Zeitschrift: Schweizerische Wasser- und Energiewirtschaft : Zeitschrift für Wasserrecht, Wasserbau, Wasserkraftnutzung, Energiewirtschaft und Binnenschiffahrt

Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband

Band: 22 (1930)

Heft: 2

Artikel: Die Neuorganisation der Energieversorgung der Stadt Zürich

Autor: Trüeb

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-922467

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

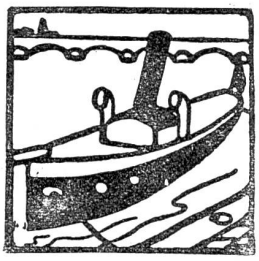
Terms of use

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

SCHWEIZERISCHE Wasser- u. Elektrizitätswirtschaft

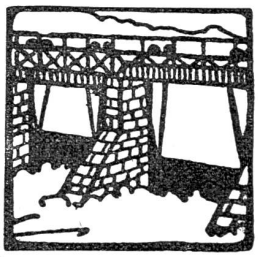


Offizielles Organ des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, sowie der Zentralkommission für die Rheinschiffahrt + Allgemeines Publikationsmittel des Nordostschweizerischen Verbandes für die Schiffahrt Rhein-Bodensee

ZEITSCHRIFT FÜR WASSERRECHT, WASSERBAU, WASSERKRAFTNUTZUNG, ENERGIEWIRTSCHAFT UND BINNENSCHIFFAHRT

Periodische Beilage «Anwendungen der Elektrizität»

Gegründet von Dr. O. WETTSTEIN unter Mitwirkung von a. Prof. HILGARD in ZÜRICH und Ingenieur R. GELPKE in BASEL



Verantwortlich für die Redaktion: Ingenieur A. HÄRRY, Sekretär des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, in Zürich 1
Telephon Selnau 31.11 + Telegramm-Adresse: Wasserverband Zürich

Alleinige Inseraten-Annahme durch:
SCHWEIZER-ANNONCEN A. G. + ZÜRICH
Bahnhofstraße 100 – Telephon Selnau 55.06
und übrige Filialen
Insertionspreis: Annoncen 16 Cts., Reklamen 35 Cts. per mm Zeile
Vorzugsseiten nach Spezialtarif

Administration: Zürich 1, Peterstraße 10
Telephon Selnau 31.11
Erscheint monatlich
Abonnementspreis Fr. 18.– jährlich und Fr. 9.– halbjährlich
für das Ausland Fr. 3.– Portozuschlag
Einzelne Nummern von der Administration zu beziehen Fr. 1.50 plus Porto

Nr. 2 ZÜRICH, 25. Februar 1930 XXII. Jahrgang

Inhalts-Verzeichnis

Die Neuorganisation der Energieversorgung der Stadt Zürich — Die Niederschlagsverteilung im schweizerischen Hochgebirge — Neuorganisation der Bundesämter betreffend Wasser- und Elektrizitätswirtschaft — Todesfälle durch Leuchtgas und Elektrizität für die Wärmeanwendungen im Haushalt in der Schweiz in den Jahren 1927 und 1928 — Ausfuhr elektrischer Energie — Schiffahrt und Kanalbauten — Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband — Elektrizitätswirtschaft — Geschäftliche Mitteilungen — Kohlen- und Oelpreise — Anwendungen der Elektrizität — Gas und Elektrizität in der Schweiz mit gleichzeitigem Bericht über den Stand der elektrischen Haushaltküche — Das Verhältnis von Gas zu Strom in der Küche — Frank Umbach-Dampfkochtopf — „Elektro-Oekonom"-Herde — Ein neuer elektrischer Schnelltrockner — Ein neues Meßinstrument zur Feststellung des Stromverbrauches elektrischer Geräte.

Die Neuorganisation der Energieversorgung der Stadt Zürich.

Vortrag von Ingenieur Trüeb, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich, gehalten am 23. Januar 1930 vor dem Wasserwirtschaftsverband und dem Linth-Limmatverband.

Eine Stadt wie Zürich bedeutet einen gewichtigen, wirtschaftlichen Faktor. Weit hinaus reichen die Beziehungen vielfältigster Art und mächtige Verbindungen müssen den Bewohnern die Bedürfnisse des täglichen Lebens zuführen. Zu diesen gehört heute auch die elektrische Energie.

Jedermann kennt die Kraftquellen unserer Stadt. Ich will sie kurz erwähnen, um einen Ueberblick zu verschaffen:

140 km im Süden, in den Bündner Bergen, liegen das Albula- und das Heidseewerk. Sie produzieren 120 und 22 Millionen kWh, bei zusammen 25,000 kW installierter Leitung. 40 km im Süden, in den Schwyzer Voralpen, liegt das Wäggitalwerk, das von der Stadt zusammen mit den Nordostschweizerischen Kraftwerken betrieben wird und uns 55 Millionen kWh Spitzenenergie liefert. Der Anteil der Stadt an der Leistung beträgt 55,000 kW. In der Stadt selbst befindet sich das Lettenwerk mit einer Produktion von 8 Millionen kWh und einer Leistung von 1100 kW. Nicht ganz 20 km im Norden, bei Wettingen an der Limmat, soll das neueste Werk der Stadt erstellt werden, mit 130 Millionen kWh Produktion und 14,000 kW installierter Leistung. Die Stimmberechtigten werden sich in kurzer Zeit mit diesem Projekt zu befassen haben, denn die Konzession ist seit 1. Januar 1930 im Besitze der Stadtverwaltung. Im Studium befindet sich ferner das Projekt, das Gefälle der Limmat innerhalb der Stadt bis zum Lettenwerk in einer Stufe auszunützen, womit das Lettenwerk auf eine Produktion von 21 Millionen kWh ausgebaut werden könnte.

Die aus diesen Kraftquellen der Stadt zufliessende Energie wird durch die Ringleitung (Verbindungsleitung der Fernleitungen A u. B (Abb. 1) den Haupttransformatorenstationen Frohalp, Albishof, Schlachthof und Guggach zugeführt, dort herabgespannt von 50,000 Volt auf 6000 Volt und dann der allgemeinen Verteilung zugeführt.

Um die heutige Verteilorganisation zu verstehen, müssen wir kurz die geschichtliche Entwicklung betrachten.

Bisherige Entwicklung.

