

Schlussbericht November 2005

Wärmenutzung aus der Kanalisation zur Beheizung und Kühlung der Uhrenfabrik IWC mittels Wärmepumpe

ausgearbeitet durch
Alfred Gründler
E+H Ingenieurbüro für Energie + Haustechnik AG
Fischerhäuserstr. 34 8200 Schaffhausen

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

DANK der Fa. IWC Schaffhausen, Branch of Richemont International AG

An dieser Stelle bedanken wir uns für sehr gute Zusammenarbeit und finanzielle Unterstützung mit dem Bundesamt für Energie, Sektion UAW und Prof. Dr. M. Ehrbar, dem Regierungsrat des Kantons Schaffhausen, der Stadt und der Feuerpolizei von Schaffhausen, Ernst A. Müller vom Büro eam, unserem Heizung– Lüftung -, Klima - und Energieplaner Alfred Gründler, der Verwaltungspolizei, dem Tiefbauamt mit B. Brand für die Begleitung während der Einbauphase in den Schmutzwasserkanal, den beteiligten Unternehmern für die sehr gute und qualitative einwandfreie Arbeit, sowie der Geschäftsleitung für den Entscheid für diese neue und innovative Technik und allen IWC-Mitarbeitern für die erduldeten Umstände.

ZUSAMMENFASSUNG

A. Die Idee

Im Abwasser des Rheinufer-Schmutzwasserkanals, welche auf der anderen Strassenseite der Uhrenfabrik IWC liegt, steckt ein grosses Potential an (Ab-)Wärme. Diese Wärme kann mittels Wärmepumpen dem Abwasser entzogen und auf ein höheres Niveau gebracht und zu Heizzwecken, resp. zu Kühlzwecken mittels Kältemaschine genutzt werden. – Dadurch kann die Anlage ganzjährig genutzt werden, was neuartig ist in der Schweiz.

B. Ziel der vorliegenden Arbeit

Es ist die technische Machbarkeit des Wärme- oder Kälteentzuges aus der Kanalisation zu zeigen, ebenso das Heizen und Kühlen mit gleicher Maschine möglich ist.

- Wärmeentzug im Winter mit Wärmepumpe
- Wärmeabgabe ab Kältemaschine im Sommer

Es erfolgt der Nachweis der Funktionsfähigkeit über die Messresultate der Wärmezähler.

C. Lösungsweg

Das Herzstück der ganzen Energieanlage ist eine standardmässige Kältemaschine, die wechselweise und / oder gleichzeitig Kälte von 6°C und Wärme von 58°C erzeugen kann. Der Wärmeaustausch zwischen Kältemaschine / Wärmepumpe und Abwasser erfolgt mittels einem 60 Meter langen und 75 cm breiten Kanal-Wärmetauscher aus Chromstahl, welcher bündig auf der halben Schmutzwasser-Kanalsole eingebaut wurde und über den Zwischenkreislauf mit der Kältemaschine / Wärmepumpe verbunden ist.

D. Hauptergebnisse

	Leistung kW	Vorlauf °C	Rücklauf °C
MOMENTANMESSUNGEN			
Wärmebezug aus Kanal-Wärmetauscher: WÄRMEGEWINN für Wärmepumpe			
Prognose Planung	80	6	9
Spitze 20.4.05	77	6.8	12.1
Wärmeabgabe an Kanal-Wärmetauscher: RÜCKKÜHLUNG der Kältemaschine			
Prognose Planung	260	46	27-33
Spitze 23.8.05	279	45	28

ENERGETISCHE AUSWERTUNG

Messperiode	Kanal-Wärmetauscher		Kältemaschine		Arbeitszahl Periode		Bemerkungen
	Bezug	MWh Abgabe	Verd.	MWh Kond.	AZ	AZp	zum Betrieb
Wärmebezug <u>aus</u> Kanal-Wärmetauscher: Betrieb als Wärmepumpe							
4.4.-24.5.05	13.0	0	13.9	21	3.0	2.6	Deckungsgrad 21% durch KM/WP
Wärmeabgabe <u>an</u> Kanal-Wärmetauscher: Betrieb als Kältemaschine							
24.5.- 5.9.05	0	180.2	132.0	194.3	3.1	2.9	Wärmeabgabe 100 % an Kanal
Betrieb als Kältemaschine <u>und</u> als Wärmepumpe (kühlen und heizen gleichzeitig)							
5.9.-31.10.05	3.00	48.3	54.8	85.6	2.8	2.6	Deckungsgrad 55% durch KM/WP

Die Wärmenutzung aus der Kanalisation als zusätzliche Wärmequelle auf der Verdampferseite hat sich bewährt, ebenso die indirekte Rückkühlung der Kondensationswärme aufs Heizwassernetz und via Plattenwärmetauscher auf den Kanal-Wärmetauscher. - Das Anlagekonzept mit Aufteilung auf nur 2 hydraulische Kreisläufe, nämlich Wärme 36°C bis 75°C und Kälte 6°C bis 10°C ist machbar und hat sich bewährt, ist aber sowohl hydraulisch als auch regelungstechnisch anspruchsvoll.

E. Vorgesehenes weiteres Vorgehen

Mit dem Weiterausbau der 2. Kältemaschine und zusätzlichen Kälte- und Wärmespeichern, ebenso der separaten Bewirtschaftung der Rückkühlung lassen sich auch die energetischen Prognosen und damit die Einsparungen an fossiler Energie bestätigen. Damit kann auch die Redundanz der Systeme verbessert und die Betriebssicherheit erhöht werden.

RESUME

A. L'idée

Les eaux usées de la canalisation des rives du Rhin, située vis-à-vis de la manufacture IWC, recèlent un important potentiel de chaleur (dissipée). Cette chaleur peut être extraite des effluents au moyen de pompes à chaleur, amenée à un niveau plus élevé et utilisée à des fins de chauffage ou de réfrigération au moyen de machines frigorifiques. – L'installation peut ainsi être utilisée toute l'année, ce qui constitue une nouveauté en Suisse.

B. Objectif du présent travail

L'objectif consiste à démontrer la faisabilité technique de l'extraction de chaleur ou de froid de la canalisation et la possibilité de réaliser le chauffage et le refroidissement avec la même machine.

- Prélèvement de chaleur en hiver avec une pompe à chaleur
- Transmission de chaleur en été depuis une machine frigorifique

La preuve du caractère opérationnel se base sur les résultats de mesure des compteurs de calories.

C. La solution

Le coeur de l'installation énergétique complète est une machine frigorifique standard pouvant générer alternativement et/ou simultanément du froid à 6 °C et du chaud à 58 °C. L'échange de chaleur entre la machine frigorifique/la pompe à chaleur et les effluents s'effectue par le biais d'un échangeur de 60 mètres de long et 75 cm de large en inox au chrome, intégré de manière affleurante sur la moitié du radier du canal d'effluents, et qui est relié à la machine frigorifique/la pompe à chaleur par le biais du circuit intermédiaire.

D. Principaux résultats

MESURES INSTANTANÉES	Puissance kW	Départ °C	Retour °C
Prélèvement de chaleur de l'échangeur: GAIN DE CHALEUR pour la pompe à chaleur			
Pronostic Planning	80	6	9
Crête 20.4.05	77	6.8	12.1
Transmission de chaleur à l'échangeur: REFROIDISSEMENT RETOUR de la machine frigorifique			
Pronostic Planning	260	46	27-33
Crête 23.8.05	279	45	28

ANALYSE ENERGETIQUE

Période de mesure	Ech. de chaleur canal Source MWh Transfert	Machine frigorifique Evap. MWh Cond.	Equivalent mécanique E E + P	Remarques sur le fonctionnement
Prélèvement de chaleur <u>depuis</u> l'échangeur: fonctionnement en pompe à chaleur				Taux de couverture
4.4.-24.5.05	13.0 0	13.9 21	3.0 2.6	21% via MF/PAC
Transmission de chaleur <u>vers</u> l'échangeur: fonctionnement en machine frigorifique				Transmission de chaleur
24.5.- 5.9.05	0 180.2	132.0 194.3	3.1 2.9	100 % à la canalisation
Fonctionnement en machine frigorifique <u>et</u> en pompe à chaleur (refroidissement et chauffage simultanés)				Taux de couverture
5.9.-31.10.05	3.00 48.3	54.8 85.6	2.8 2.6	55% via MF/PAC

L'utilisation de la chaleur de la canalisation comme source de chaleur supplémentaire du côté évaporateur a fait ses preuves, de même que le refroidissement en retour indirect de la chaleur de condensation vers le réseau d'eau chaude et via des échangeurs de chaleur à plaques sur l'échangeur canal. – Le concept avec répartition sur seulement 2 circuits hydrauliques (chaud de 36 à 75 °C et froid de 6 à 10 °C) est faisable et a fait ses preuves, mais s'avère très exigeant, tant sous l'angle de l'hydraulique que de la technique de régulation.

