

2. Mängel der BHKW-Planung und –Errichtung

Dipl.-Ing. Michael Wentzke
IG Biogasmotoren e.V.

Agenda

1. Auslegung von Wärmetauschern, Pumpen und Rohrleitungen
2. Fundamentplanung und –Ausführung (dynamische und statische Lasten)
3. Raumluftfilterung, Raumluftklimatisierung
4. Schaltschrankklimatisierung
5. Parametrisierung der Regler in Kühlkreisläufen
6. Einstellung von Dämpfungselementen, spannungsfreier Einbau von Kompensatoren
7. Ausreichende Einweisung des Bedienpersonales

Vorbemerkung

- Punkte 1 bis 4 sind das Ergebnis unzureichender Anlagenplanung und des Bemühens den „Preis gering zu halten“:
 - Lastannahmen werden entschärft, wie z.B. die Auslegungstemperaturen von Wärmetauschern auf sommerliche Außentemperaturen von 25°C statt auf 35°C.
 - Temperaturwechsel mit schwankenden Minimal- und Maximaltemperaturen erfordern z.T. ergänzende Ausstattungen wie z.B. Klimageräte für Schaltschränke
 - Luftführung für Generatoren im Betriebsraum ungünstig: zu wenig Kühlluft, ungefiltert ohne Stillstandsheizung
 - Fehlende Berücksichtigung der Maschinendynamik in der Fundamentierung, im Motorgestell, Anbauteilen, Containerauslegung
- Punkte 5 bis 7
 - Handwerklich korrekter Aufbau und Einstellung der Regelungstechnik
 - Übergabe des BHKWs an das Bedienpersonal

1. Auslegung von Wärmetauschern, Pumpen und Rohrleitungen

- Wärmetauscher: Leistungsreserve, Verschmutzungsreserve, ausreichender Temperaturbereich (Umgebungstemperaturen)
- Pumpen: Frequenzumrichter-geregelt, nicht zu groß dimensionieren: geringe Eigenstrom-Verbräuche
- Rohrleitungen: Vermeiden enger Radien, ausreichende Weite für geringe Druckverluste und geringe Strömungsgeschwindigkeit



2. Fundamentplanung und –Ausführung (dynamische und statische Lasten)

- Bodentragfähigkeit : Gutachten neu erstellen, wenn der Aufstellort in der Bodenbeschaffenheit abweicht
- Kein Bau-Fundament – Maschinenfundament (geringere Höhentoleranzen !)
- Ausreichend Masse ins Fundament bringen
- Containerbauweise: Bodenkonstruktion ausreichend steif (gekoppelte Schwingung)
- Raumaufstellung: Fundament vom Fußboden entkoppeln
- Erregerfrequenzen des Biogasmotors mit berücksichtigen bei Fundamentauslegung

3. Raumluftfilterung, Raumluftklimatisierung

Betriebsraum benötigt Frischluft zur

- ✓ Raumkühlung (Strahlungswärme Motor)
- ✓ Ansaugluft für den Motor
- ✓ Luftverdünnung gegen Gasaustritt

Betriebsraum benötigt

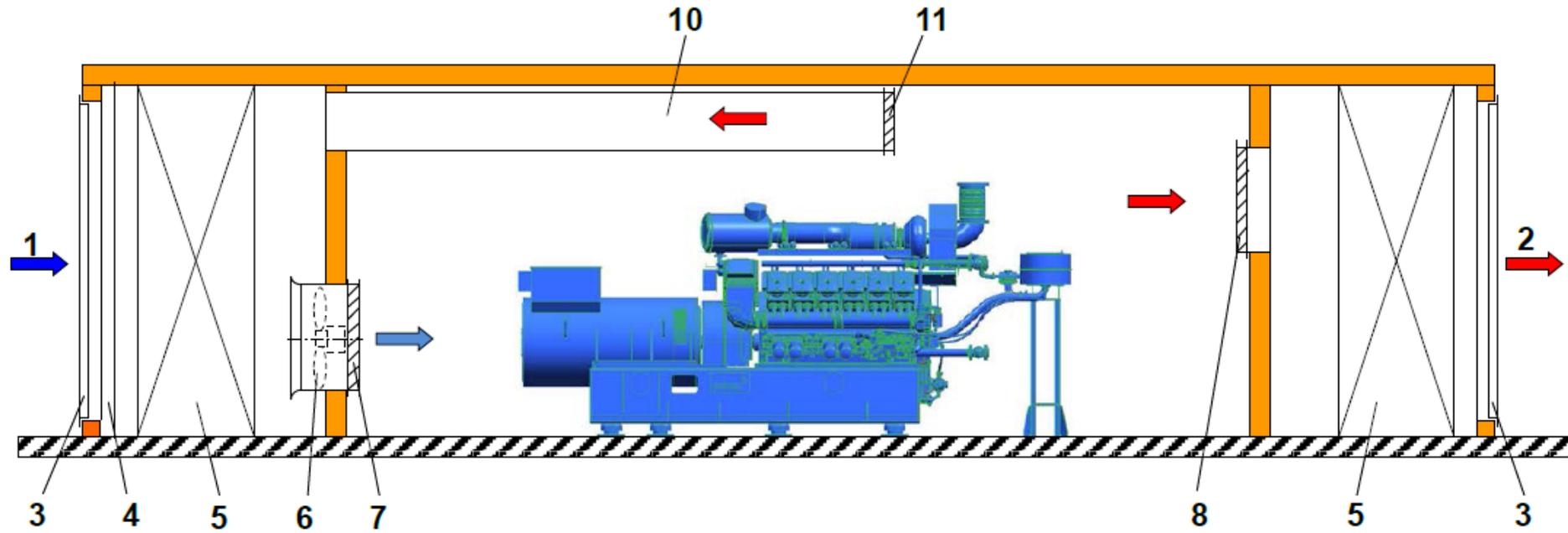
- ✓ Umluftkanal für Raumlufthvorwärmung
- ✓ Raumluftfilterung gegen Staubeintrag





