

Effizienzsteigerung bei der Biogasnutzung

Nutzung der ORC-Technologie in Blockheizkraftwerken

Dipl.-Ing. Daniel Depta
umwelttechnik & ingenieure GmbH
Tel: 0511 – 96 98 500
E-mail: d.depta@qualitaet.de

Kassel, 22.04.2009

- (1) Veranlassung
- (2) Stand der Nutzung von Biogas in BHKW
- (3) ORC – Technologie zur Nutzung der Abwärme eines BHKW
 - a) Einbindung in ein BHKW
 - b) Gesamtpotenzial für Deutschland
- (4) Ökonomische Betrachtungen
 - a) Investitionen
 - b) Vergütung durch das EEG

(1) Veranlassung

(2) Stand der Nutzung von Biogas in BHKW

(3) ORC – Technologie zur Nutzung der Abwärme eines BHKW

- a) Einbindung in ein BHKW
- b) Gesamtpotenzial für Deutschland

(4) Ökonomische Betrachtungen

- a) Investitionen
- b) Vergütung durch das EEG

Veranlassung

- starkes Wachstum der Strom- und Wärmebereitstellung durch regenerative Energieformen seit Mitte der 90er Jahre

Daraus folgt:

- Stärkere Belastung des Übertragungsnetzes durch schwankendes Stromangebot
 - Zubau von Ausgleichskapazitäten beruhend auf fossil befeuerten Kraftwerken
 - Distribution von Brennstoffen (z. B. Biomasse) zu dezentralen Orten
 - Relativ hohe wirtschaftliche Sicherheit
- Optimierungspotenziale identifizieren und bei bestehende Anlagen basierend auf regenerativen Energieformen anwenden.
- > Für BHKW folgt:** verstärkte Nutzung der Abwärme

(1) Veranlassung

(2) Stand der Nutzung von Biogas in BHKW

(3) ORC – Technologie zur Nutzung der Abwärme eines BHKW

- a) Einbindung in ein BHKW
- b) Gesamtpotenzial für Deutschland

(4) Ökonomische Betrachtungen

- a) Investitionen
- b) Vergütung durch das EEG

Stand der Nutzung von Biogas in BHKW

- Entwicklung der Anlagenanzahl von 2004 - 2007

Jahr	Anzahl Biogasanlagen	Leistung
2004	2.010	247 MW
2005	2.690	665 MW
2006	3.279	949 MW
2007	3.764	1.232 MW

- Thermische und elektrische Wirkungsgrade von BHKW

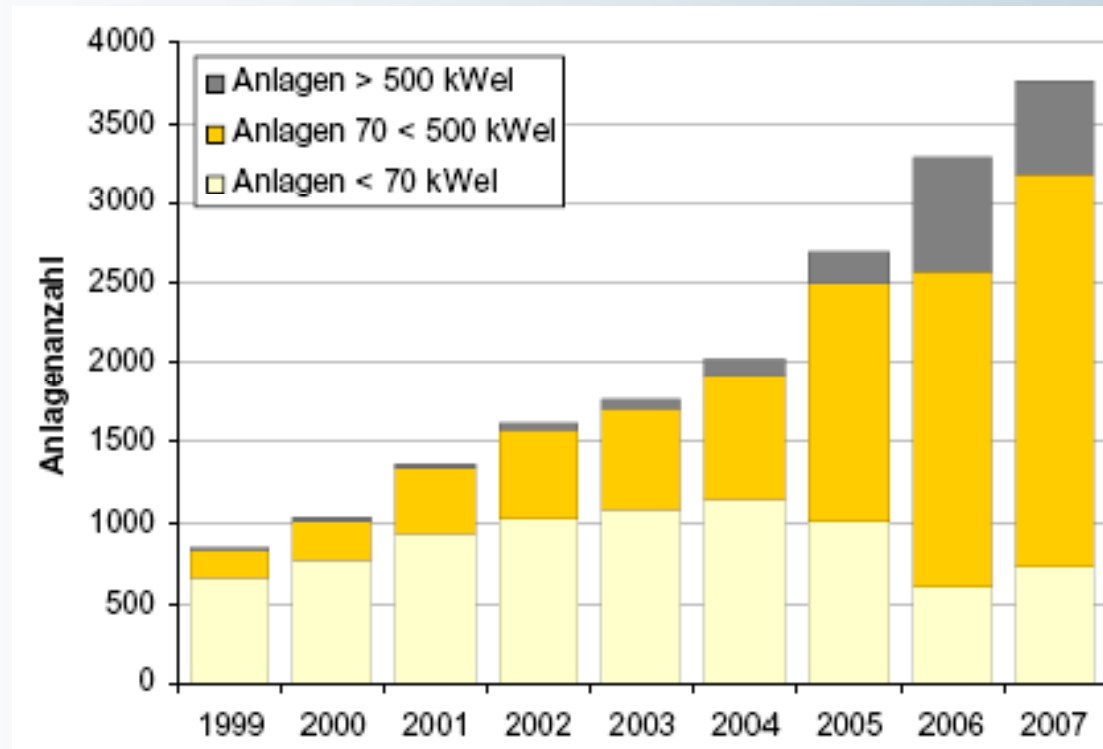
elektrischer Leistung in kW	elektrischer Wirkungsgrad	thermischer Wirkungsgrad
30,0 kW	32%	52%
100,0 kW	32%	52%
500,0 kW	38%	43%
1000,0 kW	40%	43%
2000,0 kW	41%	43%

