

# Wärmepumpen für gute Gebäude — die beste Unterstützung auf dem Weg zur Energiewende

## EnerPHit – Sanieren mit Konzept

Haustechnik: Heizung, WW & Kühlung mit WP – wie gehts

... die Lüftung mit WRG nicht vergessen !

Projektbeispiele

Diskussion

Berthold Kaufmann, Passivhaus Institut

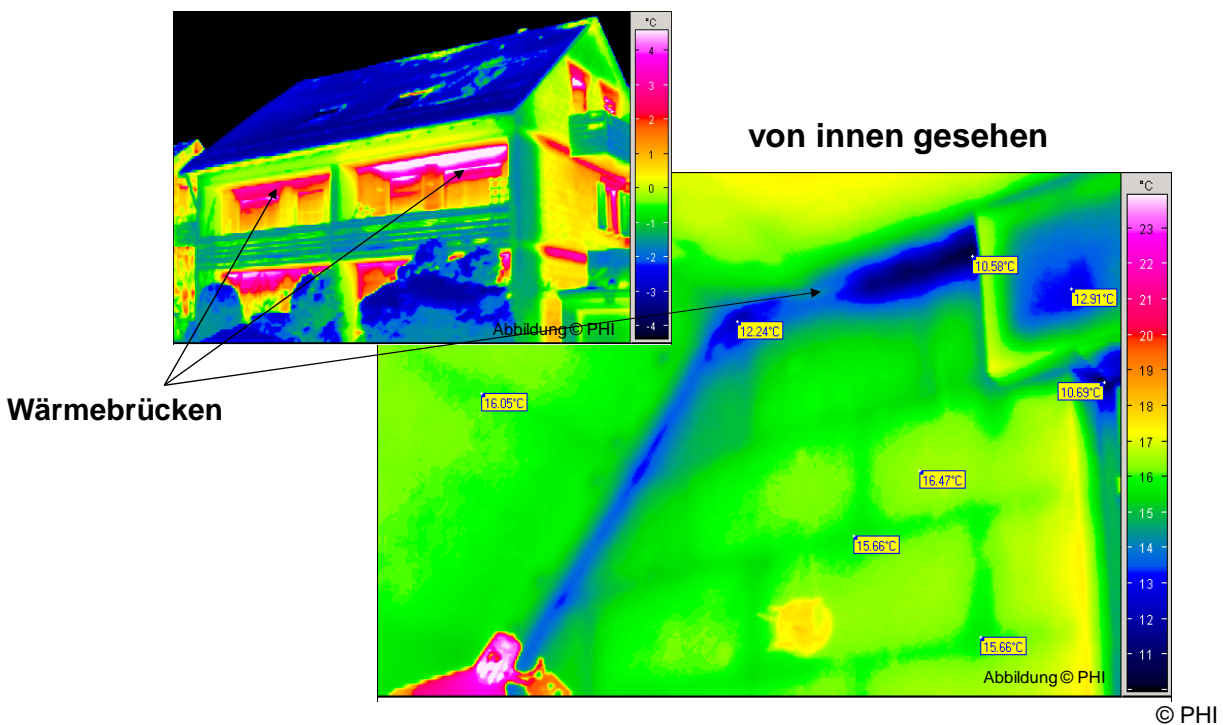
## Passivhaus Institut

- unsere Tätigkeitsfelder
- [www.passiv.de](http://www.passiv.de)
- [www.passipedia.de](http://www.passipedia.de)



The screenshot shows the Passipedia website interface. At the top, there are navigation links for 'Passivhaus Institut', 'IG Passivhaus', and 'IPHA'. A search bar and a 'Login' button are also visible. The main content area features a sidebar with a tree view of categories such as 'Basics', 'Building envelope', 'Mechanical systems', 'Planning a Passive House', 'Tools / PHPP', 'Passive House Certification', and 'Education & training'. The main article, 'Passipedia - The Passive House Resource', includes a welcome message, a video player for 'Passive House Explained in 90 Seconds', and a list of key features and benefits of Passive Houses, such as energy efficiency and comfort.

## es gibt viel zu tun (!)



## Energy Retrofit with Passive House Components

- Modernisierung auf PH (Neubau) -standard häufig sehr **Aufwändig**
- Typische **Erschwernisse**:
  - WB zum Keller / Balkone / Brandwände ...)
- Erreichen eines optimalen **Wärmeschutzstandards**:
- **HWB  $\leq 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$**
- **(oder auf Basis des Bauteilverfahrens)**
- **Passivhaus-Sozial-PLUS** ist ein jüngstes Projekt in Darmstadt mit  $< 9 \text{ EUR}/\text{m}^2/\text{Monat}$  incl.  
<https://www.passivhaussozialplus.de/>
- <https://www.iwu.de/forschung/handlungslogiken/passivhaussozialplus/>



PassivhausSozialPlus F.Rasch P.Grenz faktor10 Darmstadt



## Modernisierung mit PH-Komponenten: EnerPHit

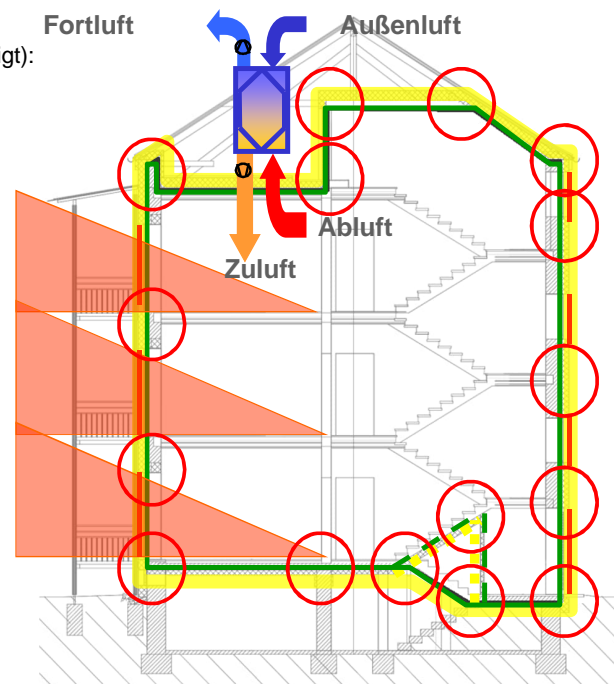
Die Komponenten (kühl-gemäßigt):

- Wärmedämmung opaker Bauteile:  
 $U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Wärmedämmung von Fenstern:  
 $U_{W, \text{eingebaut}} \leq 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- 3-fach Wärmeschutzverglasung
- Wärmebrückenminimierte Konstruktion
- **Luftdichte Gebäudehülle**  
 $n_{50} \leq 1,0 \text{ 1/h}$  (ist möglich)
- **Lüftung mit WRG  $\eta_{WRG} \geq 75\%$ ,**
- Strombedarf  $\leq 0,45 \text{ Wh}/\text{m}^3$

Kriterien (Passivhaus-Classic, kühl-gemäßigt):

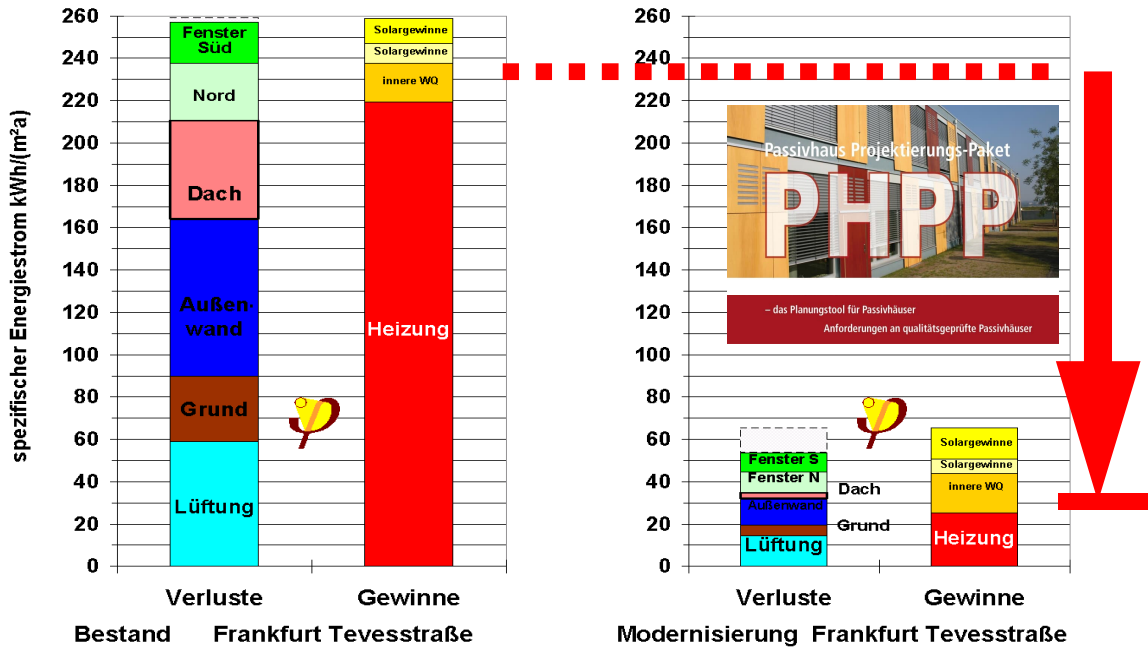
- Heizwärmebedarf  $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  oder  
**Heizlast  $\leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$**
- Nutzkältebedarf  $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- PER:  $\leq 60 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- Luftdichtheit  $\leq 0,6 \text{ /h}$
- Behaglichkeitskriterium im Sommer:  
Übertemperaturhäufigkeit  $\leq 10 \%$

Grundsätzlich können alle Passivhaus-Komponenten auch bei Modernisierungen von Altbauten eingesetzt werden. Die Kriterien gelten sowohl für Altbauten als auch für Neubauten. Wegen Wärmebrücken am Fundament, kann der Neubau-Heizwärmebedarf nicht in allen sanierten Gebäuden eingehalten werden.



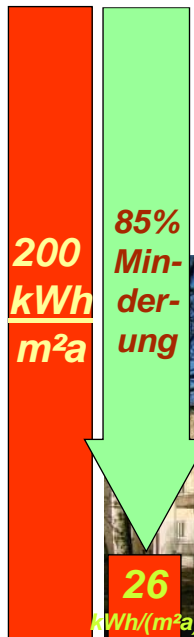
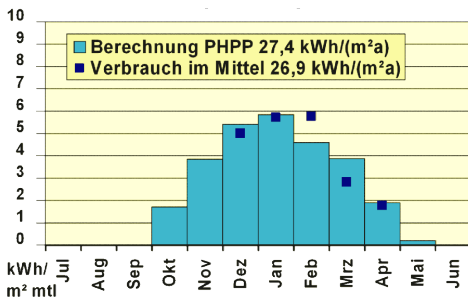
Zeichnung im Hintergrund: © Schulze Darup

# Große Einsparungen sind möglich...



# EE-Sanierung – wirtschaftlich(?)

## Vorher



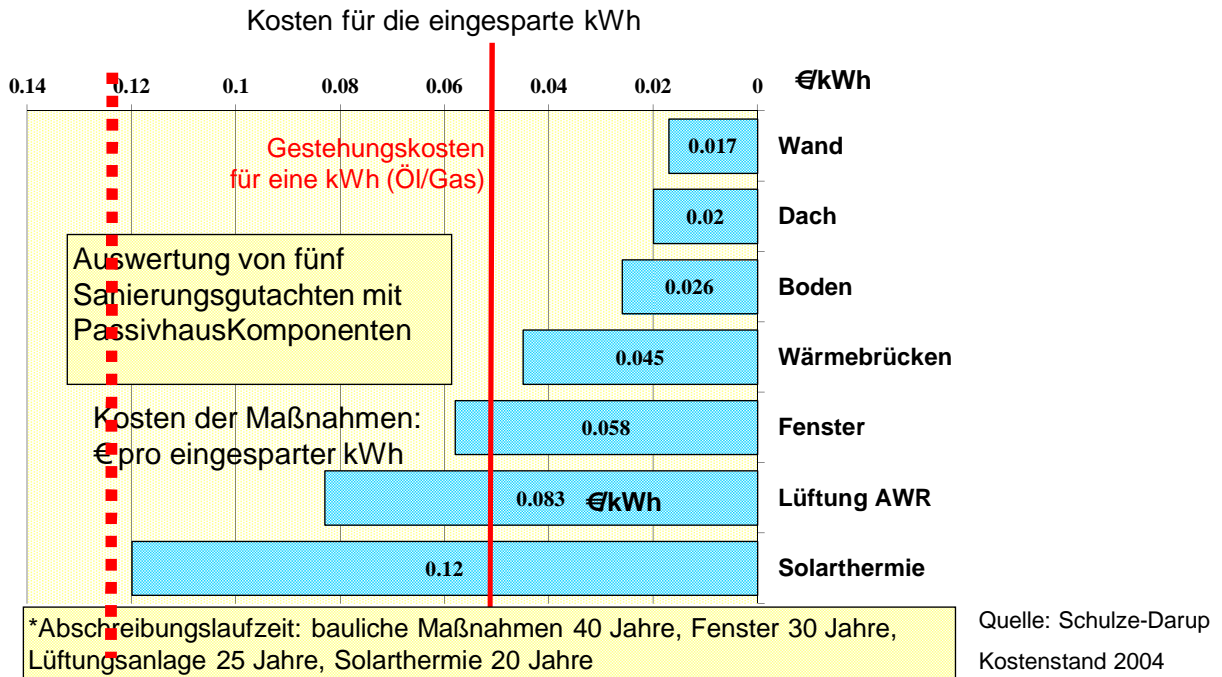
## Nachher

- Keller wärmedämmt
- Wände wärmedämmt
- Passivhaus-Fenster
- Lüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung



Fotos und Diagramm: © Schulze Darup

# EE-Sanierung – wirtschaftlich(?)

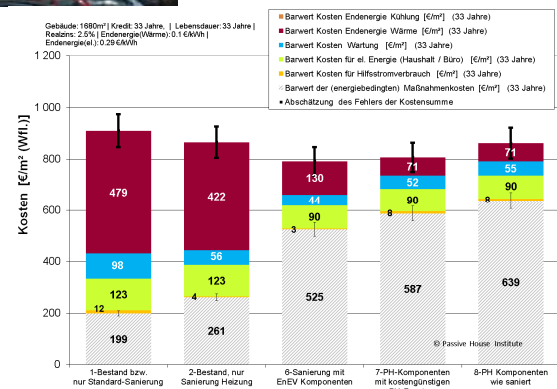


# Bürogebäude IWU, Darmstadt, Sanierung 2012



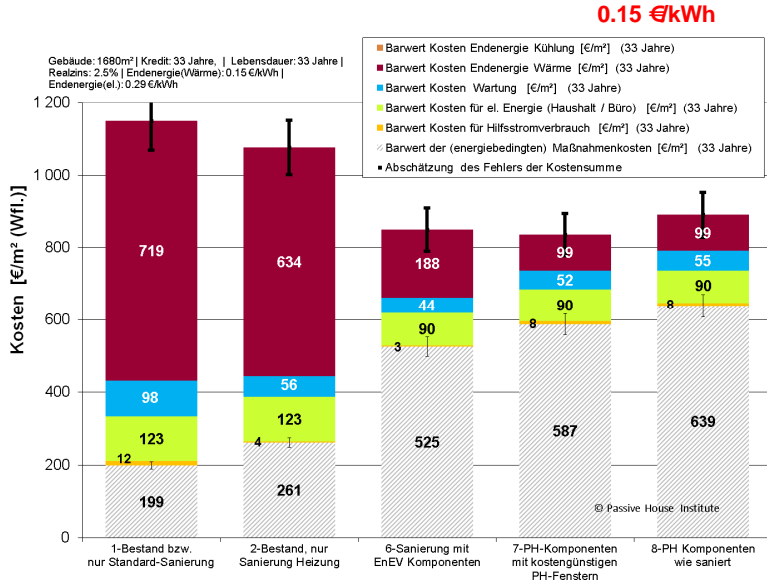
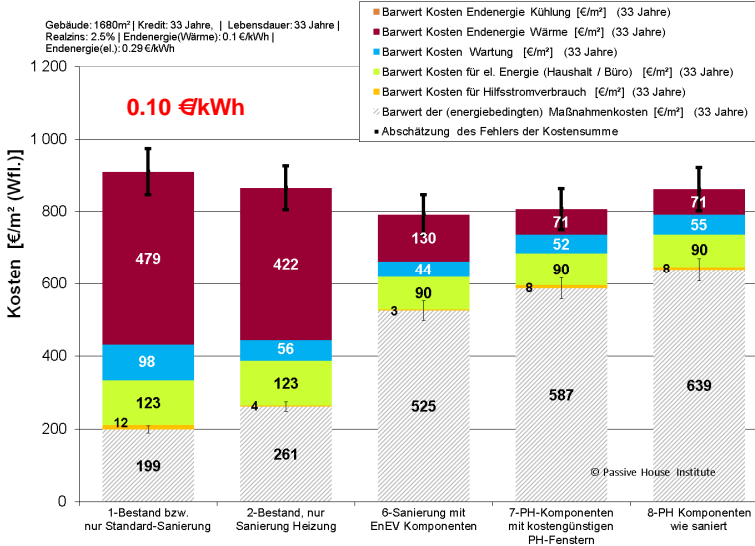
- Institut Wohnen Umwelt (IWU) Darmstadt
- Bürogebäude Baujahr 1960 Sanierung 2012
- Lage an einer stark befahrenen Hauptstraße (Schallschutz!)

