

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

GEMEINSAMES PUBLIKATIONSORGAN
DES SCHWEIZ. ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS (SEV)
UND
DES VERBANDES SCHWEIZ. ELEKTRIZITÄTSWERKE (VSE)

XXII. JAHRGANG

Nº 17

Mittwoch, 19. August 1931

INHALT:

	Seite
Les phénomènes de surtension par temps d'orage dans les réseaux aériens. État actuel de leur étude en Suisse. Par le Dr. K. Berger, Ingénieur de l'ASE, Zurich	421
Die Beteiligung des VSE an der Ersten Schweizerischen Ausstellung für Gesund- heitspflege und Sport (Hyspa). Von T. Heinzelmann, Bern	437
Wirtschaftliche Angaben über den Verbrauch elektrischer Energie in den schweizerischen Haushaltungen im Jahre 1930. Mitgeteilt vom Sekretariat des VSE, Zürich	440
Technische Mitteilungen	441
50-kV-Oelkabel für das EWZ 441	
Wirtschaftliche Mitteilungen	441
Kraftwerke Sernf-Niederenbach 441 — Dieselanlage der SAK 441 — Verträge zwischen der Stadt St. Gallen und den SAK 442 — Cuisine électrique dans le Val-de-Travers 442 — Restaurant der Genossenschaft Elektroküche Zürich 443 — Genossenschaft „Usogas“ 443	
Miscellanea	443
Hyspa 443 — Schweisskurs in Basel 444 — Schweiz. Wasserwirtschaftsver- band 444 — Schweiz. Verein von Gas- und Wasserfachmännern 444 — VDE und Vereinigung der E.W. in Frankfurt a.M. 444 — Fortdrucke des AEF 444	
Literatur	444
Vorschriftenbuch 1931 des VDE 444 — Der elektrische Heisswasserspeicher, sein Aufbau, sowie Richtlinien für die Auswahl, den Anschluss und den Betrieb. Von F. Kotschi und P. v. Entremont 444	

REDAKTION:
GENERALSEKRETARIAT DES SEV & VSE, ZÜRICH 8, SEEFELDSTRASSE 301. TELEPHON: 49.660
DRUCK UND VERLAG:
FACHSCHRIFTEN-VERLAG & BUCHDRUCKEREI A.-G. ZÜRICH, STAUFFACHERQUAI 36-38. TELEPHON: 51.740

Der Schweizerische Elektrotechnische Verein (SEV) bezweckt die Förderung der Elektrotechnik in der Schweiz und die Wahrung der gemeinsamen Interessen seiner Mitglieder. Er umfasst mit ca. 2000 Mitgliedern den Grossteil der Fachkreise der schweizerischen Elektrotechnik. Der Verein wird von einem Vorstand geleitet, der zur Zeit wie folgt zusammengesetzt ist:

Präsident:

J. Chuard, Direktor der Bank für elektrische Unternehmungen, Zürich.

Vizepräsident:

A. Zaruski, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt St. Gallen.

Uebrige Mitglieder:

E. Baumann, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt Bern.
A. Calame, Oberingenieur der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden.

H. Egli, Ingenieur, Zürich.

E. Payot, Direktor der Schweizerischen Gesellschaft für elektrische Industrie, Basel.

F. Schönenberger, Ingenieur und Prokurist der Maschinenfabrik Oerlikon, gestorben am 1. Januar 1931.

K. Sulzberger, Dr. phil., Ingenieur, Zürich.

A. Waeber, ingénieur en chef des Entreprises électriques Fribourgeoises, Fribourg.

Generalsekretär:

F. Largiadèr, Ingenieur, Zürich.

Der Verein betreibt als selbständige Institution die *Technischen Prüfanstalten*, und zwar:

Ein *Starkstrominspektorat* unter Leitung von Oberingenieur *P. Nissen* zur Inspektion der Starkstromanlagen und Kontrolle ihrer Instandhaltung nach den Bundesgesetzen und Vorschriften und den Vorschriften des SEV für Hausinstallationen.

Eine *Materialprüfanstalt* für die Untersuchung von Materialien und Apparaten der Elektrotechnik nach den Vorschriften und Normalien des Vereins oder nach besonderen vom Auftraggeber mit der Anstalt vereinbarten Prüfprogrammen, eine *Eichstätte* für die Prüfung, Eichung und Reparatur elektrischer Messinstrumente, sowie die Ausführung auswärtiger elektrischer Messungen, beide unter Leitung von Oberingenieur *F. Tobler*. Die Eichstätte ist offizielles Prüfamt für Elektrizitätsverbrauchsmesser.

Der Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) umfasst Elektrizitätswerke und elektrische Bahnen, welche sämtlich auch dem Schweizerischen Elektrotechnischen Verein als Mitglieder angehören und bezweckt die Förderung der Elektrizitätswirtschaft in der Schweiz und die Wahrung der gemeinsamen Interessen seiner Mitglieder und bedeutender Gruppen derselben durch die gemeinsame Lösung technischer und wirtschaftlicher Fragen, durch die Einwirkung auf Behörden und Öffentlichkeit. Dem Verband gehören ca. 350 Elektrizitätswerke an. Er wird geleitet von einem Vorstand, der zur Zeit wie folgt zusammengesetzt ist:

Präsident:

R. A. Schmidt, Direktor der S. A. l'Energie de l'Ouest Suisse, Lausanne.

Uebrige Mitglieder:

C. Andreoni, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt Lugano.

J. Bertschinger, Direktor der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, Zürich.

H. Geiser, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt Schaffhausen.

E. Graner, Direktor der Société des Forces motrices de la Coule, St-Imier.

P. Keller, Direktor der Bernischen Kraftwerke A.-G., Bern.
A. de Montmollin, chef du Service de l'Electricité de la ville de Lausanne, Lausanne.

H. Niesz, Direktor der Motor-Columbus A.-G., Baden.

W. Trüb, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich, Zürich.

Generalsekretär:

F. Largiadèr, Ingenieur, Zürich.

Sekretär:

O. Ganguillet, Ingenieur, Zürich.

Der Verband betreibt eine *Einkaufsabteilung* unter Leitung von Ingenieur *O. Ganguillet*, welche bezweckt, den Mitgliedern des Verbandes die Beschaffung allgemein notwendiger Materialien zu günstigen Bedingungen zu ermöglichen und die Qualität der Ware durch technische Vorschriften und regelmässige Prüfungen zu sichern. Es bestehen gegenwärtig Abmachungen betreffend Glühlampen, isolierte Drähte, Isolierrohre, Gummibleikabel, Mineralöl für Transformatoren und Schalter, sowie elektrothermische Apparate.

Die Geschäfte beider Verbände führt das gemeinsame Generalsekretariat des SEV und VSE, das auch die *Redaktion* des Bulletin des SEV besorgt.

Das Bulletin des SEV

ist das gemeinsame Publikationsorgan des SEV und VSE und wird jeden zweiten Mittwoch, ausserdem am Anfang des Jahres das Jahreshft, allen Mitgliedern beider Verbände gratis und franko zugestellt.

Für Nichtmitglieder beträgt der Abonnementspreis des Bulletin pro Jahr Fr. 25.— für die Schweiz, Fr. 35.— für das Ausland, das Halbjahresabonnement für die Schweiz Fr. 15.—, für das Ausland Fr. 20.—. Einzelne Nummern sind vom Verlag zu beziehen; der Preis, inkl. Porto, beträgt für die Schweiz Fr. 1.50, für das Ausland Fr. 2.—.

Alle den *Inhalt* des Bulletin betreffenden Mitteilungen sind an das Generalsekretariat des SEV und VSE, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, zu richten, Telephon 49.660. Alle Mitteilungen betreffend *Abonnement*, *Expedition* und *Inserate* sind zu richten an die Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G., Stauffacherquai 36/38, Zürich, Telephon 51.740.

Autoren von Hauptartikeln erhalten 5 Exemplare der betreffenden Bulletin-Ausgabe gratis zugestellt. Weitere Bulletin-Nummern können sie zum Vorzugspreis von Fr. 0.50 pro Exemplar durch das Generalsekretariat des SEV und VSE beziehen, sofern sie ihren Bedarf jeweilen fünf Tage vor dem Erscheinen der betreffenden Nummer anmelden. Separatabzüge werden nur auf besonderes Verlangen (das ebenfalls vor den obgenannten Terminen geltend zu machen ist) und gegen Erstattung der Selbstkosten hergestellt.

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:

Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des
Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

VERLAG UND ADMINISTRATION:

Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei A.-G., Zürich 4
Stauffacherquai 36/38

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXII. Jahrgang

N° 17

Mittwoch, 19. August 1931

Les phénomènes de surtension par temps d'orage dans les réseaux aériens. État actuel de leur étude en Suisse.

Rapport présenté par le D^r K. Berger, ingénieur de l'Association Suisse des Electriciens, Zurich,
à la Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques à haute tension, Paris 1931.

621.316.93 + 621.317.755.00.14.

L'auteur donne un aperçu des études qu'il a faites depuis 1928 à l'aide d'oscillographes cathodiques sur les perturbations atmosphériques dans des installations, et sur des lignes aériennes à haute et à moyenne tension, études dont il a été chargé par l'Association Suisse des Electriciens (ASE), et qui sont encore en cours à l'heure actuelle.

Les résultats montrent le genre de fatigue à laquelle sont soumises les installations électriques par suite de coups de foudre. En particulier ils permettent de se rendre compte que les décharges de foudre indirectes, le mot étant pris dans le sens de la terminologie commune, ne représentent qu'une source de danger très restreinte. Les perturbations des lignes à haute et à moyenne tension ne sont pas causées, ainsi qu'on l'admettait généralement jusqu'alors, par des coups de foudre indirects, mais bien, soit par des décharges directes sur la ligne, soit par des étincelles de ligne provoquées par la foudre. Cette conclusion résulte des mesures faites simultanément sur plusieurs fils de la même ligne, à l'aide de deux oscillographes cathodiques placés au même endroit. Elle est corroborée par les expériences d'exploitation, dont l'auteur donne quelques exemples typiques. L'auteur décrit ensuite l'image du phénomène de perturbation, telle qu'elle résulte des mesures faites sur les lignes à haute tension, et la soumet à la discussion.

Les conséquences pratiques des essais faits jusqu'ici se dégagent en premier lieu de la constatation faite de l'absence de tout danger lors de décharges indirectes à proximité de lignes à très haute tension et à tension moyenne. En second lieu elles se dégagent de l'observation d'après laquelle, par suite de la foudre dans la majorité des cas, sinon dans tous, c'est tout d'abord un seul des conducteurs de la ligne qui se décharge à la terre. Les décharges multipolaires ne sont pas provoquées directement par le coup de foudre, mais seulement indirectement, par des causes secondaires telles que l'amorçage de l'arc, ou une mise à la terre insuffisante du pylône. En troisième lieu la connaissance des ondes de tension provoquées par la décharge de la foudre permet d'étudier rationnellement la construction de parafoudres pouvant protéger efficacement les stations contre les décharges atmosphériques qui se produisent à une certaine distance des appareils. Les essais ultérieurs porteront avant tout sur les phénomènes qui se produisent aux alentours immédiats de la décharge de la foudre.

Der Autor gibt einen Ueberblick über die Untersuchungen, die er seit 1928 im Auftrage des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) mittels Kathodenstrahl-oscillographen über die atmosphärischen Störungen in elektrischen Anlagen und Freileitungen hoher und mittlerer Spannung ausgeführt hat. Diese Untersuchungen sind noch im Gang.

Die Resultate zeigen die Art der Beanspruchung der elektrischen Anlagen durch Blitzschläge. Im besonderen geht aus ihnen hervor, dass die durch sogenannte «indirekte Blitze» hervorgerufenen Entladungen nur eine sehr beschränkte Gefahrenquelle darstellen. Die Störungen an Leitungen hoher und mittlerer Spannung werden nicht, wie bisher angenommen wurde, durch indirekte Blitze verursacht, sondern durch direkte Entladungen auf die Leitung oder durch Funken an der Leitung, die der Blitz erzeugt. Diese Schlussfolgerung resultiert aus gleichzeitig an mehreren Leitern derselben Leitung vorgenommenen Messungen mittels zweier am selben Ort aufgestellten Kathodenstrahl-oscillographen. Sie wird durch Betriebserfahrungen erhärtet, von denen einige typische Beispiele angeführt werden. Der Autor leitet dann aus den an Hochspannungsleitungen gewonnenen Messresultaten ein Bild der Störungsercheinung ab und unterzieht dasselbe der Diskussion.

Die praktischen Konsequenzen der bisherigen Versuche folgen aus der Tatsache der Gefährlosigkeit indirekter Entladungen in der Nähe von Leitungen sehr hoher und mittlerer Hochspannung. In zweiter Linie folgen sie aus der Beobachtung, dass in den meisten, wenn nicht in allen Fällen, zunächst ein einziger Leiter infolge des Blitzschlages nach Erde überschlägt. Mehrpolige Leitungsüberschläge werden nicht unmittelbar durch den Blitzschlag verursacht, sondern erst durch sekundäre Ursachen, z. B. durch den übergreifenden Lichtbogen oder durch ungenügende Erdung der Masten. In dritter Linie erlaubt die Kenntnis der durch Blitzentladungen verursachten Ueberspannungswellen die zweckmässige Untersuchung von Ueberspannungsableitern zum Schutz der elektrischen Anlagen gegen Leitungseinschläge, die in einer gewissen minimalen Distanz von den Apparaten auftreten. Die künftigen Versuche werden vor allem diejenigen Erscheinungen zum Gegenstand haben, welche in unmittelbarer Umgebung der Blitzentladung auftreten.

I. Introduction.

Dès les premiers transports d'énergie électrique à distance, l'expérience montra que les lignes aériennes à basse et à haute tension étaient sujettes à des perturbations pendant les orages. Ces pertur-

bations se manifestent de différentes manières. Dans les cas les plus simples on a une décharge unipolaire à la terre, ou bien un court-circuit, ou bien encore des décharges dans les stations branchées sur la ligne. Ces phénomènes provoquent bien

souvent la destruction d'isolateurs et de poteaux en bois sur la ligne, et d'appareils plus ou moins chers dans les stations. Le manque d'un instrument de mesure convenable rendit impossible un examen exact de ces perturbations jusqu'à ces dernières années. Ce fut seulement en 1923, après que le tube de Braun eut été perfectionné par le physicien français P. Dufour jusqu'à pouvoir servir comme oscillographe¹⁾, que l'on put songer à une étude sérieuse des surtensions causées par les orages dans les lignes aériennes. Ces études commencèrent en Suisse en automne 1926, sur l'initiative de l'Association Suisse des Electriciens (ASE). L'appareil de Dufour fut radicalement transformé dans le but d'en faire un instrument enregistreur répondant aux besoins des installations électriques²⁾. Etant

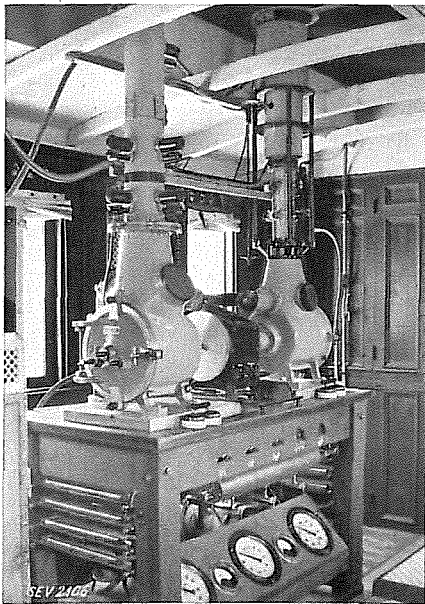


Fig. 1.
Oscillographe cathodique double.

donné qu'en d'autres pays on a également travaillé, soit antérieurement³⁾, soit même simultanément⁴⁾, à la solution de ces problèmes, un certain parallélisme des travaux, pour ce qui est du développement des oscillographes en particulier, n'a pu être évité. La fig. 1 montre les deux oscillographes de l'ASE, dont l'un est l'appareil mentionné ci-dessus et dont l'autre fut mis à sa disposition par la fabrique d'instruments Trüb, Täuber & Co à Zurich. Les deux oscillographes sont montés avec tous leurs

¹⁾ P. Dufour, L'oscillographe cathodique, Paris 1923.

²⁾ K. Berger, Des transformations ultérieures de l'oscillographe cathodique comme instrument enregistreur, Bulletin ASE, 1928, n^{os} 9 et 21.

³⁾ Nous mentionnons par exemple les travaux de H. Norinder en Suède et de la Deutsche Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen, en Allemagne.

⁴⁾ Nous signalons à ce sujet les mesures faites aux Etats-Unis sur une très large échelle. Au sujet du développement des oscillographes cathodiques, mentionnons aussi les travaux des Ecoles Polytechniques d'Aix-la-Chapelle, Berlin et Dresde.

accessoires dans un wagon de chemin de fer, et tout le dispositif d'enregistrement peut être déplacé sans grand démontage jusqu'à l'endroit voulu. La fig. 2 montre l'intérieur de ce wagon, le compartiment d'enregistrement au premier plan, le compartiment des machines au fond. Nous possédons donc un petit laboratoire transportable, qui nous

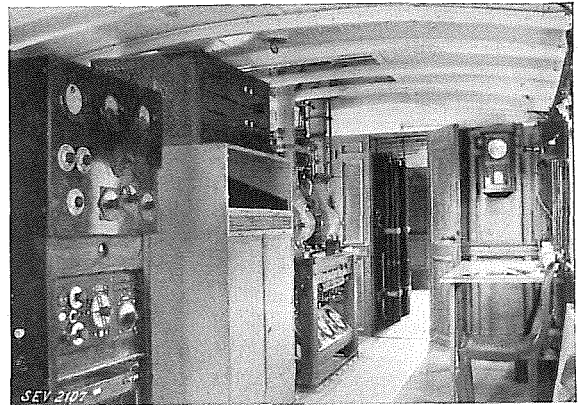


Fig. 2.
Intérieur du wagon-laboratoire.

a été d'une très grande utilité pour les essais oscillographiques sur les installations électriques. Nous saisissons l'occasion pour exprimer aux Chemins de fer fédéraux suisses nos remerciements pour toutes les facilités qu'ils nous ont obligeamment accordées. Les Chemins de fer fédéraux mirent en outre à la disposition de l'ingénieur chargé des essais et de sa famille un deuxième wagon, aménagé en logement avec cabinet de travail. La fig. 3 montre combien le wagon d'habitation fut arrangé confortablement par la femme de l'ingénieur. Sa collaboration assi-

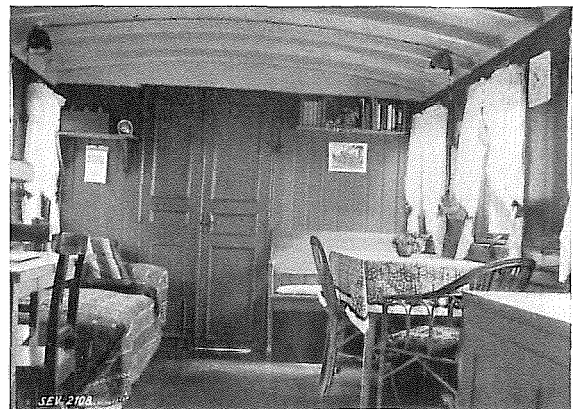


Fig. 3.
Wagon d'habitation (appartement).

due, non seulement pour la «tenue du ménage», mais aussi et surtout comme assistante de l'ingénieur, a d'ailleurs contribué grandement à faciliter les travaux et a permis de poursuivre ceux-ci durant trois années, d'une manière très approfondie, ce dont je tiens à l'en remercier encore ici.

