

Die Passiv- und Niedrigenergiehaussiedlung in Wiesbaden

Die Siedlung mit insgesamt 22 Passiv- und 24 Niedrigenergiehäusern vom Bauträger Rasch & Partner mit Begleitung durch das Passivhausinstitut und das Institut Wohnen und Umwelt entwickelt und 1997 auf einem ehemaligen Kasernengelände in Wiesbaden-Dotzheim errichtet. Zusammen mit einem Doppelhaus in Naumburg sind es die ersten Passivhäuser, die der Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser begleitete. Die Gebäude wurden aus vorgefertigten Bauteilen in Mischbauweise in wenigen Wochen errichtet. Die Siedlung wird mit Nahwärme versorgt (3 Wärmeübergabestationen für 3 Hauszeilen). Die Häuser wurden 1997 gebaut und bezogen.

In die Untersuchung¹ wurden 2 der 3 Hauszeilen mit allen 22 Passivhäusern und 8 der Niedrigenergiehäuser einbezogen.



Bild 1: Südansicht



Bild 2: Nordansicht

Standort:	Wiesbaden-Dotzheim
Baujahr	1997
Nutzung	Wohnungen (Reihenhäuser für junge Familien)
Größe	Siedlung mit 22 Passivhäusern und 24 Niedrigenergiehäusern, 64 bis 108 m ²
Projektziele	Kostengünstiger Wohnungsbau; Niedrigenergiehäuser; Passivhausstandard für 22 Häuser
Bauträger	Rasch & Partner, Darmstadt
Haustechnik	InPlan, Pfungstadt
Wissenschaftliche Begleitung und Beratung des Planungs- und Bauteams	Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Institut Wohnen und Umwelt, Passivhaus Institut
Qualitätssicherung	Passivhaus Institut
Messtechnische Begleitung und Auswertung	Institut Wohnen und Umwelt in Kooperation mit dem Passivhaus Institut
Sozialwissenschaftliche Begleitung	Institut Wohnen und Umwelt
Auftraggeber der wissenschaftlichen Auswertung	Hessisches Umweltministerium und Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
Finanzielle Unterstützung	ESWF Wiesbaden

Daten der Siedlung

Daten	Projekt Wiesbaden Lummerlund			Personenbelegung		
	Anzahl Häuser		Wohn-Fläche	Personen (2001)	Personen pro Haus	m ² pro Person
PH	22	0	2274.1	79	3.6	28.8
NEH	8	(von 24)	760.5	29	3.6	26.2
gesamt	30	(von 46)	3034.6	108	3.6	28.1

Niedriger Energieverbrauch

Das Messergebnis erfüllt die aufgrund der Planung in die Passivhäuser gesetzten Erwartungen.

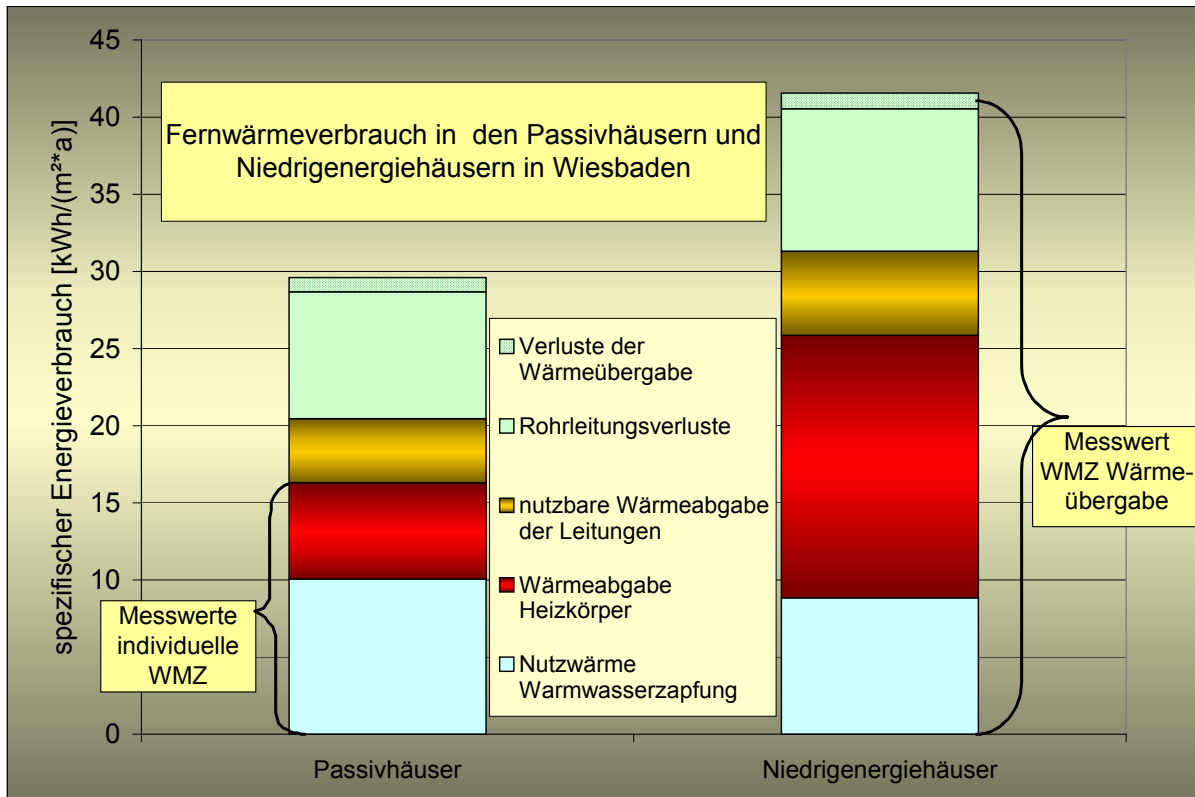
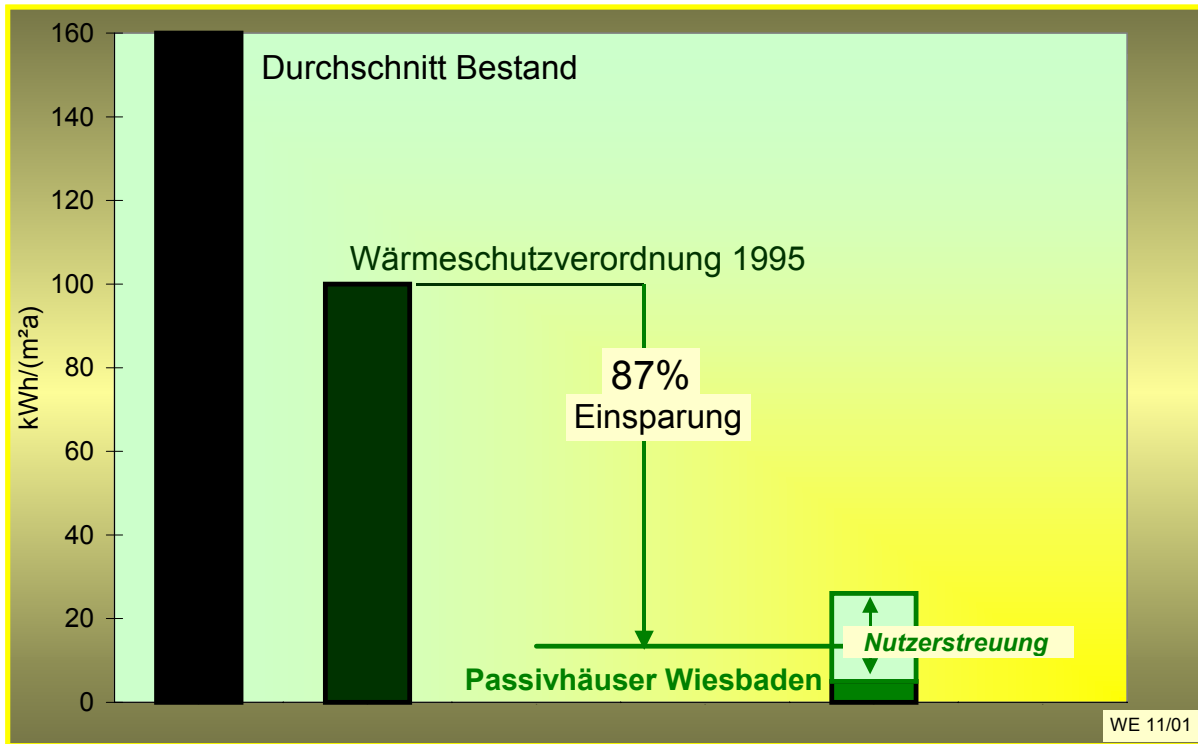
In den Passivhäusern sind in der zweiten Heizperiode '98/'99 im Mittel 13,4 kWh/(m²a), in der dritten 12,2 kWh/(m²a) und in der vierten 10,4 kWh/(m²a) Heizwärme verbraucht worden. Die Einzelmesswerte der Häuser streuten dabei 1999/2000 zwischen 5 kWh/(m²a) und 21 kWh/(m²a). Damit können erhebliche nutzerbedingte Schwankungen beobachtet werden. Aber selbst der Haushalt mit dem höchsten Verbrauch benötigt nur ein Fünftel der Heizenergie, die im Durchschnitt für vergleichbare nach der zum damaligen Zeitpunkt gültigen Wärmeschutzverordnung errichtete Wohngebäude benötigt worden wäre.

