

# Grundforderungen für den Bau gekapselter Schaltanlagen

Autor(en): **Munzinger, K.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **60 (1969)**

Heft 17

PDF erstellt am: **05.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-916174>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Grundforderungen für den Bau gekapselter Schaltanlagen

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 22. April 1969 in Aarau,

von K. Munzinger, Baden

206 - 215

621.316.37

Nach einem kurzen Rückblick auf die Entwicklung von Mittelspannungsanlagen werden die Anforderungen an moderne, gekapselte Schaltanlagen anhand der wichtigsten nationalen und internationalen Vorschriften besprochen. Drei Haupttypen werden unterschieden und ihre schaltungstechnischen und anordnungsmässigen Besonderheiten herausgestellt. Auf die Erdungsmethoden wird hingewiesen. Abschliessend werden die Vorteile von fabrikfertigen, typengeprüften Anlagen bei Planung, Montage und im Betrieb aufgezeigt und die voraussichtlichen Entwicklungstendenzen dargelegt.

Après une courte rétrospective sur l'évolution des installations à tension moyenne, l'article commente les exigences imposées aux installations de commutation blindées modernes à l'aide des Prescriptions nationales et internationales les plus importantes. Une distinction est établie entre trois types principaux dont on souligne les particularités du point de vue de leur technique de commutation et de leur disposition. On indique également la méthode de mise à la terre. On expose pour terminer les avantages des installations préfabriquées et contrôlées, ainsi que les tendances d'évolution présumées.

## 1. Wandel im Bau von Mittelspannungsanlagen im Laufe der Zeit

Steigende technische Anforderungen an den Betrieb von Mittelspannungsanlagen sowohl im Sektor Energieerzeugung als auch Energieverteilung und -verbrauch haben deren Bau im Laufe der Zeit wesentlich beeinflusst.

Man hat schon um die Jahrhundertwende versucht, Anlagen zu bauen, die einfacher zu bedienen waren und dem Betriebspersonal einen grösseren Schutz boten. So kam es zur Kapselung der Anlagen, wobei noch sehr viel Öl und Compound als Isolation der Leiter und Schaltelemente verwendet wurde. Zur Revision hat man die Schalt- und Trennelemente aus ihren Ölgefässen herausgehoben (Fig. 1). Diese Lösungen befriedigten aber trotz ihrer erhöhten Sicherheit nicht. Die Anlagen enthielten noch immer zu viel brennbares Isolieröl. Ebenso waren noch gefährliche Trennelemente vorhanden, die bei falscher Bedienung zu den bekannten Unfällen führen konnten.

Die Forderung auf periodische Revision der Leistungsschalter in der gekapselten Anlage brachte die Konstrukteure auf den Gedanken, den Leistungsschalter steckbar auszuführen (Fig. 2); damit wurden Trennschalter vermieden. Die notwendigen elektromechanischen Verriegelungen, welche Fehlschaltungen und damit Unfälle verhindern sollten, mussten nicht mehr vom Leistungsschalter auf die beiden Trennschalter übertragen werden. Sie konnten direkt auf dem fahrbaren Leistungsschalter angebracht werden, womit Übertragungsfehler und Fehlmanipulationen praktisch ausgeschlossen wurden. Mit diesem Schritt war das heutige Grundkonzept moderner, trennerloser gekapselter Anlagen gegeben.

Dieses Konzept wurde dann auch mit geringfügigen Abweichungen seit Jahrzehnten in verschiedenen Landesvorschriften festgehalten (so in England, in den USA und in Kanada).

Mit dem technischen Fortschritt, vor allem auf dem Gebiete der Leistungsschalter und der Isolationstechnik, hat sich auch das Aussehen gekapselter Anlagen gewandelt. Hatte man früher nur Kesselölschalter für Mittelspannungsanlagen, so sind im Laufe der Zeit, im Bestreben, das Öl sowohl als Lichtbogenlöschmittel als auch als Isoliermittel möglichst zu vermeiden oder zumindest zu reduzieren, die verschiedensten Schaltertypen entwickelt worden.

## 2. Technische Anforderungen für Mittelspannungsanlagen

Die technischen Anforderungen an Mittelspannungsanlagen sind in gewissen Ländern einheitlich, in anderen z. T.

