



2. Fortbildungsveranstaltung FKT Hamburg Boberg



**Vergleich von Planung/ Prognose
mit den heutigen Betriebsergebnissen**



Gliederung

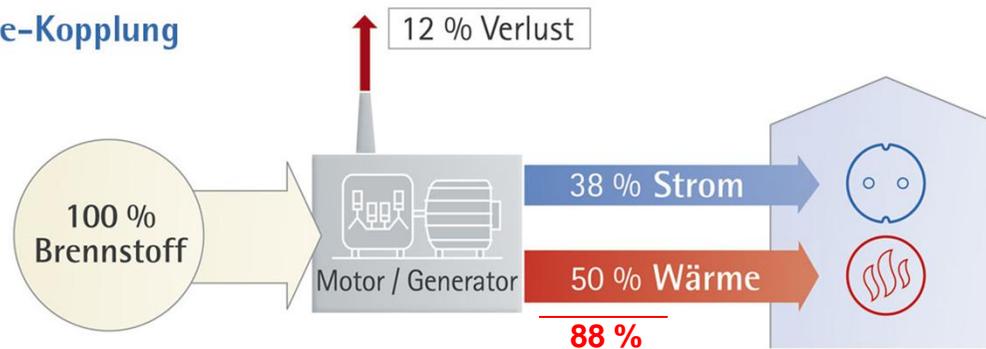


- Grundlagen
- Auslegung der installierten BHKW`s
- Feststellung der Betriebspunkte
- Vergleich Kostenschätzung zu Baukostenfeststellung
- Ermittlung der tatsächlichen Betriebskosten
- Rückblick auf Termintreue und Bauablauf
- Stellungnahme Bauherr

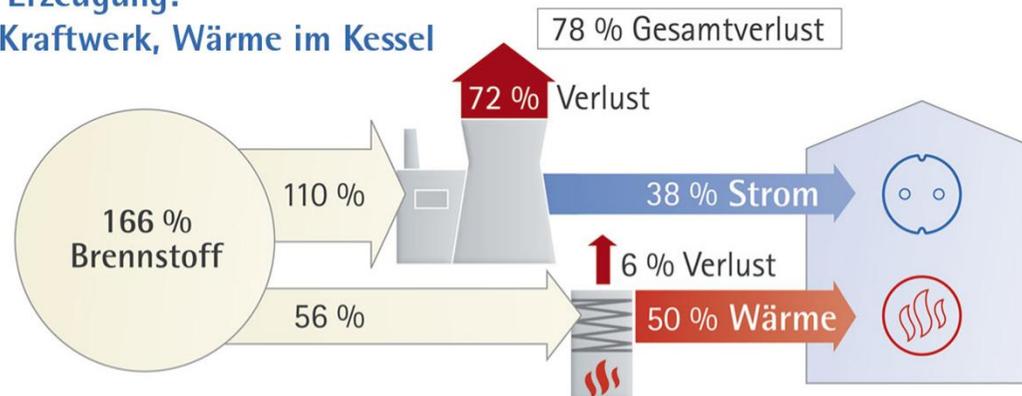


Energieeinsparung durch Kraft-Wärme-Kopplung im Vergleich zur getrennten Erzeugung von Strom und Wärme

