

---

**Dipl.-Ing. Frank Erler,**  
**DBI - Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg**

[frank.erler@dbi-gti.de](mailto:frank.erler@dbi-gti.de)  
[www.dbi-gti.de](http://www.dbi-gti.de)

# **„Strom erzeugende Heizungen – neue Technologien im Feldtest“**

**„Energie + Gebäudetechnik 2008“**

Innovative Lösungen zur Kraft-Wärme-Kopplung

Leipzig, am 04. Juni 2008

---

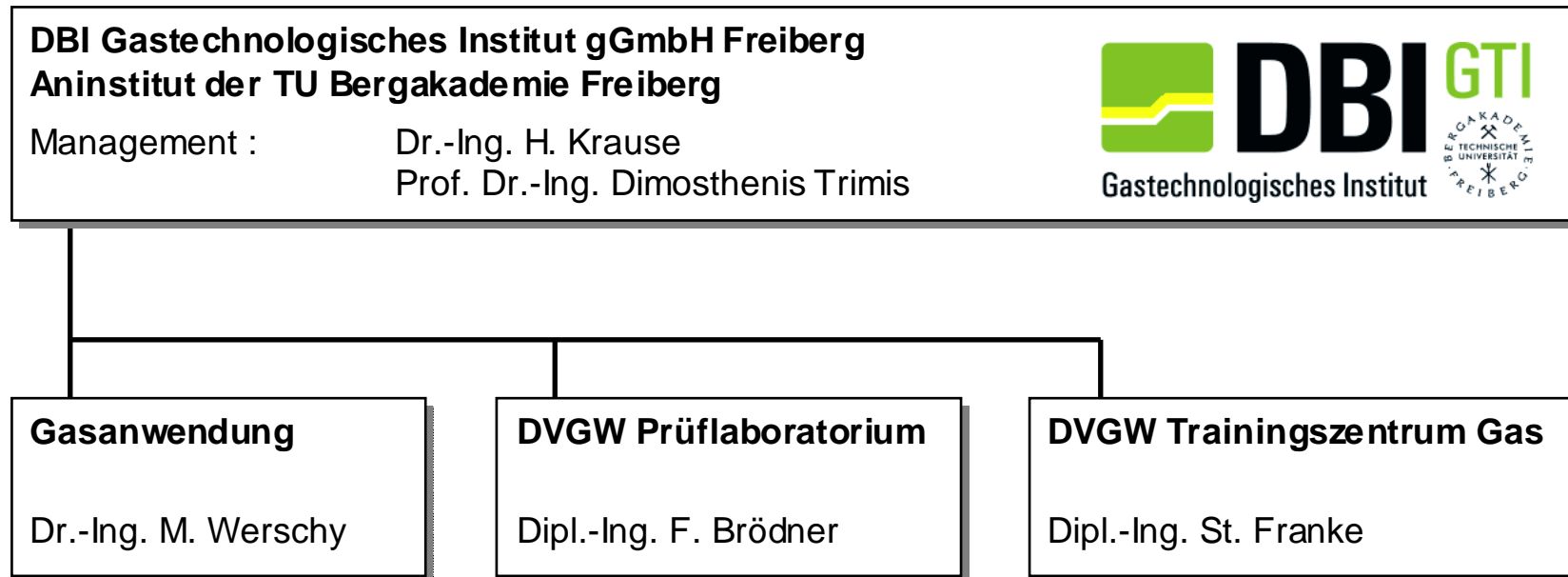


**DBI-Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg**

Halsbrücker Str. 34

09599 Freiberg

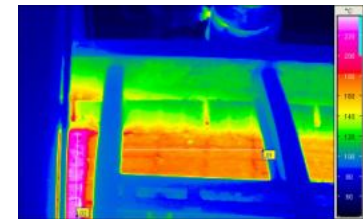
# DBI-Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg - Organigramm



