ZÜRCHER STATISTISCHE NACHRICHTEN

14. Jahrgang 1937 * 1. Heft Januar/März

DAS ELEKTRIZITÄTSWERK DER STADT ZÜRICH (E.W.Z.)

VON DIREKTOR W. TRÜB UND DR. A. SENTI

GESCHICHTLICHES

Das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich kann nicht auf eine jahrhundertalte Geschichte zurückblicken wie die städtische Wasserversorgung. Es ist entsprechend der technischen Entwicklung auch jünger als das Gaswerk und die Straßenbahn und somit der Benjamin unter den vier industriellen Kommunalbetrieben. Geschaffen im Jahr 1890 hat es sich aber in baulicher und wirtschaftlicher Hinsicht so rasch entwickelt, daß das E.W.Z. heute nach der Höhe der Bauaufwendungen, des Umsatzes und des Ertrages an der Spitze der stadtzürcherischen Werke steht.

Die Keime, aus denen das heutige Großunternehmen herausgewachsen ist, sind allerdings schon früher zu finden, als man vorerst vermuten würde. Bis ins letzte Viertel des 18. Jahrhunderts verfügten die Straßen und Plätze Zürichs, die jetzt in den Abendstunden in einem Lichtermeer erstrahlen, über keinerlei öffentliche Beleuchtung. Wer zur Nachtzeit ausging, mußte eine Handlaterne mitführen oder von einem dienstbaren Geist sich vorantragen lassen. 1778 wurde vor dem Rathaus die erste Öllampe aufgehängt — das war die erste öffentliche Beleuchtung Zürichs; aber erst im Anfang des letzten Säkulums wurde diese Einrichtung ausgebaut. «Ao. 1806, den 31. Heumonat wurde in der General-Versammlung der Bürgerschaft, beym großen Münster, nach vorgelegtem Plan, mit Stimmen-

mehrheit angenommen, daß die Stadt mit einer gewissen Anzahl Laternen beleuchtet werden, und von jeder Haushaltung davon 20 ß (Schilling) jährlich bezahlt werden solle. Die Anzahl der Laternen, erstlich auf 160 festgesetzt, ist seither beträchtlich vermehrt worden,» lesen wir in den 1820 von J. H. Erni herausgegebenen «Memorabilia urbis et agri Tigurini». Die Öllaternen wurden zuerst an Seilen, später an Ketten über den Straßen und Plätzen aufgehängt; sie brannten nur im Winter, das heißt von Mitte September bis Mitte April, und zwar mit Ausnahme von vieren (vor dem Rathaus, dem Posthaus, dem Salzhaus und dem Stadthaus) nur «mit Bättglocke» bis Portenschluß (9 Uhr abends). Bei Mondschein wurde die Beleuchtung eingestellt. Die Besorgung der Laternen übertrug man einem privaten Unternehmer; eine besondere Kommission und die Polizei führten lediglich die Aufsicht über die Einhaltung des Pachtvertrages. Wiederholte Klagen über schlechte Beleuchtung führten dazu, daß die Stadtverwaltung den bestehenden Vertrag kündigte und schon in den 1820-er Jahren die Straßenbeleuchtung in städtische Regie nahm. Schon in kurzer Zeit hat der kommunale Betrieb sich so gut bewährt, daß die städtische Beleuchtungskommission 1829 mit Stolz erklären konnte: «Die jetzige Straßenbeleuchtung darf zu den besten gezählt werden, auch von den größeren Städten»; und die getroffene Regelung blieb denn auch grundsätzlich unverändert bis 1850. Damals gab es im ganzen 233 Laternen und die Beleuchtungskosten betrugen 8782 Gulden jährlich.

Unterdessen waren in verschiedenen in- und ausländischen Städten Gasanstalten erstellt und die Straßenbeleuchtung mit Gas eingeführt worden, und 1856 nahm auch in Zürich ein von einer Aktiengesellschaft gegründetes Gaswerk seinen Betrieb auf. Das Leuchtgas diente ursprünglich vor allem Beleuchtungszwecken, und die «Zürcher Aktiengesellschaft für Gasbeleuchtung» hatte nach Anweisung des Stadtrates die Einrichtung der öffentlichen Beleuchtung in den verschiedenen Stadtquartieren sukzessive zu übernehmen. Ende 1856 zählte die öffentliche Beleuchtung 436 Flammen; sie vermehrte sich besonders mit dem technisch bessern Auerlicht bis zur Höchstzahl von 9960 Flammen Ende 1913.

Die elektrische Beleuchtung lernten die Zürcher als Experiment noch vor der Errichtung des Gaswerks kennen. Am Sechseläuten 1855 «beleuchtete der eben anwesende Physiker Robert von

der Gallerie des Großmünsterthurmes aus die Stadt mit elektrischem Licht. An den beiden Quais war es fast so hell wie beim hellsten Vollmondslicht» («Memorabilia tigurina, 1850—1860» von G. von Escher, Zürich 1870). Die damalige elektrische Beleuchtungstechnik, welche immer noch auf der schon 1813 von Davy gemachten Entdeckung des Lichtbogens beruhte, war für die praktische Verwendung noch zu wenig entwickelt. Auch die Versuche mit «schwerfälligen elektrischen Batterien, die schon nach Gebrauch weniger Stunden versagten», — Versuche, die in Zürich seit Anfang der siebziger Jahre gemacht wurden, führten zu keinen praktischen Ergebnissen, es sei denn, man wolle die vorübergehenden großen Beleuchtungsanlagen anläßlich des eidgenössischen Sängerfestes von 1880 und der schweizerischen Landesausstellung von 1883 als solche einschätzen.

Erst die Erfindung der Dynamomaschine durch Werner Siemens (1866/67), welche die billige Erzeugung elektrischer Energie ermöglichte, und die Glühlampe Edisons (1879) schufen die Grundlage für eine wirtschaftliche elektrische Beleuchtung. Diese fand nun in unserer Stadt zunächst in Privathäusern Eingang, indem sie von privaten Unternehmern installiert wurde. Die benötigte Energie erzeugte man im kleinen durch Wasserkraft, Dampfmaschinen oder Gasmotoren. Im Jahre 1882 war von der Zürcher Telephongesellschaft der Bahnhof elektrisch beleuchtet worden und kurze Zeit nachher gelangte diese Gesellschaft an den Stadtrat mit dem Gesuche, die neue Beleuchtung auf die Gasthöfe und Häuser am Bahnhofplatz ausdehnen, sowie die Einführung des elektrischen Lichtes in den öffentlichen Gebäuden Zürichs an die Hand nehmen zu dürfen.

«Der erste größere Schritt auf dem Gebiete der elektrischen Beleuchtung in Zürich», war zu machen, als um 1887 die Quaibauten der Vollendung entgegengingen und nun die Uferbeleuchtung eingerichtet werden sollte. Quai-Ingenieur Dr. A. Bürkli-Ziegler kam in einem an die Quaidirektion gerichteten Berichte («Die elektrische Beleuchtung des Quaigebietes in Zürich») vom Dezember 1887 zum Schlusse, daß zur wirklichen Erreichung des der Quaiunternehmung gesetzten Zweckes die Durchführung der elektrischen Beleuchtung notwendig sei, daß die Stadt als Unternehmer der allgemeinen Wasserversorgung und Besitzer des Gaswerkes Zürich eine Entscheidung über ihre Stellung zur Frage der elektrischen Beleuchtung nicht länger verschieben könne, daß der im städtischen Wasserwerk vorhandene Kraftüberschuß darauf hinweise, die elektrische Be-

leuchtung als öffentliche Unternehmung zu behandeln und schließlich, daß die Notwendigkeit, neben sekundären Wassermotoren Gas für Reservemotoren zu benutzen, die Einrichtung einer einheitlichen Elektrizitäts- respektive Lichterzeugungsstation in der Nähe des Wasserwerkes und Gaswerkes nahelege.

Der Stadtrat beauftragte Burkhard-Streuli mit der Ausarbeitung eines Berichtes, der unter dem Titel: «Projekt für die Einführung der elektrischen Beleuchtung in Zürich im Anschluß an die Wasserwerksanlage» 1890 veröffentlicht worden ist. Nach seinen Angaben gab es 1890 in der Stadt und ihren Außengemeinden: 47 elektrische Installationen mit 48 Dynamomaschinen und 3 Akkumulatoren sowie 2 Kraftübertragungsanlagen. An sie waren insgesamt 214 Bogenlampen und 3580 Glühlampen angeschlossen. Von im ganzen 490 Pferdestärken wurden 240 durch Wasserkraft, 220 durch Dampf und 30 durch Gasmotoren erzeugt. —

Als 1873 bis 1878 das Pumpwerk im Letten gebaut wurde, wollte man nicht nur den Zwecken der Wasserversorgung dienen, sondern gleichzeitig unter Benützung der öffentlichen Wasserleitungen dem Kleingewerbe im Innern der Stadt und mittels einer Drahtseiltransmission und einer separaten Druckleitung dem im Industriequartier am linken Limmatufer angesiedelten Gewerbe die benötigte Triebkraft liefern. Um die überschüssige Flußkraft besser ausnützen zu können, wurde im Peterstobel am Zürichberg ein Triebwasserweiher angelegt, der durch eine Steigleitung vom Pumpwerk Letten aus angefüllt werden konnte.

Die Benützung des öffentlichen Grundes und Luftraumes zur Erstellung von Leitungen war an die Erteilung einer entsprechenden Konzession durch den Stadtrat gebunden, der am 29. Dezember 1882 beschlossen hatte, von der Erteilung einer allgemeinen Konzession abzusehen, dagegen vorerst Versuche über elektrische Straßenbeleuchtung durchzuführen und, ebenfalls zu Versuchszwecken, engumgrenzte Konzessionen für Kabellegungen usw. an Privatgesellschaften zu erteilen. Am 14. August 1888 kam der grundlegende Stadtratsbeschluß zustande, «der Stadt das alleinige Recht der Erstellung und des Betriebes von elektrischen Beleuchtungs- und Kraftübertragungsanlagen unter Benützung des öffentlichen Grundes zu diesem Zweck vorzubehalten». Die Entwicklung der Elektrotechnik hatte nun auch für die Energieversorgung durch ein kommunales Unternehmen ganz neue Möglichkeiten geschaffen. Gemäß der Weisung des Stadtrates vom 4. Juni 1890 waren für die Errichtung

eines städtischen Werkes folgende Vorteile maßgebend: Die Möglichkeit einer einheitlichen Verwaltung der im Straßengrunde liegenden Objekte, eines einheitlichen Betriebes des Wasser- und des Elektrizitätswerkes, einer einheitlichen Verfügung über die verschiedenen Lichtquellen, die Aussicht auf Gewinnung einer neuen Einnahmequelle und die Notwendigkeit, das eben erst erworbene Gaswerk, das ja damals in der Hauptsache noch eine reine Beleuchtungsanstalt war, vor der Konkurrenz eines allfällig entstehenden privaten Elektrizitätswerkes zu schützen.

Am 7. September 1890 wurde durch Gemeindeabstimmung beschlossen, in Verbindung mit einer Erweiterung des Wasserwerkes im Letten ein Elektrizitätswerk zu errichten, und «für die Ausführung der in den nächsten zehn Jahren erforderlichen Arbeiten» der nötige Kredit von Fr. 2317000 bewilligt. Damit waren Schaffung und Eigenbetrieb eines städtischen Elektrizitätswerkes gesichert. Dem Bau legte man das Projekt der Maschinenfabrik Oerlikon zugrunde, die aus einer Konkurrenz der ersten in- und ausländischen Firmen als Siegerin hervorgegangen war. Die Vorschläge wurden von der Licht- und Wasserkommission unter Zuzug von Fachmännern weiter präzisiert und mit dem Dienstantritt eines Adjunkten für das Elektrizitätswerk, am 1. Mai 1891, konnten die Detailstudien aufgenommen werden. Ende Juli 1891 schloß die Stadt mit der Maschinenfabrik Oerlikon (MFO) einen Lieferungsvertrag ab und diese übertrug die Lieferung der Kabel an die Société d'Exploitation des câbles électriques in Cortaillod. Im gleichen Jahr konnte man die Kabelverlegungsarbeiten beginnen und die Maschinenfundamente für die Kraftstation im Letten und die Hochdruckleitung für das Triebwasser der speziell dem Elektrizitätswerk dienenden Turbinen erstellen. Am 10. März 1892 erfolgte die Ablieferung der «großen» Wechselstrom-Maschinen von je 200 kW durch die MFO. Die allgemeinen Arbeiten wurden weitergeführt mit folgenden historischen Daten:

14. Juni: Zuleitungen in Privatgrundstücke begonnen,
18. Juni: Maschinenproben,
26. Juni: Hauptkabel unter Hochspannung gesetzt,
29. Juli: Dynamomaschinen künstlich belastet.

Am 3. August 1892 erhielt das Hotel Viktoria als erste Privatinstallation elektrische Energie und damit elektrisches Licht. In der zweiten Hälfte September wurde der regelmäßige Betrieb aufgenommen, vorerst von 3 Uhr mittags bis 10 Uhr nachts, dann bis

9 Uhr morgens. Von Anfang Dezember an wurde der ununterbrochene 24-stündige Tag- und Nachtbetrieb durchgeführt.

Verlegt wurden 17000 m Primärkabel, 27000 m Sekundärkabel und 12000 m Bogenlichtkabel. Ende 1892 waren angeschlossen: 181 Häuser, 320 Privatabonnenten mit 4087 Glühlampen und 53 Bogenlampen, und schließlich 24 Bogenlampen der öffentlichen Beleuchtung. Die Baukosten erreichten gegen Fr. 685000, und der Betrieb ergab einen Vorschlag von Fr. 555. Allzu viel wurde der jungen Organisation noch nicht zugetraut; bei der Schaffung des Hauptverteilpunktes im «Ankenwaaghäuschen» (Rüden) ergaben die Verhandlungen mit der Finanzverwaltung die «Untunlichkeit» einer Eigentumsübertragung. Der Raum war nur mietweise zu erhalten gegen eine Entschädigung von Fr. 700 im Jahr.

Das war die Zeit der Licht- und Wasserwerke Zürich.

Mit dem 1. Januar 1893 erfolgte die erste Vergrößerung der Stadt Zürich durch die Eingemeindung von Enge (mit Leimbach), Wollishofen, Wiedikon, Außersihl, Wipkingen, Oberstraß, Unterstraß, Fluntern, Hottingen, Hirslanden, Riesbach. Das Elektrizitätswerk wurde durch die neue Stadtverwaltung übernommen und unter die spezielle Leitung eines Ingenieurs des Elektrizitätswerkes gestellt.

Die ganze Anlage umfaßte die Maschinenstation im Pumpwerk Letten und ein Verteilnetz mit dem Hauptspeisepunkt beim Rüden am Limmatquai.

In der Maschinenstation waren zwei Wechselstrom-Maschinen von je 300 PS (200 kW) und zwei Gleichstrom-Erregermaschinen von je 30 PS aufgestellt. Sie wurden durch die Niederdruckturbinen der Wasserversorgung und eine Haupttransmission angetrieben. In der Hauptbelastungszeit arbeitete eine besondere Hochdruckturbine von 300 PS zusätzlich mit, die ihr Triebwasser aus einem Weiher im Vrenelisgärtli bezog. In der Zeit schwacher Belastung füllten die von den Turbinen des Flußwerkes angetriebenen Pumpen der Wasserversorgung den Akkumulierraum des Weihers wieder auf. Diese Anordnung war eine der ersten Kombinationen eines Flußwerkes mit einem hochgelegenen Stauweiher, also von Niederdruck-Laufanlage und Hochdruck-Stauanlage.

Schon im Jahr der Eingemeindung wurde ein weiterer Ausbau notwendig und es wurden eine dritte und vierte Wechselstrom-Maschine von 300 PS und eine «Tagesdynamo» von 100 PS aufgestellt. Statt daß bisher auch während der sehr geringen Tagesbelastung beständig die gesamte Haupttransmission in Betrieb

bleiben mußte, konnte nun mit einer Riemenübertragung die kleine Maschine für sich allein auf das Verteilnetz arbeiten. Die Leistung der Tagesdynamo wurde mit 100 PS gewählt, weil das Ansteigen der Belastung bei eintretender Gewitterbewölkung oft sehr plötzlich erfolgte.

Um den Begehren um Stromabgabe in den «äußeren Quartieren» entsprechen zu können, wurden vier neue Transformatorenstationen, Pelikanplatz, Klausstraße, Kreisgebäude II und Limmatstraße erstellt.

Die Bauausgaben erreichten in diesem Jahr Fr. 83000, die Anlagekosten stiegen auf Fr. 952000.

Das erste volle Betriebsjahr 1893 ergab bei Fr. 340000 Einnahmen und Fr. 334000 Ausgaben einen Reingewinn von Fr. 6000.

Schon kamen auch die ersten Sorgen: das Auer-Gasglühlicht verbreitete sich immer mehr. Durch Einführung einer Rabattskala und Belehrung über die Preisverhältnisse in andern Schweizerstädten gelang es, den «anfänglich drohenden Sturm der Großabonnenten abzuwehren». Die Seiltransmission über die Limmat hinweg in das Industriequartier und das Pumpwerk der Wasserversorgung blieben auch am Abend mit dem Beleuchtungsbetrieb gekuppelt, daraus entstanden Unregelmäßigkeiten und durch Defekte Unterbrüche in der Stromlieferung. Da im Tagesbetrieb nur 50 bis 100 Lampen brannten, erreichte die Ausnutzung der maximalen Leistung nur 1100 von den 8760 Stunden des Jahres.

Rührend ist die obrigkeitliche Fürsorge in der Feststellung: «Der langsame Abfall der Bedarfskurve nach Mitternacht läßt auf Verhältnisse schließen, die für das Elektrizitätswerk günstiger als für das allgemeine Volkswohl sein mögen.»

Das junge Unternehmen wehrte sich für sein Gedeihen und erhob schwere Klage, die Vergütung an die Wasserversorgung sei enorm und verursache mehr als die Hälfte aller Ausgaben, die Selbstkosten der Erzeugung seien durch die Stromeinnahmen nicht gedeckt. Damals war die Hekto-Wattstunde mit 3,7 Rp. belastet, heute ist dies der Gestehungspreis der Kilo-Wattstunde. Tatsächlich war der bescheidene Reingewinn des Werkes ausschließlich dem Installationsgeschäft und dem Glühlampenverkauf zu verdanken. Von den Einnahmen entfielen auf Stromeinnahmen für Privatbeleuchtung 219000 und auf das Installationsgeschäft 92000 Franken; die wichtigsten Ausgabeposten waren: Vergütung an die Wasserversorgung für Kraftlieferung Fr. 107000, Unterhalt und Besorgung der An-

lagen Fr. 36000, Verzinsung der Bauschuld Fr. 28000, Amortisation und anderes Fr. 52000 und Ausgaben des Installationsgeschäftes Fr. 84000.

Die Ursache des geringen finanziellen Erfolges war im Betrieb zu suchen, in der unverhältnismäßig hohen Entschädigung für die Betriebskraft und in der schwachen Ausnützung des Werkes im Sommer und am Tage überhaupt. Der Ingenieur des Elektrizitätswerkes verlangte daher eine außerordentliche Ermäßigung des Strompreises für nur am Tage benützte Kleinmotoren, welche ohne Störung des Lichtbetriebes angeschlossen werden könnten. Mit der Forderung, den bisherigen Standpunkt aufzugeben, wonach das Gebiet der Motoren den ebenfalls städtischen Wasser- und Gaswerken zu überlassen sei, wurde klar eine erste Expansionsnotwendigkeit formuliert.

Noch war das Elektrizitätswerk ein reines Stadtwerk und lediglich auf Beleuchtung eingestellt. In den Jahren 1893 bis 1896 hing es mit seinem Betrieb an der Haupttransmission der Wasserversorgung und wurde auch sonst noch reichlich bemuttert. Der Jahresumsatz erreichte in dieser Periode 900000 kWh.

Der neue Leiter des Elektrizitätswerkes (Ingenieur Wagner) trat mit Nachdruck für die gemeinsame Energieerzeugung für Beleuchtung, Motoren und Straßenbahn ein. Die Verwirklichung dieser Idee brachte dem Elektrizitätswerk eine rasche Steigerung des Energiebedarfs. Es erfolgte ein Beschluß, die Maschinenstation Letten mit Dampfkraft auszubauen. Im Jahre 1896 wurde eine Dampfdynamo von 750 PS aufgestellt, und 1898 folgten zwei Sulzer-Tandem-Maschinen von je 1200 PS. Damit hatte das Elektrizitätswerk seine besondere Produktionsanlage mit eigenen Antriebsmaschinen und wurde unabhängig von der Haupttransmission des Pumpwerks der Wasserversorgung. Die Energieproduktion stieg bis zur Jahrhundertwende auf 3,2 und 1903 auf 5,5 Millionen kWh.

Da eine Realisierung der verschiedenen Wasserkraftprojekte zunächst nicht möglich war, schloß der Stadtrat am 18. April 1903 mit der «Motor» A.-G. für angewandte Elektrizität einen Vertrag auf Lieferung von bis zu 2500 kW Drehstrom aus dem Werk Beznau.

Auch die Kraftstation im Letten mußte erweitert werden. 1903 wurde die erste Dampfmaschine von 750 PS umgebaut auf 1000 PS und im Jahre 1905 wurde die erste Dampfturbine aufgestellt mit einem Generator von 1500 kW.

Die Periode 1896 bis 1905 ist also charakterisiert durch den Ausbau des Dampfbetriebes mit eigenen Maschinen, losgelöst von der Transmission der Wasserversorgung. Noch immer befand sich das Zentrum der Energieerzeugung im Letten, aber schon zeichnete sich das Neue ab, der Energiebezug von außen. Anfangs war es Fremdstrom aus dem Beznauwerk, und dessen Verteilung war sorgfältig getrennt vom eigenen Betrieb; Letten war Spender von Lichtstrom, Beznau Lieferant von Kraftstrom.

Entwicklung und Höhepunkt ergeben sich aus folgender Zusammenstellung:

1905	Beznau-Werk	4 400 000	kWh	4,5 Mill. kWh	Kraft
	Dampf-Anlage	61 000	»		
	Letten-Wasser	1 300 000	»	2,5 Mill. »	Licht
	Letten-Dampf	1 200 000	»		
				7,0 Mill. kWh	insgesamt
1909	Beznau-Werk	9 600 000	kWh	10,6 Mill. kWh	Kraft
	Dampf-Anlage	1 000 000	»		
	Letten-Wasser	1 200 000	»	3,3 Mill. »	Licht
	Letten-Dampf	2 100 000	»		
				13,9 Mill. kWh	insgesamt

Bei einer Gesamtlieferung von fast 14 Millionen kWh erreichte der Dampfbetrieb einen höchsten Anteil von 3,1 Millionen kWh. Eine für die damalige Zeit stolze Maschinenanlage mit den technischen Wunderwerken von Sulzer-Ventilmaschinen und Brown-Boveri-Dampfturbinen lieferte eine Jahresarbeit, die heute vom Limmatwerk Wettingen an den sechs Werktagen einer Woche wesentlich überboten wird.