Kraft-Wärme-Kopplung



getrennte Erzeugung: Strom im Kraftwerk, Wärme im Kessel

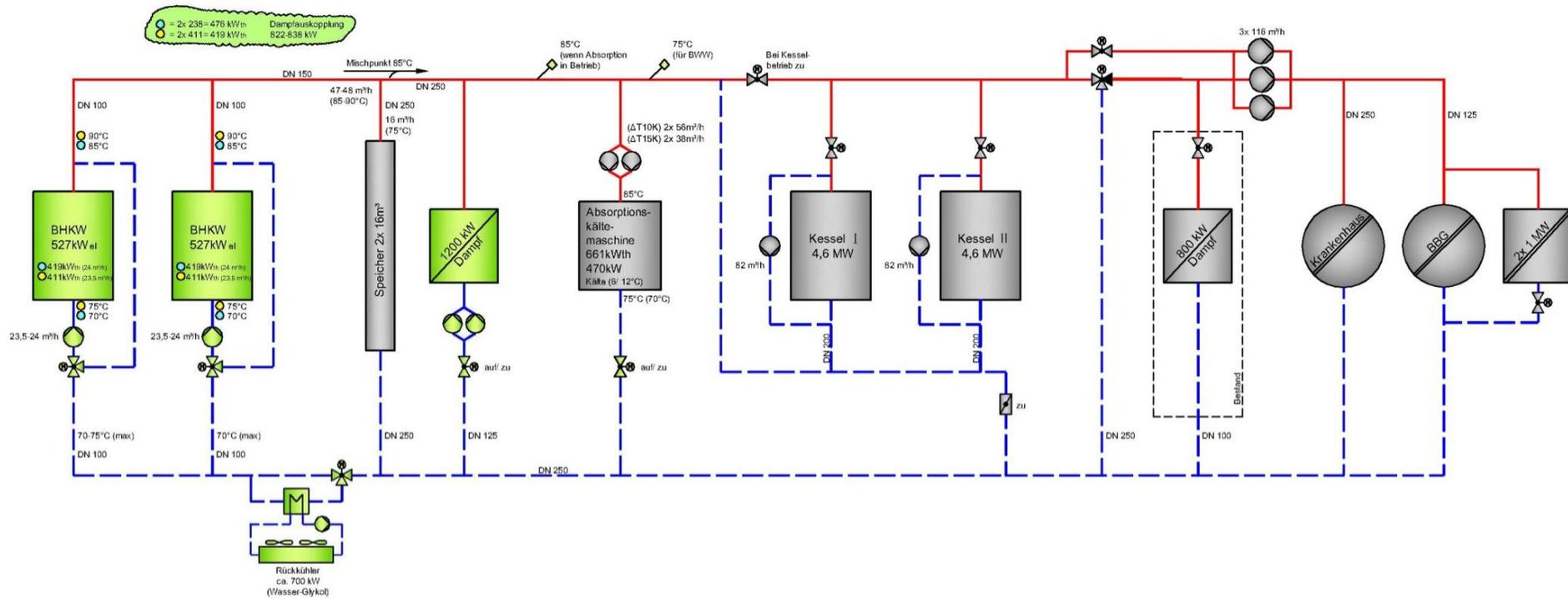


Quelle: Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V.

Um die gleiche Menge Strom und Wärme zu erzeugen, ist bei getrennter Erzeugung 66 % mehr Energie erforderlich.



