



Technische  
Universität  
Braunschweig

Institut für Gebäude- und Solartechnik  
Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch  
Mühlenpfordtstraße 23  
D-38106 Braunschweig  
[www.igs.bau.tu-bs.de](http://www.igs.bau.tu-bs.de)



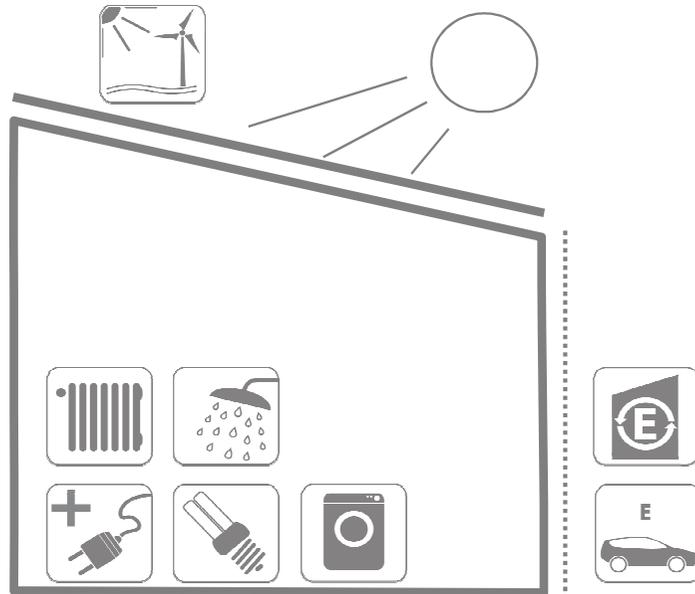
Berliner Energietage 2013

## TGA-Planung für Effizienzhäuser: So kommt das Plus ins Haus

Univ. Prof. Dr.-Ing. M. Norbert Fisch  
Dipl. Ing. Franziska Bockelmann  
Dipl. Ing, Christina Stähr

# Merkmale des EnergiePLUS-Standards

## Bilanzraum



## Anforderung

**EEB** **PEB**  
**< 0** **< 0**

EEB: Endenergiebedarf

PEB: Primärenergiebedarf

## Legende



Raumwärme



Warmwasser



Hilfsenergie



Beleuchtung



Haushaltsstrom



Erneuerbare Energie



Elektromobilität



Graue Energie

- **Jahres-Primärenergie – und Endenergie – Bilanz  $\leq 0$**
- **Direkte Eigenstrom - Nutzung  $> 30 \%$**



# Energiedesign – EnergiePLUS

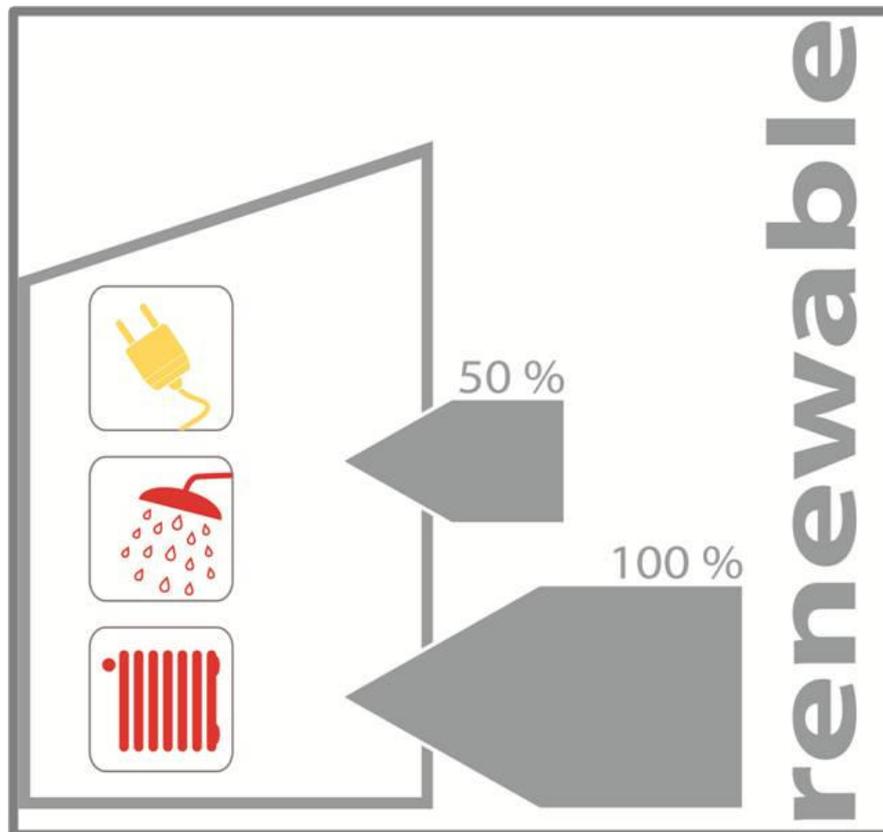
# EnergiePLUS

## Grundsätzliches zum Energiedesign



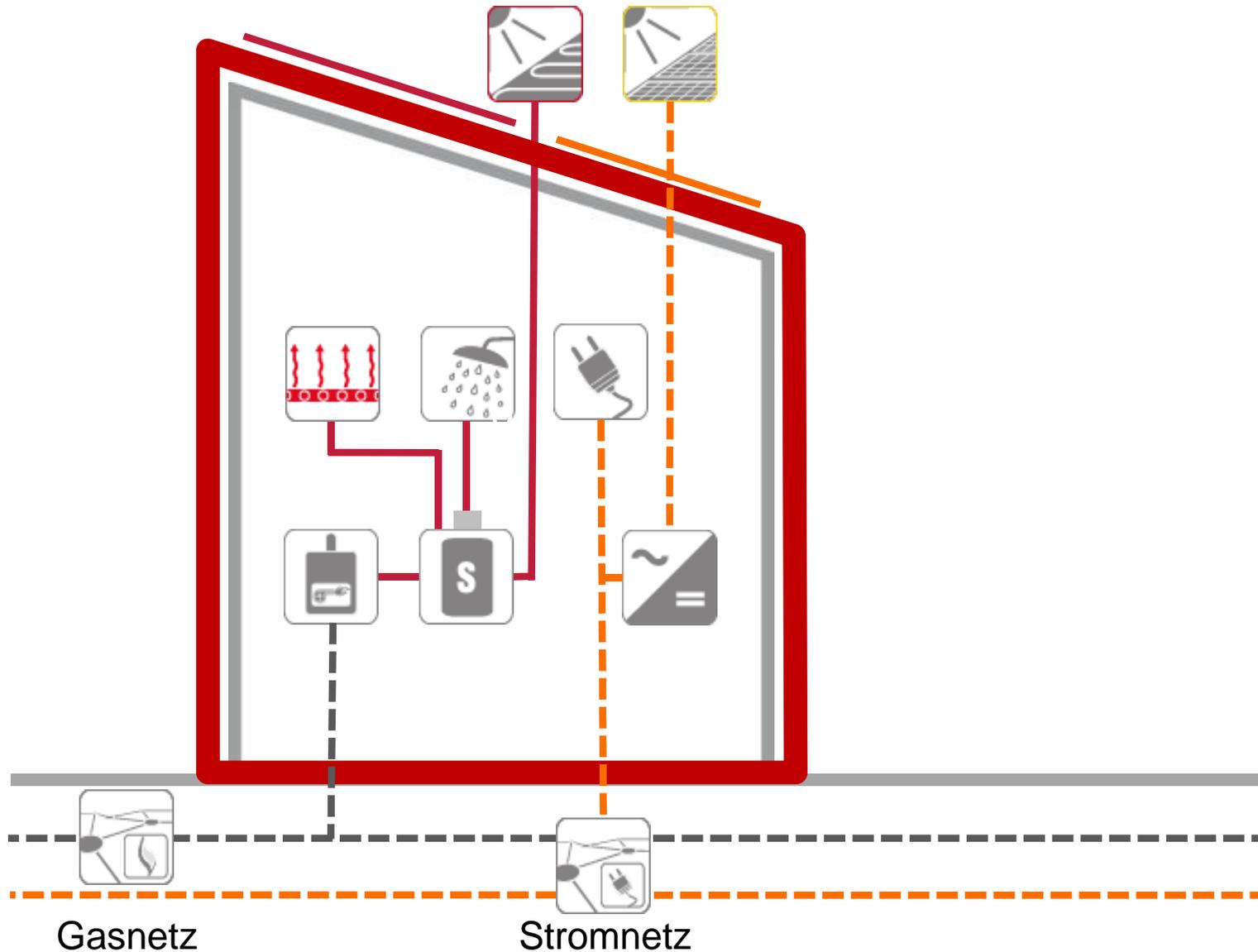
- Dachfläche / -form / -ausrichtung
- guter baulicher Wärmeschutz  
( $H_T$  ca.  $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- Fenster + kontrollierte mechanische Lüftung/ WRG
- PV + Wärmepumpe  
(Erdsonden)
- Niedertemperatur- Heizsystem  
(VL-Temp.  $< 30 \text{ °C}$ )
- Energiespeicher – Konzept  
(Gebäudemasse - thermische Speicher, Batterie)
- Stromsparkonzept - Stromlast-Management
- E- Mobilität (optional)

