

# Auslegung und Wirtschaftlichkeit von Mini-BHKW-Anlagen

Prof. Dr.-Ing. Bernd Thomas

Hochschule Reutlingen

Alteburgstr. 150

72760 Reutlingen

email: bernd.thomas@reutlingen-university.de

- Einführung
- Status „Mini-BHKW“
- Auslegung / Wirtschaftlichkeit für MFH
- Fazit



# Motivation

## Energieeffizienz

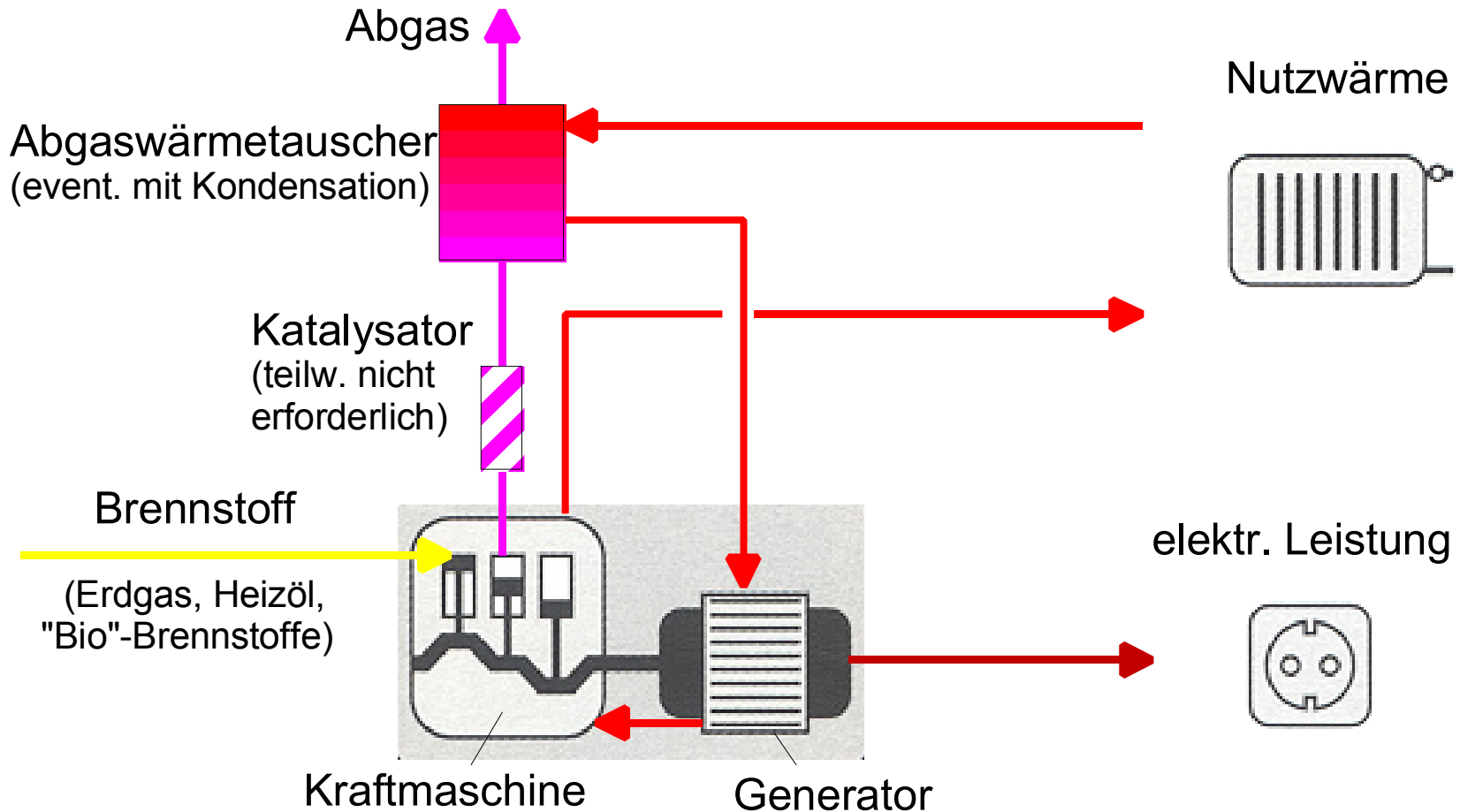
**Einsatz erneuer-  
barer Energien**

**+**

**Sparsamer Einsatz  
konventioneller  
Energien**



# Prinzipdarstellung BHKW



## Klassifizierung BHKW

Klein-KWK:  $\leq 2000 \text{ kW}_{el}$

Kleinst-KWK:  $\leq 50 \text{ kW}_{el}$

Mini-KWK:  $\leq 15 \text{ kW}_{el}$

Mikro-KWK:  $1 - 2 \text{ kW}_{el}$

(nach: Kleine Kraft-Wärme-Kopplung für den Klimaschutz, Infobroschüre IZES, BMU)

### mittlerweile

**Mikro-KWK:**  $\leq 15 \text{ kW}_{el}$

### angedacht

**Mikro-KWK:**  $\leq 70 \text{ kW}$  Brennstoffleistung  
(entspr. ca.  $\leq 21 \text{ kW}_{el}$ )



# Technologieüberblick

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| 1. Motor BHKW (Otto/Diesel) | am Markt erhältlich                    |
| 2. Stirling-Motor BHKW      | erste Geräte am Markt erhältlich       |
| 3. Dampfmotor BHKW          | erste Geräte am Markt erhältlich       |
| 4. Gasturbinen BHKW         | erst ab $28 \text{ kW}_{el}$ verfügbar |
| 5. Brennstoffzellen BHKW    | noch in der Entwicklung                |



## Prüfstand – Forschungsprojekt

Vom BMBF gefördertes Forschungsprojekt  
(Programm aFuE)



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

## „Vergleichende Untersuchung von Mini-BHKW“

Zeitraum: 1.11.2003 – 31.5.2005

Alle Ergebnisse des Projektes sowie allgemeine Hinweise zu Varianten, Aufstellung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Mini-BHKW sind im Buch „Mini-Blockheizkraftwerke“ zusammengefasst.



