

Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase V

Sozialer Geschosswohnbau: Kostengünstig und energieeffizient (k)ein Widerspruch?

Protokoll-
55
band



Der Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser wird unterstützt durch:

DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen

proKlima der Klimaschutzfonds der Stadtwerke Hannover AG

FAAG Technik GmbH

HESSEN



Hessisches Ministerium
für Wirtschaft, Energie,
Verkehr und Wohnen



Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser – Phase V: 2010-2021

Protokollband Nr. 55
**Sozialer Geschosswohnbau: Kostengünstig
und energieeffizient - (k)ein Widerspruch?**

Wolfgang Feist; Passivhaus Institut Darmstadt
und Universität Innsbruck, Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften

1. Auflage: Darmstadt, September 2021

Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser

Protokollband Nr. 55

Sozialer Geschosswohnbau: Kostengünstig und energieeffizient - (k)ein Widerspruch?

Herausgeber: Wolfgang Feist,
Passivhaus Institut, Rheinstraße 44-46, D-64283 Darmstadt und
Universität Innsbruck, Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften

Autoren: Wolfgang Feist, Passivhaus Institut
Esther Gollwitzer, Passivhaus Institut
Oliver Kah, Passivhaus Institut
Marc Großklos, Institut Wohnen und Umwelt GmbH
Christian Kuhlmann, Hessische LandesEnergieAgentur GmbH
Martin Ploß, Energieinstitut Vorarlberg
Harald Konrad Malzer, Neue Heimat Tirol Gemeinnützige Wohnungs-GmbH
Folkmer Rasch, Institut faktor10 Darmstadt GmbH
Ralf Werner, Wohnbau Gießen GmbH
Robert Persch, Stadt Heidelberg
Tanja Schulz, Passivhaus Institut
Kristin Bräunlich, Passivhaus Institut
Witta Ebel, Passivhaus Institut

Umschlag: Marlies Blücher, Passivhaus Institut

Bezug: Passivhaus Institut

Die von den Autoren in ihren Beiträgen wiedergegebenen Positionen müssen nicht in allen Fällen mit denen des Herausgebers oder der Träger übereinstimmen.

1. Auflage
Darmstadt, September 2021

Passivhaus Institut
Dr. Wolfgang Feist

Rheinstraße 44/46
D-64283 Darmstadt
Tel. 06151 / 82699-0
Fax 06151 / 82699-11

mail@passiv.de
www.passiv.de

Die Träger des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser
(Phase V) sind:

- DBU Deutsche Bundesstiftung Umwelt
- Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen
- proKlima – Der enercity-Fonds
- FAAG Technik GmbH
- Die in diesem Protokollband dargestellten Ergebnisse wurden erarbeitet im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen

Inhalt

Mögliche Beiträge des Wohnbaus zum Erreichen der Klimaschutzziele	1
Prof. Dr. Wolfgang Feist, Passivhaus Institut	
Kosten für energieeffizienten Wohnungsbau - eine Frage guter Planung?	13
Esther Gollwitzer, Passivhaus Institut	
Gesamtkostenbetrachtung mit dem vollständigen Finanzplan und Lebenszykluskosten im Vergleich	25
Oliver Kah, Passivhaus Institut	
Ansätze zur Reduktion der Nebenkosten im PassivhausSozialPlus	55
Marc Großklos, Institut für Wohnen und Umwelt GmbH	
Fördermöglichkeiten für den energieeffizienten Wohnungsbau	71
Christian Kuhlmann, Hessische LandesEnergieAgentur GmbH (LEA)	
Modellvorhaben zum kostengünstigen Wohnbau	75
Martin Ploß, Energieinstitut Vorarlberg	
5-Euro-Wohnen in den Passivhäusern der NHT	95
Harald Konrad Malzer, Neue Heimat Tirol Gemeinnützige Wohnungs-GmbH	
Warmmietenmodell und PassivhausSozialPlus1 in Darmstadt	101
Folkmer Rasch, Institut faktor10 Darmstadt GmbH	
Projektbeispiele aus Gießen: Neubau und energetische Modernisierung	119
Ralf Werner, Wohnbau Gießen GmbH	
Erfahrungen und Bewohnerbefragung im PH-Stadtteil HD-Bahnstadt	127
Robert Persch, Stadt Heidelberg; Amt für Umweltschutz, Gewerbeaufsicht und Energie	
Lösungen für die Gebäudehülle	135
Tanja Schulz, Passivhaus Institut	
Lösungen für den kostengünstigen Wohnbau: Wohnungslüftung mit WRG	163
Kristin Bräunlich, Passivhaus Institut	
Gebäudetechnik: Zu-/Abluftanlage mit WRG vs. Abluftanlage	173
Oliver Kah, Passivhaus Institut	

