



2. Fortbildungsveranstaltung FKT Hamburg Boberg



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



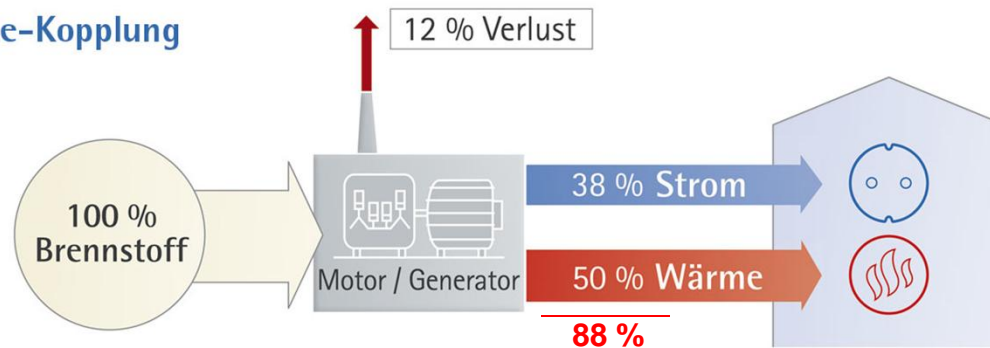
Gliederung

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

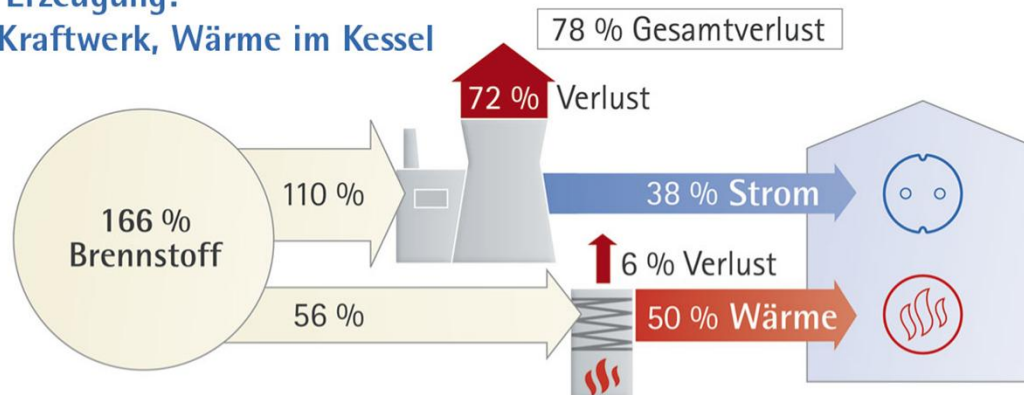


Energieeinsparung durch Kraft-Wärme-Kopplung im Vergleich zur getrennten Erzeugung von Strom und Wärme

