

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 62 (1971)
Heft: 13

Artikel: Persönliche Eindrücke von einer Reise nach den USA
Autor: Schär, F.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-915832>

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: 03.04.2026

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

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV)
und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

Persönliche Eindrücke von einer Reise nach den USA

Von F. Schär, Olten

621.315/.316-531.9(73)

Während eines Ferienaufenthaltes im Sommer 1970 hat der Autor verschiedene technische Anlagen besichtigt und mit Fachleuten über ihn interessierende Fragen gesprochen. Es handelt sich dabei um den Sektor Energieerzeugung, Übertragung, Schutz und Regelung.

Durant son séjour de vacances en été 1970, l'auteur a visité diverses installations techniques et s'est entretenu avec des experts sur des questions retenant son intérêt, notamment dans le secteur de la production d'énergie, la transmission, la protection et le réglage.

Im Blick auf die Grösse und Vielfalt des Landes kann es sich bei den folgenden Ausführungen nur um eine bunte Zusammenstellung verschiedener Ausschnitte handeln.

Ein paar Worte zum grossen «Black-Out» von 1965 in New York

Elektrotechnisch ist uns New York nicht zuletzt von seinem berühmten Stromunterbruch (Black-Out) vom 9. No-

vember 1965 her sehr bekannt. Die Ursachen und vielen Nebenerscheinungen sind ja damals nicht nur in den amerikanischen Zeitungen, wie New York Times, Wallstreet Journal, New York Herald Tribune usw., sondern auch in Fachschriften, vor allem dem bekannten Rapport der Federal Power Commission über den North East Power Failure¹⁾

¹⁾ Zu beziehen bei US Government Printing Office, Washington D. C. 20402.



Fig. 1

Lastverteiler-Zentrum der Consolidated Edison in New York an der West End Ave

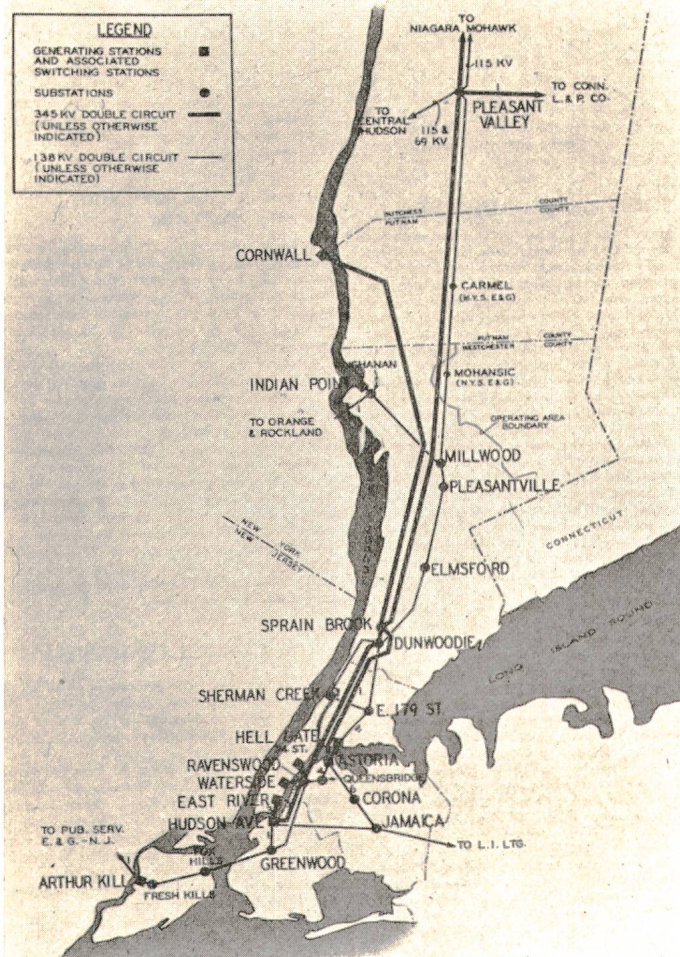


Fig. 2
Hochspannungsleitungen der Consolidated Edison in New York 1965
(zu wenig leistungsfähige Kuppelleitungen)

Diese Gesellschaft besass damals eine Produktionskapazität von rund 6000 MW und eine Belastung von fast derselben Grössenordnung. Was aber fehlte, das waren genügend leistungsfähige, grosse Übertragungsleitungen. Die damals beste führte zur Hydro Ontario, also gerade an den Ort, wo die Störung ihren Ausgang nahm. Diese Leitung fiel daher ausser Betracht. Die übrigen Kuppelleitungen waren allesamt nicht in der Lage, auch nur die Hälfte des Bedarfes zu decken (Fig. 3, 4 und 5).

Vergleicht man dagegen die Verhältnisse in der Schweiz, so kann man erfreulicherweise feststellen, dass in fast allen Konsumzentren die Leistung aller Kuppelverbindungen heute noch ein Mehrfaches der örtlichen Produktionsleistung beträgt.

Das unglückliche 1000-MW-Aggregat

(die grosse Alice, kurz so benannt nach der Herstellerfirma, der Allis-Chalmers in Milwaukee) (Fig. 6).

Es wurde 1965 nicht genau publiziert, warum gerade die erste 1000-MW-Turbine solange ausfallen musste. Es sei deshalb hier noch ein Hinweis dazu erlaubt. Die Lagerölpumpen dieser Maschine liefen normalerweise am Netz. Ein gewöhnliches Spannungsrelais hatte die Aufgabe, die Speisung der elektrischen Antriebsmotoren umzuschalten, wenn die Spannung zu tief sinkt. Nun weiss man zwar, dass bei sehr grossen Netzstörungen oft die Frequenz empfindlicher betroffen wird und rascher und tiefer absinkt als die Spannung; aus nicht verständlichen Gründen ist aber diese Tatsache bei der Wahl dieses Umschaltrelais übersehen worden. Sinkt aber bei einem nicht frequenzkompensierten Relais die Frequenz stark ab, dann sinkt auch der Ansprechwert, und die Umschaltung erfolgt nicht. Die Schmierölpumpen drehen sich zwar auch noch bei zu tiefer Frequenz, aber die stark reduzierte Ölförderung genügte natürlich bei weitem nicht mehr zur Schmierung. Die schöne, grosse Maschine bekam Lagerschaden und fiel aus (Fig. 7).

Warum ging damals auch kurz nach Beginn der Störung das Licht im Lastverteilteraum der Consolidated Edison aus?

Kurz nach der grossen Störung fragte ein Reporter den Chef der Werke, wann ihm die Instrumente den Beginn der Störung anzeigten. Dieser antwortete: «Ich weiss nicht, wann die Instrumente die Störung anzeigten, denn nachdem das

dargelegt worden, der von der Deutschen Verbundgesellschaft ins Deutsche übersetzt wurde²⁾.