Prof. Dr. Wolfgang Feist, Passivhaus Institut, Rheinstraße 44/46, 64283 Darmstadt

Mögliche Beiträge des Wohnbaus zum Erreichen der Klimaschutzziele

1 Der Klimawandel

Der menschengemachte Klimawandel wird politisch kaum noch bestritten. Die Kernursache dabei sind die Treibhausgase, insbesondere das CO₂ ([Miller et al 2014], [Susskind et al 2019]). Für unsere Zivilisation ist der Klimawandel ein existentielles Problem. Für die Erde selbst ist das nicht der Fall. Sie wird unabhängig von der weiteren Entwicklung des Klimas ihre Bahnen um die Sonne ziehen, wie sie es schon 4,5 Milliarden Jahre getan hat. Es wird auch weiterhin eine Form von Leben auf der Erde geben. Aber für die Zivilisation ist dies anders. Es ist jedoch noch nicht zu spät, dafür zu Sorgen, dass auch die Menschheit noch eine Zukunft auf dem Planeten hat (zur Frage der Zukunft der Menschheit auf anderen Planeten hat Carls Sagan schon 1990 eine ehrliche Analyse geliefert ("The pale blue dot" [Sagan 1990]) an der sich bis heute nichts Entscheidendes geändert hat).

2 Die CO₂-Emissionen

2.1 Das CO₂-Budget

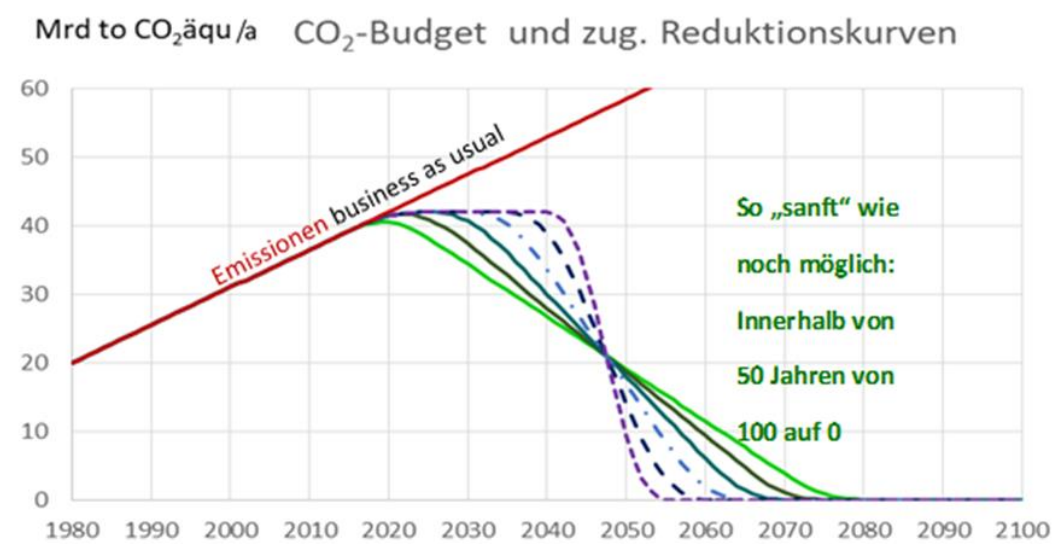


Abbildung 1: Kurven zulässiger gleicher Rest-Emissionen Mrd. to CO₂-äqui. Um das 2-°C-Ziel noch zu erreichen, müssen gemäß IPCC die zukünftigen Emissionen auf höchstens 1.170 Gt CO₂ begrenzt werden [IPCC 2018].

Abbildung 1 zeigt mögliche Zeitpfade, in denen die noch erlaubten Emissionen in die Atmosphäre erfolgreich auf nahe Null gesenkt werden können. Je früher mit einer ernsthaften Reduktion der Emissionen begonnen wird, desto kleiner ist die jährlich benötigte Verringerung der Emissionen. Der rote Pfad zeigt die Entwicklung entsprechend des Business-as-usual an. Hier gibt es eine ständige weitere Steigerung des derzeitigen jährlichen CO₂-Ausstoßes. Der Pfad mit dem kleinsten Gefälle, also dem "sanftesten" Übergang zu einer CO₂-emissionsfreien Gesellschaft setzt eine Zeitspanne von 50 Jahren an. Er wird in hellgrün angezeigt.

