

# Entwicklung des westeuropäischen Verbundbetriebes in der Stromversorgung

Autor(en): **Hochreutiner, R.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **52 (1961)**

Heft 16

PDF erstellt am: **01.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-916861>

## **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.

# Entwicklung des westeuropäischen Verbundbetriebes in der Stromversorgung

Von R. Hochreutiner, Laufenburg

621.311.161 (4-15)

Auf Einladung der spanischen Behörden hielt der Autor am 7. Dezember 1960 in Madrid einen Vortrag über «Die Entwicklung des westeuropäischen Verbundbetriebes in der Stromversorgung». Da die Ausführungen des Verfassers auch für unsere Leser von Interesse sein dürften, geben wir dieses Referat in deutscher Fassung nachstehend wieder.

Der Autor berichtet über die Entwicklung des Verbundbetriebes in der Zeit vor dem zweiten Weltkrieg (Bildung der Landesnetze, Energieaustausch auf bilateraler Basis), über die Voraussetzungen für einen Energieaustausch auf multilateraler Basis, über die Fortschritte, die Organisation und Koordination des internationalen Energieaustausches in der Nachkriegszeit sowie über die Tätigkeit, welche die UCPTE auf diesem Gebiet entfaltet.

## 1. Einleitung

Die Probleme des Verbundbetriebes erschöpfend zu behandeln, dürfte im Rahmen eines solchen Aufsatzes nicht möglich sein. Man wird sich deshalb auf eine kurze Übersicht über die Entwicklung der Verbundwirtschaft in Westeuropa beschränken müssen. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass die folgenden Ausführungen nur die acht Länder Westeuropas betreffen, die sich in der UCPTE (Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Electricité — Union für die Koordinierung der Erzeugung und des Transportes elektrischer Energie) zusammengeschlossen haben, nämlich Belgien, die Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Italien, Luxemburg, die Niederlande, Österreich und die Schweiz. Die skandinavischen Länder, die zur Zeit durch eine 60-kV-Leitung über Dänemark mit der Bundesrepublik Deutschland verbunden sind, England, das noch im Laufe dieses Jahres

A la demande des autorités espagnoles, l'auteur a été appelé à donner le 7 décembre 1960 à Madrid une conférence sur «L'évolution de l'interconnexion en Europe occidentale». Ayant jugé que cette conférence intéresserait aussi nos lecteurs, nous en reproduisons le texte ci-après.

L'auteur décrit le développement de l'interconnexion avant la seconde guerre mondiale (création de réseaux nationaux, échanges d'énergie bilatéraux); indiquant les conditions d'une interconnexion multilatérale, il expose les progrès réalisés durant la période d'après guerre en ce qui concerne l'organisation et la coordination des échanges internationaux d'énergie, ainsi que l'activité déployée dans ce domaine par l'UCPTE.

durch ein Kabel unter dem Ärmelkanal an das europäische Verbundnetz angeschlossen wird und die iberische Halbinsel, von der Spanien erst seit zwei Monaten an den Arbeiten der UCPTE teilnimmt, werden hier nicht berücksichtigt.

Die acht betrachteten Länder zählten Ende 1958 rund 178 Millionen Einwohner. Im gleichen Jahr erreichte die gesamte Stromerzeugung in diesem Gebiet ca. 255 TWh<sup>1)</sup> kWh, mit einer installierten Kraftwerksleistung von 69 GW<sup>2)</sup>. Der Stromaustausch zwischen den genannten Ländern stieg in jenem Jahre auf über 8 TWh an und stellte damit 86% des gesamten inner-europäischen Stromaustausches dar.

Aus Fig. 1 ist die Entwicklung des Stromaustausches von 1950 bis 1959 (gestrichelte Kurve) und zum Vergleich auch der Verbrauchsanstieg im selben Zeitabschnitt (ausgezogene Kurve) ersichtlich. In diesen zehn Jahren hat sich der Stromverbrauch verdoppelt, der Stromaustausch aber verdreifacht. Dies ist das Ergebnis einer langsamen Entwicklung, die sich im Laufe der letzten 50 Jahre vollzogen hat.

Zunächst ist es erforderlich, die einzelnen Etappen, die zur heutigen Verbundwirtschaft führten, zu verfolgen.

## 2. Ausbau der Landesnetze und Entwicklung des bilateralen Stromaustausches

In ihren Anfängen war die Elektrifizierung ortsgebunden. Einzelne kleine Kraftwerke deckten den Strombedarf in ihrem Versorgungsgebiet, die seinerzeit niedrigen Betriebsspannungen beschränkten den Energietransport auf kurze Entfernungen. Weite Versorgungsgebiete konnten erst mit dem in den Jahren 1920...1930 erfolgten Bau von 110- bis 150-kV-Leitungen der Elektrifizierung erschlossen werden. Damals entstanden immer bedeutendere Versorgungsnetze wie z. B. das des Rheinisch-Westfälischen Elektrizitätswerkes (RWE) und des Bayernwerks in Deutschland, der SIP (Società Idroelettrica Piemonte), der Edison und der SADE (Società Adriatica di Elettricità) in Italien sowie dasjenige der Compagnie Parisienne de distribution de l'électricité, der Union de l'Electricité und der Nord-Lumière in Frankreich.

Die Inbetriebnahme der ersten 220-kV-Verbindung zwischen dem Rheinland und Vorarlberg im Jahre 1929, die 1932 eine Abzweigung nach Tiengen an der deutsch-schweizerischen Grenze am Rhein erhielt, leitete die Epoche der Ferntransporte ein. Frankreich seinerseits baute 1932 eine 220-kV-Leitung zwischen