Vogel-Buchverlag



# Prüfstand - Untersuchte Geräte



## SenerTec „Dachs“

$$P_{el} = 5,5 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{th} = 12,5 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{Br} = 20,5 \text{ kW}$$



## SOLO Stirling

$$P_{el} = 2 - 9 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{th} = 8 - 24 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{Br} = 16 - 40 \text{ kW}$$



## PowerPlus Techn. „ecopower“

$$P_{el} = 1,3 - 4,7 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{th} = 4 - 12,5 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{Br} = 5,9 - 19 \text{ kW}$$



## Stirling Denmark Biogas-Stirling

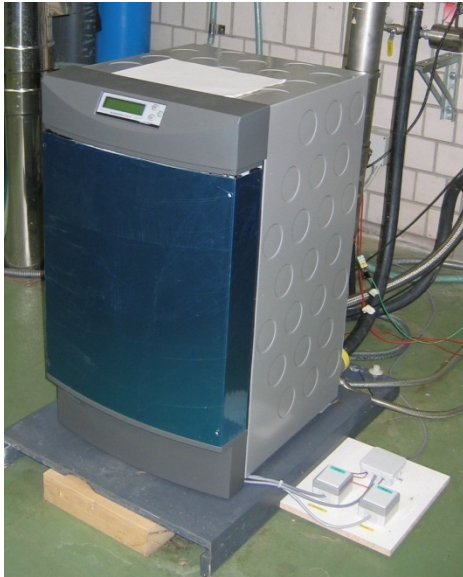
$$P_{el} = 9 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{th} = 26 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{Br} = 40 \text{ kW}$$



## Prüfstand – weitere Untersuchungen



### WhisperGen „Mark IV“

$$P_{el} = 1,0 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{th} = 7,5 / 12 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{Br} = 9 / 15 \text{ kW}$$



in Zusammenarbeit mit

 FairEnergie

### OTAG „lion“

$$P_{el} = 0,3 - 2,0 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{th} = 3 - 16 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{Br} = \text{max. } 18,6 \text{ kW}$$



### EC Power XRGI 15G-TO

$$P_{el} = 6 - 15,2 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{th} = 17 - 30 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{Br} = 26 - 50 \text{ kW}$$



# Primärenergieeinsparung

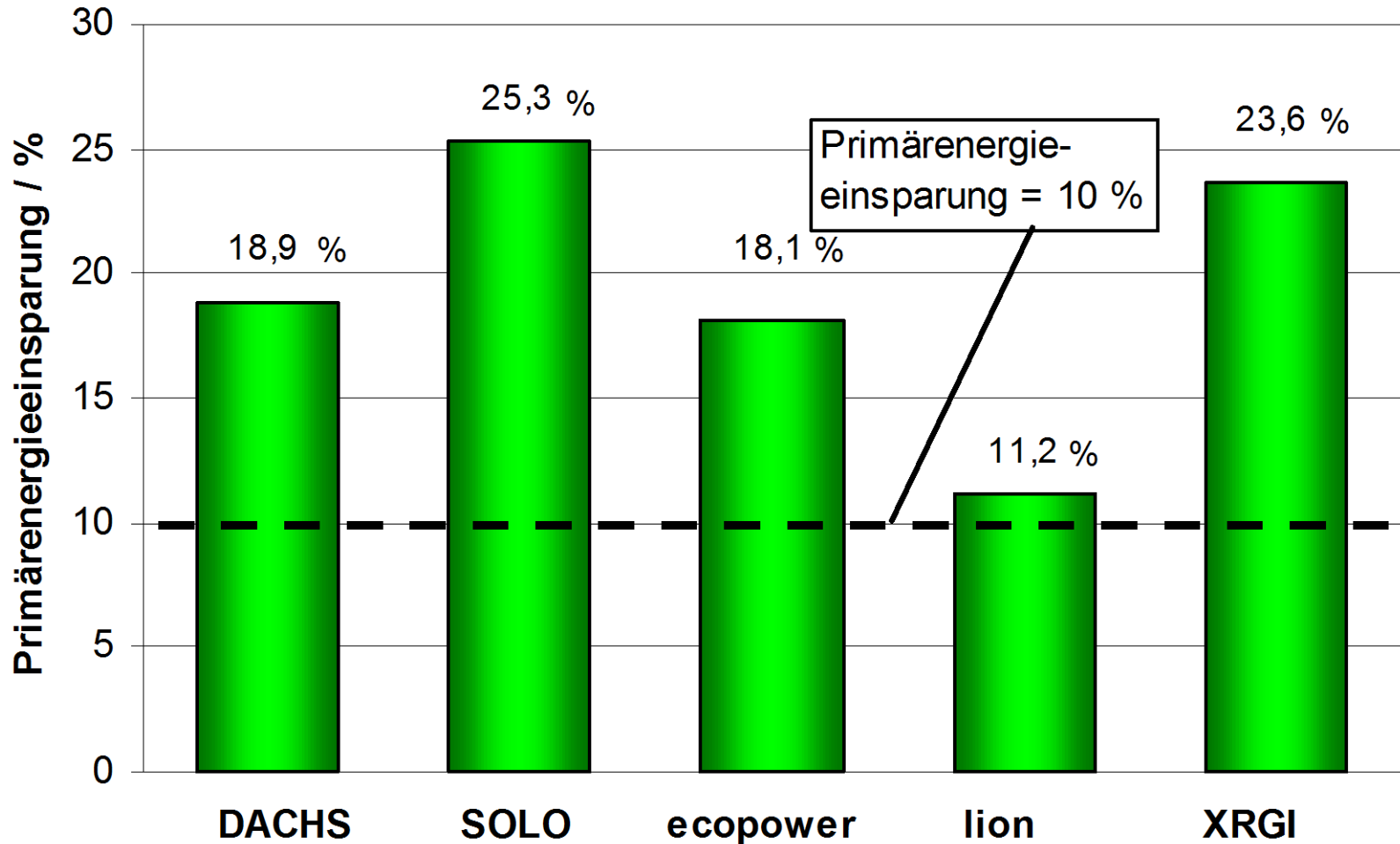
Die Primärenergieeinsparung von KWK-Anlagen wird im Rahmen der EU-Richtlinie 2004/8/EG im Vergleich mit der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme in Kraftwerk und Heizkessel berechnet.

**Bei einer Primärenergieeinsparung größer 10% spricht man von „hocheffizienter KWK“.**

Es wird mit modernster Technologie verglichen, d.h. Gas-Brennwertkessel und modernes Erdgas-Kraftwerk mit einem elektrischen Wirkungsgrad von = 52,5%).