**Tochterunternehmen der DBI Gas- und Umwelttechnik (100%)**

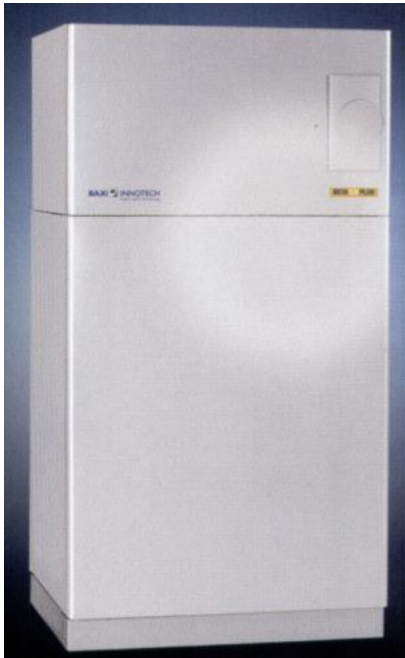
## Unser Leistungsspektrum:

- Dienstleistungen für die industrielle Gasanwendung
- Technisches Sicherheitsmanagement für Industriegaskunden
- Erdgasschulungen gemeinsam mit dem DVGW
- Wärmetechnische Analyse von Thermoprozessanlagen (OPTISOS® -System )
- Planung und Investvorbereitung für Gas- und Thermoprozessanlagen
- Prüfung und Begutachtung von Gasgeräten
- Monitoring innovativer Gasverwendungssysteme
- Forschung und Entwicklung



- 
- **Übersicht aktuelle Anlagensysteme**
  - **Monitoring von Feldtests**
  - **Gegenwärtig begleitete Feldtests**
  - **Einordnung der Geräte in die Hausinstallation**
  - **Zwischenergebnisse – Betriebsverhalten**
  - **Bewertung bisheriger Feldtestergebnisse**
  - **Bestimmung Primärenergiefaktor für KWK-Anlagen**

## Brennstoffzellen



**BETA 1.5 PLUS**  
BAXI INNOTECH  
Leistung  
elektrisch: 1,5 kW  
thermisch: 3,0 kW



**inhouse5000**  
RBZ GmbH  
Leistung  
elektrisch: 5,0 kW  
thermisch: 10,0 kW

Quellen: Hersteller

## Stirling-Motoren



### WhisperGen (Mk5)

- Hersteller: WhisperGen Limited
- System: 4 Zylinder-Maschine mit integriertem Generator
- Brennstoff: Erdgas
- Leistung
  - elektrisch: 1,0 kW (brutto)
  - thermisch: 7,0 kW (bis 12 kW mit Zusatzbrenner)

Quellen: Hersteller

## Stirling-Motoren

### ■ Solo Stirling 161

Stirling Systems GmbH

Leistung, thermisch: 8 – 26 kW  
elektrisch: 2 – 9 kW



### ■ Sunmachine

SUNMACHINE Vertriebsgesellschaft mbH

Leistung, thermisch: 4,5 – 10,5 kW  
elektrisch: 1,5 – 3,0 kW



Quellen: Hersteller

## Dampfexpansionsmaschinen



### *lion*<sup>®</sup>-Powerblock

- OTAG Vertriebs GmbH & Co. KG.
- System: 2-Zylinder-  
Freikolbendampfmaschine  
mit integriertem  
Lineargenerator
- Brennstoff: Erdgas
- Leistung  
elektrisch: 0,3 – 2,0 kW (±10 %)  
thermisch: 3,0 – 16 kW

Quellen: Hersteller

## Gasmotoren

### ■ Dachs SEplus

Senertec GmbH

Leistung, thermisch: 12,5 kW

elektrisch: 5,5 kW



### ■ Ecopower

PowerPlus Technologies GmbH

Leistung, thermisch: 4,0 – 12,5 kW

elektrisch: 1,3 – 4,7 kW



### ■ Ecowill

Honda Motor Co., Ltd.