- Herleitung von Mustergebäuden aus statistischen Daten  
(Datenquelle IWU - Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Darmstadt)



<b>Wohnfläche [m<sup>2</sup>]</b>	140
<b>beheizte Fläche [m<sup>2</sup>]</b>	149
<b>Energiebezugsfläche A<sub>N</sub> [m<sup>2</sup>]</b>	176
<b>Brutto-Volumen thermische Hülle [m<sup>3</sup>]</b>	551
<b>A/V-Verhältnis [1/m]</b>	0,64
<b>Wohneinheiten</b>	1
<b>Personenbelegung</b>	4
<b>Dämmung</b>	
<b>Bodenplatte</b>	10 cm (WLG 035)
<b>Kellerdecke</b>	---
<b>Außenwände</b>	24 cm (WLG 035)
<b>Dach</b>	20 cm (WLG 035)
<b>Fenster</b>	U-Wert: 0,86 W/m <sup>2</sup> K
<b>Infiltration</b>	n <sub>50</sub> =1 -> n <sub>inf</sub> =0,07
<b>Lüftung</b>	n <sub>Nutz</sub> = 0,45 (durchgehend), WRG 80 %
<b>Nutzerstrombedarf (inkl. Lüftung)</b>	3.377 kWh/a
<b>WW-Bedarf (ohne Zirkulation)</b>	2.000 kWh/a
<b>Jahresheizwärmebedarf</b>	6.000 kWh/a

