schulze darup & partner
architekten

ECOFYS
sustainable energy for everyone

Preisentwicklung Gebäudeenergieeffizienz

Initialstudie

schulze darup & partner architekten

ECOFYS
sustainable energy for everyone

Preisentwicklung Gebäudeenergieeffizienz

Initialstudie

Von: Bernhard von Manteuffel, Dr. Andreas Hermelink (beide Ecofys)
Dr. Burkhard Schulze Darup (schulze darup und partner architekten)
Datum: 24.11.2014

Projekt-Nummer: BUIDE15309

© Ecofys 2014 beauftragt durch: Deutsche Unternehmensinitiative Energieeffizienz e. V. - DENEFF

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung **1**

1 Hintergrund **2**
1.1 Energieeffizienz – der natürliche Feind des kostengünstigen Bauens? 2
1.2 Rahmenbedingungen der Studie 2

2 Fakten zur preisbereinigten Preisentwicklung von energieeffizienten Gebäuden und Bauteilen **4**
2.1 Preisbereinigung 4
2.2 Bauteiluntersuchung 6
2.2.1 Bauteil: Außenwand (Porenbeton) 7
2.2.2 Bauteil: Außenwand (Kalksandstein mit Wärmedämmverbundsystem) 8
2.2.3 Bauteil: Satteldach 9
2.2.4 Bauteil: Fenster 10
2.2.5 Bauteil: Heizungspumpe 12
2.3 Gebäudeuntersuchung: Doppelhaushälfte 14
2.3.1 Energiekennwerte 14
2.3.2 Investitionskosten 16
2.3.3 Monatliche Belastung 19

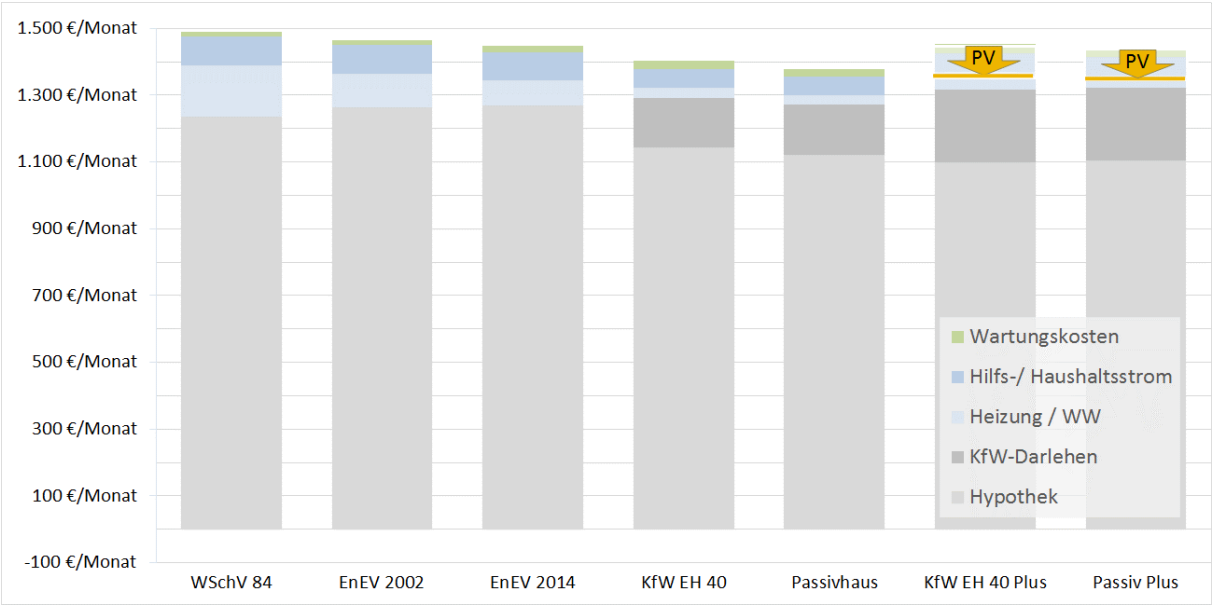
3 Schlussfolgerung und Diskussion **21**

Anhang **23**
A.1 Grundlagen der Berechnungen 23
A.2 Quellenverzeichnis 24

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Initialstudie besteht darin einen wissenschaftlich haltbaren Diskurs zur These von der „Energieeffizienz als natürlichem Feind des kostengünstigen Bauens" in Gang zu setzen. Untersucht wurden hier preisbereinigt auf das Jahr 2014 die Kosten der ausgewählten Komponenten Außenwand, Dach, Fenster und Heizungspumpe sowie die Kosten einer neuen Doppelhaushälfte im Lichte steigender energetischer Anforderungen bis hin zum Plusenergiehaus zwischen 1990 und 2020.

- *Porenbetonwand*: die Investitionskosten sind trotz besseren Wärmeschutzes gemäß EnEV 2014 preisbereinigt sogar günstiger als bei den Pendants aus den Jahren 1990 und 2004.
- *Kalksandsteinwand + WDVS*: preisbereinigt sind die Investitionskosten für gleiche energetische Qualität kontinuierlich gesunken. Der Eigentümer bekommt heute einen höheren Wärmeschutz fürs gleiche Geld als noch vor 10 oder 20 Jahren.
- *Dächer*: preisbereinigt entsprechen die Investitionskosten von Dächern mit geringerem Wärmeschutz heute denen von 1990, Dächer mit höherem Wärmeschutz sind stetig günstiger geworden. Der Eigentümer bekommt heute viel mehr fürs Geld als vor 10 oder 20 Jahren.
- *Fenster*: Der Eigentümer bekommt heute preisbereinigt fürs gleiche Geld Fenster, die ganz erheblich mehr Wärmeschutz und Behaglichkeit bieten als vor 10 oder 20 Jahren.
- *Heizungspumpen*: die heutigen Hocheffizienzpumpen belasten den Eigentümer durch ihren sehr niedrigen Stromverbrauch finanziell weitaus weniger als vor 10 oder 20 Jahren.
- *Gesamtgebäude Doppelhaushälfte,146 m² Wohnfläche+70 m² Keller; monatliche Belastung*:



Sowohl der heutige Neubau-Standard der EnEV 2014 als auch sämtliche hier betrachteten Zukunftsstandards führen zu einer niedrigeren monatlichen Belastung als die vergangenen Standards. Angesichts der Ergebnisse dieser Initialstudie scheint die These von der „steigenden Energieeffizienz als natürlicher Feind des kostengünstigen Bauens" nicht haltbar zu sein.

1 Hintergrund

1.1 Energieeffizienz – der natürliche Feind des kostengünstigen Bauens?

Laut Energiekonzept der Bundesregierung soll der deutsche Gebäudebestand im Jahr 2050 klimaneutral sein. Konkret soll von 2005 bis 2020 der Wärmeenergiebedarf der Gebäude um 20% sinken, der Primärenergiebedarf um 80% bis 2050. Hintergrund der damit verbundenen Umwälzungen ist das übergeordnete Ziel, im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung die Erwärmung der Erdatmosphäre auf 2°C zu begrenzen.
Es überrascht nicht, dass auch beim Thema Gebäudeenergieeffizienz ein Ausgleich zwischen zumindest vordergründig widerstreitenden ökologischen, ökonomischen und sozialen Interessen gefunden werden muss. Überraschend ist jedoch die zunehmende Emotionalisierung und „Entsachlichung" der Diskussion. Wenn seriöse Medien undifferenziert Phrasen wie „Stoppt den Dämmwahn", „neue EnEV kommt Bauherren teuer zu stehen" unters Volk bringen ohne dies durch repräsentative Beispiele zu untermauern, ist es an der Zeit, dem Aufbau eines regelrechten Feindbildes mit Fakten zu begegnen, um die Diskussion wieder zu versachlichen.
Diesem Ziel soll diese Studie dienen. Die Diskussion um erhöhte Kosten durch steigende Anforderungen an die Gebäudeenergieeffizienz ist nicht neu. Schon 1995 waren sich viele Experten einig, dass die damalige Novellierung der Wärmeschutzverordnung der Endpunkt der Entwicklung sein müsse. Trotzdem haben weitere Novellierungen der EnEV – stets unter strikter Beachtung des Wirtschaftlichkeitsgebotes des EnEG – auf den heutigen Stand der EnEV 2014 geführt. Aktuell wird diskutiert, ob und wie der Niedrigstenergiestandard kostengünstig erreicht werden kann. Möglich war diese Entwicklung nur durch stetige Innovation rund um das energieeffiziente Bauen.
Die Frage, die es zu klären gilt, ist: Sind die zunehmenden Anforderungen an die Effizienz von Bauteilen und Gebäuden tatsächlich der Feind des kostengünstigen Bauens?
Ohne Zweifel handelt es sich hierbei um eine sehr komplexe Fragestellung. Deshalb sieht sich diese Studie als Initialstudie zur sachlichen Aufarbeitung der Antwort auf diese Frage, die bewusst ausgewählte Aspekte vertieft beleuchtet, um eine sachliche Debatte über das gesamte Thema anzustoßen.

1.2 Rahmenbedingungen der Studie

Der Rahmen der vorliegenden Studie umfasst die *Bauteile* Außenwand (Porenbeton & Kalksandstein mit Wärmedämmverbundsystem), Satteldach, Fenster und Heizungspumpe im Neubau sowie den Neubau einer *Doppelhaushälfte* mit einer Wohnfläche von 146 m^2.

Der Untersuchungszeitraum der Studie überspannt das letzte Vierteljahrhundert. Dabei liegt das Augenmerk auf den drei Stichjahren 1990, 2004 und 2014. Sie spiegeln die langfristige Entwicklung der Baupreise ohne Verzerrung durch Sonderereignisse wider. Gleichzeitig repräsentieren sie die während des Untersuchungszeitraums gestiegenen energetischen Mindestanforderungen an Bauteile und Gebäude. Energetische Mindestanforderungen fanden bzw. finden sich in der jeweils gültigen Wärmeschutzverordnung (WSchV) bzw. deren Nachfolger, der Energieeinsparverordnung (EnEV).

