

Schlussbericht, DIS 33363 / 75284, November 2001

# **Blockheizkraftwerk mit Wärmeverbund der IVF Hartmann AG mit Klärgas aus der ARA Röti/SH Erfolgskontrolle**

Ausgearbeitet durch  
**P. Röck und A. Böhner**  
Colenco Power Engineering AG  
Mellingerstrasse 207  
5405 Baden

## INHALTSVERZEICHNIS

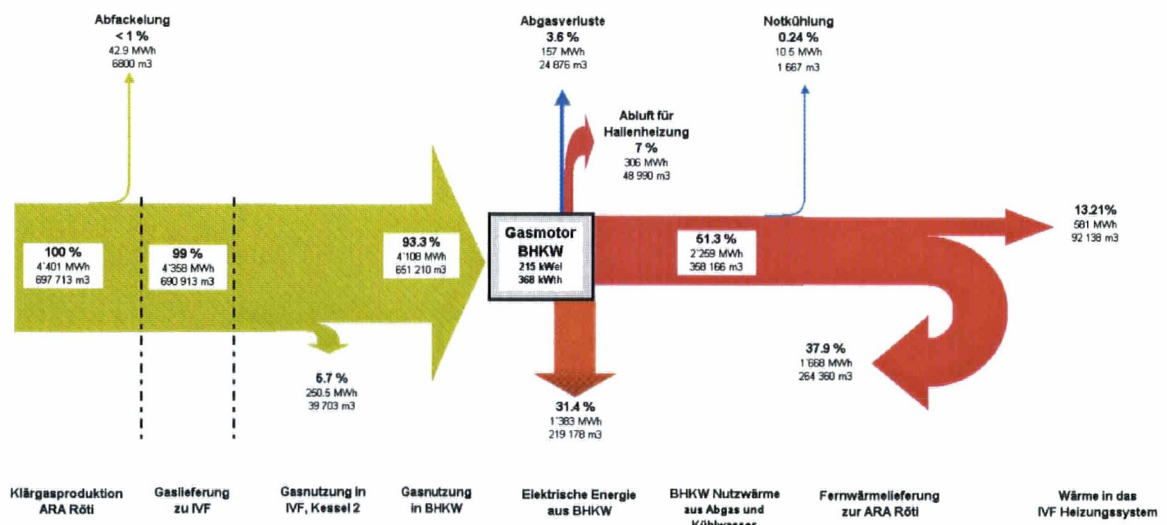
1.	ZUSAMMENFASSUNG .....	3
2.	AUSGANGSLAGE .....	5
3.	PROJEKTZIELE .....	6
4.	GRUNDLAGEN DER ERFOLGSKONTROLLE .....	7
4.1	MESSKONZEPT .....	7
4.2	DATENERHEBUNG UND AUSWERTUNG .....	7
5.	ERGEBNISSE DER ERFOLGSKONTROLLE .....	8
5.1	BHKW-BETRIEB.....	8
5.2	JAHRESENERGIEBILANZ .....	9
5.3	RESULTATE.....	9
6.	ANHANG.....	12
6.1	PRINZIPSHEMA .....	13
6.2	TECHNISCHE DATEN .....	13
6.3	AUSWERTUNG DER MESSDATEN .....	14
6.4	ENERGIEBILANZ DER KLÄRGASNUTZUNG .....	15

## 1. ZUSAMMENFASSUNG

Der Gas- und Wärmeverbund der ARA Röti und der IVF Hartmann AG ist seit Mai 2000 in Betrieb. Zur Überprüfung der festgelegten Projektziele wurde von der Colenco Power Engineering AG im Rahmen einer Erfolgskontrolle eine Datenerhebung und Auswertung durchgeführt. Für die Beurteilung der Projektziele wird der Zeitraum einer vollständigen Jahresheizperiode vom Nov. 2000 bis Okt. 2001 zu Grunde gelegt. In diesem Zeitraum produzierte die ARA Röti 697'713 m<sup>3</sup> Klärgas (= 100 %), was bei einem mittleren Heizwert von 6.3 kWh/ m<sup>3</sup>, einer Energiemenge von 4'401 MWh entspricht.