Leistung, thermisch: 3,25 kW

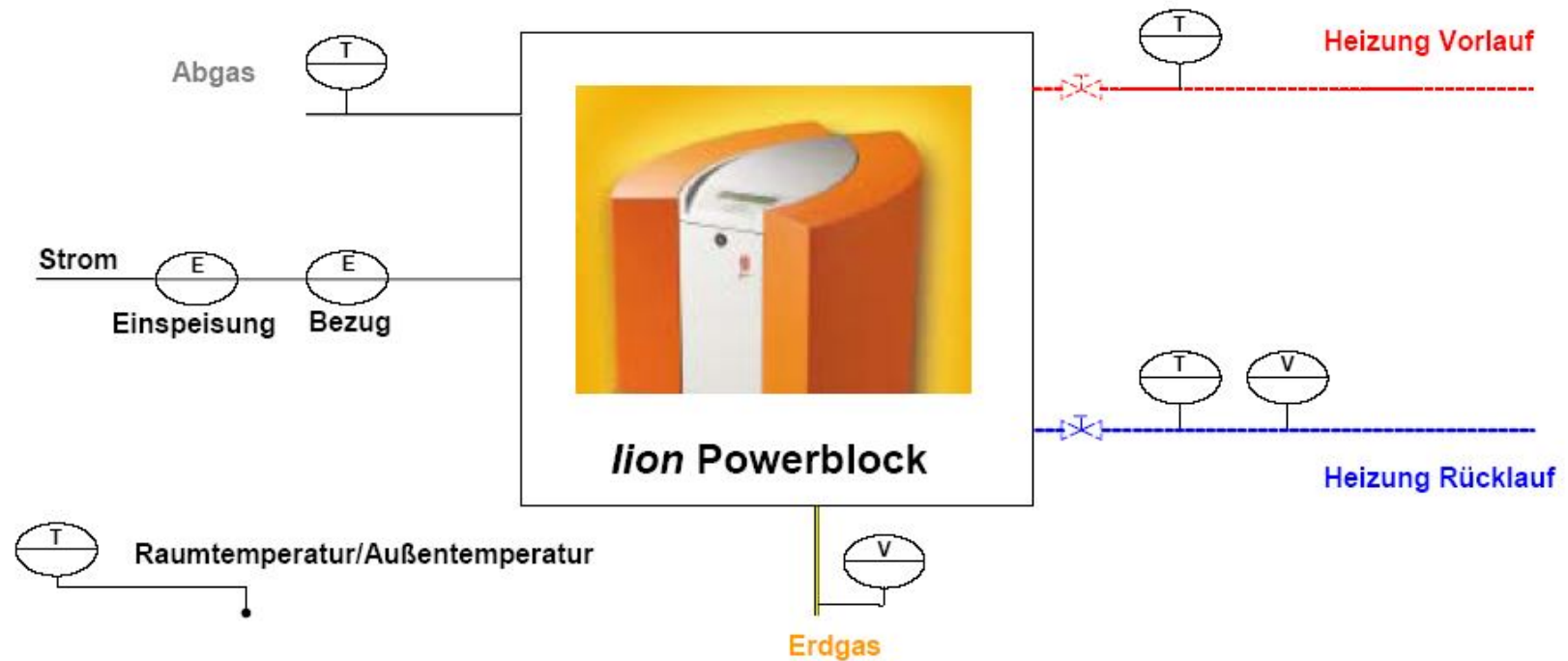
elektrisch: 1,0 kW



Quellen: Hersteller

- Aufbau einer Datenerfassung zur zeitlich differenzierten Bilanzierung (Gasverbrauch, Wärme- und Stromerzeugung)
- Punktuelle Messungen (leistungsabhängig)
  - Abgasemissionen
  - Schallemissionen (in der Geräteumgebung)
  - Analyse der Stromqualität (an ausgewählten Standorten)
- Bewertung der Anlagen nach:
  - energetischen Gesichtspunkten (Wirkungs- und Nutzungsgrade, Stromqualität)
  - Umweltschutz-Gesichtspunkte (Emissionen)
  - Wirtschaftliche Gesichtspunkte (Verfügbarkeit, Wartungskosten, Wirtschaftlichkeit, Stromgestehungskosten)