Quelle: Caterpillar Energy
Solutions

Drückendes System System mit Umluftreglung (empfehlenswert)



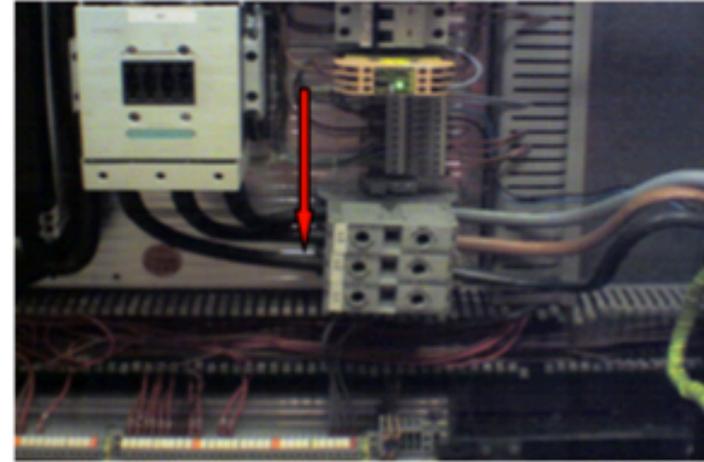
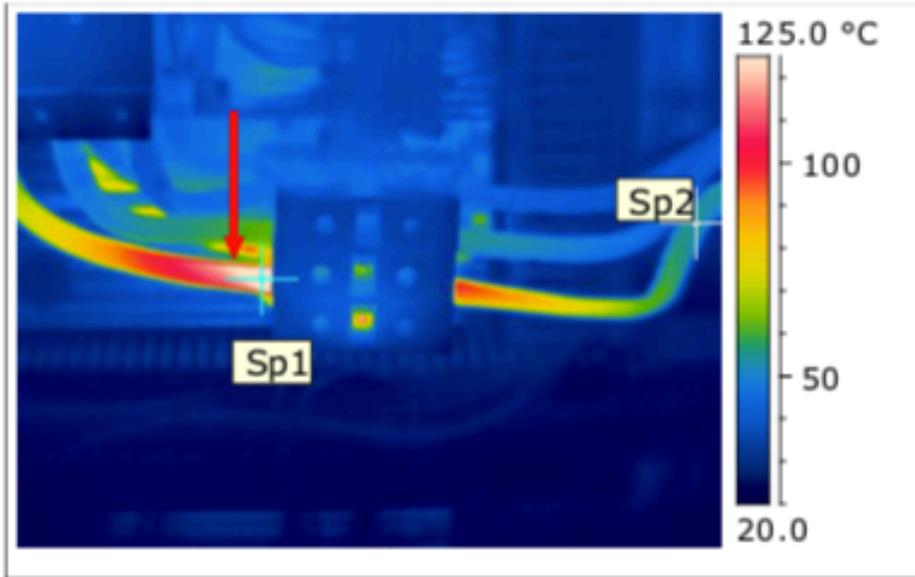
- | | | | |
|---|--------------------|----|------------------|
| 1 | Zuluft | 6 | Zuluftventilator |
| 2 | Abluft | 7 | Zuluftjalousie |
| 3 | Wetterschutzgitter | 8 | Abluftjalousie |
| 4 | Filter | 10 | Umluftkanal |
| 5 | Schalldämmkulisse | 11 | Umluftjalousie |

Quelle: Caterpillar Energy Solutions

4. Schaltschrank-Klimatisierung

- Elektronische Bauelemente dürfen nicht wärmer als 40°C werden, ansonsten droht Ausfall des Bauteiles : teuer, da Fehlersuche aufwändig und Ersatzteile u.U. nicht schnell verfügbar sind. **Daher Kühlung im Sommer.**
- Im Winter bildet sich Kondensat an den Kontakten, die rosten und Übergangswiderstände bilden, wenn es zu kalt wird (< 15°C) . **Daher Heizung im Winter**
- Kontaktüberlastung (Hot Spots): **Korrekturer Anschluss von Erweiterungen**





Betriebszustand

Last in % : 13
 L1 in A : 86
 L2 in A : 88
 L3 in A : 88
 Nennstrom in A : 160

 Übertemperatur in K : 111
 Übertemperatur bei 100 % in K : > 300
 Fehlergruppe : 3, TA

Messparameter

Messdatum	20.02.2014
Messuhrzeit	13:37:50
Reflek. Messtemperatur	20.0 °C
Atmosphärentemperatur	20.0 °C
Objektabstand	1.0 m
Emissionsgrad	0.9
Sp1 Temperatur	131 °C
Sp2 Temperatur	54.7 °C

