

Passivhaus in Vellmar.... und anderswo Neubau und Energetische Sanierung von Bestandsgebäuden – Chancen und Herausforderungen

Was ist ein Passivhaus? (Neubau)

Sanierungsmaßnahmen im Einzelnen (EnerPHit)

Ausblick: Serielle Sanierung mit vorgefertigten Elementen (prefab)

PER – Passivhaus mit Erneuerbaren Energien versorgen (!)

Energieeffiziente Gebäude sind wirtschaftlich – und sozialverträglich

Energieversorgung für Heizung und Warmwasserbereitung

Projektbeispiele

Berthold Kaufmann, Passivhaus Institut

Kassel Marbachshöhe – die ersten PH-Mehrfamilienhäuser



- 2 Mehrfamilienwohnhäuser (MFH)
- Baujahr 1999/2000
- 23 + 17 Wohnungen
- sozialer Wohnungsbau
- Erstes MFH mit reiner Zuluftheizung zzgl. Komfortheizkörper im Bad
- Teilprojekt CEPHEUS

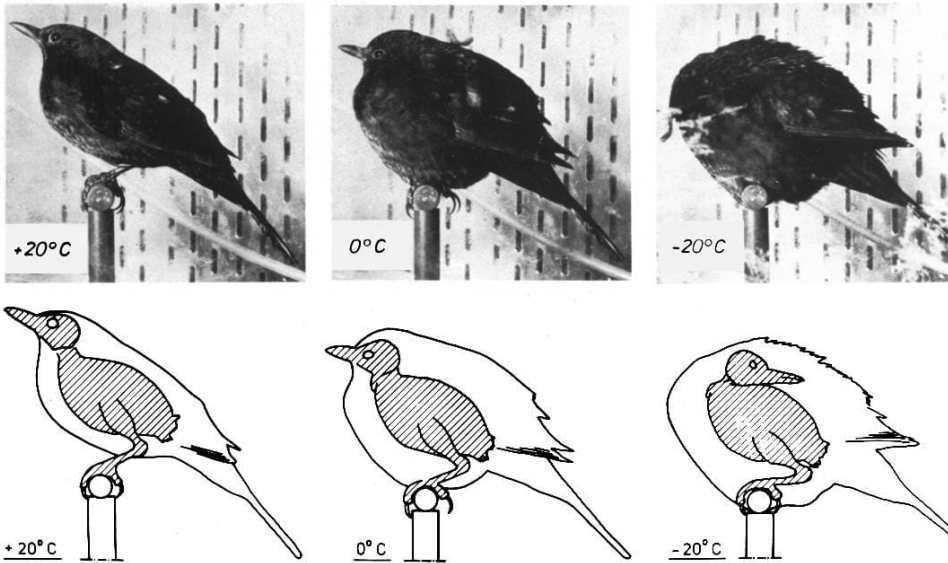


- Projektbeteiligte:
- Architekten Baulos 1: Hegger / Hegger / Schleif, Kassel und ASP Planungs- und Bauleitungs-GmbH, Kassel
 - Architekt Baulos 2: Prof. Dr. Schneider Detmold
 - Statik: Klute & Klute, Kassel
 - Haustechnik: InnovaTec Energiesysteme, Kassel
 - Qualitätssicherung, Zertifizierung, Messprojekt CEPHEUS: Passivhaus Institut, Darmstadt

Ein CEPHEUS Projekt

jedes biologische Leben ist begrenzt in seinen Ressourcen!

... die Natur zeigt uns, wie wir uns warm halten können...



Passivhaus – Neubau und Energetische Sanierung von Bestandsgebäuden (EnerPHit) Berthold Kaufmann Passivhaus Institut 20. April 2023

Die 5 wesentlichen Komponenten des Passivhauses

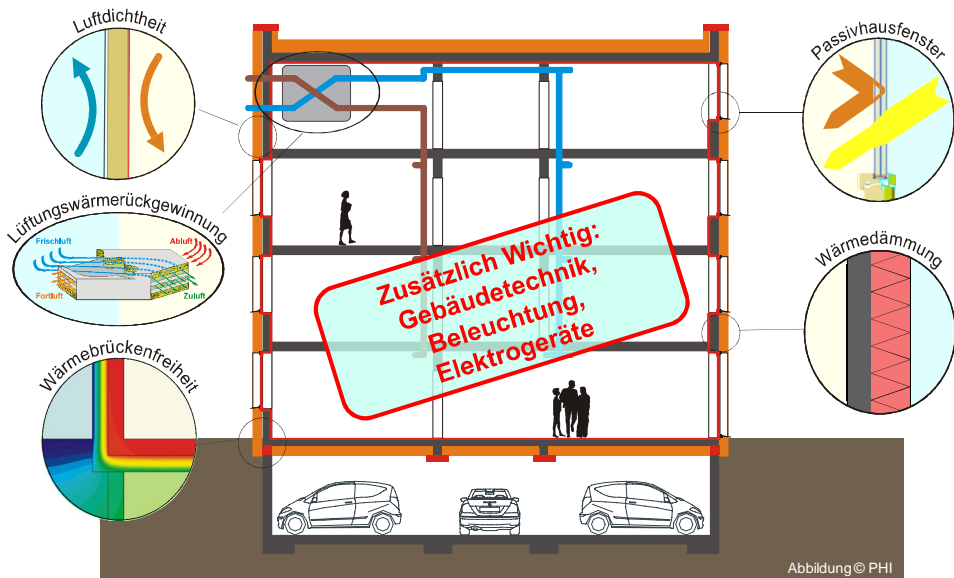
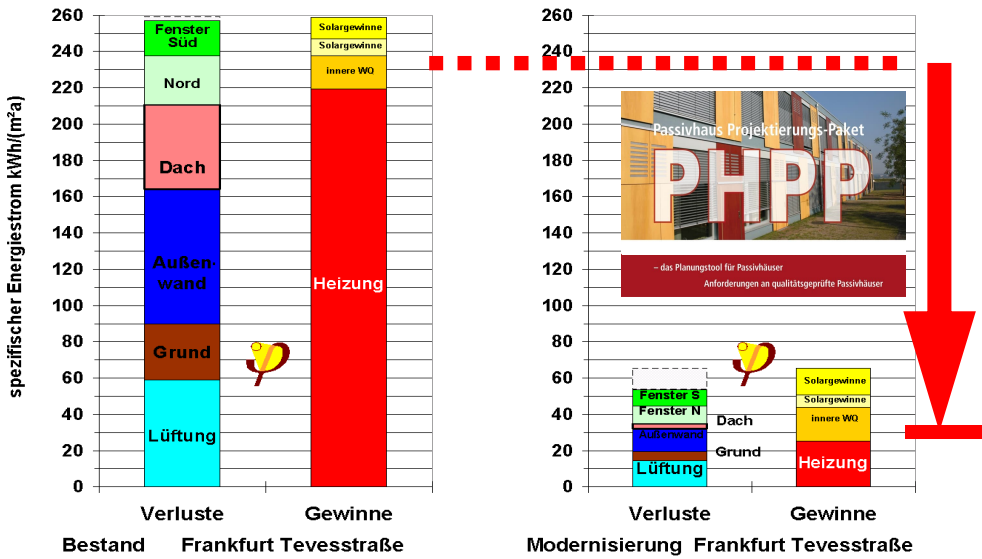


Abbildung © PHI

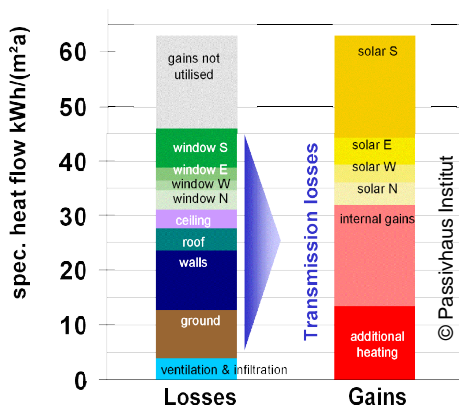
e-learning © PHI

Große Einsparungen sind möglich...



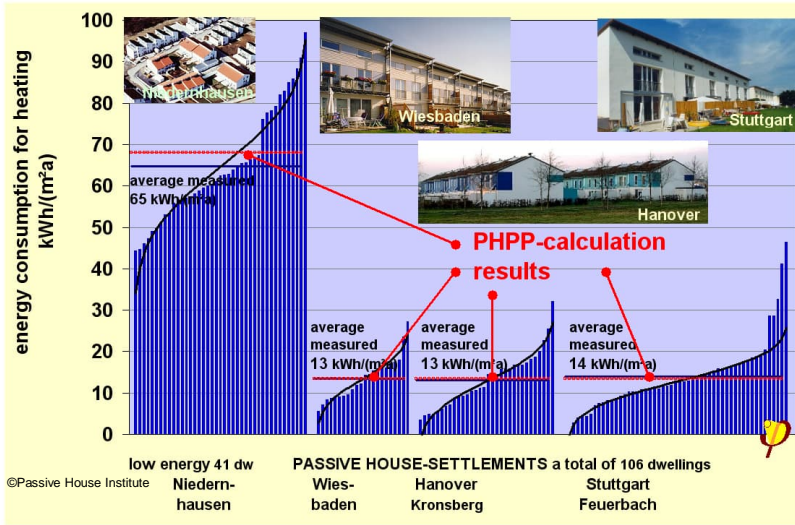
Eine detaillierte Energiebilanz ist wichtig!

- Differenz großer Zahlen verlangt hohe Genauigkeit!
- ... Lüftung und Heizung und ggf. Kühlung
- ... Klimadatensatz für alle Regionen verfügbar
- Berechnung muss im Planungsprozess aktualisiert werden
- PHPP ist ein Planungstool – Heizung & Kühlung



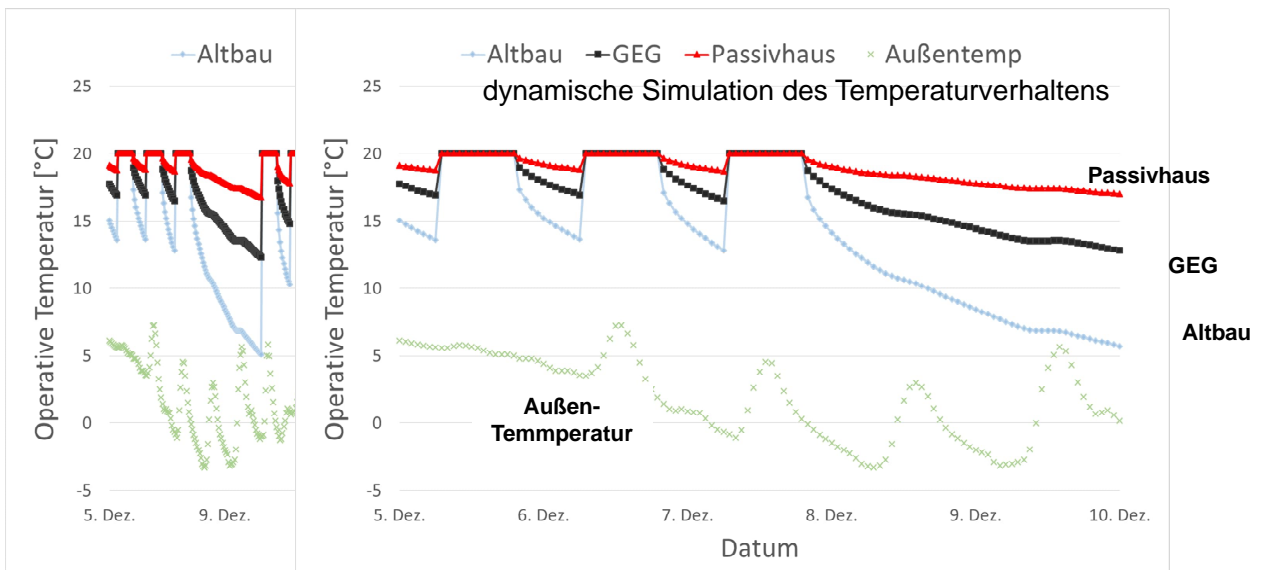
PHPP- Berechnungen bilden die Realität gut ab!

**PHPP Berechnungen verglichen mit gemessenen Energieverbräuchen:
Gute Statistik mit großer Anzahl von Wohneinheiten zeigt gute Übereinstimmung**



©Passive House Institute
low energy 41 dw
Niedernhausen
PASSIVE HOUSE-SETTLEMENTS a total of 106 dwellings
Wiesbaden
Hanover
Kronsberg
Stuttgart
Feuerbach

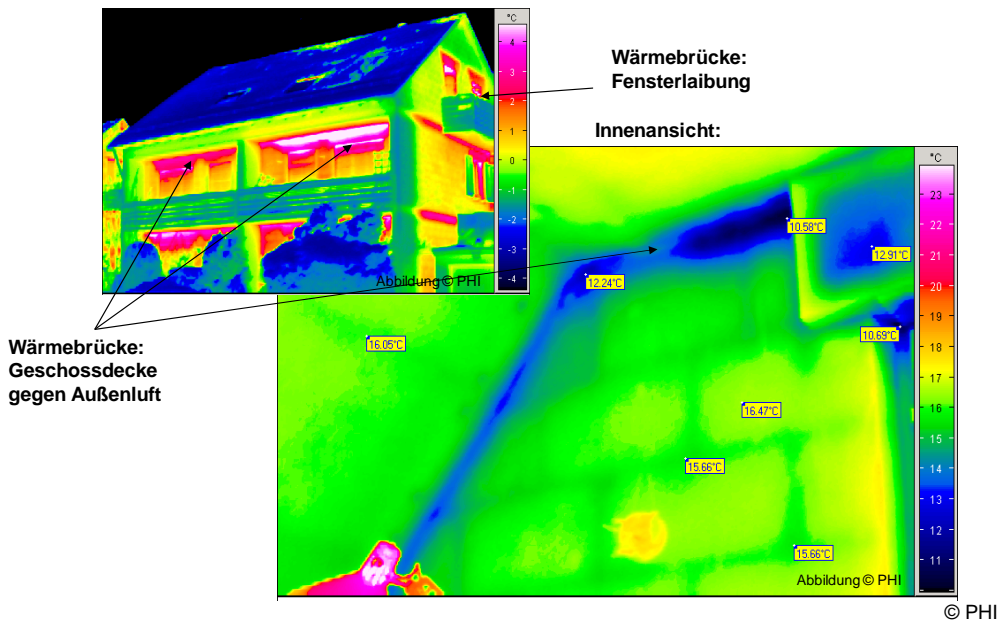
Passivhäuser sind robust (gutmütig)!



es gibt viel zu tun..... im allgemeinen



es gibt viel zu tun.... im Detail



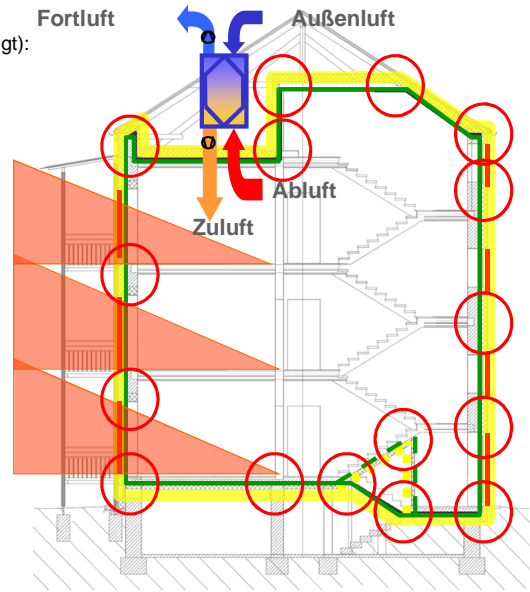
Modernisierung mit PH-Komponenten: EnerPHit

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 $\eta_{\text{WRG}} \geq 75\%$,
- 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 $\leq 10 \%$



Zeichnung im Hintergrund: © Schulze Darup

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.

EnerPHit - Standard

Energy Retrofit with Passive House Components



Leitlinie und Anreiz für einen optimalen Effizienzstandard für energetische Modernisierungen

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 $n_{50} \leq 1,0 \text{ 1/h}$

Lüftung mit WRG $\eta_{\text{WRG}} \geq 75\%$,



EnerPHit - Standard

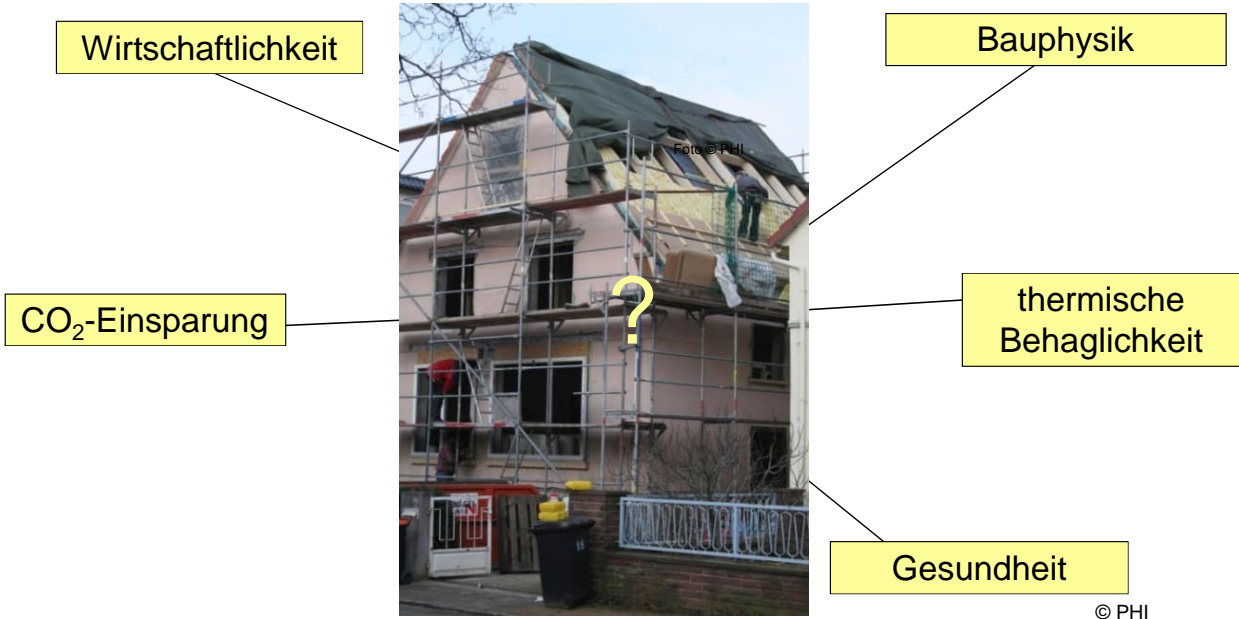
- Modernisierung auf PH (Neubau) -standard häufig sehr **Aufwändig**
- Typische **Erschwernisse**:
 ▪ WB zum Keller / Balkone / Brandwände ...)
- Erreichen eines optimalen **Wärmeschutzstandards**:
- **HWB $\leq 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$**
 ▪ (oder auf Basis des Bauteilverfahrens)
- Passivhaus-Sozial-PLUS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



