Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 55 (1964)

Heft: 7

Artikel: Das unterirdische 150/50/6-kV-Unterwerk Wasgenring in Basel mit isolierten 150-kV- und 50-kV-Sammelschienen

Autor: Gass, G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916697

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: 09.08.2025

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

werden neuerdings auch mit plombierbarem Deckel sowie mit zusätzlicher Plombierhaube über den Sicherungsköpfen fabriziert. Beide Ausführungen sind entweder mit dem bewährten erschütterungssicheren Nulleitertrenner oder mit der lösbaren Nulleiterverbindung lieferbar.

Im Laufe des vergangenen Jahres hat die Firma ein neues *Fussboden-Installationssystem* in ihr Programm aufgenommen: Teli-Flur. Der Teli-Flur-Kanal im Fussboden ist der Träger aller Leitungswege für Stark- und Schwachstrom. In Verbindung mit dem Fensterbankkanal ermöglicht dieses System Anschlüsse an jedem beliebigen Punkt eines Raumes. Da sich Teli-Flur auf Betonguss wie auch in Stahl- oder andern Decken verlegen lässt, stiess es bei Architekten und Bauherren bereits auf grosses Interesse.

Das *Kommandopult* einer Kläranlage mit zugehörigem Leucht-Schaltbild sowie eine neue *Kondensatorenbatterie* für die Blindleistungskompensation ergänzen diese Schau, die auch dieses Jahr wieder das Interesse weiter Besucherkreise finden wird.

Das unterirdische 150/50/6-kV-Unterwerk Wasgenring in Basel mit isolierten 150-kV- und 50-kV-Sammelschienen

Von *G. Gass,* Basel

621.311.42

Das Elektrizitätswerk Basel versorgt den Kanton Baselstadt, d. h. die Stadt selbst und seine zwei nördlich des Rheins gelegenen Gemeinden Riehen und Bettingen mit elektrischer Energie. Seine Bezugsquellen dafür sind die beiden Rheinkraftwerke Augst und Birsfelden sowie die Partnerwerke im Oberhasli, Lienne und Grande Dixence im Wallis, Maggia und Blenio im Tessin und am Hinterrhein im Kanton Graubünden. Die in diesen Werken für Basel erzeugte Energie wurde bis zu Beginn dieses Jahres allein den vier 50/6-kV-Unterwerken Birsbrücke, Voltastrasse, Margarethen und Lange Erlen zugeführt und dort ins 6-kV-Verteilnetz weitergeleitet. Dazu stand das in Fig. 1 dargestellte 50-kV-Leitungsnetz zur Verfügung. Im Unterwerk Brislach wurde die über das Netz der Bernischen Kraftwerke AG übertragene Energie aus den Oberhasli- und Walliserwerken von 150 kV auf 50 kV transformiert und von dort über zwei doppelsträngige Leitungen mit einer gesamten Leistungsfähigkeit von rd. 80 MW nach Basel weitertransportiert. Das Unterwerk Bottmingen war 150/50-kV-Übergabestelle aus dem Netz der ATEL für die Energie aus den Tessinerwerken. Im Kraftwerk Birsfelden wurde und wird weiterhin die Energie zusammen mit der abgetauschten Augsterenergie ins 50-kV-Netz übernommen.

Der in den Nachkriegsjahren andauernd steil ansteigenden Netzbelastung war dieses 50-kV-Leitungsnetz nicht lange gewachsen. Als im Winter 1961/62 eine maximale Belastungsspitze von 142 MW erreicht wurde, waren vor allem bei geringer Wasserführung des Rheins die Leitungen vom Unterwerk Brislach nach der Stadt bis an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit ausgelastet. Die Erstellung neuer Übertragungsleitungen wurde dringendes Gebot. Der Planung der Netzerweiterung musste die Annahme zu Grunde

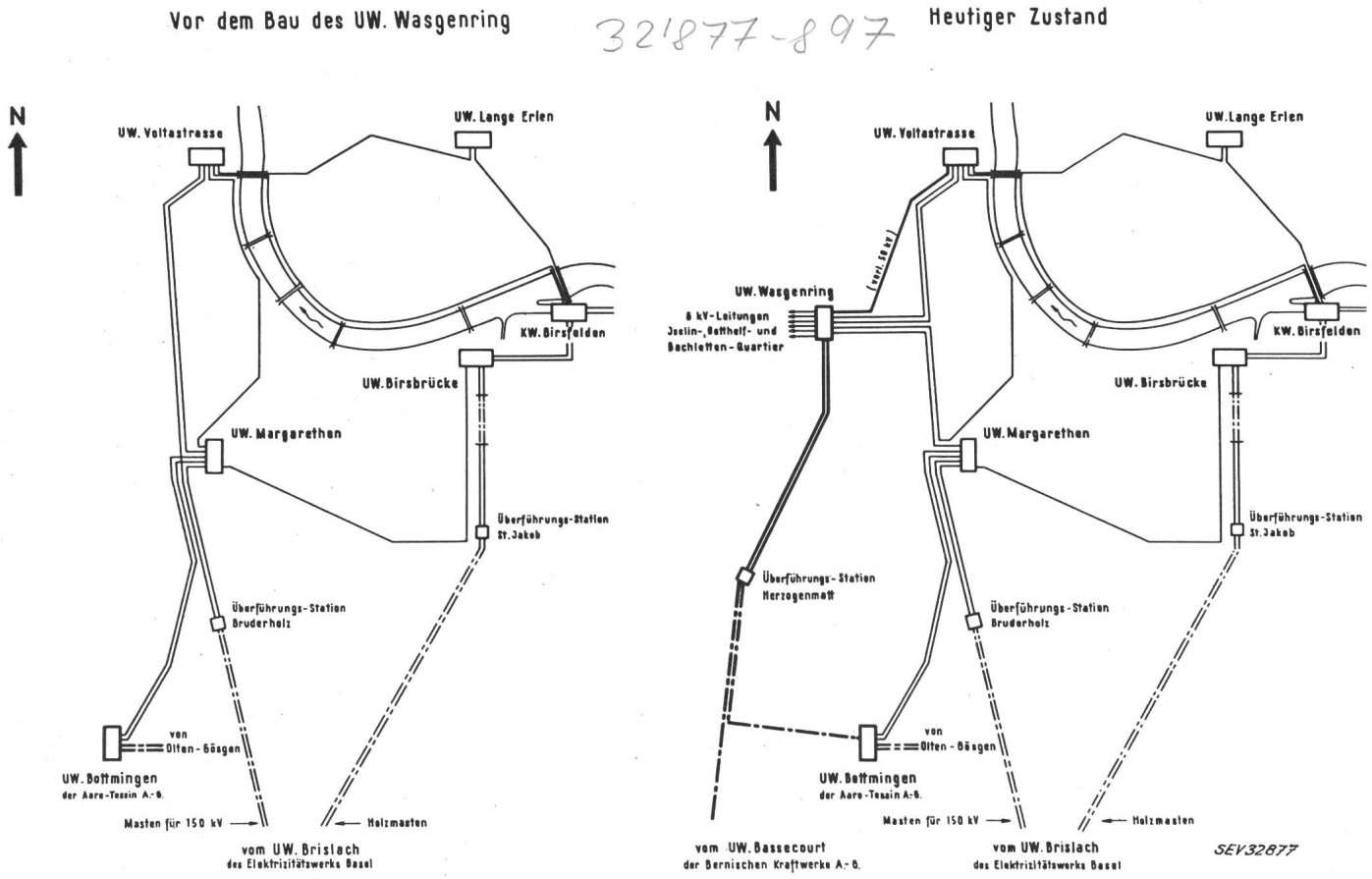


Fig. 1

Einordnung des 150/50/6-kV-Unterwerkes in das vorhandene 50-kV-Netz

Die 150/6-kV-Transformierung dient der Versorgung des westlichen Stadtteils Basels

——— Kabelleitungen / —·—·— Freileitungen } 50 kV ——— Kabelleitungen / —·—·— Freileitungen } 150 kV

Fig. 2
Kiesgrube am Wasgenring
vor dem Bau des Unterwerkes

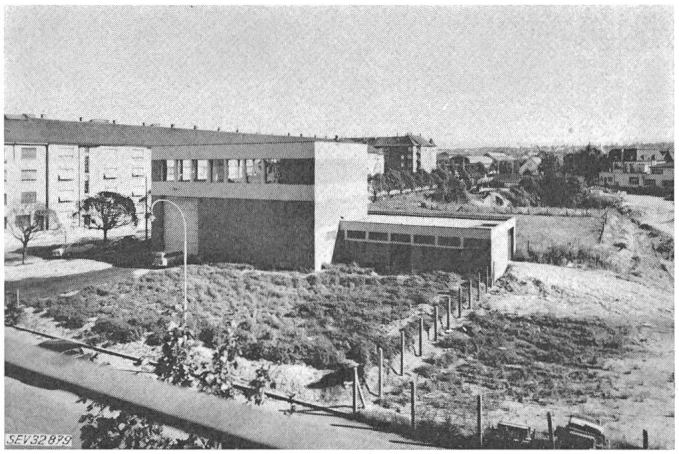


Fig. 3
Oberirdische Einfahrtshalle
mit dem 70-t-Kran und Nebenraum mit Kühlwasserbassin und Frischluftansaugöffnungen

gelegt werden, dass sich der Leistungsbedarf in den nächsten 15 Jahren etwa verdoppeln wird. Da die Übertragung einer solchen Leistung mit einer Betriebsspannung von 50 kV unwirtschaftlich würde, war der Übergang zu einer höheren Spannung angezeigt. Man entschied sich für 150 kV, weil sowohl im Unterwerk Brislach als auch im Unterwerk Bottmingen diese Spannung bereits vorhanden war und zudem die eine der beiden doppelsträngigen Leitungen ab Brislach in kluger Voraussicht schon vor dreissig Jahren mit für 150 kV bemessenen Gittermasten erstellt worden ist. Aus Gründen der Betriebssicherheit ist in einer ersten Bauetappe je eine neue 150-kV-Anschlussleitung an das Netz der ATEL nach Bottmingen und an das Netz der BKW nach der Station Bassecourt erstellt worden. Die Energie fliesst damit inskünftig aus diesen Netzen auf je zwei getrennten Transportwegen nach Basel. Später wird dann auch die Gittermastleitung von Brislach auf den Betrieb mit 150 kV umgestellt und an eine zwischen den Unterwerken Birsbrücke und Margarethen vorgesehenen neue 150/50/6-kV-Transformatorenstation angeschlossen werden.