<sup>1)</sup> 1 TWh = 1 Milliarde kWh.  
<sup>2)</sup> 1 GW = 1 Million kW

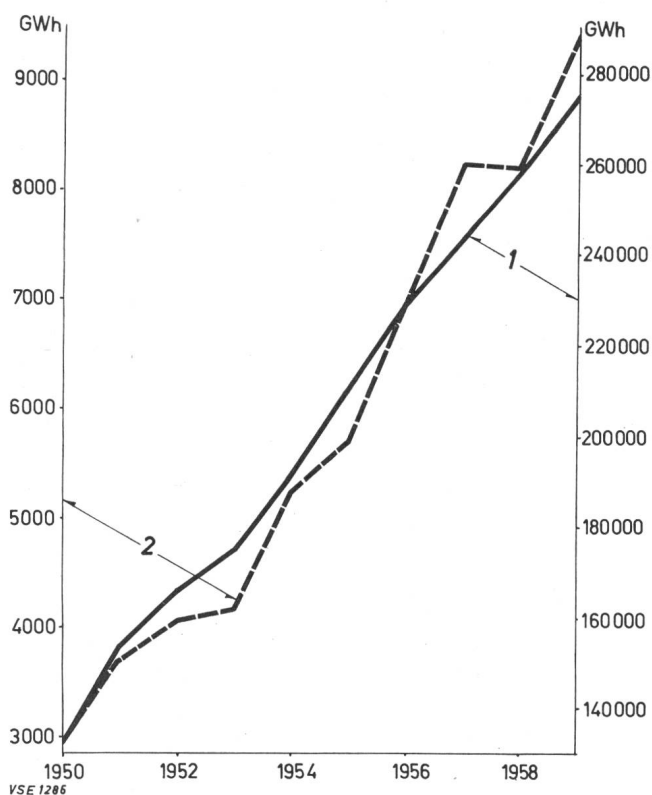


Fig. 1

Austausch und Verbrauch elektrischer Energie aller UCPTE-Länder

- 1 Landesverbrauch elektrischer Energie in den UCPTE-Ländern (GWh pro Jahr)  
2 Import (bzw. Export) elektrischer Energie (GWh pro Jahr)

dem *Zentralmassiv* und *Paris*. Nunmehr war es möglich, zwischen den Schwerpunkten der Wärmekraft-erzeugung und den Wasserkraftgebieten über mehrere hundert Kilometer einen Verbundbetrieb durchzuführen; nach und nach schlossen sich auch die grossen Regionalnetze zu den heutigen Landesnetzen zusammen.

Hierbei fällt jedoch auf, dass bis zu Beginn des zweiten Weltkrieges in den meisten Ländern diese Regionalnetze nicht parallel betrieben wurden. Zwar wurde im Jahre 1937 in Belgien die *Société pour la coordination de la production et du transport de l'énergie électrique* (Gesellschaft für die Koordinierung der Erzeugung und des Transportes elektrischer Energie) gegründet — sie verwirklichte bereits den Parallelbetrieb von mehr als drei Viertel der belgischen Kraftwerke —, in Deutschland indessen war das Versorgungsnetz in zwei Gebiete aufgeteilt, in ein westliches und ein östliches. Ebenso wurden in Frankreich, in der Schweiz und in Italien mehrere von einander unabhängige Netze betrieben. Vielfach machten auch unterschiedliche technische Bedingungen einen Zusammenschluss einzelner Gebiete unmöglich. So gab es beispielsweise noch keine gegenseitige Abstimmung der Verfahren für die Nullpunkterdung der Versorgungsnetze; selbst in einem kleinen Land wie der Schweiz wiesen die Netze der französischen Schweiz und des Kantons Bern starre Nullpunkterdung auf, während die der Nordostschweiz über Petersen-Spulen geerdet waren.

Mit der allmählichen Erweiterung der Landesnetze wurden ebenfalls internationale Verbindungen geschaffen, um zwischen benachbarten Gebieten den Strom-austausch über die Grenzen zu ermöglichen. So wurden schon im Jahre 1906 die Wasserkräfte des Poschiavotals in den Graubündner Bergen ausgebaut, um die Erzeugung dieser Schweizer Kraftwerke unmittelbar in das italienische Netz der *Società Vizzola* einzuspeisen. Ausserdem gab überschüssige Wasserkraftenergie, die in den Versorgungsgebieten des eigenen Landes nicht aufgenommen werden konnte, sehr häufig Anlass zu internationalen Stromtransporten. Um einen derartigen Austausch zu ermöglichen, mussten entweder einzelne Kraftwerke eines Landes unmittelbar mit dem ausländischen Netz gekuppelt (Richtmaschinenbetrieb) oder ein abgegrenztes Versorgungsgebiet vom Auslandsnetz unmittelbar versorgt werden.

Nach und nach gelang es den Versorgungsunternehmen beiderseits der Grenzen, ihre Netze parallel zu schalten. Dieser Parallelbetrieb blieb jedoch ausschliesslich auf benachbarte Gebiete beschränkt und behielt längere Zeit rein örtlichen Charakter. Langfristige und jahreszeitliche Lieferungen wurden aufgrund bilateraler Verträge durchgeführt, die indessen nicht immer ausschliesslich von zwei Unternehmen abgeschlossen wurden, sondern an denen zeitweilig zwei oder drei weitere Elektrizitätsgesellschaften beteiligt waren, um gemeinsam ein ausländisches Unternehmen zu beliefern. Die Bedeutung dieser langjährigen engen Zusammenarbeit sei hier besonders hervorgehoben, denn sie ermöglichte es, den internationalen Strom-austausch sehr einfach zu gestalten. Die Ergebnisse waren auch beachtenswert, wenn man bedenkt, dass die Schweiz im Jahre 1939/40 alleine bereits 1,8 TWh ausführte.

### 3. Zusammenschluss der Landesnetze und multilateraler Stromaustausch

Während des zweiten Weltkrieges und der darauf folgenden Jahre des Wiederaufbaues führte die lebenswichtige Bedeutung der Stromversorgung die zuständigen Unternehmen jedes Landes dazu, geeignete Massnahmen zur Verwirklichung eines gemeinsamen Parallelbetriebes zu treffen, was wiederum zur Bildung grosser Landesnetze führte. Der inzwischen erfolgte Ausbau des 220-kV-Netzes, bei dem sich alle Elektrizitätsgesellschaften auf die starre Nullpunkterdung geeinigt hatten, brachte die technischen Voraussetzungen für den Parallelbetrieb.

Somit konnten auch die einzelnen Landesnetze über 220-kV-Verbundleitungen zusammengeschaltet werden. Eine solche Leitung bestand bereits seit dem Jahre 1947 zwischen den Schaltanlagen *Landres* der EDF (Electricité de France) und *Koblenz* des RWE. Ebenso wurde die Schaltanlage *Jupille* der CPTE in Belgien und *Lutterade* (SEP — N. V. Samenwerkende Elektriciteits-Productiebetrijven) in Holland mit *Brauweiler* (RWE) über 220 kV verbunden. Von Deutschland führten ferner zwei 220-kV-Leitungen nach Österreich; die eine von *Herbertingen* (RWE) nach *Bürs* (Vorarlberg) und die andere von *Ludersheim* in Bayern nach *St. Peter* (Ober-Österreich).

Im Laufe der nächsten zehn Jahre wurden grosse internationale Verbundleitungen zwischen Frankreich und Italien, Italien und der Schweiz, Frankreich und der Schweiz, Deutschland und der Schweiz sowie zwischen Österreich und Italien in Betrieb genommen. Fig. 2 gibt ein Bild dieses 220-kV-Netzes nach dem Stande des Jahres 1959.

