

Zwischenbericht, DIS 29145 / 68864, Dezember 2001

Gasmotor-Wärmepumpe auf Flusswasser in Hinterkappelen/BE

Erfolgskontrolle der Heizperiode 2000/2001

Ausgearbeitet durch
Fritz Hämman
Ingenieurbüro für Haustechnik
Wyhalenstrasse 4
3032 Hinterkappelen

Inhaltsverzeichnis :

1. Einleitung
2. Grundlagen
3. Jahresvergleich – Erfolgsbilanz
4. Beurteilung

1. Einleitung

Die in diesem Bericht erfasste Gasmotor-Wärmepumpe (GWP) wurde Ende 1993 fertiggestellt und in Betrieb genommen. Die Anlage wurde vom Bund und vom Kanton Bern finanziell unterstützt. Sie ist ein Teil des Gesamtprojektes „Gasmotor-Wärmepumpe, Planungsregeln und Musteranlagen“, das mit durchgeführten Erfolgskontrollen begleitet wurde. Damit die Kontinuität der Erfolgskontrolle gewährleistet ist, hat das Bundesamt für Energiewirtschaft den Auftrag für die Weiterführung dieser Arbeit erteilt.

2. Grundlagen

Für die Beurteilung der Erfolgskontrolle stehend folgende Daten zur Verfügung:

Kenndaten der Siedlung:

Einfamilienhäuser + Wohnungen	=	183
Ateliers	=	57
Mehrzweckräume	=	6
Einheiten Gesamt	=	246
Energiebezugsfläche (EBF)	=	31'775 m ²
Umbauter Raum (ohne Einstellhalle)	=	135'060 m ³

Messdaten:

Gas - Hauptzähler / [m³ Erdgas]
 Gas - Zähler der GWP / [m³ Erdgas]
 Stromzähler der GWP / [kWh]
 Wärmezähler der GWP / [kWh]
 Betriebsstundenzähler der GWP / [Std]
 Wärmezähler Heizung 1. Etappe / [MWh]
 Wärmezähler Heizung 2. Etappe / [MWh]
 Wärmezähler Heizung 3...5. Etappe / [MWh]
 Betriebsstundenzähler der Heizkessel / [Std.]

3. Jahresvergleich - Erfolgsbilanz

Erfolgsbilanz und Jahresvergleich der letzten 7 Betriebsjahre sind auf den folgenden Seiten zusammengefasst:

Seite 3 - Für den schnellen Leser
 Seite 4 - Auswertung der Messdaten
 Seite 5 - Wärmebilanz
 Seite 6 - Vergleich der letzten 7 Jahre
 Seite 7 - Schadstoffbilanz
 Seite 8 - Diagramm Anteil Wärmeproduktion GWP - Heizkessel
 Seite 9 - Diagramm Wärmeproduktion GWP
 Seite 10 - Diagramm Schadstoffbilanz der letzten 5 Jahre
 Seite 11 - Diagramm Schadstoffbilanz Vergleich effektiver Betrieb fiktiver Betrieb nur über HK
 Seite 12 - Diagramm Wärmebilanz Vergleich effektiver Betrieb fiktiver Betrieb nur über HK