Die Frage, wo die neuen 150-kV-Leitungen in der Stadt enden sollen, verursachte anfänglich viel Kopfzerbrechen. Je näher die Energie in der höchsten Spannung an das Verbrauchszentrum herangeführt werden kann, desto kleiner werden die Übertragungsverluste. Wo aber mitten in der Stadt einen Platz für eine Transformatorenstation finden,

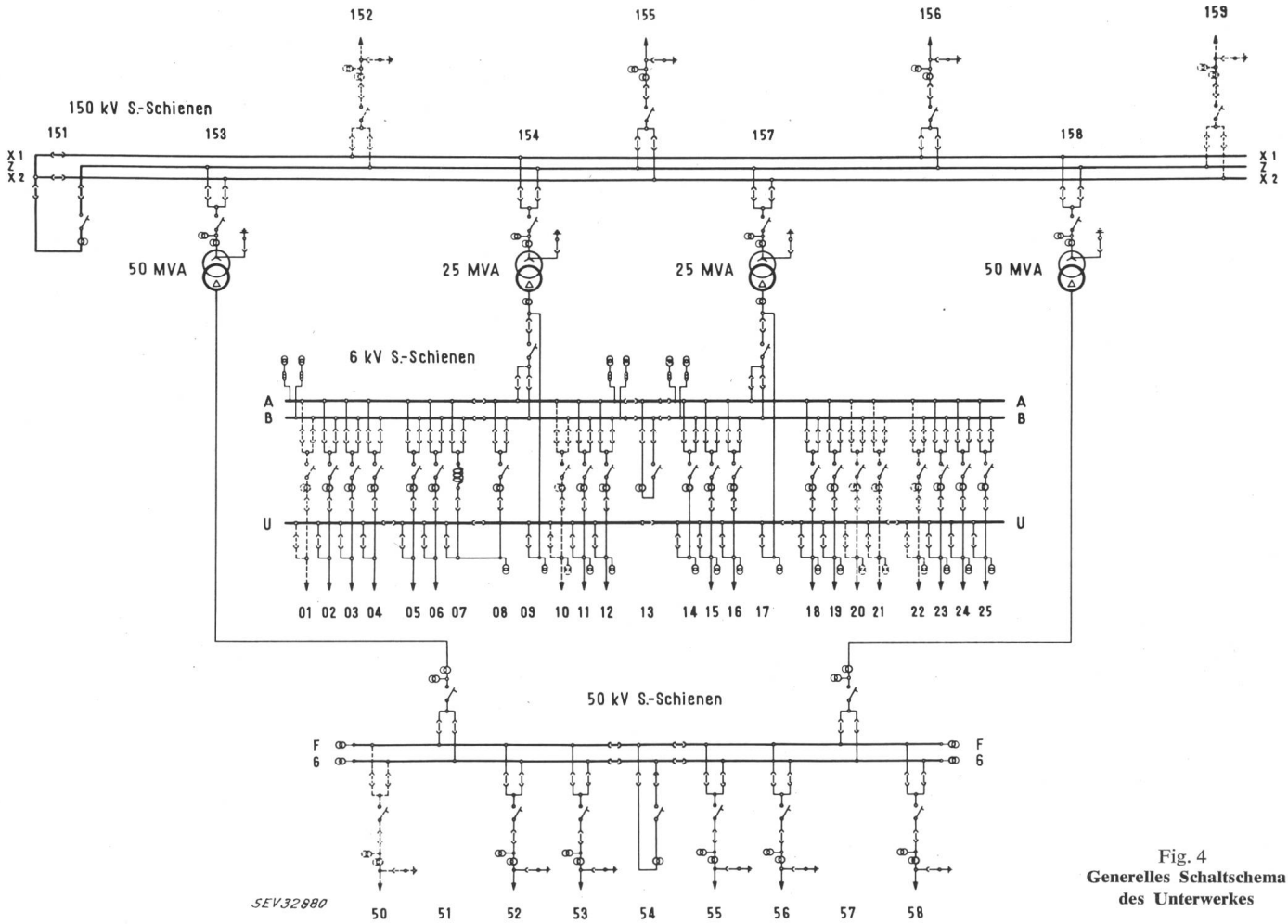


Fig. 4
Generelles Schaltschema des Unterwerkes

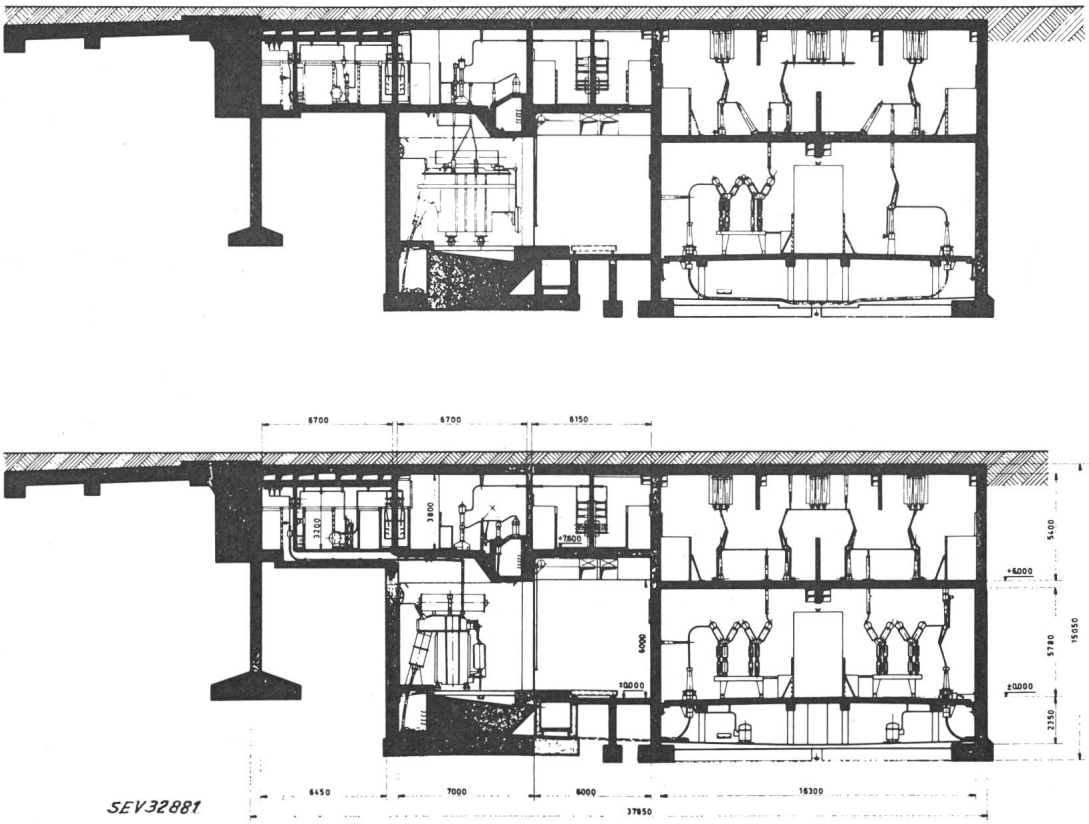


Fig. 5
Querschnitte durch das Unterwerk
oben: durch 150-kV-Kuppelfeld und 50-kV-Transformatorenfeld
unten: durch 150-kV-Leitungs- und Transformatorenfeld, sowie 50-kV-Leitungsfeld

in der möglichst viel Energie direkt in das 6-kV-Verteilnetz transformiert und gleichzeitig eine gute Verbindung mit dem 50-kV-Netz hergestellt werden kann? Eine Freiluftanlage fiel zum vornherein ausser Betracht. Aber auch das für eine oberirdische Innenraumanlage benötigte Gebäude wäre so gross geworden, dass es kaum an einer günstigen Stelle hätte gebaut werden können. Als Baugelände verblieb einzig die an der Kantonsgrenze, inmitten der Wohnhäuser der Stadt und der Vorortsgemeinde Allschwil liegende ehemalige Kiesgrube (Fig. 2). Ungefähr gleichweit von den bestehenden Unterwerken Voltastrasse und Margarethen, wie auch nicht sehr weit von zwei 50-kV-Kabelleitungen entfernt erfüllte sie die Voraussetzungen für die zweckmässige Eingliederung einer 150/50/6-kV-Transformatorenstation in die vorhandenen Anlagen sehr gut. Diese vorteilhafte Lage durfte nicht unausgenützt bleiben und so wurde nach einer mit dem vorhandenen Grubenvolumen auskommenden und damit finanziell tragbaren Lösung gesucht. Mittels isolierten 150- und 50-kV-Sammelschienen gelang es, das Unterwerksgebäude so klein zu halten, dass es ohne nennenswerten Aushub in der offenen Baugrube erstellt und nachher mit Erdreich eingedeckt werden konnte. Oberirdisch sichtbar blieben nur die für das Einfahren der Transformatoren und der Hochspannungsapparate erforderliche Kranhalle und ein kleiner Eingangsraum (Fig. 3). Diese mussten so klein als möglich gehalten werden, da das Areal in der Grünzone liegt, in der nur ausnahmsweise durch die öffentlichen Werke Hochbauten erstellt werden dürfen.

Ausbaugrösse und allgemeine Disposition

Das generelle Schema (Fig. 4) gibt Auskunft über den Umfang der drei Schaltanlagen und die installierte Transformatorenleistung des Unterwerks. Von den insgesamt neun Schaltfeldern der 150-kV-Anlage sind sieben ausgebaut; zwei Leitungsschaltfelder bleiben als Reserve. Die eine der beiden Sammelschienen ist U-förmig ausgebildet und in zwei Hälften unterteilt. Dies hat sich aus der zu einem Mittelgang gegenständigen Anordnung der Schalter ergeben. Zwei Einphasentransformatorengruppen von je 50 MVA verbinden die 150-kV- mit der 50-kV-Schaltanlage, die ebenfalls für neun Schaltfelder ausgelegt ist. Mit einer Ausnahme sind bereits alle Felder ausgebaut. Die 6-kV-Schaltanlage wird mit zwei Dreiphasentransformatoren zu je 25 MVA gespeist. Ausser den beiden dreigeteilten Sammelschienen weist diese Anlage eine Umleitschiene auf. Sechs der insgesamt neunzehn Leitungsschaltfelder werden im normalen Betrieb über eine Kurzschluss-Drosselspule gespeist. Damit wird die Kurzschlussleistung an den Sammelschienen von 600 MVA auf 300 MVA reduziert, was die Ausrüstung der an diese Felder angeschlossenen Netzstationen in der nächsten Umgebung des Unterwerks mit schwächeren und somit auch billigeren Apparaten ermöglicht. Die von den übrigen dreizehn Feldern abgehenden Kabel speisen Bezirksstationen, in denen der 6-kV-Verteilanlage ebenfalls Drosselspulen vorgeschaltet sind.

