

Schlussbericht Dezember 2005

Nutzung von Abwasser-Wärme aus der ARA Uster mittels kalter Fernwärme

ausgearbeitet durch
Eugen Betscha
Elektrizitätswerke des Kantons Zürich
Dreikönigstrasse 18, 8022 Zürich

Ausgearbeitet durch:

Projektleiter: Francis Fuchs
058 359 52 44
francis.fuchs@ekz.ch

Autor: Eugen Betscha
058 359 53 69
eugen.betscha@ekz.ch

Contractor: Elektrizitätswerke des Kantons Zürich
Energie-Contracting
Dreikönigstrasse 18
8022 Zürich
058 359 53 53
contracting@ekz.ch
www.energiecontracting.ch

Inhaltsverzeichnis:

- 1. Einführung**
- 2. Baubeschrieb**
- 3. Daten der Wärmepumpen-Anlagen**
- 4. Erfahrungen während dem Bau**
- 5. Betriebserfahrungen im ersten Betriebsjahr**
- 6. Erstellungskosten aller Anlagen**
- 7. Fazit**

1. Einführung

Abwasserwärme vom Energie-Contractor

In der Stadt Uster werden drei Wohnsiedlungen mit Abwasserwärme beheizt. Mit einer Vorstudie die auf der Grundlage der kommunalen Energieplanung durchgeführt wurden, hat die Stadtbehörde massgebend zur Realisierung beigetragen. Finanziert und erstellt wurde die Anlagen durch das Elektrizitätswerk des Kantons Zürich, das im Rahmen eines Energie-Contractings auch den Betrieb führt. Gewonnen wird die Energie in der Kläranlage aus gereinigtem Abwasser. Die Distanz zu den Wohnsiedlungen beträgt zwischen 200 und 600 Meter.

Aktive Stadtbehörde

Gemäss dem Energieplanungsbericht 2001 besteht in Kanton Zürich ein Potenzial zur Wärmenutzung aus Abwasser in der Grösse von rund 700 Mio.kWh – genug um 70'000 Wohnungen zu beheizen. Für die Behörden von Uster waren diese Zahlen Anlass im Rahmen der kommunalen Energieplanung die Möglichkeiten der Abwasserenergienutzung auf dem Stadtgebiet zu untersuchen. In enger Zusammenarbeit mit den Betreibern der Kläranlage wurden Machbarkeitsstudien in Auftrag gegeben und geeignete Areale und Standorte im Energieplan festgehalten. Doch liess es der aktive Stadtingenieur nicht bei der Grundlagenarbeit bewenden. Um die Realisierung von Anlagen voranzubringen, unterstützte er interessierte Bauherrschaften bei der Suche nach einem Energie-Contractor. Die erste Anlage für eine Wohnsiedlung mit 52 Wohneinheiten wurde im Jahre 2000 realisiert die zweite mit 15 Wohneinheiten im Jahre 2002 und die dritte im Jahre 2003.

Energieversorgung mit 24-Stunden-Service

Abwasserenergienutzungen werden in den meisten Fällen auf der Grundlage eines Energie-Contracting realisiert und betrieben. Contractor für die drei Anlagen in Uster ist das Elektrizitätswerk des Kantons Zürich (EKZ) das bereits über 160 Energieanlagen im Contracting betreibt davon 12 Anlagen mit Abwassernutzung. Zwischen dem EKZ und den Wärmenutzern bestehen Energielieferverträge, welche die gegenseitigen Rechte und Pflichten sowie den Wärmepreis festlegen. Als professionelles Energiedienstleistungsunternehmen unterhält das EKZ einen 24-Stunden-Service. Alle Anlagen werden mittels einer Web-basierten Steuerung fernüberwacht. Dies garantiert den Wärmenutzern eine hohe Versorgungssicherheit.

