Volk angesichts des Fehlens weiterer Alternativen mit der von allen Seiten empfohlenen und technisch im Ausland übrigens bereits erprobten neuen Bauart von Atomkraftwerken befreunden kann, *ob es also einer Verstandeslösung «Atomenergie mit Kühltürmen» zustimmt oder vermehrte Stromimporte vorzieht.*

Die Entscheidung ist deshalb unausweichlich, weil die Umweltschutz-Diskussion paradoxerweise auch die Nachfrage nach der sauberen Energie Elektrizität stark gesteigert hat und voraussichtlich noch weiter steigern wird. So verzeichneten einzelne Werke der Nordostschweiz im vergangenen Winterhalbjahr wieder Zuwachsraten von 8–10 %, und schon heute können lange nicht alle Wünsche nach der elektrischen Raumheizung befriedigt werden. Die Feststellung muss also gemacht werden, dass eine steigende Nachfrage und Wertschätzung der Elektrizität begleitet ist von Erschwerungen und Verzögerungen in der Produktion und Verteilung, wobei die Ursache und das auslösende Moment in beiden Fällen die Sorge um den Umweltschutz ist. Für die Elektrizitätswerke ergibt sich damit die Aufgabe, den wachsenden Bedarf auch unter erschwerten Bedingungen und einer Anpassung an die Umweltschutz-Wünsche des Souveräns sicherzustellen. Dazu kommt aber auch die Pflicht, bei den Energiekonsumenten für die neuen Verhältnisse um Verständnis zu werben. Sie müssen in Zukunft mit der Vorstellung und dem Wissen vertraut gemacht werden, dass mit Kühltürmen unsere Gewässer geschont werden, dass aber Kühltürme und Hochspannungsleitungen an der Qualität der sauberen Energie nicht das geringste ändern und vor allem keine Gefahr für die Sauberkait der Luft bedeuten. Und schliesslich müssen die Energiekonsumenten auch zur Kenntnis nehmen, dass die Stromproduktion unter den neuen Gegebenheiten vermehrte Kosten verursachen wird. *Das fördert vielleicht die Erkenntnis, dass nicht jedes Umweltschutz-Postulat*

von gleicher Dringlichkeit ist. Müssen die Mehrkosten für Kühltürme in Kauf genommen werden, so gilt das sicher nicht im gleichen Mass für die Verkabelung von Hochspannungsleitungen, weil sonst der Strombezüger am Schluss für einen allzu perfekten Umweltschutz einen zu hohen Preis zu bezahlen hätte.

*

Das neue im Entwurf vorliegende Raumplanungsgesetz ist auch für die Elektrizitätsversorgung von grosser Bedeutung. Zwar bringt es viele neue Begriffe mit grossem Ermessensspielraum und eine neue Abgrenzung zwischen öffentlichen und privaten Interessen. Seine Zielsetzung, klare Vorstellungen über die zukünftige Siedlungspolitik unseres Landes zu schaffen, ist aber zweifellos richtig. Die Elektrizitätswerke tun gut daran, bei der Aufstellung der vorgesehenen Gesamtrichtpläne und kantonalen Leitbilder für die Besiedlung mitzuwirken. Sie sind an einer notwendigen Vereinheitlichung der Baugesetze und Erleichterungen für die Bauland-Erschliessung durch den Bund in hohem Masse interessiert, besonders dann, wenn ein eidgenössisches Raumplanungsgesetz dem Bau von Hochspannungsleitungen die gleiche Bedeutung zumisst und das gleiche Entgegenkommen beweist wie jenem von Erdgasleitungen.

*

Das Parlament befasst sich in der Junisession auch mit Massnahmen zur Konjunktur-Dämpfung und insbesondere zur Herbeiführung eines teilweisen Baustoppes. Angesichts der Kostenexplosion im Bausektor, die für die künftigen Strompreise von ebenso grosser Bedeutung ist wie die Zinsfussentwicklung, sind die Elektrizitätswerke an jeder Eindämmung des Baufiebers mitinteressiert. Dort, wo dieses Baufieber in den letzten Jahren grassiert hat, häuften sich auch die Wünsche nach Netzverstärkungen und nach neuen Anschlüssen, bekamen die Elektrizitätswerke aber auch den Preisauftrieb einer überbeschäftigten Bauwirtschaft zu spüren. Von noch viel zentralerer Bedeutung ist allerdings das Gelingen der vom Bund reichlich spät eingeleiteten Bekämpfung der Inflationsgefahren, weil ein Durchbrennen der Preise und Löhne selbstverständlich auch die von den meisten Elektrizitätswerken bis jetzt gehandhabte Politik der mehrjährigen Strompreisbindung in Frage stellen müsste.

Adresse des Autors:
Dr. F. *Wanner,* Direktor der Elektrizitätswerke des Kt. Zürich, Dreikönigstrasse 18, 8022 Zürich.

Probleme der Sicherstellung der Stromversorgung

Von *E. Kuhnert,* Celle (BRD)

Einführung

Der ständig zunehmende Umfang der Elektrifizierung in allen Bereichen des täglichen Lebens lässt den Stromverbrauch stärker als linear steigen. Mit dem steigenden Stromverbrauch in Haushalt, Gewerbe, Landwirtschaft und Industrie gewinnt die Sicherstellung der öffentlichen Elektrizitätsversorgung immer grössere Bedeutung. Sie hat in Europa einen hohen Stand erreicht. Wollen wir diesen hohen Stand auch in Zukunft halten, so müssen wir die Faktoren analysieren, die Einfluss auf die Sicherstellung der Stromversorgung ausüben. Es sind dies besonders zwei Faktoren:

1. der termingerechte Ausbau der Anlagen zur Deckung des Bedarfs;
2. die Betriebssicherheit der Anlagen zur Erzeugung, Übertragung und Verteilung der elektrischen Energie.

Diese beiden Faktoren stehen in enger Wechselwirkung mit der Wirtschaftlichkeit und können Optimierungsverfahren unterworfen werden.

Wenden wir uns dem Problem des termingerechten Ausbaues der Anlagen zur Deckung des Bedarfs zu. Diese Anlagen umfassen alle Einrichtungen zur Stromerzeugung (Kraftwerke), zur Übertragung (Hochspannungs-Verbundnetze) und zur Verteilung (Umspannwerke und Verteilungsnetze). Aus der bisherigen Entwicklung (Fig. 1) der Lastspitze wird die Prognose für die Zukunft erstellt.

Für exakte Prognosen genügt es nicht, sich allein auf den Trend des Gesamtverbrauchs zu stützen. Vielmehr müssen die einzelnen Verbrauchergruppen und die Einflüsse, denen sie unterliegen, getrennt untersucht werden. Aus den Teilentwicklungen kann dann auf die Gesamtentwicklung geschlossen werden [1].

Hierdurch werden die Veränderungen in der Belastungscharakteristik und der Verbraucherstruktur berücksichtigt. Je kleiner das Versorgungsgebiet ist, für das die Prognose erstellt wird, umso genauer müssen die einzelnen Verbrauchergruppen betrachtet werden. Als Beispiel soll hier die stürmische Entwicklung der Abgabe an Haushalte genannt werden [2], die besondere Probleme in lastschwachen ländlichen Verteilernetzen aufwirft.

Der Leistungszuwachs ist ein Mass für die gesamte zu installierende Leistung [3]. Für die Auslegung der Kraftwerke und Übertragungsanlagen ist auch die Grösse des Stromverbrauchs (Arbeit) massgebend. Beide Grössen (Leistung und Arbeit) bilden die Basis für die Planung optimaler Baufolgen von Kraftwerken [4]. Hinzu kommen noch Betrachtungen über die erforderliche Reserveleistung. Theilsifje und Wagner haben digitale Berechnungsmethoden für die optimale Reservehaltung im Verbundbetrieb [5] angegeben. Die Festlegung der Generator- und der Kraftwerksleistung [6] ist für die wirtschaftliche Optimierung von ausschlaggebender Bedeutung, weil sie in direkter Beziehung mit dem Netzausbau steht und muss deshalb in das Optimierungsverfahren einbezogen werden [7]. Für die Sicherstellung der Stromversorgung ist es unerlässlich, den Kraftwerksausbau und die Erweiterung der Übertragungs- und Verteilungsnetze aufeinander abzustimmen.

Bereits bei der Planungsrechnung wird die Betriebssicherheit der Anlage berücksichtigt. Entsprechend der Verfügbarkeit [8] der einzelnen Erzeugungsanlagen lässt sich die gesicherte Lei-

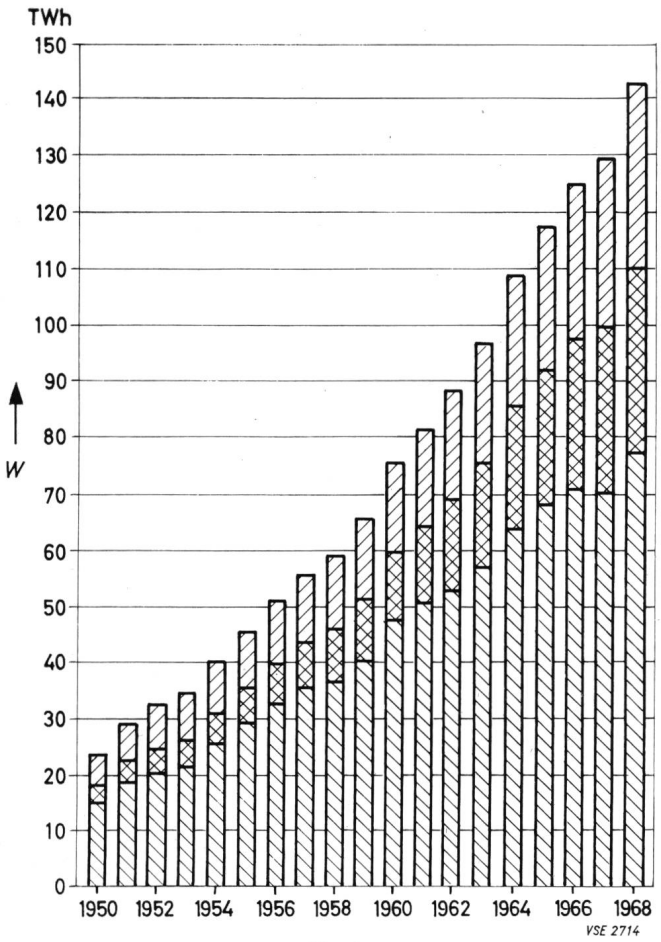


Fig. 1
Entwicklung des Stromverbrauchs von Industrie und Haushalt aus dem öffentlichen Netz seit dem Jahr 1950 in der BRD

übrige Verbraucher
Haushalt
Industrie
W = Verbrauch

stung in Abhängigkeit des Ausfallrisikos berechnen [3]. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung ermöglicht es, bei vorgegebenem Risiko die erforderliche installierte Reserveleistung zu bestimmen.

