Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 58 (1967)

Heft: 8

Artikel: Entwicklung und Perspektiven der Elektrizitätserzeugung und der Verbundnetze in den westeuropäischen Staaten

Autor: Mele, R. van

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-916246

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: 10.07.2025

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

stischen Angaben enthalten. Ausserdem befasst es sich mit Marktforschungen, insbesondere in Bezug auf Kohle und Erdgase, und überprüft bestimmte spezifische Faktoren, welche die Energiewirtschaft beeinflussen, wie z. B. die Tarifierung, die Deckung der Spitzenlasten, die Rationalisierung des Verbrauches, die Finanzierung neuer Produktionsanlagen.

Ausser dieser Dokumentation über rein wirtschaftliche Probleme befasst sich das Sekretariat ebenfalls mit Planungsfragen. So hat es beispielsweise die zweckmässigsten Methoden zur Ermittlung des hydroelektrischen Brutto-Potentials Europas und der europäischen Erdgasquellen, sowie schliesslich noch die anzuwendenden Methoden zur Vorausbestimmung des Energieverbrauches untersucht.

Der Aufgabenkreis des Sekretariates ist damit bei weitem nicht erschöpft. Ganz allgemein betrachtet dürfen wir behaupten, dass diese Untersuchungen den Regierungen als Unterlagen und Richtlinien dienen sollen, die ihnen die erforderlichen Massnahmen und Entscheidungen bei der Auswahl der energiewirtschaftlichen Investitionen erleichtern.

Ausser den durch das Sekretariat veröffentlichten Berichten können die Experten der verschiedenen Länder dank der vielen auf dem Energiesektor bestehenden untergeordneten Organe (gegenwärtig 22 Ausschüsse) wertvolle Informationen über sehr viele Gebiete austauschen. Ob diese letzteren nun durch das Sekretariat oder einen Referenten irgendeines Landes übermittelt werden, so bilden sie doch stets die durch einen Mitgliedstaat formulierte Antwort auf eine vorgehend eingeleitete Untersuchung. In diesen verschiedenen Ländern werden ausserdem periodische Studienreisen und Aussprachen organisiert.

In zweiter Linie erstrebt die Kommission eine gewisse *Vereinheitlichung* der administrativen nationalen Verordnungen, welche manchmal etwas überholt wirken, und versucht diese oft recht unterschiedlichen Regelungen auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen. So hat beispielsweise das Brennstoff-Komitee seit seinem Bestehen eine Klassifizierung der verschiedenen Kohlenarten erstellt, welche übrigens nicht nur von den europäischen Staaten, sondern auch von anderen Ländern wie z. B. China übernommen wurde. Gleicherweise hat das für Gas zuständige Komitee Sicherheitsverordnungen für internationale Gasleitungen verfasst. Im Bereich der elektrischen Energie wurden den Regierungen gewisse Empfehlungen zugestellt, die den zwischenstaatlichen Energieverkehr erleichtern sollen und in den Grenzflussgebieten den Abbau der administrativen Hindernisse bei der Nutzbarmachung dieser Flüsse für andere Zwecke als die Schiffsfahrt fördern.

Die Förderung einer unter gewissen Umständen unerlässlichen *Zusammenarbeit* ist stets ein sehr wichtiges Anliegen unserer Kommission. Diese gemeinsamen Bestrebungen können durch den Abschluss multilateraler Vereinbarungen zwischen den Mitgliedstaaten begünstigt werden. Nur im Bereich des inneren Verkehrs allein wurden unter dem Patronat der CEE/UNO 22 solcher Verträge unterzeichnet; in wirtschaftlichen Belangen kam kürzlich ein Abkommen über schiedsgerichtliche Fragen zustande.

Gegebenenfalls kann eine solche Zusammenarbeit auch durch halbamtliche Besprechungen erreicht werden, welche in diesem Sinne durch das Sekretariat organisiert werden; dieses übernimmt in solchen Fällen eine Vermittlung zwischen Staaten ohne gegenseitige diplomatische Beziehungen, oder auch zwischen solchen mit infolge politischer Gegebenheiten stark erschwerten Beziehungen. Bei diesen Verhandlungen wird versucht, das Missverhältnis zwischen der ungleichmässigen Produktionsverteilung einerseits und des ebenfalls zersplitterten Energiebedarfes anderseits einigermassen auszugleichen.

Abschliessend dürfen wir behaupten, dass sich die UNO bestimmt nicht ausschliesslich auf eine jährliche Generalversammlung beschränkt, welche den mehr oder weniger imposanten Auseinandersetzungen der Protagonisten der hohen Politik vorbehalten bleibt. Im Laufe der Jahre — 1967 werden es nun schon 20 sein — haben sich die im Dienste der Regierungen der in den betreffenden geographischen Gebieten bestehenden regionalen Kommissionen zu einem geschmeidigen Instrument entwickelt, welches in wirtschaftlichen Belangen und auch — warum sollte dies verschwiegen werden — in technischer Beziehung (denn diese beiden Gebiete sind ja zwangsläufig eng miteinander verbunden) der zweckmässigen Information der Mitgliedstaaten, der Vereinheitlichung ihrer strukturellen Eigenheiten und der Förderung fruchtbarer, gemeinnütziger Zusammenarbeit dient.