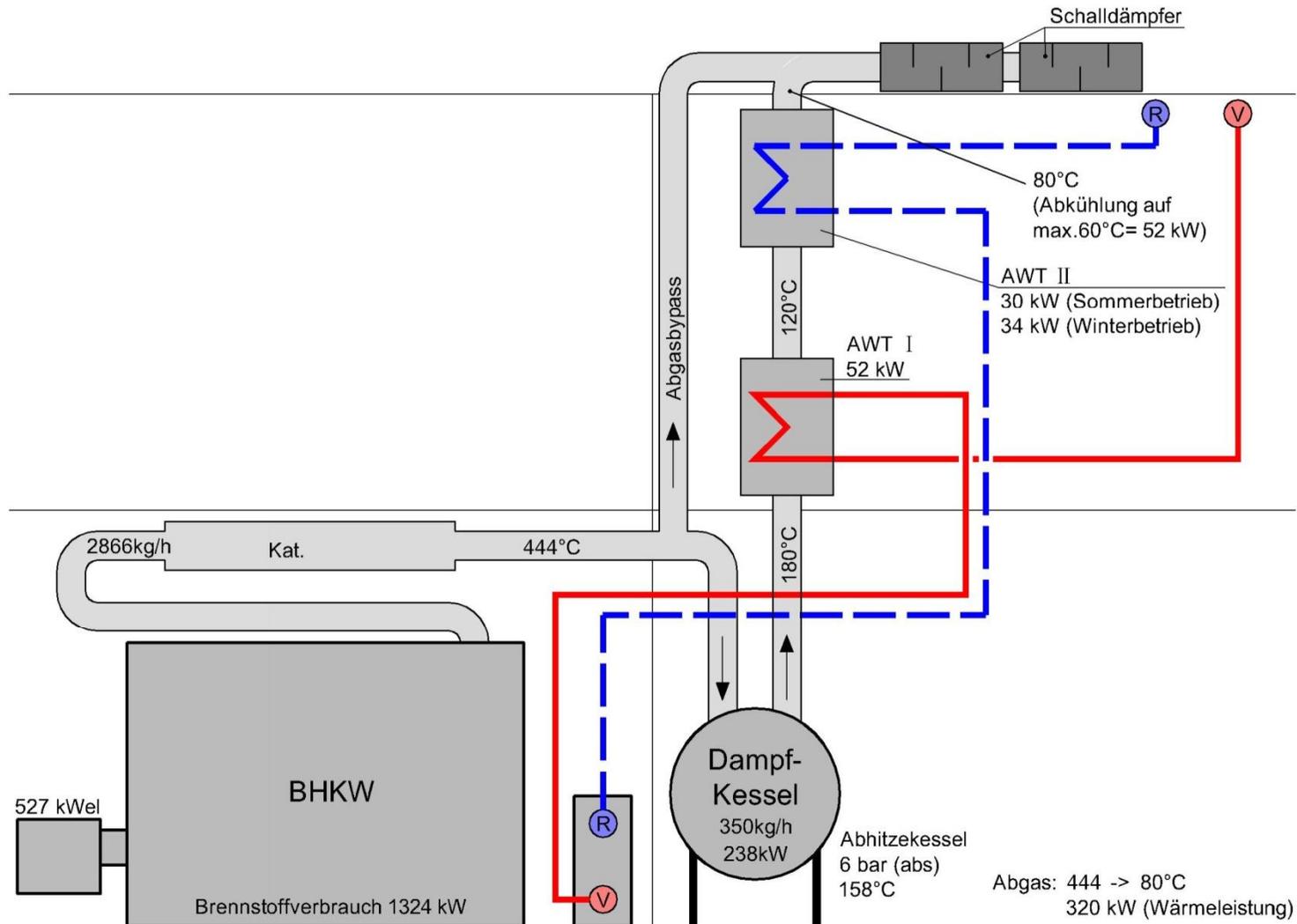
Heizungsschema



Grundlagen - Umbau Technikzentrale -



Schnitt



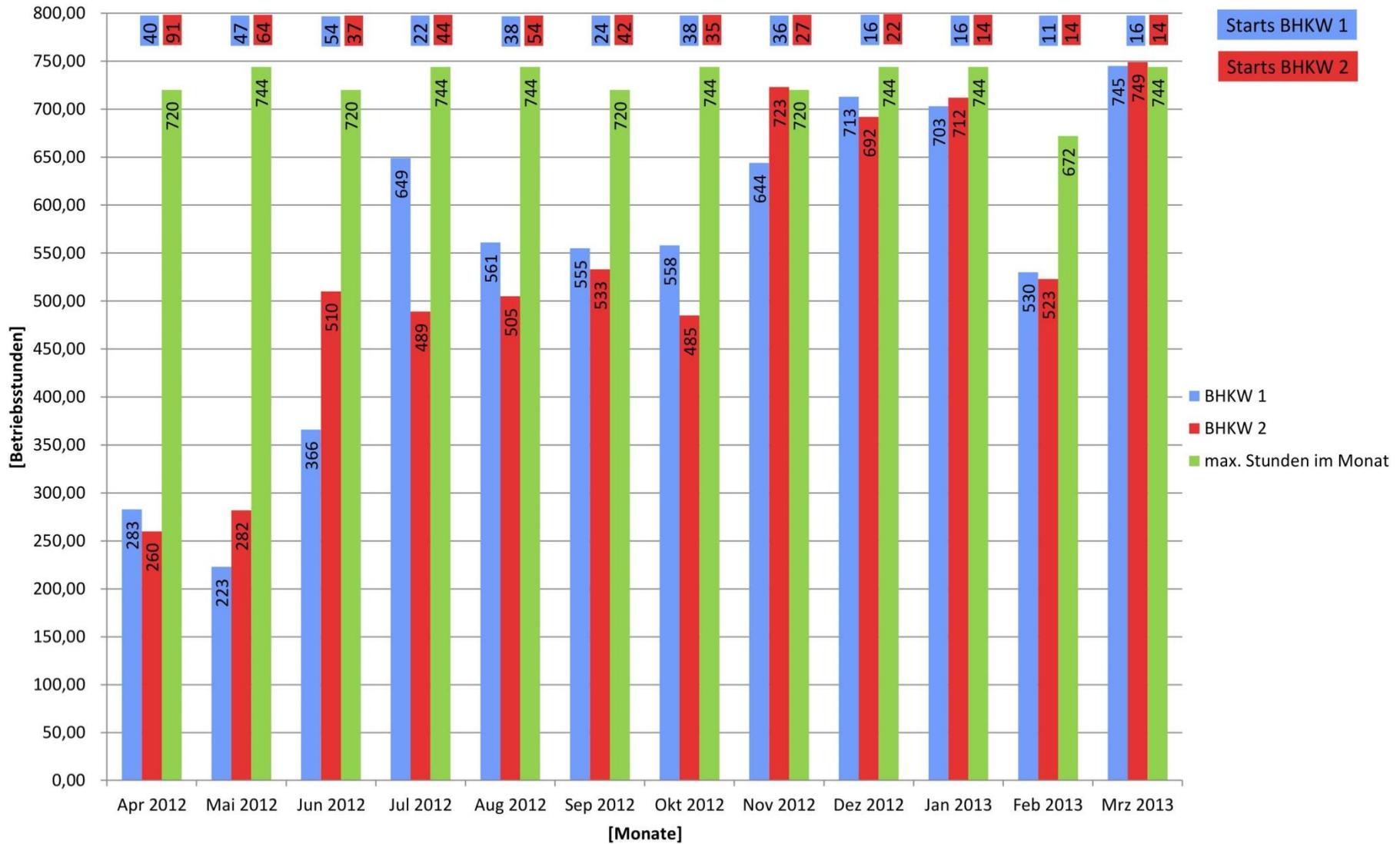


Auslegungsprofil (Anforderung)

- hohe Vollastbetriebsstunden (Ziel > 6.500 h/a)
[alte BHKW-Module ca. 4.350 Vh/a]
- Takten des Motors vermeiden
- elektrische Wirkleistung gesamt ca. 1.000 kW
- Abgaswerte für Gasmotor
 - Stickoxide: 500 mg/ m³ (Forderung BSU* : 450 mg/m³)
 - Formaldehyd: 60 mg/ m³ (Forderung BSU*: 40 mg/ m³)

