

# Betriebserfahrungen mit modernen Schaltanlagen für Mittelspannung

Autor(en): **Brüderlin, H.**

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 20

PDF erstellt am: **05.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-916183>

## **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.

# Betriebserfahrungen mit modernen Schaltanlagen für Mittelspannung

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

von H. Brüderlin, Stuttgart

436-440

621.311.47

*Raumsparende und preisgünstige Schaltanlagen sind vor allem für Mittelspannung in den letzten Jahren in zunehmendem Masse auf den Markt gekommen. Daneben wird die Technik und Betriebssicherheit der bekannten Anlagentypen immer weiter vervollkommen. Über Betriebserfahrungen mit solchen modernen Anlagen im Einsatz bei Energie-Versorgungsunternehmen wird berichtet. Es wird versucht, den Entwicklungstrend und die Einsatzgebiete für die verschiedenen Anlagentypen zu bestimmen und Hinweise auf die Wirtschaftlichkeit zu geben.*

*Depuis quelques années, les installations de couplage compactes et d'un prix avantageux, surtout pour moyenne tension, deviennent de plus en plus nombreuses. D'autre part, la technique et la sûreté de fonctionnement des types classiques ne cessent d'être améliorées. Le conférencier relate les expériences d'exploitation de ces installations modernes par des entreprises de distribution d'énergie électrique. Il tente de déterminer l'évolution probable et les domaines d'utilisation des divers types d'installations, puis donne quelques renseignements sur leur économie.*

In den letzten Jahren ist die Entwicklung von Mittelspannungsschaltanlagen sehr schnell vorangegangen. Zunehmende Belastungsdichten in den Elektrizitätsversorgungsnetzen, grössere Kurzschlussleistungen, immer schwieriger werdende Platzfragen und die Forderung nach mehr Sicherheit, nach einfacherer Bedienung und Wartung haben grosse Impulse für neue und verbesserte Typen von Schaltanlagen gegeben. Viele Entwicklungsschritte liegen zwischen den ersten offenen Schaltanlagen und solchen in kompakter, kunststoffisolierter Bauart.

Es ist aber die Frage zu stellen, ob die Entwicklung beim Anwender von Schaltanlagen generell in Richtung zur voll-isolierten Anlage gehen wird? Bei der Beantwortung spielen die künftigen Aufgaben von Mittelspannungsnetzen und deren Schaltanlagen eine wesentliche Rolle. Vielfach übernehmen in Zukunft Mittelspannungsnetze ganz andersgeartete Funktionen als in der Vergangenheit. Grössere Einzelbelastungen, vergrösserte Anschlussleitungen in Industrie und Haushalt machen es erforderlich, viel mehr Abnehmer direkt mit Mittelspannung zu versorgen. Eine wesentliche Rolle wird auch die Elektroheizung über Speicherung oder als Direktheizung. Die Zahl der Schaltanlagen wird dadurch

Die einzelnen Bauformen sind in ihrer chronologischen Entwicklung in Fig. 1 dargestellt. Während bei der offenen Anlage ein entstehender Lichtbogen frei in der gesamten Anlage wandern kann, ist dies bei geschlossener Bauart schon weitgehend verhindert. Die Kapselung bringt darüber hinaus noch einen weit besseren Schutz für das Bedienungspersonal. Als Nachteil muss in Kauf genommen werden, dass solche geschlossenen Anlagen einige Schwierigkeiten bei Wartung und Bedienung bieten.

