

Entstehung und Durchführung des Konzeptes

Autor(en): **Caprez, Reto**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **99 (1981)**

Heft 40

PDF erstellt am: **24.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74563>

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.

Entstehung und Durchführung des Konzeptes

Von Reto Caprez, Zumikon

Ausgangslage

Im Hinblick auf die in absehbarer Zukunft zu erwartende Energieverknappung und im Einklang mit den Energiesparappellen von Bund und Kanton beschloss der Gemeinderat im Herbst 1978, die Möglichkeiten von Energiesparmassnahmen an gemeindeeigenen Liegenschaften abzuklären. Er beauftragte die Liegenschaften-Abteilung mit der Durchführung der Untersuchung. Die Abklärung führte bald zu zwei Liegenschaften, die ein besonderes Potential zur Energieeinsparung bzw. zur Substitution des Heizöls durch alternative und umweltfreundliche Energien versprachen.

Das erste Objekt betraf ein *altes, baufälliges Mehrfamilienhaus*, das abgebrochen und neu aufgebaut werden musste. Um das alte Dorfbild bei der Kirche zu erhalten, musste diese Liegenschaft im gleichen Stil mit grossem Giebedach neu erstellt werden. Die südlich orientierte grosse Dachfläche eignete sich gut für den Einbau eines *Sonnenkollektors*. In der Umgebung der Liegenschaft konnte zudem ein, wenn auch knapp bemessenes, Grundstück für den Einbau eines *Erdregisters* verwendet werden. Diese Komponenten, verbunden mit einer *Wärmepum-*

pe, konnten zur Lieferung eines wesentlichen Anteils des Energiebedarfs dieser Liegenschaft eingesetzt werden. Da anfangs 1979, zum Zeitpunkt der Projektierung dieser *Totalrenovation*, noch keine andere Wärmequelle zur Verfügung stand, musste zur Deckung der Spitzenlast während Perioden von tiefen Aussentemperaturen ein mit *Nachtstrom beheizter Wasserspeicher* eingesetzt werden. Die neue Liegenschaft wurde 1980 gebaut und im Dezember bezogen. Die Versorgung mit Niedertemperaturwärme hatte im ersten Winter noch einige Kinderkrankheiten zu überwinden. Sie soll in der nächsten Heizperiode definitiv einreguliert und ausgemessen werden. Damit wird die erste Aktion der Energieeinsparungen abgeschlossen sein.

Einen wesentlich grösseren Wärmekonsumenten, der zu Sparmassnahmen aufforderte, bildete das Projekt des *Gemeinschaftszentrums mit Saalbau, Restaurant, Kirchengemeindehaus mit Unterrichtszimmern, Andachtsraum, Schulbibliothek, Jugend- + Freizeitzentrum mit Pächter- und Abwärtswohnungen*. Diese grosse Liegenschaft mit etwa 25 000 m³ umbauten Raums stand kurz vor dem geplanten Start zu ihrer Realisierung (Bild 1: Gebäudekomplex rechts vor der Kirche). Das Projekt war im Frühling 1979 noch mit konventioneller Öl-

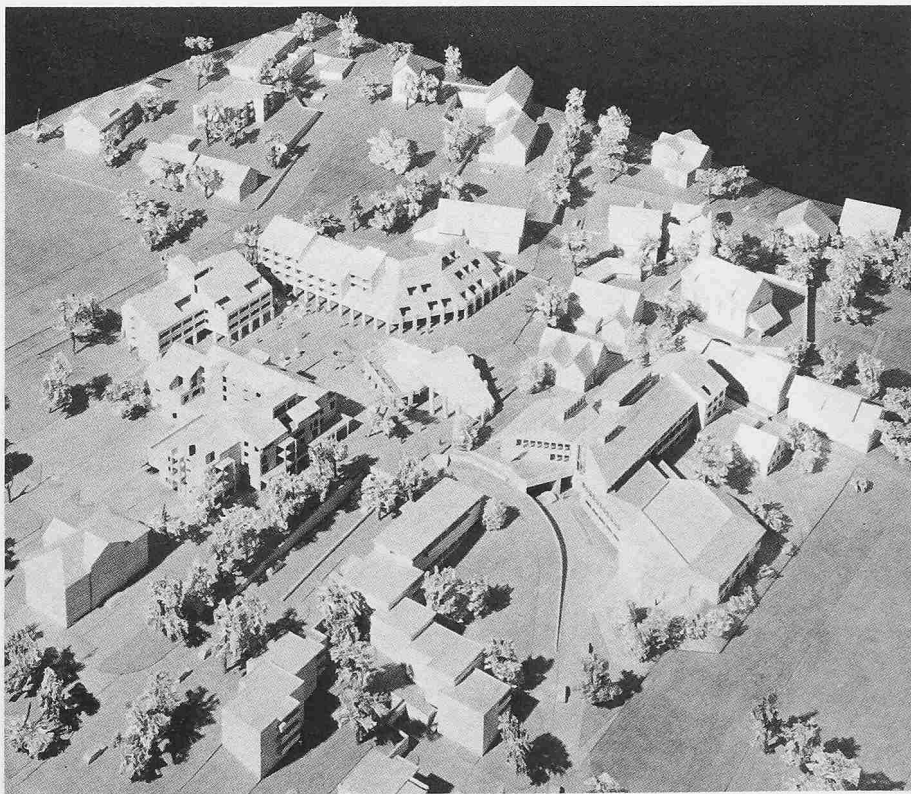
heizung konzipiert und ohne spezielle Wärmedämmung ausgelegt. Der Heizölverbrauch wurde mit etwa 200 t pro Jahr geschätzt. Hier zeigte sich die gesuchte Gelegenheit, mit Alternativenergie einen namhaften Beitrag an die Substitution des Heizöls wie auch an den Umweltschutz im Dorfkern zu leisten. Die Kombination Sonnenkollektor-Erdspeicher-Wärmepumpe wurde geprüft. Sie hätte nur einen Teil des grossen Wärmebedarfs decken können und hätte zudem ästhetisch nur mit einem gründlichen Umbau der Dachkonstruktionen genügen können. Auf diese Alternative musste verzichtet werden. Eine andere Wärmequelle stand in der näheren Umgebung nicht zur Verfügung. Bei diesen Untersuchungen, an denen Herr Bruno Wick der Arbeitsgruppe Plenar als Energie-Experte teilnahm, entstand anfangs 1979 die Idee der Verwertung des grossen Wärmepotentials, das mit dem *gereinigten Wasser aus der Kläranlage* ungenützt an die öffentlichen Gewässer abgegeben wurde. Es wurde beschlossen, grundsätzlich abzuklären, ob diese Wärme von einem mittleren Temperaturniveau von 6–10 °C, durch Wärmepumpen auf 55–60 °C «veredelt», zur Versorgung des Gemeinschaftszentrums mit Heizwärme und Warmwasser eingesetzt werden könnte.

Auftrag an die Energiekommission

Nachdem die Grundsatzstudie ein positives Resultat über die Möglichkeit der wirtschaftlichen Nutzung des geklärten Abwassers erbracht hatte, ernannte der Gemeinderat im Mai 1979 eine Energiekommission, bestehend aus den Vorständen der Liegenschaften-, Bau- und Finanzabteilungen, den Bau- und Finanzsekretären, dem Chef des technischen Dienstes, einem Mitglied der Schulpflege und dem Energieberater. Er beauftragte gleichzeitig die Arbeitsgruppe Plenar, Zürich, in Zusammenarbeit mit der Energiekommission ein Vorprojekt mit Kostenvoranschlag für die Realisierung eines Wärmeverbundsystems zu erstellen. Diese Arbeitsphase wurde im Oktober 1979 abgeschlossen und im Dezember 1979 der Gemeindeversammlung zur Ausführung beantragt.