Lichtwerk Letten. Wechselstrom-Lichtnetz. Die Gründung des Elektrizitäts-

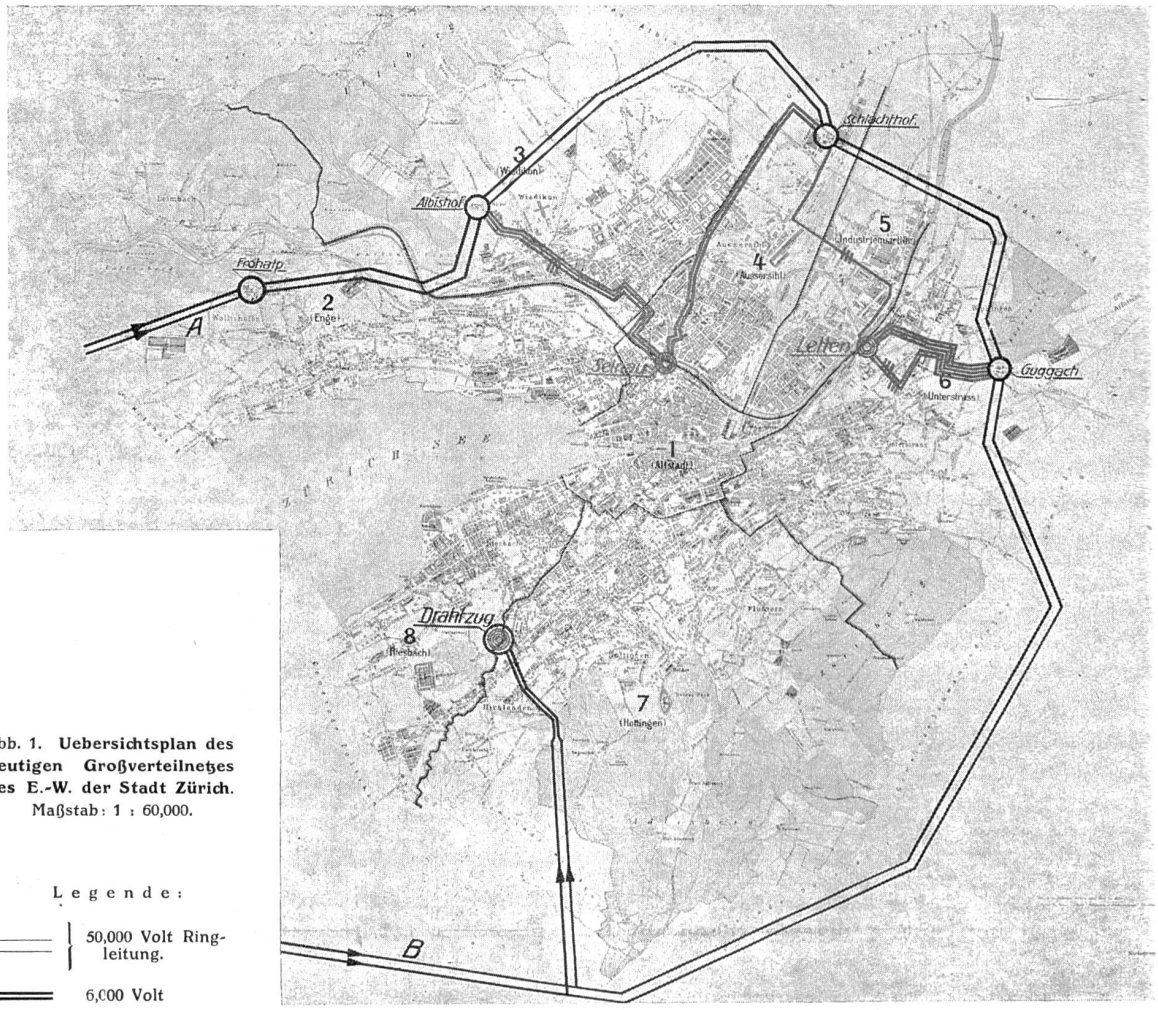


Abb. 1. **Uebersichtsplan des heutigen Großverteilnetzes des E.-W. der Stadt Zürich.** Maßstab: 1 : 60,000.

Legende:

A / B — 50,000 Volt Ringleitung.

6,000 Volt

werkes der Stadt Zürich erfolgte im Jahre 1890. Am 1. Januar 1893 kam das Lettenwerk als reines Lichtwerk in Betrieb. Als Verteilsystem wurde gewählt:

Einphasenwechselstrom primär 2000 V,

Transformierung 2000/2 × 100 V,

Wechselstrom - Dreileiterverteilung sekundär 2 × 100 V.

Die damaligen Leiter des Unternehmens (Ingenieur Wyßling) hatten in der Wahl ihrer technischen Mittel eine glückliche Hand. Die Periode der Gleichstromverteilung wurde der Stadt Zürich erspart, während andere Städte später mit großen Kosten ihre alten Gleichstromnetze umbauen mußten. Auch die Höhe der Primärspannung genügte bis heute und das Dreileiterverteilsystem (2 Außenleiter und 1 Mittelleiter) hat sich nicht nur theoretisch als rationell, sondern auch praktisch als zweckmäßig erwiesen.

So entstand das Wechselstromlichtnetz.

Straßenbahnumformerstationen. In die Jahre 1896 bis 1898 fiel die Elektrifizierung des Pferdetrams und die Vereinigung der privaten Straßenbahnlinien unter städtischer Verwaltung. Der neue Leiter des Elektrizitätswerkes (Ingenieur Wagner) trat mit Nachdruck für die gemeinsame Energieerzeugung für Beleuchtung, Motoren und Straßenbahnen ein. Die Verwirklichung dieser Idee brachte dem Elektrizitätswerk eine rasche Steigerung des Energiebedarfes. Da nicht alle Straßenbahnlinien vom Lettenwerk aus gespeist werden konnten, wurde im Jahre 1898 im Selnau eine besondere Strassenbahnumformerstation erstellt. Die Energie wurde vom Lettenwerk aus in Form von hochgespanntem Drehstrom von 2000 V zugeführt. Drei rotierende Umformergruppen von je 200 kW erzeugten den für den Straßenbahnbetrieb nötigen Gleichstrom von 550 V.

Im Jahre 1903 wurde an der Promenadengasse eine zweite Straßenbahnumformerstation erstellt und im Jahre 1910 das Lettenwerk ausgebaut durch Aufstellung von zwei Umformern für die Straßenbahn. Schon 1905 waren die Stationen Selnau und Promenade ergänzt worden durch Akkumulatorenbatterien.

Damit war das System für die Versorgung der Straßenbahn gegeben mit 550 V Gleichstrom ab besonderen Umformern mit Puffer- und Reservebatterien.

Drehstromkraftnetz. Bis zum Jahre 1902 hatte die elektrische Energie fast nur als Lichtquelle und für den Betrieb der Straßenbahnen Verwendung gefunden, wurde nun aber immer mehr für Kraftzwecke, vor allem für den Antrieb von Kleinmotoren, verlangt. Nach Sicherung einer großen Kraftquote aus dem Werk Beznau der Aktiengesellschaft Motor, wurde die Erstellung eines besonderen Kraftnetzes unternommen, das den Elektromotoren Privater Energie zuführen sollte. Der Bau erfolgte in den Jahren 1902, 1903 und 1904, in diesem Jahre auch die Inbetriebsetzung. Als Verteilsystem wurde gewählt:

Dreiphasen-Wechselstrom, primär 6000 V,
Transformatoren, 6000/3 × 500 V,
Dreiphasen - (Drehstrom) Verteilung, sekundär 3 × 500 V.

Die Motoren über 5 kW mußten allmählich an das Kraftnetz angeschlossen werden, nur kleinere Motoren und Apparate durften am Lichtnetz verbleiben.

Damit waren die beiden typischen Verteilanlagen geschaffen:

das Wechselstrom-Lichtnetz, 2 × 100 V, und
das Drehstrom-Kraftnetz, 3 × 500 V,

mit einer tariftechnisch weitgehenden Scheidung in Licht- und Kraftstrom.

Der Kraftbezug von außen machte schon im Jahre 1903 den Bau einer Haupttransformatorenstation im Guggach notwendig, die die ankommende Energie von 25,000 V auf 6000 V zu transformieren hatte. Anschließend erfolgte der Bau Ringleitung Guggach-Schlachthof-Albishof-Frohalp und sukzessive der Bau weiterer Haupttransformatorenstationen an diesen Punkten. Daran schloß sich das immer bedeutender werdende 6000 V-Hochspannungsnetz, das die Umformerstationen und die Transformatorenstationen des Kraftnetzes, sowie einzelne Großbezüger mit elektrischer Energie versorgte.