Durch die in jüngster Zeit angewendete Spannung von 380 kV erhielt diese Entwicklung neue, bedeutungsvolle Aspekte. Im Jahre 1958 wurde in Deutschland zwischen *Rommerskirchen* und *Hoheneck* und ein Jahr darauf in Frankreich zwischen *Paris* und *Génisiat* eine Höchstspannungsleitung in Betrieb genommen (s. gestrichelte Leitung in Fig. 2). Fig. 3 zeigt die bestehenden und projektieren 380-kV-Übertragungsleitungen. Voraussichtlich wird in naher Zukunft ein Höchstspannungsnetz das heutige 220-kV-Netz überlagern und die Verbindungen zwischen den acht betrachteten Ländern wesentlich verstärken.

Mehrere der in letzter Zeit gebauten 220-kV-Leitungen sind daher bereits so ausgelegt worden, dass sie später mit 380 kV betrieben werden können. Dies trifft z. B. für die Verbundleitungen von *Laufenburg* (Schweiz) nach *Kembs* (Frankreich) einerseits und von *Beznau* (Schweiz) nach *Tiengen* (Deutschland) andererseits sowie für die neue Verbindung von *Mese* in Italien nach *Soazza* in der Schweiz zu.

Das 220-kV-Netz ermöglichte eine wesentliche Erweiterung des internationalen Stromaustausches. Wenn auch dieser Austausch während der ersten Nachkriegsjahre den Charakter einseitiger Lieferungen behielt, so galt es doch, zunächst den Gebieten auszuhelfen, deren Erzeugungsanlagen während des Krieges zerstört worden waren. Wie bisher erfolgten diese Stromlieferungen im Richtmaschinenbetrieb oder durch die Versorgung abgetrennter Teilgebiete. Mit der Wiederherstellung normaler Beziehungen entwickelte sich jedoch ein Energieaustausch in beiden Richtungen. Vor allem bot die Möglichkeit einer Koordinierung zwischen den Gebieten mit Wärmekrafterzeugung einerseits, wie z. B.

Deutschland, Belgien, Nordfrankreich, den Niederlanden und den Alpengebieten mit ihren Wasserkräften andererseits den Anreiz zu diesen Energiebewegungen.

gen des Landes C parallel betrieben wird. In diesem Beispiel reguliert A die Austauschleistung mit dem Land B, während das Land B seinerseits die Austausch-

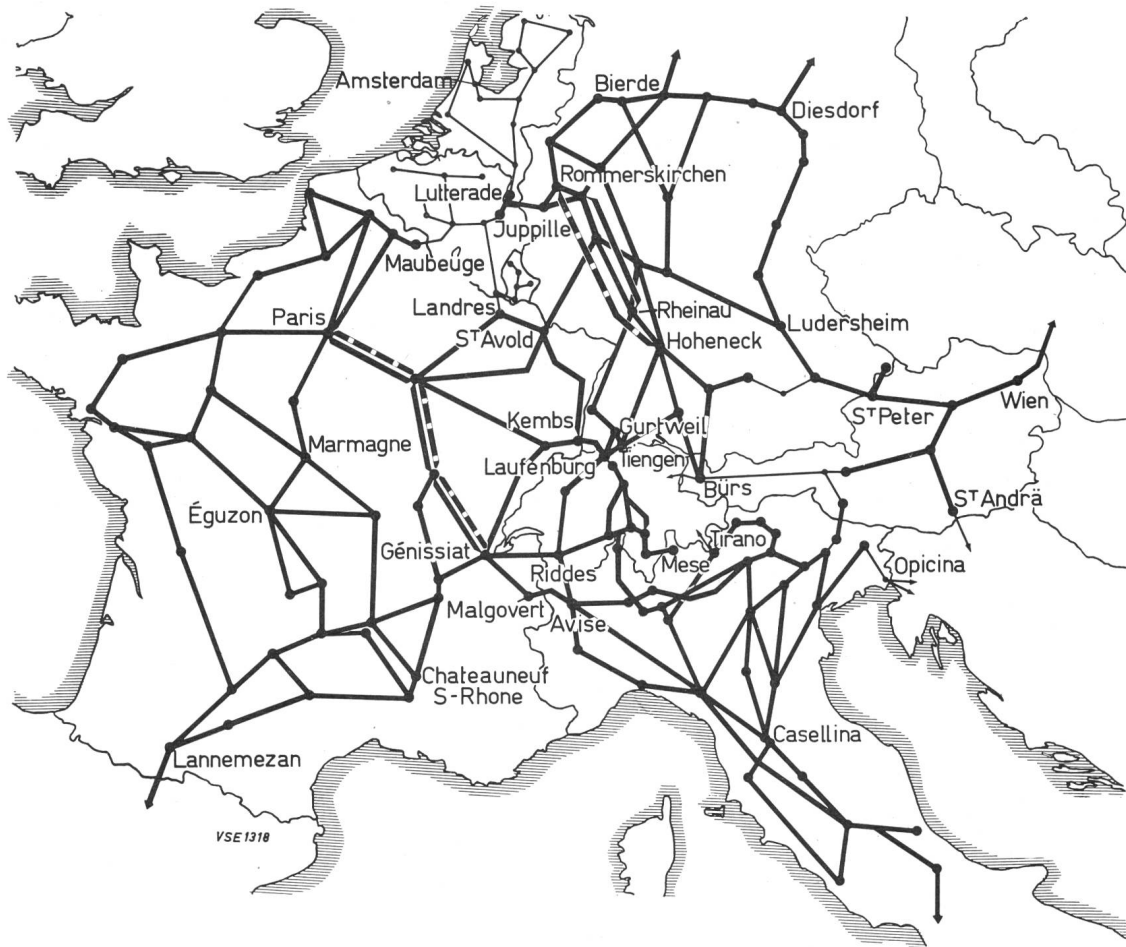


Fig. 2  
220-kV-Netz der Länder der UCPTE

— 220-kV-Leitungen  
- - - 380-kV-Leitungen

Im Sommer sind die Wasserkraftwerke wegen des günstigen Zuflusses mit Vollast eingesetzt, und die Alpengebiete führen Energie aus. Im Winter hingegen geht ihre Erzeugung stark zurück und macht einen Ausgleich durch Einfuhr von Wärmestrom notwendig.