2. Baubeschrieb

2.1 Situation der Überbauungen in Uster

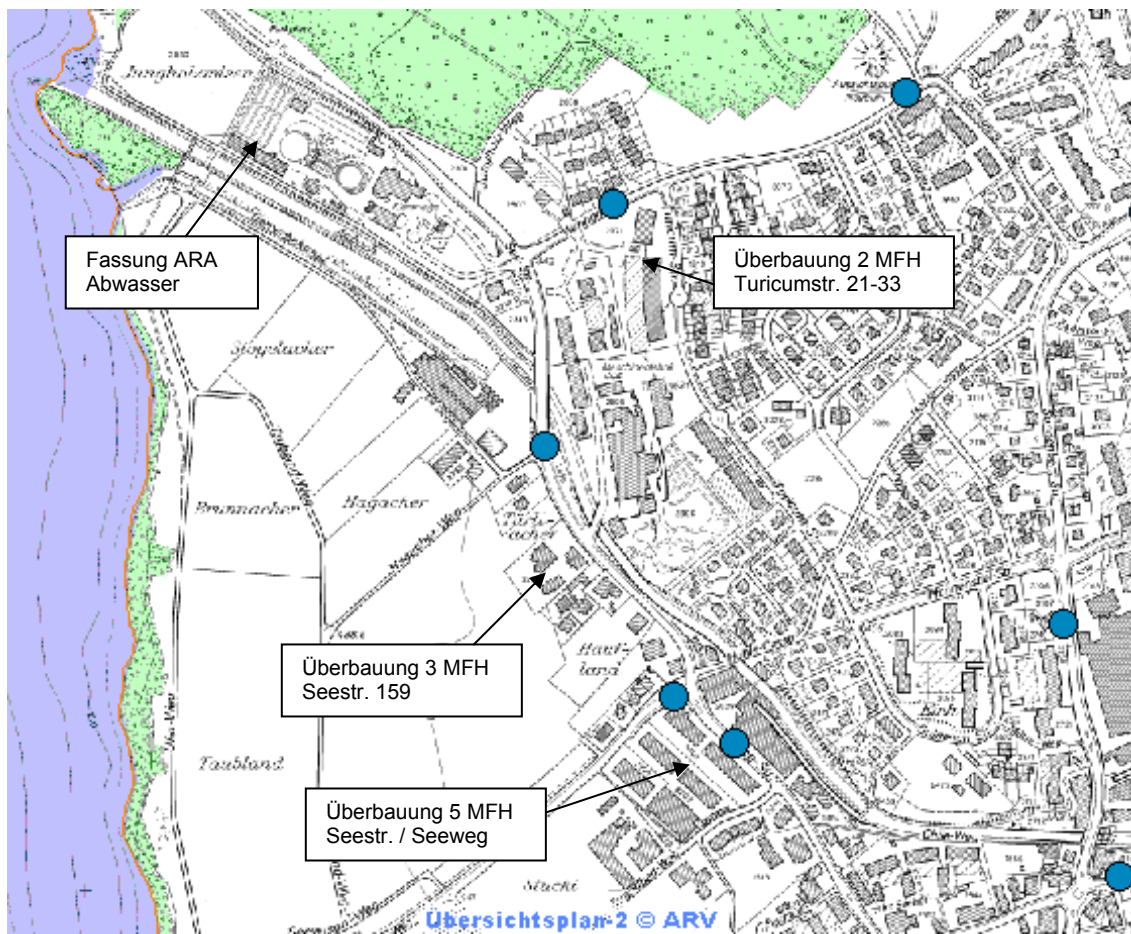


Abb. 1: Zeigt die drei Standorte der Wärmebezüge und der ARA

2.2 Überbauung Turicumstrasse 21 – 33, 8610 Uster mit 52 Wohneinheiten



Abb.2: Überbauung Turicumstrasse 21-33

- ◆ Koordinaten 695 028 / 245 094
- ◆ Höhe 448 Meter über Meer
- ◆ Wärmeleistungsbedarf Q_h 280 kW für Heizung, gerechneter Wärmebedarf 820'000kWh/a
- ◆ Regelung gleitend nach Aussentemperatur
- ◆ Brauchwarmwasser wird dezentral pro Haus über Wärmepumpe und Elektronachladung erzeugt

2.3 Überbauung Seestrasse 159 a-c, 8610 Uster mit 15 Wohneinheiten



Abb.3: Überbauung Seestrasse 159 a-c

- ◆ Koordinaten 694 951 / 244 803
- ◆ Höhe 443 Meter über Meer
- ◆ Wärmeleistungsbedarf Q_h 76 kW für Heizung, gerechneter Wärmebedarf 164'000kWh/a
- ◆ Regelung gleitend nach Aussentemperatur
- ◆ Brauchwarmwasser wird ebenfalls mit Wärmepumpe erzeugt

2.4 Überbauung Seestrasse / Seeweg, 8610 Uster mit 64 Wohneinheiten



Abb.4: Überbauung Seestrasse, Strandbadweg, Seeweg

- ◆ Koordinaten 695 065 / 244 628
- ◆ Höhe 443 Meter über Meer
- ◆ Wärmeleistungsbedarf Q_h 450 kW für Heizung, gerechneter Wärmebedarf 1'200'000 kWh/a
- ◆ Regelung gleitend nach Aussentemperatur
- ◆ Brauchwarmwasser wird ebenfalls mit Wärmepumpe erzeugt

2.5 ARA, 8610 Uster



Abb.5: ARA Uster

- ◆ Koordinaten 694 724 / 245 200
- ◆ Höhe 443 Meter über Meer
- ◆ Lieferung von rund 1'600'000 kWh Abwasserenergie pro Jahr
- ◆ Regelung der Förderpumpen mit FU je nach Bedarf der Heizanlagen

3. Daten der Wärmepumpen-Anlagen

3.1 Daten der Wärmeerzeugung Überbauung Turicumstrasse 21 – 33, 8610 Uster mit 52 Wohneinheiten

- ◆ 2 Wärmepumpen (Fabr. KAPAG, Typ SW-1687B-2-FU) mit je 2 Verdichtern (Hubkolbenkompressoren, halbhermetisch). Totale Kondensatorleistung 336 kW bei 37 / 47°C und einer Kälteleistung von 256 kW bei 6 / 2°C. Betrieb mit dem Kältemittel R 134a
- ◆ 3 Technische Speicher mit je 3000 Liter Inhalt
- ◆ Hydraulische Einbindung gemäss Abbildung 6.