Die gegebene Tiefe und das Profil der Kiesgrube ausnützend wurden die Schalträume und die Transformatorenzellen, wie aus den Quer- und Längsschnitten (Fig. 5, 6, 7) hervorgeht, in zwei Geschossen angeordnet. Im Untergeschoss befinden sich die Transformatorenzellen und der 150-kV-Schalterraum, während im Obergeschoss der 150-kV-Sammelschienenraum, die 50- und die 6-kV-Schaltanlagen untergebracht sind. Die 6-kV-Schaltanlage ist in die ehemalige Böschung der Grube gelegt und auf gewachsenem Boden

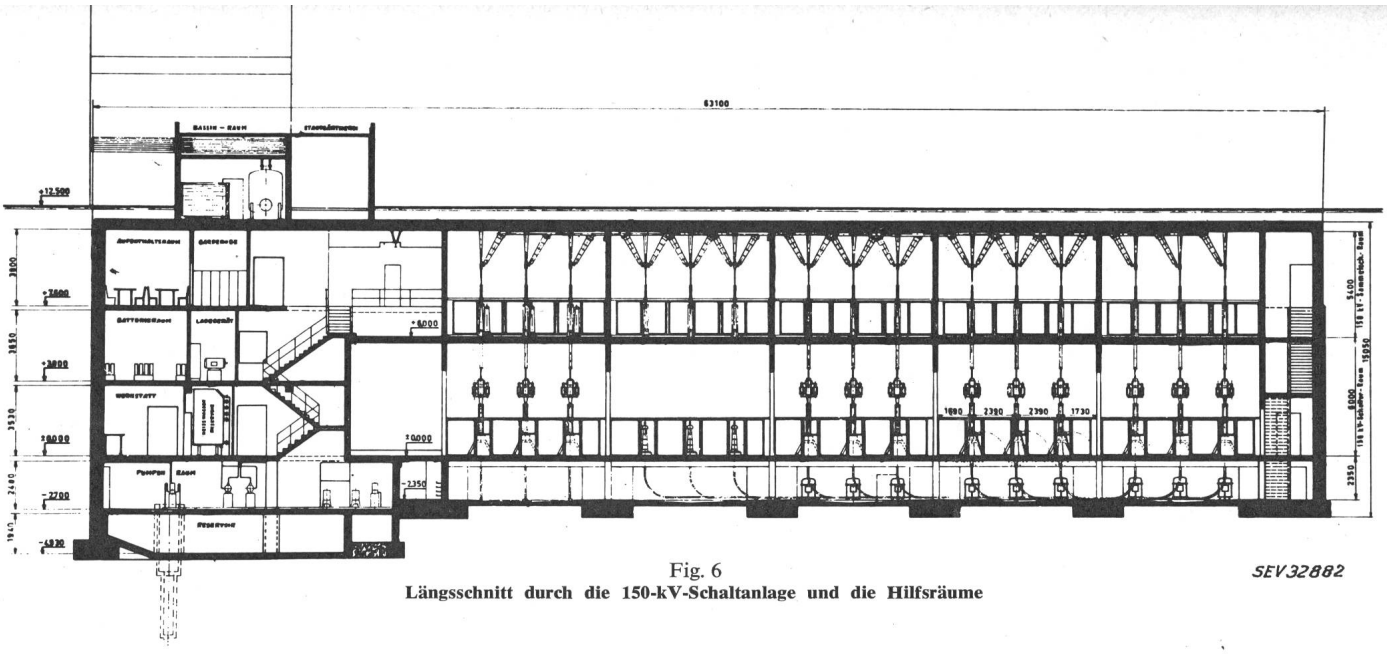


Fig. 6
Längsschnitt durch die 150-kV-Schaltanlage und die Hilfsräume

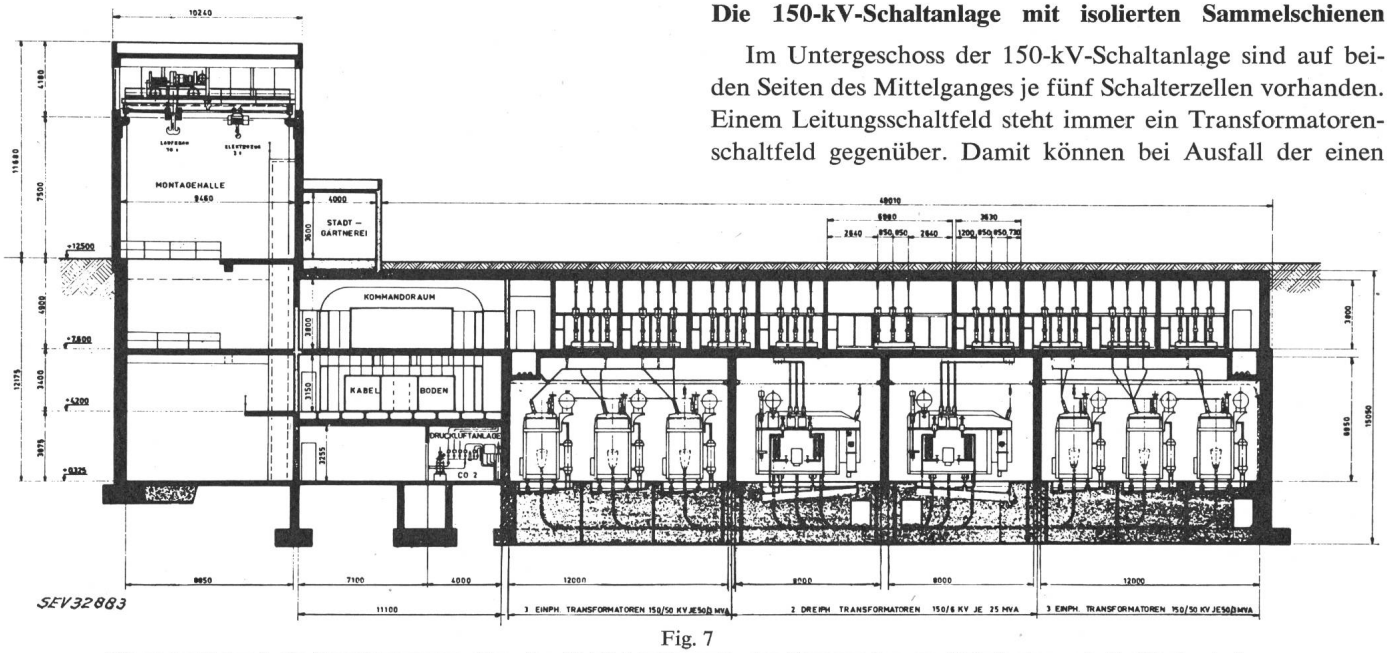
SEV32882

abgestützt worden. Die drei Schaltanlagen liegen der Reihe der Betriebsspannung nach parallel nebeneinander (Grundrisse Fig. 8, 9). Die einzelnen Schalträume sind beidseitig durch gut dichtende Stahltüren gegen Quergänge abgeschlossen. Dies erlaubt dem Betriebspersonal im Notfalle nach zwei Richtungen zu fliehen. Alle Hilfsräume sind im dreigeschossigen Kopfgebäude untergebracht. Der Kommandoraum ist mit Rücksicht auf kurze Bedienungswege und möglichst kurze Steuerleitungen ins Obergeschoss neben die 50-kV-Schaltanlage gelegt worden. Er ist von aussen durch das Haupttreppenhaus oder mit dem Lift rasch erreichbar. Auf gleicher Ebene befinden sich noch die Eigenbedarfstransformatorenstation mit dem Hilfsstromverteiltableau, ein Magazin, der Aufenthaltsraum mit einer Kochnische, sowie der Garderobe-, der Wasch-, der Douchen- und der Toilettenraum. Unter dem Kommandoraum liegt im Zwischengeschoss der Kabelboden mit den Relaisgestellen und den Fernsteuer- und Fernmeßschränken. In einem weiteren Raum im Untergeschoss unter dem Kabelboden sind die Druckluft- und die CO_2-Löschanlage eingerichtet. Durch ein zweites Treppenhaus sind die unter dem Aufenthaltsraum liegenden Räume, der Batterienraum im Zwischengeschoss, die Werkstatt im Untergeschoss und der Pumpen- und Wasserrückkühlerraum miteinander verbunden. An der tiefsten Stelle des Unterwerkes, rd. 17,50 m unter der Erdoberfläche, befindet sich unter dem Pumpenraum das Kühlwasserreservoir, das mit Grundwasser aus dem im Pumpenraum erstellten Grundwasserbrunnen gefüllt wird. Der schon seit vielen Jahren kontrollierte Grundwasserspiegel steigt höchstens bis rd. 3 m unter den Boden des Reservoirs an. Es besteht somit keine Überschwemmungsgefahr und das Unterwerk musste deshalb nach unten auch nicht besonders isoliert werden.

Die 150-kV-Einleiter-Ölkabelleitungen werden in der südöstlichen Ecke über den Ölexpansionsgefässraum ins Unterwerk ein- und der Aussenwand des südlichen Querganges entlang (Fig. 10) und durch den Kabelkeller zu ihren Schaltfeldern weitergeführt. Die 50-kV-Dreileiter-Ölkabel dagegen sind von ihren beiden Einführungsschächten in mit Platten abgedeckte Kanäle in den Quergängen und den begehbaren Tunnel unter dem 50-kV-Schalterraum gelegt. Durch die gleichen Einführungsschächte, sowie einen weiteren dritten werden auch die 6-kV-Massekabel ihren Endverschlüssen über dem Kabelverteilkanal im Umleitschienenraum zugeführt.

