

Bayerische Landesanstalt für
Landwirtschaft



DMK Biogastagung
am 04.12.2013 in Leipheim

Biogas-BHKW in der Praxis: Wirkungsgrade und Emissionen

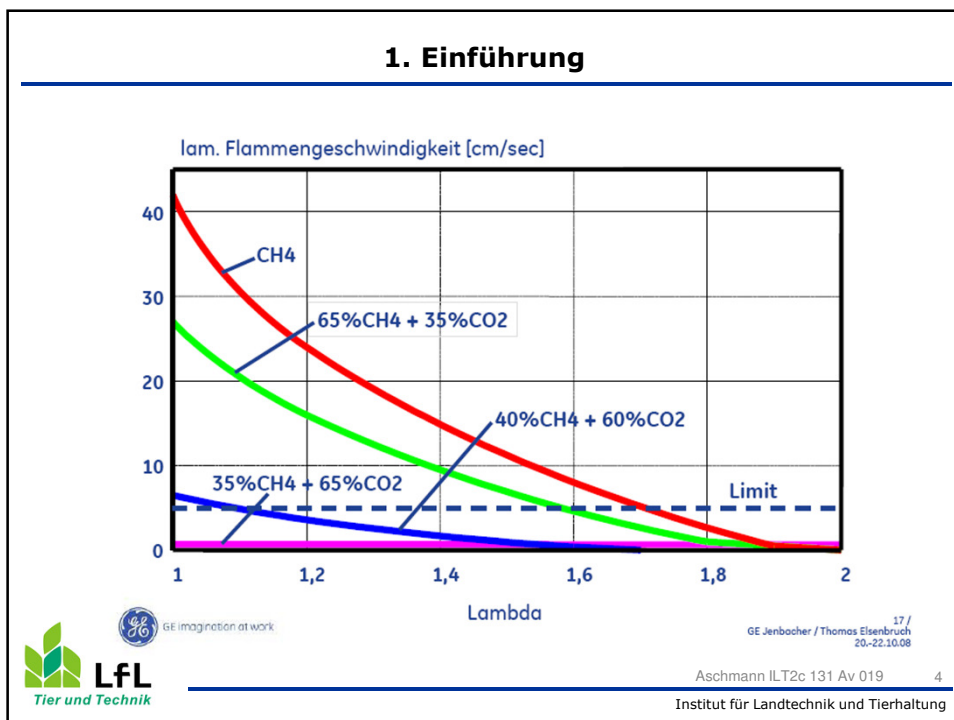
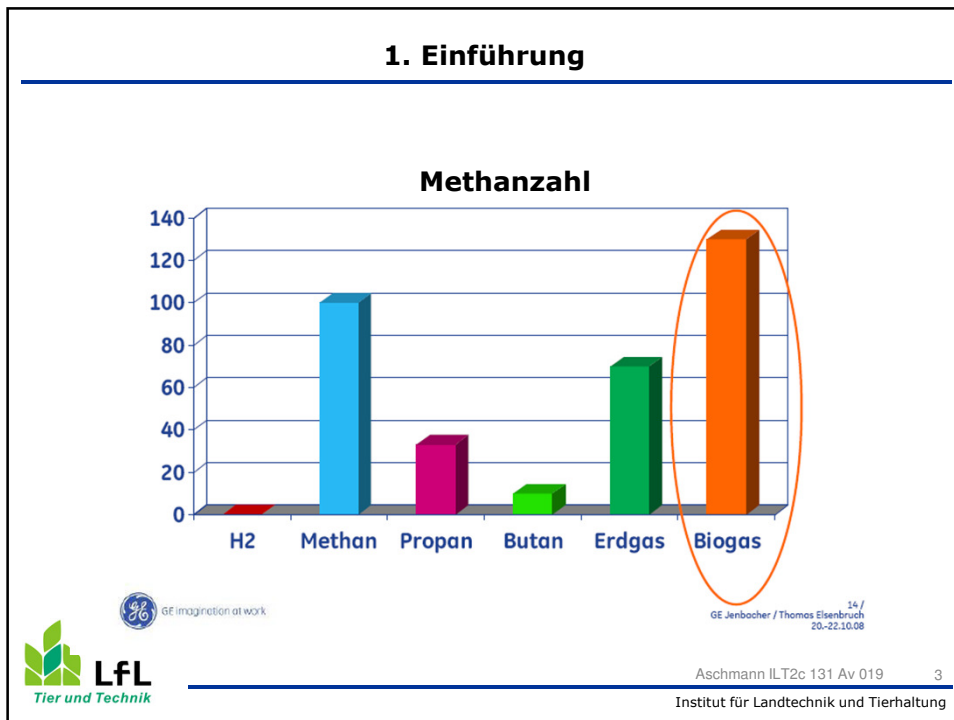
Dipl.-Ing. (FH) Volker Aschmann

