#### Fachseminar Passivhaus 30.4.2008

# Heizung und Lüftung im Passivhaus

Prof. Dr. Harald Krause



www.btec-rosenheim.de



www.fh-rosenheim.de

Prof. Dr. Harald Krause / 1

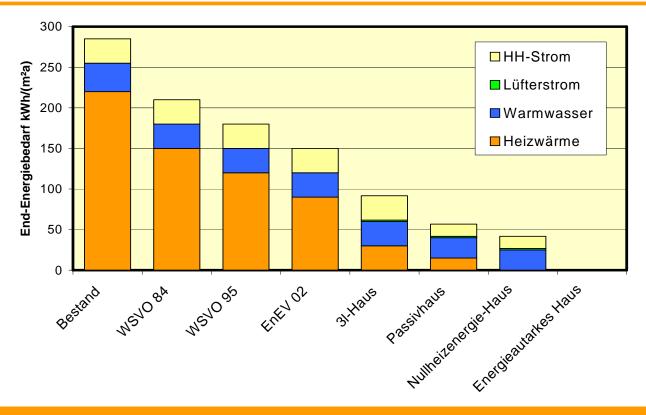
# Gliederung



- Einführung Energieverbrauch
- Behaglichkeit
- Lüftungstechnik
- Heizungstechnik
- Primärenergievergleich

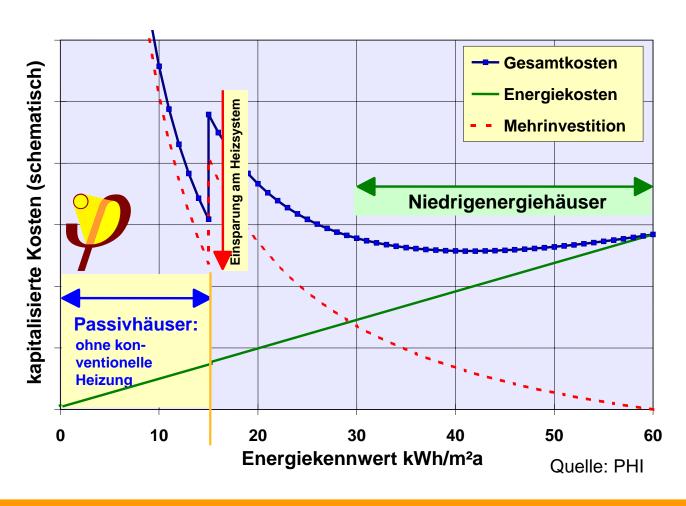
# Endenergiebedarf





Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 3



# Wichtige Kennwerte



- Maximal zulässiger Jahresheizwärmebedarf von 15 kWh/(m²a)
- Maximale Heizlast 10 W/m² (nur dann Frischluftheizung möglich)
- Maximale Undichtheit: n<sub>50</sub> = 0,6 h<sup>-1</sup>
- Wärmebrückenfreiheit Ψ ≤ 0,01 W/(mK)
- Primärenergiebedarf ≤ 120 kWh/(m²a), inkl.
  Haushaltsstrom

Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 5



# Behagliches Wohnklima



- Thermische Behaglichkeit:
  - □ Temperaturen
  - Strahlungstemperaturasymmetrie
  - Luftgeschwindigkeiten
- Luftqualität:
  - CO<sub>2</sub>-Konzentrationen und Schadstoffe

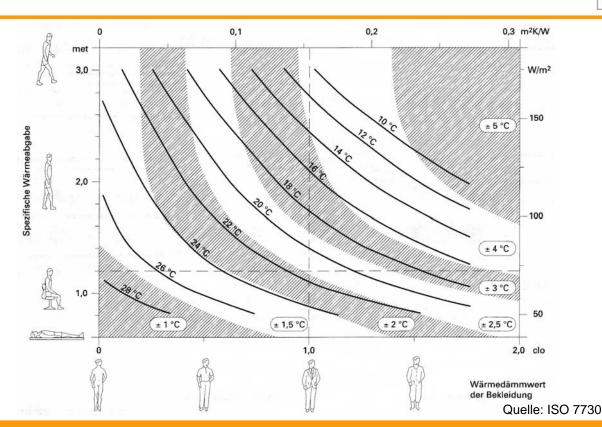
Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 7