Stand der Nutzung von Biogas in BHKW

- Die überwiegende Nutzung von Biogas in BHKW erfolgt mittels Zündstrahl- und Gas-Otto Motoren.
- Anteil von Gas-Otto Motoren liegt bei 60 %.
- **Stromproduktion im Jahr 2007:**
 - **7.670 GWh → 1,43 % des Jahresstromverbrauchs in Deutschland**
 - **Geschätzt 2009 → 10.000 GWh**
- **Genutzte Wärmemenge im Jahr 2007:**
 - **2.700 – 3.600 GWh**
 - **Der KWK-Bonus wird von 52,5 % der Betreiber erhalten**

Stand der Nutzung von Biogas in BHKW

- Entwicklung der Anlagengröße von Biogas-BHKW



- 70 – 500 kW - - - 65 % - - - 2.450 Anlagen
- Anlagen größer 500 kW_{el} - - - 550 Stück.

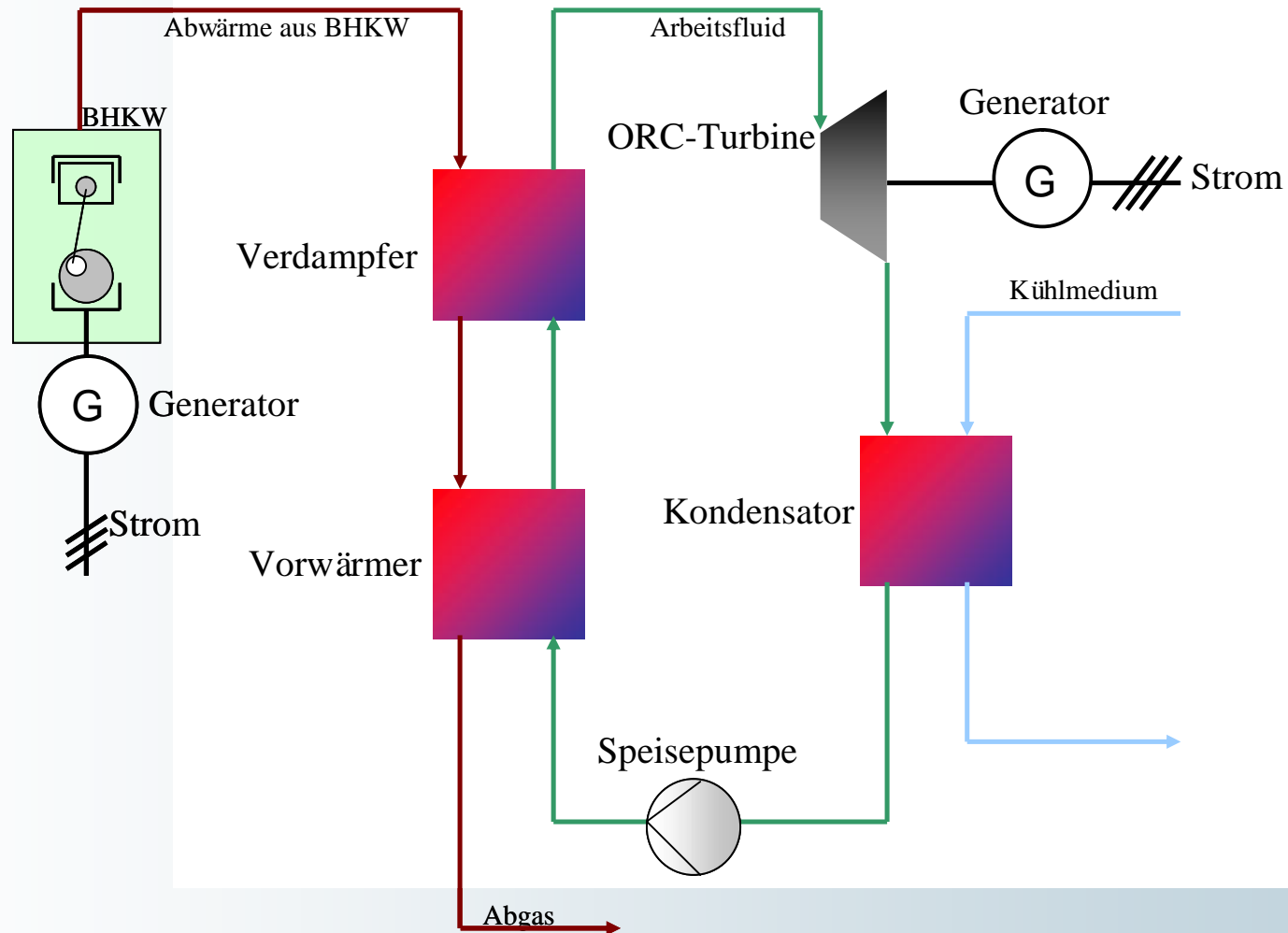
- (1) Veranlassung
- (2) Stand der Nutzung von Biogas in BHKW
- (3) ORC – Technologie zur Nutzung der Abwärme eines BHKW**
 - a) Einbindung in ein BHKW**
 - b) Gesamtpotenzial für Deutschland**
- (4) Ökonomische Betrachtungen
 - a) Investitionen
 - b) Vergütung durch das EEG

ORC – Technologie zur Nutzung der Abwärme eines BHKW

- Analog zum GuD-Kraftwerk → Nutzung der Abwärme eines BHKW zur weiteren Stromproduktion mittels eines Dampfkraftprozess.
- **O**rganic- **R**ankine- **C**ycle nutzt an Stelle von Wasser niedrig siedende Fluide:
 - Silikonöle
 - Kohlenwasserstoffe
 - Kältemittel
- Eignung für Wärmequellen mit niedrigen Temperaturniveau
– **Abwärme bei BHKW ~ 450 °C**