Das *Wärmeverbundsystem* (Bild 2), das später in Wärmekollektiv umgetauft wurde, sieht vor, das gereinigte Wasser aus der Kläranlage zum Schulhaus Juch zu pumpen und dort das Heizwasser mit Wärmepumpen auf eine höhere Temperaturstufe zu bringen. Von dort wird das Heizwasser in geschlossenen Kreisläufen den Verbrauchern im

Bild 1. Modellaufnahme Zentrumsbauten



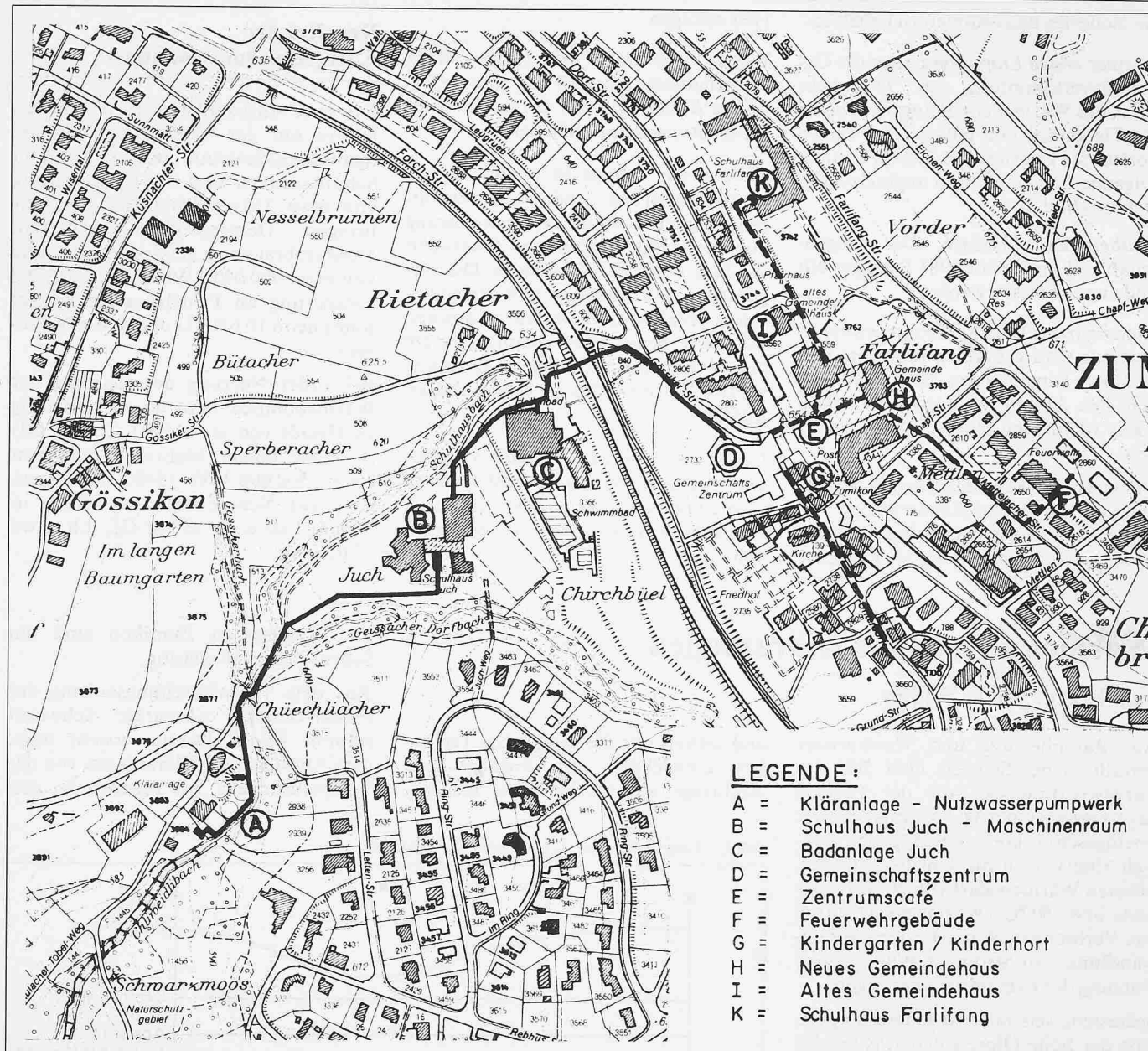


Bild 2. Übersichtsplan 1:5000

Schulhaus Juch, in den Badanlagen und im Gemeinschaftszentrum zugeführt. Zur Spitzendeckung und speziell bei extrem tiefen Temperaturen des geklärten Wassers speisen die bestehenden konventionellen Ölheizungen im Schulhaus Juch und in den Badanlagen Zusatzwärme in die Heizwasserversorgung ein.

Auf die geplante Heizzentrale im Gemeinschaftszentrum samt Kamin und Öltank konnte verzichtet werden. Die eingesparten Kosten von etwa Fr. 400 000.- wurden für den Einbau zusätzlicher Wärmedämmungsmassnahmen in der ganzen Liegenschaft eingesetzt.

Realisierung des Wärmeverbundsystems

Nachdem die Gemeindeversammlung dem Ausführungsantrag zugestimmt

hatte, wurde Bruno Wick, Dipl.-Ing. ETH/SIA, Widen, als Generalplaner mit der Projektausführung und der Projektausschreibung beauftragt. Unter seiner Verantwortung wurden die Fachingenieure Gebr. Gossweiler AG, Zumikon, Schindler Haerter AG, Zürich, BAKO Plan, Elektroingenieure AG, Zürich, und Hubert Meier AG, Zürich, zugezogen.

Für den elektromechanischen Teil samt Überwachung und Regelung wurden Generalunternehmer-Angebote ausgeschrieben. Die Ausschreibung stiess auf ein gutes Echo, da es sich um ein neues Gebiet in der Abwärme-Verwertung handelte. Die Wahl fiel auf die Firma Lehmann AG, Zürich, als Generalunternehmer. Die Baumeister- und Grabarbeiten sowie die Lieferung der Kaltwasserleitungen als konventioneller Teil wurden von der Gemeinde direkt vergeben.

Mitte April 1981 konnte die Anlage termingemäss in den Probetrieb genommen werden. Mitte Mai anlässlich der Eröffnung des Freibades konnte das Wärmekollektiv offiziell eröffnet werden. Es übernahm die Wärmeversorgung der Badanlage und des Schulhauses Juch. Die Lieferung der Fernwärme an das Gemeinschaftszentrum, für die das Wärmekollektiv eigentlich konzipiert worden war, wird erst nach der Fertigstellung dieser Liegenschaft im Sommer 1982 möglich sein.

Erweiterung des Wärmekollektivs

Der heutige Ausbau des Wärmekollektivs gestattet es, zusätzlich zu den drei Hauptbauten - Schulhaus Juch, Badanlagen und Gemeinschaftszentrum - in weiteren Etappen noch etwa 50 000 m³

gut isoliertes Bauvolumen zu beliefern.

In einer *ersten Etappe* beschloss die Gemeindeversammlung im Dezember 1980, das Wärmeversorgungsnetz bis in die Tiefgarage und entlang der Unter-dorfstrasse zu erweitern. Damit können folgende Liegenschaften angeschlossen werden (Bild 2):

Neubau Zentrumscafé: Die Liegenschaft soll im Herbst 1981 fertiggestellt und angeschlossen werden.

Kindergarten: Ein altes Doppeleinfamilienhaus wird gründlich renoviert und in einen Kindergarten umgebaut werden. Der Anschluss an das Wärmekollektiv ist für den Herbst 1982 vorgesehen.

Kinderkrippe: Ein altes Doppeleinfamilienhaus soll in eine Kinderkrippe und in einen Kinderhort umgebaut werden. Der Anschluss wird etwa im Frühjahr

1983 erfolgen.

Weiter wird noch untersucht, ob es wirtschaftlich sinnvoll ist, die *reformierte Kirche* und das *Ortsmuseum* an diesen Strang anzuschliessen.

Eine *zweite Etappe* ist zurzeit in der Vorprojektierung und Kostenermittlung. Sie umfasst eine Netzerweiterung von der Tiefgarage bis zum *Feuerwehrgebäude mit fünf Wohnungen*. Die Liegenschaft soll eine bessere Wärmedämmung erhalten und danach zusammen mit *zwei neuen Mehrfamilienhäusern* der Wohnbaugenossenschaft Zumikon an das Wärmekollektiv angeschlossen werden.