# EnergiePLUS-Standard Systemvarianten – „Sonnenhaus“



Solarthermie  
Photovoltaik  
Gas

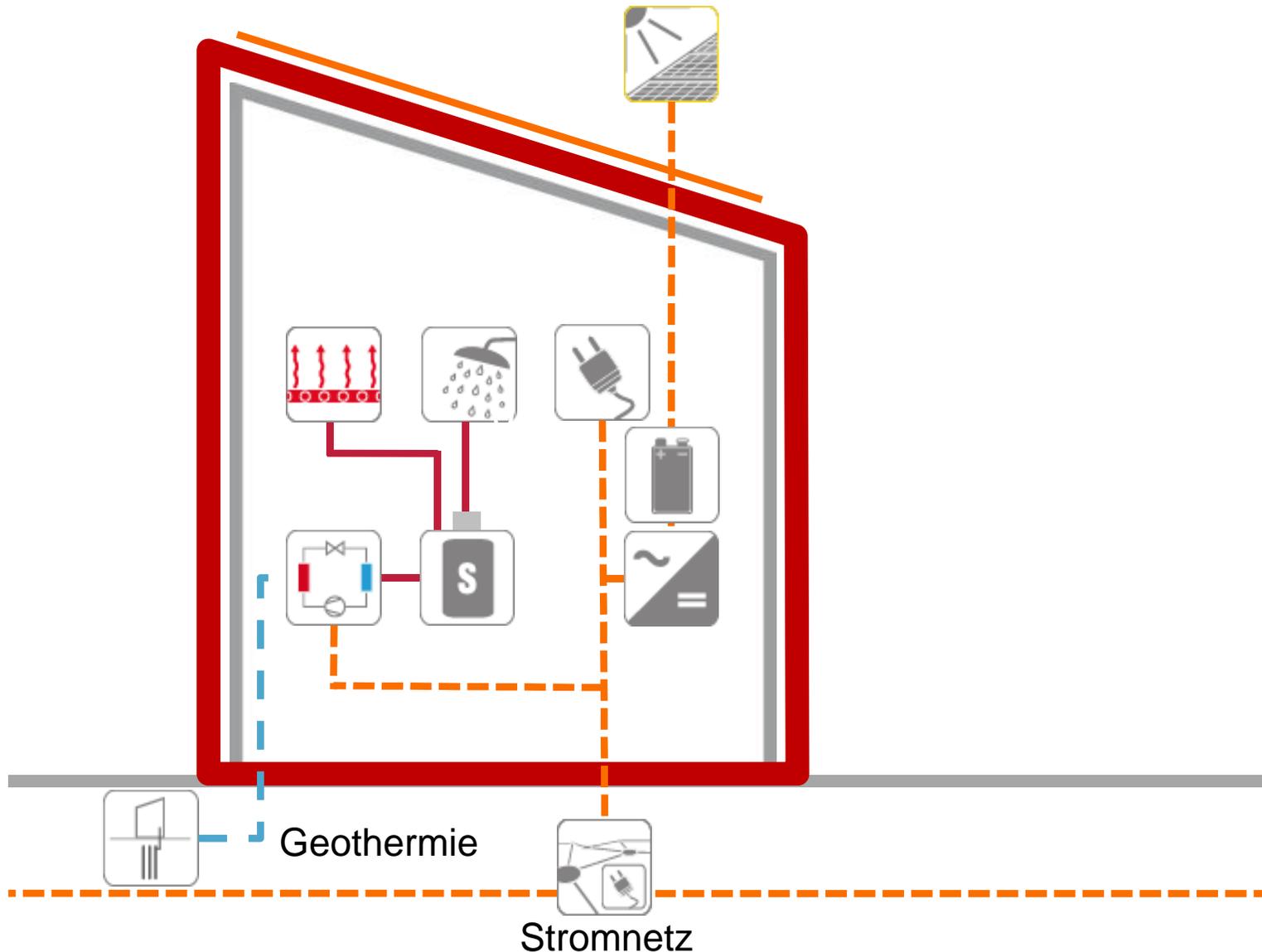
Solarthermie  
**35 m<sup>2</sup>**

Langzeit-Wärmespeicher  
7 m<sup>3</sup>

Gasbrennwerttherme

Photovoltaik  
7 kW<sub>p</sub> ≈ **47 m<sup>2</sup>**

# EnergiePLUS-Standard Systemvarianten – „Nur-Strom-Haus“

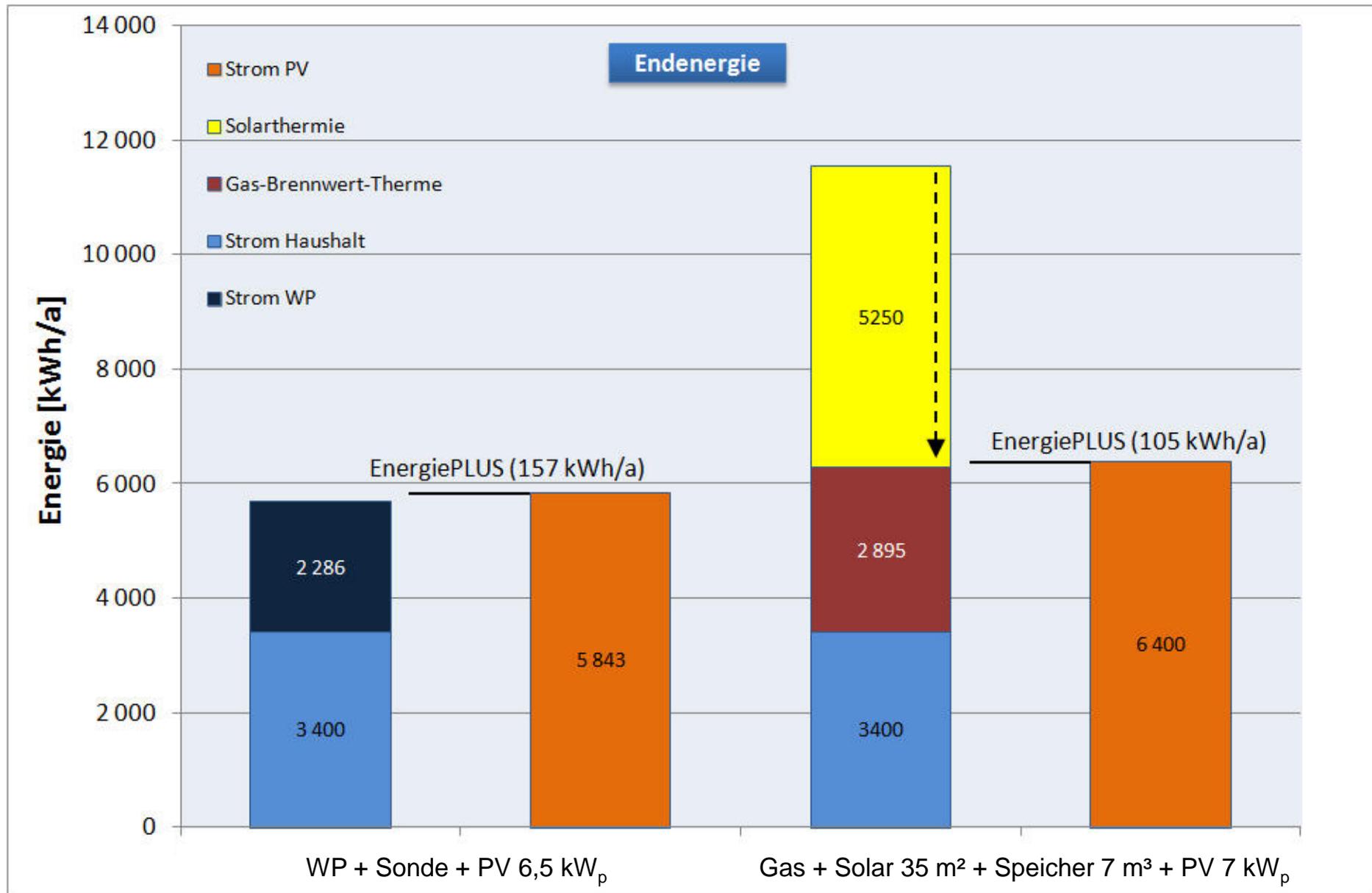


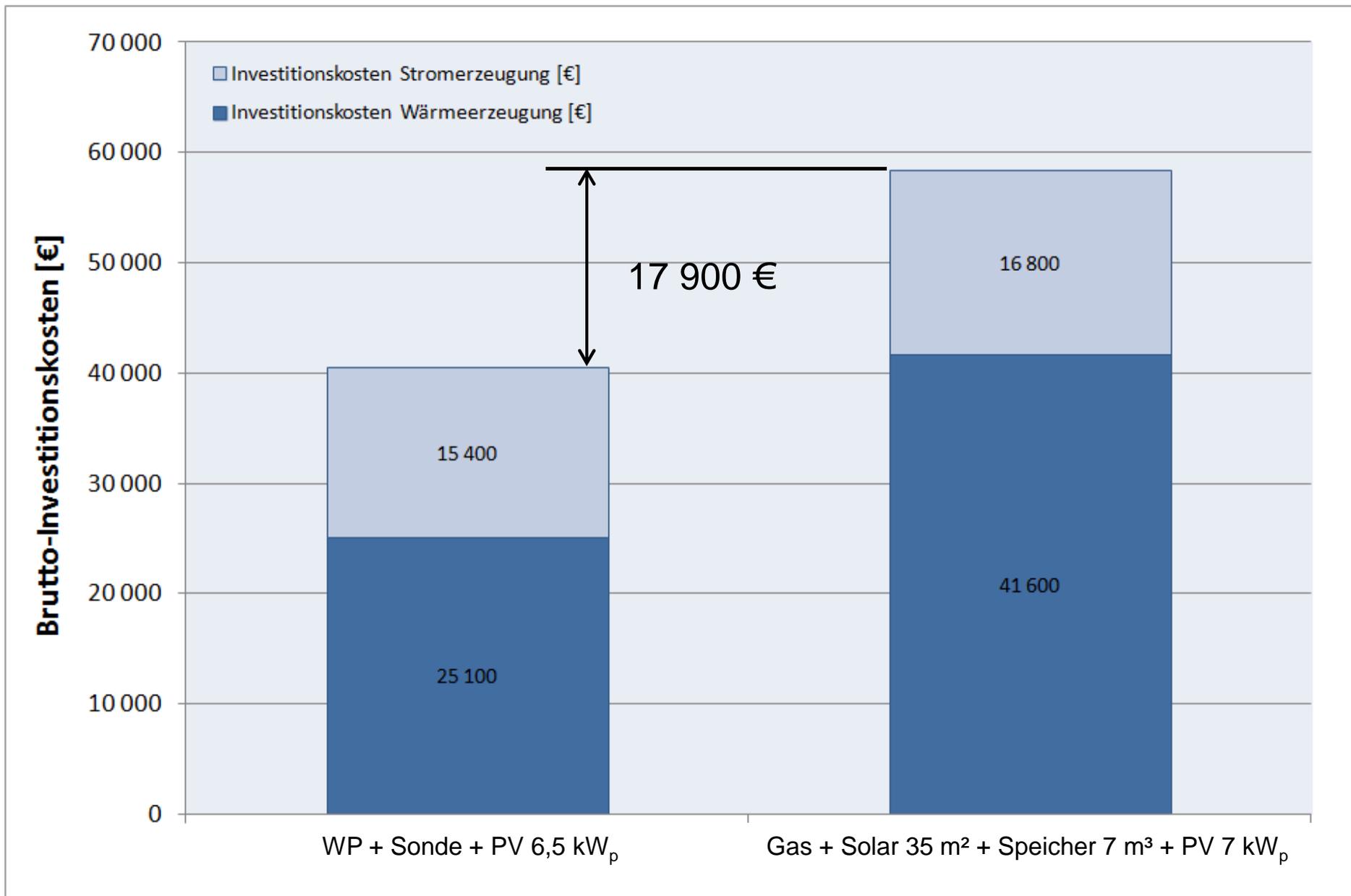
Photovoltaik  
Umweltwärme

Monov. Wärmepumpe

Erdsonden

Photovoltaik  