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

Zusammenfassung der wichtigsten Daten für die Heizperiode 2000/2001				Für den schnellen Leser			
Während der Heizperiode				vom	bis	12.05.01	
Betrieb Gasmotor-Wärme-Pumpe							
Betriebstage	224 d						
Betriebsstunden	4'366 Bh						
Betriebsstunden	19.49 h/d						
Startimpulse	353 Anzahl						
Betr-std pro Startimpuls	12.37 Anzahl						
Gasverbrauch	114'542 m3						
Wärmeproduktion	1'823 MWh						
Pro Betriebsstunde							
Input							MWh/Bh
Gas	1'081'276 kWh	=	1'081 MWh				MWh/Bh
Strom GWP	19'255 kWh	=	19 MWh				MWh/Bh
Gas + Strom	1'100'531 kWh	=	1'101 MWh				MWh/Bh
Vergleich mit Vorjahren							
Betriebsstunden GWP	1994/95 3'323	1995/96 841	1996/97 3'582	1997/98 4'218	1998/99 4'216	1999/00 3'816	2000/01 4'366
Input: Gas + Strom	807	210	833	998	1'003	879	1'101
Output: Wärmeproduktion	1'381	366	1'412	1'739	1'708	1'469	1'823
Jahresarbeitszahl (JAZ)	1.71	1.74	1.70	1.74	1.70	1.67	1.66
Betriebsstunden Öl/gasbeheizte Heizkessel	1994/95 2'919	1995/96 5'929	1996/97 2'456	1997/98 1'868	1998/99 2'573	1999/00 3'065	2000/01 2'000
zur Deckung des Spitzenbedarfs o. Ausfall GWP	1.19	0.97	1.18	1.31	1.25	1.20	1.29
Jahresnutzungsgrad Gesamtanlage							
Wärmeabgabe pro m2 Energie-bezugsfläche, klimabereinigt	1994/95 285	1995/96 254	1996/97 235	1997/98 262	1998/99 270	1999/00 250	2000/01 286
							MJ/m2
Vergleich mit reinem Heizkesselbetrieb (Fiktiv)							
Energieverbrauch	1999/00	G/J, a	Energie kWh	Energiekosten F/a	Total Kosten		
Effektiver Betrieb GWP + Heizkessel Öl und Gas		8'584	2'384'663	118'373			
Fiktiver Betrieb ausschliesslich über Heizkessel*		10'828	3'007'926	147'779	*zB. bei Ausfall der Gasmotor-Wärmepumpe		
Einsparungen		G/J, a	kWh	F/a			
Differenz Energieverbrauch, Kosten		-2'755	-765'311	-36'109	Einsparungen		

Auswertung der Daten für die Heizperiode 2000/01

Gasmotor-Wärme-Pumpe

Messdaten	Messdauer	Durchschnitt
99 / 00	vom bis	pro 1 Tag
Jahresablesungen	25.05.00 24.05.01	
Heizperiode	30.09.00 12.05.01	
GWP	224 d	
Betriebsstunden	4'366 Bh	19.49 h/d
Startimpulse	353 Anzahl	1.58 Anzahl Imp/d
Betr-std pro Startimpuls	12.37 Anzahl	
Stromverbrauch GWP	19'255 kWh	86 kWh/d
Gasverbrauch	114'542 m3	511 m3/d
Wärmeproduktion	1'823'026 kWh	8'139 kWh/d

Auswertung: Gasmotor-Wärmepumpe

Input	Gas	Total	1'081'276 kWh	=	1'081 MWh
Input	Strom GWP	Total	19'255 kWh	=	19 MWh
Input	Gas + Strom	Total	1'100'531 kWh	=	1'101 MWh
Output	Wärmeleistung	Total	1'823'026 kWh	=	1'823 MWh

Jahresarbeitszahl Gasmotor-Wärmepumpe 1.66

Heizkessel

Kessel	Laufzeit pro Jahr	Laufzeit pro Tag (Schnitt)
Kessel 1		
Gas Stufe 1	979 h	4.37 h
Gas Stufe 2	969 h	4.33 h
ÖL Stufe 1	19 h	0.08 h
ÖL Stufe 2	19 h	0.08 h
Kessel 2		
Gas Stufe 1	7 h	0.03 h
Gas Stufe 2	7 h	0.03 h
ÖL Stufe 1	0 h	0.00 h
ÖL Stufe 2	0 h	0.00 h

Auswertung: Heizkessel: Gas + Heizölbezug + Gasbezug GWP (Input Gesamtanlage)

Hauptzähler	215'176 m3	=	2'031 MWh Hu B	Anteil
Gaszähler GWP	114'542 m3	=	1'081 MWh Hu B	50.25%
Heizkessel EG	100'634 m3	=	950 MWh Hu B	44.15%
Heizkessel Heizöl	2'132 Liter	=	21 MWh Hu B	0.98%
GWP Strom	19'255 kWh	=	19 MWh	0.89%
Heizung Strom*	80'000 kWh	=	80 MWh	3.72%
Total Input			2'152 MWh Hu B	100.00%

