

Handwerkskammer zu Leipzig Umwelt- und Transferzentrum

Haus des Handwerks; Dresdner Straße 11/13; 04103 Leipzig

Workshop B - Anlagentechnik „Heizsysteme im Passivhaus “

Referent: Uwe Kluge

03. Februar 2011



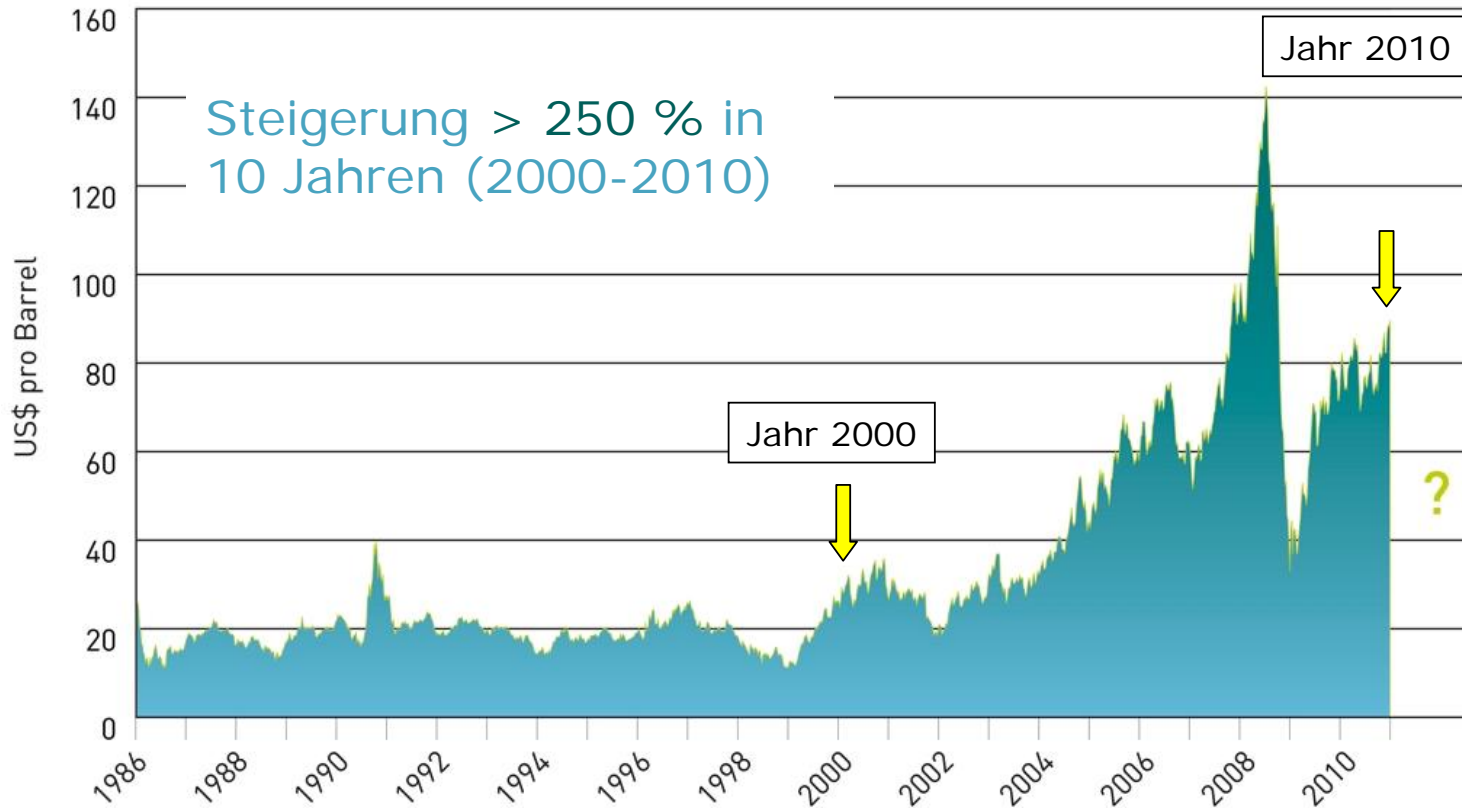
Problemstellung

- ⇒ Bewältigung der Konsequenzen des anthropogenen Klimawandels
- ⇒ ständig steigende Energiekosten in Kombination mit begrenzten Mitteln
- ⇒ Anforderungen aus den gesetzlichen Rahmenbedingungen (ENEV, EEWaermeG, etc.)
- ⇒ Steigender Kältebedarf im Gebäudebereich in den nächsten Jahren.

Quo vadis?

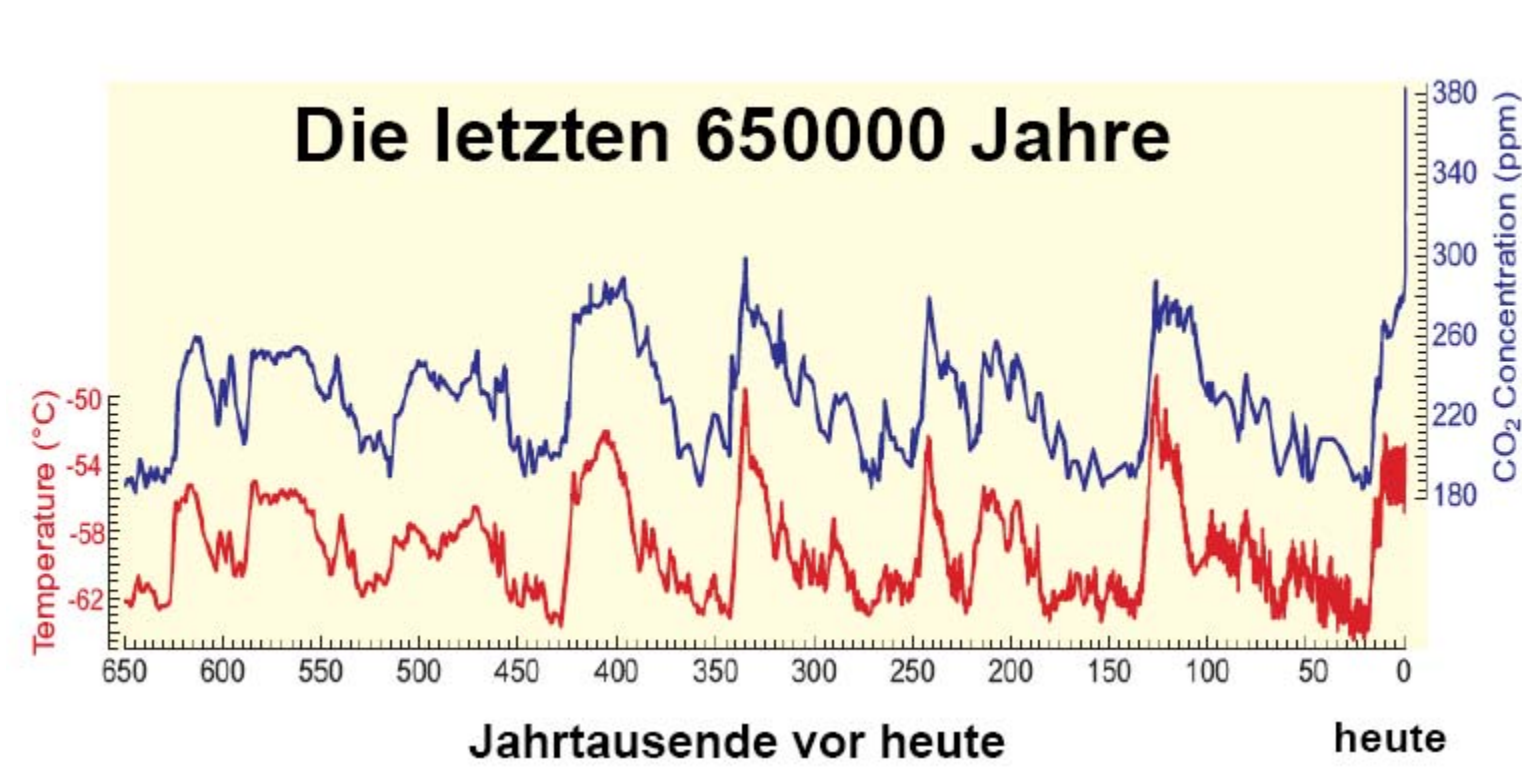


Ölpreisentwicklung seit 1986



Crushing, OK WTI Spot Price FOB (US\$ pro Barrel)
Quelle: Energy Information Administration (EIA)

Temperaturanstiege gab es schon früher,
doch der aktuelle CO₂-Anstieg ist ungewöhnlich



Quelle: IFM Geomar

Hauptursache: Nutzung fossiler Energieträger

Agenda

1. Passivhaus – Definition aus versorgungstechnischer Sicht

- ⇒ allgemeine Grundlagen
- ⇒ Rahmenbedingungen und Konsequenzen

2. Passivhaus - Stand der Technik

- ⇒ bauliche Hülle
- ⇒ Anlagentechnik

3. Konsequenzen für Planung und Ausführung

Rahmenbedingungen für die Anlagentechnik:

maximale Heizwärmelast $< 10 \text{ W/ m}^2$

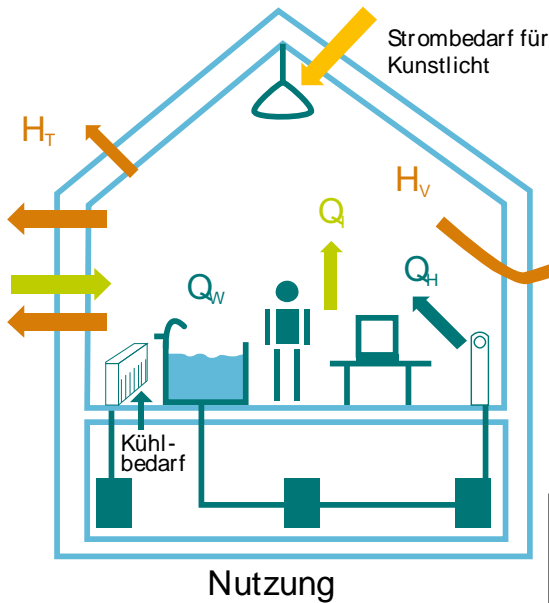
Jahresheizwärmebedarf $< 15 \text{ kWh/ m}^2\text{a}$

Primärenergiebedarf $< 120 \text{ kWh/ (m}^2\text{a)}$

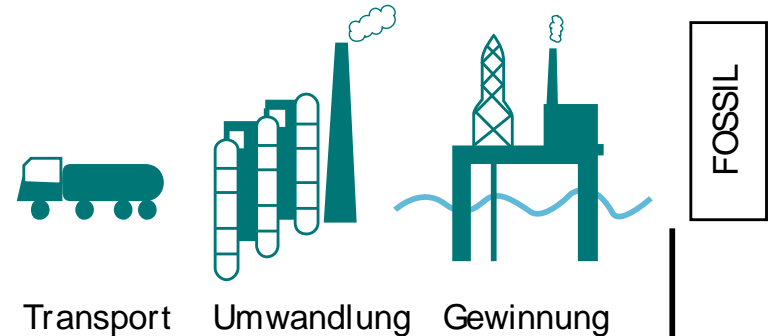
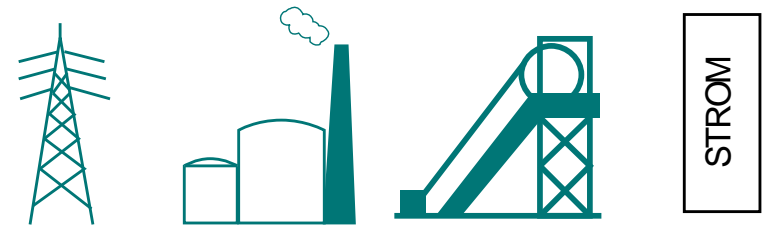
Zu- / Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung:

Wärmebereitstellungsgrad: $> 75\%$

Stromeffizienz: $p_{el} < 0,45 \text{ Wh/ m}^3$



Endenergie ←



Primärenergie ←

Statistik zum Passivhaus

- Das erste Passivhaus in Deutschland wurde 1991 in Darmstadt-Kranichstein von Dr. Wolfgang Feist gebaut.
- Der Heizenergieverbrauch der vier Reiheneinheiten beträgt durchschnittlich 10 kWh/m²a und ist seitdem konstant geblieben.



Südansicht im Frühling

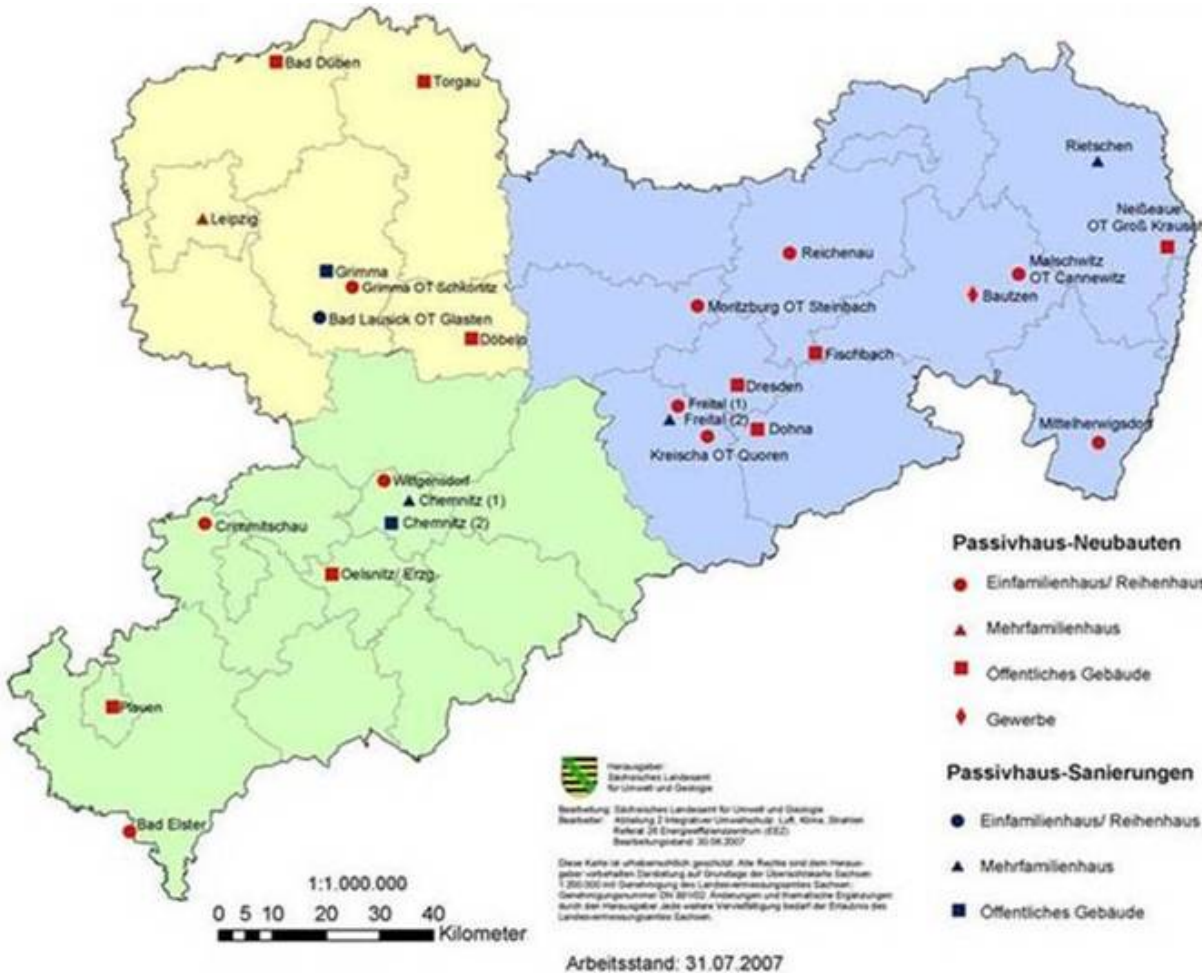
Bei -10 Grad C Außentemperatur muss immer noch keine Heizung eingeschaltet werden.