Man hat sich damals an manchen Orten auch in der Schweiz gefragt, ob nicht auch hier eines Tages eine solche Störung möglich wäre. Da diese Frage wohl gestellt, aber nur unvollkommen beantwortet wurde, sei hier noch auf einige wesentliche Unterschiede hingewiesen. Auf gewisse wichtige und unglückliche Umstände hat ein halbes Jahr vor der Störung die Consolidated Edison selbst in ihrem Geschäftsbericht aufmerksam gemacht (Fig. 1 und 2).

²⁾ Zu beziehen bei der Deutschen Verbundgesellschaft, Heidelberg.

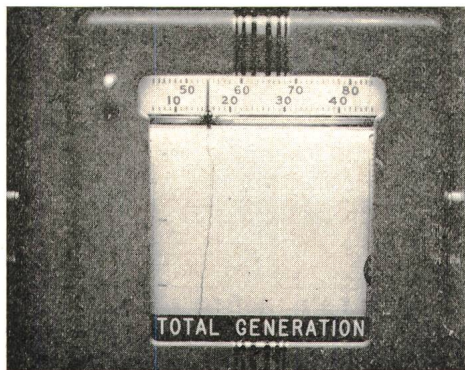


Fig. 3
Totale Erzeugung 5400 MW
(1965)

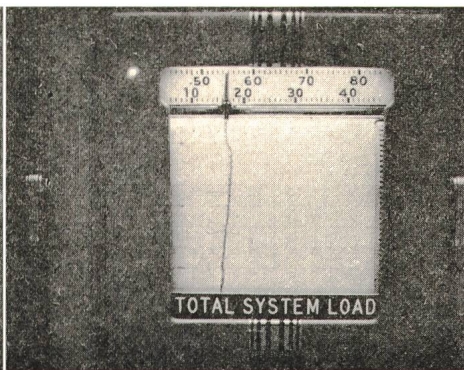


Fig. 4
Totale Last 5500 MW
(1965)

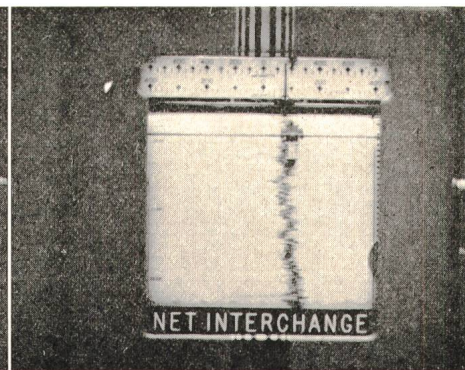


Fig. 5
Totale Austauschleistung 150 MW
(1965)

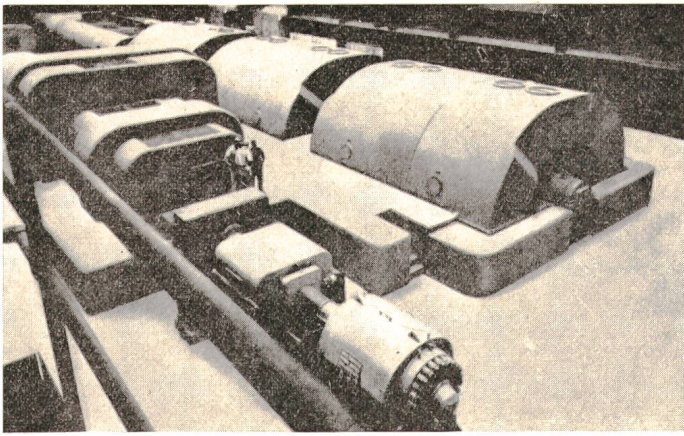


Fig. 6
Das 1000-MW-Aggregat, «die grosse Alice»

Licht ausgegangen war, sah ich keine Skalen mehr»³⁾. Man las nie genau, warum das Licht ausging.

Auf meine Frage: «Wieso konnte dies damals passieren, hatten Sie denn keine Notstromgruppe?», bekam ich lächelnd zur Antwort: «Doch, aber sie startete nicht, seither aber probieren wir dies allwöchentlich!»

Die Störung vom 9./10. November 1965 ist seither nicht die einzige, wohl aber die eindrücklichste, geblieben (Fig. 8).

Eine Störung an der «Big Alice» im Sommer 1970

Im Sommer 1970 hatte New York, wie man aus den Zeitungen weiss, wiederum zu wenig Strom. Die Einwohner wurden durch Radio und Fernsehen eindringlich zum Sparen aufgefordert. Ursachen: Im Kernkraftwerk Indian Point (275 MW Nennleistung) war man gerade daran, die Brennstoffelemente auszuwechseln, als die 1000-MW-Maschine des Kraftwerkes Ravenswood erneut ausfiel. Damit fehlten bereits $1000 + 275 = 1275$ MW. Unglücklicherweise fiel dann auch noch eine Dampfmaschine im KW Sherman Creek



Fig. 7
Das infolge zu kleinen Schmieröldruckes defekt gegangene Lager der «grossen Alice»

³⁾ Siehe New York Herold Tribune, 15. Nov. 1965.

aus. All dies zur sommerlichen Hitzezeit, in welcher die New-Yorker gerne die Air Conditioners uneingeschränkt hätten laufen lassen. Die Reparatur der «Big Alice» dauerte mehrere Monate, es wurde schliesslich Winter, denn diesmal waren Statorwicklung und Statoreisen beschädigt.

Auf die Frage, ob denn solche Einheiten bei Statorfehlern nicht rasch abgeschaltet würden, erklärte ein bekannter amerikanischer Relaisingenieur, dass man in den USA oft keine Schnellentregung anwende. Die nur relativ langsam abklingenden grossen Magnetfelder können sich in solchen Fällen dann noch einige Zeit auswirken.

Public Relations

Man ist bei der Consolidated Edison sehr offen, wenn es darum geht, interessierende Neuigkeiten aus der Gesellschaft