Die 150-kV-Schaltanlage mit isolierten Sammelschienen

Im Untergeschoss der 150-kV-Schaltanlage sind auf beiden Seiten des Mittelganges je fünf Schalterzellen vorhanden. Einem Leitungsschaltfeld steht immer ein Transformatorenschaltfeld gegenüber. Damit können bei Ausfall der einen



SEV32883

Fig. 7
Längsschnitt durch die Transformatorenzellen, den 50-kV-Schalterraum, den Kommandoraum, Kabelboden und die Montagehalle

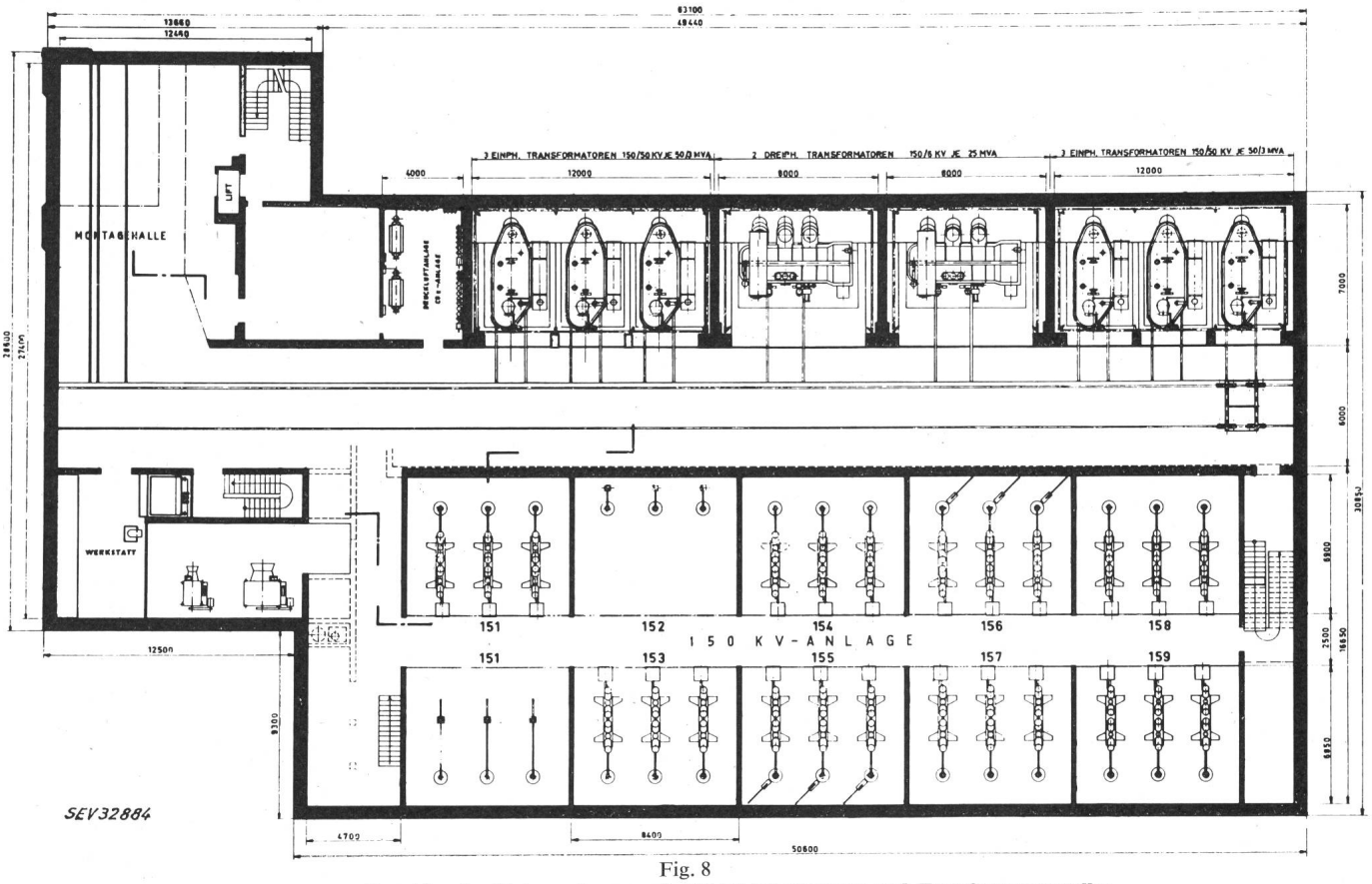


Fig. 8
Grundriss des Untergeschosses mit 150-kV-Schalterraum und Transformatorenzellen

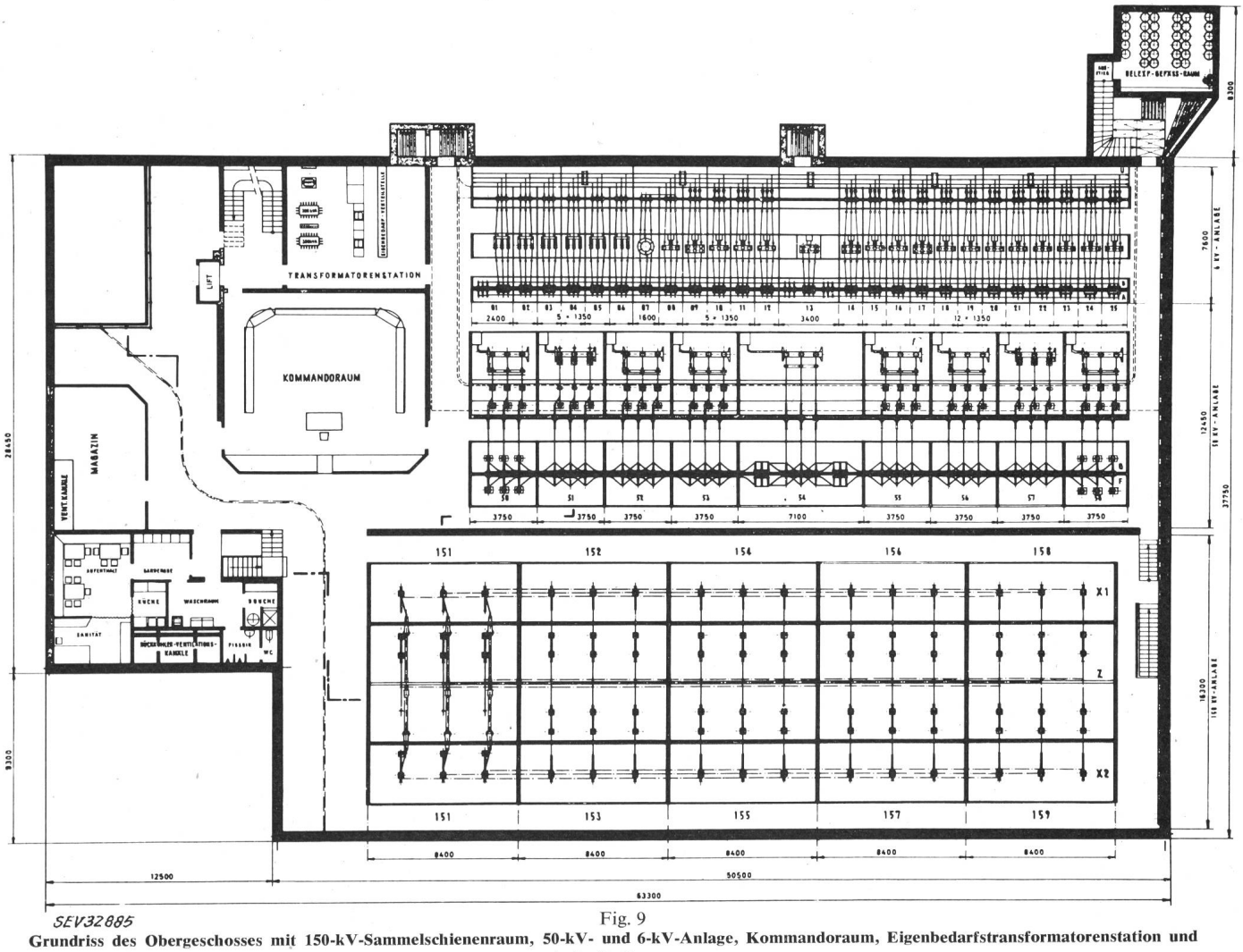


Fig. 9
Grundriss des Obergeschosses mit 150-kV-Sammelschienenraum, 50-kV- und 6-kV-Anlage, Kommandoraum, Eigenbedarfstransformatorenstation und Aufenthaltsraum

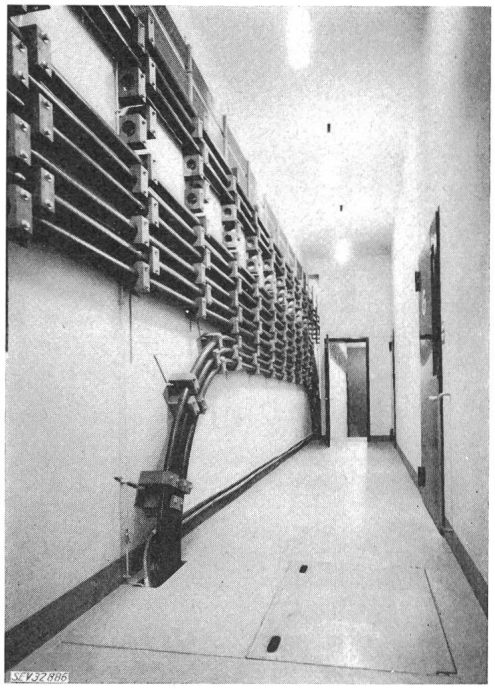


Fig. 10
Führung der 150-kV-Kabelleitungen
längs der Aussenwand im südlichen Quergang des Obergeschosses

Sammelschiene oder einer Hälfte der zweiten immer noch zwei, den Verbindungen mit dem ATEL- und dem BKW-Netz entsprechende Betriebe mit je einer Leitung, einem 150/50-kV- und einem 150/6-kV-Transformator geführt werden. Die Kupplung beansprucht zwei einander gegenüberliegende Zellen. Ausser den Schaltern sind in den Zellen noch die Kabelendverschlüsse und in den Leitungsfeldern die Leitungstrenner sowie die Erdungstrenner untergebracht (Fig. 11). An der Decke befestigt verbinden die Leitungstrenner die Schalter direkt mit dem Kabelendverschluss. Diese Trenner sind eigens für diese Anlage entwickelt worden. Sie schliessen die Trennstrecke mit einem einfachen Kniegelenkmechanismus, der auf einem Porzellanstützer montiert ist und über Isolierstangen mit Druckluft angetrieben wird. Da der Sternpunkt der Transformatoren direkt geerdet ist, wurde der Stützer nur für reduzierte Isolation, d. h. für eine 50-Hz-Prüfspannung von effektiv 275 kV und für eine Stosshaltespannung von 650 kV (Scheitelwert) bemessen. Die Erdungstrenner bestehen aus einem mit Druckluft schwenkbaren, den Kunststoffisolator des Kabelendverschlusses überbrückenden Stahlrohr. In den Schalterzellen für die Transformatoren fehlen sowohl die Leitungs- als auch die Erdungstrenner.