 $6,5 \text{ kW}_p \approx 45 \text{ m}^2$





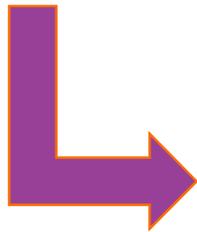
# Photovoltaik zum Heizen

100 %

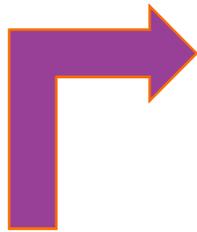


PV-Anlage  
12- 15%

Strom



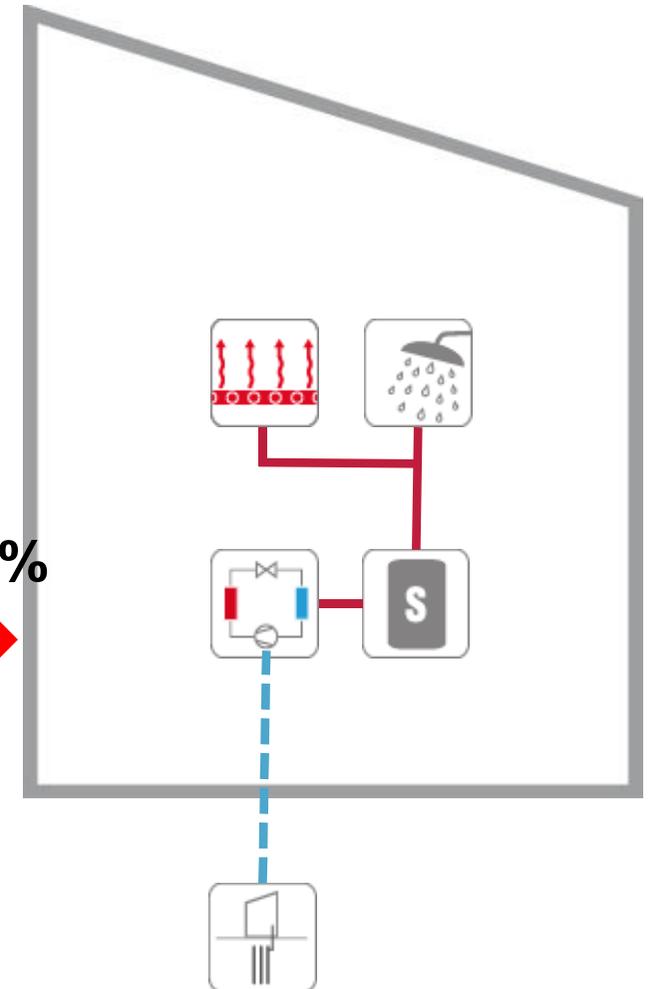
Wärmepumpe  
JAZ 3 bis 4



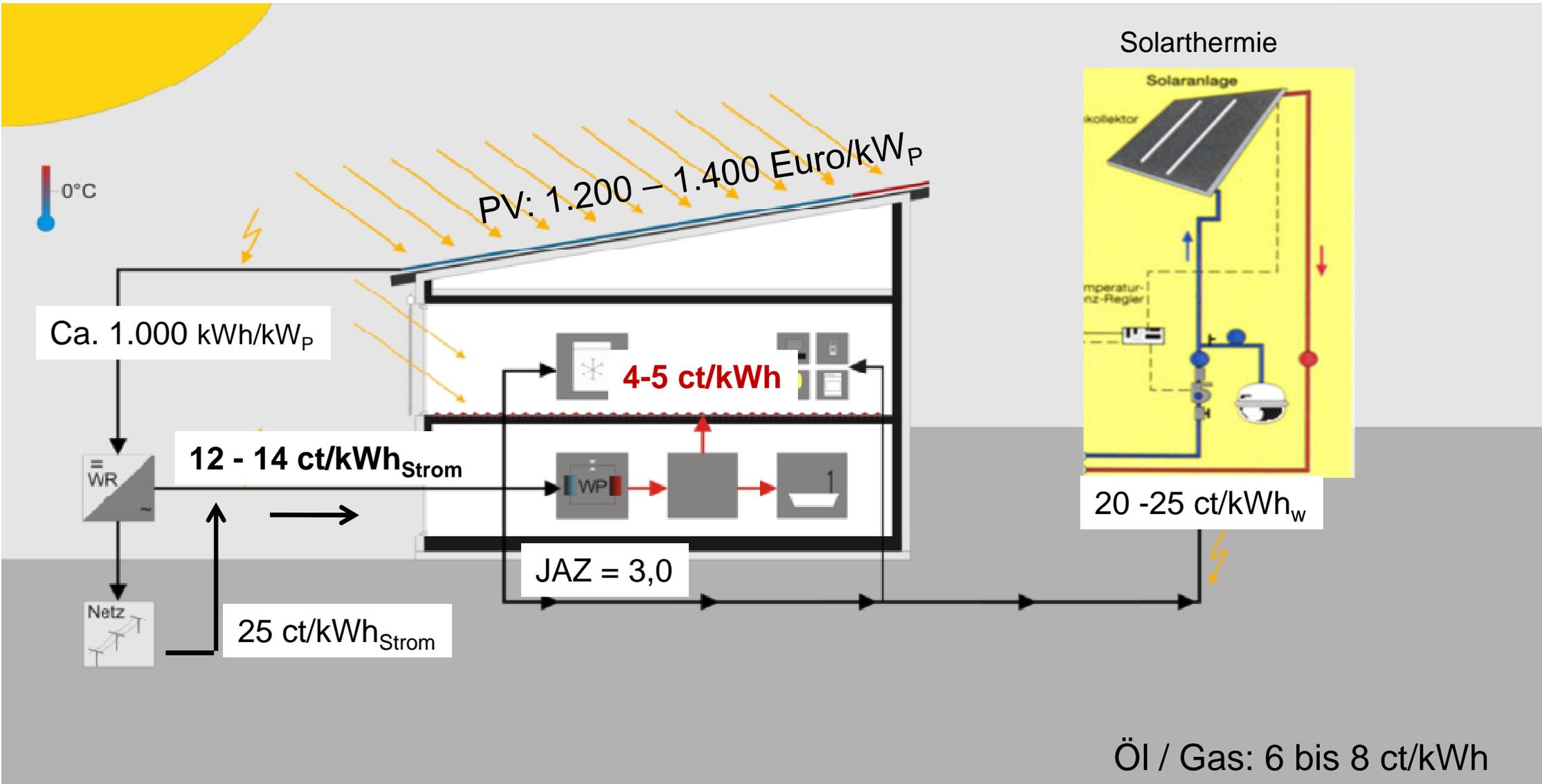
Umweltwärme



35 – 60 %

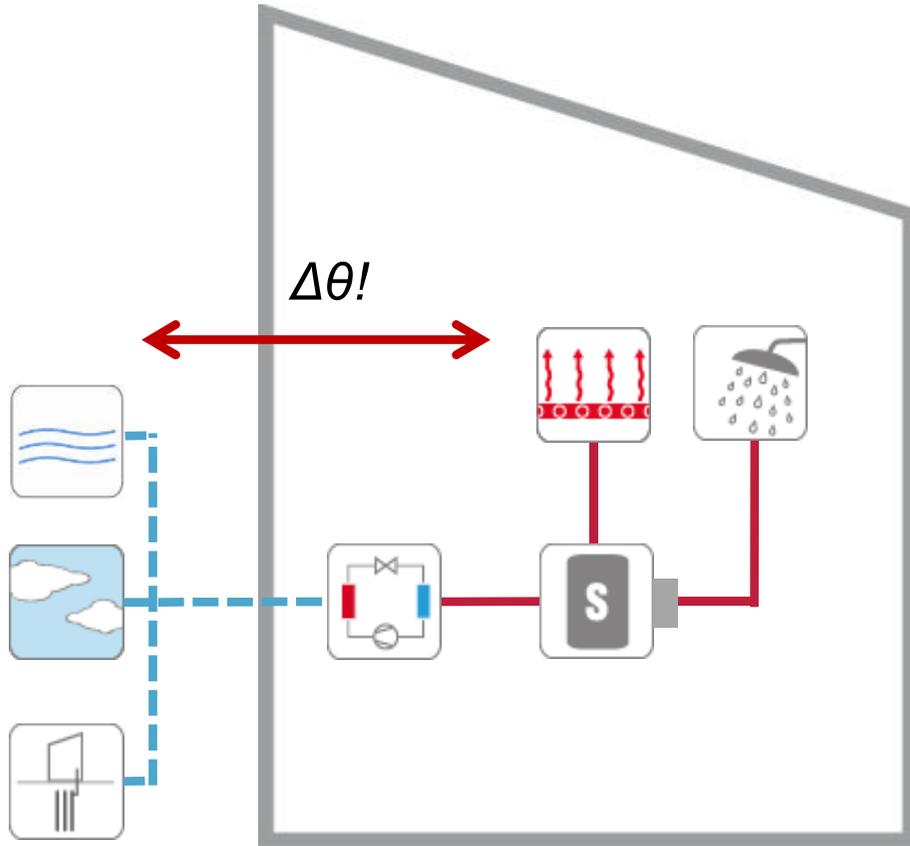


# PV Strom – Energiepreis.....

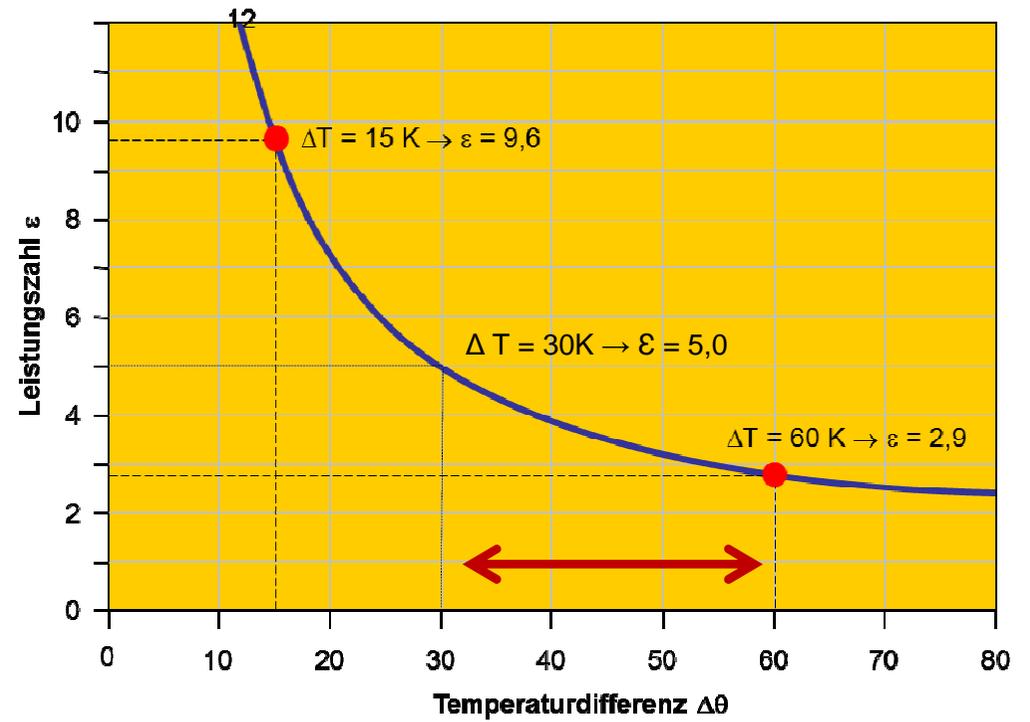


# Leistungszahl (COP) Wärmepumpe

## Wärmepumpe: Wärmequelle und -senke