E. Suite prévue des opérations

L'extension par la 2ème machine frigorifique et des accumulateurs de froid et de chaleur supplémentaires ainsi que la gestion séparée du refroidissement en retour permettent de confirmer également les pronostics énergétiques et donc les économies d'énergie fossile. Cette configuration permet en outre d'améliorer la redondance des systèmes et d'augmenter la sécurité de fonctionnement.

SUMMARY

A. The idea

There is a great deal of potential (waste) heat in the wastewater conveyed via the Rhine Bank sewer, on the opposite side of the road to the IWC watch factory. This heat can be extracted from the wastewater by heat pumps, temperature boosted and used for heating purposes, or used for cooling via a refrigerating machine. This means the plant can be used all year round – an innovation for Switzerland.

B. Purpose of study

The aim is to prove the technical feasibility of heat or cold extraction from the sewer, and to confirm that heating and cooling are both possible with one machine:

- heat extraction by heat pump in winter; and
- heat emission from the refrigeration machine in summer.

Measured results from the heat counters will prove operability.

C. Approach

The core of the whole power plant is a standard refrigeration machine capable of generating cold at 6°C and heat at 58°C, alternately and/or simultaneously. Heat is exchanged between refrigeration machine/heat pump and wastewater via a chromium steel sewer heat exchanger, 60 metres long and 75 cm in diameter. This has been flush-mounted on the sewer semi-bottom and linked to the refrigeration machine/heat pump via the intermediate circuit.

D. Key results

	Power kW	Inflow °C	Return °C
SPOT MEASUREMENTS			
Heat extracted from sewer heat exchanger: HEAT GAIN for heat pump			
Planning forecast	80	6	9
Peak 20.4.05	77	6.8	12.1
Heat emitted to sewer heat exchanger: RETURN COOLING of refrigeration machine			
Planning forecast	260	46	27 - 33
Peak 23.8.05	279	45	28

EXPLOITATION OF ENERGY

Measurement period	Sewer heat exchanger Extracted(MWh) Emitted		Refrig. machine Evap. MWh Cond.		Figure of merit E E+P		Operation notes
Heat extracted <u>from</u> sewer heat exchanger: heat pump mode							Level of cover
4.4 - 24.5.05	13.0	0	13.9	21	3.0	2.6	21% by RM/HP
Heat emitted <u>to</u> sewer heat exchanger: refrigeration mode							Heat emitted
24.5 - 5.9.05	0	180.2	132.0	194.3	3.1	2.9	100 % to sewer
Combined refrigeration <u>and</u> heat pump mode (simultaneous cooling and heating)							Level of cover
5.9 -31.10.05	3.00	48.3	54.8	85.6	2.8	2.6	55% by RM/HP

The use of heat from the sewer as a heat booster source on the evaporator side has proved a success. Indirect return cooling of condensation heat to the heating water circuit and, via plate exchangers, to the sewer heat exchanger, has likewise been successful. The plant plan is for distribution to just two hydraulic circuits, namely heat (36°C - 75°C) and cold (6°C - 10°C). This is feasible and proven, but demanding in hydraulic and control engineering terms.

E. Envisaged further procedure

The expansion of the second refrigeration machine, with additional cold and heat storage, and separate handling of the return cooling also confirm the energy forecasts, and hence the savings of fossil energy. It will also improve the redundancy of the systems and enhance operating reliability.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Ausgangslage	
1.1 Vorgeschichte	7
1.2 Projektidee	7
1.3 Konzept	7
1.4 Ziel	7
1.5 Projektgrundlagen	8
2. Anlagebeschrieb	
2.1 Anlagekomponenten und technische Daten	9
2.2 Anlagebeschrieb	12
2.3 Funktionsbeschrieb	13
3. Ergebnisse	
3.1 Momentanmessungen	15
3.2 Energetische Auswertungen	16
3.3 Betriebserfahrungen	17
3.4 Mögliche Verbesserungen	19
4. Wirtschaftliche Daten	
4.1 Investition Wärme	21
4.2 Unterhaltskosten Wärme	21
4.1 Investition Wärme/Kälte	21
4.2 Unterhaltskosten Kälte	22
4.3 Gebühren	22
5. Schlussbetrachtungen	
5.1 Generelle Beurteilung des Konzepts.	23
5.2 Ausblick	23
6. Beilagen	
6.1 Beilage 1 Foto Gesamtansicht IWC Areal 2005	24
Foto Bauphase Kanalwärmetauscher 2005	
6.2 Beilage 2 Fotos Situation / Grundriss Situation Werkareal IWC /	25
Lageplan Wärmetauscher	
6.3 Beilage 3 Prinzipschema Hydraulik mit Abwärmenutzung	26
aus Abwasserkanal + Grundwasser	
6.4 Beilage 4 Foto Rückseite Kältemaschine und Verrohrung	27
Foto Oelkessel und Gaskessel	
Foto Pumpe Kondensator, dahinter Wärmetauscher	

1. Ausgangslage

1.1 Vorgeschichte

Im Jahr 2001 ist die IWC vor der Entscheidung für eine neue Heizzentrale gestanden. Die alte Heizanlage erfüllte nicht mehr die behördlichen Auflagen, die Emissions- und Sicherheitsvorschriften konnten nicht eingehalten werden und die ganze Technik war veraltet.

In diesem Zusammenhang und auch mit der geplanten Erweiterung Neubau Ost als 1. Bauetappe, welche grosse Kälteleistungen benötigt, entschied sich die Geschäftsleitung nach allen Vorabklärungen/Studien und Konzeptanalysen zur Realisierung und Nutzung einer neuen Energiequelle. - Der Schmutzwasserkanal in der Rheinuferstrasse eignete sich hervorragend für dieses Projekt, da eine mittlere Abflussmenge von 300 Liter/Sekunde vom Tiefbauamt bestätigt wurde.

1.2 Projektidee

Durch die sehr starke benötigte Kühlung der Räume entschied man sich, das Abwasser nicht nur zu Heizzwecken zu nützen, sondern auch die anfallende Abwärme abzugeben. Dadurch kann die Anlage ganzjährig genutzt werden, was neuartig ist in der Schweiz. Das Herzstück dieser ganzen Energieanlage ist eine kombinierte Kühl- und Wärmepumpe, die wechselweise oder sogar gleichzeitig Wärme und Kälte erzeugen kann und mittels einem 60 Meter langen und 75 cm breiten Austauscherelement aus Chromstahl, welche bündig auf der halben Kanalsohle eingebaut ist und über einen Zwischenkreislauf mit der Wärmepumpe/Kältemaschine verbunden ist, Wärme für Heizzwecke aus dem Abwasser entzieht oder Abwärme von den Fertigungsprozessen und Kühldecken in das Schmutzwasser abgibt und sich somit wieder abkühlen kann.

1.3 Konzept

- Sanierung der Wärmeerzeugung mit kondensierendem, modulierendem Gaskessel / Oelkessel und der Wärmeverteilung
- Zentralisierung der Kälte- und Druckluft-Erzeugung neben der Heizzentrale
- Betrieb der Kältemaschine auch als Wärmepumpe im Winter zu Heizzwecken, resp. Abwärmenutzung bei Kältebetrieb
- Nutzung der Wärmequellen Abwasser sowie der Abwärme der Druckluft-Kompressoren.

1.4 Ziel

Es ist die technische Machbarkeit des Wärme- oder Kälteentzuges aus der Kanalisation zu prüfen, ebenso das Heizen und Kühlen mit der gleicher Maschine.

- Wärmeentzug im Winter mit Wärmepumpe
- Wärmeabgabe ab Kältemaschine im Sommer

1.5 Projektgrundlagen

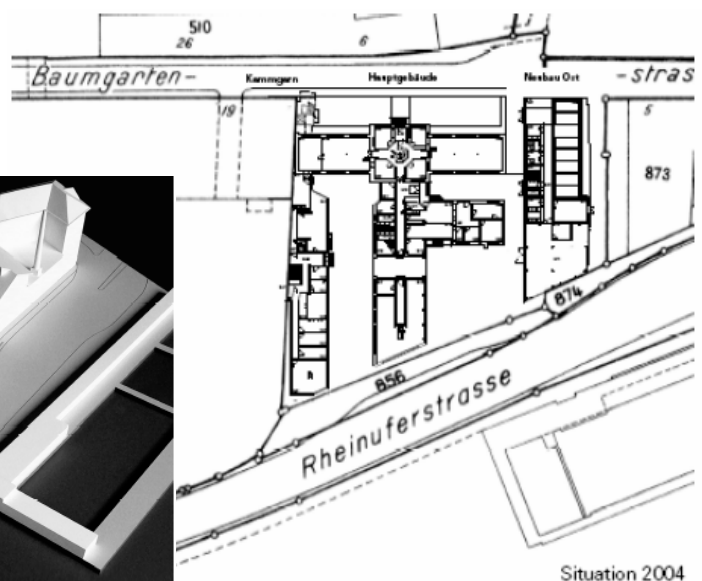
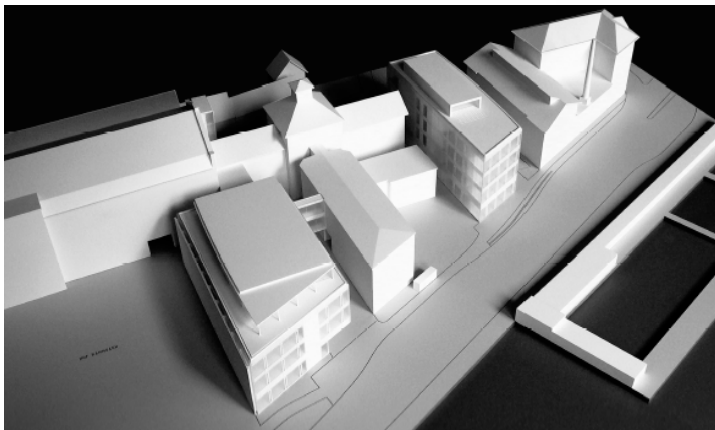
Kennwerte : Stand 2001			IST-Zustand	Neubau	TOTAL
Bruttogeschossfläche	m ²		4865	2350	7215
Wärme	- Leistung	kW	450	150	600
	- Nutzung	MWh/a	740	160	900
Kälte	- Leistung	kW	250	150	400
Elektro Gesamtareal	- Leistung	kW	240	120	350
	- Energie	MWh/a	850	350	1200