Solche Berechnungen sind für die Erzeugungsanlagen vergleichsweise einfach durchzuführen. Viel schwieriger sind die Berechnungen für die Übertragungs- und Verteilungsnetze wegen der sehr viel grösseren Zahl von Unbekannten und den starken Streuungen der Störungszahlen.

Die Reservevorhaltung ist im *Übertragungsnetz* noch in vollem Umfang möglich und auch wirtschaftlich vertretbar. Je weiter man in das *Verteilungsnetz* hineingeht und je näher man an den Verbraucher herankommt, um so geringer wird die vorgehaltene Reserveleistung, denn sie ist dort nur noch in begrenztem Umfang wirtschaftlich vertretbar. Beim Hausanschlusskabel ist praktisch keine Reserve mehr für den Störungsfall vorhanden.

Der planende Ingenieur ist also vor die Aufgabe gestellt, beim Aufbau der Netze Investitionen und Betriebssicherheit gegeneinander abzuwägen, um optimale Bedingungen für die Sicherstellung der Stromversorgung zu schaffen.

Auf die Betriebssicherheit von Netzen soll hier näher eingegangen werden, denn es liegen bisher nur wenige Veröffentlichungen, z. B. von Abel, Höhne [9] und Ewelt [10], vor.

In zwei Arbeiten wurden Ansätze für die Berechnung der Betriebssicherheit elektrischer Netze behandelt [11, 12].

Im folgenden soll näher auf die Probleme der Betriebssicherheit eingegangen und einige fundamentale Zusammenhänge abgeleitet werden.

Aus der Wahrscheinlichkeitstheorie folgt, dass die Wahrscheinlichkeit für die Koinzidenz — d. h. das gleichzeitige Eintreten mehrerer Ereignisse — aus dem Produkt der Einzelwahrscheinlichkeiten zu berechnen ist.

Betrachten wir ein System aus den Elementen A, B und C, die mit den Wahrscheinlichkeiten p_A, p_B und p_C funktionsfähig sind (Fig. 2), so ist die Wahrscheinlichkeit für die Funktionsfähigkeit des Systems

$$P_0(S) = p_A \cdot p_B \cdot p_C \tag{1}$$

Vorausgesetzt ist hier, dass die Funktionen der Elemente voneinander unabhängig sind.

Die Wahrscheinlichkeit für einen ungestörten Betrieb des Systems ist also umso geringer, je kleiner die Zuverlässigkeit der Elemente und je grösser die Zahl der Elemente ist.

Wollen wir dieses Gesetz beispielsweise auf eine einsystemige Freileitung anwenden, so sind als Elemente die Masten und die Spannfelder anzusehen.

Beschränken wir die Betrachtung auf Isolationsfehler an Masten, so erhalten wir bei gleichmässiger Bestückung aller Masten mit Isolatoren des gleichen Typs für jeden Mast die gleiche Zuverlässigkeit und damit für die einsystemige Leitung die Betriebszuverlässigkeit

$$P_0(EL) = (p_0)_1 \cdot (p_0)_2 \cdot (p_0)_3 \ldots (p_0)_M = p_0^M \tag{2}$$

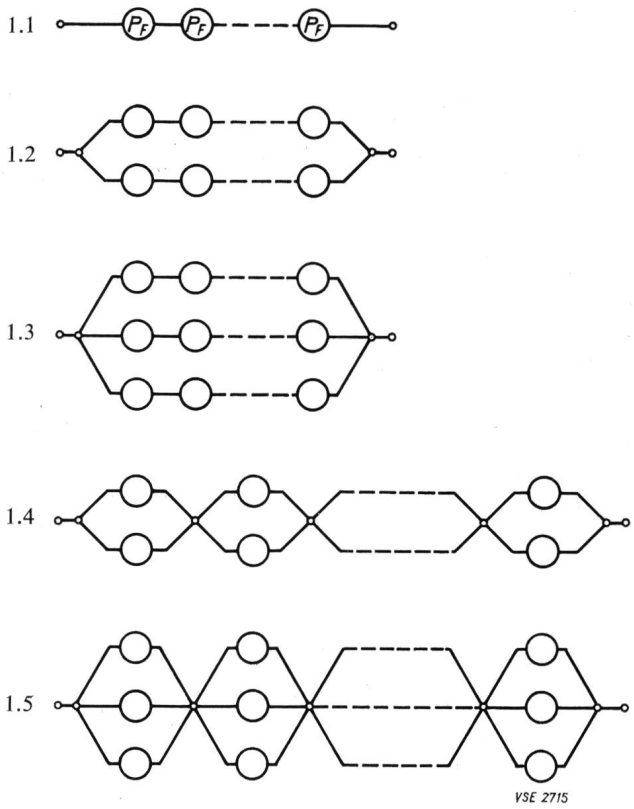


Fig. 2

1.1 $P_0(M) = (1 - p_F)^M$
1.2 $P_0(M) = 1 - [1 - (1 - p_F)^M]^2$
1.3 $P_0(M) = 1 - [1 - (1 - p_F)^M]^3$
1.4 $P_0(M) = [1 - p_F^2]^M$
1.5 $P_0(M) = [1 - p_F^3]^M$

In Fig. 3 ist für verschiedene Fehlerwahrscheinlichkeit der funktionelle Zusammenhang zwischen Betriebszuverlässigkeit und Anzahl der im System enthaltenen Elemente dargestellt.

Die Summe der Wahrscheinlichkeiten für den ungestörten und den gestörten Betriebszustand ist stets gleich EINS oder

$$p_o = 1 - p_F \tag{3}$$

Damit wird

$$P_o(\mathrm{EL}) = (1 - p_F)^M \tag{4}$$

Für $p_F \ll 1$ und $M \cdot p_F < 1$

gilt näherungsweise

$$P_o(\mathrm{EL}) = 1 - M \cdot p_F \tag{5}$$

Das ist also die Betriebszuverlässigkeit für eine einsystemige Leitung.

Eine Doppelleitung (Fig. 4) kann im Störungsfall die Versorgung aufrechterhalten, wenn die Belastung des ungestörten Systems nicht unzulässig gross wird. Dies sei angenommen.

Die Fehlerwahrscheinlichieit des Systems A ist

$$P_F(\mathrm{A}) = p_F{}^M(\mathrm{A}) \tag{6a}$$

die des Systems B ist analog

$$P_F(\mathrm{B}) = p_F{}^M(\mathrm{B}) \tag{6b}$$

Die Betriebszuverlässigkeit der Doppelleitung ist

$$P_o(\mathrm{DL}) = 1 - P_F(\mathrm{AUB}) = 1 - P_F(\mathrm{A}) \cdot P_F(\mathrm{B}) \tag{7}$$

weil nur die Wahrscheinlichkeit der koinzidenten Fehler zu berücksichtigen ist.

$$P_F(\mathrm{A}) = 1 - P_o(\mathrm{A}) = 1 - p_o{}^M(\mathrm{A}) \tag{8a}$$

$$P_F(\mathrm{B}) = 1 - P_o(\mathrm{B}) = 1 - p_o{}^M(\mathrm{B}) \tag{8b}$$

Ist $p_F(\mathrm{A}) = p_F(\mathrm{B})$ also gleiche Fehlerwahrscheinlichkeit für beide Leitungen, so ist

$$P_F(\mathrm{AUB}) = (1 - p_o{}^M)^2 \tag{9}$$

und die Zuverlässigkeit

$$P_o(\mathrm{DL}) = 1 - (1 - p_o{}^M)^2 \tag{10}$$

Mit $p_o = 1 - p_F$ wird

$$P_o(\mathrm{DL}) = 1 - [1 - (1 - p_F{}^M)]^2 \tag{11}$$

Für kleines p_F gilt näherungsweise

$$P_o(\mathrm{DL}) \approx 1 - M^2 \cdot p_F{}^2 \tag{12}$$

Stehen n parallele Systeme zur Verfügung, so gilt

$$P_o(n\mathrm{L}) \approx 1 - M^n \cdot p_F{}^n \tag{13}$$

Es lässt sich zeigen, dass durch $n > 3$ das Betriebsverhalten nur noch sehr wenig verbessert wird.