II. La caractéristique tension-temps des perturbations dans les lignes aériennes.

a) Mesures effectuées sur des lignes de traction à 1200 V.

La première tâche dans cette étude fut naturellement de déterminer la hauteur et l'allure des tensions atmosphériques dans les lignes aériennes. Nos premières mesures à l'oscillographe cathodique portèrent surtout sur la ligne de traction d'un chemin de fer de banlieue, à courant continu de 1200 V. On trouvera les résultats en tirés dans le Bulletin de l'ASE, 1929, n° 11. Nous avons rassemblé les principaux résultats de nos observations dans la classification suivante:

1° Les surtensions atmosphériques se produisent seulement au moment même d'une décharge de foudre à proximité de la ligne.

2° La ligne ne fut jamais frappée directement par la foudre. Toutes les observations portèrent sur les décharges «indirectes», qui n'influencent la ligne que par leur action électromagnétique à distance.

3° Sur environ 240 oscillogrammes enregistrés par l'oscillographe au moment des coups de foudre, la plupart accusent une amplitude de la surtension variant seulement entre quelques centaines et quelques milliers de Volts. La ligne de traction était à la terre en permanence à l'aide d'une résistance de 100 000 Ohm.

4° La durée de formation d'une surtension causée par un coup de foudre indirect est presque toujours de 500 à 1000 microsecondes. La surtension disparaît ensuite dans un intervalle de temps déterminé par les constantes de la ligne.

5° La caractéristique tension-temps de la surtension a une forme analogue à celle de la tension-temps quand on charge un condensateur. En outre, deux autres phénomènes viennent s'y superposer: d'une part, l'oscillation propre de la ligne influencée par la foudre, d'autre part une énorme quantité de pointes et d'échelons grands et petits disposés à intervalles irréguliers sur la courbe de la tension.

6° La discussion des oscillogrammes conduit à une image des plus compliquées de ces phénomènes, et qui correspond exactement à celle obtenue par Töpler grâce à ses mesures des étincelles glissantes, et à celle d'autres physiciens obtenue par des constatations optiques⁵⁾.

Le caractère des actions indirectes de la foudre sur les lignes ayant été précisé par ces essais préliminaires, il fut question d'étudier les perturbations de la tension jusqu'aux plus hautes limites accessibles, c'est-à-dire de soumettre à l'observation des lignes de courant à très haute tension. Comme nous l'avons appris par la suite, des essais analogues avaient été entrepris en Amérique, essais qui furent poursuivis parallèlement aux nôtres. L'importance de l'objet et la différence entre les conditions géo-

graphiques des deux pays ne sauraient que rendre plus intéressante encore la comparaison des résultats obtenus de part et d'autre.

b) Mesures effectuées sur les lignes de transport à 132 kV.

Les oscillogrammes suivants ont été obtenus sur la ligne double de transport, sans bifurcations, la plus longue de la Suisse. Sa position est indiquée sur la fig. 4. Elle appartient aux Chemins de fer fédéraux et transporte le courant de l'usine de Vernayaz, souvent à travers de profondes vallées et par-

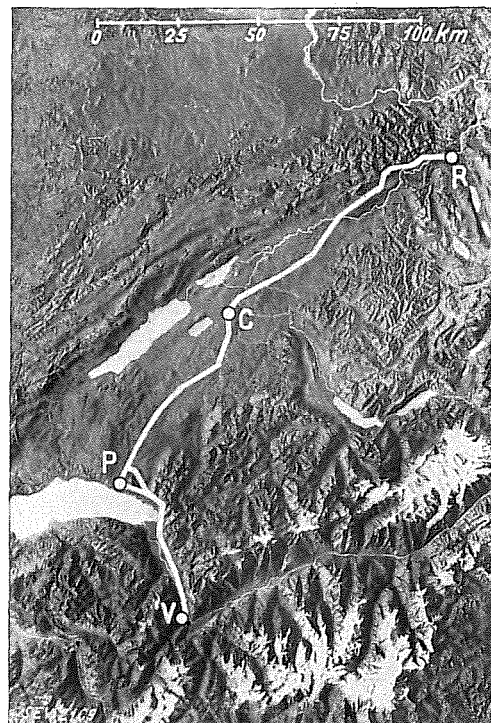


Fig. 4.

Tracé de la ligne de transport 132 kV des Chemins de fer fédéraux.

- V Usine de Vernayaz.
- P Sous-station de Puidoux.
- C Sous-station de Châtres.
- R Sous-station de Rupperswil.

dessus des collines préalpines, à la station de Rupperswil. Le point le plus occidental de la ligne se trouve à la sous-station de Puidoux. Entre Rupperswil et Puidoux, deux lignes monophasées à 132 kV se trouvent posées sur les mêmes supports. Cette partie de la ligne, intéressante par ses particularités techniques et par le fait qu'on y employa pour la première fois l'«aldrey» pour les conducteurs câblés, a été décrite il y a quatre ans dans un rapport de M. le professeur Dr W. Wyssling⁶⁾. Ses propriétés électriques et quelques expériences d'exploitations recueillies sur cette ligne ont été décrites il y a

⁵⁾ On trouvera les notices bibliographiques par exemple dans K. Berger, dissertation, Zurich 1930.

⁶⁾ W. Wyssling, Ligne électrique à longue portée des Chemins de fer fédéraux suisses, en alliage d'aluminium à conductibilité élevée et à haute résistance mécanique (Compte-rendu session 1927, tome I, p. 1124).

deux ans par M. H. Habich⁷⁾. La fig. 5 montre la construction normale des pylônes du tronçon Puidoux-Rupperswil.

De Puidoux à Vernayaz les deux lignes de 132 kV se trouvent posées sur des pylônes différents. La première est posée sur les mêmes pylônes que deux lignes monophasées à 66 kV (tension de régime) et forme avec celle-ci une canalisation multiple à trois circuits. La fig. 14 montre un pylône de cette conduite endommagé par la foudre. La deuxième ligne à 132 kV est posée sur les mêmes pylônes que 2 lignes triphasées à 120 kV (tension de régime). Un pylône de cette conduite, également endommagé par la foudre (voir chapitre 3 a), est visible à la fig. 13.

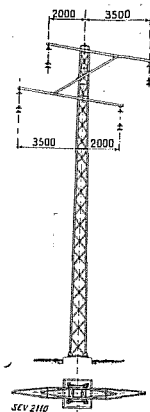


Fig. 5.

La longueur totale de la ligne, de Rupperswil à Vernayaz, est de 210 resp. 216 km. Si l'on en excepte les transformateurs des deux sous-stations de Puidoux et Chiètres, la ligne est sans bifurcations sur toute sa longueur. Les deux circuits sont alimentés séparément. Le point neutre de tous les transformateurs du système est mis à la terre directement. Le réseau est dépourvu d'appareils de protection contre les surtensions. L'allure et l'amplitude des plus importantes surtensions provoquées par des décharges de foudre, mesurées sur ce réseau

Le tableau II rend compte de la distribution de l'amplitude des surtensions provoquées par les orages, enregistrées par l'oscillographe et superposées à la tension de régime.

Tableau II.

Amplitude de la tension de foudre près de la station de mesure	< 5 kV eff.	5 à 15 kV	15 à 50 kV	50 à 100 kV	> 100 kV
Nombre d'oscillogrammes par phase durant les périodes de mesure :					
20 6 ÷ 10/10 1929	210 + X ¹⁾	65	40	5	5
10/7 ÷ 30/10 1930	300 + X ¹⁾	35	20	3	3

¹⁾ X désigne le nombre des surtensions de foudre qui ne purent plus être mesurées dans les oscillogrammes, leur potentiel étant inférieur à 1000 V.

— Nous condons les résultats des oscillogrammes pris sur la ligne à 132 kV en une courte description de leurs caractéristiques essentielles:

1° Les surtensions causées par les coups de foudre ont très rarement des valeurs supérieures à 100 kV. Dans la plupart des cas la foudre ne cause que des surtensions inférieures à 5 kV environ. Même pendant des orages violents au voisinage de la ligne, il est très rare qu'on constate une surtension de 100 kV ou davantage; les décharges à proximité immédiate de la ligne ne provoquent dans la plupart des cas que des surtensions sans importance. Nous reviendrons sur ce point par la suite.

Quelques oscillogrammes de phénomènes de surtensions de foudre.

Tableau I.

No.	Enregistré		Tension maximum		Durée totale de la tension de foudre μs	Tension > 50 % du maximum durant μs	Distance entre station de mesure et centre de l'orage	Court-circuit de ligne	
	le	sur phase (Fig. 11)	Polarité kV maximum	atteinte en μs				Pylône	Phase
1	20/6 29	A. V.	+ 164	Env. 5	Env. 50	Env. 28	6	—	—
2	20/6 29	A. V.	+ 175	< 5	90	28	5	—	—
3	20/6 29	A. V.	+ 123	Env. 10	100	60	5	—	—
4	20/6 29	A. V.	+ 102	12	200	65	5	—	—
5	21/7 29	B. U.	+ 135	10	60	20	200	I 48	B. U.
6	24/5 29	B. U.	— 220	8	25	15	150	II 44	B. U.
7	25/7 29	B. U.	— 160	6	120	22	95	} La ligne était hors service	
		B. U.	+ 98	< 5	220	20	95		
8	21/7 30	B. U.	— 290	10,5	120	22	10 à 20	—	—
		A. V.	+ 43	Env. 5	30	15	10 à 20	—	—
9	5/8 30	B. U.	— 92	1	70	3	5	—	—
		A. V.	+ 15	1	70	20	5	—	—

Remarque. Les oscillogrammes 1 à 7 ont été relevés à l'une des extrémités de la ligne et enregistrent donc la tension des ondes réfléchies. — Les oscillogrammes 8 et 9 ont été mesurés dans une station de transit; ils enregistrent donc l'amplitude de l'onde mobile traversant la station.

à 132 kV, ressortent des oscillogrammes des fig. 6 à 9, prises d'un article de l'auteur publié dans le Bulletin de l'ASE 1930, n° 3 (fig. 6 à 9). L'évaluation en chiffres des oscillogrammes les plus importants figure dans le tableau I.

⁷⁾ H. Habich, Mesures effectuées et expériences réalisées en cours d'exploitation sur le réseau à 132 kV des Chemins de fer fédéraux suisses (Compte-rendu session 1929, tome III, p. 7).

2° Les tensions atmosphériques maximums produites par la décharge de la foudre sur les lignes à très haute tension atteignent, comme on sait, la tension de contournement des isolateurs; elles se chiffrent donc à plusieurs centaines de kV. A des distances de 150 à 200 km du centre de la perturbation, ces tensions sont amorties jusqu'à 220 resp. 130 kV (tension de l'onde réfléchie).

3° La courbe des plus grandes ondes de tension causées par la foudre est caractérisée en général par un seul choc de front très raide, dans le sens positif ou négatif. Des oscillations à très haute fréquence ne furent observées que dans des limites très

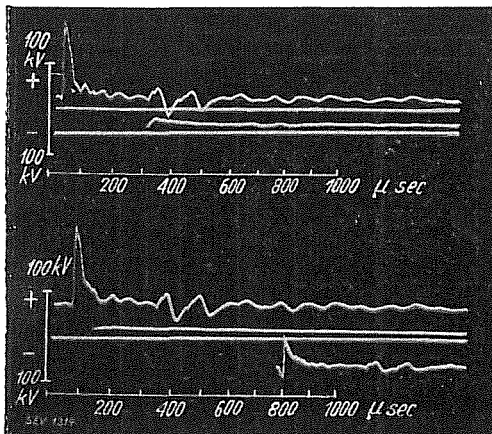


Fig. 6.

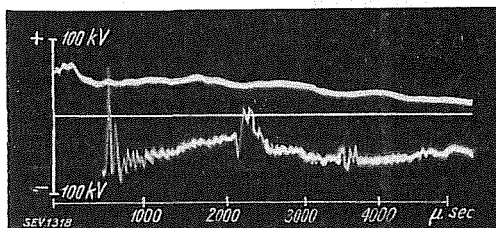


Fig. 7.

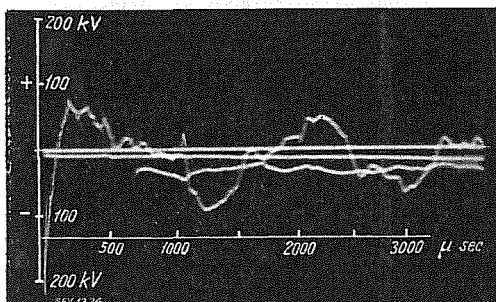


Fig. 8.

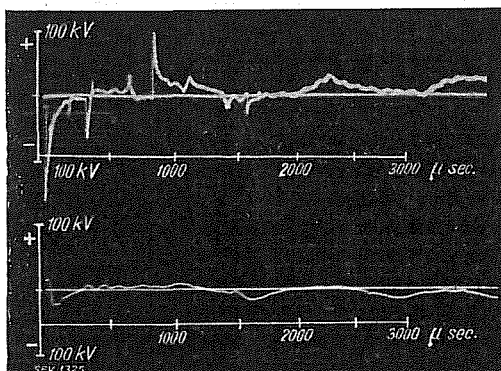


Fig. 9.

Fig. 6, 7, 8, 9.

Exemples de surtensions mesurées sur la phase BU (Fig. 11) de la ligne 132 kV (Fig. 4).

restreintes; par contre il arriva parfois que plusieurs chocs se produisirent dans un intervalle d'environ $\frac{1}{1000}$ de seconde, provenant non pas de la réflexion de la ligne, mais bien de la décharge de foudre elle-même.

4° La durée d'un choc de tension causé par la foudre est d'environ 15 à 100 μ s, quand les surtensions sont de plus de 100 kV. On a observé 200 μ s dans deux cas, sur un potentiel de 100 kV de l'onde réfléchie (nos 7 et 4 du tableau I).

5° L'allure et la durée de ces tensions étaient pratiquement les mêmes, que la ligne aérienne fût en service ou non. La dérivation des surtensions par les transformateurs est insignifiante, même si leurs points neutres sont mis à la terre directement.

6° Le front des ondes d'orages les plus brusques atteint dans les oscillogrammes à peu près la même raideur que celui des ondes d'enclenchement produites artificiellement à égale distance. On en déduit que le front d'une onde d'orage peut être, à son point de départ, concentré sur moins d'une microseconde (μ s).

7° Les surtensions d'orages d'un potentiel inférieur à 50 kV sont assez fréquentes; elles ont une forme très compliquée, leur front est beaucoup moins raide et leur durée plus longue. Leur courbe a une certaine ressemblance avec celles de surtensions encore plus faibles, mesurées en 1928 sur la ligne de tension moyenne déjà mentionnée.

Nous avons donc appris à connaître la courbe des surtensions d'orage, telles qu'elles arrivent aux stations. Si je ne me trompe, nos résultats ont été confirmés par ceux des observateurs américains. En Amérique on a d'ailleurs mesuré des tensions encore plus élevées, ce qui provient évidemment du nombre sensiblement plus grand des stations de mesure et de la chance qu'on a d'enregistrer des perturbations provoquées par la foudre dans un rayon de 100 à 1000 m de la station de mesure. L'amortissement de ces tensions élevées par l'effet de couronne est considérable, à tel point que les hautes tensions — comme nous l'ont appris les expériences américaines faites sur des décharges artificielles — sont déjà sensiblement amorties après quelques km seulement de parcours sur la ligne.

Nous avons donc confirmé expérimentalement les bases théoriques pour la construction d'appareils susceptibles de protéger efficacement les installations électriques contre les surtensions causées par les décharges de foudre. Nous possédons également des données précises qui nous permettent de contrôler les appareils appelés à protéger les stations contre les décharges qui se produisent au dehors et à plus de 2 km de distance de celles-ci. Les oscillogrammes montrent davantage encore: ils prouvent qu'il serait absolument inutile de vouloir protéger une ligne aérienne contre les décharges provoquées par la foudre par un parafoudre posé à l'intérieur d'une station. L'à-coup de tension est beaucoup trop subtil pour cela; en d'autres termes, le caractère de la surtension est essentiellement

celui d'une onde mobile transitoire: on a bien souvent une décharge de la ligne au foyer de la perturbation, avant que l'onde ait atteint le parafoudre.

Si l'on garde en vue le but de l'étude des orages, on se rend compte que nous n'avons résolu le problème qu'en partie et que nous sommes parvenus à protéger les stations contre les dégâts seulement. Ce qui reste à résoudre, c'est de trouver un dispositif évitant les interruptions de service par les coups de foudre sur les lignes aériennes elles-mêmes. La

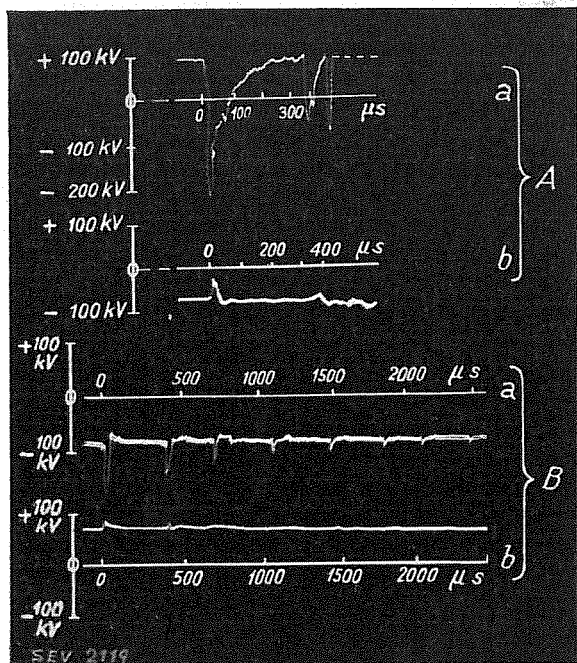


Fig. 10.

Exemples de surtensions mesurées sur la ligne de 132 kV (Fig. 4).

A relevé le 21 juillet 1930 à 16 h 07 { a sur la phase BU (Fig. 11)
b sur la phase AV (Fig. 11)
B relevé le 5 août 1930 à 13 h 55 { a sur la phase BU (Fig. 11)
b sur la phase AV (Fig. 11)

solution de ce problème est bien plus ardue, étant donné qu'elle exige la connaissance de ce qui se passe dans le pylône dérangé et dans la foudre elle-même. Les recherches ultérieures porteront donc sur l'endroit même où l'effet de la foudre s'est produit. Nous rendons compte par la suite des résultats que nous avons obtenus à ce sujet.

III. Rayon et gradient de la surtension de foudre.

a) Expériences d'exploitation et statistique.

