

**Schlussbericht** Dezember 2001

# **Abwärmenutzung aus der ARA Muri**

## Betrieb bivalenter Wärmezentralen mit Nahwärmenetzen

ausgearbeitet durch  
Ewald Businger  
EFA Energie Freiamt AG  
Seetalstrasse 4, 5630 Muri

## Zusammenfassung

Die EFA Energie AG betreibt in 5630 Muri bivalente Wärmezentralen mit Nahwärmenetzen.

In sechs Wärmezentralen wird die Grundlast der Heizwärme mittels Wärmepumpen aus dem Wärmepotential der geklärten Abwässer aus der Kläranlage Muri erzeugt. Das Wärmepotential wird über eine Fernleitung von der ARA zu den einzelnen Wärmezentralen geleitet.

Für die Produktion der Spitzenlast steht pro Wärmezentrale ein Ölheizkessel mit entsprechendem Tankvolumen zur Verfügung.

Die Realisierung des Projektes erfolgte in vier Etappen. Dazu leisteten das Bundesamt für Energie wie auch der Kanton Aargau bedeutungsvolle Finanzhilfen.

In der Periode zwischen dem 1.4.1995 und 30.9 1999 wurden **zirka 750'000 Liter Öl** durch den Einsatz der Wärmepumpen **substituiert**.

Vor dem nun vorliegenden Schlussbericht sind bereits drei Zwischenberichte erschienen (Dezember 1996, November 1997 und Dezember 1998).

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

## Inhaltsverzeichnis:

### **1. Projektbeschreibung**

- 1.1 Heizzentralen
- 1.2 Nahwärmenetze
- 1.3 Wärmeübergabestation
- 1.4 Kalte Fernwärme aus der ARA Muri
- 1.5 Realisierungsschritte

### **2. Würdigung der Ergebnisse**

### **3. Kennzahlen**

- 3.1 Zusammenfassung
- 3.2 Heizzentrale Bachmatten
- 3.3 Heizzentrale Fahrweid
- 3.4 Heizzentrale Freyhof
- 3.5 Heizzentrale Kirchenfeld
- 3.6 Heizzentrale Klosterfeld
- 3.7 Heizzentrale Rösslimatte

## **Anhang**

Anhang 1: Prinzipschema Heizzentrale

Anhang 2: Prinzipschema „kalte Fernwärme“ aus ARA

## 1. Projektbeschreibung

Die Abwärmenutzung aus der ARA Muri besteht aus mehreren bivalent-alternativen Heizzentralen und zugehörigen Nahwärmenetzteilen. Die Heizzentralen sind über ein Kommunikationssystem von der zentralen Netzleitstelle NLS im Betriebsgebäude der EFA Energie Freiamt AG bedien- und überwachbar.

Das System besteht aus folgenden Hauptkomponenten:

### 1.1 Heizzentralen (Prinzipieller Aufbau: siehe Anhang 1)

In der Heizzentrale wird mit Elektrowärmepumpen Heizwärme aus der regenerierbaren Quelle „kalte“ Fernwärme (ARA-Abwärme) produziert. An den kälteren Tagen und zu Spitzenlastzeiten im Stromnetz übernimmt üblicherweise ein Low NO<sub>x</sub>-Ölheizkessel die Wärmeproduktion. (Die Wärmeerzeugung erfolgt also bivalent-alternativ, einerseits leistungsabhängig und andererseits gesteuert – entsprechend der Verfügbarkeit von Schwachlaststrom im Netz der EFA Energie Freiamt AG.)

Die Auslegung der Anlagen erlaubt, dass zirka 2/3 der Wärmeenergie mit den Wärmepumpen aus der ARA-Abwärme gewonnen und zirka 1/3 mittels Spitzenlastkessel produziert werden.

Der oder die Warmwasserspeicher in der Heizzentrale dienen als Bindeglied zwischen den Wärmeerzeugern untereinander und dem Nahwärmenetz.

Ein Energiemanagementsystem steuert leistungsabhängig und energieoptimal die Wärmeerzeuger und die Wärmelieferung ins Nahwärmenetz. Um einen möglichst grossen Anteil der Energie aus der Umwelt nutzen zu können, wird die Wärme auf einen niedrigen Temperaturniveau verteilt. Die maximale Vorlauftemperatur beträgt üblicherweise 50° bis 65° C.

