

---

# Fakten und Analysen zum VIP-Nullheizenergiehaus

---



Martin Fischer



Fraunhofer-Institut für  
Solare Energiesysteme ISE

**VARIOTEC Innovationstage**  
Feucht, 21. Januar 2010

[www.ise.fraunhofer.de](http://www.ise.fraunhofer.de)

# VIP Nullheizenergiehaus Voggental

Passivhaus, NGF: 298 m<sup>2</sup>,  
2 Hauptnutzer

Vorfertigung mit Vakuumisulations-  
paneelen

Energieeffiziente Kühlung  
mit Regenwasserzisterne

TABS mit Phasenwechselmaterial  
zur Erhöhung der Speichermasse im  
Holzhaus



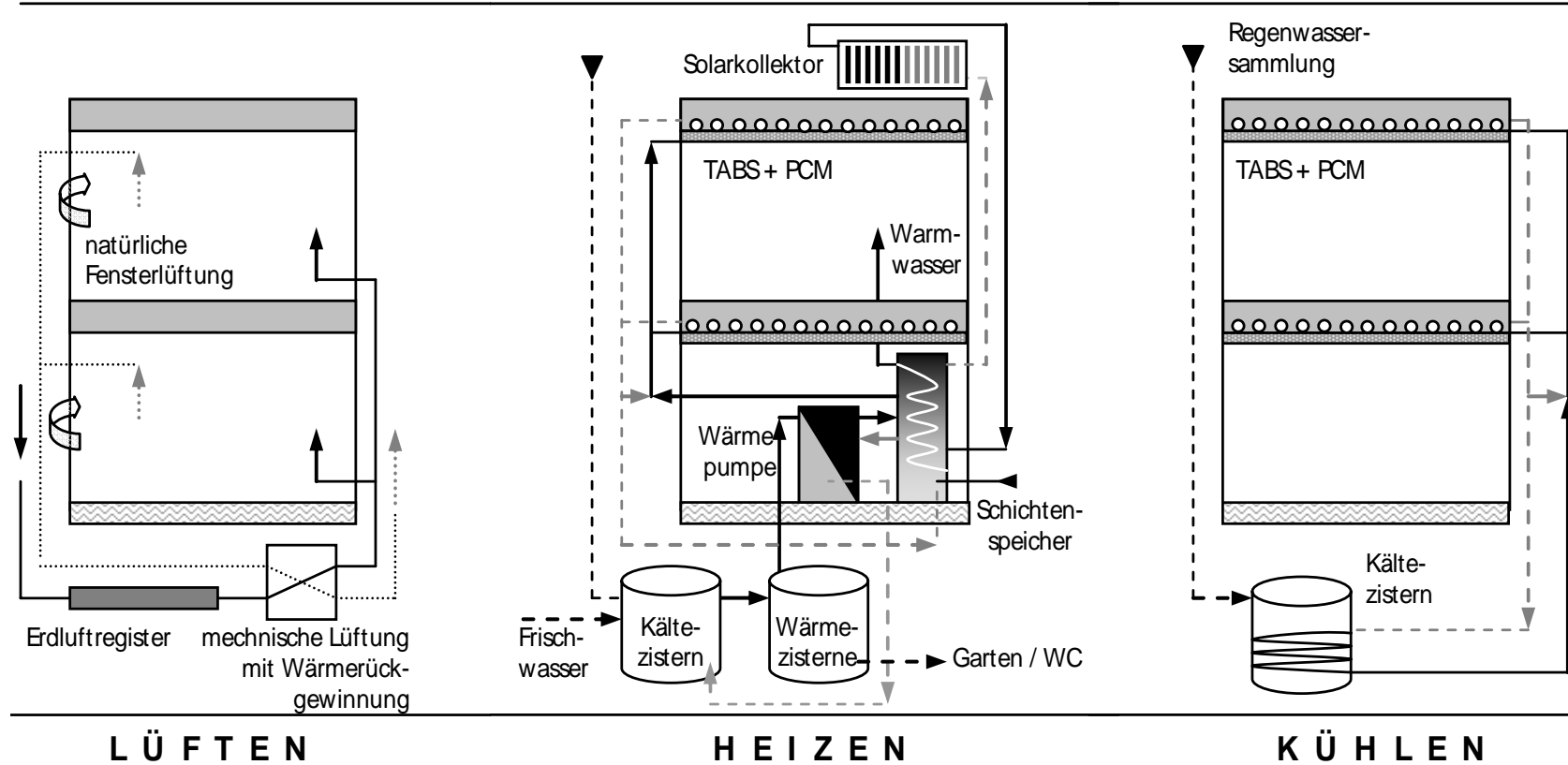
## Ziel:

Bewertung der Gesamtenergiebilanz des Gebäudes

Evaluierung der Heiz- und Kühlperformance der Regenwasserzisternen

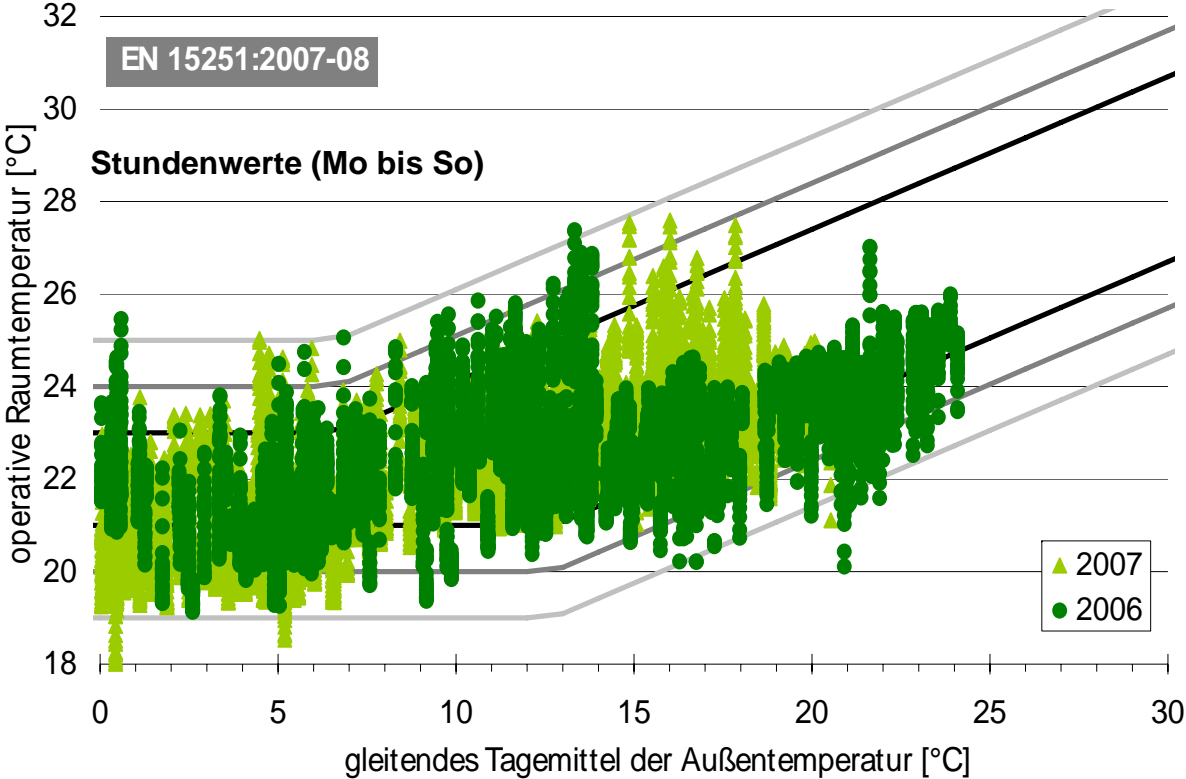
Bewertung der VIP-Vakuumisulationspaneele

