

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 43 (1952)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Gekapselte Schaltanlagen in Nordamerika  
**Autor:** Brunner, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1059142>

### **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:** 03.04.2026

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

## Literatur

## Bücher

- [1] *Lythall, R. T.*: J. & P. Switchgear Book. London: Johnson & Phillips 1952.
- [2] *Fleck, B.*: Hochspannungs- und Niederspannungs-Schaltanlagen. Essen: Girardet 1950.
- [3] *Roth, Arnold*: Hochspannungstechnik. Wien: Springer 1950.
- [4] *Biermanns, J.*: Hochspannung und Hochleistung. München: Hanser 1949.
- [5] *Carr, T. H.*: Sub-Station Practice. London: Chapman & Hall 1947.
- [6] *Niethammer, F.*: Schaltanlagen. Bd. I, II. Samml. Göschen Bd. 796/97. Berlin: de Gruyter 1946.
- [7] «*Electrical Engineer*» Reference Book. Hg. v. *E. Molloy*. London: Newnes 1945.
- [8] *Coates, W. A.* und *H. Pearce*: The Switchgear Handbook. Bd. I, II. London: Pitman & Sons 1938, 1940.
- [9] *Martin, W. W.* und *D. O. Burns*: Some Notes on British Switchgear Practice. A paper read at a meeting of the South African Institute of Electrical Engineers in Johannesburg on 22th July 1937. Newcastle-on-Tyne: Laybourne & Co.
- [10] *Electric Power*: Part I: History and Development. Science Museum Handbook. London: His Majesty's Stationary Office 1933.
- [11] *Clothier, H. W.*: Switchgear Stages. London: 1933.
- [12] *Poole, Henry E.*: Switchgear Practice. London: Chapman & Hall 1931.
- [13] *Vogelsang, Max*: Die geschichtliche Entwicklung der Hochspannungs-Schaltechnik. Berlin: Springer 1929.

## Zeitschriften

- [14] *Fuller, L. H.* und *C. R. Clarke*: Substations, with Particular Reference to Yorkshire Practice. Proc. Instn. Electr. Engrs. Part. II, Bd. 96(1949), Nr. 51, S. 397...411; Bd. 97(1950), Nr. 57, S. 332...344.
- [15] *Siegel, R.*: How and Automatic Duplex Unit Substation Works. Gen. Electr. Rev. Bd. 52(1949), Nr. 7, S. 13...14.

- [16] *Lightning Protection of Metalclad Switchgear and Unit Substations Connected to Overhead Lines by the Committee on Application of Lightning Arrestors to Switchgear*. Gen. Electr. Rev. Bd. 52(1949), Nr. 3, S. 19...23; Nr. 4, S. 34...40.
- [17] *Craig, D. E., E. M. Hunter* und *L. D. Madsen*: Factory-Assembled Substations. Part I & II. Gen. Electr. Rev. Bd. 52(1949), Nr. 2, S. 31...36; Nr. 3, S. 31...33.
- [18] *Dey, C.*: Individualism or Standardization of Switchgear Equipment. Gen. Electr. Rev. Bd. 52(1949), Nr. 2, S. 20...25.
- [19] *Lambert, D. E.* und *J. Christie*: Standardization of Switchgear. J. Instn. Electr. Engrs. Part I, Bd. 95(1948), Nr. 91, S. 296...322; Nr. 95, S. 481...496.
- [20] *Siegfried, Th.*: Die Entwicklung gekapselter Niederspannungs-Verteilanlagen in der Schweiz. Bull. SEV Bd. 35 (1944), Nr. 12, S. 319...323.
- [21] *Brüning, Bernhard*: Fortschritte im Bau und Verwendung von gekapselten Hochspannungs-Schaltanlagen. Felten & Guilleaume Rdsch. Bd. -(1931), Nr. 9, S. 2...8.
- [22] *Brinkmann, Friedrich*: Sammelschienensysteme der offenen und gekapselten Bauweise. Felten & Guilleaume Rdsch. Bd. -(1931), Nr. 9, S. 9...15.
- [23] *Lütze, O.*: Die gussgekapselte 10 kV Schaltanlage im Unterwerk Degerloch des städtischen Elektrizitätswerks Stuttgart. Felten & Guilleaume Rdsch. Bd. -(1931), Nr. 9, S. 26...29.
- [24] *Kohn, G. H.*: Advantages of Metal-clad Switchgear. Gen. Electr. Rev. Bd. 33(1930), Nr. 4, S. 252...253.
- [25] *Bern, Emil G.*: Structural Materials for Switching Equipment. Gen. Electr. Rev. Bd. 33(1930), Nr. 8, S. 470...475.
- [26] *Wyssling, Walter*: Die Erhöhung der Sicherheit der Schaltanlagen und Kraftwerke gegen Brandgefahr aus inneren Ursachen. Zweiter Bericht der Kommission für Hochspannungsapparate und Brandschutz des SEV und VSE. Bull. SEV Bd. 6(1915), Nr. 11, S. 290...299.

