

# Zwischen EnEV und Passivhaus

## - Energieeffizienz in Gebäuden -

Prof. Dr. Harald Krause

Studiengang Energie- und Gebäudetechnologie

Forschung und Entwicklung

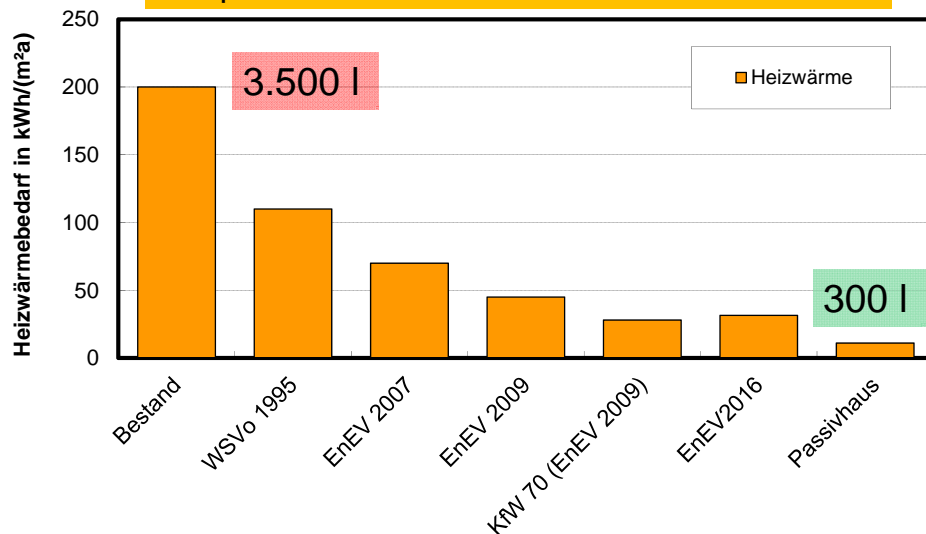
Fraunhofer Zentrum Bautechnik

B.Tec Dr. Harald Krause

- ◆ Überblick Energiebedarfswerte
- ◆ Definition Energiebedarfswerte
- ◆ Unterschied Passivhaus-EnEV
- ◆ KfW Effizienzhäuser
- ◆ Beispiele
  - Passivhaus Samerberg
  - MFH München
  - Schulen Offenbach
- ◆ Plusenergiegebäude
- ◆ Kostenbetrachtung
- ◆ Messwerte

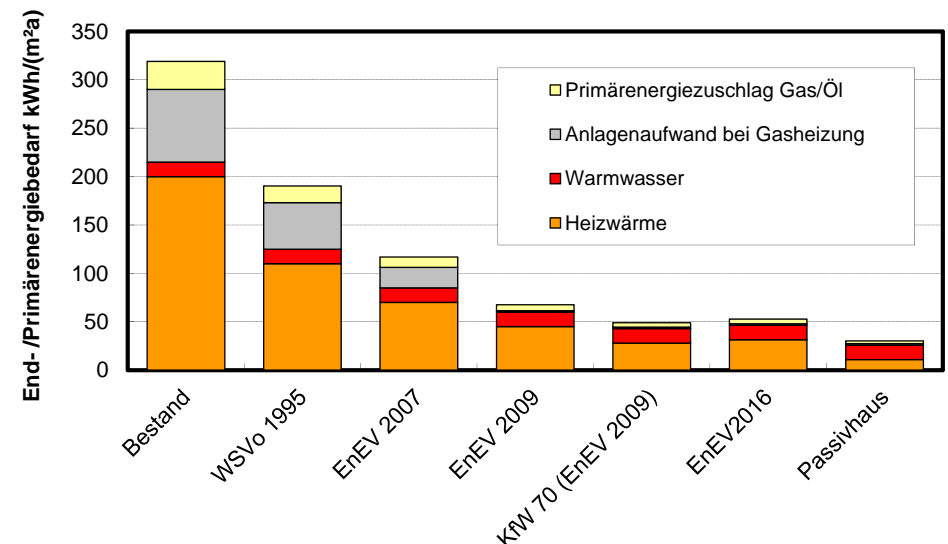
### Jahresheizwärmebedarf (Anforderungen bei Gasheizung)

#### Beispiel: Ölverbrauch für 150 m<sup>2</sup> Einfamilienhaus



### End-/ Primärenergiebedarf

#### Energiestandards bei Einfamilienhäusern



EnEV

Passivhaus

Zielsetzung

Begrenzung des nicht erneuerbaren Primärenergiebedarfs und damit der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Neubau und im Gebäudebestand

