

Das österreichische Verbundnetz

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

Objektyp: **Article**

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

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

Heft 18

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-916176>

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.

Das österreichische Verbundnetz

Von K. Kralupper, Wien

621.311.161(436)

Der Aufsatz ergänzt eine frühere Arbeit [1]¹⁾ über die Kraftwerke der öffentlichen Hand in Österreich mit der Beschreibung des Höchstspannungsnetzes der Verbundgesellschaft.

L'article complète une publication précédente [1]¹⁾ concernant les centrales publiques de l'Autriche par la description du réseau à haute tension de la Verbundgesellschaft.

51 - 55

Eine frühere Arbeit [1]¹⁾ liess erkennen, dass sich in Österreich die Kraftwerke der öffentlichen Versorgung im Besitz der Gemeinden, der Landesgesellschaften und des Verbundkonzerns befinden. Diese drei Energieversorger besitzen eigene Freileitungsnetze, neben ihnen auch die Österreichischen Bundesbahnen, deren Eigenversorgung in der abweichenden Frequenz von 16⅔ ihre Begründung findet. Auf die Netze der Gemeinden soll mit Rücksicht auf ihre lokale Bedeutung hier nicht eingegangen werden. Über die Netze der Landesgesellschaften sei nur bemerkt, dass sie nicht ausschliesslich der Versorgung ihrer Gebiete (stets ein Bundesland) dienen, sie verbinden auch die Kraftwerke der jeweiligen Gesellschaft untereinander. Bei grossen Entfernungen zwischen diesen Kraftwerken in Gebieten weiter Ausdehnung, wie u. a. in Tirol und in der Steiermark, müssen Übertragungsspannungen bis 110 kV angewandt werden. (Nur eine Leitung der Landesgesellschaft von Tirol, die Kaunertalleitung, wird mit Rücksicht auf den durch sie getätigten Export, mit 220 kV betrieben.) Die nachfolgende Schilderung beschränkt sich auf das ausgedehnte Netz der Verbundgesellschaft, in das die kleinen Netzteile der Sondergesellschaften, das sind die mit der Errichtung von Grosskraftwerken betrauten Gesellschaften des Verbundkonzerns, eingebaut wurden [2].

Die Ausnützung der ausgiebigen Wasserkräfte Österreichs wird durch zwei Erscheinungen wesentlich erschwert: Der Staatsbereich von nur 83 849 km² ist so langgestreckt, dass sich durch ihn eine Sehne von fast 600 km Länge ziehen lässt; das ihn versorgende Leitungsnetz muss daher sehr ausgedehnt sein. Die relative Lage des innerösterreichischen Grossverbrauchszentrums zum Schwerpunkt der Wasserkraftvorkommen ist sehr ungünstig, es liegt im Osten, in und um die Hauptstadt Wien, die ergiebigsten Wasserkräfte befinden sich hingegen — von der Donau abgesehen — im Westen. Die das gesamte Staatsgebiet zu erfassenden Versorgungsleitungen müssen daher für grosse Leistungen, somit als schwere Leitungen errichtet werden.

Die Aufgabe, ausgedehnte Übertragungsanlagen in oft schwierigem Gebirgsgelände zu errichten, regte den österreichischen Techniker an, wertvolle, über die Grenzen seiner Heimat hinaus beachtete Anregungen zur Verbesserung und erleichterten Durchführung des Leitungsbaues zu geben. Es seien einige wenige hievon herausgegriffen:

1. Durch die von den Österreichern *Markt* und *Mengele* entwickelten Bündelleiter wird die Kapazität der Leitung erhöht, die Selbstinduktivität vermindert, somit die natürliche

¹⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

Leistung gesteigert, die übertragbare Leistung gehoben, die Zahl der erforderlichen Übertragungssysteme gegebenenfalls herabgesetzt und die Koronaverluste gesenkt. Nach anfänglichen Schwierigkeiten hat sich der Bündelleiter auch im Hochgebirge durchgesetzt.

