

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 62 (1971)
Heft: 12

Rubrik: Energie-Erzeugung und Verteilung : die Seiten des VSE

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: 23.02.2026

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

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

Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit beim Bau von Mittelspannungsanlagen

Von V. Huber, Zürich

Der Sinn meines Vortrages liegt darin, Ihnen Hinweise auf Faktoren zu geben, welche Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit elektrischer Mittelspannungsnetze in der einen oder andern Richtung beeinflussen. Dass dabei nicht ein unanfechtbares, eindeutiges Resultat herauskommen wird, liegt an den verschiedenen Sprachen, welche die Betriebsleute über Sicherheit sprechen. Von der Liederlichkeit bis zum Perfektionismus sind alle Schattierungen bekannt. Erwarten Sie von mir nicht eine Rezeptsammlung, wie die Netze zu bauen sind. Das Übertragen meiner Angaben auf die Bedürfnisse Ihres Werkes muss ich Ihnen überlassen.

Absolute Sicherheit elektrischer Versorgungsnetze gibt es nicht. Auch wenn wir alle Anlagen von der Produktionsstelle bis zum Verbraucher doppelt erstellen, auf der einen die Energie übertragen, die andere zur Kontrolle unter Spannung halten, kann beim Ausfall der ersten die zweite, wenn sie Energie übertragen muss, eine schlechte Verbindungsstelle aufweisen, welche dem Strom nur kurze Zeit standhält. Hier haben wir beiläufig eine wichtige Forderung der Betriebssicherheit gestreift. Anlagen, die als Reserve oder Notspeisung gedacht sind, müssen unter Spannung stehen, damit Fehler nicht erst erkannt werden, wenn der dringende Einsatz eintritt.

Wo es um Leben oder Tod geht, ist keine mögliche Massnahme überflüssig oder zu kostspielig. Diese Bemerkung hat in zweifacher Sicht ihre Berechtigung. Lebensgefährdend kann der elektrische Strom sein, wenn man meint, er sei da und es nicht ist; ferner wenn man glaubt, die Spannung sei nicht mehr da und sie es doch noch ist. Einerseits ertragen Operationsräume und einige andere klinische Einrichtungen keine oder nur sehr kurze Unterbrüche; auch in Flugsicherungsanlagen sind die Anforderungen mindestens so streng. Die Abhilfemassnahmen mit den unterbruchlos einsetzenden Notstromanlagen bedürfen keiner Erläuterung.

Als zweite Sparte der Lebensgefährdung durch elektrische Anlagen kennen wir deren Bedienung. Mit Massnahmen zur Erhöhung der Bedienungssicherheit erhandeln wir gelegentlich ein ungutes Wort der Krediterteiler, befreien uns aber von moralischer Schuld bei Unfällen. Was länger und vor allem schwerer belastet, muss ich Ihnen nicht erläutern.

Anlagenbauer, Energiewirtschaftler und Finanzstrategen sprechen gerne vom idealen Netz. Abgesehen von der Möglichkeit, den oft strapazierten Begriff «ideal» bei elektrischen Netzen leicht ins Wanken bringen zu können, wird uns in der Zukunft weniger das Danebengehen von Projekten, als vielmehr die Tatsache Sorgen bereiten, überhaupt noch Leitungen bauen zu können. Da ich nicht direkt mit dem Bau von An-

lagen beschäftigt bin, ist mein Urteil in dieser Sache weder von besonderer Leidenschaft noch von persönlichem Interesse geprägt. Was den Erstellern von elektrischen Anlagen beim Erwerb von Durchleitungsrechten oder Grundstücken wartet, wird alles Bisherige weit übertreffen. Kaum ist irgendwo der Bau einer Leitung ruchbar geworden, regen sich schon die ersten Gegner.

Gelegentlich treten sie geschlossen auf und verlangen Unsinniges. Wer will schon ein Hochspannungskabel quer durch unüberbautes Land verlegen und behaupten, er hätte eine sichere Trasse gewählt. Die geschätzten Grundeigentümer erfassen nicht, dass eine leicht anpassbare Freileitung die wesentlich geringere Belastung bedeutet, als ein im Grundbuch eingetragenes Kabel. Wir sind uns gewohnt, jahrelang mit Behörden und Grundeigentümern Seil zu ziehen, um ausserhalb jeglicher Wohnzone ein Unterwerk bauen zu können. Erwiesenermassen handelt es sich hierbei um einen Versorgungsbetrieb, der nicht durch besondere Immissionen auffällt und sich sogar recht gut in das Landschaftsbild einfügen lässt.

Was erreicht man mit raffinierten und ausgedehnten Maschennetzberechnungen, exakten Schwerpunktsbestimmungen, wenn sich die Anlagen wegen den erwähnten Schwierigkeiten nicht erstellen lassen. Umwege, teurere Bauart und verschobene Standorte können die Wirtschaftlichkeit arg in Frage stellen. Jedenfalls hat man vom «idealen Netzbau» abweichen müssen.

Diesen Gesichtspunkt müssen Sie nicht ausser acht lassen, wenn die Wirtschaftlichkeit von elektrischen Anlagen geprüft werden soll.

Eine Anlage erfüllt dann die wirtschaftlichen Anforderungen, wenn sie die Energie mit den niedrigsten Kosten dahin überträgt, wo sie benötigt wird, wenig Unterhalt erfordert und über Jahrzehnte auch die erwartete Belastungszunahme aufnehmen kann.

Den niedrigsten Kosten beim Anlagenbau stehen entgegen:

- die Bedingungen der Betriebsführung und -sicherheit
- die Kurzschluss- und mechanische Festigkeit
- der Überspannungsschutz
- die Reservehaltung
- die gesetzlichen Bedingungen der Starkstromverordnung

Unsere nachfolgenden Betrachtungen über preiswerten und sicheren Anlagenbau erfolgen unter der Voraussetzung, dass die Probleme von Unfallverhütung bereits berücksichtigt und Fragen der unterbruchlosen Speisung besonderer Abnehmer, wie Spitäler, nicht eingeschlossen sind.

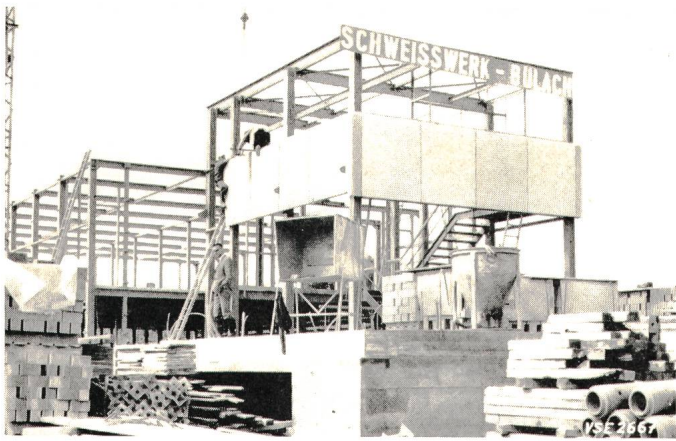


Fig. 1
Vorfabrikation beim Unterwerkbau

Beginnen wir beim *Unterwerk*, der Übergangsstelle von Hoch- zu Mittelspannung. Als Zweckbau ohne Firlefanz erstellt unter Anwendung von mindestens teilweiser Vorfabrikation des Gebäudes kennt man bereits einige ansprechende Lösungen, welche gegenüber der individuellen Konstruktion die Bauzeit verkürzen und, sofern man sich an eine Normausführung halten kann, die Planvorbereitungen erheblich erleichtern (Fig. 1).

Die Raumkosten betragen nach einer soeben abgerechneten EKZ-Anlage, Baukostenindex von 325,4, für das Schaltheis Fr. 155.—/m³ und für das Dienstgebäude Fr. 190.—/m³. Die Kostensenkung gegenüber einer Normalbauweise ist leider nicht erheblich und wegen andauernd fließendem Baukostenindex schwer nachzuweisen. Dass man Steuerung und Bedienung von Unterwerken auf einige wenige Zentren zusammenfasst, erachte ich nicht als Spielerei. Einmal vermindert man dabei das schwer erhältliche Bedienungspersonal und den Aufwand mit den unumgänglichen Dienstwohnungen, schafft sich viele Sorgen wegen häuslichen Differenzen vom Hals und hat ferner eher Gewähr, dass durch die Konzentration der Aufgaben in Störungsfällen richtig reagiert wird.



Fig. 2
Wirkung eines Kurzschlusses ohne Sammelschienenschutz

Hierin ist bereits ein direkter Einfluss auf die Betriebssicherheit zu erkennen. Weil es sich bei den Unterwerken in Überlandversorgungen um Stützpunkte mit Netzlasten von 30 bis 75 MVA und in der Regel mit mehr als 10 Mittelspannungsabgängen handelt, sind Totalausfälle in solchen Anlagen besonders gefürchtet.

Durch die Wahl von gutem, dem Stande der Technik entsprechenden Material können die unbeliebten, wegen den hohen Kurzschlussleistungen zudem folgenschweren Sammelschienenkurzschlüsse weitgehend verhindert werden. Nach zuverlässigen statistischen Angaben erfolgt pro Unterwerk alle 10 Jahre ein Sammelschienenkurzschluss auf der Mittelspannungsseite. Die Hälfte davon wegen Betätigung von Trennmessern unter Last. Durch Anwendung von trennerlosen Schaltanlagen, wie ferngesteuert-motorisch ausfahrbaren Schaltern, Einbau von Lasttrennern oder zuverlässigen Verriegelungen, lassen sich also die Sammelschienenkurzschlüsse