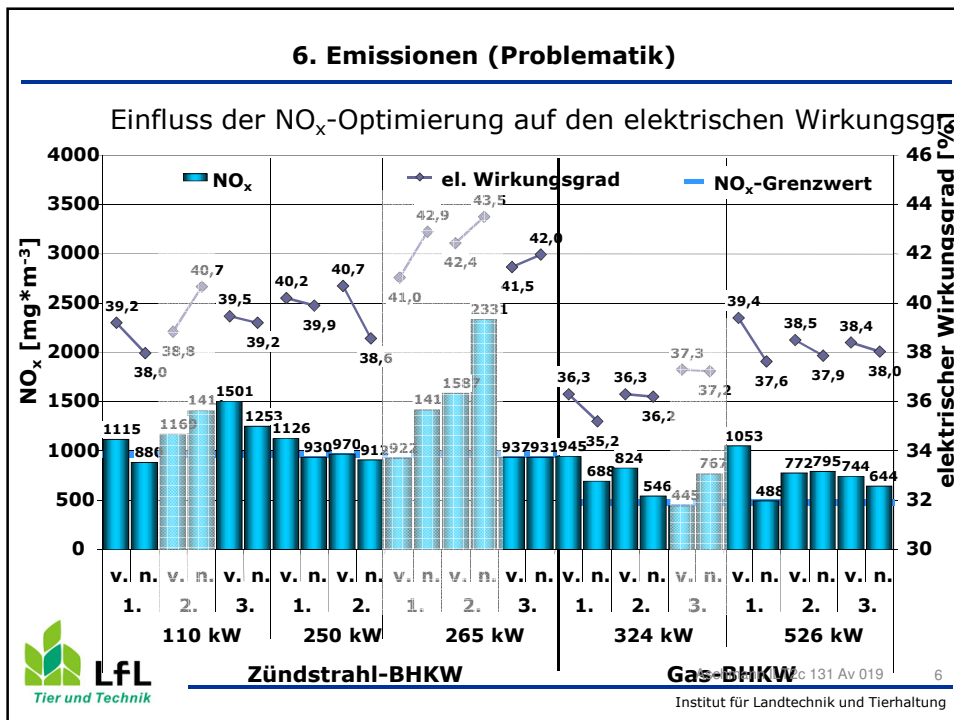
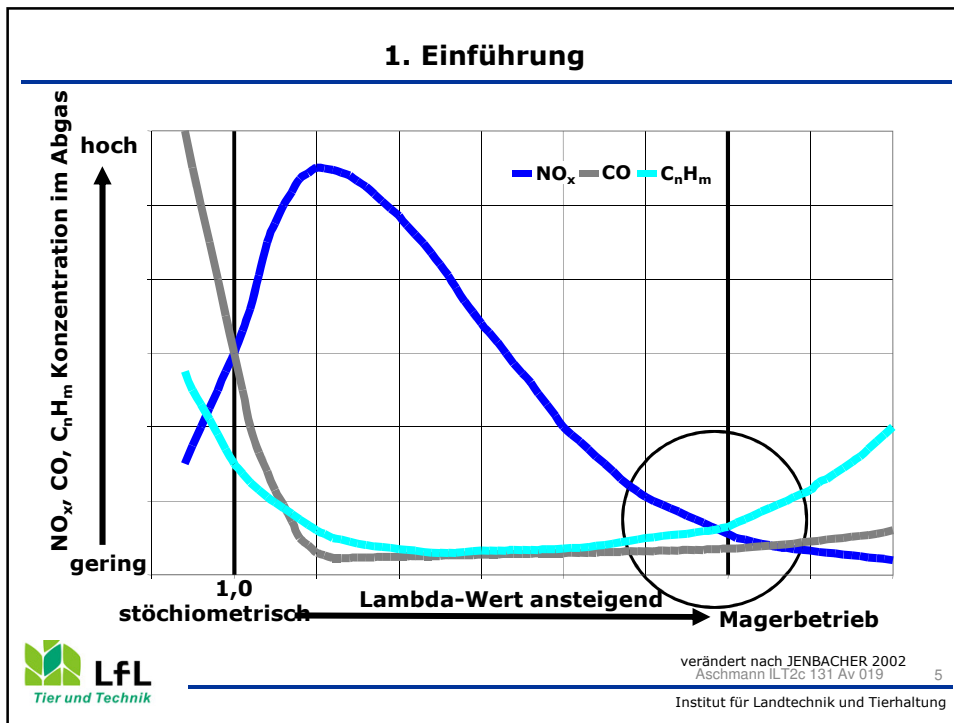
Dr. Mathias Effenberger