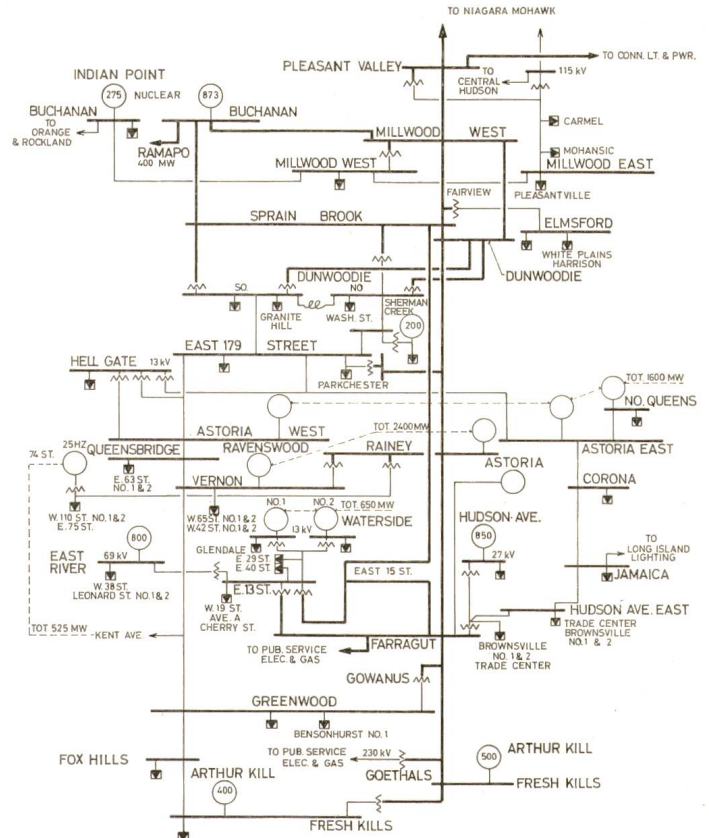


Fig. 8
Das Kraftwerknetz der Consolidated Edison im Sommer 1970
Neue leistungsfähige Kuppelleitungen sind nicht dazu gekommen
○ Generatoren; — 345-kV-Kabel oder Leitung;
— 138-kV-Kabel oder Leitung; ∞ Transformatorien;
1974 ■ Verbraucher-Gebiet

zu verbreiten. Solche werden raschestens der New-Yorker Presse sowie den Radio- und Fernsehstationen mitgeteilt. Zeitungs- und Zeitschriften-Herausgeber und Reporter können die Presse-Informationsleitung der Consolidated Edison an allen sieben Wochentagen Tag und Nacht erreichen!

Der defekte Stator der «grossen Alice» wurde beispielsweise im New-Yorker Fernsehen in farbigen Bildern gezeigt, womit natürlich das Verständnis für die gewünschten Einsparungen sehr gefördert wurde (Fig. 9).

Unglück

Das Unglück wollte es, dass die «Big Alice», als sie im Februar 1971 endlich repariert war, bei der Prüfung erneut



Fig. 9

In diesen eigens für Public Relations vorhandenen Instruktionsräumen, zu denen auch ein Kinoraum gehört, erklärt freundliches Personal täglich den Interessenten alles Wissenswerte über die Produktion und Verteilung

defekt ging. Die New-Yorker Zeitungen berichteten bereits darüber und bereiteten die Bevölkerung auf neue mögliche Knappheiten im Sommer 1971 vor.

Das Load Dispatch Center der Consolidated Edison 128 West End Avenue

(siehe Fig. 1)

Dieses besitzt seit etwa vier Jahren neben den üblichen Registriergeräten, Blindschemata usw., einen Computer, der hier in der Hauptsache für die wirtschaftliche Verteilung des Lastzuwachses auf die verschiedenen Dampfkraftwerke sorgt. Die Consolidated Edison hat damit grossen wirtschaftlichen Erfolg.

Der mögliche Produktionszuwachs

Digital wird jederzeit auf Druckknopfbefehl der mögliche Produktionszuwachs für die nächsten 5, 10 und 15 min angezeigt. Ein Alarm Printer (eine Klartextschreibmaschine für Störungsmeldungen) schreibt automatisch alle wichtigen Störungsmeldungen auf. Er druckt auf Abfrage auch tabellarisch die im Moment in jedem Kraftwerk erzeugten Leistungen aus.

Als Alarm Printer befriedigt die Einrichtung mit der Klartextschreibmaschine. Aber für die tabellarische Wiedergabe der Kraftwerkleistungen, besonders in Störungsfällen, empfindet man selbst den schnellen Klartextdrucker als viel zu langsam. Das für diesen Zweck schon vorgesehene, besser geeignete Sichtgerät dürfte inzwischen bereits installiert worden sein.

Gewöhnliche Zahlendrucker, die nur chiffrierten Text liefern, werden nicht verwendet, denn die Dechiffrierung nimmt viel zu viel Zeit in Anspruch, und das gerade dann, wenn man sie nicht hat.

Das Sichtgerät

Das Sichtgerät stellt nach Ansicht der Consolidated Edison in New York und des Department of Water & Power, Los Angeles, sowie anderer Gesellschaften eine sehr nützliche Ergänzung des üblicherweise an der Wand befindlichen

Blindschemas dar. Man kann auf ihm nicht nur Tabellen und Belastungskurven, sondern auch schematische Details zeigen, deren Darstellung im Wandschema zu weit führen würde. Bei Verwendung mehrerer Sichtgeräte können gleichzeitig verschiedene Mitarbeiter über eine wichtige Angelegenheit orientiert werden, auch wenn sie sich nicht am gleichen Ort oder im gleichen Raum befinden. Auf die Sichtgeräte allein, also ohne Blindschema an der Wand, möchte sich jedoch keine Gesellschaft verlassen.

Spitzenmaschinen und Momentanreserve

Man hört bei Consolidated Edison, dass Gasturbinen für die dort nötigen Reserve- und Spitzenleistungen noch nicht gebaut werden, und dass diese Maschinenart überdies heute noch zuviel Unterhalt erfordert. Die Lösung für die zukünftigen grossen Reserve- und Spitzenleistungen muss noch gefunden werden.

Der Lastzuwachs in den nächsten Jahren bei Consolidated Edison, New York

Die Beschaffung der Produktionskapazität für die zukünftigen noch grösseren Belastungen gibt der Consolidated Edison schwer zu denken. In Fig. 10 sind die zu erwartenden, stündlichen Maximallasten in den verschiedenen Jahreszeiten dargestellt. Man rechnet für 1974 mit etwas mehr als 9000 MW Belastung.

Gegen die Vergrösserung der Produktionskapazität hat zwar kaum jemand etwas einzuwenden, aber niemand in der Großstadt ist gerne Nachbar eines grossen mit Öl, Gas oder Kohle betriebenen Dampfkraftwerkes oder eines Kernkraftwerkes. Abgesehen davon, fehlt es an geeigneten Plätzen.

Aber auch für die Einspeisung ab grossen Überlandleitungen sind kaum Durchleitungsrechte erhältlich. Wie Fig. 10

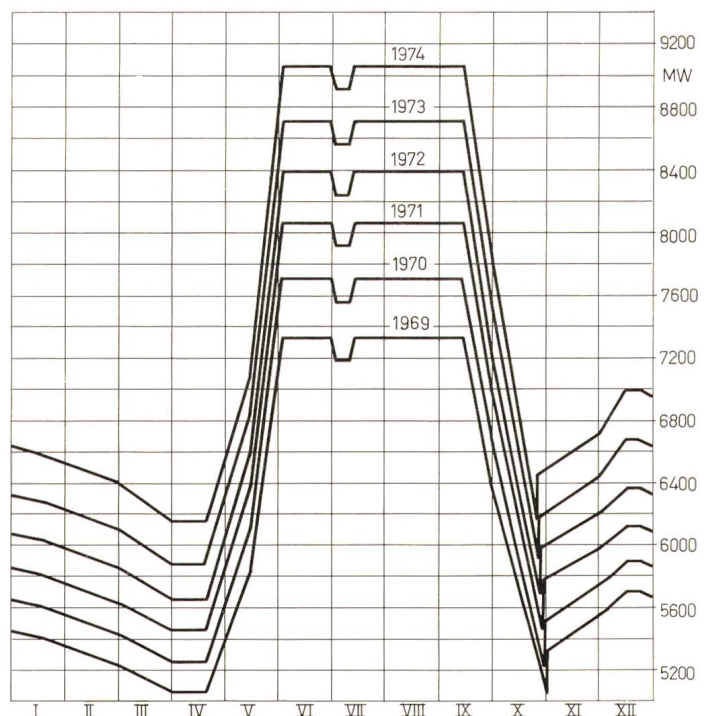


Fig. 10

Die zu erwartenden zukünftigen einstündigen Belastungen
Der Einfluss der Luftkonditionierungsanlagen scheint sehr gross zu sein



