



Mikro-KWK Systeme als ein Baustein für die dezentrale Energieversorgung – Eine Bestandsanalyse

Dr.-Ing. habil. J. Seifert / Dipl.-Ing. A. Meinzenbach / Dipl.-Ing. J. Haupt
Graz, den 15.-17.02.2012

Inhalt des Vortrages:

- 1. Einleitung / Bilanzierung**
- 2. Messtechnische Analyse**
 - 2.1 statische Analysen
 - 2.2 dynamische Analysen
 - 2.3 Thermographieaufnahmen
- 3. Numerische Analysen**
- 4. Wirtschaftlichkeit**
- 5. Fazit**

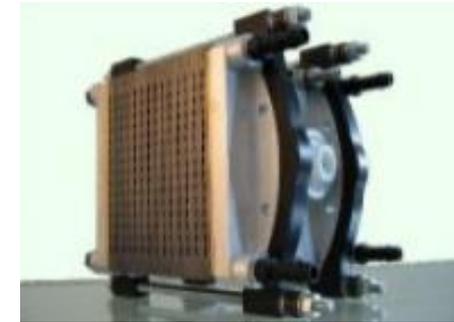
Stirling-Motoren



Motorische BHKW



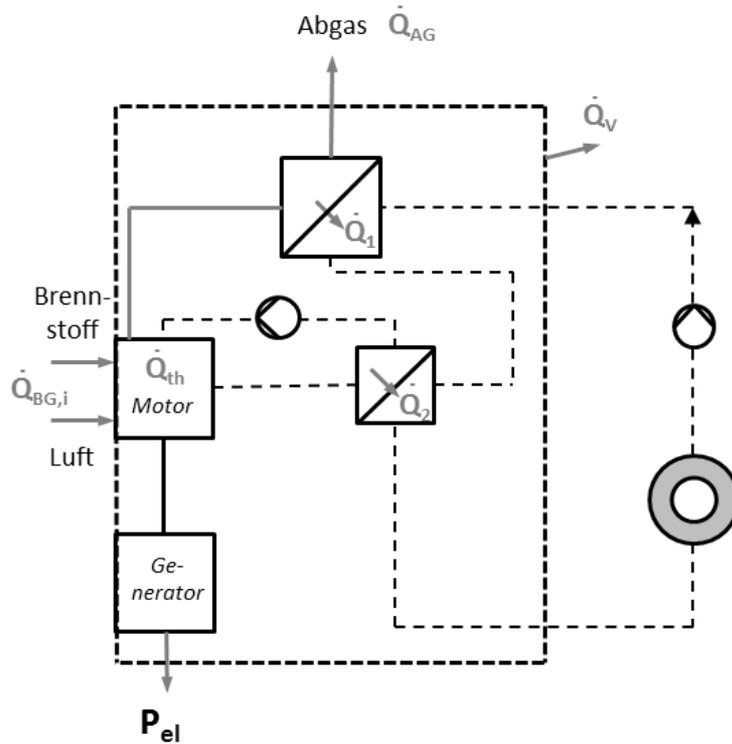
Brennstoffzellen



- geringe Anzahl am Markt verfügbarer Geräte
- Brennstoffzellen für den Gebrauch in EFH- und MFH nicht einsetzbar (Flexibilität)
- Kostensituation stark unterschiedlich / Problem: Wirtschaftlichkeit ??

➔ **Messtechnische / numerische Untersuchungen zwingend notwendig**

Bilanzierung von Mini- und Mikro BHKW Systemen



Prinzipieller Aufbau eines motorischen BHKW

Thermische Bilanz:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2$$

Brutto- und Nettowirkungsgrade:

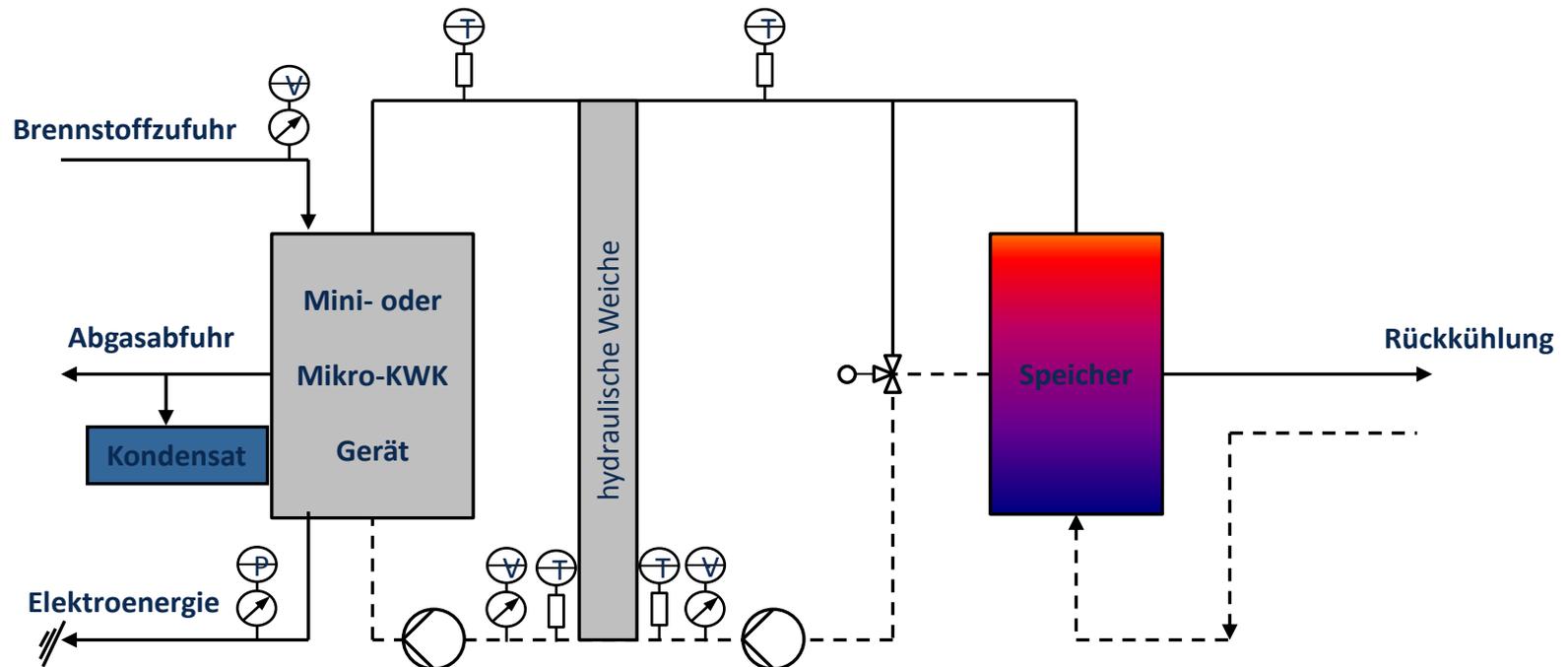
$$\eta_N = \frac{P_{el} + \dot{Q}}{\dot{m}_B \cdot H_i} \quad \eta_B = \frac{P_{el} + P_H + \dot{Q} + \dot{Q}_{AG} + \dot{Q}_V}{\dot{m}_B \cdot H_i}$$