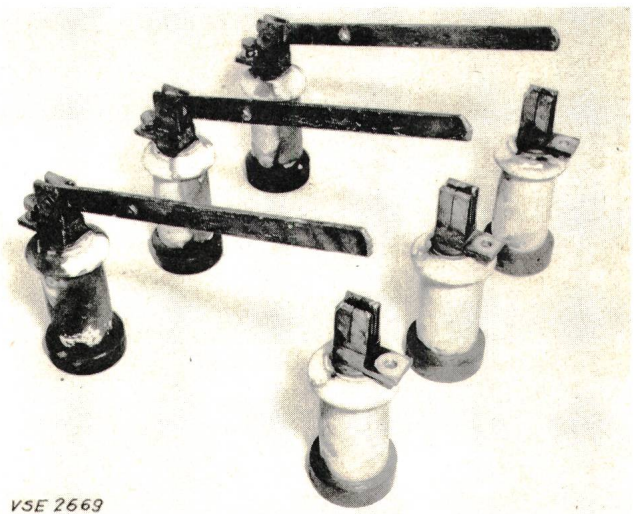


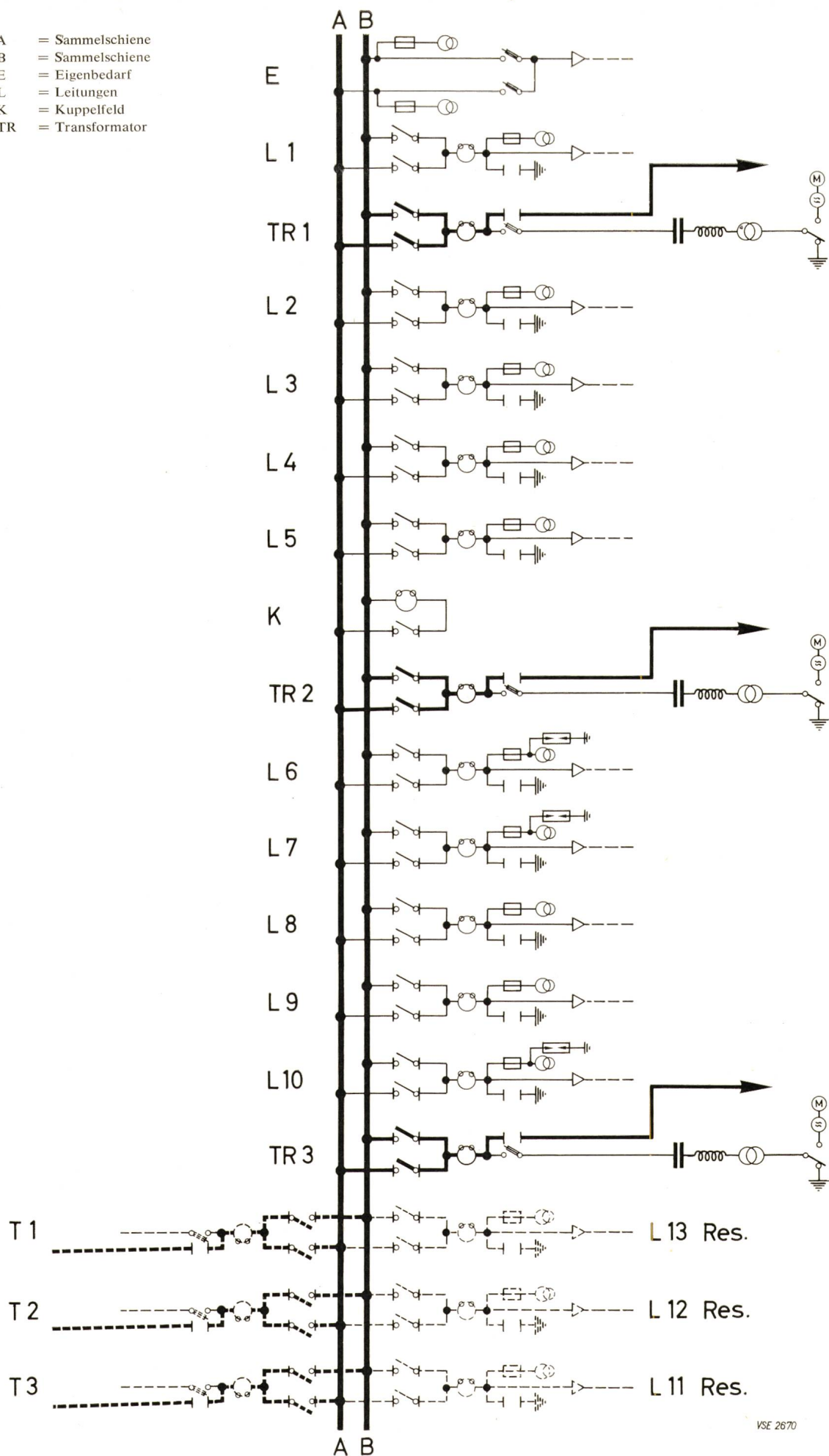
Fig. 3
Beschädigung von Trennmessern bei Kurzschluss mit Sammelschienenschutz

auf alle 20 Jahre einen je Unterwerk reduzieren. Aus Erfahrung kennen wir leider die hohe Schadenssumme solcher Störungen. Sie beträgt über Fr. 10000.— je Fall. Aus nur finanziellen Erwägungen wäre es also nicht verantwortbar, für einen Sammelschienschutz Fr. 80000.— und mehr zu investieren. Mit einer Sammelschienenstörung können aber Stunden dauernde Versorgungsunterbrüche verbunden sein, deren Prestigeverlust für das Werk nicht leicht in Geldwerten anzugeben ist. Der Qual der Wahl sind Sie enthoben, wenn Sie den durch Personal der EKZ entwickelten Sammelschienschutz einbauen. Er arbeitet zuverlässig und kostet pro Unterwerk weniger als Fr. 5000.—. Die Wirkung dieses einfachen Schutzes beweisen die beiden Bilder von Schäden bei Sammelschienenkurzschlüssen, einmal ohne, einmal mit Schutz (Fig. 2 und 3).

Wenden wir uns nun dem «Innenleben» der Mittelspannungsanlagen eines Unterwerkes zu (Fig. 4).

Zwei Sammelschienen gehören zur Grundausrüstung. Durch an und für sich einfache Überlegungen lassen sich bereits Kosten sparen und die Betriebssicherheit erhöhen. Der Ordnungsliebende disponiert die Transformatorenanspeisungen nebeneinander, wenn möglich noch am Ende der Sammelschiene. Der Sparsame verteilt diese Eingänge gleichmässig

- A = Sammelschiene
- B = Sammelschiene
- E = Eigenbedarf
- L = Leitungen
- K = Kuppelfeld
- TR = Transformator



VSE 2670

Fig. 4
Unterwerk: 16-kV-Schaltanlage

auf die Schienenlänge. Er spart damit Querschnitt und muss nicht grosse Leistungen ans andere Ende der Sammelschienen transportieren. Der Vernünftige verteilt die abgehenden Leitungen lastmässig ungefähr hälftig auf beide Sammelschienen und verbindet diese durch einen als Spaltschalter mit Zeit Null arbeitenden Kuppelschalter. Im Störfall reduziert sich augenblicklich die Kurzschlussleitung und die halbe Anlage bleibt in Betrieb.

Luft kostet Geld, auch verschmutzte, denn sie ist im Fall der Mittelspannungsanlage eines Unterwerkes umbaut. Der Trend nach Verringerung des Raumbedarfes durch Anwendung vollisolierter Bauteile in diesen Anlagen ist verständlich. Sorgfältig durchgeführte Berechnungen haben ergeben, dass der Landpreis sehr hoch sein muss, bis die Mehrkosten einer Vollisolation durch den eingesparten Raumanteil aufgewogen werden. Ohne den Herstellern vollisolierter Bauteile die Qualität und Betriebssicherheit ihrer Produkte absprechen zu wollen, müssen doch die erhöhten Umtriebe zur Wiederherstellung eines betriebsfähigen Zustandes nach Störungen erwähnt werden. Bei Luftisolation genügen im Notfall ein Stück Kupfer und 2 Schraubenzwingen.

Einige grundsätzliche Überlegungen, mit Zahlen gefestigt, möchte ich Ihnen über Grösse und Versorgungsleistungen von Unterwerken machen, unter den Annahmen, die Hochspannung werde in 50 kV zugeführt und die Mittelspannung betrage 16 kV.

Obwohl, wie bereits erwähnt, in der Regel zwei Zuleitungen bestehen, kann nur die Leistungsfähigkeit der einen voll ausgenutzt werden; man möchte im Störfall durch Überlast nicht auch noch die zweite Leitung abwerfen und damit den unvermeidlichen Totalunterbruch provozieren. Mit dem gebräuchlichen Querschnitt von 400 mm² Aldrey in Freileitungen können bei einem cos phi 0,9 und 10 °C Lufttemperatur annähernd 70 MW übertragen werden. Dasselbe vermag eine Doppelkabelleitung 2 x (3 x 240 mm² Cu), wenn sie in 24 Stunden während 10 Stunden voll und während 14 Stunden nicht mehr als 70 % belastet ist. Da nicht jeder Stützpunkt in 220 oder 380 kV angespiesen werden kann und die Energie in Mittelspannung ja auch verteilt werden muss, wird man kaum über 75-MVA-Ausbauleistung gehen. Linien und Schalter in 16-kV-Anlagen sind, teure Sonderanfertigungen ausgenommen, für 1250 A gebaut. Im Mittel sind je Unterwerk 10 Leitungen aktiv. Bei grosszügiger Disposition mit Kabel 3 x 1 x 240 mm² Cu und ihrer Auslastung von 60 % werden die 75 MVA und damit auch gerade die maximale Zubringerleistung einer 50 kV-Leitung aufgebraucht. Zur Erhöhung der Versorgungssicherheit sollte man bei Ausfall eines Unterwerkes mindestens während Schwachlastzeiten die Speisung auf benachbarte Stützpunkte umschalten können. Ein Kabel 3 x 1 x 240 mm² Cu vermag in 16 kV mit einem Spannungsabfall von 5 % und cos phi 0,9 seine Maximallast von 11,2 MW 9,65 km weit übertragen. Wenn die bestehenden Anlagen nicht mit «Sünden der Väter» wie Kabelquerschnitte von 50, 70, 95, 120 mm² durchsetzt wären, könnte also aus technischen Erwägungen eine Unterwerksdistanz von 10 Kilometern zugelassen werden. In dichter besiedelten Gebieten wird man aber wegen grossem Leistungsbedarf zu Leitungslängen ab Unterwerk von nur noch 3 Kilometern kommen. Dabei sind wichtigere Industrieabnehmer nicht einmal berücksichtigt.

Dass durch eine möglichst geringe Unterwerksdistanz und der damit verbundenen Verringerung von Übertragungsver-

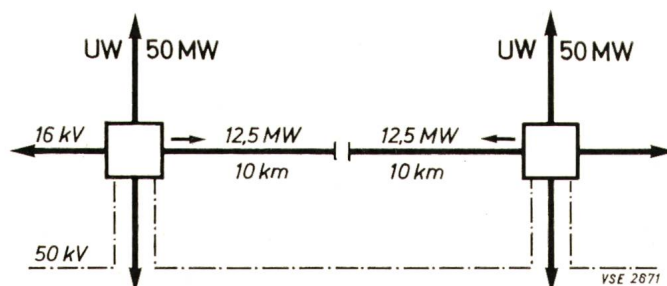
lusten kein finanzieller Erfolg zu erzielen ist, sollen die schematisch dargestellten Beispiele zeigen (Fig. 5).

