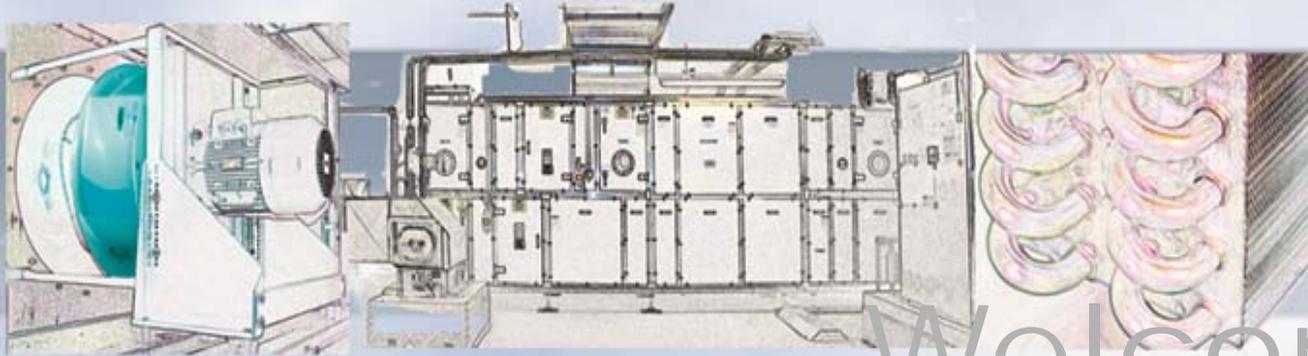


# Willkommen



# Bienvenue

# Welcome

## **Raumlufttechnik Wirtschaftlichkeit**

Energierückgewinnung und Energieeffizienz-  
technologien in der Lüftungstechnik

Prof. Dr.-Ing. **Christoph Kaup**

c.kaup@umwelt-campus.de

Dipl.-Ing. **Christian Backes**

backes@howatherm.de

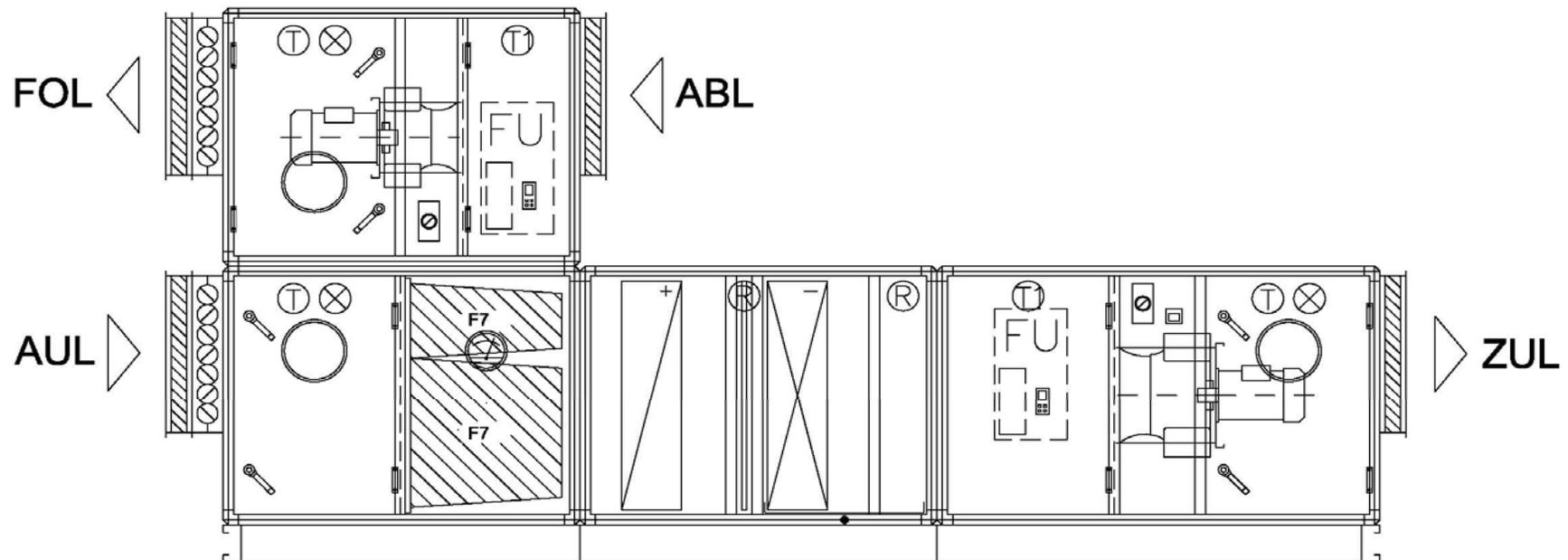


HOCHSCHULE TRIER  
**Umwelt-Campus Birkenfeld**

Umwelt macht Karriere.

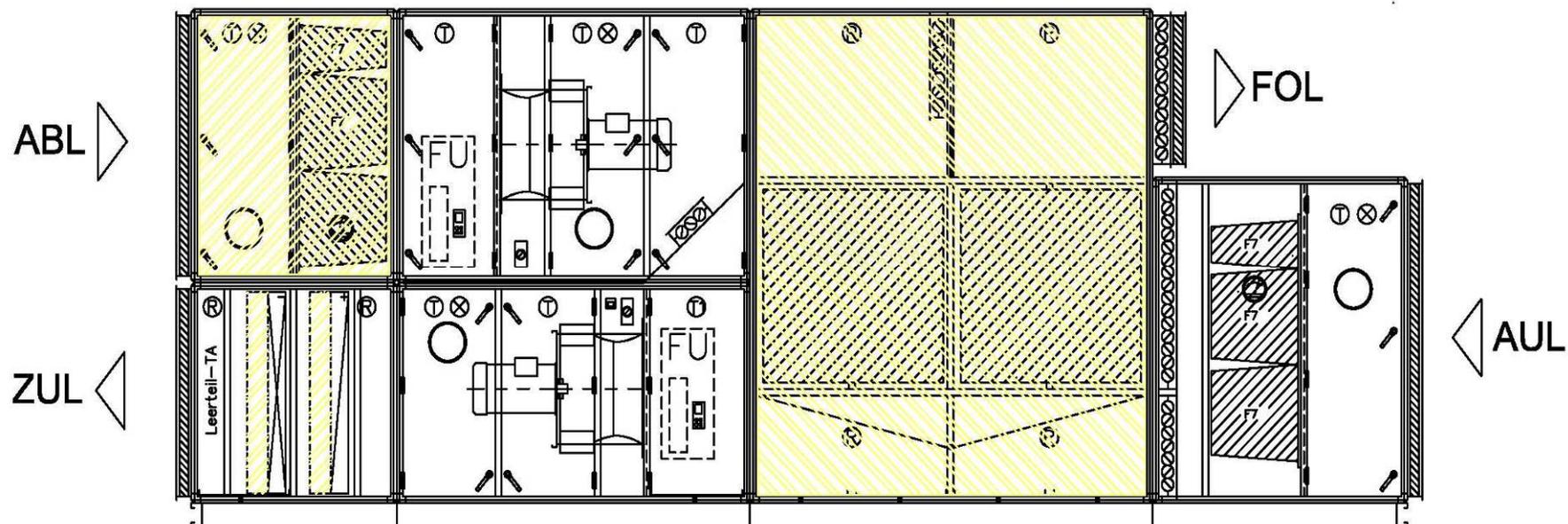
## Investitionskosten

- $\Phi = 0\%$  ohne WRG

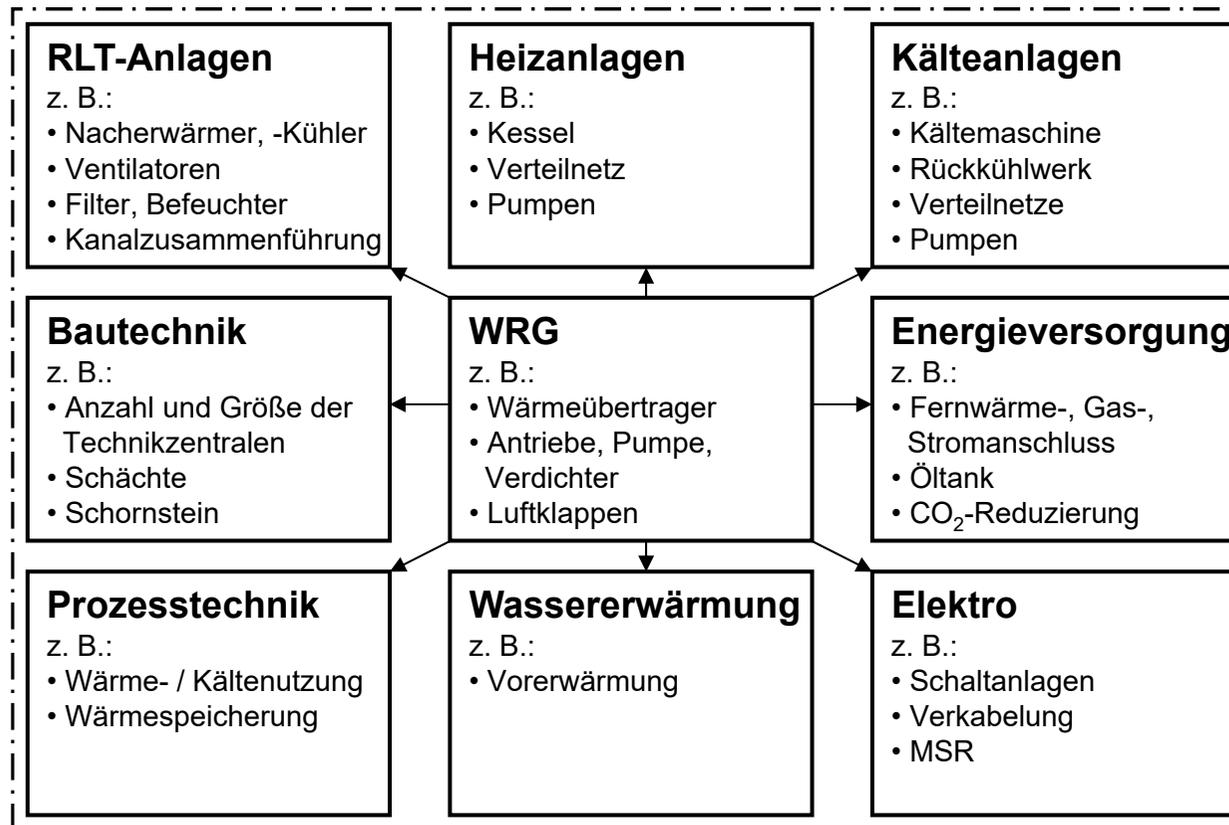


## Investitionskosten

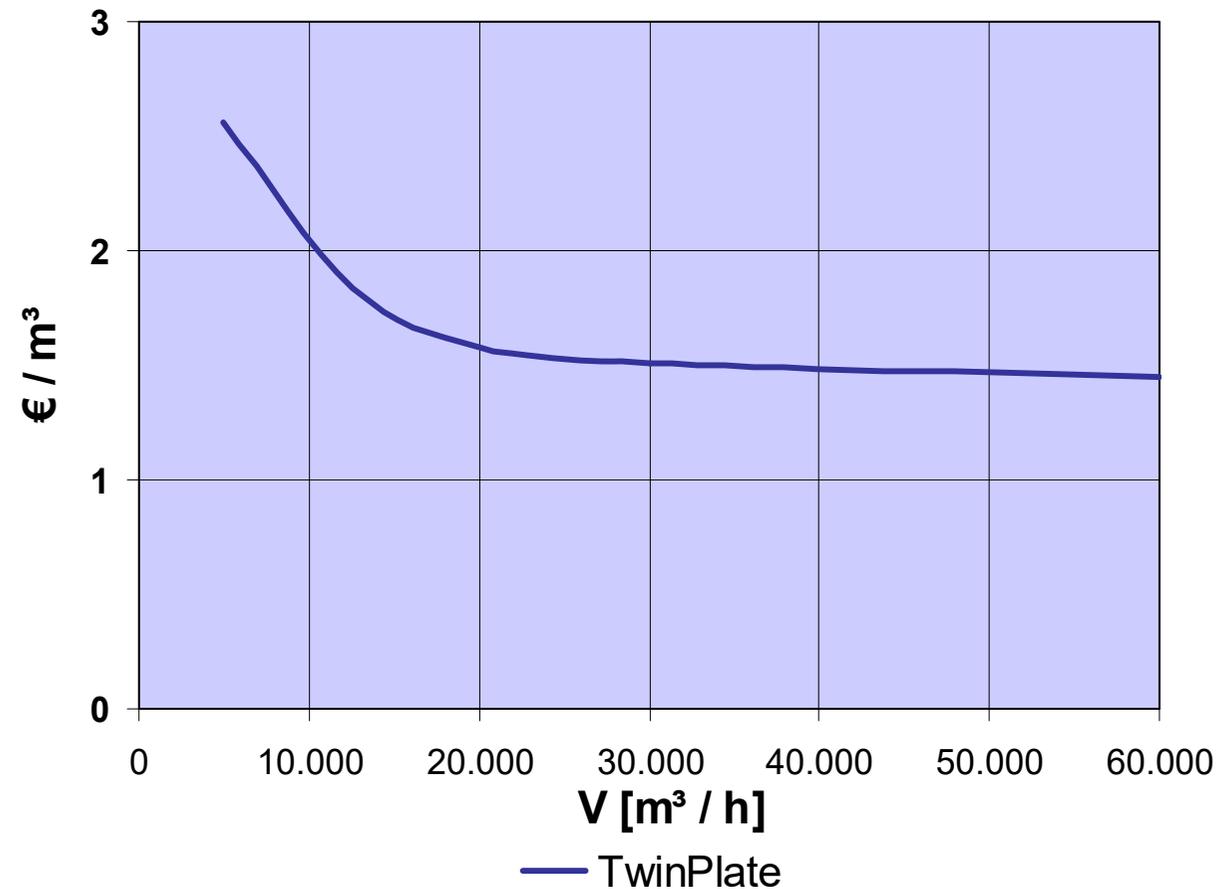
- $\Phi = 75\%$  Doppel-Plattenwärmeübertrager