Nordansicht im Sommer

Bei Außentemperaturen von 35 Grad C lag im Sommer die Innentemperatur selbst im Dachgeschoß nie über 26 Grad C!

Passivhausstandorte des „Innovations- und Praxisverbundes Sachsen“



Sporthaus Timm in Bautzen

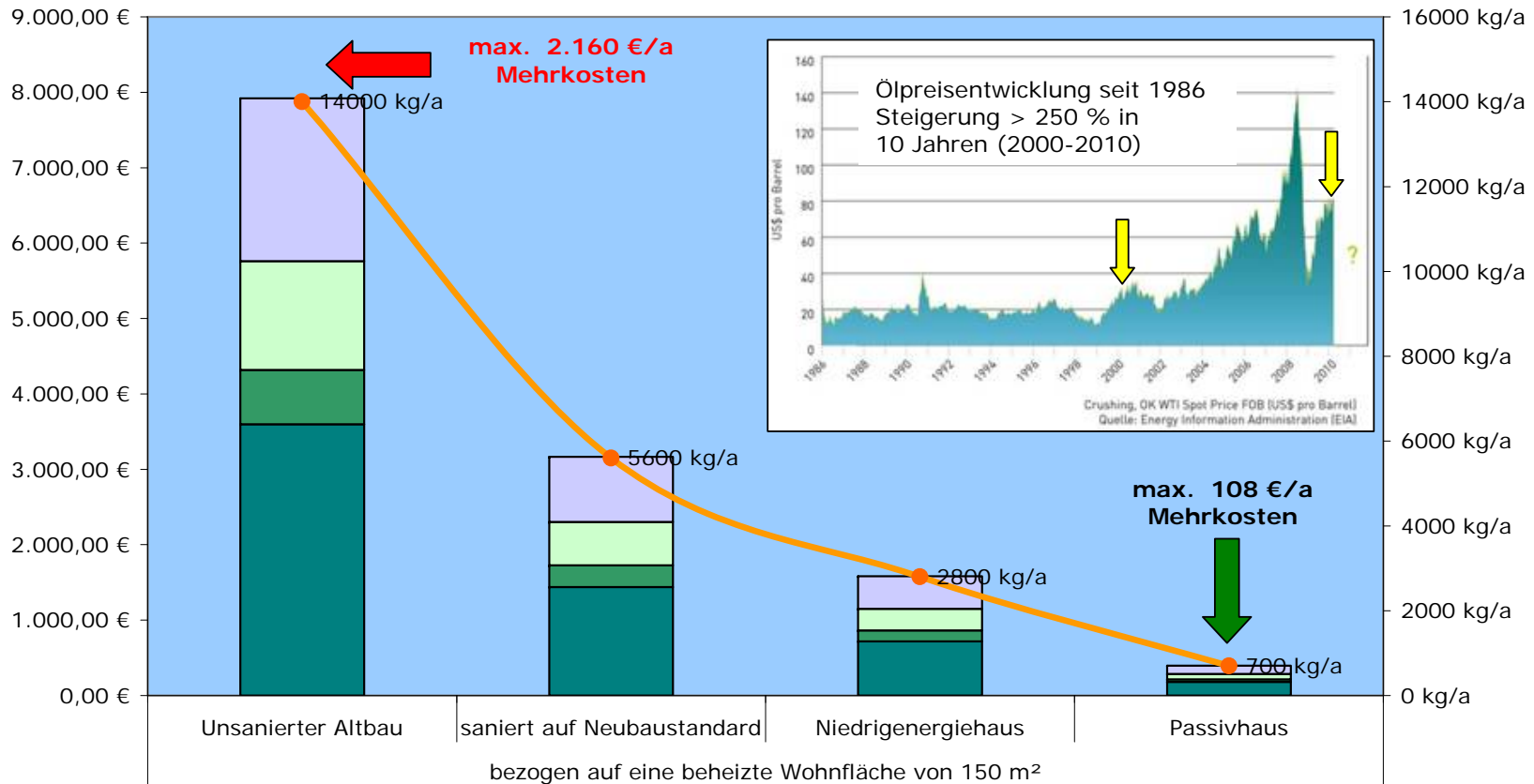


Sanierung Weisse Villa Poberschau



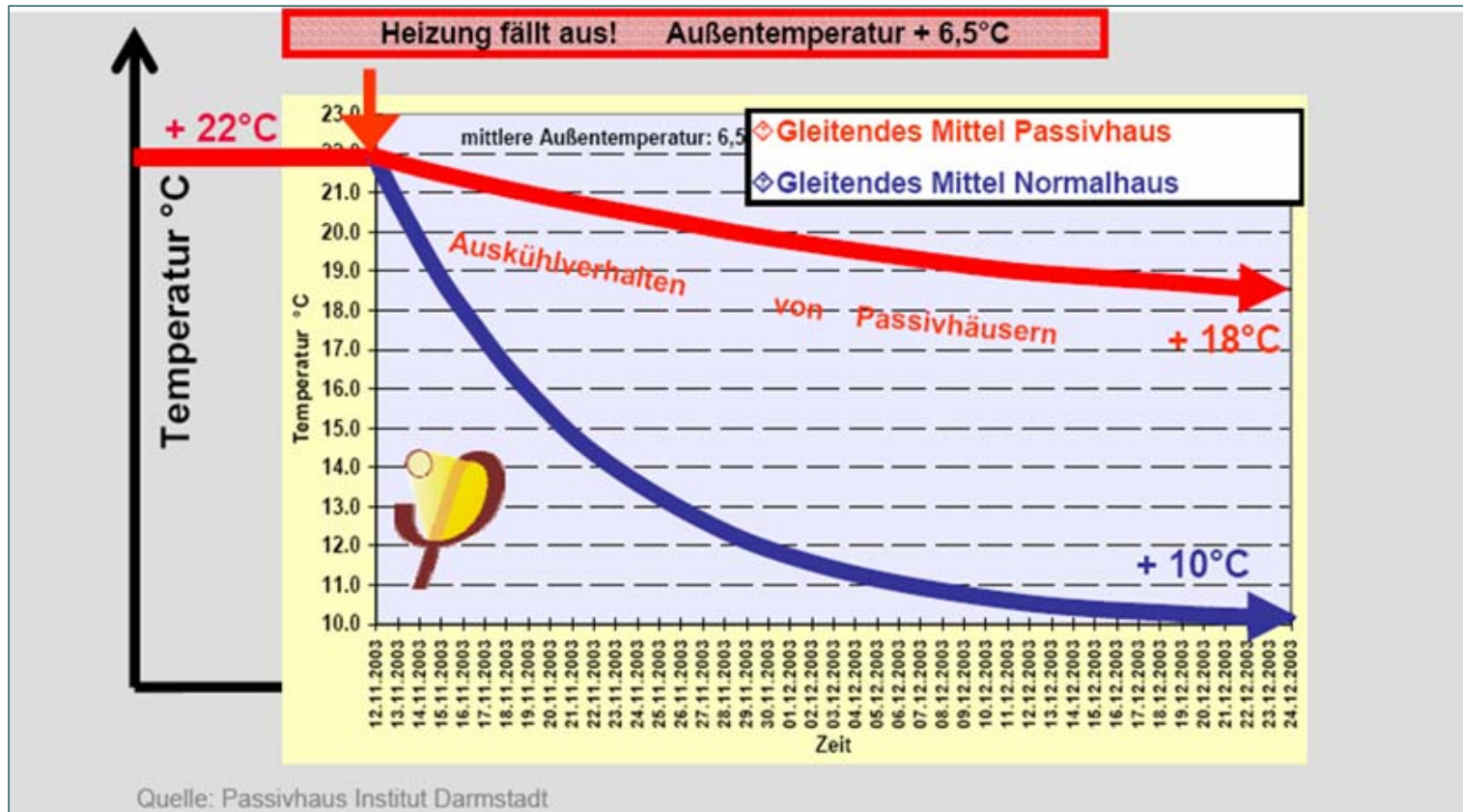
Kindergarten in Döbeln

Heizwärmeverbräuche und Heizkosten in Passivhäusern im Vergleich



■ Heizkosten
 ■ Preiserhöhung (20%) abs
 ■ Preiserhöhung (40%) abs
 ■ Preiserhöhung (60%) abs
 ● CO2-Ausstoß

Gebäudetemperatur bei Ausfall der Heizung



Agenda

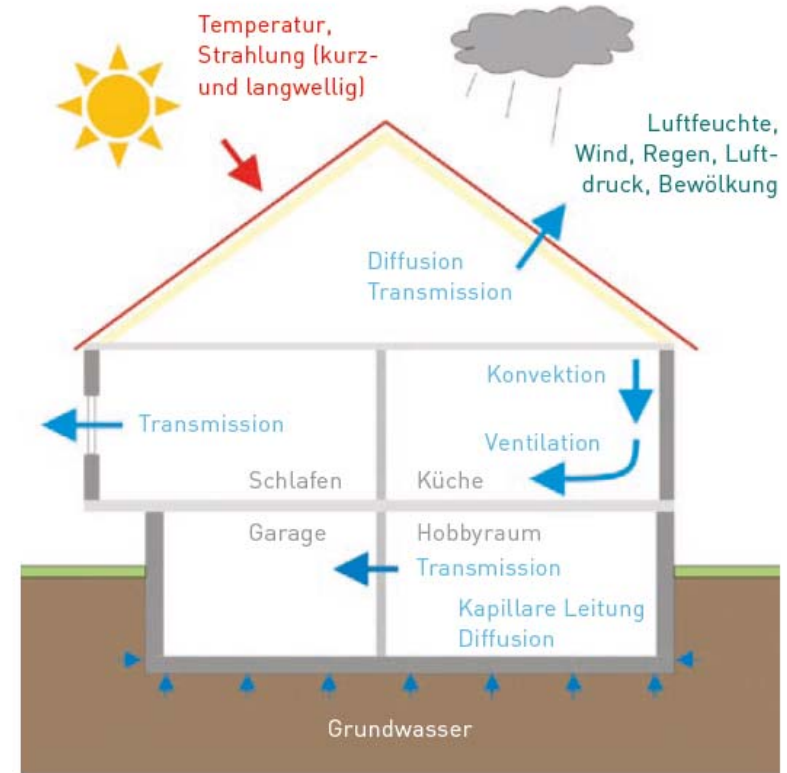
1. Passivhaus – Definition aus versorgungstechnischer Sicht
 - ⇒ allgemeine Grundlagen
 - ⇒ Rahmenbedingungen und Konsequenzen
2. **Passivhaus - Stand der Technik**
 - ⇒ **bauliche Hülle**
 - ⇒ Anlagentechnik
3. Konsequenzen für Planung und Ausführung

Bauphysikalische Anforderungen an Dämmmaßnahmen

- winterlicher Wärmeschutz
- Feuchteschutz
- sommerlicher Wärmeschutz
- Schallschutz
- Brandschutz

