

Zürich, 26. Oktober 1999
2921.01/E. Häuselmann/bm studie_K-Fernwärme.doc

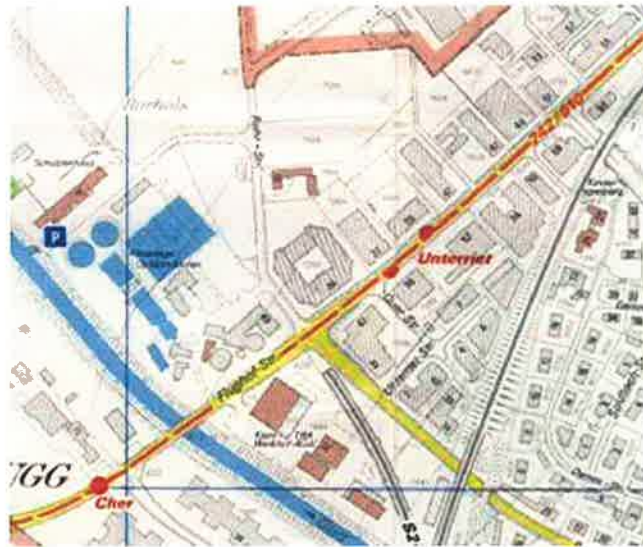
Studie: **Abwärmenutzung aus dem geklärten Abwasser
der ARA Kloten/Opfikon**

Kalte Fernwärme

(Ergänzung / Aktualisierung zum Bericht vom 29.12.1997)

Auftraggeber: **Städtische Werke Opfikon**

Oberhauserstrasse 25
8152 Opfikon-Glattbrugg



Inhalt:

1. Ausgangslage / Grundlagen
2. Konzeptvarianten Abwärmenutzung
3. Konzeptbeurteilung / Kennzahlen
4. Empfehlungen

Beilage: **B1 Situationsplan Versorgungsgebiet**

1. AUSGANGSLAGE / GRUNDLAGEN

Das grösste brachliegende Potential an erneuerbarer Energie oder Abwärme der Stadt Opfikon liegt bei der ARA Kloten-Opfikon. Aus dem gereinigten Abwasser liessen sich bis zu 39'000 MWh Wärme gewinnen und für Raumheizungen nutzen.

In der Studie von 1997 wurde das Potential der Abwärme eruiert und die technischen und finanziellen Aspekte der Wärmenutzung für zwei mögliche Versorgungsgebiete untersucht.

Zwischenzeitlich wurden vermehrt Anlagen mit "Kalter Fernwärme" realisiert. Erfahrungen zeigen, dass mit dem Konzept der Kalten Fernwärme oft die notwendigen Vorinvestitionen gesenkt und die Gesamtwirtschaftlichkeit verbessert werden kann.

Im vorliegenden Ergänzungsbericht wird, auf der Studie von 1997 aufbauend, die Konzeptvariante mit Kalter Fernwärme untersucht und die bisherigen Varianten mit "Warmer Fernwärme" werden aktualisiert.

1.1 Planungsgrundlagen

- Stadt Opfikon, Energieplanung, Schlussbericht Juli 1996
- Energieplanungsbericht des Kanton Zürich, 1998
- Gebäudekataster des Kanton Zürich
- Messwerte ARA Kloten-Opfikon, 1997
- Studie Abwärmenutzung, G&P, Dezember 1997
- Situation Stadtentwässerung im Gebiet Unterried

1.2 Technische Grundlagen

- | | | | |
|--|--------|--------------------------------------|--------------|
| • Wasserzufluss ARA | | 400' bis 500'000 m ³ /Mt. | |
| • Temperatur des geklärten Abwassers | Sommer | 20 bis 22 °C | |
| | Winter | 13 bis 15 °C | <i>Liobr</i> |
| • maximale Abkühlung des gereinigten Abwassers | | ca. 7 °C | |
| • minimale Temperatur für die Einleitung in die Glatt | | ca. 5 °C | |
| • Abwärmepotential | | 39'000 MWh/a | |
| • Substitutionspotential (mit WP und Spitzenkessel)
(⇒ 5'800 Tonnen Heizöl/a) | | 58'000 MWh/a | |
| • Mögliche Wärmebezügler im Unterried | | | |
| - total Leistungsbedarf | | bis ca. 5'000 kW | |
| - mögliche Gebäudeanschlüsse | | ca. 25 Stk. | |
| - mögl. Wärmeabsatz
(⇒ 950 Tonnen Heizöl/a = 16 % des Potenzials) | | bis ca. 9'500 MWh/a | |