## Bilanzgrenzen

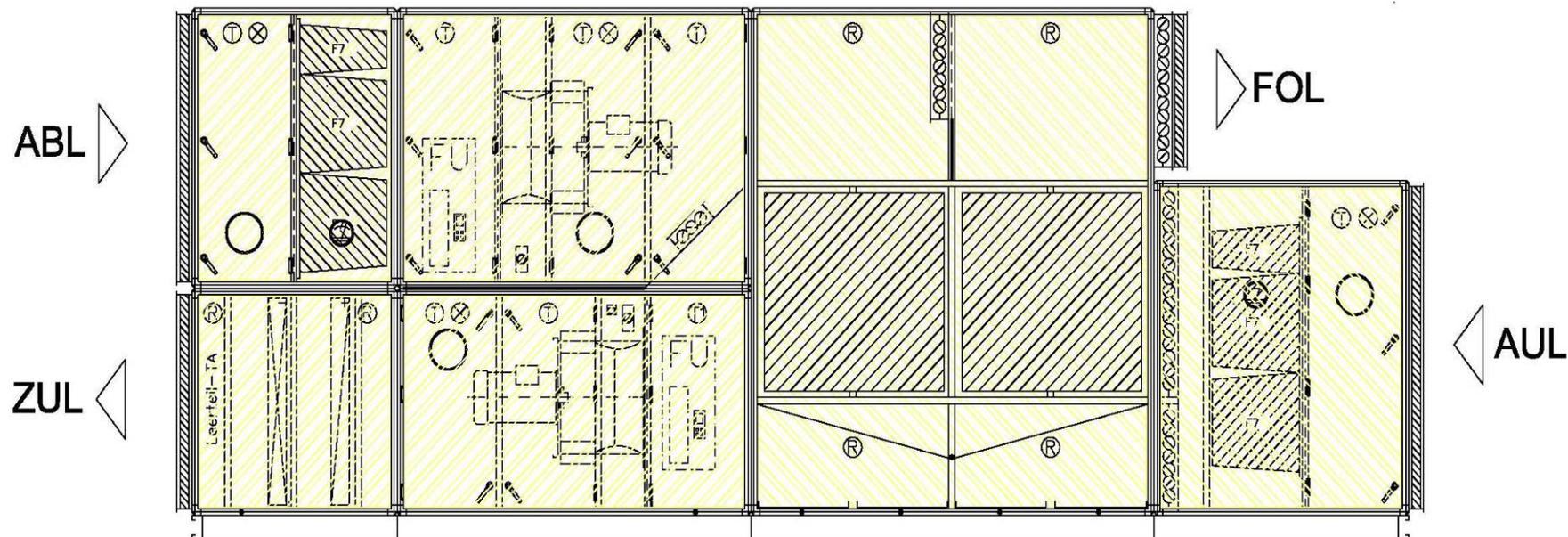


## Mehrinvestitionskosten der WRG

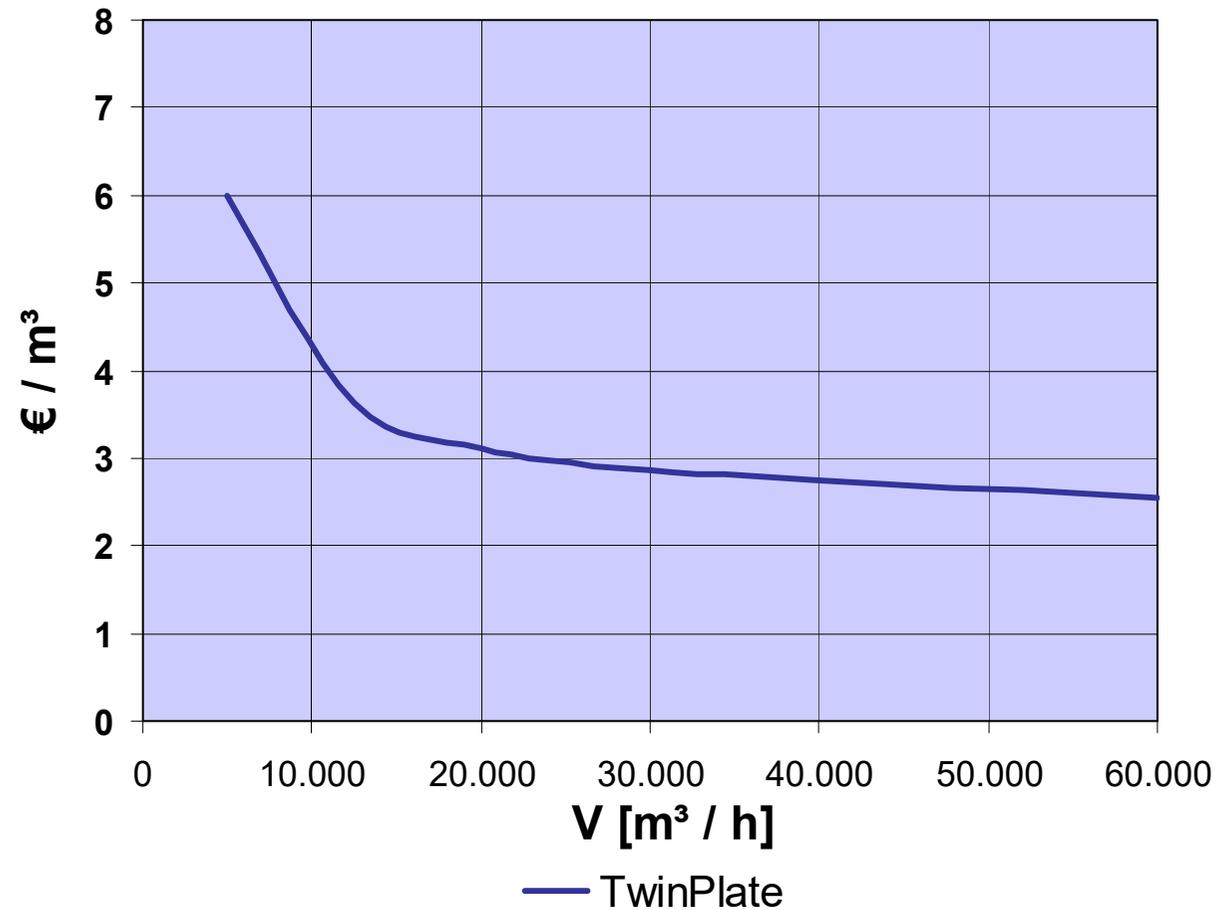


## Investitionskosten

- $\Phi = 75\%$  Doppel-Plattenwärmeübertrager

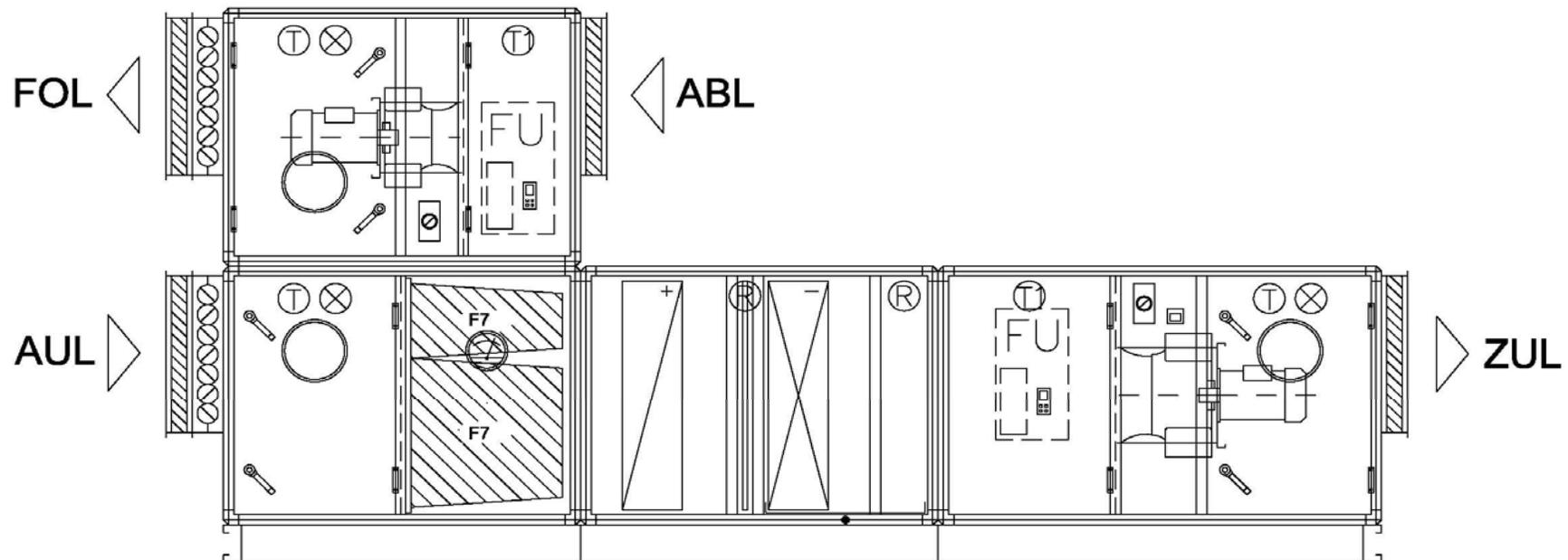