Bei dieser Anordnung der Apparate in der Schalterzelle konnten mit dem ölarmen Mehrfachunterbrechungsschalter des Typs HPF 512 von Sprecher & Schuh die kleinsten Zellenabmessungen erzielt werden. Mit einem Phasenabstand der einpoligen Schalter von 2,39 m und Mindestabstand der spannungführenden Teile gegen Erde von 1,35 m ergab sich eine lichte Zellenbreite von 8,20 m und eine lichte Zellenhöhe von 5,78 m. Die Zellenteilung beträgt, da die Trennwände 0,20 m stark sind, 8,40 m und die Zellentiefe 6,90 m. Diese kleinen Zellenmasse sind jedoch nur durch die Verwendung von entsprechenden Messwandlern möglich geworden. Die Leitungsspannung und die primäre Transformatorenspannung werden kapazitiv gemessen. Die Kabel sind dazu mit einem Messbelag unter dem Bleimantel versehen und der Sekundärteil der Wandler konnte dadurch offen in den Kabelkeller unter den Schalterzellen aufgestellt werden. Als Stromwandler sind Kabelwandler gewählt worden, die an der Kellerdecke unmittelbar vor den Kabelendverschlüssen aufgehängt sind.

Im Obergeschoss die Sammelschienen in einem Raum mit gleich grosser Grundfläche wie der Schalterraum unterzubringen, war nur durch die Verwendung isolierter Schienen möglich. Für eine Betriebsspannung von 150 kV waren solche Schienen bisher jedoch noch unbekannt, sie mussten zuerst entwickelt werden. Als Ausgangspunkte für ihre Gestaltung waren die für diese Spannung seit vielen Jahren bewährten Ölkabel und die Hartpapierwanddurchführungen am naheliegendsten. Die Verwendung von kurzen Kabelstücken mit gewöhnlichen Endverschlüssen hätte grössere Raumhöhe ergeben und zudem wäre die Montage des biegsamen Kabels mit den schweren Endstücken an der Decke sehr umständlich gewesen. Um beide Nachteile zu eliminieren ist das Kabel durch einen ölpapierisolierten Rohrleiter in einem Mantelrohr aus Aluminium ersetzt worden. Von einer Wanddurchführung aus Hartpapier oder einem anderen trockenen Isolationsmaterial ausgehend lässt sich durch Ausdehnung des Flansches zu einem Mantelrohr und Abbiegen der kondensatorgesteuerten Enden nach unten ebenfalls eine isolierte Schiene ausbilden. Ihr grosser Vorteil wäre die elegante, einfachere Form und das Fehlen von Isolieröl, das bei Undichtheiten die Anlage verschmiert. Sehr schwierig ist jedoch die porenfreie Herstellung der Isolation an derart langen und zudem gekrümmten Schienen.

Um Aufschluss über das Verhalten unter den im Betrieb zu erwartenden Spannungs- und Strombeanspruchungen zu erhalten, sind nach beiden Arten isolierte Probeschienen hergestellt und in der Versuchsstation der FKH in Däniken strengen Prüfungen unterzogen worden. Nach Spannungsprüfungen mit effektiv 275 kV, 50 Hz, und ± 650 kV Stossspannung (Scheitelwert) sowie Stromstossbeanspruchungen

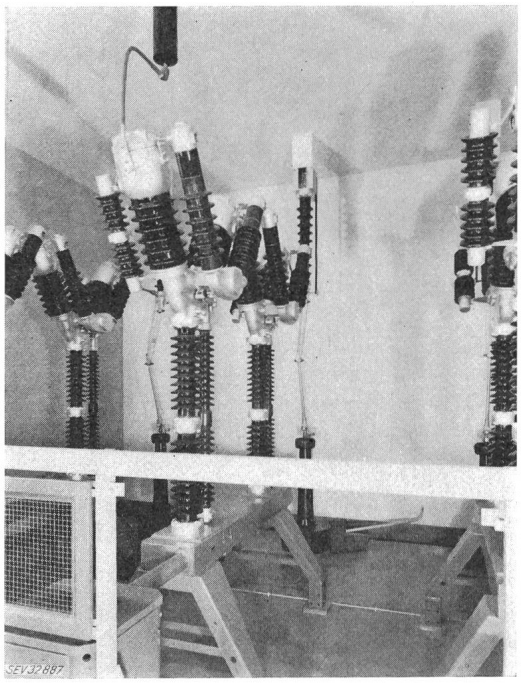


Fig. 11
150-kV-Schalterzelle eines Leitungsschaltfeldes
Über dem Kabelendverschluss an der Decke der Leitungstrenner und am Boden der Erdungstrenner

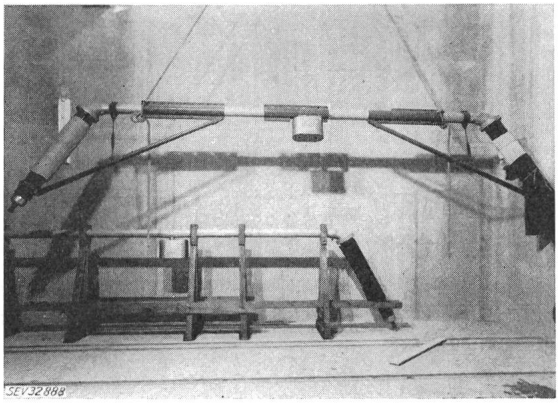


Fig. 12
Isolierte 150-kV-Sammelschienenstücke
in Holzgestell für den Transport und mit Versteifungsbriden für die Montage

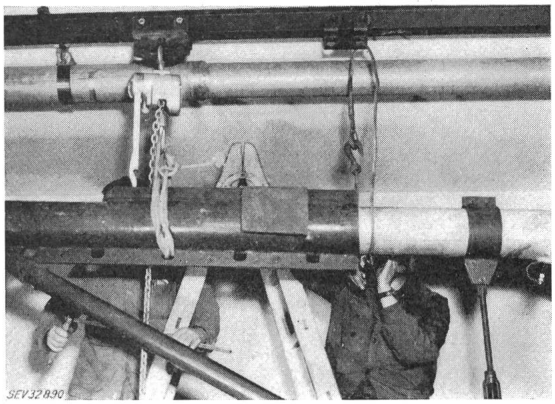


Fig. 14
Umhängen der Sammelschienen an zwei weitere Rollbügel
zur Entfernung der Versteifungsbriden und der Kettenzüge

bis zu rd. 22,5 kA (Effektivwert) während 4 s wurden die Schienen einem Dauerversuch im Klimatank unterzogen. Sie wurden dabei während mehreren Wochen unter einer Spannung von 120 kV, d. h. 1,4fache Nennspannung ($150/\sqrt{3}$ kV) bzw. 1,2fache max. zulässige Betriebsspannung ($170/\sqrt{3}$ kV), und gleichzeitiger Strombelastung von 1000 A gehalten. Die Umgebungstemperatur der Schienen im Tank wurde während den Wochentagen auf 35 °C einreguliert und jeweils über das Wochenende auf 10 °C gesenkt. Zur Kontrolle wurden die Verluste täglich mehrmals gemessen. Diese an mehreren Schienen beider Isolationstypen durch-

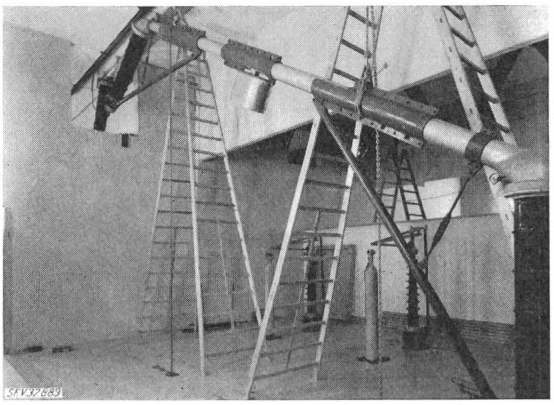


Fig. 13
Montage der Sammelschienen
Mit zwei in Rollbügeln eingehängten Kettenzügen werden die Sammelschienenstücke an der an der Decke montierten Hilfsschiene hochgezogen und in schräger Lage durch die Öffnung in der Zellentrennwand geschoben

geführten Versuche bestätigen das von Kabeln und Stromwandlern bereits bekannte Dauerverhalten der Ölpapierisolation und führten zur Erkenntnis, dass mit der Verwendung von ölpapierisolierten Schienen weitaus kleinere Risiken eingegangen werden als mit trockenisolierten Schienen.

Die von E. Haefely & Cie. für diese Anlage entwickelten Sammelschienen sind mit Ölpapier isoliert. Ihre technischen Daten sind:

Höchstzulässige Betriebsspannung	170 kV
Prüfspannung (Effektivwert) 50 Hz, 1 min . . .	275 kV
Stosshaltespannung (Scheitelwert) 1|50 µs . . .	± 650 kV
Nennstrom	800 A
max. Betriebsstrom	1000 A
max. Kurzschlußstrom, 1 s	22 kA

Die Form der einzelnen Schienen ist aus Fig. 12 ersichtlich. Die Länge über die Anschlussbolzen beträgt 8,02 m und die Höhe vom Bolzen zum Mantelrohr 1,68 m. Die Enddurchführungen sind um 62° nach unten abgebogen. Der Mantel des geraden Schienenteils besteht aus zwei Aluminiumrohren mit verschiedenen Durchmessern, damit sie bei der Umwicklung des Leiters in den Knickstellen mit dem Isolierpapier übereinander geschoben werden können. Sie wurden nachher in der Mitte zusammen und an ihren Enden an die gegossenen Flanschenstücke geschweisst. Über die gesteuerten Enddurchführungen werden Porzellanüberwürfe gesteckt. Die ganze Umhüllung der Schiene ist vakuumdicht ausgeführt, was die Imprägnierung der Isolation mit Öl in der Hülle selbst ermöglicht. Jede Sammelschiene hat ihr eigenes Ölexpansionsgefäss und eine Anschlussklemme an den unter dem Mantelrohr um die Papierisolation gewickelten Erdbelag, womit die dielektrischen Verluste der Isolation jederzeit kontrolliert werden können. Der Verlustfaktor tg δ beträgt 2,3...2,5 ‰ und ändert mit der Temperatur von 0...50 °C wie auch mit der Spannung von 50... 150 kV nur wenig. Die Schienen sind bis zur höchstzulässigen Betriebsspannung von $170/\sqrt{3}$ kV glimmfrei. Grösste Sorgfalt ist für den Transport und die Montage der rd. 500 kg schweren Schienen aufgewendet worden. Um ihre Schweißstellen und Porzellanüberwürfe vor Überbeanspruchungen zu schützen wurden sie in Holzgestellen eingespannt ins Unterwerk überführt und dann mit Briden und Streben versteift. Mit Hilfe einer Montageschiene und an Rollbügeln eingehängten Kettenzügen konnten sie leicht durch die Öffnungen in den Zellentrennwänden geschoben (Fig. 13) und an die Decke hochgezogen werden. Zur Entfenung der Versteifungen wurden sie dann an weitere Rollbügel umgehängt (Fig. 14), mit Spindeln in die genaue Lage gedrückt und dort an einbetonierten Schienen angebridet (Fig. 15). Die Anschlussbolzen der Schienen sind mittels kurzen Seilstükken mit den an Araldit stützern befestigten Gegenkontakten der Trenner flexibel verbunden. Beim Schliessen der Trenner auftretende Schläge werden dadurch allein vom Stützer aufgefangen und nicht auf die Sammelschienen übertragen. Die Gefahr, dass diese im Laufe der Zeit zufolge von Erschütterungen undicht werden, ist damit ausgeschlossen.

