

# Auslegung des schweizerischen 220- und 380-kV-Netzes

Autor(en): **Hunziker, G.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **54 (1963)**

Heft 13

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-916495>

## **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.

An Bedienungspersonal steht im Kraftwerk unter normalen Betriebsbedingungen stets nur ein qualifizierter Wärter im Einsatz. Da es beabsichtigt ist, diese Art des automatisierten Betriebes und der Fernsteuerung auch bei den künftigen Kraftwerkbauteilen an der Drau weitgehend in Anwendung zu

bringen, werden die in Edling gewonnenen Erfahrungen besonders wertvoll sein.

**Adresse des Autors:**

Dipl. Ing. *Hans Jahn*, Direktor, Österreichische Draukraftwerke AG, Baumbachplatz 2, Klagenfurt (Österreich).

## Auslegung des schweizerischen 220- und 380-kV-Netzes

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 26. April 1963 in Bern,  
von *G. Hunziker*, Baden

621.316.1.027.8 (494)

### 1. Einleitung

Bevor wir auf die Fragen der Auslegung des schweizerischen Höchstspannungsnetzes 220/380 kV eintreten, ist es wohl zweckmässig, sich die Entstehung der Voraussetzungen für dieses Netz in Erinnerung zu rufen. Dies soll durch eine generelle Übersicht über die historische Entwicklung geschehen. Nachher mögen Aufgaben und Ausbau des Höchstspannungsnetzes skizziert werden. Mit einem Blick in die Zukunft und ein paar Angaben über die Leistungsfähigkeit der wichtigsten Energiestrassen, sowie mit einem Hinweis auf das Genehmigungsverfahren von Hochspannungsleitungen soll das Bild über das schweizerische Höchstspannungsnetz abgerundet werden.

### 2. Historische Entwicklung

Mit dem Bau der ersten Kraftwerke an den Flüssen der Schweiz entstanden auch die ersten Leitungen, welche sich zu einem lokalen Versorgungsnetz gruppierten. Die zu übertragenden Leistungen waren um die Jahrhundertwende noch klein, die Distanzen zum Konsumgebiet bescheiden; es genügten einige Kilovolt Übertragungsspannung. Mit dem Anwachsen der Ausbauleistungen und durch die Erschliessung immer grösserer Absatzgebiete wuchsen auch die Übertragungsdistanzen der regionalen Netze. Mit der Forderung nach Anpassung der hydraulischen Energieproduktion an den variablen Energieverbrauch entstand das Bedürfnis der Kupplung der Flusskraftwerke mit den regulierbaren Speicherwerken in den Bergen, welche 1908 mit der 50-kV-Leitung Beznau-Löntschi realisiert wurde. Die Leitungen wuchsen aus der lokalen und regionalen Bedeutung hinaus; sie verbanden verschiedene Kraftwerktypen untereinander und mit verschiedenartigen Absatzgebieten industriellen, gewerblichen und landwirtschaftlichen Charakters. Die übertragenen Leistungen überstiegen aber damals kaum 20...25 MW pro Leitungsstrang (Fig. 1).

Die zunehmende Industrialisierung und Elektrifizierung der Schweiz führte zum stets wachsenden Energieverbrauch und damit zum sukzessiven weiteren Ausbau der Wasserkräfte und zur Forderung nach vermehrter Betriebssicherheit. Wenn zunächst in den einzelnen Landesteilen durch voneinander unabhängige Kraftwerkgesellschaften Mittelspannungsnetze mit einzelnen Leitungen entstanden, welche mit 50, 60, 70 oder 80 kV betrieben wurden, so rief die Verpflichtung zur kontinuierlichen und betriebssicheren Belieferung der Abnehmer nach vermehrter Austauschmöglichkeit

unter den Energieproduzenten und damit nach einem intensiveren Zusammenschluss der Netze. Mit den steigenden Übertragungsleistungen und Distanzen wuchsen notwendigerweise die Betriebsspannungen. Die Netze wuchsen einander entgegen. In der deutschen Schweiz entstanden 1925 im Zusammenhang mit dem Bau des Kraftwerkes Wägital die ersten 150-kV-Verbindungen von Siebnen über Grynau nach Töss und von Siebnen nach Rathausen.

In der welschen Schweiz, die ihr Mittelspannungsnetz für 65 kV eingerichtet hatte, erstellte die EOS 1921 als Verbindung Lausanne—Genf die erste 110-kV-Leitung, die aber bis 1934 mit 65 kV betrieben wurde. Mit der Inbetriebnahme von Chandoline im Jahre 1934 wurde die Leitung Chandoline—Romanel—Genf mit 130 kV in Betrieb genommen.