Heizwärmeverbräuche im Vergleich

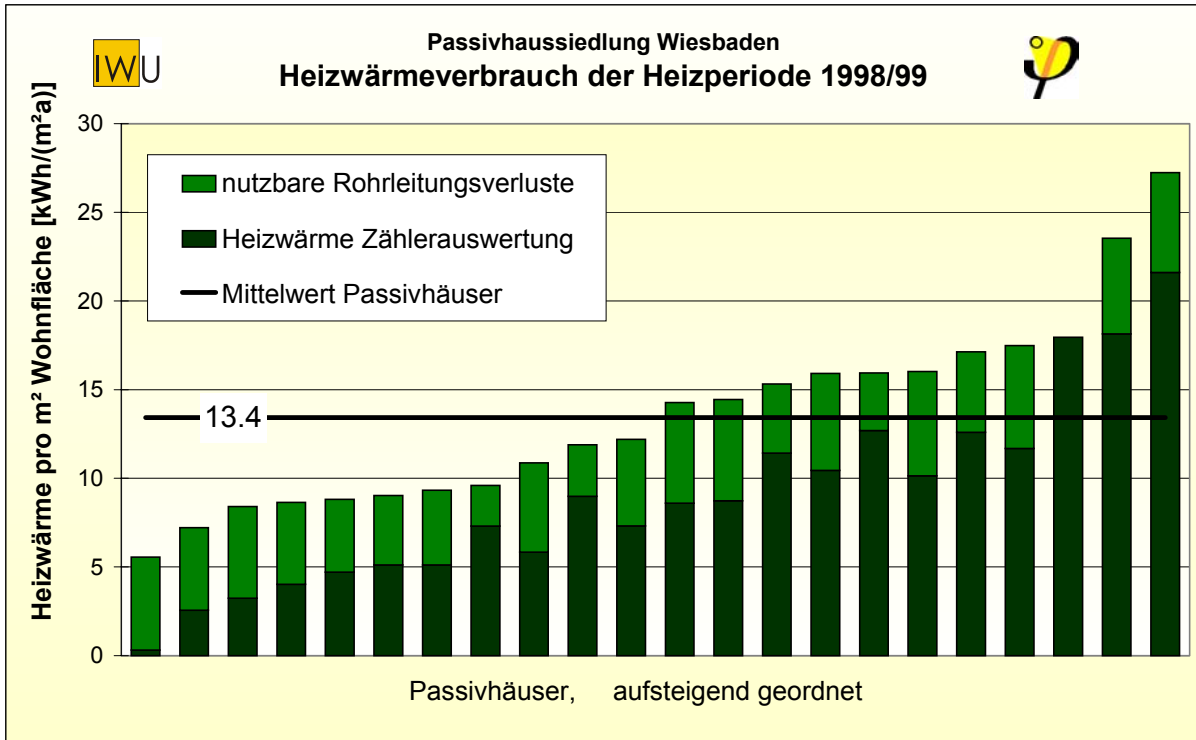
Durchschnittlicher Heizwärmeverbrauch im Bestand (dazu kommen die Verluste des Heizsystems)	160 kWh/(m ² a)
Heizwärmeverbrauch gemäß gültiger Wärmeschutzverordnung	100 kWh/(m ² a)
Projektierter Heizwärmebedarf der Passivhäuser in Wiesbaden	13,4 kWh/(m ² a)
Durchschnittlicher gemessener Heizwärmeverbrauch 1998/1999	13,4 kWh/(m ² a)
Durchschnittlicher gemessener Heizwärmeverbrauch 1999/2000	12,2 kWh/(m ² a)
Wohnung mit dem geringsten Heizwärmeverbrauch (1999/2000)	5 kWh/(m ² a)
Wohnung mit dem höchsten Heizwärmeverbrauch (1999/2000)	21 kWh/(m ² a)

Die Streuung um einen Faktor 5 beeinträchtigt offensichtlich weder das Gesamtergebnis, das der Projektierung entspricht, noch die Funktionsfähigkeit der einzelnen Häuser. Auf einer absoluten Skala sind die Differenzen (20 kWh/(m²a) zwischen den Extremwerten) sehr gering; Streuungen bei baugleichen sind bei schlechterem Wärmeschutz (absolut) wesentlich höher.

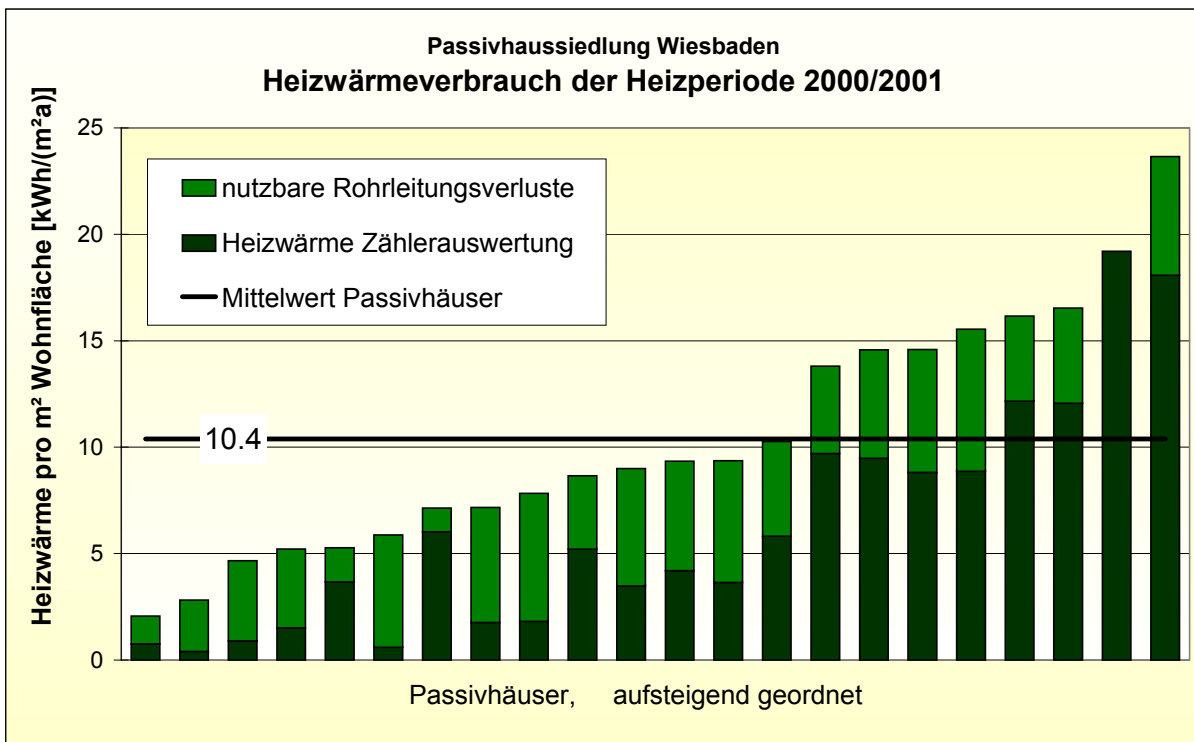
Heizwärmeverbrauch und Einsparung



Nutzerstreuung 1998/1999²

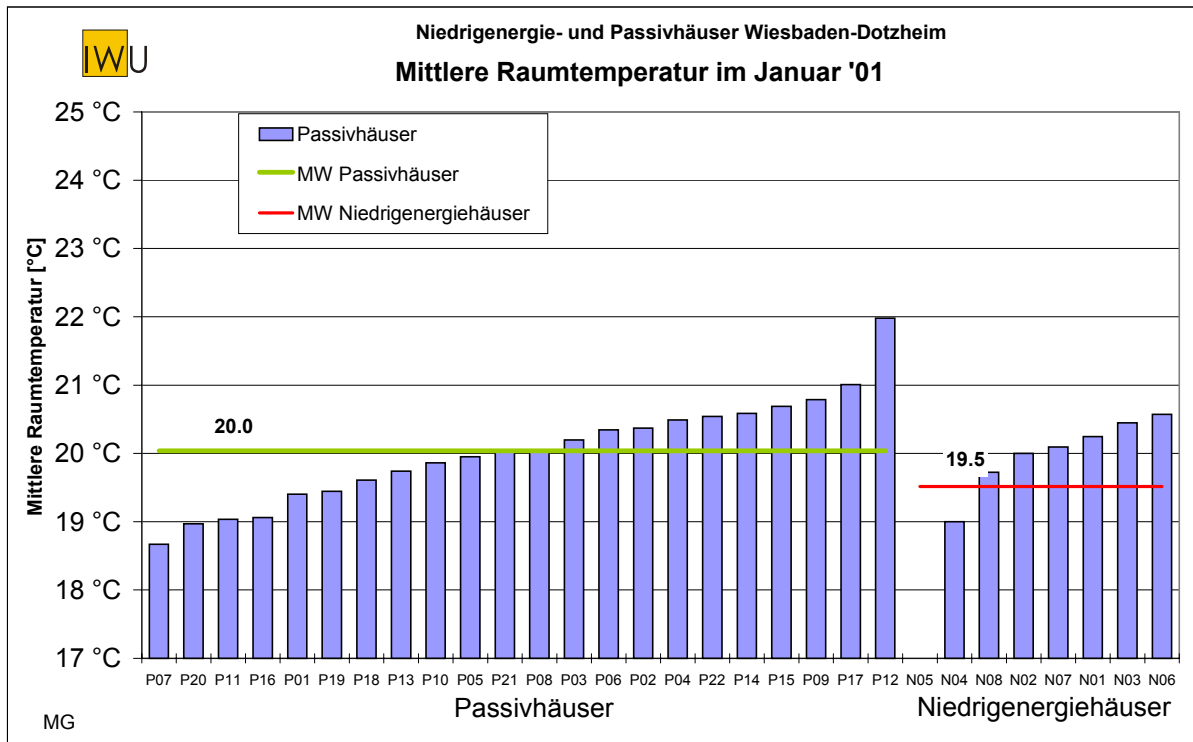


Nutzerstreuung 2000/2001



Temperaturen im Winter in den Passivhäusern und den Niedrigenergiehäusern

Die nachhaltig geringen Verbräuche werden trotz normaler Innentemperaturen erreicht. Die Innentemperatur bei den Passivhäusern liegt seit Jahren im Durchschnitt zwischen 20°C und 20,5°C, die Temperatur der Niedrigenergiehäuser liegt um ein halbes Grad niedriger.