Sie können ein Unterwerk noch so einfach und billig bauen und damit sogar eine Verschlechterung der Versorgungssicherheit in Kauf nehmen, der Jahreskostenanteil der Anlage ist stets höher als die vermiedenen Übertragungsverluste. Unterdrücken Sie also eventuelle Gewissensbisse, wenn Sie ohne vorherige Bestimmung der «idealen Distanz» zwischen zwei bestehenden Unterwerken wegen ausgeschöpfter Leistungsfähigkeit von Stützpunkten und Leitungen ein neues hineinschieben. Mit eingesparten Verlusten ist ohne gleichzeitige, aber schwer durchführbare Erhöhung der Verteilspannungsebene kein Staat zu machen. Bauen Sie das neue Werk möglichst im Schwerpunkt des abzulösenden Versorgungsgebietes, achten Sie auf das bestehende Leitungsnetz und sind Sie froh, wenn überhaupt ein Standort gefunden werden kann.

Der Sicherheitseinfluss und die Wirtschaftlichkeit bei den Haupttransformatoren in Unterwerken sind leicht zu erkennen. Konventionelle Lösungen bei der Wahl und Anordnung von Haupttransformatoren ergeben schwierige Transporte und zeitraubende Montagen. Sie setzen das Vorhandensein eines

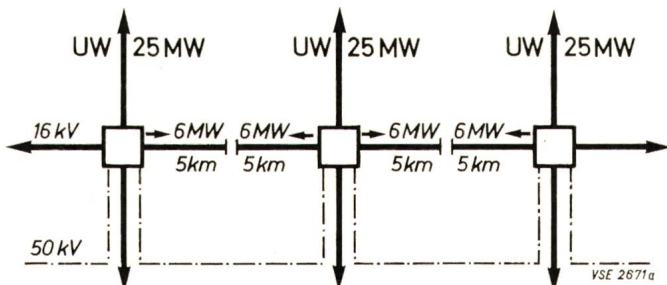
Variante I:

Baukosten Unterwerk	Fr. 4 600 000
Jahreskosten Unterwerk	Fr. 460 000 (10 %)
Jahresübertragungskosten eine Richtung	Fr. 60 000
Jahreskosten 2¼ Unterwerk	Fr. 230 000
Total Jahreskosten eine Richtung	Fr. 290 000



Variante II:

Baukosten Unterwerk	Fr. 3 500 000
Jahreskosten Unterwerk	Fr. 350 000 (10 %)
Jahresübertragungskosten eine Richtung	Fr. 30 000
Jahreskosten 2¼ + 1½ Unterwerk	Fr. 350 000
Total Jahreskosten eine Richtung	Fr. 380 000



Annahmen:

Baukosten Unterwerke mit Grundstück und Transformatoren.
 Leiterquerschnitt für Übertragungsverlustrechnung 95 mm² Cu.
 Die Baukosten der Leitungen sind bei beiden Varianten ähnlich und deshalb im Vergleich nicht berücksichtigt.

Fig. 5
 Mittelspannungsnetz mit Stützpunkten
 Schematische Darstellung

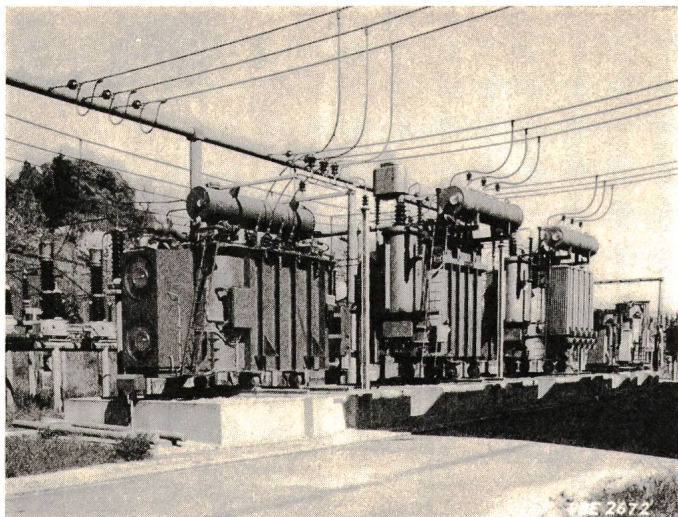


Fig. 6
Reguliertransformatoren 25 MVA, 50/16 kV
Vordergrund: Wandertransformator
Hintergrund: normale Transformatoren

Reservetransformatoren in jedem Unterwerk voraus. Verschiedene Werke haben bereits erfasst, wie unverantwortbar hohe Kapitalien auf diese Weise gebunden sind. Sie haben der Industrie einen sogenannten «Wandertransformator» zur Entwicklung aufgezwungen, welcher folgende Bedingungen erfüllen muss (Fig. 6):

1. vollständig betriebsbereit transportfähig
2. geringe Abmessungen, Ersatz der Kühlradiatoren durch forcierten Ölumlauf und Luftventilationen, Anordnung der Expansionsgefässe über Deckel
3. Steuerleitungen steckbar
4. Eignung als Hängelast in Tiefgangswagen

Mit geeigneten Transportgeräten lässt sich eine Wandertransformatorenauswechslung beispielsweise im EKZ-Absatzgebiet innerhalb eines halben Tages durchführen. Diese Möglichkeit erlaubt, auf die Reservehaltung von Haupttransformatoren in den Unterwerken zu verzichten. Es handelt sich

bei 25-MVA-Einheiten immerhin um mehr als Fr. 300000.— je Anlage (Fig. 7).

Ein Vergleich der Jahreskosten von 50/16-kV-Reguliertransformatoren soll zeigen, wie die wirtschaftlichste Kombination gefunden werden kann. Sie liegt beispielsweise bei einer Unterwerks-Höchstlast von 50 MW bereits in der Wahl je eines 25- und 40-MVA-Transformators.

Wir wenden uns nun dem *Leitungsnetz* zu. Bei Angaben über Wirtschaftlichkeitsfragen darf ich grosszügigerweise auf eine wertvolle Arbeit des Aargauischen Elektrizitätswerkes greifen. In Ihrem und auch in meinem Namen möchte ich den Verfassern danken.

Wenn es keine Unebenheiten im Gelände, Flüsse, Wälder und Verkehrswege, dafür aber gleichmässig verteilten Energieverbrauch gäbe, könnte man das von Theoretikern gepriesene «ideale Maschennetz» bauen. Weil diese Annahmen mit den Tatsachen bei weitem nicht übereinstimmen, erwachsen dem Leitungsbauer viele Sorgen. Einmal hat er grosse Mühe, geeignete und sichere Trassen für die Bauwerke zu finden, seien es Kabel- oder Freileitungen. Dann weiss er so gut wie der Betriebsmann von der Unmöglichkeit, beim Vorhandensein dezentralisierter und nicht synchronisierter Tonfrequenz-Sendeanlagen Leitungen zwischen verschiedenen Unterwerken vermascht zu betreiben. In den Randgebieten wüssten nämlich die Empfänger nicht mehr, welchem Herrn sie dienen sollen.

Zudem ist dem Leitungsbauer bekannt, wie undurchführbar in einem Überlandnetz die Ringbildung aller Leitungen aus Kostengründen ist. Ringleitungen mit entsprechend geringen Verlusten und verbesserter Spannungshaltung ab ein- und demselben Unterwerk sind also nur teilweise verfügbar, sie bedürfen zudem besonderer Schutzmassnahmen, auf die ich später noch eingehen werde. Der Realisierung eines idealen und vermascht betriebenen Mittelspannungsnetzes stehen zum vornherein unüberwindbare Schwierigkeiten gegenüber.

Immer wieder streiten die Leitungsbauer über das zu wählende Leitermaterial im Mittelspannungsnetz. Ein grosses Werk in Deutschland verbaut in Freileitung nur Aldrey und

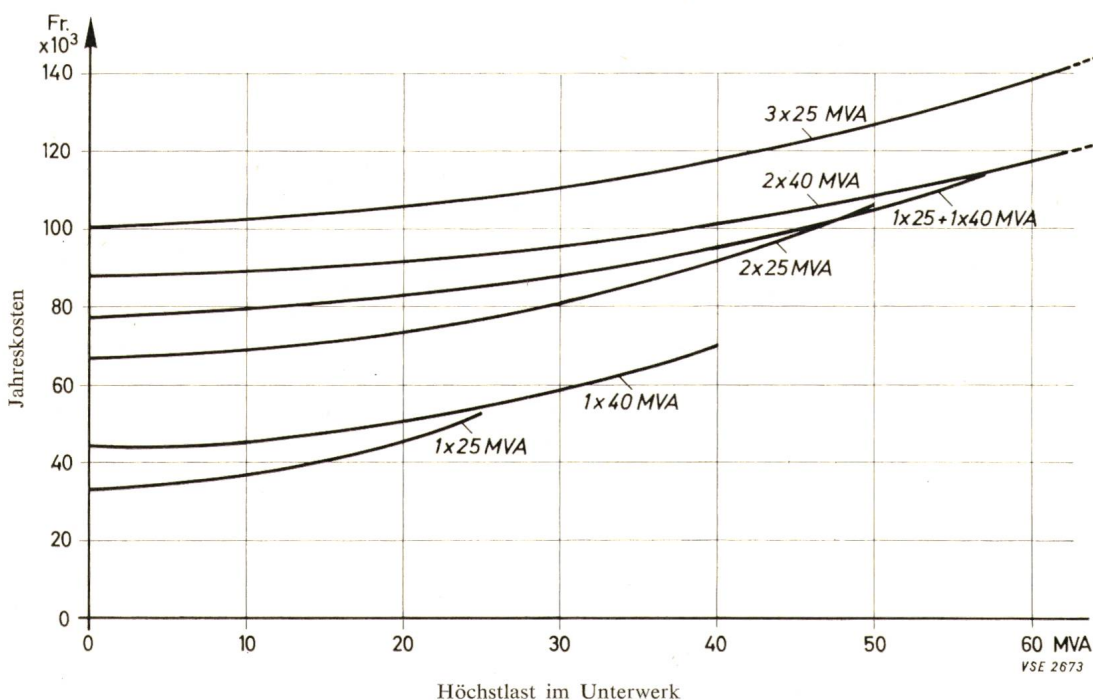


Fig. 7
Jahreskosten von 50/16-kV-Reguliertransformatoren
(bei einer Gebrauchsdauer der Höchstlast von 4700 Stunden pro Jahr)

Freileitungen	Höchste übertragbare Leistung				Lastmoment in MVA · km		
	40° C		10° C		cos φ 0,9		
	A	MVA	A	MVA	Δ U = 3 %	Δ U = 5 %	Δ U = 7 %
5,5 Cu	135	3,8	185	5,2	10	16	21
50 mm ² Ad	190	5,3	250	7,0	10,4	17	24
50 mm ² Cu	220	6,2	315	8,8	14	25	35
95 mm ² Cu	340	9,5	480	13,4	21	35	50
95 mm ² Ad	290	8,1	380	10,6	16	27	40
150 mm ² Cu	460	12,9	645	18,0	25	40	60
185 mm ² Ad	450	12,6	590	16,5	23	38	55
400 mm ² Ad	745	20,8	975	27,3	30	50	70
Kabel (Papierbleikabel)	A		MVA		(Dreiblemantelkabel können 5% höher belastet werden)		
50 mm ² Cu	155		4,3		10	18	25
95 mm ² Cu	235		6,6		34	57	70
120 mm ² Cu	275		7,7		42	70	90
150 mm ² Cu	315		8,8		49	80	120
240 mm ² Cu	415		11,6		64	108	160

Fig. 8

behauptet, bei den Kabeln sei nur Kupfer richtig. Man habe keine Veranlassung, während guter Finanzlage am im Erdreich verlegten Material zu sparen. Ein anderes, ähnlich grosses Werk im gleichen Land disponiert gerade umgekehrt. Meine Ansicht zu dieser Frage wird einige Leitungsbauer verärgern; wenn ich sie nicht preisgeben darf, ärgert es mich, also unterbreite ich sie Ihnen.