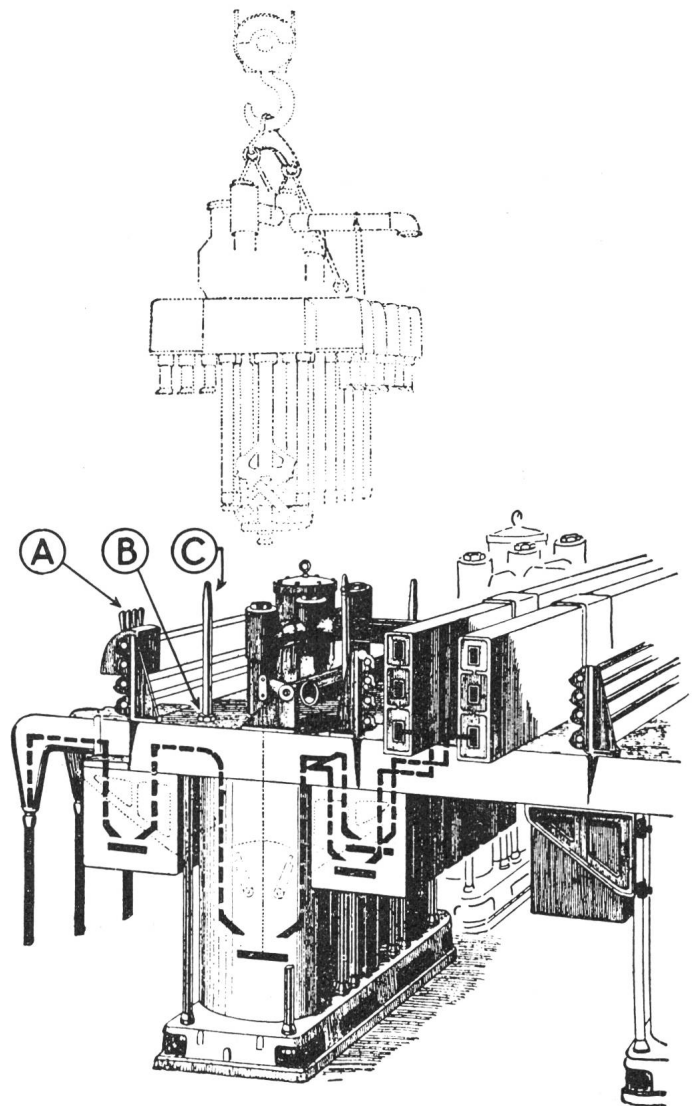


Fig. 1  
Reyrolle-Feld mit Doppelsammelschiene und Trennschaltern in Öl  
33 kV, 1500 MVA  
(Aus einem Katalog des Jahres 1927)

A, B, C Betätigungs- und Verriegelungsorgane für Leistungsschalter und Trennschalter

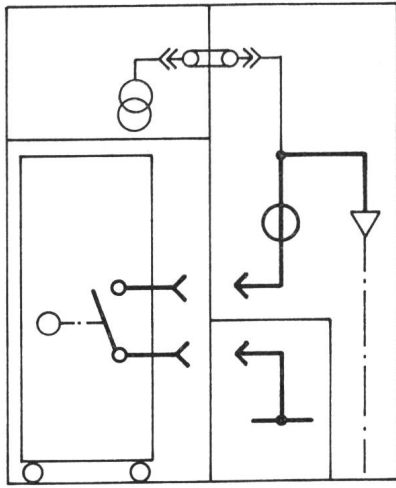


Fig. 2

Schematische Darstellung eines geschotteten Schaltfeldes mit horizontal steckbarem Leistungsschalter

noch recht unterschiedlich. Sie führen, abgesehen von der konventionellen offenen Anlage, zu 4 Anlagentypen, nämlich «offen steckbar», «gekapselt steckbar», «gekapselt mit fest eingebauten Geräten» und schliesslich «geschottet». Die Anforderungen, welche zu diesen Typen geführt haben, sollen im folgenden zusammengefasst werden.

1. Eine moderne Anlage soll aus fabrikfertigen Einheiten bestehen, welche den vorgeschriebenen Typenprüfungen im Werk

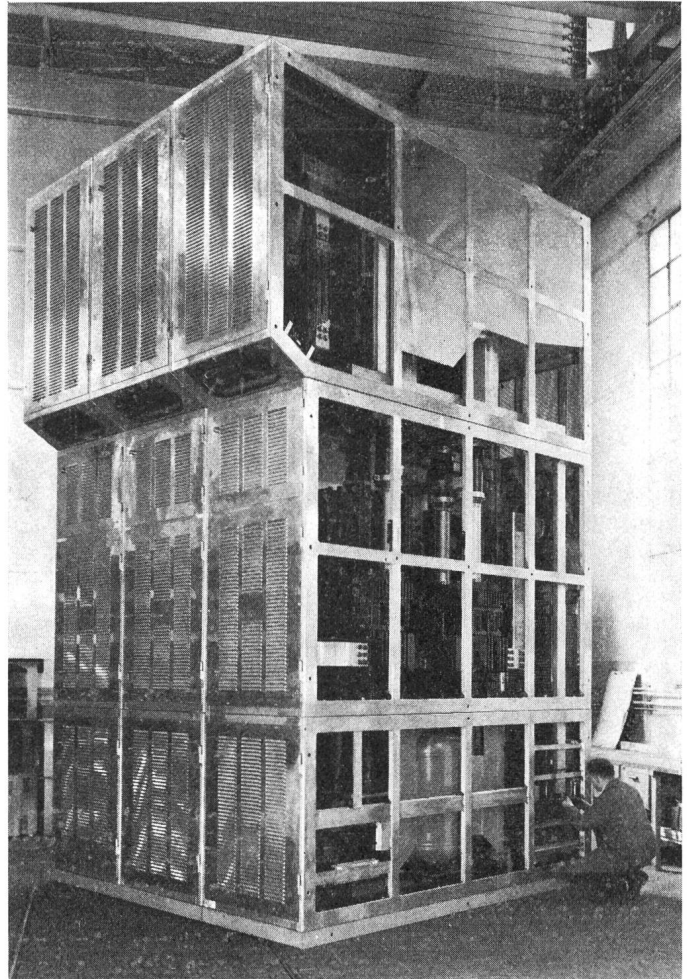


Fig. 4

Gekapseltes Hochstrom-Schaltfeld mit festeingebautem Leistungsschalter und Trennschaltern für 5000 A, 20 kV, 1500 MVA

genügen und am Aufstellungsort mit einem Minimum an Montagearbeit erstellt werden können. Die Typenprüfungen umfassen 50-Hz-, Stoßspannungs- sowie mechanische Versuche und Erwärmpfungen. Ferner ist auch der Nachweis der Schaltleistung des Leistungsschalters im Feld sowie der dynamischen und thermischen Festigkeit zu erbringen. In bestimmten Fällen ist auch die Festigkeit bei inneren Lichtbogenkurzschlüssen nachzuweisen.