Adresse des Autors:
Herr *Pierre Sevette,* Direktor der Energieabteilung der Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies, Avenue Miremont 1, 1200 Genf.

Entwicklung und Perspektiven der Elektrizitätserzeugung und der Verbundnetze in den westeuropäischen Staaten

von *R. Van Mele,* Brüssel

620.9:621.311.161(4—15)

1. Entwicklung und Perspektiven des Elektrizitätsbedarfes

Die Elektrotechniker wie auch gewisse Verbraucher sind sich vollkommen bewusst, dass der Energiebedarf äusserst rasch und ständig wächst. Die langjährige mittlere Zuwachsrate des Stromverbrauches beträgt ca. 7 %. Trotz vorübergehenden Schwankungen der allgemeinen Wirtschaftslage verdoppelt sich der Energieverbrauch durch diese exponentielle Entwicklung alle 10 Jahre. Diese Progression ist daher die steilste des Wirtschaftslebens und bedingt innert zehnjährigen Zeitspannen den zusätzlichen Einsatz einer Produktionskapazität, die der bisher seit Beginn des Jahrhunderts erstellten entspricht. Eine elektrische Anlage, welche Ende 1966 über eine Ausbauleistung von beispielsweise 80 000 MW verfügt, muss also mit einer Erweiterung derselben durch zusätzliche 80 000 MW bis Ende 1976 rechnen. Die technischen und wirtschaftlichen Probleme, welche sich unter diesen Umständen für die Entwicklung der Elektroindustrie ergeben, bereiten somit grosse und berechtigte Sorgen. Dieser Industriezweig verschlingt allmählich einen relativ grossen Teil der finanziellen Mittel des Kapitalmarktes.

Man kann sich freilich fragen, ob diese Progression noch lange andauern wird. Um die Bedeutung dieser Frage vollkommen zu erfassen, müssen wir bedenken, dass eine

unveränderte Zuwachsrate innerhalb von zwanzig Jahren unseren Energiebedarf auf das Vierfache des heutigen steigert und dass der Energiebedarf Ende dieses Jahrhunderts das Sechzehnfache des heutigen Verbrauches betragen wird, wenn die Zuwachsrate sich nicht bis dahin verringert.

Gewisse Kreise teilen diese Meinung und bekräftigen ihre Vermutung mit einem Hinweis auf die Vereinigten Staaten, in welchen der Stromverbrauch pro Einwohner zwei- bis dreimal höher liegt als in Westeuropa, und wo ausserdem nicht das geringste Anzeichen einer Abschwächung dieser langfristigen Expansion festgestellt werden kann. Schliesslich haben aber auch gewisse europäische Staaten im Laufe des letzten Jahrzehntes eine deutliche Erhöhung der Zuwachsrate des Elektrizitätsbedarfes verzeichnet.

Die Optimisten glauben zuversichtlich, unter den mannigfaltigen Anwendungsbereichen der Elektrizität rechtzeitig die Möglichkeiten zu finden, welche die Gesamtentwicklung der Elektrizitätswirtschaft unterstützen oder neu antreiben.

Die Pessimisten vertreten dagegen die Ansicht, dass innert dreissig bis vierzig Jahren eine spürbare Abschwächung der Progression eintreten könnte, wobei sich die Nachfrage freilich nicht stabilisieren, doch auch nicht im aktuellen Mittelwert von jährlich 7 % fortschreiten würde.

Im Rahmen dieser Ausführungen können wir nicht auf die Beweisführungen zugunsten der einen oder anderen These eintreten, da die entsprechenden Unterlagen sich auf die verschiedensten Anwendungsgebiete wie Industrie, Haushalt, öffentliche Dienste usw. und deren Entwicklungsmöglichkeiten, beziehen. Doch gilt hier wie in anderen Fällen, dass dieser Optimismus oder Pessimismus dem Temperament und der Geisteshaltung jener Leute entsprechen, welche die Prognosen aufstellen.

Wir beschränken uns somit auf die bedeutsame Feststellung, dass der Energiebedarf weiterhin stark ansteigen wird, und dass wir sicher noch auf lange Sicht neue Produktionseinheiten, neue Kraftwerke und neue Verbundnetze planen müssen.

2. Entwicklung und Perspektiven bezüglich der Ausrüstung der Kraftwerke

Seinerzeit wurde jede neue Produktionsausrüstung hauptsächlich als Basiseinheit geplant, d. h. als Produktionseinheit, die während vielen Jahren zur Erzielung der grösstmöglichen jährlichen Betriebsdauer eingesetzt wurde.