Die Probleme der Aluminium-Verbindungen sollen im Kabelsektor gelöst sein, also dürfen wir diese anwenden. Keinem vernünftigen Werkmann wird es je einfallen, wegen der Materialrückgewinnung, auch wenn es sich um Kupfer handelt, nicht mehr benötigte Kabel ausgraben zu lassen. Hier spielt also das Material als realisierbares Guthaben keine Rolle. Dass Aluminiumkabel in unserem Land nur beschränkt zur Anwendung gelangen, soll an der wegen hohem Grabenkostenanteil nur geringen Einsparung gegenüber Kupferkabel von etwa 10 % bei Leitwertgleichheit und wegen Misstrauen gegen die Verbindungen liegen.

Freileitungen auf sicheren Trassen, gebaut mit Betonmasten, disponiert für längere Lebensdauer, rechtfertigen Aldrey-Leiter. Holzmastenleitungen, welche stets als Provisorium zu betrachten sind, sollen dagegen in Kupfer gebaut werden. Wer hier Aldrey verwendet, das er mit gegenüber Kupfer höherem Arbeitsaufwand montiert hat und später abbrechen wird, kommt mir vor wie einer, der zuviel trinkt und mit dem Flaschendeput seine Eskapaden finanzieren will. Der abmontierte Draht steht im Wert zu den Erstellungskosten im gleichen Verhältnis wie das Flaschenpfand zum Gestehungspreis der vollen Flasche.

Die Wahl der Leiterquerschnitte wird beeinflusst durch die zu übertragende Leistung, den zu erwartenden Kurzschlussstrom, den zulässigen Spannungsabfall und die wirtschaftlichen Faktoren wie Erstellungskosten und Übertragungsverluste. (Fig. 8).

In der gezeigten Tabelle sind von den gebräuchlichsten Leitertypen die Übertragungsfähigkeiten und Lastmomente enthalten. Ab Unterwerk bis zur ersten erwähnenswerten Lastabgabestelle müssen Kabel von 240 mm² und Freileitungs-

seile von 95 mm² Cu oder 185 mm² Ad gewählt werden. Um nirgends die Übertragungsfähigkeit einzuschränken und dem Rp/km/MWh

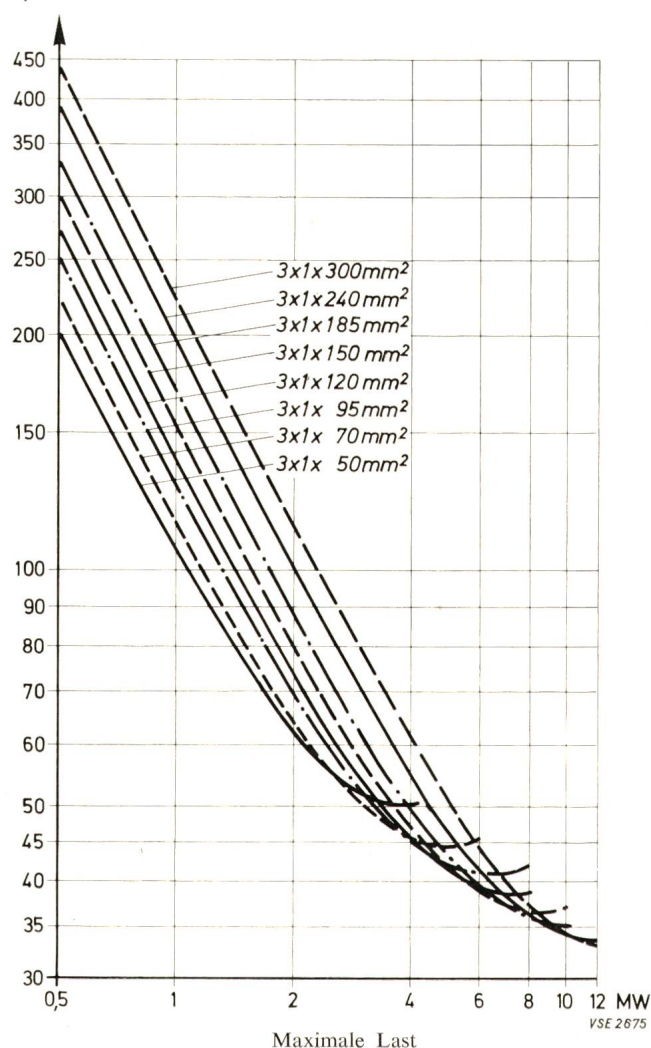


Fig. 9
Dreiblemantelkabel
Typ PPba — T — F; 16/9,2 kV
Übertragungskosten in Rappen pro Kilometer pro MWh

Energieschub bei Störungsfällen in benachbarte Netze genügend Spielraum zu gewähren, sollten Hauptkabelstrecken keine geringeren Querschnitte als $150 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ aufweisen. Wer vermag mit Sicherheit vorauszusagen, welche der verlegten Kabel nie Hauptleitungen werden. Um solchen Entscheidungen aus dem Weg zu gehen, erklärt man mit Vorteil die 150 mm^2 zum Einheitsquerschnitt. Sofern Stichleitungen nicht in den Nahbereich eines später eingeschobenen Unterwerkes kommen können, dürfen diese allein nach Übertragungsfähigkeit ausgewählt werden (Fig. 9).

Aus dem AEW-Kurvenblatt können Sie entnehmen, dass bis zu einer Übertragungsleistung von 2,3 MW der meiner Ansicht nach kleinstzulässige Kabelquerschnitt von $50 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ am wirtschaftlichsten ist, aber eben unter der Voraussetzung, niemals als Hauptleitung dienen zu müssen. Ferner können Sie ersehen, wie schmal der wirtschaftlichste Bereich grosser Kabelquerschnitte ist, was erlaubt, meinem Vorschlag zur Wahl einer Einheitstypen eher zuzustimmen (Fig. 10).

Die Darstellung zulässiger Kurzschlußströme zeigt deutlich, wie wichtig Schutzsysteme mit kurzen Abschaltzeiten sind. Obwohl beim EKZ-Schutz die Abschaltzeiten im Nahbereich unter 0,2 Sekunden liegen und die Kurzschlußleistungen durch den Kuppelschalter augenblicklich reduziert werden, muss man trotzdem mit einem gelegentlichen Versagen rechnen. Dann kommt die Reservezeit von 2 Sekunden zur Wirkung. Unter dieser allerdings selten eintreffenden Situation ist bei einem Kurzschlußstrom von 20 kA das Abgangskabel mit

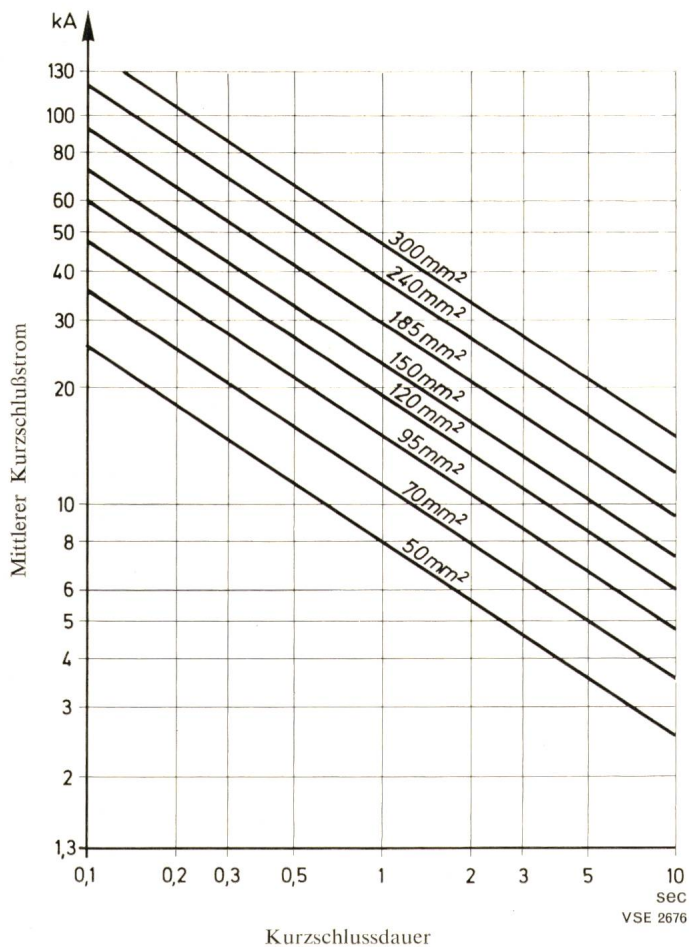


Fig. 10
16-kV-Papierbleikabel
Maximal zulässige Kurzschlußströme
Kupferleiter, Betriebstemperatur 50°C
Maximale Leitertemperatur 200°C