## Investitionskosten der WRG



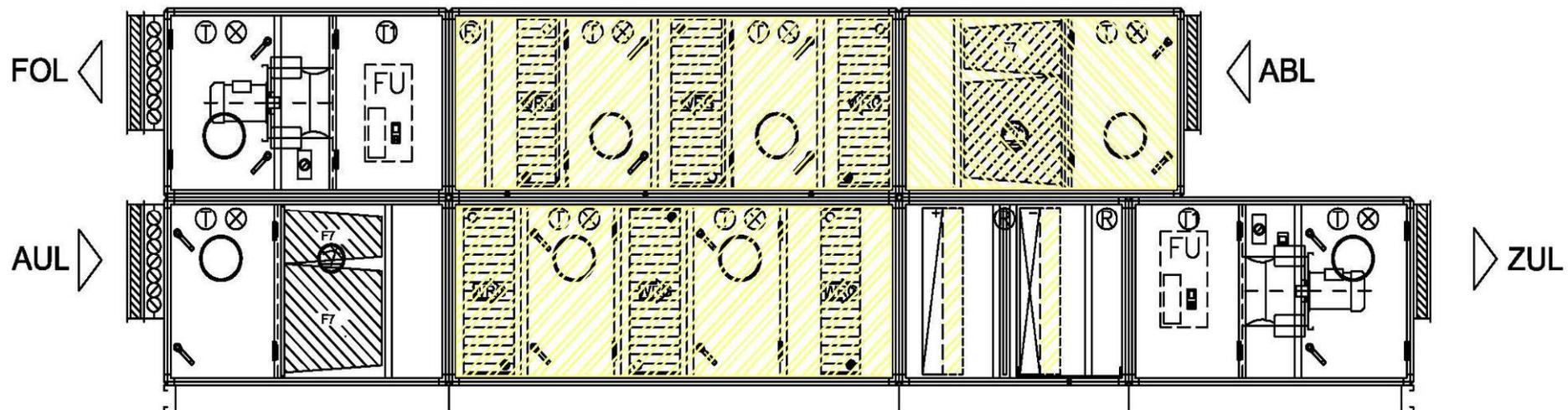
## Investitionskosten

- $\Phi = 0\%$  ohne WRG

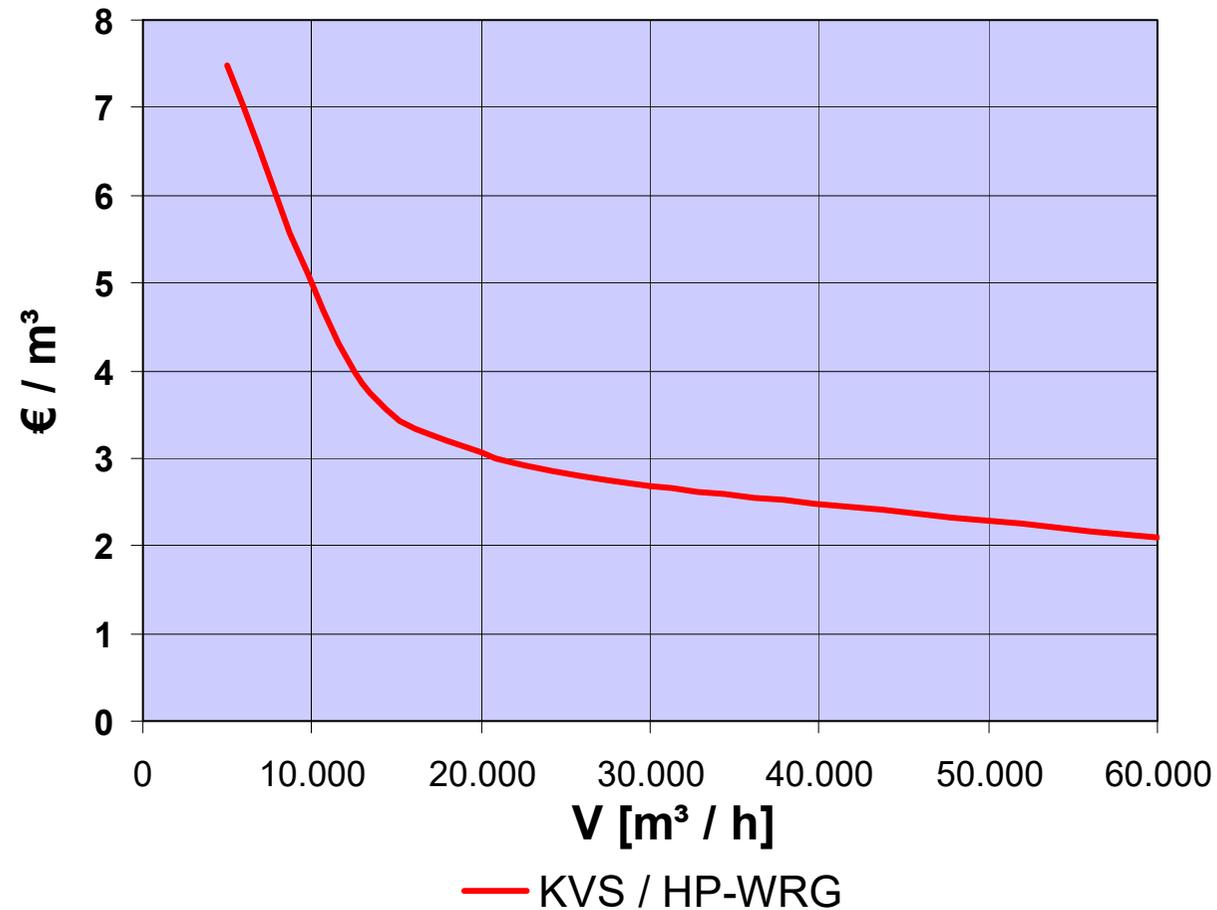


## Investitionskosten

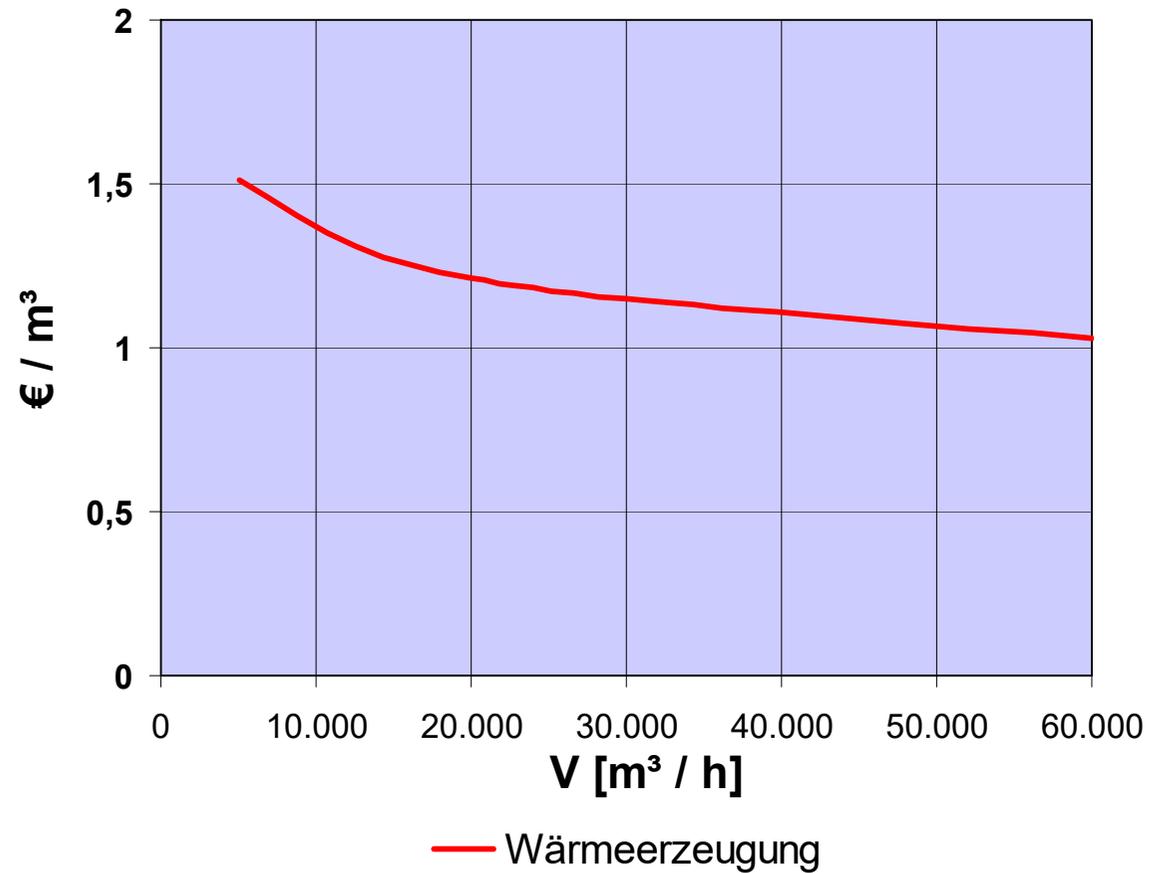
- $\Phi = 75\%$  Kreislaufverbund-System