#### Optimale Raumtemperatur

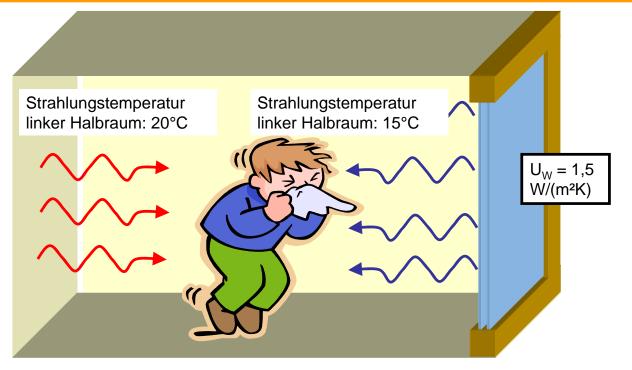






# Strahlungstemperaturasymmetrie beim Standardfenster





Raum 20°C

Außen -15°C

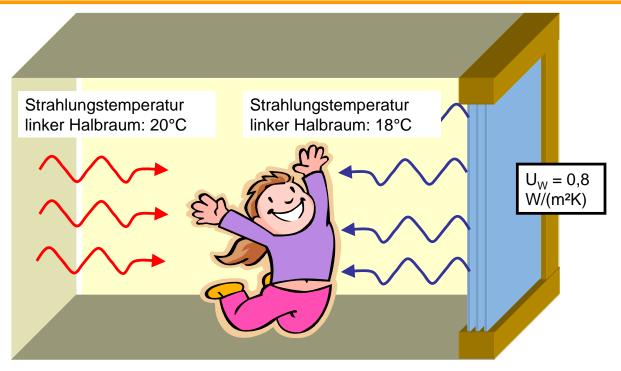
Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 9

# Strahlungstemperaturasymmetrie beim Passivhausfenster







Raum 20°C

Außen -15°C

# Gebäudedichtheit und Wohnraumlüftung

Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 11

# Luftdichtheit und Wohnraumlüftung





## "Luftdichte" Bauweise:

- Vermeidung von Zugerscheinungen
- Minimierung der Lüftungswärmeverluste
- Vermeidung von Bauschäden
- Prüfung durch blower d
- $\bullet$  n<sub>50</sub> < 0,6 h<sup>-1</sup>





# Kontrollierte Wohnraumlüftung:

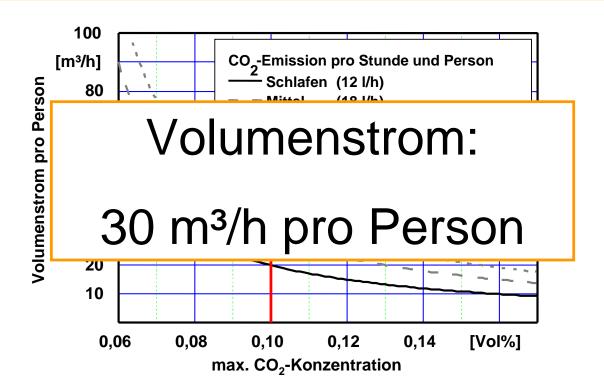
- Sicherstellung einer optimalen Luftqualität
- Minimierung der Lüftungswärmeverluste durch Wärmerückgewinnung
- Vermeidung von Zugerscheinungen beim Fensterlüften
- Verteilung der nötigen Restheizwärme über das Lüftungsnetz

Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

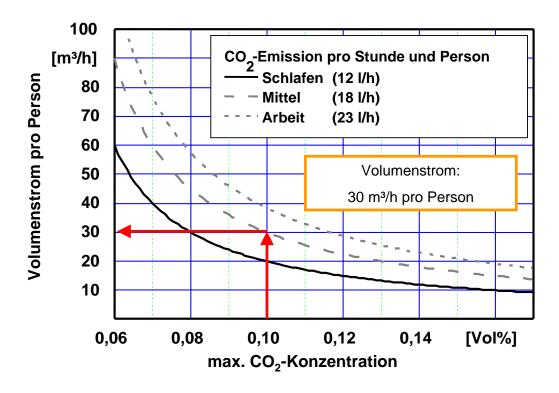
Prof. Dr. Harald Krause / 13

## Luftqualität Luftwechsel und CO<sub>2</sub>-Konzentration



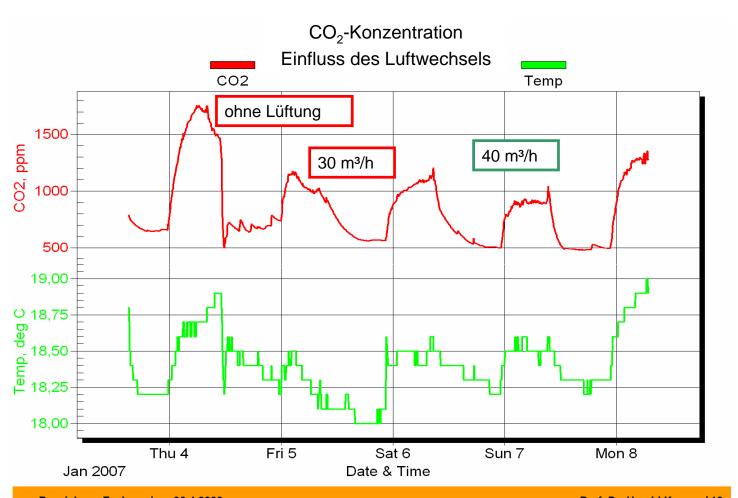






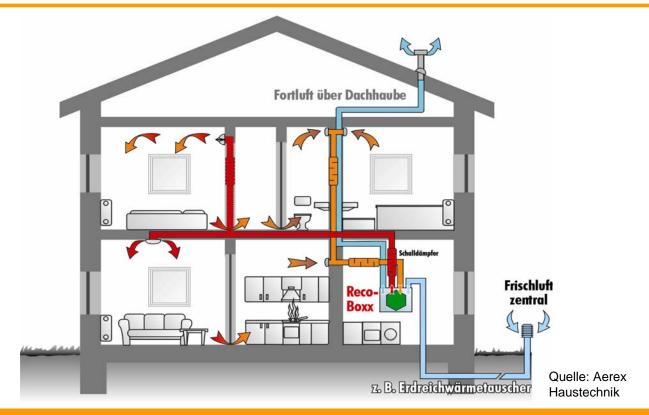
Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 15