Das in der ARA Röti/Neuhausen produzierte Klärgas wurde zu 95.2 % genutzt. Die Energienutzung erfolgte im Kessel 2 zur Dampferzeugung und im Gasmotor-BHKW für die Erzeugung von elektrischer Energie und nutzbarer Wärme. Weniger als 1 % der produzierten Klärgasmenge mussten über die Fackel abgeleitet werden. Die Notkühlung war mit 0.24 % nur sehr selten in Betrieb. Eine Übersicht der Gasnutzung zeigt die folgende Energiebilanz.

Gas- und Wärmeverbund ARA Röti - IVF Hartmann  
Energiebilanz der Klärgasnutzung



Der grösste Anteil der Energienutzung stellt die Wärme des BHKW's mit 51.3 % dar. Diese Wärme wird zu etwa 37.9 % als Fernwärme zur ARA Röti für die Schlammaufbereitung geliefert

und zu etwa 13.21 % für die IVF interne Heizung genutzt. Die Strahlungswärme des BHKW's beträgt etwa 7 % und wird im wesentlichen für die Hallenheizung genutzt.

Die Gasmotor-BHKW Anlage lief mit 7'726 Betriebsstunden zufriedenstellend und produzierte rund 1'383 MWh elektrische Energie. Die Stromproduktion entspricht 31.4 % der gesamten Klärgasproduktion.

Aufgrund Sanierungsarbeiten am Gasometer und der damit verbundenen Verkleinerung des Gaspeichervolumens mussten im Betrachtungszeitraum 0.98 % des Klärgases abgefackelt werden. Die Gasometersteuerung funktioniert jedoch so gut, so dass im nächsten Jahr mit keiner weiteren Abfackelung mehr zu rechnen ist.

Mit dem Notkühlsystem wurde mit 0.24 % nur ein sehr kleiner Anteil der Wärme ungenutzt abgeführt.

Aufgrund der vorliegenden Analyse kann deshalb gesagt werden, dass die wesentlichen Projektziele erreicht worden sind.

- Es konnte ein ungewöhnlich hoher Brennstoffnutzungsgrad von über 95 % erreicht werden.
- Ein Abfackeln von Klärgas konnte trotz der Gasometersanierung und der Optimierungsphase fast vollständig vermieden werden.
- Die Wärmeversorgung zur ARA Röti war zu jeder Zeit sichergestellt.
- Ein Verwerfen der Wärme durch die Notkühlung konnte fast vollständig vermieden werden.
- Durch den Einsatz des BHKW's wurde eine deutliche Reduzierung der zugekauften elektrischen Arbeit und Leistung erreicht.
- Die Wärme des BHKW's konnte das ganze Jahr über nahezu vollständig genutzt werden. Das neue gemeinsame Gasverwertungskonzept wurde somit erfolgreich in die Praxis umgesetzt.

## 2. AUSGANGSLAGE

Die IVF HARTMANN AG (IVF) in Neuhausen kooperiert mit dem Kläranlagenverband Schaffhausen hinsichtlich der Verwertung von Klärgas, das in der Abwasserreinigungsanlage Röti/Neuhausen (ARA) anfällt.

Die ARA Röti in Neuhausen produziert pro Tag im Durchschnitt rund 2'400 m<sup>3</sup> Klärgas mit einem Energieinhalt von rund 15'000 kWh. Etwa die Hälfte wurde früher für die eigene Wärmeerzeugung benötigt, den Rest lieferte man der benachbarten Verbandstoff-Fabrik IVF Hartmann AG, die mit dem Klärgas Dampf erzeugte. Während den Betriebsferien und an Wochenenden mussten jedoch rund 5% des Gases ungenutzt abgefackelt werden.

Unter Berücksichtigung der aktuellen Energiebedarfssituation der ARA Röti und der IVF wurde ein neues Energiekonzept zur Erhöhung der Klärgasnutzung ausgearbeitet. Mit der Inbetriebnahme der neuen Anlage im Mai 2000 wurde das neue gemeinsame Gasverwertungskonzept umgesetzt.

