

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 48 (1957)

Heft: 22

Artikel: Ein neuer Pressgas-Normalkondensator von 1000 pF für Spannungen bis 30 kV

Autor: Meier, K.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060629>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 17.02.2026

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

hauses Premadio wird dieses mit einem Brutto-gefälle von rund 710 m eine installierte Leistung von 375 000 kW aufweisen, und seine Gesamtproduktion im Durchschnittsjahr wird 540 Millionen kWh betragen.

Auch für die nächstfolgende Kraftwerkstufe ist ein Neubau geplant mit Namen Grosio (400 000 kW). Weitere Stufen wie Loverno, Stazzona u. a. vervollständigen die Ausnützung der Wasserkräfte im Addagebiet.

8. Anlagekosten und Gestehungspreis der Energie

Die auf der Preisbasis vom Herbst 1956 durchgeführte Preiskalkulation ergibt folgende Anlagekosten:

Speicheranlage Chamuera	111 Millionen Fr.
Obere Inn-Stufe . . .	297 Millionen Fr.
Untere Inn-Stufe . . .	125 Millionen Fr.
Kraftwerk Tasna . . .	47 Millionen Fr.
Speicheranlage Livigno .	142 Millionen Fr.
Total:	722 Millionen Fr.

Der Gestehungspreis der Energie im Jahresdurchschnitt beläuft sich auf 3,45 Rp./kWh. Unter der Annahme eines Sommerenergiwertes von 1,75 Rp./kWh beträgt der Gestehungspreis der Winterenergie für den 1. Ausbau (Obere Inn-Stufe und Speicheranlage Livigno) 4,7 Rp./kWh, für den Vollausbau 5,3 Rp./kWh.

Adresse des Autors:

M. Philippin, dipl. Ingenieur ETH, Sekretär der EKW, Malzgasse 32, Basel.

Ein neuer Pressgas-Normalkondensator von 1000 pF für Spannungen bis 30 kV

Von K. Meier, Fribourg

621.319.46

Es wird ein neuartiger Pressgas-Normalkondensator für mittlere Spannungen (bis 30 kV) beschrieben. Seine relativ grosse Kapazität von 1000 pF, sowie die Ausführung mit doppelter Abschirmung machen ihn besonders geeignet für die Präzisionsmessung der Kapazität und des Verlustfaktors von Prüflingen mit kleinerer Kapazität. Derselbe Normalkondensator kann aber auch in der normalen Scheringbrücke verwendet werden zur Ausmessung von Kapazitäten bis über 100 μF .

1. Anwendung und Aufbau

Pressgas-Normalkondensatoren werden vorwiegend verwendet für Messungen der Kapazität und des dielektrischen Verlustfaktors, sowie für Messungen von hohen Wechselspannungen als hochspannungsseitige Kapazität im Spannungsteiler. Der hier beschriebene Normalkondensator ist entwickelt worden für Präzisionsmessungen der Kapazität und des Verlustfaktors mit der Scheringbrücke und gestattet Meßspannungen bis zu 30 kV zu verwenden. Damit wird eine Lücke in der Anwendung von Normalkondensatoren geschlossen, wurden doch bis heute für Niederspannungsmessungen (bis max. etwa 3000 V) Luftkondensatoren und für Hochspannung (100...800 kV) die bekannten Pressgaskondensatoren vom Typ Schering-Vieweg verwendet. Der neue Normalkondensatortyp kann selbstverständlich überall dort gebraucht werden, wo ein verlustfreies, abgeschirmtes Normal verlangt wird, so z. B. auch in der Präzisionsbrücke nach Giebe-Zickner [1]¹). Die doppelte Abschirmung macht ihn besonders geeignet für die Verwendung mit einer Potentialsteuerung.

Die drei hauptsächlichsten Forderungen, die an Normalkondensatoren gestellt werden, sind nach Keller [2]: Verlustfreiheit, Unveränderlichkeit der Kapazität und Unabhängigkeit von Außenfeldern. Diese Forderungen werden von dem gewählten konstruktiven Aufbau (Fig. 1) erfüllt. Es wurde auch ein möglichst grosser Kapazitätswert angestrebt unter gleichzeitiger Berücksichtigung des Prinzips der doppelten Abschirmung. Daraus ergab sich eine

Description d'un condensateur étalon d'un nouveau genre, à gaz comprimé, pour tensions moyennes (jusqu'à 30 kV). Grâce à sa capacité relativement importante, de 1000 pF, ainsi qu'à son exécution à double blindage, ce condensateur convient tout particulièrement pour la mesure précise de la capacité et de l'angle de pertes diélectriques de condensateurs d'une capacité moins grande. En outre, ce condensateur étalon peut également être utilisé dans un pont de Schering normal, pour la mesure de capacités jusqu'à plus de 100 μF .