Die Studien für die Beschaffung größerer Energiemengen in einem Wasserkraftwerk veranlaßten den Stadtrat, durch eine Expertenkommission vier Projekte nach ihren rechtlichen, wirtschaftlichen und technischen Verhältnissen prüfen zu lassen, nämlich: Beteiligung an einem Syndikat für den Bau des Etzelwerkes, Bau eines Niederdruckwerkes am Rhein bei Eglisau, Bau eines Hochdruckwerkes an der Albula bei Sils und schließlich Ankauf des Werkes Beznau an der Aare. Nach dem Gutachten vom September 1902 fiel der Ankauf des Werkes Beznau außer Betracht; dagegen wurden die Verhandlungen über die andern Projekte weitergeführt. Für das Albulawerk arbeiteten die Ingenieure (Direktoren) der Wasserversorgung, H. Peter, und des Elektrizitätswerkes, H. Wagner, ein neues Projekt aus. Dieses konnte anfangs Januar 1906 dem Stadtrat eingereicht

und am 10. Juni 1906 dem Volk zur Abstimmung unterbreitet werden. Mit 10882 Ja gegen 7193 Nein wurde die Vorlage genehmigt und der Kredit von 11 Millionen Franken erteilt.

Mit dem Beschluß der Behörden und Stimmberechtigten, an der Albula, etwa 140 km von Zürich, ein neues eigenes Kraftwerk zu erstellen, entstanden völlig neue Grundlagen für Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie. Die damals noch ungewöhnlich große Entfernung zwischen der Produktion aus Wasserkraft in einem wilden Bergtal und dem Konsum einer ganzen Stadt verlangte besondere Sicherungen für die Energiezufuhr. Insbesondere die Lichtversorgung mußte unabhängig gemacht werden von den Störungen einer langen Fernleitung.

Ende Januar 1910 kam das Albulawerk in Betrieb. Damit wurde eine neue Periode der Entwicklung eröffnet und die endgültige Form der städtischen Elektrizitätswirtschaft festgelegt: «Fernversorgung ab eigenen Wasserkraftwerken» auf der Produktionsseite, «Umformerbetrieb mit Batteriereserven» auf der Distributionsseite. Es folgten die Kriegsjahre mit einer zwangsläufigen Umstellung auf die einheimische Energieform. Der Ausfall an fremden Brennstoffen infolge der Zufuhrschwierigkeiten und der katastrophal gestiegenen Preise zwang zu einschneidenden Maßnahmen. Nach einem langsamen Aufstieg in der Verwendung der Elektrizität brachten Krieg und Nachkriegszeit die Kohlennot und den Gasmangel; damals konnten die Elektrizitätswerke der stürmisch einsetzenden Nachfrage nach dem mit eigener Wasserkraft zu erzeugenden Energieträger, der Licht, Kraft und Wärme vermittelt, kaum mehr genügen. Durch die Erstellung des Albulawerkes glaubte man die Versorgung der Stadt Zürich mit elektrischer Energie auf viele Jahre hinaus sichergestellt zu haben. Bei dem scharfen Anstieg der Nachfrage kam nun die Besonderheit der schweizerischen Wasserkraft zur Auswirkung. Die Wasserführung der Flüsse erreicht infolge der Schneeschmelze in den Monaten April, Mai, Juni ein Maximum und fällt in den Wintermonaten Dezember, Januar, Februar auf ein Minimum. Die Albula als Hochgebirgsfluß, oberhalb der ausregulierenden Seen des Mittellandes, zeigt diese Unstetigkeit in ganz besonderm Maße: Im Sommer führt sie weit über 50 m^3/sek. und im Winter oft kaum noch 5 m^3/sek. Der Energieverbrauch eines Wintertages ist aber etwa um ein Drittel größer als derjenige eines Sommertages. Aus dieser Unstimmigkeit zwischen Produktion und Konsum folgt vorerst eine ungenügende Ausnützung der natür-

licherweise anfallenden Energie. Nur die elektrische Energie, die über das ganze Jahr gleichmäßig anfällt, kann im normalen Verfahren verkauft werden. Der vermehrte Winterbedarf muß dann aus besondern Energiequellen gedeckt oder durch einschränkende Maßnahmen (Sperren oder höhere Preise) herabgesetzt werden. Der Ausfall an Wintererzeugung verlangt nochmals gleichartige Vorkehrungen. Für die Beschaffung der zusätzlichen Winterkraft boten sich dem Elektrizitätswerk der Stadt Zürich drei Möglichkeiten: 1. Strommiete von andern Werken, 2. Vergrößerung der bereits vorhandenen kalorischen Anlagen und 3. Erstellung einer hydraulischen Akkumulieranlage.

Der Fremdstrombezug erschien unsicher und die Kohlenbeschaffung infolge der Abhängigkeit vom Auslande unmöglich. So reichte Direktor Wagner im Juni 1916 dem Stadtrat von Zürich ein Projekt ein für die Erstellung einer Winterkraft-Ergänzungsanlage am Heidbach. Schon bei der Projektierung des Albulawerkes wurde in Aussicht genommen, später den Heidbach, der aus dem Heidsee kommt und bei Solis in die Albula mündet, in den Wasserstollen des Albulawerkes einzuleiten. Die weitern Untersuchungen führten nun zum Vorschlag, das Gefälle des Heidbaches unter Verwendung des Heidsees als Akkumulierungsweiher in einer Zentrale Solis direkt auszunutzen und das Arbeitswasser erst nachher der Zentrale Sils zuzuleiten.

Am 13. Mai 1917 nahm die Gemeinde mit 22812 Ja gegen 1335 Nein die Vorlage an und damit kam der Bau sofort zur Durchführung. Trotz außerordentlicher Schwierigkeiten in der Arbeiter-Bereitstellung und -Verpflegung gelang es, das Heidseewerk auf den vorgesehenen Termin, 31. Dezember 1919, betriebsfertig zu stellen. Die Energielieferung wurde im Januar 1920 aufgenommen.

Ebenfalls mit Rücksicht auf die zukünftige Energieversorgung ging das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich im Jahre 1920 mit je Fr. 500000 eine Beteiligung am Aktienkapital der «Bündner Kraftwerke A.-G.» und der «Schweiz. Kraftübertragung A.-G.» ein. Jene betrieb den Ausbau der Wasserkräfte des Kantons Graubünden; diese bezweckte, die größern Kraftwerke durch leistungsfähige Hochspannungsleitungen mit einer «schweizerischen Sammelschiene» zusammenzuschließen und so eine rationellere Bewirtschaftung der vorhandenen Energieerzeugungsanlagen zu erzielen.

Epochemachend sind dann in der Geschichte der zürcherischen Energieversorgung die Beteiligung an der A.-G. Kraftwerk

Wäggital mit 20 Millionen Franken im Jahre 1921 und der Bau des Limmatwerkes Wettingen in den Jahren 1930 bis 1934.

Die Beteiligung der Stadt am Bau und Betrieb des Wäggitalwerkes war für sie von grundlegender Bedeutung. Es handelte sich darum, die Selbständigkeit in der Erzeugung der in ihren Grenzen benötigten elektrischen Energie voll zu erringen und dauernd zu behaupten und die baldige Schaffung eines Winterreservewerkes zu ermöglichen. In nur 40 km Entfernung von der Stadt, im Zuge der beiden Fernleitungen Sils—Zürich, bietet das Wäggitalwerk jede Garantie in der Betriebssicherheit und damit die Vorteile einer kalorischen Reserveanlage im Stadtgebiet selbst. Die Elemente des Werkes — der große Stausee, die gewaltige Maschinenleistung, die Pumpenanlage und der Knotenpunkt der Fernleitungen — gestatten heute die verschiedensten Kombinationen in wasserwirtschaftlicher und energiewirtschaftlicher Hinsicht und damit eine fast restlose Ausnützung der eigenen Flußkraftwerke.

Das Limmatwerk Wettingen in nur 18 km Entfernung von Zürich sichert die schon längst erkannten Vorteile der eigenen und selbständigen Elektrizitätsversorgung. Der Besitz dieser Energiequelle im Norden der Stadt verbessert neuerdings die Zuverlässigkeit der Energiezufuhr und stellt der Bevölkerung billige Kraft zur Verfügung. Die Eingliederung des Werkes in den Haushalt des E.W.Z. erfolgte anstandslos und brachte vielerlei technische und finanzielle Vorteile.

Mit der enormen Entwicklung der Wasserkraftwerke und der Schwierigkeit der Kohlenbeschaffung im Krieg trat die Dampfkraftanlage Letten immer mehr in den Hintergrund und wurde von 1917 bis 1929 sukzessive abgebrochen. Die Wasserkraftanlage ist im Jahre 1914 ganz modernisiert worden; die veralteten Jonvalturbinen wurden durch neue Francisturbinen ersetzt, die zu je zwei einen Drehstromgenerator von 250 kVA Leistung bei 6 kV Spannung antrieben. Bei vollständiger Ausnützung konnten mit dieser Anlage jährlich etwa 8,5 Millionen kWh erzeugt werden. Im Jahre 1933 ist die Wasserkraftanlage Letten von der Wasserversorgung an das E.W.Z. abgetreten und im Jahre 1936 infolge des Baues des Unterwerkes Letten zum Teil abgebrochen worden.

DAS HEUTIGE WERK

Erzeugungsanlagen

DAS ALBULAWERK

Mit der Erstellung des Albulawerkes leistete die Stadt Zürich Pionierarbeit für den Bau von Hochdruckwerken im Gebirge. Die starke Geschiebeführung des Flusses, die geologischen Verhältnisse im Gebiet der Wasserfassung und des Druckstollens und schließlich die beträchtliche Länge der Fernleitung vom Kraftwerk in Sils bis zu den Unterwerken in Zürich enthielten Risiken, die sich zum voraus nicht abschätzen ließen.

Die Konzession für die Ausnützung des Gefälles der Albula von Tiefenkastel bis Sils wurde mit den sieben Gemeinden Sils, Scharans, Mutten, Stürvis, Alvaschein, Obervaz und Tiefenkastel in den Jahren 1902 und 1903 vertraglich geregelt und Ende Juni 1906 von Zürich endgültig angenommen.

Das Einzugsgebiet der Albula mißt bis zur Wehrstelle 871,7 Quadratkilometer; die kleinste Abflußmenge wurde mit 5 m^3 per Sekunde beobachtet. Dem Projekt lag die Ausnützung eines Wasserzuflusses von 6 m^3 in der Sekunde zu Grunde, ein Quantum, das im Mittel während 350 Tagen im Jahr verfügbar ist. Die hydraulische Anlage ist für einen Zufluß von 16,75 m^3 ausgeführt worden; um die Schwankungen im Wasserverbrauch auszugleichen, wurde ein Stausee angelegt. Da die Stauhöhe beim Wehr im Maximum 825 m ü.M. und die Höhe des Unterwasserspiegels bei 16 m^3 Wasserverbrauch 671,15 m ü.M. beträgt, ergibt sich ein maximales Bruttogefälle von 153,85 m und nach Abzug der Druckverluste im Stollen, in der Rohrleitung und in den Turbinen ein Nettogefälle von 140 m.

Die Albula wird 2 km unterhalb Tiefenkastel bei Nisellas durch eine Wehranlage gestaut; daraus ergibt sich im Flußbett selbst ein Ausgleichsbecken von 350000 m^3 Fassungsvermögen. Das Wehr besitzt drei ungleich große Öffnungen, die durch Schützen von zweimal 8 m und 15 m Breite geschlossen werden. Die zwei kleineren Öffnungen sind als Grundablässe gebaut, was die Abfuhr der großen Geschiebemengen bei Hochwasser ermöglicht.

Das gestaute Wasser gelangt durch zwei Einläufe mit eisernen Schützen und Grobrechen an der linken Wehrseite in den Stollen. Die Geschiebesammler, zwei parallele Stollen von etwa 100 m Länge

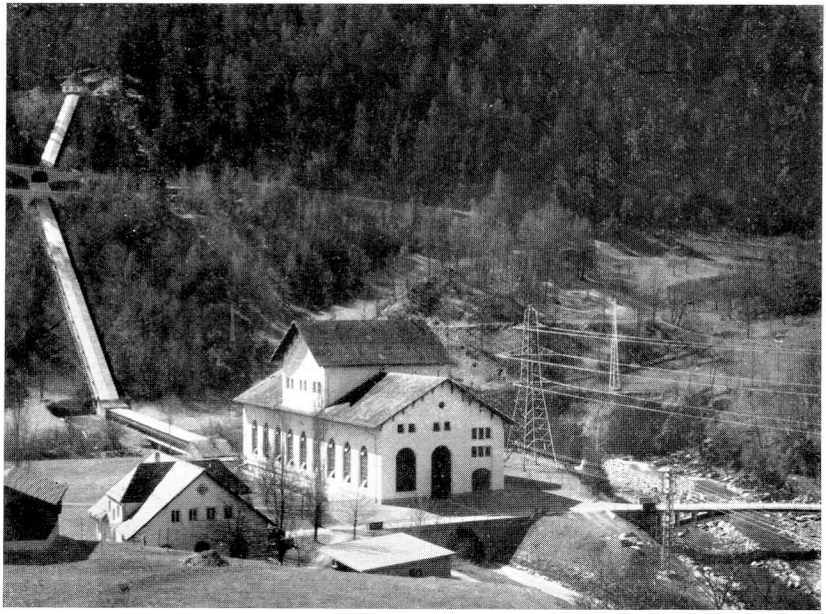
und 35,2 m^2 Querschnitt, werden langsam durchflossen, so daß Sand und Kies sich ablagern. Eine Schwelle von 2,5 m Höhe und Feinrechen verhindern das Eindringen von Geschiebe in den Stollen.

Der eigentliche Druckstollen ist 7300 m lang, besitzt bei 2,85 m Höhe und 3,10 m Breite eine lichte Fläche von 7,4 m^2, und ist durchwegs mit Betonmauerwerk verkleidet. Beim Bau wurde der Hauptstollen von acht verschiedenen Seitenstollen (Fenstern) aus vorgetrieben und damit die ganze Strecke in neun Arbeitsabschnitte unterteilt.

Im Stollen eingebaut ist das Wasserschloß, ein runder, aus dem gewachsenen Felsen ausgesprengter und ausgemauerter Schacht von 10 bis 13 m Durchmesser und 31,1 m Höhe. Es hat die Aufgabe, bei plötzlichen starken Belastungsänderungen der Maschinen die Wasserschwankungen auszugleichen. Bis zum höchst erreichbaren Wasserstand faßt es 2935 m^3.

Die Druckleitung besteht aus zwei schmiedeisernen Rohrsträngen von 438 m Länge und 2,0 und 1,8 m Lichtweite. Diese reichen 23 m in den Berg hinein und sind dort auf der ganzen Länge einbetoniert. Bei ihrem Austritt aus dem Stollen befindet sich das Apparatenhaus mit den Abschluß- und Sicherungseinrichtungen. Die eingebauten hydraulischen Drosselklappen ermöglichen, innert wenigen Sekunden die Leitungen vollständig abzuschließen. Die Klappen können an Ort und Stelle von Hand und von der Zentrale aus elektrisch betätigt werden; sie schließen automatisch, sobald die Wassergeschwindigkeit eine gewisse Grenze überschreitet. Die Rohrleitungen mußten unter der Schynstraße und unter der Albulabahn durchgeführt werden und sind an mehreren Stellen, bei jedem Richtungswechsel in der Rohrachse, durch Betonklötze verankert. Sie sind aus Einzelrohren von 8 bis 9 m Länge, 8 bis 24 mm Blechstärke und bis zu 10 Tonnen Gewicht zusammengesetzt. Unmittelbar vor dem Eintritt ins Maschinenhaus überquert die Druckleitung die Albula.

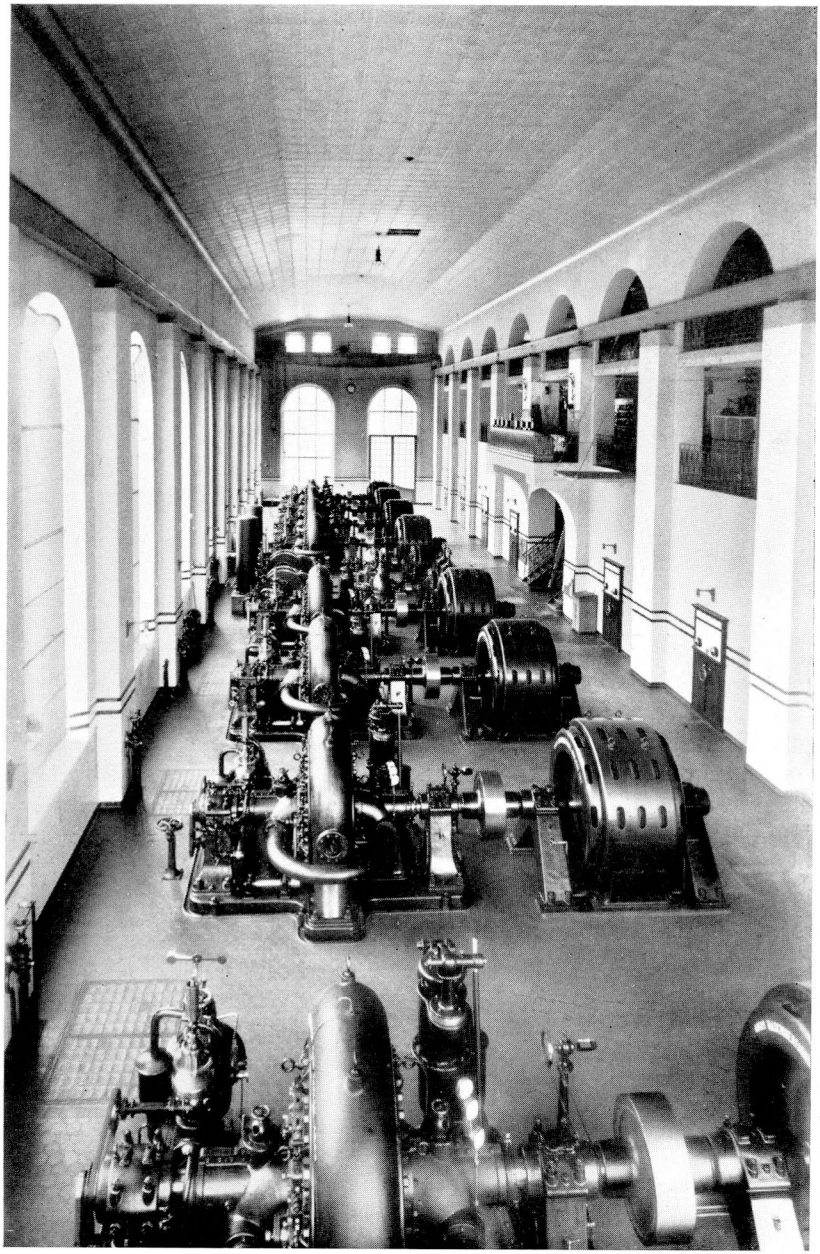
Das Maschinenhaus wurde auf dem rechten Albulaufer errichtet, da dort ein günstiger, von Überschwemmung durch Rohrbruch oder Hochwasser weniger bedrohter Bauplatz zu finden war. Aus der Wassermenge und dem Gefälle war bei 75 Prozent Wirkungsgrad der Turbinen eine Leistung von 20600 PS zu erwarten. Unter Berücksichtigung der erforderlichen Reserven wurde die Maschinenanlage zu 24000 PS bemessen, und zwar stellte man acht Maschinengruppen zu 3000 PS auf, je vier an jeder Rohrleitung.



ALBULAWERK — MASCHINENHAUS IN SILS

Das Maschinenhaus hat eine Länge von 65 m und eine Breite von 22 m. Der Maschinensaal zieht sich durch die ganze Länge des Gebäudes. Unter ihm befindet sich der Verteilraum der Turbinenzuleitung und neben ihm unter dem gleichen Dach ein Vorbau, in dem die Transformatorenanlage, die Sammelschienen und die Schaltanlagen für die abgehenden Fernleitungen untergebracht sind.

Die Maschinenanlage umfaßt acht Gruppen, Francisturbinen von 3000 PS auf horizontaler Welle elastisch gekuppelt mit Drehstromgeneratoren von je 2000 kW Leistung, zwei separate Erregermaschinen und die zentrale Öldruckanlage für die Turbinenregulierung. Die Turbinen besitzen ein Spiralgehäuse, ein Leitrad mit beweglichen Schaufeln und zwei beidseitig angeordnete Austritte und sind für normal 600 Touren in der Minute berechnet. Sie wurden von Escher Wyß & Cie. in Zürich geliefert. Die Generatoren sind von der Maschinenfabrik Oerlikon gebaut worden; sie entwickeln je 2500 kVA mit rund 7000 Volt Spannung. Vor der Abgabe in die Fernleitung wird die Energie auf 50000 Volt auftransformiert. Dazu dient eine von Brown, Boveri & Cie. in Baden erstellte Öltransforma-



ALBULAWERK — MASCHINENSAAL IN SILS

torenanlage mit Wasserkühlung. Auf der Kommandostelle ist es möglich, die Erregerstrom-Regulatoren und sämtliche Oberspannungsschalter von einem Zentralpult aus zu betätigen.

Die Fernleitung Sils–Zürich bildete seinerzeit einen besonders wichtigen Teil des ganzen Kraftwerkbaues wegen der hohen Kosten der 136 km langen Leitung und der damals noch geringen Erfahrung in der Kraftübertragung auf so weite Distanzen. Gründe der Betriebssicherheit führten dazu, für die Übertragung der verfügbaren Energie zwei vollständig getrennte Leitungen zu erstellen; wirtschaftliche Erwägungen waren maßgebend für Anzahl und Querschnitt der Kupferdrähte.

Beide Fernleitungen A und B bestehen aus je zwei Drehstromsträngen zu drei Kupferdrähten von 50 mm². Sie sind durch das Rheintal, im Seeztal und längs dem Walensee und der Linth bis Bilten nebeneinander geführt. Von hier trennen sie sich; die eine Leitung zieht über die Höhen des linken Zürichseeufers über Samstagern nach Zürich-Frohalp, die andere über Grynau-Rüti nach Zürich-Guggach. (Vergleiche den Plan «Fernleitungen des E.W.Z.» nach Seite 64.)

Heute sind die alten Beton- und Stahlrohrmastenleitungen auf großen Strecken (Sils–Rothenbrunnen, Wallenstadt–Ziegelbrücke, Samstagern–Wollishofen) durch moderne Weitspannleitungen mit Gittermasten ersetzt. Von den ursprünglich fünf Schaltstationen sind nur noch Chur und Ragaz in Betrieb. Beide Albulaleitungen sind in die Schaltanlage des Wäggitalwerks eingeführt und werden von dort aus überwacht. Die auf dem Gestänge mitgeführte Telephonanlage wurde durch das Hochfrequenztelephon ersetzt.

Die Baukosten des Albulawerks betrugen:

für die hydraulische Anlage	Fr. 5 771 000.—
für die elektromechanische Anlage . .	» 6 136 000.—
insgesamt	Fr. 11 907 000.—

DAS HEIDSEEWERK

Als in der Kriegs- und Nachkriegszeit die Nachfrage nach elektrischer Energie so rasch anstieg, daß die vorhandenen Anlagen während den Wintermonaten — wenn der Energiebedarf besonders groß, die Wasserführung und damit die Energieerzeugung besonders klein ist — zur Bedarfsdeckung nicht mehr genügten, entschloß man sich das Heidseewerk, ein ausgesprochenes Spitzenkraftwerk, zu bauen, welches das Albulawerk ergänzen sollte. Es kam mit der Gemeinde Obervaz ein Konzessionsvertrag für die Ausnützung der Wasserkraft des Heidbaches auf der Gefällstufe vom Heidsee auf der Lenzerheide bis zur Mündung in die Albula in Solis zustande.

