

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 52 (1961)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Eindrücke von einem Studienaufenthalt bei der Electricité de France  
**Autor:** Oester, Ch.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916809>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

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

# Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

## Eindrücke von einem Studienaufenthalt bei der Electricité de France

Von Ch. Oester, Bern

061.1.(44) EDF : 621.311

Anlässlich eines Studienaufenthaltes bei der Electricité de France (EDF) hatte der Verfasser Gelegenheit, diese nationalisierte Unternehmung näher kennen zu lernen und verschiedene ihrer Anlagen zu besichtigen. Im ersten Kapitel berichtet der Autor über die Organisation und den Ausbau der Anlagen der Electricité de France; zwei weitere Kapitel enthalten detaillierte Angaben über die besichtigten Anlagen.

Au cours d'un récent séjour d'études auprès de l'Electricité de France (EDF), l'auteur a eu l'occasion de se familiariser avec cette entreprise nationalisée et de visiter diverses de ses installations. Le premier chapitre traite surtout de l'organisation de l'EDF, tandis que dans les chapitres II et III des indications détaillées sont données sur les installations visitées.

### I. Die Organisation und der Ausbau der Anlagen der Electricité de France

#### Einführung

Die Electricité de France (EDF) wurde am 8. April 1946 durch ein Dekret des französischen Parlamentes geschaffen. Zu jener Zeit waren die Erzeugungs-, Übertragungs- und Verteilungsanlagen für die elektrische Energie, die während des Krieges grösstenteils zerstört wurden, gerade notdürftig instand gestellt worden. Die EDF übernahm alle Erzeugungsanlagen der damals bestehenden Unternehmungen (soweit ihre jährliche Energieerzeugung mehr als 12 Millionen kWh betrug) mit Ausnahme der Kraftwerke der Kohlenbergwerke, der SNCF, der Compagnie Nationale du Rhône sowie einiger anderer Industriekraftwerke. Das Hochspannungs-Verteilnetz und das ganze Niederspannungs-Verteilnetz sind ebenfalls im Besitz der nationalisierten Unternehmung mit Ausnahme einiger Verteilnetze von Gemeinden und andern öffentlichen Körperschaften.

In organisatorischer Hinsicht wurde seit der Gründung der EDF grundsätzlich zwischen der *Direktion der Energieerzeugung und -übertragung* (direction de la production et du transport) sowie der *Direktion der Energieverteilung* (direction de la distribution) unterschieden.

#### Allgemeine Organisation der EDF

Die Geschäftsführung der EDF ist einem Verwaltungsrat und einer Generaldirektion, die sich aus einem Generaldirektor, einem Generaldelegierten (für technische und wissenschaftliche Probleme) sowie aus zwei stellvertretenden Generaldirektoren zusammensetzt, anvertraut. Die Generaldirektion, der noch weitere Direktoren angehören, steht den folgenden Direktionen vor:

- Ausrüstung (équipement)
- Studien und Forschung (études et recherches)
- Energieerzeugung und Energieübertragung (production et transport)
- Energieverteilung (distribution)
- Personal (personnel)

#### Finanzielles und Rechtsfragen (services financiers et juridiques)

Zusätzlich ist noch ein Generalsekretariat vorhanden, das sich mit Fragen der Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Dienstzweigen der EDF oder zwischen der EDF und anderen Organisationen befasst.

Die für die *Ausrüstung* zuständige Direktion (direction de l'équipement) hat ihren Sitz in Paris und umfasst mehrere regionale Direktionen für hydraulische und thermische Kraftwerke.

Die Direktion für *Studien und Forschungsarbeiten* (direction des études et recherches) steht einer zentralen Forschungsstelle, die sich mit den wichtigen technischen Problemen sämtlicher Dienstzweige der EDF befasst, vor. Sie verfügt für ihre Arbeiten über moderne Laboratorien, die sich in Fontenay befinden.

Die Direktion der *Energieerzeugung und -übertragung* (direction de la production et de transport) umfasst die folgenden Dienstzweige:

- Energieverkehr (mouvements d'énergie)
- Thermische Erzeugung (production thermique)
- Hydraulische Erzeugung (production hydraulique)
- Energieübertragung (transport d'énergie)
- Kommerzieller Dienst (service commercial)

Die Direktion der *Energieverteilung* ist «gemischt» und setzt sich aus folgenden Dienstzweigen zusammen:

- Technischer Dienst «Elektrizität» (service technique «électricité»)
- Technischer Dienst «Gas» (service technique «gaz»)
- Kommerzieller und administrativer Dienst (services commerciaux et administratifs).

Die *Personaldirektion* (direction du personnel) ist sowohl für das Personal der Electricité de France als auch für dasjenige der Gaz de France verantwortlich. Die Direktion für *Finanzielles und Rechts-*

fragen (direction des services financiers et juridiques) umfasst ebenfalls verschiedene Dienstzweige: für das Budget, die Buchhaltung, das Finanzwesen, die Rechtsfragen usw.

### Die Organisation der regionalen, «gemischten» Direktionen, welche für die Energieverteilung zuständig sind

Die Direktion der *Energieverteilung* (direction de la distribution) ist «dezentralisiert», d. h. sie besteht aus 18 regionalen Direktionen (directions régionales «mixtes» de la distribution); sie haben die Aufgabe, die Tätigkeit der 93 gemischten Verteilzentren (also 4...5 pro regionale Direktion) zu koordinieren. Diese koordinierenden Organe befassen sich sowohl mit rein technischen als auch mit kommerziellen und administrativen Problemen.

Die Verteilzentren (centres de distribution) – Betriebseinheiten im eigentlichen Sinne – sind einem Betriebsleiter unterstellt; ihm zur Seite steht ein Mitarbeiterstab, der wie folgt gegliedert ist:

- Technischer Dienst «Elektrizität»
- Technischer Dienst «Gas»
- Kommerzieller Dienst für Elektrizität und Gas
- Administrativer Dienst für Gas und Elektrizität
- Buchhaltung für Elektrizität und Gas

Die Verteilzentren umfassen ihrerseits 4 oder 5 Kreise (subdivisions, Unterabteilungen). Diese Kreise – es gibt insgesamt etwa 400 «subdivisions» – werden von einem Ingenieur, dem ein oder zwei Adjunkten beistehen, geleitet. Die Kreise bzw. deren Leiter verfügen hinsichtlich der lokalen Energieverteilung über eine gewisse Handlungsfreiheit; die Verwaltung der Kreise umfasst je eine technische, eine kommerzielle und eine administrative Abteilung. Für die Finanzbuchhaltung ist eine Dienststelle der Verwaltung des Verteilzentrums zuständig. Die technische Abteilung der Kreis-Verwaltung ist für den Betrieb, den Bau und den Unterhalt des Niederspannungsverteilnetzes verantwortlich. Jeder Kreis ist wiederum in mehrere, kleinere Versorgungsgebiete (districts) aufgeteilt, in denen ein Chefmonteur die Arbeit von durchschnittlich zehn Ortsmonteuren beaufsichtigt. In einzelnen Fällen sind diese «districts» von erheblicher Bedeutung und werden dann der Leitung eines Ingenieurs unterstellt.