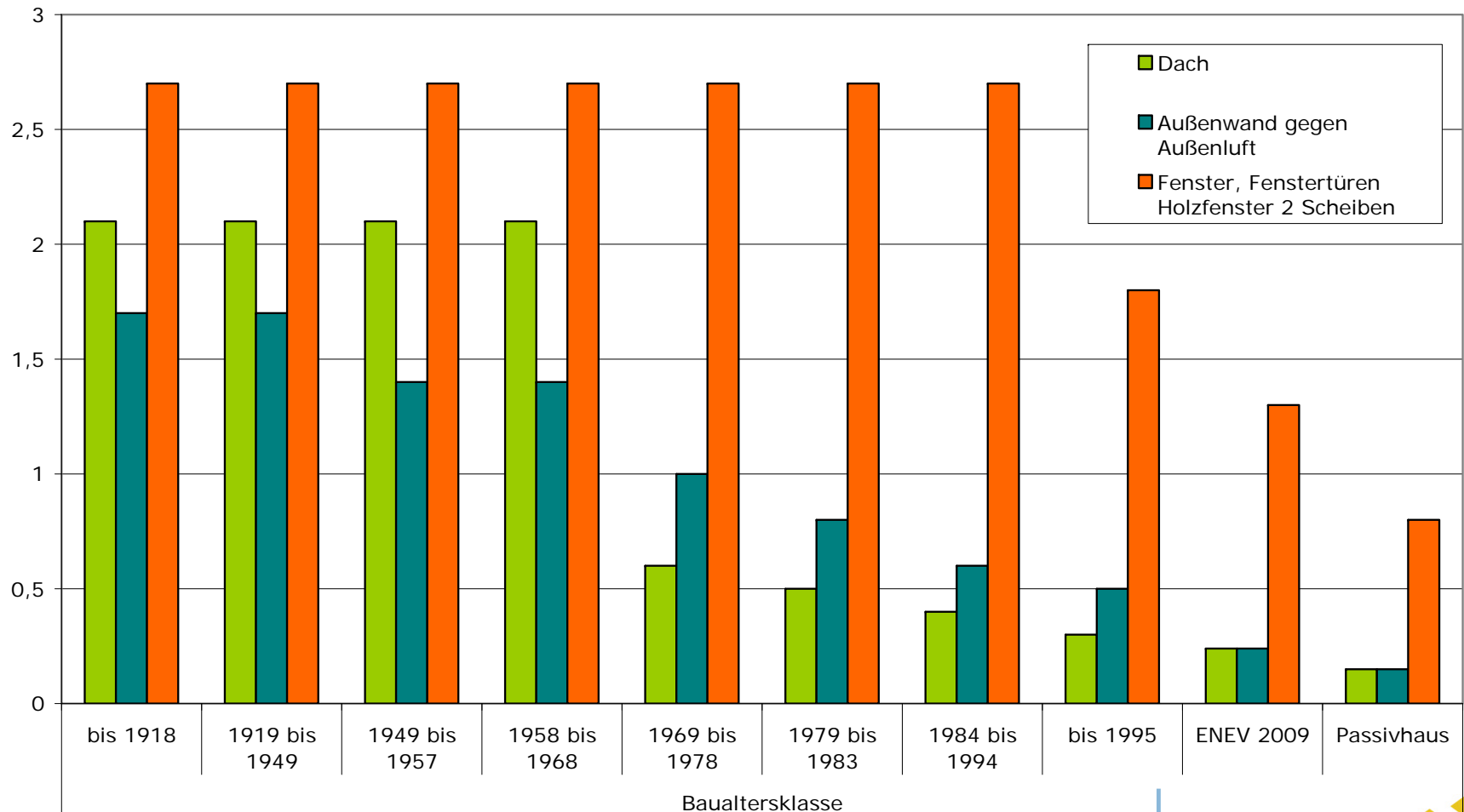


Feuchteschäden im Sockelbereich durch Kondensatbildung

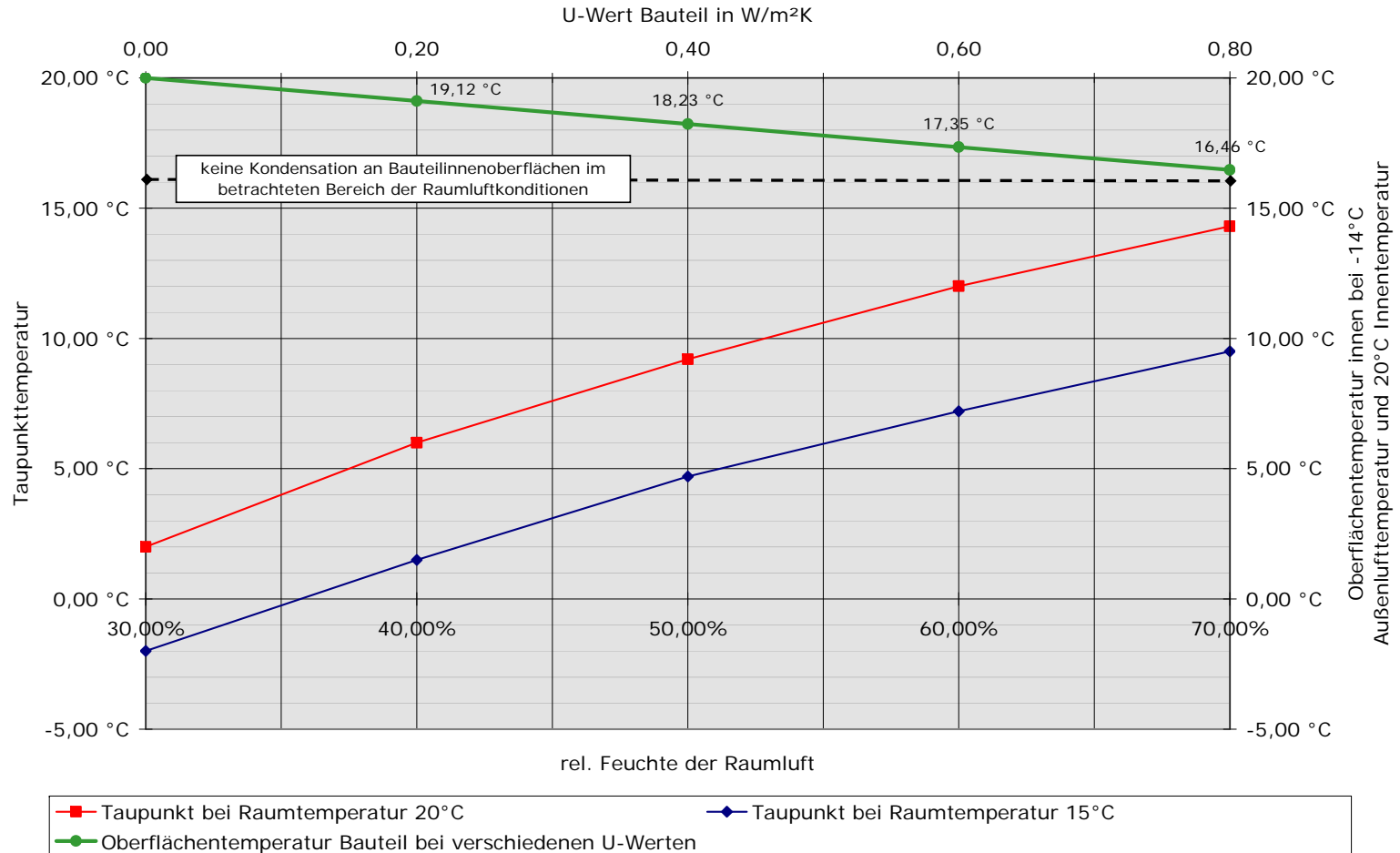


Interaktion Bauwerk und Umgebung

Entwicklung der u-Werte von Außenbauteilen



Kondensationskriterien bei Außenbauteilen im PH-Standard

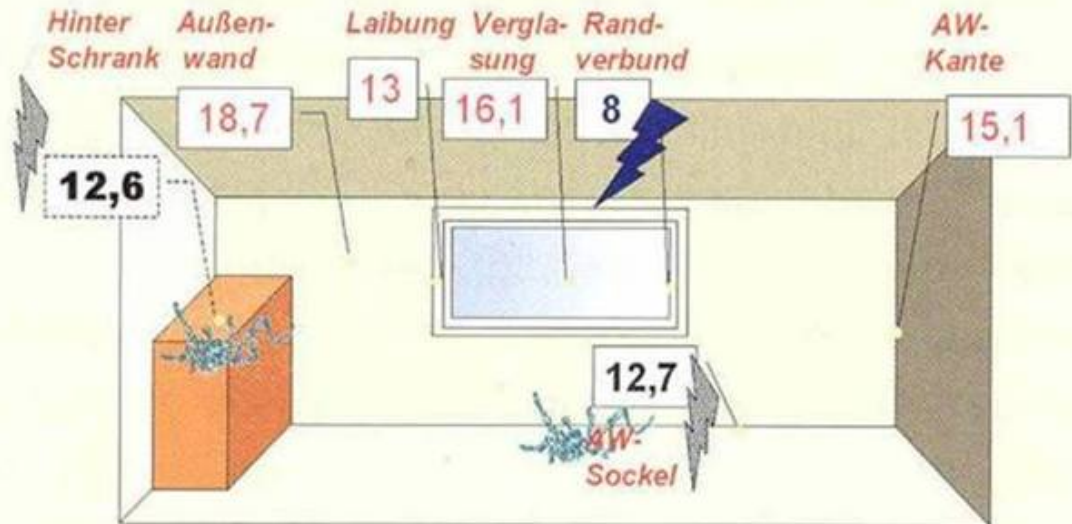


Und wie ist es mit dem Schimmel ?



Altbau-Bauteile konventionell gedämmt (60 mm) neues Fenster, Rahmen überdämmt

Randbedingungen: -5°C; 20°C



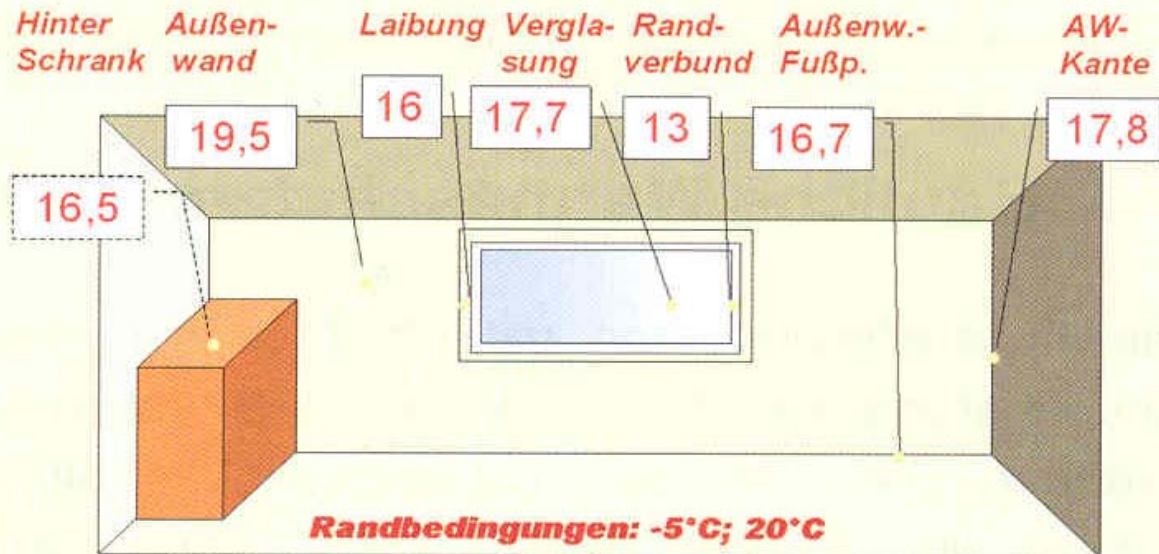
**deutliche Verbesserung: relevante Oberfl.-Temp. um 12°C
hinter Möbeln und am Sockel: nach wie vor Probleme
relative Luftfeuchte im Raum müßte dauerhaft < 45% sein**

Quelle: Reitsport Großziethen

Besser sicher Dämmen



Altbau-Bauteile PH-gedämmt (200 mm), neues PH-Fenster



Dann verschwindet
auch der Schimmel !

Relevante Oberfl.-Temp. > 16°C: $\phi < 62\%$.
Auch kein Problem bei Schrank in der Kante

Qualitätssicherung durch Blower – Door - Test

Mit dem Differenzdruck-Messverfahren „Blower-Door-Test“ wird die Luftdichtheit eines Gebäudes gemessen.

Das Verfahren dient dazu, Leckagen in der Gebäudehülle aufzuspüren und die Luftwechselrate zu bestimmen.

Die Stärke des Ventilators wird so eingestellt, dass zum Umgebungsdruck eine Druckdifferenz von 50 Pa entsteht.



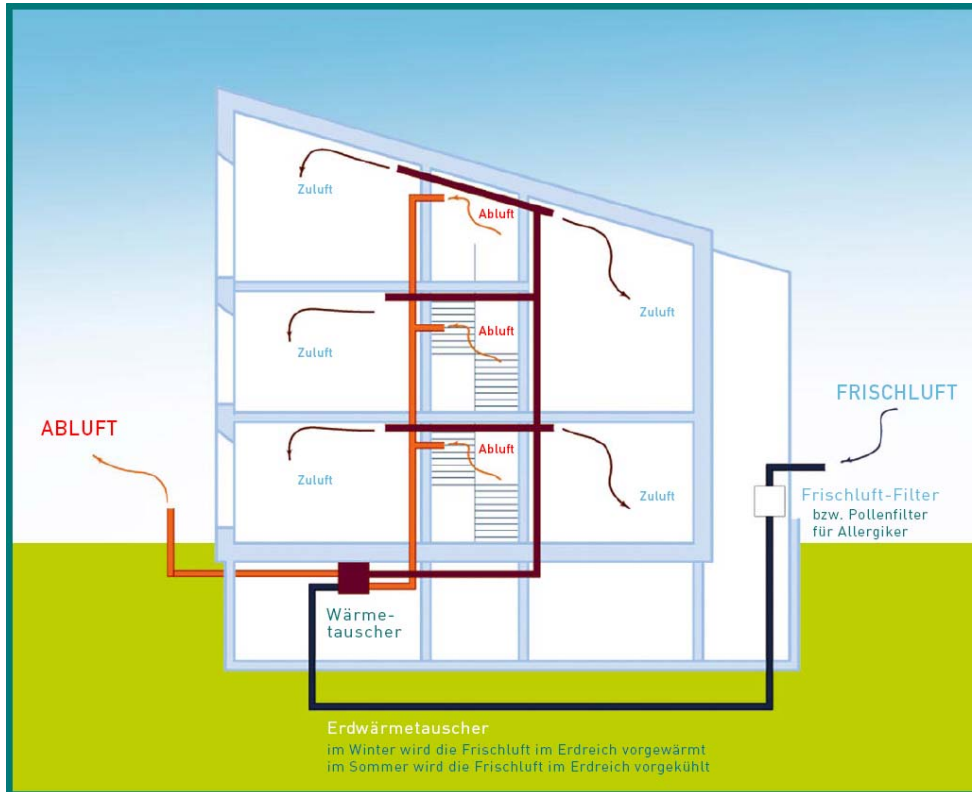
Theaternebel macht Lücken sichtbar !



Agenda

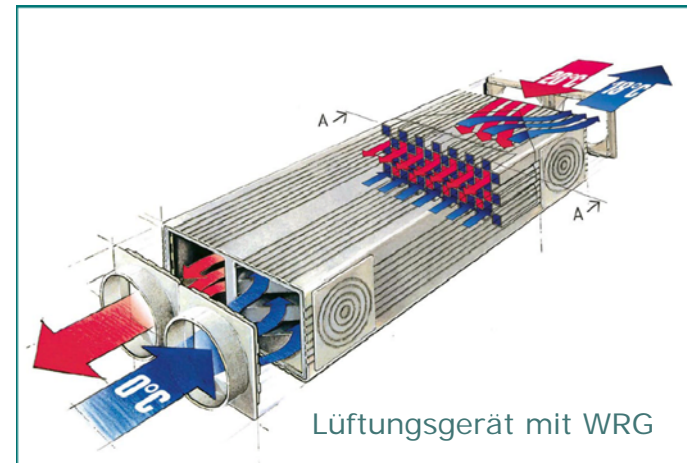
1. Passivhaus – Definition aus versorgungstechnischer Sicht
 - ⇒ allgemeine Grundlagen
 - ⇒ Rahmenbedingungen und Konsequenzen
2. Passivhaus - Stand der Technik
 - ⇒ bauliche Hülle
 - ⇒ **Anlagentechnik**
3. Konsequenzen für Planung und Ausführung