Lösung, die erheblich von den üblichen Pressgas-kondensatoren des Schering-Vieweg-Typs abweicht [1]. Die von Keller beschriebenen Normalkondensatoren eignen sich vor allem für Messungen mit sehr hohen Spannungen.

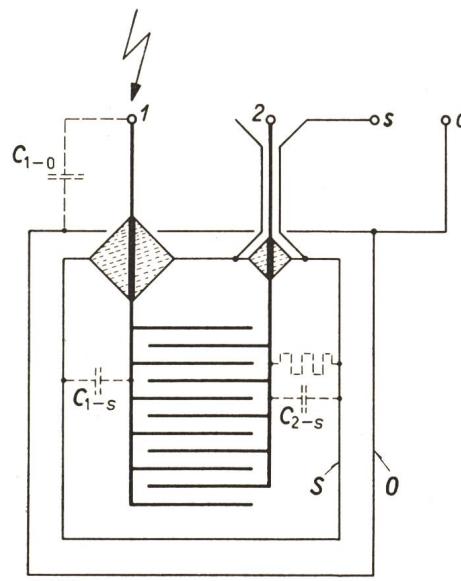


Fig. 1
Aufbau des Normalkondensators

- 1 Hochspannungspol des Normalkondensators
- 2 Niederspannungspol des Normalkondensators
- S Druckgehäuse (= 1. Abschirmung)
- O 2. Abschirmung (normalerweise geerdet)
- C_{1-o} ; C_{1-s} ; C_{2-s} unwirkame Streukapazitäten

¹) siehe Literatur am Schluss der Arbeit.

Für mittlere und kleine Spannungen bestand das Bedürfnis nach Entwicklung eines Normalkondensators mit kleineren Dimensionen bei gleichzeitig höherem Kapazitätswert ($\approx 1000 \text{ pF}$).

Der Normalkondensator ist als Plattenkondensator ausgebildet, der in das Druckgehäuse S eingebaut ist (Fig. 1). Dieses dient gleichzeitig als Abschirmung und wird von einem zweiten Gehäuse O umgeben, das im Normalfall geerdet ist. Das Messergebnis wird bestimmt durch den Strom, der den Normalkondensator bei Punkt 2 verlässt und in die Brücke einfliest. Daraus folgt, dass Ströme, die durch die (verlustbehafteten) Teilkapazitäten C_{1-s} und C_{1-o} fließen, die Messung nicht beeinflussen, weil sie nicht in die Brücke gelangen und diese beeinflussen können. Die Wirkung von C_{2-s} wird dadurch verhindert, dass die Punkte 2 und s auf gleiches Potential gesteuert werden.

Aus dem Gesagten ist ersichtlich, dass die Verlustfreiheit sowie die Unveränderlichkeit der Kapazität lediglich durch die Eigenschaften des Füllgases (siehe 3. Abschnitt) bestimmt werden, und dass Isolatorverluste sowie schädliche Teilkapazitäten und Fremdfelder durch den konstruktiven Aufbau keine Wirkung auf die Messergebnisse haben.

2. Verwendung des Normalkondensators in der Scheringbrücke

Die Scheringbrücke wird einerseits zur Messung der Kapazität und der Verluste von imprägnierten Papierkondensatoren verwendet, andererseits zur Bestimmung des Kapazitäts- und Verlustfaktorverhaltens neuer Dielektrika in festem, flüssigem oder gasförmigem Zustand. Der Vorteil der Scheringbrücke liegt darin, dass die Meßspannung variiert werden kann und praktisch nur durch die Spannungsfestigkeit des Prüflings und des verwendeten Normalkondensators nach oben begrenzt ist. Die Änderung der Meßspannung spielt z. B. bei Untersuchungen von mit Chlordiphenyl imprägnierten Papieren eine wichtige Rolle.