Das neue Konzept ermöglicht nun die vollständige Nutzung des Klärgases. Kernstück der Anlage ist ein Gasmotor-BHKW auf dem Areal der IVF. Es produziert Elektrizität, die ausschliesslich für den Eigengebrauch genutzt wird. Daneben erzeugt es Raum- und Prozesswärme sowie Warmwasser, das vorher elektrisch erwärmt wurde. Ein Teil der Wärme gelangt über eine neu erstellte 180 m lange Fernleitung zurück zur ARA und dient dort der Schlammaufbereitung und der Raumheizung.

---

### 3. PROJEKTZIELE

Nach über einem Jahr Betriebserfahrung mit der neuen Anlage ist im Rahmen einer Erfolgskontrolle zu überprüfen, ob die wesentlichen Ziele des Projektes erfüllt worden sind. Die wichtigsten Ziele des Projektes, die in der Planungsphase definiert und festgelegt wurden, können wie folgt zusammengefasst werden:

- Das in der ARA Röti/Neuhausen produzierte Klärgas soll vollständig genutzt werden. Das Abfackeln von Klärgas soll vermieden werden.
- Eine ganzjährige Wärmelieferung auf einem Niveau von mindestens 70 °C an die ARA soll gewährleistet sein.
- Ein Verwerfen von Wärme soll auf ein absolutes Minimum beschränkt bleiben.
- Durch den Einsatz eines Blockheizkraftwerkes (BHKW) zur Kraft-Wärme-Kopplung soll eine Reduzierung der zugekauften elektrischen Arbeit und Leistung erreicht werden und zu dem die Nutzung der gesamten Wärme ganzjährig erfolgen.

## 4. GRUNDLAGEN DER ERFOLGSKONTROLLE

### 4.1 MESSKONZEPT

Für die Abrechnung wird die Klärgasmenge von der ARA zur IVF, die elektrische Leistung des BHKW sowie die Wärmemenge von der IVF zur ARA stetig gemessen und gezählt. Die Notkühlwassermenge wird gezählt und von der Gasfackel wird die Gasmenge erfasst. Das Messkonzept ist in folgender Tabelle zusammenfassend dargestellt

	<b>Messziel</b>	<b>Messmethode</b>	<b>Registrierung</b>
Gasmessung	Energie zur Gasabrechnung	Menge: elektrothermisch Temperatur : Thermoelement Methangehalt: Periodische Gasanalyse	Bussystem IVF; Bussystem ARA
EI. BHKW Leistung	Leistungsregelung; Energiezählung	Umformer	dito
Wärmemessung IVF->ARA	Energiemessung zur Wärmeabrechnung	GWF-Wärmezähler	dito
Gasometerstand	Füllgrad zur optimalen Gas-Bewirtschaftung	Mechanisches Potentiometer	dito
Gasfackel	Kontrolle vollst. Gasverwertung	Betriebsaufschreibung	Ablesung
Wasserzähler Notkühler BHKW	Kontrolle vollst. Wärmenutzung	Mechanisches Zählwerk	Ablesung

Mit den Messungen kann der Erfolg des Projektes beurteilt werden. Insbesondere die Betriebsstunden der Gasfackel und der Wasserzähler vor der Notkühlung sind sensible Anzeigen für die Vollständigkeit der Gasnutzung. Die Messungen und Ablesungen werden z.T. automatisch, z.T. von betrieblichen Fachleuten der IVF und der ARA Röti durchgeführt.

### 4.2 DATENERHEBUNG UND AUSWERTUNG

Der für die Datenerhebung relevante Betrachtungszeitraum liegt bei einem Jahr und umfasst somit eine komplette Heizperiode. Die erforderlichen Messdaten wurden ermittelt vom 1.11.2000 bis zum 31.10.2001 und liegen als Monatsmittelwerte vor.