Zukünftiger Kältebedarf: Stand 2003

Baukörper		HEUTE	NEUBAU Ost	TOTAL
Fläche EBF	m ²	4865	3130	7995
davon zukünftig gekühlt	m ²	4000	3000	7000
spezieller Wert	W/m ²	60	50 + 33	
Leistung	kW	240	250	490
Leistungsbedarf	kW			550

Zukünftiger Wärmeleistungsbedarf: Stand 2003

Fläche EBF	m ²	4865	3130	7995
Spezieller Wert	W/m ²	55	29	
Leistung Bedarf	kW	270	90	360
Zuschlag Lufterhitzer/Diverses	kW	110	130	240
Leistungsbedarf	kW			600





2.1.2 Beschrieb des Kanal-Wärmetauschers

Für den Wärmeentzug ist im Frühling 2004 in der Kanalisationssohle ein Wärmetauscher aus Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl bündig zur Sohlenkote eingebaut worden, damit erfolgt auch bei Niederwasser ein freier Wärmeübergang vom Kanalwasser auf den Tauscher.

Kanal-Wärmetauscher Fabrikat KASAG , Material 1.4571 gebeizt

Betriebsdruck 3 bar, Prüfdruck 4 bar, Betriebstemperatur 2-60°C

Länge 60 m, Fläche 42m², aufgeteilt in 5 Gruppen à 4 Elemente in Serie

Element-Abmessungen 2.95 x 0.73 m, Inhalt 11 lt, Druckerlust ca. 0.2 bar

Verrohrung Vor-/Rücklauf der Gruppen parallel mit PE-Rohre DN 125x7 mm

Distanz Kältemaschine bis anfangs Kanal-Wärmetauscher 105 m

Wärmeentzugsleistung

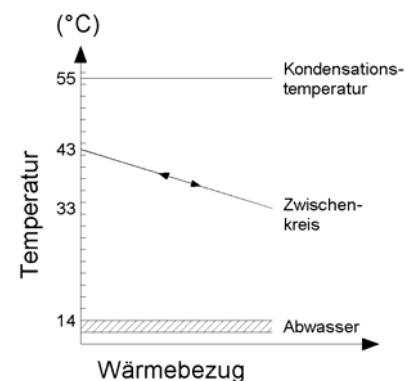
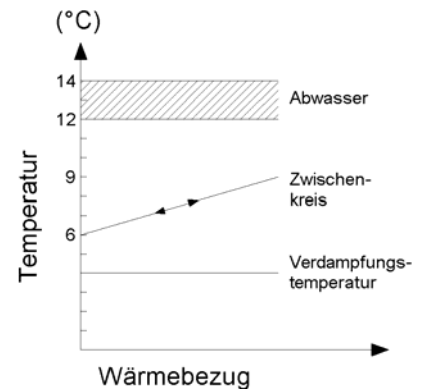
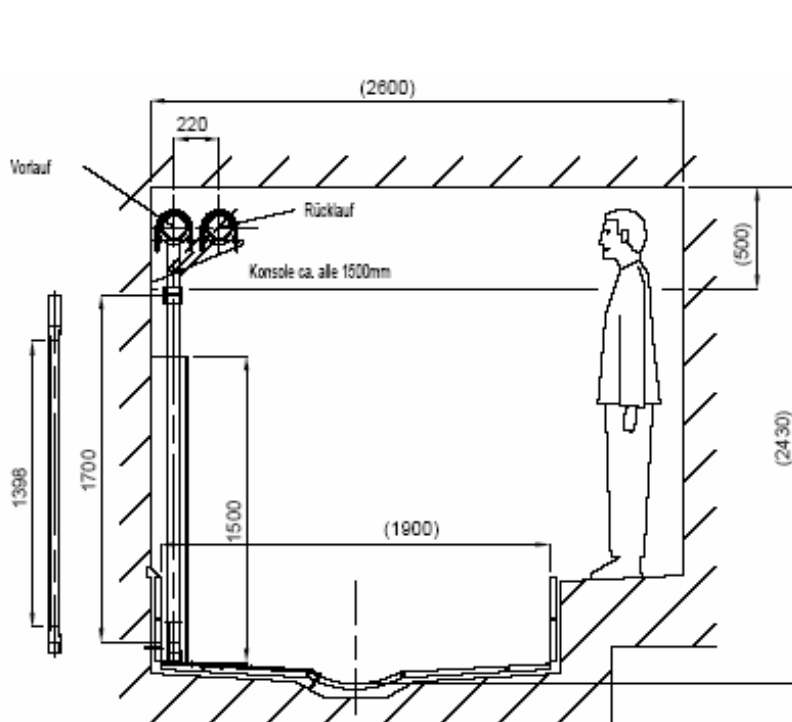
Spezielle Leistung 500 – 670 W/m² bei 3-4 Kelvin Vor- Rücklauf-Temperaturdifferenz, ergibt eine Wärmetauscherleistung von 2 kW/m² für den vorliegenden Fall, bei 12-14°C Abwasser-Temperatur und 6°C Vorlauf-Temperatur des Zwischenkreislaufes

Es werden folgende Leistungen ab der 42m² Wärmetauscher-Fläche erwartet:

bei Schmutzwassertemperatur 12- 14°C und 300 lt/s

- Wärmebezug aus Kanal: bei 6/9°C ca. 80 – 100kW bei 12-17 m³/h Durchfluss Zwischenkreis

- Wärmeabgabe an Kanal bei 43/33°C ca. 250 – 300kW bei 12-17 m³/h Durchfluss Zwischenkreis



Die Verrohrung der Wärmetauscher-Elemente erfolgt mit PE-Rohren geschweisst / gesteckt, inkl. nötige Kompensatoren für Rohrausdehnungen, V4A-Auflager für Rohre und Fixpunkte / Pendelaufhängungen, total 80 m für Vorlauf und 80 m für Rücklauf. Die Anbindung ans Areal IWC erfolgt via Pressrohr von 10 m Länge mit Durchmesser 300 mm ab Pressgrube direkt in den Schmutzwasserkanal. Im Areal IWC sind erdverlegte PE-Rohre in offenem Graben verlegt, bis zur Technikzentrale, total 60 m für Vor- und Rücklauf.

Der sekundäre Kreislauf wird mit der Wärmepumpe verbunden. Über den Kältemittelkreislauf wird ein höheres Temperaturniveau erzeugt, das zu Heizwecken genutzt werden kann. – Das gleiche gilt auch für die Wärmeabgabe von Kältemaschinen, wenn die Kondensatorwärme im Sommer abgegeben wird und somit Nutzkälte erzeugt wird.