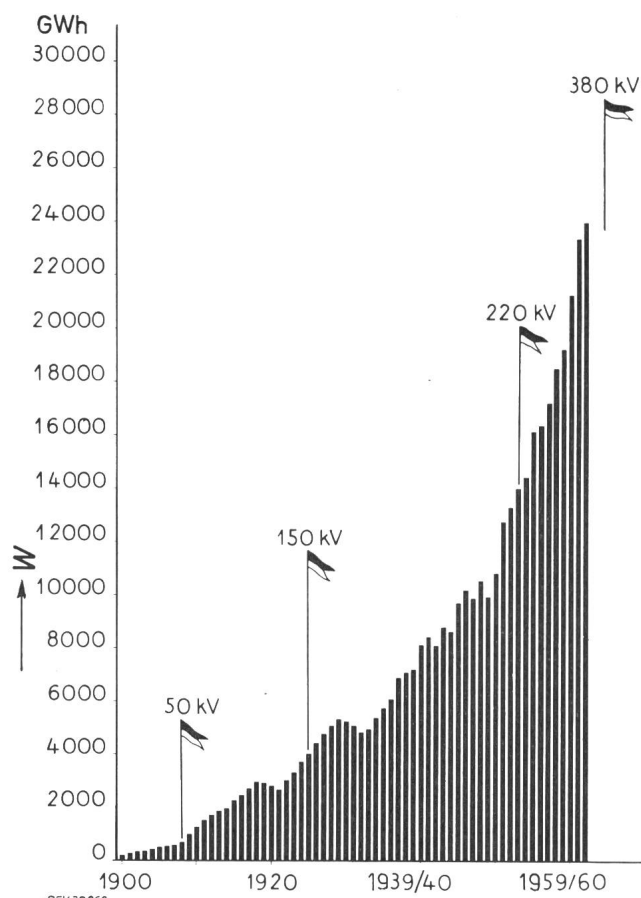


Fig. 1  
Jährliche Erzeugung elektrischer Energie *W* in der Schweiz  
(einschliesslich Import)

Eine Kuppelstelle mit dem 150-kV-Netz der BKW entstand in Galmiz. Nach Massgabe der dort installierten Transformatorenleistung war es nun möglich, Energie aus der Westschweiz in die Zentral- und Ostschweiz und umgekehrt zu verschieben. Das Bild zeigt den wachsenden Energieverbrauch der Schweiz und den jeweiligen Zeitpunkt der Einführung der verschiedenen Spannungsstufen. Im Jahre 1932 entstand die Gotthardleitung zur Kupplung der Werke südlich und nördlich der Alpen. Ihre Tragwerke wurden für 380 kV dimensioniert; die Übertragungsspannung betrug aber vorerst 150 kV.

In der Regel baute jede Gesellschaft die Leitungen, die sie benötigte. Einen wichtigen Knotenpunkt der Nord-Süd- und Ost-West-Verbindungen erstellten die interessierten Werke gemeinsam in Mettlen.

Der Konjunkturauftrieb der Nachkriegsjahre stellte an die Energieversorgung des Landes immer grössere Anforderungen. Der Bedarf verdoppelte sich in je 10...15 Jahren. Der Kraftwerkbau musste mit allen Mitteln vorangetrieben werden und damit auch der Bau der Leitungen, welche die nun hauptsächlich in neuen Speicherwerken der Alpen produzierte Energie den Verbrauchsgebieten zuzuführen hatten. Dies konnte wegen der gewaltig angewachsenen Ausbauleistungen dieser modernen Werke und der hohen Leistungskonzentration in den Produktionsgebieten nicht mehr in 150 kV geschehen.

Im Hinblick auf die notwendig werdenden höheren Spannungen war es erforderlich, eine den gesamtschweizerischen Interessen dienende Lösung der Übertragungsprobleme zu finden.

### 3. Spannungsnormung und Vereinheitlichung der Erdungssysteme

Alle Landesteile sollten untereinander Energie verschieben können, ohne durch Transformatoren in der Leistungsfähigkeit beschränkt zu sein. Die bunte Vielfalt der Spannungen im Bereich zwischen 50 und 150 kV war einem leistungsfähigen Verbundbetrieb nicht förderlich. Auch ohne Transformation an den Landesgrenzen sollte es möglich sein, den Energieaustausch mit dem Ausland zu intensivieren. Das Eidg. Post- und Eisenbahn-Departement erteilte im April 1948 der Eidg. Kommission für elektrische Anlagen den Auftrag, dem Problem der Energieübertragung vorausschauend die grösste Aufmerksamkeit zu schenken. Sie solle untersuchen, welche Spannungen über 150 kV für ein rationelles Übertragungsnetz und zur möglichsten Beschränkung der Zahl der Leitungen und welches Erdungssystem am geeignetsten erscheinen.

Die Eidg. Kommission für elektrische Anlagen setzte zur Prüfung dieser Fragen im gleichen Jahre einen Arbeitsausschuss ein, welcher aus Vertretern dieser Kommission, aus dem Oberingenieur des Eidg. Starkstrominspektorates, dem Vorsteher des Eidg. Amtes für Elektrizitätswirtschaft und aus Vertretern des SEV und der Elektrizitätswerke unter zeitweiliger Mitwirkung eines Vertreters der PTT bestand. Zur Diskussion standen damals entsprechend der internationalen Normung Spannungen von 220, 275 und 380 kV. Die Untersuchungen ergaben, dass über 150 kV nur die Spannungen 220 und 380 kV als Nennspannungen in der Schweiz festzulegen seien, und dass diese Höchstspannungsanlagen einheit-

lich mit starr geerdetem Nullpunkt betrieben werden sollten. Das Eidg. Post- und Eisenbahn-Departement erliess die entsprechende Verfügung am 27. April 1950. Dadurch ist ein direkter Parallel- und Verbundbetrieb innerhalb der Schweiz und mit dem Ausland gewährleistet, da die der Schweiz benachbarten Länder dieselben Nennspannungen genormt hatten.