## Primärenergieeinsparung für die untersuchten Mini-BHKW



# Warum sind Mini-BHKW nicht Standard i. d. Heizungstechnik ?

Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Betrieb von Mini-BHKW:

- guter elektrischer Wirkungsgrad
- hohe jährliche Laufzeit
- geringe Anschaffungs- und Wartungskosten



# Anwendung von Mini-BHKW in Mehrfamilienhäusern

- guter elektrischer Wirkungsgrad ✓ > (27) 30%
- hohe jährliche Laufzeit ✓ Grundlastbetrieb, > 5000 Bh/a
- geringe Anschaffungs- und  
Wartungskosten ✓ < 2000-3500 €/kW<sub>el</sub>  
Wartungsintervall: 8000h



# Auslegungsrechnungen für Mini-BHKW in MFH

## Laufzeiten – thermische und elektrische Deckungsgrade

		Strombedarf	Wärmebedarf
MFH 1	14 WE	32.092 kWh/a	84.201 kWh/a
MFH 2	34 WE	78.123 kWh/a	190.930 kWh/a
MFH 3	48 WE	101.479 kWh/a	252.853 kWh/a

➤ Bedarfsprofile nach VDI 4655



## Bedarfsprofile nach VDI Richtlinie 4655

VDI-Richtlinie 4655 „Referenzlastprofile von Ein- und Mehrfamilienhäusern für den Einsatz von KWK-Anlagen“ definiert Typtage

- Für jeden Typtag sind Lastprofile für Strom-, Heizwärme- und Brauchwasserwärmebedarf gegeben (für EFH in Minutenschritten)
- Die Anzahl der Typtage pro Jahr ist abhängig von der Klimazone angegeben

Sommer		Übergang				Winter			
		heiter		bewölkt		heiter		bewölkt	
Werk- tag	Woch- ende	Werk- tag	Woch- ende	Werk- tag	Woch- ende	Werk- tag	Woch- ende	Werk- tag	Woch- ende



# Auslegungsrechnungen für Mini-BHKW in MFH

## Laufzeiten – thermische und elektrische Deckungsgrade

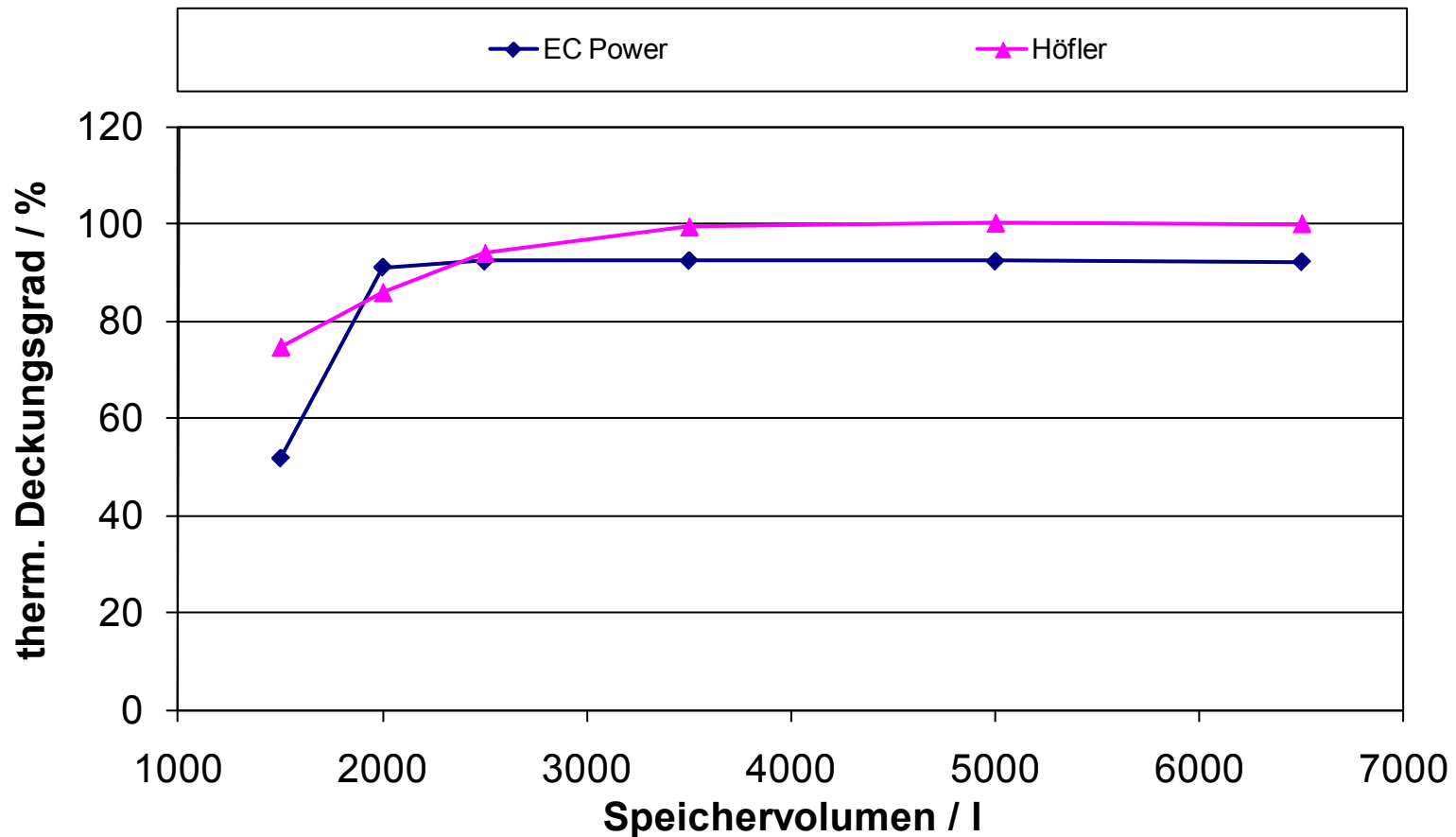
BHKW	Elektr. Leistung	Therm. Leistung
Dachs	5,5 kW	13,5 kW*
EC Power	15,2 kW	30 kW
Höfler	25 kW	47 kW
Comuna Metall	52 kW	97 kW