In *weiteren Etappen* soll später untersucht werden, wie das alte und das neue Gemeindehaus sowie das Schulhaus Farlifang angeschlossen werden können.

Resultat der Energiesparmassnahmen

Die erste Ausbauphase des Wärmekollektivs mit der Versorgung von Gemeinschaftszentrum, Badanlagen und Schulhaus Juch wird eine Öleinsparung von etwa 330 t (13 860 GJ) pro Jahr bringen. Demgegenüber steht ein Mehrverbrauch an elektrischer Energie von etwa 900 000 kWh (3240 GJ). Die Einsparung an Primärenergie beträgt somit netto 10 620 GJ oder etwa 76 Prozent.

Bei voller Nutzung der Leistung der Wärmepumpen steht eine Einsparung an Heizöl von etwa 560 t (23 520 GJ) pro Jahr einem Mehrverbrauch von etwa 1 500 000 kWh (5400 GJ) gegenüber. Die Netto-Einsparung beträgt in diesem Fall etwa 18 120 GJ, d.h. etwa 77 Prozent.

Wärmenutzung aus Kläranlagen

Von Bruno Wick, Widen

Auf Raumheizung und Warmwasser entfällt in der Schweiz über 50% des Energieverbrauchs. Aus der Periode des ungehemmten Wachstums und der uneingeschränkten Nutzung der Umwelt sind wir an die Unsitte gewohnt, unseren Wärmebedarf von 20 °C (Wohnen) bzw. 50 °C (Warmwasser) durch das Verbrennen von Öl oder die Umwandlung von Strom in Wärme ohne Nutzung der Exergie zu befriedigen.

Spätestens seit man so langsam spürt, dass der hohe Ölpreis den Anstieg des Wohlstands der Einzelnen wie das Gleichgewicht der Volkswirtschaft stört und betroffene Regionen ihren Unmut über neue Kernkraftwerke manifestieren, ist die Wärmegegewinnung aus Abwärme eine *Aufgabe der Allgemeinheit* geworden.

Werden eine oder mehrere Abwärmequellen mit einem oder mehreren Wärmeverbrauchern verbunden, nennen wir das nach Terminologie Plenar (Plenar: Planung, Energie und Architektur), einen *Wärmeverbund*. Gebäude, die an einer gemeinsamen Zentrale zur Nutzung der Abwärme angeschlossen sind, bilden ein *Wärmekollektiv*.

Abwärmequellen in der Schweiz

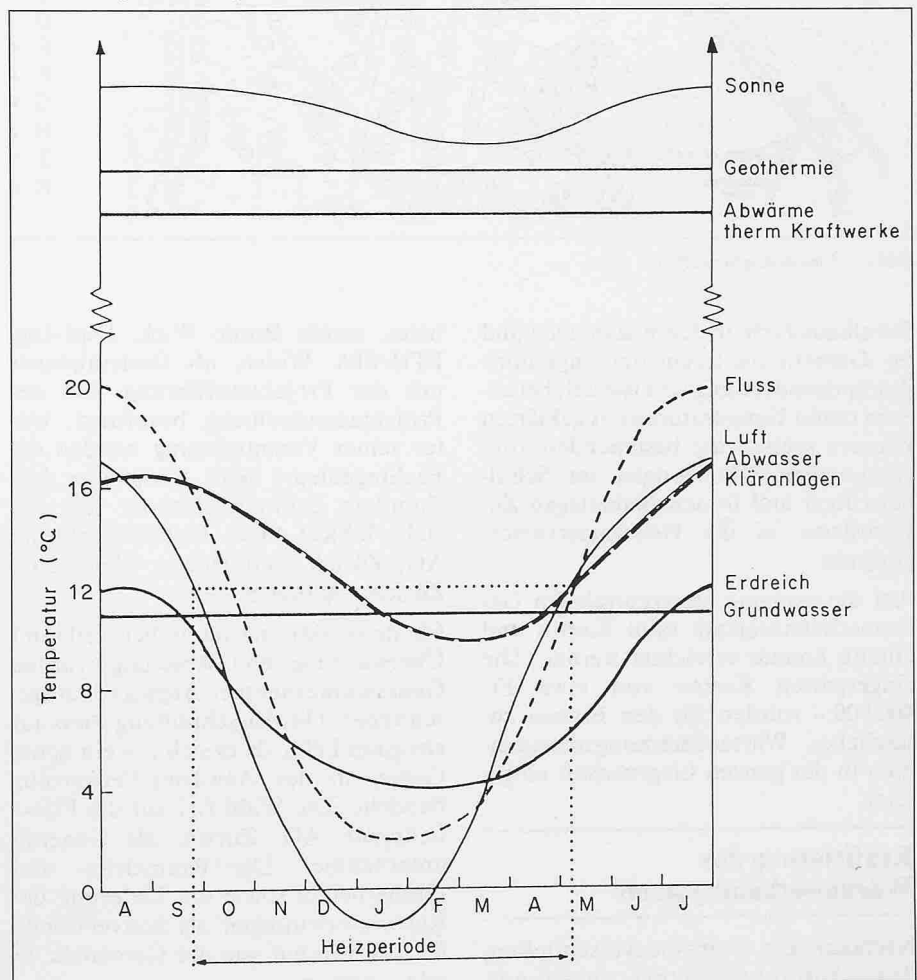
Bereits 1977 hat die Plenar-Gruppe nachgewiesen [1], dass in der Schweiz mehr Abwärme zur Verfügung steht, als für die Raumheizung notwendig ist. Wir sind also in einer *Überschuss-Situation*

und sollten nur die geeigneten Techniken entwickeln, um Angebot und Nachfrage zur Deckung zu bringen.

Die Anlagen in Zumikon sind ein Schritt in diese Richtung.

Aus dem Eigenforschungsauftrag der Plenar-Gruppe «Autarkie Schweiz» stammt Bild 1. Daraus ersieht man, dass Abwässer aus Kläranlagen von der Temperaturhöhe her gesehen zu den

Bild 1. Temperaturverlauf verschiedener Wärmequellen



besten Wärmequellen gehören. Die generelle Nutzung beim Abwasserproduzent, d. h. direkt im Haus, ist nicht empfehlenswert, weil sonst das Temperaturniveau für den Klärprozess zu tief wird. Für die Raumheizung in der Schweiz sind etwa 25 GW Leistung notwendig. Bei bivalenter Nutzung der Abwärmequellen Kläranlagen, d. h. wenn die extreme Winterspitze ($< -2^{\circ}\text{C}$) mit leicht speicherbarem Öl gedeckt wird, könnten gesamtschweizerisch 5-7 GW Leistung aus Kläranlage-Systemen gedeckt werden. Der Substitutionsanteil (Abwärme) liegt zwischen 50% und 60% des neuen Energiebedarfs. Gemessen am bisherigen Energiebedarf beträgt der Primärenergie-Anteil zwischen 20% und 30%, weil mit der Nutzung der Abwärme auch die Verlust-Situation bei der Wärmeaufbereitung verbessert werden kann.

Verminderung der System-Verluste

Nebst der Produktion von Wärme zum Ersatz der Transmissions- und Konvektionsverluste (Nutz-Energie) entstehen in allen Heizungen Umwandlungs- und System-Verluste (Verlust-Energie). Auf Grund der umfangreichen Erhebungen über die Energiekennzahlen [2] und die zugehörigen Heizleistungen lassen sich heute die in Tabelle 1 aufgeführten *mittleren System-Verluste* ermitteln.

Bei einer Energiekennzahl-Erhebung über mehr als 1500 Gebäude ergaben sich die in Tabelle 2 aufgeführten Unterschiede zwischen Einzelheizungen und Heizzentralen.

Die Erhöhung des Systemwirkungsgrades kann in vielen Fällen ebenfalls der Auslöser für die Modernisierung eines Heizsystems sein.

