
Wärmeversorgung und Lüftung für Passivhäuser im Geschosswohnungsbau - Geräte, Messungen, Trends

Dr.-Ing. Andreas Bühring, Dr. Christel Russ
Fraunhofer ISE, Freiburg/Brsg.



Fraunhofer Institut
Solare Energiesysteme

Gliederung:

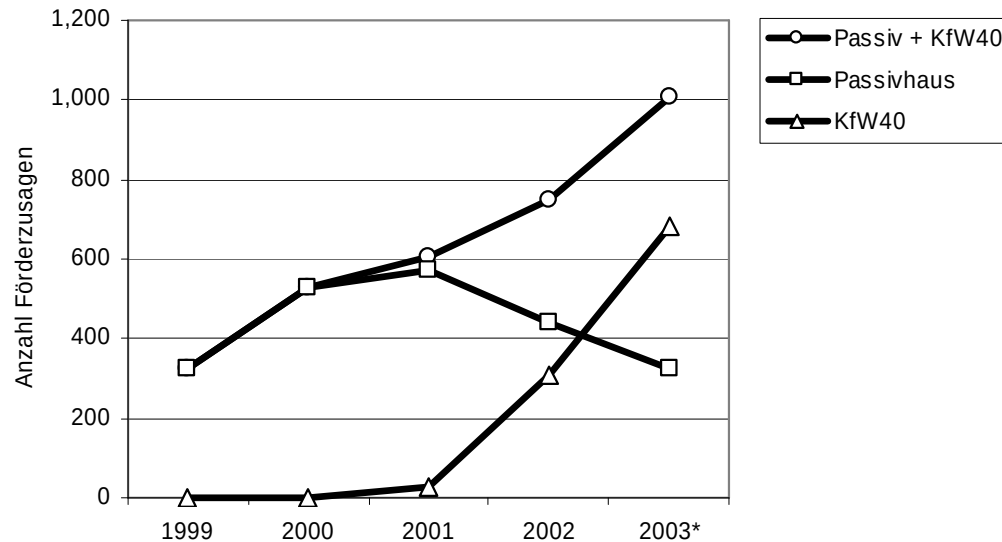
- Einleitung und Trends für den Wohnungsbau
- Konzepte für den Geschosswohnungsbau
- Wärmepumpen für das Passivhaus - Erfahrungen
- Dezentrale Wärmepumpen für Mehrfamilienhäuser,
Geräte, Teststandmessungen und Feldversuch

Wohin geht der Trend? Motivation für „passive“ Haustechnik

- Marktstudie über Passivhäuser in Deutschland erstellt
- dafür 180 Standardinterviews in 5 Baubranchen
sowie 25 Experteninterviews innerhalb von 2 Wochen
- Fragen nach Einschätzung für absolute Zahlen in 2006
und für relative Zahlen in 2010
- Recherche nach zugesagten Förderungen durch KfW
- Prognos Daten zur künftigen Bautätigkeit einbezogen

In Deutschland zugesagte Förderungen für Passivhäuser

Jährlich bewilligte Anträge, 2003 noch vorläufig

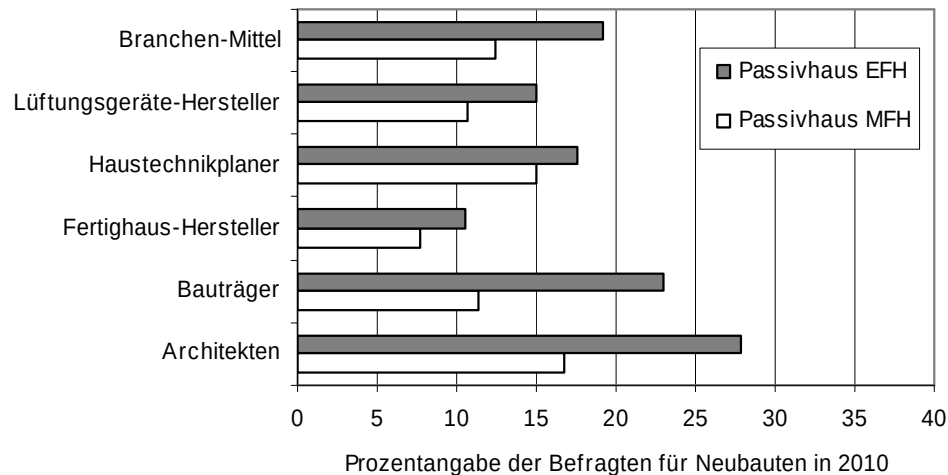


In Summe rund 4200 Passivhäuser in Deutschland
durch die KfW bis Ende 2003 gefördert

Was sagen die Vertreter der Baubranchen?

Einschätzung für 2006: 15000 Wohneinheiten als Passivhaus

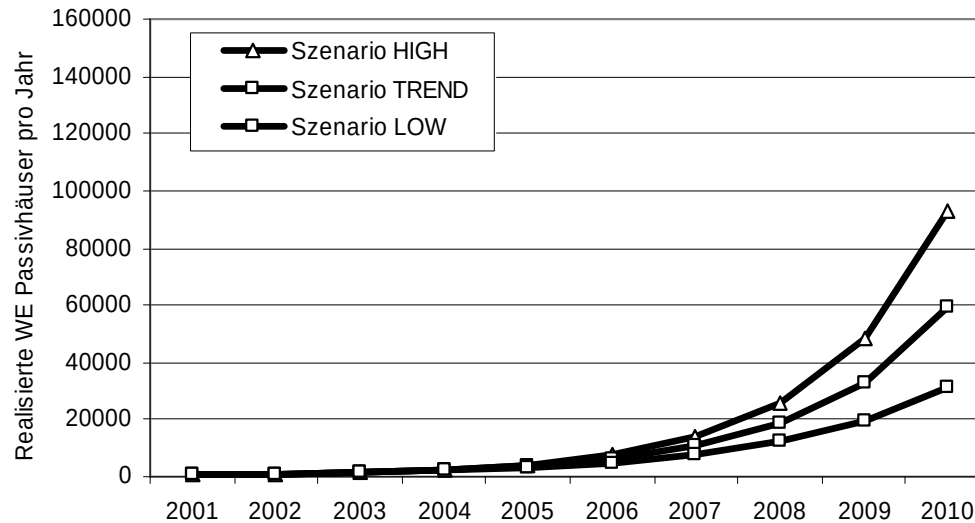
Einschätzung des Anteils an den Neubauten in 2010:



19.5% der Einfamilienhaus-Neubauten als Passivhaus

12.5% der Mehrfamilienhaus-Neubauten als Passivhaus

Jährliche Neubauten als Passivhaus

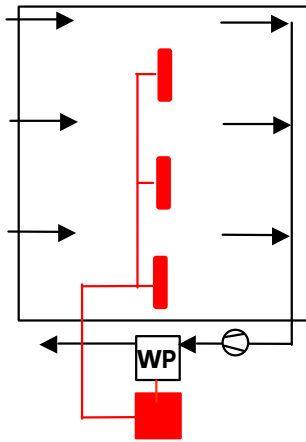


Rund 60000 Wohneinheiten pro Jahr in 2010 als Passivhaus

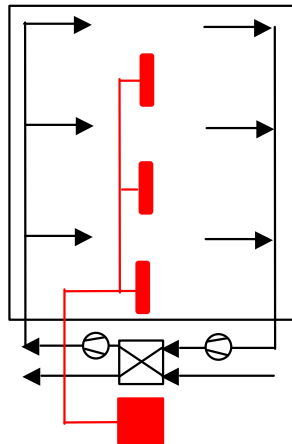
Versorgungskonzepte für Passivhaus-Geschosswohnbau

- Wärmeerzeuger
- Wärmeverteilung
- Lüftung
- Zentralität und Dezentralität
- Kriterien:
 - Investitionskosten
 - Energieverbrauch
 - Betriebskosten
 - Komfort
 - Bedienungsfreundlichkeit
 - Wartungsaufwand