Das Einzugsgebiet des Heidseewerkes beträgt 30 km^2; die jährliche Zuflußmenge wurde nach Messungen in den Jahren 1913 bis 1915 auf 17 bis 18 Millionen Kubikmeter angenommen. Durch die Ausnützung des Heidsees und eines zweiten, künstlich anzulegenden, Sees als Staubecken mit insgesamt 820000 m^3 Stauraum konnte in den sieben Wintermonaten Oktober bis April täglich während einigen Stunden 9000 kW Spitzenkraft abgegeben werden, in den Sommermonaten dauernd zwischen 2200 und 4800 kW. Das Gefälle zwischen dem mittleren Wasserspiegel im Wasserschloß und dem Kraftwerk bei Solis beträgt brutto 596,5 m.

Um dem Heidseewerk den Charakter eines Spitzenkraftwerkes zu geben, wurde der Ausbau für die maximale Betriebswassermenge von 2,2 m^3/sek. vorgesehen.

Der Heidsee selbst wurde durch Erhöhung eines bereits vorhandenen Staudammes um 1,7 m gestaut und daneben ein zweites, unmittelbar anschließendes Staubecken erstellt. Vom Stauseeauslauf weg fließt das Wasser im unveränderten Bett des Heidbaches zur etwa 1800 m entfernten 49 m tiefer gelegenen Wasserfassung, dann durch einen geschlossenen armierten Betonkanal von 1900 m und einen Stollen von 2300 m Länge nach dem Wasserschloß oberhalb Muldain. Von hier aus gelangt es durch eine schmiedeiserne Druckleitung von 1800 m Länge mit Rohren von 1000/900/820/750 mm Lichtweite und 8 bis 33 mm Wandstärke nach der unterhalb der Station Solis befindlichen Zentrale. Die Rohrleitung ist in den Boden verlegt, vollständig einbetoniert und eingedeckt. Die Albula wird auf einer Betonbogenbrücke von 31 m Spannweite und 40 m Höhe übersetzt.

Die Lage des Maschinenhauses auf dem linken Ufer war gegeben durch die Kombination mit dem Albulawerk. Bei der Einleitung des Betriebswassers in dessen Stollen sollte der Gefällsverlust möglichst niedrig bleiben und anderseits eine Überflutung bei Wasserschwankungen ausgeschlossen sein.

Es sind zwei Freistrahlturbinen für ein Nettogefälle von 572 m, 500 Umdrehungen in der Minute und eine Maximalleistung von je 6500 PS vorhanden. Die mit den Turbinen auf horizontaler Welle montierten Generatoren sind für eine Betriebsspannung von 12000 bis 13000 Volt und eine Leistung von 6450 kVA berechnet.

Nachdem das Betriebswasser in den Turbinen gearbeitet hat, wird es durch einen 155 m langen Stollen und einen Schacht dem Hauptstollen des Albulawerkes zugeführt, um in der Zentrale Sils nochmals ausgenützt zu werden, oder dann durch einen Überlaufstollen in die Albula zurückgeleitet.

Die in der Zentrale Solis erzeugte elektrische Energie wird durch eine in der Schynstraße verlegte, für eine Betriebsspannung von 12000 Volt bemessene Kabelleitung von dreimal 70 mm² Kupferquerschnitt und 6300 m Länge nach der Zentrale Sils geleitet. Dort sind für die Transformierung auf die Fernübertragungsspannung von 50000 Volt zwei eigene Transformatoren aufgestellt. Die Maschinen des Heidseewerkes können durch Fernsteuerung direkt von der Schaltstelle des Albulawerkes aus reguliert werden.

Der Bau des Heidseewerkes fiel in die Kriegs- und erste Nachkriegszeit und wurde durch Arbeitermangel, Teuerung, Lebensmittelknappheit und Grippe stark behindert; trotzdem konnte es auf den vorgesehenen Termin, 31. Dezember 1919, fertigerstellt werden. Die Energielieferung begann anfangs Januar 1920. Die Baukosten beliefen sich auf insgesamt 8,3 Millionen Franken, was eine Überschreitung des Voranschlags um 3,0 Millionen oder 57 Prozent ergab.

Die Baukosten betrugen:

für die hydraulische Anlage	Fr.	5 464 000.—
für die elektromechanische Anlage . .	»	2 208 000.—
Bauzinsen, Bauleitung, Wohnhaus . .	»	671 000.—
insgesamt	Fr.	8 343 000.—

DAS WÄGGITALWERK

Projekte, in dem nur 40 km von Zürich entfernten, im Schwyzer Voralpengebiet gelegenen Wäggital ein großes Staubecken zu erstellen, um die dabei gewonnene bedeutende Wasserkraft zur Erzeugung elektrischer Energie zu verwenden, gehen bis ins Jahr 1895 zurück. Damals taten sich einige weitsichtige Männer zusammen, das «Wetzikoner Konsortium», um Wassermessungen vornehmen und Wasserkraftprojekte ausarbeiten zu lassen. Ein von der Firma Locher & Cie. in Zürich verfaßtes Projekt sah den Bau einer 40 m hohen Staumauer im Schräh vor. Als technische Schwierigkeiten die Verwirklichung des großzügigen und kostspieligen Werkes unmöglich erscheinen ließen, wurde ein zweites Projekt ausgearbeitet. Es sollten durch einen 820 m langen und 22 m hohen Erddamm ein Staubecken von 25 Millionen Kubikmeter Inhalt geschaffen und in einer Zentrale in Siebnen 20000 PS gewonnen werden; Kosten 11,5 Millionen Franken. Diese Pläne wurden nicht verwirklicht und das Studienmaterial gelangte an die Maschinenfabrik Oerlikon und von dieser 1910 an die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich.

Im Jahre 1911 kam zwischen der Stadt Zürich und den Elektrizitätswerken des Kantons Zürich eine Einigung zustande, die Verwertung der Wäggitalerkraftwerke gemeinsam durchzuführen. Es wurde die Wäggitalkommission gebildet, welche die Projektstudien und Vorarbeiten weiterführte. Am 22. September 1921 wurde zwischen der Stadt Zürich und den Nordostschweizerischen Kraftwerken (N.O.K.), zu denen die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich gehören, ein Vertrag über den Bau und Betrieb des Kraftwerkes Wäggital abgeschlossen. Nach dessen Genehmigung durch den Großen Stadtrat konnte die Vorlage betreffend die Beteiligung der Stadt Zürich den Stimmberechtigten unterbreitet werden. In der Gemeindeabstimmung vom 20. November 1921 wurde mit 20374 Ja gegen 3476 Nein die Zustimmung erteilt und der Kredit zur Beteiligung an der mit den Nordostschweizerischen Kraftwerken zu gründenden «Aktiengesellschaft Kraftwerk Wäggital» mit 20 Millionen Franken, als der Hälfte ihres Aktienkapitals, bewilligt.

Der Gesellschaftsvertrag der A.G. Kraftwerk Wäggital bestimmt im wesentlichen: Die Stadt Zürich und die Nordostschweizerischen Kraftwerke (N.O.K.) bilden für Bau und Betrieb des Kraftwerkes Wäggital eine Aktiengesellschaft und übernehmen das Kapital je zur Hälfte. Beide sind völlig gleichberechtigt. N.O.K. und E.W.Z.

haben Anspruch je auf die Hälfte der betriebsbereiten Maschinen, der verfügbaren Leistung, der erzeugbaren Arbeit und des Akkumulierraumes. Das Werk wird auf 140000 PS ausgebaut und bleibt Gemeinschaftsanlage; die Schaltanlagen in Siebnen sind Sonderanlagen der N.O.K. und des E.W.Z. Die Absatzgebiete der beiden Partner werden gegenseitig anerkannt. Die Kontrahenten haben zusammen die Jahreskosten des Wäggitalwerkes zu decken; als solche gelten alle Kapitalzinsen, die Abschreibungen und Einlagen in den Erneuerungsfonds, die Wasserrechtszinsen, die Steuern und alle Betriebsausgaben. Der Vertrag hat die gleiche Dauer wie die Konzession, mangels anderweitiger Verständigung ist er auch auf eine neue Konzessionsdauer fortzusetzen.

Die Statuten der A.G. Kraftwerk Wäggital sind auf diesen Bestimmungen aufgebaut und sichern wiederum die völlige Gleichberechtigung der beiden Partner; ebenso das Betriebsreglement, nach dem das fertige Werk betrieben wird. Das Aktienkapital beträgt Fr. 40000000, die Aktien müssen in vollem Umfange im Besitze der beiden Gemeinwesen bleiben.

Die von der Bezirksgemeinde March am 10. Januar 1918 verliehene und vom Kantonsrat Schwyz am 31. Januar 1918 genehmigte Konzession ist das Ergebnis langjähriger Verhandlungen. Sie verleiht das Recht der Ausnützung der Wasserkräfte der Wäggitaler-Aa und des Trebsenbaches zwischen einem im Innerwäggital erstellten Stausee und Siebnen. Die Konzession gilt auf die nach dem Wasserrechtsgesetz zulässige Höchstdauer von 80 Jahren; als Gemeinwesen können aber die N.O.K. und die Stadt deren Verlängerung verlangen. Die Konzessionsinhaber sind verpflichtet, eine einmalige Konzessionsgebühr von Fr. 150000 sowie jährlich eine Wasserrechtssteuer von Fr. 80000 und einen festen Steuerbetrag von Fr. 55000 zu bezahlen.

Auf Grund des endgültigen Projektes ist die Konzession im Mai 1920 ergänzt worden. Die Studien ergaben nämlich als wirtschaftlichste Lösung eine zweistufige Anlage mit einem Stausee auf Kote 900 und einer obern Zentrale Rempen mit Zwischenbecken zur Aufnahme des Wassers aus dem Trebsenbach. Dieses wird zusammen mit dem Betriebswasser von Rempen in der untern Zentrale Siebnen ausgenützt.

Auf Grund von Messungen in den Jahren 1895 bis 1897 und 1918 bis 1920 wurde der mittlere natürliche Zufluß zum Innertaler Stausee auf 107 Millionen m^3 geschätzt. Weitere 33 Millionen m^3 sollten

aus dem Rempenbecken zugepumpt werden, so daß insgesamt pro Jahr 140 Millionen m^3 Wasser zur Verfügung standen. Mit dem Gesamtgefälle von 415 m und den 130 Millionen m^3, die nach allen Verlusten noch ausgenutzt werden konnten, ergab sich eine Jahresenergie von rund 110 Millionen kWh. Das Werk sollte der Lieferung von reiner Winterenergie dienen, die ganze Erzeugung also in fünf Wintermonaten innerhalb der Fabrikarbeitszeit abgegeben werden. Um 110 Millionen kWh in rund 1100 Stunden zu erzeugen, mußten Maschinen von 100000 kW installiert werden. Nach den Maschinenabnahmen beträgt die Gesamtleistung bei mittlerem Seestand 108000 kW, die Betriebszeit, um mit diesem Leistungsmaximum das angenommene Betriebswasser zu verarbeiten, also 1020 Stunden.

Das ausgeführte Werk ist charakterisiert durch folgende Angaben:

Durch eine in der Felsenenge im Schräh errichtete Staumauer von 66 m Höhe wird im Innertal ein See gestaut, dessen Nutzinhalt genügt, um dem See jeden Winter 130000000 m^3 zur Energieerzeugung zu entnehmen. Der Stausee wird gespeist durch die Zuflüsse seines natürlichen Einzugsgebietes sowie durch den Sommerzufluß des 30,2 km^2 messenden Einzugsgebietes der Aa unterhalb der Staumauer und des Trebsenbaches, der soweit als möglich mit billiger Fremdenergie aus dem Rempenbecken in den Stausee gehoben werden soll. Das Gefälle zwischen dem Stausee und der Marchebene bei Siebnen wird in zwei Stufen verwertet: in einer oberen Stufe, Stausee-Rempen, auf welche 260 m Gefälle kommen, und in einer unteren Stufe, Zwischenbecken-Siebnen, deren Gefälle 195,5 m beträgt. Die Zentrale Rempen mit der Pumpenanlage für die Akkumulierung der Sommerzuflüsse verarbeitet ausschließlich Wasser aus dem Stausee, die Zentrale Siebnen zudem die Winterzuflüsse aus dem untern Einzugsgebiet des Werkes.

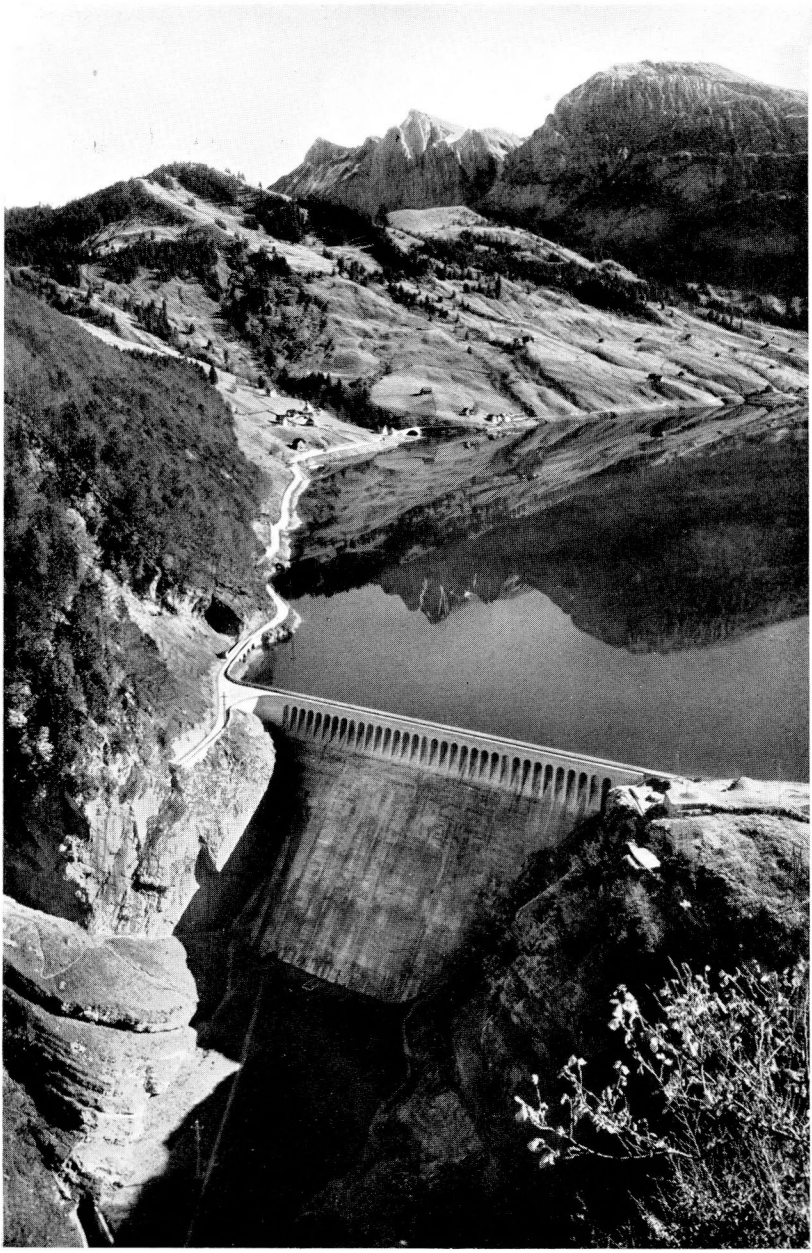
Der Kostenvoranschlag sah einen Bauaufwand für die gesamte Anlage von 94 Millionen Franken vor. Angesichts dieser bedeutenden Summen und um die Energieerzeugung möglichst bald aufnehmen zu können, wurde seinerzeit ein sorgfältig aufgestelltes Bauprogramm ausgearbeitet, und eine zweckmäßige Bauorganisation festgelegt. Die unmittelbare Bauleitung oblag Ingenieur F. Gugler, Direktor der N.O.K., für den baulichen Teil, und Ingenieur W. Trüb, Direktor des E.W.Z., für den maschinellen und elektrischen Teil der Anlage. Das Bauprogramm sah vor, ein erstes Maschinenaggregat

der untern Stufe in Siebnen im IV. Quartal 1923, ein erstes Aggregat der obern Stufe im Rempen im IV. Quartal 1924, und die ganze Anlage auf beiden Stufen am 1. Oktober 1925 in Betrieb zu nehmen.

Einen Begriff von der gewaltigen Aufgabe, welche der Bau darstellte, vermögen folgende wenige Zahlen zu vermitteln: Vom 1. März 1922 bis zur Vollendung des Werkes waren insgesamt, in der Hauptsache von der Station Siebnen zu den beiden Baustellen, 78000 Tonnen Zement und andere Bindemittel, 48000 Tonnen Bauinstallationen, Maschinen, Rohrleitungen u. a. und 34000 Tonnen Sand und Kies, zusammen 160000 Tonnen zu transportieren. Der Energiebezug für Bauzwecke belief sich auf über 20 Millionen kWh. Im Mittel wurden beschäftigt: im Jahre 1922 rund 900, im Jahre 1923 1800, und 1924 ebenfalls 1800 Arbeiter, im Oktober 1923 (im Maximum) 2400 Arbeiter. Insgesamt sind für das Kraftwerk 600 Hektaren Boden erworben worden, davon 500 für den Stausee und Zubehör im Innertal. In das Gebiet des Stausees fielen ganz oder zum guten Teil 32 Höfe mit 35 Wohnhäusern und 70 Ökonomiegebäuden.

Die Anlagen der oberen Stufe bestehen aus der Staumauer und dem Stausee, der Wasserfassung, dem Druckstollen mit dem Wasserschloß, dem Apparatenhaus und den Druckleitungen sowie dem Maschinenhaus Rempen.

Die Staumauer im Schräh, welche das Tal der Aa zwischen den Felsrücken Gugelberg und Schräh abriegelt, ist ein bedeutendes Bauwerk. Die Stauung hatte an der Baustelle, wo die alte Talsohle auf Kote 836 liegt, bis zur Kote 900 zu geschehen, und da über die Staumauer die Straße durchführt, ergab sich eine Mauerhöhe über dem Talboden von 66 m, wozu noch weitere 44,5 m unter der Talsohle bis zur Sohle der Erosionsrinne kommen, so daß die höchste Höhe 110 m beträgt. Die Staumauer ist als «Schwergewichtmauer» aus Beton gebaut worden und entsprechend dem zu erwartenden Wasserdruck und dem Gewicht pro m^3 Beton erhielt sie auf Kote 810, und darunter gleichbleibend, eine Dicke von 75 m. Auf der Höhe des maximalen Staus ist sie noch 2 m dick, aber dort durch eine Mauerkrone verstärkt, da sie zuoberst die 4 m breite Straße aufzunehmen hat. Die Mauer ist nicht in einem Stück betoniert worden, sondern durch Dilatationsfugen in Abständen von 32 m in sechs voneinander unabhängige Baukörper aufgeteilt. Um die Mauer im Innern jederzeit beobachten zu können, sind in ihr mehrere senkrechte Revisionsschächte und horizontale,



KRAFTWERK WÄGGITAL — STAUSEE INNERTAL

gewölbte Revisionsgänge ausgespart worden. Ein 280 m langer, durch den Felsfuß des Gugelberges geschlagener Stollen, der seinerzeit beim Bau als Umleitungsstollen für die Aa errichtet werden mußte, kann nötigenfalls als Grundablaß dienen. Auf der linken Seite sind oben drei Öffnungen von je 3,5 m Breite als Überfall angebracht, wenn das Wasser höher als auf Kote 900 steigen würde.

Der Stausee, der die Wasser des Innertales, der Aa, des Schlierenbaches usw. und damit die Niederschläge im Einzugsgebiet zurückhält und akkumuliert, mißt beim Höchststau in der Länge 4,5 km, in der Breite bis zu 1 km. Die Seefläche ist dann mit 4,1 km² ebenso groß wie die des Silsersees, größer als die des Klöntaler- und Pfäffikersees und halb so groß wie die des Greifensees; die Tiefe erreicht bei der Staumauer bis zu 64 m. Der Inhalt des Sees wird beim Stauen auf Kote 900 auf 148800000 m³ gebracht und beträgt bei der Absenkung auf den tiefsten Betriebswasserspiegel noch 7650000 m³.

Die Wasserfassung befindet sich etwa 800 m östlich der Staumauer auf Kote 845 am Fuße des Gugelberges. Das Wasser tritt durch zwei übereinanderliegende Öffnungen von je $4 \times 4{,}5$ m, die mit Rechen versehen sind und durch eine Abschlußschütze geschlossen werden können, in den Druckstollen ein. Im Berg eingebaut, durch einen senkrechten Schacht zugänglich, ist eine zweite Abschlußvorrichtung, eine Drosselklappe von 3,2 m Durchmesser.

Der Druckstollen ist im ganzen 3677 m lang, besitzt kreisrunden Querschnitt von 3,6 m Durchmesser und vermag bei Vollbetrieb 30 Sekundenkubikmeter Wasser durchfließen zu lassen. Er ist durchwegs ausbetoniert und im untern Teil mit einer Eisenarmatur verstärkt. Gegen das untere Ende des Stollens zweigt ein Seitenstollen ab, der in einen senkrechten Schacht übergeht. Der Seitenstollen dient als Reservoirstollen, um beim Anlauf der Turbinen, der Schacht als Wasserschloß, um beim Abstellen der Turbinen ausgleichend auf die Wasserführung und damit auf die Druckverhältnisse in den Rohrleitungen zu wirken.

Der Druckstollen geht mittelst eines «Hosenrohres» über in die Druckleitung mit ihren beiden eisernen Rohrsträngen. Diese passieren das Apparatenhaus mit je einer Drosselklappe von 2,4 m Durchmesser (das Gewicht der hier installierten Abschlußorgane beträgt rund 100 Tonnen). Die Rohrleitungen zum Maschinenhaus Rempen sind rund 500 m lang mit einer lichten Weite, die von 2,40 m am obern Ende bis 2,05 m am untern Ende fällt,

während die Wandstärke von 15 mm auf 34 mm ansteigt. Die Druckleitung wiegt im ganzen 1970 Tonnen und ist als selbsttragende Konstruktion mit Weitspannungen zum Teil auf Pendelstützen ausgebildet. Bei den vier Fixpunkten sind Expansionen eingebaut.

Das Maschinenhaus Rempen ist ein parallel zur Druckleitung gestelltes Gebäude von 54 m Länge, 26 m Breite und 16 m Höhe. Die beiden Rohrstränge gabeln sich in je zwei Anschlußstücke, die zu den Turbinen führen. Aufgestellt sind vier Francis-Spiralturbinen mit vertikaler Welle für 500 Umdrehungen in der Minute und berechnet für folgende Daten:

	minimal	normal	maximal
Nettogefälle m . . .	203	230	260
Wassermenge l/sek. .	6850	7300	7750
Leistung PS	15400	19000	22500

Beim Höchststand des Innertaler Stausees leistet jede der Turbinen nahezu soviel wie alle acht Turbinen des Albulawerkes zusammen.

Die Drehstrom-Generatoren sind direkt gekuppelt und über den Turbinenkammern im Maschinensaal aufgestellt. Sie sind ganz gekapselt und selbstventiliert und für folgende Daten berechnet:

	minimal	normal	maximal
Leistung kVA	—	16500	19800
Klemmenspannung V . .	—	8800	9700
Stromstärke Amp. . . .	—	1082	1300
Leistungsfaktor cos φ . .	0,5	0,8	1,0
Normale Drehzahl . . .	500	Umdreh/min.	
Frequenz	50	Perioden/sek.	