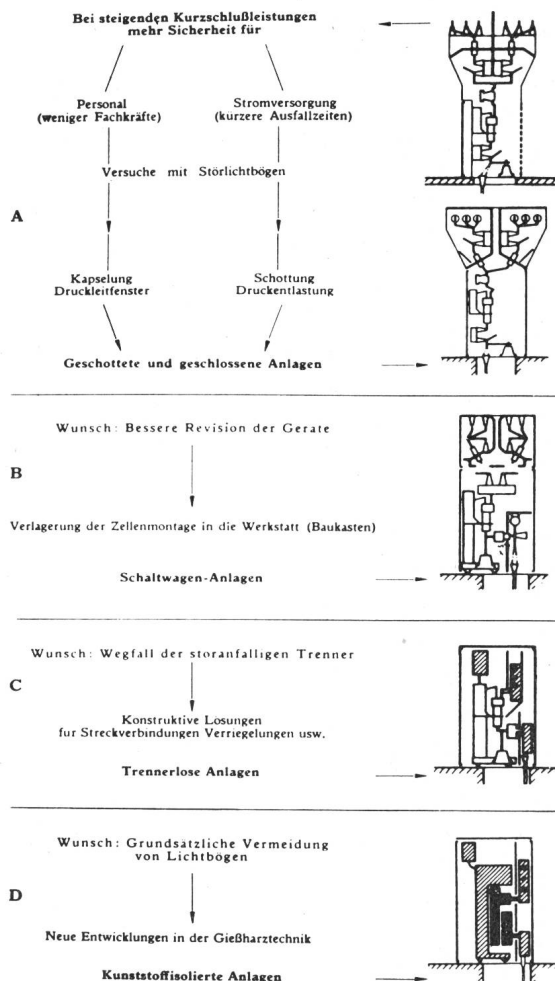


Fig. 1

Entwicklung der Bauformen von Mittelspannungsschaltanlagen

Jahr	10 kV				20 kV				30 kV			
	Freiluft		Innenanlagen		Freiluft		Innenanlagen		Freiluft		Innenanlagen	
	Anlagen	Felder	Anlagen	Felder	Anlagen	Felder	Anlagen	Felder	Anlagen	Felder	Anlagen	Felder
1960									14	47	1	1
1961	2185	5309	1511	5 120	148	542	36	123	14	47	2	7
1962	2327	5636	1741	6 449	246	719	33	129	18	57	3	5
1963	2824	6963	1880	7 523	348	1033	82	250	23	76	4	15
1964	3040	7753	2408	9 480	404	1219	63	320	28	114	9	36
1965	3366	8894	2778	11 147	599	1628	138	551	22	59	7	25
1966	3515	9057	3576	13 384	793	2165	278	1132	31	114	6	24
1967	3818	9792	4152	14 786	1214	3454	488	1977	29	105	6	29

stark vergrößert, der Zwang zur Verbilligung und damit auch zur Vereinfachung wird sehr gross werden. Nur mit sehr preiswerten Netzen kann die Elektroheizung konkurrenzfähig werden.

Im Schaltanlagenbau wirken diese Tendenzen dem Drang der Techniker nach immer vollkommeneren und damit aufwendigeren Anlagen entgegen, es ist also sehr stark nach dem Anwendungszweck zu differenzieren.

Zwei Anwendungsbereiche für Mittelspannungsschaltanlagen werden im wesentlichen zu unterscheiden sein:

1. Grössere Schaltanlagen mit vielen Schaltfeldern (Kraftwerkschaltanlagen, grosse Unterwerke, Netzknotenpunkte mit vielen Leitungen)
2. Kleinere Schaltanlagen mit einer begrenzten Felderzahl (Netzstationen, Unterverteilungen, kleinere Unterwerke).

Bei der ersten Gruppe geht der Trend, wie alle Untersuchungen zeigen, vielfach zur sichereren Anlage hin. Bezogen auf die gesamten Netzinvestitionen sind die Kosten meist nicht sehr bedeutend, hohe Sicherheitsanforderungen lassen einen aufwendigen Ausbau für gerechtfertigt erscheinen.

In der zweiten Gruppe dürfte der Weg künftig hauptsächlich zu einfacheren und preisgünstigeren Schaltanlagen hinführen. Durch grosse Stückzahl haben diese Anlagen einen erheblichen Einfluss auf die gesamten Netzinvestitionen; da meist nur ein oder wenige Abnehmer versorgt werden, sind die Sicherheitsmaßstäbe nicht allzu hoch anzusetzen.

Auch bei der folgenden Darstellung über die Betriebserfahrungen mit modernen Schaltanlagen sollen die beiden Gruppen getrennt behandelt werden.

#### Betriebserfahrungen mit grösseren Schaltanlagen

Die in Deutschland von der Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke geführte Statistik über Fehlerart und -häufigkeit zeigt, dass bei stahlblechgekapselten Anlagen so wenig Fehler aufgetreten sind, dass sie prozentual kaum aussagekräftig erscheinen. 1967 traten z.B. an stahlblechgekapselten Anlagen insgesamt sieben Fehler auf (zwei durch Erdarbeiten, einer durch Fehlbedienung, vier nicht exakt erfasst), bei einer Gesamtzahl von 13 384 installierten Schaltfeldern ist die Fehlerhäufigkeit 0,052 %. Diese Zahl darf aber nicht überbewertet werden, zumal es sich bei den gekapselten Anlagen durchweg um Neuinstallationen der letzten Jahre handelt. Um eindeutigeren Unterlagen zu erhalten, wurde eine Befragung der wichtigsten Betreiber von Mittelspannungsanlagen in Deutschland durchgeführt. Die Auswertung der Untersuchungen brachte folgendes Ergebnis:

In zunehmendem Masse verwenden Energieversorgungsunternehmen und Industriebetriebe für ihre grösseren Schaltanlagen gekapselte Bauarten, vor allem im Bereich 10 und

20 kV. Als Hauptgrund wird die grössere Sicherheit bei der Bedienung angegeben. Interessanterweise wird nur von wenigen mit dem verringerten Platzbedarf und mit der Kostenfrage argumentiert. Schaltwagen in trennerlosen Anlagen werden vielfach bevorzugt, jedoch gibt es eine Reihe von Energieversorgungsunternehmen, die auch einige Bedenken gegen diesen Typ geltend machen. Beanstandet werden oft die hohen Gewichte der Fahrschalter und damit verbunden die unhandliche Bedienung. Mit grösserer Leistung und Spannung sind die Wagen oft nicht mehr durch eine Person zu bedienen, das Verklemmen der Schaltwagen beim Verfahren ist nicht immer ausgeschlossen.

Als problematisch wird oft auch die Justierung der Anlage angesehen, an die Qualität der Bauarbeiten (ebene Fussböden usw.) müssen höhere Anforderungen gestellt werden. Nicht unproblematisch ist auch das Erden, Kurzschliessen und Spannungsmessen in gekapselten Anlagen. Alle Hersteller haben unterschiedliche Kontakte an Fahrschaltern und Sammelschienen, das Einbringen von Erdseilen wird manchmal kompliziert, Spezialgeräte oder Adapter zur jeweiligen Schaltanlage werden erforderlich. Oft kann eine Erdung nur über den Leistungsschalter durchgeführt werden, dadurch, dass an diesem eine Kontaktreihe kurzgeschlossen und mit dem Erdseil verbunden wird. Schwierigkeiten können sich auch durch die schlechte Zugänglichkeit der festen Zellenteile ergeben, die Montage von Endverschlüssen, Reinigungs- und Revisionsarbeiten müssen vielfach unter beengten Raumverhältnissen durchgeführt werden.

In der Überzahl sind jedoch die Stimmen für die gekapselten Anlagen, die zwar die vereinzelt Schwierigkeiten auch sehen, jedoch die hohe Sicherheit der Anlagen sowohl für das Personal als auch für den Netzbetrieb höher bewerten. Viel geringer als bei offenen Anlagen ist die Verschmutzung, eine Reinigung muss nur im Abstand mehrerer Jahre durchgeführt werden. Für viele Betreiber ist diese Tatsache ausschlaggebend, gerade bei grossen Anlagen ist der Aufwand für Um- und Abschaltungen, bedingt durch Reinigungsarbeiten, oft sehr hoch.

Es wird oft darauf hingewiesen, dass die Personalsituation einen entscheidenden Ausschlag für die Anlagenwahl gibt: Die Qualität des Schaltpersonals ist oft nicht sehr hoch, Gefahren durch unüberlegtes Handeln müssen also durch die Anlagen selbst weitmöglichst ausgeschaltet werden.

Aus all diesen Gründen ergibt sich eine Reihe von Forderungen, die an gekapselte Anlagen zu stellen sind:

Die Konstruktion der Gehäuse muss so stabil sein, dass bei Lichtbögen und Kurzschlüssen Front- und Seitenwände nicht aufschlagen. Eine gute Druckentlastung muss gewährleistet sein, stabile Riegel- und Schlosskonstruktionen sind notwendig. Beson-

