

Ob 6

15096

Ob  
6

ZENTRALISIEREN VON  
HEIZUNGSBETRIEBEN

UND WÄRMELIEFERUNG FÜR SONSTIGEN  
HAUSBEDARF IN ORTSCHAFTEN UND  
STÄDTEN



VERFASSER  
DR WILHELM ZÜBLIN  
INGENIEUR  
WINTERTHUR (SCHWEIZ)



EPF-BIB (Lausanne)



EM000007114376

1922

BUCHDRUCKEREI WINTERTHUR VORMALS G. BINKERT

Don Soc. vaud. J. et A. (par M<sup>r</sup> L. R. v. d. Mühl)  
reçu le 28 6 32.



# ZENTRALISIEREN VON HEIZUNGSBETRIEBEN

## UND WÄRMELIEFERUNG FÜR SONSTIGEN HAUSBEDARF IN ORTSCHAFTEN UND STÄDTEN

Die Drucklegung erfolgte mit Unterstützung der  
„Eidgen. Stiftung zur Förderung schweizerischer  
Volkswirtschaft durch wissenschaftliche Forschung“

VERFASSER  
DR WILHELM ZÜBLIN  
INGENIEUR  
WINTERTHUR (SCHWEIZ)

.....  
ALLE RECHTE VORBEHALTEN  
.....

06 6

1922  
BUCHDRUCKEREI WINTERTHUR VORMALS G. BINKERT

## VORWORT

Im Frühjahr 1913 schied ich aus meiner seit 1872 als Oberingenieur bei Gebrüder Sulzer innegehabten Stellung aus, um mich als beratender Ingenieur zu betätigen. Die Erfolge waren durchaus befriedigend, bis der fürchterliche Krieg ausbrach.

Nun begann ich, alte Lieblingsideen weiter zu verfolgen. Für solche war eigentlich mein früherer Aufenthalt in Warschau — 1868/72 — als Ingenieur einer dortigen Maschinenfabrik, grundlegend gewesen. Ich hatte fast ausschließlich mit dem Bau von Maschinen für Zuckerfabriken zu tun. Die in diesen erforderlichen Dampfmaschinen arbeiten bekanntlich betreffend Krafterzeugung außerordentlich günstig, indem ja der ganze Abdampf zu Koch- und Heizwecken verwendet wird.

Dieser Grundgedanke der Abwärmeverwertung beschäftigte mich auch während meiner Tätigkeit bei Gebrüder Sulzer in hohem Maße; es sind viele Anlagen entstanden, bei denen die Abwärmeverwertung mit maßgebend war.

1915 habe ich angefangen, dem Probleme „Zentralisieren von Heizungsbetrieben unter Verwertung der Abwärme von Motoren (Dampfmaschinen, Dampfturbinen etc.)“ näher zu treten, indem ich mir sagte, daß man sehr wohl Wärmezentralen für ganze Städte usw. erstellen könnte, die sämtliche Gebäude und Wohnhäuser mit Wärme — hauptsächlich zum Heizen, aber auch für andere Zwecke — zu versorgen hätten, in der Meinung, dadurch gleichzeitig billige elektrische Energie zu erzeugen, die für alle Erfordernisse in der betreffenden Stadt und deren Umgegend notwendig. Jedenfalls würden derartige Anlagen die denkbar größten Möglichkeiten bieten für Verbindung sparsamer Wärmelieferung mit Erzeugung billiger thermischer Energie und dadurch rationelles Ausnützen jeglichen uns zur Verfügung stehenden Brennmaterials für diesen Bedarf, der sehr große Mengen erfordert, erzielt.

Diese meine Arbeiten haben eine Reihe von Wandlungen durchgemacht. Sie bezogen sich anfänglich auf Winterthur als einfacheres und mir nächstliegendes Objekt, später aber auch auf einen Teil der Stadt Zürich, um bei dieser gleichzeitig die Frage einer Reserve-Kraftstation damit zu verbinden.

Bei allen bisherigen Arbeiten konnte ich aber nur auf den Stadtplänen und auf eigenen ungefähren Beobachtungen aufbauen.

Ich habe versucht, den Wärmeverbrauch der in Aussicht genommenen Quartiere, entsprechend den meteorologischen Grundlagen, für die Dauer der Heizperioden festzustellen und dürfte mir solches auch ziemlich gelungen sein. Daraus ist dann die letzte Arbeit entstanden, welche ich benutzen wollte, um eine entsprechende Publikation in die Wege zu leiten, in der Meinung, die ganze Frage einmal vor die Öffentlichkeit und damit in Fluß zu bringen.

Diese im November 1920 zum Abschluß gelangte Arbeit legte ich dann der „Eidgenössischen Stiftung zur Förderung schweizerischer Volkswirtschaft durch wissenschaftliche Forschung“ (Präsident Herr Professor Dr. E. Bofhard) vor, um eine gewisse Unterstützung — hauptsächlich in moralischer Beziehung — mir zu sichern und wurde mir diese durch den Beschluß der Stiftung — 7. Juni 1921 — in zuvorkommendster Weise zugesagt. Die Drucklegung jener Arbeit wäre mithin erfolgt, und die Stiftung war damit einverstanden, ihr Mitwirken in diesem Vorworte wie nachstehend zum Ausdruck zu bringen:

„Die Eidgenössische Volkswirtschafts-Stiftung zur Förderung schweizerischer Volkswirtschaft durch wissenschaftliche Forschung“ hat diese Arbeiten durch Gewährung eines Beitrages unterstützt. Der Stiftungsrat anerkennt damit auf Grund fachmännischen Urteils, deren volkswirtschaftliche Bedeutung, selbstverständlich ohne im einzelnen zu den Ergebnissen Stellung zu nehmen. Ich spreche hiemit der Stiftung meinen verbindlichsten Dank für dieses Entgegenkommen aus.

Ich war eben damit beschäftigt, meine Arbeit in der Ausführung, wie solche der Stiftung vorliegt, für die Drucklegung noch besser vorzubereiten und auch allen Rechnungen die heutigen Preise, und nicht diejenigen von 1920 — auch unter Berücksichtigung der jetzigen billigeren Kohlenpreise —, zugrunde zu legen.

In dieser Zeit hatte ich auch Herrn H. Lier, dem städt. Heizungsingenieur in Zürich, Kenntnis von meiner Arbeit gegeben. Auch früher hatte ich mich schon einige Male mit ihm über meine Bestrebungen unterhalten und zwar auf Veranlassung einiger Mitglieder des Zürcher Stadtrates.

Herr Lier hat nun in entgegenkommendster Weise statistische Erhebungen, welche sich auf die Anzahl der vorhandenen Häuser mit Einzel-Ofenheizungen und diejenige mit Zentral- und Etagenheizungen in den Quartieren A, B, C, D (vide beiliegenden Stadtplan) beziehen, zur Verfügung gestellt mit genauen Angaben über den Kohlenkonsum vor dem Kriege und den rationierten Bedarf während desselben.

Dieses Material war nun außerordentlich wertvoll, da dadurch nunmehr positive Angaben für genaue Beurteilung des wirklichen Wärmebedarfes in den vier Quartieren gegeben wurden, während ich früher eben nur auf eigene schätzungsweise Erhebungen angewiesen war.

Ich entschloß mich deshalb zu nochmaligem Umarbeiten und auch etwas anderer Formgebung meiner Ausführungen, obwohl meine frühern Annahmen nicht allzu starke Unterschiede gegenüber den Ergebnissen der statistischen Unterlagen zeigten.

Ich erlaube mir, an dieser Stelle Herrn Lier meinen herzlichsten Dank für seine wertvolle Mithilfe auszusprechen.

Indem ich die so entstandenen Arbeiten in nachstehender Form Interessenten zur Verfügung stelle, hoffe ich, daß gerade durch das freundliche Interesse der Stiftung für meine Bestrebungen auch weitere Kreise veranlaßt werden, denselben wohlwollende Beachtung entgegenzubringen. Mögen sie auch dazu dienen, Veranlassung zu weitem Studien zu geben, sei es für die Stadt Zürich selber oder auch für andere Gemeindewesen, besonders aber auch in Ländern, wo weniger hydraulische Energie zur Verfügung steht.

Ich möchte aber die verehrten Leser ausdrücklich darauf aufmerksam machen, daß ich die eingehendere Bearbeitung der mir für Zürich zur Verfügung stehenden genauern Grundlagen nur als Beispiel aufgefaßt haben möchte, wie in einer größern Stadt derartige Aufgaben angebahnt werden können.

Die wirkliche Ausführung freilich benötigt eine große Summe von genauern Vorarbeiten, die nur im Einverständnis und in reger Zusammenarbeit mit Behörden und Einwohnern anzubahnen und durchzuführen sind. Für Zürich selber können die nachfolgenden Ergebnisse aber schon als vorläufige Grundlage für weitere Erwägungen dienen.

Ist man mit der Wünschbarkeit und Ausführungsmöglichkeit solcher Anlagen einverstanden, so wird auch zugegeben werden müssen, daß sehr viele derartige Anlagen — sowohl in der Schweiz als auch in allen andern Ländern, welche Heizung erfordern — sehr gut dem allgemeinen Wohle dienen werden. Damit wäre aber auch eine Menge von Arbeitsgelegenheiten geschaffen, die ganz erheblich zur Milderung der jetzigen überall herrschenden traurigen Arbeitslosigkeit beitragen könnte. Man wird mir zwar entgegen, daß derartige Arbeiten kaum so schnell zur Ausführung gebracht werden können, um sofort in diesem Sinne Hilfe zu schaffen. Ich möchte aber diesen Standpunkt bestreiten, denn es lassen sich Erwägungen rechtfertigen, welche zu sofortiger Inangriffnahme vieler zu solchen Zwecken geeigneten Vorratsarbeiten führen dürften.

Sollten auch in diesem Sinne meine Anregungen Beifall finden und zu ersprießlichen Diskussionen mit maßgebenden Behörden und Arbeitgebern führen, so wäre ich über einen derartigen Erfolg sehr glücklich und stelle ich mich gerne zu jeder weitem Mitarbeit zur Verfügung.

Winterthur, im Januar 1922.

D<sup>R</sup> WILHELM ZUBLIN.

## EINLEITUNG

Heizungsbetriebe zu zentralisieren für eine große Anzahl von Gebäuden, Wohnungen usw., ist durchaus nicht neu; sind doch schon vielfach solche Anlagen (zum Beispiel größere Krankenanstalten, auch kleinere und größere Häusergruppen), von einer Zentrale beheizt, ausgeführt worden, aber meistens ohne davon abhängende Erzeugung elektrischer Energie für eigenen Bedarf und sonstige Zwecke.

Ich möchte aber in nachfolgenden Vorschlägen darauf hinweisen, daß es durchaus wünschenswert wäre, solches Zentralisieren von Heizungsbetrieben auch auf große Ortschaften und ganze Städte auszudehnen, und zwar gedacht von einer Wärmezentrale aus, welche diese Areale mit Wärme versorgt, die notwendig zum Heizen im Winter, eventuell auch für Lieferung warmen Wassers in die Wohnungen, zum Kochen, Baden, Waschen usw. Dabei soll aber in der Regel die Zentrale dazu dienen, elektrische Kraft durch Wärmemotoren zu erzeugen in dem Sinne, daß die Abwärme solcher Maschinen restlos für so gedachte Wärmelieferungen benutzt wird, so daß die ganze Abwärme von den Abonnenten übernommen und bezahlt werden mag. Der Wärmeverbrauch für die gewonnene Energie entspricht bei solchem Betriebe einem theoretischen Minimum.

Sind derartige Ausführungen vorwiegend zum *Heizen* für ganze Städte möglich, so werden eine Menge Vorteile entstehen, über die später noch die Rede sein soll. Wir benötigen aber *Fernleitungen* in ausgedehntestem Maße, und es wird am besten sein, *heißes Wasser in denselben als Wärmeübertrager zirkulieren zu lassen*. Versuche mit Dampf sind ja schon vielfach durchgeführt worden, insbesondere in Amerika; aber solche Anlagen haben nicht befriedigt, weil Dampf als Wärmeübertrager durch die unvermeidliche Kondensation in den langen Leitungen große Wärmeverluste erleidet und das Kondenswasser zu allerlei Schwierigkeiten Veranlassung gibt.

Bei Warmwasser sind Hin- und Rückleitungen notwendig, aber trotzdem dürften die Gesamtanlagekosten nicht — oder nicht viel teurer ausfallen, und die Verluste unbedingt kleiner einzuschätzen sein. Nach vielfachen Rechnungen habe ich gefunden, daß diese Verluste bei Vollbetrieb höchstens 10 % schon bei kleinern Anlagen betragen werden, bei größern wird man auf 8 %, sogar auf 5 % herunterkommen, bezogen auf den normalen Verbrauch, wobei der Wiedergewinn an Wärme durch die Aufwendung mechanischer Arbeit für die Wasserzirkulation noch nicht inbegriffen ist.

Die Wärmeübertragung durch heißes Wasser gestattet Ausdehnung solcher Anlagen auf große Distanzen; ich möchte einen ungefähren Radius von zirka zwei bis drei Kilometer von der betreffenden Zentrale aus nicht als zu groß bezeichnen, so daß von einer Zentrale ein Umkreis von zirka vier bis sechs Kilometern sehr wohl bedient werden kann, ohne bei gegebener Dichtigkeit der Bebauung allzu große Rohrdurchmesser annehmen zu müssen. Außerdem ist es in vielen Fällen empfehlenswert, Unterzentralen vorzusehen, in denen bloß elektrisch betätigte Pumpen die Zirkulation des heißen Wassers im internen Komplex besorgen, während diese einzelnen Unterstationen selbst auf recht große Distanzen mit der eigentlichen Wärmezentrale verbunden sein können.

Es mag ja sein, daß so gedachte Fernleitungen, angewendet auf große Häuserkomplexe oder gar ganze Städte, so kostspielig ausfallen, daß von vornherein Zweifel an der Rentabilität eines solchen Unternehmens entstehen; aber einstweilen dürfte ein anderes Uebertragungsmittel mit kleinern Anlagekosten und auch mit kleinern Wärmeverlusten kaum denkbar sein.

*Elektrische Uebertragung* für Wärmelieferung findet vielfache Verwendung für jeglichen Hausbedarf, auch zum Heizen, und wäre solche nicht nur weitaus billiger, sondern auch vorteilhafter betreffend Verluste.

Aber ausschließlich elektrische Uebertragung für alle Wärmelieferung aus einer Wärmezentrale zu verwenden, ist vollkommen ausgeschlossen, weil ja weitaus der größte Teil der Wärme in Form von *Abwärme* zur Verfügung steht (wenn in der Zentrale eine der Wärmelieferung entsprechende Menge elektrischer Energie erzeugt wird) und weil eben diese Abwärme nicht auch noch in Leistung umgesetzt werden kann.

Auch ist wohl in den meisten Fällen nötig, zeitweise *direkte* Wärme aus den Kesseln der Zentrale mit liefern zu können, z. B. bei großen Außenkälten oder bei geringerem Energieverbrauch.

Bei den besten Dampfmaschinen (Kolben-Dampfmaschinen, Dampfturbinen) mag durchschnittlich bei den zum Heizen erforderlichen Temperaturen der Abdampf zirka fünfmal so viel Wärme enthalten als die Energieerzeugung an und für sich beansprucht. Also sind wir von vornherein darauf angewiesen, die Uebertragungsmittel dem *Entstehen* der zu übertragenden Wärme anzupassen und ist deshalb *elektrische Leitung dafür* durchaus unmöglich.

Wärmemotoren, die mit bessern Nutzeffekten arbeiten (Gasmaschinen, Dieselmotoren etc.), bei welchen also das Verhältnis der analog dem Carnot'schen Prozeß abzuführenden Wärmemenge zu derjenigen von der Kraftleistung absorbierten kleiner ist, bieten Vorteile für den Sommerbetrieb, welcher in gedachtem Zusammenhang keine so großen Verwendungsmöglichkeiten für Abwärme zeigt. Aber für den Winterbetrieb sind die einfachern Dampfturbinen mit größerer Abwärmemenge — wenn so gedachter zentralisierter Heizbetrieb in Frage kommt — vorzuziehen.

Wenn in Ländern wie in der Schweiz große Mengen hydraulischer Energie zur Verfügung stehen, wird, wenn auch nur ein kleiner Teil davon zum Heizen vorteilhaft Verwendung finden. Dafür wäre ja elektrische Uebertragung angezeigt, besonders, wenn direkte *gleichzeitige* Wärmeabgabe vorgesehen.

Meistens handelt es sich aber um Verwendung von Abfallenergie, besonders derjenigen, welche uns bei Nacht zur Verfügung steht. Wir müssen diese also aufspeichern, um die nötige Wärme am Tage uns zugute kommen zu lassen. Dazu sind Warmwasser-Akkumulatoren entweder in den Häusern selber oder in der Zentrale notwendig. In letzterem Falle müßten also wieder Fernleitungen mit Wasserzirkulation dienen.

Nach diesem Gedankengange noch weiter zu gehen, d. h. Abfallenergie zu sammeln und aufzuspeichern, um sie *erst geraume Zeit nachher* zur Verwendung zu bringen — also zum Beispiel sonst unbenutzte Energie *im Sommer bis zum Winter aufzubewahren* und erst dann auszunutzen — ist durchaus nicht unmöglich. Es ist dies ein außerordentlich interessantes Problem, das eingehendes Studium verdient.

Auch dafür können Akkulatoren in Form von großen Warmwasserreservoirs in Frage kommen. Nur werden voraussichtlich die Anlagekosten für solche relativ hoch und dadurch die Rentabilität fraglich erscheinen. Immerhin wären bestimmtere Konstruktionen, z. B. schwimmende Wärmespeicher mit konzentrisch oder spiralförmig angeordneten Trennungswänden, welche einen Wärmeausgleich nach den umgebenden Wassermassen und nach unten durch die eigenen sukzessive kältern konzentrischen Schichten verhindern, denkbar.

Man könnte aber dieses außerordentlich interessante Problem vielleicht noch auf andere Art lösen, wenn man von der Erwägung, *feste* Akkulatoren in irgend einer passenden Form zu verwenden, ausgeht. Feste Akkulatoren hat z. B. Herr Ingenieur C. Tütsch in der Spinnerei der Firma H. Bühler & Cie, im Sennhof, Winterthur, angewandt (vide „Schweizerische Bauzeitung“ vom 17. Juli 1920 und 3. September 1921).

Man kann dazu irgend ein passendes Material — Sand, Beton, Ton oder dergleichen — verwenden. Die einfachste Form würde sich aber ergeben, wenn man direkt ein entsprechendes Volumen des Terrains unter der Erdoberfläche dazu benützen würde. In diesem Sinne wären ja die zur Verfügung stehenden Volumina unbegrenzt und würde es sich nur darum handeln, sei es die Anzahl, sei es die Tiefe und Verteilung der elektrischen Heizröhren, um das Zentrum entsprechend zu wählen und die nachher zur Wärmeabgabe zu benützenden Wasserröhren (als Oberflächenwärmer mit innern Zirkulationsröhren ausgebildet) vorzusehen.

Man könnte dieses System auf verschiedene Arten zur Aufspeicherung und Wiederabgabe der Wärme verwenden, z. B. auch so, daß man etwas stärkere Wärmeverluste nach der Terrainoberfläche sich gefallen läßt, diese aber dadurch unschädlich macht, indem man das betreffende Areal mit einem Shed-Bau überdeckt und diesen zur Erzeugung tropischer Pflanzenprodukte benutzt. Dabei wären sowohl die Heizelemente sowie auch die Wärme aufnehmenden Wasserzirkulationsröhren weniger tief in das Terrain einzuführen, bei entsprechend größerer Anzahl.

Die bei solchen durch den gewachsenen vorhandenen Untergrund gebildeten Akkumulatoren, das eigentliche Speichervolumen umgebenden und darunter liegenden Erdschichten verhindern entsprechend ihrer ja beliebigen Dicke jeglichen Wärmeverlust. Nur müßte man bei der Auswahl des betreffenden Grundstückes durchaus sicher sein, daß irgend ein Wärmeabfluß — sei es nach der Peripherie, sei es nach der Tiefe — durch Grundwasserströmungen und dergleichen vollkommen ausgeschlossen.

Weiteres Verfolgen dergleichen Anregungen könnte wohl zu allerlei Ausführungsmöglichkeiten führen; doch es mag vollständigkeithalber noch hinzugefügt werden, daß, wenn auch die ganze während Winter und Sommer verfügbare Abfallenergie zum Heizen allein Verwendung finden würde, selbst in wasserkraftreichen Ländern, wie bei uns, diese bei weitem nicht genügen würde, um den ganzen Bedarf zu decken und den Bezug von sonstigem Brennmaterial, Kohle etc. auszuschalten. Außerdem ist aber noch zu betonen, daß die Verwendung elektrischer Energie zum Heizen sehr mäßige Kilowattpreise ergeben würde (in Kohle umgerechnet), während viele andere Verwendungsmöglichkeiten — sowohl im Haushalt als in der Industrie —, die sich besser lohnen, vorhanden sind.

Die Akkumulierung von Wärme vom Sommer auf den Winter wäre aber auch durchführbar zum Aufspeichern von Abwärme von Dampfmaschinen, die in diesem Falle mit weniger Vakuum, oder sogar mit Gegendruck, auch im Sommer zu arbeiten hätten. Die damit zu erzeugende Energie käme billiger zu stehen, als wenn wir mit der Abwärme den Fluß heizen.

Zu wohl annehmbaren Lösungen — auch punkto Anlagekosten — dürfte man gelangen, wenn man die in vorstehendem enthaltenen beiderlei Ueberlegungen zugrunde legt:

Eine im Boden schon enthaltene Vertiefung, sagen wir eine größere Kiesgrube, oder auch eine mit einer gut konstruierten Baggermaschine erzielte Vertiefung, wobei der Aushub benützt würde, um einen breiten Damm um die kreisrunde Vertiefung aufzuwerfen; Ueberdecken dieses so entstehenden Heißwasserteiches mit Gewölben auf armierten Betonsäulen und darüber eine dicke, für Bepflanzung geeignete Erdschicht.

Ist das Terrain bei so gedachtem Akkumulatorenbau gegen Wärmeabfluß geschützt, also gesichert gegen Grundwasserströmungen usw., so wird sich die isolierende Wirkung ganz von selber einstellen und wohl Wärmeverluste nach den Seiten sowie nach unten mit der Zeit ganz aufhören. Die Wärmeverluste werden also nur noch durch die Decke entstehen; doch lassen sich auch diese in hohem Maße durch eine darüber erstellte Treibhauseinrichtung vorteilhaft ausnützen.

In allen diesen Fällen ist es nur eine Frage der Erstellungskosten oder der dabei angezeigte erscheinenden Abschreibungen, welche über die Wirtschaftlichkeit solcher Anlagen entscheidet. Bei Ortschaften ohne Wasserkräfte kann man auf diese Art sehr wohl die Sommerenergie von den Dampf-

motoren für den Winter ausnützen und den Preis der erzeugten mittlern Kilowattstunde ganz erheblich reduzieren, sogar so, daß fast während des ganzen Jahres derjenige der Winterenergie bei vollkommener Abwärmeverwertung maßgebend. In den meisten Fällen, wenn es sich um einigermaßen große Gesamtvolumen handelt, werden die Rechnungen zeigen, daß die Wärmeverluste 10 % wohl nicht übersteigen werden, und zwar gerechnet auf die Dauer von Mitte Sommer bis Mitte Winter, also auf die Dauer von 165 Tagen oder rund 4000 Stunden.

In allen Fällen aber würden zur Wärmeabfuhr aus derartigen Akkumulatoren nach den zu heizenden Häusern immer wieder Fernleitungen mit Wasserzirkulation zur Verwendung kommen.

Obige Erörterungen, die an dieser Stelle nicht gerade zu unserem Hauptthema gehören, scheinen mir berechtigt und notwendig, um irgend welchen Anregungen, teure Fernleitungen mit Wasserzirkulation durch allgemeine Verwendung billigerer elektrischer Leitungen zu ersetzen, von vornherein zu begegnen.

In Verbindung mit großen Wärmezentralen könnte in gewissen Fällen teilweise elektrische Wärmeübertragung immerhin zweckmäßig erscheinen, aber nur für weiter abliegende Häuser oder Häuserkomplexe, wenn die Zentrale imstande ist, außer der sonst benötigten Menge von elektrischer Energie für alle denkbaren Zwecke auch noch einen Ueberschuß an Energie zu liefern, um diese — weil billig — nach entfernten Wohnungen leiten zu können. Es wäre dies, z. B. möglich, wenn die Zentrale im Winter schon einen großen, in der Nähe derselben liegenden Komplex mit Abwärme versorgt, und daß von der so erzeugten thermo-elektrischen Energie ein gewisses Maß übrig bleibt, um kleine außen liegende Einzelhäuser und Gehöfte mit Wärme zu versorgen.

Verbleiben wir aber einstweilen bei der Verwendung von Warmwasser-Fernleitungen für den Heizbetrieb, so soll es Aufgabe der nachfolgenden Untersuchungen sein, nachzuweisen, daß auch bei heutiger Preislage — selbst bei verschiedener Beschaffenheit der städtischen Quartiere — es durchaus möglich ist, trotz der teuren Fernleitungen, Rentabilität für solche Unternehmungen zu schaffen.

Verglichen mit den jetzt bestehenden Heizungseinrichtungen, auch unter Annahme eines gewissen Prozentsatzes schon bestehender Einzelzentralheizungen, werden nachfolgende Rechnungen zeigen, daß in erster Linie eine sehr wesentliche Kohlenersparnis im Gesamtbetriebe erreichbar, und zwar einfach aus dem Grunde, weil Vereinigen einer Unmasse von kleinen Betrieben in einer einzigen Wärmezentrale, trotz der unvermeidlichen Verluste in den Fernleitungen, an und für sich schon namhafte Ersparnisse verursacht.

Ist es nun wünschenswert, mit einer so gedachten Zentrale auch elektrische Energie zu erzeugen, gleichgültig ob für den Gesamtbedarf der an den betreffenden Orten nötigen Kraftleistung für alle möglichen Zwecke — oder auch nur für einen Teil, wenn, wie bei uns in der Schweiz, reichlich hydraulische Energie disponibel — so wird die auf diese Weise erzeugte thermische Energie sehr billig zu stehen kommen, weil wir theoretisch für die in der Zentrale erzeugte KW-Stunde, inklusive aller Verluste, also gemessen am Schaltbrett, nur 1100 Kalorien benötigen, wenn die gesamte Abwärme a conto der in der Stadt wohnenden Verbraucher gebucht wird. Selbst bei den heutigen hohen Kohlenpreisen kann so erzeugte thermische Energie mit hydraulischer Energie konkurrieren und deshalb bei uns in der Schweiz, wenn z. B. im Winter solche knapp erscheint, sehr wohl in Betracht kommen.

In Ländern, wo Wasserkräfte nur in geringem Maße oder gar nicht verfügbar, können so gedachte Wärmezentralen den Durchschnittspreis pro KW-Stunde, auf das ganze Jahr bezogen, bedeutend erniedrigen, wenn wir von der Kraftzentrale die umliegenden Quartiere mit der Abwärme von den Kraftmaschinen beheizen. In Ländern, wie Frankreich, Belgien, Holland, Dänemark,



Deutschland, Rußland, Amerika, Kanada usw., dürften der allgemeineren Verwendung solcher Vorschläge die aussichtsreichsten Perspektiven offen stehen, und dies um so mehr, je höher die Brennmaterialkosten.

Mögen auch die vorhandenen Schätze an Brennmaterial, welche im Innern der Erde verborgen, jetzt noch als unermesslich erscheinen, so ist es doch unbedingte Pflicht, sich größter Sparsamkeit zu befleißigen, und sind alle diesbezüglichen Bestrebungen zu begrüßen.

Jede größere Ortschaft, jede Stadt bietet durch deren obligaten Heizbedarf im Winter ebenso gut Veranlassung zu gewaltiger Energieerzeugung wie ein Flußlauf, den man nur korrigieren und stauen muß. Solche große quasi Naturkräfte dürfen nicht länger unbenutzt bleiben; denn wir begehen ein Verbrechen an der Zukunft, wenn wir nicht alles tun, um Kohlen zu sparen.

Für so gedachte Heizbetriebe, die von einer Wärmezentrale aus zu bedienen, können wir eine ganze Menge von Vorzügen beanspruchen: keinerlei Kohle, Asche, Schlacken, Staub usw. in den Häusern selber, *gar* keine Bedienung (also auch keine dafür zu bezahlenden Löhne oder Anteile solcher), Wegfall *jeglicher* Feuergefahr (also Reduktion der Feuerversicherungsprämien), ganz automatisches, viel sparsameres Anpassen der Wärmelieferung, entsprechend dem faktischen Wärmebedarf, ohne jegliche diesbezüglichen Verluste. Selbst bei *allerkleinstem* Wärmebedarf keine Oxyd- gefahr wie jetzt bei schwachem Betrieb, kein unnötiges Erwärmen von Kellern und Souterrains durch die Heizkessel, bei Neueinrichtungen überhaupt keine dazu nötigen besondern Räumlichkeiten, wie auch für Kohle etc. erforderlich, auch keine Rauch- und Abgaszüge und keine Abzugskamine.

Es verschwindet somit jegliche Belästigung durch Rauch und Abgase, jegliche Verunreinigung der Luft, was besonders bei Nebel unschätzbar wertvoll. Ebenso verschwinden alle Unannehmlichkeiten des Brennmaterialtransportes auf den Straßen, das Abladen vor den Häusern und die Abfuhr von Schlacken und Asche. Kurz, die Lieferung von Wärme in die Wohnungen geschieht analog wie bei Wasser, Gas und Elektrizität. Nur war bei dieser Lieferung aus Zentralen, also durch Fernleitungen (Rohrleitungen für Wasser und Gas, Drähte und Kabel für Elektrizität) notwendig, weil Detailerzeugung von Gas und Elektrizität in den Häusern selber vollkommen untunlich. Zentralisieren von Wasserlieferung war von jeher aus vielen Gründen wünschenswert und meistens ebenso notwendig.

Gemeinschaftliche Wärmelieferung dürfte eine wesentliche Vereinfachung des Haushaltbetriebes, besonders im Winter während der Heizperiode, mit sich bringen und einer Entlastung an Arbeit usw. gleichkommen, die namentlich bei heutigen Verhältnissen außerordentlich wertvoll.

Da aber, schon mit Rücksicht auf die kostspieligen Fernleitungen, es gerechtfertigt erscheint, alle Vorteile der zentralisierten Heizbetriebe der *Gesamtheit* der Einwohner der betreffenden Ortschaft oder Stadt zugute kommen zu lassen, ist es wünschenswert oder gar notwendig, daß *alle* Häuser anschließen — also auch allgemein solche für weniger bemittelte Einwohner (der allgemeine Anschluß ist auch im Interesse der vollständigen Beseitigung der Rauch-, Ruß- und Staubplage sehr erwünscht). Und gerade die weniger bemittelten Einwohner werden diese Vorzüge, namentlich das Ersparen eigener Arbeit, wohlthätig empfinden, wenn ihre Auslagen in Zukunft nicht wesentlich höher erscheinen als bisher für das Brennmaterial allein.

Die Zentrale muß aber, um solchen Anforderungen gerecht zu werden, jedem einzelnen Haus diejenige Wärmemenge automatisch zuführen, die durch die Außenkälte notwendig, so daß ein Nachregulieren im Hause gar nicht oder nur in mäßigen Grenzen — je nach Wunsch der Bewohner — stattfindet; das Bezahlen der gelieferten Wärmemenge geschieht durch gut konstruierte, praktische Kalorienmesser so, daß, analog der jetzigen Wasser-, Gas- und Elektrizitätszufuhr, einfach monatliche Verrechnung stattfinden kann.

Um die Möglichkeit und Wirtschaftlichkeit der Ausführung so gedachter Fernheizungsanlagen nachzuweisen, ist es zweifellos am besten, ein bestimmtes Beispiel dafür zugrunde zu legen. Ich habe mir früher eine Anlage hier in Winterthur gedacht, deren Fernleitung von einer für die Kohlenzufuhr bequem gelegenen Zentrale aus den größten Teil der Stadt und der umliegenden Quartiere betätigt, und habe dabei angenommen, daß die Fernleitungen für zirka 1000 Häuser erstellt würden, aber mit der Absicht, sukzessive bis 1500 Häuser anzuschließen.

Der Wärmebedarf dieser Anzahl würde ungefähr demjenigen der insgesamt vorhandenen Gebäude entsprechen, annehmend, daß ein solches Haus, als Einheitshaus gedacht, pro ein Grad Temperaturdifferenz 1000 Kalorien pro Stunde am Tage für die Heizung benötigen würde.

Meine frühern Arbeiten für Winterthur habe ich weitem Ueberlegungen und Folgerungen zugrunde gelegt und konnte ich jene Rechnungen in der vorliegenden Arbeit teilweise wieder benutzen. Doch basierten jene Arbeiten auf Verhältnissen — namentlich Preisen — wie vor dem Kriege. Ich hätte somit, um ein Bild zu gewinnen, welches den heutigen Begriffen besser entsprechen könnte, die damaligen für Winterthur geltenden Rechnungen umarbeiten müssen. Ich zog aber vor, gleich ein allgemeineres Beispiel — nämlich einen Teil der Stadt Zürich — weitem Ueberlegungen zugrunde zu legen, und ich habe dies gerade deshalb getan, um stärker differierende Verhältnisse in einzelnen Teilen einer Stadt berücksichtigen zu können, um so die lokalen Verschiedenheiten einzelner Quartiere zum Ausdruck kommen zu lassen. Die Aufgabe, die für Winterthur ziemlich einfach lag, wurde für Zürich infolge der verschiedenen Terraingestaltungen schwieriger und komplizierter; aber deren Ergebnisse werden, als Beispiel aufgefaßt, dem Zwecke dieser Arbeit besser entsprechen.

*Anmerkung.* Beinahe sämtliche Zahlenergebnisse in nachfolgenden Erörterungen sind bloß mit Hilfe des Rechenschiebers ermittelt worden, können somit nicht immer Anspruch auf Genauigkeit machen. Da aber alle Voraussetzungen und Resultate, der Natur der ganzen Arbeit entsprechend, nur auf ungefähren Daten beruhen, sind geringfügige Ungenauigkeiten sinngemäß ohne störenden Einfluß.

---

## Beheizung eines Teiles der Stadt Zürich von einer gemeinsamen Zentrale aus.

Vor einigen Jahren standen die Behörden der Stadt Zürich in Unterhandlungen mit verschiedenen Maschinenfabriken wegen Lieferung einer Reserveanlage, welche imstande wäre, bei irgendwelchen Beschädigungen der Hauptbestandteile der für Zürich Energie liefernden hydraulischen Anlagen und Leitungen sofort einzuspringen und dadurch lang andauernde Unterbrüche in der Stromlieferung zu vermeiden.

Ein Entscheid fand damals nicht statt und dürfte die Lösung dieser Aufgabe weitem Ueberlegungen und Unterhandlungen vorbehalten bleiben. Ich bin der Meinung, daß, wenn es sich um eine Wärmezentrale handelt, deren Hauptaufgabe darin besteht, einen gewissen Teil der Stadt im Winter zu beheizen, man sehr wohl imstande ist, die für diese Wärmezentrale nötigen Hauptbestandteile: Kessel, Dampfmaschinen, Dampfturbinen etc. so zu konstruieren, daß solche auch als Reserveanlage dienen könnten; dies um so mehr, wenn allfällige Notwendigkeit, mit thermischer Energie besonders im Winter den hydraulischen Kraftwerken nachhelfen zu müssen, in den Bereich der Ueberlegungen hineingezogen werden sollte.

Dieses Moment war für mich zum Teil bestimmend, in meiner frühern, im Vorwort erwähnten Arbeit die Kraft- und Wärmezentrale im jetzigen *Elektrizitätswerk Letten* unterzubringen, indem ich, nach Kenntnis der örtlichen Verhältnisse, annehmen konnte, daß die Ausführung des so gedachten Programms, innert gewisser Grenzen dort ganz wohl möglich gewesen wäre.

Außerdem aber erschien es mir bei einer solchen Erstlingsanlage für Beheizung eines großen Teiles der Stadt Zürich wünschenswert, ganz im kleinen, sozusagen versuchsweise, anzufangen, und ich hielt deshalb die Lage des Elektrizitätswerkes Letten und gerade die Nähe des sogenannten Industriequartiers auf der andern Seite der Limmat für besonders günstig.

Im Letten sind schon Kessel vorhanden, die sich für einen solchen Anfang ohne weiteres eignen, und auch die Distanz hinüber zum Industriequartier ist so gering, daß die Fernleitungsfrage, inklusive Zufuhrleitungen, keinerlei Schwierigkeiten begegnen dürfte. Wenn wir im Industriequartier selber mit der Heizung eines einzigen Häuserblockes (wenn wir die betreffenden Hausbesitzer und auch die Einwohner dafür gewinnen würden) anfangen, wäre es ein leichtes, je nach dem Ergebnis und unter Benutzung der ersten Erfahrungen, diese Anlage beliebig auszudehnen. Schwierigkeiten sind dabei um so weniger zu befürchten, als keinerlei — oder nur ganz geringe — Höhendifferenzen zu bewältigen wären. Die vorhandenen Kessel genügen zur Beheizung des ganzen auf beiliegendem Stadtplan mit *A* bezeichneten Arealen und könnte dieses in maßgebendster Weise dazu dienen, den Erfolg und alle Vorteile und Annehmlichkeiten, gerade bei Verwendung für Wohnungen wenig bemittelter Einwohner, kennen zu lernen. *Ich betone ausdrücklich, daß gerade dieser Teil meiner Bestrebungen derjenige ist, der mir sozusagen am meisten am Herzen liegt.*

Nach befriedigendem Gelingen dieser ersten Ausführungen in *A* sind technisch keinerlei Schwierigkeiten vorhanden, auch kompliziertere und weiter abliegende Stadtteile in Erwägung zu ziehen, und zwar sukzessive *B*, *C* und *D*.

Während für *A* die vorhandenen Kessel genügen, hätten für die Quartiere *B*, *C* und *D* neue Kessel zur Aufstellung kommen müssen.

Im Letten sind zwei Sulzer-Dampfmaschinen von je zirka 1000 PS und außerdem zwischen denselben eine kleinere Dampfturbine von Brown, Boveri & Co., Baden, vorhanden. Diese drei Aggregate sind freilich nicht benützbar und wollte ich vorschlagen, dieselben zu ersetzen durch drei Dampfturbinen von je 5000 KW Normalleistung, welche aber zusammen (mit oder ohne Kondensation arbeitend) leicht auf 20 000 KW gebracht werden könnten. Diese Leistung, wenn rasch erzielbar, wäre schon eine ganz ansehnliche Kraftreserve für die hydraulischen Anlagen.

Der von den beiden jetzigen Dampfmaschinen und der Dampfturbine eingenommene Platz beträgt zirka 21,3 m Länge bei reichlicher Breite und dürfte dieser disponible Raum für die drei großen Dampfturbinen ausreichen.

Die zu diesen Turbinen gehörenden Dampfkessel, sagen wir sechs Stück zu je 1000 Quadratmeter Heizfläche, wären über den Dampfturbinen unterzubringen und ist dies ganz gut möglich — bei der gleichen oben angegebenen Länge des disponiblen Raumes —, wenn ein entsprechender Hochbau unter sozusagen ausschließlicher Benützung von Eisenbeton erstellt wird.

Eine weitere Voraussetzung ist die, daß die Kesselkonstruktion selber in erster Linie der Bedingung gerecht werden müßte, möglichst schnell in vollen Betrieb gebracht werden zu können. Man muß zu diesem Zwecke etwas von den gewohnten heutigen Konstruktionen abgehen, muß kleinstes Wasservolumen vorsehen — also Wasserröhren kleiner Lichtweite — dazu reichlich bemessene Ueberhitzer, und sind die Kessel so anzuordnen, daß, ohne irgendwie die Beaufsichtigung, das Reinigen etc. zu beeinträchtigen, keinerlei Durchgänge zwischen den einzelnen Kesselgruppen notwendig erscheinen. Diese Aufgabe zu lösen, dürfte nicht allzu schwer fallen.

Ueber den Kesseln wiederum sind Kohlensilos vorzusehen mit dieselben bedienenden Elevatoren, Transportbändern etc.

Die Kessel erhalten Wanderroste. Diese sind so zu konstruieren, daß außer Kohlen, alle möglichen Abfallbrennstoffe, mit Kohlen gemischt, verfeuert werden können. Der ganze Betrieb hat einer mustergültigen, vollkommen mechanischen Betätigung von Rosten, Ventilatoren (künstlicher Zug etc.) zu entsprechen, so daß Handarbeit auf das denkbarste Minimum, selbst bei maximaler Inanspruchnahme, reduziert würde.

Könnte dieser so gedachte neue Teil der Lettenanlage den Bedürfnissen als Kraftstation für Zürich entsprechen, so ist damit auch die Leistungsmöglichkeit als Wärmezentrale zum Beheizen eines Teiles der Stadt umschrieben und begrenzt.

Ich habe somit versucht, den Wärmebedarf in den drei Arealen *B*, *C* und *D* zu bestimmen und die Größe dieser Areale so anzunehmen, daß dieselben auch bei der größten Kälte von den neuen Kesseln im Letten mit Wärme versorgt werden könnten. Käme Erzeugung elektrischer Energie in gleichem Maße in Betracht, so geschieht die Wärmeabgabe an die Heizung wiederum als Abwärme, doch wäre auch teilweise oder ausschließliche Lieferung von direktem Dampf aus den Kesseln selber vorzusehen.

Zur Bestimmung des Wärmebedarfes müssen wir von den meteorologischen Verhältnissen ausgehen und habe ich wie in meinen frühern Arbeiten die Beobachtungen von Herrn Professor Krebs in Winterthur zugrunde gelegt. Dieselben ergaben in den Jahren 1905 bis und mit 1915 als mittlere Temperaturen, Tag und Nacht zusammenfassend:

Im . . . . .	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April
Grad Celsius . .	+12,51	+8,15	+3,51	+1,10	-1,65	0,02	+3,86	+7,7

Außerdem war die überhaupt vorgekommene größte Kälte: -23,6 Grad Celsius.

Es dürfte kein Fehler sein, diese Ziffern auch für Zürich als gültig anzunehmen, obgleich Zürich durchschnittlich wohl etwas höhere mittlere Temperaturen, d. h. geringere Kälten aufweist.

Wenn wir diese Temperaturen, um alle Rechnungen einfacher zu gestalten, zusammenziehen, ergibt sich für die Monate wie oben:

Im . . . . .	Okt. und April	Nov. und März	Dez., Jan. u. Febr.	Abs. Max.
Mittl. Temperatur (Cels.)	+7,93	+3,68	—0,18	—23,6

Wir können aber auch sicherlich, ohne große Fehler zu begehen, diese Temperaturen etwas aufrunden und dafür einsetzen:

	+8,0	+4,0	±0,0	—20,0
--	------	------	------	-------

Setzen wir die wünschenswerte *mittlere* Innentemperatur der Häuser ein mit 18 Grad Celsius, so ergeben sich:

Temperaturdifferenzen in Graden Celsius (mittl.)	10,0	14,0	18,0	38,0
---	------	------	------	------

Nach früher eingeführtem Begriff eines Einheitshauses bedarf ein solches 1000 Kalorien für die komplette Beheizung pro Stunde — wohlverstanden am Tage —, und wäre mithin der Kalorienbedarf pro Einheitshaus am Tage (sagen wir während 12 Stunden):

Kalorien pro Stunde . . . . .	10 000	14 000	18 000	38 000
-------------------------------	--------	--------	--------	--------

Dabei sind aber die größern Kälten bei den angegebenen mittlern Monatstemperaturen schon inbegriffen und kommen daher, um den Gesamtkalorienverbrauch pro Winter zu ermitteln, nur die drei ersten Werte in Betracht.

Der Wärmebedarf bei Nacht mag (auch wieder während 12 Stunden gedacht) einem Viertel der während des Tages benötigten Wärme entsprechen, d. h. einem Einheitshaus müssen in der Nacht zugeführt werden:

Kalorien pro Stunde . . . . .	2500	3500	4500	9500
-------------------------------	------	------	------	------

Also braucht ein Haus während einer Stunde Tagesbetrieb und einer Stunde Nachtbetrieb, zusammengerechnet:

Kalorien pro Stunde . . . . .	12 500	17 500	22 500	47 500
-------------------------------	--------	--------	--------	--------

und beträgt der Wärmeverbrauch *während 24 Stunden* (obige Zahlen × 12):

Kalorien . . . . .	150 000	210 000	270 000
--------------------	---------	---------	---------

Setzen wir, wie ziemlich allgemein üblich, die Zahl der Heiztage ein mit:

	50	60	90
--	----	----	----

d. h. während des ganzen Winters 200 Heiztage, so wäre der Totalverbrauch pro Einheitshaus während der angegebenen Monate:

Millionen Kalorien	7,5. —	12,6. —	24,3. —
--------------------	--------	---------	---------

also während den 200 Heiztagen 44,4. —.

Diesem von den Häusern selber benötigten Wärmeverbrauch sind dann noch die Verluste der sämtlichen Fernleitungen in dem betreffenden Quartier sowie diejenigen der Zufuhrleitungen hinzuzufügen.

Durch Abzählen der in dem betreffenden Quartier wirklich vorhandenen Gebäude nach dem Stadtplan und durch schätzungsweisen Vergleich von deren Größe — respektive wahrscheinlichen Wärmebedarfes — mit demjenigen eines wie oben gedachten Einheitshauses, wobei selbstredend Beobachtungen und weitere Erwägungen mithelfen mußten, wurde der wirkliche Wärmebedarf unter prozentualem Zuschlag ungefährer Leitungsverluste bestimmt. Dadurch konnte ich die Umgrenzung der drei Quartiere B, C und D mit der Leistungsfähigkeit der angenommenen neuen Kessel und Turbinen in Uebereinstimmung bringen. Auf diese Weise ist meine letzte Arbeit, wie sie der Stiftung vorliegt, entstanden.

Nun erhielt ich, wie im Vorwort erwähnt, vom städtischen Heizingenieur, Herrn Lier, statistische Mitteilungen über den wirklichen und den rationierten Brennmaterialbedarf für die vier Quartiere A, B, C und D und benutzte ich dieselben, um meine sämtlichen Rechnungen umzuarbeiten,

so daß alle meine weitem Folgerungen auf positive Daten aufgebaut werden konnten. Ich war somit imstande, meine frühern Rechnungen betreffend Anlagekosten der Fernleitungen, deren Verluste usw. auf Grund der Lierschen Angaben zu korrigieren.

Immerhin können auch diese korrigierten Werte für die Fernleitungen nur als *sehr* approximativ gelten; denn zur genauen Ermittlung derselben müßten ausführliche Projekte dienen, welche begreiflicherweise eine Unsumme von Erhebungen und Vorarbeiten erfordern. Die im Nachfolgenden enthaltenen Zahlen bieten aber jedenfalls genügende Sicherheit, um die Schlußfolgerungen nicht als zu optimistisch erscheinen zu lassen.

Die von Herrn Lier angegebenen Kohlenkonsumziffern und deren Verwertung für alle weitem Rechnungen ergeben sich wie nachstehend.

	A	B	C	D	A B C u. D
In den Quartieren . . . . .	510	393	323	553	1779
wurden in Häusern . . . . .	3013	1224	1373	2258	7868
mit Wohnungen . . . . .					
<i>welche ausschließlich mit Einzelöfen geheizt wurden, vor dem Kriege jeweilen während eines Winters verbraucht Tonnen Brennmaterial . . . . .</i>	2830	1488	1631	3301	9250

Der rationierte Brennmaterialbedarf betrug während des Krieges Tonnen . . . . .	2248	993	1017	1781	6 038
entsprach also einer Einsparung gegenüber dem Normalverbrauch von ca. 34,5%.					
<i>Gebäude mit Etagen- oder Einzel-Zentralheizungen sind vorhanden . . . . .</i>	44	303	104	220	671
mit Kesseln . . . . .	62	462	228	550	1 307
mit zusammen Kesselheizflächen m <sup>2</sup> . . . . .	462	5 307	874	3 997	10 640
Normalbedarf an Brennmaterial Tonnen . . . . .	1061	10 504	2611	7 161	21 337
Reduzierter Bedarf während des Krieges . . . . .	602	5 917	1495	4 125	12 139
d. h. die Einsparungen gegenüber dem Normalverbrauch betragen ca. 43%.					
Der Gesamtverbrauch für Einzelöfen und Zentral- und Etagenheizungen betrug Tonnen . . . . .	3891	11 992	4242	10 462	30 587
und der reduzierte Verbrauch . . . . .	2850	6 910	2512	5 905	18 177
entsprechend einer Einsparung von ca. 40,5% gegenüber dem Normalverbrauch, d. h. der Wärmeverbrauch während des Krieges erforderte ungefähr 60% der Brennmaterialmengen bei voller, d. h. 100-prozentiger oder normaler Beheizung.					

Diese Verbrauchsziffern für die vier Quartiere — und zwar getrennt für Häuser mit Einzelofenheizungen und solche für Etagen- und Zentralheizungen — sind nun zu verwerten, um daraus den wirklichen nützlichen Wärmeverbrauch in den Häusern festzustellen.

Dabei müssen wir bestimmte Voraussetzungen machen für Nutzeffekte, d. h. Voraussetzungen für die Verluste, die bei den verschiedenen Inanspruchnahmen *durchschnittlich* in Betracht kommen. Je nach der mehr oder weniger sparsamen Verwendung des Heizmaterials werden die erzielten Nutzeffekte sehr stark voneinander abweichen und dürften alle bisherigen Erfahrungen diesbezüglich sehr verschiedene Resultate ergeben. Ich will aber, um die Vorteile des Zentralisierungssystems ja nicht als zu optimistisch erscheinen zu lassen, für diese Nutzeffekte eher zu günstige Voraussetzungen machen und dieselben für verschiedene Inanspruchnahmen, d. h. für 100, 60 und 40 % einsetzen.

Es sei bei . . . . .	Ofenheizungen			Etagen- und Zentralheizungen		
	100	60	40	100	60	40
der nützliche Wärmeverbrauch . . . . . %	55	50	45	70	65	60
Der Gesamtnutzeffekt möge betragen . . . . . %						
und die Verluste beim Einkauf, bei der Lagerung des Brennmaterials und bei dessen Verwendung zum Heizen . . . . . %	20	25	30	15	20	25
Bei einem Brennmaterial von durchschnittlich 6500 Kalorien Heizwert erzielt demnach 1 kg eine nützliche Wärmeleistung von WE . . . . .	2980	2600	2250	3950	3520	3120

Die in den Quartieren . . . . .	A	B	C	D	A B C D
beim Normalbetrieb, d. h. bei 100% nützlichem Wärmeverbrauch benötigten Kohlen pro Winter in den Häusern mit Ofenheizungen ergeben also einen solchen von Millionen Kalorien . . . . .	8 450	4 450	4 880	9 850	27 630
und in den Häusern mit Etagen- und Zentralheizungen	4 200	41 500	10 330	28 300	84 330
Also der totale nützliche Wärmeverbrauch der Ofen- und Etagen- und Zentralheizung Millionen WE . . . . .	12 650	45 950	15 210	38 150	111 960
Meine früheren ungefähren Schätzungen ergaben Millionen WE . . . . .	18 648	79 920	17 760	35 520	151 848

Die für A und B wesentlich größeren, früher von mir angenommenen Zahlen gegenüber dem wirklichen Wärmeverbrauch auf Grund der statistischen Kohlenkonsumziffern mögen erklärlich erscheinen durch den viel größeren Einfluß des Zusammenbauens der einzelnen Häuser. Außerdem habe ich in meiner früheren Arbeit stark mit der Möglichkeit gerechnet, daß später noch weitere Neubauten hinzukommen könnten.

Bei C und D hingegen sind die Abweichungen zwischen meinen früheren Annahmen und den neuern Daten nicht sehr bedeutend.

In den oben angegebenen Prozentsätzen für den Gesamtnutzeffekt sind enthalten alle Kaminverluste, indem namentlich beim Anheizen und auch beim Dauerbetrieb *sehr* viel Wärme unbenutzt durch das Kamin an die Luft abgegeben und somit für das Haus verloren geht. Ferner gehören hierher alle Verluste durch ungenügende Verbrennung, vielfach vorkommendes Oeffnenmüssen von Fenstern und Türen bei schädlicher Rauchentwicklung, bei Oxyd Gefahr infolge zu raschen Schließens der Kaminklappen und alle Folgen der im *Durchschnitt* reichlich vorkommenden unrichtigen Behandlung und schlechten Konstruktion der Oefen selber und deren Ausführung. In den Verlusten (20, 25, 30%) an Brennmaterial selber kommen in erster Linie auch alle Materialien in Betracht, die zum Anfeuern erforderlich (Späne, Papier, Holz, Kohlen), bis der normale Zustand erreicht wird, dann alle Verluste an Schlacken, Asche, unverbrannten Kohlenteilen etc. sowie die oben angeführten Verluste beim Einkauf, Transport und Lagern (zufällige oder sogar absichtliche Feuchtigkeit etc.). In vielen Ländern, wie von mir in Rußland, Finnland etc. etc. (als zur allgemeinen Gewohnheit gehörend) beobachtet, werden die Oefen als wirksame Ventilatoren benützt, um bei weit geöffneten Einfeuertüren eine kräftige Lufterneuerung zu erzielen. Daß bei solchem Betriebe die oben angeführten Nutzeffekte noch viel zu hoch angegeben, versteht sich von selbst. In noch höherem Maße gilt dies von beinahe allen offenen Zimmerkaminanlagen, die zwar *sehr* angenehm, *sehr* gemütlich, aber durchaus unwirtschaftlich sind!

Alle diese Verluste sind beim *zentralisierten Betriebe* vollkommen ausgeschlossen; denn die in den Häusern restlos verwertete Wärmemenge entspricht der Differenz zwischen der im Vorlauf enthaltenen Gesamtwärme gegenüber derjenigen im Rücklauf, gemessen durch Kalorienzähler beim Hauseintritt. Diese zu bezahlende Wärmemenge kommt den Bewohnern vollständig ungeschmälert

zugute. Wenn sie Fenster usw. aufsperrn, um zu ventilieren, so ist dies selbstverständlich notwendig und gehört mit zum nützlichen Verbrauch. Aber auch bei solchem Durchlüften kann man gegen Ofenheizungen viel sparen, wenn man einfach die Radiatoren während dieser Zeit ganz absperrt, wobei dann immer noch der Sicherheitsdurchlaß automatisch offen bleibt, um Einfrieren zu verhindern. Solche Sicherheitsmaßregeln bei der Konstruktion der Radiatorhahnen sind unerläßlich, denn ein gewisses Maß von Unvernunft muß man ja leider immer voraussetzen! — Wir müssen also für die internen Heizeinrichtungen beim zentralisierten Betrieb als Nutzeffekt 100 % einsetzen; denn Kaminverluste und irgendwie ähnliche Verlustquellen, wie früher bei den jetzigen Heizeinrichtungen angegeben, sind einfach unmöglich.

Die Verluste betreffend Brennmaterialien beziehen sich auch nur auf die Zentrale, also: Anheizen, Nutzeffekte der Kesselanlage, Verluste beim Lagern usw. Doch können diese von vorn herein viel geringer bewertet werden, weil es sich ja unter allen Umständen um große und gut dirigierte Betriebe handeln muß. Dabei darf auch die Variabilität des Betriebes keinerlei Schwierigkeiten und Extraverluste verursachen.

In diesem Sinne sind wohl, *verglichen* mit dem für Ofen- und Einzelzentralheizungen angegebenen Verlustkoeffizienten bei verschiedener Belastung der zentralisierten Heizanlagen folgende Ziffern durchaus gerechtfertigt:

Es möge betragen bei einer nützlichen Wärmelieferung von . . . . . %	<b>100</b>	<b>60</b>	<b>40</b>
der Kesselnutzeffekt . . . . . ca. %	85,0	82,5	80,0
und die Verluste beim Einkaufen, Lagern, Anheizen usw. . . . . ca. %	10	15	20
Also entspricht die nützliche Leistung von 1 kg Kohle bei 6500 WE Heizwert in überhitztem Dampf ab Kesseln ca. WE . . . . .	5000	4662	4330

Der Vergleich aus den Gesamtwerten für A, B, C und D — 111 960 Millionen Kalorien gegen den früher angenommenen 133 200 — ca. 84% —, läßt es gerechtfertigt erscheinen, sowohl die Kosten der Fernleitungen als auch namentlich die Anlagekosten in der Zentrale relativ zu verringern. So z. B. mag jetzt schon gesagt sein, daß ich für die Kessel bei gleichbleibender Anzahl statt Einheiten von 1000 Quadratmetern nunmehr solche von 800 Quadratmetern für genügend erkannte, ohne die maximale Leistungsfähigkeit der drei 5000 KW-Dampfturbinen, diese als Kraftreserveanlage gedacht, zu beeinträchtigen.

Wenn für alle weitem Rechnungen die oben gefundenen Gesamtwerte des nützlichen Wärmeverbrauches, bezogen auf den ganzen Winter, maßgebend, so mögen wir aus den Gesamtverbrauchsziffern rückwärts schließen, und zwar einmal auf den Verbrauch während den verschiedenen Monaten und weiter auf den Verbrauch pro Stunde am Tage und bei Nacht. Dies geschieht in folgendem auf Grund der auf pag. 13 angenommenen Außentemperaturen.

Da aber bei allen weitem Rechnungen für den zentralisierten Betrieb der Gesamtwärmeverbrauch inklusive Fernleitungsverluste maßgebend, wären die Erhebungen und Rechnungen einigemal zu wiederholen, um schließlich zu gültigen Endresultaten zu gelangen.

In Wirklichkeit ist dies meinerseits auch geschehen; doch seien in nachstehendem von vorn herein die wirklichen Fernleitungsverluste als schon bekannt vorausgesetzt. Dieselben betragen:

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>ABC u. D</b>
Bei Häusern mit Ofenheizung ungefähr Mill. Kalorien	1 429	1 014	1 517	2 861	6 821
und bei Häusern mit Etagen- und Zentralheizungen					
ungefähr Millionen Kalorien . . . . .	267	1 839	967	2 266	5 339
Also total für beide Häusergruppen . . . . .	<b>1 696</b>	<b>2 853</b>	<b>2 484</b>	<b>5 127</b>	<b>12 160</b>



Daraus ergibt sich der Gesamtwärmeverbrauch inklusive Fernleitungsverluste während der ganzen Heizperiode

Bei den Häusern mit Ofenheizung zu Millionen WE . . . . .	9 879	5 464	6 397	12 711	34 451
und für alle jetzt bestehenden Gebäude mit Etagen- und Zentralheizungen zu Millionen WE . . . . .	4 467	43 339	11 297	30 566	89 669
und somit für alle Gebäude mit Ofen- und Etagen- und Zentralheizungen zu Millionen WE . . . . .	<b>14 346</b>	<b>48 803</b>	<b>17 694</b>	<b>43 277</b>	<b>124 120</b>

Vergleichen wir den totalen Brutto-Wärmebedarf von 124 120 Millionen WE mit den Einzelbeträgen in . . . . .	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>A B C u. D</b>
so entsprechen diese bei Häusern mit Ofenheizungen %	7,96	4,40	5,15	10,24	27,75
und bei den Gebäuden mit Etagen- und Zentralheizungen %	3,60	34,92	9,10	24,63	72,25

Wenn wir aber diese Beträge in jedem Quartier für sich mit der Summe für beide Häusergruppen jeweils vergleichen, ergeben sich :

Für Ofenheizungen . . . . . %	68,86	11,20	36,15	29,37	27,75
und für Etagen- und Zentralheizungen . . . . . %	31,14	88,80	63,85	70,63	72,25

Ich benötige diese beiderlei Prozentzahlen zum Verteilen von Fernleitungskosten (vide pag. 36) usw.

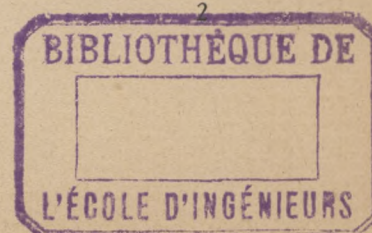
Um einen Vergleich zwischen den Häusern mit Ofenheizungen gegenüber denjenigen mit Etagen- und Zentralheizungen anzustellen, ist es angezeigt, den nützlichen Netto-Wärmeverbrauch für die Häuser als Mittelwerte zu berechnen, indem wir den Gesamt-Netto-Wärmeverbrauch durch die Anzahl Häuser in den verschiedenen Quartieren dividieren.

Es ergibt sich daraus folgende Zusammenstellung:

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>A B C u. D</b>
In den Häusern mit Ofenheizungen . . . . .	510	393	323	553	1 779
beträgt der Total Netto-Wärmeverbrauch Mill. WE	8 450	4 450	4 880	9 850	27 630
also per Haus . . . . . „ „	16,6	11,3	15,1	17,8	15,6
Und in Häusern mit Etagen- und Zentralheizungen . . . . .	44	303	104	220	671
beträgt der Netto-Wärmeverbrauch . . . Mill. WE	4 200	41 500	10 330	28 330	84 330
d. h. per Gebäude . . . . . „ „	95,5	137,0	99,0	128,5	125,8

Der Vergleich zwischen den Häusern mit Ofenheizung gegenüber denjenigen mit Etagen- und Zentralheizungen ergibt, daß ein Haus mit Zentralheizung in den verschiedenen Quartieren im Mittel ca. 5,75 12,12 6,56 7,22 8,07 mal so viel Wärme verbraucht als die Häuser mit Ofenheizung.

Es ist dies durchaus begreiflich, einmal deswegen, weil in der Regel nur die größeren Privathäuser sowie die öffentlichen Gebäude, Anstalten, Spitäler usw. mit Etagen- und Zentralheizungen versehen sind und ferner auch, weil die Wohnungen mit Ofenheizung in der Regel von Leuten bewohnt werden, die sich mit einem wesentlich geringern Wärmeverbrauch zufrieden geben.



Da diese Arbeit eine Folgerung meiner frühern Arbeiten darstellt, ist es angezeigt, den faktischen Wärmeverbrauch der verschiedenen vorhandenen Häuser mit demjenigen eines sogenannten Einheitshauses wie auf pag. 13 angeführt, zu vergleichen. Es ergibt dies die folgenden Ziffern:

Die Häuser mit Ofenheizung entsprechen . . . 1 EH ×	0,375	0,255	0,341	0,403	0,353
und die Gebäude mit Etagen- und Zentralheizungen . . . . . = EH ×	2,15	3,08	2,23	2,90	2,82

Es geht daraus noch deutlicher hervor, daß die vorhandenen Häuser mit Ofenheizungen durchschnittlich ziemlich klein sein müssen, was auch in der Tat der Fall ist, während die Gebäude mit Etagen- und Zentralheizung durchschnittlich einen 2,82 mal größern Wärmeverbrauch benötigen als solcher einem Einheitshaus entspricht, bei dem, wie auf pag. 13 definiert wurde, der Gesamt-wärmeverbrauch während den verschiedenen Wintermonaten pro Stunde am Tage jeweils 1000-mal der Differenz zwischen Innen- und Außentemperatur entspricht.

Es ist mithin notwendig, daß die sämtlichen spätern Rechnungen immer getrennt für Häuser mit Ofenheizung und diejenigen mit Etagen- und Zentralheizung durchgeführt werden. Um einen Vergleich mit dem jetzigen Zustand zu erhalten, ist es aber auch erforderlich, daß wie bei allen Gebäuden — also auch bei den Häusern mit Ofenheizung — für das gedachte Zentralisieren genau dasjenige nützliche Wärmequantum vorausgesetzt wird, welches sich aus den zugeteilten Kohlenmengen bei 100 Prozent Wärmeverbrauch ergibt.

Für diese durchschnittlich kleinern Häuser mit jedenfalls sparsamstem Wärmeverbrauch dürfte es einer sehr interessanten Aufgabe entsprechen, einfache, *möglichst billige* interne Heizeinrichtungen herauszufinden, welche in jeder Beziehung die Wünsche der Einwohner erfüllen.

Es wird meistens wohl der Fall sein, daß bei einer *vor* Inangriffnahme solch zentralisierter Heizanlage bei den Häuserbesitzern und Mietern stattfindenden Umfrage diese für den spätern Betrieb aber eine etwas größere nützliche Wärmemenge zugeteilt erhalten möchten, als sie jetzt bei gewöhnlicher Ofenheizung bekommen.

Ich lasse aber solche etwelche Erhöhung der nützlichen Gesamtwärmemenge außer Betracht, um einen genauen Vergleich mit dem jetzigen Zustand zu ermöglichen. Aus dem gleichen Grunde unterlasse ich es auch, irgendwelche weitere Neubauten, welche in den verschiedenen Arealen noch hinzukommen könnten, zu berücksichtigen.

Die Leistungsfähigkeit der Fernleitungen — so wie ich sie den Kostenanschlägen und allen weitem Ueberlegungen zugrunde lege — kann aber als reichlich bezeichnet werden, so daß etwelche Steigerung der Wärmelieferung auch noch zulässig.

Wenn wir nun die auf pag. 17 gegebenen Gesamt-Wärmeverbrauchszißern als Grundlage für die Größenbestimmungen und sämtliche Details aller zur Anlage gehörenden Teile benützen, haben wir die so gefundenen Gesamtwärmemengen je nach den Außentemperaturen zu verteilen auf die verschiedenen Monate des Winterbetriebes und außerdem die am Tage und bei Nacht pro Stunde in jedem Quartier benötigten Wärmemengen zu ermitteln, um dadurch schließlich die zur Zirkulation in den Fernleitungen erforderlichen Wassermengen festzustellen. Diese zirkulierenden Wassermengen sind maßgebend für die Bestimmung der Rohrlichtweiten sämtlicher Fernleitungen, und zwar auf Grund der aufzustellenden Projekte bis zu den einzelnen Häusern inklusive aller Abzweigungen, Schleifen und Hausanschlüsse.

Um dafür eine Grundlage zu finden, müssen wir vorerst für die Temperaturdifferenzen zwischen dem eintretenden und dem austretenden Wasser gewisse Voraussetzungen machen. Es dürfte dies sozusagen die einschneidendste Erwägung für die Möglichkeit der Ausführung solcher Fernleitungsanlagen darstellen und ist deshalb ein Vergleich meiner Annahmen mit den bisher bei Einzelzentralheizungen üblichen Durchschnittswerten erforderlich.

Bei den verschiedenen Außenkälten für die Heizungsperioden: *Oktober und April, November und März, Dezember, Januar und Februar*, bei *größerer Kälte* und beim *Kältemaximum*, d. h. bei Grad Celsius Außentemperatur:

	+8	+4	±0	-10	-20
mögen bei Schwerkraft-Zentralheizungen ungefähr folgende Temperaturen für das aufsteigende Warmwasser (also Vorlauf) gebräuchlich sein:					
zirka Grad . . . . .	34	43	51	67	80
und die Temperatur des in den Warmwasserkessel zurückkehrenden Wassers, d. h. für den Rücklauf:					
zirka Grad . . . . .	25	31	37	50	60
Also Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf und Rücklauf:					
zirka Grad . . . . .	9	12	14	17	20
Bei einem Wärmebedarf pro Einheitshaus — pro Stunde am Tage nach früherer Definition —					
Kalorien . . . . .	10 000	14 000	18 000	28 000	38 000
müßte in diesem Haus eine Wassermenge zirkulieren von					
zirka Lit./Std. . . . .	1111	1162	1282	1642	1900

Würden wir auf gleicher Grundlage Fernleitungen für Ortschaften und ganze Städte projektieren, so würden wir zweifellos zu Dimensionen kommen, die die Gesamtanlagekosten — namentlich bei heutigen Preisen — als viel zu hoch erscheinen lassen. Es ist deshalb notwendig, die Temperaturdifferenz zwischen Vor- und Rücklauf in den Fernleitungen zu erhöhen und dem entsprechend die nötige, in diesen in Zirkulation befindliche Wassermenge zu reduzieren.

Lassen wir das Vorlaufwasser mit:

ungefähr Grad . . . . .	40	50	60	82	100
in die Häuser eintreten und in den darin vorhandenen oder vorzusehenden internen Heizvorrichtungen so stark als irgend möglich abkühlen, so mag für den Rücklauf in den Häusern und den Fernleitungen eine Temperatur:					
von zirka Grad . . . . .	20	23	27	35	40
erreichbar und dem entsprechend mit einer Temperaturdifferenz zwischen Vorlauf in der Fernleitung und Rücklauf:					
von zirka Grad . . . . .	20	27	33	47	60
gerechnet werden können.					

Also müßten pro Stunde und pro Einheitshaus in den Fernleitungen zirkulieren:

Liter . . . . .	500	520	545	595	633
d. h. bei maximaler Kälte würde die Zirkulationswassermenge in den Fernleitungen nur einen Drittel betragen von derjenigen, welche in Einzelzentralheizungen nach jetzigen Annahmen ungefähr im Umlauf sich befindet.					

Es ist dies ohne weiteres möglich, wenn wir das in das Haus eintretende Fernleitungswasser injektorartig in die Steigleitung des internen Systems eintreten lassen. Dabei kann die übliche Zirkulationswassermenge im internen System, wie bisher angenommen, gleich bleiben und infolgedessen auch die Temperaturen beim Eintritt in die Radiatoren. Es würde also die kleinere zugehörige Wassermenge aus der Fernleitung sich mischen mit der im Hause normal zirkulierenden ungefähr dreifachen Wassermenge und würde sich daraus auch die entsprechend niedrigere Temperatur in den Radiatoren wie bisher ergeben. Die dadurch im internen System zirkulierende Wassermenge

um so viel zu reduzieren, als den angenommenen neuen Werten der Rücklauftemperaturen entspricht, dürfte wohl keine erheblichen Schwierigkeiten verursachen.

Auf diese Art wäre es sogar möglich, die Temperaturen des in die Häuser eintretenden Fernleitungswassers noch weiter zu erhöhen, eventuell sogar bei Belassung der jetzt üblichen Temperaturen des zurückfließenden Wassers, und ergäben sich aus dieser Erwägung vielleicht noch etwas geringere Fernleitungsdurchmesser; doch wären wohl damit etwas größere Fernleitungsverluste verbunden. In dieser Beziehung die besten Werte ausfindig zu machen, bleibt wohl weitem Erfahrungen überlassen.

Durch das so gedachte injektormäßige Eintreten des Fernleitungswassers in das interne Zirkulationssystem kann man ohne erhebliche Aenderungen alle schon bestehenden Einzeltagen- und Zentralheizungen beibehalten. Bei Ersatz von Ofenheizungen durch die nötigen Radiatoren und internen Rohrverbindungen ließe sich, wenn die angegebenen Vorlauftemperaturen für das direkte Anschließen der Radiatoren nicht zu hoch erscheinen, eventuell direkter Anschluß denken, um die Anlage für solche kleine Häuser, wie früher bemerkt, möglichst billig erstellen zu können.

Statt des injektorartigen Mischens des Zirkulationswassers aus den Fernleitungen mit demjenigen der internen Systeme könnte man bei großen, komplizierten, schon bestehenden Anlagen auch daran denken, an Stelle der jetzigen Heizkessel *Umwärmer* einzubauen. Solche sind als einfache Röhrenheizapparate nach Gegenstromprinzip, eventuell mit einfacher Spirale, billig ausführbar, weil der Wärmedurchgangskoeffizient bei Uebertragung von Wasser an Wasser recht günstig. Dadurch würde vollkommene Garantie geboten, daß irgendwelche Mißerfolge ausgeschlossen, um gerade bei Besitzern von bisher gut arbeitenden Einzelzentralheizungen die Anschlußfreude nicht zu beeinträchtigen. In solchen Fällen würde aber auch, um die bisherigen Rücklauftemperaturen beizubehalten, die betreffende Zirkulationswassermenge etwas zu erhöhen sein, was aber auf die Dimensionierung der gesamten Fernleitungen keinen allzu großen Einfluß ausüben dürfte.

Um die in meinem Vorschlage angegebenen Rücklauftemperaturen einzuhalten, könnte man auch sowohl bei schon bestehenden als auch bei neuen Einrichtungen Apparate nachschalten, welche die in die Häuser eintretende Frischluft vorwärmen würden. Auch wäre man imstande, das Vorwärmen von Brauchwasser in den Häusern durch solche nachgeschaltete Heizapparate zu bewerkstelligen.

Wir könnten, um den Betrieb einfacher zu gestalten, für die verschiedenen Monate gleich große Zirkulationswassermengen annehmen, so daß das automatische Regulieren nur das Einstellen der Temperaturen im Vorlauf nach Maßgabe derjenigen im Rücklauf zu besorgen hätte und zwar gemessen in der Zentrale, so daß das Regulieren auch die wirklichen Fernleitungsverluste berücksichtigen würde.

Was nun den Nachtbetrieb anbelangt, wäre es schon am einfachsten, auch während der Nacht dieselben Wasserquantitäten zirkulieren zu lassen, um bei den komplizierten Fernleitungsnetzen Variationen betreffend Widerstandshöhen, Regulierwiderstände etc. zu vermeiden.

In diesem Falle aber würde die automatische Regulierung, dem erforderlichen Mittel entsprechend, erheblich geringere Temperaturen im Vorlauf ergeben; doch wäre dies kaum angezeigt, weil immer mit der Möglichkeit gerechnet werden muß, in einzelnen Betrieben, Häusern, Gebäuden (Krankenanstalten etc.) auch während der Nacht die volle Tagestemperatur erreichen zu können.

Es ist somit ein Mittelweg notwendig und sind in diesem Falle nur Maßgaben zu treffen, um Schwierigkeiten infolge der variablen Widerstandshöhen etc. mit aller Sicherheit zu begegnen.

Jedenfalls ist es angezeigt — namentlich bei größern Städten — die Fernleitungen so zu disponieren, daß direkt oder von Unterstationen aus nicht allzu große Areale bedient werden. Dadurch ist es möglich, die gedachten Schwierigkeiten bei variablen Zirkulationsmengen mit Sicherheit zu bemeistern.

An dieser Stelle mag als Beispiel Areal *B* von Zürich dienen. Dort können wir von der Zentrale *Z* aus Wasser auf den Lindenhof hinaufführen, dort ein oben offenes Standrohr aufstellen und von dort aus die tiefer liegenden Teile bedienen. Dadurch würden die Druckverhältnisse, ob viel oder wenig Zirkulationswasser, immer nahezu dieselben bleiben und wäre man auch sicher, keine zu großen Drücke in den Radiatoren zu riskieren. Ganz in ähnlicher Weise lassen sich Quartiere mit größern Höhendifferenzen — also zum Beispiel *D* — bedienen, wenn von der Zentrale aus das Wasser nach verschiedenen voneinander unabhängigen Höhenzonen geleitet und dort den Häusern zugeführt wird.

Als Basis der weitem Rechnungen mögen immerhin die von mir angeführten Temperaturunterschiede sowie die darnach vorzusehenden Zirkulationswassermengen (633 Liter pro Stunde und Einheitshaus bei  $-20$  Grad) maßgebend sein.

Somit würden in den Hauptmonaten Dezember, Januar und Februar proportional nach Maßgabe der erforderlichen Brutto-Wärmemengen notwendig werden:

In den Quartieren . . . . .	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>A B C und D</b>
Liter per Sekunde . . . . .	<b>46,6</b>	<b>163,0</b>	<b>57,4</b>	<b>142,0</b>	<b>409,0</b>
Diese Zahlen sind zu multiplizieren im mit zirka . . . . .	Okt. u. April 0,92	Nov. u. März 0,95	Dez., Jan. u. Febr. 1	bei $-10^{\circ}$ 1,09	bei $-20^{\circ}$ 1,16

Damit sind die Grundlagen zum Entwurfe der Fernleitungen in den vier Quartieren gegeben, und wenn dementsprechend die Lichtweiten — auch im Zusammenhang mit den zulässigen Druckhöhenverlusten und dem daraus sich ergebenden Eigenkraftbedarf für die Wasserzirkulation, und zwar verteilt auf Häuser mit Ofenheizung und Gebäude mit schon bestehenden Etagen- und Zentralheizungen — ungefähr festgestellt, können wir schließlich die Gesamtanlagekosten der Fernleitungen auf Grundlage heutiger Preise ungefähr bestimmen.

Beim Kontrollieren der zirkulierenden Wassermengen, welche sich aus dem gesamten Wärmebedarf für den ganzen Winter ergeben, ist nicht zu übersehen, daß die Wärmeverluste der Fernleitungen auch bei Nacht denjenigen am Tage gleichkommen, obwohl bei Nacht viel weniger Wärme übertragen wird. Die Wassertemperaturen müssen aber nahezu die gleichen sein wie am Tage und sind somit für die Verluste die Temperaturdifferenzen — namentlich zwischen der Vorlauftemperatur und den Außenkälten — maßgebend. Danach wurden auch die gesamten Fernleitungsverluste berechnet.

Die Zentrale habe ich bei *Z* im jetzigen Bahnhofareal jenseits der Sihl angenommen, schon mit Rücksicht auf bequeme Kohlenzufuhr. Die vorgesehene Umgestaltung der Bahnhofanlage ist selbstredend eingehend zu berücksichtigen und mag solche vielleicht eine andere Stelle für die Wärmезentrale empfehlen.

Daß das Ueberbrücken der Sihl für die Hauptzuleitungen nach *B*, *C* und *D* sowie das Ueberbrücken der Limmat für *C* und *D* erforderlich, mag Schwierigkeiten und große Auslagen, die im nachstehenden Budget nicht berücksichtigt wurden, erfordern. Vielleicht sind aber Projekte denkbar, die das Mitbenutzen neuer Brücken (z. B. nach dem zukünftigen neuen Personenbahnhof) gestatten.

Andererseits aber, wenn die Zentrale in der Nähe des jetzigen Personenbahnhofes vorgesehen würde, wäre für die Kohlenzufuhr selber eine entsprechende Ueberbrückung der Sihl erforderlich, was wohl größere Unannehmlichkeiten namentlich für den Betrieb zur Folge hätte.

Diese Frage bedarf eingehender Studien.

Die auf beiliegendem Stadtplan angegebenen Quartiere *A*, *B*, *C* und *D* unterscheiden sich sehr wesentlich voneinander.

In *A* (*Industriequartier*) sind es, wie schon hervorgehoben, meistens Wohnungen von weniger bemittelten Einwohnern. Diese Wohnungen sind enthalten in zusammengebauten Häusern mit gemeinschaftlichem Lichthof und dürfte deshalb eine kleinere Wärmemenge zur Beheizung erforderlich sein als bei einzelnen, freistehenden Häusern.

Bei den zusammengebauten Häusern sind ja für jede Abteilung weniger Umfassungsmauern notwendig, also geringere Abkühlungsmöglichkeit usw., und außerdem mögen wir bei den hier wohnenden Familien eine etwas größere Sparsamkeit als in andern Quartieren voraussetzen.

*Quartier B* bildet sozusagen das Hauptzentrum von Zürich, enthält viele große Gebäude auf kleinerer Grundfläche und dürfte mithin einen relativ geringern Bedarf an Fernleitungen erfordern bei größerem Gesamtwärmebedarf als bei den andern Quartieren. Dagegen hat aber *B* wie *A* den Vorzug, keine bedeutenden Niveaudifferenzen aufzuweisen, d. h. die Anlage der Fernleitungen würde nicht besonders erschwert durch Ueberwinden größerer Höhendifferenzen.

*Quartier C* bietet betreffend Höhendifferenzen schon wesentliche Unterschiede gegen *A* und *B*. Auch zeigt *C* mehr das Bild einer Gartenstadt mit vielen einzelnen Häusern, Gartenanlagen und dergleichen, so daß dafür unter Berücksichtigung der Höhenunterschiede die Fernleitungen relativ schon größere Erfordernisse beanspruchen.

Am ungünstigsten erscheint *Quartier D*, welches sozusagen höchst gelegene Teile der eigentlichen Stadt Zürich miteinschließt, aber auch ganz tief liegende. Jedenfalls sind für *D* eine Anzahl Unterstationen vorzusehen, schon um die Frage der verschiedenen Drücke, denen sowohl die Leitungen selber als auch die Radiatoren in den Häusern ausgesetzt sein könnten, mit aller Sicherheit zu lösen. *D* wird mit Rücksicht auf die vorhandenen großen Lehranstalten, Krankenhäuser, Villen und bessern Wohnungen am meisten Veranlassung zur Lösung nicht einfacher Probleme in bezug auf Disposition und Konstruktion der Fernleitungen bieten, und wird deshalb schon ein vorsichtiges Einschätzen der dafür vorzusehenden Anlagekosten notwendig. Außerdem kommt noch hinzu, daß *D* von der Zentrale bei *Z* weit entfernt ist, also größere Kosten für Hauptleitungen sowie auch diesbezügliche größere Wärmeverluste verursacht.

Sind wir imstande, auch für *D* den Beweis der Rentabilität solchen Zentralisierens des Heizbetriebes zu erbringen, so dürfte dadurch jede weitere Ausdehnung solcher Heizbetriebe — selbstverständlich mit zugehörigen Zentralen — durchaus möglich sein.

Für genaues Projektieren ist in erster Linie der *wirkliche* Wärmebedarf in allen jetzt vorhandenen Häusern genau zu ermitteln. Die schon bestehenden Heizeinrichtungen sind eingehend zu berücksichtigen, sowie die Bedürfnisse und Gewohnheiten der Einwohner entgegenkommend, freundlich und liebenswürdig festzustellen. Daran anzuschließen haben sich dann Studien für die beste Lage der Zentrale selber, Entwerfen der Fernleitungen und schließlich als Kontrolle wiederholtes Ausprobieren betreffend Widerstandshöhen.

Dieses endgültige Projektieren bedarf einer Unsumme von Arbeiten, die im Rahmen einer Studie wie vorliegendes Exposé unmöglich. Ich habe mich deshalb damit begnügt, für die Fernleitungen in den verschiedenen Quartieren Skizzen aufzuzeichnen und danach die maßgebenden Werte für Widerstandshöhen, Wärmeverluste und Anlagekapitalien ungefähr zu berechnen.

Skizzen für die Fernleitungen diesen Rechnungen beizulegen, unterlasse ich, indem ja vielerlei Varianten dafür denkbar und beste Lösungen der spätern Bearbeitung vorbehalten werden müssen. Immerhin dürften nachstehende Rohrlichtweiten in den vier Quartieren ungefähr entsprechen.

	Quartier	A	B	C	D
Hauptzufuhrleitungen von der Zentrale „Z“ bis zum ersten Verteilungspunkt . . . . .	mm	175	275	175	250
Rücklaufleitungen, unter Berücksichtigung, daß bei B und D unter allen Umständen wieder besondere Rücklaufpumpen notwendig, während bei A und wohl auch bei C solche nicht erforderlich	mm	200	300	200	275

In allen vier Arealen dürften Schleifen, gemessen bei Beginn derselben, d. h. bei Abgang von den betreffenden internen Zufuhrleitungen, einzuschätzen sein:

- für kleinere Häusergruppen mit . . . . . 75—100 mm
- für größere Häusergruppen mit . . . . . 125—150 mm

Zweigleitungen, welche das Wasser an Gruppen von 6—8 kleinern Häusern verteilen, mögen beim Ausgangspunkt gemessen, erfordern:

- Rohre von . . . . . 50—75 mm

Für die Hausanschlüsse sind zu rechnen:

	Kleinere Häuser mit Ofenheizungen	Größere Häuser mit schon bestehenden Heizungen (größere Anstalten ausgen.)
Vorlauf . . . . .	zirka mm 19,05 ( $\frac{6}{8}$ "")	mm 28,57 (1 $\frac{1}{8}$ "")
Rücklauf . . . . .	„ „ 25,4 (1")	„ 31,57 (1 $\frac{1}{4}$ "")

Diese Angaben dürften ein ungefähres Bild der Fernleitungen ergeben.

Danach berechnen sich die Fernleitungsverluste nach folgender Tabelle und zwar verteilt auf Häuser mit jetzt bestehenden Ofen- und Zentralheizungen:

Im Quartier	A	B	C	D	ABC u. D
<i>Millionen WE. während des ganzen Winters</i>					
1. bezogen auf Häuser mit Ofenheizung					
Hausanschlüsse . . . . .	140	97	296	687	1 220
Zweigleitungen und Schleifen . . . . .	1 030	820	1 030	1 840	4 720
Interne Zufuhrleitungen . . . . .	153	42	89	137	421
Hauptzufuhrleitungen . . . . .	51	14	38	68	171
Zentrale . . . . .	55	29	32	64	180
Unterstationen . . . . .	—	12	32	65	109
<b>Total Millionen WE</b>	<b>1 429</b>	<b>1 014</b>	<b>1 517</b>	<b>2 861</b>	<b>6 821</b>
2. bezogen auf Gebäude mit Etagen- und Zentralheizungen					
Hausanschlüsse . . . . .	17	95	122	343	577
Zweigleitungen und Schleifen . . . . .	120	835	441	965	2 361
Interne Zufuhrleitungen . . . . .	77	393	188	393	1 051
Hauptzufuhrleitungen . . . . .	25	126	81	197	429
Zentrale . . . . .	28	270	67	183	548
Unterstationen . . . . .	—	120	68	185	373
<b>Total Millionen WE</b>	<b>267</b>	<b>1 839</b>	<b>967</b>	<b>2 266</b>	<b>5 339</b>
<b>Gesamtverluste für sämtliche bestehende Häuser mit Ofenheizungen und Etagen- und Zentralheizungen .</b>	<b>1 696</b>	<b>2 853</b>	<b>2 484</b>	<b>5 127</b>	<b>12 160</b>

Es sind dies dieselben Zahlen wie auf pag. 16 angenommen.

Dabei habe ich sowohl bei Annahme der maßgebenden Rechnungsweisen als auch unter Berücksichtigung der wahrscheinlich anzutreffenden Terrainverhältnisse usw. jedenfalls Voraussetzungen gemacht, die eher einen zu großen Wärmeverlust ergeben, um diesbezüglich die Resultate ja nicht als zu günstig erscheinen zu lassen. Zum Beispiel könnte man den Wiedergewinn an Wärme infolge der zu leistenden Zirkulationsarbeit mit berücksichtigen, was unter Umständen recht erheblichen Werten gleichkommt; ich habe aber zur Sicherheit davon Umgang genommen.

Die in den gedachten, allen Rechnungen zugrunde gelegten Fernleitungen sich ergebenden *Widerstandshöhen* mögen nachfolgenden Werten entsprechen. Dabei sind diese Widerstandshöhen diejenigen, die zu überwinden wären, wenn das maximale Wasserquantum bei  $-20$  Grad Außenkälte in den Fernleitungen zirkuliert. Die nachfolgende Berechnung der zur Ueberwindung dieser Widerstandshöhen und dazu der Höhendifferenzen, entsprechend der Terraingestaltung der vier Quartiere notwendigen Leistungen bezieht sich auf die in den verschiedenen Monaten notwendigen Zirkulationswassermengen bei Annahme derjenigen Widerstandshöhen, welche der größten Maximalkälte von  $-20$  Grad entsprechen. Dabei mag ja Drosseln angenommen werden, so daß die faktischen Widerstandshöhen am Tage ungefähr dieselben bleiben, während bei Nacht die erforderliche Leistung einem Viertel derjenigen bei Tag entsprechen mag. Jedenfalls sind die so berechneten, während des ganzen Winters erforderlichen Leistungen für die Wasserzirkulation sicher genug angenommen, um diesbezüglich irgendwelche Unterschätzungen nicht aufkommen zu lassen. Auch wurde aus dem gleichen Grunde irgendwelche denkbare Ausnützung der zurückfließenden Wassermengen von den höhern Lagen nach der Zentrale nicht berücksichtigt.

Die Widerstandshöhen in Metern beim Zirkulieren der größten Wassermengen (bei $-20^{\circ}$ Kälte) in den Quartieren . . . . .	A	B	C	D
betragen oder wurden angenommen für Regulierwiderstände und Durchfluß durch die Radiatoren . . . . .	3	3	3	3
Hausanschlüsse (Vor- und Rücklauf) inklusive aller Widerstände in den Leitungen, in den Häusern selber . . . . .	4	4	4	4
Zweigleitungen . . . . .	2 500	2 500	2 500	2 500
Schleifen . . . . .	13 500	13 500	13 500	13 500
Interne Zufuhrleitungen . . . . .	12	12	12	12
Haupt-Zufuhrleitungen . . . . .	13 200	28 000	27 500	27 500
Zentrale (diverse Widerstände) . . . . .	3	3	3	3
Größte Haushöhe . . . . .	15	18	15	18
Terrain-Höhendifferenzen . . . . .	3	24	53	74 800
Unterstationen . . . . .	—	—	8	8
Diverse und unvorhergesehene Druckhöhenverluste . . . . .	3 200	3	2 500	0 700
Total (h+h') m	72 400	111 000	144 000	167 000

*Anmerkung.* Die mit 74 800 bei D angegebene Terrain-Höhendifferenz ergibt sich aus der Annahme von zweierlei Höhenzonen mit 67 und 106 m maximaler Höhendifferenz, voraussetzend, daß die niedrigere Zone zirka *viermal* soviel Zirkulationswasser erfordert als die höhere Zone und daß jede Zone mit separater Unterstationspumpe bedient wird. 74 800 m ist somit ein Mittelwert.

Demnach entspricht während den verschiedenen Wintermonaten das Bewältigen dieser Gesamthöhen:



	A	B	C	D	ABC u. D
In den Quartieren					
einer theoretischen Leistung in Wasserpferden					
im Oktober und April . . . . .	42	221	102	291	656
im November und März . . . . .	43	228	104	300	675
im Dezember, Januar und Februar . . . . .	45	240	110	316	711
Sei nun der mittlere Nutzeffekt					
der Zentrifugalpumpen . . . . . 0,75					
der elektrischen Motoren . . . . . 0,85					
der Leitungen und Schaltanlagen . . . . . 0,97					
und verschiedene Verluste 3%, d. h. 0,97 Nutzeffekt,					
so entspricht dies einem Gesamtnutzeffekt von zirka					
0,60 und beträgt somit die dazu erforderliche Leistung					
ab Schaltbrett-Zentrale					
$KW = \frac{PS_w}{0,60} \times 0,736 = 1,226 PS_w$					
Also KW ab Schalttafel-Zentrale im Oktober und April	51	271	124	357	803
im November und März . . . . .	53	280	128	368	829
im Dezember, Januar und Februar . . . . .	55	295	135	387	872
Daraus berechnet sich der gesamte Eigenkraftbedarf					
während Oktober und April mit KW-Stunden zirka	38 250	203 250	93 000	267 550	602 050
November und März   "   "   "	47 700	252 000	115 200	331 200	746 100
Dezember, Januar u. Februar   "   "   "	74 100	399 000	182 500	522 000	1 177 600
Und somit während des ganzen Winters KW-Stunden	<b>160 050</b>	<b>854 250</b>	<b>390 700</b>	<b>1 120 750</b>	<b>2 525 750</b>
Darnach sind auf Rechnung der bestehenden Häuser mit					
Ofenheizung zu schreiben . . . . . KW-Stunden	109 600	97 250	140 000	330 000	676 850
und a conto Gebäude mit Etagen- und Zentralheizungen					
KW-Stunden	50 450	757 000	250 700	790 750	1 848 900

## Ungefähre Anlagekosten der Fernleitungen.

Unter Voraussetzung heutiger Detailpreise war es möglich, Kurven zu zeichnen, welche die Kosten pro laufenden Meter Fernleitung inkl. aller Detail- und Nebenarbeiten bei verschiedenen Lichtweiten zeigen. Ich nehme an, daß Hin- und Rückleitung in allen Fällen in einer gemeinsamen Betonschale untergebracht sind (eventuell Eisenbeton), und zwar so, daß der Vorlauf, als den höhern Temperaturen entsprechend oben, der Rücklauf unten gelagert wird.

Um das leidige und durchaus unerwünschte Aufbrechen einmal bestehender Fernleitungsanlagen bei allfälligen Reparaturen nicht wieder vornehmen zu müssen, dürfte es angezeigt sein — namentlich bei geraden Strecken — sogenannte *offene Kanäle* mit geschlossenen abwechseln zu lassen. Es hätte dies die Meinung, daß ein offenes Kanalstück von 40 bis 50 m Länge benötigt wird, um die einzelnen Rohrteile in diesen offenen Kanal einzulegen, durch geeignete Flanschen oder andere Vorrichtungen zu verbinden, komplett zu isolieren und dann in die geradlinig verlaufende, beliebig längere, *geschlossene* Kanalstrecke einzuschieben. Dabei ist es angebracht, je zirka 40 m Rohre zusammen zu schweißen, so daß weitere Schraubenverbindungen entsprechend den Längen, in welchen die Rohre erhältlich, nicht erforderlich sein würden.

Ein solches 40 m-Rohr kann man außerhalb des offenen Kanales fix und fertig herstellen, inklusive Isolationsüberzug, Anstrich etc., und müssen dabei alle diejenigen Materialien und Arbeitsmethoden Verwendung finden, welche die größte Gewähr bieten für die Unzerstörbarkeit der Lei-

tungen für eine größere Anzahl von Jahren. So zum Beispiel sind auch punkto Schutz der Isolierungen Maßnahmen nötig, welche Sicherheit vor Nagetieren irgendwelcher Art gewährleisten: also Umhüllung der Rohre nach der Isolierung mit Leinwand und dann gründlicher Anstrich mit Asphalt oder einem andern bewährten Schutzmittel.

Die Isolierung selber dürfte, mit Rücksicht auf die erhebliche Ausdehnung solcher Fernleitungen, am ehesten aus Strohzöpfen bestehen oder aus Kieselgur, vielleicht aber auch aus Seidenpolstern (aus Abfallseide) etc., und ist dies nicht nur eine Frage des Wärmeverlustes, sondern zusammen mit dieser eine solche der Rentabilität.

Auch dieses Kapitel erfordert viel Verständnis und viel Rücksichtnahme auf bezügliche, wohl schon vielfach bestehende Erfahrungen; sollten aber diese letztern noch nicht genügen, so ist es angezeigt, ganz spezielle Versuche dafür vorzunehmen.

Sind nun die so bearbeiteten und fertiggestellten Rohrstücke von je zirka 40 m Länge zum Einlegen bereit — inklusive der erforderlichen allfälligen Details —, um ein Hindurchziehen durch die geschlossenen Kanäle leichter zu betätigen (hiezü gehören auch die Details für die Auflagerung der einzelnen Rohre, für die Erleichterung des Schiebens, für die Aufnahme der Längendehnungen bei verschiedenen Temperaturen etc.), so kann man ein Rohr nach dem andern in den geschlossenen benachbarten Kanal hineinschieben und die Flanschenverbindungen in dem offenen Kanal, unmittelbar beim Eingang in den geschlossenen, jeweiligen fertigstellen.

Die Isolierung ist so stark aufzutragen, daß der äußere Durchmesser derselben demjenigen der Flanschen gleichkommt, um so ein glattes Einschieben der Rohre zu ermöglichen.

Das oben Gesagte gilt hauptsächlich für die Vorlaufrohre; die Rücklaufrohre können eventuell unisoliert bleiben, denn die Temperatur in den geschlossenen Kanälen wird kaum weniger als 25 Grad Celsius betragen — auch bei größter Außenkälte — und mag daher die Frage berechtigt erscheinen, ob ein ganz unisoliertes Rücklaufrohr nicht ebenso gut der besten Wirtschaftlichkeit entsprechen könnte; denn auf alle Fälle bilden die Isolierungen, wenn sie vorzüglich ausgeführt sein sollen, einen recht erheblichen Teil der gesamten Anlagekosten.

Daß nach Fertigstellung der Rohrleitung die offenen Kanäle durch doppelten Plattenbelag abzudecken sind, ist selbstverständlich. Dabei mag die innere Platte eventuell nur aus Holz bestehen, während die äußere Abdeckplatte, die mit dem Terrain (Trottoirniveau) in eine Ebene fällt, am besten aus grob geripptem Blech oder aus Gußeisen hergestellt sein sollte. Der ziemlich hohe Zwischenraum ist mit einer Isoliermasse auszufüllen — mit Rücksicht auf allfälliges Abdecken wohl am besten mit Säcken, welche Spreu oder dergleichen enthalten.

Bei jedem einzelnen Haus sind Abzweigungen von der Hauptleitung nach dem Haus erforderlich. Diese sind jeweilen in einem Schacht unterzubringen, der gleichzeitig dazu dienen könnte, die Entwässerung der gesamten Leitungskanäle zu bewerkstelligen. Bei Anlage solcher Fernleitung in einer Stadt werden wohl immer tiefer liegende Kanalisationskanäle vorhanden sein, so daß die zirka 1,2 bis 1,5 m unter Terrain liegenden Heizungskanäle mit aller Sicherheit danach entwässert werden können. Wäre Ueberschwemmungsgefahr zu berücksichtigen, so sind besondere Sicherheitsvorrichtungen anzubringen, um solcher vorzubeugen.

Um das Bild so gedachter Fernleitung zu ergänzen, sind Vorrichtungen, um die Längenausdehnungen der verschiedenen Leitungsstrecken unschädlich zu machen, speziell zu erwähnen. Am besten in entsprechende Gehäuse eingelagerte Rohrstopfbüchsen, welche alle Längenausdehnungen zwischen 0 und 100 bis 120 Grad aufzunehmen imstande sind, aber mit Druckausgleich oder vielmehr mit entsprechendem Zugüberschuß, so daß die sich in den Stopfbüchsen schiebenden Rohre niemals nach außen geschoben werden, sondern die Beanspruchung immer auf Zug stattfindet. (Mit Entlastungskolben, eventuell sogar mit besonderer Druckwassereinwirkung sehr wohl ausführbar.)

Diese Stopfbüchsengruppen sind aber so zu konstruieren, daß man dieselben bei Reparaturen auch ausschalten kann, ohne den Betrieb zu unterbrechen. Ich stelle mir je doppelte Anordnung vor, und dürfte bei geraden Strecken eine Distanz von zirka 400 m zwischen zwei solcher Doppel-Stopfbüchsengruppen möglich sein, so daß für ein ganzes Leitungsnetz, auch unter Berücksichtigung der Richtungswechsel, nicht allzu viel solcher Stopfbüchsen erforderlich wären. In der Mitte zwischen zwei Stopfbüchsengruppen ist ein Fixpunkt, fest verankert, erforderlich, welcher gleichzeitig immer als Ausgangspunkt für Abzweigungen und dergleichen dienen kann.

Dann sind (gerade mit Hinblick auf die Längendehnung) Einrichtungen nötig, um den Abzweigungen nach den einzelnen Häusern vollkommene Beweglichkeit zu verschaffen, aber unter absolutem Abschluß der in das Haus eintretenden und aus demselben austretenden Rohre, um auch Eindringen von Ungeziefer (Ratten etc.) aus den Leitungskanälen in die Häuser zu verunmöglichen.

Eine Reihe anderer kleiner Details — wie solche zum Auflagern der Rohre in den Kanälen, Transportrollen und dergleichen, ferner Einrichtungen, um die Rohre durch die geschlossenen Kanäle hindurchzuziehen etc. — benötigen keiner weitern Beschreibung. Deren Studium ist aber wichtig, um der Aufgabe, solche Fernleitungen nicht nur auf beste Art auszuführen, sondern auch zu bedienen, entsprechen zu können, namentlich auch bei Reparaturen.

Ich wiederhole, daß mir als Grundprinzip nach dieser Richtung die Möglichkeit erscheint, bei irgendwelchen notwendig werdenden Reparaturen keinesfalls durch Aufbrechen der Straßen und Trottoirs die Einwohnerschaft in fortwährender Aufregung zu erhalten, sondern solches vollkommen zu vermeiden.

Die vorhin erwähnten Kurven für die Anlagekosten pro laufenden Meter Leitung, nach Maßgabe der verschiedenen Lichtweiten, müssen auch alle Zubehörteile — wie Flanschen, Isolierung, Zusammenschweißen, Stopfbüchsen, Fixpunkte, Absperrschieber usw. — mit enthalten, so daß mit ihrer Hilfe aus dem gedachten Rohrplan die gesamten Kosten errechnet werden können.

Unter Hinzufügung der bei den Arealen B, C und D noch möglichen Unterstationen sowie verschiedener unvorhergesehener, als „Diverses“ zusammengefaßter Spesen, sind die totalen nachstehenden Fernleitungskosten entstanden, die auch sämtliche Nebenarbeiten — Graben, Zudecken, Wiederherstellen der Pflasterung usw. — auf Grund heutiger Preisverhältnisse enthalten.

Da die sämtlichen Fernleitungen *gemeinsam* für die jetzt vorhandenen Häuser mit Ofenheizung *und* für diejenigen mit Etagen- und Zentralheizungen zu dienen haben, sind auch die Erstellungskosten zuerst für sämtliche Häuser zusammen im Detail angeführt. Die Gesamtsummen für die einzelnen Quartiere sind dann nachher auf die beiden Gattungen verteilt.

Gesamt-Fernleitungskosten in den Quartieren . . . . .	A	B	C	D	ABC u. D
Hausanschlüsse . . . . . zirka Fr.	224 000	400 000	484 000	1 407 000	2 515 000
Abzweigleitungen . . . . . „ „	366 000	538 000	468 000	767 000	2 139 000
Schleifen . . . . . „ „	479 000	692 000	606 000	1 162 000	2 939 000
Interne Zufuhrleitungen . . . . . „ „	182 000	535 000	190 000	750 000	1 657 000
Hauptzufuhrleitungen . . . . . „ „	80 000	182 000	89 000	375 000	726 000
Unterstationen . . . . . „ „	—	127 000	34 000	490 000	651 000
Total „ „	<b>1 331 000</b>	<b>2 474 000</b>	<b>1 871 000</b>	<b>4 951 000</b>	<b>10 627 000</b>
Verteilt auf Rechnung der Häuser mit Ofenheizung Fr.	915 700	277 000	677 300	1 455 600	3 325 600
und auf diejenigen mit Etagen- und Zentralheizungen „	415 300	2 197 000	1 193 700	3 495 400	7 301 400
Der Brutto-Wärmeverbrauch für beide Häusergattungen zusammen beträgt während der ganzen Heizdauer Millionen WE	14 346	48 803	17 694	43 277	124 120
Somit die Anlagekosten der Fernleitungen pro eine Mil- lion zu übertragende Wärmeeinheiten . . zirka Fr.	93.—	51.—	106.—	114.—	86.—

Diese Zahlen zeigen sehr deutlich die Verschiedenheit der einzelnen Quartiere. In *A* sind die vielen mit Ofen geheizten Häuser mit dem relativ kleinen Wärmeverbrauch maßgebend, weshalb die Fernleitungskosten im Vergleich zu der übertragenen Wärmemenge entsprechend hoch, umso mehr, als viele Anschlußleitungen erforderlich. In *B* sind vorwiegend große Gebäude mit großem Wärmeverbrauch vorhanden und ist auch das ganze Terrain dicht bebaut, weshalb die weitaus geringsten Anlagekosten pro eine Million übertragener Wärmeeinheiten. Quartier *C* gleicht mehr einer Gartenstadt mit vorwiegend kleinern Häusern, die aber wesentlich weiter auseinander liegen. Für Quartier *D* endlich kommen die großen Distanzen und die großen zu überwindenden Höhen deutlich zum Ausdruck.

Was die Rechnungsweise der angegebenen Gesamtanlagekosten für die verschiedenen Quartiere — und zwar jeweils Häuser mit Ofenheizung und Gebäude mit Etagen- und Zentralheizungen zusammengerechnet — anbelangt, stimmt diese genau überein mit der detaillierten Rechnungsweise für die Leitungsverluste. Bei letzterer habe ich absichtlich auch in den Details die Verluste separat angegeben für Häuser mit Ofenheizung und solche mit Zentralheizungen, weil bei der relativ größern Anzahl der ersteren Gattung und dem kleinern Wärmekonsum derselben die Anschlußleitungen eine ganz hervorragende Rolle spielen und relativ auch viel mehr Wärmeverluste verursachen. Bei den kleinern Rohren sind die Verluste bei einer Lichtweite und der nächstfolgenden beinahe identisch und relativ eben wesentlich größer als bei Rohren mit größern Lichtweiten. Es bezieht sich dies auch noch auf die Zweigleitungen und zum Teil auf die Schleifen, indem auch bei diesen noch hauptsächlich die Anzahl der anzuschließenden Häuser maßgebend. Bei den internen Zufuhrleitungen und Hauptzufuhrleitungen aber kommen nur die Anteilbeträge in Betracht, mit welchen die beiden Häusergattungen je nach deren Wärmeverbrauch beteiligt sind. Dasselbe gilt für die Zentrale und die Unterstationen.

Diese Rechnungen ergaben sich zum großen Teil aus denjenigen meiner frühern Arbeiten bei sinngemäßer Korrektur infolge der von den ursprünglichen Annahmen differierenden Wärmekonsumziffern, welche aus den wirklichen Kohlenverbrauchsangaben entstanden sind. Außer den verschiedenen Fernleitungsskizzen waren somit auch diese Korrekturen der frühern Werte maßgebend.

So entstanden auch die Totalwerte für die Erstellungskosten der einzelnen Positionen der Fernleitungen, so wie in der vorstehenden Tabelle angegeben, und sind diese als Summen der jeweiligen beiden Häusergattungen ungefähr richtig. Hätte ich nun aber die Einzelbeträge auf die Häuser mit Ofen- und solche mit Zentralheizungen verteilt, so wären die jeweils zugehörigen Beträge maßgebend gewesen; doch hätte dies durchschnittlich eine zu große Belastung der kleinern Häuser mit Ofenheizung ergeben. Deshalb habe ich vorgezogen, die sich aus obiger Tabelle ergebenden Gesamtsummen einfach nach dem Brutto-Wärmeverbrauch der beiden Häusergattungen zu verteilen. Es entspricht dies gewissermaßen einer Konzession an die Besitzer und Bewohner der kleinern Häuser mit Ofenheizung, die gegenüber den großen Gebäuden mit großem Wärmeverbrauch als durchaus korrekt erscheint und ist die diesem Prinzip entsprechende Verteilung für alle weitem Rechnungen maßgebend.

Die Angaben über die Wärmeverluste sowie auch diejenigen über die Erstellungskosten der Fernleitungen habe ich auf Grund weiterer Ueberlegungen kontrolliert und kann ich die so entstandenen Zahlenwerte ruhig allen folgenden Rechnungen zugrundelegen. Uebrigens dürfte weiterer Preisabbau punkto Erstellungskosten die in den aufgestellten Budgets wohl schon enthaltene Sicherheit vielleicht noch erhöhen.

---

## Gesamt-Anlagekosten und Ergebnisse zentralisierter Heizbetriebe.

Die Totalkosten zur Erstellung der Gesamtanlage, also Zentrale, Fernleitungen, ohne die für letztere allenfalls notwendigen Kunstbauten, z. B. Brücken usw., aber inklusive Betriebskapital, ergeben sich aus folgender Tabelle:

Projektieren der ganzen Anlage . . . . .	Fr. 700 000.—
Sämtliche Fernleitungen . . . . .	» 10 627 000.—
Kesselanlage mit Einmauerungen, Rohrleitungen usw. . . . .	» 2 720 000.—
Zirkulationspumpen, Akkumulatoren usw. . . . .	» 749 000.—
3 Dampfturbinen à 5000 KW mit Zubehör . . . . .	» 1 554 000.—
Schaltanlage, Regulierungsvorrichtungen usw. . . . .	» 250 000.—
Gebäude, Zentrale und zugehörige bauliche Arbeiten . . . . .	» 1 500 000.—
Grundstück 80 m × 50 m à Fr. 50.— . . . . .	» 200 000.—
Betriebskapital . . . . .	» 200 000.—
<b>Total</b>	<b>Fr. 18 500 000.—</b>

Für die Projektierung figurieren für *A, B, C* und *D* zusammen Fr. 700 000.—. Es dürfte dieser Betrag aber noch zu knapp erscheinen, wenn diese Arbeiten, namentlich bei einem Erstlingswerk — gründlich und auch alle denkbaren Möglichkeiten berücksichtigend durchgeführt werden sollen.

Was die Verwertung der neuen Kessel und Dampfturbinen, die gleichzeitig für die Wärme- lieferung nach *A, B, C* und *D* zu dienen haben, als *Reservestation* anbelangt, ist es notwendig, die Kessel unter Berücksichtigung eines möglichst geringen Wasserinhaltes zu konstruieren.

Die Speisevorrichtungen sind so auszubauen, daß sie heißes Wasser aus einem entsprechen- den Akkumulator sofort durch die Kessel pumpen können, um rasch, durch schnellst betätigte Feuer- wirkung, hochgespannten Dampf zu erzeugen. Das fortwährende Inbereitschaftthalten der Feuerun- gen selber, ohne, oder doch nur mit minimalem Brennmaterialverbrauch, ist im Sommer vielleicht notwendig, darüber sind die Erfahrungen maßgebend. Im Winter ist diese Bereitschaft ja ohnehin vorhanden.

Die Dampfturbinen sind so gedacht, daß sie für gewöhnlich mit 20 Atm. abs. Admissions- druck und demjenigen Gegendruck arbeiten, welcher den jeweiligen Betriebsverhältnissen der Zen- tralheizungsanlage entspricht. Die Konstruktion mag dem kombinierten Aktions- und Reaktions- system entsprechen und muß der Kondensator so eingerichtet sein, daß er nicht nur als Wasser- wärmer für die Heizungszwecke dienen kann, sondern auch als vorzüglicher Kondensator für den Fall, daß Kraftentwicklung ohne Wärmeausnützung — also im Sommer — erforderlich werden sollte. Auch ist die Entnahme von Zwischendampf in gewissem Umfange und bei entsprechend höherem Gegendruck, z. B. für Anwärmen von Brauchwasser für Haushaltzwecke usw. (vide die spätern Vorschläge (pag. 53 u. f.) vorzusehen. Alle diese Anforderungen, welche durch die ver- schiedenen Zwecke der Anlage gestellt werden, lassen sich auf verschiedene Arten bestens erreichen.

Würden wir uns die Anlage Zürich in einer Gegend vortellen, *in welcher wir über keine hydrau- lische Energie verfügen*, so müßten die Turbinen für regelmäßige Energieerzeugung auch im Sommer gebaut sein. Es wird dieses Moment die Schaufelung der Turbinen wohl etwas beeinflussen, um dieselben dem Betriebe mit bester Kondensation auch anzupassen; doch dürften daraus nur geringe Aenderungen entstehen, welche die Anschaffungskosten kaum beeinflussen. Die Konstruktion und Erstellungskosten der Kondensatoren mit allem Zubehör sind diesem Programm entsprechend ge- dacht, so daß wir für die später zu behandelnde Betriebsweise ohne Wasserkräfte genau die gleichen Grundlagen — punkto Anlagekosten — voraussetzen dürfen.

In gleichem Sinne sind auch die Zirkulationspumpen verstanden, die eventuell für Sommer- und Winterbetrieb zu dienen haben.

Was die *Akkumulatoren* anbelangt, ist es bei Anlagen, welche außer der Wärmelieferung für Heizzwecke etc. auch für Erzeugung thermischer Energie in weitestem Maßstabe dienen sollen, durchaus notwendig, ein Mittel zu besitzen, um die voneinander unabhängigen Unregelmäßigkeiten der Wärmelieferung und gleichzeitiger Energieabgabe auszugleichen.

Beim Vergleich irgend einer aus dem Betrieb einer Kraftzentrale sich ergebenden Energiekurve mit dem Verlauf einer solchen, welche während der gleichen Zeit den Wärmebedarf für Heizung etc. angibt, ist ersichtlich, daß die erstere große Spitzen aufweist (namentlich abends, während der Beleuchtungsperiode), welche durchaus nicht mit dem Verlauf der Wärmekurve in Einklang stehen. Wir müssen also während des Heizbetriebes — mit den für diesen erforderlichen Wassertemperaturen — ein gewisses Quantum warmes Zirkulationswasser aus dem Oberflächenkondensator in irgendeinem entsprechend konstruierten Reservoir ansammeln, und um der erforderlichen Kraftleistung nachzukommen gleichzeitig ein analoges Quantum kaltes Wasser aus dem gleichen Reservoir entnehmen.

Es mag sein, daß zu diesem Zwecke ein großes, zylindrisches, vertikales Gefäß genügen könnte, indem wir in dasselbe durch Kondensieren der bezüglichen Dampfquantitäten oben warmes Wasser hineinpumpen, während wir unten aus dem gleichen Gefäß ein gleiches Quantum kaltes Wasser herausholen, um es dann mittels Zentrifugalpumpe durch den Kondensator zu treiben. Dabei würde für den augenblicklichen Bedarf der sämtlichen Heizungen derjenige Teil dieses Warmwassers, welcher demselben entspricht, in die Fernleitungen gedrückt, während der Rest in den oberen Teil des Akkumulators gelangen würde. Die Fernheizung liefert dann durch die Rückleitung das abgekühlte Wasser wieder in den Kondensator, während der noch fehlende Teil aus dem Akkumulator dazugenommen werden müßte.

Das gleiche Spiel, nur umgekehrt, muß sich automatisch vollziehen, wenn die momentan erforderliche Kraftleistung kleiner ist als sie dem Bedarf der zentralisierten Heizungsanlage entsprechen würde. In diesem Falle wird aus dem oberen Teil des Warmwasserakkumulators der fehlende Zusatz für die Heizung entnommen und strömt dann aus der Heizung ein Ueberschuß abgekühlten Wassers in den unteren Teil des Akkumulators zurück.

Es ist nun die Frage, ob wir ein solches Gefäß ohne irgendwelche sonstigen Bestandteile (Kolben oder dergleichen) benutzen können, ohne zu riskieren, daß das oben einströmende warme Wasser mit dem unten befindlichen kalten Wasser sich zu schnell vermischt.

In gewissem Maße dürfte dies nicht der Fall sein. Es liegen ja vielfache Beobachtungen vor, daß sogar bei Dampfkesseln das unten eintretende kalte Speisewasser recht lange seine Temperatur beibehalten kann — sogar bis die oberen Wasserschichten so weit erhitzt wurden, um Dampf liefern zu können.

Es wird aber immerhin in einem solchen Gefäß eine gewisse Wasserzone geben, in welcher schon durch das Wärmeleitungsvermögen des Wassers die Temperaturen sich ausgleichen; und es kann dieser Umstand die Frage des notwendigen Kubikinhaltes eines solchen Akkumulators unangenehm beeinflussen.

Würde man aber in diesen vertikalen, zylindrischen Akkumulator einen Kolben einbauen, der so konstruiert sein müßte, daß er imstande wäre, die oben befindlichen Wasserschichten vor Wärmeabgabe nach den unteren Schichten durch entsprechende Isolierung zu schützen, so ließe sich wohl das Prinzip des so gedachten Wärmeakkumulators in weitaus besserer Form durchführen und zwar mit den kleinst möglichen Dimensionen; es müßten diese sich dann nur den vorkommenden Ungleichheiten von Leistungs- und Wärmediagramm anpassen.

Stellen wir uns einen solchen Wärmeakkumulator vor, mit irgend einer Vorrichtung (also z. B. Kolben), um den Wärmeaustausch zwischen den oberen und unteren Wasserschichten zu verhüten, und fügen wir noch einen Regulierapparat hinzu, um ganz automatisch — je nach den Außentemperaturen und je nach dem Wärmebedarf der zentralisierten Heizungsanlage — die Temperaturen des in die Heizung einströmenden und aus derselben zurückkommenden Wassers regulieren zu können, so dürfte aus dieser Kombination eine Gesamteinrichtung entstehen, die den Anforderungen sowohl der Heizung als auch denjenigen der Energielieferung nachkommt. Dabei ist innert gewisser Grenzen gedacht, vorausgesetzt, daß die Erfordernisse der Heizungsanlage mit denjenigen der Kraftstation quantitativ im Mittel übereinstimmen und nur zeitliche Verschiebungen auszugleichen sind.

Ich habe versucht, der oben umschriebenen Aufgabe gerecht zu werden durch Ausarbeitung der dazu nötigen Details, also eines möglichst guten Wärmeakkumulators und Betätigung desselben durch Einwirkung einer Selbstregulierung, die je nach Bedarf der Heizung, gemäß der jeweiligen Außentemperatur und entsprechend dem Bedarf der Krafterzeugung die Wasserlieferungen und deren Temperaturen automatisch regelt.

Diese Bestrebungen kamen zum Ausdruck in zwei Patenten, die ich zuerst in der Schweiz unter Nr. 73 666 und Nr. 73 713 eintragen und veröffentlichen ließ. Die gleichen Patente sind mir auch in andern Ländern, wo solche zentralisierte Heizungsanlagen berechtigt, erteilt worden.

Es ist nicht ausgeschlossen, daß solche Gesamtanlagen rationell auch mit andern Mitteln durchführbar und möchte ich mich nicht dem Vorwurf aussetzen, diese vorliegende Veröffentlichung nur im Interesse einer beabsichtigten Patentverwertung veranlaßt zu haben. Immerhin mag der angedeutete Weg empfehlenswert sein, um solche Anlagen tadellos zu betätigen, und ist schon der Zweck meiner Aufgabe teilweise erfüllt, wenn ich darauf hinweise, daß *überhaupt* derartige oder sagen wir ähnliche Hilfsmittel erforderlich sind, um den so kombinierten Betrieb einer für Heizung und Kraftgewinn dienenden Wärmezentrale korrekt und möglichst automatisch durchzuführen.

Für den Zweck der vorliegenden Arbeit erscheint es mir nach oben Gesagtem nicht notwendig, hier auf weitere Details der mir patentierten Einrichtungen: „Wärmeakkumulator bei Warmwasserheizungen“ und „Reguliorrichtung für den Durchfluß von Flüssigkeiten“ näher einzutreten; denn der Hauptzweck dieser Veröffentlichung soll derjenige sein, die Möglichkeit derartiger Wärmezentralen überhaupt und die *Notwendigkeit* derselben immer mehr zum Bewußtsein zu bringen.

An dieser Stelle möchte ich aber darauf hinweisen, daß auch andere Akkumulatorkonstruktionen denkbar wären, die ohne Kolben den gedachten Zweck erfüllen könnten, so z. B. Gefäße irgendwelcher Form, aus Zellen bestehend, so angeordnet, daß vom Zentrum aus eine nach der andern mit heißerem Wasser angefüllt wird, welches ein entsprechendes Quantum kälteren Wassers nach dem äußern Umfang und nach unten verdrängt.

Beim Abgeben des warmen Wassers würde umgekehrt das kalte Wasser von außen und unten eintreten und das warme Wasser wiederum nach dem Zentrum hin und von dort nach außen verdrängen.

Eine Unterteilung eines zylindrischen Akkumulators durch spiralförmigen Einbau (wie auf pag. 6 angedeutet) könnte diesem Prinzip auch dienen.

Was die Selbstregulierung anbelangt, so dürften auf elektrischem Wege wohl allerlei Kombinationen zum gleichen Ziele führen.

In den oben angegebenen ungefähren Kapitalbeträgen sind die sämtlichen internen Einrichtungen in den Häusern *nicht* inbegriffen und beziehen sich dieselben bloß auf die *Zentrale* sowie auf alle Fernleitungen inklusive aller dazu notwendigen Details.

Es handelt sich also um große Summen, aber auch um die Beheizung eines großen Teiles der Stadt Zürich — ich möchte sagen beinahe um  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  der ganzen Stadt in ihrer heutigen Ausdehnung.

Es mag schon sein, daß es sehr lange dauern wird, bis das hier gestellte Programm restlos zur Ausführung gelangt; vielleicht wird mir auch das in dieser Ausdehnung so gedachte Problem, namentlich bei den heutigen finanziellen Verhältnissen, geradezu als Unsinn vorgeworfen. Ich gebe mich aber auch keineswegs der Hoffnung hin, in relativ kurzer Zeit die Verwirklichung dieses Programmes zu erleben. Wenn man aber eine Aufgabe, die dem Wohle weiter Kreise dienlich, anpacken will, so kann man dies nicht tun, ohne die Gesamtaufgabe, oder wenigstens einen großen Teil derselben, gründlich zu erwägen, um dann sukzessive der Verwirklichung näher zu treten.

Wenn eine solche Wärmezentrale für Heizung und für Energiegewinnung arbeitet, so sind, um die Gestehungskosten für die Wärmelieferung und für die verkäufliche Energiemenge zu bestimmen, die investierten Kapitalien entsprechend zu verteilen. Es dürfte im vorliegenden Falle dies am besten geschehen, wenn diejenigen Bestandteile, welche ausschließlich für die eine oder die andere Abteilung dienen, dieser ganz zugeschrieben werden. Also sind Fernleitungen inklusive Pumpen und Akkumulatoren vollständig auf Konto der Heizung, die Dampfturbinen vollständig auf dasjenige der Kraftgewinnung zu setzen. Die übrigen allgemeinen Posten: Projektierung, Gebäude, Grundstück, Betriebskapital — mögen zu gleichen Teilen von beiden Hauptgeschäftszweigen getragen sein.

Es bleibt schließlich nur noch die Kesselanlage übrig, deren Anlagekosten für eine Anlage wie Zürich, die bloß im Winter arbeitet, verteilt werden müssen, je nachdem dieselbe von der einen oder andern Abteilung in Anspruch genommen wird. Der betreffende *Totalkalorienverbrauch* muß dafür maßgebend sein.

Um aber diesen *gesamten Kalorienverbrauch* festzustellen, müssen wir bestimmte Annahmen machen für die Menge der zu erzeugenden thermischen wie auch für die eventuell in Frage kommende *verkäufliche* Energie.

Wenn die Wärmezentrale, wie gedacht, auch als Reservekraftstation — z. B. im Falle Zürich — dienen soll, so sind, wie früher angenommen, die drei Dampfturbinen von je 5000 KW Leistung so bemessen, daß sie ein der zum Beheizen von A, B, C und D nötigen Wärmemenge analoges Energiequantum liefern können.

Bei den größten Kälten wird Entnehmen von direktem Dampf für die Heizbetriebe notwendig werden, weil ja bei größeren Kälten nicht auch größere Krafterzeugung erforderlich, denn Kraft- und Wärmebedarf sind ja voneinander unabhängig.

Wir können uns nun als Variante vorstellen, daß der Stadt, in welcher die Anlage sich befindet, wenig oder gar keine Wasserkräfte zur Verfügung stehen, daß aber so viel Energie für alle möglichen Zwecke — Beleuchtung, Industrie, Bahnbetrieb usw. — benötigt wird, als der zum Heizbetrieb nötigen Wärme entspricht, daß also im Winter während den Monaten Oktober bis und mit April so viele Kilowattstunden erforderlich, als solche Abwärme für die gesamte Heizung ergeben können, und daß außer der Heizperiode das gleiche Kraftwerk *mit Kondensation* eine analoge Menge Kilowattstunden zu liefern hätte.

Dieser Fall trifft selbstredend bei der Anlage Zürich nicht zu, indem es sich hier *nur* um Aushilfe handelt, d. h. um Lieferung von so und soviel KW-Std. während des Winters, welche die hydraulischen Kraftanlagen zu wenig liefern können. Wenn wir also die Verteilung der Anlagekapitalien — speziell der Kesselanlage — korrekt vornehmen wollen, so hat in der Anlage Zürich diese Verteilung nach andern Prozentsätzen zu geschehen als bei einer genau gleichen Anlage, bei der wir aber über keine hydraulische Energie verfügen.

Die Wirtschaftlichkeit dieser letztern Variante — also *einer Anlage genau wie Zürich, aber ohne hydraulische Kraftlieferung, nachzuweisen*, bildet einen wichtigen Teil des in dieser Arbeit mir gestellten Programmes. Es ist deshalb notwendig, die beiden Probleme in der Form und der gegen-



seitigen Umschreibung der beidseitigen Leistungsfähigkeit auf gleicher Basis miteinander verglichen zu können.

Wenn wir uns also die Anlage genau wie Zürich mit den vier Quartieren A, B, C und D vorstellen und uns denken, daß, wie oben angeführt, das Verhältnis zwischen thermischem Kraftgewinn und Wärmeverbrauch quasi einem *Grenzverhältnis* entspricht, so sind Annahmen zu machen für den ungefähr äquivalenten Energieverbrauch und zwar während den verschiedenen Jahreszeiten,

d. h. im nämlich im	Sommer	während der normalen Heizperiode			und bei größeren Kälten		
		Okt. und April	Nov. und März	Dez., Jan. und Febr.	bei $-10^{\circ}$	bei $-20^{\circ}$	
also bei mittlerer Kälte von . . . . .	—	+ 8°	+ 4°	± 0°	- 10°	- 20°	
Dabei müßten die Turbinen arbeiten mit einem Gegendruck von Atm. abs. (Kil. per cm <sup>2</sup> ) ca.	0,06	0,15	0,25	0,40	1,00	2,00	
also mit einer Dampftemperatur im Kondensator von . . . . . ca.	—	54°	64°	75°	99°	119°	
Das Vorlaufwasser soll warm sein (vide pag. 19) ca.	—	40°	50°	60°	82°	100°	
also Differenz zwischen Dampf- und Wassertemperatur . . . . . ca.	—	14°	14°	15°	17°	19°	
somit vollkommen genügend, um das Vorlaufwasser beim Verlassen des Kondensators auf die gewünschte Temperatur erwärmen zu können.							
Bei einem Admissionszustand des Frischdampfes gemessen beim Eintritt in die Dampfturbine von 20 Atm. abs. und 350° werden per Kilo Dampf während der Expansion auf obigen Gegendruck (nach Mollier) theoretisch in Arbeit umgesetzt							
	WE	238,0	210,8	194,7	179,0	146,0	119,5
Eine Pferdestärke (632 WE pro Stunde) braucht also Kilo Dampf . . . . . ca.		2,65	3,00	3,25	3,53	4,33	5,29
und sei die Schaufelung so entworfen, daß inklusive aller Verluste der thermische Nutzeffekt ungefähr betragen möge . . . . . ca. %		<b>0,75</b>	0,66	0,68	<b>0,70</b>	0,67	0,64
so beträgt der Dampfkonsum pro wirklich geleistete Dampfarbeit in Pferdestärken (also per Indikatorpferd . . . . . ca.		3,54	4,58	4,77	5,04	6,42	8,27
Sei der mechanische Nutzeffekt der Turbine . . . . .					0,980		
Nutzeffekt des Generators . . . . .					0,960		
„ von Leitungen und Schalttafel . . . . .					0,990		
„ der Erregung . . . . .					0,985		
„ der Luftpumpenarbeit . . . . .					0,990		
so ist 1 PS-Dampfarbeit in der Turbine = ca. 0,905 PS ab Schaltbrett und somit 1 KW ab Schaltbrett = ca. 1,50 Indikator PS.							
Also Dampfkonsum per 1 KW ab Schaltbrett = ca.		<b>5,31</b>	<b>6,87</b>	<b>7,16</b>	<b>7,56</b>	<b>9,63</b>	<b>12,40</b>

Diese Dampfverbrauchswerte per KW ab Schaltbrett erscheinen unter Berücksichtigung aller Verluste vielleicht etwas knapp, doch erfordert das Wesen und der Zweck solcher Anlagen denkbar beste Maschinen und sorgfältigste Ausführung aller Details, so daß die angeführten Nutzeffekte wohl erreichbar, besonders bei Dampfturbinen solcher Stärke. Uebrigens ist die Zirkulationsarbeit für das Kühlwasser resp. Fernleitungswasser nicht inbegriffen. Auch ist bei reichlicher Kühlfläche der Kondensatoren, die auf alle Fälle nötig, bei den gegebenen Vorlauftemperaturen etwelche Reduktion der Gegendrücke nicht ausgeschlossen.

Die in den Wintermonaten für die Beheizung von A, B, C und D erforderlichen totalen Wärmemengen inklusive Fernleitungsverluste ergeben sich nach Maßgabe der Außentemperaturen und der Dauer der Heizperiode während Tagen . . . sowie unter Voraussetzung, daß bei Nacht, aber auch während 12 Stunden, 1/4 des Nettowärmeverbrauches geliefert werde (bei Annahme, daß die Verluste auch bei Nacht gleich groß wie am Tage sein mögen) zu Millionen WE . . . . .	Oktober u. April	November und März	Dez., Januar und Febr.	
	+ 8°	+ 4°	± 0°	
	50	60	90	
Also Totalverbrauch während des ganzen Winters . . .	21 000	35 000	68 120	124 120

weil ja der Bedarf bei größeren und maximalen Kälten in den vorgehenden Zahlen inbegriffen.

Beim Wiederbenutzen des Kondensates aus den Oberflächenkondensatoren zum Speisen der Kessel und bei möglichstem Vermeiden aller dabei vorkommenden Verluste kann man den Wert des Abdampfes bei allen angegebenen Gegendrücken zu *zirka* 550 WE annehmen.

Um somit obigen Wärmemengen zu genügen, haben während der ganzen Arbeitsdauer aus den Dampfturbinen in die Kondensatoren einzuströmen

Kilo Dampf . . . . .	ca.	38 200 000	63 600 000	123 870 000	225 000 000
Und da bei einem Gegendruck von abs. Atm. . . . .		0,15	0,25	0,40	
1 KW-Std. ab Schaltbrett benötigt Kilo Dampf . . . . .		6,87	7,16	7,56	
sind im ganzen machbar KW-Std. . . . .	ca.	5 560 000	8 880 000	16 380 000	30 820 000
Gleichmäßig verteilt per Tag (je 24 Std.) KW-Std. ca. oder im Mittel per Stunde <i>am Tage</i> (bei 1/4 Stundenleistung bei Nacht) . . . . .	ca.	111 200	148 000	182 000	
Möge eventuell 1/3 als Spitzenleistung dazukommen, so müßten die Turbinen maximal hergeben KW . . . . .		7 400	9 850	12 100	
d. h. bei Anzahl Turbinen in Betrieb . . . . .		9 600	12 800	15 700	
müßte eine Turbine leisten KW . . . . .		2	3	3	
während bei bedingungsweise vereinbarter Ueberlast von 20% eine Turbine leisten könnte KW . . . . .		4 800	4 270	5 233	
		—	—	6 000	

Es entsprechen also die drei Aggregate à 5000 KW sehr gut gedachten Anforderungen wohl auch bei Maximalkälte, bei welcher übrigens Zugabe von direktem Dampf aus den Kesseln ohne weiteres möglich.

Der Dampfverbrauch per Stunde am Tage während den Monaten . . . . . und bei den größeren Kälten, also bei Grad Außentemperatur . . . . . berechnet sich aus vorstehenden Zahlen zu Kilo . . . . . und wenn von den 6 Kesseln à 800 m <sup>2</sup> im Betriebe sind so muß 1 m <sup>2</sup> verdampfen Kilo per Stunde . . . . .	Oktober u. April	Nov. und März	Dez., Jan. und Febr.		
	+ 8°	+ 4°	± 0°	— 10°	— 20°
	51 000	70 800	91 500	142 300	193 200
	3	4	4	6	6
	21,3	22,1	28,3	29,7	40,7
Da aber bei größeren Kälten nicht mehr Energie erforderlich als bei normalen mittleren Temperaturen (z. B. im Dezember, Januar und Februar), so kann man mit direktem Dampf für den Wärmebedarf nachhelfen und damit die Dampferzeugung per m <sup>2</sup> reduzieren auf ca. Kilo per Stunde . . . . . Wohlverstanden, bei gleichzeitigem maximalem Spitzenbetrieb!	—	—	—	—	39,1
Würde aber der Akkumulator während der Dauer der Spitzenleistung der Heizung nachhelfen mit einem Wärmebetrag, der der Differenz zwischen Spitzenleistung und Normalleistung gleichkommt, so kann die Verdampfung per m <sup>2</sup> Kesselheizfläche reduziert werden auf . . . . .	—	—	—	28,5	37,6

Außerdem aber ließe sich bei ganz kalten Tagen und Nächten die Heizarbeit dadurch erleichtern, daß man bei Nacht mehr Wärme an die Heizung abgibt und so den Tagesbedarf reduziert. Es wird dies von den Einwohnern von selber veranlaßt und auch dadurch die maximalen Kesselbeanspruchungen verringert.

Eine Vermehrung der Kesselheizflächen ( $6 \times 800 \text{ m}^2$ ) könnte somit nur erforderlich werden, wenn noch andere in diesen Rechnungen nicht berücksichtigte Betriebe, wie z. B. Färbereien, Wäschereien oder dergleichen, sich anschließen würden. Es ist dies ein Kapitel, welches bei wirklichen Ausführungen restlos in den Kreis der Ueberlegungen eingezogen werden muß, doch sind dafür die vollkommen lokalen Verhältnisse unter gründlicher Berücksichtigung von Vorhandenem und Zukünftigem maßgebend (vide pag. 56.).

Auch könnte die Lieferung von warmem, selbst heißem Brauchwasser aus der Zentrale nach den Häusern in Frage kommen.

Um die Verteilung der Anlagekapitalien auf Heizung und Energieerzeugung richtig vornehmen zu können, müssen wir für den Fall, daß die gleiche Anlage in einer Stadt ausgeführt würde, in welcher keine hydraulische Energie zur Verfügung steht, eine Voraussetzung machen, mit wieviel Kilowattstunden diese Anlage im Sommer ungefähr arbeiten müßte.

Bei den verschiedenen Erfordernissen für Industrie, Bahnbetrieb, *Beleuchtung*, eventuell auch Hausbedarf, werden die angegebenen Zahlen für den Winterbetrieb allein ziemlich wahrscheinlich, indem in den kältesten Monaten, d. h. Dezember, Januar und Februar, weitaus die größten Anforderungen betreffend Beleuchtung maßgebend. Aber man könnte sich auch vorstellen, daß wenn die angegebenen Zahlen etwas gar zu stark voneinander differieren, die Anlage ganz gut in dem Sinne beansprucht werden könnte, daß alles, was irgendwie an Energie mit Abwärmeverwertung erzeugbar, an das allgemeine Leitungsnetz abgegeben werden müßte, auch in dem Falle, wenn Wasserkräfte vorhanden sind, weil ja gerade wegen der Abwärmeverwertung die erzeugte thermische Energie im Winter recht wohl mit der hydraulischen Energie konkurrieren kann. Berechtigung dazu ist um so eher vorhanden, da hydraulische Energie während den kältesten Wintermonaten in der Regel starke Verminderung erleidet, selbst bei voller Ausnutzung der hydraulischen Akkumulierwerke. Nach diesen Gesichtspunkten ist es korrekt, für die Verteilung die machbaren oben angegebenen Kilowattstundenbeträge restlos einzusetzen.

Mit Rücksicht auf den nötigen Totalbedarf während den verschiedenen Monaten können wir bei einer Stadt ohne Wasserkräfte im Sommer während den 165 Tagen ein Arbeitsquantum von zirka 17 600 000 Kilowattstunden einsetzen. Dieser Betrag mag im Vergleich zu den 30 820 000 Kilowattstunden während der 200 Wintertage ungefähr richtig sein. Daraus ergibt sich als Grundlage für die Kapitalverteilung auf Heizung und Energieerzeugung folgende Tabelle:

	Zürich mit Wasserkraft		Gleiche Anlage ohne Wasserkräfte		
		Winter allein	Sommer	Winter	Sommer und Winter
Kilowatt-Stunden . . . . .		30 820 000	17 600 000	30 820 000	48 420 000
à WE per KW-Stunde . . . . .		1100	4500	1100	—
d. h. für die Energieerzeugung erforderliche totale Wärmemenge = Millionen WE . . . . .		33 902	79 200	33 902	113 102
Für die Heizung sind erforderlich Millionen WE . . . . .		124 120		124 120	124 120
also total für Heizung und Kraft zusammen . . . . .		158 022			237 222
Verteilt auf . . . . .	Heizung	Kraft		Heizung	Kraft
ergeben sich Prozente . . . . .	78,5	21,5	—	52,3	47,7

Diese Prozentsätze beziehen sich aber nur auf die Verteilung der für die Kesselanlage nötigen Kapitalien.

Die allgemeinen Auslagen, Projektieren, Gebäude (Zentrale), Grundstück und Betriebskapitalien, würden in beiden Fällen je zur Hälfte auf Heizung und Energieerzeugung gebucht, während die Fernleitungen, Zirkulationspumpen ganz auf Konto der Heizung, hingegen die Dampfturbinen, Schaltanlage usw. ganz auf Konto des Kraftgewinnes einzusetzen sind.

Danach ergibt sich folgende Verteilung für die sämtlichen Anlagewerte:

Erforderliche Kapitalien für Heizung und Kraft	Totale Anlagekapitalien	Zürich mit Wasserkraften		Gleiche Anlage ohne Wasserkraften	
		Heizung	Kraft	Heizung	Kraft
Projektieren . . . . .	700 000.—	350 000.—	350 000.—	350 000.—	350 000.—
Fernleitungen . . . . .	10 627 000.—	10 627 000.—	—	10 627 000.—	—
Kesselanlage . . . . .	2 720 000.—	2 135 200.—	584 800.—	1 422 600.—	1 297 400.—
Akkumulatoren u. Zirkulationspumpen etc.	749 000.—	749 000.—	—	749 000.—	—
3 Dampfturbinen à 5000 KW . . . . .	1 554 000.—	—	1 554 000.—	—	1 554 000.—
Schaltanlage etc. . . . .	250 000.—	—	250 000.—	—	250 000.—
Gebäude (Zentrale) . . . . .	1 500 000.—	750 000.—	750 000.—	750 000.—	750 000.—
Grundstück . . . . .	200 000.—	100 000.—	100 000.—	100 000.—	100 000.—
Betriebskapital . . . . .	200 000.—	100 000.—	100 000.—	100 000.—	100 000.—
<i>Total-Anlagekapitalien</i>	<b>18 500 000.—</b>	<b>14 811 200.—</b>	<b>3 688 800.—</b>	<b>14 098 600.—</b>	<b>4 401 400.—</b>
<i>Total-Anlagekapitalien</i>		<b>18 500 000.—</b>		<b>18 500 000.—</b>	

Für Zürich mit Wasserkraft kommt außerdem noch Verteilung auf die verschiedenen Quartiere A, B, C und D in Betracht und ferner Verteilung auf die in diesen vier Quartieren vorhandenen Häuser mit Ofenheizung und diejenigen mit Einzel-Etagen- und Zentralheizung.

	A	B	C	D	A B C u. D
Für die Quartiere . . . . . sind die für die Heizung notwendigen Anlagekapitalien, bezogen auf die in A, B, C und D vorhandenen Häuser mit Ofenheizung einzusetzen zirka für:					
Projektieren . . . . .	34 400.—	11 200.—	27 150.—	36 750.—	109 500.—
Fernleitungen . . . . .	915 700.—	277 000.—	677 300.—	1 455 600.—	3 325 600.—
Kessel . . . . .	169 000.—	94 000.—	110 000.—	219 500.—	592 500.—
Akkumulatoren u. Zirkulationspumpen etc.	59 800.—	33 000.—	38 200.—	77 000.—	208 000.—
Gebäude . . . . .	59 700.—	33 000.—	38 625.—	76 800.—	208 125.—
Grundstück und Betriebskapital . . . . .	15 920.—	8 800.—	10 300.—	20 480.—	55 500.—
Total-Anlagekapitalien ohne interne Einrichtungen . . . . . Fr.	<b>1 254 520.—</b>	<b>457 000.—</b>	<b>901 575.—</b>	<b>1 886 130.—</b>	<b>4 499 225.—</b>
also ohne die auf alle Fälle nötigen Kosten für Ersatz der vorhandenen Oefen durch Radiatoren und deren Rohrleitungen im Innern der Häuser.					
Diese internen Anschaffungen dürften per Wohnung entsprechend dem erforderlichen Wärmebedarf ungefähr kosten Fr.	<b>810.—</b>	<b>1 040.—</b>	<b>1 000.—</b>	<b>1 240.—</b>	<b>1 000.—</b>
Für die vorhandenen Gebäude mit Etagen- und Zentralheizungen sind Anlagekapitalien nötig zirka für:					
Projektieren . . . . .	15 600.—	88 800.—	47 850.—	88 250.—	240 500.—
Fernleitungen . . . . .	415 300.—	2 197 000.—	1 193 700.—	3 495 400.—	7 301 400.—
Kessel . . . . .	76 900.—	745 600.—	194 300.—	525 900.—	1 542 700.—
Akkumulatoren und Zirkulationspumpen	26 900.—	261 500.—	68 100.—	184 500.—	541 000.—
Gebäude . . . . .	27 000.—	261 900.—	68 250.—	184 725.—	541 875.—
Grundstück und Betriebskapital . . . . .	7 200.—	69 840.—	18 200.—	49 260.—	144 500.—
Also Total-Anlagekosten Fr.	<b>568 900.—</b>	<b>3 624 640.—</b>	<b>1 590 400.—</b>	<b>4 528 035.—</b>	<b>10 311 975.—</b>

Auch bei diesen Beträgen sind allfällige Unkosten für Aenderungen an den bestehenden internen Heizeinrichtungen nicht inbegriffen, doch dürften solche durchschnittlich kaum erhebliche Summen erfordern und bleiben deshalb unberücksichtigt.

Die Ersatzkosten für die bestehenden Ofenheizungen sind aber sehr beträchtlich und müßten im Interesse der Allgemeinheit Mittel und Wege gefunden werden, um diese Beträge korrekt zu amortisieren, ohne die betreffenden Hausbesitzer und Einwohner allzusehr zu belasten.

Gleiche Tabellen für eine Anlage genau wie Zürich mit den gleichen vier Quartieren A, B, C und D, aber ohne Wasserkräfte, zeigen, daß die Auslagen für den Wärmebedarf der Heizungen sich etwas billiger stellen müssen, weil ja ein größerer Anteil am Gesamtkapital durch die Energieerzeugung übernommen wird. Auch diese Rechnungen wurden genau durchgeführt und die daraus sich ergebenden Differenzen bei den Endresultaten angegeben.

Bei einer Unternehmung, die hauptsächlich dem öffentlichen Wohle dienen soll, ist es, wenn große Kapitalien erforderlich, unbedingt notwendig, diese durch Amortisation so rasch als möglich zu reduzieren, um nicht nur der Gesellschaft, sondern namentlich den daran interessierten Einwohnern die Wohltat der Abschreibung zukommen zu lassen. Ich stelle mir somit vor, daß, wenn eine solche Unternehmung fünf Jahre voll gearbeitet hat, und die Verkaufspreise — sei es für die gelieferte Wärme, wie auch für die verkaufte Energie — so gestellt sind, daß sie nicht nur imstande sind, die Selbstkosten zu decken, sondern eventuell auch der Unternehmung einen gewissen Gewinn zu verschaffen — es nur einfache finanzielle Manipulationen erfordern würde, um die Anlagekapitalien auch faktisch durch die zurückfließenden Amortisationsbeträge zu kürzen, so daß nach fünf Jahren dieselben um so viel kleiner zu Buch stehen.

Aber auch ein weiteres Amortisieren als fünf Jahre scheint mir für eine solche Anlage gerechtfertigt und führe ich deshalb in den spätern Rechnungen auch diese Resultate an. Dabei mögen sich die Abschreibungen nach folgender Tabelle vollziehen und zwar:

	Projektieren	Maschinelles d.h. Fernleitungen Kessel, Dampfturbinen und alles Zubehör	Gebäude	Grundstück und Betriebskapital
Während den ersten 5 Jahren nach Vollbetrieb . . . . .	20 %	10 %	3 %	0 %
während den zweiten 5 Jahren . . . . .	—	7½ %	2½ %	0 %
nach 10 Jahren . . . . .	—	7½ %	2½ %	0 %

(verstanden auf den reduzierten, noch jeweiligen übrigbleibenden Buchwerten).

Die Zinsen habe ich in allen Fällen mit 5 % eingesetzt. Außerdem kommen aber in den nachfolgenden Resultaten Mehrkosten in Betracht, wenn z. B. zugunsten der den Bau und Betrieb eventuell übernehmenden Gesellschaft ein Reingewinn, z. B. von 10 % der jeweils noch maßgebenden Kapitalsummen gestattet werden sollte.

Ich möchte somit diese reduzierten Anlagekapitalien und die sich daraus ergebenden Resultate als eigentlich maßgebend betrachten, um die Preise für die gelieferte Wärme und diejenigen für die verkauften Kilowattstunden festzustellen, und es wird sich — unter Zuhilfenahme dieses durchaus korrekten Verfahrens — zeigen, daß solche Preise die Annehmbarkeit meiner Vorschläge durchaus rechtfertigen.

Würden aber solche Einheitspreise nur die vollen Anlagekapitalien — wie diese zum Bau der Anlage etc. im Anfang erforderlich — berücksichtigen, so würden wir auf Notierungen kommen, die dem Zweck des Unternehmens und auch den Interessen der Abonnenten nicht entsprechen dürften. Es ist nicht zu vergessen, daß es sich eben um Unternehmungen von allerlängster Dauer handelt; also nicht um kurz zu erledigende geschäftliche Angelegenheiten und noch weniger um kurzfristige finanzielle Spekulationen. Auch müssen die sämtlichen Details so konstruiert und ausgeführt werden, daß sie in Tat und Wahrheit als durchaus tadellos bezeichnet werden können. In jeder Richtung müssen alle Einzelheiten *wohl überlegt* und durchdacht sein, um dann im Verlauf des Betriebes *keine oder nur äußerst geringe* Reparaturen zu erfordern.

Es ist dies die *Grundbedingung* für eine solche Zentralheizungsanlage, denn irgend welche Zufälle, die durch schlechte Konstruktion, mangelhafte Ausführung oder durch irgend welche andere Ursachen veranlaßt werden, können katastrophal wirken, weil sie nicht nur ein einzelnes Haus oder Gebäude, sondern unter Umständen ein ganzes Quartier oder gar die ganze Stadt betreffen können.

Dieses Ziel zu erreichen ist durchaus nicht unmöglich und sehe ich gar nicht ein, daß irgend ein Detail sich zeigen könnte, welches obigen Bedingungen nicht anzupassen wäre. Ist aber eine Anlage so gut ausgeführt, so kann sie auch nach fünf und zehn Jahren noch als vollwertig gelten, d. h. nur wenig Reparaturen usw. erfordern, so daß das Prinzip so gedachter Abschreibung — und daher auch das Prinzip der damit zusammenhängenden Kapitalreduktion — durchaus gerechtfertigt ist.

Aus obigen Kapitalwerten ergeben sich die jährlich entstehenden Auslagen für Amortisationen und Verzinsung. Es bilden diese Posten *weitaus den größten Teil der jährlichen Ausgaben*. Wir müssen aber auch versuchen, die *Betriebspesen* richtig einzuschätzen und auf die verschiedenen Quartiere nach Maßgabe ihres Kalorienbedarfes und ihrer sonstigen Eigentümlichkeiten zu verteilen.

In Frage kommen also: *Alle die verschiedenen Betriebsmaterialien, Schmieröl, Putzmaterialien usw. und Reparaturspesen*, ferner die *sämtlichen Löhne* sowie die *Ausgaben für die gesamte Verwaltung*.

Ich habe, den Verhältnissen entsprechend, vorausgesetzt, daß für die beiden Varianten, d. h. für Zürich mit Wasserkraft bei bloßem Winterbetrieb sowie für Anlage Zürich ohne Wasserkräfte mit Winter- und Sommerbetrieb, genau die gleichen Ausgaben im Winter notwendig sind. Bei Zürich ohne Wasserkraft kommt dann der Sommerbetrieb noch hinzu. Diese Zahlen sind in nachfolgender Tabelle zusammengestellt.

	Zürich mit Wasserkraft		Gleiche Anlage ohne Wasserkräfte	
	Winter allein	Winter	Sommer	Winter u. Sommer
Diverse Schmier- und Putzmaterialien etc. und allfällige Reparaturen . . . Fr.	34 000.—	34 000.—	28 000.—	62 000.—
Löhne für Heizer, Maschinisten, Handlanger, Meister etc. . . . . Fr.	100 000.—	100 000.—	82 000.—	182 000.—
Verwaltung inkl. aller Beamten, Bureau-spesen, Versicherungen etc. etc. Fr.	66 000.—	36 000.—	30 000.—	66 000.—
Totale Spesen etc. etc. Fr.	<b>200 000.—</b>	<b>170 000.—</b>	<b>140 000.—</b>	<b>310 000.—</b>
Diese verteilen sich auf alle in A, B, C und D jetzt vorhandenen Häuser mit Ofenheizungen zu 21,78 % = Fr.	43 560.—			43 560.—
alle in A, B, C und D jetzt vorhandenen Gebäude mit Etagen- und Zentralheizungen zu 56,72 % = Fr.	113 440.—			113 440.—
Energiegewinn zu 21,50 % = Fr.	43 000.—			153 000.—
Total wie oben ..	<b>200 000.—</b>			<b>310 000.—</b>

und ferner verteilt auf die verschiedenen Quartiere . . . . .	A	B	C	D	A B C u. D
in Zürich (mit Wasserkraft) a conto Heizung für Häuser mit Ofenheizung ca. . . . .	12 500. —	6 900. —	8 080. —	16 080. —	43 560. —
und für Gebäude mit Etagen- und Zentralheizungen . . . . . ca.	5 600. —	54 800. —	14 200. —	38 840. —	113 440. —

Es ist wohl unnötig, diese Ziffern genau zu motivieren. Ich habe sie dem Bedarf entsprechend vorsichtig — eher reichlich — eingeschätzt und zwar auf Grund von detaillierten Ansätzen.

Dann kommen noch hinzu die Auslagen für den *Eigenkraftbedarf*, sowohl für Heizung wie für Kraftgewinn. Verteilt auf die verschiedenen Quartiere, erscheinen demnach diese Zahlen in nachfolgender Zusammenstellung.

	A	B	C	D	A B C u. D
Für die Heizung betrug der Totalbedarf an <i>Zirkulationsarbeit</i> (vide pag. 25) für die 4 Quartiere A, B, C und D 2,525,750 KW-Std. Dazu kommen aber noch der <i>Eigenkraftbedarf</i> für den Kesselbetrieb, Werkstätten, Beleuchtung etc., welcher nach Detailberechnungen zusammengestellt und auf die Häuser mit Ofenheizung und denjenigen mit Etagen- und Zentralheizungen, sowie auf A, B, C und D verteilt, ungefähr benötigen bei . . .					
für Häuser mit Ofenheizung . . . . .	39 400	21 700	25 400	50 500	137 000
dazu Zirkulationsarbeit (vide pag. 25) KW-Std. . . . .	109 600	97 250	140 000	330 000	676 850
<i>Total-KW-Std.</i>	<b>149 000</b>	<b>118 950</b>	<b>165 400</b>	<b>380 500</b>	<b>813 850</b>
und für Gebäude mit Etagen- und Zentralheizungen . . .	17 800	172 400	45 000	122 100	357 300
dazu Zirkulationsarbeit (vide pag. 25) KW-Std. . . . .	50 450	757 000	250 700	790 750	1 848 900
<i>Total-KW-Std.</i>	<b>68 250</b>	<b>929 400</b>	<b>295 700</b>	<b>912 850</b>	<b>2 206 200</b>
Für den Energiegewinn kommt als <i>Eigenkraftbedarf</i> (Kesselhaus etc. etc.) hinzu <i>im Winter</i> zirka KW-Std. . . .					<b>135 700</b>
und <i>im Sommer</i> bei der Anlage ohne Wasserkraft für Wasserzirkulation (für die Oberflächen-Kondensatoren) zirka KW-Std. . . . .					200 000
und für den sonstigen <i>Eigenkraftbedarf</i> zirka KW-Std. . . . .					247 500
d. h. <i>Total-Eigenkraftbedarf im Sommer</i> . . . . .					<b>447 500</b>

Daß bei Anlagen, wo verhältnismäßig teures Brennmaterial in beträchtlichen Mengen zur Verwendung kommt, nur denkbar beste Kessel in Frage kommen dürfen, ist selbstverständlich.

Einen totalen Nutzeffekt von 85 Prozent bei allerbesten Kesseln mit Ueberhitzern, Economisern, künstlichem Zug usw. vorauszusetzen, ist durchaus nicht unmöglich und kann ich mich auf eine ganze Reihe von ausgeführten Kesselanlagen während meiner Tätigkeit bei Gebrüder Sulzer beziehen. Fügen wir noch zehn Prozent Verluste hinzu für Anheizen und Dampfhalten während der Arbeitspausen, sowie beim Lagern und internen Transport der Kohle, so ergeben sich bei einem Heizwert von 6500 WE pro kg Kohle und einem Preis von Fr. 100. — pro Tonne (franko Zentrale geliefert) Fr. 20. — pro eine Million Wärmeeinheiten in Form von überhitztem Dampf, gerechnet beim Austritt aus den Kesseln resp. Ueberhitzern.

Danach betragen die Kosten pro KW: bei Arbeit mit Abwärme	mit Kondensation
also bei einem Kalorienverbrauch pro KW-Std. von WE 1100	4500
Fr. 2. 20	9. —

Darnach ergeben sich die Kosten für Wasserzirkulation und Eigenkraftbedarf in . . . . .	A	B	C	D	A B C u. D
für Häuser mit Ofenheizungen zu ca. Fr.	3 280. —	2 620. —	3 640. —	8 360. —	17 900. —
und für Gebäude mit Etagen- und Zentralheizungen zu . . . . . ca. Fr.	1 500. —	20 450. —	6 500. —	20 000. —	48 450. —
und ferner für Eigenkraftbedarf: Energiekonto Winter . . . . . ca. Fr.					3 000. —
und im Sommer zu . . . . . ca. Fr.					40 270. —

Dabei ist aber angenommen, daß für den Eigenkraftbedarf einschließlich Zirkulationsarbeit der Heizung nur der Kohlenwert (also 2,20 resp. 9,00 Cts. per KW-Std.) angerechnet werde, und ebenso beim Kraftgewinn, so daß bei letzterem bei Berechnung der Gesteungskosten die Gesamtausgaben nur auf die übrigbleibenden, d. h. *verkäuflichen* Energiemengen zu verteilen sind.

Für den *Kohlenkonsum für die Heizung* sind für Ofen- und schon bestehende Etagen- und Zentralheizungen sowie für den zentralisierten Betrieb die Annahmen der Tabelle auf pag. 14 und pag. 16 maßgebend.

Was die dort angegebenen Nutzeffekte für die Arbeit der Kesselanlage betrifft, mögen diese, als wirkliche Betriebswerte verstanden, etwas hoch erscheinen; doch ist dafür der Heizwert 6500 gleich wie beim jetzigen Detailbezug für Ofen- und Zentralheizungen relativ niedrig, indem ja bekanntlich die besten Kohlen verschiedener Provenienzen 7500—8000 Kalorien ergeben können. Bei heutiger Lage des Kohlenmarktes dürften aber solche hochwertige Qualitäten kaum Durchschnittslieferungen entsprechen.

Für die *Kohlenpreise* im Engros und im Détail mögen ungefähr folgende Angaben gelten:

Ich habe angenommen pro Tonne:	Engrospreise	Detailpreise
vor dem Kriege . . . . .	Fr. 40.—	55.—
während des Krieges . . . . .	» 200.—	265.—

(diese waren auch meiner frühern Arbeit zugrunde gelegt)  
 Preise Januar 1922 . . . . . » 100.— 135.—  
 und sind diese für die vorliegende Arbeit maßgebend. Freilich ist ein weiteres Sinken stark bemerkbar und dürften Fr. 75.— resp. 100.— wohl bald zu erwarten sein.

Damit sind nun alle Voraussetzungen zur Berechnung der *Endresultate für die Heizung* gegeben. Sie sind in nachfolgenden Tabellen zusammengestellt. Dabei sind alle Ergebnisse bei den Häusern mit Ofenheizung auf die *vorhandenen Wohnungen*, bei den Etagen- und Zentralheizungen auf die in jedem Quartier jetzt *vorhandenen Gebäude* verteilt. Die sämtlichen Ausgaben: Zinse, Amortisationen, Spesen, Löhne, Verwaltung etc. werden als *konstante Jahresausgaben* den Bewohnern in Form von *Mietzuschlägen* verrechnet und hätten die Einwohner außer diesen dann noch die Ausgaben für den *Wärmebezug* selber, also nach Maßgabe der *Kalorienzähler*, monatlich zu begleichen.

In Wirklichkeit werden freilich diese Kalorienzähler nur den *Nettokonsum*, d. h. den Wärmeverbrauch ohne Berücksichtigung der Fernleitungsverluste registrieren, doch kann man diese letzteren in ihrer Gesamtheit ebenfalls mechanisch in der Zentrale messen und auf die sämtlichen Abonnenten nach Maßgabe ihrer Nettobezüge verteilen. Dieses Verteilen kann wie in nachstehender Tabelle als Zuschlag zu den monatlichen Ausgaben für den Nettowärmebezug oder auch als konstante Erhöhung der Mietzuschläge erfolgen. Diese letztere Art dürfte wohl einfacher und billiger sein, denn auch betreffend Verwaltung, Verrechnung etc. etc. sind die einfachsten, billigsten und



doch zuverlässigsten Methoden *genau* zu studieren und einzuführen, um nicht ein Heer von Beamten beschäftigen zu müssen.

Wenn wir die Zahlen nach erfolgten fünfjährigen Abschreibungen der zur ersten Erstellung erforderlichen Gesamtkapitalien im Prinzip als maßgebend betrachten und dieselben mit den jetzigen Ausgaben für die Brennmaterialien allein in Häusern mit Ofenheizungen und den Gebäuden mit Etagen- und Zentralheizungen vergleichen, so zeigt der zentralisierte Betrieb bei 100 % nützlichem Wärmeverbrauch bei beiden Häusertypen geringere Gesamtkosten. Bei 60 % nützlichem Wärmeverbrauch sind die durchschnittlichen Gesamtausgaben nahezu den jetzigen gleich. Nur in den Quartieren C und D ergibt der zentralisierte Betrieb bei Häusern mit Ofenheizungen etwas größere Totalkosten und ebenso auch für Gebäude mit schon bestehenden Etagen- und Zentralheizungen. Bei 40 % aber ist der zentralisierte Betrieb — namentlich bei Gebäuden mit Etagen- und Zentralheizungen — ziemlich ungünstiger. Es ist dies durchaus erklärlich, weil eben bei 60 und namentlich auch bei 40 % die Wärmeverluste der Fernleitungen gleich groß angenommen wurden wie bei 100 % und diese Wärmeverluste deshalb die Resultate bei kleinerer Beanspruchung stark beeinflussen. In Wirklichkeit wird dieser Umstand wohl eine etwas geringere Rolle spielen, indem die Fernleitungsverluste wahrscheinlich doch nicht als ganz konstant angenommen werden können; aber es ist vorsichtiger, damit nicht allzu stark zu rechnen.

Bei den Häusern mit Etagen- und Zentralheizungen müßten wir aber, um gerecht zu sein, den *jetzigen Betrieb* noch belasten mit den Kosten, die besonders bei großen Gebäuden, Anstalten und dergleichen, notwendig sind durch die für die Bedienung erwachsenden Löhne, also Heizer bei Tag und Nacht etc.

Diese Löhne dürften ziemlich erhebliche Beträge ausmachen. Es wäre wohl nicht schwer, dafür Unterlagen zu gewinnen; doch dürften derartige Nachfragen so verschiedene Resultate ergeben, daß es besser ist, solche einstweilen außer Acht zu lassen.

Sollte es sich aber darum handeln, die Totalkosten des zentralisierten Betriebes mit denjenigen für eine *neu* zu erstellende Einzelzentralheizanlage zu vergleichen — z. B. in einem größern Gebäude, Lehr-, Krankenanstalt etc. —, so ist unbedingt nicht zu vergessen, daß die Anlagekosten im Gebäude selber bei der selbständigen Anlage wesentlich höher ausfallen müßten, weil ja die Kessel selber, also auch die Räume für die Kesselanlage, Kohlenbehälter, Abzugskanäle, Kamine usw. usw. hinzukommen, was beim zentralisierten Betriebe in den Gebäuden selber vollkommen wegfällt. Es dürfte nicht sehr weit von der Wirklichkeit abweichen, wenn wir diese Mehrkosten auf mindestens  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  der Gesamtanlage einschätzen.

Aus allen diesen Gründen ist es vollkommen berechtigt, die Etagen- und Zentralheizungen im allgemeinen etwas stärker zu belasten, sei es mit einer größern Gewinnquote, sei es mit noch stärkern Abschreibungen oder höherem Zinsfuß, um damit ein Aequivalent zu schaffen, welches dazu dienen könnte, die Hausbesitzer der jetzigen Ofenanlagen für die unbedingt erforderlichen Neueinrichtungen einigermaßen zu entschädigen.

Aus den billigen Kilowattpreisen, die sich aus so gedachten kombinierten Anlagen ergeben, wie später ersichtlich, könnte man auch eine gewisse Entschädigung für die kleinen Häuser mit Ofenheizungen ableiten, indem ja die Belastung von nur 1 Ct. pro Kilowattstunde beträchtlichen Summen entspricht.

In dieser Richtung sind wohl mancherlei Kombinationen denkbar und sicherlich auch gut ausführbar; denn prinzipiell *müssen* ja die kleinen Häuser mit angeschlossen werden, um dem Gesamtzweck solchen Zentralisierens auch wirklich entsprechen zu können. Deshalb sind alle bezüglichen Vorschläge und Studien zu begrüßen. Ich unterlasse es aber, in dieser Arbeit schon eingehender darauf einzutreten.

## Ergebnisse der jährlichen Betriebskosten inklusive Kohlen bezogen auf Häuser mit Ofenheizung und

	In den Quartieren	A	B	C	D	ABC u. D resp. Mittel- werte
sind vorhanden Häuser . . . . .		510	393	232	553	1 779
mit zusammen Wohnungen . . . . .		3 013	1 224	1 373	2 258	7 867
<b>Nützlicher Wärmebedarf pro Wohnung während den 200 Wintertagen Millionen WE bei 100% . . . . .</b>						
		2,800	3,640	3,555	4,360	3,520
	„ „ „ 60% . . . . .	1,680	2,184	2,133	2,616	2,112
	„ „ „ 40% . . . . .	1,120	1,456	1,422	1,744	1,408
<b>Der Brennmaterialverbrauch per Wohnung beträgt jetzt (bei 6500 WE per 1 Kilo Kohle) Kilo bei 100% . . . . .</b>						
		939	1,216	1,188	1,462	1,176
also Kosten	Fr. bei 100% . . . . .	127.—	164.—	160.—	197.—	159.—
für Brennmaterial	„ „ 60% . . . . .	87.—	113.—	111.—	136.—	110.—
à Fr. 135.— =	„ „ 40% . . . . .	68.—	88.—	86.—	105.—	85.—
<b>Nach Ersatz der Oefen durch Warmwasserheizkörper und Anschluß an die Fernleitungen beträgt der Brutto-Wärmeverbrauch (inklusive Fernleitungsverluste)</b>						
bei % nützlichem Wärmeverbrauch	100% . . . . .	3,174	4,470	4,658	5,636	4,387
Millionen WE per Wohnung	60% . . . . .	2,154	3,014	3,236	3,886	2,979
und pro Winter	40% . . . . .	1,594	2,284	2,525	3,014	2,275
<b>Dafür sind in der Zentrale jährliche Ausgaben für Brennmaterial (bei 6500 WE Heizwert und Fr. 100.— Engrospreis pro Tonne) erforderlich ca. Fr. bei 100% . . . . .</b>						
		64.—	89.—	93.—	113.—	88.—
	„ „ „ 60% . . . . .	46.—	65.—	70.—	83.—	64.—
	„ „ „ 40% . . . . .	37.—	53.—	58.—	70.—	53.—
<b>Die in Form von „Mietzuschlägen“ von den Bewohnern pro Jahr zu entrichtenden Zahlungen betragen (ohne Berücksichtigung der Ersatzeinrichtungen in den Häusern selber)</b>						
	<i>Selbstkosten</i> nach Vollbetrieb . . . . .	67.—	62.—	106.—	132.—	92.—
	<i>zirka Fr. per</i> nach 5 Jahren . . . . .	31.—	31.—	48.—	62.—	43.—
	<i>Wohnung</i> nach 10 Jahren . . . . .	15.—	16.—	23.—	30.—	21.—
<b>Würde der unternehmenden Gesellschaft ein Gewinn von 10%, bezogen auf den jeweiligen Buchwert der gesamten investierten Kapitalien gestattet, so würde der Mietzuschlag sich erhöhen</b>						
um zirka Fr. pro	nach Vollbetrieb . . . . .	42.—	37.—	66.—	83.—	59.—
Wohnung und	nach 5 Jahren . . . . .	21.—	19.—	33.—	43.—	29.—
pro Jahr	nach 10 Jahren . . . . .	14.—	13.—	21.—	28.—	19.—
<b>Die Gesamtauslagen pro Wohnung und pro Jahr würden demnach der Summe der Mietzuschläge (ohne Gewinn) und Brennmaterialien entsprechen, also z. B.</b>						
nach 5 Jahren bei	100% . . . . .	95.—	120.—	141.—	175.—	131.—
total Fr. pro Wohnung	60% . . . . .	77.—	96.—	118.—	145.—	107.—
und pro Jahr	40% . . . . .	68.—	84.—	106.—	132.—	96.—

## für Heizung jetzt und später beim zentralisierten Betrieb auf Gebäude mit Etagen- und Zentralheizungen.

	A	B	C	D	ABC u. D resp. Mittel- werte
In den Quartieren sind vorhanden Gebäude . . . . .	44	303	104	220	671
<i>Nützlicher Wärmebedarf pro Gebäude</i>					
Millionen WE bei 100 % . . . . .	95,300	137,000	99,340	128,600	126,000
„ „ „ 60 % . . . . .	57,180	82,200	59,600	77,160	75,600
„ „ „ 40 % . . . . .	38,120	54,800	39,740	51,440	50,400
<i>Der Brennmaterialverbrauch per Gebäude beträgt jetzt</i>					
Kilo bei 100 % . . . . .	24,114	34,667	25,106	32,550	31,799
also Kosten } Fr. bei 100 % . . . . .	3 255.—	4 608.—	3 389.—	4 394.—	4 293.—
für Brennmaterial } „ „ 60 % . . . . .	2 190.—	3 150.—	2 290.—	2 970.—	2 900.—
à Fr. 135.— = } „ „ 40 % . . . . .	1 650.—	2 370.—	1 720.—	2 230.—	2 180.—
<i>Nach Anschluß an die Fernleitungen beträgt der Brutto- Wärmeverbrauch (inklusive Fernleitungsverluste)</i>					
bei % nützlichem Wärmeverbrauch } 100 % . . . . .	101,350	143,080	108,640	138,900	133,950
Millionen WE pro Gebäude } 60 % . . . . .	63,230	88,280	68,900	87,460	83,550
und pro Winter } 40 % . . . . .	44,170	60,880	49,040	61,740	58,350
<i>Dafür sind in der Zentrale jährliche Ausgaben für Brenn- material (bei 6500 WE Heizwert und Fr. 100.— En- grospreis pro Tonne) erforderlich ca. Fr. bei 100 %</i>					
„ „ „ 60 % . . . . .	2 027.—	2 861.—	2 173.—	2 778.—	2 679.—
„ „ „ 40 % . . . . .	1 360.—	1 900.—	1 490.—	1 880.—	1 790.—
„ „ „ 40 % . . . . .	1 025.—	1 410.—	1 140.—	1 430.—	1 348.—
<i>Die Mietzuschläge pro Gebäude und pro Jahr betragen (als Selbstkosten verstanden)</i>					
nach Vollbetrieb . . . . .	2 077.—	1 988.—	2 475.—	3 314.—	2 504.—
nach 5 Jahren . . . . .	946.—	976.—	1 125.—	1 527.—	1 178.—
nach 10 Jahren . . . . .	446.—	512.—	539.—	732.—	584.—
<i>Würde der unternehmenden Gesellschaft ein Gewinn von 10 %, bezogen auf den jeweiligen Buchwert der ge- samten investierten Kapitalien, zugestanden, so würden die Mietzuschläge } nach Vollbetrieb . . . . .</i>					
sich erhöhen um } nach 5 Jahren . . . . .	1 293.—	1 196.—	1 529.—	2 058.—	1 537.—
zirka Fr. } nach 10 Jahren . . . . .	658.—	625.—	773.—	1 049.—	789.—
	431.—	418.—	504.—	682.—	519.—
<i>Die Gesamtauslagen pro Gebäude und pro Jahr würden demnach der Summe der Mietzuschläge (ohne Gewinn) und Brennmaterialien entsprechen,</i>					
also z. B. nach 5 } bei 100 % . . . . .	2 973.—	3 837.—	3 298.—	4 305.—	3 857.—
Jahren betragen } „ 60 % . . . . .	2 306.—	2 876.—	2 615.—	3 407.—	2 968.—
pro Gebäude } „ 40 % . . . . .	1 971.—	2 386.—	2 265.—	2 957.—	2 526.—

## Minderkosten der zentralisierten Heizbetriebe für Anlagen wie Zürich, aber ohne Wasserkräfte.

Wie früher ausgeführt, besteht der Unterschied für beide Anlagen Zürich *mit* Wasserkräften und gleicher Anlage *ohne* Wasserkräfte nur in der Verteilung der Erstellungskosten für die Kessel und Zubehör.

Als Resultat dieser Rechnungen ergibt sich im Durchschnitt für sämtliche vier Quartiere für Wohnungen mit Ofenheizungen eine Ersparnis auf dem Mietzuschlag:

	Nach Vollbetrieb	Nach 5 Jahren	Nach 10 Jahren
pro Wohnung . . . . .	Fr. 3,76	1,56	0,97
und pro Gebäude mit Etagen- und Zentral- heizungen . . . . .	» 115,00	48,00	30,00
Oder ausgedrückt in Prozenten werden die Mietzuschläge reduziert			
in den Wohnungen mit Ofenheizungen um	4,10 %	3,62 %	4,61 %
und in Gebäuden mit Etagen- und Zentral- heizungen um . . . . .	4,58 %	4,07 %	5,14 %

Man kann somit im Mittel annehmen, daß die Reduktion durchschnittlich 4 % betragen wird.

## Anlagekosten und Resultate für die Erzeugung thermischer Energie.

In meiner Arbeit habe ich zwei Varianten behandelt und zwar:

1. Anlage Zürich mit Wasserkräften, wie solche *jetzt* ungefähr zur Verfügung stehen (also vorläufig *ohne* Berücksichtigung der Wäggitaler Stauanlage).
2. Anlage *genau* wie Zürich mit den vier Quartieren A, B, C und D, aber voraussetzend, daß irgendwelche Wasserkräfte *nicht* verfügbar und daß mithin nach Maßgabe des Heizbedarfes im Winter eine entsprechende Summe thermischer Energie bei vollkommener Abwärmeverwertung — und im Sommer ein dem Bedarf ungefähr entsprechendes Quantum von Kilowattstunden bei ausschließlichem Arbeiten mit Kondensation — erzeugt und verwertet werden.

Für den Zweck meiner Arbeit, bei der ja Zürich nur als Beispiel dient, ist diese zweite Variante, wie früher schon betont, notwendig, weil in Ländern, wo wenig oder gar keine Wasserkräfte verfügbar, *durch die Verbindung von Heizbetrieben und Krafterzeugung solch letztere im Mittel wesentlich billiger erfolgen kann.*

In nachfolgenden Rechnungen mögen deshalb diese beiden Arbeitsweisen bei 200 Tagen Winterbetrieb mit Abwärme und 165 Tagen Sommerbetrieb ausschließlich mit Kondensation zum Ausdruck kommen.

Die Verteilung der Anlagekosten, also auch von Zins und Amortisation sowie der sämtlichen Betriebsspesen, Löhne, Reparaturen usw., hat somit, wie schon pag. 32 festgestellt, zu erfolgen.

Danach ergeben sich *a conto* Krafterzeugung folgende Anlagewerte:

	Für Anlage Zürich	
	mit Wasserkraft	ohne Wasserkraft
Projektieren . . . . . Fr.	350 000.—	350 000.—
Kesselanlage . . . . . „	584 800.—	1 297 400.—
Dampfturbinen . . . . . „	1 554 000.—	1 554 000.—
Schaltanlage usw. . . . . „	250 000.—	250 000.—
Gebäude . . . . . „	750 000.—	750 000.—
Grundstück und Betriebskapital . . . . . „	200 000.—	200 000.—
<b>Total Fr.</b>	<b>3 688 800.—</b>	<b>4 401 400.—</b>

Wenn wir wieder wie bei der Heizung in den ersten fünf Jahren das Projektieren mit 20 %, die maschinellen Einrichtungen mit 10 % und das Bauliche mit 3 % amortisieren, so ergeben sich

die Abschreibungen zu total . . . . . Fr.	331 380.—	402 640.—
und 5 % Zins . . . . . „	184 440.—	220 700.—
Dazu mögen alle Spesen, Reparaturen, diverse Materialien, Löhne usw. hinzukommen mit . . . . . „	43 000.—	153 000.—
Eigenkraftbedarf für die Krafterzeugung im Winter . . . . . „	3 000.—	3 000.—
und im Sommer . . . . . „	—	40 275.—
Demnach würden die sämtlichen Gestehungskosten à conto Kraftbetrieb nach Vollbetrieb in den ersten 5 Jahren pro Jahr ohne Kohlen einzusetzen sein mit . . . . . „	<b>561 820.—</b>	<b>819 615.—</b>

Die Anzahl der verkäuflichen KW-Stunden berechnen sich nach *früher* gefundenen Werten wie folgt:

	Für Zürich mit Wasserkräften	Für gleiche Anlage, aber ohne Wasserkräfte		
	Winter	Winter	Sommer	Zusammen
Werden <i>total</i> erzeugt im (vide pag. 35 und f.) KW-Stunden . . . . .	30 820 000	30 820 000	17 600 000	48 420 000
Davon werden verbraucht für Heizung und Kraftbetrieb KW-Stunden . . . . .	3 155 700	3 155 700	447 500	3 603 200
Also bleiben verkäuflich . . . . .	27 664 300	27 664 300	17 152 500	44 816 800
oder rund KW-Stunden . . . . .	27 600 000	27 600 000	17 000 000	44 600 000
Verteilen wir auf diese verkäuflichen KW-Stunden die Gesamtauslagen während der ersten 5 Jahre nach Vollbetrieb, aber ohne Kohlen, nämlich . . . . Fr.	<b>561 820.—</b>	—	—	<b>819 615.—</b>
so ergeben sich per KW-Stunde . . . . . Cts.	2 036	1 838	1 838	—
Analog ergeben sich diese konstanten Spesen per KW-Stunde nach 5 Jahren zu . . . . . Cts.	0 917	1 004	1 004	—
„ 10 „ „ . . . . . „	0 720	0 857	0 857	—

Es sind dies ziemlich kleine Werte. Jedenfalls ist der Kohlenverbrauch größer, sogar bei vollständiger Abwärmeverwertung, und ist dieser wie folgt vorerst festzustellen.

Da bei normaler Belastung die Kesselanlage (inklusive Ueberhitzer und Vorwärmer) einem Nutzeffekt von 85 % entsprechen muß, bezogen auf den aus den Ueberhitzern austretenden Dampf, und Verluste von 10 % (für Einkauf, Lagern, Anheizen, Dampfhalten während der Arbeitspausen, sowie für Asche und Schlacken) bei nur 6500 Heizwert und einem Tonnenpreis von Fr. 100.— loco

Kesselhaus genügen dürften (vide pag. 16), so kosten 1 Million Kalorien ab Kessel rund Fr. 20. —, also 1 KW-Std. *im Winter* *im Sommer*  
 bei vollkommener Abwärmeverwertung bei Kondensation mit bestem Vakuum  
 d. h. bei Kalorien per KW-Std. 1100 4500  
 Cts. 2,20 Cts. 9,00

Fügen wir die allgemeinen Spesen per KW-Stunde hinzu, so ergeben sich als totale Er-  
 stehungskosten per KW-Stunde verkäuflicher Energie bei

	Anlage Zürich			
	mit Wasser- kraft	ohne Wasserkraft		
	Winter allein	Winter	Sommer	Mittel
Nach Vollbetrieb pro KW-Stunde . . . . . Cts.	4,236	4,050	10,850	6,642
Nach 5 Jahren . . . . . „	3,117	3,204	10,004	5,796
Nach 10 Jahren . . . . . „	2,920	3,057	9,857	5,649
Würden wir 10% der jeweils investierten Kapitalien als Gewinn hinzurechnen, so würde die Kilowattstunde belastet mit:				
Nach Vollbetrieb pro KW-Stunde . . . . . Cts.	1,338	—	—	0,990
Nach 5 Jahren . . . . . „	0,738	—	—	0,558
Nach 10 Jahren . . . . . „	0,580	—	—	0,409

Der Vergleich dieser Zahlen zeigt, wie außerordentlich günstig das Zusammenarbeiten von Heiz- und thermischem Kraftbetrieb werden kann und dürfte schon darin, namentlich für Orte, bei denen wenig Wasserkräfte zur Verfügung, *die Berechtigung enthalten sein, solche kombinierten Anlagen in größtügigster Weise zu erstellen.*

Würde es sich aber darum handeln, genau die gleiche Kraftanlage sofort auszuführen, um in einer Stadt — z. B. Zürich — schnell über Energiezuschuß verfügen zu können, so würden allerdings die Anlagekosten sich etwas anders gestalten, als wenn wir den geplanten zentralisierten Heizbetrieb für alle vier Quartiere sofort in Aussicht nehmen würden.

Wollen wir in diesem Falle die drei mit Kondensation arbeitenden Turbinen à 5000 KW voll ausnützen, so müssen wir vier Kessel à 800 qm mit allem Zubehör von vorneherein aufstellen. Auch ist das ganze Maschinenhaus, d. h. der komplette Bau der Zentrale, gleich auszuführen und sind Kondensatoren, Rohrleitungen usw. so einzurichten, daß der Heizbetrieb später ohne weitere Änderungen möglich.

Daraus ergibt sich folgender Kostenanschlag:

Projektieren . . . . .	Fr. 200 000. —
Vier Kessel à 800 m <sup>2</sup> . . . . .	„ 1 840 000. —
Zirkulationspumpen für die Kondensation . . . . .	„ 106 000. —
Drei Dampfturbinen à 5000 KW . . . . .	„ 1 554 000. —
Schaltanlage . . . . .	„ 200 000. —
Gebäude . . . . .	„ 1 500 000. —
Grundstück . . . . .	„ 200 000. —
Betriebskapital . . . . .	„ 100 000. —
<b>Total</b>	<b>Fr. 5 700 000. —</b>

Rechnen wir gleich wie oben, so ergeben sich:

	Nach Vollbetrieb	Nach 5 Jahren	Nach 10 Jahren
Totalspesen pro Jahr, ohne Kohlen . . . . .	Fr. 860 000. —	463 000. —	367 000. —

und verteilen wir diese auf 30 Millionen Kilowattstunden Winterenergie allein, weil ja der Eigenkraftbedarf vorläufig geringer, so ergeben sich konstante Spesen pro Kilowattstunde zu:

	Cts. 2,867	1,543	1,223
plus Kohlen pro KW-Std. . . . .	» 9,000	9,000	9,000
d. h. total pro KW-Std. . . . .	Cts. 11,867	10,543	10,223

Dabei ist ausschließlich Arbeiten mit Kondensation vorausgesetzt und ein Kohlenpreis von Fr. 100. — pro Tonne angenommen.

10 Prozent der betreffenden Kapitalien als Gewinnquote würden die Kilowattstunde weiter belasten mit:

Cts. 1,900	1,142	0,857
------------	-------	-------

Müßte aber eine solche Anlage auch im Sommer Energie hergeben, so wären die Ausgaben für Spesen, Löhne und Verwaltung usw. im Verhältnis höher einzusetzen und würden sich daraus ungefähr Kilowattstunden-Preise ergeben

	Nach Vollbetrieb	Nach 5 Jahren	Nach 10 Jahren
pro KW-Stunde . . . . .	Cts. 10,920	10,126	9,934
unter Voraussetzung, daß während des ganzen Jahres dann zirka 50 Millionen Kilowattstunden erzeugt würden. In diesem Falle würde ein zehnzehnter Gewinn vom Kapital einer Mehrbelastung von	Cts. 1,140	0,685	0,514

pro Kilowattstunde entsprechen.

Der Vergleich obiger Kilowattpreise beim Arbeiten mit Kondensation gegenüber den hydraulischen Anlagen zeigt, daß solches Arbeiten mit Kondensation selbstredend nur als Provisorium berechtigt und wäre es durchaus wünschenswert, das Ausführen der Heizanlagen so schnell als möglich folgen zu lassen, um den Preis so gewonnener thermischer Energie zu erniedrigen.

Die Ausgaben pro Kilowattstunde für die Kohlen, d. h. 2,20 resp. 9,00 Cts. beim Arbeiten mit Abwärmeverwertung resp. mit Kondensation — sind aber nahezu immer gleich groß, gleichgültig, ob viele oder wenig Kilowattstunden erforderlich. Nur die sonstigen Ausgaben — Zins, Amortisation und Spesen — bleiben während der betreffenden Rechnungsperiode in der Gesamtsumme pro Jahr unverändert und sind auf die wirklich geleistete Anzahl von Kilowattstunden zu verteilen.

Weil aber die Anlagekapitalien einer so gedachten thermischen Anlage gegenüber hydraulischen Anlagen relativ gering, ergibt die Verteilung auch eine verhältnismäßig geringe Belastung pro Kilowattstunde, trotz starker Abschreibungen, während der Kohlenkonsum nur für die geleisteten Kilowattstunden in Frage kommt. In diesem Moment bietet der thermische Energiegewinn entschieden Vorteile gegenüber dem hydraulischen Kraftwerk.

Wenn aber ein solches gebaut worden, ist es *durchaus nötig*, dasselbe bis an die Grenze des erhältlichen Wasserzufflusses (unter Berücksichtigung allfälliger Akkumulierungsmöglichkeiten und denkbarem Wassermangel) *voll* auszunützen, um die konstanten Spesen, die ja zum weitaus größten Teil aus den Kapitalzinsen sich ergeben, auf möglichst viele KW-Stunden zu verteilen.

Jedenfalls ist es durchaus berechtigt und absolut notwendig, alle disponiblen hydraulischen Anlagen *restlos* auszubauen, inbegriffen alle auch irgendwie nur möglichen Akkumulierungsanlagen. Es ist dies notwendig, um überhaupt Kohlen zu sparen. Wir sind solche Erkenntnis unsern Nachkommen schuldig. Es wäre aber wohl berechtigt, bei den einmal gebauten hydraulischen Anlagen im Anfang des Vollbetriebes größtmögliche Abschreibungen *wirklich* durchzuführen, um die KW-Stundenpreise zu erniedrigen und um auch die großen Anlagekapitalien für anderweitige gemeinnützige Unternehmungen wieder frei zu bekommen.

## Wärmelieferung für jeglichen sonstigen Bedarf in den Häusern.

Kochen, Baden, Waschen usw.

In meinen ersten Arbeiten während des Krieges, als wir es noch mit billiger Kohle zu tun hatten, habe ich mir die Wärmeversorgung auch für die andern Haushaltsbedürfnisse, außer der Heizung, zum größten Teil durch Heißwasserzirkulation von der Wärmezentrale aus gedacht; ich stellte mir, für alle Erfordernisse außer dem Braten, Glätten usw., welche letztere unter allen Umständen viel höhere Temperaturen benötigen, vor, daß *sehr* heißes Wasser (bis zirka 140 Grad) aus der Zentrale durch besondere Fernleitungen entnommen, nach allen Häusern geleitet würde, um dort in Umwärmern frisches Wasser zum Baden, Waschen, Kochen usw. vorzuwärmen, so daß wir in den Häusern über Brauchwasser von zirka 85 Grad verfügen könnten. Da aber dieses warme Wasser, den allgemeinen Gewohnheiten entsprechend, hauptsächlich in zeitlich meistens zusammenfallenden *kleinern* Zeitabschnitten verbraucht wird, dachte ich mir, daß in den Häusern Gefäße vorhanden sein müßten, die als Ausgleich zu dienen hätten, und zwar in dem Sinne, daß das Umwärmen — resp. das Erzeugen von 85-gradigem Wasser — während der 24 Stunden *kontinuierlich* und *gleichmäßig* geschehen würde, so daß dann die Entnahme ganz nach Belieben stattfinden könnte.

Diese Bedingung wäre notwendig gewesen; einmal, um die Fernleitungen nicht in allzu großen Dimensionen ausführen — und dann auch, um diese nicht einem sehr variablen Betrieb aussetzen zu müssen, wodurch jedenfalls große Schwierigkeiten betreffend Ausdehnung entstanden wären.

Ich ging sogar weiter und dachte ich auf diese Art auch das Sieden zu bewerkstelligen, indem das in den Häusern zirkulierende Wasser, mit mindestens 120 Grad ja ganz wohl imstande gewesen wäre, einen Teil des Brauchwassers zum Sieden zu bringen — für alle Zwecke des Kochens, Waschens usw.

Ich hatte mir eine große Anzahl von Details für diesen so gedachten Zweck entworfen und schien mir eine rationelle Lösung dieser ganzen Aufgabe recht wohl möglich. So z. B. hätte, um die Wärme aus dem Zirkulationswasser aus der Zentrale durch die Fernleitungen nach den Häusern wirksam auszunützen und höchste Temperaturen des Brauchwassers (auch Verdampfen desselben) zu erzielen, die *Wärmeabgabe* an das Brauchwasser durch gut konstruierte *Gegenstromapparate* geschehen müssen. Das Verdampfen wäre durch das heißeste *Zirkulationswasser* und das Vorwärmen sukzessive durch das kältere erfolgt, so daß durch die Rücklaufleitung dasselbe bei recht niedrigen Temperaturen wieder in die Oberflächenkondensatoren der Zentrale eingetreten wäre. Auch diese letzteren waren als Gegenstromwärmer gedacht und der Heizdampf als Zwischendampf aus den Dampfturbinen bei entsprechender Temperatur mit höherem Gegendruck entnommen. Die Rechnungen haben auch gezeigt, daß bei damaligen Erstellungskosten und damaligen Kohlenpreisen trotz der erheblichen Verluste solcher Zirkulationsleitungen mit Vor- und Rücklauf die Rentabilität dieser Art Wärmelieferung doch erreichbar, also auch wirksame Konkurrenz mit Gas und Elektrizität — zu damaligen Preisen.

Heute aber liegen die Verhältnisse anders: die Herstellungskosten sind jetzt 2—2½ mal höher als vor dem Kriege, und die Kosten des Brennmaterials mindestens zweimal so groß als früher. Da-



durch werden die Ausgaben für Zins und Amortisation, sowie auch diejenigen für alle Nebenspesen (Löhne, Verwaltung usw.) so bedeutend, daß die Rentabilität gegenüber Gas und Elektrizität sehr fraglich würde. Es spielen bei den hohen Kohlenpreisen die Wärmeverluste einer so gedachten Fernleitungsanlage mit Hin- und Rückleitung — trotz denkbar bester Isolierung usw. — finanziell eine große Rolle und auch deshalb wäre auf Erfolg kaum zu rechnen.

Immerhin wäre für gewisse Fälle (z. B. Färbereien, Wäschereien, Badanstalten) dieses so skizzierte System der indirekten Wärmelieferung empfehlenswert, namentlich bei geringern Entfernungen. Aus diesem Grunde auch habe ich diese Erörterungen hier eingeschoben.

Für die nachfolgenden Ueberlegungen und Vergleiche aber habe ich diese Grundgedanken aufgegeben und ist es vorläufig angezeigt, zu untersuchen, welche von den *jetzt* gebräuchlichen Arten der Wärmeezeugung für Hauszwecke — Baden, Kochen, Waschen etc. — am vorteilhaftesten für die Einwohner erscheint.

Die Rechnungen mögen wohl am zweckmäßigsten die *pro Person und pro Tag* erforderlichen Kosten zeigen.

Laut Statistik haben in den Quartieren

	A	B	C	D	A B C u. D
am 1. Dezember 1920 gewohnt: Personen	12,900	9,500	7,600	13,400	43,400

Wenn wir somit die Gesteungskosten pro Person und Tag berechnen, haben wir, um die Gesamtbeträge zu erhalten, dieselben mit  $43\,400 \times 365$ , d. h. 15 800 000 zu multiplizieren. Das heißt: 1 Ct. *pro Person und Tag* würde total Fr. 158 000. — für die vier Quartiere pro Jahr bedeuten.

In Frage kommt der Vergleich zwischen der Verwendung von *Kohle*, *Gas* und *Elektrizität* und mögen die in Zürich geltenden Einheitspreise maßgebend sein. Dabei setze ich die *Kohlen* wieder mit 6500 WE Heizwert und 135 Fr. pro Tonne ein, wobei wir der Wirklichkeit wohl ziemlich nahekommen, indem für diese verschiedene Erfordernisse in der Küche usw. wohl durchschnittlich Brennmaterialien mit geringerem Heizwert, aber auch zu niedrigeren Preisen, zur Verwendung gelangen.

Für *Gas* setze ich den jetzt gültigen Einheitspreis von 45 Cts. pro Kubikmeter ein, während für *Elektrizität* ein Kilowattstundenpreis von zirka 21,5 Cts. für Tagesstrom und 6 Cts. für Nachtstrom bei den sich ergebenden notwendigen Gesamtmengen ungefähr richtig sein dürfte.

Die Frage der Nutzeffekte ist nun freilich die einschneidendste, um richtige Vergleiche anzustellen, und ist es wohl möglich, daß nachfolgende Zahlen von Interessenten beanstandet werden. Ich habe aber zum Teil eigene Versuche durchgeführt und glaube, daß sowohl für Kohle als für Gas meine Bewertungen eher noch zu günstig sind.

Setzen wir für	Kohle	Gas	Elektrizität
die heutigen Preise ein in Cts. mit . . . . .	13,50 per kg	45,00 per m <sup>3</sup>	21,50 per KW-Std. Tagesstrom 6,00 Nachtstrom
und setzen die äquivalenten Heizwerte pro Einheit in Kalorien	6500	4800	860
so würden 1000 Kalorien theoretisch kosten . . . . . Cts.	2,07	9,38	25,00
und bei Verwendung von Nachtstrom . . . . . „	—	—	7,00

Die Nutzeffekte sind aber, je nach den Verwendungszwecken und je nach den in Frage kommenden Heiz- und Kochapparaten außerordentlich verschieden; man wird aber ungefähr die folgenden Grenzwerte in Prozenten, der Wahrheit ziemlich nahekommend, einsetzen dürfen:

	Kohle	Gas	Elektrizität
Nutzeffekt in Prozenten . . . . .	9 bis 55	35 bis 72	60 bis 95
Dadurch würden 1000 Kalorien, effektiv geleistet, kosten Cts.	23,0 bis 3,9	26,8 bis 13,0	41,6 bis 26,3 bei Tagesstrom
und bei Nachtstrom . . . . .	—	—	11,7 bis 7,4

Dabei ist folgendes zu bemerken: Die bloß 9 % Wirkungsgrad für Kohlen stimmen überein mit Versuchen an einem sehr guten Kochherd; es wäre kein Fehler, diese Ziffer — als allgemeinen Mittelwert — sogar noch etwas herunterzusetzen, namentlich, wenn man es mit Leuten zu tun hat, die auf das Sparen mit Brennmaterial keinen Wert legen. Uebrigens dürfte die Gewohnheit, wie sie in vielen großen Küchen gebräuchlich, den Herd fortwährend unter Gluthitze zu erhalten, an und für sich schon einen noch *viel* höheren Verlust verursachen.

Die obere Grenze für Kohlen dürfte höchstens für große Anlagen — sagen wir für gut eingerichtete Waschkessel und dergleichen — gelten; aber auch hier sollten wir, um der Wahrheit näher zu kommen, eher kleinere Werte einsetzen. So, zum Beispiel, dürften 30 % für irgend eine mit Kohle im Hause zu betätigende Wärmelieferung — also 6,9 Cts. per 1000 Kalorien wirklicher Leistung — den tatsächlichen Verhältnissen besser entsprechen.

Bei den Apparaten für Gas beziehen sich die 35 % auf einen Gasherd allerbesten Konstruktion, bei ökonomischer Bedienung; während die 72 % Versuchen mit sehr gut konstruierten Badeöfen entnommen sind. Höhere Nutzeffekte dürften kaum zu erreichen sein.

Bei der Verwendung von Elektrizität endlich dürfte die untere Grenze von 60 % jetzigen gut konstruierten Kochapparaten, Kochplatten etc. entsprechen, während 95 % sicherlich leicht möglich, wenn wir es mit Warmwasserapparaten, Akkumulatoren oder Kochpfannen zu tun haben, bei welchen die Stromabgeber direkt in die zu kochende Flüssigkeit eintauchen und die betreffenden Apparate gegen Wärmeverluste *sehr* gut geschützt sind.

Wir können uns nun in einem mittlern Haushalte *ungefähre* Zahlen vergegenwärtigen, nach welchen der Wärmeverbrauch auf die verschiedenen Zwecke sich verteilt; es sind da stark variierende Annahmen möglich, indem ja sowohl die Natur der verwendeten Apparate, als auch die zum Verbrauch kommenden Wärmemengen je nach Gewohnheiten sehr verschieden sind. Wenn man aber gewisse Voraussetzungen für diese Wärmemengen und deren Verwendung macht, so kann man ungefähr bestimmen, wieviel *im Mittel* von allen Verbrauchsmöglichkeiten 1000 Kalorien kosten und welche Auslagen pro Person und pro Tag sich ergeben.

Unter Berücksichtigung, daß der weitaus größere Teil der in einem Haushalte verbrauchten Kalorien zum Anwärmen von Wasser dient, können wir — nach ungefähren Beobachtungen und nach Mitteilungen aus einer Anzahl von Haushaltungen — folgende mittlere Werte zugrunde legen. Die nötige Wärmemenge kann zu einheitlichem Ausdruck kommen, wenn wir uns denken, daß warmes Wasser, möglichst hoch vorgewärmt (z. B. auf 85 Grad), im Haushalte zur Verfügung gestellt, bei eher sparsamem Betrieb pro Person und pro Tag ungefähr folgenden Verbrauchsziffern entsprechen würde:

1.	Warmwasserbedarf per Tag zum Kochen . . . . .	4,0 Liter
2. und 3.	„ „ „ zum Waschen und Baden	12 „
4.	Für diverse Zwecke . . . . .	0,6 „
	Total	16,6 Liter

Setzen wir die Temperatur des kalten Wassers ein zu 13 Grad, so sind diese 16,6 Liter per Tag und pro Person um 72 Grad zu erwärmen und würden dazu notwendig sein netto WE 1200, verstanden als wirkliche, effektiv erzielte nützliche Leistung.

Nun können wir hinzufügen für alles, was zum *Sieden* beim Kochen, Waschen etc.

notwendig . . . . .	ca. WE	200
für <i>Braten, Glätten</i> usw. . . . .	ca. »	100

Also würde ein nützlicher Wärmeverbrauch von total . . . . . ca. WE 1500  
pro *Person und Tag* ungefähr erforderlich sein.

Legen wir für diese verbrauchten Wärmemengen Nutzeffekte zugrunde, wie solche bei den jetzt gebräuchlichen Apparaten für Kohlen (oder Holz), Gas und Elektrizität erreichbar, so dürfte sich daraus — vorerst für die *Warmwasserbereitung* — folgendes Bild ergeben:

	Baden und Diverse	Kochen ohne Sieden	Waschen ohne Sieden
Es werden benötigt beim Warmwasser von 85 Grad, per Tag . . . . . Liter	7,3	4,0	5,3
Also die entsprechend <i>nützlich</i> verbrauchte Wärmemenge bei 13 Grad Kaltwasser-Temperatur . . . . . Kal.	528	288	384
Total Kal.	1200		
Bei Verwendung von Kochherden und sonstigen jetzt üblichen Vorrichtungen für <i>Kohle und Holz</i> können wir einsetzen <i>Nutzeffekte</i> Somit aus dem Brennmaterial zu entnehmende Wärmemenge Kal.	25 % 2112	9 % 3200	30 % 1280
Summa Kal.	6592		
Für <i>Gas</i> : Nutzeffekte . . . . . %	70	35	50
Also verbrauchte Wärmemenge . . . . . Kal.	754	823	768
Total Kal.	2345		
<i>Elektrizität</i> : Nutzeffekte . . . . . %	93	90	95
Also verbrauchte Wärmemenge . . . . . Kal.	568	320	404
Total Kal.	1292		
Setzen wir nun bei Wärmeabgabe durch die oben angegebenen Kosten pro 1000 Kalorien ein . . . Cts.	<b>Kohle u. Holz</b>	<b>Gas</b>	<b>Elektrizität</b>
so kostet die Warmwasserlieferung pro Tag . . . . . „	2,07	9,38	25,00
Also würden 1000 Kalorien nützlich verbrauchter Wärme, d. h. bezogen auf die angegebenen 1200 Kalorien netto kosten Cts.	13,65	21,90	32,30
	11,38	18,25	wenn alles Tagesstrom 26,93

Bei der Wärmelieferung durch Elektrizität können wir aber die Kosten wesentlich reduzieren, wenn wir im Haus einen Warmwasserapparat aufstellen und denselben ausschließlich mit Nachtstrom oder überhaupt mit Abfallenergie betätigen. In diesem Falle müssen wir aber den äußern Wärmeverlust, den dieser Akkumulator während der ganzen 24 Stunden pro Tag erleidet, berücksichtigen; dieser dürfte wohl zirka 200 Kalorien per Person und pro Tag betragen. Fügen wir diese 200 WE zu den 1292 WE hinzu, welche bei elektrischem Betrieb für die Erzeugung von warmem Wasser erforderlich, so müßte man pro Tag 1492 Kalorien liefern; da aber in diesem Falle 1000 Kalorien nicht mehr 25 Cts., sondern nur 7 Cts. kosten würden, bei Annahme von 6 Cts. per KW-Std. Abfallenergie, so würde die Gesamtwärme von 1492 Kalorien 10,44 Cts. kosten. Daraus ergibt sich der effektive Preis für 1000 Kalorien nützlich geleisteter Wärme: 8,70 Cts.

Nun kommt noch die Wärmelieferung hinzu für alle andern Zwecke und möge diese als Einzelverbrauchs-ziffer zu den für das Vorwärmen des Wassers benötigten Wärmemengen

von . . . . .	netto Kalorien	1200
hinzukommen mit:		
1. Sieden beim Kochen . . . . .	130 Kalorien	
2. Sieden beim Waschen . . . . .	70 „	
3. Braten . . . . .	50 „	
4. Glätten . . . . .	50 „	
Total Kalorien		1500

Setzen wir ferner ein für	Sieden beim Kochen	Sieden beim Waschen	Braten	Glätten	Total
die Nutzeffekte für Holz- und Kohlenfeuerung zu . . . . . %	9	30	5	5	—
Dann ist die vom Brennmaterial abzugebende Wärmemenge Kalorien	1444	233	1000	1000	3677
Bei Wärmelieferung mit Gas: Nutzeffekte . . . . . %	35	50	25	30	—
Nötige Kalorienmenge . . . . .	371	140	200	150	861
Bei Wärmelieferung mit Elektrizität: Nutzeffekte . . . . . %	65	90	50	60	—
Nötige Kalorienmenge . . . . .	200	78	100	83	461

Zu den für die Warmwasserbereitung benötigten 1200 Kalorien (theoretisch) oder zu der aus dem Brennmaterial entnommenen Wärme bei . . . . .	Kohle u. Holz	Gas	Elektrizität
von Kalorien effektiv . . . . .	6,592	2,345	1,292
kommen noch hinzu für sonstige Zwecke: Kalorien effektiv . . .	3,677	861	461
Also würden für 1500 Kalorien <i>nützlich</i> geleisteter Wärme insgesamt nötig sein . . . . . WE	10,269	3,206	1,753
Zum angegebenen Einheitspreis für 1000 Kalorien, nämlich . Cts.	2,07	9,38	25,00
würde sich eine totale Ausgabe für obige Wärmelieferung pro Tag und Person ergeben zu . . . . . Cts.	21,26	30,07	43,83
Also kosten 1000 Kalorien <i>nützlich</i> verbrauchter Wärme . . Cts.	14,17	20,05	29,22

Würden wir aber beim elektrischen Betrieb, wie vorher angegeben, die Warmwasserbereitung ausschließlich durch Abfallenergie zu 6 Cts. per KW-Stunde und durch Warmwasserakkumulatoren betätigen, so würden, entsprechend analogen Rechnungen, die 1000 Kalorien *statt* 29,22 Cts. auf *nur* 21,97 Cts. zu stehen kommen.

Man könnte im Winter eine noch weitere Ersparnis durchführen (beim elektrischen Betrieb), wenn man das in den Häusern zirkulierende heiße Wasser der Heizbetriebe dazu benutzen würde, das kalte Wasser in entsprechendem Maße vorzuwärmen, bevor es in den Warmwasserakkumulator hineinkommt und dort elektrisch auf 85 Grad angewärmt wird. Ich habe diese Rechnung durchgeführt; es ergibt sich eine Ersparnis von 1,11 Cts. pro 1000 Kalorien, so daß die 1000 Kalorien *nützlich* verbrauchter Wärme (also bezogen auf die *nützliche* Wärmeleistung von 1500 WE *statt* 21,97 Cts. nur auf 20,86 Cts. zu stehen käme. Es ist aber die Frage, ob diese relativ geringe weitere Ersparnis die Komplikation etc. im Betrieb rechtfertigen würde.

Die obigen Zahlen zeigen, daß bei den für Zürich angenommenen Kilowattpreisen elektrische Wärmelieferung für alle die verschiedenen Haushaltzwecke beinahe mit Gas konkurrieren könnte; doch müssen wir uns fragen, *wievil* Kilowattstunden für die so erforderliche Wärmeleistung notwendig wären.

Würden wir die Warmwasserbereitung ausschließlich durch Nachtstrom besorgen, so benötigen wir:

	Im Sommer	Im Winter	Zusammen
zirka KW-Stunden . . . . .	12,400,000	15,000,000	27,400,000
Dazu brauchen wir aber als Tagesstrom zum Sieden, Braten, Bügeln usw. zirka KW-Stunden . . . . .	3,840,000	4,660,000	8,500,000
also im ganzen KW-Stunden . . . . .	16,240,000	19,660,000	35,900,000

Die Energie, welche uns aus einem Heizwerk zur Verfügung stehen würde, betrug im Winter 27 600 000 KW-Stunden, und wenn wir im Sommer auch noch thermische Energie erzeugen, wäre dieselbe analog einzusetzen mit zirka 17 000 000 KW-Stunden.

Also würden wir in einer solchen Kraft- und Wärmezentrale (z. B. bei einer gleichen Anlage wie Zürich, aber ohne Wasserkräfte) erzeugen und verkaufen können: Sommer und Winter zusammen zirka 44 600 000 KW-Stunden. Wenn wir davon 35 900 000 KW-Stunden allein für den Bedarf in den Häusern verwenden müßten, wäre dies selbstredend *durchaus unberechtigt* und verbietet sich schon aus diesem Grunde von vorneherein die Wärmelieferung für Haushaltzwecke durch ausschließlich elektrische Energie, um so mehr, wenn die sämtlichen Gasleitungen schon existieren und die meisten internen Einrichtungen ebenfalls dafür vorhanden sind.

In Zürich sind allerdings die Kilowattstundenpreise recht hoch und ist dies begreiflich, wenn die teuren hydraulischen Anlagen wie Wäggital etc. berücksichtigt werden. Billigere Preise für die elektrische Energie wie z. B. in Winterthur, wo 12 resp. 6,6 Cts. pro KW-Stunde für Wärmelieferung in gedachten Quantitäten maßgebend, würden die Totalgestehungskosten pro Person und pro Tag sich auf zirka 18 Cts. reduzieren (wieder unter Voraussetzung der Warmwasserbereitung ausschließlich durch Nachtstrom). Aber auch in diesem Falle würde trotz der Ersparnisse für die Einwohner die notwendige große Menge elektrischer Energie diese Verwendung sozusagen unmöglich machen.

---

Ganz anders würden sich die Gestehungskosten für die Wärmelieferung für alle sonstigen Haushaltzwecke gestalten, wenn wir den größten Bedarf, d. h. *die Warmwasserlieferung, doch aus der Wärmezentrale direkt als Brauchwasser* beziehen könnten. Es wäre dies sehr wohl möglich, wenn wir in die Schalen resp. Kanäle der Fernleitungen ein drittes Rohr einbauen, durch welches man sämtlichen Häusern *das für sie notwendige warme Brauchwasser* so liefern würde, daß dasselbe in den Häusern mit einer Temperatur von zirka 85 Grad Celsius zur Verfügung steht. Dadurch könnte die Wärmelieferung wie bei der Heizung für dieses warme Wasser durch Kohlen erzeugt werden und außerdem ließe sich eine nicht geringe Menge elektrischer Energie gewinnen, ganz genau gleich wie bei der Heizung, sei es, daß man bei entsprechendem Gegendruck das dazu nötige Dampfquantum aus den Dampfturbinen entnimmt, oder daß wie wahrscheinlich für den Sommer erforderlich, eine besondere kleinere Dampfturbine oder Kolbendampfmaschine dafür vorgesehen wird. Freilich haben wir in diesem Falle mit den Wärmeverlusten dieses dritten Rohres in den Fernleitungen zu rechnen; aber trotzdem würden sich, wie dies nachfolgende Zahlen zeigen, wesentliche Ersparnisse erzielen lassen.

Es lohnt sich somit, dieses Problem genauer zu verfolgen und kann dies wieder mit Bezug auf die gleiche Anlage wie Zürich mit den vier Quartieren *A, B, C und D* geschehen, wenn wir mit den Fernleitungen für die Heizung vergleichen, um dadurch die ungefähren Kosten sowie Wärmeverluste zu finden.

Um aber diese Heißwasserfernleitungen nicht in zu großen Dimensionen erstellen zu müssen, und um auch die Verluste auf das geringste Maß zu reduzieren, dürfte es sich wieder empfehlen, für die Warmwasserlieferung 24-stündigen kontinuierlichen, gleichmäßigen Betrieb vorzusehen und müßten zu diesem Zwecke in den Häusern Akkumulatoren, d. h. Warmwasserbehälter, aufgestellt werden, wie dies bei Benutzung von Abfallenergie speziell von Nachtstrom in Aussicht genommen war.

Wenn wir diese Rechnungen schätzungsweise durchführen, wird es sich zeigen, daß beim Bedarf von zirka 16,6 Liter 85-gradiges Wasser pro Person und Tag bei kontinuierlichem Betrieb in allen vier Quartieren Rohrleitungen von zirka 50 mm Lichtweite, im Anfang gemessen und zirka 12 mm beim Eintritt in die Häuser, vollständig genügen würden.

Danach können wir aus dem Vergleich dieser Dimensionen mit denjenigen der Fernleitungen für den Heizbedarf die ungefähren Totalanlagekosten sowie die Fernleitungsverluste berechnen. Die Fernleitungskosten ergeben sich zu total zirka Fr. 1 200 000.— und die Fernleitungsverluste dürften einer durchschnittlichen Temperaturniedrigung von zirka 28 Grad, gerechnet von der Zentrale bis zu den Häusern, gleichkommen. Für die Akkumulatoren in den Häusern haben wir früher schon einen Verlust von zirka 200 WE pro Tag und Person angenommen, entsprechend einer Temperaturdifferenz von zirka 12 Grad. Das heiße Wasser müßte also mit

$$85 + 28 + 12^\circ = 125^\circ$$

die Zentrale verlassen. Der Nutzeffekt der Heißwasserfernleitungen würde also im Mittel =  $(85-13) : (125-13) = 72 : 112 = 0,643 = 64,3\%$  betragen.

Um die 125° ab Zentrale zu erreichen, müßte das entsprechende Dampfquantum aus den Turbinen, resp. aus der Kolbendampfmaschine, mit zirka 131° in den betreffenden Kondensator eintreten, so daß eine Temperaturdifferenz von 6° gegenüber der höchsten Wassertemperatur zur Verfügung steht. Mit einem reichlich bemessenen Oberflächenkondensator, der im Gegenstrom arbeitet, könnte die Erwärmung des Wassers von 13 auf 125° gut bewerkstelligt werden.

Das Budget für die erforderlichen Gesamtanlagekosten würde sich ungefähr wie folgt stellen:

Projektieren . . . . .	ca. Fr. 100 000.—
Fernleitung . . . . .	» » 1 200 000.—
Kessel für den Sommerbetrieb . . . . .	» » 200 000.—
Dampfturbine oder Kolbendampfmaschine für den Sommerbetrieb . . . . .	» » 200 000.—
Schaltanlage . . . . .	» » 50 000.—
Pumpen und Akkumulator . . . . .	» » 150 000.—
Selbstregulierung . . . . .	» » 20 000.—
Diverses . . . . .	» » 80 000.—
<b>Total . . . . .</b>	<b>ca. Fr. 2 000 000.—</b>

Der Gewinn an elektrischer Energie würde sich stellen:

bei . . . . .	Dampfturbinen	Kolbendampfmaschine
auf zirka . . . . .	KW 440	523

Benötigen wir für die Ueberwindung sämtlicher Höhen- und Reibungsverluste in der Fernleitung und für den Eigenbetrieb

im Kesselhaus etc. etc. zirka . . . . .	KW 50	50
so bleiben verkäuflich . . . . .	KW 390	473

Würden wir, wie dies bei der Heizanlage geschehen, die Anlagekosten auf Heizung und Kraft-erzeugung verteilen, so wären diese im Verhältnis von 85 und 15 % anzurechnen und dem entsprechend betragen für . . . . . Wärmelieferung Kraftgewinn  
die Anlagekosten zirka . . . . . Fr. 1 630 000.— 370 000.—

Daraus sind wie beim Heizbetrieb die Gesteungskosten pro Person und pro Tag festzusetzen und zwar wieder für die drei Epochen, d. h.

	Nach Vollbetrieb	Nach 5 Jahren	Nach 10 Jahren
bei gleichen Amortisationen, d. h. . . . .	10 %	7,5 %	7,5 %

und fünfprozentiger Verzinsung.

Der Kohlenkonsum stellt sich bei Voraussetzung des gleichen Kohlenpreises von Fr. 100. — sowie der gleichen Kesselnutzeffekte wie beim Heizbetrieb auf 2 Cts. per 1000 WE in der Zentrale aufzuwendender Wärmemenge und auf 2,20 Cts. pro KW bei Ausnutzung der gesamten Abwärme.

Sowohl bei der Wärmelieferung als bei der Krafterzeugung aus der Zentrale habe ich 10 % vom jeweiligen betreffenden Totalkapital als Gewinn hinzugeschlagen.

Bei der Krafterzeugung — sei es aus dem Heizbetrieb, sei es aus dem Heißwasserbetrieb — habe ich 10 % Verluste für das Kabelnetz von der Zentrale bis in die Häuser, 3 Cts. pro KW-Stunde für Verzinsung, Amortisation und Unterhalt des Kabelnetzes gerechnet. Daraus ergeben sich folgende Schlußresultate:

*Pro Person und pro Tag* berechnen sich die Gesteungskosten inklusive Gewinn und Brennmaterialverbrauch für die Warmwasserlieferung:

	Nach Vollbetrieb	Nach 5 Jahren	Nach 10 Jahren
	auf Cts. 7,47	6,05	5,61

Da eine nützliche Wärmeleistung von 1200 WE pro Person und Tag angenommen wurde, wären 1000 WE nützlicher Wärmelieferung zu berechnen mit:

	Cts. 6,21	5,04	4,69
--	-----------	------	------

Um die sich hier handelnden Totalbeträge kennen zu lernen, müssen wir die Kosten pro Person und pro Tag multiplizieren mit:  $43\,400 \times 365$ , d. h. mit 15 800 000.

Was nun den Wärmeverbrauch für alle andern Zwecke, welche über warmes Wasser von 85° hinausgehen — also Sieden, Braten, Glätten usw. anbetrifft, haben wir für Erzeugung durch Elektrizität 461 WE pro Person und Tag vorgesehen. Diese würden 0,536 KW ab Schaltbrett im Hause, resp. 0,595 KW ab Schaltbrett Zentrale benötigen, vide pag. 52.

Diesen Restbedarf kann man nun ohne weiteres durch elektrische Energie decken, um so mehr, wenn ja der Eigenbetrieb für Warmwasser in der Zentrale eine ziemlich beträchtliche Menge elektrischer Energie billig liefern kann, weil vollkommene Abwärmeverwertung. Diese Stromerzeugung findet aber entsprechend dem Anwärmen des Wassers kontinuierlich und gleichmäßig statt während den 24 Stunden, während der Bedarf in den Häusern sich auf kurze Tageszeiten, z. B. zum Bereiten der Mahlzeiten etc. beschränkt. Wir können somit nicht direkt die im Eigenbetrieb der Warmwasserbereitung erzeugte Energie dafür verwenden, sondern wir müssen diese an das Netz kontinuierlich abgeben und aus dem Netz nach Bedarf den nötigen Strom entnehmen.

Man kann aber ganz gut die durch Abwärme erzeugte Energie in entsprechendem Betrage dem Verbraucher gutschreiben und ihm dafür im gleichen Betrage die wirklich erforderliche Elektrizitätsmenge aus dem Gesamtnetz liefern. Das gleiche gilt übrigens auch für die aus dem Heizbetrieb gewonnene elektrische Energie und ist diese Prozedur ja um so leichter durchführbar, wenn die hydraulischen Anlagen Stauseen mitbenutzen, wie z. B. Heidsee, Wäggitäl usw. Auf diese Weise lassen sich überhaupt in vorzüglicher Weise selbst sehr variable Energiemengen aus dem Gesamtnetz entnehmen ohne irgendwelche Verluste und werden alle durch Heiz- und Warmwasserbetrieb gewonnenen Energiemengen restlos damit ausgenützt.

Nach obigen Ansätzen berechnet, kostet:

	Nach Vollbetrieb	Nach 5 Jahren	Nach 10 Jahren
die durch den Warmwasserbetrieb gewonnene elektrische Energie pro KW-Stunde ab Schaltbrett <i>in den Häusern</i> gemessen, bei Dampfmaschinen . . .	Cts. 8,80	7,43	7,02
bei Dampfturbinen . . . . .	» 9,50	7,88	7,36
und bei den Dampfturbinen des Heizbetriebes bei Zürich im Winter . . .	» 9,20	7,30	6,90

Wenn wir nun für den Rest von 461 WE pro Person und pro Tag vorerst den elektrischen Strom dem Netz entnehmen und dafür einsetzen:

pro Kilowattstunde . . . . .	Cts. 9,50	7,88	7,36,
so kosten die für diese 461 WE notwendigen 0,536 KW ab Schaltbrett in den Häusern	Cts. 5,10	4,22	3,94.

Die Wärmebereitung selber kostet (vide pag. 55):	Cts. 7,47	6,05	5,61.
--	-----------	------	-------

Also totale Kosten bei diesem System: pro Person und pro Tag . . . . .	Cts. 12,57	10,27	9,55.
---	------------	-------	-------

Dabei wird allerdings vorausgesetzt, daß wir auch im Sommer imstande wären, außer der aus dem Warmwasserbetrieb sich ergebenden Energiemenge noch den fehlenden Rest aus einem ähnlichen Betriebe wieder mit vollständiger Abwärmeverwertung zu gewinnen. Dies ist ein weiteres außerordentlich interessantes Problem, das unter allen Umständen bei Bearbeitung eines derartigen Gesamtprojektes gründlich berücksichtigt werden muß. Es handelt sich um Wärmelieferung und dementsprechend auch um Energiegewinn für alle andern Zwecke außer denjenigen für den Haushalt, so z. B. Badeanstalten, Wäschereien, Färbereien und dergleichen mehr, wie ja in jeder Stadt notwendig. Es trifft dies z. B. in hohem Maße gerade für Zürich zu und wäre dort die Wärmelieferung für solche Zwecke, die dann ganz analog der Warmwasserbereitung geschehen könnte, eine weitere Quelle für Erzeugung billiger Energie — und zwar nicht nur im Winter, sondern während des ganzen Jahres. Bei der Lösung der Gesamtaufgabe, Heizung und Wärmelieferung für sonstige Haushaltungszwecke, ist auch dieses dritte Postulat, je nach den lokalen gegebenen Verhältnissen gründlich studiert, einzubeziehen und sind sowohl die Fernleitungen als auch die Einrichtungen in der Zentrale danach zu projektieren. Jedenfalls aber können wir nunmehr annehmen, daß für den Haushaltungsbetrieb für alle außer der Warmwasserbereitung nötigen Wärmemengen billige Elektrizität wie oben erwähnt zur Verfügung steht. Obige Tagespreise pro Person sind deshalb berechtigt.

Wären wir im Sommer für die Beschaffung des nötigen Restes an elektrischer Energie doch auf Bezug aus dem hydraulischen Netz angewiesen und müßten wir dieselbe wieder mit 21,5 Cts. per KW-Stunde, ins Haus geliefert, rechnen, so würde der Gesamtpreis des Haushaltungsbetriebes pro Person und pro Tage betragen:

ca.	13,97	11,92	11,31.
-----	-------	-------	--------

Vergleichen wir die vorher gefundenen sowie auch diese Zahlen mit den Kosten der *Wärmebeschaffung im Hause selber durch Kohlen, Gas, Elektrizität*, so erkennen wir sofort die Vorteile, die sich aus der *direkten Brauchwasserlieferung aus der Zentrale durch ein drittes Rohr* ergeben. Dabei ist zu bedenken, daß, wie schon bemerkt, 1 Cts. Differenz Fr. 158 000.— bedeutet. Auch sparen wir nicht nur die großen Energiemengen, die bei durchaus elektrischer Wärmelieferung für den Haushaltungsbetrieb notwendig würden, sondern wir erzeugen durch den Warmwasserbetrieb selber ein Energiequantum, das mit Dampfturbine zirka 3 400 000 KW-Stunden oder bei Dampfmaschine zirka 4 140 000 KW-Stunden pro Jahr beträgt.

Bei den bisherigen Rechnungen sind allfällige Kosten für Weichmachen des Brauchwassers nicht inbegriffen. Je nach dessen Beschaffenheit erfordert dieses Moment intensivste Beachtung, um Ablagerungen in den Heißwasserfernleitungen zu vermeiden. Das erheblich über 100 Grad Erwärmen in der Zentrale und ruhiges Stehenlassen in dem wohl immer für diesen Betrieb notwendigen Wärmeakkumulator dürfte in vielen Fällen genügen, um Kesselsteinbildung in der Fernleitung selber zu vermeiden und den größten Teil der Ausscheidungen schon in der Zentrale, d. h. im Akkumulator, zurückzuhalten.



Vielleicht ist inwendiges Verzinnen oder irgend eine andere derartige Behandlung der Fernleitungsröhren angezeigt.

Ist bei den Fernleitungen dieses dritte Rohr für direkte Lieferung heißen Brauchwassers aus der Zentrale hinzugekommen, so werden die Kosten pro Person und pro Tag einer Kombination dieser Warmwasserlieferung und aller weiteren Wärmeerzeugung durch die schon bestehenden Mittel entsprechen. Wenn wir diese Rechnungen analog den bisherigen durchführen, so betragen die täglichen Kosten pro Person und Tag:

	Nach Vollbetrieb	Nach 5 Jahren	Nach 10 Jahren
bei Kohle in den Häusern . . . . .	Cts. 15,08	13,66	13,22
bei Gas . . . . .	» 15,56	14,14	13,70
bei Elektrizität, unter Voraussetzung, daß der Rest für die noch notwendigen 461 WE aus dem eigenen Dampfturbinenbetrieb und im Sommer aus dem Netz bei 21,5 Cts. pro KW-Stunde entnommen wird . . . . .	Cts. 14,35	12,26	11,64

Wollen wir dem Prinzip nachkommen, daß jeglicher Kohlenverbrauch in den Häusern nach Durchführung der Zentralisierung auszuschalten sei, um die Rauch- und Rußplage zu beseitigen, so kommen die für Kohlen angegebenen Werte kaum mehr in Betracht. Uebrigens dürften diese eher noch zu günstig gerechnet sein, wenn wir die Verwendung von Kohlen, Holz etc. für die verschiedenen Zwecke im Mittel richtig einschätzen könnten.

Gegen Gas ist Elektrizität nicht wesentlich im Vorteil. Man wird also Gasbetriebe beibehalten und im Interesse solcher vielleicht die Gaspreise noch etwas erniedrigen. Diese Erwägung ist eigentlich selbstverständlich, um so mehr, als ja alle Gasleitungen wie auch die nötigen Einrichtungen meistens schon vorhanden. Die Vorteile der Warmwasserlieferung aus der Zentrale sind aber notwendig, um die Verwendung von Gas, obwohl in beschränktem Maße, beizubehalten.

Schließlich ist es mir ein Bedürfnis, auf die Unterschiede zwischen Dampfturbine und Dampfkolbenmaschine bei deren Verwendung für den Heißwasserbetrieb aus der Zentrale nochmals zurückzukommen.

In den bisherigen Rechnungen wurde dieser Vergleich nur kurz berührt. Der Unterschied besteht ja bekanntlich darin, daß bei Stärken, wie angegeben, prinzipiell die Kolbendampfmaschine im Vorteil, wenn dieselbe mit höherem Gegendruck arbeiten muß, weil der thermische Nutzeffekt besser als bei gleich großen Dampfturbinen. Dieser Vorteil wird geringer, je größer die Aggregate und je kleiner der Gegendruck. Bei einer Anlage, bei welcher wir zirka 400—500 KW, entsprechend der nötigen Abwärme erzeugen können, ist die Kolbendampfmaschine vorzuziehen. Leider wird dieser Vorzug durch den Nachteil der Zylinderschmierung, also durch den Nachteil des ölhaltigen Kondensates — resp. Speisewassers — etwas beeinträchtigt und der Betrieb unangenehmer. Lassen wir aber diesen Nachteil außer Betracht, so sind die Vorteile des Dampfkolbenmaschinen-Betriebes am besten zum Ausdruck zu bringen, wenn wir die genauen Kosten beim Heißwasserbetrieb bei Erzeugung der daraus möglichen thermischen Energie durch Dampfkolbenmaschinen und Dampfturbinen miteinander vergleichen.

Setzen wir voraus, daß in beiden Fällen für die Erzeugung der 461 noch notwendigen Kalorien dieser Eigenbetrieb soweit möglich ausgenutzt und die noch fehlende Energie im Winter aus dem Heizbetrieb, im Sommer aus dem Netz zu 21,5 Cts. pro KW-Stunde zu entnehmen wäre, so ergeben sich:

	Nach 0 Jahren	Nach 5 Jahren	Nach 10 Jahren
	die Totalkosten pro Person und Tag		
bei Kolbendampfmaschinen . . . . .	Cts. 13,97	11,92	11,31
bei Dampfturbinen zu . . . . .	» 14,35	12,26	11,64

	Nach 0 Jahren	Nach 5 Jahren	Nach 10 Jahren
Also Differenz zugunsten der Dampfmaschine Cts.	0,38	0,34	0,33
oder weil 1 Ct. Fr. 158 000. — bedeutet, Vorteil der Dampfmaschine per Jahr:			
	Fr. 60 000. —	53 800. —	52 000. —

Es ist dies meine Reverenz dem Dampfkolben und seinem Reiche, dem ich 45 Jahre lang treu gedient habe.

Die auf diese Art für die Wärmebeschaffung für alle sonstigen Haushaltungszwecke erzielten Vorteile dürften sehr dafür sprechen, diese Anregungen zu verfolgen und auf Grund weiterer statistischer Unterlagen mehr Sicherheit zu definitiven Vorschlägen zu schaffen. In Verbindung mit dem Heizbetrieb würde wohl die Anlage des gedachten dritten Fernleitungsrohres keine erheblichen Komplikationen verursachen. Ob in diesem Falle die drei Röhren übereinander oder besser nebeneinander in den Heizkanälen disponiert würden, wäre noch genauer zu untersuchen. Es mag sein, daß man schließlich trotz der erforderlichen breiten Gräben sich aus verschiedenen Gründen doch für das Einbauen der drei Röhren nebeneinander entscheidet. In letzterem Falle würden wohl besser Eisenbetonrohre mit ovalem, vielleicht sogar nahezu länglich viereckigem Querschnitt für die Kanäle in Frage kommen.

Was den Betrieb selber anbelangt, könnte eine ganz wesentliche Vereinfachung und größere Regelmäßigkeit sowohl von der Zentrale aus als in den Häusern selber erzielt werden, wenn man immer mehr darauf hinarbeiten würde, das Waschen vollständig aus den Wohnungen auszuscheiden. Natürlich müßten dazu vorzüglich eingerichtete Waschanstalten vorhanden sein, deren Betrieb gegenüber jetzigem jedenfalls in mancher Hinsicht noch erheblich verbessert werden könnte. Ganz besonders müßte das System des Abholens und Wieder-nach-den-Häusern-Zurückbringen der Wäsche aufs denkbar beste organisiert sein, was sich durch entsprechende Transportgefäße und tadellosen Fahrdienst, wohl am besten durch elektrisch betriebene Automobile, ermöglichen ließe. Derartige und ähnliche Anregungen werden ja viel Widerspruch erfahren; es scheint mir aber angezeigt, solche Fragen mitzuberücksichtigen und zu erwägen.

In bestehenden Betrieben — Gasfabriken, Hochöfen, Kokereien und dergleichen — sind in den letzten Jahren viele Anlagen entstanden, um bisher verlorene Abwärme auszunützen. Es ist dies ein verständliches und sehr wertvolles Bemühen.

In einer Stadt wird es immer derartige Gelegenheiten geben, um unvorteilhafte Einrichtungen zu verbessern. In Verbindung mit Wärmezentralen für Heizung und sonstige Wärmelieferung kann man die Verwertung solcher Abwärmenebenutzung am besten dadurch betätigen, daß so gewonnenes warmes Wasser der Zentrale zugeführt wird, sei es direkt als Brauchwasser, sei es auch nur als Zirkulationswasser — in letzterem Falle für den Heizbetrieb — und wären die so gelieferten Wärmemengen entsprechend dem jeweiligen Kohlenpreise der Zentrale zu verrechnen.

Wenn der Heizbetrieb in den Häusern und auch die sonstige Wärmelieferung in Zukunft rauch- und rußfrei geschehen kann, müssen auch die Zentralen selber dementsprechend eingerichtet werden. Es sind für rauchlose Betriebe von größern Kesselanlagen ja schon viele Mittel und Verfahren mit Erfolg zum Teil angewandt und zum Teil vorgeschlagen worden. Es ist notwendig, daß in dieser Beziehung beim Bau der gedachten Wärmezentralen äußerste Anstrengungen gemacht werden. Es ließe sich sogar denken, daß die Abgase der Kessel vor Austritt in die Atmosphäre durch Wasserberieselung gewaschen und dadurch auch nahezu alle verlorenen Kohlentelchen wiedergewonnen würden. Weil ja in den meisten Fällen die Zugwirkung in den Kesseln mechanisch erfolgt, hätten Schornsteine auch nur zum Abführen der reinen Abgase zu dienen.

## SCHLUSSFOLGERUNGEN

Bezugnehmend auf die vorstehenden Vorschläge für die vier Quartiere A, B, C und D in Zürich, ist es angezeigt, sich über die Ersparnisse, die bei solchen Anlagen zu gewärtigen, Klarheit zu verschaffen.

Es mögen deshalb die gefundenen Resultate sowohl für den zentralisierten Heizbetrieb als auch für weitere Wärmelieferung zeigen, welche Kohlenquantitäten inkl. Hilfsbrennmaterialien und welche Kapitalbeträge dadurch erspart würden.

Für den Heizbetrieb ergibt sich die gesamte Kohlenersparnis bei 100 % Wärmelieferung gegenüber dem *bisherigen* Verbrauch wie folgt:

Die Häuser mit Ofenheizungen brauchen jetzt (nach den Angaben von Herrn Lier)			
		total Tonnen Kohlen	9 250
diejenigen mit Etagen- und Zentralheizungen . . . . .	»	»	21 337
<i>jährlich also</i> . . . . .		<i>total Tonnen Kohlen</i>	<i>30 587</i>
Der zentralisierte Betrieb würde benötigen:			
in den Häusern mit bisherigen Ofenheizungen . . . . .		Tonnen Kohlen	6 890
und in den Gebäuden mit Etagen- und Zentralheizungen . . . . .		»	17 934
<i>also jährlich</i> . . . . .		<i>total Tonnen Kohlen</i>	<i>24 824</i>
Demgemäß <i>jährliche Ersparnis</i> . . . . .		<i>Tonnen Kohlen</i>	<i>5 763</i>
Die analogen Ziffern ergeben jährliche Ersparnisse			
	bei 60 % . . . . .	4795 Tonnen	
	» 40 % . . . . .	4243 »	

Den Geldeswert aber finden wir, wenn wir für den bisherigen Verbrauch den Detailpreis von Fr. 135. — und für den spätern ausschließlich in der Zentrale Fr. 100. — einsetzen. Es ergibt dies bei 100 % eine totale Ersparnis von Fr. 1 645 600. —

Würde Zürich die vollständige Ausnützung der im Winter erzeugbaren Energie benötigen, also verkäufliche KW-Stunden 27 600 000, und wäre es bei Nichtvorhandensein des zentralisierten Heizbetriebes erforderlich, das gleiche Quantum mit Kondensation — unter Voraussetzung denkbar bester Anlage — zu produzieren, so würde daraus eine jährliche Ersparnis von 18 768 Tonnen Kohle entstehen. Also käme bei Fr. 100. — Kohlenpreis eine jährliche Ersparnis von Fr. 1 876 800. — in Betracht. Inklusiv Heizbetrieb würde mithin die Ersparnis einen Betrag von Fr. 3 522 400. — ausmachen.

Für den sonstigen Wärmebedarf, voraussetzend, daß die Heißwasserlieferung nach den Häusern ausschließlich durch das dritte Fernleitungsrohr von der Zentrale aus und der übrige Teil der Wärmelieferung *nur* durch Elektrizität, wie beschrieben, geschieht, würde sich, wenn bisher in den Häusern nur Kohlen verwendet worden wären, eine Ersparnis von *zirka 5000 Tonnen* pro Jahr ergeben (oder eine solche von *zirka 10 000 000 Kubikmeter Gas*).

Zusammen mit den Brennmaterial-Ersparnissen für den Heizbetrieb und Energiegewinn würde dies einem Totalbetrage von . . . . . *zirka Tonnen Kohle 30 000* entsprechen.

Oder in Geldeswert eine Totalersparnis für die Bewohner von *zirka Fr. 5 000 000. —*.

An Energie würden entsprechend dem Heizbedarf der vier Quartiere A, B, C und D in Zürich im Winter gewonnen zirka . . . . .	KW-St.	27 600 000
Durch den Heißwasserbetrieb mit Dampfmaschinen während des Winters . . . . .	»	2 280 000
und netto während des Sommers . . . . .	»	1 870 000

Also jährliche verkäufliche Energie total . . . . . KW-St. 31 750 000

Bei ausschließlich elektrischer Betätigung der in den Häusern sonst benötigten Wärmemenge brauchen diese aber:

im Winter . . . . .	total KW-St.	5 150 000
im Sommer . . . . .	»	4 250 000

so daß für Haushaltzwecke ohne Beleuchtung für Sommer und Winter nötig wären . . . . . total KW-St. 9 400 000

Also bleiben als verkäuflich übrig . . . . . » 22 350 000

Dabei ist zu berücksichtigen, daß für die KW-Stunde ab Schaltbrett-Zentrale Selbstkosten entstehen würden:

	Nach Vollbetrieb	Nach 5 Jahren	Nach 10 Jahren
von Cts. . . . .	4,231	3,115	2,891

Die Resultate in vorstehender Abhandlung über den zum Heizen nötigen Wärmeverbrauch der vier Quartiere A, B, C und D der Stadt Zürich können Anhaltspunkte bieten, um auch für andere Städte diese Wärmemengen *ungefähr* zu bestimmen.

Zu diesem Zwecke mag es interessieren, die Netto-Verbrauchsziffern der vier Quartiere in Zürich (ohne Fernleitungsverluste) graphisch aufzuzeichnen (vide beiliegendes Diagramm). In demselben sind die Flächen pro Einwohner in Quadratmetern ausgedrückt als *Abszissen* und der Netto-Wärmeverbrauch pro Einwohner als zugehörige Ordinate aufgetragen.

Diese vier Werte A, B, C und D zeigen freilich keinerlei Kontinuität. Es sind diese vier Quartiere in ihrer Bauart und wohl auch die Gewohnheiten der Bewohner zu verschieden. Hingegen könnte ein Mittelwert dienen, um Mittelwerte für beliebige andere Städte zu finden; denn jede Stadt wird Quartiere aufweisen, welche Aehnlichkeit mit den Zürcher Quartieren zeigen. Es gibt in jeder Stadt Quartiere mit großen, zum Teil hohen Bauten, Geschäftshäusern, Banken usw. wie B, mit höchstem Wärmeverbrauch pro Person oder pro Quadratmeter (entsprechend der Spitze im Diagramm). Andererseits enthält jede Stadt Quartiere, ähnlich wie A, wo viele Menschen auf relativ kleine Grundfläche zusammengedrängt wohnen bei sparsamem Wärmeverbrauch; dann Quartiere, die mehr einer Gartenstadt gleichen wie C und endlich solche wie D mit großen Anstalten und bessern Wohnhäusern, die pro Einwohner schon mehr Quadratmeter aufweisen, aber mit weniger Wärmeverbrauch als B mit seinem lebhaften Geschäftsbetrieb.

Der *Mittelwert* von A, B, C und D ließe sich mithin für andere Städte als Anhalt benützen, wenn derselbe als von der Dichtigkeit der Bevölkerung resp. der Bebauung abhängig gedacht wird. Man könnte also durch den Schwerpunkt S, der diesen Mittelwert darstellt, Kurven ziehen, welche je nach Maßgabe der Abszissen, d. h. nach Maßgabe der auf einen Einwohner entfallenden bebauten Fläche, in Ordinate die Gesamtwärme pro Einwohner (X-Kurven) oder pro Quadratmeter (Y-Kurven) andeuten. Die Ordinate dieser kontinuierlich verlaufenden Kurven würden also Mittelwerte darstellen (für den Wärmeverbrauch), wie wenn das betreffende Quartier oder die gedachte Stadt ein quantitativ gleichartiges Gemisch wie A, B, C und D *zusammen* darstellen würde. Um aber die X- und Y-Kurve durch den gleichen Schwerpunkt ziehen zu können, müssen wir die Y-Kurve nicht auf einen Quadratmeter, sondern auf 63,041 Quadratmeter beziehen; denn dieser Wert

entspricht dem wirklichen Mittelwert der aus  $A$ ,  $B$ ,  $C$  und  $D$  resultierenden Flächen in Quadratmetern pro Einwohner.

Demnach gehen die  $X$ - und  $Y$ -Kurve beide durch  $S$  und ergeben bei gleichen Abscissen identische Werte.

Nun sind aber viele durch  $S$  gezogene  $X$ - und  $Y$ -Kurven denkbar, welche die Bedingung, wieder die Gesamt-Nettowärmemenge von  $A$ ,  $B$ ,  $C$  und  $D$  zu ergeben, erfüllen. Es ist deshalb schwer, *mittlere*  $X$ - und  $Y$ -Kurven zu finden, welche faktisch auch den *wirklichen* Bedarf anderer Städte zeigen könnten.

Die Abhängigkeit des Wärmebedarfes von der Anzahl der von den Einwohnern benötigten Quadratmetergrundfläche ist an und für sich einleuchtend und kann man von vornherein sagen, daß die  $X$ -Kurven schließlich im Nullpunkt sich treffen müssen, während die  $Y$ -Kurven asymptotisch oben sich der Nullordinate nähern. Es bleibt deshalb nichts anderes übrig, als eine Anzahl  $X$ - und  $Y$ -Kurven aufzuzeichnen und ungefähr zu beurteilen, welche derselben am meisten Wahrscheinlichkeit bietet. Jedenfalls können wir sagen, daß die  $X$ -Kurve bei zunehmendem Flächeninhalt pro Einwohner auch weiter in die Höhe steigen muß, und somit kaum in eine Horizontale auslaufen kann. Wir können aber andererseits auch nicht gelten lassen, daß die  $Y$ -Kurven (Wärmeverbrauch pro Quadratmeter) mit zunehmender Grundfläche pro Einwohner in eine Horizontale ausmünden darf, weil dies dem Sinne der ganzen Ueberlegung widersprechen würde.

Daß bei größerer Dichtigkeit der Bevölkerung der Wärmebedarf pro Einwohner kleiner, pro Quadratmeter aber größer sein muß, ist verständlich. Nur dürfen die Ordinatenwerte bei den verschiedenen Abscissen nicht gar zu stark voneinander differieren.

Bezeichnen wir, obigem entsprechend, mit  $X$  die während des ganzen Winters benötigte Wärmemenge pro Einwohner, mit  $Y$  diejenige pro Quadratmeter und mit  $a$  die Anzahl Quadratmeter pro Einwohner (Abszissen), so ergibt sich die Relation:

$$X = a \cdot Y$$

und  $Y = \frac{X}{a}$

wobei aber, wie schon bemerkt, um aus den  $X$ - und  $Y$ -Kurven die gleichen Endresultate zu erhalten, diejenigen von  $X$  mit 63,041, d. h. mit  $a$  — bezogen auf den Mittelwert von  $A$ ,  $B$ ,  $C$  und  $D$  — dividiert werden müssen. Uebrigens lassen sich die beiden Kurvenbündel in einfachster Weise graphisch voneinander ableiten.

Wenn wir nach beiliegendem Diagramm die so gefundenen mittlern Kurven für  $X$  und  $Y$  als ungefähr brauchbar betrachten dürften für Anwendung auch auf andere Städte, so mögen in der nachfolgenden Tabelle die wichtigsten Werte zusammengestellt sein, die im Vergleich mit  $A$ ,  $B$ ,  $C$  und  $D$  solche Unternehmungen ungefähr kennzeichnen. Ich führe neben  $A$ ,  $B$ ,  $C$  und  $D$  weiter als Beispiel an „ganz Zürich“, Winterthur, St. Gallen und schließlich als gewagteste Schlußfolgerungen Paris und London.

Ich muß übrigens nachtragen, daß die Kurven nur unter Voraussetzung von gleichen Temperaturverhältnissen wie bei Zürich dienen und die daraus sich ergebenden Werte somit Korrekturen erfahren müssen, wenn die Außenkälten der verschiedenen Monate von den angenommenen differieren. Es ist dies in der nachfolgenden Tabelle berücksichtigt. Als am meisten nach links liegend wurde Paris eingetragen, welches offenbar, auch verglichen mit London, eine *viel* dichter beisammen wohnende Bevölkerung zeigt. Dies ergibt auch der Charakter der beiden Städte, indem Paris durchschnittlich *viel* höhere Gebäude aufweist als London.

Die Ordinate einer amerikanischen Stadt, z. B. New York, mit den vielen Wolkenkratzern, müßte aber noch erheblich näher gegen den Nullpunkt zu eingezeichnet sein; doch wage ich dafür keinerlei Andeutung.

## Tabelle über Wärmeversorgung zum Heizen und

### 1. Heizbedarf während des ganzen Winters.

Ueberbaute Grundfläche in Quadratkilometern . . . . .		
Darauf wohnende Einwohner . . . . .		
also Quadratmeter per 1 Einwohner (Abscissen laut Kurvenblatt). . . . .		
Bei Außenkälten, wie für Zürich angenommen		
laut Kurvenblatt	{	
x = WE per Einwohner während des ganzen Winters . . . . .		ca.
y = WE pro Quadratmeter überbaute Gesamtfläche . . . . .		ca.
Total-Wärmebedarf Millionen WE netto . . . . .		
+ Wärmeverluste der Fernleitungen Millionen WE . . . . .		
Also total Brutto-Wärmeverbrauch während der Heizperiode . . . . .		

Weil aber die wirklichen mittleren Außenkälten betragen im Oktober und April . . . . .  
 im November und März . . . . .  
 im Dezember, Januar und Februar . . . . .  
 bei 50, 60 und 90 Tagen, einschließlich Maximalkälten, so sind vorstehende Werte zu korrigieren mit  
 Also wirklicher Wärmebedarf der Heizung während des Winters . . . . .

Mit dem analogen Dampfverbrauch sind machbar Kilowatt-Stunden . . . . .  
 Davon erforderlich für Wasserzirkulation, Kesselbetrieb und sonstigen Eigenbedarf . . . . .  
 Also verbleiben im Winter aus dem Heizbetrieb verkäuflich Kilowatt-Stunden . . . . .  
 Würden die Zentralen im Sommer ungefähr verkäuflich liefern Kilowatt-Stunden . . . . .  
 so wäre die totale verkäufliche Energiemenge pro Jahr einzuschätzen mit Kilowatt-Stunden . . . . .

### 2. Baden, Kochen, Waschen etc. etc. Bei direkter Lieferung von 85° heißem Brauchwasser mit drittem Rohr aus den Zentralen und Erzeugung jeglichen weiteren Wärmebedarfes durch Elektrizität.

Für die Brauchwasserlieferung nötige Wärmemenge pro Stunde ca. WE . . . . .  
 Für die dabei machbare elektrische Energie angenommen . . . . .

Machbare Kilowatt per Stunde ab Schaltbrett-Zentralen . . . . .  
 Für den Eigenbetrieb (Brauchwasserförderung, Kesselbetrieb etc. etc.) nötig . . . . .  
 Also per Stunde verkäuflich Kilowatt ab Schalttafeln-Zentralen . . . . . ca.  
 Aus der Brauchwasserlieferung sind somit per Jahr verwendbar für den Hausbedarf Kilowatt-Stunden ab  
 Schalttafeln-Zentralen . . . . . ca.  
 Während für den Haushaltungsbedarf (ohne Beleuchtung) erforderlich . . . . . ca.  
 Also sind dafür außer dem Eigenbetrieb für Brauchwasserlieferung jährlich aus dem Netz zu entnehmen  
 Kilowatt-Stunden . . . . . ca.  
 Davon entfallen auf die 200 Tage Winterbetrieb Kilowatt-Stunden . . . . . ca.  
 Also bleiben im Winter für andere Zwecke verfügbare Kilowatt-Stunden . . . . . ca.

für sonstigen Hausbedarf für verschiedene Städte.

A B C D Zürich	Ganz Zürich	Winterthur	St. Gallen	Paris	London
2 736	8 773	1 878	3 821	78	303
43 400	205 900	26 370	37 000	2 906 470	4 520 000
<b>63,041</b>	<b>42,607</b>	<b>71,268</b>	<b>103,270</b>	<b>26,837</b>	<b>67,036</b>
2 579 700	2 130 000	2 754 000	3 354 000	2 040 000	2 655 000
40 921	49 492	38 548	32 470	76 855	39 500
111 960	438,550	72 576	124 098	5 930 000	12 000 600
12 160	38 600	8 264	16 802	370 000	1 345 300
124 120	477 150	80 840	140 900	6 290 000	13 345 900
<b>Als den beobachteten mittleren Temperaturen sehr naheliegend angenommen</b>			<b>Nach statistischen Angaben</b>		
+ 8	+ 8	+ 8	7,25	5,93	8,90
+ 4	+ 4	+ 4	2,55	3,23	6,07
± 0	± 0	± 0	-1,80	3,15	4,09
1	1	1	1,12	0,954	0,818
124 120	477 151	80 841	159 000	6 000 000	11 000 000
30 800 000	118 500 000	20 000 000	39 500 000	1 480 000 000	2 700 000 000
3 200 000	12 500 000	2 100 000	4 500 000	180 000 000	300 000 000
27 600 000	106 000 000	17 900 000	35 000 000	1 300 000 000	2 400 000 000
—	—	—	—	800 000 000	1 600 000 000
27 600 000	106 000 000	17 900 000	35 000 000	2 100 000 000	4 000 000 000
3 350 000	16 000 000	2 040 000	2 860 000	200 000 000	350 000 000
1 Dampfmaschine	3 Dampfmasch.	1 Dampfmaschine	1 Dampfmaschine	Zwischendampftrieb aus den für den Heizbetrieb vorhandenen Dampfturbinen	
523	2500	317	438	27 000	47 500
50	240	37	48	2 500	4 500
473	2260	280	390	24 500	43 000
4 140 000	19 700 000	2 450 000	3 400 000	210 000 000	376 000 000
9 140 000	43 700 000	5 550 000	7 800 000	610 000 000	976 000 000
5 000 000	24 000 000	3 100 000	4 400 000	400 000 000	600 000 000
2 750 000	13 200 000	1 700 000	2 400 000	220 000 000	330 000 000
<b>24 850 000</b>	<b>82 800 000</b>	<b>16 200 000</b>	<b>32 600 000</b>	<b>1 080 000 000</b>	<b>2 070 000 000</b>

## Tabelle über Anzahl Wärmezentralen, sowie deren Leistungen bei Maximal- und Normalbetrieb im Winter bei und Februar, einschließlich maximaler und

### Stadt.

In letzten Jahren registrierte Maximalkälte . . . . .  
 Dementsprechend Maximal-Wärmebedarf für Heizung pro Stunde Millionen WE . . . . .  
 Dazu Maximal-Wärmebedarf für Brauchwasser (1,50 × normal) „ „ . . . . .  
 Also totaler maximaler Wärmebedarf (Heizung und Brauchwasser) „ „ . . . . .

Normale erzeugbare elektrische Energie *als mittlere Stundenleistung (Tag und Nacht)* während Dezember,  
 Januar und Februar aus Heiz- und Brauchwasserbetrieb Kilowatt-Stunden . . . . .  
 Spitzenleistungen bei **zirka**  $1,65 \times =$  KW (per Stunde) . . . . .

Obigem maximalen Wärmebedarf und dieser Spitzenleistung entsprechen Kilo Dampf von 20 Atm. (abs.)  
 und 350° (Admissionsdampf) zirka per Stunde . . . . .  
 In den Zentralen im ganzen Kessel vorgesehen . . . . .  
 von je Quadratmeter Heizfläche . . . . .  
 Davon im Betrieb . . . . .  
 Also maximale Verdampfung pro Quadratmeter . . . . .  
 Bei *normalem mittleren Heizbetrieb und normaler Brauchwasserlieferung* einschließlich *mittlerer damit mach-*  
*barer Leistung am Tage* müssen im Betriebe sein Anzahl Kessel × Verdampfung per *Quadratmeter*

Außer den für die Brauchwasserlieferung nötigen Kolbendampfmaschinen sind im ganzen vorgesehen  
 Dampfturbinen . . . . .  
 Von je Kilowatt Normalleistung . . . . .  
 Beim Spitzenbetrieb sind im Gange zu halten Dampfturbinen × Kilowatt . . . . .  
 Beim Normalbetrieb, d. h. mittlerer Stundenleistung während den kältesten Wintermonaten Dezember,  
 Januar und Februar *am Tage*, Anzahl × Kilowatt . . . . .

Anzahl Zentralen . . . . .



## Dampfkesseln und Dampfturbinen

größten Kälten und bei mittleren Außentemperaturen im Dezember, Januar normaler Brauchwasserlieferung aus den Zentralen.

A B C D Zürich	Ganz Zürich	Winterthur	St. Gallen	Paris	London
— 20°	— 20°	— 23,6°	— 24,4°	— 11,4°	— 12,6°
106,000	410,000	75,800	138,500	4,150	9,610
5,025	24,000	3,060	4,290	300	525
111,025	434,000	78,860	142,790	4,450	10,135
8 320	33 350	5 400	10 400	362 000	732 000
<b>14 000</b>	<b>55 000</b>	<b>9 000</b>	<b>17 000</b>	<b>600 000</b>	<b>1 200 000</b>
186 000	725 000	130 000	236 000	7 500 000	16 800 000
8	30	6	10	250	520
800	800	800	800	1000	1000
7	27	5	9	240	500
<b>33,3</b>	<b>33,5</b>	<b>32,3</b>	<b>32,8</b>	<b>31,3</b>	<b>33,6</b>
<b>5 × 22,8</b>	<b>18 × 24,5</b>	<b>3 × 24,6</b>	<b>6 × 24,6</b>	<b>150 × 25,4</b>	<b>300 × 26,2</b>
3	12	3	4	30	60
5 000	5 000	3 000	5 000	20 000	20 000
<b>3 × 4670</b>	<b>11 × 5000</b>	<b>3 × 3000</b>	<b>4 × 4250</b>	<b>30 × 20 000</b>	<b>60 × 20 000</b>
3 × 4270	11 × 4670	3 × 2770	4 × 4060	30 × 18 330	60 × 18 670
1	3	1	1	5—8	10—12

Die Fernleitungsverluste ergeben sich bei:

	A	B	C	D	A, B, C und D d. h. im Mittel
pro Quadratmeter zu WE . . . . .	3400	4660	4700	4780	4440

also in den Quartieren B, C, D nahezu gleichwertig, während bei A infolge der dichtern Bevölkerung und des durchschnittlich geringern Wärmeverbrauches pro Person auch die Fernleitungsverluste kleiner. Aus verschiedenen Gründen führe ich zirka 4400 WE pro Quadratmeter als konstant, aber auch korrigiert nach den betreffenden Temperaturverhältnissen für alle weiteren Folgerungen ein. Daraus ergeben sich der Gesamt-Brutto-Wärmeverbrauch für die betreffenden Städte und auch alle weiteren Werte, wie z. B. die während der Wintermonate erzeugbaren Energiemengen etc.

Es ist interessant, für die verschiedenen Städte den Wärmeverbrauch *auch für alle andern Haushaltzwecke* kennen zu lernen. Darüber gibt die Fortsetzung der Tabelle Aufschluß und zwar proportional der Einwohnerzahl, wobei ich die gleichen Gewohnheiten wie in Zürich voraussetze. Es möge aber nicht unbemerkt bleiben, daß z. B. London für sonstigen Wärmebedarf — namentlich zum Baden — sicherlich viel größere Ansprüche stellen dürfte als Paris und müßten diesbezüglich die betreffenden Ziffern wesentliche Korrekturen erfahren. Diese können also nur einer ganz ungefähren Skizzierung als Vergleich des sonstigen Wärmebedarfes zu demjenigen für Heizung dienen.

Alle Werte der beiden vorstehenden Tabellen sind rechnerisch ungefähr richtige Folgerungen aus den frühern Grundlagen für A, B, C und D Zürich sowie des angenommenen Diagrammes, welches die Abhängigkeit des Wärmebedarfes von der Dichtigkeit der Bevölkerung zeigt. Solche Abhängigkeit ist ja auf alle Fälle vorhanden, auch wenn die maßgebenden X- und Y-Kurven nur ganz ungefähr den wirklichen Verhältnissen entsprechen. Für „ganz Zürich“ und Winterthur habe ich die mittlern Temperaturen wie für A, B, C und D Zürich zugrunde gelegt, d. h. 8, 4 und  $\pm 0^\circ$ .

Für St. Gallen, Paris und London wurden dagegen statistische Angaben benützt, welche gegenüber A, B, C und D Zürich Korrekturen erforderten, entsprechend den Faktoren 1,12, 0,954 und 0,818.

Den größten Wert habe ich aber darauf gelegt, den Einfluß der Maximalkälten richtig zu bewerten. Es ist dies unbedingt erforderlich, um die Sicherheit und das Wohlbefinden der Einwohner gerade bei den größten Kälten durchaus zu gewährleisten.

Es kann wohl sein, daß namentlich bei den ganz großen Anlagen mit weniger Kesseln auszukommen wäre, da ja die beobachteten Maximalkälten während einer ganzen Reihe von Jahren nur ein einziges Mal konstatiert wurden und außerdem diese nur ganz kurze Zeit andauern und in der Regel nicht einmal mit den Spitzenleistungen für die Energieerzeugung zusammenfallen. Aber trotzdem erscheint es mir durchaus ratsam, mit der Kesselanzahl ja nicht knapp zu gehen und die maximalen Verdampfungsziffern nicht zu hoch zu wählen, um von vornherein jegliches nur irgendwie wünschenswerte Maß von Sicherheit zu erzielen.

Bei den frühern Angaben für A, B, C und D (vide pag. 34) war die Brauchwasserlieferung aus der Zentrale noch nicht berücksichtigt und auch die Spitzenleistung anders berechnet. Es ist aber wohl richtiger, dieselbe auf die mittlere Stundenleistung entsprechend dem Wärmebedarf ( $\frac{1}{4}$  am Tage und  $\frac{1}{4}$  bei Nacht, jeweilen für 12 Stunden verstanden) zu beziehen und habe ich diese mittlere Stundenleistung mit 1,65 multipliziert (vide Maximalkurven des Zürcher Elektrizitätswerkes pro 1919).

Aus diesem Grunde unterscheidet sich auch die in der zweiten Tabelle angegebene machbare Normalleistung *am Tage* nicht wesentlich von obiger Spitzenleistung und sind für erstere deshalb gleiche Anzahlen der sich in Betrieb befindlichen Turbinen angenommen bei nicht sehr stark differierender Einheitsbelastung.

Die Annahmen für die *Anzahl* der notwendigen Zentralen für Paris und London sind durchaus willkürlich und entbehren jeglicher Berücksichtigung der wirklichen lokalen Verhältnisse.

Ich unterlasse irgendwelche Angaben über Details für die Fernleitungsnetze; denn solche müßten nur die außerordentlichen Schwierigkeiten vor Augen führen, die bei der Bewältigung solch allergrößter Aufgaben zu gewärtigen wären. Da aber, wenn solche Bestrebungen überhaupt zur Ausführung gelangen könnten, jedenfalls eine sehr große Reihe von Jahren bis zu deren restloser Durchführung notwendig wäre, so mag der geneigte Leser sich damit trösten, daß auch die Ueberwindung der größten Schwierigkeiten durch die Zeit und alle damit sich ergebenden Fortschritte doch möglich sein wird!

Indem ich alle weitem Schlusfolgerungen aus den in obigen Tabellen enthaltenen Werten Interessenten überlasse, möchte ich solche nur bitten, gerade das Hinzufügen der Beispiele Paris und London nachsichtig zu beurteilen. Ich habe mir aber nicht versagen können, diese beiden Beispiele mit anzuführen — auch wenn die Resultate als recht vage erscheinen müßten.

Wenn man aber daran denkt, wie London gegenüber den jetzigen Gepflogenheiten, durch welche eine unglaubliche Beimischung von Rauch und Ruß die Luft — namentlich bei den häufigen Nebeln — verpesten, gewinnen müßte, so könnte doch die Wünschbarkeit der Verwirklichung solcher Bestrebungen auch trotz allergrößten Schwierigkeiten immer mehr durchdringen.

Während der letzten Streiks der englischen Kohlenarbeiter erschienene Zeitungsartikel bestätigten, daß in der Tat die Sonne die nach Licht und reiner Luft sich sehnenen Londoner damals viel reichlicher als gewöhnlich durch ihre Strahlen erfreute.

Auf allen Gebieten der Wissenschaft, Industrie und Technik haben die letzten Jahre große Fortschritte gebracht. Aber die Wärmeversorgung unserer städtischen Wohnungen aus geeigneten Zentralen ist noch zurückgeblieben. Mögen vorstehende Erörterungen Anregung bieten zu weiterem Ausbau dieser wichtigen Fragen und Veranlassung geben zum Ersparen von Brennmaterial, Geld und vieler Arbeit.

---

## NACHTRAG

Wie auf Seite 11 erwähnt, hatte ich in meiner frühern Arbeit vorgesehen, das Elektrizitätswerk Letten auszubauen, um zuerst die dort schon vorhandenen Kessel zu benützen, um Quartier *A* — quasi als erstes Versuchsobjekt — damit zu beheizen.

Dementsprechend hätten die neuen Kessel zusammen mit den drei Dampfturbinen nur die Quartiere *B*, *C* und *D* mit Wärme — als Abwärme gedacht — versorgen müssen. Bei dem auf pag. 16 angeführten Vergleich des jetzt für *A*, *B*, *C* und *D* berechneten Total-Nettowärmeverbrauchs von 111,960 Millionen Kalorien mit den «früher angenommenen 133,200» bezog sich letztere Zahl nur auf *B*, *C* und *D*, wie aus der Tabelle auf pag. 15 ersichtlich.

Nachdem ich aber das Gesamtprojekt auf Grund der Lier'schen Angaben neu bearbeitet, habe ich auch den Gedanken, die Zentrale Letten auszubauen, vollständig aufgegeben und eine solche bei *Z* vorgesehen, um damit den sämtlichen vier Quartieren näher zu kommen. Auch war die berechtigte Erwägung maßgebend, daß ein Anfang wohl am besten in *B* gemacht würde, weil dort die meisten Einzel-Zentralheizungen schon vorhanden und gerade dadurch der Anfang erleichtert würde.

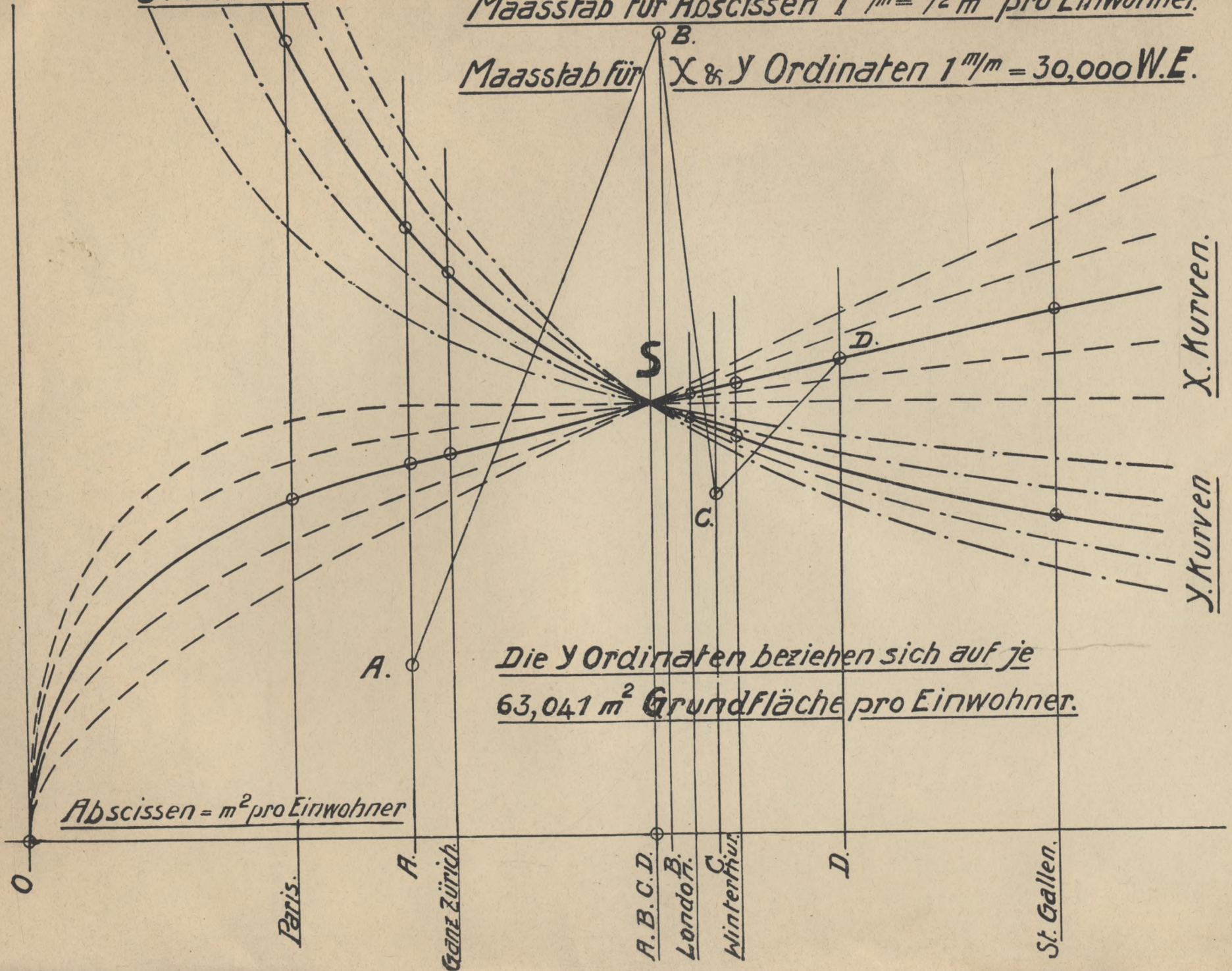
Ich halte die vorstehenden, nachträglichen Bemerkungen für notwendig, um dem geneigten Leser noch besser die Entwicklung meiner gesamten Arbeiten bekannt zu geben.

---

y. Kurven.

Maasstab für Abscissen  $1^m/m = 1/2 m^2$  pro Einwohner.

Maasstab für X & Y Ordinaten  $1^m/m = 30,000 W.E.$



Die Y Ordinaten beziehen sich auf je 63,041 m<sup>2</sup> Grundfläche pro Einwohner.

Abscissen = m<sup>2</sup> pro Einwohner

X. Kurven.

Y. Kurven



Ausschnitt aus dem  
 Übersichtsplan der Stadt Zürich  
 Maaßstab 1:15000