# Komfort-Lüftungsanlage





Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 17

# Lüftungsgerät

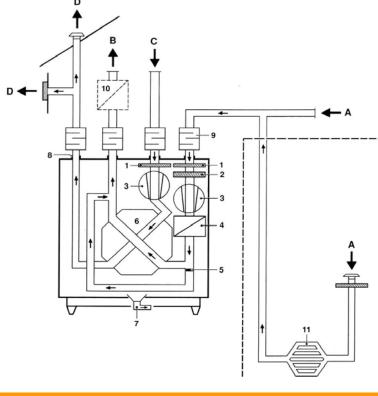




- Effektiver
  Wärmebereitstellungs-grad
  nach PHI 85%
- Gleichstrommotoren
- Sommerbypass
- Zuluftvorheizung
- Volumenstrombalance
- Stromeffizienz 0,35 W/(m³/h)

# Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung





#### Bestandteile:

- Grobfilter (1), Feinfilter (2)
- DC-Ventilatoren (3)
- Frostschutzheizung (4)
- Bypassklappe (5)
- Kreuz-Gegenstromwärmetauscher (6)
- Kondensatablauf (7)

Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 19

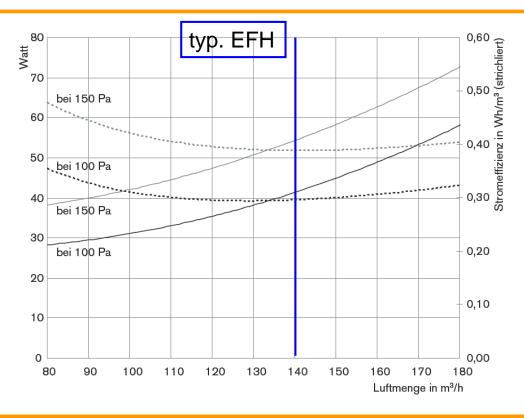
# Lüftungsgerät



drexel&weiss Haustechnik



- Effektiver
  Wärmebereitstellungsgrad
  nach PHI 76%
- Gleichstrommotoren
- Volumenstrombalance
- sehr hohe Stromeffizienz 0,31
  W/(m³/h)
- < 35 dB(A) im Aufstellraum</p>
- kleine Abmessungen



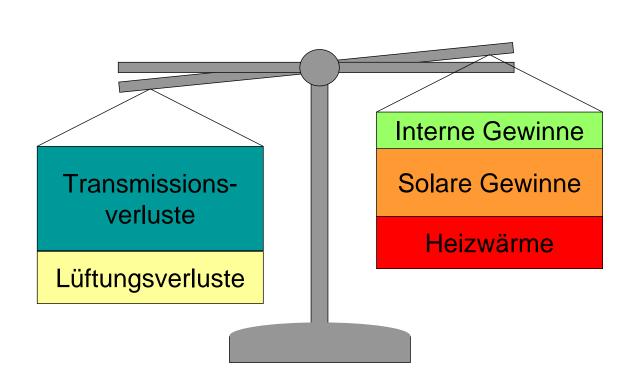
Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 21

## Energiebilanz: Jahresheizwärmebedarf

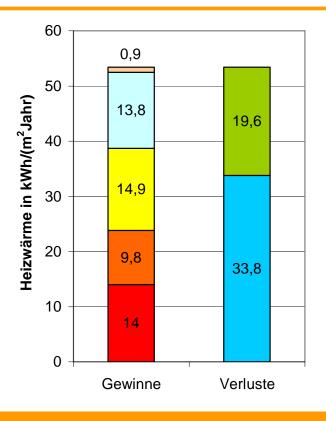






#### Energiebilanz eines Passivhauses







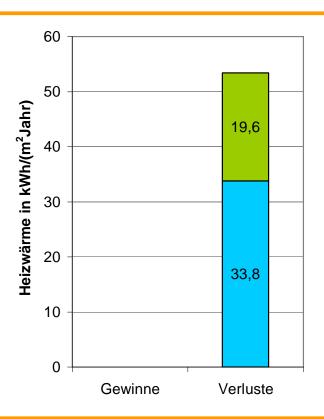
Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 23