Zwischenkreislauf auf Kanal-Wärmetauscher

für Rückkühlung bei Kältebetrieb via Plattenwärmetauscher mit 450 kW	
48 / 36 °C mit 17 m3/h	Pumpe 2 kW
für Wärmebezug bei Wärmepumpe direkt mit Kaltwasser mit	80 kW
6 / 9 °C mit 23 m3/h	Pumpe 1.97 kW

2.1.3 Kältemaschine

Als Kältemaschine wurde im Herbst / Winter 2003 /2004 eine Standard-Kältemaschine eingesetzt, mit maschineninterner Kaltwasser-Vorlauftemperatur-Regelung und Kondensator-Regelung auf Freondruck wirkend für Betrieb auf höherem Temperatur-Niveau

Fabrikat TRANE Typ RTWB212

Kälteleistung	325 kW	am Verdampfer (bei Kältemaschinen-Betrieb)
bei Verdampfer	6/14°C	
bei Kondensator	44/38°C	Kondensatorleistung 427kW
mit El. Leistung	99.7kW	255/279 A
COP-Ziffer Kältemaschine	3.26	
2 Kälte-Kreise R134a à 60 kg, Schraubenverdichter, stufenlose Leistungsregelung von 16 – 100 %, Schalldruckpegel 81 dBA in 1m		
Umwälzpumpen	Verdampfer	1.07 kW 35 m3/h
	Kondensator	1.10 kW 50 m3/h

Betrieb als Wärmepumpe: hohe Kondensator-Temperatur für „Heiz-Betrieb“

mit Vollast : max.	6/12.2°C	Verdampferleistung	242kW
	60/54.6°C	Kondensatorleistung	370kW
		Leistungsziffer bei Wärmepumpe	2.89
mit Teillaststufe	Verdampferleistung	165 kW	
	Kondensatorleistung	250 kW	
	Leistungsziffer bei Wärmepumpe	2.94	
	Elektro-Leistung	87 kW	

2.1.4 Heizkessel

Die Sanierung der Wärmeerzeugung ist im Sommer 2002 erfolgt:

- Kessel - modulierendem Gaskessel 450 kW (8 - 100%)
- 2-stufigem Oelkessel 325 Kw (55 / 100%)
- neue Regelungen auf bestehende Heizgruppen
- Einbindung Abwärmenutzung Druckluftkompressoren

Spezielles bezüglich Erdgas

- gemäss Wärmelieferungsvertrag : sogenannter „Teilabschalt-Tarif“
- die Umschaltung auf Heizöl erfolgt via Netzkommando und verlangt eine Gas-Leistungsbegrenzung auf 200 kW



2.1.4 Technikzentrale



Die Technikzentrale ist im Mittelbau des Werkareals der IWC platziert und damit allseitig für alle Alt- und Neubauten optimal gelegen.

Die alte Heizzentrale wurde aufgeteilt in eine neue Heizzentrale mit den 2 Wärmeerzeugern und eine Kältezentrale für Kältemaschine, Wärmetauscher, Pufferspeicher und bestehende Druckluft- und Vakuum-Zentrale.

Wie für eine über 140 jährige Uhrenfabrik gegeben (sinngemäss zu einer Uhr), sind die Platzverhältnisse sehr eng und erforderten diverse Kunstgriffe.

Im Neubau Ost wurde für die Rückkühlung und für direkte Kühlung eine Grundwasser-Fassung erstellt.

In Folge der engen Platzverhältnisse mussten vorläufig auf effiziente Speicheranlagen von Kälte (ab Verdampfer) und auch von Wärme (ab Kondensator) verzichtet werden. Dies in Kenntnis von weiteren Neubauten, wo Speicheranlagen vorgesehen sind

2.2 Anlagebeschrieb

HEIZUNG

Die bestehenden 2 Heizkessel mit Gas-/ Oel-Brenner und Rauchrohre wurden demontiert, ebenso die gesamte Verrohrung der Kessel bis Verteiler.

Weiter verwendet werden Oeltank, Kamine, Expansion, Gaswarnanlage und der Heizverteiler mit Armaturen und Regelventilen.

Die neue Wärmeerzeugung besteht aus einem kondensierenden, vollmodulierenden Gaskessel mit direkter Ansteuerung ab Regelung und einem zweistufigen Oelbrenner. Am Verteiler wurden neue, drehzahlregulierte Pumpen und Mengenmessventile eingebaut. Dezentral bei Verbrauchern werden nur kleine Anpassungen ausgeführt. Die Rauchrohre werden auf die bestehenden Kaninzüge angeschlossen.

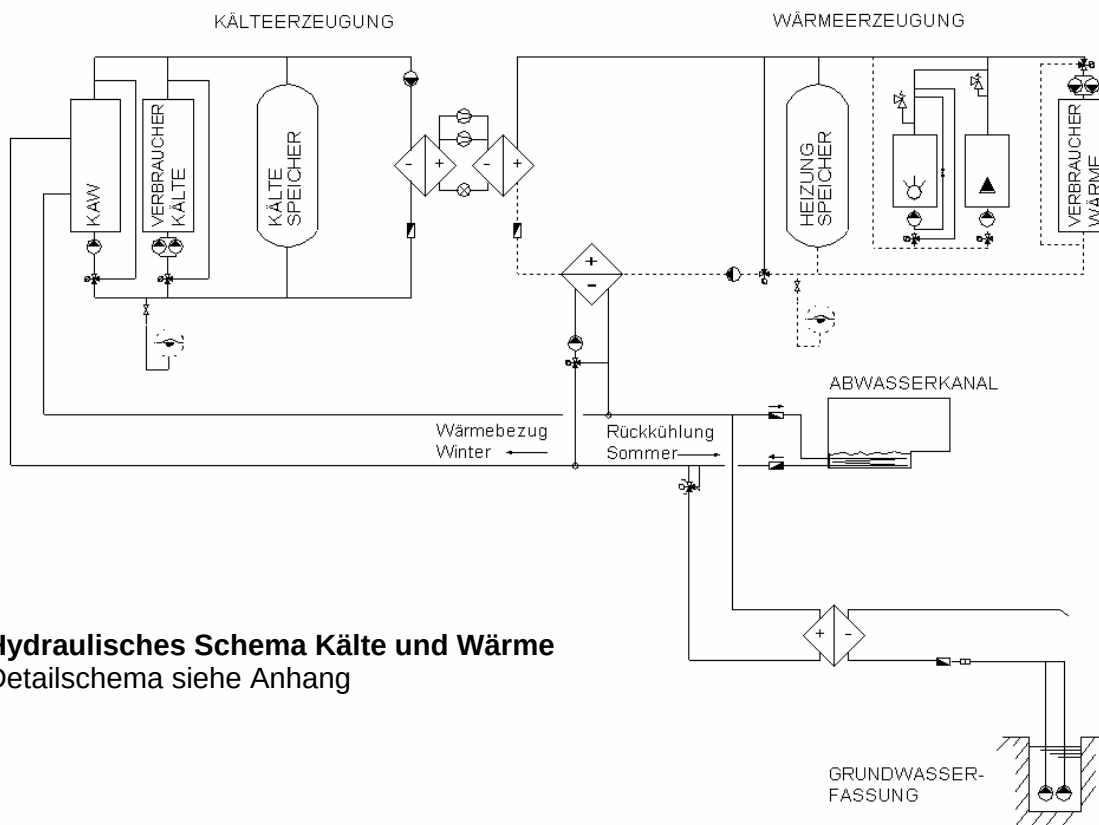
KÄLTE

Die Kältemaschine befindet sich im Vorraum der Heizzentrale, ebenso der Pufferspeicher zur hydraulischen Entkoppelung von Kälteproduktion und Kälteverteilung auf die Verbraucher der Uhrenfabrik.

Auf der Wärmeseite ist der Kondensator in Serie mit dem Wärmetauscher für den Zwischenkreislauf verbunden, für den Heizbetrieb erfolgt die Wärmeabgabe an einen Pufferspeicher. - Der Wärmetauscher dient zur Rückkühlung an die Kanalisation und bei grossem Wärmeanfall ans Grundwasser, dies hauptsächlich im SOMMER, d.h. bei Ueberschuss an Kondensator-Abwärme.

Auf der Kälteseite erlaubt eine Gruppenpumpe den Wärmebezug für die Wärmepumpe im WINTER aus dem Kanal-Wärmetauscher, d.h. bei Manko an Abwärme aus dem Kältebetrieb.

Ein Rohrnetz verbindet den Zwischenkreislauf für die Rückkühlung oder den Wärmebezug mit dem Kanal-Wärmetauscher. Dieser ist auf der Sohle der Kanalisation im Abwasserkanal der Stadt (im Rheinuferbereich) montiert.



Hydraulisches Schema Kälte und Wärme
 Detailschema siehe Anhang

2.3 Funktionsbeschreibung

2.3.1 Wärmeerzeugung

Die Wärmeerzeugung wird nach Wärmebedarf freigegeben. Falls die Luftheritzer im Sommer infolge Entfeuchterschaltung Wärme benötigen, arbeiten die entsprechenden Gruppenpumpen.

Prioritär arbeitet der modulierende Gaskessel auf konstante Vorlauftemperatur im Hauptverteiler. Als Folgekessel ergänzt der zweistufige Oelkessel nach Bedarf.

Bei Umschaltung, die das Gaswerk-Netzkommando übernimmt, wird die Gasleistung auf Teillast begrenzt und der Oelkessel übernimmt das Wärmemanko auch.

2.3.2 Kälteerzeugung - Betriebskonzept

Die Kältemaschine ist freigegeben, falls 1 Kältegruppe Kälte benötigt und arbeitet auf den Pufferspeicher. Generell erfolgt der Betrieb kältegeführt, mit entsprechender höherer Kondensationstemperatur für die Abwärmenutzung

Die Kältemaschine arbeitet intern mit elektronischer Temperaturregelung auf konstante Kaltwasser-Austrittstemperatur von 6°C, mittels Leistungsregulierung entsprechend der Tempertur-Abweichung, jeweils mit konstanten Wassermengen am Verdampfer und Kondensator.