# Energiekonzept Heizen und Kühlen



# Thermischer Raumkomfort

## Europäische Komfortnorm EN 15251:2007-08



# Heiz- und Kühlkonzept

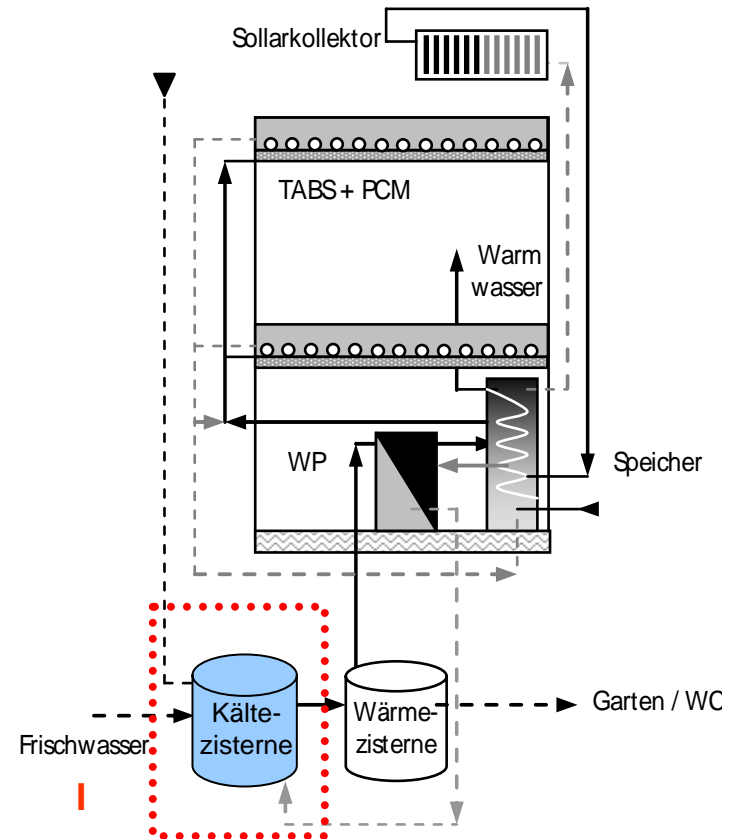
# Kühlbetrieb 2007

## Bilanz I: Regenwasserzisterne als natürliche Wärmequelle

Kühlenergie:  $3.7 \text{ kWh}_{\text{therm}}/\text{m}^2_{\text{NGFa}}$

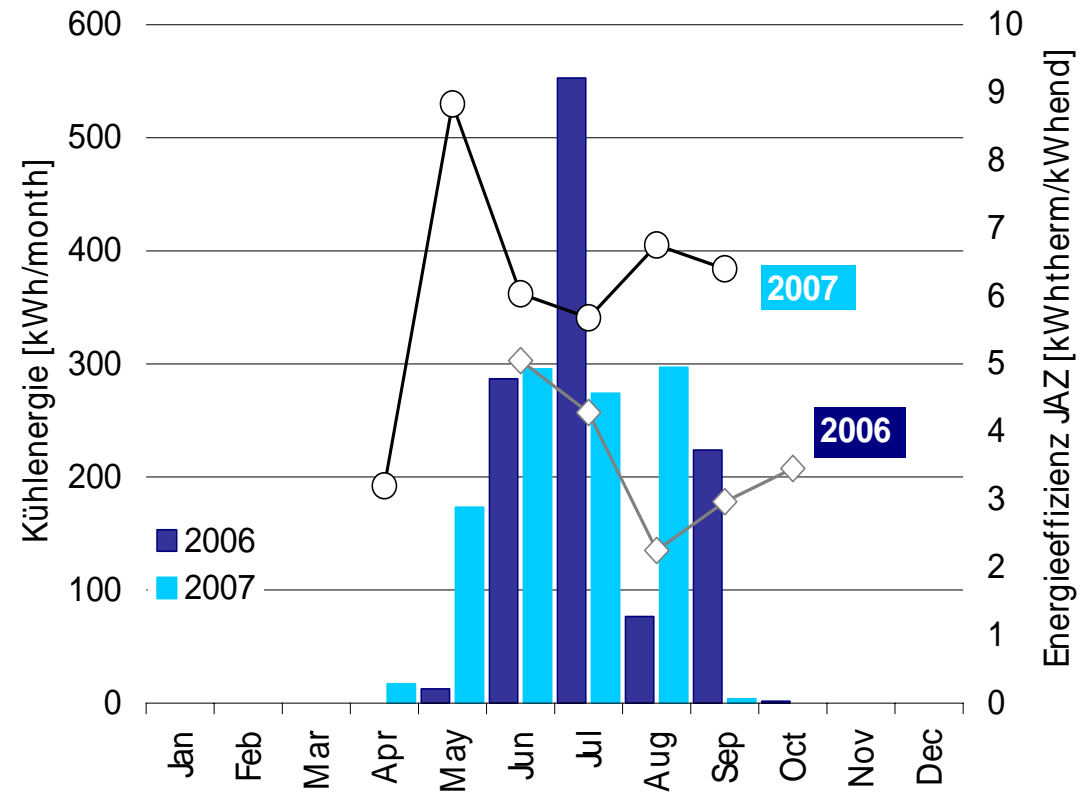
Hilfsenergie:  $0.5 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{m}^2_{\text{NGFa}}$

Effizienz:  $6.9 \text{ kWh}_{\text{therm}}/\text{kWh}_{\text{el}}$



# Kühlbetrieb 2007

## Energie und Effizienz



# Energiebilanz Regenwasserzisterne: Kühlfall Jahresbilanz

Energiebilanz wird dominiert durch Wärmeverlust  
ans Erdreich

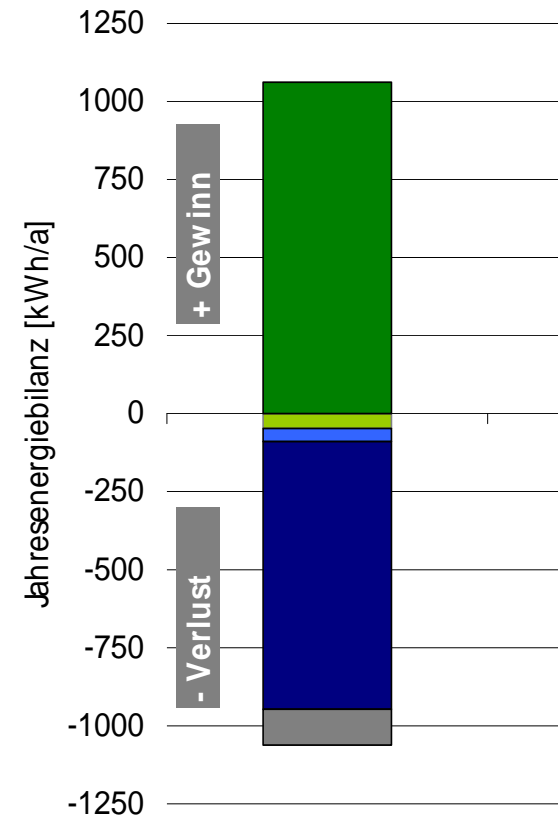
geringer Einfluss des Regenwassers

$8 W_{\text{therm}}$  pro Zisternenoberfläche ( $29 \text{ m}^2$ )