Die Prüflinge können entsprechend ihren Kapazitäten in zwei Gruppen eingeteilt werden: Die erste Gruppe bilden Prüflinge mit grosser Kapazität (Größenordnung von $1 \mu\text{F}$) mit meistens grossen Verlustfaktoren ($> 20 \cdot 10^{-4}$). Die Messungen sind hier relativ einfach. Die Messungen in der zweiten Gruppe, mit kleiner Kapazität (Größenordnung von 100 pF) und oft auch kleinen Verlusten erfordern besondere Sorgfalt bezüglich Abschirmung und Streukapazitäten. Sie werden mit Vorteil in der normalen Brückenschaltung nach Schering gemessen (Fig. 2).

An der Schaltung nach Fig. 2 interessieren folgende Eigenschaften: Empfindlichkeit, Einfluss einer (durch gute Abschirmung zu vermeidenden) Teilkapazität C_Z sowie Wirkung der doppelten Abschirmung von C_N .

Empfindlichkeit: Schering [3] hat die Empfindlichkeit der Brückenanordnung nach Fig. 2 berechnet und folgenden Zusammenhang gefunden:

$$I_0 = V \frac{U \omega C_N}{1 + \frac{R_0}{R_4} + \frac{C_N}{C_X}}$$

Darin bedeutet I_0 den Strom, der bei einer Verstimmung V eines Brückenzweiges durch den Nullindikator G fliesst. R_0 ist der Wirkwiderstand des Nullindikators. Die Empfindlichkeit der Brücke ist proportional zur Meßspannung und für $C_X > C_N$ annähernd proportional zur Normalkapazität. Berücksichtigt man, dass die Eingangsimpedanz der üblichen Nullstromindikatoren im Bereiche von $100 \dots 600 \Omega$ liegt, so wird es klar, dass für $C_X < C_N$ der Vorteil eines grossen C_N in bezug auf die Empfindlichkeit unbedeutend ist. Um so wichtiger ist die Möglichkeit, mit höherer Spannung arbeiten zu können.

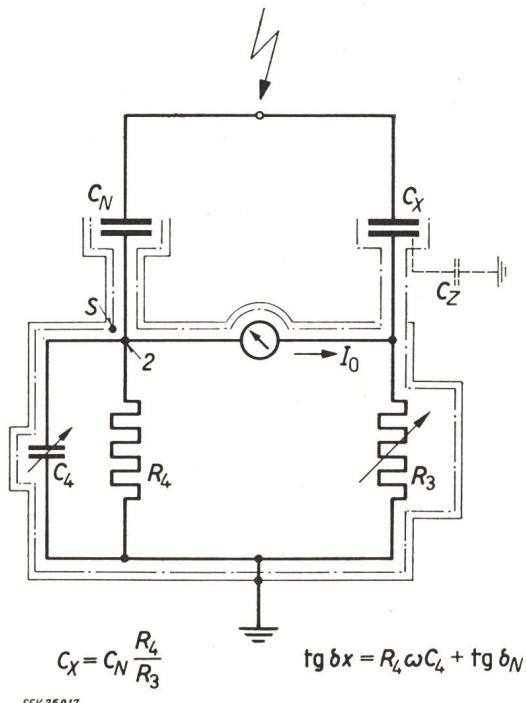


Fig. 2
Normale erdunsymmetrische Brückenschaltung nach Schering

Die Abschirmung S wird auf das Potential des Punktes 2 gesteuert

C_N Normalkondensator; C_X Prüfling; C_Z durch Abschirmung unwirksam gemachte Streukapazität; C_4 variabler Brückenkondensator; R_3 variabler Brückenwiderstand; R_4 Brückenfestwiderstand; I_0 Strom durch den Nullindikator

Die Messresultate fälschende Teilkapazität C_Z : Weist die Niederspannungselektrode des Prüflings eine Kapazität gegen Erde auf, so wirkt sich diese parallel zu R_3 aus (s. Fig. 2), wodurch die Gleichung für den Verlustfaktor folgende Form annimmt:

$$\text{tg } \delta_x = R_4 C_4 - R_3 C_Z$$

$R_4 C_4$ stellen den nach der üblichen Methode errechneten Verlustfaktor dar, welcher aber in Wirklichkeit um das Korrekturglied $R_3 C_Z$ kleiner ist. Die Korrektur liegt in normalen Fällen zwischen $1 \cdot 10^{-5}$ und $1 \cdot 10^{-4}$.

Doppelte Abschirmung des Normalkondensators: Die äussere, an Erde liegende Abschirmung verhindert sämtliche Einwirkungen von aussen auf die

potentialgesteuerte Abschirmung, insbesondere deren direkte Berührung. Der Normalkondensator kann also ohne Bedenken an jedem beliebigen Platz aufgestellt werden. Dank der Anordnung der Abschirmungen beeinflusst der Kondensator seinerseits die Umgebung in keiner Weise.