Messergebnisse: Marc Großklos, IWU

Primärenergieverbrauch

Zum Wärmeverbrauch von 29,6 kWh/(m²a) bei den Passivhäusern (Messjahr 2000/2001) muss zur Bewertung noch der Hilfsstromverbrauch hinzugerechnet werden. Dieser beträgt ca. 2,7 kWh/(m²a), davon gut 2 kWh/(m²a) für die Lüftung mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung. Damit werden 20,6 kWh/(m²a) (COP ca. 10, bezogen auf das gesamte Jahr) an Heizwärme eingespart (Mittelhäuser, die Endhäuser verfügen zusätzlich über einen Erdreichwärmetauscher). Für die Wärmeverteilung werden zusätzlich 0,66 kWh/(m²a) Strom benötigt.

Für die primärenergetische Bewertung werden typische Daten für diese Versorgungsstruktur verwendet, die mit GEMIS berechnet wurden. Für den Strommix wird ein Primärenergiefaktor von 2,94 angesetzt, für die Nahwärmeversorgung mit Kraft-Wärmekopplung ein Primärenergiefaktor von 1,02 (berechnet für 35% Kraft-Wärmekopplung). Die lokalen Daten sind nicht genau bekannt. Für die Bewertung des gesamten Energiekonzepts für die Siedlung ist es zum besseren Vergleich ohnehin zweckmäßig, globale Durchschnittsdaten zu verwenden. Im Vergleich dazu sind in der folgenden Tabelle auch die

Daten, die für die primärenergetische Bewertung von der ENEV verwendet werden, angegeben.

Primärenergiefaktoren	verwendet (nach GEMIS)	zum Vergleich: ENEV
Nahwärme 35% KWK	1.02	0.7
Strom	2.94	3

Für die Einordnung in die Gesamtbilanz sind auch die Daten zur Größe der Objekte sowie zur Personenbelegung von Bedeutung. Die Personenbelegung in den Passivhäusern in Wiesbaden ist mit 3,6 Personen pro Haus und knapp 29 m² pro Person recht hoch. Dadurch sind die inneren Wärmequellen höher als in vielen anderen vergleichbaren Neubauprojekten. In Bezug auf die primärenergetische und CO₂ –Bewertung pro Person schneiden die Häuser aber daher besonders gut ab.

Größe und Personenbelegung

Daten	Projekt Wiesbaden Lummerlund			Personenbelegung	
	Anzahl Häuser	Wohnfläche (m ²)	Personen (2001)	Personen pro Haus	m ² pro Person
PH	22	2274	79	3.6	28.8
NEH	8 (von 24)	761	29	3.6	26.2
gesamt	30 (von 46)	3035	108	3.6	28.1

Primärenergieverbrauch der Passivhäuser in Wiesbaden

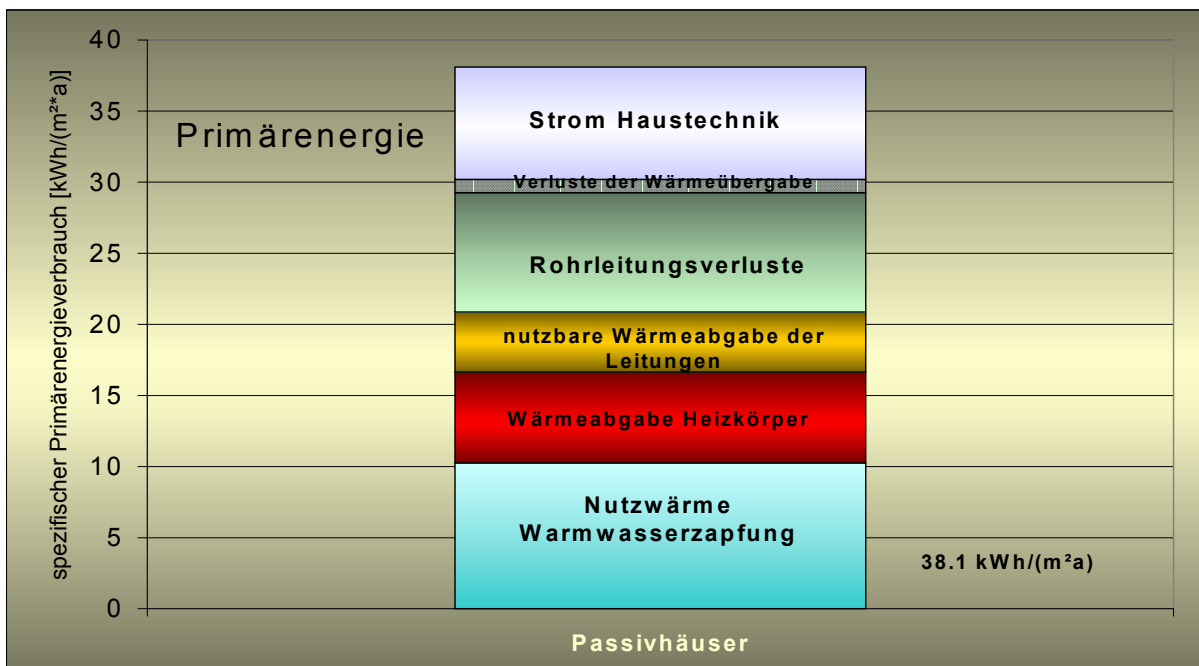
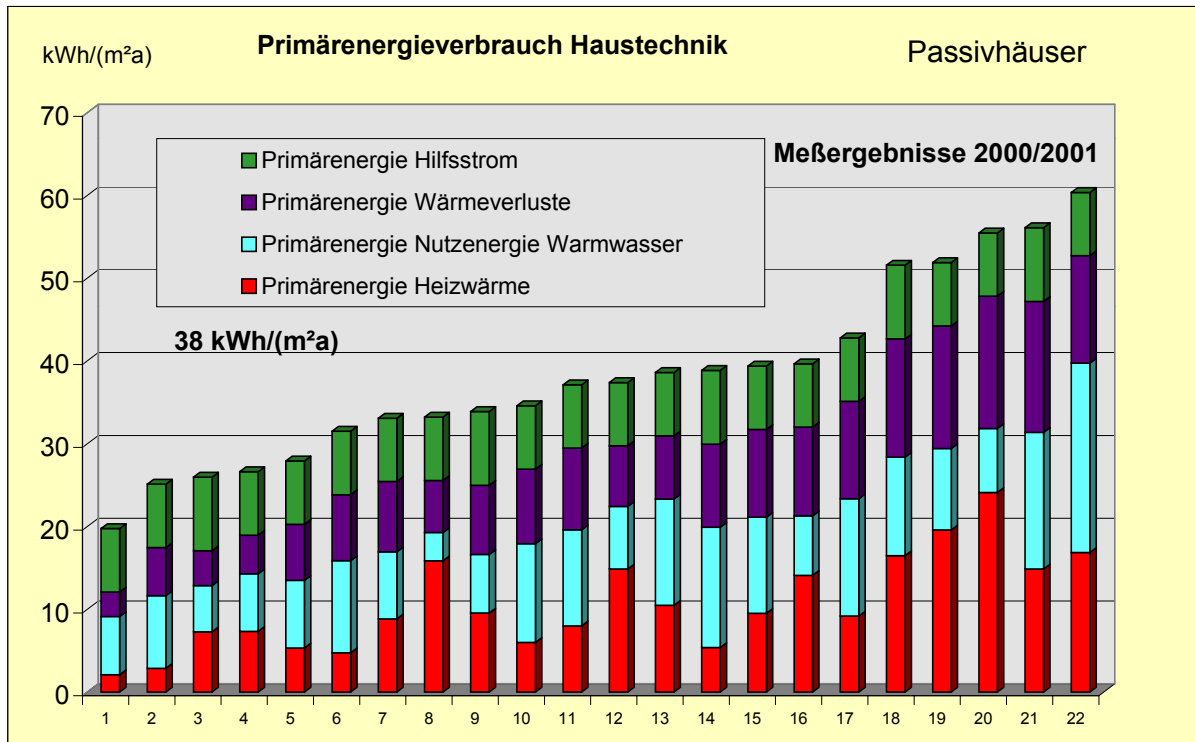


Abb: Primärenergie Nutzerstreuung



Bei der bisher vorgenommenen primärenergetischen Bewertung wurden die Wohnflächen und die Primärenergiefaktoren nach GEMIS verwendet. Der gesamte Primärenergieverbrauch für die Haustechnik im Messjahr 2000/2001 ist dann 38,1 kWh/(m²a) für die Passivhäuser.

Verwendet man allein die Primärenergiebewertungsfaktoren nach der ENEV mit der günstigeren Bewertung der Kraft-Wärme-Kopplung, so beträgt der Primärenergieaufwand 28,8 kWh/(m²a).