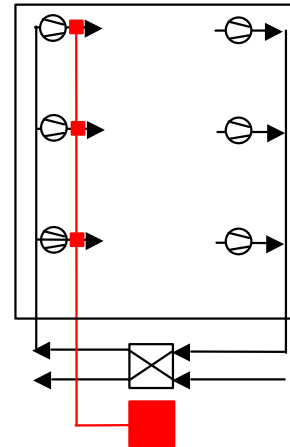
Konzepte im Vergleich



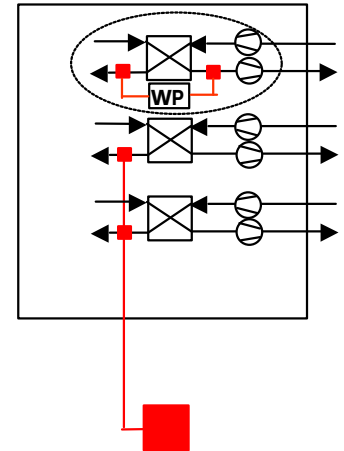
Gundelfingen: 1998



Freiburg I: 1999

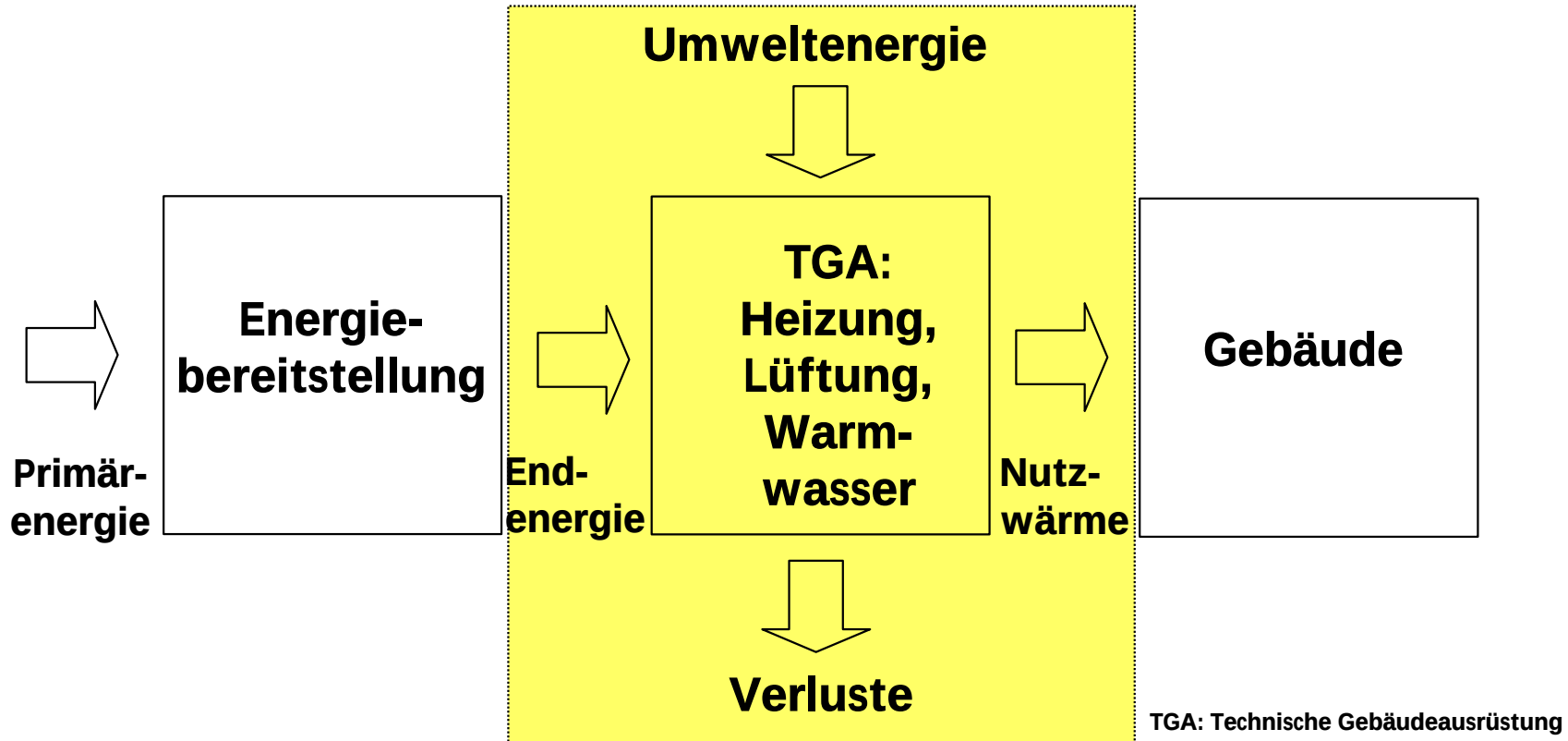


Kassel: 2000



Freiburg II: 2002

Energieflussanalysen, Schema der Darstellung



Solarhaus Gundelfingen

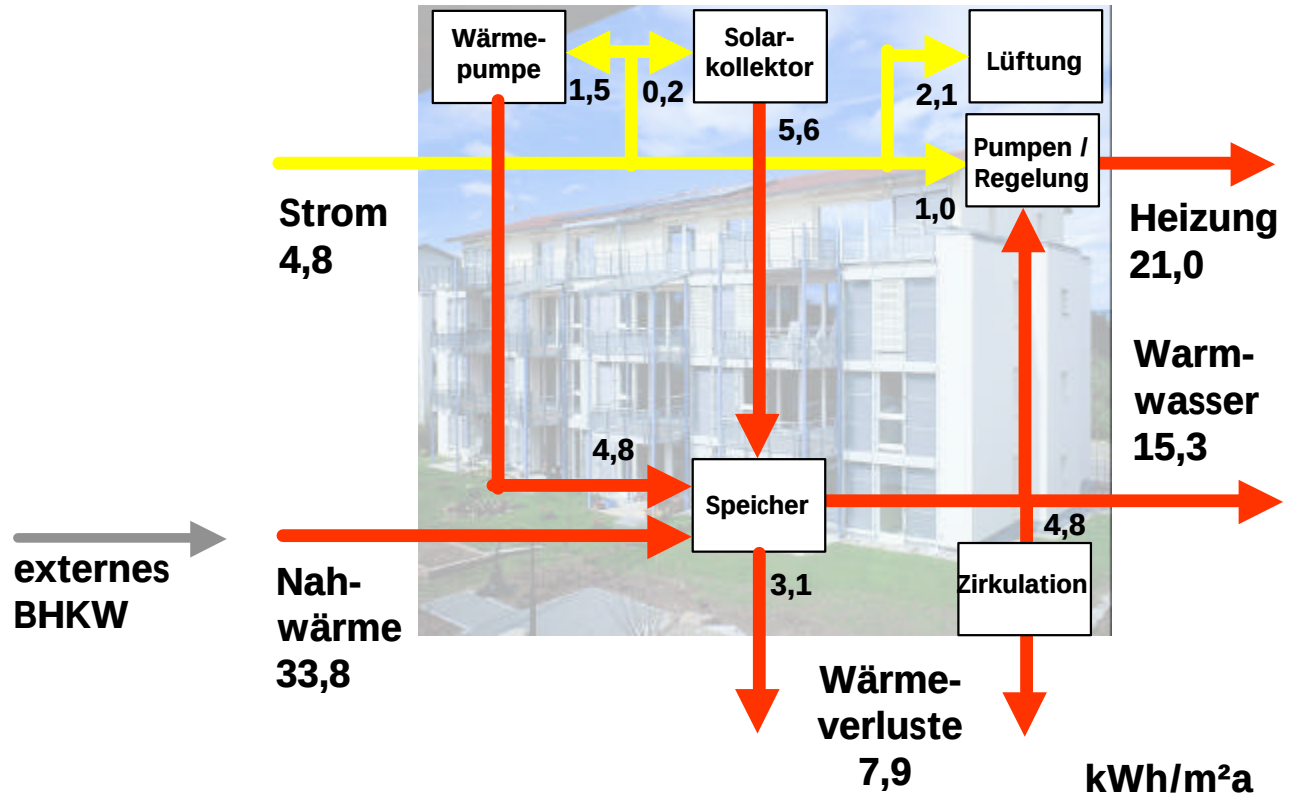
- 1998 bezogen
- Heizbedarf 22 kWh/m²a
- Solarkollektor und TWD
- Nahwärmeanschluss an KWK
- zentrale Abluftanlage mit Wärmepumpe