Beleuchtungs-Umformerstationen. Mit dem Beschluß der Behörden und Stimmberechtigten, ein neues Kraftwerk an der Albula, etwa 140 km von Zürich, zu erstellen, kam ein neues Moment in die Energieverteilung in der Stadt. Eine neue Energiequelle war erschlossen; nun handelte es sich darum, die Lichtstromversorgung von den Störungen einer langen Fernleitung sicherzustellen.

Dieses Problem wurde gelöst durch Aufstellung von rotierenden Lichtumformern, die je auf folgenden drei Maschinen auf gemeinsamer Welle zusammengesetzt sind:

1 Drehstrommotor, 6000 V, 2000 PS.
1 Einphasen-Wechselstromgenerator, 2000 V, 1500 kW,
1 Gleichstrommaschine, 550 V, 2000 PS.

Dazu kommen mächtige Akkumulatorenbatterien. Bei ungestörtem Betrieb treibt der von der Fernleitung (50,000 V) via Haupttransformatorenstation mit Drehstrom von 6000 V gespeiste Motor den das 2000 V Primärlichtnetz versorgenden Einphasengenerator, sowie die leer mitlaufende Gleichstrommaschine (Abb. 2). Bleibt im Falle einer Störung der 6000 V-Drehstrom aus, so springt die Gleichstrommaschine automatisch ein und hält das Aggregat in Rotation, indem sie als Motor aus den Batterien Energie entnimmt. Ein Stromunterbruch auf der Fernleitung überträgt sich also nicht auf das Lichtnetz. Die aus Gleichstrommaschine und Batterie bestehende Momentanreserve ist jederzeit betriebsbereit. Nur Defekte an den Verteilkabeln und Transformatoren in der Stadt selbst bringen Stromunterbrechungen im Lichtnetz; diese sind also auf eine Mindestzahl reduziert und zudem auf einzelne Stationen oder gar nur einzelne Kabel lokalisiert.

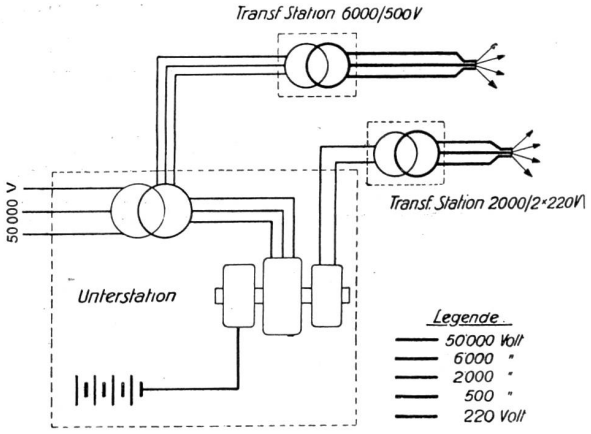


Abb. 2. **Schema des Umformerbetriebes.**

Diese Beleuchtungs-Umformergruppen, kombiniert mit Akkumulatorenbatterien als Momentanreserve (System Wagner), sind charakteristisch für Zürich. Die erste Beleuchtungs-Umformerstation wurde 1908 geschaffen im Letten, die zweite 1914 im Selnau und eine dritte im Drahtzug 1919 bewilligt, 1922 mit einer ersten Umformergruppe in Betrieb genommen und seither weiter ausgebaut.

Umformerbetrieb oder direkte Drehstromverteilung. Die vorstehend umschriebenen Elemente:

Beleuchtungs - Umformerstationen, Wechselstrom-Lichtnetz,
Drehstrom - Kraftnetz, Straßenbahn - Umformerstationen

geben den Energie-Verteilungsanlagen in der Stadt Zürich das Gepräge (Abb. 2).

Licht- und Kraftnetz zeigen in der Periode 1915 bis 1920 eine gewaltige Entwicklung. Dann

aber kommen eine ganze Reihe neuer Momente zur Auswirkung.

Schon im Winter 1913/14, als die Vorlage für die zweite Beleuchtungs-Umformerstation im Selnau dem Großen Stadtrate zur Genehmigung vorgelegt wurde, entstand dagegen eine heftige Opposition, obschon sich das System dieser Momentanreserve im Letten seit Jahren vorzüglich bewährt hatte. Diese Opposition gegen die Energieverteilung über das Mittel rotierender Umformer setzte bei der Vorbereitung für die dritte Station, Drahtzug, wieder ein. Die Kreditvorlage wurde bei der Abstimmung mit 12,314 Ja gegen 7509 Nein gutgeheißen. Der Widerstand in den politischen Behörden stützte sich auf die Meinung gewisser Fachleute, die eine direkte Drehstrom-Energieverteilung bevorzugten. Es ist ja richtig, daß der Wirkungsgrad bei einer Verteilung mit rotierenden Umformern nur etwa 75 bis 80 % erreicht, bei Transformatoren dagegen etwa 80 bis 90 %, und daß heute anderswo und in Zürich selbst weite Gebiete ohne die Komplikation der teuren Umformerstationen genügend sicher bedient werden. Es ist auch zutreffend, daß in den Anlagekosten des Elektrizitätswerkes diejenigen für die Verteilung bis vor kurzem fast dreimal größer waren, als diejenigen für die Produktion. Nach Fertigstellung des Wäggitalwerkes ist allerdings die Korrektur da, indem sich nun folgende Anlagewerte ergeben:

1924	Produktions-Anlagen Fr.	Verteil-Anlagen Fr.
ohne Wäggitalwerk	18,000,000	48,000,000
mit Wäggitalwerk, nur Aktien eingerechnet	38,000,000	50,000,000
mit Wäggitalwerk, auch Obligationen eingerechnet	56,000,000	50,000,000

Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß der starke Ausbau der Energiequellen eine Erweiterung der Verteilanlagen nach sich zog, so daß die Kostenaufwendungen dafür sich erhöht haben und noch weiterhin ansteigen werden.

Mit dem rasch kommenden Bau des Limmatwerkes Wettingen werden für die Energieproduktion etwa weitere 20 Millionen Franken angelegt, so daß in nächster Zeit auch für die Energieverteilung größere Mittel bereitgestellt werden müssen.

Anderseits ist festzustellen, daß die großen rotierenden Umformergruppen eine äußerst wertvolle Verbesserung des Leistungsfaktors ergeben. Die Freileitungen Sils-Zürich und das Verteilnetz in Zürich könnten ohne ihre Hilfe niemals so rationell ausgenützt werden. Ein Leistungsfaktor von $\cos \varphi = 0{,}92 - 0{,}95$ wird sonst wohl in keinem großen Netz des Kontinents erreicht.

Weiter ist die Sicherheit des Betriebes im Wechselstromlichtnetz außergewöhnlich groß und die Abonnenten des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich sind darin und in der Spannungshaltung, sowie der Gleichmäßigkeit des Lichtes außergewöhnlich verwöhnt.

Bei der Erstellung der Station Drahtzug zeigte sich deutlich die große Schwierigkeit, solche umfangreiche Anlagen richtig in die Schwerpunkte des Konsumgebietes zu verlegen. Die Station Drahtzug umfaßt eine Haupttransformatorenstation, eine Beleuchtungsumformerstation samt Batterien, sowie eine Straßenbahngleichrichterstation. Sie ist als letzte der Umformerstationen zugleich die erste kombinierte Unterstation, in der die zugeführte Hochspannungsenergie direkt am Verbrauchsort im Innern der Stadt 50 kV auf 6 kV herabtransformiert wird.

Die Station Drahtzug ist im Vollausbau ein äußerst wertvoller Stützpunkt der Energieversorgung der Stadt Zürich und das Muster für den kommenden Ausbau von Selnau und Letten. Die Kosten sind allerdings mit etwa 6 Millionen Franken im ganzen sehr hoch; auf die angefochtene Beleuchtungsumformerstation entfallen aber nur etwa 2,5 Millionen Franken.