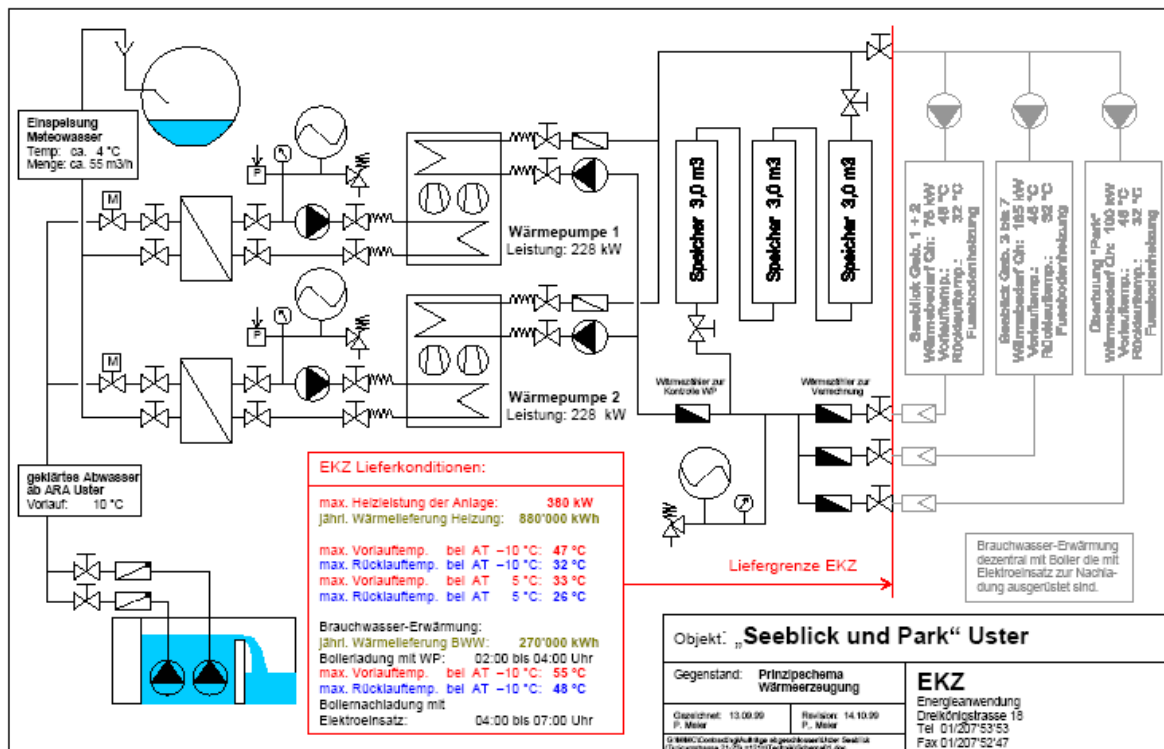


Abb.6: Prinzipschema der Heizungsanlage Turicumstr.

3.2 Daten der Wärmeerzeugung Überbauung Seestrasse 159 a-c, 8610 Uster mit 15 Wohneinheiten

- ◆ 2 Wärmepumpen (Fabr. Lexeta, Typ SW-200 und SW 700) mit je 2 Verdichtern (Vollhermetisch).
- ◆ Wärmepumpe SW 200 für Brauchwarmwasser. Kondensatorleistung 20 kW bei S0/35, Kältemittel R134a.
- ◆ Wärmepumpe SW 700 für Heizung. Kondensatorleistung 68 kW bei S0/35, Kältemittel R407c.
- ◆ 1 Brauchwarmwasser-Speicher mit 2500 Liter Inhalt und 1 technischen Speicher mit 2500 Liter Inhalt für Heizung
- ◆ Hydraulische Einbindung gemäss Abbildung 7.

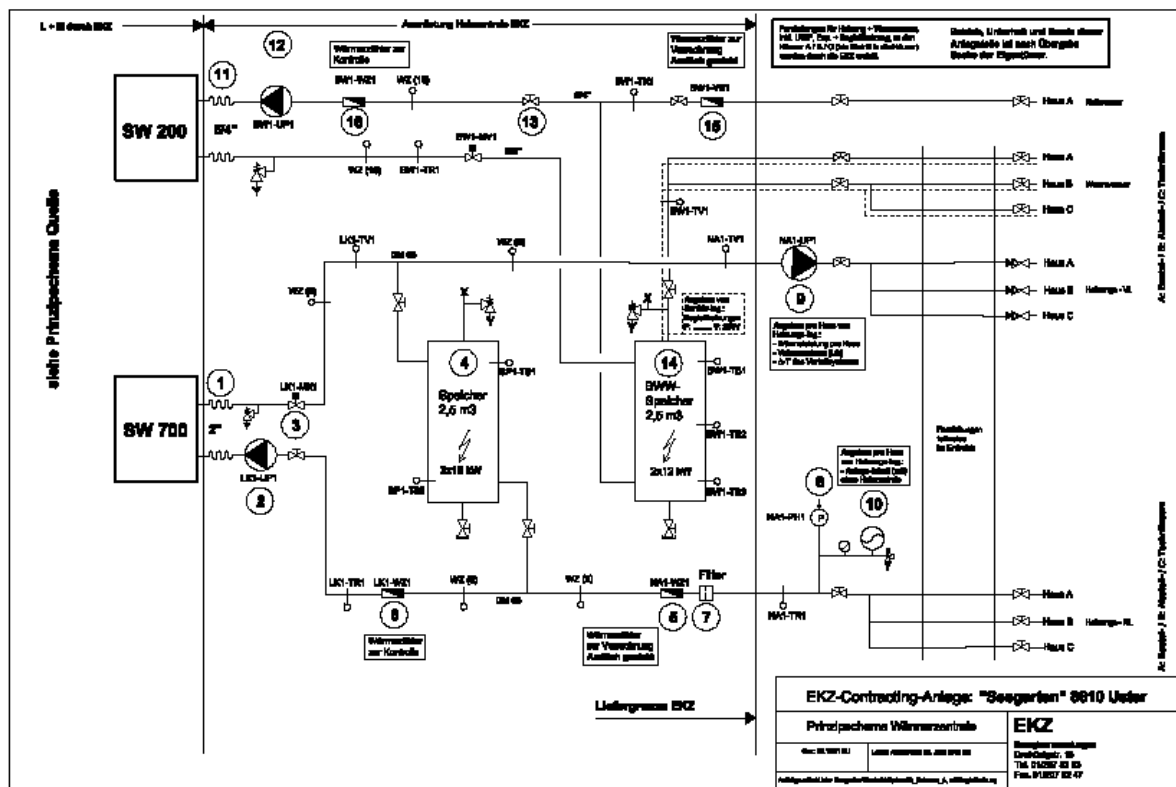


Abb.7: Prinzipschema der Heizungsanlage Seestr. 159

3.3 Daten der Wärmeerzeugung Überbauung Seestrasse / Seeweg / Strandbadweg, 8610 Uster mit 64 Wohneinheiten

- ◆ 4 Wärmepumpen (Fabr. Lexeta, 1 x Typ SW-400 und 3 x SW 700) mit je 2 Verdichtern (Vollhermetisch).
- ◆ 1 Wärmepumpe SW 400 für Brauchwarmwasser. Kondensatorleistung 40 kW bei S0/35, Kältemittel R134a.
- ◆ 3 Wärmepumpen SW 700 für Heizung. Kondensatorleistung 68 kW bei S0/35, Kältemittel R407c.
- ◆ 1 Brauchwarmwasserspeicher mit 2500 Liter Inhalt und 1 technischen Speicher mit 2500 Liter Inhalt für Heizung
- ◆ 1 Oelkessel mit 380 kW Leistung für Spitzendeckung und Betrieb bei Ausfall der ARA Fernleitung.
- ◆ Hydraulische Einbindung gemäss Abbildung 8 und 9.