Kraft-Wärme-Kopplung



getrennte Erzeugung: Strom im Kraftwerk, Wärme im Kessel

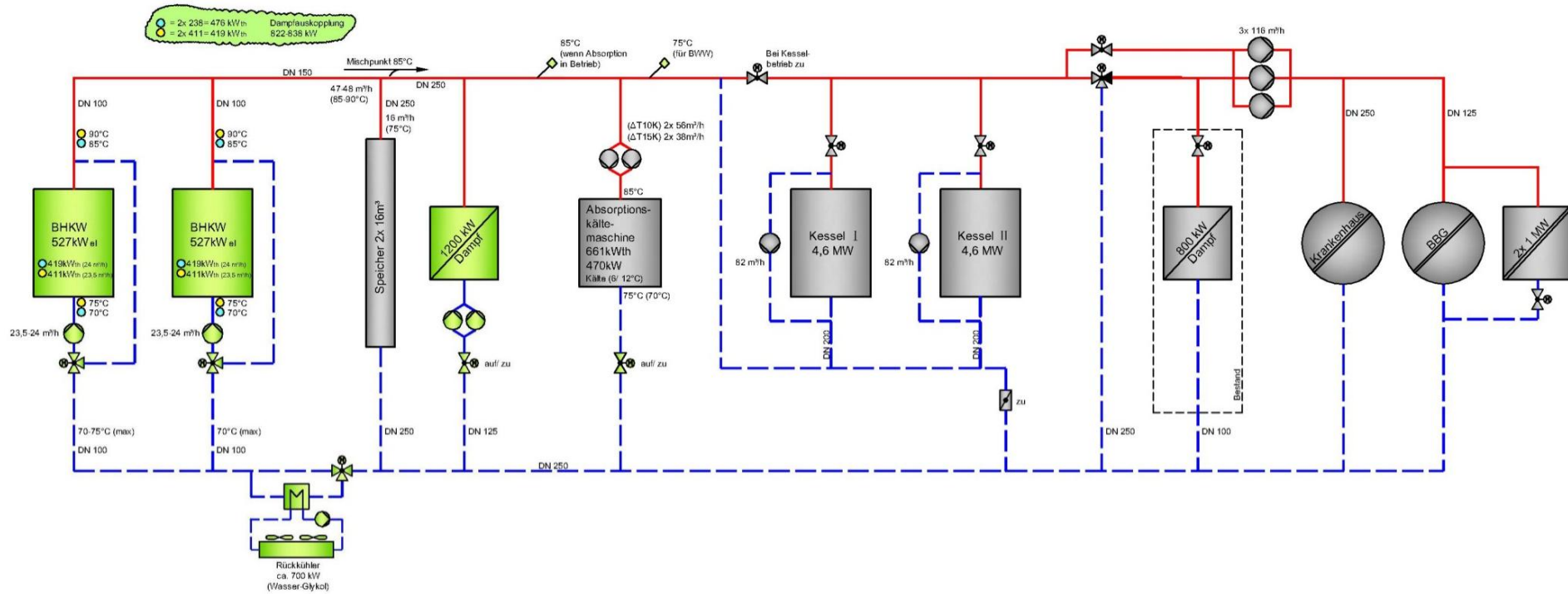


Quelle: Bundesverband Kraft-Wärme-Kopplung e.V.