2. Der in den ersten Jahren des Bestehens der Verbundgesellschaft und bei ihrer Vorgängerin für den Leitungsbau verantwortlich gewesene Obering. *H. Krautt* (†) trug wesentlich zur Modernisierung des Leitungsbaues bei. Die von ihm entwickelten erschöpfenden Berechnungsverfahren fanden internationale Anerkennung. Er war an der Verfassung der auch im Ausland anerkannten österreichischen Freileitungsvorschriften entscheidend beteiligt. Von ihm stammen zahlreiche Anregungen zur Neugestaltung der Elemente der Freileitung, wie die Herstellung der Maste aus hochfestem Stahl, die Rostfundamente, die Verwendung der Isolatoren aus Glas u. v. a. m.;

3. Die Studienabteilung der Verbundgesellschaft unter der Leitung von Dr. *Erbacher* hat es sich besonders angelegen sein lassen, die Fragen der Beeinflussung der Schwachstromleitungen, des Rundfunk- und Fernsehempfanges durch Hochspannungsfreileitungen, besonders durch Kurzschlussströme und der Sicherheit des Menschen eingehend zu studieren. Veröffentlichungen der Mitarbeiter dieser Studienabteilung [3; 4; 5; 6] beinhalten wertvolle und wirksame Anregungen zur Beherrschung der Beeinflussungserscheinungen. Die Verbundgesellschaft hält deshalb daran fest, hochleitfähige Erdseile zur Reduzierung des Ausbreitungswiderstandes der Mastkette zu verlegen und damit die Störfeldstärke der Übertragungsleitungen innerhalb vertretbaren Grenzen zu halten.

Das waren nur wenige, willkürlich herausgegriffene Vorschläge der Ingenieure Österreichs zur Verbesserung und Erleichterung des Freileitungsbaues. Es würde zu weit führen, feststellen zu wollen, wie weit der Leitungsbau darüber hinaus durch österreichische Ingenieure beeinflusst wurde.

In seiner ersten Ausbauphase war das österreichische Verbundnetz ein reines 110-kV-Netz. Der älteste in Betrieb stehende Leitungsteil dieser Übertragungsspannung stammt aus dem Jahre 1924. Die im 2. Weltkrieg begonnene Errichtung von 220-kV-Leitungen konnte nicht vorgetrieben werden, sie beschränkte sich auf den Leitungsabschnitt Ernsthofen–Staatsgrenze. In den ersten Nachkriegsjahren stand nicht nur keine ausreichende Kraftwerkleistung zur Verfügung, das bestandene Verbundnetz war nicht ausreichend leistungsfähig, ebenso die vorwiegend angewandte 110-kV-Spannung. Netzzusammenbrüche waren auf der Tagesordnung. Es wur-

Das Höchstspannungsnetz im Jahre 1967

Stand 31. Dezember 1967

- ☐ Wasserkraftwerke
 - Wärmekraftwerke
 - Umspannwerke
 - Schaltwerke
- 380 - kV - Leitungen
 - 220 - kV - Leitungen
 - 110 - kV - Leitungen

Trassenlängen:

380 - kV - Leitungen 180,2 km mit 220 kV betrieben
 220 - kV - Leitungen 1453,6 km und 2 km im Besitz der BAG
 110 - kV - Leitungen 3515,6 km
 hiervon
 89,2 km Kabel
 98,1 km mit 60 kV betrieben
 0,7 km mit 45 kV betrieben
 4,3 km mit 35 kV betrieben
 6,9 km mit 32 kV betrieben
 33,0 km mit 30 kV betrieben
 21,4 km mit 25 kV betrieben
 2,4 km mit 20 kV betrieben
 19,8 km nicht in Betrieb
 2,5 km auf deutschem Staatsgebiet