Quelle: Annex61 EDLIG (2018) Evaluierung und Optimierung der Wirtschaftlichkeit von integralen Gebäudesanierungen



# Bürogebäude IWU, Darmstadt, Sanierung 2012 – Szenarien

- vollständige Lebenszykluskosten: Investition – Energie – Wartung
- heute: moderate Energiekosten 0.10 €/kWh
- morgen(?): hohe Energiekosten 0.15 €/kWh

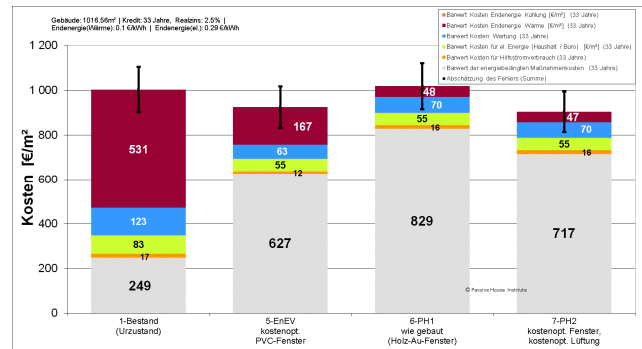


# Schule Baesweiler, Sanierung 2012



- Gesamte Lebenszykluskosten sind wichtig!
- Investition in Energieeffizienz reduziert Betriebskosten!

Quelle: Annex61 EDLIG (2018) Evaluierung und Optimierung der Wirtschaftlichkeit von integralen Gebäudesanierungen



## Wärmeversorgung mit Wärmepumpen

- Vorbemerkung: direktelektrische Heizung? (IR-Flächenheizungen?)
- Wärmepumpe als energie-effiziente Alternative zu Verbrennung(?)
- Bestimmung der Leistung und JAZ ist entscheidend
  
- Lüftung mit WRG reduziert die Heizlast
- Rechenbeispiele aus dem PHPP: PH-Neubau, Altbausanierung MFH und EFH / 2FH
  
- Abluft-WP – eine Option?
- Zentrale WP im Gebäude kann in Kombination mit vorhandenem Heizverteilnetz (üblicherweise große Heizflächen) gut möglich sein.
  
- Wärmeerzeugung + Wärmeverteilung im Quartier – verschiedene Optionen
- Zentrale WP oder Kraft-Wärme-Kopplung mit Wärmeverteilung über Erdleitungen(?)

## Elektrisch Heizen (nur!) für die Spitzenlast



Wandkonvektor  
500 W sind ausreichend  
Quelle AEG



z.B. Badheizkörper +  
Heizstab 300 W/ 600 W  
Quelle EMKE



### PTC-Heiz-Element

Elektrisches Heizelement für die selbstregelnde Nachheizung der Zuluft. Die Luft wird in Abhängigkeit von Luftmenge und Lufteintrittstemperatur auf 40 bis 50 °C erwärmt.



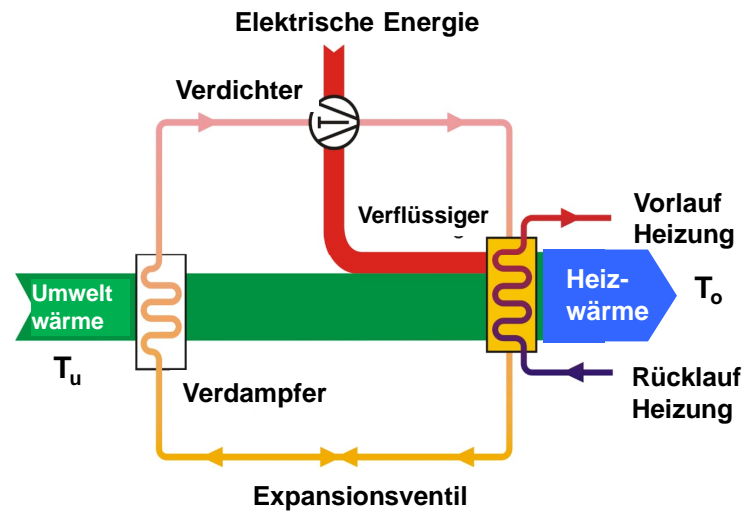
Das PTC-Element wird in die Zuluftleitung eingebaut. Durch den abgesetzten Elektronik-Bereich ist eine nahezu wärmenbrückenfreie Dämmung des Gehäuses möglich. Durch den Selbstregelleffekt von PTC-Elementen wird das Heizelement bei Ventilatorausfall nicht überhitzt.

# Heizungserneuerung – lieber eine Wärmepumpe

- Wärmepumpen (WP) haben verschiedene Vorteile müssen jedoch sorgfältig an den Leistungsbedarf des Gebäudes angepasst werden
- Nutzung von erneuerbarer **elektrischer** Energie möglich

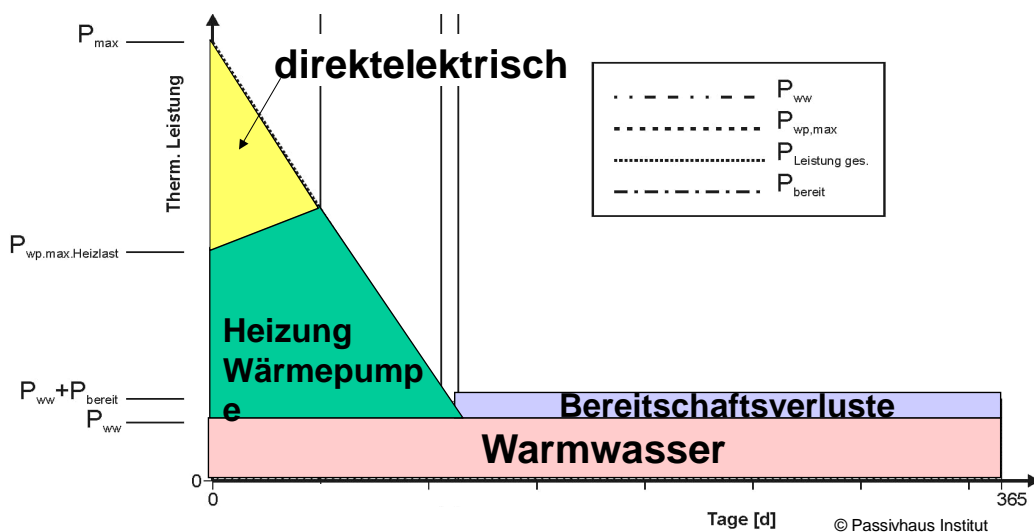
Kenngrößen:

- Leistungszahl ( $\epsilon$ )
- COP (Leistungskoeffizient)
- Jahresarbeitszahl JAZ  
Seasonal Performance Factor (SPF))
- WP sind vor allem für Gebäude nach der Sanierung mit kleinen Heizlasten vorteilhaft

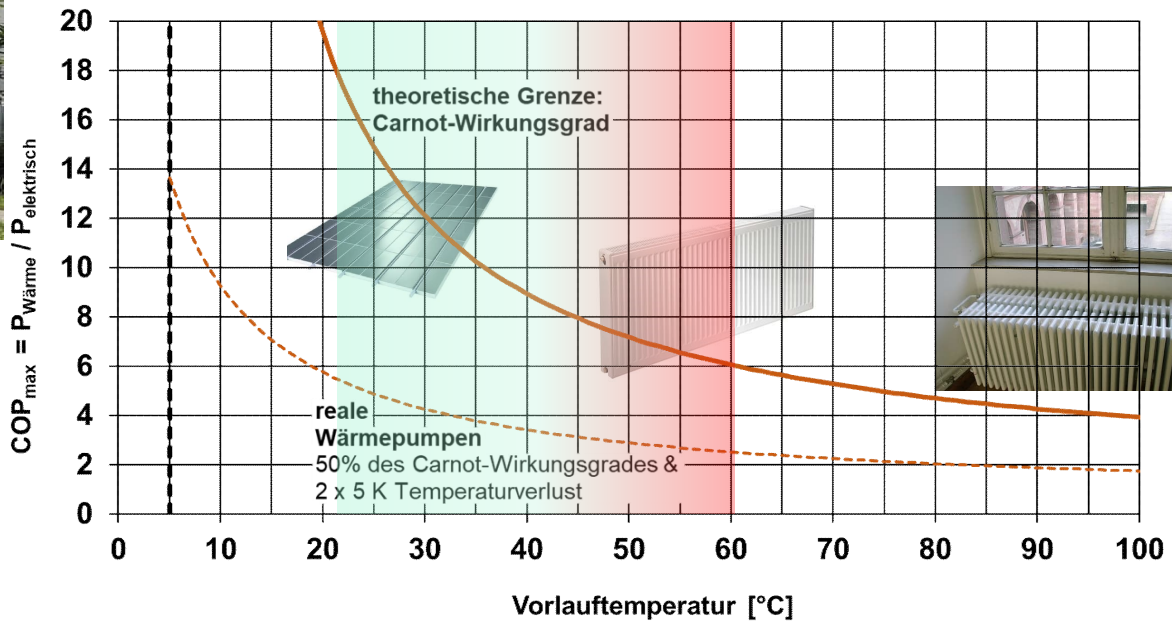


# Beispiel zur Bestimmung der JAZ

- Jahres-Dauerlinie einer typischen WP (WPKompaktgerät mit WW-Bereitung)



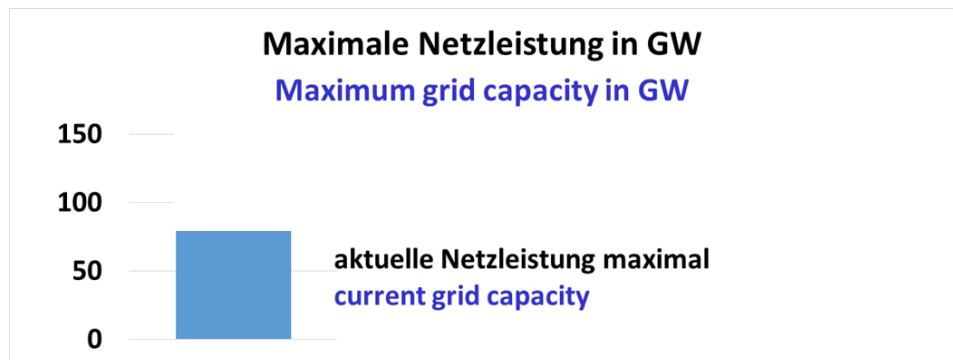
Maximale Leistungszahl einer Außenluft-Wärmepumpe (5 °C Umgebungstemperatur)



## Wärmepumpe & PV - reicht das?

Weitere Komplikationen, wenn NUR eine Wärmepumpe eingebaut wird:

- hohe Vorlauftemperaturen
- größere Wärmepumpen
- mehr Windkraftwerke
- größere Speicher (windstille, kalte Wintertage)
- mehr Saisonspeicher / Elektrolyseure / Backup-Kraftwerke



# Studie WPsmart – Wärmepumpen im Bestand

Feldtest von WP-Anlagen 2016 ... 2020 (\*)

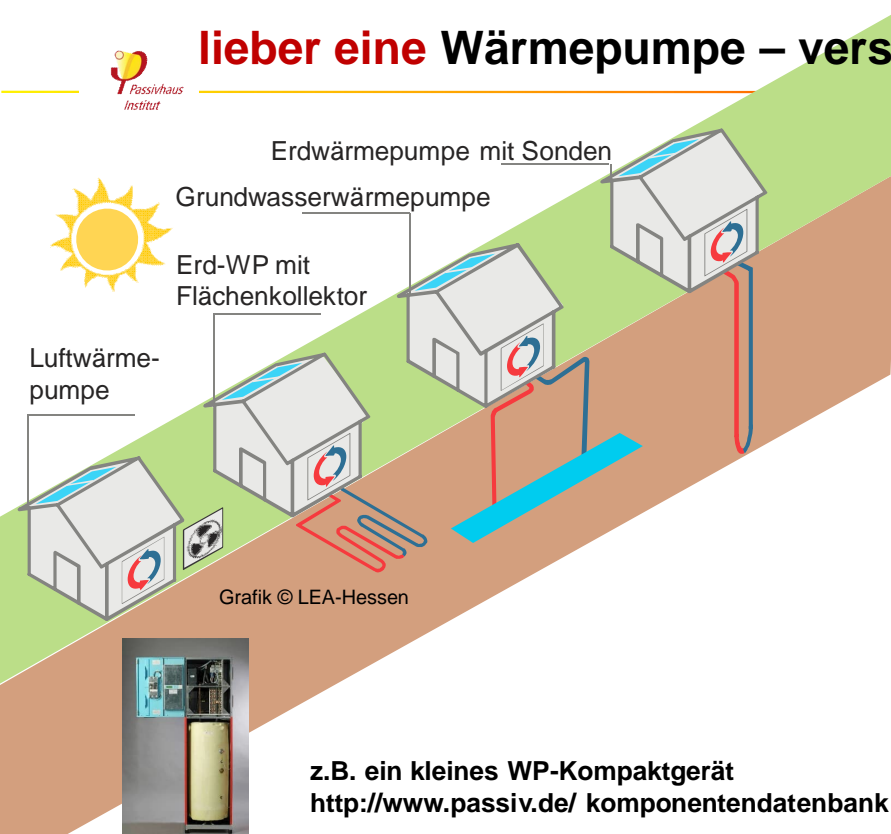
- WP können auch in noch nicht ganz optimal energetisch sanierten Gebäuden einen nennenswerten Anteil der Heizung übernehmen
- d.h. den Verbrauch der Erdgas / Erdöl-Heizung substituieren
- Die Effizienz (JAZ) der untersuchten WP-Anlagen war recht gut
- **Die energetische Qualität der Gebäudehülle ist ebenfalls entscheidend!**  
**Je besser das Gebäude, desto kleiner der WP-Leistungsbedarf, desto besser die JAZ**

daraus ergibt sich ein Konzept für die Sanierung –

- Wärmepumpe baldmöglichst installieren "... wenn Heizung kaputt"
- ... oder noch vor dem nächsten Winter (((hat leider derzeit 6 Monate Lieferzeit)))
- die WP kann dann 40 ... 60 % der Heizwärme bereitstellen
- die fossile Heizung macht nur die Spitzenlast an den besonders kalten Tagen

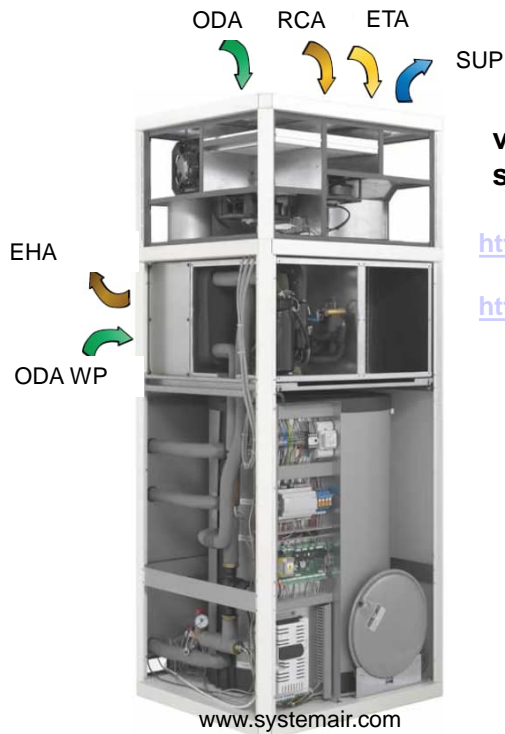
(\*) Autoren: D. Günther et.al., Fraunhofer ISE, Freiburg 2020

## lieber eine Wärmepumpe – verschiedene Konfigurationen



- **Luft-Luft- oder Luft-Wasser-Wärmepumpe**  
+ Geringe Investitionskosten  
- Geringere Effizienz
- **Erdwärmepumpen**  
+ Hohe Effizienz  
- Höhere Kosten
- **Grundwasserwärmepumpen**  
+ Hohe Effizienz  
- Nicht überall anwendbar
- **kalte Nahwärme**  
+ Hohe Effizienz  
- zusätzliches Leitungsnetz

# Kompaktgeräte auch mit Kühlfunktion



verschiedene Geräte verfügbar  
siehe Komponentendatenbank:

<https://database.passivehouse.com/de/components/>

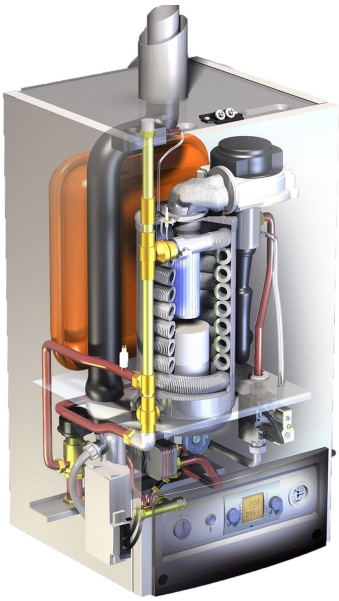
<https://database.passivehouse.com/de/components/list/heatpump?>