2. Schaltfehler können in der Anlage durch Anwendung der trennerlosen Bauweise vermieden werden.

3. Die Disposition der Anlageeinheit ist so zu wählen, dass notwendige Revisionsarbeiten an Schaltgeräten unabhängig vom Spannungszustand der Anlage vorgenommen werden können. Dies gestattet, dass Schalter gleicher Nenndaten unter sich leicht austauschbar sind.

4. Es sind betriebssichere, mechanische Verriegelungen vorzusehen, welche Bedienungsfehler ausschliessen. Dazu gehören das Bewegen des Schalters zwischen Trenn- und Betriebsstellung nur im ausgeschalteten Zustand, ferner die Blockierung des Einschaltbefehls des Schalters zwischen der Trenn- und Betriebsstellung.

Damit sind die Anforderungen für eine trennerlose offene Anlage mit steckbarem Leistungsschalter erfüllt.

Dieser Anlagentyp erfüllt natürlich ohne weitere Zusätze nur die Vorschriften einer konventionellen, offenen Anlage, allerdings mit dem besonderen Vorteil einer trennerlosen, typengeprüften Ausführung. In neuerer Zeit, mit den immer höheren Kurzschlussleistungen, wird ein grosser Nachteil der offenen Anlagen, nämlich die Ausbreitung eines Lichtbogens und damit die Gefährdung von Personen und die Zerstörung des Grossteils der Anlage, durch konsequentes Isolieren aller spannungsführenden Teile mit Feststoffisolation vermieden. Daraus ist die sog. lichtbogenfusspunktfreie, trennerlose Schaltanlage entstanden, wie sie in Deutschland bekannt ist. Diese wird gegenwärtig auch im Comité d'Etudes 17C der CEI gesondert behandelt und fällt wie die erwähnte «offene, steckbare Anlage» nicht unter die Vorschriften des CEI

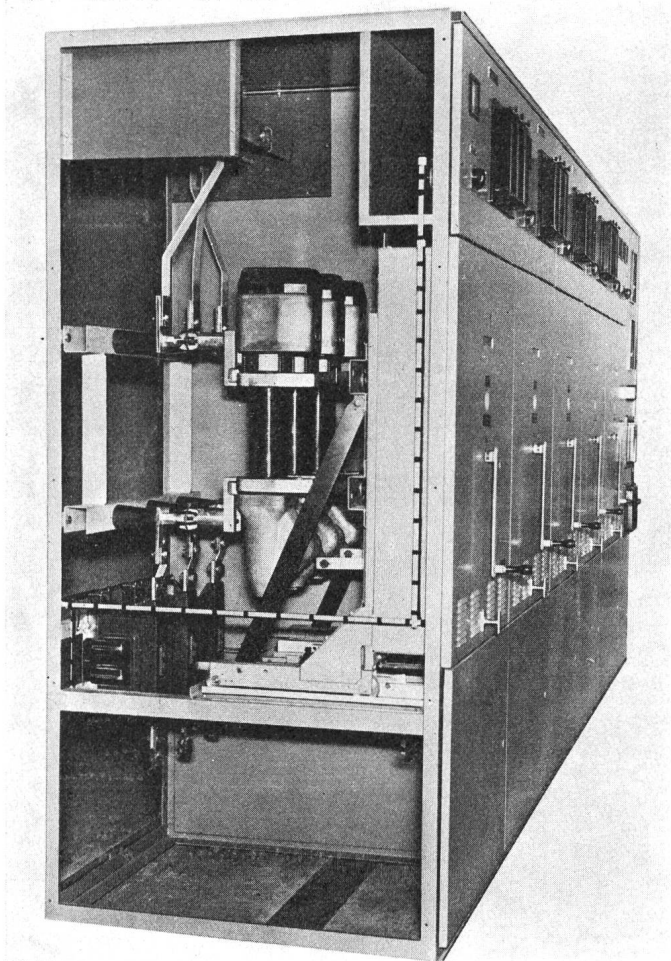


Fig. 3

Gekapselte Schaltfelder mit ölarmem Leistungsschalter

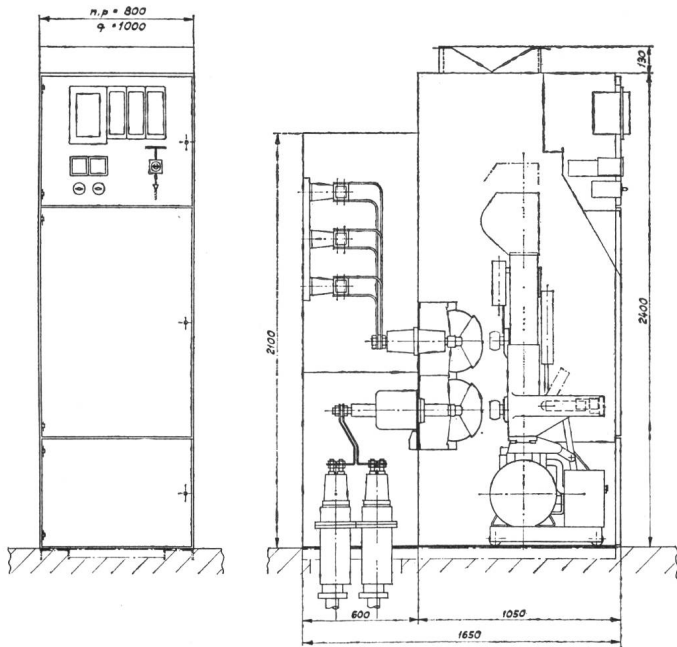


Fig. 5  
Querschnitt eines «geschotteten» Schaltfeldes mit Druckluftschalter für 12 kV, 1000 MVA

