Probleme des Baus und Betriebes von Mittel- und Niederspannungsnetzen unter dem Gesichtswinkel der Sicherheit : Bauweise eines städtischen Niederspannungsnetzes

Autor(en): **Droux, N.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **63 (1972)**

Heft 2

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-915656

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

Probleme des Baus und Betriebes von Mittel- und Niederspannungsnetzen unter dem Gesichtswinkel der Sicherheit

Bericht über die 37. Diskussionsversammlung des VSE vom 2./3. Juni 1971 in Lausanne

Bauweise eines städtischen Niederspannungsnetzes

Von *N. Droux,* Freiburg

Allgemeines

Dieser Vortrag basiert auf den allgemeinen Richtlinien, die von den EEF für die Konstruktion ihrer städtischen Niederspannungsnetze angewendet werden.

Die städtischen Netze der EEF versorgen in erster Linie die Stadt Freiburg mit ungefähr 50000 Einwohnern sowie einige Ortschaften wie Payerne, Estavayer, Romont, Châtel St-Denis usw.

Das Verteilprinzip hängt hauptsächlich von den Gegebenheiten der Siedlung sowie von den topographischen Verhältnissen des Geländes ab.

Studien und Projekte

Die Studien für den Weiterausbau eines Netzes benötigen verschiedene Etappen. Zuerst werden mit Hilfe eines Richtplanes im Maßstab 1 : 5000 die Anspeisepunkte, d. h. die Standorte der Trafostationen bestimmt.

Als Unterlagen für den Ausbau des Netzes dienen die Pläne der vorgesehenen Einrichtungen, welche eine grobe Schätzung des zukünftigen Energiebedarfes erlauben. Die Pläne werden uns von den Gemeinden übermittelt, sobald die Studien über die zukünftigen Bauten und Einrichtungen abgeschlossen sind, oder vom Architekt, wenn es sich um Quartierpläne handelt. Mit Hilfe dieser Unterlagen ist es möglich, das Verteilnetz festzulegen, dessen Studien meistens auf einem Plan im Maßstab 1:500 erfolgen.

Für die Netzstudien müssen verschiedene Erwägungen beachtet werden. Zuerst einmal die Untersuchungen über ein bestehendes altes Netz in bezug auf die Anpassungsmöglichkeiten an neue Gegebenheiten, zum Beispiel die unterirdische Verkabelung einer Freileitung anlässlich eines Strassen-Neu- oder -Umbaues. In verschiedenen Quartieren bestehen noch immer Freileitungen, welche aber nach und nach verkabelt werden. Auf Dächern aneinandergebauter Gebäude treffen wir noch von einem Dachständer zum andern aufgehängte Leitungen an. Dies ist jedoch sehr gefährlich, wenn ein Leiter hinunterfällt oder bei Arbeiten auf den Dächern (Antennenmontage), auch ist ihr Anblick nicht sehr ästhetisch. In diesem Fall muss die Art der Verteilung den örtlichen Verhältnissen angepasst werden, was nicht immer den idealsten Bedingungen entspricht.

Wenn Leitungen in den Boden verlegt werden müssen, in dem sich noch andere, ungenau festgelegte Kanalisationen befinden, so können die definitiven Kabelführungen oft erst während des Baus festgelegt werden. Ausserdem kann auch die Kabeleinführung in ein altes Gebäude nicht immer nach den bestehenden Normen ausgeführt werden. In den alten Quartieren, wo die Häuser aneinandergebaut sind, haben wir oft Mühe, Plätze für das Unterbringen der Kabinen zu finden. In der Altstadt von Freiburg, wo die meisten Häuser geschützt sind, muss die Kabine manchmal durch einen unterirdisch zugänglichen Raum ersetzt werden oder auch nur durch einen unterirdischen Schaltkasten, welcher wohl Schaltänderungen erlaubt, jedoch keine Schutzapparate für die Leitungen enthält.

Die Neu- oder Umbauten von Gebäuden können oft beträchtliche Belastungserhöhungen der bestehenden Netze zur Folge haben. Um in einem solchen Falle die vorzusehende Entwicklung studieren zu können, werden am Anfang der Niederspannungsleitungen Stromregistrierinstrumente eingebaut. Es ist wichtig, dass solche Probleme möglichst frühzeitig gelöst werden, es können dann, wenn nötig, Trafostationen in die Gebäude ein- oder angebaut werden. Beim Bau von neuen Gebäudekomplexen wird vorerst eine Studie des Netzausbaues gemäss den vom Architekten zur Verfügung gestellten Unterlagen gemacht. Nachher werden die endgültigen Leitungsführungen zusammen mit dem Strassenbauamt und in Zusammenarbeit mit den verschiedenen interessierten Instanzen betreff Telephon-, Gas- und Wasserleitungen festgelegt (da die EEF ein Kantonsbetrieb sind, untersteht in Freiburg die Gas- und Wasserverteilung den Städtischen Industriellen Betrieben).

Gleichzeitig wird auch die öffentliche Beleuchtung studiert, was in gewissen Fällen die Leitungsführung der Niederspannungsleitungen beeinflussen kann.

Die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen öffentlichen Instanzen ist eine Notwendigkeit geworden, denn die Erfahrungen zeigen die daraus resultierenden Vorteile. Die Ausführung gemeinsamer Gräben erlaubt bauseits eine erhebliche Kosten- und Zeitersparnis. Die Zusammenlegung aller Leitungen bietet auch grössere Sicherheit, denn bei späteren Bauarbeiten sind die gefährlichen Zonen besser bekannt. Ausserdem werden die für jeden Betrieb empfohlenen Niveaus besser respektiert.