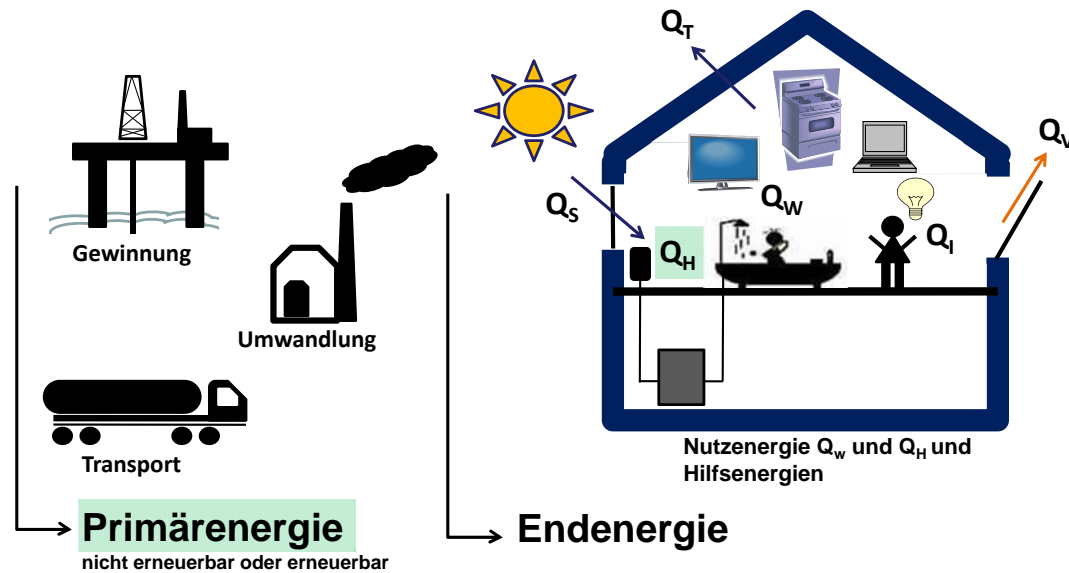
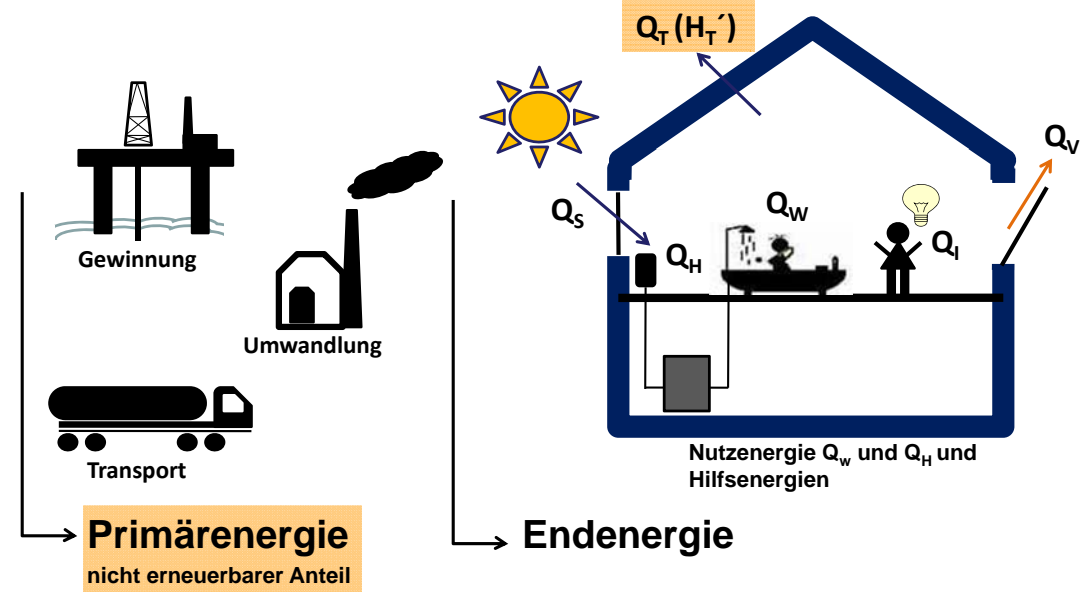
Grenzwerte leiten sich aus politischen Vorgaben ab

Standard für Deutschland

Minimierung des Wärme- (Kälte-, Strom-) bedarfs, so dass auf konventionelle Wärmeverteilung verzichtet werden kann

Grenzwerte leiten sich aus technischen Erfordernissen und Behaglichkeitskriterien ab