Erfasst wurden Monatsmittelwerte für:

- Gaslieferung zur IVF in m<sup>3</sup> Klärgas
- Wärmelieferung zur ARA Röti in kWh
- Betriebszeiten des BHKW's in Stunden pro Monat
- Erzeugte elektrische Energie des BHKW's in kWh
- Kühlwassermenge der Notkühlung in m<sup>3</sup>
- Klärgasverbrauch von Kessel 2 in m<sup>3</sup> Klärgas

Der Klärgasverbrauch der Gasfackel konnte von der ARA Röti im Betrachtungszeitraum als Jahreswert angegeben werden.

Ein Wärmezähler für die vom BHKW abgegebene Wärmemenge ist nicht vorhanden. Aus diesem Grunde wurde die vom BHKW produzierte thermische Energie pro Monat (Abgas- und Kühlwasser-Wärmetauscher) aus der zugeführten Klärgasmenge, dem Heizwert und dem thermischen Wirkungsgrad von 55 % berechnet.

Die innerhalb des IVF Geländes genutzte Wärme wird aus der Gesamtwärme BHKW abzüglich Wärmelieferung zur ARA Röti und abzüglich Wärmemenge der Notkühlung berechnet. Die Notkühl-Energie wird aus der Wassermenge und einer mittleren Spreizung von 30 °C gemäss Auslegungswert im Schema berechnet.

Alle Klärgasmengen werden mit dem unteren Heizwert von 6.308 kWh/m<sup>3</sup> in kWh umgerechnet. Dieser Heizwert wurde am 8.Dez. 2000 gemessen. Anhand der vorliegenden Energieströme kann eine Jahresenergiebilanz von der Klärgasproduktion bis zur Klärgasnutzung erstellt werden. Anhand der prozentualen Aufteilung können Aussagen über die Güte der Klärgasnutzung getroffen werden.

## **5. ERGEBNISSE DER ERFOLGSKONTROLLE**

### **5.1 BHKW-BETRIEB**

Die Anlage wurde im Mai 2000 in Betrieb genommen und läuft nach Abschluss der Optimierungsphase weitgehend störungsfrei. Das BHKW lief von Nov. 2000 bis Ende Okt. 2001

und erreichte dabei 7'726 Betriebsstunden. Für Wartungs- und Servicearbeiten am BHKW-Modul wurden im Betrachtungszeitraum ca. 60 h aufgewendet. Unplanmässige Stillstandszeiten von ca. 430 h gab es im Zeitraum Mai bis September 2001 aufgrund von verschiedenen Störungen sowie im wesentlichen aufgrund der Gasometersanierung.

## 5.2 JAHRESENERGIEBILANZ

Die Jahresenergiebilanz für das BHKW lässt sich im Zeitraum vom 1.11.2000 bis zum 31.10.2001 wie folgt darstellen:

Gesamte Klärgasproduktion	4'401'290 kWh	(100 %)
Abfackelung des Klärgases	42'896 kWh	(0.98 %)
Klärgaslieferung zur IVF	4'358'394 kWh	(99.02 %)
Klärgasverbrennung in Kessel 2	250'453 kWh	(5.7 %)
Biogasnutzung in BHKW	4'107'941 kWh	(93.33 %)
BHKW-Stromerzeugung	1'382'610 kWh	(31.41 %)
BHKW-Wärmeerzeugung	2'259'368 kWh	(51.33 %)
Wärmelieferung an ARA-Röti	1'667'625 kWh	(37.89 %)
Wärmeabfuhr über Notkühlung	10'519 kWh	(0.24 %)
Wärme in das IVF Heizsystem	58'224 kWh	(13.21 %)
Abluft für Hallenheizung	309'040 kWh	(7.02 %)

Die Jahresenergiebilanz ist im **Anhang 6.4** als Energieflussdiagramm graphisch dargestellt.

## 5.3 RESULTAT

### Gesamte Klärgasnutzung:

Das in der ARA Röti/Neuhausen produzierte Klärgas wird zu 95.2 % genutzt. Die Verluste von 4.82 % setzen sich im wesentlichen wie folgt zusammen:

- Aus dem Abfackeln mit 0.98 %
- Aus den Abgasverlusten des BHKW's mit 3.6 %
- Der Notkühlung mit 0.24 %.