Als Beispiel sei erwähnt, dass das gesamte Niederspannungsnetz der Stadt Nancy – sie zählt ungefähr 125 000 Einwohner – einen Versorgungs-Kreis (subdivision) bildet.

### Der Ausbau der Energieerzeugungs-, Energieübertragungs- und Verteilanlagen

Seit der Gründung der EDF im Jahre 1946 stieg der Verbrauch elektrischer Energie von 24 Milliarden kWh auf 62 Milliarden kWh im Jahre 1958, was einer Zunahme von mehr als 250 Prozent entspricht. Das Ausbauprogramm sieht für die Jahre 1960/61 eine Erzeugung von 70 Milliarden kWh<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Nach provisorischen Angaben erreichte der gesamte Landesverbrauch elektrischer Energie in Frankreich im Jahre 1960 72 000 Millionen kWh.

und für die Jahre 1965/66 eine solche von 112 Milliarden kWh vor.

Dieser ständig steigende Bedarf wird nicht ausschliesslich durch die EDF gedeckt; andere Unternehmungen – vor allem Industriekraftwerke – tragen ebenfalls dazu bei. Es sind also nicht alle neuen Energie-Erzeugungsanlagen im Besitze der EDF; ihr Anteil ist allerdings überwiegend.

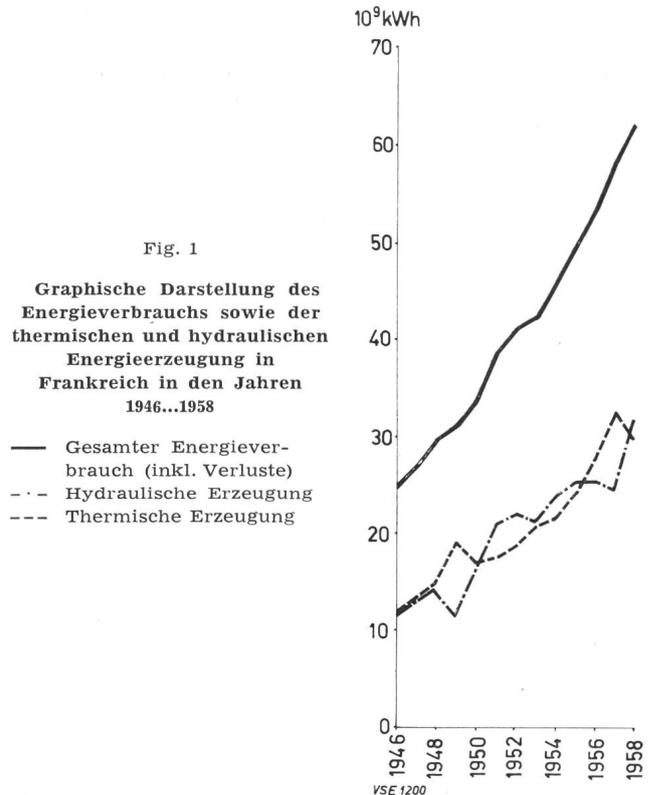


Fig. 1

Graphische Darstellung des Energieverbrauchs sowie der thermischen und hydraulischen Energieerzeugung in Frankreich in den Jahren 1946...1958

- Gesamter Energieverbrauch (inkl. Verluste)
- - - Hydraulische Erzeugung
- · - · Thermische Erzeugung

### Die thermischen Kraftwerke

Auf diesem Gebiet sind seit dem Jahre 1946 durch den Einsatz immer grösserer Einheiten bedeutende Fortschritte erzielt worden. Das Bestreben, die Wirtschaftlichkeit dieser Kraftwerke zu verbessern, führte zu immer höheren Dampf-Temperaturen und -Drücken sowie zu einer weitgehenden Normung.

Die installierte Leistung der Maschinensätze, die in letzter Zeit in Betrieb genommen wurden, wie auch der meisten Einheiten, die sich zur Zeit im Bau befinden, beträgt 125 MW bei einer Dampftemperatur von 540 °C, einem Druck von 127 kg/cm<sup>2</sup> und Anwendung der Zwischenüberhitzung.

In den zur Zeit<sup>2)</sup> im Bau befindlichen thermischen Kraftwerken der EDF werden Maschinen mit einer Gesamtleistung von ungefähr 2 Millionen kW installiert; darunter befinden sich zwei 250-MW-Gruppen, die den Anfang einer neuen Maschinen-Serie bilden werden.

### Die Wasserkraftwerke

Die Erzeugungsmöglichkeit der Wasserkraftwerke nimmt ständig zu, trotzdem beim Bau mehrerer Werke Verzögerungen eingetreten sind und einzelne Inbetriebnahmen verspätet erfolgten. Die neuen Kraftwerke sind über das ganze Gebiet, in dem noch wirtschaftlich nutzbare Wasserkräfte vorhanden sind, verteilt. Einige dieser Werke haben hochgelegene Speicherbecken. Andere bilden ganze

<sup>2)</sup> Ende 1953.

Kraftwerk-Gruppen und bieten die Möglichkeit, die Wasserabflussmengen weitgehend zu regulieren. Andererseits werden – vor allem am Rhein und an der Rhône – auch Niederdruck-Laufwerke und in Gebirgsgegenden Hochdruck-Laufwerke mit mittlerem und grossem Gefälle gebaut. Die mittlere jährliche Energieerzeugung der Wasserkraftwerke der EDF, die sich z. Z. im Bau befinden, beläuft sich auf 5 Milliarden kWh.