$$\varepsilon = \frac{\text{Leistungsabgabe [kW]}}{\text{Leistungsaufnahme [kW]}}$$



## NT- Flächenheizung – 24 °C Oberflächentemperatur!

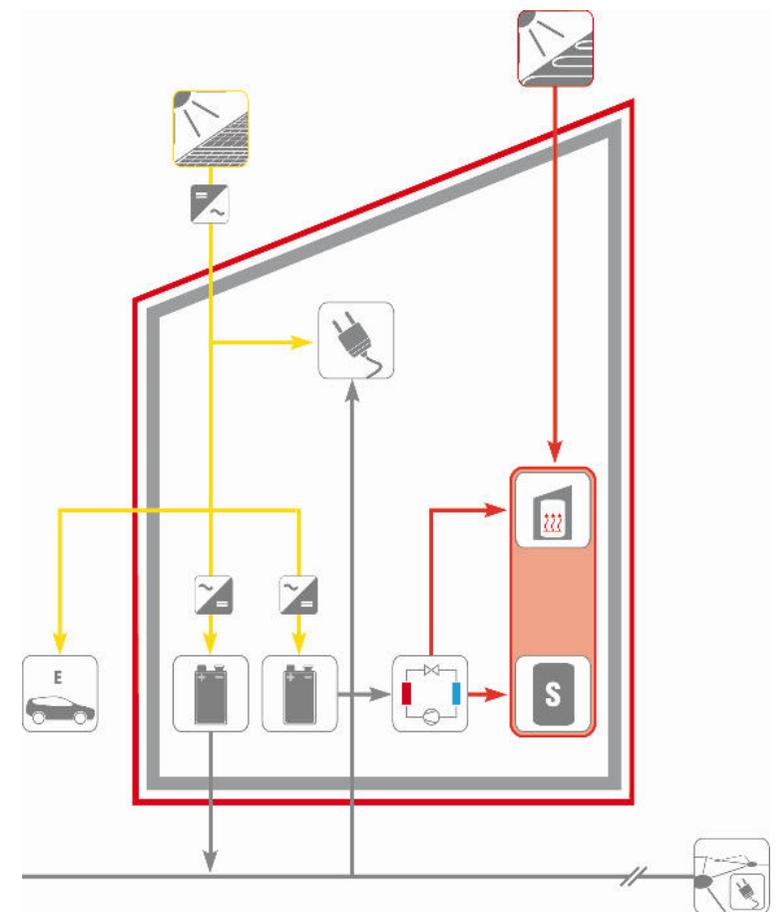
- JAZ Wärmepumpe
- Selbstregelleffekt
- Speicherpotenzial
- Nutzerkomfort



## Stromverbrauch dem PV-Angebot anpassen!

### 1. Betrieb der Wärmepumpe

- Trinkwarmwasser-Erwärmung
- Großes Pufferspeichervolumen
- Thermische Aktivierung der inneren Gebäudemasse
- Lastmanagement – Reduzierung Stromspitzen
- Nutzung - Wettervorhersagen