Quelle: Ingenieurbüro Braase

5. Parametrisierung der Regler in Kühlkreisläufen

Regler in Kühlkreisläufen stellen sicher, dass der Motor

- ausreichend gekühlt wird,
- die Differenz Vorlauf- und Rücklauftemperatur nicht größer als 7 Kelvin wird
- bei weniger Nutzwärmeabnahme mehr Kühlleistung von den Notkühlern übernommen wird. (Warum laufen Notkühler im Winter bei Nutzwärmeabgabe?)
- dass der Regelprozess ausreichend schnell erfolgt

Elektronische Regler erfüllen diese Anforderungen viel genauer, als es mechanische Dehnstoffelemente können

6. Einstellung von Dämpfungselementen, spannungsfreier Einbau von Kompensatoren

Dämpfungselemente:

- Einstellbedürftig (nicht „auf Block“ setzen)
- verschleißen (maximal 4 Jahre Nutzungsdauer)

Kompensatoren

- Edelstahl für Abgas, genau auszurichten, sonst Rissgefahr
- Gummikompensatoren für Kühlmittleitungen: glycolfest, auf PH-Wert des Kühlmittels achten, Überhitzung vermeiden (saure Reaktionsprodukte)



7. Ausreichende Einweisung des Bedienpersonales

Häufig keine zeitliche ausreichende Budgetierung im Kaufvertrag, allenfalls Hinweis auf Anlagedokumentation in Papier- und DVD-Format

Besser:

- Teilnahme am Anlagenaufbau und an der Inbetriebnahme
- Schulung zu Wartungsarbeiten beim Hersteller (2-4 Tage)
- Schulung auch an Gasgebläsen und an der Biogasaufbereitung sowie der Generator-Technik

7. Dokumentation der Anlagenkomponenten

- Schaltpläne, Stromlaufpläne, Funktionsmatrizen etc. im Ordner auf der Biogasanlage verfügbar halten für
 - Fehlersuche des Bedien- und Servicepersonals,
 - Unterstützung des Prüfpersonals und
 - Erstellung von Einheiten- und Anlagenzertifikaten
- Anlagenerweiterung, Anlagenumbau sowie Komponentenaustausch wegen Anlagenmodifikation oder Leistungssteigerung etc. :
 - Release-Stand der Komponenten und
 - eingesetzter Software dokumentieren
 - Herstellerhinweise zur Pflege und Wartung und zu Betriebsmittelhinweisen wie Schmieröl und Kühlmittel ablegen und verfügbar halten. (Sicherheitsdatenblätter!)



Add-on Hinweise für Flex-Betrieb

1. Fahrweise: Fahrplan ja oder nein
2. Temperaturwechsel
3. Temperaturwechsel: Auswirkungen auf den Biogasmotor
4. Fahrplan und Servicekonzept
5. Startvorgänge im Flexbetrieb
6. Schadenfrühindikatoren im Flexbetrieb



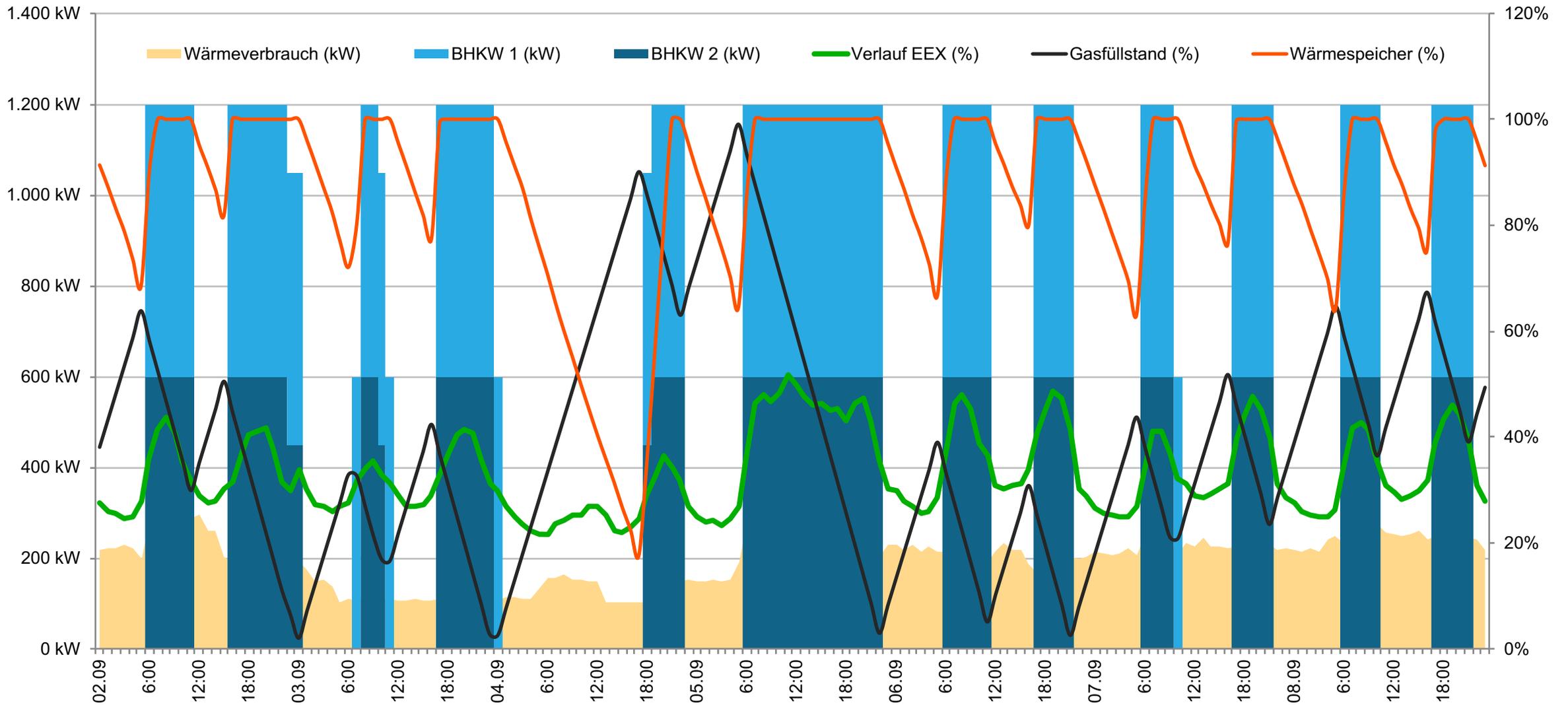
1. Flex-Fahrplan : Wie wird tatsächlich gefahren?