## Adresse des Autors:

G. A. Meier, Ingenieur AMIEE, Chef der Zentralwerkstätte der Verkehrsbetriebe der Stadt Zürich, Zürich 8.

## Gekapselte Schaltanlagen in Nordamerika

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV über gekapselte Schaltanlagen am 22. November 1951 in Biel, von A. Brunner, Bern

621.316.364

*Es werden die in Nordamerika für die Verwendung gekapselter Schaltanlagen geltend gemachten Argumente aufgeführt und hierauf die Anwendungen und speziellen Ausführungsformen solcher Anlagen in der Industrie und bei Elektrizitätswerken behandelt.*

*Les arguments cités en Amérique du Nord en faveur de l'emploi des installations blindées sont suivis d'un exposé au sujet des applications et modes d'exécution spéciaux des installations blindées dans l'industrie et auprès des services d'électricité.*

Wie in England, so finden die gekapselten Anlagen auch in Nordamerika immer weitere Verbreitung, wobei die heutigen Ausführungen sozusagen alle zum Stahlschranktyp gehören, fast keine Gussteile und ausschliesslich Luft- und keramische Isolation verwenden.

rotierende Maschinen (Generatoren, Synchronkompensatoren, siehe Fig. 1) und Kondensatorbatterien mit Blechkapselung im Freien aufgestellt werden.

Als Hauptargument für die Anwendung gekapselter Anlagen werden geltend gemacht

Besonders verbreitet sind die gekapselten Anlagen in der Industrie, wo der kleine Raumbedarf, der Berührungs- und Verschmutzungsschutz besonders wichtig sind. Man trifft sie dort als reine Hochspannungsschaltanlagen (Fig. 2) in den Haupt-

1. Absoluter Berührungsschutz, in Verbindung mit Sicherheitsschloss-Verriegelungen, die das Öffnen der Kapselung bei unter Spannung stehenden Anlageteilen verhindern. Dieser Schutz, welcher sich auch auf die Schaltmanöver erstreckt, ist erforderlich in Anbetracht der Schwierigkeit, qualifiziertes Personal für die Bedienung und den Unterhalt der Anlagen zu finden. Die Kehrseite der Medaille ist die Unmöglichkeit, den Zustand von Anlageteilen ohne Betriebsunterbrechung zu kontrollieren.

2. Guter Schutz gegen Verschmutzung. Nur wer die mit Russ und Staub durchsetzte Atmosphäre der Industriegebiete aus eigener Anschauung kennt, kann ermessen, was dies bedeutet.

3. Möglichkeit, den grössten Teil der Montagearbeiten in der Werkstätte auszuführen, was bei den hohen Arbeitslöhnen eine Senkung der Kosten gestattet.

4. Möglichkeit der Standardisierung und damit einer rationelleren Herstellung zum Teil in grossen Serien, wodurch die Kosten weiter gesenkt werden können.