## Stromverbrauch dem PV- Angebot anpassen!

2. Strombatterie
3. Elektromobilität
4. Betrieb der Haushaltsgeräte





# Beispiel Einfamilienhaus

# Pilotprojekt Wohnhaus „Berghalde“ – Leonberg

2008 Idee/ Entwurf

2009 Umsetzung

**Seit Okt 2010**

**Nutzung + Monitoring +  
Optimierung**

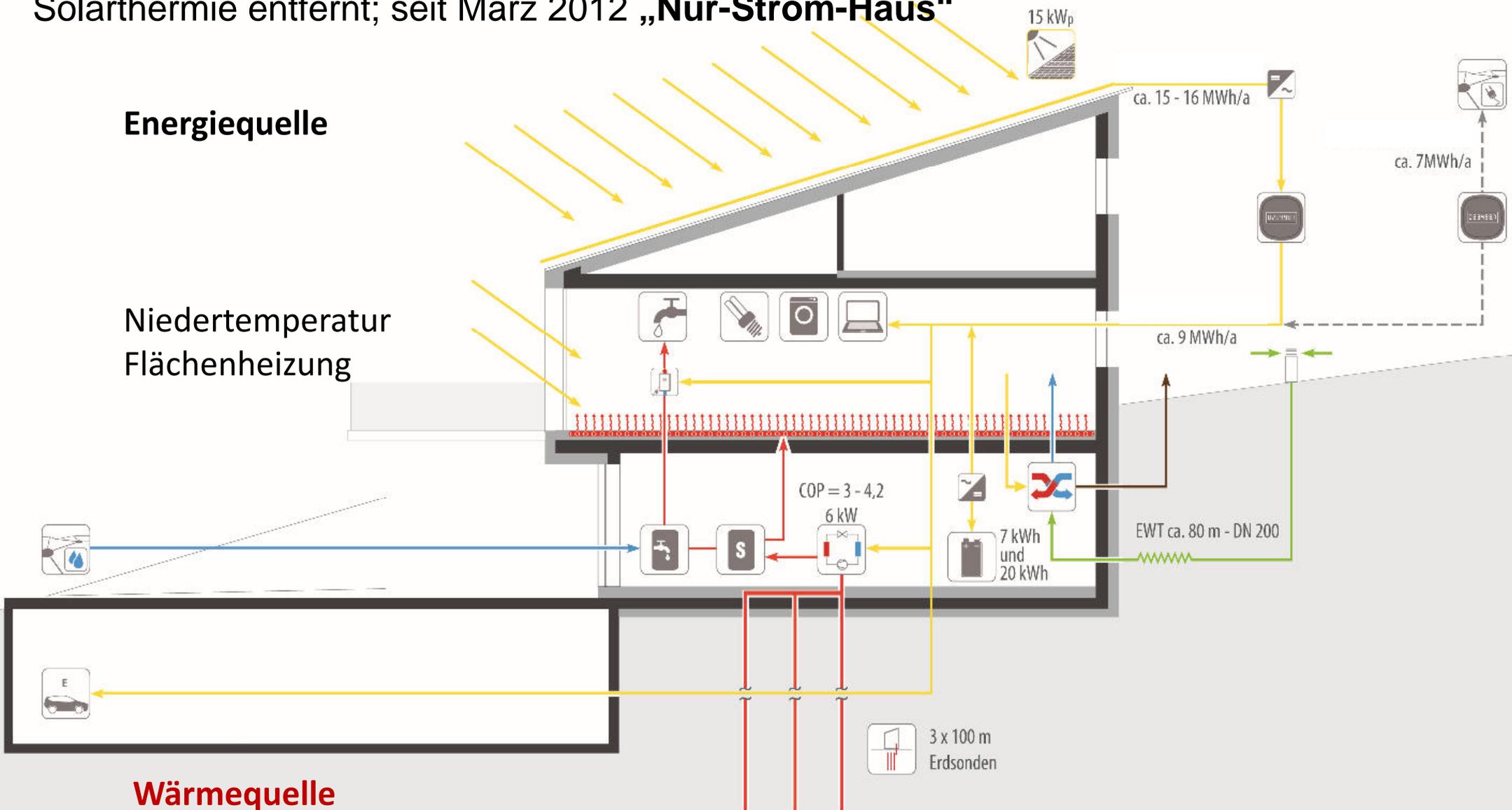
**2011 + 2012**

**Betriebsergebnisse**

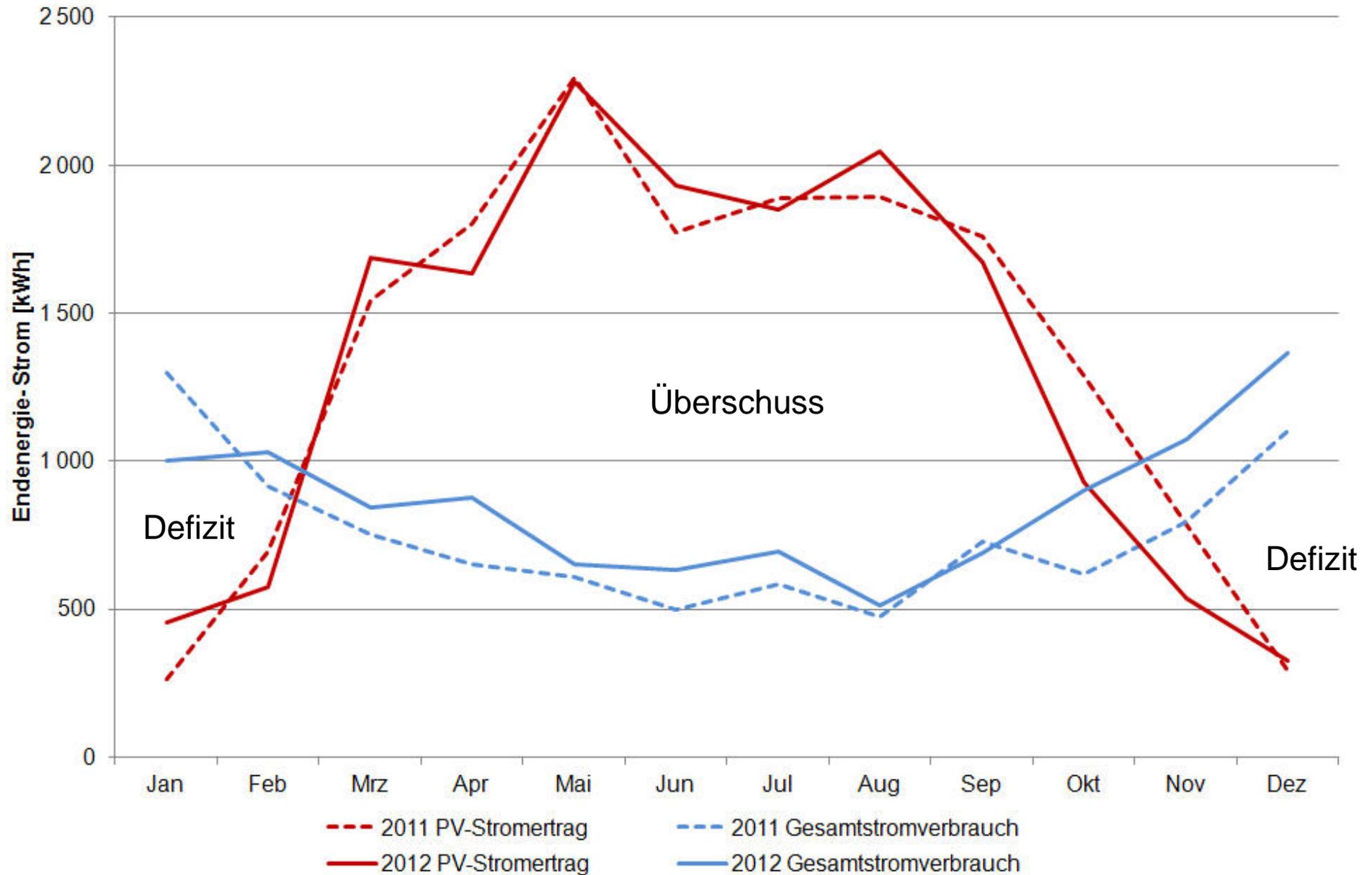
Wohnfläche ca. 260 m<sup>2</sup>



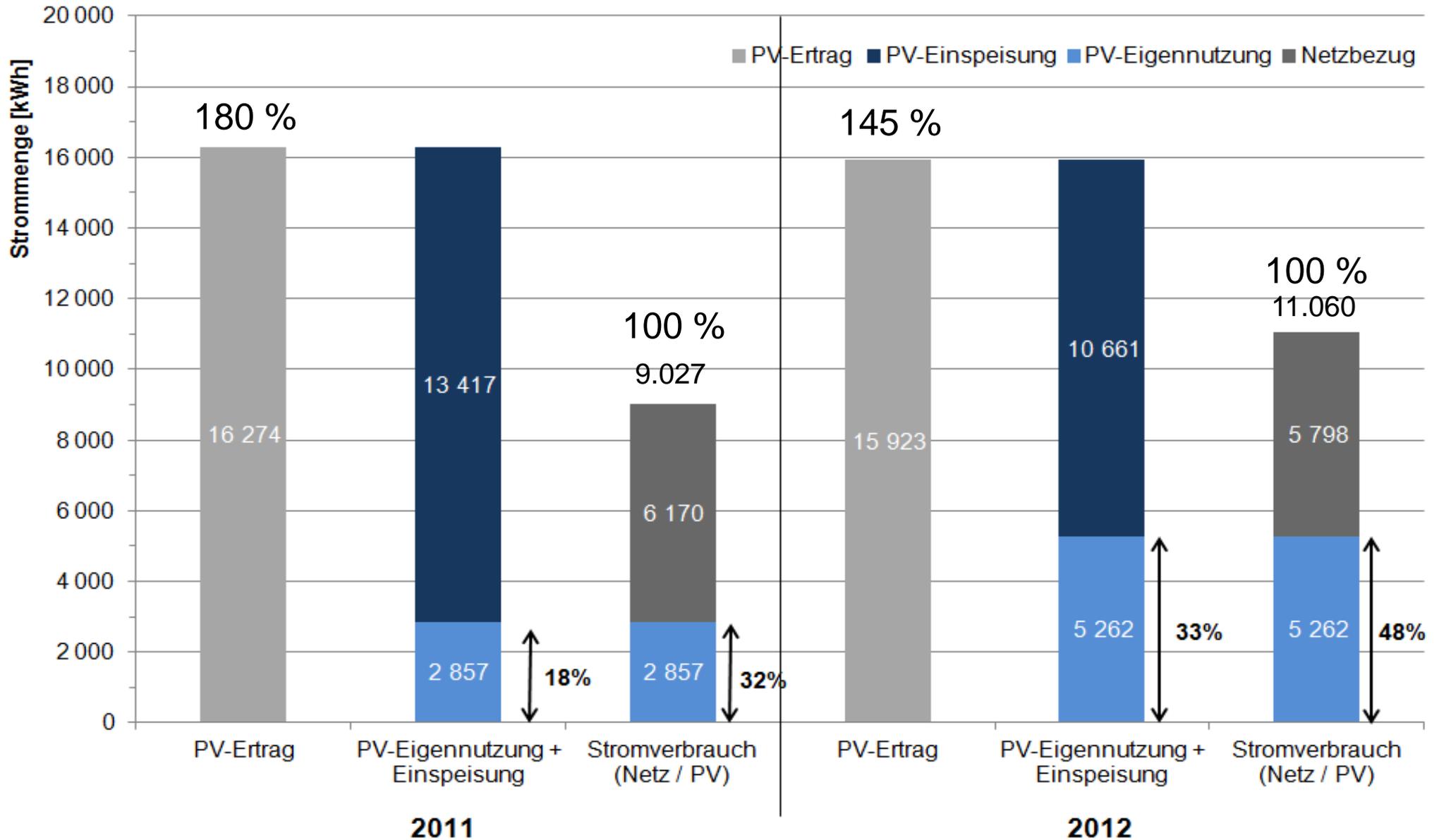
Solarthermie entfernt; seit März 2012 „Nur-Strom-Haus“



