



# Klimaneutrale Gebäude und Quartiere - Erste Pilotvorhaben in Deutschland

**Univ. Prof. Dr. M. Norbert Fisch**  
IGS, TU Braunschweig  
CEO, EGS-Plan, Stuttgart

## Technology and Innovation Network MNF

UNIV.-PROF. DR.-ING. **M. NORBERT FISCH**

Stuttgart · Braunschweig · Aachen · Shanghai · Bangkok



Steinbeis-TZ  
Stuttgart



EGS-plan  
Stuttgart



Energydesign  
Braunschweig



EGSplan Int.  
Bangkok



Institut für Gebäude-  
und Solartechnik IGS  
TU Braunschweig



Synavision  
RWTH Aachen  
TU Braunschweig

**Partner in  
Research  
+ Science**

**renewable  
energy applications**

**integral  
energy concepts**

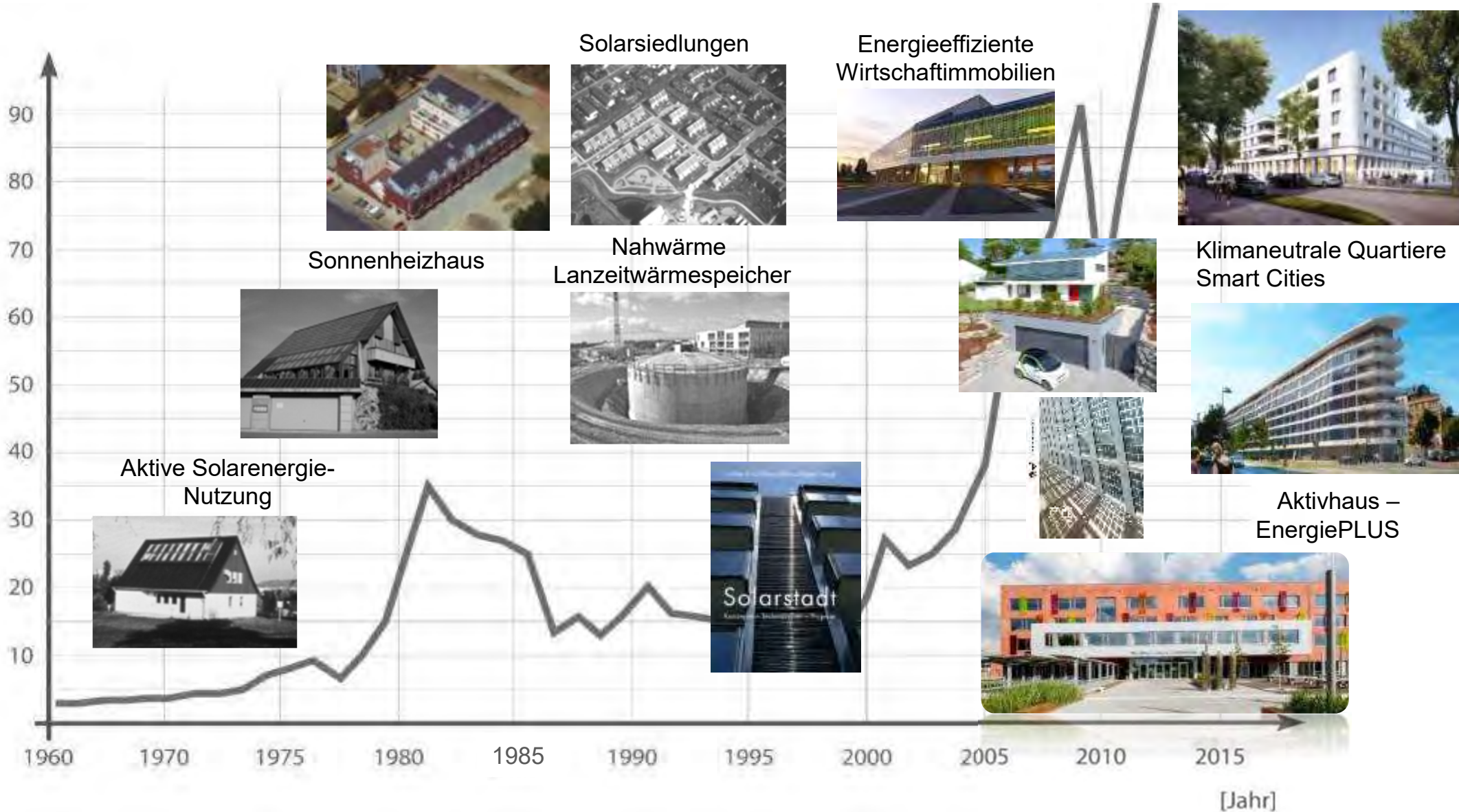
**building  
physics**

**building  
services**



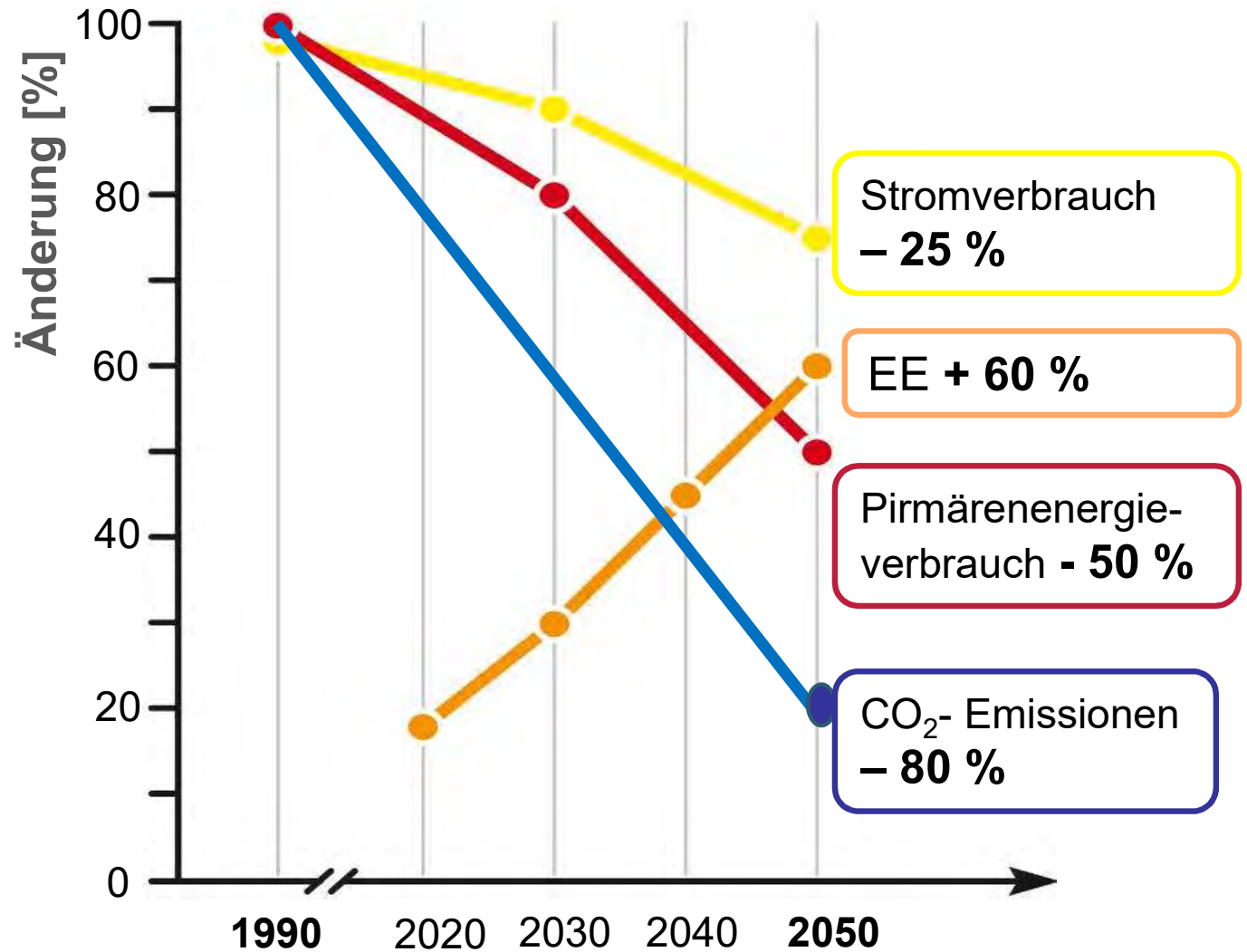
# Vom ersten Solarhaus zum klimaneutralen Stadtquartier 40 Jahre „Wir glauben an die Sonne“