$6.4 W_{\text{therm}}$  pro A-V Zisterne ( $2.6 \text{ m}^{-1}$ )

Auslegung Zisterne

A-V Verhältnis bzw. Volumen der Zisterne für  
unterstützende Kühlung des Gebäudes  
ausreichend → Speichermanagement



■ Regenwasser ■ Frischwasser ■ Erdreich ■ Kühlenergie ■ Speicher

# Fazit Kühlfall

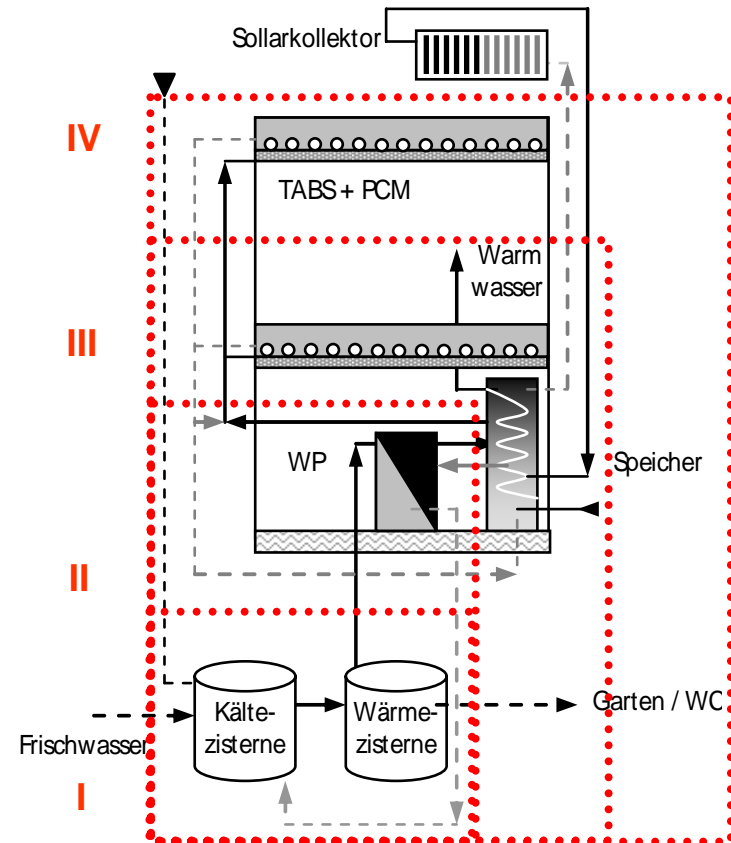
- gute Energie-Effizienz des Kühlsystems  $JAZ\ 7\ kWh_{\text{therm}}/kWh_{\text{el}}$ , damit Faktor 2 besser als konventionelle Kühlsysteme
- Verbesserung der Effizienz durch Einsatz von Hocheffizienzpumpen und korrekte hydraulische Dimensionierung der Anlagen
- sehr guter thermischer Raumkomfort, Klasse I nach EN15251

# Heizbetrieb 2007

## Systemgrenze für die Berechnung der Arbeitszahlen

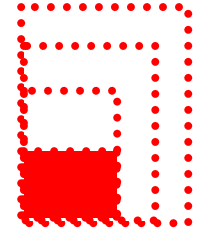
- BILANZ I: Regenwasserzisterne als Wärmequelle
- BILANZ II: Wärmequelle und Wärmepumpe
- BILANZ III: Speicher und Solarkollektor
- BILANZ IV: Gesamtsystem inkl. TABS

$$\text{Effizienz (JAZ)} = \frac{\text{Heizenergie}}{\text{elektrischer Energiebezug}}$$



# Heizbetrieb 2007

## Bilanz I: Regenwasserzisterne als natürliche Wärmequelle

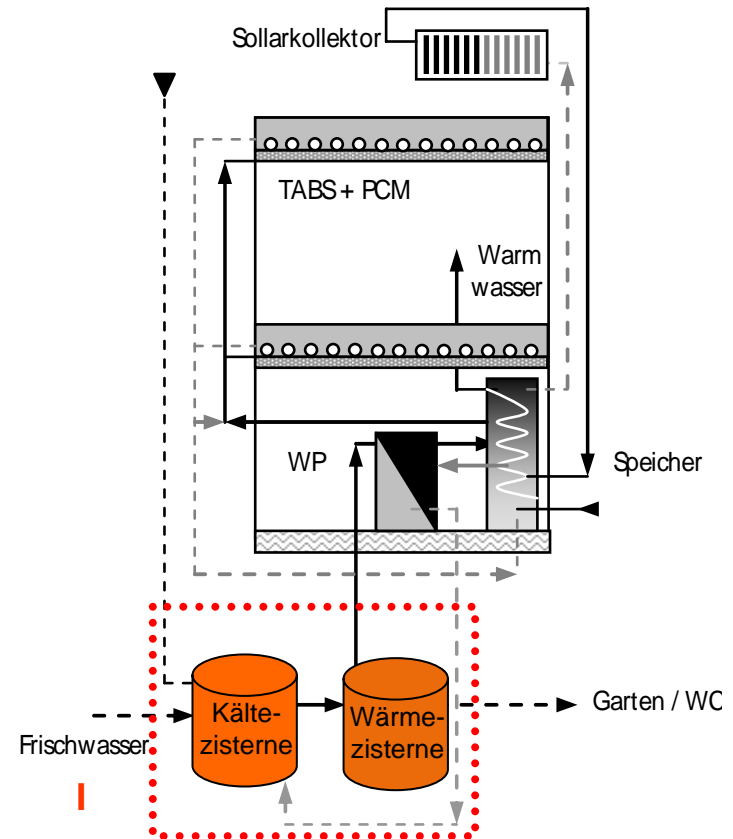


Heizenergie:  $11 \text{ kWh}_{\text{therm}}/\text{m}^2_{\text{NGF}}\text{a}$

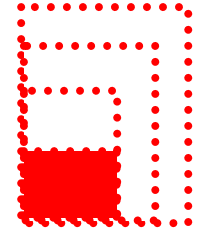
(Zisternenvolumen  $23 \text{ m}^3$ )

Hilfsenergie:  $3.7 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{m}^2_{\text{NGF}}\text{a}$   
für Tauchpumpe (900 W)

Effizienz: JAZ  $4.9 \text{ kWh}_{\text{therm}}/\text{kWh}_{\text{el}}$



# Energiebilanz Regenwasserzisterne: Heizfall Jahresbilanz

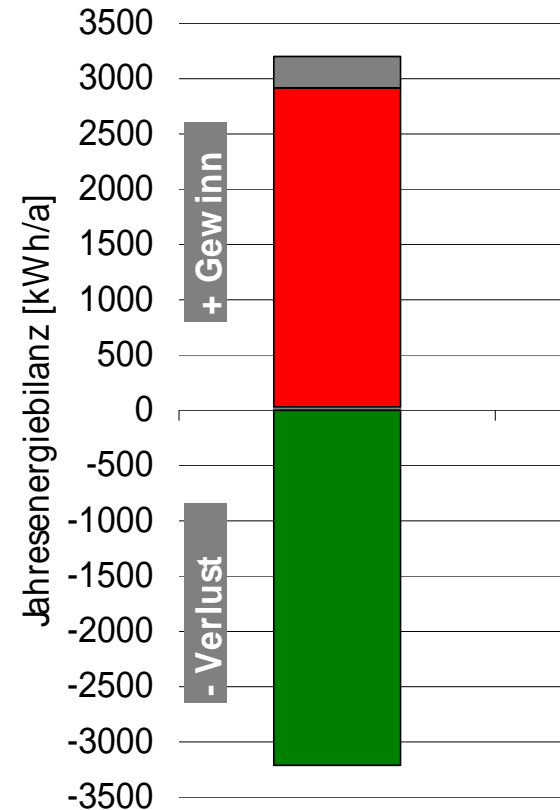


## Wärmegewinn Erdreich

13.7  $W_{\text{therm}}$  Zisternenoberfläche (57 m<sup>2</sup>)  
5.2  $W_{\text{therm}}$  pro A-V Zisterne (0.4 m<sup>-1</sup>)