Den o.g. Stichjahren werden folgende vergangene und heutige energetische Standards zugeordnet:

- 1990 - WSchV 84
- 2004 - EnEV 2002
- 2014 - EnEV 2014

Aktuell wird bereits über die kommende Novelle der EnEV diskutiert. Dies geschieht im Lichte der europäischen Gebäuderichtlinie [EPBD 2010], die bereits ab dem Jahr 2020 den sog. Niedrigstenergie-Standard für alle Neubauten vorschreibt. In Deutschland werden die Vorgaben der EPBD durch die EnEV in nationales Recht umgesetzt. Verschiedene, über die aktuellen Anforderungen der EnEV hinaus gehende Gebäudekonzepte gelten als Kandidaten für die deutsche Umsetzung des künftigen „Niedrigstenergiestandards". Folgende Gebäudekonzepte werden als mögliche zukünftige Standards den oben genannten vergangenen bzw. aktuellen Standards zur Seite gestellt:

- 2014 - KfW Effizienzhaus (EH) 40 (und dessen Plusenergievariante KfW EH 40_{Plus})
- 2014 - Passivhaus (und dessen Plusenergievariante $Passiv_{Plus}$)

Zehntausende dieser Gebäude sind bereits gebaut und werden als Innovationstreiber traditionell von der KfW zur Vorbereitung des Marktes auf die kommenden Generationen von EnEV Standards gefördert. Auch Plusenergiehäuser sind nicht zuletzt aufgrund des „Effizienzhaus Plus" Programmes der Bundesregierung im Fokus. Über die heutigen Kosten dieser Zukunftsstandards liegen daher ebenfalls ausreichend empirische Daten vor.

Alle vergangenen, aktuellen und zukünftigen Standards werden mit den Kosten bewertet, die mit ihrer Herstellung in dem Jahr verbunden waren, welches dem Namen jeweils vorangestellt ist. Vergangene Standards werden zur besseren Vergleichbarkeit auf das Preisniveau des Jahres 2014 umgerechnet. Dies wird in Kapitel 2.1 näher erläutert.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die hier verwendeten Anforderungen der EnEV bzw. der möglichen Zukunftsstandards an die U-Werte für die ausgewählten Bauteile in den Stichjahren.

Tabelle 1: Übersicht der im Rahmen der Studie relevantesten Wärmeschutzanforderungen; für die Neubau-Standards KfW EH 40 und Passivhaus werden charakteristische Bauteilwerte für das untersuchte Gebäude angegeben.

	Wärmedurchgangskoeffizient U [W/(m²K)]				
Bauteil	**1990 WSchV 1984**	**2004 EnEV 2002**	**2014 EnEV 2014**	**2014 KfW EH 40**	**2014 Passivhaus**
Außenwand	0,50	0,45	0,28	0,16	0,14
Satteldach	0,30	0,30	0,20	0,14	0,12
Kellerdecke	0,50	0,40 bzw. 0,50	0,35	0,18	0,15
Fenster, Uw	1,80	1,70	1,30	0,90	0,80

2 Fakten zur preisbereinigten Preisentwicklung von energieeffizienten Gebäuden und Bauteilen

2.1 Preisbereinigung

Um in der Lage zu sein, die Investitionskosten zu den einzelnen Betrachtungszeitpunkten vergleichen zu können, müssen diese preisbereinigt werden. Dies erfolgte mittels des Baupreisindex. Er misst die *„durchschnittliche Entwicklung der Preise für ausgewählte, fest umrissene Bauleistungen, die beim Neubau und der Instandhaltung von Bauwerken erbracht und vom Bauherrn tatsächlich gezahlt werden*" [destatis a]. Im Betrachtungszeitraum schwankt die Steigung des Baupreisindex stärker als die des Verbraucherpreisindexes, im Mittel ist sie jedoch nahezu gleich groß.

In der allgemeinen öffentlichen Diskussion wird zumeist ein direkter Zusammenhang zwischen regulatorischen Anforderungen an den Wärmeschutz und der Baupreisentwicklung vermutet. In Frage kommen jedoch auch andere Einflussfaktoren auf die Baukonjunktur mit entsprechenden Auswirkungen auf die Baupreisentwicklung. Abbildung 1 stellt die Baupreisentwicklung den regulatorischen Anforderungen an den Wärmeschutz (1. Diagramm) sowie anderen Einflussfaktoren auf die Baukonjunktur (2. Diagramm) gegenüber.

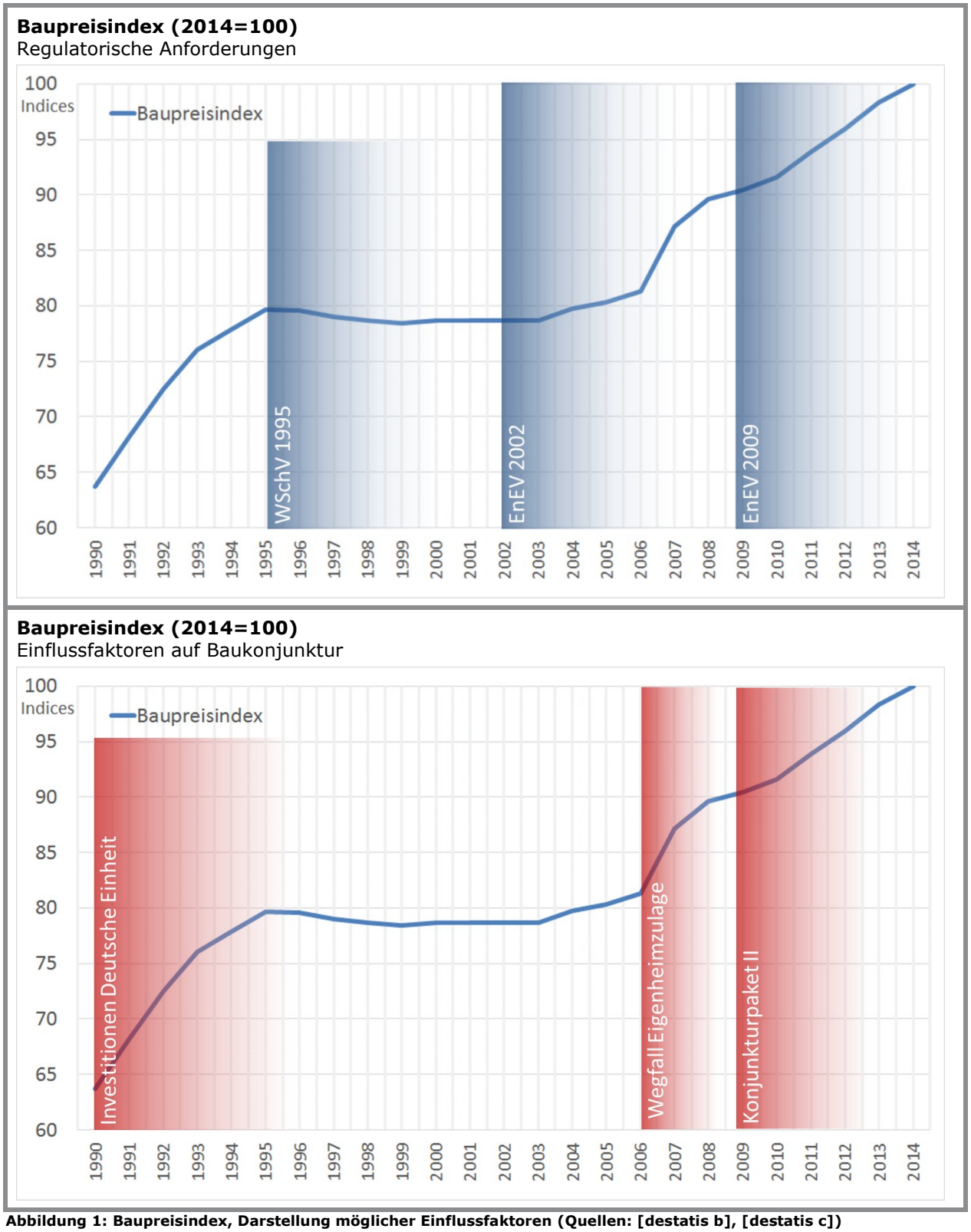


Abbildung 1: Baupreisindex, Darstellung möglicher Einflussfaktoren (Quellen: [destatis b], [destatis c])

Die deutsche Einheit (1990), der drohende Wegfall der Eigenheimzulage[1] (2006) und das Konjunkturpaket II (2009) bewirkten kurzfristig und zeitlich befristet jeweils eine deutlich erhöhte Nachfrage nach Bauleistungen. Das Anziehen der Baupreise stellt sich hier als Ergebnis dieses Nachfrageschubs bei gleichzeitig begrenzter Angebotsseite dar. Die Wärmeschutzverordnung 1995, sowie die Energieeinsparverordnungen 2002 und 2009 offenbaren hingegen weder nach noch vor (Vorzieheffekte) deren Inkrafttreten einen kurz- oder mittelfristigen Preisanstieg.

Die Bereinigung der im letzten Vierteljahrhundert zu beobachtenden Kosten für Wärmschutzmaßnahmen darf nur mittels eines für Baukosten relevanten Index erfolgen, der nicht selbst signifikant von diesen Kosten getrieben ist. Wie oben gezeigt wurde, erfüllt der Baupreisindex diese Bedingung, denn er zeigte sich im Betrachtungszeitraum *unabhängig* von den regulatorischen Anforderungen an den Wärmeschutz. Daher werden in dieser Studie alle recherchierten vergangenen Kosten für Bauteile und Gebäude unterschiedlicher energetischer Standards mittels Baupreisindex auf das Basisjahr 2014 hochgerechnet.

2.2 Bauteiluntersuchung

Die Bauteiluntersuchung baut auf den in Kapitel 1.2 erläuterten Stichjahren auf und betrachtet je nach Datenlage noch weitere Jahre. Die Betrachtung widmet sich exemplarisch folgenden Bauteilen bezüglich der Entwicklung der tatsächlichen (Investitions-)Kosten für den Gebäudeeigentümer:

- Außenwand (Porenbeton)
- Außenwand (Kalksandstein mit Wärmedämmverbundsystem)
- Satteldach
- Fenster
- Heizungspumpen.

Bei allen dargestellten Investitionskosten ist zu beachten (außer bei Heizungspumpen), dass sie nicht die durch höhere Energieeffizienz dargestellten Einsparungen zeigen. Dies geschieht im Rahmen der Untersuchung des Gesamtgebäudes in Kapitel 2.3.