# Aktueller Standard: Luft-Wasser-Wärmepumpe

- ersetzt den Heizkessel
- gern als Monoblock mit R290
- aber: richtig machen



# Zum Vergleich: Gasbrennwertkessel



**Normnutzungsgrade Gas-Brennwertkessel:**  
**105-110%**

Bezug: Heizwert  $H_i$ , ohne Kondensation

**Durchschnitt Feldmessung [Wolff 2004]:**  
**96%**

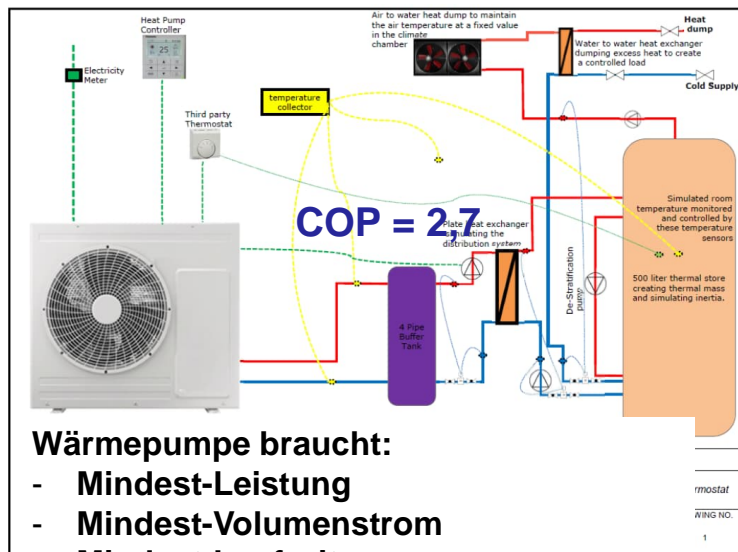
**nur Warmwasserbereitung: 75 bis 90%**

Mittelwert für 60  
Gas-Brennwertkessel-Installationen



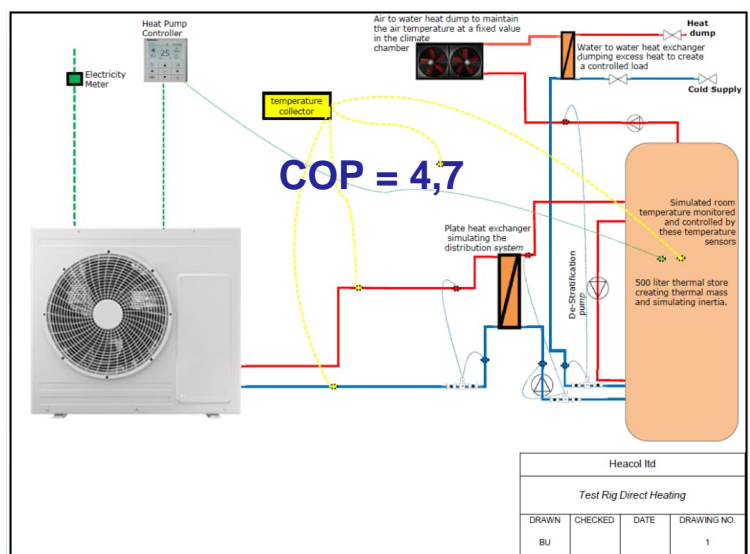
# Hydraulik

- keine hydraulische Weiche
- bei Heizkörpern: Pufferspeicher

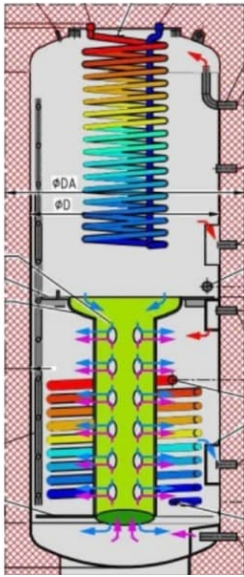


**Wärmepumpe braucht:**

- **Mindest-Leistung**
- **Mindest-Volumenstrom**
- **Mindest-Laufzeit**
- **Mindest-Vorlauftemperatur**
- **Wärmereservoir für Abtauung**



Quelle: Brendon Uys, Heacol Ltd.



## Zum Einbinden weiterer Wärmequellen

# Gebäude-zentrale Wärmepumpe – im Altbau?

Zentrale WP im Gebäude kann in Kombination mit vorhandenem Heizverteilnetz (üblicherweise große Heizflächen) gut möglich sein.

- Überprüfung der Eignung des vorhandenen Heizverteilnetzes erforderlich, ggf. Erneuerung einzelner HK (Niedertemperatur HK)
- ggf. vorhandene Fußbodenheizung ebenfalls sinnvoll
- Für das Badezimmer wird zusätzlich ein kleiner Konvektor oder aber ein elektrischer Heizstab für den Badheizkörper empfohlen

### Standardheizkörper

- $h=500, b = 600, t = 161 \text{ mm}$
- 628 W (55/45/20)
- 136 €

### "Wärmepumpenheizkörper" mit Gebläse

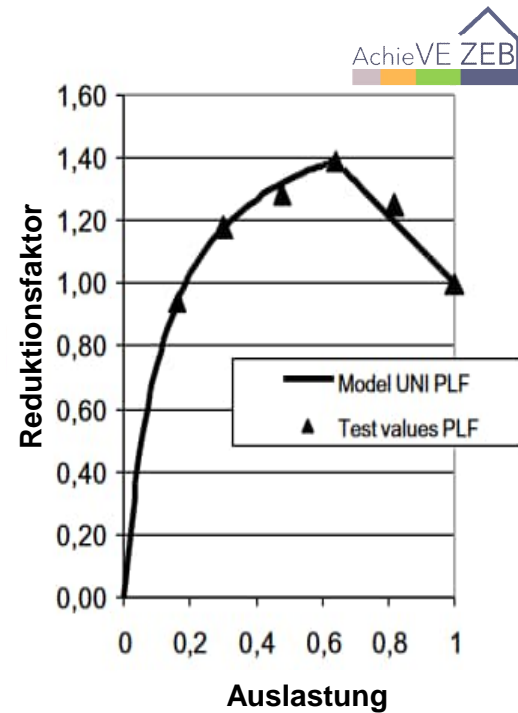
- $h=500, b = 600, t = 168 \text{ mm}$
- 413 W (35/30/20)
- 600 €



# Wirkungsgrad-Verschlechterung bei (extremer) Teillast

## Teillastverhalten einer Wärmepumpe

- Die kleinsten Split-Geräte gibt es mit 2,5 kW.
- Mindestleistung im Teillast-Betrieb: 1 kW
- **25% Teillast ist akzeptabel**
- Problematisch bei Luft-Kanalnetzen in Passivhäusern: 300 m<sup>3</sup>/h sind erforderlich, um die Luft mit  $\Delta T_{\text{trocken}} = 15 \text{ K}$  ( $\approx 0,75 \text{ m}^3/(\text{kg h})$ ) zu erwärmen, d.h. rezirkulierte Luft wird benötigt.



## Multisplitgeräte im MFH

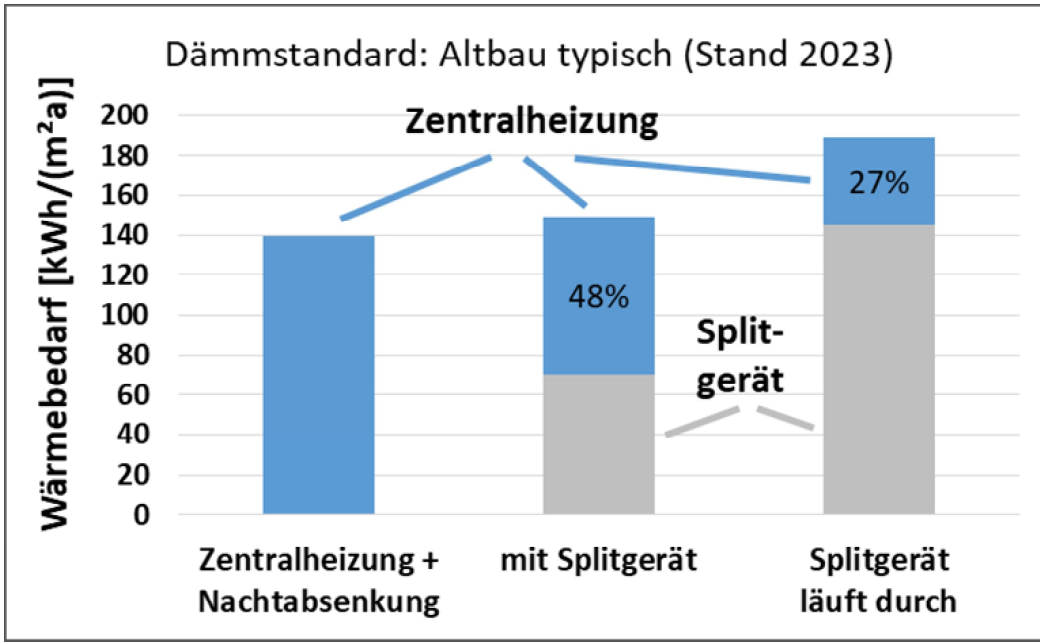


Quelle: Großklos / Swiderek  
Einsatz von Multi-Split-Luft-Luft-Wärmepumpen zur Wohnungsbeheizung - Themendokumentation im Projekt SüdSan

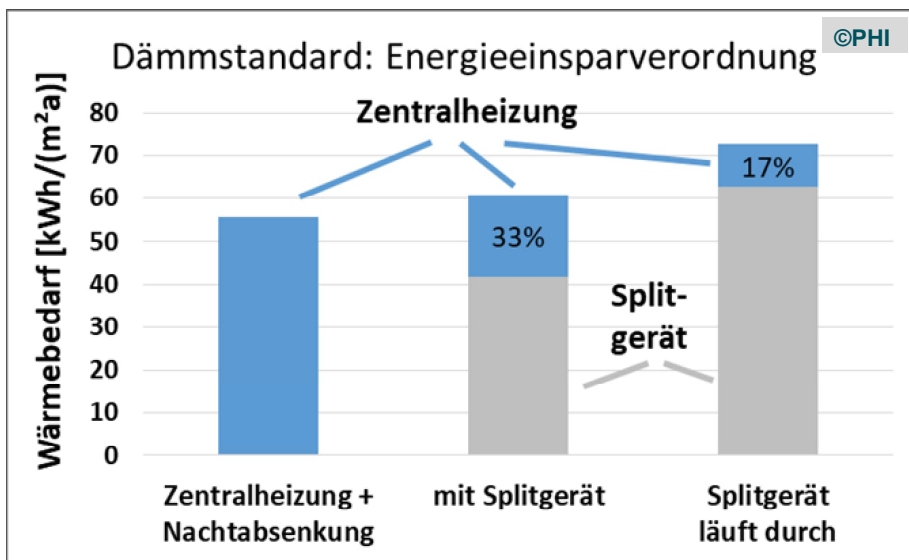


- **LEG Wohnen SE in Düsseldorf**  
ersetzt damit erfolgreich Gas-Etagenheizungen
- **Innengeräte am besten über der Tür**
- **Bäder: Elektroheizkörper**
- **Warmwasser separat (E-Boiler oder DLE)**
- **ca. 11 T€ je WE incl. WW**

# Minisplit im EFH – als Ergänzungsheizung im **unsanierten** Altbau



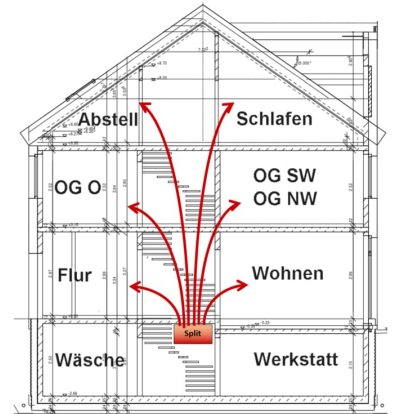
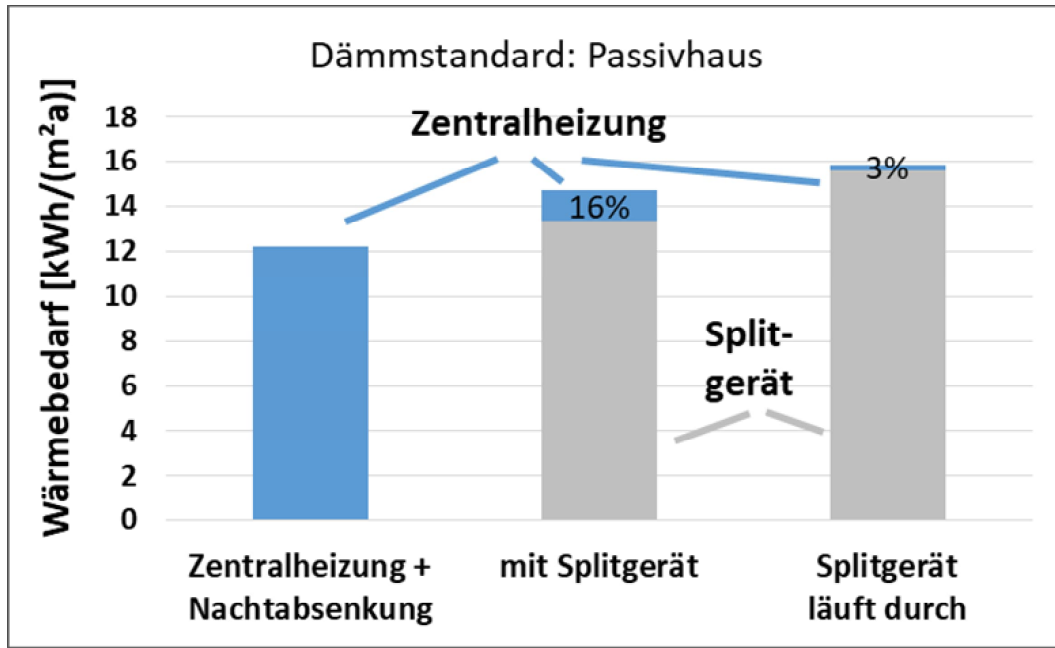
# Einsatz im GEG-Neubau



Gebäudehülle entspricht GEG

Leistung Split: 3,5 kW

# Minisplit im EFH – ausreichend im Passivhaus



# Wärmepumpe und Nachtabsenkung?



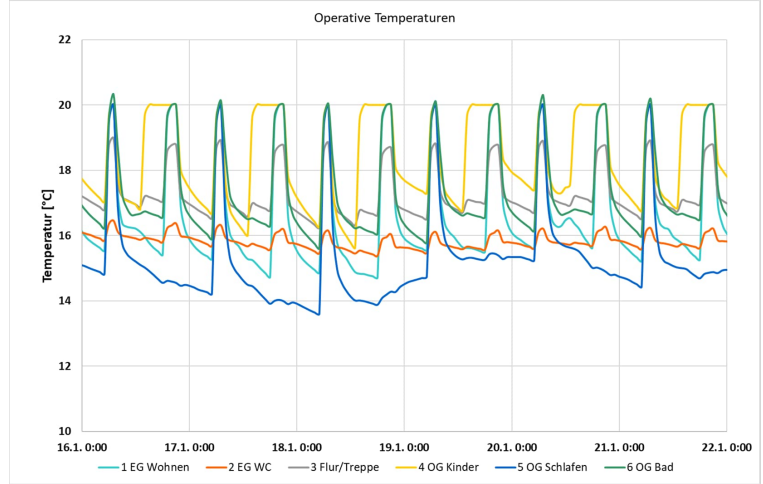
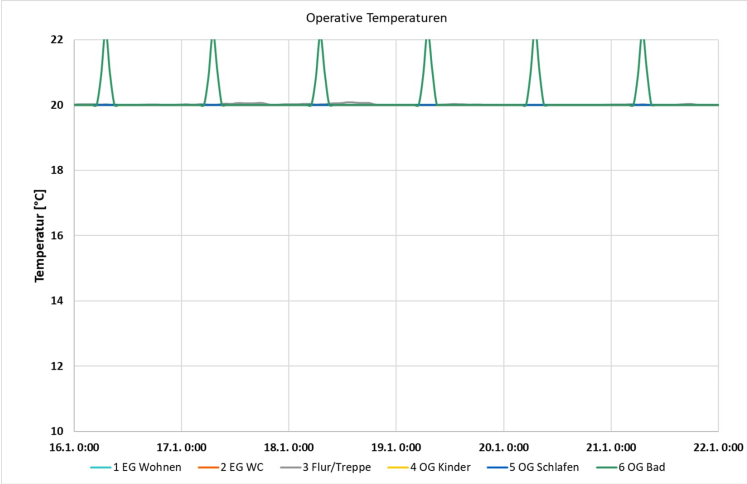
[www.passivhausprojekte.de](http://www.passivhausprojekte.de)  
ID: 0073



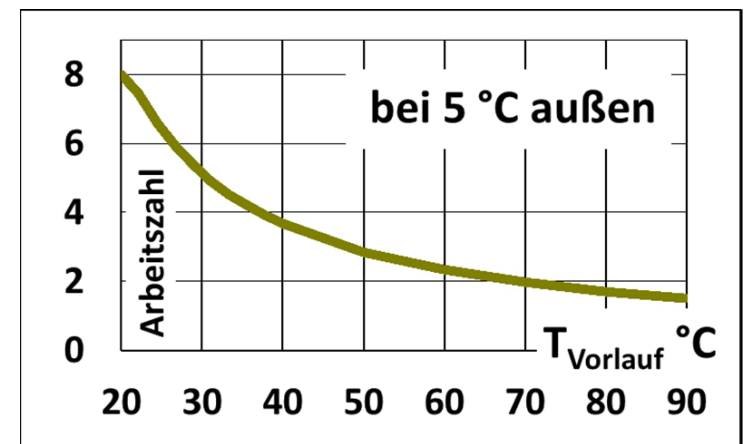
# Wärmepumpe und Nachtab senkung?