Es werden heute gekapselte Anlagen für Freiluft- und Innenraumaufstellung und für Spannungen bis 69 kV gebaut. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass nicht nur Schaltanlagen, sondern auch

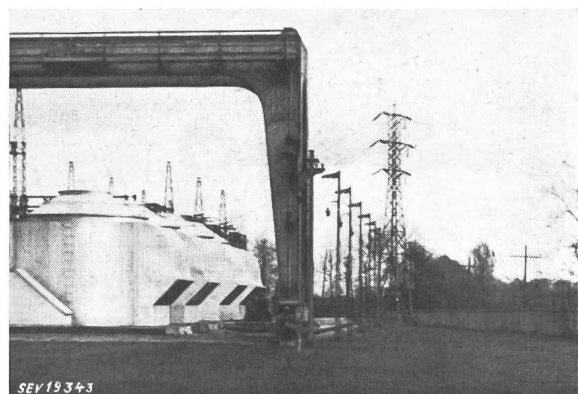
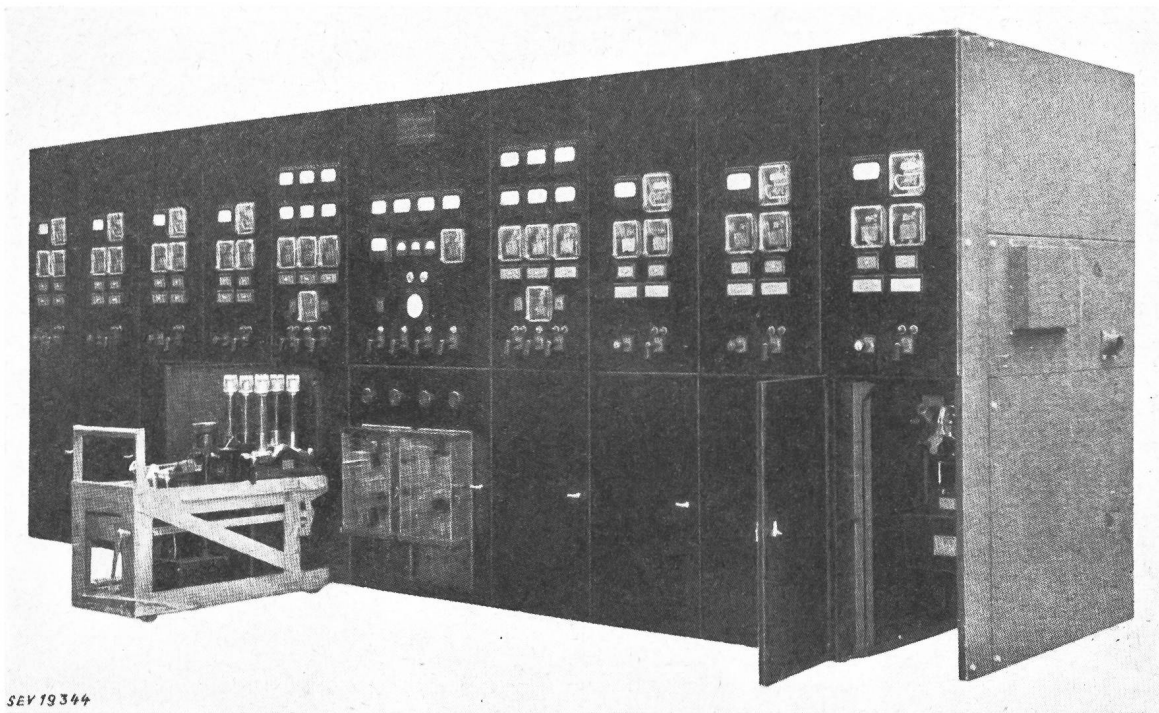


Fig. 1  
Vertikalachsige Synchronkompensatoren

je 25 MVar, 13 kV, 25 Hz in Blechkapselung für Freiluftmontage (in der Unterstation Leaside der Hyydro Electric Power Commission of Ontario)

speisepunkten und als Load Center Unit Substations, d. h. als Transformatorenstationen, welche möglichst nahe bei den Belastungsschwerpunkten unter oder in den Fabrikhallen, oder einfach auf

