

Biogas-Fachtagung Thüringen

am 20.03.2014 in Erfurt

Anforderungen der Flexibilisierung an die BHKW-Technik

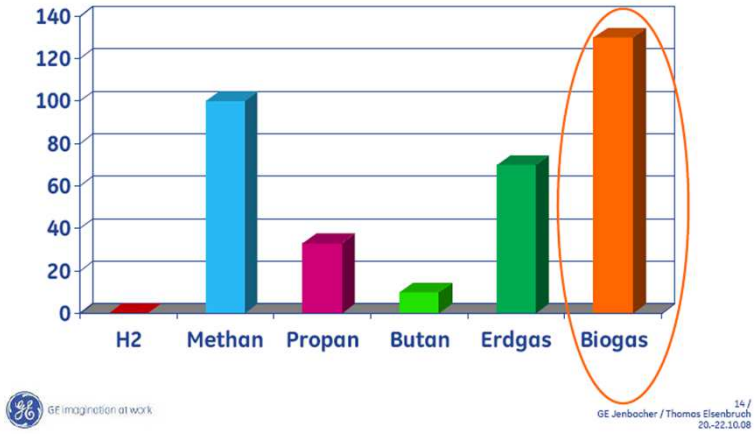
Dipl.-Ing. (FH) Volker Aschmann

Müller-BBM GmbH

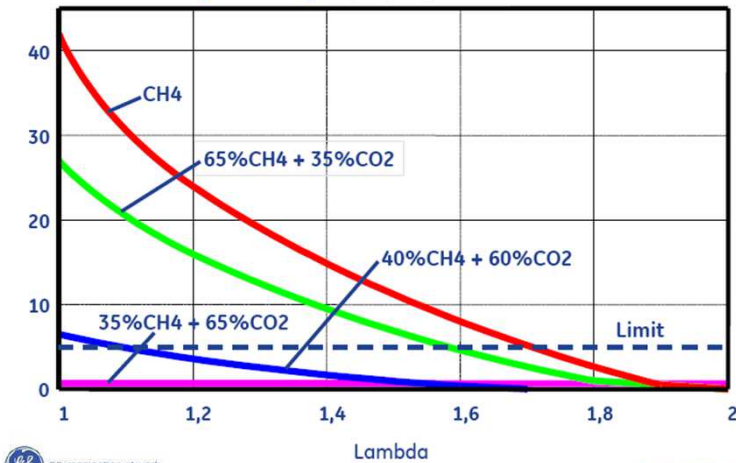
Inhalt

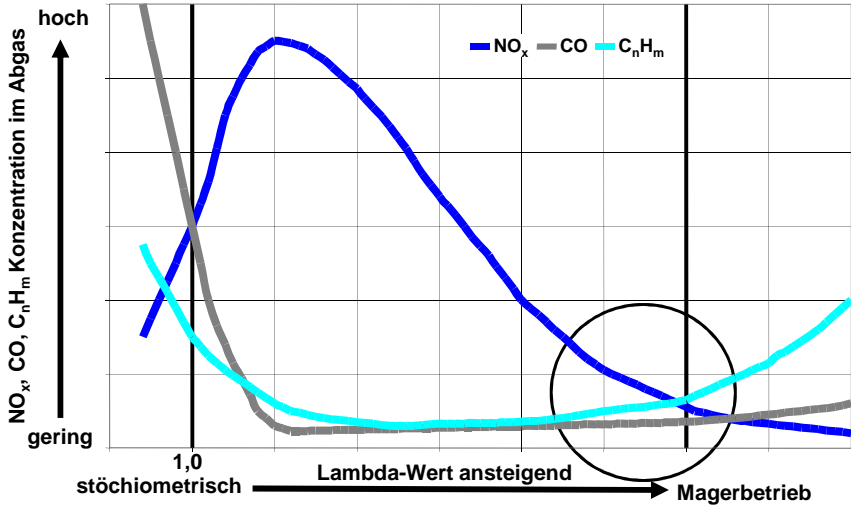
- 1. Einführung**
- 2. Einflussfaktoren auf den elektrischen Wirkungsgrad**
 - **Standzeit**
 - **Wartung**
 - **Verfügbarkeit**
- 3. Herausforderungen für die BHKW-Technik**
- 4. Teillast**
- 5. Start/Stopp-Betrieb**
- 6. Zusammenfassung**