Fig. 11
Aus den in der Mitte des Bildes sichtbaren Hochkaminen eines Kraftwerkes (Waterside) treten keine Rauchfahnen aus

zeigt, handelt es sich bald um ein Manko von mehreren tausend MW. Man versucht daher vorerst, die Leistungsfähigkeit der vorhandenen Kraftwerke soweit als möglich zu vergrössern. Beispielsweise ist eine Erweiterung von Indian Point (Kernkraftwerk) von 275 auf 860 und später auf 920 MVA vorgesehen. Es ist aus diesen Verhältnissen heraus auch verständlich, wenn man trotz der verschiedenen Störungen, die an der «Big Alice» auftraten, auch heute wieder einen einzigen 1000-MW-Generator an Stelle von zweien à 500 MW den Vorzug geben würde.

Luftverschmutzungskontrolle (Air Pollution Control)

Die mit Kohle und Öl gefeuerten Kraftwerke befinden sich praktisch alle auf Stadtgebiet in der Nähe von East- und Hudson-River (Fig. 11). Die Luft darf daher gar nicht verschmutzt werden. Dampfkraftwerke, deren Kamine sichtbar dunkle Abgase ausstossen, müssen abgestellt werden. In den betreffenden Kommandoräumen sind Fernsehempfänger eingebaut, deren Bildschirme die Kaminaustritte gross und deutlich erkennen lassen. Bei einer Rundfahrt auf dem Hudson- und East-River sah ich tatsächlich keinen einzigen Kamin rauchen.

Die Consolidated Edison hat allein für Massnahmen gegen Luftverschmutzung bereits weit über 100 Millionen Dollar ausgegeben. Das Studium solcher Lösungen soll drüber eine recht lohnende Tätigkeit für Ingenieurbüros sein.

Noch schärfer sind die Massnahmen in Kalifornien. Dort ist ja die Smog-Plage an bestimmten Tagen oder zu bestimmten Jahreszeiten besonders gross. Beispielsweise dürfen die Kraftwerke des Department of Water & Power, Los Angeles, je nach Smog nur noch die Hälfte oder gar keine Energie mehr mit Öl erzeugen; die restliche oder

ganze Kesselfeuerung muss dann auf Gas umgestellt werden. Auf Sichtgeräten im Lastverteilerzentrum dieser Gesellschaft kann auf Druckknopfbefehl jederzeit der prozentuale Anteil von Gas und Öl für die Feuerung in jedem Dampfkraftwerk abgelesen werden (Fig. 12).

Einige Worte zur American Electric Power (AEP)

a) Notizen aus dem Geschäftsbericht 1969 der AEP

Energieverkauf pro 1969	58,2 · 10 ⁹ kWh
Zuwachs seit 1968	6,8 %
Spitzenlast 1969	9 844 MW
Spitzenlast 1. 2. 71	10 309 MW
Eigenproduktionsleistung 1969	11 625 MW
Anzahl ganz elektrisch versorgter Heime	117 793
Durchschnittlicher Verbrauch pro Haushalt und Jahr, 1969	7 301 kWh
Durchschnittlicher Erlös pro kWh	7,8 Rp.
Nettogewinn 1969	≈ 455 Mill. Fr.

In den letzten acht Jahren ist bei der AEP der Absatz an elektrischer Energie auf das Doppelte gestiegen. Die AEP ist eine technisch und kommerziell sehr fortschrittlich organisierte Gesellschaft. Sie ist etwa zehnmal so gross wie die Atel und gibt sich auch enorm Mühe, ihre Produktions- und Verteilanlagen rechtzeitig für die kommenden Bedürfnisse nach den wirtschaftlichsten Gesichtspunkten auszubauen und bereitzustellen. Über deren neue 765-kV-Anlagen sind bereits technische Abhandlungen erschienen [1...9] ³⁾.

Die Gesellschaft hat wohl als erste den Netzausbau nach ökonomischen Gesichtspunkten systematisch mit Hilfe von Elektronenrechnern untersucht. Der Leiter dieser Abteilung hat mit seinem Mitarbeiter darüber ein sehr aufschlussreiches Buch veröffentlicht [10].

Es war interessant, festzustellen, dass sowohl bei der AEP wie auch in der Schweiz bei Schaltproblemen die Steilheit der wiederkehrenden Spannung digital ermittelt wird, der Maximalwert aber analog.

Die AEP beschäftigt für die verschiedenen technischen Sektoren je eine Gruppe mit einem «Staff Engineer». Sie hat

³⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

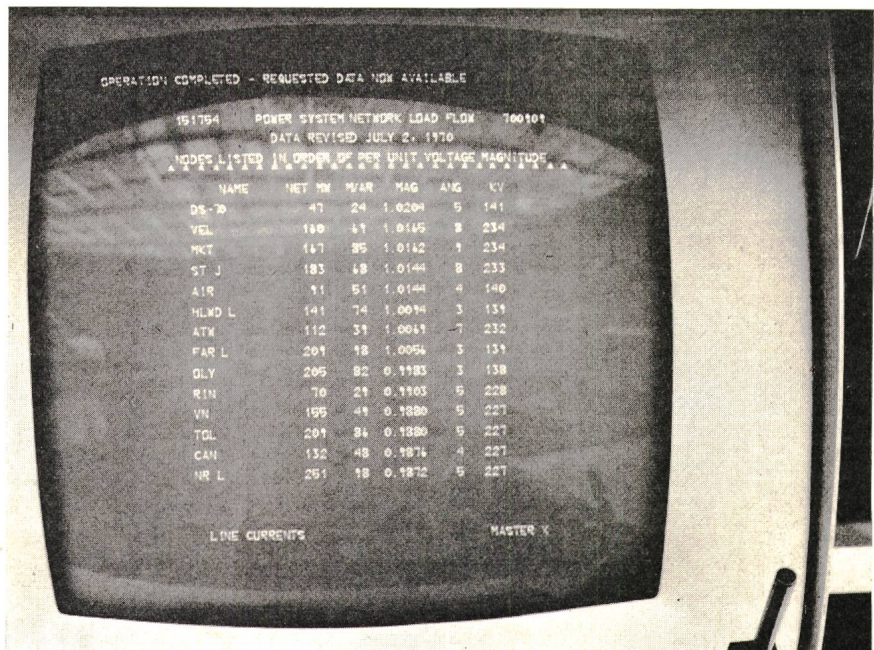


Fig. 12
Sichtgerät im Lastverteilerzentrum des Department of Water and Power Los Angeles



Fig. 13
«Alles läuft elektrisch»
Dies ist eines der vielen Bilder, die der Geschäftsbericht enthält
(mobiles Chalet)

je eine solche Arbeitsgruppe für Schalter, für Transformatoren, für Schutzeinrichtungen usw. Die grossen Erfahrungen dieser Spezialisten werden insbesondere bei neuen Bestellungen gut ausgewertet, was nicht nur der AEP, sondern auch der Industrie sehr zugute kommt. In den relativ häufigen Diskussionsversammlungen des American Institute for Electrical and Electronics Engineers (IEEE), insbesondere in deren Power Group, werden diese Erfahrungen gegenseitig ausgetauscht.