Standard ist auf alle Klimaregionen übertragbar



Bauteil	EnEV		Passivhaus	
	Aufbau	U-Wert in W/(m <sup>2</sup> K)	Aufbau	U-Wert in W/(m <sup>2</sup> K)
Außenwand	Kalksandstein, ca. 100 mm WDVS	0,28	Kalksandstein, 300mm WDVS	0,11 bis 0,15
Außenwand Außenluft	Stahlbeton, ca. 80 mm Dämmung	0,35	Stahlbeton, 200mm Perimeterdämmung	0,15
Dach, Decken	ca. 150mm Dämmung	0,20	ca. 300mm Dämmung	0,10
Bodenplatte	Stahlbeton, ca. 80mm Dämmung	0,35	Stahlbeton, ca. 200 mm Dämmung	0,13 bis 0,16
Fenster	Holz-Alu-Fenster; PR-Fassade	<b>1,30</b>	Holz-Alu-Fenster; PR-Fassade	<b>0,70 – 0,80</b>
<b>Wärmebrücken</b>				
Zuschlag		0,05		0,0
<b>Luftdichtheit</b>				
n <sub>50</sub> -Wert		3,0 h <sup>-1</sup>		0,6 h <sup>-1</sup>





Energiewende Vaterstetten

© Prof. Dr. Harald Krause



Energiewende Vaterstetten

© Prof. Dr. Harald Krause



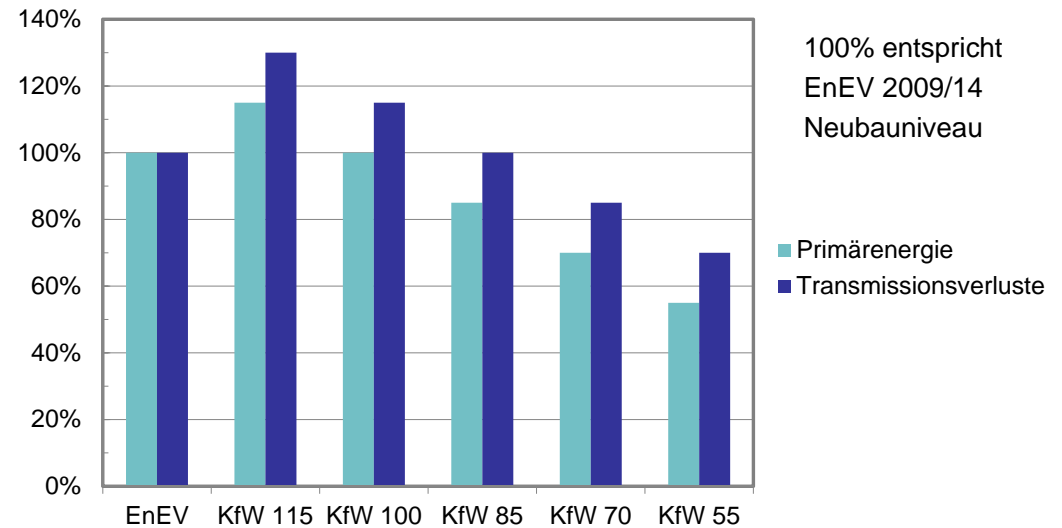
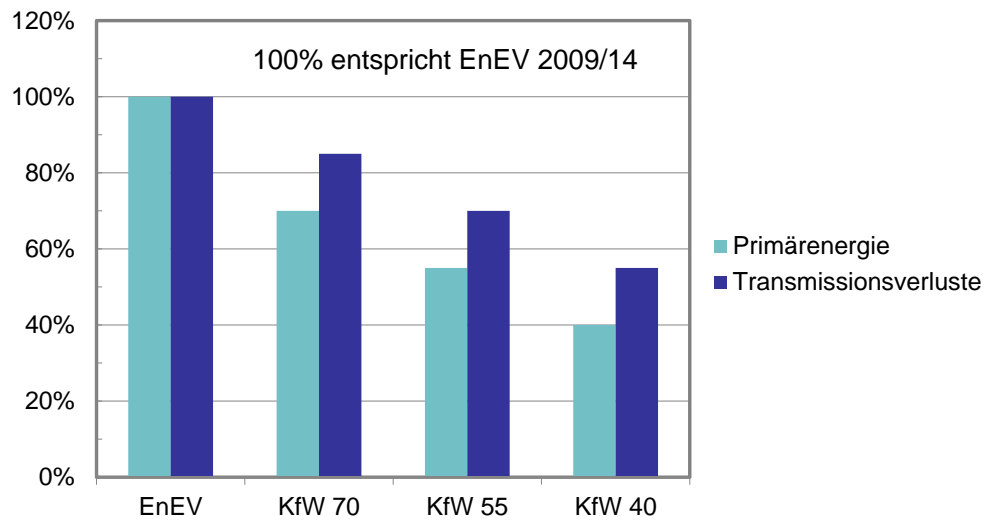
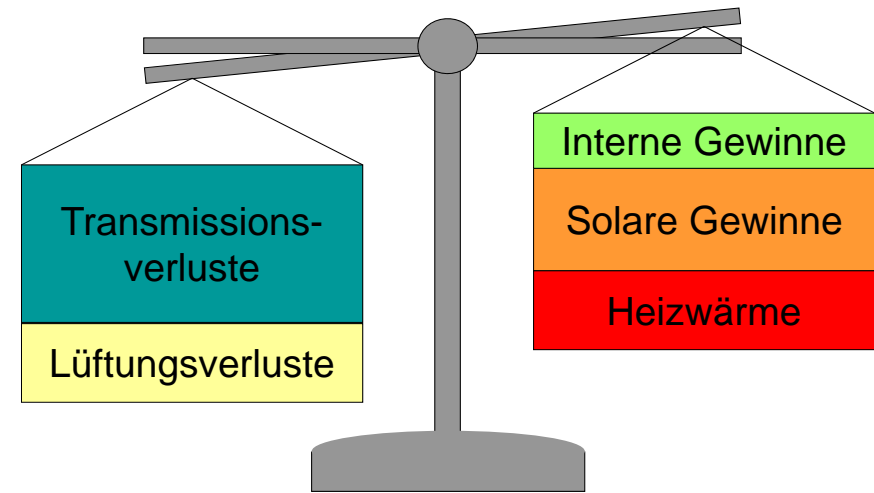
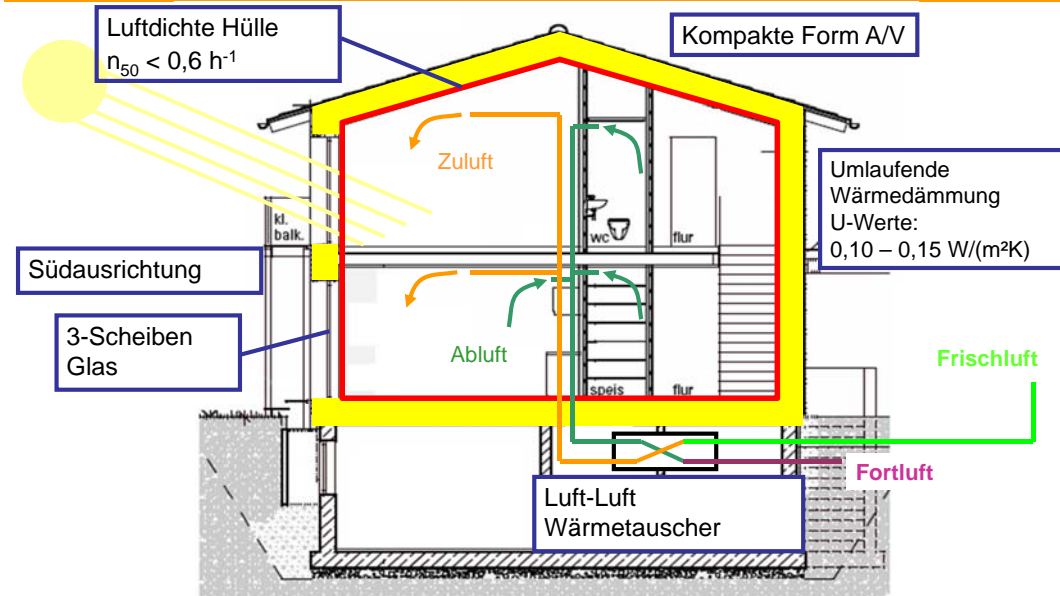
Energiewende Vaterstetten

