

Schlussbericht vom Februar 2004

LUPO AG

Biogasverwertung mit BHKW

Projekt Nr. **46154** Verfügung Nr. **86236**

Ausgearbeitet durch: **Künzler & Partner AG**

Verfasser: **F. Büchler, M. Gabriel**

Im Auftrag des
Bundesamtes für Energie

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE, 3003 Bern

Auftragnehmer:

Künzler & Partner AG

Kellerstrasse 36

6005 Luzern

Tel. 041 360 69 00

Autoren:

Fritz Büchler

Marcel Gabriel

Begleitgruppe:**Impressum Titel**

Diese Studie wurde im Rahmen des Forschungsprogramms „Energie und Umwelt“ des Bundesamts für Energie BFE erstellt. Für den Inhalt ist alleine der/die Studiennehmer/in verantwortlich.

Bundesamt für Energie BFE

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 · office@bfe.admin.ch · www.admin.ch/bfe

Vertrieb: ENET, Egnacherstrasse 69, CH-9320 Arbon

Tel. 071 440 02 55 · Tel. 021 312 05 55 · Fax 071 440 02 56

enet@temas.ch · www.energieforschung.ch · www.energie-schweiz.ch

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	4
2	Zweck des Projektes.....	4
2.1	Hauptprojekt	4
2.2	Teilprojekt Methanverwertung (Subventionsgesuch).....	4
3	Installierte Anlagen.....	5
3.1	Blockschema.....	5
3.2	Installationen.....	5
3.2.1	Trockengasspeicher	5
3.2.2	Biologische Entschwefelungsanlage	5
3.2.3	Blockheizkraftwerk (BHKW)	5
3.2.4	Notfackel	5
4	Investitionen	6
5	Erzielte Resultate	6
5.1	Reduktion der Abwasserfracht.....	6
5.2	Gasproduktion.....	6
5.3	Stromproduktion BHKW	7
5.3.1	Theoretisch mögliche Stromproduktion	7
5.3.2	Effektive Stromproduktion	7
5.3.3	Erlös aus Stromproduktion	7
5.4	Wärmeproduktion BHKW	7
5.5	Gesamt – Energieproduktion BHKW	8
5.6	Betriebsstunden BHKW	8
6	Unterhaltsaufwand / Betriebskosten.....	8
7	Betriebserfahrung, Probleme	9
7.1	Methangehalt	9
7.2	H ₂ S – Gehalt	9
8	Weiteres Vorgehen	9
9	Symbolverzeichnis.....	10
10	Anhangverzeichnis	10

1 Zusammenfassung

Deutsch

In der anaeroben Abwasservorbehandlungsanlage der LUPO Getränke AG, Hochdorf fällt als Nebenprodukt Klärgas an. Dieses kann mittels eines Blockheizkraftwerks (BHKW) sinnvoll genutzt werden um Energie zu produzieren. Der Strom wird ins Netz eingespiesen und die Wärme dient dazu, den Wirkungsgrad des Abwasserreinigungsprozesses zu erhöhen..

English

The anaerobic pretreatment plant of wastewater in LUPO Beverages Ltd, Hochdorf produces biogas. This is used in the block heat and power plant (cogeneration) to produce energy. The current is transmitted to the power-network and the wastewater is heated by the thermal residuals. Higher temperature means better purification.

Français

Dans le prétraitement anaerobique des eaux usées de LUPO boissons SA, Hochdorf, on produit de la biogaz. Celle est utilisée par un moteur de gaz (centrale de couplage chaleur-force) pour produire de l'énergie. L'énergie électrique fournit le réseau et l'énergie thermique chauffe les eaux usées. La température améliore le processus de purification des eaux usées.

2 Zweck des Projektes

2.1 Hauptprojekt

Die LUPO Getränke AG, Hochdorf ist ein Getränkehersteller und Abfüller für Grossisten. Es werden vor allem Bier und Süssgetränke hergestellt. Die dabei anfallenden Abwässer waren für die kleine kommunale ARA in Hochdorf sehr erheblich. Um die ARA zu entlasten, wurden durch das Amt für Umweltschutz des Kt. Luzern verschärfte Einleitungsgrenzwerte verfügt. Auf dem Gelände der Firma LUPO AG wurde daraufhin eine Vergärungsanlage für die anfallenden Betriebsabwässer erstellt.