Man ist sich beispielsweise der Bedeutung kurzer Abschaltzeiten sehr bewusst und kauft seit einer Reihe von Jahren keine Hochspannungsschalter mehr, die mehr als zwei Perioden Abschaltzeit aufweisen. Es ist erfreulich festzustellen, dass aus diesen Erfahrungen heraus mehr als einmal Hochspannungsschalter europäischer — auch schweizerischer — Herkunft bevorzugt wurden.

b) Kurzschlußschutz der 765-kV-Übertragung [3]

Aus dem Abschnitt über Leitungsschutz des bereits erwähnten Sonderdruckes seien hier nur ein paar Angaben zitiert. Man installierte nur Relais mit höchstens einer Periode Kommandozeit und — wie bereits erwähnt — Schalter mit höchstens zwei Perioden Abschaltzeit. Der Leitungsschutz ist doppelt vorhanden (duplicate primary relaying). Jeder ist so schnell, dass die Stabilität nicht gefährdet wird. Die beiden Einrichtungen sind etwas verschieden. Eine Relaisausrüstung ist elektronisch, die andere elektromecha-

nisch aufgebaut. Beide Ausrüstungen arbeiten völlig unabhängig voneinander, was als besonderer Vorteil bei Unterhaltsarbeiten gewertet wird. In der elektronischen Ausrüstung wirkt der Thyristor am Ausgang direkt auf die Auslösespule. Durch geeignete Schaltungen ist unerwünschtes Zünden unterbunden. Man spricht nicht mehr von «primary relaying» und «back up protection», sondern von «relaying redundancy».

Alle Leitungen sind mit Schnell-Wiedereinschaltung und HF-Kupplung ausgerüstet. Überall wird auch Schalterreserve-Auslösung angewendet. Für alle Sammelschienen ist, sobald solche existieren werden, der einfache schnell arbeitende Sammelschienen-Hochimpedanzschutz [11; 12] vorgesehen, wie er schon seit Jahren auch auf den unteren Spannungsebenen verwendet wird. Aus Sicherheitsgründen sind ferner überall zwei voneinander unabhängige 125-V-Gleichstrombatterien mit separaten Sicherungsstromkreisen vorhanden. Sogar die Strom- und Spannungswandler sind (ebenfalls aus Sicherheitsgründen) doppelt vorhanden. Die Hochspannungsschalter besitzen zwei voneinander unabhängige Auslösespulen. Das Funktionieren der Schalter und Schutzeinrichtungen bei Störungen wird auf allen Leitungen mit automatischen Oszillographen überwacht. Mit deren Hilfe wird auch die Fehlerdistanz annähernd bestimmt. Zur raschen Ermittlung des genauen Fehlerortes und der Ursachen werden Helikopter eingesetzt.

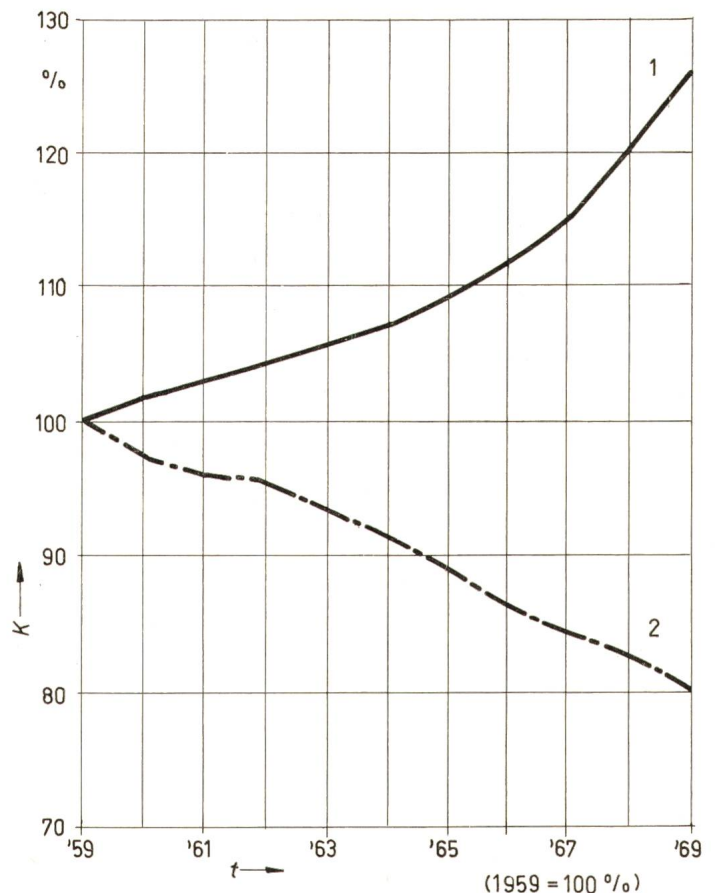


Fig. 14
Energiekosten — Lebenshaltungskosten
1 Lebenskosten; 2 im gleichen Zeitraum sinkende mittlere Strompreise bei der AEP
K Kosten in %; t Jahre

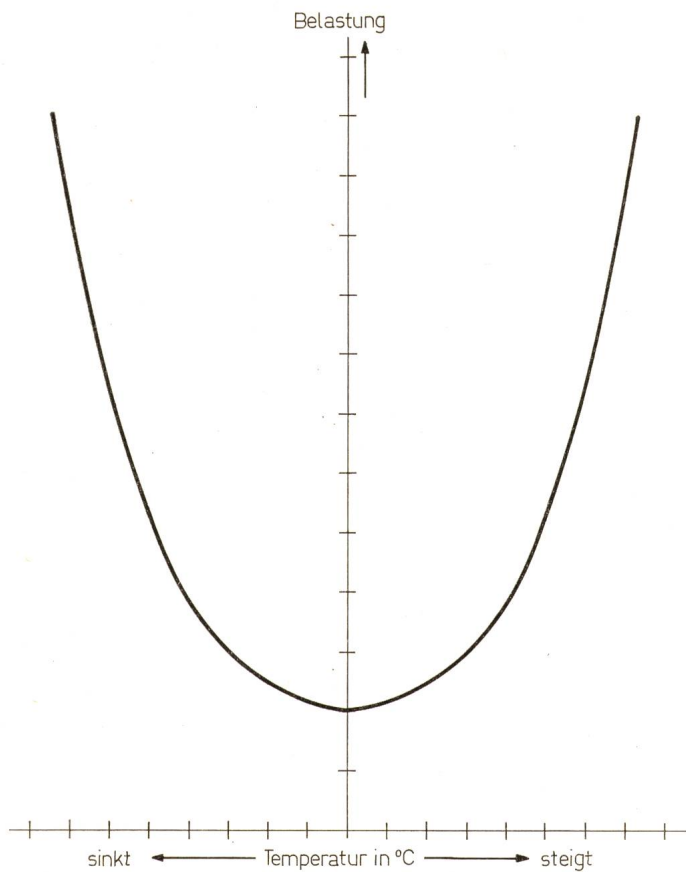


Fig. 15
Das charakteristische, stark temperaturabhängige Belastungsdiagramm der AEP