Avant de soumettre au lecteur les résultats des mesures effectuées sur place, il est intéressant de recueillir quelques observations faites en service et quelques données statistiques sur le même objet. La plupart proviennent de la division pour l'électrification des Chemins de fer fédéraux, qui nous les a obligeamment communiquées. Dans le tableau III on trouve énumérées les perturbations causées par la foudre sur la ligne à 132 kV (210 km) pendant les années 1929 et 1930. Par suite de la

mise à la terre directe du point neutre, chaque décharge monophasée à la terre constitue un court-circuit. Chaque phase est munie de relais avec

Tableau III.

No.	Temps		Perturbation portant sur				Résistance de terre du pylône dérangé, mesurée	
	Date	Heure	Localité	Pylône	Service (Fig. II)	Phase (Fig. II)	avec fil de terre	sans fil de terre
1929								
1	19/6	16.01	Ve.	—	A	U	—	—
2	4/7	14.46	Chénens	151	B	U	3,1 Ω	35 Ω
3	21/7	16.54	St M.	48	B	V	?	?
4	21/7	21.43	Ve.	19	B	U	?	?
5	24/7	22.46	Ve-Pd.	?	B	U	—	—
6	24/7	22.48	Ve-Pd.	?	A	U	—	—
7	24/7	23.01	Oron	44	B	U	0,7 Ω	22,1 Ω
8	18/8	7.22	Oron ¹⁾	47	A	U	0,5 Ω	8,4 Ω
9	18/8	7.22	Oron ¹⁾	45	B	U	1,0 Ω	10,5 Ω
10	18/8	22.49	B.Noir	45	B	V	?	?
1930								
1	29/4	19.54	L'dorf	257	A	V	1,0 Ω	29 Ω
2	3/6	16.42	Pd.	209	A	V	?	?
4	11/6	8.42	Roche	109	B	U	?	?
6	6/7	16.04	Ke-Ru	?	B	U	—	—
7	10/7	16.54	V. St P. ²⁾	127	A	V ²⁾	2,1 Ω	6,8 Ω
					B	U ²⁾	2,1 Ω	6,8 Ω

¹⁾ Cette perturbation s'étendit simultanément à deux pylônes, qui n'étaient pas voisins (Nos. 45 et 47). A chaque pylône on eut la décharge d'une seule phase, mais les conducteurs des deux phases dérangées n'appartenaient pas au même service et se trouvaient être les plus éloignés du pylône.

²⁾ Les deux oscillogrammes respectifs prouvent clairement que cette perturbation a été d'abord unipolaire, au moins durant deux demi-ondes du courant de court-circuit; la perturbation n'a donc pu affecter l'autre phase qu'à la suite d'une extension de l'arc vers celle-ci.

clapets et voyants à courant maximum, ce qui permet de reconnaître dans toutes les stations la phase affectée.

La fig. 11 indique le nombre de contournements sur les 4 câbles du parcours Puidoux-Rupperswil, causés par les coups de foudre.

Ainsi que le démontre le tableau III, en 1929 il n'y eut aucune perturbation bipolaire; toujours un seul des conducteurs fut déchargé à la terre. Ce phénomène frappant attira notre attention, d'autant plus qu'il a une portée pratique directe. Il est évident qu'en ce cas un réseau sans mise à la terre directe du neutre offre de grands avantages quant à la sécurité d'exploitation comparé à un réseau dont le neutre est mis à la terre directement. La foudre aurait simplement pour effet de produire des arcs accidentels à la terre par suite de surtensions ayant une courbe analogue à celle que montrent les oscillogrammes. Les isolateurs étant protégés contre les chocs de tension et contre les amorçages d'arc du courant de mise à la terre, dans un réseau mis

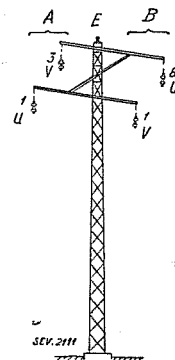


Fig. 11.

Nombre de perturbations par conducteur, parcours Puidoux-Rupperswil. A et B indiquent les deux services monophasés séparés.

à la terre indirectement, par exemple par des bobines d'amortissement ou d'extinction, la ligne serait entièrement protégée contre la foudre. Nos observations nous engagèrent dès lors à essayer de préciser d'une manière plus exacte le rayon de la perturbation due à la foudre, ou plutôt, le rayon de la surtension autour du coup de foudre. Cette constatation ne va pas sans une connaissance exacte du parcours de la décharge de foudre, et de la distance entre celui-ci (éventuellement aussi de ses branches latérales) et les câbles. Ce qui fait que l'observation des objets (arbres, maisons, pylônes, poteaux, etc.) frappés par la foudre dans le voisinage de la ligne devient de la plus grande importance. Par des mesures relevées sur des antennes, la «Société d'études des installations à très haute tension» à Berlin (Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen) est arrivée à la même conclusion; avertie, par l'expérience et le calcul, de l'absence de danger en cas de décharges indirectes de la foudre, elle conclut à l'importance de ce genre d'observations⁸⁾.

Dans tous les autres cas, où toute trace de coup de foudre a disparu et où il n'est plus possible d'identifier sa position exacte, il faut se contenter de constater la différence entre les surtensions provoquées dans les câbles voisins et isolés les uns des autres, c'est-à-dire qu'il faut déterminer le gradient de la surtension de foudre dans l'espace entre les câbles. Notre tâche consista donc non seulement à observer les décharges directes de la foudre sur les pylônes, etc., mais en outre à mesurer simultanément les surtensions produites par la foudre sur les différents fils ou phases de la ligne. Des statistiques établies soigneusement pour déterminer le nombre et l'endroit précis des perturbations simultanées causées par la foudre dans différentes phases ou lignes, poursuivirent le même but.

Nous mentionnons d'abord les observations sûres faites pour déterminer le rayon de la surtension de foudre:

1° En 1929 la foudre frappa et incendia une maison distante d'environ 1200 mètres de la ligne en observation. Les surtensions les plus élevées enregistrées par l'oscillographe à ce moment dans la ligne n'atteignirent pas 10 kV.

2° En 1930 j'eus connaissance de 2 coups de foudre qui avaient frappé deux maisons: l'un fut suivi d'un incendie dans la cave, l'autre causa de graves dégâts à la toiture, encore visibles aujourd'hui. La distance qui sépare les 2 maisons de la ligne de 132 kV est de 250, resp. 20 mètres. Le service ne fut nullement dérangé.

3° En 1928 la foudre frappa un poirier à une distance de 70 m de la ligne. L'éclatement est encore visible aujourd'hui. Le service n'en éprouva aucun dérangement.

4° La foudre tomba sur le toit de la halle de montage d'une sous-station, qui comporte des ins-

tallations extérieures pour 15, 66 et 132 kV. Les effets mécaniques furent bien visibles (une plaque en éternite de la toiture fut perforée) sans que le poste ait eu à subir la moindre perturbation de service. La distance entre le toit et la partie métallique mise à la terre de l'installation extérieure est d'environ 2 m. Le toit, resp. le pont roulant, sont reliés à la même terre que cette installation.

5° Les observations de perturbations simultanées dans plusieurs lignes à haute tension donnent des résultats qualitatifs analogues. Je n'ai eu connaissance d'aucun cas, constaté avec certitude, où deux lignes à peu près parallèles et distantes horizontalement de plus de 10 m l'une de l'autre fussent troublées simultanément par la foudre; or, à cause de la densité de son réseau à haute tension, la Suisse est certainement le pays qui se prêterait le mieux à ce genre d'observations. Il semble donc qu'une perturbation causée par la foudre simultanément dans deux lignes distantes de plus de 10 m l'une de l'autre soit extrêmement rare. Je mentionnerai à ce sujet que sur les lignes de traction des Chemins de fer fédéraux suisses, par exemple, des courts-circuits causés par la foudre se produisirent sans que la ligne voisine à 132 kV en fut troublée, et vice versa. La distance entre les deux lignes était, dans les cas notés avec certitude, de 600, 550, 400, 350, 240 et même seulement de 20, 11 et 8 m.

6° Un exemple entre bien d'autres pour ces perturbations de lignes voisines: une ligne à courant triphasé de 50 kV, avec neutre à la terre par des bobines d'extinction, fut mise à la terre sur l'un des pôles par une décharge de foudre qui se produisit dans ses environs immédiats. L'arc de mise à la terre persista pendant 10 minutes environ jusqu'à rupture du fil, qui tomba à terre, où il «brûlait» encore au moment du déclenchement de la ligne, ordonné à la suite d'une information téléphonique. A 140 m de distance, deux lignes de 66 et 132 kV n'en éprouvèrent aucune perturbation.

7° Ces observations sont complétées par celles de perturbations survenues sur les lignes de traction à 15 kV des Chemins de fer fédéraux. Etant donné qu'un des pôles du réseau monophasé est toujours à la terre, chaque décharge constitue un court-circuit et ces décharges seront constatées d'une manière aussi sûre que sur le réseau à 132 kV. Sur un nombre total de 140 courts-circuits causés par la foudre en 1930, année très fertile en orages, 90 furent suivis de destruction d'isolateurs. Dans tous ces cas, l'endroit où le court-circuit se produisit a pu être exactement relevé. Ont été détruits:

Dans 86 cas, 1 seul isolateur;

Dans 1 cas, 4 isolateurs le long du même câble;

Dans 1 cas, 2 isolateurs le long du même câble;

Dans 2 cas, 2 isolateurs distants l'un de l'autre de presque 1 m.

Ces deux dernières destructions s'expliquent très simplement par l'arc de court-circuit allant d'un isolateur à l'autre. A peu près la moitié de ces 90 perturbations eut lieu sur des lignes de traction à double voie, dont les fils de contact étaient dis-

⁸⁾ Prof. A. Matthias, Etude des orages et de la protection contre la foudre, Deuxième Conférence mondiale de l'énergie, Berlin 1930.

tants l'un de l'autre d'environ 4 m. Ces derniers sont couplés en parallèle dans les stations seulement; ailleurs ils peuvent être considérés comme étant indépendants par rapport à la tension de la foudre. Sur tout le réseau on n'a eu connaissance d'aucun cas où, en dehors des stations, les deux fils de contact ou bien l'un d'eux et une artère d'alimentation suivant la voie, eussent été touchés simultanément par la foudre.

8° Les observations ultérieures concernent des pylônes qui supportent plusieurs lignes à haute tension, indépendantes les unes des autres. D'après nos expériences, une perturbation simultanée de deux lignes posées sur les mêmes supports et distantes entre elles de plus de 3 m est un phénomène qui se produit très rarement si l'on fait abstraction de tous les cas où une mise à la terre défectueuse du pylône ou bien l'extension de l'arc jouèrent un rôle certain.

Pour illustrer ces constatations purement statistiques, nous reproduisons quatre exemples de per-

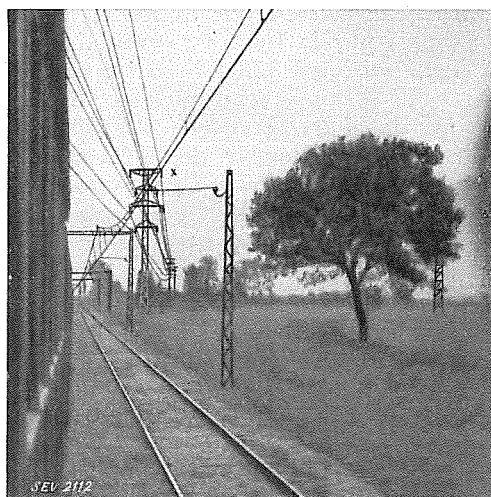


Fig. 12.

Pylône du croisement dérangé, chap. III, 9.

turbations typiques, observées dans des conditions exceptionnellement favorables:

9° Le premier exemple se rapporte à un pylône de 29 m de hauteur, situé près du croisement d'une ligne de transport à 132 kV et de deux lignes de traction à 15 kV. La fig. 12 donne une vue du croisement. La ligne à 132 kV se trouve au-dessus de deux lignes triphasées à 120 kV (tension de régime). Le tracé de la ligne du chemin de fer passe à 11 m seulement du pylône dérangé et à 51 m du pylône suivant. Le croisement est à angle très aigu. La phase du côté droit (sur la photo) subit une décharge causée par la foudre, ce dont un agent voyer donna immédiatement avis. Au dire de celui-ci, la foudre frappa directement le pylône; toutefois, de telles affirmations doivent être accueillies avec circonspection. Les deux extrémités de la ligne triphasée qui se trouve sous la phase dérangée étaient mises à la terre à des distances d'en-

viron 30 et 40 km du pylône. L'autre ligne triphasée (à gauche sur la photo) était en service; elle ne subit ni perte à la terre, ni court-circuit. La ligne de traction, qui croise les trois lignes de transport et dont l'isolement est trois fois plus faible, ne subit pas la moindre perturbation non plus.

10° Un deuxième exemple concerne un pylône un peu moins haut de la même ligne, représenté sur la fig. 13. Chacune des lignes triphasées est munie ici, comme on le voit, d'un sectionneur aérien. Un coup de foudre, qui se produisit à proximité du pylône, détruisit d'un coup l'isolateur servant de pivot à la barre de contact du sectionneur, tandis que la barre resta dans la

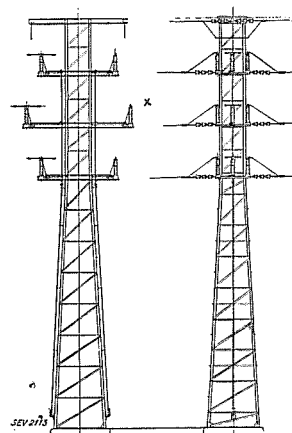


Fig. 13.

Croquis du pylône sectionneur dérangé, chap. III, 10.
Echelle: 1/500.

position fermée sur les contacts fixes. Cette canalisation triphasée ne possédant pas de mise à la terre directe du point neutre, on ne remarqua aucun dérangement dans le service. De même le service de la ligne à 132 kV, placée au-dessus, ne subit aucune perturbation. Comme pour le pylône du cas précédent, la distance entre ce pylône et la ligne de traction à 15 kV est très petite, puisqu'elle est de

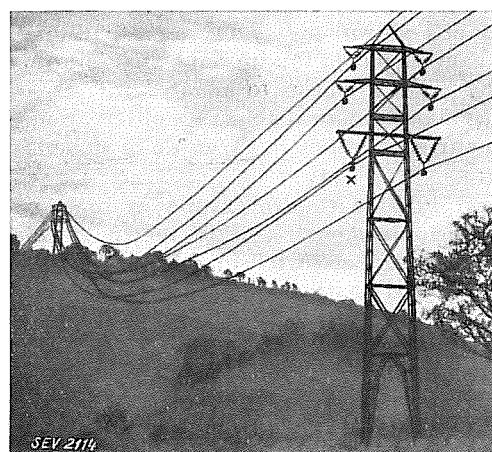


Fig. 14.

Pylône n° 209 dérangé, chap. III, 11.

8 m environ. La ligne de traction ne subit aucune perturbation, malgré son isolement plus faible.

11° La fig. 14 illustre le troisième exemple. Elle montre un pylône portant trois lignes à haute tension, l'une de 132 kV en bas et deux de 66 kV en haut. La première ligne comporte des chaînes de 7 isolateurs, les deux autres de 3. Sur ce pylône, une phase de la ligne à 132 kV se déchargea à la suite d'un coup de foudre très proche, qui fut ob-

servé par quatre personnes. Deux cultivateurs, qui se trouvaient pendant cet orage sous un noyer à 8 m du pylône seulement, furent vivement impressionnés par l'intensité du phénomène, mais en furent quittes pour la peur et un ébranlement nerveux passager. Les deux autres observateurs étaient des monteurs de la ligne de traction, qui se trouvaient à quelque 500 m, sur une éminence, et qui eurent l'impression que la foudre avait frappé directement la ligne. Les deux lignes à 66 kV situées au-dessus de la phase troublée à 132 kV ne subirent ni mise à la terre, ni court-circuit, ni aucune autre perturbation. Le pylône frappé se trouve à 600 m environ d'un poste où des parafoudres munis de compteurs automatiques sont branchés sur chaque phase des deux lignes à 66 kV. A cet instant, aucun des quatre parafoudres ne réagit. Par contre une borne de traversée de la phase à 132 kV dérangée sur le pylône fut sérieusement endommagée, et même complètement détruite lorsqu'on réenclencha le courant.

12° Un dernier exemple, qui montre cette fois ce qui ne devrait pas être: la foudre frappa un pylône en fer qui n'était pas muni de fil de terre; tous les quatre isolateurs des deux lignes à 66 kV qu'il portait furent contournés. En outre, un mât de la ligne de traction à 15 kV, suivant parallèlement à 3 m de distance, fut simultanément endommagé, ainsi que son isolateur. Les recherches révélèrent que la connexion de mise à la terre entre le pylône à 66 kV et les rails avait été accidentellement supprimée et que ce pylône n'était donc plus mis à la terre. L'arc s'amorça alors sur le pylône voisin, qui se trouvait en bon contact avec la terre, provoquant un autre court-circuit. Ce cas, unique parmi toutes les perturbations, est des plus significatifs.

Toutes nos observations portent à croire que le rayon d'influence de la surtension est restreint, et le gradient de surtension très grand. Cette dernière affirmation est corroborée par les mesures oscillographiques faites simultanément sur plusieurs fils voisins, mesures dont nous avons déjà fait remarquer l'importance. Il nous reste à rendre compte des résultats des oscillogrammes doubles, enregistrés dans la deuxième moitié de l'été 1930.

b) Mesures comparatives relevées sur la même ligne, avec deux oscillographes cathodiques installés au même endroit.

Ces mesures furent faites sur les deux câbles supérieurs de la ligne double Puidoux-Ruperswil (voir fig. 11). La distance moyenne entre les fils est d'environ 5,5 m en projection horizontale, d'environ 2,5 m en projection verticale. Les résultats de ces mesures, traduits en chiffres dans le tableau II, sont en résumé les suivants:

1° La comparaison entre les tensions de foudre mesurées sur les deux câbles montre que jusqu'à une amplitude maximum absolue de 50 kV environ, de la tension causée par la foudre en dehors des

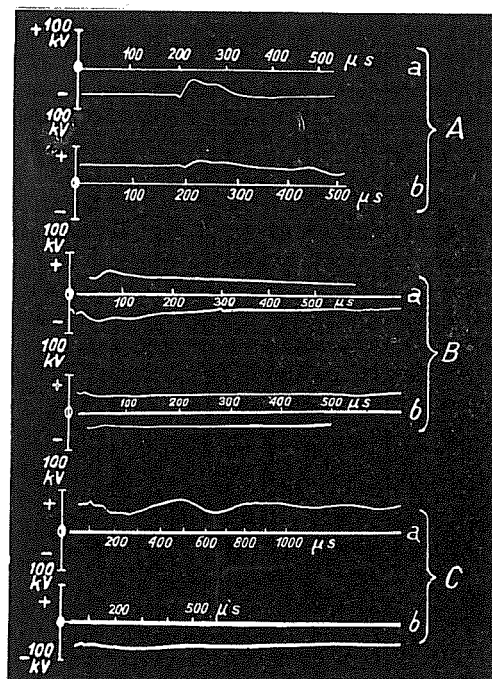


Fig. 15.