**Institut für Landtechnik und Tierhaltung
an der
Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft**

Inhalt

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





3.3 Einflussfaktor Motoreinstellung

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 $30.000 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1} \text{ CH}_4$ bei 8.500 Bh

1 ha Mais = ca. $5.000 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$

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

Inhalt

1. Einführung

2. Einflussfaktoren auf den elektrischen Wirkungsgrad

➤ **Standzeit**

➤ Wartung

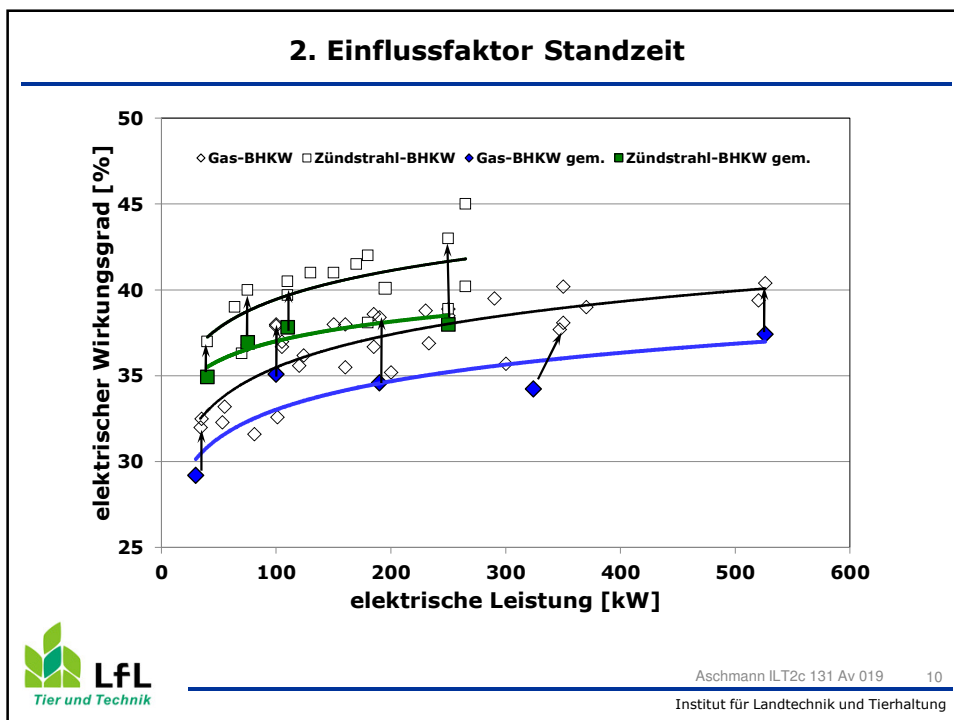
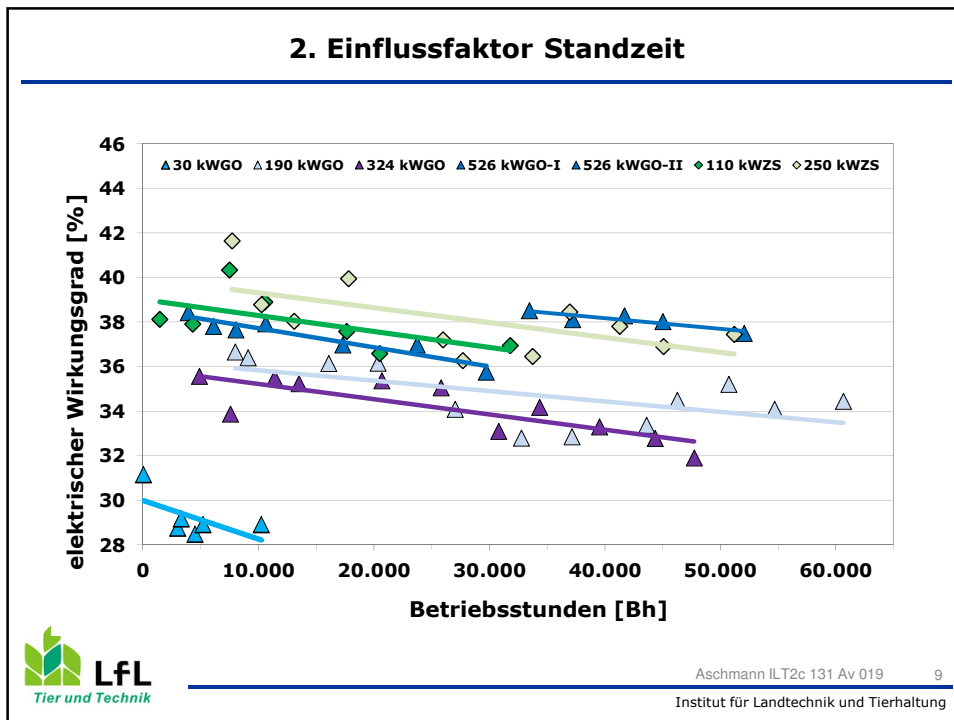
➤ Verfügbarkeit