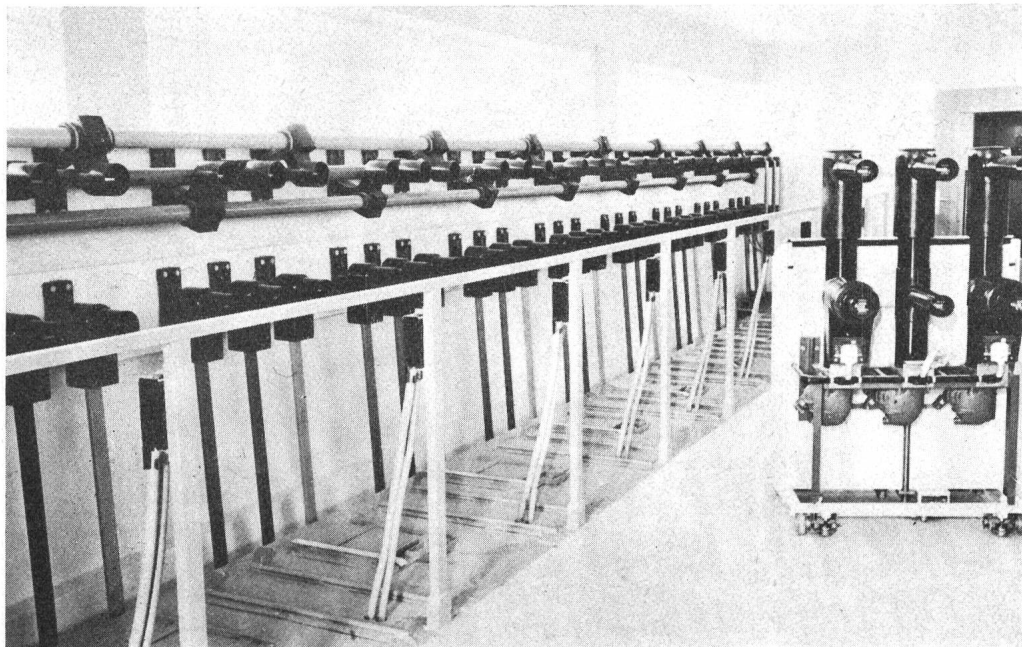


Fig. 2  
Vollisolierte Schaltanlage ohne  
Stahlblechkapselung

Von seiten des Anwenders solcher Anlagen wird oft eine Vollisolation gewünscht, das heisst, der Isolationsüberzug der stromführenden Teile muss zusätzlich geerdet und für die Führung des vollen Erdschlussstromes dimensioniert sein. Eine Isolation ohne zusätzliche Erdung bringt eine Aufladung mit sich. Irgendwelche Schäden für das Bedienungspersonal konnten bei den zahlreichen installierten Anlagen jedoch bisher nicht festgestellt werden.

ders bedeutsam erscheint die Entwicklung möglichst vereinheitlichter Erdungs- und Prüfgeräte.

Die Fahreigenschaften der Schaltwagen müssen einwandfrei sein, eine genaue und einfache Justiermöglichkeit und besonders auch geringe Gewichte sind anzustreben.

Zur wirtschaftlichen Situation ist zu sagen, dass besonders bei komplizierten und vielfeldrigen Doppelsammelschienenanlagen die Kapselung — trotz dem geringeren Raumbedarf — nicht kostengünstiger als die offene oder geschützte Anlagentechnik ist. Insbesondere gilt dies bei voller Bestückung mit zwei Leistungsschaltern pro Abgang.

Bei Fahrschalteranlagen kann die Kostensituation günstig werden dadurch, dass nur « $n+2$ »-Schalter verwendet werden (das heisst, pro Abgang wird nur ein Leistungsschalter vorgesehen, zwei weitere Reserveschalter stehen für die Gesamtanlage zur Verfügung). Bei der letzteren Ausführung ist aber eine Fernsteuerung der Anlage nicht möglich. Von vielen Anwendern wird auf diese in letzter Zeit zunehmend Wert gelegt. Es wird sehr ungern «vor Ort» geschaltet. Bei Anlagen mit « $n+2$ »-Schaltern wird der Bedienungsaufwand bei komplizierten Schalthandlungen sehr umfangreich; er erfordert erfahrenes Personal.

Bei Schaltwagenanlagen mit nichtisolierten Sammelschienen sind Ansatzpunkte für Lichtbogen nicht grundsätzlich ausgeschaltet, viele Anwender gehen daher in zunehmendem Masse auf «lichtbogenfusspunktfreie» Schaltanlagen über. Alle stromführenden Teile sind hierbei mit Kunststoff (Giessharz, PE, PVC) verkleidet. Am besten ist solch eine Ausführungsart zu ersehen aus einem Schaltanlagentyp, der auf die Stahlblechkapselung der gesamten elektrischen Teile vollkommen verzichtet (Fig. 2). Diese Anlagen (Strip-tease-Anlage) werden in der Bundesrepublik recht zahlreich angewendet.

Bei Anlagen mit Isolation aller stromführenden Teile sind sehr genaue Überlegungen über die Ausbildung und Steuerung der elektrischen Felder anzustellen: Es muss erreicht werden, dass die Anlagen vollkommen frei von Glimmerscheinungen sind. Die konstruktiven Massnahmen hierzu sind oft nicht einfach: es müssen enge Luftspalten vermieden werden, die elektrische Feldstärke muss nötigenfalls durch Potentialsteuerung herabgesetzt werden.