\* Mit Kondensator



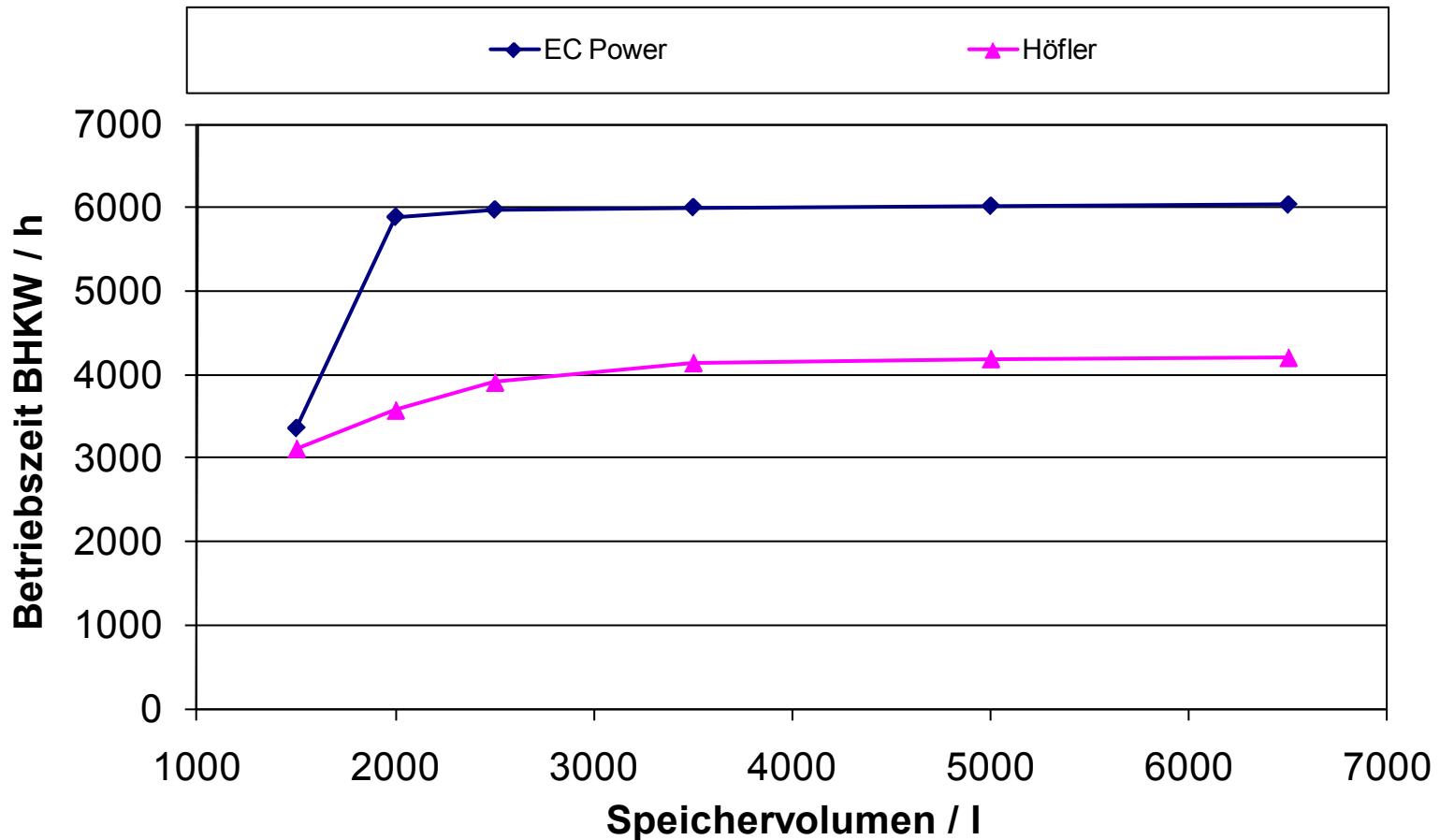
# Auslegungsrechnungen für Mini-BHKW – MFH 2

**MFH 2** 34 WE  $W_{el} = 78123 \text{ kWh/a}$   $Q_{ges} = 190930 \text{ kWh/a}$



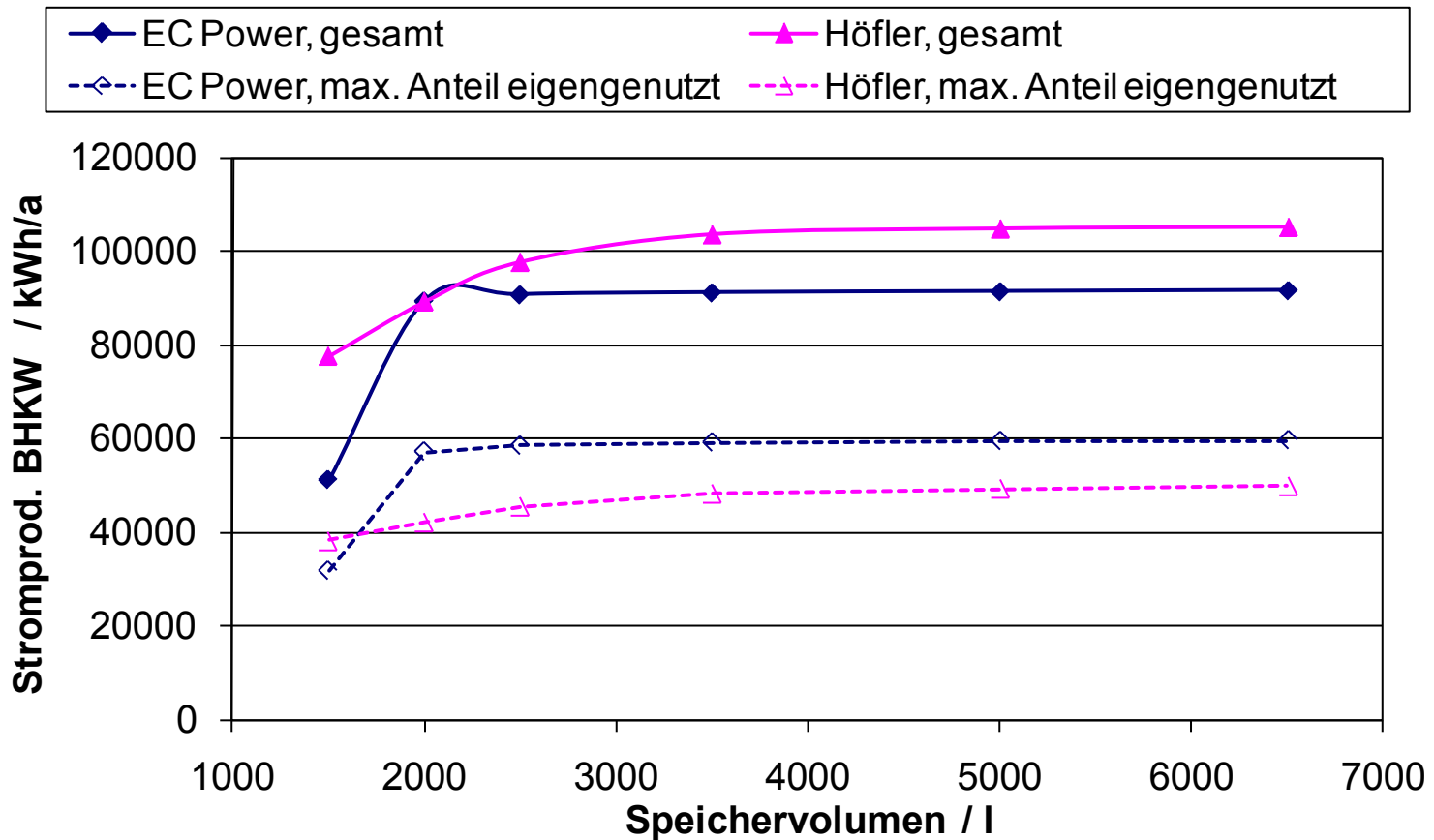
# Auslegungsrechnungen für Mini-BHKW – MFH 2