Ölpreis US\$/Ba

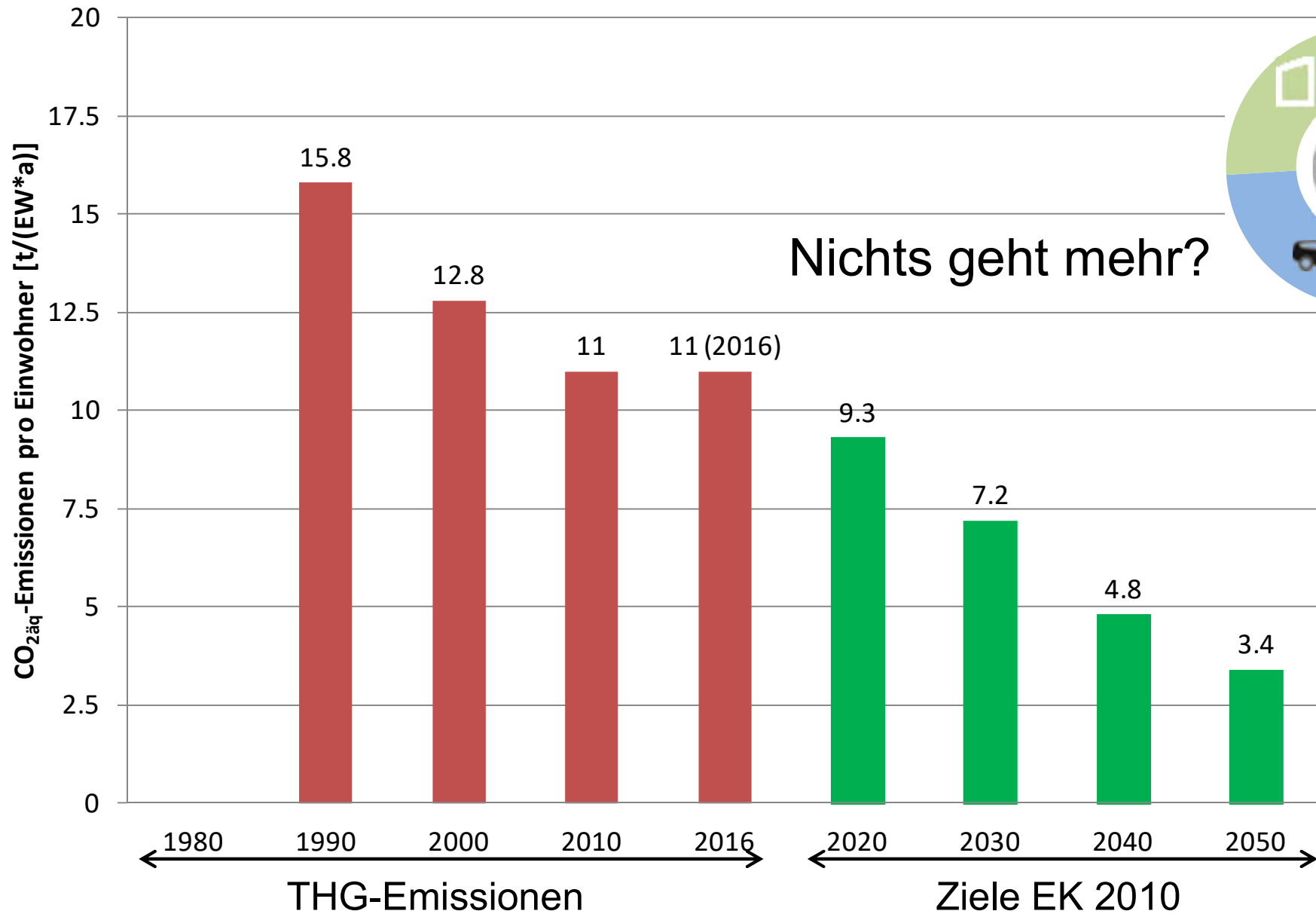


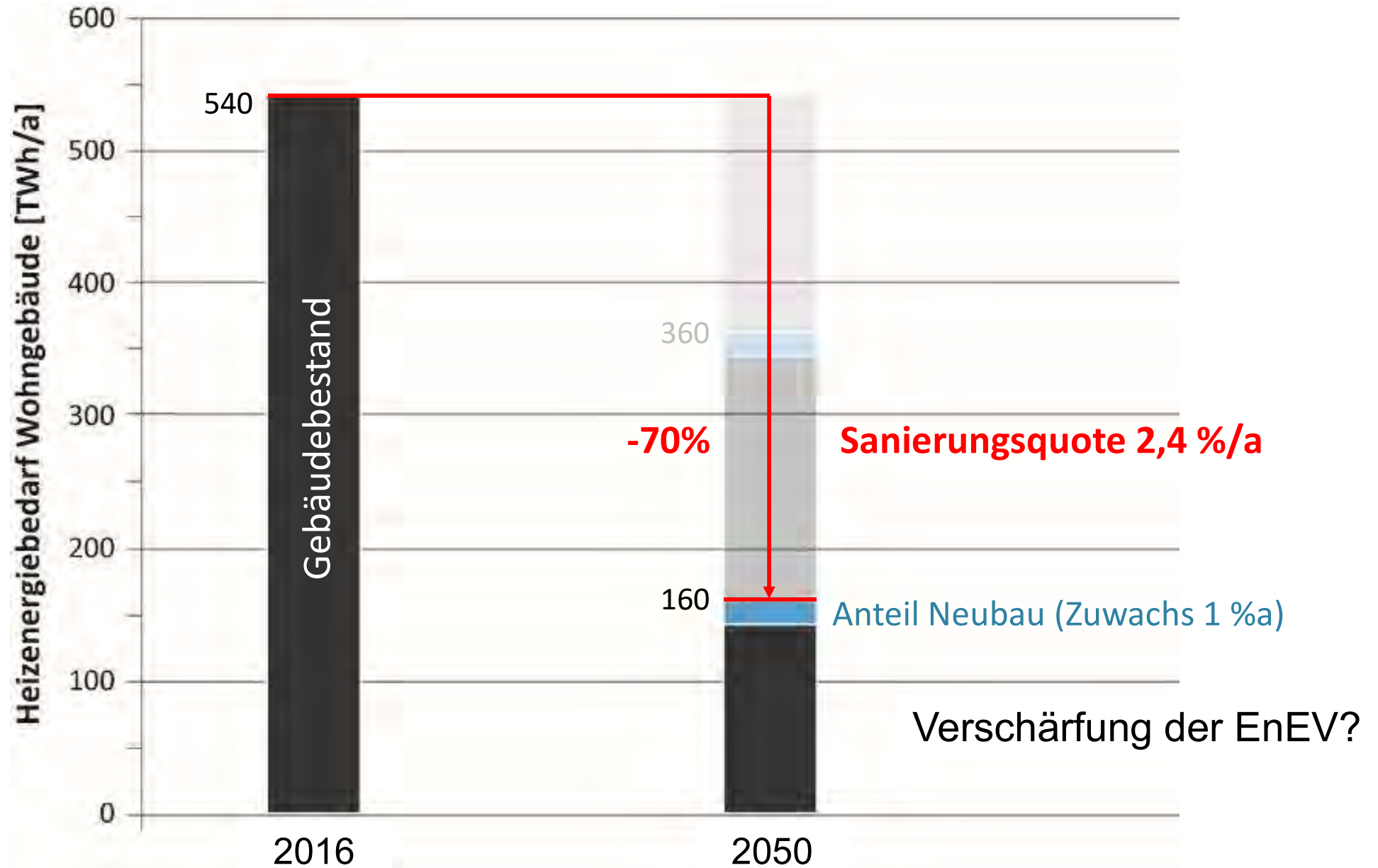
## 2050

Langzeitziele



# Entwicklung der CO<sub>2</sub>- Emissionen



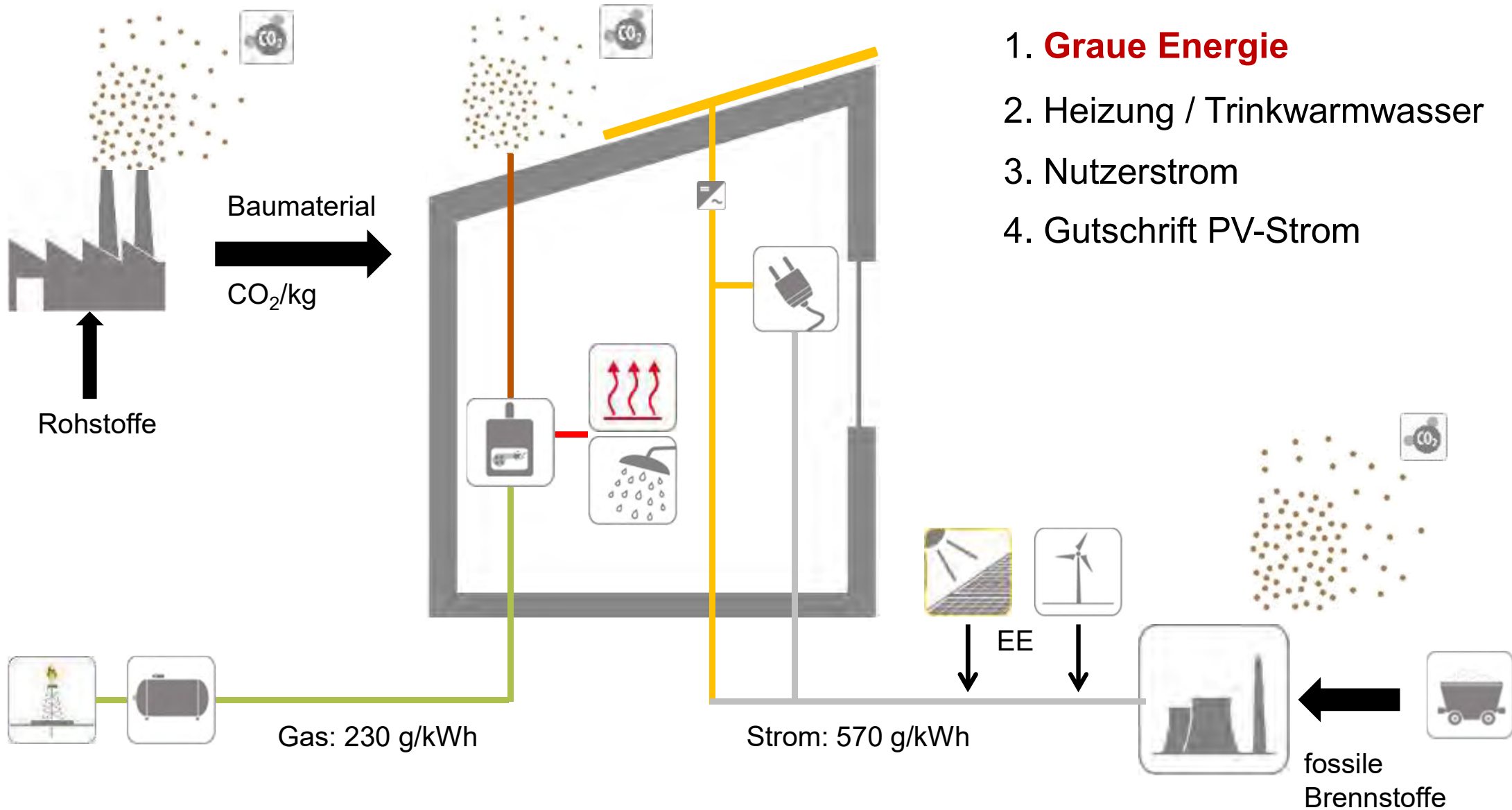


# Studie im Auftrag des UBA, Berlin (2017 / 2018)

## Ganzheitliche CO<sub>2</sub>- Bewertung im Lebenszyklus von Gebäuden

# Intelligente Gebäude von Morgen

## Ressourcenschonend – CO<sub>2</sub> Bilanz im Lebenszyklus



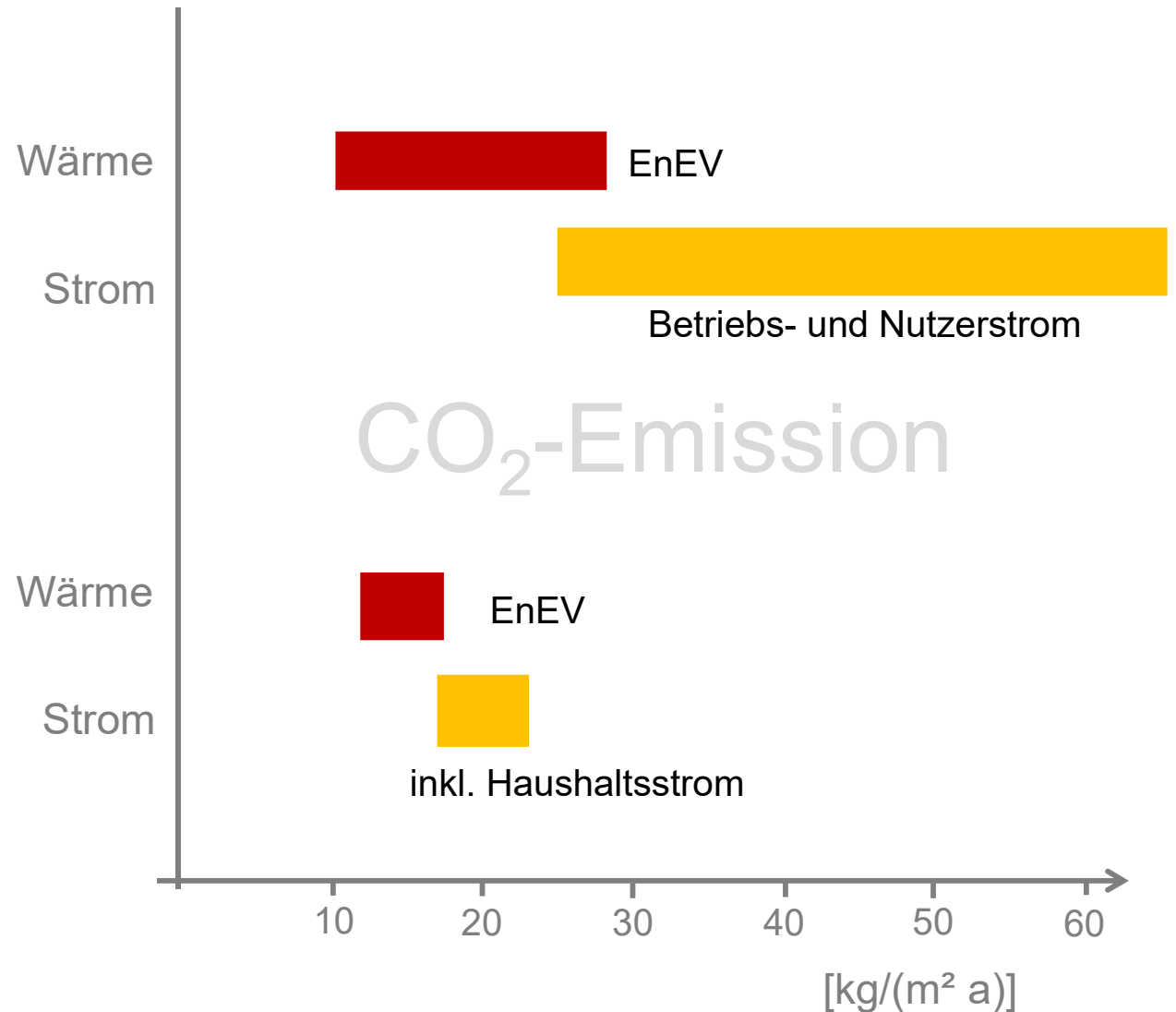


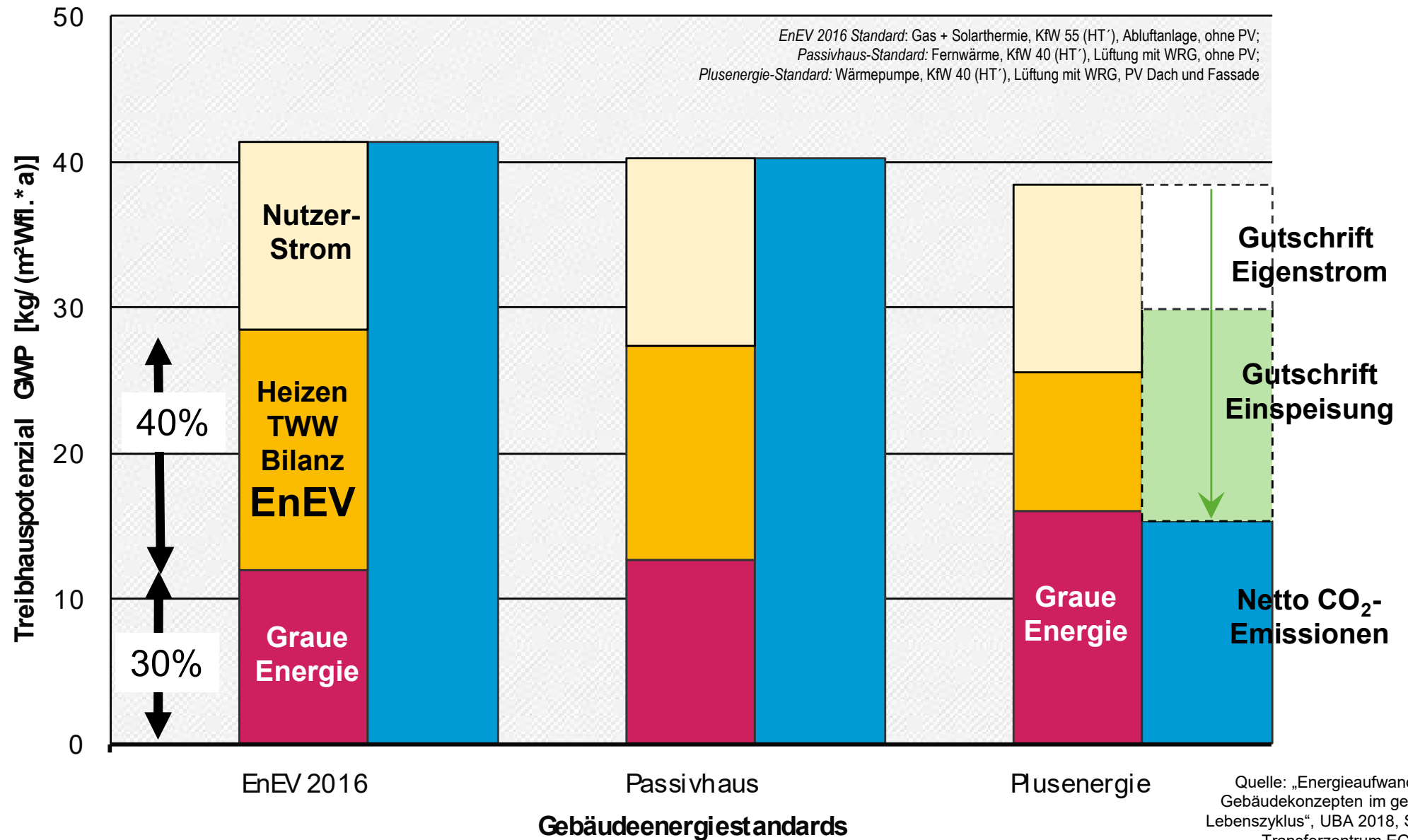
# Büro- und Wohngebäude (Baujahr um 2014)

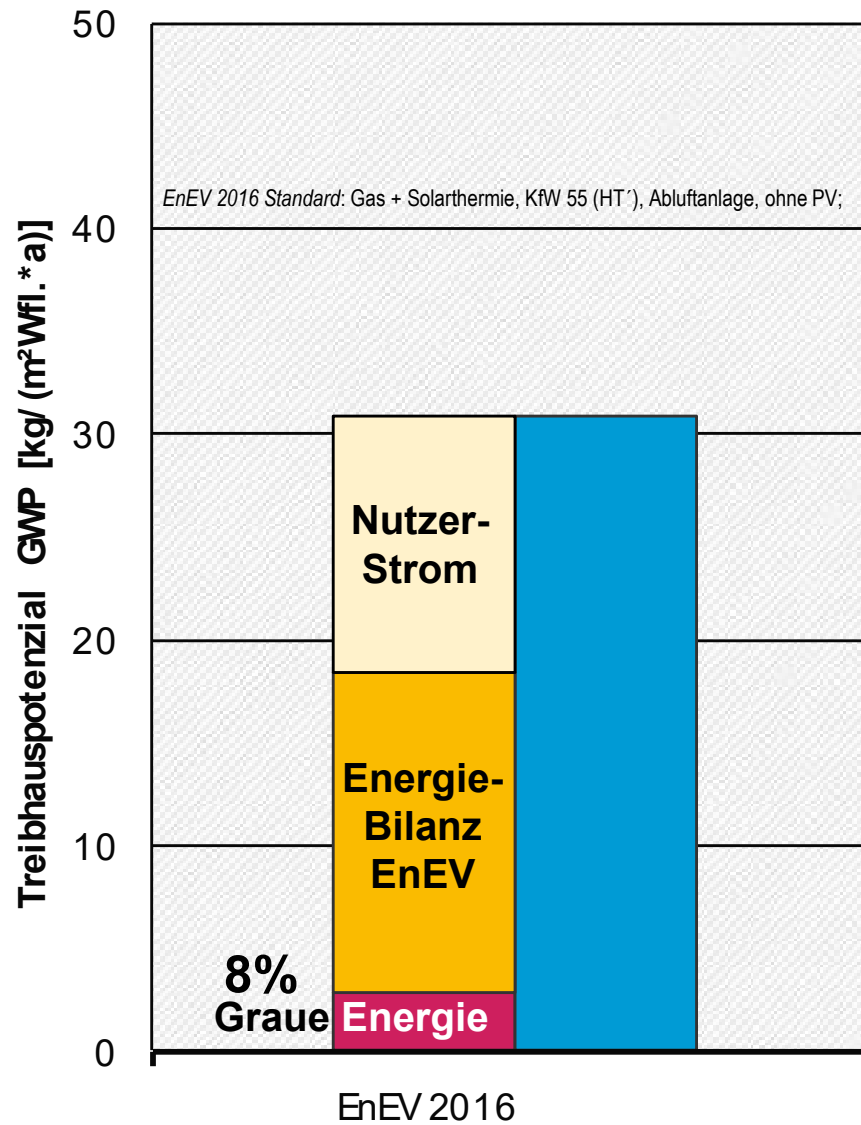
## CO<sub>2</sub>-Emissionen - Wärme- und Strombedarf



Wärmeezeugung (Erdgas) 202 g/kWh  
 Stromerzeugung (Strommix) 610 g/kWh







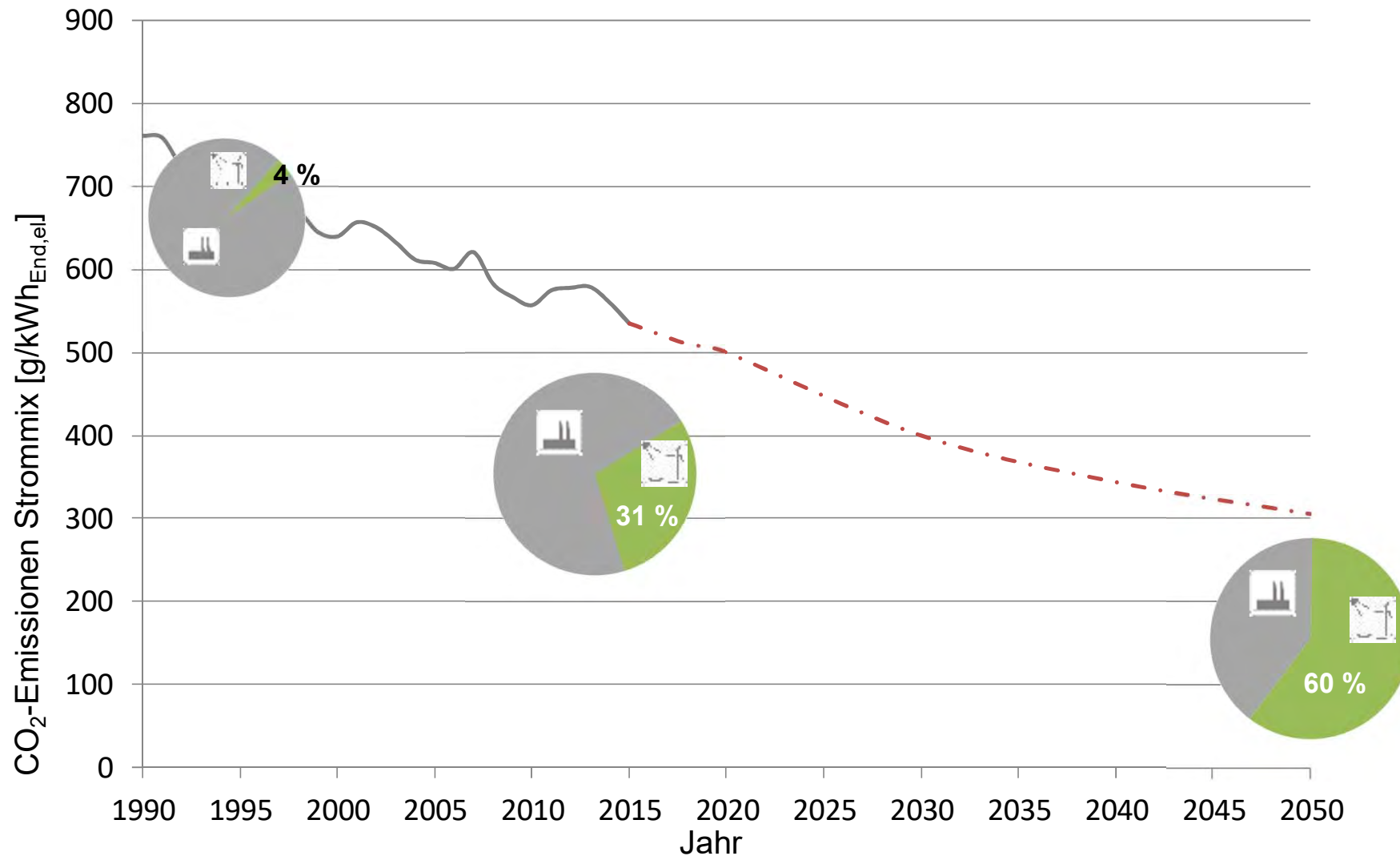
**Gebäudeenergiestandards**

Energieaufwand von  
 Gebäudekonzepten im gesamten  
 Lebenszyklus“, UBA 2018, Steinbeis-  
 Transferzentrum EGS

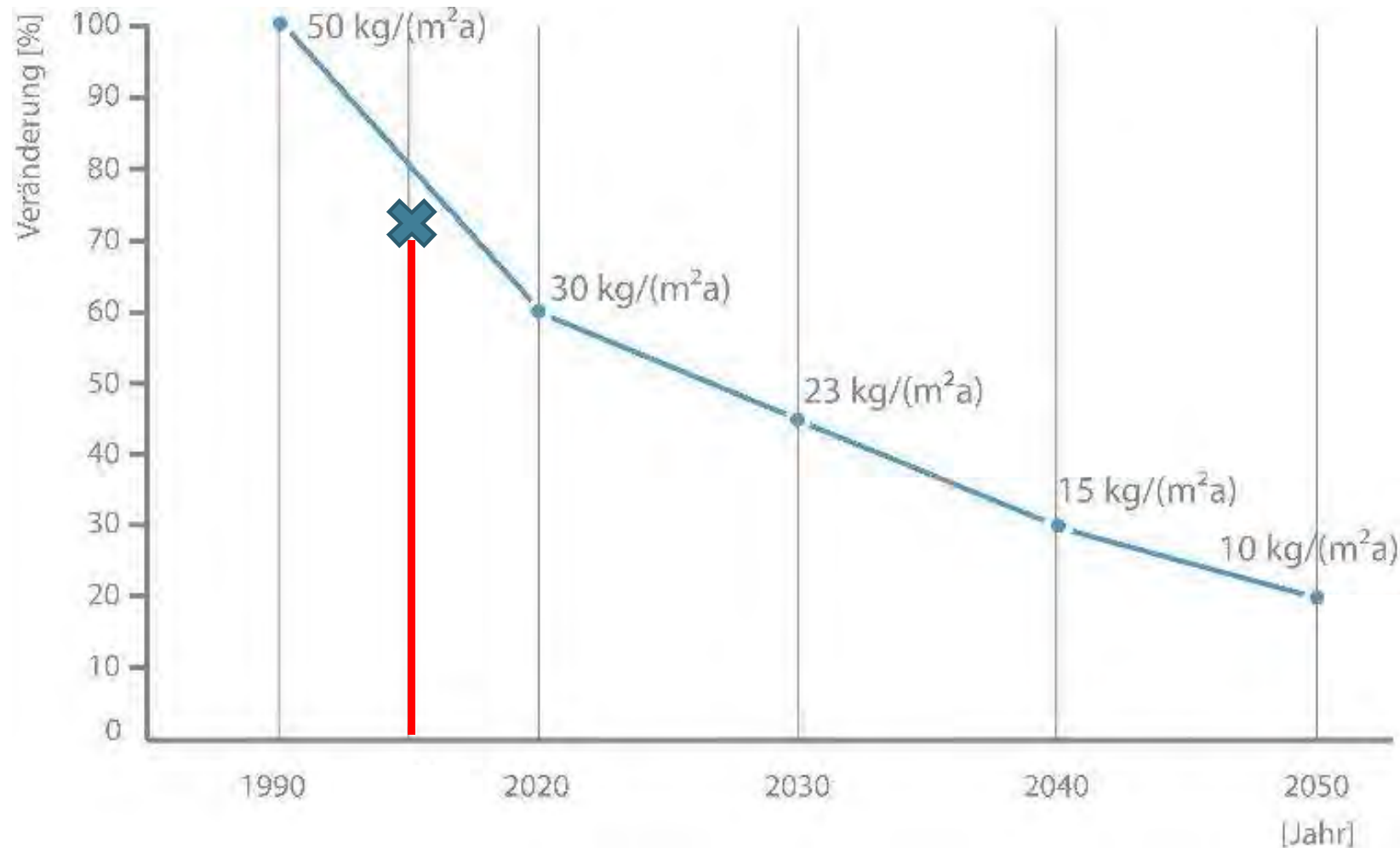
- Mehrfamilienhäuser sanieren
- Neubau mit Holzbauweise forcieren
- Effiziente Haushaltsgeräte deutlicher Hebel
- Eigenstrom-Nutzung (EE) vereinfachen

Sanierung des Bestands (EnEV 2016)  
+  
Decarbonisierung der Energieversorgung  
Gebäude als Kraftwerk und Tankstelle  
Neubau Wohnungsbau KfW 55!  
Neubau Nicht-Wohnungsbau EnEV 2014/2016

# CO<sub>2</sub>-Emissionen Dekarbonisierung Netzstrom



## Max. zulässige CO<sub>2</sub>- Emission für MFH (**Neubau, Wärme und Strom**) Einführung von Grenzkurven für Gebäudetypologien



## Gebäudebestand – Ordnungsrecht???

- **CO<sub>2</sub>- Bewertungsmethode - Label für Gebäude** (kg CO<sub>2</sub>/(m<sup>2</sup>a)) aus dem Energieverbrauch ermitteln
- **Anreizsystem** zur Vergütung von **tatsächlichen CO<sub>2</sub>- Einsparungen**.  
(Statt Förderung von Maßnahmen - tatsächliche CO<sub>2</sub>- Einsparungen **belohnen!**)

Einführung einer CO<sub>2</sub>- Bepreisung (€ / t CO<sub>2</sub>)  
auf fossile Brennstoffe zur Wärmeerzeugung!