Im Maschinenhaus Rempen ist auch die Pumpenanlage untergebracht. Die Zweistufigkeit der ganzen Anlage war ja dadurch gegeben, daß auf ungefähr halber Höhe des Gesamtgefälles der wasserreiche Trebsenbach einmündet. Dessen Wasser wird über die obere Gefällstufe gepumpt und kann dann in einem beliebig spätern Zeitpunkt aus dem Innertaler Stausee für die Erzeugung elektrischer Energie in beiden Gefällen entnommen werden. Die große Pumpenanlage dient aber nicht nur der Akkumulierung von Sommerwasser auf den Winter, sondern auch der Veredlung im Zirkulationsbetrieb. Es kann jederzeit durch Turbinenbetrieb wäh-

rend der Fabrikarbeitszeit oder der Hauptbeleuchtungszeit zusätzlich Wasser verarbeitet werden, das dann in der Nacht oder am Wochenende wieder in den Stausee zurückgepumpt wird. Für das Hochpumpen des Wassers werden Druckleitung und Druckstollen benützt, wie beim Turbinenbetrieb.

Installiert sind vier Hochdruck-Zentrifugalpumpen dreistufig mit vertikaler Welle für folgende Daten:

Förderhöhe . . .	245 m bis 260 m
Wassermenge . . .	1250 l/sek.

Die mit den Pumpen direkt gekuppelten Antriebsmotoren sind Drehstrom-Synchron-Induktionsmotoren.

Dauerleistung	5100 bis 6500 PS
Klemmenspannung . .	8400 V
Statorstromstärke . . .	345 Amp.
Normale Drehzahl . .	750 Umdreh/min.
Frequenz	50 Perioden/sek.

Da in der Zentrale Rempen entweder die Turbinengruppen (Winter) oder die Pumpengruppen (Sommer) im Betrieb sind, wurden je ein Generator und ein Motor mit einem Transformator zur Betriebseinheit zusammengeschaltet. Zwei davon stehen den N.O.K., zwei dem E.W.Z. zur Verfügung. Die vier Haupttransformatoren erhöhen die Spannung der in der Zentrale Rempen erzeugten Energie von 8800 Volt auf 50000 Volt oder setzen die von außen zugeleitete Energie herab auf Motorenspannung. Von der Schaltanlage Rempen aus zieht eine Gittermastenleitung von 50 kV mit vier Drehstromsträngen nach dem Schalthaus Siebnen.

Die Anlagen der untern Stufe sind: das Rempenbecken und die Zuleitung des untern Trebsenbaches, ein Druckstollen mit Wasserschloß, ein Apparatenhaus und die Druckleitung und schließlich das Maschinenhaus in Siebnen und der Unterwasserkanal.

Die Staumauer reicht bei weitem nicht an die imposante Absperrung im Schräh heran, stellt aber mit 28,1 m Höhe, 22,1 m größter Dicke und einer Länge der Mauerkrone von 114 m ebenfalls ein Bauwerk von großen Dimensionen dar. Auch sie ist durch Dilatationsfugen in mehrere große Blöcke aufgeteilt und von Revisionsgängen und Revisionsschächten durchzogen; sie enthält den Einlauf des Druckstollens, zwei Grundablässe und Saugüberfälle.

Der Druckstollen der untern Stufe hat wie jener der obern kreisrunden Querschnitt von 3,60 m Durchmesser und ist wie dieser für eine normale Wasserführung von 30 m³ in der Sekunde dimensioniert. Er ist 2569 m lang, 30 bis 50 cm stark ausgemauert, und überführt auf einem 50 m langen Aquädukt den Trebsenbach. An seinem Ende bildet eine mächtige Betonkonstruktion den Übergang zu den beiden Druckleitungsrohren. Auch hier ist ein Seitenstollen als Reservoirstollen und ein vertikaler Schacht als «Wasserschloß» eingebaut.

Die Druckleitung durchzieht am obern Ende das Apparatenhaus mit den zwei Drosselklappen von 2,5 m Durchmesser und ist 824 m lang. Der Durchmesser der zwei Rohrleitungen nimmt vom Apparatenhaus bis zum Maschinenhaus ab von 2,5 auf 2,2 m, die Wandstärke zu von 10 auf 27 mm. Die beiden Rohrleitungen sind gut isoliert in einem Rohrgraben verlegt und mit einer Erdschicht von 50 cm Stärke überdeckt worden.

Das Maschinenhaus, ein 74,1 m langer, 13,9 m breiter und 15,1 m hoher Eisenbetonbau ist am rechten Ufer der Aa parallel zur Druckleitung gestellt, welche in vier Zuleitungsstücken von 1,55 m Weite in den Turbinenraum eingeführt ist.

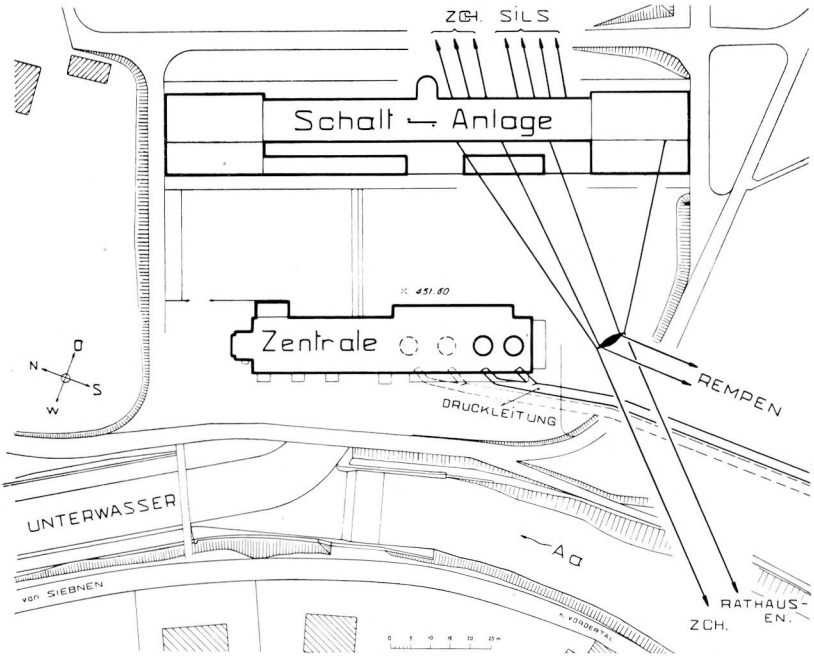
Die vier Maschinengruppen der Zentrale Siebnen sind vertikalachsig wie in Rempen; die Generatoren sind gleich gebaut und daher mit ihrer kleineren Turbinenleistung in der Lage, Blindenergie zu liefern.

Die charakteristischen Daten der Francis-Spiralturbinen sind:

	minimal	normal	maximal
Nettogefälle m	176	185	197
Wassermenge l/sek. . .	7400	7600	7850
Leistung PS	14750	16000	17500
Normale Drehzahl . . .	500 Umdreh/min.		

Das erste Maschinenaggregat in der Zentrale Siebnen war am 3. April 1924 betriebsbereit, und am 30. des gleichen Monats konnte erstmals im Wäggitalwerk erzeugte Energie abgegeben werden.

Die Schaltanlagen in Siebnen sind Sonderanlagen der beiden Partner; deren Ausbau hatte unter Wahrung der Einheitlichkeit nach den besondern Bedürfnissen der beiden Unternehmungen N.O.K. und E.W.Z. zu erfolgen. Gegeben war daher eine Zweiteilung der Anlagen nach den Gesellschaftern und weiter nach den verwendeten Spannungen 50 kV und 150 kV. Genauer umrissen



MASCHINENHAUS UND SCHALTANLAGE SIEBNEN — SITUATION

wurde die Gesamtanordnung durch Zahl und Disposition der Sammelschienen und der abgehenden Fernleitungen, denn im Schalthaus Siebnen finden N.O.K. und E.W.Z. die Verknüpfung mit ihren eigenen Hochspannungs-Verteilanlagen und mit dem Landesnetz.

Die von den Generatoren der Zentrale Siebnen erzeugte Energie wird in Maschinenspannung durch Kabel dem Schalthaus zugeführt und dort auftransformiert. Die von den Generatoren der Zentrale Rempen erzeugte Energie kommt in 50 kV über die Verbindungsleitung Rempen-Siebnen an. Das Schalthaus ist ein Betonbau von 130,5 m Länge, 19,9 m Breite und 15,5 m Höhe und besteht aus einem Mittelbau und zwei gleichen Flügeln, die getrennt die Anlagen der N.O.K. und des E.W.Z. aufnehmen. Jeder Partner verfügt über Transformatoren, Ölschalter und Sammelschienen, die die verschiedensten Kombinationen gestatten. Die beiden Generatoren Siebnen des E.W.Z. arbeiten auf zwei 8,8/50 kV-Transformatoren von je 16500 kVA. Von den 50 kV-Sammelschienen kann die

Energie mit zwei 50/150 kV-Transformatoren von je 16500 kVA nach Bedarf auf Höchstspannung auftransformiert werden.

Die Schaltanlage in Siebnen hat den Zweck, die in den Zentralen Rempen und Siebnen erzeugte elektrische Energie aufzunehmen und den verschiedenen Netzteilen der beteiligten Unternehmen N.O.K. und E.W.Z. zuzuführen. Für den Betrieb der Schaltanlage ist keine ständige Wartung vorgesehen, aber die laufende Überwachung des Betriebes ist in einer besondern Kommandostelle zusammengefaßt. Hier sind alle Kontrollinstrumente und Zähler vereinigt und von hier aus gehen die geistigen Verbindungen (Telephon und Rapporte) zu den Oberbetriebsleitungen der N.O.K. und des E.W.Z. Der Kommandoraum stellt schon in seinem Grundriß die Konstitution der A.G. Kraftwerk Wäggital dar; mittendurch läuft die Hoheitsgrenze zwischen N.O.K. und E.W.Z., und doch bedient das gleiche Personal die gesamten Anlagen. Während Rempen mit seiner Pumpenanlage den Wasserhaushalt regelt, ist Siebnen die Zentralstelle des elektrischen Betriebes.

Die Konstitution der A.G. Kraftwerk Wäggital mit zwei völlig gleichberechtigten Partnern ergibt einfache Betriebsverhältnisse, sofern besondere Einrichtungen und Anordnungen die gegenseitige Abrechnung erleichtern. Die jedem Partner zukommende elektrische Arbeit wird im Kontokorrent in Metertonnen belastet, dem Produkt aus jeweils nutzbarem Gefälle in m und verbrauchtem Wasser in m^3. Das in den Stausee zurückgepumpte Wasser wird gutgeschrieben.

Die Schaltanlage Siebnen wurde zum Schaltpunkt der E.W.Z.-Fernleitungen ausgebildet. Von Süden her sind die beiden Albulaleitungen eingeführt und nach Norden gehen die zwei Fernleitungen über Sihltal und Glattal nach Zürich. Eine 150 kV-Großkraftleitung wurde bis nach Rathausen erstellt, einem Knotenpunkt des Landesnetzes mit Anschluß an die Westschweiz und an die große Nord-Süd-Verbindung der Gotthardleitung. (Vergleiche den Plan «Fernleitungen des E.W.Z.» nach Seite 64.)

Die Baukosten des Wäggitalwerkes betrugen entgegen dem Voranschlag von 94 nur rund 80 Millionen Franken. Davon entfielen auf:

Konzessionen, Landerwerb, Bauvorbereitungen	Fr.	8 993 000
Kraftwerk, obere Stufe	»	37 202 000
» untere Stufe	»	18 391 000
Bauleitung, Bauzinsen usw.	»	15 401 000
Zusammen	Fr.	79 987 000

Die Entwicklung des Wäggitalwerkes im ersten Dezennium seines Bestehens geht aus folgender Aufstellung aus der Kapital- und Betriebsrechnung hervor.

Kapital- und Betriebsrechnung der Wäggital A.-G.

Geschäfts-Jahre	Bauwert der Anlagen 1000 Fr.	Erneuerungsfonds 1000 Fr.	Amortisationsfonds 1000 Fr.	Energieerzeugung Mill. kWh	Jahreskosten 1000 Fr.
1926/27	77 750	776	24	124,9	6 663
1927/28	77 922	1 565	49	124,2	6 672
1928/29	78 143	2 393	76	137,4	6 869
1929/30	76 947	3 262	103	99,1	7 008
1930/31	77 325	4 176	133	129,4	6 845
1931/32	77 853	5 134	163	142,5	6 912
1932/33	77 965	6 141	195	107,6	5 631[1])
1933/34	78 010	7 198	229	119,9	5 663
1934/35	78 058	8 308	265	97,1	5 573
1935/36	78 077	9 473	302	125,6	5 349

[1]) 1932/33 wurde die Verzinsung des Aktienkapitals von 40 Millionen Franken von 7% auf 5% herabgesetzt.

Der Amortisationsfonds, der durch die jährliche Einlage von Fr. 24 000 gespeist und zu 5 Prozent verzinst wird, soll bis zum Ablauf der Konzession, wenn diese seinerzeit, wie vorgesehen, auf 100 Jahre verlängert wird, die Summe von rund 63 Millionen Franken erreichen, aus der dann die dem Heimfallrecht unterliegenden Anlagen abgeschrieben werden können.

Als typisches Winter- und Spitzenkraftwerk hat das Wäggitalwerk seine Energieproduktion der Wasserführung der andern Kraftwerke anzupassen, was die außerordentlich großen Schwankungen der Stromerzeugung von Jahr zu Jahr erklärt. Die Jahreskosten 1935/36 setzten sich zusammen aus: Betrieb und Unterhalt der Anlagen Fr. 370 000, Generalunkosten Fr. 355 000, Fondseinlagen und Abschreibungen an Materialvorräten und Mobilien Fr. 897 000, Verzinsung fremder Gelder Fr. 1 766 000, Verzinsung des Grundkapitals (Dividende zu 5 Prozent) Fr. 2 000 000, was insgesamt Fr. 5 388 000 ergibt. Diesem Betrag standen die Zahlungen der beiden Partner in Höhe von Fr. 5 349 000 gemäß dem Gesellschaftsvertrag sowie andere Einnahmen von Fr. 39 000 gegenüber.

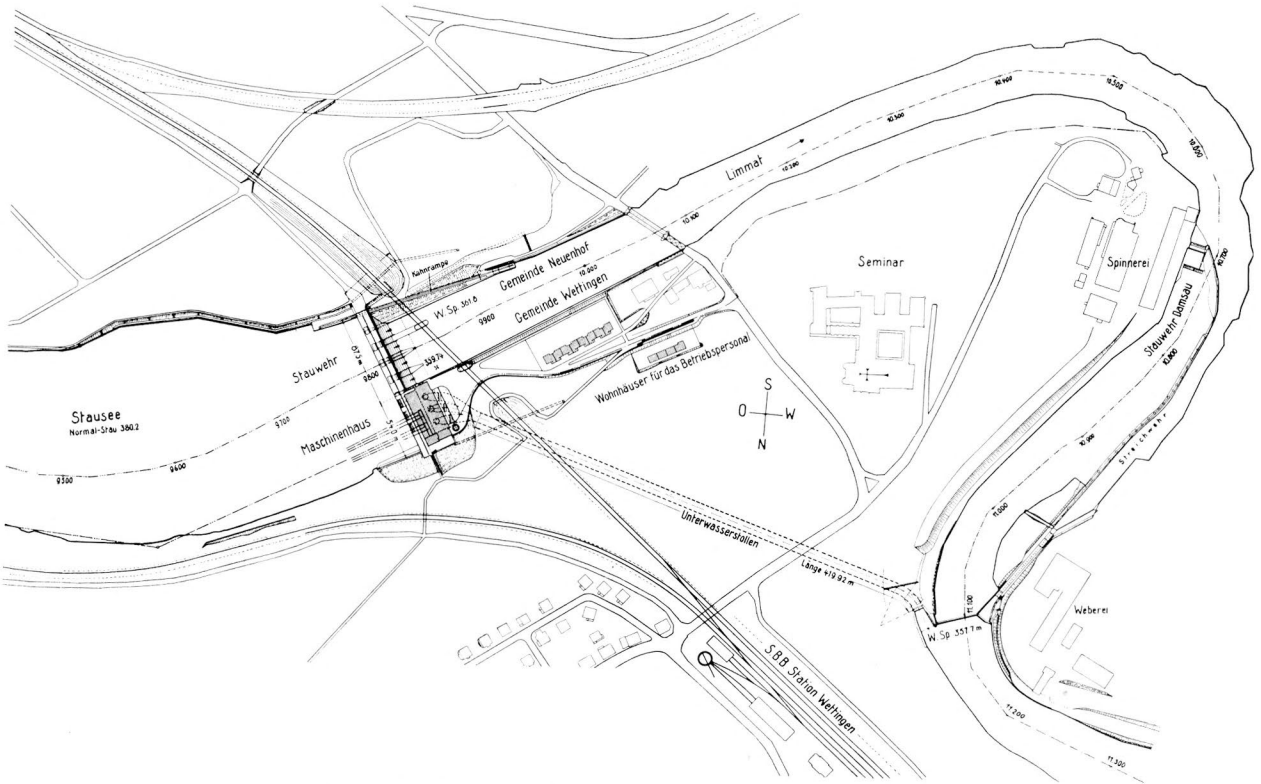
DAS LIMMATWERK

Als die Stadt Zürich angesichts des fortwährend rasch ansteigenden Stromverbrauches sich bereits vor der Vollendung des Wäggitalwerkes nach neuen Energiequellen umsah, standen in erster Linie der Ausbau des Albulawerks, daneben die Ausnutzung der Wasserkräfte der Julia und des Hinterrheins, der Gefällstufen der Limmat, der Reuß, der Aare und des Rheins zur Diskussion. Nachdem die Firma Locher & Cie. Ende August 1925 bei den Regierungen des Kantons Zürich und des Aargaus ein Konzessionsbegehren für die Verwertungs der Limmatwasserkraft auf der Stufe Dietikon–Wettingen eingereicht hatte, schloß die Stadt Zürich im Dezember gleichen Jahres mit dieser Firma einen Vertrag, übernahm das gesamte Studienmaterial und trat selber mit den beiden beteiligten Kantonen in Konzessionsverhandlungen ein.

Das Projekt Locher sah vor, in Wettingen unterhalb der obern Eisenbahnbrücke die Limmat durch ein Wehr bis zur Reppischmündung zu stauen, das Maschinenhaus unmittelbar neben dem Stauwehr zu errichten und das Unterwasser durch einen Stollen abzuleiten, um auf diese Art gleichzeitig noch das Gefälle der Limmatschleife auszunützen. Die allgemeine Disposition der Anlage blieb bei der Ausführung unverändert; das ursprüngliche Projekt wurde aber umgestaltet. Mit Rücksicht auf die vorkommenden Hochwasser mußte die Durchlaßfähigkeit des Wehres beträchtlich erhöht werden; das Wehr wurde oberhalb statt unterhalb der Eisenbahnbrücke erstellt. In der Folge gelangte man zu drei statt vier Zwischenpfeilern des Wehrs und die Zahl der Maschinenaggregate wurde reduziert von ursprünglich fünf und dann vier auf nunmehr drei.

Die Kantone Aargau und Zürich erteilten am 1. Januar 1930 der Stadt Zürich die begehrte Konzession, und da damals die Ausarbeitung der endgültigen Projekte bereits weit vorangeschritten war, konnte der Stadtrat schon am 1. Februar 1930 dem Großen Stadtrat den Antrag stellen, das Limmatwerk zu bauen, und am 26. Mai den Stimmberechtigten eine Kreditbewilligung von 20,5 Millionen Franken beantragen. Mit 24 034 Ja gegen 1202 Nein wurde die Zustimmung des Souveräns erteilt.

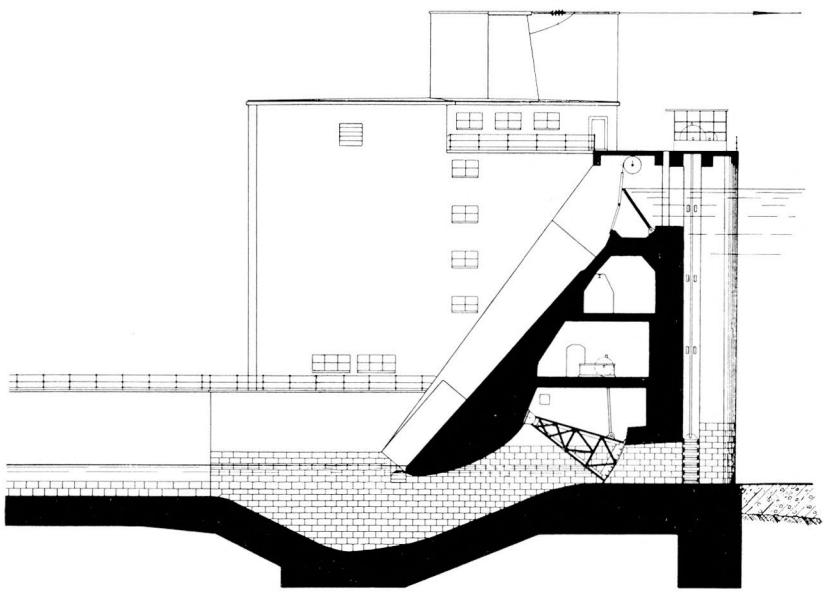
Für die Beaufsichtigung der Ausführung des Werkes blieb eine vom Stadtrat bestellte fünfgliedrige Baukommission, welche schon die Projekte begutachtet hatte, bestehen.



LIMMATWERK WETTINGEN — SITUATIONSPLAN

Mit der Einrichtung der Baustelle begannen die ausführenden Firmen am 24. Juni, mit den eigentlichen Bauarbeiten Anfang August 1930. Im Oktober 1932 waren zwei Maschinengruppen betriebsbereit, im November begann der Aufstau der Limmat, Mitte Dezember war die dritte Maschineneinheit aufgestellt und am 19. Januar 1933 wurde die erste Einheit und damit das Limmatwerk in Betrieb genommen. Erst nach Durchführung verschiedener Sicherungsarbeiten (Grundwasserableitung unterhalb des Kraftwerkes Wettingen in der Aue Baden) konnte der Stau allmählich erhöht werden, bis am 2. Mai die konzessionsgemäße Kote 380,24 erreicht war.

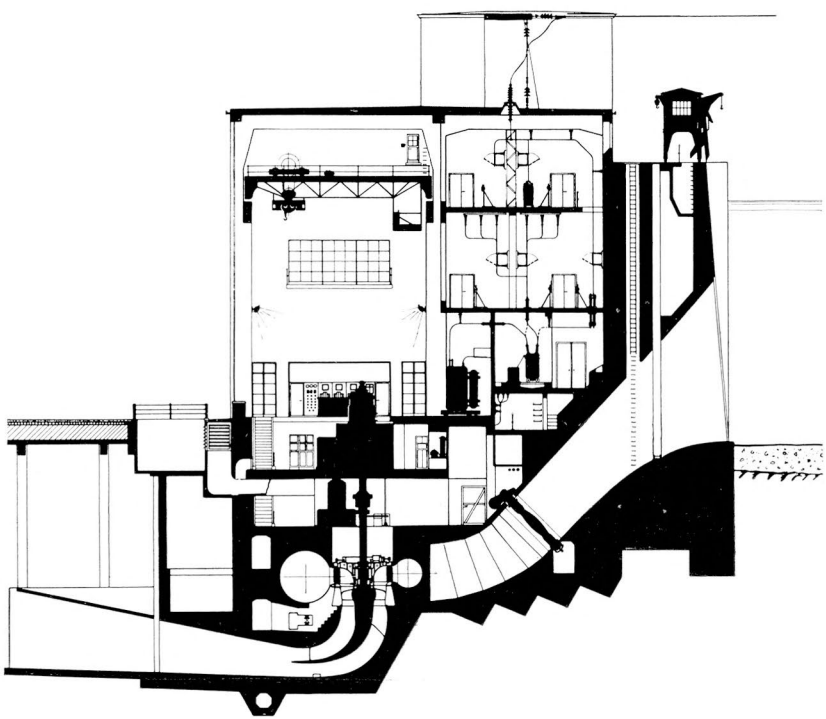
Als Hauptteile des fertigen Kraftwerkes sind zu unterscheiden: die Wehranlage, das Maschinenhaus, der Unterwasserstollen, die elektromechanischen Anlagen und schließlich die Fernleitung nach Zürich.