### Betriebserfahrungen mit kleineren Schaltanlagen

Wie früher schon erwähnt, werden in zunehmendem Masse kleinere Schaltanlagen unter dem Gesichtspunkt einer möglichst grossen Wirtschaftlichkeit ausgewählt. Nicht nur die Schaltgeräte sollen einfacher und billiger werden, auch bei der Netzplanung sucht man Wege, um einfachere Konstellationen zu entwickeln.

Bei den Schaltanlagen ist die Hauptfrage, ob in kleineren Anlagen die Leistungsschalter in bisherigem Umfang verwendet werden müssen. Fast alle der befragten Energie-Versorgungsunternehmen neigen der Tendenz zu, in ihren Netzen künftig mehr mit Lastschaltern oder mit Lasttrennschaltern zu arbeiten. Wenn auf den Leistungsschalter verzichtet wird, lassen sich mit der modernen Technik sehr raumsparende und preisgünstige Anlagen aufbauen. Der Weg führt dann zur Kompaktanlage. Diese kompakten Schaltanlagen werden fabrikfertig angeliefert, bei der Netzstation ist im Gehäuse Hochspannungsanlage, Transformator und Niederspannungsanlage vereinigt. Bei Lastschaltern und Lasttrennschaltern gibt es eine Reihe von geeigneten Konstruktionen, der Anwender hat darüber zu entscheiden, ob die Schaltelemente ein- oder dreipolig geschaltet werden sollen. Die ersten kompakten Anlagen, die vor wenigen Jahren auf den Markt kamen, waren für einpolige Schaltungen vorgesehen. Viele Anwender scheuen sich davor, in Hochspannungsnetzen einpolige Schaltungen vorzunehmen, die in der Theorie verschiedene Schwierigkeiten mit sich bringen können. Im grössten deutschen Energie-Versorgungsunternehmen haben sich jedoch einpolige Schaltungen seit Jahrzehnten gut bewährt, man ist dort deshalb auch bei den kompakten Anlagen bei einpoliger Schaltung geblieben. Natürlich sind einpolig schaltbare Elemente preisgünstiger herzustellen als dreipolige Schalter. Viele Energie-Versorgungsunternehmen sehen jedoch den grossen Nachteil darin, dass beim einpoligen Element keine Fernsteuerung und keine Sicherheitsauslösung vorgesehen werden kann.

Einen bedeutenden Aufschwung haben die Kompaktanlagen daher erst von dem Zeitpunkt an genommen, als dreipolige Schalter auf den Markt kamen. In Fig. 3 ist z. B.

