

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 34 (1943)  
**Heft:** 7  
  
**Artikel:** Das Unterwerk Neuwiesen des Elektrizitätswerkes der Stadt Winterthur  
**Autor:** Werdenberg, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1061725>

### **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:** 16.02.2026

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

lusten absehen wollen. Will man solche Verluste nicht ganz vernachlässigen, so sind sie den lokalen Belastungen der beiden Gruppen zuzuzählen. Die beiden linearen Gleichungen

$$f + K_1 E = f_0 + K_1 E_0$$

$$f - K_2 E = f_0 - K_2 E_0$$

führen durch Subtraktion auf

$$E (K_1 + K_2) = E_0 (K_1 + K_2)$$

d. h. auf

$$E = E_0$$

und daher auch auf

$$f = f_0$$

Es liegt also eine gleichzeitige Frequenz- und Exportregelung vor.

Ein analoges Resultat kann auch für drei Kraftwerksgruppen noch ohne langwierige Rechnungen ermittelt werden. Mit

$$E_3 = -E_2 - E_1$$

lauten die Gleichungen

$$f + K_1 E_1 = f_0 + K_1 E_{10} = A$$

$$f + K_2 E_2 = f_0 + K_2 E_{20} = B$$

$$f - K_3 E_1 - K_3 E_2 = f_0 - K_3 (E_{10} + E_{20}) = C$$

Dabei sind  $E_{10}$  bzw.  $E_{20}$  die Programmwerte von  $E_1$  bzw.  $E_2$ . Um diese Gleichungen mittels der Cramerschen Regel nach  $f$  aufzulösen, brauchen wir die Determinanten

$$D_1 = \begin{vmatrix} 1 & K_1 & 0 \\ 1 & 0 & K_2 \\ 1 - K_3 & -K_3 & -K_2 \end{vmatrix} = K_1 K_2 + K_1 K_3 + K_2 K_3$$

und

$$D_2 = \begin{vmatrix} A & K_1 & 0 \\ B & 0 & K_2 \\ C - K_3 & -K_3 & -K_2 \end{vmatrix} = A K_2 K_3 + B K_1 K_3 + C K_1 K_2$$

Da alle  $K$  positiv sind, ist sicher  $D_1 > 0$ . Aber auch

$D_2$  wird in praktischen Fällen  $> 0$  sein, da  $KE_0$  immer  $< f_0$  ist, so dass  $A, B$  und  $C$  alle  $> 0$ . Man findet nun leicht

$$f = \frac{D_2}{D_1} = f_0$$

Infolgedessen wird dann auch

$$E_1 = E_{10}; \quad E_2 = E_{20}$$

Um nun  $f = f_0$  für eine beliebige Anzahl Kraftwerksgruppen zu beweisen, genügt es, nach dem Grundsatz der vollständigen Induktion, zu zeigen, dass der Satz für  $n + 1$  Gruppen richtig ist, wenn er für  $n$  Gruppen zutrifft.

Man betrachte zu diesem Zwecke die  $n$  Gruppen als eine einzige, was möglich ist, da sie nach Voraussetzung auf gleiche Frequenz regeln und Werte der ihnen vorgeschriebenen Exporte unter der Bedingung  $\sum E = 0$  einhalten. Wird nun dieser Komplex durch eine einzige Leitung mit der  $(n + 1)$ ten Gruppe verbunden, so kann man diese gegenüber dem Komplex der  $n$  Gruppen als zweite betrachten. Auf Grund des oben Gezeigten steht dann fest, dass auch die  $(n + 1)$ te Gruppe auf die vorgeschriebene Frequenz und daher auch auf den vorgeschriebenen Leistungsaustausch zwischen dem Komplex der  $n$  Gruppen einerseits und der  $(n + 1)$ ten Gruppe andererseits regelt. Es bereitet nun keine Schwierigkeit, im einzelnen Falle zu beurteilen, ob das Netzbild den gemachten Voraussetzungen entspricht. Beim Schienensystem, bei dem alle Gruppen an einer gemeinsamen Sammelschiene hängen, trifft dies von selbst stets zu, denn es gibt für jede Gruppe grundsätzlich nur eine einzige Exportleitung. Wären mehrere vorhanden, so müssten sie als eine einzige betrachtet werden und es wäre die Summe ihrer Exporte zu messen. Aber auch beim Ringsystem bleibt der angestellte Gedankengang richtig, indem man den Induktionsbeweis in derselben Reihenfolge auf die einzelnen Kraftwerksgruppen ausdehnt, in der sie im Leitungsringe aufeinander folgen.

## Das Unterwerk Neuwiesen des Elektrizitätswerkes der Stadt Winterthur

Von W. Werdenberg, Winterthur

621.316.262(494)

Der Verfasser erklärt die Gründe, die zum Bau des Unterwerkes Neuwiesen und zur Wahl seines Standortes führten. Es wird der Anschluss an die bestehenden Unterwerke Schöntal und Mattenbach durch eine 45-kV-Ringleitung beschrieben. Die Verlegung der 45-kV-Einleiter-Kabel und ihr Schutz sowie die Verwendung von Aluminium und Holz in den Schaltanlagen führten zu interessanten Lösungen, die in der Beschreibung des neuen Unterwerkes behandelt werden.

Raisons qui motivèrent la construction de la sous-station de Neuwiesen et le choix de l'emplacement. Description du raccordement aux sous-stations de Schöntal et de Mattenbach par une ligne circulaire à 45 kV. La pose des câbles à un conducteur pour 45 kV et leur protection, ainsi que l'emploi d'aluminium et de bois dans les installations de couplage, ont donné lieu à d'intéressantes solutions, qui sont indiquées dans la description de la nouvelle sous-station.