Die technischen Fortschritte hatten ja tatsächlich eine Reduktion der beiden wesentlichsten Faktoren des Selbstkostenpreises der elektrischen Energie ermöglicht, nämlich:
1. der festen Kosten infolge einer massiven Reduktion der Installationskosten pro kW durch den Einsatz immer grösserer Einheiten in den Grössenordnungen von 10 MW, 25 MW, 50 MW, 125 MW, 250 MW;
2. der Brennstoffkosten durch die Anwendung ständig verbesserter thermodynamischer Prozesse mit einfacher oder mehrfacher Überhitzung und den Verbrauch billigerer Brennstoffe.

Bei den klassischen Wärmekraftwerken hat sich der Fortschritt etwas verlangsamt: der Selbstkostenpreis pro kW der leistungsfähigen Einheiten stabilisiert sich allmählich, da beim heutigen Stand der Stahlerzeugung und -verarbeitung höhere Drücke und Temperaturen sich weniger vorteilhaft erweisen und die noch mögliche Wirkungsgradsteigerung mehr oder weniger durch den dafür erforderlichen Preiszuschlag kompensiert wird.

Auf nuklearem Gebiet dagegen sind bedeutende Fortschritte zu erwarten; einerseits bleibt der kW-Preis stark von der Leistung der Gruppen abhängig, während andererseits bedeutende Verbesserungen der thermischen Wirkungsgrade und bei der Verwertung des nuklearen Brennstoffes erzielt werden können.

Bei der Vielfalt der auf dem Markte verfügbaren Typen bestätigt eine allgemeine Wirtschaftlichkeitsrechnung für mittlere Benutzungszeiten den Vorteil der Einheiten mit weniger hochgezüchteten thermischen Prozessen gegenüber den Basiseinheiten, und für die bei Spitzenlasten benutzten Einheiten anderseits die Möglichkeit des Einsatzes von leistungsfähigen Pumpwerken oder Gasturbinen, wobei letztere beispielsweise mit Flugzeugturbinen ausgerüstet sind.

Im Gegensatz zu der bisher üblichen Praxis der systematischen Aufstellung von Grundlasteinheiten, welche die älteren Maschinen schliesslich in eine Zone der Belastungskurve verdrängte, welche ihre Benützungszeit immer mehr einschränkte, wird die Zukunft wahrscheinlich zum Zusammenschluss verschiedenartiger Einheiten in der gleichen Anlage führen, in welcher jedem Element des Gesamtnetzes die seinen technischen Daten entsprechende Rolle übertragen wird.

Was nun die Neuinstallationen betrifft, sind wir allerdings bezüglich der erforderlichen, schrittweisen Änderung der bisherigen Installationspraxis auf eher problematische Vermutungen angewiesen, da alles von der Geschwindigkeit der auf dem Gebiet der Kernenergie erzielten Fortschritte abhängt. Abgesehen von den Pumpwerken wird ein rascher Fortschritt den Einsatz der für mittlere Benutzungszeiten und für Spitzenlast bestimmten Spezialeinheiten eher stark verzögern. Die Pumpwerke ergänzen die Kernkraftwerke, da sie während der Nacht eine ständig vorteilhaftere Energie aufspeichern, je mehr sich die Basisproduktion auf die Kernkraftwerke verlagert; tagsüber dient diese gespeicherte Energie dann äusserst vorteilhaft zum Ausgleich von Belastungsspitzen.

Sofern sich diese Tendenz auch tatsächlich verwirklicht, werden die Hochspannungs-Verbundnetze bedeutende Entwicklungen erfahren. Würde sich dagegen die Technik der Gasturbinen und der Einheiten für mittlere Betriebszeiten aus wirtschaftlichen Gründen durchsetzen, so würde gleichzeitig der Aufschwung der Hochspannungsnetze beeinträchtigt, da die Gasturbinen näher bei den wichtigsten Verbrauchszentren installiert werden können und somit das Übertragungsnetz weniger beanspruchen.

Die Elektrotechniker müssen hier eine recht heikle Wahl treffen, weil das Hochspannungsnetz die Auswirkungen der Tendenz zu immer stärkerer Konzentration oder Dezentralisation der Produktionsmittel in verstärktem Mass zu spüren bekommt.

3. Entwicklung und Perspektiven des Hochspannungs-Verbundnetzes

Die Entwicklung der Netze wurde durch recht verschiedene Umstände beeinflusst, unter denen die drei folgenden Hauptfaktoren eine spezielle Beachtung verdienen:

— die Struktur und die technischen Daten der Produktionsmittel;
— die Änderung der diesen Netzen übertragenen Rolle;
— ihre endgültige Bestimmung.

Was nun vorerst die Produktionsmittel betrifft, so sei auf die Bedeutung der hydraulischen Kraftwerke und der mit hohen Transportkosten belasteten Brennstoffe (Braunkohle) in der Entwicklung der Hochspannungsnetze in Frankreich, in der Schweiz, in Italien und in Deutschland hingewiesen.