Lüftungstechnik

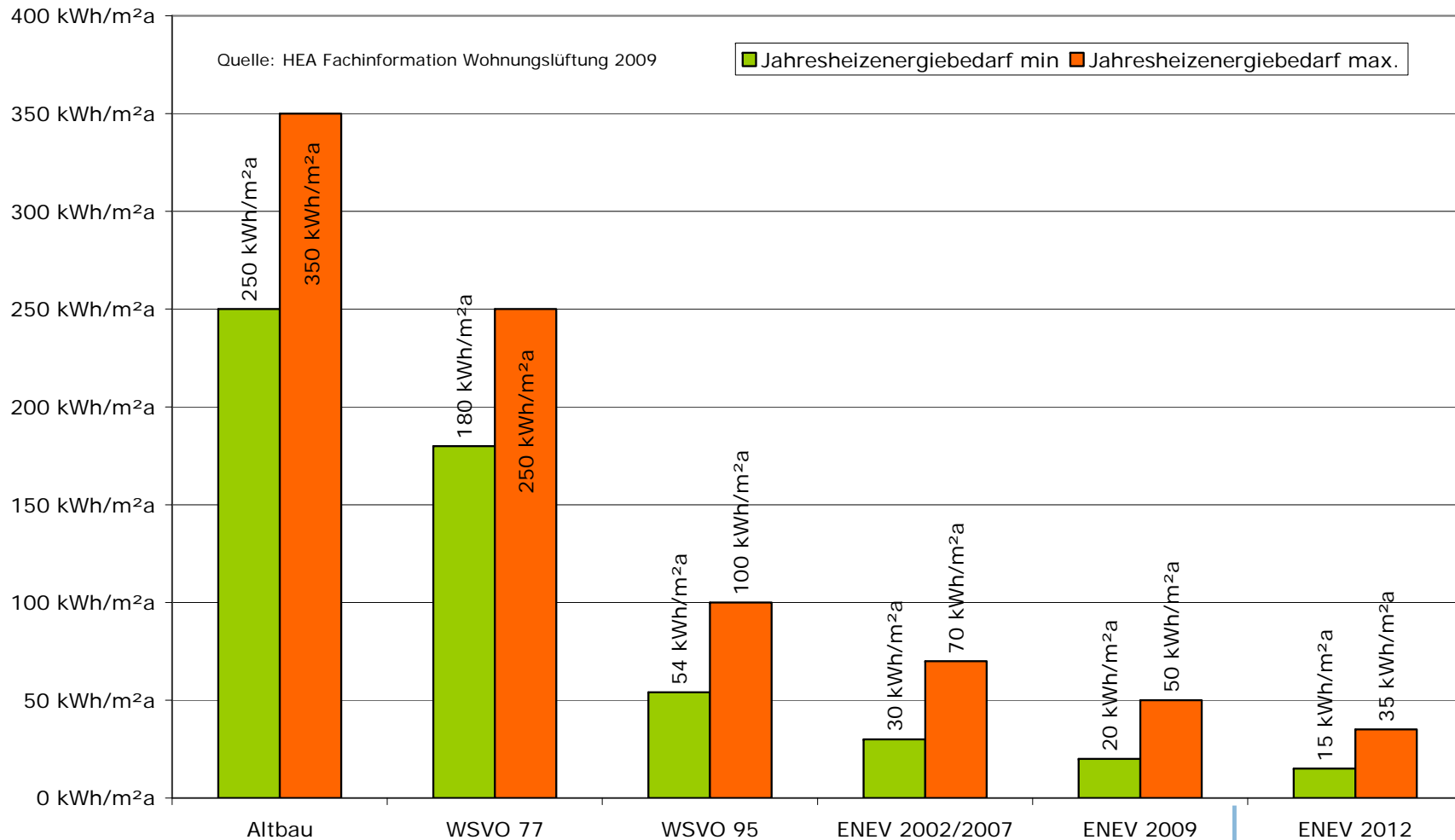


Notwendigkeit einer mechanischen Lüftung

- ⇒ ausreichende Luftversorgung (CO₂, VOC)
- ⇒ Feuchteabtransport (im wohn- und wohnähnlichen Bereich)
- ⇒ Nutzung der freien Kühlung im Sommer

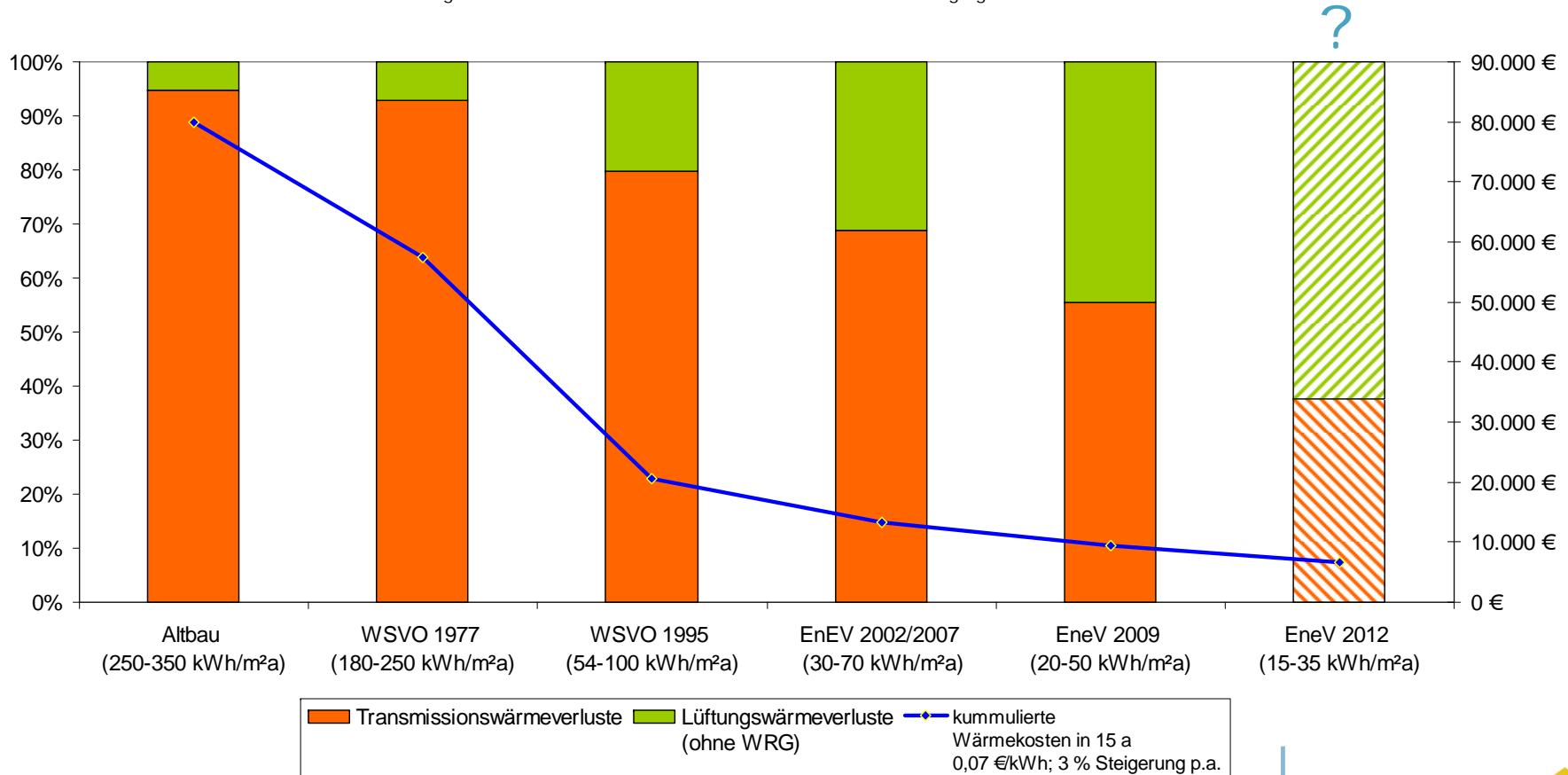


Entwicklung des Heizenergiebedarfs von Neubauten

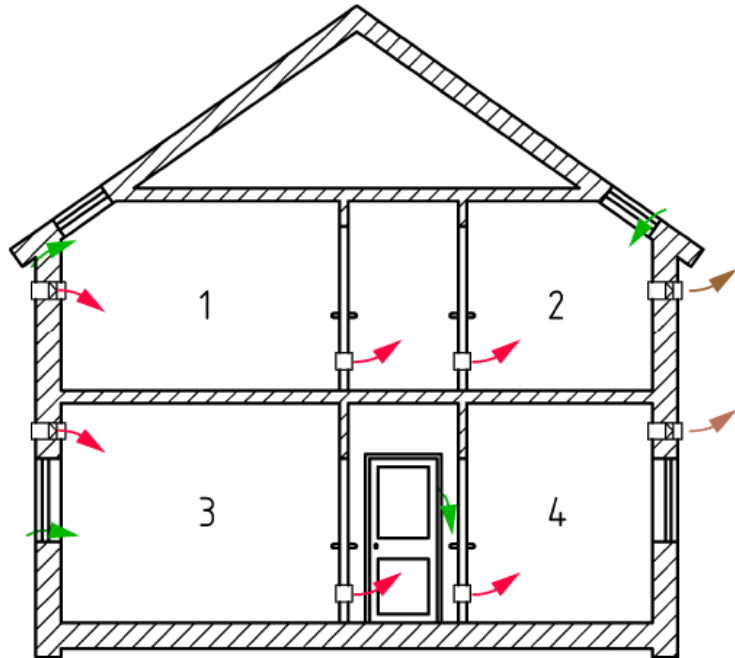


Anteil der Lüftung am Gebäudewärmeverlust

Verhältnis Transmissions-/ Lüftungswärmeverlust in Abhängigkeit vom energetischen Standard
bezogen auf 110 m² beheizte Fläche und 135 m³/h Nennluftmenge gemäß DIN 1946T6



Entwicklung der Wohnraumlüftung (Quelle: DIN 1946 T6)

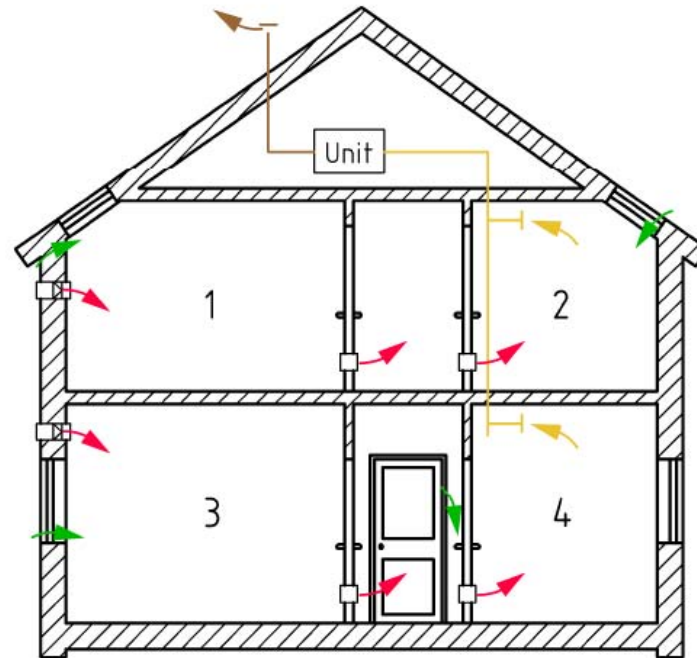


Legende

- 1 Schlafen
- 2 Bad
- 3 Wohnen
- 4 Küche

techn. Standard
WSCHV 1995

Bild A.2 — Freie Lüftung, Querlüftung



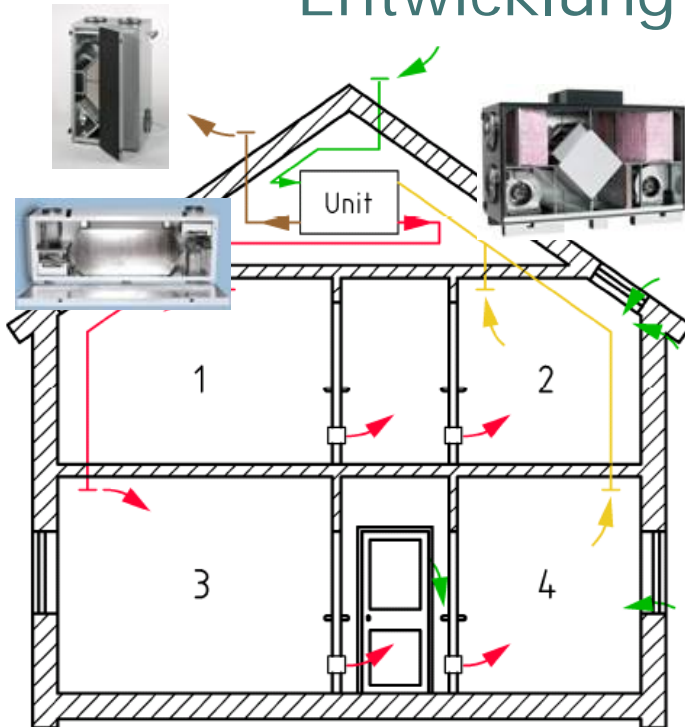
Legende

- 1 Schlafen
- 2 Bad
- 3 Wohnen
- 4 Küche

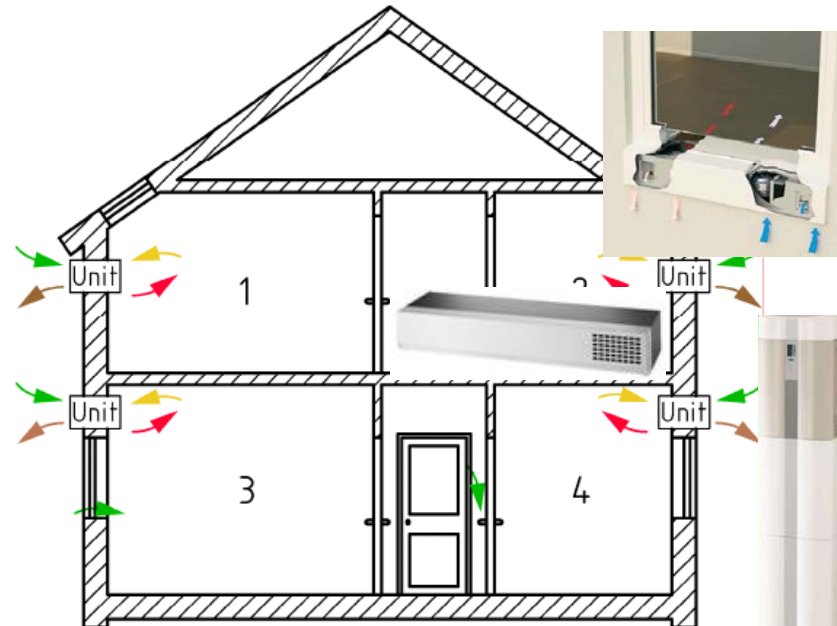
Referenztechnik
ENEV 2009

Bild A.5 — Abluftsystem, Zentralventilator-Lüftungsanlage mit ALD, im EFH

Entwicklung der Wohnraumlüftung (Quelle: DIN 1946 T6)



- Legende**
- 1 Schlafen
 - 2 Bad
 - 3 Wohnen
 - 4 Küche
- Stand der Technik
Zentralanlage**



- Legende**
- 1 Schlafen
 - 2 Bad
 - 3 Wohnen
 - 4 Küche
- Stand der Technik
dezentrale Versorgung**

**Bild A.10 — Zu-/Abluftsystem, Wohnungs-
Lüftungsgerät, im EFH**

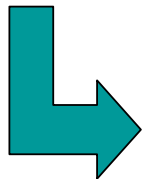
**Bild A.14 — Zu-/Abluftsystem, Einzelraum-
Lüftungsgerät, in einem Raum**

Definition gemäß Passivhaus Institut :

"Ein Passivhaus ist ein Gebäude, in welchem die thermische Behaglichkeit (ISO 7730) allein durch Nachheizen oder Nachkühlen des Frischluftvolumenstroms, der für ausreichende Luftqualität (DIN 1946) erforderlich ist, gewährleistet werden kann - ohne dazu zusätzlich Umluft zu verwenden."