2. KONZEPTVARIANTEN ABWÄRMENUTZUNG

2.1 Übersicht

Wärmequelle	
gereinigtes Abwasser	Rohabwasser
<ul style="list-style-type: none"> • Abwärmennutzung möglich • Wärmeauskopplung vor der Einleitung in die Glatt • zentrale Wärmeerzeugung (Fernwärme) oder dezentral (Kalte Fernwärme) möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • Da keine umfassende Erneuerung der Kanalisationsanlage im Gebiet des Unterriedes ansteht (Baujahr 1960), kann die Wärme des Rohabwassers nicht mit vertretbarem Aufwand genutzt werden. • wird nicht weiterverfolgt
Wärmeverteilung	
Warme Fernwärme	Kalte Fernwärme
<ul style="list-style-type: none"> • zentrale Wärmeerzeugung mit WP und Spitzen-Heizkessel (T = ca. 70°C) • Fernwärmeverteilnetz (Vorlauf / Rücklauf) • Hausanschlüsse mit Wärmeübergabestationen • hohe Vorinvestitionen in zentrale Wärmeerzeugung • aufwendiger Leitungsbau (VL / RL, Isolation) 	<ul style="list-style-type: none"> • Wärmeauskopplung mit Wärmetauscher • "Kalte Fernwärmeverteilung" (VL) • Rücklauf über Meteorwasserkanalisation möglich • günstiger Leitungsbau • Investition in Wärmeerzeugungsanlage in Etappen, entsprechend den realisierten Hausanschlüssen
Versorgungsgebiet	
<ul style="list-style-type: none"> • maximal (Basis) • reduziertes Versorgungsgebiet 	<ul style="list-style-type: none"> • reduziertes Versorgungsgebiet und etappierte Realisierung

2.2 Konzeptvarianten

Die sich aus den technischen Möglichkeiten und unter Berücksichtigung von wirtschaftlichen Randbedingungen ergebenden, grundsätzlich unterschiedlichen Konzeptvarianten werden im folgenden kurz skizziert.

2.2.1 Warme Fernwärme (siehe auch Bericht vom Dezember 1997)

- Beschrieb
- Wärmeentnahme aus den gereinigten Abwasser vor der Einleitung in die Glatt.
 - Energiezentrale auf dem Areal der ARA Kloten-Opfikon
 - Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen, Spitzendeckung mit Heizkessel
 - Erdverlegte Fernleitungen zu den Wärmebezüger im Versorgungsgebiet
 - Wärmeübergabestation mit Systemtrennung pro Bezüger

Technische Daten	Basisvariante (grosses Versorgungsgebiet)	redimensioniertes Versorgungsgebiet
Versorgungsgebiet	siehe Planbeilage	siehe Planbeilage
Leistungsbedarf	ca. 5'000 kW	ca. 1'700 kW
Hausanschlüsse	25 Stück (35-370 kW)	8 Stück (80-370 kW)
Länge Leitungsnetz	ca. 6'500 m	ca. 2'900 m

2.2.2 Kalte Fernwärme

- Beschrieb
- Wärmeauskopplung aus dem gereinigten Abwasser vor der Einleitung in die Glatt (Wärmetauscher).
 - "Kalte Fernwärmeverteilung" Vorlaufleitung, Temperatur 8°C bis 15°C
 - Rücklauf über Meteorwasserkanalisation möglich *1.4.11 nur zu Flughafen 47/49 ab Flughafen vorbestimmen*
 - dezentrale Wärmeerzeugung mit Wärmepumpen
 - Spitzendeckung mit Heizkesselanlagen (bestehende Kessel können fallweise dafür eingesetzt werden)
 - Möglichkeit für Rückkühlungen bei Kältebedarf
 - etappierter Ausbau möglich