Günstige Randbedingungen für einen Plenar-Wärmeverbund

Die *wichtigste* und systementscheidende *Vorbedingung* für die Entstehung eines wirtschaftlichen Plenar-Wärmeverbundes ist:

Grosse Verbraucher liegen in der Nähe einer guten Abwärmequelle. Sie können aus sich selbst ein wirtschaftliches Kollektiv bilden. Der Anschluss weiterer Bezüger trägt nur noch zur Systemverbesserung bei.

In Zumikon war die Hauptbedingung erfüllt. Zwei grosse Verbraucher, das Schulhaus Juch (Jahresverbrauch 105 000 l Heizöl) mit Lehrschwimmbecken und das Hallen- und (geheizte) Freibad mit 210 000 l Jahresverbrauch

Anzahl Einzelgebäudeheizungen:	Mittl. Systemwirkungsgrad	90 % der Werte zwischen	
		Min.	Max.
350 000 Ein- und Zweifamilienhäuser	64%*	35%	75%
150 000 Mehrfamilienhäuser	62%	40%	78%
12 000 Schulen	60%	45%	80%
Mittelwert flächengewichtet	62,5%		
Hochtemperaturige Heizzentralen für 2 und mehr Gebäude: (Gruppenheizungen)	53%	30%	70%

* Die Einfamilienhäuser können den grössten Anteil der Verluste wieder dem Haus zuführen

Tabelle 1. Mittlere Systemverluste

Tabelle 2. Einzelheizungen und Heizzentralen. Unterschiede aufgrund der Energiekennzahlen

Heizsystem	Mittelwert E-Heizen	E-Nutzenergie	Mittlerer Systemwirkungsgrad
Einzelheizungen	750	470*	63%
Zentralen und Fernheizungen	900		52%
Differenz	+20%	-	-11%

* Für die Durchmischung der Objekte kann in diesem Fall für E-Nutz 470 angenommen werden

Tabelle 3. Wirkungsgrad-Berechnung für Ölkombikessel

	Schulhaus Juch	Hallenbad
<i>Objektangaben:</i>		
Betriebszeit	8 760 h	8 760 h
Jahresölverbrauch	90 000 kg	175 000 kg
Installierte Heizleistung (je $2 \times 50\%$)	1000 Mcal	1100 Mcal
<i>Berechnungsannahmen:</i>		
Strahlungsverluste	2,5%	3,5%
Innere Auskühlverluste	1,0%	1,2%
Rauchgasverluste	10,0%	10,0%
<i>Resultate:</i>		
Brennerlaufzeit (für beide Brenner je)	2×720 h	2×1260 h
Verlustenergie	46 550 kg	72 370 kg
Nutzenergie	43 450 kg	102 630 kg
Wirkungsgrad rechnerisch	48,3%	58,6%
Die Rechnungen wurden theoretisch nach Messungen am Ort erstellt		

liegen etwa 400 m¹ oberhalb der Kläranlage. Das Schulhaus wurde 1980 noch erweitert. Zudem ist ein Gemeinschaftszentrum mit einem Bauvolumen von 25 000 m³ im Entstehen, das ohne Heizzentrale erstellt und zu 100% ab Wärmekollektiv versorgt werden kann. Als weitere Vorteile in Zumikon waren zu werten, dass die beiden bestehenden Bauten wegen bereits durchgeführter Sparmassnahmen in einem kritischen Bereich der Jahresbetriebsstunden lagen, also einen tiefen Systemwirkungsgrad hatten (Tabelle 3).

Nachteilig schien auf ersten Anhieb, dass beide Heizanlagen hochtemperaturig ausgelegt wurden, d. h. mit konstanten Vorlauftemperaturen von 105 °C. Es war eine Aufgabe des Konzeptes abzuschätzen, inwieweit die Anlagen

niedertemperaturig betrieben werden können. Auch hier zeigte sich einmal mehr, dass die *gewählte Vorlauftemperatur praktisch nie erforderlich* war. Die Schulhauserweiterung und das neue Gemeinschaftszentrum wurden während der Bauphase noch von Hochtemperatursystemen (105 °C VL) auf Niedertemperatur (60 °C VL) umgestellt. Die gute Wärmedämmung dieser Neubauten verhindert sowieso hohe Wärmeverluste.

Ein weiterer Vorteil in Zumikon war, dass die drei Hauptbezüger recht gute Ganzjahresverbraucher sind; das Lehrschwimmbecken, das Hallenbad mit Restaurant und das Gemeinschaftszentrum mit einem Restaurant. Dazu kommt im Sommer noch das geheizte Freibad als bedeutender Abnehmer.

Systementscheide

In [1] und [3] wird zur Verteilung der Abwärme bis zu den einzelnen Wärmekollektiven das Einrohr-System vorgeschlagen, das deshalb fälschlicherweise oft als Merkmal des Plenar-Systems dargestellt wird. Das Hauptmerkmal des Plenar-Systems ist jedoch, dass man hohen Verbrauchern in dicht bebauten Gebieten eine gute Wärmequelle zur Verfügung stellt. Damit kann die Raumwärme unter geringem Krafteinsatz produziert werden. Die verschiedenen Abwärmequellen speisen ihre Wärme in einen Kollektor ein, der sie über ein niedertemperaturiges Verteilnetz (15 °C...40 °C) den Verbrauchern zuführt.

Bei der Nutzung der Abwärme aus Kläranlagen sind drei Systeme des Wärmetransportes möglich (Bild 2):

X: Das warme Abwasser wird beim Verlassen der Kläranlage durch ein

Einrohrnetz den einzelnen Kollektiven direkt zugeführt.

Y: Die Umwandlung der Abwärme erfolgt direkt in der Kläranlage. Die Wärme wird auf einem Gebrauchsniveau von beispielsweise 60 °C zweirohrig als konventionelle Fernwärme verteilt.

Z: Dem Abwasser wird in der Kläranlage die Wärme entzogen. Sie wird auf etwa 20 °C aufbereitet, im Vorlauf mit 20 °C verteilt und nach der Wärmenutzung wieder der Kläranlage zugeführt.

Das Plenar-Netz ist also im Gegensatz zum System X hydraulisch vom Klärwasserkreislauf getrennt und stellt einen geschlossenen Kreis dar.

Im *Wärmeverbund Olten* wurde das Detailprojekt [4] nach dem System X ausgearbeitet; für die *Wärmeversorgung Aare-Limmattal* (WAL [5]) ist für vier grosse Kläranlagen im Konzeptstadium die Lösung Z vorgeschlagen. In Zumikon ist die Lösung X für die ersten 400 m¹ und für das übrige Netz des Sy-

stems Y ausgeführt. Der Entscheid in Zumikon wurde nach Optimierungsrechnungen gefällt.

Das System X hat den Nachteil, dass alle Kollektive für den Betrieb mit Wasser von schlechter Qualität und variabler Vorlauftemperatur ausgerüstet sein müssen. Energetisch und wirtschaftlich ist die Lösung X nur für kleine Kläranlagen mit wenigen grossen Bezügern sinnvoll.

Das System Y hat alle Nachteile einer konventionellen Fernwärmeversorgung, d. h. konstante Verluste übers Jahr und Produktion nach dem schwächsten Abnehmer. Auf die individuellen Bedürfnisse kann nicht Rücksicht genommen werden. Ein sorgfältig isoliertes Haus mit weniger als 200 Heiztagen wird ebensolange angespiessen wie ein vollverglastes (drei Scheiben) Gebäude mit 320 Heiztagen. Beide brauchen je Quadratmeter BGF und Jahr etwa 400 MJ Heizenergie. Das Glasgebäude verursacht aber 60% mehr Netzverluste für die gleiche Bezugsmenge. Noch schlimmer sieht die Rechnung für ein Freibad aus.