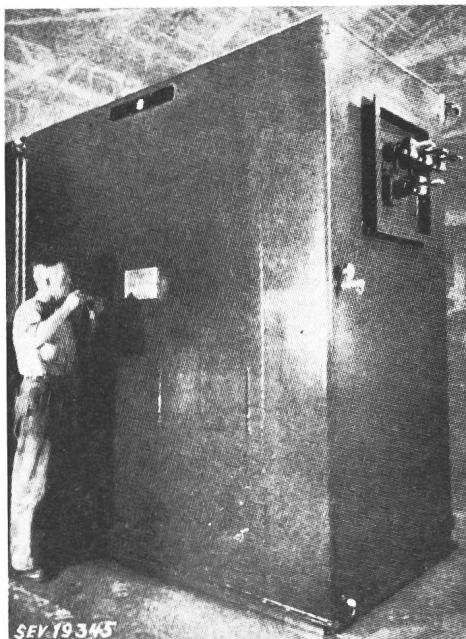
der Verteil-Hochspannung (13...15 kV) auf niedrige Hochspannung (2...4 kV) für Hochspannungsmotoren oder auf Niederspannung (120/208, 250/440 oder 500 V) für kleinere Verbraucher.



SEV 19344

Fig. 2  
Innenraum-Schaltanlage  
blechgekapselt, 600...3000 A, 2300...15 000 V

deren Dach, aufgestellt sind. Diese fest zusammengebauten oder aus Einheiten zusammenzubauenden Kombinationen aus Hochspannungsschaltfeldern, ein oder zwei Transformatoren und Niederspannungsschaltfeldern, transformieren die Energie von



SEV 19345

Fig. 3  
Stickstoffgefüllter Trockentransformator  
1250 kVA, 15 kV Oberspannung

Für Anlagen, welche in Arbeits- oder Aufenthaltsräumen aufgestellt sind, bestehen sehr strenge Vorschriften, welche keine mit brennbaren Flüssigkeiten gefüllten Apparate zulassen. Deshalb müssen die Transformatoren entweder mit Chlophen (Pyranol, Askarel) statt Mineralöl gefüllt oder als Trockentransformatoren ausgeführt werden. In diesen werden zur Isolation ausschliesslich Luft, Glimmer, Glasfasern und keramische Materialien verwendet, mit organischen oder Silicone-Lacken als Bindemittel. Die neueste Entwicklung auf diesem Gebiet ist der hermetisch gekapselte, mit Stickstoff gefüllte Trockentransformator [1]<sup>1)</sup> (Fig. 3), welcher für Leistungen von 300...1500 kVA und Spannungen bis 15 kV gebaut wird. Dank der oxydationsverhindernden Stickstoff-Füllung sollen maximale («hot spot») Übertemperaturen von 140 °C zulässig sein, ohne Beeinträchtigung der Lebensdauer. Der Hauptnachteil ist die gegenüber den öl- oder chlophengefüllten Transformatoren nur etwa halb so grosse Stossfestigkeit.

Selbstverständlich werden in solchen Anlagen nicht Ölswitcher, sondern Druckluftschalter oder Schalter mit magnetischer Blasung verwendet.

Unit substations, ähnlich denjenigen für industrielle Anlagen, jedoch zum Teil etwas gefälliger gestaltet und meist für Freiluftaufstellung, werden auch von städtischen Elektrizitätswerken für die Transformierung der Energie von mittlerer auf

<sup>1)</sup> siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

«niedrige» Hochspannung (z. B. von 15...22 kV auf 2...4 kV) verwendet, welche dann die in den Quartieren verteilten Stangentransformatoren speist.

Die bisher behandelten gekapselten Anlagen für Verwendung dort, wo die Kurzschlussleistung nicht sehr hoch ist, sind meistens ohne eigentliche Trennung der Pole ausgeführt.

In den Kraftwerken und Unterstationen der grossen amerikanischen Städte ist dagegen die Leistungskonzentration und dementsprechend die Kurzschlussleistung sehr hoch, so dass ein Kurzschlusslichtbogen grosse Verwüstungen anrichten kann. Man hat sich daher in Amerika schon seit Jahr-

In neueren Kraftwerken wird die gesamte Leitungsführung von den Generatoren zur Schaltanlage und von dort zu den Transformatoren oder Leitungs-