Folie Nr. 10



Energieflüsse, Beispiel Solarhaus Gundelfingen



Solar-Passivhaus Wohnen & Arbeiten, Freiburg-Vauban

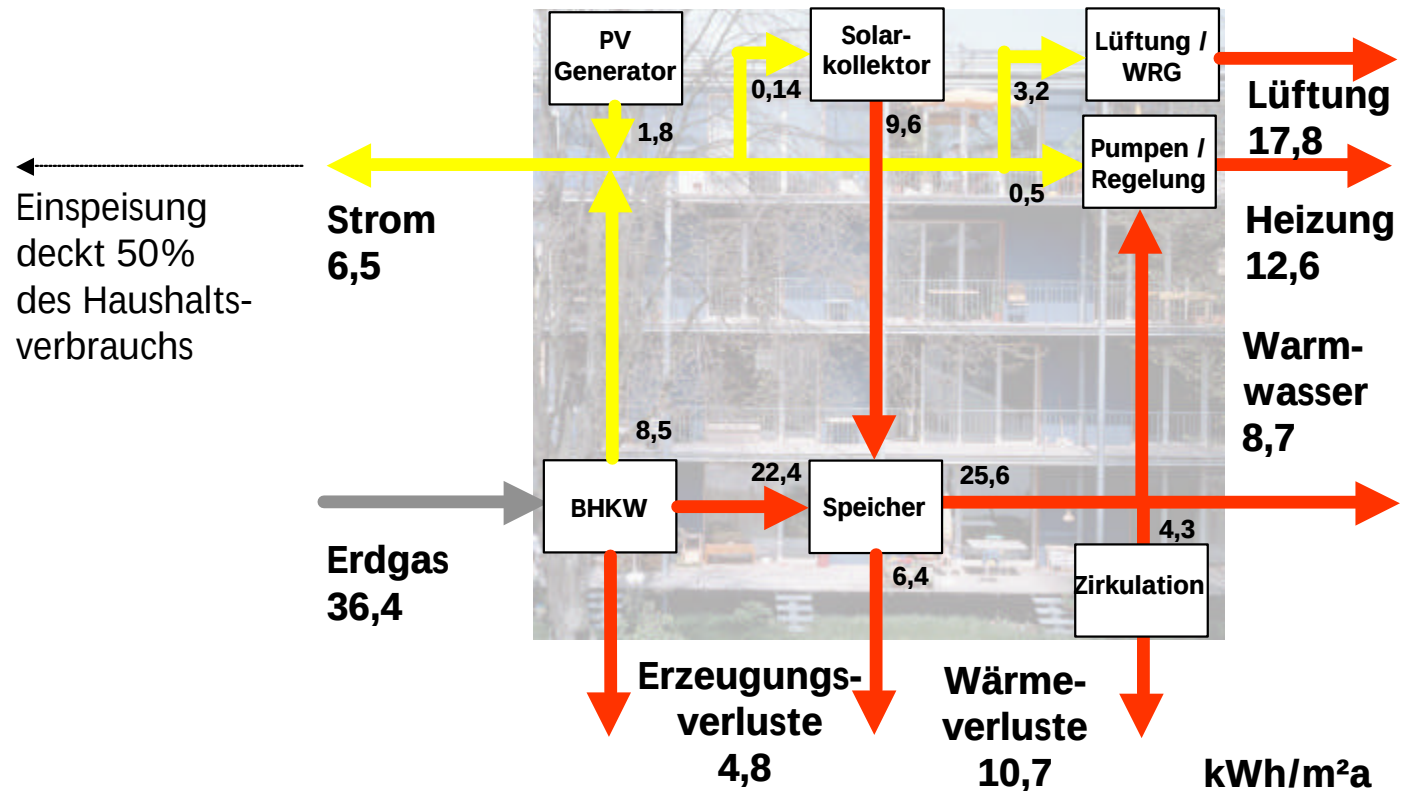
- 1999 bezogen (das erste Passivhaus im Geschosswohnungsbau in Deutschland)
- Heizbedarf unter 15 kWh/m²a
- Solarkollektor und PV
- zentrales BHKW mit 5 kW_{el}
- zentrale Lüftung mit WRG



Folie Nr. 12



Energieflüsse, Beispiel Solar-Passivhaus W&A, Freiburg-Vauban



Solar-Passivhaus ISIS, Freiburg-Vauban

- 2002 bezogen
- Heizbedarf unter 15 kWh/m²a
- Solarkollektor und PV
- zentraler Anschluss an Nahwärme (Holzhackschnitzel genutzt für KWK-Anlage)
- dezentrale Lüftung mit WRG
- ein dezentrales Lüftungs-Kompaktgerät mit WRG und Abluftwärmepumpe (Feldtest)



Folie Nr. 14



Solar-Passivhaus ISIS, erste Messergebnisse für 2003



- Heizwärmeverbrauch rund 12 kWh/m²a
- Warmwasserwärme knapp 10 kWh/m²a
- Wärmeverteilverluste der zentralen Anlage durch Speicher und Zirkulationsleitung bis zu den Wohnungen: 50%
- dazu Verluste durch dezentrale Wassererwärmer, die ständig durchströmt und schlecht isoliert sind
- dezentrale Lüftung funktioniert gut
- Komfort wird als sehr hoch wahrgenommen
- Lüftungs-Kompaktgerät im Feldtest, keine Verteilverluste, nur die Speicherwärmeabgabe im Gäste-WC