**Durchheizen**  
Heizwärmebedarf 74 kWh/(m<sup>2</sup>a)

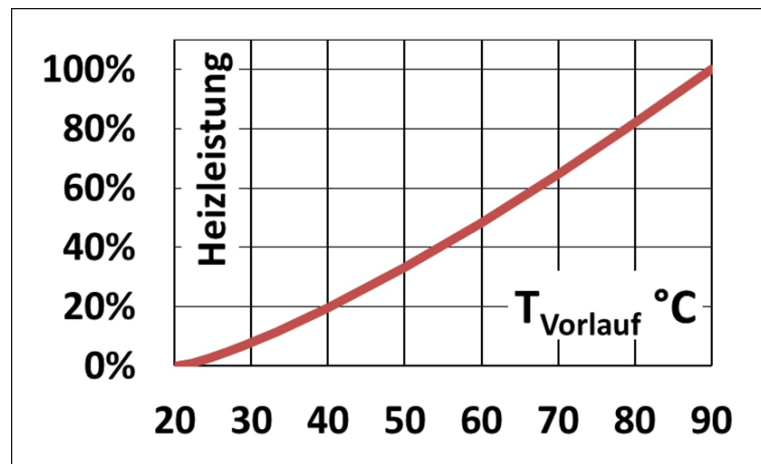
**Absenkbetrieb**  
Heizwärmebedarf 55 kWh/(m<sup>2</sup>a)



# Wärmepumpe und Nachtab senkung?



Carnot-Gütegrad: 0,4

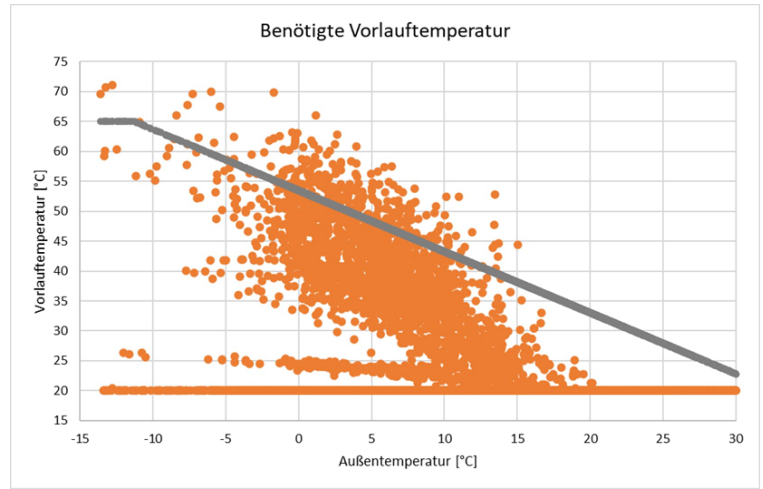
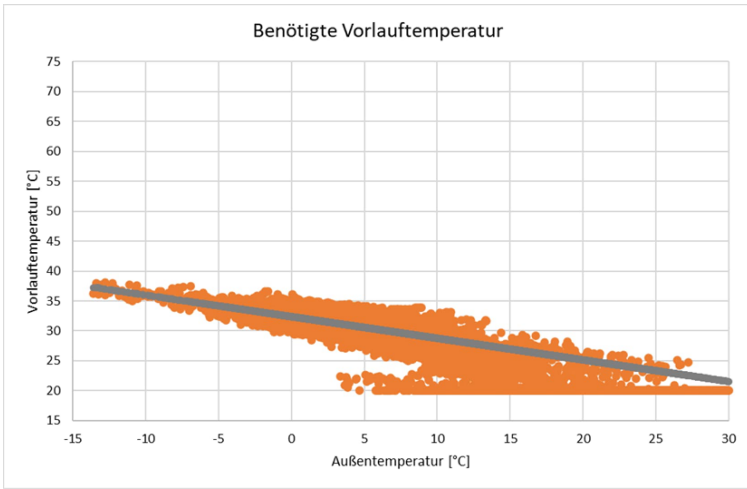


Heizkörperexponent: n = 1,3

# Wärmepumpe und Nachtab senkung?

**Durchheizen**  
Heizwärmebedarf 74 kWh/(m<sup>2</sup>a)

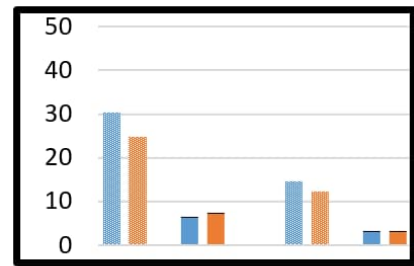
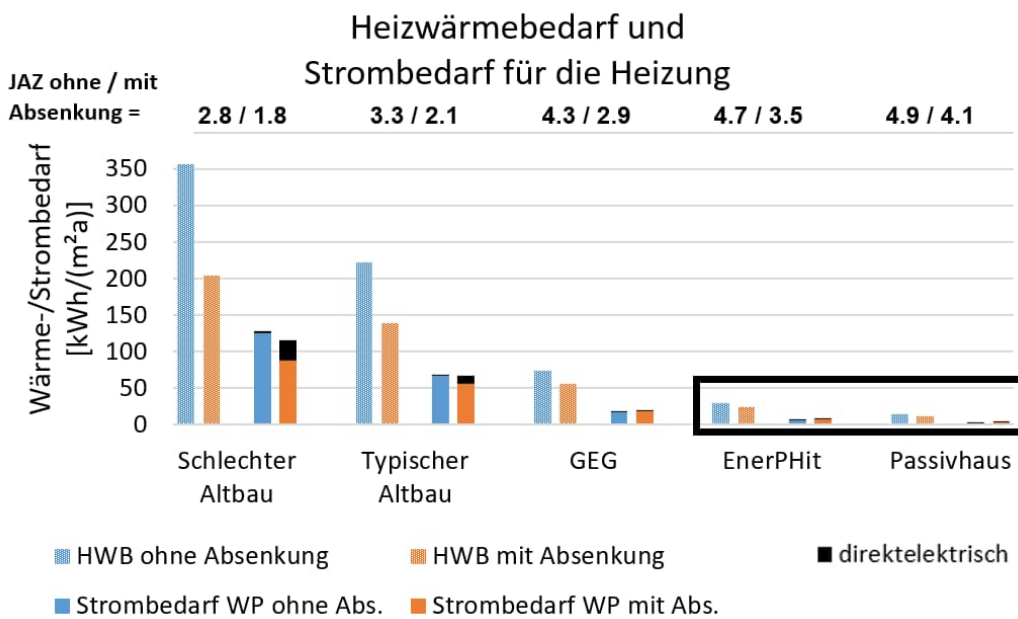
**Absenkbetrieb**  
Heizwärmebedarf 55 kWh/(m<sup>2</sup>a)



**JAZ = 4,3**  
**Strombedarf 17 kWh/(m<sup>2</sup>a)**

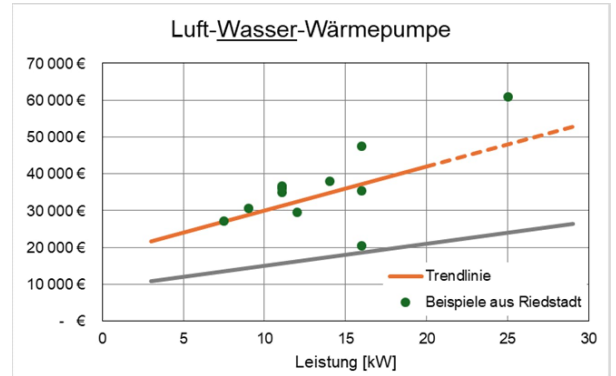
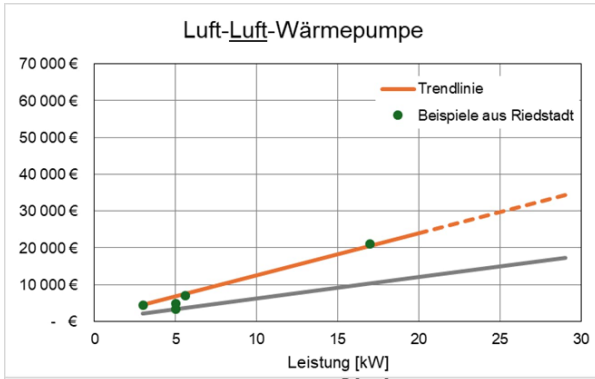
**JAZ = 2,9**  
**Strombedarf 21 kWh/(m<sup>2</sup>a)**

# Wärmepumpe und Nachtab senkung?

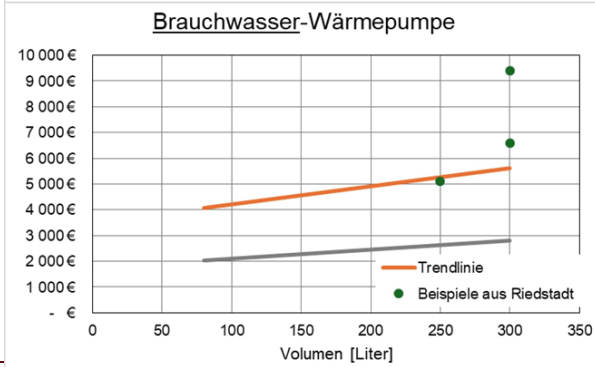


- 1) **besserer Wärmeschutz hilft immer**
- 2) **Nachtab senkung hilft bei optimierter Heizkurve nicht mehr**

# Was kostet eine Wärmepumpe?



**Aktuell:  
30 – 70%  
Förderung**



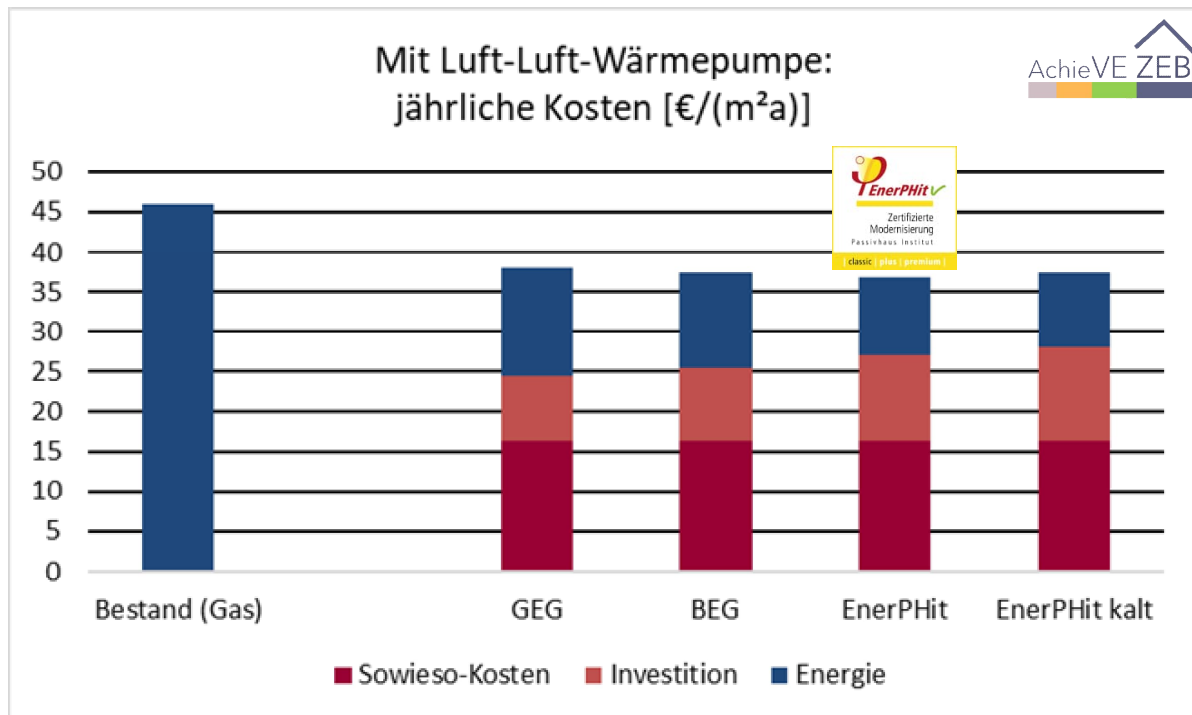
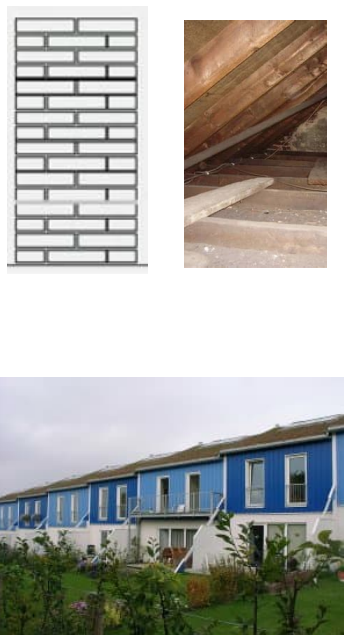
Recherche und Auswertung: Benjamin Krick



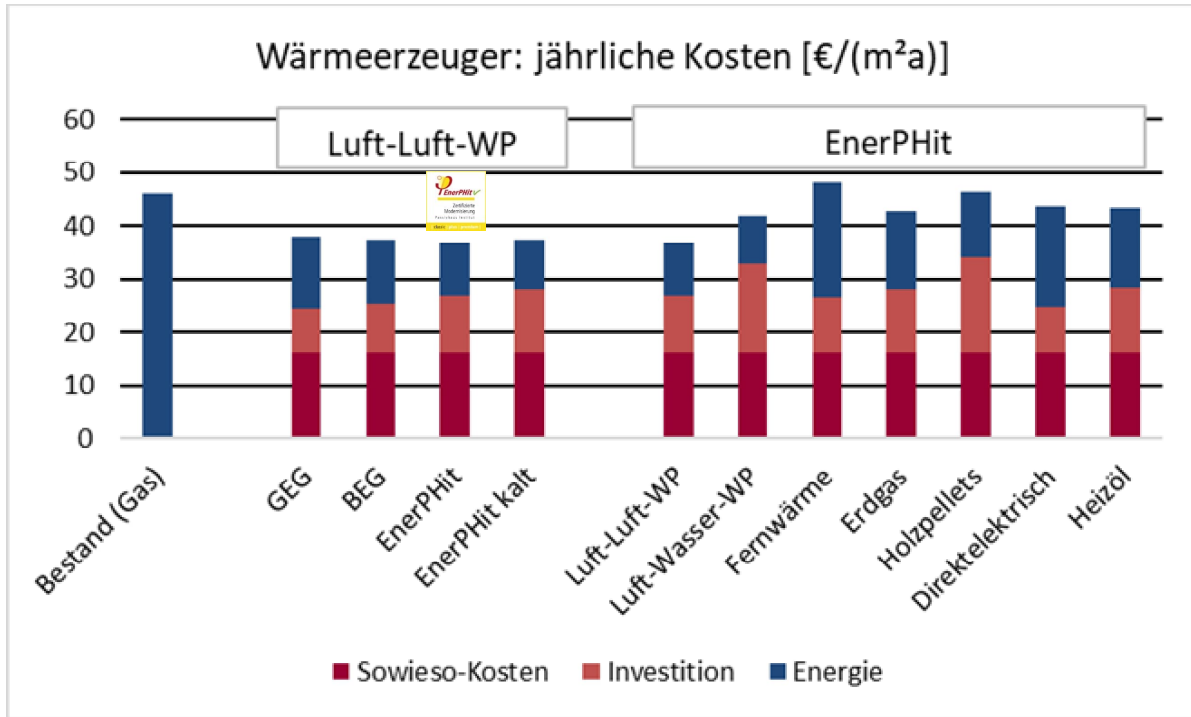
**Luft/Luft-Wärmepumpe MSZ-RZ**

- // Split-System mit Kältemittel R290
- // 100% Heizleistung bis -25°C
- // Nenn-Heizleistungen: 2,5, 3,5 und 5 kW
- // untere Einsatzgrenze bei -30°C