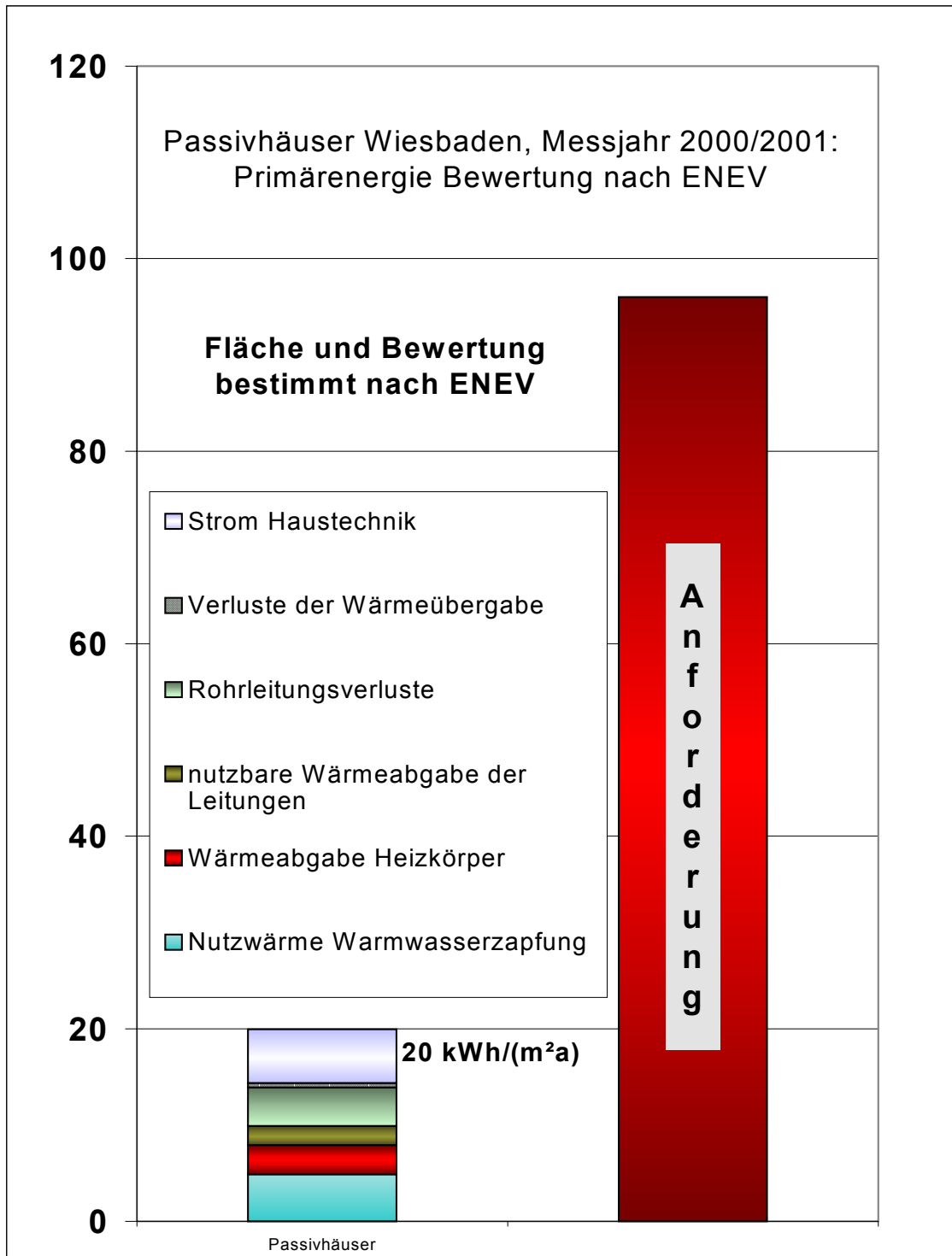
Die größte Abweichung ergibt sich aber, wenn auch die ENEV-Bezugsgrößen verwendet werden: Das 6m-Haus mit 108 m² Wohnfläche hat eine Bezugsfläche nach der ENEV von 153 m², im Durchschnitt vermindern sich alle Verbrauchsgrößen allein dadurch um 30,7%.

Damit würde die Primärenergiebewertung nach der ENEV auf 20,3 kWh/(m²a) sinken.

Zum Vergleich zeigt die folgende Abbildung die Aufteilung des Primärenergieverbrauchs für Heizung, Lüftung und Warmwasser gemäß der ENEV.

Primärenergetische Bewertung nach ENEV

(Bezugsfläche und Primärenergiefaktoren gem. ENEV)



Die Ergebnisse eines Messjahres können natürlich nicht wirklich mit dem Berechnungsergebnis nach der ENEV verglichen werden. Aus diesem Grunde wurde der Vergleich mit einem realistischen Berechnungs- und Projektierungsverfahren vorgenommen (vgl. folgende Tabelle).

Tabelle: Primärenergiekennwerte und Aufwandszahlen im Vergleich

Heizwärme und Primärenergie im Vergleich		gemessen	berechnet PHPP	berechnet PHPP	Heizwärme berechnet ENEV
Bezugsfläche	m ²	108	108	108	153
		2000/2001 (Durchschnitt)	Klima: DIN 4108-6 Region 8	ohne Berücksichtigung der WRG	
Heizwärme	kWh/a	1120	1208	3432	2924
Heizwärme bezogen auf Wohnfläche	kWh/(m ² a)	10.4	11.2	31.8	27.1
<i>Heizwärme bezogen auf ENEV-Fläche</i>	<i>kWh/(m²a)</i>	<i>7.3</i>	<i>7.9</i>	<i>22.5</i>	<i>19.2</i>
Nutzenergie Warmwasser	kWh/a	1085	1120	1120	1907
gesamte Nutzenergie	kWh/a	2205	2328	4553	4831
Primärenergie (GEMIS) (außer ENEV Nachweis)	kWh/a	4106	4760	4760	6231
Primärenergie bezogen auf Wohnfläche	kWh/(m ² a)	38.1	44.2		57.8
<i>Primärenergie bezogen auf ENEVfläche</i>	<i>kWh/(m²a)</i>	<i>26.9</i>	<i>31.2</i>		<i>40.8</i>
Anforderung	kWh/(m ² a)				95.8
in Bezug auf Anforderung	%	28%	33%		43%
Anlagenaufwandszahl	-	1.9	2.0	1.0	1.3
Primärenergie berechnet mit ENEV-Faktoren	kWh/a	3102	3604	3604	6231
bezogen auf Wohnfläche	kWh/(m ² a)	28.8	33.4		57.8
<i>bezogen auf ENEVfläche</i>	<i>kWh/(m²a)</i>	<i>20.3</i>	<i>23.6</i>		<i>40.8</i>
Anforderung	kWh/(m ² a)				95.8
in Bezug auf Anforderung	%	21%	25%		43%
Anlagenaufwandszahl	-	1.4	1.5	0.8	1.3

Grau hinterlegt: Primärenergiebewertung mit ENEV-Faktoren. Kursiv: Bezug auf ENEV-Bezugsfläche

In der ersten Spalte sind die gemessenen Werte für das Jahr 2000/2001 wiedergegeben. Die 2. Spalte enthält Berechnungsergebnisse für ein 6m –Haus, alle Werte wurden mit dem Passivhaus Projektierungspaket 2002 (PHPP) ermittelt. Der gemessene Heizwärmeverbrauch von Juli 2000 bis Juni 2001 betrug 10,4 kWh/(m²a), bezogen auf die Wohnfläche; mit dem

PHPP wurden $11,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ berechnet für das Klima von Geisenheim ($10,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ für das Klima in Wiesbaden 2000/2001).

Das Verfahren nach der ENEV, dokumentiert in der letzten Spalte, berechnet einen wesentlich höheren (absoluten) Heizwärmebedarf, was aber aufgrund der Zuordnung der Lüftungstechnik zu erwarten ist und später diskutiert wird. Entscheidend ist dagegen, ob die Endergebnisse, die Berechnungsergebnisse für den Primärenergieverbrauch, kompatibel sind. Der gesamte Primärenergieverbrauch, projiziert nach dem PHPP hätte $44 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ betragen – in guter Übereinstimmung mit dem tatsächlich gemessenen, etwas niedrigeren Wert von $38,1 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Ursache für diese Abweichung sind ein milderes Klima im Messjahr, ein etwas geringerer Warmwasserverbrauch, und, auch dadurch bedingt etwas geringere Wärmeverluste, so dass Messung und Berechnung mit dem PHPP in ausgezeichneter Übereinstimmung stehen.

Bei Verwendung der ENEV-Primärenergiefaktoren wäre der berechnete Primärenergieaufwand $33,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, bezogen auf die Wohnfläche. Vergleich man diesen Wert nun allerdings mit dem Ergebnis des ENEV-Verfahrens, so stellt man fest, dass sie erheblich voneinander abweichen (in absoluten Werten: 6230 kWh/a nach ENEV, 73% über 3600 kWh/a nach PHPP), so dass angesichts der vorliegenden Messergebnisse das ENEV-Verfahrens nicht als realistisch angesehen werden kann.

Vergleich mit dem Anforderungsniveau

In Bezug auf die Anforderung werden nach dem ENEV-Verfahren 43% des Anforderungsniveaus erreicht, mit dem PHPP sinkt der berechnete Primärenergiebedarf aber auf 25% . Gemessen wurden 21% .

Für diese Bewertung wurden einheitlich die Primärenergiebewertungsfaktoren der ENEV verwendet.