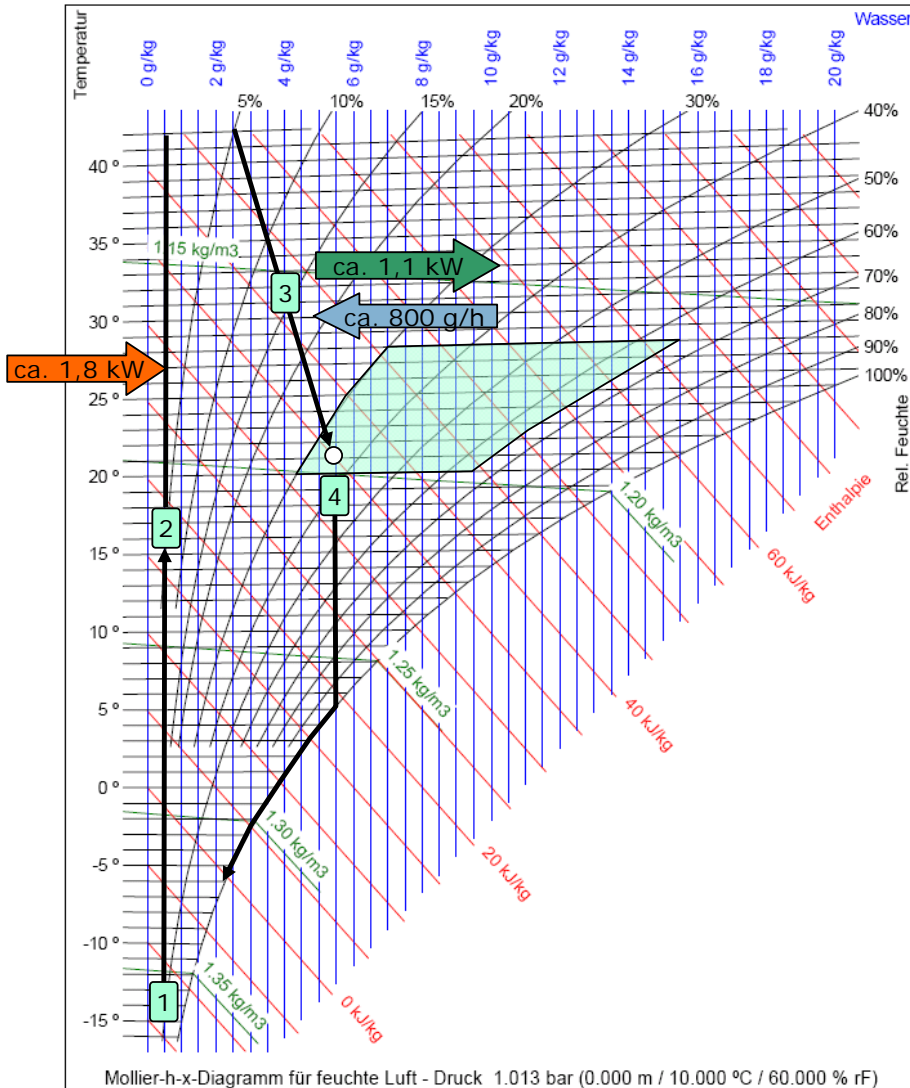
Hinweis : Die Zuluft darf dabei nicht über 52°C aufgeheizt werden da es sonst zu einer Geruchsbelästigung durch Staubverschmelzung kommen kann.



Aber kein Dogma !

Jahresheizwärmeverbrauch und Heizlast

1. Wie groß ist die Gesamtheizlast ?
 - ⇒ ist die Gesamtheizlast größer als die mit der Lüftungsanlage transportierbare Wärmeleistung sind zusätzliche Heizsysteme erforderlich
2. Kann die nötige Heizleistung über die Zuluft transportiert werden ?
 - ⇒ max. 10 W/m² sind über Luftheizung abdeckbar
 - ⇒ hierzu gehöriger Luftwechsel 0,3 bis 0,4 1/h
 - ⇒ bei größeren Luftwechselzahlen Probleme mit der Luftfeuchte
 - ⇒ Empfehlung ! Auslegung personenbezogen 30 m³/h x Person



Beispiel: Lüftungsanlage mit WRG

Luftmenge:	120 m ³ /h
Zulufttemperatur:	52 °C
Raumluftzustand:	21 °C; 35% r.F
Außenluftzustand:	-14 °C; 50 % r.F.
Wärmerück- gewinnungsgrad:	85 %
Personenzahl:	4
Beheizte Fläche:	120 m ²



Behaglichkeitsgrenzen gemäß DIN 1946 Teil 2:

- 20°C-27°C;
- 30% -65 % r.F.
- 11,5 g/kg abs. Feuchte

geschichtliche Entwicklung von Heizsystemen

historischer Kachelofen
18. Jahrhundert



gusseiserner Ofen
2009



Grundofen
2009



Dauerbrandofen
um 1980



Scheitholzofen
2009



Ofen mit
Wassertasche 2009



Biomasse Heizungen für Passivhäuser



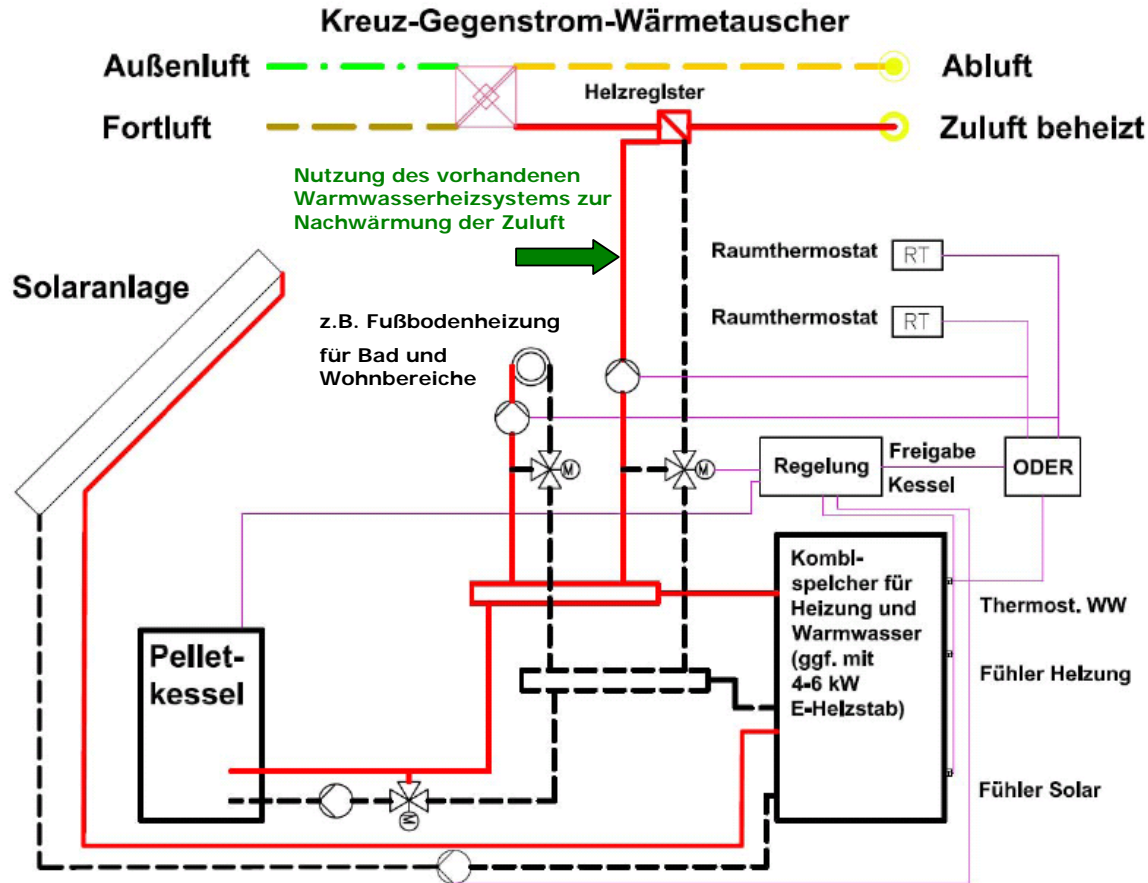
Bsp.: Holzvergaser; Quelle
Buderus



Bsp.: gesetzter Lehmofen

- externe Verbrennungsluftzufuhr zwingend erforderlich
- möglichst dichte Ausführung des Verbrennungsraumes und der Abgasanlage
- In Verbindung mit einer Wohnraumlüftungsanlage sollte ein Unterdruckwächter grundsätzlich eingesetzt werden
- Nutzung thermischer Speicher
- parallele Installation einer solarthermischen Anlage zur Warmwasserbereitung um Kesselanlage im Sommer nicht nutzen zu müssen

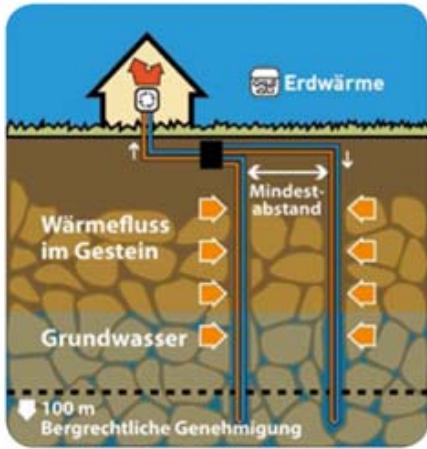
Biomasse Heizungen für Passivhäuser



- Kesselanforderung entweder über Raumthermostat oder Warmwasserbereitung
- Die Mindestlaufzeiten eines Pelletkessels sind nach Herstellerangaben einzuhalten.
- Bei kleinen Wasserinhalten des Wärmetauschers reichen Zeiten ab ca. 30 min.
- Frostschutzschaltungen sind im Passivhaus nicht nötig.
- Ein gut schichtender Pufferspeicher kann die Zahl der Anforderungen reduzieren.

Mögliches Anlagenschema für Holz- oder Holzpelletsheizungen.; Quelle Prof. Dr. rer. nat. Harald Krause – Hochschule Rosenheim

Möglichkeiten zur Nutzung von Umweltwärme



System mit Bohrsonden



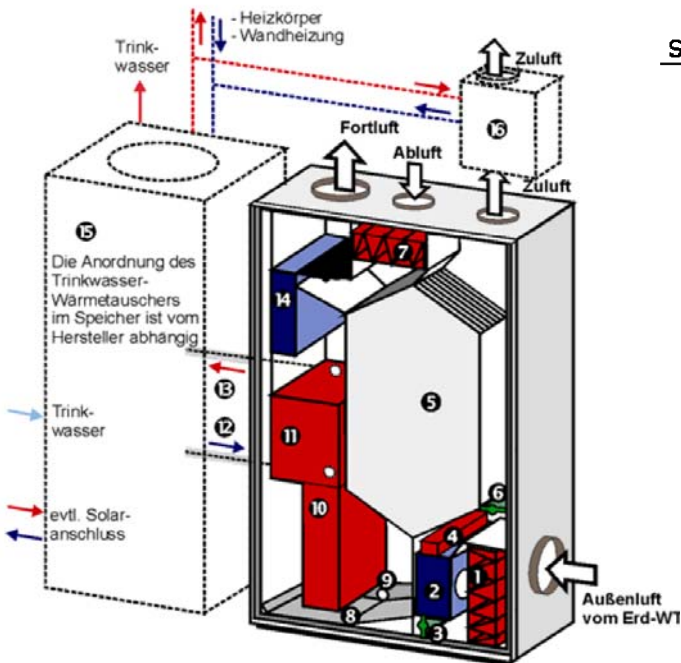
Geothermiekorb; Quelle Rhein Ruhr Collin AG



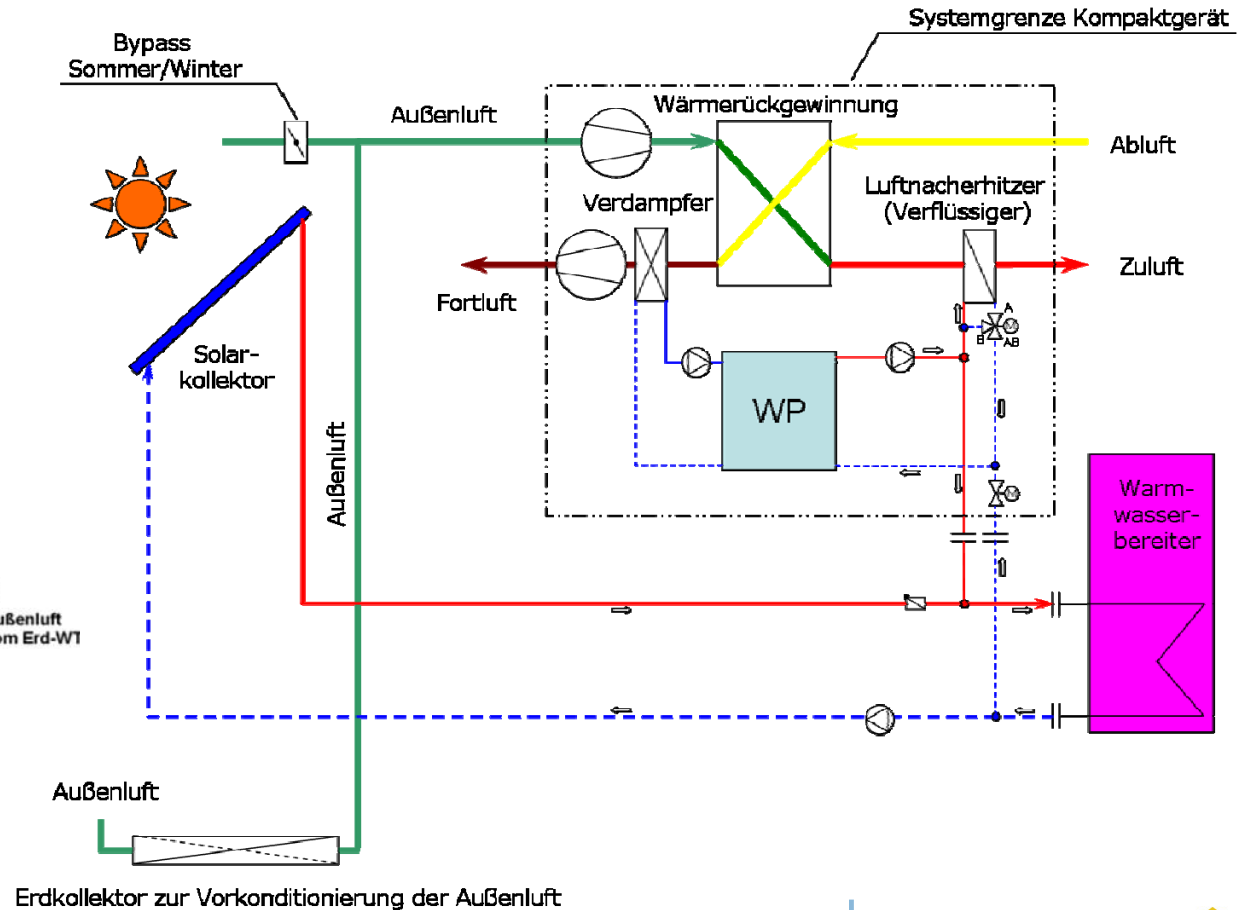
Flächenkollektor

- kostenlose Energie die der Umwelt entzogen wird
- „Veredelung“ der teuren Energie Strom
- kWh Strom ca. 3 mal so teuer wie kWh aus Gas oder Öl