Wie einfach die Installation im Sammelschienenraum durch die Verwendung dieser isolierten Schienen ausgefallen ist und welche kurze, leicht und rasch montierte Verbindungen sich ergeben haben, ist aus Fig. 16 gut ersichtlich. Sie zeigt einen Blick in das Kuppelfeld mit den Enden der Sammelschienen und der ebenfalls isoliert ausgeführten Verbindung der beiden äusseren Sammelschienenhälften.

Fig. 15
Mittels Spindeln werden die Sammelschienen in die richtige Lage an der Decke gehoben

Die 50-kV-Schaltanlage

Auch diese Anlage konnte dank der Isolierung der Sammelschienen auf engsten Raum zusammengedrängt werden. Auf gleichem Boden liegen über den Transformatorenzellen und dem Transformatorengang der Schalter- und der Sammelschienenraum parallel nebeneinander. Die zwei Transformatoren- und die fünf Leitungsschaltfelder mit der Zellenteilung von 3,75 m und das Kupplungsfeld mit der Teilung von 7,10 m beanspruchen zusammen eine Länge von 37,10 m. Die Tiefe beider Räume mit ihren drei Bedienungsgängen beträgt 12,40 m und ihre lichte Höhe 3,80 m. Die gesamte 50-kV-Schaltanlage nimmt ein Volumen von nur rd. 1800 m³ ein.

Die Kabel werden durch den nach unten in die Transformatorenzellen und nach oben in den Schalterraum hineinragenden, begehbaren Tunnel zu den betreffenden Schaltfeldern geführt. An der Decke dieses Tunnels hangen unmittelbar vor den Endverschlüssen die Kabelstromwandler und auf der Decke stehen die Giessharz-Spannungswandler. Die Endverschlüsse tragen die Gegenkontakte der Leitungstrenner wie auch der Erdungstrenner (Fig. 17). Durch eine Wanddurchführung sind die Schalter mit den über den Sammelschienen angeordneten Drehtrennern verbunden. Die Sammelschienentrenner haben wie die 150-kV-Trenner einen Druckluftantrieb (Fig. 18).

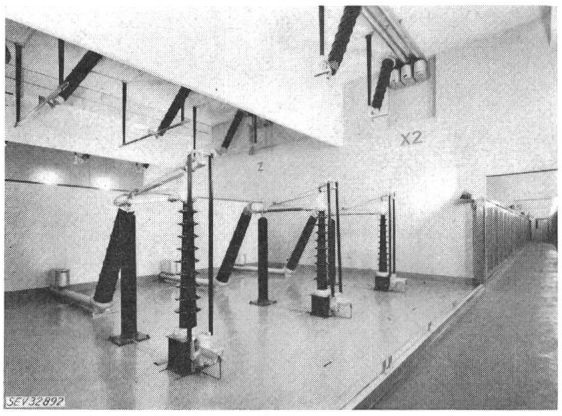


Fig. 16
150-kV-Kupplungsfeld mit den Enden der isolierten Sammelschienen an der Decke und ebenfalls isolierten Verbindungsschienen am Boden

Die trockenisolierten Sammelschienen sind an der Wand befestigt. Ihre gesteuerten Enden ragen horizontal in den Raum hinaus und werden durch die Verbindungen zu den Trennern gehalten. Die Isolation besteht aus dem von Moser-Glaser entwickelten Isolierstoff «Duresca B». Sein Verlustfaktor tg δ bei 50 Hz bleibt von 20...50 °C nahezu konstant

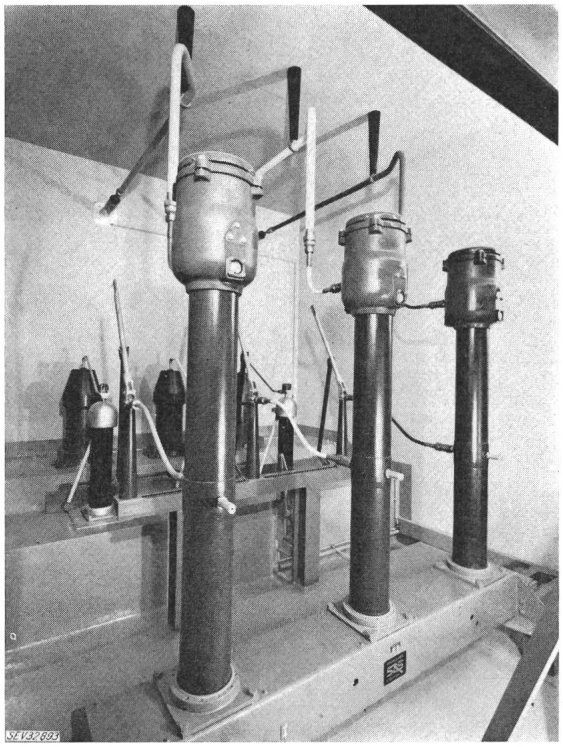


Fig. 17
Schalter, Leitungstrenner, Kabelendverschlüsse mit Erdungstrenner und Spannungswandler in der 50-kV-Schalterzelle

4 ‰ und steigt bei 90 °C auf 14 bis 16 ‰ an. Die Dielektrizitätskonstante bei 50 Hz nimmt von 20...90 °C ungefähr linear von 4...4,3 zu. Als Leiter ist eine runde Aluminiumstange von 45 mm Durchmesser verwendet worden. Der Aussendurchmesser ist über die ganze Schiene konstant und beträgt 76 mm. In der äussersten Giessharzschicht ist ein Erdbelag eingebettet, der an die Schutzerde der Anlage angeschlossen wurde. Die Schienen könnten damit ganz zusammengerückt werden. Zur Reduktion ihrer Beanspruchung durch die dynamischen Kräfte im Kurzschlussfall ist jedoch ein Phasenabstand von 18 cm eingehalten worden. Die Enden der Schienen sind untereinander und mit dem Trenneranschlussrohr durch Aluminiumbänder flexibel verbunden.

Die Sammelschienen sind für folgende Nenndaten bemessen:

Nennspannung (max. zulässige Betriebsspannung) .	52 kV
Nennstrom	1200 A
Prüfspannung (zwischen Leiter und Erde),	
50 Hz, 1 min	105 kV
Stoss 1|50 µs	± 250 kV
Kurzschlußstrom (Effektivwert)	30 kA

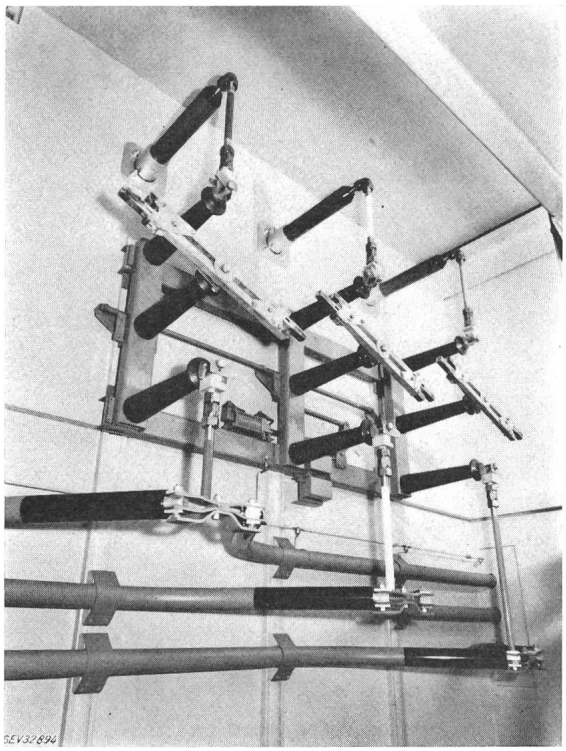


Fig. 18
Trockenisolierte 50-kV-Sammelschiene und darüber montierter Drehtrenner

Bei der Abnahme ist jede einzelne Sammelschiene noch einer Dauerprüfung mit einer Spannung von 52 kV, 50 Hz, zwischen Leiter und Erdbelag während 24 h unterzogen worden. Zur Kontrolle sind jeweils vor und nach dieser Prüfung tg δ, Kapazität und Ionisationsspannung bei 15, 30, 45 und 60 kV gemessen worden. Die Störspannungen der verschiedenen Schienen waren sehr unterschiedlich und

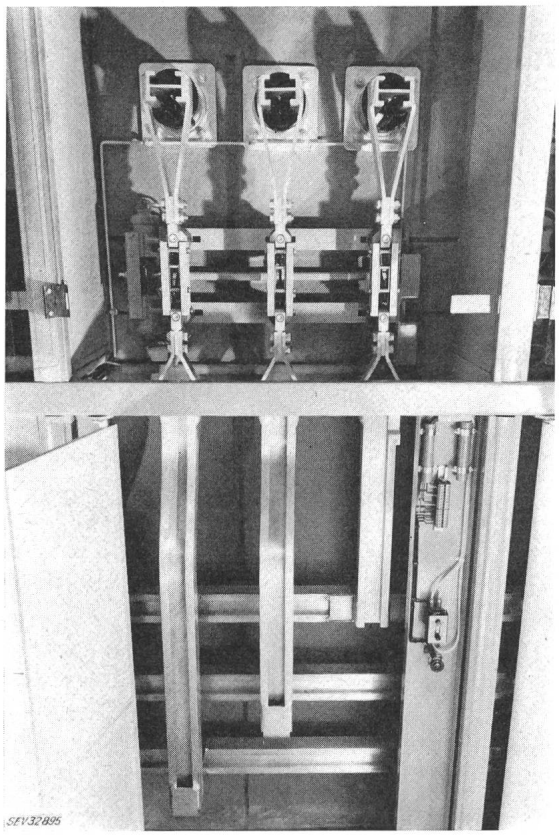


Fig. 19
6-kV-Sammelschiene
aus Doppel-T-Aluminiumprofilen und Anschluss eines 25-MVA-Transformators

