

**Biogas-Fachtagung Thüringen**

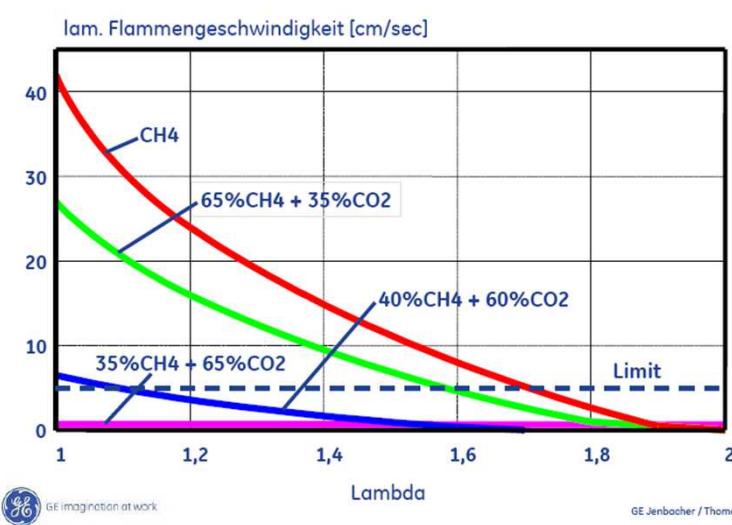
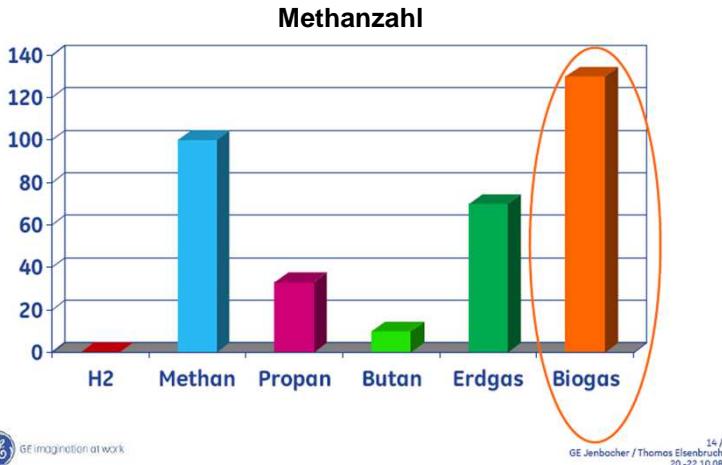
am 20.03.2014 in Erfurt

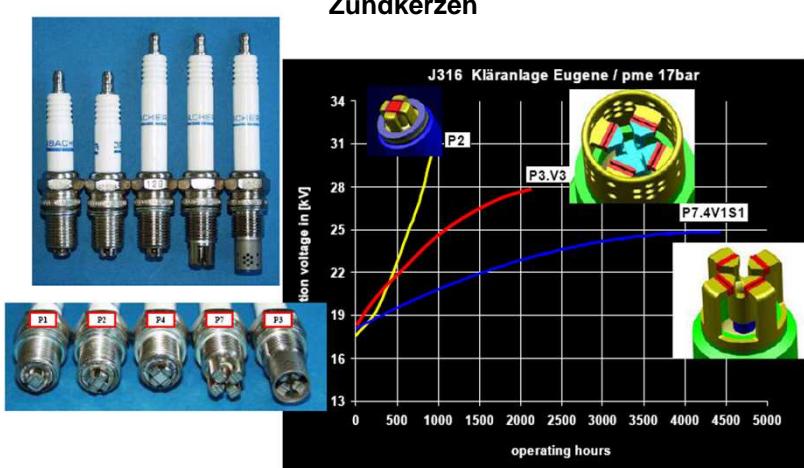
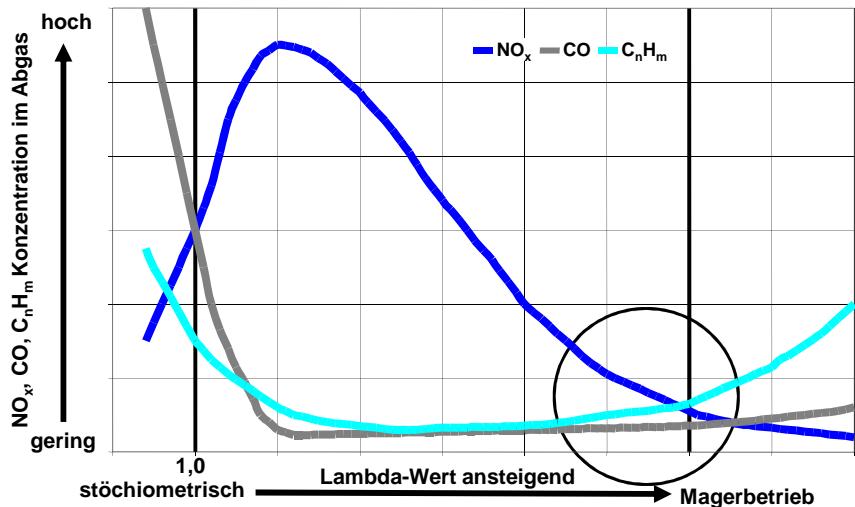
# **Anforderungen der Flexibilisierung an die BHKW-Technik**