Weitaus günstiger ist das Betriebsverhalten, wenn die Leitung z. B. durch die Sammelschiene eines Umspannwerkes unterteilt wird (Fig. 4). Für diese Schaltung gilt bei insgesamt gleicher Leitungslänge und Unterteilung in Leitungsmitte bei $M^+ = \frac{1}{2} M$

$$P_o\left(\frac{2}{2}\,\mathrm{DL}\right) \approx 1 - 2\,(M^+)^2 \cdot p_F{}^2 = 1 - \frac{M^2}{2} \cdot p_F{}^2 \tag{14}$$

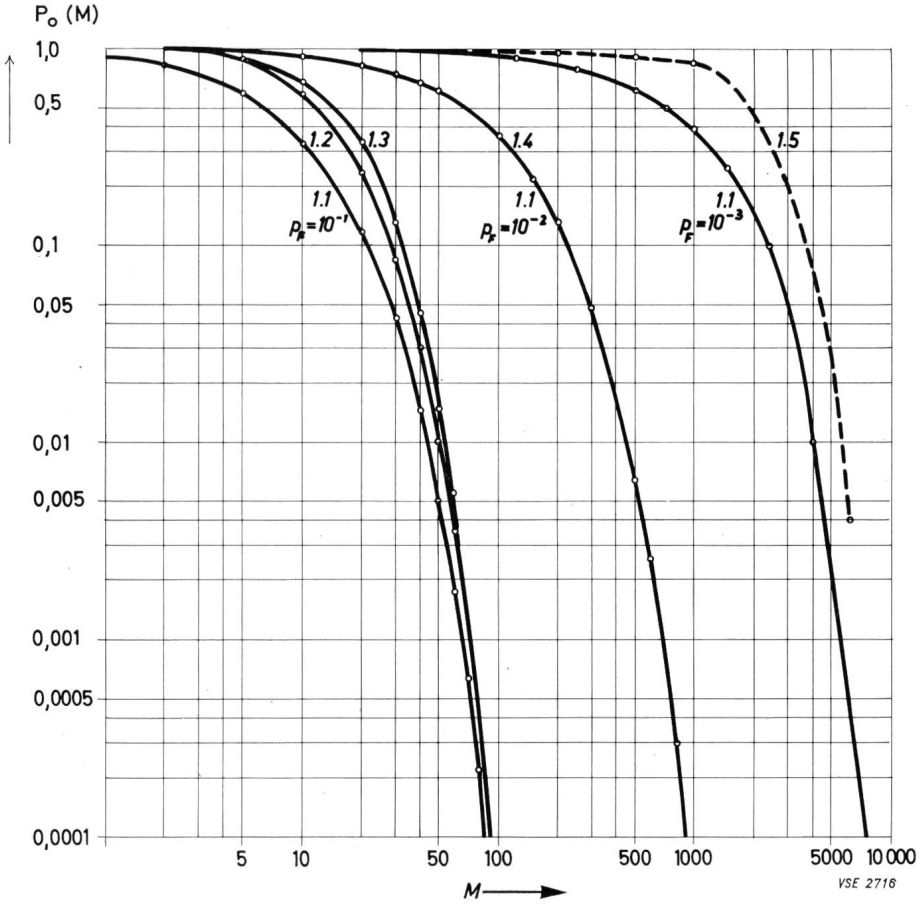


Fig. 3
für 1,2, 1,3, 1,4 und 1,5 gilt $p_F = 10^{-1}$
1,1...1,5: Schaltung nach Fig. 2

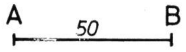
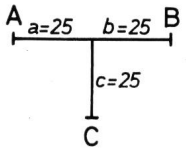
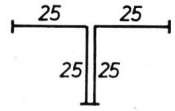
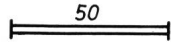
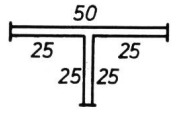
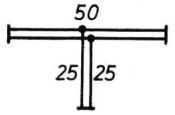
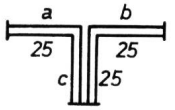
4.1		$P_0\,(EL) =$	$1 - M \cdot p_F =$ $1 - 0{,}66 \cdot 10^{-8}$	$M = 600$ $= a + b$
4.2		$P_0\,(ES) =$	$1 - M \cdot p_F =$ $1 - 0{,}99 \cdot 10^{-8}$	$M = 900$ $= a + b + c$
4.3		$P_0\,(EE) =$	$1 - M \cdot p_F =$ $1 - 1{,}32 \cdot 10^{-8}$	$M = 1200$ $= a + b + 2\,c$
4.4		$P_0\,(DL) =$	$1 - M^2 \cdot p_F^2 =$ $1 - 0{,}43 \cdot 10^{-16}$	$M = 600$ $= (a + b)^2$
4.5		$P_0\,(EL/EE) =$	$1 - P_F\,(EL) \cdot P_F\,(EE) = 1 - 0{,}87 \cdot 10^{-16}$	$M = 600/1200$ $= (a + b)^2 + 2 \cdot (a + b) \cdot c$
4.6		$P_0\,(DS) =$	$1 - M^2 \cdot p_F^2 =$ $1 - 0{,}98 \cdot 10^{-16}$	$M = 900$ $= (a + b)^2 + 2\,(a + b) \cdot c + c^2$
4.7		$P_0\,(DE) =$	$1 - M^2 \cdot p_F^2 =$ $1 - 0{,}87 \cdot 10^{-16}$	$M = 1200$ $= \frac{(a+b)^2}{2} + 2\,(a + b)\,c + 2\,c^2$
		Für $c \geq 0{,}4 \cdot (a + b)$ ist $P_0\,(DE) \leq P_0\,(DS)$		
		Für $c \geq 0{,}5 \cdot (a + b)$ ist $P_0\,(DE) \leq P_0\,(EL/EE)$		
4.8		$P_0\left(\frac{2}{2}\,DL\right) =$	$1 - 2 \cdot \left(\frac{M}{2}\right)^2 \cdot p_F^2 =$ $1 - 0{,}21 \cdot 10^{-16}$	$M = 600$ $= 2 \cdot \left(\frac{a+b}{2}\right)^2$

Fig. 4
Zuverlässigkeit (Betriebssicherheit) von Leitungsanordnungen
Die Fehlerwahrscheinlichkeit von 110-kV-Isolatoren in gelöschten Netzen mit einer mittleren Fehlerdauer von 100 Sekunden/Fehler ist $p_F = 1{,}1 \cdot 10^{-11}$

und für eine x-malige Unterteilung der ursprünglichen Länge mit M Masten

$$P_0\left(\frac{x}{x}\,\mathrm{DL}\right) = 1 - [1 - (1 - p_F)^{M+}]^2$$
$$\approx 1 - x\left(-\frac{M}{x}\right)^2 \cdot p_F^2 = 1 - \frac{M^2}{x} \cdot p_F^2 \qquad (15)$$

Da die zwischengeschalteten Anlagen auch nur eine Betriebssicherheit haben, die kleiner als EINS ist, sollte x nicht zu gross gemacht werden.

Die Gesamtzuverlässigkeit ist unter Berücksichtigung der Umspannwerke

$$P_0\,(\text{gesamt}) = P_0\left(\frac{x}{x}\,\mathrm{DL}\right) \cdot P_0^x\,(\mathrm{UW})$$
$$\approx \left[1 - \frac{M^2}{x} \cdot p_F^2\right] \cdot [1 - x \cdot p_F\,(\mathrm{UW})] \qquad (16)$$

Anhand dieser einfachen Beziehungen lässt sich auch für komplizierte Teilnetze die Ausfallwahrscheinlichkeit berechnen, doch müssen dann die Belastungen der einzelnen Leitungen im Störungsfall geprüft werden. Überlastete Leitungen tragen nicht mehr zur Betriebssicherheit bei und dürfen in die Berechnung nicht einbezogen werden. Sie werden durch die Netzschutzeinrichtungen bei Überlastung automatisch abgeschaltet.

Praktisch angewendet werden wird die Untersuchung der Betriebssicherheit nur für einzelne Anlagen oder Teilnetze, z. B. wenn die Frage zu entscheiden ist, ob eine Anlage über einen Doppelstich oder eine Doppeleinschleifung angeschlossen werden soll.

Wir wollen dieses Beispiel betrachten, um damit gleichzeitig die Grössenordnung der Zuverlässigkeit von Freileitungen anzugeben. Für 110-kV- und 220-kV-Leitungen gelten folgende Angaben:

Nennspannung	110 kV	220 kV
Anzahl der Maste/km	4 Stück	3 Stück
Anzahl der Isolatorenketten je Mast	EL: 3	3
	DL: 6	6

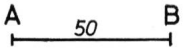
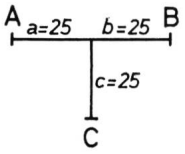
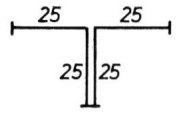
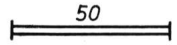
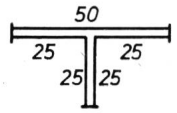
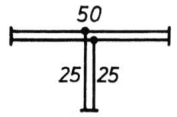
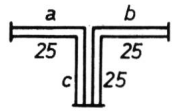
4.1		$P_0(EL) =$	$1 - M \cdot p_F =$ $1 - 0{,}63 \cdot 10^{-11}$	$M = 450$ $= a + b$
4.2		$P_0(ES) =$	$1 - M \cdot p_F =$ $1 - 0{,}94 \cdot 10^{-11}$	$M = 675$ $= a + b + c$
4.3		$P_0(EE) =$	$1 - M \cdot p_F =$ $1 - 1{,}26 \cdot 10^{-11}$	$M = 900$ $= a + b + 2c$
4.4		$P_0(DL) =$	$1 - M^2 \cdot p_F^2 =$ $1 - 0{,}4 \cdot 10^{-22}$	$M = 450$ $= (a + b)^2$
4.5		$P_0(EL/EE) =$	$1 - P_F(EL) \cdot P_F(EE) =$ $1 - 0{,}8 \cdot 10^{-22}$	$M = 450/900$ $= (a + b)^2 + 2 \cdot (a + b) \cdot c$
4.6		$P_0(DS) =$	$1 - M^2 \cdot p_F^2 =$ $1 - 0{,}9 \cdot 10^{-22}$	$M = 675$ $= (a + b)^2 + 2(a + b) \cdot c + c^2$
4.7		$P_0(DE) =$	$1 - M^2 \cdot p_F^2 =$ $1 - 0{,}8 \cdot 10^{-22}$	$M = 900$ $= \frac{(a+b)^2}{2} + 2(a+b)c + 2c^2$
		Für $c \geq 0{,}4 \cdot (a + b)$ ist $P_0(DE) \leq P_0(DS)$		
		Für $c \geq 0{,}5 \cdot (a + b)$ ist $P_0(DE) \leq P_0(EL/EE)$		
4.8		$P_0\left(\frac{2}{2} DL\right) =$	$1 - 2 \cdot \left(\frac{M}{2}\right)^2 \cdot p_F^2 =$ $1 - 0{,}2 \cdot 10^{-22}$	$M = 450$ $= 2 \cdot \left(\frac{a+b}{2}\right)^2$