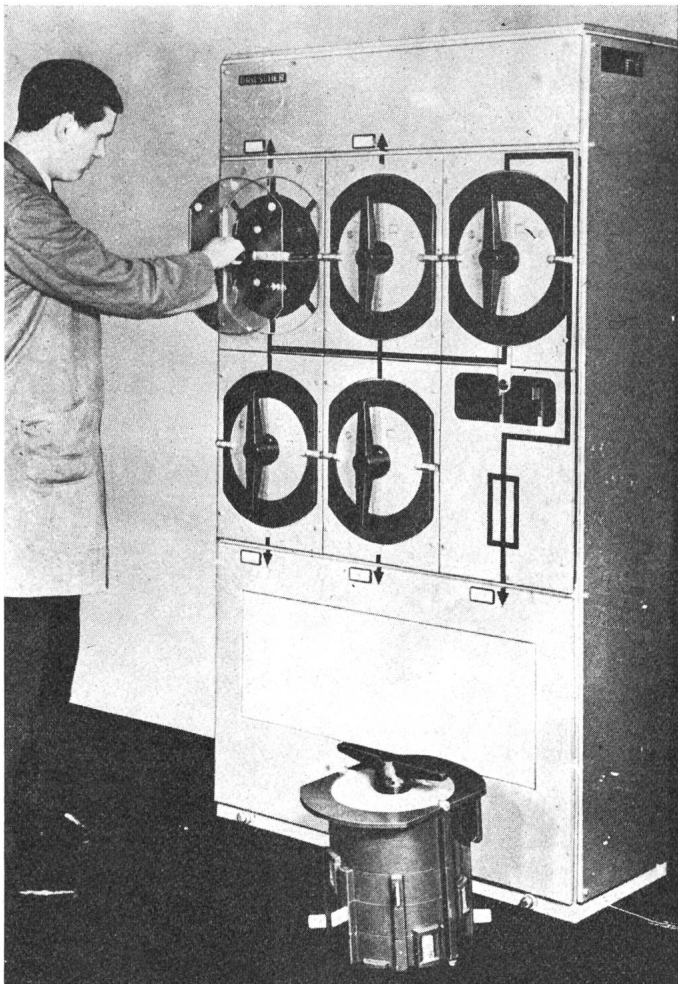


Fig. 3  
Kompakte 10-kV-Schaltanlage mit dreipoligen Lastschaltern

ein dreipolig schaltbarer Lastschalter in Form eines Paketschalters dargestellt. Die drei Schaltelemente liegen hintereinander, die Betätigung erfolgt über einen Knebschalter. Durch Herausziehen dieser Schalter aus ihrer Betriebsstellung erhält man eine Trennstrecke. In der in der Figur gezeigten Anlage liegen die Sicherungen für den Transformatorschalter in einem getrennten Feld unterhalb der Lastschalter. Der Kabelanschluss muss von der Rückseite aus montiert werden. Alle Bedienungselemente sind geerdet. Bei solchen Anlagen kommt man auf eine Feldbreite von 350 mm.

Eine etwas anders aufgebaute kompakte Schaltanlage zeigt Fig. 4. Der hier verwendete Lastschalter arbeitet mit Feststoffprinzip und Doppelunterbrechung. Er ist für die Spannung 10 und 20 kV und einen Nennstrom von 400 A erhältlich. Die gesamte Feldbreite beträgt hier ebenfalls etwa 350 mm. Der giessharzisierte Schalter hat Einzelkammern pro Pol; sie sind so potentialgesteuert, dass die Spannung voll über den Isolierstoff abgebaut wird. Fehlerströme können nach Erde abgeleitet werden, dadurch ist die Gefahr von Kriechströmen über die Giessharzisolierung vermieden. Auch dieser Schalter kann in eine Trennstellung herausgezogen werden. Bei Sicherungswechsel wird der Schalter um 90° geschwenkt. Nach dieser Drehung wird der Sammel-

schienenraum durch eine automatisch eingelegte Isolierplatte abgeschlossen.

Bei kompakten Schaltanlagen der geschilderten Ausführungen muss besonders auf die Methoden der Spannungsprüfung und der Erdung geachtet werden. Bisher ist es so, dass jeder Hersteller hierzu spezielle Erdungs- und Prüfungseinrichtungen benötigt. In den Schaltanlagen müssen die jeweiligen Geräte vorrätig sein. Wenn viele unterschiedliche Typen verwendet werden, vergrößert dies den Aufwand beträchtlich, vor allem wird das Arbeiten mit diesen Geräten für das Bedienungspersonal sehr kompliziert. Von den Anwendern werden diese Fragen besonders betont, wenn sie Auskunft über ihre Betriebserfahrungen mit solchen Kompaktanlagen geben. Von der Technik und von der Zuverlässigkeit her werden die Anlagen durchwegs gut beurteilt. Es werden als Hauptvorteile die sehr geringen Abmessungen und die verhältnismässig leichte Erweiterungsfähigkeit der Anlagen angegeben. Schwierigkeiten treten auf, wenn solche Kompaktanlagen in Stahlblech- oder Kunststoffgehäusen als Netzstationen Verwendung finden. Bei Wartung und Reparatur ist das Bedienungspersonal stärker als bei Anlagen in festen Gebäuden dem Wetter ausgesetzt. Es ist dafür Sorge zu tragen, dass entweder ein transportabler Regenschutz oder eine eingebaute Abdeckung verwendet werden kann. Oft sind auch Arbeiten und Messungen an den Kabelabgängen