### 1. Aufgabe des UW Neuwiesen

Die Stadt Winterthur bezieht die elektrische Energie in 45 kV aus dem Netz der NOK/EKZ. Die Energie wird in 3 kV an die Transformatorstationen und an die Grossverbraucher verteilt. Bisher wurde die Spannung nur an 2 Stellen, näm-

lich im UW Schöntal<sup>1)</sup> und im UW Mattenbach von 45 kV auf 3 kV transformiert. Entsprechend diesen zwei Unterwerken war das 3-kV-Verteilnetz bisher ebenfalls nur in 2 getrennte Betriebe auf-

<sup>1)</sup> Früher UW Winterthur, siehe Bull. SEV 1937, Nr. 18, S. 417.

geteilt. Fig. 1 zeigt das Versorgungsgebiet der Stadt Winterthur mit den Hauptbelastungsgebieten, aber ohne die Grossabnehmer, die die Energie direkt von den Unterwerken über besondere Leitungen beziehen.

um bei Störungen grössere Teile des einen Betriebs-sektors an den andern zu hängen. Auch die Hauptleitungen des 3-kV-Verteilnetzes waren derart bemessen, dass sie in wenigen Jahren für den normalen Leistungszuwachs nicht mehr genügt hätten. Fig. 2

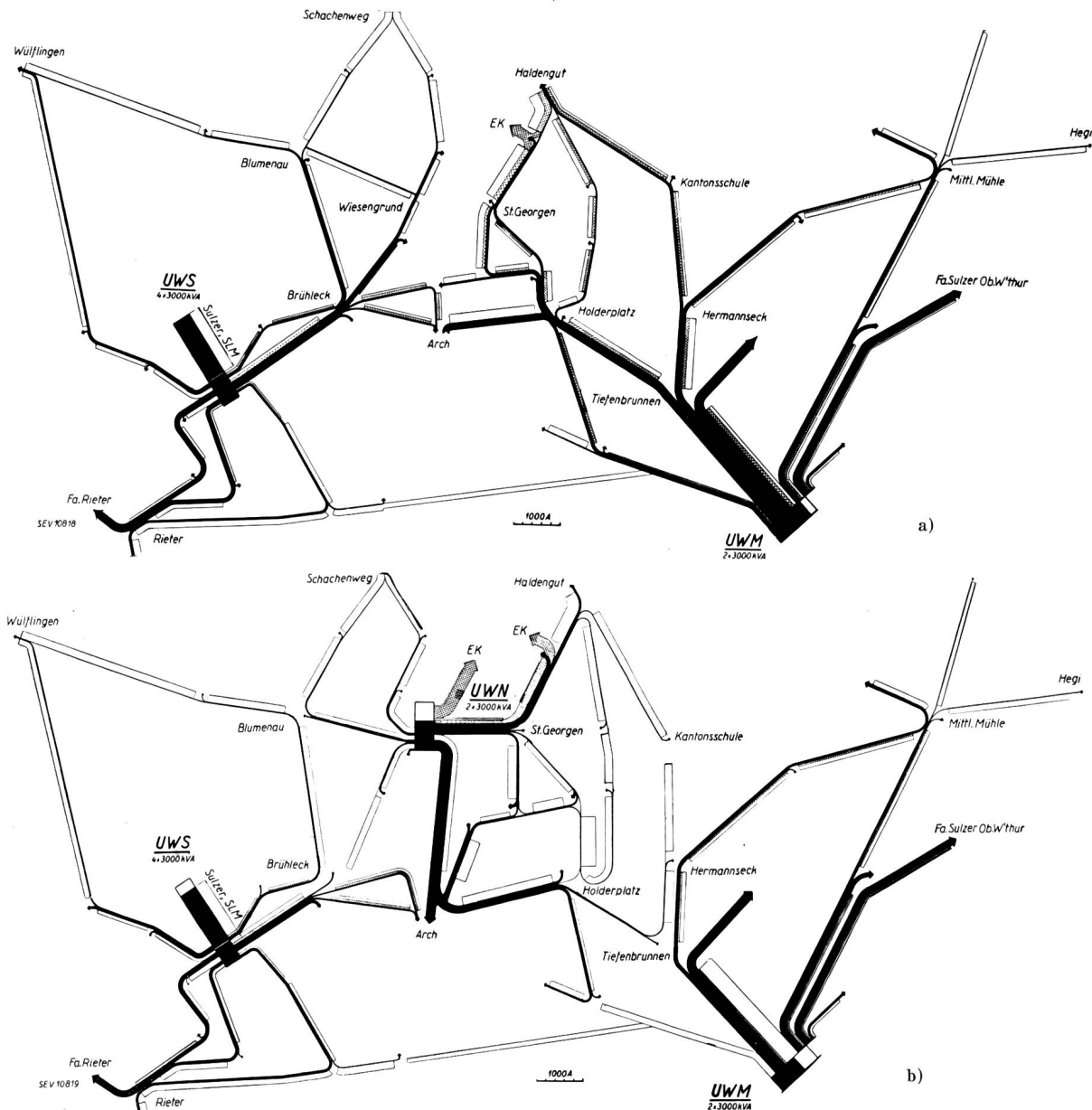


Fig. 2.  
Belastungen des 3-kV-Netzes

a) vor der Erstellung des UW Neuwiesen,

b) nach der Erstellung des UW Neuwiesen.

- 1 höchstzulässige Belastung einer Leitung
- 2 grösste auftretende Belastung im einzelnen Teilstück
- 3 Belastung zur Zeit der grössten Gesamtbelastung



- 4 Netzbelastung
- 5 Transformatorenreserve
- 6 grösste Belastbarkeit der Transformatoren

UWM Unterwerk Mattenbach  
UWN Unterwerk Neuwiesen

UWS Unterwerk Schöntal  
EK Elektrokessel

Die beiden Speisepunkte UW Schöntal und UW Mattenbach sind zusammen für eine maximale Durchgangsleistung von 20 000 kVA gebaut. Schon vor Kriegsbeginn zeigte sich, dass die tatsächlich zu transformierende Leistung in absehbarer Zeit diesen Wert erreicht haben werde. Ausserdem genügte schon damals diese Durchgangsleistung nicht,

zeigt die Belastung dieser Leitungen, und zwar die Belastungen in Ampere zur Zeit der höchsten Gesamtbelastung des ganzen Versorgungsgebietes, ferner die in irgendeinem Zeitpunkt auftretenden grössten Belastungsströme der einzelnen Leitungen und die mit Rücksicht auf die Erwärmung gezogene Grenze der Belastbarkeit in Ampere.

Die Leistungsfähigkeit der Verteileinrichtungen konnte grundsätzlich auf zwei Arten gesteigert werden: Entweder wurde in den bereits bestehenden zwei Unterwerken die Transformatorenleistung ver-

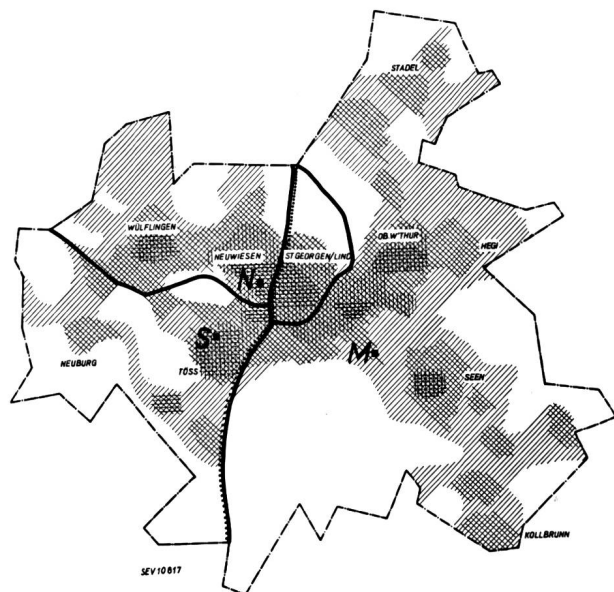


Fig. 1.