Gar kein Flex: Bestands-BHKW Ersatzbetrieb – neues BHKW Grundlast
Bestands-BHKW ruht und erfährt „Schonbetrieb“

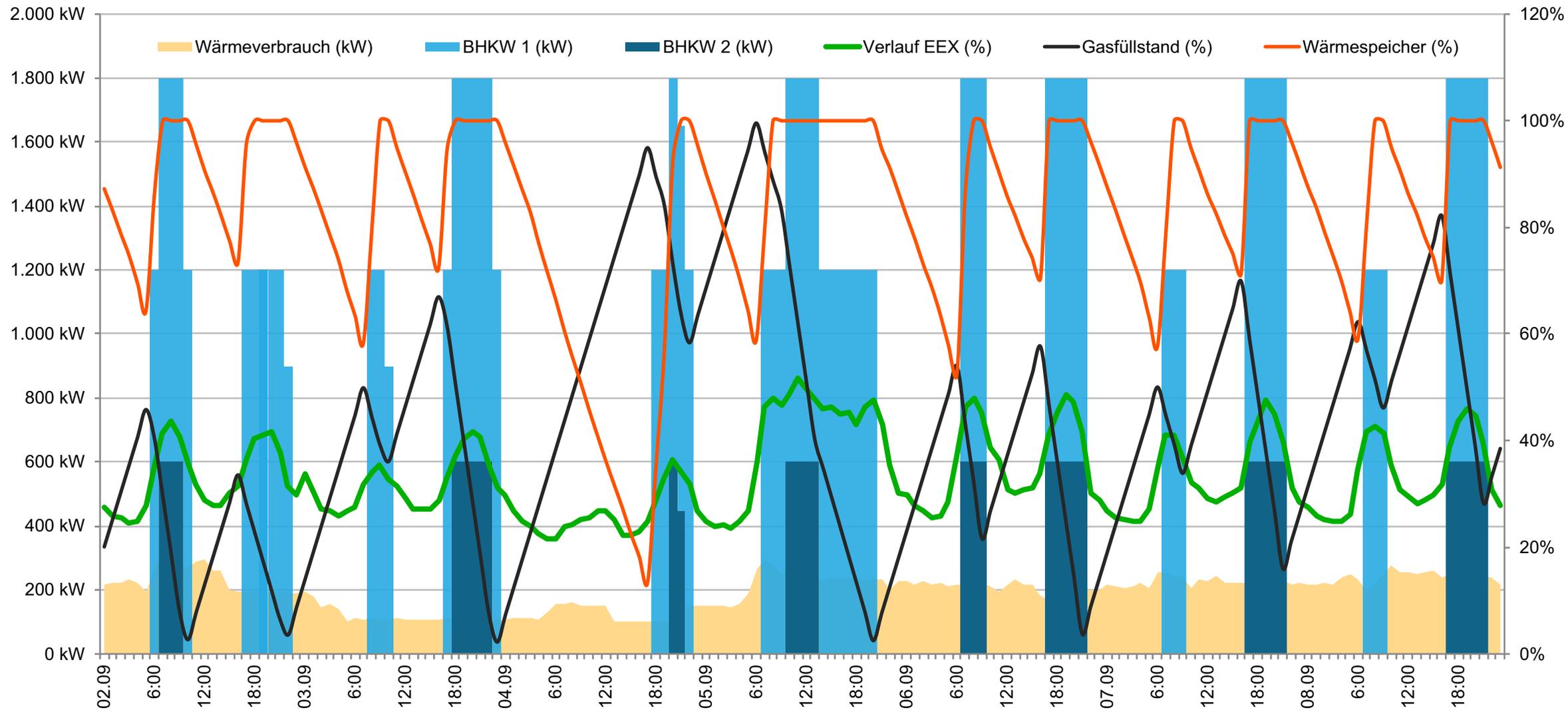
Bestands BHKW fährt Grundlast weiter (Wärme) , Flex-BHKW fährt HT-NT oder Regelenergie-Abrufe (Achtung Starts)