## Auslegung Zisterne

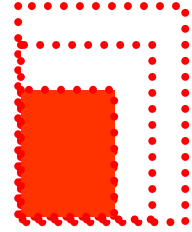
A-V Verhältnis bzw. Volumen der Zisterne zu klein für den Heizwärmebedarf des Gebäudes



■ Regenwasser ■ Frischwasser ■ Erdreich ■ Heizenergie ■ Speicherung

# Heizbetrieb 2007

## Bilanz II: Wärmequelle und WP

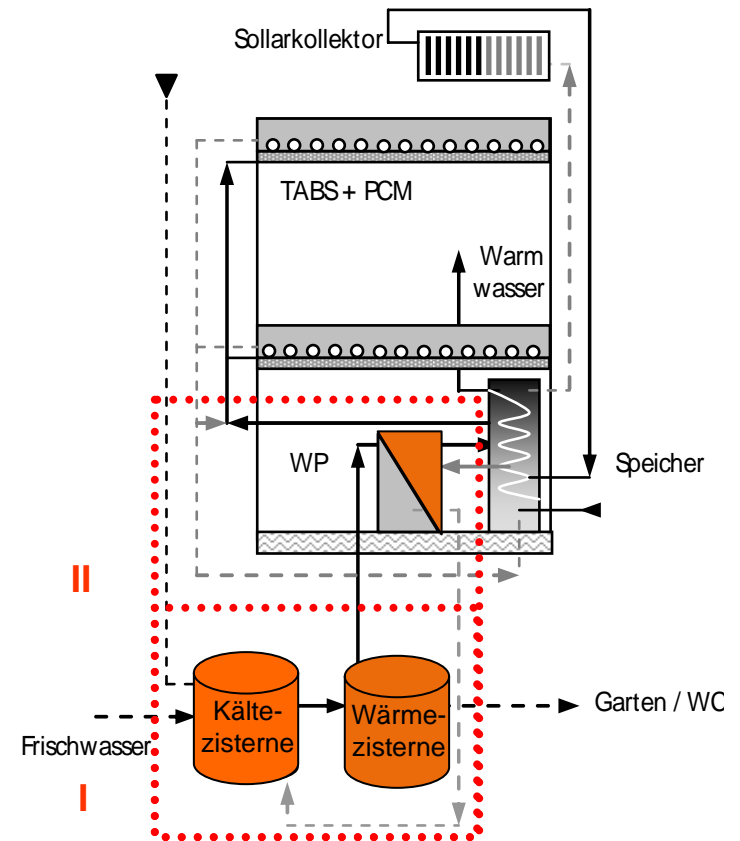


Heizenergie:  $15 \text{ kWh}_{\text{therm}} / (\text{m}^2_{\text{NGF}} \cdot \text{a})$

Wärmepumpe:  $6.7 \text{ kW}_{\text{therm}}, 1.2 \text{ kW}_{\text{el}}$

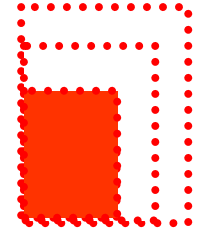
Hilfsenergie:  $6.3 \text{ kWh}_{\text{el}} / (\text{m}^2_{\text{NGF}} \cdot \text{a})$  für Tauchpumpe und Wärmepumpe