17C Metal-Enclosed Switchgear bzw. der amerikanischen NEMA SG 5 oder ähnliche bekannte Vorschriften. Diese beiden Typen sollen in diesem Rahmen, da nicht gekapselt, nicht behandelt werden. Für gekapselte und geschottete Anlagen kommen noch die folgenden zusätzlichen Forderungen hinzu:

5. Verschalen der Zelle mit Blech als Berührungsschutz und um mögliche Fehler, das heisst mögliche innere Lichtbogenkurzschlüsse auf die betroffene Zelle zu beschränken. Womit die Anforderungen für eine «gekapselte Anlage» (im englischen Sprachgebrauch Metal-Enclosed Switchgear genannt) erfüllt sind.

Die Anforderungen für den «gekapselten Feldtyp mit festeingebauten Geräten», d. h. festeingebautem Leistungsschalter (Station Typ Cubicle), sind gegenüber dem «gekapselten Typ» mit steckbarem Schalter in der Beziehung verschieden, dass die Geräte fest eingebaut und daher Trenner erforderlich sind. Zur Erhöhung der Sicherheit müssen hier die Phasen metallisch geschottet werden.

Die hochwertige geschottete Anlage verlangt noch:

6. Eine weitere Unterteilung der einzelnen Zellen durch Metallwände in Schalterraum, Stromwandler und Kabelanschlussraum, Spannungswandleraum und in ein Abteil für Niederspannungsgeräte.

7. Die automatische Abdeckung der Gegenkontakte im stationären Feldteil durch geerdete, metallische Schieber bei in Trennstellung ausgefahrenem Schalter.

Zu diesen Grundanforderungen gibt es noch Forderungen, die sich aus der Praxis und Kundenwünschen bzw. Pflichtenheften ergeben. (Z. B. Aufstellung in Freiluftgehäusen, Tropenschutz, Insektenschutz, gefahrlose Erdung der Abzweige und Sammelschienen usw.)

### 3. Einige Worte zu den Bauformen

In den verschiedenen einschlägigen Vorschriften für gekapselte Anlagen sind, wie schon erwähnt, drei Haupttypen zu finden. Sie sind auch in der neuen CEI-17C-Empfehlung, die von 18 Staaten bereits angenommen wurde, umschrieben.

Unter einem «gekapselten» Feld (metal enclosed) ist eine Zelle mit äusserer, metallisch geerdeter Verschalung zu verstehen (Fig. 3). Es beinhaltet einen kompletten Abzweig mit steckbarem Schaltgerät, mit Sammelschienen, Stromwandler,

evtl. Spannungswandler und Kabel. Einzig der evtl. Niederspannungs- und Steuergeräteeil ist von der Hochspannung metallisch abgeschirmt. Bei diesem Anlagentyp muss in jeder Stellung des Schwagens zwischen Betriebs- und Trennstellung ein Schutz gegen zufälliges Berühren gewährleistet sein. Wird ein Leistungsschalter zu Revisionszwecken ganz aus der Anlage ausgefahren, so muss zum Beispiel eine zusätzliche Abdeckung den gleichen Schutz der Anlage wieder herstellen.

Das gekapselte Feld mit steckbarem Leistungsschalter darf nur in elektrischen Betriebsstätten aufgestellt werden und soll nur unterwiesenem Personal zugänglich sein.

Das gekapselte Feld mit festeingebauten Geräten (Fig. 4) (das sog. station type cubicle oder cubicle switchgear) ist, wie der Name sagt, ein metallgekapseltes Feld mit fest eingebautem Leistungsschalter, Trennschaltern, Messwandlern, Sammelschienen und Schienenverbindungen.

Gegenüber dem gekapselten Feld sind hier zusätzlich die Phasen geschottet. Dieser Feldtyp wird hauptsächlich für grosse Leistungen und Ströme, z. B. für Generatorschalter, gebaut. Der Hauptgrund, diese Schalter nicht steckbar zu machen, ist ihr relativ grosses Gewicht und das Ausmass der Steckkontakte, die für diese hohen Ströme benötigt würden. Die metallische Phasenschottung wiederum bringt eine grössere Sicherheit. Im seltenen Falle eines Isolationsfehlers können nur Erdschlüsse entstehen. Für Ströme von 12 000 A und höher hat sich gezeigt, dass die Schalter und Trenner den heutigen Anforderungen nicht mehr genügen. Es musste