MFH 2 34 WE Wei = 78123kWh/a · Qges = 190930 kWh/a



# Auslegungsrechnungen für Mini-BHKW – MFH 2

**MFH 2** 34 WE  $W_{el} = 78123 \text{ kWh/a}$   $Q_{ges} = 190930 \text{ kWh/a}$



# Wirtschaftlichkeitsrechnung für MFH

Gebäude:

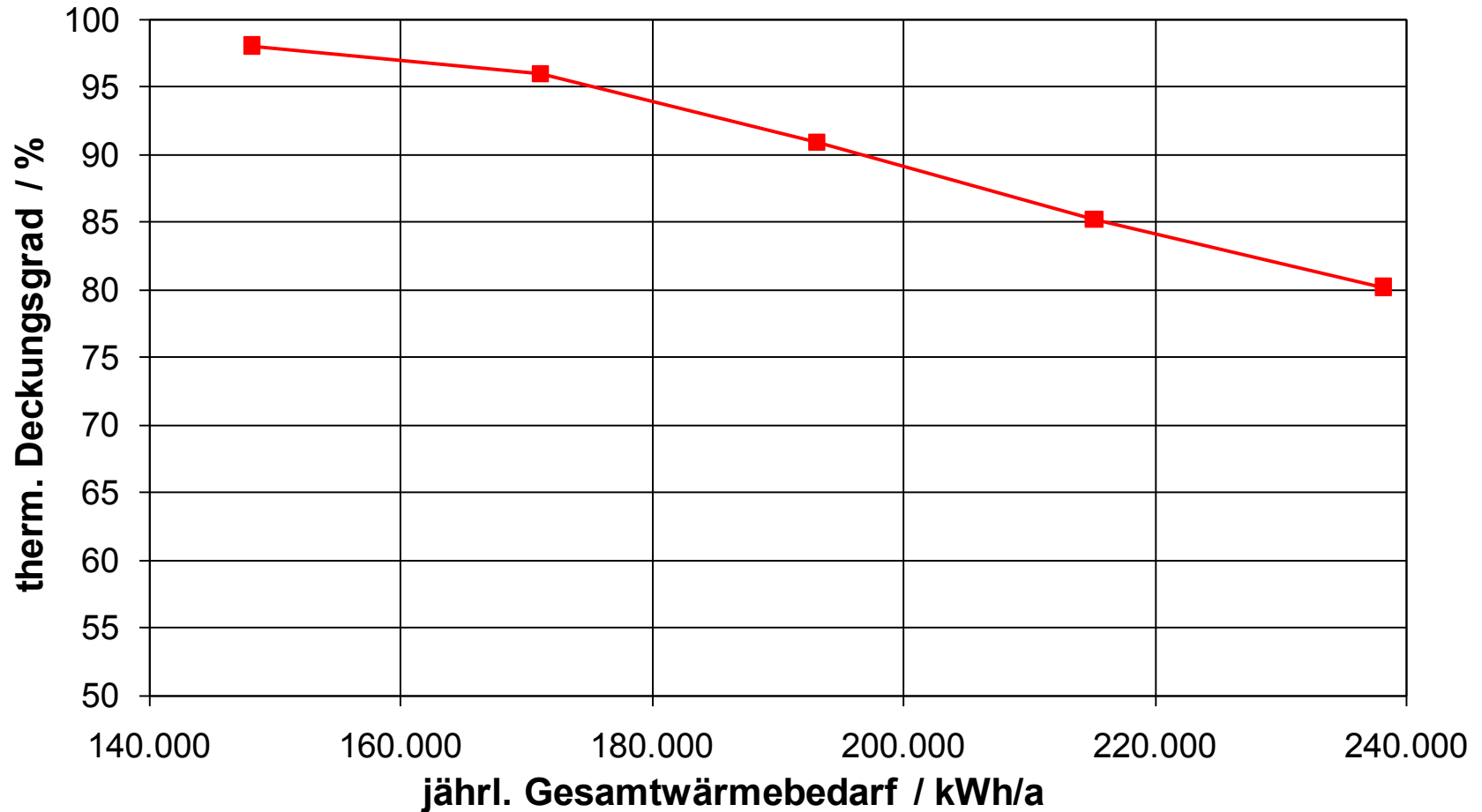
WE	26	30	34	38	42
Ges. Wärmebedarf / kWh/a	146.000	169.000	191.000	213.000	236.000
Heizwärmebedarf / kWh/a	120.000	169.000	157.000	175.000	194.000
Trinkwasserwärmebed. / kWh/a	26.000	30.000	34.000	38.000	42.000
Strombedarf / kWh/a	60.000	69.000	78.000	87.000	96.000

**BHKW:** EC Power XRGI 15G-T0 (15,2 kW<sub>el</sub>, 30 kW<sub>th</sub>)  
Pufferspeicher 2000 Liter  
wärmegeführter Betrieb