Im Jahre 1920, beim Dienstantritt des heutigen Direktors des Elektrizitätswerkes, ruhte der Streit der Meinungen. Die Station Drahtzug war bewilligt, aber die Parole ausgegeben: „Keine weitere Beleuchtungs-Umformerstation."

Grundlagen für die neue Lösung.

Kombination der beiden Verteilsysteme. Für den weiteren Ausbau der Stromverteilungsanlagen in Zürich stehen sich also die zwei Möglichkeiten gegenüber:

1. Umformung des 6000 V-Drehstroms in rotierenden Gruppen auf 2000 V-Wechselstrom zur Versorgung der einzelnen Transformatorenstationen des Netzes,
2. direkte Transformierung des 6000 V-Drehstromes in den Transformatorenstationen des Netzes auf Gebrauchsspannung (Abb. 3),

oder kurz ausgedrückt:

1. Wechselstrom ab Umformer und Transformator,
2. Drehstrom ab Transformator.

Ausscheidung der technischen Mittel. In den Außengemeinden und an der Peripherie der Stadt bestehen schon seit einer ganzen Reihe von Jahren Verteilnetze im Vierleitersystem mit direkter Transformierung von 6000 V auf $3 \times 250/125$ V.

Im Innern der Stadt besteht das Wechselstromlichtnetz im Dreiteilersystem 2×110 V, gespeist ab den drei Umformerstationen Letten,

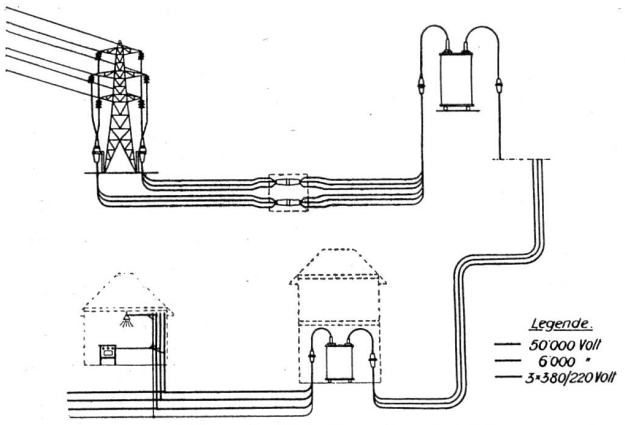


Abb. 3. **Schema des Transformatorenbetriebes.**

Selnau und Drahtzug. Daneben mußte schon vor der Erstellung der Station Drahtzug eine Reihe von Provisorien geschaffen werden zur Unterstützung der überlasteten Umformerstationen. Diese Provisorien versorgten ab 6000 V-Drehstrom entweder das 2000 V-Primärkabelnetz oder die 2 × 110 V-Sekundärkabelnetze.

Außer Promenade sind heute noch alle Provisorien in Betrieb. Wohl kam die Umformerstation Drahtzug mit ihren neuen Gruppen sukzessive in Betrieb, aber es war äußerst zeitraubend, den neuen Speisepunkt Drahtzug mit dem bestehenden Verteilnetz zu verknüpfen.

Aus diesen Außennetzen und den Provisorien im Stadtinnern hat sich ergeben, daß die direkte Verteilung ab Drehstrom auch in Zürich durchführbar ist. Klar ist es, daß die Beleuchtungs-Umformerstationen mit ihren Momentanreserven für die Versorgung des Stadtinnern, des Geschäftsviertels, der Bildungs- und Krankenanstalten reserviert werden müssen. Die reinen Wohnquartiere außerhalb eines gewissen Umkreises sind der direkten Drehstromversorgung zu überlassen.

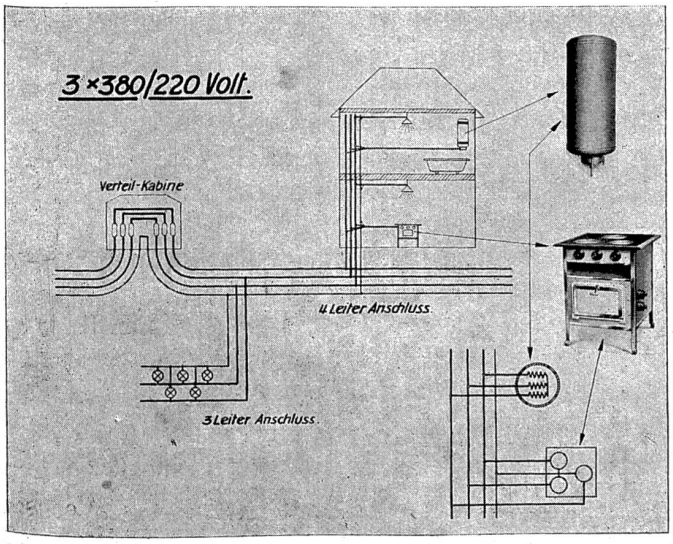


Abb. 4. **Schema des Einheitsnetzes.**

Es ergibt sich also als Zukunftslösung eine Trennung in das Innennetz (Citynetz) mit Versorgung via Umformer und das Außennetz (Wohnquartiernetz) mit Versorgung direkt ab Transformatoren. Als besonderes Moment ist dabei zurücksichtigen das Vorhandensein von zwei Sekundärverteilnetzen, des

Wechselstromlichtnetzes und des Drehstromkraftnetzes.

Es ist für Werk und Konsumenten ausgeschlossen, beide Netze gleichmäßig umfassend auszubauen. Die finanziellen Aufwendungen wären nicht zu rechtfertigen, wenn man bedenkt, daß das 500 V-Netz in den Wohnquartieren fast ausschließlich Energie für kalorische Zwecke abgeben müßte.

Daraus ergibt sich, daß das 500 V-Kraftnetz auf das innere Stadtgebiet zu beschränken ist, auf die Quartiere, wo Industrie und Gewerbe konzentriert sind. Damit bleibt im Stadtkern das Stromverteilungssystem wie heute getrennt in Wechselstromlichtnetz und Drehstromkraftnetz. In den äußern Wohnquartieren aber ist ein Verteilnetz anzulegen, das allen Bedürfnissen genügt. Von einem einheitlichen Netz aus soll Energie für alle Zwecke des Haushalts und des vereinzelt vorkommenden Gewerbes, also für Licht-, Kraft- und Wärmezwecke, abgegeben werden. Beim Uebergang zur direkten Drehstromversorgung ergibt sich zwingend die Anlage eines Einheitsnetzes (Abb. 4).