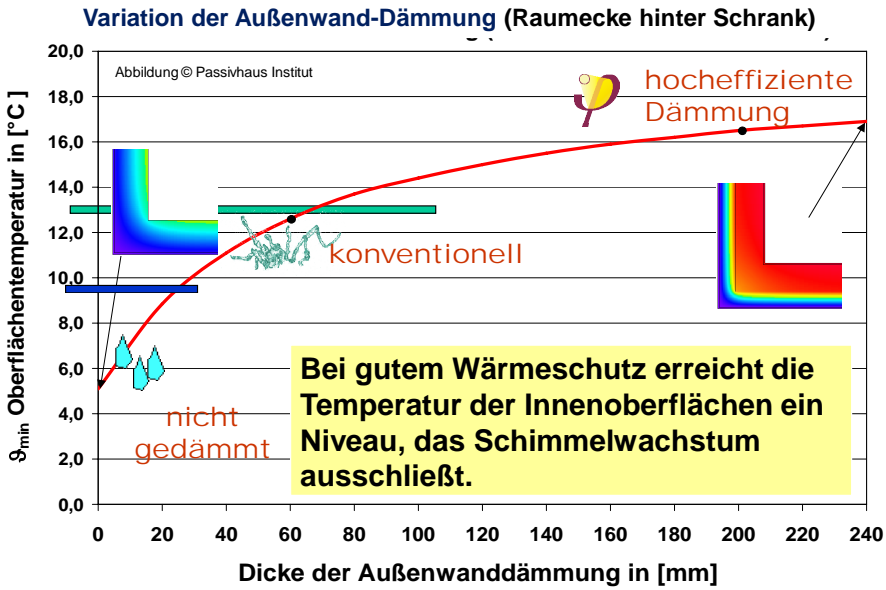
PassivhausSozialPlus F.Rasch P.Grenz faktor10 Darmstadt



Anforderungen an die Komponenten

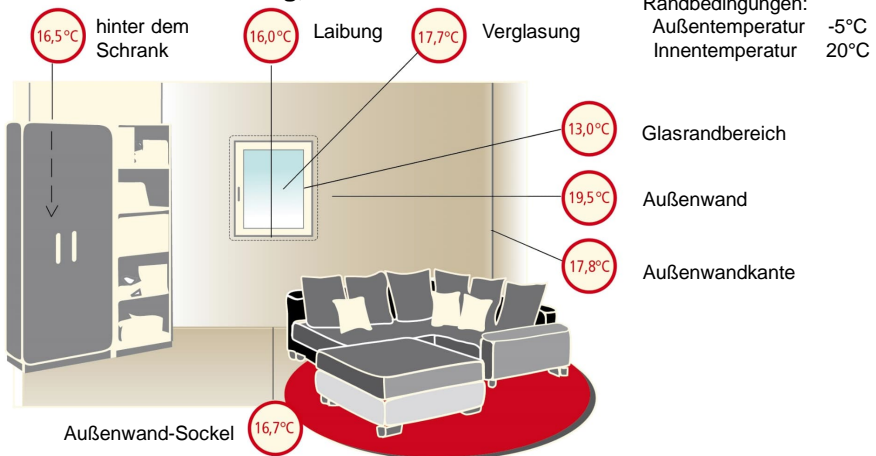


Anforderung an die Bauphysik beachten!



Anforderung: Bauphysik

Altbau mit Dämmung auf Passivhaus-Niveau
20 cm Außendämmung, neue Passivhaus-Fenster

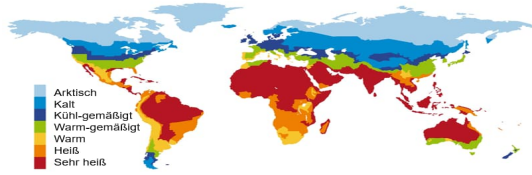


Alle relevanten Oberflächentemperaturen > 16 °C

... sogar hinter dem Schrank: kein Problem!

⇒ Die relative Luftfeuchtigkeit dürfte dauerhaft bis zu 62 % betragen

Internationale EnerPHit-Kriterien



Bauteilverfahren:

Klimazone gemäß PHPP	Opake Gebäudehülle ¹ zu...				Fenster (inkl. Haustüren)			Lüftung		
	...Erdrreich	...Außenluft			gesamt ⁴	Verglasung ⁵	Solarlast ⁶			
	Wärmedämmung	Außen-dämmung	Innen-dämmung ²	Außen-farbe ³	Max. Wärmedurchgangskoeffizient (U _{0,W,angebau})	Energiedurchlassgrad (g-Wert)	Max. spez. Solarlast während der Kühlperiode	Mind.-Wärmebereitstellungsgrad ⁷	Mind.-Rückfeuchtzahl ⁸	
	Max. Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)				Cool colours					
	[W/(m ² K)]			-	[W/(m ² K)]	-	[kWh/m ² a]	%		
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%	-
Kühl-gemäßigt	Ermittlung im PHPP anhand projektspezifischer Heiz- und Kühlgradtage gegen Erdrreich	0,15	0,35	-	0,85	1,00	1,10	Ug - g'1,6 ≤ 0	75%	-
Warm-gemäßigt		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)

oder alternativ, Energiebedarfsverfahren:

Klimazone gemäß PHPP	Heizen	Kühlen
	Max. Heizwärmebedarf [kWh/(m ² a)]	Max. Kühl- + Entfeuchtungsbedarf [kWh/(m ² a)]
Arktisch	35	Entspricht der Passivhaus-Anforderung
Kalt	30	
Kühl-gemäßigt	25	
Warm-gemäßigt	20	
Warm	15	
Heiß	-	
Sehr heiß	-	-

© PHI

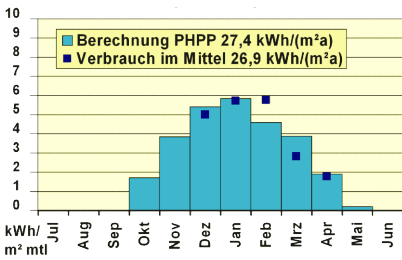
Wir suchen nach dem wirtschaftlichen Optimum!

Die Bauteil-Grenzwerte für die Wärmeübergangskoeffizienten der Gebäudehülle können überschritten werden, wenn dies aufgrund eines oder mehrerer der folgenden Gründe zwingend erforderlich ist:

- Festlegungen der zuständigen **Denkmalschutzbehörde**
- Wenn die **Wirtschaftlichkeit** einer geforderten Maßnahme aufgrund außergewöhnlicher Umstände oder zusätzlicher Anforderungen nicht mehr gegeben ist.
- Aufgrund **gesetzlicher Anforderungen**
- Wenn die Umsetzung des geforderten Wärmeschutzniveaus zu einer **unzumutbare Einschränkung der Nutzbarkeit** des Gebäudes oder der angrenzenden Außenbereiche führen würde.
- Wenn besondere **zusätzliche Anforderungen (z.B. Brandschutz)** bestehen und keine Komponenten auf dem Markt vorhanden sind, die gleichzeitig die EnerPHit-Kriterien einhalten.
- Bei **Innendämmung**: wenn der **U-Wert** eines **eingebauten Fensters** durch eine bedeutende einbaubedingte Wärmebrücke erhöht wird, die aus dem Versatz des Fensters zur innen liegenden Dämmebene resultiert.
- Wenn bei Innendämmung eine zuverlässige **schadensfreie Bauweise** nur mit geringerer Dämmstärke möglich ist.
- Wenn sich andere **zwingende baupraktische Gründe** ergeben.

PHPP für Modernisierungen

Vorher



Nachher

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



Fotos und Diagramm: © Schulze Darup

Energetische Sanierung – immer wenn SOWIESO saniert wird



Architekt/Foto: © Burkhard Schulze Darup

Beispiel Wärmedämmung

erforderliche Arbeiten:

- Gerüst
- ~~Entfernung von altem Putz~~
- ~~Anbringen von neuem Putz~~
- Dämmplatten
- Hochwertiger neuer Putz

kann gespart werden!

Arbeit sparen! Alten Putz behalten!
Keine dünne Dämmung um zu 'sparen'

Chancen effizienter Technologie erkennen:
Zusatzvorteile nutzen, wann immer möglich.

Wenn schon, denn schon!

Außenwand: zum Beispiel WDVS



Ausgleichen

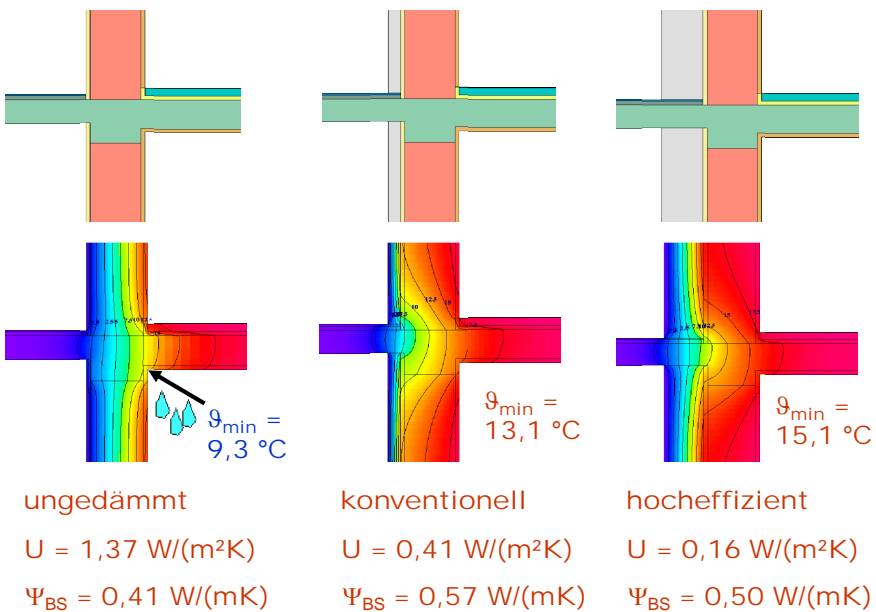
- Kleber mit gekerbter Kelle
- Randwulst-Punkt-Methode (10-20 mm)
- Schienenbefestigung (< 3 cm)
- Verstellbare Dübel (< 70 mm)
- Ausgleichsmörtel
- Nicht ausgleichen



Foto: PHI

Foto © PHI

Verbesserung auskragender Elemente



Verbesserung am Sockel der Außenwand

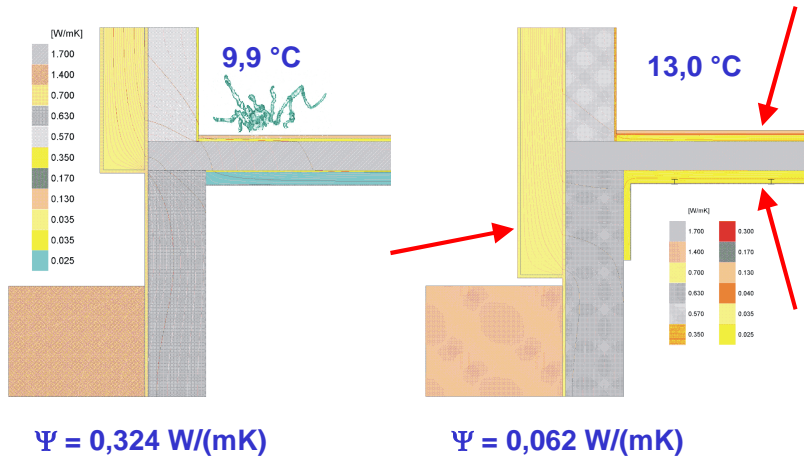
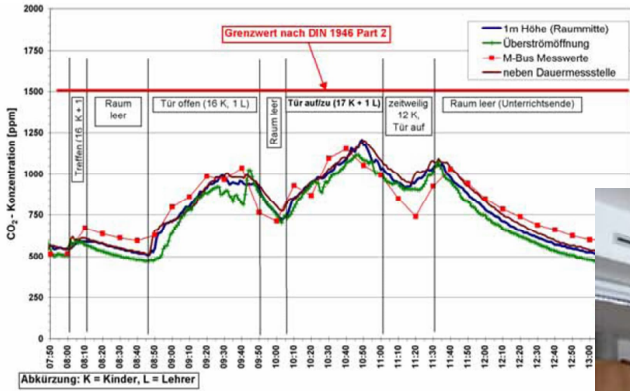


Abbildung: © PHI

Kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung (nicht nur) für Schulen...



- kontrollierte Lüftung ist wichtig!
- nicht erst seit Corona!
- nicht nur zum Energiesparen!

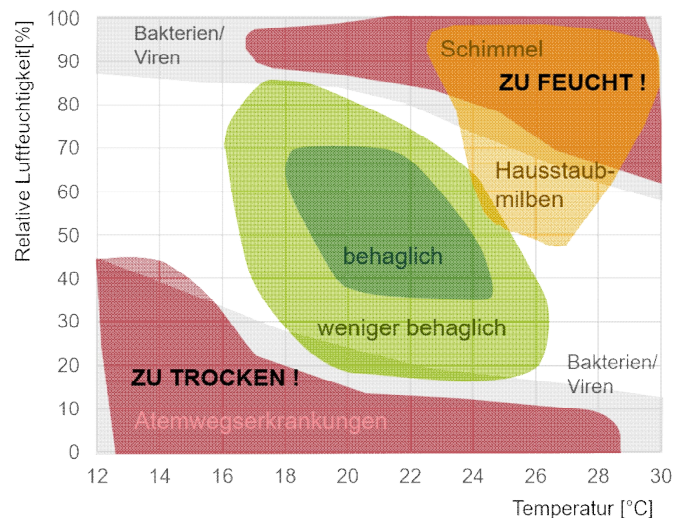


Quelle: Messungen Riedbergschule Frankfurt/Main Peper. PHI 2007

Behagliche Raumluftfeuchten...

... kann man einstellen

- optimaler Bereich: 35-55% relative Feuchte
- gesundheitliche Beeinträchtigung bei zu hoher oder zu geringer Feuchte, insbesondere für Haut und Atemwege
- Schimmel bei zu hoher Feuchte
- ggf. Beschädigung z.B. von Parkett oder Musikinstrumenten bei zu geringer Feuchte



Nach Leusden; Freymark: Illustration des Raumkomforts für den einfachen, praktischen Gebrauch, Gesundheitsingenieur 72 (1951) Magazin 16

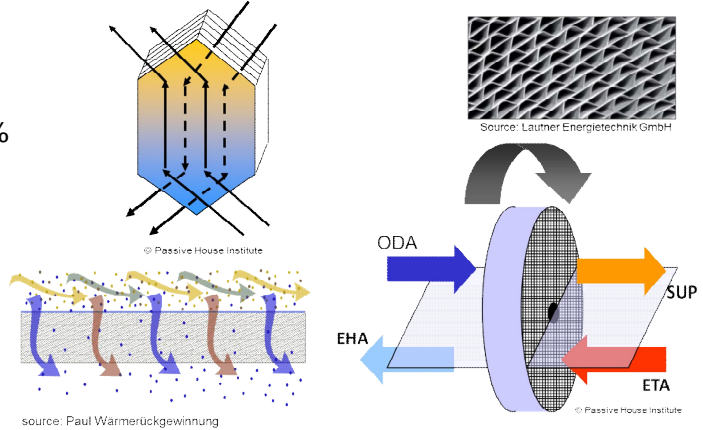
Lüftung mit WRG und FRG...

Eine kontrollierte Wohnungslüftung hilft uns für gute Luft!

D.h. balanciert betriebene mechanische Belüftung!

- Wärmerückgewinnung WRG $\geq 75\%$

- Feuchterückgewinnung FRG $> 60\%$ (so viel wie möglich)
- Gegenstromwärmetauscher mit wasserdurchlässiger Membran zur Feuchterückgewinnung
- Rotationswärmetauscher mit Sorptionsfläche



Passivhaus-Lüftung: Kriterien



Qualitätssicherung
Planungssicherheit
Nutzer-Informationen

- Hygienekriterium**
 Außenluftfilter mindestens: F7
 Abluftfilter mindestens: G4
- Behaglichkeitskriterium**
 - Min. Zulufttemperatur: 16,5 °C bei -10 °C Außenlufttemperatur
 - Bedienung: min. 3 Lüftungsstufen (70% / 100% / 130%)
 - Schallschutz: max. 35 dB(A) in Technikraum, max. 25 dB(A) in Wohnräumen
- Effizienzkriterium**
 - Wärme: $\eta_{HR} \geq 75\%$
 - elektr. Leistung (1): max. 0,45 Wh/m³
 - elektr. Leistung (2): Standby: max. 1 W
 - Gute Luftdichtheit und Wärmedämmung
 - Balancierte Frisch- und Fortluft
- Frostschutz**

Testing facilities needed....