Ein solcher Stromaustausch war jedoch nicht mehr allein mit Richtmaschinen oder durch die Versorgung eines abgetrennten Gebietes zu bewältigen. Somit wurde es notwendig, den Parallelbetrieb der Landesnetze vorzusehen. Solange es sich nur um einen Verbundbetrieb zwischen zwei Ländern handelte, waren die technischen Probleme verhältnismässig einfach zu lösen. Es genügte, eine geeignete Einrichtung zur Regelung der Austauschleistung in das Verbundnetz einzubauen, unter der Voraussetzung natürlich, dass bestimmte technische Bedingungen erfüllt waren, so z. B. Einheitlichkeit in der Sternpunktbehandlung und der Frequenzregelung sowie eine einwandfreie der Spannungsregelung.

Wenn mehr als zwei Landesnetze zusammengeschaltet werden müssen, ändern sich die zu lösenden Probleme nicht, sofern die Netze der einzelnen Länder kettenförmig miteinander verbunden sind, anders ausgedrückt, wenn das Netz des Landes A mit demjenigen des Landes B und das Netz des Landes B mit demjeni-

leistung mit dem Land C reguliert. Der bilaterale Charakter des Austausches kann aufrechterhalten werden, da der Austausch sich in einzelnen Stufen vollzieht: einerseits zwischen dem Land A und dem Land B, andererseits zwischen dem Land B und dem Land C.

Sofern indessen drei Länder, die gemeinsame Grenzen besitzen, untereinander Energie nach festgesetzten Programmen austauschen wollen, ist es nicht mehr möglich, einen allgemeinen Parallelbetrieb durchzuführen. Dieses Problem stellte sich z. B. vor einigen Jahren für die Schweiz. Die Elektrizitätswerke dieses Landes wollten einerseits Energie mit der EDF und andererseits mit dem RWE austauschen; die Netze der EDF und des RWE waren jedoch bereits über die Leitung St-Avold — Koblenz, über welche der Energieaustausch zwischen Frankreich und Deutschland stattfand, parallel geschaltet. Infolgedessen mussten die schweizerischen Elektrizitätswerke das Landesnetz so aufteilen, dass ein Teil mit dem französischen Netz und der andere Teil mit dem deutschen Netz parallel geschaltet war. Dieses Verfahren ermöglichte jedoch nur einen gegenseitigen Stromaustausch in beschränktem Umfang und brachte für die Schweiz überdies den schwerwiegenden Nachteil mit sich, dass sie zwei getrennte Netze betreiben musste. Um diese Schwierigkeiten

überwinden zu können, wurde von den am Energieaustausch interessierten Werken ein multilateraler Austausch angestrebt, sei es durch die Einführung eines Stern- oder eines Ringbetriebes.

So beschlossen im Jahre 1958 die EDF und das RWE, ihre Netze sternförmig zusammenzuschalten, und zwar in *Laufenburg*, wo ein Anschluss an die Schweizer Netze besteht. Die Regulierung der Austauschleistung

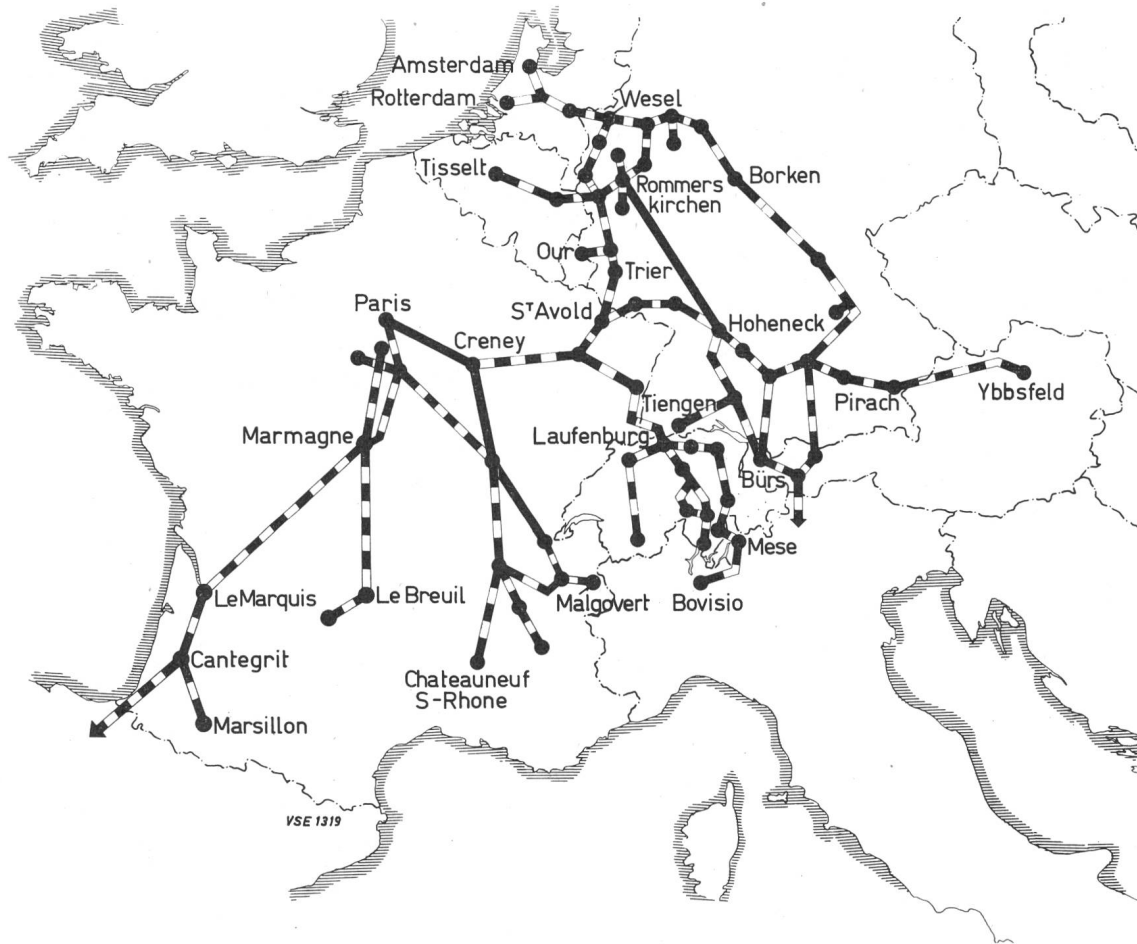
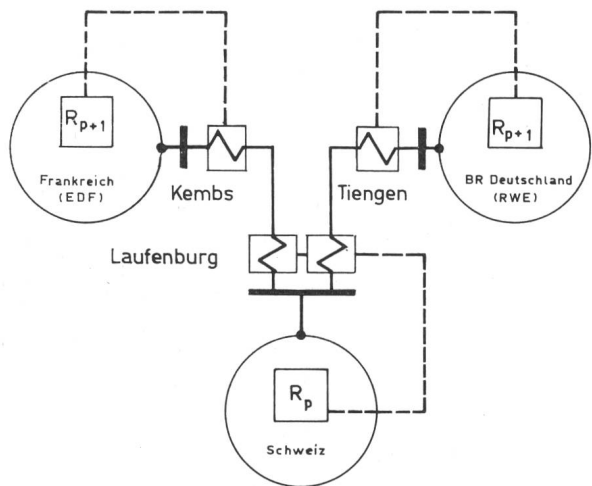