© Prof. Dr. Harald Krause



Energiewende Vaterstetten

© Prof. Dr. Harald Krause





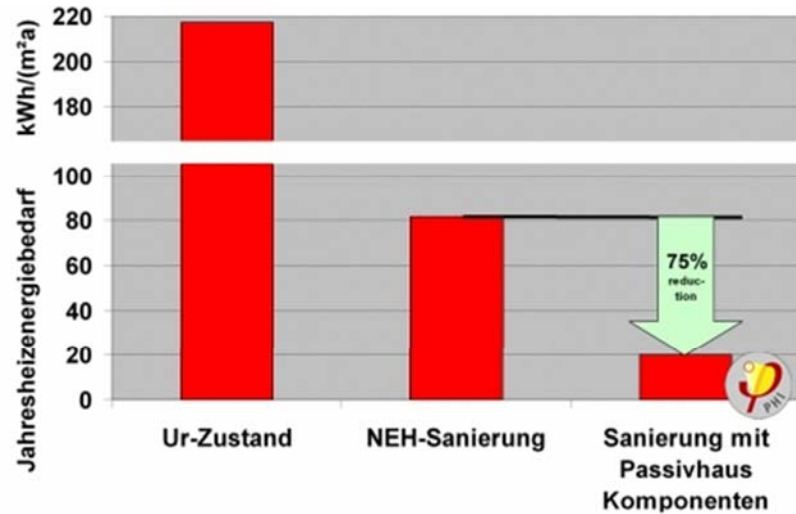


Tabelle 2 EnerPHit-Kriterien im Bauteilverfahren

Klimazone gemäß PHPP	Opake Gebäudehülle <sup>1</sup> zu...				Fenster (inkl. Haustüren)			Lüftung		
	...Erdreich	...Außenluft		Außen-	gesamt <sup>4</sup>	Verglasung	Solarlast <sup>5</sup>	Mind.-Wärmebereitstellungsgrad <sup>6</sup>	Mind.-Rückfeuchtzahl <sup>7</sup>	
	Wärmedämmung	Außen-	Innen-	Farbe <sup>3</sup>	Max. Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)	Energiedurchlassgrad (g-Wert), nur bei aktiver Beheizung	Max. spez. Solarlast während der Kühlperiode			
	Max. Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)				Cool colours	Max. Wärmedurchgangskoeffizient (U <sub>DW, eingebaut</sub> )	-	[kWh/m²a]	%	
[W/(m²K)]				-	[W/(m²K)]	-	[kWh/m²a]			
Arktisch		0,09	0,25	-	0,45	0,50	0,60	Ug - g*0.7 ≤ 0	80%	-
Kalt		0,12	0,30	-	0,65	0,70	0,80	Ug - g*1.0 ≤ 0	80%	-
Kühlgemäßigt	Ermittlung im PHPP anhand projektspezifischer Heiz- und Kühlgradtage gegen Erdreich	0,15	0,35	-	0,85	1,00	1,10	Ug - g*1.6 ≤ 0	75%	-
Warmgemäßigt		0,30	0,50	-	1,05	1,10	1,20	Ug - g*2.8 ≤ -1	75%	-
Warm		0,50	0,75	-	1,25	1,30	1,40	-	-	-
Heiß		0,50	0,75	ja	1,25	1,30	1,40	-	-	60% (feuchtes Klima)
Sehr heiß		0,25	0,45	ja	1,05	1,10	1,20	-	-	60% (feuchtes Klima)

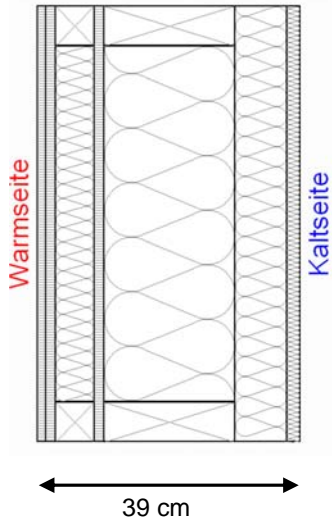
## Energiebilanzen für Beispielgebäude

### Vergleichsrechnungen 1:

- ◆ Energiebilanz übers Jahr, Gasbrennerheizung, Primärenergiefaktoren nach EnEV 2016 (Strom 1,8)
- ◆ 3 Beispielprojekte:
  - Einfamilienhaus
  - Mehrfamilienhaus
  - Schule
- ◆ Jeweils 2 Varianten werden betrachtet:
  - Dämmstandard EnEV 2014 Referenzgebäude, freie Lüftung (reduzierter Luftwechsel)
  - Dämmstandard Passivhaus, Lüftung mit Wärmerückgewinnung
- ◆ Berechnung des Heizwärme-, des End- und Primärenergiebedarfs mit dem Passivhaus-Projektierungspaket PHPP

## Passivhaus Samerberg



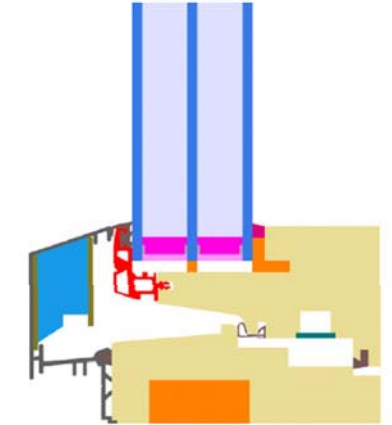


Wandaufbau U = 0,11 W/(m²K)				
Bauteil		Dicke in mm	Wärmeleitfähigkeit in W/mK	
Feld	Rahmen ca. 10%		Feld	Rahmen
1 Gipskarton		15	0,21	0,21
2 Faserdämmstoff	Fichte	60	0,04	0,13
3 OSB		15	0,13	
4 Faserdämmstoff	KVH	200	0,04	0,13
5 Holzfaserplatte		100	0,045	

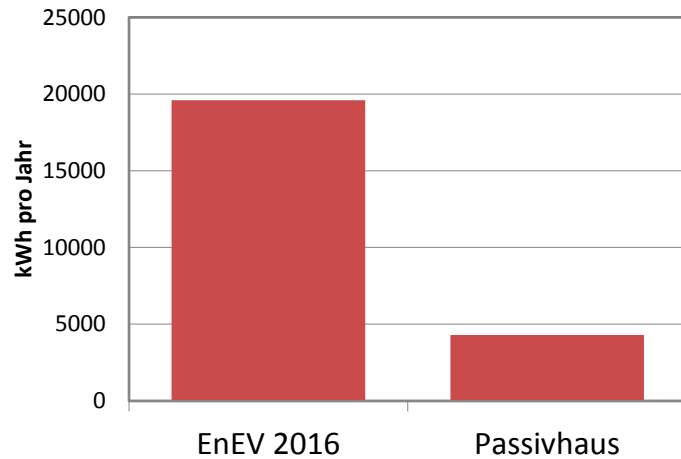
Hersteller pro Passivhausfenster GmbH  
Martin-Greif-Straße 20, 83080 Oberaudorf, GERMANY  
Tel.: +49 (0)8033 / 304098  
E-Mail: phc@freundorfer.eu,