Dieses ist wie bei den Ueberlandversorgungen im Vierleitersystem auszuführen, und zwar je nach den Verhältnissen in Kabel- oder Freileitungen. So wie bei der Gleichstrom- und der Wechselstromverteilung das Dreileiterystem (2 Außenleiter, 1 Mittelleiter, Abb. 5) als zweckmäßigstes erwies, so hat sich bei der Drehstromverteilung das theoretisch den kleinsten Kupferaufwand ergebende Vierleitersystem (Dreiphasennulleiter) praktisch durchgesetzt. Diese Frage ist abgeklärt, das Einheitsnetz im Vierleitersystem in der Schweiz und im Ausland als die Norm aner-

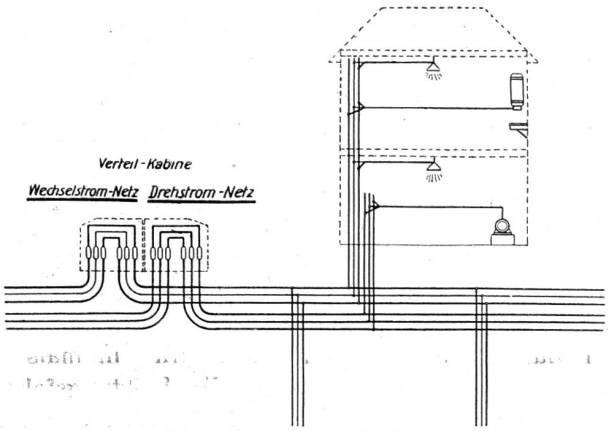


Abb. 5. **Schema des City-Netzes.**

kannt und bewährt. Das System gestattet die Verteilung mit höherer und die Speisung der Verbraucher mit niederer Spannung. Die Verluste werden auf ein Minimum reduziert, ohne daß die Gebrauchsspannung über ein bestimmtes Maß erhöht zu werden braucht. Die hohe Verteilspannung mit niederer Gebrauchsspannung und der Wegfall der teuren Umformeranlagen lassen dieses System für die Versorgung der in Zürich sehr weitläufig überbauten Wohnquartiere am geeignetsten erscheinen.

Spannungsnormalisierung. Bis im Jahre 1920 herrschte nicht nur in der Schweiz, sondern auch anderswo ein Chaos in der Anwendung der Gebrauchsniederspannungen. Allein in der Schweiz waren 36 Niederspannungen in Gebrauch.

In den Jahren 1919 und 1920 wurde vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein (S. E. V.) und vom Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke (V. S. E.) in Verbindung mit dem Normalienbureau des Verbandes Schweizerischer Maschinenindustrieller die Angelegenheit energisch aufgenommen und eine einheitliche Neuordnung durchzuführen versucht.

Nach langen Verhandlungen ergab eine Abstimmung eine Mehrheit für die Spannungsreihe 125/220/380 V. 3 Spannungswerte, wovon je 2 im Verhältnis $1 : \sqrt{3}$ stehen. Damit war für die Sekundärverteilungen eine schweizerische Normalspannung festgelegt.

Wahl der Spannungen für Zürich. Das alte Einphasenwechselstromnetz in Zürich war vorgesehen für eine Spannung von 2×100 V. Die immer stärkere Beanspruchung der Netze gab Anlaß zur Erhöhung auf 2×105 V. Es war dann ein leichtes, durch einfache Betriebsmaßnahme auf 2×110 V $= 220$ V an den Außenleitern überzugehen und damit für die an den Außenleitern anzuschließenden Apparate auf eine Normalspannung zu kommen.

Für die neu zu erstellenden Einheitsnetze in Zürich kommen die Normalwerte in Frage

entweder $3 \times 220/125$ V
oder $3 \times 380/220$ V.

Für die neuen Teile des Einheitsnetzes kann nur die höhere Normalspannung $3 \times 380/220$ V genügen. Da bekanntlich die Uebertragungsfähigkeit einer Leitung mit dem Quadrat der Spannung steigt, so ist ein 380/220 V-Netz bei sozusagen gleichbleibenden Erstellungkosten dreimal leistungsfähiger als ein 220/125 V-Netz.

Die alten vorhandenen Anlagen der Außennetze sind jetzt mit ihrer Verteilspannung von $3 \times 220/125$ V in der Normenreihe. Das E. W. Z. hat erst dann Anlaß, dort auf die zwei oberen Spanungswerte 380/220 V überzugehen, wenn die Belastungsverhältnisse dies erfordern.

Die Anforderungen an das Wechselstromnetz werden auch im Stadtinnern immer größer. Auch dort muß daher in absehbarer Zeit die Verteilspannung erhöht werden. Vorerst sind in den einzelnen Häusern mit besonders großen Anschlußwerten einfach nur noch die Außenleiter zu benützen mit ihrer Spannung von $2 \times 100 = 220$ V. Später werden die Sekundärkabel auf 2×220 V umgeschaltet werden müssen. Neubauten im großen Ausmaß müssen heute schon für eine Verteilung von 2×220 installiert werden.

Ausbau der Energieversorgung.

Nach dem alten System bestand eine reinliche Scheidung in Licht- und Kraftnetz. Am Anfang der aus Kriegs- und Nachkriegszeit sich entwickelnden neuen Periode entstand aber für die verantwortlichen Leiter einer großen Unternehmung der Energieversorgung die Aufgabe, die bestehenden Verteilanlagen möglichst rationell einem größeren Konsum dienstbar zu machen und den Kleinbezüger, das heißt den Mittelstands- und Arbeiterhaushalt, möglichst billig, das heißt mit einem Anschluß mit elektrischer Energie zu versorgen. Das Wechselstromlichtnetz war daher zum Haushaltungsnetz auszugestalten. Damit konnte man nicht nur dem Bezüger, sondern auch dem Werk dienen. Von 13,000 bewohnten Häusern waren 90 % an das Wechselstromnetz angeschlossen und 50,000 Haushaltungen konnten damit erreicht werden. Die Erleichterung der Anschlußbedingungen mußte daher einen Erfolg bringen, besonders, wenn sie von Tarifermäßigungen unterstützt wurde. In diesem Sinne wurden schon im Reglement 1921 und seither immer wieder besondere Maßnahmen getroffen. Der Erfolg war durchschlagend und es wird auf diesem Wege weitergeschritten werden. Die Ausgestaltung des Wechselstromlichtnetzes zum Haushaltnetz, die gute Entwicklung von Gewerbe und Industrie und die rege Bautätigkeit steigern den Energieabsatz weit über alle Berechnungen hinaus.

Die stetige Entwicklung seit 1923 gab Anlaß, die Möglichkeit der direkten Drehstromverteilung, der Schaffung eines Einheitsnetzes und der Spannungserhöhung möglichst frühzeitig und umfassend praktisch abzuklären.

In den Jahren 1927 und 1928 konnte die steigende Nachfrage nach elektrischer Energie in den neuerstellten Wohnquartieren überhaupt nur noch durch den systematischen Ausbau von Einheitsnetzen befriedigt werden. Die Erfahrungen mit den bisher erstellten und mit der höheren Spannung von 380/220 V waren in jeder Beziehung günstig.

Die Erstellung einer großen Wohnkolonie in

der Klus mit weitgehender Anwendung der Elektrizität für Beleuchtung, Heizung und Heißwasserbereitung gab Anlaß und Gelegenheit, einmal in etwas größerem Maßstab in städtischen Verhältnissen die direkte Versorgung ab Drehstrom auszuprobieren. So entstand planmäßig ein Muster für das weitere Vorgehen durch Anschluß weitgehend elektrifizierter Wohnhäuser mit vereinfachter Tarifapparatenanlage und unter Anwendung der bestehenden Spezialtarife für kalorische Anlagen. In der Folge entstanden weitere Einheitsnetze an der Kapfhalde, am Toblerplatz, Balgrist, Wehntaler-Birchstraße, Hardhüsli, Friesenberg, Uetliberg.

Ergebnisse der Versuche. Der grundsätzliche Uebergang zu einer neuen Organisation der Energieverteilung ist zwingend bedingt durch das Ungenügen der nicht normalen Spannung von 110 V, die Unmöglichkeit, Licht- und Kraftnetz auch in den Wohn- und Außenquartieren nebeneinander in alle zum Teil weit auseinanderliegenden Wohnbauten zu führen, die außerordentlichen Schwierigkeiten, für eine neue vierte Beleuchtungsumformerstation einen geeigneten Platz und Kredit zu erhalten und die ungenügende Leistungsfähigkeit selbst der Hochspannungsanlagen.