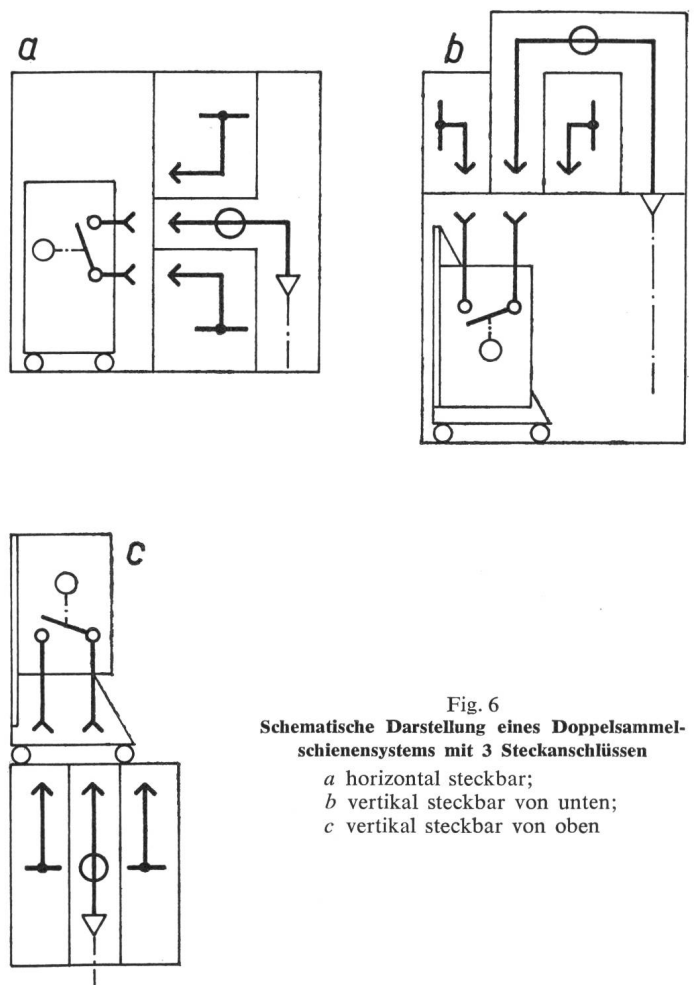


Fig. 6  
Schematische Darstellung eines Doppelsammelschienensystems mit 3 Steckanschlüssen

- a horizontal steckbar;
- b vertikal steckbar von unten;
- c vertikal steckbar von oben



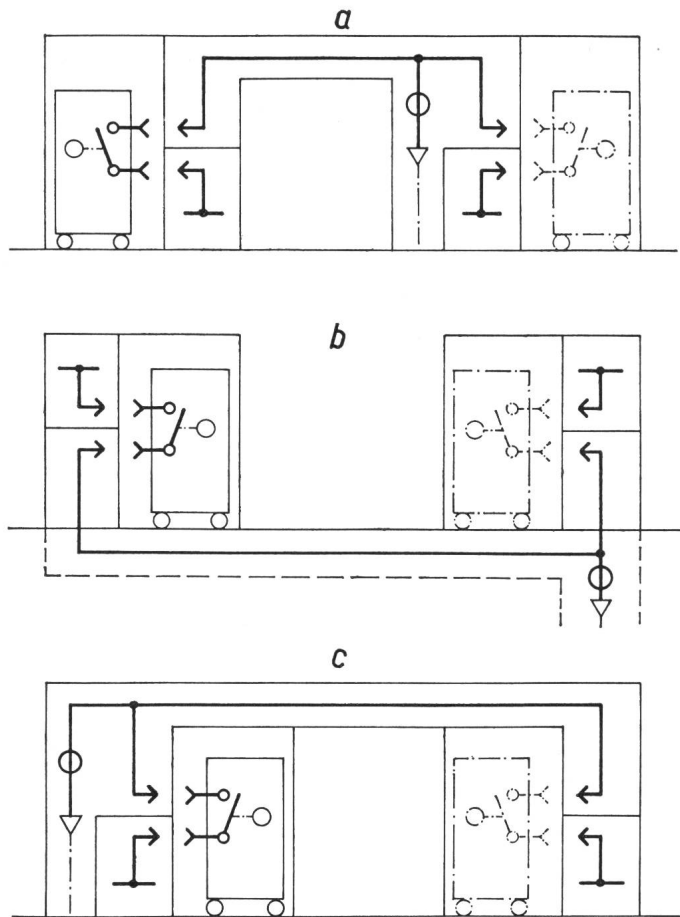


Fig. 7

**Schematische Darstellung des Zweileistungsschaltersystems (Duplex)**

- a Aufstellung Rücken an Rücken;
- b Aufstellung Front zu Front, Verbindungskanal unten, Sammelschienen oben;
- c Aufstellung Front zu Front, Verbindungskanal oben, Sammelschienen unten

ein neuer Weg gesucht werden, nämlich eine Anordnung, die den Einbau der einzelnen Schaltelemente direkt in den Leitungszug erlaubte. Dadurch ist es vorläufig möglich, Nennströme von 12 bis 36 000 A zu erreichen.

Das «geschottete» Feld (Fig. 5) schliesslich hat, wie erwähnt, ausser der äusseren metallischen Verschaltung noch eine innere metallische Unterteilung in einzelne Räume. Wird der Schalter ausgefahren, so werden hier zudem die Hochspannungsanschlüsse durch Schieber, hie und da auch mit «shutter» bezeichnet, automatisch abgedeckt. Als zusätzliche Sicherheit wird z. B. in den NEMA- und ASA-Vorschriften noch verlangt, dass ausser den Sammelschienen auch die Verbindungsleitungen isoliert werden müssen. Der vollständige Berührungsschutz einerseits und die erhöhte Sicherheit durch Isolation und Schottung der einzelnen Anlagenteile andererseits ermöglichen eine bedeutend freiere Wahl des Aufstellungsortes. So können z. B. Verteilstationen in grossen Industriebetrieben oder Kraftwerk-Hilfsbetriebe in unmittelbare Nähe der Verbrauchszentren gebracht und so wesentliche Einsparungen vor allem im Kabelnetz erzielt werden.