### Die Kernkraftwerke

In Marcoule wurde eine kleine Generatorgruppe mit einer installierten Leistung von 5700 kW in Betrieb genommen; sie nutzt die in der Kühlluft des

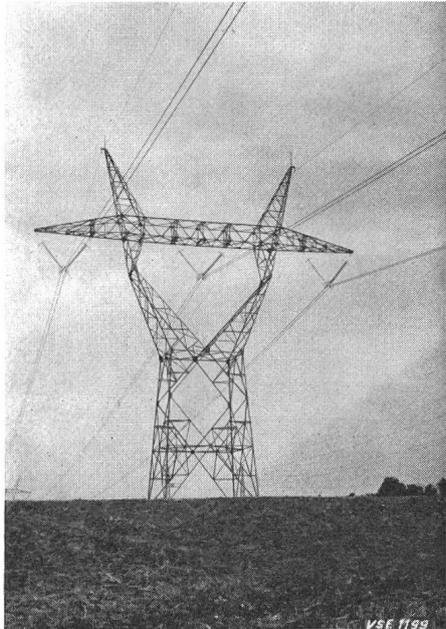


Fig. 2

Tragmast der 380-kV-Übertragungsleitung Génissiat—Paris

Reaktors  $G_1$  enthaltenen Wärmemengen aus. Andererseits hat sich die EDF schon bei den Projektierungsarbeiten für die Reaktoren  $G_2$  und  $G_3$  dafür einge-

setzt, dass diese Anlagen mit je einer 25-MW-Gruppe ausgerüstet werden. Schliesslich sind bei Chinon zwei Reaktoren im Bau, die ausschliesslich der Erzeugung elektrischer Energie dienen werden:

EDF<sub>1</sub> (elektrische Netto-Leistung 60 MW),  
Inbetriebnahme 1960

EDF<sub>2</sub> (elektrische Netto-Leistung 170 MW),  
Inbetriebnahme 1962

Der gleiche Reaktortyp (natürliches Uran, Graphit als Moderator, Kohlendioxid-Kühlung) ist auch für das geplante Kernkraftwerk EDF<sub>3</sub> vorgesehen.

### Das Übertragungsnetz

Das Verbundnetz ist durch zahlreiche Hochspannungsleitungen verstärkt worden. 225-kV-Doppelleitungen wurden so ausgelegt, dass sie später in 380-kV-Leitungen mit einem Strang umgebaut werden können. Im Frühjahr 1958 ist das Teilstück Génissiat-Paris auf diese Betriebsspannung umgebaut worden.

Die Produktivität der EDF nimmt ständig zu. So hat die Energieproduktion pro Beschäftigter (d. h. pro Kopf der EDF-Belegschaft) wie folgt zugenommen:

1946	280 000 kWh pro Beschäftigter
1955	500 000 kWh pro Beschäftigter

Das Problem des Personalnachwuchses beschäftigt auch die EDF; sie hat eine gewisse Anzahl Lehrlings-Ausbildungszentren geschaffen, wo das Personal der verschiedenen Dienstzweige ausgebildet wird. Auch der sozialen Besserstellung des Personals und der Weiterbildung der Kader wird volle Aufmerksamkeit geschenkt.

Diese Angaben vermitteln eine Vorstellung von der grossen Arbeit, welche die EDF in zwölf Jahren geleistet hat. Heute sieht sich diese Unternehmung vor neue Probleme gestellt. Die EDF ist fest entschlossen, ihre Anstrengungen fortzusetzen, um ihre künftigen Aufgaben ebenso gut erfüllen zu können, wie sie es bis anhin getan hat.

## II. Die Elektrizitätsversorgung der Stadt Paris

### Einführung

Gemäss einer Übereinkunft gründete die Stadt Paris im Jahre 1907 die «Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité» (CPDE), welche das Erbe der verschiedenen alten Produktions- und Verteilgesellschaften übernahm. Der Energiebedarf stieg in den folgenden Jahren rasch an, was zur Folge hatte, dass die bestehenden Gleich- und Einphasenwechselstromnetze durch Zweiphasenwechselstromnetze ersetzt werden mussten.

Im Jahre 1946 wurde die «Compagnie Parisienne de Distribution d'Electricité» durch das Nationalisierungsdekret in das «Centre de Distribution de Paris-Electricité» (CDPE) umgewandelt.

### Einige wichtige Zahlen (Jahr 1958)

Die nachfolgenden Angaben beziehen sich auf die Stadt Paris ohne Umgebung.

Fläche . . . . .	78 km <sup>2</sup>
Bevölkerungszahl . . . . .	2 850 000
Anzahl der Abonnenten . . . . .	1 409 544
Länge der unterirdischen Leitungen:	
63 kV	134 km
3 und 12,5 kV	4306 km
Niederspannung	1866 km

Anzahl der Transformatorstationen:

3- bzw. 12,5-kV-Gebäudestationen	29 504
12,5-kV-Netzstationen	918

Energieumsatz . . . . .	2553 · 10 <sup>6</sup> kWh
Grösste aufgetretene Netzbelastung . . . . .	723 MW

### Grundzüge und wesentliche Merkmale der Energieversorgung der Stadt Paris

Elf Hochspannungsleitungen mit einer Drehstromspannung von 225 kV, aus dem Massiv Central, den Alpen, dem Rheingebiet, aus dem Norden

und Osten, speisen eine 225-kV-Doppel-Ringleitung die die Région Parisienne umfasst. Dieser Ring, der sich wegen den grossen Freileitungsmasten ziemlich weit ausserhalb Paris schliesst, wird ausserhalb Paris zusätzlich durch grosse thermische Zentralen gespeist. Die Energieabgabe erfolgt in den 225/90-kV- bzw. 225/63-kV-Unterwerken, die an die 225-kV-Ringleitung angeschlossen sind. Auch für den Energieaustausch, der sich zwischen den verschiedenen Gegenden des Landes abwickelt, ist der 225-kV-Ring von besonderer Wichtigkeit.

Im Frühjahr 1958 wurde der 225-kV-Doppelring über einen Transformator an die neue 380-kV-Leitung Genissiat-Paris angeschlossen.

Die Région Parisienne, bestehend aus dem CDPE und den 4 Centres de Distribution der Île de France, wird über ein 63-kV-Netz gespeist, welches zum Teil über Zwischentransformatoren an das 225-kV-Netz angeschlossen ist, zum Teil durch lokale Dampfkraftwerke gespeist wird.