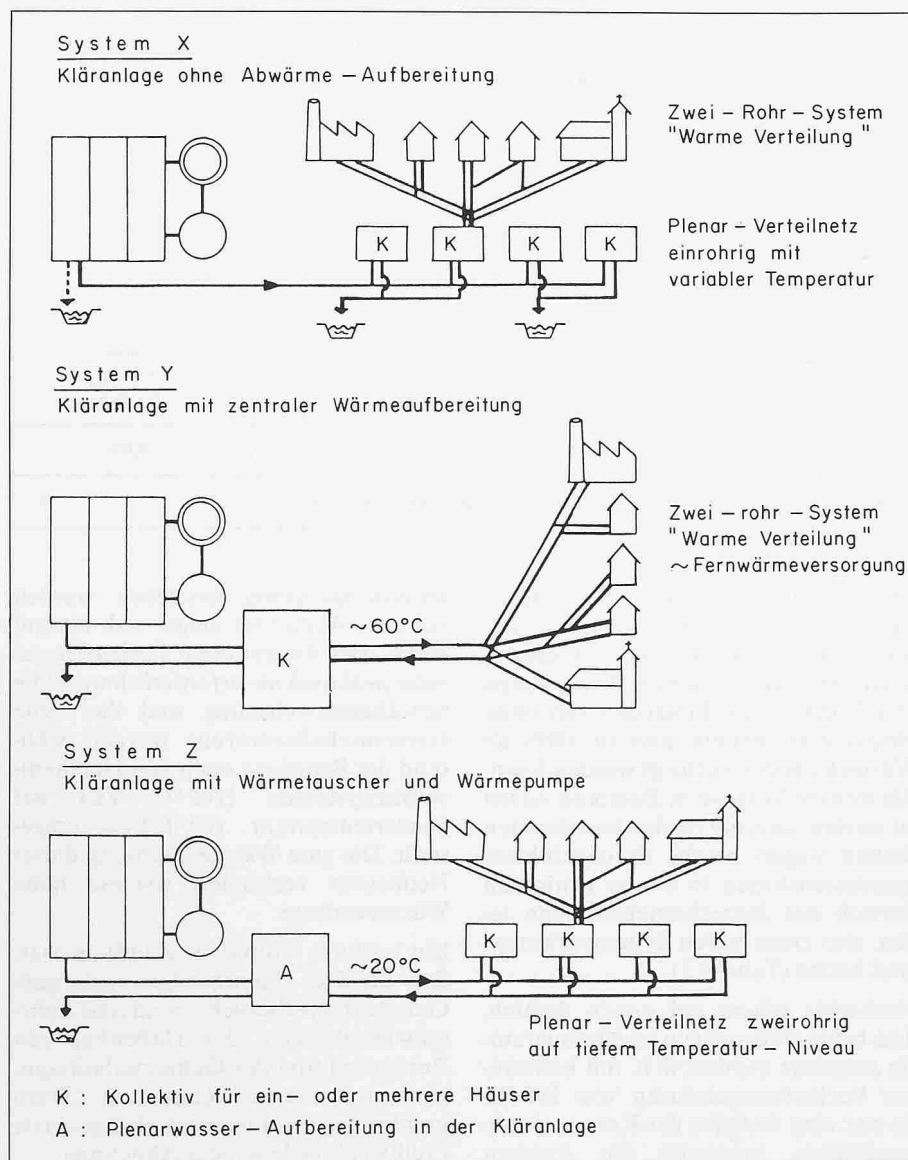
Das System Z ist energetisch etwas ungünstiger (Anteil Abwärme etwas kleiner) und hat wegen der höheren Investitionen in der Kläranlage je GJ höchstens um Fr. 2.- höhere Kapital- und Betriebskosten. Diese Nachteile werden aber mehr als wettgemacht, weil die Technik in den Wärmekollektiven wesentlich vereinfacht wird und die monovalenten Kollektive eine entscheidend verbesserte Anlageleistungsziffer haben.

Die Betriebsverhältnisse in der Kläranlage Zumikon

An den meisten Betriebstagen des Jahres liegt die Klärwassermenge etwas über 30 l/s. Bei extremer Trockenheit kann der Tageswert auf 20 l/s sinken. Im Tagesgang ist der Zufluss allerdings zurzeit noch nicht konstant. Es ist aber ein Regenwasser- und Ausgleichsbecken im Bau, das zu einer Verstetigung im Tagesgang führt.

Die Kläranlage (Bild 3) hat zurzeit zwei Reinigungsstufen. Die 3. Stufe dürfte in den späten 80er Jahren notwendig werden. Vom Schwebstoffgehalt des Abwassers sind keine Probleme zu erwarten. Allerdings mussten für die Wärmepumpen überflutete Verdampfer gewählt werden. Dies bedeutet, dass das Kältemittel im Verdampfer die Abwasserrohre umgibt und das Klärwasser durch ein geschlossenes Röhrensystem fliesst, das keine strömungstoten Winkel hat, in denen sich Schlamm abset-

Bild 2. Systeme der Wärmeverteilung nach Kläranlagen



zen könnte. Ein Problem stellt noch die *Algenbildung im Sommer* bei intensiver Sonneneinstrahlung und der *Laub-anfall im Herbst* dar. Im Betrieb muss hier noch ein Optimum zwischen Arbeitsaufwand und mechanischer Reinigung gesucht werden.

Die Temperatur des gereinigten Abwassers sinkt von 16 °C im Sommer bis auf 8 °C im Winter. An einzelnen Tagen, insbesondere bei Schneeschmelze, kann die Temperatur kurzfristig bis auf 4 °C sinken. Das Kantonale Amt für Gewässerschutz erlaubt eine Abkühlung des Klärwassers auf 4 °C. Tiefere Temperaturen werden vorläufig nicht zugestanden, weil der Wissensstand noch nicht sehr gross ist. Andererseits sind 4 °C auch eine technische Schwelle. Bei tieferen Temperaturen wäre rasch mit Eisbildung im Verdampfer zu rechnen. Die Auslegung des Kollektivs basiert auf 30,8 l Nutzwasser je Sekunde bei einer nutzbaren Temperaturdifferenz von 5 K. Dies ergibt eine kalte Leistung von 632 kW, mit dem Kraftanteil von 276 kW eine theoretische Gesamtleistung von 908 kW. Die Leistung der Wärmequelle wird also beim Auslegungspunkt voll ausgeschöpft und bildet die Begrenzung für die Kollektiv-Leistung ab Wärmepumpe.

Bei tieferen Wassertemperaturen sinkt die Möglichkeit der Wärmeproduktion, und bei Zunahme des Bedarfs schaltet der 1. Heizkessel zu. Die Gesamtleistung des Kollektivs Wärmepumpe plus 4 Heizkessel würde 3,5 MW betragen. Dieser Betriebszustand ist jedoch nicht möglich. Die maximale Leistung beim Betrieb der vier Ölkessel beträgt 2,5 MW.

Spitzendeckung mit Öl

In den beiden bestehenden Gebäuden Schulhaus und Hallenbad (Bild 4) sind 2,5 MW Leistung in Ölheizkesseln installiert. Anstelle von 4×2500 Betriebsstunden = 10 000 h bei optimaler Belastung wurden gesamthaft nur 3960 Betriebsstunden gerechnet, d. h. die Leistungsreserve beträgt über 60% in der Spitze. Wenn die Systemverluste reduziert werden, steigt die nutzbare Leistungsreserve nochmals an.