Flex-BHK fährt Flex-Fahrplan und Bestands-BHKW fährt weiter Grundlast

Ausnahme: Flex-BHKW und Bestands-BHKW fahren Flex-Fahrplan



Quelle: SKVE AG



Quelle: SKVE AG

1. Fahrplan-Prämissen (Gas- und Wärmespeicher!)

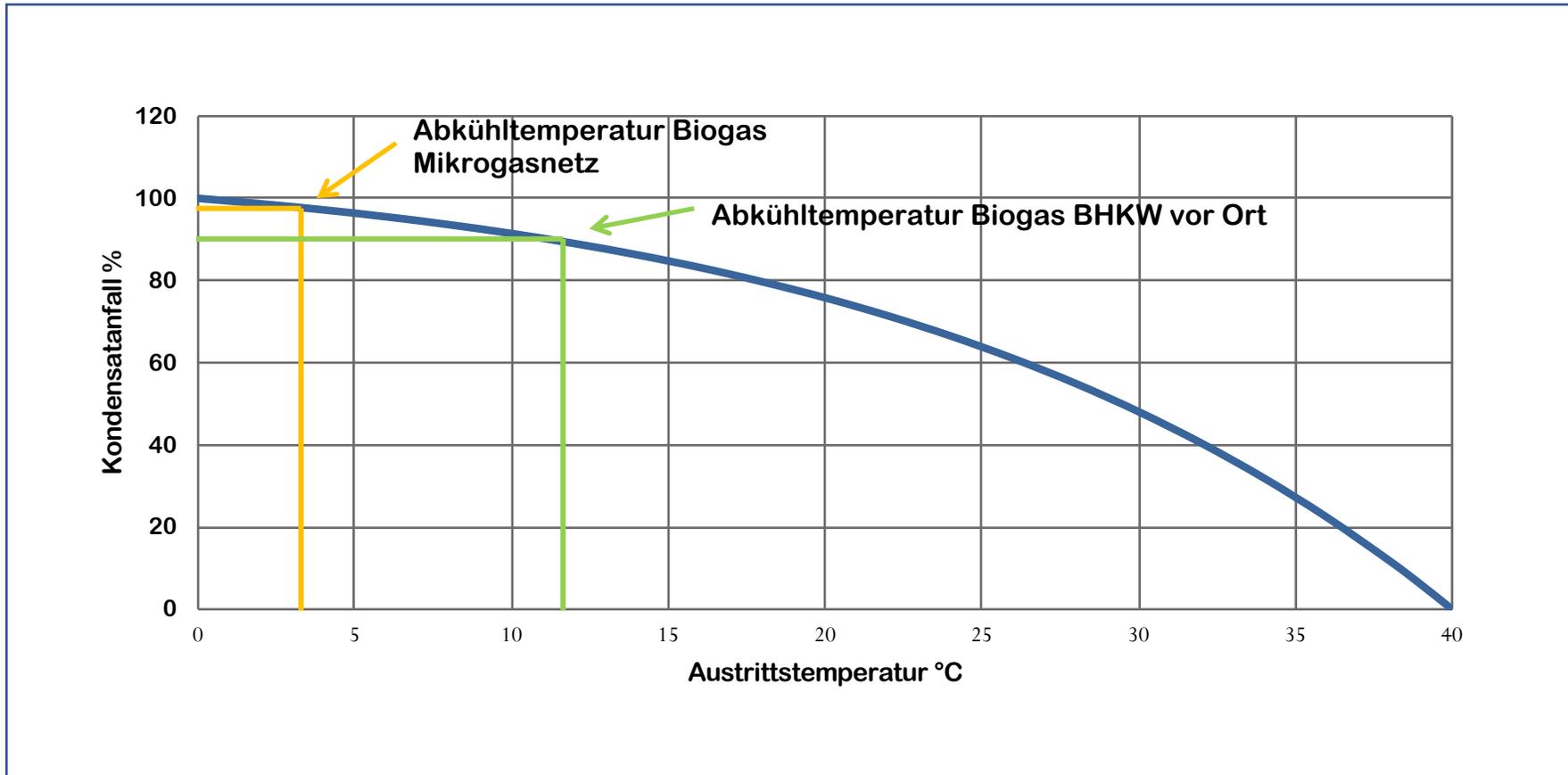
1. Wärmekunden mit Vorrang bedienen
(ca. 3 Cent/kWh sind an der Strombörse nicht zusätzlich zu verdienen)
2. Kein Gas über die Gasfackel verlieren
3. Motoren aus bei schwachen Strompreisen (nachts und am Wochenende)
4. Wenn Motoren laufen, dann Vollast – Ausnahme
„Schonprogramm“ wegen Motorzustand oder Gasspeicher
5. Konstant füttern – allenfalls Sommer- und Winterfahrpläne