Wechselstromnetz	12241	Anschlüsse	68,5%
Drehstromnetz	2960	Anschlüsse	16,5%
Einheitsnetz	2663	Anschlüsse	15,0%
Im ganzen	17864	Anschlüsse =	100 %

Das Einheitsnetz im Vierleitersystem entspricht ganz wie bei Ueberlandversorgungen auch in städtischen Wohnquartieren den heute zu erwartenden großen Anforderungen. Weitgehend elektrifizierte Kolonien und Quartiere können nach diesem System am rationellsten versorgt werden.

Die besonderen Gefahren der erhöhten Spannung 380/220 V (schweizerische Normalspannung) lassen sich vermeiden durch einwandfreie Installationen nach neuen Vorschriften, strenge Kontrolle und Revision und überlegte Handhabung der Stromverbraucher. Aus allen Studien, den ausführlich dargestellten Ueberlegungen und Erfahrungen ergab sich beim Elektrizitätswerk die Ueberzeugung, daß sich für die Stadt Zürich die beste Verwertung und die billigste Erweiterung der vorhandenen Anlagen ergebe, wenn auch in Zukunft beide Systeme nebeneinander angewendet werden.

Die theoretische Ueberprüfung. Nachdem durch die weitere Entwicklung die endgültige Stellungnahme der Behörden erwünscht

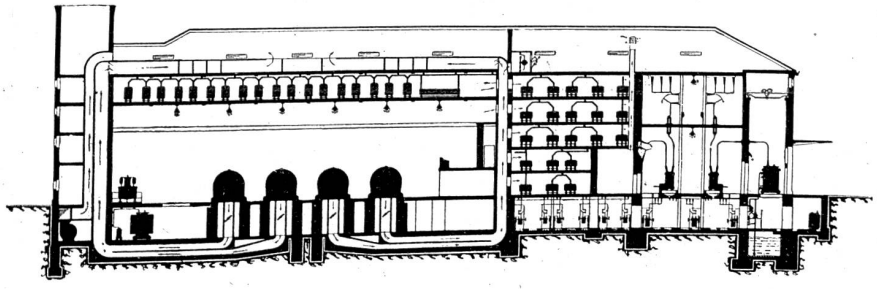


Abb. 6. **Schnitt durch die Zentrale Neu-Selnau (im Bau).**

In der gleichzeitig zu behandelnden Weisung betr. Umbau und Neubau der Umformerstation Selnau (Abb. 6) ist ausführlich dargetan, daß die sofortige Erhöhung ihrer Leistungsfähigkeit durchgeführt werden muß. Diese Bauten können aber nur genügen, wenn der direkten Drehstromverteilung für die Außenquartiere zugestimmt wird. Es ist möglich, Wohn- und Außenquartiere zuverlässig direkt ab Transformatoren zu versorgen. Störungen werden auf ein Minimum reduziert durch zweckmäßige Maßnahmen im Zentralenbetrieb, rasches Einsetzen der Wäggitalmaschinen und die kommende Versorgung vom nur 20 km entfernten Basiskraftwerk an der Limmat bei Wettingen aus. Spannungsschwankungen müssen durch zusätzliche Anlagen, durch Induktionsregler kompensiert werden, die an geeigneten Stellen des 6000 V-Drehstromnetzes aufzustellen sind.

Die Hausanschlüsse aller Netze verteilen sich Ende September 1928 wie folgt:

wurde, bezeichnete der Stadtrat als Experten zur Prüfung und Begutachtung der Vorlagen über den Ausbau der Verteilanlagen des Elektrizitätswerkes und über den Umbau der Umformerstation Selnau: Professor Dr. W. Kummer, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, und Ingenieur E. Stiefel Direktor des Elektrizitätswerkes Basel.

Die beiden Experten gelangten in ihrem Gutachten vom 20. Nov. 1928 zur Befürwortung der von der Direktion aufgestellten Leitsätze und unterstützten also die Absicht, die vorhandene Beleuchtungsumformerstation mit ihren Moment-Anreserven für das Stadtinnere beizubehalten und die Außengebiete durch ein Einheitsnetz im Vierleitersystem mit 3 mal 380/220 Volt zu versorgen.

Durchführung des Ausbaues.

Die neue Organisation (Abb. 7). Zum besseren Verständnis der vielgestaltigen Probleme wird im folgenden vorerst die künftige Organisa-

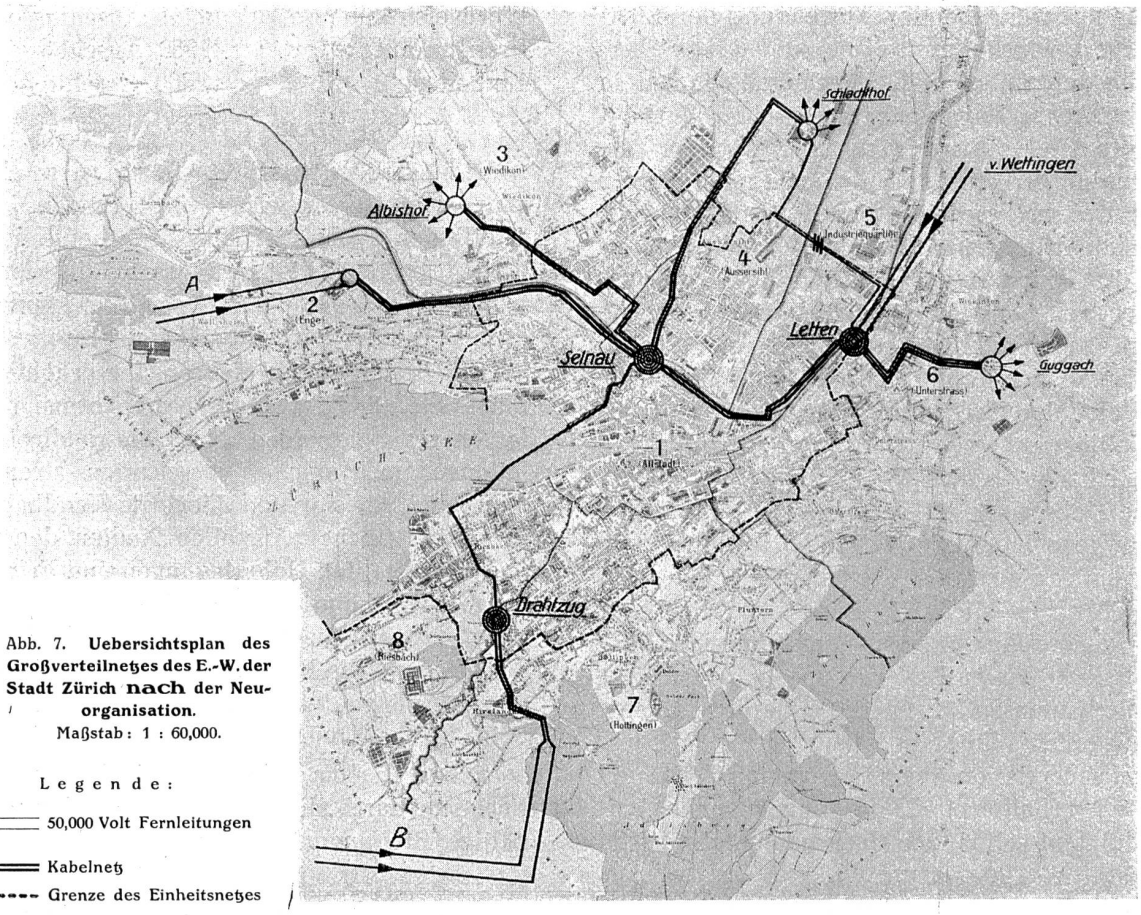


Abb. 7. **Uebersichtsplan des Großverteilnetzes des E.-W. der Stadt Zürich nach der Neuorganisation.**
Maßstab: 1 : 60,000.