Aufwandszahlen

Die Anlagenaufwandszahl, d.h. das Verhältnis von Primärenergieverbrauch zu Nutzwärmeverbrauch ist nach dem PHPP $2,0$ ($1,5$ mit den ENEV-Primärenergiefaktoren), gemessen wurden $1,9$ ($1,4$ mit den ENEV-Primärenergiefaktoren) in der Periode 2000/2001. Die Systematik der ENEV ist allerdings hier eine andere: Die ENEV unterstellt in ihrer Berechnung, dass die in der ausgetauschten Luft enthaltene Enthalpie zunächst das Gebäude verlässt, um anschließend von der Lüftungsanlage wieder zugeführt zu werden. Dies ist weder physikalisch richtig noch erlaubt dieses Vorgehen eine funktionale Dimensionierung des Heizenergiebedarfs. Ebenso wenig existieren hier Messergebnisse, denn tatsächlich findet dieser hypothetische Enthalpiestrom nicht statt, so dass er auch nicht messtechnisch erfasst

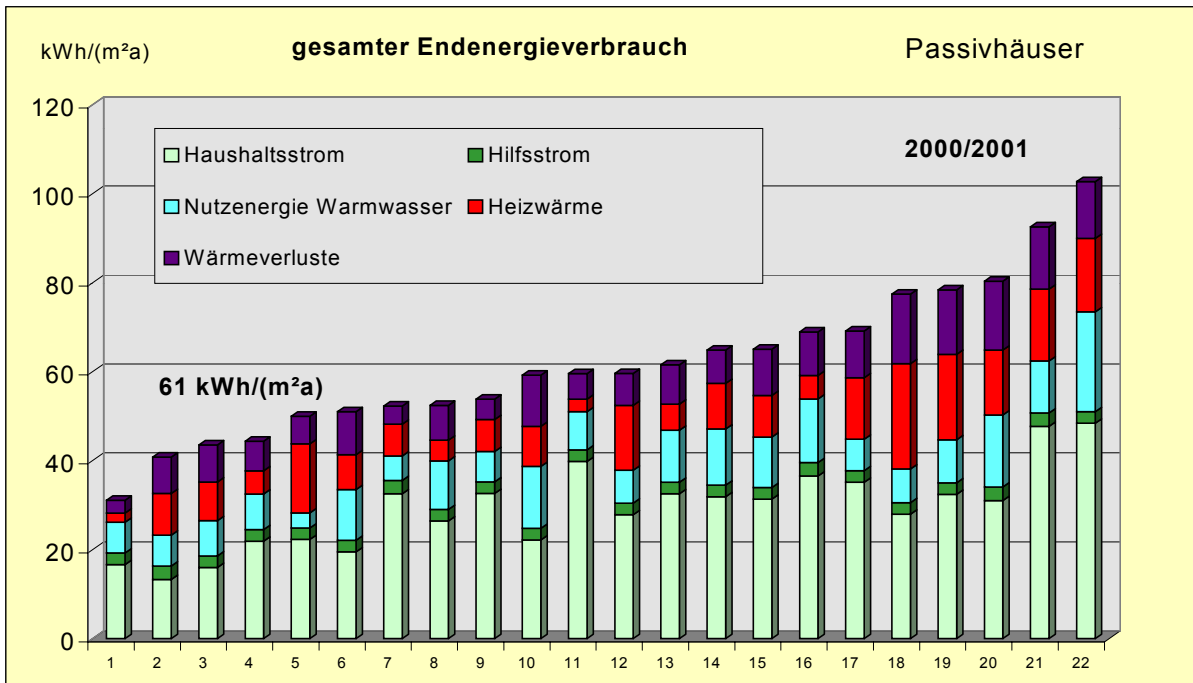
werden kann. Um diesen Rechengang der ENEV nachzuvollziehen und eine vergleichbare Aufwandszahl zu ermitteln, können nur wieder Berechnungsergebnisse herangezogen werden. Dies geschieht in der 3. Spalte der obigen Tabelle. Unter ansonsten gleichen Randbedingungen wird mit dem PHPP der Heizwärmeverbrauch berechnet für dasselbe Gebäude ohne Wärmerückgewinnung. Der Heizenergiebedarf würde für dieses Gebäude 31,8 statt 11,2 kWh/(m²a) betragen (bezogen auf die Wohnfläche). Der Primärenergieaufwand bleibt natürlich gleich (wie Spalte 2), die Aufwandszahl sinkt aber – allein durch die Bewertung der Wärmerückgewinnung als „Heizung“ auf 1,0 (GEMIS) bzw. 0,8 (ENEV-Primärenergiefaktoren). Wie bereits diskutiert, hat er mit der Realität nichts zu tun, sondern dient ausschließlich als Vergleich zu der Bewertung nach dem ENEV-Verfahren. Das Ergebnis der ENEV für die Aufwandszahl ist 1,3 (statt 0,8 bei realistischer Berechnung auf derselben Datenbasis), was noch einmal zeigt, dass dieses Verfahren unrealistisch ist.

Gesamtbewertung

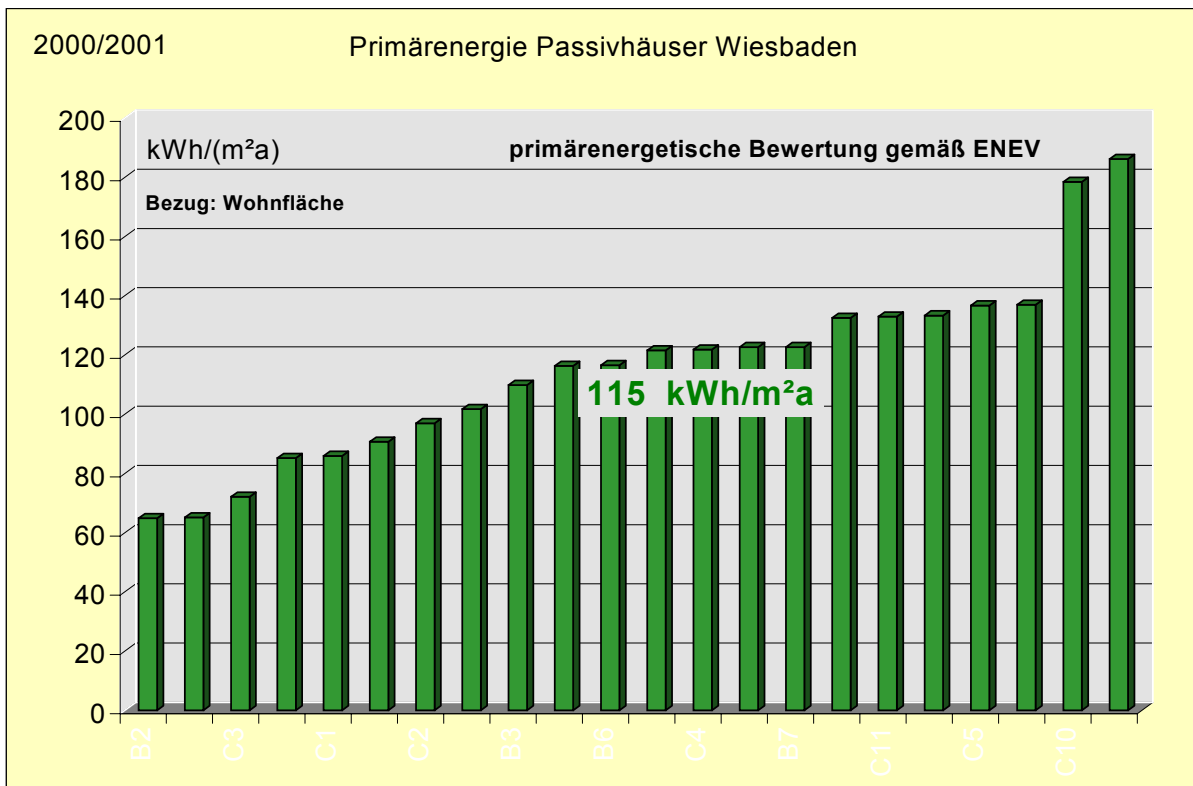
Das Gebäude ist ein Gesamtsystem, in dem alle Energieströme erfasst werden müssen, die über die Gebäudehülle ausgetauscht werden. Gerade bei energieeffizienten Gebäuden liefert der Haushaltsstrom oft den größten Einzelbeitrag zur Primärenergie. Die Berücksichtigung ist aber nicht nur geboten in Bezug auf die primärenergetische und Klimaschutzbewertung, sondern auch deswegen, weil diese Energieströme nicht unabhängig sind. Die Abwärme der Elektrogeräte heizt während der Heizperiode mit. Überhöhter Stromverbrauch senkt also den messtechnisch erfassten Heizenergieverbrauch.

Bei der Reihenhaussiedlung in Wiesbaden gab es aus diesem Grunde auch einen Versuch, durch Anreize die Bewohner zur Beschaffung effizienter Haushaltsgeräte zu motivieren. Die Erwerber erhielten vom Bauträger eine Prämie (Rückzahlung aus dem Kaufpreis) für den Nachweis eines geringen Strombedarfs. Dies führte tatsächlich zu einer Einsparung von ca. 12% gegenüber den Niedrigenergiehäusern derselben Siedlung, die dieses Angebot nicht bekommen hatten³. Allerdings wurde das Potential nicht annähernd ausgeschöpft. (vgl. Ergebnisse zum Passivhaus . Mit weitergehenden Stromsparkonzepten, z.B. bei der CEPHEUS-Siedlung in Hannover, konnte weit mehr erreicht werden.⁴