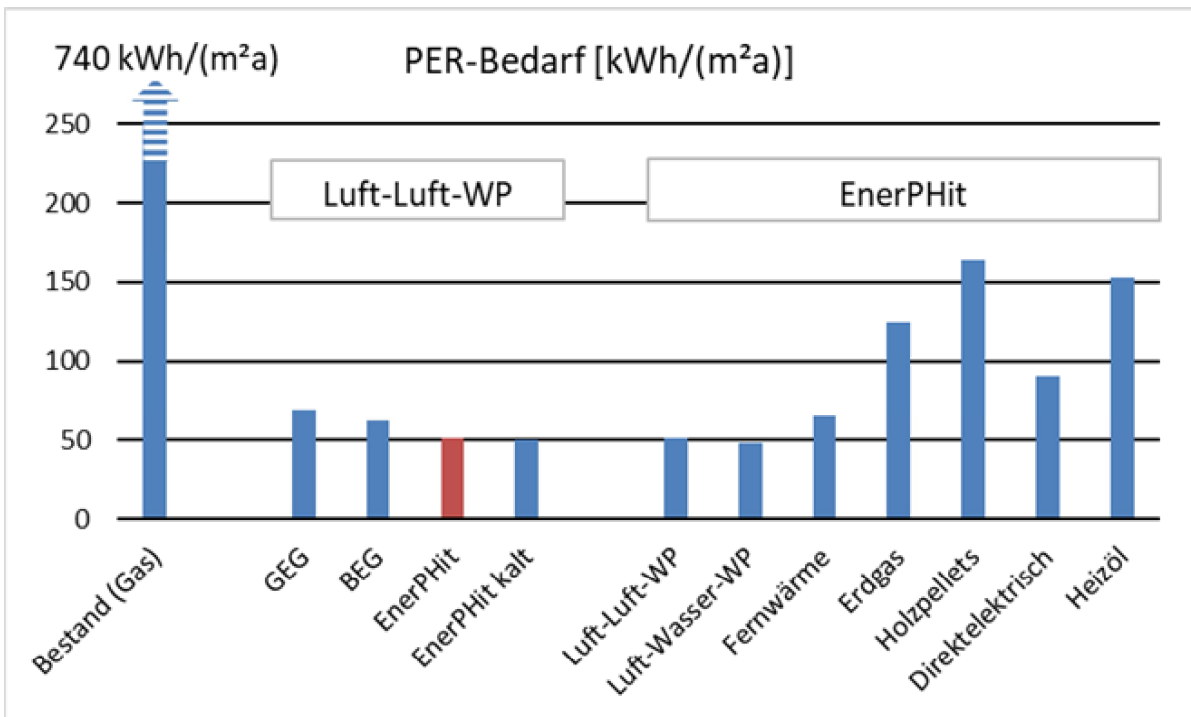
# Beispiel: Reihenendhaus



## Beispiel: Reihenendhaus



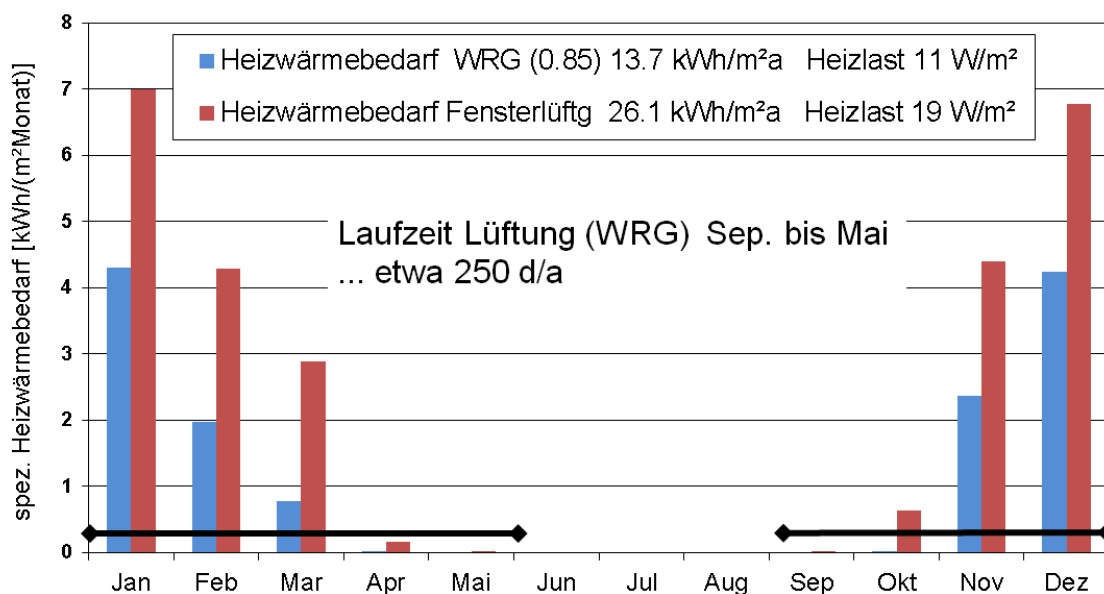
## Beispiel: Reihenendhaus



# Abluft-Wärmepumpe?

- Abluftwärmepumpen nutzen die gesamte Wärme aus der Abluft
- Ganzjährig gute Wärmequelle, weil hohe Temperatur
- Für WW-Bereitung ergeben sich ggf. primärenergetisch leichte Vorteile (JAZ)
  
- Problem – auch die Abluft-WP ist im Anwendungsbereich streng begrenzt
- .... und für Gebäude mit hoher Heizlast nicht geeignet
- Folgerung: Lüftung mit WRG und (Fortluft-)WP ist die bessere Option
  
- Die Wärmequelle Abluft ist nur bei Gebäuden mit guter Wärmedämmung ausreichend
- .... sorgfältige Auslegung und Heizlastberechnung ist wichtig.

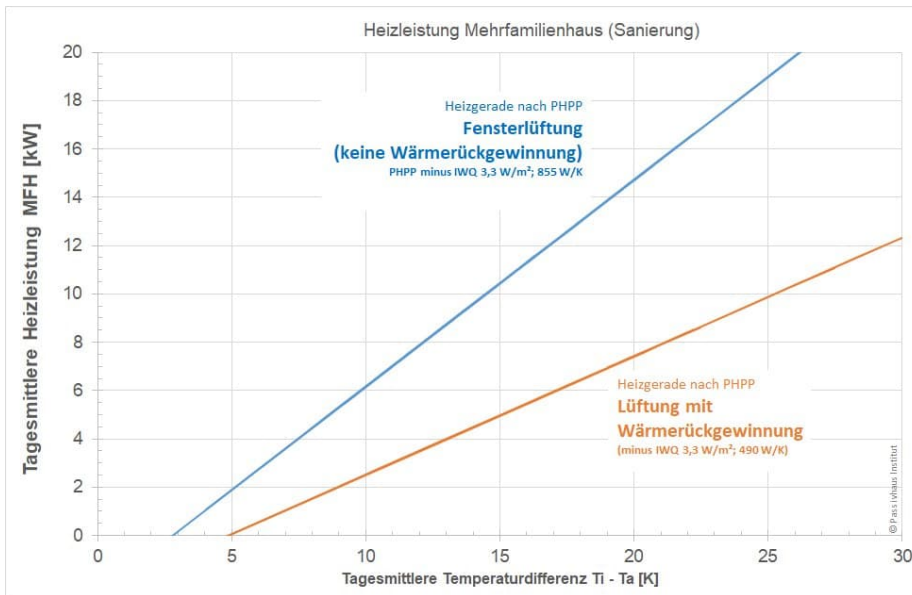
# Lüftung mit WRG hilft beim Heizen – reduziert Heizlast



blau: Passivhaus mit Lüftung und WRG  $\eta = 85\%$   $n_{50} = 0,6/h$   $n_L = 0.3/h$   
 rot: Fensterlüftung  $\eta = 0$   $n_{50} = 1,0/h$   $n_L = 0.2/h$

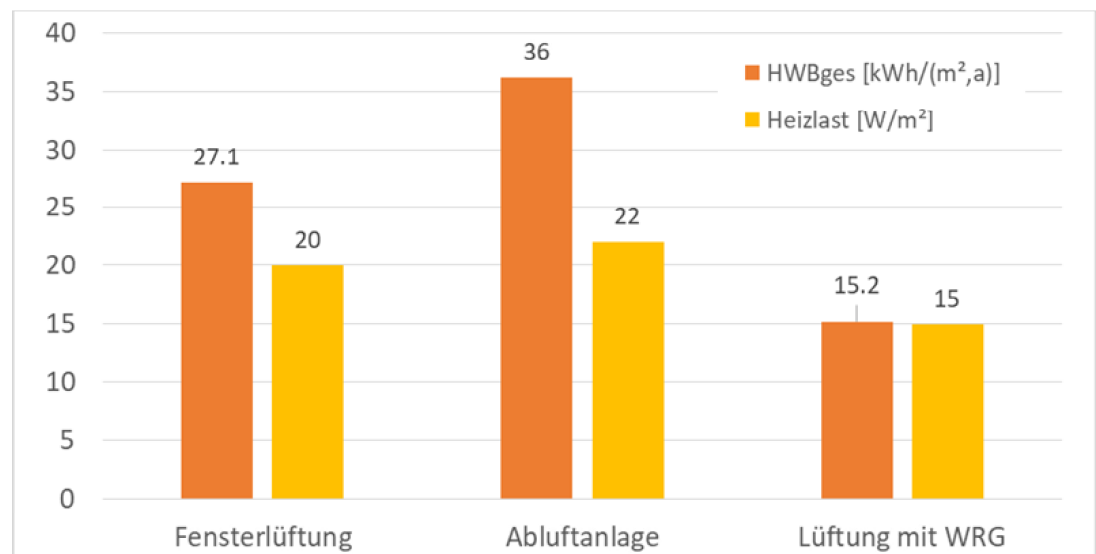
# Die Heizlast mit / ohne WRG

- die Lüftung mit Wärmerückgewinnung reduziert die Heizlast signifikant
- Rechenbeispiel (PHPP) für Sanierung eines MFH



# Die Heizlast mit / ohne WRG

- die Lüftung mit Wärmerückgewinnung reduziert die Heizlast signifikant
  - je nach Nutzerverhalten (Luftwechsel) sind die Werte verschieden
- Rechenbeispiel (PHPP): Altbausanierung EFH / 2FH



# Lüftung mit WRG oder Luft-Luft Wärmepumpe(?)

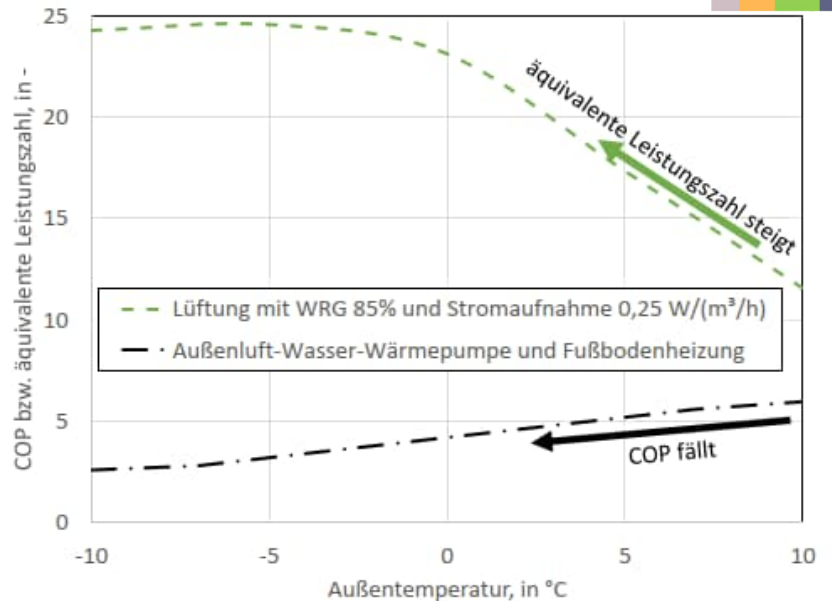
- Die passive WRG wird besser mit steigender Temperaturdifferenz
- Vorteil gegenüber Luft-Luft-WP

Temperaturänderungsgrad  $\eta_t$  (nach DIN EN 308):

$$\eta_t = \frac{\vartheta_{ZU} - \vartheta_{AU}}{\vartheta_{AB} - \vartheta_{AU}} = \frac{\text{Zulufttemperatur} - \text{Ablufttemperatur}}{\text{Ablufttemperatur} - \text{Außenlufttemperatur}}$$

Leistungszahl COP (nach DIN EN 14511):

$$COP = \frac{Q_K}{P_V} = \frac{\text{Wärmeleistung Wärmepumpe}}{\text{elektrische Leistung Wärmepumpe}}$$

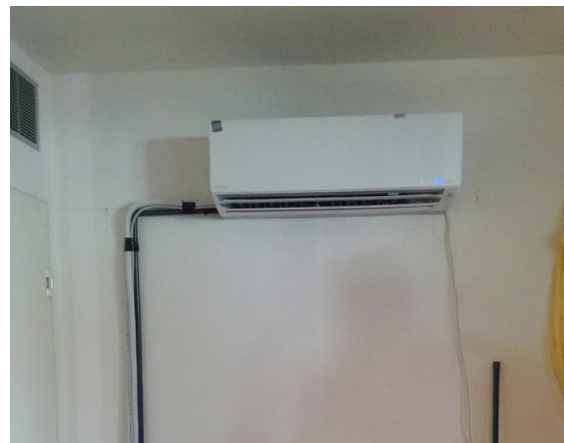


Quelle: Schulze Darup, Leppig, Hartmann, Wohnungslüftung mit WRG... ITG, Dresden 2022

# WP-Split-Gerät zur Heizung (und Kühlung) --- wie geht das?



Außengerät holt Umweltwärme...



Innengerät heizt im Umluftmodus.

- **Ja, das geht durchaus (Heizungsunterstützung, Notheizung für 1 Raum Altbau)**
- Praxis: Im Pssivhaus sogar als alleiniges Heizsystem (Raumheizung).
- Praxis: erträglich leise (aber nur im 'Flüster'-modus)
- Praxis: SPF\_Heizung eher bei 2-3 (und nicht, wie oft angepriesen, >3)
- Ökonomie nur gut für Gebäude mit geringem Heizwärmebedarf.



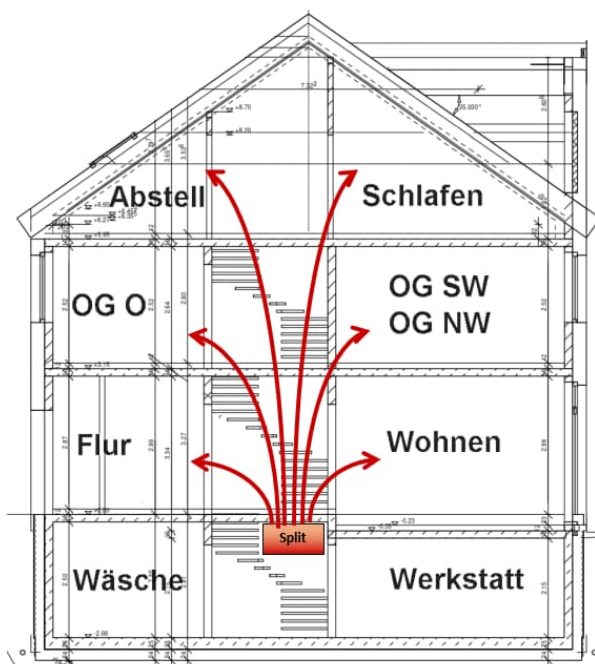
## Liste der Wärmepumpen mit Prüfnachweis BEG EM



Siehe auch:

[lea.foerdermittelauskunft.de](http://lea.foerdermittelauskunft.de)

# Einbauort festlegen



**Innen: großer Raum im EG, evtl. zentraler Flur**

**Schall und Luftzug beachten**

**Außen: Schall beachten, in reinen Wohngebieten nachts < 35 dB(A)!**

**Schallrechner: [www.waermepumpe.de](http://www.waermepumpe.de)**

**Rückseite zur Wand**

**nah an der thermischen Hülle**

**max. Abstand / Höhenunterschied beachten**

**Kondensatablauf**



## Gerät auspacken



## Innenteil montieren



## Kernlochbohrungen erstellen



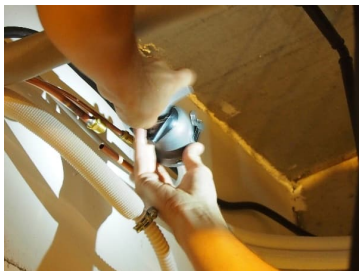
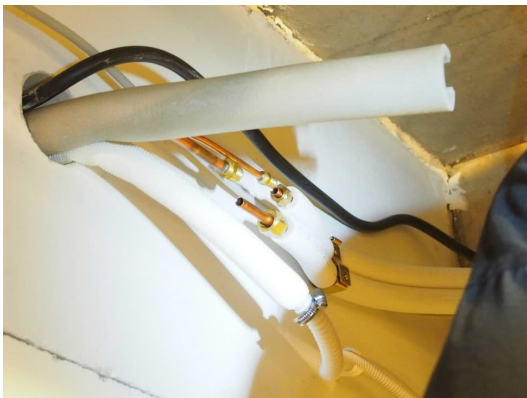
## Stromanschluss, Wanddurchführung