3. Herausforderungen für die BHKW-Technik

4. Teillast


5. Start/Stop-Betrieb

6. Zusammenfassung

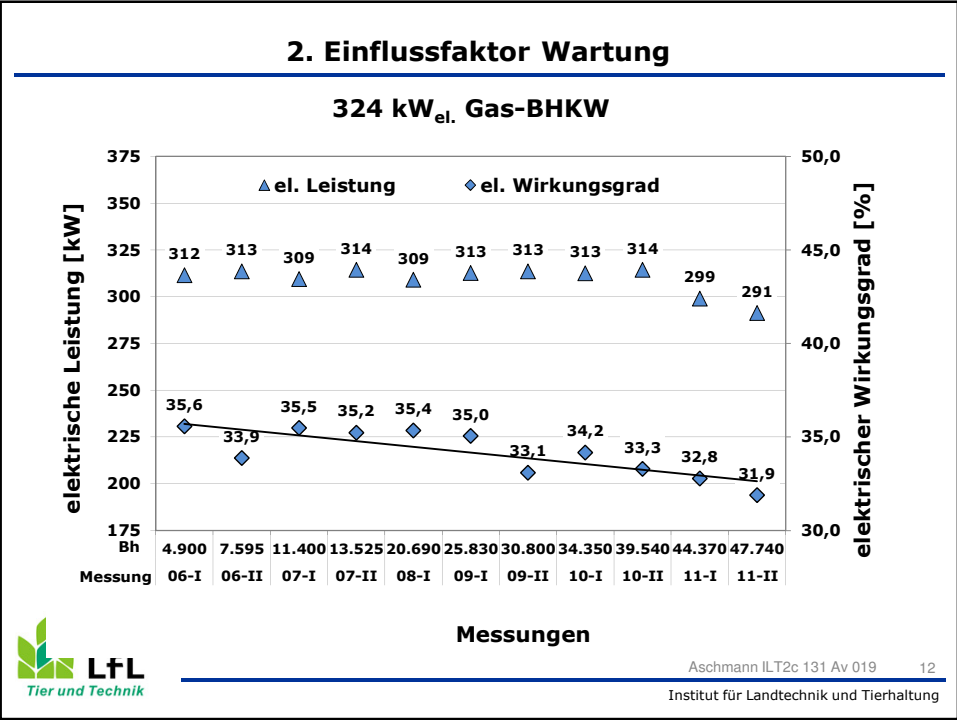


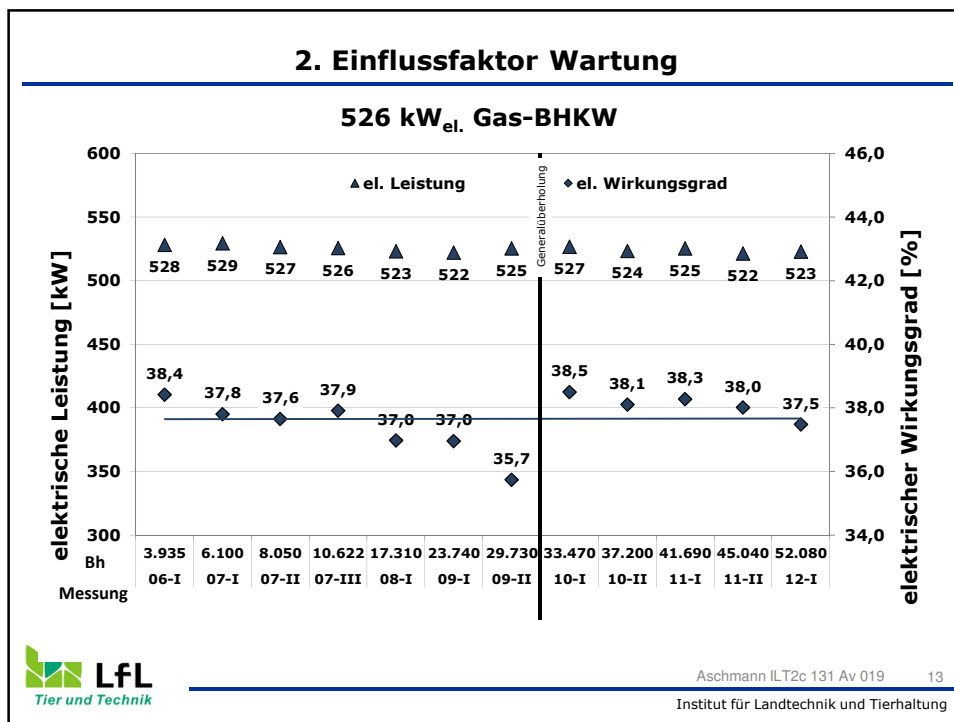
Inhalt

- 1. Einführung
- 2. Einflussfaktoren auf den elektrischen Wirkungsgrad**
 - Standort
 - Wartung**
 - Kenngrößen
- 3. Kenngrößen
- 4. Standort
- 5. Kenngrößen
- 6. Kenngrößen