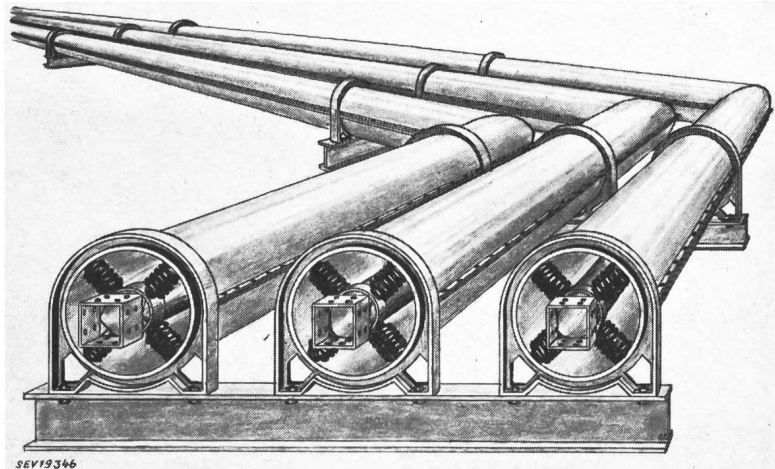


Fig. 4  
«Isolated Phase» Leitungsführung  
15 kV Nennspannung

zehnten bemüht, die drei Pole eines Drehstromsystems so voneinander zu trennen, dass ein Lichtbogen von einem Pol nach Erde unter keinen Umständen auf die anderen Pole übergreifen kann. Die

abgängen nach diesem System ausgeführt (Fig. 5). Neuerdings kommt diese Bauweise auch in Schaltanlagen bis 69 kV zur Anwendung.

Auch für Unterstationen, speziell wo solche in bereits stark überbautem Gebiet neu erstellt oder erweitert werden sollen, können gekapselte Anlagen mit Trennung der Pole vermöge ihres kleineren Platzbedarfes grosse Vorteile bieten. Fig. 6 zeigt einen Teil einer im Stadtgebiet von Seattle neu erstellten 100-MVA-Transformatoranlage 115/26 kV, bei welcher die gesamte 26-kV-Schaltanlage in gekapselter Bauweise ausgeführt wurde [2]. Ein Block von zehn Feldern, enthaltend ein Transformatorfeld und sechs Feeder-schaltfelder, ein Sammelschienen-Spannungswandlerfeld und drei ein-

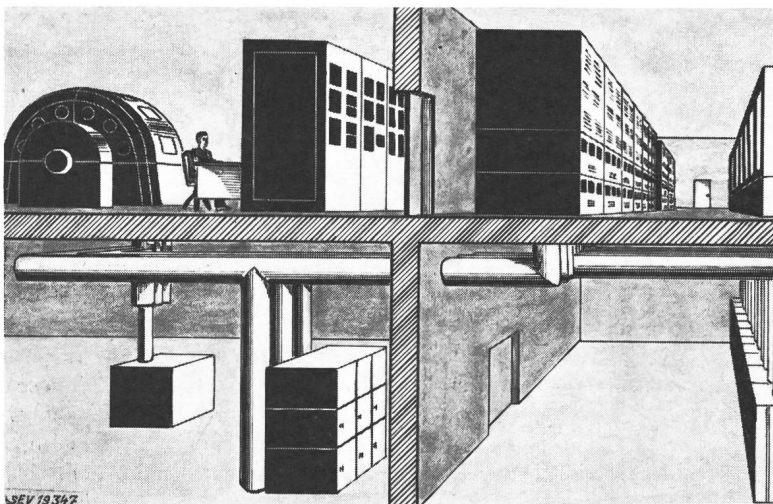


Fig. 5  
Blechgekapselte Installation für Generator

extreme Lösung bestand bekanntlich darin, dass man jedem Pol ein eigenes Stockwerk zuordnete und die drei Pole eines Schalters durch Gestänge kuppelte. Diese Bauweise war natürlich sehr kostspielig, abgesehen von der Unübersichtlichkeit der Anlage und den Störungsmöglichkeiten, welche in den Kupplungsgestängen liegen<sup>2)</sup>.

Mit der gekapselten Bauweise ist es nun möglich, die drei Pole eines Stromkreises nebeneinander zu führen (Fig. 4). Allerdings muss die Konstruktion der Kapselung so sein, dass keine ionisierten Gase aus- oder eintreten können, damit die Ausbreitung eines Lichtbogens verhindert wird, ferner muss die Kapselung jedes Poles (selbstverständlich aus unmagnetischem Material hergestellt) von derjenigen der anderen Pole durch eine genügende Luftstrecke getrennt sein, um zu vermeiden, dass beim Durchbrennen der Kapselung eines Poles auch diejenige der anderen Pole in Mitleidschaft gezogen wird.