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



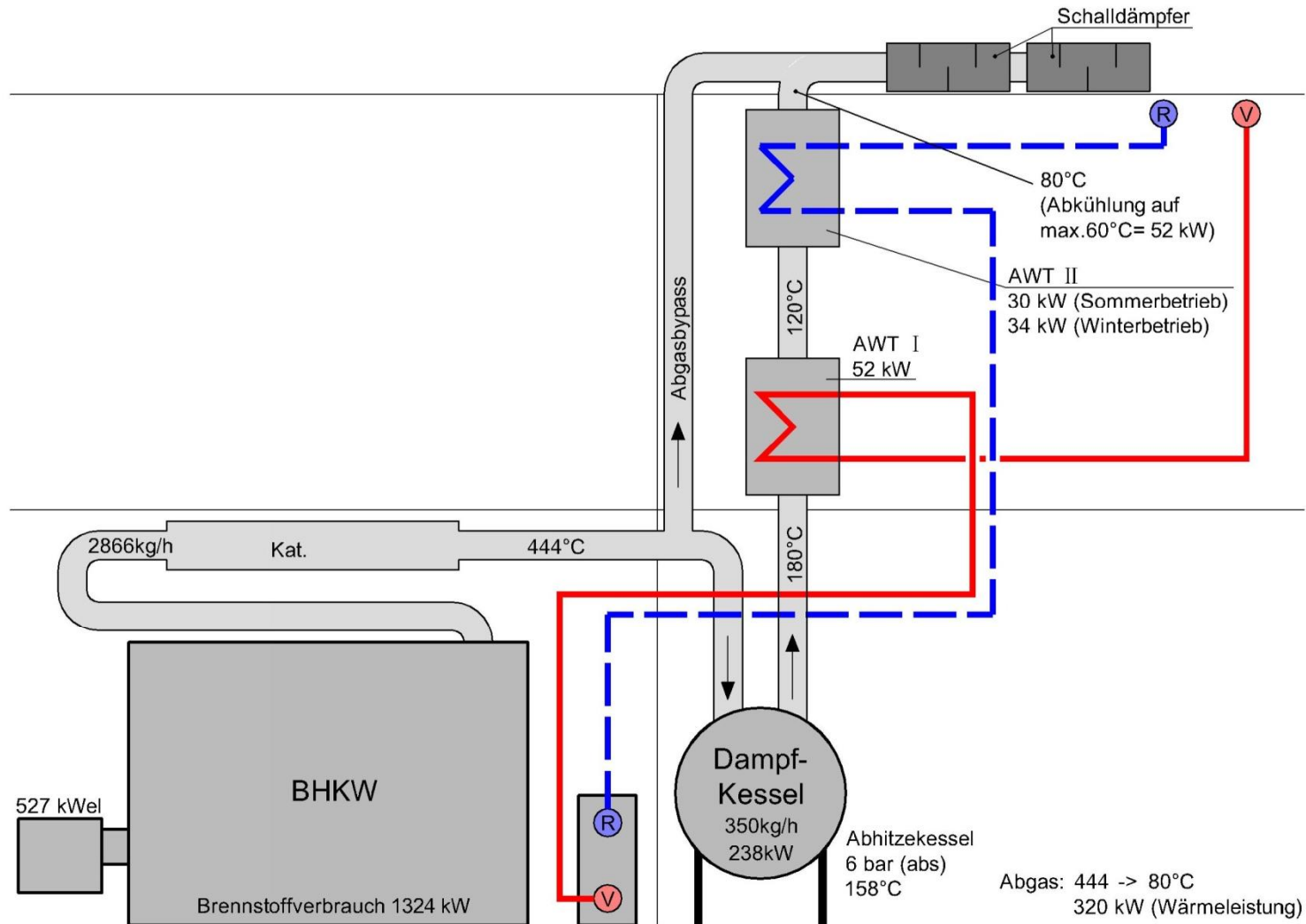
Heizungsschema



Grundlagen - Umbau Technikzentrale -



Schnitt



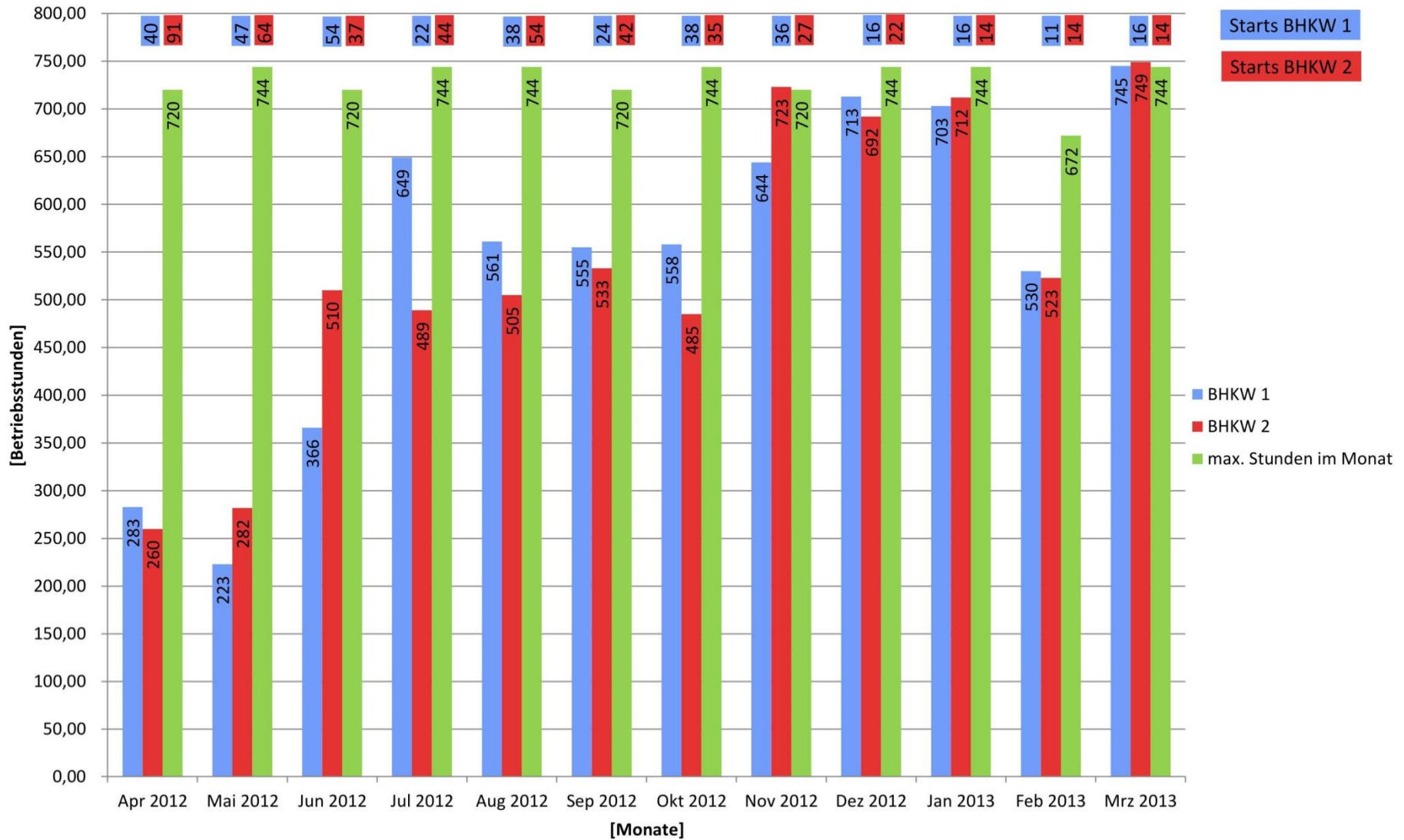


Auslegungsprofil (Anforderung)