Versorgungsgebiet des Elektrizitätswerkes Winterthur

----- alte Sektorgrenze  
 ——— neue Sektorgrenzen  
 // // // geringe Belastung  
 x x x x x grosse Belastung

grössert und das 3-kV-Netz durch eine allgemeine Erhöhung der Nennspannung verstärkt, oder es wurden an geeigneter Stelle neue Speisepunkte des 45-kV-Netzes gebaut. Die eingehende Prüfung dieser beiden Wege hat ergeben, dass der finanzielle Aufwand für die Spannungserhöhung nur unwesentlich grösser gewesen wäre als für den Bau eines neuen Unterwerkes. Obwohl die Spannungserhöhung, verbunden mit einer Verstärkung der zwei bestehenden Unterwerke, ausserdem eine bedeutendere Leistungssteigerung als der Bau eines neuen Speisepunktes gebracht hätte, wurde die Erstellung eines neuen Unterwerkes vorgezogen, und zwar aus folgenden Gründen:

Neben einer Entlastung der bestehenden Unterwerke und des Verteilnetzes ermöglichte ein weiteres Unterwerk, das Versorgungsgebiet in mehrere, voneinander unabhängige Sektoren aufzuteilen, wie es Fig. 1 zeigt. Ferner wurde damit der Anschluss aller Unterwerke an einen 45-kV-Ring<sup>2)</sup> wirtschaftlich möglich gemacht. Eine allfällig später doch noch nötig werdende Spannungserhöhung im Verteilnetz ist damit nicht ausgeschlossen; sie ist im Gegenteil betriebstechnisch leichter durchführbar. Als weiterer Grund kam nach Kriegsausbruch dazu, dass das für eine Spannungsänderung nötige Leitungsmaterial nicht mehr verfügbar war.

Entsprechend den geschilderten Angaben — Erhöhung der Leistungsfähigkeit der 45-kV-Speisepunkte, Entlastung der 3-kV-Hauptleitungen, Aufteilung des Versorgungsgebietes in mehrere Sek-

toren — war ein neues Unterwerk dort zu bauen, wo mit möglichst kurzen Leitungen leistungsfähige Teile des bestehenden 3-kV-Netzes erreicht werden konnten. Wie Fig. 1 und 2 zeigen, kam deshalb als Baustelle nur das Gebiet zwischen St. Georgen und Neuwiesen in Frage. Dieses Gebiet ist dicht bebaut. Da in unmittelbarer Nähe die veraltete Schalt- und Transformatorenstation Wiesengrund lag, wurde diese Station aufgehoben und mit dem UW Neuwiesen zusammengelegt.

Mit dem Bau des Unterwerkes wurde im November 1941 begonnen, nachdem vom Bundesrat die Expropriation von Nachbarrechten erteilt worden war. Das Expropriationsverfahren musste deshalb eingeleitet werden, weil ein Teil der Anstösser an das dem Werk gehörende Grundstück unerträgliche Belästigungen durch Geräusche, Explosionsgefahr, Brand- und Blitzgefahr befürchtete.

Das Unterwerk konnte im Juli 1942 provisorisch und im Februar 1943 endgültig in Betrieb genommen werden. Die lange Bauzeit ist auf Schwierigkeiten in der Materiallieferung zurückzuführen.

## 2. Der Anschluss des UW Neuwiesen an das 45-kV-Netz

Dieser ist in Fig. 3 dargestellt. Eine Kabelleitung führt vom UW Schöntal durch überbautes Gebiet zum UW Neuwiesen und von dort wieder durch bebauten Gebiet in die Gegend von Oberwinterthur, wo die Leitung in eine Freileitung übergeht, die beim UW Mattenbach endet. 200 m vor

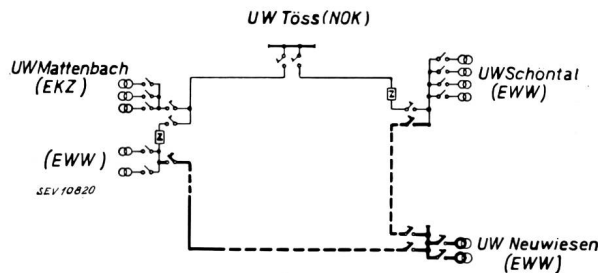


Fig. 3.

Schema des 45-kV-Netzes

diesem Unterwerk geht die Leitung wieder in eine Kabelleitung über. Der Umweg über Oberwinterthur wurde deshalb eingeschlagen, weil mit einer spätern Leistungssteigerung in diesem Gebiet, die den Bau eines weitem Unterwerkes nötig machen wird, gerechnet werden muss. Der Anschluss eines solchen Unterwerkes wurde in der Leitungsführung bereits berücksichtigt.

Die Kabelstrecke ist 5,2 km lang. Es wurden 3 Einleiter-Papier-Bleikabel, ohne Armierung und mit folgenden technischen Daten, verlegt:

### Aufbau:

Kupferleiter mit 120 mm<sup>2</sup> Querschnitt  
 Papierisolation mit 12 mm radialer Dicke  
 Höchstädterschutz  
 Bleimantel mit 2,3 mm Wandstärke  
 Aeusserer Durchmesser 48 mm

Gewicht: 6200 kg/km

### Elektrische Daten:

Nennspannung des Kabels 50 kV  
 Nennspannung eines Kabelleiters 29 kV

<sup>2)</sup> Ausbau des Hochspannungsnetzes in Winterthur; Bull. SEV 1941, Nr. 11, S. 248.