Für die Energieversorgung des Zentrums von Paris existiert ein innerer 63-kV-Ring, der ganz verkabelt ist. Die Dampfkraftwerke und die 63/12,5-kV-Unterwerke sind in diesen Ring eingeschlaucht. Aus Gründen der Betriebssicherheit sind die Unterwerke der CDPE und die thermischen Kraftwerke, welche Zweiphasen-Wechselstrom (12,5 kV) liefern in voneinander unabhängige Abschnitte «tranches de sources» mit je 6 Speisequellen unterteilt.

In einem grossen zentralen Kommandoraum sind die einpoligen Blindschemata der Unterwerke und Zentralen dargestellt. Im Kommandoraum überwachenden Ingenieure, «Dispatscheurs», die Energieverteilung und koordinieren grössere Schaltungen.

### Die 63/12,5-kV-Speisequellen von Paris

Wie aus dem Schema der Fig. 3 hervorgeht, wird die elektrische Energie, die durch das CDPE verteilt wird, teils durch thermische Zentralen geliefert, teils erfolgt in den Unterwerken eine Transformierung der Energie aus dem 63-kV-Ring auf eine Verteilspannung von 12,5 kV. Auf eine Beschreibung der Dampfkraftwerke muss im Rahmen dieses Beitrages verzichtet werden. Dagegen sind einige Hinweise auf die Unterwerke von Interesse.

Die Schemata und Bauarten dieser Unterwerke sind recht verschieden. Die Fig. 4 zeigt die Fassade des neuen 135-MVA-Unterwerkes «Turgot».

Das Unterwerk ist derart in die Gebäudefront eines Strassenzuges eingliedert, dass es dem Uneingeweihten gar nicht auffällt.

Wie aus dem Schema der Fig. 5 ersichtlich ist, wird das Unterwerk «Turgot» durch 3 63-kV-Kabel gespeist (dreipolige Gasdruckkabel, Querschnitt:  $3 \times 362 \text{ mm}^2$ ). An die 63-kV-Sammelschiene sind 4 Transformatoren zu je 33,5 MVA angeschlossen. Jeder Transformator speist einen Satz Sammelschienen, an die 6 12,5-kV-Doppel-Kabel (zweiphasig) mit einem Querschnitt von  $4 \times 150 \text{ mm}^2$  angeschlossen sind. Alle 4 Sammelschienen können untereinander gekuppelt werden. Sowohl die 63-kV-Speisefelder als auch die 12,5-kV-Abgänge sind vollständig in gekapseltem Material ausgeführt.

Die Fig. 6 zeigt das Blindschema des Kommandoraumes. Von diesem Raum aus können sämtliche

Leistungsschalter ferngesteuert und die Federströme ferngemessen werden.

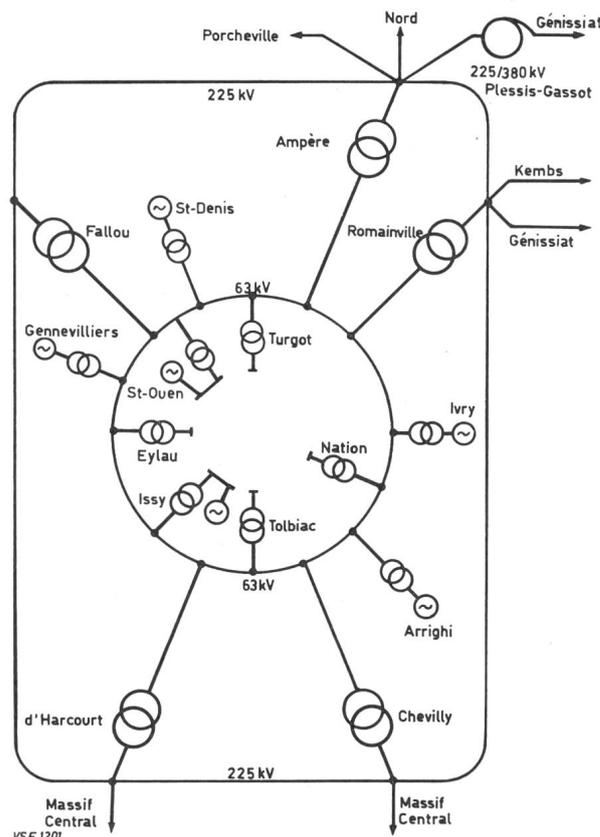


Fig. 3 Vereinfachtes Schema der Energieversorgung der Stadt Paris und ihrer Umgebung

- Thermisches Kraftwerk
- Unterwerk 225/63 kV
- Unterwerk 63/12,5 kV



Fig. 4 Fassade des neuen Unterwerkes Turgot

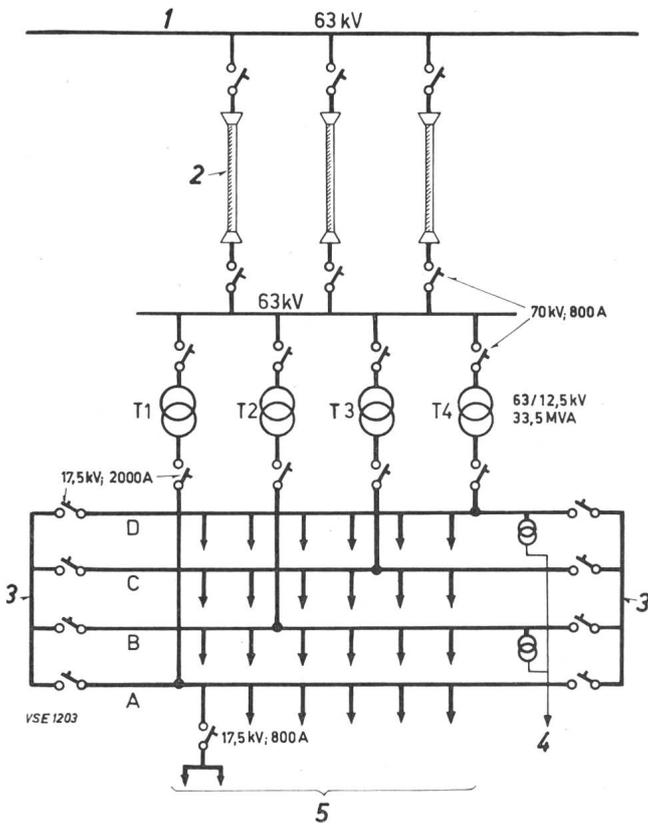


Fig. 5

Vereinfachtes Schema des Unterwerkes Turgot

- 1 Masche des 63-kV-Ringnetzes
  - 2 3 Gasdruckkabel  $3 \times 362 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
  - 3 Kupplung
  - 4 Hilfsbetriebe
  - 5 6 Doppelabgänge 12,5 kV pro Abschnitt, Kabel  $4 \times 150 \text{ mm}^2$
  - A, B, C, D Abschnitte
- sämtliche Schalter sind Druckluftschalter

**Kabeltypen der Unterwerk-Zuleitungskabel**

Diese können in zwei Kategorien eingeteilt werden:

- A) Kabel mit imprägnierter Papierisolation
- B) Kabel mit imprägnierter Papierisolation unter Gasdruck.