Den Untersuchungen über die Spannungsnormung war einerseits der Vollausbau, insbesondere unserer Wasserkräfte in den Alpen, zu Grunde gelegt, und andererseits wurde eine proportionale Zunahme des Energiebedarfs in den Hauptabsatzgebieten angenommen. Die 1955 durchgeführten Studien des Eidg. Amtes für Elektrizitätswirtschaft ergaben, dass wir in den Wasserkraft-Überschussgebieten der Kantone Wallis, Tessin und Graubünden bei Vollausbau über einen Speichergehalt von 76 % des gesamtschweizerisch möglichen Inhaltes verfügen werden, während der Anteil an Sommerenergieproduktion 50 % betragen wird. Dabei ist der Bevölkerungsanteil dieser Gebirgskantone nur ungefähr 10 % der schweizerischen Bevölkerung.

Die Konsumgebiete mit dem Bevölkerungsanteil von 90 % verfügen wohl über die aus den Flusskraftwerken gewonnene Energie, sie müssen aber aus den Überschussgebieten 50...70 % des Energiemankos und 50...90 % des Leistungsmankos decken.

Der flussreiche Kanton Aargau weist besonders extreme Verhältnisse auf: Es besteht im Durchschnittsjahr ein Winterenergiemanko von nur 5 %, aber ein Leistungsmanko im Winter von 65 % und ein Sommerenergieüberschuss von 20 %.

Unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse und der Annahme, dass die bei Vollausbau verfügbaren Energiemengen gänzlich im Inland verbraucht werden, ergaben sich die hauptsächlichsten Energieschwerpunkte im Produktions- und im Konsumgebiet und daraus wiederum die Hauptflussrichtungen der Energie. Die Bedarfsschwerpunkte fielen in der Regel mit den bereits bestehenden 150 und 130 kV Schaltanlagen zusammen, wohin die Energie somit zu übertragen war. Zusätzliche Knotenpunkte erwiesen sich mit dem zunehmenden Energiebedarf im Industriegebiet (z. B. Breite) und an der Landesgrenze (z. B. Laufenburg) als nötig.

Die geographischen und topographischen Verhältnisse behindern in der Schweiz die freie Entwicklung eines beliebig grossen Netzes mit vielen parallelen Leitungen. Dies führte zur Normung der höchsten Spannungsstufe von 380 kV. Auf dem Weg aus den Alpen ins Mittelland folgen die Leitungen den Flussläufen Rhone, Aare, Reuss und Rhein und benützen die auch im Winter begehbaren Pässe.

Aus den skizzierten Überlegungen ergaben sich gewisse theoretische Unterlagen für die Konzeption eines schweizerischen Höchstspannungsnetzes. Dieses konnte jedoch nicht von irgendeiner behördlichen Stelle in verbindlicher Weise geplant werden. Es fehlen bei der föderalistischen Struktur unserer Elektrizitätswirtschaft die gesetzlichen Grundlagen, die Gesellschaften zum Bau von Netzteilen zu zwingen.

### 4. Aufgaben des Höchstspannungsnetzes

Die Aufgaben des schweizerischen Höchstspannungsnetzes (Fig. 2) lassen sich etwa wie folgt zusammenfassen:

a) Sicherstellung der Verbindung der mit hoher Leistung ausgebauten Speicherwerke mit den Laufwerken und mit den Ver-

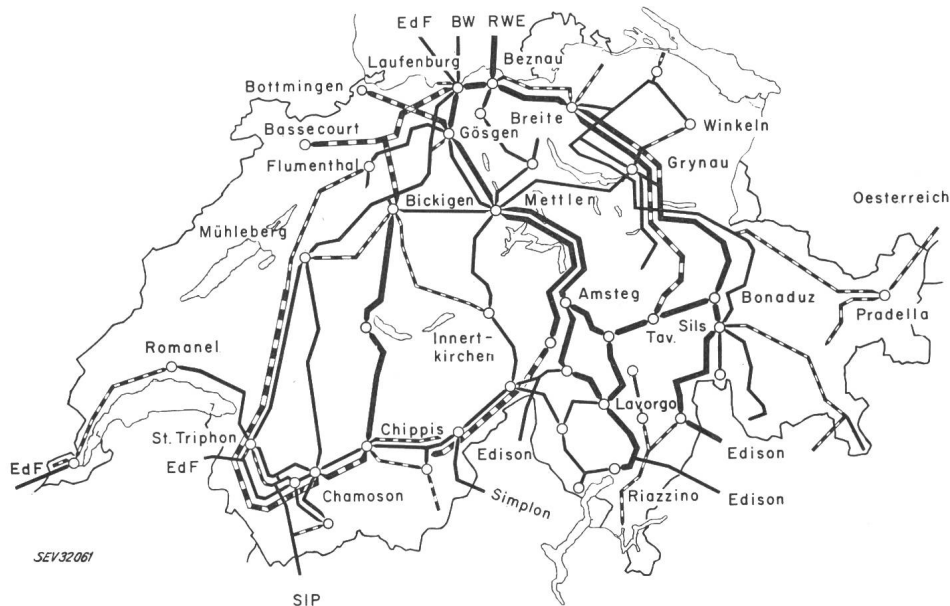


Fig. 2  
220/380-kV-Leitungsnetz der Schweiz

— 380 kV, bestehend oder im Bau;      - - - 380 kV, Projekt;  
— 220 kV, bestehend oder im Bau;      - - - 220 kV, Projekt

teilzentren des Mittellandes. Die Energie aus den Hauptproduktionsgebieten der Kantone