Die trennerlose Bauart und deren konsequente Anwendung hat auf die Disposition und die Schaltungstechnik der Anlagen einen wesentlichen Einfluss. So entstand z. B. auf dem Gebiete der Doppelsammelschienen-Anlagen eine eigene Technik. Neben der Lösung mit Trennumschaltern, wel-

che wiederum den bekannten Nachteil von Trennern hat und die ein zusätzliches Verriegelungssystem gegen Fehlbedienung benötigt, haben sich zwei trennerlose Systeme eingeführt.

Beim einfacheren Doppelsammelschienen-system mit drei Steckanschlüssen wird der Leistungsschalter von einem System auf das andere umgesteckt, wobei der gemeinsame Kabelanschluss zwischen die Sammelschienen-systeme zu liegen kommt. Das ganze System kann noch in verschiedenen Lagen angeordnet sein, je nach Grösse und Art des Schalters. Z. B. a) übereinander mit horizontal steckbarem Schalter; b) hintereinander mit vertikal von unten oder c) oben steckbarem Schalter (Fig. 6). Dieses Doppelsammelschienen-system hat alle Vorteile der trennerlosen Anlage und liegt auch bezüglich Aufwand günstig, kann aber nur dort eingesetzt werden, wo das Umschalten der Sammelschienen eine kurzzeitige Unterbrechung erlaubt.

Die Duplexanlage, auch Zweileistungsschaltersystem genannt (Fig. 7), besteht aus zwei vollwertigen Feldern, deren Kabelanschlüsse zusammengesaltet sind. Wesentlich ist jedoch, dass die Umschaltung der Sammelschienen ohne Unterbrechung erfolgen kann. Die Anordnung der Felder kann wiederum verschieden sein, je nach Art des Schalters und des zur Verfügung stehenden Raumes. Rücken an Rücken, wobei zwei Bedienungsgänge nötig sind, und, sofern die Anlage nicht voll mit Schaltern bestückt ist, muss mit den Schaltern um die Anlage herumgefahren werden. Ebenso leidet die Übersichtlichkeit dieser Anordnung.

Die Aufstellung Front zu Front ist übersichtlicher, ergibt aber relativ lange Verbindungskanäle. Wenn die Verbindung unten gemacht wird, benötigt man ein zweites Stockwerk mit einer zusätzlichen Verschaltung für die Messwandler und Ka-

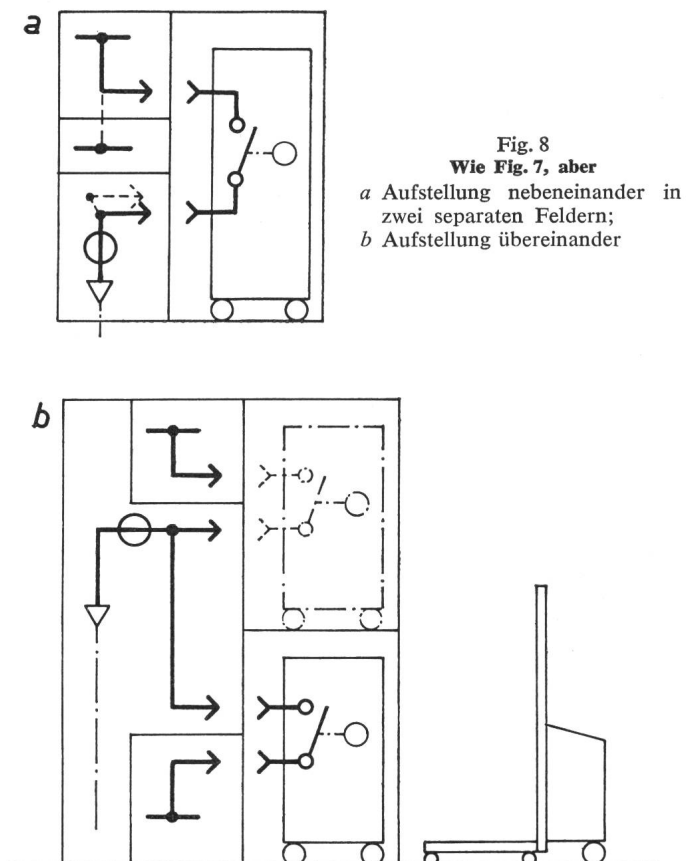


Fig. 8

**Wie Fig. 7, aber**

- a Aufstellung nebeneinander in zwei separaten Feldern;
- b Aufstellung übereinander