- 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

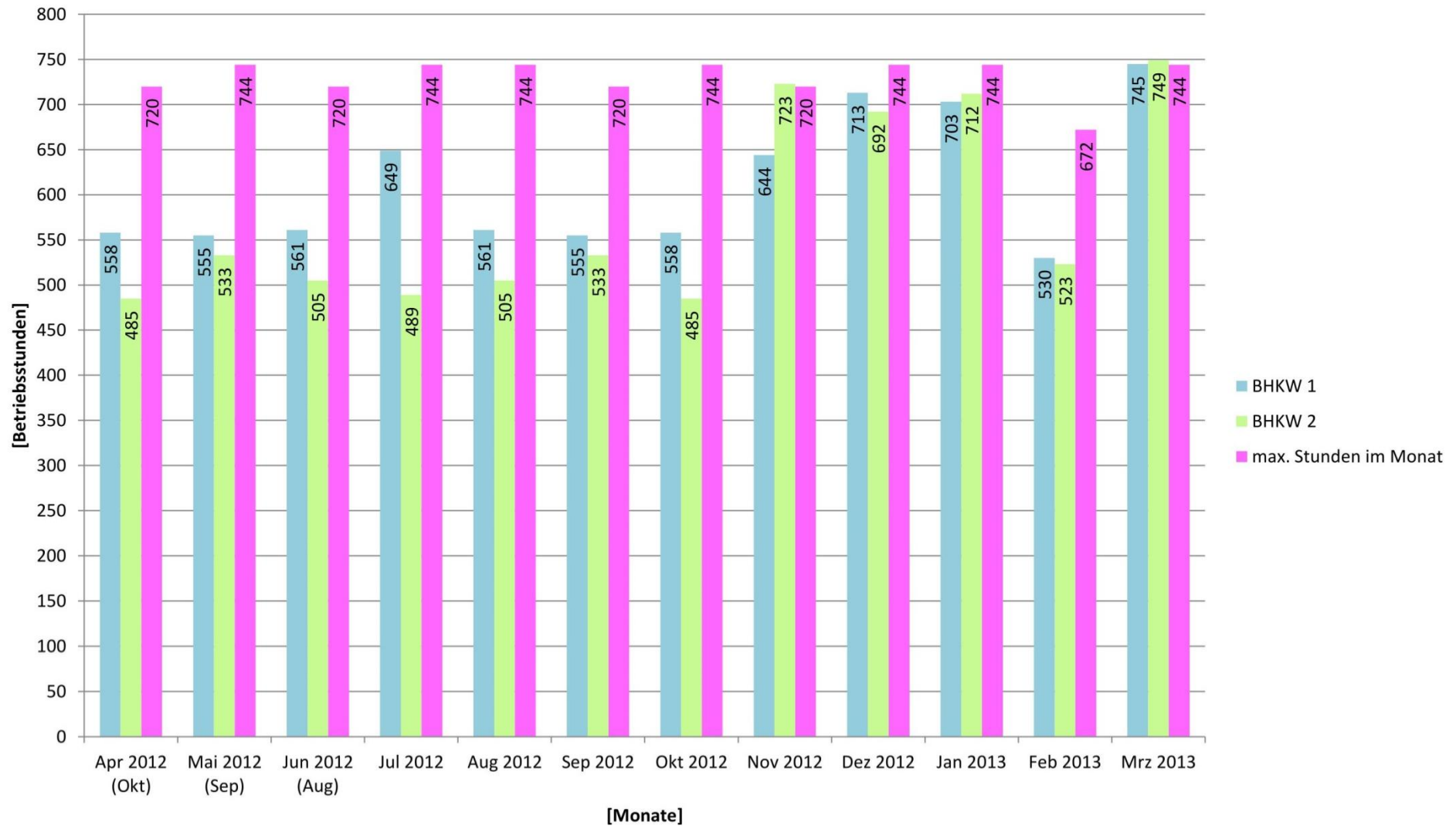
Modul II = 6.463 Bh/ a
458 Starts