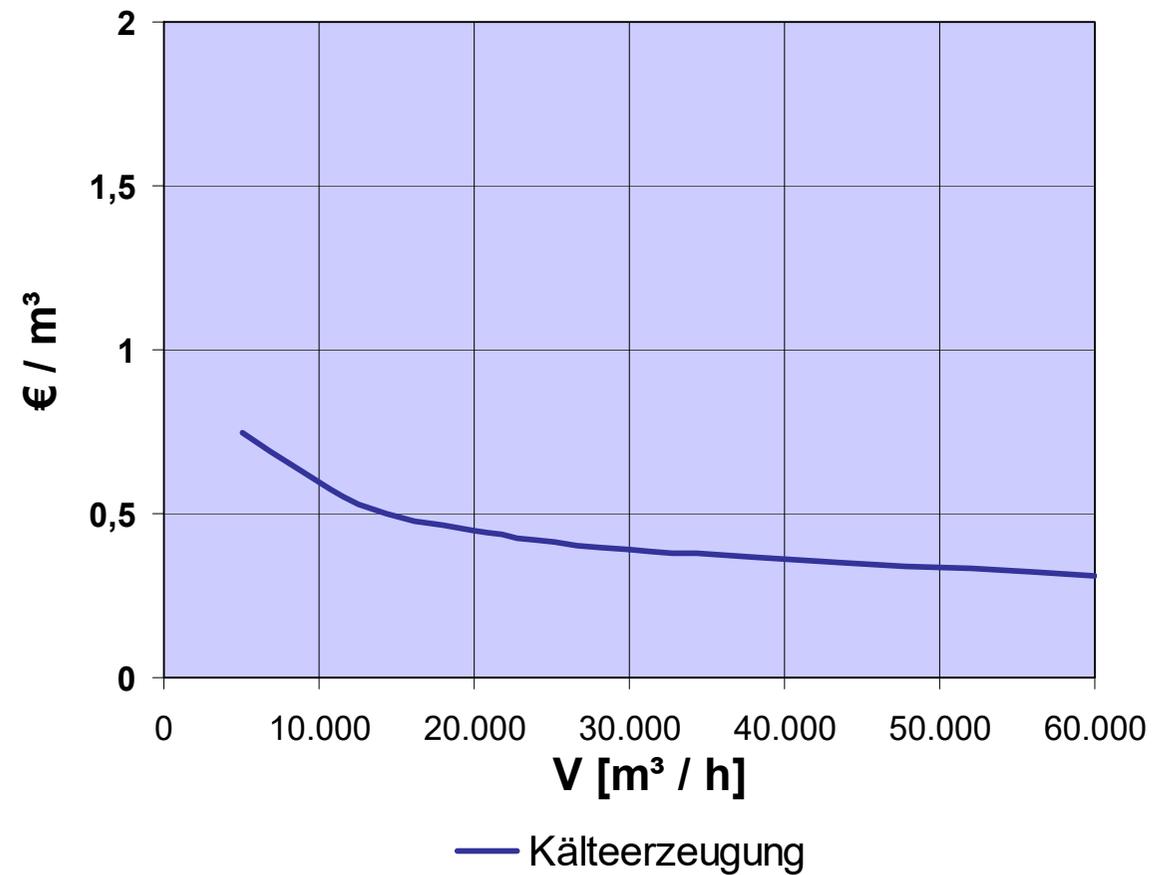
## Mehrinvestitionskosten der WRG



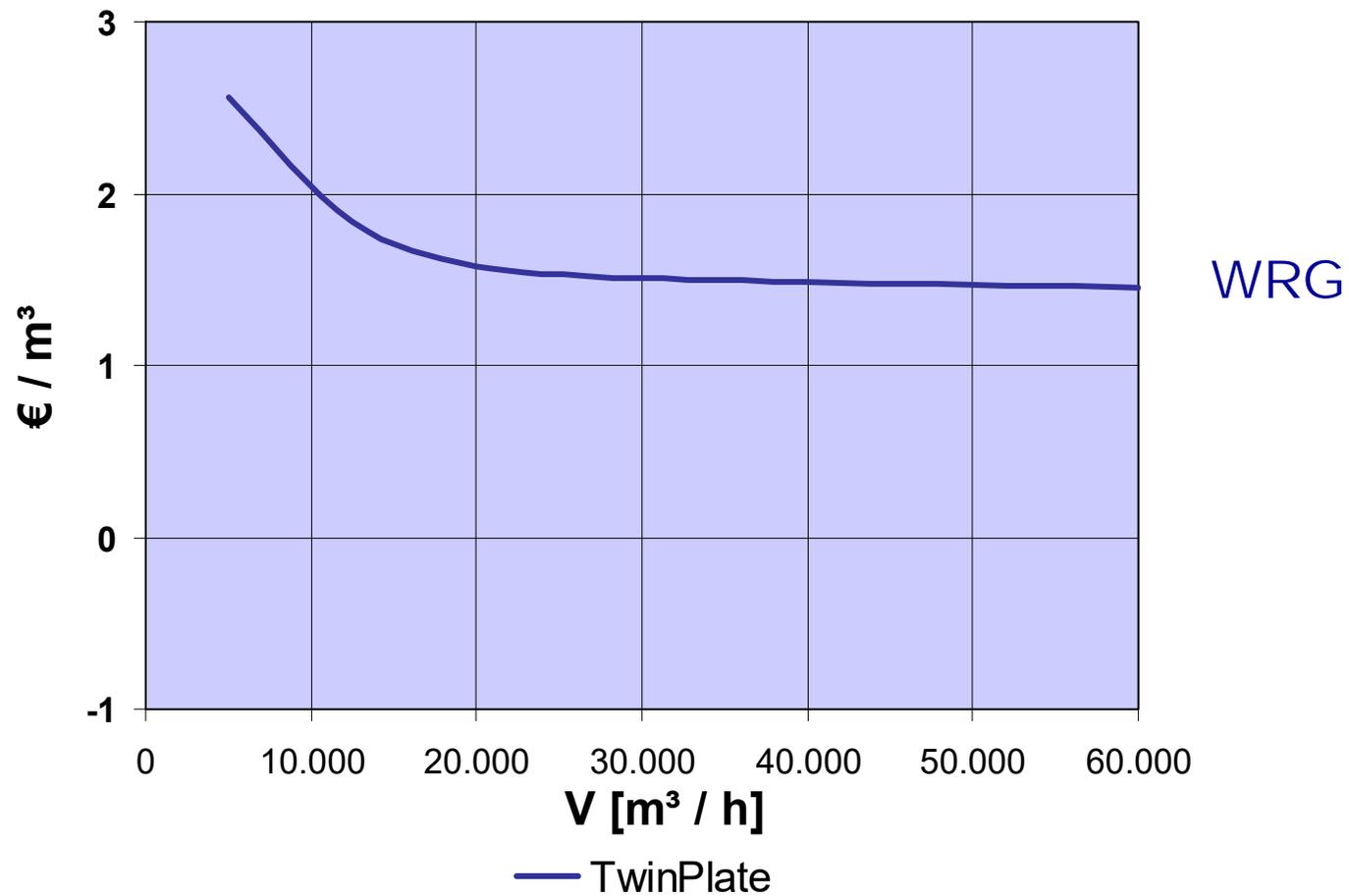
## Minderinvestition Heizenergie



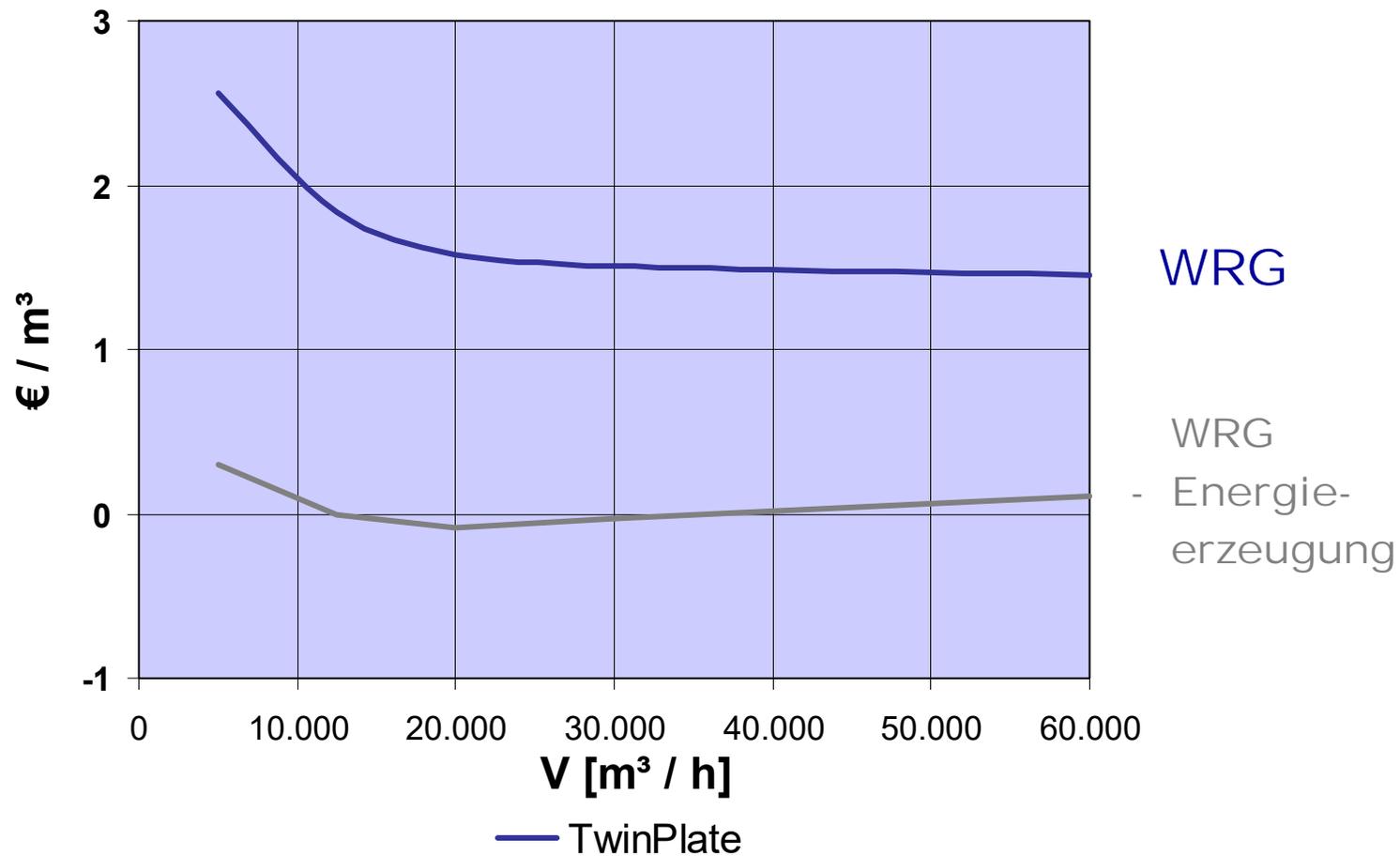
## Minderinvestition Kälteenergie



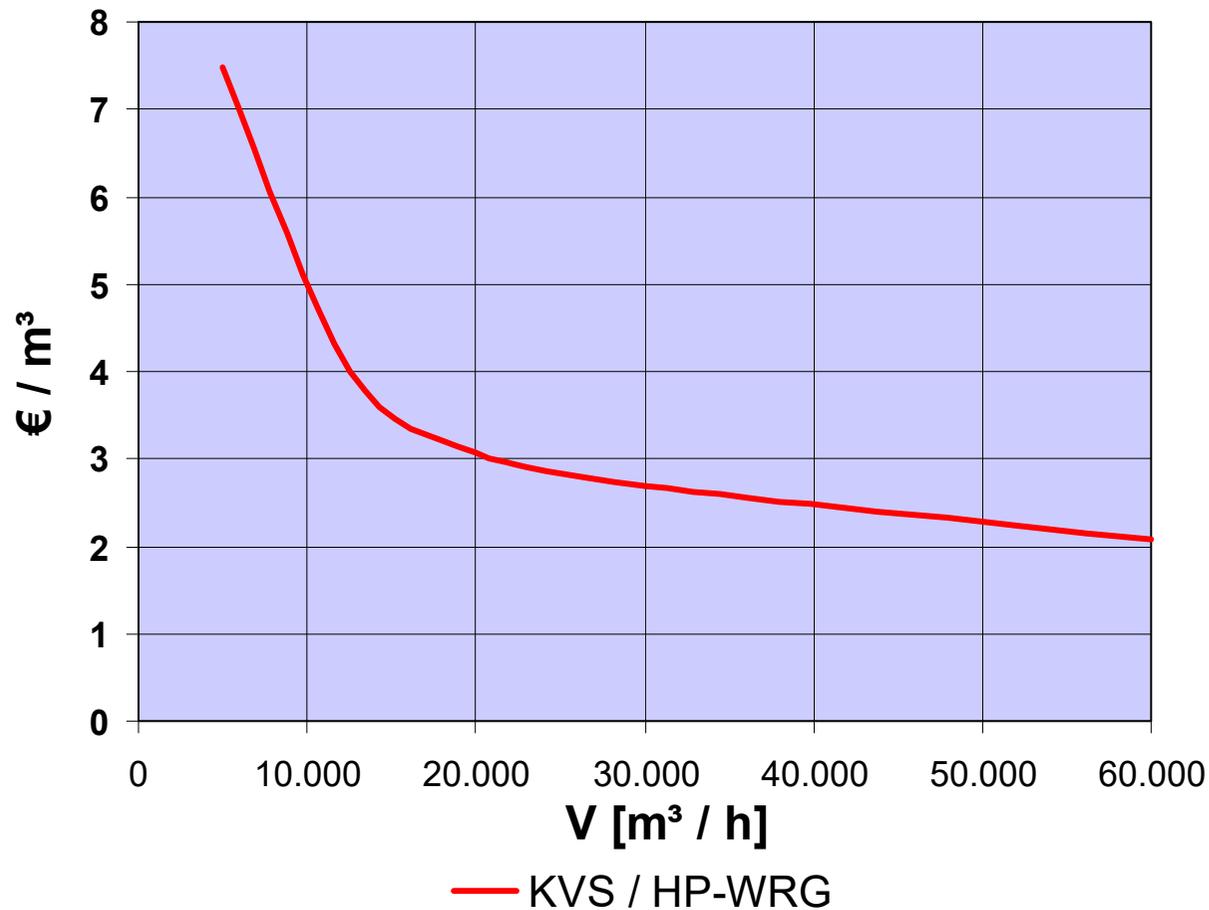
## Investitionskosten



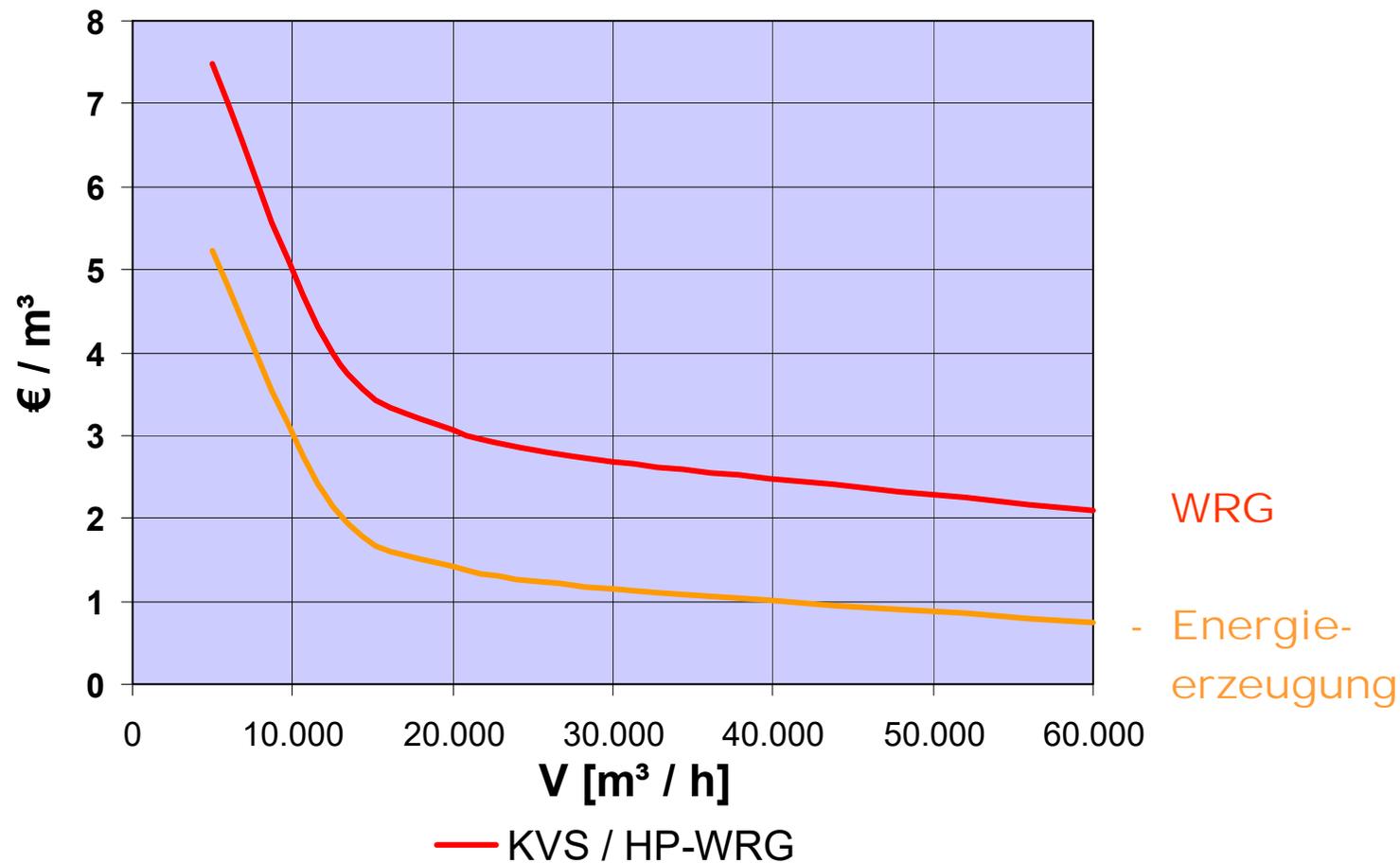
## Investitionskosten der WRG



## Investitionskosten der WRG



## Investitionskosten der WRG



## Arbeiten

Leistungen für die WRG und den Vorerhitzer

$$\dot{Q}_{WRG} = \dot{m}_2 \cdot c_{pL} \cdot (\vartheta_2'' - \vartheta_2')$$

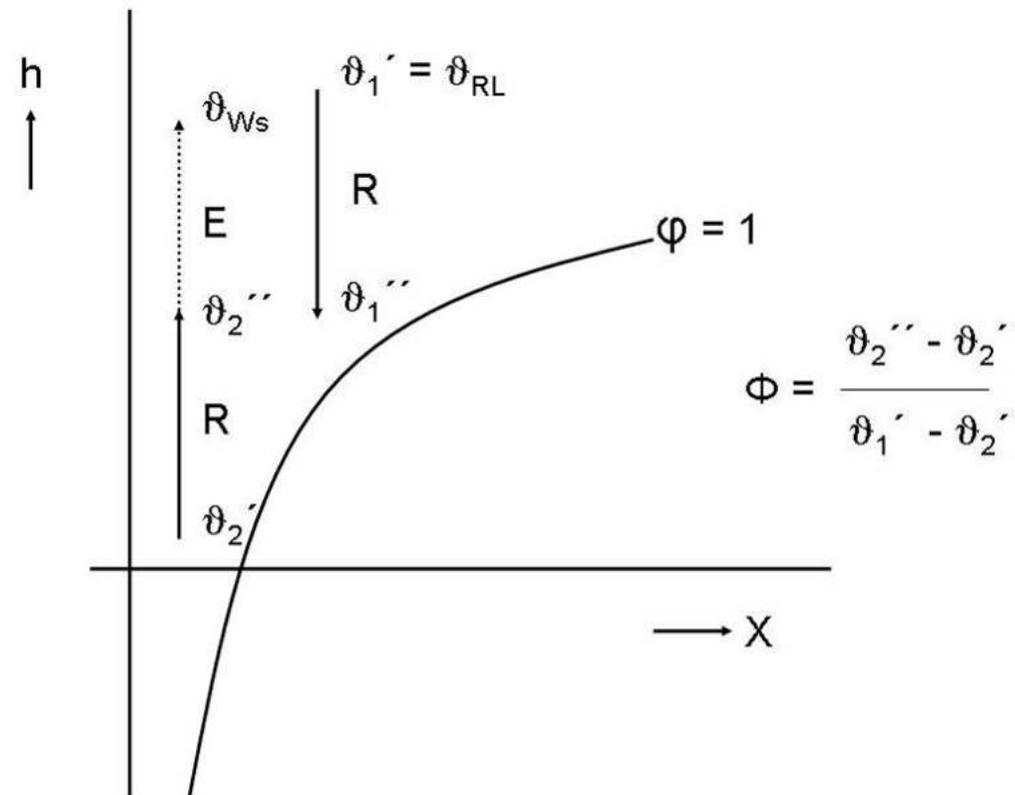
$$\dot{Q}_E = \dot{m}_2 \cdot c_{pL} \cdot (\vartheta_{WS} - \vartheta_2'')$$

$\vartheta_{WS}$  Sollwert der Zuluft [°C]

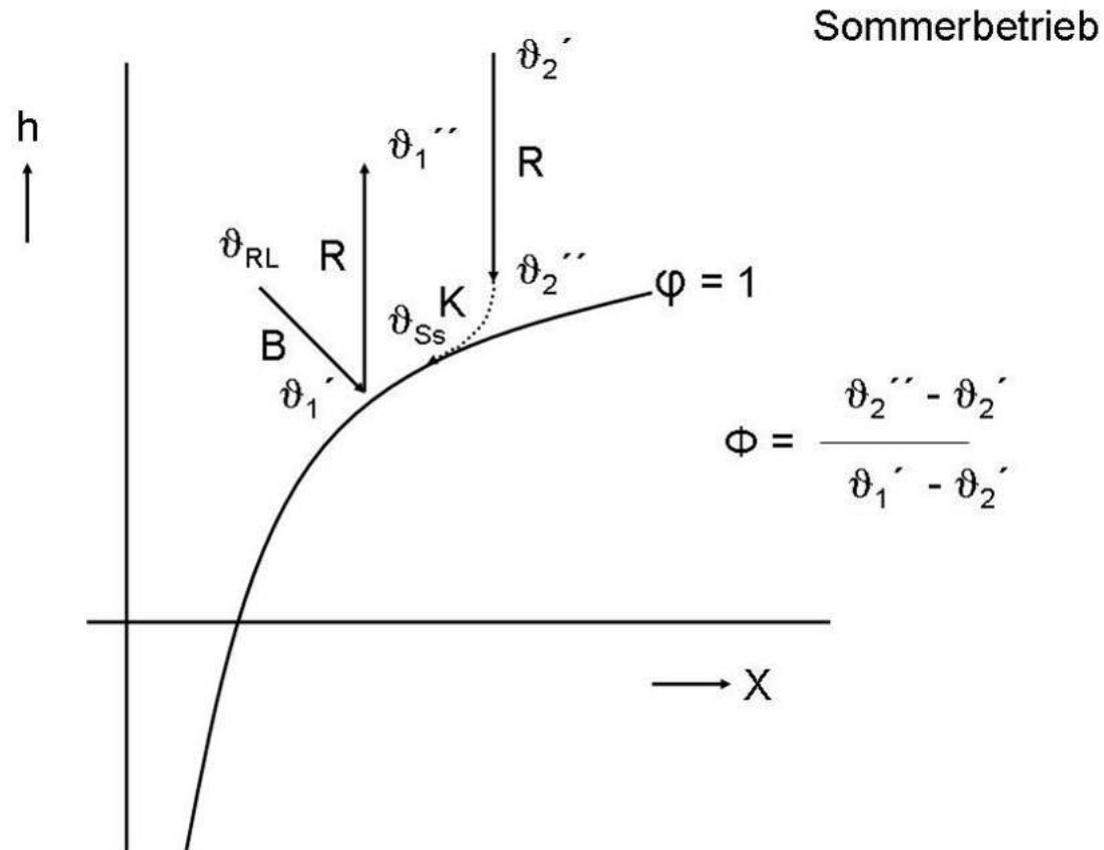
$\dot{Q}_E$  Leistung der Nacherwärmerleistung [kW]

## Wärmerückgewinnung

Winterbetrieb



## Wärmerückgewinnung



## Arbeiten

thermischen Leistungen mit der Häufigkeit multipliziert

$$W_{\text{WRG}(x, y)} = \dot{Q}_{\text{WRG}} \cdot t_{(x, y)}$$

$$W_{\text{E}(x, y)} = \dot{Q}_{\text{E}} \cdot t_{(x, y)}$$

$t_{(x, y)}$  = Zeit der Häufigkeit aus DIN 4710

x Temperatur von -19 bis 37 [°C]

y Absolute Feuchte von 0 bis 19 [g/kg]

## Arbeiten

Arbeiten des Jahres = Summe der Einzelwerte

$$W_{\text{WRG}} = \sum W_{\text{WRG}}(x, y)$$

$$W_{\text{E}} = \sum W_{\text{E}}(x, y)$$

## Arbeiten

energetischen Aufwendungen der Hilfsenergien

$$W_{el(x, y)} = P_{el} \cdot t_{(x, y)}$$

elektrischen Arbeiten = Summe der Einzelwerte:

$$W_{el} = \sum W_{el(x, y)}$$

## Wirtschaftlichkeitskennzahlen

### **Barwertfaktor** mit Bezug zum **Nutzungszeitraum**

Wert künftiger Erträge und Aufwendungen  
abgezinst auf den heutigen Zeitpunkt

$$b = [ (1 + i)^n - 1 ] / i / (1 + i)^n$$

i	Zinssatz [%]
j	Preissteigerungsrate [%]
n	Nutzungsdauer [a]

## Wirtschaftlichkeitskennzahlen

Mit der **Berücksichtigung** der **Preissteigerung**

$$b = [ 1 - [ (1 + j) / (1 + i) ]^n ] / (1 - j)$$

i	Zinssatz [%]
j	Preissteigerungsrate [%]
n	Nutzungsdauer [a]

## Wirtschaftlichkeitskennzahlen

### Jährliche Einsparung (**E**) der WRG

$E = \text{Nutzen} - \text{Aufwand}$

$$E = E_{\text{WRG}} - E_{\text{el}} - E_{\text{U}} - E_{\text{K}}$$

$E_{\text{WRG}}$  energetischer Nutzen der WRG [€]

$E_{\text{el}}$  elektrische Aufwendungen (Hilfsenergie) [€]