Aschmann ILT2c 131 Av 019 11
Institut für Landtechnik und Tierhaltung





2. Einflussfaktor Wartung

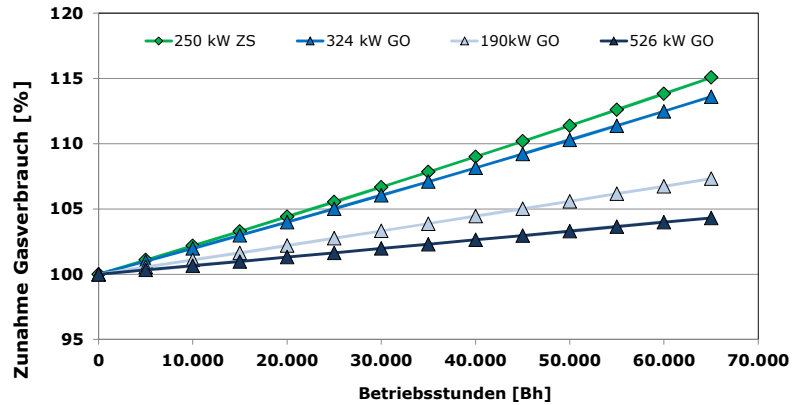
BHKW	Elektrischer Wirkungsgrad: erste Messung [%]	Elektrischer Wirkungsgrad: letzte Messung [%]	Beobachtungszeitraum [Bh]	Gesamtabnahme des el. Wirkungsgrades [%-Punkte]	Durchschnittliche Abnahme des el. Wirkungsgrades [%•10.000 Bh ⁻¹]
190 kW GO	36,7	34,4	52.650	2,2	-0,4
324 kW GO	35,6	31,9	42.840	3,7	-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

LFL
Tier und Technik

Aschmann ILT2c 131 Av 019 14
Institut für Landtechnik und Tierhaltung

2. Einflussfaktor Wartung

Zunahme des Gasverbrauchs durch verminderten el. Wirkungsgrad



2. Einflussfaktor Wartung

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:

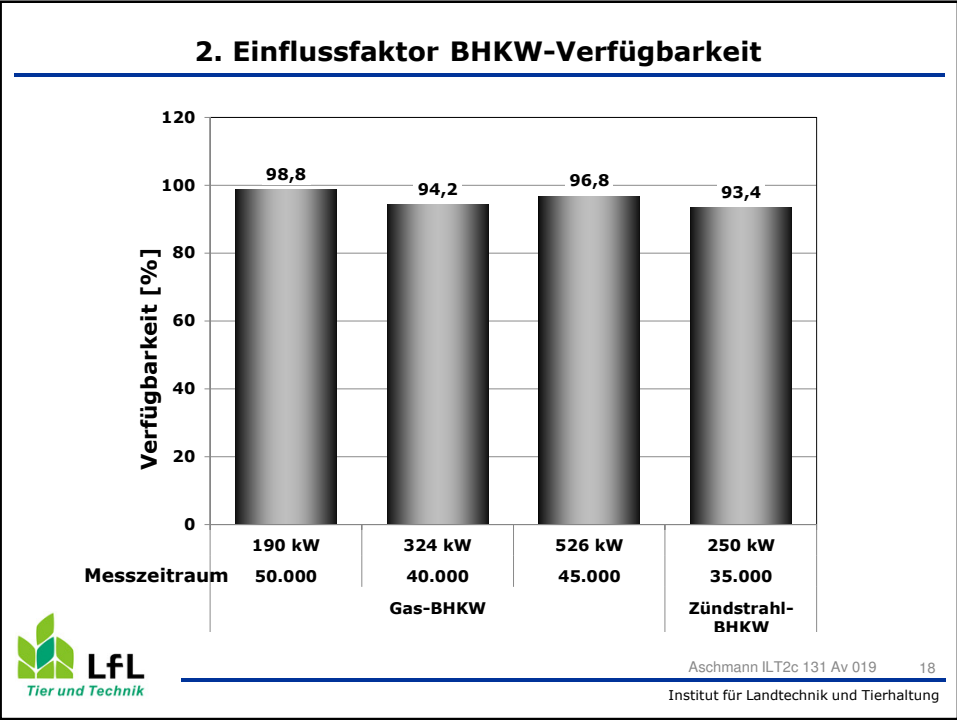
Gesamt:	<u>192.500 €</u>
pro kWh:	<u>0,60 €ct</u>
pro Bh:	<u>3,00 €·Bh⁻¹</u>