### 1.2 Nahwärmenetz

Aus Optimierungs- und Kostengründen werden die Wärmeverteilnetze womöglich durch Keller geführt oder als sogenannte Duo-Rohrleitungen verlegt. Alle Armaturen, Absperrorgane, Entlüftungen und Entleerungen sind vorzugsweise an Leitungsdurchführungen innerhalb der Häuser gut bedien- und

kontrollierbar angeordnet. Dieses Konzept ist für eine gute Wirtschaftlichkeit mitentscheidend.

### 1.3 Wärmeübergabestation, Hausinstallation

Jeder Hausanschluss wird über einen Wärmezähler gemessen. Die Heizungsregulierung erfolgt individuell durch die Hauseigentümer.

### 1.4 „Kalte“ Fernwärme aus der ARA Muri

Das Prinzip: (Prinzipieller Aufbau: siehe Anhang 2)

Gereinigtes Abwasser aus der letzten Klärstufe (Filtration) wird primärseitig über einen Wärmetauscher geführt. Sekundärseitig ist ein geschlossenes Kunststoff-Rohrsystem angeschlossen, das die Wärmekapazität vom Wärmetauscher den verschiedenen Heizzentralen zuleitet, wo Wasser/Wasser-Wärmepumpenanlagen das vorhandene Wärmepotential entziehen. Das gekühlte Abwasser wird anschliessend wieder zur ARA zurückgeleitet, wo das Wasser der Primärseite wieder Wärmekapazität entzieht. Ist das Wasser im Primärkreis ausgekühlt, wird es dem Vorfluter zugeleitet.

Das Projekt konnte nur realisiert werden, weil wesentliche Teilstrecken des Rohrsystems zwischen der ARA und den verschiedenen Heizzentralen mittels koordiniertem Leitungsbau realisiert werden konnten: Gleichzeitige Nutzung des Leitungsgrabens für „kalte“ Fernwärme (Kunststoffrohre), Nahwärmenetze (isolierte Stahl- oder Kunststoffrohre), Rohrblock für Mittel- und/oder Niederspannungskabel, TV und Strassenbeleuchtung.

### 1.5 Realisierungsschritte

Das gesamte Projekt wurde in 4 Etappen über einen Zeitraum von mehreren Jahren realisiert. Dabei wurden auf einer Länge von zirka 2'750m unisolierte Kunststoffrohre für die kalte Fernwärme zwischen der ARA und den Heizzentralen Bachmatten, Freyhof, Klosterfeld, Kirchenfeld, Rösslimatte und Fahrweid verlegt.

Das Bundesamt für Energie wie auch der Kanton Aargau leisteten wesentliche Finanzhilfen an die Realisierung des Projektes.

Im Zusammenhang mit den Auswertungen sind bereits folgende Berichte erschienen:

- 1. Zwischenbericht Dezember 1996  
mit der Messperiode 1.4.1995 bis 31.3.1996
- 2. Zwischenbericht November 1997  
mit der Messperiode 1.10.1996 bis 30.9.1997
- 3. Zwischenbericht Dezember 1998  
mit der Messperiode 1.10.1997 bis 30.9.1998

## 2. Würdigung der Ergebnisse

für die Messperiode vom 1.10.1998 bis 30.9.1999

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass bei der ARA-Abwärmenutzung mit Ausnahme einer Woche im Februar 1999 während der gesamten Messperiode **ein Vollbetrieb** möglich war.

Während der erwähnten Woche war der Wärmeentzug aus der ARA wegen starken Niederschlägen/Schneefällen verbunden mit entsprechend kühlem Schmelzwasser-Zufluss nicht möglich. Trotzdem konnte die als untere Grenze angestrebte Wärmeproduktion von 65% mittels Wärmepumpen erreicht werden.

Die restliche Wärmeproduktion erfolgte mittels konventioneller Ölverbrennung und erstmals mit elektrischem Durchlauferhitzer.