* (BSU) „Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg“

Auswertung Betriebsstunden/ Takte





Betriebsstunden BHKW 2012/ 2013

Modul I = 6.530 Bh/ a
353 Starts

Modul II = 6.463 Bh/ a
458 Starts



Prognose > 6.500 Betriebsstunden

Ziel erreicht ✓

zukünftige Betriebsstunden 2013/ 2014





zukünftige Betriebsstunden nach Optimierung 2013/ 2014

Modul I > 7.000 Bh/ a
< 350 Starts

Modul II > 7.000 Bh/ a
< 350 Starts

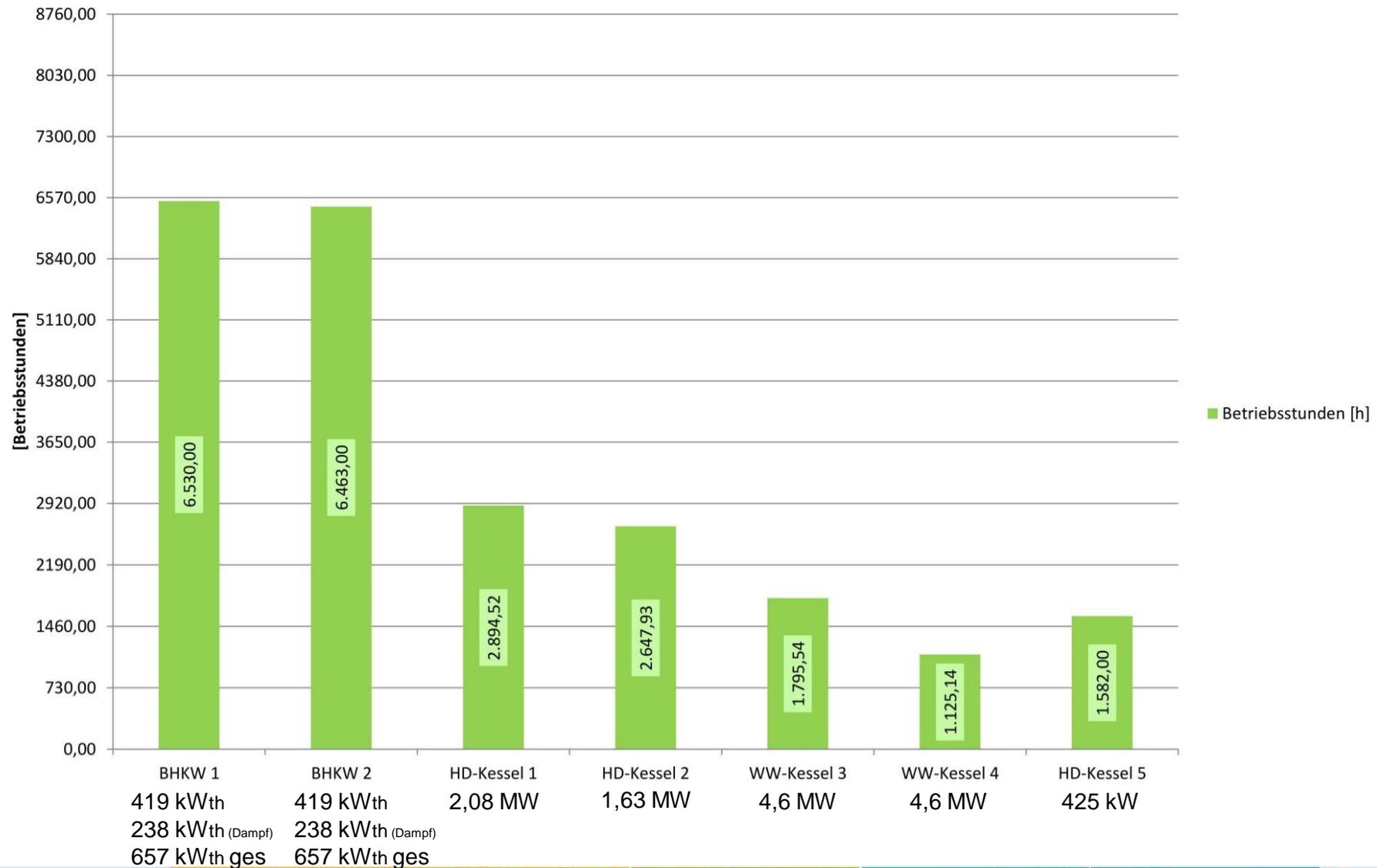
Steigerung um $\approx 7,5\%$ zu 2012/ 2013