Inhalt

- 1. Einführung
- 2. Einflussfaktoren auf den elektrischen Wirkungsgrad**
 - 2.1. Umgebung
 - 2.2. Belastung
 - 2.3. Verfügbarkeit**
 - 2.3.1. Betriebsverhalten von BHKW-Anlagen
 - 2.3.2. Fehler
 - 2.3.3. Wartungsintervalle
 - 2.3.4. Neuzulassung



Aschmann ILT2c 131 Av 019 17
Institut für Landtechnik und Tierhaltung



2. Einflussfaktor BHKW-Verfügbarkeit

Verfügbarkeit zwischen 8.180 und 8.650 Bh·a⁻¹

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

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

Inhalt

1.	Einleitung
2.	Einflussfaktor BHKW-Verfügbarkeit
3.	Herausforderungen für die BHKW-Technik
4.	Wirtschaftlichkeit
5.	Umweltverträglichkeit
6.	Zusammenfassung

3. Herausforderungen für die BHKW-Technik

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

1. Einführung
2. Anforderungen an ein elektrisches BHKW-System
 - Struktur
 - Aufbau
 - Verfügbarkeit
3. Herausforderungen an die BHKW-Technik
4. Teillast
 - 4.1 Start/Stop-Betrieb
 - 4.2 Zusammenfassung

4. Teillast

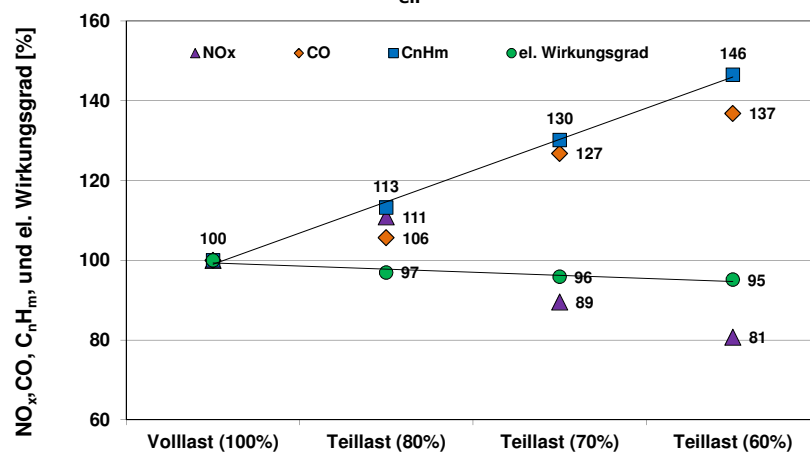
Probleme:

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 Methanschlupf (klimawirksam)
=> und zu vermindertem elektrischen Wirkungsgraden

4. Teillast

190 kW_{el.} Gas-BHKW



4. Teillast

Leistung	η_{el}	Methanverbrauch $m^3 CH_4/kWh$	Mehrverbrauch $m^3 CH_4/kWh$	Mehrkosten $\text{€ct./kWh}^{1)}$
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

Inhalt

1.	1
2.	1
3.	1
4.	1
5. Start/Stop-Betrieb	1
6.	1

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 €/Start
- genormte Schnittstelle zwischen BHKW und Stromhändler

5. Start/Stopp-Betrieb

Motorvorwärmung (ca. 10 kWh/Start)



Quelle: Schnellmotoren AG

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 €/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)