**Abfackelung des Klärgases:**

Ein Abfackeln wird notwendig, wenn folgender Betriebszustand vorliegt.

- Der 2000 m<sup>3</sup> Gasometer ist voll.
- Das BHKW ist auf Störung, Revision oder Wartung
- Kessel 2 ist nicht betriebsbereit.

Im normalen Betrieb tritt dieser Betriebszustand sehr selten auf. Durch die Gasometersanierung, die im Mai bis Sept. durchgeführt wurde, stand nur ein kleiner provisorischer Gasspeicher zur Verfügung. Dies war die wesentliche Ursache für das Abfackeln.

Aufgrund der guten Betriebserfahrungen mit der Gasometersteuerung geht die Betriebsleitung davon aus, dass im nächsten Betriebsjahr die Abfackelung vollständig vermieden werden kann.

**BHKW - Strom- und Wärmeerzeugung:**

Über 31.4 % der erzeugten Klärgasmenge wird zur Stromerzeugung genutzt. Durch den Einsatz eines Blockheizkraftwerkes zur Stromerzeugung wurde eine deutliche Reduzierung der zugekauften elektrischen Arbeit und Leistung erreicht. Die Wärme des BHKW's wird in die Fernwärmeleitung zur ARA und in das IVF interne Heizungssystem eingespeist.

**Wärmeabfuhr über Notkühlung:**

Mit 0.24 % der erzeugten Klärgasmenge konnte die Abfuhr von Nutzwärme über das Notkühlsystem fast vollständig vermieden werden.

**Wärmelieferung zur ARA:**

Die Wärmelieferung zur ARA mit 37.9 % Klärgasanteil erfolgte im wesentlichen ohne Probleme. Eine ganzjährige Wärmelieferung auf einem Niveau von mindestens 70 °C an die ARA war jederzeit gewährleistet.

Aufgrund der vorliegenden Analyse kann deshalb gesagt werden, dass die gesetzten Projektziele erfüllt worden sind.