Wallis	mit 2800 MW
Tessin und Uri	mit 1300 MW
Graubünden	mit 2800 MW

muss von den Schwerpunkten der Produktion nach den Verteilzentren und Knotenpunkten Romanel, Galmiz-Mühleberg, Bickigen, Mettlen, Gösgen, Laufenburg, Beznau, Breite, Grynau gebracht werden, um nur die wichtigsten zu nennen. Der Verbrauch in den Überschussgebieten ist in den erwähnten Zahlen nicht enthalten.

b) Sicherstellung der Querverbindungen zwischen den einzelnen Netzteilen des Landes, um die nötigen Aushilfe- und Austauschmöglichkeiten zwischen den Verbrauchsgebieten zu gewährleisten.

c) Verbindungen mit den Nachbarländern (Fig. 5) für den Energieaustausch über die Landesgrenzen hinaus im Rahmen der europäischen Verbundwirtschaft.

d) Die spätere Eingliederung der thermischen Grosskraftwerke in der Nähe der Bedarfsgebiete wird sich ohne grosse Netzerweiterungen bewerkstelligen lassen.

Es war von Anfang an klar, dass sich der sukzessive Netzausbau nach den Bedürfnissen der Kraftwerkgesellschaften und dem Tempo des Grosskraftwerkbaues richten musste. Dieses Tempo und die zeitliche Staffelung der Kraftwerkbauten waren weitgehend gegeben durch die Erhältlichmachung wichtiger Wasserrechtskonzessionen.

## 5. Die Ausgestaltung des Höchstspannungsnetzes

Die wesentlichste Grundlage für ein gesamtschweizerisches Höchstspannungsnetz bildete die Abklärung der Bedürfnisse der Kraftwerkgesellschaften, welche durch eine von der Eidg. Kommission für elektrische Anlagen veranlasste Umfrage im Jahre 1954 dem Eidg. Starkstrominspektorat anzugeben waren. Das Ergebnis ist im Plan Nr. 105 des Inspektorates zusammengestellt. In Fig. 2 sind alle heute gebauten oder im Bau befindlichen 220- und 380-kV-Leitungen enthalten, sowie jene Leitungen, für welche beim Eidg. Starkstrominspektorat ein Projekt oder eine Vorlage eingereicht worden ist. Die Figur zeigt die Netzgestaltung bei Vollausbau.

Für jede einzelne neu zu erstellende Leitung ist im Rahmen des üblichen Genehmigungsverfahrens mit einer Vorlage die Baubewilligung einzuholen. Durch das Eidg. Starkstrominspektorat und das Eidg. Energiewirtschaftsamt werden u. a. geprüft:

- Ob die beantragte neue Leitung einem tatsächlichen Bedürfnis entspricht und ob sie sich in den erwähnten Plan Nr. 105 in vernünftiger Weise eingliedert;
- Ob sie eventuell mit anderen Bauvorhaben im gleichen geographischen Raum kombiniert werden kann, um eine Minimalzahl von Leitungen zu erhalten;
- Ob nicht auf Grund der erwähnten Überlegungen betreffend Spannungsnormung im Hinblick auf den Vollausbau eventuell die höhere Spannungsstufe anzuwenden sei.

Die zeitgerechte Einordnung der in dieser Weise koordinierten Bedürfnisse führt zur sukzessiven Ausgestaltung des 220/380-kV-Netzes. Im allgemeinen hat die Erstellung der grossen Partnerwerke im Alpengebiet auch zur gemeinsamen Erstellung von Partnerleitungen durch die daran interessierten Elektrizitätsunternehmen geführt, so dass nur noch wenige der neueren 220- oder 380-kV-Leitungen einer einzelnen Gesellschaft gehören. Auch enthält jede Leitungsgenehmigung die durch das Elektrizitätsgesetz vorgeschriebene Bedingung, dass Transitrechte zu Gunsten Dritter im Rahmen des technisch Möglichen einzuräumen seien.

Auf diese Weise entstand und entsteht in unserem Land das Höchstspannungsnetz mit seinen grossen

— *Nord-Süd-Verbindungen* aus dem westlichen, zentralen und östlichen Alpengebiet durch die topographischen Engnisse ins Mittelland und an den Rhein. Die erste 220-kV-Leitung wurde 1953 von Lavorgo über den Lukmanier nach Amsteg und Mettlen in Betrieb genommen.

— *Ost-West-Verbindungen* am Alpen-Nordfuss als Austauschleitungen zwischen den wichtigsten Knotenpunkten Winkeln – Grynau – Mettlen – Bickigen – Galmiz sowie dem Jura entlang von Breite über Beznau – Laufenburg – Gösgen – Flumenthal und Bickigen – Mühleberg – Galmiz – Romanel zur Verbindung der Bedarfszentren.

Die verhältnismässig enge Vermaschung im Endausbau sowie die zahlreichen Importmöglichkeiten aus dem Ausland

Fig. 3  
220-kV-Leitungsnetz der Schweiz

— bestehend oder im Bau;  
- - - Projekt

werden auch beim Ausfall einer wichtigen 220- oder 380-kV-Leitung nicht zu katastrophalen Versorgungsschwierigkeiten führen.