Ziel dieser Vergärungsanlage ist es, möglichst viele Schmutzstoffe aus dem Abwasserstrom zu entfernen. Dies geschieht mittels eines Anaerobreaktors als Herzstück der Anlage. In diesem Reaktor bauen Mikroorganismen - unter Ausschluss von Sauerstoff - Schmutzstoffe ab und produzieren dabei Biogas.

2.2 Teilprojekt Methanverwertung (Subventionsgesuch)

Das anfallende Biogas wird gesammelt, in einem drucklosen Gasspeicher (150 m³) zwischengespeichert und danach in einem Blockheizkraftwerk in Strom und Wärme umgewandelt.. Der produzierte Strom wird in das Netz eingespiesen.

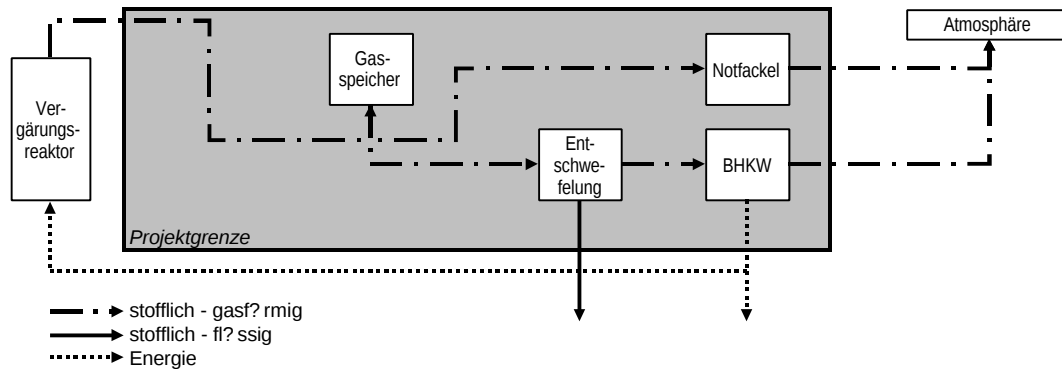
Die Abwärme des BHKWs wird verwendet um das Abwasser im Zulauf zum Vergärungsreaktor zu erwärmen und damit seine Effizienz zu steigern.

Zum Schutz des Gasmotors wird der Schwefelgehalt (H₂S) des Biogases in einer biologischen Entschwefelungsanlage reduziert.

3 Installierte Anlagen

3.1 Blockschema

Abbildung 1: Blockschema



3.2 Installationen

3.2.1 Trockengasspeicher

- Nutzinhalt 150 m³
- Niederdruck-Gasspeicher max. 3 mbar
- In kubischer Form für Einbau in bauseitiges Gebäude (Stahlbau mit Trapezblechverkleidung).
- Abmessungen Gebäude: L x B x H = 12.0 x 6.0 x 3.5 m
- Material Gasspeicher: Thermoplastischer Kunststoff, Trägergewebe aus Polyester, Beschichtung beidseitig lackiert

3.2.2 Biologische Entschwefelungsanlage

- für Durchsatz von 25 m³/h Biogasanfall
- 2 Stück Wäschebehälter mit Füllkörper aus Kunststoff, je ca. 1.3 m³ Inhalt
- Umwälzpumpe
- Luft- und Abwasserzudosierung für die Biologie

3.2.3 Blockheizkraftwerk (BHKW)

- Fabrikat: DIMAG
- Typ: DITOM-D TBG+ 229-6 (60 kW_{elektrisch})

3.2.4 Notfackel

- für Durchsatz von 30 m³/h
- automatische Gasfackelanlage mit verdeckter Flamme

4 Investitionen

Die gesamten Investitionen für die Biogasverwertung beträgt **CHF 446'010.-**

Eine detaillierte Kostenaufstellung findet sich in Anhang 1. Kosten und Bemerkungen bezüglich des Teilprojekts BHKW sind dort in den letzten beiden Spalten explizit aufgeführt.

5 Erzielte Resultate

5.1 Reduktion der Abwasserfracht

Abwasseranfall	m ³ /a	55'022
Durchschnittliche Abwasserkonzentration	mg CSB/l	5'320
Jahresfracht CSB auf Reaktor	kg CSB/a	292'600
Jahresfracht CSB nach Reaktor	kg CSB/a	25'460
Abgebaute Fracht	kg CSB/a	267'140
Mittlerer Abbauwirkungsgrad Reaktor	%	91.3

Mit einem Wirkungsgrad von 91.3 % CSB-Reduktion arbeitet der installierte Anaerob-Reaktor über den ursprünglich angenommenen Erwartungen.