2. Temperaturwechsel : Auswirkung auf die Biogasaufbereitung

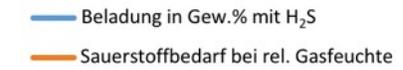
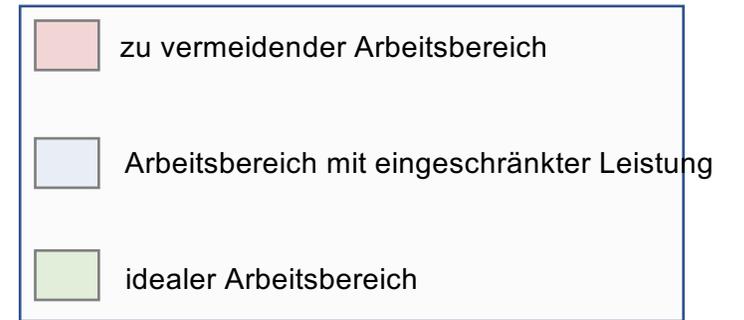
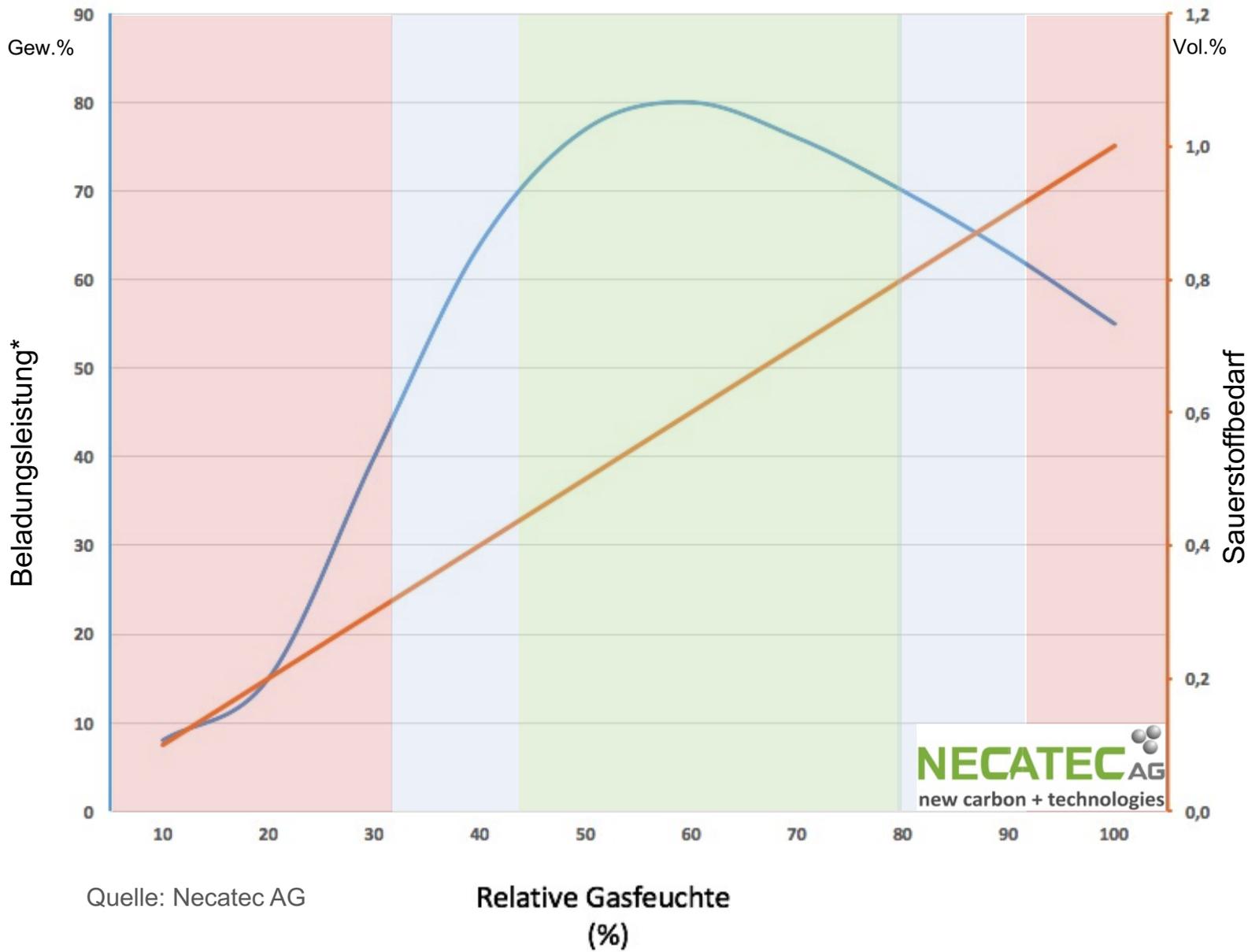
- Kühlung
- Wasserabscheidung
- Nacherwärmung
- Aktivkohlefilter-Behandlung
- Zuführung in die Gasregelstrecke des BHKWs