Förderung nicht **nur** der Investitionen,  
sondern **auch** nachgewiesene CO<sub>2</sub>-  
Einsparungen im Betrieb

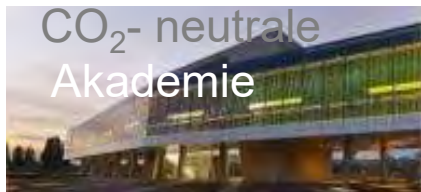


# Smart Grid – Smart Building

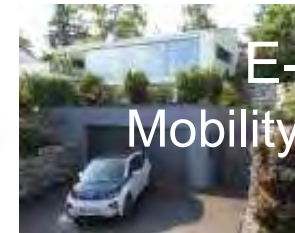
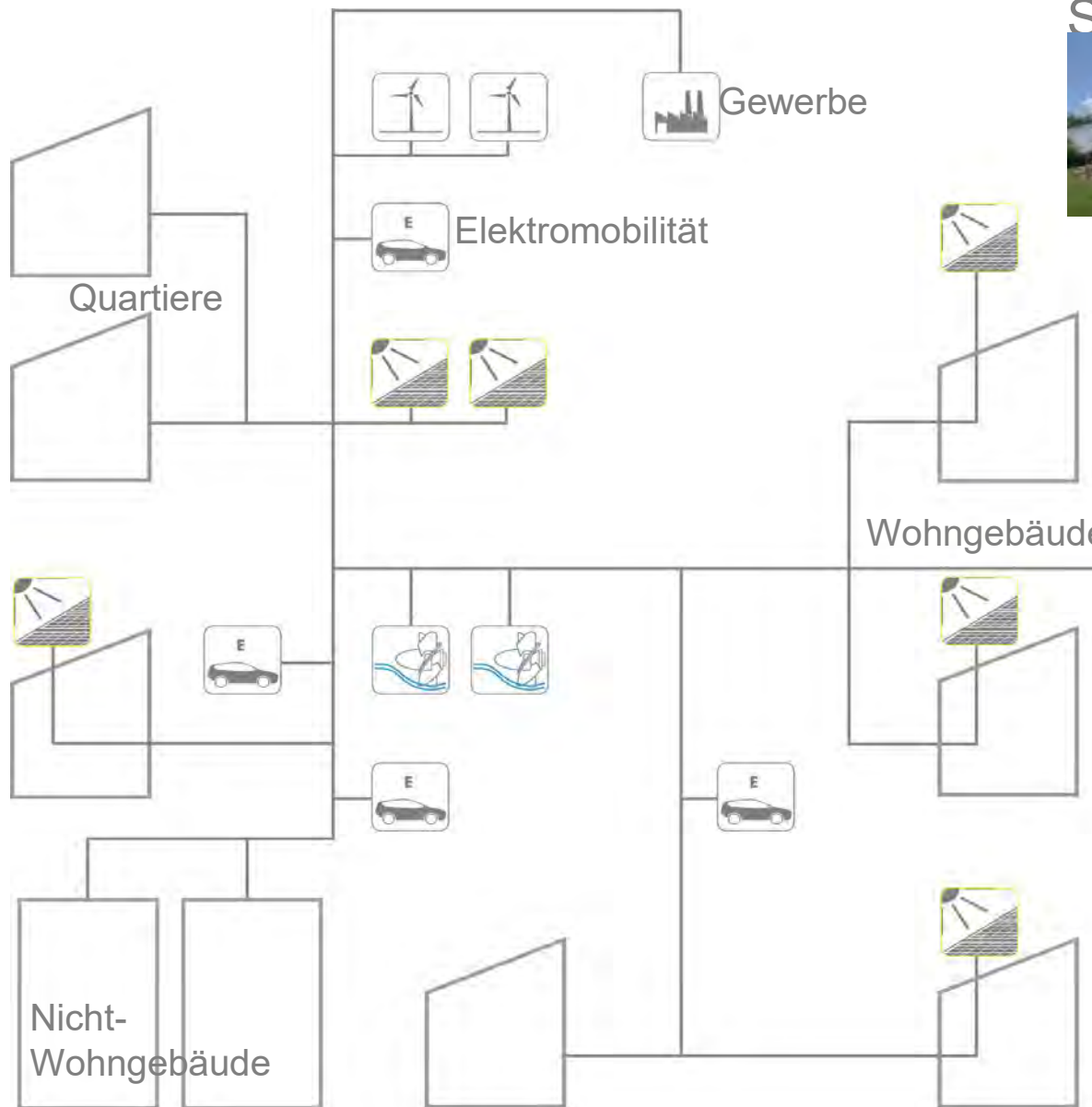
# Dezentralisierung Energieversorgung - Smart Grid



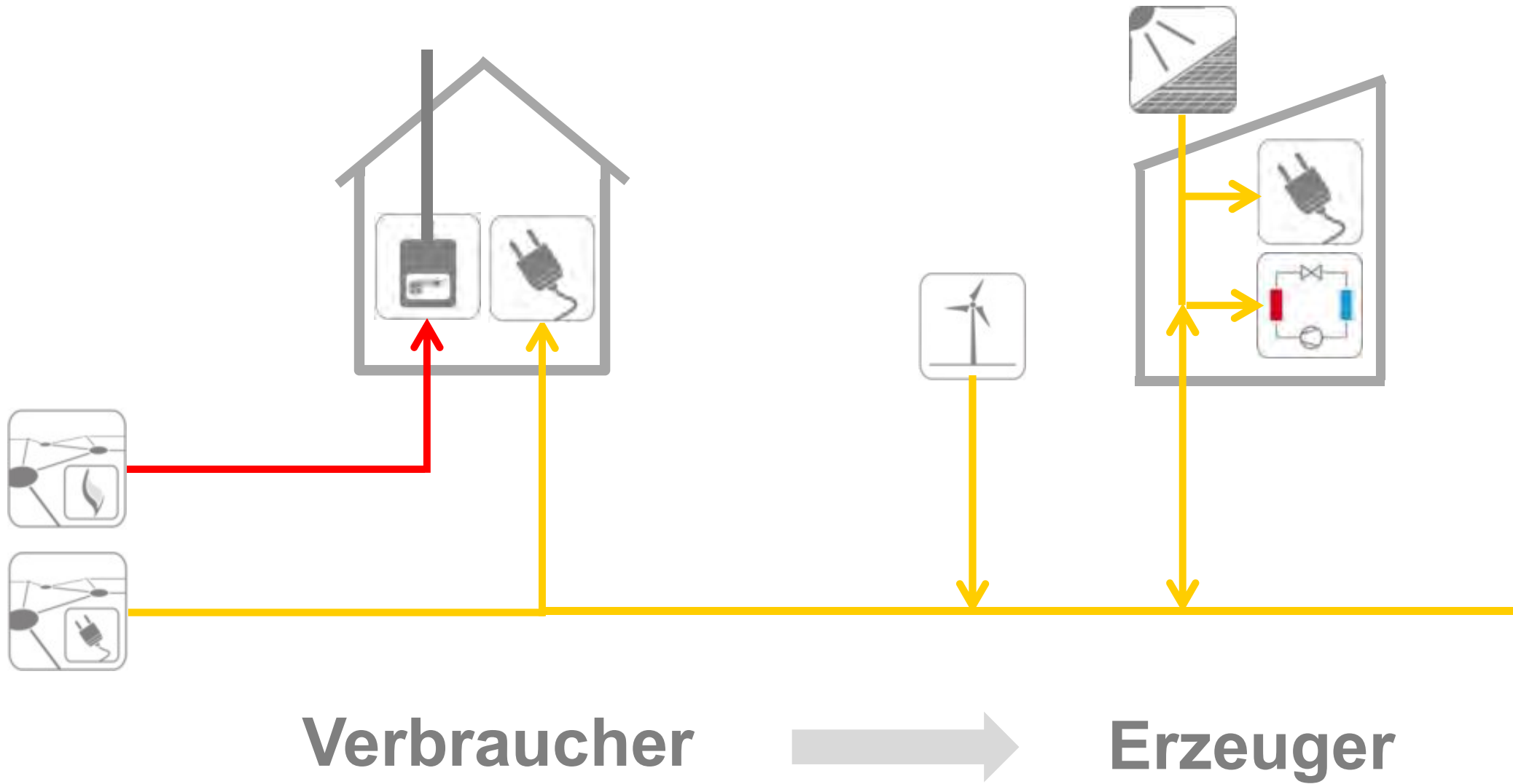
Klimaneutrale  
Stadt-Quartiere



CO<sub>2</sub>- neutrale  
Akademie



# Vom Verbraucher zum Erzeuger



# Ganzheitlicher Ansatz erforderlich!

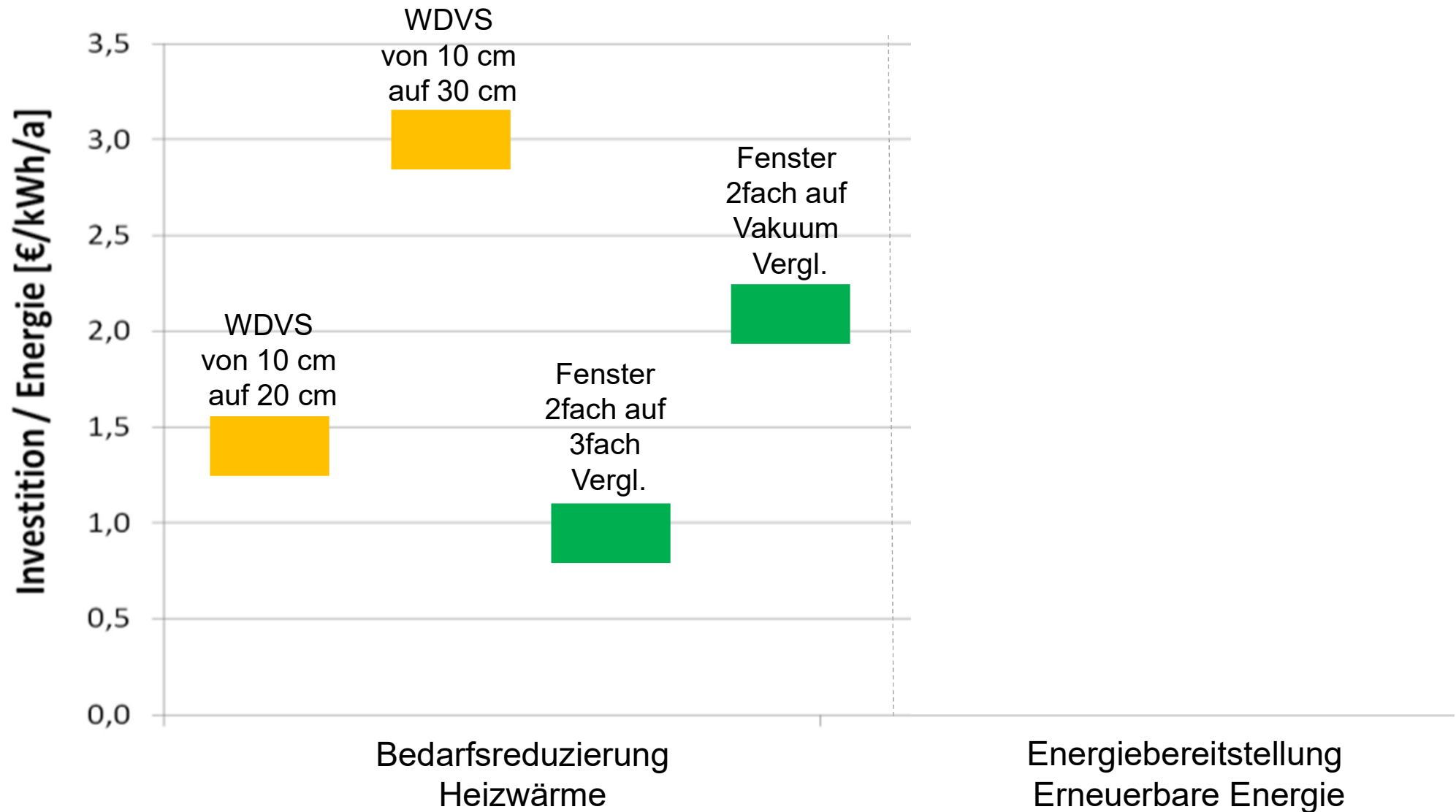
„Wirtschaftliche **Optimierung**  
durch **Reduzierung** des Energiebedarfs  
und **effiziente Nutzung** Erneuerbarer Energien“

Ist dies mit „**Efficiency First**“ gemeint?  
oder besser  
„**Environment First**“!



# Kosten / Nutzen- Verhältnis

## Bedarfsreduzierung und Energieerzeugung





# Analyse zu Klimaneutral im Wohnungsbau

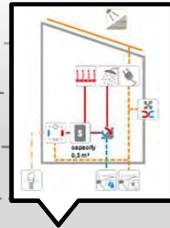
Im Auftrag des BMWi (2015 / 2016)

**Solarthermie und /oder PV + Wärmepumpe?**

# Klimaneutral erreichbar?

## Technische Konzepte für Wohngebäude (Neubau / Bestand)













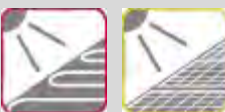




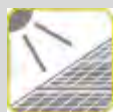
*future:solar (BMW i 2014 / 2015)*



	<b>Einfamilienhaus</b>	<b>Mehrfamilienhaus</b>	<b>Wohnquartier</b>
<b>Neubau</b>	 <p>Wohnfläche: 140 m<sup>2</sup> Pers.: 4</p>	 <p>Wohnfläche: 613 m<sup>2</sup> Pers.: 17 / 8 Wohnungen</p>	 <p>Fläche: 45.500 m<sup>2</sup> 270 Wohnungen</p>
<b>Sanierung</b>	 <p>Wohnfläche: 140 m<sup>2</sup> Pers.: 4</p>	 <p>Wohnfläche: 416 m<sup>2</sup> Pers.: 12 / 6 Wohnungen</p>	 <p>Wohnfläche: 26.700 m<sup>2</sup> 380 Wohnungen</p>



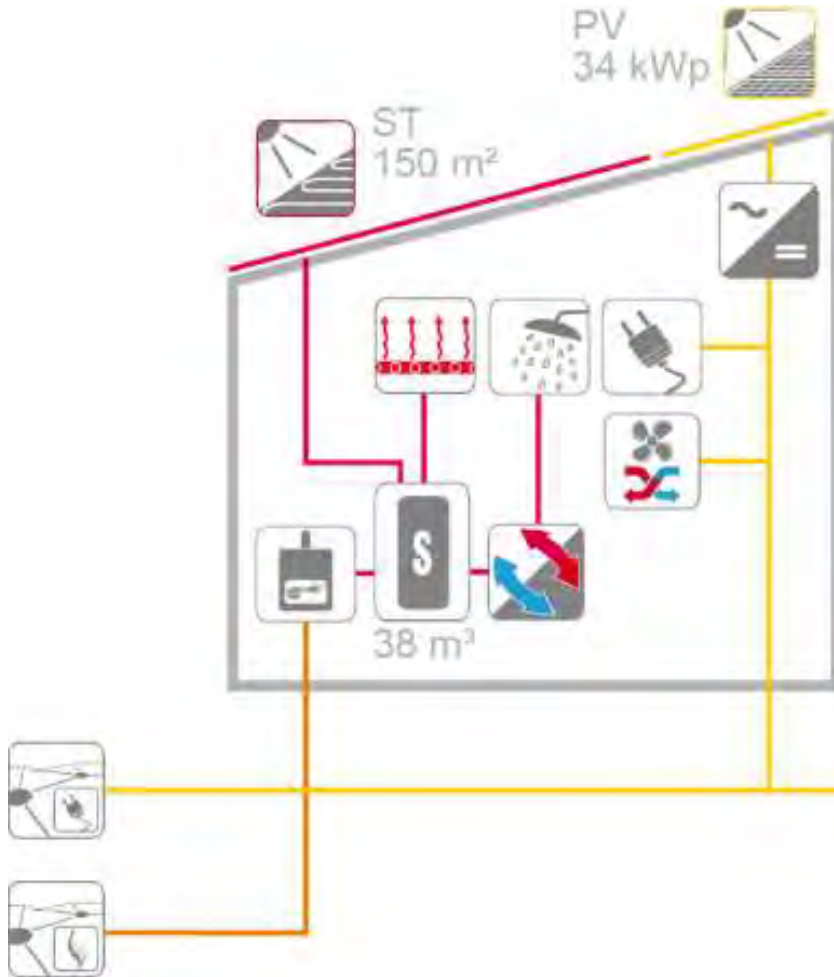
(future:solar)

Variante	1	2	3	4	5	6
Beschreibung	Gaskessel ST + PV	Wärme- pumpe PV	BHKW PV	Biomasse ST + PV	el. Heizstab ST + PV	Fernwärme PV*
Versorgungs- netz						
Heizsystem						
Erneuerbare Energie						 *PE-faktor = 0,7