Ein hoher Stellenwert wurde der Recherche belastbarer Preise beigemessen. Folgende Quellen wurden detailliert ausgewertet:

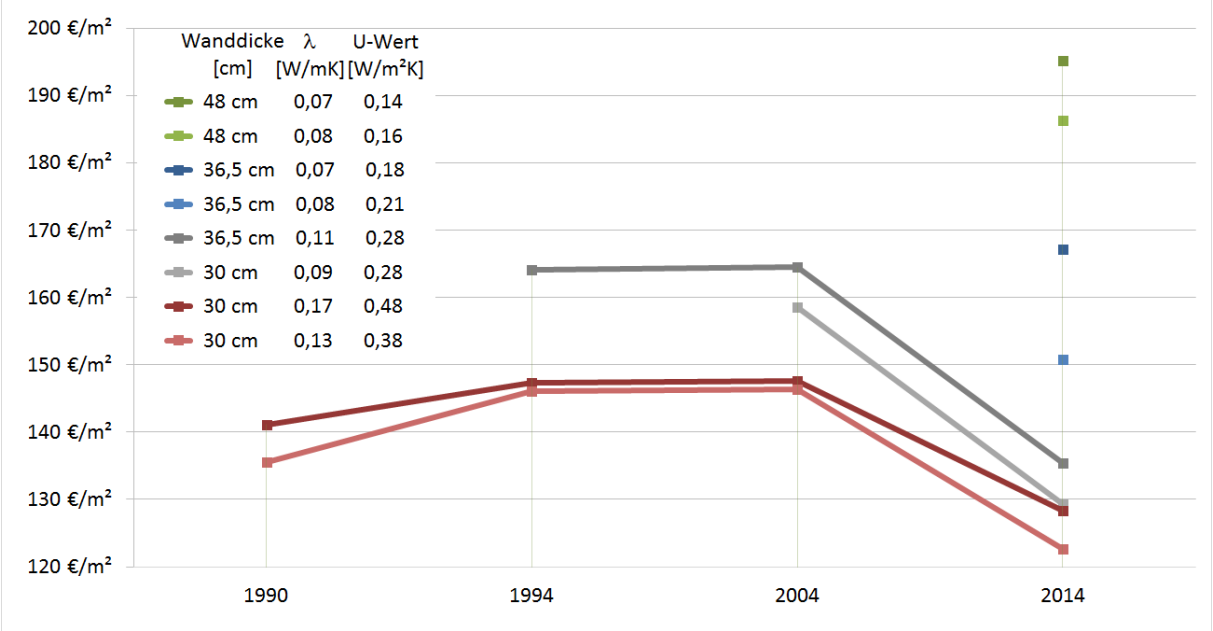
- Architekturbüro schulze darup und partner architekten (Leistungsverzeichnisse 1990-2014)
- Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKI Baukosten Positionen, 2005-2014)
- sirAdos Bauhandbücher Neubau (1989, 1992, 2004, 2014)
- Schmitz, Gerlach et al. Baukosten-Bücher (2004, 2013)
- Herstellerinformationen.

[1] Ein gemäßigter Nachfrageschub setzte bereits im Jahr 2003 ein, nachdem die Eigenheimzulage für Ehepaare ohne Kinder gestrichen wurde. Der deutlichere Nachfrageschub entwickelte sich ab dem Jahr 2006 (Zunahme der Baugenehmigungen für Ein- und Zweifamilienhäuser von 13,6%), da bis zum 01.01.2006 Bauanträge mit Anspruch auf Eigenheimzulage eingereicht werden konnten, was in den Folgejahren zu einer entsprechend erhöhten Bautätigkeit führte.

2.2.1 Bauteil: Außenwand (Porenbeton)

Für die Betrachtung der monolithischen Außenwand aus Porenbetonsteinen werden entsprechend der in der Vergangenheit üblichen Bauweise charakteristische Kombinationen aus Außenwanddicke und Wärmeleitfähigkeit untersucht. Die untersuchten Kombinationen, sowie deren jeweilige U-Werte zeigt die Legende in Abbildung 2. Es gilt: je niedriger der U-Wert, desto besser der Wärmeschutz.

Preisentwicklung Außenwand (Porenbeton)
[€/m², inkl. MwSt.]



Anmerkung: Kostenansatz für einen Quadratmeter Wandfläche aus Porenbeton mit der angegebenen Wanddicke inklusive Innenputz und Außenputz (Dämmputz).

Abbildung 2: Preisentwicklung Außenwand (Porenbeton), bereinigt mit Baupreisindex (2014=100)

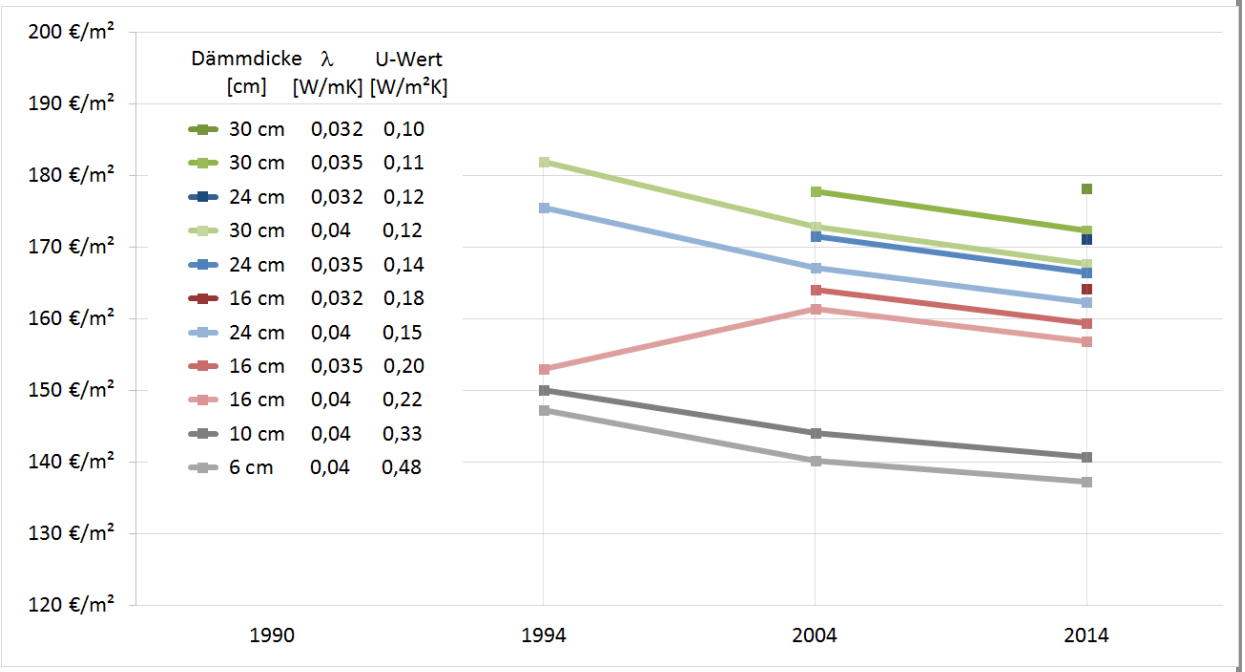
In den Jahren 1990 und 1994 wurden Außenwände aus Porenbeton maximal bis zu einer Wanddicke von 30 cm und einer Wärmeleitfähigkeit von 0,13 W/mK ausgeführt. Diese Bauweise führte zu moderaten U-Werten von 0,28 bis 0,48 W/m²K und war dementsprechend nicht für Niedrigstenergiegebäude geeignet. Erst im Stichjahr 2014 können dafür geeignete U-Werte von bis zu 0,14 W/m²K erreicht werden. Die Preisentwicklung ist bis zum Jahr 1994 ansteigend und ab 2004 deutlich degressiv. Das spricht dafür, dass Innovationskosten zunächst umgelegt werden und sich Nachfrage für die ambitionierteren Wärmeleitfähigkeiten des Porenbetons entwickeln muss. Die einzelnen Datenpunkte in Abbildung 2 im Jahr 2014 stehen für Innovationen, die erst im Zeitraum zwischen 2004 und 2014 marktreif wurden, d.h. Materialien mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,08 bis 0,07 W/(mK).

Die wichtigste Erkenntnis ist, dass die energetisch höherwertige Wand, die heute die EnEV 2014 erfüllt (U = 0,28 W/m²K) preisbereinigt sogar leicht unter den Kosten für Ihre Gegenstücke zwischen 1990 und 2004 liegt (U = 0,48 W/m²K bzw. U = 0,38 W/m²K).

2.2.2 Bauteil: Außenwand (Kalksandstein mit Wärmedämmverbundsystem)

Für die Betrachtung der Außenwand aus Kalksandstein mit Wärmedämmverbundsystem werden entsprechend der in der Vergangenheit üblichen Bauweise Kombinationen aus Außenwanddicke, Dämmstoffstärke und Wärmeleitfähigkeit betrachtet. Die untersuchten Kombinationen, sowie deren jeweils resultierende U-Werte, zeigt die in Abbildung 3 enthaltene Matrix.

Preisentwicklung Außenwand (Kalksandstein mit Wärmedämmverbundsystem)
[€/m², inkl. MwSt.]



Anmerkung: Kostenansatz für einen Quadratmeter Wandfläche aus Kalksandstein (1994: d = 24 cm, danach 17,5 cm), Innenputz (Gipsputz, außer 2014: Spachtelung) sowie WDVS (EPS) in der angegebenen Stärke.

Abbildung 3: Preisentwicklung Außenwand (Kalksandstein mit Wärmedämmverbundsystem), bereinigt mit Baupreisindex (2014=100)

Abbildung 3 stellt eine Wärmeschutzspanne von 0,48 bis 0,10 W/m²K dar. Die z. T. sehr divergierenden Kosten der Quellenrecherche wurden intensiv ausgewertet und für die Grafik harmonisiert. Daraus ergeben sich z. B. Mehrinvestitionen pro m² Konstruktionsfläche und Zentimeter Dämmung: bei Ausführung einer Dämmdicke von 24 cm statt 16 cm mit λ = 0,035 W/(m²K) kostet ein Zentimeter zusätzlicher Dämmung ca. 0,88 €/m², bei Ausführung von 30 cm statt 16 cm 0,92 €/m². In frühen Jahren war diese Differenz überall dort höher, wo keine Erfahrungen mit der Ausführung hocheffizienter Bauteile vorhanden waren. Da ein höherer Wärmeschutz mehr Materialeinsatz erfordert, sind in einem Stichjahr auch höhere Kosten für höheren Wärmeschutz erkennbar.