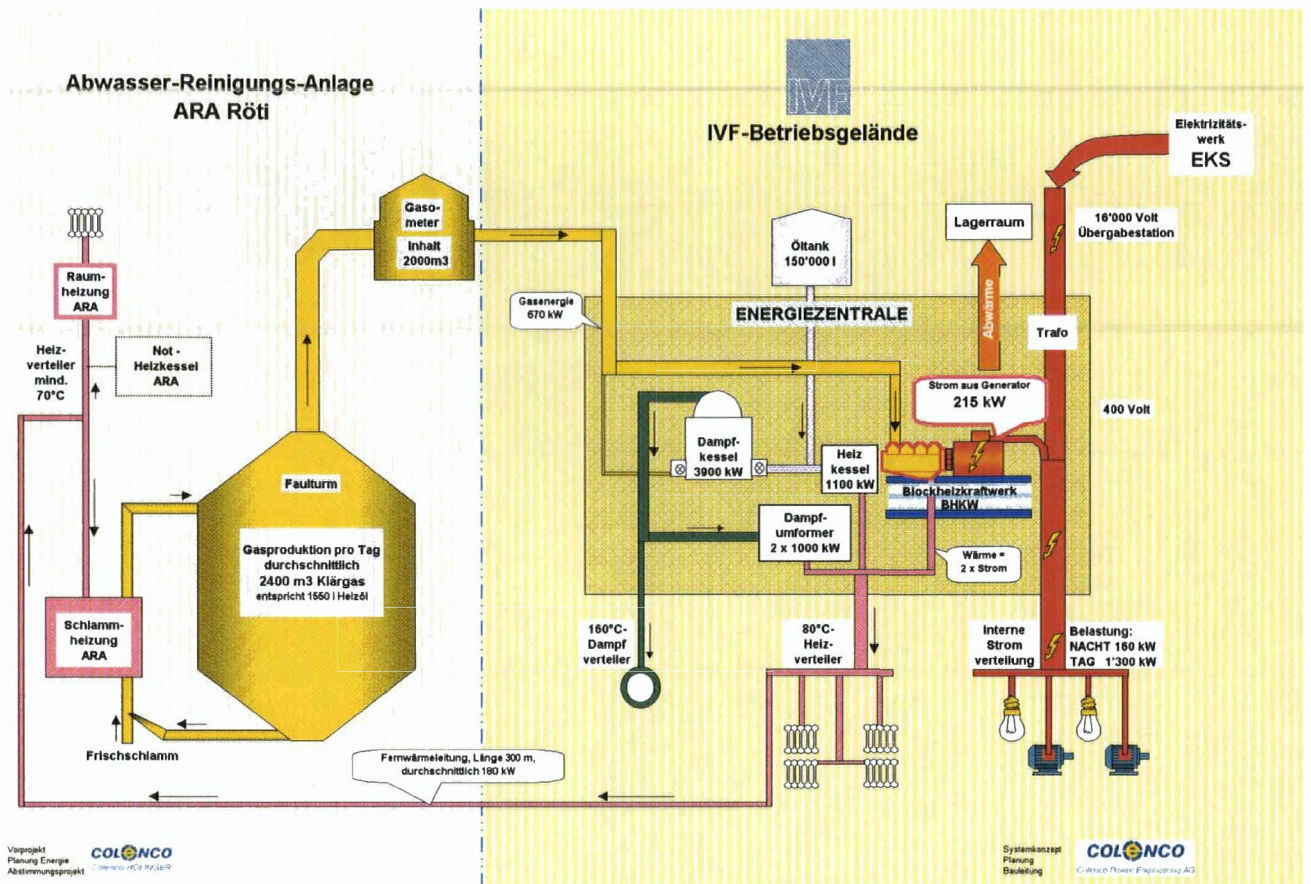
- 
- Die Auswertung der Energieanalyse zeigt auf, dass ein ungewöhnlich hoher Brennstoffnutzungsgrad von über 95 % erreicht werden konnte.
  - Ein Abfackeln von Klärgas konnte trotz der Gasometersanierung und der Optimierungsphase fast vollständig vermieden werden.
  - Die Wärmeversorgung zur ARA Röti war zu jeder Zeit sichergestellt.
  - Ein Verwerfen der Wärme durch die Notkühlung konnte fast vollständig vermieden werden.
  - Durch den Einsatz des BHKW's wurde eine deutliche Reduzierung der zugekauften elektrischen Arbeit und Leistung erreicht.
  - Die Wärme des BHKW's konnte das ganze Jahr über nahezu vollständig genutzt werden.

Aufgrund der vorliegenden Resultate kann zusammenfassend festgestellt werden, dass das neue gemeinsame Gasverwertungskonzept somit erfolgreich in die Praxis umgesetzt wurde.

## **6. ANHANG**

- 6.1 PRINZIPSHEMA**
- 6.2 TECHNISCHE DATEN (Ausgangslage)**
- 6.3 AUSWERTUNG DER MESSDATEN**
- 6.4 ENERGIEBILANZ DER KLÄRGASNUTZUNG**

### 6.1 PRINZIPSCHEMA



### 6.2 TECHNISCHE DATEN (Ausgangslage)

Klärgasproduktion	m <sup>3</sup> /Tag	2'400
Gasometerinhalt	m <sup>3</sup>	2'000
Leistung Gasmotor		
Generatorleistung	kW	220
Elektrische Leistung Hilfsbetriebe	kW	5
Elektrische Leistung netto	kW	215
Thermische Leistung	kW	368
Energieverbrauch	kW	670
Gasverbrauch (Hu = 6.3 kWh/Nm <sup>3</sup> )	Nm <sup>3</sup> /h	106.5
elektrischer Wirkungsgrad	%	32
Heizleistung Abluft	kW	ca. 40
Wärmeauskopplung ARA Röti		
Leitungslänge erdgedeckt	m	180
Übertragene Wärme (Durchschnitt)	kW	180
Auslegung (VL/RL 80/60 °C)	kW	300