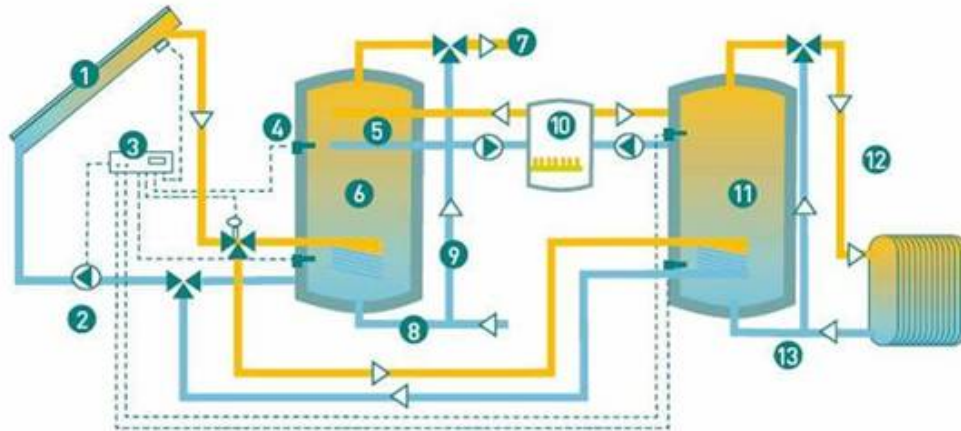
Einsatz von Kompaktgeräten einschl. Wärmepumpentechnologie



Quelle: Paul Wärmerückgewinnung



Einsatz von Solarthermie



- | | |
|------------------------|--------------------------|
| ① Kollektor | ⑧ Kaltwasser |
| ② Solarkreispumpe | ⑨ Beimischung |
| ③ Regelung | ⑩ Heizkessel |
| ④ Temperaturfühler | ⑪ Heizungspufferspeicher |
| ⑤ Nachheizung | ⑫ Heizungsanlauf |
| ⑥ Brauchwasserspeicher | ⑬ Heizungsrücklauf |
| ⑦ Warmwasser | ⑭ Raumheizung |

Hydraulikschema

Beispiel

spez. Globalstrahlung auf geneigte, verschattete Fläche

Januar: 41 kWh/m²

Juli: 155 kWh/m²

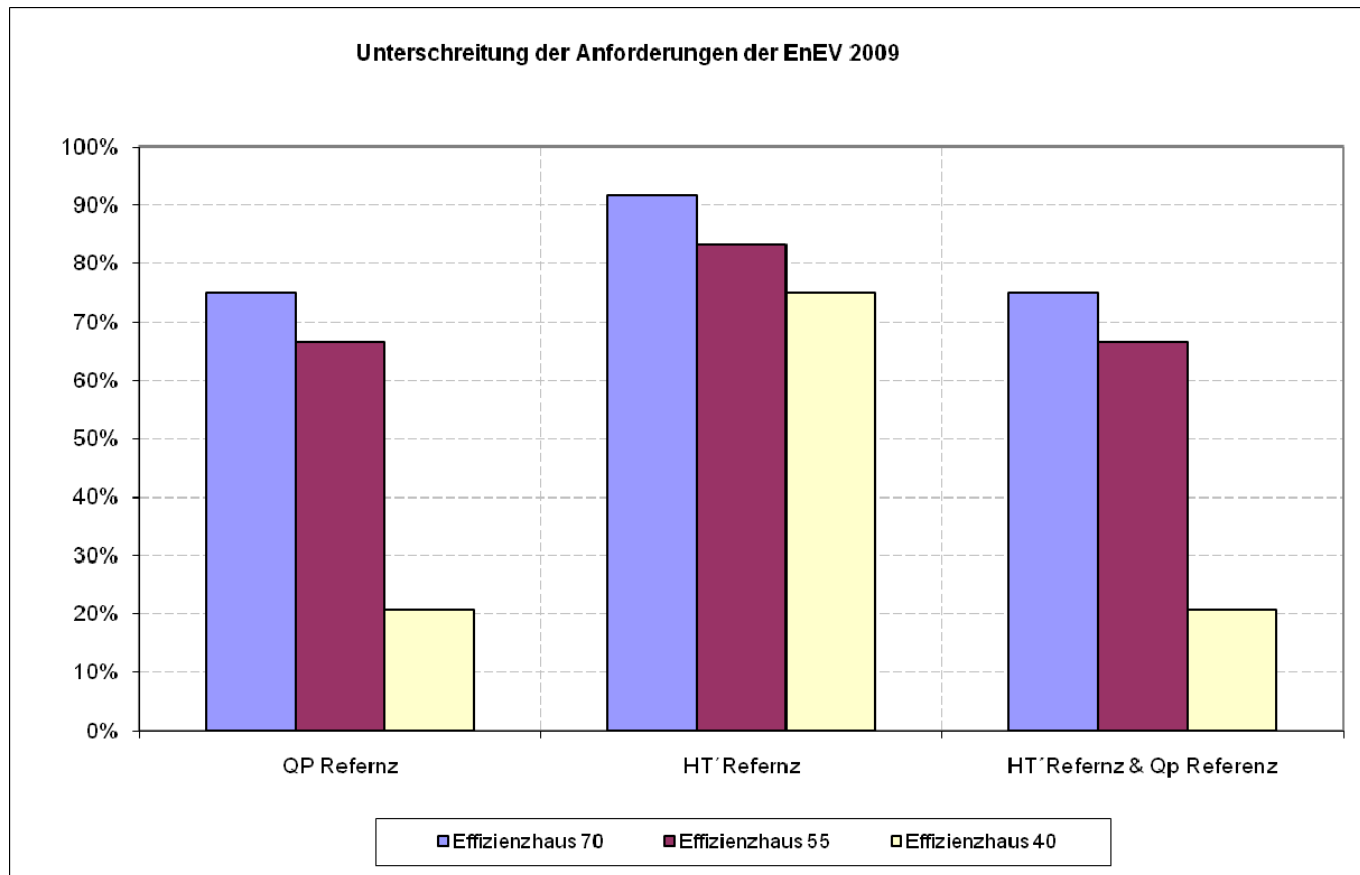
Standort: Dresden



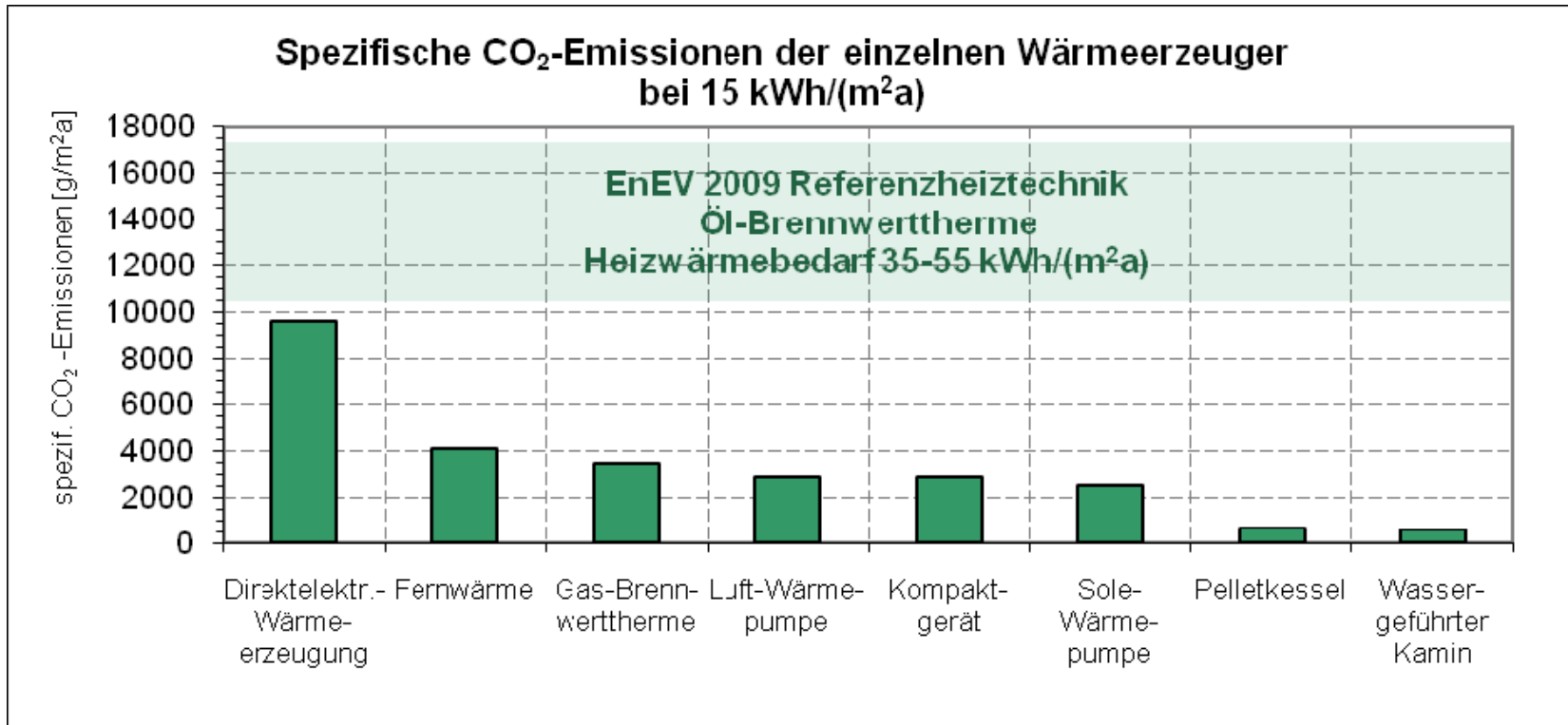
Agenda

1. Passivhaus – Definition aus versorgungstechnischer Sicht
 - ⇒ allgemeine Grundlagen
 - ⇒ Rahmenbedingungen und Konsequenzen
2. Passivhaus - Stand der Technik
 - ⇒ bauliche Hülle
 - ⇒ Anlagentechnik
3. **Auswertung von 55 über die Richtlinie EuK 2007 geförderten Passivhäusern**

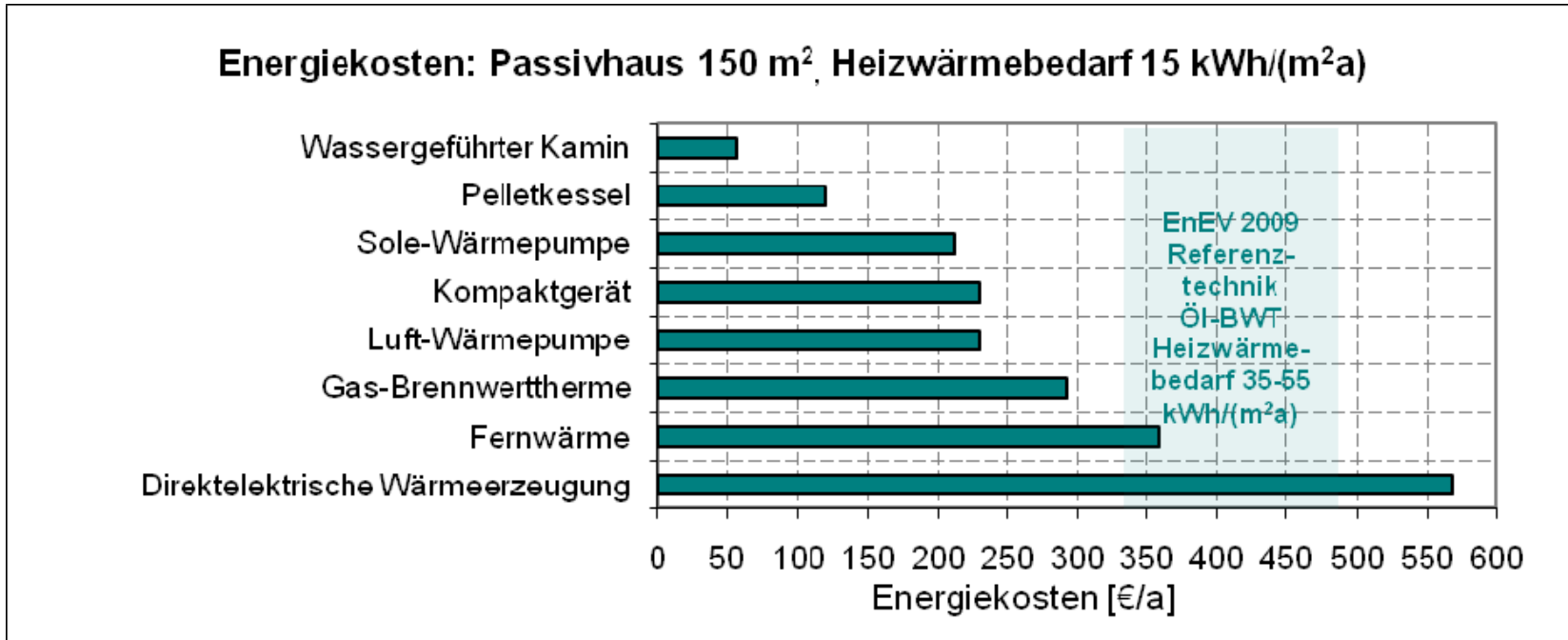
Auswertung von 55 Passivhäusern im Rahmen der Richtlinie EuK 2007



Auswertung von 55 Passivhäusern im Rahmen der Richtlinie EuK 2007



Auswertung von 55 Passivhäusern im Rahmen der Richtlinie EuK 2007



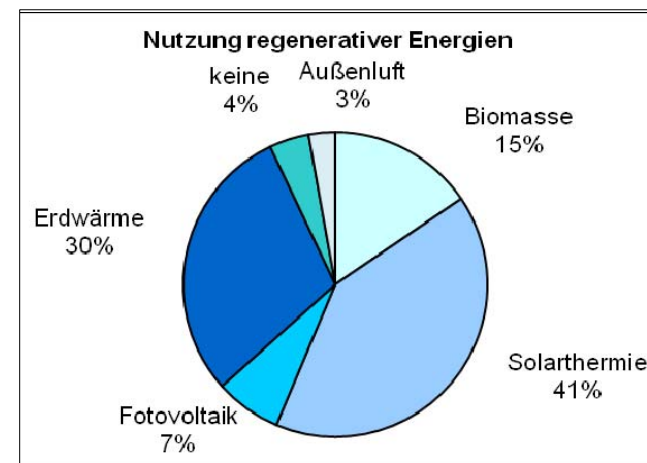
Auswertung von 55 Passivhäusern im Rahmen der Richtlinie EuK 2007