Bezüglich des zweiten Faktors wurden seit der Jahrhundertwende recht viele Veränderungen der Zweckbestimmung der Hochspannungsleitungen beobachtet, welche jeweilen von einer progressiven Erhöhung der Spannungsstufen begleitet waren.

Ursprünglich dienten ja die Netze lediglich zur Energieübertragung zwischen den Kraftwerken und den Verbrauchszentren. Ein solches Netz wurde durch eine Anzahl Stichleitungen gebildet. Mit der zunehmenden Entwicklung des Netzes wurden diese Stichleitungen gegenseitig verbunden und ergaben dadurch Ringleitungen und Maschen, die eine durchgehende Verbindung zu den benachbarten Produktionsunternehmungen ermöglichten.

Die Einführung der Ringleitungen hat die Rolle der Verbindungen grundlegend verändert, denn dadurch entstanden nämlich die ersten Verbundleitungen, die den verschiedensten Zwecken dienen: vorerst der Sicherheit, durch die Begrenzung der Folgen gewisser Betriebszwischenfälle, sowie der Wirtschaftlichkeit, durch den Ausgleich der zahlreichen Belastungsspitzen und der Zusammenlegung von Leistungsreserven, wodurch die notwendigen Leistungserhöhungen herabgesetzt wurden, und schliesslich der Betriebs-Koordinierung des immer ausgedehnteren Kraftwerknetzes und der dadurch erzielten ansehnlichen Einsparung von Brennstoffen.

In ihrer endgültigen Gestaltung wurden die Verbundnetze in Gegenden mit hohem Stromverbrauch und entsprechend vielen Anschlußstellen wieder zu Verteilleitungen. Einige der ursprünglich ausgeführten Ringleitungen mussten in der Folge aufgeteilt werden, um den Anstieg der Kurzschlussleistungen zu begrenzen und gleichzeitig die Energieerzeugung besser auf die verschiedenen Zonen zu verteilen. Diese Einzelleitungen wurden später durch ein neues, in der gleichen Weise entwickeltes Verbundnetz an eine höhere Spannung angeschlossen.

Die allgemeine Tendenz in der Entwicklung führte somit zu Netzen mit höherer Spannung, obgleich in gewissen Fällen zur Reduktion der Zwischenstufen sich gelegentlich auch eine Spannungsverminderung aufdrängte.

Wird diese Entwicklung so weitergehen? Sind insbesondere die künftigen 750-kV-Leitungen für die westeuropäische Energieversorgung unbedingt erforderlich, da ja die Entfernungen in dieser Gegend gegenüber den Vereinigten Staaten und der Sowjetunion verhältnismässig klein sind und die Verbraucherschwerpunkte nicht an einzelnen Orten gehäuft, sondern recht gut verteilt sind?

Gewisse Kreise bejahen diese Frage und begründen ihre Stellungsnahme:

1. durch die ständig wachsenden Energiemengen, welche in die obenerwähnten Verbraucherschwerpunkte eingeschleust werden müssen,
2. durch die Leistungserhöhung der Kraftwerke und die Vergrösserung der Produktionseinheiten, wodurch sich gewisse Probleme der Leistungs- und Hilfenergieübertragung beim Ausfall grösserer Einheiten ergeben.

Eine einfache Berechnung beweist übrigens, dass 16 Leitungen zu 400 kV, wovon jede einzelne 660 MW übertragen kann, unter gleichen Sicherheitsbedingungen durch 4 Leitungen zu 750 kV mit einer Einheitsleistung von 3300 MW ersetzt werden können. Infolge der erheblichen Schwierigkeiten der Linienführung neuer Hochspannungsleitungen in so dicht besiedelten Gebieten wie gerade in Westeuropa bildet die Möglichkeit einer gleichen Leistungsübertragung mittels viermal weniger Leitungen ein wichtiges Argument zugunsten der Errichtung eines 750-kV-Netzes.

4. Beschaffenheit des Energieverkehrs zwischen benachbarten Staaten

Wir müssen natürlich, auch in Zusammenhang mit dem Transport elektrischer Energie, von geographischen Grenzen sprechen. Dieser Begriff ist aber für verschiedene Handelsbeziehungen stark abgeschwächt worden und dürfte mit der Zeit bei den uns hier näher interessierenden Staaten überhaupt aufgehoben werden.

Die Veranschaulichung dieses Energieverkehrs erfordert freilich die Unterteilung der Gesamtheit in genau begrenzte Zonen. In diesem Sinne bilden diese Grenzen also eine Notwendigkeit, obgleich sie je nach der vorherrschenden Auffassung bestimmter Tatsachen zu den günstigsten oder schlimmsten Konsequenzen führen, und obgleich jede Unterteilung immer recht willkürlich bleibt. Wenn wir von einer Abschaffung der Grenzen sprechen, so verstehen wir darunter eine allgemeine Erleichterung des gegenseitigen Energieaustausches, jedoch nicht im Sinne von Grenzen, die zur Veranschaulichung dieses Energieumsatzes dienen sollen. Diese Übertragungen werden aber nach wie vor durch nationale Bedürfnisse bestimmt.