Wärmeabgabe

1. Etappe	800 MWh	29.60%
2. Etappe	616 MWh	22.77%
3.-5. Etappe	1'288 MWh	47.63%
Total	2'703 MWh	100.00%

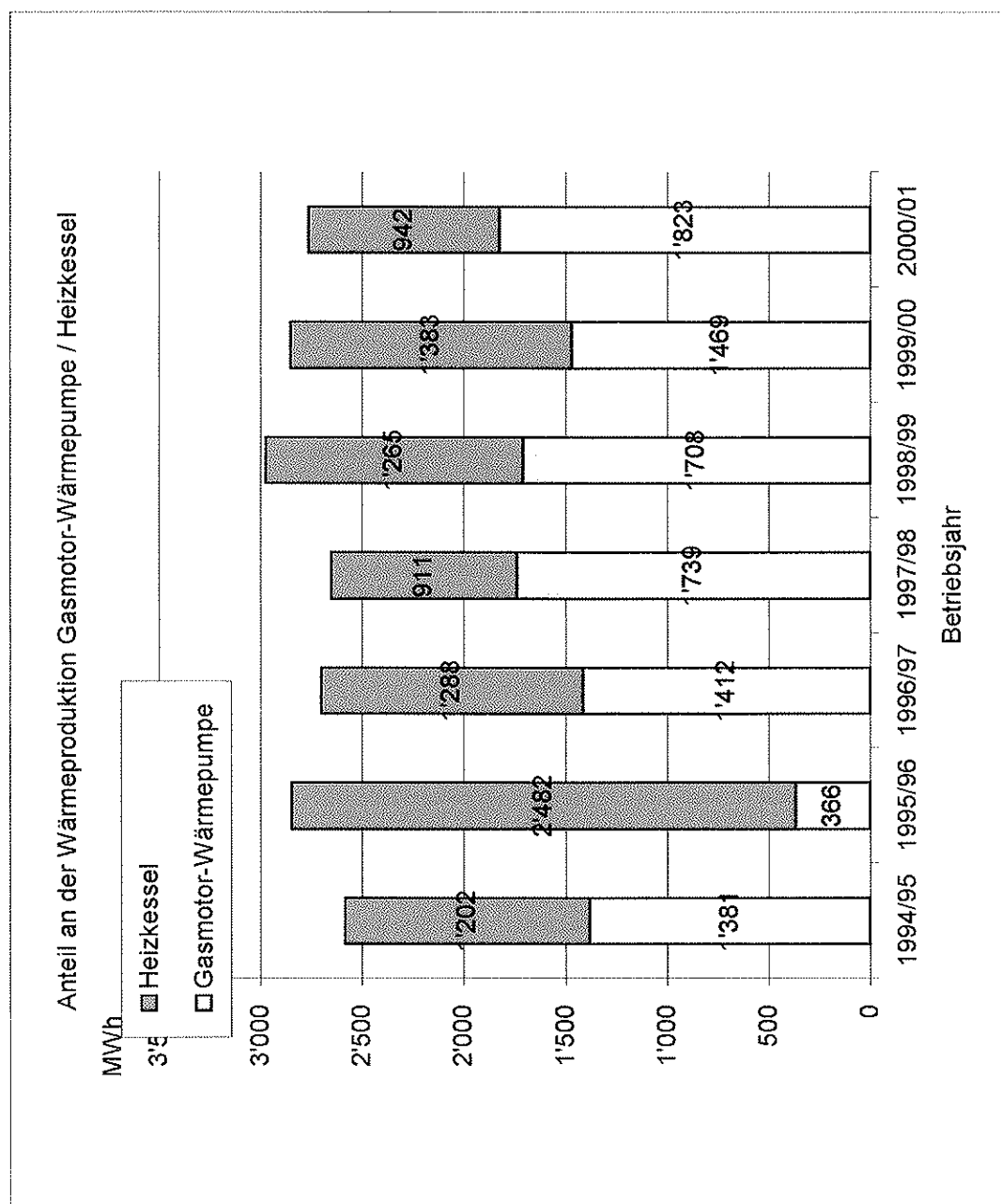
Jahresnutzungsgrad Gesamtanlage 1.26

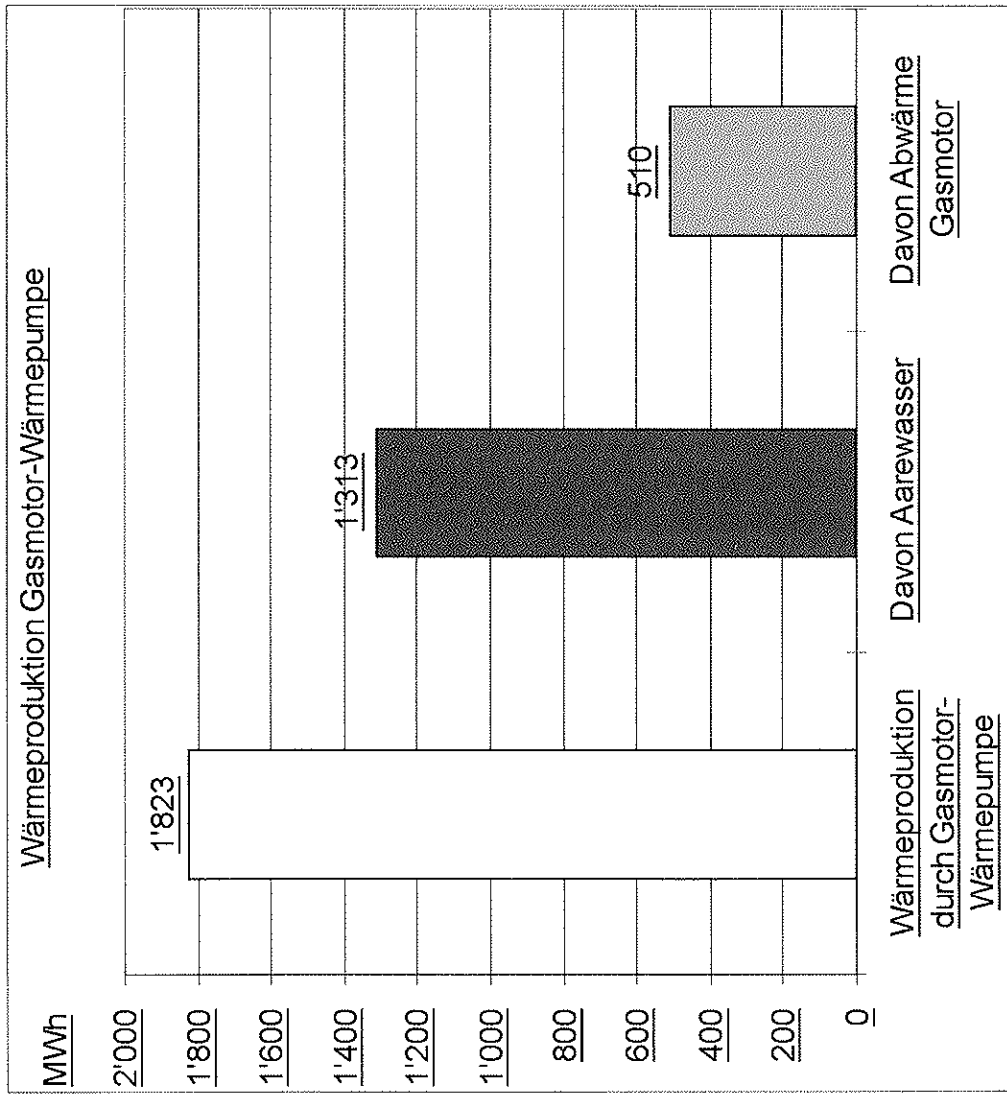
*Stromverbrauch empirisch ermittelt

Wärmebilanz der Heizperiode 2000/01					
<u>Gesamtanlage</u>					
Input					
Erdgas	2'031 MWh		94%		
Heizöl	21 MWh		1%		
Strom GWP	19 MWh		1%		
Strom Heizung	80 MWh		4%		
Energiebezug Total	2'152 MWh		100%		
<u>Gesamtanlage</u>					
Wärmebezug Heizsaison 2000/01					
1. Etappe	800 MWh		32%		
2. Etappe	616 MWh		23%		
3.-5. Etappe	1'288 MWh		46%		
Wärmebezug Total	2'578 MWh		100%		
<u>Gesamtanlage</u>					
Wärmeproduktion Heizkessel	942 MWh		34%		
Wärmeproduktion Gasmotor-Wärmepumpe	1'823 MWh		66%		
Wärmeproduktion Total	2'765 MWh		100%		
<u>Gasmotor-Wärmepumpe</u>					
Wärmeproduktion durch Gasmotor-Wärmepumpe	1'823 MWh		100%		
Davon Aarewasser	1'313 MWh		72%		
Davon Abwärme Gasmotor	510 MWh		28%		
<u>Vergleich mit reinem Heizkesselbetrieb (Fiktiv)</u>					
Energieverbrauch	200/01	Verbrauch		Energiekosten /	Total Kosten
Effektiver Betrieb GWP + Heizkessel Öl und Gas	Total	G/J, a		Fr/a	Fr/a (laut Verwaltung)
Fiktiver Betrieb ausschliesslich über Heizkessel*	Total	7'746 =	2'152	102'197	
	Total	10'501 =	2'917	138'306	
Differenz Energieverbrauch, Kosten	Total	-2'755 =	-765	-36'109	Einsparungen durch GWP
*zB. bei Ausfall der Gasmotor-Wärmepumpe					
	Entspricht ca.	-74'909	kg Heizöl	Einsparungen durch GWP	
	oder ca.	-78'639	m ³ Erdgas	Einsparungen durch GWP	