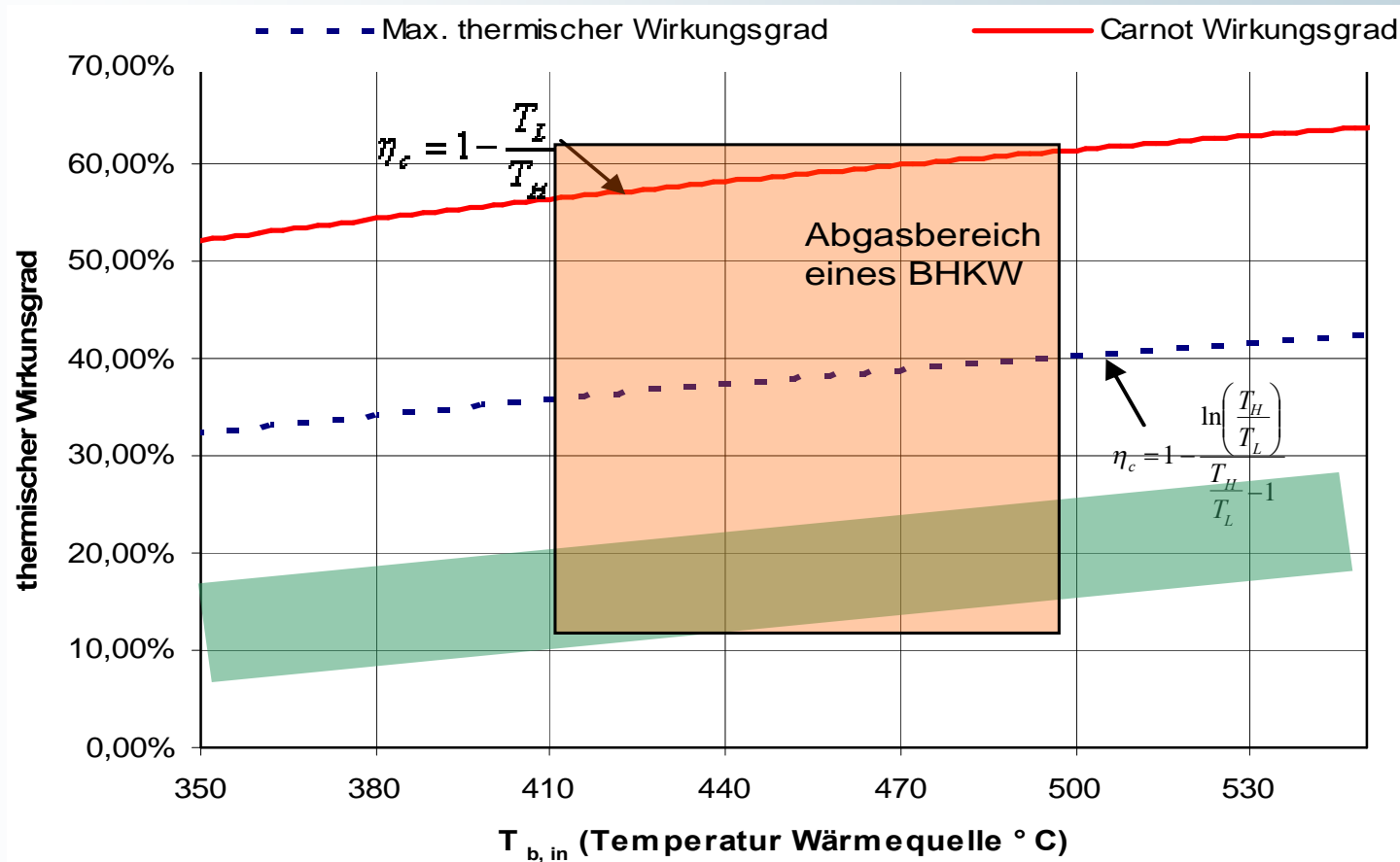
ORC – Technologie zur Nutzung der Abwärme eines BHKW