Jedes 63-kV-Drehstromfeeder der ersten Kategorie besteht aus drei Einleiterkabeln, die nebeneinander auf Kabeltablaren oder in Kabelschutzkanälen verlegt sind. Folgende Querschnitte sind gebräuchlich:

- $3 \times 150 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ , max. 300 A
- $3 \times 243 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ , max. 425 A

Bei den Kabeln der zweiten Kategorie kann man 3 Typen unterscheiden:

1. Ein Stahlrohr mit Korrosionsschutz wird 1,4 m unter den Erdboden verlegt; die drei papierisolierten Bleikabel werden darauf in das Stahlrohr eingezogen. Das Rohr wird verschlossen und mit Stickstoff (Druck  $15 \text{ kg/cm}^2$ ) gefüllt.
2. Bei diesem Kabeltyp ist das Stahlrohr wiederum mit Stickstoff gefüllt, die Einleiterpapierkabel haben jedoch keinen Bleimantel. Der Stickstoff dringt in das Isoliermaterial ein und verhindert das Entstehen von luftleeren Räumen.
3. Dieses Kabel enthält drei papierisolierte Leiter, die mit einem Bleimantel umgeben sind. Alle

freien Zwischenräume innerhalb und ausserhalb des Kabels sind mit Stickstoff gefüllt. Die Stickstoffzuführung wird durch ein kleines Bleirohr, das mit den Leitern verkabelt ist und in Verbindung mit den Stickstoffgefässen steht, gesichert.

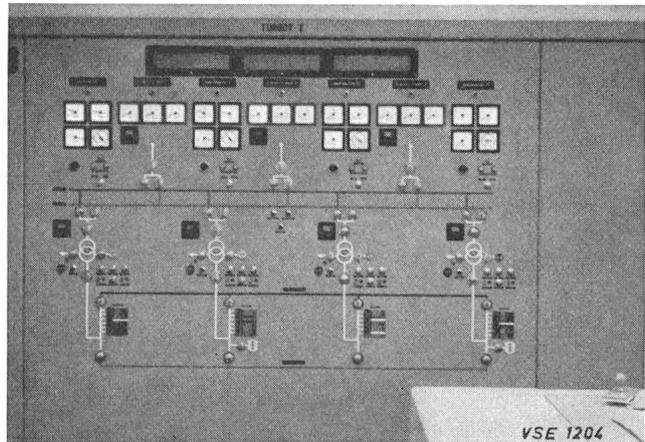


Fig. 6

Blindschema des Kommandoraumes

Die Mäntel der Druckkabel sind mit einem kathodischen Schutz gegen die vagabundierenden Ströme geschützt.

**Der Relaisschutz der 63/12,5-kV-Unterwerke**

Es werden folgende Relais zur Überwachung und zur Signalisierung von Fehlern verwendet:

- Für Kabel
  - Zeitunabhängiges Maximalstromrelais
  - Unsymmetrie-Relais
  - Minimalspannungs-Relais
  - Kontaktmanometer für die Überwachung des Stickstoffdruckes
- Für die Transformatoren
  - Differentialschutz
  - Massenschutz
  - Unsymmetrieschutz
  - Brandschutz
- Für die 12,5-kV-Sammelschienen
  - Massenschutz
- Für die 12,5-kV-Abgänge
  - Maximalstromschutz
  - Unsymmetrieschutz

**Die verschiedenen Arten der Energieverteilung in Paris**

- a) Hochspannungseinspeisung mit 12,5-kV-Zweiphasen-Wechselstrom und Niederspannungsverteilnetz mittels Zweiphasen-Wechselstrom  $4 \times 120 \text{ V}$  (Stadtgebiet, rechtes Ufer der Seine).
- b) 3-kV-Hochspannungseinspeisung und Niederspannungsverteilnetz mit Einphasenwechselstrom 120 V (Stadtgebiet, linkes Ufer der Seine und ein Teil des südwestlichen Stadtgebietes rechts der Seine).
- c) Hochspannungsspeisung mit Zweiphasen-Wechselstrom (12,5 kV) der Abonnenten, deren Anschlusswert 500 kVA oder mehr beträgt.

**Schalt- oder Verteilstationen**

Zur Erhöhung der Betriebssicherheit speisen die Unterwerke die einzelnen Netztransformatoren-

stationen nicht direkt sondern über Verteilstationen. Die Verteilstationen «Centres de répartition» ihrerseits werden über mehrere Kabel gespeist: durch Kabel, die Energie verschiedener Speisequellen (Unterwerke) übertragen oder verschiedene Abschnitte der gleichen Speisequelle. Die Verteilsta-

Kabel die Transformatorstationen gespeien, die ihrerseits ein vermaschtes Niederspannungsnetz speisen. Fällt infolge Störung eine Speisequelle der Verteilstation aus, so kann der betreffende Abschnitt sofort auf einen gesunden Abschnitt umgeschaltet werden. Liegt eine Störung in einem der