Legende:
A — B 50,000 Volt Fernleitungen
Kabelnetz
Grenze des Einheitsnetzes

tion der Energieverteilung nochmals kurz zusammengefaßt.

I. Die von den Kraftwerken (Albulawerk, Wäggitalwerk, Limmatwerk Wettingen) kommenden Fernleitungen werden durch 50 kV-Kabel bis ins Stadtinnere zu den Schwerpunkten der Energieverteilung geführt. Diese werden unter sich verbunden durch ein 50 kV-Kabelnetz, das die Energie von allen Produktionswerken her aufnimmt, deren Verbindungsleitungen verknüpft und die Unterstationen und Verteilnetze speist.

II. Als wichtigste Verteilknotenpunkte werden organisiert die Unterstationen Drahtzug, Neu-Selnau und Neu-Letten. Dort werden Haupttransformatoren, Beleuchtungsumformer mit Batteriereserven, Straßenbahngleichrichter und örtliche Transformatorenstationen kombiniert, und von hier aus gehen die 6000 V und 2000 V Primärspeiseleitungen. Die in 50 kV zugeführte elektrische Energie wird also direkt am Verwendungsort auf 6000 V transformiert und 2000 V umgeformt. Die Hochspannungsanlagen werden allenfalls später mit höheren Spannungen als 6000 V und 2000 V betrieben.

III. Das gesamte Versorgungsgebiet des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich wird eingeteilt in das Stadtinnere und die Außengebiete (Geschäftsviertel/Wohnquartiere). Die Grenzlinie ist im allgemeinen vom Stadtrat zu beschließen und in den Einzelheiten vom Elektrizitätswerk festzulegen. Das Stadtinnere wird wie bisher durch zwei getrennte Netze versorgt:

Das Drehstromnetz 3×500 V und
das Wechselstromnetz 2×110 V und 2×220 V.

Ersteres wird durch direkte Transformatoren gespeist, letzteres durch die Umformerstationen, die nicht mehr vermehrt, sondern nur noch nach modernen Anschauungen ausgebaut werden.

IV. Die Beleuchtungsumformer im Letten, Selnau und Drahtzug mit ihren Momentanreserven (Akkumulatorenbatterien) werden für die Bedienung des Stadtinnern reserviert (Geschäftsviertel und dicht belegte Wohnquartiere). Außerhalb dieses mit größter Sicherheit zu bedienenden, begrenzten Gebietes werden die Licht- und Kraftnetze in ein einheitliches Netz kombiniert. Die Außengebiete werden also durch ein Einheitsnetz versorgt; dieses wird im Vierleitersystem ausgeführt.

V. Die Gebrauchsspannungen werden normalisiert. Die Spannung für das Einheitsnetz wird festgesetzt auf den Normalwert $3 \times 380/220$ V.

Im Wechselstromnetz kann die heutige Spannung von 2×110 V den kommenden Anforderungen nicht genügen. Nach der Organisation des Einheitsnetzes in den Außengebieten ist im Stadtinnern eine erhöhte Leistungsfähigkeit zu schaffen. Im Wechselstromnetz ist die zukünftige Spannung auf 2×220 V zu erhöhen, im Drehstromnetz bleibt es dauernd bei 3×500 V, obschon

diese Spannung nicht in den schweizerischen Normalwerten liegt.

Die für den weiteren Ausbau der Verteilanlagen gegebenen Möglichkeiten:

1. Umformung des 6000 V-Drehstroms in rotierenden Gruppen auf 2000 V Wechselstrom zur Versorgung der einzelnen Transformatorenstationen des Netzes, und

2. direkte Transformierung des 6000 V-Drehstroms in den Transformatorenstationen des Netzes auf Gebrauchsspannung werden also kombiniert.

Die Abgrenzung der Versorgungsgebiete. Das bisherige Wechselstromlichtnetz mit Umformern und Reservebatterien, ergänzt durch das Drehstromkraftnetz, das auch schon direkt ab Transformatoren gespeist wird, soll soweit beibehalten werden, als die Häufung von Geschäfts- und Wohnhäusern reicht und wo diese beiden Netze schon engmaschig nebeneinander ausgebaut sind.

Außerhalb des umschriebenen Gebietes ist das Wechselstromnetz nur noch weitmaschig, das Drehstromnetz nur in einzelnen Strängen oder gar nicht ausgebaut. Die Kabel des Wechselstromnetzes versorgen aber sozusagen alle Häuser, und zwar im Dreileitersystem, sie müssen daher durch Einlegen der vierten Leiter zum neuen System des Einheitsnetzes kombiniert werden.

Die Umschaltung der Hausinstallationen. Wegen der gleichzeitig vorzunehmenden Spannungserhöhung müssen alle schon vorhandenen Hausinstallationen umgeändert werden. Die Hausanschlüsse müssen je nach dem Anschlußwert auch mit dem vierten Leiter ergänzt werden, die Häuser und die Wohnungen sind gleichmäßig auf die drei Phasen zu verteilen, der Nulleiter ist durchzuführen und in den Sicherungen zu überbrücken, die Apparate sind für die neue Gebrauchsspannung von 220 V umzuändern, die Glühlampen auszutauschen.

Die Zeit der Umorganisation der Energieversorgung bringt für Werk und Bezüger gleicherweise Unannehmlichkeiten und Schwierigkeiten. Der Umbau soll so weit beschleunigt werden, als dies mit dem vorhandenen Personal und ohne allzu große finanzielle Belastung möglich ist. Es wäre verfehlt, den Umbau zu forcieren, wenn der Betrieb die Neuordnung nicht laufend verarbeiten könnte. Ein Zeitraum von fünf Jahren scheint für die Organisation der Einheitsnetze in den bereits versorgten Außenquartieren genügend, aber auch notwendig.

Es ist offensichtlich, daß das Elektrizitätswerk der Neuordnung der Energieverteilung zustrebt, und nicht der Energiebezüger. Die Stadt hätte an sich das Recht, Aenderungen des Verteilsystems und der Spannung vorzunehmen und dem Bezüger die Kosten in dessen Hausinstallation aufzubürden. Geschäftlich ist es aber ebenso klar, daß ein Werk klug handelt, wenn es die Umänderungskosten auf sich nimmt. Kosten für die Vermeidung von Verärgerungen der Kunden sind werbende Ausgaben und haben mindestens so viel innere Begründung wie Propagandaaufwendungen. Naturgemäß muß offensichtlichem Mißbrauch entgegengetreten werden.

Nach der Beschlußfassung durch die Behörden wird das Publikum rasch und umfassend aufgeklärt werden müssen, daß neue Apparate überhaupt nur noch an 200 V, allenfalls 380 V und 500 V, angeschlossen werden dürfen und daß das Werk von einem bestimmten Zeitpunkt weg keinerlei Kosten mehr auf sich nehmen wird für Umänderungen auf Normalspannung.