# Außengerät aufstellen



# Kältemittelleitungen innen anschließen



**Leitungen nicht knicken**

**Fachbetrieb**



# Kondensatablauf

auch Kondensat-Schläuche mit konstantem Gefälle verlegen



# Kältemittelleitungen außen anschließen



**Fachbetrieb**



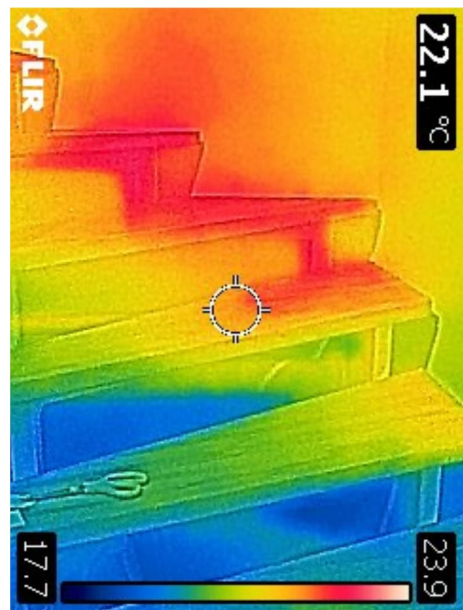
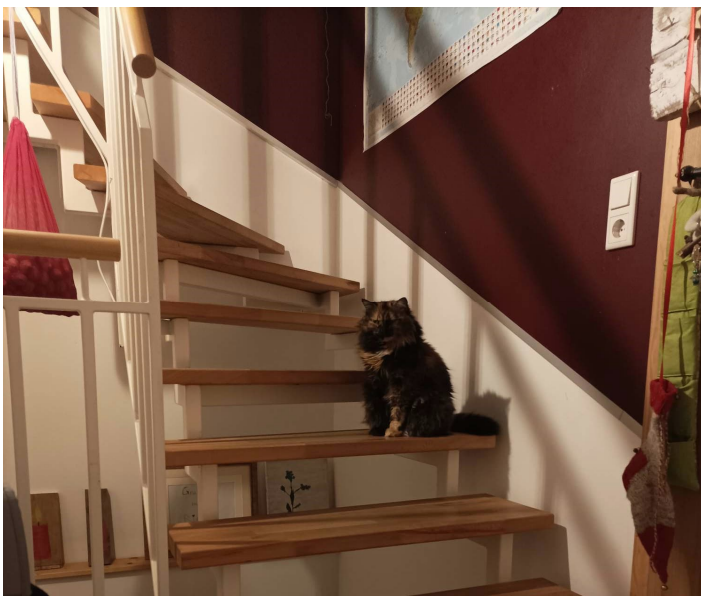
# Dichtheits- und Funktionsprüfung



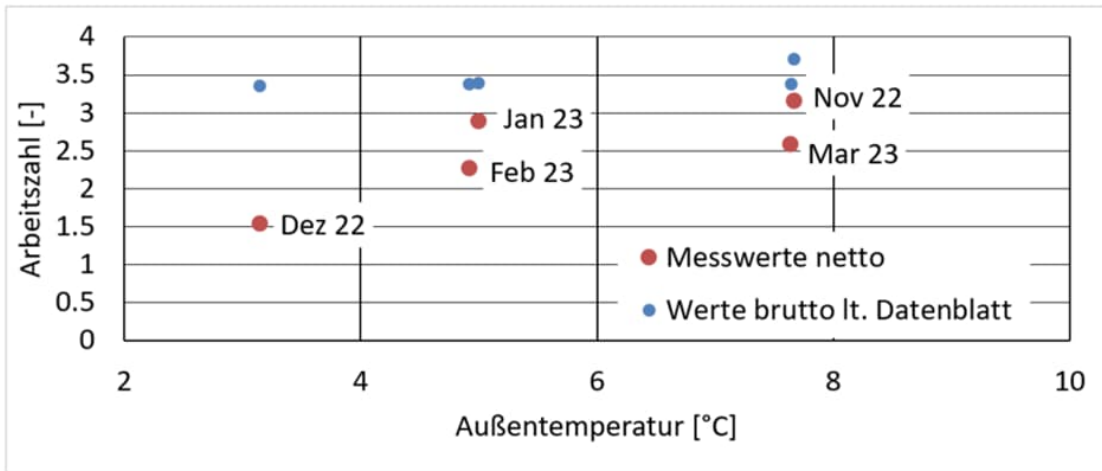
achbetrieb



# Im Flur ist es am wärmsten



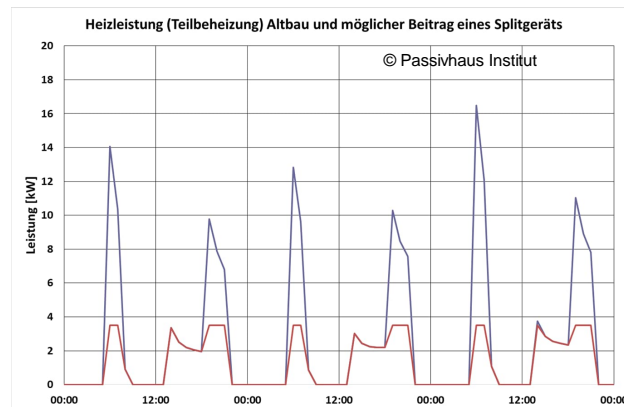
# Daten zur Jahresarbeitszahl



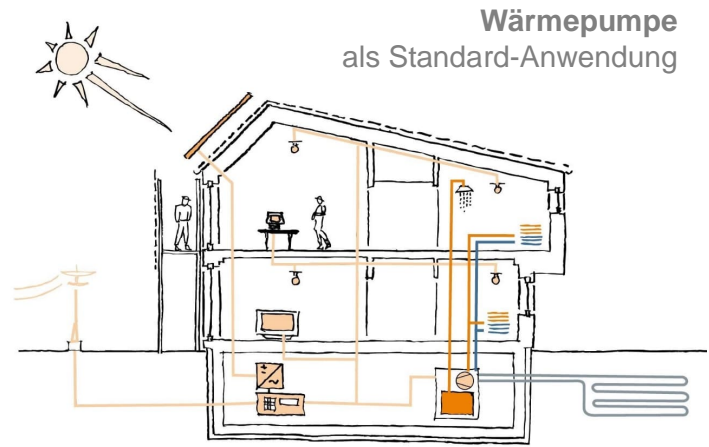
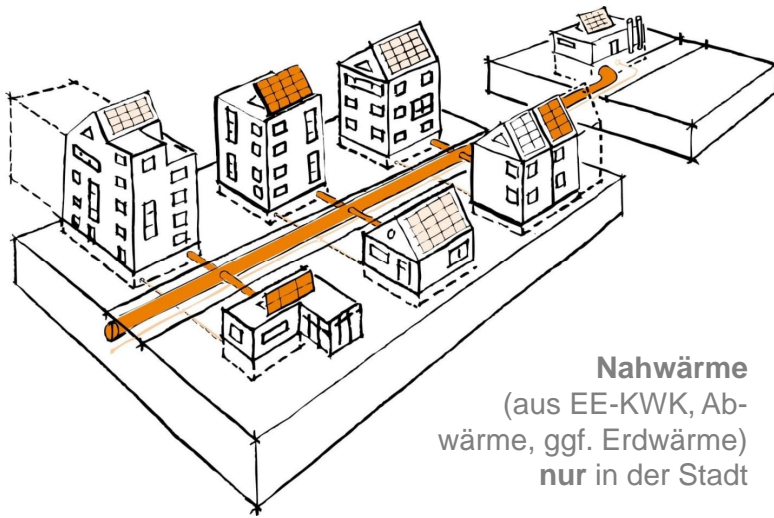
**Effektive Jahresarbeitszahl: 2,2**  
berücksichtigt wärmeren Keller, höhere Wärmeverluste zum Nachbarn, evtl. Nutzungsänderung, Frostschutz, Hilfsstrom  
**Im Vergleich zum Gaskessel schon heute deutliche CO<sub>2</sub>-Einsparung**

Monat	Nov 22	Dez 22	Jan 23	Feb 23	Mar 23
Außentemperatur [°C]	7.7	3.2	5.0	4.9	7.6
geschätzter Wärmebedarf [kWh/m <sup>2</sup> ]	2.0	3.9	3.1	3.2	2.0
Stromverbrauch [kWh/m <sup>2</sup> ]	0.62	2.55	1.08	1.39	0.76
Arbeitszahl netto	3.2	1.5	2.9	2.3	2.6
Arbeitszahl detailliert lt. Datenblatt	3.7	3.4	3.4	3.4	3.4

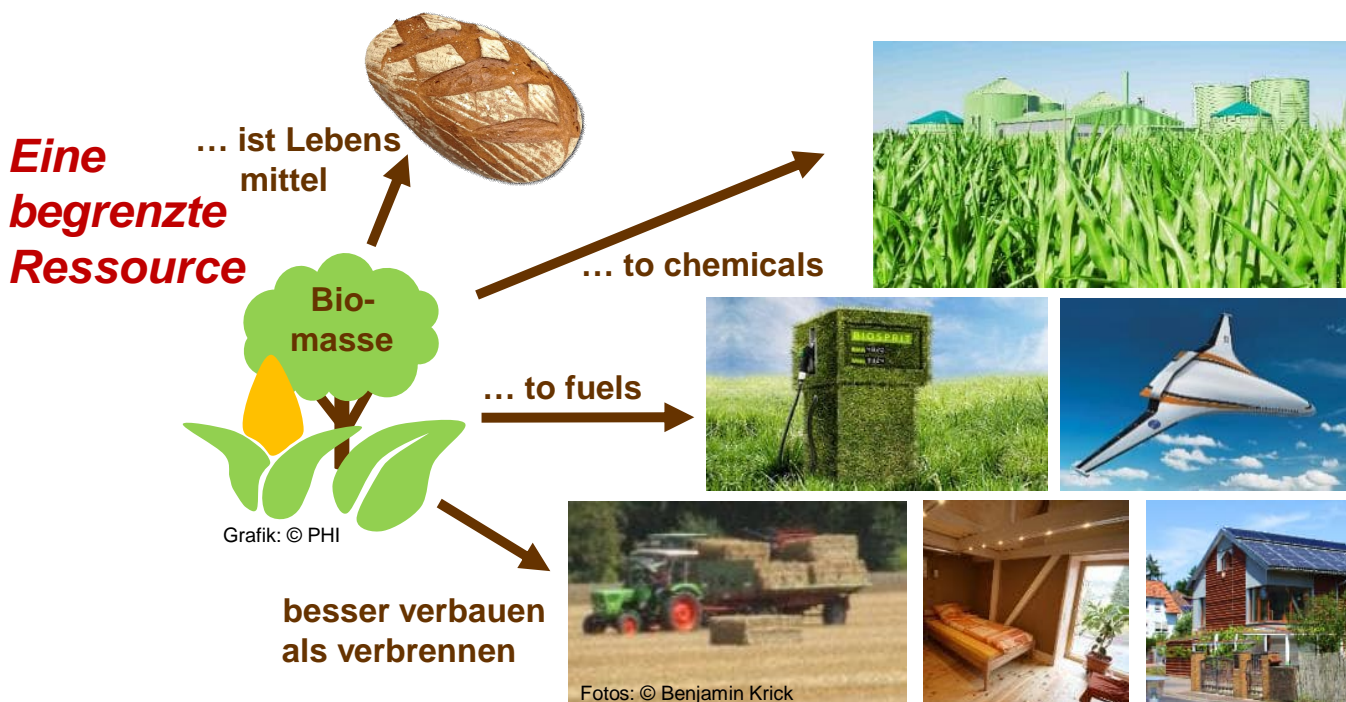
# Minisplit als Ergänzungsheizung auch im Altbau? – siehe oben



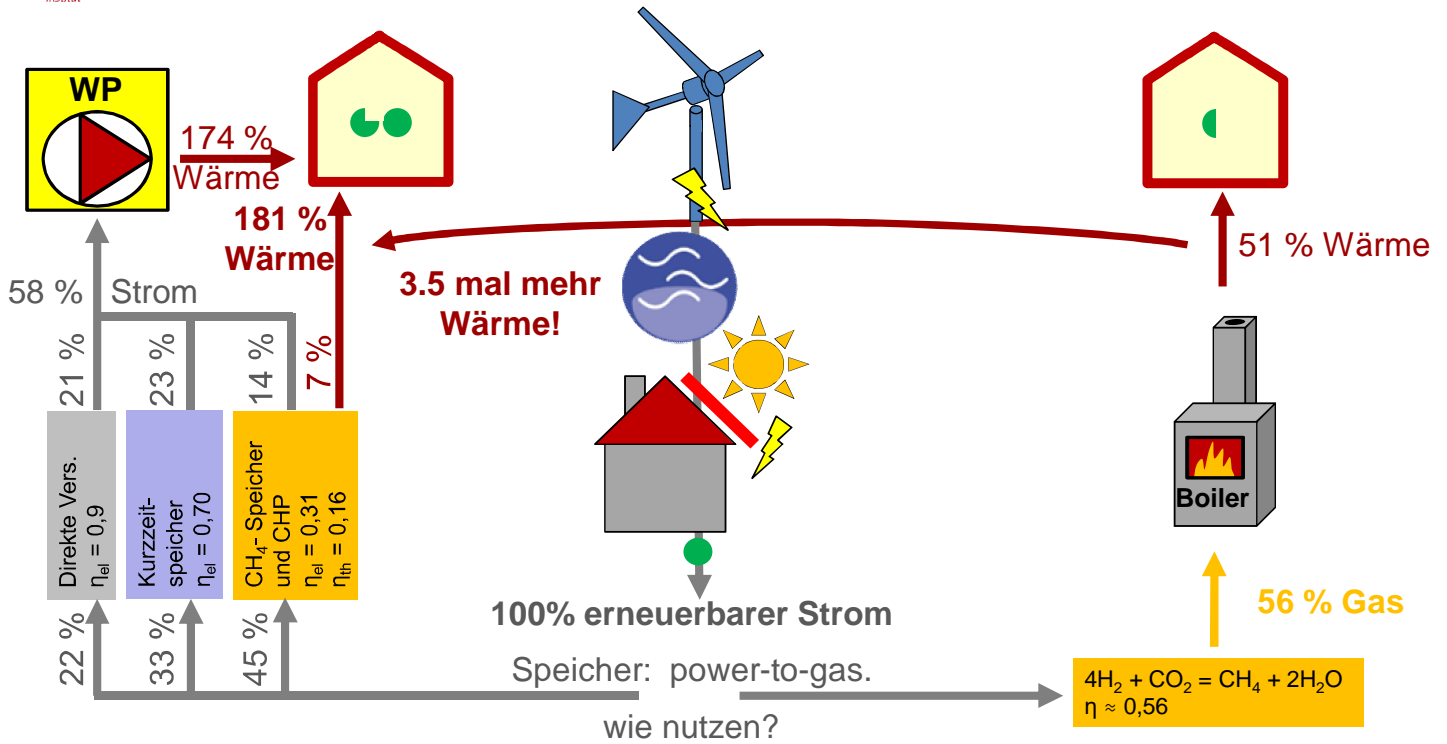
**Altbau unsaniert: knapp 50% jährlicher Deckungsanteil**



## Bioenergie – Eine nachhaltige Alternative?

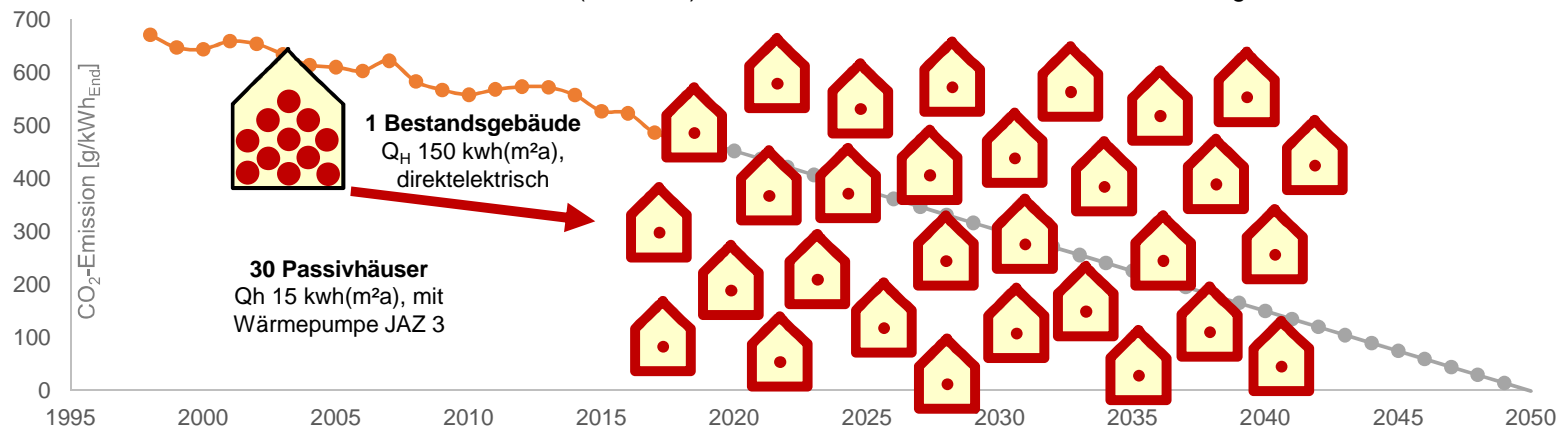


# Heizen in Zukunft... Ohne Fossile und ohne Biomasse???



## Angst vor der „Stromheizung“? ... !

- Führt eine Umstellung auf Stromheizung zu einer katastrophalen Erhöhung des Strombedarfes und damit (zunächst) zu einem vermehrten Bedarf an fossiler Energie?