Die Frage ist: ist eine solche Entwicklung praxistauglich realisierbar?

2.2 Das Beispiel Deutschland

Zuallererst: Deutschland gehört zu den Ländern mit stark überhöhten CO₂-Emissionen pro Kopf (Knapp unter 10 t/a). Die USA und Kanada haben mit Abstand die höchsten Emissionen, aber auch in China, in dem gerade ein Wandel zum "American Style of Life" stattfindet, steigen die pro Kopf Emissionen nun sehr stark weiter an. Die westliche Wirtschaftsweise mit überdurchschnittlich hohen CO₂-Emissionen strahlt aus in den Rest der Welt und wird von vielen übernommen, womit die Abkehr von überhöhten CO₂-Emissionen nicht erleichtert wird.

Deutschland hat es aber in den Jahren von 2003 bis 2018 geschafft, den Verbrauch aus nicht-erneuerbarer Primärenergie um ca. 28 % zu senken (Abbildung 2). Dies wurde nur zum Teil durch den Ausbau der erneuerbaren Energien, vor allem aber durch eine gesteigerte Effizienz ermöglicht. Der Wohlstand gemessen am Bruttoinlandsprodukt (BIP) ist in diesen Jahren weiterhin deutlich gestiegen; hier wird die Bedeutung der Effizienzverbesserung sichtbar.

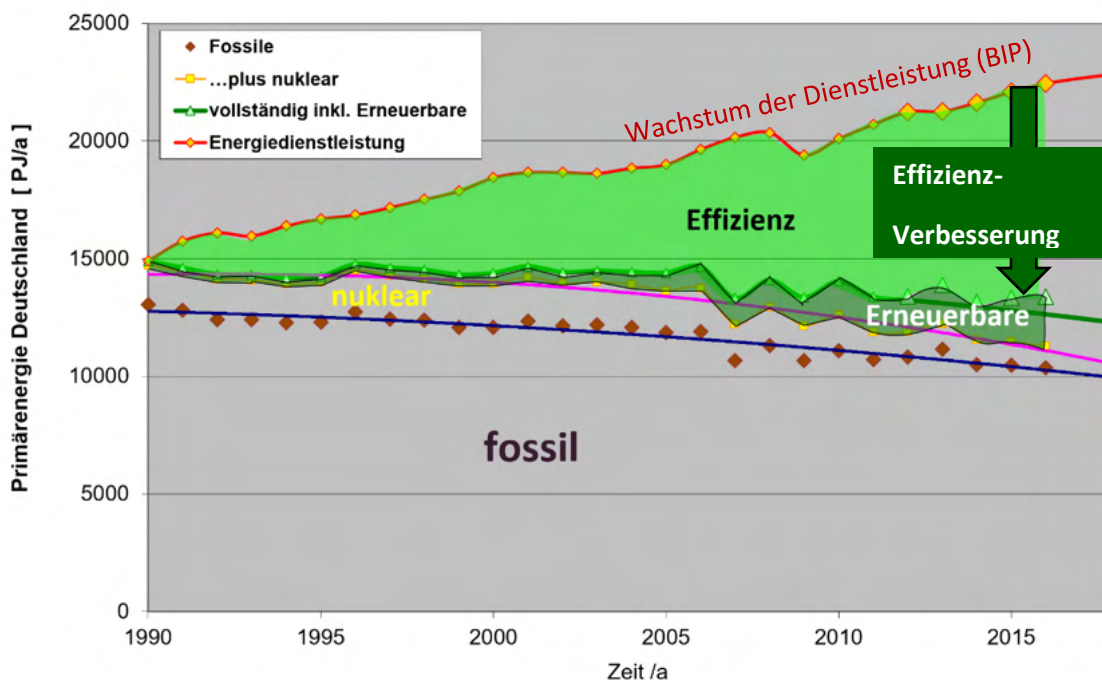


Abbildung 2: Entwicklung des nicht-erneuerbaren Primärenergiebedarfs in Deutschland

Unsere Detailanalyse zeigt, dass eine Reduktion der Emissionen bei gleichzeitigem Wachstum von Wohlstand erfolgreich möglich ist, wenn ein solches Engagement erhalten bleibt. Vielleicht noch wichtiger ist jedoch die positive Kommunikation dieser Erfolge in der Welt!