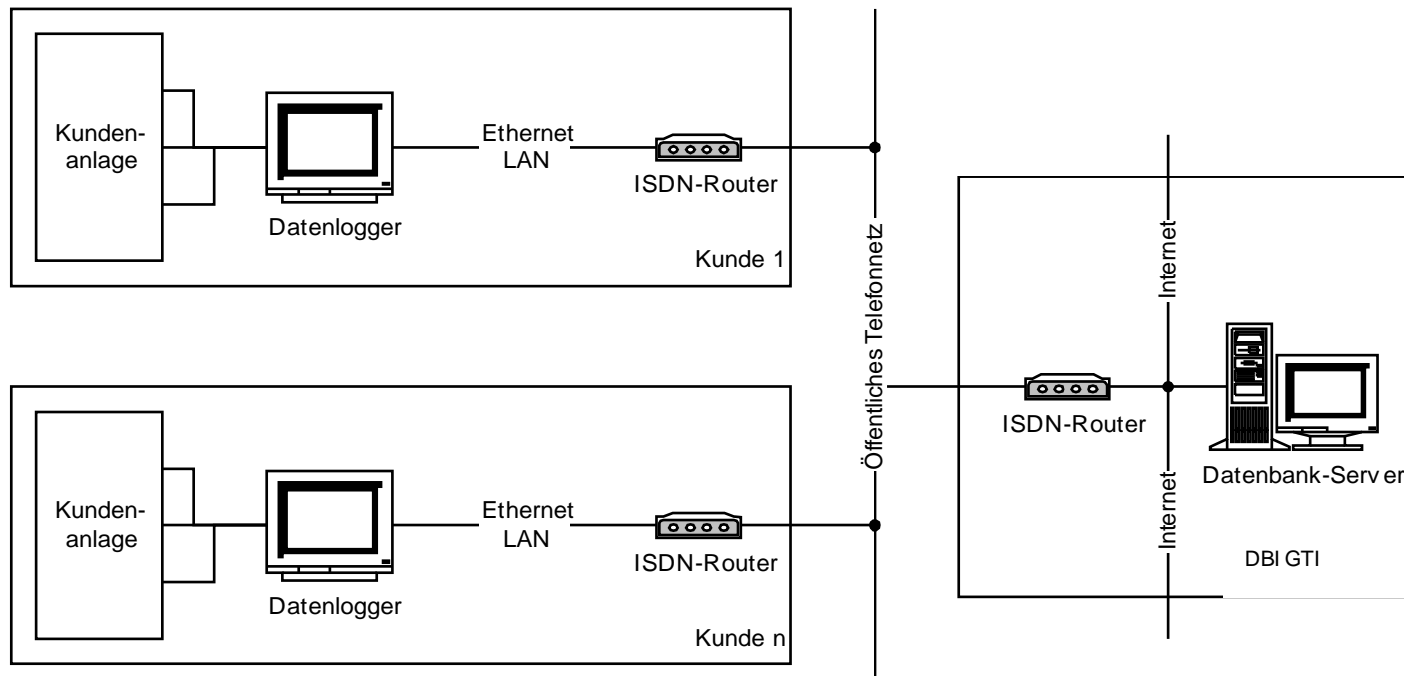
# Monitoring von Feldtests



Messstellenplan eines Standortes zur Erfassung aller erforderlicher Daten für eine vollständige Energiebilanz

Datenerfassung: Datenlogger Eurotherm Chessel 5180 V  
(inkl. Display zur Vorortdiagnose)

# Monitoring von Feldtests



## Übersicht zur Datenfernübertragung

- Online-Diagnose des Anlagenbetriebes und der Messtechnik
- Mindestens wöchentliche Datenübernahme

# Monitoring von Feldtests



### ■ WhisperGen-Stirlingmotor im Einfamilienhaus

Laufzeit: 2 Jahre Beginn: 08/2006

Partner: VNG, GASAG

Einsatzort: Doppelhaus-Hälfte (beheizte Fläche: 120 m<sup>2</sup>)