### 6. Unterscheidung eines 220- und 380-kV-Netzes

Zunächst ist das 220-kV-Netz im Aufbau begriffen (Fig. 3). Es umfasst heute rund 400 km einsträngige und 1100 km zweisträngige Leitungen, und zwar:

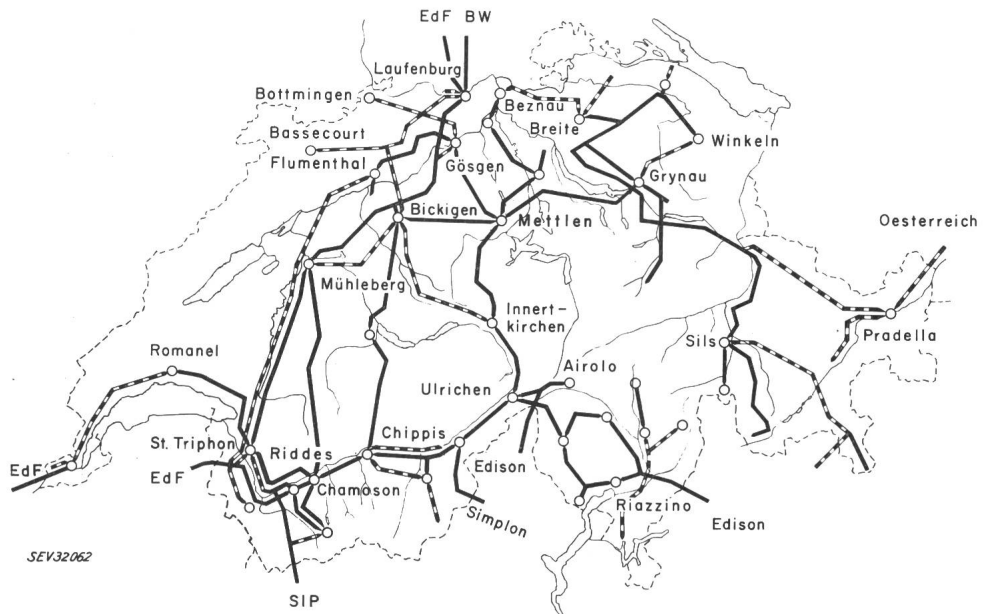
- a) Solche, die noch mit 150 kV in Betrieb stehen, aber für 220 kV gebaut sind;
- b) Solche, die für 220 kV gebaut und auch im Vollausbau so betrieben werden, weil sie genügen, um Produktionsgebiete zu erschliessen (z. B. Maggia, Engadin) oder Querverbindungen sicherzustellen (z. B. Grynau – Mettlen – Bickigen – Mühleberg);
- c) Verbindungsleitungen in 220 kV mit allen Nachbarländern (Fig. 5);

Beispiele:

Leitung	führt	nach		
Grosser Sankt Bernhard Simplon Jorio nach Mese vom Engadin von Laufenburg nach Gurtweil	}	Italien  Österreich Deutschland		
von Laufenburg nach Kembs von Genf und aus dem Wallis nach Génissiat				
			}	Frankreich

d) und Leitungen, die für 380 kV vorgesehen und gebaut, aber vorläufig mit 220 kV betrieben werden.

Fig. 3 zeigt das 220-kV-Netz, wie es im Vollausbau mit 220 kV betrieben wird. Man erkennt die enge Vermaschung,



obwohl die dannzumal mit 380 kV zu betreibenden Leitungen nicht enthalten sind.

Der Ausbau des 220-kV-Netzes wird einige 150-kV-Leitungen zum Verschwinden bringen, sofern diese nicht den Charakter von Verteilleitungen erhalten werden.

Das 380-kV-Netz besteht heute aus rund 140 km einsträngigen und 380 km zweisträngigen, heute noch mit 220 kV betriebenen, und 600 km projektierten oder im Bau befindlichen Freileitungen (Fig. 4), und zwar:

#### a) Hauptübertragungsleitungen

Wallis – Gemmi – Nordwestschweiz – Laufenburg  
Tessin (und Wallis) – Reusstal – Mettlen – Gösgen – Rhein  
Bündnerland – Tavanasa – Vorab-Glarnerland – Breite  
Tessin – San Bernardino – Sils – Kunkels – Breite – Beznau –  
Laufenburg

#### b) Querverbindungen (nur im Rhone- und Rheintal)

Wallis – Furka – Göschenen (im Projekt)  
Sedrun – Tavanasa – Bonaduz (erstellt)

#### c) Auslandsverbindungen (bereits bestehend)

Misox – Mese (Italien)  
Beznau – Tiengen (Deutschland).

In Fig. 5 sind nur die wichtigsten, für den Energieaustausch über die Landesgrenzen dienenden Verbindungen enthalten.

Der Westteil des schweizerischen 380-kV-Netzes ist noch nicht abgeklärt.

Das 380-kV-Netz zeigt keine eigentliche Vermaschung. Es bildet das Rückgrat des Höchstspannungsnetzes und ermöglicht die Anschlüsse an die Nachbarländer, womit das Netz zum bedeutungsvollen Bestandteil eines künftigen europäischen 380-kV-Verbundnetzes wird.