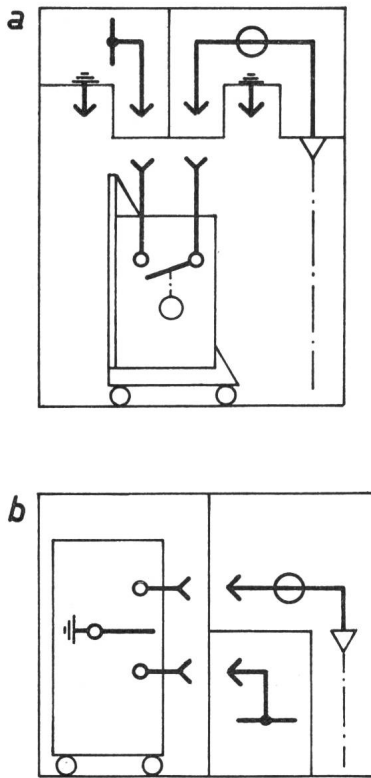


Fig. 9

Schematische Darstellung der Erdung von Abzweig oder Sammelschiene  
 a englische Praxis mit einem Leistungsschalter;  
 b USA-Praxis mit einem speziellen Erdungsschalter

belanschlüsse. Wird die Verbindung über den Feldern gebaut, so kann die Anlage einstöckig ausgeführt werden.

Die Aufstellung nebeneinander in zwei separaten Feldern (Fig. 8a) hat den Vorteil der Übersichtlichkeit; die Anlage wird aber bei grösserer Felderzahl sehr lang. Der Aufwand an Sammelschienen verdoppelt sich, da diese durch jedes zweite Feld blind geführt werden müssen. Schliesslich die Aufstellung übereinander (Fig. 8b). Sie ist bezüglich Materialaufwand, Platzbedarf und Übersichtlichkeit die günstigste Lösung. Ihre Realisierung hängt aber davon ab, ob es möglich ist, zwei Leistungsschalter übereinander noch in vernünftiger Raumhöhe unterzubringen.

Einige besondere Probleme bieten die betriebsbedingte Erdung der Leitungsabzweige und Sammelschienen. Bei der gekapselten Anlage ist es noch möglich, konventionelle Methoden zur Erdung, z. B. Erdungsgarnituren, anzuwenden. Hier sind die Steckkontakte nach Entfernen des Leistungsschalters zugänglich. Es ist daher möglich, mit einem Prüfgerät, wie bei einer offenen Anlage, diese Spannungsfreiheit zu prüfen und dann den entsprechenden Anschluss mit Steckern oder anderen Geräten an Erde zu legen.

Der Erdungstrenner als weitere konventionelle Möglichkeit ist sowohl für die «gekapselte» als auch die «geschottete» Ausführung möglich, falls er mit den nötigen Verriegelungen vorgesehen und der Nachteil des Trenners in einer sonst trennerlosen Anlage in Kauf genommen wird.

Da im geschotteten Feld die Anschlüsse zwecks Erdung nicht zugänglich sind, hat sich heute allgemein die Erdung mittels Leistungsschaltern oder eines Gerätes, das die Fähigkeit hat, auf Kurzschluss einzuschalten, durchgesetzt. Für diese Erdung gibt es dabei verschiedene Praktiken.

Bei der englischen Praxis, dem sog. «integral earthing system» (Fig. 9a), muss der normale Leistungsschalter für die Erdung in seiner Zelle verwendet werden können. Bei den vertikal steckbaren Schaltern ist die Lösung einfach. Der Schalter wird vorerst horizontal verschoben und in die entsprechende Erdposition gebracht, dann vertikal angehoben, wobei ein Schalteranschluss auf der Sammelschiene oder dem Abzweig und der zweite auf einen Erdkontakt aufsteckt. Nachher wird der Schalter eingeschaltet und damit die Erdverbindung hergestellt. Demgegenüber verwendet die USA-Praxis (Fig. 9b) meistens einen separaten Erdungswagen mit einem Zweistellungs-Trennschalter, der ein Einschaltvermögen auf Kurzschluss hat. Für beide Anschlußseiten besteht meistens noch eine Spannungsprüfeinrichtung.

Zwei Abwandlungen dieser Erdungsmethoden sind aus Fig. 10 ersichtlich. Durch Anbau einer Kurzschlussbrücke auf den Leistungsschalter bzw. einer Verlängerung des einen Anschlusses ist es möglich, die Erdung mit dem Leistungsschalter durchzuführen (Fig. 10a). Es muss allerdings darauf geachtet werden, dass mit geöffnetem Schalter von aussen aufgefahren wird, da die Verriegelungen in der Trennstellung nicht funktionieren.

Fig. 10b zeigt eine Möglichkeit ohne Nachteil der oben gezeigten Ausführung. Durch Abbau der Anschlüsse und Erdung der entsprechenden Schalterseite ist es möglich, mit diesem abgeänderten Schalter gefahrlos in die Betriebsstellung, wo die vorhandenen Verriegelungen wieder wirksam sind, zu fahren und zu erden.

#### 4. Beurteilung der technischen Kriterien einer Mittelspannungsschaltanlage

Für die Wahl des Anlagentyps können nachstehende technische Hauptkriterien dienen bzw. behilflich sein.