### ■ Wissenschaftliche Begleitung eines Feldversuches zur Einführung dampfbetriebener Mini-BHKW – Typ: *lion*<sup>®</sup>-Powerblock

Laufzeit: > 2 Jahre Beginn: 01/2006

Partner: Versorger: GASAG, DVGW, EMB, VNG  
Hersteller: OTAG  
Installationsbetriebe

Einsatzorte: 8 Geräte in:  
Einfamilienhäusern (beheizte Fläche: 100 – 180 m<sup>2</sup>)  
Mehrfamilienhäusern (beheizte Fläche: 300 – 350 m<sup>2</sup>)  
- davon 5 Geräte mit kontinuierlicher Datenerfassung zur wiss. Begleitung

## Zielgruppe für den gegenwärtigen Einsatz:

- Ein- und Mehrfamilienhäuser
- Wärmebedarf (Heizung und Warmwasser): 25.000 – 70.000 kWh/a
- Strombedarf > 3.000 kWh/a

## Einordnung in die Hausinstallation:

- Spitzenlastkessel nicht zwingend erforderlich, der Bedarf ist abhängig vom Nutzerverhalten und Größe der beheizten Fläche (im Feldtest sind bestehende Geräte in Betrieb geblieben)
- Kombination mit Spitzenlastkessel im **Parallelbetrieb** oder als Rücklaufanhebung
- Vorsehen eines **Kombispeichers** (600 l für Heizung und Warmwasser) oder Puffer- und Warmwasserspeichers über hydraulische Weiche Speichervolumen jeweils 250 - 500 l je nach Objekt.

### Kriterien für den optimalen Betrieb:

- BHKW-Betrieb immer im Vorrang bei Kombination mit Spitzenlastkessel
  - bei **Parallelbetrieb** wird eine **Master-Slave-Steuerung eingesetzt**  
alternativ kann eine übergeordnete Steuerung verwendet werden
  - bei Rücklaufenhebung immer gegeben
- Abstimmung der Pumpenleistungen und Strömungsverhältnisse im Heizungssystem
- Häufige Schaltvorgänge vermeiden, möglichst lange Laufzeiten je Schaltvorgang

### Nutzerverhalten:

- Vermeidung von Spitzenverbräuchen
- Optimale Einstellung der Heizungsthermostaten
- Optimale Programmierung des Gerätes, angepasst an das Nutzerverhalten

### Handhabung für den Installateur:

- Einbaumaße sind für übliche Heizungsräume kein Hindernis
- Gerätemasse ist deutlich höher als vergleichbare Gaskessel.
- Einbau der Geräte in vorhandene Heizungssysteme bei gewissenhafter Planung problemlos möglich.
- Geringfügig höherer Aufwand durch erweiterte Elektroinstallation (Rückspeisezähler, bzw. gesonderter Zweiwegezähler)

### Wartung:

- Fernwartung durch den Installateur möglich, erlaubt zielgerichtete Diagnose für den Austausch von defekten Teilen.
- Optimierung auf dem gleichen Weg möglich