Oscillogramme *a*: ligne *B* aboutissant à la station de mesure; l'oscillogramme indique la tension de l'onde réfléchie.

Oscillogramme *b*: ligne *A* traversant la station de mesure; l'oscillogramme indique la tension de l'onde libre.

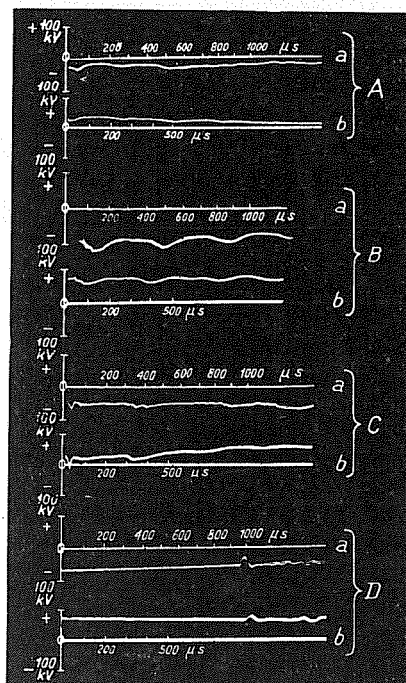


Fig. 16.

Les deux lignes *AB* (Fig. 11) traversant la station de mesure.

Fig. 15 et 16.

Oscillogrammes comparatifs de décharges atmosphériques indirectes:

ABC représentent des oscillogrammes relevés à différents instants.

a et *b* représentent deux oscillogrammes relevés au même instant sur différentes phases: les oscillogrammes *a* sur la phase *BU* (Fig. 11), les oscillogrammes *b* sur la phase *AV* (Fig. 11).

stations, les surtensions dans les deux câbles considérés ont la même polarité, à peu près la même allure et à peu près la même amplitude. Le fait que le rapport des deux amplitudes diffère généralement un peu de 1, comme permettent de le constater les quelques 250 oscillogrammes relevés, s'explique d'abord par la position non exactement symétrique des conducteurs par rapport au fil de terre (fig. 11, phases AV et BU), et ensuite par les différences de position des deux artères de la ligne double à proximité de la station de mesure. Nous montrerons par la suite que les caractéristiques sou-

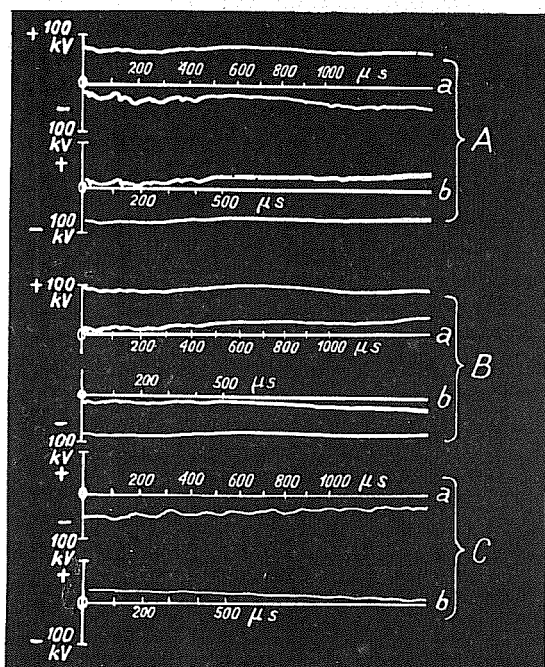


Fig. 17.
Les deux lignes A B (Fig. 11) traversant la station de mesure.

Oscillogrammes comparatifs de décharges atmosphériques indirectes:

A B C représentent des oscillogrammes relevés à différents instants.

a et b représentent deux oscillogrammes relevés au même instant sur différentes phases: les oscillogrammes a sur la phase BU (Fig. 11), les oscillogrammes b sur la phase AV (Fig. 11).

lignées plus haut sont l'effet de la décharge indirecte, celle-là même qu'on trouve décrite jusqu'à ce jour dans tous les manuels. Nous avons donc la preuve immédiate et irréfutable que les décharges indirectes provoquent dans les lignes aériennes des ondes mobiles ayant une tension qui va jusqu'à 50 kV environ, comme le montrent les quelques exemples d'oscillogrammes des fig. 15 à 17.

2° Quant aux tensions d'ondes causées par la foudre et atteignant un potentiel d'environ 100 kV ou plus, les résultats sont entièrement différents: la différence entre les amplitudes de la tension

dans les câbles voisins est très grande, la polarité des deux ondes est souvent inverse, leur durée n'est pas la même (fig. 10 A). Dans la deuxième moitié de l'été 1930, nous n'avons malheureusement pas pu enregistrer plus de deux cas. Les essais devront être poursuivis dans cette direction pour que l'on puisse disposer d'un plus ample matériel. Dans le premier cas, nous avons une tension d'onde d'orage d'environ -290 kV et qui se superpose à la phase U du service B (fig. 11). Sur la phase V du service A (fig. 11) on enregistra une surtension de +43 kV. Les deux tensions sont donc très différentes et sont en outre de signes contraires. La durée de la première surtension, qui est plus élevée, est plus grande que celle de la deuxième surtension. Les deux ondes de surtension diffèrent donc de forme.

Dans le deuxième exemple (fig. 10 B) nous avons une onde de surtension de -92 kV qui se superpose à la phase BU et une onde de +15 kV superposée à la phase AV. Les signes sont opposés. Nous tâcherons de nous rendre compte si et comment ces mesures et ces observations peuvent être expliquées par l'image que l'on se fait aujourd'hui des décharges directes et indirectes. A cet effet, examinons de plus près ces phénomènes. Nous verrons que le phénomène provoquant la perturbation est différent de la description qu'on en avait donnée, et qu'il faut abandonner l'idée qu'on s'en faisait. Ceci est valable pour la décharge directe aussi bien que pour la décharge indirecte. Notre nouvelle interprétation, basée sur des observations sûres, nous fournit une image nouvelle du phénomène de perturbation, qui explique à son tour tous les résultats de mesure et d'exploitation. C'est ce que nous entreprendrons de démontrer dans le prochain chapitre.

IV. Le phénomène de perturbation causé par la foudre.

a) Effet indirect.

L'image généralement acceptée aujourd'hui du coup de foudre indirect est représentée sur la fig. 18. Un nuage chargé d'électricité positive se formant lentement au-dessus de la ligne, induit dans celle-ci des charges négatives, qui forment écran partiel dans le champ nuage-terre. Comme le nuage est toujours très grand par rapport à la distance entre deux conducteurs aériens, ceux-ci, U et V, portent à peu près la même charge d'induction. Si la charge du nuage disparaît assez brusquement par suite de la foudre, les charges négatives dans les deux câbles U et V sont libérées et produisent à leur tour un champ instantané entre la ligne et la terre. Cet effet dépend, comme on le sait, en majeure partie de la rapidité avec laquelle s'opère la compensation. Les deux charges s'écoulant dans les deux câbles engendrent deux ondes mobiles transitoires qui ont la même amplitude, le même signe (+) et la même forme, et qui peuvent

être enregistrées à un point de mesure quelconque de la ligne, où elles apparaissent sous forme de variations temporaires de la tension. Cette idée du phénomène confirme exactement nos mesures des

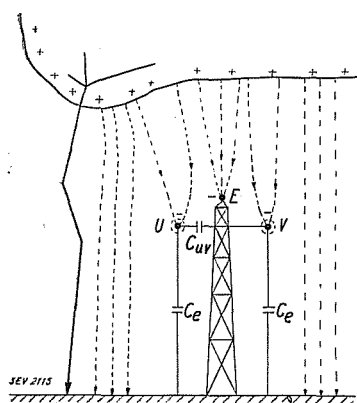


Fig. 18.

Coup de foudre indirect.

b) Décharge directe de la foudre (fig. 19).

Dans le moment qui précède la décharge, les deux câbles U et V sont chargés négativement, exactement comme dans le cas a (décharge indirecte). Si nous supposons à présent que la foudre avance du nuage vers la terre (durant une infime fraction de seconde, bien entendu), les charges négatives dans les conducteurs s'en trouveront augmentées, la charge de foudre qui approche étant positive. Il s'ensuivra un écoulement de charges positives le long de la ligne, dans les deux directions.

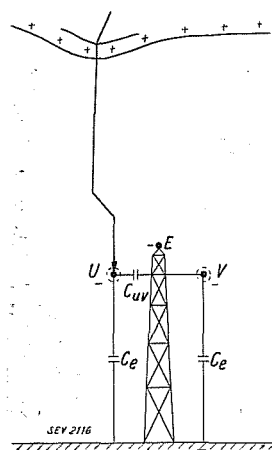


Fig. 19.

Coup de foudre direct.

La foudre touchant le conducteur U, y apporte dans un temps extrêmement court un excédent énorme de charge positive. La charge négative induite par le nuage s'équilibre avec celui-ci par le canal de la foudre. Le courant de la foudre se déchargeant sur le conducteur provoque dans la phase U des ondes mobiles d'une très grande amplitude, qui s'éloignent dans les deux directions et peuvent éventuellement se décharger à leur tour sur les poteaux ou pylônes voisins. Il est évident qu'à ce moment la foudre et le conducteur sont en série; tout le courant de la foudre s'écoule dans le conducteur. Pour fixer les idées, on pourrait désigner ce phénomène par *décharge directe à écoulement total dans la ligne*.

Par l'effet de la foudre s'approchant de la phase U, la phase V se charge négativement à un

potentiel toujours plus élevé; une quantité toujours plus grande de charges positives est refoulée le long des conducteurs dans les deux sens. Au moment où la foudre décharge son courant sur la phase U, des ondes mobiles transitoires sont induites dans la phase V à cause de l'accouplement électromagnétique entre les deux phases. Leur amplitude est par exemple, dans la ligne mesurée, d'environ 27 % de celle de l'onde mobile transitoire principale de la phase U. A cause de la petite distance entre V et l'endroit même où la foudre frappa, deux ondes mobiles transitoires partiront donc, chacune dans une autre direction, le long de la phase V, et leur amplitude est 27 % de celle de l'onde produite dans la phase U. Tant que la tension d'effluves se trouve dépassée, l'amortissement de la surtension de la phase U sera plus grand que celui de la surtension de la phase V. L'oscillographe enregistrera donc deux ondes de tension, dont le rapport est plus petit que 1 : 0,27, toujours en restant plus grand que 1 : 1. Le chiffre exact de ce rapport dépend de la distance à laquelle l'oscillographe se trouve placé du centre de la perturbation. Dans tous les cas il est à prévoir que les deux ondes des phases U et V auront la même polarité, et à peu près la même forme et la même durée.

Si nous comparons les résultats de nos mesures avec la description du phénomène que nous venons de donner, on constate que ce phénomène n'est enregistré nulle part; ceci ne signifie pas, à notre avis, qu'il ne puisse pas avoir lieu, mais bien qu'il faudra poursuivre les essais dans cette direction. Par contre, les mesures montrent qu'il doit exister encore un phénomène qu'il nous reste à interpréter.

c) Le phénomène de perturbation d'après les mesures oscillographique comparatives (fig. 20).

Qu'un nuage positif se trouve à une certaine hauteur au-dessus de la ligne; que la terre et l'espace près de la terre soient chargés négativement; l'intensité du champ atteignant une certaine limite, la foudre commencera à jaillir par une étincelle à la couche limitrophe entre les deux charges. Cette étincelle avancera du côté des charges négatives plus rapidement que de l'autre. Aux extrémités de l'étincelle la chute de potentiel est énorme, tandis que dans le canal de l'étincelle s'établit un arc bon conducteur, en vertu de la loi de Töpler. La foudre atteint finalement la terre. Le passage à la terre produit dans la résistance terrestre R_e une chute de potentiel. Suivant l'intensité du courant de la foudre, dont la valeur maximum est d'environ 10^5 A, d'après les mesures de Töpler, de Matthias et d'autres, et suivant la valeur de la résistance terrestre, cette chute de potentiel sera d'environ 10^6 à 10^7 V. La chute de la foudre causera donc très rapidement dans l'espace environnant, qui jusqu'alors possédait une charge statique, une surtension positive de l'ordre de grandeur mentionné. Par suite du petit gradient de tension dans le canal de la foudre, la chute de potentiel dans la résis-

tance terrestre sera plus grande que celle qui existe dans la partie du canal qui va de la terre jusqu'à la hauteur de la ligne. La composante du champ, qui varie rapidement, aura par conséquent aux alentours immédiats de la foudre une *direction radiale à celle du canal*. Des charges négatives non encore compensées se trouvant en outre dans l'espace à une certaine distance du canal, un autre champ se formera dans l'espace environnant la ligne, du côté opposé à ce canal. L'espace entre les câbles est

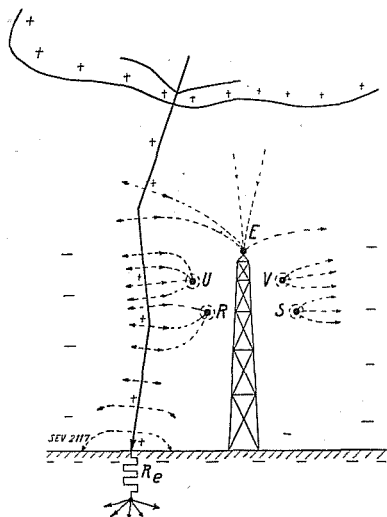


Fig. 20.

Nouvelle image du phénomène
du perturbation.

situé par contre comme dans une cage, les câbles mêmes formant écran. En première approximation, la ligne peut être considérée comme étant dans le champ d'un condensateur ayant pour électrodes une plaque et une tige. Par suite de la concentration du champ aux environs du canal et des câbles, c'est sur ceux-ci que des étincelles se produiront en premier lieu, si toutefois l'intensité du champ est suffisante. Les ramifications bien connues jailliront du canal principal de la foudre, qui déchargent et rechargent l'espace environnant. Des étincelles analogues peuvent jaillir des câbles de la ligne. Deux éventualités sont possibles:

1° Une ramification latérale de la foudre atteint la ligne et la branche en parallèle sur le canal de la foudre. La ligne se trouve pour ainsi dire en dérivation sur la terre par le canal de la foudre. La tension causée par la foudre dans la ligne est limitée par la chute de potentiel dans la résistance de passage de la foudre à la terre. Si nous appelons décharge directe celle où il se présente une connexion quelconque entre la ligne et la foudre, ce que nous avons décrit serait donc une décharge directe. Pour préciser, et pour bien marquer la différence entre ce cas et celui, précédemment défini (voir *b*) où la foudre frappe directement la ligne et s'écoule totalement dans celle-ci (représentation qu'on se fait généralement du coup de foudre direct), on pourrait parler ici d'une *décharge directe à écoulement partiel dans la ligne*.

2° On peut toutefois imaginer que la foudre ne touche la ligne par aucune de ses ramifications, que l'on n'a donc aucune décharge directe, ni à écoulement partiel, ni à écoulement total dans la ligne. Dans ce cas, la foudre pourrait toujours tomber assez près de la ligne, pour que les composantes instantanées du champ, dirigées radialement au canal, fussent assez intenses et que la concentration du champ dans ses alentours immédiats fût assez grande pour que des étincelles jaillissent de l'un des conducteurs. Dans ce cas il s'agirait d'étincelles glissantes, resp. d'aigrettes glissantes, pareilles à celles qui se produisent aux isolateurs de traversée à des tensions bien inférieures. Elles avancent dans l'espace chargé environnant la foudre, avec une rapidité moyenne, en neutralisant entièrement ou partiellement le champ qui en fut la cause. Malgré la tension élevée, l'énergie emmagasinée dans ces étincelles n'est pas très grande. Nous appellerons ces étincelles, en tant qu'elles proviennent de la ligne mais n'aboutissent pas au canal de la foudre, *étincelles propres de la ligne, ou étincelles de ligne*.

Supposons à présent qu'une pareille étincelle jaillisse d'un câble quelconque, fil conducteur ou fil de terre. Le jet de l'étincelle déchargera automatiquement de l'excès d'intensité du champ, tous les câbles qui se trouvent du même côté de la ligne. C'est-à-dire que le phénomène se réduira en premier lieu à la production de cette étincelle *unipolaire*, qui jaillit de la ligne et se dirige du côté de la foudre; par conséquent nous n'aurons qu'une décharge unipolaire de ce câble sur le ou sur les pylônes voisins et par là à la terre. Si, par contre, la décharge affecte plus d'une phase, il faut en attribuer l'origine à des causes secondaires, par exemple extension de l'arc aux autres conducteurs ou chute de tension exagérée du courant qui s'écoule dans la terre, par suite d'une mise à terre insuffisante du pylône. Nous reviendrons plus tard sur ce point.

Il est évident que le jaillissement d'étincelles de ligne plus faibles est possible aussi du côté de la ligne opposé à la foudre, si toutefois l'espace environnant se trouve être suffisamment chargé. Ce sera généralement le cas. Nous aurons de ce côté une deuxième étincelle de compensation, qui jaillit et décharge ce côté de la ligne du champ environnant, de sorte que d'autres étincelles ne suivront point. Toutefois, cette étincelle apporte des charges à la ligne et y provoquera des ondes mobiles transitoires, qui ont un signe opposé à celui des charges et des ondes produites par l'autre étincelle, jaillissant du côté de la foudre. En général la deuxième étincelle est plus petite et a une durée plus courte que l'autre. Ce sont précisément ces caractéristiques que présentent les oscillogrammes comparatifs, pris sur deux câbles, lorsque les surtensions sont élevées.

Il est évident que ce même phénomène doit se produire à la suite de décharges horizontales aussi bien qu'à la suite de décharges tombant de biais. Le câble le plus exposé sera celui qui se trouve

être le plus proche de la foudre. Ce câble sera le plus souvent ou l'un des conducteurs du haut, ou bien le fil de terre; voilà comment s'explique son effet de protection de la ligne, effet qui a été démontré par les statistiques américaines. De même, les deux résultats les plus importants de nos observations: petitesse du rayon d'influence et grande valeur du gradient de la surtension, s'expliquent par la formation d'étincelles, comme nous l'avons décrit. Le fait que l'un des câbles de la ligne est affecté plutôt qu'un autre, dépend en premier lieu de la disposition des conducteurs, fils de terre, pylônes, etc. Ce qui paraît assuré, c'est que les câbles du milieu sont moins exposés aux perturbations que ceux placés en dehors. La tension momentanée de régime et les charges de l'espace peuvent aussi jouer un rôle. Nos oscillogrammes relevés sur les lignes à haute tension et nos observations nous ont fait abandonner le point de vue (b) suivant lequel toutes les perturbations seraient produites par des décharges directes. La conclusion qui se dégage de nos essais est que, dans la plupart des cas, les perturbations proviennent de phénomènes tels que nous les avons décrits sous c. Nous considérons comme ayant leur origine dans des décharges directes (b), les perturbations où, par exemple, des poteaux de bois volent en éclats et où, la foudre et un tronçon de la ligne étant couplés en série, tout le courant de la foudre se décharge sur la ligne et les pylônes.

d) Effets secondaires à l'endroit de la perturbation.