## Energiebilanz eines Passivhauses











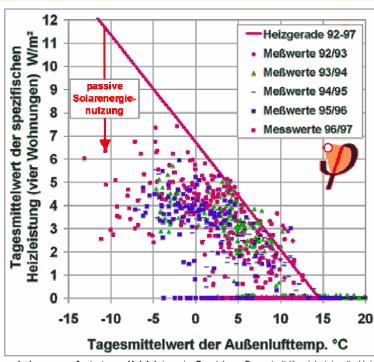
# Heizlastberechnung im Passivhaus

Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 25

#### Heizlast im NEH und Passivhaus



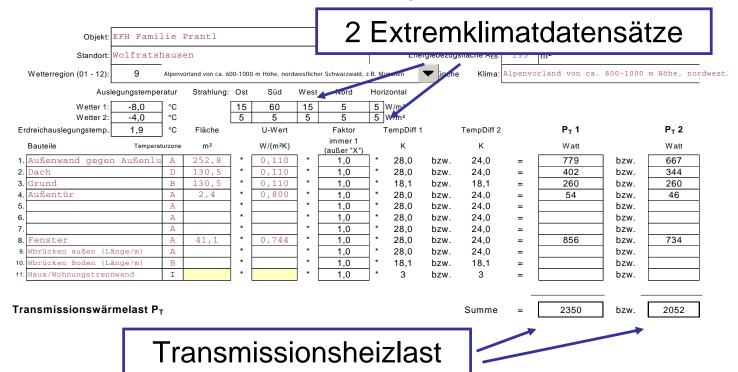


Messergebnisse zur aufgetretenen Heizleistung im Passivhaus Darmstadt Kranichstein; die Heizleistung hat 7,4 W/m² zu keinem Zeitpunkt überschritten, auch nicht im ganz besonders kalten Winter 1996/1997 (vgl. dazu auch [Feist 1997b]).