**Dipl.-Ing. (FH) Volker Aschmann**

**Müller-BBM GmbH**

- 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**

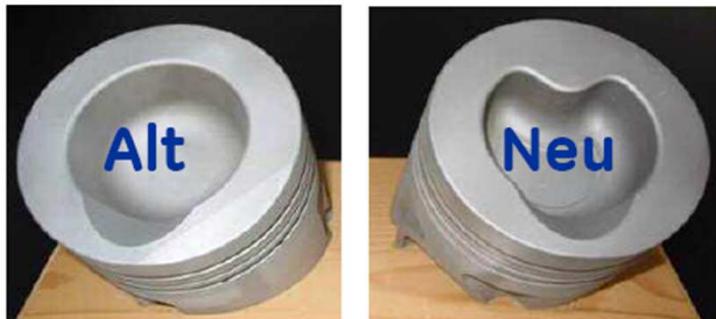




GE imagination at work

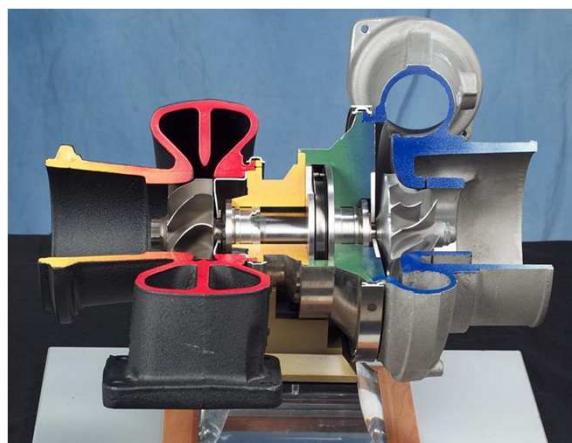
25 /  
GE Jenbacher / Thomas Eisenbruch  
20-22.10.08