Wichtige **Ereignisse** im Verlaufe der Berichtsperiode:

- Vorallem während den Wintermonaten meldeten die Wärmepumpen bei kühlem ARA-Abwasser verschiedentlich „Frost“-Störung. Behebung jeweils durch Rückstellung der Störung.
- Auf Antrag der Anwohner musste die Ölkesselanlage in der Heizzentrale Fahrweid wegen erheblicher Kamingeräusche gegen einen elektrischen Durchlauferhitzer ausgetauscht werden.

Im Berichtsjahr konnten zirka **315'000 Liter Öl** (gegenüber zirka 200'000 Liter im Vorjahr) substituiert werden.

### 3. Kennzahlen

#### 3.1 Zusammenfassung

##### 3.1 Kennzahlen Zusammenfassung

1.10.98 bis 30.9.99

ARA-Abwärme

		Leistung in kW	
<i>Kenndaten</i>	Installierte thermische Ökessel-Leistung	2000	P KEA
	Installierte thermische WP-Leistung	1053	P WP
	Angeschlossene Leistung	1641	P WNA
	Anzahl Kunden	191	
Anlagespezifisches:	- Umweltmedium :	ARA-Abwärme	W Q

		%	Energie in kWh	
<i>Produzierte Gesamt-Wärmemenge</i>	(gemäss Wärmezähler)	100%	2'605'700	Q WEA (E tot W)
	Heizölverbrauch: <input type="text" value="106729"/> Liter umgerechnet mit beobachtetem Kesselwirkungsgrad in			W KEA
	<b>Wärmemenge aus Heizöl</b>	35%	910'963	Q KEA
	<b>Wärmemenge aus Durchlauferhitzer</b>	1%	28'490	Q DE
	<b>Wärmemenge aus WP</b>	65%	1'666'247	Q WP
	Elektrizitätsverbrauch <input type="text" value="518'803"/> kWh abzüglich Hilfsenergie <input type="text" value="27'600"/> kWh zuzüglich ARA-PEnergie <input type="text" value="59'662"/> kWh			W EL W WVIHLFS
	davon <b>Elektrizität</b>	21%	550'865	W WPH
	<b>Umwelt</b>	44%	1'115'382	Q WQ (E nk W)
	Durchschnittlicher Produktionspreis		3.91 Rp./kWh	

*Jahresarbeitszahl WP* Speicherverluste unberücksichtigt, da unbekannt  JAZ

*Jahresnutzungsgrad der  
Wärmeerzeugeranlage* Speicherverluste unberücksichtigt, da unbekannt  WEA

*Verkaufte Wärmemenge* (gemäss Wärmezähler) 96%  QWA 100%  
Verkaufspreis inkl. Grundgebühren  
Durchschnittlicher Verkaufspreis 8.66 Rp./kWh

### 3.2 Heizzentrale Bachmatten

#### 3.2 HZ Bachmatten:

1.10.98 bis 30.9.99

Inbetriebsetzung 1994

		Leistung in kW	
<i>Kenndaten</i>	Installierte thermische Ölkessel-Leistung	560	P KEA
	Installierte thermische WP-Leistung	330	P WP
	Angeschlossene Leistung	510	P WNA
	Anzahl Kunden	2	
Anlagespezifisches:	- Vorlauf / Rücklauf :	62 / 42	
	- Umweltmedium :	ARA-Abwärme	W Q
		%	Energie in kWh
<i>Produzierte Gesamt-Wärmemenge</i>	<i>(gemäss Wärmezähler)</i>	100%	<b>964'290</b>
	Heizölverbrauch: <input type="text" value="50'665"/> Liter umgerechnet mit beobachtetem Kesselwirkungsgrad in 8.0 Faktor		W KEA (Etot W)
	<b>Wärmemenge aus Heizöl</b>	42%	<b>406'920</b>
	<b>Wärmemenge aus WP</b>	58%	<b>557'370</b>
	Elektrizitätsverbrauch <input type="text" value="184'134"/> kWh * abzüglich Hilfsenergie 524 kWh		W EL W WWHILFS
	davon <b>Elektrizität</b>	19%	<b>183'610</b>
	<b>Umwelt</b>	39%	<b>373'760</b>
	Heizsaison-h <input type="text" value="5'521"/> h WP-h 4174 h Brenner-h 655 h		W Q (Enk W)
	Durchschnittlicher Produktionspreis		3.69 Rp./kWh
<i>Jahresarbeitszahl WP</i>	Speicherverluste unberücksichtigt, da unbekannt	<input type="text" value="3.04"/>	JAZ
<i>Jahresnutzungsgrad der Wärmeerzeugeranlage</i>	Speicherverluste unberücksichtigt, da unbekannt	<input type="text" value="1.63"/>	η WEA
<i>Verkaufte Wärmemenge</i>	<i>(gemäss Wärmezähler)</i>	100%	<b>964'290</b> QWA 100%
	Verkaufspreis inkl. Grundgebühren		
	Durchschnittlicher Verkaufspreis		7.56 Rp./kWh