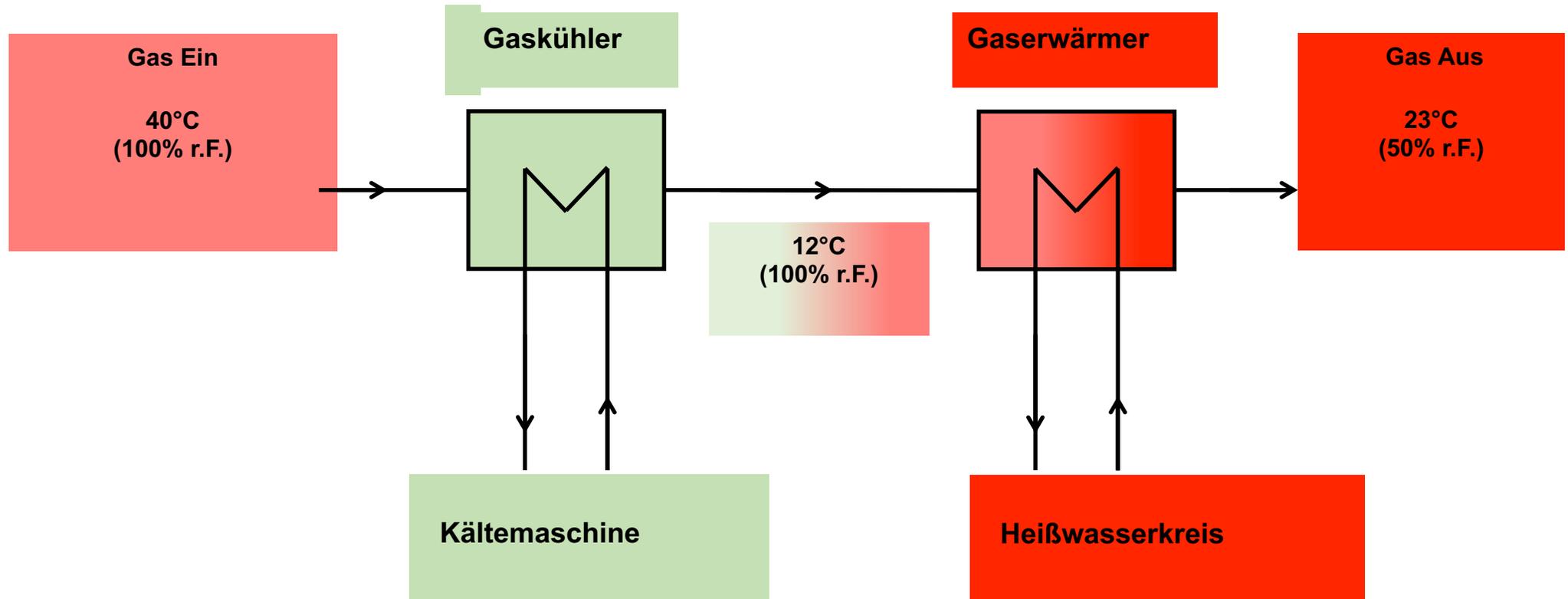
2. Temperaturwechsel : Auswirkung auf die Biogasaufbereitung



Quelle: Aprovis



2. Temperaturwechsel : Auswirkung auf die Biogasaufbereitung



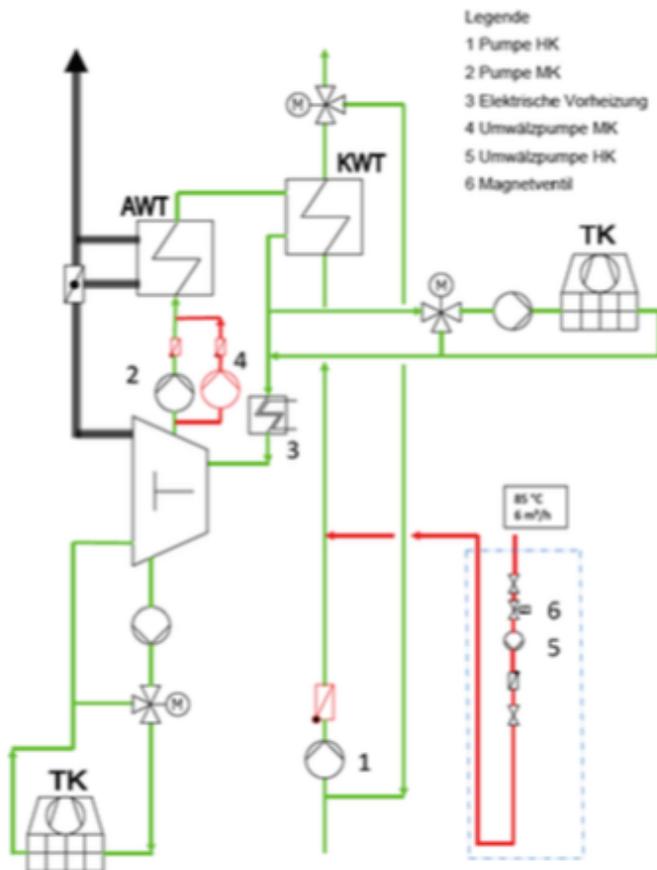
2. Temperaturwechsel : Auswirkung auf die Biogasaufbereitung

Schlussfolgerung zur Schadenprävention:

1. Geregelter Erwärmung und Vorwärmung des Biogases nach Entfeuchtung
2. Geregelter Erwärmung und Vorwärmung des Aktivkohlefiltergehäuses zur optimalen Konvertierung von H_2S
3. Biogasrohrisolation nach Erwärmung bis Eintritt in die Gasregelstrecke des BHKWs zur Kondensatvermeidung



3. Temperaturwechsel: Auswirkung auf den Biogasmotor



Motoren stehen im Flexbetrieb 6 – 60 Stunden still und kühlen aus

Vorwärmung des Motorkühlkreislaufes auf ca. 50-60°C

Vorwärmung hydraulisch aus Wärmepufferspeicher zur Reduktion des Eigenstromverbrauches