	I in mA	P in W
Gasventil	80	18,4
Hauptschütz	25	5,75
Kondensatorschütz	90	20,7
Schaltschrank	135	31,05
Lambda - Regelung	105	24,15
Gesamt	435	100,05

Hilfsenergieaufwand eines Mikro-BHKW

2. Messtechnische Analyse

- Aufbau des Versuchsstandes



Versuchsstandaufbau mit allen signifikanten Messgrößen zur Erfassung des Betriebsverhaltens und der energetischen Effizienz [Quelle: Seifert, J; Meinzenbach, A., et al.: „Smart-Energy-Management“]

microBHKW
L 4.12



ecopower 1.0



Vitotwin



WhisperGen



Motorische Blockheizkraftwerke

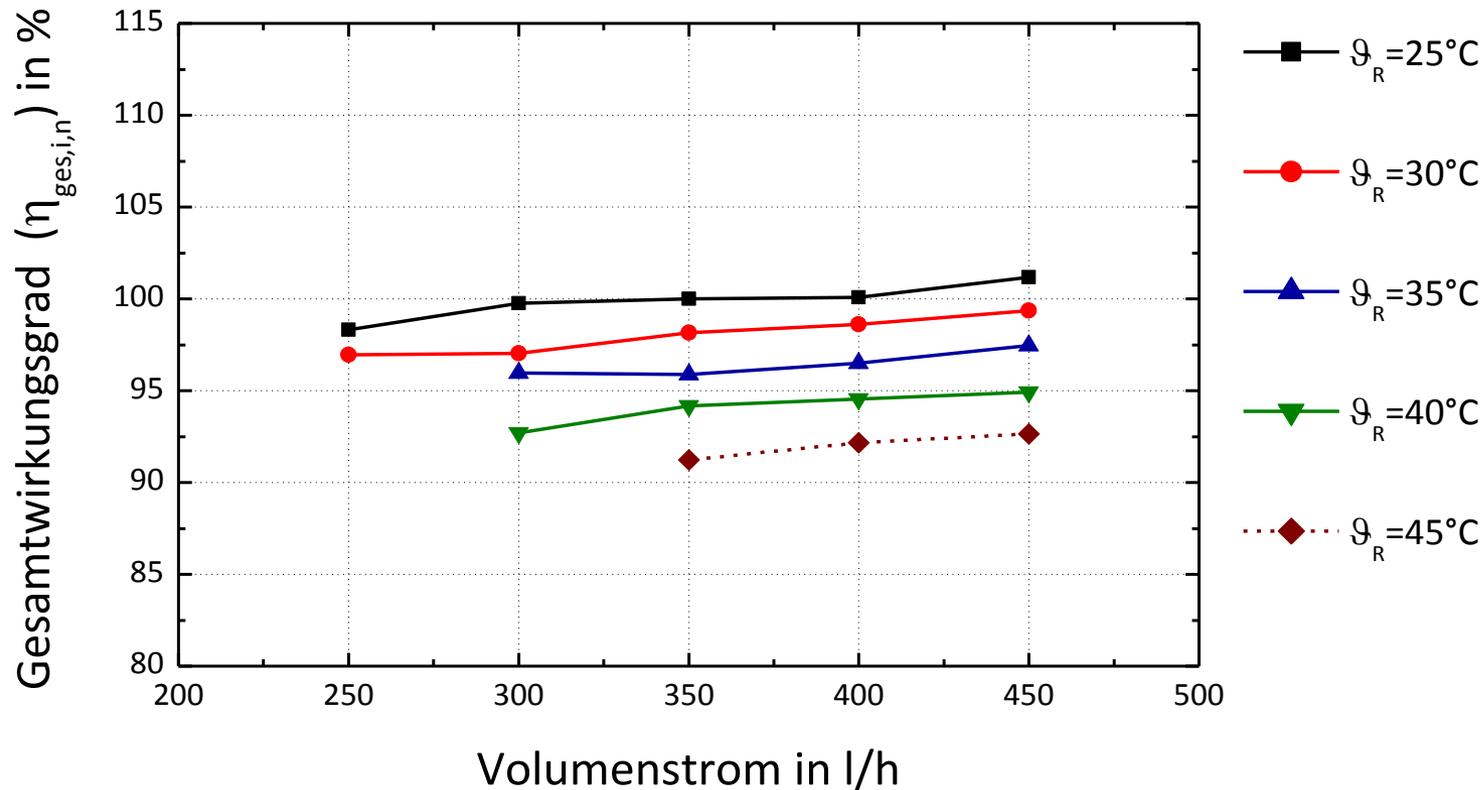
Kombigeräte (Stirling)



Messtechnische statische / dynamische Analyse am Beispiel des L-BHKW's der Firma Kirsch (L-BHKW – luftgekühltes Motorenkonzept)