Technische Daten	
Versorgungsgebiet	siehe Planbeilage
Leistungsbedarf	max. ca. 1'700 kW
Hausanschlüsse / dez. Wärmeerzeugungsanlagen	8 Stück
Länge Leitungsnetz (Hauptleitungen)	ca. 2'900 m

3. KONZEPTBEURTEILUNG / KENNZAHLEN

3.1 Investitionskosten / Wirtschaftlichkeit

		A1 Warme Fernwärme (Basis)	A2 Warme Fernwärme (reduziert)	A3 Kalte Fernwärme (reduziert)
1)	Investitionskosten [Fr.]	8'520'000.--	3'540'000.--	2'440'000.--
2)	zu erwartende Subventionen (Bund und Kanton) [Fr.]	1'790'000.--	860'000.--	450'000.--
	Investitionskosten netto [Fr.]	6'730'000.--	2'680'000.--	1'990'000.--
3)	Kapitalkosten [Fr./a]	652'000.--	278'000.--	204'000.--
4)	Energiekosten [Fr./a]	432'000.--	147'000.--	134'000.--
5)	Wartungs-/Unterhaltskosten [Fr./a]	133'000.--	58'000.--	46'000.--
	Jahreskosten netto [kFr.]	1'217'00.--	483'000.--	384'000.--
	Wärmeabsatz [MWh]	9'500	3'230	3'230
	Wärmegestehungskosten [Rp./kWh]	12.8	15.0	11.9

- 1) beinhaltend: Wärmeauskopplung, Wärmeerzeugung, Wärmeverteilung, Hausanschlüsse, Wärmeübergabestationen / dezentrale Wärmeerzeugung (B1), Restwertentschädigungen
- 2) entsprechend 30% der nicht amortisierbaren Investitionskosten (zu erwarten von Bund und Kanton)
- 3) 5% / 30 Jahre für bauliche Anlagen; 5% / 15 Jahre für technische Anlagen
- 4) Basis: bivalente Wärmeerzeugung mit Wärmepumpe und gasbefeuerten Spitzenkessel
Strompreis: durchschnittlich inkl. Leistungsanteil: 12.5 Rp./kWh
- 5) Wartung / Unterhalt in Prozenten der Investitionskosten 2.5% für Bau, 1.5% für Technik

3.2 Grob beurteilung der Wirtschaftlichkeit

- Die günstigsten Wärmegestehungskosten können mit dem Ausbau der "Kalten Fernwärme" im reduzierten Versorgungsgebiet realisiert werden. (Variante B1: 11.9 Rp./kWh)
- Die Wärmegestehungskosten der Variante B1 liegen 25 bis 30% über denjenigen aus konventionellen, öl- oder gasbefeuerten Anlagen (8.0 bis 9.0 Rp./kWh).
- Mit einem zusätzlichen Subventionsbeitrag von Fr. 800'000.- wird die Kalte Fernwärme (Konzeptvariante B1) wirtschaftlich gleichwertige Wärmegestehungskosten wie aus konventionellen Anlagen erreichen.
- Dieser zusätzlich notwendige Subventionsbetrag liegt in der Grössenordnung der vermiedenen externen Kosten von Fr. 630'000.-. (siehe auch Kap. 3.4)
- Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen beziehen sich bei allen Varianten auf den Endausbau. In der Aufbauphase des Wärmeverbundes scheidet die Variante B1: Kalte Fernwärme klar am vorteilhaftesten ab, da die Vorinvestitionen minimal sind (geringe Leitungsbaukosten, keine Vorinvestition in zentrale Erzeugungsanlagen).

3.3 Sensitivität Subvention / Strompreise

Wärmegestehungskosten von 9 Rp./kWh, entsprechend denen aus einer konventionelle öl-/gasbefeuerten Wärmeerzeugungsanlagen können mit dem Konzept der Kalten Fernwärme (Variante B1) erreicht werden, wenn:

- Der Strompreis für den Antrieb der Wärmepumpen 8.5 Rp./kWh (im Durchschnitt) beträgt, was einer Reduktion um 30% gegenüber der heutigen Situation entspricht, und Opfikon den Fernwärmeverbund mit Fr. 500'000.-- subventioniert.
- Der Strompreis für den Antrieb der Wärmepumpen 10.0 Rp./kWh (im Durchschnitt) beträgt und Opfikon den Fernwärmeverbund mit Fr. 600'000.-- subventioniert.
- Der Strompreis 12.5 Rp./kWh (im Durchschnitt) beträgt und sich die Subventionen auf Fr. 800'000.-- belaufen.