Die abgebaute Fracht entspricht einer Belastung von ungefähr 7'300 Einwohnerwerten (berechnet mit 100 gCSB/EW*d). Die aktuelle Belastung der ARA Hochdorf dürfte bei nurmehr ungefähr 20'000 bis 30'000 EW liegen. Damit wurde die Anlage um etwa einen Viertel bis einen Drittel entlastet.

5.2 Gasproduktion

Jahresgaserzeugung (Ablesewert)	m ³ /a	148'008
Energieinhalt Hu (Gasanalyse 16.12.03)	MJ/m ³	23.4
	kWh/m ³	6.5
Theoretischer Energieinhalt der Jahresgaserzeugung	kWh	963'211

5.3 Stromproduktion BHKW

5.3.1 Theoretisch mögliche Stromproduktion

Elektrischer Wirkungsgrad BHKW gemäss Angaben Hersteller	%	29.13
Theoretisch Jahresstromproduktion	kWh	280'583

5.3.2 Effektive Stromproduktion

eff. Jahresstromproduktion (Ablesung CKW-Zähler): Hochtarif	kWh/a	180'249
eff. Jahresstromproduktion (Ablesung CKW-Zähler): Niedertarif	kWh	45'213
Summe	kWh	225'462

entspricht 80 % der theoretischen Stromproduktion

Die relativ grosse Differenz ist erklärbar:

- Die effektive Stromproduktion ist gemessen als Wirkstrom
- Bei der Inbetriebnahme der Anlage wurde teilweise noch Gas abgefackelt
- Abfackelung im Herbst bei Annahme von konzentriertem Abwasser aus dem Betrieb Granador. Es konnte nicht mehr die gesamte Gasproduktion mit dem BHKW verarbeitet werden. Grössere Gas-mengen musste über die Notfackel entsorgt werden.
- Anlauf- und Abfahrphasen des BHKWs

5.3.3 Erlös aus Stromproduktion

Strompreis	CHF/kWh	0.14
Erlös aus Stromproduktion	CHF/a	31'560.--

5.4 Wärmeproduktion BHKW

Thermischer Wirkungsgrad BHKW gemäss Hersteller	%	56.04
Theoretische Jahreswärmeproduktion	kWh	539'783
Effektive Jahreswärmeproduktion (539'783 kWh x 80 %)	kWh	431'826

Diese Wärmeenergie wurde zur Aufheizung des Abwassers und somit zur Effizienzsteigerung des Anaerob-Reaktors verwendet. Die theoretische Erhöhung der Abwassertemperatur zum Anaerobreaktor beträgt 6.7 °C.

5.5 Gesamt – Energieproduktion BHKW

Theoretische Gesamt – Energieproduktion pro Jahr	kWh	820'367
---	------------	----------------

5.6 Betriebsstunden BHKW

Betriebsstunden bei 60 % Leistung	h	2'129
Betriebsstunden Bei 100 % Leistung	h	2'366
Jahresbetriebsstunden	h	4'495
In % des Jahres	%	51.3

6 Unterhaltsaufwand / Betriebskosten

(siehe Anhang 2)

Jährliche Betriebsmittel	CHF	1'504.40
Jährlicher Serviceaufwand LUPO	CHF	3'755.50
Jährlicher Serviceaufwand DIMAG	CHF	8'813.60
Totaler Aufwand für Service- und Unterhaltskosten	CHF	14'073.50
Spezifische Service- und Unterhaltskosten	CHF/kWh_{el}	0.0624

Gegenüber den ursprünglichen Annahmen fallen die jährlichen Betriebskosten rund 50 % höher aus als budgetiert.

7 Betriebserfahrung, Probleme

7.1 Methangehalt

Gemäss Analysenprotokoll vom 16.12.03 (siehe Anhang 3) beträgt der Methangehalt des Biogases rund 65 %.

Diese Messung wird durch die von LUPO selber durchgeführten Kohlendioxyd-Messungen bestätigt (siehe Anhang 4).

Der Methangehalt ist primär abhängig vom zugeführten Substrat und damit vom Abwasser. Die Gasmenge ist zudem abhängig vom Betriebspunkt der Abwasservorbehandlungsanlage.