$E_{\text{U}}$  Unterhaltungskosten der WRG [€]

$E_{\text{K}}$  Kapitalkosten der WRG [€]

## Wirtschaftlichkeitskennzahlen

### Monetäre Bewertung der WRG

$$E_{WRG} = W_{WRG} \cdot p_{WRG}$$

$$E_{el} = W_{el} \cdot p_{el}$$

$p_{WRG}$  Preis der Arbeit der WRG [€/ kWh]

$p_{el}$  Preis der elektrischen Arbeit [€ / kWh]

## Wirtschaftlichkeitskennzahlen

### Der Kapitalwert der Ersparnisse K

$$K = E \cdot b - I$$

E jährliche Einsparung [€]

b Barwertfaktor innerhalb der Nutzungsphase

I Kapitaleinsatz durch die Investition [€]

## Wirtschaftlichkeitskennzahlen

### Amortisation

$$a = \log [ E / (E - I \cdot (i - j)) ] / \log [ (1 + i) / (1 + j) ]$$

E jährliche Einsparung [€]

I Kapitaleinsatz durch die Investition [€]

i Zinssatz [%]

j Preissteigerung [%]

## Betriebskosten der WRG / $\phi = 75\%$ / Aufwand

▪ **zusätzlich  $\Delta p$  durch:**

$\Delta p$  WRG Zuluft = 250 Pa  
 $\Delta p$  WRG Abluft = 250 Pa  
 $\Delta p$  WRG Filter ABL = 150 Pa  
**650 Pa**

Volumenstrom	5.000 m <sup>3</sup> / h	12.500 m <sup>3</sup> / h	20.000 m <sup>3</sup> / h	30.000 m <sup>3</sup> / h	60.000 m <sup>3</sup> / h
$P_m$ [KW] $= V \times \Delta p / \eta_v$	1,5	3,8	6,0	9,0	18,1

(Laufzeit 24 h / d; 365 d / a)

## Betriebskosten der WRG / $\phi = 75\%$ / Aufwand

▪ **zusätzlich  $\Delta p$  durch:**

$\Delta p$  WRG Zuluft = 250 Pa  
 $\Delta p$  WRG Abluft = 250 Pa  
 $\Delta p$  WRG Filter ABL = 150 Pa  
**650 Pa**

Volumenstrom	5.000 m <sup>3</sup> / h	12.500 m <sup>3</sup> / h	20.000 m <sup>3</sup> / h	30.000 m <sup>3</sup> / h	60.000 m <sup>3</sup> / h
$P_m$ [KW] $= V \cdot \Delta p / \eta_v$	1,5	3,8	6,0	9,0	18,1
el. Arbeit [KWh / a]	13.181	32.951	52.722	79.083	158.167
<b>el Arbeit [€ / m<sup>3</sup> · h]</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>

(Laufzeit 24 h / d; 365 d / a)

## Betriebskosten WRG / $\phi = 75\%$ / Nutzen

Volumenstrom	5.000 m <sup>3</sup> / h	12.500 m <sup>3</sup> / h	20.000 m <sup>3</sup> / h	30.000 m <sup>3</sup> / h	60.000 m <sup>3</sup> / h
Heizenergie [KWh / a]	122.000	305.281	488.376	732.639	1.465.040
Heizenergie [€ / a]	8.612	21.549	34.474	51.716	103.415
Heizenergie [€ / m <sup>3</sup> · h]	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72

(Laufzeit 24 h / d; 365 d / a; Strom 0,15 € / KWh  
Ölpreis 0,6 € / l; t<sub>AB</sub> 20 °C; t<sub>ZU</sub> 22 °C)