Endenergieverbrauch der Passivhäuser in Wiesbaden

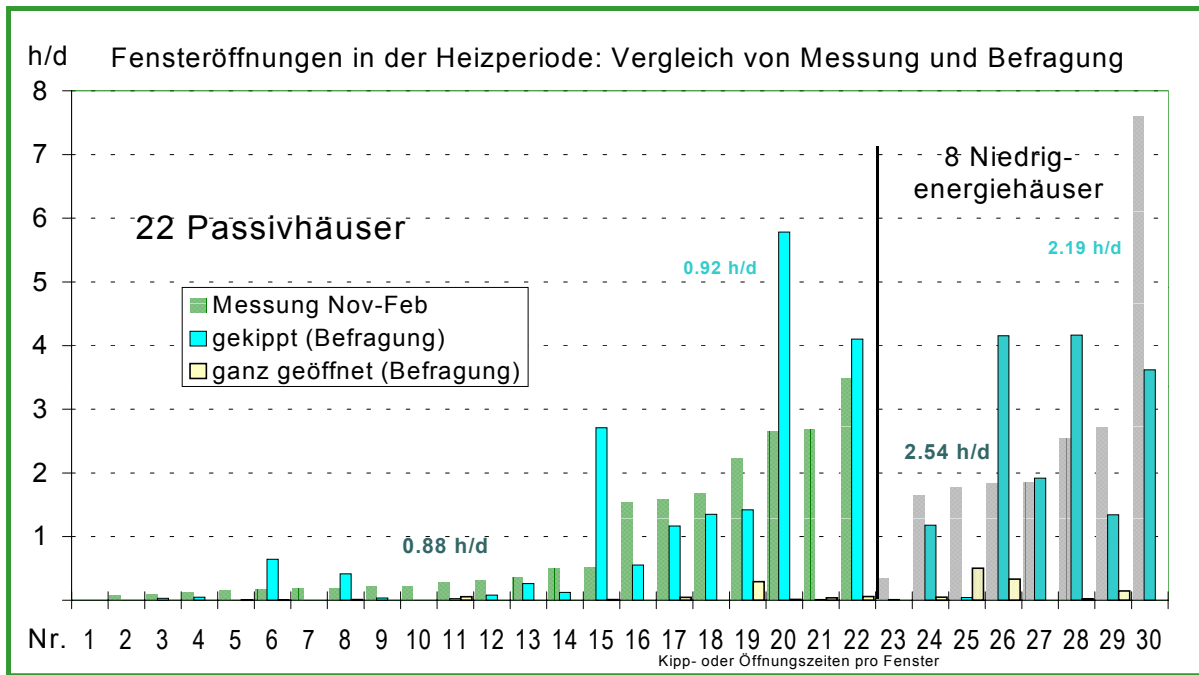


Primärenergieverbrauch der Passivhäuser in Wiesbaden

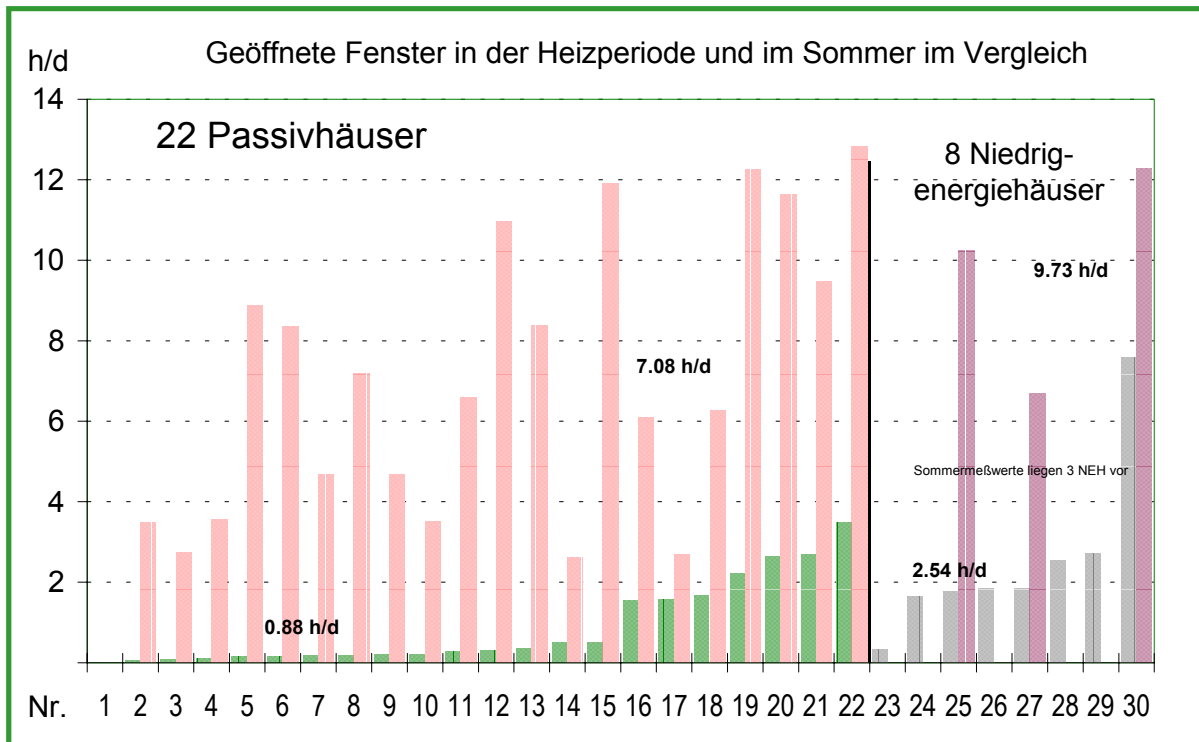


Quantifizierung des Fensterluftwechsels⁵

a) Fensteröffnungen in der Heizperiode: Befragung und Messung



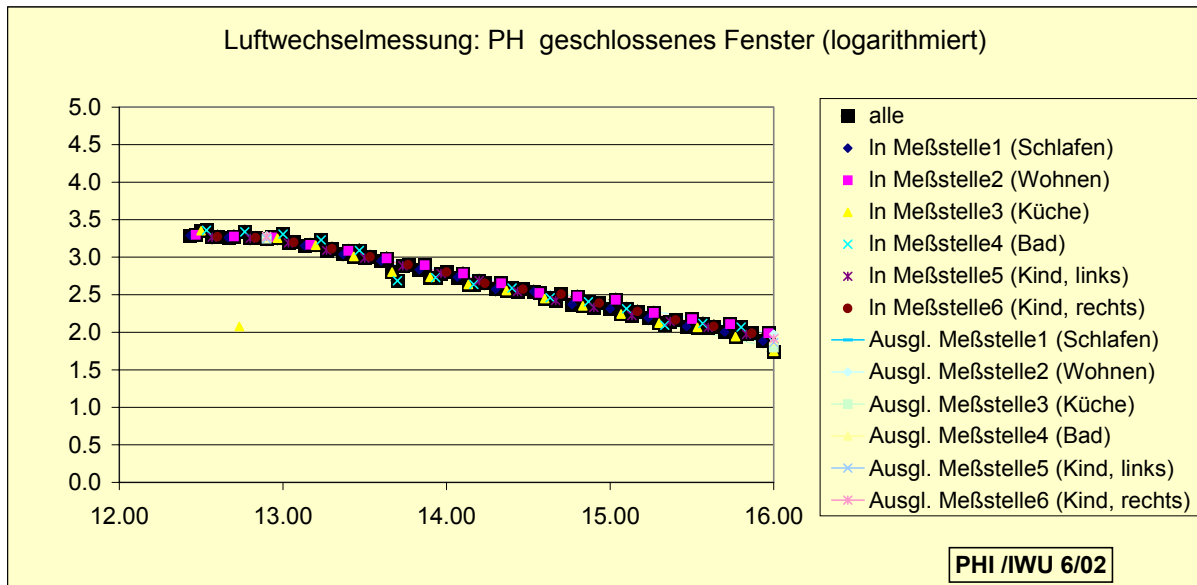
Fensteröffnungen in Sommer und Winter



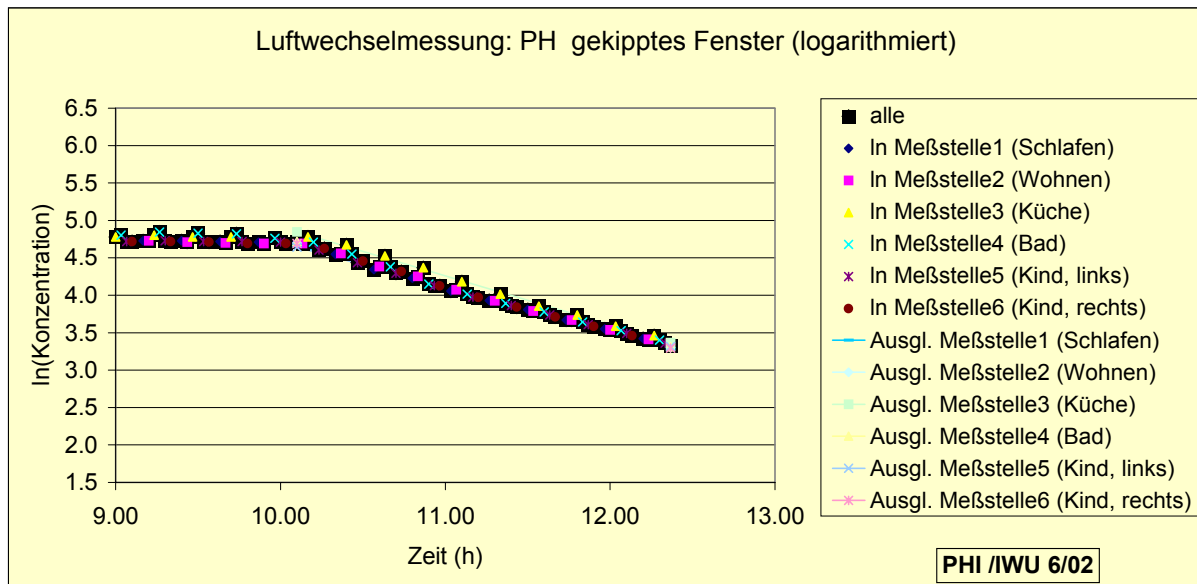
Messergebnisse: Marc Großklos, IWU

b) Messungen mit Spurengas

Messung geschlossenes und geöffnetes Nordfenster im März



Messergebnisse: Oliver Kah, PHI



Messergebnisse: Oliver Kah, PHI

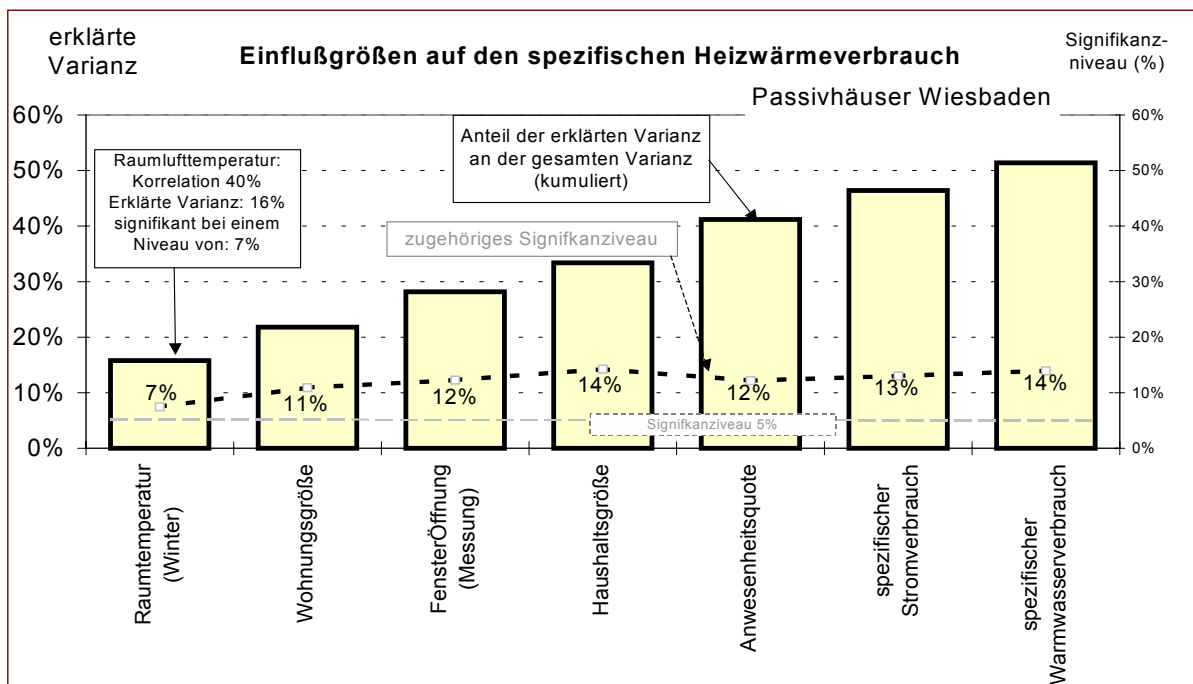
Fensterluftwechsel im Passivhaus wurden für unterschiedliche Randbedingungen im März und im Mai 2002 ermittelt. Präsentation auf 7. Passivhaustagung im Februar 2003 in Hamburg.

Ursachen für Nutzerstreuungen

Als wichtigste Einflussgröße auf den Heizwärmeverbrauch erweist sich in dieser Siedlung der bauliche Standard (Niedrigenergie- oder Passivhaus), der mit einer Korrelation von 63% mit dem Heizwärmeverbrauch alle nutzerbeeinflussten Größen weit dominiert – obwohl auch die Niedrigenergiehäuser einen sehr guten Standard (Ultra- Häuser oder 3-Liter-Häuser) aufweisen

Wegen der Dominanz des baulichen Einflusses werden im folgenden nur die Passivhäuser betrachtet. Die höchste Korrelation ($r = 40\%$) besteht erwartungsgemäß mit der Raumlufttemperatur. Sie trägt aber nur 16% (Bestimmtheitsmaß r^2) zur beobachteten Varianz bei; dies ist nicht signifikant bei einem Signifikanzniveau von 5%. Mit weiteren Einflussgrößen kann gut die Hälfte der Varianz empirisch erklärt werden. Je höher jedoch die zur Erklärung herangezogene Anzahl der Variablen ist, desto geringer ist die Signifikanz des Ergebnisses. Man erhält mit keiner Kombination von Einflussgrößen ein signifikantes Ergebnis bei einem Signifikanzniveau von 5%.