7.2 H₂S – Gehalt

Im Verlaufe des 1. Betriebsjahres zeigte sich die biologische Gasentschwefelung als ein Problemfall in der gesamten Abwasseranlage. Die Anlage funktionierte teilweise nicht, so dass der Schwefelwasserstoffgehalt im Biogas immer wieder zu hoch war.

8 Weiteres Vorgehen

Die regelmässige Revision des BHKWs hat sich bewährt. Damit ist eine fachmännische Betriebsweise sichergestellt.

Durch den langjährigen Betrieb und der Erfahrung des Betriebspersonals können Störfälle frühzeitig erkannt und dadurch reduziert werden.

Ein besonderes Augenmerk gilt der Entschwefelungsanlage, welche besser funktionieren muss, damit der Gasmotor weniger Schaden nimmt und die Ölwechselintervalle verlängert werden können.

9 Symbolverzeichnis

a	Jahr(e)
h	Stunde(n)
BHKW	Blockheizkraftwerk, Wärme-Kraft-Kopplungsmaschine
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf. Summenparameter für den Verschmutzungsgrad des Abwassers
EW	Einwohnerwert. Äquivalent für die durchschnittliche Verschmutzung bzw. den Anfall von Abwasser einer Person
H ₂ S	Schwefelwasserstoff
SVGW	Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches

10 Anhangverzeichnis

Kostenzusammenstellung	Anhang 1
Unterhalt/Betriebskosten	Anhang 2
Gas-Analysenprotokoll (Gasanalyse SVGW)	Anhang 3
Gasqualität (Methangehalt Betriebserhebung)	Anhang 4
Bilddokumentation (Abwasservorbehandlungsanlage, BHKW)	Anhang 5

Bundesamt für Energie BFE

Worblentalstrasse 32, CH-3063 Ittigen · Postadresse: CH-3003 Bern
Tel. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 · office@bfe.admin.ch · www.admin.ch/bfe

Vertrieb: ENET, Egnacherstrasse 69, CH-9320 Arbon
Tel. 071 440 02 55 · Tel. 021 312 05 55 · Fax 071 440 02 56
enet@temas.ch · www.energieforschung.ch · www.energie-schweiz.ch