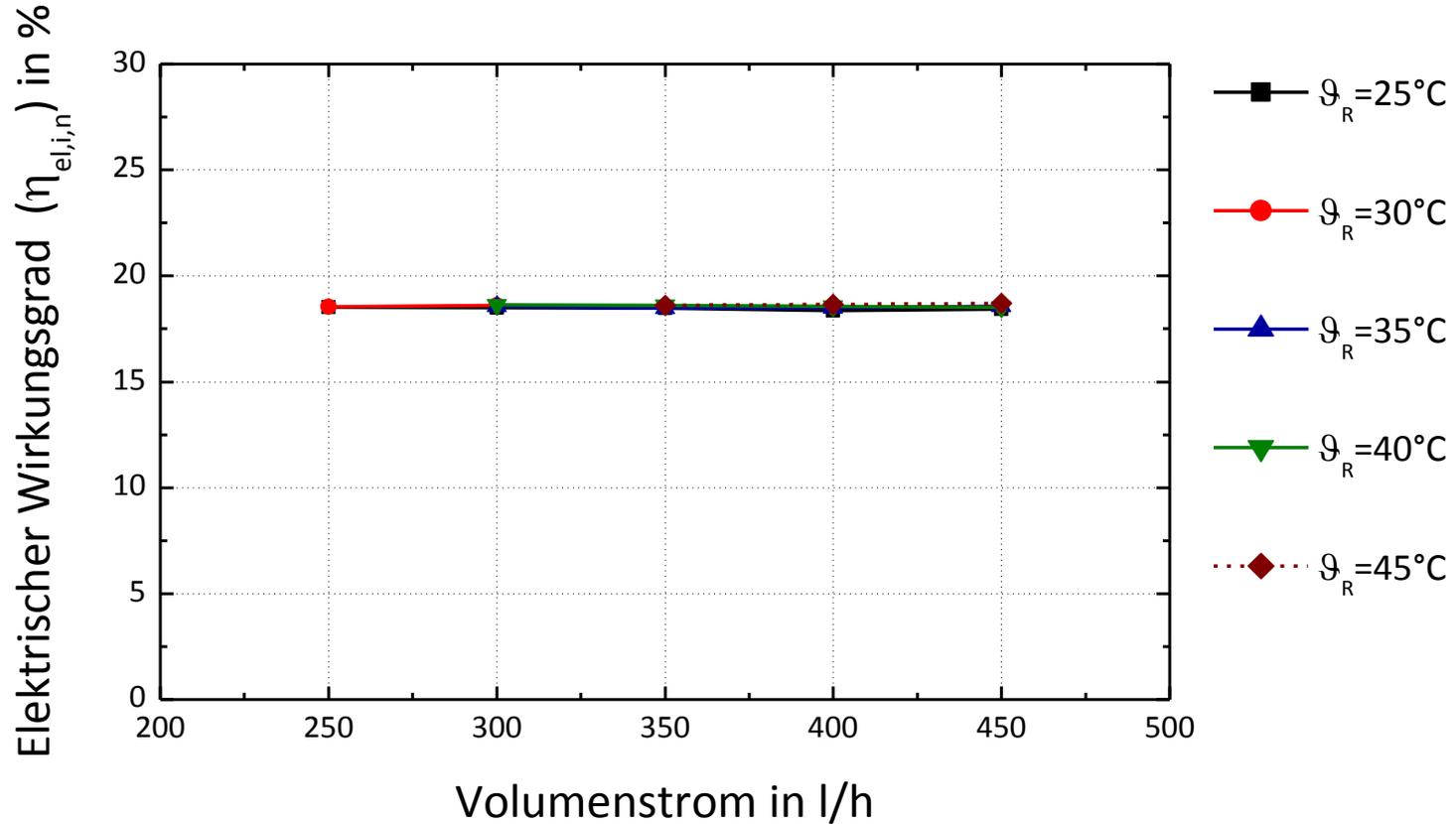
2.1 Statische Untersuchungen

- Analysen bei verschiedenen Rücklauftemperaturen und elektrischen Leistungen

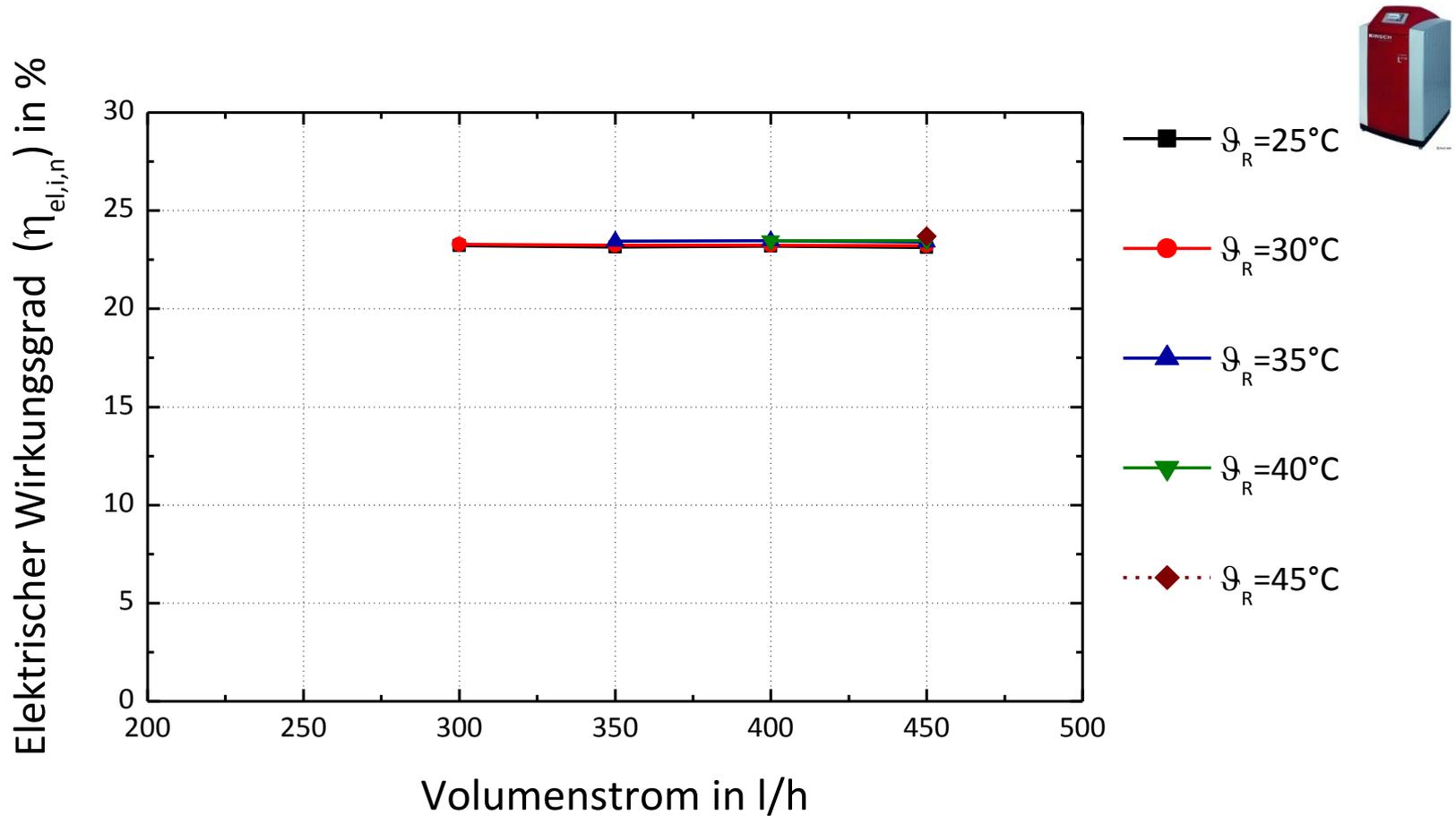


Gesamtwirkungsgrad in Abhängigkeit des Volumenstromes sowie der

Rücklauftemperatur, Einstellwert $P_{el}=2$ kW [Quelle: Seifert, J. Meinzenbach, A., et al.: VNG –Bericht, 2011]