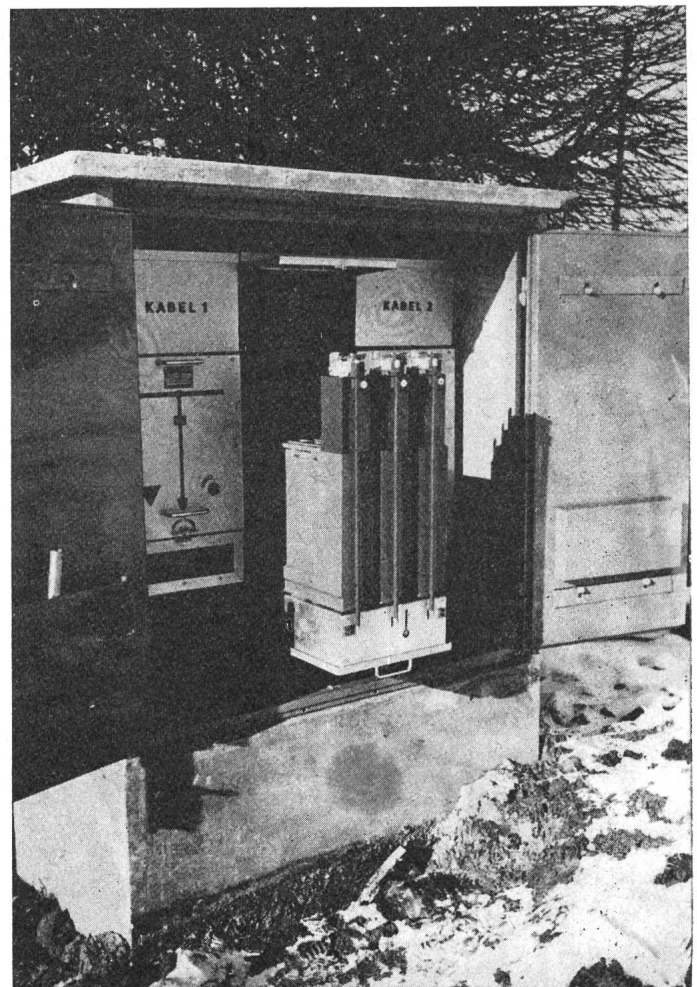


Fig. 4  
Kompakte 10-kV-Schaltanlage mit dreipoligem Lastschalter

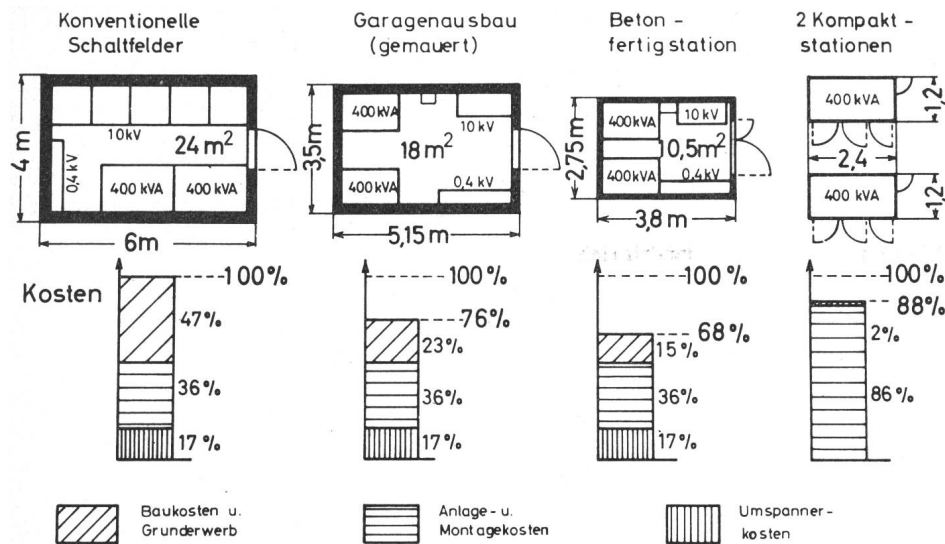


Fig. 5  
Kostenvergleich von Netzstationsbauformen

Solche Netzstationen werden im Unternehmen des Verfassers als Standardlösungen gebaut. Aus der Darstellung ist zu ersehen, dass der Raumbedarf, je nach Ausführungsart, beträchtlich gegenüber dem bei konventionellen Anlagen verkleinert werden kann. Die konventionelle Anlage ist eine gemauerte Station mit offenen Schaltfeldern. Als zweite Variante wird ein Garagenausbau aufgezeigt. Hier handelt es sich meist um Garagen in Reihenanordnungen, die mit einem festen Ausmass gegeben sind.

recht kompliziert. Dies gilt insbesondere dann, wenn Kabelabgänge nicht in einer Ebene zur Front- oder Rückseite der Anlage installiert werden. Eine Gefahr bei Kompaktanlagen liegt auch darin, dass Kontakte und Verbindungen sehr eng nebeneinander liegen. Beim Ausphasen, bei anderen Prüf- und Montagearbeiten muss deshalb sehr sorgsam darauf geachtet werden, dass keine Überschlüge auftreten können und dass vor allem kein anderes Gerät als die Spezialwerkzeuge verwendet werden.