# Klimaneutral - Konzept Solarisierung

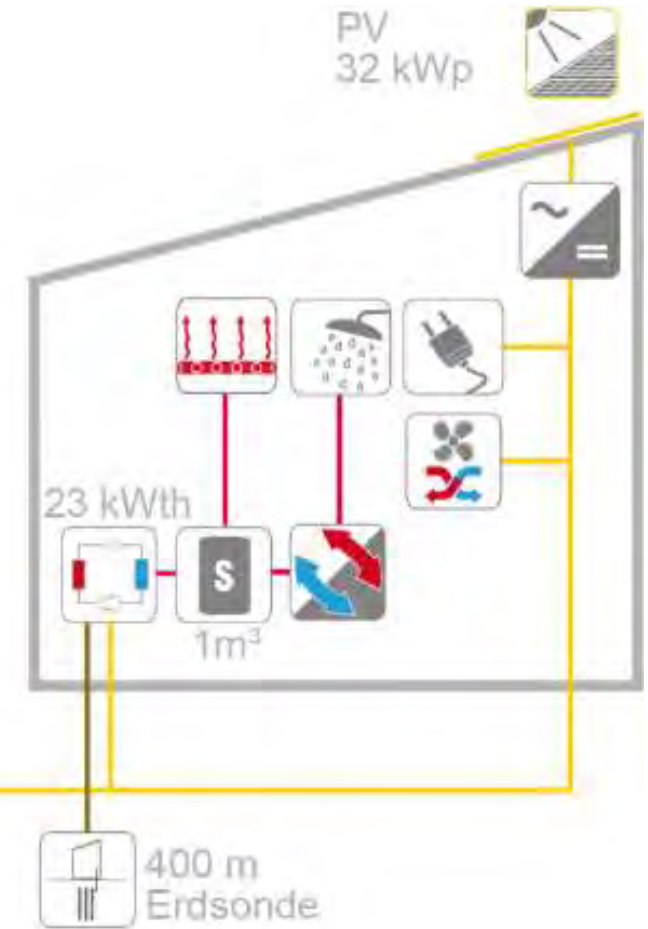
## Beispiel Mehrfamilienhaus Neubau

System ST+GK+PV



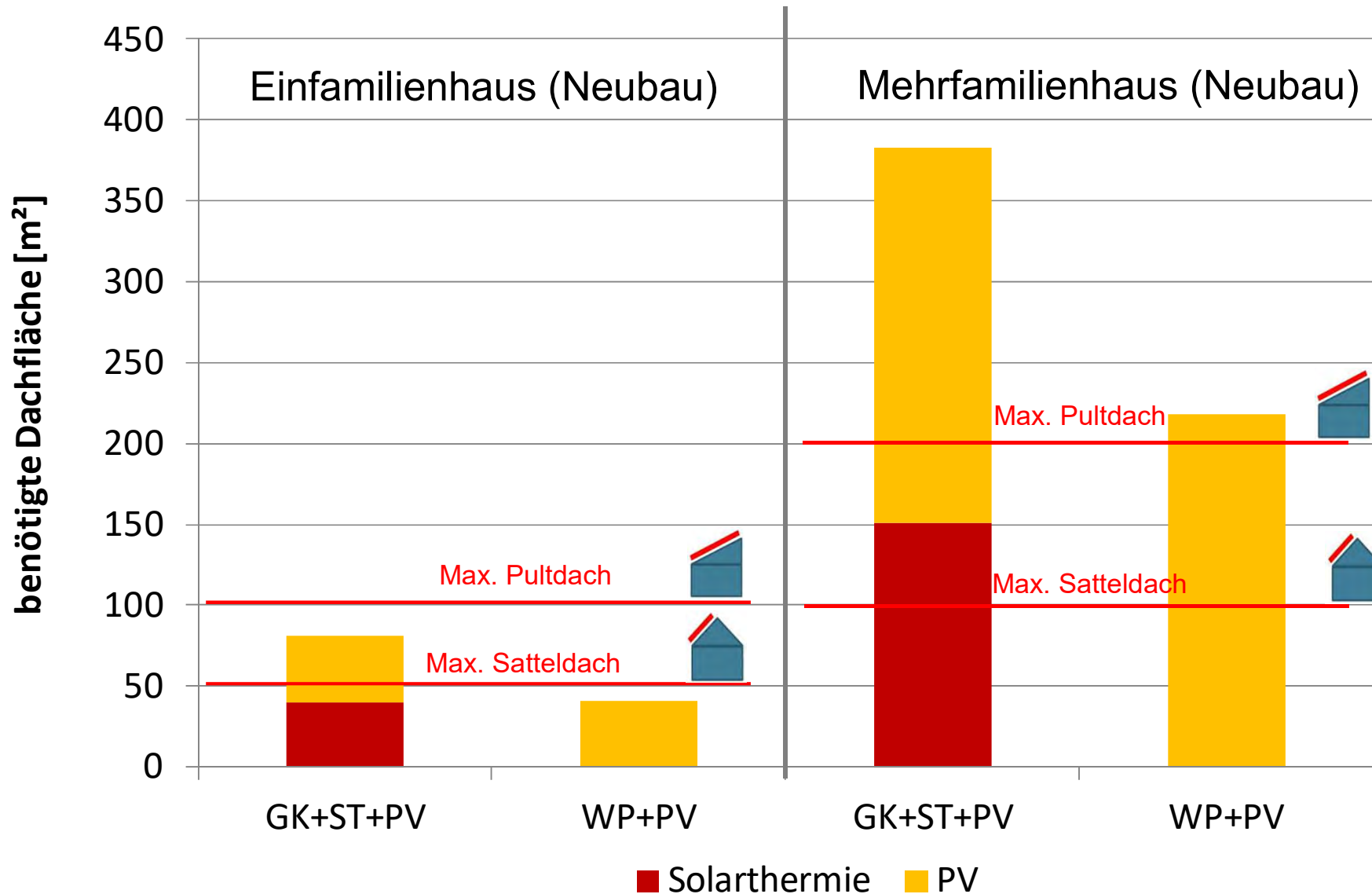
Neubau MFH  
 630 m<sup>2</sup> NGF  
 EnEV 2014

System WP+PV



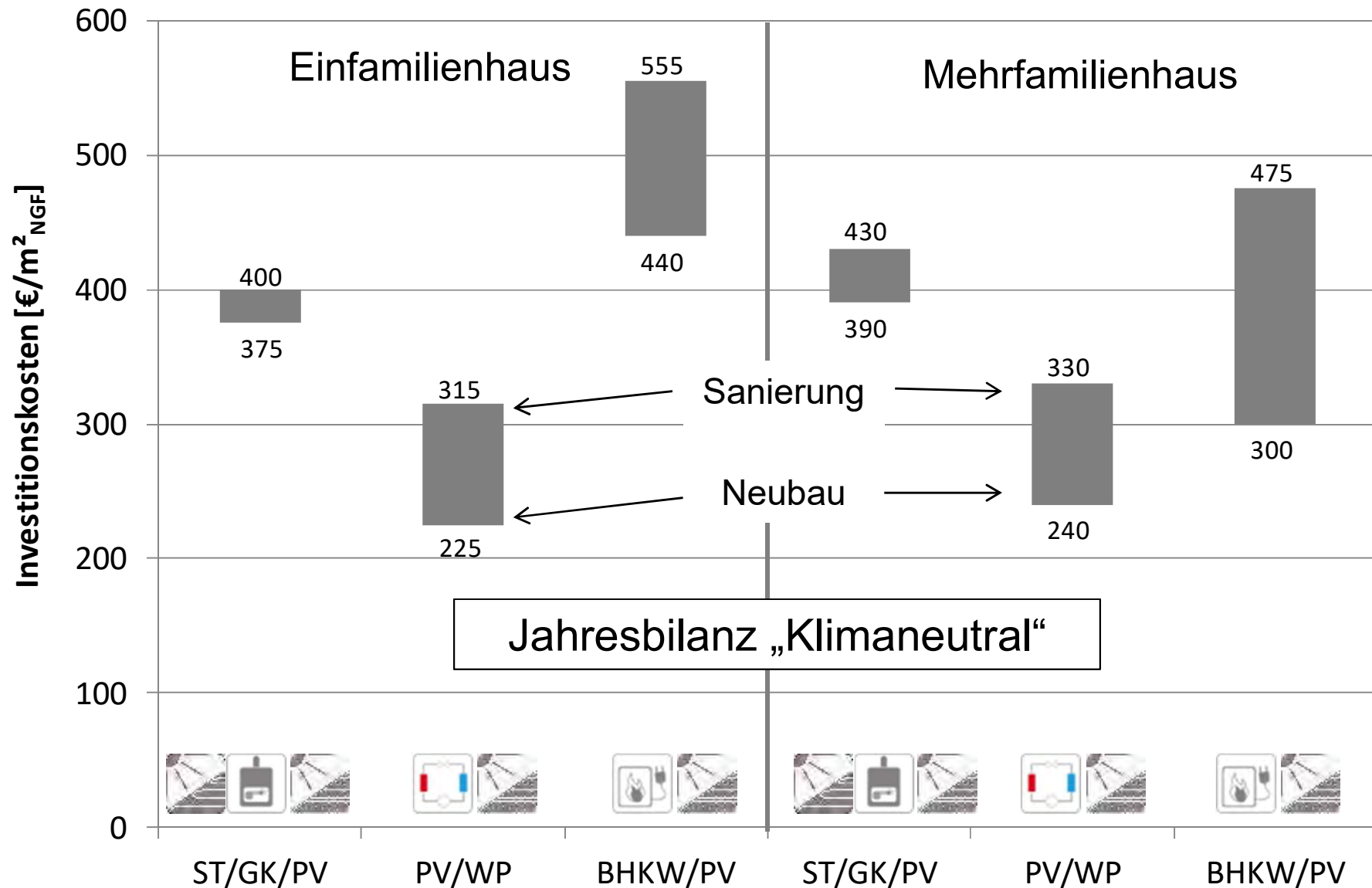
# Klimaneutral – Solarisierung machbar?

## Dachflächen – Bedarf und Potenzial



# Klimaneutral – Investitionskosten?

## Wohngebäude (Neubau / Bestandssanierung)



- **„Klimaneutral – große Herausforderung!“**
  - **EFH - Neubau problemlos - Bestand hohes Potenzial!**
  - **MFH Neubau (bis 4 Geschosse) möglich!**
  - **MFH – Neubau (> 5 Geschosse) und Bestand bedingt möglich!**

## Klimaneutral ist **nicht kostenlos!**

### Geringste Baumehrkosten für (PV + WP)

ca. 225 €/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub> - EFH, Neubau

bis

ca. 330 €/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub> - MFH, Bestand

BHKW + PV ca. 300 bis 550 €/m<sup>2</sup><sub>NGF</sub>



# Projekte zur Klimaneutralität

# .... erste EffizienzhausPLUS - Projekte



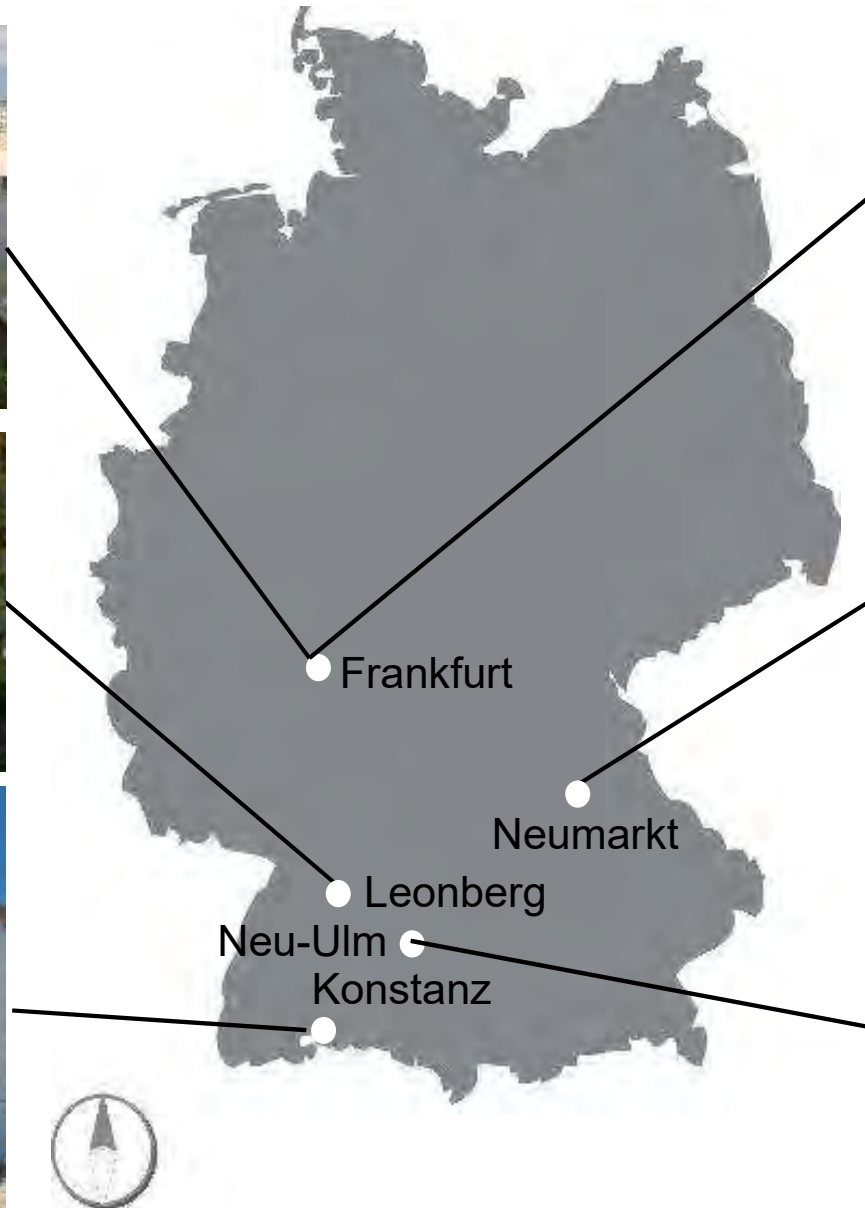
Aktivhaus+, Ffm-Riedberg



Berghalde, Warmbronn



Schmidtenbühl



Aktiv-Cityhouse, Frankfurt



WGG, Neumarkt



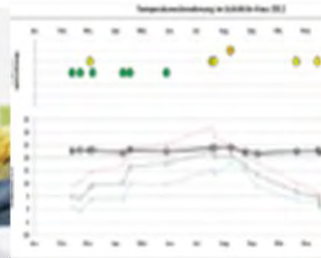
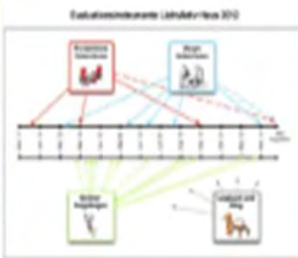
EPA, Neu-Ulm



# Ganzheitlicher Ansatz erforderlich!

„Wirtschaftliche **Optimierung**  
durch **Reduzierung** des Energiebedarfs  
und **effiziente Nutzung** Erneuerbarer Energien“

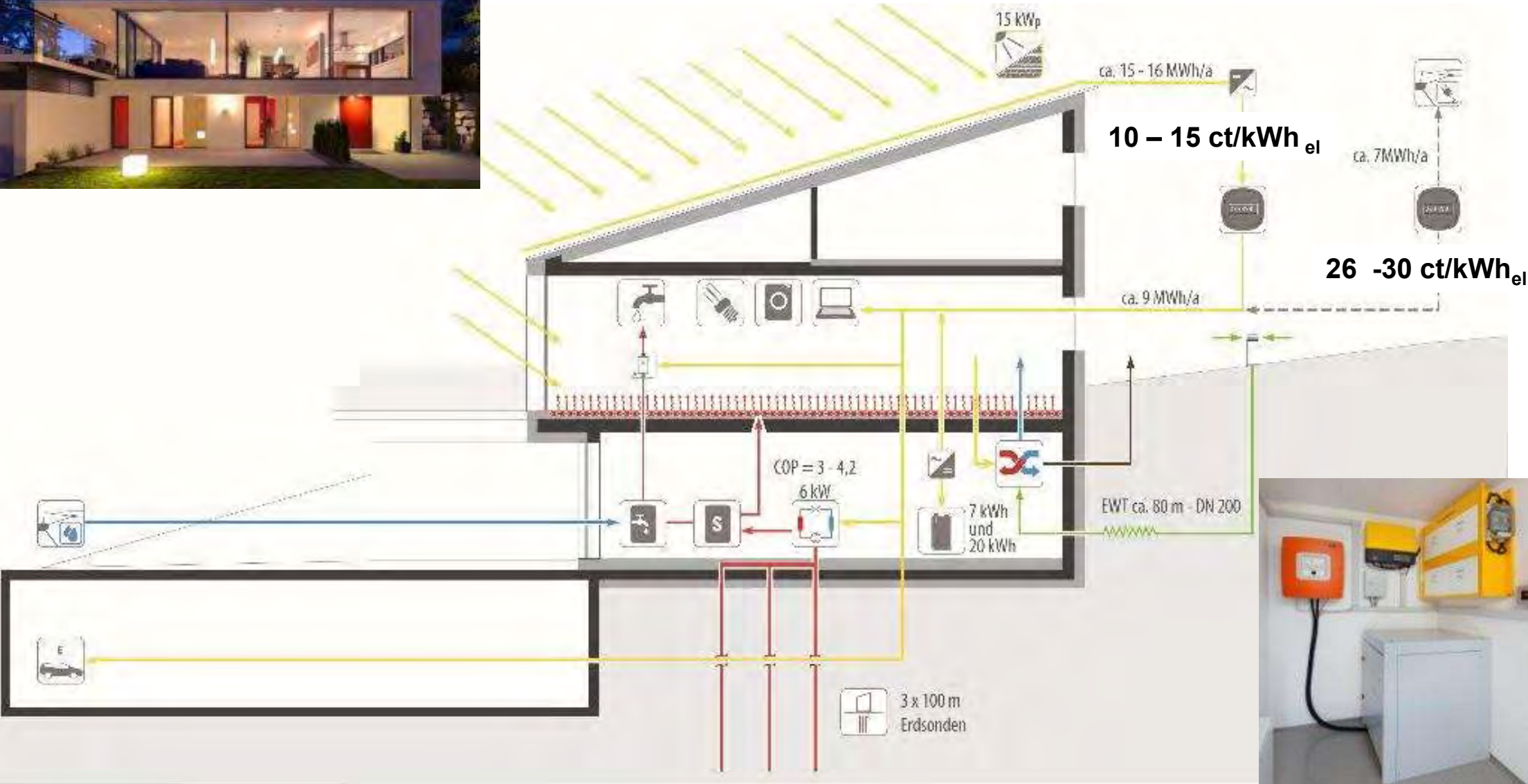
Ist dies mit „**Efficiency First**“ gemeint?  
oder besser  
„**Environment First**“!