### Rahmenkennwerte

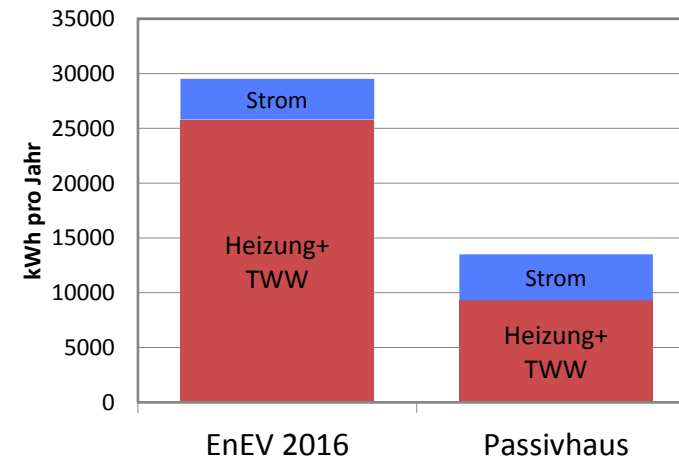
	U-Wert [W/(m²K)]	Breite [mm]	$\Psi_g$ [W/(mK)]	$f_{Rsi,0,20}$ [-]
Abstandhalter			Superspacer TriSeal*	
Unten	1,00	86	0,027	0,73
Seitlich/oben	0,71	86	0,027	



## Heizwärmebedarf

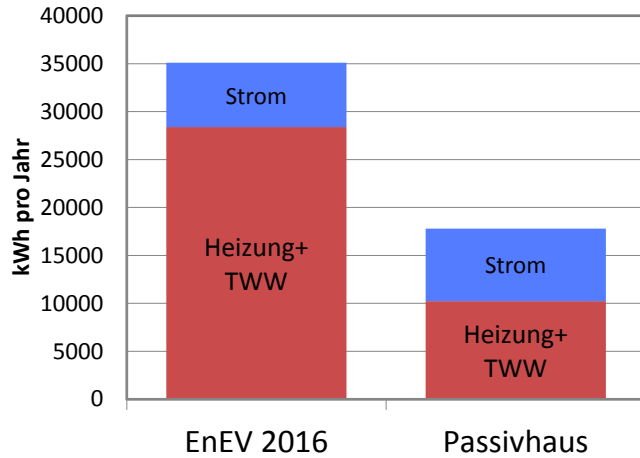


## Endenergiebilanz



Strom:  
Haushaltsstrom  
und Hilfsenergie  
HLS

Primärenergiebilanz



Strom:  
Haushaltsstrom  
und Hilfsenergie  
HLS



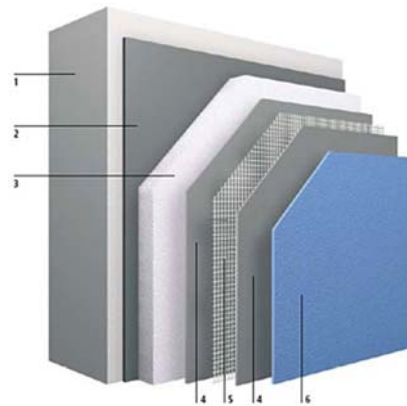
Massivbau + WDVS, 1600 m² Wfl.,  
Passivhausfenster, Zentrale Lüftung mit  
Wärmerückgewinnung,  
Gaswärmepumpe bzw. Fernwärme

Quelle: Allmann  
Sattler Wappner .  
Architekten GmbH

U-Werte und Wandaufbauten  
Wandaufbau mit Wärmedämmverbundsystem

Wärmedämmverbundsysteme:

- ◆ Polystyrol
- ◆ Faserdämmstoffe
- ◆  $\lambda$ -Werte: 0,04 bis 0,032 W/(mK)
- ◆ Dämmstärken 20 bis 30 cm