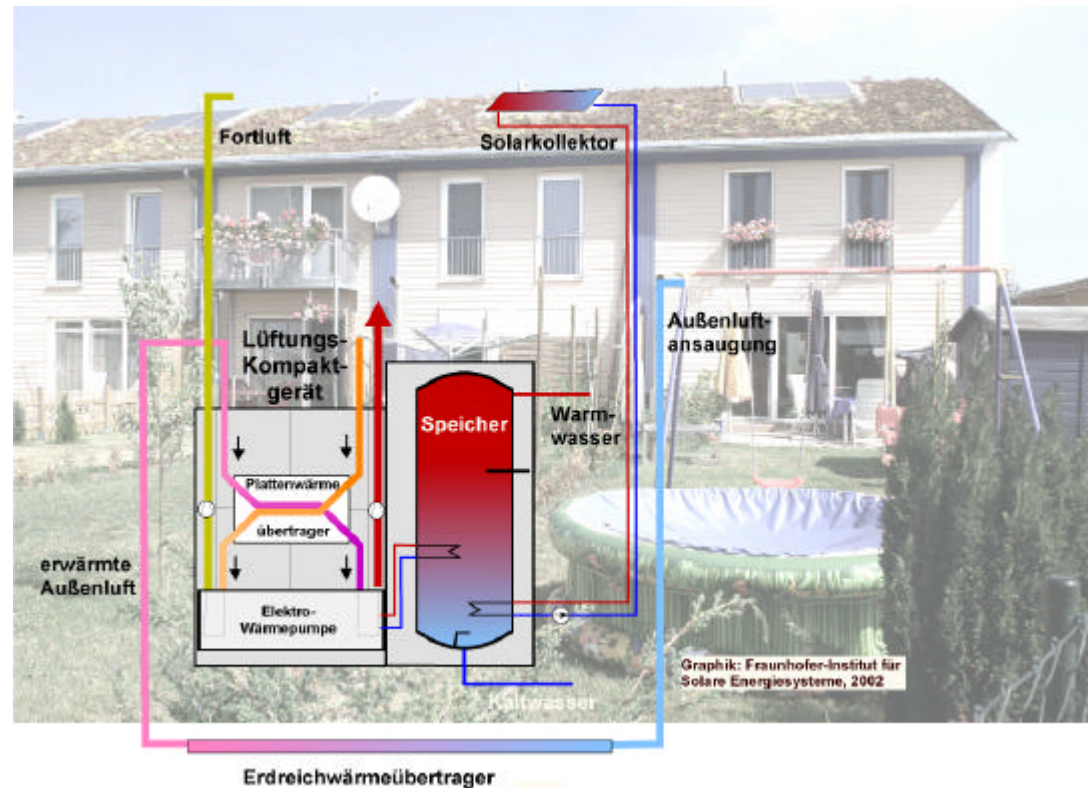
Folie Nr. 15



Funktion eines Lüftungs-Kompaktgerätes für Einfamilienhäuser

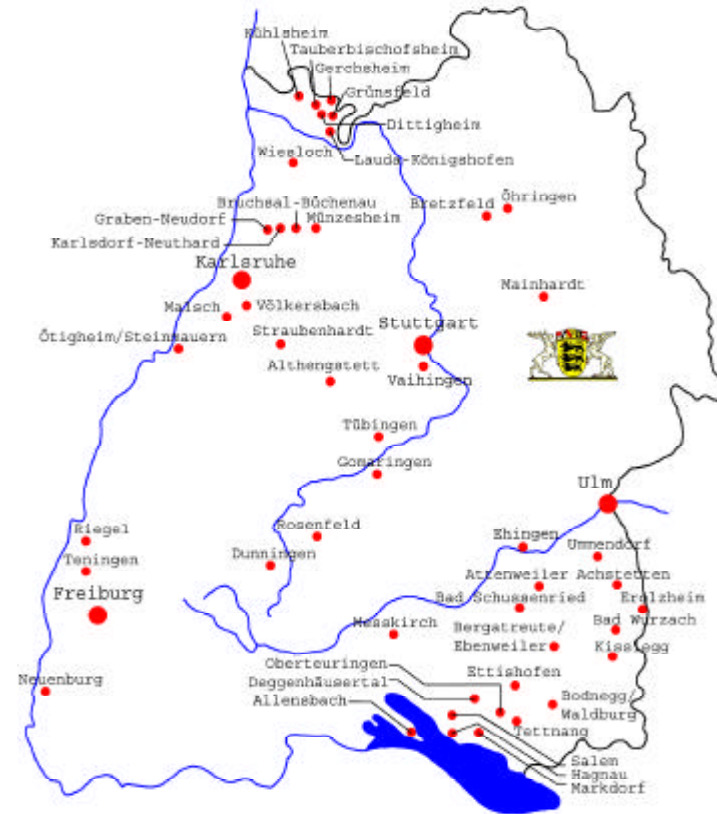
Beispiel Aerex von Maico:

- Kreuzgegenstrom-WT
- Abluftwärmepumpe
- zwei Verflüssiger
- separater Speicher
- Nutzung von thermischer Solaranlage