	Ausführender	A.erteiltg.	Off. o. MWST	Zahlung	am	Anteil %	Anteil BHKW	Bemerkungen
Vorkläranlage mit Gas-Fackel und 1m3-Speicher ohne Gebäude	Gütling	18.1.02	1'520'700	152'070	12.02.02		71'210.-	Gasfackel
				456'210	03.05.02			
				304'140	29.07.02			
				304'140	14.12.02			
Nachofferte Steuerungsaufwand BHKW und grösserer WT 150 KW => MAB	Gütling	28.3.02	23'000	23'000	14.12.02	100	23'000.-	
Nachtrag: Mehrpreis Bau und Schächte/Glasfang	Gütling	19.4.02	46'000	46'000	14.12.02			
Nachtrag: Mehraufwand Steuerung	Gütling	Dez. 02	1'800	1'800	20.12.02			
Gasballon, Entschwefelung, Gasinstallation	Schmid	19.3.02	104'318	62'611	13.08.02	100	104'318.-	
				31'305	02.12.02			
Tiefbau Umleitung bestehende Abwasser-/Wasser-/Stromleitungen/Schächte	Odoni	19.4.02	33'820	20'000	28.05.02			
Bau Betriebsgebäude: Baumeisterarbeiten ab Platte/Glasmuldenplatz	Odoni	19.4.02	68'132	10'000	10.07.02	31	21'121.-	Anteil Betriebsgebäude für Gas- und BHKW-Installationen
Nachofferte Mehrkosten Fundamentplatten	Odoni	31.5.02	8'231	40'000	11.07.02			
Nachofferte Gerüstung Isolation MAB und Reaktor	Odoni	24.6.02	11'653	10'000	04.09.02			
				20'000	04.09.02			
				9'309	17.11.02			
				5'937	17.11.02			
				1'468	17.11.02			
				8'231	17.11.02			
Bau Betriebsgebäude: Planerstellung	Gmeiner	Jan. 02	5'000	5'000	15.04.02	31	1550.-	
			5'250	5'250	16.09.02	31	1627.-	
Bau Betriebsgebäude: Stahlkonstruktion/Verkleidung/Dach/Türen	Herger+Koch	19.4.02	42'042	25'000	13.08.02		31842.-	abz. 2 Türen in Betriebsgebäude von Fr. 10'200.-
				17'888	21.08.02			
				1'710	20.12.02			
Zuleitung Strom/Alarm-/Steuer-/Telefonleitungen	Tophinke			304	20.12.02			
Lupo-Schaltschrank neben Gütling-Steuerschrank	Tophinke			9'991	20.12.02			
Ventilatoren, Licht innen/ausser, Steckdosen 220/380V	Tophinke			10'000	15.10.02			
Kabelung Brandmelder, Spitzenstromsignal, PC-anywhere (Glasfaser bis Hub)	Tophinke	18.4.02	29'647	15'000	13.08.02	100	41'218.-	
Kabelung BHKW/Schaltschrank	Tophinke	21.8.02	4'218	3'500	15.10.02	100	129'567.-	
BHKW	DIMAG	AB: 11.4.02	129'567	38'870	21.05.02			
				77'740	04.09.02			
				12'957	20.12.02			
Heizungsspeicher 800 l, Einbindung BHKW	Eiholzer	17.4.02	10'241	10'241	02.10.02	50	5'120.-	
Lüftungsanlagen	Eiholzer	17.4.02	7'563	7'563	02.10.02	50	3'781.-	
Leitungen: Umverlegung bestehende Abwasser-/Wasser-/Stromleitungen	Feer			9'294	28.05.02			
Wasser-, Druckluftinstallation	Feer	19.4.02	27'043	9'294	11.07.02			
				18'439	17.11.02			
Kamin	Müller	23.4.02	3'822	3'822	30.09.02	100	3'822.-	
Baubewilligung/Nachführungskosten Geometer	Gem. Römerswil		5'375	5'375	16.04.02	30	1'613.-	
Raumplanungsamt	Kt. Luzern		1'164	1'164	30.04.02	30	349.-	
Gewässerschutzrechtl. Projektgenehmigung	AfU		1'324	1'324	10.07.02	30	397.-	
Bearbeitung Baugesuch	AfU		460	460	10.07.02	50	138.-	
Beratung Realisierung	Künzler+Partner	März 02	36'000	22'273	30.04.02	100	36'000.-	
				4'944	29.07.02			
				4'270	29.10.02			
Schliesszylinder KABA	Gisler		1'021	1'021	04.06.02			
Kranstellung 3-Phasen-Trennung	Transportus		978	978	22.10.02			
Kranstellung Biofilter 10.10.02	Fanger		1'970	1'970	14.11.02			
Blitzschutz	Kopp		1'703	1'703	17.11.02	30	511.-	
Brandabschottung Leitungen	Knuchel		1'175	1'175	02.12.02	30	353.-	
Putachen Korrosionsschutz Dr. Bindschedler	GSK		1'183	1'183	30.12.02			
SUMMEN			2'134'400	1'835'724				
zugedachte Subvention Bundesamt für Energie 1. Tranche nach Inbetriebnahme			26'000					
zugedachte Subvention Bundesamt für Energie 2. Tranche nach 1 Datenjahr			5'328					
SUMMEN nach Abzug Subvention			2'103'072					
separater Investitionsantrag: Brandmelder Betriebsgebäude + Leergebindeplatz	Cerberus	29.4.02	4'954	5'807	16.12.02	50	2477.-	
d.o. Installation (Anteil in Offertbetrag 32500 s.o.) -20% Subv GVL (Tel HM/Sigr 4.4.02)	Tophinke	18.4.02	5'992	5'000	15.10.02	50	2996.-	Vorschrift Brandversicherung: zur Hauptsache Mehraufwand wegen Gasinstallationen.
				1'096	20.12.02			
offene Beträge (gegenüber Offerten Vorklämung):	Gütling			304'140				
	Schmid			10'402				
	Kü + Partner			4'513				
SUMME offen Vorklämung				319'055				
Mehrbeträge gegenüber Offerten:	Odoni			3'109				
	Herger+Koch			646				
	Feer			9'984				
	Tophinke			6'640				
Gmeiner, Eiholzer, Müller, Gemeinde, AfU, Gisler, Transportus, Fanger, Knuchel				0				
SUMME Mehrbeträge gegenüber Offerten				20'379				
	Brandmelder: Cerberus			853				
	Tophinke			104				
							Σ 446'010.-	