Wärmepumpen-Anlagen sollten nur bei optimalen Wärmequellen monovalent bis zu den tiefsten Aussentemperaturen betrieben werden. Die Investitionskosten je kW-Leistung sind bis fünfmal höher für Wärmepumpen-Zentralen als für Öl- oder Gas-Heizkesselanlagen. Für mittelgrosse Leistungen betragen die Vergleichswerte Fr. 500.- je kW zu Fr. 2500.- je kW. Öl hat den

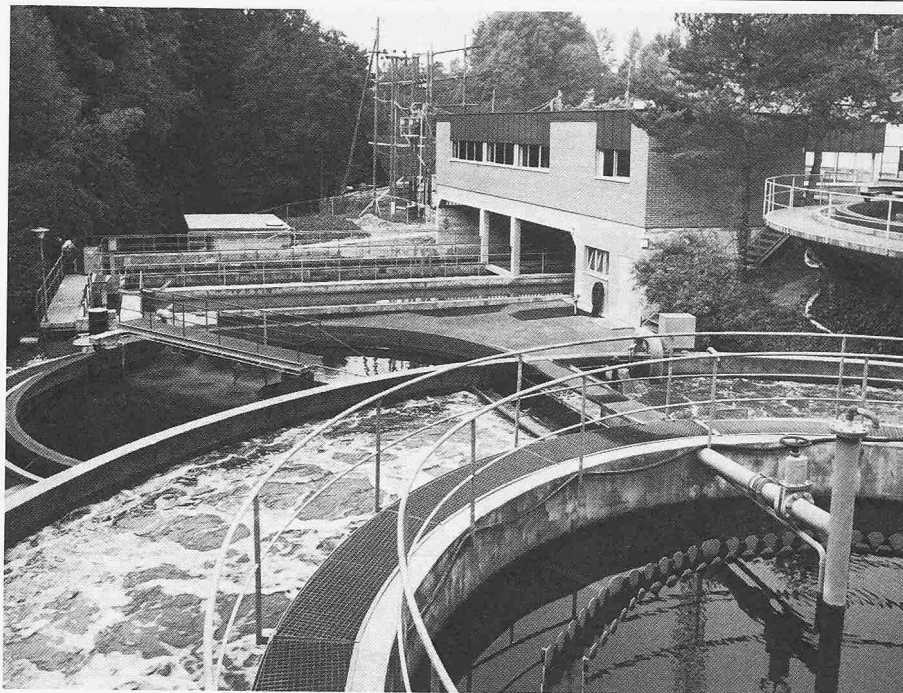


Bild 3. Kläranlage Zumikon

unbestreitbaren Vorteil der dichten, preisgünstigen und verlustfreien Energielagerung sowie der tiefen Investitionskosten für die Wärmeaufbereitung. Öl wird mit Sicherheit über Jahrzehnte noch der wichtigste Spitzendecker bleiben, und Heizungen stellen in unserem Klima immer Spitzendeckungsprobleme dar.

Im neuen Gemeinschaftszentrum sind für Heizung, Lüftung und Brauchwasser insgesamt 1080 kW Leistung installiert. Unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeiten beträgt der Gebäude-Anschlusswert noch 515 kW. Bei tiefsten Aussentemperaturen sind also

folgende Maximalleistungen notwendig:

Schulhaus Juch	450 kW
Hallenbad	500 kW
Gemeinschaftszentrum	500 kW
	<u>1450 kW</u>

Beim Auslegungspunkt -12 °C beträgt die installierte Reserve noch über 1000 kW. Dank der Kollektivbildung können die Leistungen der Einzelheizungen addiert werden, weil alle ins System einspeisen. Es werden also noch weitere Wärmebezüge gesucht, bis die installierte Kesselleistung bei -12 °C tatsächlich gebraucht würde. Theore-

Bild 4. Freibad und Hallenbad



Ölverbrauch, gemessen oder gerechnet

Juch inkl. Erweiterung	95 000 kg
Hallen- und Freibad	175 000 kg
Zentrum inkl. Café	90 000 kg
Jahresverbrauch hochgerechnet	360 000 kg

Tabelle 4. Energiebilanz für Startphase (1. Betriebsjahr)

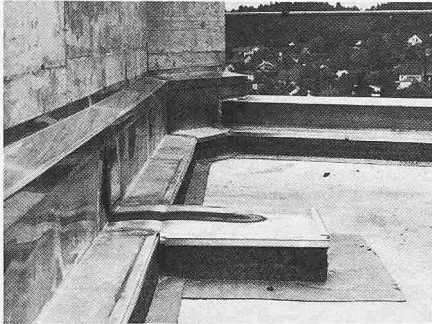


Bild 7. Wärmedämm-Detail Gemeinschaftszentrum

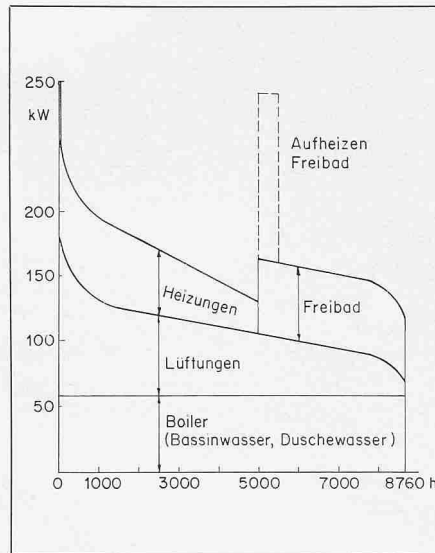
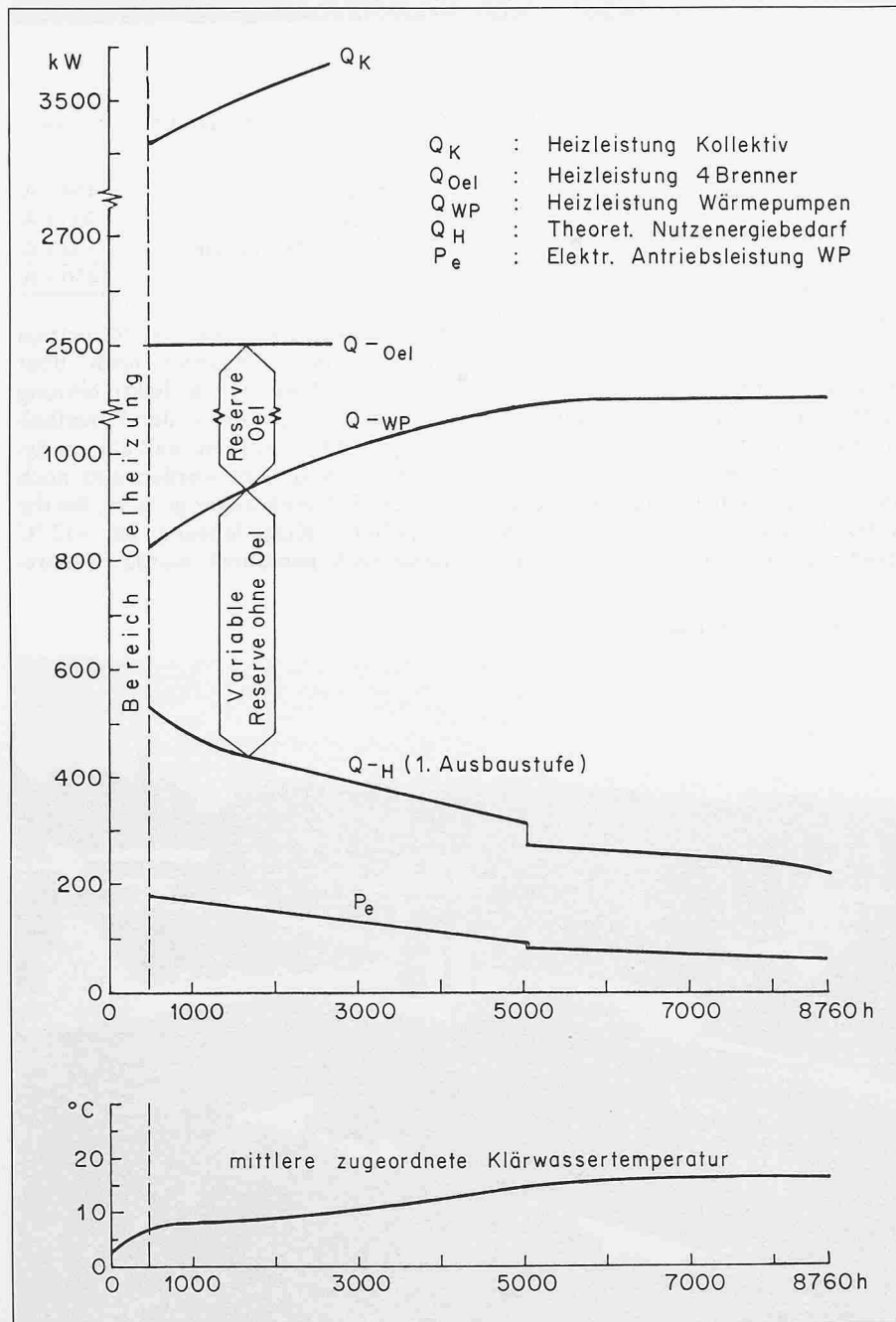


Bild 5. Nutzenergieaufwand Hallenbad und Freibad

Bild 6. Wärmebedarf 1. Ausbaustufe und Leistungsreserve für Ölheizung und Wärmepumpe



tisch würde dann die installierte Wärmepumpenleistung bis $+2^{\circ}\text{C}$ reichen. Tatsächlich aber ist der Betrieb begrenzt durch die Klärwassermenge und an einzelnen Tagen auch durch die Temperatur des Klärwassers. Das installierte elektronische Leitsystem soll die Gleichzeitigkeit nicht dem Zufall überlassen, sondern den Wärmebezug verstetigen und damit lange Laufzeiten der Wärmepumpen bis zu tieferen Ausstemperaturen erlauben. Der optimale Betriebszustand aus energetischer Sicht ist übrigens bei Vollbetrieb der Wärmepumpen im Temperaturbereich unter der Nacherwärmung durch einen Kessel.