Der Energieverkehr mit dem Ausland hat sich im Laufe der Zeit stark verändert und wurde inzwischen viel unübersichtlicher. Ursprünglich beschränkte sich der Ausgleich auf den systematischen Energieaustausch zwischen thermischen Anlagen, oder zwischen thermischen und hydraulischen Kraftwerken und bezweckte lediglich eine optimale Produktion der einzelnen Betriebe. Dabei ergaben sich ebenfalls Sonderfälle, beispielsweise bei der Energielieferung an die Kundschaft eines benachbarten Landes, oder der Energieproduktion in einem ausländischen Kraftwerk (Pumpstation an der Our in Vianden z. B.), bei welchen ein Energieaustausch auf internationaler Ebene angebahnt wurde.

Ausser diesem permanenten Austausch wurde sehr bald auch ein kurzfristiger, saisonbedingter Energieverkehr gepflegt. Dieser entsprang dem Bedürfnis einer rationellen Ausnützung der in Betrieb stehenden Reserveeinheiten oder der allgemeinen Reserven, dem Ausgleich der Staubecken (im Norden und Süden der Alpen und der Pyrenäen), der unterschiedlichen klimatischen Bedingungen bezüglich der winterlichen und sommerlichen Sonnenstrahlung, der unterschiedlichen Belastungsdiagramme (betriebsschwache Zeiten über Mittag oder morgendliche Kaffeepause) oder an den Feiertagen. Gewisse Energieverschiebungen ergaben sich