Fig. 5
Zuverlässigkeit (Betriebssicherheit) von Leitungsanordnungen
Die Fehlerwahrscheinlichkeit von 220-kV-Isolatoren in gelöschten Netzen mit einer mittleren Fehlerdauer von 0,1 Sekunden/Fehler ist $p_F = 1{,}4 \cdot 10^{-14}$

Anzahl der Isolatoren je Kette (Langstäbe)	1	2
Anzahl der Isolatoren je 100 km (ohne Doppelketten)	EL: 1200 DL: 2400	900 1800
Fehlerhäufigkeit [13] je 100 km Stromkreislänge	5,02	3,37
Fehlerhäufigkeit eines Isolators	$h_F = 4{,}2 \cdot 10^{-3}$	$h_F = 3{,}8 \cdot 10^{-3}$
Mittlere Fehlerdauer bei Erdschluss bzw. Erdkurzschluss [12]	100 Sekunden	0,1 Sekunde
Fehlerwahrscheinlichkeit eines Isolators	$p_F = 1{,}1 \cdot 10^{-11}$	$p_F = 1{,}4 \cdot 10^{-14}$

In Fig. 4 und 5 ist die Betriebszuverlässigkeit verschiedener Leitungsanordnungen zusammengestellt. Sie ist als Wahrscheinlichkeit ausgedrückt, während der Dauer von 1 Sekunde, einen Erdfehler an einem beliebigen Isolator der Leitung zu erfassen. Wegen der unterschiedlichen Fehlerdauer im gelöschten 110-kV-Netz und in einem 220-kV-Netz mit Sternpunkterdung ergeben sich Unterschiede in der Grössenordnung von 10^3. Alle Angaben beziehen sich auf die Zuverlässigkeit der Versorgung in Punkt B, bei einseitiger Speisung vom Punkt A aus.

Wir erkennen, dass

- die Betriebssicherheit mit steigender Leitungslänge abnimmt;
- bei Einfachleitungen ein Stichanschluss zur Versorgung von Punkt C die Zuverlässigkeit in B weniger beeinträchtigt als eine Einschleifung;
- die Zuverlässigkeit in C bei Einschleifung grösser ist als in B, während beide beim Stichanschluss gleich sind;
- durch eine Doppelleitung die Zuverlässigkeit stark verbessert wird;
- die Einschleifung eines Systems etwas bessere Zuverlässigkeit aufweist als ein Doppelstich;
- die Doppeleinschleifung nur bei kurzen Längen die Zuverlässigkeit erhöht;

– die Unterteilung der Leitung durch eine Sammelschiene (hier in Leitungsmitte) zur Erhöhung der Betriebssicherheit beiträgt (wobei die Verminderung der Zuverlässigkeit durch die Schaltanlage noch besonders berücksichtigt werden muss).

Man kann die gleichen Überlegungen anstellen zur Beantwortung der Frage, mit welcher Wahrscheinlichkeit Leitungsverbindungen während eines Jahres z. B. durch Isolatorbrüche gestört sind.

Es ergeben sich für die Beispiele nach Fig. 4 für die Betriebszuverlässigkeit unter Berücksichtigung des Kettenrisses folgende Werte für eine 100 km lange Leitung:

Anordnung nach Bild	P_0 (110 kV) %	P_0 (220 kV) EK %	DK %
4.1	95,5	91	99,999
4.2	93,25	86,5	99,998
4.3	91	82	99,998
4.4	99,8	99,6	99,9999
4.5	99,6	99,2	99,9999
4.6	99,55	99,1	99,9999
4.7	99,6	99,2	99,9999

Dabei ist die Bruchsicherheit eines Langstabisolators etwa 10^{-4}, d. h. 1 Bruch auf 10000 Isolatoren in einem Betriebsjahr. Bei Einfachketten muss die Zuverlässigkeit einer 220-kV-Leitung kleiner sein als die einer 110-kV-Leitung, weil jede Kette zwei in Reihe geschaltete Isolatoren besitzt. Deutlich zeigt sich die hohe Betriebssicherheit der Doppelkettenaufhängung mit einer Zuverlässigkeit der Kette von $1 - 10^{-8}$.

Schlussbetrachtung

In der vorliegenden Arbeit werden die Faktoren betrachtet, die Einfluss auf die Sicherstellung der Stromversorgung ausüben.

Über die Bereitstellung der Leistung durch Kraftwerks- und Netzbau liegen zahlreiche Veröffentlichungen vor, die sich mit der technischen-wirtschaftlich Optimierung beschäftigen.

Dagegen ist das Problem der Betriebssicherheit von Netzen im Schrifttum noch nicht ausreichend behandelt. An einigen Beispielen wird gezeigt, dass auch die Betriebssicherheit von Netzen und das Ausfallrisiko der Versorgung kalkulierbar ist. Die abgeleiteten einfachen Funktionen können dem Praktiker als Hilfsmittel für die Beurteilung und den Vergleich der Sicherheit in einzelnen Netzteilen dienen. Sie sind ausserdem notwendig für die Interpretation einer Störungs- und Schadensstatistik.

Literatur

[1] *G. M. Ott:* Die Analyse von Belastungskurven ein wichtiges Instrument für die betriebswirtschaftliche Forderung und Praxis. El. Wirtschaft 58(1959), S. 610...615, 636...642.

[2] Die Elektrizitätswirtschaft in der BRD im Jahre 1968. El. Wirtschaft 68(1969), S. 557, Bild 22.

[3] *H. Nissen:* Bestimmung der notwendigen installierten Leistung. El. Wirtschaft 69(1970), H. 20, S. 549...552.

[4] *H. Bauer* und *K. Theilsifje:* Planung optimaler Baufolgen von konventionellen Kraftwerken und Kernkraftwerken. Atom und Strom (1969), H. 2/3, S. 32...38.

[5] *K. Theilsifje* und *H. Wagner:* Digitale Berechnungsmethoden für optimale Reservehaltung im Verbundbetrieb. ETZ-A 89(1968), S. 397...402.

[6] *W. Eitz* und *K. Theilsifje:* Grosse Kraftwerkseinheiten, Argumente für und gegen den Einsatz. Atomwirtschaft-Atomtechnik 13(1968), S. 410...415.

[7] *G. Oplatka:* Wirtschaftlicher Ausbau eines Energieversorgungsnetzes BBC-Mitt. 56(1969), H. 4, S. 164...174.

[8] *H. H. Nissen:* Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung zur Bestimmung der Leistungsreserve und der Ausfalldauer der Belastung in Kraftwerken. El. Wirtschaft 53(1954), S. 625 und 711.

[9] *G. Abel* und *L. Höhne:* Kennziffern zur Untersuchung des Betriebsgeschehens in Netzen der öffentlichen Versorgung. El. Wirtschaft 66(1967), S. 650...654.

[10] *P. Ewelt:* Zur Bestimmung der Versorgungssicherheit von Stromverteilungsnetzen. El. Wirtschaft 68(1969), S. 292...298.

[11] *E. Kuhnert:* Die Betriebssicherheit elektr. Anlagen und ihre Bedeutung für die Beeinflussungstechnik. ETZ-A 91(1970), H. 5, S. 279...283.

[12] *E. Kuhnert:* Die Betriebssicherheit elektrischer Netze. El. Wirtschaft demnächst.

[13] VDEW-Störungs- und Schadensstatistik 1967. VWEW 1969.

Adresse des Autors:
Dr. E. *Kuhnert,* Geschäftsführer der Stromversorgung Osthannover GmbH, Sprengerstrasse 2, 31 Celle (Deutschland).

37. Diskussionsversammlung vom 19./20. Januar 1971 in Luzern

Probleme der Energieversorgung in ausgesprochen ländlichen Gebieten

Von *R. Dätwyler,* Luzern

Unter diesem Thema möchte ich zwei ausgewählte Fachgebiete zur Diskussion bringen.

1. Stangen-Transformatorenstationen ohne Hochspannungssicherungen;
2. Energieübertragung mit 1000 Volt.

Stangen-Transformatorenstation ohne Hochspannungssicherungen

Ein wesentliches Element der Energieversorgung in ländlichen Netzen ist die sogenannte Stangen- oder Masten-Transformatorenstation. Die konstruktive Ausführung und Detailausrüstung dieser Station ist von Werk zu Werk verschieden. So variieren auch die Anlagekosten pro Transformatorenstation zwischen Fr. 6000.— und Fr. 20000.—, d.h. es kann eine 1-Stangen-Transformatorenstation einfachster Ausführung oder eine grosszügig ausgerüstete Betonmasten-Transformatorenstation sein.