- PHI is looking out for cooperation with local labs all over the world
- please have a look at <http://database.passivehouse.com/en/components/>
- testing procedures and quality criteria available on request

CERTIFICATE
Certified Passive House Component
Component ID: 03025403 valid until 31st December 2016

Passive House Institute
D. Wülfers, First
Floor, Darmstadt
Germany

Category: Air handling unit with heat recovery
Manufacturer: PAUL Wärmegerätebau GmbH
Product name: Airway 300
Specification: Airflow rate: 300 m³/h
Heat exchanger: Recuperative

This certificate was awarded based on the product meeting the following main criteria:

Heat recovery rate	$\eta_{HR} \geq 75\%$
Specific electric power	$P_{elec} \leq 0.45 \text{ Wh/m}^3$
Leakage	$P_{leak} < 3\%$

Comfort: Supply air temperature $\leq 16.5^\circ\text{C}$ at outdoor air temperature -10°C

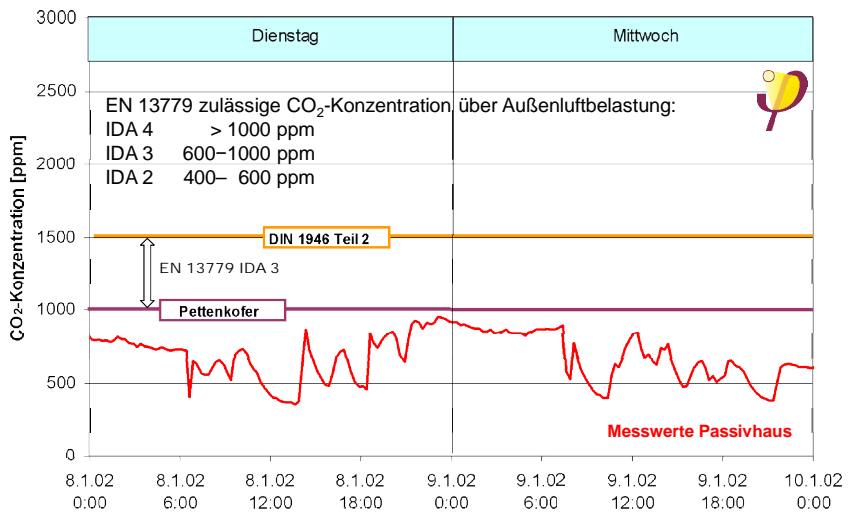
www.passivehouse.com

- Hygiene criterion**
Outdoor air filter at least F7 (MERV 13)
Extract air filter at least G4 (MERV8)
- < 3% Cross-flow Contamination
- Comfort criteria**
 - Minimum supply air temperature: 16.5°C at -10°C outdoor air temperature
Operation control:
At least 3 airflow levels (70% / 100% / 130%)
 - Noise protection:
max. 35 dB(A) in the service room,
max. 25 dB(A) in living spaces
- Efficiency criteria**
 - Heat: $\eta_{HR} \geq 75\%$
 - Electricity (1): max. 0.45 Wh/m^3
 - Electricity (2): Standby: max. 1 W
 - Good airtightness and thermal insulation
 - Balance of outdoor and exhaust air
- Frost protection**

- Heat pump performance heating**
 - electric consumption at several testing conditions
 - heating power, COP values
 - SPF are deduced from measurements by seasonal simulation
- Heat pump performance cooling**
 - electric consumption at several testing conditions
 - cooling power, COP values
 - EER and SEER are deduced from measurements by seasonal simulation
- Circulation Air flow mode (high power cooling)**
 - needs careful check for pressure ratios to
 - avoid disbalance for supply / exhaust air
- Heat pump performance dehumidification**
 - SHR must be checked in detail
 - re-heating strategy must be explained

Mechanische Lüftung

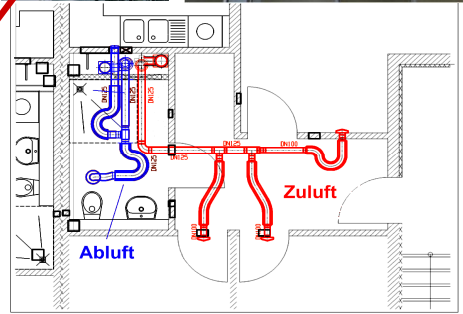
CO₂ Konzentration in einem Passivhaus, Schlafzimmer, Messwerte Kassel Marbachshöhe Winter 2001/2002



MFH Kassel Marbachshöhe: Lüftung

Beispiel

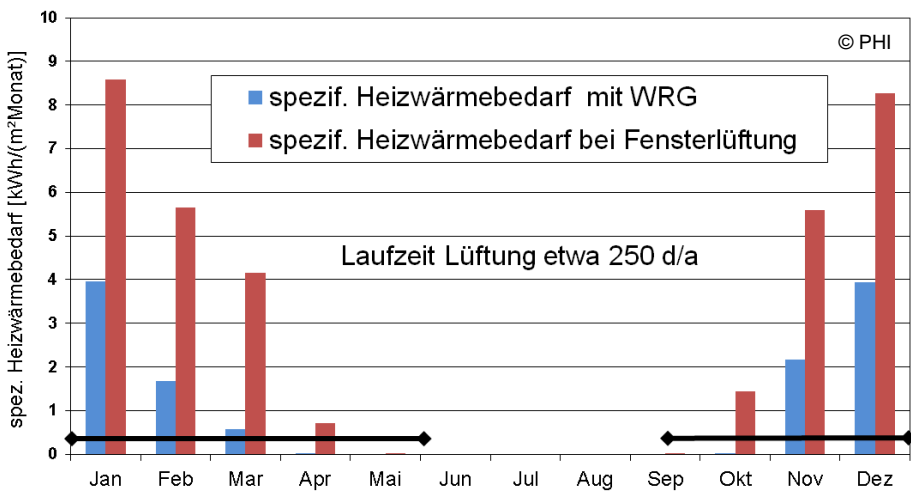
- Zentrale Anlage auf dem Dach: Gegenstrom-WT, P₀-Ventilatoren, Filter
- Vertikale Verteilung in Schächten, mit Schalldämpfern und Brandschutzklappen
- Anschluss für jede Wohnung mit Zu- und Abluft. Individuell regelbare Ventilatoren & Heizregister
- Zu- und Abluftleitungen in abgehängter Decke
- Flexible biegbare Schalldämpfer (vermeidet Formteile)
- Zuluftauslass als Weitwurfdüsen im Türsturz



Mehrfamilienhaus Kassel Marbachshöhe
Planung Lüftung: Innovatec, Kassel
wiss. Begleitung und Auswertung: Passivhaus Institut

© CEPHEUS

Lüftung mit WRG – hilft beim Heizen

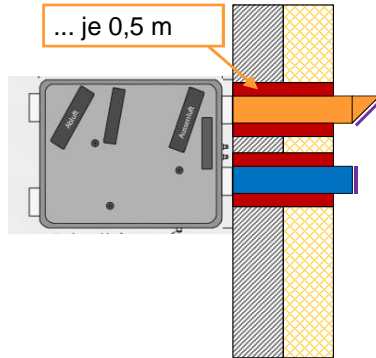


Passivhaus mit Lüftung und WRG ($\eta = 85\%$; $n_{50} = 0,3 /h$)
im Vergleich zu 'fast' Passivhaus mit Fensterlüftung ($\eta = 0$; $n_{50} = 1,0 /h$)

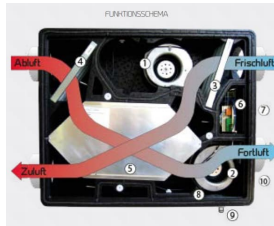
Position des Lüftungsgeräts mit WRG



Frischluft- und Fortluftkanal je 1,20 m



© Ventilair Fox Comfort



Optimierte Installation mit höherer effektiver Wärmerückgewinnung, benötigt weniger Platz für Kanäle

Integration in Schränke und Wände



Lüftungsgerät mit WRG für den Einbau in einen Schrank...

© Nilan Comfort CT150

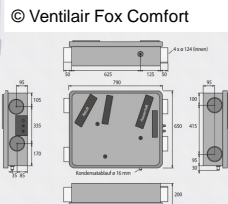


© Vallox Heinemann

...in einen Küchenschrank



...oder in einen Installationsschacht (Geräte-Bautiefe nur 20 cm)



© Ventilair Fox Comfort

MFH Frankfurt Tevesstrasse

Sanierung mit Passivhaus-Komponenten

- **2 Mehrfamilienhäuser**
- Baujahr: 1951, Sanierung: 2005
- 20 + 33 Wohnungen
- Projektbeteiligte:
Bauherr: ABG Frankfurt Holding
Architekt: faktor10, Darmstadt
Gebäudetechnik: IB Baumgärtner
Qualitätssicherung: PHI
- **Heizwärmebedarf: 17 kWh/(m²a)** (PHPP – EnerPHit)
- **Jede Wohnung hat ein Lüftungsgerät mit WRG**
- Heizung: Gaskessel, Solaranlage für Warmwasser, Zuluftheizung und Badheizkörper

Wissenschaftliche Begleitung: Passivhaus Institut, Darmstadt
Unterstützt durch das Hessische Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

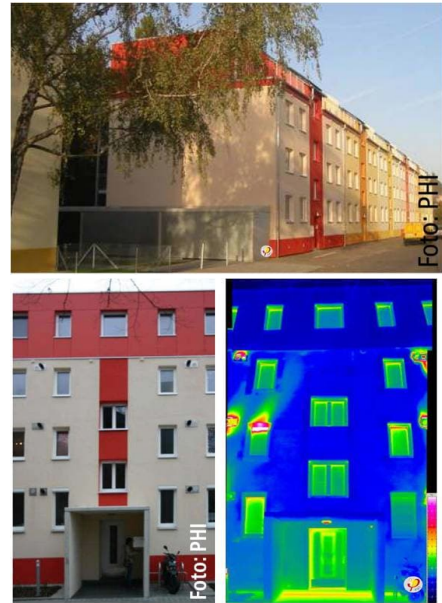


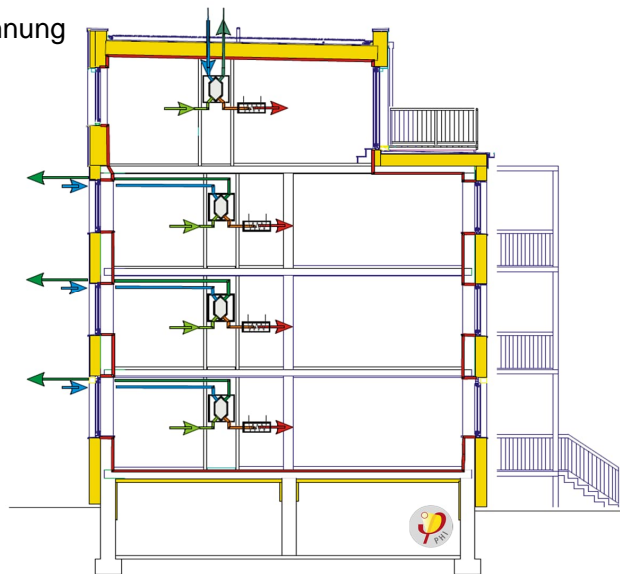
Foto: PHI

Foto: PHI

Dezentrale Lüftungsanlage: Schema Wohnungsweise

Sanierungsprojekt Tevesstraße, Frankfurt/M.

- Dezentrale Lüftungsgeräte in jeder Wohnung
- Außen- und Abluft durch die Fassade oder das Dach



Bauherr: ABG Frankfurt Holding
Architekt: faktor10, Darmstadt

Wissenschaftliche Begleitung:
Passivhaus Institut, Darmstadt
Gefördert vom Ministerium für
Wirtschaft, Verkehr und
Regionalentwicklung des Landes
Hessen, Wiesbaden

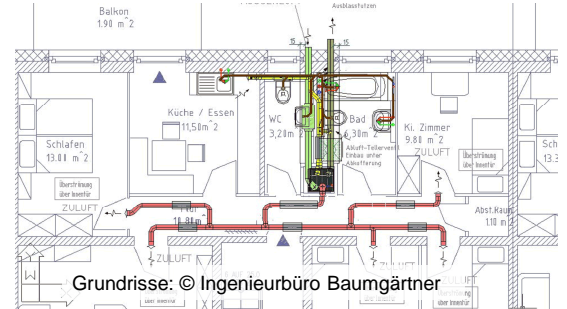
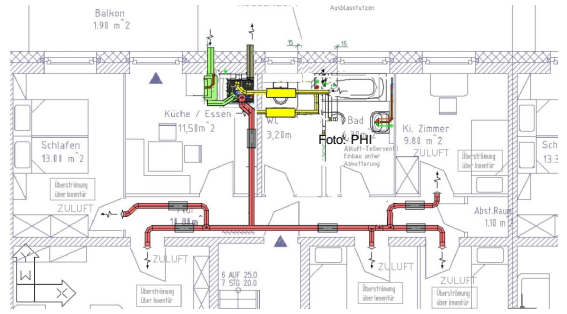


MFH Frankfurt Tevesstrasse: Lüftung

Oben: Optimierter Wohnungsgrundriss: Lüftungsgerät in der Nähe der Außenwand.

Unten: Realisierter Grundriss: Leider mussten die Lüftungsgeräte in der Nähe der Innenwand platziert werden, was zu längeren Kaltkanälen im Gebäude führte.

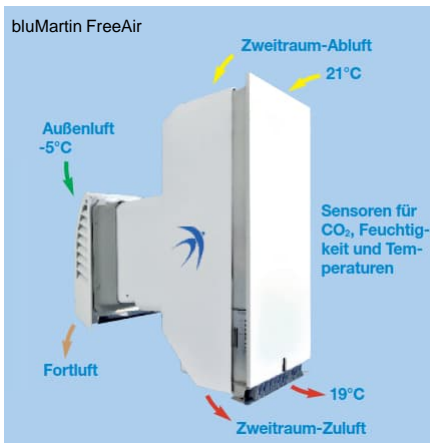
Achten Sie auf Schalldämmung und diffusionsdichte Wärmedämmung



Sanierung: Tevesstraße Frankfurt/M
 Bauherr: ABG Frankfurt Holding
 Architekt: faktor10, Darmstadt
 Wissenschaftliche Begleitung:
 Passivhaus Institut, Darmstadt
 Unterstützt durch das Hessische Ministerium für
 Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

Grundrisse: © Ingenieurbüro Baumgärtner

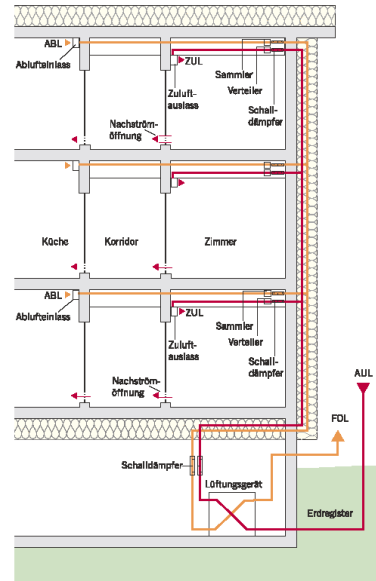
Einbau in die Außenwand



- Integration in die Außenwand
- Anbindung eines zusätzlichen Raumes (Abluft) möglich
- Geeignet für kleine oder mittlere Wohnungen, da auf diese Weise kurze Kanalnetze realisiert werden können

Wärmebereitstellungsgrad: 87%
 nach Kriterien des Passivhaus Instituts

Lüftungskanäle in der Dämmschicht



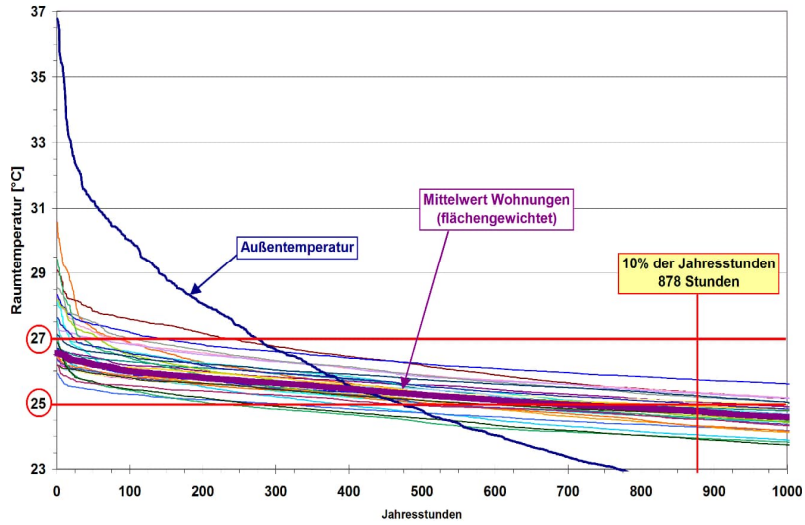
© PHI



DIN 4108-2
(Region C)

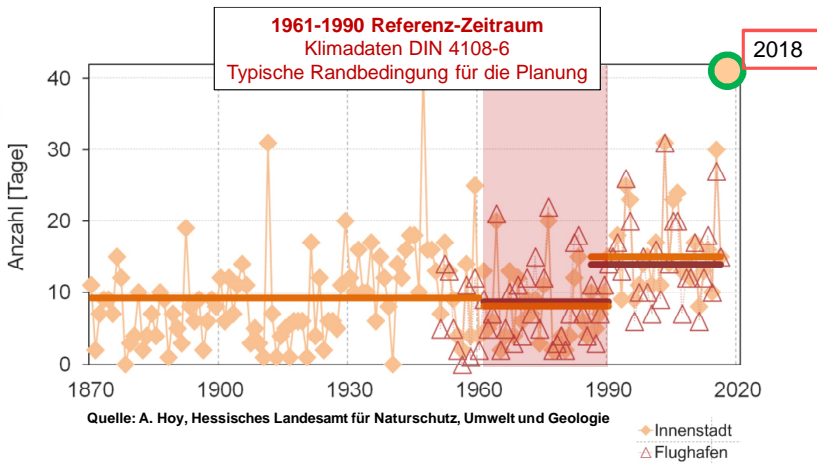
Passivhaus

Quelle: Gebäudesanierung „Passivhaus im Bestand“
in Ludwigshafen / Mundenheim, Passivhaus Institut 2008.



Entwicklung „heiße“ Tage (über 30°C) in Frankfurt

→ Betrifft alle Gebäude, auch Passivhäuser



Quelle: A. Hoy, Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

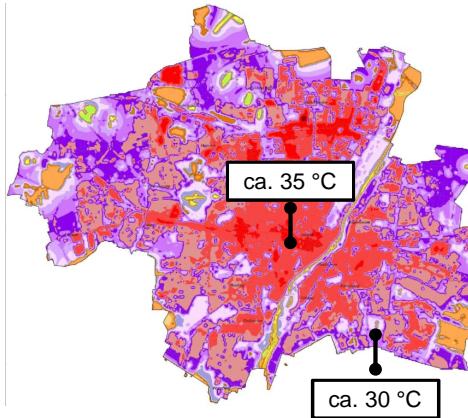
◆ Innenstadt
△ Flughafen

Gebaut wird meist in Ballungsräumen ...

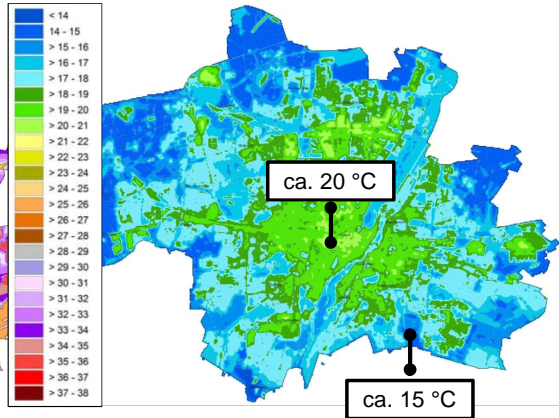
... und dort ist es wärmer!