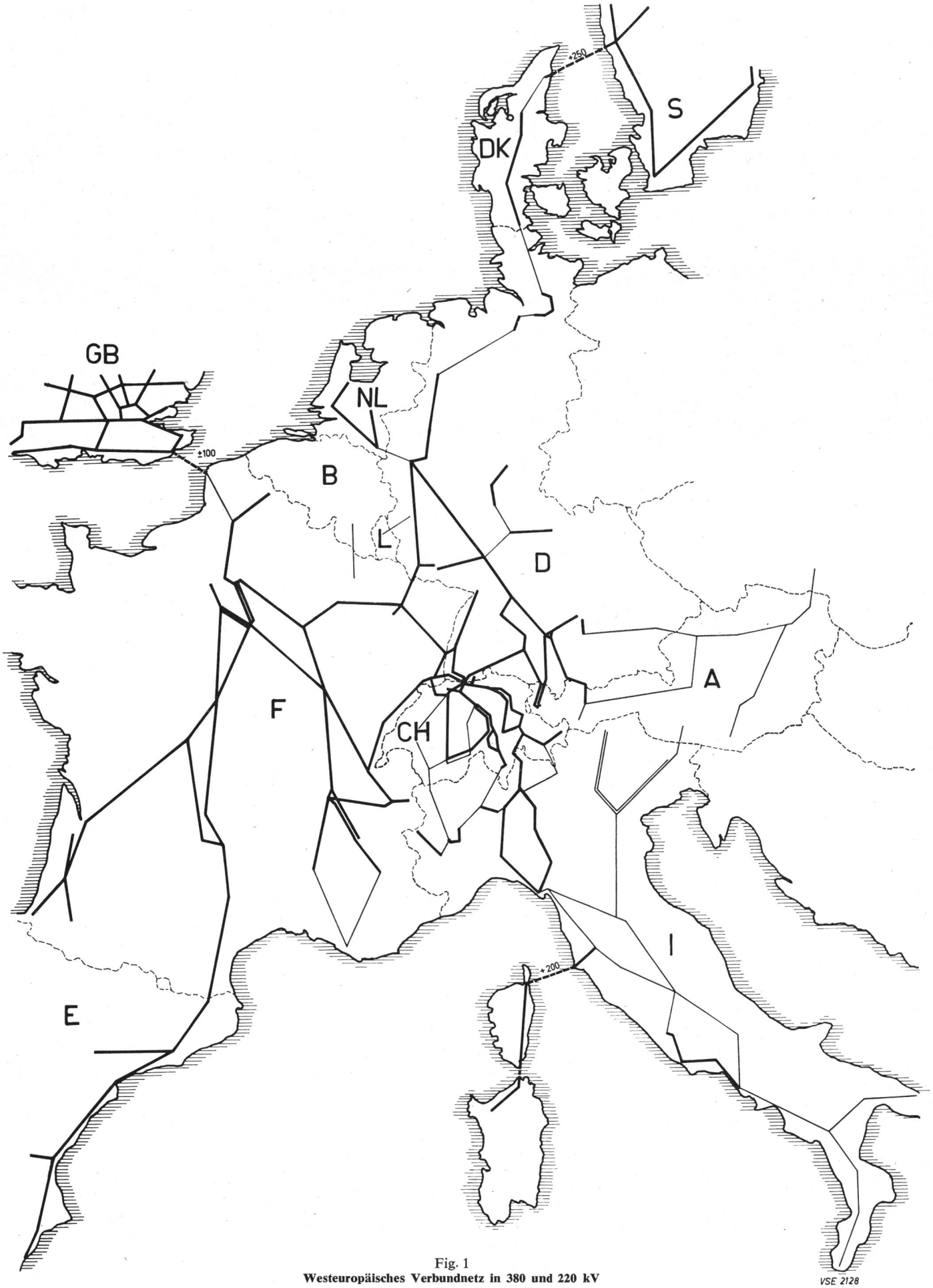

Fig. 1
Westeuropäisches Verbundnetz in 380 und 220 kV

380 kV-Leitungen (in Betrieb oder projektiert) — 220 kV-Leitungen — Gleichstrom-Unterwasser-Kabel

aus den Zeitabweichungen und schliesslich auch aus der Koordinierung der Revisionsprogramme.

Um nun auf den systematischen und langfristigen Austausch mit Übertragung von beachtlichen Mengen elektrischer Energie zurückzukommen, dürfen wir darauf hinweisen, dass sich dieser gewöhnlich durch die höheren Transportkosten der zur Produktion erforderlichen Brennstoffe rechtfertigt. Diese Bemerkung erweckt die heikle Streitfrage eines Transportkosten-Vergleichs der Brennstoffe und der Elektrizität, eine Frage, die oft erörtert, aber nie endgültig zugunsten der einen oder anderen Energiequelle gelöst wurde.

Diese Frage ist insofern schwer zu beantworten, als die beiden Faktoren nicht auf einen gemeinsamen Nenner gebracht werden können. In vielen Fällen werden ja die festen und die flüssigen Brennstoffe durch Transportmittel befördert, die mehreren Zwecken dienen (Eisenbahn, Strassen, Schiffahrt) und mit geringen festen Kosten belastet sind. Die Selbstkostenermittlung beschränkt sich oft auf eine blosse Schätzung anstatt einer regelrechten ausführlichen Berechnung.

Die Elektrizität dagegen muss über spezielle Vorrichtungen befördert werden, welche ohne irgendwelche Einschränkung mit allen festen und variablen Unkosten belastet sind.

Dem möchten wir immerhin beifügen, dass die bezüglich der Übertragung der elektrischen Energie erörterten Argumente sich nicht unbedingt auf einen blossen Vergleich der reinen Transportkosten beschränken, sondern sich doch eher auf die gesamten wirtschaftlichen Einsparungen beziehen, welche die Elektroindustrie in diesem Bereich erzielen kann und soll: Einsparung der Brennstoffe, Einsparungen der investierten Betriebsmittel und Produktionsanlagen usw.

5. Bestehende Organisationen zur Erleichterung des Energieverkehrs

In Westeuropa bestehen 4 derartige Organisationen:

Die U.C.P.T.E., *Union pour la Coordination de la Production et du Transport de l'Electricité,* wurde als erste 1951 gegründet und umfasst 8 Staaten: Österreich, Belgien, Frankreich, Italien, Luxemburg, Holland, die Deutsche Bundesrepublik und die Schweiz.

Die erwähnte Union erstrebt eine Erleichterung und Erweiterung des Energieaustausches unter ihren Mitgliedern sowie die Ermittlung der optimalen Ausnützung der verfügbaren und künftig zu errichtenden Produktions- und Transportmittel der elektrischen Energie.

Gemäss der 1964 veröffentlichten Statistik wurde innerhalb von 11 Jahren eine Verdreifachung des Übertragungsvermögens zwischen den beteiligten Ländern registriert, wobei die Staaten mit starker hydraulischer Produktion wie Frankreich, die Schweiz, Österreich und Italien die meisten Verbindungen entwickelt haben.

Beim systematischen und langfristigen Austausch erhöhte sich der Energieumsatz fast im gleichen Masse wie die Nachfrage. Der Energieaustausch beschränkte sich allerdings auf 4 % des Gesamtverbrauches und wurde zu 90 % von Österreich, Deutschland, Frankreich und der Schweiz gedeckt. Die Ausnützung der hydraulischen Produktionsmittel ist wesentlich verbessert worden, da zu Zeiten der Belastungsspitzen praktisch keine Wasserverluste durch Überlauf mehr auftreten. Anderseits haben die Stromlieferungen thermischer Kraftwerke aus Deutschland, Belgien, Frankreich und Italien an gewissen Tagen bis zu 20 % des schweizerischen Energiebedarfes gedeckt.