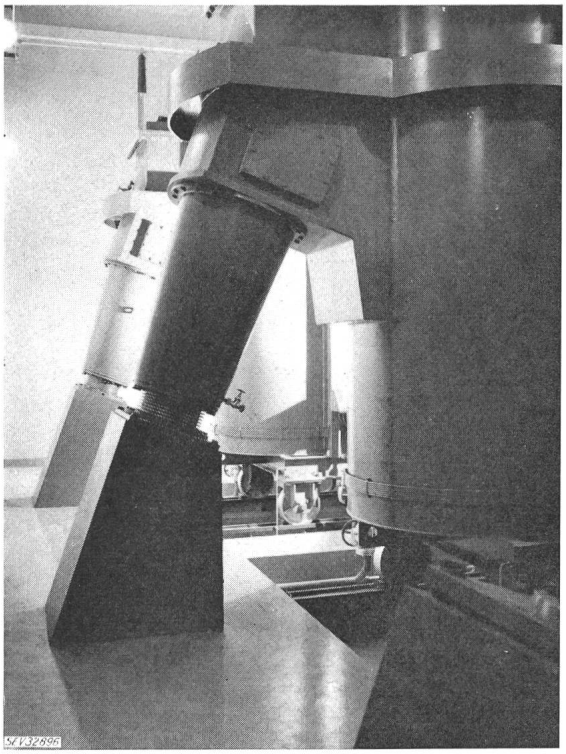


Fig. 20
150-kV-Kabelanschlüsse der 50-MVA-Einphasentransformatorgruppe 150/50 kV
Die Federrohre zwischen den Grundplatten der Kabelendverschlüsse und den Transformatorenkesseln verhindern die Übertragung von Vibrationen auf die Kabel und das Gebäude

variierten zwischen 10 und 110 µV bei 60 kV. Ob mit den höchsten Werten der Störspannung die zulässige Grenze bereits überschritten ist und sie sich auf die Lebensdauer der Schienen im normalen Betrieb auswirken werden, wird die Zukunft erst zeigen.

Die 6-kV-Schaltanlage

In dem in die Böschung der ehemaligen Kiesgrube hineingelegten Raum hat sich wie bei der 50-kV-Anlage die Entwicklung der Schaltfelder in horizontaler Richtung als günstigste und raumsparendste Lösung erwiesen. Die Sammelschienentrenner sind auch hier über den Sammelschienen angeordnet. Alle Schaltfelder sind durch Gipswände voneinander getrennt und gegen die Bedienungsgänge

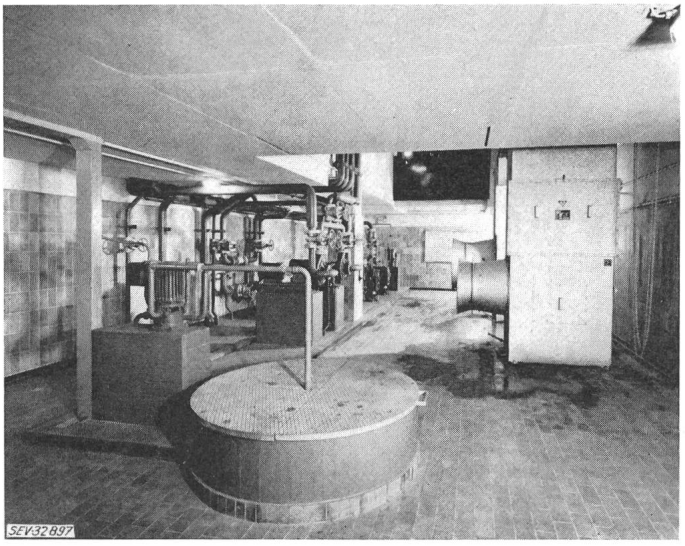


Fig. 21
Pumpen- und Wasserrückkühlerraum über dem Kühlwasserreservoir
Im Vordergrund der Grundwasserbrunnen

durch Blech- oder Glastüren gedeckt. Die Auswirkungen eines allfällig auftretenden Lichtbogens bleiben somit auf die betroffene Zelle beschränkt. Die Sammelschienen sind blank ausgeführt. Bei dieser Disposition der Schaltanlage hätte mit einer Isolierung der Sammelschienen keine die Mehrkosten rechtfertigende Raumeinsparung erzielt werden können. Als Besonderheit dieser Anlage ist die Verwendung von Aluminium als Leitermaterial zu erwähnen. Die für 2500-A-Nennstrom ausgelegten Sammelschienen, die Verbindungen in den Transformatorenschaltfeldern, im Hilfs- und im Kupplungsschaltfeld bestehen aus kräftigen Doppel-T-Profilen (Fig. 19). Die Leitungsschaltfelder sind mit H-Profilen ausgeführt. Diese Profile sind nicht auf Strombelastung sondern auf dynamische Festigkeit für 600 MVA Kurzschlussleistung d. h. für 140 kA (Scheitelwert) Kurzschlußstromstoss dimensioniert. Mit wesentlich leichteren Leitern als bei Verwendung von Kupfer wird so eine grosse Kurzschlussfestigkeit der Anlage erreicht. Aluminium hat zudem noch den Vorteil, dass sich unter der Einwirkung eines Lichtbogens auf den Isolationen kein Metall niederschlägt, wie dies bei Kupfer der Fall ist. Mühsame und zeitraubende Reinigungsarbeiten fallen damit nach Lichtbogenkurzschlüssen in der Anlage dahin. Die Aluminiumprofile sind an ihren Verbindungsstellen geschweisst. Für den Anschluss an die Apparate sind Flachaluminiumschienen und im Falle der Schalter aus vielen dünnen Aluminiumbändern bestehende, flexible Verbindungslaschen an die Profile angesetzt worden.

Die Transformatoren und ihre Kühlung

Die Hauptsorge bei der Gestaltung der Transformatorenzellen und der Aufstellung der Transformatoren darin war, eine Ausbreitung der unvermeidlichen Geräusche ins Freie und damit eine Belästigung der Bewohner der das Unterwerk umgebenden Wohnblöcke zu vermeiden. Von den Transformatorenfabrikanten wurde die Einhaltung der in den NEMA-Vorschriften enthaltenen Geräuschbestimmungen verlangt. Danach war ein Geräuschpegel von höchstens 77 db (früherer, bei der Bestellung noch gültiger Wert) sowohl für die Einphasen- als auch für die Dreiphasentransformatoren zulässig. Diese Werte konnten eingehalten werden. Damit keine Vibrationen auf das Betonmauerwerk des Gebäudes übertragen werden, ruhen die Transformatoren auf sehr schweren, vollständig frei auf gewachsenem Boden liegenden Fundamenten. Die Grundplatten der 150-kV-Kabelendverschlüsse sind durch Federrohre mit den Transformatorkesseln verbunden (Fig. 20). Schwere Rolladen schliessen die Zellen gegen den Transformatorengang ab. Auf eine Auskleidung der Zellenwände mit Schallschluckplatten konnte verzichtet werden, denn auch ohne diese ist ausserhalb des Unterwerks das Brummen der Transformatoren nicht zu hören.

Die Transformatoren werden mit Wasser gekühlt. Die Kühlart ist nicht nur in Bezug auf die Raumbeanspruchung durch die Kühler am günstigsten, sondern sie verursacht auch keine zusätzlichen Geräusche. Das Kühlwasser wird dem einige Meter unter dem Unterwerk fliessenden Grundwasser entnommen und in einem an der tiefsten Stelle des Unterwerks unter dem Pumpen- und Wasserrückkühlerraum (Fig. 21) liegenden Reservoir gespeichert. Mit Pumpen wird es in ein Bassin im oberirdischen, an die Einfahrtshalle angebauten Raum befördert und von dort den Transformatorenkühlern zugeleitet. Nach dem Austritt aus den Kühlern fliesst es durch einen Zwischenbehälter und durch zwei Wasserrückkühler wieder ins Reservoir zurück. Im Winter regulieren thermostatisch gesteuerte Motorventile die Durchflussmenge des Kühlwassers durch die Transformatorenkühler so, dass es aus diesen mit einer Temperatur von 50...55 °C austritt. Aus dem Zwischenbehälter wird dann dieses warme Wasser durch die Wärmeaustauscher der Zuluftventilatoren der Gebäudeventilationsanlage gepumpt und erst nachher durch die Wasserrückkühler wieder abgekühlt. Diese vermögen rd. 450 Lit./min von 45 auf 25 °C zu kühlen. Die Verluste aller Transformatoren zusammen, die von Leerlauf bis Vollast zwischen rd. 180 und rd. 880 kW schwanken, reichen aus, um auch im strengsten Winter im ganzen Unterwerk eine Temperatur von 17...18 °C aufrechtzuerhalten. Ein grosser Schnellheisswasserspeicher sichert die Einhaltung dieser Raumtemperatur auch im Falle, dass im Winter ein Teil der Transformatoren ausser Betrieb gesetzt werden müsste.

Steuerung und Hilfsbetriebe

Das Unterwerk wird vom Kommandoraum aus des rd. 2 km entfernten, dauernd bedienten Unterwerks Voltastrasse überwacht und ferngesteuert. Die Übertragung der Befehle und Rückmeldungen erfolgt über vier Adern eines werkeigenen Signalkabels. Für die Fernmessung wird ein weiteres, separates Aderpaar verwendet. Mit der ultrarapidzyklischen Fernmesseinrichtung können gleichzeitig acht Messwerte übertragen werden. Die Steuerquittungsschalter, das Blindschema und die Messinstrumente sind im Unterwerk Voltastrasse in einem Pult untergebracht. Für die örtliche Steuerung ist im Kommandoraum des Unterwerkes Wasgenring ein zweites, hier jedoch vertikales Steuertableau vorhanden. Auch von diesem Tableau aus werden die Steuerbefehle über die Fernsteuerapparatur gegeben. Eine gleichzeitige Steuerung von beiden Orten aus ist nicht möglich. Als Stromquelle ist sowohl auf der Sender- wie auf der Empfängerseite je eine 48-V-Gleichstrombatterie vorhanden.