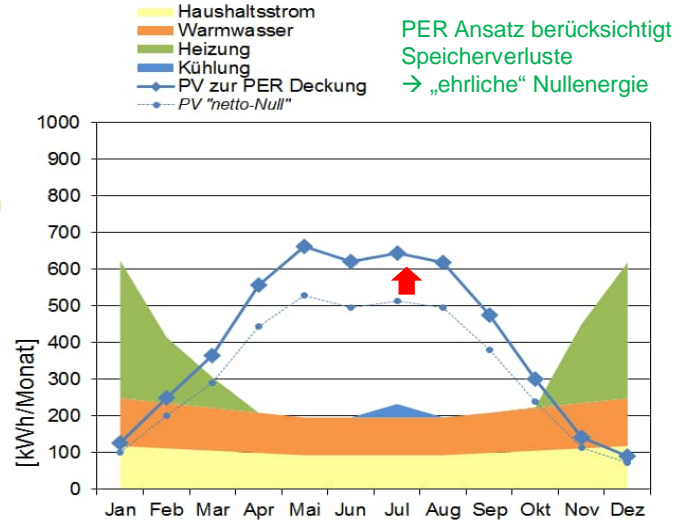
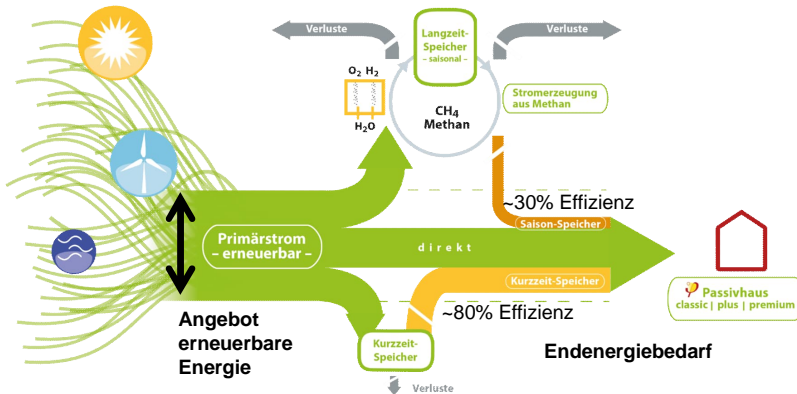


- BDEW 2017: **2,7% der Haushalte werden direktelektrisch mit Strom beheizt.**
- **Auf PH-Niveau mit Wärmepumpe könnten ¼ der Haushalte mit Strom beheizt werden, ohne den Bedarf zu erhöhen...**

# Erinnerung: es braucht verlässlichen Null-Energie Ansatz mit PER

**PER = Primärenergie ERneuerbar**

Heizwärmebedarf	kWh/(m²a)	15
Nutzkältebedarf	kWh/(m²a)	1
PER-Bedarf	kWh/(m²a)	31

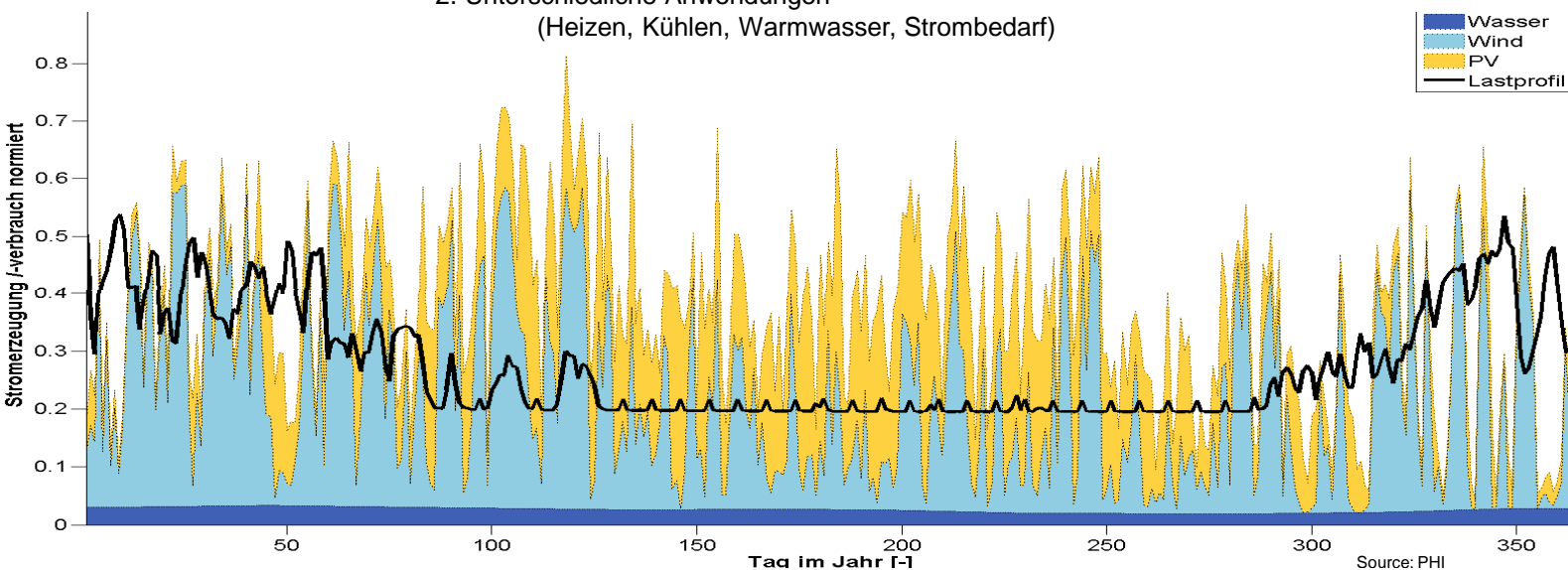


$$\text{PER-Faktor} = \frac{\Delta \text{regenerative EnergieQuelle}}{\Delta \text{Endenergiebedarf}}$$

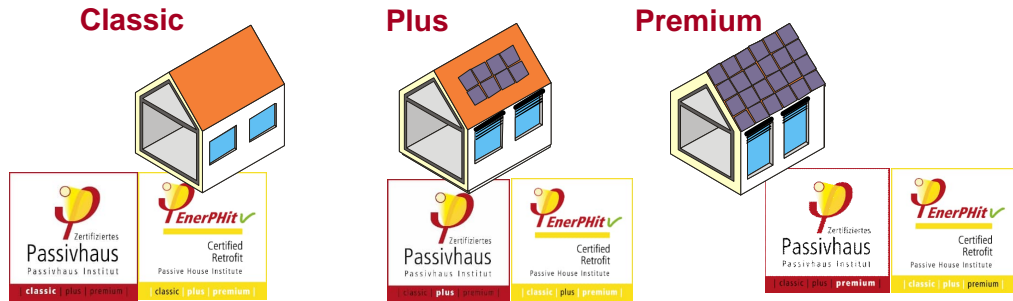
## PER-Faktoren für Stromnutzung

Das Maß der Verluste hängt maßgeblich von der zeitlichen Korrelation von Energiebedarf und Energieproduktion ab.

- Verschiedene Gewichtungsfaktoren für:
  1. Unterschiedliche Orte (Klima-Randbedingung)
  2. Unterschiedliche Anwendungen (Heizen, Kühlen, Warmwasser, Strombedarf)



**Basisanforderungen** → **sehr niedriger Heizwärme-/Nutzkältebedarf**  
 $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  Neubau Passivhaus  
 $\leq 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  bei Passivhaus Sanierung, EnerPHit

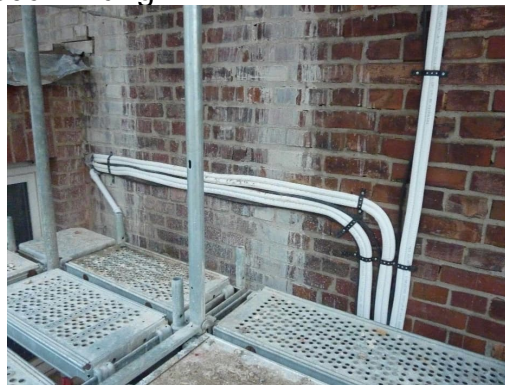


Anforderung Bedarf	$\leq 60$	$\leq 45$	$\leq 30$	$\text{kWhPER}/(\text{m}^2_{\text{EBF}} \cdot \text{a})$
Anforderung Erzeugung	---	$\geq 60$	$\geq 120$	$\text{kWhPER}/(\text{m}^2_{\text{überbaut}} \cdot \text{a})$

→ **+ Erzeugung erneuerbarer Energie  
 + höhere (PER) Energieeffizienz**

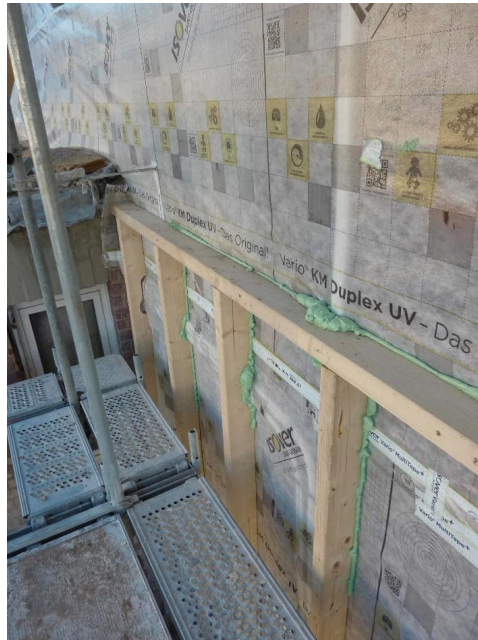
## EnerPHit Sanierung Arheilgen – die neue WP Heizung

- neues AC multi-split Gerät zum heizen & kühlen
- 3 Innen-Geräte – eines auf jeder Ebene
- Kältemittel-Leitungen laufen an der Außenwand unter der neuen Wärmedämmung



## EnerPHit Sanierung Arheilgen – die neue WP Heizung

- Kältemittel-Leitungen laufen an der Außenwand unter der neuen Wärmedämmung



## EnerPHit Sanierung Arheilgen – die neue WW-WP

- separate WP für Warmwasserbereitung
- Luft-Wasser Wärmepumpe
- holt Luft aus dem kalten Keller oder doch besser von draußen durch ein Rohr durch das Fenster
- gibt kalte Luft in den Keller oder doch besser nach draußen durch ein Rohr durch das Fenster



- schnell mal ein Loch gegraben, um Höhe für den Wasserbehälter zu bekommen .... (-;-)



## eine Wärmepumpe – hat auch eine kalte Seite....

- und die Lüftungsanlage hat auch kalte Kanäle



## links warm... rechts sehr kalt...

- für kalte Kanäle ist Miwo mit alu-kaschiert meist ungeeignet



## kalte Kanäle unbedingt diffusionsdicht dämmen

- geschlossenzelliger Butylkautschuk



## links warm... rechts nicht mehr kalt





## EnerPHit Sanierung Arheilgen

- das Dach ist fertig, Zellulose ist eingeblasen, Dachziegel sind drauf
- solar PV Anlage installiert
- alle Fenster eingebaut
- luftdicht verklebt
- Lüftungsanlage installiert
- der Wintergarten fertig
- Klima-Split-Gerät fertig
- WW-WP läuft
  
- Dämmung der Kellerdecke
- blower-door-test zur Prüfung der Luftdichtheit





# ... es ist immer eine gute Idee einen Plan zu haben

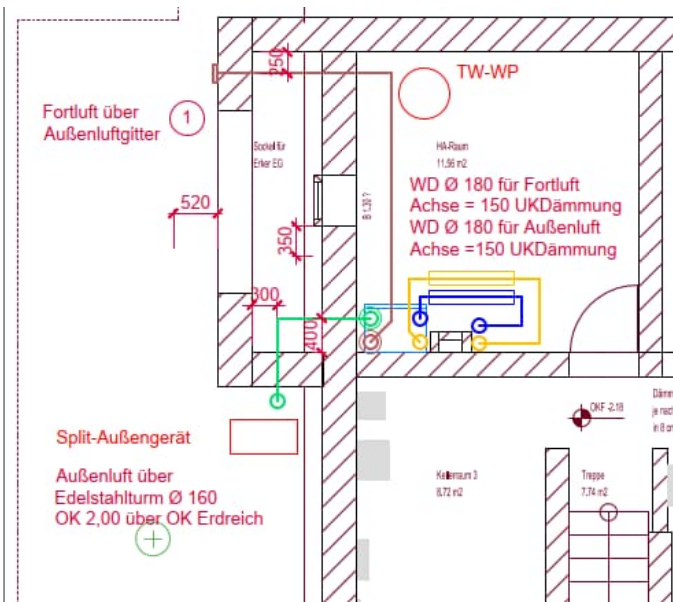
- vollständig abgehängte Decken sind meist nicht nötig

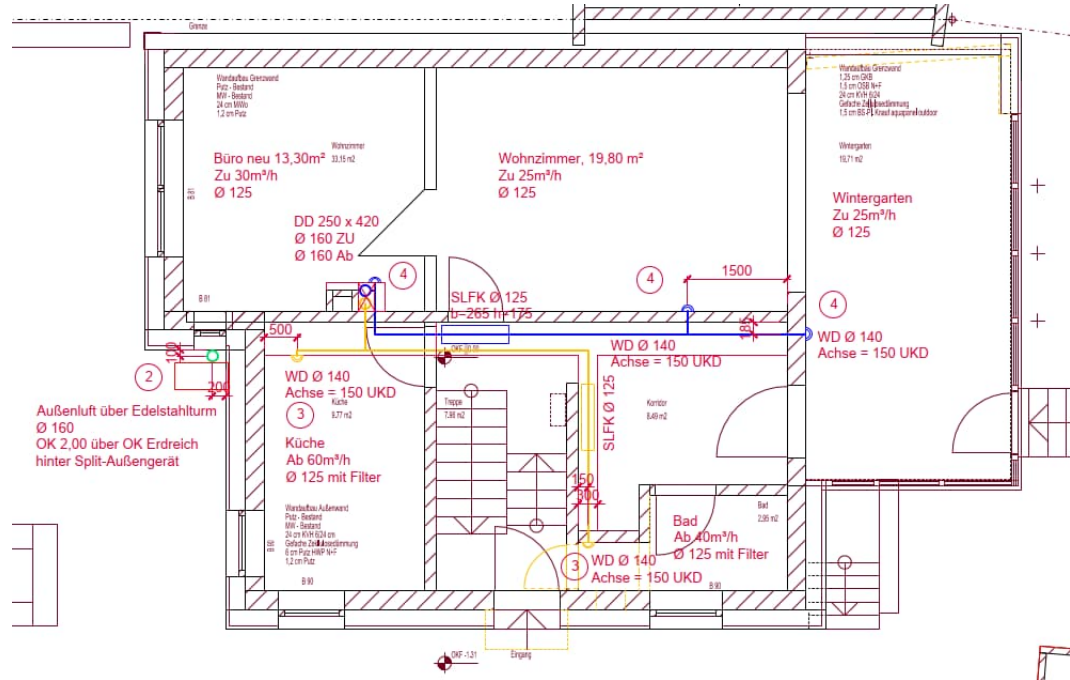


abgehängte Decke in der Küche unter dem Gerät und unter den Lüftungsleitungen

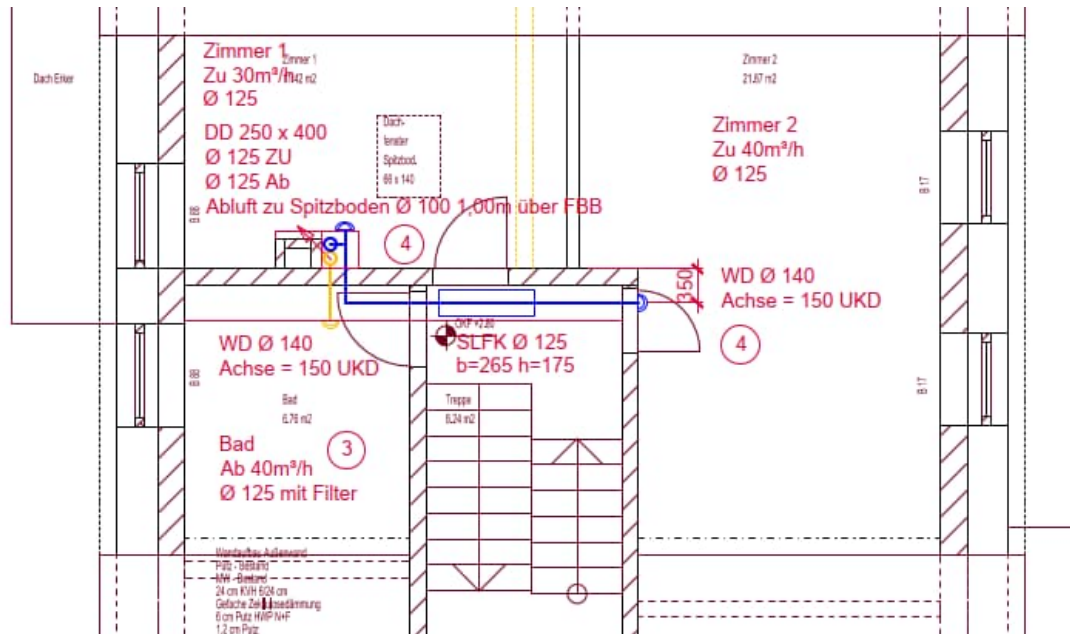
abgehängte Decke überall am Rand im Flur