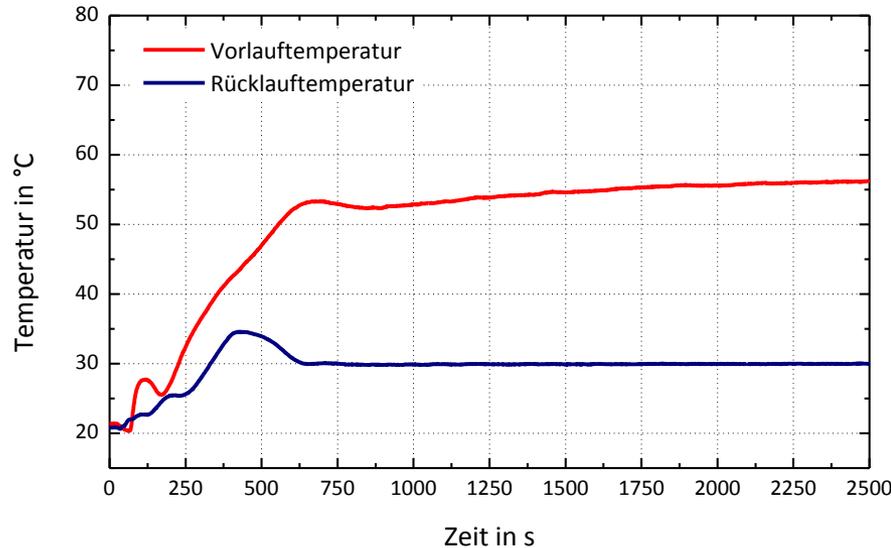
Elektrischer Wirkungsgrad in Abhängigkeit des Volumenstromes sowie der Rücklauftemperatur, Einstellwert $P_{el}=2$ kW [Quelle: Seifert, J. Meinzenbach, A., et al.: VNG –Bericht, 2011]



Elektrischer Wirkungsgrad in Abhängigkeit des Volumenstromes sowie der Rücklauftemperatur, Einstellwert $P_{el}=4$ kW [Quelle: Seifert, J. Meinzenbach, A., et al.: VNG –Bericht, 2011]