Verlustfaktor 0,011  
 Betriebskapazität  $0,20 \mu\text{F}/\text{km}$   
 Zulässiger Dauerstrom 260 A

Da die Kabelleitung an vielen Stellen fremde Leitungen zu kreuzen hat, und da an einzelnen Stellen die Strassenzüge mit andern Leitungen bereits stark belegt waren, wurde ein besonderer Kabelstein entwickelt, der gestattete, bei symmetrischer Anordnung der einzelnen Kabel mit einem möglichst schmalen Kabelgraben auszukommen. Fig. 4 zeigt den Querschnitt dieses Kabelsteines,

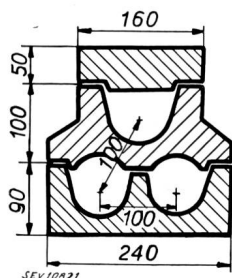


Fig. 4.  
 Querschnitt des Kabelsteines  
 für die 45-kV-Kabel

der nur 88 kg/m wiegt. Gegenüber den katalogmässigen Kabelsteinen, deren Gewicht bis rund 190 kg/m beträgt, bedeutet dies eine Gewichtsersparnis von rund 45 % oder von 530 t Beton für die ganze Länge.

Die Kabel wurden in Längen von ca. 800 m verlegt. Die Muffen liegen auf Unterlagen aus Lärchenholz in gemauerten und fest verschlossenen Schächten (Fig. 5).

Da das Kabel an mehreren Stellen in die Nähe des Strassenbahngeleises zu liegen kam, wurden

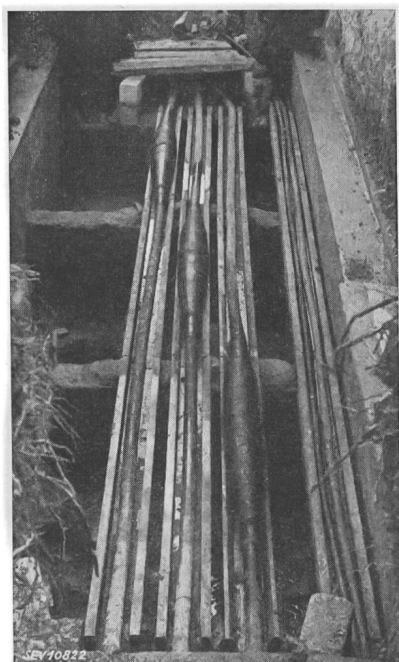


Fig. 5.  
 Muffenschacht  
 der 45-kV-Kabelleitung

eingehende Messungen über die im Bleimantel fliessenden vagabundierenden Ströme durchgeführt<sup>3)</sup>. Diese Messungen haben ergeben, dass die

<sup>3)</sup> Die Messungen wurden von der Kontrollstelle der Korrosionskommission durchgeführt.

Ströme fast restlos über die Kabelerdungen eintreten und die Bleimäntel nicht über andere Erdleitungen, sondern auf elektrolytischem Wege verlassen. Es musste also erwartet werden, dass mit der Zeit Korrosionsschäden auftreten würden. Um dieser Gefahr zu begegnen, wurden die Bleimäntel nur im UW Neuwiesen geerdet und die Endverschlüsse im UW Schöntal und an den Kabelböcken wurden isoliert aufgestellt. Zur Isolation wurde im UW Schöntal das Mauerwerk herangezogen, indem die Eisenträger nicht direkt, sondern über einen normalerweise offenstehenden Trenner geerdet wurden. Als Schutz gegen allfällige Ueberspannungen ist der Trenner mit einer Funkenstrecke überbrückt. Bei den Kabelböcken werden die hölzernen Ueberführungsmasten als Isolation benützt. Als Ueberspannungsschutz sind Funkenstrecken auf den Freileitungsmasten vorgesehen. Eine besondere Gefahr für das Bedienungspersonal entsteht wegen des Weglassens der Erdung nicht, weil die Kabel hinter Abschränkungen liegen und nicht ohne weiteres berührbar sind; ferner sind die Isolationen mit den besondern Erdungstrennern vor Beginn von Arbeiten am Kabel zu überbrücken. Um die in den Bleimänteln fliessenden Ströme periodisch überwachen zu können, wurden im ganzen 4 permanente Meßstellen eingerichtet. Eine solche Meßstelle besteht aus je zwei, in einem Abstand von 3 m an die Bleimäntel angelöteten Drähten, die in einem kleinen Schacht zu Anschlussklemmen für das Messinstrument geführt sind.

Als Ueberstromschutz der 45-kV-Leitung wäre eigentlich ein Schutz einzurichten gewesen, der bei Erdschluss eines Einleiterkabels die Leitung abgetrennt hätte; denn voraussichtlich sind Kurzschlüsse ohne vorhergehenden Erdschluss nicht zu erwarten. Da aber der Sternpunkt des 45-kV-Netzes der NOK über eine Löschspule geerdet ist und auf eine automatische Verstimung der Löschspule verzichtet werden musste, sind die im Erdschluss auftretenden Restströme derart klein, dass sie nicht für die Einrichtung eines sicher wirkenden Schutzes herangezogen werden konnten. Auch ein Ueberstromschutz mit Distanzrelais war nicht möglich, weil die Längen und damit die Impedanzen der zu schützenden Teilstrecken für ein richtiges Arbeiten dieser Relais zu klein waren. Als Ueberstromschutz der 45-kV-Leitung wurde deshalb ein Prozent-Längs-Differentialschutz eingebaut, der die Leitung bei Kurzschluss oder doppelpoligem Erdschluss beidseitig abschaltet. Da nur zwei Hilfsadern vorhanden waren und weitere Hilfsadern nicht ausgelegt werden sollten, konnte der Differentialschutz nur in zwei Polen eingebaut werden. Damit wäre aber der dritte Pol bei einem doppelpoligen Erdschluss auf verschiedenen Teilstrecken nicht geschützt; es wurde deshalb eine besondere Schaltung entwickelt (Fig. 6). Diese arbeitet in der Weise, dass bei einem doppelpoligen, in verschiedenen Teilstücken auftretenden Erdschluss der ungeschützte Pol, sofern er am Erdschluss beteiligt ist,



von einem Relais U an den Differentialschutz eines andern Poles geschaltet wird. Diese Anordnung erlaubt nun mit nur 2 Hilfsadern zwischen den Unterwerken auszukommen.

gelegenen Relais zu gross geworden wären. Die abgehenden 3-kV-Linien, die an ein vermaschtes Netz angeschlossen sind, werden mit Distanzrelais geschützt; in den Stichleitungen sind Ueberstrom-