Leistungsmässig, d. h. im kurzfristigen Verkehr, können solche Energielieferungen in gewissen Fällen eine unschätzbare und wertvolle Hilfe darstellen, ohne dass der Energieaustausch gesamthaft betrachtet dadurch wesentlich erhöht wird. Die auf die Energie allein beschränkten Ermittlungen sind somit ungenügend, um die durch die Union erzielten Ergebnisse richtig auszudrücken. Der Energieverkehr mit synchronen Leistungsspitzen liegt etwas unterhalb von 5 % der Summe der maximalen synchronen Gesamtbelastung, beträgt aber dagegen 10 % der Summe der individuellen, nicht synchronen Spitzenlasten. Die Bedeutung dieser Übertragung wird am besten aus einer theoretischen Überlegung ersichtlich, in welcher zwei Netze mit gleichem Stromverbrauch vorausgesetzt werden; nehmen wir nun ferner an, dass ein einziges dieser Netze der Belastung beider Anlagen gewachsen wäre, so würde der Energieaustausch in diesem Falle nur 50 % der gemeinsamen Spitzenlasten betragen.

*

Als zweite Koordinierungsorganisation sei die 1962 gegründete U.F.I.P.T.E., *Union franco-ibérique de coordination de la production et du transport de l'électricité* erwähnt.

Der Energieaustausch zwischen den drei beteiligten Staaten wird in starkem Masse durch die hydraulischen Verhältnisse beeinflusst: während Spanien und Portugal in trockenen Jahren Energie aus Frankreich beziehen, wird diese Energie bei günstigen hydraulischen Verhältnissen der beiden iberischen Länder Frankreich zurückerstattet. So hat Frankeich beispielsweise im Jahre 1965 durch die Lieferung einer recht bedeutenden Energiemenge seinen beiden Partnern ermöglicht, eine Periode aussserordentlicher Trockenheit zu überstehen.

Die statistischen Ermittlungen ergeben ein stetiges Ansteigen der spanischen Stromlieferungen an Frankreich; dagegen sind die französischen Lieferungen an Spanien mit schwankender Tendenz eher rückgängig, abgesehen von der erwähnten Trockenperiode im Jahre 1965. Zwischen Spanien und Portugal besteht in beiden Richtungen ein von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlicher Energieaustausch.

*

Die 1963 gegründete N.O.R.D.E.L. bildet einen beratenden Ausschuss, welcher sich als wichtigstes Ziel eine Erweiterung der internationalen Zusammenarbeit der skandinavischen Staaten, d. h. Dänemark, Finnland, Norwegen und Schweden auf dem Gebiete der Erzeugung, der Verteilung und des Verbrauchs der elektrischen Energie verfolgt.

Gegenwärtig werden 95 % der schwedischen Produktion durch hydraulische Kraftwerke erzeugt. Finnland weist — unter Berücksichtigung eines etwas stärkeren Anteils thermischer Kraftwerke — ähnliche Verhältnisse auf, während die Elektrizitätserzeugung in Norwegen ausschliesslich durch Wasserkraftwerke und in Dänemark ausschliesslich durch thermische Kraftwerke erfolgt.

Im Sommer 1965 wurden die skandinavischen und kontinentalen Netze durch die sogenannte KONTI-SKAN-Lei-

tung verbunden, die Aalborg in Dänemark mit Goeteborg in Schweden verbindet. Diese, mit 250 kV-Gleichstrom betriebene Leitung hat eine maximale Leistungsfähigkeit von 270 MW.

Die Wirtschaftlichkeitsrechnung dieses Projektes stützt sich auf Untersuchungen über die Austauschsmöglichkeiten, welche innert 2 Perioden, bzw. in den nächsten 5 bis 10 Jahren, sowie auch für später erwartet werden können. Während dieser ersten Periode wird hauptsächlich eine rationelle Ausnützung der schwedischen Wasserkraftwerke angestrebt, deren Energiebilanz ganzjährlich während regnerischer oder normaler Jahre einen Überschuss aufweist, aber in trockenen Perioden trotzdem einen Zuschuss aus thermischen Kraftwerken benötigt. Ausserdem sind langfristige, vertragsmässige Energielieferungen an die nordwestdeutschen Kraftwerke vorgesehen. Weitere, freilich rein saisonbedingte, vorübergehende und unverbindliche Lieferungen Norwegens und Schwedens an Dänemark und Norddeutschland sind ebenfalls in feuchten Jahren geplant und sollen während Trockenperioden in umgekehrter Richtung erfolgen.

Da auf längere Sicht eine volle Auslastung der schwedischen Wasserkraftwerke erwartet wird, dürfte die Ausnützung der Konti-Skan-Leitung dadurch stark beeinflusst werden. Bei der in Schweden geplanten künftigen Erzeugung thermischer Energie wird diese Verbundleitung zur gemeinsamen Reservenbildung, zur Notstromlieferung und der Koordination der thermischen Kraftwerke dienen.

Dadurch können dann die Leistungsreserven der betreffenden Länder klein gehalten werden und die künftig einzusetzenden Anlagen durch planmässige Verteilung auf die vielen Verbraucherschwerpunkte am besten ausgenützt werden.