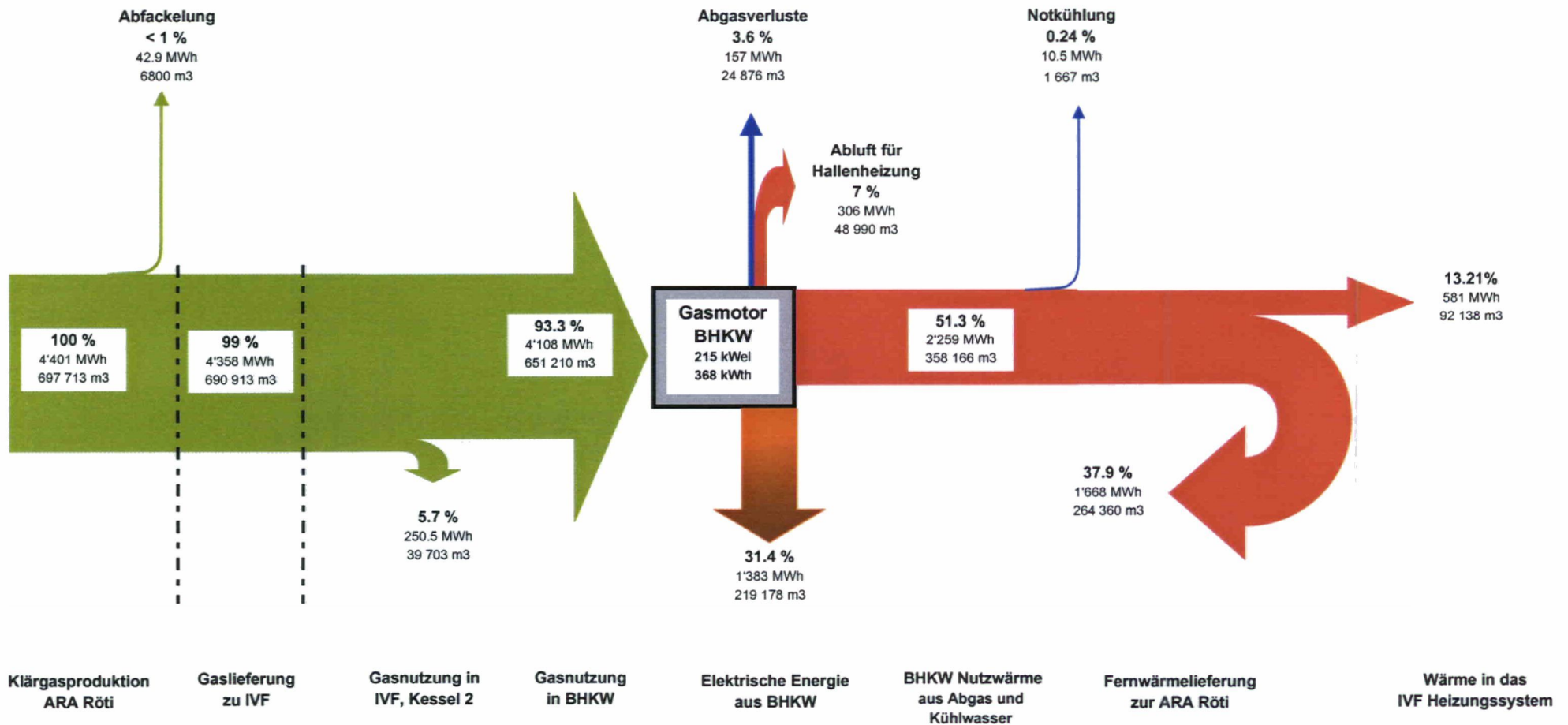
6.3 AUSWERTUNG DER MESSDATEN

<b>Heizwertmessung Biogas:</b>						
19. Mai 99		Hu =	22.6129 MJ/m3	6.28136111 kWh		
08. Dez 00		Hu =	22.7094 MJ/m3	6.30816667 kWh	für die weiteren Berechnungen massgebend	
<b>Abfackelung ARA: Nov.00 bis Okt.01:</b>						
			6800 m3	42896 kWh	0.98%	von Gesamtlieferung zu IVF
Datenherkunft	1=2+Abfackelung	Gasmessung	Energiestatistik K2	berechnet, 4=2-3	E-Zählerstand	berechnet, 6=4*0.55*Hu
<b>Zeitraum</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
	<b>Gasproduktion</b>	<b>Gasliefg. zu IVF</b>	<b>Biogas Kessel 2</b>	<b>Biogas an BHKW</b>	<b>BHKW-Strom</b>	<b>BHKW-Wärme</b>
	Ara in m3	in m3	in m3	in m3	in kWh	in kWh
Nov 00		62959	793	62166	135800	215684
Dez 00		68670	4389	64281	135850	223022
Jan 01		59008	13739	45269	112180	157060
Feb 01		57715	4324	53391	123090	185240
Mrz 01		55827	1325	54502	135150	189094
Apr 01		61899	10943	50956	111316	176791
Mai 01		58520	4182	54438	118530	188872
Jun 01		53708	0	53708	103370	186339
Jul 01		48411	0	48411	91775	167962
Aug 01		30082	0	30082	64260	104369
Sep 01		63012	0	63012	115574	218620
Okt 01		71002	8	70994	135734	246313
<b>Total</b>						
<b>in m3</b>	<b>697713</b>	<b>690913</b>	<b>39703</b>	<b>651210</b>	<b>219181</b>	<b>219181</b>
<b>in kWh</b>	<b>4401290</b>	<b>4358394</b>	<b>250453</b>	<b>4107941</b>	<b>1382629</b>	<b>2259368</b>
<b>in %</b>	<b>100.00%</b>	<b>99.03%</b>	<b>5.69%</b>	<b>93.33%</b>	<b>31.41%</b>	<b>51.33%</b>