Städtische Wärmeinsel am Beispiel München

Lufttemperatur Mittags
(wolkenloser Sommertag)



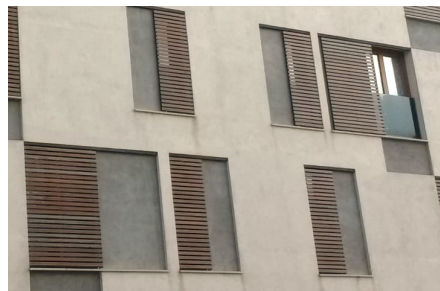
Lufttemperatur Morgens
(windschwache Sommernacht)



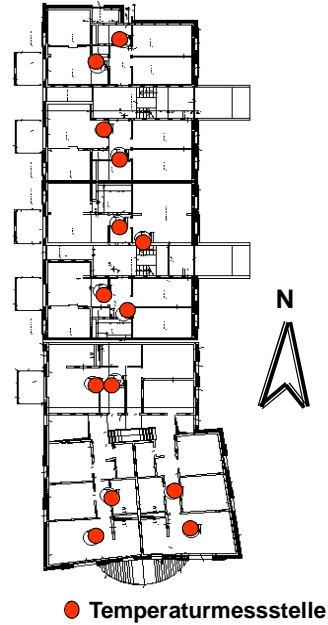
Quelle: Stadtklimaanalyse München (2014)
<https://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Gesundheit-und-Umwelt/Stadtklima/Stadtklimaanalyse.html>

Passive Maßnahmen für guten Sommerkomfort

- Geringe solare Gewinne
Planungsaufgabe: Orientierung, Fenstergröße & -qualität, Verschattung
Einfluss der Nutzenden: Verschattungs-Nutzung
- Geringe interne Gewinne
Planungsaufgabe: Wärmeverluste Warmwasser, effiziente Geräte & Systeme
Einfluss der Nutzenden: Ausstattung!
- Nachtlüftung
Planungsaufgabe: Fensteranordnung, Einbruchschutz, ggf. Lüftungsregelung
Einfluss der Nutzenden: Fensteröffnung



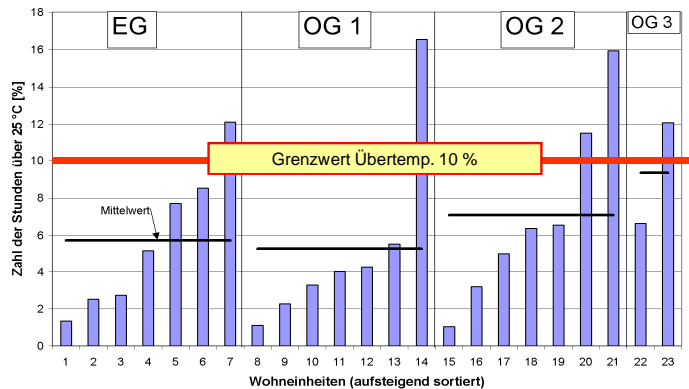
MFH Kassel-Marbachshöhe – Messungen über 2 Jahre



Projekt HHS/ASP Julie von Kästnerstraße
23 Wohneinheiten
Ausrichtung der Hauptfassaden Ost / West

Kassel Marbachshöhe: Sommerkomfort

- Anteil Stunden über 25 °C (2001)



Serielles bauen mit vorgefertigten Elementen

wiederhole vielmals, was Du einmal richtig gelernt hast – Qualitätssicherung inclusive

- Elementiertes bauen ist gute Praxis im Neubau (z.B. Holzleichtbau)
- geht das auch für die Sanierung?



Serielle Sanierung

Ziel: klimaneutrale Gebäudebestand

- Erhöhung der Effizienz
- Erhöhung der Sanierungsrate
- Kürzere Bauzeiten



Vorgefertigte Elemente



Serielle Sanierung

Vorfertigung ist sinnvoll....

- Gebäude gleichen Baustandards / Vergleichbarer Geometrie
- Holz als nachhaltiger Baustoff



Quelle Grafiken
herzig architekten
architekten ingenieure gmbh

Die Motivation für tiefgreifende serielle Sanierung

Lösungen für kostengünstige, schnelle Sanierung mit zuverlässig hoher Qualität

- **INTEGRATION** einheitlicher Prozesse und vorgefertigter Elemente kombiniert mit dem bewährten EnerPHit-Standard
- **UNTERSTÜTZUNG** zur Verbesserung der Produkte für den Einsatz bei tiefgreifenden Sanierungen
- **ENTWICKLUNG** eines Zertifizierungsschemas für ganzheitliche Sanierungen sowie Tools und Leitfäden
- **QUALITÄTSSICHERUNG** durch einfache Monitoringkonzepte in allen Phasen des Sanierungsprozesses
- **ERSTELLUNG** von One-Stop-Shop-Businessmodellen in Zusammenarbeit mit lokalen Dienstleister*innen und Bewohner*innen
- **FÖRDERUNG** der Nachfrage serieller Sanierungskonzepte unter Einbezug aller relevanter Akteur*innen

<p>Non-residential building from the 1960s Lombard-Quartier 44 Office administration building 285 m² PROPASSIF Construction phase</p>	<p>ST03-BOZ11 in St. Johann, Tyrol Type 02 Multi family dwelling 309 m² NEUE HEIMAT TIROL Planning phase</p>	<p>Non-residential building from the 1970s Chargen 107 Venice 14 3.300 m² PROPASSIF Planning phase</p>
<p>Adorable Bagnières, a semi prefabricated EnerPHit Bagnières de Bigorre 14 Multi family dwelling 250 m² PROPASSIF Construction phase</p>	<p>Collège Paul Eluard Bonnafont 104 Marais 18 School campus university 8.000 m² PROPASSIF Planning phase</p>	<p>Résidence Colbert Colombes 18 1970 built residential building in the dense centre of Colombes, a western suburb of Paris. Urban settlement housing colony 3.820 m² ProHeat Finished</p>
<p>Housing Parque Maquinaria de Teruel Teruel 18 Apartment house 810 m² VAND Construction phase</p>	<p>Single Family House Renovation, Papagou Papagou 18 Two family house 120 m² HPH Construction phase</p>	<p>Renovation of an apartment in a multi-family build Chargen 107 Multi family dwelling 140 m² Hellenic Passive House Institute (HPHI) Planning phase</p>

Serielle Sanierung

EnerPHit Standard mit Vorfertigung

- ermöglicht hohe Energieeffizienz
- Geprüfte Details hinsichtlich Wärmebrücken und Luftdichtheit
- QS in der Produktion (Einblasdämmung)
- Geringe Belastung für die Mietenden z.B. Fenstertausch / neues Bad
- **Integration der Lüftung in die neuen Fassadenelemente**



51

Serielle Sanierung

- Luftdichter Anschluss der neuen Fenster an die alte Laibung

52

52

52

52

52

52

52

52

52

52

52

52

52

52

52

52

52

52

52

52

52

52

52

52

52

52

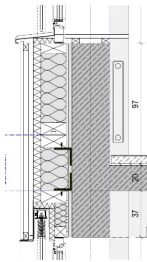
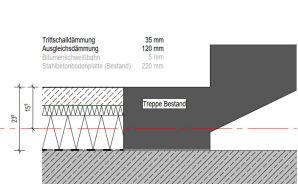
52



52

- Heizung und WW aus Nahwärmenetz
- Spezielles 'Rucksack'-Element in der Fassade





Quelle Grafiken:
herzig | architekten
 architekten ingenieure gmbh



Hessisches Ministerium für
 Wirtschaft, Energie, Verkehr
 und Wohnen

Auf der Basis von Demonstrationsobjekten in ganz Europa untersucht outPHit Lösungen für tiefgreifende Sanierung mit hohem Energiestandard und fördert die Entwicklung von Bauteilen mit hohem Vorfertigungsgrad sowie Instrumenten zur Entscheidungsfindung und Qualitätssicherung.

Weitere Informationen unter **outphit.eu**

PROJEKTKOORDINATOR



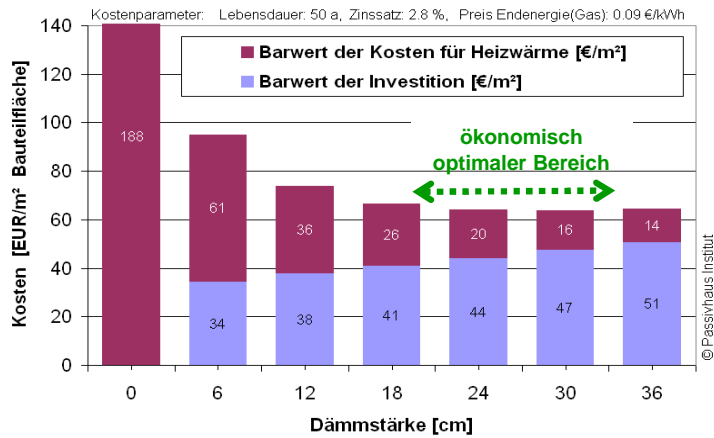
PROJEKTEAM



Das Projekt wurde im Rahmen des Horizon 2020 Forschungs- und Innovationsprogramms der Europäischen Union unter der Finanzhilfereiseinbarung Nr. 937175 finanziert. Die gezeigten Inhalte repräsentieren allein die Ansicht des Autors und nicht notwendigerweise die der Europäischen Union. Weder CINEA noch die Europäische Kommission sind verantwortlich für jegliche Verwendung der dargestellten Inhalte.

Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit: Wärmedämmung lohnt sich.....

Vollkosten-Analyse – Wärmedämmung an der Außenwand mit Wärmedämmverbundsystem (WDVS)
Datengrundlage wie 2012 Energiepreis Wärme 0.09 €/kWh



Kah, O.; Feist, W.; Pfluger, R.; Schnieders, J.; Kaufmann, B.; Schulz, T.; Bastian, Z.:
Bewertung energetischer Anforderungen im Lichte steigender Energiepreise für die EnEV und KfW-Förderung. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung. BBSR-Online-Publikation, Nr. 18/2008. www.passiv.de, www.passivehouse.com

Lebenszyklus-Kostenanalyse – wie geht das?

Kopplung an Ohnehin-Maßnahme: Putzerneruerung				© Passivhaus Institut
Bauteil alt	Ohnehin- Maßnahme	wirtschaftlich gebotener Wärmeschutz	zukunftsweisender Wärmeschutz	
verputzte Außenwand	Putzerneruerung	Sanierungsmaßnahme mit Wärmedämmung nach Mindest-Empfehlung: Wärmedämm-Verbundsystem	Sanierungsmaßnahme mit Wärmedämmung nach Empfehlung: Wärmedämm-Verbundsystem	
U-Wert: 1,41 W/(m²K)	1,41 W/(m²K)	0,16 W/(m²K)	0,11 W/(m²K)	
Innenoberflächentemperatur bei -10 °C Außenluft	14,5 °C	19,4 °C	19,6 °C	
Bauliche Investitionskosten:	40 €/m²	106 €/m²	115 €/m²	
Investitionskosten der bedingten Energiesparmaßnahme =Kosten, die der Energieeinsparung zugerechnet werden: Restwert der Energiesparmaßnahme bei 50 Jahren Lebensdauer: Restwert der bedingten Energieeinsparmaßnahme nach dem Kalkulationszeitraum :		66 €/m² 41%	75 €/m² 41%	
Kosten d. Energiesparmaßnahme abzüglich des Restwerts: Annuitätische Kapitalkosten für die Energiesparmaßnahme :		27 €/m² 39 €/m²	31 €/m² 45 €/m²	
jährliche Heizkosteneinsparung: (mit mittl. Energiepreis inkl. HE s.o.)		2,70 €/m²a 7,40 €/m²a	3,08 €/m²a 7,68 €/m²a	
jährlicher Gewinn:		4,70 €/m²a	4,59 €/m²a	

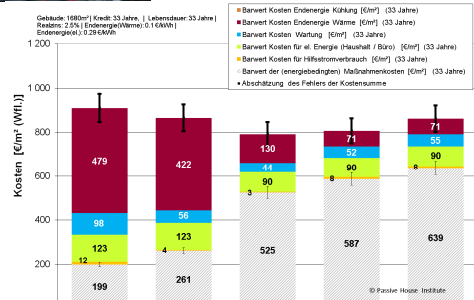
© PHI

Bürogebäude IWU, Darmstadt, Sanierung 2012



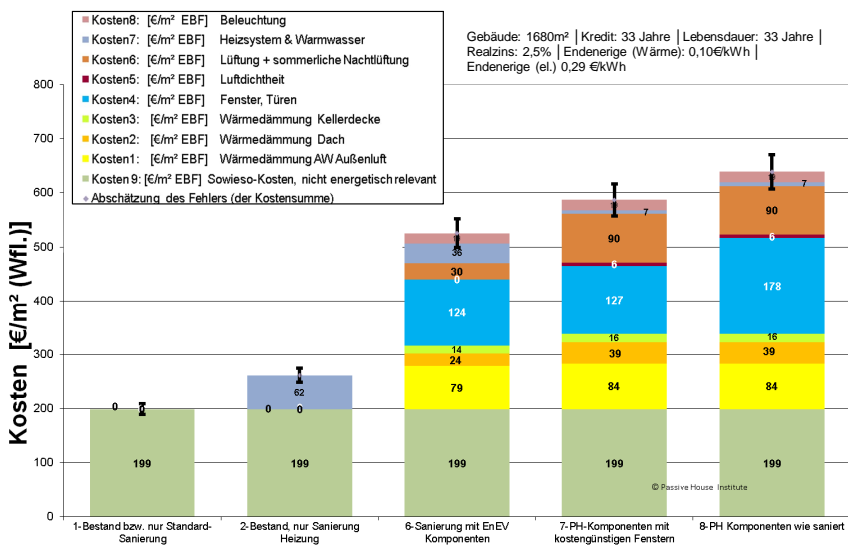
- Institut Wohnen Umwelt (IWU) Darmstadt
- Bürogebäude Baujahr 1960 Sanierung 2012
- Lage an einer stark befahrenen Hauptstraße (Schallschutz!)

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



Bürogebäude IWU, Darmstadt, Sanierung 2012 – Maßnahmenbündel

- Investitionskosten aufgeschlüsselt nach Maßnahmen



Sanierung Bürogebäude – verschiedene Szenarien(?)

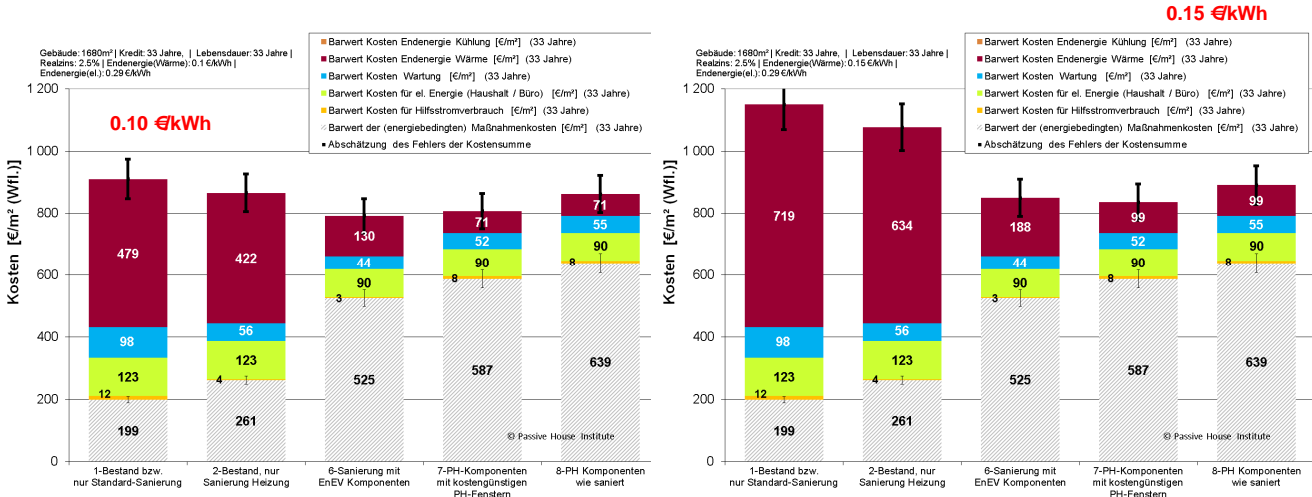
Die vollständigen Lebenszykluskosten hängen ab von

- Investitionskosten der Komponenten
 - Lebensdauer und Nutzungsdauer der Komponenten
 - Kapitalkosten (Zinsen)
 - Wartungskosten
- Energiepreisen

Szenario	1	2	3	4	5	6	7
Energiekosten (Endenergie Wärme) [€/kWh]	0,10	0,15	0,08	0,10	0,10	0,08	0,15
Energiekosten (Endenergie Strom) [€/kWh]	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Investitionskosten der Maßnahmen	–	–	–	–	–	–	–
Kapitalkosten (Realzins) [% p.a.]	2,5	2,5	2,5	2,5	1,0	4,0	1,0
Wartungskosten der Komponenten	–	–	–	–	–	–	–
Lebensdauer der Komponenten (Mittelwert)	33	33	33	40	33	33	40

Bürogebäude IWU, Darmstadt, Sanierung 2012 – Szenarien

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



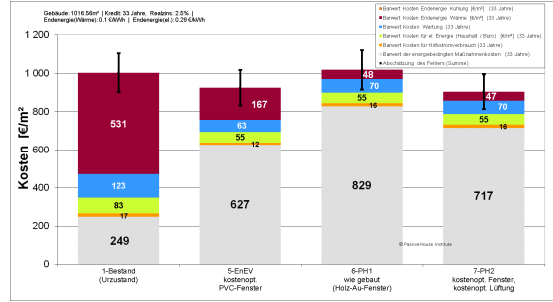
Schule Baesweiler, Sanierung 2012



Gymnasium Baesweiler | ID 1804 © Rongen Architekten

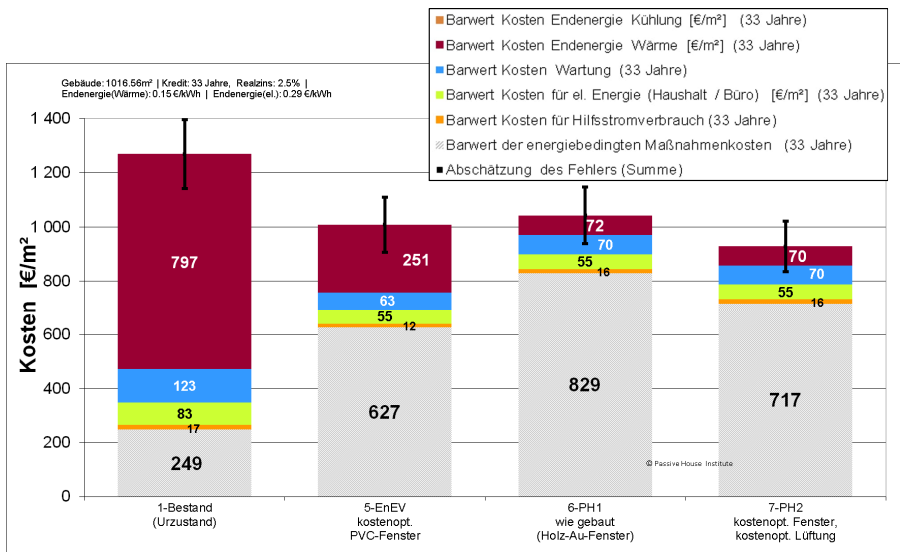
- Gesamte Lebenszykluskosten sind wichtig!
- Investition in Energieeffizienz reduziert Betriebskosten!

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



Sanierung Schule Baesweiler

- Gesamte Lebenszykluskosten
- hohe Energiepreise (0,15 €/kWh)



Primärenergiebewertung braucht ein anderes Konzept, denn:

- PE-Faktoren sind abhängig von der Energieversorgungsstruktur
- PE-Faktoren sind oft politisch
- PE-Faktoren ändern sich im Zeitverlauf
- Zukünftig erneuerbare Energieversorgung
– wären dann wieder alle Gebäude (PE=0) erlaubt?