Das wichtigste **Ergebnis** ist jedoch, dass preisbereinigt die Kosten für Außenwände gleicher Qualität kontinuierlich gesunken sind. Der Endkunde bekommt heute also einen höheren Wärmeschutz für das gleiche Geld als noch vor 10 oder 20 Jahren.

2.2.3 Bauteil: Satteldach

Im Falle des Satteldaches wird eine Zwischensparrendämmung, bestehend aus Tragwerk, Dämmmaterial und innerer (Dampfbremse) und äußerer Begrenzung (Holzwerkstoffplatte) untersucht. Diese Grundkonstruktion deckt Schräg- und Flachdach in Holzbauweise ab. Sie kann auch auf die ähnlich aufgebauten Wandkonstruktionen in Holzrahmenbauweise übertragen werden. Daher existieren in Abbildung 4 auch höhere U-Werte für das Dach als dessen Grenzwert 0,30 W/m²K (vgl. Tabelle 1).

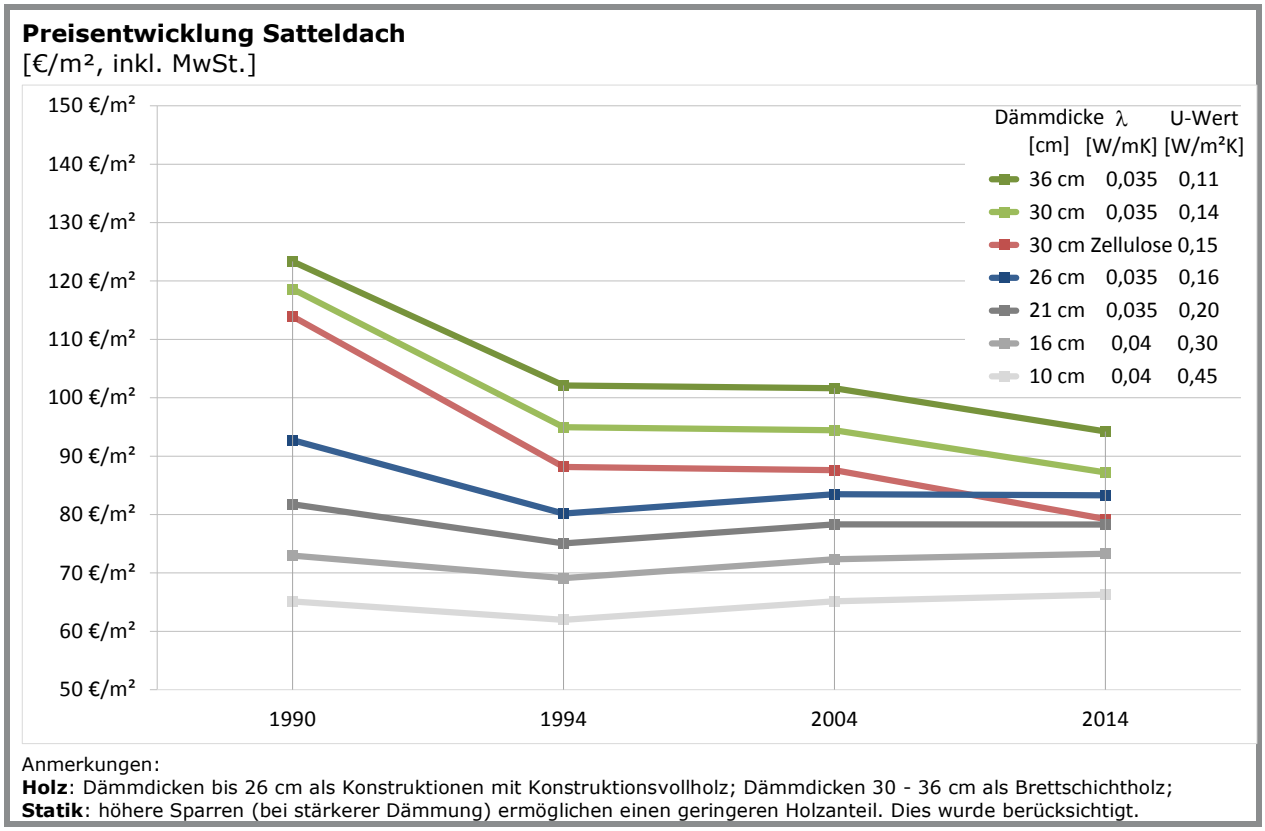


Abbildung 4: Preisentwicklung Satteldach, bereinigt mit Baupreisindex (2014=100)

Abbildung 4 beschreibt eine Bandbreite von Zwischensparrendämmungen von 0,45 bis 0,11 W/m²K. Bei Bauteilen mit hohem Wärmeschutz (< 0,15 W/m²K) fallen die Kosten zwischen 1990 und 1994 preisbereinigt deutlich, stagnieren bis 2004 um dann bis heute weiter zu fallen. Bei Bauteilen mit geringerem Wärmeschutz (> 0,16 W/m²K) sanken die Preise zunächst leicht, um danach wieder in etwa auf das Ausgangsniveau anzusteigen. Die Mehrinvestitionen pro cm Dämmdicke und m² liegen heute im Bereich 20 cm bis 36 cm bei etwa 1,00 €. Diese spezifischen Werte lagen in den Jahren 1990 und 1994, den Anfangsjahren der hocheffizienten Konstruktionsweisen, deutlich höher.

Das wichtigste **Ergebnis** ist, dass preisbereinigt Dächer mit geringerem Wärmeschutz heute so viel kosten wie 1990, während Dächer mit höherem Wärmeschutz kontinuierlich günstiger geworden sind. Im Ergebnis bekommt der Endkunde heute deutlich mehr fürs Geld als vor 10 oder 20 Jahren.

2.2.4 Bauteil: Fenster

Bei der Untersuchung des Fensters liegt der Fokus bewusst auf Kunststofffenstern, da diese im Wohnungsneubau etwa 2/3 Marktanteil haben. Die U-Werte der Fenster werden in Anlehnung an die Anforderungen der Gebäudestandards untersucht (Bsp. EnEV 2009, Uw = 1,3 W/m²K).

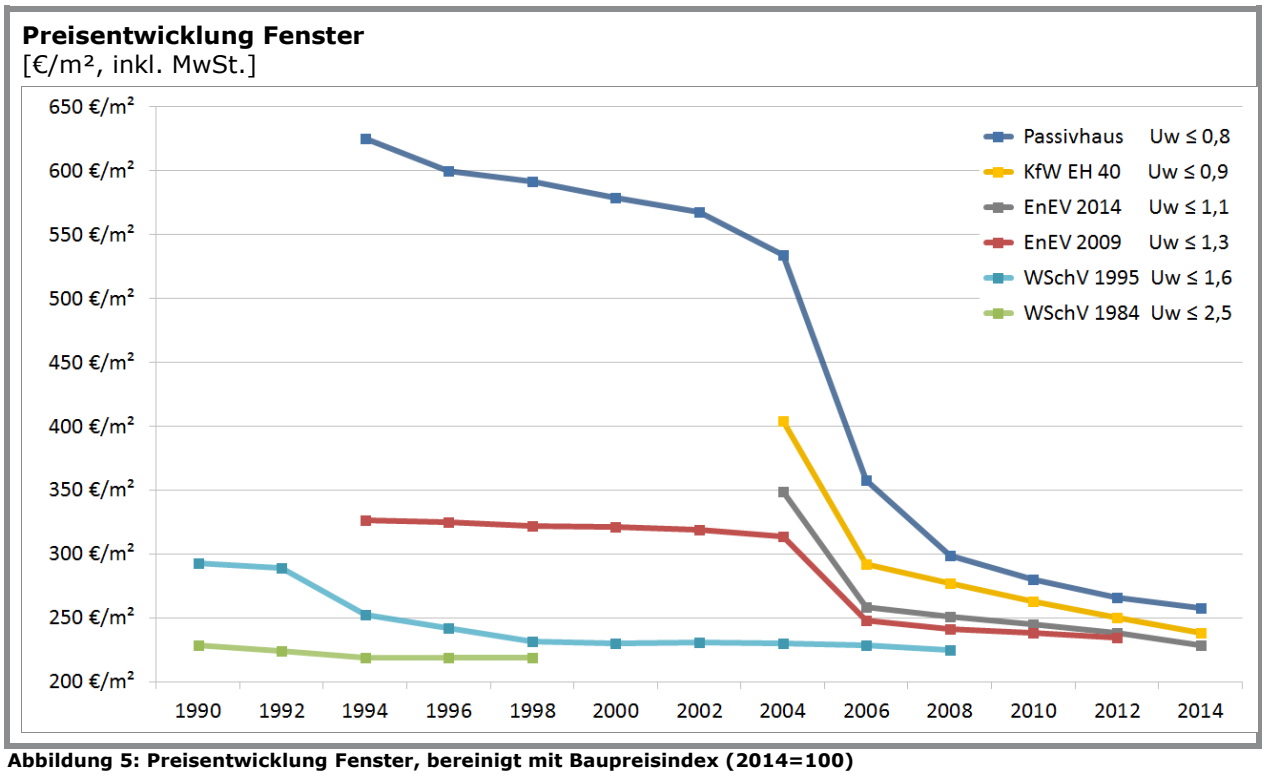


Abbildung 5: Preisentwicklung Fenster, bereinigt mit Baupreisindex (2014=100)

Abbildung 5 beschreibt die unterschiedlichen Preisentwicklungen für die je nach Gebäudestandard geforderten U_w-Werte der Fenster in 2-Jahresschritten. Ein erster wichtiger Entwicklungsschritt war die Einführung der Wärmeschutzverglasung; sie wurde mit der WSchV 1995 zur Standardverglasung und war innerhalb kurzer Zeit fast preisgleich mit der vorherigen Isolierverglasung der WSchV 1984. Bereits 1994 konnten Fenster mit EnEV 2009- und Passivhaus-Qualität erworben werden. Letztere waren jedoch zunächst Sonderanfertigungen bzw. erste Linien neuentwickelter Fenster, deren Entwicklungskosten auf die Preise umgelegt werden mussten. Darüber hinaus brachten Monteure zunächst einen deutlichen Zuschlag in den Angebotspreisen in Ansatz.
Ab 2006 bringt die einsetzende Serienfertigung von Fenstern mit hohem Wärmeschutz deutliche Preisreduktionen mit sich. Hierzu tragen wesentlich die sinkenden Preise für Dreischeibenverglasungen mit U_g-Werten von 0,7 bis 0,5 W/(m²K) bei, die aktuell nur noch 20 bis 35 €/m² über denen für Zweischeibenverglasung liegen. Gleichzeitig gab es z.B. bei Fensterrahmen aus Kunststoff Innovationen wie Faserbewehrung oder veränderte Geometrien, die den Einsatz zusätzlicher Stahleinlagen verringert haben und so sehr gut dämmende Rahmen zu sehr günstigen Kosten ermöglichen. Schon in wenigen Jahren dürfte der Fenstermarkt vollständig von den energetisch hochwertigen Fenstern im

Bereich U_W = 0,9 bis 0,75 W/(m²K) beherrscht werden. Abbildung 5 zeigt, wie sich die Preise nivellieren (+/- 40 €/m²). Bei Fenstern ist somit besonders deutlich sichtbar, wie die steigenden Anforderungen an den Wärmeschutz zum Vorteil des Endkunden als Innovationstreiber gewirkt haben.