L'image de la perturbation ne saurait être complète, si nous ne tâchions de nous faire une idée de ce qui se passe immédiatement après la première décharge. Par suite d'un contournement d'isolateur, il y aura formation d'un arc et en même temps une chute de potentiel, à cause du courant passant du pylône à la terre. Ces deux phénomènes peuvent avoir pour conséquence la décharge ultérieure d'autres phases. L'amorçage de l'arc sur les autres phases est d'autant plus probable — à égales distances entre les phases, et la force du vent restant constante — que le courant de mise à la terre ou de court-circuit sera plus intense et durera plus longtemps. Dans les réseaux dont le neutre n'est pas mis à la terre directement, le courant à la terre peut être réduit sensiblement par des bobines d'extinction, qui rendent un amorçage très improbable; mais dans les réseaux dont le neutre est mis à la terre directement, un arc de court-circuit se produit, dont le courant n'est limité que par la puissance du réseau.

Dans le réseau monophasé à 132 kV observé, qui comporte deux groupes d'usines, la puissance nominale des machines placées à l'une des extrémités du réseau est de 35 à 40 MVA par service. A l'autre extrémité du réseau, d'autres machines, qui développent à peu près la même puissance, travaillent sur un parcours d'environ 100 km de

ligne à 66 kV et, à l'aide de transformateurs, sur les deux services à 132 kV. L'énergie de court-circuit livrée de ce côté est donc sensiblement inférieure à l'autre. La puissance de court-circuit monophasé à la terre est de 100 à 200 MVA environ.

Les relais sont réglés de telle sorte que les interrupteurs aient déclenché automatiquement après une à trois secondes, suivant l'endroit où le court-circuit s'est produit. Les arcs de court-circuit entre les deux phases du réseau atteignent des longueurs qui, d'après des expériences effectuées par la division pour l'électrification des Chemins de fer fédéraux suisses (CFF), dépassent 18 m s'ils ne sont pas déclenchés auparavant. M. Habich, chef de section aux CFF, l'auteur du rapport mentionné à la page 424, a pris un film de ces arcs de grande puissance. Pour éviter les courts-circuits multipolaires, il est donc de toute première importance que les relais soient réglés de manière qu'ils réagissent avec une rapidité extrême. Les expériences d'exploitation prouvent que cette rapidité est en général suffisante dans le réseau observé.

En second lieu la perturbation peut s'étendre par suite de la mise à terre insuffisante du pylône. A cause de la chute de potentiel du courant de la foudre, le pylône se trouve être sous tension par rapport à la terre. Le courant de l'étincelle de ligne (cas c 2), est trop faible pour qu'il puisse charger le pylône à une surtension dangereuse. Mais s'il s'agit d'une décharge directe avec écoulement total sur le pylône ou dans la ligne (cas b), cette surtension est déterminée par la résistance de la mise à terre du pylône et par la moitié au moins du courant de décharge, étant donné qu'en cas de coup de foudre dans la portée, ce courant se partage et se dirige dans les deux directions. Pour le cas de décharge directe avec écoulement partiel dans la ligne (c 1), le courant de décharge est plus faible, une partie du courant total s'écoulant directement à la terre par le canal principal. On n'aura donc la valeur maximum que dans le cas (b) où la foudre se décharge directement, soit dans un pylône soit dans la ligne à proximité immédiate d'un pylône; elle est égale à:

$$U_m = I_m R.$$

U_m = tension maximum du pylône par rapport à une terre neutre;

I_m = intensité maximum du courant de décharge;

R = résistance de la prise de terre du pylône pour cette intensité.

La mise à la terre des pylônes de la ligne à 132 kV observée est faite avec un très grand soin; elle peut, d'après les notions actuelles, être considérée comme bonne. Les petits tableaux suivants le prouvent; les chiffres indiqués pour la résistance de terre ont été relevés sur le tronçon Puidoux-Rupperswil, donc sur les trois quarts environ du parcours total de la ligne.

Sans câble de mise à la terre:

Résistance de terre en Ohms	< 5	5—10	10—30	30—100	> 100 Ω
Nombre de pylônes	92	152	334	98	17 dont 1 pylône > 200 Ω

Avec câble de mise à la terre:

Résistance de terre en Ohms	< 1	1—3	3—10	> 10 Ω
Nombre de pylônes	334	265	91	—

D'après les connaissances que nous possédons aujourd'hui, l'intensité maximum du courant de décharge atteint en chiffre rond 100 000 A. Si nous supposons que la résistance de terre du pylône est de 10 Ohms, nous aurons donc un potentiel de 1 million de Volts dans le pylône. Sur les lignes à moins de 200 kV, des décharges secondaires du pylône sur des phases quelconques, non encore touchées par la perturbation, peuvent s'ensuivre dans un temps extrêmement court après la décharge de la première phase touchée par la foudre, resp. après la décharge sur le pylône. La connaissance exacte de ce phénomène, qui se produit avec une extrême rapidité, demande l'enregistrement soit du maximum du courant passant par le pylône, soit du potentiel de ce pylône par rapport à la terre neutre. Par contre, les perturbations multipolaires provoquées par l'amorçage de l'arc suivront la perturbation primaire seulement après un certain temps, et pourront être relevées par des ampèremètres à enregistrement plus lent, insérés dans les réseaux qui sont en connexion directe avec la terre. Nous résumons notre point de vue de la manière suivante:

1° Les perturbations des lignes à haute tension et à tension moyenne ne sont pas causées par des décharges indirectes, dans le sens habituel du mot, et tel qu'il se trouve décrit jusqu'ici dans les manuels. D'après ceux-ci ce seraient les variations rapides du champ entre le nuage et la terre qui provoqueraient les surtensions; or pour cela la rapidité de ces variations est trop faible.

2° La perturbation se produit toujours avec formation d'étincelles sur quelques-uns des fils de la ligne. Il faut distinguer trois cas:

Dans le premier, l'étincelle de ligne se perd dans les charges de l'espace, soit du côté où se trouve le canal de la foudre, soit du côté opposé, par rapport à la ligne (coup de foudre indirect, avec production d'étincelles sur la ligne, causées par le champ radial environnant le canal de la foudre, *étincelles de ligne*).

Dans le deuxième cas, l'étincelle fait le pont entre la ligne et le canal de la foudre (*décharge directe à écoulement partiel dans la ligne, celle-ci étant branchée en dérivation sur le canal de la foudre*).

Dans le troisième cas, qui est probablement plus rare, la foudre se décharge en plein sur un des fils

(*décharge directe à écoulement total dans la ligne, c'est-à-dire couplage en série du canal de la foudre et de la ligne*).

3° Nos essais prouvent que, sur les lignes à haute tension, c'est presque toujours un seul des fils (phases) qui, à l'origine, se trouve être touché par la décharge. La multipolarité des courts-circuits causés par la foudre est toujours, ou presque toujours, une conséquence d'autres causes secondaires, telles que, en particulier, l'amorçage de l'arc et la mauvaise terre au pylône.

V. La protection contre les surtensions d'orage.

Le but des études relatives à la protection contre les surtensions causées par les orages, n'est plus seulement aujourd'hui d'éviter des dégâts, mais encore d'éviter des interruptions quelconques pouvant se produire dans le service à la suite de ces surtensions. Le problème présente les aspects les plus variés; sa solution dans les installations existantes n'est le plus souvent qu'une question purement économique. Ce rapport ne prétend nullement épuiser ces vastes questions; il s'agit ici simplement de donner quelques-uns des principes qui nous semblent les plus importants:

1° Toute installation doit être construite et isolée de manière à résister sûrement, sans appareils de protection, aux surtensions causées par les manœuvres du service, enclenchements et déclenchements, ou par des arcs à la terre, courts-circuits, etc.

2° Les surtensions provoquées par les orages seront combattues indépendamment de celles mentionnées ci-dessus. Les principes sur lesquels cette protection se base sont dictés par la connaissance de l'allure et de l'amplitude des surtensions, ainsi que par celle du phénomène perturbateur à l'endroit même. Avant tout, il s'agit de voir clair dans ces phénomènes; la question de la protection ne vient qu'après. Dans ce but, il est extrêmement important de ne pas se borner à des essais de laboratoire, mais de porter les investigations dans les réseaux eux-mêmes.

Nous ne sommes pas assez avancés pour pouvoir établir des directives qui puissent être utiles de façon générale, mais ce qu'il nous est permis d'affirmer, d'après nos résultats, se trouve résumé dans les aperçus suivants:

a) La protection des stations.

A moins que les appareils (isolateurs, interrupteurs, transformateurs) ne soient construits de manière à résister sans dommage à tous les chocs de tension que provoquent les orages et qui sont canalisés vers les installations par les lignes aériennes, il faudra limiter la surtension par un dispositif spécial de protection, tel que parafoudre à la station ou isolement plus faible des lignes au voisinage de la station. L'isolement des appareils coûteux (transformateurs, interrupteurs) doit être plus fort que celui de ce point faible. Les transformateurs modernes à bain d'huile offrant une grande sécurité, une protection spéciale contre les ondes à front raide ne sera pas nécessaire en général dans

les installations modernes. Où, d'autre part, les génératrices travaillent encore directement sur les lignes, il est préférable de construire ces machines de manière qu'elles résistent à ces ondes à front raide ou d'intercaler un transformateur à enroulements séparés entre ligne et génératrices, plutôt que d'avoir recours à un dispositif spécial de protection. Il s'agit donc seulement de limiter l'amplitude des ondes dans les stations, de façon qu'il ne se produise plus de claquages par suite de réflexions partielles ou totales des ondes incidentes. Abstraction faite des centres de perturbation qui se trouvent à moins de 2 km de distance de la station, le problème des parafoudres repose aujourd'hui sur des bases solides, et n'est plus qu'une question de construction rationnelle et d'économie. En ce qui concerne les coups de foudre frappant la ligne à moins de 2 km de distance de la station, il serait désirable que la connaissance du courant de la foudre qui se décharge dans la ligne fût approfondie. Le phénomène se complique alors du fait que le temps employé par l'onde pour parcourir cette distance deux fois est plus court que la durée de la surtension, d'où il s'ensuit un jeu d'ondes entre la station et le centre de la perturbation, qui peut augmenter la fatigue du parafoudre dans certains cas.

b) La protection des lignes aériennes.

On a proposé jusqu'ici les solutions suivantes, qui, en partie, sont déjà soumises à des essais :

1° On tâche d'éviter la décharge de la ligne en adoptant un meilleur isolement (chaînes de 14 à 17 éléments et deux fils de terre). Les expériences faites en Amérique prouvent que cette solution n'est pas d'une efficacité suffisante, vu qu'elle ne supprime pas entièrement les perturbations causées par la foudre.

Cette solution ne saurait offrir de grands avantages en Europe.

2° Elimination des décharges de la ligne à l'aide de parafoudres disposés sur les phases de la ligne, à intervalles réguliers d'environ 1 km et destinés à éviter les contournements d'isolateurs. Les résultats de ces essais ne nous sont pas encore bien connus. Ils dépendront en premier lieu du genre de la perturbation, à savoir de l'intensité du courant de foudre s'écoulant dans la ligne. Nos observations prouvant que, dans la plupart des cas, la ligne ne reçoit qu'une très faible partie de toute l'intensité de ce courant, cette solution, qui fait l'objet d'essais en Amérique, pourrait conduire éventuellement à des résultats pratiques. Reste à savoir si elle sera assez économique pour pouvoir être adoptée pour les réseaux européens, et si le nombre des perturbations s'en trouvera sensiblement diminué.

3° On a proposé de tendre en forme de cage autour de la ligne des fils de terre protecteurs qui formeraient écran entre la ligne et l'atmosphère. Cette proposition a été faite quand on admettait encore que l'effet indirect de la décharge de foudre jouait le rôle principal. L'efficacité de ce dispositif semble évidente à présent, si l'on accepte la nouvelle conception que nous avons donnée du

phénomène. Les statistiques américaines portant sur des lignes munies ou non de fils de terre prouvent que le nombre de perturbations est plus faible pour les premières. Les mesures faites simultanément sur plusieurs conducteurs donnent les directives à suivre pour installer rationnellement un certain nombre de fils protecteurs. L'emploi de plusieurs fils plutôt que d'un seul sur les lignes à haute et à très haute tension, est évidemment une question purement économique. L'emploi d'un fil de terre se justifie non seulement sur les lignes à très haute tension, mais encore sur les lignes à tension moyenne dont la mise à terre des pylônes est bonne.

4° Si l'on munit d'une tige de paratonnerre le sommet de chacun des pylônes, il faudra que deux de ces pylônes soient en mesure de drainer toute la région intermédiaire, en d'autres termes d'attirer sur eux toutes les décharges de foudre qui pourraient troubler la ligne. Cette solution paraît douteuse, d'abord parce que souvent la connexion des pylônes avec la terre ne saurait être suffisante, et ensuite parce qu'on ne pourrait jamais donner à ces pylônes une hauteur suffisante pour qu'ils puissent protéger efficacement le tronçon de ligne intermédiaire, non seulement contre la décharge de la foudre elle-même, mais encore contre toutes les étincelles secondaires de la foudre. Les essais entre nuage et terre effectués sur modèles en tôle, ne sont pas concluants pour trancher cette question.

5° La proposition faite à peu près en même temps et indépendamment, d'un côté par la Studiengesellschaft für Höchstspannungsanlagen, à Berlin, et par nous-mêmes de l'autre, et qui revient pratiquement à permettre une décharge unipolaire de la ligne toutes les fois que la tension dépasse une certaine amplitude, donnée par les constantes de la ligne, aurait certainement une portée pratique, surtout s'il était établi que la perturbation primaire porte toujours sur un seul des conducteurs, et que les perturbations multipolaires ne se produisent qu'à la suite d'une mauvaise terre des pylônes ou d'une extension de l'arc.

Dans une telle hypothèse, la construction de lignes à haute tension, sans connexion directe du neutre à la terre, serait dès aujourd'hui assurée par l'emploi d'isolateurs qui résistent aussi bien aux chocs de tension qu'aux arcs. Les réseaux munis de bobines d'extinction soigneusement réglées et d'isolateurs du type «Motor» satisfont maintenant déjà à toutes ces exigences. *Les expériences faites sur le plus grand réseau suisse, qui est protégé de la sorte, ont donné des résultats excellents en ce qui concerne la sûreté du service par temps d'orage.*

Les réseaux avec neutre à la terre sont encore assujettis à un plus grand nombre de perturbations, par le fait que chaque décharge unipolaire forme court-circuit. La proposition faite de déclencher et de réenclencher rapidement et automatiquement la phase affectée seulement, mériterait d'être mise à l'essai. La stabilité des grands réseaux paraît être sauvegardée dans la plupart des cas de courts-cir-

cuits unipolaires à la terre⁹⁾. Des surtensions ne sont pas à craindre à cause de la mise à la terre du point neutre. On évitera les interruptions de service et les dégâts aux installations, en choisissant l'armature de manière que les isolateurs de la ligne résistent à l'arc de court-circuit de courte durée. L'emploi de répartisseurs de champ en forme d'anneaux ou de cornes spécialement adaptées a déjà permis d'atteindre ce but, comme l'ont montré quelques rapports présentés à la session 1929 de cette Conférence¹⁰⁾. Cette protection est réalisée avec moins de dépenses et d'une manière plus sûre et plus simple que par l'emploi de parafoudres disposés sur la ligne, qui peuvent eux-mêmes conduire à des accidents.

VI. Les prochains buts à atteindre dans l'étude des orages.

1° L'étude ultérieure de la décharge de foudre aura pour but de constater ce qui se passe à l'endroit-même de la perturbation. En premier lieu, il est important de constater tous les cas où la foudre frappe directement un pylône. Il faudra se rendre compte ensuite du rayon d'influence de la surtension provoquée par la décharge de foudre, et mesurer l'intensité du courant qui traverse le pylône. Pour établir cette intensité, on peut procéder de deux manières qui sont également bonnes: on mesure, soit l'intensité à l'aide d'un shunt sur le pylône, soit la tension maximum du pylône par rapport à une terre neutre. Cette dernière mesure a une portée pratique directe parce qu'elle permet d'abord d'établir l'existence de décharges secondaires du pylône sur les phases et leurs conséquences, ensuite de déterminer quelle est la résistance terrestre maximum permise pour les lignes à haute tension.

2° On procédera simultanément à des mesures de surtensions, étendues à plusieurs conducteurs, ou si possible à tous. Ces mesures nous donneront des éclaircissements ultérieurs sur le rayon et sur le gradient des surtensions dues aux décharges de foudre, et par là même sur le phénomène de la perturbation dans toute sa durée. Elles permettront de se faire une idée claire de la meilleure disposition des fils de terre. Enfin, on complétera les observations portant sur les pylônes, en relevant dans combien de cas une décharge multipolaire se produit à la suite d'une décharge unipolaire primaire.

3° C'est en troisième lieu seulement qu'interviendront les essais et les expériences d'exploitation sur les dispositifs de protection qui auront été reconnus suffisamment efficaces contre les effets de la foudre. On étudiera ensuite les réseaux à tension moins élevée pour pouvoir établir de quelle manière et dans quelles limites les connaissances acquises sur les lignes à très haute tension leur sont applicables. Un vaste champ d'investigations s'ouvre devant

nous; l'étude demande nécessairement la collaboration de tous les pays. C'est pour contribuer dans une certaine mesure à atteindre ce but, que cette étude a été présentée.

Conclusion.

1° Les décharges indirectes de foudre produisent sur les lignes des ondes de surtension ne dépassant guère 50 kV environ.

2° Les ondes de surtension de plus de 50 kV d'amplitude ne sont pas produites par les variations du champ vertical nuage-terre, causées par la décharge. Leur formation est étroitement liée à la production d'étincelles, qui aboutissent à la ligne ou qui en jaillissent.

3° Les étincelles de ligne mentionnées sous 2 sont ou bien des branches latérales de la foudre, ou bien des étincelles qui jaillissent de la ligne et qui n'aboutissent pas au canal de la foudre, mais seulement aux charges de l'espace environnant ce canal.

4° Le courant qui s'écoule de l'atmosphère dans le fil touché est, dans la plupart des cas, sensiblement moins fort que le courant qui circule dans le canal de la foudre (courant de foudre).

5° Dans la très grande majorité des cas, la perturbation primaire des lignes à très haute tension est unipolaire.

Les courts-circuits multipolaires se produisent à la suite de l'amorçage de l'arc, ou par suite de terre insuffisante des pylônes.

6° Les fils de terre sont un moyen de protection très recommandable, servant à réduire la fréquence des perturbations non seulement sur les réseaux à très haute tension, mais aussi sur les réseaux ordinaires à haute tension.

7° A supposer qu'on ait muni la ligne d'un dispositif éteignant l'arc à la terre, et qu'on ait eu soin que les isolateurs de ligne soient convenables et les armatures suffisantes, le réseau dont le neutre est isolé sera moins dérangé par la foudre que le réseau avec neutre directement à la terre. D'après les études qui font l'objet de ce rapport, il est possible d'installer les lignes à très haute tension, dont le neutre n'est pas mis à la terre directement, de manière qu'elles présentent une sécurité presque parfaite contre toutes les décharges de la foudre.