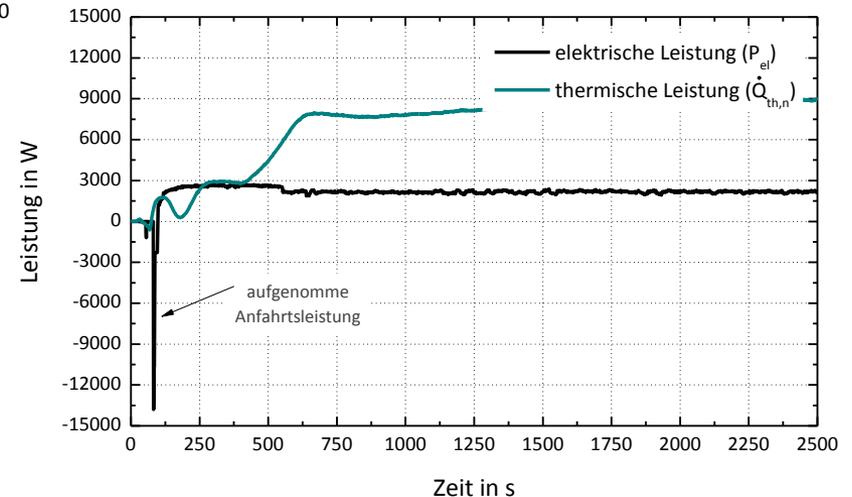
2.1 Dynamische Untersuchungen

- Analysen bei konstanten Rücklauftemperaturen und konstantem Volumenstrom



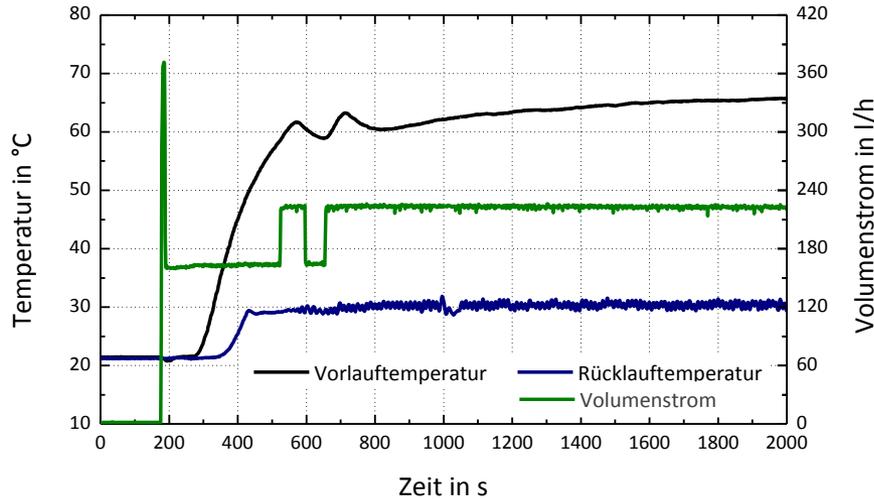
Vor- Rücklauftemperatur während
 der Startphase ($P_{el}=2kW$)
 [Quelle: Seifert, J. Meinzenbach, A., et al.: VNG –
 Bericht, 2011]

Elektrische und thermische Leistung
 während der Startphase ($P_{el}=2kW$)
 [Quelle: Seifert, J. Meinzenbach, A., et al.: VNG –
 Bericht, 2011]





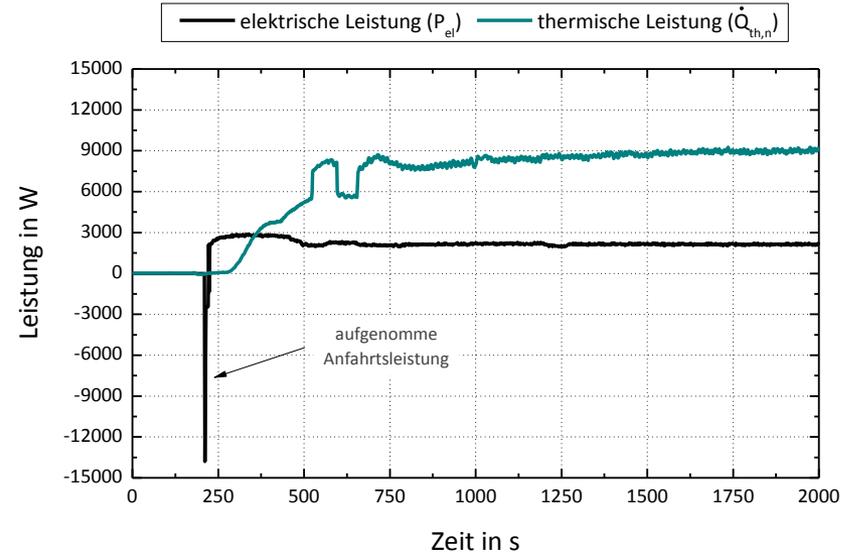
- Analysen bei konstanten Rücklauftemperaturen und Volumenstrom nach Gerät



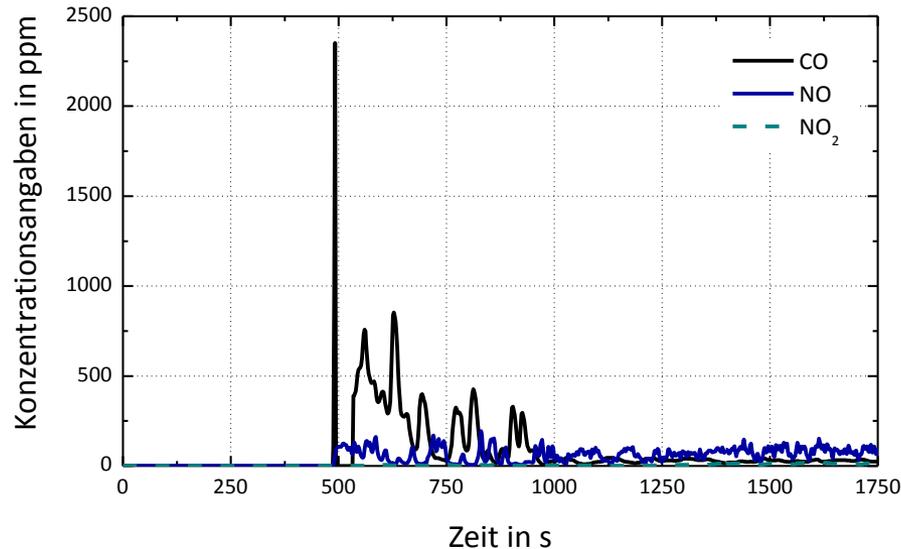
Vor- Rücklauftemperatur und Volumenstrom während der Startphase ($P_{el}=2kW$)

[Quelle: Seifert, J. Meinzenbach, A., et al.: VNG – Bericht, 2011]

Elektrische und thermische Leistung während der Startphase ($P_{el}=2kW$)
[Quelle: Seifert, J. Meinzenbach, A., et al.: VNG – Bericht, 2011]



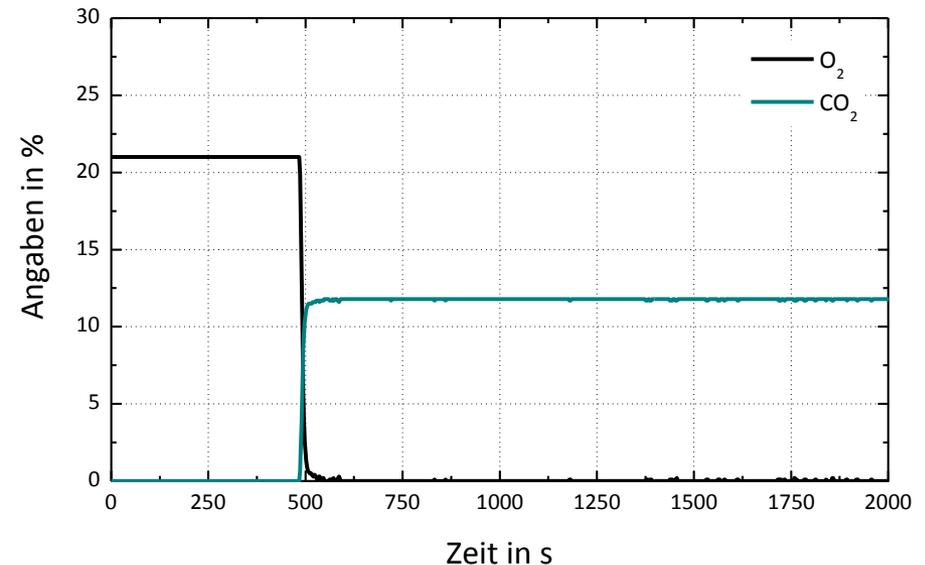
- Analysen des Abgases während der Startphase