LIMMATWERK WETTINGEN — SCHNITT DURCH DAS STAUWEHR

Die Wehranlage ist insgesamt, zwischen den Widerlagern gemessen, 59 m breit und von der Flußsohle bis zur Oberkante 22 m hoch. Sie wurde auf Fels fundiert und besteht nebst den zwei Wider-

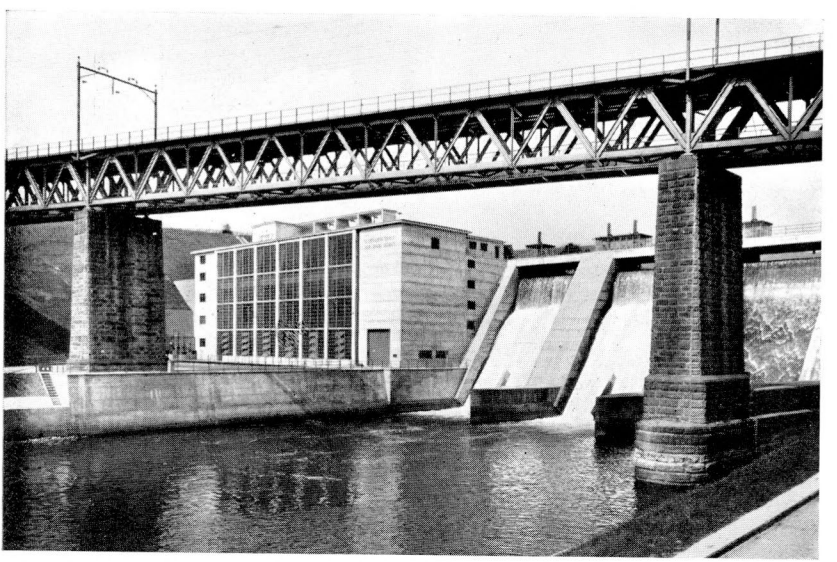
lagerpfeilern aus drei je 5 m breiten Mittelpfeilern und vier Wehröffnungen von je 11 m Breite. Die Wehrpfeiler, deren Fundamente mehrere Meter unter die Flußsohle reichen, bilden kräftige, massive Betonklötze, während die Zwischenkonstruktionen Hohlkörper darstellen, in deren Innerem die Windwerke für die Segmentschützen der Grundablässe untergebracht sind. Jede Wehröffnung besitzt einen Grundablaß und einen mit automatischer Stauklappe versehenen Überlauf. Dieser hat den Zweck, den Oberwasserspiegel dauernd auf der in der Konzession vorgeschriebenen Kote zu halten. Die Grundablässe werden bei größeren Hochwassern geöffnet, wenn die Überfälle nicht mehr genügen, um die überschüssige Wassermenge abzuführen, daß heißt wenn der Zufluß größer ist als die maximale Betriebswassermenge (120 m^3 in der Sekunde) und die Leistung der Überfälle (266 m^3) zusammen.



LIMMATWERK WETTINGEN — MASCHINENHAUS, SCHNITT

Das Maschinenhaus wurde als geradlinige Fortsetzung des Stauwehrs in die hohe rechtsseitige Uferböschung hineingebaut. Es ist ein 53 m langes, 32 m breites und 36 m hohes Bauwerk, dessen Vorderfront die mächtige Glasfensterwand des Maschinensaals einnimmt und dessen rückwärtige, dem Stausee zugelegene Seite vom Einlaufbauwerk gebildet wird. Dieses läßt das gestaute Wasser der Limmat durch drei rechteckige Öffnungen von 10,5 × 7,0 m, die mit Rechen versehen sind und sich allmählich auf kreisrunde Durchlässe von 3,6 m Durchmesser verengern, nach den Turbinen gelangen. Durch Drosselklappen können die Zuleitungsrohre, durch Dammbalken auch die Einläufe verschlossen werden.

Nachdem das Betriebswasser in den Turbinen gearbeitet hat, gelangt es durch Ausläufe, welche mittels großer Gleitschützen abgeschlossen werden können, in den Unterwasserstollen, der unterhalb der Limmatschleife in der Damsau wieder ins Flußbett ausmündet. Der Stollen ist rund 400 m lang, besitzt ungefähr kreisrunden Querschnitt von 54 m² Durchflußfläche und ist in 25 bis 30 m Tiefe durch Felsen vorgetrieben und ausbetoniert worden.



LIMMATWERK WETTINGEN — ANSICHT VON DER UNTERWASSERSEITE

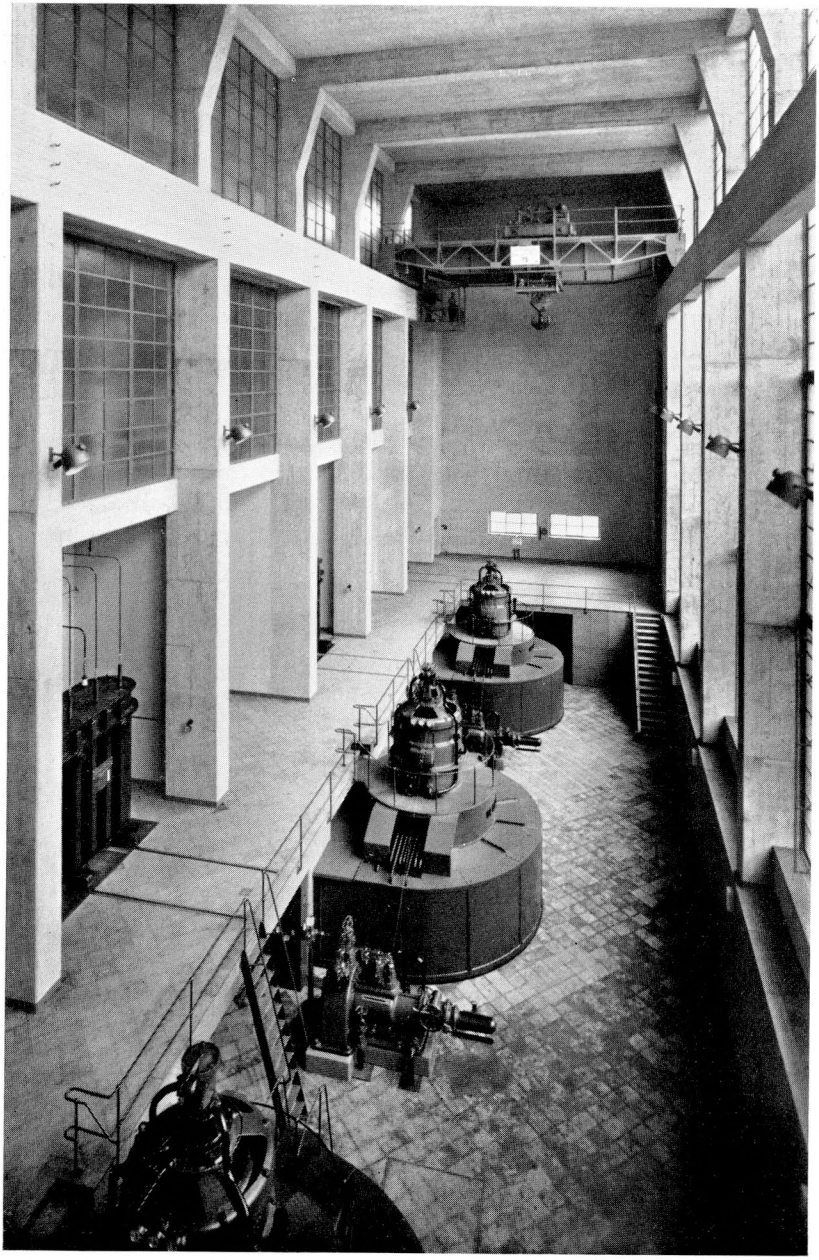
Die drei Turbinen sind berechnet für ein Gefälle von 21,16 bis 23,21 m, eine Wassermenge von 40 m^3 in der Sekunde, 214 Umdrehungen in der Minute und eine Leistung von 9660 bis 10700 PS per Einheit. Sie waren die ersten für ein so hohes Gefälle ausgeführten Kaplanturbinen. Die Laufräder haben je sechs Flügel, welche im Betrieb durch eine in der hohlen Welle eingebaute Regulierspindel verstellt werden können. Die Turbinen werden damit der vorhandenen Wassermenge angepaßt und diese so am besten ausgenützt. Die eisernen Spiralrohre sind vollständig einbetoniert. Die Drosselklappen von 3,9 m Durchmesser haben jede das respektable Gewicht von 27 Tonnen. Für ihre Bedienung wie für die Einstellung der Leitschaufeln und der Flügel der Laufräder sind Öldruckanlagen vorhanden.

Die drei Generatoren sind mit den vertikalachsigen Turbinen direkt gekuppelte Dreiphasen-Wechselstrommaschinen, berechnet für eine Leistung von 10000 kVA, 6400 Volt und 50 Perioden in der Sekunde. Die rotierenden Teile der Generatoren — die Rotoren — haben zusammen mit der Welle und dem Turbinenlaufrad ein Gewicht von je 55 Tonnen. Die sie tragenden Spurlager sind für einen Druck von 210 Tonnen berechnet, um dem Gewicht der rotierenden Maschinenteile und der hydraulischen Reaktion auf das Turbinenlaufrad gewachsen zu sein. Die Erregermaschine ist jeweilen ebenfalls direkt auf der Welle aufgebaut.

Die drei Transformatoren von je 10000 kVA erhöhen die Maschinenspannung auf 50000 V. Sie sind in offenen Nischen im Maschinensaal aufgestellt; je ein Generator und ein Transformator sind zu einer Betriebseinheit zusammengeschaltet.

Die Schaltanlage befindet sich unmittelbar hinter dem Maschinensaal, zwischen diesem und dem Einlaufbauwerk. Sie umfaßt die 50 kV-Ölschalter für drei Maschinen und zwei abgehende Fernleitungen, die Doppelsammelschienen, Stromwandler und Spannungswandler.

Die Energieübertragung nach Zürich erfolgt auf zwei getrennten Freileitungen, von denen die eine durch das Limmattal zur Unterstation Schlachthof und die andere durch das Furttal und über Oerlikon zur Unterstation Guggach geführt ist. Beide Leitungen bestehen aus je drei Kupferseilen von 120 mm^2 auf Masten mit großen Spannweiten. Die Träger bestehen bei der einen Leitung aus Rohrmasten, bei der andern aus Betonmasten. Die Furttalleitung wird später in das neue Unterwerk Oerlikon eingeführt.



LIMMATWERK WETTINGEN — MASCHINENSAAL

Die Baukosten des Limmatwerkes Wettingen blieben unter dem genehmigten Kredit von 20,5 Millionen; sie betrugen:

für die baulichen Anlagen	Fr. 14 087 000.—
für die elektromechanischen Anlagen .	» 5 288 000.—
insgesamt	Fr. 19 375 000.—

Verteilungsanlagen

Das System der Energieverteilung im Gebiete der Stadt Zürich ist gegeben durch die geschichtliche Entwicklung und nur aus dieser verständlich. Die gewaltige technische Entwicklung spiegelt sich naturgemäß im gesamten Aufbau der Verteilungsanlagen wider, und wenn sie vorerst eine Reihe von Komplikationen brachte, wird sie nun in Zukunft immer mehr zur Einfachheit zurück führen.

Im Jahre 1891 erregte die Hochspannungsübertragung Lauffen–Frankfurt a. M. das Interesse der Technikerschaft und die Aufmerksamkeit der Laien. Die Maschinenfabrik Oerlikon war an deren Verwirklichung hervorragend beteiligt und ihr Projekt für die Elektrizitätsversorgung in Zürich wurde zur Ausführung gewählt. Damit waren zwei Grundlagen gegeben: der Anschluß an das Pumpwerk der Wasserversorgung im Letten und die Wahl von Einphasen-Wechselstrom für die Verteilung und damit die Möglichkeit der Transformierung.

Der Hauptverteilpunkt für die Hochspannungs-Zuleitungen vom Letten nach der Stadt wurde in das ehemalige «Ankenwaaghäuschen» beim Rüden im Zentrum des alten Zürich gelegt. Für die Transformatorenhäuschen wurden die Standorte und die äußere Form (Plakatsäulen) bestimmt; sie sollten auf «Reichsboden» aufgestellt werden. Alte Tradition und neueste Gebilde der Technik erscheinen eng miteinander verbunden. Grundsätzlich wurde der Anschluß der öffentlichen Bogenlichtbeleuchtung an das allgemeine Wechselstrom-Leitungsnetz beschlossen und durch Unterdrückung einer besondern Gleichstrominstallation die Maschinenanlage im Letten vereinfacht. Diese sollte für 7000 Lampen genügen. Für die Hochspannung führenden Primärleitungen kamen Kabel mit zwei konzentrisch angeordneten Leitern zur Verwendung mit zwei Bleimänteln und asphaltierter Juteumhüllung. Für die Sekundär-

leitungen, die niedergespannten Strom in die Häuser führen sollten, wurden dagegen je drei einzelne Einleiterkabel gewählt (Dreileitersystem). Zum Schutze gegen mechanische Beschädigungen wurden alle Kabel in zweiteilige, mit Sand gefüllte Kanäle aus hartgebranntem Ton verlegt.

Die Primär-Hauptkabel wurden für die Speisung von 7000 Lampen von 16 Kerzen bemessen, weitere Verteilkabel wurden mitverlegt, so daß die Anlage für im ganzen 12000 Lampen vorbereitet war. Die 8 Transformatorenstationen mit 16 Transformatoren von je 20000 Watt leisteten zusammen 320 Kilowatt. Die Sekundärkabel genügten für 10000 Lampen. Bahnhofstraße, Paradeplatz und Münsterhof sollten mit 16 Bogenlichtlampen über der Straßenmitte und 24 Seitenlampen beleuchtet werden.

Die charakteristischen technischen Daten des Verteilsystems waren festgelegt:

Einphasen-Wechselstrom	primär	2000 Volt
Transformierung	2000 auf	2 × 100 Volt
Wechselstrom-Dreileiterverteilung . .	sekundär	2 × 100 Volt

Die damaligen Leiter des Unternehmens (Ingenieur Wyßling) hatten in der Wahl der technischen Mittel eine denkbar 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 jahrzehntelang und das Dreileiterverteilsystem (2 Außenleiter und 1 Mittelleiter) hat sich nicht nur theoretisch als rationell, sondern auch praktisch als zweckmäßig erwiesen.

Ursprünglich rechnete man, daß die für 10000 Glühlampen zu 16 Normalkerzen gebaute Anlage erst im Jahre 1900 voll ausgenützt sein würde; die Entwicklung nahm aber einen viel raschern Verlauf. Eine neue Epoche begann mit der Betriebsaufnahme der ersten elektrischen Straßenbahn, Bellevue–Burgwies (1894). In die Jahre 1896 bis 1898 fiel die Elektrifizierung des «Rößlitrams» und die Vereinigung der verschiedenen Straßenbahnlinien unter städtischer Verwaltung.

Da vom Lettenwerk nur die Straßenbahnlinien des Industriequartiers und nach Höngg gespeist werden konnten, wurde 1898 im Selnau eine besondere Straßenbahn-Umformerstation erstellt. Die Energie wurde als hochgespannter Drehstrom von 2000 V zugeführt. Drei rotierende Umformergruppen von je 200 kW erzeugten den für

den Straßenbahnbetrieb nötigen Gleichstrom von 550 Volt. Im Jahre 1903 wurde eine zweite solche Station an der Promenadengasse erstellt, und im Jahre 1910 das Lettenwerk durch zwei Tram-Umformer ergänzt. Damit war das System für die Versorgung der Straßenbahn gegeben mit 550 Volt Gleichstrom ab besondern Umformern mit Puffer- und Reservebatterien.

Bis zum Jahre 1902 hatte das Wechselstrom-Lichtnetz folgende Ausdehnung erreicht:

84 km Primärkabel	2000 Volt
78 Transformatorenstationen mit 107 Transformatoren von zusammen etwa	2300 kW
264 km Sekundärkabel	2 × 100 Volt

Die elektrische Energie hatte bis dahin fast nur als Lichtquelle und für den Betrieb der Straßenbahnen Verwendung gefunden. Nun wurde sie aber immer mehr für Kraftzwecke, zum Antrieb von Motoren, verlangt. Nach Sicherung einer Kraftquote von 2500 kW aus dem Kraftwerk Beznau an der Aare wurde die Erstellung eines besondern Kraftnetzes unternommen, das die Elektromotoren privater Betriebe bedienen sollte. Der Bau erfolgte in den Jahren 1902 bis 1904. Als Verteilsystem wurde gewählt:

Dreiphasen-Wechselstrom	primär	6000 Volt
Transformatoren	6000 auf	3 × 500 Volt
Dreiphasen(Drehstrom)-Verteilung . .	sekundär	3 × 500 Volt

Motoren über 5 kW mußten allmählich an das Kraftnetz angeschlossen werden, nur kleinere Motoren und Apparate durften am Lichtnetz bleiben. Bis zum Jahre 1905 erreichte das Kraftnetz folgende Ausdehnung:

29 km Primärkabel	6000 Volt
9 Transformatorenstationen mit 21 Transformatoren von zusammen	4300 kW
110 km Sekundärkabel	3 × 500 Volt

Damit waren die beiden typischen Verteilanlagen geschaffen:

Wechselstrom-Lichtnetz	2 × 100 Volt
Drehstrom-Kraftnetz	3 × 500 Volt

mit einer tariftechnisch weitgehenden Scheidung in Lichtstrom und Kraftstrom.

Der Ausbau vom reinen Lichtnetz zur allgemeinen Versorgung mit Licht, Kraft und Wärme für alle Bedürfnisse von Haushalt, Geschäftsbetrieben, Gewerbe, Industrie und Verkehrsunternehmungen brachte immer neue Elemente in die technische Ausgestaltung der Verteilanlagen. Lichtnetz, Kraftnetz und Einheitsnetz, Straßenbahn-Umformerstationen, Beleuchtungs-Umformerstationen und Haupttransformatorenstationen sind nur ein paar Begriffe aus dem Rüstzeug des E.W.Z. Sie sind zum Teil schon vorgestellt worden, zum Teil treten sie nun neu in Erscheinung.

Der Energiebezug von außen machte schon im Jahre 1903 den Bau einer Haupttransformatorenstation im Guggach und anschließend im Albishof mit Verbindungsleitung (Ringleitung) notwendig, um die ankommende Energie von 25000 Volt auf 6000 Volt abzutransformieren.

Der Übergang zur Fernversorgung aus eigenen Wasserkräften (Albulawerk) erforderte neue Vorkehrungen für die Sicherung der Energiezuleitung, die Verteilung in der ganzen Stadt und die ungestörte Versorgung aller Abnehmer.

Die Fernleitung Sils–Zürich wurde in zwei selbständigen Freileitungen mit je zwei Drehstromsträngen angelegt. Auf der Strecke Sils–Bilten liegen sie wohl auf getrennter Trasse, aber im gleichen Tal mit größerm oder kleinerm Abstand voneinander. Von Bilten aus zieht die Leitung A durch das Zürichseetal, die Leitung B durch das Glattal. Wie eine Bahnlinie, sollten sie regelmäßig begangen und dauernd überwacht werden; daher wurden in Chur, Ragaz, Unterterzen, Bilten und Rüti bediente Schaltstationen eingebaut mit Wohnungen für je zwei Wärter und Einrichtungen zur Trennung der Strecken und zur Zusammenschaltung unter sich. In Samstagern und Rüti befanden sich Wärterhäuser und in Zürich wurden die beiden Fernleitungen A und B verbunden durch die am Stadtrand verlaufende Ringleitung. Die Unterstationen des ersten Teilstücks, Guggach und Albishof, wurden im Jahre 1909 von 25000 V auf 45000 Volt umgebaut; dazwischen wurde eine neue Station, Schlachthof, erstellt und am Ende der verlängerten Ringleitung die neue Station Frohalp. Damit waren die großen Fernleitungen Sils–Zürich auf beiden Seiten der Stadt, im Guggach und in der Frohalp, an die neu geschaffenen Verteilanlagen angeschlossen. In den vier Haupttransformatorenstationen an der Peripherie der damaligen Siedelung wurde die vom Albulawerk kommende elektrische Energie von 40000 V auf 6000 V umgespannt.

Von diesen vier Speisepunkten an der Peripherie aus durchzog ein immer wichtiger werdendes 6000 V-Hochspannungsnetz das Stadtgebiet. Es versorgte die Umformerstationen und die Transformatorenstationen des Kraftnetzes, sowie einzelne Großbezüger mit elektrischer Energie.

Das nicht einfache Problem, die Betriebsunterbrechungen der Fernleitung vom Energiebezüger in der Stadt fernzuhalten, wurde gelöst durch Aufstellung rotierender Umformer, zusammengesetzt je aus folgenden drei Maschinen auf gemeinsamer Welle:

1 Drehstrom-Motor	6000 V	2000 PS
1 Einphasenwechselstrom-Generator . .	2000 V	1500 kW
1 Gleichstrom-Maschine	550 V	2000 PS

Dazu kommen mächtige Akkumulatorenbatterien. Bei ungestörtem Betrieb treibt der von der Fernleitung (50000 Volt) über eine Haupttransformatorenstation mit Drehstrom von 6000 Volt gespeiste Motor den das 2000 V-Primärlichtnetz versorgenden Einphasengenerator sowie die leer mitlaufende Gleichstrommaschine. Bleibt im Falle einer Störung der 6000 V-Drehstrom aus, so springt letztere ohne weiteres als Motor ein und hält die Gruppe in Rotation, indem sie die Antriebsenergie aus den Batterien entnimmt. Ein Stromunterbruch auf der Fernleitung überträgt sich also nicht auf das Lichtnetz; die aus Gleichstrommaschine und Bleiakkumulatoren bestehende Momentanreserve ist jederzeit betriebsbereit. Nur Defekte an den Verteilkabeln und Transformatoren in der Stadt selbst bringen ein Aussetzen der Energielieferung im Lichtnetz; damit wird dieses auf ein Minimum reduziert und zudem auf einzelne Stationen oder gar nur einzelne Kabel lokalisiert. In den Zeiten schwacher Belastung werden die Akkumulatoren durch die nun als Generator arbeitende Gleichstrommaschine wieder aufgeladen.