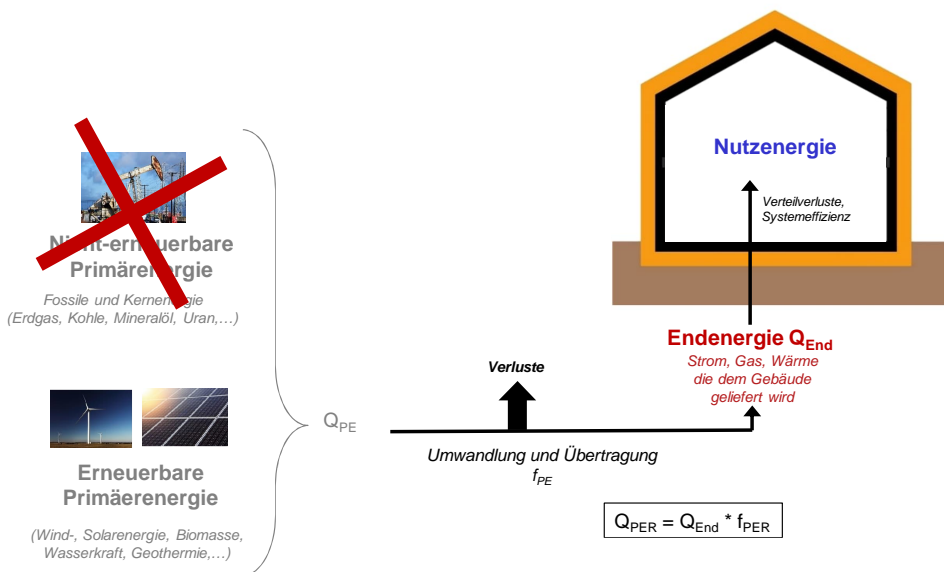


Erneuerbare Energien (Energieträger) sind begrenzt –
Energieeffiziente Gebäude sind Voraussetzung für eine Erneuerbare Versorgung.

Lösung:

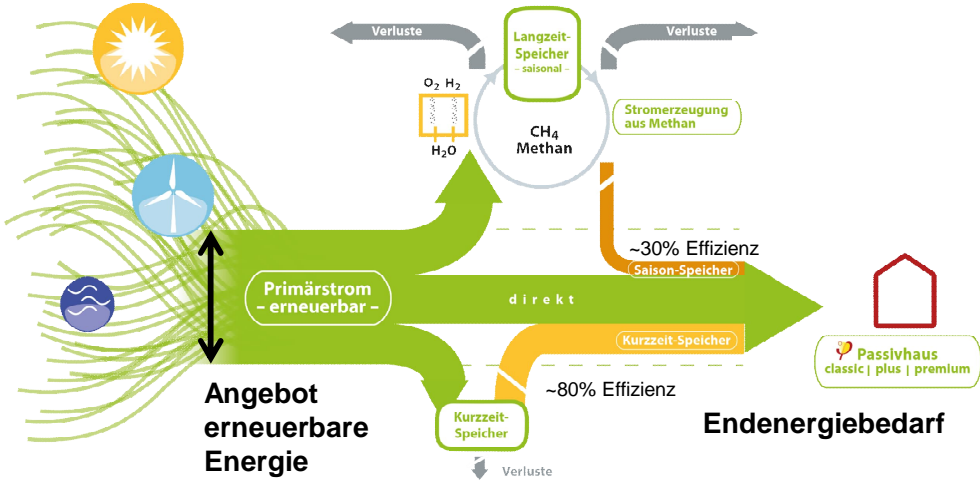
Wir setzen das Gebäude in eine nachhaltige, erneuerbare Zukunft und sorgen dafür, dass das System als Ganzes funktioniert. Es hängt nicht mehr von einer überregionalen Versorgungsstruktur ab, sondern setzt regionale Ressourcen ein.

Die Primärenergie-Methodik



PER = Primärenergie ERneuerbar

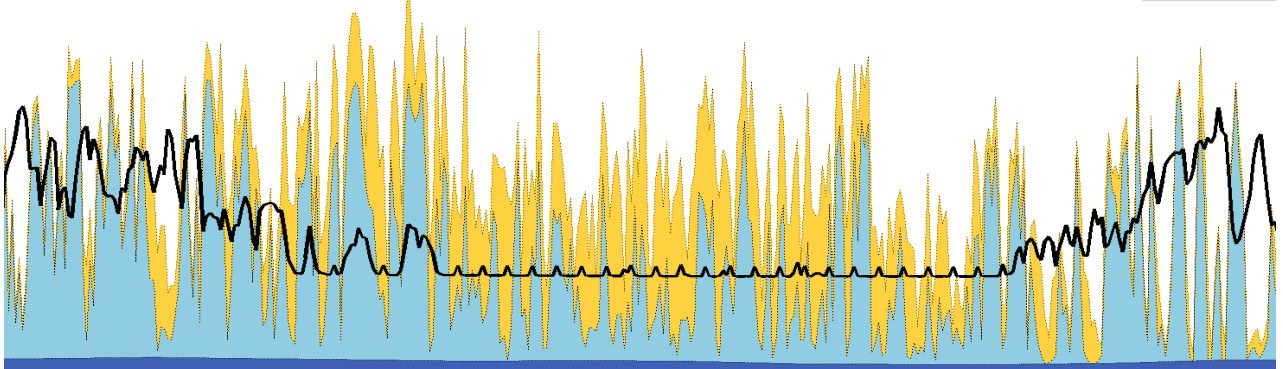
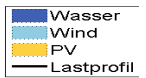
$$\text{PER-Faktor} = \frac{\Delta \text{Energieversorgung aus regenerativen Quellen}}{\Delta \text{Endenergiebedarf}}$$



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)



Typisch PER Faktoren



Anwendung	Energieträger	PER Faktor
Strom WW Heizung Kühlung	Strom	1.3
		1.3
		1.8*
		1.1*

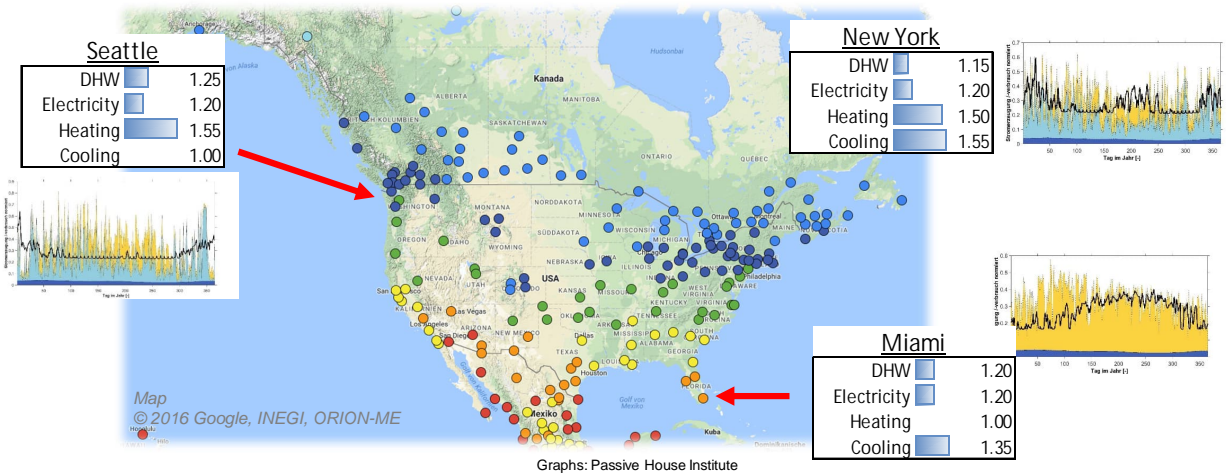


Unterschiedliche Gewichtung je nach Anwendung
(Speicherverluste !)

* Typische Werte für das kühl-gemäßigte Klima von Mitteleuropa

Standortabhängige PER Faktoren

PER Faktoren sind im PHPP als Teil des Klimadatensatzes hinterlegt.



PER-Faktoren für verschiedene Energieträger im PHPP

<u>Energieträger</u>	<u>PER-Faktor</u>	PHPP φ
Strom	Anwendungs- und Klima-Spezifisch	
Gas	1.75 <i>EE-Gas</i>	
Biomasse	1.1 <i>Begrenztes Budget! max. 20 kWh_{PER}/(m²a)</i>	
Solarthermie	<i>Effizienzvergleich mit Referenz-PV-Anlage</i>	
KWK	<i>Stromgutschrift-Verfahren mit GuD als Referenzkraftwerk</i>	

Zukunftsorientierte Gebäudeoptimierung

PER Methodik schafft Anreize für effizienten & nachhaltigen Einsatz erneuerbarer Energien

- Effizienzmaßnahmen für die **Heizung** werden stärker gewichtet
Kühlung fällt primärenergetisch weniger ins Gewicht.
- **Biomasse**-Nutzung wird nur bis zu einem begrenzten Kontingent ermutigt.
- **Strom** als Wärmeerzeuger wird positiver bewertet als in bisherigen Bewertungsmethoden ...
- ... insbesondere in Kombination mit Wärmepumpen.

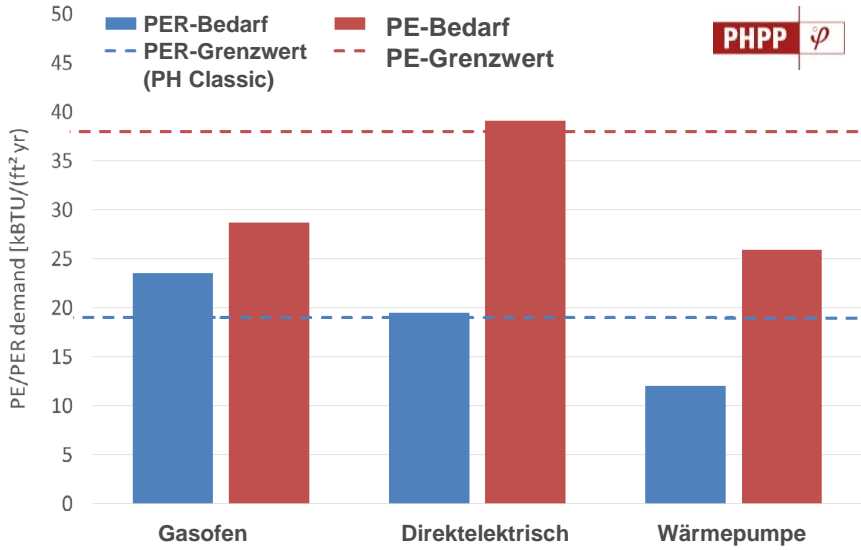


Auswirkungen von PE vs. PER – ein Beispiel

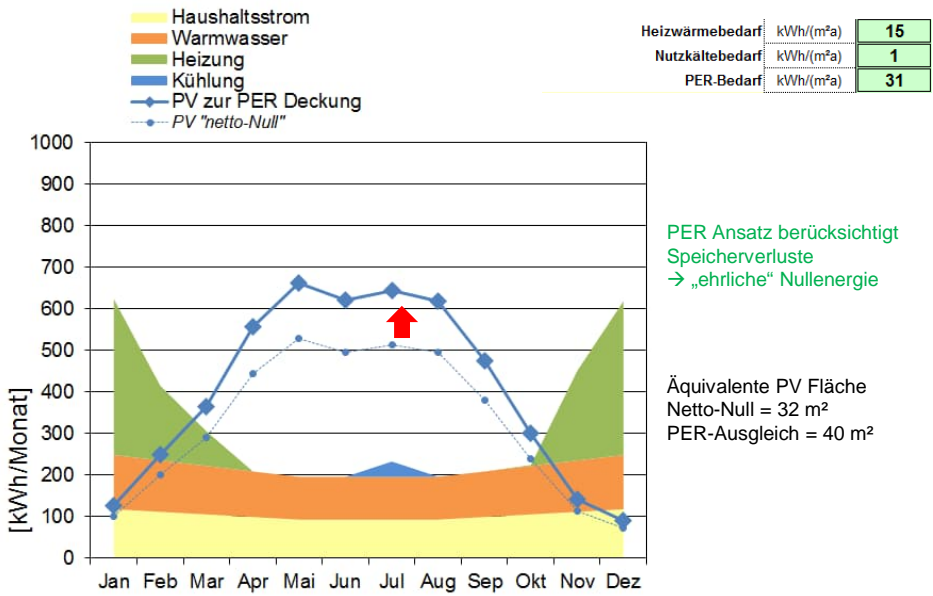


Diese Zahlen basieren auf einem zertifizierten PH-Projekt in Berkeley, Kalifornien, USA

ID 6064 www.passivhausprojekte.de



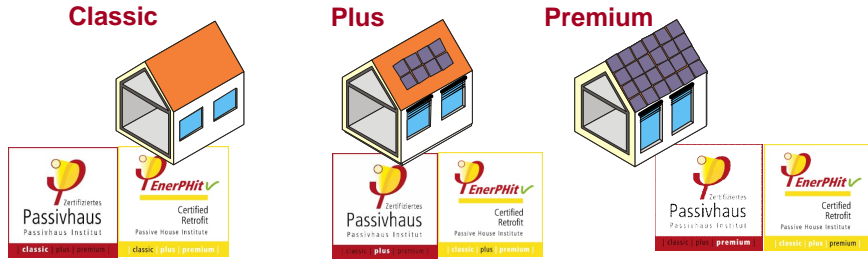
'ehrlicher' Null-Energie Ansatz mit PER



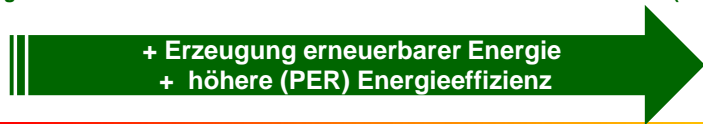
Passivhaus-Klassen:



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

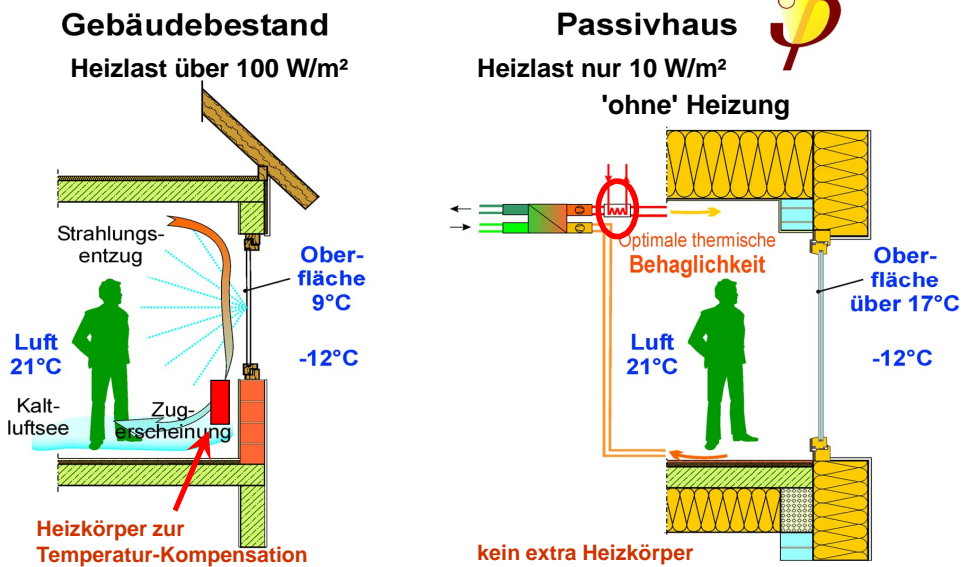


Anforderung Bedarf	≤ 60	≤ 45	≤ 30	kWhPER/(m² EBF * a)
Anforderung Erzeugung	----	≥ 60	≥ 120	kWhPER/(m² überbaut * a)



- Heizwärme
- WW-Bereitung

Heizlast



Heizleistung der Zuluft

Wie viel Wärme kann über das Zuluftsystem zugeführt werden?

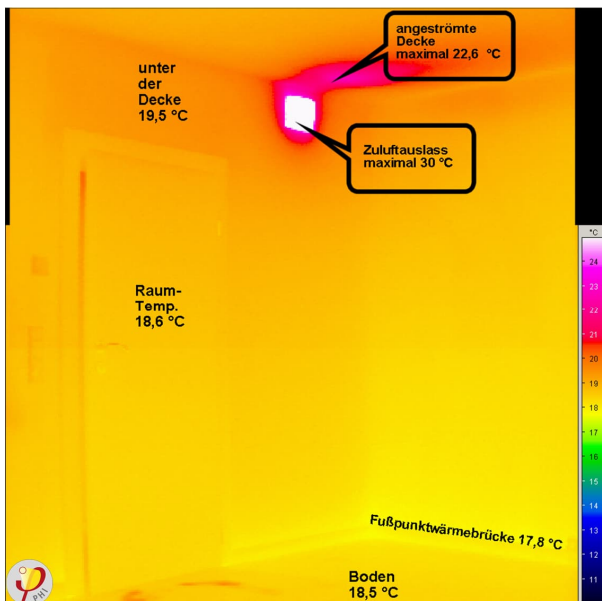
- Hygiene Bedingungen Zuluft: $V = 30 \text{ m}^3/\text{h}$ pro Person
(darf nicht überschritten werden)
- Typische Wohnbelegung: $A = 30 \text{ m}^2$ pro Person
(in Deutschland derzeit $> 35 \text{ m}^2$ pro Person)
- Temperaturbegrenzung Zuluft: $\Theta < 50 \text{ }^\circ\text{C}$
- Temperatur Zuluft nach WRG: $\Theta \approx 17 \text{ }^\circ\text{C}$
- Maximal mögliche Temperaturanhebung: $\Delta\Theta \approx 30 \text{ K}$

Maximal mögliche Heizleistung für eine Zuluft-Heizung:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{heizen}} &= V / A * \Delta\Theta * (\rho * c_p) \\
 &= (4 * 30 \text{ m}^3/\text{h}) / (120 \text{ m}^2) * 30 \text{ K} * 0,33 \text{ Wh}/(\text{m}^3\text{K}) \\
 &= 10 \text{ W}/\text{m}^2
 \end{aligned}$$

Beispielrechnung für 4 Personen auf 120 m² Wohnfläche:

Prinzip Zuluftheizung

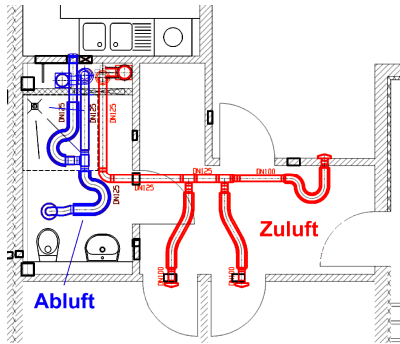


Temperaturen:

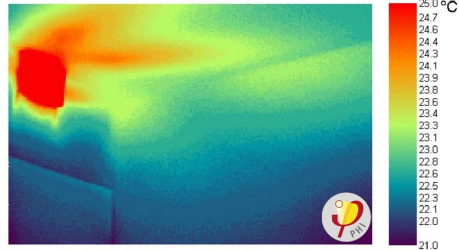
Zuluft Auslass:	$\leq 30 \text{ }^\circ\text{C}$
Angeströmte Decke:	$\leq 22,6 \text{ }^\circ\text{C}$
Unter der Decke:	$19,5 \text{ }^\circ\text{C}$
Raumtemperatur:	$18,6 \text{ }^\circ\text{C}$
Fußpunktwärmebrücke:	$17,8 \text{ }^\circ\text{C}$
Boden:	$18,5 \text{ }^\circ\text{C}$

Sanierung Tevesstraße, Frankfurt am Main

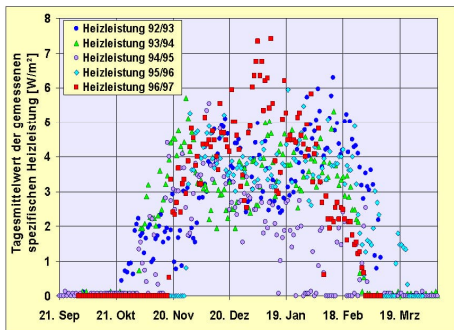
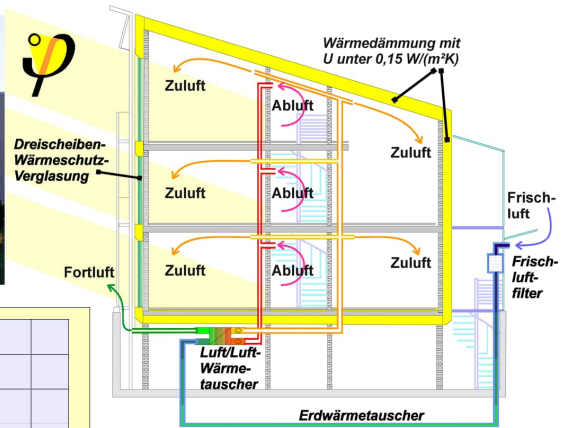
Beispiel für Zuluftheizung im MFH Kassel Marbachshöhe



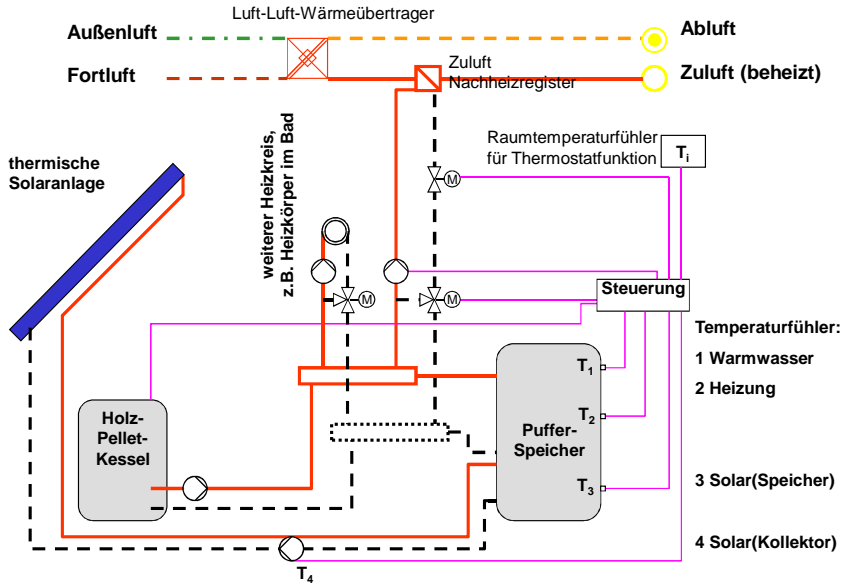
Beispiel: MFH Kassel Marbachshöhe
Planung: innovatec / Otte



Heizlast Darmstadt-Kranichstein



Anlagenaufbau



© Passivhaus Institut

Die direkt-elektrische Heizung als Alternative? ...

PTC-Heiz-Element

Elektrisches Heizelement für die selbstregelnde Nachheizung der Zuluft. Die Luft wird in Abhängigkeit von Luftmenge und Lufttemperatur 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.

... ist im allgemeinen **nicht empfehlenswert**

- kann in besonderen Situationen vernünftig sein
- Elektrisch erzeugte Wärme nur zur Deckung der **Spitzenlast!**
- **Grundlast mit Wärmepumpe erzeugen!**
- **immer den Primärenergiebedarf für das gesamte Gebäude betrachten!**

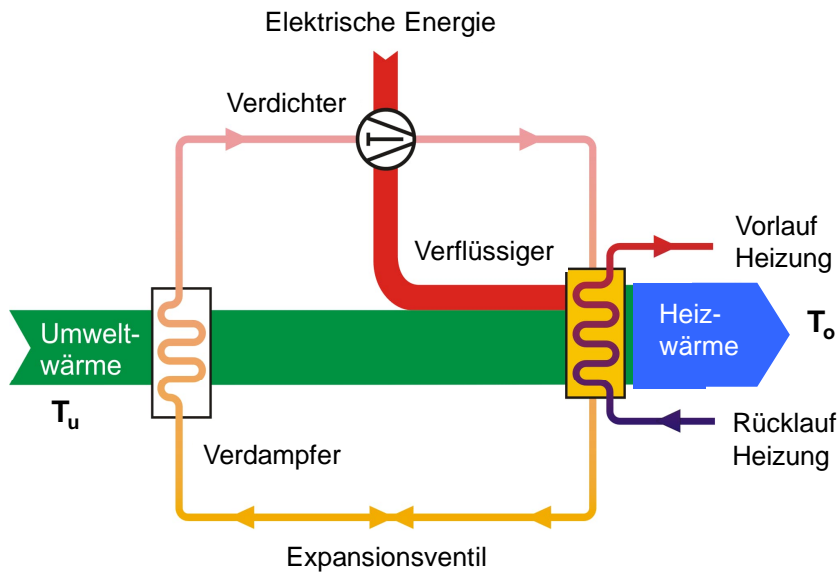
Wirtschaftliche / Ökologische Aspekte:

- Elektrizität ist eine hochwertige Energieform

Die Erzeugung von Strom hauptsächlich aus Gas/Öl/Kohle geschieht mit relativ geringen Wirkungsgraden von $\leq 30\%$

Elektrische Energie aus erneuerbaren Primärenergiequellen ist endlich! – **Siehe PER-System und Budgetierung Modul D2**

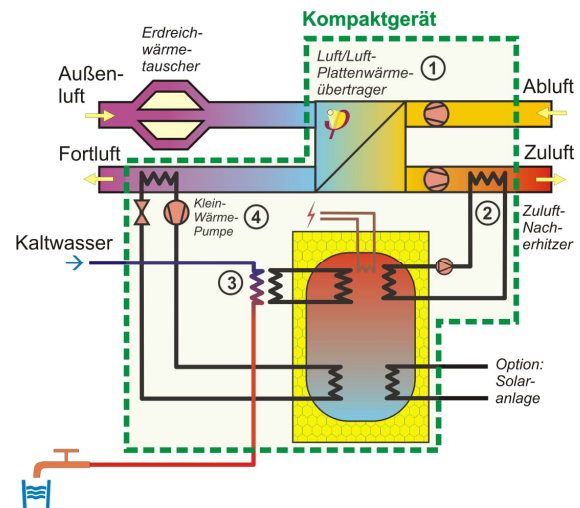
... lieber eine Wärmepumpe: Prinzipskizze



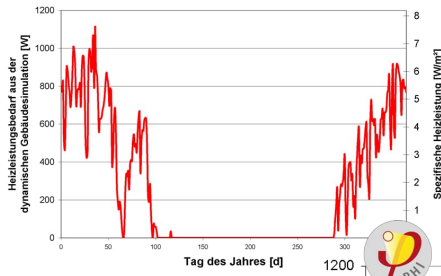
Speziell für das PH: Wärmepumpen-Kompaktgerät

... die gesamte Haustechnik in einem Gerät: Lüftung – Heizung – Warmwasserbereitung
diese Geräte sind speziell für Passivhäuser optimiert

- Lüftung mit WRG
- Fortluft als Wärmequelle
- Heizung im PH über Zuluft
- kleine Heiz-Leistung (10 W/m²)
- Kombination mit Solarthermie für WW-Bereitung im Sommer
- neuere Modelle können auch kühlen
- Vorsicht: die Leistung der WPK reicht nur für sehr gut sanierte Gebäude!

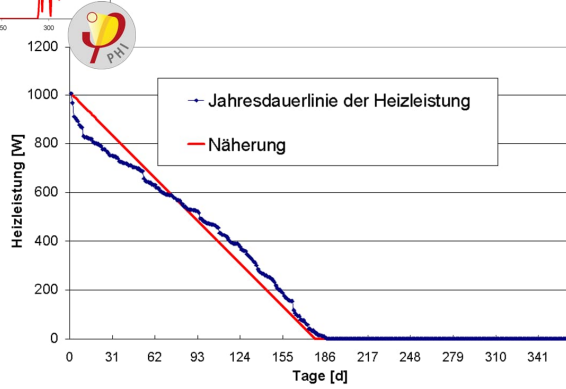


Jahresdauerlinie der Heizleistung

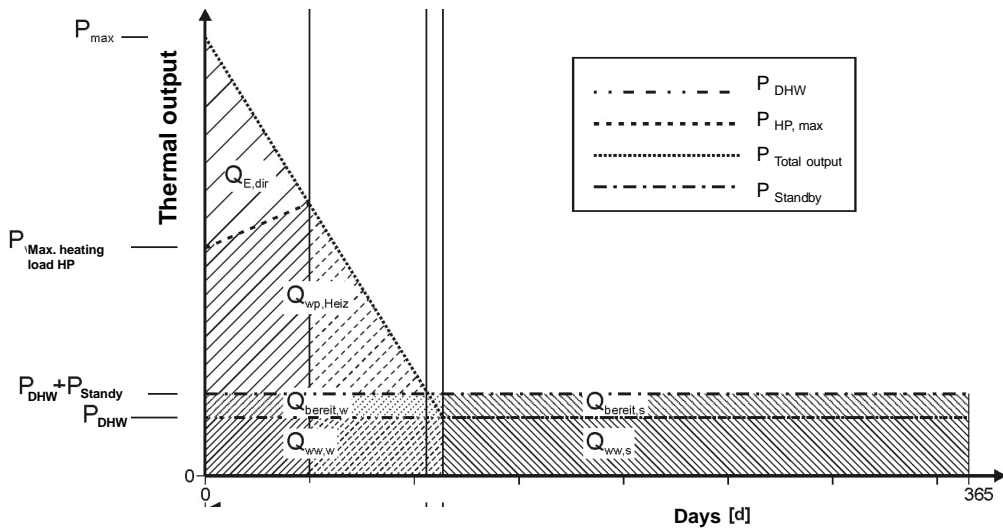


Typischer Heizleistungsverlauf eines Passivhauses

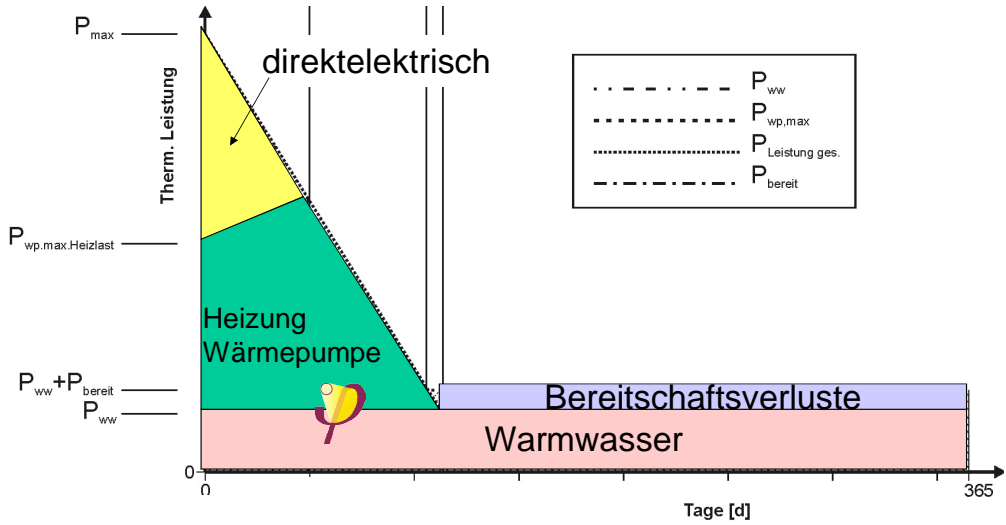
Linearisierung der Jahresdauerlinie zur Auswertung



Wärmepumpen-Kompaktgerät



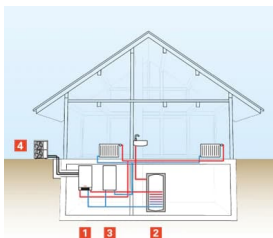
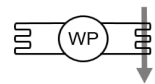
Wärmepumpen-Kompaktgerät



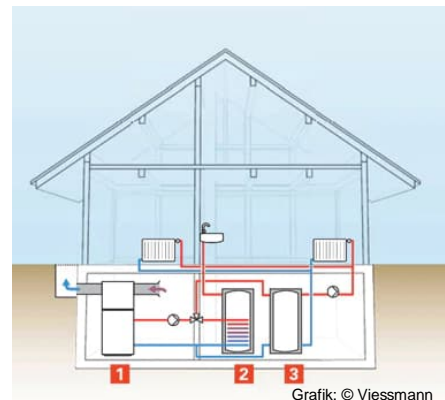
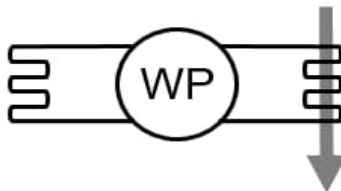
© Passivhaus Institut

Mögliche Konfigurationen für WP-Heizung

- WP-Split Luft-Wasser – Luftansaugung über eine Außeneinheit
- siehe detaillierte Erklärung zu Mini-Split-Units
- Vorsicht: mit Nachbarschaft klären wegen Schallemissionen (TA-Luft)



Grafik: © Viessmann



Grafik: © Viessmann

- Luft-Wasser WP – Luftansaugung über Kanal
- Schallemissionen ggf. mit Schalldämpfer reduzieren
- Sekundärseitig wie 'normale Heizung':
- Speicher-Wassererwärmer und Heizwasser Pufferspeicher ggf. getrennt
- Heizkörper oder Flächenheizung für niedrige Vorlauftemperaturen!

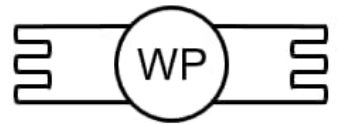
Mögliche Konfigurationen für WP-Heizung

- Wasser-Wasser-WP mit flachem Sole-EWT und Fußbodenheizung
- Bauliche Voraussetzungen aufwendig – längerfristige Planung und Realisierung

- beide Wärme-Kreise großflächig für guten Wärmeübergang
- monovalente Betriebsweise möglich –
- hohe Wärmeleistung möglich
- daher auch für noch nicht ganz gut sanierte Altbau geeignet
- bzw. kann Gasheizung unterstützen



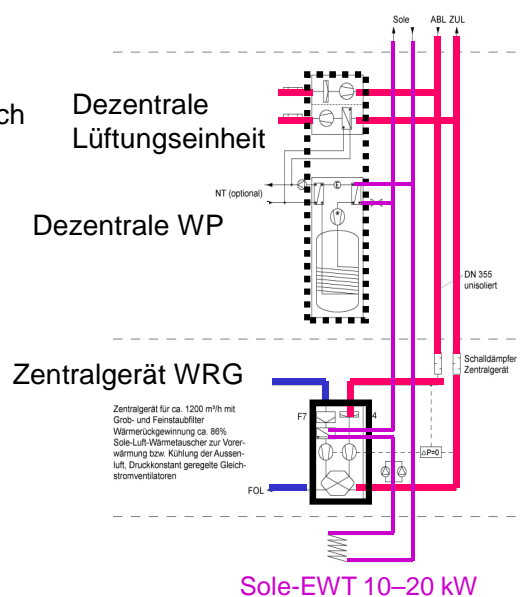
- diffusionsdichte Dämmung der Soleleitung im Gebäude um Kondensatbildung zu vermeiden
- Fußbodenheizung: Temperaturspreizung ca. 4K
- Frostschutz bis ca. -12 °C
-



© Passivhaus Institut

Mögliche Konfigurationen für WP-Heizung

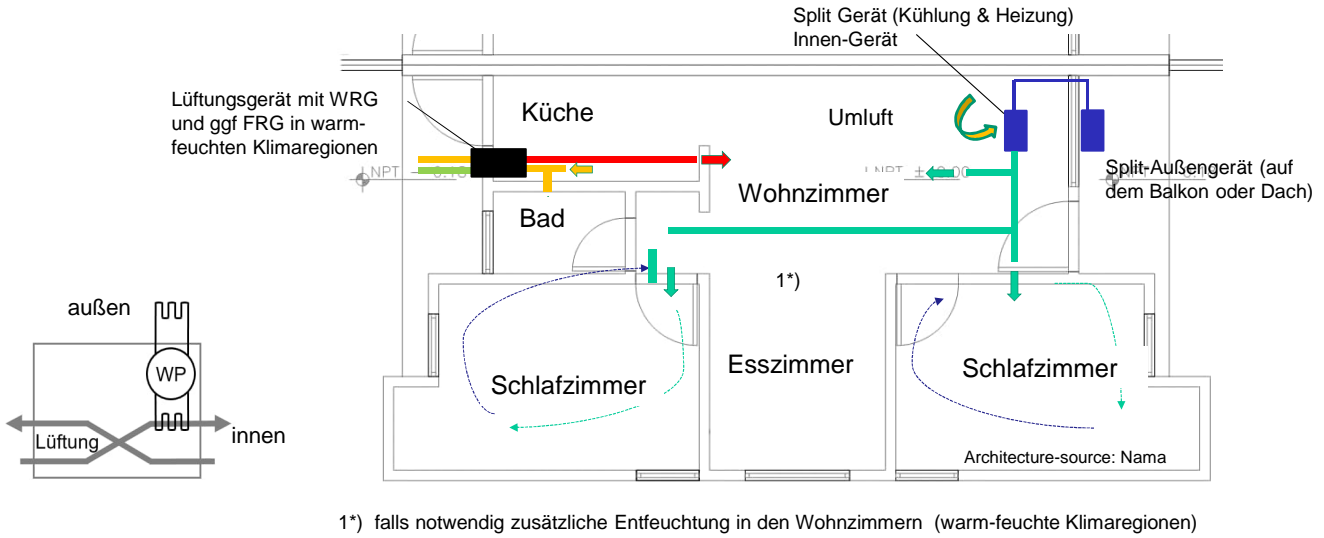
- Semi-Zentrale WP-Konfiguration für den Geschosswohnungsbau
- Wärmequelle ist Wasser/Sole aus dem Erdreich
- Jede Wohneinheit hat eine eigene kleine WP mit Luftheizung und WW-Speicher
- Lüftung mit WRG zentral realisiert