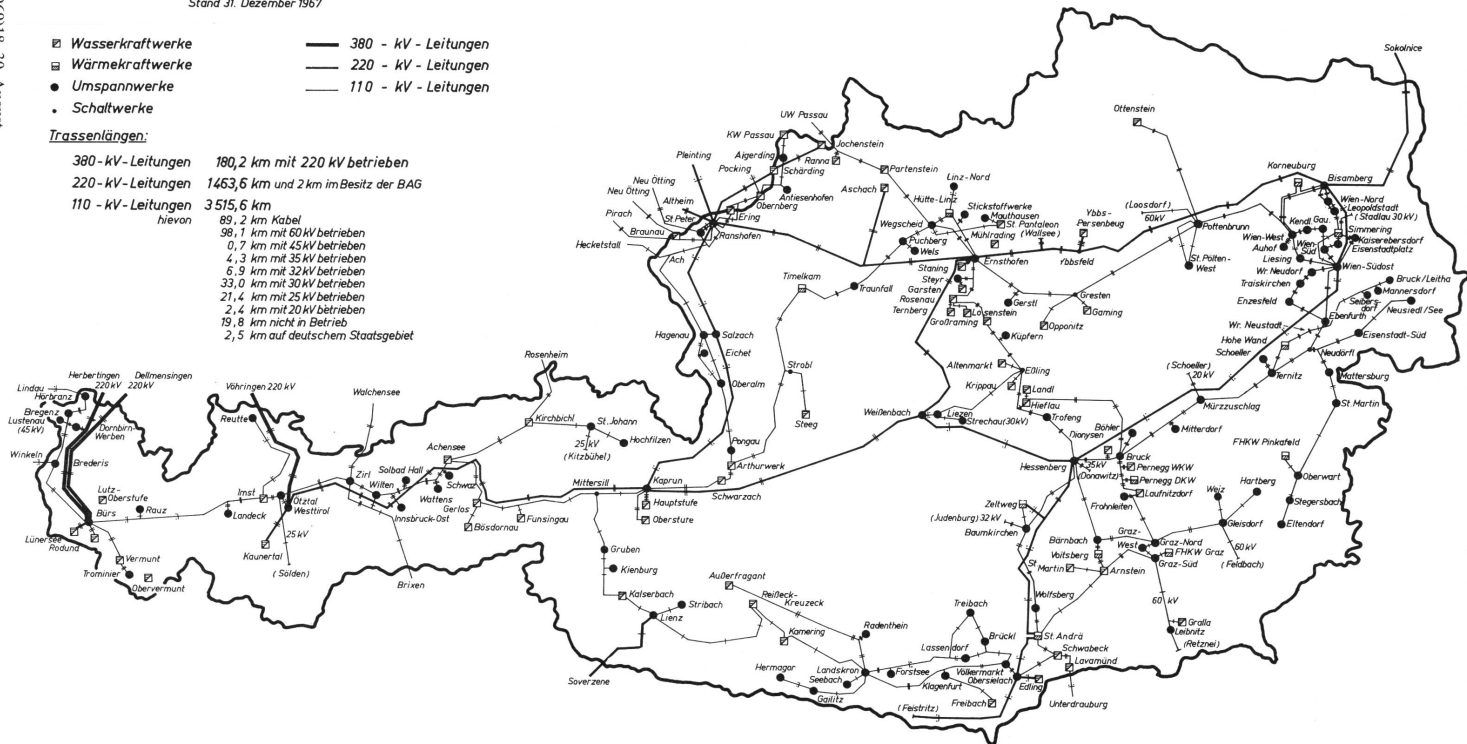


Fig. 1

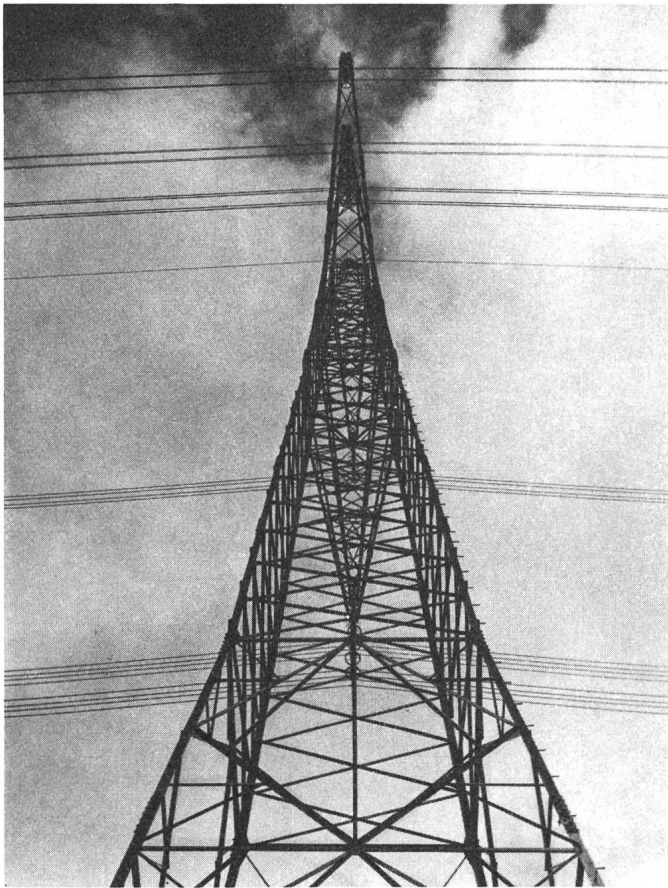
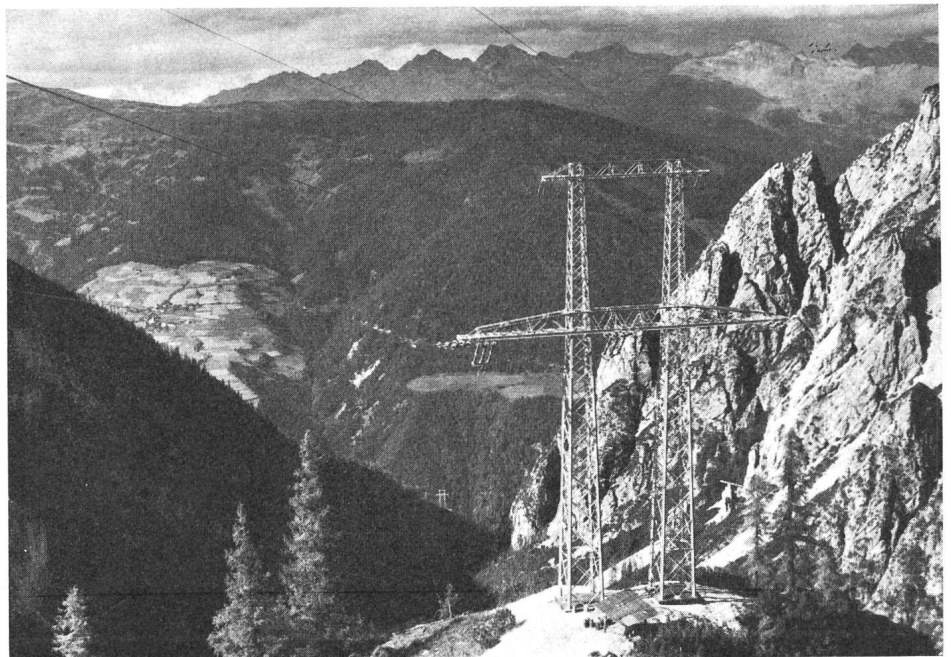


Fig. 2
380-kV-Kupplungsleitung Österreich—Bundesrepublik Deutschland

de deshalb bald mit der Errichtung von 220-kV-Leitungen in grossem Ausmass begonnen. Im Jahre 1963 wurde die einzige, von der Verbundgesellschaft gebaute, für 380 kV isolierte und vorerst mit 220 kV betriebene Leitung unter Spannung gesetzt. Die 110-kV-Spannung diente allmählich nur für Energietransporte lokaler Bedeutung. Für die Grossenergieübertragung innerhalb der Staatsgrenzen dient die 220-kV-Spannung. Es zeichnet sich die Absicht ab, die 380-kV-Übertragungsspannung erst bei einem etwaigen verstärkten internationalen Energieaustausch zu aktivieren. Gegenwärtig wird nicht erwogen, Drehstromleitungen höherer Übertragungsspannungen oder Gleichstromhochspannungsübertragungen zu errichten.