Wärmeerzeuger		Anzahl
Biomasse-wärmeerzeuger	Pelletkessel	2
	Wassergeführter Kamin	6
	Fernwärme	4
	Direktelektrische Wärmeerzeugung	6
	Gas-Brennwerttherme	6
	Kompaktgerät	8
Wärmepumpe	Luft-Wärmepumpe	2
	Sole-Wärmepumpe	21

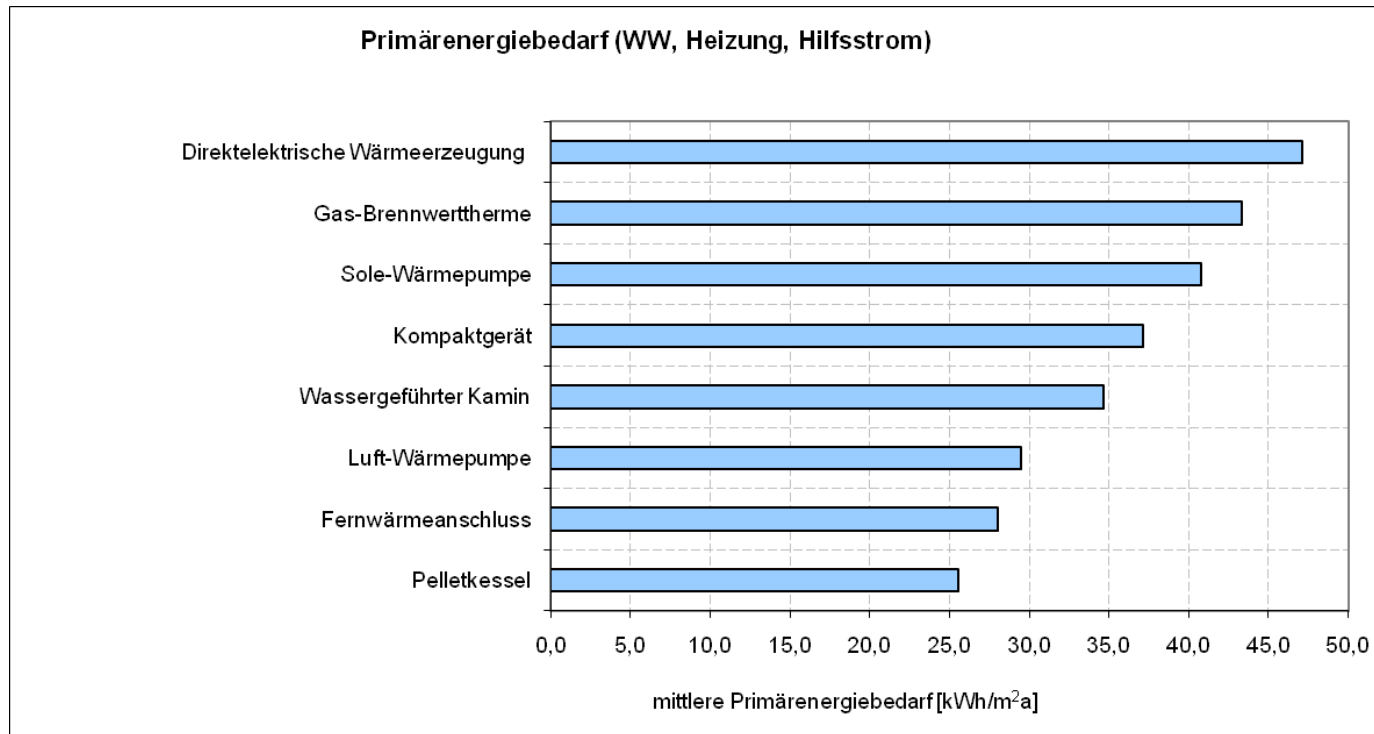
Eingesetzte Wärmeerzeuger

Wärmeabgabesystem	Anzahl	Prozent
Flächenheizung (Fußboden-, Wand-, elektrische Flächenheizung)	33	60,0 %
Heizkörper	8	14,5 %
Zuluftnacherwärmung über Lüftungsanlage mit WRG	3	5,5 %

Installierte Wärmeabgabesysteme

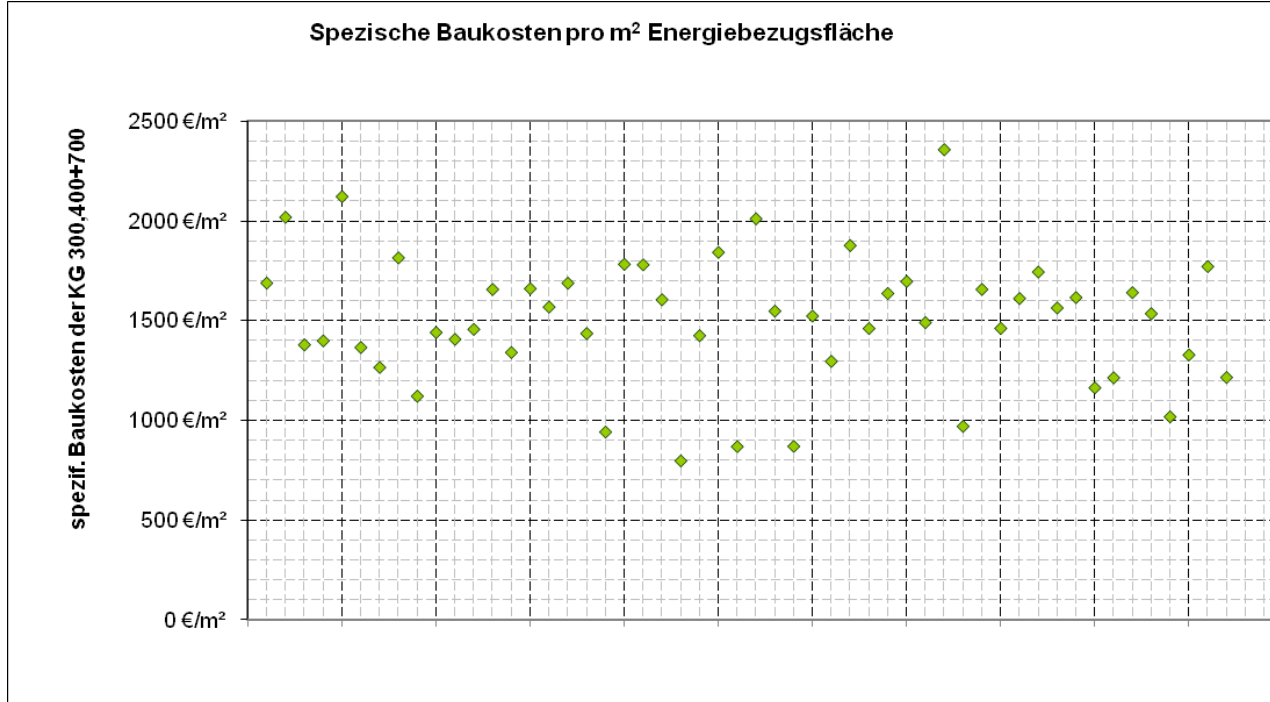


Auswertung von 55 Passivhäusern im Rahmen der Richtlinie EuK 2007



Durchschnittlicher Primärenergiebedarf für Warmwasserbereitung (WW), Heizung, Hilfsstrom nach PHPP für die einzelnen Wärmeerzeugungsanlagen

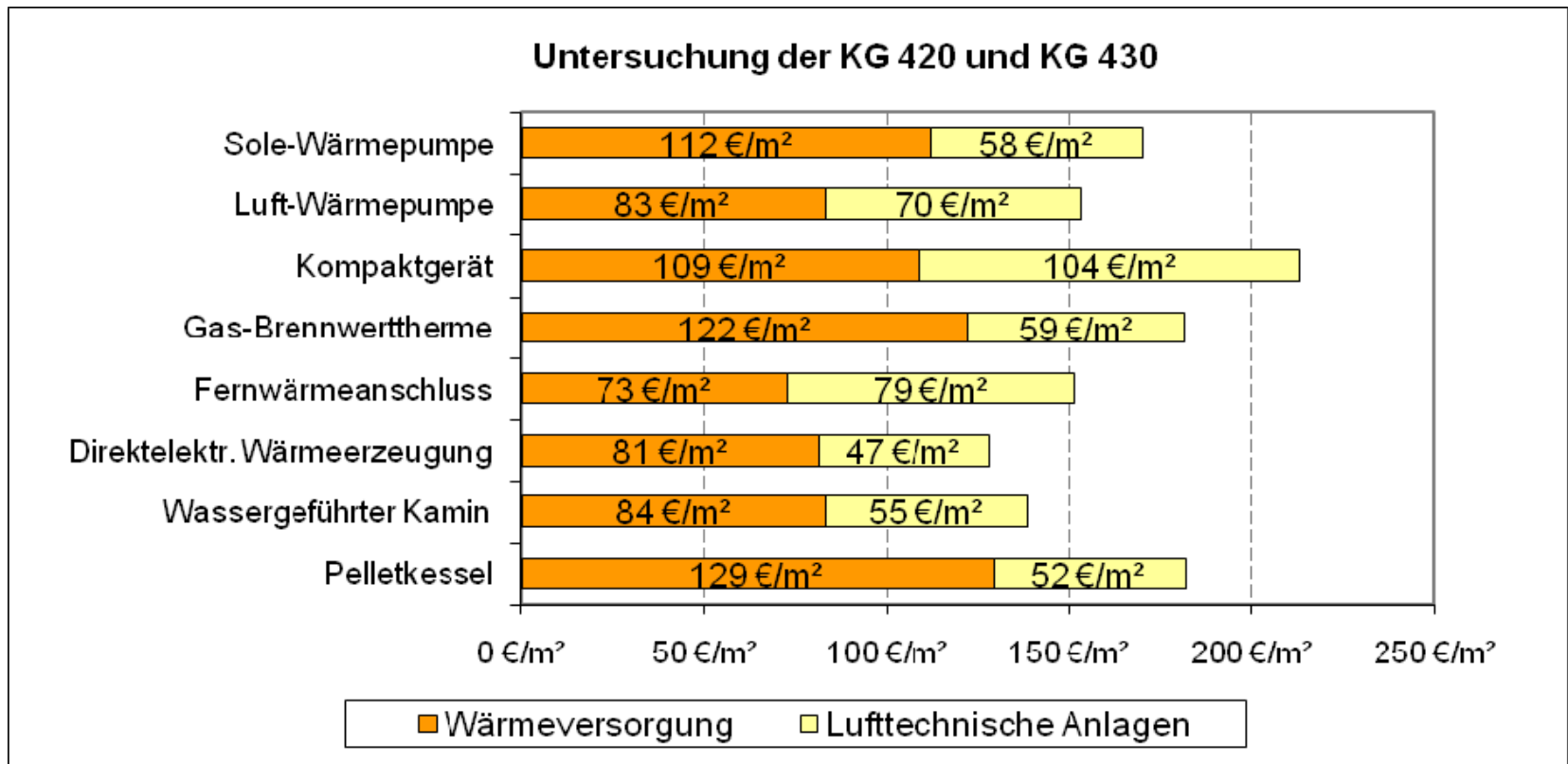
Auswertung von 55 Passivhäusern im Rahmen der Richtlinie EuK 2007



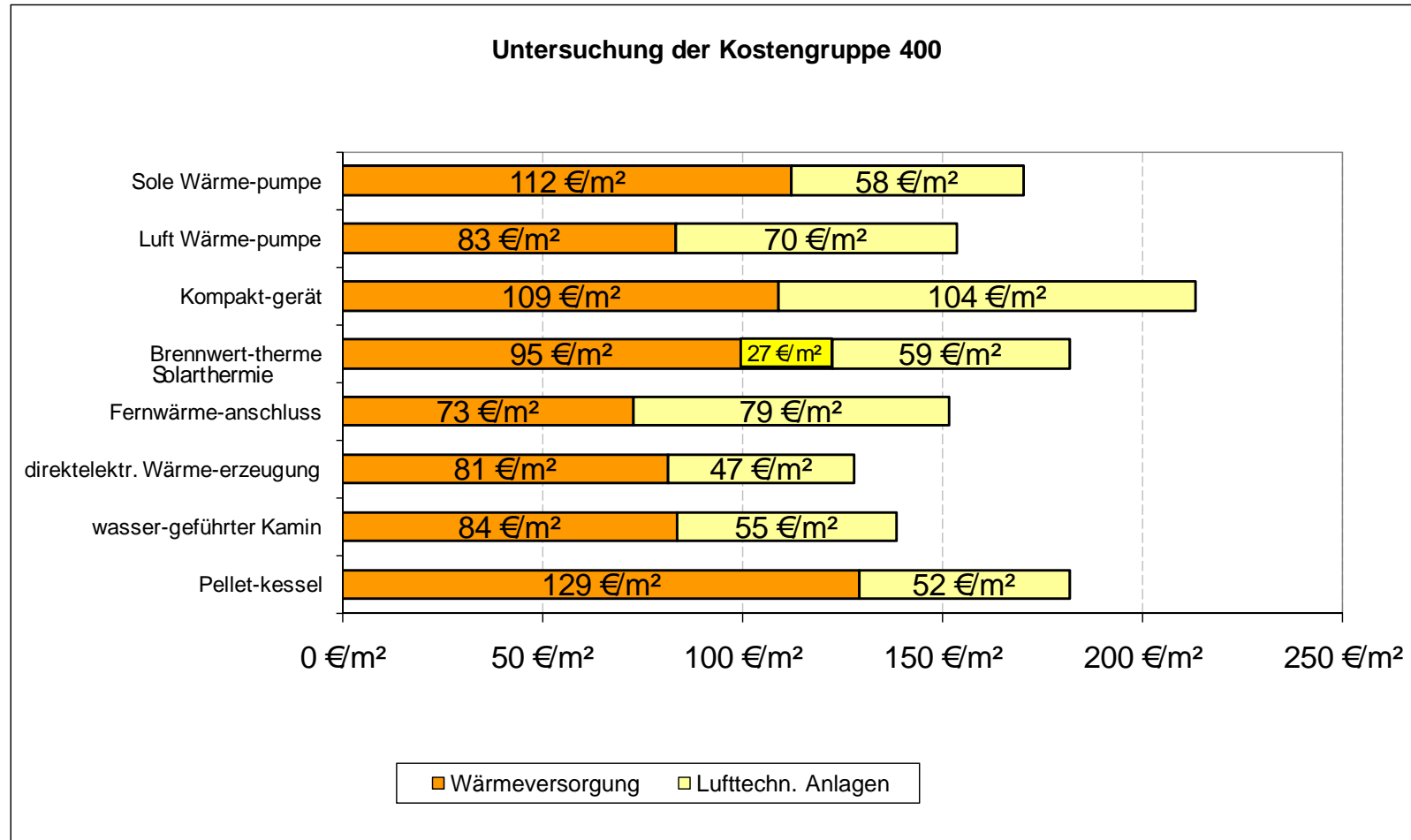
Baukosten der einzelnen Objekte bezogen auf die Energiebezugsfläche