Brennraumgeometrie

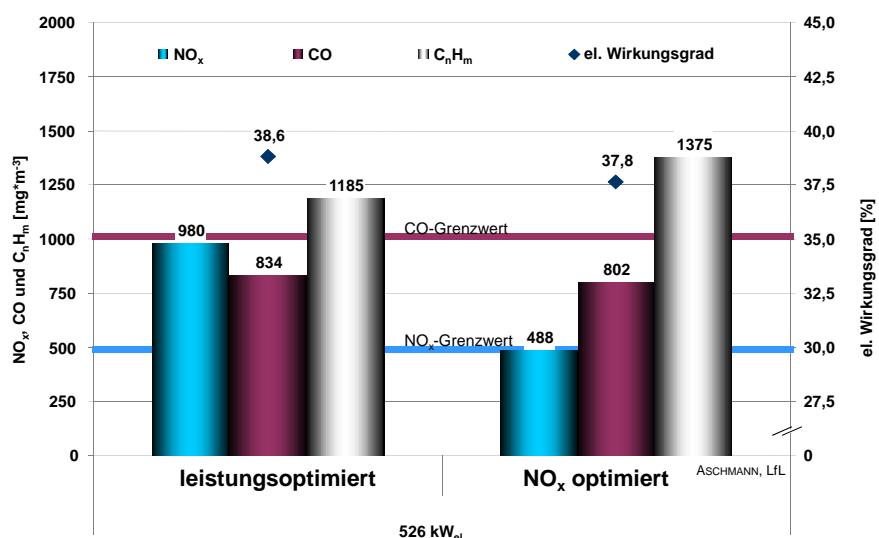
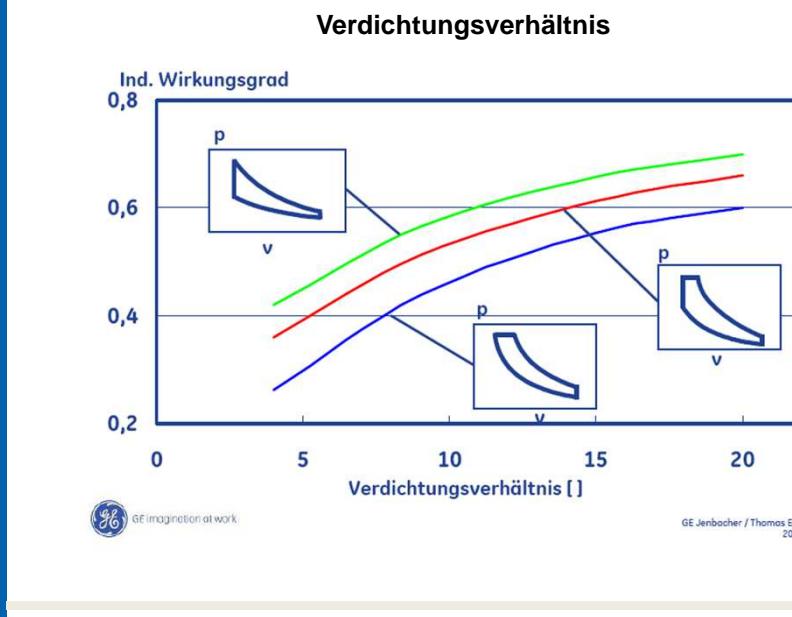


Quelle: GE Jenbacher

Abgasturbolader



Quelle: Wikibooks.com



**Bsp. 526 kW<sub>el</sub>:**

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

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

**=> Gasmehrverbrauch von 30.000 m<sup>3</sup>·a<sup>-1</sup> CH<sub>4</sub> bei 8.500 Bh**

**1 ha Mais = ca. 5.000 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>**

**=> 1% Wirkungsgradverlust  $\approx$  6 ha Mais·a<sup>-1</sup>**

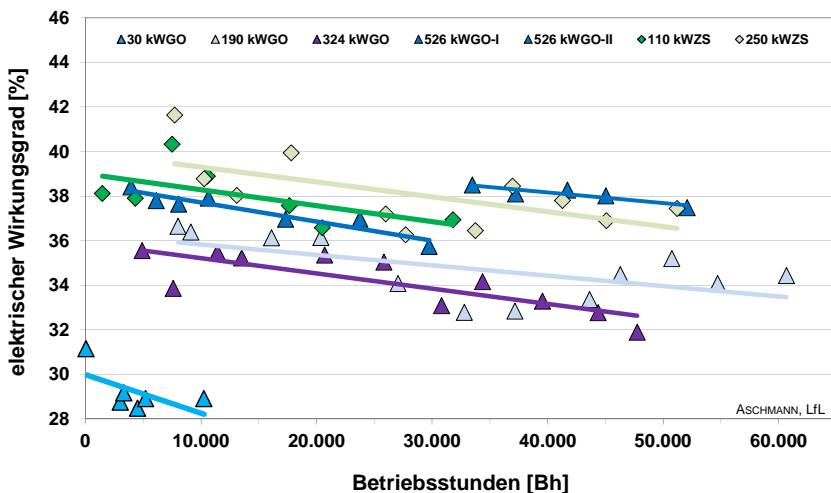
**2. Einflussfaktoren auf den elektrischen Wirkungsgrad**