- Einfacher ORC - Prozess



ORC – Technologie zur Nutzung der Abwärme eines BHKW

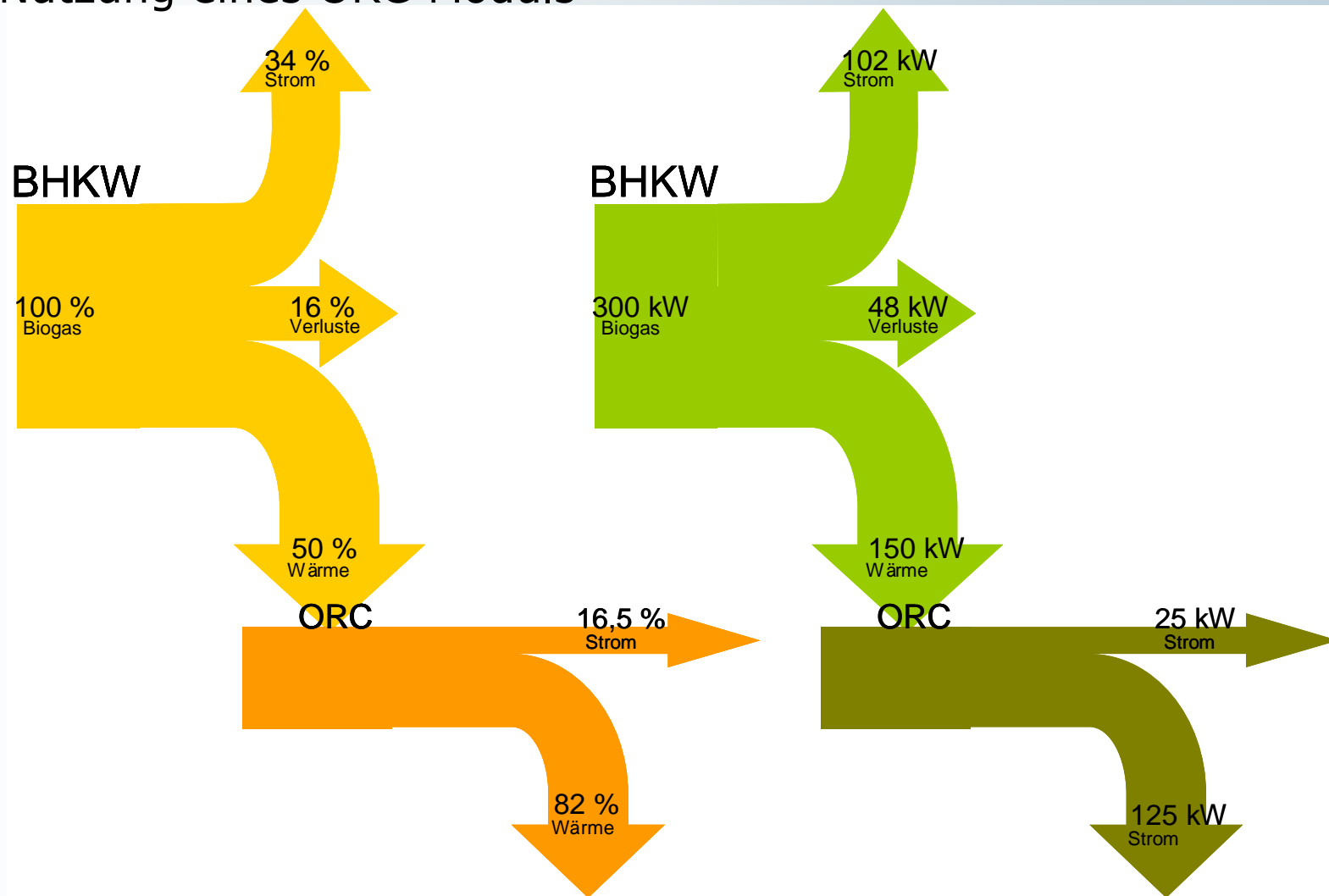
- Thermischer Wirkungsgrad eines reversiblen ORC-Kreislaufes in Abhängigkeit von der Temperatur der Abwärme



(Wärmesenke: $T = 25 \text{ °C}$ und unendliche Wärmekapazität. Durchgezogene Linie: Unendliche Wärmekapazität (Carnot). Gestrichelte Linie: Begrenzte Wärmekapazität.)