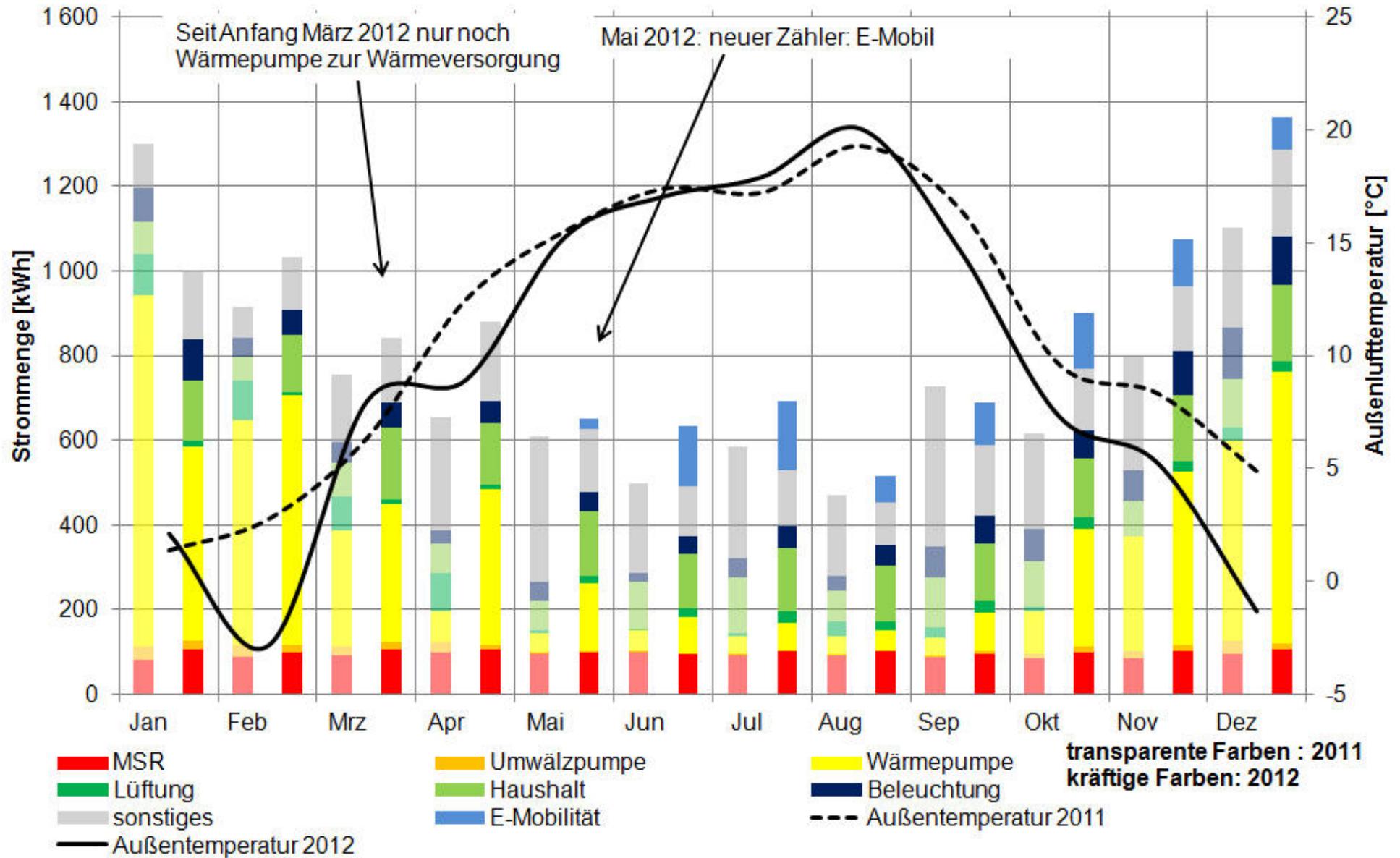
# PV-Stromertrag und Stromverbrauch



# Eigenstrom- und Deckungsanteile (2011 zu 2012)



# Monatliche-Stromverbräuche (2011 zu 2012)



# Beispiel Mehrfamilienhäuser

# Plusenergie-Wohnhaus „Riedberg“, Frankfurt

## Plusenergie-Wohnhaus „Riedberg“

Bauherr: Nassauische Heimstätte

Planer: HHS Planer + Architekten

- MFH mit 20 WE
- ca. 1.560 m<sup>2</sup><sub>Wfl</sub>



# Plusenergie-Wohnhaus „Riedberg“ Stromerzeugung

PV- Dach:  
ca. 82 kW<sub>p</sub>  
900 kWh/kW<sub>p</sub>/a

PV- Fassade:  
ca. 15 kW<sub>p</sub> /  
550 kWh/kW<sub>p</sub>/a

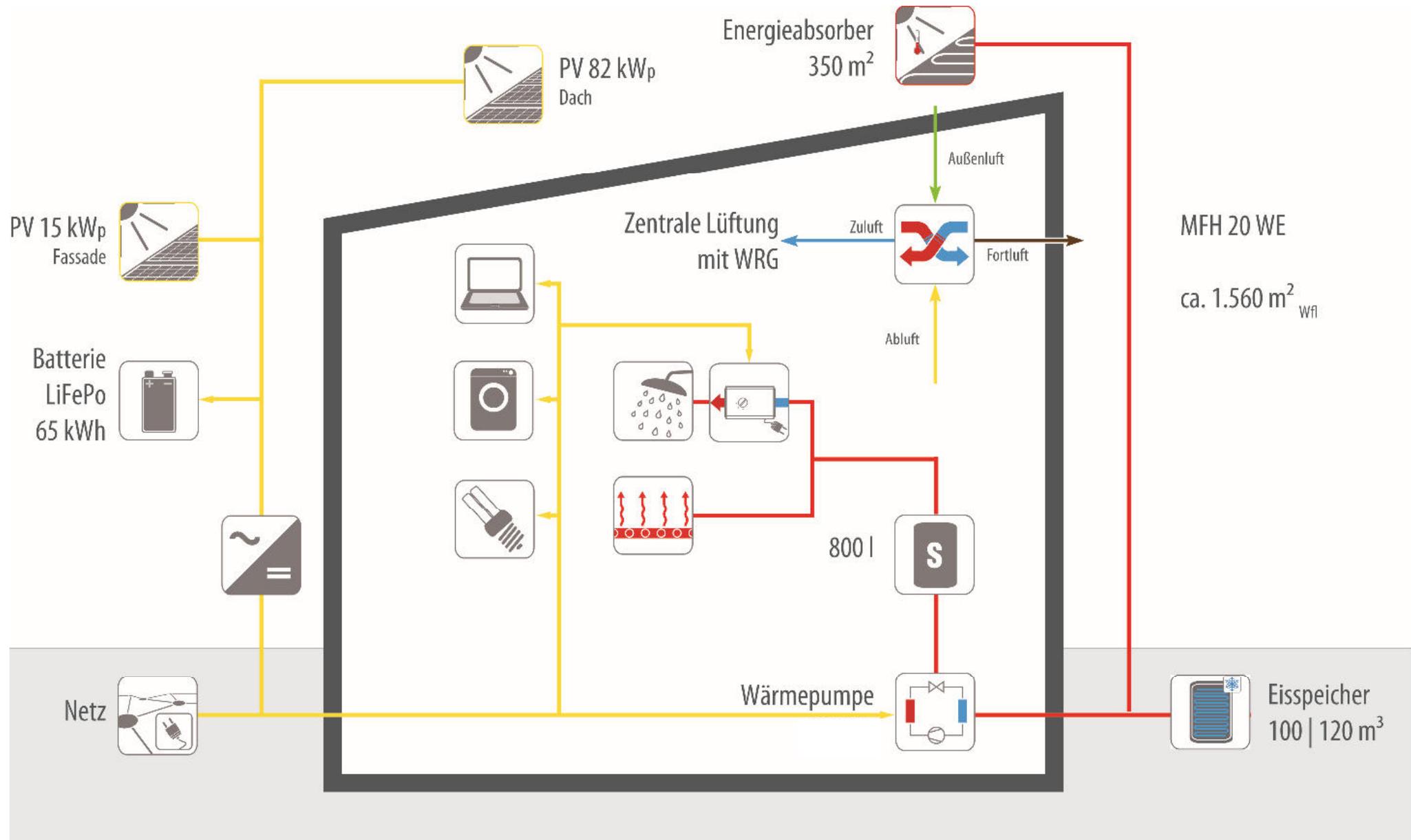
**PV- gesamt :**  
**ca. 97 kW<sub>p</sub>**  
**Ca. 82.000 kWh/a**