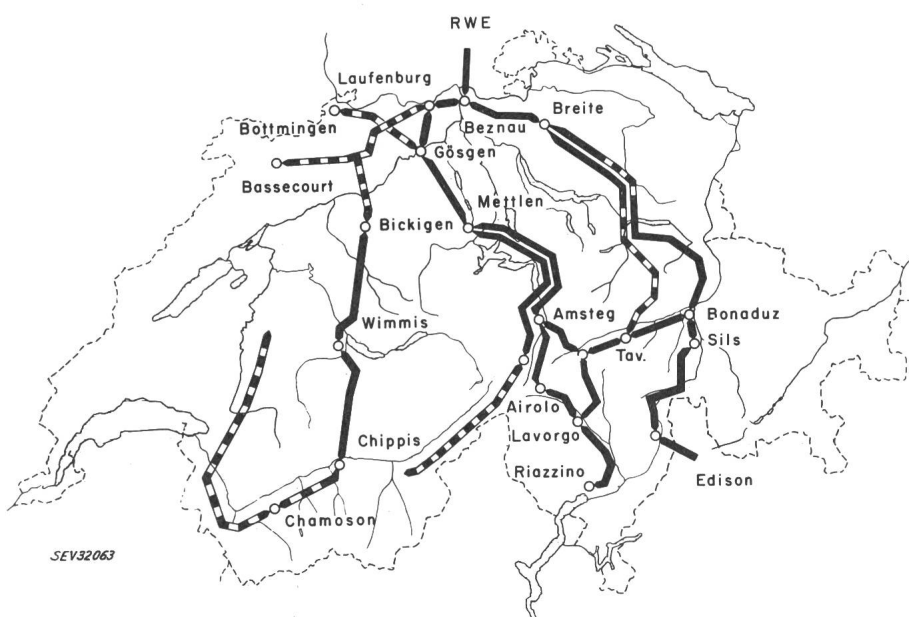


Fig. 4  
380-kV-Leitungsnetz der Schweiz  
— bestehend oder im Bau;  
- - - Projekt



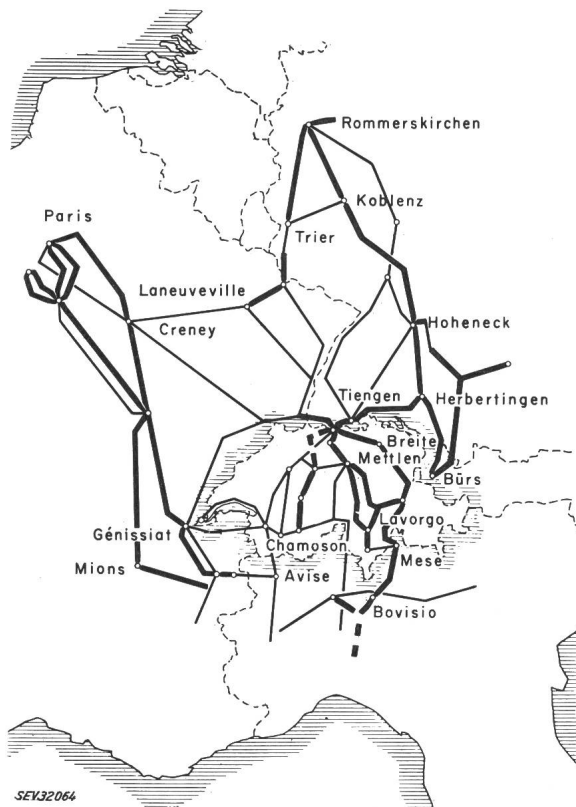


Fig. 5  
Internationales Verbundnetz

- 380 kV, bestehend oder im Bau;
- - - 380 kV, Projekt
- 220 kV, bestehend

Bei dieser Gelegenheit mag erwähnt werden, dass die erste 380-kV-Verbindung Tavanasa und Sils—Bonaduz—Breite im Sommer 1964 dem Betrieb übergeben wird zur Übertragung der Energie aus den Kraftwerken Vorderrhein und Hinterrhein in den Raum Winterthur.

### 7. Zukunftsaussichten

Es ist nicht anzunehmen, dass die im Vollausbau der Wasserkräfte erstellten Netze wesentlich vom Netzplan Nr. 105 abweichen. Sie sind durch den Ausbau der hydraulischen Anlagen gegeben. Die thermischen Grosskraftwerke, die vorläufig u. a. in Aigle, Sisseln, Rietheim und Sennwald geplant sind, werden sich ohne lange 220- oder 380-kV-Zuleitungen in das Netz einbauen lassen, so dass auch hiedurch keine bedeutenden Ergänzungen notwendig werden.

Das vorgesehene relativ dicht vermaschte 220-kV- und das darüber superponierte 380-kV-Netz ermöglichen einen intensiven Energieaustausch mit allen Nachbarländern der Schweiz. Die Bedeutung des sicher funktionierenden europäischen Verbundbetriebes wurde im vergangenen Winter 1962/1963 eindrücklich demonstriert. Die gesamte parallel führende Maschinenleistung des europäischen Verbundnetzes gleicher Frequenz beträgt heute bereits über 60 MW. Durch das Netz wird der immer bedeutungsvoller werdende Verbundbetrieb zwischen den hydraulischen Spitzenwerken, den Flusskraftwerken und den thermischen Kraftwerken im In- und Ausland mit der für die störungsfreie Energieversorgung wichtigen Betriebssicherheit gewährleistet. Voraussetzung da-

für ist die stete Bereitstellung von als Ausweichmöglichkeit und Reserve dienenden Netzteilen. Eine spätere Einführung einer noch höheren Spannung von z. B. 550 oder 750 kV erscheint heute für schweizerische Bedürfnisse als nicht notwendig.