Weitere Verbesserungen sind in Sicht. Schlankere Rahmen ermöglichen U-Wert-Verbesserungen auf etwa 0,65 bis 0,75 W/(m²K) bei gleichzeitig höheren Solargewinnen. Ob sich in absehbarer Zeit die Vakuumverglasung als weiterer Innovation durchsetzt, lässt sich noch nicht absehen.

Das wichtigste **Ergebnis** ist, dass sich im Betrachtungszeitraum nach und nach immer bessere Fenster bei preisbereinigt etwa gleichbleibenden Kosten als Standard etabliert haben. Der Endkunde bekommt heute preisbereinigt fürs gleiche Geld Fenster, die einen erheblich besseren Wärmeschutz und obendrein eine viel höhere Behaglichkeit bieten als noch vor 10 oder 20 Jahren.

2.2.5 Bauteil: Heizungspumpe

Im Falle der (Nassläufer-)Heizungsumwälzpumpe wurden exemplarisch Pumpen mit 6 Metern Förderhöhe untersucht, die sich für die zweigeschossige Doppelhaushälfte mit Fußbodenheizung eignen. Kosten wurden auf Basis von Herstellerpreislisten ermittelt und zwar für ungeregelte Pumpen sowie für geregelte Hocheffizienzpumpen, die seit dem Inkrafttreten der 1. Stufe der [Ökodesign-Richtlinie] im Jahr 2013 in Deutschland vorgeschrieben sind.

Die Methodik (Stichjahre 1990, 2004, 2014) weicht von den Bauteilen der Gebäudehülle ab, da Heizungspumpen direkt Strom verbrauchen. Es wurde die jährliche Belastung durch die in den verschiedenen Stichjahren jeweils übliche Pumpengeneration ermittelt. Hierzu wurden die mit dem Baupreisindex bereinigten Investitionskosten in 10 Jahresraten (Annuitäten) umgerechnet (4% Zinssatz) und die heutigen jährlichen Stromkosten (ohne Preissteigerung) hinzu addiert. Neben sinkender Nominalleistung und verbessertem Regelverhalten flossen in die Berechnung des Stromverbrauchs auch die unterschiedlich langen Heizperioden und somit Pumpenbetriebsstunden der verschiedenen energetischen Standards ein (WSchV 84, EnEV 2002, EnEV 2014, EH 40). Details finden sich im Anhang.

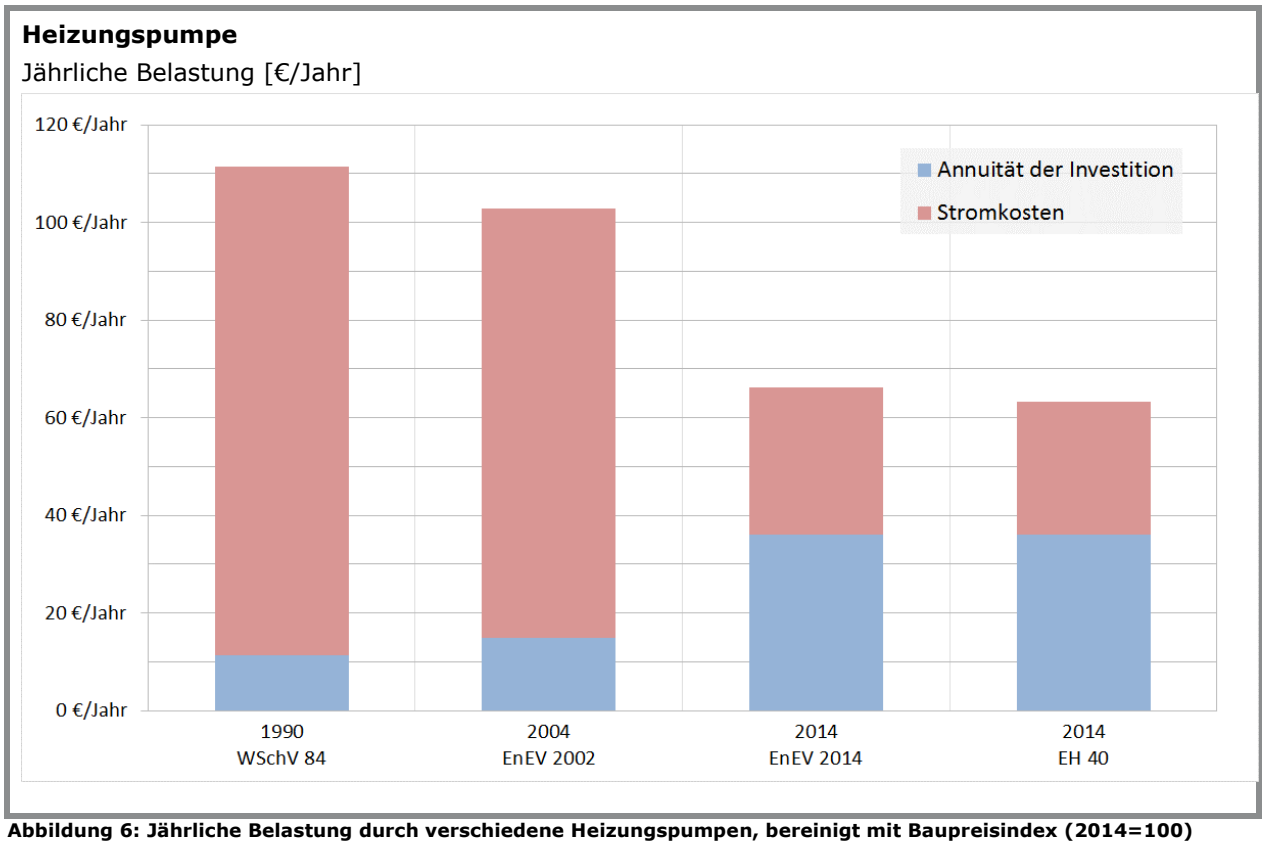


Abbildung 6: Jährliche Belastung durch verschiedene Heizungspumpen, bereinigt mit Baupreisindex (2014=100)

Abbildung 6 zeigt, dass die höheren Investitionskosten der Hocheffizienzpumpen des Baujahrs 2014 durch erheblich niedrigere Stromkosten weitaus überkompensiert werden. Die etwas geringeren Stromkosten des Effizienzhaus 40 gegenüber EnEV 2014 folgen aus der etwas kürzeren Heizperiode.

Die entscheidende finanzielle Kenngröße für energieeffiziente Technik ist damit die jährliche oder monatliche Belastung und nicht die Investitionskosten. Deshalb wird im folgenden Vergleich verschieden energieeffizienter Gebäudestandards die monatliche finanzielle Belastung als Vergleichsmaßstab herangezogen.

Das wichtigste **Ergebnis** aus Abbildung 6 ist, dass moderne Hocheffizienzpumpen den Endkunden durch ihren sehr niedrigen Stromverbrauch finanziell weitaus weniger belasten als die vor 10 oder 20 Jahren verbreiteten Heizungspumpen.[2]

[2] Ein positiver Effekt der höheren Investitionskosten ist die höhere Wertschöpfung in der heimischen mittelständischen Industrie.

2.3 Gebäudeuntersuchung: Doppelhaushälfte

Ergänzend zu den ausgewählten Bauteilen wird an einem charakteristischen Gebäude überprüft, wie sich die energetischen Anforderungen auf die Investitionskosten und die monatliche Belastung für die Eigentümer auswirken. Am Beispiel des Neubaus einer typischen Doppelhaushälfte wurden dazu die Kosten nach DIN 276 ermittelt. Gewählt wurde ein charakteristisches Gebäude mit einer Breite von 10,50 m bei einer Gebäudetiefe von 9,00 m in zweigeschossiger Bauweise mit beheiztem Keller. Mittels eines differenzierten Bauteilverfahrens werden für den Baukörper die Massen der Gebäudehülle für die energetisch relevanten Bauteile ermittelt. Als Kostengrundlage wird für den EnEV-Standard (Referenzstandard) von einem günstigen Wert von 1.350 € inkl. MwSt. pro m² Wohnfläche bzw. 950 € pro m² Nutzfläche für die Summe der Kostengruppen 300 (Baukonstruktionen) und 400 (technische Anlagen) ausgegangen. Für die Bauteile werden dazu Mehr- bzw. Minderinvestitionen für die Standards der Jahre 1990 und 2004 sowie für das KfW Effizienzhaus 40 und den Passivhaus-Standard berechnet. Darüber hinaus fließen die Kosten für die Plusenergiekomponenten und der Mehraufwand für hocheffiziente Elektrogeräte ein.

Die Untersuchung der Doppelhaushälfte basiert auf den in Kapitel 1.2 definierten Rahmenbedingungen (evaluierte Stichjahre und Gebäudestandards). Das Hauptaugenmerk wurde auf die Recherche belastbarer Daten zu den Baukosten gelegt. Dabei wurde auf den bereits in der Bauteiluntersuchung ermittelten Daten aufgebaut.