# E 7 erfolgreiche Betriebsjahre im Kontext Energie und Komfort

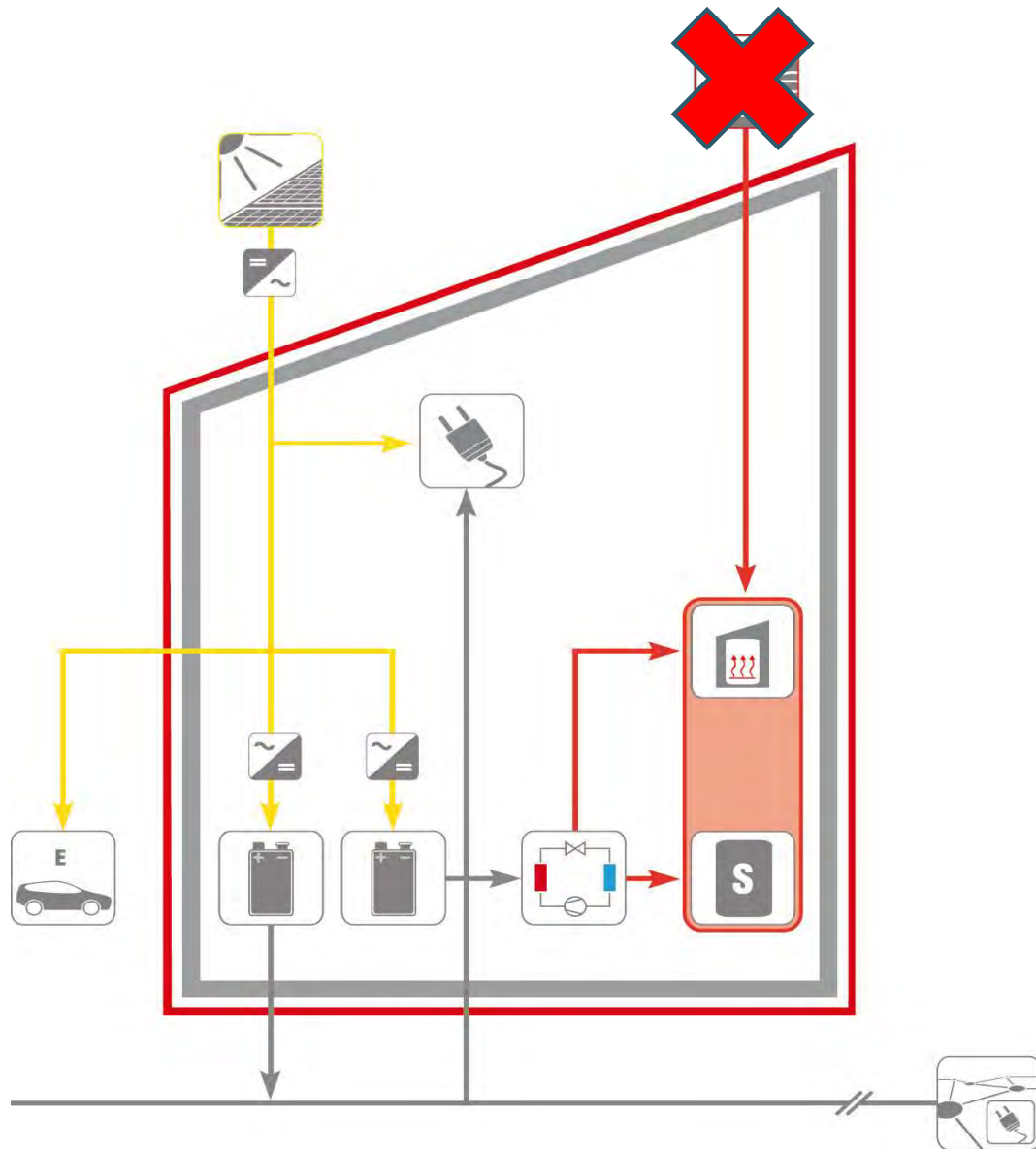


Entwurf: Berschneider, Pilsach  
EK / TGA: EGSplan, Stuttgart



# EnergiePLUS Gebäude

## Last-Management - Steigerung Eigenstromnutzung



Gebäudemasse  
 therm. aktivieren  
 Nachtabenkung !  
 WW- Speicher  
 Volumen vergrößern

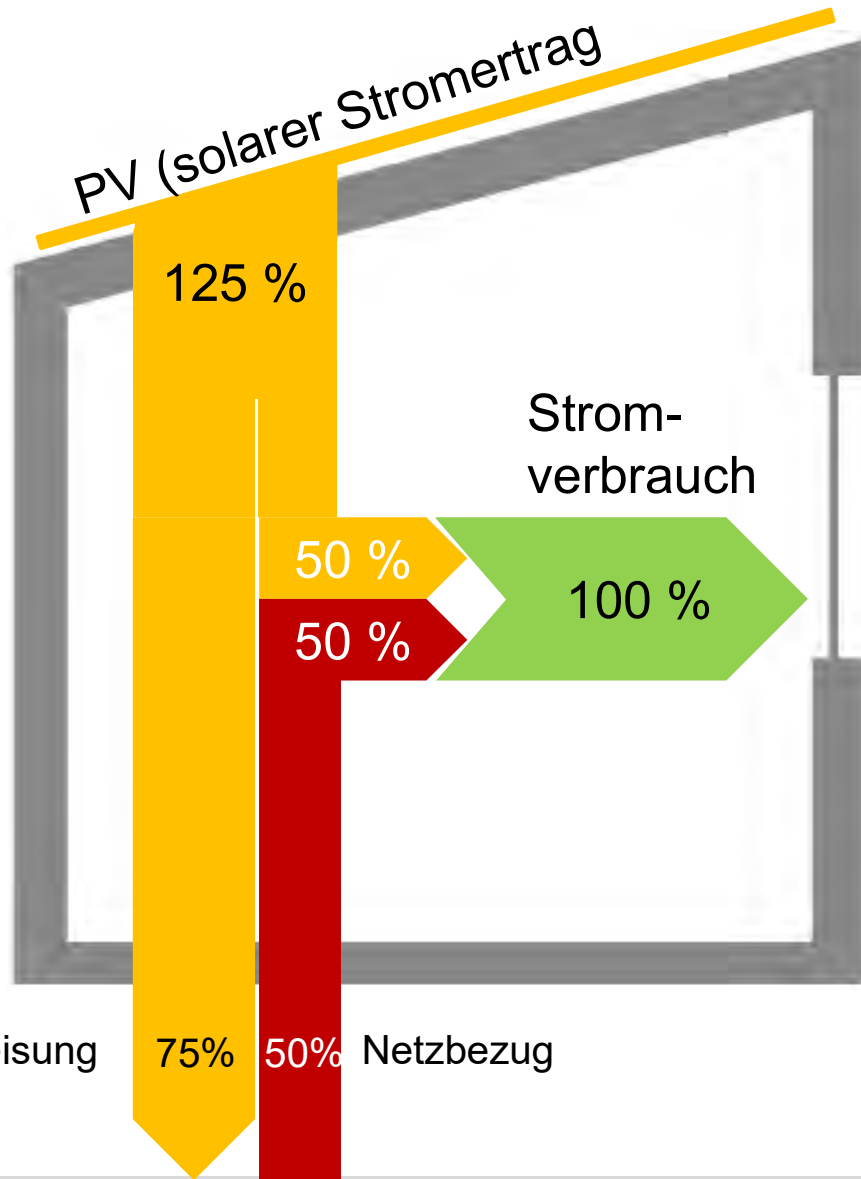


Stromspeicher



E- Mobilität



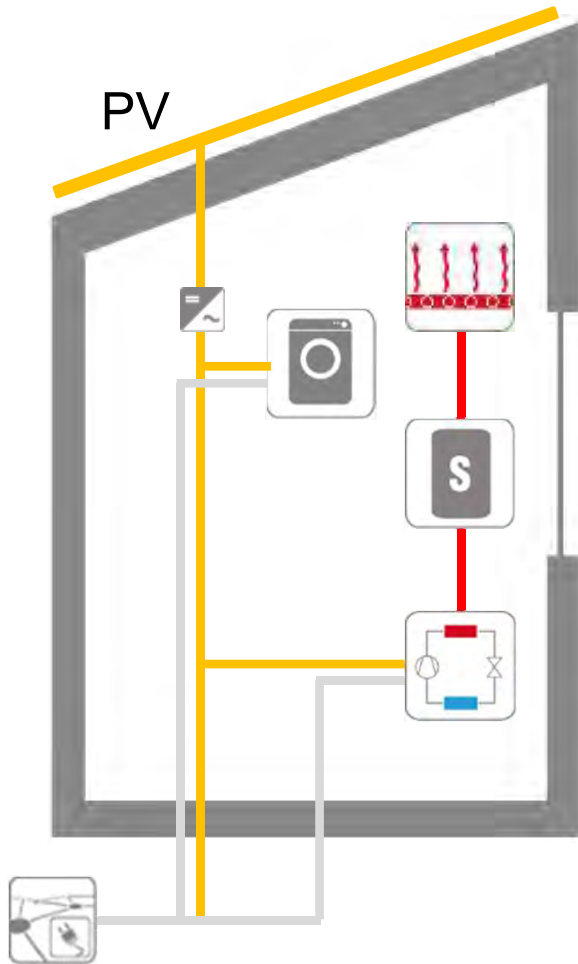


solarer Deckungsanteil  
 50 %

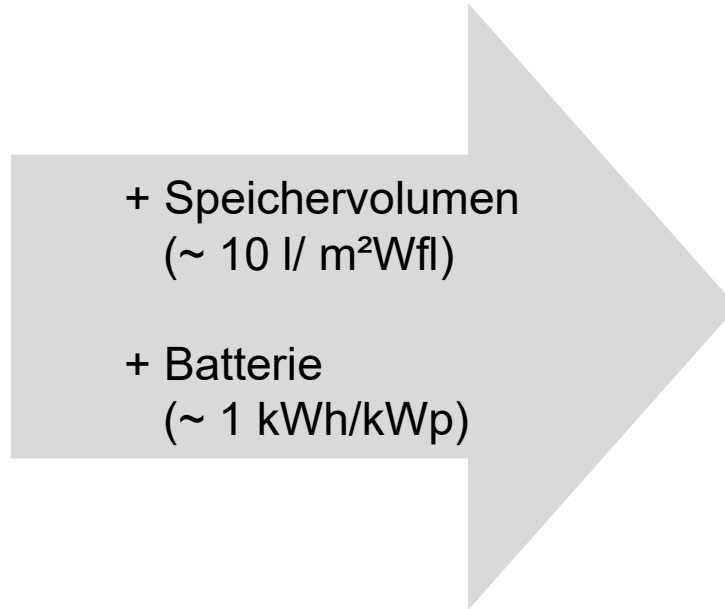
Eigenstromnutzungsanteil  
 40 %

Stromnetz

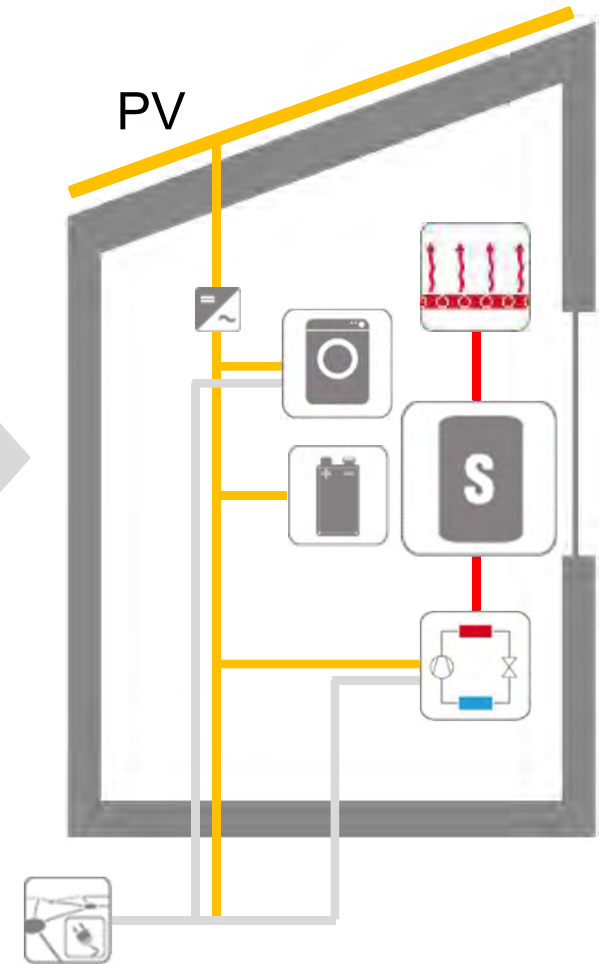




solarer Deckungsanteil  
ca. 35 %  
Eigenstromnutzungsanteil  
ca. 30 %



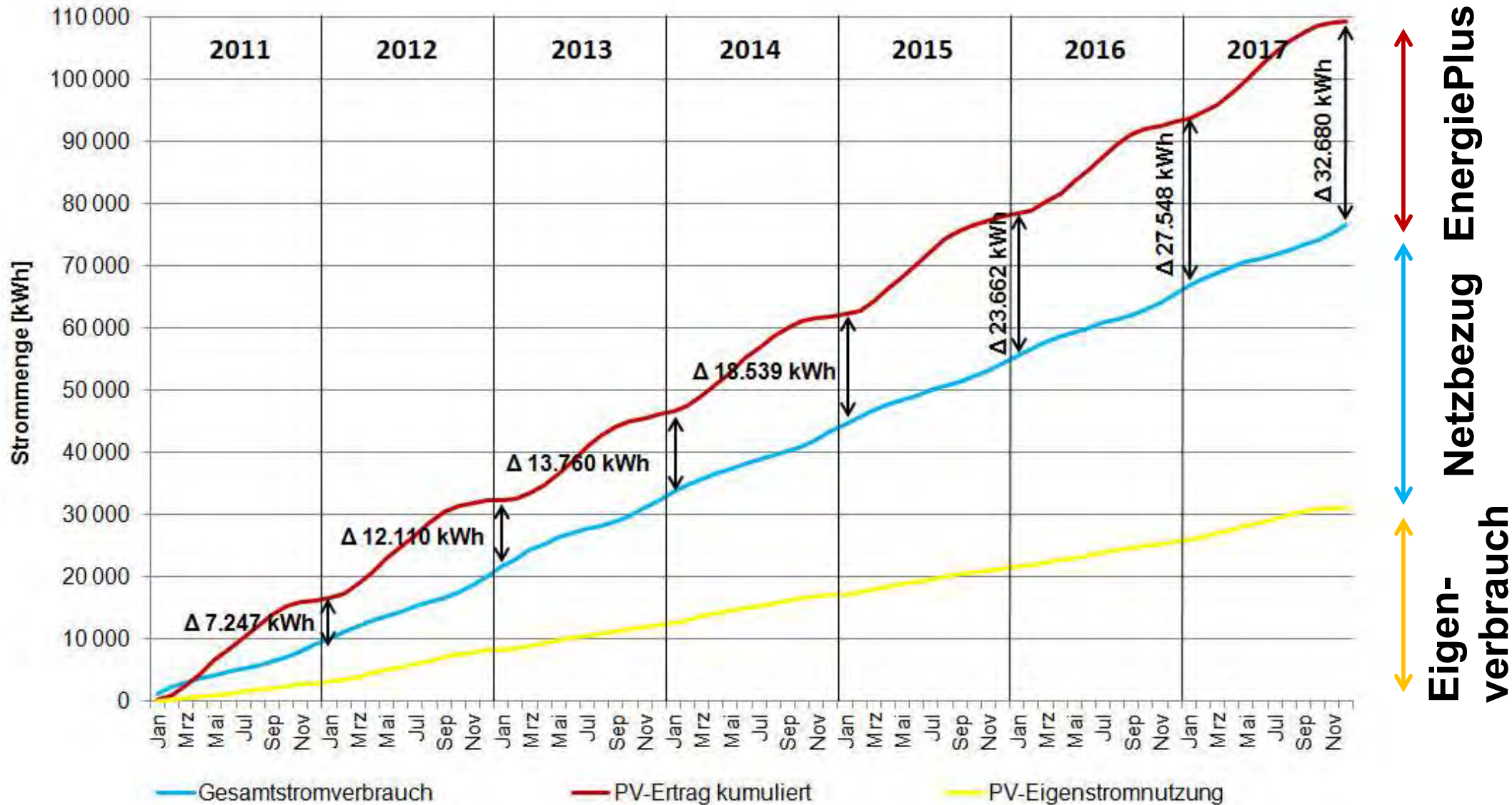
+ Speichervolumen  
(~ 10 l/ m<sup>2</sup>Wfl)  
  
+ Batterie  
(~ 1 kWh/kWp)



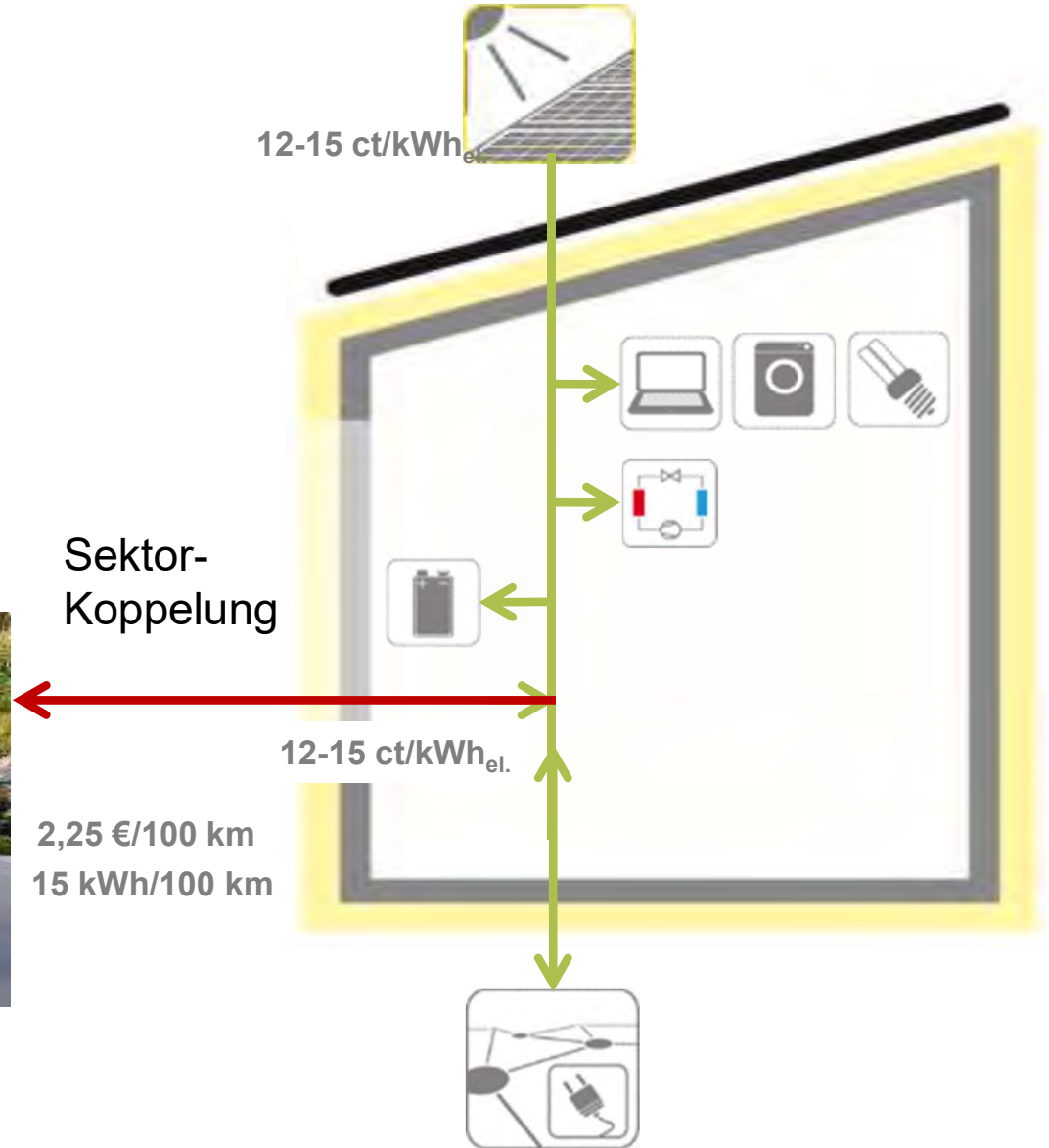
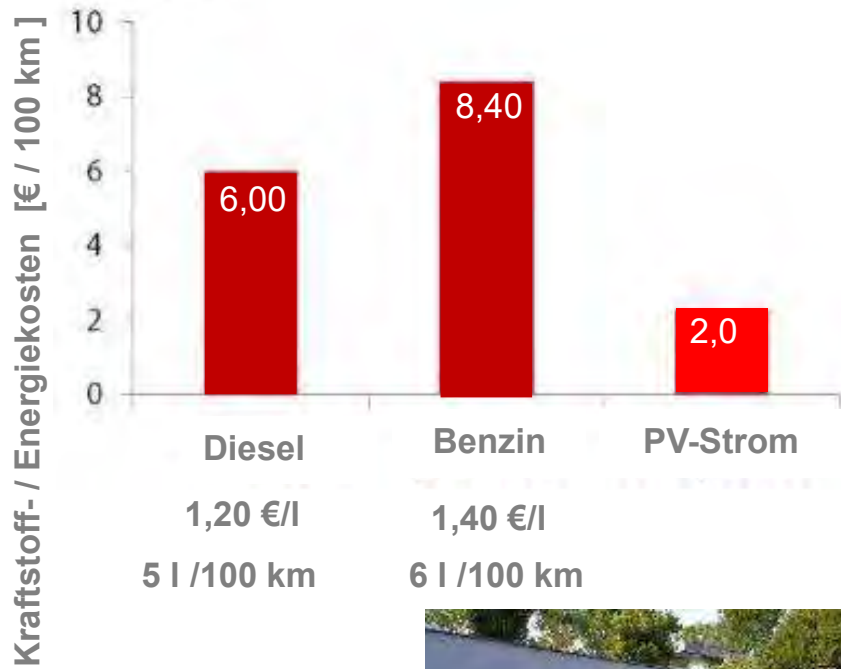
solarer Deckungsanteil  
> 50 %  
Eigenstromnutzungsanteil  
> 45 %