## Betriebskosten WRG / $\phi = 75\%$ / Nutzen

Volumenstrom	5.000 m <sup>3</sup> / h	12.500 m <sup>3</sup> / h	20.000 m <sup>3</sup> / h	30.000 m <sup>3</sup> / h	60.000 m <sup>3</sup> / h
Heizenergie [KWh / a]	122.000	305.281	488.376	732.639	1.465.040
Heizenergie [€ / a]	8.612	21.549	34.474	51.716	103.415
Heizenergie [€ / m <sup>3</sup> · h]	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72
Kühlenergie [KWh / a]	1.008	2.540	4.072	6.087	12.210
Kühlenergie [€ / m <sup>3</sup> · h]	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

(Laufzeit 24 h / d; 365 d / a; Strom 0,15 € / KWh  
Ölpreis 0,6 € / l; t<sub>AB</sub> 20 °C; t<sub>zu</sub> 22 °C)

## Gesamt-Betriebskosten WRG / $\phi = 75 \%$

**+ Heizenergie** **1,72 € / m<sup>3</sup> · h**

**+ Kühlenergie** **0,01 € / m<sup>3</sup> · h**

**- Antriebsenergie** **0,40 € / m<sup>3</sup> · h**

---

**Einsparung** **1,33 € / m<sup>3</sup> · h**

(Laufzeit 24 h / d; 365 d / a; Strom 0,15 € / kWh  
Ölpreis 0,6 € / l; t<sub>AB</sub> 20 °C; t<sub>ZU</sub> 22 °C)

## Amortisation der WRG / $\phi = 75\%$

- Doppel-Plattenwärmeübertrager  
(ohne Minderung Kessel- / Kälteanlage)

	5.000 m <sup>3</sup> / h	12.500 m <sup>3</sup> / h	20.000 m <sup>3</sup> / h	30.000 m <sup>3</sup> / h	60.000 m <sup>3</sup> / h
<b>Mehrinvestition</b> [€ / m <sup>3</sup> · h]	2,56	1,84	1,58	1,51h	1,45

(Laufzeit 24 h / d; 365 d / a;  $\Delta p$  zusätzlich 650 Pa  
Strom 0,15 € / kWh; Ölpreis 0,6 € / l  
t<sub>AB</sub> 20 °C; t<sub>ZU</sub> 22 °C)

## Amortisation der WRG / $\phi = 75\%$

- Doppel-Plattenwärmeübertrager  
(ohne Minderung Kessel- / Kälteanlage)

	5.000 m <sup>3</sup> / h	12.500 m <sup>3</sup> / h	20.000 m <sup>3</sup> / h	30.000 m <sup>3</sup> / h	60.000 m <sup>3</sup> / h
<b>Mehrinvestition</b> [€ / m <sup>3</sup> · h]	2,56	1,84	1,58	1,51h	1,45
<b>Nutzen</b> [€ / m <sup>3</sup> · h]	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33

(Laufzeit 24 h / d; 365 d / a;  $\Delta p$  zusätzlich 650 Pa  
Strom 0,15 € / kWh; Ölpreis 0,6 € / l  
t<sub>AB</sub> 20 °C; t<sub>ZU</sub> 22 °C)

## Amortisation der WRG / $\phi = 75\%$

- Doppel-Plattenwärmeübertrager  
(ohne Minderung Kessel- / Kälteanlage)

	5.000 m <sup>3</sup> / h	12.500 m <sup>3</sup> / h	20.000 m <sup>3</sup> / h	30.000 m <sup>3</sup> / h	60.000 m <sup>3</sup> / h
<b>Mehrinvestition</b> [€ / m <sup>3</sup> · h]	2,56	1,84	1,58	1,51	1,45
<b>Nutzen</b> [€ / m <sup>3</sup> · h]	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
<b>Amortisation</b> [a]	<b>1,92</b>	<b>1,38</b>	<b>1,19</b>	<b>1,14</b>	<b>1,09</b>

(Laufzeit 24 h / d; 365 d / a;  $\Delta p$  zusätzlich 650 Pa  
Strom 0,15 € / kWh; Ölpreis 0,6 € / l  
t<sub>AB</sub> 20 °C; t<sub>ZU</sub> 22 °C)

## Amortisation der WRG / $\phi = 75\%$

- Doppel-Plattenwärmeübertrager  
(mit Minderung Kessel- / Kälteanlage)

	5.000 m <sup>3</sup> / h	12.500 m <sup>3</sup> / h	20.000 m <sup>3</sup> / h	30.000 m <sup>3</sup> / h	60.000 m <sup>3</sup> / h
<b>Mehrinvestition</b> [€ / m <sup>3</sup> · h]	0,3	0	-0,08	-0,03	0,11
<b>Nutzen</b> [€ / m <sup>3</sup> · h]	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
<b>Amortisation</b> [a]	<b>0,2</b>	<b>0</b>	-	-	<b>0,1</b>

(Laufzeit 24 h / d; 365 d / a;  $\Delta p$  zusätzlich 650 Pa  
Strom 0,15 € / kWh; Ölpreis 0,6 € / l  
t<sub>AB</sub> 20 °C; t<sub>ZU</sub> 22 °C)

## Amortisation der WRG / $\phi = 75\%$

- Kreislaufverbundsystem  
(ohne Minderung Kessel- / Kälteanlage)

	5.000 m <sup>3</sup> / h	12.500 m <sup>3</sup> / h	20.000 m <sup>3</sup> / h	30.000 m <sup>3</sup> / h	60.000 m <sup>3</sup> / h
<b>Mehrinvestition</b> [€ / m <sup>3</sup> · h]	7,48	3,99	3,07	2,69	2,09
<b>Nutzen</b> [€ / m <sup>3</sup> · h]	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
<b>Amortisation</b> [a]	<b>5,6</b>	<b>3,0</b>	<b>2,3</b>	<b>2,0</b>	<b>1,6</b>

(Laufzeit 24 h / d; 365 d / a;  $\Delta p$  zusätzlich 650 Pa  
Strom 0,15 € / kWh; Ölpreis 0,6 € / l  
t<sub>AB</sub> 20 °C; t<sub>ZU</sub> 22 °C)

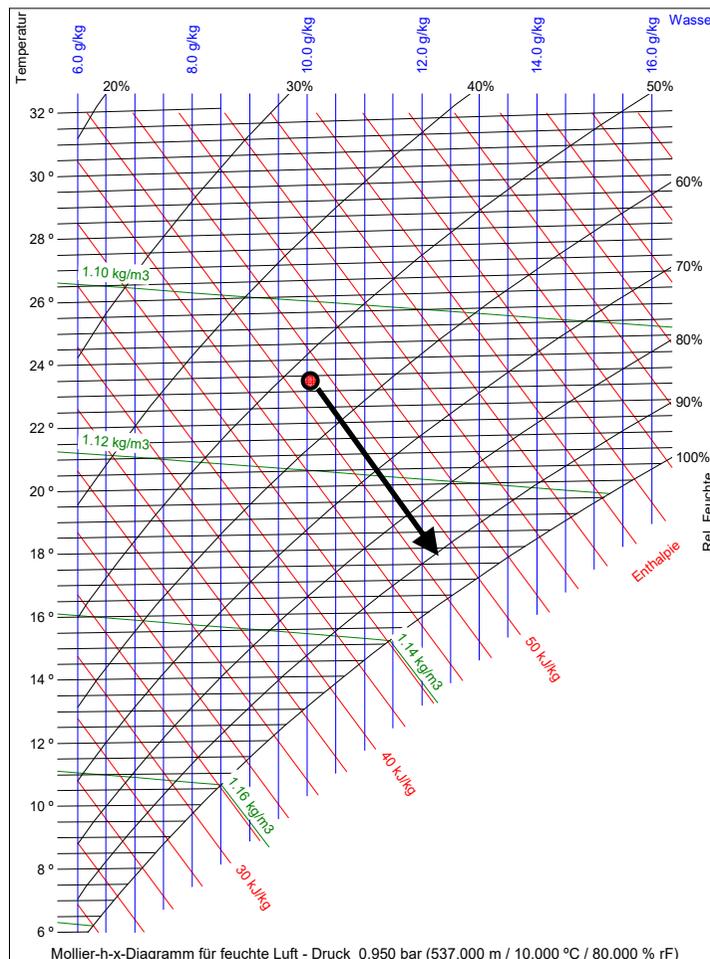
## Amortisation der WRG / $\phi = 75\%$

- Kreislaufverbundsystem  
(mit Minderung Kessel- / Kälteanlage)

	5.000 m <sup>3</sup> / h	12.500 m <sup>3</sup> / h	20.000 m <sup>3</sup> / h	30.000 m <sup>3</sup> / h	60.000 m <sup>3</sup> / h
<b>Mehrinvestition</b> [€ / m <sup>3</sup> · h]	5,22	2,15	1,41	1,15	0,75
<b>Nutzen</b> [€ / m <sup>3</sup> · h]	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
<b>Amortisation</b> [a]	<b>3,9</b>	<b>1,6</b>	<b>1,1</b>	<b>0,9</b>	<b>0,6</b>

(Laufzeit 24 h / d; 365 d / a;  $\Delta p$  zusätzlich 650 Pa  
Strom 0,15 € / kWh; Ölpreis 0,6 € / l  
t<sub>AB</sub> 20 °C; t<sub>ZU</sub> 22 °C)

## Indirekte Verdunstungskühlung der Abluft



### ■ Beispiel:

$$V = 20.000 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$t_{\text{ABL}} = 24 \text{ °C} / 50 \%$$

adiabate Befeuchtung:

$$t_{\text{ABL}} = 18 \text{ °C} / 90 \%$$

$$(\Delta x = 2,5 \text{ g} / \text{kg})$$

Verdunstung:

$$\text{H}_2\text{O} = 50 \text{ kg} / \text{h}$$

$$\text{Leistung} = 34,7 \text{ KW}$$

## Indirekte Verdunstungskühlung

### Aufwand Betrieb

Betriebskosten Befeuchterwasser  
 $0,060 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 2 \cdot 5 \text{ €/m}^3 \cdot 1.000 \text{ h/a} \sim$

**600 €/a**

### Nutzen Betrieb

Betriebskosten Kältemaschine  
 $40 \text{ KW} \cdot 0,75 / 3 \cdot 0,20 \text{ €} \cdot 1.000 \text{ h/a} \sim$