Die unterirdischen Kabel werden mit Vorliebe in die Trottoirs verlegt, die Belastung ist dort kleiner als unter den Strassen mit oft grossem Verkehr. Ausserdem können spätere Anschlüsse oder Reparaturen leichter ausgeführt werden. In schwach besiedelten Zonen bedient eine einzige Leitung beide Strassenseiten. Dagegen ist es in stark besiedelten Zonen, mit aneinandergebauten Häusern und breiten Strassen, vorzuziehen, jede Seite mit einer eigenen, unabhängigen Leitung anzuspeisen. Die Lastverteilung wird besser und es können zahlreiche Strassenunterquerungen verhindert werden. Im Falle einer Störung einer Leitung besteht die Möglichkeit, rasch provisorische Kabel zwischen den einander gegenüberliegenden Gebäuden zu verlegen.

Der Bau neuer Fabriken oder die Vergrösserung bestehender Industriebetriebe verursachen oft eine sehr grosse Lasterhöhung. Diese Probleme werden auf verschiedene Arten gelöst.

Wenn der vorzusehende Bedarf gross ist (bei den EEF 500000 kWh im Minimum pro Jahr), wird der Abonnent durch Hochspannung angespiesen, und er baut seine eigene Trafostation. Das Niederspannungsnetz erleidet dadurch keine Laständerung.

Wenn der vorzusehende Bedarf weniger gross ist, so wird das betreffende Unternehmen an das Niederspannungsnetz angeschlossen, wenn es dessen Struktur erlaubt, oder im andern Fall stellt der Abonnent einen Raum für eine Trafostation zur Verfügung, welche im Besitze der EEF bleibt und gegebenenfalls noch andere Abonnenten bedienen kann.

Aufstellungsort der Stationen

Für die Spannungsschwankungen bei den Abonnenten haben wir folgende Toleranzen festgelegt:

— Stadtnetze $\pm 5\,\%$
— Landnetze $+5\,\%$ und $-10\,\%$

Diese Werte bilden einen massgebenden Faktor bei der Planung einer Verteilleitung.

Die Längen der von einer Trafostation weggehenden Leitungen variieren zwischen 100 und 500 m.

Die kürzesten Leitungen speisen einen Industriebetrieb oder ein wichtiges Gebäude mit eigener Verteilstation an, während die längsten meist ein Villenquartier mit schwacher Überbauung anspeisen.

Für das Aufstellen unserer Stationen haben wir folgendes Prinzip festgelegt:

Jede Transformatorenstation ist für 2 Transformatoren zu 1000 kVA mit 8 Niederspannungsabgängen von 400 A vorgesehen.

Die im Netz gemessenen Werte haben uns erlaubt, festzustellen, dass während der Spitzenzeiten im Durchschnitt pro Wohnung die Leistung 1,5 kW beträgt. Dabei handelt es sich um Werte, die an Speiseleitungen für Wohngebäude mit verschieden grossen Wohnungen gemessen wurden. Als Mittelwert können 100 m² angenommen werden.

Die Anzahl der von einer Station angespiesenen Wohnungen in einem Quartier ohne Grossbezüger beträgt im Maximum 700, was uns eine Leistungsspitze von 1050 kW gibt. Dazu kommen verschiedene kleine Geschäfte, für welche eine Spitzenleistung von 150 kW einzusetzen ist. In diesem Falle genügen 2 Transformatoren von 630 kVA; wenn nötig können diese später durch solche von 2×1000 kVA ersetzt werden; die Installation ist für eine solche Leistung vorgesehen. Die uns zur Verfügung stehende Leistung würde es erlauben, während der Spitzenzeit jede Wohnung mit 2,6 kW anzuspeisen.

Jede Leitung, am Abgang durch 400 A Hochleistungssicherungen geschützt, speist normalerweise 100 Wohnungen an.

Wir finden auch hier wieder die gleiche Leistungsreserve, da jede Wohnung 4 A verbrauchen kann, d. h. 2,6 kW.

Die uns gegenwärtig zur Verfügung stehenden Leistungsreserven erlauben es ohne weiteres, bei Arbeiten in den Stationen oder an den Leitungen, niederspannungsseitige Netzschaltungen vorzunehmen.

Unter Berücksichtigung des Vorerwähnten und bei Kenntnis des Überbauungsindexes ist es nun möglich, die theoretische Länge der von einer Station strahlenförmig weggehenden Speiseleitungen zu bestimmen.

Beispiele (siehe Fig. 1)

— *Villenquartier*

Index:	ca. 0,2
mittlere Wohnungsfläche:	110 m²
anzuspeisende Fläche:	$\frac{700 \times 110}{0{,}2} = 385\,000$ m²
Verteilradius:	ca. 350 m

— *Quartier mit Hochhäusern*

Index:	ca. 0,7
mittlere Wohnungsflächen:	100 m²
anzuspeisende Fläche:	$\frac{700 \times 100}{0{,}7} = 100\,000$ m²
Verteilradius:	ca. 180 m

Solche Berechnungen könnten im Idealfall angewandt werden, wo die Station ein Netz mit konstantem Überbauungsindex anspeist. Der Index ist jedoch meistens nur für eine beschränkte Zone gegeben, der Verteilradius muss deshalb bestimmt werden, indem man die Anzahl der Wohnungen pro Zone berechnet.

Selbstverständlich sind diese Angaben nur für vollständig neue Konstruktionen gültig. Es handelt sich dabei nicht um genaue Angaben, sie liefern uns jedoch genügend genaue Unterlagen für die Herstellung unserer Richtpläne. Der ideale Aufstellungsort fällt gelegentlich in eine noch nicht überbaute Zone, was uns zwingt, die berechnete Distanz zwischen 2 Stationen zu ändern, oder in gewissen Fällen wird vorerst eine provisorische Station erstellt, die im Moment der Konstruktion durch eine definitive ersetzt wird.