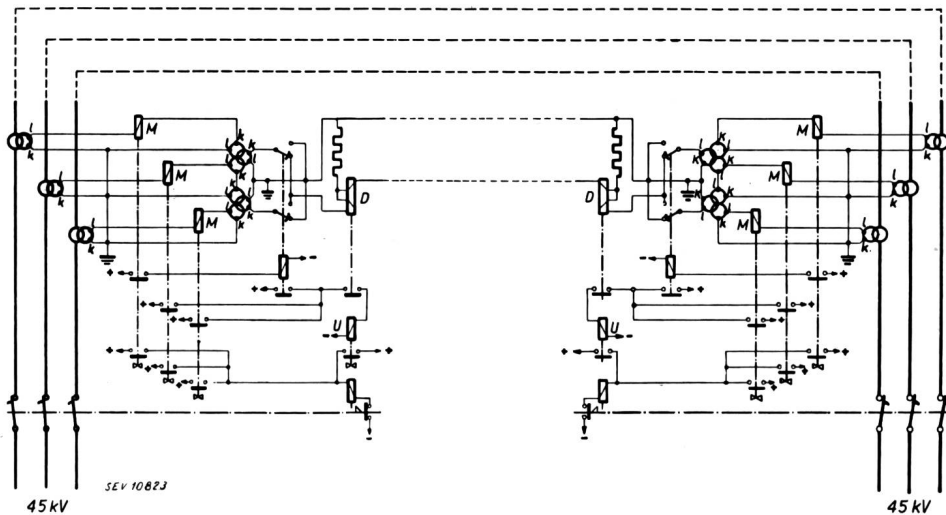


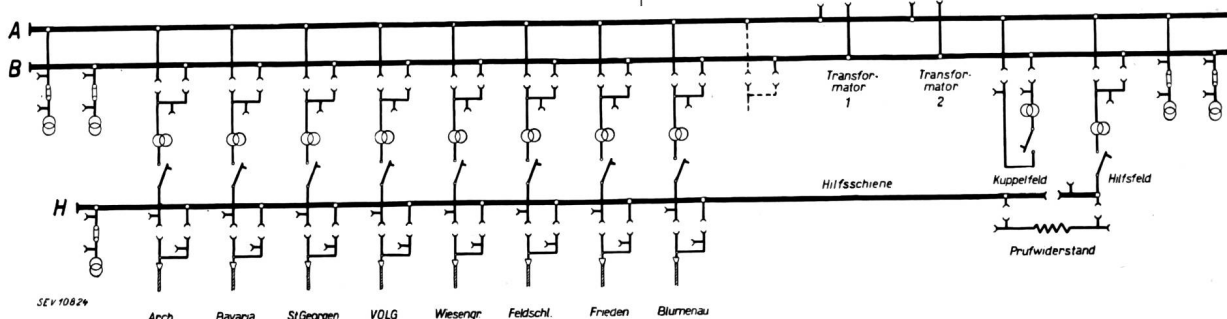
Fig. 6.  
Prinzipschema des Längs-Differentialschutzes für die 45-kV-Kabel

*D* Differential-Relais  
*M* Maximalstrom-Relais  
*U* Umschaltrelais  
⌘ Kontakt mit Zeitverzögerung

### 3. Die Gestaltung des UW Neuwiesen

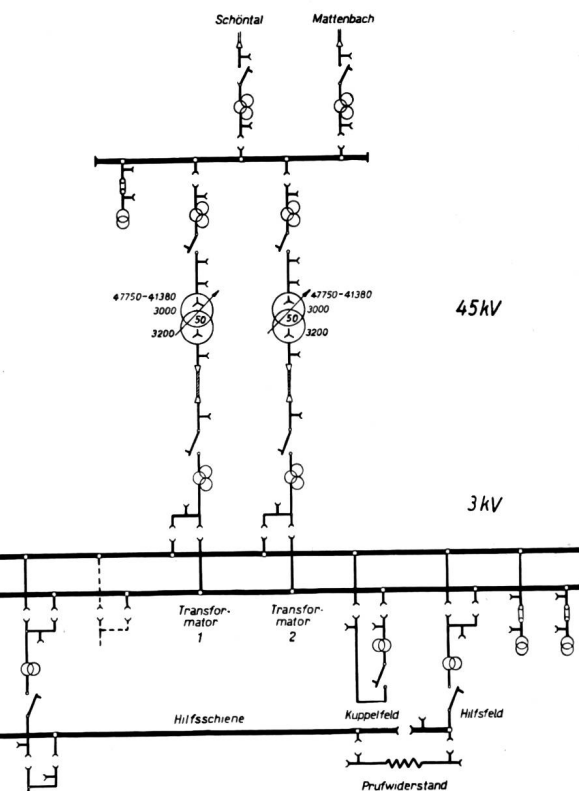
Die allgemeine elektrische Anordnung zeigt das Hauptschema Fig. 7. Entsprechend der Forderung, das Versorgungsgebiet in mehrere unabhängige Sektoren aufzuteilen, besitzt das Unterwerk zwei 3-kV-Sammelschienensysteme, wovon jedes für sich von einem 3000-kVA-Reguliertransformator gespeist wird. Ausserdem ist eine Hilfsschiene vorhanden, die beispielsweise bei Revisionen gestattet, einen beliebigen Linienschalter spannungslos zu machen und die zugehörige 3-kV-Kabelleitung trotzdem über einen Schalter an die betreffende Sammelschiene anzuschliessen. Ferner werden einzelne Linien dann an die Hilfsschiene angeschlossen, wenn an solchen Linien eingehendere Belastungsmessungen gemacht werden sollen, weil nur das Hilfsfeld mit allen dazu nötigen Messapparaten ausgerüstet ist.

Fig. 7.  
Hauptschema des UW Neuwiesen



Die Sammelschienen und die Transformatoren besitzen ebenfalls einen Differentialschutz. Die sonst üblichen Ueberstrom-Richtungsrelais konnten nicht verwendet werden, weil die Schaltzeiten infolge der zeitlichen Staffelung der hintereinander

relais eingebaut und die Transformatoren der Niederspannungsanlage werden von Thermorelais überwacht.



Gegen Ueberspannungen brauchte die Anlage nicht geschützt zu werden, weil sämtliche ankommenden und abgehenden Leitungen aus Kabeln genügender Länge bestehen. Da mit einer späteren Spannungserhöhung gerechnet werden musste,

wurde in der 3-kV-Anlage überall Material von 10 kV Nennspannung verwendet. Mit Rücksicht auf die Ueberspannungen wurde im 45-kV-Teil das Material für 60 kV Nennspannung mit einer Ueberschlagspannung von 177 kV ausgelegt.