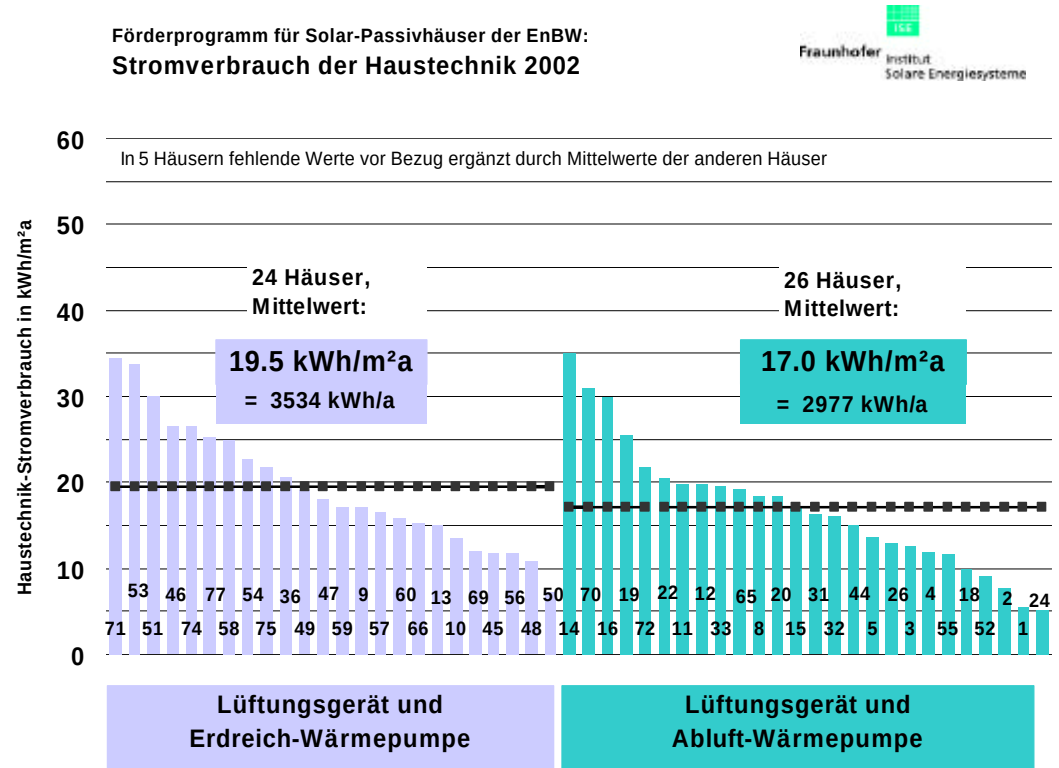
Monitoring in Solar-Passivhäusern mit Wärmepumpe:

- 78 Häuser gefördert durch EnBW
- Solarkollektor
- Wärmepumpe
- Verbrauchserfassungen durch das Fraunhofer ISE



Stromverbrauch der Wärmepumpentechnik in Einfamilienhäusern

- Wärmepumpen erreichen im Mittel das Ziel eines Stromverbrauchs unter 20 kWh/m²a
- Erdreich-WP erst durch Solarunterstützung
- 15% mehr Strom bei Erdreichwärmepumpen



Deshalb Lüftungs-Kompaktgeräte für Mehrfamilienhäuser sinnvoll:

Maico Feldtestgerät N2-1

(Abdeckung entfernt)



Viessmann Vitotres 343

(auf Teststand des Instituts)



Drexel aerosmart S

(auf Teststand des Instituts)



Folie Nr. 19



Teststandmessungen von Lüftungs-Kompaktgeräten:

- Vollautomatisierter Ablauf auf Teststand des Fraunhofer ISE
- Konditionierung der Luftströme, geregelte Wasserzapfungen
- Nach EN 255-3: Mehrtägiger Messzyklus mit automatischer Interaktion von interner Wärmepumpenregelung und Teststandregelung



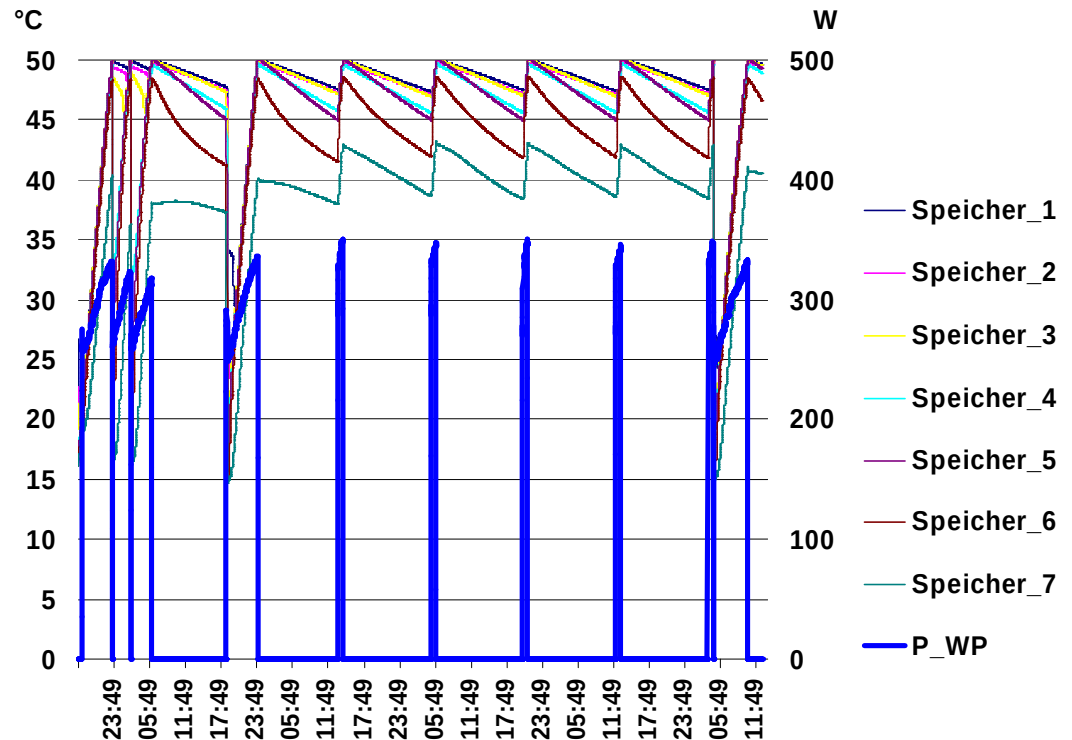
Folie Nr. 20



Messung Brauchwassererwärmung nach EN 255-3:

Messergebnisse:

- Aufheizzeit
- Aufheizenergie
- COP Nacherwärmung
- Bereitschaftsverluste
- nutzbares Volumen
- mittlere Zapftemperatur