➤ **Standzeit**

- **Standzeit** (Zeit, die der Biogasspeicher bis zur Nutzung leer steht)
- **Standzeit** (Zeit, die der Biogasspeicher bis zur Nutzung leer steht)
- **Standzeit** (Zeit, die der Biogasspeicher bis zur Nutzung leer steht)
- **Standzeit** (Zeit, die der Biogasspeicher bis zur Nutzung leer steht)
- **Standzeit** (Zeit, die der Biogasspeicher bis zur Nutzung leer steht)

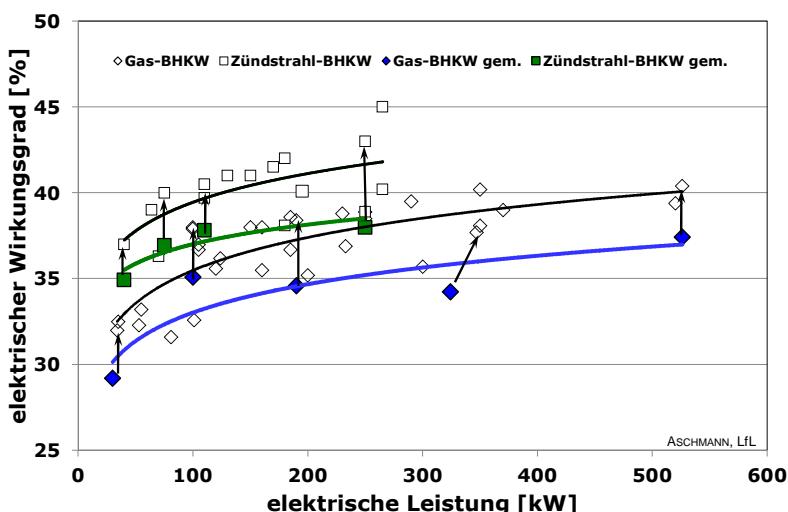
## 2. Einflussfaktor Standzeit

MÜLLER-BBM



## 2. Einflussfaktor Standzeit

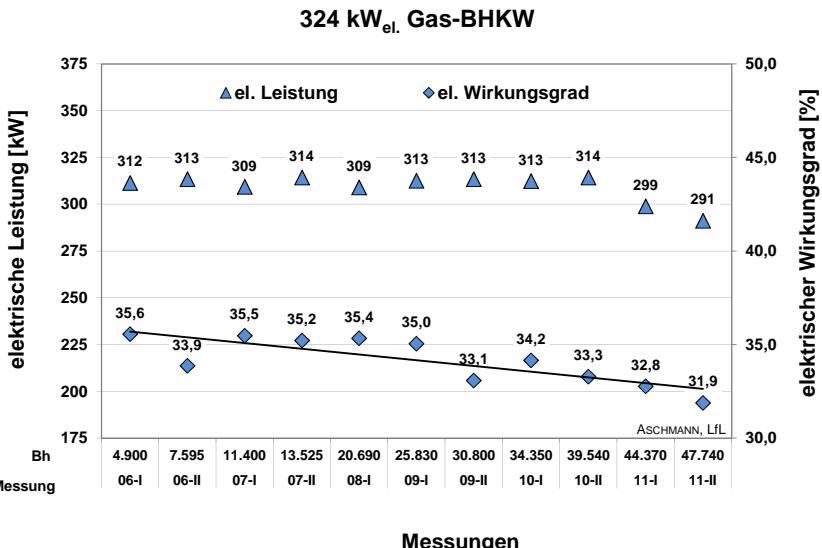
MÜLLER-BBM



## 2. Einflussfaktoren auf den elektrischen Wirkungsgrad

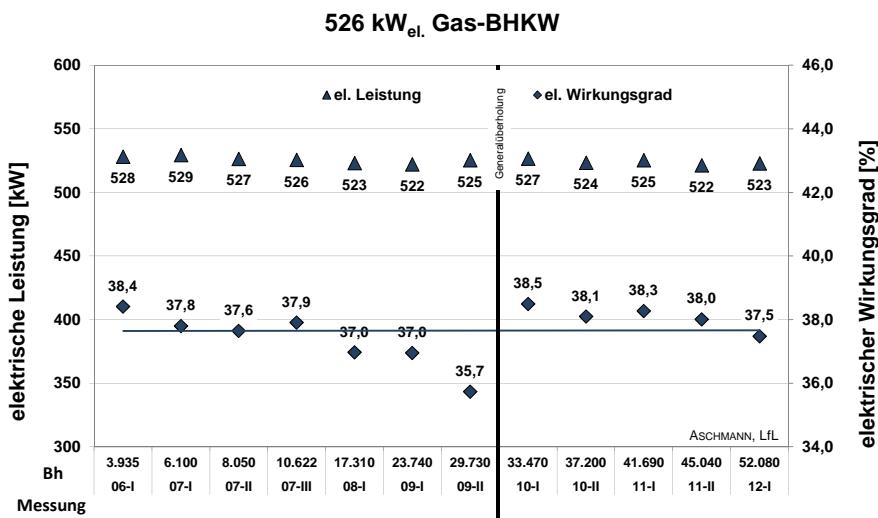
## ➤ Wartung

## 2. Einflussfaktor Wartung



## 2. Einflussfaktor Wartung

MÜLLER-BBM



## 2. Einflussfaktor Wartung

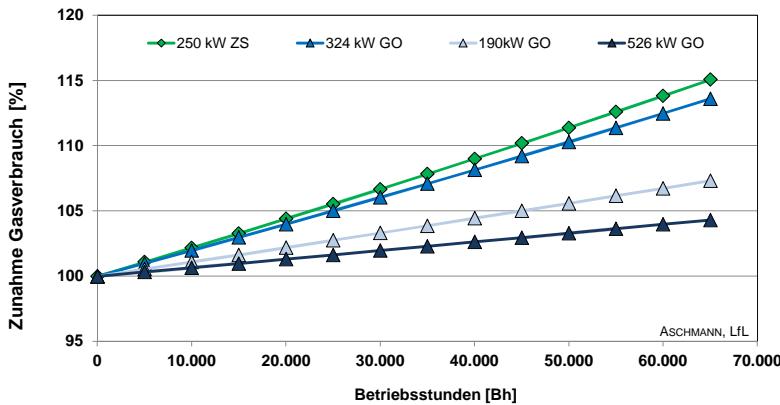
MÜLLER-BBM