8° Dans les réseaux dont le neutre est mis directement à la terre, la protection contre ces perturbations et contre les dégâts et interruptions de service, semble être suffisamment assurée, même s'il se produit des courts-circuits unipolaires à la terre, à condition toutefois qu'on ait muni le réseau d'un dispositif qui déclenche et réenclenche automatiquement la phase touchée seule, et qu'on évite par des armatures appropriées l'éclatement des isolateurs de ligne affectés. D'après les expériences faites jusqu'ici, la stabilité du réseau (marche en parallèle des centrales) n'en souffre pas; à cause de la mise à la terre du neutre il n'y a pas de surtensions sur les phases saines durant le déclenchement d'une phase, une interruption de la fourniture d'énergie ne sera donc pas à craindre.

⁹⁾ L. A. Terven, Results of power system stability studies, West Penn Power Co., El. Journal, June 1930.

¹⁰⁾ M. Barrère, Les arcs de puissance sur les isolateurs et la protection des chaînes d'isolateurs.

H. B. Vincent, L'élaboration de la corne d'amorçage V. S.

Die Beteiligung des VSE an der Ersten Schweizerischen Ausstellung für Gesundheitspflege und Sport (Hyspa)

vom 24. Juli bis 20. September 1931 in Bern.

Von T. Heinzelmann, Bern.

606.4 (494)

Die Tatsache, dass alle die zahlreichen Anwendungen der Elektrizität im Haushalt in bezug auf hygienischen und menschliche Kraft sparenden Betrieb nicht nur ein Maximum des Erreichbaren darstellen, sondern auch von keiner Anwendung irgendeiner anderen Energieform erreicht werden, liess es als selbstverständlich erscheinen, dass sich der Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke an der Hyspa beteiligte. Die elektrische Küche, die elektrische Heisswassererzeugung, das elektrische Licht, welche alle in wirtschaftlicher Weise, ohne

Bereits im Januar 1931 legte die Geschäftsstelle der Kommission generelle Projekte vor, die sich im Rahmen der Beschlüsse des Vorstandes des VSE bewegten. Der Bau eines eigenen Pavillons konnte im Hinblick auf die allgemeine bekannte Ausstellungsmüdigkeit und mit Rücksicht auf die Kosten nicht in Frage kommen. Man musste sich mit einem Hallenbau der Hyspa begnügen. Die Wahl eines geeigneten Platzes bereitete auch an dieser Ausstellung Schwierigkeiten. Da keine eigene Halle gebaut werden konnte, waren die Anordnungen der Ausstellungsleitung massgebend. Die Halle, in der die Ausstellung des VSE untergebracht wurde, liegt am Viererfeldweg und kommt sehr gut zur Geltung, so dass die Platzfrage doch als befriedigend gelöst angesehen werden darf (Fig. 1). In der Abendbeleuchtung tritt die Halle nicht besonders hervor, da sie nicht im Bereich der Abendwanderungen der Hyspabesucher eingeschlossen ist. Immerhin lenken belebte Transparente und die Eingangsbeleuchtung die Aufmerksamkeit auf die Halle.

Das von der Kommission zur Ausführung beschlossene Projekt soll dem Besucher der «Hyspa» zeigen, was die Elektrizität in der Wohnung in hygienischer Hinsicht geleistet hat und was sie darin zu leisten vermag. Von einer Apparatausstellung wurde Umgang genommen, da dieselbe Sache der Fabrikanten ist. Zur Verfügung stand eine Bodenfläche von 300 m² gegenüber 1540 m² an der «Saffa».

Die künstlich indirekt beleuchtete Halle enthält an den Längsseiten zur Hauptsache vier Vergleichs-

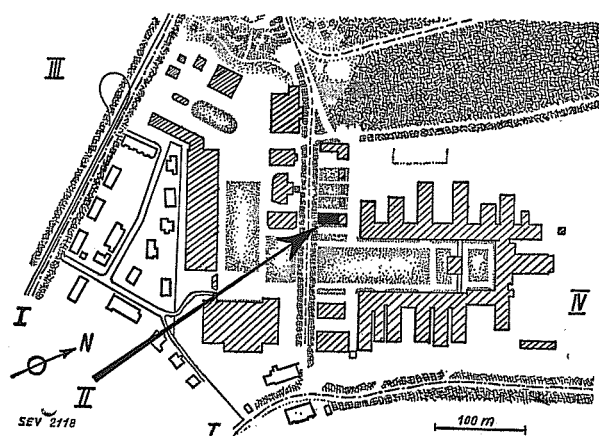


Fig. 1.

Uebersichtsplan der «Hyspa».

I Zugänge von der Stadt her. III Stadion.
II Elektrizitätshalle. IV Rennfeld.

offenes Feuer, ohne schädliche Verbrennungsgase, der Hausfrau nützlich sind, durften an einer Hygieneausstellung nicht fehlen.

Ähnlich wie an der «Saffa» im Jahre 1928 beteiligte sich der VSE an der «Hyspa» mit einer Kollektivausstellung. Für deren Durchführung wurde eine Spezialkommission eingesetzt, bestehend aus den Herren Dir. Schmidt-Lausanne, Präsident des VSE, Dir. Baumann-Bern, Dir. Bertschinger-Zürich, Dir. Keller-Bern, Oberingenieur Waeber-Fribourg und Ing. Ganguillet-Zürich. Im Verlauf der Vorarbeiten gelang es auch, die «Elektrowirtschaft» und die «Zentrale für Lichtwirtschaft» für die Beteiligung zu gewinnen, wodurch die Kommission um die Herren Ing. Burri-Zürich und Ing. Guanter-Zürich erweitert wurde. Die eigentlichen Ausstellungsarbeiten wurden den beiden ortsansässigen Elektrizitätswerken, der Bernischen Kraftwerke A.-G. (BKW) und dem Elektrizitätswerk der Stadt Bern, übertragen. Sie bildeten die Geschäftsstelle des VSE für die Hyspa. Diese setzte sich zusammen aus den Herren Dir. Keller als Präsident, Dir. Baumann und den beiden Mitarbeitern, den Herren Heinzelmann (BKW) und Kapp (E. W. der Stadt Bern).

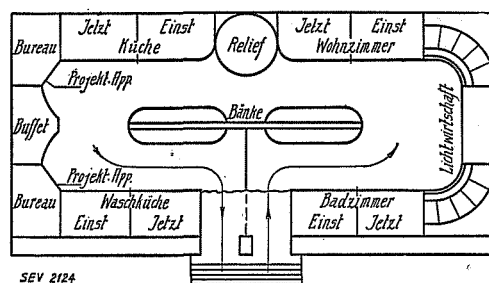


Fig. 2.

Aufteilung des Grundrisses der Elektrizitätshalle.

räume, nämlich ein Badzimmer, ein Wohnzimmer, eine Küche und eine Waschküche. Jeder dieser Räume ist in zwei Teile unterteilt; der eine, mit «Einst» bezeichnet, zeigt den Raum mit der vor 30 bis 40 Jahren, der Zeit des Einzuges der Elektrizität in den Haushalt, üblichen Einrichtung, der andere, mit «Jetzt» bezeichnet, zeigt denselben Raum mit

modernster Einrichtung. Eine Breitseite der Halle wurde der Zentrale für Lichtwirtschaft zur Verfügung gestellt; auf der anderen Breitseite sind Bureaux und ein Buffett untergebracht (Fig. 2).

Ein Rundgang zeigt dem Besucher folgendes:

Zunächst sieht man ein einstiges Badezimmer mit Holzgefeuerten Badeofen und Zinkbadwanne, daneben ein heutiges Badezimmer mit Heisswasserspeicher, das allen Ansprüchen der modernen Hygiene genügt.

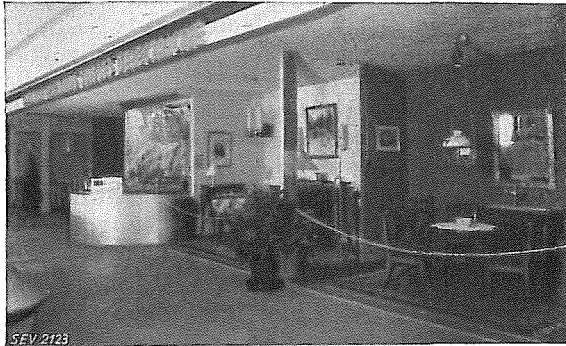


Fig. 3.
Blick in das einstige und jetzige Wohnzimmer.
Rechts „Einst“. Links „Jetzt“.

Phot. J. Keller, Bern

Dann folgt die Ausstellung der Zentrale für Lichtwirtschaft mit Beispielen über die Folgen von schlechter und guter Beleuchtung für die Gesundheit des menschlichen Auges, dargestellt mittels sich verändernden Beleuchtungseffekten, und mit veralteten, unzweckmässigen Beleuchtungskörpern gegenüber neuzeitlichen, gutes Licht gebenden Leuchten.

Der nächste Schritt führt den Besucher zum Wohnzimmer. Die elektrifizierte Petroleumlampe ruft Erinnerungen an Zeiten wach, in denen der Hausfrau nebst den häuslichen Arbeiten noch die unangenehme Reinigung der Petroleumlampen oblag. Gerne wirft sie ihren Blick in das heutige Wohnzimmer mit seiner guten Beleuchtung, der elektrischen Teemaschine, dem Toaster, dem elektrischen Ofen und den vielen anderen Bequemlichkeiten (Fig. 3).

In der Mitte dieser Wandseite, gegenüber dem Eingang, ist ein grosses Relief aufgestellt. Es stellt eine imposante Berglandschaft mit einem Hochdruckwerk dar und zeigt, wie die Elektrizität in unserem Land etwa erzeugt wird. Man erblickt den Stausee, gespiesen vom Gletscherwasser, unserer weissen Kohle, und erkennt die Druckleitung, welche das Wasser vom Stausee dem Kraftwerk zuführt. Im Vordergrund steht ein kleines Bergdorf. Eine elektrische Bahn umkreist das Relief und zeigt auf ihren Wagen verschiedene Stromverbraucher (Fig. 4).

Es folgt die alte und die neue Küche mit wirksamer Gegenüberstellung des einstigen, auch heute auf dem Lande noch vielfach gebrauchten, unhygienischen, Rauch, Asche und Staub erzeugenden

Holzherdes und des elektrischen Herdes, dessen hygienischen Qualitäten kein anderer Herd nahekommt. Die Hausfrau erfreuen neben dem elektrischen Herd Heisswasserspeicher, Kühlschrank, Spülmaschine usw. (Fig. 5).

Im nächsten Raum, dem Buffett, werden Brätzeli elektrisch gebacken und an die Besucher verteilt. Zu beiden Seiten dieses Standes sind automatische Projektionsapparate aufgestellt, deren Projektionen über Erzeugung und Anwendung der Elektrizität belehren. Ferner sind hier vom Sekretariat des VSE zusammengestellte Tafeln über den Verbrauch elektrischer Energie in schweizerischen Haushaltungen ausgestellt¹⁾.

Im letzten Raum ist die alte und die neue Waschküche gezeigt. Mühevoll und anstrengend muss früher das Waschen gewesen sein. Heute genügt das Drehen eines Schaltergriffes, um die Elektrizität als Dienerin in Tätigkeit zu setzen. Elektrische Waschmaschine und Waschlafen, Zentrifuge und Tröckneständer zeigen, wie mühelos die Hausfrau heute arbeiten kann (Fig. 6).

In allen Räumen ist die Beleuchtungsinstallation dem «Einst» und «Jetzt» angepasst, sogar die alten Kohlenfadenlampen fehlen nicht. Ruhebänke erlauben dem Besucher, sich einige Zeit auszuweichen, um in Musse die Einrichtungen zu betrachten.

Die Darbietungen des VSE dürfen, vom Standpunkt der Hygiene aus betrachtet, als wirkungsvoll angesehen werden. Der rege Besuch dieser Halle

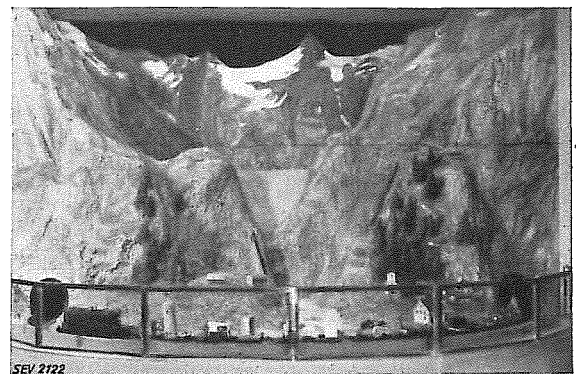


Fig. 4.
Relief und Bahn.

Phot. J. Keller, Bern

und das grosse Interesse der Besucher bezeugen, dass der VSE das Richtige getroffen hat.

Nicht nur in der Halle des VSE findet man die Anwendungen der Elektrizität; sie haben überall in der ganzen «Hyspa» Eingang gefunden. Sie dient diesem und jenem Aussteller als Hilfsmittel. In der Bierhalle wird beispielsweise elektrisch gekocht. Es sind hier verschiedene Apparate mit einem Gesamtanschlusswert von 140 kW aufgestellt. Auch im Dancing des Schweizerischen Konditoren-

¹⁾ Siehe Seite 440 dieser Nummer des Bulletin.

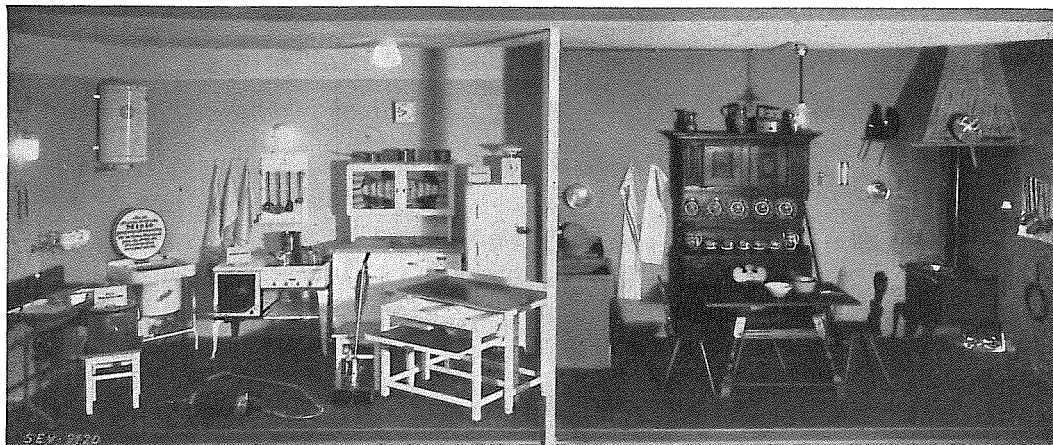


Fig. 5.
Blick in die einstige und jetzige Küche.
Rechts „Einst“. Links „Jetzt“.

Phot. F. Henn, Bern

verbandes sind Apparate mit einem Anschlusswert von 100 kW im Betrieb. Kocheinrichtungen sind unter anderem ferner im Betrieb in der Kaffee- und Küchliwirtschaft mit 60 kW, in der Kantine des Volksdienstes mit 130 kW, im vegetarischen Restaurant mit 22 kW, im Säuglingsheim mit

schaft und der Zentrale für Lichtwirtschaft aufgebracht worden. Es sei auch an dieser Stelle allen Spendern der wärmste Dank ausgesprochen. Sie alle haben durch ihre Opferwilligkeit das Zustandekommen der Elektrizitätsausstellung an der «Hyspa» ermöglicht.

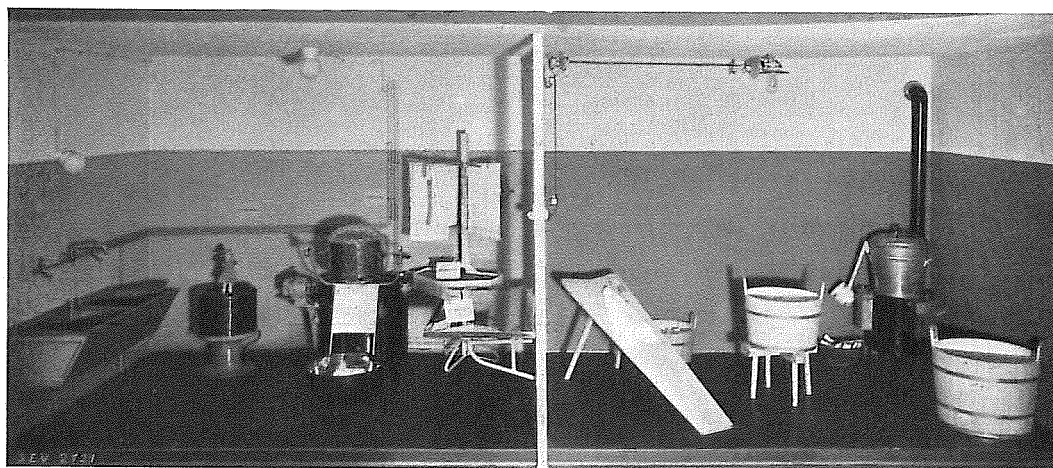


Fig. 6.
Blick in die einstige und jetzige Waschküche.
Rechts „Einst“. Links „Jetzt“.

Phot. F. Henn, Bern

30 kW usw. Der Gesamtanschlusswert für Kocheinrichtungen übersteigt 500 kW.

Die Kosten für die Beteiligung des VSE an der «Hyspa» bleiben im Rahmen der bewilligten Kredite und sind zur Hauptsache durch Subventionen des VSE, der Elektrizitätswerke, der Elektrowirt-

Nach den bisher erschienenen Meldungen der Presse wird der VSE-Ausstellung volle Anerkennung zuteil und man darf mit Grund hoffen, dass diese Ausstellung dank der Anstrengungen der Werke zur weiteren allgemeinen Durchdringung der Haushalte mit elektrischen Anwendungen das ihre beiträgt.

Wirtschaftliche Angaben über den Verbrauch elektrischer Energie in den Schweizerischen Haushaltungen im Jahre 1930,

gesammelt bei Anlass der Schweiz. Ausstellung für Hygiene und Sport 1931, in Bern.

Mitgeteilt vom Sekretariat des VSE, Zürich.

31 (494): 621.311.15

Um sich ein Bild des seit 3 Jahren erzielten Fortschrittes im Verbrauch von elektrischer Energie in den *Haushaltungen* zu machen, ist Tabelle I mit derjenigen zu vergleichen, die im Bull. SEV 1928, Nr. 23, S. 762 publiziert ist; es ist dabei zu bemerken, dass der Anschlusswert der motorischen Apparate damals etwas zu hoch eingeschätzt wurde. Bei allen Zahlen darf der Leser nicht vergessen, dass die Angaben der Werke auf Schätzungen beruhen und dass daher die Gesamtzahlen auch nur als *sehr* approximativ angesehen werden dürfen.

kWh, während einzelne städtische Werke Zahlen bis zu 112 kWh angegeben haben.