**2.000 €/a**

## Indirekte Verdunstungskühlung

### Investition

Kältemaschine

26 KW<sup>0,7</sup> • 1.500 (Regnagel Sprenger) ~

**15.000 €**

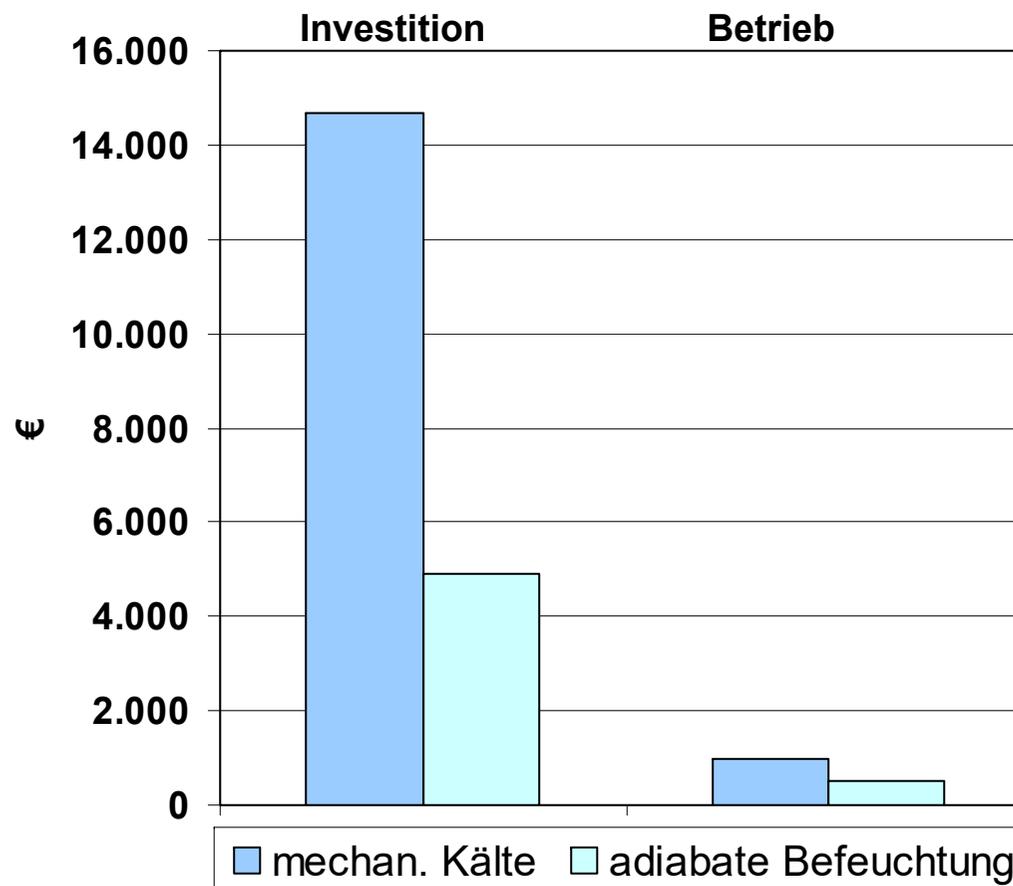
### Investition

Befeuchter

Kalkulation HOWATHERM ~

**5.000 €**

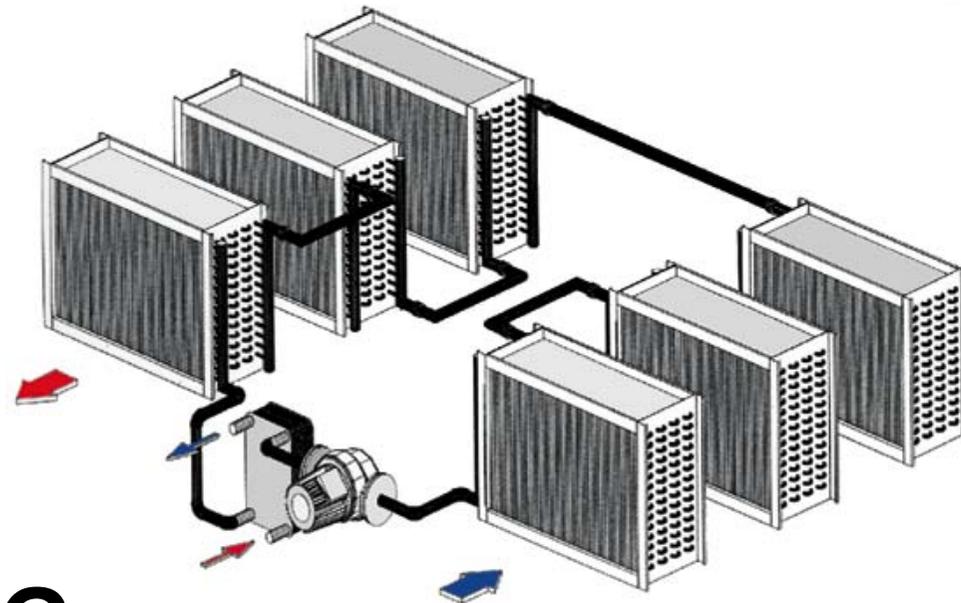
## Indirekte Verdunstungskühlung der Abluft



(Laufzeit 1.000 h / a  
 $\Phi$  WRG 75 %  
Strom 0,15 € / kWh  
KM: Leistungsziffer 3

## Amortisation / Haupteinflussgrößen

### Beispiel:



**KVS HP-WRG**

**$V = 20.000 \text{ m}^3/\text{h}$**

(Rückwärmzahl  $\Phi$  75 %  
Laufzeit 24 h / d; 365 d / a  
Ölpreis 0,6 € / l  
Strompreis 0,15 € / kWh  
 $t_{\text{AB}} 20^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{ZU}} 22^\circ\text{C}$   $\Delta p$  WRG  
zusätzlich 650 Pa)

## Amortisation / Haupteinflussgrößen

- Rückwärmzahl  $\Phi$

## Amortisation / KVS HP-WRG

(20.000 m<sup>3</sup>/h)

### Parameter:

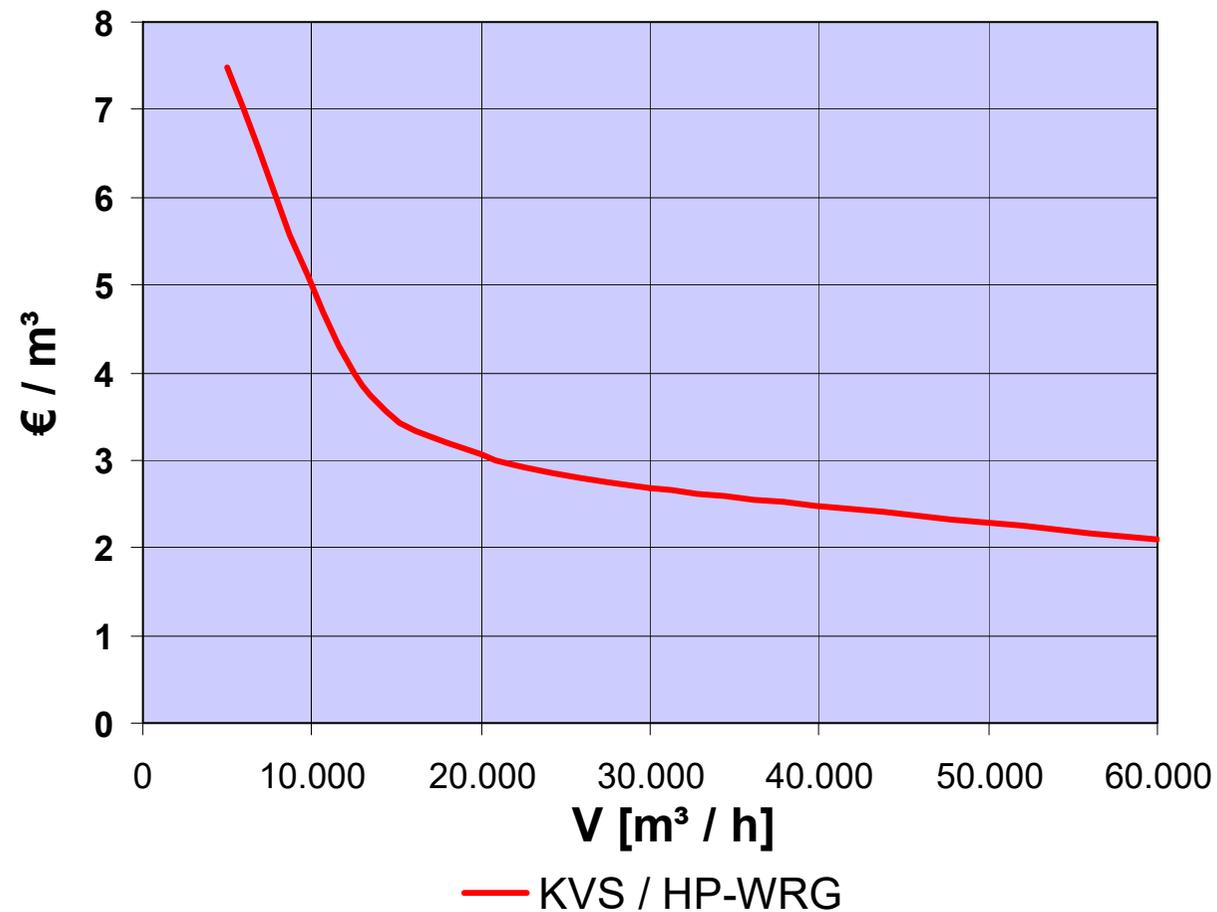
Rückwärmzahl  $\Phi$  75 %, Laufzeit 24 h / d; 365 d/a, Ölpreis 0,6 € / l, Strompreis 0,15 € / kWh,  
 $\Delta p$  WRG zusätzlich 650 Pa,  $t_{AB}$  20°C, ohne Minderinvestition Energieerzeugung

Rückwärmzahl  $\Phi$  75 %

---

**Investitionskosten:**

## Mehrinvestitionskosten der WRG



## Amortisation / KVS HP-WRG

(20.000 m<sup>3</sup>/h)

### Parameter:

Rückwärmzahl  $\Phi$  75 %, Laufzeit 24 h / d; 365 d/a, Ölpreis 0,6 € / l, Strompreis 0,15 € / kWh,  
 $\Delta p$  WRG zusätzlich 650 Pa,  $t_{AB}$  20°C, ohne Minderinvestition Energieerzeugung

Rückwärmzahl  $\Phi$  75 %

---

### Investitionskosten:

3 € / m<sup>3</sup> · h = 60.000 €

**Betriebskosten (-) :**

## Gesamt-Betriebskosten WRG / $\phi = 75 \%$

**+ Heizenergie** **1,72 € / m<sup>3</sup> · h**

**+ Kühlenergie** **0,01 € / m<sup>3</sup> · h**

**- Antriebsenergie** **0,40 € / m<sup>3</sup> · h**

---

▶ **Einsparung** **1,33 € / m<sup>3</sup> · h**

## Amortisation / KVS HP-WRG

(20.000 m<sup>3</sup>/h)

### Parameter:

Rückwärmzahl  $\Phi$  75 %, Laufzeit 24 h / d; 365 d/a, Ölpreis 0,6 € / l, Strompreis 0,15 € / kWh,  
 $\Delta p$  WRG zusätzlich 650 Pa,  $t_{AB}$  20°C, ohne Minderinvestition Energieerzeugung

Rückwärmzahl  $\Phi$  75 %

Rückwärmzahl  $\Phi$  55 %

### Investitionskosten:

3 € / m<sup>3</sup> · h = 60.000 €

44.000 €

### Betriebskosten (-) :

1,33 € / m<sup>3</sup> · h = 26.500 € / a

19.500 € / a

(26.500 · 0,55 / 0,75)

### Amortisation:

60.000 / 26.500 = **2,3 a**

44.000 / 19.500 = **2,3 a**

## Amortisation / Haupteinflussgrößen

- Rückwärmzahl  $\Phi$
- Betriebszeiten

## Amortisation / KVS HP-WRG

(20.000 m<sup>3</sup>/h)

### Parameter:

Rückwärmzahl  $\Phi$  75 %, Laufzeit 24 h / d; 365 d/a, Ölpreis 0,6 € / l, Strompreis 0,15 € / kWh,  
 $\Delta p$  WRG zusätzlich 650 Pa,  $t_{AB}$  20°C, ohne Minderinvestition Energieerzeugung

Laufzeit 24 h / d; 365 d / a

Laufzeit 12 h / d; 365 d / a

### Investitionskosten:

3 € / m<sup>3</sup> · h = 60.000 €

60.000 €

### Betriebskosten (-) :

1,33 € / m<sup>3</sup> · h = 26.500 € / a

13250 € / a

(26.500 · 12 / 24)

### Amortisation:

60.000 / 26.500 = **2,3 a**

60.000 / 13250 = **4,6 a**

## Amortisation / Haupteinflussgrößen

- Rückwärmzahl  $\Phi$
- Betriebszeiten
- Betriebskosten / Ölpreis

## Amortisation / KVS HP-WRG

(20.000 m<sup>3</sup>/h)

### Parameter:

Rückwärmzahl  $\Phi$  75 %, Laufzeit 24 h / d; 365 d/a, Ölpreis 0,6 € / l, Strompreis 0,15 € / kWh,  
 $\Delta p$  WRG zusätzlich 650 Pa,  $t_{AB}$  20°C, ohne Minderinvestition Energieerzeugung

Ölpreis 0,6 € / l

Ölpreis 0,72 € / l (+ 20%)

### Investitionskosten:

3 € / m<sup>3</sup> · h = 60.000 €

60.000 €

### Betriebskosten (-) :

1,33 € / m<sup>3</sup> · h = 26.500 € / a

33.500 € / a

(20.000 · (0,72 / 0,6 · 1,72 - 0,39))

### Amortisation:

60.000 / 26.500 = **2,3 a**

60.000 / 33.500 = **1,8 a**

## Amortisation / Haupteinflussgrößen

- Rückwärmzahl  $\Phi$
- Betriebszeiten
- Betriebskosten / Ölpreis
- Betriebskosten / Strompreis

## Amortisation / KVS HP-WRG

(20.000 m<sup>3</sup>/h)

### Parameter:

Rückwärmzahl  $\Phi$  75 %, Laufzeit 24 h / d; 365 d/a, Ölpreis 0,6 € / l, Strompreis 0,15 € / kWh,  
 $\Delta p$  WRG zusätzlich 650 Pa,  $t_{AB}$  20°C, ohne Minderinvestition Energieerzeugung

Strompreis 0,15 € / kWh

Strompreis 0,12 € / kWh (- 20%)

### Investitionskosten:

3 € / m<sup>3</sup> · h = 60.000 €

60.000 €

### Betriebskosten (-) :

1,33 € / m<sup>3</sup> · h = 26.500 € / a

27850 € / a

(20.000 · (1,72 - 0,41 · 0,12 / 0,15))

### Amortisation:

60.000 / 26.500 = **2,3 a**

60.000 / 27850 = **2,1 a**

## Amortisation / Haupteinflussgrößen

- Rückwärmzahl  $\Phi$
- Betriebszeiten
- Betriebskosten / Ölpreis
- Betriebskosten / Strompreis
- Betriebskosten /  $\Delta p$  WRG