3. Veränderlichkeit der Nenngrößen

Unter Nenngrößen sollen Kapazität, Verlustfaktor und Durchschlagsspannung verstanden werden. Diese müssen bei einem Normalkondensator in Abhängigkeit von der Spannung, der Frequenz, der Temperatur und dem Druck des Füllgases bekannt

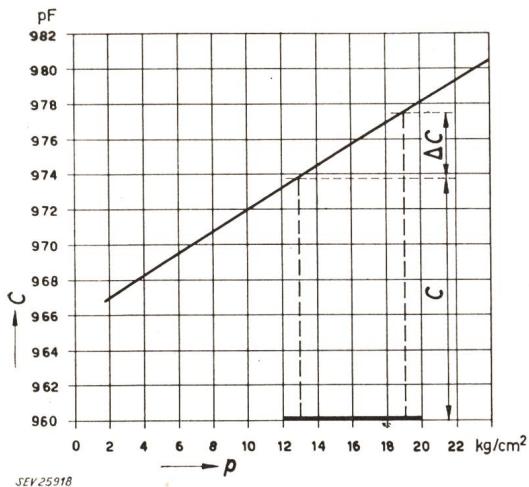


Fig. 3
Abhängigkeit der Kapazität vom Gasdruck bei konstanter Temperatur

C Kapazität des Pressgas-Normalkondensators; ΔC Vergrößerung der Kapazität bei Druckerhöhung; p Gasdruck

sein. Eigene und fremde Messungen haben jedoch ergeben, dass in den praktisch vorkommenden Fällen lediglich eine Druck- und Temperaturabhängigkeit der Kapazität sowie eine Druckabhängigkeit der Durchschlagsspannung besteht. Der Verlustfaktor ist für sämtliche Betriebszustände so klein, dass seine genaue Bestimmung z. Z. nicht durchführbar ist. Im Substitutionsverfahren lässt sich feststellen, dass er kleiner als $1 \cdot 10^{-5}$ ist.

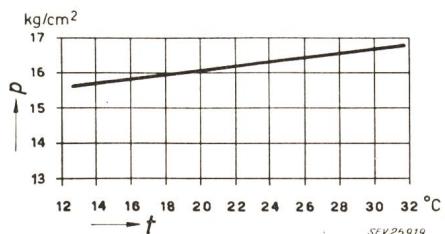


Fig. 4
Temperaturabhängigkeit des Druckes für einen Normalkondensator, welcher bei 20 °C einen Gasdruck von ≈ 16 kg/cm² aufweist
p Gasdruck; t Temperatur

Fig. 3 zeigt die lineare Abhängigkeit der Kapazität vom Druck des Gases (Stickstoff). Den Zusammenhang gibt folgende Formel an:

$$\frac{\Delta C}{C} = 6,2 \cdot 10^{-4} / \text{kg/cm}^2 \quad (\text{s. Fig. 3})$$

Schwieriger zu messen ist die Kapazitätsänderung infolge von Temperaturunterschieden. Messungen im Bereich von 15...30 °C ergaben eine ebenfalls lineare Beziehung:

$$\frac{\Delta C}{C} = 5 \cdot 10^{-5} / ^\circ\text{C}$$

Sie gilt, solange der Druck bei jeder Temperatur auf denselben Wert eingeregelt wird. Die Änderung der Kapazität wird, wie eine Überschlagsrechnung zeigt, in der Hauptsache durch die Ausdehnung der metallischen Teile verursacht.

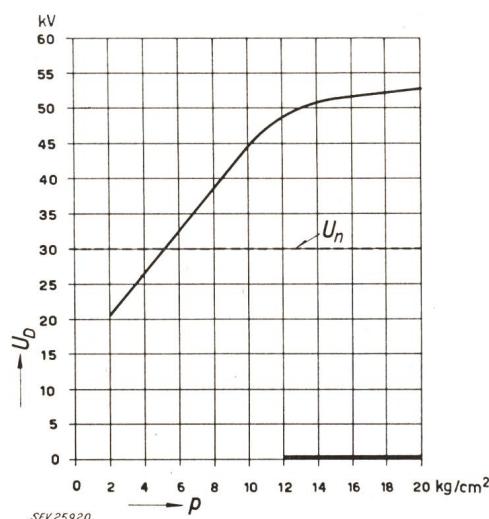


Fig. 5
Druckabhängigkeit der Durchschlagsspannung
U_D effektive Durchschlagsspannung bei 50 Hz; U_n Nennspannung; p Druck



Fig. 6
Normalkondensator C = 1000 pF, Nennspannung U_n = 30 kV
Condensateurs Fribourg S. A.