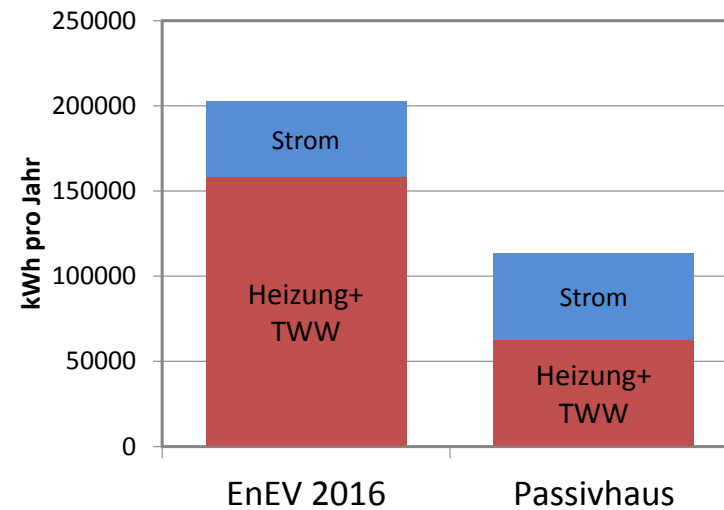


- 1 Mauerwerk
- 2 Baukleber
- 3 Polystyrol-Hartschaumplatte
- 4 Armierungsputz
- 5 Glasfasergewebe
- 6 Putz

www.sto.de

Endenergiebilanz Mehrfamilienhaus

Endenergiebilanz



Strom:  
Haushaltsstrom  
und Hilfsenergie  
HLS



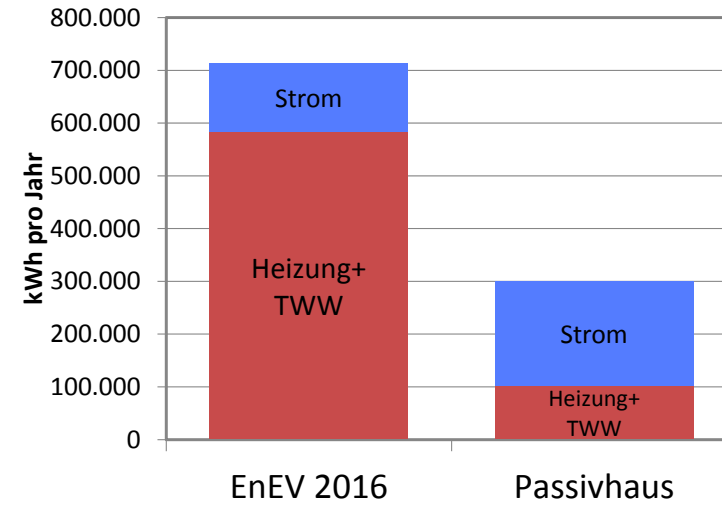


Massivbau + WDVS, ca. 7.000m<sup>2</sup> Nutzfläche  
Passivhausfenster, Zentrale Lüftung mit Wärmerückgewinnung  
Fernwärme

Quelle: Hochtief  
Solutions AG



### Endenergiebilanz



Strom:  
Beleuchtung,  
EDV, Kochen  
etc., und  
Hilfsenergie HLS

### Plus-Energiehaus



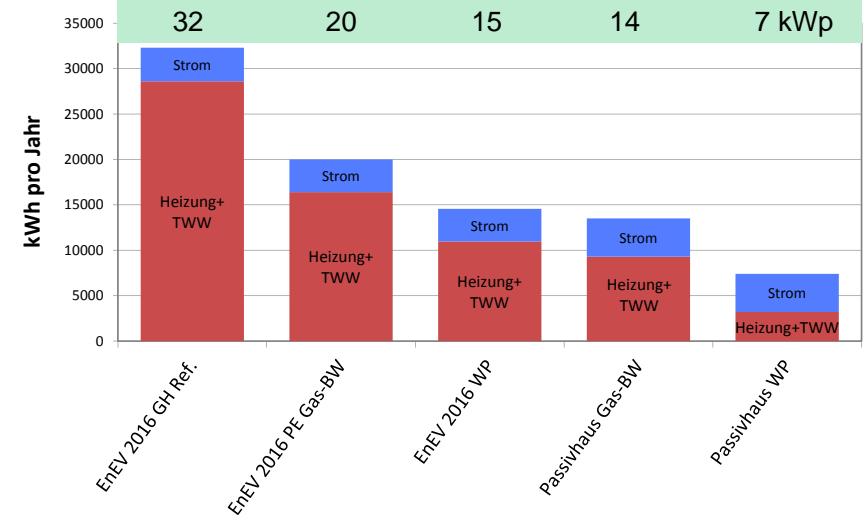
#### ◆ Fragestellung:

Wie groß muss eine PV-Anlage sein (in kWp), um den Endenergiebedarf des Gebäudes inkl. aller Stromanwendungen in der Jahresbilanz zu decken?