3.4 Oekologische Aspekte

Reduktion fossile Brennstoffe

Im Endausbau können mit dem Wärmeverbund im reduzierten Versorgungsgebiet (Kalte Fernwärme) pro Jahr ca. 260 Tonnen Heizöl oder die äquivalente Menge Erdgas eingespart werden.

Für den Antrieb der Wärmepumpen müssen jährlich 860 MWh Elektrizität eingesetzt werden.

Vermiedene externe Kosten

Berechnungsbasis: Kalkulatorische Energiepreiszuschläge: Methode des Bundesamtes für Bauten und Logistik; Zuschläge Stand: Oktober 199

Reduktion:	2'584 MWh fossile Brennstoffe	à	4.0 Rp./kWh
	davon 33% Erdgas	à	3.0 Rp./kWh
	davon 67% Heizöl	à	4.5 Rp./kWh
		⇒	Fr. 103'000.--/a
Zunahme:	860 MWh Elektrizität	à	5.0 Rp./kWh
		⇒	Fr. 43'000.--/a
Netto-Reduktion:	Fr. 103'000.-- - Fr. 43'000.--	⇒	<u>Fr. 60'000.--</u>

Mit dem Endausbau der Kalten Fernwärme im reduzierten Versorgungsgebiet können jährlich externe Kosten in der Grössenordnung von Fr. 60'000.- vermieden werden.

Kapitalisiert (5%/15 Jahre/9,634%) ergibt sich daraus ein Betrag von Fr. 623'000.-.

Emissionsreduktion

Die Reduktion der Schadstoffe- und Kohlendioxid-Emissionen im Versorgungsgebiet beträgt: (Basis: 1/3 Erdgas, 2/3 Heizöl)

CO	Kohlenmonoxid	110 Tonnen/a
SO ₂	Schwefeldioxid	400 Tonnen/a
NO _x	Stickstoffoxide	200 Tonnen/a
CO ₂	Kohlendioxid	624 Tonnen/a

3.5 Weitere Aspekte**Energiepreisentwicklungen**

- Die aufgrund der Strommarktliberalisierung zu erwartenden Strompreissenkungen begünstigen Wärmeverbundlösungen mit elektrisch betriebenen Wärmepumpen.
- Energieabgaben oder CO₂-Steuern begünstigen Wärmeerzeugungssysteme mit geringen Endenergieeinsatz und geringem Anteil an fossilen Brennstoffen. Mit den beschlossenen/diskutierten Abgaben/Steuern werden Wärmepumpen-Anlagen in Zukunft tendenziell wirtschaftlicher.