Audible Noise (hörbares Geräusch)

Das Geräusch bestimmt die obere Grenze der Betriebsspannung, da es so stark ist. Ja, man muss deswegen mit der Spannung sogar etwas unter 765 kV bleiben.

Die Energie-Absatzförderung

Da die AEP nur einen ganz unbedeutenden Teil der Energie aus Wasserkraften gewinnt, ist die Absatzförderung in keiner Weise an die Hydraulizität gebunden. Für die elektrische Heizung und Kühlung sind hier andere Faktoren massgebend. Die Propaganda ist denn auch anders gelagert.

Einen sehr grossen Absatz Erfolg erzielte die AEP durch die Finanzierung der Anschaffung von Haushaltgeräten. Der Kunde bekommt diese auf Wunsch praktisch ohne Anzahlung. Bedingung ist nur, dass er das Gerät benutzt und elektrische Energie braucht. Die Raten für die Abzahlung werden zum Betrag für die bezogenen kWh geschlagen und mit diesem zusammen einkassiert. Natürlich wird diese Absatzförderung mit Bankgeldern finanziert, aber der Kunde hat nichts mit der Bank zu tun. Gegenüber dieser haftet die AEP. Umgekehrt läuft die AEP nur ein kleines Risiko, da sie ja ohne besondere Massnahmen genügend Kontakt mit dem Kunden hat.

«Alles läuft elektrisch»

Dies ist der Slogan im Geschäftsbericht 1969 der AEP, wo durch eine Reihe von guten Bildern diese Behauptung so weit als möglich untermauert wird (Fig. 13).

Die Energiekosten verglichen mit den Lebenskosten

Nach den ebenfalls im Geschäftsbericht für 1969 publizierten Kurven ist der AEP das Kunststück gelungen,

trotz steigender Lebenskosten die mittleren Strompreise zu senken (Fig. 14). Man muss hier allerdings berücksichtigen, dass ein sehr grosser Anteil des Lastzuwachses von der stark propagierten elektrischen Heizung herrührt.

Das tägliche Belastungsdiagramm

Die Tagesbelastung ist abgesehen von den Feiertagen hauptsächlich temperaturbedingt. Steigt die Temperatur, dann steigt der Bedarf für Kühlleistung in den Air Conditioning-Geräten. Sinkt die Temperatur, dann muss geheizt werden. Ein normales, prinzipielles Belastungsdiagramm zeigt Fig. 15.

Leistungs-Frequenzregelung

Praktisch alle grossen Netze arbeiten mit Leistungs-frequenzregelung. Fig. 16 zeigt ein typisches Blockdiagramm einer solchen Regelanlage [13]. Die Beeinflussung der Maschinenleistung geschieht in einfachster Weise fast ausschliesslich über den Drehzahlverstellmotor. Dank der vielen Regelkraftwerke sind die Abweichungen von der Nennfrequenz sehr gering (Fig. 17 und 18).

Im Gegensatz zu unserer Praxis wird, mit wenigen Ausnahmen, der Istwert der erzeugten Leistung jedes Generators oder Kraftwerkes an den Regler im Regelzentrum (Lastverteiler) rückgemeldet. Es ist somit pro Regelkraftwerk ein geschlossener Regelkreis vorhanden. Der Regler beherrscht auf diese Art die Regelkraftwerke bedeutend besser. Allfällige Abweichungen einzelner Kraftwerke vom Sollwert der geforderten Leistung werden bei dieser Disposition praktisch zwangsläufig bei den betreffenden Kraftwerken nachgefordert. Für noch übrigbleibende Regelabweichungen wird bei höheren Anforderungen ein sehr einfacher, adaptiv wirkender Steuer-Computer verwendet [14; 15].

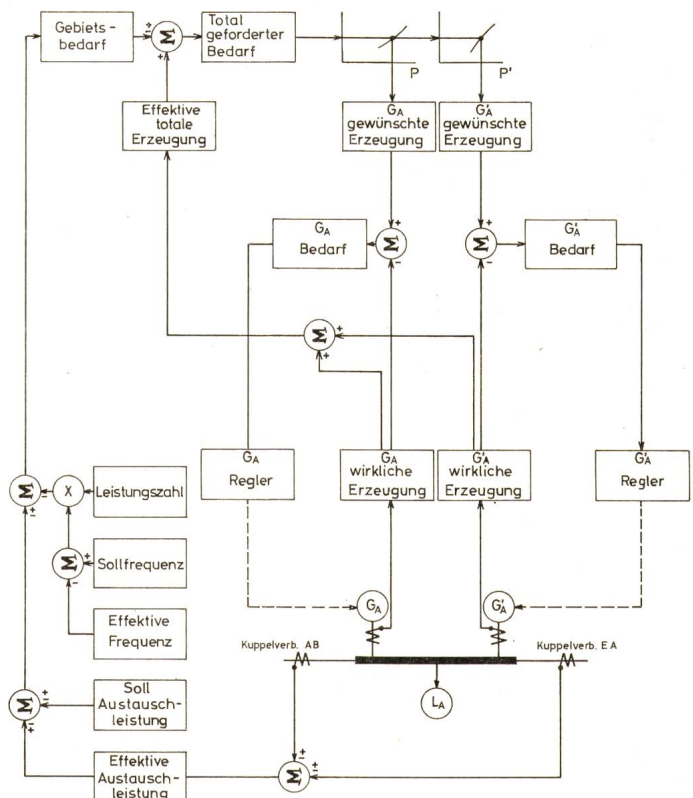


Fig. 16
Blockschema einer Leistungs-Frequenz-Regelanlage

Die Kupplung der westlichen und östlichen Hochspannungsnetze in Omaha (Nebraska)

Seit einiger Zeit sind diese Netze in Omaha gekuppelt. Die gelegentlich grossen Austauschleistungen bewirken zwar noch ein relativ häufiges Auslösen der Kuppelschalter (im Sommer 1970 ca. einmal pro Tag), da die vorhandenen Kuppelverbindungen noch nicht leistungsfähig genug sind. Die Vorteile der gegenseitigen Aushilfe sind aber so gross, dass die Kuppelverbindung stets wieder eingeschaltet wird. Sobald als möglich sollen die Kuppelleitungen so verstärkt werden, dass sie alle Laststösse aushalten.