### 3.3 Heizzentrale Fahrweid

#### 3.3 HZ Fahrweid:

1.10.98 bis 30.9.99

Inbetriebsetzung 1995

		Leistung in kW		
<i>Kenndaten</i>	Installierte elektr. Durchlauferhitzer-Leistung 1)	140	P DE	
	Installierte thermische Ölkessel-Leistung 1)	140	P KEA	
	Installierte thermische WP-Leistung	83	P WP	
	Angeschlossene Leistung	122	P WWA	
	Anzahl Kunden	17		
Anlagespezifisches:	- Vorlauf / Rücklauf:	50 / 40		
	- Umweltmedium:	ARA-Abwärme	W q	
		%	Energie in kWh	
<i>Produzierte</i>				
<i>Gesamt-Wärmemenge</i>	(gemäß Wärmezähler)	100%	222'130	Q VEA (E tot W) W KEA
	Heizölverbrauch: 6'679 Liter umgerechnet mit beobachtetem Kesselwirkungsgrad in 9.1 Faktor			
	<b>Wärmemenge aus Heizöl</b>	27%	60'775	Q KEA
	<b>Wärmemenge aus Durchlauferhitzer</b>	13%	28'490	Q DE
	<b>Wärmemenge aus WP</b>	60%	132'865	Q WP
	Elektrizitätsverbrauch 31'646 kWh * abzüglich Hilfsenergie 2'942 kWh			W EL W WWHILFS
	devon <b>Elektrizität</b>	13%	28'704	W WPH
	<b>Umwelt</b>	47%	104'161	Q WQ (E nk W)
	Heizsaison-h 5'633 h WP-h 1'656 h Brenner-h / D'erhitzer 811 h			
	Durchschnittlicher Produktionspreis		4.68 Rp./kWh	
<i>Jahresarbeitszahl WP</i>	Speicherverluste unberücksichtigt, da unbekannt		4.63	JAZ
<i>Jahresnutzungsgrad der Wärmeerzeugeranlage</i>	Speicherverluste unberücksichtigt, da unbekannt		2.40	η WEA
<i>Verkaufte Wärmemenge</i>	(gemäß Wärmezähler)	89%	198'630	QWA 100%
	Verkaufspreis inkl. Grundgebühren			
	Durchschnittlicher Verkaufspreis		10.30 Rp./kWh	