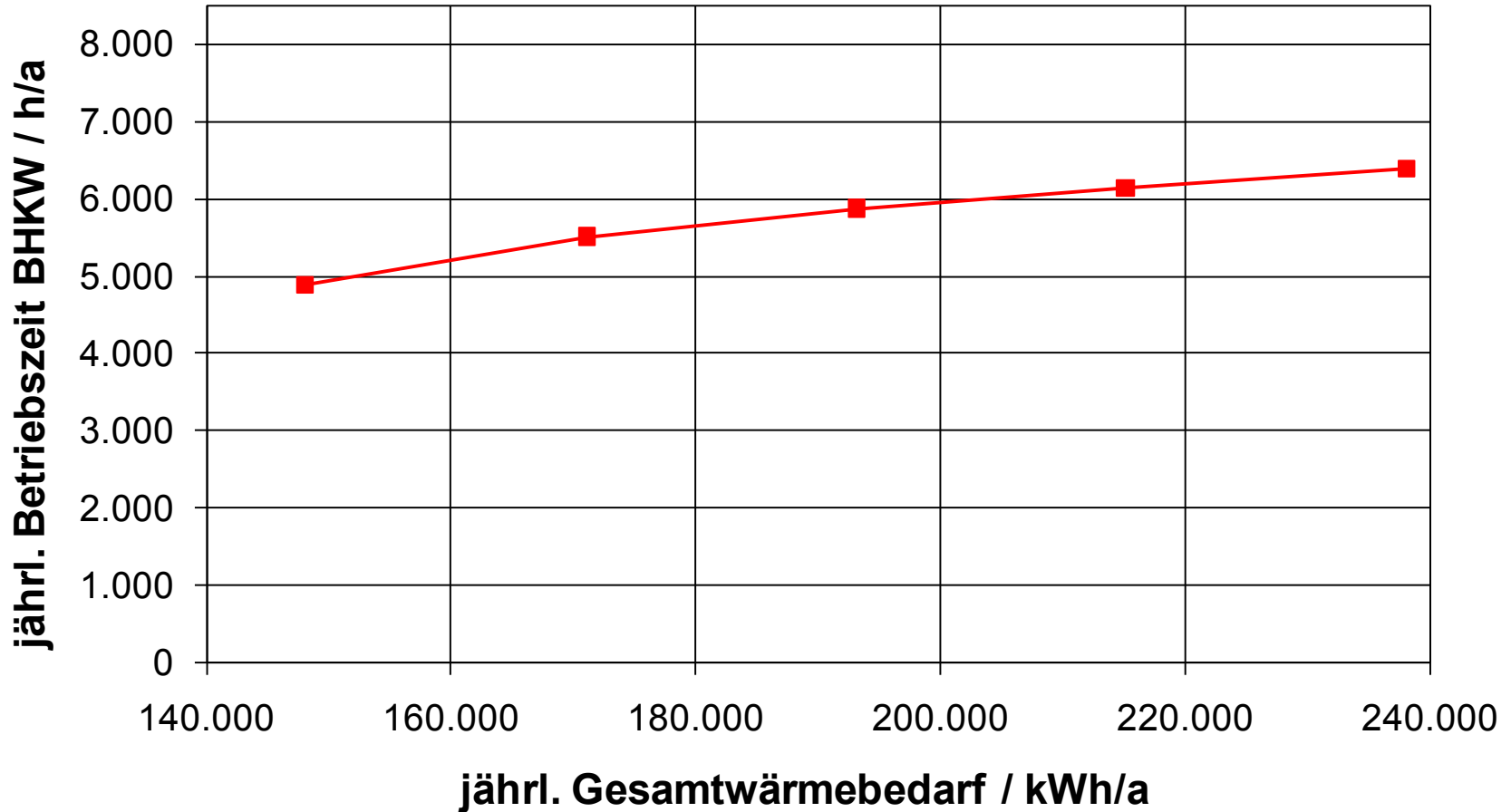
# Wirtschaftlichkeitsrechnung für MFH

## BHKW EC Power in MFH 26 bis 42 WE wärmegeführt



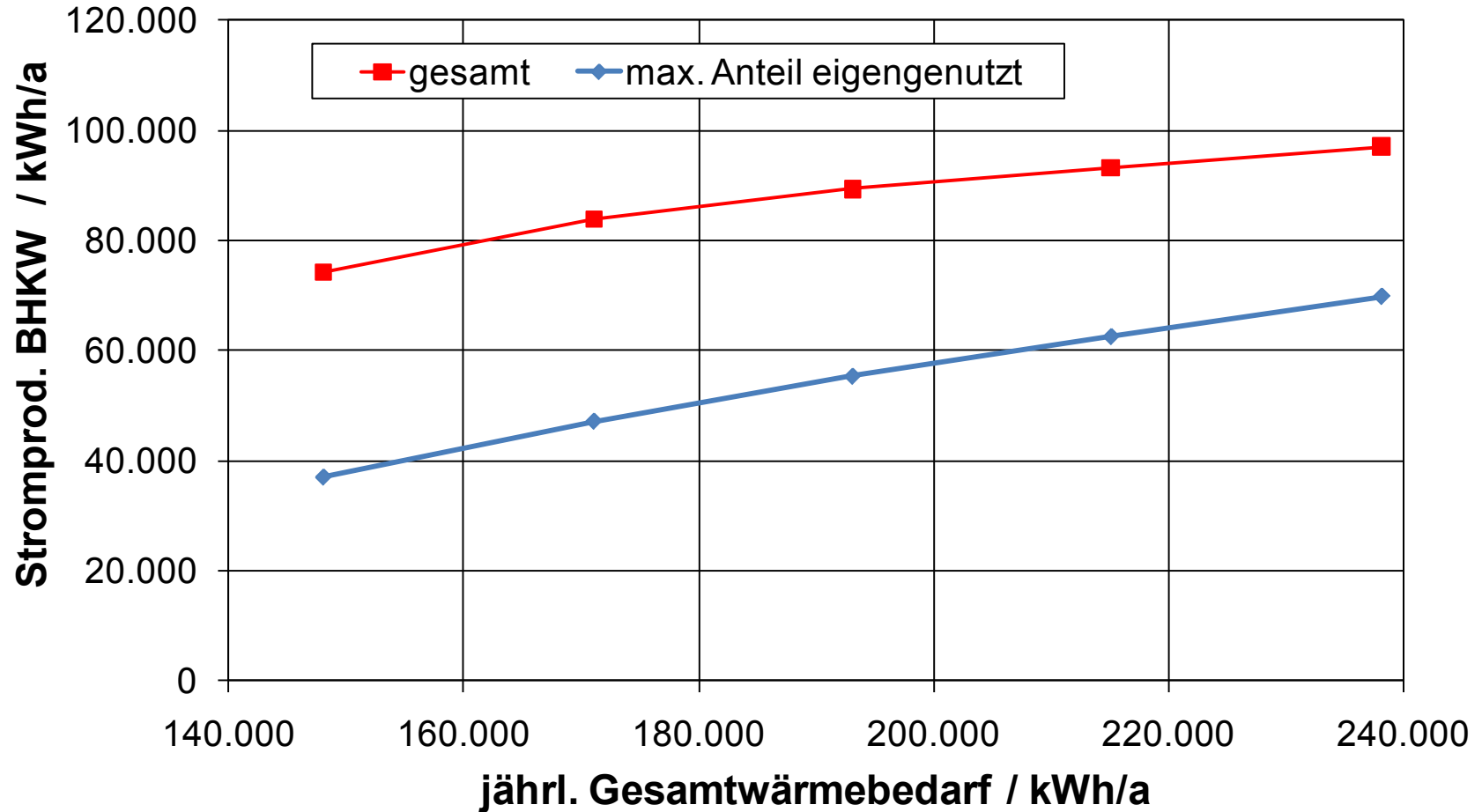
# Wirtschaftlichkeitsrechnung für MFH

## BHKW EC Power in MFH 26 bis 42 WE wärmegeführt



# Wirtschaftlichkeitsrechnung für MFH

BHKW EC Power in MFH 26 bis 42 WE wärmegeführt