Bei Betrieb als WP-Wärmepumpe ist die Kondensatorleistung auf halbe Leistung begrenzt

- via Stufenvorwahl der Kältemaschine auf eine Stufe
- via tiefere Kaltwasser-Eintrittstemperatur am Verdampfer
- via Kondensator-Temperatur auf konstanten Freondruck

Die Verdampfer – Eintrittsregelung arbeitet bei Kältemaschinen-Betrieb auf 14°C Kaltwasser-Temperatur, bei Wärmepumpen-Betrieb auf ca. 10°C Kaltewasser-Temperatur (ergibt stufenlosen Teillastbetrieb der Kältemaschine)

Die Kondensator – Regelung arbeitet auf konstanten Freondruck, entsprechend bei Kältemaschinen-Betrieb auf mind. 25°C bei Rückkühlung, respt. 60°C bei Heizbetrieb und wirkt auf das Regelventil im Heizkreis und das Regelventil im Kondensatorabwärmekreis. Zusätzlich wird die Heizwasser-Rücklauftemperatur mit max. 50-54°C überwacht.

Betriebs-Kriterien Wärmepumpen-Betrieb:

- nach Wärmeanforderungen Wärmebezüger und Speicher
- nach Kriterien Heizgrenzen (Aussentemperatur unter 20°C und über 2... -5°C)
- nach Begrenzung der Rücklauftemperatur Heizung
- nach Kälteanforderung Kältespeicher

Die Rückkühlung ans Grundwasser arbeitet nur bei Mankoleistung der Kanalabwärme mit konstant ca. 33°C, wirkend auf diverse Regelkreis und Freigabe und Betrieb der Grundwasser-Mengenregulierung

Die Energiedaten-Erfassung erfolgt via Leitsystem auf die Zentrale Leitwarte beim technischem Dienst der IWC und via Modem zu E+H ING.

erfasst sind alle Betriebsstunden, Kältemaschinen-Stufen und Start
Wärmezähler nach dem Ultraschallprinzip Fabrikat SIEMENS, Typ ULTRAHEAT
mit allen Leistungs-,Energie- und Temperatur-Werten

Die Regel- und Steueranlage wurde durch Fa. SIEMENS Building Technologies AG realisiert.

3. Ergebnisse

3.1 Momentanmessungen

MOMENTANWERTE: Mittelwerte während Messdauer 2004 / 2005

Datum	Zeit Dauer	Leistungen in kW			Temperaturen °C		
		Verd.	Kond.	Kanal.-Wärme	Verd.	Kond.	Kanal

Wärmepumpe Übergangszeit Winter 8°C Aussentemperatur

20.4.05 10h 79 114 74 9/7 53/55 7/12
Teillastbetrieb Wärmepumpe mit Kanal-Wärmebezug (Kanal 10°C),
Betrieb mit 1 Kompressor, Leistungszahl 3.2; Manko-Deckung mit
Gaskessel 12% (= ca. 54kW);

Wärmepumpe Übergangszeit – Frühjahr 16°C Aussentemperatur

9.-19.5.05 10d 150 230 -- 9/7 57/61 7/13
(Energie MWh 6.0 9.2 --)

Betrieb als Wärmepumpe mit Laufzeit Kompr. 1 48 und Kompr. 2 31h,
Leistungszahl 2.9, Kanalisation-Schmutzwasser 10°C, Manko-Deckung
mit Gaskessel mit 5.1MWh, d.h. Mittel 21kW

Kältemaschine Übergangszeit Sommer 20-23°C Aussentemperatur

4.8.05 10-15h 100 145 135 18/7 47/49 28/49
gesamte Kondensator-Wärme an Kanal-Wärmetauscher, Kältespeicher
schichtet infolge Teillast, Leistungszahl 3.2

Kältemaschine Hochsommer –Mittel

27.6-28.7.05 38d 167 241 240 11/7 41/45 24/43
(Energie MWh 41.7 60.2 60) 11/7 42/46 27/45

gesamte Kondensator-Wärme geht an Kanal-Wärmetauscher,
Leistungszahl 3.3, mittlere Laufzeit Kompr.1 263 Std.
Kompr.2 237 Std.

Kältemaschine Hochsommertag 33,2°C Aussentemperatur 30%rF

28.7.05 13-17h 160 215 221 11/7 41/46 26/44

gesamte Kondensator-Wärme wird an Kanal-Wärmetauscher abgeführt,
Kältemaschine Kompr. 1+2 laufen im Dauerbetrieb mit 49% Last,
Leistungszahl 3.9

Temperatur des Schmutzwassers kann nicht gemessen werden, gemäss Tiefbauamt
ist nur die Temperatur an Auslauf der ARA messbar, im Sommer 15 -19°C, im Winter
10 - 12°C (nach dem Klärbecken)

Vergleich der Momentanmessungen mit Planungswerten

	Leistung kW	Vorlauf °C	Rücklauf °C	Zwischenkreis m³/h
<u>Wärmebezug aus Kanal-Wärmetauscher:</u> WÄRMEGEWINN für Wärmepumpe				
Prognose Planung	80	6	9	22.8
Spitze 20.4.05	77	6.8	12.1	12.5
		7.6	12.1	14.5
<u>Wärmeabgabe an Kanal-Wärmetauscher:</u> RÜCKKÜHLUNG der Kältemaschine				
Prognose Planung	260	46	27-33	12-17
Spitze 23.8.05	279	45	28	14.5

3.2 Energetische AuswertungenENERGETISCHE AUSWERTUNG: Mittelwerte über Betriebsjahre 2004 / 05

Zeitlicher Ablauf des Betriebes und Messungen

Inbetriebnahme	Kältemaschine/Umfeld ab	2.9.04
2.9.04-4.4.05	Anlagetest, Anpassung Technik	
Winter 2005	Fertigstellung, Neubau Ost	
März – Mai 05	Bezug + Inbetriebnahmen Ost	
4.4.05-19.5.05	Betrieb als WÄRMEPUMPE	
ab 19.5.05	Betrieb als KÄLTEMASCHINE bis	5.9.05
bis 31.10.05	Bivalenter Betrieb der Kältemaschine mit Wärmenutzung	

Messperiode	Kanal.WT in MWh Bezug	Abgabe	Kältemasch.MWh Verd.	Kond.	Leistungsziffer E	E+P	Deckungsgrad WP / KM
-------------	--------------------------	--------	-------------------------	-------	----------------------	-----	-------------------------

Wärmebezug aus Kanal-Wärmetauscher: Betrieb als Wärmepumpe

2.9.04-4.4.05	14.0	0	14.7	21	3.3	2.2	3%
4.4.-24.5.05	13.0	0	13.9	21	3.0	2.6	21%

Bedingt durch Anlagetest und Verzögerung Neubau OST erfolgte im 1. Winter nur geringer Wärmepumpenbetrieb

Wärmeabgabe an Kanal-Wärmetauscher: Betrieb als Kältemaschine

24.5.-28.7.05	6.7	88.1	64.5	93.8	3.2	3.0	100 % an Kanal
28.7.-5.9.05	0	92.1	67.5	100.5	3.0	2.9	100 % an Kanal

Die gesamte Abwärme der Kältemaschine konnte problemlos an den Kanal-Wärmetauscher abgeführt werden.

Betrieb als Kältemaschine und als Wärmepumpe (kühlen und heizen gleichzeitig) Deckungsgrad

5.9.-31.10.05	3.00	48.3	54.8	85.6	2.8	2.6	55%_durch KM/WP
---------------	------	------	------	------	-----	-----	-----------------

Die nötige Heizwärme konnte während dieser Uebergangszeit mit einem Deckungsgrad von 55% gedeckt werden.

3.3 Betriebserfahrungen

3.3.1 Montage Kanal-Wärmetauscher

Die Bauphase im Frühling 2004 erforderte hohe Sicherheitsanforderungen für die Arbeiten im Schmutzwasserkanal, weil infolge der sehr grossen Wassermengen eine Verlegung des Schmutzwasserkanals noch Abpumpen des Schmutzwassers möglich war. Mit der Lösung der Umleitung über den nebenliegenden Gehweg mit Stau- und Ueberlauf von 1m konnte bei normaler Entwässerungsmenge sicher gearbeitet werden, jedoch musste bei grösseren Schmutzwassermengen die Arbeitsstelle geräumt, infolge Überflutung des Kanals und bei Wiederaufnahme mussten zuerst die Arbeitsflächen wieder gereinigt werden.

3.3.2 Kontrolle Kanal-Wärmetauscher

Nach einjährigem Anlagebetrieb erfolgte am 26.8.05 die Nachkontrolle der Wärmetauscheranlage mit zugehörigen Anschlüssen im Schmutzwasserkanal und der Verrohrungen (Kompensatoren, Befestigungen, Entlüftungen).