Effizienz: JAZ  $2.4 \text{ kWh}_{\text{therm}} / \text{kWh}_{\text{el}}$

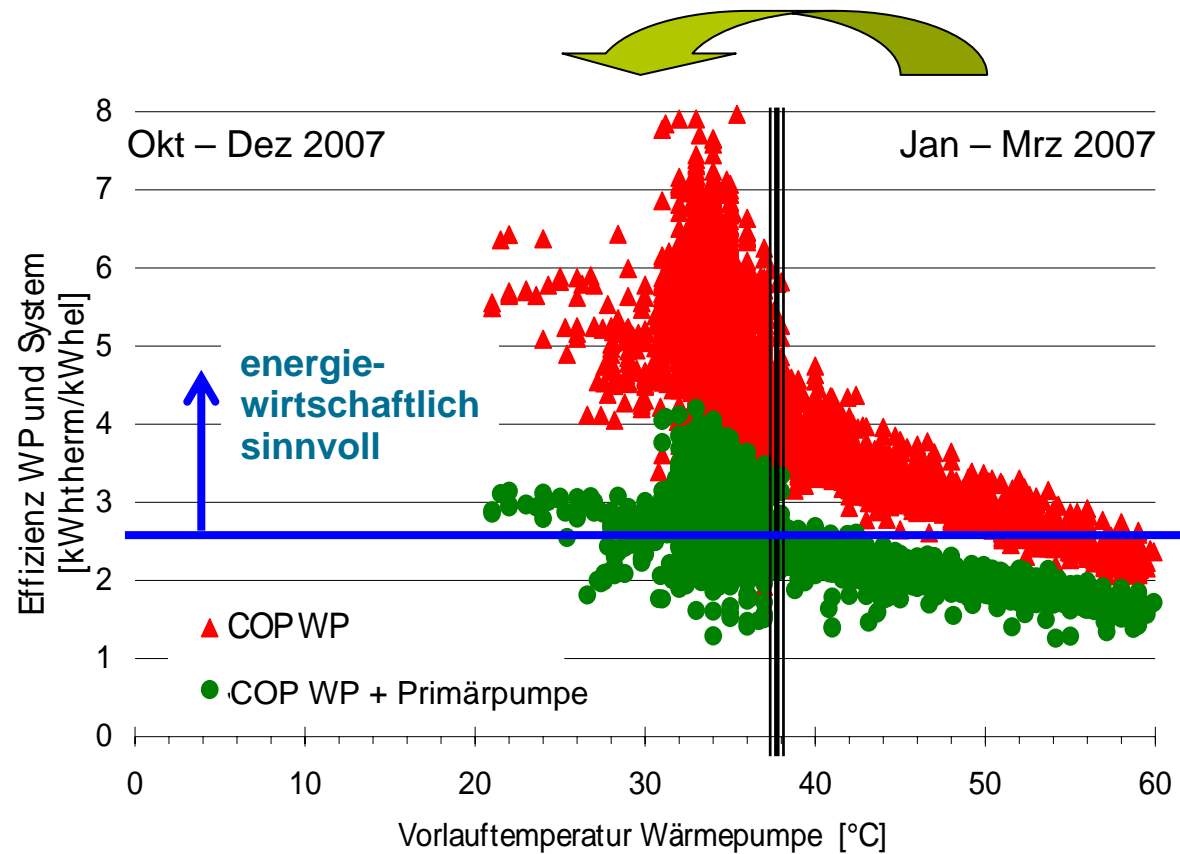


# Heizbetrieb 2007

## Bilanz II: Wärmequelle und WP



Optimierungsmaßnahme



**COP Wärmepumpe**

4 – 6 kWh<sub>therm</sub>/kWh<sub>end</sub>

**JAZ WP-System**

2.4 kWh<sub>therm</sub>/kWh<sub>end</sub>

# Heizbetrieb 2007

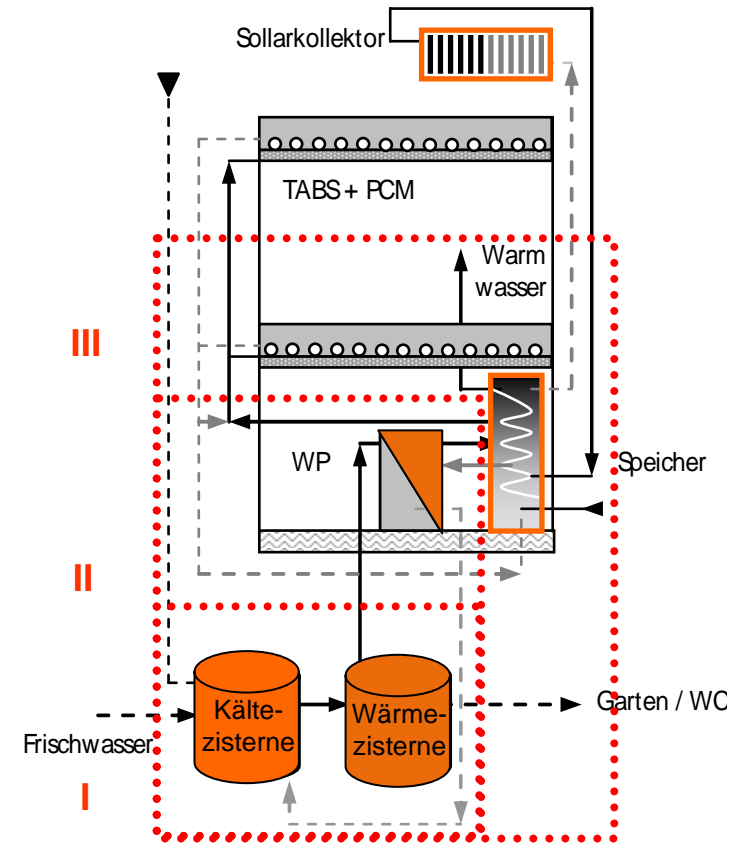
## Bilanz III: Wärmepumpe, Solarkollektor, Nachheizregister



Heizenergie:  $30 \text{ kWh}_{\text{therm}} / (\text{m}^2_{\text{NGF}} \cdot \text{a})$

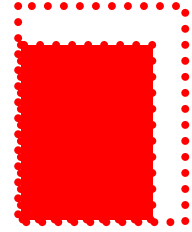
Hilfsenergie:  $12.5 \text{ kWh}_{\text{el}} / (\text{m}^2_{\text{NGF}} \cdot \text{a})$  für Tauchpumpe, WP, Solarkreispumpe, Nachheizregister

Effizienz: JAZ  $2.4 \text{ kWh}_{\text{therm}} / \text{kWh}_{\text{el}}$



# Heizbetrieb 2007

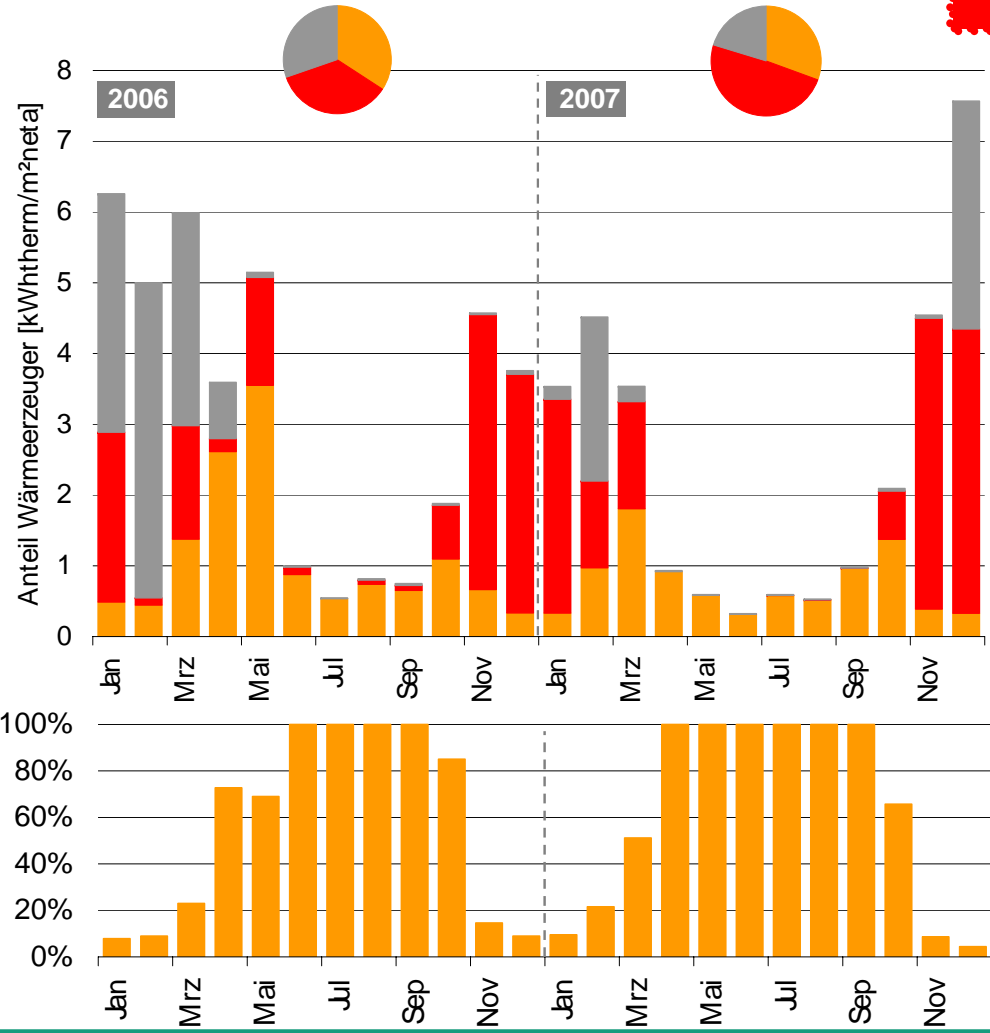
## Bilanz III: Anteil Wärmeerzeuger an Gesamtbilanz



Solarkollektor deckt Übergangs- und Sommerzeit ab

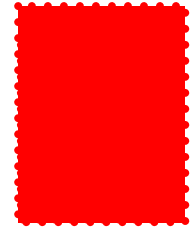
Anfang der Heizperiode hoher Anteil der WP