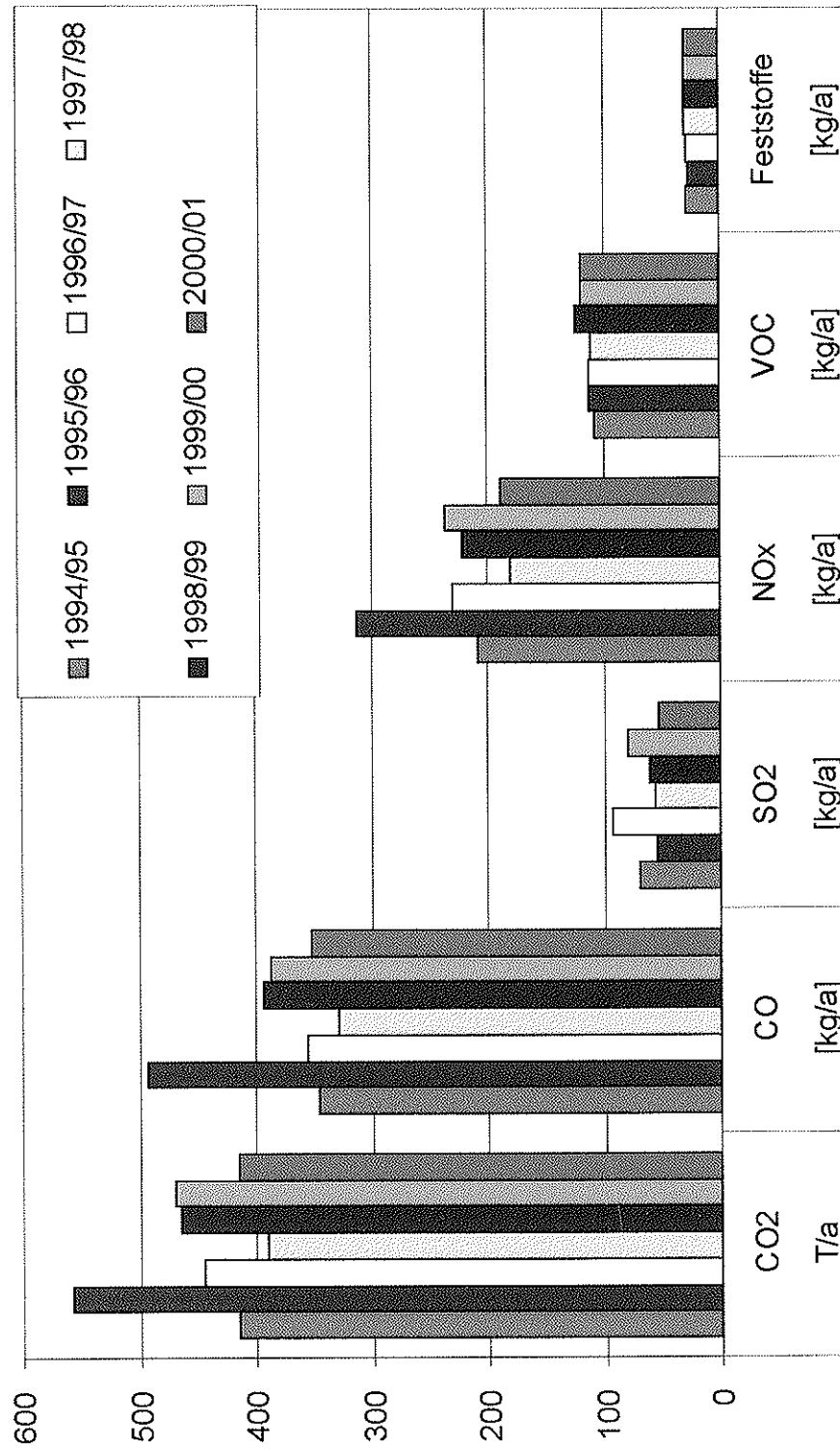
Vergleich der Daten für die Heizperiode 2000/01 zu den Vorjahren.									
Heizperioden	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02	
Input									
Erdgas Hauptzähler	204'920	287'763	206'558	194'101	230'786	222'096	209'547		Nm3
Entspricht	210'425	295'493	212'107	199'315	236'986	228'062	215'176		m3
Erdgas Hauptzähler	1'986	2'789	2'002	1'882	2'237	2'153	2'031		MWh
Heizöl EL	97	47	196	38	52	135	21		MWh
Strom (95...97 für KEA emp ermittelte Werte)	95	86	95	98	98	97	99		MWh
Total	2'178	2'922	2'294	2'018	2'387	2'384	2'152		MWh
Gasmotor-Wärmepumpe									
Betriebsstunden GWP	3'323	841	3'582	4'218	4'216	3'816	4'366		h
Startimpulse	462	408	509	512	386	173	353		
Strombezug	14'847	5'799	15'223	18'442	17'800	16'521	19'255		kWh
Gasbezug	83'894	21'678	86'648	103'772	104'379	91'341	114'542		m3
Input Strom + Gas	807	210	833	998	1'003	879	1'101		MWh
Output	1'381	366	1'412	1'739	1'708	1'469	1'823		MWh
Jahresarbeitszahl (JAZ)	1.71	1.74	1.70	1.74	1.70	1.67	1.66		
Leistung GWP	416	436	394	412	405	385	418		kW
Heizkessel									
Betriebsstunden Gas	2'724	5'835	2'060	1'792	2'445	2'728	1'962		h
Betriebsstunden Öl	195	94	396	76	128	337	38		h
Betriebsstunden Gas + Öl	2'919	5'929	2'456	1'868	2'573	3'065	2'000		h