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

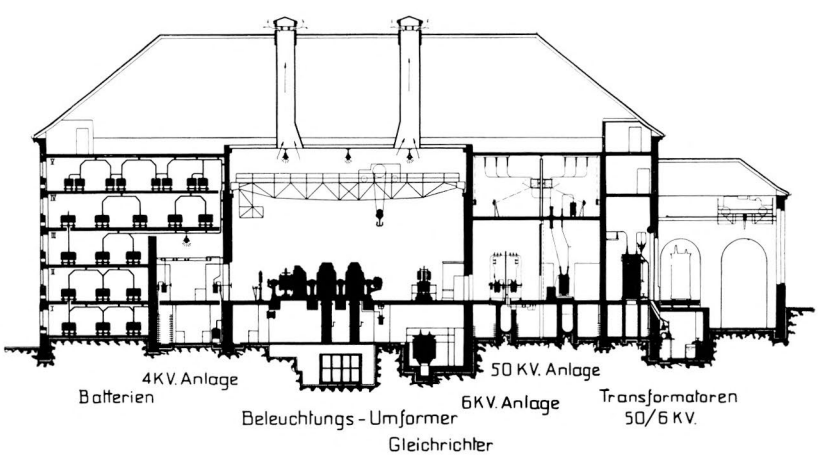
Charakteristisch für den Endzustand der ersten Etappe war die 50 kV-Ringleitung an der Peripherie der damaligen Stadt mit den vier Haupttransformatorenstationen. Von dort aus wurden das 6000 V-Hochspannungsnetz und die großen Umformerstationen für Beleuchtung und Straßenbahn versorgt. So waren die Unterstationen Albishof–Selnau und Guggach–Letten zusammengespannt als Lieferant und Konsument und der Energiefluß ging also von der Stadtgrenze nach dem Stadtzentrum. Im Stadtgebiet übernahm das Wechselstrom-Lichtnetz und das Drehstrom-Kraftnetz die Bedienung der einzelnen Abnehmer mit den Gebrauchsspannungen 2×110 V (2 Phasen- + 1 Mittelleiter) und 3×500 V (3 Phasenleiter). Das eine Netz wurde beliefert von den 2000 V-Kabeln und Umformern, das andere von den 6000 V-Kabeln und Haupttransformatoren. Zwischen den Hochspannungsnetzen und den Niederspannungsnetzen liegen die über das ganze Stadtgebiet verteilten örtlichen Transformatorenstationen für 2000/110 Volt und 6000/500 Volt.

Als die städtische Siedelung vom Jahre 1925 an eine ganz außerordentliche Entwicklung nahm, zeigte sich den verantwortlichen Technikern des E.W.Z. bald, daß mit den bisherigen Mitteln der Energieverteilung nicht mehr auszukommen war, ohne einen unverhältnismäßig großen Geldaufwand. Grundlegende Neuerungen, die aber auf die in den bestehenden Anlagen liegenden großen Werte Rücksicht nahmen, wurden von Direktor W. Trüb vorgeschlagen, von Experten überprüft und von den Behörden im Jahre 1929 genehmigt.

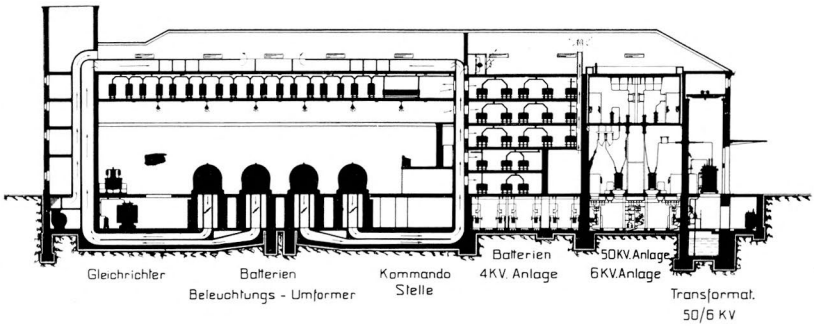
Für die zweite Etappe, deren technischer Ausbau in den nächsten Jahren zum Abschluß kommt, ist folgendes charakteristisch. Der Bereich der zwei getrennt verlegten Netze für Licht (2000 und 110 Volt) und Kraft (6000 und 500 Volt) wird beschränkt auf das Stadtinnere; die Umformerstationen mit ihren Batteriereserven werden reserviert für die sichere Versorgung der Geschäftsquartiere. In den Außengebieten wird ein Einheitsnetz geschaffen im Vierleitersystem, das alles abgeben kann: Licht, Kraft und Wärme. Die Gebrauchsspannung wird erhöht auf die schweizerische Normalspannung von 220 Volt. Das Einheitsnetz wird direkt aus dem 6000 V-Hochspannungs-Verteilnetz gespeist und liefert aus seinen örtlich verteilten Transformatorenstationen $3 \times 380/220$ Volt (3 Phasen- + 1 Nulleiter). Mit der höhern Spannung von 380 V wird die elektrische Energie rationell zugeleitet und die Normalspannung von 220 V steht durch den Nulleiter überall zur Verfügung für Beleuch-

tung und Kleinapparate. Die Fernleitungen von den Kraftwerken her werden durch 50 kV-Kabel direkt in die in den Konsumzentren liegenden Unterwerke geführt und durch die Verbindungen Selnau–Letten–Schlachthof und Selnau–Drahtzug sowie Letten–Oerlikon zusammengeschaltet. Die Sicherheit der Versorgung steigt durch diese Maßnahme und die Energieverluste werden herabgesetzt. Der Energiefluß geht nun im Gegensatz zu früher von den Belastungszentren im Stadtinnern nach den weniger konsumierenden Außengebieten. Die Verbindungen Selnau–Albishof und Letten–Guggach wirken umgekehrt: die Unterwerke Selnau und Letten liefern und die Unterstationen Albishof und Guggach nehmen auf und verteilen. Die großen Unterwerke werden nicht mehr mit 6000 V, sondern mit 50000 V versorgt und unter einem Dach sind nun 50 kV-Anlagen mit den Haupttransformatoren 50/6 kV, Beleuchtungsumformer mit den Akkumulatorenbatterien, Straßenbahngleichrichter sowie örtliche Transformatorenstationen für Licht und Kraft untergebracht. (Vergleiche den Plan «50000 Volt-Netz des E.W.Z. in Zürich» nach Seite 64.)

Im Unterwerk Drahtzug wurde diese neue Kombination zum erstenmal verwirklicht. Das seither völlig umgebaute Unterwerk Selnau vereinigt die frühern dortigen Anlagen: Licht-Umformerstation und Tram-Umformerstation sowie die Haupttransformatorenstation Albishof in sich.



UNTERWERK DRAHTZUG — LÄNGSSCHNITT

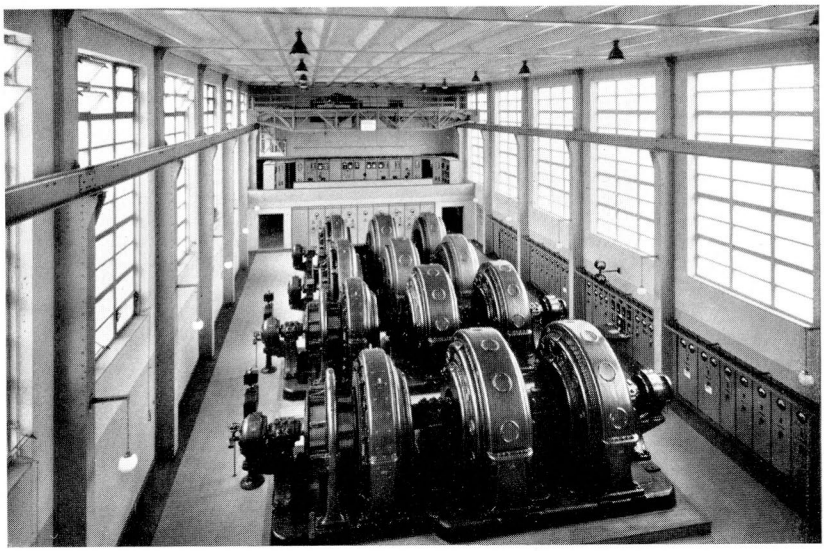


UNTERWERK SELNAU — LÄNGSSCHNITT

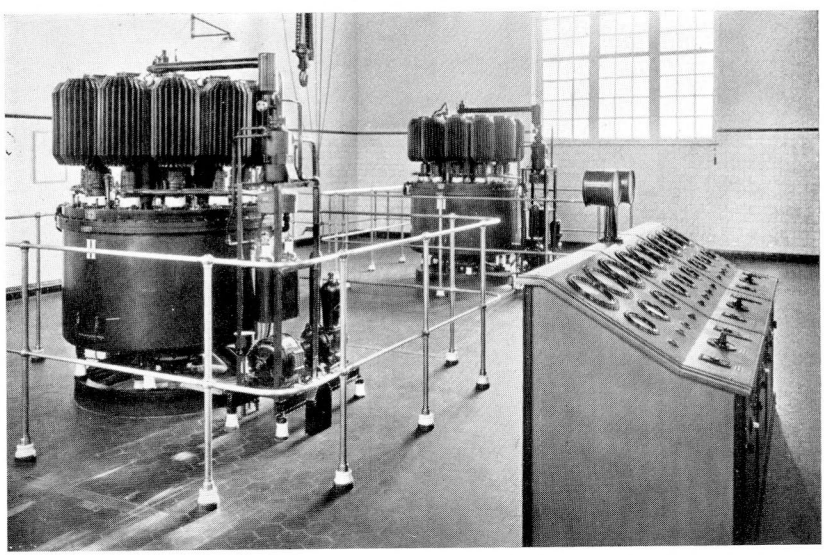
Zurzeit ist das neue Unterwerk Letten im Bau, das ebenfalls drei alte Stationen ersetzt: Alt-Letten, Umformerstation Letten und Haupttransformatorenstation Guggach. Bei diesem Projekt wurde die Neuordnung noch weitgehender verwirklicht. Die Umformergruppen und Reservebatterien wurden vollständig unterdrückt und auch die Energie für das alte 2000 V-Lichtnetz wird nicht mehr ab Umformern, sondern ab Transformatoren 6000/2000 V geliefert. Wenn Neu-Letten so die letzten Vereinfachungen zeigen wird, so bringt es anderseits wertvolle Kombinationen für einen rationellen Betrieb: von der gleichen Kommandostelle aus werden das eigentliche Unterwerk mit den Transformatoren- und Schaltanlagen, das kommende neue Wasserkraftwerk mit seinen zwei Turbinengeneratoren und die Pumpenanlagen der Wasserversorgung überwacht. Das Unterwerk Letten wird auch zum großen Knotenpunkt der 50 kV-Kabel und Fernleitungen werden.

Ein viertes Unterwerk wird in wenigen Jahren in Oerlikon erstellt werden müssen. Dort wird zum erstenmal eine Freiluftanlage in Frage kommen und die Aufstellung von Umformern und Reservebatterien kann ebenfalls unterbleiben. Dieses letzte Unterwerk soll der rationellen Versorgung der neuen Stadtteile im Glattal dienen. Die Eingemeindung ließ es überdies vorteilhaft erscheinen, die äußern Stadtgebiete nicht mehr mit 6000 V, sondern mit 11000 V Mittelspannung zu versorgen. Im Stadtinnern wird das Hochspannungs-Lichtnetz von 2000 V auf 4000 V umgebaut und so dessen Leistungsfähigkeit vervielfacht.

So sind nun die vier Unterwerke Drahtzug, Selnau, Letten, Oerlikon die wichtigsten Stützpunkte der Elektrizitätsversorgung



UNTERWERK SELNAU — UMFORMERGRUPPEN



GLEICHRICHTERSTATION HOHE PROMENADE

des Stadtgebietes. Sie umfassen die 50/6 kV (50/11 kV)-Transformatoren, Umformer oder Transformatoren für das Wechselstrom-Lichtnetz, die Schaltanlagen für 6000 V (11000 V) und 2000 V (4000 V) und die Gleichrichter für den Straßenbahnbetrieb. Unter sich und mit den Fernleitungen sind sie durch 50000 V-Kabel verbunden. Die Beleuchtungsumformer in den Stationen Selnau und Drahtzug mit ihren Momentanreserven sind reserviert für die Versorgung des Stadtinnern mit den Geschäftsquartieren und dicht besiedelten Wohnquartieren. Dieses Gebiet wird wie früher durch das Wechselstromnetz und das Drehstromnetz versorgt; die Außengebiete der alten Stadt und die neuen Gebiete der 1934 eingemeindeten acht Vororte werden durch das Einheitsnetz bedient. (Vergleiche den Plan «50000 Volt-Netz des E.W.Z. in Zürich» nach Seite 64.)

Stationsausbau 1938

Drahtzug			
4 Transformatoren 50/6 kV . .	zu	5000 kVA	20000 kVA
2 Transformatoren 6000/4000 V	zu	2500 kVA	5000 kVA
4 Umformer 4000 V	zu	1350 kVA	5400 kVA
1 Gleichrichter 600 V	zu	1000 kW	1000 kW
3 Akkumulatorenbatterien . .	von je	1628 Amp./Std.	4884 Amp./Std.
Selnau			
2 Transformatoren 50/6 kV . .	zu	10000 kVA	30000 kVA
2 Transformatoren 50/6 kV . .	zu	5000 kVA	
2 Transformatoren 6000/4000 V	zu	2500 kVA	5000 kVA
2 Umformer 4000 V	zu	2250 kVA	7200 kVA
2 Umformer 4000 V	zu	1350 kVA	
2 Gleichrichter 600 V	zu	2000 kW	4000 kW
3 Akkumulatorenbatterien . . .	von je	2071 Amp./Std.	6213 Amp./Std.
Letten			
2 Transformatoren 50/6 kV . .	zu	10000 kVA	20000 kVA
3 Transformatoren 6000/4000 V	zu	2500 kVA	7500 kVA
2 Gleichrichter 600 V	zu	1000 kW	2000 kW
Schlachthof			
2 Transformatoren 50/11/6 kV	zu	7500 kVA	15000 kVA
2 Umformer 600 V	zu	500 kW	1000 kW
Frohalp			
2 Transformatoren 50/6 kV . .	zu	3000 kVA	6000 kVA

Nachdem schon 1927 in der Unterstation Promenade die alten Umformer durch drei Gleichrichter ersetzt worden waren, wurde in den Jahren 1931/32 im Haldenegg eine weitere Gleichrichterstation erstellt für die Versorgung der Straßenbahn. Zur Aufnahme der Energie aus dem Limmatwerk Wettingen wurde 1932/33 die alte Haupttransformatorenstation Schlachthof entsprechend ausgebaut.

Neben der Erschließung neuer Energiequellen erforderte der Ausbau der Verteilungsanlagen andauernd beträchtliche Aufwendungen. Die Öffentlichkeit nimmt davon in der Regel nur Notiz, wenn dafür Kredite verlangt werden, welche die Aktivbürgerschaft zu bewilligen hat. Es mußten hier nach und nach recht beträchtliche Kapitalien investiert werden.

Ein summarischer Überblick über den Ausbau der stadtzürcherischen Energieversorgung läßt sich gewinnen an Hand der dem Gemeindeparlament und den Stimmberechtigten vorgelegten, für diesen Zweck bestimmten Kreditbegehren.

Anlage	Jahr	Kredit	Ja	Nein
Albulawerk	1906	10 735 000	10 882	7193
Heidseewerk	1917	5 300 000	22 812	1335
Beteiligung Wäggitalwerk . .	1921	20 000 000	20 374	3476
Limmatwerk	1930	20 500 000	24 034	1202
U.-W. Drahtzug	1919	8 000 000	12 314	7509
U.-W. Selnau	1930	3 500 000	30 843	1933
U.-St. Haldenegg	1931	810 000	Großer Stadtrat	
U.-St. Schlachthof	1932	710 000	Großer Stadtrat	
U.-W. Letten	1936	3 242 000	44 800	9008

Mit dem Anwachsen der Stadt mußten die Hochspannungsverteilnetze ausgedehnt, die Transformatorenstationen vermehrt und dichter gestellt, die Niederspannungsnetze über alle neuen Straßen und Siedelungen verbreitert und verdichtet werden. Die elektrische Straßenbeleuchtung wurde erweitert und verbessert. Nur wenige Zahlen mögen diese Entwicklung darlegen.

Verteilungsnetz 1921–1936

Jahre	2000 V-Kabel	6000 V-Kabel	Transformatorenstationen			220 V Wechselstromnetz	500 V Kraftnetz	380/220 V Einheitsnetz	Straßenlampen
			Lichtnetz	Kraftnetz	Einheitsnetz				
	km	km				km Kabelleitungen			
1921	151	130	103	40	—	1210	555	—	1153
1926	165	146	112	39	22	1219	581	119	2387
1931	196	170	125	28	38	1283	645	509	5007
1936	217	191	85	35	105	1022	703	914	9389

Aus dieser Tabelle ist die Eingliederung des neuen Einheitsnetzsystems in die bisherigen Verteilsysteme deutlich sichtbar, indem dem Aufbau der Anlagen des Einheitsnetzes ein teilweiser Abbau der getrennt betriebenen Licht- und Kraftnetze gegenübersteht. Ebenso zeigt sie die starke Vermehrung der Straßenlampen.

WIRTSCHAFTLICHES

Tarife

Die Tarife für den Verkauf elektrischer Energie haben mit der Entwicklung der Technik und der Verwendung der neuesten Energieformen wesentliche Umgestaltungen durchgemacht. Sie mußten vor allem für einen Ausgleich sorgen zwischen dem durch die Natur der Wasserkraft gegebenen Angebot und der aus menschlichen Bedürfnissen entstehenden Nachfrage. Im Winter klafft die Differenz zwischen der schlechten Wasserführung und dem gesteigerten Verbrauch für Beleuchtung und Heizung. Über Sonntag und in der Nacht geben die Flußwerke die gleiche Leistung und Arbeit wie werktags, aber die Verwendung fehlt. Die Fabrikarbeitszeit dauert nur acht Stunden am Tag, und die Spitzenbelastung nur etwa eine Stunde von insgesamt 24 Stunden, in denen die Produktion weiterläuft und die Verteilanlagen unbenützt bereit stehen.

Der einfache Lichttarif wurde zum Doppeltarif — außerhalb der Hauptbelastung sollte die elektrische Energie verbilligt abgegeben werden. Der Krafttarif wurde gestaffelt, um den Mehrverbrauch zu verbilligen. Ein Wärmetarif mußte eingeführt werden, um die neuen Verwendungen möglich zu machen. Die Preise wurden immer mehr losgelöst von den Gestehungskosten des Produzenten und angepaßt an die Wertschätzung des Konsumenten.

Aus diesen Elementen: aus der Anpassung des Verbrauchs an die Liefermöglichkeiten durch technische und finanzielle Mittel (Sperrschalter, Hochtarif), aus den Erzeugungskosten und dem Wettbewerb mit andern Energieträgern entstanden die heutigen Tarife, auch in der Stadt Zürich.

Der Lichttarif wurde zum Haushalttarif ausgestaltet und für Großbezüger durch Rabatte je nach der Ausnützung und dem Rechnungsbetrag verbilligt.

Mit dem Licht-Doppeltarifzähler wird bei regelmäßiger Verwendung von Kleinapparaten ein Dreifachtarif bewilligt. Der Verbrauch im Hochtarif gilt als Regelverbrauch auch im Niedertarif und der darüber hinausgehende Bezug wird zur billigsten dritten Preisstufe verrechnet. Als Minimale wirkt ein festgelegter Mindestverbrauch für die Berechnung nach der zweiten Preisstufe. Diese besondere Art eines Regelverbrauchtarifs bewertet also den einzelnen Bezüger nach dem gemessenen Aufwand in der Hauptbelastungszeit und damit wohl auf einfachste und gerechte Weise.

Der Krafttarif wurde in weniger Stufen gestaffelt, durch Rabatte verbilligt und für Lieferungen in Niederspannung oder in Hochspannung erweitert.

Der Wärmetarif mußte ins richtige Verhältnis gebracht werden, sowohl unter den verschiedenen Verwendungsarten als auch zu den andern Tarifen.

Pauschaltarife mußten sowohl für Beleuchtung als auch für Wärmezwecke gewisse Lücken ausfüllen.

Überwiegend ist in Zürich immer noch der Doppeltarif: ein Doppeltarifzähler für Licht dient dem einfachen Haushalt und dem Gewerbe, zwei Doppeltarifzähler für Licht und für Wärme finden sich in weitgehend elektrifizierten Wohnungen. Heißwasserspeicher und elektrische Kochherde verlangten anfangs besondere Zähler, heute sind sie im Wärme-Doppeltarif angeschlossen. Die Tarifkombination mit zwei Doppeltarifzählern kann in Städten die verschiedensten Verhältnisse einwandfrei regeln. Die neueste Zeit mit ihrer Wirtschaftsnot und gewissen Umstellungen in der Deckung der allgemeinen Energiebedürfnisse brachte neue Formen der Preisverrechnung. Der Grundgebührentarif kann in Zürich kaum mehr aufkommen; der Regelverbrauchtarif aber ist berufen, in den einfachen Siedelungen am Rand der Stadt mit nur einem Zähler den Energiebezüger gerecht zu belasten und dem Werk trotz der Belieferung für die verschiedensten Zwecke des Haushaltes einen geringsten Aufwand an Tarifapparaten zu ermöglichen.

Die Preise für die verschiedenen Tarife liegen in der Stadt Zürich heute wie folgt:

Licht	Hochtarif . .	50 Rp./kWh
	Niedertarif . .	20 Rp./kWh
	3. Stufe . . .	9/6 Rp./kWh Winter/Sommer

Großbezüger mit über 8000 kWh Jahresverbrauch erhalten einen Rabatt, der mit der Gebrauchsdauer steigt von 5 bis 20 Prozent.

Kraft	Tagestarif . .	15–8 Rp./kWh je nach Jahresverbrauch
	Nachttarif . .	6/4 Rp./kWh Winter/Sommer

Großbezüger mit über 5000 kWh Jahresverbrauch erhalten einen Rabatt, der mit der Gebrauchsdauer steigt von 5 bis 30 Prozent.

Wärme	Tagestarif . .	9/6 Rp./kWh Winter/Sommer
	Nachttarif . .	4,5/3 Rp./kWh Winter/Sommer

Wärmeverbraucher mit einem regelmäßigen Ganzjahresbetrieb (Kochherde, Konditoröfen, Büglereien usw.) erhalten die Tagesenergie zum Preise von 6 Rp./kWh.

Großbezüger erhalten einen Rabatt, der mit dem Verbrauch steigt von 5 bis 25 Prozent für Tagesenergie und von 10 bis 20 Prozent für Nachtenergie.

Alle Ansätze liegen, zum Teil weit, unter den Vorkriegspreisen.

Nachdem in der Entwicklungszeit im Interesse der Abonnenten eigentlich jeder Verbrauch besonderer Apparaturen (Heißwasserspeicher, Kochherd, Kühlschrank) durch spezielle Zähler vorgemessen werden mußte, gestattet die Vollelektrifizierung wieder, zu immer einfachern Tarifformen zurückzukehren und den Aufwand für die Tarifapparate zu beschränken.

Organisation

Die heutige Organisation des E.W.Z. spiegelt dessen Entwicklung in vier Jahrzehnten wider. Aus dem kleinen Lichtwerk mit seinen Stromerzeugern im Stadtgebiet selbst wurde ein Großunternehmen mit eigenen Wasserkraftwerken, einer Fernversorgung und umfangreichen Verteilanlagen für die Abgabe elektrischer Energie zu allen Verwendungen als Licht, Kraft und Wärme. Das E.W.Z. ist zur drittgrößten Unternehmung der Inlandversorgung geworden und trat mit seinen ausgedehnten Fernleitungen in die Reihe der großen Überlandwerke.

Unter der Direktion betreuen je vier technische und kaufmännische Abteilungen alle Geschäfte der Unternehmung von der Wassernutzung bis zum Energieverkauf.