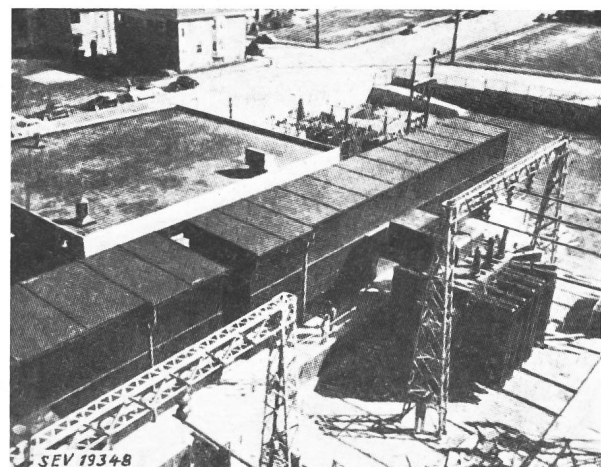


Fig. 6  
Broad Street Substation Seattle  
50-MVA-Transformator 115/26 kV mit zugehöriger  
26-kV-Schaltanlage (26-kV-Sammelschienen im Betonunterbau  
der Schaltanlage)

<sup>2)</sup> vgl. Bull. SEV Bd. 42(1951), Nr. 18, S. 706...708.

phasige Drosselspulen für die Kupplung mit dem Nachbarblock benötigt eine Grundfläche von  $4,5 \times 27$  m. Die Platzersparnis gegenüber der normalen Freiluft-Bauweise wird mit 75 % angegeben; die Mehrkosten gegenüber der Freiluftbauweise sollen ungefähr die Hälfte der Kosten des für eine entsprechende Innenraum-Schaltanlage notwendigen Gebäudes betragen.

In der Schweiz liegen die Verhältnisse anders. Qualifiziertes Personal ist verfügbar, die Luft ist verhältnismässig sauber, die Kosten für den Schaltanlagebau sind zwar hoch, aber der Beweis, dass

gekapselte Anlagen billiger gebaut werden können, muss noch erbracht werden. Nichtdestoweniger können auch bei uns spezielle Umstände die gekapselte Bauweise in den Kreis der Erwägungen bei der Projektierung einer Anlage treten lassen.

#### Literatur

- [1] Sutton, C. E.: Sealed, Gas-Filled Transformer Does Class "H" Job with "B" Insulation. Electr. Wld. Bd. 135(1951), Nr. 7, S. 112...113.  
 [2] Strandberg, H. V. und L. E. Wheeler: Enclosed Outdoor Switchgear Uses 75 % Less Space. Electr. Wld. Bd. 136(1951), Nr. 13, S. 94...95.

#### Adresse des Autors:

A. Brunner, Ingenieur der Bernischen Kraftwerke A.-G., Viktoriaplatz 2, Bern.

## Einiges über gekapselte Schaltanlagen

zur Diskussionsversammlung des SEV über gekapselte Schaltanlagen am 22. November 1951 in Biel,  
 von Ch. Schneider, Zürich

621.316.364

*Bemerkung der Redaktion:* Dieser Vortrag hätte in der vorliegenden Form gehalten werden sollen; aus Zeitgründen war an der Versammlung nur eine stark gekürzte Wiedergabe möglich.

Nachdem wir von den Herren Meier und Brunner so viel Vorteilhaftes und Gutes von den gekapselten Schaltanlagen gehört haben, scheint es etwas verwunderlich, dass wir nicht auch in der Schweiz vermehrt solche Hochspannungsanlagen antreffen, denn die Bedürfnisse der Energieverteilung in der Schweiz sind sicher nicht wesentlich verschieden von denen in England. (Von den Niederspannungsanlagen möchte ich hier nicht sprechen, denn das Prinzip ist allgemein anerkannt und gut befunden worden.) Der Grund liegt in einer wesentlich verschiedenen Entwicklung der Anlagen dieser beiden Länder.