Maico N2-1



- Integrierter Speicher mit 120 Litern,
L x B x H: 60 cm x 80 cm x 170 cm
- Nachgeschalteter, geregelter Durchlauferhitzer mit
einstellbarer, fester Auslasstemperatur
- Volumenstrombalancierte Ventilatoren
- Abluftwärmepumpe erwärmt den Speicher
- Nachheizregister mit Speicherwasser erwärmt bei
Heizbedarf die Zuluft
- Reserveheizung (elektrisch) garantiert Zulufttemperatur

Messung EN 255-3, Ergebnisse für Maico N2-1:

- Unterscheidung nach Winter- und Sommerwerten, da Abwärme des Verdichters an die Zuluft im Winter nutzbar ist

Randbedingungen:		Abluft	Außenluft
Volumenstrom		122	119 m ³ /h
Temperatur		20.2	6.2 °C
Feuchte		36 %	
Verdampfeintrittstemperatur		9.7 °C	

- hohe Arbeitszahlen gemessen

- Weiterentwicklungen sind in Arbeit:
 - Reihenschaltung der Verflüssiger
 - natürliches Kältemittel
 - Schichtladung des Speicher

Ergebnisse:	Aufwärmzeit	04:55 Stunden
COP Nacherwärmung Sommer		2.94
COP Nacherwärmung Winter		3.81
Bereitschaftsverlustdeckung		19 W
Zapfvolumen bei 40 °C		158 Liter

Viessmann Vitotres 343



- Sehr kompaktes Gerät mit integriertem Speicher 240 Liter, L x B x H: 67 cm x 60 cm x 200 cm
- Interner Solekreislauf für Energiemanagement
- Anschlussmöglichkeiten für Solaranlage und Heizkörper
- Zusätzlicher Außenluftstrom zur Abluft als Wärmequelle
- Kühlbetrieb mit Wärmepumpe möglich
- Volumenstrombalancierte Ventilatoren
- Messungen auf dem Teststand des Instituts bis Dezember 03
- Hohe Wärmeverfügbarkeit durch elektrische Begleitheizung im Solekreis nach der Wärmepumpe

Folie Nr. 24



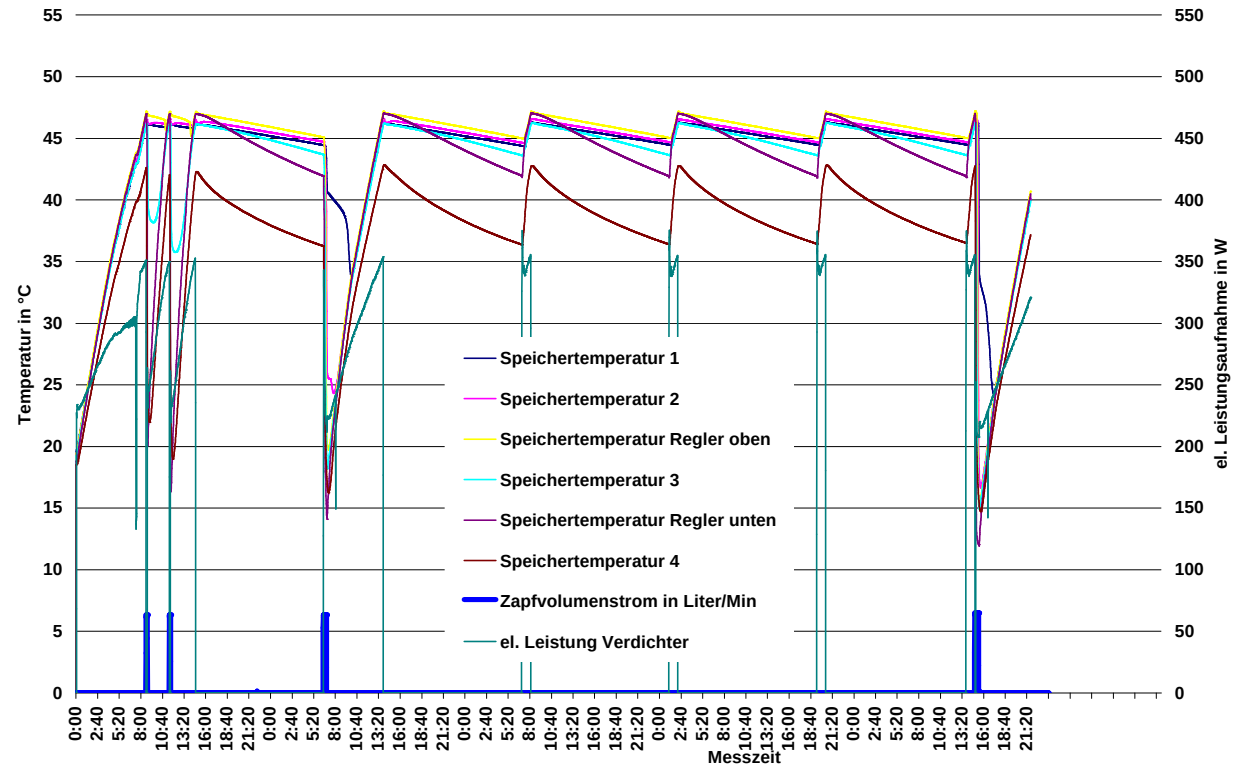
Drexel aerosmart S



- Sehr kompaktes Gerät mit integriertem Speicher 200 Liter, L x B x H: 60 cm x 60 cm x 230 cm
- Modularer Aufbau, Lüftungsmodul wird separat montiert, Lüftkanäle seitlich zu montieren
- Reihenschaltung der Verflüssiger der Wärmepumpe für erhöhte Energieeffizienz
- Volumenstrombalancierte Ventilatoren
- Neues Konzept für energieeffiziente Abtauung ohne Disbalance
- Messungen auf dem Teststand des Instituts seit Dezember 03