Ausser in den Leistungstransformatoren und in zwei 45-kV-Spannungswandlern ist in der Anlage kein Öl vorhanden. Als Schalter sind Druckluftschalter eingebaut; die Stromwandler sind Stab- oder Schleifenwandler, und in allen 3-kV-Span-

Die von der Nachbarschaft befürchteten Belästigungen durch das Unterwerk, insbesondere durch Geräusche, mussten auf alle Fälle vermieden werden.

Die äussere Gestaltung musste der Umgebung weitgehend angepasst werden.

Der inzwischen eingetretene Mangel an Baueisen und Zement verlangte eine sparsame Verwendung dieser Materialien.

Fig. 8, 9 und 10 zeigen die getroffene Lösung. Das Unterwerk ist eingeschossig und nicht unterkellert. Es besteht aus einem 45-kV-Teil, einem 3-kV-Teil,

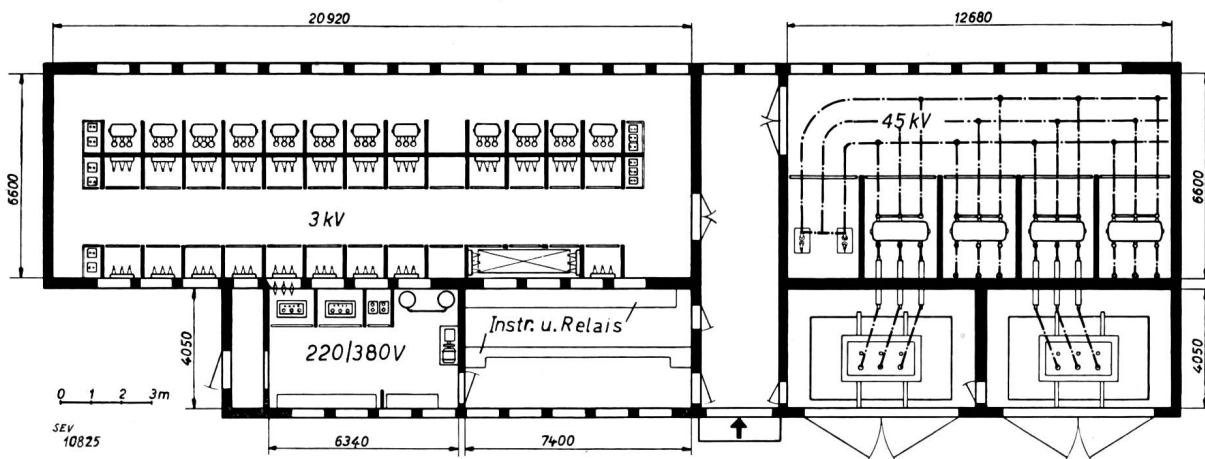


Fig. 8.  
Grundriss des UW Neuwiesen

nungswandlern wird die normale Atmosphäre zur Isolation benützt. Sämtliches Leitermaterial besteht aus Aluminium. Als Verbinder der Rohre wurden gewöhnliche konzentrische Klemmen aus Messing verwendet, die aber durch Ausreiben dem Durchmesser der Rohre genau angepasst wurden. Die Schienen sind mit Eisenschrauben verbunden, die eine normale Unterlagsscheibe und eine sogenannte Bellevillescheibe besitzen; auch hier wurde auf möglichst grosse Auflageflächen geachtet. Die Aluminium-Verbindungsstellen wurden, wo nötig, geschliffen und überall mit Stahlbürsten gesäubert. Vor dem Verbinden wurden die Kontaktstellen mit säurefreiem Vaseline eingefettet. Die ursprünglich verwendeten cadmierten Bellevillescheiben hatten sich nicht bewährt, weil der grösste Teil der Scheiben beim Anziehen der Schrauben gesprungen ist; sie wurden deshalb noch während des Baues durch geschwärzte Scheiben ersetzt. Dort, wo die Leiter direkt als Kontakt für die Erdungstrenner benützt wurden, wurde auf die Leiter Kupfer aufgespritzt. Sämtliche Leiter sind mit Oelfarbe gestrichen; es wurde darauf geachtet, dass überall dort, wo Aluminium und Kupfer zusammenstossen, der Farb-anstrich die Verbindungsstellen überdeckt. Besondere Dilatationseinrichtungen wurden nicht angebracht.

Die bauliche Ausführung hatte folgende besondere Punkte zu berücksichtigen:

Das Unterwerk wird nicht ständig bedient; es musste deshalb dafür gesorgt werden, dass das nur gelegentlich Schaltungen ausführende Personal sich rasch und sicher zurecht findet.

einem Kommandoraum und einem Niederspannungsteil, in dem auch die Hilfsbetriebe untergebracht sind. Die einzelnen Hochspannungsfelder

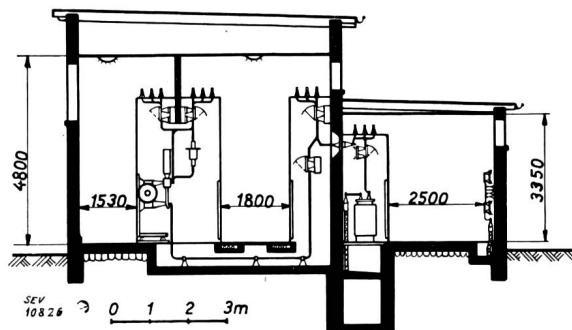


Fig. 9.  
Schnitt durch den 3-kV-Teil

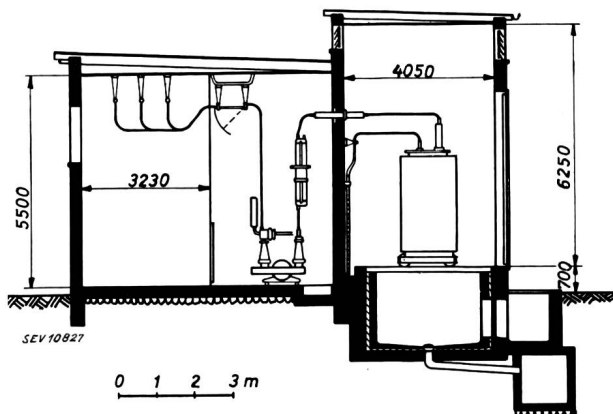


Fig. 10.  
Schnitt durch den 45-kV-Teil

sind durch Zellenwände getrennt. Die Leitungsführung entspricht der Abwicklung des Hauptschemas: nur die Transformatoren und die zugehörigen 3-kV-Schalter sind durch Kabel miteinander verbunden. Einzig die Fundamente bestehen aus Beton; alles übrige Mauerwerk wurde mit Backsteinen oder Schlackenplatten ausgeführt. Das Kiesklebedach ruht auf Holzgebälk, das zur Verminderung der Brandgefahr einen Brandschutzanstrich erhielt. Ausserdem wurde die Decke aus den nicht brennbaren sogenannten Perfectaplatten erstellt. Der Fussboden wurde mit Eichenriemen belegt, um das Bedienungspersonal bei ungewollter Berührung