CO-, NO und NO₂ während der Startphase
[Quelle: Seifert, J. Meinzenbach, A., et al.: VNG – Bericht, 2011]



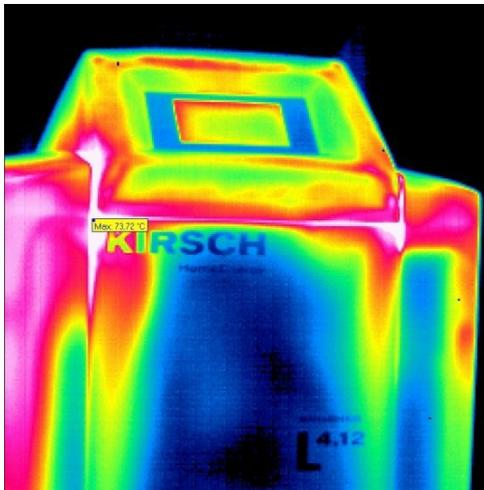
O₂ sowie CO₂ während der Startphase
[Quelle: Seifert, J. Meinzenbach, A., et al.: VNG – Bericht, 2011]



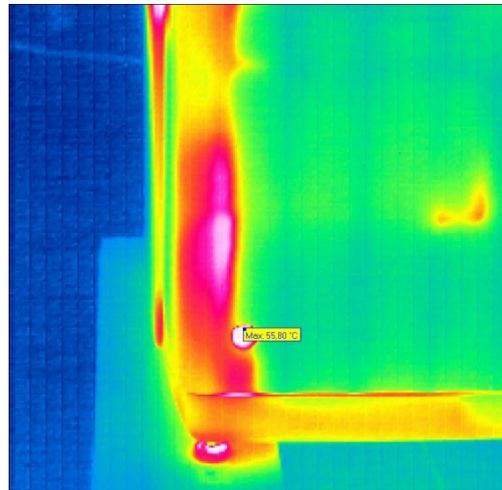
2.3 Thermographie Aufnahmen (qualitative Aussagen)



Frontbereich



Seitenbereich



Abgasstrecke



Qualitative Thermographie Aufnahmen zum LBHKW im Dauerbetrieb
[Quelle: Seifert, J. Meinzenbach, A., et al.: VNG –Bericht, 2011]



„Thermische Schwachstellen“ werden überarbeitet - Seriengerät

2. Numerische Analyse

statistisches Einfamilienhaus (mittlere deutsche Verhältnisse, $A_N=160\text{m}^2$)

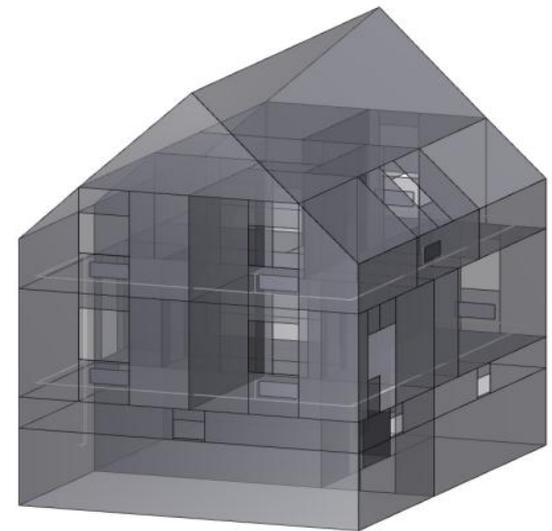
Gebäude: WSV082 (10,5 kW_{th})
WSV077 (13,6 kW_{th})

Heizsystem: freie Heizflächen

Innere Randbedingungen: zeitabhängige Gewinne
zeitabhängiger Luftwechsel

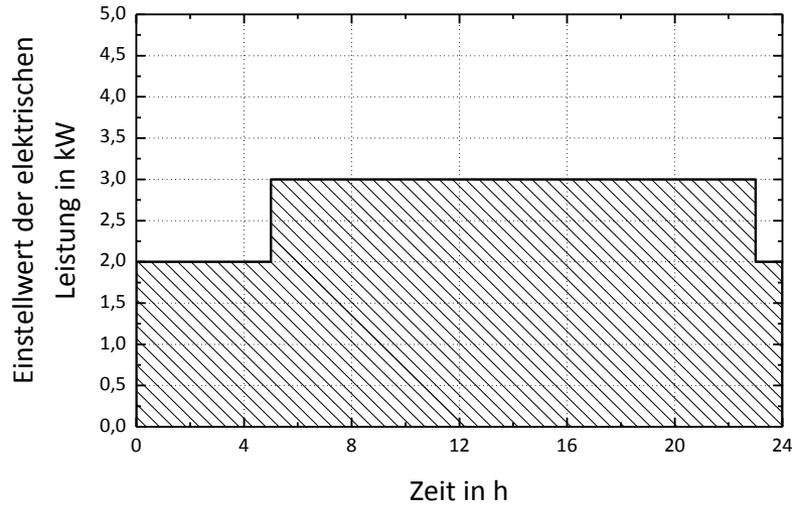
Äußere Randbedingungen: Wetter TRY-04
(Potsdam)