Quelle: © Drexel, 2007

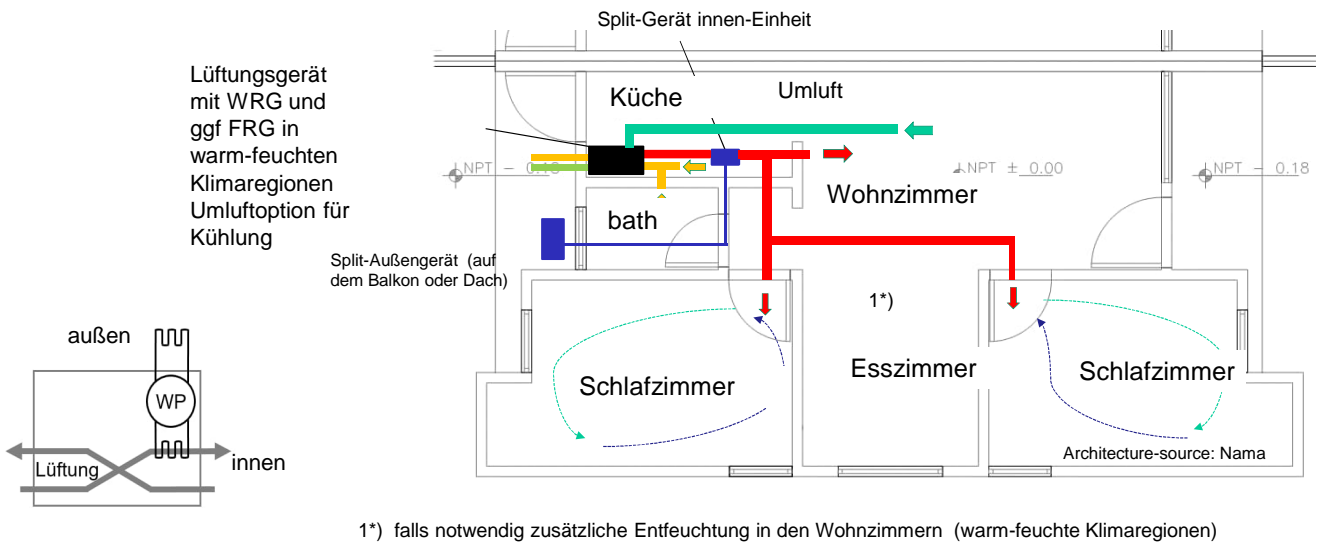
Mögliche Konfigurationen für eine WP-Heizung

neueste Entwicklungen: WP-Split-Unit kombiniert mit Lüftung (Umluft)



Mögliche Konfigurationen für WP-Heizung

neueste Entwicklungen: WP-Split-Unit kombiniert mit Lüftung (Umluft)



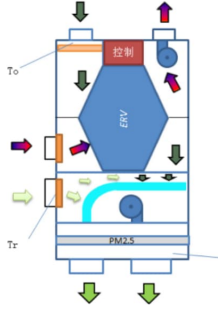
HP- combi-systems – Certified Components (China)

WP-Kombi-Geräte aus China für Lüftung + Heizung + Kühlung

- **Component** Ethos 007-RS combi system
- **Fresh air volume rate:** 143...262 m³/h
- **Heat recovery:** 79 %
- **Humidity recovery:** 63 %
- **Recirculation rate:** (≤ 600 m³/h)
- **Cooling/heating capacity:** (3.5 kW)
- **Company** Aernova Srl.



- **Component** CHM 200 Comfohmate combi system
- **Fresh air volume rate:** 125...200 m³/h
- **Heat recovery:** 78 %
- **Humidity recovery:** 54 %
- **Recirculation rate:** ≤ 600 m³/h
- **Cooling/heating capacity:** 3.5 kW max
- **Company** Zehnder, Beijing



- **Component** Wonderful XKD-51P-300H
- **Fresh air volume rate:** 90 ... 200 m³/h
- **Heat recovery:** 83 %
- **Humidity recovery:** 62 %
- **Recirculation rate:** (≤ 600 m³/h)
- **Cooling/heating capacity:** 5 kW



- **Company** Zhongshan Wonderful Thermal Technology

- **Component** Lowcarn LCN-36BP-150 combi system
- **Fresh air volume rate:** 114...184 m³/h
- **Heat recovery:** 82 %
- **Humidity recovery:** -
- **Recirculation rate:** (≤ 600 m³/h)
- **Cooling/heating capacity:** (3.5 kW)
- **Company** Hebei Lowcarn



HP- combi-systems – Certified Components (China)

WP-Kombi-Geräte aus China für Lüftung + Heizung + Kühlung



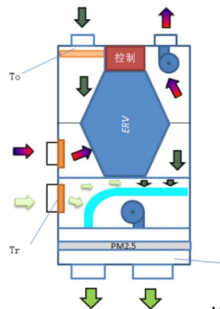
Ethos 007-RS combi system
Aernova Srl.



Wonderful XKD-51P-300H
Zhongshan Wonderful Thermal Technology



CHM 200 Comfohmate combi system
Zehnder, Beijing



Lowcarn LCN-36BP-150 combi system
Hebei Lowcarn

Weitere Informationen:

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

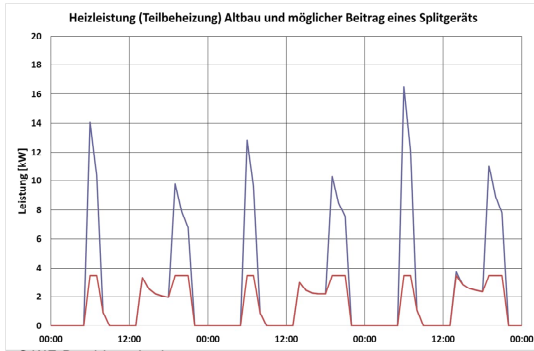
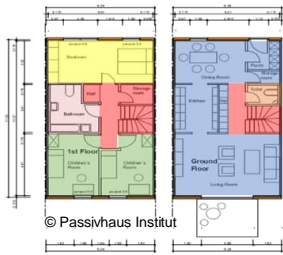
Exkurs (Kühlung): PH Projects HVAC Solutions in China

- Passive building envelope: airtight, very good thermally insulated is a precondition for low power cooling & dehumidification
- Passive Gebäudehülle: luftdicht, sehr gut wärmegeklämt ist eine Voraussetzung für energiesparende Kühlung und Entfeuchtung

Ao'ni courtyard project in Songyang
Historical building with HP-combi-system



Minisplit als Ergänzungsheizung auch im Altbau?

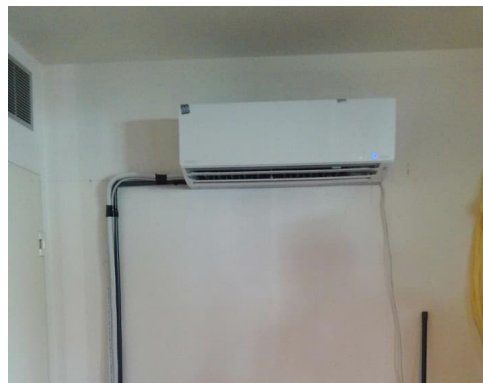


**Altbau unsaniert:
knapp 50% jährlicher
Deckungsanteil**

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



Außengerät holt Umweltwärme...



Innengerät heizt im Umluftmodus.

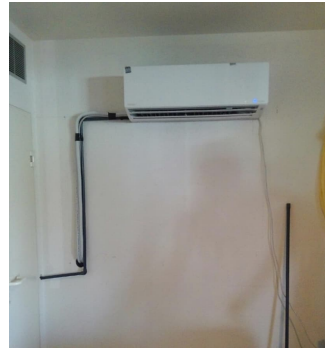
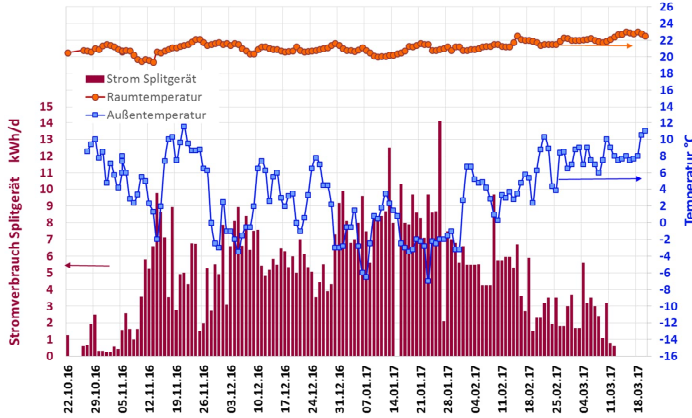
- **Ja, das geht durchaus (Heizungsunterstützung, Notheizung für 1 Raum Altbau)**
- Praxis: Im Pssivhaus sogar als alleiniges Heizsystem (Raumheizung).
- Praxis: erträglich leise (aber nur im 'Flüster'-modus)
- Praxis: SPF_Heizung eher bei 2-3 (und nicht, wie oft angepriesen, >3)
- Ökonomie nur gut für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

Klima-Split-Gerät – zum Heizen und Kühlen

- elektrische Außenluft-Wärmepumpe
- Verbrauch für Heizsaison 2016 (141 Tage):
718 kWh/a für 156 m² **4,6 kWh/(m²a)**
- **Ergänzungsheizung für Altbau (jetzt!)**
- **Nach der Sanierung dann ohne Gaskessel**



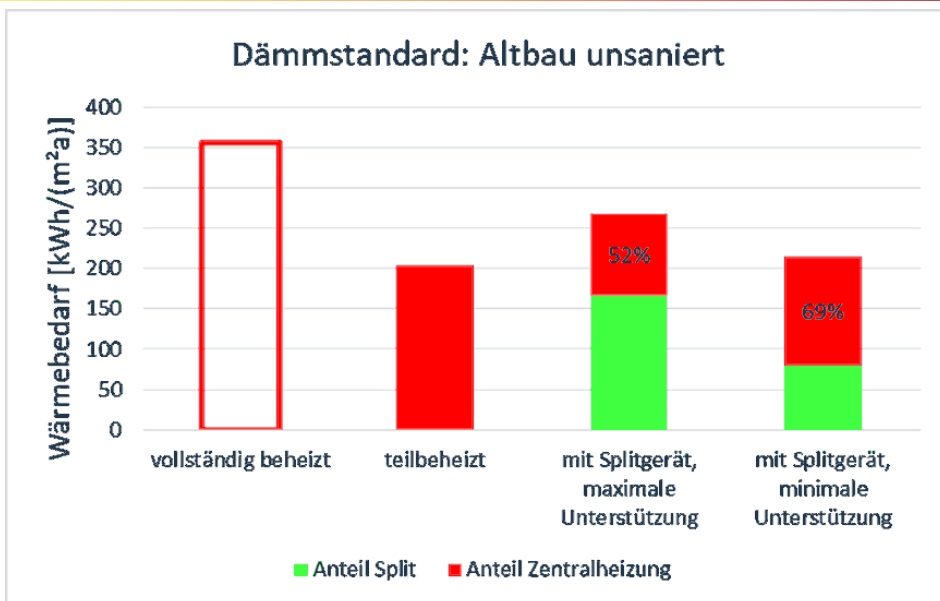
Montage körperschallentkoppelt



Unmittelbar nach der Installation

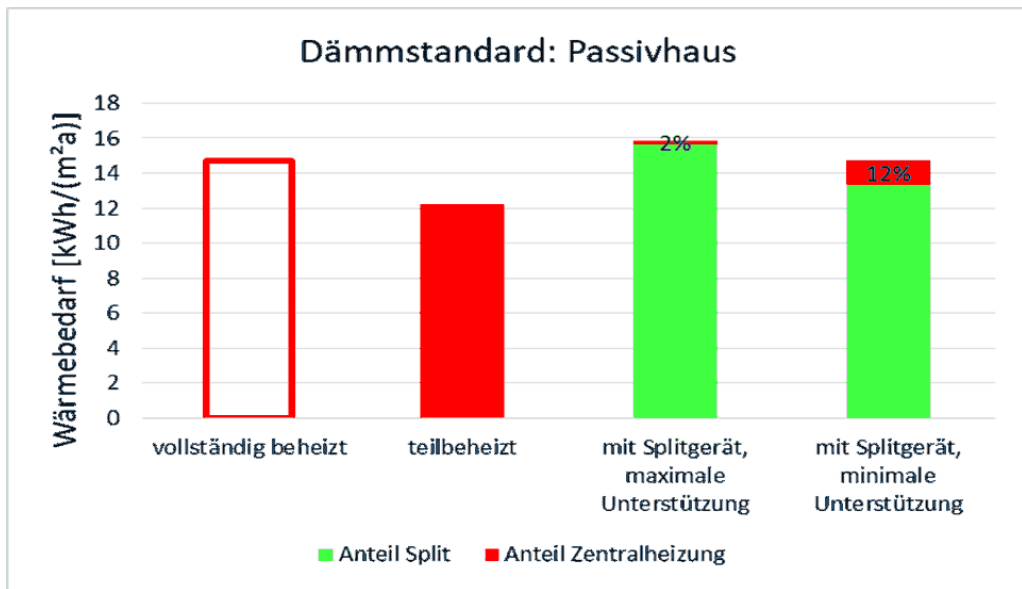
weiß: Kältemittelleitungspaar;
schwarz: Kondensatleitung

Minisplit als Ergänzungsheizung



Gas-Einsparung

Minisplit als Ergänzungsheizung



Gas-Einsparung

Studie WPsmart – Wärmepumpen in Bestandsgebäuden

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

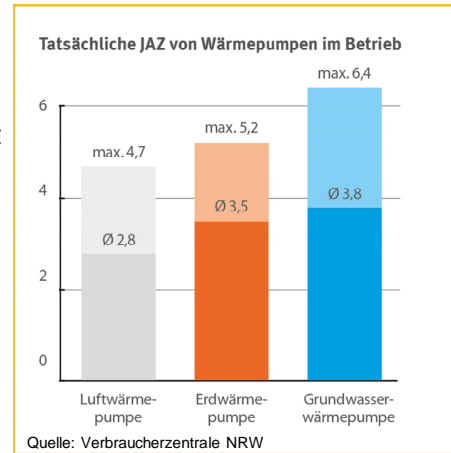
(*) Autoren: D. Günther et.al., Fraunhofer ISE, Freiburg 2020

Die Jahresarbeitszahl der WP zu wissen ist wichtig!

- COP (Heizen) Arbeitszahl für einen bestimmten Betriebspunkt
- EER (Kühlen) siehe Modul D4 Kühlung
- JAZ gewichteter Mittelwert über die ganze Heizperiode
- Herstellerangaben sind oft zu optimistisch
- Herstellerangaben geben oft nur einen (max.) COP-Wert

Im Rahmen der WP-Zertifizierung wird aus mehreren COP-Werten und einem synthetischen Saison-Verlauf der Heizleistung bzw. Kühlleistung eine JAZ berechnet

- Alternativ: Endenergie- oder Primärenergie-Bedarf für die gesamte Saison



Zertifizierung WP allgemein

- Grenzwerte festgelegt für Endenergie-Bedarf für Heiz- bzw. Kühlperiode

Heat pump ¹⁾
 Space heating: 9 kWh/(m²a)
 Space cooling (humid climate): 13 kWh/(m²a)
 Space cooling (dry climate): 11 kWh/(m²a)

Heat pump's performance:

Heating	5.8 kWh/(m ² a)
Cooling DRY	6.0 kWh/(m ² a)
Cooling HUMID	8.2 kWh/(m ² a)

¹⁾ limit values for final energy consumption.

- Leistungen und COP bzw. EER Werte für das JAZ werden ausgewiesen

Performance values of heat pump

Heating

Temperature (°C)		Capacity (kW)			COP		
outside	room	On/OFF	ON/OFF Limit	Max	On/OFF	ON/OFF Limit	Max
-7	20	1.08	2.30	5.48	2.24	2.44	2.18
7	20	1.08	2.30	5.48	2.89	3.15	2.81
2	20	1.01	2.15	5.13	2.44	2.66	2.37

Cooling

Temperature (°C)		Capacity (kW)			EER		
outside	room	On/OFF	ON/OFF Limit	Max	On/OFF	ON/OFF Limit	Max
35	25	0.65	1.44	5.30	2.83	4.58	3.05
30	25	0.66	1.46	5.37	3.14	5.07	3.38
25	25	0.66	1.47	5.39	3.45	5.57	3.71

Fazit – Wärmepumpen 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

Warmwasser – Verbrauch und Nutzerverhalten

Hinweise zur Planung: WW-Bedarf

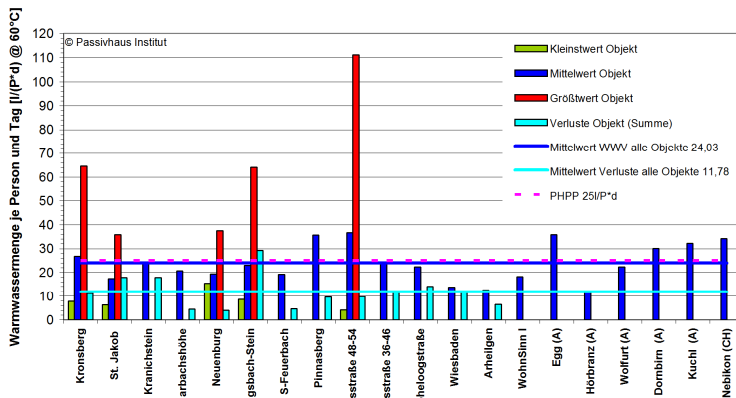
- Ergebnis1: der mittlere typische WW-Bedarf sind 25 L/d/Person (PHPP-Startwert)
- Nebenrechnung erlaubt genauere Abschätzung – und **Optimierung der Planung**
- Sehr kleine WW-Mengen (Bürogebäude) können besser direkt-elektrisch erzeugt werden
- **Display it! – Verbrauchsanzeigen helfen das Bewusstsein für Verbrauch zu schärfen!**

(Spar-) Hinweise zum Nutzerverhalten.... **offensichtlich signifikantes Potenzial....**

- Ergebnis2: spezifischer persönlicher Verbrauch stark unterschiedlich [L/d pro Person]
 1. brauche ich im Moment (z.B. Sommer) tatsächlich warmes/heißes Wasser?
jede WW-Zapfung erzeugt Wärmeverluste
 2. richtig heißes Wasser bei Bedarf im Wasserkocher machen
 3. ist die Spülmaschine wirklich sparsamer? – Teilbeladung vermeiden!
 4. Waschmaschine – Teilbeladung vermeiden!
 5. wie lange muss ich wirklich duschen?
- **Display it! – Verbrauchsanzeigen helfen das Bewusstsein für Verbrauch zu schärfen!**

Warmwasser – Verbrauch und Nutzerverhalten

- Grafik: WW-Verbrauch in 309 Wohnungen in 20 Gebäuden mit **950 Personen**
- Ergebnis1: der mittlere typische WW-Verbrauch sind 25 L/d/Person (PHPP-Startwert)
- Ergebnis2: spezifischer persönlicher Verbrauch stark verschieden [L/d pro Person]
- **Es gibt offensichtlich ein signifikantes Potenzial für (Energie-) Einsparungen durch eine Verringerung des Wasserverbrauchs**



Trinkwasser – Versorgungstechnik

Was passiert mit dem Trinkwasser auf dem Weg zum Verbraucher?