Interessant sind Erfahrungen einiger Unternehmen, die lobend erwähnen, dass Fehlbedienungen in den Kompaktanlagen praktisch ausgeschlossen sind, dass aber nicht besonders geschultes Personal notwendige Schalthandlungen vielfach nicht ausführen kann. Eine genaue Kenntnis der einzelnen Verriegelungen sowie der genauen Folge der einzelnen Handgriffe ist für die Vornahme von Schaltungen unbedingt notwendig.

Auf Befragen ergab sich, dass fast alle Energie-Versorgungsunternehmen künftig solche Kompaktanlagen anwenden werden. Hauptgrund hierfür sind beträchtliche Kosteneinsparungen und die Möglichkeit, auf begrenztem Raum eine grosse Felderzahl unterbringen zu können. Für Freiluftaufstellung solcher Schaltanlagen als Netzstationen und Schaltstellen werden jedoch in einigen Städten Bedenken von seiten der Planungsbehörden gemacht. Oft wird nach wie vor Wert auf massive Gebäude gelegt; die kleinen Blech- und Kunststoffgehäuse der Kompaktanlagen werden manchmal aus ästhetischen Gründen abgelehnt. Viele Energie-Versorgungsunternehmen haben jedoch durch entsprechende Bepflanzung und farbliche Gestaltung der Anlagen solche Bedenken ausräumen können.

Zum Schluss der Überlegungen soll noch der Versuch eines Kostenvergleichs gemacht werden. Kostenvergleiche sind jedoch wegen der unterschiedlichen Bewertung von Grundstückskosten und wegen der regional sehr verschiedenen Baukosten recht schwierig. Am einfachsten erscheinen sie für Netzstationen aus einem bestimmten Versorgungsgebiet durchzuführen. In Fig. 5 sind verschiedene Bauweisen einer Netzstation mit folgender Ausstattung verglichen:

- 2 Transformatoren 400 kVA
- 2 Ringfelder 10 kV, 250 MVA
- 1 Reservefeld 10 kV
- 2 Transformatorfelder
- 8 Niederspannungsabgänge 380 V

Da muss schon eine kompakte Hochspannungsanlage verwendet werden, um mit einer Grundfläche von 18 m<sup>2</sup> auszukommen. Die Betonfertigstation ist speziell für die Bedürfnisse der Kompaktanlagen zugeschnitten, sie bietet eine äusserste Raumausnutzung, kommt aber dem Wunsch von Planern und Architekten nach einem festen Gebäude auch weitgehend entgegen. Als letzte Variante werden zwei Kompaktstationen mit je einem Transformator von 400 kVA dargestellt.

Am preisgünstigsten wird die Betonfertigstation, die Kosten liegen für diese bei 68 % einer konventionellen Anlage. Auch eine raumsparende Schaltanlage, in einer Garage gebaut, ist noch recht kostengünstig zu erstellen; im betrachteten Versorgungsgebiet wird sie um 24 % billiger als die konventionelle Anlage. Bei der Kompaktstationslösung sind in der Position Anlage- und Montagekosten die Transformatoren mit enthalten; die gesamten Erstellungskosten liegen bei diesem Typ bei 88 % der Vergleichsanlage.

Interessant ist, dass die kompakten Anlagen in allen Varianten billiger als die «klassischen» Anlagen mit offenen Schaltfeldern zu erstellen sind. Allerdings können Ausbauten in Fertigstationen oder Garagen noch kostengünstiger als echte Kompaktstationen in Blech- oder Kunststoffgehäusen gestaltet werden.

Sehr deutlich ist aus den Darstellungen zu ersehen, welches Gewicht die Baukosten für den Vergleich haben. Aus diesem Grunde können vergleichende Darstellungen auch bei anderen Versorgungsgebieten zu etwas anderen Resultaten führen. Abweichungen können auch dort vorhanden sein, wo Netzstationen nur mit einem Transformator ausgerüstet werden.

Die Betrachtungen zeigen, dass auch auf dem Gebiet des Schaltanlagenbaus und dessen Anwendungen die Entwicklung in den letzten Jahren in grossen Schritten vorangegangen ist. Die Betriebserfahrungen mit solchen Neuentwicklungen sind naturgemäss noch nicht allzu ausführlich, jedoch kann heute schon gesagt werden, dass man mit grossem Vertrauen an die Errichtung neuer Anlagentypen herangehen kann. Diese sind in grosser Zahl installiert, einige Anfangsschwierigkeiten scheinen überwunden zu sein.

**Adresse des Autors:**

Dr.-Ing. H. Brüderlin, Vorstandsmitglied der Technischen Werke der Stadt Stuttgart AG, Lautenschlagerstrasse 21, D-7 Stuttgart 1.