Schaltung der Leitungen

Die Hauptverteilleitungen sind so konstruiert, dass die Möglichkeit ihrer Vermaschung besteht. Diese Verbindungsmöglichkeiten zwischen den Stationen sind von grossem Vor-

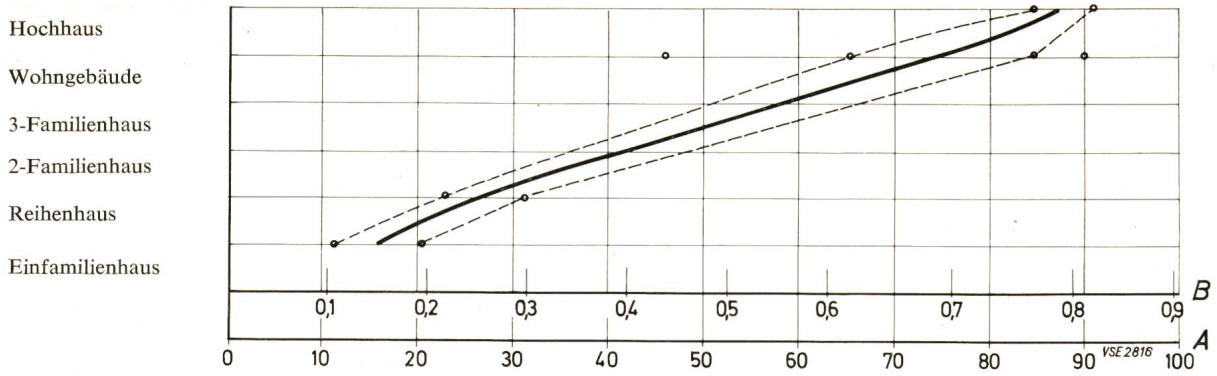

Fig. 1
Anzahl der Wohnungen pro ha und Überbauungsindex des Bodens in Funktion der verschiedenen Gebäudearten

A Anzahl der Wohnungen pro ha

$$B \text{ Überbauungsindex} = \frac{\text{Überbaute Fläche}}{\text{Totale Fläche}}$$

teil, wenn Unterhaltungsarbeiten ausgeführt werden müssen. Wenn auch nicht immer die Möglichkeit besteht, eine Station vollständig durch die benachbarten Stationen anzuspeisen, so können doch die Prioritätsleitungen in Betrieb gelassen werden. Das gleiche ist auch der Fall bei der Störung einer Station oder bei einem Kabeldefekt. Unter Prioritätsleitungen versteht man solche, die sehr empfindlich sind auf Stromunterbrüche, wie die Anspeisungen von Spitälern, gewisser chemischer Industrien usw. Es ist jedoch zu erwähnen, dass diese Bezüger sich mehr und mehr mit Notstromgruppen ausrüsten.

Wir haben vorhin gesehen, dass der Verteilradius einer Trafostation, das heisst die Länge jeder Hauptleitung, von der Überbauungsart der Besiedelung abhängt. Es muss jedoch an jeder Strassenkreuzung oder bei wichtigen Abzweigungen eine Abtrennmöglichkeit für die Leitungen vorgesehen werden. Aus diesem Grunde wird von uns alle 100 bis 150 m eine Trennkabine vorgesehen. Eine Verbindungsleitung zwischen 2 Trennkabinen darf nicht mehr als 10 Abzweigungen aufweisen (siehe Fig. 2).

Dadurch ist es immer möglich, bei einem Kabeldefekt den gestörten Abgang zu isolieren und die stromlosen Gebäude durch provisorische Kabel anzuspeisen. Die Fehlerortsbestimmung wird durch dieses System auch erleichtert. Es muss jedoch ausdrücklich erwähnt werden, dass trotz den zahlrei-