Aus Fig. 4 ist ersichtlich, dass Druckänderungen infolge von Temperaturdifferenzen auf den Kapazitätswert einen grösseren Einfluss haben als Temperaturänderungen bei konstantem Druck.

Der Druck hat auch einen grossen Einfluss auf die Durchschlagsspannung. Er bestimmt bei gegebenem Plattenabstand die maximal zulässige Betriebsspannung. Interessant ist das scharfe Abbiegen der Kurve in Fig. 5 oberhalb von 12 kg/cm^2 . Dies ist der Grund, weshalb es keinen Sinn hat, den Betriebsdruck grösser als $18\ldots20 \text{ kg/cm}^2$ zu wählen. Bei der Aufnahme einer Kurve gemäss Fig. 5 stösst man übrigens auf das Phänomen der Gasreinigung, d. h. die Durchschlagsspannung bei einem bestimmten Druck liegt um so höher, je öfters Durchschläge im Gas stattfinden. Dieses Phänomen wurde auch von andern Autoren festgestellt [4]; es bewirkt, dass die Durchschlagskurve in Wirklichkeit einen (normalerweise innerhalb von 10 % liegenden) Streubereich aufweist. Die Erscheinung wird begründet durch die Störung des elektrischen Feldes durch Staubpartikel im Gas und evtl. durch Inhomogenitäten der Elektroden.

Infolge der Druckabhängigkeit der Kapazität und der Durchschlagsspannung muss der Gasdruck

möglichst genau abgelesen werden können. Dafür wird vorzugsweise ein Manometer auf das Gehäuse des Normalkondensators aufgebaut, welches eine Ablesegenauigkeit von $0,1 \text{ kg/cm}^2$ gestattet. Der Druckverlust ist unter normalen Umständen äusserst gering, so dass oft während Jahren keine Neufüllung notwendig ist. Sinkt der Druck aber einmal unter 12 kg/cm^2 , so kann normaler Industrie-Stickstoff nachgefüllt werden. Das Gas soll zur Trocknung durch ein Filter mit Silika-Gel durchfliessen, bevor es in den Kondensator gelangt.

Fig. 6 zeigt die Ausführung des beschriebenen Normalkondensators.

Literatur

- [1] Wiessner, W.: Die genaue Bestimmung der Kapazität von Pressgaskondensatoren. ETZ-A Bd. 77(1956), Nr. 22, S. 824...828.
- [2] Keller, A.: Pressgaskondensatoren als verlustfreies Normal für Hochspannungsmessungen. ETZ-A Bd. 75(1954), Nr. 24, S. 817...819.
- [3] Schering, H.: Die Empfindlichkeit einer Wechselstrombrücke. Elektrotechn. Z. Bd. 52(1931), Nr. 36, S. 1133...1134.
- [4] Goossens, R. F.: Le gaz sous pression utilisé comme isolant. Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE), Paris 1948, Bd. 2, Rapp. 117, 24 S.

Adresse des Autors:

K. Meier, Dipl. Ingenieur, Condensateurs Fribourg S. A., Fribourg.

Revidierte Hausinstallationsvorschriften des SEV

Das Eidgenössische Post- und Eisenbahndepartement hat am 27. Februar 1947 den SEV beauftragt, die Hausinstallationsvorschriften des SEV zu revidieren, damit diese alsdann von ihm definitiv genehmigt werden können. Diese Aufgabe wurde der Hausinstallationskommission des SEV und VSE übertragen. Es zeigte sich bald, dass nur eine gründliche Überholung der ganzen Vorschriften zu einer während längerer Zeit brauchbaren Lösung führen würde. Ein besonderer Ausschuss der Hausinstallationskommission hat in über 170 Sitzungen einen ersten Entwurf ausgearbeitet, der alsdann von der Hausinstallationskommission durchberaten wurde. Das Resultat dieser Beratung liegt in einem zweiten Entwurf vor.