Feststellung Betriebsstunden

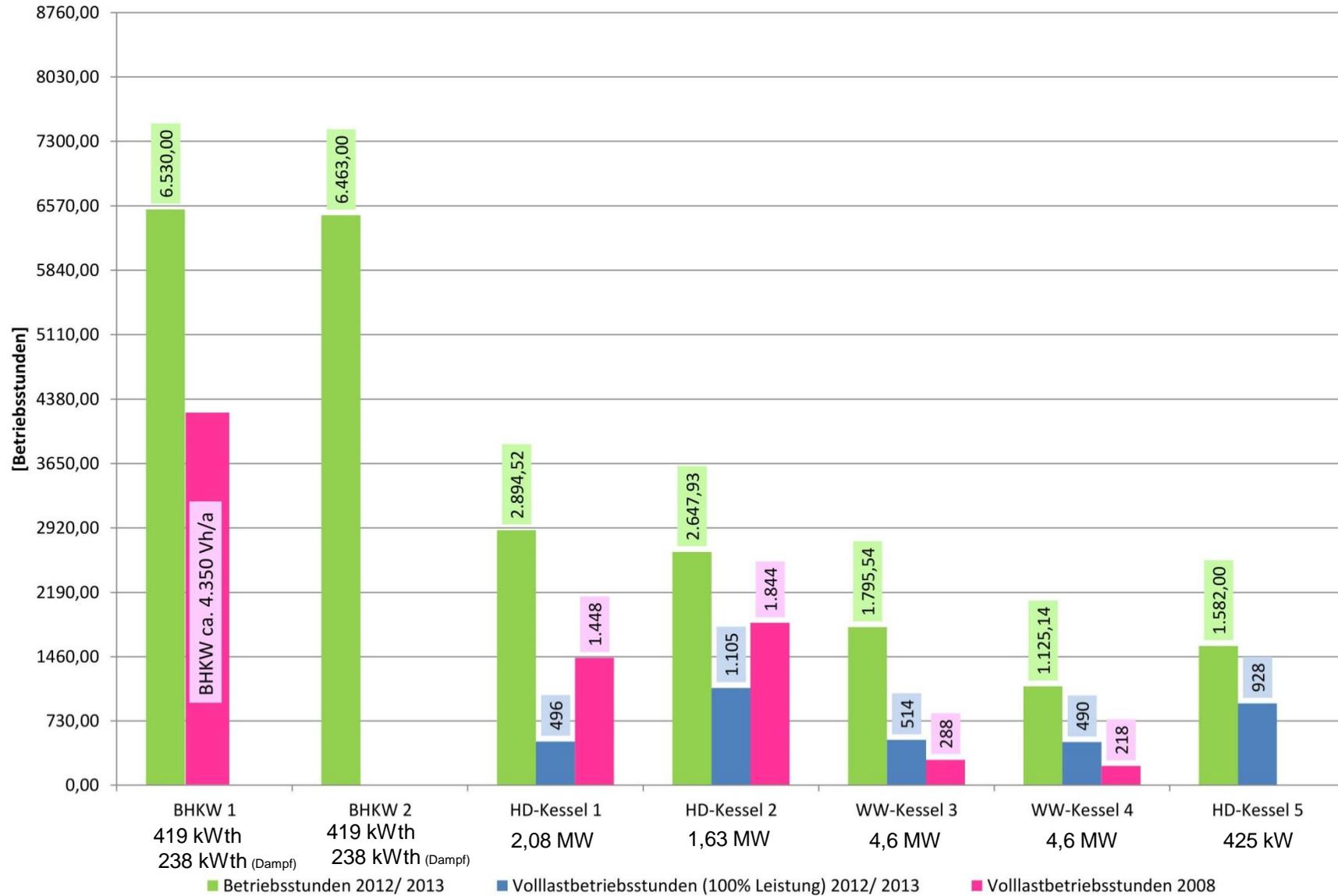


Boberg

[Auswertung Betriebsstunden Verbraucher 2012/ 2013]



Feststellung Volllastbetriebsstunden





Empfehlung VDI 2067

| Gebäudeart | Vollbenutzungsstunden (Vbh/a) |
|------------------|-------------------------------|
| Einfamilienhaus | 2.100 |
| Mehrfamilienhaus | 2.000 |
| Bürohaus | 1.700 |
| Krankenhaus | 2.400 |