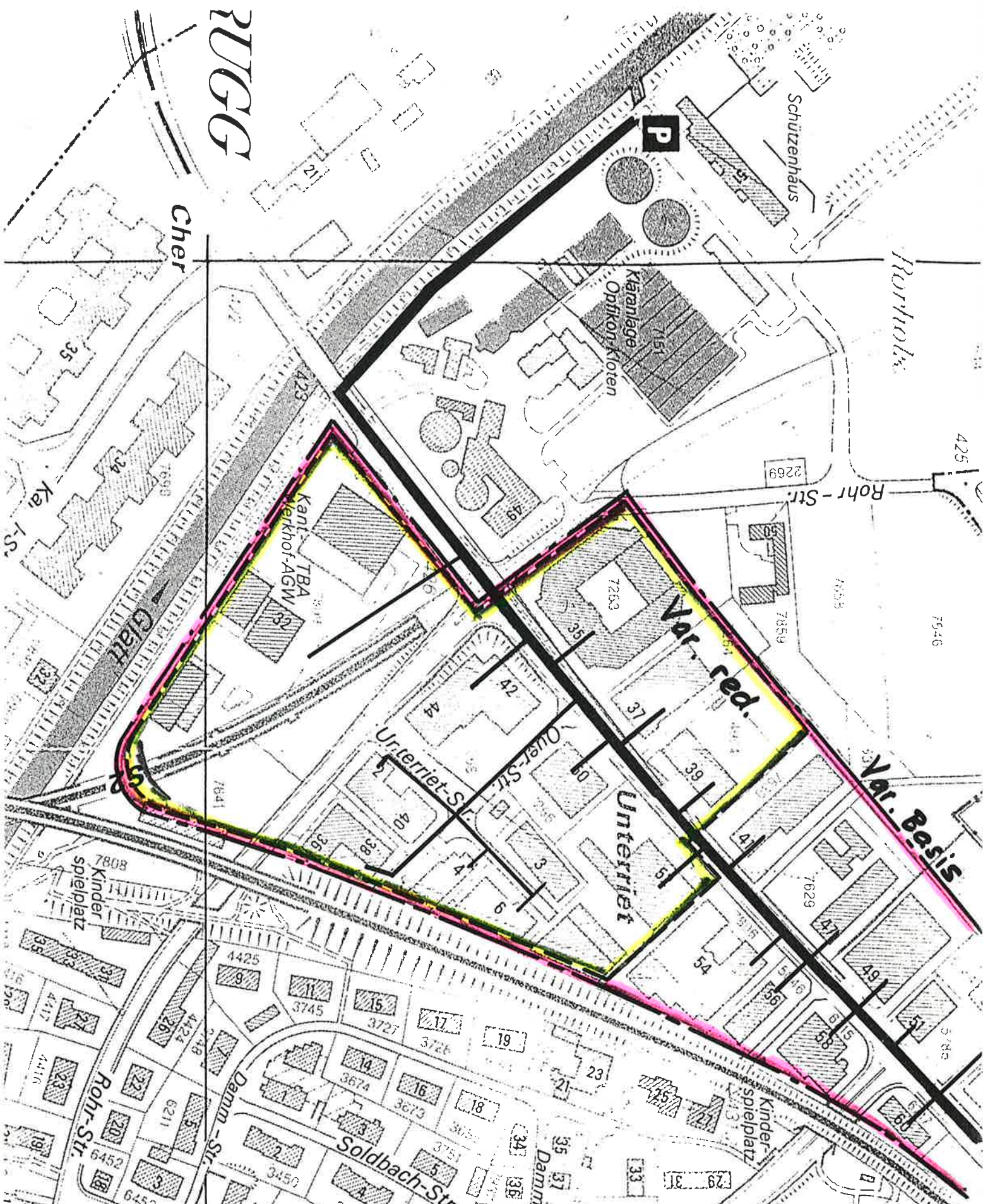
Realisierung in Etappen

- Das Konzept der Kalten Fernwärme kann gut in Etappen realisiert werden. Die Vor-investitionen in die Wärmeauskopplung sind relativ bescheiden und der Leitungsbau ist verglichen mit der Warmen Fernwärme deutlich günstiger. Die dezentralen Wärme-erzeugungsanlagen können etappiert und abgestimmt auf die Bedürfnisse und technischen Randbedingungen (Lebensdauer, Temperaturen, Leistung) der jeweiligen Wärmebezügler realisiert werden.

4. WEITERES VORGEHEN

- Diskussion der Resultate
- Grundsatzentscheid der Stadtrat Opfikon über das weitere Vorgehen
- Vertiefte Abklärungen (Organisation, Contracting, Technik, Betriebsrechnung)
- Kontakt mit möglichen Wärmebezügler

Gruenberg & Partner AG
Erich Häuselmann



G&P

Gruenberg & Partner AG
 Nordstrasse 31
 CH-8035 Zürich
 Telefon 01/360 16 16

Planer und Ingenieure SIA
 Energie- und Haustechnik

Büro Winterthur
 Theaterstrasse 3
 CH-8401 Winterthur
 Telefon 052/212 18 22

ARA KLOTEN - OPFIKON

ÜBERSICHTSPLAN

2921

Gez. *EH*
 Gepr.
 Mst.

Datum *Oct. 99*
 Datum
 Grösse