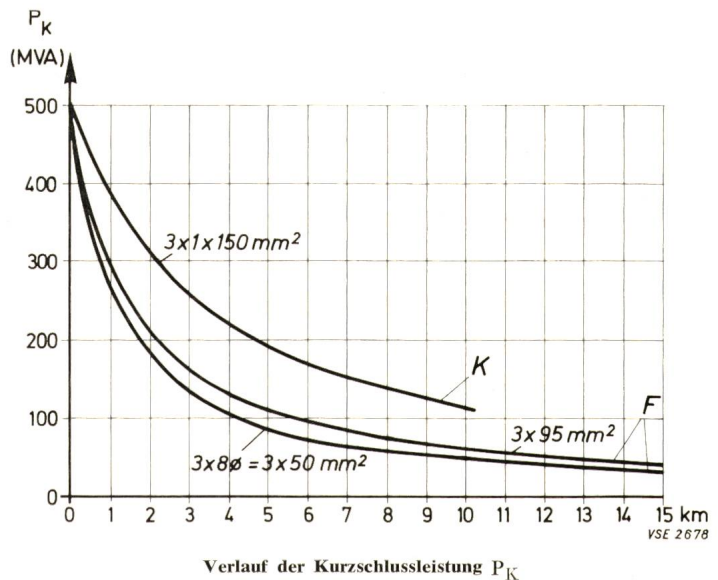
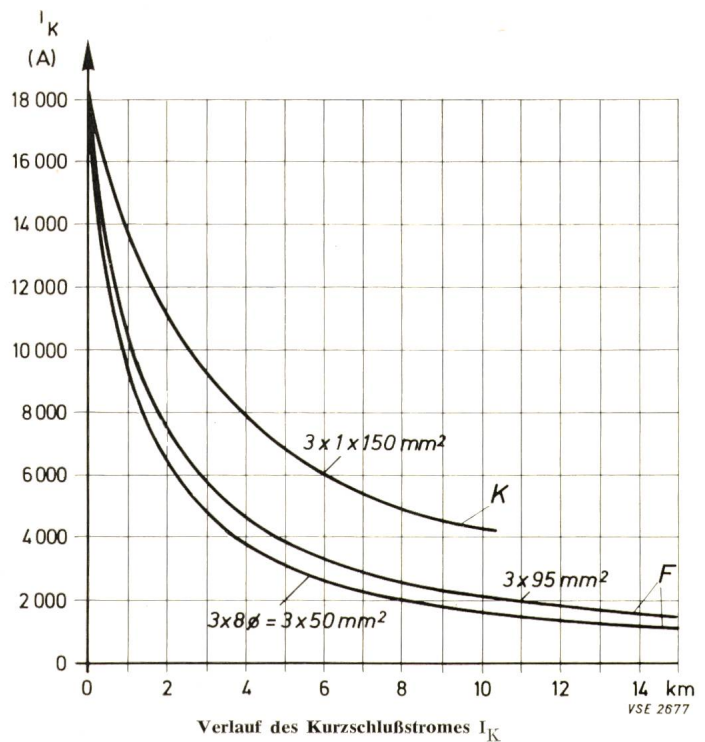


Fig. 11
Maximal zu erwartender Kurzschlußstrom und Kurzschlußleistung (3phasig) längs einer 16-kV-Leitung bei Vollausbau eines Unterwerkes mit inst. Transformatorenleistung: $220/50 \text{ kV} = 200 \text{ MVA}$
 $50/16 \text{ kV} = 75 \text{ MVA}$
F = Freileitung; K = Kabel

185 mm^2 zu dimensionieren. Die Leitungsimpedanz begrenzt im Netz die Kurzschlußströme rapid und erleichtert die Wahl kleinerer Querschnitte, was Sie aus Figur 11 ersehen.

Im Gebiet der Spannungsabfälle, welche übrigens bei richtiger Übersetzung der Verteiltransformatoren im Mittelspannungsnetz bis 7 % betragen dürfen, ist der Spielraum wenig begrenzt, was die beiden Kurvenblätter bestätigen (Fig. 12 und 13).

Die Wahl zwischen Ein- oder Dreimantelkabel überlasse ich Ihnen. Dreimantelkabel weisen neben dem geringfügigen Mehrpreis und der erschwerten Fehlereingrenzung nur Vorteile auf. Bei gleichem Querschnitt ist die Belastbarkeit 5 % höher, die Massenabwanderung geringer, die Montageanord-

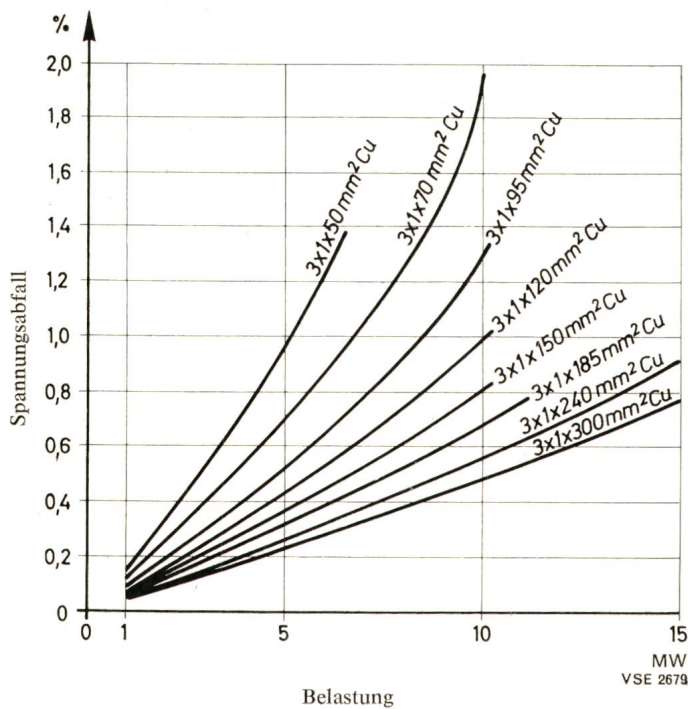


Fig. 12
16-kV-Dreiblemantelkabel

Spannungsabfälle pro Kilometer bei 15 °C Bodentemperatur

nung bei Endverschlüssen besser und viele Störungen bleiben im isolierten Netz bei Erdschlüssen, welche keinen Energieausfall zur Folge haben. Wie weit die bessere Feldverteilung gegenüber Sektorleiter-Einmantelkabel heute noch ein Argument ist, vermag ich nicht zu beurteilen. Jedenfalls mussten wir mit den ehemaligen Sektorleiterkabeln diesbezüglich schlechte Erfahrungen machen.

Der Leitungsschutz erfolgt in den Unterwerken mit Sekundär- oder Schnelldistanzschutzrelais. In den Transformatorstationen werden vorwiegend Hauptstromrelais verwendet. Einfacher gestaltet sich der Schutz von Strahlennetzen. Durch Leistungsschalter im Leitungszug, geschützt mit Hauptstromrelais, gestaffelt von 0,2 zu 0,2 Sekunden, kann bereits mit der Laufzeit der Linienrelais von 1,0 Sekunden eine wirksame Unterteilung vorgenommen werden.

Auf ein die Versorgungssicherheit erhöhendes Schutzsystem möchte ich hinweisen. Es wurde durch Personal der EKZ entwickelt und gestattet, mit wenig Aufwand in Ringnetzen dafür zu sorgen, dass im Störfall selbsttätig nur gerade der beschädigte Leitungsabschnitt herausgeschaltet wird (Fig. 14).

Sofern längs den Versorgungsleitungen Steueradern vorhanden sind, lässt sich mit geringem Mehraufwand sogar eine zentralisierte Signalisierung des fehlerbehafteten Leitungsteiles verwirklichen.

Die Transformatorstationen genießen gegenwärtig bei den Werkleuten hohe Aufmerksamkeit. Auch hier ist das Dilemma «Mini-Midi-Maxi» vorhanden. Als (Betriebs-)Mann lasse ich aber das «Mini» bei der Mode, geeignete Trägerinnen vorausgesetzt, viel eher gelten, als bei den Transformatorstationen. So gut wie man mit «Maxi» bei der Mode Ungeformtes verdecken kann, vermag man auch bei Transformatorstationen wirtschaftlich schlechte Lösungen zu verbergen.

Ich möchte nun in knappster Form das Für und Wider beim Einsatz von vorfabrizierten Stationen gedrängter Bauart erläutern. Als Werkleute sind wir den Abonnenten gegenüber verpflichtet, die wirtschaftlich günstigsten Bauarten anzuwenden. Gleichzeitig erwarten aber dieselben Kunden eine unterbrochene Energielieferung und die Architekten bautechnisch und ästhetisch tragbare Lösungen. In den Vordergrund müssen wir die durch nichts abschwächbare Forderung stellen, in unseren Netzen nur Material zu verwenden, das möglichst wenig Unterhalt erfordert. Die Zeiten mit Stahlbürste, Pinsel und Rostschutzfarbe sind vorbei. Wir verfügen über zuwenig Personal zum Bauen, wo wollen wir dieses dann für Unterhaltsarbeiten hernehmen?

Kompakt- oder Kleinstationen sind Anlagen mit reduzierten Luft-Isolationsdistanzen. Die Reduktion wird kompensiert durch zusätzliches Isoliermaterial.

Solche Stationen sollten folgende Bedingungen erfüllen:

1. Keine Personengefährdung bei Bedienung
2. Verwendung von korrosionsfestem Material
3. Wasser bis 10 cm über Bodenniveau darf die Anlage nicht gefährden

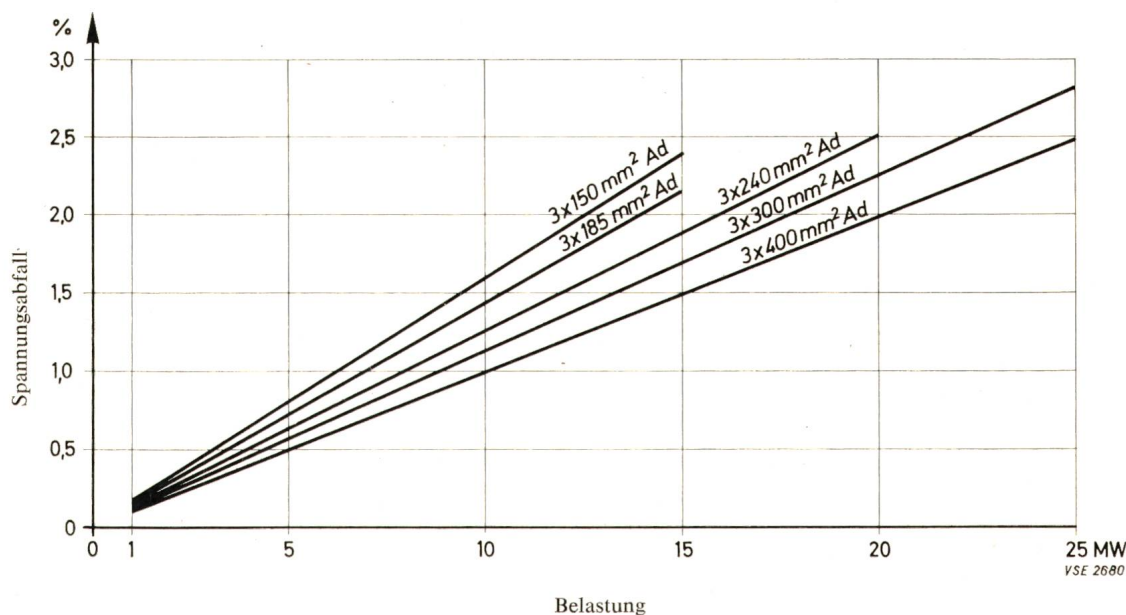


Fig. 13
16-kV-Betonmasten-
leitungen-Ruedertal
Spannungsabfälle pro Ki-
lometer bei 40 °C Leiter-
temperatur