An unserem 12-kV-Mittelspannungsnetz sind heute 800 Stangen-Transformatorenstationen angeschlossen. Jährlich kommen ca. 50 weitere Stangen-Transformatorenstationen neu hinzu. Es ist daher sicher verständlich, dass wir bei dieser Vielzahl von Stangen-Transformatorenstationen auf eine preisgünstige Bauart grossen Wert legen. Diese besteht im wesentlichen aus (Fig. 1):

– Holzstangen auf Betonsockel;
– HS-Ableiter;

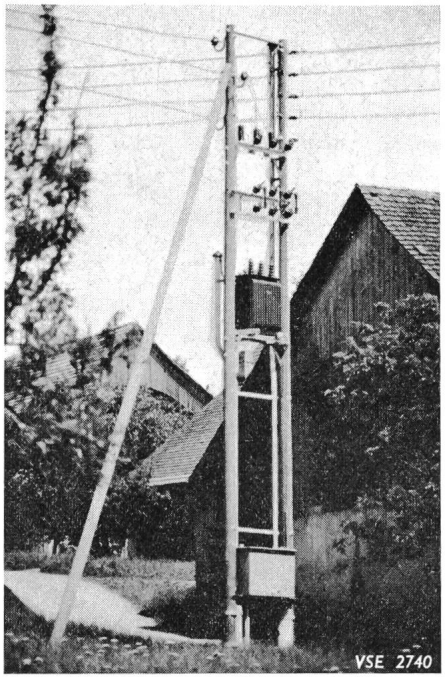


Fig. 1

- offenes Sicherungsrohr mit Silberdraht;
- Trafo;
- Sicherungskasten aus Polyester mit Niederspannungs-Hochleistungs-Sicherungspatronen für drei Abgänge (auch für 1...2 Kabelabgänge geeignet);
- keine festmontierte Leiter;
- kein Bedienungspodest.

Die Transformatorenstationen werden von unserem Personal und in abgelegenen, schwer zugänglichen Gebieten auch von instruierten Anlagewärtern bedient und betreut. Es stellt sich nun die Frage, wie und mit welchen Mitteln man die Hochspannungssicherungen einer Stangen-Transformatorenstation ersetzt.

Dass dies nicht gefahrlos ist, zeigen Unfälle, die beim Besteigen mit Steigeisen, Anstelleiter oder mit festmontierter Leiter auf ein Podest entstehen.

Voraussetzung für alle diese Bedienungsarten ist selbstverständlich, dass vorher ein vor der Transformatorenstation eingebauter Freileitungsschalter geöffnet wird.

Die Praxis zeigt, dass jede Art des Besteigens einer Stangen-Transformatorenstation, auch bei Berücksichtigung von bestehenden Vorschriften für die Prüfung der Spannungslosigkeit und Erdung der Anlagen, mit Gefahren verbunden ist. Dabei ist zu bedenken, dass der Aufstieg auch nachts unter ungünstigen Bedingungen und mit behinderndem Material (Ersatzpatronen, eventuell Spannungsprüfer und Erdungsvorrichtungen) nötig sein kann.

Muss nun aber die Spannungslosigkeit eingangs der Hochspannungssicherung geprüft und die Anlage geerdet werden, so treten neue Gefahrenmomente auf. So genügt z. B. ein vor dem Transformator und den Sicherungen montiertes Bedienungspodest bezüglich der Sicherheitsabstände nicht. Gemäss Art. 56 der Eidg. Starkstromverordnung sollte zwischen dem Schutzgeländer und den Sicherungen ein Sicherheitsabstand von ca. 140 cm vorhanden sein. Streng genommen müssten die Spannungsprobe und die Erdung von der Leiter oder der Holzstange aus vorgenommen werden. Die praktische Durchführung dieser Massnahmen ist schwierig und mit erheblichen Gefahren verbunden.

Es zeigt sich offensichtlich, dass bei der Bedienung von Stangen-Transformatorenstationen gewisse Unfallrisiken nicht auszuschliessen sind. Um diese Risiken zu reduzieren, müsste man die Stationen mit Aufbauten und Vorrichtungen versehen, die dermassen Kosten verursachen, dass vorteilhafter Kabinen- oder Gebäude-Transformatorenstationen erstellt würden. Dies ist wiederum nicht mit dem Begriff «wirtschaftlicher Anlagebau» vereinbar.

Aufgrund dieser Gegebenheiten möchte ich nun die Anregung von Herrn Fonjallaz der Compagnie Vaudoise d'Electricité (CVE) zur Diskussion bringen. Man hat sich nämlich gefragt, ob im Gegensatz zu Art. 64.1 der Eidg. Starkstromverordnung (jeder Transformator ist auf der Hochspannungsseite entweder durch Sicherungen oder Schalter mit Relais gegen Überlast und Kurzschluss zu schützen) ein Verzicht auf die Hochspannungspatronen vor dem Trafo eine Beeinträchtigung der Betriebssicherheit und der Dienstleistung in der Energieversorgung zur Folge hätte (Fig. 2 und 3).

Durch das Weglassen der Hochspannungssicherungen ergeben sich folgende Vorteile:

- erhebliche Unfallverminderung, da ein Besteigen der Stangen-Transformatorenstationen für den Ersatz von Hochspannungs-Sicherungspatronen entfällt;
- keine Aufstiegsleitern, keine Bedienungspodeste, d. h. mit dem Weglassen von Hochspannungssicherungen (und Reservepatronen) können in Fällen, wo solche Ausrüstungen bis anhin angebracht wurden, Kosten in der Grössenordnung von Fr. 2000.— pro Transformatorenstation eingespart werden;
- Verminderung unerwünschter Stromunterbrüche, da in vielen Fällen ohne Trafodefekt Sicherungspatronen durchschmelzen. Die Störungsstatistik der CVE zeigt, dass bei einem Bestand von 450 Stangen-Transformatorenstationen in den Jahren 1968, 69 und 70 53 Störungen auftraten und dabei 68 Hochspannungs-Sicherungspatronen ersetzt werden

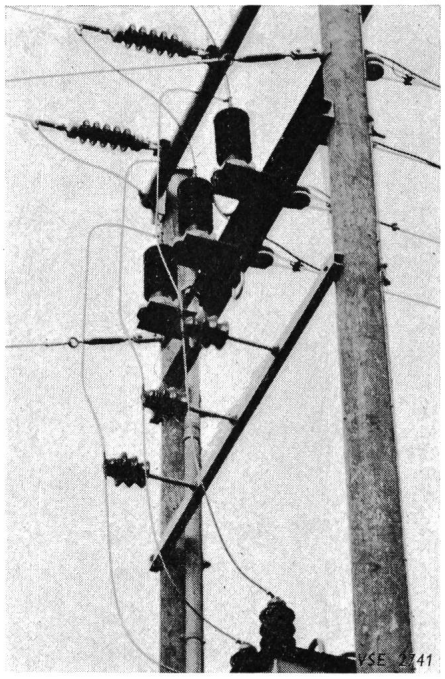


Fig. 2

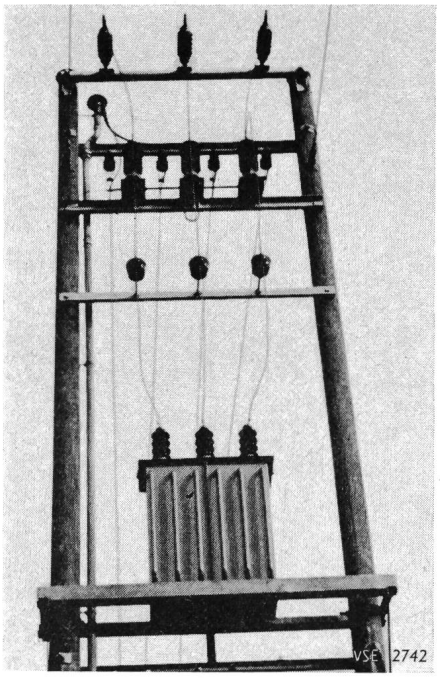


Fig. 3

mussten. Nur in einem Fall (2 %) war der Transformator beschädigt.

Als Nachteile für Transformatorenstationen ohne Hochspannungssicherungen können aufgeführt werden:

- Bei einem Transformatorendefekt werden bis zur Auffindung des Fehlers je nach Netzgrösse und vorhandener Schutz- und Schalterorgane mehrere Stationen durch Stromunterbrüche betroffen.
- Sofern ein Fehler im Transformator eintritt, wird dieser durch die mehrmalige automatische und manuelle Wiedereinschaltung grösseren Schaden erleiden.
- Tritt ein Kurzschluss auf der Niederspannungsseite eines Transformators mit niedriger Leistung ein, so ist der Kurzschluss-Strom unter Umständen zu gering, um die Schutzrelais in der Unterstation zum Ansprechen zu bringen. Als Folgeerscheinung ist nebst einem Netzunterbruch auch mit einer Beschädigung des Transformators zu rechnen.

Vorstehenden Beispielen kann immerhin folgendes entgegengehalten werden:

- Bei Fehlern und Defekten an Leitungen, Schaltern, Isolatoren und Überspannungsableitern im Mittelspannungsnetz muss der Fehlerort ebenfalls zuerst gesucht werden.
- Störungsstatistiken zeigen, dass Trafodefekte bei Vorhandensein von Überspannungsableitern im Verhältnis zu anderen Störungen selten sind (siehe die erwähnte Statistik der CVE).
- Transformatorenstationen stehen meistens in der Nähe bewohnter Gebiete, so dass die Anwohner allfällige Feuererscheinungen und Rauchentwicklungen unserer Pikett-Dienststelle melden.
- In verschiedenen ausländischen Netzen, z.B. in Frankreich und den USA, sind Masten-Transformatorenstationen *ohne* Hochspannungssicherungen in Betrieb.

Um sich ein Bild von den Folgen der Weglassung von Hochspannungspatronen vor Transformatoren machen zu können, hat die CVE seit Frühjahr 1970 32 solche Stangen-Transformatorenstationen in vier klimatisch und geologisch verschiedenen Zonen aufgestellt.

Bis heute ist in diesen Stationen kein Trafodefekt eingetreten. Dazu ist zu bemerken, dass ein Blitzeinschlag in das Niederspannungsnetz einer solchen Transformatorenstation den eingebauten Niederspannungsschalter beschädigte. Durch die Schnellwiedereinschaltung (Unterbruch 0,3 Sek.) in der Unterstation konnte der Kurzschluss-Strom unterbrochen und der Betrieb des Netzes aufrechterhalten werden.