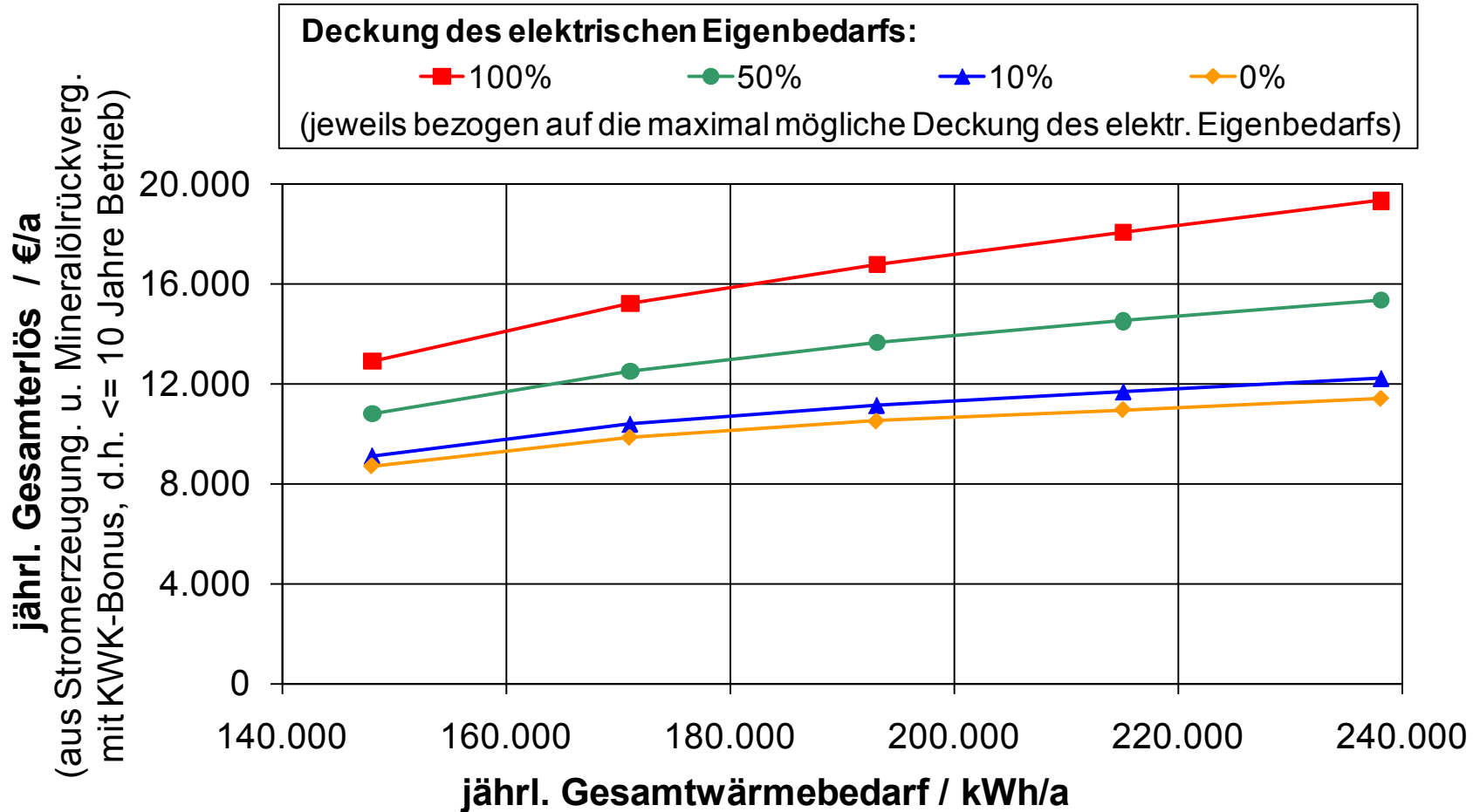
## Daten zur Wirtschaftlichkeitsberechnung

Üblicher Preis:	4,152 ct/kWh
KWK-Bonus:	5,11 ct/kWh
Vermied. Netznutzung	0,5 ct/kWh
Strombezugskosten (netto)	16,0 ct/kWh
Erdgaskosten (netto)	5,0 ct/kWh
Wartungskosten	3,0 ct/kWhel
Investitionskosten (netto)	42.000 €
Zinssatz	5 %