#### Heizlastberechnung mit dem PHPP





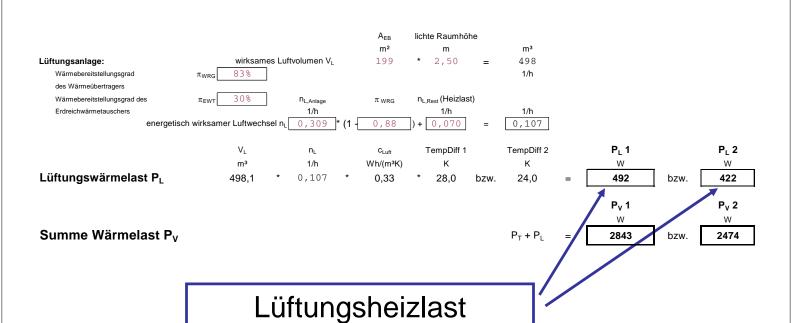


Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 27

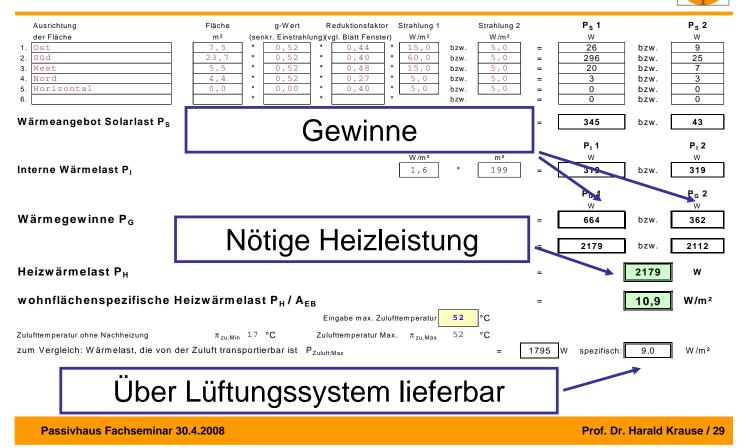
#### Heizlastberechnung mit dem PHPP





## Heizlastberechnung mit dem PHPP

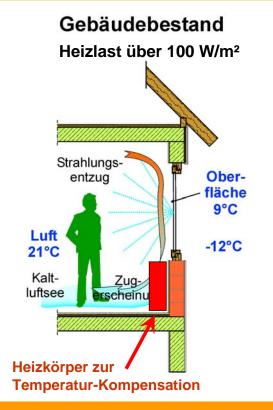


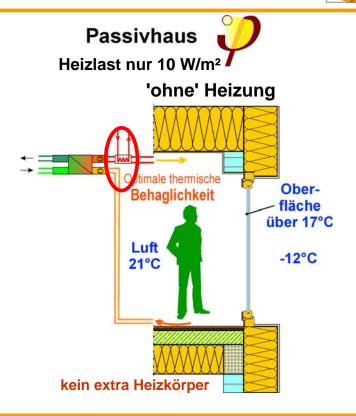


Hochschule Rosenheim University of Applied Sciences



# Heizungstechnik im Passivhaus



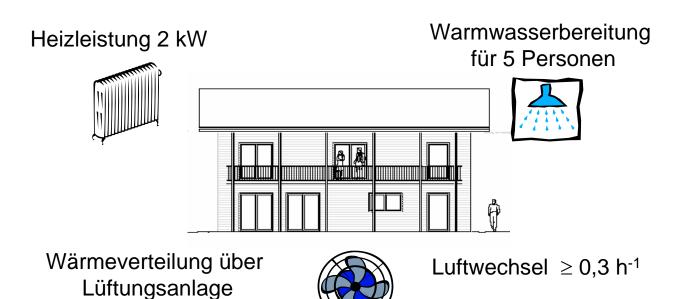


Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 31

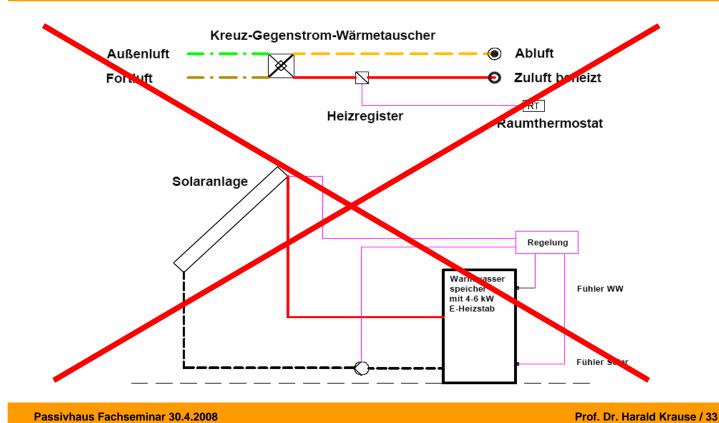
Anforderungen an die Haustechnik Einfamilienhaus ca. 200 m<sup>2</sup>





## Direktelektrisch





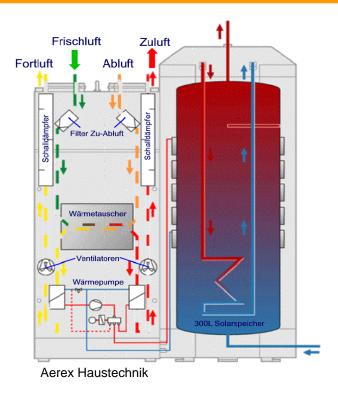
Hochschule Rosenheim University of Applied Sciences



# Wärmepumpen Kompaktaggregate

# Kompaktaggregat





#### Kompaktgerät:

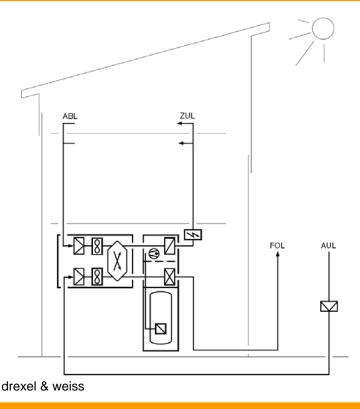
- Abluft-Wärmepumpe
- ◆ Lüftung mit WRG
- Elektr. Nachheizung
- Warmwasserbereitung
- Solaranlage

Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 35

# Kompaktaggregat







## Messwerte



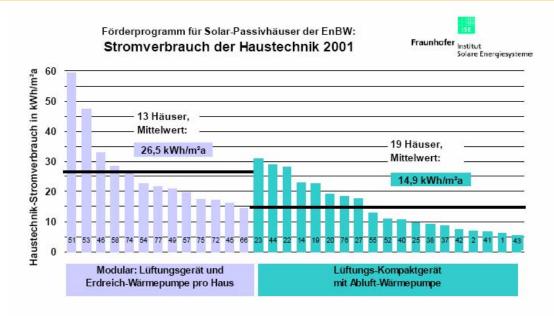


Bild 5 Primärenergieverbrauch der Haustechnik, bezogen auf die beheizte Wohnfläche, für die im Rahmen des Passivhaus-Monitoringprogramms untersuchten Gebäude im Jahr 2002 für zwei Versorgungskonzepte:

- Erdreich-Wärmepumpe, Lüftungsgerät und Solarkollektor
- Lüftungskompaktgerät und Solarkollektor

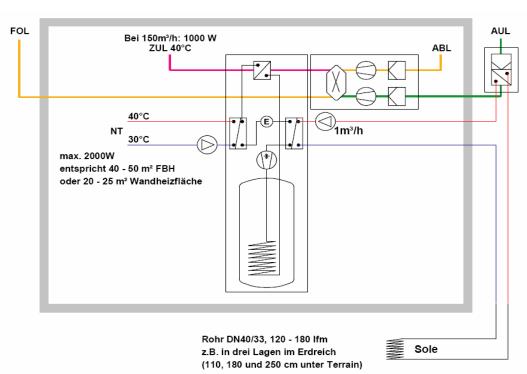
Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 37

## Kompaktaggregat mit Erdreichwärmepumpe







drexel & weiss

#### Erdwärmekörbe als Wärmequelle



- Alternative zum Flächenkollektor
- Noch wenig bekannt, teilweise sehr hohe Preise
- Montage bisher ohne Probleme



Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

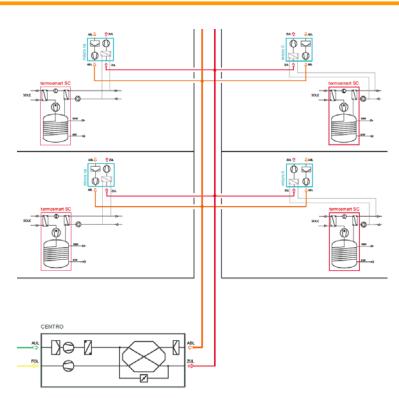
Prof. Dr. Harald Krause / 39

# Kompaktgeräte für Mehrfamilienhäuser





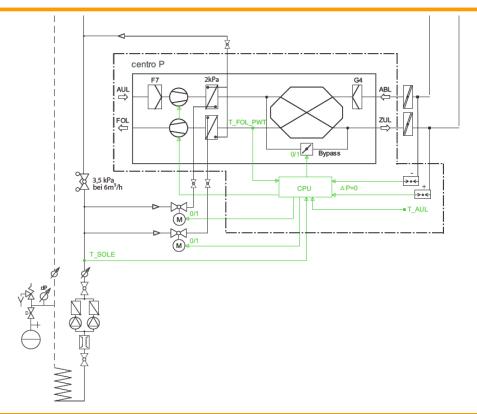
- Semizentrale Lösung
- Zentraleinheit für Lüftung und WRG
- Kompaktgeräte für Heizung und TWW in den Wohneinheiten
- Wärmequelle: Erdreich über Soleleitungen
- Vorteile:
  - □ kaum Wärmeverteilverluste
  - "warme" Luftleitungen in der Hülle
  - □ individuelle Regelbarkeit
  - einfache Kostenverteilung



drexel & weiss

## Kompaktgeräte für Mehrfamilienhäuser





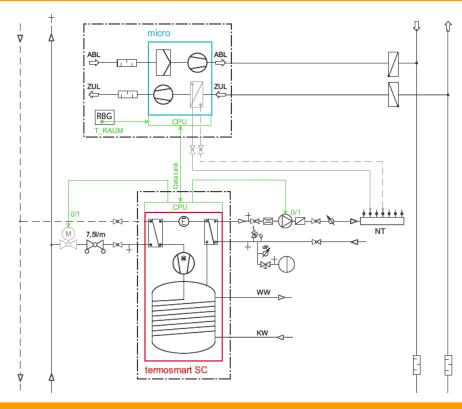
Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 41

## Kompaktgeräte für Mehrfamilienhäuser







Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

drexel & weiss

Prof. Dr. Harald Krause / 42



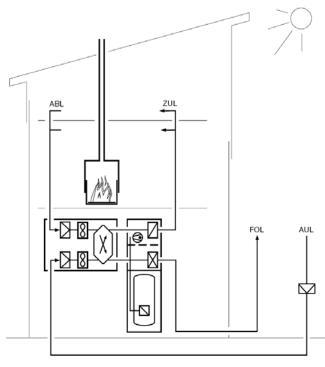
# Biomasse Heizungen

Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 43

#### Raumofen als Zusatzheizung



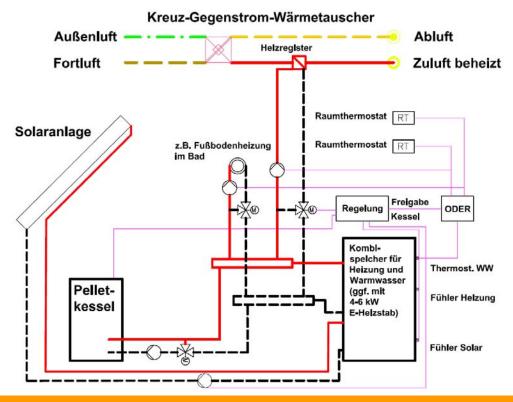


- Kompaktaggregat sorgt für Abdeckung der Grundlast
- Stückholz- oder Pelletsofen werden bei Bedarf zugeschaltet
- Bisher von uns realisiert:
  - Stückholzofen ergänzt direktelektrische Frischluftheizung (Luftheizung reicht alleine)
  - Stückholzofen als planmäßige Ergänzung zu Kompaktaggregat (deckt ca. 70% der Heizlast ab)
  - mehrmals: Stückholzofen aus Komfortgründen als Ergänzung zu unterschiedlichsten Heizkonzepten

www.drexel-weiss.at

# Holzpellets / Stückholz



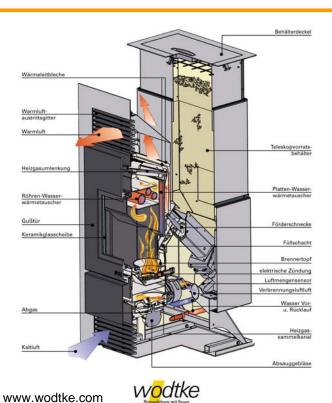


Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 45

## Pelletskessel für Einbau





- Wärmeleistung 2 bis 10 kW
- Leistung wasserseitig 80%
- Abgastemperatur 55 bis 120°C
- Schornstein ca. 120 mm
- Pelletsvorrat bis zu 55 kg
- Rücklaufanhebung etc. bauseits
- modulierender Betrieb möglich
- Wasserinhalt 4 I
- Warmluftschacht anschließbar
- externe Ansteuerung