Elektrischer Lastgang: typischer 4P Haushalt

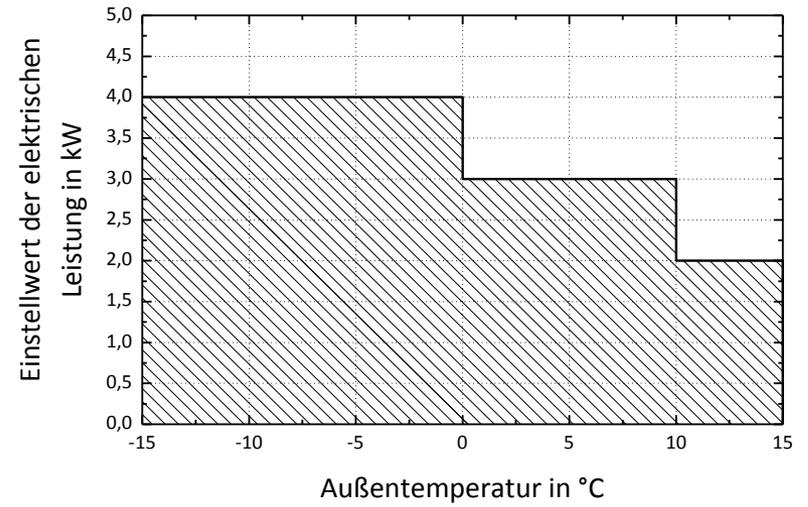


Schematische Darstellung des statistischen Einfamilienhauses

Einstellwert: $P_{el}=f(\tau)$



Einstellwert: $P_{el}=f(\vartheta_a)$

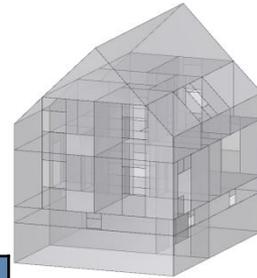


Energetische Kennwerte:

$P_{e,l}$ in kW	Q_r in kWh	Elektroenergie				Q_{th} in kWh	$Q_{h,s,HZ}$ in kWh	$Q_{h,s,TWE}$ in kWh
		$W_{el,n}$ in kWh/a	W_{ein} in kWh/a	W_{bez} in kWh/a	W_{ev} in kWh/a			
4	42555	9689	8144	3288	1545	29598	874	483
$P_{el}=f(\tau)$	42574	8795	7077	3116	1718	29619	849	481
$P_{el}=f(\vartheta_a)$	42476	8998	7285	3120	1713	29597	841	480

4. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

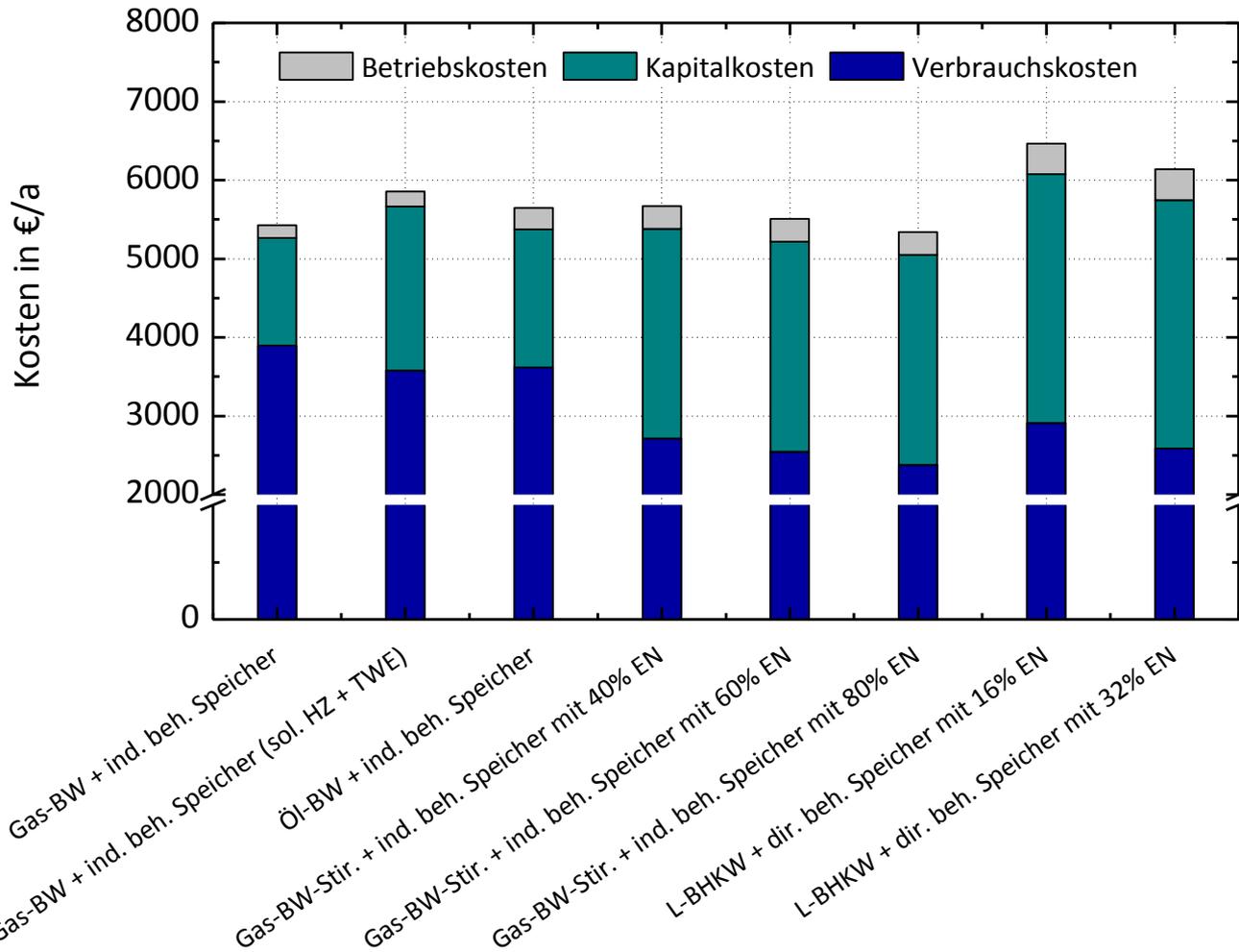
- Vollkostenanalyse unter Berücksichtigung des Stromverbrauches des Gebäudes (EFH, A=160m²)