### Plusenergie-Einfamilienhaus

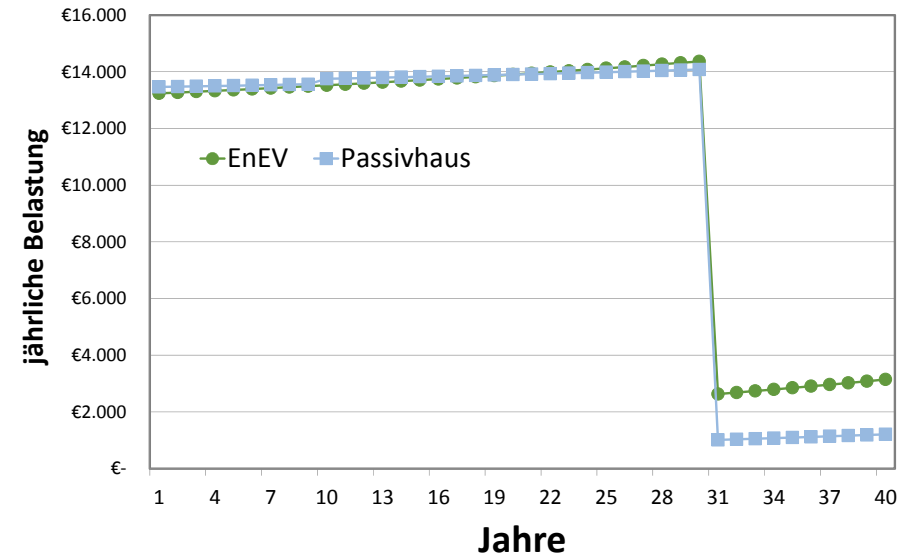


### Endenergiebilanz





- ◆ Basis EnEV Standard:
  - Einfamilienhaus in Holzbauweise
  - Gesamtkosten EnEV Standard ca. 366.000,-
- ◆ Passivhaus:
  - Mehrkosten Planung, Holzbau und Fenster: ca. € 22.000,-
  - Lüftungsanlage: ca. € 12.000,-
  - Gesamtkosten Passivhaus ca. € 400.000,-
- ◆ Einsparung Energieverbrauch pro Jahr:
  - berechnet für Gasbrennwert-Heizung ( €0,07 / kWh; 2% Steigerung pro Jahr)
  - Mehrkosten Lüfterstrom und Filter: € 140,-
  - Kosteneinsparung Passivhaus pro Jahr ca. € 900,-
- ◆ Eigenkapital: € 100.000,-
- ◆ KfW Darlehen: € 50.000,-; 1%; mit bis zu 5.000,- Tilgungszuschuss
- ◆ Bankdarlehen: 2% Zins, Laufzeit 30 Jahre
- ◆ Berechnung der Annuitäten zzgl. Energiekosten (Heizung, Warmwasser, Lüftung)



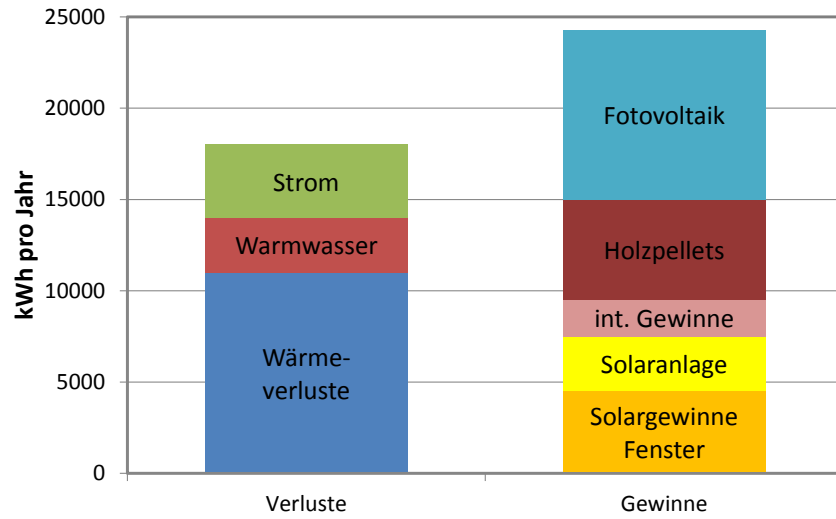
## Fazit

- ◆ Mindestanforderung an die Gebäudehülle ändert sich in der EnEV 2016 kaum ⇒ keine/kaum Annäherung an den Passivhausstandard
- ◆ Passivhausstandard setzt auf extrem gute Gebäudehülle und solare Gewinne: „erstmal passiv Bedarf minimieren“
- ◆ „Die EnEV 2016 empfiehlt“: Nimm eine preiswerte Wärmepumpe (oder Pelletsheizung) und die Gebäudehülle muss nur noch den Mindeststandard erfüllen !
- ◆ Passivhaus Standard ist als technisch funktionell begründeter Standard unabhängig von der Klimaregion definiert und führt zu sehr energieeffizienten Gebäuden.  
⇒ Gute Basis für Plusenergie-Häuser
- ◆ Passivhaus führt zu keiner Mehrbelastung während typ. Kreditlaufzeit, danach deutlicher Vorteil wegen geringer Energiekosten

## Gemessene Energiebilanz Passivhaus Samerberg



Endenergiebilanz



Primärenergiebilanz