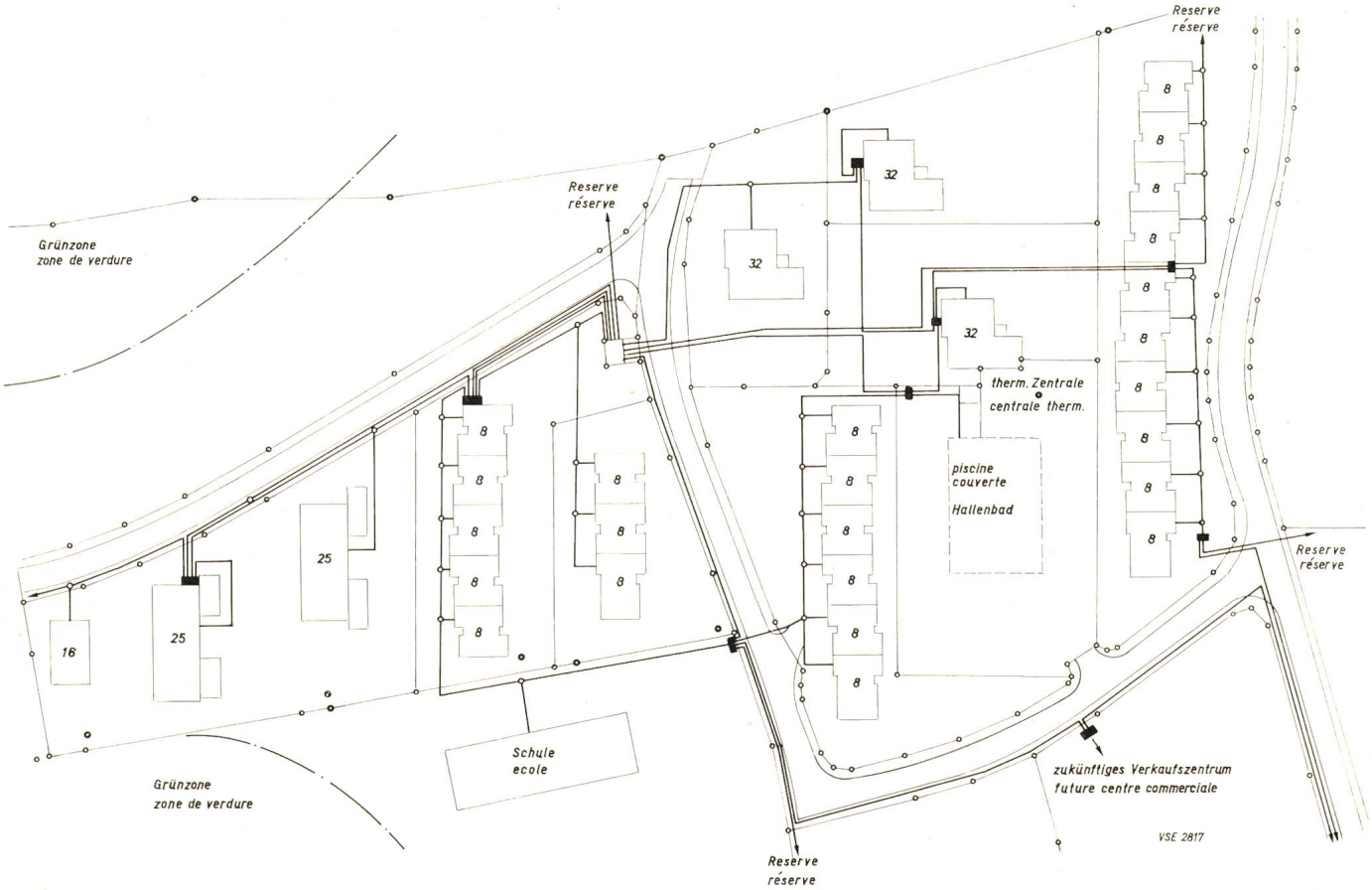

Fig. 2
Quartierplan

chen Möglichkeiten der Vermaschung unseres Netzes dieses *immer unvermascht* betrieben wird.

Der vermaschte Betrieb bietet natürlich gewisse Vorteile in bezug auf die Lastverteilung, aber es ist schwierig, die Selektivität für den Schutz zu garantieren. Ausserdem erleichtert der unvermaschte Betrieb die Ausschaltungen bei Arbeiten, und Rückströme, welche oft die Ursache schwerer Unfälle sind, werden verhindert. Der unvermaschte Betrieb ist also übersichtlicher, erlaubt jedoch nicht immer, die Querschnitte der Kabel voll auszunützen. Das Schema des Niederspannungsnetzes muss in jeder Station und in jeder Schaltkabine angeschlagen werden.

Anschluss von Grossbezügern

Die Grossbezüger können, wie wir vorher gesehen haben, je nach dem vorzusehenden Energiebezug an das Niederspannungsnetz angeschlossen oder vom Mittelspannungsnetz angespeist werden. Wenn es sich um den Niederspannungsanschluss eines neuen Industrieunternehmens handelt, so müssen die genauen Angaben über die elektrischen Maschinen des Abonnenten verlangt werden. Je nach der Betriebsart könnte es von Vorteil sein, eine unabhängige Leitung ab Trafostation vorzusehen, um zu verhindern, dass durch Störungen noch andere Abonnenten in Mitleidenschaft gezogen werden könnten. In gewissen Extremfällen wird man einen vom Sekundärnetz getrennten Transformator vorsehen.

Das Unternehmen, welches eine eigene Tranformatorenkabine besitzt, stellt im allgemeinen keine Probleme hinsichtlich dem Verursachen von Netzstörungen.

In gewissen Fällen kann für den Abonnenten eine zweite Stromzuführung vorgesehen werden, welche als Notanspeisung dienen kann.

Bauweise der unterirdischen Leitungen

Da es sich bei dieser Darstellung um Stadtnetze handelt, werden die Freileitungen hier nicht behandelt.

Wir haben im allgemeinen wenig Schwierigkeiten mit dem Erlangen von Durchleitungsrechten für unterirdische Leitungen. Im Prinzip benützen wir öffentliches Gebiet. Jede Grabarbeit wird durch die Gemeinde- oder Kantonsbehörde bewilligt, wenn garantiert werden kann, dass die Wiederinstandstellung nach Beendigung der Arbeiten gemäss deren Vorschriften erfolgt. Ausnahmsweise müssen Haupt-Niederspannungsleitungen auch durch privates Gebiet geführt werden. Diese werden auf Wohlwollen und gegen keinerlei Vergütung verlegt. Das gleiche gilt auch, wenn eine Trennkabine vorgesehen werden muss.

Kanalisationen

Am Anfang haben wir von der Notwendigkeit der Zusammenarbeit mit den verschiedenen öffentlichen Diensten gesprochen, hauptsächlich bei Strassenneubauten.

Es ist tatsächlich sehr wichtig, dass die Kabelkanäle fachgemäss ausgeführt werden. Die Strassenbauarbeiten müssen so weit fortgeschritten sein, dass Fehler in der Tiefenbestimmung ausgeschlossen werden und die schweren Baumaschinen keinen Schaden mehr anrichten können. Es ist ebenfalls wichtig, dass alle Betriebe die festgelegten Niveaus für ihre Leitungen einhalten, um unangenehme Überraschungen bei Kreuzungen zu vermeiden. Auch die Abstände zwischen parallel geführten Leitungen müssen beachtet werden, damit jedermann an seinen Leitungen richtig arbeiten kann.

Für die Verlegung der Kabel werden im Prinzip rechteckige Kabelkanäle aus Zement mit spitzen Deckeln verwendet. Die Kanäle werden in Sand verlegt. Wenn nötig werden sie seitlich durch Beton verstärkt, z. B. bei Strassenunterquerungen oder unter Gebäudezugängen. Diese Lösung hat gegenüber der Verlegung z. B. in Röhren den Vorteil, dass das Kabel ohne weiteres auf seiner ganzen Länge zugänglich gemacht werden kann. Ausserdem kann der Kabelkanal kaum mit anderen Leitungen verwechselt werden, wodurch ärgerliche Verwirrungen vermieden werden.