Regenwasserzisterne zu klein, um mit WP gesamte Heizperiode abzudecken



# Heizbetrieb 2007

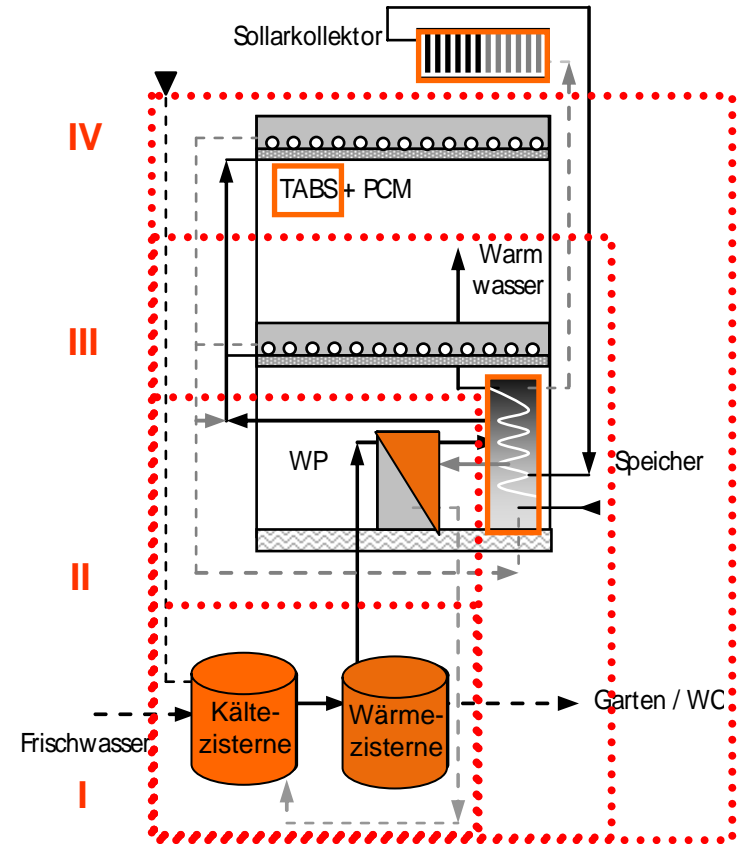
## Bilanz IV: Gesamtsystem inkl. TABS



Heizenergie:  $30 \text{ kWh}_{\text{therm}}/\text{m}^2_{\text{NGFa}}$

Hilfsenergie:  $14.9 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{m}^2_{\text{NGFa}}$  für Tauchpumpe, WP, Solarkreispumpe, Nachheizregister, Umwälzpumpen für TABS

Effizienz: JAZ  $2.2 \text{ kWh}_{\text{therm}}/\text{kWh}_{\text{el}}$



# Heizbetrieb 2007

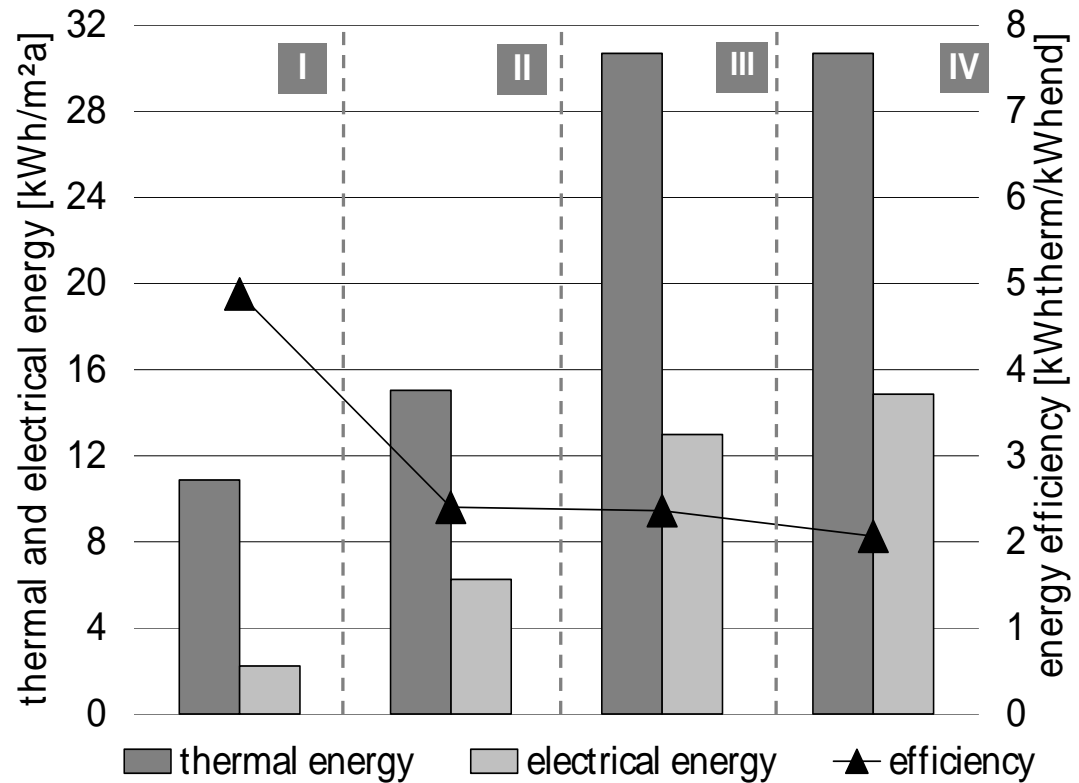
## Gesamtbilanz: Gesamtsystem inkl. TABS