3 Klimaschutz durch Effizienzsteigerung

Ein gutes Beispiel, wie Effizienzsteigerung den Verbrauch grundlegend reduziert, ist der Computer-Monitor. Früher erfolgte die Darstellung noch über alte Röhrenmonitore, welche viel zusätzliche Energie verschwendeten, da die kinetische Energie der Elektronen beim Aufprall auf die Anode nicht zurückgewonnen werden konnte. Mit den heutigen Flachbildschirmen wurde ein ganz anderer Technologieansatz gewählt, wodurch die benötigte Leistung drastisch verringert werden konnte. Doch die Entwicklung ist noch nicht am Ende. Electronic Ink bzw. Electronic Paper reduziert die nötige Leistung der digitalen Darstellung auf einen Wert nahe Null, womit dann tatsächlich fast keine Energie mehr verbraucht wird. So kann (technisch erprobt und marktverfügbar) eine Gesamtreduktion des Energieverbrauchs über die Jahre 2003 bis 2022 von über 98 % erreicht werden. Ein solcher verschwindend geringer Restbedarf an Energie kann dann problemlos mithilfe von erneuerbaren Energien gedeckt werden; sogar mit eigenen Solarzellen auf dem Balkon und das problemlos selbst im Winter.

Die gleiche Entwicklung zeigt sich auch bei der Gebäudeheizung. Gegenüber dem heutigen Neubaustandard von Gebäuden ist der Energieverbrauch für die Beheizung von Passivhäusern um 86 % reduziert (Abbildung 3). Zum Vergleich wird hier das erste Passivhaus herangezogen, welches auch nach über 30 Jahren einen verschwindend geringen Heizenergieverbrauch aufweist.

Auch hier kann der stark reduzierte Heizbedarf mit vertretbarem Aufwand mit einem erneuerbaren Versorgungssystem gedeckt werden. Aber selbst wenn alle Nutzer diese Restwärme aus dem Stromnetz entnehmen wollten, würde das regional überall in Europa auf Basis leicht erschließbarer nachhaltiger Quellen funktionieren.

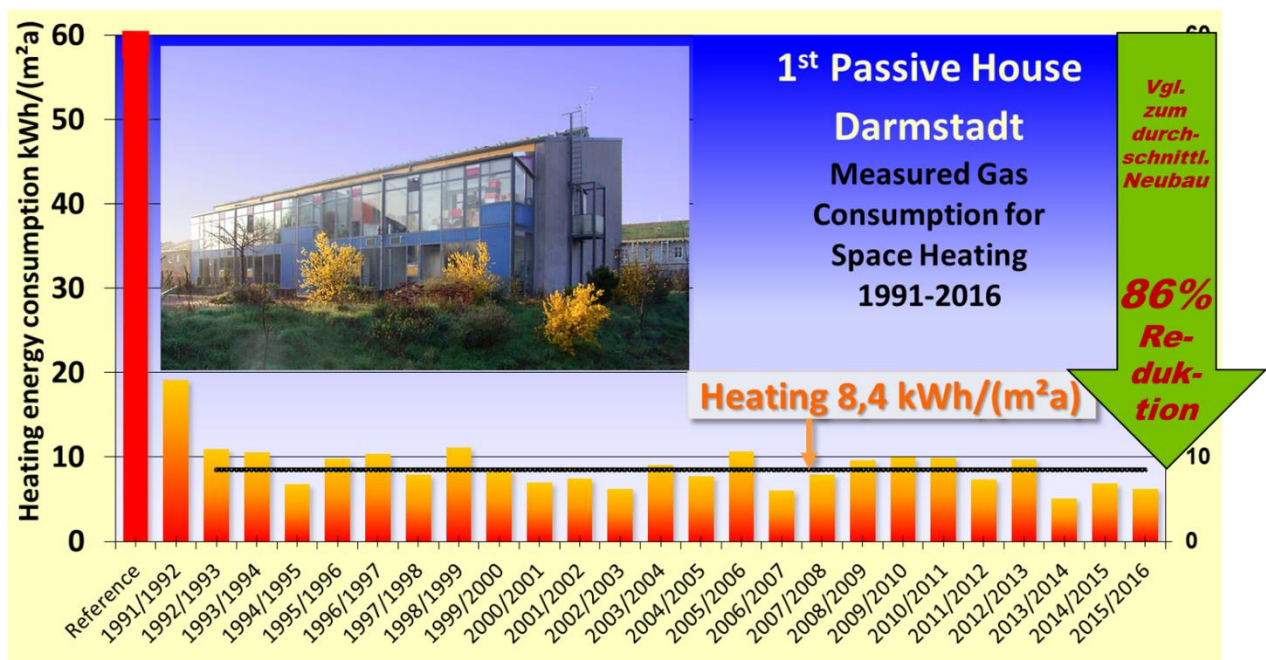


Abbildung 3: Vergleich des Heizenergieverbrauchs eines durchschnittlichen Neubaus (gemäß EnEV bzw. GEG) zu einem Passivhaus

In Mitteleuropa nimmt die Heizung etwa ein Drittel des gesamten Endenergieverbrauchs ein (Abbildung 4). Effiziente Heizkonzepte können daher einen entscheidenden Beitrag zur Emissionsreduzierung leisten.