## Amortisation / KVS HP-WRG

(20.000 m<sup>3</sup>/h)

### Parameter:

Rückwärmzahl  $\Phi$  75 %, Laufzeit 24 h / d; 365 d/a, Ölpreis 0,6 € / l, Strompreis 0,15 € / kWh,  
 $\Delta p$  WRG zusätzlich 650 Pa,  $t_{AB}$  20°C, ohne Minderinvestition Energieerzeugung

$\Delta p$  WRG 650 Pa

$\Delta p$  WRG 520 Pa (- 20%)

### Investitionskosten:

3 € / m<sup>3</sup> · h = 60.000 €

60.000 €

### Betriebskosten (-) :

1,33 € / m<sup>3</sup> · h = 26.500 € / a

28.200 € / a

(20.000 · (1,73 - 0,40 · 520 / 650))

### Amortisation:

60.000 / 26.500 = **2,3 a**

60.000 / 28.200 = **2,1 a**

## Amortisation / Haupteinflussgrößen

- Rückwärmzahl  $\Phi$
- Betriebszeiten
- Betriebskosten / Ölpreis
- Betriebskosten / Strompreis
- Betriebskosten /  $\Delta p$  WRG
- Ablufttemperatur

## Amortisation / KVS HP-WRG

(20.000 m<sup>3</sup>/h)

### Parameter:

Rückwärmzahl  $\Phi$  75 %, Laufzeit 24 h / d; 365 d/a, Ölpreis 0,6 € / l, Strompreis 0,15 € / kWh,  
 $\Delta p$  WRG zusätzlich 650 Pa,  $t_{AB}$  20°C, ohne Minderinvestition Energieerzeugung

Ablufttemperatur 20°C

Ablufttemperatur 22°C (+ 2°C)

### Investitionskosten:

3 € / m<sup>3</sup> · h = 60.000 €

60.000 €

### Betriebskosten (-) :

1,33 € / m<sup>3</sup> · h = 26.500 € / a

32.800 € / a

(1,64 € / m<sup>3</sup> · h · 20.000)

### Amortisation:

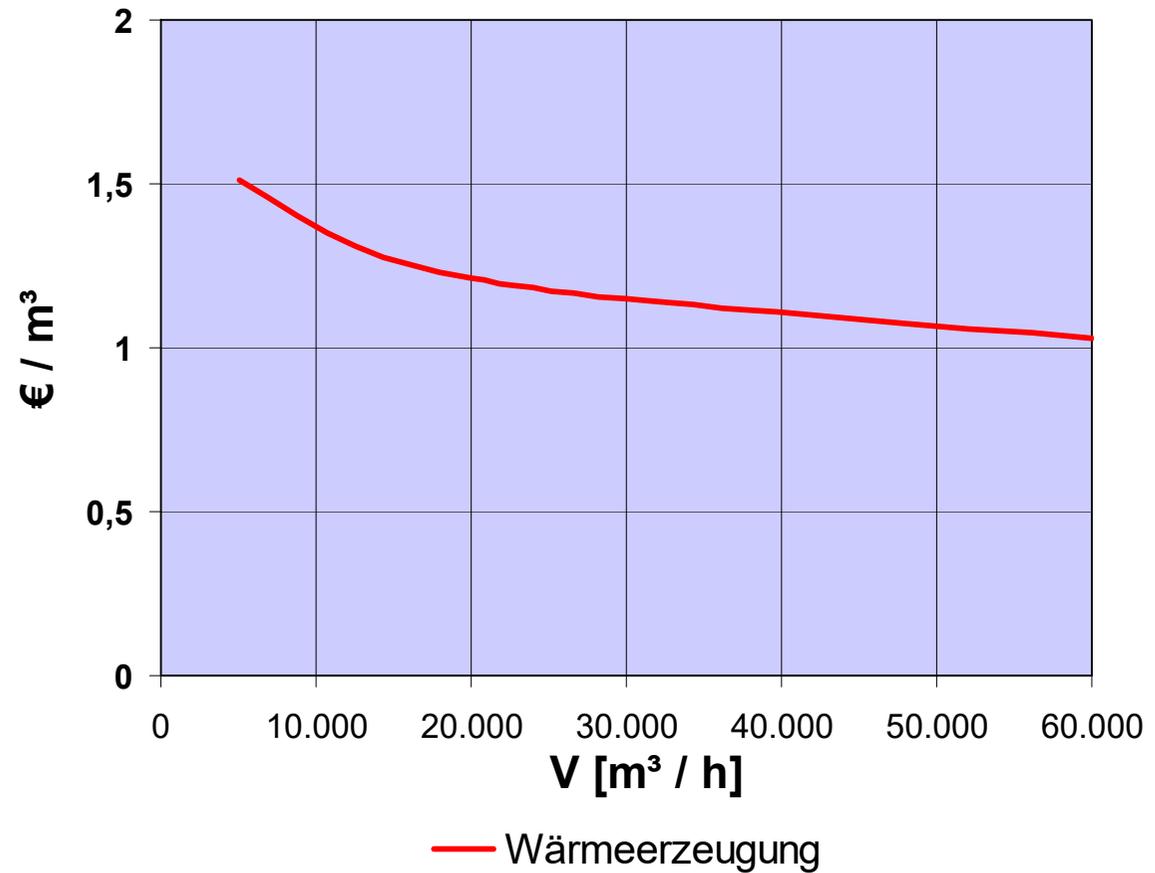
60.000 / 26.500 = **2,3 a**

60.000 / 32.800 = **1,8 a**

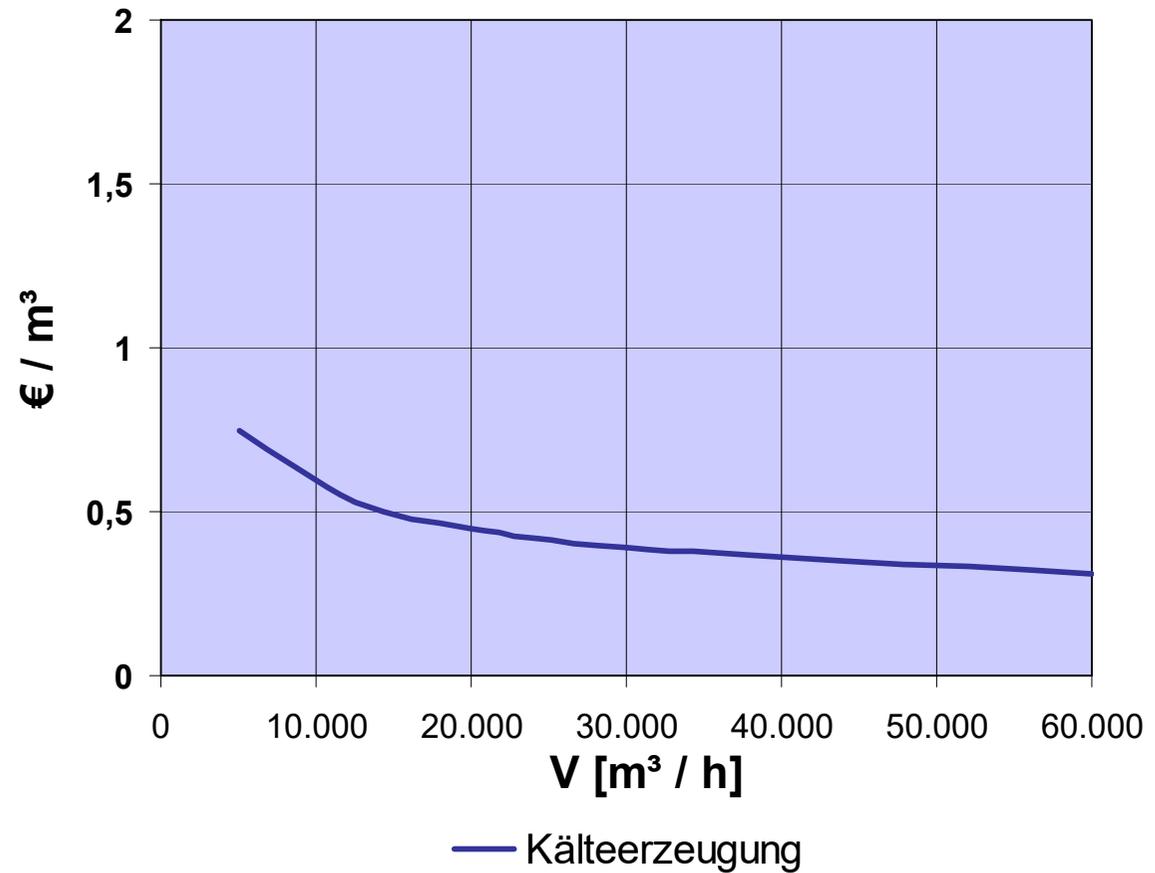
## Amortisation / Haupteinflussgrößen

- Rückwärmzahl  $\Phi$
- Betriebszeiten
- Betriebskosten / Ölpreis
- Betriebskosten / Strompreis
- Betriebskosten /  $\Delta p$  WRG
- Ablufttemperatur
- Minderinvestition Energieerzeugung

## Minderinvestition Heizenergie



## Minderinvestition Kälteenergie



## Amortisation / KVS HP-WRG

(20.000 m<sup>3</sup>/h)

### Parameter:

Rückwärmzahl  $\Phi$  75 %, Laufzeit 24 h / d; 365 d/a, Ölpreis 0,6 € / l, Strompreis 0,15 € / kWh,  
 $\Delta p$  WRG zusätzlich 650 Pa,  $t_{AB}$  20°C, ohne Minderinvestition Energieerzeugung

ohne Minderinvestition  
Energieerzeugung

mit Minderinvestition  
Energieerzeugung

### Investitionskosten:

$$3 \text{ € / m}^3 \cdot h = 60.000 \text{ €}$$

$$3 - 1,56 \text{ € / m}^3 = 27.000 \text{ €}$$

### Betriebskosten (-) :

$$1,33 \text{ € / m}^3 \cdot h = 26.500 \text{ € / a} \quad 26.500 \text{ € / a}$$

### Amortisation:

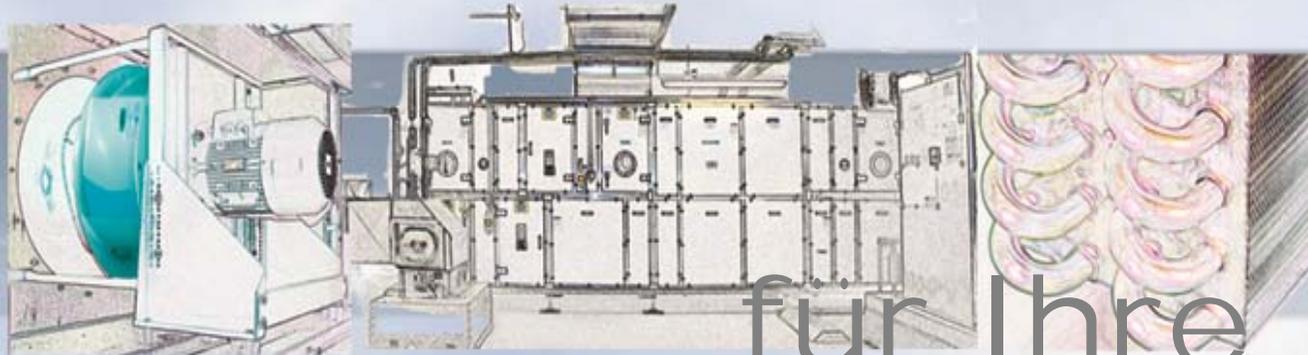
$$60.000 / 26.5 = \mathbf{2,3 \text{ a}}$$

$$27.000 / 26.500 = \mathbf{1,0 \text{ a}}$$

## Wärmerückgewinnung / Zusammenfassung

- Wirtschaftlichkeitsberechnung immer projektspezifisch zur Berechnung der Amortisationszeiten
- Vergleich der Systeme unter Beachtung des Kapitalwertes über die gesamte Nutzungsdauer
- Vergleich verschiedener Hersteller über messtechnisch nachgewiesene Rückwärmzahl
- Planung rechtzeitig unter Einbeziehung der Minderung der Wärme- bzw. Kälteerzeugung
- Amortisation der Investitionen in der Regel innerhalb kürzester Zeit

# Herzlichen Dank



für Ihre  
Aufmerksamkeit

## **Raumlufttechnik Wirtschaftlichkeit**

Energierückgewinnung und Energieeffizienz-  
technologien in der Lüftungstechnik

Prof. Dr.-Ing. **Christoph Kaup**

c.kaup@umwelt-campus.de

Dipl.-Ing. **Christian Backes**

backes@howatherm.de



HOCHSCHULE TRIER  
**Umwelt-Campus Birkenfeld**

Umwelt macht Karriere.