Gebäudetyp	Anzahl der Gebäude	mittlere spez. Baukosten
freistehendes Ein-/Zweifamilienhaus (EFH/ZFH)	44	1385 €/m ²
Doppelhaushälfte(DHH)	1	1339 €/m ²
Mehrfamilienhaus (MFH)	7	1345 €/m ²
Wohn- und Geschäftshaus (WGH)	3	1413 €/m ²

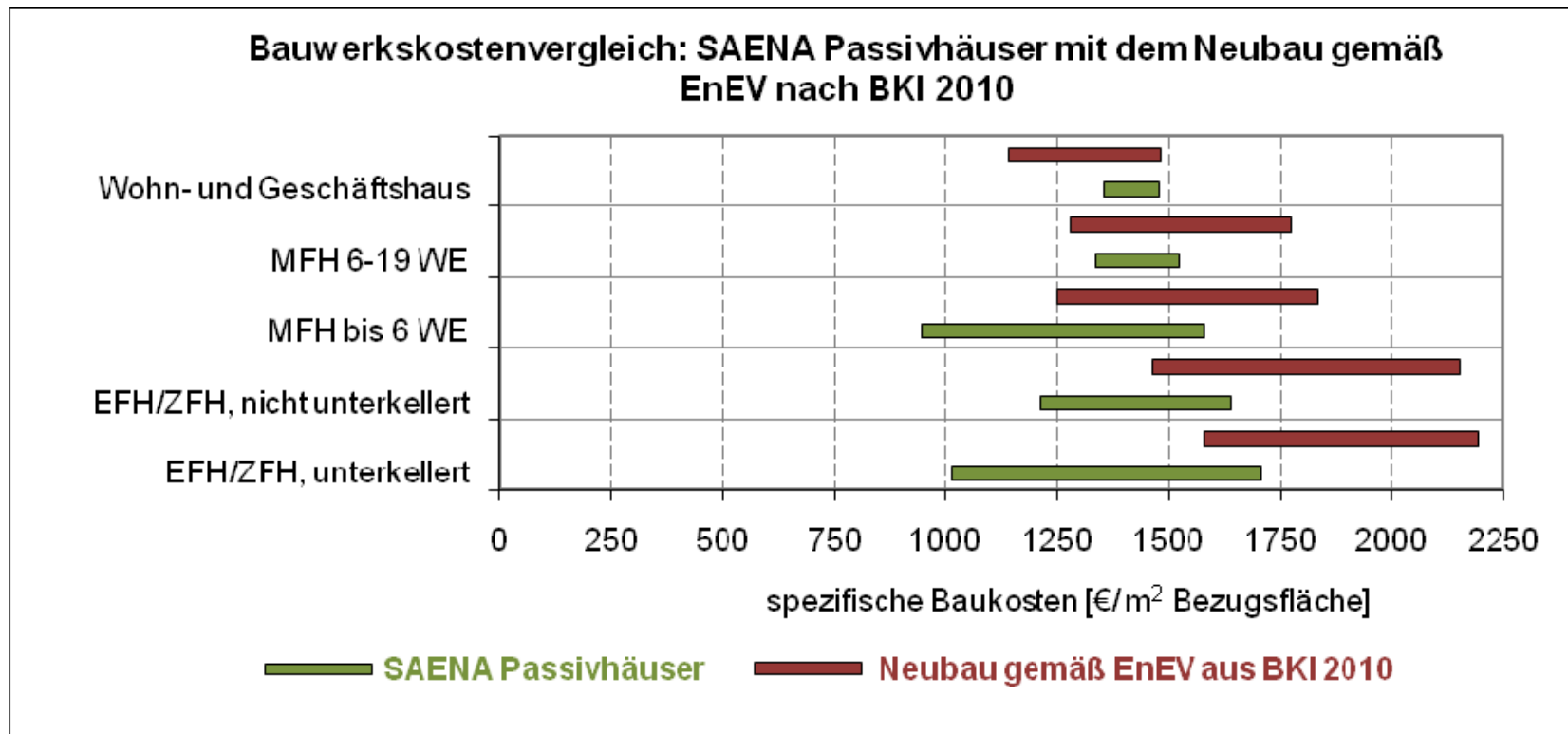
Auswertung von 55 Passivhäusern im Rahmen der Richtlinie EuK 2007



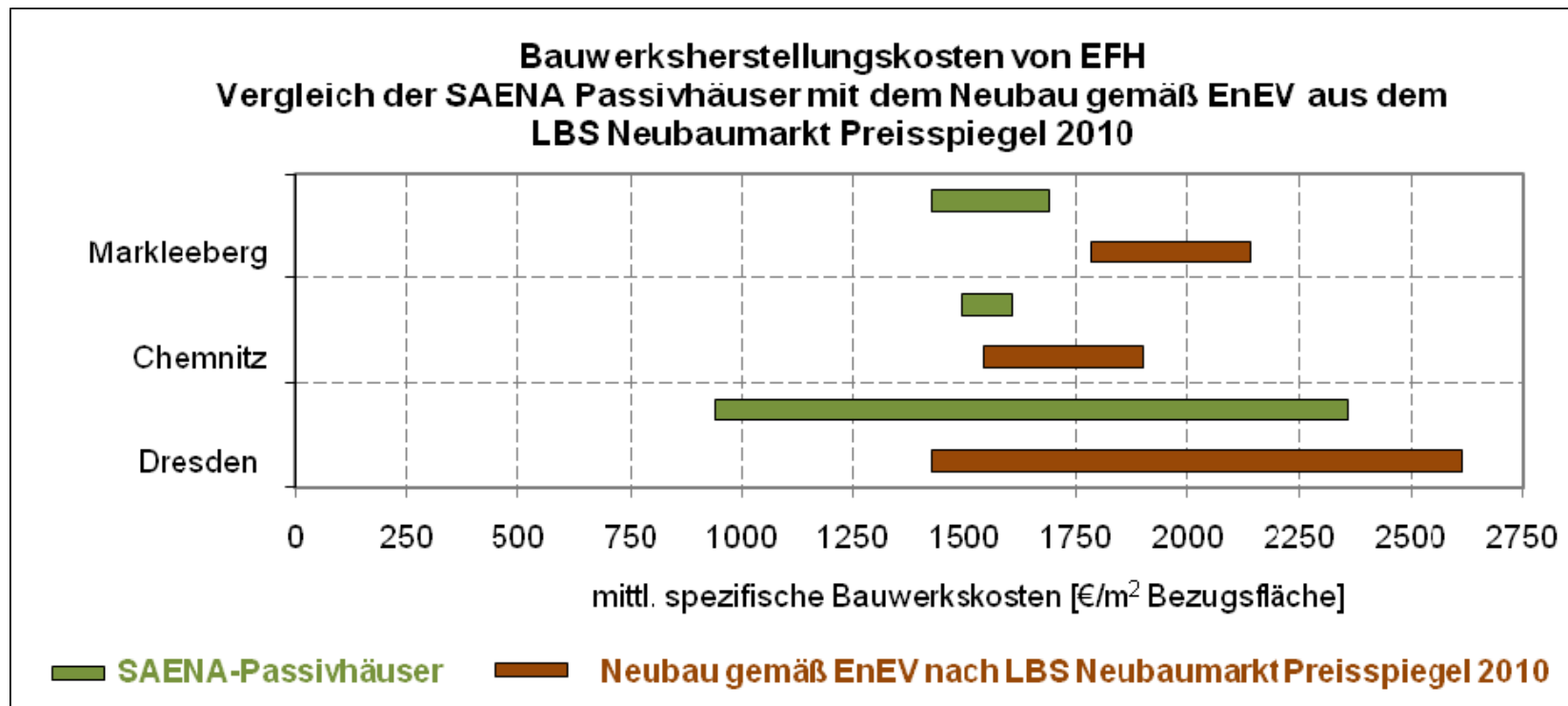
Auswertung von 55 Passivhäusern im Rahmen der Richtlinie EuK 2007



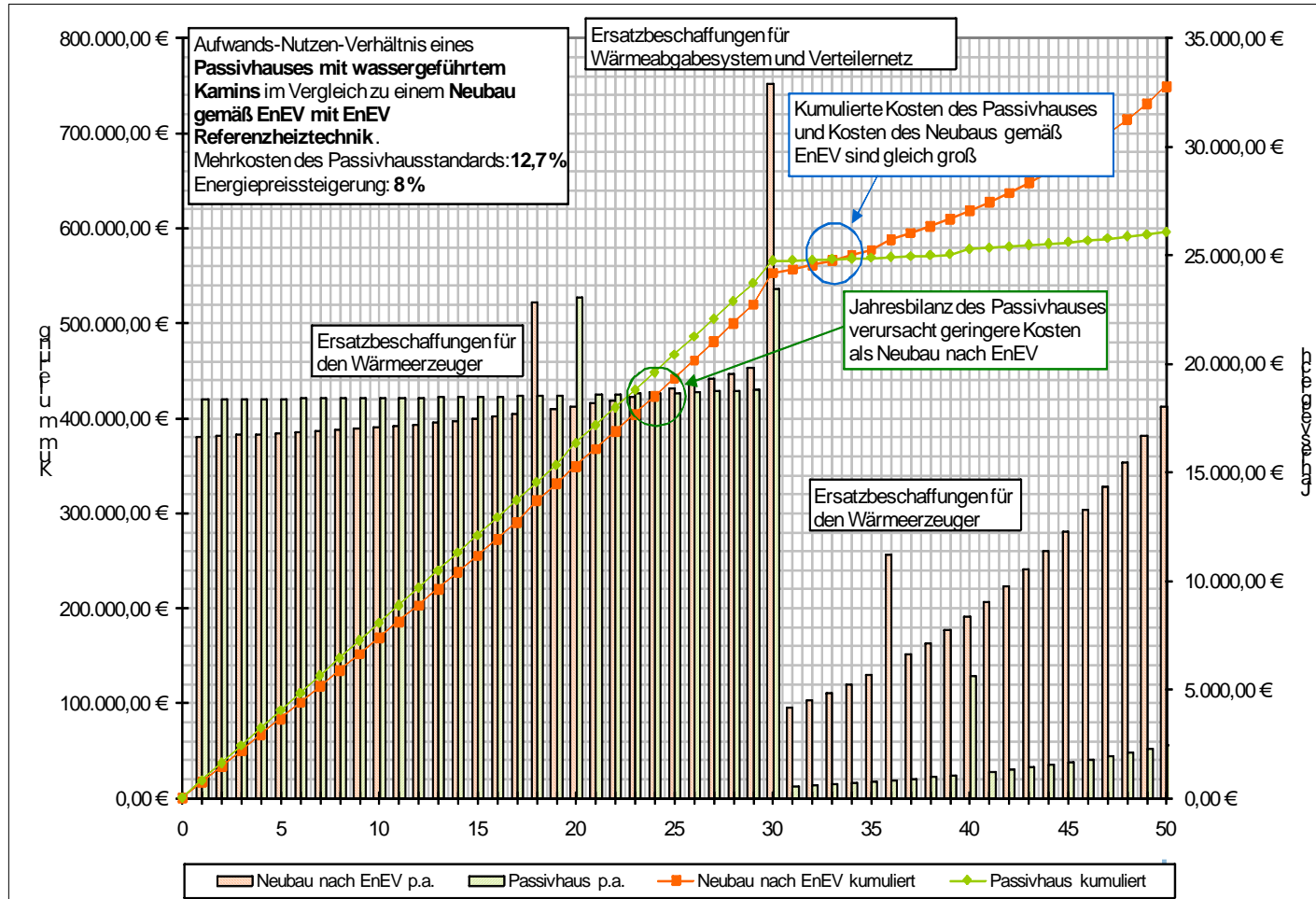
Auswertung von 55 Passivhäusern im Rahmen der Richtlinie EuK 2007



Auswertung von 55 Passivhäusern im Rahmen der Richtlinie EuK 2007



Auswertung von 55 Passivhäusern im Rahmen der Richtlinie EuK 2007



Der Restheizwärmebedarf des Passivhauses ist so gering, dass nach Definition des Passivhauses Institutes eine thermisch behagliche Raumtemperatur allein durch Zuluftnacherwärmung über die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung erreicht werden kann. **Die Auswertung der Daten hat gezeigt, dass sich dieser Grundgedanke in den letzten Jahren weiterentwickelt hat. In den untersuchten Passivhäusern wurden überwiegend konventionelle Heizflächen installiert.**

Die Wärmeversorgung in einem Passivhaus kann sowohl über neue heiztechnische Konzepte als auch über konventionelle Wärmeerzeuger erfolgen, sofern diese an die besonderen Anforderungen angepasst werden können. **Die Sole-Wärmepumpe und das Kompaktgerät sind am häufigsten installierten Wärmeerzeuger der untersuchten Passivhäuser.**

Sanierung Kindertagesstätte, Chemnitz

- Baujahr: 1976
- Fläche: $A_{EB} = 1882 \text{ m}^2$



Fotos: Wurdinger

nachher - 14,4 kWh / m²a



vorher ca.
140 kWh/m²a

Sanierungsmaßnahmen:

- Dachdämmung: 30 cm WLG 040
- Außenwand: 30 cm WLG 040
- Erdgeschoßfußboden: 4 cm WLG 080
- Zentrale Lüftung mit 80% WRG, Erdwärmetauscher
- Wärmepumpe Kompaktagregat, Fernwärmeanschluss
- 25 m² Solaranlage

Neubau Passiv-Geschäftshaus in Bautzen

Geschäfte und Büros (2.100 m²)

- Heizwärmebedarf 6 kWh/m² a
- Primärenergiebedarf 35 kWh/m² a
- Übertemperaturhäufigkeit über 25 Grad = 36 %
-> das bedeutet das Gebäude muss fast ganzjährig gekühlt werden
- Massivbauweise, 22 cm Dämmung, 3fach Verglasung
- Lüftung mit Wärmerückgewinnung (zentral)
- Kühlung über Betonkernaktivierung mit 10 Erdsonden (je 100 m)
- Deckung Restwärmebedarf über Wärmepumpe
- PV-Anlage 19 kWp



Sportkaufhaus TIMM Bautzen



Wandtemperierung im Bestandskeller aus Abwärme der Sommerkühlung



automatischer Rauchabzug in Passivhaus-Qualität

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!