Einflussgrößen auf den Heizenergieverbrauch: Regressionsanalyse⁶



Analyse mit Energiebilanzen

Für diese Untersuchung wurde vom Passivhaus Institut ein Gesamtmodell der Siedlung erstellt und der Einfluss der baulichen Parameter sowie der Messdaten untersucht⁷. Mit den verfügbaren Messdaten zum Heizenergie-, Warmwasser- und Stromverbrauch sowie den Raumlufttemperaturen ermittelte das PHI eine Korrelation zwischen berechnetem und

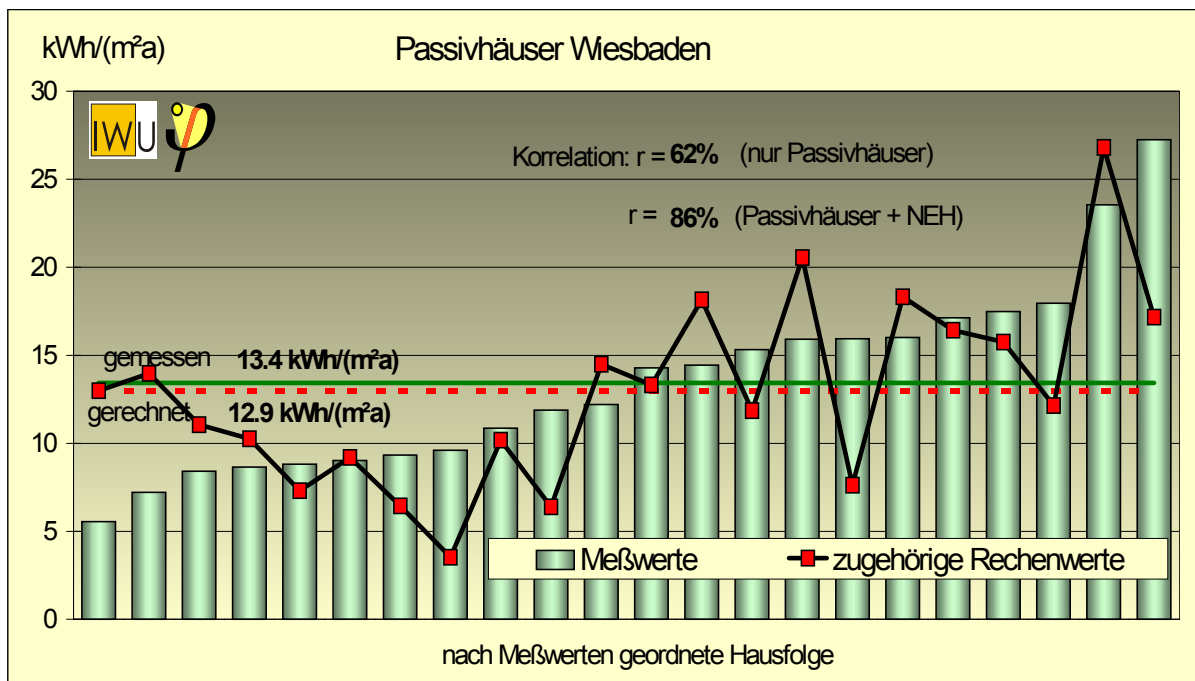
gemessenem Heizwärmeverbrauch von 86% für Passiv- und Niedrigenergiehäuser bzw. 67% für die Passivhäuser allein.

Es zeigte sich, dass die Bedeutung des baulichen Standards hier noch deutlicher als bei der statistisch-empirischen Analyse eingeht; die Korrelation zwischen gemessenem und berechnetem Energieverbrauch beträgt bei ausschließlicher Berücksichtigung der Gebäudedaten immer noch ca. 80%.

Bei den Passivhäusern erwiesen sich die Innentemperaturen als stärkster nutzerbedingter Einflussfaktor: Mit der Methode der Energiebilanzen werden mit einer einzigen Variablen (berechneter Energieverbrauch auf der Basis der Raumlufthtemperaturen) bereits 44% (r^2) der gesamten Varianz erklärt. Die Aussagekraft unter Verwendung des Gebäudemodells ist weit höher als die nur statistische Analyse (erklärte Varianz: 16%, s.o.), die nicht auf einem physikalischen Modell beruht. Durch Einbeziehung der gemessenen Strom- und Warmwasserverbräuche zur Berücksichtigung der inneren Wärmequellen wird die Korrelation wesentlich verbessert.

Einflussgrößen auf den Heizenergieverbrauch: Vergleich von Messung und Berechnung

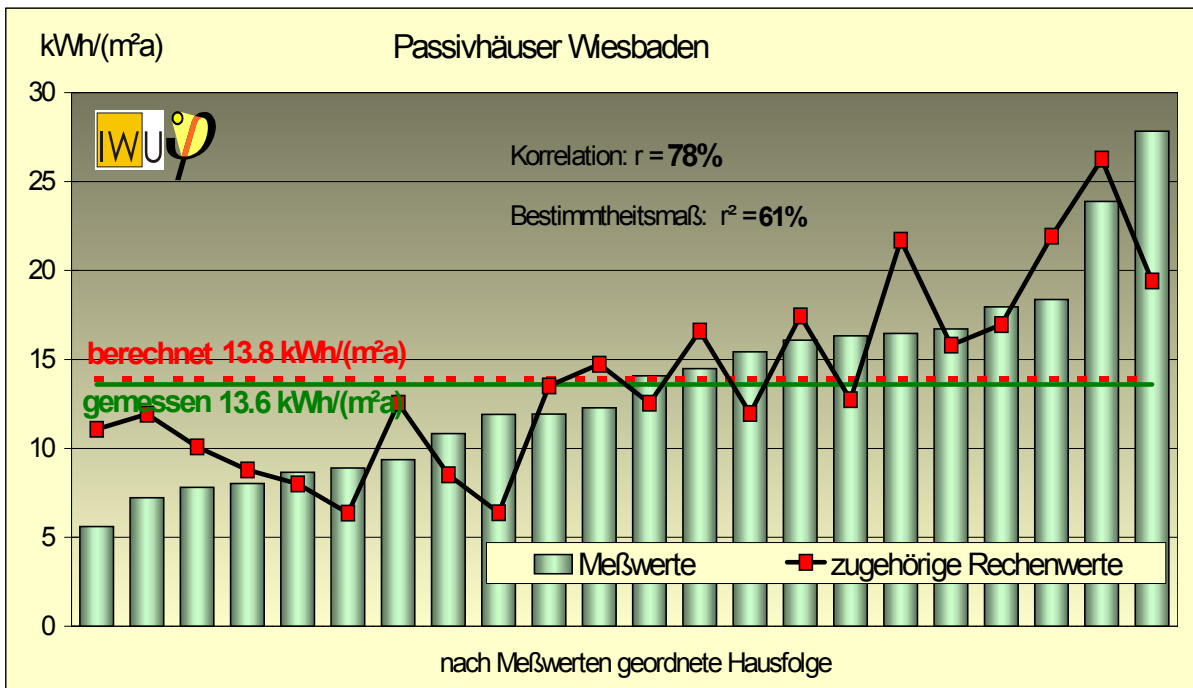
gemessene Größen (ohne Fensteröffnungen; Messjahr 1998/1999)⁷