Methanzahl



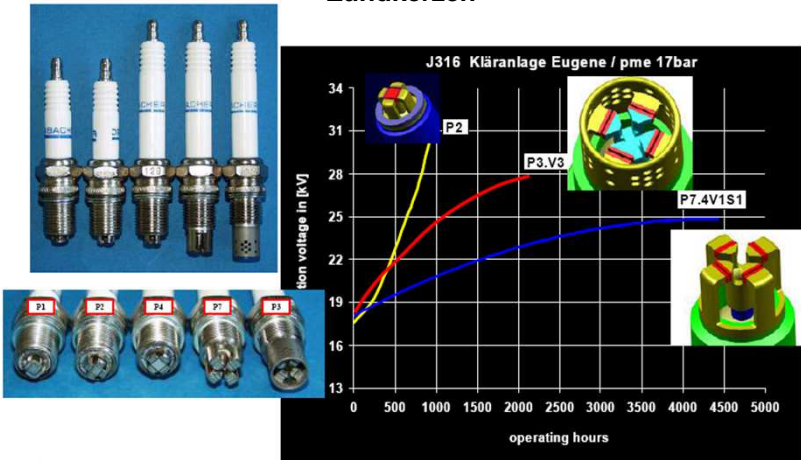
lam. Flammgeschwindigkeit [cm/sec]





verändert nach JENBACHER 2002

Zündkerzen



GE imagination at work.

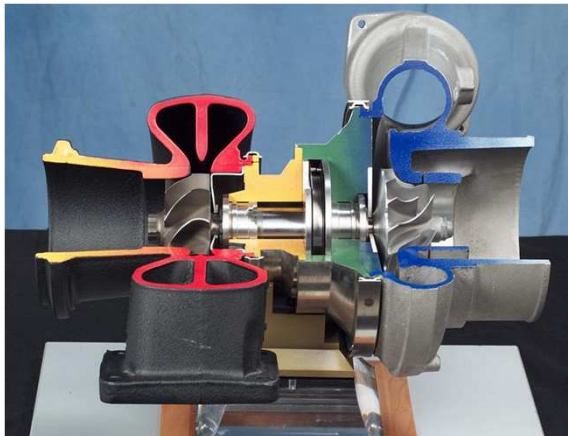
25 /
GE Jenbacher / Thomas Elsenbruch
20-22.10.08

Brennraumgeometrie



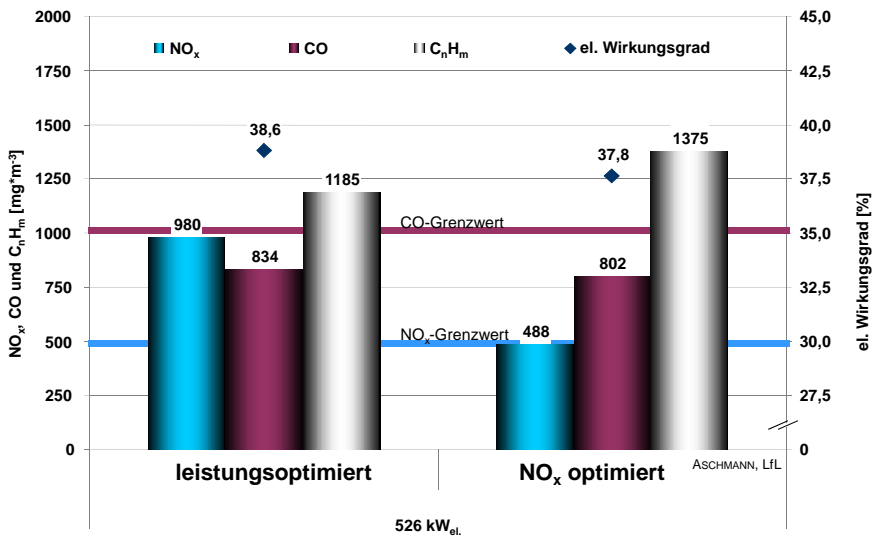
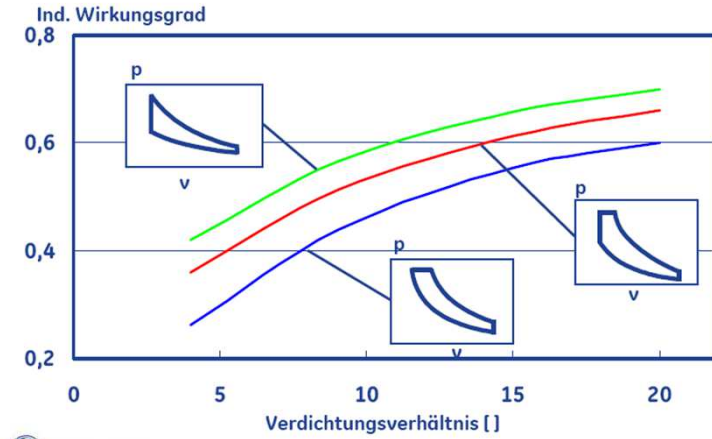
Quelle: GE Jenbacher