In den folgenden Unterkapiteln werden die Ergebnisse des Gebäudestandard-Vergleichs dargestellt. Zunächst werden die Energiekennwerte der unterschiedlichen Gebäudestandards für die Doppelhaushälfte dargestellt, gefolgt von den Investitionskosten und der monatlichen finanziellen Belastung.

2.3.1 Energiekennwerte

In Kapitel 1.2 wurden bereits die Wärmeschutzanforderungen der einzelnen energetischen Standards dargelegt. Diese führen am Beispiel der untersuchten Doppelhaushälfte zu den folgenden Nutz- und Endenergiebedarfswerten differenziert nach Heizwärme, Warmwasser, Hilfs- und Haushaltsstrom.

Abbildung 7: Vergleich der Nutz- und Endenergiebedarfe der Gebäudestandards für die Doppelhaushälfte

Heizwärme- und Warmwasserbedarf werden für das Beispielgebäude mittels Sole-Wasser-Wärmepumpe bereitgestellt, da diese Technologie im Vergleich zu Luft-Wärmepumpen über den gesamten Betrachtungszeitraum verfügbar war und die Vergleichbarkeit in Richtung Plusenergiehäuser ohne Wärmepumpensystem nicht leicht nachvollziehbar darstellbar ist. Bei Alternativausführung z. B. mit Gasbrennwerttechnik würde die Anlage hinsichtlich der Investitionskosten etwa 6.000 bis 8.000 € günstiger liegen, dafür wäre für die Erschließung ein Betrag von 3.000 bis 5.000 € zu addieren. Die Standards EnEV 2002, EnEV 2014, KfW EH 40 und PH verfügen über eine Solarthermieanlage (KfW EH 40: inkl. Heizungsunterstützung), die Plusenergievarianten KfW EH 40_{Plus} und $Passiv_{Plus}$ stattdessen über eine Photovoltaikanlage inkl. Stromspeicher. In der Hilfsenergie sind sowohl die Heizungs- als auch die Warmwasserzirkulationspumpen (nur WSchV 84, EnEV 2002), als auch der Lüftungsstrom für die Abluftanlage (EnEV 2014) bzw. die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Zukunftsstandards) enthalten. Bei der Betrachtung des Haushaltsstroms werden für die Standards bis einschließlich EnEV 2014 Standardgeräte vorausgesetzt. Für das KfW Effizienzhaus 40 und das Passivhaus werden erhöhte Investitionen für hocheffiziente Elektrogeräte (Beleuchtung, Waschmaschine, Trockner, Kühl-Gefrier-Kombination, etc.) in Ansatz gebracht und dafür ein niedrigerer Verbrauch bei den monatlichen Kosten berücksichtigt.

Abbildung 7 illustriert zunächst sehr deutlich den mit der Zeit abnehmenden Nutz- und Endenergiebedarf. Der Endenergiebedarf ist aufgrund der Wärmepumpenheizung deutlich niedriger als der Nutzenergiebedarf. Der Warmwasserbedarf ist in der hier gewählten Konfiguration bei den Gebäuden ohne Solarthermie höher (WSchVO 1984, EH 40 Plus und Passivhaus Plus) und beim EH 40 aufgrund der größeren Solarwärmeanlage (Solarthermie) zur Heizungsunterstützung am niedrigsten. Bei den Plusenergiehäusern ist die jährliche Stromproduktion der Solarstrom-Anlage (PV) höher als der jährliche Stromverbrauch. Effektiv ergibt sich daher ein negativer Stromverbrauch.

2.3.2 Investitionskosten

Die folgende kurze Darstellung der Investitionskosten soll lediglich informativen Charakter haben. Wie oben erwähnt ist der entscheidende Vergleichsmaßstab für die Gebäudestandards die monatliche Belastung der Haushalte, die im Kapitel 2.3.3 dargestellt wird.

Die Investitionskosten der untersuchten Gebäudestandards konnten einerseits mit Hilfe der Bauteiluntersuchung ermittelt werden und mit Daten aus Leistungsverzeichnissen des Architekturbüros schulze darup und partner architekten ergänzt werden. Eine Voraussetzung für das Erreichen dieser Investitionskosten ist die Planung des Gebäudes durch einen Architekten, der über ausreichende Erfahrung mit dem Bau der jeweiligen Standards verfügt. Eine hohe Anzahl von wirtschaftlich umgesetzten Projekten zeigt, dass dieses Fachwissen inzwischen in großer Breite verfügbar ist.
Wie in Kapitel 2.1 dargestellt, werden alle recherchierten Kosten der Jahre vor 2014 mittels Baupreisindex auf das Basisjahr 2014 hochgerechnet. Abbildung 8 visualisiert das Ergebnis, zunächst ohne und anschließend mit Preisbereinigung.

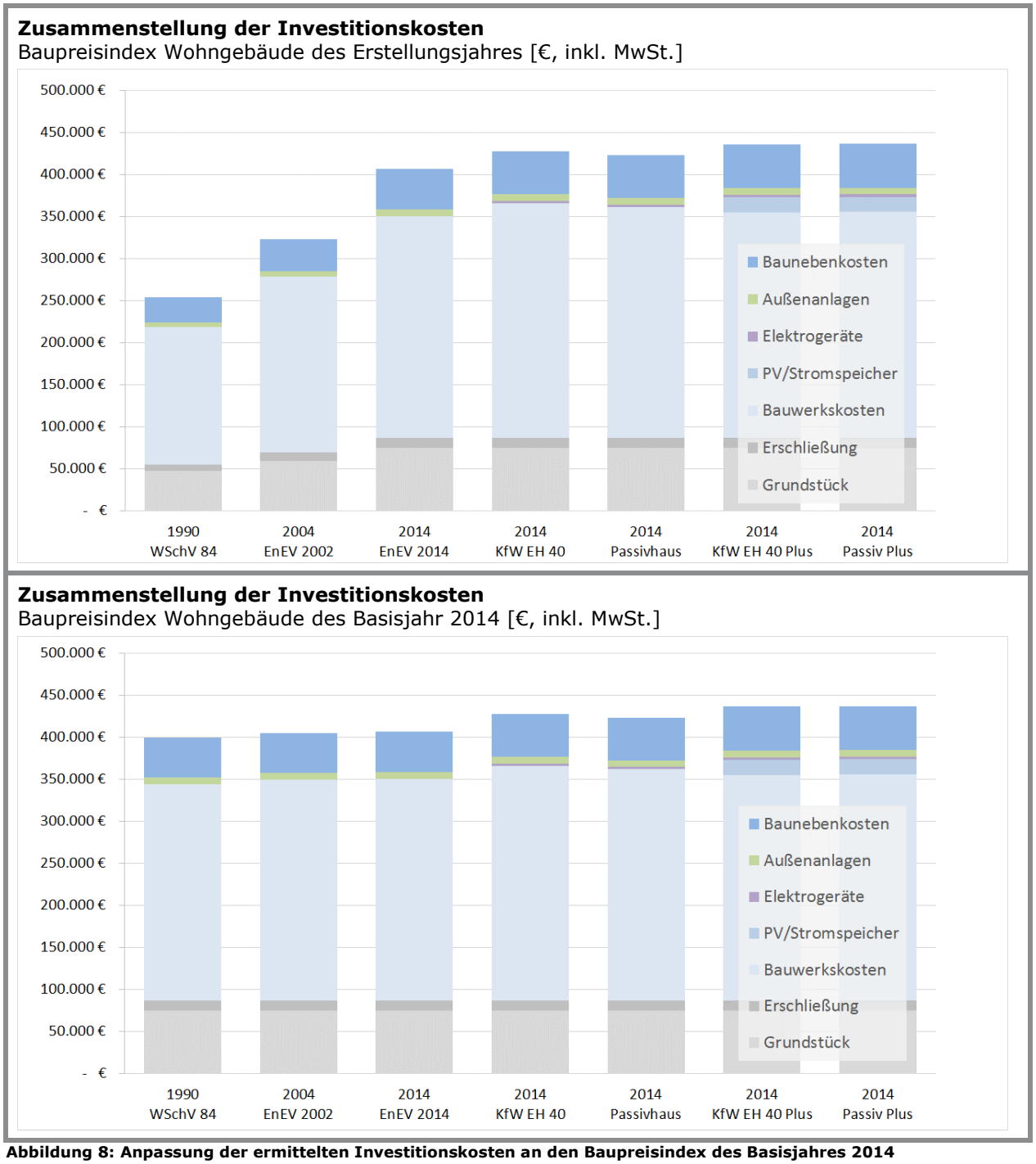


Abbildung 8: Anpassung der ermittelten Investitionskosten an den Baupreisindex des Basisjahres 2014

Aufgrund dessen zeigt sich, dass die *Investitionskosten* der untersuchten Gebäudestandards (einschließlich der zukünftigen Standards) preisbereinigt lediglich Abweichungen von etwa 10 % aufweisen, bei gleichzeitig deutlich höherer Qualität der neuen Standards. So betragen die Minderinvestitionen des Standards im Jahr 1990 gem. 2. WSchV gegenüber dem Standard EnEV 2014 weniger als

2%, EnEV 2002 vs. EnEV 2014 weniger als 1%. Die Mehrinvestitionen für die Standards KfW Effizienzhaus und Passivhaus gegenüber EnEV 2014 betragen ca. 7%. Die Plusenergie-Varianten liegen im Falle optimierter Gebäudetechnik nur etwa zehn Prozent über dem EnEV 2014-Standard.

Abbildung 9 zeigt als Teilmenge der unteren Grafik aus Abbildung 8 nur die Investitionskosten der *energetisch relevanten Komponenten.* In dieser Auflösung ist die Herkunft der in Abbildung 9 erkennbaren relativ kleinen Differenzen zwischen den *Investitionskosten* der verschiedenen Standards besser erkennbar. Sie erklären sich in erster Linie durch höhere Investitionskosten für die wärmetechnisch immer besseren Gebäudehüllen. Da diesbezüglich zwischen dem Standard EnEV 2014 und den Zukunftsstandards der größte Sprung herrscht, ist hier auch die Investitionskostendifferenz am deutlichsten.

Zusammenstellung der Investitionskosten der energetisch relevanten Komponenten
Baupreisindex Wohngebäude des Basisjahr 2014 [€, inkl. MwSt.]