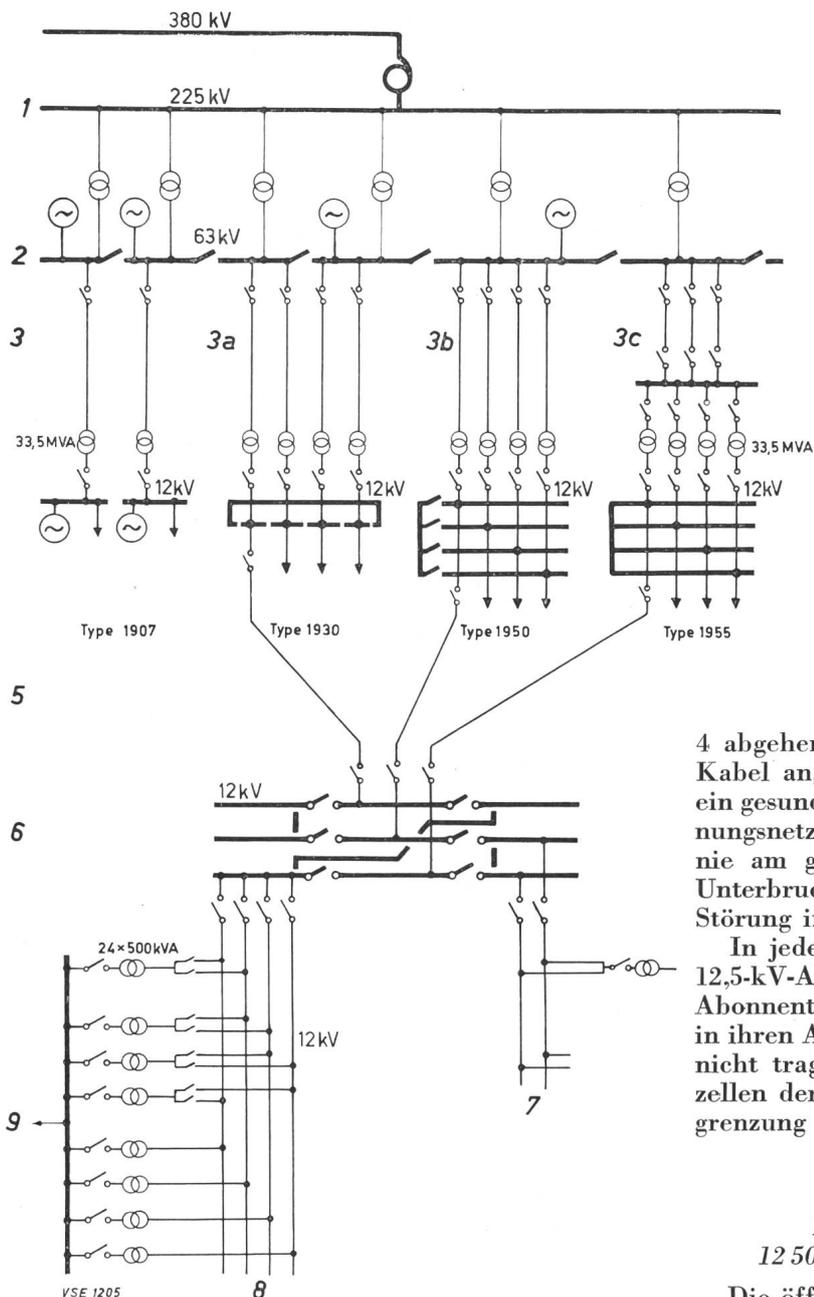


Fig. 7  
Vereinfachtes Schema der Energieverteilung in Paris

- 1 225-kV-Ring
- 2 63-kV-Ring
- 3 63-kV-Netz
  - 3a 4 Kabel 63 kV,  $3 \times 150 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
  - 3b 4 Kabel 63 kV,  $3 \times 243 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
  - 3c 3 Gaskabel,  $3 \times 362 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
- 4 Zentralen bzw. Unterwerke 63/12,5 kV
- 5 12,5-kV-Netz (bei jedem Unterwerk 3 bis 6 12,5-kV-Abgänge, Kabel  $4 \times 150 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ )
- 6 Verteilstation Typ 1950...55 zur Speisung von  $3 \times 2 \text{ 6...12 MW}$ -Netzabschnitten mit Umschaltmöglichkeit bei Betriebsstörungen
- 7 Speiseleitungen für Hochspannungsabonnenten
- 8 12,5-kV-«Artère» mit 4 Kabeln für die Speisung der Netztransformatorstationen
- 9 Vermaschtes Niederspannungsnetz, Kabel  $4 \times 100 + 1 \times 35 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ ; 6...12 MW pro Masche, 24 Transformatorstationen, Versorgungsgebiet 0,4...1,2  $\text{km}^2$

4 abgehenden Kabel vor, so werden die an dieses Kabel angeschlossenen Stationen unverzüglich auf ein gesundes Kabel umgeschaltet. Da das Niederspannungsnetz vermascht ist und benachbarte Stationen nie am gleichen Speisekabel liegen, erfolgt kein Unterbruch in der Energieversorgung im Falle einer Störung in einem Leitungsabschnitt.

In jeder Verteilstation sind eine gewisse Anzahl 12,5-kV-Abonnenten-Feeder vorhanden. Da die Abonnenten die Kosten einer Schalterauswechslung in ihren Anlagen bei steigender Kurzschlussleistung nicht tragen wollen, sind in den Hochspannungszellen der Abonnenten-Feeder Reaktanzen zur Begrenzung der Kurzschlussleistung eingebaut.

### Transformatorstationen

#### Die elektrische Ausrüstung einer 12 500/2 $\times$ 120 V Transformatorstation

Die öffentlichen, nach Strasse und Hausnummer bezeichneten Stationen, sind unter Trottoirs oder in Untergeschossen von Gebäuden installiert. Bei Stationen unter Trottoirs ermöglicht eine Falltüre den Einstieg und den Materialtransport in die Station. Im Einstiegschacht erleichtert eine Leiter mit Geländer den Zugang. Die unterirdische Station hat in der Regel zwei nach aussen gerichtete Ventilationsöffnungen; nach der Syphonwirkung tritt die Luft durch den Einstiegschacht ein und durch einen besonderen Schacht wieder aus.

Die Hochspannungszellen sind vollständig vergittert und die Gittertüren mit Malzenschlössern verschlossen. Die im Schema der Fig. 7 dargestellten Trennschalter sind gegenseitig mechanisch verriegelt.

tionen dienen also lediglich dem Energietransit und der Energieverteilung mit einer Spannung von 12,5 kV.

In Fig. 7 ist eine grössere Verteilstation bzw. die Art wie sie gespeien sind, schematisch dargestellt. Die Schemata der Unterwerke zeigen verschiedene Epochen der Entwicklung.