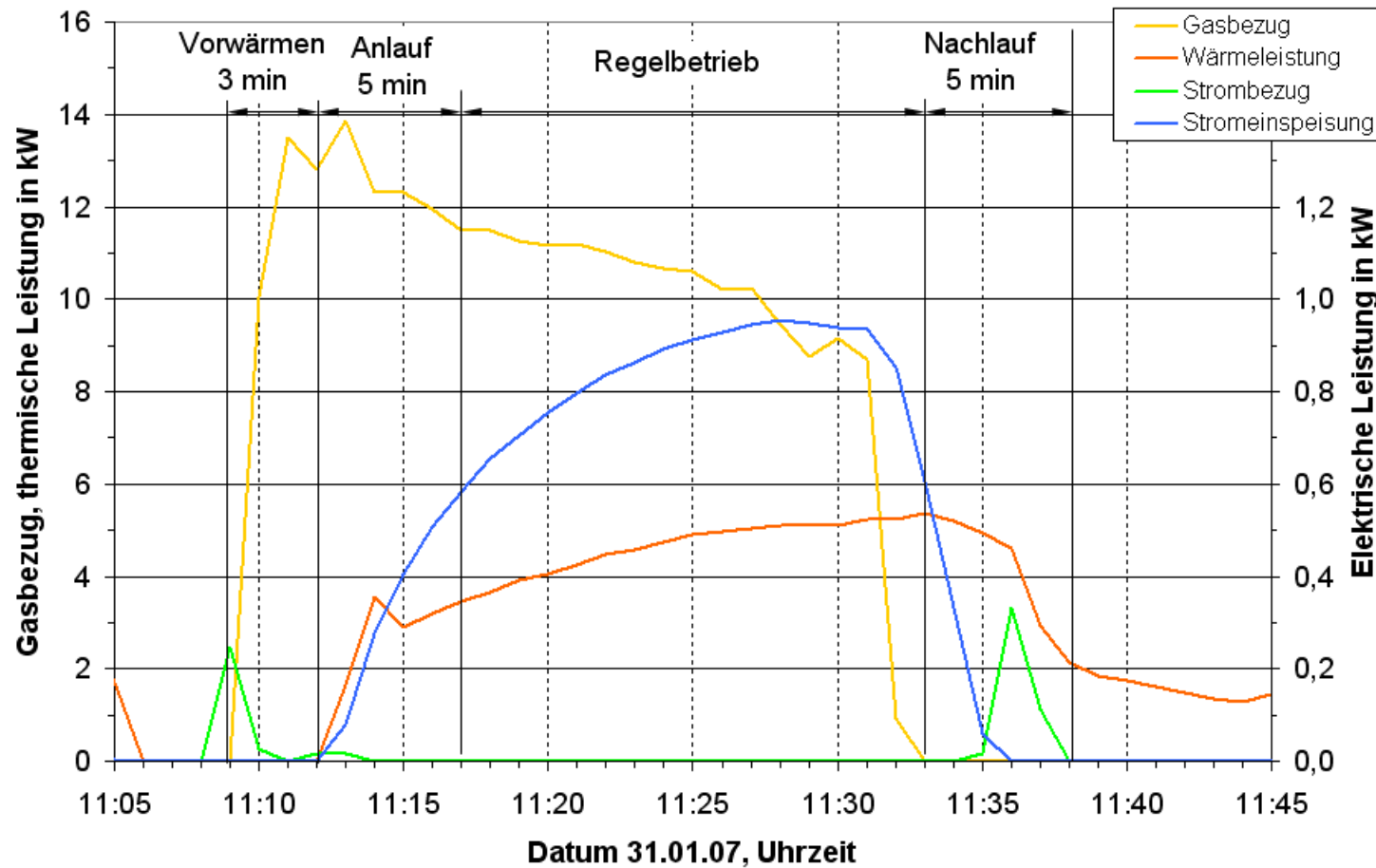
### Charakterisierung des bisherigen Betriebes:

- Überwiegend geringer Wärmebedarf an fast allen Standorten  
Folge: intermittierender Betrieb, kurze Laufzeiten, bzw. Betrieb in niedrigen Leistungsstufen (*lion*<sup>®</sup>-Powerblock)
- Schwerpunkt der bisherigen Arbeiten:  
Optimierung der Heizungseinbindung und des Betriebsverhaltens
- Änderungen an Baugruppen, z.B. Linator (*lion*<sup>®</sup>-Powerblock)  
Änderungen der Anlagensteuerung (nicht im Lieferumfang des Gerätes - WhisperGen)
- Anlagen liefern teilweise im Heizbetrieb, ohne Stromerzeugung (*lion*<sup>®</sup>-Powerblock)  
Abschaltungen aufgrund von Elektronikproblemen (WhisperGen)