JAZ(I): 4.9

JAZ(II): 2.4

JAZ(III): 2.4

JAZ(IV): 2.2

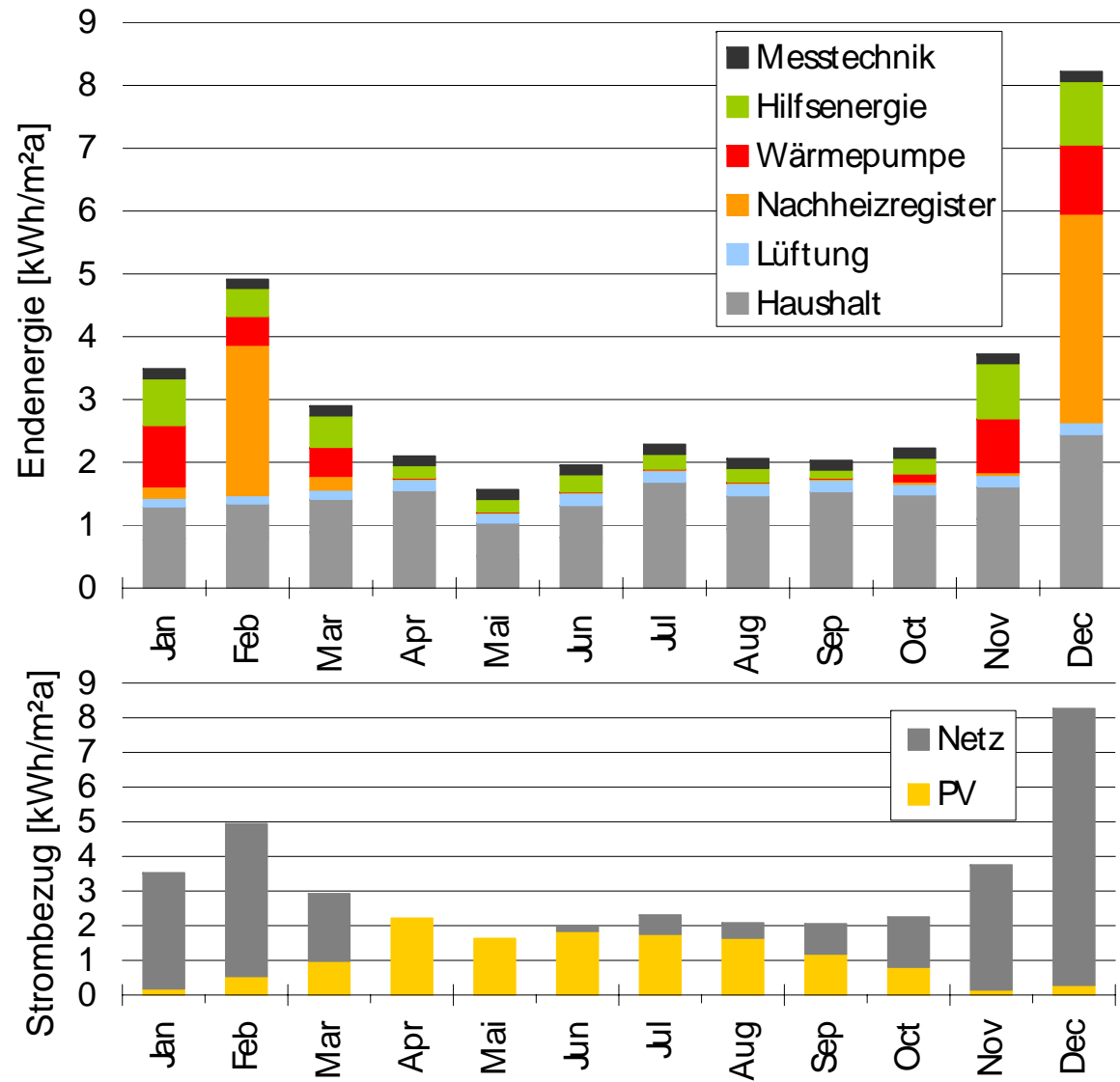


# Fazit Heizfall

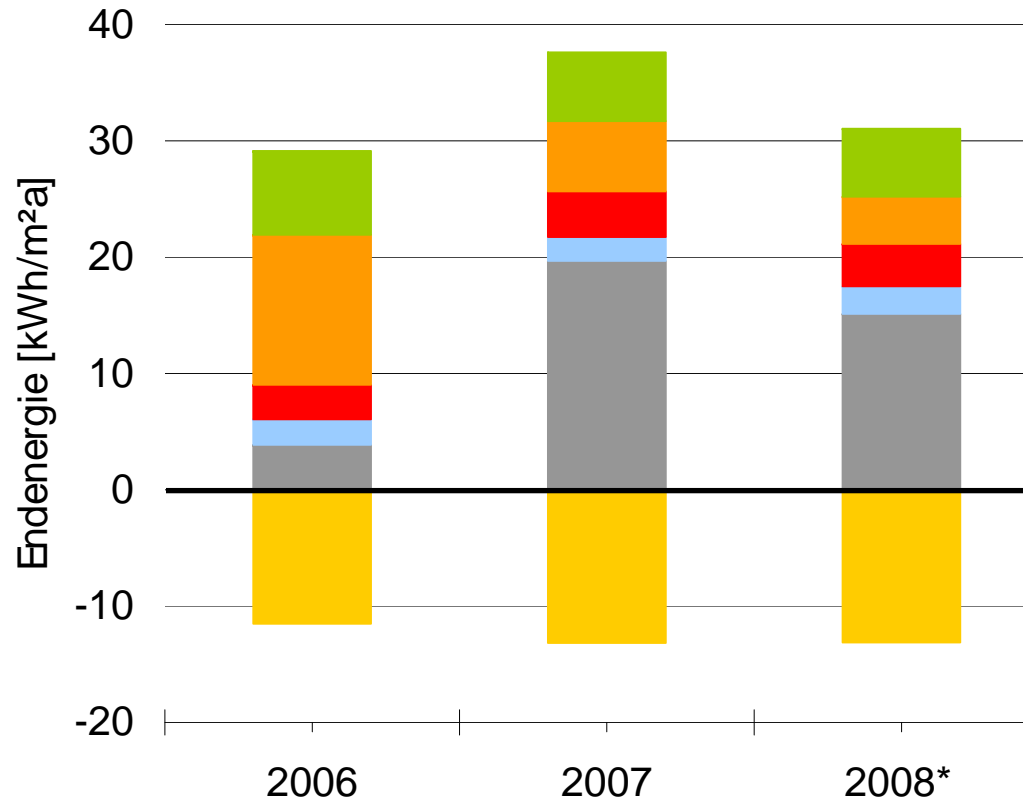
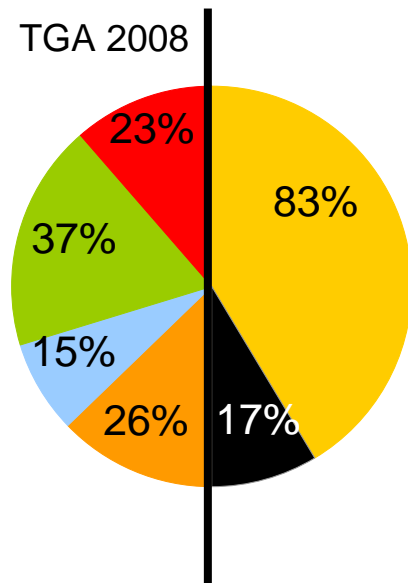
- Vergößerung der Zisterne erforderlich (ca. Verdopplung), um den Heizwärmebedarf zu decken → Nachheizregister nur BackUp
- Energie-Effizienz der Wärmequelle noch nicht zufrieden stellend JAZ 4.9 → Ausführung eines geschlossenen System mit integriertem Wärmetauscher in der Zisterne (analog Kühlfall)
- Wärmepumpenbetrieb mit JAZ 2.4 aufgrund des offenen hydraulischen Systems und geringer Temperaturen in der Regenwasserzisterne
- Hoher Anteil Wärmeerzeugung durch Nachheizregister → Ausführung einer Sole-Wasser-Wärmepumpe (Vereisung der Zisterne)

# Gesamtenergiebilanz

# Energiebedarf Elektroenergie 2007



# Energiebedarf Endenergie



Endenergie [kWh/m²a]	2006	2007	2008*
Endenergie [kWh/m²a]	29	38	31
Deckung TGA durch PV [%]	46	73	83

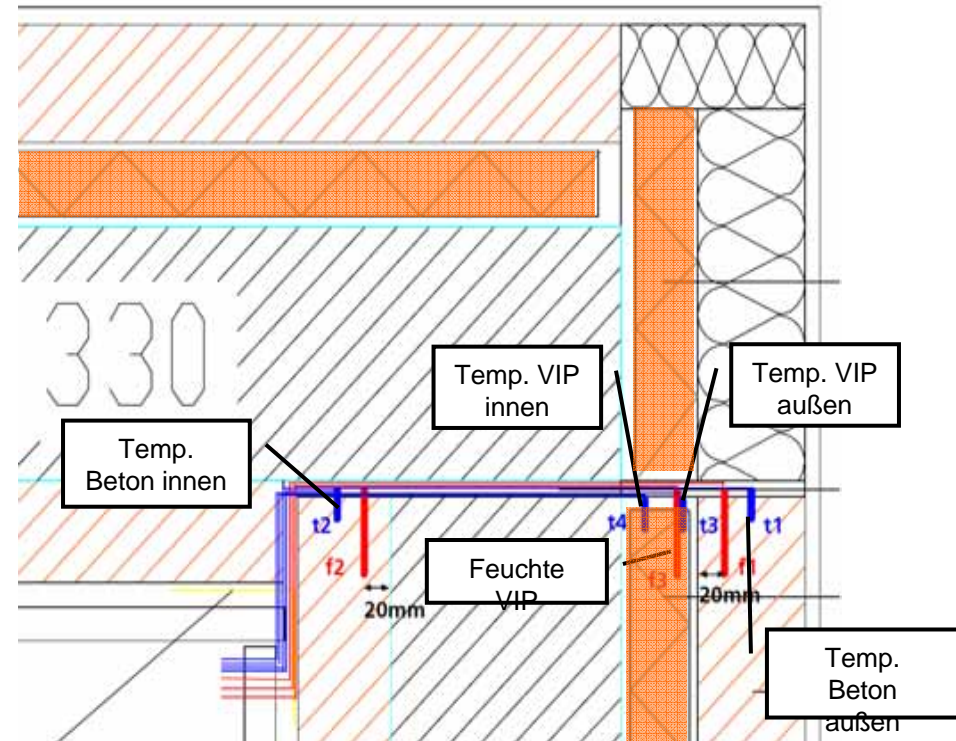
■ PV 
 ■ WP 
 ■ Heizregister 
 ■ Lüftung 
 ■ Hilfsenergie 
 ■ Haushalt