Isolations-Koordination

In vielen Netzen werden die Leitungsenden bis hinauf zu 345 kV mit Schutzfunkenstrecken ausgerüstet. Dagegen erhalten die Reflexionspunkte wie Transformatoren und Kompensationsdrosselspulen Überspannungsableiter (Fi-

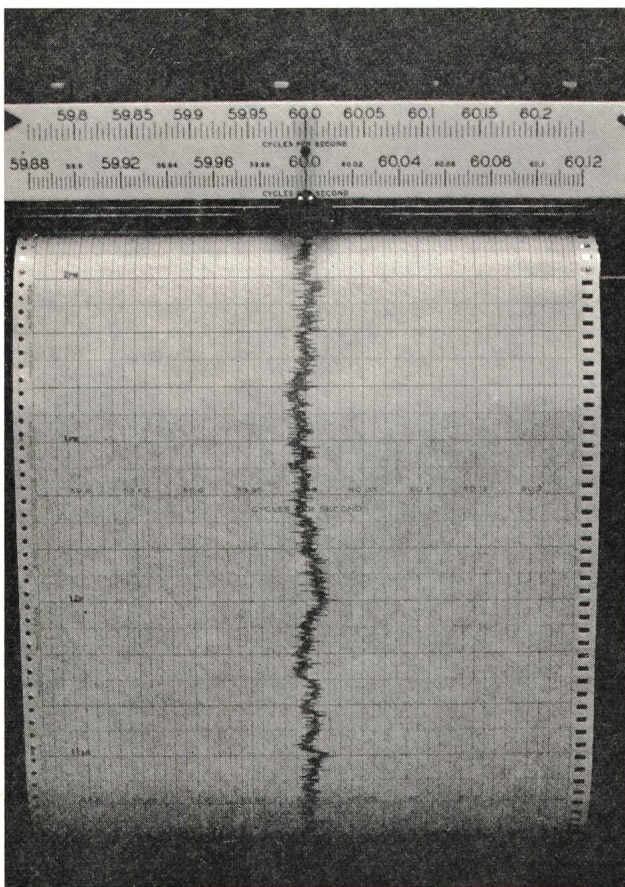


Fig. 17
Die recht genau eingehaltene Frequenz

gur 19). Die Erfahrungen mit diesen Dispositionen sind sehr gut. Einige Zahlen aus der Arbeit von O. Naef und C. E. Asbury [17] über die Isolations-Koordination sind in Tabelle I wiedergegeben.

Zu praktisch gleichen Resultaten kommt die Arbeit von Watson und Hiatt [18]. Man ist sich natürlich bewusst, dass die Schutzfunkenstrecken nicht einen qualitativ gleichwertigen Schutz wie die Ableiter ergeben.

Dafür sind die Schutzfunkenstrecken bedeutend billiger. Leitungsseitig, zufolge von nachfliessendem Betriebsstrom, etwa stehengebliebene Lichtbogen werden mit Schnellwieder-

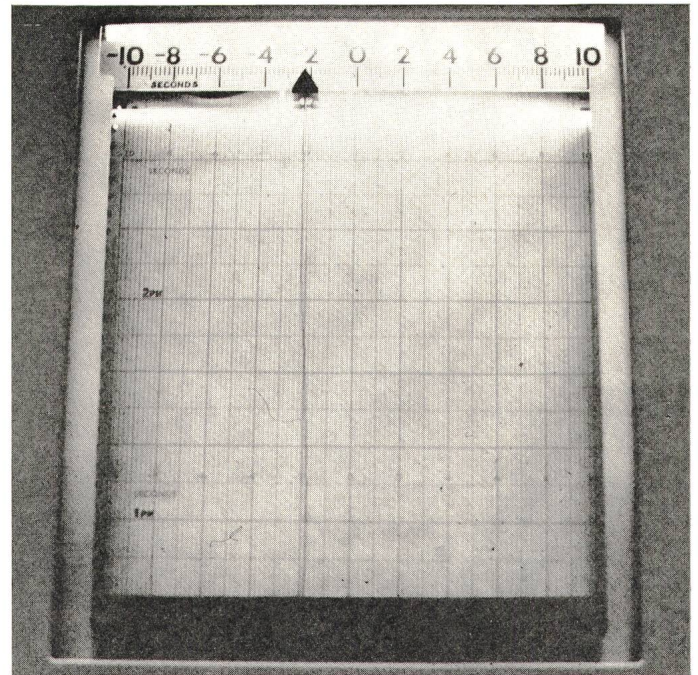


Fig. 18
Die registrierte Zeitabweichung beträgt über Stunden hinweg nur zwei Sekunden

einschaltung sofort weggeschaltet. Der Nachteil eines Nicht-Löschens ist somit nicht von grosser Bedeutung.

Das Lastverteilerzentrum des Department of Water & Power, Los Angeles

Dieses ist praktisch in drei klimatisierten Räumen untergebracht. In einem Raum werden die Hochspannungsanlagen, Kraftwerke und Regeleinrichtungen betreut, im andern die Versorgung der flächenmässig sehr ausgedehnten 10-Millionen-Stadt. Fenster besitzen die Räume nicht. Was draussen für Wetter ist, kann nötigenfalls an einem Instrument abgelesen werden. Ganz rundherum an den Wänden sind die Blindschemata der zu überwachenden Netze dargestellt (Fig. 20). Dabei wurde sehr grosser Wert auf eine symbolmässig sehr einfache und betriebssichere Darstellung gelegt. Ein eigens hierfür beauftragter Monteur ist ständig

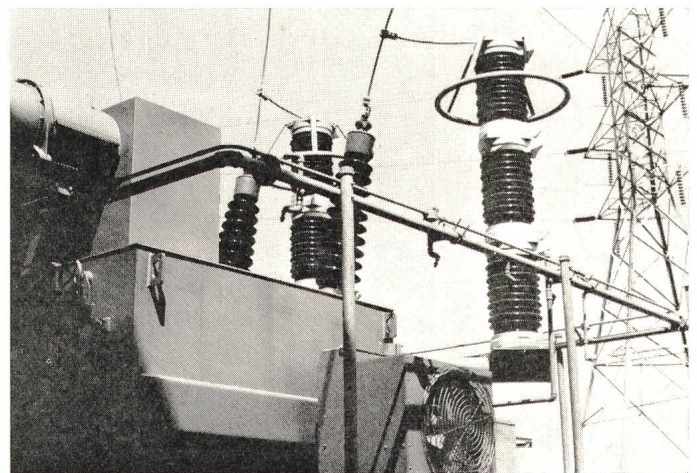


Fig. 19
Überspannungsableiter in Reflexionspunkten
Der Ableiter wird so nahe wie möglich bei der Transformatorklemme montiert