Unsere Elektrizitätswirtschaft mit ihrer historischen Entwicklung, mit ihren Gesellschaften der öffentlichen Hand, der gemischtwirtschaftlichen und privaten Betriebe ermöglicht trotz ihrer Vielgestaltigkeit eine vernünftige Realisierung eines Gesamtplanes, der auf der im wesentlichen freiwilligen Zusammenarbeit der interessierten Unternehmungen beruht, hin und wieder und im Bedarfsfalle gesteuert und koordiniert durch das Eidg. Starkstrominspektorat und die Eidg. Kommission für elektrische Anlagen.

### 8. Kosten

Sowohl die Erstellungskosten der 220- und 380-kV-Leitungen als auch die Energieübertragungskosten hat Direktor Aemmer in seinem Vortrag vom 9. April 1963, auf den hier besonders verwiesen sei, detailliert angegeben<sup>1)</sup>. Es sei lediglich erwähnt, dass die gesamten Kapitalinvestitionen in der Schweiz für die bestehenden Produktions- und Verteilungsanlagen der Allgemeinversorgung per 1. Januar 1962 rund 8,8 Milliarden Franken betragen. Davon entfallen auf die

Kraftwerke rd.  $\frac{2}{3}$  oder ca. 5,8 Milliarden Fr.

Übertragungs- und Verteilungsanlagen rd.  $\frac{1}{3}$  oder ca. 3,0 Milliarden Fr.

Auf die 220- und 380-kV-Anlagen des Höchstspannungsnetzes dürften davon heute nahezu etwa 1 Milliarde Franken entfallen.

### 9. Leistungsfähigkeit

Als übertragbare Leistungen auf Leitungen mit Zweierbündel kann pro Strang für

220 kV  $2 \times 300 \text{ mm}^2$  Aldrey 250 MW

380 kV  $2 \times 600 \text{ mm}^2$  Aldrey 600 MW

gerechnet werden.

Die Leistungsfähigkeit der bestehenden und vorgesehenen 130/150/220 und 380 kV-Energiestrasen beträgt aus dem

a) Bündnerland Richtung Ost-, Nordost- und Nordschweiz rund 3000 MW;

b) Tessin—Uri Richtung Mettlen rund 2400 MW; Hier besteht die Möglichkeit, Leistungen aus dem Wallis und dem Vorderrhein zu übernehmen.

c) Wallis Richtung West- und Nordschweiz rund 2900 MW.

Daraus ist ersichtlich, dass die bei Vollausbau anfallenden und abzutransportierenden Leistungen, wie sie in Abschnitt 4 angegeben sind, aus den Alpenkantonen den Bedarfsgebieten zugeführt werden können.

### 10. Genehmigungsverfahren

Alle Hochspannungsanlagen unterliegen einem Genehmigungsverfahren, welches in der bestehenden Gesetzgebung im einzelnen festgelegt ist.

Gemäss Art. 19 des Elektrizitätsgesetzes wählt der Bundesrat die Kommission für elektrische Anlagen von sieben Mitgliedern. In dieser soll die elektrische Wissenschaft sowie

<sup>1)</sup> Siehe Bull. SEV 54(1963)12, S. 437...445.

Schwach- und Starkstromtechnik angemessen vertreten sein. Sie ist begutachtendes Organ des Bundesrates in allen Fragen der zu erlassenden Vorschriften für die Erstellung und Instandhaltung der elektrischen Anlagen.

Als Prüfungs- und Kontrollorgan wirkt das Starkstrominspektorat des SEV. Seine Rechte und Pflichten als eidgenössische Amtsstelle sind in einem Vertrag zwischen dem Post- und Eisenbahn-Departement und dem SEV geregelt.

Über das umfangreiche Verfahren zur Erhältlichmachung der generellen Genehmigung für den Bau einer Hochspannungsleitung mit allen zu begrüssenden eidgenössischen und kantonalen Instanzen und über das Genehmigungsverfahren für die Detailpläne hat Vize-Direktor Niggli in der Diskussionsversammlung des SEV vom 9. April 1963 eingehend berichtet. Zur Erteilung der Baubewilligung auf dem beantragten oder modifizierten Trasse wird das Starkstrominspektorat durch die Eidg. Kommission für elektrische Anlagen ermächtigt.

Wenn man an die zunehmenden Schwierigkeiten aller Art denkt, die der Erstellung der rund 2000 km Leitungslänge des schweizerischen Höchstspannungsnetzes entgegenstanden und entgegenstehen, wird uns bewusst, welche Arbeit die behandelnden Instanzen, vor allem das Starkstrominspektorat, zu bewältigen hatten und haben, bis die letzten Widerstände überwunden sind und bis jeweils das grüne Licht für den Bau gegeben werden kann.

Das Verfahren zur Erhältlichmachung der Baubewilligung für eine neue Anlage erscheint, besonders wenn noch Ex-

propriationen durchgeführt werden müssen, kompliziert und besonders der Elektrizitätsunternehmung, die ihre Versorgungspflicht zu erfüllen hat, zeitraubend und lang. Es sind aber die öffentlichen Interessen, die Achtung vor dem Privateigentum, vor unseren demokratischen Einrichtungen sowie vor den schutzwürdigen Naturschönheiten und historischen Stätten, welche das Verfahren festlegen.