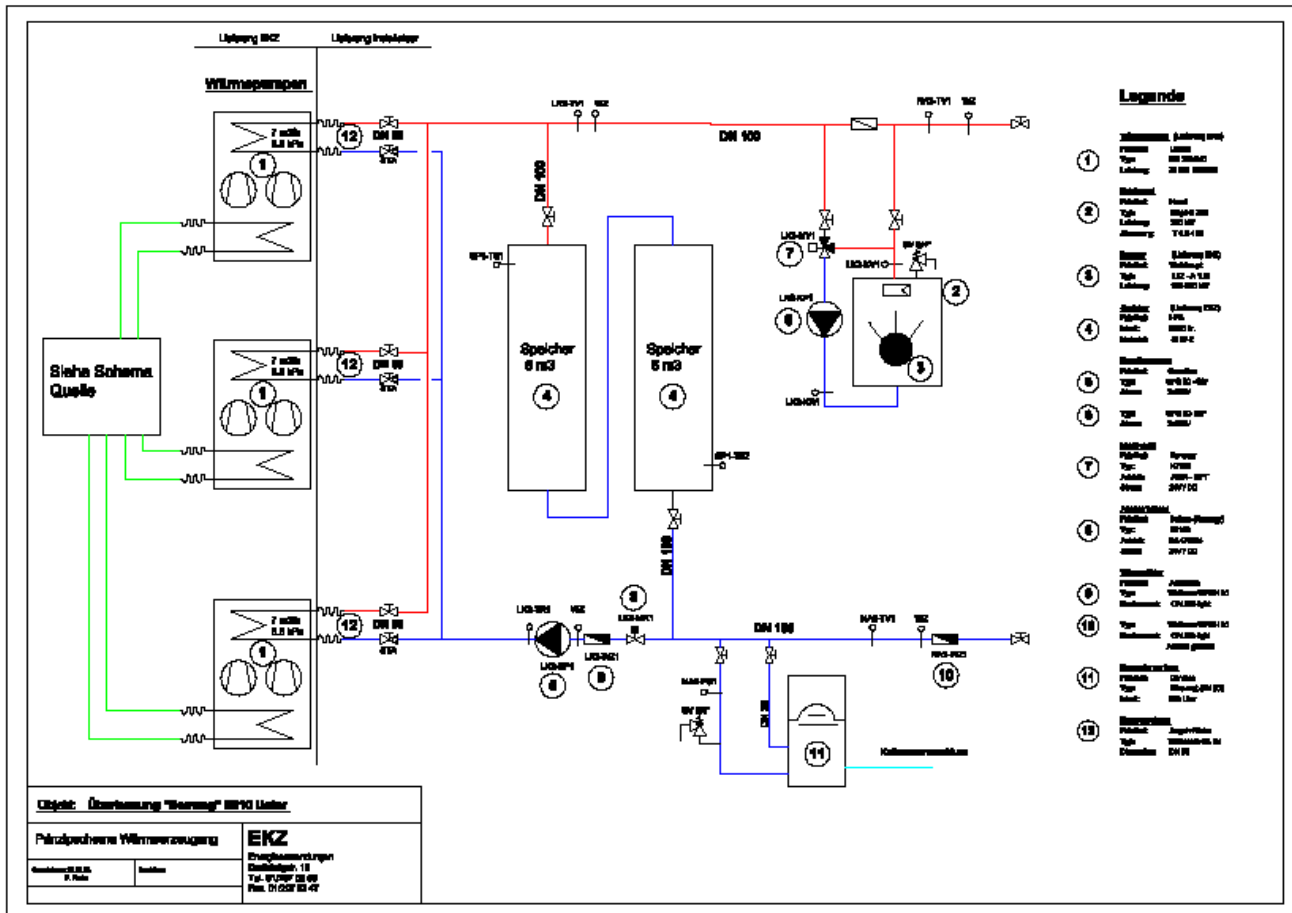


Abb.8: Prinzipschema der Heizungsanlage Seestr./Seeweg/Strandbadweg

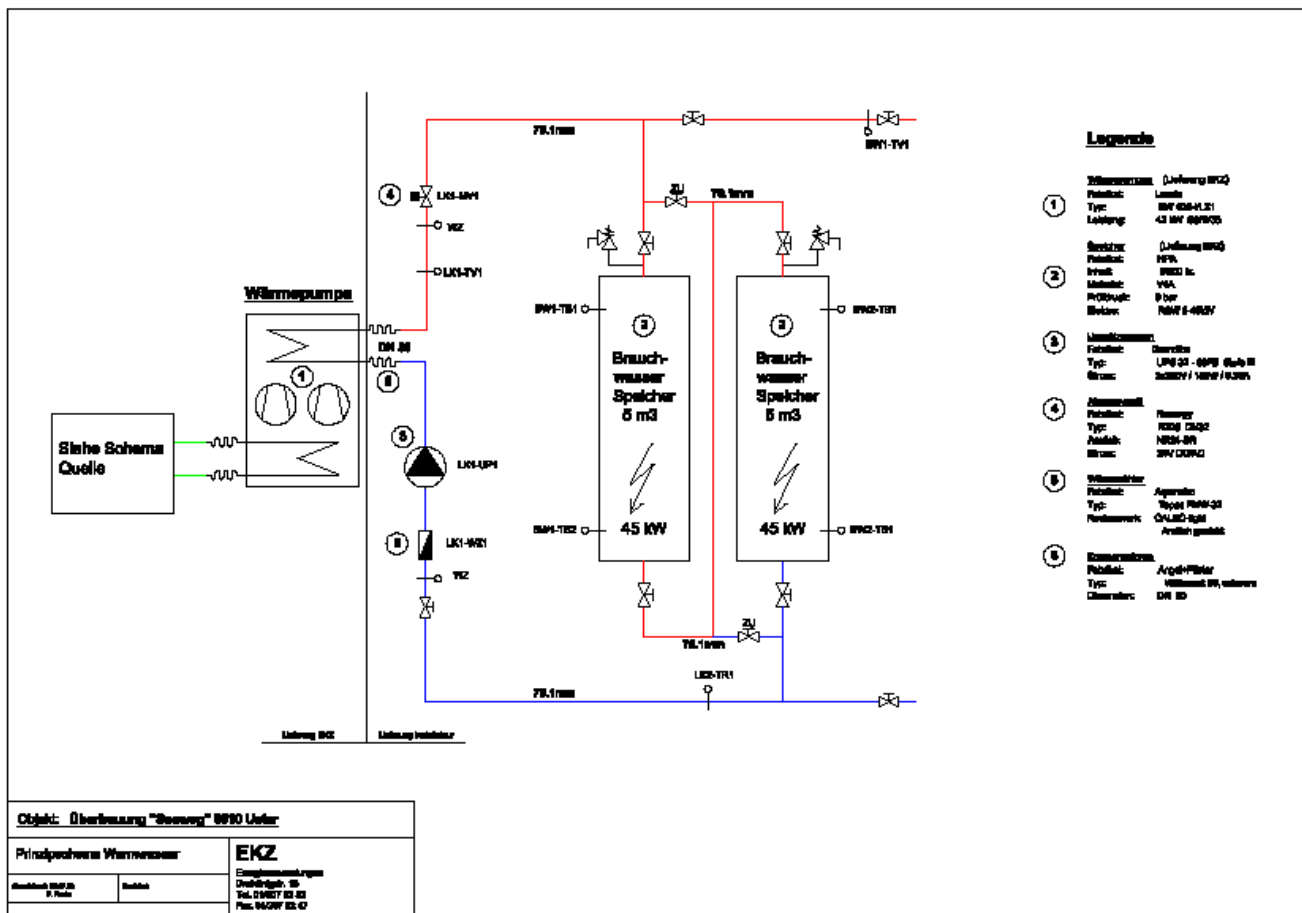


Abb.9: Prinzipschema der Brauchwarmwasseraufbereitung Seestr./Seeweg/Strandbadweg

3.4 Daten der kalten Fernleitung von ARA bis zu den 3 Überbauungen

- ◆ 2 FU-gesteuerte Pumpen mit je einer Förderleistung von 70 m³/h und einer elektrischen Leistung von 7.5 kW, Regulierung je nach Anforderung der drei Überbauungen über ein M-Bus Netz.
- ◆ Die Fernleitung aus Polypropylen Rohr haben einen Durchmesser von 200 resp. 180 cm. Die Rohre sind im Boden verlegt ausser bei der Überquerung des Aabach, wo sie unter der Strassenbrücke offen verlegt sind Abb.11..
- ◆ Vor jeder Wärmepumpe ist ein Wärmetauscher und eine automatische Spülung eingebaut.
- ◆ Der Rücklauf des abgekühlten Wasser erfolgt in die Meteorkanalisation und von dort direkt in den Aabach Abb.12.
- ◆ Hydraulische Einbindung gemäss Abbildung 10.