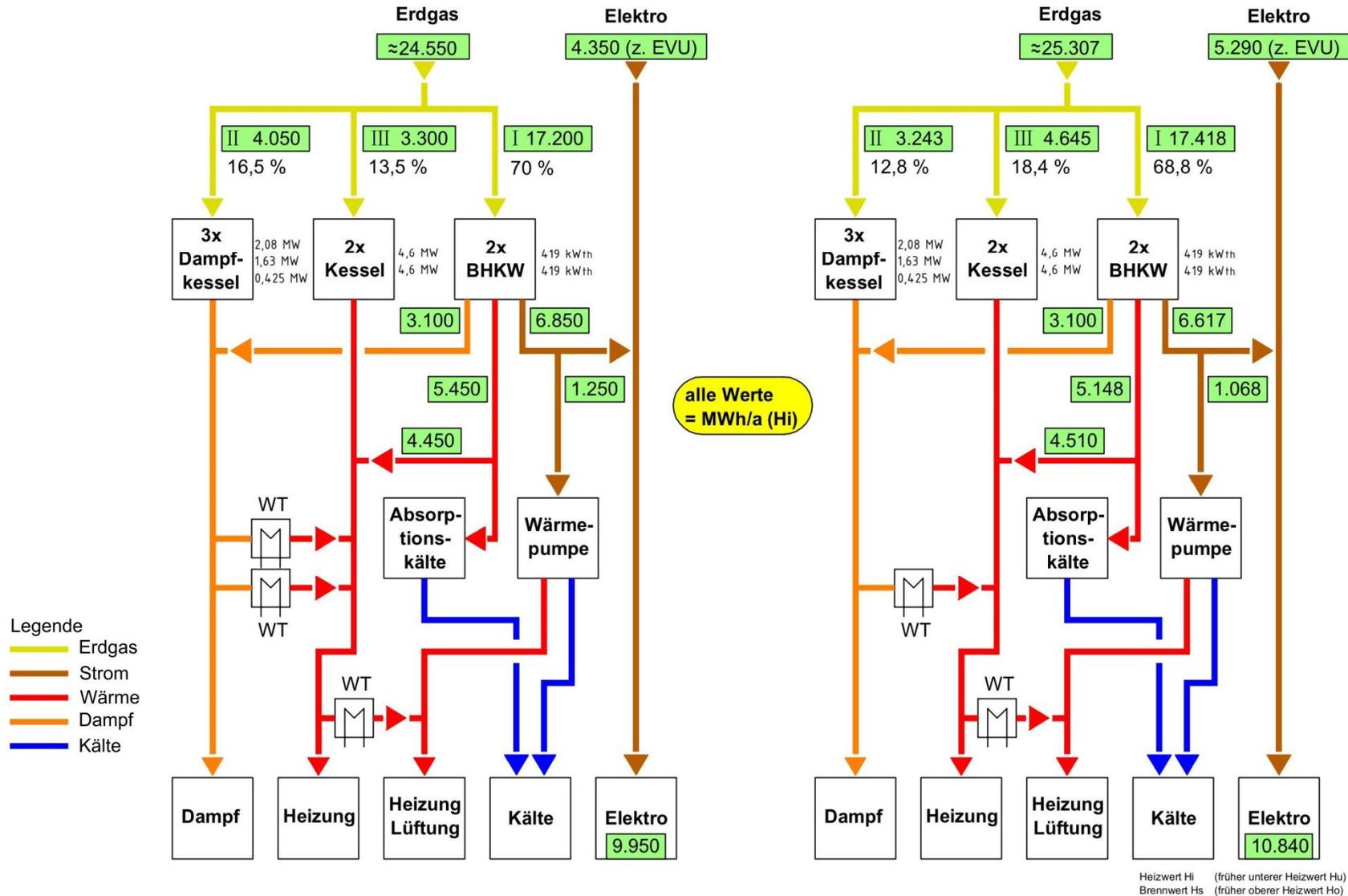
Energieflussbilder



Prognose ENERATIO

(Datenbasis 2008)

Betrieb 2012/ 2013





Vergleich

Gasverbrauch BHKW

Stromerzeugung BHKW

Wärmeerzeugung BHKW

Dampfauskopplung BHKW

Prognose

17.200 MWh/ a

6.850 MWh/ a

5.450 MWh/ a

3.100 MWh/ a

Betrieb

17.418 MWh/ a

6.617 MWh/ a

5.148 MWh/ a

3.100 MWh/ a

Ziel erreicht



$\eta_{el} = 39,2 \%$

$\eta_{th} = 50,4 \%$

$\eta_{el} = 38,0 \%$

$\eta_{th} = 47,4 \%$

Ziel erreicht



Abweichung kommt durch Teillastbetrieb während der ersten Betriebsmonate zustande.

Vergleich von Planung/ Prognose mit den heutigen Betriebsergebnissen

Verhältnis der Heizgradtage zu langjährigem Mittel



| Monat | 2008 | | | |
|--------|--------------|-----------------|----------------------|----------------------------|
| | Heizgradtage | | Außen- temperatur | Außentemp. an Heiztagen |
| | G15 [Kd] | Heiztage [d] | | |
| Jan 08 | 312 | 31 | 4,9 | 4,9 |
| Feb 08 | 297 | 29 | 4,8 | 4,8 |
| Mrz 08 | 315 | 31 | 4,8 | 4,8 |
| Apr 08 | 212 | 29 | 8,0 | 7,7 |
| Mai 08 | 50 | 20 | 14,5 | 12,5 |
| Jun 08 | 19 | 10 | 16,8 | 13,1 |
| Jul 08 | 2 | 3 | 18,4 | 14,2 |
| Aug 08 | 2 | 1 | 17,4 | 13,5 |
| Sep 08 | 60 | 20 | 13,7 | 12,0 |
| Okt 08 | 153 | 31 | 10,1 | 10,1 |
| Nov 08 | 256 | 30 | 6,5 | 6,5 |
| Dez 08 | 381 | 31 | 2,7 | 2,7 |
| Jahr | 2059 | 266 | 10,2 | 7,3 |

Verhältnis der Heizgradtage G15 2012 zu langjährigem Mittel 0,87

| Monat | 2012/2013 | | | |
|--------|--------------|-----------------|----------------------|----------------------------|
| | Heizgradtage | | Außen- temperatur | Außentemp. an Heiztagen |
| | G15 [Kd] | Heiztage [d] | | |
| Apr 12 | 215 | 30 | 7,8 | 7,8 |
| Mai 12 | 77 | 18 | 13,6 | 10,7 |
| Jun 12 | 46 | 16 | 14,6 | 12,1 |
| Jul 12 | 6 | 9 | 17,2 | 14,4 |
| Aug 12 | 1 | 2 | 17,9 | 14,7 |
| Sep 12 | 57 | 19 | 13,7 | 12,0 |
| Okt 12 | 169 | 28 | 9,6 | 9,0 |
| Nov 12 | 271 | 30 | 6,0 | 6,0 |
| Dez 12 | 414 | 31 | 1,6 | 1,6 |
| Jan 13 | 422 | 31 | 1,3 | 2,8 |
| Feb 13 | 404 | 28 | 0,6 | 0,0 |
| Mrz 13 | 479 | 31 | -0,4 | 7,2 |
| Jahr | 2560 | 273 | 8,6 | 6,6 |