- Wasser wird aus Grundwasser oder Oberflächenwasser (Seen und Flüssen) entnommen (*)
- Wasser wird verarbeitet und gefiltert (*)
- Wasser wird in öffentlichen unterirdischen Behältern gespeichert
- Wasser wird mit Leitungen zu den Gebäuden verteilt
 $T_{\min} = 10\text{ °C (Winter)}, T_{\max} = 15\text{ bis }18\text{ °C (Sommer)}$

Wasser wird weiter zu den Gebäuden geleitet

- Kaltwasserleitungen bis zur Zapfstelle
- Warmwasserbereitung (45 bis) 60 °C im Kessel**
- Speicher für WW 200 bis 300 L pro Wohnung bei (45 bis) 60 °C
- Mischen von WW an den Zapfstellen 35 bis 45 °C (um Nutzer nicht zu verbrühen)

*) eine bestimmte Menge (von Legionellen) ist allgegenwärtig

- **)
- | | |
|--------------|---|
| 20 bis 50 °C | Legionellenwachstum (schnell) |
| > 55 °C | Legionellenwachstum nimmt ab |
| > 60 °C | Kalkablagerungen, CaCO ₃ (Calciumcarbonat) |

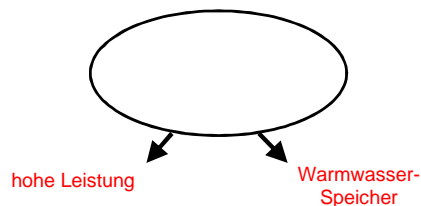
Warmwasserbereitung

Nötige Energie?

- Aufheizen: 1 L von 10 °C auf 11 °C (1 K):
 $Q = 1,16\text{ Wh}$
- Aufheizen: 1 L von 10 °C auf 60 °C (50 K):
 $Q = 58,0\text{ Wh}$
- Aufheizen: Badewanne (150 L) von 10 °C auf 40 °C (30 K):
 $Q = 5,2\text{ kWh}$

Welche Heizleistung ist nötig?

- Füllzeit Badewanne: 15 Minuten $P = 20,8\text{ kW}$
- Duschen: 10 L/min bei 40 °C $P = 20,8\text{ kW}$



Warmwasserbereitung im Vergleich

Dezentral

- Direkte Wasserströmung



Vorteile:

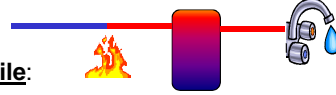
- geringes Wasservolumen
- geringer Platzbedarf
- **niedrige Wärmeverteilverluste**
- Wassersparen

Nachteile:

- hohe Heizleistung erforderlich
- keine solarthermische Unterstützung möglich

Zentral

- Wasserspeicher



Vorteile:

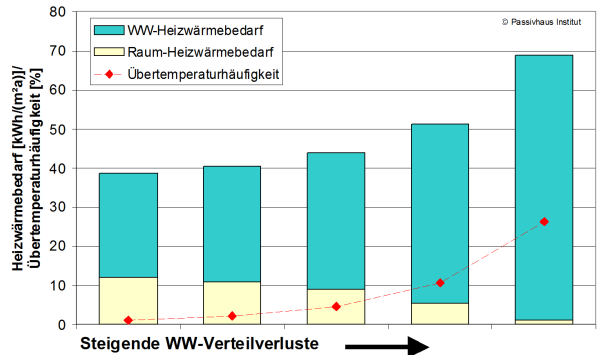
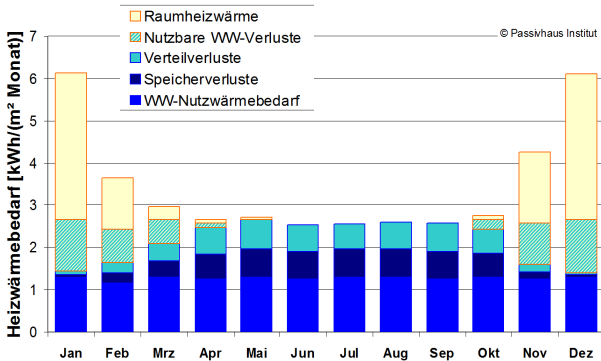
- geringe Leistung benötigt
- **Solarthermische Unterstützung**

Nachteile:

- mehr Platz nötig
- Problematik mit Hygiene
- große Wärmeverteilverluste
- Abwasser

WW-Leitungen immer gut wärmedämmen!

- Wärmeverteilverluste im PHPP auf Monatsbasis bilanziert
- Wärmeverluste sind nur zum Teil nutzbar – zum Heizen im Winter
- **In Klimazonen, in denen Kühlen erforderlich ist, müssen zusätzliche Wärmeverluste doppelt bezahlt werden!**

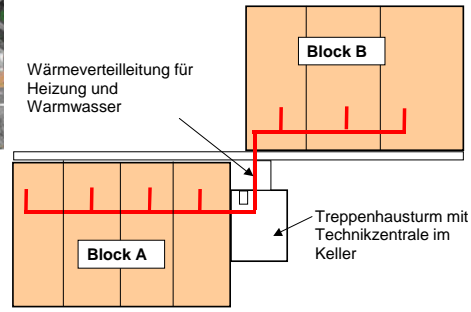
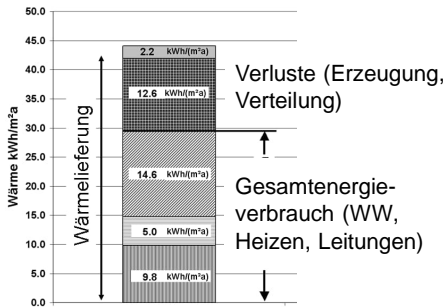


Zentrale WW-Bereitung hat hohe Wärme-Verteilverluste – was tun?



„Wohnen bei St. Jakob“ Frankfurt

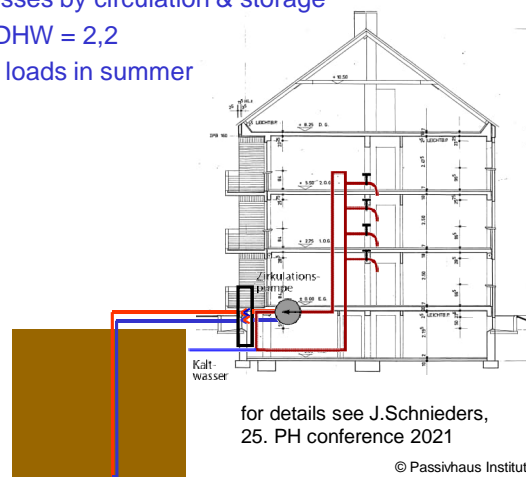
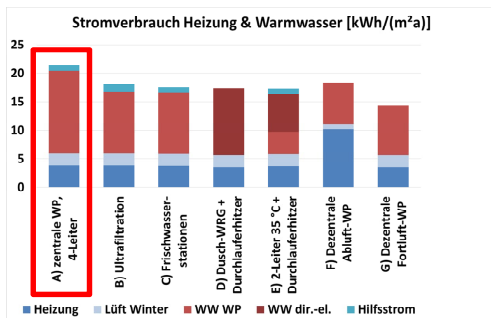
Verteilverluste etwa 50 % bezogen auf Gesamtenergieverbrauch



© Passivhaus Institut

A) Standard-Installation

- 60/55 °C wegen Legionellen-Prophylaxe
- ✓ wenig Technik in den Wohnungen
- ✓ nur eine Wärmepumpe
- ☹ +100% Verluste wegen Zirkulation & Speicher
- ☹ JAZ WW-WP = 2,2
- ☹ hohe Wärmelasten im Sommer
- 60/55 °C for legionella prophylaxis
- ✓ few technical components in the dwellings
- ✓ only one heat pump
- ☹ +100% losses by circulation & storage
- ☹ SPF HP DHW = 2,2
- ☹ high heat loads in summer



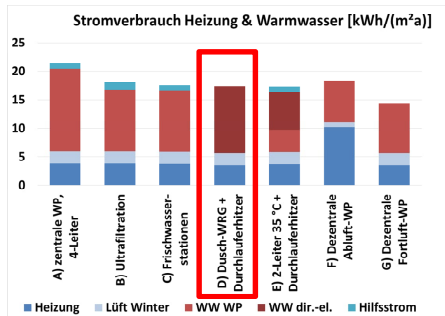
for details see J.Schnieders, 25. PH conference 2021

© Passivhaus Institut

D) Durchlauferhitzer + Duschwasser-WRG

Tankless water heater + DWHR

- ✓ keine Zirkulation, kein Speicher
- ✓ kaum Verteilverluste
- ✓ keine separate Warmwasser-Abrechnung
- ☹ Drehstromanschluss
- ☹ schlechte Stromeffizienz



for details see J.Schnieders, 25. PH conference 2021



- ✓ no circulation, no storage
- ✓ near zero distribution losses
- ✓ no separate DHW billing
- ☹ power current required
- ☹ poor electrical efficiency

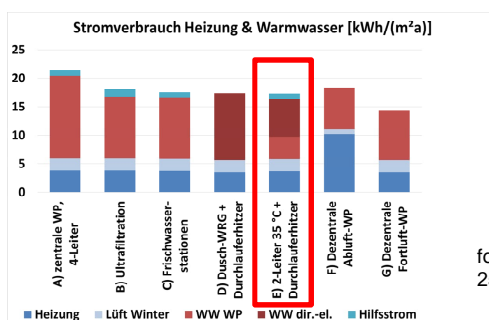
Fotos: Hersteller

E) Zweileiter-System mit WP-Kaskade

2 pipe system with HP cascade

- zentrale WP: 35/28 °C konstant für Heizung und Warmwasser
- gemeinsame Wärmeverteilung für Heizung und Warmwasser
- Wohnungsstationen, Durchlauferhitzer erwärmt Warmwasser weiter
- ✓ weniger Verteilleitungen
- ✓ kaum Verteilverluste
- ✓ JAZ WW-WP 3,5
- ☹ maximaler Technikaufwand

- Central HP: 35/28 °C all year round for heating and hot water
- Common heat distribution for heating and hot water
- Fresh water station, tankless water heater adds to the DHW
- ✓ less distribution pipes
- ✓ near zero distribution losses
- ✓ SPF DHW HP 3,5
- ☹ maximum of technical installations



for details see J.Schnieders, 25. PH conference 2021



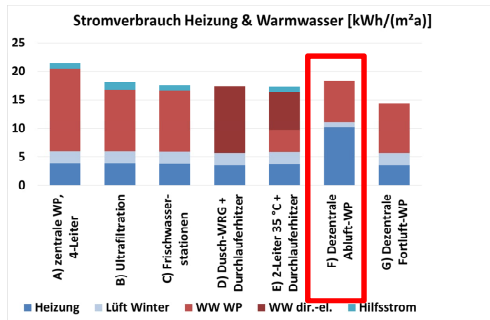
Foto: Hersteller

G) Fortluftwärmepumpe dezentral

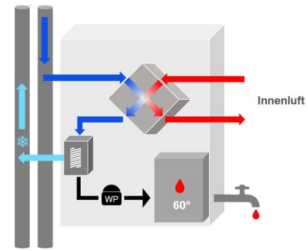
- JAZ WW-WP 2,1
- ✓ Vorteile der Lüftungs-WRG
- ☹️ dezentraler Speicher (ErP-Klasse B)

Exhaust Air HP

- SFP DHW HP 2.1
- ✓ advantages of MVHR
- ☹️ decentral storage (ErP class B)



SWISS+FRAME
bathroom solutions



Grafik: Hersteller

for details see J.Schnieders, 25. PH conference 2021

B) Ultrafiltration

- 50/45 °C möglich
- Stromverbrauch 2 W pro WE
- Kosten: 85 € pro WE pro Jahr incl. zusätzlicher Beprobung, Wartung etc.
- ✓ geringere Wärmeverluste
- ☹️ noch nicht vollständig anerkannt

Ultrafiltration

- 50/45 °C achievable
- Electricity consumption 2 W per Dwelling Unit
- Cost: 85 € per DU per year incl. additional testing, maintenance etc.
- ✓ smaller heat losses
- ☹️ not fully accepted yet

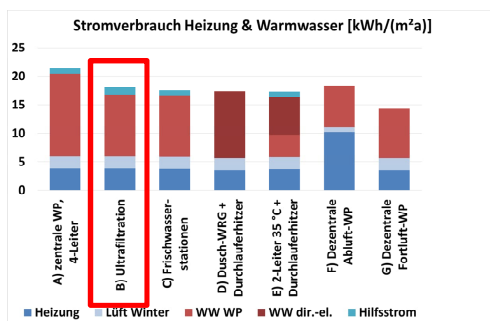


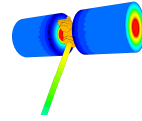
Foto: Solvis

for details see J.Schnieders, 25. PH conference 2021

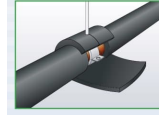
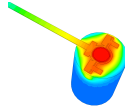
WW-Leitungen gut wärmedämmen!

Beispiel: 20 mm Rohr mit Dämmung 1*DN

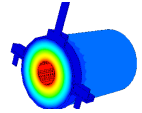
- Ganz schlecht: Befestigung bleibt ungedämmt
 $\chi = 0,06 \text{ W/K}$



- Besser: **(JETZT!)** Fixierung gedämmt
 $\chi = 0,03 \text{ W/K}$



- Am besten: Fixierung außerhalb des Dämmstoffs
 $\chi = 0,005 \text{ W/K}$, **keine Wärmebrücke mehr!**



- **Wirtschaftlichkeit: Invest- / Verlustkosten** – dieses Teil darf 5 €/ Stück kosten!
- **Beachte bei Gebäuden mit Kühlung:**
zusätzliche Wärmeverluste müssen doppelt bezahlt werden.

Der Heizraum muss nicht 'geheizt' werden(?) Praktische Umsetzung

- Dämmung von Wärmeverteilrohren ist entscheidend
- Ohne Wärmedämmung sind die Wärmeverluste groß





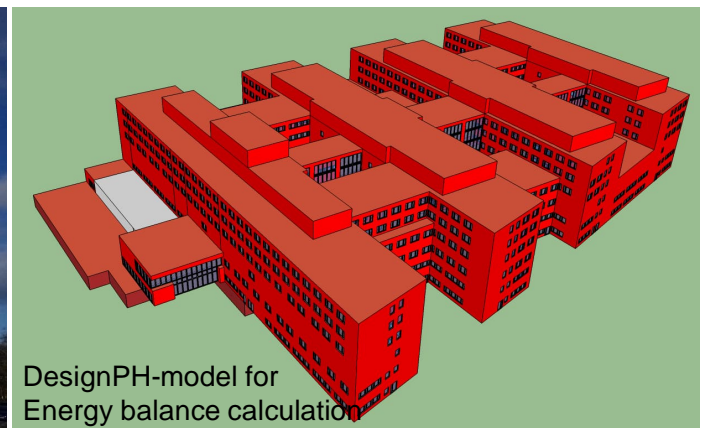
www.passivhausprojekte.de
ID 4200



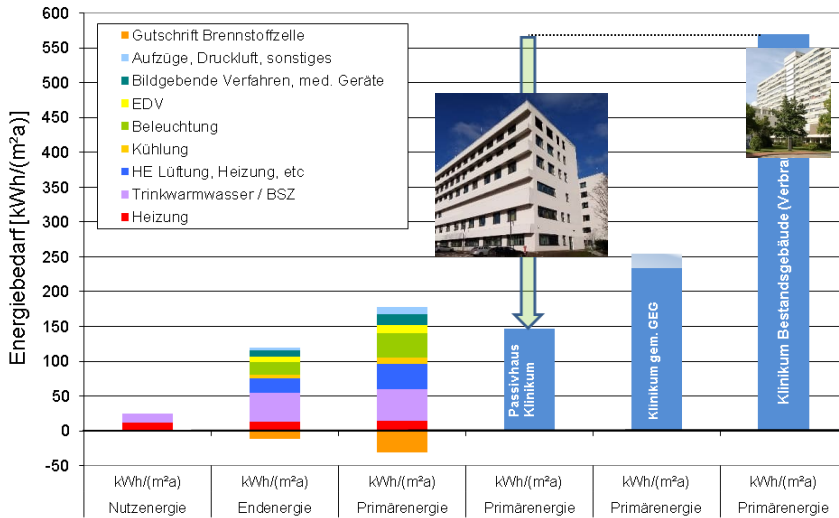
Das Krankenhaus Frankfurt Höchst ist ein Passivhaus Pilot-Projekt!

... das Planungsteam hat die Herausforderung angenommen zur Pilot-Zertifizierung ...

- DesignPH und Energiebilanzberechnung (PHPP)
- wird im Rahmen des Monitoring aktualisiert



Klinikum Frankfurt Höchst als Passivhaus – berechneter Energiebedarf



Neubau als Passivhaus
Primärenergie im Vergleich
zum Krankenhaus-Altbau

Berechneter Energiebedarf aller Energieanwendungen mit [PHPP] für Ersatzneubau, vorläufige Ergebnisse.
 Tatsächliche Verbrauchswerte des Bestandsgebäude des Klinikums.

Fazit... wir schaffen das.....

- kurzfristig (JETZT!)
- mittelfristig – gute Planungskonzepte helfen den Baufamilien zu guten Entscheidungen
- langfristig – gute Perspektiven geben Zuversicht für die Zukunft

Vielen Dank....

Sie erreichen mich unter
berthold.kaufmann@passiv.de

weitere Informationen finden Sie hier:

- **www.passiv.de**
- **www.passipedia.org**
- **www.passivehouse-international.org**

Vielen Dank....

weitere Informationen finden Sie hier

- **www.passiv.de**
- **www.passipedia.org**
- **www.passivehouse-international.org**

Alle Rechte vorbehalten. Diese Präsentation, einschließlich aller ihrer Teile, sowie alle darin enthaltenen Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrecht zu gelassen ist, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Passivhaus Instituts (PHI). Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Speicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen sowie für das Recht der öffentlichen Zugänglichkeit. Kein Teil dieser Präsentation darf in irgendeiner Form (durch Photokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne vorherige schriftliche Zustimmung des PHI reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Geschützte Warennamen (Warenzeichen) werden nicht besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann also nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handelt. Alle Abbildungen, einschließlich aber nicht beschränkt auf Fotografien, Grafen, Diagramme, grafische oder schematische Darstellungen, unterliegen dem Urheberrecht (unabhängig davon, ob dies durch Angabe des ©-Zeichens gekennzeichnet ist).