Die Energiebilanz des Wärmekollektivs

Der Leistungsbedarf der einzelnen Gebäude wurde aufgrund der installierten Leistung, der Betriebsstunden – soweit gemessen und bekannt – sowie den Jahresverbräuchen detailliert ermittelt. Bild 5 zeigt schematisch die geordnete Verteilung der Leistung nach Aussentemperaturen für das Hallenbad. Unter anderem ist daraus der wichtige Anteil an Sommerbezug für Lüftung und Freibad ersichtlich. Die grosse Unsicherheit in der Projektierung ist der Anteil der Systemverluste und insbesondere deren Reduktion bei der Umstellung auf die Niedertemperatur-Verteilung.

Im Sommer und in der Übergangszeit hat das Wärmekollektiv noch beträchtliche Reserven. Der theoretische Nutzenergieverbrauch der drei ersten angeschlossenen Gebäude ist aus Bild 6 ersichtlich.

Kritischen Lesern wird auffallen, dass für das Gemeinschaftszentrum nur 3 kg Öl je SIA-Kubikmeter eingesetzt sind. Das Gemeinschaftszentrum ist gut wärmedämmend (Bild 7). Es wurde ebenfalls ein Energiekonzept für diesen Neubau erarbeitet.

Der Vergleich zwischen dem alten Zustand der Ölheizung und der neuen Anlage mit Wärmekollektiv führt zu den in Tabelle 6 aufgeführten Ergebnissen.

Das Verhältnis zusätzlicher Strom (845 MWh) zum Anteil Reduktion und Substitution (2745 MWh) von nur 1:3,3 zeigt, dass die Berechnungsannahmen vorsichtig getroffen wurden.

Beim Vollausbau des Kollektivs verbessert sich zwar dieses Verhältnis nicht mehr, aber die Menge des substituierten Öls steigt von 320 t auf 480 t (Tabelle 7). Die Substitution von Heizöl ist aber ein Hauptziel der Investition.

Auswahl der Wärmepumpen und Wärmekraftkopplung

Der Auftrag des Bauherrn an den Generalplaner lautete, den gesamten elektromechanischen- und hydraulischen Teil inkl. Leitsystem als Gesamtauftrag zu vergeben, damit die Zuständigkeit bei Mängeln klar geregelt ist. Alle Arbeiten, die nicht direkt zum Erfolg oder Misserfolg beitragen können, wie Grabarbeiten, Nutzwasserleitungen, Pumpenhäuser usw., wurden direkt vergeben. Trotzdem wurden grössere Einzellieferungen wie die Wärmepumpen, der Trafo, das Leitsystem und die Elektro-Arbeiten separat ausgeschrieben, weil die Bauherrschaft bei diesen wichtigen Teilen ein Mitspracherecht haben wollte. Während bei der Generalunternehmung der Wettbewerb spielte und alle eingeladenen Submittenten sorgfältig bearbeitete Offerten einreichten, ergab sich beim Bauteil Wärmepumpen eine Einengung im Angebot.

Zum ersten führte die Auflage der überfluteten Verdampfer (Klärwasser in geschlossenen Rohren geführt) zu einer Ausscheidung aller Firmen, die nur Serienprodukte und die Mehrfachkopplung von Einzelaggregaten anbieten können. Es existieren in der Schweiz auch nur wenige Hersteller, die als Zulieferer für diese Verdampfer in Frage kommen. Einige grosse Schweizer Firmen, die zwar grundsätzlich an der Lieferung sehr interessiert gewesen wären, konnten die Angebote mit ihren ausländischen Unterlieferanten nicht rechtzeitig bereinigen und mit den schweizerischen Prüfstellen abstimmen. So verblieben als Anbieter nur zwei Firmen, die Autofrigo AG und die Sulzer AG. Beide verfügen über eine langjährige Erfahrung.

Zunächst war ein Vorentscheid zu fällen, denn aus Winterthur wurde als Variante der preisgünstigere Turbo-Kompressor offeriert, nebst den ausgeschriebenen Kolbenkompressoren. Für die in Zumikon verlangten Temperaturen ($V_L=62^\circ\text{C}$) waren keine Turbomaschinen als Referenz-Objekte vorhanden. Die Schallwerte wären höher und vor allem die Anlageleistungsziffer messbar tiefer gewesen. Dem Turbo-Kompressor als Wärmepumpe bei der Wärmeauskopplung aus Kläranlagen nach dem System Z kommt in Zukunft bestimmt eine grosse Bedeutung zu. Für das Wärmekollektiv Zumikon entschied sich die Energiekommission für das Angebot der Firma Autofrigo. Bestellt wurden zwei Maschinen mit je zwei Motoren und zwei Verdichtern auf einem Verdampfer. Sie werden wegen der hohen Temperaturen mit Freon R 12 betrieben. In der gewählten Lösung

Verlustverminderung

Anteil Rauchgasverluste 9%	31 000 kg	
Abstrahlungs- und Auskühlverluste	40 000 kg	
Hochtemperatur-Verteilung (10% von 240 t)	24 000 kg	85 000 kg
Zu erbringende Leistung inkl. Systemverlust		275 000 kg
Restanteil Öl ~ 15%		42 000 kg
		233 000 kg
Jahresenergiebedarf		2 700 MWh

Tabelle 5. Jahresenergiebedarf

Tabelle 6. Alter Zustand Ölheizung – Wärmekollektiv

	Ölheizung MWh	Wärmekollektiv MWh	%
Ölverbrauch in t	360 t	42 t	
Verlustreduktion (Rauchgas, Kessel und Verteilung)	4180	490	12%
Strombedarf Wärmepumpen (mittl. Anlageziffer 3.2)		990	24%
Abwärmenutzung		845	20%
		1855	44%
Bilanz	4180	4180	100%
Primärenergie: Öl	4180	490	
Strom		845	
		1435	34%
Reduktion und Substitution: Verlustreduktion		990	
Abwärmenutzung		1855	
		2745	66%
MWh	4180	4180	100%

Tabelle 7. Substitution von Heizöl beim Vollausbau

	Ölheizung MWh	Wärmekollektiv MWh	%
Ölverbrauch maximal	600 t	120 t	
Verlustreduktion	6960	395	20%
Strombedarf		1250	18%
Abwärmenutzung		1350	14%
		2965	43%
	6960	6960	100%
Primärenergie	6960	2745	40%
Reduktion und Substitution		1215	60%
	6960	6960	100%

Für den Systemscheid und die Budgetierung wurde vorsichtigerweise der Reduktionsanteil nicht eingerechnet.

sind folgende Lastaufteilungen möglich: 25%, 50%, 75%, 100%. Bei Bedarf könnte mit geringen Zusatz-Investitionen jeweils auch in den Achtelspunkten, also 12,5%, 37,5% usw., produziert werden. Da Schulhaus und Hallenbad mit Freibad im Sommer bisher einen mittleren Wärmebedarf für das gesamte System von 240 kW hatten, dürfte nach Inbetriebnahme der Leitung zum Gemeinschaftszentrum im Verlaufe der Herbstmonate 1981 der Grundbedarf genügend hoch sein, so dass die

Tabelle 9. Minimal-Wärmebedarf

System Ölkessel bisher	
Mittlerer Ölverbrauch Sommer-Monate	15 t
	20,8 kg/h
Mittlerer Systemverbrauch bisher	240 kW
Systemverluste 60%	~ 140 kW
Mittlerer Wärmebedarf	~ 100 kW
System Wärmekollektiv, 1. Ausbaustufe	
Mittlerer Wärmebedarf bisher	~ 100 kW
Zusätzlicher Bedarf Zentrum	~ 30 kW
Systemverlust Kollektiv	~ 40 kW
Mittlerer Systemverbrauch neu	~ 170 kW

Schaltheufigkeit der Wärmepumpe klein bleibt (Tabelle 9).