Wärmetauscher V4A im Schmutzwasser

- sind relativ sauber, keine Ablagerungen von Fäkalien, nur dünner Film
- V4A-Platten sind sehr glatt/glitschig
- Anschlussrohre auf Wärmetauscher sind in Ordnung

Verrohrung PE an Kanaldecke

- keine mechanischen Beschädigungen (durch Hochwasser etc.)
- Befestigungen/Schrauben/Verkleidungen aus V4A sind in Ordnung
- Rohrmaterial PE ist in Ordnung
- einzig Entlüftungshahn – Ketterli ist korrodiert

Feststellungen

beziehen sich hauptsächlich auf hinteres = warmes Rohr

- einzelne Kompensatoren sind ungleichmässig belastet, weil Rohre verbogen
- einzelne Fixpunkte sind ausgewichen, weil zu schwach konstruiert
- einzelne Rohre sind verbogen von Rohrausdehnung: ca. 3-8cm
- bei scharfkantigen Auflagen sind Rohre 3-8cm eingedrückt (Abrundung oder Tragschale fehlt)
- bei einer Abhängung im Dehnungsschenkel ist eine Befestigung gelöst

Im Rahmen des Werkvertrages zwischen Fa. KASAG und IWC werden die nötigen Nachbesserungsarbeiten in Garantie erbracht, dies erfolgte am 26.10.05.

Bezüglich Korrosionen haben sich einzig PE und V4A bewährt.

- verzinkte Flanschschrauben korrodieren
- das Futterrohr für die Strassenquerung aus St 37 ist massiv korrodiert

3.3.3 Betrieb Kanal-Wärmetauscher

Bedingt durch wechselnden Betrieb des Kanal-Wärmetauschers mussten 2 Wärmezähler eingebaut werden, weil die selektive Erfassung von Wärmebezug und Wärmeabgabe mit nur einem Wärmezähler nicht möglich war.

Die geplanten 6°C Vorlauftemperaturen wurden in der Praxis mit der Regelabweichung von 1.5 K erreicht, entsprechend Regelverhaltung von Kältemaschine / Pufferspeicher und Leitungsverluste.

Die erwartete und geplante Wärmetauscherleistung im Wärmebezug wird vorläufig knapp erreicht. Der Hauptgrund liegt in der knappen Wassermenge (16 anstelle 20 m³/h), weil die eingebaute Pumpe nicht mehr verstärkt werden konnte, als die zusätzlichen Rohrausdehnungskompensatoren und der 2. Wärmezähler eingebaut wurden, ebenso ist der Druckverlust der V4A-Tauscherplatten etwas höher als geplant.

3.3.4 Anlagebetrieb

Als KÄLTEMASCHINE

Die Rückkühlung der Kondensationswärme aufs Heizwassernetz und via Plattenwärmetauscher auf den Kanal-Wärmetauscher hat sich bewährt und erlaubte einen störungsfreien Betrieb zwischen Mai und August 2005 .

Bedingt durch die maximale Ausnutzung des Kanalwärmetauschers, ohne Leistungsbegrenzung der Wärmeabgabe, besteht die Gefahr der übermassigen Temperatur-Belastung des Leitungsnetzes in Schmutzwasserkanal durch Wärmeausdehnung.

Als WÄRMEPUMPE

Die Wärmenutzung aus der Kanalisation als Wärmequelle auf der Verdampferseite hat sich bewährt.

Der Betrieb des Kanalwärmetauschers erbringt die geplanten Leistungen, eine Leistungserhöhung ist noch möglich.

Der Betrieb der Kältemaschine als Wärmepumpe in Altbausystem ist bekanntermassen sehr empfindlich bezüglich zu hohen Rücklauftemperaturen. Dies hat sich hier wieder bestätigt, weil keine Massnahmen zur Tiefhaltung der Rücklauftemperatur der einzelnen Altbaugruppen möglich war. Mit dem geplanten Neubau West (anstelle Altbau West) und infolge Umbau Vorderbau / Hauptbau (für das Uhrenmuseum) waren vorläufig keine Massnahmen möglich. Zusätzlich erschwerend ist die provisorische Einbindung der Druckluft-Kompressorenabwärme und Probleme mit der Einbindung der Expansionsanlage.

ALLGEMEINES

Bedingt durch sehr enge Platzverhältnisse in der Kälte- und Heizzentrale ist die Hydraulik unübersichtlich, gewisse Abzweige und Fühler sind nur suboptimal platziert (Fehlen von Platz für statische Mischer) und die sehr vielen regeltechnischen Verknüpfungen sind schwierig, ebenso die Schnittstellen zwischen Planung, ausführendem Unternehmer und der Regelfirma je mit vielen Sachbearbeitern auf der Ausführung (Projektleiter, Sachbearbeiter resp. Monteur, Inbetriebnahmepersonal, Servicepersonal).

Mit dem eingesetzten Regelfabrikat ist eine vollständige Dialogführung über SPS-Bedienmenu (am Schaltschrank oder am PC der Leitwarte) realisiert. Dies hat sich bewährt für den automatischen Betrieb, ebenso auch für Anpassungen vor Ort durch den MSR-Servicetechniker oder via TT-Modem durch die Regelfirma. Damit sind aber einfache Eingriffe vor Ort durch den Anlagebauer leider nicht mehr möglich, ebenso weil auch auf Anlagebetriebsschalter auf der Schaltschrankfront verzichtet wurde.

3.4 Mögliche Verbesserungen

3.4.1 Kanal-Wärmetauscher

ANLAGESEITE

Eine Leistungserhöhung für den Wärmebezug aus dem Kanal-Wärmetauscher (Betrieb als Wärmepumpe) um 20% auf gegen 100kW scheint möglich mit Vergrösserung der Umwälzwassermengen und ähnlich optimalen, d.h. hohen Schmutzwassertemperaturen von 12-14°C und kalten Vorlauf von 7°C.

IST-Wert Mittel	16 m ³ /h	77 kW	Temperatur 7 auf 11.1 °C dies. ergibt eine spezielle Leistung von 447 W/m ² K
PLAN-Wert	20 m ³ /h	80kW	Temperatur 6 auf 9°C dies ergibt eine spezielle Leistung von 635 W/m ² K
ZIEL-Wert	20m ³ /h	100 kW	Temperatur 7 auf 11.4 °C dies ergibt eine spezielle Leistung von 540 W/m ² K

Zur Erreichung des ZIEL-Wertes müsste die Umwälzpumpe vergrössert werden. Mit dem Pumpenlieferanten erfolgten diverse Messungen, welche aber derart widersprüchlich waren, dass vorläufig keine andere Pumpe empfohlen werden konnte.

Eine Leistungserhöhung für die Wärmeabgabe im Zwischenkreislauf (Betrieb als Kältemaschine) scheint möglich durch Erhöhung der Wassermengen über den Kanal-Wärmetauscher, indem regelseitig die Ansteuerung des Regelventiles auf den Rückkühl-Wärmetauscher optimiert wird, dies unter Berücksichtigung des Freondruck-Regelkreis und zugehörigem Regelventil.

Zur Begrenzung der Materialbeanspruchung im Rohrnetz und des Kanal-Wärmetauscher muss die obere Wärmeabgabetemperatur von 45 °C (bei Normalbetrieb 43/33°C, Temperatur max <60°C gemäss Lieferant) begrenzt werden, damit muss die Restwärme vermehrt ans Grundwasser abgeführt werden.

ALLGEMEIN

Die Wärmeabgabeleistungen, könnten in anderen Anlagen noch weiter gesteigert werden, jedoch müssten Verrohrung und Befestigungen der Rohre, Abgänge etc. entsprechend konzipiert werden. Die Serieschaltung der V4A-Wärmetauscher müsste ebenfalls bezüglich Ausdehnung speziell ausgeführt werden. - Zusätzlich müssten die Wärmetauscherplatten und deren Anschlüsse auf geringere Druckverluste konstruiert und auch die Werte gemessen werden, die rechnerische Abschätzung genügt bei derart speziellen Konstruktionen nicht.

Resumée : Zu empfehlen sind grössere Wassermengen, damit ergeben sich kleinere Temperatur-Differenzen, aber höhere Kosten
 Zu empfehlen sind geringere Druckverluste der Wärmetauscher , damit ergeben sich weniger elektrischen Energieaufwand
 Die Konstruktionen sind auf grössere Material-Ausdehnungen auslegen.

3.4.2 Kältemaschine

Um bessere Transparenz über den Betrieb als Kältemaschine oder Wärmepumpe zu erhalten, wären mehr Schnittstellen in die Prozesstechnik der Kältemaschine wertvoll :

- zB. Vorgabe oder Sperrung von 1 Kreis für Teillastbetrieb als Wärmepumpe
(jetzt erfolgt dies indirekt über Freondruck und Kaltwassereintrittstemperatur)
- zB. Rückmeldung der Betriebslast (wo läuft Maschine effektiv)
(jetzt ist nur gemeldet, welcher Kreis läuft)
- zB. Rückmeldung der Freondrücke, zum vorzeitigen Abschalten
(jetzt nur fixe Vorgabe auf Freondruck als Wärmepumpe oder Kältemaschine)

Dies würde eine kleine Anpassung der Standard-Maschine bedeuten.

Lieferbar ist heute eine Überwachungseinheit zur Aufzeichnung der Betriebsdaten der Kältemaschine (zB. aktuelle Temperaturen, Betriebsmodus, Stromaufnahme usw.) um allfällige Veränderungen festzustellen, mit Einbindung als Standardprotokoll BACnet zum Datenaustausch auf Leitwarte und per Modem zum externen Service, als Fernüberwachung. Dies ist mit dem Weiterausbau mit 2. Maschine nötig.