Wärmeabgabe									
Wärmebezug 1. bis 5. Etappe	2'518	2'757	2'516	2'643	2'909	2'578	2'703		MWh
Anteile an der Wärmeproduktion									
Gasbezug									
Gasmotor-Wärmepumpe	83'894	21'678	86'648	103'772	104'379	91'341	114'542		m3
Heizkessel Erdgas	121'026	266'085	119'910	95'543	132'607	136'721	100'634		m3
Heizkessel Heizöl EL	9'750	4'700	19'800	3'800	5'228	13'627	2'132		Liter
Wärmeproduktion									
Gasmotor-Wärmepumpe	1'381	366	1'412	1'739	1'708	1'469	1'823		MWh
Heizkessel Erdgas	1'108	2'436	1'098	875	1'214	1'252	921		MWh
Heizkessel Heizöl EL	94	45	190	37	50	131	20		MWh
Total	2'583	2'848	2'701	2'651	2'973	2'851	2'765		MWh
Leistung Heizkessel	380	411	447	468	472	408	461		kW
Gesamtanlage unter Berücksichtigung der Abgasverluste									
Jahresnutzungsgrad									
Gesamtanlage	1.19	0.97	1.18	1.31	1.25	1.20	1.29		
Wärmeabgabe pro m2 Energiebezugsfläche, klimabereinigt	285	254	235	262	270	250	286		MJ/m2
, effektiv	285	312	285	299	330	292	306		MJ/m2
Heizgradtage während Heizperiode	2'763	3'396	3'354	3'152	3'373	3'222	2'957		HGT
Prozentuale Vergleiche	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02	
Anteile an der Wärmeproduktion									
Gas-Motor-Wärmepumpe	53%	13%	52%	66%	57%	52%	66%		
Heizkessel	47%	87%	48%	34%	43%	48%	34%		