Damit wäre die 25%-Stufe während 70% der Gesamtzeit in Betrieb. Ohne Anschluss Zentrum und vor Abschluss der Rohrleitungsisolierungen stellte sich ein mittlerer Leistungsbedarf von 140 kW ein.

Die Frage, warum bei der grossen Antriebsleistung von bis zu 400 kW keine *Wärme kraftkopplung mit Dieselmotoren* gewählt wurde, stellte man den Projektierenden öfters. Die Eigenstromerzeugung wurde in der Evaluation erwogen und trotz der sehr hohen Strombeschaffungskosten (Zuleitung, Trafo) aus verschiedenen Gründen nicht ins Projekt aufgenommen. Auf der Gewinnungsseite wollte man das Abwärmepotential möglichst gut ausnutzen. Dadurch ist das Niedertemperatur-Angebot für einige Jahre noch etwas zu hoch. Mit der Wärme kraftkopplung (höchstens für die halbe Antriebsleistung sinnvoll) wäre im häufigsten Betriebsbereich 300 bis 600 kW thermische Leistung die Dieselabwärme immer eine Störgrösse gewesen, welche die Leistung zu stark angehoben hätte zu Lasten der Abwärmenutzung. Auch die Investitionskosten wären nochmals um 12% angestiegen. Wenn die vier Heizkessel nicht bereits vorhanden gewesen wären, hätte man die Diesellösung mit grosser Wahrscheinlichkeit gewählt. Im ausgeführten Konzept ist nichts verbaut worden. Bei einer allfällig notwendigen Leistungssteigerung des Kollektivs kann jederzeit ein Diesel anstelle eines Kessels im Schulhaus Juch platziert werden. Fürs erste sollte die Anlage aber nicht noch komplizierter gemacht werden durch die teilweise Eigenstromproduktion.

Gesamtbeurteilung

Es hat sich bei der Ausführung des Wärmekollektivs Zumikon gezeigt, dass heute die Abwärmegewinnung aus Kläranlagen technisch möglich, energetisch sehr wirkungsvoll und wirtschaftlich sinnvoll ist. Weil es sich um Neuland handelt, ist nur ein Team motivierter Spezial-Ingenieure fähig, alle anstehenden Aufgaben sachbezogen und zielgerichtet zu lösen. Jede innere Ablehnung des Problems bei mitprojektierenden Büros muss zu Fehlleistungen führen. Wir hatten in Zumikon das Glück, dass sich die wichtigsten Fach-

Tabelle 8. Gesamtkosten und Aufteilung auf die Kostenstellen

A. Nutzwassergewinnung und Nutzwasserleitung (13%)		Fr. 305 000.—
Pumpwerk Kläranlage, inkl. 2 Pumpen	Fr. 140 000.—	
330 m ³ Nutzwasserleitung Kläranlage Juch	Fr. 140 000.—	
Anpassungen Kläranlage	Fr. 25 000.—	
B. Wärmepumpen und Umformer (48%)		Fr. 1 130 000.—
Bauarbeiten Maschinenhaus und Durchbrüche	Fr. 60 000.—	
Wärmepumpen und Armaturen	Fr. 760 000.—	
Leitungen und Anpassungen im Schulhaus	Fr. 145 000.—	
Leitungen und Anpassungen im Hallenbad	Fr. 165 000.—	
C. Wärmeverteilung (13%)		Fr. 290 000.—
Juch-Hallenbad-Zentrum 360 m ³ inkl. Grabarbeiten bis Hausanschluss	Fr. 290 000.—	
D. Elektro-Installationen (26%)		Fr. 615 000.—
Neue Trafo-Station 600 KVA	Fr. 60 000.—	
Hauptzuleitungen EKZ	Fr. 40 000.—	
Elektroverteilung	Fr. 95 000.—	
Regulierung und Schaltschränke	Fr. 225 000.—	
Elektronisches Leitsystem	Fr. 195 000.—	
Anlagekosten 100%, Brutto-Kapitalbedarf		Fr. 2 340 000.—
E. Sanierungs- und Ergänzungsarbeiten an bestehenden Einrichtungen (4%)		Fr. 90 000.—
Gesamtbausumme 104%		Fr. 2 430 000.—
Minderinvestitionen durch Wärmekollektiv:		
Wegfall Heizzentrale Gemeinschaftszentrum inkl. Heizraum, Kamin, Tankraum und Ölverrat	Fr. 450 000.—	
Mindervorrat Heizöl in bestehenden Anlagen auf 1 Jahresvorrat berechnet 250 000 l	Fr. 150 000.—	
E. Sanierungs- und Verbesserungsarbeiten	Fr. 90 000.—	Fr. 690 000.—
Netto-Kapitalbedarf für Wärmekollektiv		Fr. 1 740 000.—

ingenieure mit ihrem ganzen Wissen für die Lösung all der neuartigen Probleme eingesetzt haben. Die Energiekommission der Gemeinde ist uns zudem in jeder Phase bei der Lösung der Probleme beigestanden.

Für den Betrieb ist es nun sehr wichtig, dass der Klärmeister, die Abwarte im Schulhaus und im Gemeinschaftszentrum und die für den Betrieb des Kollektivs zuständigen Bademeister das Ihre zum guten Gelingen beitragen. Ihre kritische Mitarbeit bei der Projektierung und Ausführung war sehr wertvoll; insbesondere die sehr saubere Protokollführung über Wassermengen, Energieverbräuche und Temperaturen waren gute Grundlagen für die Projektierung.

Mit Sicherheit werden noch in vielen Städten Wärmekollektive als örtliche Systeme entstehen. Es kann dabei nicht nur die Belastung unserer Umwelt – Flusserwärmung und Luftverschmutzung – reduziert werden, sondern es können, wie im Beispiel Zumikon, Konsumausgaben (Öl) wirtschaftlich durch Kapital (Investitionen) ersetzt werden. Das Wärmekollektiv Zumikon kann unsere Aussenhandelsbilanz jähr-

lich in der ersten Phase um Fr. 200 000.— entlasten; in wenigen Jahren bei Vollausbau mit über Fr. 300 000.—.

80 Anlagen mit der mittleren Grösse von zweimal Zumikon (600 000 Einwohner) ergeben bereits Fr. 50 Mio weniger Ölimporte. Die Kläranlage Werdhölzli in Zürich allein ist rund hundertmal grösser als Abwärmeproduzent als das Kollektiv Zumikon. Fast möchte man Goethe zitieren, wenn auch etwas abgeändert: «Willst du in die Ferne schweifen? Sieh' die Wärme fliesst so nah!» (aus «Erinnerungen»)

Literaturverzeichnis

- [1] Plenar Wärmeverbund CH. 2. Auflage. Niggli-Verlag Niederteufen, 1977
- [2] Wick, B.: «Sparobjekt Einfamilienhaus». Verlags-AG der akademischen technischen Vereine, Zürich, 1981
- [3] Bedenig, D., Brunner, C. U. et al.: «Plenar Wärmeverbund Olten» Zürich 1979
- [4] Arbeitsgemeinschaft Wärmeverbund Olten: «Pilotprojekt Wärmeverbund Olten». Noch nicht zur Publikation freigegeben
- [5] Wick, B.: «Wärmeversorgungskonzept Aare-Limmattal (WAL)». System Plenar. Noch nicht zur Publikation freigegeben