Fig. 3  
380-kV-Netz der Länder der UCPTE

— Leitung in Betrieb  
- - - Leitung projiziert



VSE 1321d

Fig. 4

Regelschema des Sternbetriebes der Netze der EDF, des RWE und der Schweiz

— Messung der Übergabeleistung  
 $R_{p+1}$  Netzregler für Frequenz-Leistungsregelung  
 $R_p$  Netzregler für Übergabeleistungsregelung  
 - - - Fernmessung der Übergabeleistung



erfolgt dann in der Weise, dass jeder Partner die Summe der mit den beiden andern Partnern verabredeten Programme einhält (Fig. 4):

- die EDF regelt ihre Übergabeleistung an die Schweiz und das RWE nach dem Frequenz-Leistungsverfahren im Punkt *Kembs*, Richtung *Laufenburg*;
- das RWE regelt seine Übergabeleistung an die Schweiz und die EDF nach dem Frequenz-Leistungsverfahren im Punkt *Tiengen*, Richtung *Laufenburg*;
- die Schweiz regelt ihre Übergabeleistung an die EDF und das RWE im Punkt *Laufenburg*.

Ein Jahr später kamen die beteiligten Gesellschaften überein, zwischen den Stationen *Malgouvert* (EDF) in Frankreich, *Avise* (SIP) in Italien und *Riddes* (Forces Motrices de Mauvoisin) in der Schweiz einen Ring zu bilden, um den Stromaustausch zwischen Frankreich, Italien und der Schweiz zu erleichtern. Dieser Ring ermöglicht einen allgemeinen Parallelbetrieb, bei dem jedoch die Partner die Durchleitung fremder Energie über ihr Netz in Kauf nehmen müssen. Jedes Land kann nämlich nur die Summe der Austauschleistungen mit den beiden andern Ländern regulieren, die Belastung der einzelnen Verbundleitungen hängt von ihrer Impedanz ab. So hat zum Beispiel der Energieaustausch zwischen Frankreich und Italien zu Transiten über das schweizerische Netz, zwischen *Avise*, *Riddes* und *Génissiat* geführt.

Diese Entwicklung die zum multilateralen Stromaustausch führte, ermöglichte es den acht Ländern, den Parallelbetrieb mit gleicher Frequenz auf ein Gebiet auszudehnen, dessen Gesamtleistung im Oktober 1959 bereits 38 GW überstieg.

ausgebaute Fernregel-, Fernmelde- und Fernmessanlagen verfügen. Ausserdem haben die Lastverteiler der verschiedenen Länder ihre Programme untereinander genau abzustimmen. Schliesslich wird auch die Abrechnung für die Lieferung, den Bezug und die Durchleitung elektrischer Energie umfangreicher. Solche Begleiterscheinungen sind nicht zu unterschätzen, mussten aber von den acht am Verbundbetrieb beteiligten Ländern, die wegen ihrer Lage im Zentrum Europas mit den Nachbarländern mindestens zwei oder drei gemeinsame Grenzen haben, in Kauf genommen werden. In dieser geographischen Besonderheit, auf die hier speziell hingewiesen werden muss, liegt der Grund, der die acht Länder veranlasste, den Energieaustausch

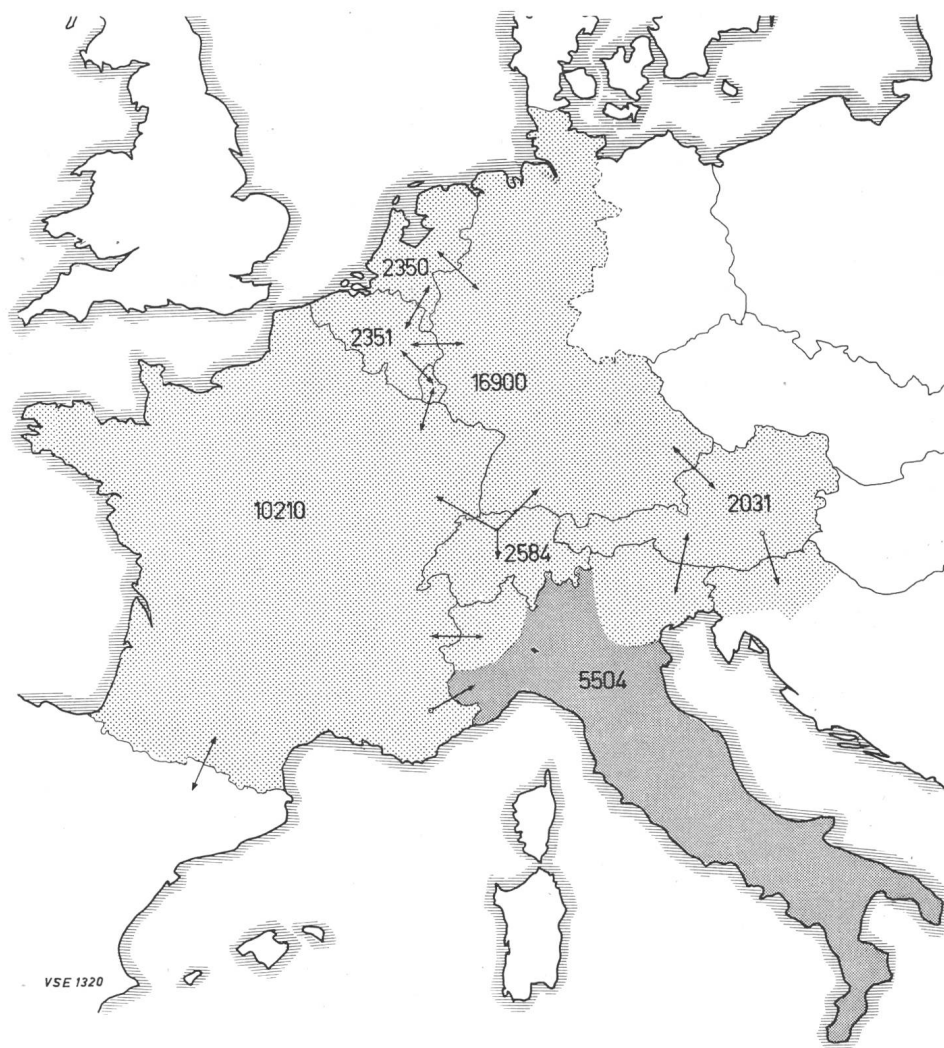


Fig. 5

Gebiete gleicher Netzfrequenz  
am 21. 10. 1959, 11.00 h  
Zahlen in der Fig.: im betreffenden  
Land eingesetzte Leistung in MW