Schon sehr früh, zu einer Zeit, da man weder die Kurzschlussleistung der Netze noch die Abschaltleistung der Schalter kannte, verlangten die Industriegebiete Englands Energiekonzentrationen, welchen die damaligen Schalter nicht mehr gewachsen waren. Die Engländer halfen sich nun so, dass sie im Mittelspannungsnetz den Sternpunkt der Haupttransformatoren über Widerstände an Erde legten, einadrige Kabel verlegten und in den Anlagen durch Verschaltungen jedes einzelnen Polleiters bei Störungen den Erdschluss erzwangen und so den zwei- und dreipoligen Kurzschluss mit Sicherheit vermieden. Dadurch wurden die Abschaltbedingungen derart erleichtert, dass die alten Schalter wieder genühten. Damit waren die gekapselten Schaltanlagen geboren; die übrigen Vorteile, wie Schutz vor russiger, nebliger, salzhaltiger Luft, schlagwetterstichere Ausführungen usw., für die ja England ein spezielles Bedürfnis hatte, sorgten für rasche Verbreitung; die Leute gewöhnten sich daran, aus der Gewohnheit entstand ein Bedürfnis und dieses wieder beeinflusste sehr stark die Vorschriften.

Ganz anders ist es in der Schweiz: Der Energiebedarf wuchs viel langsamer, so dass die Entwicklung der Schalter Schritt halten konnte und es nie nötig war, durch Kunstgriffe irgendwelcher Art die Verhältnisse zu verbessern. Die übrigen Vorteile, wie Schutz vor Verrussung, Nebel, Verkrustung der Isolatoren mit Salz usw. fallen in der Schweiz mit der fast sprichwörtlich gewordenen und leider oft

teuer bezahlten guten Kurluft nicht in Betracht. Also entwickelte man bei uns die offene Bauweise weiter.

Wenn heute vermehrt auch in der Schweiz ein Bedürfnis nach neuen Lösungen besteht, das man mit gekapselten Anlagen befriedigen zu können glaubt, so sind die Gründe dafür doch ganz andere, als diejenigen, welche in England vorlagen. Ist es da angebracht, dem Betriebspersonal zum Teil fremdes Material vorzusetzen? Ist es nicht doch möglich, durch Weiterentwicklung der bisher vorwiegend angewandten offenen Bauweise unsere Wünsche ebensogut zu erfüllen?

Was sind nun diese Wünsche? Vor allem wollen wir betriebssichere Anlagen, die möglichst unempfindlich gegen hohe Kurzschlussströme, Überspannungen und Lichtbogenwirkungen sind. Wenn schon eine Störung auftritt, soll sie möglichst lokalisiert bleiben und nicht die ganze Anlage in Mitleidenschaft ziehen. Die Beschaffung des Materials, der Transport und die Montage sollen möglichst erleichtert werden, ohne aber dabei zu einem Monopol einzelner Firmen zu führen. Die Anlage soll während des Betriebes, also unter Spannung, möglichst weitgehend kontrolliert und besichtigt werden können, damit allfällige, sich allmählich zeigende Mängel schon zum voraus bemerkt und behoben werden können, bevor sie zu einer grösseren Störung führen. Das Betriebspersonal soll Schaltungen, Revisionen und Reparaturen ohne Gefährdung ausführen können. Für Revisionen und Reparaturen soll nicht mehr als unbedingt nötig ausgeschaltet werden müssen, damit der Betrieb möglichst wenig gestört wird. Daneben sollte die Anlage so übersichtlich als möglich sein, so dass der jeweilige Schaltzustand mit Leichtigkeit festgestellt werden kann und Schaltfehler möglichst vermieden werden. Das Ganze sollte schliesslich ein gefälliges Aussehen haben und sich der Umgebung gut anpassen können, und dies alles bei einem Minimum an Kosten.

Wie steht es nun mit den gekapselten Anlagen? Welche kommen unseren Wünschen am nächsten?

Der *Metalclad Type*, bei welchem jeder Pol für sich gekapselt und mit Öl oder Compound isoliert ist, ist ganz ungeeignet. Ganz abgesehen davon, dass kaum ein Betriebsleiter ohne zwingende