Eine andere, von uns jedoch selten angewendete Lösung besteht in der Verwendung von Röhren und dem Herstellen von Kammern bei jedem Kabelkasten oder bei jeder grösseren Krümmung. Diese Lösung ist sehr praktisch, wenn ein Kabel ersetzt oder ein Kabelendverschluss repariert werden muss. Sie verlangt aber grosse Investitionskosten während der Herstellung. Wir haben versuchsweise einige Kabel in Polyäthylenrohre verlegt, aber aus Mangel an Erfahrung können wir uns noch kein bestimmtes Urteil bilden. Bei Strassenbauarbeiten ist es bei den EEF üblich, die Gelegenheit für vorgesehene definitive Ausbauten des Netzes zu benützen. Wir verlegen sofort die Anzahl der für den Endausbau vorgesehenen Leitungen, im Gegensatz zu anderen Betrieben, welche vorerst nur leere Kanäle verlegen und erst später die nötigen Kabel ziehen. Unsere Art hat natürlich den Nachteil, dass Kabel verlegt werden, die erst einige Jahre später gebraucht werden, aber es wird verhindert, dass Strassen einige Zeit nach ihrer Fertigstellung wieder aufgerissen werden müssen. Ein Idealfall besteht bei der Kabelverlegung in begehbaren Kanälen. Die leider zuwenig zahlreichen Erfahrungen sind sehr positiv, man muss jedoch auf die ausserordentlich hohen Baukosten dieser Lösung hinweisen. Es ist noch zu erwähnen, dass wir viele Niederspannungskabel in ungefähr 80 cm Tiefe direkt in den Boden verlegen und nur mit spitzen Zementabdeckungen schützen.

Kabelverlegung

Für das Verlegen der Kabel bestehen verschiedene Möglichkeiten.

Vorerst das mechanische Ziehen mittels Seilwinde von mit Zugbewehrung versehenen Kabeln. Diese Verlegungsart wird bei uns für Niederspannungskabel nicht angewendet. Im Prinzip werden diese ab einer fahrbaren Kabeltrommel direkt in den Graben abgerollt oder, wenn nötig, z. B. bei Leitungskreuzungen von Hand mittels Kabelrollen verlegt. Bei diesem Prinzip muss der Graben auf seiner ganzen Länge offen bleiben, bis alle Kabel verlegt sind. Dagegen erübrigt es sich, die Kabel mit einer Zugbewehrung zu versehen.

Art und Dimensionierung der Kabel

Für die Hauptleitungen werden Kabel vom Typ PPb-T (also ohne Armierung) verwendet.

Unsere interne Normalisierung sieht für die Hauptleitungen zwei Querschnitte vor:

— 3 (1 × 185) + (1 × 120) mm² Cu für Zonen mittlerer und grosser Dichte.
— 4 (1 × 95) mm² Cu für Zonen schwacher Dichte.

In unseren Stadtnetzen wird meistens der erste Querschnitt, welcher aus 4 einpoligen Kabeln besteht, benutzt. Diese Wahl scheint erstaunlich, aber es ist zu bemerken, dass Einleiterkabel bedeutend stärker belastet werden können als Vierleiterkabel vom gleichen Querschnitt. Wir haben ebenfalls festgestellt, dass bei den meisten Störungen nur eine Phase beschädigt ist und dass mit den beiden andern Phasen der Betrieb provisorisch weitergeführt werden kann.

Einleiterkabel können von Hand leichter gezogen werden als Vierleiterkabel vom gleichen Querschnitt. Die Herstellung der Verbindungs- und Abzweigmuffen verlangt dagegen mehr Arbeit verglichen mit Vierleiterkabeln.

Die Anwendung von Aluminiumkabeln ist von uns aufgegeben worden; wir haben einige Enttäuschungen erlebt, die den damaligen Arbeitsmethoden zuzuschreiben sind. Mit den heutigen Arbeitsmethoden bieten die Aluminiumkabel sicher grosse Vorteile in bezug auf Gewicht und Preis.

Für die Kabelverbindungen verwenden wir mit 2-Komponenten-Giessharz ausgegossene Kunststoff-Verbindungsmuffen mit Presshülsen und für die Abzweigungen Muffen aus Gusseisen mit Klemmen.

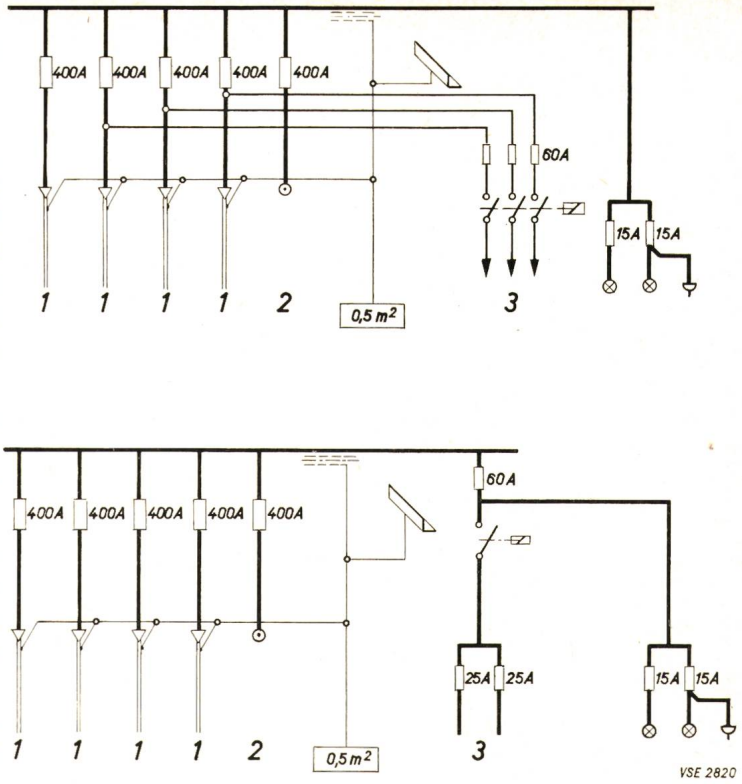

Fig. 3a
Einpoliges Schema einer Verteilkabine
1 Abgänge; *2* Anschluss für prov. Anschlüsse; *3* Abgang öffentl. Beleuchtung (Freileitung)