Wärmezähler	berechnet aus m3*30*4,18	berechnet, 9=7+8	berechnet, 10=6-9	11=4-(5+6)	12 = 7726 * 40	13=11-12	
<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	
<b>Wärmelieferung an ARA</b>	<b>Notkühlung</b>		<b>Wärme an ARA und Notkühlung</b>	<b>Wärme in IVF</b>	<b>Wärme-Verluste BHKW</b>	<b>Abluftnutzung Hallenheizung</b>	<b>Abgasverlust</b>
in kWh	Wasser in m3	Abwärme in kWh				40 kW	
150983	21	732	151715			in kW	
169848	8	279	170127				
161373	5	174	161547				
146093	7	244	146337				
142159	21	732	142891				
149282	15	523	149805				
142576	85	2961	145537				
127810	14	488	128298				
124527	26	906	125533				
86443	15	523	86966				
129670	39	1359	131029				
136761	46	1602	138363				
	Total	302					
<b>264360</b>		<b>1668</b>	<b>264360</b>	<b>92138</b>	<b>73864</b>	<b>48990</b>	<b>24873</b>
<b>1667625</b>		<b>10520</b>	<b>1678145</b>	<b>581223</b>	<b>465945</b>	<b>309040</b>	<b>156905</b>
<b>37.89%</b>		<b>0.24%</b>	<b>38.13%</b>	<b>13.21%</b>	<b>10.59%</b>	<b>7.02%</b>	<b>3.56%</b>
							<b>in m3</b>
							<b>in kWh</b>
							<b>in %</b>

## **6.4 ENERGIEBILANZ DER KLÄRGASNUTZUNG**

# Gas- und Wärmeverbund ARA Röti - IVF Hartmann Energiebilanz der Klärgasnutzung



## Anhang 6.4 Energieflussdiagramm

Gas und Wärmeverbund ARA Röti und IVF HARTMANN AG  
 Betrachtungszeitraum von Nov. 2000 bis Okt. 2001  
 Hu Klärgas = 6.308 kWh/m³  
 19.11.2001/Colenco/Boa