Fig. 5 gibt ein Bild der Lage am 21. Oktober 1959. An diesem Tage wurden mit dem westeuropäischen Verbundnetz nur die Netze von Piemont und Venedig parallel betrieben. Anfangs 1960 gelang es bereits, das gesamte italienische Netz mit dem übrigen Verbundnetz parallel zu schalten; seit Dezember 1960 konnte dieser Betriebszustand beibehalten werden. Die im Gesamtgebiet gleicher Netzfrequenz eingesetzte Leistung betrug am 20. Januar 1960 47 GW und am 18. Januar 1961 ca. 54 GW.

Selbstverständlich erfordert dieser multilaterale internationale Stromaustausch eine bedeutend engere Zusammenarbeit als der bilaterale. Die Versorgungsunternehmen müssen zu diesem Zweck über sehr gut

auf neuer Grundlage zu organisieren. Wir werden im folgenden einen Überblick über diese Organisation geben.

#### 4. Organisation des Stromaustausches und dessen Koordinierung

Zunächst ist darauf hinzuweisen, dass der internationale Stromaustausch von den Elektrizitätsversorgungsunternehmen der interessierten Länder durchgeführt wird. Diese Unternehmen schliessen die Verträge ab, lassen durch ihre Lastverteilungszentren regelmässig die Austauschprogramme ausarbeiten und treffen die für die Erweiterung der Verbundanlagen notwendigen Massnahmen.

Es soll deshalb im folgenden einiges über die an jenem internationalen Verbundbetrieb beteiligten Elektrizitätsversorgungsunternehmen gesagt werden.

In Österreich ist die «*Österreichische Elektrizitätswirtschaft*», genannt *Verbundgesellschaft*, für den internationalen Energieaustausch verantwortlich. Die Lastverteilungsstelle in *Wien* regelt den Parallelbetrieb mit den Nachbarländern. Eine Sonderstellung nehmen indessen *Tirol* und *Vorarlberg* ein, welche direkte Beziehungen mit dem Ausland unterhalten, die eine Unternehmung mit Deutschland und Italien, die andere mit Deutschland.

In Belgien wurde bereits im Jahre 1937 die *Société pour la coordination de la production et du transport de l'énergie électrique (CPTE)* gegründet; diese Zentralstelle koordiniert die Tätigkeit der belgischen Elektrizitätswerke und regelt auch den Verbundbetrieb mit dem Ausland. Die Lastverteilungsstelle der CPTE in *Bruxelles* arbeitet die Austauschprogramme aus und ergreift die für die Durchführung des Energieaustausches mit den Nachbarländern notwendigen Massnahmen.

In Frankreich besitzt die *EDF* bekanntlich gemäss dem Dekret vom 22. Juni 1946 das Monopol für den Austausch elektrischer Energie mit dem Ausland. Die zentrale Lastverteilungsstelle *Paris* regelt, zusammen mit den regionalen Schaltleitungen von *Mülhausen*, *Nancy*, *Lyon* und *Toulouse*, den Verbundbetrieb mit den Nachbarländern.

In Italien besteht keine zentralisierte, für den Energieverkehr mit dem Ausland verantwortliche Organisation; es befassen sich vielmehr einzelne Unternehmungen, deren Netze direkt mit den Netzen Frankreichs, der Schweiz und Österreichs verbunden sind, mit dem Energieaustausch über die Grenzen. Es sind dies:

- die *Società Edisonvolta*, Mailand
- die *Società Adriatica di Elettricità* (SADE), Venedig
- die *Società Idroelettrica Piemonte* (SIP), Turin
- die *Società Montecatini*, Mailand

Selbstverständlich können auch andere Unternehmungen Abkommen mit den Nachbarländern abschliessen. Der Verbundbetrieb wird indessen durch die Gesellschaften, die über eigene, mit ausländischen Netzen verbundene Übertragungsleitungen verfügen und deren Lastverteilungsstellen sich in *Mailand*, *Venedig* und *Turin* befinden, geregelt.

Luxemburg beteiligt sich nur in sehr beschränktem Umfang am internationalen Energieaustausch; sein Netz ist in der Regel in zwei Zonen aufgeteilt, wobei die eine an das belgische, die andere an das Netz der *EDF* angeschlossen ist.

In den Niederlanden wurde im November 1948 eine Gesellschaft, die *SEP*, gegründet, die nicht nur für die Koordinierung der Erzeugung sowie der Übertragung zwischen den verschiedenen regionalen und kommunalen Netzen der Niederlande verantwortlich ist, sondern auch den internationalen Verbundbetrieb regelt und in *Arnhem* über eine Lastverteilungsstelle verfügt.

In der Bundesrepublik Deutschland beteiligen sich, wie in Italien, Gesellschaften, deren Netze mit ausländischen Netzen verbunden sind, am internationalen Energieaustausch. Das *RWE* nimmt mit seiner zentralen Lastverteilungsstelle in *Brauweiler* und seinen

Verbindungen mit dem österreichischen, belgischen, französischen, holländischen und schweizerischen Netz, eine überragende Stellung ein. In Süddeutschland unterhält das *Badenwerk* mit seiner Lastverteilungsstelle in *Karlsruhe* Beziehungen mit Frankreich und der Schweiz, während das *Bayernwerk* und die *Energieversorgung Schwaben* mit Österreich verbunden sind. Die Lastverteilungsstellen dieser Unternehmungen befinden sich in *Karlsfeld* (Bayern) und in *Obertürkheim* (Württemberg).

In der Bundesrepublik Deutschland gewährleistet die *Deutsche Verbund-Gesellschaft*, welche die oben erwähnten Unternehmungen umfasst, eine enge Zusammenarbeit; diese Organisation beschränkt ihre Tätigkeit indessen auf das Studium der technischen Probleme und schliesst selbst keine Energielieferungs- oder Austauschverträge ab.