**rd. 52 kWh/(m<sup>2</sup><sub>wfl</sub> a)**  
**rd. 4.100 kWh/WE/a**

**>> ca. 2 € / kWh / a**



# Plusenergie-Wohnhaus „Riedberg“ Energiekonzept



# Plusenergie-Wohnhaus „Riedberg“ Eisspeicher als Wärme- bzw. Kältequelle

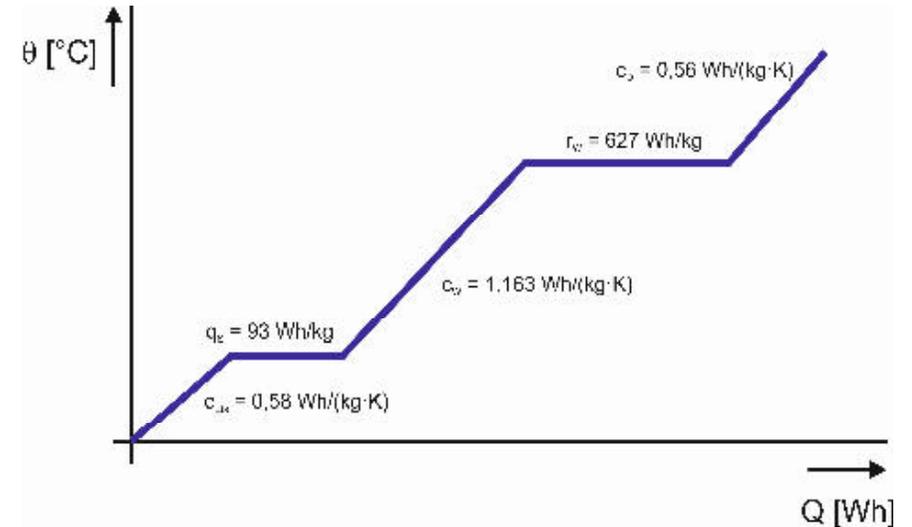
## Eisspeicher

Volumen 100 m<sup>3</sup>

Wärmeleistung WP: 40,0 kW

Kälteleistung WP: 28,5 kW

- Verfügbare Latentwärme im Eisspeicher:  
 $Q = 8.700 \text{ kWh}$
- Vollast-Betriebsstunden WP: ca. 15 Tage



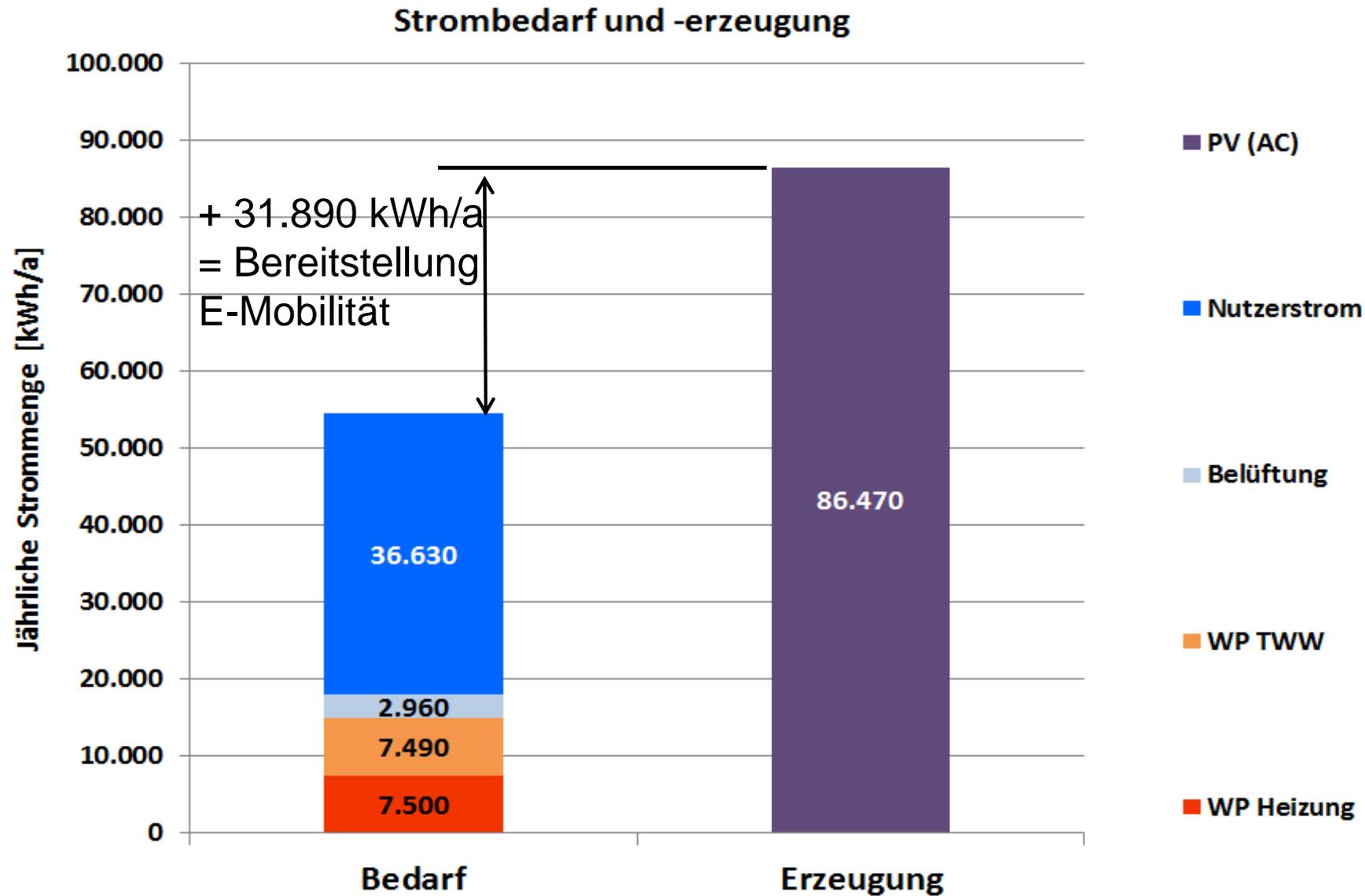
Eisspeicher im Betrieb



Teilerdintegrierter Eisspeicher



Eisspeicher im Bau, Fa. Isocal



### So kommt das Plus ins Haus

- **ganzheitliche** Energie- und Betriebsbetrachtung
- einfache Technikvarianten - „**Keep it simple**“
- EnergiePlus durch PV und WP
- PV-Angebot dort nutzen wo es benötigt wird - **Eigenstromnutzung**
- **Schwerpunkt:** Planung und Betrieb der Wärmepumpe
- Einbindung und Umsetzung von **Speichern** (therm. und elektr.)

# Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