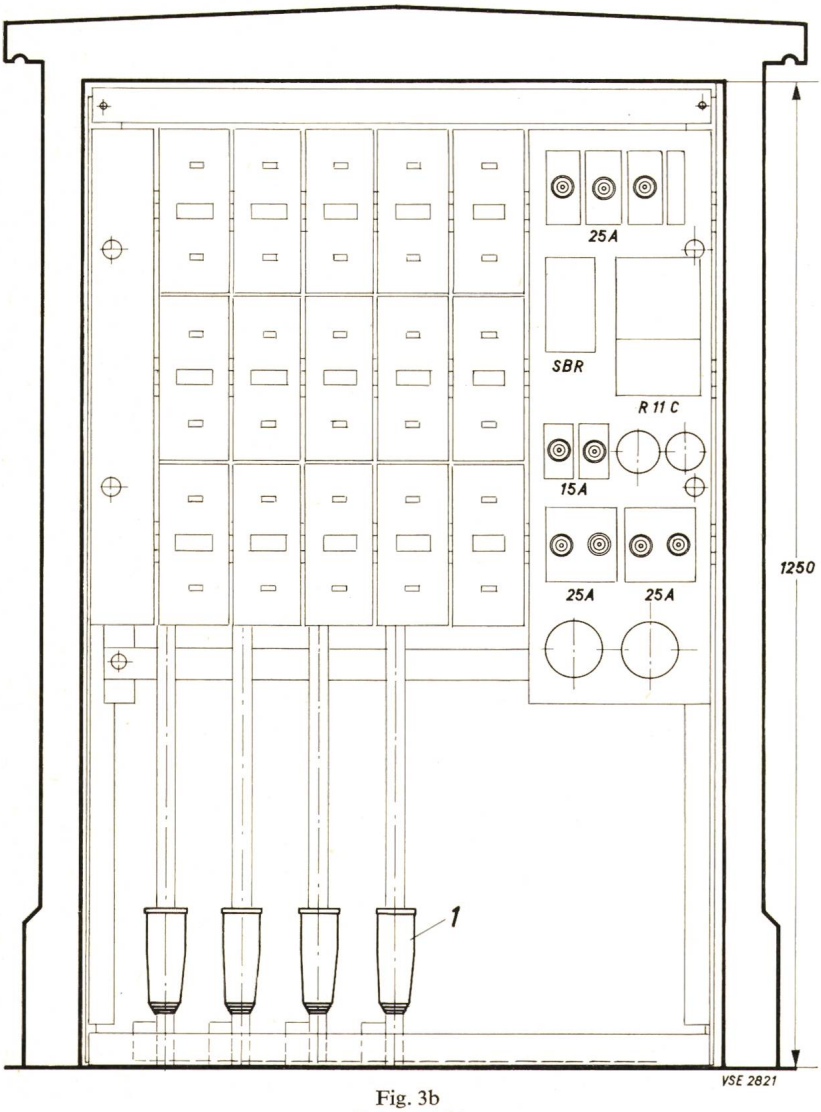

Fig. 3b
Frontansicht

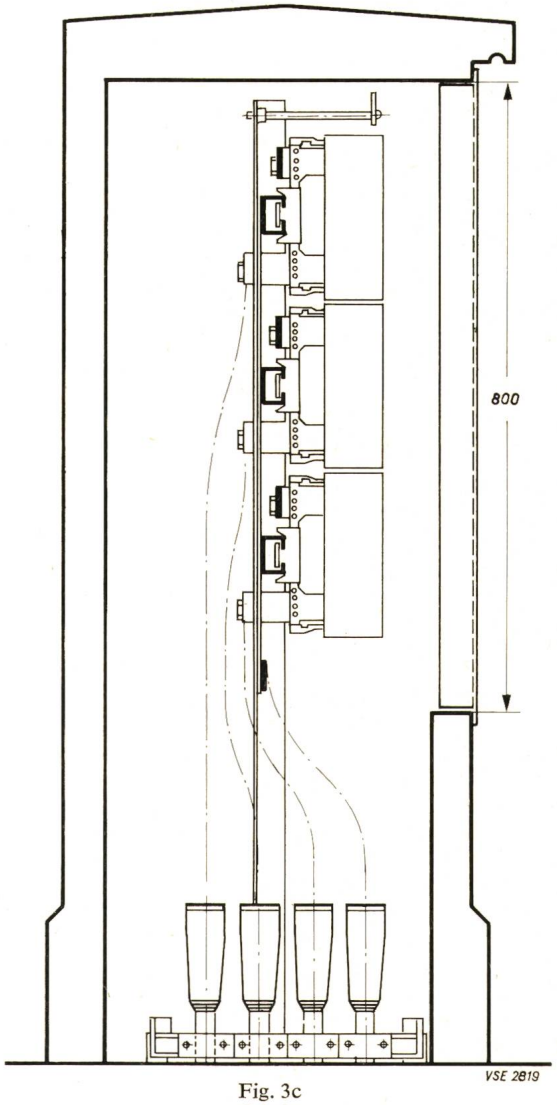

Fig. 3c
Schnitt

Trennkabinen

Wir haben schon vorher die Schaltmöglichkeiten der Leitungen, welche die Trennkabinen und Schränke bieten, erwähnt. Diese sind für alle Bedürfnisse der EEF normalisiert und werden vollständig in unseren Werkstätten hergestellt.

Es bestehen 2 Ausführungen:

1. Freistehender, aus Beton hergestellter Schrank (siehe Fig. 3).
2. Eingebaute Ausführung, bei welcher unsere Apparate in vorgesehene Mauernischen von Hausfassaden oder Stützmauern eingebaut werden.

Das normale Schema sieht 5 Gruppen von 400 A Sicherungen vor, wovon 4 für die Verteilleitungen verwendet werden und die fünfte auf Klemmen geführt ist. Diese Klemmen dienen zum Anschluss von provisorischen Anspeisungen, z. B. für Bauunternehmungen usw. In jedem Schrank ist ein Schaltfeld für die öffentliche Beleuchtung vorgesehen.

Leitungsschutz

Jede Leitung ist am Abgang in der Station mit Hochleistungssicherungen ausgerüstet. Die Querschnitte von 185 mm² werden durch träge 400 A Patronen geschützt. In den Trennschränken werden flinke Patronen eingebaut, was eine bestimmte Selektivität bedeutet.