### 3.4 Heizzentrale Freyhof

#### 3.4 HZ Freyhof:

1.10.98 bis 30.9.99

Inbetriebsetzung 1996

		Leistung in kW		
<i>Kenndaten</i>	Installierte thermische Ölkessel-Leistung	295	P <sub>KEA</sub>	
	Installierte thermische WP-Leistung	165	P <sub>WP</sub>	
	Angeschlossene Leistung	275	P <sub>WNA</sub>	
	Anzahl Kunden	56		
Anlagespezifisches:	- Vorlauf / Rücklauf:	50 / 40		
	- Umweltmedium:	ARA-Abwärme	W <sub>Q</sub>	
		<hr/>		
<i>Produzierte Gesamt-Wärmemenge</i>	(gemäß Wärmezähler: Gesamt)	100%	331'640	Q <sub>WEA</sub> (E <sub>tot W</sub> )
	Heizölverbrauch: 10'527 Liter umgerechnet mit beobachtetem Kesselwirkungsgrad in 8.75 Faktor	28%	92'111	W <sub>KEA</sub> Q <sub>KEA</sub>
	<b>Wärmemenge aus Heizöl</b>			
	<b>Wärmemenge aus WP</b>	72%	239'529	Q <sub>WP</sub>
	Unterzähler für WW abgezogen! Energie FL-Pumpen = f(WP/Kessel)	Elektrizitätsverbrauch 64'021 kWh * abzüglich Hilfsenergie 2'137 kWh		W <sub>EL</sub> W <sub>WVHILFS</sub>
	davon	<b>Elektrizität</b> 19%	61'884	W <sub>WPH</sub>
		<b>Umwelt</b> 54%	177'645	Q <sub>WQ</sub> (E <sub>nk W</sub> )
	Heizsaison-h 5633 h WP-h 1'601 h Brenner-h 421 h			
	Durchschnittlicher Produktionspreis		3.02 Rp./kWh	
			<hr/>	
<i>Jahresarbeitszahl WP</i>	Speicherverluste unberücksichtigt, da unbekannt	3.87	JAZ	
		<hr/>		
<i>Jahresnutzungsgrad der Wärmeerzeugeranlage</i>	Speicherverluste unberücksichtigt, da unbekannt	2.12	η <sub>WEA</sub>	
		<hr/>		
<i>Verkaufte Wärmemenge</i>	(gemäß Wärmezähler) Verkaufspreis inkl. Grundgebühren	94%	311'620	Q <sub>WA</sub> 100%
	Durchschnittlicher Verkaufspreis		10.06 Rp./kWh	

### 3.5 Heizzentrale Kirchenfeld

#### 3.5 HZ Kirchenfeld:

1.10.98 bis 30.9.99

Inbetriebsetzung 1995

		Leistung in kW	
<i>Kenndaten</i>	Installierte thermische Ölkessel-Leistung	405	P <sub>KEA</sub>
	Installierte thermische WP-Leistung	150	P <sub>WP</sub>
	Angeschlossene Leistung	236	P <sub>WNA</sub>
	Anzahl Kunden	49	
Anlagespezifisches:	- Vorlauf / Rücklauf:	50 / 40	
	- Umweltmedium:	ARA-Abwärme	W <sub>q</sub>
		<hr/>	
		%	Energie in kWh
<i>Produzierte</i>			
<i>Gesamt-Wärmemenge</i>	(gemäss Wärmemessung)	100%	300'530
	Heizölverbrauch: 11'039 Liter		W <sub>KEA</sub>
	umgerechnet mit beobachtetem Kesselwirkungsgrad in 9.1 Faktor		(E <sub>tot W</sub> )
	<b>Wärmemenge aus Heizöl</b>	33%	100'454
	<b>Wärmemenge aus WP</b>	67%	200'076
	Elektrizitätsverbrauch 66'122 kWh		W <sub>EL</sub>
	* abzüglich Hilfsenergie 5'836 kWh		W <sub>WHLFS</sub>
	davon <b>Elektrizität</b>	20%	60'286
	<b>Umwelt</b>	47%	139'790
			(E <sub>nk W</sub> )
	Heizsaison-h 5634 h		
	WP-h 1'425 h		
	Brenner-h 353 h		
	Durchschnittlicher Produktionspreis		3.41 Rp./kWh
		<hr/>	
<i>Jahresarbeitszahl WP</i>	Speicherverluste unberücksichtigt, da unbekannt	3.32	JAZ
		<hr/>	
<i>Jahresnutzungsgrad der Wärmeerzeugeranlage</i>	Speicherverluste unberücksichtigt, da unbekannt	1.80	η <sub>WEA</sub>
		<hr/>	
<i>Verkaufte Wärmemenge</i>	(gemäss Wärmemessung)	93%	278'730
	Verkaufspreis inkl. Grundgebühren		QWA 100%
	Durchschnittlicher Verkaufspreis		9.95 Rp./kWh