3.4.3 Anlagebetrieb

Als KÄLTEMASCHINE

Der Freondruck-Regelkreis Sollwert von 11.5 bar könnte bei Rückkühlbetrieb auf tieferen Wert optimiert werden, um die Leistungszahl zu verbessern. Dies ist möglich, zusammen mit der Kälte- und Regelfirma, siehe dazu auch Pt. 3.4.1 bez. Kanal-Wärmetauscher.

Für die Betriebsfälle mit stetig kleinen Wärmebezug (zB. für den Lüftungsnachwärmer bei Entfeuchtungsbetrieb im Sommer) müssten das Regime geändert werden, was heikel und anspruchsvoll ist gemäss Regelfirma.

Als WÄRMEPUMPE

Der nächste Winter wird weitere Erkenntnisse bringen. - Der Betrieb ist zu optimieren mit grösseren Wärmespeichern und tieferen Rücklauftemperaturen auf den Kondensator. Dies ist geplant mit dem Neubau West.

Als KÄLTEMASCHINE - WÄRMEPUMPE

Der bivalente Betrieb ist zu optimieren bezüglich Priorität Wärmeabfuhr an den Kanal-Wärmetauscher oder Wärmebezug aus dem Kanal-Wärmetauscher. Mit dem jetzigen Regime liegt die Priorität nur auf der Wärmeabgabe, weil die Uhrenfabrik zwingend Kälte benötigt und dies nur mit der Kältemaschine erfolgen kann, dagegen kann die Wärme auch über die Kessel geliefert werden.

Für die Betriebsfälle mit stetig kleinen Kältebezug müsste das Regime geändert werden, was anspruchsvoll und ohne grosse Wärmespeicher (für zyklischen Ladebetrieb auf den Kältespeicher oder Wärmespeicher) nicht machbar ist. Grössere Speicher sind geplant.

<u>ÜBERSICHT für Betriebsfall als</u>	<u>Kältemaschine/Freigabe</u>	<u>Wärmepumpe</u>	<u>Kanal-WT</u>
IST = Kältebedarf 6°C	tiefe Kond.temp./100%		Abgabe
SOLL = Kälte + <u>wenig Wärme</u>	tiefe Kond.temp./100%	<u>Nutzwärme 40°C</u>	Abgabe
IST = Wärme als RL-Anhebung	hohe Kond.temp./50%	Nutzwärme 58°C	Bezug
IST = Kälte + Wärme	hohe Kond.temp./100%	Nutzwärme 58°C	Abgabe
SOLL = <u>wenig Kälte</u> + Wärme	hohe Kond.temp./ <u>50%</u>	Nutzwärme 58°C	<u>Bezug</u>

Die unterstrichenen Funktionen sind die neuen Anforderungen und müssen geprüft werden. Dies ist geplant mit dem Neubau West.

4. Wirtschaftliche Daten

4.1 Investitionen Wärme

WÄRMEERZEUGUNG gem. Baukostenabrechnung vom März 2003

BKP

242	Heizungsinstallation (ohne Wärmepumpe davon Heizkessel + Brenner mit 775 kW	200'000.- 71'000.-	
244	Zentralenlüftung	4'000.-	
249	Bauliches und Brandschutz	20'000.-	
230	Elektro-Installation	24'000.-	
290	Honorare : Studien, HLKS-Ing, El.-Ing.	119'000.-	
596	Nebenkosten : Spesen	<u>3'000.-</u>	
	Gesamtkosten inkl. MWSt 7.6 %		Fr. 370'000.-
	Spezifische Kosten pro installierte kW-Wärmeleistung		Fr. 477.-/ kW

4.2 Unterhaltskosten Wärme

Bisher wurden nur die Energiekosten aufwendet und der normale Brennerservice.
Zusätzlicher Unterhalts-, Wartungs- und Bedienungsaufwand war bisher nicht nötig.

Service-Abonnement Kessel und vollmodulierendem Gasbrenner 450 kW

Für die gewählte Anlage beträgt das Angebot für die jährlichen Servicekosten .:

A) Wartungsservice (ohne Ersatzmaterial)	Fr./a	1133.-
B) Vollservice inkl. Störungsbehebung und Materialersatz/Messtechnik	Fr./a	1529.-

Service-Abonnement Kessel und 2stufigem Oelbrenner 450 kW

Für die gewählte Anlage beträgt das Angebot für die jährlichen Servicekosten .:

A) Wartungsservice (ohne Ersatzmaterial)	Fr./a	1020.-
B) Vollservice inkl. Störungsbehebung und Materialersatz/Messtechnik	Fr./a	1428.-

4.1 Investitionen Wärme Kälte

KÄLTEERZEUGUNG gem. Baukostenabrechnung vom Nov. 2004

BKP

546	Kälteinstallation davon Kältemaschine mit 324 kW-Kälte	230'000.- 75'000.-	
547.1	Erdverlegte Verrohrung ab Zentrale bis Kanal	16'000.-	
547.2	Kanal-Wärmetauscher umfassend V4A-Tauscher und Verrohrung im Kanal	180'000.-	
547.3	Kanal-Umleitung des Schmutzwassers	45'000.-	
547.4	Pressvortrieb für Strassenquerung – Anteil	12'000.-	
530	Elektro-Installation	33'000.-	
550	Sanitäre Installation	7'000.-	
590	Honorare :HLKS-Ingenieur, Bau-Ingenieur	91'000.-	
596	Nebenkosten : Spesen	<u>3'000.-</u>	
	Gesamtkosten inkl. MWSt 7.6 %		Fr. 617'000.-
	Spezifische Kosten pro installierte kW-Kälteleistung		Fr. 1'904.-/ kW

4.2 Unterhaltskosten Kälte

Bisher wurden nur Energiekosten aufgewendet.

Zusätzlicher Unterhalts-, Wartungs- und Bedienungsaufwand war bisher nicht nötig.

Der 1. Maschinenservice und Anlagecheck mit HLKS-Service und MSR-Techniker ist empfohlen und erfolgt im Herbst 2005. Diese Arbeiten sollen zusammen mit dem Technischen Dienst der IWC und dem HLKS-Ingenieur erfolgen. Damit kann auch das Betriebspersonal zusätzlich geschult werden und mögliche Optimierungsmassnahmen besprochen / geklärt und evt. direkt durchgeführt werden.

Service-Abonnement Kältemaschine

Für die gewählte Anlage beträgt das Angebot für die jährlichen Servicekosten .:

A) Wartungsservice (ohne Ersatzmaterial)	Fr./a	2024.-
B) Vollsservice inkl. Störungsbehebung und Materialersatz/Messtechnik	zusätzlich Fr./a	5071.-

Unterhaltskosten des Kanal.Wärmetauschers

Unterhalts- und Wartungskosten gehen zu Lasten IWC , im 1. Jahr keine.

4.3 Gebühren

Gemäss Vereinbarung der Einwohnergemeinde Schaffhausen mit der IWC :

- Gebühr für die Ausstellung der Vereinbarung, einmalig	Fr.	100.-
- Entschädigung für die Errichtung der Abwasserwärmenutzungs-Anlage in den öffentlichen Grundstücken mit Indexierung gem. Landesindex der Konsumentenpreise	Fr./a	500.-

5. Schlussbetrachtungen

5.1 Generelle Beurteilung des Konzeptes

Eine erste Inbetriebnahme im Frühsommer 2004 hat das Funktionieren der einzelnen Elemente von Kältemaschine und Kanal-Wärmetauscher gezeigt, ebenso dass gewisse Anpassungen nötig waren. Ab dem Herbst 2004 und Beginn der Heizperiode erfolgte der kombinierte Betrieb mit Kältemaschine als Wärmepumpe, der volle Einsatz erfolgte mit der Inbetriebnahme des Neubau Ost im Winter 2005.

Die Lehre daraus ist, dass spezielle, nicht alltägliche Anlagen einen erheblichen Zeitbedarf benötigen (Monate anstelle von Wochen) und alle Beteiligten stark gefordert sind.

Es hat sich klar gezeigt, dass im Schmutzwasserkanal ein sehr grosses und stabiles Wärmepotential liegt, das sowohl für Heizung als auch für Kühlung sehr gut genutzt werden kann.

Das Anlagekonzept mit Aufteilung auf nur 2 hydraulische Kreisläufe, nämlich Wärme 36°C bis 75°C und Kälte 6°C bis 10°C ist machbar und hat sich bewährt, ist aber ohne separaten Rückkühlkreis anspruchsvoll.

Mit den stark unterschiedlichen Bedarfsprofilen, d.h. im Sommer viel Kälte und wenig Wärme (für Raumklima) und im Winter viel Wärme und wenig Kälte (für Maschinen/Prozesse), benötigt das System grössere Wärmespeicher, um die Anlagen energie- und maschinen-optimal betreiben zu können.

Anspruchsvoll und energetisch aufwendig ist hier das relativ hohe Wärmeniveau für die denkmalgeschützten IWC-Altbauten (z.T. ehemalige Schwerkraftheizungen), als auch das stetig tiefe Kälteniveau für Maschinenkreisläufe (Prozesskälte).