Abgasturbolader



Quelle: Wikibooks.com

Verdichtungsverhältnis



Bsp. 526 kW_{el.}:

$\eta = 38,6\% \Rightarrow \text{Gasverbrauch} = 260 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

$\eta = 37,6\% \Rightarrow \text{Gasverbrauch} = 267 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

\Rightarrow **Gasmehrverbrauch von 30.000 m³·a⁻¹ CH₄** bei 8.500 Bh

1 ha Mais = ca. 5.000 m³ CH₄

\Rightarrow 1% Wirkungsgradverlust \approx 6 ha Mais·a⁻¹

1. Einführung

2. Einflussfaktoren auf den elektrischen Wirkungsgrad

➤ Standzeit

➤ Wartung

➤ Kettengröße

3. Herausforderungen für die Biogas-Technik

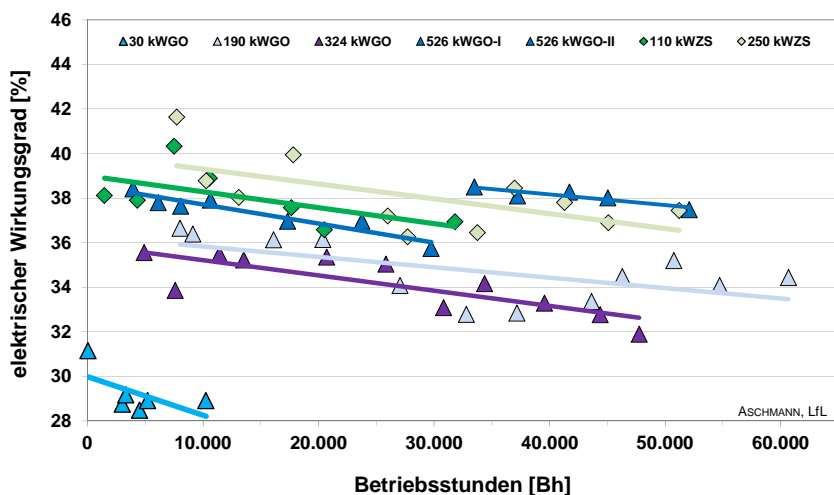
4. Bilanz

5. Ökologische Bilanz

6. Wassernutzungswert

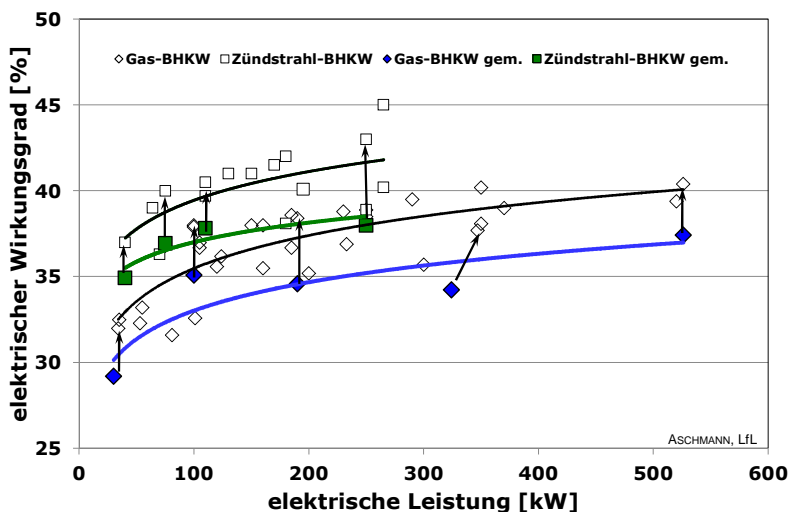
2. Einflussfaktor Standzeit

MÜLLER-BBM



2. Einflussfaktor Standzeit

MÜLLER-BBM



1. Hintergrund

2. Einflussfaktoren auf den elektrischen Wirkungsgrad

✓ **Gasqualität**

➤ **Wartung**

✓ **Komponenten**

a. Temperaturerhöhung des BHKW-Brennstoffes

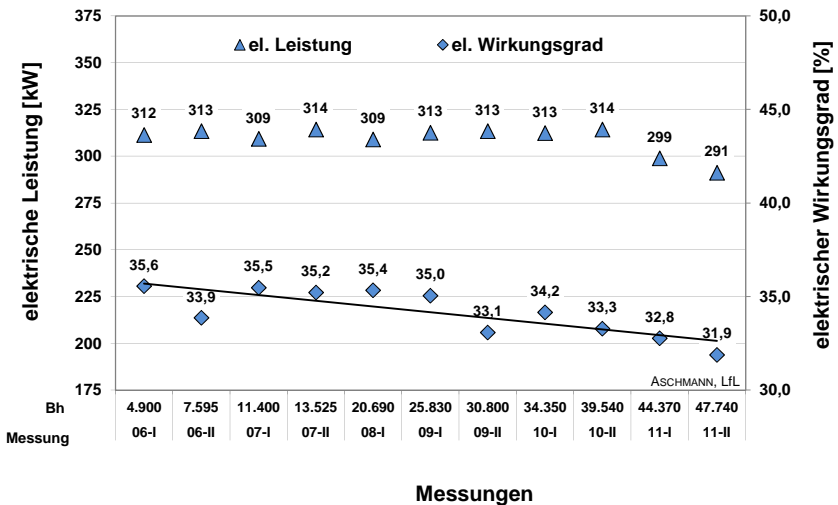
b. Verluste

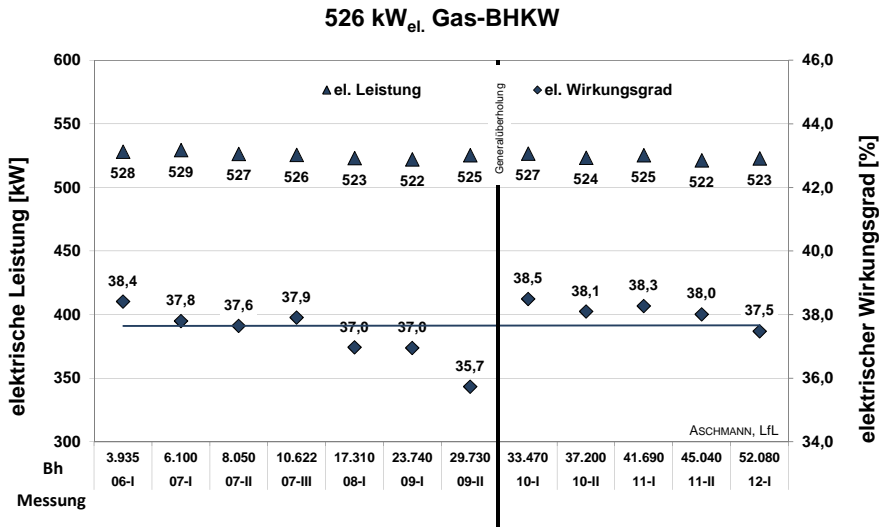
c. Verschleiß, Betrieb

d. Normungsdokument