In der Schweiz nehmen zur Hauptsache fünf Unternehmungen am internationalen Energieaustausch teil. Aufgezählt in der Reihenfolge der Bedeutung ihres Energieverkehrs mit dem Auslande sind dies:

- die *Elektrizitäts-Gesellschaft Laufenburg A.-G.*, Laufenburg
- die *Aare-Tessin A.-G. für Elektrizität*, Olten
- die *Nordostschweizerische Kraftwerke A.-G.*, Baden
- die *Bernische Kraftwerke A.-G.*, Bern und
- die *S. A. l'Energie de l'Ouest-Suisse*, Lausanne

Da die einzelnen Netze dauernd miteinander verbunden sind, drängte sich eine Vereinbarung auf, um den Verbundbetrieb mit den Netzen anderer Länder zu regeln. Die Lastverteilungsstellen *Laufenburg*, *Olten*, *Baden*, *Bern* und *Lausanne* arbeiten eng zusammen, wobei die eine oder andere dieser Stellen von den übrigen Unternehmungen beauftragt wird, die Austauschprogramme mit dem einen oder andern Nachbarland zusammenzufassen.

Fig. 6 gibt einen Überblick über die zentralen und regionalen Lastverteilungsstellen, denen die Durchführung des Austausches zwischen den acht UCPTÉ-Ländern obliegt. Wenn auch die etwa zwanzig am Verbundbetrieb beteiligten Gesellschaften scheinbar eine geringe Zahl darstellen, so wird dadurch doch in keiner Weise die Möglichkeit begrenzt, mit anderen Unternehmen, die Strom ein- oder ausführen wollen, Verträge abzuschliessen.

Um die Zusammenarbeit zwischen diesen Unternehmen auf wirtschaftlichem und technischem Gebiet zu fördern, wurde am 23. Mai 1951 die *Union für die Koordinierung der Erzeugung und des Transportes elektrischer Energie (UCPTÉ)* gegründet.

Der Zweck der UCPTÉ ist die bestmögliche Ausnutzung der bestehenden oder gegebenenfalls neu zu schaffenden Erzeugungs- und Übertragungsanlagen auf dem Wege einer völlig freiwilligen zwischenstaatlichen Zusammenarbeit. Ihr gehören leitende Herren sowie Fachleute der grossen Versorgungsunternehmen in Belgien, der Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Italien, Luxemburg, den Niederlanden, Österreich, der Schweiz sowie auch Vertreter der Behörden dieser Staaten an. Sie ist also eine *Vereinigung von Personen* und nicht von Unternehmen, doch setzt sich der Kreis so zusammen, dass die Unternehmen aller acht am Verbundbetrieb beteiligten Länder vertreten sind.

Der Vorsitzende der UCPTE und der stellvertretende Vorsitzende, der ihn unterstützt und nach Ablauf seiner Amtsperiode sein Nachfolger wird, werden für die Dauer von zwei Jahren gewählt.

Das Sekretariat wird grundsätzlich von einem Unternehmen desjenigen Landes geführt, dem der jeweilige Vorsitzende angehört.

Die UCPTE-Mitglieder treffen sich zweimal jährlich zur Vollversammlung, die der Reihe nach in einem der acht Länder stattfindet. Ein «*Engerer Ausschuss*»,

neuer Wärmekraftwerke zu treffenden vorsorglichen Massnahmen.

2. Die *Arbeitsgruppe für Betriebsfragen* beschäftigt sich mit Problemen des Parallelbetriebes von Netzen auf internationaler Ebene. Sie führte verschiedene Untersuchungen durch, insbesondere über die Abstimmung der Regelverfahren für die Austauschleistung und die Frequenzhaltung. Ausserdem arbeitete sie ein Wörterbuch der Fachausdrücke für die Netzregelung aus und gab die Anregung zu Abschaltversuchen, die



Fig. 6  
Lastverteilungsstellen der Länder der UCPTE

dem von jedem Mitgliedsland ein Delegierter angehört, tritt viermal im Jahr zusammen, um die Tagesordnung der Vollversammlung sowie das Arbeitsprogramm der *Arbeitsgruppen*, die sich mit den technischen Problemen bei der internationalen Koordinierung des Betriebes der einzelnen Netze befassen, festzulegen. Gegenwärtig bestehen drei Arbeitsgruppen, denen sowohl Mitglieder der UCPTE als auch Sachverständige der einzelnen Versorgungsunternehmen angehören.

1. Die *Arbeitsgruppe für Wärmekraftwerke* hat die Aufgabe, die Überholungs- und Instandsetzungsprogramme zu koordinieren und die Betriebsprobleme der Dampfkraftwerke zu untersuchen. Zu diesem Zweck stellt sie zu Beginn jedes Jahres ein Programm der Überholungsarbeiten der Wärmekraftanlagen auf, wobei die zu erwartende Entwicklung des Strombedarfes sowie die vorausgeschätzten Wasserkraftreserven in Betracht gezogen werden.

Gleichzeitig untersucht sie bestimmte verwandte Probleme, wie die Verbesserung der Überholungsmethoden, den Schwachlastbetrieb und den kontrollierten Schnellstart sowie die bei der Inbetriebnahme

zur Ermittlung der Leistungszahl der Kraftwerke und der Netzstatik sowohl für das gesamte UCPTE-Netz als auch für jedes einzelne Land dienen. Sie schlug ferner ein Verfahren für die Abrechnung von Abweichungen der Übergabeleistung und die Aufteilung der Transportverluste auf die am Verbundbetrieb beteiligten Partner vor.

3. Die *Arbeitsgruppe für Hydraulizität* befasst sich eingehend mit der Hydraulizität und der Erzeugung der Wasserkraftwerke der UCPTE-Länder. Die Bestimmung des Koeffizienten der Erzeugungsmöglichkeit von Wasserkraftwerken wird von ihr in regelmässigen Zeitabständen durchgeführt.

Durch regelmässige Veröffentlichungen, die in den vier «UCPTE-Sprachen» Deutsch, Französisch, Italienisch und Holländisch erscheinen, werden die Mitglieder über die Tätigkeit der Vereinigung laufend unterrichtet. Der *Jahresbericht* enthält Angaben über die im Rahmen der Arbeitsgruppen durchgeführten Untersuchungen sowie über die Entwicklung des Stromaustausches zwischen den UCPTE-Ländern und der Erzeugung ihrer Wärmekraftwerke. Zum Teil wer-



den darin auch besondere Betriebsfragen und Probleme des Verbundbetriebes behandelt.

Die Anlagen zum Bericht umfassen folgende Schemata und Tabellen:

- ein vereinfachtes, auf den letzten Stand gebrachtes Schema des Verbundnetzes;
- eine Aufstellung der grenzüberschreitenden Verbundleitungen mit ihren Merkmalen;
- graphische Darstellungen über den monatlichen Leistungsaustausch an der Grenze während eines Jahres mit Angaben über die höchste Austauschleistung;
- orientierende Angaben über die mangels Stromabsatz aufgetretenen Wasserverluste zu Stark- und Schwachlastzeiten und über den bei schlechten und mittleren Wasserverhältnissen verfügbaren Überschuss an thermischer Leistung.