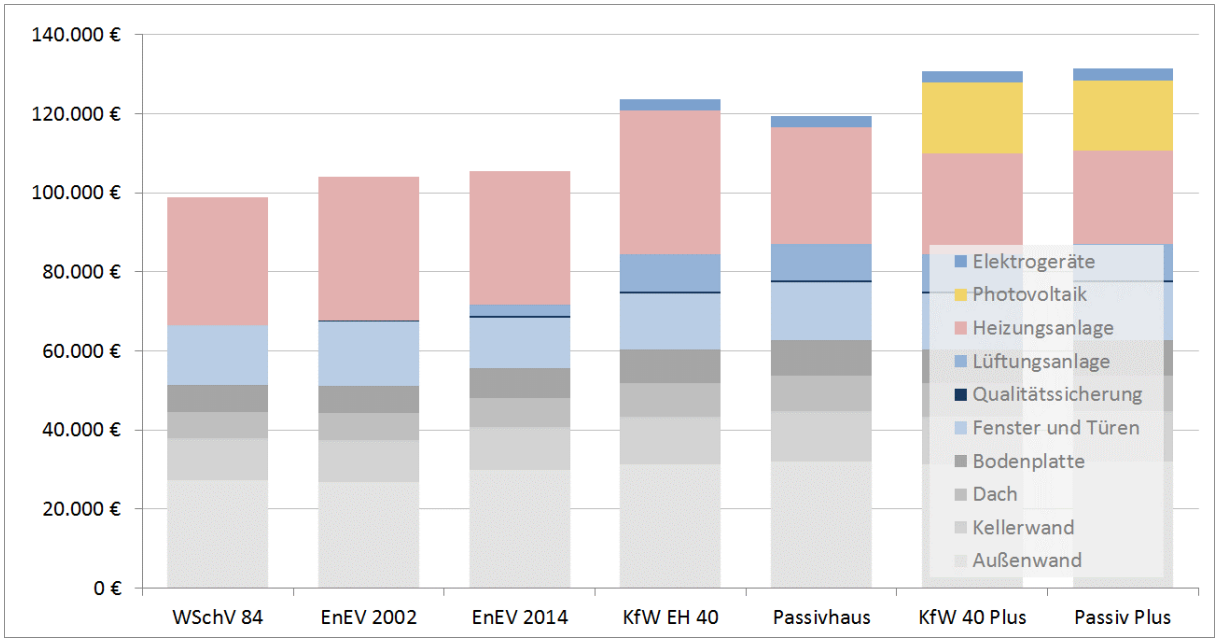


Abbildung 9: Investitionskosten-Vergleich der unterschiedlichen Standards hinsichtlich der energetisch relevanten Komponenten

Die Passivhauskomponenten der Gebäudehülle sind ca. 9.000 € teurer als beim EnEV-Standard. Die Differenzkosten bei der Lüftungsanlage liegen bei 6.500 €, wobei für den EnEV-Standard eine Lüftungsanlage gemäß den Anforderungen der verbindlich geltenden DIN 1946-6 als Abluftanlage in Ansatz gebracht wird. Bei der Gebäudetechnik ist ein Einsparpotential gegeben, das allerdings nur durch qualifizierte Planer realisiert werden kann. Insbesondere die Plusenergiekonzepte beinhalten ein hohes Maß an Synergieeffekten. Dazu gehört z. B. der Wegfall der Solarthermie, wenn ohnehin Photovoltaik und das Wärmepumpensystem installiert werden.

Wesentlich für den Eigentümer ist jedoch die im folgenden Kapitel dargestellte monatliche Belastung.

2.3.3 Monatliche Belastung

Als wesentlicher Vergleichsmaßstab der Gebäudestandards dient die monatliche Belastung eines Eigentümerhaushaltes. Sie beinhaltet neben der Finanzierung der Investitionskosten auch die mit dem Betrieb des Gebäudes verbundenen laufenden Kosten und Erträge. Im Einzelnen handelt es sich um:

- Finanzierung der Investitionskosten
  - Raten für Hypothekendarlehen
  - Raten für KfW-Darlehen (nur für künftige Standards und PV/Speicher)
- Betriebskosten
  - Energiekosten für Heizung, Warmwasser und Hilfsstrom
  - Wartungskosten
- Photovoltaikerträge (ausschließlich für Plusenergievarianten)
  - Einsparungen durch vermiedenen Strombezug
  - Vergütung für eingespeisten Strom

Generell werden alle Stichjahre mit den Rahmenbedingungen (KfW-Förderungen, Zinssätze, Energiekosten) des Basisjahres 2014 ermittelt. Diese „ceteris paribus" Betrachtung hat zur Folge, dass die Unterschiede zwischen den Standards ausschließlich aus ihren verschiedenen Investitions-, Finanzierungs, Energiekosten und Kosten für Wartung und Instandhaltung resultieren, die aufzuwenden wären, wenn sie **heute** gebaut und in Betrieb genommen würden.

Unberücksichtigt bleiben dabei insbesondere die zu Zeiten früherer energetischer Standards geltenden weitaus höheren Zinsen für Hypothekendarlehen. Während für diese Studie *alle* betrachteten Standards mit dem heute gültigen Zinssatz von 2,3% für ein 10-Jahres-Darlehen berechnet wurden, betrug er in den Stichjahren 1990 bzw. 2004 8,8% bzw. 4,9%. Bei Ansatz dieser Zinssätze hätten sich die Kosten in Abbildung 10 für die früheren Standards „WSchV 84" und „EnEV 2002" weitaus höher dargestellt. Im Sinne einer soliden Finanzierung wurde angesichts der derzeit extrem niedrigen Darlehenszinsen mit einer anfänglichen Tilgung von 3% gerechnet anstatt mit dem häufig üblichen 1%. Dies hat zur Folge, dass am Ende der Zinsbindungsfrist von 10 Jahren bereits ca. 33% anstatt nur 11% abbezahlt sind.

Der Bezug auf heute hat den weiteren Vorteil, dass für die Zukunftsstandards der Blick in die Glaskugel entfällt. Alle sog. „Zukunftsstandards" werden bereits heute gebaut, entsprechend wurden sie mit den heutigen Kosten und der heute noch erhältlichen KfW-Förderung berechnet anstatt mit spekulativen zukünftigen Kosten ohne Förderung. Wie bereits dargelegt wurde, spiegelt die Förderung durch die KfW erfahrungsgemäß die heutigen Mehrkosten zukünftiger Standards sehr gut wider.

Die folgende Abbildung veranschaulicht die Zusammenstellung der monatlichen Kosten für die einzelnen Gebäudestandards. Die detaillierten Grundlagen der Berechnungen befinden sich im Anhang.

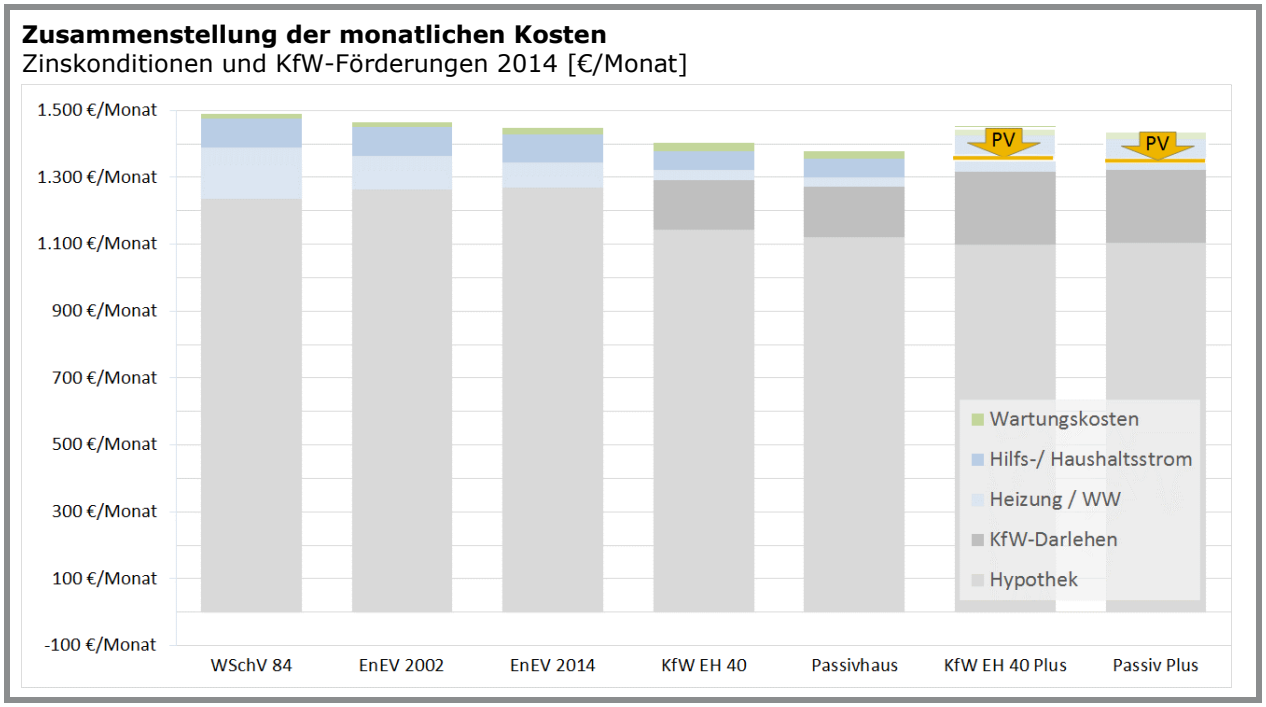


Abbildung 10: Zusammenstellung der monatlichen Belastung eines Eigentümerhaushaltes

Abbildung 10 zeigt zunächst, dass sich unter ansonsten vergleichbaren Randbedingungen die Gesamtkosten der Standards der vergangenen 25 Jahre und der hier untersuchten Zukunftsstandards nicht gravierend unterscheiden. Der Unterschied in der monatlichen Belastung zwischen dem teuersten und dem günstigsten Standard beträgt ca. 10%. Die absolute monatliche Belastung beträgt trotz der mit 3% recht hoch gewählten Tilgung maximal knapp 1500 €/Monat. Dies ist für eine neue Doppelhaushälfte mit 146 m^2 Wohnfläche und 70 m^2 Kellernutzfläche moderat.