### Auswertbare Zwischenergebnisse:

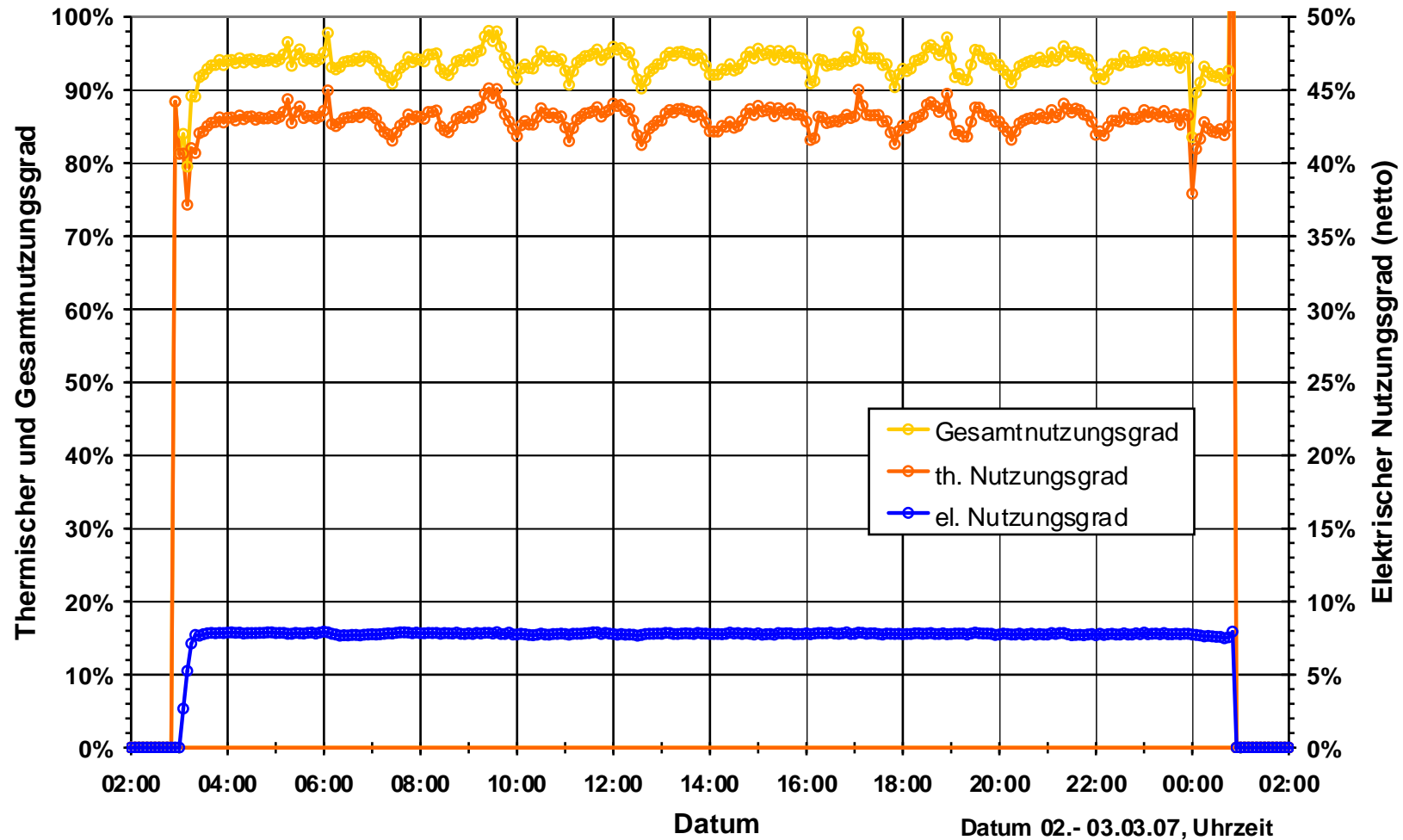
- Anfahrverhalten
- Betriebsverhalten
- Wirkungsgrade in Phasen des Dauerbetriebes