BHKW	Elektrischer Wirkungsgrad: erste Messung [%]	Elektrischer Wirkungsgrad: letzte Messung [%]	Beobachtungszeitraum [Bh]	Gesamtannahme des el. Wirkungsgrades [%-Punkte]	Durchschnittliche * Abnahme des el. Wirkungsgrades [%*10.000 Bh <sup>-1</sup> ]
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.

ASCHMANN, LfL

Zunahme des Gasverbrauchs durch verminderter el. Wirkungsgrad



Vergleich BHKW ohne vs. mit Generalüberholung (GÜ):

BHKW-Leistung:	500 kW <sub>el.</sub>
Jahresbetriebsstunden:	8.500 Bh
Laufzeit insgesamt:	65.000 Bh
Zunahme Gasverbrauch:	3% bzw. 14%

**Gasmehrverbrauch ohne GÜ:** 1.280.000 m<sup>3</sup> Biogas  
bzw. 128 ha Mais

Kosten von Mais frei Fermenter ca. 1.500 €·ha<sup>-1</sup>

**Mehraufwand durch vermehrten Substratbedarf:**

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

## 2. Effects of a

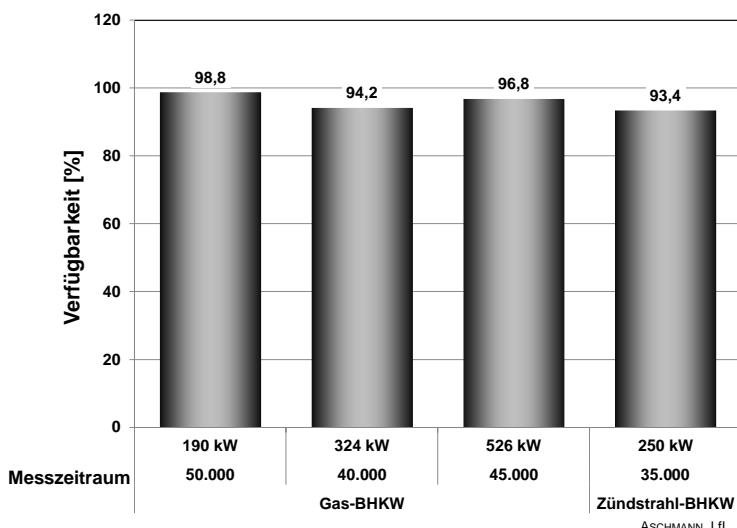
## 2. Einflussfaktoren auf den elektrischen Wirkungsgrad