Die Abteilung Zentralenbetrieb befaßt sich mit der Energieerzeugung in den Kraftwerken Albula, Heidsee, Wettingen und Letten, mit der Übernahme der Fremdenergie aus dem Wäggitalwerk und von benachbarten Unternehmungen und mit der Zuleitung aller Energie nach Zürich. In den 50/6 kV-Transformatorenanlagen erfolgt die Übergabe an die Abteilung Netzbetrieb. Diese betreibt die Unterwerke, Transformatorenstationen, Hochspannungs- und Niederspannungsnetze, also die gesamte Verteilung und Zu-

leitung der Energie bis zum einzelnen Abnehmer. Dazu kommt die Planung der Kabel- und Freileitungen, das Konstruktionsbureau und die öffentliche Beleuchtung. Die verschiedenen Sektionen betreiben das Drehstromnetz, das Wechselstromnetz und das Einheitsnetz. — Beide Betriebsabteilungen besorgen auch alle Bauten in ihrem Tätigkeitsgebiet, wenn nicht die Größe des Objekts die Aufstellung einer besondern Bauleitung erfordert.

Die Abteilung Eichstätte überwacht und behandelt alle Tarifapparate des Werkes, die in den eigenen Anlagen und bei den Energieabnehmern aufgestellt sind. Sie ist mit ihrem behördlich anerkannten Prüfamt in der Lage, die gesetzlich vorgeschriebene Eichung der Zähler in den eigenen Werkstätten vorzunehmen.

Die Abteilung Installation befaßt sich mit den Hausinstallationen, besorgt Neueinrichtungen und Reparaturen und ist verantwortlich für die gesetzlich verlangte Kontrolle des Zustandes elektrischer Installationen. Eine besondere Sektion dient der Abonnentenberatung, besorgt die Lichtwerbung und die Kochinstruktion. Die Abteilung soll vor allem Kundendienst betreiben und den Energiebezügern und dem Werk in gleicher Weise dienen.

Die Abteilungen Abonnentenkontrolle und Kasse besorgen die Zählerablesungen, die Stromverrechnung und den Einzug der fälligen Beträge. Die Abteilung Buchhaltung ist verantwortlich für Voranschlag und Rechnung. Die Abteilung Materialverwaltung besorgt den Einkauf der Materialien für Bau, Betrieb und Installationen und sorgt für den Nachschub auf die Arbeitsplätze.

Die Abteilungen sind weitgehend motorisiert, damit ein rationelles Arbeiten über das ausgedehnte Versorgungsgebiet gesichert ist.

Das E.W.Z. gehört zur Verwaltungsabteilung «Industrielle Betriebe». Die Leitung des Werkes lag anfangs in der Hand eines Adjunkten des Stadtingenieurs. Dann ging sie über an den «Ingenieur für das Elektrizitätswerk» und mit der Gemeindeordnung von 1907 an den «Direktor des Elektrizitätswerkes». Die technische Neuschöpfung des Elektrizitätswerkes leitete Ingenieur W. Wyßling. Von 1893 bis 1920 war H. Wagner Ingenieur bzw. Direktor des Werkes, und seither ist das E.W.Z. Ingenieur W. Trüb anvertraut.

Große Verdienste um die Entwicklung des E.W.Z. haben sich der einstige Stadtingenieur Bürkli-Ziegler, der langjährige Direktor der Wasserversorgung H. Peter und Stadtrat Kruck, 1919 bis 1934 Vorstand des Bauwesens II bzw. der Industriellen Betriebe erworben.

Dem Direktor steht ein Stab von Ingenieuren, Technikern und Kaufleuten zur Seite. Im Geschäftsjahr 1936 waren im Mittel 283 Beamte und Angestellte (davon 82 technisches, und 198 kaufmännisches Personal) sowie 367 Arbeiter, insgesamt 650 Mann beschäftigt.

Belegschaft des Elektrizitätswerkes

Jahre	Beamte und Angestellte	Arbeiter	Zusammen
1895	18	110	128
1905	28	133	161
1915	94	287	381
1925	146	266	412
1935	275	372	647
1936	283	367	650

Rund der vierzehnte Teil der gesamten Belegschaft entfällt auf außerhalb der Stadt domizilierte Funktionäre: Techniker, Maschinisten und Wehrwärter im Zentralenbetrieb, Stations- und Linienwärter.

In den letzten 20 Geschäftsjahren ist das Personal des E.W.Z. auf das 1,7-fache gestiegen; die Abgabe elektrischer Energie hat aber das 7,3-fache erreicht. Der Erfolg hängt ab von der Umsatzsteigerung, ganz besonders bei Unternehmungen der Energieversorgung. Wenn auch das Verhältnis zwischen der Zahl der Beschäftigten und dem Energieabsatz nicht als einziges Kriterium verwendet werden darf, ist doch bemerkenswert, daß die Abgabe beim E.W.Z. in zwei Jahrzehnten angestiegen ist von rund 100000 kWh/Person auf 440000 kWh/Person.

Seit der Mitte der neunziger Jahre ist der Energieumsatz des E.W.Z. auf mehr als das 350-fache und das investierte Kapital (Baukostensumme) auf nahezu das 100-fache gestiegen — das Personal hat sich nur etwa verfünffacht. Dabei ist eine bemerkenswerte Umschichtung in der Zusammensetzung der Belegschaft aus einerseits Beamten und Angestellten und anderseits Arbeitern eingetreten. In den letzten Jahren hat das E.W.Z. auch für das Gaswerk die Ablesung des Gasverbrauchs, die Rechnungsstellung und den Einzug übernommen.

Das Kraftwerk Letten, das aus der historischen Entwicklung heraus immer noch der Wasserversorgung gehörte, wurde auf 30. September 1933 vom E.W.Z. übernommen und zugleich auch der Betrieb der dortigen Pumpenanlage. Damit kam auch die Geburts-

stätte des Elektrizitätswerkes, das einst ganz abhängig war von der Haupttransmission des Pumpwerkes, unter seine Obhut. Dieser Wechsel zeigt anschaulich die Verschiebung in der Bedeutung der industriellen Betriebe.

Entwicklung des Energie-Umsatzes und -Verbrauchs

In weitblickender Weise haben die Behörden der Stadt Zürich schon in einer Zeit, wo die Verwendung der Elektrizität für Beleuchtungszwecke und als Antriebskraft in Industrie und Gewerbe und im Verkehrswesen noch in ihren Anfängen steckte, die Energieversorgung selber an die Hand genommen und dem alsbald gegründeten städtischen Elektrizitätswerk eine Monopolstellung gesichert. Die Entwicklung dieses Kommunalbetriebes ist deshalb nahezu identisch mit jener des Stromverbrauches in Zürich überhaupt. Nur die Werke Zufikon der Maschinenfabrik Escher-Wyß und der Wasermühle in Altstetten liefern heute noch in das Absatzgebiet des E.W.Z.

Der Umsatz des E.W.Z. ist von nur 404 000 kWh im Jahre 1893, dem ersten vollen Betriebsjahr und gleichzeitig dem ersten Jahr nach der Vereinigung der alten Stadt mit elf Vororten, auf nicht weniger als 322 Millionen kWh im Jahre 1936 angewachsen. Über das Tempo der Entwicklung und den Anteil der Erzeugung der einzelnen Werke bzw. des Fremdstrombezuges unterrichtet folgende Aufstellung. (Vergleiche auch die ausführliche Tabelle Seite 62.)

Energieumsatz des E.W.Z. 1895–1936

	Eigenerzeugung der Werke:							
Jahre	Letten	Albula	Heidsee	Limmat	Wäggital	Zusammen	Fremdenergiebezug	Gesamtumsatz
	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh
1895	920	.	.	.	.	920	—	920
1900	3 240	.	.	.	.	3 240	—	3 240
1905	2 610	.	.	.	.	2 610	4 390	7 700
1910	1 607	27 329	.	.	.	28 936	4 269	33 205
1915	2 320	83 080	.	.	.	85 400	5 384	90 784
1920	5 914	71 096	6 762	.	.	83 772	38 120	121 892
1925	6 165	97 442	16 601	.	24 462	144 670	42 474	187 144
1930	8 070	117 953	23 553	.	51 775	201 351	76 332	277 683
1935	5 967	99 839	10 142	132 245	43 186	291 379	14 257	305 636
1936	5 399	76 828	11 233	149 198	67 604	310 262	11 774	322 036

Obwohl die Abgabe elektrischer Energie für den Antrieb von Motoren bereits von Anfang an vorgesehen wurde, war das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich zunächst ein reines Lichtwerk. Um die Jahrhundertwende überwog der Verbrauch für Beleuchtungszwecke noch beträchtlich — es ist bezeichnend, daß der Anschlußwert damals noch in «Normallampen zu 16 Kerzen» angegeben wurde. Seither hat sich die Zahl und vor allem der Anschlußwert der Motoren und besonders der Apparate in ungeahntem Ausmaß vermehrt.

Stand der Anschlüsse des E.W.Z. auf Jahresende 1905–1936

	Anschlußzahlen			Anschlußwert in kW			
Jahre	Motoren	Apparate	Lampen	Motoren	Apparate	Lampen	zusammen
1905	549	272	73 300	3 240	174	4 034	7 448
1910	1 900	700	139 500	10 900	570	7 450	18 920
1915	4 094	5 215	296 000	15 615	2 935	15 380	33 930
1920	6 514	28 985	595 900	24 363	19 341	29 500	73 204
1925	10 191	36 328	723 000	34 947	29 597	37 128	101 672
1930	15 697	56 353	994 600	44 575	65 150	51 623	161 348
1935	26 224	99 441	1 384 860	61 555	145 921	70 391	277 867
1936	27 531	102 200	1 409 180	63 028	152 598	71 658	287 284

Unter den Motoren finden sich sowohl Kleinmotoren von Bruchteilen einer Pferdestärke wie mächtige Antriebsmaschinen in Fabriken und Werkstätten. Von den Apparaten spielen heute eine wichtige Rolle: Heißwasserspeicher, Durchlaufapparate, Kochherde und -platten, Waschherde, Kühlschränke, Wärmeapparate für Haushalt und Gewerbe, Schnellheizer, Speicheröfen, Konditoreiöfen, Backöfen, medizinische Apparate, Gleichrichter für Telephonanlagen, Transformatoren usw. Ende 1936 zählte man 158417 Energiebezüger mit 158595 Tarifapparaten; es waren 25155 Heißwasserspeicher, 9963 Kochherde, 109 Back- und 94 Konditoreiöfen angeschlossen. Rund 30 Prozent der Backöfen Zürichs werden elektrisch geheizt. Elektrokessel von 1000 bis 3000 kW wurden aufgestellt; sie konsumieren bei günstigen Wasserverhältnissen über 30 Millionen kWh im Jahr und dienen durch ihre Kombination mit Brennstoffkesseln zur besten Ausnützung der so stark wechselnd anfallenden Wasserkräfte. Einzelne Großabnehmer beziehen jährlich 2 und 3 und 4 Millionen kWh; zu den stärksten Energieverbrauchern gehören die Straßenbahn, die Wasserversorgung und das Gaswerk, sowie die Stadt selbst für die Beleuchtung der Straßen, Schulhäuser und Verwaltungsgebäude.

Verkauf und unentgeltliche Abgabe von Energie 1895–1936

Jahre	Stromverkauf an: Wasserversorgung	Großbezüger	Gewerbe und Industrie	Privatbeleuchtung	Straßenbahnen	zusammen	Unentgeltliche Abgabe: Straßenbeleuchtung	Andere	zusammen
	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh
1895		—		457	—	457	27	21	48
1900		(213) [1]		1 057	672	1 729	88	55	143
1905		952		1 561	2 150	4 663	98	140	238
1910		6 408		2 410	5 842	14 660	122	577	699
1915		18 154		4 137	6 994	29 285	433	993	1 426
1920		48 064		15 017	10 042	73 123	659	1 320	1 979
1925	3 782	28 192	28 556	22 562	10 768	93 860	1 820	819	2 639
1930	6 210	39 842	53 050	40 476	20 503	160 081	3 305	1 136	4 441
1935	8 396	48 684	81 510	55 241	26 394	220 225	7 128	1 590	8 718
1936	7 341	75 486	80 648	55 157	25 394	244 025	7 640	1 684	9 324

[1] Jahr 1901

Insgesamt sind im Jahre 1936 an den Tarifapparaten gemessen 244 Millionen kWh verkauft und 9,3 Millionen kWh unentgeltlich, zusammen 253 Millionen kWh, abgegeben worden. Die gesamte Nettoabgabe an das 6 und das 11 kV-Netz Zürich belief sich auf 284,4 Millionen kWh; brutto wurden als Abgabe an Anlagen in Zürich und Umgebung 301,3 Millionen kWh registriert. Rechnet man dazu die Abgabe an fremde Kraftwerke, an die Pumpenanlage des Wäggitalwerkes, an das Verteilnetz Graubünden usw., so gelangt man zu einem Gesamtumsatz von 322 Millionen kWh. (V. auch S. 63.)

Trotzdem heute der Energiekonsum für technische Zwecke weit überwiegt, löst das E.W.Z. aus der Lieferung von Beleuchtungsstrom nach wie vor im ganzen mehr als aus seiner Abgabe zu technischen Zwecken und an die Straßenbahn.

Erträgnisse des E.W.Z. 1895–1936

Jahre	Erlös aus Stromabgabe: Beleuchtung	Technische Zwecke	Straßenbahn	zusammen	Übrige Einnahmen	Zusammen
	1000 Fr.	1000 Fr.	1000 Fr.	1000 Fr.	1000 Fr.	1000 Fr.
1895	367,1	7,9	—	375,0	242,7	617,7
1900	731,0	79,7	94,4	905,1	356,8	1 261,9
1905	950,9	195,3	258,9	1 405,1	384,6	1 789,7
1910	1 330,9	842,2	651,7	2 824,8	838,6	3 663,4
1915	1 641,7	1 731,9	697,1	4 070,7	1 079,3	5 150,0
1920	6 410,6	3 346,3	966,1	10 723,0	2 947,6	13 670,6
1925	8 261,2	5 774,9	1 232,5	15 268,6	3 129,3	18 397,9
1930	10 759,9	7 559,7	2 220,3	20 539,9	3 184,8	23 724,7
1935	13 736,1	7 462,0	2 027,6	23 225,7	3 253,6	26 479,3
1936	13 638,1	5 146,9	1 703,6	22 690,3 [1]	3 274,8	25 965,1

[1] Einschl. Fr. 2201700 Hochspannungsbezüge

Im ersten vollen Geschäftsjahr (1893) beliefen sich die Gesamteinnahmen auf ganze 340000 Franken, im Jahr 1936 auf rund 26 Millionen Franken. Es liegt nahe, den Verbrauch an elektrischer Energie und den Erlös aus der Stromabgabe mit der Einwohnerzahl zu vergleichen. Der spezifische Verbrauch, also der Verbrauch per Einwohner und Jahr, stieg andauernd bis zur Eingemeindung von 1934. Die Städte Basel und Zürich stehen weit über allen europäischen Groß- und Weltstädten und sind schon in die Reihe der amerikanischen Städte vorgerückt. Die Einnahmen aus der Stromabgabe überwiegen bei weitem, die übrigen etwa 3 Millionen Franken stammen aus der Beteiligung an der A.-G. Kraftwerk Wäggital, dem Installationsgeschäft, der Besorgung der öffentlichen Beleuchtung und der Uhrenanlage sowie der Vergütung des Gaswerkes für die vom E.W.Z. besorgte gemeinsame Verrechnung der Lieferungen an die Abonnenten.

Die Hauptposten der Ausgaben des E.W.Z. sind: Verwaltung und Aufsichtsdienst, Bedienung und Unterhalt der Anlagen; Fremdstromkauf; Verzinsung des Anlagekapitals; Abschreibungen am Baukapital. Werden die genannten Rechnungstitel und die nicht aufgeführten übrigen Betriebsausgaben zusammengefaßt, so erhält man folgendes Bild der Gestaltung der Ausgaben seit 1895.

Gesamtausgaben des E.W.Z. 1895–1936

Jahre	Verwaltung, Bedienung der Anlagen, Unterhalt, Materialien	Strom-miete	Verzinsung des Kapitals	Abschreibung am Baukapital	Übrige Betriebsausgaben	Zusammen
	1000 Fr.	1000 Fr.	1000 Fr.	1000 Fr.	1000 Fr.	1000 Fr.
1895	71,9	133,5	46,5	143,2	174,6	569,7
1900	320,4	174,9	134,0	241,2	268,4	1 138,9
1905	367,4	368,8	204,1	333,0	299,8	1 573,1
1910	1 008,0	—	925,9	706,3	627,2	3 267,4
1915	1 136,7	116,7	1 125,0	1 142,0	766,0	4 286,4
1920	3 951,6	1 162,2	1 938,6	1 569,3	1 589,4	10 211,1
1925	3 630,5	3 801,8	3 341,5	3 618,9	824,1	15 216,8
1930	5 490,1	5 598,5	3 287,4	3 114,9	1 994,5	19 485,4
1935	6 511,7	3 267,2	4 567,2	2 513,1	1 353,1	18 212,3
1936	6 583,7	3 183,8	4 582,0	2 570,1	1 164,9	18 084,5

Den Ausgaben für Fremdstrom stehen Einnahmen für die Abgabe von Energie an andere Kraftwerke gegenüber. Wenn für Fremdstrombezug erhebliche Summen ausgegeben werden müssen, obschon die eigenen Krafterzeugungsanlagen immer wieder erweitert werden, so erklärt sich das aus der Nichtübereinstimmung von

Eigenerzeugung und Verbrauch im Absatzgebiet. Mit den Neubauten steigt die Produktion in starken Stufen, der Konsum aber nimmt kontinuierlich zu. Dazu kommt die Verschiedenheit der Wasserführung von Jahr zu Jahr und die Unsicherheit in der Erzeugungsmöglichkeit, die beim E.W.Z. mit 300 Millionen kWh mittlerer Produktion gegen 100 Millionen kWh erreichen kann, trotz bestem Ausgleich im Wäggitalwerk. Es ist auch klar, daß zu gewissen Zeiten wegen Kälte und Trockenheit Energiemangel herrscht und trotzdem im gleichen Jahr Überschußenergie an die Pumpenanlage im Wäggital und an Elektrokessel abgegeben werden kann.

Das E.W.Z. hat das Anlagekapital der Stadtkasse zu 5 Prozent zu verzinsen und jährlich, früher zu 4 Prozent, jetzt ausnahmsweise zu 2 Prozent des Bauwertes der Anlagen zu amortisieren. Der nach Bestreitung der Betriebsausgaben, Verzinsung des Anlagekapitals, Abschreibung am Baukapital und allfälliger Äufnung der Spezialfonds verbleibende Überschuß ist als Reingewinn an die Stadtkasse abzuführen. Außerdem hat das E.W.Z. wie die andern industriellen Betriebe noch Beiträge an den Straßenunterhalt und an die allgemeine Verwaltung zu entrichten. In den letzten Jahren flossen daraus folgende Beträge in den Stadtsäckel.

Beiträge an die allgemeine Verwaltung und den Straßenunterhalt, und Reingewinn des E.W.Z. 1931–1936

Jahre	Beiträge an Straßenunterhalt	Beiträge an Allgemeine Verwaltung	Reingewinn	Zusammen
	Franken	Franken	Franken	Franken
1931	180 688	150 000	4 450 566	4 781 254
1932	184 456	150 000	5 008 610	5 343 066
1933	181 198	150 000	8 561 149	8 892 347
1934	194 926	180 000	8 039 406	8 414 332
1935	200 839	180 000	8 267 043	8 647 882
1936	215 270	180 000	7 880 640	8 275 910

Das E.W.Z. liefert damit für die Erfüllung der Aufgaben, welche dem Gemeinwesen obliegen, einen beachtenswerten Beitrag. Vergleichshalber sei erwähnt, daß von den Einnahmen des ordentlichen Verkehrs 1936 von insgesamt 88,3 Millionen Franken 33,7 Gemeindesteuerertrag und 12,8 Reinertrag der industriellen Betriebe waren. Von diesem Reinertrag lieferte das E.W.Z. mehr als die Hälfte.

In den Anlagen des E.W.Z. sind aber auch sehr große Summen investiert in Kraftwerken, Fernleitungen, Schalt-, Transformatoren- und Verteilanlagen. Einen Gesamtüberblick gewährt folgende Aufstellung nach dem Stand auf Ende 1936.

Baukosten und Bauschuld Ende des Rechnungsjahres 1936 in 1000 Franken

Anlagen:	Baukosten	Abschreibungen	Bauschuld (Buchwert)
Anlagen an der Albula . . .	9 355,6	4 585,1	4 770,5
Heidseewerk	8 342,0	3 800,9	4 541,1
Limmatwerk Wettingen . . .	18 110,7	1 310,0	16 800,7
Lettenwerk, altes	69,0	—	69,0
Kraftübertragungsanlagen . .	15 421,0	8 005,4	7 415,6
Anlagen in Zürich	77 875,7	36 856,5	41 019,2
Elektrische Uhrenanlagen . .	235,0	168,6	66,4
Neue Kraftwerke, Vorstudien	294,8	21,8	273,0
Zusammen Anlagen	129 703,8	54 748,3	74 955,5
Beteiligung:			
A.G. Kraftwerk Wäggital . .	20 000,0	—	20 000,0
Zus. Anlagen und Beteiligung	149 703,8	54 748,3	94 955,5

Für den Außenstehenden mag es überraschend sein, daß in den Anlagen in Zürich mehr als die Hälfte der Bauaufwendungen liegen. Es sind in den großen Unterwerken Letten, Selnau und Drahtzug, in den Unterstationen Guggach, Schlachthof, Albishof, Frohalp, Promenade und Haldenegg, dem heute über 400 km Kabel umfassenden Primärnetz, den etwa 220 Transformatorenstationen und dem aus mehr als 2600 km Kabel bestehenden Sekundärnetz mit rund 26000 Anschlüssen große Summen angelegt worden für die sichere und rationelle Energieversorgung.

Abgesehen vom noch neuen Limmatwerk Wettingen sind alle Anlagen schon zu einem erheblichen Teil abgeschrieben. Die Beteiligung an der A.-G. Kraftwerk Wäggital steht mit dem vollen Anteil am Aktienkapital zu Buch, weil die Gesellschaft als solche die erforderlichen Rücklagen vornimmt. Untergegangene oder außer Betrieb gesetzte Anlagen werden jeweilen von den Erstellungskosten in Abzug gebracht.

Die Stadt Zürich besitzt im E.W.Z. sehr beträchtliche Sachwerte und, vermöge einer zielbewußten Abschreibungspolitik, wertvolle finanzielle Reserven. Auch vom Standpunkt der Rentabilität trägt die weitsichtige Vorsorge, welche die Versorgung mit elektrischer Energie für Licht-, Kraft- und Wärmezwecke zur Aufgabe der Gemeinde machte, reiche Frucht — betrug doch im Mittel der letzten Jahre der ausgewiesene Reingewinn über die fünfprozentige Verzinsung der Bauschuld an die Stadtkasse hinaus 5,7 Prozent der Baukosten und 8,7 Prozent der Bauschuld am Anfang des Geschäftsjahres. (Vergleiche auch die Bau- und Betriebsrechnungsergebnisse seit 1893 auf Seite 64.)

SCHLUSS

Die Behörden der Stadt Zürich förderten die Energieversorgung von jeher in großzügiger Weise und die Aktivbürgerschaft gewährte bereitwillig die für den Bau der Kraftwerke und den Ausbau der Verteilungsanlagen benötigten Kredite. Dadurch gelangte Zürich in den Besitz einer technisch auf der Höhe stehenden Energieversorgung, die gleichzeitig eine ergiebige Finanzquelle darstellt. Das berechtigt zur Erwartung, daß dem E.W.Z. auch in Zukunft die erforderlichen Mittel nicht vorenthalten werden, die es ihm ermöglichen, dem Gemeinwesen immer besser zu dienen. Wie jedes aufstrebende Unternehmen wird auch das E.W.Z. seine Anlagen fortwährend verbessern und erweitern müssen.

Nach Durchführung der Zürichseeregulierung wird ein Umbau der Wasserkraftanlagen im Letten möglich und es kann in einem neuen Kraftwerk das ganze Gefälle der Limmat vom Zürichsee bis Wipkingen ausgenützt werden. Mit zwei Kaplanturbinen von je 2500 PS Leistung wird eine Wassermenge von 90 m^3 per Sekunde ausnutzbar und die Produktion steigt auf jährlich etwa 25 Millionen kWh. Das E.W.Z. erhält mit dem neuen Kraftwerk Letten eine wertvolle Reserveanlage mitten im Versorgungsgebiet, an der gleichen Stelle, wo vor Jahrzehnten die erste bescheidene Kraftanlage der Licht- und Wasserwerke errichtet worden ist.

Schon vor Jahren hat der Stadtrat von Zürich sein Interesse gezeigt für ein weiteres Kraftwerk nordwärts der Stadt. Im April 1930 unternahm er Schritte für die Sicherung der Konzession der Rheinstufe Koblenz-Kadelburg und im Dezember des gleichen Jahres wurde ein Konzessionsgesuch eingereicht. Die politischen und wirtschaftlichen Verhältnisse hemmten die nachdrückliche Weiterverfolgung der ersten Maßnahmen und die Vorbereitungen zur Eingliederung dieser neuen Kraftquelle, die den Energiehaushalt des E.W.Z. in vorteilhafter Weise ergänzen wird. Es ist aber vorgesorgt, daß die rationelle und sichere Versorgung der Stadt Zürich mit Elektrizität jederzeit verwirklicht werden kann.

Für die spätere Zukunft können im alten Interessengebiet des E.W.Z. in Graubünden durch die Hinterrhein-Kraftwerke noch bedeutende Energiereserven erschlossen werden.

Dafür, daß keine längere Ruhepause in der Geschichte des E.W.Z. eintritt, werden die Fortschritte der Technik und der wachsende Bedarf an Licht, Kraft und Wärme sorgen.

Elektrizitätswerk der Stadt Zürich 1893-1936

Energieerzeugung der eigenen Werke und Fremdstromerzeugung

Geschäftsjahre	Eigenerzeugung der Werke						Fremdenergiebezug	Gesamtumsatz [1]
	Letten	Albula	Heidsee	Limmat	Wäggital	Zusammen		
	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh
1893	404	.	.	.	.	404	—	404
1894	600	.	.	.	.	600	—	600
1895	920	.	.	.	.	920	—	920
1896	1 250	.	.	.	.	1 250	—	1 250
1897	1 410	.	.	.	.	1 410	—	1 410
1898	1 620	.	.	.	.	1 620	—	1 620
1899	2 740	.	.	.	.	2 740	—	2 740
1900	3 240	.	.	.	.	3 240	—	3 240
1901	4 870	.	.	.	.	4 870	—	4 870
1902	5 160	.	.	.	.	5 160	—	5 160
1903	5 510	.	.	.	.	5 510	—	5 510
1904	4 109	.	.	.	.	4 109	1 340	5 900
1905	2 610	.	.	.	.	2 610	4 390	7 700
1906	3 003	.	.	.	.	3 003	5 286	9 100
1907	3 070	.	.	.	.	3 070	7 091	11 200
1908	3 802	.	.	.	.	3 802	8 097	13 100
1909	4 344	.	.	.	.	4 344	9 660	15 400
1910	1 607	27 329	.	.	.	28 936	4 269	33 205
1911	49	42 987	.	.	.	43 036	75	43 111
1912	108	65 363	.	.	.	65 471	126	65 597
1913	324	72 860	.	.	.	73 184	1 877	75 061
1914	2 551	69 754	.	.	.	72 305	1 023	73 328
1915	2 320	83 080	.	.	.	85 400	5 384	90 784
1916	5 431	88 705	.	.	.	94 136	6 054	100 190
1917	6 103	91 231	.	.	.	97 334	8 375	105 709
1918	6 241	93 599	.	.	.	99 840	20 800	120 640
1919	6 787	90 134	.	.	.	96 921	29 777	126 698
1920	5 914	71 096	6 762	.	.	83 772	38 120	121 892
1921	3 168	82 899	10 974	.	.	97 041	24 227	121 268
1922	4 079	75 540	12 953	.	.	92 572	24 424	116 996
1923	2 030	85 694	12 696	.	.	100 420	26 628	127 048
1924	4 925	96 469	18 213	.	73	119 680	36 666	156 346
1925	6 165	97 442	16 601	.	24 462	144 670	42 474	187 144
1926	5 798	80 230	13 548	.	28 667	128 243	29 762	158 005
1927	6 208	108 460	20 760	.	54 808	190 236	36 274	226 510
1928	8 258	125 786	20 233	.	53 605	207 882	33 310	241 192
1929	9 110	128 954	26 241	.	61 923	226 228	43 090	269 318
1930	8 070	117 953	23 553	.	51 775	201 351	76 332	277 683
1931	7 187	118 421	25 738	.	66 758	218 104	57 774	275 878
1932	7 641	117 906	24 060	.	78 672	228 279	74 662	302 941
1933	5 438	104 275	11 106	74 988	51 004	246 811	35 032	281 843
1934	7 575	97 203	18 148	110 330	61 401	294 657	22 798	317 455
1935	5 967	99 839	10 142	132 245	43 186	291 379	14 257	305 636
1936	5 399	76 828	11 233	149 198	67 604	310 262	11 774	322 036
.	.	.	.	.	.	.	.	.

[1] 1904 bis 1909 entspricht der Energieumsatz nicht der Summe der Jahresberichten in der Sekundär-

Elektrizitätswerk der Stadt Zürich 1893-1936

Energie-Umsatz und -Abgabe in Zürich

Geschäftsjahre	Zahl der Abonnenten Jahresende	Energieumsatz			Energieabgabe in Zürich				
		Eigenerzeugung	Energiemiete	Zusammen [1]	Priv. Beleuchtg.	Gewerbe, Industrie	Straßenbahn	überhaupt	
								im ganzen	pro Kopf
		1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	1000 kWh	kWh
1893	392	404	—	404	235	—	—	400	4
1894	517	600	—	600	270	—	—	490	4
1895	664	920	—	920	457	—	—	750	6
1896	966	1 250	—	1 250	613	—	—	1 020	8
1897	1 285	1 410	—	1 410	693	—	—	1 090	8
1898	1 563	1 620	—	1 620	797	—	—	1 250	8
1899	1 893	2 740	—	2 740	952	—	416	2 150	14
1900	2 162	3 240	—	3 240	1 057	—	672	2 550	17
1901	2 375	4 870	—	4 870	1 173	213	1 394	4 090	27
1902	2 500	5 160	—	5 160	1 207	445	1 306	4 250	28
1903	2 800	5 510	—	5 510	1 383	416	1 395	4 530	29
1904	3 175	4 109	1 340	5 900	1 444	724	1 578	4 150	26
1905	3 486	2 610	4 390	7 700	1 561	952	2 150	7 000	42
1906	3 971	3 003	5 286	9 100	1 650	1 158	2 812	8 289	48
1907	4 675	3 070	7 091	11 200	1 874	1 658	3 731	10 161	57
1908	5 356	3 802	8 097	13 100	2 164	2 201	4 000	11 899	66
1909	6 330	4 344	9 660	15 400	2 179	2 788	4 377	14 004	77
1910	7 743	28 936	4 269	33 205	2 410	6 408	5 842	21 467	111
1911	9 902	43 036	75	43 111	2 529	9 030	6 875	26 578	132
1912	12 522	65 471	126	65 597	3 029	11 056	7 028	30 491	142
1913	15 392	73 184	1 877	75 061	3 679	12 822	7 642	31 971	151
1914	18 077	72 305	1 023	73 328	3 839	16 877	7 214	36 270	173
1915	22 700	85 400	5 384	90 784	4 137	18 154	6 994	38 795	187
1916	28 207	94 136	6 054	100 190	5 514	23 548	8 213	46 686	219
1917	38 550	97 334	8 375	105 709	7 381	27 090	8 930	53 638	243
1918	52 791	99 840	20 800	120 640	10 807	31 498	9 605	65 281	293
1919	58 543	96 921	29 777	126 698	14 484	42 631	10 941	86 039	387
1920	61 880	83 772	38 120	121 892	15 017	48 064	10 042	91 898	420
1921	63 000	97 041	24 227	121 268	15 781	46 151	8 781	85 430	400
1922	64 050	92 572	24 424	116 996	16 982	46 166	8 948	87 877	417
1923	67 093	100 420	26 628	127 048	18 811	49 447	8 892	97 329	457
1924	70 265	119 680	36 666	156 346	20 719	56 628	9 856	107 362	496
1925	74 977	144 670	42 474	187 144	22 562	60 530	10 768	115 677	528
1926	77 496	128 243	29 762	158 005	19 521	52 167	9 903	124 217	554
1927	82 403	190 236	36 274	226 510	28 105	69 257	13 496	137 264	597
1928	88 830	207 882	33 310	241 192	30 780	78 624	15 442	152 576	639
1929	96 624	226 228	43 090	269 318	35 862	89 320	17 862	171 080	685
1930	106 810	201 351	76 332	277 683	40 476	99 103	20 503	189 763	721
1931	113 062	218 104	57 774	275 878	44 405	107 631	24 709	209 472	765
1932	121 585	228 279	74 662	302 941	49 011	109 354	27 814	219 187	785
1933	126 001	246 811	35 032	281 843	51 135	119 001	27 557	231 701	815
1934	151 512	294 657	22 798	317 455	54 144	132 957	26 925	252 006	800
1935	156 724	291 379	14 257	305 636	55 240	138 590	26 394	258 471	814
1936	158 417	310 262	11 774	322 036	55 157	126 570	25 393	284 396	893
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

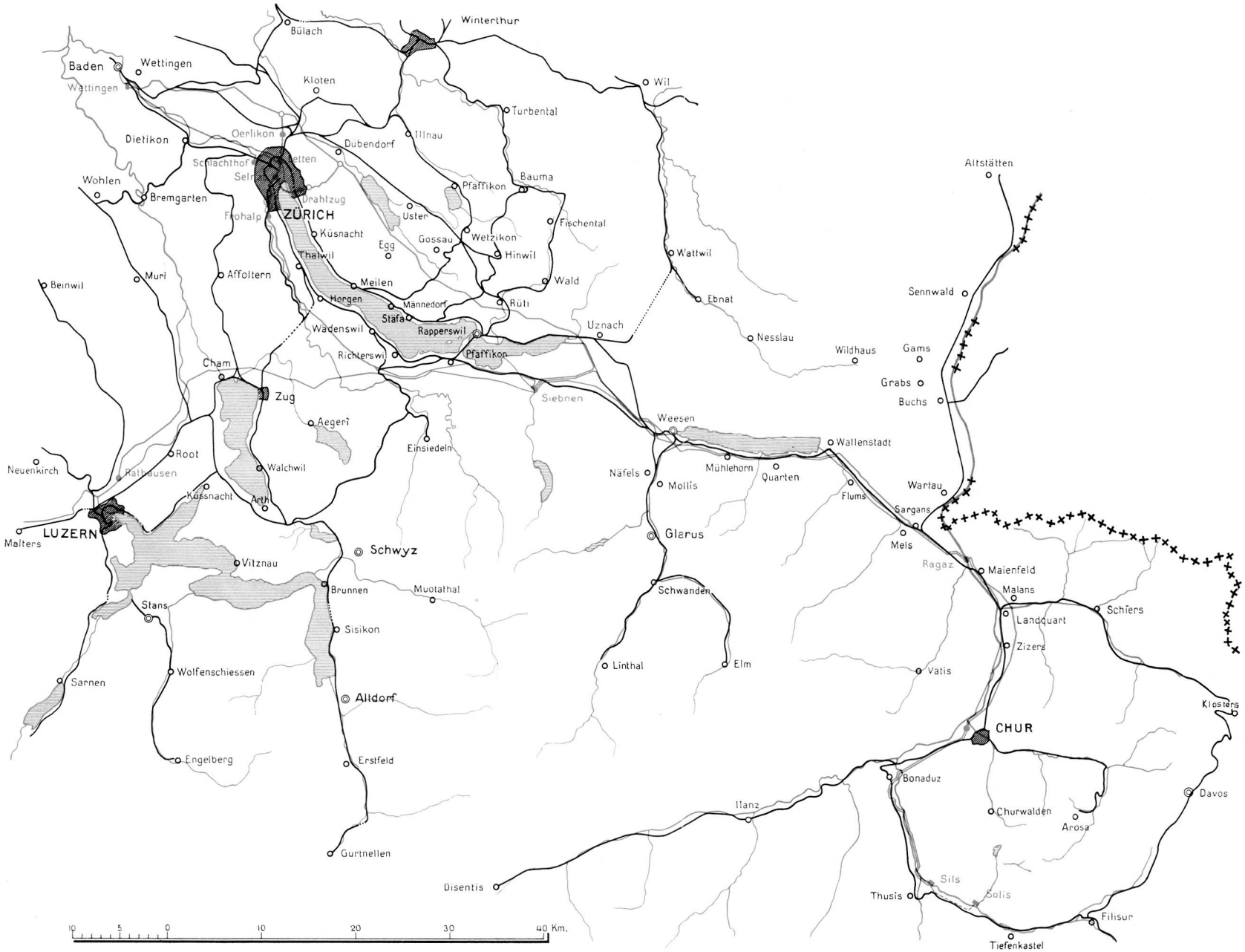
Eigenerzeugung und der Energiemiete, da letztere in früheren
spannung angegeben ist.

Elektrizitätswerk der Stadt Zürich 1893-1936

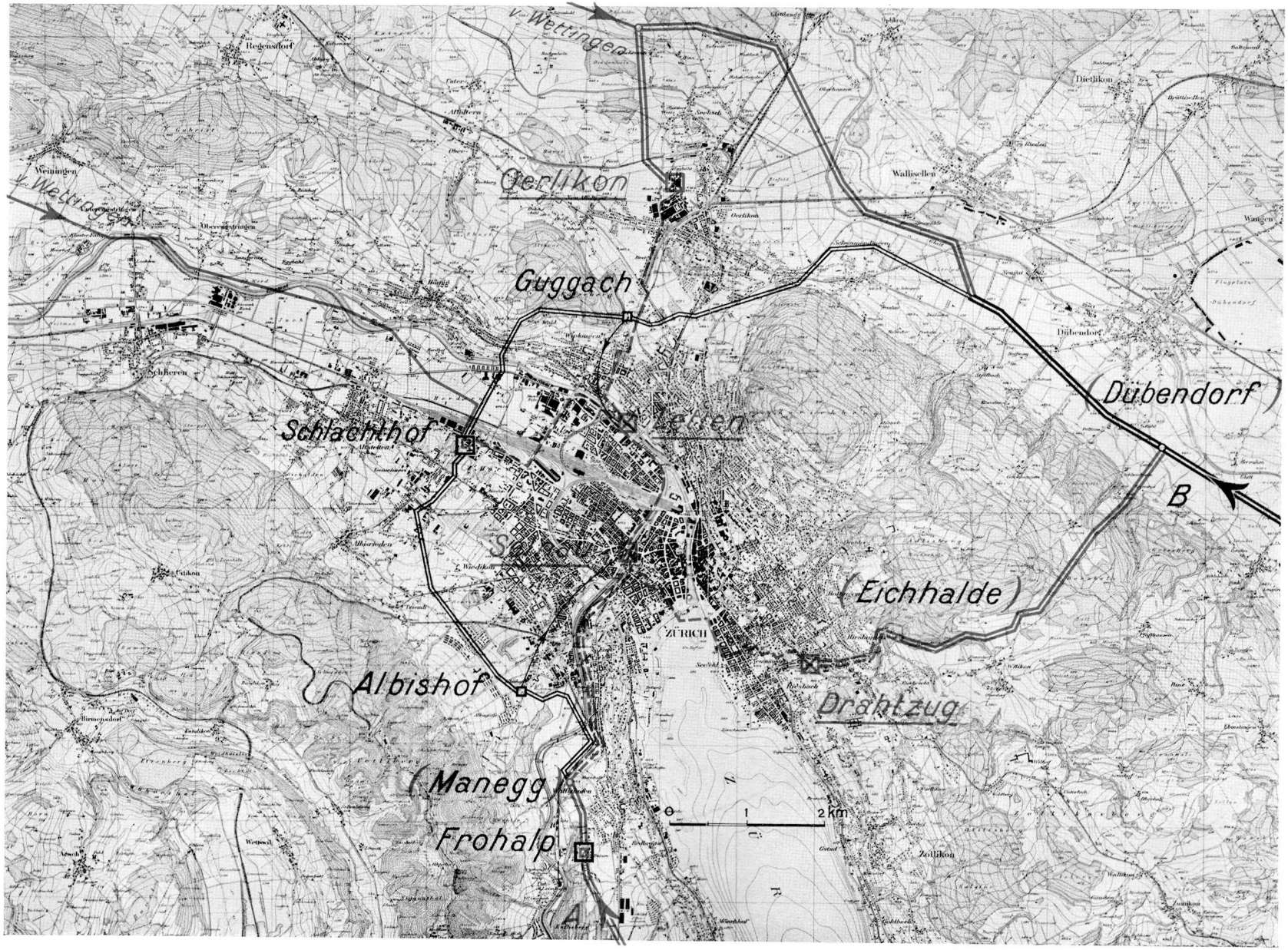
Bau- und Betriebsrechnungen

Geschäftsjahre	Baurechnung auf Jahresende			Betriebsrechnung			Prozent der Baukosten	
	Baukosten [1] 1000 Fr.	Abschreibung 1000 Fr.	Bauschuld [1] 1000 Fr.	Einnahmen 1000 Fr.	Ausgaben 1000 Fr.	Reingewinn 1000 Fr.	Abschreibung	Reingewinn
1893	951,9	40,2	911,7	340,2	334,3	5,9	4,2	0,62
1894	1 186,2	116,1	1 070,1	388,8	379,2	9,6	9,8	0,81
1895	1 538,5	259,3	1 279,2	617,7	569,7	48,0	16,9	3,12
1896	1 939,2	390,0	1 549,2	797,6	690,0	107,6	20,1	5,55
1897	2 365,9	570,2	1 795,7	826,1	770,0	56,1	24,1	2,37
1898	3 523,9	806,0	2 717,9	962,4	932,2	30,2	22,9	0,86
1899	4 032,7	1 015,6	3 017,1	1 127,2	1 055,5	71,7	25,2	1,78
1900	4 359,0	1 256,8	3 102,2	1 261,9	1 138,9	123,0	28,8	2,82
1901	4 611,6	1 518,3	3 093,3	1 346,8	1 193,9	152,9	32,9	3,31
1902	4 787,7	1 760,6	3 027,1	1 293,2	1 114,5	178,7	36,8	3,73
1903	5 177,0	2 003,9	3 173,1	1 377,0	1 144,8	232,2	38,7	4,48
1904	6 511,6	2 268,8	4 242,8	1 564,1	1 303,5	260,6	34,8	4,00
1905	7 585,5	2 601,8	4 983,7	1 789,7	1 573,1	216,6	34,3	2,85
1906	8 288,2	2 980,2	5 308,0	2 164,9	1 901,4	263,5	35,9	3,17
1907	9 292,3	3 403,0	5 889,3	2 449,1	2 154,6	294,5	36,6	3,16
1908	10 517,6	3 867,6	6 650,0	2 773,8	2 485,8	288,0	36,8	2,73
1909	12 527,1	4 392,6	8 134,5	3 076,4	2 768,4	308,0	35,1	2,45
1910	26 001,4	5 098,9	20 902,5	3 663,4	3 267,4	396,0	19,6	1,52
1911	27 483,7	6 044,0	21 439,7	4 261,2	3 605,7	655,5	22,0	2,38
1912	29 093,0	7 005,9	22 087,1	4 735,6	3 985,9	749,7	24,1	2,57
1913	31 157,7	8 041,9	23 115,8	5 070,1	4 130,7	939,4	25,8	3,01
1914	32 627,9	9 132,4	23 495,5	4 955,4	4 100,2	855,2	28,0	2,62
1915	34 341,3	10 274,4	24 066,9	5 150,0	4 286,4	863,6	29,9	2,51
1916	35 510,6	11 476,4	24 034,2	6 474,8	4 730,9	1743,9	32,3	4,91
1917	37 530,8	12 819,3	24 711,5	8 574,0	6 454,0	2120,0	34,2	5,64
1918	40 745,2	14 132,8	26 612,4	11 032,7	8 207,0	2825,7	34,7	6,93
1919	44 837,3	15 558,9	29 278,4	12 157,6	9 409,2	2748,4	34,7	6,12
1920	57 107,0	17 128,2	39 978,8	13 670,6	10 211,1	3459,5	30,0	6,05
1921	61 284,2	19 125,2	42 159,0	14 024,5	10 138,7	3885,8	31,2	6,34
1922	63 082,5	21 270,2	41 812,3	14 200,7	10 680,6	3520,1	33,7	5,58
1923	64 268,1	23 608,1	40 660,0	14 717,9	11 115,8	3602,1	36,7	5,60
1924	68 472,5	26 978,8	41 493,7	15 802,8	12 152,0	3650,8	39,4	5,33
1925	70 463,5	28 917,7	41 545,8	18 397,9	15 216,8	3181,1	41,0	4,51
1926	73 027,7	31 266,5	41 761,2	15 150,9	13 140,2	2010,7	42,8	2,75
1927	75 653,6	34 187,6	41 466,0	20 346,0	17 122,8	3223,2	45,2	4,26
1928	73 642,0	32 940,9	40 701,1	21 255,9	17 500,5	3755,4	44,7	5,10
1929	77 873,0	36 323,0	41 550,0	22 403,3	19 023,6	3379,7	46,6	4,34
1930	91 810,4	38 442,3	43 368,1	23 724,7	19 485,4	4239,3	47,0	5,18
1931	97 166,7	40 341,9	46 824,8	24 502,5	20 051,9	4450,6	46,3	5,11
1932	92 740,6	43 562,6	49 178,0	25 862,6	20 854,0	5008,6	47,0	5,40
1933	114 528,6	44 968,0	69 560,6	25 336,9	16 774,8	8561,2	39,3	7,48
1934	125 627,5	50 507,1	75 120,4	27 036,5	18 997,1	8039,4	40,2	6,40
1935	128 503,7	57 279,6	75 707,2	26 479,3	18 212,3	8267,0	44,6	6,43
1936	129 703,8	54 748,3	74 955,5	25 965,1	18 084,5	7880,6	42,2	6,08
.	.	.	.	.	.	.	.	.

[1] Ohne Beteiligung mit 20 Millionen Franken an der A.-G. Kraftwerk Wäggital (seit 1924)



FERNLEITUNGEN DES E. W. Z.



50 000 VOLTNETZ DES E. W. Z. IN ZÜRICH

(Schwarz altes, rot neues Verteilungssystem)