# Zwischenergebnisse - Betriebsverhalten



## Anfahrverhalten (WhisperGen)

# Zwischenergebnisse - Betriebsverhalten



## Regelbetrieb (*lion*<sup>®</sup>-Powerblock)

### Erreichte Kennziffern des *lion*<sup>®</sup>-Powerblocks in langen stationären Betriebszuständen (Laufzeit > 240 Minuten)

Standort	2	3	5	6	7
beheizte Fläche [m <sup>2</sup> ]	180	140	300	350	240
- Gesamtnutzungsgrad	87 %	86 %	91 %	94 %	79 %
- thermischer	81 %	79 %	83 %	86 %	73 %
- elektrischer (netto)	6 %	7 %	8 %	6 %	6 %
bei mittlerer el. Leistung (W)	429	753	824	870	650
- Leistung bezogen auf P <sub>N</sub> (bis Beginn 2008: 1.500 W) <sup>1)</sup>	29 %	50 %	55 %	58 %	43 %
- Mittlere Rücklauftemp. (°C)	56	42	50	43	57
- Stromkennzahl <sup>2)</sup>	0,07	0,09	0,09	0,09	0,08

1) Herstellerangaben werden seit Anfang 2008 erreicht

2) aus Nettostromerzeugung ermittelt

### Erreichte Kennziffern des **WhisperGen**

(beheizte Fläche am Standort 120 m<sup>2</sup>)

	stationärer Betrieb	Mittelwerte bisheriger Betrieb
- Gesamtnutzungsgrad	91 %	79 %
- thermischer	83 %	74 %
- elektrischer (netto)	9 %	5 %
bei mittlerer el. Leistung (W)	868	
- Leistung bezogen auf P <sub>N</sub> (1.000 W)	86,8 %	
- Mittlere Rücklauftemperatur (°C)	54	
- Stromkennzahl	0,10	0,06

### Empfehlungen für den Einsatz von KWK-Systemen

- Anpassung des hydraulischen Systems bei der Einordnung von KWK-Systemen in bestehende Heizungsanlagen
  - Vorsehen von Wärmespeichern (Kombispeicher empfohlen),
  - Abstimmung der Pumpenleistungen
  
- Optimierung des Anlagenbetriebes
  - Senkung der Schalthäufigkeit
  - Bevorzugung des Betriebes im unteren Leistungsbereich
  - lange Laufzeiten der Gerätes
  
- Schulung der Nutzer
  - Einstellung der Thermostate
  - Vermeidung von Lastspitzen

## Nutzungsgrade

- Gesamtnutzungsgrad gut (bezogen auf Brennwertnutzung)
- elektrischer Nutzungsgrad unter Herstellerangaben (Teillastbetrieb)

## Untersuchte Kriterien

- Abgasverluste: sehr gut
- Abgasemissionen: CO sehr gut  
NOx Optimierungsbedarf (WhisperGen)  
gut (*lion*<sup>®</sup>-Powerblock)
- Schallemissionen: Optimierungsbedarf (*lion*<sup>®</sup>-Powerblock)
- Verfügbarkeit: Optimierungsbedarf

- **Primärenergiefaktor:** Gibt den Primärenergieaufwand für die Bereitstellung der Endenergieträger (Elektroenergie und Wärme) an. Er berücksichtigt sowohl den Energieinhalt des Rohstoffs als auch die zu seinem Transport und Weiterverarbeitung (vorgelagerten Prozessketten) bis zur Lieferung an den Verbraucher aufgewendete Energie.
- Energieeinsparverordnung (EnEv) fordert die Bewertung neu zu errichtender Gebäude anhand des Jahres-Primärenergiebedarfs für Heizung, Lüftung und Warmwassererzeugung.
- Nachweis, ob der Jahres-Primärenergiebedarf eingehalten wird, kann durch Kombination aus baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen erbracht werden.
- Ermittlung des Primärenergiefaktors mit Hilfe der DIN V 4701-10 (über Planungsdaten für ein Versorgungssystem)

# Bestimmung Primärenergiefaktor



## Prüfstand am DBI Freiberg

---

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.**