Datum	Betr.Std	Arbeit	Oel u. Filter	Lupo Arbeit Std. à Fr. 55.00	Menag Service AG
16.12.02	200	Service Menag		440.00	689.05
22.1.00	515	Oelwechsel	197.00	110.00	
13.2.03	799	Oel nachgefüllt	34.00	14.00	
21.2.03	877	Oelwechsel	197.00	110.00	
3.3.03	990	Service Menag		398.75	1'750.00
17.3.03	1148	Oel nachgefüllt	17.00	14.00	
1.4.03	1336	Oelwechsel	197.00	110.00	
10.4.03	1440	Kontrollservice Lupo		165.00	
22.4.03	1563	Oelwechsel	197.00	110.00	
9.5.03	1770	Emissionsmessung		178.75	703.25
13.5.03	1870	Oel nachgefüllt	10.60	14.00	
22.5.03	1991	Service Menag		316.25	1'231.80
18.6.03	1963	Oel nachgefüllt	17.00	14.00	
30.6.03	2500	Kontrollservice Lupo		165.00	
9.7.03	2665	Oelwechsel	197.00	110.00	
4.8.03	2988	Service Menag		357.50	1'922.05
3.9.03	3386	Oel nachgefüllt	19.15	14.00	
10.9.03	3509	Kontrollservice Lupo		165.00	
30.9.03	3804	Oel nachgefüllt	19.15	14.00	
13.10.03	4022	Service Menag		316.25	982.40
13.10.03	4022	Oelwechsel	197.00		
21.10.03	4094	Reparatur		330.00	989.80
5.11.03		Reparatur			545.25
2.12.03	4568	Kontrollservice Lupo		165.00	
16.12.03	4771	Oel nachgefüllt	8.50	14.00	
22.12.03	4780	Oelwechsel	197.00	110.00	
					8'813.60
			1'504.40		1'504.40
				3'755.50	3'755.50
					14'073.50

22. Dez. 2003

Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches SVGW
Société Suisse de l'Industrie du Gaz et des Eaux SSIGEAuftraggeber: Hr. O. Linsenmann
Fax: 041 914 08 88LUPO-Getränke AG
z.Hd. Herrn O. Linsenmann
Niffel
6280 Hochdorf

Analysenprotokoll

Probenidentifikation:

Resultatfile : 120300e
 Methodenfile : Ar1203_4
 Probenname : Biogas vom 16.12.2003 10:00 Uhr
 Analysendatum : 18. Dezember 2003 (nach Probeneingang)
 Referenz-Bedingungen : Temp. 25°C (Ref. = 0°C, 1013.25 mbar)

Nachgewiesene Komponenten

Wasserstoff	:	0.001 Mol.-%	0.001 Vol.-%	luftfrei:	0.001 Vol.-%
H ₂ S	:	0.238 Vol.-%	0.236 Vol.-%		0.243 Vol.-%
Umrechnungsfaktor H ₂ S	:	1 ppm (0.0001%) = 1.42 mg H ₂ S / m ³ bei 20°C / 1013 hPa			
Kohlendioxid	:	31.34 Mol.-%	31.23 Vol.-%		32.23 Vol.-%
Sauerstoff	:	0.636 Mol.-%	0.638 Vol.-%		
Stickstoff	:	2.73 Mol.-%	2.74 Vol.-%		0.34 Vol.-%
Methan	:	65.05 Mol.-%	65.14 Vol.-%		67.19 Vol.-%

Physikalische Daten

(Umrechnungsfaktoren: 1 MJ = 0.27778 kWh = 238.835 kcal)

Brennwert Ho	:	25.998 MJ/m ³	luftfrei:	26.816 MJ/m ³
Heizwert Hu	:	23.428 MJ/m ³		24.165 MJ/m ³
Wobbezahl Wo	:	27.789 MJ/m ³		28.725 MJ/m ³
Wobbezahl Wu	:	25.042 MJ/m ³		25.885 MJ/m ³
rel. Dichte	:	0.875		0.872
Dichte	:	1.135 kg/m ³		1.130 kg/m ³

Abgase (m³/m³) : 0.960 CO₂ - 1.212 H₂O - 4.925 N₂

Bemerkungen : 2. Probe mit 6.3% Luftanteilen!

Schwerzenbach, den 18. Dezember 20003

Wir bedanken uns für Ihren Auftrag und erlauben uns, Ihnen die Rechnung für unsere Aufwendungen mit separater Post zuzustellen.