Um in Störungsfällen klare Verhältnisse schaffen zu können sowie zur Begrenzung der Kurzschlussleistung sind in vielen Verteilstationen die Leitungsabgänge in Abschnitte «travées» gegliedert. Jeder Abschnitt ist mit einem Hauptschalter «disjoncteur d'artère» geschützt und enthält 4 Hochspannungszellen bzw. 4 gekapselte Schalterwagen. Über diese vier Abgänge werden mit Hilfe von

Vor dem Kriege waren die Transformatoren über Leistungsschalter an die Primärspannung angeschlossen. Die Betriebserfahrung hat nun gezeigt,

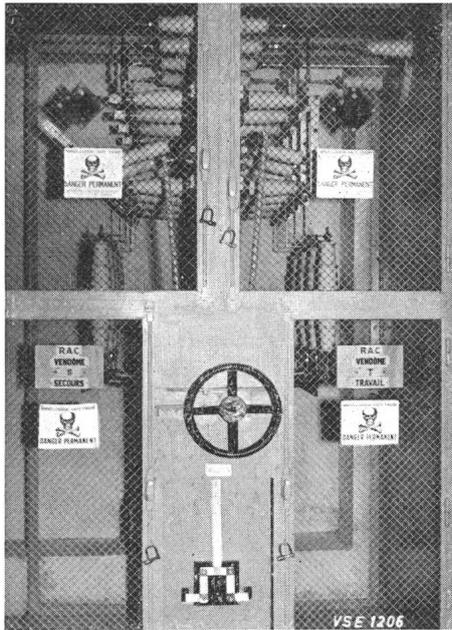


Fig. 8

**Vergitterte Hochspannungszelle**

Die Trennschalter werden mit dem Handrad bedient

Im vermaschten Netz werden ausschliesslich 320-A-Sicherungspatronen verwendet.

Alle Metallteile und Systemmittelpunkte der Transformatoren sind nicht an das Wasserleitungsnetz sondern nur an die Kabelbleimäntel geerdet. Der Anschluss der Erdungen an das Wasserleitungsnetz ist nicht gestattet. Mit den Kabelbleimänteln werden immerhin auch Erdübergangswiderstände von 0,5 Ohm erreicht.

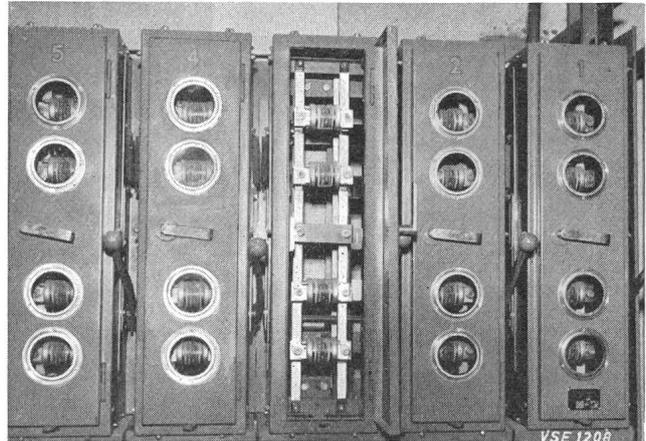


Fig. 10

**Anordnung der Niederspannungs-Sicherungen**  
In der Mitte ist ein Sicherungskasten geöffnet

dass die Transformatoren rationeller über Trennschalter mit Sicherungen angeschlossen werden. Diese Praxis hat sich nach dem Kriege allgemein durchgesetzt.

Die Transformator-Sekundärableitungen führen über einen Lastschalter nach der Niederspannungs-Sicherungsverteilung. Die im Lastschalter eingebauten Relais sprechen bei umgekehrter Energierichtung (Speisung vom vermaschten Niederspannungsnetz in einen Störungsherd des Hochspannungsnetzes) an und unterbrechen den Stromkreis.

An die normalisierte Niederspannungs-Sicherungsverteilung sind 8 Sicherungsabgänge angeschlossen. Die einzelnen Sicherungsgruppen können mit einem Hebel aus ihren Steckkontakten gezogen

*Bauliche Anforderungen an unterirdische Stationsräume*

Bei Abonentenstationen liefert der Eigentümer den erforderlichen Stationsraum. Der Raum wird ausgelegt für:

- 2...3 Hochspannungszellen
- 1 Hochspannungssammelschiene
- 1...2 Transformatoren
- 1 Niederspannungsverteilung
- eine gewisse Anzahl Kabelabgänge

Die Station muss für das Betriebspersonal der EDF bei Tag und Nacht zugänglich sein. Der Stationseingang muss so beschaffen sein, dass Transformatoren von ca. 2 Tonnen Gewicht mühelos in den Raum gebracht werden können.

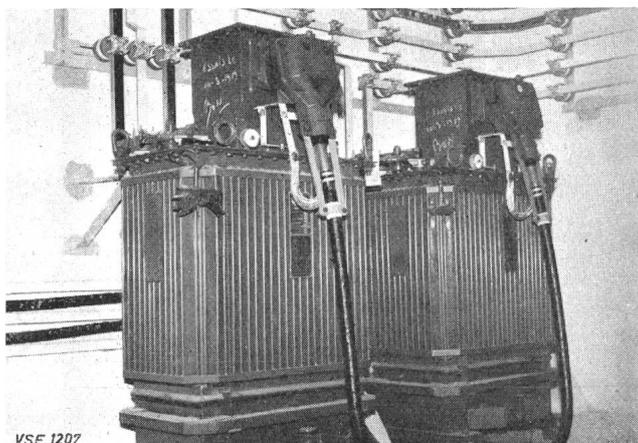


Fig. 9

**Zwei Transformatoren in einer Netztransformatoren-Station**  
Der Hochspannungsanschluss erfolgt über Kabel

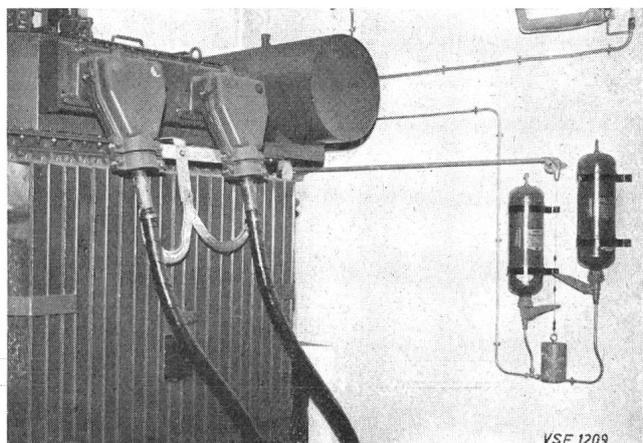


Fig. 11

**CO<sub>2</sub> Brandschutz mit mechanischer Auslösung**

werden, um eine Auswechslung der Sicherungsschmelzeinsätze gefahrlos vornehmen zu können.