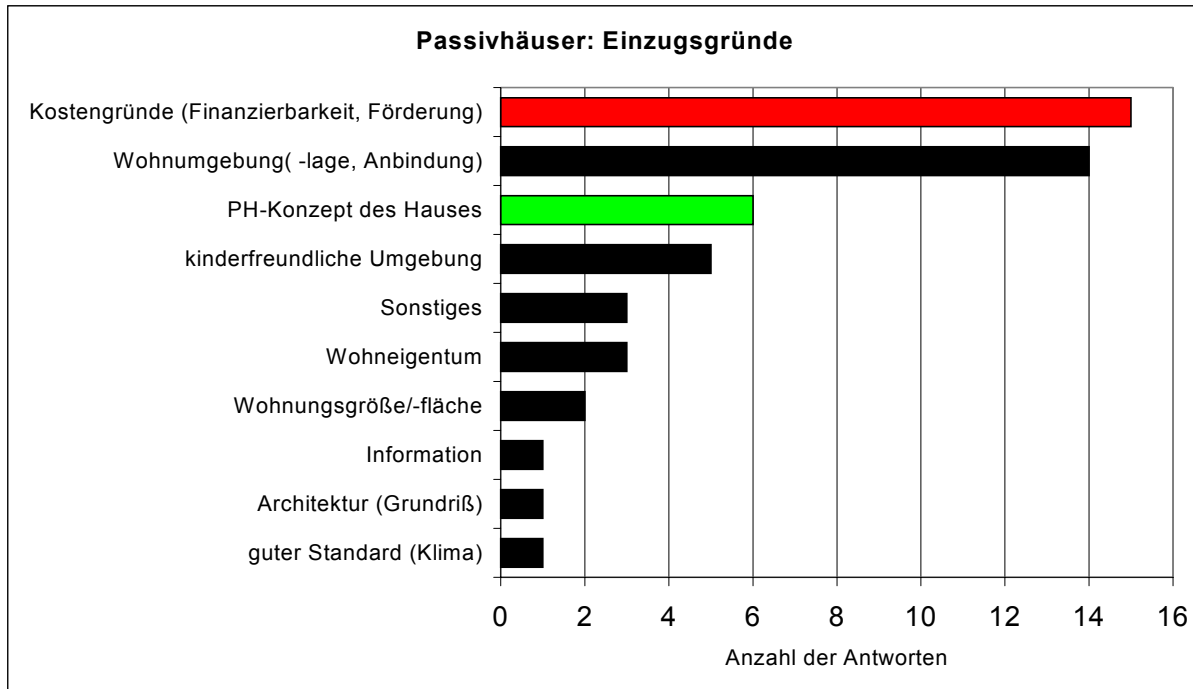
Die Analyse wurde vom IWU ergänzt mit Daten aus der Befragung sowie zusätzlichen Messdaten; dabei zeigte sich, dass die erfragten Daten mit Bezug auf die Einstellungen der Lüftungsanlage, der Anwesenheitszeiten (innere Wärmequellen) und des Fensteröffnungsverhaltens zur Erklärung kaum beitragen. Eine verbesserte Übereinstimmung erhält man dagegen, wenn man gemessene Werte berücksichtigt, der spezifische Stromverbrauch und die gemessenen Fensteröffnungszeiten tragen deutlich zur Erklärung bei.

Einflussgrößen auf den Heizenergieverbrauch: Vergleich von Messung und Berechnung

b) gemessene und erfragte Daten einschl. Fensteröffnungen. Messjahr 1998/1999⁶



Wer wohnt im Passivhaus?

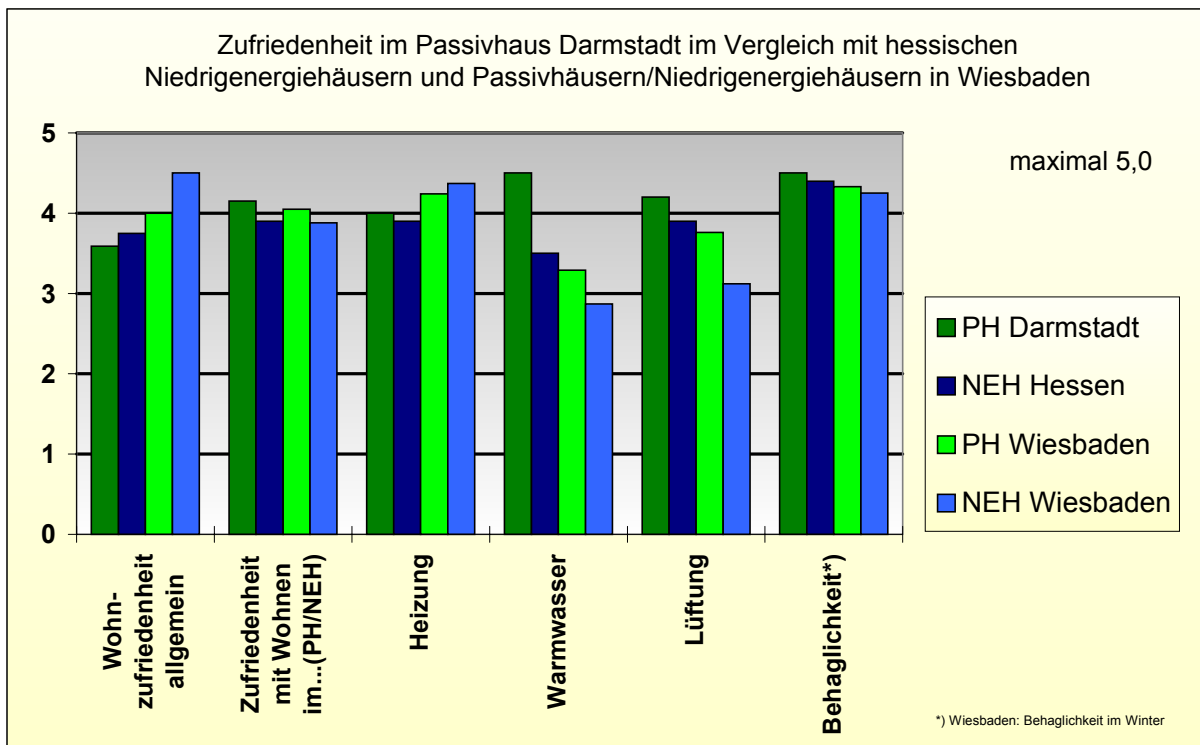


Die Bewohner sind nicht hauptsächlich wegen des geringen Energieverbrauchs in diese Häuser gezogen. Die überwiegenden Gründe für die Kaufentscheidung bzw. für den Einzug sind Kostengründe, die Wohnlage und der Wunsch, Wohneigentum zu erwerben.

Die Erwerber haben ihre Entscheidung nicht bereut, denn insgesamt zufrieden oder sehr zufrieden mit ihrem Haus sind drei Viertel der Passivhausbewohner. Auch das restliche Viertel kritisiert nicht das Konzept des Passivhauses, sondern vor allem bauliche Details bzw. Mängel, die nichts mit dem Passivhausstandard zu tun haben. Verbesserungswünsche gibt es zum Teil bei der Lüftungsanlage (vor allem Schall aber auch schnellere Beseitigung von Gerüchen, subjektive Empfindung von Trockenheit), was unterstreicht, dass die sorgfältige Planung von Lüftungsanlage und Luftführung von großer Bedeutung ist.

Zufriedenheit der Bewohner im Vergleich

Vergleicht man die Ergebnisse der ersten Befragung mit den Aussagen zur Zufriedenheit aus der ersten sozialwissenschaftlichen Untersuchung zu Passivhäusern in Darmstadt Kranichstein, so zeigt sich, dass Passivhäuser in puncto Komfort reproduzierbar gut abschneiden.



*Witta Ebel, Institut Wohnen und Umwelt
Workshop ISE Freiburg am 11.10.02*

-
- 1) ¹ W. Ebel,, M. Großklos, T. Loga, K. Müller, B. Steinmüller: Wohnen in Passiv- und Niedrigenergiehäusern, Teilbericht Bauprojekt, messtechnische Auswertung, Energiebilanzen und Analyse des Nutzereinflusses. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt 2001
 - 2) ² Feist/Loga/Großklos Bundesbaublatt 3/2000
 - 3) ³ Passivhaussiedlung Wiesbaden, in EB 2/2001
 - 4) ⁴ Stadtwerke Hannover/Passivhaus Institut: CEPHEUS ...
 - 5) ⁵ **Präsentationen und Diskussion zum Fensterluftwechsel auf der 7. Passivhaustagung in Hamburg 21.-22.Februar 2003**
 - 6) ⁶ Ebel, Großklos, Loga in Tagungsband zur 6.Passivhaus Tagung Basel 2002
 - 7) ⁷ W.Feist: Wissenschaftliche Auswertung von Messungen in Passivhäusern/Niedrigenergiehäusern in Wiesbaden in der Messperiode 1997/1999.im Auftrag IWU. Passivhaus Institut 2001