## ➤ Verfügbarkeit

## 2. Einflussfaktor BHKW-Verfügbarkeit

MÜLLER-BBM



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

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

Ertragsdifferenz bei 5% geringerer Verfügbarkeit: 42.500 €a<sup>-1</sup>



### 3. Herausforderungen für die BHKW-Technik

- | $\frac{L}{L_{\odot}}$ | $\frac{M}{M_{\odot}}$ | $\frac{R}{R_{\odot}}$ | $\frac{T}{T_{\odot}}$ | $\frac{L}{L_{\odot}}$ | $\frac{M}{M_{\odot}}$ | $\frac{R}{R_{\odot}}$ | $\frac{T}{T_{\odot}}$ |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1.0                   | 1.0                   | 1.0                   | 1.0                   | 1.0                   | 1.0                   | 1.0                   | 1.0                   |
| 1.1                   | 1.05                  | 1.05                  | 0.95                  | 1.1                   | 1.05                  | 1.05                  | 0.95                  |
| 1.2                   | 1.1                   | 1.1                   | 0.9                   | 1.2                   | 1.1                   | 1.1                   | 0.9                   |
| 1.3                   | 1.15                  | 1.15                  | 0.85                  | 1.3                   | 1.15                  | 1.15                  | 0.85                  |
| 1.4                   | 1.2                   | 1.2                   | 0.8                   | 1.4                   | 1.2                   | 1.2                   | 0.8                   |
| 1.5                   | 1.25                  | 1.25                  | 0.75                  | 1.5                   | 1.25                  | 1.25                  | 0.75                  |
| 1.6                   | 1.3                   | 1.3                   | 0.7                   | 1.6                   | 1.3                   | 1.3                   | 0.7                   |
| 1.7                   | 1.35                  | 1.35                  | 0.65                  | 1.7                   | 1.35                  | 1.35                  | 0.65                  |
| 1.8                   | 1.4                   | 1.4                   | 0.6                   | 1.8                   | 1.4                   | 1.4                   | 0.6                   |
| 1.9                   | 1.45                  | 1.45                  | 0.55                  | 1.9                   | 1.45                  | 1.45                  | 0.55                  |
| 2.0                   | 1.5                   | 1.5                   | 0.5                   | 2.0                   | 1.5                   | 1.5                   | 0.5                   |
| 2.1                   | 1.55                  | 1.55                  | 0.45                  | 2.1                   | 1.55                  | 1.55                  | 0.45                  |
| 2.2                   | 1.6                   | 1.6                   | 0.4                   | 2.2                   | 1.6                   | 1.6                   | 0.4                   |
| 2.3                   | 1.65                  | 1.65                  | 0.35                  | 2.3                   | 1.65                  | 1.65                  | 0.35                  |
| 2.4                   | 1.7                   | 1.7                   | 0.3                   | 2.4                   | 1.7                   | 1.7                   | 0.3                   |
| 2.5                   | 1.75                  | 1.75                  | 0.25                  | 2.5                   | 1.75                  | 1.75                  | 0.25                  |
| 2.6                   | 1.8                   | 1.8                   | 0.2                   | 2.6                   | 1.8                   | 1.8                   | 0.2                   |
| 2.7                   | 1.85                  | 1.85                  | 0.15                  | 2.7                   | 1.85                  | 1.85                  | 0.15                  |
| 2.8                   | 1.9                   | 1.9                   | 0.1                   | 2.8                   | 1.9                   | 1.9                   | 0.1                   |
| 2.9                   | 1.95                  | 1.95                  | 0.05                  | 2.9                   | 1.95                  | 1.95                  | 0.05                  |
| 3.0                   | 2.0                   | 2.0                   | 0.0                   | 3.0                   | 2.0                   | 2.0                   | 0.0                   |