Abb.10: Prinzipschema der kalten Fernwärme

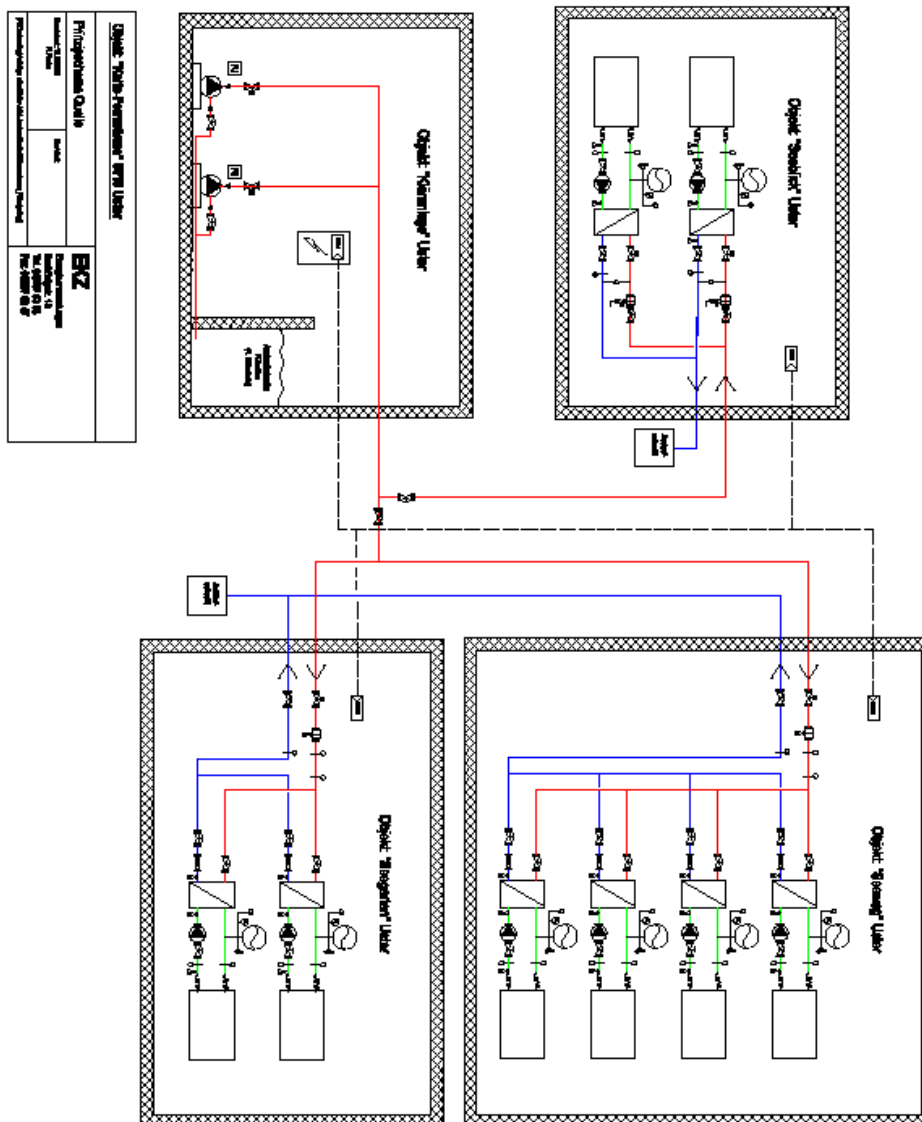




Abb.11: Leitung unter Brücke kalte Fernwärme ab ARA



Abb.12: Einlauf in den Aabach

4. Erfahrungen während dem Bau

Für die Planung und den Bau der Fernleitung ab ARA Uster bis zu den drei Überbauungen und Rücklauf in den Aabach wurde das Planungsbüro Buchmann Partner AG in Uster beauftragt. Es musste die Hauptstrasse Uster – Greifensee 2 mal unterquert und der Aabach überquert werden. Für den Bau der Fernleitung musste bei 12 Grundeigentümer ein Durchleitungsrecht mit Eintrag im Grundbuchamt eingeholt werden, dies wurde durch die EKZ Abt. Rechtserwerb erledigt. Die Einholung dieser Bewilligungen war sehr aufwendig und nahm einige Zeit in Anspruch.

Planung und Bau der einzelnen Wärmezentralen wurde durch die EKZ durchgeführt. Durch die Erfahrung von diversen ausgeführten Anlagen stellten sich keine grosse Probleme.

Die Zusammenarbeit mit der Stadt Uster und dem Personal der ARA war sehr gut.

5. Betriebserfahrungen im ersten Betriebsjahr

Problemloser Betrieb der Wärmepumpen mit Frequenzumrichter auch im Teillastbereich. Zufriedenheit der Wärmebezüger, keine Reklamationen über ungenügende Temperatur.

Für die Wärmepumpen mit Hubkolbenverdichtern bei der Überbauung Turicumstrasse ist die Arbeitszahl noch ansprechend. Bei den anderen zwei Anlagen wurden Wärmepumpen mit vollhermetischen Scrollverdichtern eingesetzt was eine bessere Arbeitszahl ergab.

Die rückspühlbaren Filter müssen jährlich ein mal manuell gereinigt werden. Da sich nach der 4 Klärstufe im Becken ein bakterieller Film bildet und diese zum Teil mitgespült werden.

5.1 Betriebsdaten Turicumstrasse 21 – 33, 8610 Uster

- ◆ Inbetriebnahme erfolgte am 1. Nov. 2000 für einen Teilbereich von 50%. Ab 1. Juli 2001 die gesamte Anlage.
- ◆ Arbeitswerte der letzten Jahre, Strombezug inkl. Nebenantriebe.

	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005
Wärmeproduktion	288'396 kWh	303'376 kWh	304'124 kWh	235'334 kWh
Strombezug	90'672 kWh	98'188 kWh	97'288 kWh	93'048 kWh
ARA Abwärme	197'724 kWh	205'188 kWh	206'836 kWh	142'286 kWh
JAZ Total	3.18	3.09	3.13	2.53