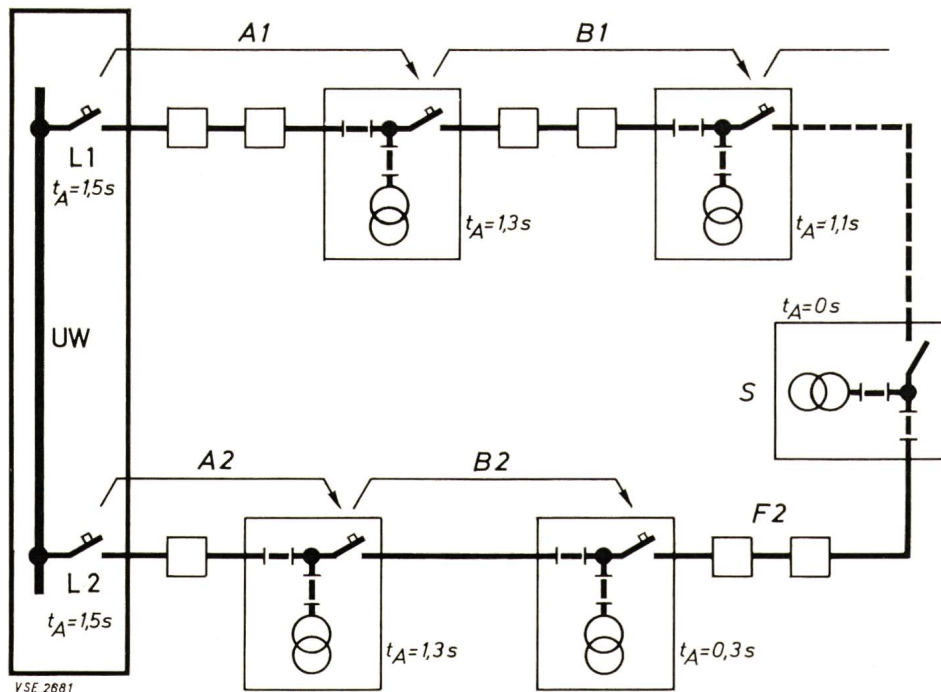


Fig. 14
Netzschutz für Ringleitungen
 A 1, A 2, B 1, B 2 = Abschnitte mit Steuerkabel
 F 2 = Abschnitt ohne Steuerkabel
 S = Spaltschalter mit Wiedereinschaltung
 UW = Unterwerk

4. Einbau normaler Transformatoren, natürliche Kühlung gesichert
5. Nennstrom von 600 Ampère
6. Einhaltung der Spannungsreihe
7. Kurzschlussfest bis 500 MVA
8. Ausschaltungen bei 16 kV
 - 600 A, $\cos \phi$ 0,7 20mal
 - 400 A, $\cos \phi$ 0,7 50mal
 - 300 A, $\cos \phi$ 0,7 80mal
 - Leerlaufende Kabel 1 km (1 A) 200mal
 - Leerlaufende Transformatoren 630 kVA, 400mal
9. Transformatoren müssen ohne Abhebung des Stationsdaches ausgewechselt werden können. Dabei soll die Mittelspannungs-Sammelschiene unter Spannung bleiben
10. Öldichte Auffanggrube unter dem Transformator
11. Kontrolle von Ölstand und Öltemperatur unter Spannung
12. Druckentlastung des Stationsgehäuses

13. Einbau von Überspannungsableitern soll möglich sein
14. Fest installierte Erdungsvorrichtung
15. Die Stellung der Schaltelemente muss sichtbar sein
16. Auswechslung der Transformatorsicherungen unter Spannung
17. Montage von Endverschlüssen, ohne dass die ganze Station vorher demontiert werden muss
18. Türen nur auf einer Seite
19. Ausreichender Kabelkeller, 0,8–1,0 m tief
20. Zufahrt mit Lastwagen soll möglich sein
21. Verwendung von schwer brennbaren Materialien. Säuredämpfe durch brennendes PVC sind nicht erwünscht.

Die bis heute auf dem Markt erhältlichen Kompaktstationen weisen folgende Eigenschaften auf:

1. Weitgehend Vorfabrikation, inbegriffen Fundamente
2. Transformatorenleistung höchstens 630 kVA

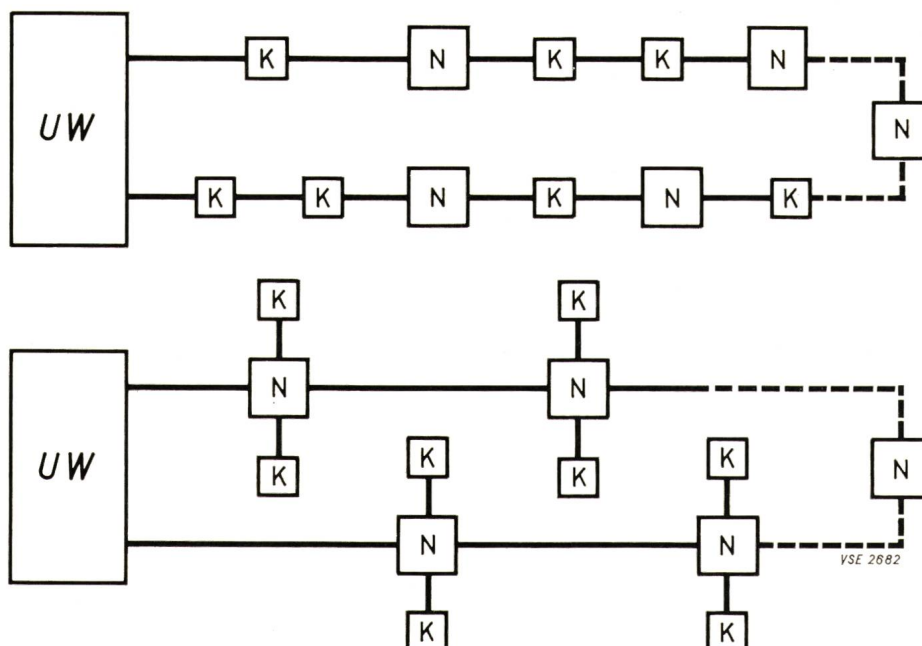


Fig. 15
Möglichkeiten für einen Netzausbau mit Kompaktstationen

UW = Unterwerk
 N = Normalstation
 K = Kompaktstation

3. Ausrüstung mit Lastschaltern, Kurzschlüsse sind nicht abschaltbar
4. Anzahl geforderte Abschaltungen sind möglich
5. Transformatorenschutz mit Sicherungen, höchstens 50 A.
Ein 630-kVA-Transformator ergibt den Einschaltstrom von $2 \times I_N$, also 44 A.
6. Die Kurzschlussbedingungen sind erfüllt, ebenso diejenigen der Spannungsreihe
7. Arbeiten bei eingeschalteter Hochspannungsanlage sind nicht möglich.

Eine Verwendung von Kompaktstationen kann von ausschliesslich bis gar nicht reichen. Um hier vertretbare Lösungen zu finden, haben wir geprüft, wie weit sich Kompaktstationen unter Berücksichtigung des Netzschutzes anwenden lassen und welche finanziellen Auswirkungen daraus resultieren.

Neue Anlagen sollen als Ringnetze mit gestaffeltem Relaischutz oder automatischem Ringschutz gebaut werden. Unter optimaler Ausnützung der zur Verfügung stehenden Staffelfzeit sind je Ring 12 Stationen mit Hauptstromrelais und eine als Spaltschalterstation möglich. Damit werden bei Baugrösse 2×1000 kVA von den 24 MVA möglicher Transformatorensleistungen und bei 50prozentiger Auslastung derselben pro Ring bereits 12 MVA absorbiert. Somit bleiben für Kompaktstationen im besten Fall noch, bei gleicher Ausnützung der Transformatoren von 50 %, Platz für 19 Einheiten.

Sofern man nicht ein grundsätzlich anderes Schutzsystem mit Schnelldistanzschutzrelais anwenden will, ergeben sich die in Figur 15 dargestellten Netzaufbauten.

Unter Beibehaltung des bisherigen Netzschutzes sind die beiden Konzeptionen möglich. Die obere Variante bietet den Vorteil, dass jede Station über eine doppelseitige Speisung verfügt, hat aber den Nachteil, den Hauptring durch zu viele Kompaktstationen mit ihrer noch zu wenig bestätigten Be-

währung, den empfindlichen Isolationen und den schwierigeren Reparaturen zu belasten.

Der dargestellte Netzaufbau bietet schutztechnisch Vorteile, wird aber die Gesamtkosten erhöhen.

Wir haben über eine grössere, ausgeführte Überbauung mit 1524 Wohnungen in 66 Mehrfamilien- und 67 Einfamilienhäusern den Kostenvergleich angestellt (Fig. 16).

Unter Berücksichtigung der betrieblichen Bedingungen kann neben der Normallösung A nur Variante C in Frage kommen. Die Kosteneinsparung zur Bauart Normalstation beträgt Fr. 22000.— oder 2,5 %.

Wer in Deutschland bei den Badenwerken der Aufstellung einer Kompaktstation beigeohnt hat, Bauzeit ohne Kabel und Endverschlüsse aber mit Erdungen höchstens ein Tag, wird mir diese geringe Kostendifferenz nicht abnehmen. Wenn man aber die bei Kompaktstationen nicht verwendbaren Leistungsschalter mit Hauptsromrelais und dafür die aufwendigen Schaltstationen mit Distanzschutzeinrichtungen berücksichtigt und daran denkt, dass die Leistung je Station höchstens 630 kVA betragen kann, wird unsere korrekt durchgeführte Rechnung glaubwürdiger.

Zur nachträglichen Einschlebung von Transformatorenstationen in bestehende Mittelspannungsnetze und zur Erfüllung definierter Lieferbegehren beschränkten Ausmasses, sind nach meiner Ansicht Kompaktstationen geeignet und vertretbar. Die Vorfabrikation der Baukörper für Stationen grösserer Transformatorensleistungen und für Material in Luftisolation wird Fortschritte machen und die Wünsche nach dem Mini-Bausystem etwas entkräften.