Die CVE hat also bis heute keine Beeinträchtigung der Betriebssicherheit in der Energieversorgung bei solchen Anlagen feststellen können.

Schlussfolgerung

Diese Versuchsstationen der CVE stehen heute im Widerspruch zu Art. 64.1 der Eidg. Starkstromverordnung. Anderseits sollten unsere Ausführungen zeigen, dass die gegenwärtige Lösung des Auswechselns von Hochspannungspatronen auf Stangen-Transformatorenstationen bezüglich der Unfallgefahren unbefriedigend ist. Mit dem Weglassen der Sicherungspatronen ist diese Unfallgefahr eliminiert. Zudem können Anlagekosten eingespart werden. Diese Lösung sollte bei einer Revision der Eidg. Starkstromverordnung berücksichtigt werden.

Energieübertragung mit 1000 V

Die Energieübertragung in ländlichen Versorgungsgebieten erfolgt zum weitaus grössten Teil über Niederspannungs-Freileitungen. Als zweckmässiges Übertragungsmittel vermochten sie bis vor Jahren den betrieblichen Anforderungen zu genügen. Bei der Übertragung der heutigen Belastungsspitzen verursachen die Freileitungen wegen ihrer Impedanz Spannungsverluste, die den doppelten bis dreifachen Betrag des zulässigen Wertes von etwa 5 % ausmachen. Unter diesen Voraussetzungen ist der Betrieb maschineller Einrichtungen in hohem Masse in Frage gestellt; Reklamationen über schlechte Spannungsverhältnisse bzw. über «schlechten Strom» sind die Folgen, und es gilt nun, so oder so für Abhilfe zu sorgen.

Solche Situationen gehören in den erwähnten Versorgungsgebieten, infolge der rapiden Erhöhung der Anschlusswerte, leider nicht zu den Seltenheiten. Wir bemühen uns schon seit Jahren, durch Netzsanierungen, d.h. durch den Einbau weiterer Transformatorenstationen und die Verkürzung der Niederspannungsstränge, bessere Übertragungsverhältnisse zu schaffen. Dass solche Massnahmen jeweils ganz erhebliche finanzielle Aufwendungen erfordern, mag unser ausgewähltes Beispiel unseres Netzes «Hornbüel» zeigen, dessen Sanierung in der herkömmlichen Art und Weise auf über Fr. 150000.— zu stehen käme (Fig. 4 und 5).

Im nachfolgenden soll nun ein anderer, wenn auch nicht ganz neuer Weg zur Verbesserung der Spannungsverhältnisse aufgezeigt werden. Im Prinzip handelt es sich darum, längere, von der Station weg in abgelegene Gebiete führende Niederspannungs-Freileitungen statt mit 380 Volt mit 1000 Volt zu betreiben und die Spannung nahe am Verbraucherort wieder auf 220/380 Volt Normalspannung zu transformieren. Auf diese Weise lassen sich Leistungen in Grössenordnung von 15...25 kW mit den gleichen Leiterquerschnitten und unter gleichen Bedingungen (Spannungsverlust 5 %) auf rund siebenmal grössere Distanzen transportieren (Fig. 6).

Zwei Varianten der 1000-Volt-Übertragung möchte ich den Problemen der Energieverteilung mit 1000 Volt in einem in sich abgeschlossenen Verteilnetz voranstellen. Bei Variante 1

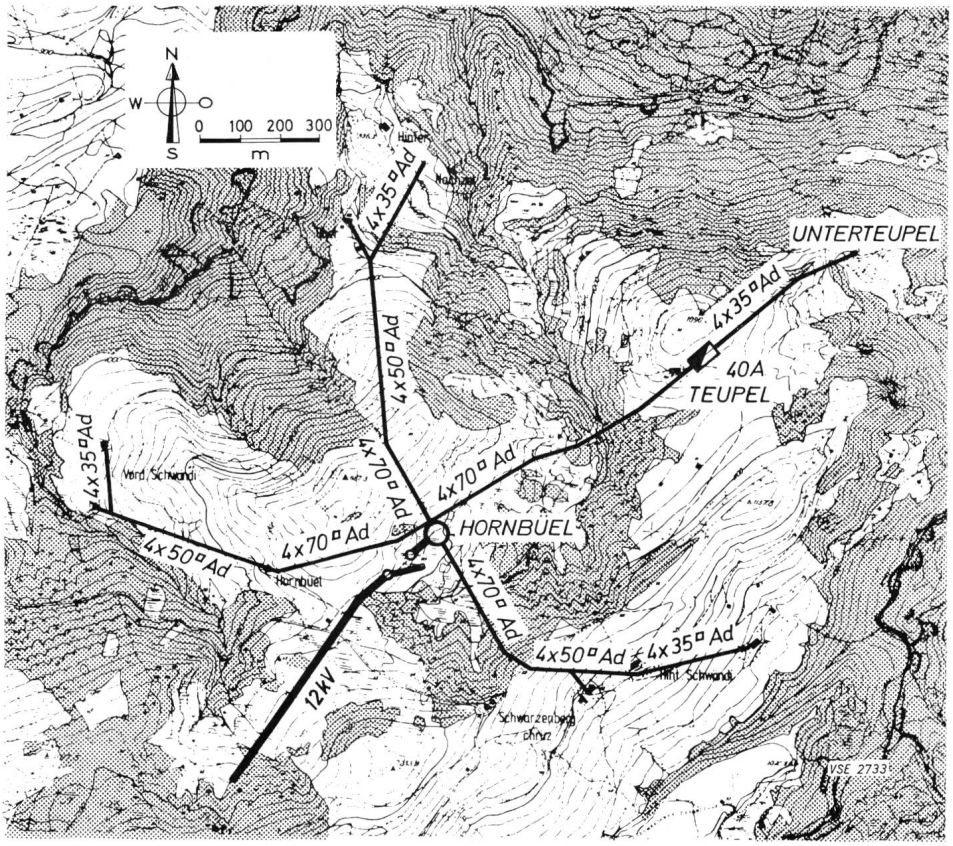


Fig. 4

(Fig. 7) handelt es sich um eine Auf-Ab-Transformierung ab einer bestehenden Niederspannungsleitung für einen einzelnen Strang, mit dem es eine verhältnismässig grosse Übertragungsdistanz zu überbrücken gilt. Diese Methode haben wir bereits mit recht gutem Erfolg in die Praxis umgesetzt. Variante 2 mit einem Dreiwicklungs-Transformator (Fig. 8) wäre denkbar für Transformatorenstationen, in deren unmittelbaren Bereich sowohl die Normalspannung für das örtliche Netz als auch die