Vor der Betrachtung des österreichischen Verbundnetzes sei bemerkt, dass die Verbundgesellschaft über ein leistungsfähiges Netzmodell und einen Digitalrechner verfügt, die vor Erweiterungen des Verbundnetzes zu entscheidenden Untersuchungen herangezogen werden, um mit den vorange-

Fig. 3
220-kV-Kupplungsleitung Österreich—Italien



gangenen umfangreichen Netzberechnungen die quantitative Leistungsaufteilung im vermaschten Netz, die Spannungsverhältnisse, die Neigung des Netzes zu Eigenschwingungen, die Kurzschlussfragen usw. zu überprüfen [7]. Besondere Beachtung wird dem Blindstromfluss geschenkt, der in vernünftigen Grenzen gehalten werden muss, soll der Betrieb wirtschaftlich und sicher geführt werden. Es wurden daher an kritischen Stellen des Netzes Phasenkompensationseinrichtungen aufgestellt, um tragbare Werte für die relative Lage von Strom und Spannung entlang der Leitung zu sichern. Nur bei der Übertragung der natürlichen Leistung einer Freileitung entfällt diese Forderung, die in grossen Netzen mit den dauernden Leistungsschwankungen nicht streng erfüllbar ist und nicht mehr als eine anzustrebende Richtlinie gilt. Um die natürliche Leistung einer Leitung zu erhöhen, wird sie nur mehr mit gebündelten Phasenleitern bestückt. Die grosse Ausdehnung des Netzes bedingt Rücksichtnahme auf die relative Lage der Spannungsvektoren am Leitungsanfang und -ende, durch die die stabil zu übertragende Leistung begrenzt wird. Jede Netzerweiterung nimmt auf die mechanische Sicherheit der Leitung, auf die geschaffenen Betriebsbedingungen und auf die Begehrbarkeit und die Instandhaltung der Leitung Rücksicht.

Fig. 1 zeigt das Hochspannungsnetz des österreichischen Verbundkonzerns nach dem Stande Ende 1967 [8]. Inzwischen wurde das Netz u. a. mit der Kupplungsleitung der Verbundnetze Österreichs und Ungarns erweitert. Das Netz umfasst:

180,2 km 380-kV-Leitungen, vorerst mit 220 kV betrieben,
1415,8 km 220-kV-Leitungen,
rd. 3400 km 110-kV-Leitungen.

Es sei die Reihenfolge in der Errichtung der Hauptstrecken festgehalten: Nach der 1924 erfolgten Inbetriebnahme der Strecke Wien—Gresten—Ernsthofen—Wegscheid folgten die von Wien in südlicher Richtung führende Leitung Wien—Bruck (1926/1927), die von Wegscheid in südlicher Richtung führende Leitung zum Arthurwerk (1936/1939), die Lei-