2. Einflussfaktor Wartung

324 kW_{el.} Gas-BHKW





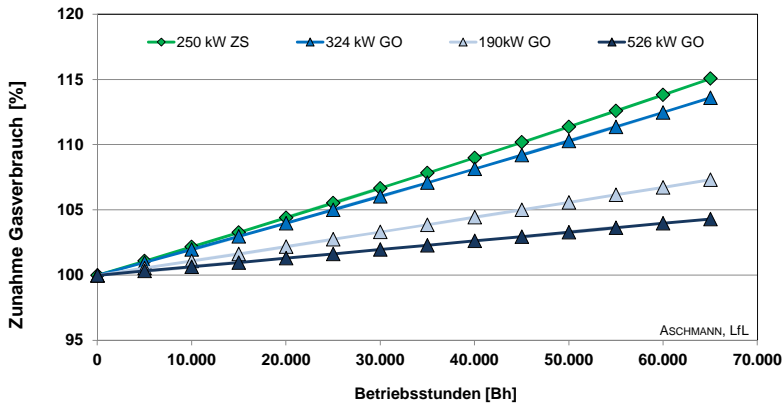
BHKW	Elektrischer Wirkungsgrad: erste Messung	Elektrischer Wirkungsgrad: letzte Messung	Beobachtungs- zeitraum	Gesamtabnahme des el. Wirkungsgrades	Durchschnittliche * Abnahme des el. Wirkungsgrades
	[%]	[%]	[Bh]	[%-Punkte]	[%*10.000 Bh ⁻¹]
190 kW GO	36,7	34,4	52.650	2,2	-0,4
324 kW GO	35,6	31,9	42.840	3,7	-0,7
526 kW GO	38,4	37,5	48.145	0,9	-0,2
250 kW ZS	41,6	37,4	43.495	4,2	-0,9

* Es handelt sich hierbei um exemplarische Langzeituntersuchungen an einzelnen BHKW.
Eine Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere BHKW gleicher Bauart ist nicht gegeben.

2. Einflussfaktor Wartung

MÜLLER-BBM

Zunahme des Gasverbrauchs durch verminderten el. Wirkungsgrad



2. Einflussfaktor Wartung

MÜLLER-BBM

Vergleich BHKW **ohne vs. mit Generalüberholung (GÜ):**

BHKW-Leistung:	500 kW _{el.}
Jahresbetriebsstunden:	8.500 Bh
Laufzeit insgesamt:	65.000 Bh
Zunahme Gasverbrauch:	3% bzw. 14%

Gasmehrverbrauch ohne GÜ: **1.280.000 m³ Biogas**
bzw. **128 ha Mais**

Kosten von Mais frei Fermenter ca. 1.500 €ha⁻¹

Mehraufwand durch vermehrten Substratbedarf:

Gesamt:	<u>192.500 €</u>
pro kWh:	<u>0,60 €ct</u>
pro Bh:	<u>3,00 €Bh⁻¹</u>

2. Einflussfaktoren auf den elektrischen Wirkungsgrad

➤ **Wärmeabfuhr**

➤ **Wärmeabfuhr**

➤ **Verfügbarkeit**

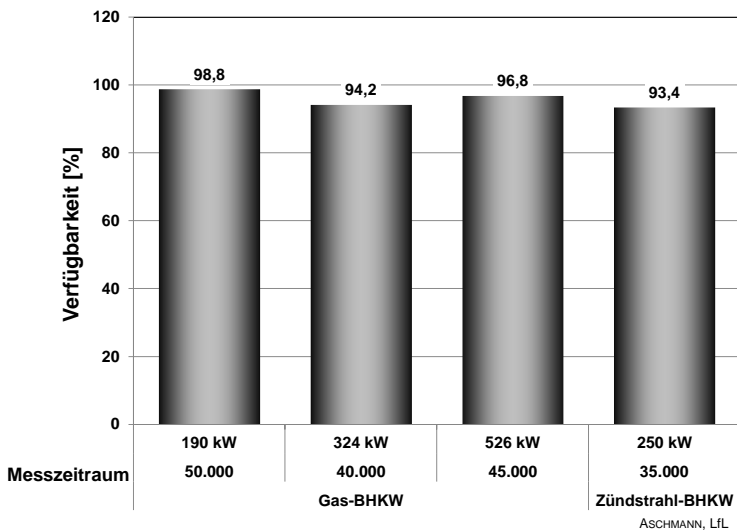
➤ **Wärmeabfuhr**

➤ **Wärmeabfuhr**

➤ **Wärmeabfuhr**

➤ **Wärmeabfuhr**

2. Einflussfaktor BHKW-Verfügbarkeit



Verfügbarkeit zwischen 8.180 und 8.650 $\text{h} \cdot \text{a}^{-1}$

BHKW mit GÜ im Schnitt 5% höhere Verfügbarkeit als BHKW ohne GÜ

Ertragsdifferenz bei 5% geringerer Verfügbarkeit: 42.500 €a⁻¹

1. Einführung

2. Einflussfaktoren auf den elektrischen Wirkungsgrad

✓ Brennstoff

✓ Verdünnung

✓ Verfügbarkeit

3. Herausforderungen für die BHKW-Technik

4. Elektrifizierung

5. Start/Stop-Betrieb

6. Wasserstoff-Integration

Ist-Zustand

- Volllast mit möglichst 8.500 Bh im Jahr („Strich fahren“)
 - Motorstopp nur zu Wartungs- und Reparaturzeiten
 - Teillast möglichst vermeiden
- ⇒ Gewinnmaximierung = Wirkungsgradmaximierung
- ⇒ sämtliche BHKW bis 2012 waren auf diese Anforderungen optimiert