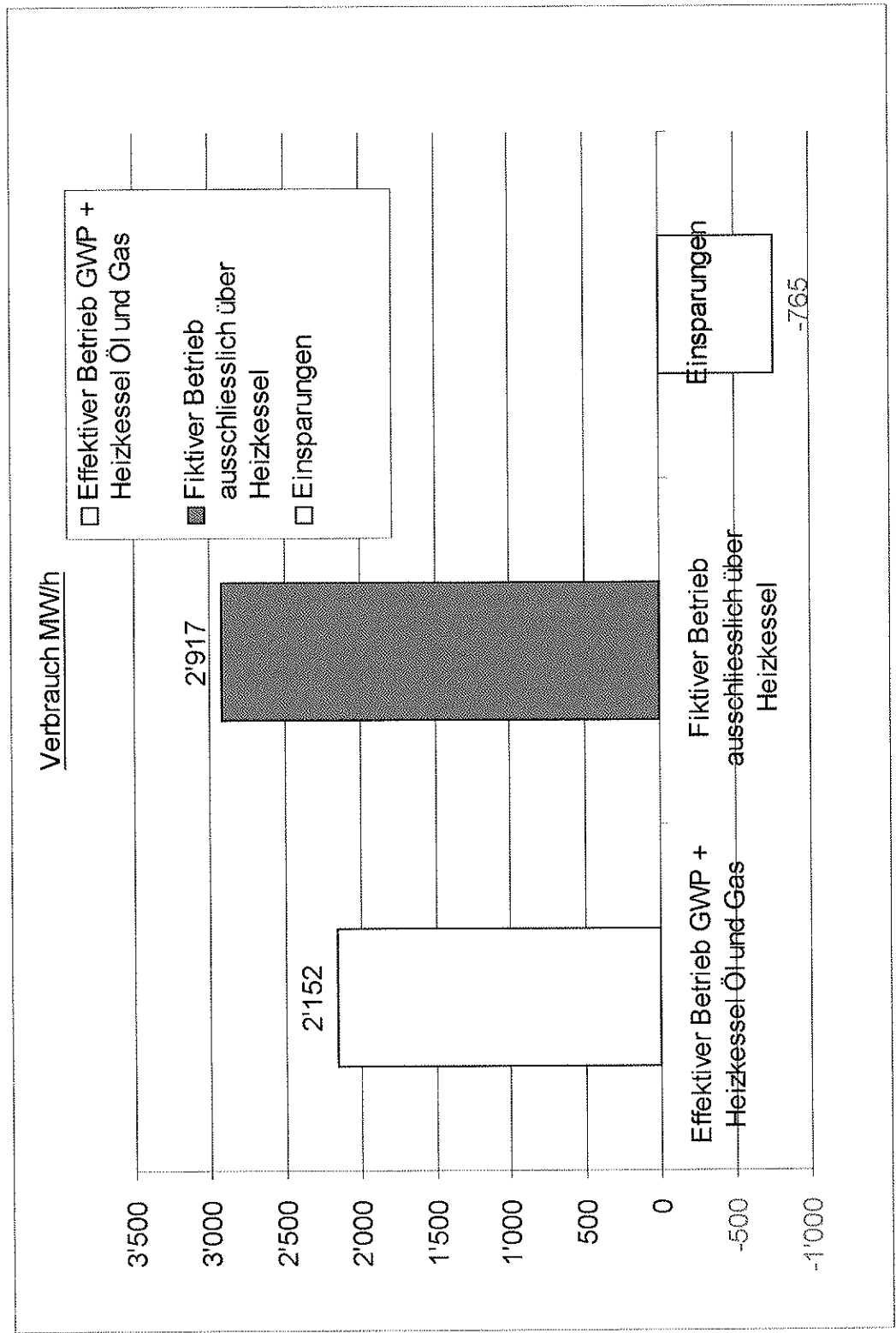
Schadstoffbilanz									
Schadstoff-Emissionen der letzten 7 Jahre									
Energieverbrauch: Erdgas, Öl EL, Elektr.									
Betriebsjahr	Verbrauch G/J, a	CO ₂ [kg/a]	CO [kg/a]	SO ₂ [kg/a]	NOx [kg/a]	VOC [kg/a]	Feststoffe [kg/a]		
1994/95	Total	7'653	415'446	345	69	209	108	28	
1995/96	Total	10'256	556'467	493	55	312	112	26	
1996/97	Total	8'069	444'710	355	93	230	113	29	
1997/98	Total	7'263	389'741	328	57	181	111	29	
1998/99	Total	8'592	463'823	393	61	222	124	29	
1999/00	Total	8'584	468'923	386	80	237	120	29	
2000/01	Total	7'746	415'103	352	54	188	119	30	
2001/02	Total								
Datenquelle/Grundlagen: BUWAL									
Vergleich mit reinem Heizkesselbetrieb (Fiktiv)									
Energieverbrauch, Schadstoffbilanz	Verbrauch G/J, a	CO ₂ [T/a]	CO [kg/a]	SO ₂ [kg/a]	NOx [kg/a]	VOC [kg/a]	Feststoffe [kg/a]		
2000/01	Total	7'746	415	352	54	188	119	30	
Effektiver Betrieb GWP + Heizkessel Öl und Gas	Total	10'501	567	510	55	329	108	30	
Fiktiver Betrieb ausschliesslich über Heizkessel*	Total	-2'755	-152	-157	-1	-141	11	-0	
Differenz Energieverbrauch, Schadstoffausstoss	Total								