Als Kabelkanäle sind vorzusehen:

- 2...3 Kabelzuleitungskanäle für Hochspannung
- 10 Kabelzuleitungskanäle für Niederspannung.

Unerlässlich ist ferner eine Ventilation sowohl am Boden wie auch an der Decke des Stationsraumes.

Bewohnte Räume müssen genügend weit von der Station entfernt liegen, damit die Geräusche der Transformatoren sowie der Schalteroperationen die Anwohner nicht stören können. Es sind alle Vorkehrungen zu treffen, dass kein Wasser in den Stationsraum eindringen kann.

Die vorzusehende Ölauffangwanne von 1 m Tiefe nimmt das Öl im Falle eines Kesselbruches auf.

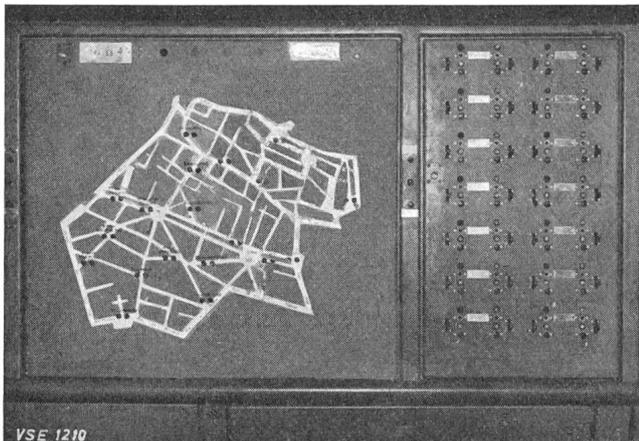


Fig. 12

Im Verteilzentrum eingebautes Blindschema mit Signallampen

Die Wandstärke der Stationsmauern muss mindestens 20 cm betragen. Ist die Station ein integrierender Bestandteil eines Gebäudes, so müssen die Mauern 40 cm dick sein um ein ungewolltes Eindringen in die Station beim Bohren von Löchern zu verhindern. Es kommen auch Doppelwände mit einem freien Zwischenraum von 5 cm in Frage. Der betonierte Stationsboden ist für eine Bodenbelastung von 5 t/m<sup>2</sup> vorzusehen.

#### Signalisierung von Störungen in den Transformatorenstationen

Um eine Netzstörung rascher eingrenzen zu können, befindet sich im dauernd überwachten Verteilzentrum – ein Unterwerk oder eine Schaltstation – ein kleines Blindschema eines bestimmten Netzab-

schnittes. Das Schema gibt eine Übersicht über die Hauptstränge des Hochspannungsnetzes, die Schalter und die Transformatorenstationen.

Tritt in einer Station ein Überstrom auf, so unterbricht der Speiseschalter in der Verteilstation die Energielieferung; die Störung ist in diesem Fall in der Transformatorenstation zu suchen. Löst der Speiseschalter aus, ohne dass eine Meldung von einer Station eingegangen ist, dann liegt der Fehler im Speisekabel. Die Störungssignale und Schalterauslösbefehle werden über werkeigene Telephonkabel oder auch über Signaladern, die in Starkstromkabel eingezogen sind, übertragen.

#### Das Niederspannungsnetz

Das vermaschte Niederspannungsnetz besteht – wenigstens in den neuen oder modernisierten Teilen des Netzes – aus Kabeln mit 4 Kupfer- (100 mm<sup>2</sup>) oder 4 Aluminium-Leitern (150 mm<sup>2</sup>). Die Nullleiterquerschnitte betragen 35 mm<sup>2</sup> Cu bzw. 35 mm<sup>2</sup> Al. Die in die vermaschten Leitungen eingebauten Sicherungen lösen bei Überlast oder Kurzschluss aus und trennen die betreffende Masche ab.

Gute Erfahrungen werden mit unterirdischen Niederspannungs-Kabelverteilkästen gemacht. Im gut abgedichteten Kasten-Innenenteil sorgt ein Luftentfeuchter für trockene Luft. Wo es leistungsmässig erforderlich ist, sind Verteilkabel unter beide Trottoirs der Strasse verlegt.

Bei einer Kabelfehlerortung müssen bekanntlich zuerst alle Gebäudesicherungen entfernt werden, bevor mit den Messungen begonnen werden kann. Um die Arbeit der Messgruppen nach Möglichkeit zu erleichtern, sind den Gebäudesicherungen noch besondere Sicherungen vorgeschaltet, die unter den Trottoirs, eingebaut und für das Betriebspersonal direkt zugänglich sind.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Verteilnetz des «Centre de Distribution de Paris-Electricité» so ausgelegt ist, dass hinsichtlich der Kontinuität der Energielieferung beste Resultate erzielt werden können.

Adresse des Autors:

Ch. Oester, dipl. Elektrotechn., Bau- und Betriebsabteilung des EW der Stadt Bern, Bern.

## Verbandsmitteilungen

### 96. Meisterprüfung VSEI/VSE

Die nächste Meisterprüfung für Elektro-Installateure findet vom 11. bis 14. April 1961 im Schulhaus «Musegg» in Luzern statt.

Anmeldeformulare sowie Reglemente können beim Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektro-Installationsfirmen, Splügenstrasse 6, Postfach Zürich 27, bezogen werden. (Tel. (051) 27 44 14).

Die Anmeldung hat bis zum 11. Februar 1961 an die oben erwähnte Adresse zu erfolgen, unter Beilage folgender Unterlagen:

- 1 Anmeldeformular
- 1 Lebenslauf
- 1 Leumundszeugnis
- 1 Lehrabschlusszeugnis evtl. Diplom
- sämtliche Arbeitsausweise.

Im übrigen gilt das Reglement über die Durchführung der Meisterprüfungen im Elektro-Installationsgewerbe vom 15. Dezember 1950.

Die Anzahl Plätze ist beschränkt. Mangelhafte Anmeldungen sowie besondere Wünsche können nicht berücksichtigt werden.

Meisterprüfungskommission VSEI/VSE