Tabelle I

Nennspannung U_N	Maximale Betriebsspannung U_{max}	Haltespannung bei		Schutzfunkenstrecken-Distanz cm ²⁾	Stossüberschlagspannung nach 3 μ s Mittelwert von + und -
		60 Hz kV	Stoss kV		
23	25,8	60	150	10,6	114
46	48,3	105	250	25,4	244
69	72,5	160	350	40	367
115	121	260	550	65	585
161	169	365	750	95	815
230	242	425	900	110	955
345	362	590	1300	157	1330

¹⁾ Werte nach den American Standards.
²⁾ Darin sind die unvermeidlichen Streuungen durch eine grosse Marge weitgehend berücksichtigt.

damit beschäftigt, die Änderungen nachzuführen. Die Konzeption des Blindschemas ist so getroffen, dass der Monteur ohne Bohrmaschine auskommt und bei seinen Arbeiten keinen Lärm verursacht. Natürlich sind mehrere Ingenieure in den grossen Räumen beschäftigt, wobei jedem die Aufgabe zufällt, einen bestimmten Sektor des grossen Blindschemas zu überwachen. Daneben hat jeder noch einige Sonderaufgaben.

Im dritten Raum, ein Stockwerk tiefer, ist die sehr moderne Computeranlage des Lastverteilers untergebracht. Diese ist mit dem Projektierungsbüro so verbunden, dass der Projektcomputer jederzeit alle nötigen Betriebsdaten direkt aus dem Betriebscomputer holen kann.

Atomenergie und Umwelt [16]

Darüber erschien neben vielen andern Veröffentlichungen im Printing Office in Washington eine nette kleine Druckschrift, die in objektiver Art von den verschiedenen Gefahren der Atomenergie für die Umwelt berichtet. Aus den Schlussfolgerungen seien folgende Sätze sinn gemäss wiedergegeben.

«Die rasche Zunahme des Konsums elektrischer Energie muss auf wirtschaftlich zuverlässige Weise befriedigt werden, um das ökonomische Wachstum und die Fortsetzung des amerikanischen Lebensstandards zu erhalten.»

«Die Kommission hat ein grosses Interesse am Schutz der Umwelt und an der Befriedigung des grossen nationalen Energiebedarfes. Sie ist überzeugt, dass die Kernkraftwerke beiden Forderungen zu genügen vermögen. Das heisst nicht, dass keine Probleme existieren oder dass sich die Kommission die Antworten leicht gemacht hat. Aber wenn jedermann konstruktive Lösungen sucht, dann ist in der Tat eine optimistische Basis vorhanden, um die vielen Vorteile der Kernenergie zu nutzen, ohne übermässige Beeinflussung der Umgebung.»

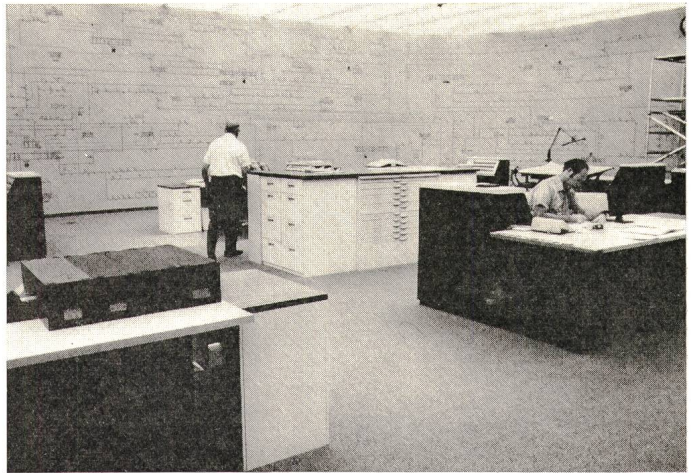


Fig. 20

Lastverteilzentrum

Das Blindschema nimmt alle Wände in Anspruch

Literatur

- [1] H. C. Barnes and T. J. Nagel: AEP 765-kV system: General background relating to its development. Trans. IEEE PAS 88(1969)9, p. 1313...1319.
- [2] G. S. Vassell and R. M. Maliszewski: AEP 765-kV System: System planning considerations. Trans. IEEE PAS 88(1969)9, p. 1320...1328.
- [3] A. Hauspurg a. o.: Overvoltages on the AEP 765-kV system. Trans. IEEE PAS 88(1969)9, p. 1329...1342.
- [4] N. Kolcio a. o.: Radio-influence and corona-loss aspects of AEP 765-kV-lines. Trans. IEEE PAS 88(1969)9, p. 1343...1355.
- [5] A. Hauspurg, V. Caleca and R. H. Schломann: 765-kV transmission line insulation: Testing program. Trans. IEEE 88(1969)9, p. 1355...1365.
- [6] A. J. Samuelson, R. L. Retellack and R. A. Kravitz: AEP 765-kV line design. Trans. IEEE PAS 88(1969)9, p. 1366...1371.
- [7] H. N. Scherer a. o.: 765-kV station design. Trans. IEEE PAS 88(1969)9, p. 1372...1376.
- [8] J. D. M. Phelps, P. S. Pugh and J. E. Beehler: 765-kV station insulation coordination. Trans. IEEE PAS 88(1969)9, p. 1377...1382.
- [9] S. H. Horowitz and H. T. Seeley: Relaying the AEP 765-kV system. Trans. IEEE PAS 88(1969)9, p. 1382...1389.
- [10] G. W. Stagg and A. H. El-Abiad: Computer methods in power system analysis. New York a. o., McGraw-Hill, 1968.
- [11] H. T. Seeley and F. v. Roeschlaub: Instantaneous bus-differential protection using bushing current transformers. Trans. AIEE, Part II Applications and Industry 67(1948)-, p. 1709...1719.
- [12] F. Schär: Sammelschienen-Differentialschutz. Bull. SEV 45(1954)17, S. 733...740.
- [13] N. Cohn: Control of generation and power flow on interconnected systems. New York/London/Sydney, John Wiley, 1966.
- [14] C. W. Ross: Error adaptive control computer for interconnected power systems. Trans. IEEE PAS 85(1966)7, p. 742...749.
- [15] F. Schär: Eine neue Methode zur Verminderung der Abweichungen bei der Leistungsfrequenzregelung. Bull. SEV 58(1967)4, S. 188...189.
- [16] Nuclear power and the environment. Oak Ridge, Tennessee 37830, United States Atomic Energy Commission, Division of Technical Information, 1969.
- [17] O. Naef and C. E. Asbury: Power circuit-breaker insulation co-ordination. Required minimum volt-time characteristics for power circuit breakers. Trans. AIEE, Power Apparatus and Systems 79(1961)-, p. 1129...1150.
- [18] T. F. Watson and R. Hiatt: Line entrance gaps for protection of substation insulation. Trans. AIEE Power Apparatus and Systems 80(1961)53, p. 43...54.

Adresse des Autors:

F. Schär, Schöngrundstrasse 63, 4600 Olten.