Vergleich mit reinem Heizkesselbetrieb (Fiktiv)									
Energieverbrauch, Schadstoffbilanz	Verbrauch G/J, a	CO ₂ [T/a]	CO [kg/a]	SO ₂ [kg/a]	NOx [kg/a]	VOC [kg/a]	Feststoffe [kg/a]		
1999/00	Total	8'584	469	386	80	237	120	29	
Effektiver Betrieb GWP + Heizkessel Öl und Gas	Total	10'828	592	514	81	351	111	29	
Fiktiver Betrieb ausschliesslich über Heizkessel*	Total	-2'244	-123	-128	-1	-114	9	-0	
Differenz Energieverbrauch, Schadstoffausstoss	Total								
Vergleich mit reinem Heizkesselbetrieb (Fiktiv)									
Energieverbrauch, Schadstoffbilanz	Verbrauch G/J, a	CO ₂ [T/a]	CO [kg/a]	SO ₂ [kg/a]	NOx [kg/a]	VOC [kg/a]	Feststoffe [kg/a]		
1998/99	Total	8'592	464	393	61	222	124	29	
Effektiver Betrieb GWP + Heizkessel Öl und Gas	Total	11'272	611	545	62	355	116	30	
Fiktiver Betrieb ausschliesslich über Heizkessel*	Total	-2'680	-147	-152	-1	-134	9	-0	
Differenz Energieverbrauch, Schadstoffausstoss	Total								
*z.B. bei Ausfall der Gasmotor-Wärmepumpe									





Schadstoffbilanz der letzten 7 Jahre





Vergleich effektiver Betrieb mit GWP+HK, zu fiktivem Betrieb ausschliesslich über konventionellen Heizkessel zB. bei Ausfall der GWP