Quelle: ETW/Caterpillar



3. Temperaturwechsel: Auswirkung auf den Biogasmotor

- Moderne Gasmotoren sind auch gewichtsoptimiert: dünne Bauteilwände reagieren empfindlich auf Wärmeverzug
- Die Betriebsspiele in den Reibpaarungen Laufbuchse, Kolben, Kolbenring sind optimiert auf „Betriebstemperaturen“ eines durchgewärmten Motors
- Differenz Vorlauf-Rücklauf­temperatur Motorkühlkreislauf soll im Betrieb $< 7^{\circ} \text{C}$ betragen
- Kühlkreislauf ist verantwortlich für „Wohlfühltemperatur“



3. Temperaturwechsel: Auswirkung auf den Biogasmotor

Schlussfolgerung zur Schadenprävention:

1. Überwachung der Kühlkreisläufe mit Drücken und Temperaturen
2. Pflege des Kühlmittels
3. Korrekte Parametrisierung der Regelventile
4. Kein „Handbetrieb“ der Raumlüftung, geregelte Ventilatoren und Temperierung der Schaltschränke

4. Einfluss der Fahrplanparameter auf das Servicekonzept

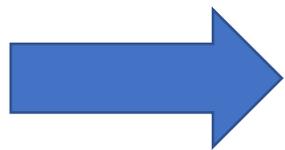
Fahrplanparameter:

- Betriebsstunden p.a.
- Anzahl Starts
- Laufzeit nach Start in Std.
- Volllastanteil in % der Betriebsstunden p.a. (speicherbedingt)



Ziel Destination	Gleis Platform/Voie	
Mannheim-Friedrich	11	
Gernsheim	17	Train is cancelled
Köln Hbf	7	Train is cancelled
Berlin Hbf	9	Train is cancelled
Passau Hbf	6	Train is cancelled
Siegen	16	
Saarbrücken Hbf	20	
Fulda	8	Train is cancelled
Bruxelles-Midi	19	Aujourd'hui du qu...
Hanau Hbf	5	... 5 - Heute auf G...

r DB-Zugverkehr beeinträchtigt. Bitte
und informieren Sie sich auch im Internet



Kalkulationsparameter Servicekosten



4. Einfluss der Fahrplanparameter auf das Servicekonzept

- Abkehr von starren Servicefristen
- Häufigere und genauere Zustandsmessungen
- Tägliche Betriebsdaten-Dokumentation der Frühindikatoren für Schäden
- Kontinuierliche Auswertung von Schmierölanalysen
- Von der zustandsorientierten Instandhaltung hin zu „Predictive Maintenance“ : Bewertung noch vorhandener „Verschleißvorräte“

5. Startvorgänge im Flexbetrieb: kein dramatischer Verschleiß

Anzahl der Starts im Flexbetrieb bei 13 Starts pro Woche:

576 Starts p.a + 24 Servicestarts p.a. = ca. **600 Starts p.a.**

1000 Starts p.a. geben Motorenhersteller frei ohne zusätzliche zu erwartende Kosten (vorgewärmt, >2 Betriebsstd. nach Start)

Flexfahrweise: geplante Starts mit normalen Lastrampen, kein Schnellstart wie bei Regelenergie-Bereitstellung gefordert.

5. Startvorgänge im Flexbetrieb: kein dramatischer Verschleiß

Biogasmotoren bis ca. 400 kW el. Leistung:
Einsatz von Lagermaterial, das erhöhten Verschleiß bis ca. 1000 Starts pro Jahr bewältigt.
Überwachung durch regelmäßige Ölanalyse

Biogasmotoren > 400 kW el. Leistung:
Vorschmierung zumeist serienmäßig, aber auch problemlos nachrüstbar
(ca.1 bar Öldruck liegt an den Hauptlagern beim Start an)

Netzstartgeräte nicht zwingend erforderlich, Motoren starten warm, Anlasser bewältigen 1000 Starts p.a. ohne Probleme bei gewarteten Motoren

6. Schadenfrühindikatoren im Flexbetrieb

Häufig gemessen:

- ✓ H₂S-Gehalt nach Aktivkohle
- ✓ Motorkühlkreislauf Eintritts- / Austrittstemperatur
- ✓ Gemischtemperatur
- ✓ Anzahl Starts
- ✓ Laufzeit nach Start
- ✓ Abgastemperatur
- ✓ Schmieröltemperatur
- ✓ Sauerstoffgehalt Rohbiogas
- ✓ Last in %

Selten gemessen / ausgewertet:

- Schmierölverbrauch
- Gastemperatur Eintritt Gasregelstrecke
- Kühlmittelzustand
- Raumluftfilter
- Kühlmitteldruck in Kühlkreisläufen
- Druckverluste Katalysator und Abgaswärmetauscher
- Kontrolle Kondensatabläufe insbesondere Abgaswärmetauscher

Fazit

- Neue Herausforderung für Serviceanbieter zur Bewältigung der Flexanforderungen der Aggregate : ohne Blick auf die Peripherie wird es zu Problemen im Betrieb kommen.
- Technische Betriebsführung von Betreibern gefordert, Full-Service-Verträge sind kein „Ruhekissen“.
- Flexibler und profitabler Anlagenbetrieb erfordert permanente Zustandsüberwachung des BHKWs mit seiner Peripherie.