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

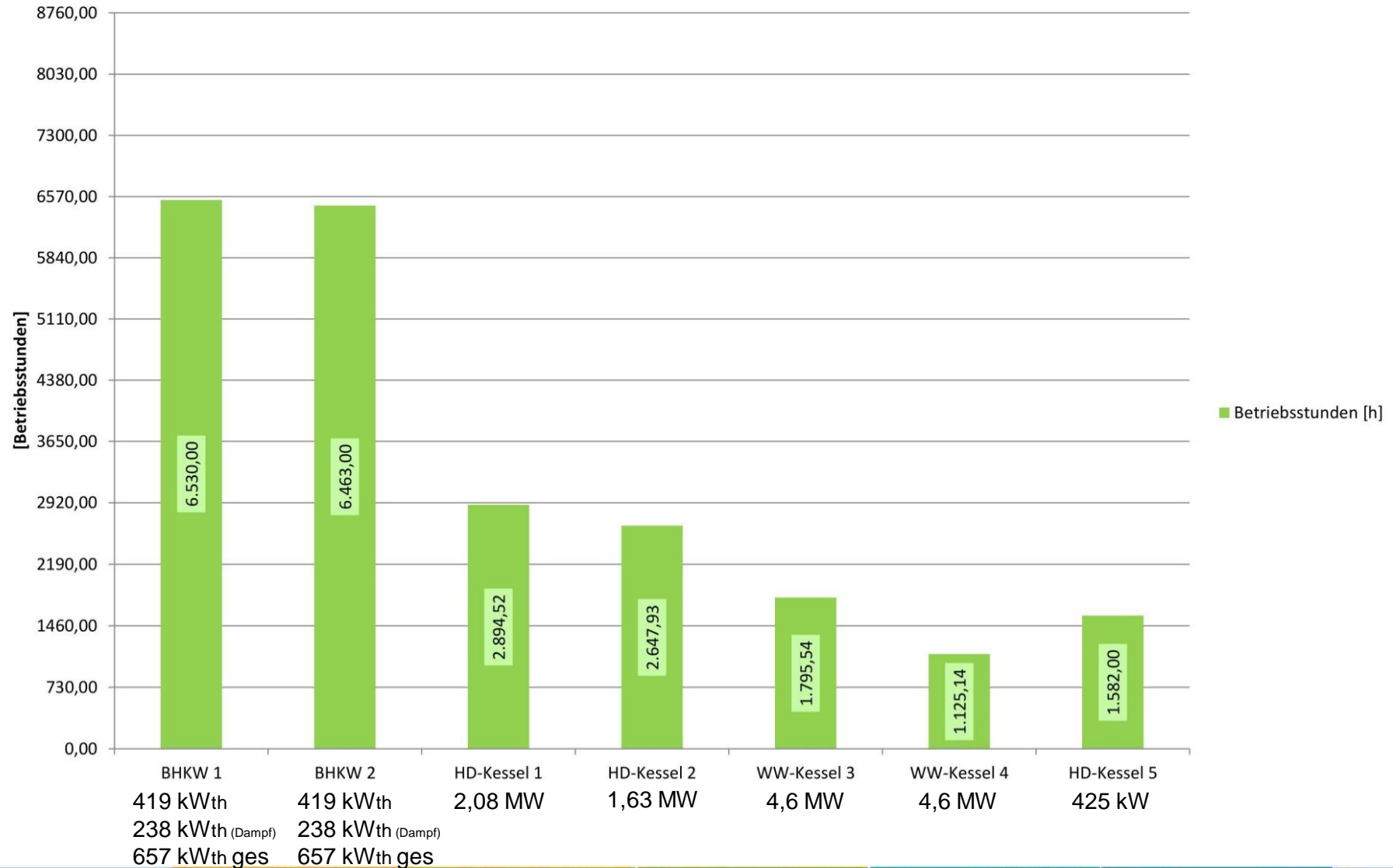
Steigerung um $\approx 7,5\%$ zu 2012/ 2013