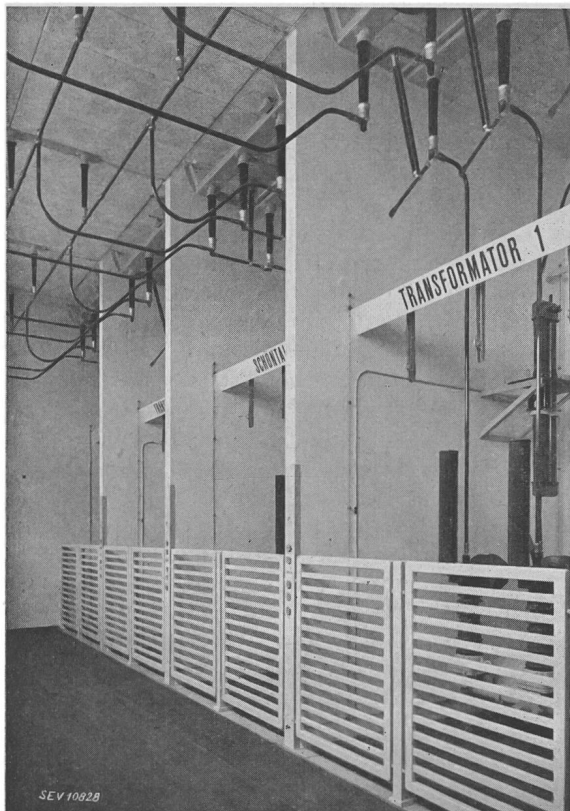


Fig. 11.  
45-kV-Schalterzellen

von Spannung führenden Teilen zu schützen. Sämtliche Türen, auch die Portale der Transformatorenzellen, bestehen aus Holz. Als Baueisen wurden möglichst leichte Profile verwendet; um unschöne grosse Durchbiegungen zu vermeiden, wurden, wo nötig, die Baueisen vordeformiert. Der gesamte Bedarf an Eisen betrug pro m<sup>3</sup> umbauten Raum nur 3,2 kg.

Die Abschränkungen der Hochspannungsteile gegen die Bedienungsgänge bestehen aus hölzernen Gittern (Fig. 11), die sich nicht nur hinsichtlich Gewicht, sondern auch preislich günstiger als Drahtgeflecht erwiesen haben.

Für die Beleuchtung wurde ein besonderer Beleuchtungskörper entwickelt, der trotz hoher Lage des Lichtpunktes gestattet, die Glühlampen ohne besondere Hilfsmittel, z. B. Leitern, auszuwechseln (Fig. 12). In der heruntergeklappten Lage kann

damit ausserdem der Arbeitsplatz in der Zelle direkt beleuchtet werden.

Als einzige unter Umständen lästig werdende Geräuschquelle kamen die Transformatoren in Frage. Die für natürliche Luftkühlung gebauten

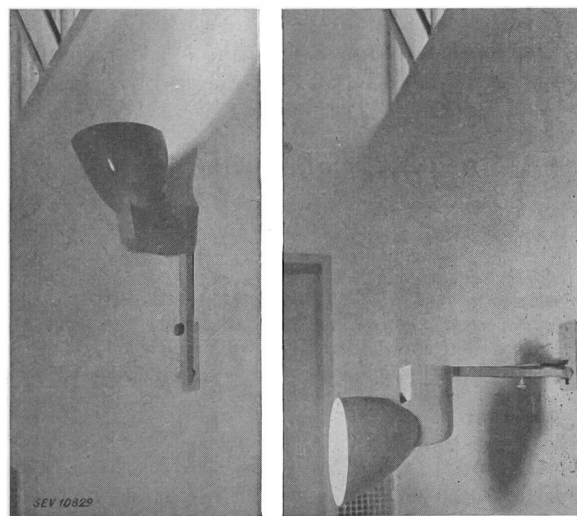
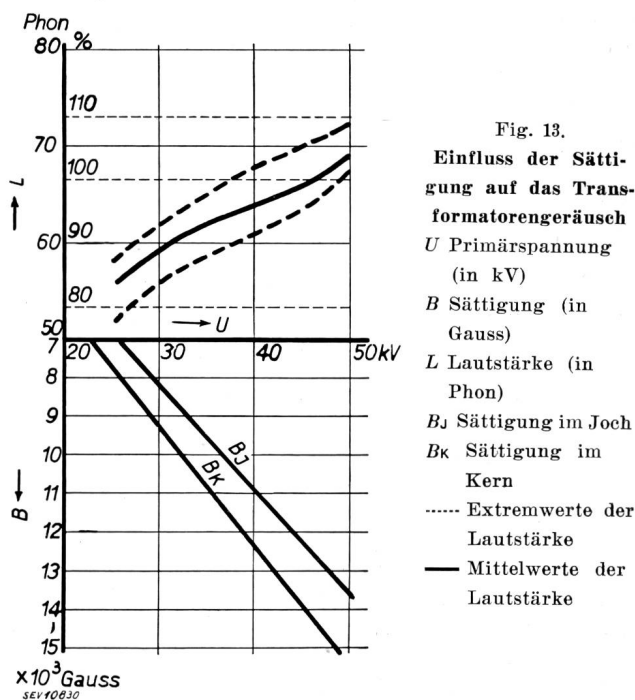


Fig. 12.  
Beleuchtungskörper  
links normal; rechts heruntergeklappt

und darum mit der Aussenwelt in direkter Verbindung stehenden Transformatoren wurden deshalb auf Betonschalen gestellt, die allseitig mit einer 3 cm dicken Korksicht vom übrigen Gebäude isoliert sind. Da keine genügend sichern Erfahrungen über die Wirksamkeit dieser Massnah-



men vorlagen, wurde ausserdem eine Oelzirkulationskühlung eingerichtet. Um Kühlwasser zu sparen, wird das Kühlwasser in einem ventilierten Kühler gekühlt. Die damit erhaltene warme Luft wird im Sommer ins Freie abgeführt und im