Messung EN 255-3, Ergebnisse für Drexel aerosmart S:

Winterbedingungen, nur
Brauchwasseranforderung,
Speichertemperaturen und
Verdichterleistung



Messung EN 255-3, Ergebnisse für Drexel aerosmart S:

Winterbedingungen, nur Brauchwasseranforderung, Ergebnis

Randbedingungen	Abluft	Außenluft
Volumenstrom	124.8	117.1 m ³ /h
Temperatur	20.2	9.9 °C
Feuchte	40.4 %	
Verdampfereintrittstemperatur	13.3 °C	

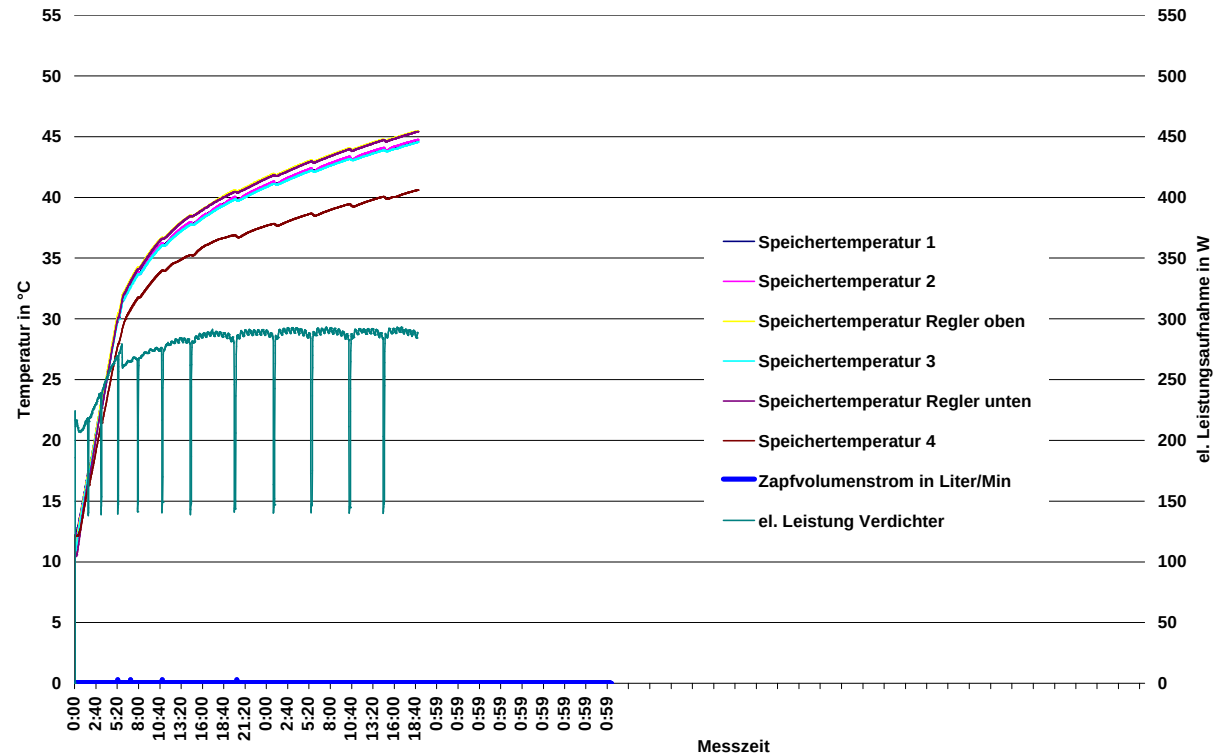
- ebenfalls hohe
Arbeitszahlen
gemessen

- großes nutzbares
Speichervolumen
-> auf Heizstab
wird meist verzichtet

Ergebnisse	Aufwärmzeit	08:36 Stunden
COP Nacherwärmung Sommer	2.91	
COP Nacherwärmung Winter	3.34	
Bereitschaftsverlustdeckung	21 W	
Zapfvolumen bei 40 °C	261 Liter	

Aufheizbetrieb, Ergebnisse für Drexel aerosmart S:

Winterbedingungen,
Brauchwasseranforderung
und gleichzeitige
Luftheizanforderung,
Speichertemperaturen und
Verdichterleistung,
ab 32 °C Reihenschaltung



Aufheizbetrieb, Ergebnisse für Drexel aerosmart S:

Ergebnis des gekoppelten Betriebs mit
Erwärmung des Speichers von 20 auf 45 °C,
Luftheizung ab 32 °C Speichertemperatur:

- Arbeitszahl der Wärmepumpe steigt von 3.33 auf 3.49
- Leider zu hoher Luftvolumenstrom (Stufe 3), so dass die Speichertemperatur bei 45 °C stagniert
- Ursache ist unklar, eventuell Fehlverschaltung auf dem Teststand. Weitere Messungen werden durchgeführt und auf der Passivhaustagung präsentiert

Fazit:

- Passivhäuser werden massiv zunehmende Marktanteile im Neubau gewinnen, auch im Geschosswohnungsbau
- Lüftungs-Kompaktgeräte sind eine bewährte und sehr energieeffiziente Versorgungstechnik für Passivhäuser
- Für Einfamilienhäuser und Reihenhäuser sind die Lüftungs-Kompaktgeräte mit Abluftwärmepumpe marktführend
- Für Mehrfamilienhäuser sind seit kurzem mehrere Geräte etablierter Hersteller verfügbar oder in Entwicklung
- Die Geräte sind sehr platzsparend, haben einen integrierten Speicher und können innerhalb der Wohnung in einem Funktionsraum aufgestellt werden
- Einige technische Optimierungen sind noch sinnvoll

Ich danke Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit!