

Aufgabenstellung des Bauherrn: energietechnische Randbedingungen, Grösse und Form des Baukörpers weitgehend bestimmend

Autor(en): **Breitschmid, Martin**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 25

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-85486>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Aufgabenstellung des Bauherrn

Energietechnische Randbedingungen, Grösse und Form des Baukörpers weitgehend bestimmend

Von Martin Breitschmid, Zürich

In Ländern, in denen aus topografischen Gründen praktisch keine Wasserkraft zur Stromerzeugung zur Verfügung steht und deshalb seit eh und je Elektrizität in thermischen Kraftwerken produziert wird, ist zur Abwärmenutzung die zentrale Wärmeversorgung von Agglomerationen schon früh eingeführt worden. Mit Hilfe der Kraft-Wärme-Kopplung kann ein Teil der anfallenden Abwärme für die Raumheizung und die Warmwasserbereitung sowie für gewerbliche und industrielle Zwecke über Fernwärmenetze nutzbringend verwertet und damit der Gesamtwirkungsgrad der thermischen Anlage erheblich verbessert werden.

Solange in der Schweiz der Bedarf an elektrischer Energie mit hydraulischen Kraftwerken gedeckt werden konnte, entstanden *Fernwärmeversorgungen nur in einigen Spezialfällen*, so in den Städten Basel, Bern, Lausanne und Zürich vorwiegend in Verbindung mit Kehrrechtverbrennungsanlagen und bei der ETH Zürich in Verbindung mit dem Unterricht zu Forschungs- und Demonstrationszwecken. Die Ausdehnung der Versorgungsnetze blieb im Vergleich zu ausländischen Anlagen in relativ engen Grenzen.

Seit einiger Zeit wird die Anwendung der Kraft-Wärme-Kopplung auch in unserem Land vermehrt diskutiert, insbesondere im Zusammenhang mit der besseren Brennstoffbewirtschaftung, der Nutzung von Abwärme aus nuklearen thermischen Kraftwerken und der Schaffung besserer Umweltverhältnisse.

Entwicklungen, die zum Bau des Heizkraftwerkes Aubrugg führten

Schon bisher bestand für die Versorgung der kantonalen Gebäude im Spital- und Hochschulquartier der Stadt Zürich ein weitverzweigtes Fernwärmenetz, dessen Wärmelieferant bis vor kurzem einzig das Fernheizkraftwerk (FHK) der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) war. Wegen der Erweiterung der Universität auf dem Irchel und der Erstellung der neuen Frauenklinik im Spitalquartier, aber auch wegen des vermehrten Eigenbedarfs der ETH infolge baulicher Erweiterungen und der sich daraus ergebenden Einschränkung

der Wärmeabgabe an Dritte, sah sich der Kanton gezwungen, für die Versorgung seiner Bauten eine neue Lösung zu suchen. Dabei stand von Anfang an fest, den einmal beschrittenen Weg der Fernwärmeversorgung nicht zu verlassen, sondern im Gegenteil, diese weiter auszubauen.

Mit Abklärungen über die Entwicklung öffentlicher Bauten in den fraglichen Gebieten bis Ende der neunziger Jahre wurde deshalb rechtzeitig begonnen, um den Wärmebedarf innerhalb dieses Zeitraumes so genau als möglich zu erfassen. Es zeigte sich bald einmal, dass im anvisierten Endzeitpunkt mit Einschluss einer angemessenen Reserve für Raumwärmebedürfnisse eine Wärmeleistung von rund 200 Gcal/h (232 MW) notwendig sein wird. So stand denn auch fest, dass ein grösseres Versorgungswerk gebaut werden muss.

Schon im Anfangsstadium der Planung schien es sinnvoll, in das kantonale Versorgungskonzept für die Wärmeversorgung von sogenannten Ganzjahresbezüglern auch die städtische Kehrrechtverbrennungsanlage (KVA) Hagenholz miteinzubeziehen. In einer ersten Etappe wurde dementsprechend von dieser Anlage bis in die Versorgungsgebiete im Stadttinnern ein etwa fünf Kilometer langer Rohrleitungskanal erstellt. Im Verlauf der Projektierungsarbeiten für das eigentliche Versorgungswerk – dessen Standort unweit der KVA Hagenholz innerhalb des Nationalstrassendreiecks «Aubrugg» gefunden wurde – erachtete man es als zweckmässig, der näheren Umgebung des Werkes, d. h. den Gemeinden Wallisellen und Opfikon sowie Teilen der Stadt Zürich zwecks Aufbau gemeindeeigener Fernwärmeversorgungen ebenfalls Wärmeleistungen in Aussicht zu stellen, und zwar in der gleichen Grössenordnung, wie sie der Kanton für seine öffentlichen Bauten benötigt (Bild 2). Die nach und nach zu schaffende Wärme-Kapazität steigerte sich damit auf 400 Gcal/h (465 MW). Bei dieser Leistungsgrösse war es naheliegend, den gekoppelten Prozess von Wärme- und Stromerzeugung von Anfang an in Betracht zu ziehen.

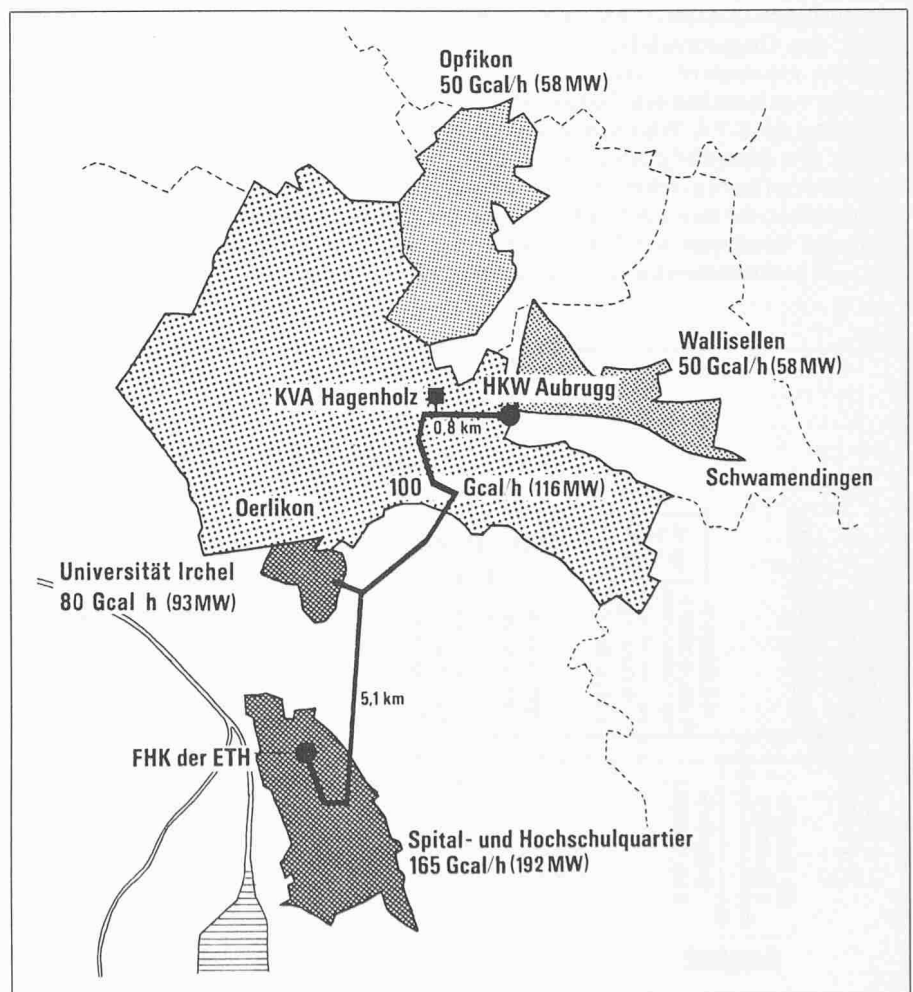


Bild 2. Wärmeversorgungsgebiet des Heizkraftwerkes Aubrugg

Kriterien für die Wahl des Energieerzeugungsprozesses

Es waren insbesondere folgende Punkte zu beachten:

- primäre Zweckbestimmung,
- Verbundbetrieb mit der Kehrlichtverbrennungsanlage Hagenholz und dem Fernheizkraftwerk der Eidgenössischen Technischen Hochschule,
- optimale Ausbeute elektrischer Energie im Kraft-Wärme-Kopplungsprozess,
- Forderung der Strombezügerseite nach Spitzendeckungsenergie,
- Einordnung des Heizkraftwerkes in das Verkehrsdreieck Wallisellen,
- keine Störung des Strassenverkehrs,
- grösstmögliche Brennstoff-Diversifikation,
- möglichst geringe Umweltbelastung.

Primäre Zweckbestimmung

Die im Vordergrund liegende Aufgabe des Heizkraftwerkes Abruigg ist die Wärmeversorgung kantonaler und weiterer öffentlicher Bauten in den Spital- und Hochschulgebieten sowie von Wohnbauten in der näheren Umgebung.

Verbundbetrieb KVA - Hagenholz und FHK der ETH

In der KVA sind Entnahme-Kondensationsturbinen installiert. Es lag auf der Hand, den Gegendruckdampf zu Heizzwecken einzusetzen. Neben der Versorgung von bestehenden Dampfnetzen soll später die KVA-Wärme in erster Linie für den ganzjährig anfallenden Bedarf zur Verfügung stehen. Es sind dies Verbraucher, die teils auch höhere Temperaturen benötigen wie Küchenapparate, Wäschereimaschinen, Sterilisa-

tionseinrichtungen und Warmwasserbereitungen.

Kehrlichtverbrennungskessel unterliegen zwangsläufig einer starken Abnutzung. Obwohl bei Ausfall einer Einheit eine Dampflieferung - allerdings mit reduzierter Leistung - durch Einsatz konventioneller Kessel möglich ist, drängte sich ein Verbundbetrieb mit dem Heizkraftwerk Abruigg auf, um die Versorgung der technischen Wärmeverbraucher sicherzustellen.

Sollte bei der Dampf-Fernleitung «Hagenholz - Kantonsspital» eine Unterbrechung der Lieferung eintreten, so ist zur Sicherung der Versorgung der Spitalbauten eine Verbindung mit dem FHK der ETH vorhanden. Seitens der ETH wird aber auch eine Wärmesicherung durch die KVA Hagenholz und insbesondere durch das Heizkraftwerk Abruigg begehrt. Bei der ETH besteht der Wunsch, ihr FHK in Zukunft so weit wie möglich nur noch zur Spitzendeckung und zur Überbrückung von Versorgungslücken einsetzen zu müssen. In Bild 3 sind das Medienkonzept und die Leistungsgrösse der einzelnen Stränge dargestellt.

Optimale Ausbeute elektrischer Energie im Kraft-Wärme-Kopplungsprozess

Zwecks bestmöglicher Brennstoffbewirtschaftung war der optimalen Stromausbeute besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Eine wesentliche Kenngrösse ist neben dem Gesamtwirkungsgrad die *Stromkennzahl*, die definiert ist als Quotient aus jährlich erzeugter elektrischer Energie und jährlich erzeugter Nutzwärmemenge. Um den Wirkungsgrad und die Stromkennzahl nicht ungünstig zu beeinflussen, musste die Vorlauftemperatur im Fernheiznetz nach Möglichkeit niedrig an-

gesetzt werden. Im Normalbetrieb wird dementsprechend die gesamte Nutzwärmeabgabe von 400 Gcal/h (465 MW) aus dem Heizkraftwerk Abruigg als sog. Heisswasser mit einer Maximaltemperatur von 130 °C bei -15 °C Aussentemperatur abgegeben. Die Vorlauftemperatur wird mit steigender Aussentemperatur gesenkt, so dass bei +10 °C Aussentemperatur der Minimalwert von 70 °C erreicht wird. Dieser Wert wird mit Rücksicht auf die Brauchwarmwassererzeugung auch bei weiter ansteigender Aussentemperatur konstant gehalten.

Da der grösste Wärmebedarf, für den die Fernheizung ausgelegt werden muss, nur an wenigen Tagen im Jahr auftritt, lohnt es sich nicht, die gesamte installierte Wärmeleistung in stromerzeugenden Aggregaten aufzubringen, da die Kraft-Wärme-Kopplung gegenüber einer Anlage mit dem Zweck der alleinigen Wärmeerzeugung bedeutend höhere Investitionen erfordert. Die Auslegung der stromerzeugenden Aggregate auf etwa zwei Drittel der installierten Wärmeleistung darf allgemein als optimal bezeichnet werden. Im vorliegenden Fall waren jedoch bei der Bemessung der Spitzenlastdeckung auch noch die KVA Hagenholz und das FHK der ETH mitzubetrachten.

Forderung der Strombezügerseite nach Spitzendeckungsenergie

Verhandlungen mit der Strombezügerseite zeigten, dass in erster Linie Spitzendeckungsenergie gefragt ist. Der Bedarfsverlauf weist eine ähnliche Charakteristik wie jener der Wärmeverbraucherseite auf. Dementsprechend ist auch die Anwendung eines gestaffelten Tarifs vorgesehen, der in den Monaten November bis Februar die höchste Ver-

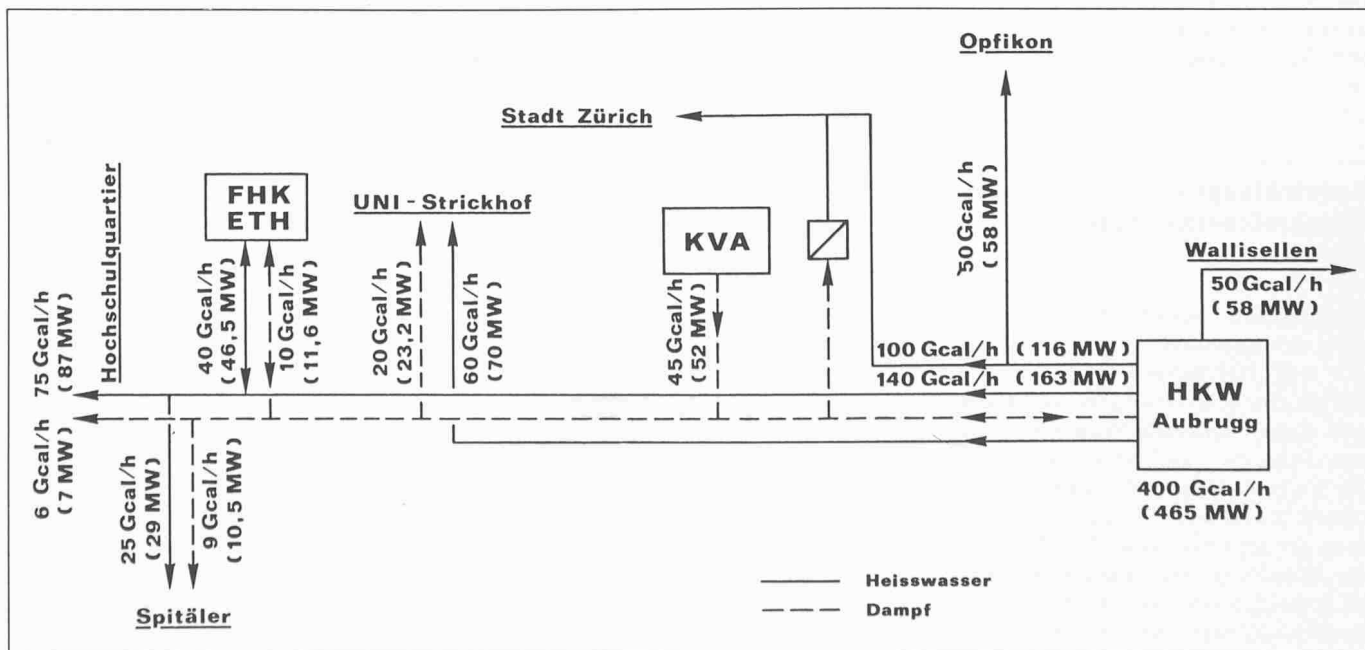


Bild 3. Wärmeverteilschema des HKW Abruigg

gütung bringt. Ein Einsatz über diese Bedürfnisse hinaus, d. h. ein in den Vordergrund rückender Kraftwerksbetrieb mit einer bandmässigen Stromerzeugung, ist nicht erwünscht. Diese Gegebenheiten übten selbstverständlich auf den Energieerzeugungsprozess massgebenden Einfluss aus.

Grösstmögliche Brennstoff-Diversifikation

Der heutigen Energiepolitik entsprechend sollen im Heizkraftwerk wenn möglich *unterschiedliche Brennstoffe* verwendet werden können, wie *Leichtöl*, *Schweröl* (mit niedrigem Schwefelgehalt), *Erdgas* und unter Zuhilfenahme zusätzlicher Einrichtungen auch *Kohle*.

Geringstmögliche Umweltbelastung

Das Heizkraftwerk liegt *am Rande von Wohngebieten* und darf für seine nähere wie weitere Umgebung keine Störquelle bilden. Bei der Wahl des Energieerzeugungsprozesses war auf die geringstmögliche Umweltbelastung zu achten. Der Kamin liegt *unter der Wegflugebene der Blindlandepiste des Flughafens Kloten*. Vom Eidgenössischen Luftamt wurde aus Gründen der Luftverkehrssicherheit im Gebiet des Verkehrs-dreiecks Wallisellen die Bauhöhe im Mittel auf die Kote 530 Meter ü. M. beschränkt, so dass sich für den Kamin eine maximale Höhe von 104,6 Metern ergab.

Energieerzeugungsprozesse

Obwohl die im vorhergehenden Abschnitt aufgezeigten Kriterien bereits eine sehr enge Eingrenzung bei der Wahl des Energieerzeugungsprozesses bewirkten, wurden dennoch folgende Varianten einer näheren Prüfung unterzogen; nämlich einerseits das Dampfturbinen-Heizkraftwerk mit:

a) Entnahme-Kondensationsturbinen sowie

b) Gegendruckturbinen und andererseits das

Gasturbinen-Heizkraftwerk mit:

a) Gasturbinen in offener Schaltung sowie

b) Gasturbinen in geschlossener Schaltung

Aufgrund der beim vorliegenden Konzept der Fernwärmeversorgung zu berücksichtigenden und im Verbund arbeitenden Wärmeerzeugungsstellen, die den Spitzenlastanteil beim Heizkraftwerk Aubrugg beeinflussen, wurde folgende Leistungsaufteilung vorgesehen: Von der Gesamtleistung sollen rund 300 Gcal/h (349 MW) mit den stromerzeugenden Aggregaten aufgebracht werden, und zur Deckung der Bedarfsspitzen sind 100 Gcal/h (116 MW) zu installieren. Die Studien erstreckten sich deshalb über die ins Auge gefassten

Ausbaustufen der Kraft-Wärme-Erzeugungsseite für die Nutzwärmeleistungen von 100, 200 und 300 Gcal/h (116, 232 und 349 MW). Im Zusammenhang mit der zweckmässigsten Medienwahl in der Fernverbindung vom Werk Aubrugg bis in das Spital- und Hochschulquartier wurde ein weiterer Bereich von Vorlauftemperaturen und von Entnahme- bzw. Gegendrücken für den Wärmetransport mit Heisswasser und Dampf untersucht.

Um die Prozesse miteinander vergleichen zu können, mussten neben der Ermittlung der jährlichen Brennstoffmengen für alle Anlagentypen so genau als möglich die Erstellungskosten errechnet werden, um die jährlichen Abschreibungen festlegen zu können. Zusätzlich wurden der Personalbedarf und der Unterhalt in Rechnung gezogen. Wie zu erwarten war, ergab sich bei den verschiedenen Prozessen eine unterschiedliche jährliche Stromerzeugung und dementsprechend auch ein unterschiedlicher Stromerlös. Soweit notwendig, wurde beim Vergleich der Wärmeerzeugungskosten auch das Heizwerk allein mit in Betracht gezogen. Diese Abklärungen wurden im Jahre 1974, d. h. kurz vor Baubeginn, vorgenommen.

Die niedrigsten Wärmeerzeugungskosten sind unten tabellarisch aufgestellt:

für die Nutzwärmeleistung von 100 Gcal/h (116 MW)

bei Brennstoffpreisen:			in Anlagen mit:
kleiner als		15,7 Fr./Gcal (13,5 Fr./MWh)	Entnahmekondensationsturbinen
zwischen 15,7 (13,5)	und und	18,7 Fr./Gcal 16,1 Fr./MWh	Gegendruckturbinen
grösser als		18,7 Fr./Gcal (16,1 Fr./MWh)	Heizkesseln ohne Stromerzeugung

für die Wärmenennleistung von 200 Gcal/h (232 MW)

bei Brennstoffpreisen:			in Anlagen mit:
kleiner als		14,9 Fr./Gcal (12,8 Fr./MWh)	Entnahmekondensationsturbinen
zwischen 14,9 (12,8)	und und	24,0 Fr./Gcal 20,6 Fr./MWh	Gegendruckturbinen
grösser als		24,0 Fr./Gcal (20,6 Fr./MWh)	Heizkesseln ohne Stromerzeugung

für die Wärmenennleistung von 300 Gcal/h (349 MW)

bei Brennstoffpreisen:			in Anlagen mit:
kleiner als		14,7 Fr./Gcal (12,6 Fr./MWh)	Entnahmekondensationsturbinen
zwischen 14,7 (12,6)	und und	25,6 Fr./Gcal 22,0 Fr./MWh	Gegendruckturbinen
grösser als		25,6 Fr./Gcal (22,0 Fr./MWh)	Heizkesseln ohne Stromerzeugung

Für die im Endausbau vorgesehene Nutzwärmeleistung des gekoppelten Teils von 300 Gcal/h (349 MW) weist – wie obenstehend gezeigt – die Anlage

mit Gegendruckturbinen über den weitesten Bereich der Brennstoffpreise die niedrigsten Wärmeerzeugungskosten auf. In den Tabellen 1 und 2 sind die Mehr- (+) oder Minderkosten (–) der Wärmeerzeugung bei den anderen Anlagentypen in Prozenten wiedergegeben, und zwar bei einem mittleren Stromerlös von 4 bzw. 5 Rp/kWh (Stand 1974). Die Vergleiche zeigen, dass im Falle «Aubrugg» die Gasturbinenanlagen in offener und in geschlossener Schaltung im ganzen Bereich der zu betrachtenden Nutzwärmeleistungen von 100 bis 300 Gcal/h (116 bis 349 MW) und Brennstoffpreisen zwischen 10 bis 30 Fr./Gcal (8,6 bis 25,8 Fr./MWh) erheblich höhere Warmegestehungskosten aufweisen als die Anlage mit Gegendruckturbinen. Infolge der Leistungsbegrenzung bei den Gasturbineneinheiten ergibt sich eine grössere Anzahl Aggregate als bei den Dampfturbinentypen und dementsprechend sind die Ausmasse der unterirdischen Anlagen beim Gasturbinen-Heizkraftwerk am grössten. Wegen des Standorts innerhalb des Verkehrs-dreiecks und der Eingliederung in das mehrschichtige Strassenbauwerk sowie der damit verbundenen teilweisen Überdeckung des Heizkraftwerkes sind die Platzverhältnisse beschränkt. Es darf aber nicht ausser acht gelassen werden, dass bei der dichten Überbauung des in Betracht fallen-

den Gebietes dies auch bei einem anderen Grundstück der Fall sein könnte. Bei allen untersuchten Varianten liegt der grössere Teil des Bauwerkes unter

Tabelle 1. Abweichungen der Wärmeerzeugungskosten anderer Anlagen gegenüber dem Heizkraftwerk mit Gegendruckturbinen bei einem mittleren Stromerlös von 4 Rp./kWh

Brennstoffpreis Fr./Gcal (Fr./MWh)	10 (8,6)	20 (17,2)	30 (25,8)
Wärmenennleistung Gcal/h (MW)	100—300 (116—349)	100—300 (116—349)	100—300 (116—349)
Mehr- bzw. Minderkosten in %			
Heizwerk	+25,8	+72,2	– 1,9 + 9,5 –10,6 – 4,7
Heizkraftwerk mit:			
Entnahmekondensationsturbinen			
max. Stromkennzahl	–41	–52,6	+14,8 +22,1 +32,4 +39,1
min. Stromkennzahl	+ 7,9	+23,7	+ 5,4 +14,2 + 4,6 + 7,7
Gasturbinen in offener Schaltung			
max. Stromkennzahl	–18,5	–17,5	+50,6 +65,3 +72,3 +84,1
min. Stromkennzahl	+40,4	+74,2	+38 +50 +37,2 +44,5
Gasturbinen in geschlossener Schaltung	+64,9	+100	+28,2 +33,6 +16,6 +18,5

Tabelle 2. Abweichungen der Wärmeerzeugungskosten anderer Anlagen gegenüber dem Heizkraftwerk mit Gegendruckturbinen bei einem mittleren Stromerlös von 5 Rp./kWh

Brennstoffpreis Fr./Gcal (Fr./MWh)	10 (8,6)	20 (17,2)	30 (25,8)		
Wärmenennleistung Gcal/h (MW)	100-300 (116-349)	100-300 (116-349)	100-300 (116-349)		
Mehr- bzw. Minderkosten in %					
Heizwerk	+ 96,9	+292,2	+18,5 +38,3	+ 0,8	+ 9,3
Heizkraftwerk mit					
Entnahmekondensationsturbinen					
max. Stromkennzahl	-117,6	-241,2	- 1,7 + 3,1	+24,5	+31
min. Stromkennzahl	+ 5,2	+ 37,6	+ 3,8 +10,1	+ 3,5	+ 7
Gasturbinen in offener Schaltung					
max. Stromkennzahl	- 71,5	-136,5	+45,5 +62,7	+72	+85,4
min. Stromkennzahl	+ 77,2	+201,2	+51,1 +69,6	+45,1	+54,6
Gasturbinen in geschlossener Schaltung	+115,5	+260	+39,2 +48,9	+21,9	+24,8

dem aufzuschüttenden Hügel. Für die Variante der Gasturbine mit geschlossenem Kreislauf würde jedoch die notwendige Fläche gar nicht zur Verfügung stehen, so dass innerhalb des nutzbaren Raumes an Stromerzeugung nur ein Leistungsanteil von 50 bis 70% gegenüber den Dampfturbinenprozessen installiert werden könnte.

Bei der Variante mit Entnahmekondensationsturbinen steht den grösseren Möglichkeiten in der Erzeugung elektrischer Energie der Nachteil gegenüber, dass beim reinen oder teilweisen Kondensationsbetrieb ein mehr oder minder grosser Anteil der zugeführten Brennstoffwärme durch Kondensatoren an die Umgebung abgeführt werden

muss. Da in der näheren Umgebung des Heizkraftwerkes kein Kühlwasser in ausreichender Menge zur Verfügung steht, käme nur die direkte Luftkondensation in Frage. Die Unterbringung der Luftkondensatoren bei den beschränkten Platzverhältnissen ergibt grosse Schwierigkeiten; ihre Investitionskosten könnten zudem mit dem zu erwartenden Stromerlös nicht gedeckt werden. Wohl liesse sich bei maximaler Stromkennzahl die Elektrizitätserzeugung um rund 70% erhöhen, dabei würde sich aber der Brennstoffaufwand gegenüber einem reinen Heizwerk mehr als verdoppeln, so dass die grössere Rauchgasmenge für die in der Nähe gelegenen Siedlungsgebiete sicher nachteilig wäre.

Das Ausführungsprojekt

Aus dem vorstehend gegebenen Einblick in die Untersuchungen betreffend des zu wählenden Energieerzeugungsprozesses zeigt sich, dass im Falle «Aubrugg» die Variante der Gegendruckturbine die beste Lösung darstellt. Sie erlaubt auch die Bedingungen der grösstmöglichen Brennstoff-Diversifikation und der geringstmöglichen Umweltbelastung zu erfüllen. Das Projekt der Energiezentrale weist im Endzustand die folgenden Produktionseinheiten auf:

- Zwei Niederdruck-Dampfkessel mit einer Wärmeleistung von je 50 Gcal/h (58 MW)
- Drei Mitteldruck-Dampfkessel mit einer Dampfproduktion von je 250 t/h und
- drei Gegendruck-Dampfturbogruppen mit einer Nutzwärmeleistung von je 100 Gcal/h (116 MW) und einer elektrischen Leistung von je 45 MW.

Insgesamt ergibt sich damit eine Nutzwärmeleistung von 400 Gcal/h (465 MW) und eine elektrische Leistung von 135 MW.

Der Baukörper musste also für die Unterbringung dieser Anlagenteile konzipiert werden. Wie bereits erwähnt, war dieser in einem Zuge zu erstellen. Einzig der Ausbau der Kraft-Wärme-Anlagen ist in Anpassung an die Entwicklung des Bedarfes in Etappen möglich. In der nunmehr vor dem Abschluss stehenden Bauetappe sind an Wärmeproduktionseinheiten die beiden Niederdruck-Dampfkessel enthalten. Sie stehen seit Anfang Dezember 1977 in Betrieb.

Als Unterlagen zu diesem Bericht dienen:

- Studien der Gebr. Sulzer AG, Wärmekraftanlagen, Winterthur
- Studien der ehem. Brown Boveri-Sulzer Turbomaschinen AG (BST), Zürich
- Gutachten von Prof. Heinrich Leuthold, dipl. Ing., Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich
- «Fernwärme international 1975», Heft 3: «Die entscheidenden Kriterien bei der Wahl des Energieerzeugungsprozesses beim Heizkraftwerk «Aubrugg» des Kantons Zürich in Wallisellen» von M. Breitschmid

Adresse des Verfassers: M. Breitschmid, Vorsteher des Amtes für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich, 8090 Zürich.