## 3.6 Heizzentrale Klosterfeld

## 3.6 HZ Klosterfeld:

1.10.98 bis 30.9.99

Inbetriebsetzung 1995

		Leistung in kW	
<i>Kenndaten</i>	Installierte thermische Ökessel-Leistung	195	P <sub>KEA</sub>
	Installierte thermische WP-Leistung	175	P <sub>WP</sub>
	Angeschlossene Leistung	213	P <sub>WNA</sub>
	Anzahl Kunden	37	
Anlagespezifisches:	-Vorlauf / Rücklauf:	60 / 40	
	-Umweltmedium:	ARA-Abwärme	W <sub>Q</sub>
		<b>Energie in kWh</b>	
<i>Produzierte Gesamt-Wärmemenge</i>	(gemäss Wärmezähler)	100%	241'710
	Heizölverbrauch: 6'316 Liter		W <sub>KEA</sub>
	umgerechnet mit beobachtetem Kesselwirkungsgrad in 9.0 Faktor		(E <sub>tot W</sub> )
	<b>Wärmemenge aus Heizöl</b>	24%	56'846
	<b>Wärmemenge aus WP</b>	76%	184'864
	Elektrizitätsverbrauch 59'604 kWh		W <sub>EL</sub>
	* abzüglich Hilfsenergie 5'150 kWh		W <sub>WWILFS</sub>
	davon <b>Elektrizität</b>	23%	54'454
	<b>Umwelt</b>	54%	130'410
			(E <sub>nk W</sub> )
	Heizsaison-h 5'516 h		
	WP-h 1'288 h		
	Brenner-h 408 h		
	Durchschnittlicher Produktionspreis		3.56 Rp./kWh
<i>Jahresarbeitszahl WP</i>	Speicherverluste unberücksichtigt, da unbekannt	3.39	JAZ
<i>Jahresnutzungsgrad der Wärmeerzeugeranlage</i>	Speicherverluste unberücksichtigt, da unbekannt	2.08	η <sub>WEA</sub>
<i>Verkaufte Wärmemenge</i>	(gemäss Wärmezähler)	97%	234'459
	Verkaufspreis inkl. Grundgebühren		QWA 100%
	Durchschnittlicher Verkaufspreis		9.30 Rp./kWh

## 3.7 Heizzentrale Rösslimatt

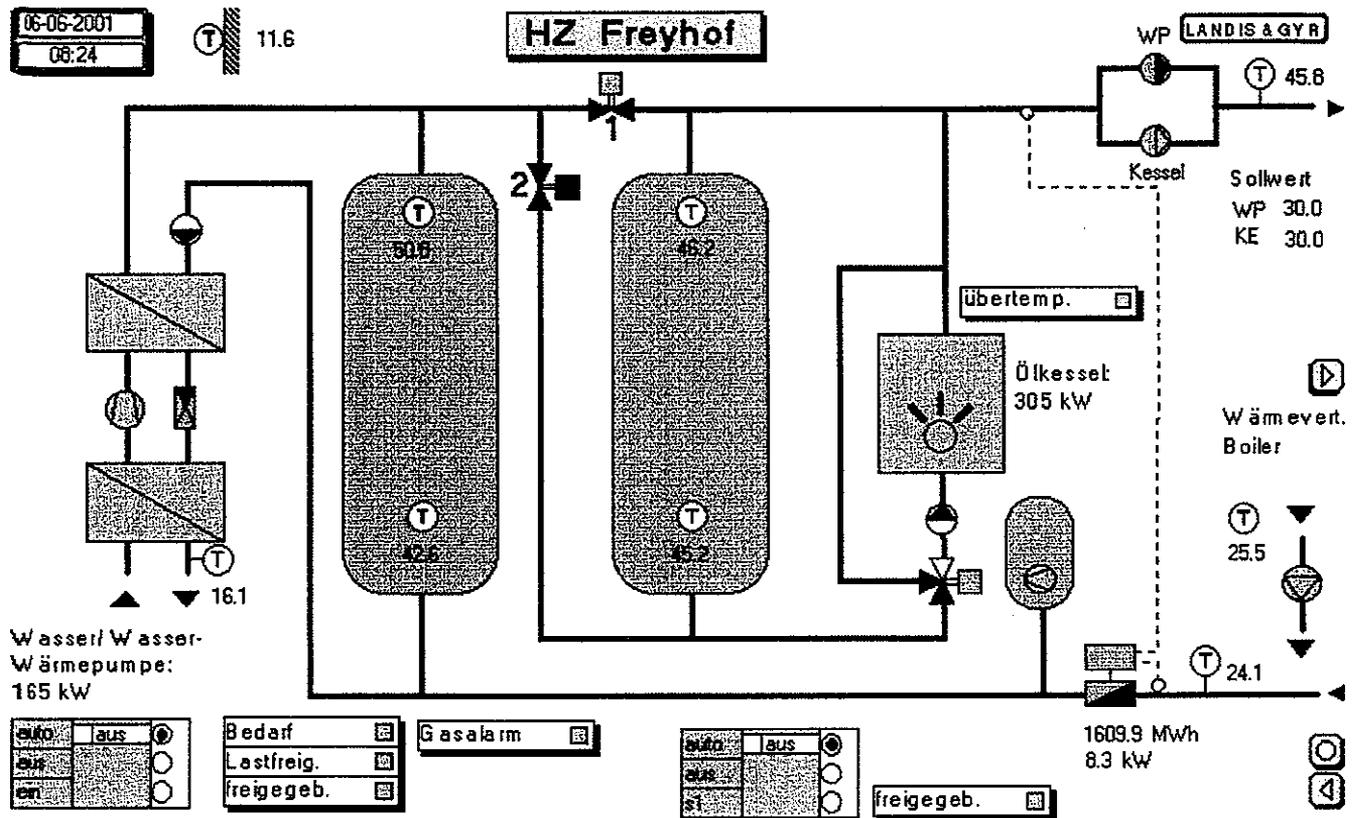
## 3.7 HZ Rösslimatt:

1.10.98 bis 30.9.99

Inbetriebsetzung 1994

		Leistung in kW		
<i>Kenndaten</i>	Installierte thermische Ölkessel-Leistung	405	P KEA	
	Installierte thermische WP-Leistung	150	P WP	
	Angeschlossene Leistung	285	P VWA	
	Anzahl Kunden	30		
Anlagespezifisches:	- Vorlauf / Rücklauf :	62 / 42		
	- Umweltmedium :	ARA-Abwärme	W q	
		Energie in kWh		
<i>Produzierte Gesamt-Wärmemenge</i>	(gemäss Wärmezähler)	100%	<b>545'400</b>	Q VEA (E tot W) W KEA
	Heizölverbrauch: <input type="text" value="21'303"/> Liter umgerechnet mit beobachtetem Kesselwirkungsgrad in 9.1 Faktor	36%	<b>193'856</b>	Q KEA
	<b>Wärmemenge aus Heizöl</b>			
	<b>Wärmemenge aus WP</b>	64%	<b>351'544</b>	Q WP
	Elektrizitätsverbrauch <input type="text" value="113'276"/> kWh * abzüglich Hilfsenergie 11'010 kWh			W EL W WWHILFS
	davon <b>Elektrizität</b>	19%	<b>102'266</b>	W WPH
	<b>Umwelt</b>	46%	<b>249'278</b>	Q WQ (E nt W)
	Heizsaison-h <input type="text" value="5'592"/> h WP-h 2'420 h Brenner-h 818 h			
	Durchschnittlicher Produktionspreis		3.50 Rp./kWh	
	<i>Jahresarbeitszahl WP</i>	Speicherverluste unberücksichtigt, da unbekannt	<input type="text" value="3.44"/>	JAZ
<i>Jahresnutzungsgrad der Wärmeerzeugeranlage</i>	Speicherverluste unberücksichtigt, da unbekannt	<input type="text" value="1.78"/>	η WEA	
<i>Verkaufte Wärmemenge</i>	(gemäss Wärmezähler)	96%	<b>525'311</b>	QWA 100%
Verkaufspreis inkl. Grundgebühren				
Durchschnittlicher Verkaufspreis		8.25 Rp./kWh		

## Anhang 1: Prinzipschema einer Heizzentrale



## Anhang 2: Prinzipschema „kalte Fernwärme“ aus ARA