6. Zusammenfassung

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

Dipl.-Ing. (FH) Volker Aschmann

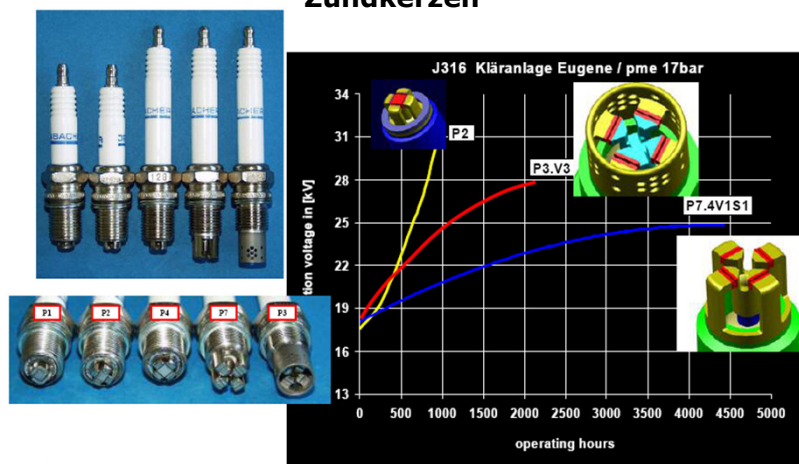
Institut für Landtechnik und Tierhaltung
an der
Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft

Tel.: 08161/71-3092
Email: volker.aschmann@lfl.bayern.de



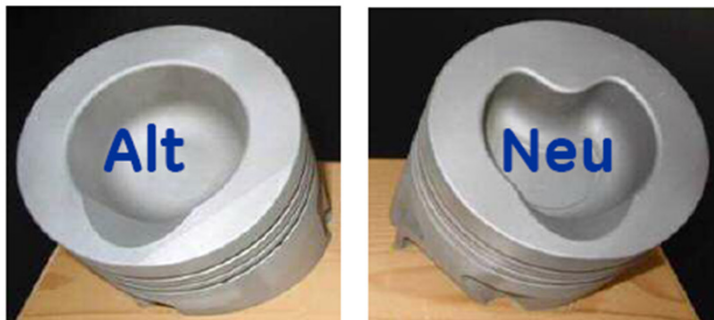
1. Einführung

Zündkerzen



1. Einführung

Brennraumgeometrie

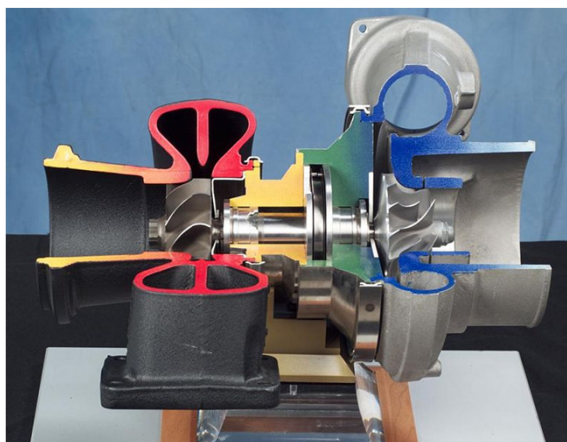


Quelle: GE Jenbacher

1. Einführung

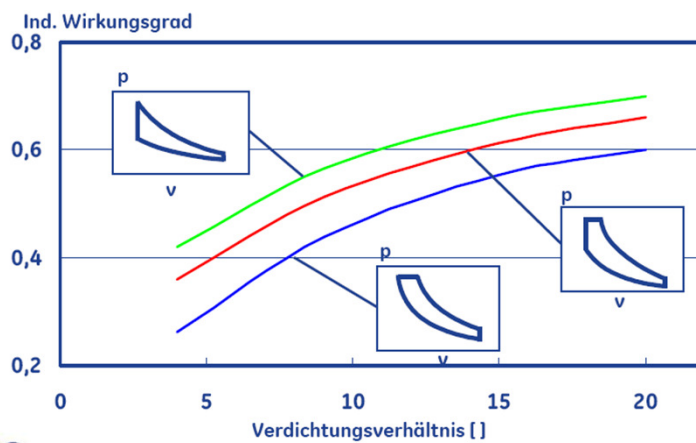
2.1 Wirkungsgradoptimierung

Abgasturbolader



1. Einführung

Verdichtungsverhältnis



GE imagination at work

19 /
GE Jenbacher / Thomas Eisenbruch
20-22.10.08

Aschmann ILT2c 131 Av 019 35

Institut für Landtechnik und Tierhaltung