# Pelletskessel – Standgerät minimale direkte Wärmeabgabe





- Wärmeleistung 3 bis 13 kW
- Wirkungsgrad bis 95%
- Leistung wasserseitig bis 95%
- Abgastemperatur 60 bis 105°C
- Schornstein ca. 120 mm
- Pelletsvorrat 40 kg
- Rücklaufanhebung etc. bauseits
- modulierender Betrieb möglich
- Wasserinhalt 24 I
- raumluftunabhängiger Betrieb möglich (noch ohne Zulassung)

Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 47

#### Stückholzkessel





- Ausschamottierter Brennraum (1)
- Wasserführende Wärmetauscher (2)
- Thermische Ablaufsicherung (3)
- Rauchrohrabgang oben/hinten (5)
- Fühler (6) thermische Ablaufsicherung
- Kesselfühler (7)
- Revisionsöffnung (8)
- Verbrennungsluftregler (10)
- Rücklaufanhebegruppe (11) (optional)
- ♦ Heizleistung: 5 10 kW
- Leistung wasserseitig ca. 70%
- Wirkungsgrad ca. 80%





- 1: Feuerraum
- 2: Wasserwärmetauscher
- 3: Kesselkörper
- ▶ 4: Speicherfläche
- 5: Anheizklappe
- 6: Reinigungsmechanik
- Heizleistung 14 kW
- wasserseitig bis zu 60% (im "stationären Betrieb")
- automatische
  Abbrandsteuerung optional

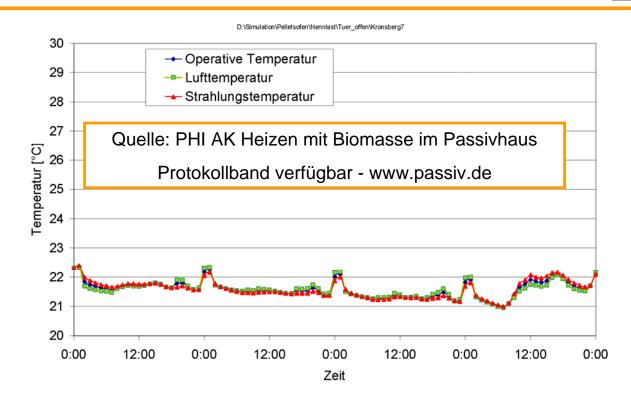
www.brunner.de

Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 49

## Überhitzung - Simulationsrechnung





# Passivhaus Samerberg





Einfamilienhaus Samerberg Holzständerbau, Steinwolle- und Holzfaserdämmung Heizung: Holzpelletofen 13 m² Solaranlage für Heizung und Warmwasser, 4,32 kWp Fotovoltaik

Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

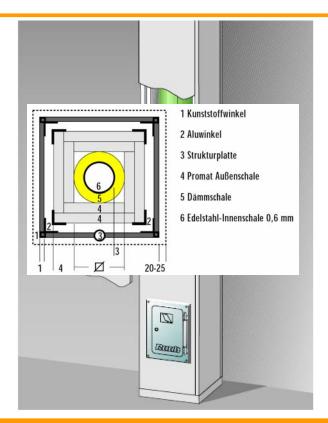
Prof. Dr. Harald Krause / 51

## Beispiel: Pelletsksssel integriert

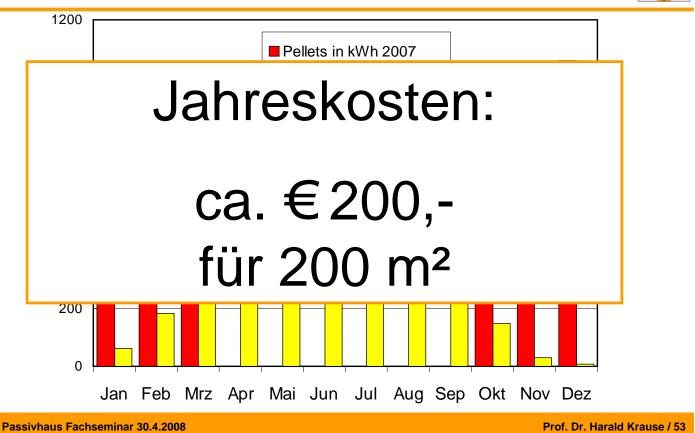








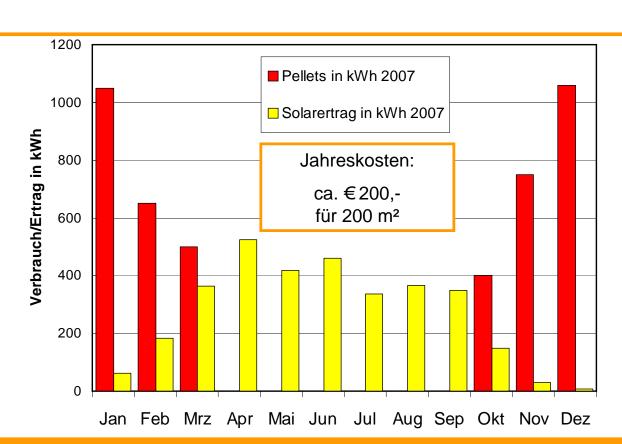




#### Messwerte Pelletsheizung

Hochschule Rosenheim University of Applied Sciences





# Sonstige Systeme

Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 55

#### Erfahrungen



- Fernwärme
  - □ Leider oft vom EVU festgelegt ohne energetische Optimierung.
  - ☐ Hohe Anschlusskosten und Grundgebühren.
  - ☐ Gesamtkonzept für Neubausiedlungen sinnvoll.
  - □ Bei kleineren Einheiten (EFH, 2-3 Spänner) energetisch oft unsinnig.
- Nahwärme
  - □ z.B. Projekt in Esslingen mit Pellets-Zentralheizung.
  - Wärmeabgabe über Heizkörper.
  - □ Häuser in Erlangen: Nahwärme mit Luftheizung/Heizkörper, bisher problemlos.
- Direkt Elektrisch
  - □ Nicht nur ökologisch fraglich
  - □ 3 Häuser auf Bauherrenwunsch projektiert, Beschwerden kamen nach dem ersten Winter, obwohl Stromverbrauch wie projektiert
- Öl- Gasheizung
  - □ Selbst noch nie geplant
  - Zur Zeit kaum Nachfrage



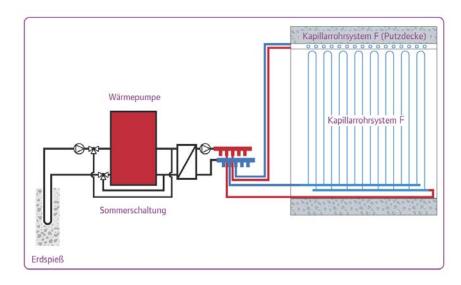
Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 57

## MFH Pfalzgrafenweiler



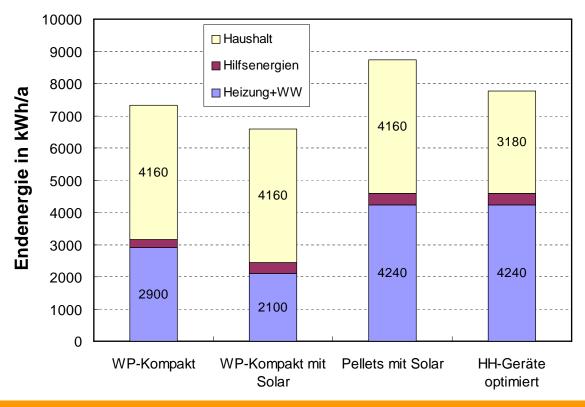
- Wunsch des Bauträgers (Marketinginstrument): Kühlung im Sommer
- Zentrale Wärmepumpe mit Deckenheizflächen.
- Lüftung dezentral pro Wohnung ohne EWÜ.



## Vergleich Endenergie

Passivhaus, 200m², 5 Personen





Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

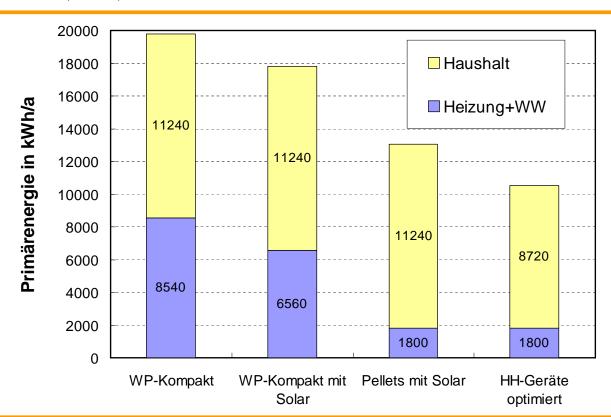
Prof. Dr. Harald Krause / 59

# Vergleich Primärenergie

Passivhaus, 200m², 5 Personen

Hochschule Rosenheim University of Applied Sciences

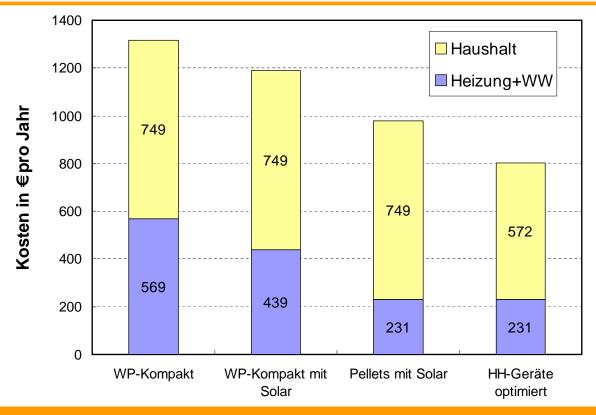




# Vergleich Kosten

Passivhaus, 200m<sup>2</sup>, 5 Personen





Passivhaus Fachseminar 30.4.2008

Prof. Dr. Harald Krause / 61