Hoffen wir, dass Konzeption, gedanklicher Aufwand und Mühewaltung aller Kraftwerkgesellschaften und verantwortlichen Stellen zu einem einheitlichen Höchstspannungsnetz führen werden, welches bei minimaler Geländebelegung nur einen Sinn und Zweck hat, als Ganzes der schweizerischen Volkswirtschaft und damit unserem Land zu dienen.

#### Literatur

- [1] Hunziker, G.: Vereinheitlichung der Höchstspannungen und der Erdungssysteme in der Schweiz. Bull. SEV 42(1951)13, S. 461...466.
- [2] Hunziker, G.: Wirtschaftliche Probleme und schweizerischer Ausblick der 380-kV-Übertragung. Bull. SEV 44(1953)4, S. 125...128.
- [3] Eidg. Amt für Energiewirtschaft, Bern: Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie im hydrographischen Jahr 1961/62. Bull. SEV 54(1963)7, S. 253...269.
- [4] Aemmer, F.: Betriebsprobleme von Höchstspannungsleitungen. Bull. SEV 54(1963)12.
- [5] Sammlung der bundesrechtlichen Vorschriften über elektrische Anlagen. 6. Aufl. (Stand am 1. Oktober 1961). Hg. v. Eidg. Amt für Energiewirtschaft. Bern: Drucksachenbüro der schweiz. Bundeskanzlei 1961.

#### Adresse des Autors:

Dr. G. Hunziker, Direktor der Motor-Columbus AG, Baden (AG).

## Die Temperaturverhältnisse in der Schweiz

Von M. Schüepp, Zürich

551.524 (494)

*Bei der Ausarbeitung von Vorschriften, Regeln oder Leitsätzen für elektrisches Installationsmaterial und Apparate stellt sich oft die Frage, für welche Temperatureinflüsse ein bestimmtes Installationsmaterial oder ein Apparat zu bemessen oder zu prüfen ist. Der folgende Artikel berichtet über diese Temperatureinflüsse in der Schweiz. Wir hoffen, dass damit verschiedene Fragen besser abgeklärt werden können, und dass die Darlegungen auch unsere Leser, die sich nicht mit Normungsarbeiten befassen, interessieren werden.*

*Die Redaktion*

Im Gebirgsland Schweiz braucht es keine langen Erklärungen, dass die Temperaturverhältnisse sowohl in der Vertikalen, als auch in der Horizontalen oft auf verhältnismässig geringe Distanzen sehr verschieden sein können, finden sich doch in der täglichen Anschauung genügend Beispiele. Besonders krass sind die Unterschiede bei Föhnlage. Am 3. Januar 1963 verzeichnete z. B. Altdorf morgens eine Temperatur von +16 °C, Luzern dagegen eine solche von -1 °C in nur 32 km Distanz und beinahe gleicher Meereshöhe. In der Vertikalen sind die Unterschiede räumlich noch näher gerückt, z. B. an der Obergrenze von Nebelmeeren. Am 8. Dezember 1962 wurden in Einsiedeln -8 °C, auf dem 800 m höher gelegenen Rigi-Kulm +3 °C gemessen. Immerhin sind solche abnorme Fälle ziemlich selten, und so sollen in der folgenden Übersicht zunächst die normalen Verhältnisse betrachtet werden, wie sie sich aus den langjährigen Messungen im Durchschnitt ergeben.

### 1. Die Temperaturabnahme mit der Höhe

Vor allem im Winterhalbjahr, bei Hochnebellagen, kommt es vor, dass die Temperatur in der Höhe höher ist als in den

Niederungen. Der Meteorologe spricht in diesen Fällen von einer sog. Inversion. Die untere Grenze der Temperaturzunahme ist bei diesen Wetterlagen oft durch ein Nebelmeer gekennzeichnet. Temperaturzunahmen nach oben von 5...10 °C sind in diesen Lagen nicht selten, ja sie erreichen sogar manchmal ungefähr 15 °C. Inversionen bilden jedoch Ausnahmefälle. Immerhin wird durch sie die normale Temperaturabnahme mit der Höhe, wie man sie im Durchschnitt in allen Jahreszeiten findet, im Winter etwas herabgesetzt. Die durchschnittliche Abnahme beträgt dann etwa 0,4...0,5 °C pro 100 m Höhendifferenz. Im Gesamtjahresdurchschnitt kann man etwa mit 0,55 °C pro 100 m rechnen. Am stärksten nimmt die Temperatur im Sommer und im Frühjahr in der Höhe ab. Dann sind 0,6...0,65 °C pro 100 m die Regel. Im Gegensatz zu den Inversionen stehen die Tage mit starker Temperaturabnahme mit der Höhe. Die Verhältnisse sind dann jedoch nicht so auffallend wie bei den Hochnebellagen, da der Temperaturabnahme mit der Höhe Grenzen gesetzt sind. Man findet selten Werte, welche auf grössere Höhererstreckung 1,1...1,2 °C pro 100 m übersteigen. Wird die Luft in den unteren Schichten stärker überhitzt, so sinkt ihr spezifisches Gewicht so stark, dass ein Aufsteigen der