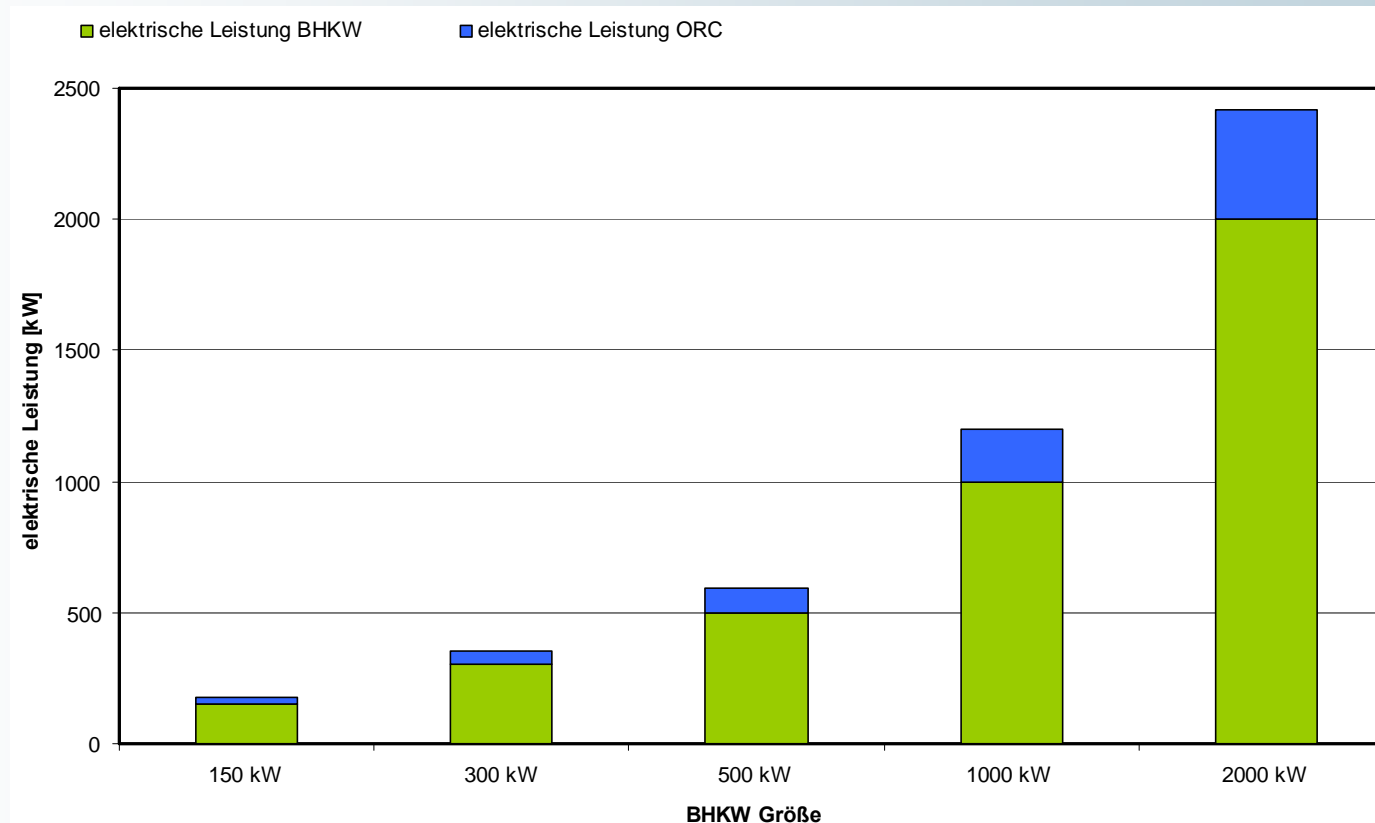
ORC – Technologie zur Nutzung der Abwärme eines BHKW

- Sankey Diagramm des technisch kleinstmöglichen BHKW für die Nutzung eines ORC-Moduls



ORC – Technologie zur Nutzung der Abwärme eines BHKW

- Potenzial für die zusätzliche Stromerzeugung bei unterschiedlich großen BHKW



- ca. **1.000 BHKW** können mit ORC Technologie erweitert werden.
 - dies entspricht in etwa $50 \text{ MW}_{\text{el}}$

Inhalt

- (1) Veranlassung
- (2) Stand der Nutzung von Biogas in BHKW
- (3) ORC – Technologie zur Nutzung der Abwärme eines BHKW
 - a) Einbindung in ein BHKW
 - b) Gesamtpotenzial für Deutschland
- (4) Ökonomische Betrachtungen**
 - a) Investitionen**
 - b) Vergütung durch das EEG**

Ökonomische Betrachtungen

- geringe Stückzahlen von ORC – Modulen führen zu rel. hohen spez. Investitionskosten.
- Die Investition setzt sich zusammen aus:
 - ORC- Modul (evtl. Thermoölmwärmetauscher)
 - Verbindung ORC – Modul mit BHKW Motor
 - Erweiterung Fundamente/ Umbauung

- Investitionskosten für die Aufrüstung von BHKW

Anlagengröße	25 kW _{el}	100 kW _{el}	300 kW _{el}
spez. ORC Turbine	3.000 €/kW	2.500 €/kW	2.000 €/kW
spez. Anlagentechnik	2.000 €/kW	1.700 €/kW	1.500 €/kW
spez. Bauteil	250 €/kW	200 €/kW	200 €/kW
spez. Invest-Summe	5.250 €/kW	4.400 €/kW	3.700 €/kW
Gesamtsumme	131.250 €	440.000 €	1.110.000 €