Bei einem grosszügig gehandhabten *Überspannungsschutz* durch Ableiter können Sie Ihren Finanzleuten eine Erfolgsrechnung kaum ohne rote Zahlen präsentieren. Hier handelt es sich vorwiegend um ein Anliegen der Betriebssicherheit. Vorausgesetzt, man baue bei jedem Kabelübergang auf Masten

Installationen	A) nur Normalstationen		B) nur Kompaktstationen		C) Normal- und Kompaktstationen gemischt	
	Anz. bzw. Länge	Kosten	Anz. bzw. Länge	Kosten	Anz. bzw. Länge	Kosten
Installierte Trf.-Leistung b. Erstellung	3 000 kVA		3 030 kVA		3 030 kVA	
Maximal mögliche Ausbauleistung	6 000 kVA		3 780 kVA		5 520 kVA	
Hochspannungs- und Steuerkabel	1 700 m	155 210	2 000 m	182 600	2 400 m	219 120
Normalstation mit 3 Linienfelder (C nur für den Ausbau von 1 Trf.)	2	160 000			1	72 000
Normalstation mit 2 Linienfelder (C nur für den Ausbau von 1 Trf.)	1	70 000			2	124 000
Kompaktstation mit 3 Linienfelder			2	90 000	1	45 000
Kompaktstation mit 2 Linienfelder			4	128 000	3	96 000
Transformatoren à 1000 kVA	3	57 000				
Transformatoren à 630 kVA			3	39 000	1	13 000
Transformatoren à 400 kVA			3	27 000	6	54 000
Hochspannungs-Kabelendverschlüsse	8	12 000	14	21 000	16	24 000
Niederspannungs-Kabelverteilkabinen	14	84 000	2	12 000	1	6 000
Niederspannungs-Trennstellen			8	12 000	9	13 500
Niederspannungskabel 4×92 mm ²	6 470 m	336 440	3 900 m	202 800	3 800 m	197 600
Niederspannungskabel 4×50 mm ²	440 m	14 300				
TOTAL		888 950		714 400		867 220
Von Abonn. bezahlte Liftkabel 4×95 mm ²	370 m	19 240				
4×50 mm ²	270 m	8 775				

Fig. 16
Kostenvergleich der Investitionen für Netze mit Normal- und Kompaktstationen

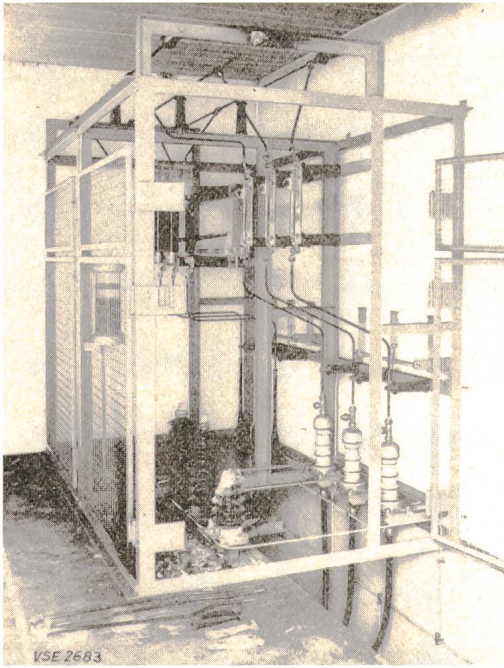


Fig. 17

Folgen eines nichtlöschenden Überspannungsableiters

zum Schutz der Endverschlüsse und Kabel, je in der ersten ab Freileitung direkt oder mittels Kabel gespiesenen Transformatorstation und bei betriebsmässig geöffneten Freileitungsschaltern Überspannungsableiter ein, werden sich die Schäden in der Gewitterzeit reduzieren. Zerstörte Anlagenteile sind keine beliebte Erscheinung und während Gewittern, wo man ohnehin alle Hände voll zu tun hat, verursachen sie gelegentlich fatale Situationen. Was diese ausser Umtrieben an Arbeitsstunden und Nerven noch kosten, kommt auf die Art des Schadens an.

Durch die Einführung explosionsfester Ableiter wollte man eventuell anwesendes Personal in den Anlagen vor herumfliegenden Teilen schützen. Die früheren Ableiter haben sich beim Ansprechen meistens mehr oder weniger heftig in ihre Bestandteile aufgelöst.

Nun mussten wir leider auch bei explosionsfesten Ableitern Nachteile entdecken. Sie explodieren tatsächlich nicht, auch wenn eine über der Ansprechschwelle liegende 50-Hz-Spannung eintrifft, aber beim Zurückkehren der normalen Betriebsspannung ist die Isolationsfestigkeit nicht mehr da. Sie fangen nach einiger Zeit an zu brennen und wie das dann aussieht, zeigt Figur 17.

Am Schluss meines Vortrages möchte ich noch auf einige Fälle hinweisen, wo die Vorschriften der Starkstromverordnung einem wirtschaftlich und betrieblich günstigen Anlagenbau im Wege stehen. Meine Ausführungen richten sich keinesfalls gegen die geschätzten Mitarbeiter des Starkstrominspektorates, mit denen wir ein gutes Einvernehmen pflegen dürfen. Ich möchte nur zeigen, wo uns gelegentlich «der Schuh drückt».

Da ist einmal der Artikel 6, Absatz 2, der Verordnung über Parallelführungen von oberirdischen Schwachstromleitungen mit Starkstromfreileitungen. Der seitliche Abstand zwischen den zunächst liegenden Leitern muss mindestens 20 m betragen. Bei kurzen Parallelführungen kann dieser Abstand auf 10 m verringert werden. Soll er weniger als 10 m betragen, muss die Länge der Parallelführung unterhalb 50 m liegen. In

jedem Fall darf weder eine Gefährdung noch eine Störung der Schwachstromanlage auftreten.

Stellen wir uns die 6 m breite Flurstrasse zu einer Siedlung vor, wo die landwirtschaftliche Nutzung der Grundstücke im Vordergrund steht. Auf der einen Strassenseite verläuft die Telefonfreileitung, auf der gegenüberliegenden sollte eine 16-kV-Freileitung zur ohnehin unrentablen Transformatorstation bei der Siedlung erstellt werden. Wenn wir annehmen, die Schwachstromleitung stehe einen Meter ausserhalb des Strassenrandes, müsste die Starkstromleitung etwa 3,5 m vom Fahrbahnrand weg gebaut werden. Können Sie sich die Freude der Landwirte über eine solche Lösung vorstellen? Eine Rechnung würde zeigen, ob die Beeinflussung der 16-kV-Leitung auf die Telefonanlage tatsächlich diese unpraktische Distanz erfordert.

Ein weiteres «Sorgenkind» bilden Parallelführungen und Kreuzungen von Starkstromleitungen unter sich. Jeder Betriebsinhaber trachtet aus Kostengründen darnach, nicht höher zu bauen, als es die Minimalabstände ab Boden erfordern. Die Vorschriften über den lotrechten Abstand sich kreuzender Leiter machen es unmöglich, zwischen den Tragwerken überhaupt eine Kreuzung zu realisieren. Bei einer Neufassung der