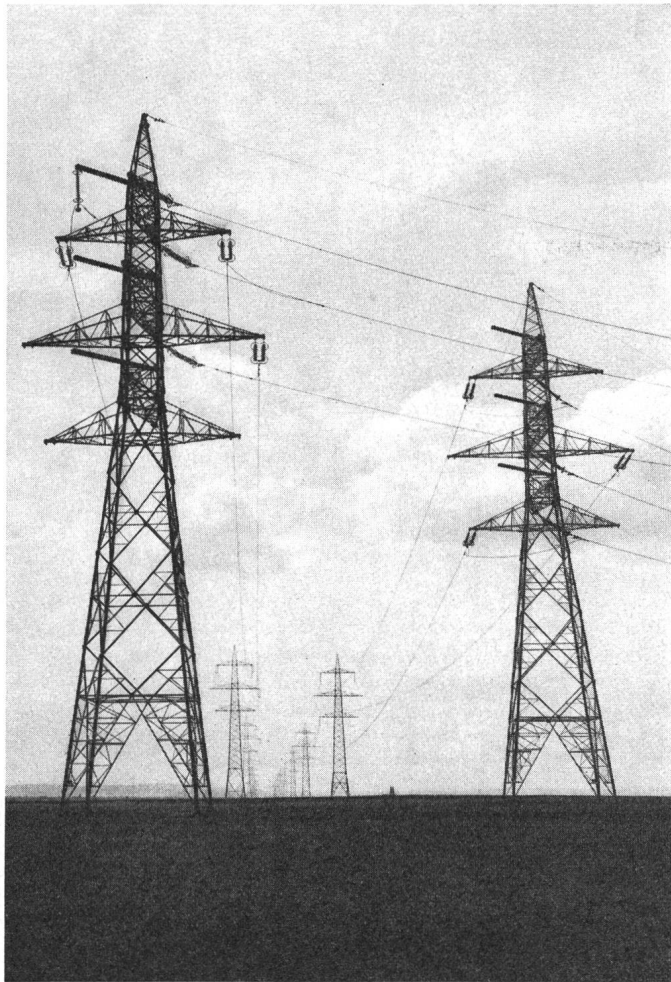
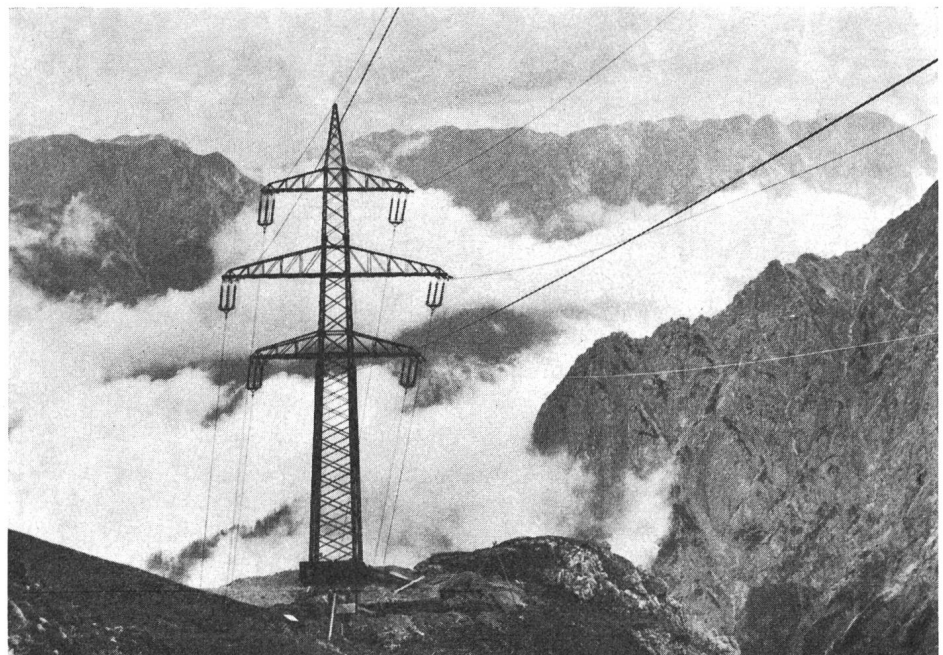


Fig. 4
220-kV-Kupplungsleitung Österreich—Ungarn (rechts) und Freileitung Wien Südost—Hessenberg (links)

tungsabschnitte Wegscheid—Hütte Linz—Ernsthofen—Hessenberg—Schwabeck (1941/1942), die Leitung Kaprun—Arthurwerk—Hagenau—Ach (1944/1945), Mittersill—Kaiserbach (1950) und ab 1951 das südöstliche Leitungsnetz Reisseck—Landskron—Obersielach. Dazwischen wurden die Anschlussleitungen zu den Kraftwerken an der Enns, die Leitungen im Grenzraum Braunau—St. Peter—Ranshofen, in den Räumen Hessenberg und Schwabeck und die Stichleitung zur jugoslawischen Grenze errichtet.

Nach der im 2. Weltkrieg errichteten 220-kV-Leitung wurden gebaut: die Leitungsabschnitte Wien—Ernsthofen—Weissenbach—Kaprun (1948), die Abschnitte Weissenbach—Hessenberg—St. Andrä (1958), später bis Obersielach verlängert, Kaprun—St. Peter (1960), Wien—Hessenberg (1962) und Kaprun—U. W. Westtirol (1963). Dazwischen wurden die Anschlussleitungen zu den Verbundnetzen Italiens, der

Fig. 5
220-kV-Leitung Kaprun—St. Peter



Tschechoslowakei und Ungarns und weitere Stichleitungen zu den Kraftwerken gebaut. Die einzige, von der Verbundgesellschaft errichtete 380-kV-Leitung U. W. Westtirol—Staatsgrenze, ist die erste Hochgebirgsleitung der Welt, die mit Viererbündeln bestückt wurde [11].