Feststellung Betriebsstunden

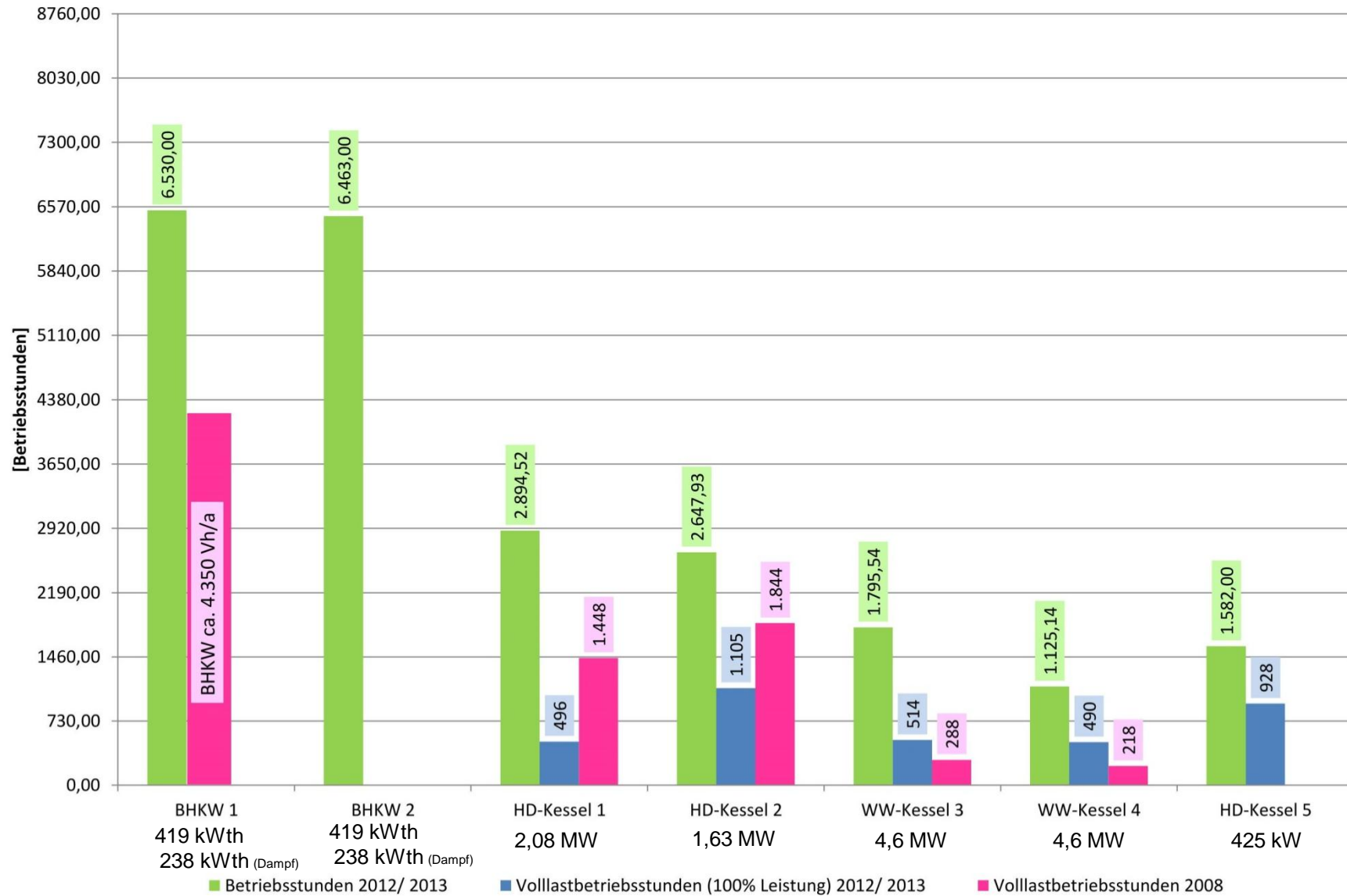


Boberg

[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

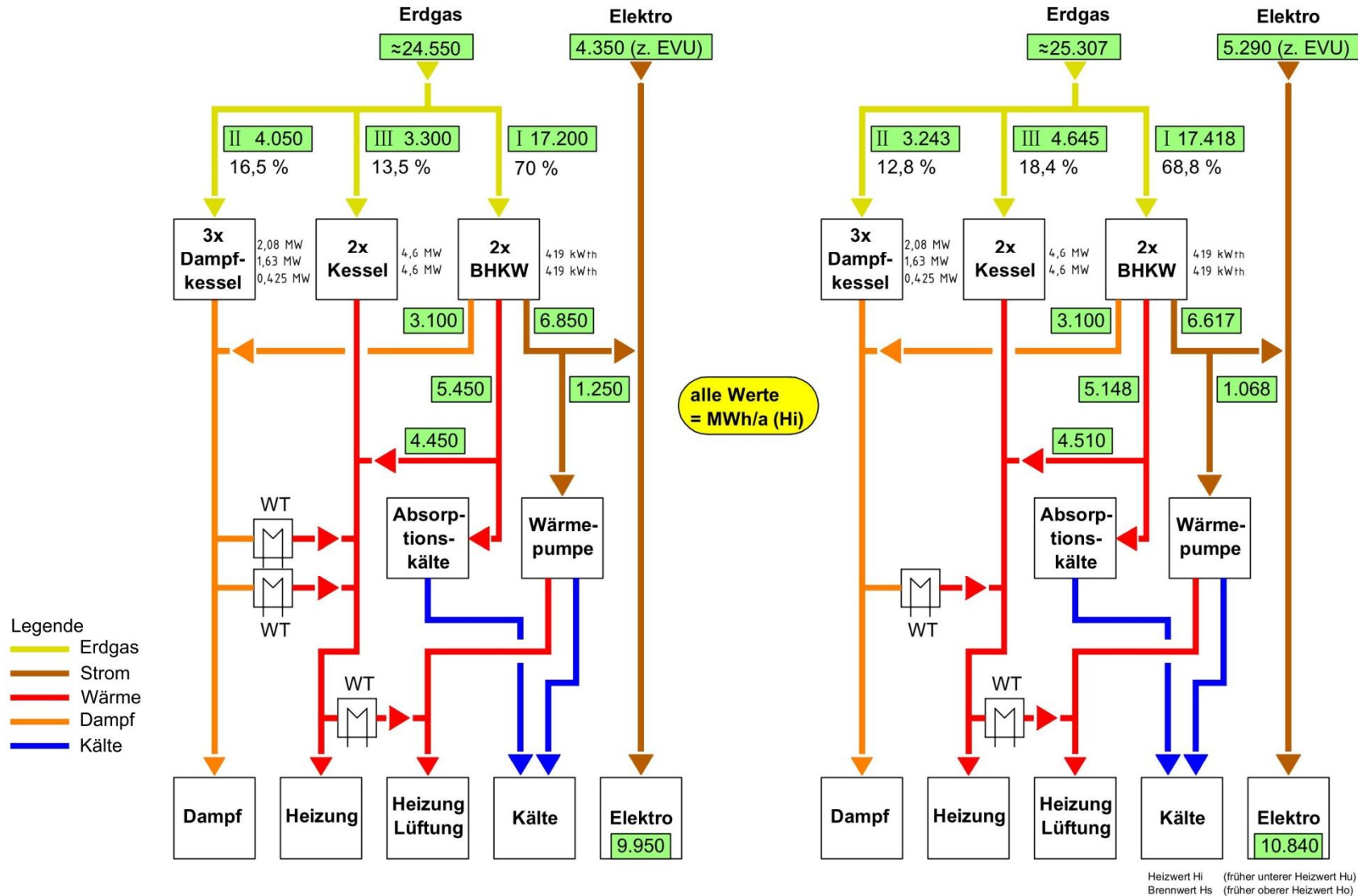
Energieflussbilder



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

G15 [Kd]	Heiztage [d]	langjähriges Mittel *	
		Außen- temperatur	Außentemp. an Heiztagen
		[°C]	[°C]
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 | |



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