*

Die S.U.D.E.L. wurde als jüngster Ausschuss 1964 durch österreichische, italienische und jugoslawische Experten gegründet. Eine Arbeitsgruppe untersuchte im November 1965 die Erweiterungsmöglichkeiten des Energieverkehrs zwischen den drei beteiligten Staaten. In den nächsten Jahren wird die Errichtung einer Anzahl Leitungen zu 110 kV und 220 kV die Erstellung einer Ringleitung zu 220 kV ermöglichen, welche die Grenzen der drei Staaten überqueren wird. Eine in Jugoslawien installierte automatische Frequenz-Leistungsregelung wird den Energieverkehr dieses Landes mit seinen beiden Partnern, wie auch den Mitgliedstaaten des CAEM (Conseil d'Aide Economique Mutuelle entre les pays de l'Est européen) überwachen.

6. Schlussfolgerungen

Gemäss der von der U.C.P.T.E. veröffentlichten Übersicht umfassen die synchronisierten westeuropäischen Netze am 19. Januar 1966, morgens um 8 Uhr, insgesamt 78 000 MW (78 Millionen kW) und erstrecken sich von Gibraltar und Sizilien im Süden bis Kap Skagen auf der dänischen Halbinsel im Norden, und von der Westküste Europas bis zur östlichen Grenze Österreichs.

Unter Berücksichtigung des britischen Netzes, welches durch ein durch den Ärmelkanal geführtes und mit 180 MW unter 200 kV Gleichstrom gespeistes Seekabel an dieses Verbundnetz angeschlossen ist, sowie der durch Konti-Skan mit dem Kontinent verbundenen skandinavischen Netze, und auch noch des jugoslawischen Beitrages, ergibt sich schliesslich ein parallel betriebenes Verbundnetz von ca. 100 Millionen kW.

Diese Zahlen und Angaben dürften Ihnen einen Begriff des immer enger werdenden Verbundbetriebes vermitteln, der progressiv sämtliche westeuropäischen Netze erfasst hat, die nun heute praktisch alle parallel betrieben werden.

Die Verbundnetze entwickelten sich parallel zum Bedarf und zu den Produktionsanlagen. Die Elektrotechniker wussten im kritischen Moment die sich aufdrängenden Entscheidungen zu treffen, um in diesen Staaten ein stets besser koordiniertes und immer wirtschaftlicher betriebenes Verbundnetz zu errichten.

Diese Rationalisierungsbestrebungen wären aber ohne die übrigens unerlässliche Hilfe der nationalen Behörden, der zur Koordinierung der Energieerzeugung und -übertragung eingesetzten nichtstaatlichen Gremien, sowie die der Förderung wirtschaftlicher Zusammenarbeit dienenden internationalen Organisationen, wie die OECD und die Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies, fruchtlos gewesen. Gerade die letzten beiden ermöglichten eine teilweise Abschaffung, anderwärts wenigstens eine spürbare Erleichterung der administrativen Formalitäten, welche die zwischenstaatlichen Übertragungen elektrischer Energie hemmten.

Diese Organisationen werden ihren Auftrag weiterhin erfüllen und ihren Aufgabenbereich sogar erweitern. In den nächsten Jahren werden wir den Bau immer stärkerer Maschinen-Einheiten, die Ausführung und die Entwicklung von Verbundnetzen zu 400 kV und sogar 750 kV, sowie den Ausbau des kurzfristigen saisonbedingten Energieaustausches erleben, Massnahmen, welche die rationelle Ausnützung der verfügbaren Naturkräfte und den wirtschaftlichen Betrieb der bestehenden Produktionsmittel fördern. Der Zusammenschluss sämtlicher Energiereserven gewährleistet eine höhere Betriebssicherheit für jeden Partner. Die Ausdehnung dieser Netze und die Grösse des entsprechenden Stromverbrauches sowie die Abschliessung gegenseitiger Austauschverträge bilden die grundlegenden Faktoren des künftigen Ausbaues der Atomenergie, einer Entwicklung, welche durch die progressive Integration der Netze, deren Eigenarten ich Ihnen soeben beschrieben habe, wesentlich erleichtert wird.

Die Abschaffung der administrativen Grenzen, welche für gewisse Arten des Energieverkehrs bereits erreicht wurde, wird auch in anderen Sektoren durchgeführt werden und schliesslich ganz Westeuropa erfassen.

Dieser Weg musste natürlich eingeschlagen und muss in Zukunft weiterverfolgt werden.

Die Fachkenntnisse, welche die Beteiligten aller Stufen sowohl im politischen, wie im wirtschaftlichen und technischen Bereich bezeugt haben, bietet die beste Gewähr für die Zukunft dieses gemeinnützigen Werkes und seines vollkommenen Gelingens.

Mit dieser erfreulichen Feststellung schliesse ich meine Ausführungen und danke meinen verehrten Hörern für ihre Geduld und ihre freundliche Aufmerksamkeit.

Adresse des Autors:
Herr *Roger Van Mele*, Directeur des Etudes CPTE, 31, rue Belliard, Brüssel (Belgien).