Mit freundlichen Grüßen

K. Frick

Klaus Frick
Sachbearbeiter

*Schliffhöhe
unbedingt?
(et. Mr. Frick möglich)*

Schweizerischer
Verein des Gas-
und Wasserfaches
SVGWTechn. Prüfstelle Gas
Gaschromatographie
Eschenstrasse 10
8603 Schwerzenbach

Tel. 01 825 57 00

Fax 01 825 57 19

K. Frick (direkt)

Tel. 01 806 30 55

E-Mail:

k.frick@svgw.ch

Explications relatives aux procès-verbal d'analyse

1. Définitions

- Pouvoir calorifique supérieur

Le pouvoir calorifique supérieur représente, dans des conditions données (voir sous chiffre 2), la chaleur libérée dans l'air lors de la combustion totale d'un gaz sec quand les seuls produits de la combustion sont le gaz carbonique (CO₂, sous forme gazeux), l'eau (H₂O, sous forme liquide) et l'azote (N₂, sous forme gazeux).

- Pouvoir calorifique inférieur

Le pouvoir calorifique inférieur représente, dans des conditions données (voir sous chiffre 2), la chaleur libérée dans l'air lors de la combustion totale d'un gaz sec quand les seuls produits de la combustion sont le gaz carbonique (CO₂, sous forme gazeux), l'eau (H₂O, sous forme gazeuse) et l'azote (N₂, sous forme gazeux).

- Indices de Wobbe

Les indices de Wobbe Wo et Wu d'un gaz sont les quotients entre le pouvoir calorifique supérieur rapporté au volume ou le pouvoir calorifique inférieur également rapporté au volume et la racine carrée de la densité relative du gaz.

- Densité relative

La densité relative d'un gaz est le quotient entre la densité du gaz et celle de l'air sec à la même température et à la même pression.

- Densité

La densité d'un gaz est le quotient entre la masse du gaz et le volume qu'il occupe à l'état donné (voir chiffre 2).

2. Conditions de référence

Le pouvoir calorifique supérieur et le pouvoir calorifique inférieur et donc également l'indice de Wobbe dépendent de la température ambiante à laquelle s'effectue la combustion. Les valeurs indiquées dans le procès-verbal d'analyse sont obtenues lorsqu'un mètre cube de gaz jaugé à 0°C et 101.325 kPa est brûlé à la température ambiante de 25°C et à la pression de 101.325 kPa.

Les facteurs suivants de conversion (température lors de la combustion / température de la mesure du volume) valent:

a) <u>Pour le pouvoir calorifique supérieur:</u>	Résultats des analyses	Conversion pour:	multiplié par:
	25°C / 0°C	25°C / 20°C	0.9318
	25°C / 0°C	15°C / 15°C *)	0.9489
	25°C / 0°C	15°C / 0°C	1.0010
	25°C / 0°C	0°C / 0°C	1.0026
b) <u>Pour le pouvoir calorifique inférieur:</u>	Résultats des analyses	Conversion pour:	multiplié par:
	25°C / 0°C	25°C / 20°C	0.9318
	25°C / 0°C	15°C / 15°C *)	0.9481
	25°C / 0°C	15°C / 0°C	1.0001
	25°C / 0°C	0°C / 0°C	1.0003

*) Indications EN 437 (base pour évaluation de la charge nominale selon EN 297)

Les mêmes facteurs valent également pour la conversion des indices de Wobbe puisque il est prouvé que la densité relative est indépendante de la température.

3. Bases de calcul

Le projet de norme ISO/DIS 6976 (1991) a été utilisé comme base pour le calcul des pouvoirs calorifiques supérieur* et inférieur* et des indices de Wobbe*. Le résultat de l'analyse est normalisé à 100% de toutes les liaisons prouvées et reconnues. La conversion en pour-cent volumiques au moyen du facteur Z et la normalisation à 100% donne des %-Mol. (%-Mol. = %-Vol. / Facteur Z).

*) Toutes les données du procès-verbal sont exprimées en MJ. Facteurs de conversion:

1 MJ = 0.27778 kWh = 238.835 kcal

4. Autres indications

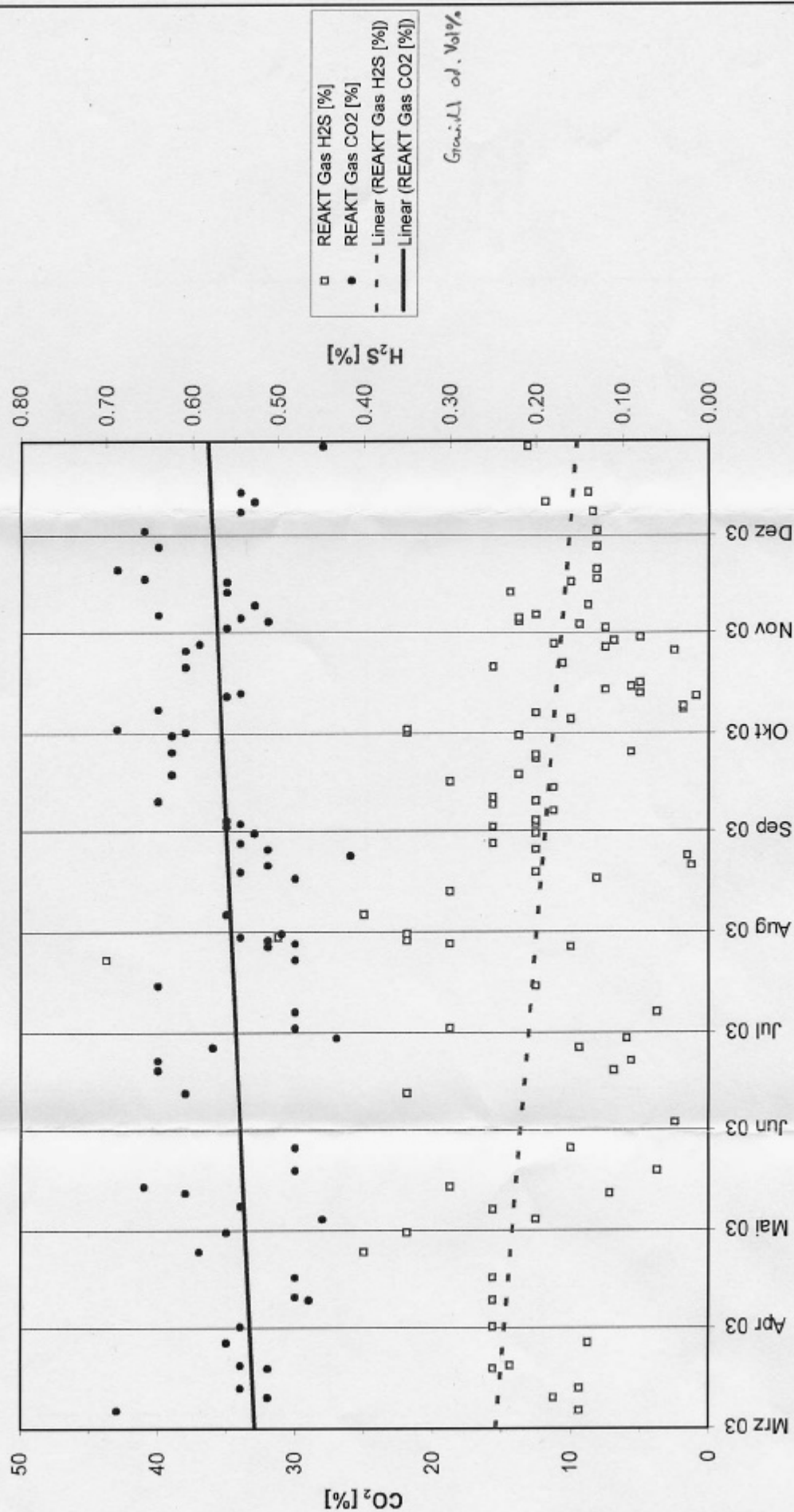
a) Indications de volume "corrigées" ("Korr")

L'analyse des gaz exempts d'oxygène ne doit pas mettre en évidence de l'oxygène. Si, contre toute attente, de l'oxygène apparaît en supplément de l'azote découvert, il faut admettre que l'échantillon a été livré dilué à la suite d'une entrée d'air intempestive. La part théorique d'air est calculée sur la base de la teneur en oxygène mesurée, puis elle est soustraite.

b) Gaz de combustion

Le programme calcule le taux des volumes des gaz de combustion par la multiplication du rapport molaire et du facteur de compressibilité respectif (pour CO₂, H₂O et N₂). Le calcul de la composition des gaz de combustion sur la base du volume est fonction de la température et de la pression (ce qui n'est pas le cas sur la base molaire); la valeur ne peut donc être calculée que de manière approximative.

**LUPO: Abwasser-Vorkläranlage
REAKTOR: Gasqualität**



Abwasservorbehandlung



Blockheizkraftwerk (BHKW)