Verhältnis der Heizgradtage G15 2012 zu langjährigem Mittel 1,08

| Monat | langjähriges Mittel * | | | |
|-------|-----------------------|-----------------|----------------------|----------------------------|
| | Heizgradtage | | Außen- temperatur | Außentemp. an Heiztagen |
| | G15 [Kd] | Heiztage [d] | | |
| | 424 | 31 | 1,3 | 1,3 |
| | 375 | 28 | 1,7 | 1,7 |
| | 327 | 31 | 4,5 | 4,5 |
| | 209 | 29 | 8,1 | 7,7 |
| | 89 | 23 | 12,7 | 11,1 |
| | 32 | 14 | 15,6 | 12,8 |
| | 9 | 7 | 17,7 | 13,8 |
| | 9 | 7 | 17,4 | 13,7 |
| | 55 | 20 | 13,8 | 12,3 |
| | 170 | 29 | 9,6 | 9,2 |
| | 289 | 30 | 5,4 | 5,4 |
| | 390 | 31 | 2,4 | 2,4 |
| | 2376 | 281 | 9,2 | 6,5 |

* von 1970 - 2012

Entwicklung Baukosten



Kosten

März 2010 Erste Prüfung für neue BHKW's

- 2x 560 kW
- 3x 800 kW
- 3x 400 kW

Baukosten brutto ≈ 1,60 Mio. € (reine Baukosten)

Juni 2010 Untersuchung ENERATIO ≈ 1,65 Mio. € (reine Baukosten)

1,90 Mio. € (mit Nebenkosten)

März 2011 Entwurf ENERATIO 1,80 Mio. € (reine Baukosten)

2,14 Mio. € (mit Nebenkosten)

Zusätzliche Bauteile/ Wünsche Bauherr

- Dampfkessel 425 kW
 - Notkühler
 - Dampfübertragungsstation 1,2 MW
 - Anpassung Absorptionskälteanlage
- } 310.000 €

2.110.000 € (Baukosten)

15% 316.000 € (Nebenkosten)

≈ 2.425.000 € Gesamtsumme inkl. MwSt.

April 2011 FKT-Vortrag 2.425 Mio. € (gesamte Baukosten)



Kostenberechnung 2011 2.425.000 €

Baukostenfeststellung 2012/ 2013 2.393.000 €

Ziel erreicht ✓



Ermittlung Betriebsergebnis

Prognose: Einsparung 500.000 €/a (inkl. MwSt.)

Wirtschaftlichkeit



| | | |
|--|----------------|------------------------------------|
| Brennstoffleistung je Modul 1.345 kW | Positionen | 2 x 527 kWel. Magermotor |
| Betriebskosten Kesselanlage Istkosten | 1 | [€/a] 1.006.000,00 |
| Investitionskosten BHKW inkl. MwSt. | 2 | 2.393.000,00 |
| <i>Investitionskosten BHKW abzüglich Zuschuss durch HH</i> | 3 | 2.230.000,00 |
| Kapitalkosten 5,0% | 4 | 117.000,00 |
| Unterhaltungskosten | | 122.000,00 |
| Brennstoffkosten Kessel+BHKW | | 1.406.000,00 |
| Maschinenbruchversicherung | | 14.000,00 |
| Personalkosten | | 15.000,00 |
| Summe Betriebskosten BHKW+Kessel | | 1.674.000,00 |
| Betriebsstunden Modul a | | 6500 h/a |
| vermiedener Strombezug | | 6617 MWh/a |
| Erlöse Strom | 5 | 1.288.000,00 |
| KWK Förderung 30.000 h | | 149.500,00 |
| Betriebsstunden | | 6500 Vh/a |
| Förderungsdauer | | 4,6 Jahre |
| Betriebskosten mit KWK Förderung | 4-5=6 | 236.500,00 |
| Differenzbetrag Betriebskosten (Kesselanlage-BHKW+Kessel) | 1-6=7 | 769.500,00 |
| ROI | [Jahre] | 3,1 |
| <i>ROI mit Förderung</i> | <i>[Jahre]</i> | 2,9 |

Wirtschaftlichkeit



| Einsparung gegenüber dem Betrieb mit Kesselanlage | Variante 2 x 527 kWel. Magermotor |
|---|--|
| | [€/a] |
| 1. Jahr | 769.500,00 |
| 2. Jahr 3 Jahre Kapitalkosten | 769.500,00 |
| 3. Jahr | 769.500,00 |
| 4. Jahr | 886.500,00 |
| 5. Jahr teilweise mit KWK Förderung | 826.700,00 |
| 6. Jahr ohne KWK | 737.000,00 |
| 7. Jahr ohne KWK | 737.000,00 |
| 8. Jahr ohne KWK | 737.000,00 |
| 9. Jahr ohne KWK | 737.000,00 |
| 10. Jahr ohne KWK | 737.000,00 |
| Summe der Einsparung über 10 Jahre: | 7.706.700,00 |
| Investitionskosten: | 2.393.000,00 |
| <i>reale Einsparung: [€/10 Jahre]</i> | 5.313.700,00 |



Wirtschaftlichkeit

Ziel erreicht ✓

aber:

Warum weicht der Gewinn von der Prognose ab?