Zukünftige Anforderungen

- mind. 2 Starts bzw. Stopps pro Tag
 - Teillastbetrieb bis 50 % der Volllast
 - Volllastbetrieb innerhalb von 5 min aus dem Stand
 - Betrieb nach „Fahrplan“
 - Steuerung des BHKW von „Außen“
- ⇒ Gewinnmaximierung = „Fahrplantreue“
- ⇒ Hoher Forschungs- und Entwicklungsbedarf seitens der Hersteller

- 1. Einführung
- 2. Biogas-Produktion
- 3. Biogas-Verwertung
- 4. Teillast
- 5. Biogas-Verwertung
- 6. Biogas-Verwertung
- 7. Biogas-Verwertung
- 8. Biogas-Verwertung
- 9. Biogas-Verwertung
- 10. Biogas-Verwertung

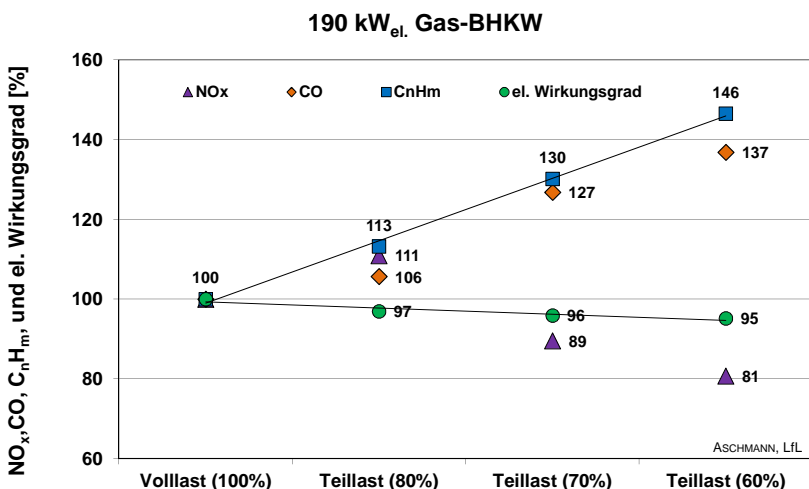
4. Teillast

- 1. Biogas-Produktion
- 2. Biogas-Verwertung

Probleme:

Ein geringerer Energiegehalt im Brennraum führt zu:

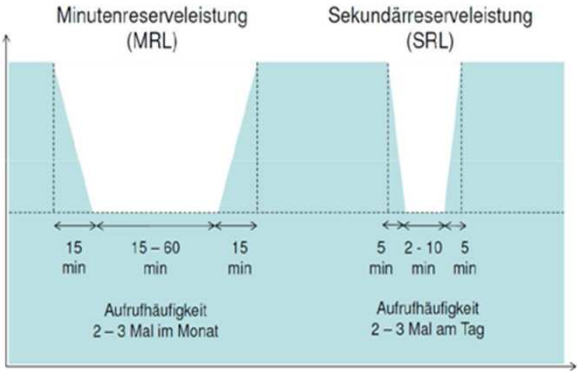
- niedrigeren Verbrennungstemperaturen und damit zu
 - niedrigeren NO_x -Konzentrationen (positiv)
 - höheren CO-Konzentrationen
 - geringerer Kolbenausdehnung
- => damit zu höherem Methanschluß (klimawirksam)
- => und zu vermindertem elektrischen Wirkungsgraden