Die verhältnismässig kurzen Hauptleitungen unseres Netzes und deren Abschnitte erlauben in jedem Störungsfall das Durchschmelzen der Sicherung.

Mit einstellbaren Relais ausgerüstete Schalter würden natürlich die Selektivität zwischen den verschiedenen Leitungen erhöhen. Sie sind jedoch teurer als Sicherungen und im Falle unseres aus einpoligen Kabeln bestehenden Netzes würde auch bei der Störung von nur einer Phase die ganze Leitung ausgeschaltet.

Hausanschlüsse

Für die Hausanschlüsse werden TT-CLT(Tdca-T)-Kabel verwendet.

Der kleinste Querschnitt ist 4 × 16 mm², er wird für Gebäude von 1 bis 10 Wohnungen verwendet.

Die anderen normalisierten Querschnitte sind:

4 × 25 mm²
4 × 35 mm²
4 × 50 mm²
4 × 95 mm²
(3 × 185) + 120 mm²

Das Prinzip der Kabeleinführung in das Gebäude geschieht nach genauen Direktiven. Der Architekt erhält von uns für jeden Fall einen Detailplan, nach welchem die Ausführung genau eingehalten werden muss (siehe Fig. 4).

Der Anschluss eines Gebäudes geschieht in der Regel von einer Hauptleitungs-Abzweigung aus. Wichtige Gebäude können auch direkt von der Trafostation oder von der nächsten Trennkabine aus angespiesen werden.

In gewissen Fällen wird die Hauptleitung direkt durch das Gestell, auf welchem sich die Hauptsicherung des Gebäudes befindet, geführt.

Öffentliche Beleuchtung

Die Kabel für die öffentliche Beleuchtung werden, wenn möglich, in die gleichen Kanäle mit den Niederspannungs-Verteilleitungen verlegt. Die Kandelaber werden geschlauft

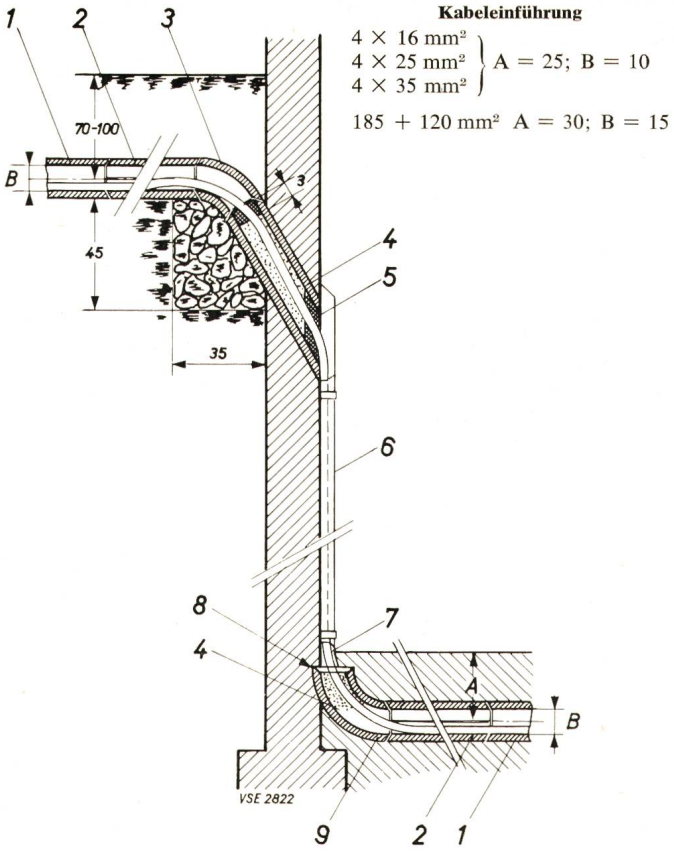

Fig. 4a
Hauseinführung (Detailplan)

1 Zementrohre oder Kabelsteine
2 Zementschalen mit Längsfalz
3 Bogen 60°
4 Glasfaserisolation
5 «Duxeal»-Dichtungsmasse
6 Kabelschutz
7 Kabelschutz im Zementrohr spreizen
8 Gleiche Ausführung bei NS-Kasten
9 Bogen 90°

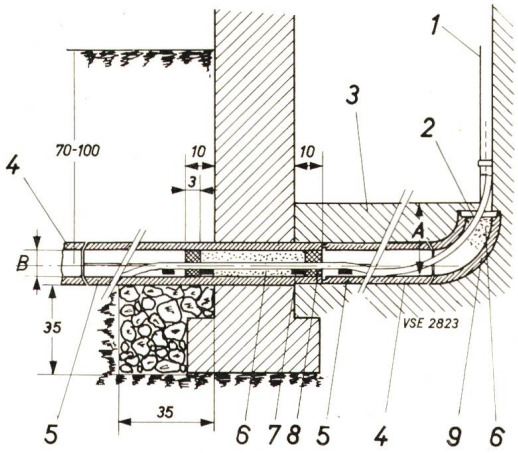

Fig. 4b
Hauseinführung (Detailplan)

1 Kabelschutz
2 Kabelschutz im Zementrohr spreizen
3 Überzug erst nach Kabelverlegung
4 Zementrohr
5 Zementschalen mit Längsfalz
6 Glasfaserisolation
7 Holzscheiben
8 «Duxeal»-Dichtungsmasse
9 Bogen 90°