- Steigerung EEG von 3,53 Ct/ kWh auf 5,3 Ct/ kWh
- Einkaufspreis Strom ist gestiegen



Bauablauf

- | | | |
|--|-------------------|----------------------------------|
| - LV BHKW / Elektro verschickt | Mai 2011 | |
| - Gutachten Schornsteinhöhenberechnung | Aug 2011 | |
| - Gutachten Schallimmissionsprognose | Aug 2011 | |
| - Submission | Jun 2011 | |
| - Beauftragung | Aug 2011 | (mit Vorbehalt und Stornogebühr) |
| - <u>Einreichung Genehmigungsverfahren</u> | Sep 2011 | |
| - Montageplanung | Sep – Okt 2011 | |
| - Demontage / Umschlüsse | Okt 2011 | |
| - Montage Rohrleitung | Dez 2011 | |
| - Installation Elektro | Jan 2012 | |
| - <u>Genehmigungsbescheid</u> | Feb 2012 | |
| - Lieferung Modul | Mrz 2012 | |
| - Inbetriebnahme | 01.04.2012 | |
| - Sachverständigenabnahme | 11.04.2012 | |
| | | |
| - 1. Dunkeldurchgang Netzersatzfunktion | 16.04.2012 | fehlgeschlagen |
| | | |
| - 100 Betriebsstunden | 19.04.2012 | |
| - Leistungsmessung | 20.04.2012 | |
| - Abnahme KAH | 30.04.2012 | |
| - Inbetriebnahme Absorber | 02.05.2012 | |

Bauablauf



- **2. Dunkeldurchgang Netzersatzfunktion** **21.04.2012** **fehlgeschlagen**
- Abnahme E-Technik 27.04.2012
- **3. Dunkeldurchgang Netzersatzfunktion** **28.04.2012** **Ausfall Datenübermittlung Sicherungsfall 24 V**
- Genehmigung §13 BetrSichV liegt vor 08.05.2012
- Mängel aller Gewerke 220 Stck.
- **4. Dunkeldurchgang Netzersatzfunktion** **26.05.2012** **erfolgreich**
- Mängelbehebung bis 30.06.2012
- Schlussbesichtigung BSU 30.10.2012
- Emissionsmessung für BSU 03.04.2013



Vergleich von Planung/ Prognose mit den heutigen Betriebsergebnissen

Stellungnahme Bauherr



Hindernisse

- Überschneidung Beauftragung mit Genehmigung
- Lieferung Module (Termin)
- Abstimmung Datenpunkte GE / BUK
- Datenkommunikation Diane (Regelung BHKW) mit Bestand
- Erlaubnis nach § 13 BetrSichV (Betriebssicherheitsverordnung) zu spät gestellt
- Lüftungsanlage im Bestand wurde beibehalten inkl. Frequenzumformer
- Notstromfunktion, BHKW mit Dieselmotoren einschl. Verschaltung war aufwendig und komplex. Der 4. Versuch war erst erfolgreich.
- Nebenarbeiten waren aufwendig
 - Stahlbau
 - Einhausung Schornstein (Kondensatbildung)
 - Malerarbeiten Schornstein (komplett Höhe 30 m)
 - Malerarbeiten
 - Fliesenarbeiten / Estrich usw.



getroffene Entscheidungen

- Anpassung Absorber Kosten 110.000 €
neuer Absorber inkl. Temperaturanpassung 130.000 €
- Anpassung Notkühler
- Nachrüstung kleiner Dampfkessel, obwohl die regelungstechnische Einbindung noch nicht vollständig erfolgt ist
- Nachrüstung Kompaktstation 1,2 MW Dampf zur Energieverschiebung (Dampf / Wärme)



Einsparung CO₂ durch neues Anlagenkonzept

bei 6.500 Vh/a der BHKW-Module
= 2.086 t/ a

= Verbrauch von 745 Einfamilienhäusern

CO₂-Ausstoß in einem gut sanierten Einfamilienhaus beträgt ca. 2,8 Tonnen pro Jahr
Quelle: Deutsche Energie-Agentur GmbH (Dena)



Diese Projekt wurde durch die **BSU**
[Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg (**BSU**)] in Form
eines Zuschusses unterstützt und gefördert



Behörde für
Stadtentwicklung
und Umwelt



2. Fortbildungsveranstaltung FKT Hamburg Boberg



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Ingenieurbüro für rationellen Energieeinsatz
Dipl.-Ing. Michael Müller
Alsterdorfer Straße 276, 22297 Hamburg
Telefon: 040/ 514828 24, Telefax: 040/ 514828 -10,
E-Mail: michael.mueller@eneratio.de