# EnergiePLUS Wohnhaus „Berghalde“

## EFH Berghalde - PV-Stromertrag und Eigenstromnutzung



# Elektromobilität Aufladung mit PV-Strom







# EffizienzhausPLUS

## Stadt- Aktivhaus „Speicherstraße“, Frankfurt

# EffizienzhausPLUS

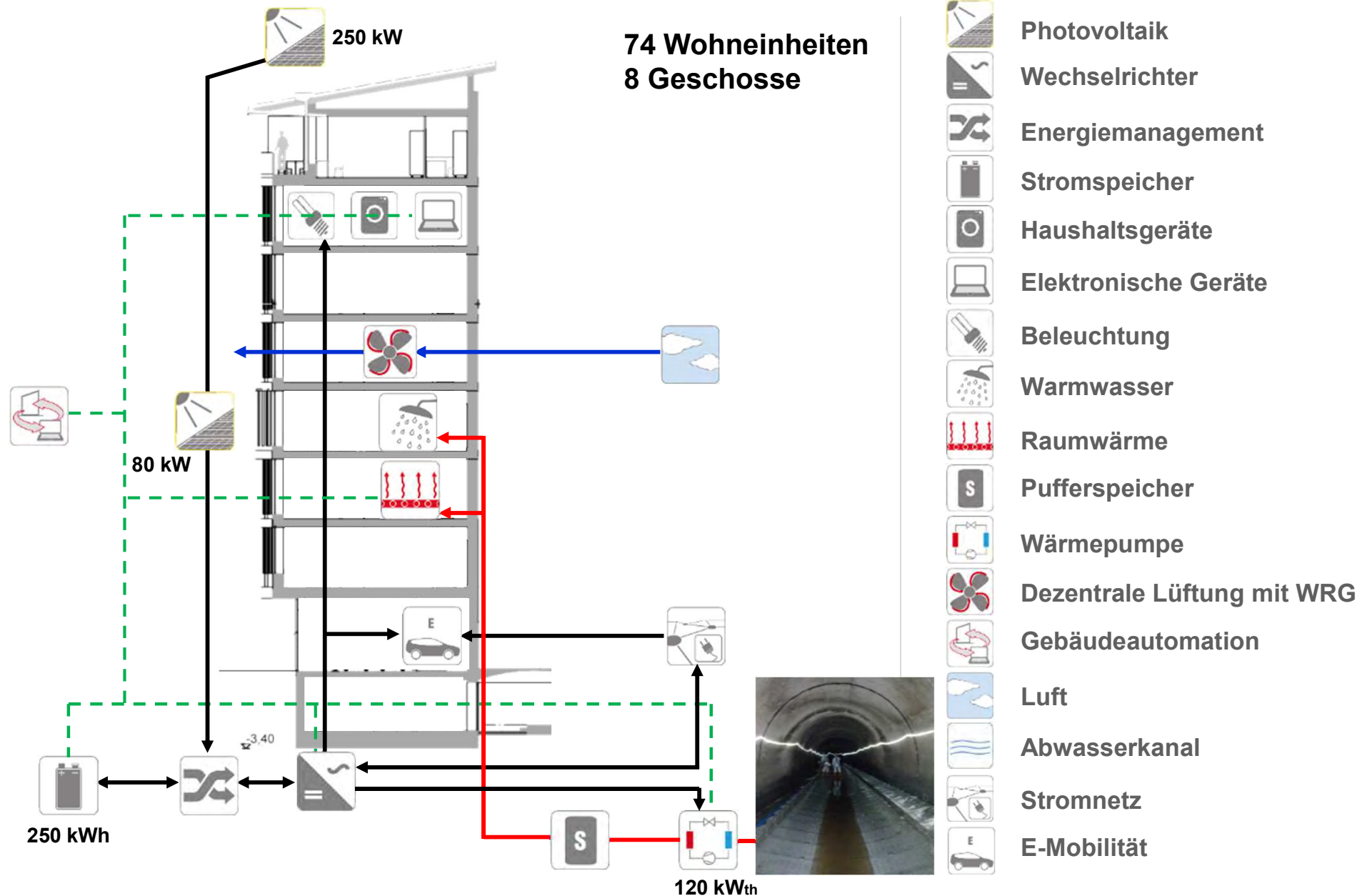
## Stadt-Aktivhaus, „Speicherstraße“, Frankfurt



Standort Frankfurt am Main, Westhafen / Gutleutviertel

Quelle: HHS Planer + Architekten

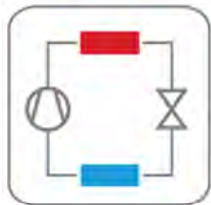
# Stadt- Aktivhaus „Speicherstraße“, Frankfurt Energiekonzept



Ca. 1.000 – 1.200 €/m



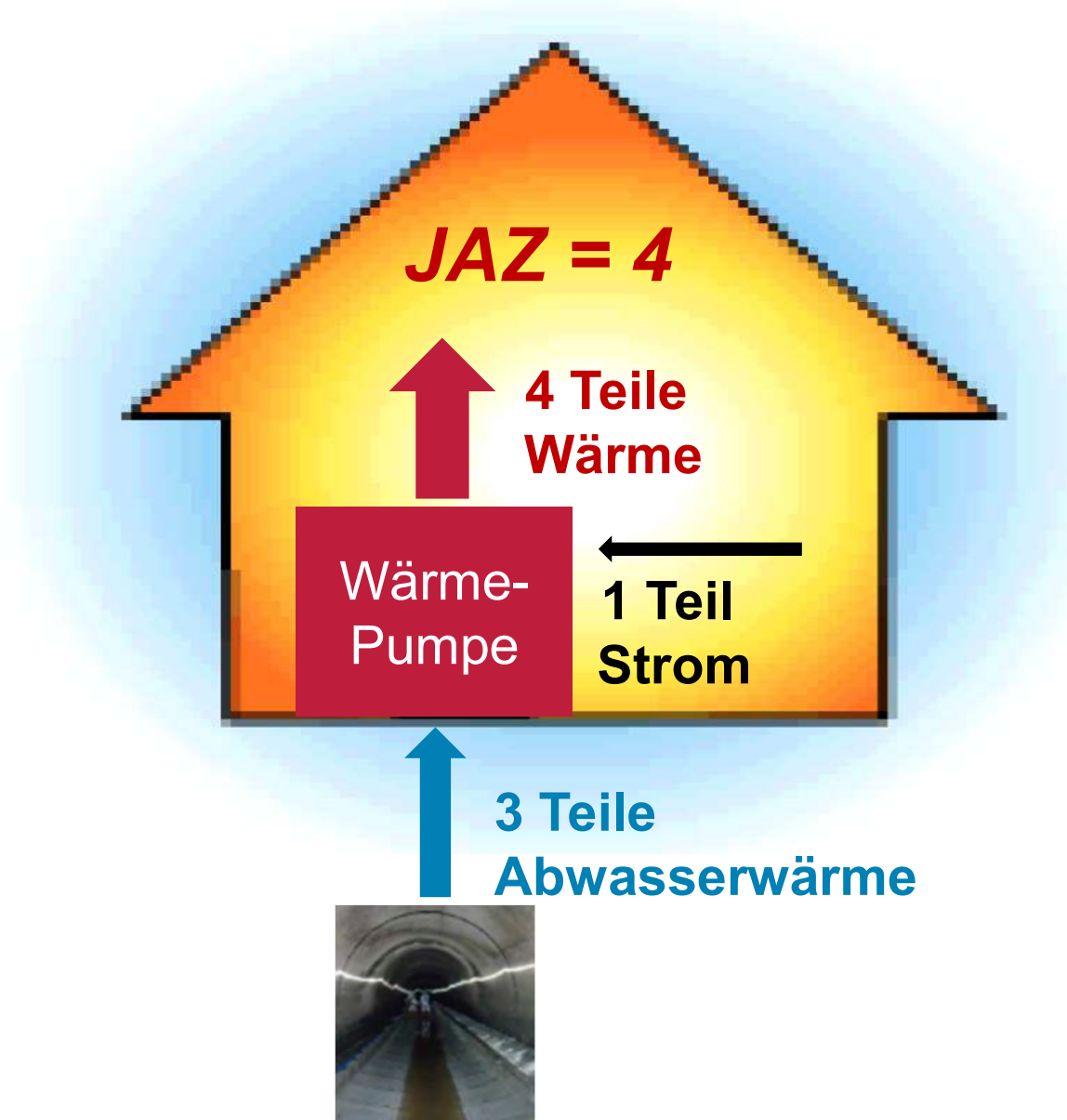
## Abwasser- wärmetauscher



## Wärmepumpe

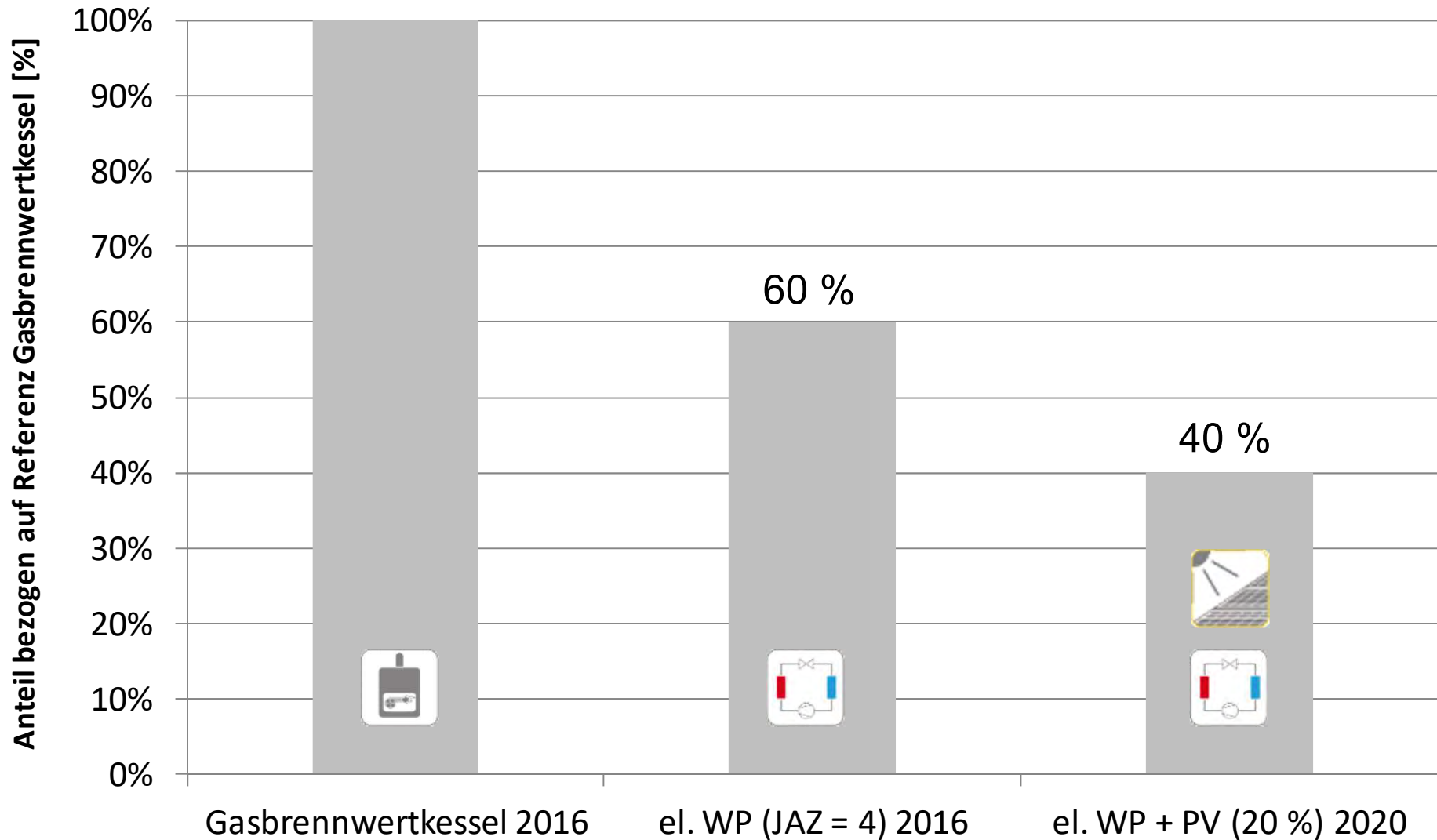


Quelle: egs-plan



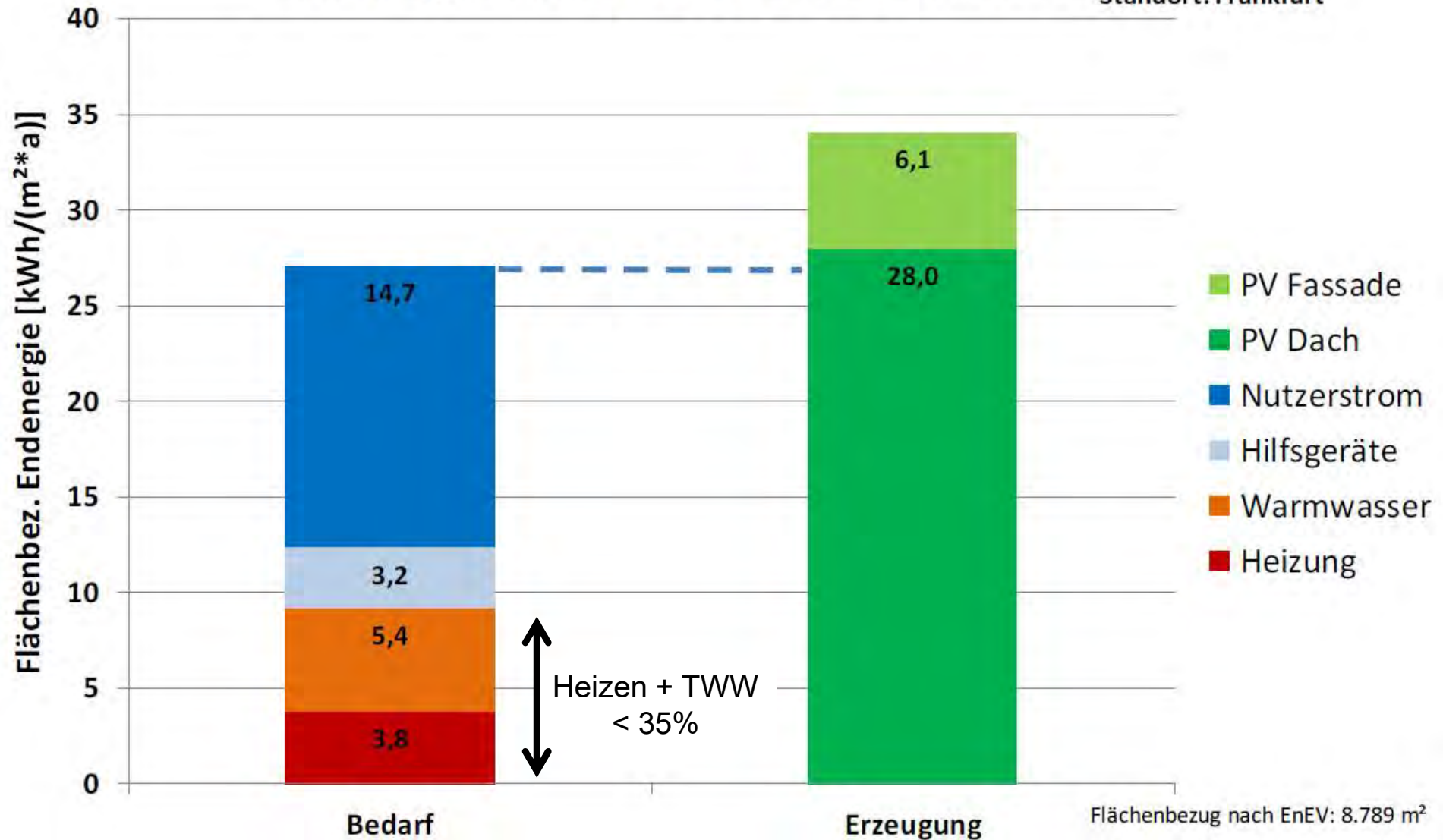
Jahres-Arbeitszahl (JAZ)