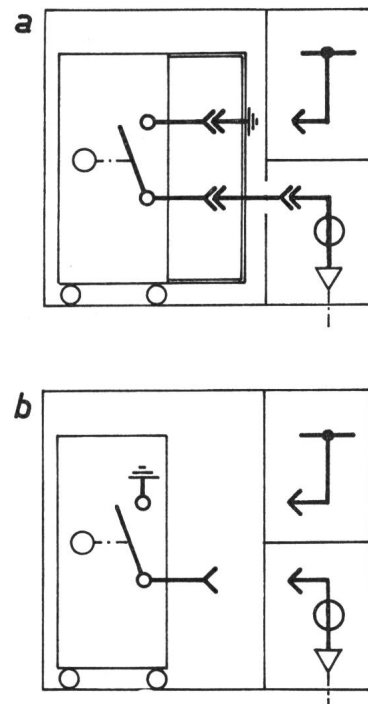


Fig. 10  
 Wie Fig. 9, aber

a mit Leistungsschalter und Anbau einer Kurzschlussbrücke bzw. einer Verlängerung für 3 Steckkontakte;  
 b mit Leistungsschalter durch Abbau von 3 Anschlüssen und Erdung der entsprechenden Schalterseite

#### 4.1 Technische Daten

Bei der Wahl der einzelnen Komponenten, welche die Anlage ausmachen, ist auf deren möglichst gute Koordination zu achten. Es ist technisch und auch wirtschaftlich unzweckmässig, in ein und derselben Anlage Schalter mit hohem Ausschaltvermögen mit Stromwandlern und Kabeln von zu kleiner Kurzschluss- und thermischer Festigkeit zu kombinieren. Es sollen auch nur Geräte gleicher Prüfspannungen kombiniert werden, da eine Anlage bekanntlich nur so gut ist wie ihr schwächstes Glied.

#### 4.2 Die Planung

Die Verwendung von fabrikfertigen, typengeprüften Einheiten hat den Vorteil, dass ein Grossteil der Planungsarbeit bereits beim Fabrikanten geleistet wurde. Somit kann die bauseitige Planung vorangetrieben werden, ohne dass die elektrische Anlage frühzeitig bestellt werden muss. Diese Anlagen können also in kürzester Zeit und mit kleineren Gesamtkosten realisiert werden.

#### 4.3 Bau und Montage

Fabrikfertige Anlagen benötigen einen Bruchteil der für offene Zellen notwendigen Montagezeit. Für normale Verteilstationen mit örtlicher Bedienung sind nur die Felder aufzustellen und die Hochspannungskabel sowie die fertig angelieferten Haupt- und Hilfssammelstellen einzusetzen. Bei Anlagen mit Kommandoräumen kommt noch der Anschluss der Steuer- und Rückmeldekabel hinzu. Erfahrungsgemäss kann mit einer Einsparung an Montagezeit um etwa 80 % der für offene Anlagen benötigten gerechnet werden.

#### 4.4 Betriebsverhalten

Für das Betriebsverhalten ist heute mehr denn je anzustreben, eine Anlage mit minimalen Mitteln und ohne speziell geschultes Personal zu bedienen und zu warten. Der stationäre Anlagenteil soll möglichst keine Wartung benötigen. Jahrelange Betriebserfahrungen und Versuche zur Nachbildung des Betriebsverhaltens bei Verschmutzungsgefahr haben beispielsweise gezeigt, dass die Verschmutzung der Isolationsteile von Hochspannungsanlagen erst bei sehr hoher Luftfeuchtigkeit deren Isolationszustand gefährden kann. Im gekapselten Feld genügt normalerweise die durch

den Betriebsstrom erhöhte Lufttemperatur im Innern des Feldes, um eine ausreichende Lufttrocknung zu erzielen. In unmittelbarer Meeresnähe oder bei besonders verschmutzter Industriatmosphäre und sehr feuchtem Klima muss zusätzlich eine separate Heizung eingebaut werden. Eine andere Quelle von Störungen kann beim Eindringen von Kleintieren, Nagern oder Insekten, die Kurz- oder Erdschlüsse einleiten können, bestehen. Durch Abschiessen der Lüftungsöffnungen mit feinmaschigen Gittern kann dies verhindert werden.

Ein weiteres Problem, das gegenwärtig auch im Comité d'Etudes 17C der CEI behandelt wird, ist die Beherrschung von Lichtbogenkurzschlüssen im Felde. Massnahmen wie die Verwendung von geeigneten Druckentlastungskappen und die Verstärkung von Fronttüren schützen das Bedienungspersonal bei diesen relativ seltenen Störungsfällen. Auf weitere Details kann in diesem Rahmen nicht eingegangen werden.

### 5. Ausblick

Die Entwicklung gekapselter und geschotteter Mittelspannungsanlagen ist heute noch nicht abgeschlossen. Mit der Entwicklung immer neuer Kunststoffe und Giess- und Pressverfahren ändert sich das Aussehen der Anlagen weiter. Der Trend zu immer kleineren Abmessungen, d. h. immer noch höheren Schaltleistungen pro Volumeneinheit, ist bestimmt auch nicht aufzuhalten. Die Schritte in Richtung Verkleinerung sind jedoch primär durch die Wirtschaftlichkeit begrenzt. Die Schaltanlage wird sich immer mehr von einem Zusammenbau loser Apparate zu einer in sich geschlossenen Apparateinheit entwickeln. Solche Einheiten können aber nur in grösseren Serien wirtschaftlich gefertigt werden. Die Konstrukteure sind daher in vermehrtem Masse auf eine enge Zusammenarbeit und Mithilfe der Verbraucher angewiesen. Es wäre auch wünschenswert, wenn die erwähnten neuen Empfehlungen der CEI in möglichst vielen Ländern Eingang finden würden.

#### Adresse des Autors:

K. Munzinger, Entwicklungsleiter für Mittelspannungsfelder der AG Brown, Boveri & Cie, 5400 Baden.