Zur hervorgegangenen Gestaltung des Verbundnetzes ist zu bemerken: Das Hauptkonsumzentrum Wien ist mit dem den Takt angehenden und die Netzkennlinie regelnden Grosskraftwerk Kaprun zweifach verbunden. Die nördliche Doppelleitung führt über Ernsthofen und St. Peter, die südliche über Hessenberg. Diese zwei Doppelleitungen sind durch die Leitung Ernsthofen—Hessenberg verbunden. In die nördliche der zwei Doppelleitungen speisen die Donaukraftwerke ein, die Werke an der Enns liefern ihre Energie nach Ernsthofen, die Innwerke und Jochenstein nach St. Peter. In Hessenberg zweigt die 220-kV-Leitung nach Obersielach ab, über die die Energie der Werke an der Drau in das Verbundnetz geleitet wird. Von Kaprun führt die 220-kV-Leitung zum U. W. Westtirol, das dazu bestimmt ist, ausser der Energie des Kaunertalwerkes die der ergiebigsten Wasserkräfte Österreichs, der Öztaleralpen, die noch des Ausbaues harren, zu übernehmen. Die für 380 kV isolierten und mit 220 kV betriebenen Leitungen der Vorarlberger Illwerke AG entlang des Rheins sind seit jeher dazu bestimmt, die Energie der Kraftwerke dieser Gesellschaft in das Rheinland fortzuleiten. Die Form des Verbundnetzes wurde durch die Untersuchungen am Netzmodell entscheidend mitbestimmt. Das Netz wurde mit Rücksicht auf optimale Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit festgelegt, es gewährleistet diese auch auf Grund der Mehrfachwege zwischen Hauptkonsumzentrum und Haupterzeugungswerk. Die 220-kV-Übertragung besorgt auch den später vereinbarten Energieaustausch mit den Nachbarländern.

Bei den Verbundnetzen aller Länder machen sich charakteristische Merkmale bemerkbar. Die Merkmale des österreichischen Verbundnetzes sind, dass fast ausschliesslich Stahlgittermaste verwendet wurden. Betonmaste sind kaum anzutreffen. Bevorzugt wird die Doppelleitung. Ihre zwei Systeme werden vorwiegend in drei Ebenen (Tonnen- oder

Tannenbaumform) verlegt, so dass das Mastbild symmetrisch zum Mastschaft ausgelegt ist. Die in der Bundesrepublik Deutschland bevorzugte Anordnung der sechs Leiter in einer Ebene ist in Österreich kaum anzutreffen, die Donauform (Leiter in zwei Ebenen angeordnet) ist nur wenig gebräuchlich. Die Leitungen des österreichischen Verbundnetzes weisen anerkanntermassen durchwegs eine gefällige Form auf.

Das klaglose Funktionieren des Verbundnetzes ist aber nicht ausschliesslich auf die Betriebstüchtigkeit des Freileitungsnetzes zurückzuführen, einen entscheidenden Beitrag zu diesem Ergebnis liefern die umfangreichen Sicherheits- und Schutzeinrichtungen, die wirksame Überwachung des Netzes, die verlässliche Fehlerortung mit selbstentwickelten Geräten und die rasche Störungsbehebung. Mit der Petersenschen Löschspule wurden im 110-kV-Netz die besten Erfahrungen gemacht. Es wurde deshalb erwogen, auch das 220-kV-Netz mit solchen Drosselspulen auszustatten. Von dieser Betriebsart war man aber abgerückt, als die Kupplung des österreichischen mit Verbundnetzen des Auslandes zur Diskussion gestellt wurde. Die Nullpunkte des 220-kV-Netzes wurden daher starr geerdet.