## CO<sub>2</sub>-Emissionen Heizenergieversorgung



### Endenergiebilanz nach EffizienzhausPlus

Standort: Frankfurt

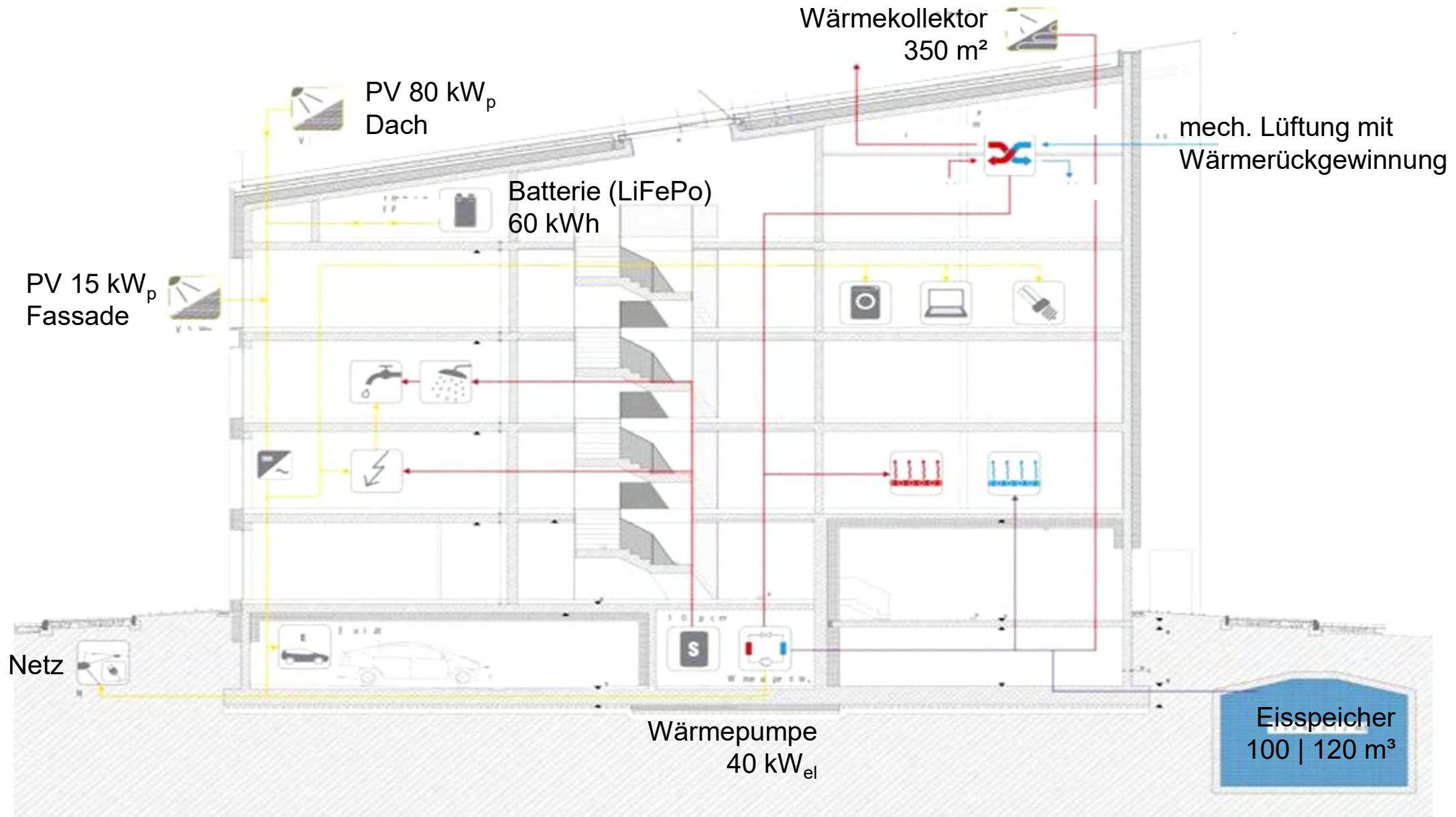


# AktivPLUS- Gebäude Frankfurt Riedberg – Südansicht





# AktivPLUS- Gebäude Frankfurt Riedberg – Energiekonzept



# AktivPLUS- Gebäude Frankfurt Riedberg – Rohbau Eisspeicher



# Effizienzhaus Plus im Altbau (1930) Neu-Ulm, NUWOK



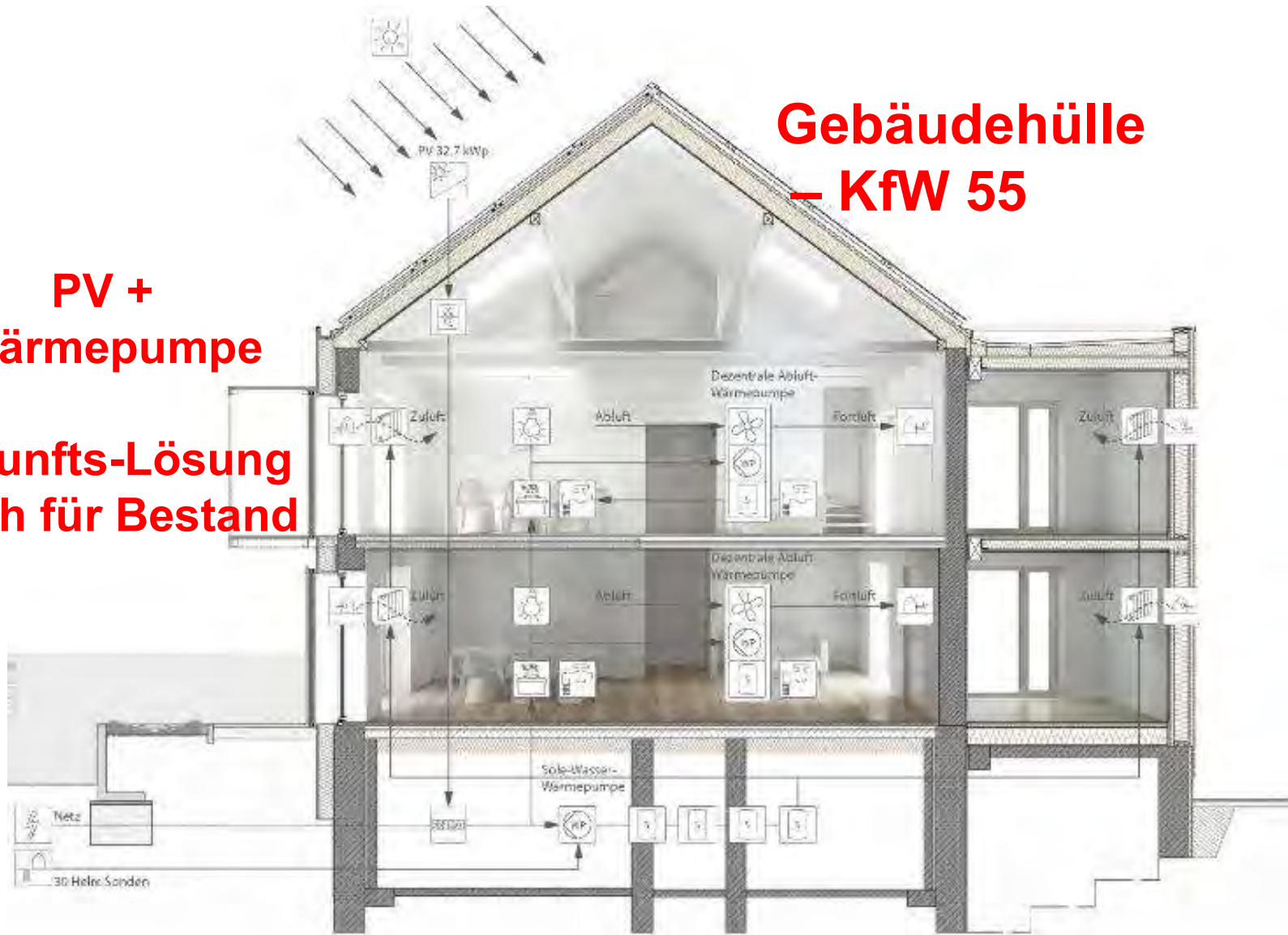
# Effizienzhaus Plus im Altbau

## Integrales Energiekonzept

**PV +  
Wärmepumpe**

**Zukunfts-Lösung  
auch für Bestand**

**Gebäudehülle  
– KfW 55**



# Effizienzhaus Plus im Altbau nach Sanierung



o5 architekten bda - raab hafke lang

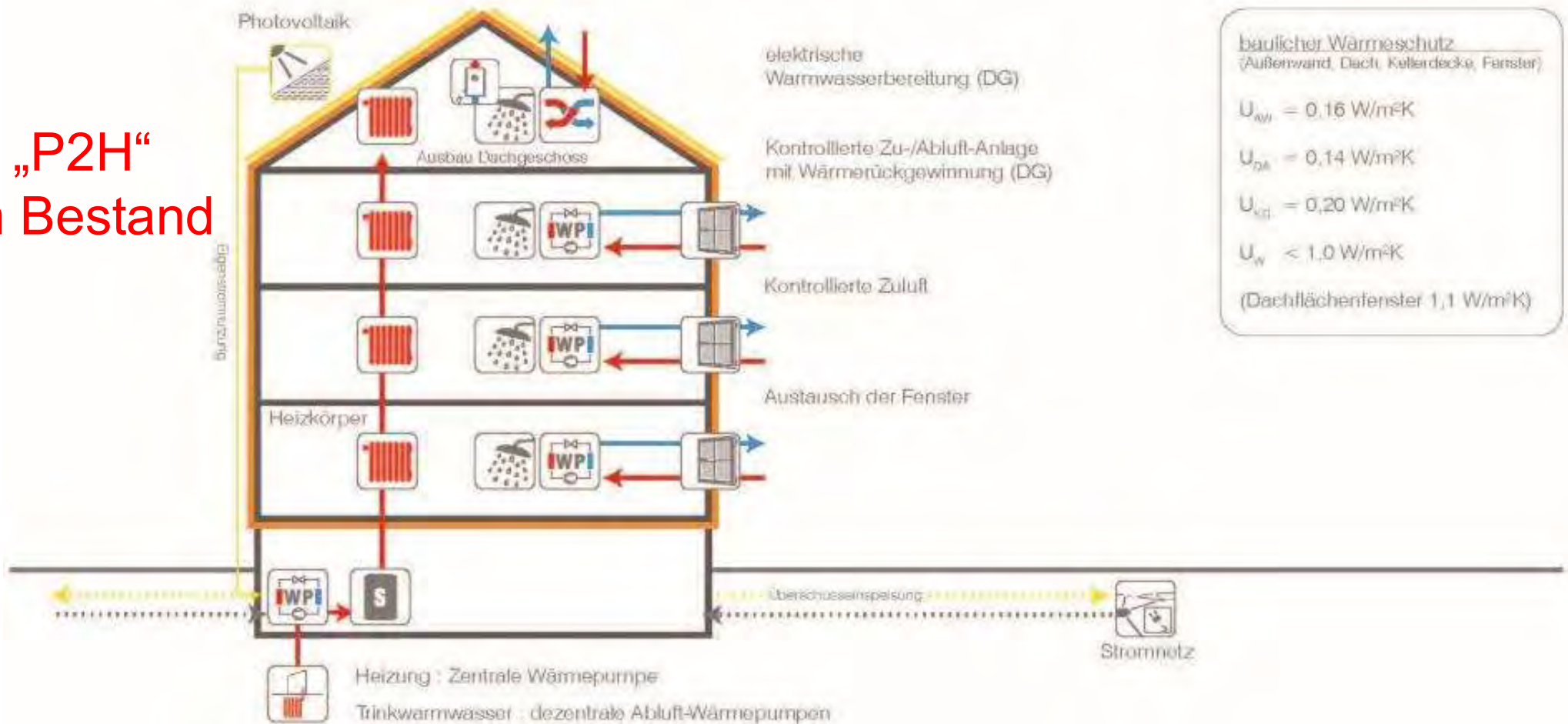
# EnergiePLUS – Klimaneutral im Bestand Frankfurt, Riederwald , ABG




**55  
KfW Zeile Ost**

## Gebäudehülle KfW 55

„P2H“  
im Bestand



**baulicher Wärmeschutz**  
 (Außenwand, Dach, Kellerdecke, Fenster)

$U_{\text{Wd}} = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 $U_{\text{DA}} = 0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 $U_{\text{Gd}} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 $U_{\text{W}} < 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$   
 (Dachflächenfenster 1,1 W/m<sup>2</sup>K)





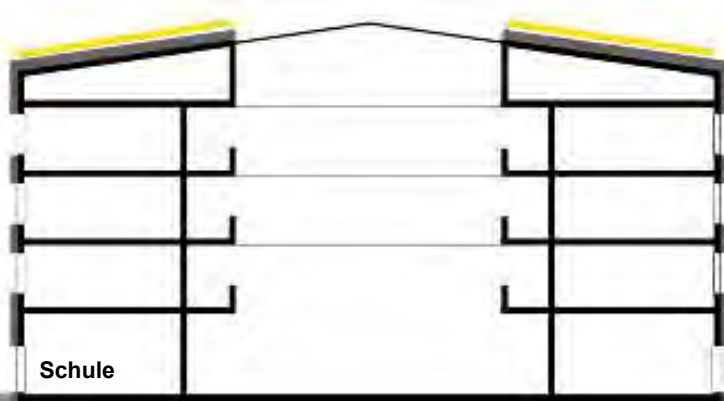
# EnergiePLUS Bildungsbau Willibald-Gluck-Gymnasiums (WGG), Neumarkt



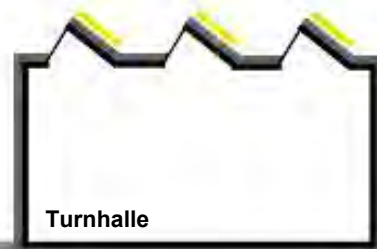
# EnergiePLUS Schule

## Solarisierung – „Form follows Solarenergy“

**216 kWp**



**75 kWp**



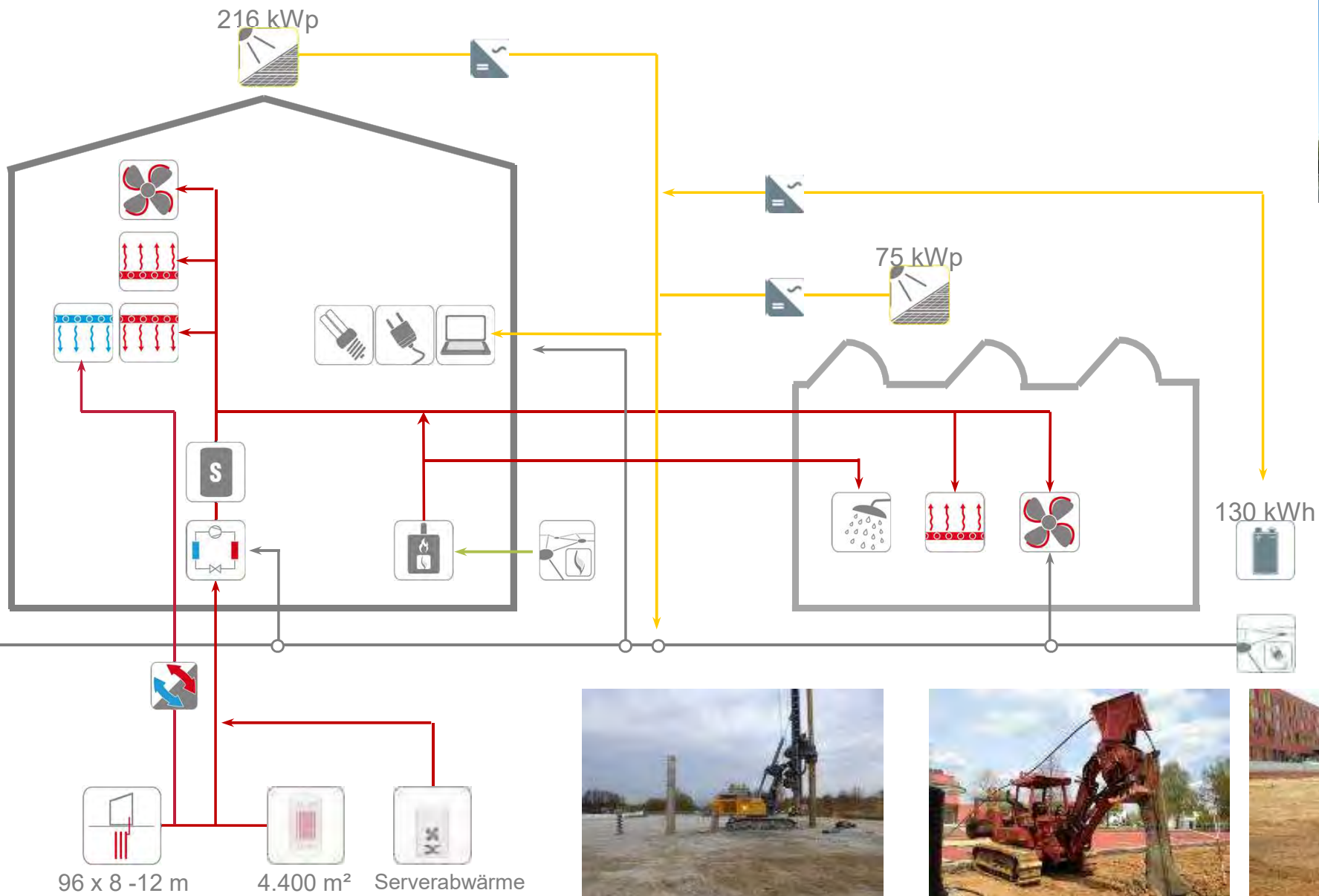
### Solarer Strompreis

**PV Dach** Schule+Turnhalle | **291 kW<sub>p</sub>**



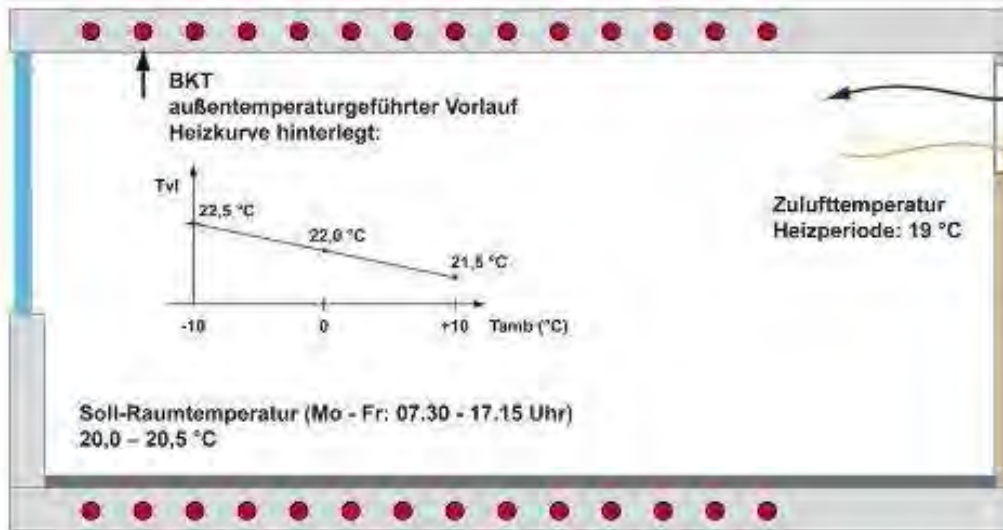
1.100 €/kW<sub>p</sub>  
**Solarer Strompreis**  
 ca. 10 ct/kWh





# Energiekonzept Regelung – Klassenzimmer

Betonkerntemperatur (BKT) zum Heizen  
Massivdeckenfläche zu 70 % mit BKT ausgerüstet



Volumenstrom  
max. 810 m<sup>3</sup>/h  
(LW 4,4 1/h)

kontrollierte Zu- / Abluft mit  
CO<sub>2</sub>-Steuerung

zentrales Lüftungsgerät mit  
WRG, Heizregister und  
adiabater Abluftbefeuchtung



Betonkerntemperatur (BKT) zum Kühlen  
Massivdeckenfläche zu 70 % mit BKT ausgerüstet



Volumenstrom  
max. 810 m<sup>3</sup>/h  
(LW 4,4 1/h)

kontrollierte Zu- / Abluft mit  
CO<sub>2</sub>-Steuerung

zentrales Lüftungsgerät mit  
WRG, Heizregister und  
adiabater Abluftbefeuchtung