Die ebenfalls viersprachigen *Quartalsberichte* enthalten ausser einer aktuellen Seite hauptsächlich Angaben über die Stromversorgungslage und den Strom-austausch zwischen benachbarten Ländern während des vergangenen Quartals sowie eine Vorausschau über die Entwicklung der Lage im kommenden Quartal. Graphische Darstellungen geben Aufschluss über die Gebiete gleicher Netzfrequenz, über die Leistung des grenzüberschreitenden Energieflusses um 3 h und um 11 h und über die Netzbelastung der einzelnen Landesnetze, wobei als Stichtag der dritte Mittwoch jedes Monats gilt. Eine Aufstellung der in Betrieb genommenen neuen Kraftwerke und Verbundleitungen mit Daten über Leistung, Jahreserzeugung und Transportkapazität ergänzt diese Angaben. Es hat sich als zweckmässig erwiesen, die UCPTE-Mitglieder möglichst rasch über die jeweilige Lage zu unterrichten und nicht die Veröffentlichung genauer statistischer Zahlen abzuwarten. Die in den UCPTE-Quartalsberichten veröffentlichten Werte werden von den Mitgliedsländern relativ kurzfristig zur Verfügung gestellt und haben aus diesem Grunde keine statistische Genauigkeit.

Diese Angaben werden durch die Verteilung regelmässiger *Informationsmeldungen* ergänzt. Die eine betrifft den zwischenstaatlichen Stromaustausch und enthält angenäherte Werte über die während der zwei vorangegangenen Wochen auf den internationalen Verbundleitungen oder Leitungsgruppen ausgetauschte maximale Stundenleistung. Falls erforderlich, wird auch die Dauer des Stromaustausches mitgeteilt. Diese Angaben werden alle 14 Tage von jedem Land dem UCPTE-Sekretariat übermittelt, das sie zusammenstellt und an die Mitglieder weiterleitet.

Die andere Meldung dient der kurzfristigen Koordination des Einsatzes von Erzeugungsanlagen und enthält Hinweise über die Möglichkeit zusätzlicher ausservertraglicher Exporte und Importe für jedes Land. Sie liefert genaue Angaben über die Stunden, in welchen Leistung in den Speicherkraftwerken verfügbar ist, sowie über die thermischen Überschüsse in den Kraftwerken mit hohem Wirkungsgrad. Weiter enthält sie Hinweise über mögliche Wasserverluste. Die notwendigen Angaben erhält das Sekretariat von den einzelnen Unternehmen wöchentlich durch Fernschreiber. Es gibt sie am nächsten Tag ebenfalls durch Fernschreiber an die UCPTE-Mitglieder weiter.

Die Fachleute der am internationalen Stromaustausch beteiligten Elektrizitätsversorgungsunternehmen kommen alle drei Monate zu einem Gedankenaustausch im eigens hierfür geschaffenen *Erweiterten Ausschuss* zusammen. Bei dieser Gelegenheit besprechen sie die Berichte über die Stromversorgungslage

in jedem Land, die Import- und Exportmöglichkeiten und den Einsatz der Stromerzeugungs- und Stromübertragungsanlagen. Jedes Land ist dadurch stets über die Lage beim Nachbarn unterrichtet. Man erfährt auf diese Weise, wo und wann Strom abgegeben werden kann und wo und wann man seiner bedarf.

Die vorstehenden Ausführungen über die Tätigkeit der UCPTE zeigen, dass diese Organisation, die in keiner Weise in die betrieblichen oder wirtschaftlichen Angelegenheiten der einzelnen Unternehmungen eingreift, ein Forum ist, in welchem sich die für den Verbundbetrieb der acht Länder Verantwortlichen begegnen. Die Tätigkeit dieser Organisation beschränkt sich darauf, ihren Mitgliedern Informationen zu vermitteln, die es ermöglichen, die bestmöglichen Voraussetzungen für die Erzeugung und die Übertragung elektrischer Energie zu schaffen und im Schosse von Arbeitsgruppen alle technischen Probleme, die mit dem Parallelbetrieb der Landesnetze sowie mit dem Betrieb der Erzeugungs- und Übertragungsanlagen zusammenhängen, zu studieren.

## 5. Schlussbemerkungen

Die kurze Darstellung der Entwicklung des Verbundbetriebes in Westeuropa zeigt deutlich, dass durch freiwillige Zusammenarbeit wertvolle Ergebnisse erzielt werden konnten.

Ihrer Verantwortung bewusst, haben die Elektrizitätswerke im Laufe der vergangenen Jahre die Voraussetzungen für eine weitere Erleichterung und Ausdehnung des internationalen Energieaustausches geschaffen.

Ein Netz von 110-, 150-, 220-kV-Leitungen, dessen Transportkapazität ständig wächst, erstreckt sich über sämtliche UCPTE-Länder und neuerdings wurden Massnahmen für eine Erweiterung des internationalen Energieaustausches durch die Einführung einer Spannung von 380 kV getroffen. Bemerkenswert ist, dass die Auslegung dieses Netzes durch politische Grenzen — die für diese internationalen Verbindungen kein ernsthaftes Hindernis darstellen — nicht beeinträchtigt wurde.

Durch den Parallelbetrieb aller Erzeugungsanlagen konnte im Jahre 1960 ein Verbundbetrieb mit einer Leistung von mehr als 47 GW erreicht werden; er ermöglichte einen Energieaustausch von mehr als 9 TWh.

Dieses Ergebnis konnte dank der langjährigen Erfahrungen, die im Laufe der Entwicklung des regionalen Energieaustausches gesammelt wurden und dank einer engen internationalen Zusammenarbeit erzielt werden.

Das Teamwork der für den Verbundbetrieb verantwortlichen Stellen ist ein Merkmal dieser Zusammenarbeit, die Tätigkeit der UCPTE ein anderes. Ohne selbst in die kommerzielle Tätigkeit der Elektrizitätswerke einzugreifen, ist die UCPTE ein Informationszentrum, welches ermöglicht, die zwischen den einzelnen Ländern bestehenden Austauschmöglichkeiten zu ermitteln, ein Forum, wo die technischen Probleme des Verbundbetriebes studiert werden; sie ist schliesslich auch ein Koordinationsorgan, welches die nötigen Voraussetzungen für den multilateralen Energieaustausch geschaffen hat.

Adresse des Autors:

R. Hochreutiner, Dipl. Ing. ETH, Direktor der Elektrizitätsgesellschaft Laufenburg, Laufenburg (AG).