	Gas-BW	Gas-BW + Solar	Öl-BW	Gas- BW + Stirling	L-BHKW
WE + Reg + Sp	5150 €	13300 €	7400 €	15500 €	16000 €
VT+ WÜ	8500 €	8500 €	8500 €	8500 €	8500 €
Schornstein sonst. Baukosten	800 €	800 €	900 e	800 €	800 €
Hausanschluss	1900 €	1900 €	0 €	1900 €	1900 €
Lagerung	0 €	0 €	3800 €	0 €	0 €
Gas- / E- Installation	700 €	1000 €	600 €	1500 €	1500 €
Schornsteinfeger	25 €	25 €	33 €	25 €	25 €
Wartung	50 €	82 €	92 €	150 €	250 €
Grundpreis Strom	85 €	85 €	85 €	85 €	85 €
Miete Stromzähler (Rückspeisung)	0 €	0 €	0 €	31 €	31 €

Investitionskosten / Betriebs- und Wartungskosten für unterschiedliche Anlagentechnik

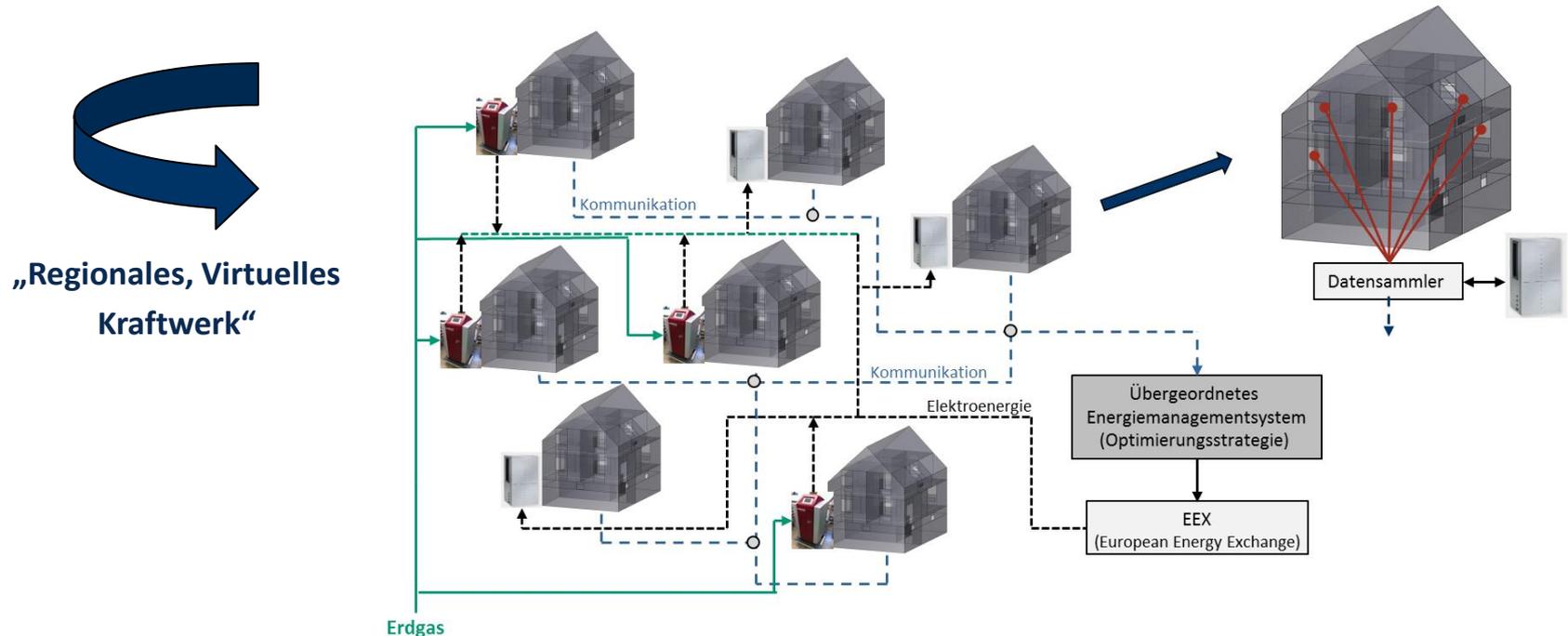
[Quelle: Seifert 2012 – Manuskript Mikro-BHKW Buch]

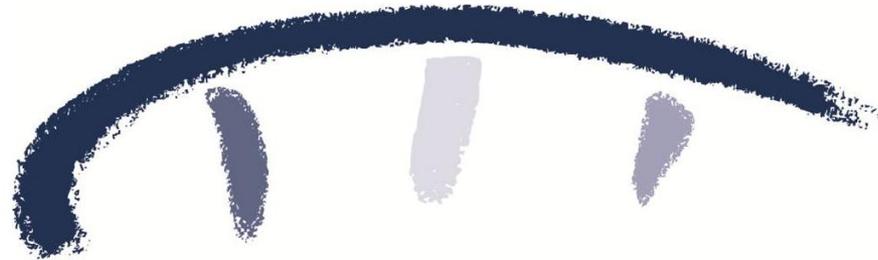


Gesamtkosten für unterschiedliche Anlagentechnik [Quelle: Seifert 2012 – Manuskript Mikro-BHKW Buch]

5. Fazit

- Gesamtwirkungsgrade $> 100\%$ sind bei modernen Mikro-BHKW Systemen möglich
- Nutzungsgrade der Systeme sind jedoch deutlich niedriger ($\leq 90\%$)
- Gesamtkosten von Mikro-BHKW sind heute noch nicht für alle Varianten wirtschaftlich darstellbar
- Starke Abhängigkeit von der Betriebsweise bzw. dem eigenverbrauchten Strom
- Optimierungsaufgaben im Gebäude (thermisch), elektrische Optimierung, Verbundbetrieb vieler Mini- und Mikro BHKW Systeme





»Wissen schafft Brücken.«

Danke für Ihre Aufmerksamkeit !