# Monitoring Ergebnis

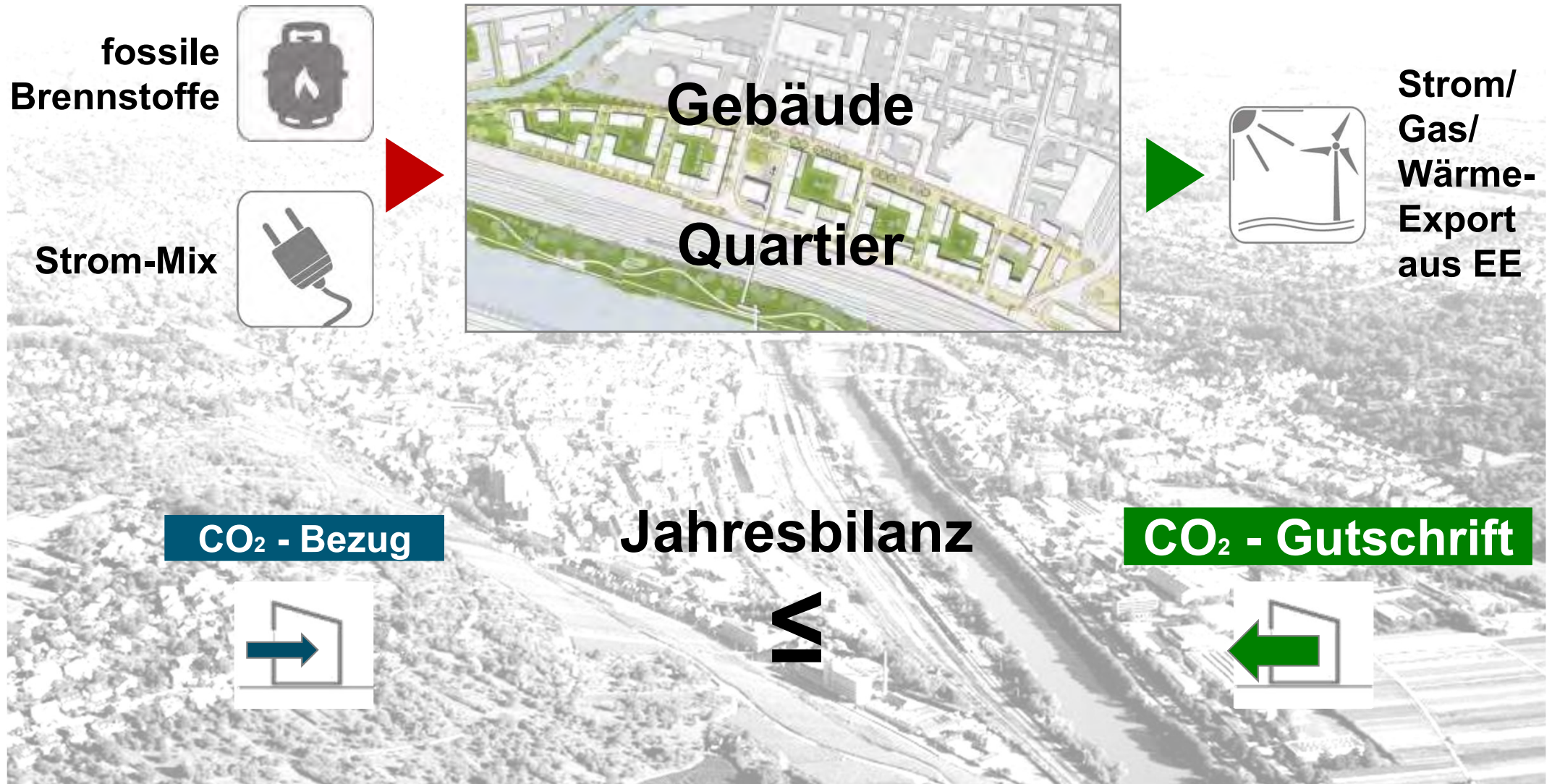
Zeitraum: Jan. 2017 bis Dez. 2017

**Solarer Deckungsanteil: 35 %**

**Eigenstrom - Nutzungsanteil: 56 %**

# Vom Gebäude zum Stadt-Quartier





# Klimaneutrale Stadtquartiere Planung und Umsetzung

Campus TU Braunschweig



Heide



Heide - Rüdorfer Camp

Wolfsburg



Braunschweig



Neue Weststadt, Esslingen

Frankfurt

Esslingen



Zukunftsraum Wolfsburg

Durch gemeinsame Förderung von:

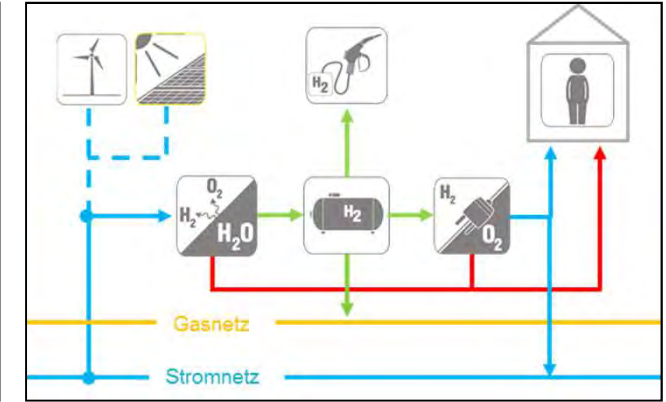
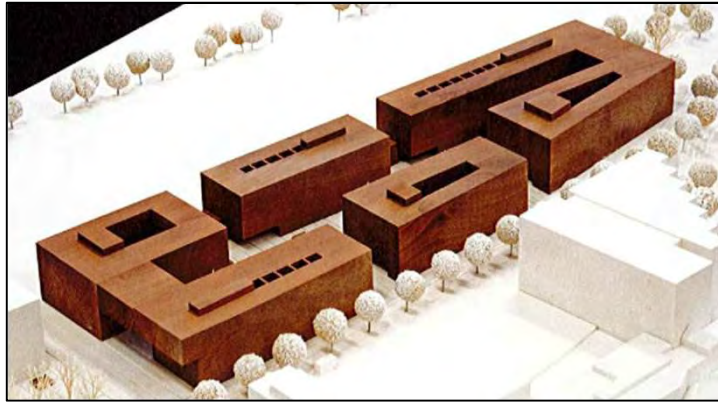


Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung





# Klimaneutrales Stadtquartier - Neue Weststadt Esslingen

## „Power to Gas to Power“

## „Power to Heat“

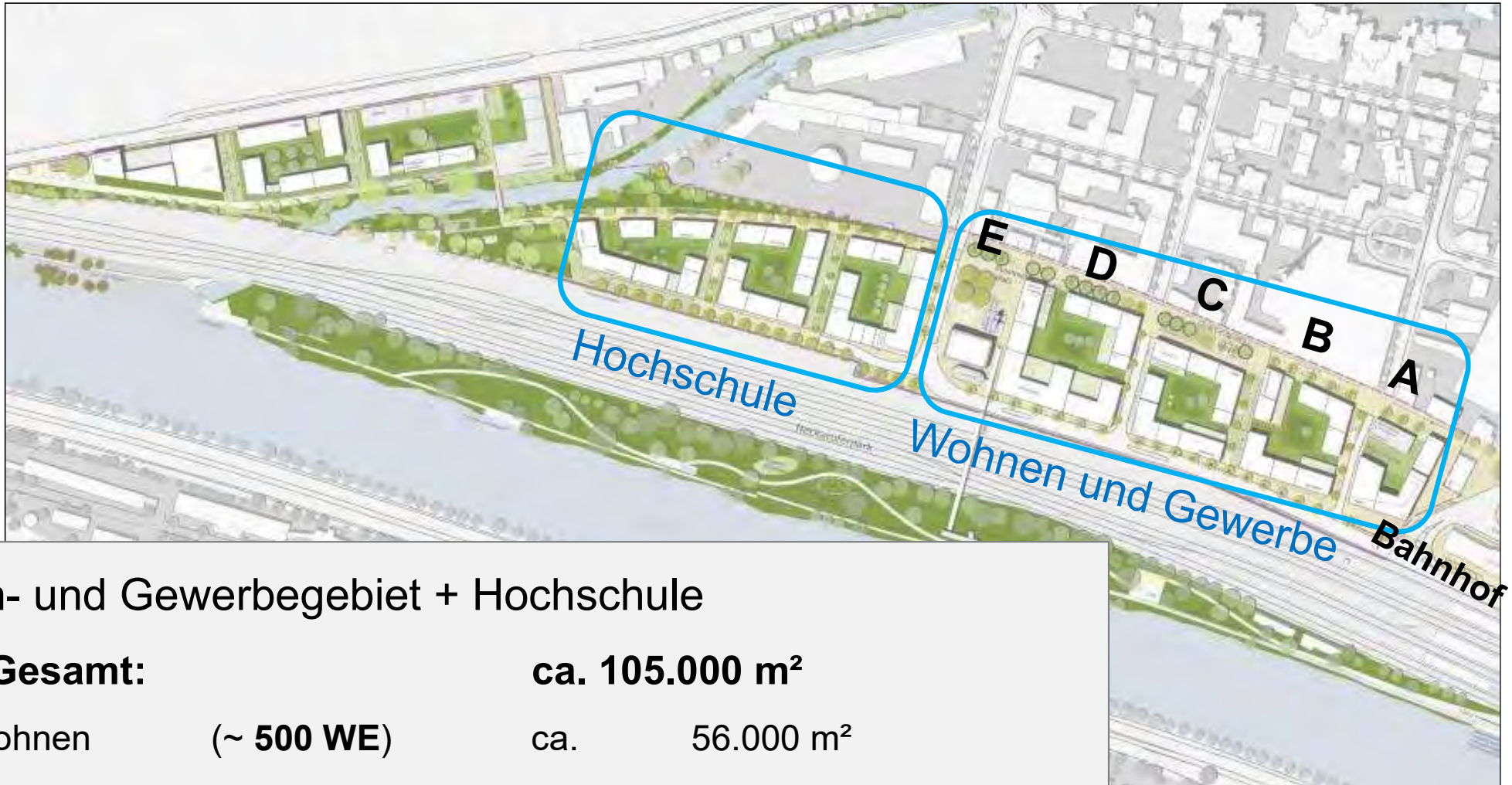


Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

Durch gemeinsame Förderung von:



## Wohn- und Gewerbegebiet + Hochschule

### BGF Gesamt:

ca. 105.000 m<sup>2</sup>

RVI Wohnen

(~ 500 WE)

ca.

56.000 m<sup>2</sup>

RVI Gewerbe

ca.

24.000 m<sup>2</sup>

Hochschule

ca.

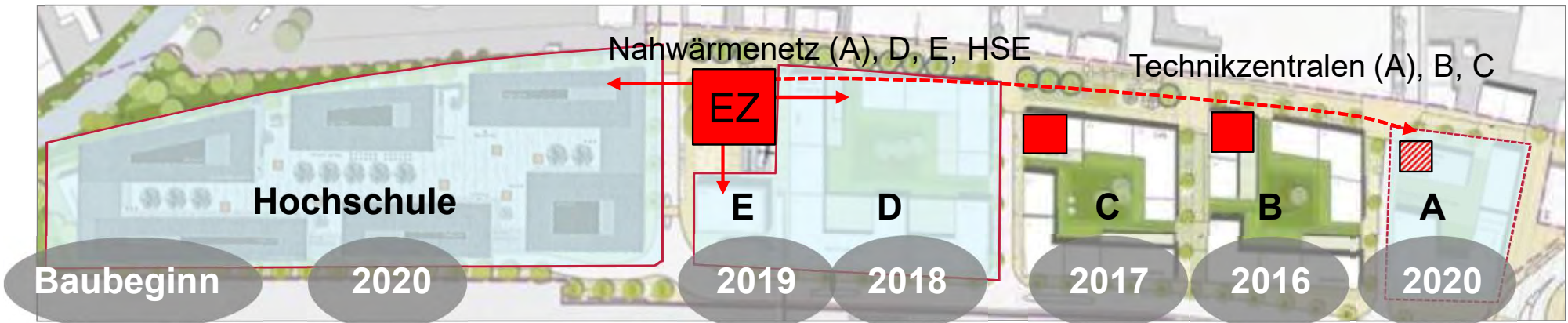
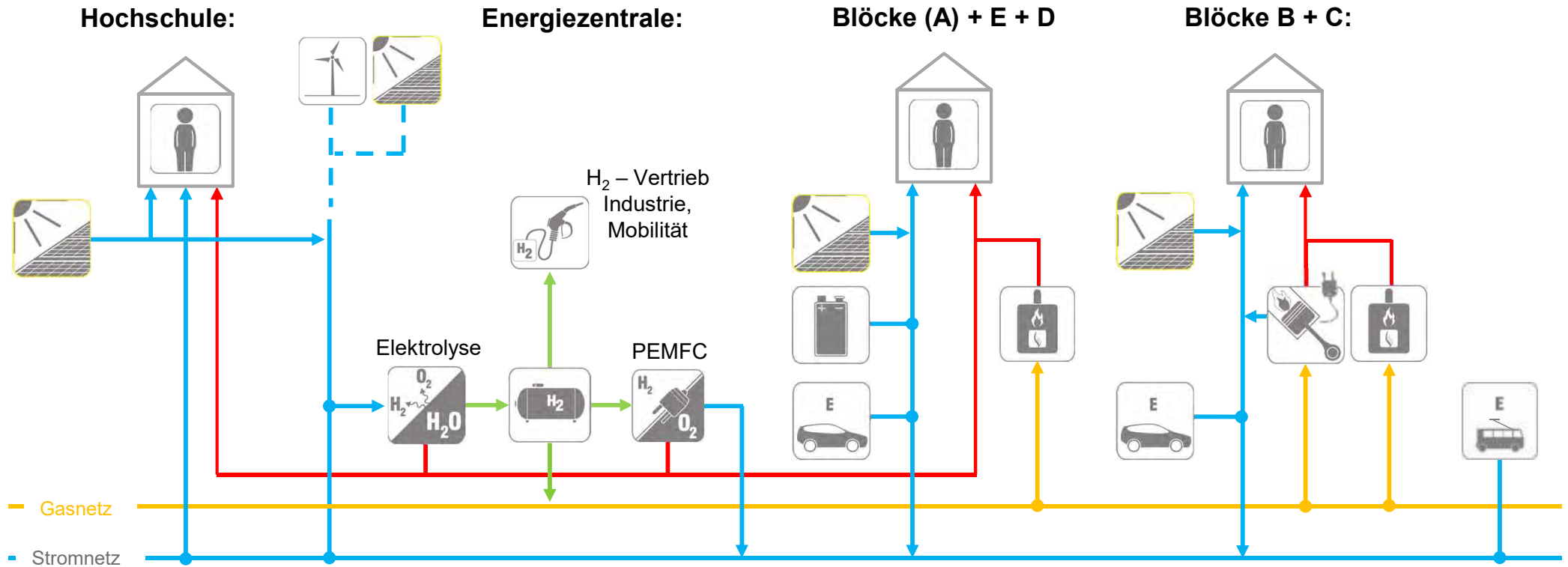
25.000 m<sup>2</sup>

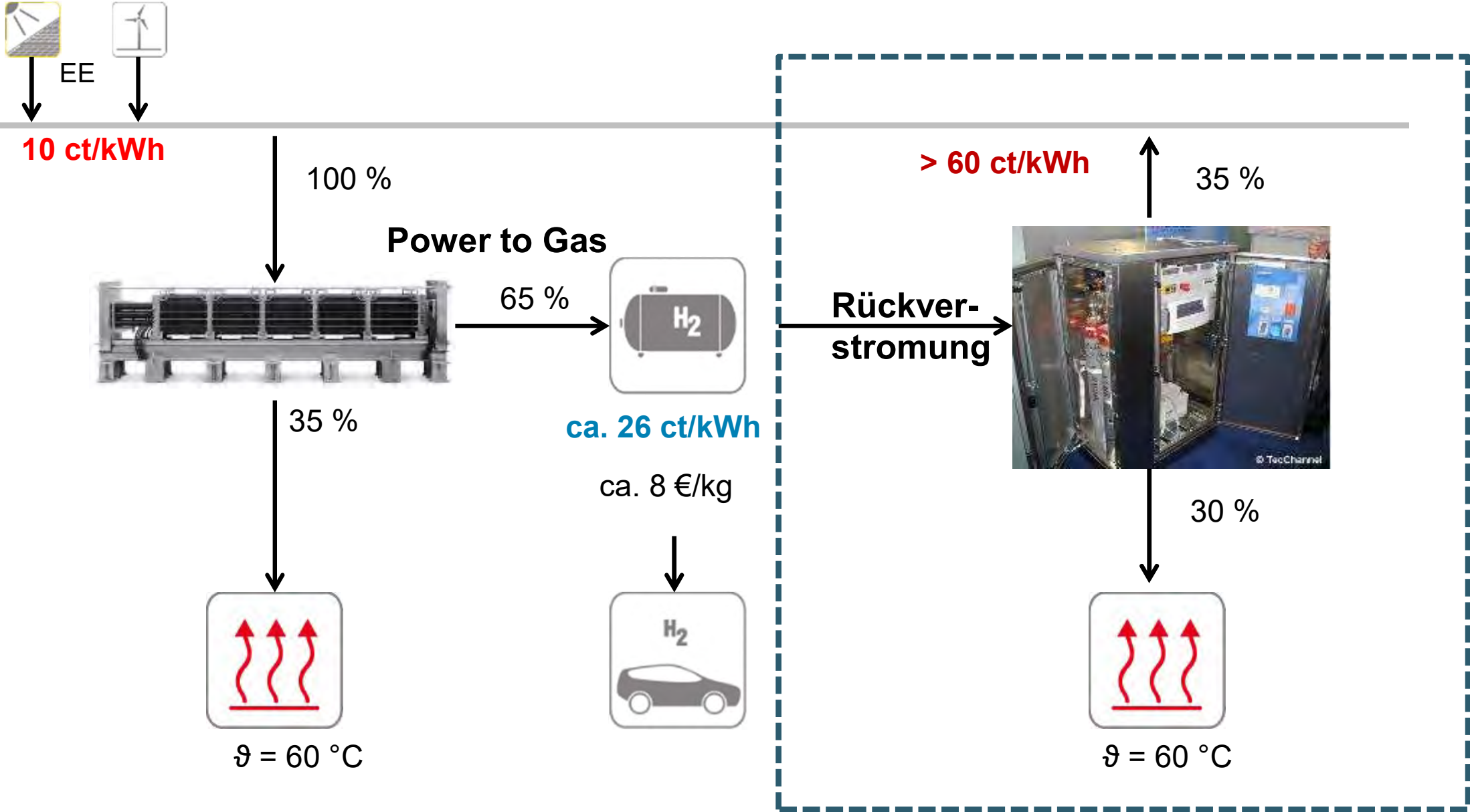
Bauphase:

2016 - 2024

# AG E-Versorgung im Quartier

## Energieversorgungskonzept (Antragsphase 07/2017)





# Sektor-Koppelung – Gebäude und Verkehr



# Esslingen Weststadt Solarpotential im Stadtquartier

Wohn-/ Gewerbequartier **ca. 1.250 kWp**

Parkhaus **ca. 250 kWp**

Hochschule **ca. 1.000 kWp**

Gesamt **ca. 2.500 kWp**



**Solarertrag ca. 2.250 MWh/a**



**Strombedarf ca. 4.500 MWh/a**

**Solarer Deckungsanteil 50%**  
(Nutzer + Gebäudebetrieb)

**Stromimport aus dem Umland erforderlich!**  
(regionale Strom- Gaserzeugung aus erneuerbaren Energiequellen)

Nicht weil es schwer ist wagen wir es nicht  
sondern  
weil wir es nicht wagen ist es schwer!

Vielen Dank