Kabeleinführung

4 × 16 mm²
4 × 25 mm²
4 × 35 mm²
A = 25; B = 10

185 + 120 mm²
A = 30; B = 15

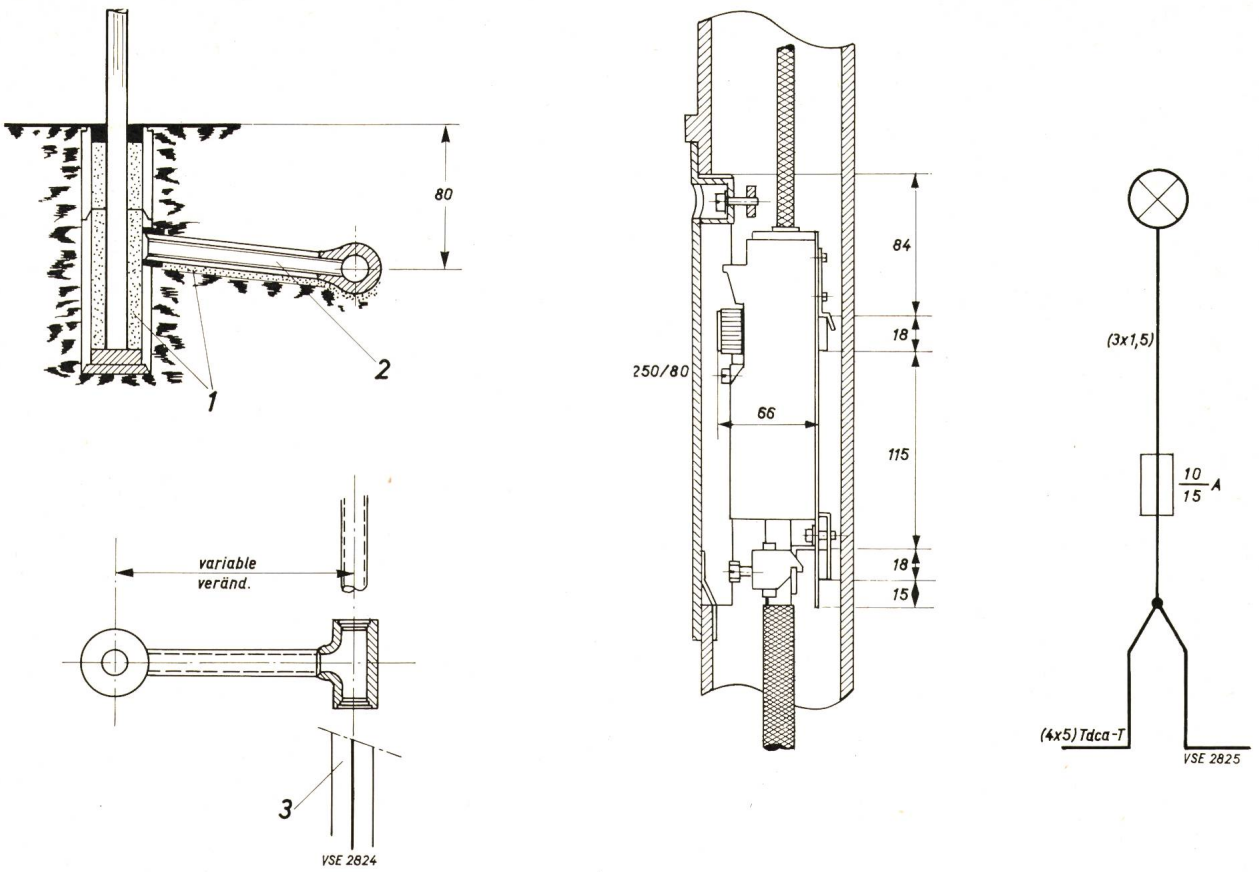

Fig. 5
öffentliche Beleuchtung. Anschluss von Kandelabern
1 Sand; *2* Zementrohr ϕ 10 cm; *3* Für öffentliche Beleuchtung und Niederspannung

angespiesen, was die sofortige Isolierung eines defekten Teilabschnittes im Bedarfsfalle erlaubt. An den Abzweigungen der Hauptleitungskanäle sind T-Stücke aus Beton vorgesehen.

Das Ein- und Ausschalten der öffentlichen Beleuchtung geschieht durch unsere zentralisierte Fernsteuerung. Die Schalttafeln befinden sich im allgemeinen in den Stationen oder in den Verteilkabinen.

Die verwendeten Querschnitte sind:
5×6 mm²
4×6 mm²
$3 \times 2{,}5$ mm²

Beschädigung von unterirdischen Kabeln

Jeden Frühling stellen wir bei der Wiederaufnahme der Bauarbeiten Kabelbeschädigungen, verursacht durch die Sorglosigkeit gewisser Unternehmer, fest. Wir halten für diese alle Kabelpläne zur Verfügung. Beim Auffüllen der Kabelgräben verlegen wir einige cm unter der Oberfläche ein Band, welches die Anwesenheit von elektrischen Leitungen anzeigt. Aber trotz diesen Vorsichtsmassnahmen werden immer wieder Kabel aufgerissen.

Oft werden die Kabel nur leicht verletzt, und die Störung tritt erst einige Monate oder sogar Jahre nach der Beschädigung auf. In diesen Fällen können die Verantwortlichen kaum noch ermittelt werden.

In jedem Kurzschlussfall verrechnen wir ausser den Reparaturkosten noch einen Betrag für die Entwertung der Leitung.

Nach dieser kurzen Zusammenfassung der Probleme, welche sich beim Bau von Kabelnetzen stellen, wäre es interessant, einige Fragen aufzuwerfen, namentlich:

1. Welches sind bei den andern Gesellschaften die massgebenden Kriterien für die Wahl der Querschnitte und der Aufstellungsorte der Stationen?
2. Die Verlegung von Einleiterkabeln scheint für uns vorteilhaft. Sind die Vierleiterkabel vorteilhafter? Was sind für Erfahrungen mit Aluminiumkabeln gemacht worden?
3. In dem Abschnitt «Leitungsschutz» haben wir gesehen, dass mit Hochleistungssicherungen eine gewisse Selektivität erreicht werden kann.

   Sind die Schalter den Sicherungen vorzuziehen, und was wurden mit diesen für Erfahrungen gemacht?

Adresse des Autors:
N. Droux, Chef Netzbetrieb der Freiburgischen Elektrizitätswerke, 1700 Freiburg.