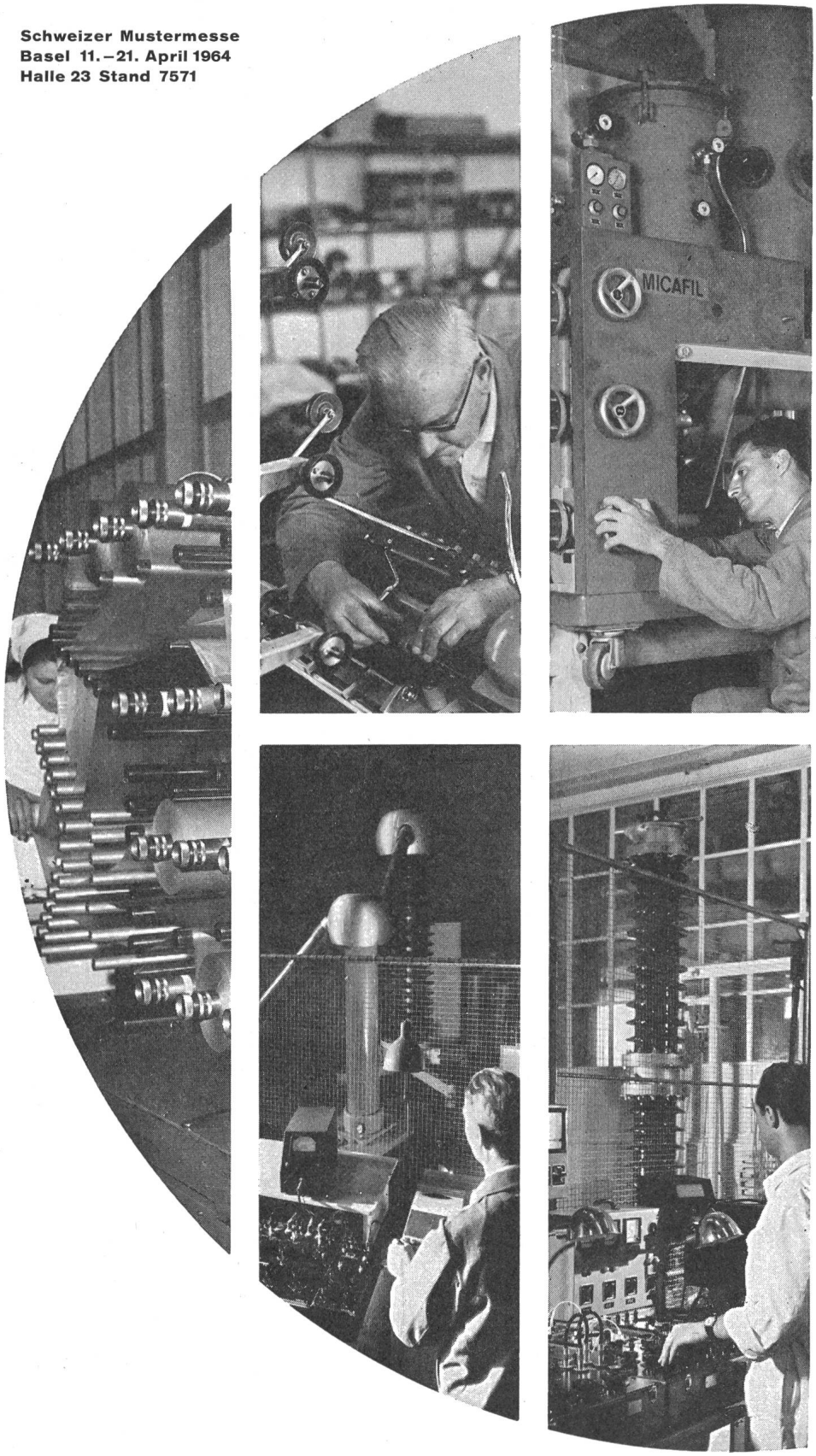
Die Hilfsbetriebe sind auf allgemein für solche Anlagen übliche Art und Weise eingerichtet. Eine 6300/380/220-V-Eigenbedarf-Transformatorenstation liefert im Normalbetrieb den für die Steuerung, die Motorantriebe und die Beleuchtung benötigten Wechselstrom. Diese Station wird primärseitig sowohl von der 6-kV-Sammelschiene des Unterwerkes selbst als auch aus dem 6-kV-Verteilnetz der Stadt gespeist. Bei Ausfall der Netzspannung steht eine 220-V-Notstrombatterie mit einer Kapazität von 500 Ah als Stromquelle zur Verfügung. Von ihr aus werden über einen 30-kW-Einankerumformer die für die Aufrechterhaltung des Betriebes des Unterwerkes wichtigen Stromkreise unter Wechselspannung gehalten. Durch Ladegeräte bleiben sowohl die 220-V-Batterie als auch die 48-V-Batterie für die Fernsteuerung unter Schwebeladung dauernd voll geladen.

Die für den Antrieb der Trenner benötigte Druckluft wird in zwei Kompressoranlagen erzeugt, von denen nur die eine arbeitet, die andere aber in Reserve bleibt. Alle Trennerantriebe arbeiten mit einem Überdruck von 14 bis 16 kg/cm². Das ganze Druckluft-Leitungsnetz ist in mehrere Abschnitte unterteilt, die einzeln gegen Leitungsbruch gesichert sind. Ein vollständiges Ausbleiben der Druckluft zufolge eines Rohrbruches ist damit verunmöglicht.

Fortsetzung auf Seite 353

Suite voir page 353

Schweizer Mustermesse
Basel 11.–21. April 1964
Halle 23 Stand 7571



Erfahrung und Verantwortung

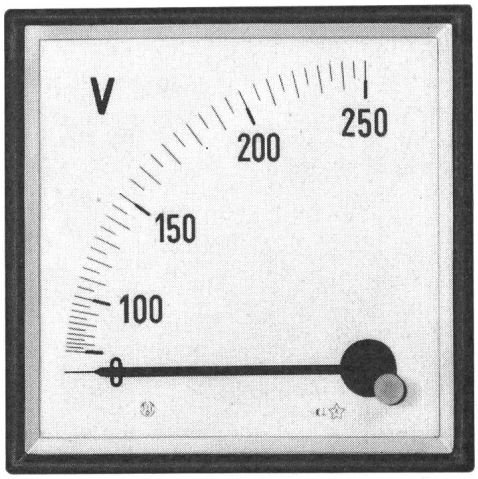
Diese zwei grundlegenden Forderungen werden heute an ein spezialisiertes Fabrikationsunternehmen gestellt. Verbunden mit jahrzehntelangen Erfahrungen wurde durch intensive Forschungen die Grundlage für Spitzenleistungen geschaffen. So erreichten viele Micafil-Produkte auf den Gebieten der Kondensatoren, Hochspannungsdurchführungen, Wickelmaschinen und der vakuumtechnischen Anlagen für die Elektroindustrie international führende Marktpositionen. – Auf die Bedürfnisse des Kunden ausgerichtete, zuverlässige Ingenieurarbeit, verbindliche Beratung, Serviceleistungen und Garantien sind Verpflichtungen, die wir uns auferlegen, um auch die zweite Forderung zu erfüllen: Übernahme der Verantwortung.

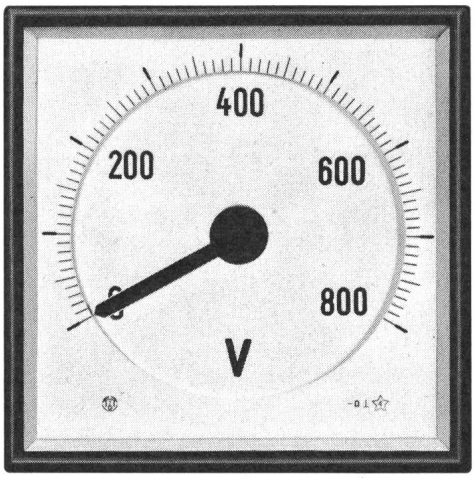
MICAFIL AG ZÜRICH

Neue Schalttafel-Instrumente

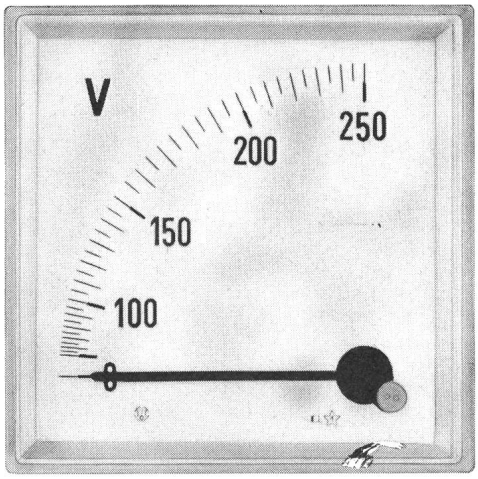
Das neue Gesicht moderner Messinstrumente:

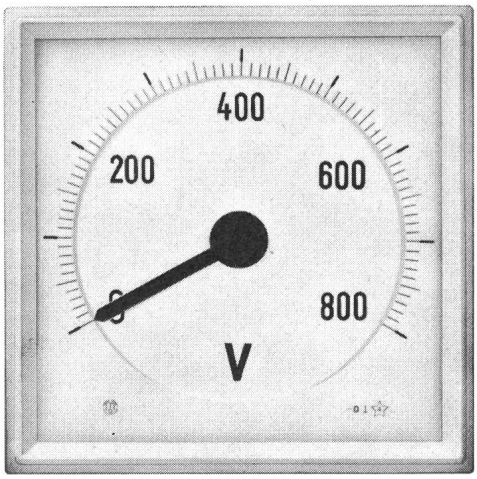
Schmalrahmen:





Vollsichtskala:





Vorteile:

- Klare, übersichtliche Skala
- Grössere Skalenlänge
- Keine störenden Skalenschrauben
- Einfache Schalttafelmontage
- Einfacher Klemmanschluss
- Stoss- und Rüttelsicherheit

Wir stellen aus an der Schweizer Mustermesse in Basel, 11.-21. April (Halle 24, Stand 8191)

TRÜB, TÄUBER & CO. AG. - ZÜRICH

Fabrik elektrischer Messinstrumente und wissenschaftlicher Apparate

Tel. 051 - 42 16 20 Ampèrestrasse 3