Die Unterschiede im Verbrauch von Wärmeenergie sind noch grösser. In Basel-Stadt, Biel und Aarau wird ein mittlerer Energieverbrauch pro Kopf und Jahr von mehr als 200 kWh angegeben, während in ärmeren Gegenden die elektrische Energie zu Wärmezwecken noch wenig Verwendung findet.

Der Energieverbrauch für motorische Zwecke ist im Vergleich zu demjenigen für Licht- und

Schätzung von Zahl und Anschlusswert der Ende 1930 in den schweizerischen Haushaltungen benützten Energieverbrauchsapparate, sowie der im selben Jahre durch diese Apparate verbrauchten Energie und des dafür bezahlten Geldes.

Tabelle I.

		Beleuchtung	Motoren	Wärme- apparate	Total
Zahl der Apparate	Total	ca. 9 600 000	ca. 96 000	ca. 1 300 000	ca. 10 996 000
	pro 100 Einwohner im Mittel	ca. 240	ca. 2,0	ca. 32	ca. 274
Anschlusswert in kW	Total kW	310 000	60 000	1 000 000	1 370 000
	pro 100 Einwohner im Mittel	7,8	1,5	ca. 25	34,3
Im Jahre 1930 verbrauchte Energie in kWh	Total kWh	150 000 000	6 000 000	300 000 000	456 000 000
	pro Einwohner im Mittel	37,5 (Max. in Aarau 112)	2,0	75 (Max. in Aarau 218)	114,5 (Max. in Aarau 332)
Jährliche Ausgaben in Franken	Total Fr.	60 000 000	1 600 000	21 000 000	82 600 000
	pro Einwohner im Mittel	15 (Max. in Aarau 27,18)	0,40	5,25 (Max. in Aarau 11,25)	20,65 (Max. in Aarau 38,60)

Die in der Schweiz im Mittel pro Einwohner und Jahr in den Haushaltungen allein verbrauchte Energie ist von 76 auf 114,5 kWh gestiegen, und das dafür bezahlte Geld von Fr. 15.75 auf Fr. 20.65. Der im Mittel pro kWh bezahlte Preis ist von 20,5 Rp. auf 18,0 Rp. zurückgegangen.

Der Konsum an Energie wurde beansprucht zu ca. 32,7 % von der Beleuchtung, ca. 1,8 % von den motorischen Anwendungen u. ca. 65,5 % von den Wärmeanwendungen.

Von den Einnahmen liefern

die Beleuchtung ca. 72,6 %
die motorischen Anwendungen ca. 1,8 %
die Wärmeanwendungen ca. 26,6 %

Während die zur Beleuchtung dienende Energie im Mittel mit 40 Rp./kWh bezahlt wird, beträgt der Preis für die Wärmeenergie nur 7 Rp./kWh

Der Verbrauch von Beleuchtungsenergie, der pro Kopf und Jahr sich im Mittel auf 37,5 kWh stellt, beträgt an manchen Orten weniger als 10

Wärmezwecke überall ungemein gering, immerhin schon wesentlich höher als vor 2 Jahren.

Beachtenswert ist besonders die Zunahme der Heisswasserspeicher und der Kochherde. In der gesamten Schweiz waren Ende 1930 ca. 90 000 Heisswasserspeicher in Betrieb (ca. 2,2 Heisswasserspeicher pro 100 Einwohner), es gibt aber auch viele Gemeinden, wo 4 bis 5 Heisswasserspeicher pro 100 Einwohner zu finden sind. Basel hat deren 7,6 pro 100 Einwohner.

Die Zahl der eigentlichen Kochherde mit zwei und mehr Kochplatten kann für die ganze Schweiz auf 70 000 geschätzt werden. In einigen Dörfern beträgt die Zahl der Herde schon gegen 20 pro 100 Einwohner. Es dürften heute in der Schweiz mindestens 300 000 Personen regelmässig ausschliesslich elektrisch gekochte Mahlzeiten einnehmen; in dieser Zahl ist die grosse Zahl von Personen, welche in Gaststätten aller Art elektrisch zubereitete Mahlzeiten einnehmen, nicht inbegriffen.

Wir haben vor drei Jahren über eines der am weitgehendsten elektrifizierten Gebiete der Schweiz, den Kanton Zürich (ohne Stadt Zürich), genauere Zahlen über die Zahl der in den Haushaltungen verwendeten Apparate veröffentlicht; wir geben in Tabelle II nun auch die sich auf Ende 1930 beziehenden Zahlen pro 100 Einwohner wieder.

Die im gesamten durch die schweizerischen Haushaltungen verbrauchte Energie ist in den drei verflossenen Jahren von $304 \cdot 10^6$ auf $458 \cdot 10^6$ kWh gestiegen. Bei Anrechnung der Transformatoren- und Leitungsverluste kann man also annehmen, dass heute $458 \cdot 10^6 = 570 \cdot 10^6$ kWh, d. h. ca. 21 % der von den Elektrizitätswerken in der Schweiz verkauften Energie in den Haushaltungen verbraucht wird.

Zahl der im Kanton Zürich (ohne Stadt Zürich) pro 100 Einwohner angeschlossenen Apparate.

Tabelle II.

	Ende 1927	Ende 1930
Lampen	272	280
Motorische Apparate	0,8	1,4
Bügeleisen	25	25
Kochgeschirre mit eingebautem Heizkörper u. Einzelkochplatten	2,9	3,1
Eigentliche Kochherde mit 2 und mehr Platten	2,0	3,5
Heisswasserspeicher	1,5	3,3
Raumheizapparate	4,9	6,17
Verschiedene nicht erwähnte thermische Apparate	1,4	1,7

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

50-kV-Oelkabel für das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich.

621.315.2 (494)

Im Laufe des Monats August 1931 verlegen die Siemens-Schuckert-Werke im Auftrage des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich (EWZ) ein Dreiphasen-Oelkabel von 150 mm² Querschnitt, das bei einer Spannung von 50 kV eine Leistung von 35 000 kVA zwischen den Unterwerken Drahtzug und Selnau übertragen wird. Das Trasse verläuft auf einer Länge von 2342 m im Wasser (Zürichsee und Schanzengraben).

Während für die Landstrecke (1635 m) ein flachdraht-armiertes, einfachasphaltiertes Oelkabel mit einem äusseren Durchmesser von 82 mm zur Verwendung kommt (Gewicht ca. 20 600 kg/km), wurde für die Wasserstrecke (2342 m) ein Z-drahtarmiertes, doppelasphaltiertes Oelkabel mit einem äusseren Durchmesser von 91 mm gewählt (Gewicht ca. 25 500 kg/km). Vier Durchgangsmuffen verbinden die Teillängen des Kabels miteinander und zwei Endverschlüsse vermitteln den Anschluss des Kabels an die Sammelschienen der Stationen Selnau und Drahtzug. Die Oelaustragsgefässe in den genannten beiden Stationen setzen das Kabel unter Oeldruck.

Ueber den Aufbau solcher Oelkabel wurde im Bull. SEV 1930, Nr. 21, S. 708, berichtet; es sei hier zusammenfassend folgendes bemerkt:

Der Aufbau der Oelkabel ist dem der Massekabel ähnlich; der Unterschied besteht nur darin, dass zum Tränken

des Papiers statt zähflüssiger Masse dünnflüssiges Isolieröl verwendet wird. Die Verwendung von Oel als Tränkmittel wurde zunächst bei 100-kV-Kabeln erprobt, nachdem massegetränkte Kabel für diese Spannung ein ganz unbefriedigendes Ergebnis geliefert hatten. Dabei ergab sich, dass eine zuverlässige und gleichmässige Durchtränkung der Papierisolation erreicht wird. Diese vollkommene Durchtränkung bleibt auch im Betrieb erhalten, da infolge der im Kabel liegenden Oelleitungen ein stets genügender Oelzufluss besteht. Die Zusammensetzung eines Oelkabels kann sich deshalb im Gegensatz zum Massekabel auch im Laufe der Zeit nicht ändern. Die Enden des Kabels werden mit Oelbehältern versehen, die beim Erwärmen des Kabels Oel aufnehmen und beim Abkühlen das durch Zusammenziehen fehlende Oelvolumen ersetzen. Auf diese Weise wird die schädliche, bei Massekabeln auftretende Hohlraumbildung vermieden.

Infolge der grösseren Wirtschaftlichkeit der Oelkabel, indem sie bis zu 60 % höher belastet werden können als Massekabel, können dieselben mit Vorteil auch bei kleineren Spannungen als 100 kV und mehr, z. B. bei 30 kV, verwendet werden. Gegen Belastungsspitzen sind sie weniger empfindlich als Massekabel.

Wir hoffen später von kompetenter Seite näheres über dieses Oelkabel des EWZ und dessen Verlegung berichten zu können.

Wirtschaftliche Mitteilungen. — Communications de nature économique.

Kraftwerke Sernf-Niederenbach.

621.311.21 (494)

Die Bauarbeiten an den Sernf-Niederenbach-Kraftwerken gehen ihrem Ende entgegen. Der sowohl nach seiner Anlage wie infolge der angetroffenen Verhältnisse schwierigste Teil des Sernfwerkes, der über 4 km lange Druckstollen, ist fertiggestellt und wurde am 1. August durch den Ausschuss der S.N. A.-G. und Vertreter der ausführenden Baugesellschaft sowie die von beiden Vertragsteilen beigezogenen Experten einer eingehenden Prüfung unterzogen. Es wird nun demnächst mit der Füllung der Weiher- und Stollenanlagen und mit der Vornahme der erforderlichen Druck- und Betriebsproben begonnen werden, so dass trotz der bei der Bauausführung eingetretenen Erschwernisse die Energielieferung durch das Sernfwerk aller Voraussicht nach noch im Verlaufe dieses Monats einsetzen wird.

Die Anlagen des Maschinenhauses und der Schaltstation in Schwanden waren bereits anfangs Juli d. J. fertiggestellt. Da die Ausführung der grossen Staumauern auf Garichte sowie der übrigen Anlagen des Niederenbachwerkes im allgemeinen nach Programm verläuft, ist anzunehmen, dass die Gesamtanlagen der S.N.-Werke wie vorgesehen im Oktober

d. J. in Betrieb kommen und die Stromversorgung der Stadt St. Gallen und der Gemeinde Schwanden übernehmen werden.

Dieselmotorenanlage der St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke (SAK).

621.311.23 (494)

Der im Jahre 1928 von den SAK beschlossene Beitritt zu den NOK und der gleichzeitig zwischen den beiden Unternehmungen vereinbarte Energielieferungsvertrag, der im Jahre 1934 seinen Anfang nehmen wird, hat die Kraftbeschaffungsfrage für die SAK nur zum Teil gelöst. Die Deckung des gesamten, die Eigenproduktion der SAK übersteigenden Bedarfes, wäre auf Grund des NOK-Kantonswerketarifes, der dem genannten Energielieferungsvertrag zugrunde liegt, nur zu ungünstigen Preisen möglich, weil die eigenen hydraulischen Stromerzeugungsanlagen der SAK (Kubelwerk, Binnenkanalwerke, Giessenwerk bei Nesslau und Muslenwerk bei Amden) sehr unkonstant sind, woraus sich für den Fremdstrombezug eine geringe Benützungsdauer der Maximalleistung ergibt. Es stand deshalb schon zur Zeit der Unterhandlungen mit den NOK fest, dass die SAK die Möglichkeit haben müssen, ihre bestehenden Wasserkraft-

anlagen durch Beschaffung von Spitzen- und Ergänzungsenergie auszugleichen, um dadurch für den Fremdenenergiebezug von den NOK günstige Bedingungen zu schaffen. Dieser Notwendigkeit wurde im Stromlieferungsvertrag NOK/SAK dadurch Rechnung getragen, dass den letzteren das Recht eingeräumt wurde, hydraulische oder kalorische Spitzenwerke für eine Leistung von zusammen bis 20 000 kW und einer Jahresproduktion von höchstens $20 \cdot 10^6$ kWh im Gebiete der NOK-Kantone zu erstellen.

Neben der Erstellung eigener neuer Produktionsanlagen stand den SAK auch die Möglichkeit offen, die benötigte Spitzen- und Ergänzungsenergie auf Grund eines noch zu vereinbarenden besonderen Abkommens von den NOK zu beziehen. Einlässliche Untersuchungen und umfangreiche Studien führten jedoch zum Ergebnis, dass für die Beschaffung der genannten Energie die Erstellung einer Dieselmotorenanlage für die SAK sowohl in finanzieller als namentlich auch in betriebstechnischer Hinsicht rationeller ist. Der Verwaltungsrat beschloss daher in seiner Sitzung vom 29. Juni auf Antrag der Direktion die Aufstellung einer solchen Anlage.

Der zwischen SAK und NOK bestehende Stromlieferungsvertrag würde die Indienststellung einer Spitzenkraftanlage erst auf den Herbst 1934 notwendig machen. Weil die Dieselanlage eine Bauzeit von höchstens zwei Jahren erfordert, hätte mit deren Bestellung noch zugewartet werden können. Die Wünschbarkeit sofortiger Arbeitsbeschaffung für die schweizerische Maschinenindustrie veranlasste diese indessen, den SAK bei unverzüglicher Bestellung in mehrfacher Hinsicht Vorteile einzuräumen, die es als gegeben erscheinen liessen, den Baubeschluss vorzeitig zu fassen und die hauptsächlichsten Arbeiten und Lieferungen sofort zu vergeben. Die Lieferung der Dieselmotoren wurde der Firma Gebrüder Sulzer in Winterthur und diejenige der zugehörigen Drehstromgeneratoren der Maschinenfabrik Oerlikon übertragen.

Die Dieselanlage wird im Kubel neben dem bestehenden Wasserkraftwerk aufgestellt. Sie ist vorgesehen für eine normale Motorenleistung von vorläufig 15 000 kW und umfasst drei Maschinengruppen von je 5000 kW bei 187,5 U/m. Die auf die Motorenwelle aufgesetzten Generatoren sind vorgesehen für eine Dauerleistung von 6250 kVA bei 10 kV und 50 Per./s. Diese Ausbaugrösse ist bedingt einerseits durch die erforderliche Leistung der zu beschaffenden Spitzenkraft und andererseits durch die als notwendig erachtete Reserveleistung. In Verbindung mit den bestehenden hydraulischen Anlagen wird es den SAK möglich sein, mit der projektierten Dieselanlage bei Versagen der Fremdstromzufuhr nicht nur die eigene benötigte Leistung selbst zu produzieren, sondern vorübergehend auch noch der Stadt St. Gallen, die nach Inbetriebnahme des Sernf-Niederenbach-Werkes als Abonnent der SAK in Wegfall kommt, Reserveenergie zu liefern.

Die Baukosten der gesamten Anlage, einschliesslich Gebäude und Fundationen, sind auf Grund verbindlicher Offerten auf Fr. 3 300 000.— veranschlagt. Auf Frühjahr 1933 wird die Anlage betriebsbereit zur Verfügung der SAK stehen. Damit wird die Frage der Kraftbeschaffung für die SAK in zweckmässiger Weise auf absehbare Zeiten gelöst sein.

Verträge zwischen der Stadt St. Gallen und den St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerken.

Die Beteiligung der Stadt St. Gallen an den Kraftwerken Sernf-Niederenbach A.-G. (SN) zeitigte für das Verhältnis zwischen Stadt und SAK eine Reihe von Fragen, welche zum Teil bereits durch das unmittelbar vor der städtischen Abstimmung über die SN-Vorlage¹⁾ vereinbarte Abkommen vom 25. Januar 1929 ihre grundsätzliche Erledigung fanden. Durch den Abschluss einer Reihe von Verträgen, denen längere Verhandlungen vorausgingen, sind diese Fragen nunmehr endgültig geregelt worden.

Einmal waren die näheren Bedingungen festzusetzen für die grundsätzlich bereits vereinbarte Abtretung der den SAK gehörenden Verteilungsanlagen in Winkeln und Kräzern an die Stadt. Mit diesen Anlagen gehen auch sämtliche Abonnemente an die Stadt über. Diese bezahlt den SAK hiefür

¹⁾ S. Bull. SEV 1929, No. 6, S. 170.

total Fr. 495 000.—. Der Vertrag wurde abgeschlossen unter dem Vorbehalt der entsprechenden Kreditbewilligung durch den Gemeinderat und die Bürgerschaft der Stadt St. Gallen.

In einem Abgrenzungsvertrag wurde grundsätzlich bestimmt, dass die SAK im Gebiete der politischen Gemeinde St. Gallen weder direkt noch indirekt elektrische Energie abgeben werden und dass die Stadt, vorbehaltlich des ihr zustehenden Rechtes der teilweisen Belieferung von Rorschach sowie der Versorgung ihrer Betriebe im Riet, die Abgabe elektrischer Energie ausserhalb der Stadt unterlassen wird. Bestehende Verhältnisse und wirtschaftliche Rücksichten veranlassen die Kontrahenten, gegenüber diesem Grundsatz gewisse Ausnahmen zu statuieren.

Sodann wurde ein Vertrag abgeschlossen über den Transit elektrischer Energie für die Stadt St. Gallen über Anlagen der SAK. Danach übernehmen diese den Transport der Energie von der im Bau begriffenen Unterstation der NOK in Winkeln bis Rorschach und Riet. Ferner haben sie vorübergehend den gesamten Energiebedarf der Stadt St. Gallen ab Wattwil und Wil bis nach dem Kubelwerk zu transitieren, weil die 150-kV-Leitung Grynau-Winkeln der NOK, über welche der Transit später erfolgen wird, zufolge des bekannten Trassestreites nicht rechtzeitig fertiggestellt werden konnte.

Ein weiterer Vertrag regelt die Lieferung von Reserveenergie an die Stadt durch die SAK bei Störungen in den Energieerzeugungs- und Uebertragungsanlagen der SN-Werke. Diese Lieferung wird ermöglicht durch die von den SAK beschlossene Dieselmotorenanlage, die in vorteilhafter Weise auch der Stadt dienstbar gemacht werden kann.

Der bisherige Energielieferungsvertrag SAK/Stadt vom Jahre 1914 ist am 30. Juni 1931 abgelaufen. Auf diesen Termin hätte das SN-Werk in Betrieb kommen sollen. Bauliche Schwierigkeiten haben eine Verzögerung der Fertigstellung verursacht. Dies hatte zur Folge, dass die SAK in einem Interims-Energielieferungsvertrag sich verpflichteten, der Stadt den gesamten Energiebedarf noch über den 30. Juni 1931 hinaus zu decken. Es geschieht dies bis Ende Dezember 1931 zu den bisherigen Bedingungen.

La cuisine électrique dans le Val-de-Travers.