## Lüftungsplanung Arheilgen UG





Haustechnikplanung:  
Enikö Baffia, EnergieplanerTeam

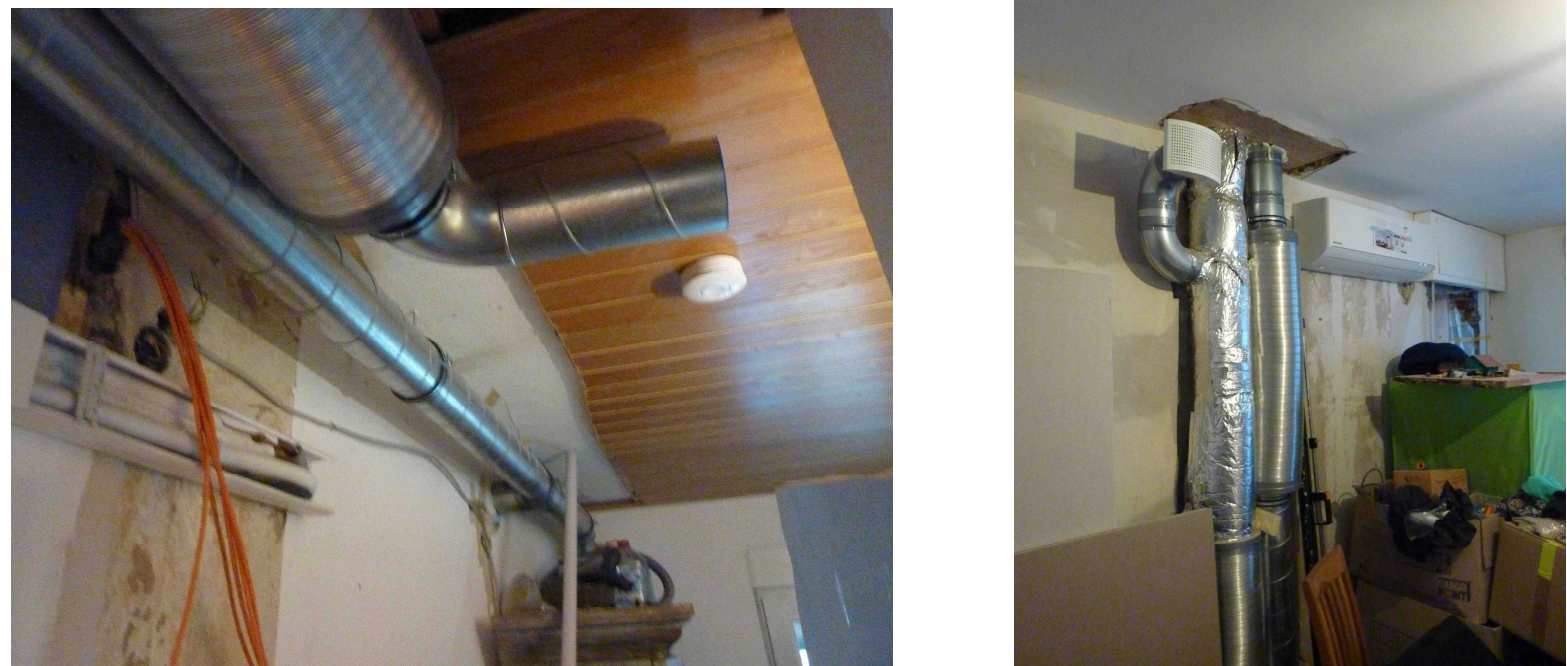


Haustechnikplanung:  
Enikö Baffia, EnergieplanerTeam

## Lüftung – horizontale Kanäle später verkoffert



## Lüftung – vertikale Kanäle im Steigschacht (Kamin)



## Lüftung – vertikale Kanäle im Steigschacht (Kamin)



## EnerPHit Sanierung Arheilgen – die Lüftungsleitungen

- Steigleitungen dort wo alter Schornstein war
- horizontale Leitungen mit Schalldämpfer
- werden später eingekoffert
- AC Split-Gerät ist unabhängig von Lüftung



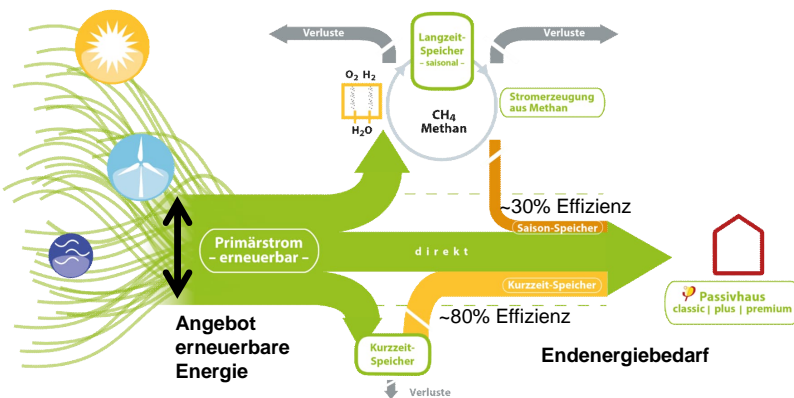
# EnerPHit Sanierung Arheilgen

- das Dach ist fertig, Zellulose ist eingeblasen, Dachziegel sind drauf
- solar PV Anlage installiert
- alle Fenster eingebaut
- luftdicht verklebt
- Lüftungsanlage installiert
- der Wintergarten fertig
- Klima-Split-Gerät fertig
- WW-WP läuft
- Dämmung der Kellerdecke
- blower-door-test zur Prüfung der Luftdichtheit

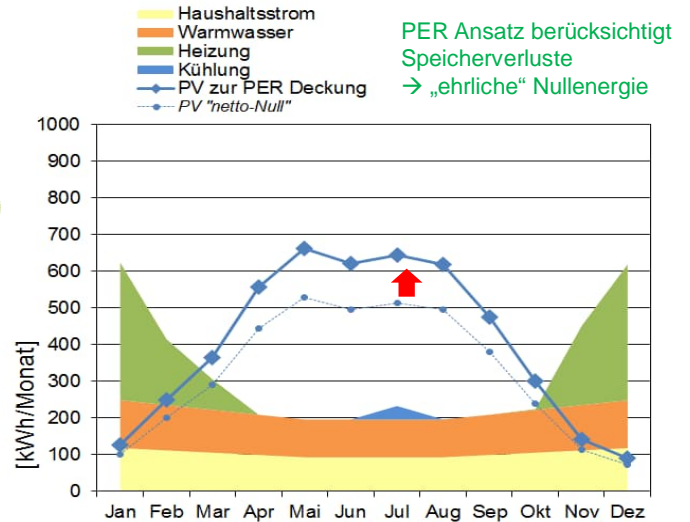


## Zur Erinnerung: es braucht 'ehrlichen' Null-Energie Ansatz mit PER

**PER = Primärenergie ERneuerbar**



Heizwärmebedarf	kWh/(m²a)	15
Nutzkältebedarf	kWh/(m²a)	1
PER-Bedarf	kWh/(m²a)	31



$$\text{PER-Faktor} = \frac{\Delta \text{Energieversorgung aus regenerativen Quellen}}{\Delta \text{Endenergiebedarf}}$$

# EnerPHit Sanierung Arheilgen – Energiebedarf reduziert

vor der Sanierung (Verbrauch):

- 33 000 kWh/a Endenergie Gas für Heizung und Warmwasser = 241 kWh/m<sup>2</sup>a
- 6 000 kWh/a Haushaltsstrom incl. home.office (\*)



nach der Sanierung – berechneter Bedarf nach PHPP:

- Heizwärmebedarf 47 kWh/m<sup>2</sup>a wird mit WP bereitgestellt
- Endenergie el. (19 Heizung & Kühlung + 22 Warmwasser) kWh/m<sup>2</sup>a = 41 kWh/m<sup>2</sup>a
- 41 kWh/m<sup>2</sup>a \* 137 m<sup>2</sup> = 5 617 kWh/a el. Endenergie Heizung & Kühlung & WW
- 6 000 kWh/a Haushaltsstrom incl. home.office

**outPHit** wird über Monitoring im Rahmen outPHit gemessen

- PER Bedarf nach PHPP 103 kWh/m<sup>2</sup>a \* 137 m<sup>2</sup> = 14 111 kWh/a

PV-Anlage auf dem Süd-Dach:

- 28 Module mit je 430 W<sub>peak</sub> ergibt 12 kW<sub>peak</sub> – Ertrag (PHPP) etwa 12 000 kWh/a

(\*) das entspricht etwa dem typischen Verbrauch eines 3 Personen Haushalts in DE: 5500 kWh/a

<https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/UGR/private-haushalte/Tabellen/stromverbrauch-haushalte.html>

# EnerPHit Sanierung Arheilgen – PHPP fast fertig

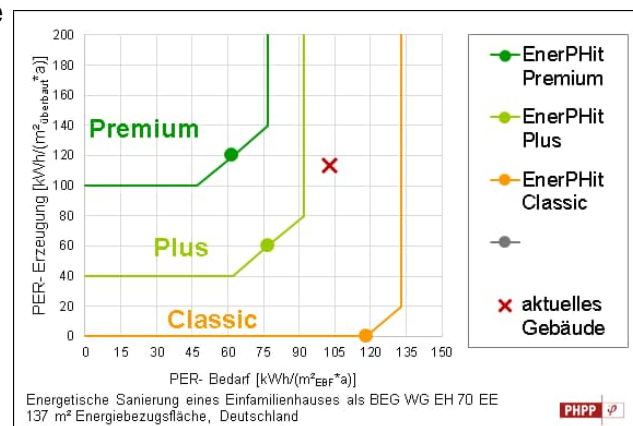
EnerPHit Bauteilverfahren – alle Komponenten müssen jeweils Grenzwerte einhalten so kann auch wirtschaftlich optimiert werden:

- Erdreichberührte Wand, WBr und Bodenplatte
- Eingangstür – alte Tür nur 7 Jahre alt
- Fenster



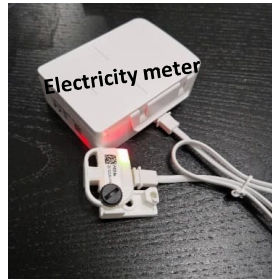
## EnerPHit (Modernisierung): Bauteilkennwerte

Gebäudehülle zu Außenluft <sup>1</sup> (U-Wert) W/(m <sup>2</sup> K)	0.12
Gebäudehülle zu Erdreich (Wärmeverlust/-last) kWh/(m <sup>2</sup> a)	10.5
innengedämmte Wand zu Außenluft (U-Wert) W/(m <sup>2</sup> K)	-
Flachdach (SRI) -	19
geneigte u. vertikale Außenoberfl. (SRI) -	48
Fenster/Haustüren (U <sub>W,D,eingebaut</sub> ) W/(m <sup>2</sup> K)	0.88
Fenster (U <sub>W,eingebaut</sub> ) W/(m <sup>2</sup> K)	1.16
Fenster (U <sub>W,eingebaut</sub> ) W/(m <sup>2</sup> K)	-
Verglasung (g-Wert) -	0.53
Verglasung/Sonnenschutz (max. Solarlast) kWh/(m <sup>2</sup> a)	114
Lüftung (effektiver Wärmebereitstellungsgrad) %	88
Lüftung (Rückfeuchtzahl) %	0



PER Werte zeigen EnerPHit-classic

- detaillierte Messungen im Gebäude
- Energieverbräuche
- Luftqualität
- Temperaturen



## Fazit: Altbausanierung mit Konzept

- Altbausanierung – wie geht das am besten (EnerPHit)
- seriell (vorgefertigte Elemente) oder klassisch an der Baustelle
- Wärmepumpe als energie-effiziente Alternative zu Verbrennung(?)
- Bestimmung der Leistung und JAZ ist entscheidend
- Lüftung mit WRG reduziert die Heizlast
- Rechenbeispiele aus dem PHPP: PH-Neubau, Altbausanierung MFH und EFH / 2FH
- Abluft-WP
- Zentrale WP im Gebäude kann in Kombination mit vorhandenem Heizverteilnetz (üblicherweise große Heizflächen) gut möglich sein.
- Zentrale WP im Quartier mit Wärmeverteilung über Erdleitungen(?)
- Wärmeerzeugung + Wärmeverteilung: verschiedene Optionen

# Fazit: Wärmepumpe im Altbau

## Was soll das?

- mit Gas und Öl geht es nicht weiter



## Was kostet das?

- Heizen wird teurer werden
- WP: je größer, desto teurer
- Außenluft-WP: ca. 20.000 € (lohnt sich bei Austausch des Wärmeerzeugers)
- Splitgerät: ca. 2000 €
- Erdreich-WP: bis 40.000 €

## Ist das richtig?

Was denn sonst?

## Bringt's das?

- macht unabhängiger
- macht klimaschonender
- macht sorgenfreier

## Geht das?

Ja, auch im Altbau.

Richtig machen:

- möglichst Wärmeschutz verbessern
- **Vorlauftemperatur**. Fußbodenheizung?
- Einzelne Heizkörper wechseln?
- Pufferspeicher
- Leitungslängen
- keine Nachtabsenkung, keine Teilbeheizung
- **Schallemissionen** beachten



## Sparen durch Heizungsoptimierung

Die allermeisten Heizungen laufen nicht optimal. Mit ein bisschen Geduld und Zeit kannst du durch eine bessere Einstellung Energie und bares Geld sparen, ohne dass du Kosten oder weniger Komfort hast! Wir zeigen dir, wie das geht. Du kannst diese Anleitung für alle Kessel und für Wärmepumpen nutzen. Der Einspareffekt ist umso höher, je mehr Wärme dein Haus verbraucht.

**Vereinfacht funktionieren Heizungen so:**  
 Ein Wärmeerzeuger (z. B. Heizkessel oder Wärmepumpe) erwärmt das Heizwasser auf die Vorlauftemperatur. Vom Wärmeerzeuger gelangt das Wasser zu den Heizkörpern. Dort wird die Wärme an den Raum abgegeben. Das Heizwasser kühlt auf die Rücklauftemperatur ab und wird durch die Heizpumpe zurück zum Wärmeerzeuger transportiert. Es wird erneut auf die Vorlauftemperatur erhitzt und der Kreislauf beginnt von vorn.  
 Die meisten Heizungen arbeiten mit zu hohen Vor- und Rücklauftemperaturen. So wird der Brennstoff oder der elektrische Strom nicht gut ausgenutzt und es kommt zu vermeidbaren Verlusten.  
 • Bei der Verbrennung von Gas oder Öl entsteht neben CO<sub>2</sub> auch energiereicher Wasserdampf. Bei alten und bei schlecht eingestellten Heizkörpern bleibt die Energie im Wasserlauf ungenutzt. Moderne, richtige einbaueinheiten



Abbildung 1. Ist die Heizung schlecht eingestellt, bleibt Wärme im Algen ungenutzt.

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...



# Fazit – Lüftung und Wärmepumpe sind vernünftig!

- Einsatzbereich und Anwendung sorgfältig prüfen!
- Die Heiz- und Kühlleistung einer WP muss zur Anwendung / Gebäude passen!
  - .... zu klein: direktelektrischer Bedarf unnötig groß – wird im PHPP ausgewiesen
  - .... zu groß: Kompressor taktet unnötig häufig
- WP sind auch für die Altbau-Sanierung interessant!
- **ZUERST Gebäudehülle verbessern**
- DANN die neue Heizung – mit der kleinen(!) Wärmepumpe einbauen
- Mini-Split-Geräte können eine sinnvolle Ergänzung zur bestehenden Gasheizung sein
- .... und dann nach der Sanierung die alte Heizung ersetzen
- WP (mini-split) können auch kühlen! **Kühlenergiebedarf in Mitteleuropa klein**
- Verbesserung des Raumklimas ist jedoch ggf. sehr gut – mit wenig Aufwand