Das wichtigste **Ergebnis** ist, dass sowohl der heutige Neubau-Standard der EnEV 2014 als auch sogar sämtliche Zukunftsstandards bei der betrachteten Doppelhaushälfte zu einer niedrigeren monatlichen Belastung führen als die vergangenen Standards, wenn sie heute gebaut würden. In Abbildung 10 ist auch die heute verfügbare Förderung für die Zukunftsstandards berücksichtigt. Dies führt dazu, dass diese Standards bei guter Planung bereits heute die niedrigsten monatlichen Kosten aufweisen können.

3 Schlussfolgerung und Diskussion

Das Ziel dieser Initialstudie besteht darin einen wissenschaftlich haltbaren Diskurs zur These von der „Energieeffizienz als natürlichem Feind des kostengünstigen Bauens" in Gang zu setzen.

Zu diesem Zweck wurde am Beispiel des Neubaus einer Doppelhaushälfte dargestellt, wie sich tatsächliche Kosten von 1990 bis heute im Lichte zunehmender gesetzlicher Anforderungen an die Energieeffizienz entwickelt haben. Untersucht wurden hier preisbereinigt auf das Jahr 2014 die Kosten der Komponenten Außenwand, Dach, Fenster und Heizungspumpe sowie die Kosten des gesamten Gebäudes. Zielgröße war hierbei ein Vergleich der Investitionskosten bzw. der monatlichen Belastung.

- *Porenbetonwand*: die Investitionskosten sind trotz besseren Wärmeschutzes gemäß EnEV 2014 preisbereinigt sogar günstiger als bei den Pendants aus den Jahren 1990 und 2004.
- *Kalksandsteinwand + WDVS*: preisbereinigt sind die Investitionskosten für gleiche energetische Qualität kontinuierlich gesunken. Der Eigentümer bekommt heute einen höheren Wärmeschutz fürs gleiche Geld als noch vor 10 oder 20 Jahren.
- *Dächer*: preisbereinigt entsprechen die Investitionskosten von Dächern mit geringerem Wärmeschutz heute denen von 1990, Dächer mit höherem Wärmeschutz sind stetig günstiger geworden. Der Eigentümer bekommt heute viel mehr fürs Geld als vor 10 oder 20 Jahren.
- *Fenster*: Der Eigentümer bekommt heute preisbereinigt fürs gleiche Geld Fenster, die ganz erheblich mehr Wärmeschutz und Behaglichkeit bieten als vor 10 oder 20 Jahren.
- *Heizungspumpen*: die heutigen Hocheffizienzpumpen belasten den Eigentümer durch ihren sehr niedrigen Stromverbrauch finanziell weitaus weniger als vor 10 oder 20 Jahren.
- *Gesamtgebäude*: sowohl der heutige Neubau-Standard der EnEV 2014 als auch sämtliche hier betrachteten Zukunftsstandards führen zu einer niedrigeren monatlichen Belastung als die vergangenen Standards. Mit der heute verfügbaren Förderung und guter Planung können die Zukunftsstandards bereits heute die niedrigsten monatlichen Kosten aufweisen.

Das heute bei den Zukunftsstandards noch vorhandene Kostensenkungspotenzial wird erfahrungsgemäß in wenigen Jahren realisiert sein, genau wie dies z.B. für den heute geltenden Standard der EnEV 2014 galt. Hier gilt für das Gesamtgebäude das gleiche, was für einzelne Komponenten dargestellt wurde. Im Zuge künftiger Standards sind u.a. für kleine Wärmepumpen und Lüftungsgeräte noch deutliche Preissenkungen absehbar.

Tatsächlich ist dieses Ergebnis nicht überraschend. Bei allen hier betrachteten Erhöhungen der Wärmeschutzanforderungen musste und muss das Wirtschaftlichkeitsgebot beachtet werden, welches letztlich auf die monatliche Belastung abzielt und aktuell im Energieeinspargesetz (EnEG) verankert ist. Da im Betrachtungszeitraum die Energiekosten stärker gestiegen sind, als man bei Planung früherer Energiestandards annahm, wären diese heute teurer als heutige und künftige Standards.

Angesichts der Ergebnisse dieser Initialstudie scheint die These von der „steigenden Energieeffizienz als natürlicher Feind des kostengünstigen Bauens" nicht haltbar zu sein. Aufgrund des initialen Charakters der Studie mit entsprechender Beschränkung auf ausgewählte Bauteile und den Neubau einer durchschnittlichen Doppelhaushälfte zu jeweils maßgeblichen Zeitpunkten können weitere Untersuchungen helfen, das Bild zu vervollständigen, beispielsweise im Hinblick auf weitere Bauteile, Gebäudetypen und Lagekategorien.

Anhang

A.1 Grundlagen der Berechnungen

Thema	Quellen	Parameter	Kennwert
Gebäudetyp und wesentliche Charakteristika	[Schulze Darup]	Doppelhaushälfte, 2-geschossig, unterkellert (innerhalb thermischer Hülle), Sole-Wasser-Wärmepumpe	
		$A_{EB} = A_{WFL} + A_{NFL} =$	216,1 m²
		Jahresarbeitszahlen Sole-Wasser-Wärmepumpe	1990: 3,2 2004: 3,3 2014: 3,4 KfW EH 40: 3,5
		Solarthermie-Deckungsraten	EnEV 2002 (WW): 55 % EnEV 2014 (WW): 55 % KfW EH 40 (WW): 75 % KfW EH 40 (HZ): 25 % Passivhaus (WW): 55 %
Kosten	Alle Kosten werden inklusive Steuern angegeben.		
Fixkosten	[Schulze Darup]	Grundstück (Durchschnittspreis bei 250€/m² für 300m² Grundstück)	75.000 €
		Erschließung	12.000 €
		Außenanlagen	8.000 €
		Baunebenkosten	17 % der Baukosten
Energiekosten	[Schulze Darup], [Ecofys]	Strom	0,25 €/kWh
		Wärmepumpenstrom	0,20 €/kWh
Finanzierung[3]	[Schulze Darup]	Eigenmittel für Finanzierung	120.000 €
	[Deutsche Bundesbank] (Stand: September 2014)	Hypothekenzinsen, 2014 (Wohnungsbaukredite, Zinsbindung: 5 - 10 Jahre)	Zins: 2,31 % Tilgung: 3,00 %
	KfW Darlehen 153 (Effizienzhaus 40) (Stand: November 2014)	Darlehenssumme	50.000 €
		Tilgungszuschuss 10 %	5.000 €
		10 a Laufzeit 1 a tilgungsfrei 10 a Zinsbindung	Zins: 1,00 % Tilgung: 3,00 %
	KfW Darlehen 274/275 (Photovoltaik, Speicher) (Stand: November 2014)	Darlehenssumme	17.800 €
		Tilgungszuschuss 30 % (Speicher)	1.500 €

[3] Die Tilgung wurde für alle Darlehensbestandteile so angesetzt, dass nach Ablauf von 10 Jahren eine Restschuld von ca. 50% besteht.

Thema	Quellen	Parameter	Kennwert
		10 a Laufzeit 1 a tilgungsfrei 10 a Zinsbindung	Zins: 1,95 % Tilgung: 3,00 %
Photovoltaik und Batterie-speicher	[Schulze Darup]	Photovoltaikanlage	8 kWp
		Spez. Photovoltaikertrag	920 kWh/kWp.a
		Batteriespeicher	2 kWh
		Anteil Eigenstromnutzung	KfW EH 40_{Plus}: ca. 39,0 % $Passiv_{Plus}$: ca. 37,5 %
		Kosten Photovoltaik	1.600 €/kWp
		Kosten Batteriespeicher	2.100 €/kWh
		Eingesparte Stromkosten (Eigennutzung)	0,25 €/kWh
		Vergütung (Einspeisung)	0,12 €/kWh
Heizungsum-wälzpumpen	Herstellerangaben, eigene Berechnung	Pumpenstromverbrauch	1990: 400 kWh/a 2004: 352 kWh/a 2014: 121 kWh/a KfW EH 40: 109 kWh/a

A.2 Quellenverzeichnis

BKI. *BKI Baukosten Teil 3: Statistische Kostenkennwerte für Positionen 2005 - 2014.* Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKI). 2005 - 2014

destatis a. *Glossar Baupreisindizes*. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden 2014 https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Preise/Glossar/Baupreisindizes.html (Zugriff: 12.11.2014)

destatis b. *Fachserie 17, Reihe 4 (Meßzahlen für Bauleistungspreise und Preisindizes für Bauwerke).* Statistisches Bundesamt. Wiesbaden 2014 https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Preise/Baupreise/BauwirtschaftPreise2170400133244.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff: 12.11.2014)

destatis c. *Neubau (konventionelle Bauart) von Wohn- und Nichtwohngebäuden*. Statistisches Bundesamt. Wiesbaden 2014 https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Indikatoren/Konjunkturindikatoren/Preise/bpr110.html?cms_gtp=145848_list%253D1#Fussnote1a (Zugriff: 12.11.2014)

Deutsche Bundesbank. *Deutsche Bundesbank Zinsstatistik.* Deutsche Bundesbank. Frankfurt am Main. 2014

https://www.bundesbank.de/Redaktion/DE/Downloads/Statistiken/Geld_Und_Kapitalmaerkte/Zinssaetze_Renditen/S11BATGV.pdf?__blob=publicationFile (Zugriff: 12.11.2014)

EPBD 2010. *Gebäuderichtlinie 2010/31/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung).* European Performance of Buildings Directive (EPBD). 2010
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF (Zugriff: 12.11.2014)

Ökodesign-Richtlinie. *Verordnung (EG) Nr. 641/2009 der Kommission*. Europäische Union. 22. Juli 2009
http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:191:0035:0041:DE:PDF (Zugriff: 12.11.2014)

Schmitz, Gerlach et al. *Baukosten 2004 / 2012/2013*. Verlag für Wirtschaft und Verwaltung. Essen. 2004 - 2014

Schulze Darup. *Leistungsverzeichnisse 1990 - 2014*. Architekturbüro schulze darup und partner architekten. 1990 - 2014

sirAdos. *sirAdos Bauhandbuch Neubau 1989 / 1992 / 2004 / 2014*. WEKA Media GmbH. 1989 - 2014

schulze darup & partner
architekten

ECOFYS
sustainable energy for everyone

ECOFYS Germany GmbH

Am Karlsbad 11
10785 Berlin

T: +49 (0) 30 29773579-0
F: +49 (0) 30 29773579-99

E: info@ecofys.com
I: www.ecofys.com