Diese revidierten Vorschriften ersetzen die vom SEV herausgegebenen Vorschriften betreffend Erstellung, Betrieb und Instandhaltung elektrischer Hausinstallationen aus dem Jahre 1927 samt allen seither vorgenommenen Änderungen, Ergänzungen und Anhängen¹⁾. Sie weichen von den bisherigen Vorschriften inhaltlich nur wenig ab, sind aber nach neuen Gesichtspunkten geordnet und redigiert. Die allgemein gültigen Grundsätze sind im Kapitel 1 zusammengefasst. Im Kapitel 2 sind die Bestimmungen über das Material vereinigt; diese wenden sich nicht nur an den Installateur, sondern auch an die Hersteller des Materials; sie bilden ferner die Grundlage für die einzelnen detaillierten Vorschriften des SEV für das Material. Das Kapitel 3 enthält alle Bestimmungen über die Erstellung der Installationen; diese sind in erster Linie für allgemein übliche Anlagen und für 380/220 V Wechselstrom aufgestellt; für andere Anlagen sind die Abweichungen in besonderen Abschnitten aufgeführt.

Dieser von der Verwaltungskommission des SEV und VSE und vom Vorstand SEV zur Veröffentlichung freigegebene Entwurf wird hiemit den Mitgliedern des SEV zur Stellungnahme unterbreitet. Da es nicht möglich ist, den Entwurf in extenso im Bulletin SEV zu veröffentlichen, hat der Vorstand des SEV beschlossen, den Entwurf als besondere Vervielfältigung und zu einem den Kosten angemessenen Preis den Mitgliedern zur Verfügung zu stellen. Der Entwurf kann vom 26. Oktober 1957 an in deutscher Sprache und vom 1. Januar 1958 an in französischer Sprache bei der Gemeinsamen Verwaltungsstelle des SEV und VSE, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, zum Preise von Fr. 10.— bezogen werden. Der Vorstand lädt alle sich für diese Materie interessierenden Mitglieder ein, den Entwurf zu prüfen und allfällige Einwände oder Bemer-

kungen schriftlich im Doppel dem Sekretariat des SEV, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, einzureichen. Eingabetermine sind für den deutschen Entwurf 31. Dezember 1957 und für den französischen Entwurf 28. Februar 1958. Wenn bis zu den genannten Daten keine Bemerkungen eingehen, wird der Vorstand annehmen, die Mitglieder des SEV seien mit dem Entwurf einverstanden.

Gemeinsame Verwaltungsstelle des SEV und VSE

¹⁾ Der SEV hat bis jetzt folgende Vorschriften über elektrische Starkstromanlagen und Hausinstallationen herausgegeben:

- 1896 «Sicherheitsvorschriften über den Bau und Betrieb elektrischer Starkstromanlagen.»
- 1900 «Sicherheitsvorschriften des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins über Bau und Betrieb elektrischer Starkstromanlagen.»
Erster Teil: Allgemeine Vorschriften.
Zweiter Teil: Vorschriften über Hausinstallationen.
- 1909 «Vorschriften betreffend Erstellung und Instandhaltung elektrischer Hausinstallationen», genehmigt 1908, enthaltend die Bundesvorschriften betreffend Erstellung und Instandhaltung der elektrischen Starkstromanlagen von 1908, 1. Auflage.
- 1911 Idem, 2. Auflage
- 1914 Idem, 3. Auflage
- 1919 Idem, 4. Auflage
- 1927 «Vorschriften betreffend Erstellung, Betrieb und Instandhaltung elektrischer Hausinstallationen», 1. Auflage.
- 1928 Idem, 2. Auflage
- 1929 Idem, 3. Auflage
- 1934 Idem, Änderungen und Ergänzungen zur 3. Auflage, Publ. Nr. 101 des SEV.
- 1936 Idem, 4. Auflage, Publ. Nr. 131 des SEV, erstmals enthaltend die Publ. Nr. 102 und 103.
- 1940 Idem, 5. Auflage, Publ. Nr. 152 des SEV, erstmals enthaltend die Publ. Nr. 137.
- 1944 Idem, kriegsbedingte Änderungen, Publ. Nr. 161e des SEV, enthaltend alle seit 1941 als Nr. 161a...d herausgegebenen kriegsbedingten Änderungen.
- 1946 Idem, 6. Auflage, Publ. Nr. 152 des SEV.
- 1949 Idem, Nachtrag, Publ. Nr. 152a des SEV.
- 1950 Idem, Änderungen und Ergänzungen, Publ. Nr. 152/1 des SEV.
- 1954 Idem, Änderungen und Ergänzungen, Publ. Nr. 152/2 des SEV.