Winter zur Heizung der Schaltanlage benützt. Nach der Inbetriebsetzung des Unterwerkes wurden eingehende Geräuschmessungen durchgeführt; insbesondere wurde auch untersucht, wie gross der Einfluss der Eisensättigung auf die Stärke des Geräusches ist. Die Messungen haben ergeben, dass die Korkisolation nur geringe Wirkung hat. Den Einfluss der Sättigung zeigt Fig. 13; darin ist die gemessene Lautstärke in 9 Messpunkten, die alle

einen Abstand von 80 cm vom Transformatorkessel hatten, in Abhängigkeit von der Spannung bzw. von der Sättigung aufgetragen. Man erkennt, dass eine Senkung der Eisensättigung innerhalb wirtschaftlicher Grenzen das Geräusch nur unbedeutend vermindert; erst wenn mit der Sättigung auf 7000...8000 Gauss heruntergegangen wird, «brummt» der Transformator nicht mehr; d. h. erst dann hat man das Gefühl, der Transformator sei still.

## Ueber die Lebensdauer von Motor-Isolatoren (Vollkern-Isolatoren)<sup>1)</sup> und deren Stückprüfung

Mitgeteilt von der *Motor-Columbus A.-G.*, Baden (Schweiz)

621.315.624.5

*Auf Grund 20jähriger Erfahrung wird dargelegt, dass die Lebensdauer der Motor-Isolatoren ausserordentlich hoch eingeschätzt werden kann. Eine Begrenzung wird zunächst nur durch die Wetterbeständigkeit der Kappenverzinkung gegeben sein. Voraussetzung ist aber, dass eine zweckmässige Stückprüfung fehlerhafte Isolatoren vor der Montage ausscheidet.*

*La durée des isolateurs Motor est extrêmement élevée, ainsi que le prouve une expérience de 20 ans. Elle n'est guère limitée que par la résistance aux intempéries de la calotte galvanisée. Les isolateurs défectueux doivent toutefois être éliminés, avant leur montage, par un essai approprié.*

Der Wunsch nach zuverlässigen Isolatoren mit hoher Lebensdauer besteht aus naheliegenden Gründen allgemein. Im besonderen sind es die Isolatoren für Freileitungen, welche diesem Verlangen genügen sollen. Hier stellt die Erfüllung des genannten Grundsatzes erhöhte Anforderungen, weil diese Isolatoren jahrein jahraus dem Wetter ausgesetzt sind. Speziell bei Gebirgsleitungen, welche bis in Höhenlagen von 2000 m und mehr gebaut werden, ist die Beanspruchung infolge der besonderen atmosphärischen Verhältnisse wesentlich erhöht. Beispielsweise seien die vermehrte Häufigkeit des Auftretens von Zusatzlasten an den Leitern mit den beim Abfallen sich bildenden Sprungwellenschlägen, die stärkere Temperaturwechselbeanspruchung und die grössere Temperaturdifferenz von Sonnen- und Schattenseite erwähnt. Nach C. Schröter «Kleiner Führer durch die Pflanzenwelt der Alpen» sind u. a. auf Berninahospiz (2300 m) am 13. 3. 1906 50,6° in der Sonne und — 11,9° im Schatten gemessen worden.

Um solchen Beanspruchungen auf die Dauer gewachsen zu sein, müssen wohl dem keramischen Teil der Isolatoren, als auch den Armaturen entsprechende Eigenschaften innewohnen.

Es soll der keramische Teil die auftretenden elektrischen, mechanischen und thermischen Beanspruchungen dauernd, ohne Veränderung seiner anfänglichen Eigenschaften, ertragen können. Durch passende Wahl der prozentualen Zusammensetzung der keramischen Masse (gewöhnlich Kaolin-Quarz-Feldspat) hat es der Keramiker in der Hand, die für eine gegebene Isolatorbauart geeignetste Mischung zu wählen, wobei besonders hohe thermische Unempfindlichkeit, mechanische Festigkeit oder elektrische Durchschlagsfestigkeit in Frage kommen.

Für die Motor-Isolatoren ist eine sowohl in mechanischer als auch thermischer Hinsicht hochwertige Masse erforderlich. Es ist aber zu beachten,

dass Uebertreibungen in der einen oder andern Richtung sich gegenseitig ungünstig beeinflussen. Auch die physikalischen Eigenschaften der Glasur, die namentlich bezüglich Dehnung der Masse des Isolators angepasst sein muss, sind von grosser Bedeutung. Es ist übrigens bemerkenswert, dass es den Porzellanfabriken durch die für Motor-Isolatoren eindeutig gestellte Aufgabe, Porzellan bewusst auf Zug zu beanspruchen, gelungen ist, die mechanischen Eigenschaften gegenüber dem früher gebräuchlichen Isolatoren-Porzellan in einem Masse zu verbessern, das alle Erwartungen übertraf.

Der Zusammenbau der Armaturen mit dem keramischen Teil bedingt, um vor Ueberraschungen geschützt zu sein, reifliche Ueberlegung und Erfahrung. Bei den Motor-Isolatoren handelt es sich um zwei einteilige Kappen, die üblicherweise aus Temperguss oder aus Schmiedeisen mit Feuerverzinkung ausgeführt werden. Diese Kappen sind innen konisch erweitert und werden auf die konischen Enden des Isolatorschaftes entweder durch Vergiessen mit einer geeigneten Blei-Antimon-Legierung oder durch Aufzementieren befestigt. Für die zur Erreichung optimaler Festigkeit (auch bei Dauerlast) nötige Bemessung des Anzuges der Konen, der Dimensionierung der Kappen und deren Befestigung auf den Strunkenden bieten die Isolatorenfabriken, welche laufend Motor-Isolatoren herstellen, alle Gewähr. Umfangreiche Versuche, namentlich auch über zulässige Dauerlast, und langjährige Erfahrung haben hierüber Klarheit verschafft, so dass bei zuverlässiger Fabrikation Misserfolge ausgeschlossen sind.

Betriebserfahrungen an Isolatorstützen, die auf über 40 Jahre zurückgehen, zeigen, dass eine gute Feuerverzinkung nach dieser Zeitspanne noch vollständig intakt ist.

Der keramische Teil des Motor-Isolators weist, einwandfreie Qualität vorausgesetzt, eine aussergewöhnlich hohe Lebensdauer auf, da seine Wetterbeständigkeit kaum übertroffen wird. Die Streuung der die Qualität beurteilenden zahlenmässigen

<sup>1)</sup> Darunter sind auch die Stabisolatoren zu verstehen.