Leistung	$\eta_{el.}$	Methanverbrauch $m^3 CH_4/kWh$	Mehrverbrauch $m^3 CH_4/kWh$	Mehrkosten €ct./kWh ¹⁾
Volllast (100%)	33,2	0,300		
Teillast (80%)	32,4	0,309	0,009	0,38
Teillast (70%)	32,1	0,312	0,012	0,51
Teillast (60%)	31,8	0,315	0,015	0,61

ASCHMANN, LfL

Negative Regelleistung mit Teillastbetrieb kein Problem, da nur kurzzeitig



Positive Regelleistung mit Teillastbetrieb unter 80% Volllast nicht sinnvoll

1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65
66	66
67	67
68	68
69	69
70	70
71	71
72	72
73	73
74	74
75	75
76	76
77	77
78	78
79	79
80	80
81	81
82	82
83	83
84	84
85	85
86	86
87	87
88	88
89	89
90	90
91	91
92	92
93	93
94	94
95	95
96	96
97	97
98	98
99	99
100	100

5. Start/Stopp-Betrieb

5. Start/Stopp-Betrieb

- BHKW:**
- Anpassung an Gasstrecke und Einspeisepunkt sind Voraussetzung
 - Moderne Motoren sind bereits auf 2 Starts/d ausgelegt und teilweise schon mit Motorvorwärmung ausgestattet
 - Vorwärmung (elektrisch od. durch Wärmespeicher) ca. 10 kWh/Start oder 0 - 4.000 € Umrüstkosten bzw. 0,50 – 2 €/Stat
 - genormte Schnittstelle zwischen BHKW und Stromhändler

5. Start/Stopp-Betrieb

MÜLLER-BBM

Motorvorwärmung (ca. 10 kWh/Start)



Quelle: Schnellmotoren AG

5. Start/Stopp-Betrieb

MÜLLER-BBM

BHKW:

- Anpassung an Gasstrecke und Einspeisepunkt sind Voraussetzung
- Moderne Motoren sind bereits auf 2 Starts/d ausgelegt und teilweise schon mit Motorvorwärmung ausgestattet
- Vorwärmung (elektrisch od. durch Wärmespeicher) ca. 10 kWh/Start oder 0 - 4.000 € Umrüstungskosten bzw. 0,50 – 2 €/Start
- genormte Schnittstelle zwischen BHKW und Stromhändler

Probleme:

- oft mehrere Startversuche nötig
- => Anpassung der Gasmischereinstellung, des Vordruckes etc. in Zusammenarbeit mit dem BHKW-Hersteller
- BHKW-Technik (Anlasser, Gasmischer, Kurbelwelle, Laufbuchsen, Pleuellager etc.) muss erst an die neuen Anforderungen angepasst werden
- => höhere Investitionskosten
- Korrosionsproblematik und höherer Verschleiß durch thermische Wechsellasten im Bereich Turbolader, Abgaswärmetauscher, -krümmer etc.
- => Gasreinigung immer wichtiger (H₂S)

1. Es besteht ein Konflikt zwischen einer effizienten und einer emissionsarmen Motoreinstellung
2. Der durchschnittliche elektrische Wirkungsgrad über die Standzeit liegt ca. 3,5%-Punkte unterhalb der Herstellerangabe
3. Ein gutes Wartungskonzept mit Generalüberholung kann die Reduktion des Wirkungsgrades und die BHKW-Verfügbarkeit entscheidend beeinflussen
4. Teillastbetrieb nur für kurze Zeiträume (z.B. Regelenergie) wirtschaftlich sinnvoll
5. BHKW-Technik des Intervallbetriebes noch im Anfangsstadium, aber nur eine zeitliche Frage

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Müller-BBM GmbH ■ Robert-Koch-Straße 11 ■ 82152 Planegg / München

Berlin ■ Dresden ■ Frankfurt ■ Gelsenkirchen ■ Hamburg ■ Karlsruhe ■ Köln ■ Nürnberg ■ Stuttgart ■ Weimar