Ökonomische Betrachtungen

- Vergütung durch das EEG

Anlagengröße	< 150 kW	< 500 kW	< 5 MW	< 20 MW
Vergütung	11,67 c/kWh	9,18 c/kWh	8,25 c/kWh	7,79 c/kWh
Biogas Bonus	1 c/kWh	1 c/kWh	-	-
NaWaRo Bonus Biogas	7 c/kWh	7 c/kWh	4 c/kWh	4 c/kWh
Technologiebonus	2 c/kWh	2 c/kWh	2 c/kWh	-
Maximale Vergütung	21,67 c/kWh	19,18 c/kWh	14,25 c/kWh	11,79 c/kWh

- Für den Anspruch auf den Technologiebonus muss ein elektrischer Wirkungsgrad von min. 45 % erreicht werden. → wird bei sehr kleinen Anlage nicht erreicht.
- Unklarheit im EEG bzgl. ORC - Technik

Ökonomische Betrachtungen

• Betriebskosten

Posten	Wert	Einheit	100 kW _{el} 25 kW _{el}	500 kW _{el} 100 kW _{el}	1.500 kW _{el} 300 kW _{el}	Einheit
Betriebsstunden	7.000	h/a	-	-	-	-
Stromeigenbedarf	20	%	5	20	60	kW
Strommenge BHKW	-	-	700	3.500	10.500	MWh/a
Strommenge ORC	-	-	175	700	2.100	MWh/a
Eigenstrombedarf	-	-	-35	-130	-420	MWh/a
Gesamtstrommenge	-	-	140	570	1.680	MWh/a
Investition	-	-	131.250	440.000	1.110.000	€
Zins	7	%	-	-	-	-
Nutzungsdauer	20	Jahre	-	-	-	-
Annuitätsfaktor	-	-	0,0944	0,0944	0,0944	-
Annuität	-	-	12.390	41.536	104.784	€/a
Stromkosten	12	ct/kWh	4.200	16.800	50.400	€/a
Instandhaltung	1,5	%	1.969	6.600	16.650	€/a
Versicherung	0,5	%	657	2.200	5.550	€/a
Verwaltung	1,5	%	1.969	6.600	16.650	€/a
Betriebskosten	-	-	21.185	73.736	194.034	€/a

Ökonomische Betrachtungen

- Einnahmensituation

Grundvergütung	11,67/ 9,18	ct/kWh	16.338	66.519	175.140	€/a
Biogas Bonus	1	ct/kWh	1.400	5.700	16.800	€/a
NaWaRo Bonus	7	ct/kWh	9.800	39.900	117.600	€/a
Technologiebonus	2	ct/kWh	2.800	11.400	33.600	€/a
Erlöse mit TB	21,67	ct/kWh	-	123.519	343.140	€/a
Erlöse ohne TB	19,67	ct/kWh	27.538	112.119	309.540	€/a
Gewinn mit TB	-	-	-	49.783	149.106	€/a
Gewinn ohne TB	-	-	6.353	38.383	115.506	€/a
Rendite			4,8	8,7 / 11,3	10,4 / 13,4	%

Ergebnis

- Wenn kein Wärmeabnehmer am Standort ist, bietet die ORC-Technologie ein Alternative zur Effizienzsteigerung der Biogasnutzung
- Je größer das ORC-Modul, desto besser stellt sich die Erlössituation dar.
- Modulgrößen kleiner 100 kW_{el} lassen sich wirtschaftlich derzeit nicht einsetzen.
- Darüber hinaus ist der Einsatz von ORC-Modulen zu Erhöhung der Strommenge eine sinnvolle Option.
- Unklarheiten bzgl. des Technologiebonus.
- Senkung der hohen spezifischen Investitionskosten lassen sich mit höheren Stückzahlen von ORC – Modulen senken.

Ideen voller Energie !

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Idee



Konzept



Planung



Bau

umwelttechnik & ingenieure GmbH

Wöhlerstraße 42, 30163 Hannover

Tel.: 0511/9698500

www.uigmbh.de