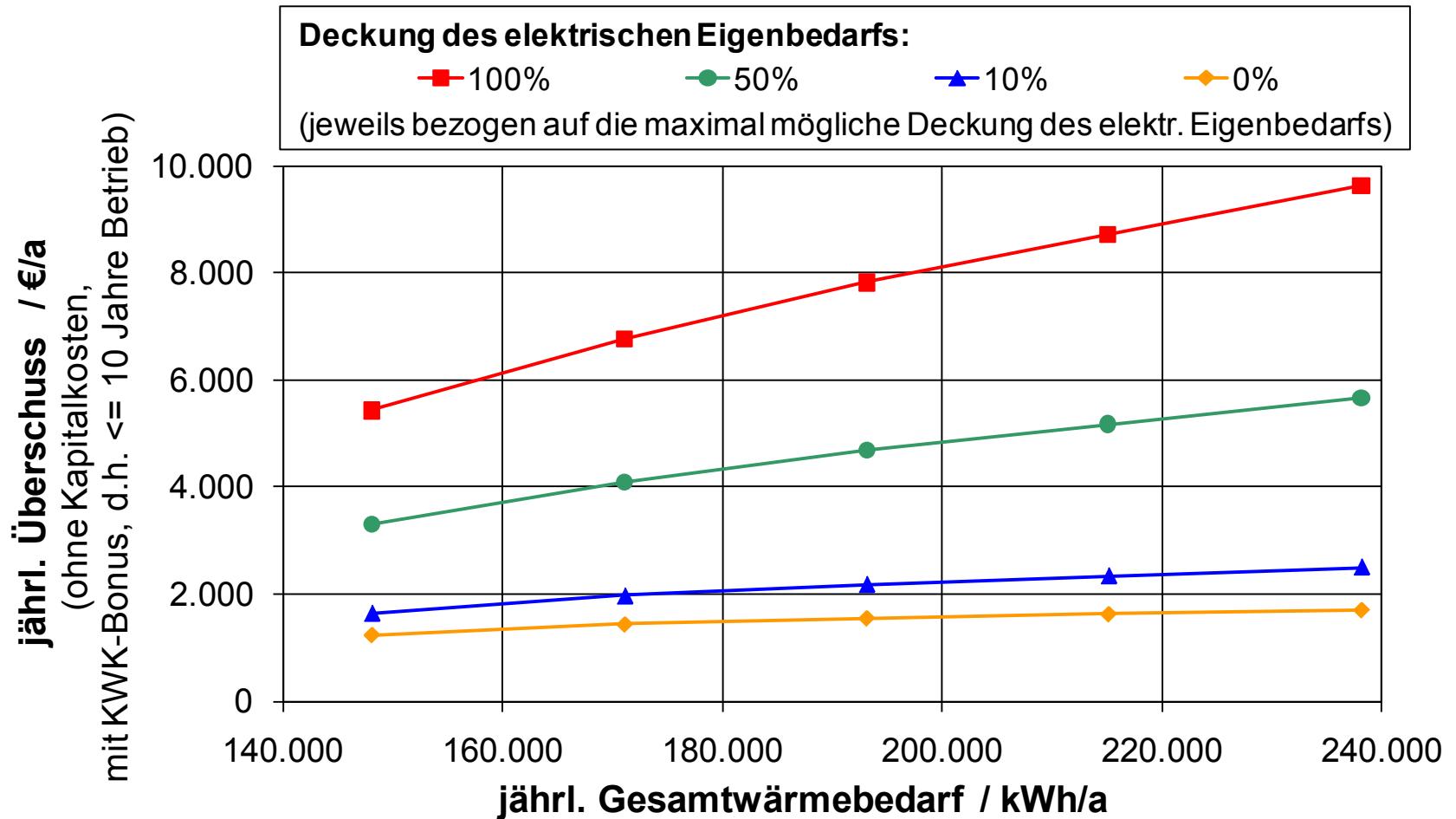
# Wirtschaftlichkeitsrechnung für MFH

## BHKW EC Power in MFH 26 bis 42 WE wärmegeführt



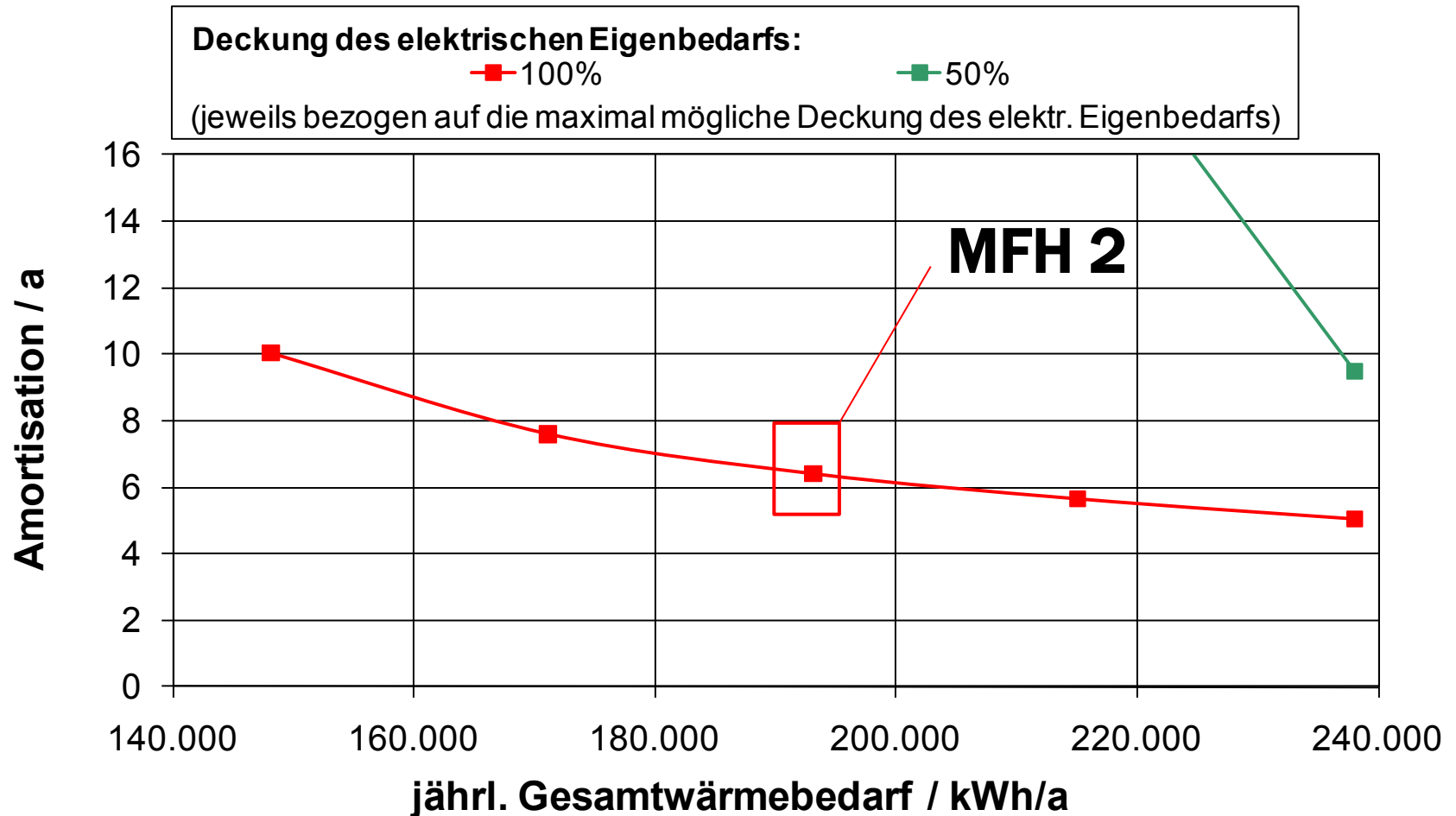
# Wirtschaftlichkeitsrechnung für MFH

## BHKW EC Power in MFH 26 bis 42 WE wärmegeführt



# Wirtschaftlichkeitsrechnung für MFH

BHKW EC Power in MFH 26 bis 42 WE wärmegeführt



# Wirtschaftlichkeitsrechnung für MFH2

**Szenario 1:** Nutzung des erzeugten elektrischen Stroms zu  
73,1% im Objekt

(Tarif: ca. 16 ct/kWh<sub>el</sub> (netto) + 5,11 ct/kWh<sub>el</sub>)

Amortisation nach **6,4 Jahren** (ohne Invest.-Zuschuss)

**Szenario 2:** komplette Rückspeisung des erzeugten Stroms

(Tarif: ca. 4,152 ct/kWh<sub>el</sub> + 5,11 ct/kWh<sub>el</sub> + 0,5 ct/kWh<sub>el</sub>)

**keine Amortisation möglich**

## Ergebnis

Für den wirtschaftlichen Betrieb eines BHKWs ist es erforderlich, den größtmöglichen Anteil des erzeugten Stroms im Objekt zu nutzen.

## Fazit

- Mini-BHKW sind technisch ausgereift und bieten eine signifikante Primärenergieeinsparung
- Die breite Markteinführung von Mini-BHKW kann gelingen, wenn:
  - Geräte mit gutem elektrischen Wirkungsgrad und geringen Anschaffungs- und Wartungskosten eingesetzt werden und
  - der im BHKW erzeugte Strom zum größtmöglichen Anteil im Objekt verbraucht wird.