- ◆ Temperaturverläufe der Anlage bei Vollbetrieb vom 9. Okt. bis 24. Nov. 2005

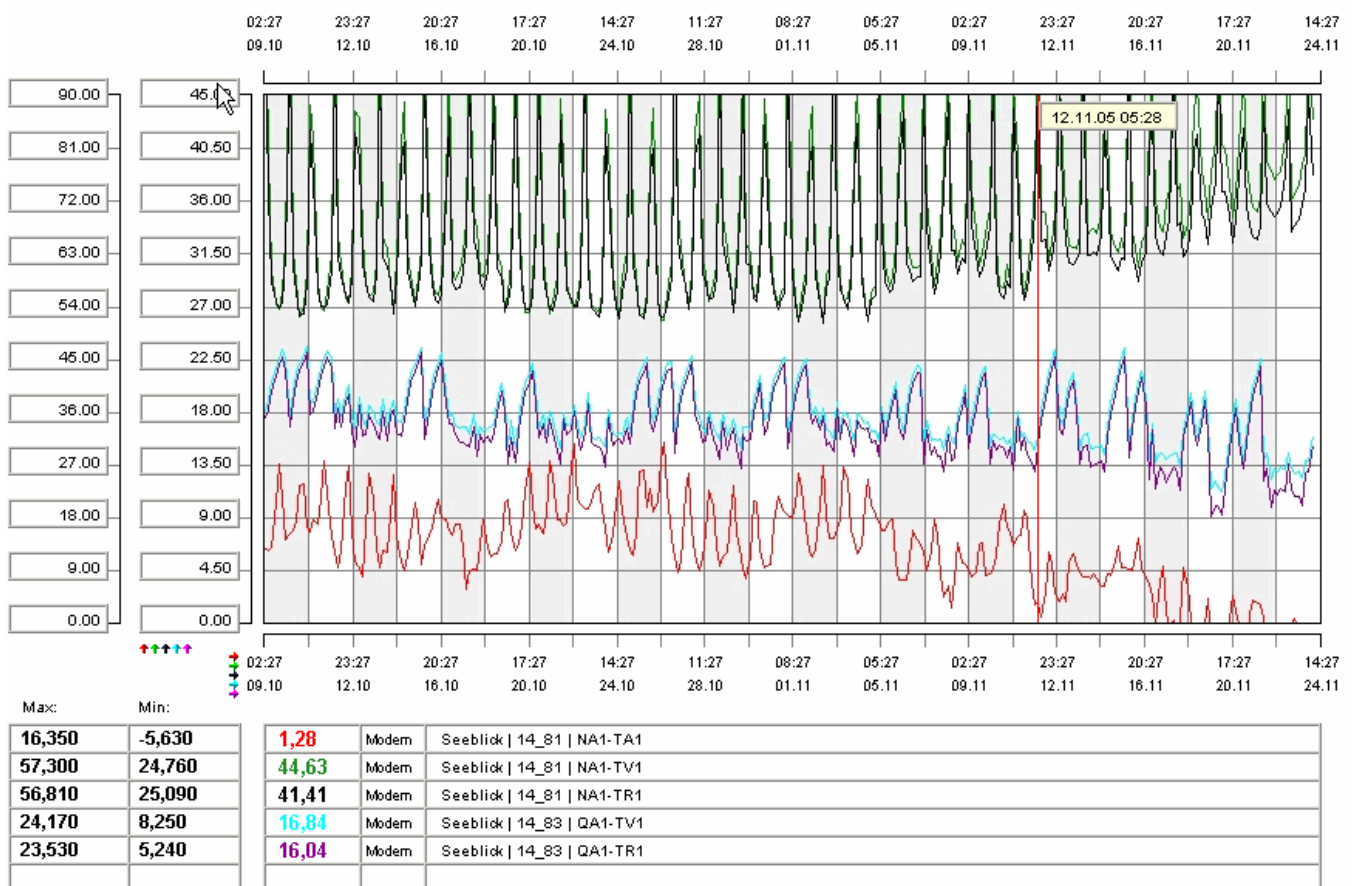


Abb.13: Temperaturverlauf Turicumstr. (Rot=Aussentemperatur, grün=VL Heizung, schwarz RL Heizung, hellblau=VL Quelle, violett=RL Quelle)

5.2 Betriebsdaten Seestrasse 159 a-c, 8610 Uster

- ◆ Inbetriebnahme erfolgte am 1. April. 2003 für die gesamte Anlage.
- ◆ Arbeitswerte der letzten Jahre, Strombezug inkl. Nebenantriebe.