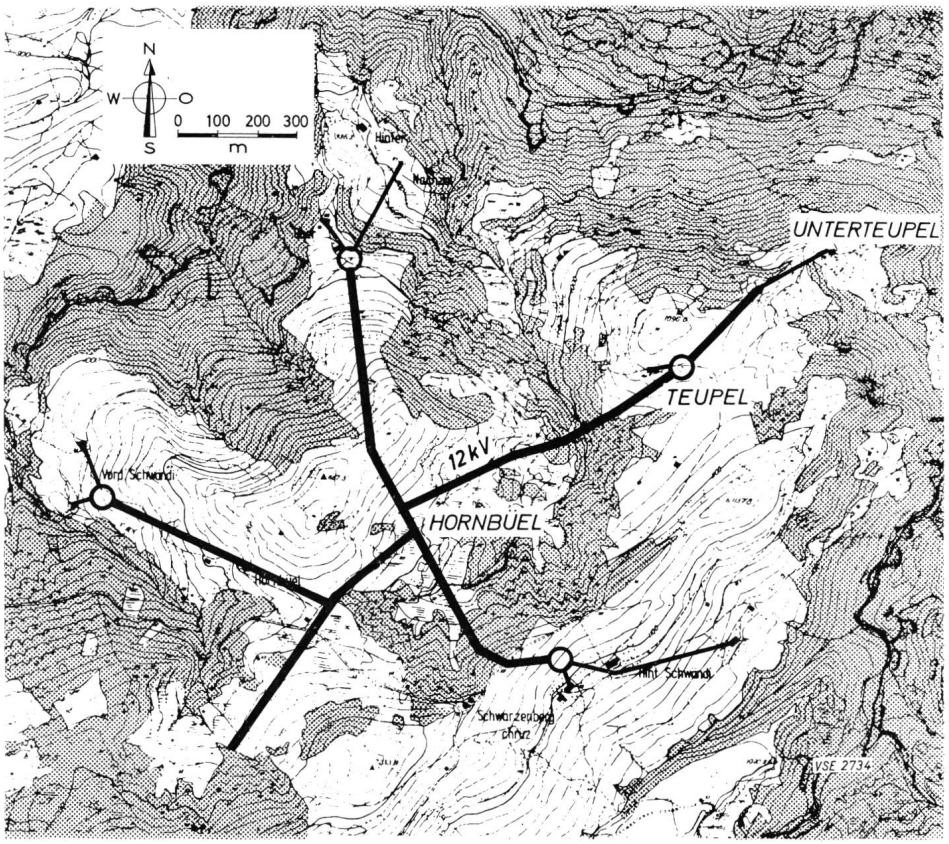


Fig. 5

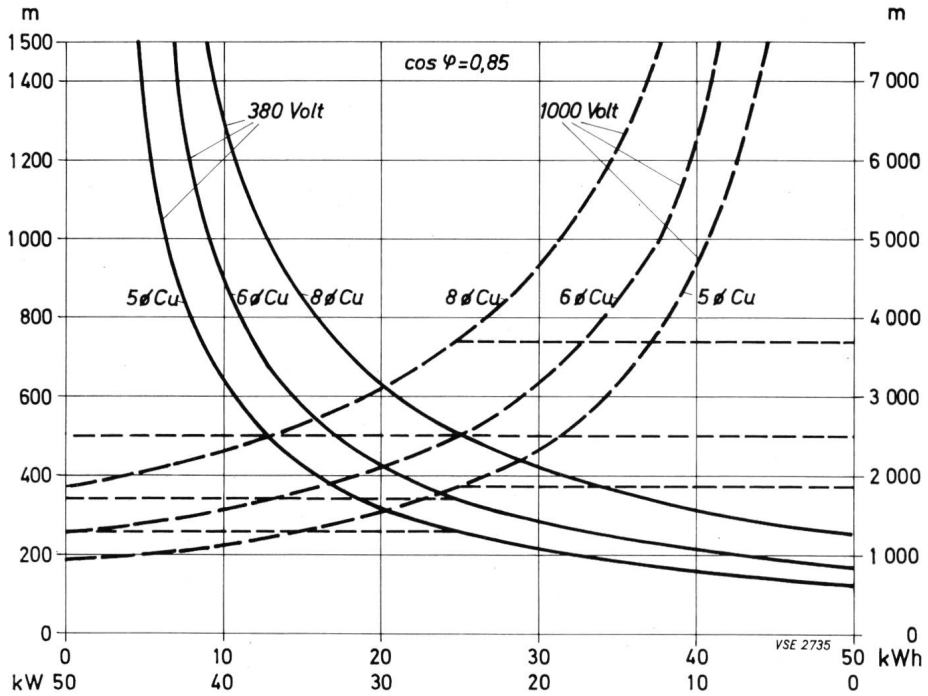


Fig. 6

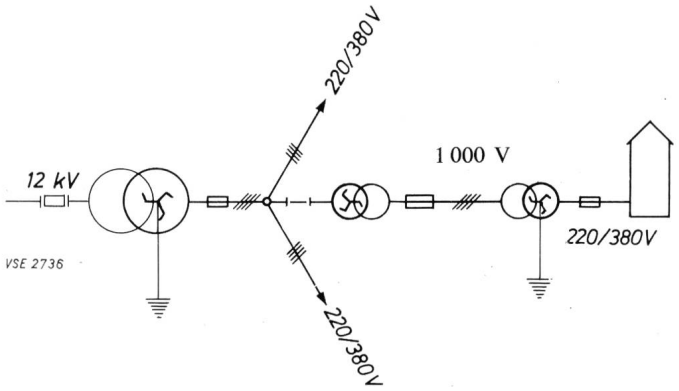


Fig. 7

1000-Volt-Spannung für Energieübertragungen auf grössere Distanzen zur Verfügung stehen sollten. Die dritte Variante (Fig. 9) mit einer Haupttransformation von Hochspannung auf 1000 Volt und mehreren Untertransformationen ist mehr für ganze in sich abgeschlossene Verteilnetze reserviert.

Versuchen wir nun, unser Standard-Netz «Hornbüel» nach der letztgenannten Methode auf 1000 Volt umzubauen. Eine Stangentransformatorenstation versorgt hier über Niederspannungsfreileitungen mit abgestuften Querschnitten kleinere Siedlungen und abgelegene Einzelgehöfte (Fig. 10). Die Schwerpunkte der Belastungen befinden sich auf dem letzten Drittel oder am Ende der bis zu 1,3 km langen Freileitungs-Stränge.

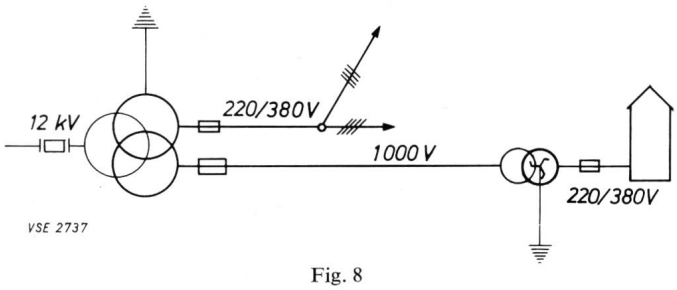


Fig. 8

Es muss vorerst allgemein gesagt sein, dass solche Netz-Umbauten an Aktualität nur dann gewinnen, wenn sie mit einem möglichst minimalen Aufwand an technischen und finanziellen Mitteln bewerkstelligt werden können. Wir haben deshalb einige wesentliche Punkte der 1000-Volt-Übertragung, vor allem jene, welche die Starkstromverordnung tangieren, mit den Herren Oberingenieur Homberger und Schorro vom Eidg. Starkstrominspektorat abgesprochen. Wir möchten diesen Herren nochmals für ihr Verständnis und die bereitwillige Auskunftserteilung bestens danken.

Unsere Stangen-Transformatorenstationen sind mit dem üblichen Hochspannungsmaterial und mit Steigleitungen aus

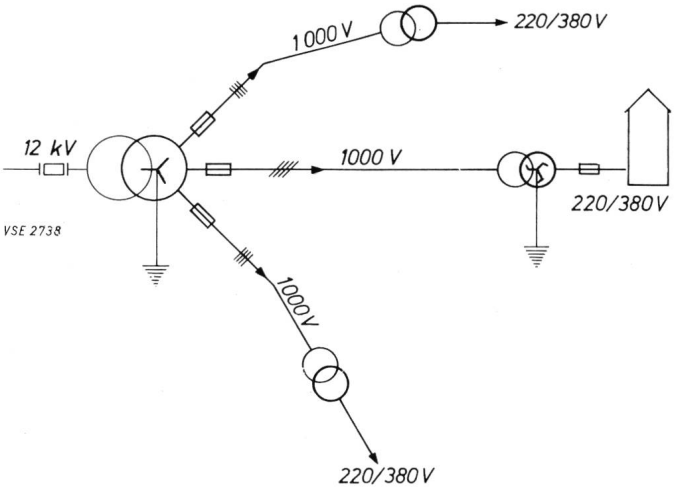


Fig. 9

Tvw-Leitern und Strangsicherungen mit Untersätzen für NHS-Patronen ausgerüstet. Alle diese für 4 kV geprüften Materialien samt der vorhandenen Schutz- und Sondererde könnten im Prinzip belassen werden. Lediglich der Transformator wäre durch einen Spezialtyp von Hochspannung auf 1000 Volt zu ersetzen. Nur bei den für 500 Volt gebauten Schmelzeinsätzen (NHS-Patronen) sind momentan einige Bedenken anzumel-

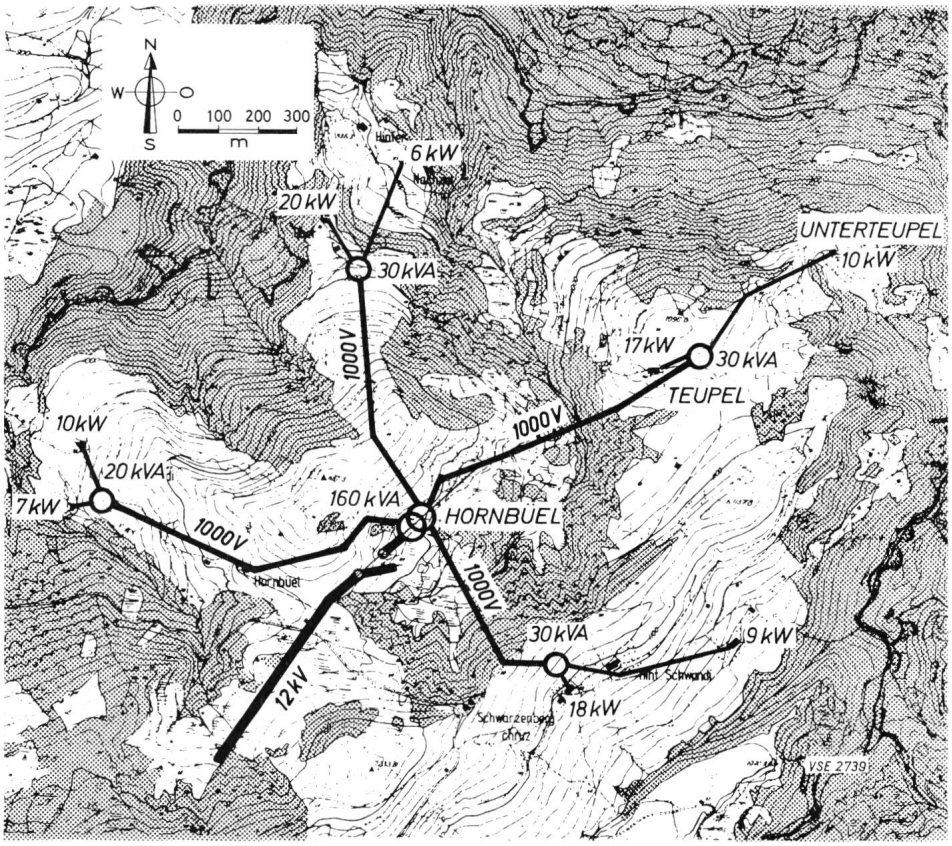


Fig. 10

den, weil auch auf den nachfolgenden, mit 1000 Volt betriebenen Niederspannungsfreileitungen die Nullungsbedingungen erfüllt sein müssen. Das einwandfreie Ansprechen dieser Einsätze bei wiederkehrenden Spannungen bis zu 1000 Volt müsste vorerst durch Versuche ermittelt werden. Andernfalls wären die Patronen durch Typen entsprechend höherer Nennspannung zu ersetzen.

Die bestehenden Niederspannungsfreileitungen ergeben an und für sich keine Probleme. Sie lassen sich ohne weiteres mit der höheren Spannung betreiben. In bestehenden Anlagen, d.h. Vierleiternetzen, scheint es uns zweckmässig, den vorhandenen Netznulleiter als Ausgleichs- und Nullungsleiter für das 1000-Volt-System durchzuverbinden.