**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

**Inhalt****MÜLLER-BBM****3.1 Einflussfaktoren auf den elektrischen Wirkungsgrad**

- Betriebsstandzeit
- Betriebszeit
- Wirkungsgrad bei Teillast

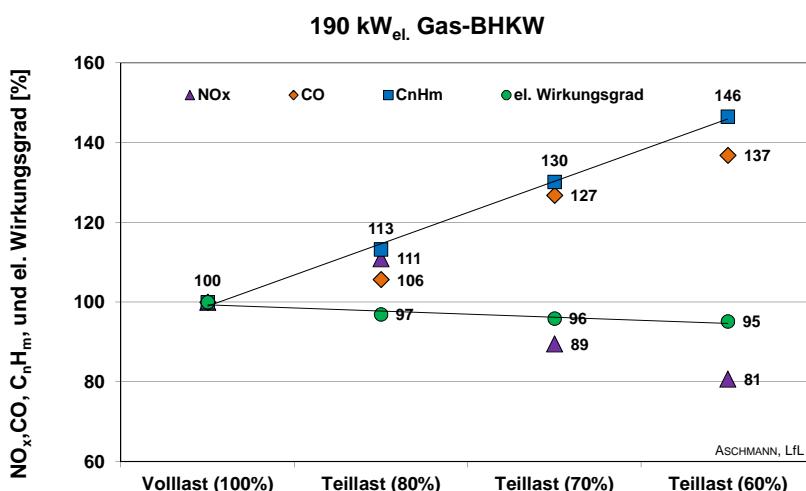
**3.2 Herausforderungen für die BHKW-Technik****4. Teillast**

- Betriebszeit
- Wirkungsgrad bei Teillast

### Probleme:

Ein geringerer Energiegehalt im Brennraum führt zu:

- niedrigeren Verbrennungstemperaturen und damit zu
- niedrigeren NO<sub>x</sub>-Konzentrationen (positiv)
- höheren CO-Konzentrationen
- geringerer Kolbenausdehnung  
=> damit zu höherem Methanschlupf (klimawirksam)
- => und zu verminderterem elektrischen Wirkungsgraden



## 4. Teillast

MÜLLER-BBM

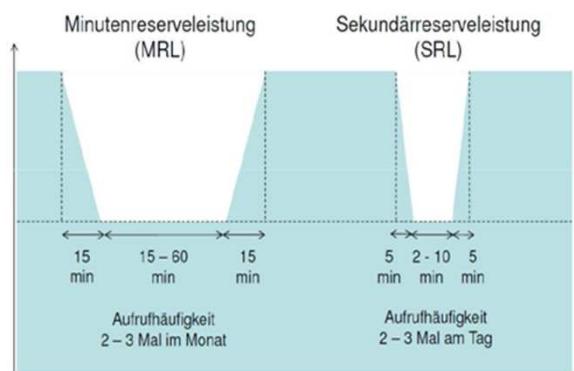
Leistung	$\eta_{el.}$	Methanverbrauch $m^3 \text{CH}_4/\text{kWh}$	Mehrverbrauch $m^3 \text{CH}_4/\text{kWh}$	Mehrkosten €ct./kWh <sup>1)</sup>
<b>Volllast (100%)</b>	33,2	0,300		
<b>Teillast (80%)</b>	32,4	0,309	0,009	<b>0,38</b>
<b>Teillast (70%)</b>	32,1	0,312	0,012	<b>0,51</b>
<b>Teillast (60%)</b>	31,8	0,315	0,015	<b>0,61</b>

ASCHMANN, LfL

## 4. Teillast

MÜLLER-BBM

Negative Regelleistung mit Teillastbetrieb kein Problem, da nur kurzzeitig



Positive Regelleistung mit Teillastbetrieb unter 80% Volllast nicht sinnvoll

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

## 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 € Umrüstungskosten bzw. 0,50 – 2 €/Stat
  - genormte Schnittstelle zwischen BHKW und Stromhändler

Motorvorwärmung (ca. 10 kWh/Start)



Quelle: Schnellmotoren AG

### **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 Wechselbelasten im Bereich Turbolader, Abgaswärmetauscher, -krümmer etc.
- => Gasreinigung immer wichtiger ( $H_2S$ )

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