Erschwerend sind hier die engen Platzverhältnisse, welche für Uhrmacher etwas alltägliches, aber für spezielle HLKS-Installationen aufwendig und unübersichtlich sind.

Generell kann gesagt werden, dass mit heutigem Wissenstand das Anlagekonzept und die Anlagenkomponenten sich bewährt haben. Störungen und Pannen sind ausgeblieben, die Lieferung von Wärme- und Kälteenergie konnte jederzeit sichergestellt werden. Mit der Optimierung der Regel- und Steuerungstechnik kann noch einiges verbessert werden.

5.2 Ausblick

In den nächsten 2 bis 3 Jahre werden regelmässig Daten über Leistungen, erbrachte Wärme- und Kältemengen, Temperaturen usw. erfasst und diese gesammelten Daten und Erfahrungen von Sommer- und Winterbetrieb werden laufend ausgewertet. Geplant ist eine wöchentliche Erfassung und monatliche Auswertung der wichtigsten Werte.

Mit dem Weiterausbau der 2. Kältemaschine und zusätzlichen Kälte- und Wärmespeichern, ebenso der separaten Bewirtschaftung der Rückkühlung werden sich der Anlagebetrieb weiter verbessern lassen und auch die Einsparungen an fossiler Energie erhöhen. Gleichzeitig kann auch die Redundanz der Systeme verbessert und die Betriebssicherheit erhöht werden.

BEILAGE 1

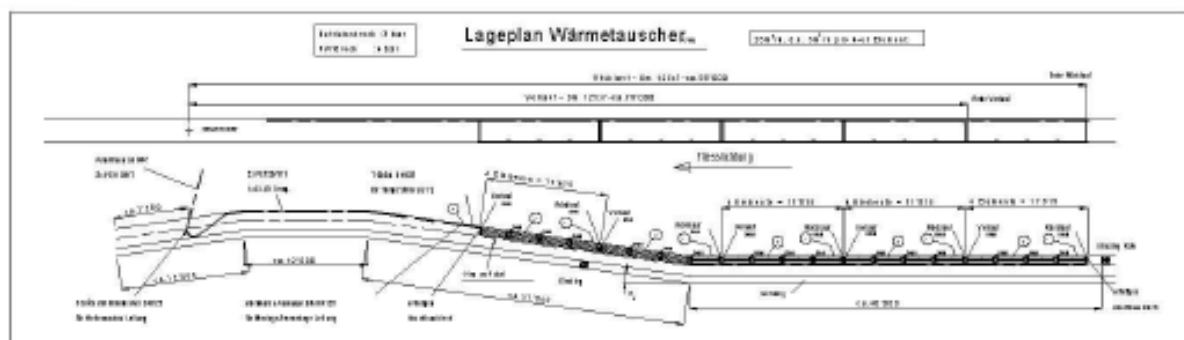
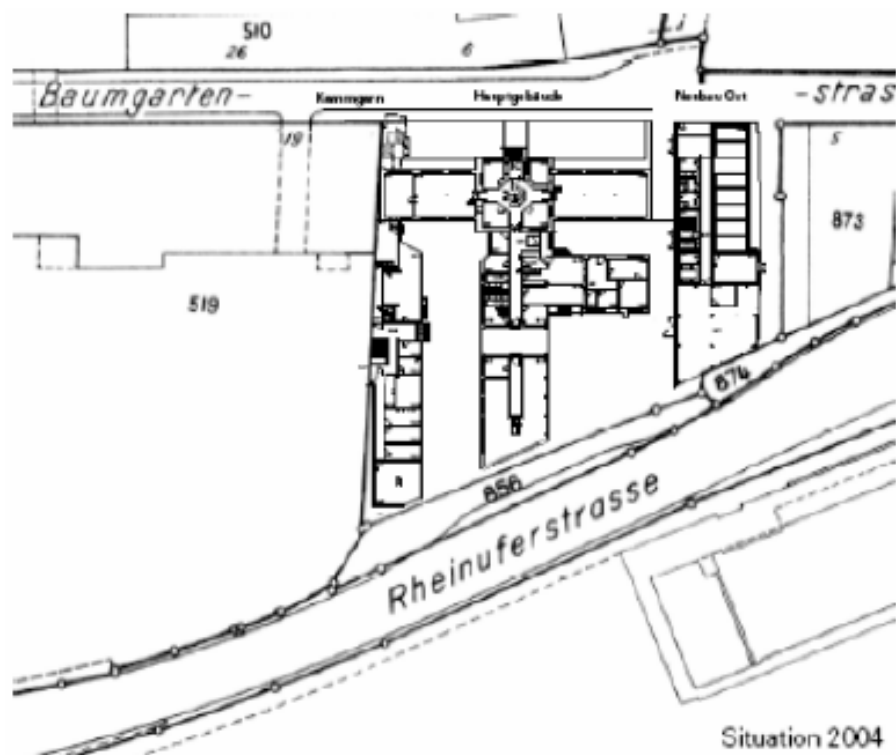


Gesamtansicht IWC Areal 2005

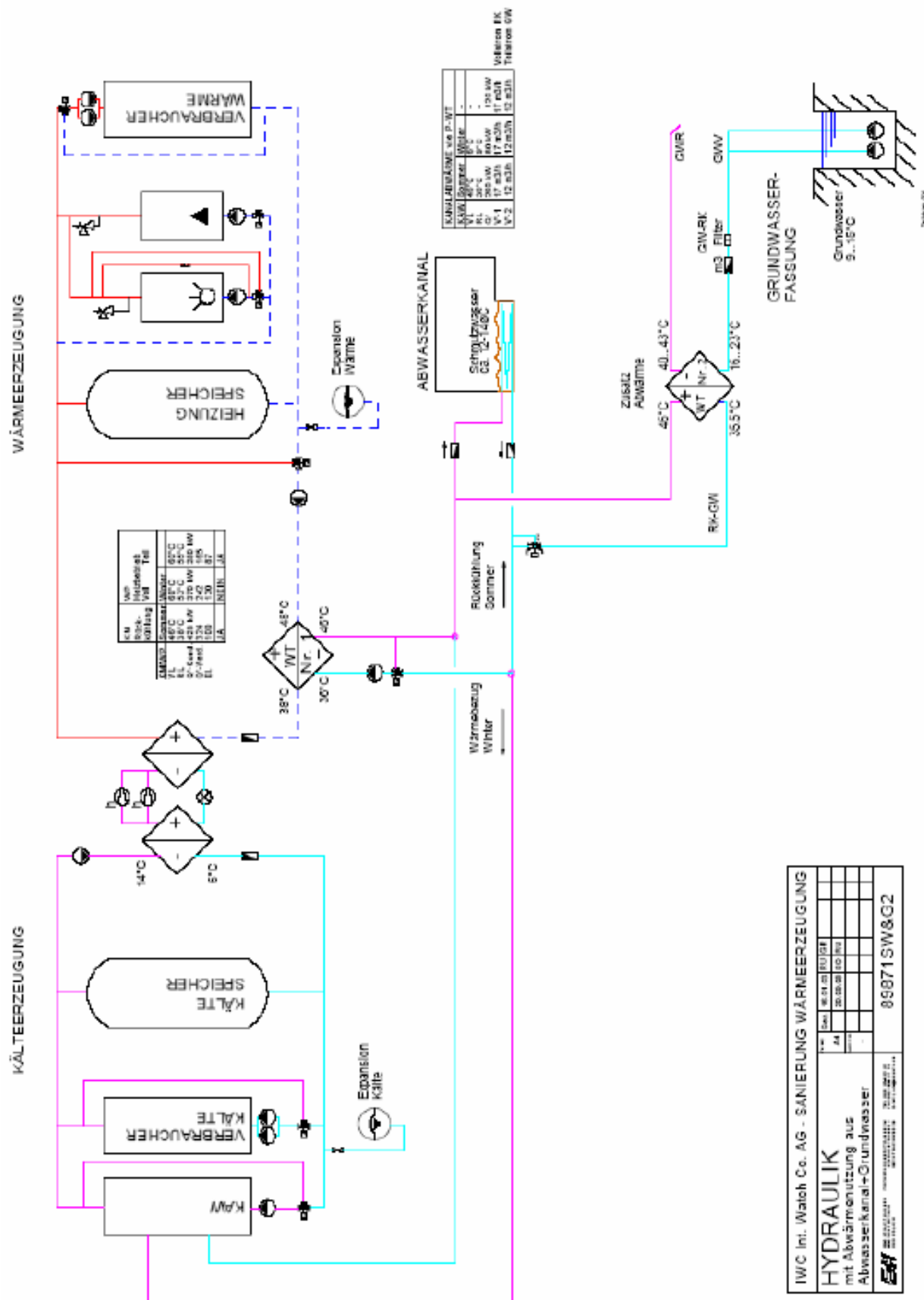


Bauphase Kanal-Wärmetauscher 2005

BEILAGE 2



BEILAGE 3



BEILAGE 4