Im starr geerdeten 220-kV-Netz kommt jeder einpolige Fehler einem Kurzschluss gleich, die Leitung sollte sofort abgeschaltet werden. Um diese Forderung in ausreichendem Masse zu erfüllen, wurden Kurzunterbrechungseinrichtungen vorgesehen, die gemeinsam mit dem Leitungsdistanzschutz eine kurzzeitige Abschaltung der kranken Phase und ebenso ihre Wiedereinschaltung nach etwa 0,8 s erzwingt. Die lichtbogenfehlerbehaftete Leitung ist nach dem Wiedereinschalten betriebstüchtig. Ein bleibender Fehler hingegen erzwingt die endgültige Abschaltung der Leitung. Über das von der Verbundgesellschaft entwickelte eigene Schutzsystem, das auch bei Fehlern in der Nähe eines Leitungsendes oder auf einer Sammelschiene die geforderten kurzen Abschaltzeiten einhalten kann, hat der Anreger dieses eigenen Schutzsystems, *Stimmer*, mehrmals berichtet [8; 9; 10]. Zur Durchführung einer verlässlichen Störungsanalyse ist das Netz mit Stör- und Spannungsschreibern ausgerüstet. Die Fehlerortung im Netz erfolgt durch selbstentwickelte Geräte,

die nach dem Impuls-Reflexionsverfahren arbeiten und eine sehr präzise Schadenstellenermittlung zulassen. Leitungstrupps, die über das ganze Netz verteilt sind, greifen in Störungsfällen rasch ein und beheben, dank ihrer Motorisierung und Ausrüstung mit den erforderlichen Behelfen bzw. ihrer Schulung jeden aufgetretenen Fehler in kürzester Zeit. Durch die Möglichkeit, den Konsumenten auf mehreren Wegen zu versorgen, bleiben die meisten Fehler unbemerkt.

Der noch nicht befriedigende Energieverbrauch der Industrie, des Gewerbes und der Haushalte Österreichs, dessen Intensivierung angestrebt wird, die allmähliche Steigerung der Bevölkerungszahl und die sich daraus ergebende Konsumsteigerung und schliesslich auch noch fallweise in Erscheinung tretende Unzulänglichkeiten im Netz zwingen zu Verbesserungen und Erweiterungen, somit zur Aufstellung eines Programmes für den weiteren Netzausbau. An erster Stelle steht die Verlegung des zweiten Übertragungssystems auf den vorerst nur einfach bestückten 220-kV-Leitungen Weissenbach-Hessenberg-Wien-Südost, Kaprun-Salzach-St. Peter und Obersielach-Zeltweg auf dem Netzerweiterungsprogramm der Verbundgesellschaft.

Literatur

- [1] *K. Kralupper*: Bemerkenswerte Kraftwerkbauten in Österreich. Bull. SEV 59(1968)12, S. 525...535.
- [2] *W. Erbacher*: Die Planung des österreichischen Verbundnetzes und deren Rückwirkung auf Bau und Betrieb der Landesnetze. ÖZE 19(1966)9, S. 377...383.
- [3] *K. Sailer*: Der gestreckte Leiter im Potentialfeld. ÖZE 12(1969)7, S. 385...389.
- [4] *K. Sailer*: Der gestreckte Leiter im Erdreich. E und M 80(1963)18, S. 393...396.
- [5] *K. Sailer*: Das Potential langer Leiter bei Mastnährungen. E und M 82(1965)6, S. 281...284.
- [6] *R. Muckenhuber*: Die induktive Beeinflussung von Rohrleitungen durch Hochspannungsleitungen. ÖZE 21(1968)6, S. 273...280.
- [7] *K. Girkmann* und *E. Königshofer*: Die Hochspannungs-Freileitungen. 2. Auflage. Wien, Springer-Verlag, 1952.
- [8] 20 Jahre Verbundkonzern. Sonderheft. ÖZE 20(1967)8.
- [9] *H. Stimmer*: Die Schutzeinrichtungen des österreichischen 220-kV-Verbundnetzes. E und M 81(1964)23, S. 649...655.
- [10] *W. Krautt* und *R. Blumer*: Die 380-kV-Leitung Westtirol-Staatsgrenze (Vöhringen) der Österr. Elektrizitätswirtschafts-AG. (Verbundgesellschaft). ÖZE 17(1964)4, S. 142...159.

Adresse des Autors:

Dipl.-Ing. *Kurt Kralupper*, Österreichische Elektrizitätswirtschafts-Aktiengesellschaft, Postfach 67, Wien I.