	2003/2004	2004/2005
Wärmeproduktion	181'657 kWh	182'468 kWh
Strombezug	41'868 kWh	45'982 kWh
ARA Abwärme	139'789 kWh	136'486 kWh
JAZ Total	4.34	3.97

- ◆ Temperaturverläufe der Anlage bei Vollbetrieb vom 9. Okt. bis 24. Nov.2005

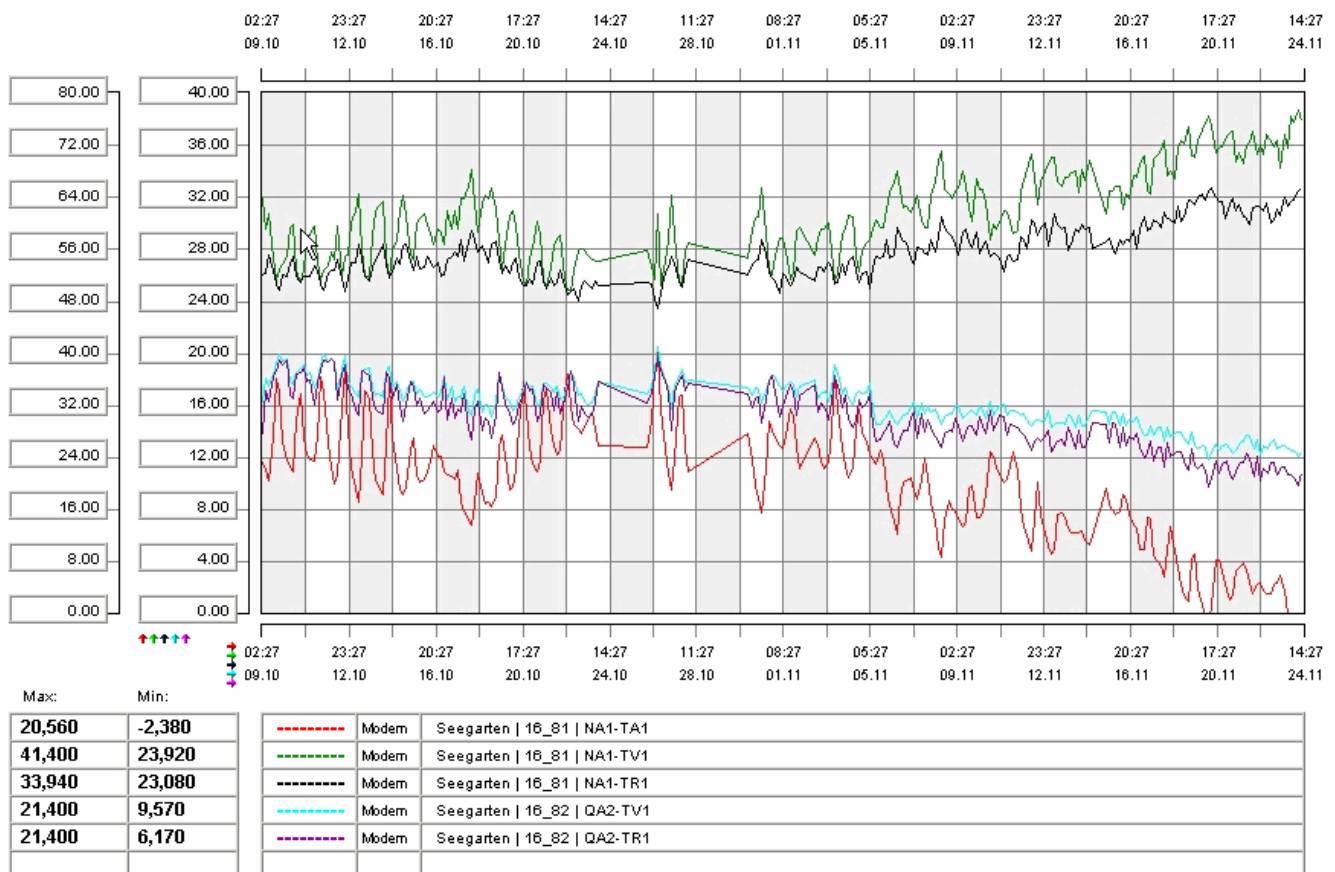


Abb.14: Temperaturverlauf Seestr.159. (Rot=Aussentemperatur, grün=VL Heizung, schwarz0 RL Heizung, hellblau=VL Quelle, violett=RL Quelle)