Bei den örtlichen Transformationsstellen 1000 auf 380 Volt, nahe den Verbraucherzentren, wäre ebenfalls darauf zu achten, dass sie mit möglichst einfachen Mitteln erstellt werden können. Ein Transformator entsprechender Leistung, auf einer Stange montiert, mit einer Systemnullpunktserde versehen und mit Sicherungen zum Schutz der abgehenden 380-Volt-Leitungen ausgerüstet, sollte nach unserer Auffassung den gesetzlichen und betrieblichen Anforderungen genügen.

Kehren wir wieder zu unserem Beispiel «Hornbüel», das wir inzwischen wenigstens auf dem Papier auf 1000 Volt umgebaut haben, zurück. Unter den angenommenen Belastungen und den installierten Transformatorenleistungen ergeben sich bei allen Verbraucherstellen, selbst in Unter-Teupel, am Ende des 470 m langen 380-Volt-Stranges, Spannungen, die nur wenige Prozent unter der Nennspannung liegen.

Wir haben alsdann versucht, den Nachweis der Erfüllung der Nullungsbedingungen, und zwar sowohl für die abgehenden 220/380-Volt-Leitungen als auch für die 1000-Volt-Übertragungsleitungen zu erbringen. Ein nach zwei verschiedenen Verfahren durchgerechnetes Beispiel für den längsten Strang Hornbüel–Teupel–Unter-Teupel ergab einphasige Kurzschluss-Ströme, die die vorgeschalteten Sicherungen unter den üblichen Bedingungen ohne weiteres zum Ansprechen bringen. Nach der ersten klassischen Methode wurden die Kurzschluss-Ströme aus den Mit-, Gegen- und Nullimpedanzen des ganzen Stromkreises bis zurück zur speisenden Unterstation Schüpfheim ermittelt und beim zweiten Verfahren die bei uns übliche Berechnung für genullte Verteilnetze angewandt.

Es zeigte sich, dass man auch für solche Netze das hergebrachte Verfahren ohne weiteres anwenden kann und damit eher auf der sicheren Seite liegt.

Für den Ausbau des Verteilnetzes wie es im Bild vorliegt, müsste mit einem Kostenaufwand von ca. Fr. 40000.— gerechnet werden, das heisst also eine Verbilligung von Fr. 110000,— gegenüber der herkömmlichen Verstärkungs-Methode.

Ohne auf eine Patentlösung zu typen, darf unseren Untersuchungen zusammenfassend doch entnommen werden, dass es sich bei ähnlichen Fällen lohnt, eine Energieübertragung mit 1000 Volt näher ins Auge zu fassen.

Adresse des Autors:
R. Dätwyler, Vizedirektor der Centralschweizerischen Kraftwerke, 6002 Luzern.

Redaktion der «Seiten des VSE»: Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Bahnhofplatz 3, Zürich 1; Postadresse: Postfach 8023 Zürich; Telephon (051) 27 51 91; Postcheckkonto 80–4355; Telegrammadresse: Electrunion Zürich.
Redaktor: Dr. *E. Bucher*
Sonderabdrucke dieser Seiten können beim Sekretariat des VSE einzeln und im Abonnement bezogen werden.

Schweissen für hohe Ansprüche

sécheron

S. A. des Ateliers de Sécheron
Division Soudure 1196 Gland
✆ 022 64 13 81 TX 22 439
Vertretung MIKROPLASMA für die Schweiz: MAX C. MEISTER,
Löwenstrasse 25, 8021 Zürich, Tel. 051 27 03 92

S 144 d R.Benguerel

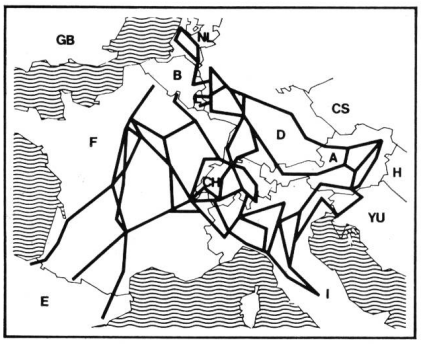
Landis & Gyr ist in 75 Jahren ein internationaler Konzern geworden. Wir verdanken das unseren Mitarbeitern, unseren Kunden, unseren Lieferanten, unseren Kapitalgebern – und ein wenig auch unserem unternehmerischen Denken. Grund genug, einmal über Dinge zu sprechen, die vielleicht auch Sie interessieren.

Wir haben Kunden in ganz Europa und fast auf der ganzen Welt. Nur wissen es die wenigsten.

Das stört uns allerdings nicht – so lange diese Kunden unsere Erzeugnisse so selbstverständlich benützen.

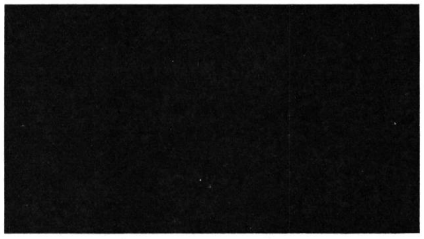
Sie kommen in Ihr Zimmer und knipsen das Licht an. Schon arbeitet ein Landis & Gyr-Produkt. Dabei machen wir weder Elektrizität noch Steckdosen noch Glühlampen.

Aber wir sind im Bereich der Informationsübermittlung in und zwischen Kraftwerken tätig. Vielleicht stammt der Strom, der jetzt in Ihrer Leitung fliesst, aus einem anderen europäischen Land. Hinter den Kulissen haben wir einen Beitrag dazu geleistet. Fernwirktechnik nennt sich das.



Dank dem europäischen Elektrizitätsverbundnetz kann man Strom von Italien nach Holland, von Spanien bis nach Jugoslawien schalten.

Übrigens: Strom liefert schon ein Beispiel eines zukünftigen Europas: er ist zollfrei. Aber er muss trotzdem gemessen und verrechnet werden. Und das ist eine unserer Spezialitäten. Schauen Sie einmal das schwarze Kästchen (den Elektrizitätszähler) in Ihrem Keller oder im Hausflur an, wahrscheinlich stammt es von uns. Wir stellen jedes Jahr weit über eine Million Stück her.



New York, am 9. November 1965, abends: ein Blackout ist nichts Schönes.

Wenn in Rotterdam die Strassenbahnschienen gefrieren, schaltet die Schienenheizanlage automatisch ein. In Lugano können mit einem einzigen Knopfdruck alle Lichter ausgelöscht werden. Wenn in Hamburg die Hausfrauen ihre Schnitzel zu braten beginnen, können elektrische Raumheizungen für eine Weile abgeschaltet werden: Europäische Elektrizitätswerk-Philosophie besteht darin, dass man Spitzen im Stromkreis auszugleichen versucht. Ein Blackout – Sie erinnern sich an die Schlagzeilen, die New York damals machte? – ist nichts Schönes.

In Frankreich sind Sicherungen, bei denen nicht ein Faden durchbrennt, sondern ein Schalter kippt, recht beliebt. Das gleiche Gerät schützt den Strombenützer vor einem «elektrischen Schlag»: Das Arbeitsgebiet unseres Produktebereiches «Protection».

Wenn die Dame in der Hotel-Telephonzentrale den Preis Ihres Ferngespräches notiert, liest sie ihn möglicherweise von einem Sodeco-Télétaxe ab. Für unbediente Zentralen liefern wir einen Drucker, der die Preise schwarz auf weiss meldet.

Oder auch ein Gerät, das zu Hause die Taxe für jedes einzelne Gespräch – auch für die teuren internationalen Ferngespräche – anzeigt.

In der Schweiz und auch anderswo in Europa gibt es Automaten, aus denen Sie gegen Einwurf von Hartgeld Fahrkarten kaufen können. Und Ihr Wechselgeld zurückerhalten. Die bauen wir.

In Österreich haben wir jetzt die ersten öffentlichen vollelektronischen Telephonautomaten installiert. Sie schlucken Hartgeld und werfen zum Schluss des Gespräches automatisch den nicht verbrauchten Restbetrag aus.

Ob es draussen warm oder kalt ist – Sie sollen sich zu Hause oder im Geschäft jederzeit wohl fühlen.

Landis & Gyr-Regelgeräte für die Heizungs- und Klimatechnik sorgen überall für den richtigen Heizkomfort. Automatisch.

Wattefabrikanten haben das Problem, dass der Wattestrang immer gleich dick aus den Fabrikationsanlagen in die Pakete gelangen muss. Mit dem Massstab können sie das nicht messen, mit einer Waage auch nicht, aber mit industrieller Prozesssteuerung. Berührungslos. Das ist eines unserer jüngsten Tätigkeitsgebiete.

Und wenn Sie in die Eingeweide Ihrer Waschmaschine schauen könnten, fänden Sie wohl einen unserer Kleinstmotoren am Werk, der das kombinierte Waschprogramm in Bewegung setzt.

Anlagen von uns alarmieren die Polizei, die Feuerwehr. Wenn es Abend wird, schalten wir Strassenbeleuchtungen ein. Wenn mehr Strom benötigt wird, öffnen wir die Schieber der Wasserstollen.

Zählen, Messen, Steuern, Regeln – rund um die Erde braucht man das. Und wir liefern die Technik und die Geräte dazu. Rund um die Erde.

14000 Mitarbeiter, über 500 Millionen Franken Umsatz, Hauptsitz in Zug (Schweiz); Gesellschaften in der Schweiz, Deutschland, Frankreich, Grossbritannien, Italien, Schweden, Spanien, Holland, Österreich, Belgien, Griechenland, USA, Kanada und Australien; Lizenznehmer in Schweden, Portugal, Japan und in der Türkei; Vertretungen in über 90 Ländern. Landis & Gyr: ein internationales Unternehmen.

LANDIS & GYR

Landis & Gyr AG, Gubelstrasse, 6301 Zug
SODECO, rue du Grand-Pré 70, 1211 Genève
SAIA AG, 3280 Murten

GGK