641.586 (494)

La Société du Plan-de-l'eau, Noiraigue, nous écrit:

Notre Société alimente les communes de Noiraigue, Travers, Couvet et Fleurier. La Commune de Fleurier possède une usine à gaz qu'il est nécessaire de remettre à neuf. Cette commune a cherché à intéresser les autres communes au gaz en proposant de construire une nouvelle usine susceptible de desservir les communes que nous alimentons en électricité plus les communes de Buttet, Motiers et Boveresse. Vu les dépenses considérables qu'aurait entraîné cette extension du gaz au Val-de-Travers, les communes que nous alimentons, qui sont membres de notre Société, nous ont chargé (sauf Fleurier) d'étudier les possibilités d'introduire la cuisine électrique au Val-de-Travers plutôt que le gaz. L'affaire devait être examinée sérieusement vu que nous sortions de la période de transformation de notre usine. Celle-ci équipée autrefois en courant continu série a été transformée pour fournir du courant triphasé et pour avoir la possibilité de fonctionner en parallèle avec d'autres réseaux. Les résultats de cette étude ont été présentés aux autorités des communes intéressées en décembre 1930: ils montraient que l'extension de la cuisine électrique était favorable à notre exploitation.

Le projet de l'extension du gaz est tombé, ce qui était à prévoir vu que le gaz devait se vendre 35 cts. le m³.

Les communes ont adopté les tarifs suivants:

Noiraigue. Cuisine 8 cts./kWh toute l'année. Chauffe-eau à accumulation à forfait: fr. 8.— par an par 100 W. Vente des appareils par le concessionnaire autorisé de la commune; rabais de 8 % sur les prix normaux contre paiement comptant sur potagers, chauffe-eau et batterie de cuisine. Ces conditions spéciales s'entendent jusqu'au 1^{er} octobre 1931.

Travers. Cuisine: haut tarif 10 cts./kWh; bas tarif 7 cts./kWh. Les hauts et bas tarifs suivent l'horaire des tarifs lumière vu que les radiateurs bénéficient du même tarifs et sont enregistrés sur le même compteur.

Novembre à février: haut tarif de 6 à 9 h et de 16 à 24 h.
Mars, avril, septembre et octobre: haut tarif de 6 à 8 h et de 18 à 24 h.

Mai à août: haut tarif de 20 à 24 h.

Chauffe-eau: 5 cts./kWh. Vente des appareils et de la batterie de cuisine par les services électriques communaux qui accordent sur les prix normaux un rabais de 15 % pour les boilers et de 10 % pour les potagers et la batterie de cuisine.

Couvet. Cuisine: 8 cts. le kWh toute l'année; chauffe-eau: 5 cts. le kWh. Vente des potagers et chauffe-eau par les Services Electriques Communaux aux prix de revient. La vente de la batterie de cuisine est laissée aux commerçants de la commune. Tout nouvel abonné à la cuisine reçoit les 100 premiers kWh gratuits et tout nouvel abonné à un chauffe-eau a le courant gratuit pendant le premier mois.

Restaurant der Genossenschaft Elektroküche in Zürich.

641.586 (494)

Am 1. August 1931 wurde im Haus Talstrasse 83, in Zürich, das Restaurant «Zur Katz» der Genossenschaft Elektroküche eröffnet, nachdem Interessenten und Presse am 30. Juli zur Besichtigung und zu einer Kostprobe eingeladen waren. Dieses Restaurant, das durch private Initiative und mit Unterstützung von Interessenten der elektrischen Küche entstanden ist, bezweckt die Popularisierung des elektrischen Kochens; es gedenkt seine Tätigkeit auch auf andere schweizerische Städte auszudehnen, sofern die Erfahrungen in Zürich dazu ermuntern.

Das architektonisch wohlgelungene Restaurant, mit moderner, bequemer Einrichtung, bietet etwa 100 Gästen Platz. Die Küche ist vom Restaurant durch eine Glaswand getrennt, so dass die Gäste den ganzen Küchenbetrieb beobachten können; auch der Passant auf der Strasse überblickt denselben durch das Schaufenster.

Die Küche ist vollelektrisch und mit den neuesten Apparaten ausgestattet. Zur Zeit sind angeschlossen:

I. Apparate	380 Volt	
1 Kochherd, 9 Platten und 2 Backofen, Fabrikat «Maxim», Aarau		kW 25,8
1 Kaffeemaschine «Express»		9
	500 Volt	
1 Patisserieofen mit 3 Backräumen und 1 Gärraum, Fabrikat «Therma», Schwanden		18
1 Kippkessel, 50 Liter Inhalt, Fabrikat «Bachmann & Kleiner», Oerlikon		7,5
1 Wärmeschrank 150 × 70 × 80 cm, Fabrikat «Kummler & Matter», Aarau		3,5
1 Bains-Marie 75 × 70 cm, Fabrikat «Kummler & Matter», Aarau		4
1 Niederspannungsgrill mit eingebautem Transformator, Fabrikat «Salvis» A.-G., Luzern		8
1 Geschirrwashmaschine mit elektrischer Heizung und elektrischem Antrieb, Fabrikat K. Martin, Offenburg		4
II. Motoren	500 Volt	
Ventilationsantrieb mit Motor, Fabrikat Schlatter, Zug		2,5
Geschirrwashmaschinenantrieb mit Motor		1,2
Speiseaufzugsantrieb mit Motor «Üto»		0,5
Kühlanlage mit Glacemaschine, Fabrikat «Autofrigor», mit 4 Motoren, total		1,7
	380/220 Volt	
2 Küchenmotoren, Fabrikat «Siemens», mit 10 diversen Maschinen, total		1
1 Mixer, Fabrikat «Siemens»		
1 Händetrockner, Fabrikat «Siemens»		1,2
Totaler Anschlusswert ca. 88		

Dazu kommt die reichliche, angenehme, blendungsfreie Licht gebende *Beleuchtung* der BAG, Turgi.

Vom Restaurant abtrennbar ist ein elegant eingerichteter *Vorführungsraum* von ca. 45 m² Bodenfläche, der dem Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (EWZ) für Demonstrationen und Kochkurse zur Verfügung steht. Bisher war das EWZ gezwungen, bei Schaukochen jeweils am wechselnden Ort der Abhaltung eine provisorische Installation für den Herd- und Zähleranschluss zu machen. Es nahmen jeweils 50 bis 70 Personen teil, von denen nur die nächstsitzenden die Kochvorgänge verfolgen konnten. Unter der grossen Teilnehmerzahl litt auch der Kontakt zwischen Kochlehrerin und Teilnehmern; die Hausfrauen wagten im allgemeinen nicht, vor so vielen Zuhörern Fragen zu stellen. Nun besitzt das EWZ einen permanenten kleinen Vorführungsraum, in welchem diese Demonstrationen mit 15 bis höchstens 20 Teilnehmern im intimen Kreis abgehalten werden sollen. Es ist beabsichtigt, bei diesen Kochkursen jeweils dasselbe Herdmodell zu verwenden, welches im Besitze der Teilnehmer ist oder, soweit bekannt, in deren Besitz sein wird. Der Raum bietet etwa 20 Personen an fünf Einzeltischen Platz. Von jedem Platz aus ist Herd- und Anschlusstafel mit Messeinrichtung (Ampèremeter für die Phasenströme, Voltmeter, bequem ablesbarer Zähler) gut überblickbar. Derartige häufiger als bisher durchgeführte Demonstrationen mit kleiner Teilnehmerzahl werden voraussichtlich grossen Anklang finden und von noch grösserem Erfolge begleitet sein als die bisherigen grossen Schaukochen.

Genossenschaft „Usogas“.

(Société coopérative «Usogaz», Società cooperativa «Usogas»).

Unter diesem Namen ist laut Schweiz. Handelsamtsblatt Nr. 173—1661 am 15. Juli 1931 mit Sitz in Zürich eine Genossenschaft gegründet worden, deren Zweck die Förderung der Gasverwendung ist. Sie bezweckt keinen Erwerb. Mitglieder der Genossenschaft können Institutionen, Firmen oder Einzelpersonen sein, die an der Förderung der Gasverwendung entweder interessiert sind oder durch ihre Mitgliedschaft dem Zweck der Genossenschaft dienen. Ueber die Aufnahme von Mitgliedern, die sich jederzeit schriftlich anmelden können, entscheidet der Vorstand. Die Kündigung der Mitgliedschaft kann unter Beobachtung einer halbjährlichen Kündigungsfrist sowohl von einzelnen Mitgliedern, als auch vom Vorstand gegenüber einzelnen Mitgliedern je auf Ende eines Kalenderjahres erfolgen. Die Mitgliedschaft erlischt auch durch Tod eines Mitgliedes. Ein austretendes Genossenschaftsmitglied bleibt für die Beiträge, die es für das letzte Jahr seiner Mitgliedschaft zu entrichten hat, haftbar, auch wenn die Festsetzung des Mitgliederbeitrages erst nach erfolgtem Geschäftsabschluss bzw. Austritt erfolgen sollte. Ebenso haften die Erben eines verstorbenen Mitgliedes für dessen ausstehende bzw. für das Todesjahr noch festzusetzenden Beiträge, sofern nicht der Vorstand sie von der Nachzahlungspflicht befreit. Ein austretendes oder verstorbenes Mitglied hat keinerlei Anrecht auf das Genossenschaftsvermögen. Die Mittel der Genossenschaft werden wie folgt beschafft: Genossenschafter als Einzelpersonen bezahlen einen Jahresbeitrag von Fr. 100. Die übrigen Genossenschafter (Firmen und Institutionen) bezahlen einen Jahresbeitrag von Fr. 500. Der Vorstand ist berechtigt, mit einzelnen Genossenschaftern Vereinbarungen über die Leistung von besondern Beiträgen zu treffen. Für die Verbindlichkeiten der Genossenschaft haftet lediglich das Genossenschaftsvermögen; jede persönliche Haftbarkeit der Mitglieder hierfür ist ausgeschlossen. Die Organe der Genossenschaft sind: Die Generalversammlung, der Vorstand von 1—5 Mitgliedern und die Rechnungsrevisoren. Der Vorstand bezeichnet diejenigen Personen aus seiner Mitte und aus der Geschäftsleitung, welche die Unterschrift für die Genossenschaft führen sollen, und setzt die Art fest, in der die Zeichnung erfolgen soll (Einzel- oder Kollektivunterschrift). Einziges Vorstandsmitglied mit Einzelunterschrift ist Dr. rer. pol. Edwin Wyler, von Basel und Wäldi (Thurgau), Kaufmann, in Zürich. Geschäftslokal: Dreikönigstr. 18, Zürich 2.

Miscellanea.

Hyspa. Einer Anregung der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt (SUVA) zufolge, machen wir unsere Leser darauf aufmerksam, dass eine Reihe von der SUVA geschaf-

fener Schutzvorrichtungen, die in vielen Werksbetrieben Anwendung finden, an der Hyspa in Gruppe VI/5 ausgestellt sind und vorgeführt werden.

Schweisskurs in Basel. Vom 7. bis 12. September 1931 findet in Basel ein Kurs für autogenes und elektrisches Schweißen statt. Es wird das Schweißen von Eisen, Guss, Aluminium, Kupfer usw. in Vorträgen und Übungen gelehrt. Auskunft erteilt das Sekretariat des Schweizerischen Acetylen-Vereins, Ochseneggasse 12, Basel.

Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband. Der Schweizerische Wasserwirtschaftsverband hielt am 4. Juli 1931 unter dem Vorsitz von dessen Präsident, Ständerat Dr. O. Wettstein, im Ratsaal in Rheinfelden seine XX. ordentliche Hauptversammlung ab. Sie erledigte die üblichen Jahresgeschäfte; anstelle des verstorbenen Direktor Gauchat wurde Direktor J. Chuard, Zürich, Präsident des SEV, in den Vorstand gewählt. Anschliessend hielt Dr.-Ing. Herbert Albrecht, Rheinfelden, einen Vortrag über die Kraftwerke Ryburg-Schwörstadt, Albruck-Dogern und das Schluchseewerk, in welchem er eingehend auf die Zusammenhänge zwischen dem deutschen und dem schweizerischen Kraftnetz zu sprechen kam und darauf hinwies, dass in Tiengen und Laufenburg die Netze zwischen den beiden Ländern die engsten Verknüpfungspunkte aufweisen. Dr. Gruner, Basel, erläuterte mit einigen technischen Ausführungen das Kraftwerk Albruck-Dogern, und Wasserrechtsingenieur Osterwalder, Aarau, wies auf das projektierte Kraftwerk Säckingen hin, das zwischen Ryburg-Schwörstadt und Laufenburg entstehen wird. Von Rheinfelden fuhren die Versammlungsteilnehmer nach dem vor der Vollendung stehenden Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt und besuchten nach dem Mittagessen in Mumpf auch noch die Bauten des Kraftwerks Albruck-Dogern sowie die Staustelle des geplanten Säckinger Werkes.

Der Schweizerische Verein von Gas- und Wasserfachmännern hält seine 58. Jahresversammlung 1931 vom 5. bis 7. September in Basel ab.

Die 35. Jahresversammlung des VDE, gemeinsam mit der Vereinigung der Elektrizitätswerke, fand vom 21. bis 23. Juni 1931 in Frankfurt a. M. statt. Am 20. Juni feierte die «Elektrotechnische Gesellschaft zu Frankfurt a. M.» ihr 50jähriges Bestehen und die 40jährige Wiederkehr der elektrotechnischen Ausstellung in Frankfurt a. M., an welcher auch die Schweiz durch die Maschinenfabrik Oerlikon beim Bau der Kraftübertragung Laufen—Frankfurt a. M. in hervorragender Masse beteiligt war. An diesen Veranstaltungen nahmen Herr Dr. Sulzberger-Zürich als Vertreter des SEV und Herr Dir. Geiser-Schaffhausen als Vertreter des VSE teil. Wir werden in einer nächsten Nummer auf diese Veranstaltung zurückkommen.

Bezug der Fortdrucke des Ausschusses für Einheiten und Formelgrössen (AEF). Es ist häufig darüber geklagt worden, dass es sehr umständlich sei, die in der ETZ verstreuten Veröffentlichungen des AEF zu verfolgen. Es soll daher in Zukunft die Möglichkeit gegeben werden, «Fortdrucke» (verbilligte Sonderdrucke) der Veröffentlichungen unentgeltlich zu beziehen. Wer an dieser Einrichtung teilnehmen will, gebe der Geschäftsstelle des AEF, Elektrotechnischer Verein, Berlin W 35, Potsdamer Strasse 118a II, Nachricht. Er erhält dann ohne weiteren Schriftwechsel Fortdrucke sämtlicher neu erscheinenden Veröffentlichungen.

Literatur. — Bibliographie.

621.3(007)(43) : 389.6(43)

Nr. 358

Vorschriftenbuch des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE). Herausgegeben durch das Generalsekretariat des VDE. Achtzehnte Auflage. Nach dem Stande am 1. Januar 1931. 1088 S., A5, zahlreiche Fig. und Tab. Im Verlag des Verbandes Deutscher Elektrotechniker, Berlin 1931. Preis in Leinen geb. RM. 18.—, VDE-Mitglieder RM. 16.20. (Ausgabe mit Daumenregister RM. 2.60 mehr.)

Den Grundsatz befolgend, dass durch Vorschriften die Entwicklung der Technik nicht gehemmt werden darf, unterzieht der Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE) jedes Jahr sein Vorschriftenbuch einer gründlichen Revision. Bestimmungen, die veraltet sind, werden modernisiert oder aus dem Werke entfernt. Wo die Technik neue Vorschriften erfordert, werden solche durch die verschiedenen Kommissionen des VDE aufgestellt und nach deren Genehmigung durch die massgebenden Instanzen in das Vorschriftenbuch aufgenommen.

So hat auch das diesjährige, in 18. Auflage erschienene Vorschriftenbuch des VDE eine Reihe von Änderungen und Ergänzungen erfahren. Der Umfang konnte durch Herausnahme zwar noch gültiger, inzwischen aber die Gegenwart nicht mehr stark berührender Bestimmungen etwas verringert werden. Des weiteren sind die Vorschriften über elektrisches Spielzeug, über elektrische Fanggeräte und über elektrische Gas- und Feueranzünder, sämtlich vom Jahre 1927, ungültig geworden, desgleichen die Normalbestimmungen für den Anschluss von Motoren an öffentliche Elektrizitätswerke (1923).

Änderungen erfolgten u. a. an den Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlasser- und Steuergeräten, an den Vorschriften über Installationsmaterial (KPI 1928), an den Regeln für galvanische Elemente, für Anodenbatterien, für Hochfrequenzheilgeräte, sowie an den Vorschriften für Aussenantennen. Gegenüber der letzten Auflage sind in der 18. Auflage die Normen für Betriebsspannungen elektrischer Starkstromanlagen, für Spannungen von Anlagen unter 100 V wieder aufgenommen, ebenso die Normen für die Abstufung von Stromstärken bei Apparaten.

Das Vorschriftenbuch des VDE vereinigt alle in Deutschland für die Elektrotechnik gültigen Vorschriften, ähnlich

dem kürzlich erschienenen Vorschriftenbuch des SEV für die Schweiz.

621.364.5 : 643.3

Nr. 328

Der elektrische Heisswasserspeicher, sein Aufbau, sowie Richtlinien für die Auswahl, den Anschluss und den Betrieb. Von Dr.-Ing. F. Kotschi und Dipl.-Ing. P. v. Entremont. 94 S., 16 × 23 cm, 97 Fig. Verlag von Julius Springer, Berlin und Wien 1931. Preis RM. 5.50.

Dieses Buch, das aus der Praxis des Elektrizitätswerksbetriebs entstanden ist, gibt interessante Auskünfte über die den elektrischen Heisswasserspeicher betreffenden Fragen wirtschaftlicher und vor allem technischer Natur. Der Verfasser beschreibt zuerst den Aufbau eines Heisswasserspeichers und bespricht sehr ausführlich die verschiedenen Möglichkeiten des wasserseitigen Anschlusses. Es folgen dann Beispiele von besonderen Ausführungen und von den gebräuchlichsten Armaturen und Ventilen. Zwei kurze Kapitel sind der Aufstellungsart und der Montage des Speichers sowie der Wahl der Speichergrösse gewidmet. Ausführlicher, unseres Erachtens zu ausführlich, wird dann auf den elektrischen Anschluss und auf die Apparate zur Steuerung der Speicher und zur Erfassung der verbrauchten Energie eingegangen. Einige der wichtigsten Schaltungen, die am Ende dieses Kapitels wiedergegeben sind, dürften von besonderem Interesse sein. Nach einem kurzen Exkurs in das Gebiet der Tarifsysteme wird auf die wirtschaftliche Bedeutung des elektrischen Heisswasserspeichers hingewiesen, wobei eine Tabelle einige Anhaltspunkte über dessen heutige Verbreitung gibt.

Die Arbeit ist leicht fasslich geschrieben und vermeidet jede unnütze Formel. Unseres Erachtens wird aber zu sehr auf die verschiedenen, zum Teil nur für die wenigsten Fälle in Betracht kommenden Typen und Armaturen, bis in die kleinsten Details eingegangen, während die eigentliche Wirkungsweise und die Eigenschaften des Heisswasserspeichers zu wenig hervortreten oder nur flüchtig im Vorbeigehen gestreift werden.

Wir empfehlen das Studium dieses Werkes allen in der Frage des Heisswasserspeichers interessierten Kreisen, zumal es unseres Wissens das einzige über dieses Thema ist. Mo.