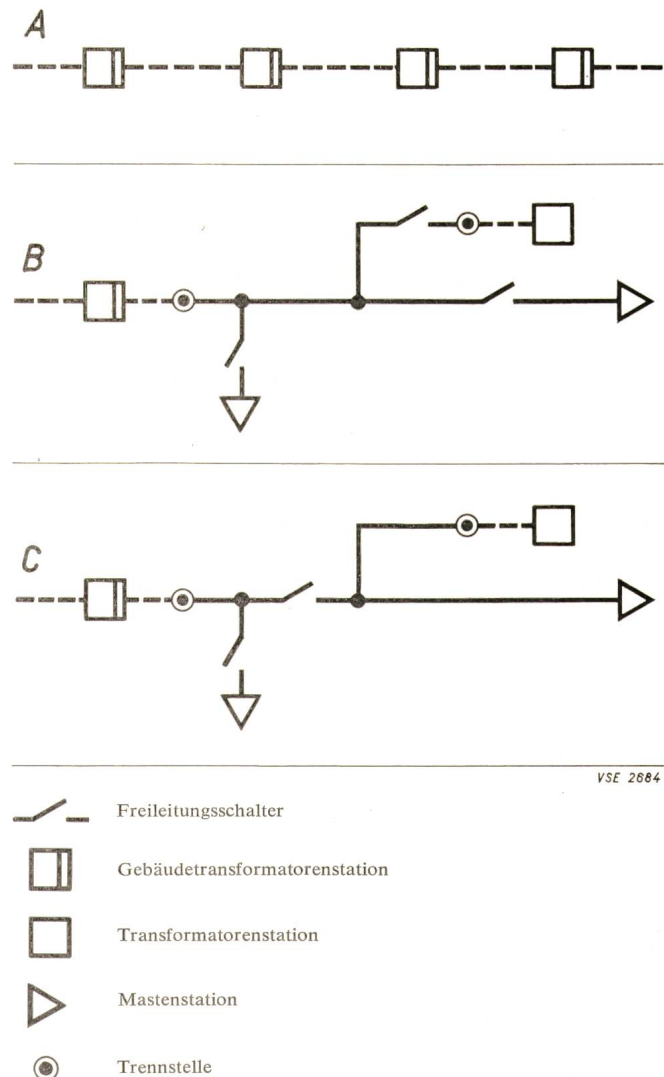


Fig. 18

Schalter im Mittelspannungsnetz

A = im Kabelnetz

B = nach Starkstromverordnung

C = nach Wunsch der Werke

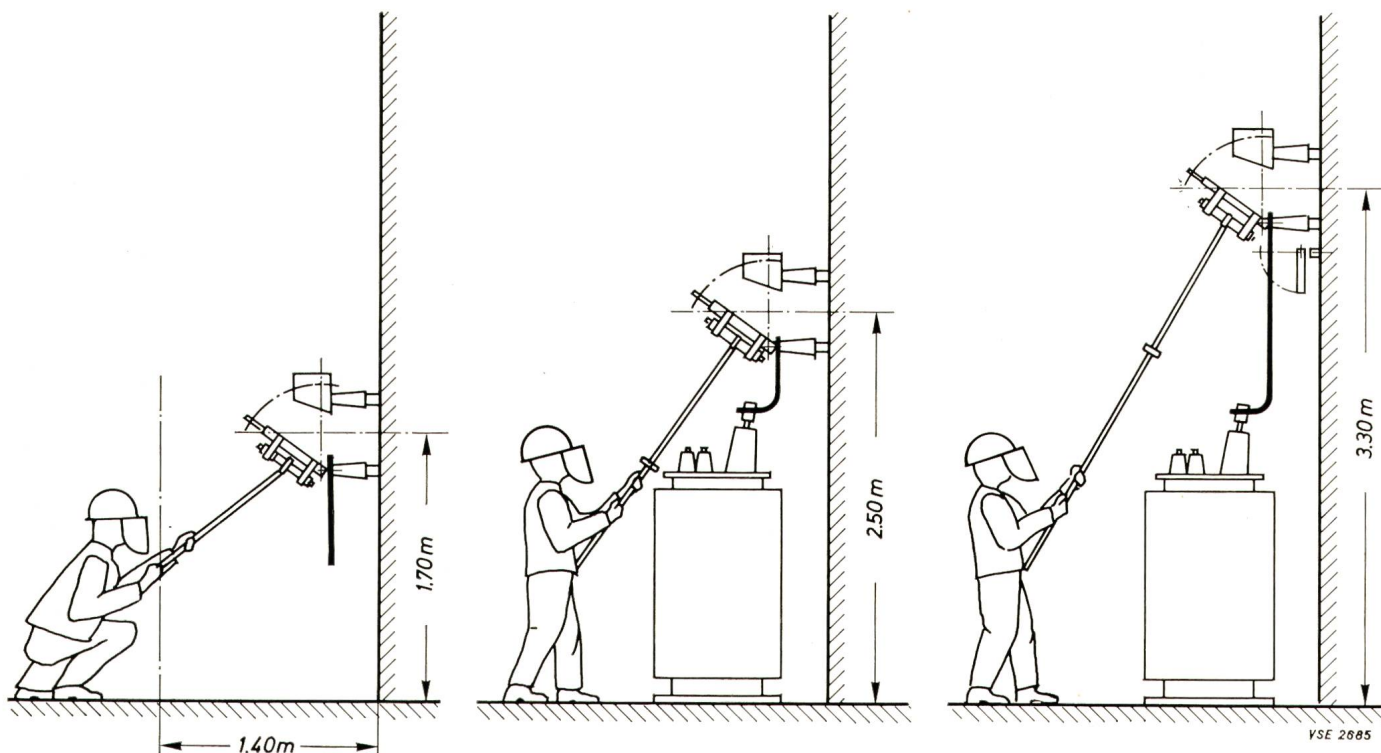


Fig. 19
Betätigung von Schaltsicherungen

Vorschriften sollte unbedingt dieses Erschwernis berücksichtigt werden.

In denselben Bereich gehören die kürzlich herausgegebenen Richtlinien der SBB-Bauabteilung des Kreises III über Schutz-zonen und Minimalabstände bei Parallelführungen und Kreuzungen. Sie erfordern beispielsweise 14 m Abstand ab Schien-oberkante und stimmen nicht mit der Verordnung vom 7. Juli 1933 über Parallelführungen und Kreuzungen bei Bahn-anlagen überein. Das Resultat sind Masten von 20 m und mehr Höhe, also eine unsinnige Bauweise.

In einem ganz anderen Gebiet liegen die Schwierigkeiten mit dem Artikel 62 der Starkstromverordnung, welcher die Abtrenn- und Abschaltbarkeit der Transformatorenstationen von der Oberspannung regelt. Während bei Kabelanlagen eine Abschaltung in der vorliegenden Station zugelassen ist, verlangt man bei jeder in Freileitung angespiesenen Station einen in der Nähe befindlichen Schalter (Fig. 18).

Es kann doch nur die Sorge des Betriebsinhabers sein, wenn er mittels eines Schalters mehr als eine Station abschaltet. Besonders in Netzen mit rascher Entwicklung kann der Einbau eines mehr als Fr. 3000.— kostenden Schalters nicht verant-wortbar sein.

Der Artikel 62 schreibt ferner vor, dass bei in Kabel ange-spiesenen Stationen unmittelbar bei der Kabeleinführung eine Trennvorrichtung vorhanden sein muss. Es werden sogar be-sondere Trenner verlangt, wenn im Eingangsfeld ein ausfahr-barer Schalter vorhanden ist und die davorliegende Station sich nicht in unmittelbarer Nähe befindet. Die Verwirklichung

dieser Forderung erschwert den Anlagebau in besonderem Mass.

Über die Änderung des Artikels 110, Hochspannungslei-tungen in der Nähe von Gebäuden, läuft zur Zeit via Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke ein Vorschlag an das Stark-strominspektorat. Ich möchte mich daher nicht zu dieser Frage äussern.

Wie wenig es braucht, um aus einer ehemals vernünftigen Vorschrift eine unsinnige zu machen, zeigt Figur 19.

Im Artikel 36 ist vorgeschrieben, Schmelzsicherungen in Schaltanlagen höchstens 1,70 m über dem Bedienungsstandort anzuordnen. Man will damit verhüten, dass Anlagenbauer die Betriebsleute auf Leitern zwingen, um Sicherungen auszu-wechseln. In 1,7 m Höhe angeordnete Sicherungen gezeigter Art würden aber die Betriebsleute in eine Lage bringen, welche zwar bequem, aber zum Arbeiten nicht gerade üblich ist.

Mit dem kleinen Abstecher in das Gebiet der Vorschriften möchte ich meine Ausführungen beschliessen. Wenn es mir gelungen ist, Ihnen für den Mittelspannungsanlagenbau An-regungen und für die Diskussion Stoff geliefert zu haben, ist der Auftrag erfüllt.

Adresse des Autors:

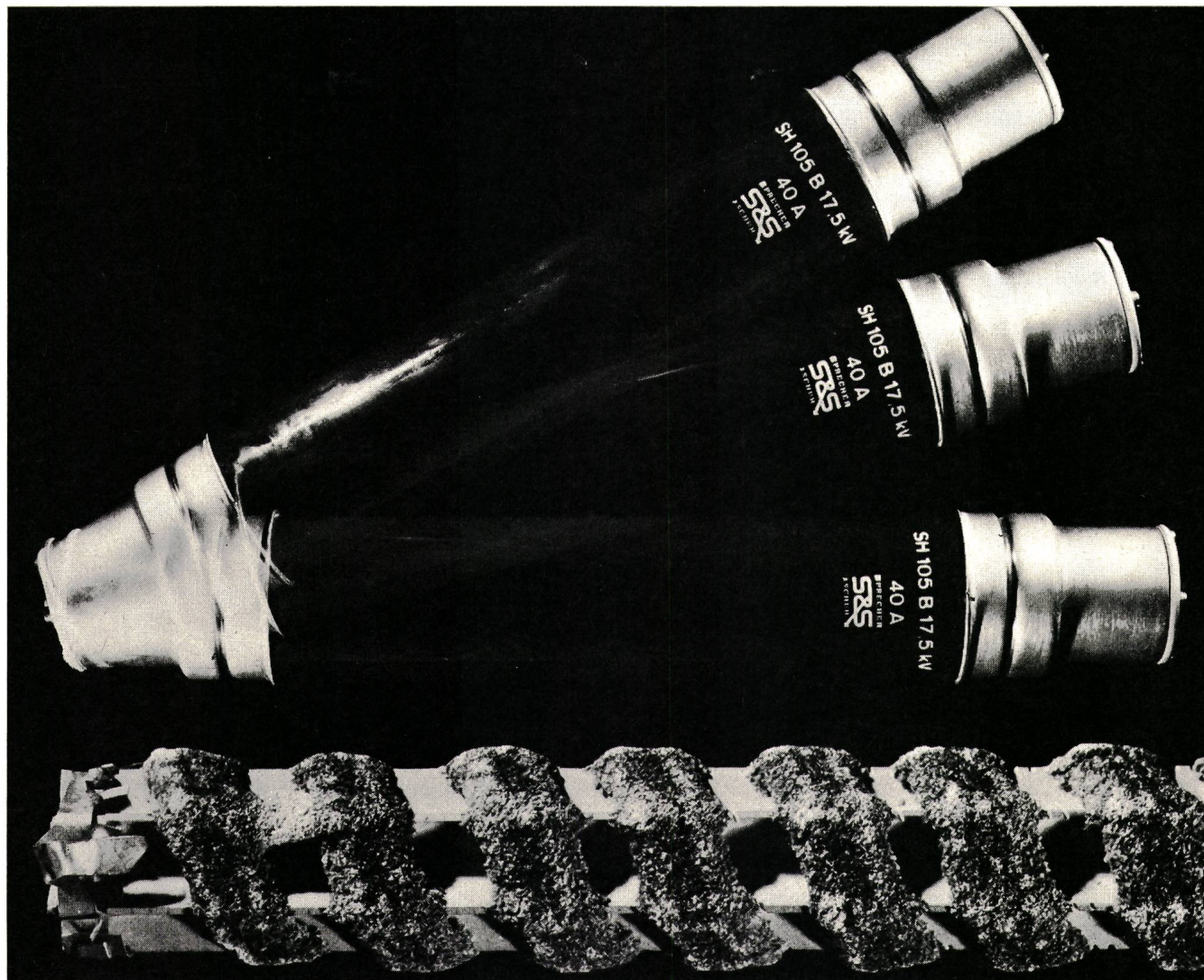
V. Huber, Oberbetriebsleiter der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, Dreikönigstrasse 18, 8022 Zürich.

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.

Diese Sicherung hat 750 MVA einwandfrei abgeschaltet!

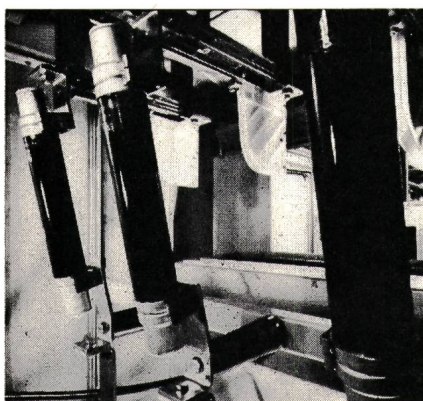


Mit Hilfe der Ersatzpackung ist sie in wenigen Minuten wieder voll einsatzfähig

Eine überzeugende Eigenschaft, die für Sie ausschlaggebend sein kann.

Denn zugleich entscheiden Sie sich für weitere wesentliche Leistungen:

- Sichere Arbeitsweise auch im Überstromgebiet von $1,8 I_N$.
- Sehr gute Kurzschlussstrom-Begrenzung, damit Sie Ihre Anlage leichter dimensionieren können.
- Einwandfreie Selektivität mit den Niederspannungs-Sicherungen.
- Gut funktionierender Schlagbolzen-Anzeiger



- Hochspannungsfeste Sicherungszange aus Isolierstoff für den Ein- und Ausbau der Patronen.

Die Praxis spricht für die Sicherungsreihe SH 100 von Sprecher & Schuh. Informieren Sie sich durch unseren ausführlichen Katalog 8 G.



Sprecher & Schuh AG
Aarau/Schweiz

H12.566.6.70

75 Jahre marktorientiertes Unternehmertum



Chr. Gfeller AG, 3018 Bern