5.3 Betriebsdaten Seestrasse / Seeweg, 8610 Uster

- ◆ Inbetriebnahme erfolgte am 1. Feb. 2004 für einen Teilbereich von 70%, ab 1. April 2004 für die gesamte Anlage.
- ◆ Arbeitswerte des letzten Jahres, Strombezug inkl. Nebenantriebe:

	2004/2005
Wärmeproduktion	728'537 kWh
Strombezug	160'059 kWh
ARA Abwärme	501'864 kWh
Heizöl	66'614 kWh
JAZ Total	4.14

- ◆ Temperaturverläufe der Anlage bei Vollbetrieb vom 9. Okt. bis 24. Nov.2005

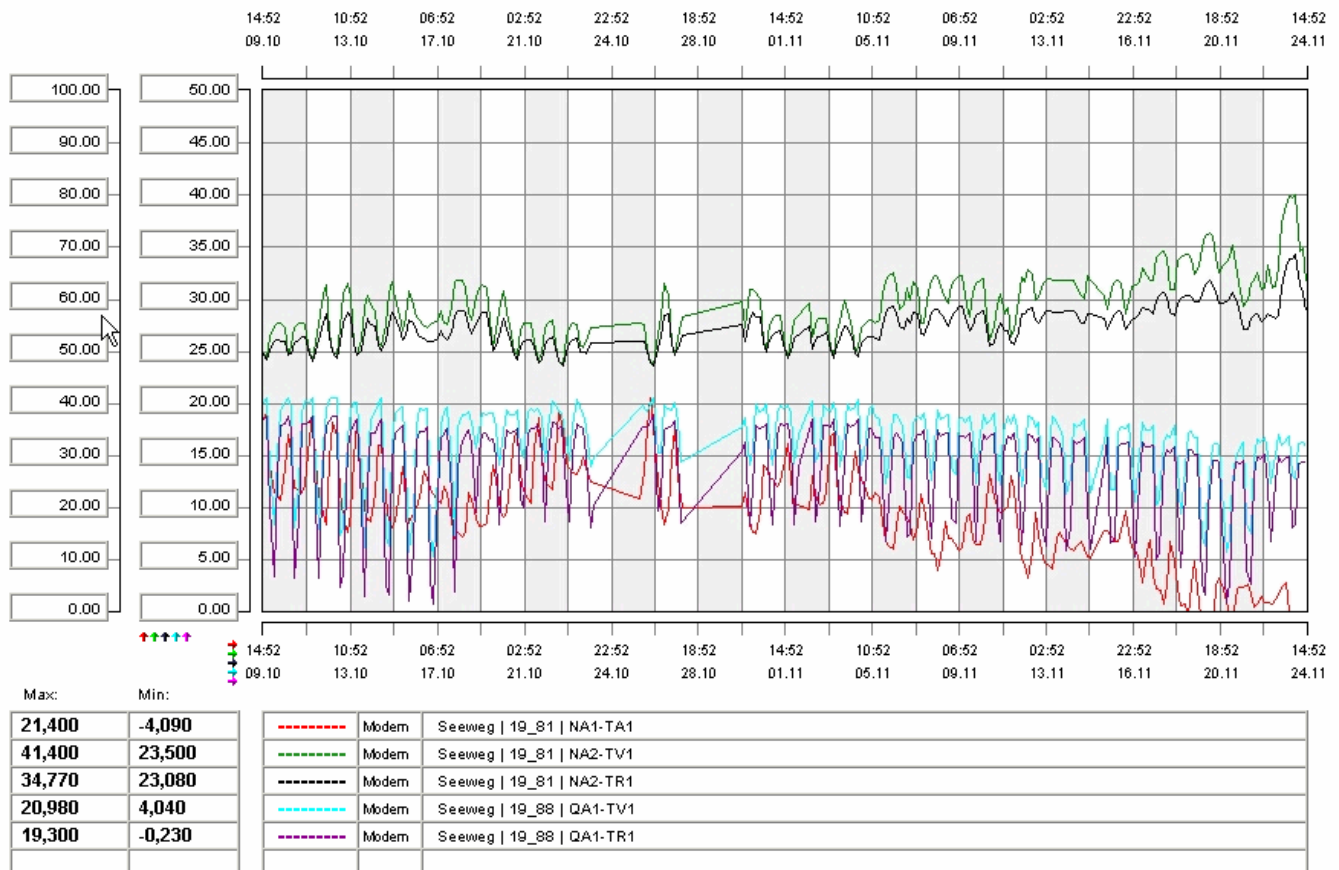


Abb.13: Temperaturverlauf Seestr., Seeweg, Strandbadweg(Rot=Aussentemperatur, grün=VL Heizung, schwarz0 RL Heizung, hellblau=VL Quelle, violet=RL Quelle)

6 Erstellungskosten

Erstellung alle drei Anlagen und ARA Fernleitung

Planung, Projektierung und Bauleitung	Fr. 212'948.—
Kalte Fernleitung ab ARA bis Heizzentralen, Rücklauf in Aabach, Tauscher, Rückspühlungen und Pumpen	Fr. 726'187.—
Wärmepumpen, Speicher, Verrohrung	
Steuerung und Elektroinstallationen	Fr. 627'988.—
Oelkessel, Tank, Kamin, Infrastruktur	Fr. 112'000.--
 Total	 ohne MWSt. Fr. 1'679'123.—

Oelkessel nur in der Anlage Seestr./Seeweg/Strandbadweg

7 Fazit

Der Bau der gesamten Anlage verlief sehr gut. Erkenntnis: Eine gleiche Anlage würden wir heute wieder so bauen, einzig die Wärmeerzeugung würden wir nur noch mit kleineren Wärmepumpenmodulen mit vollhermetischen Scrollverdichtern bestücken. Dieser Aufbau erlaubt es, noch bessere Arbeitswerte zu erzielen, was ersichtlich ist von der Anlage Turicumstr. zu den beiden anderen.

Der Betrieb der Anlage ist für alle Beteiligten jedoch ideal, der Betriebsaufwand hält sich im Rahmen .