Bauprogramm. Das generelle, unverbindliche Ausbauprojekt kann wie folgt skizziert werden:

Die Fernleitung A des Albulawerkes wird in den Jahren 1929 und 1930 zum großen Teil zu einer modernen Großkraftleitung ausgebaut und durch 50 kV-Kabel mit den Unterstationen Neu-Selnau und Drahtzug verbunden (Abb. 7). Die Umformerstation Selnau soll in den Jahren 1930 und 1931 großzügig umgebaut und mit einer 50/6 kV-Haupttransformatorenstation kombiniert werden, im Sinne der Betriebskonzentration und Erhöhung der Leistungsfähigkeit (Abb. 6). Die durch das neue Kraftwerk an der Limmat bei Wettingen sich ergebende Fernleitung Wettingen-Zürich soll im Letten eingeführt und durch 50 kV-Kabel mit Neu-Selnau verbunden werden. Auf die Einführung dieser Fernleitung hin soll Letten wenigstens zum Teil ausgebaut werden, spätestens mit der Erstellung des durch die Seeabflußregulierung bedingten Umbaues der Wasserkraftanlage Letten soll die kombinierte Unterstation Neu-Letten erstehen. Dort werden ein Wasserkraftwerk, eine Beleuchtungsumformeranlage für das Stadtnetz, ein Speisepunkt für die Straßenbahn und eine 50/6 kV-Haupttransformatorenstation in einer einheitlichen Anlage zusammengefaßt werden müssen. Die Unterteilung des Versorgungsgebietes erfolgt auf 1. Oktober 1929, die Organisation der Einheitsnetze und die Spannungserhöhung in den Außengebieten in den Jahren 1930 bis 1934, die Spannungserhöhung im Stadtinnern 1935 bis 1939.

Im ganzen Gürtel der Außenquartiere werden sechs Reglerstationen für die Regulierung der aus dem Hochspannungsnetz gegebenen Spannung nötig. Für die Versorgung des Außengebietes der heutigen Stadt werden etwa 50 Transformatorenstationen genügen. Jede Station soll mindestens

für zwei Transformatoren Platz bieten, damit eine Unterteilung und gegenseitige Reserve geschaffen wird. Alle Stationen sind durch mindestens zwei Hochspannungszuleitungen zu speisen und sollen möglichst in werkseigenen Gebäuden errichtet werden. Der Ausbau der Netzanlagen im Außengebiet der Stadt Zürich wird auf etwa Fr. 5,500,000 zu stehen kommen. Nur die weitere Entwicklung der Stadt kann aber entscheiden, ob dieser vollständige Ausbau im Außengebiet durchgeführt werden muß und kann.

Das skizzierte Bauprogramm kann ohne jede Störung der Erträgnisse durchgeführt werden und es bleiben daneben alle Möglichkeiten gesichert für weitere große Bauaufgaben, wie Unterstation Neu-Selnau, Hauptmagazin- und Werkstattgebäude (Werkhof), Unterstation Neu-Letten, Ausbau der Verteilanlagen im Stadtinnern, Modernisierung der Fernleitungen.

Finanzielle Auswirkungen.

Rechnet man mit einer fünfjährigen Umbauperiode in den Außengebieten, so sind für diesen Zweck jährlich Fr. 300,000 bis Fr. 350,000 in die Betriebsausgaben einzustellen, eine Summe, die den Haushalt des Elektrizitätswerkes nur wenig belastet. Für die Schaffung des Einheitsnetzes in den Außengebieten erscheint ein Zeitraum von fünf Jahren, gerechnet ab 1. Oktober 1929, als angemessen. Die Spannungserhöhungen im Stadtinnern sollen in den Jahren 1935 bis 1938 durchgeführt werden.

Selbstverständlich verursacht die Neuordnung der Energieversorgung auch gewisse Kosten für untergehende Anlagen. Sie werden aber den Betrag von Fr. 300,000 nicht übersteigen. Den Aufwendungen steht eine sehr erhebliche Steigerung der Leistungsfähigkeit der bestehenden Anlagen gegenüber. Für den Ausbau der noch zu erstellenden Verteilnetze ergeben sich aus dem Uebergang zur höheren Spannung und zum Vierleitersystem große Ersparnisse.

Um die gleiche Leistung zu übertragen, bei gleichbleibendem Verlust, sind bei den verschiedenen Verteilsystemen bestimmte Leiterquerschnitte anzuwenden. Die bei der Neuordnung in Zürich vorkommenden Systeme zeigen im Vergleich ungefähr folgende Beziehungen:

		Aufwand an Kupfer
Gleichstromzweileiterverteilung	110 V	= 100
Wechselstromzweileiterverteilung	110 V	= 125
Wechselstromdreileiterverteilung	2 × 110 V	= 40
Wechselstromdreileiterverteilung	2 × 220 V	= 10
Drehstromverteilung	3 × 500 V	= 6
Drehstromvierleiterverteilung	3 × 380/220 V	= 12

Das Drehstromvierleitersystem mit 3 × 380/220 V bringt allerdings den doppelten Materialaufwand des Drehstromsystemes 3 × 500 V, ersetzt aber gleichzeitig Wechselstrom- und Drehstromnetz, also einen Kupferaufwand von 40 + 6 = 46 durch nur 12. Damit fällt der Kostenaufwand für die Verteilkabel ganz beträchtlich und bei der großen Ausdehnung der Verteilnetze rund um den Stadtkern macht dies gewaltige Beträge aus. An Hand von Ueberschlagsrechnungen ergaben sich für den Ausbau der Netze in einem bestimmten Umfang, vom heutigen Stand ausgehend, einschließlich der bisherigen Aufwendungen folgende zu vergleichende Gesamtkosten:

1. Reines Wechselstromnetz	etwa 15 Mill. Fr.
2. Wechselstromnetz und Drehstromnetz	„ 13 „ „
3. Einheitsnetz	„ 9½ „ „

Der Entscheid für die Wahl ist damit gegeben, besonders wenn man noch die Wirkungsgrade des Betriebes vergleicht mit etwa 75 % bei der Umformung und etwa 90 % bei der direkten Transformierung.

Noch ein Wort über die neueste Entwicklung des Werkes: Die Energieabgabe im eigenen Absatzgebiet wurde im Laufe des Jahres 1929 um 18,5 Mio. kWh auf 171 Mio. gesteigert. Die Produktion der eigenen Werke erhöhte sich von 208 auf 226 Mio. kWh, der Gesamtumsatz betrug 269 Mio. Dazu wurden auf den Fernleitungen des Werkes 88 Mio. kWh Fremdstrom transitiert. Neu installiert wurden im Jahre 1929 rd. 65,000 Lampen, 1400 Motoren, mehr als 2900 Heißwasserspeicher und gegen 1000 elektrische Kochherde. Im spezifischen Stromkonsum stehen Basel und Zürich mit über 600 kWh pro Einwohner und Jahr an der Spitze der europäischen Städte. Hinter ihnen folgen Stockholm mit 300, Paris 280, Berlin 250, Amsterdam 250, Wien 210, London 150. Vor uns stehen die amerikanischen Städte: Chicago 1090, Philadelphia 910, Detroit 890, New York 670. Die amerikanischen Zahlen sollen uns ein Maßstab dafür sein, was auch wir erreichen können. Ein Konsum von 1000 kWh pro Kopf und Jahr sollte auch in Zürich möglich sein. Bedenkt man ferner, daß Zürich heute schon eine Einwohnerzahl von 236,000 hat, die in wenigen Jahrzehnten auf 300,000 ansteigen wird, so wird man verstehen, daß die Verteilanlagen heute schon großzügig projektiert werden müssen, um nicht in wenigen Jahren wieder ins Hintertreffen zu kommen.

Die Niederschlagsverteilung im schweizerischen Hochgebirge.

Von Dr. J. Maurer, Zürich.

Wir dürfen wohl mit Recht bekennen, daß heute die große Dürftigkeit unserer Kenntnisse über die Niederschlagsbeträge der eigentlichen Hochregion nicht mehr besteht; immerhin ist hier noch alles zu tun, denn wir sind lange nicht am Ende, und der Schwierigkeiten gibt es gar viele.