# Einsatz von Vakuumdämmung

# Bauteildaten

## Detaillierte Vermessung im Wandaufbau

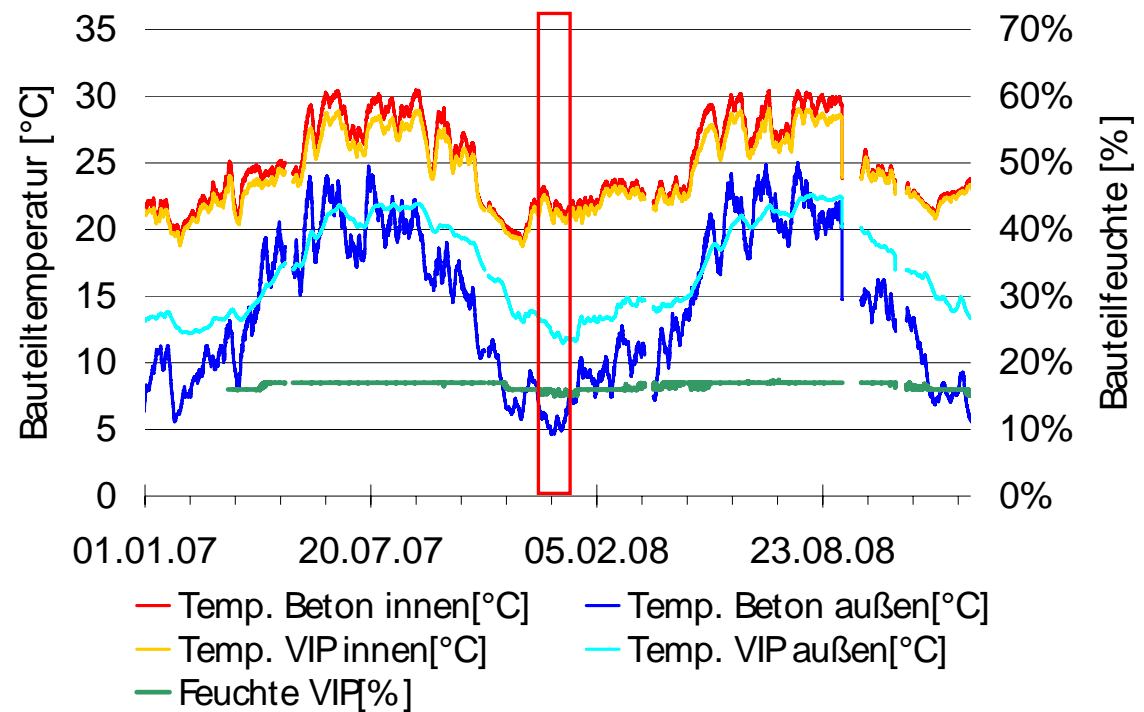
- Zwei Temperatursensoren in den Betonfertigteilen der Außen- und Innenwand
- Zwei Temperatursensoren im Vakuum- Isolationspaneel
- Ein Materialfeuchtesensor im VIP



# Bauteildaten

## Auswertung Jahr 2007, 2008

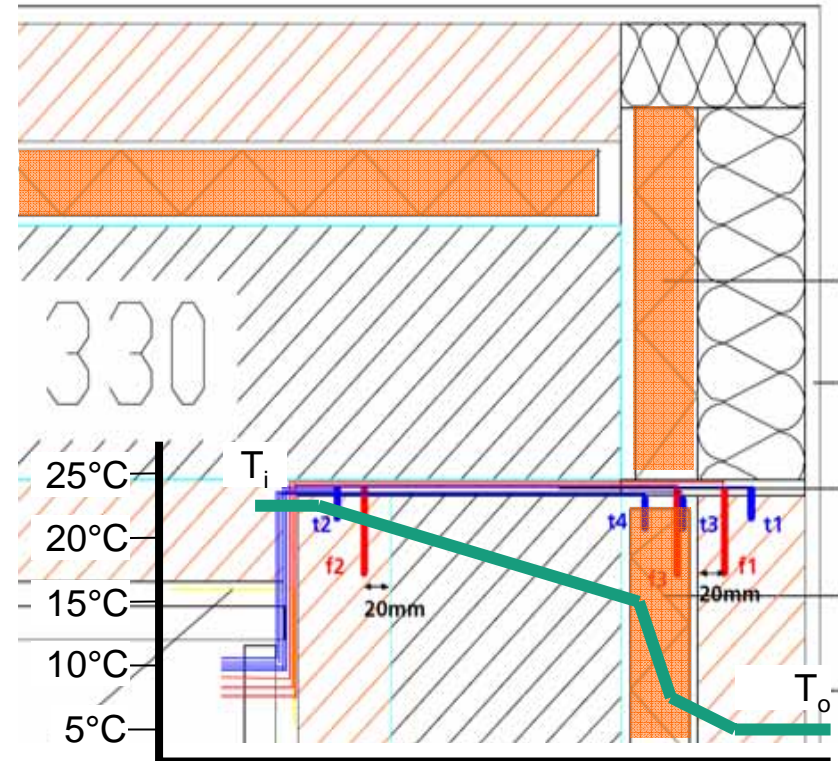
- Konstanter Feuchtegehalt im Bauteil feststellbar
- Es besteht kein Tauwasserrisiko



# Bauteildaten

## Detaillierte Vermessung im Wandaufbau

Temperaturkurve durch den Bauteilschnitt von innen nach außen



# Fazit

- Energieeffizientes Gebäude- und Energiekonzept unter Nutzung von Solarenergie und Umweltenergie
- Endenergiebedarf für Heizen, Kühlen und Lüften wird zu 83% durch PV gedeckt
- Guter Raumkomfort im Sommer und Winter durch Flächentemperierung
- VIP tragen maßgeblich zu geringem Energiebedarf bei
- Gute Energie-Effizienz des Kühlsystems JAZ 7, damit Faktor 2 besser als konventionelle Kühlsysteme
- Konstruktive Veränderung des Zisternen-Wärmepumpensystems steigern die Energieeffizienz im Heizfall (Vergrößerung der Zisterne, geschlossenes System, Hocheffizienzpumpen) → Reduzierung des Endenergiebezugs
- Damit Nullenergiebilanz für die Haustechnik realisierbar

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