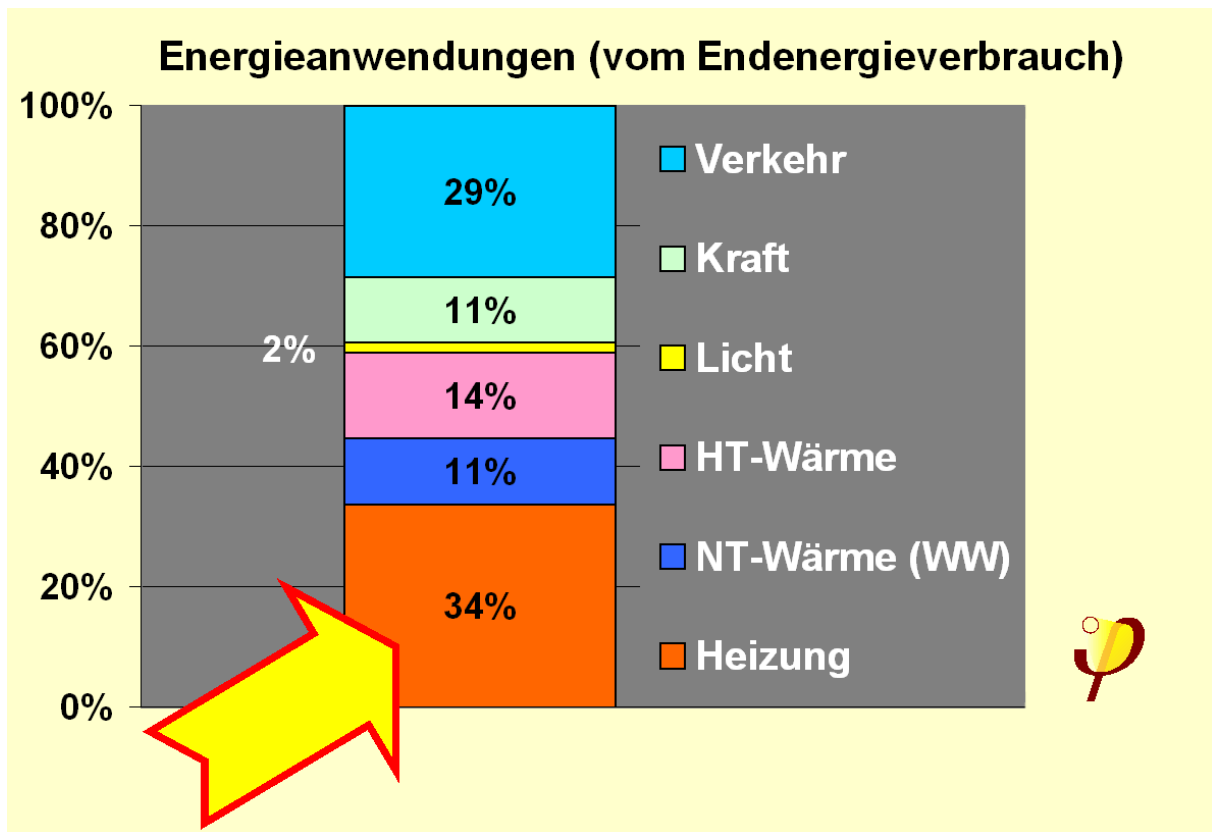


Abbildung 4: Endenergieverbrauch nach Anwendung (in Mitteleuropa). Heizung ist immer noch die Anwendung mit dem höchsten Anteil am Gesamtenergieverbrauch (der Autoverkehr holt auf).

4 Das Passivhaus

Abbildung 5 vergleicht die Lebenszyklusbilanz eines Passivhauses mit dem Energiestandard eines modernen Neubaugebäudes (Normal-NEH). Nach 30 Jahren zeigt sich für das Passivhaus eine Halbierung der Gesamtemissionen.

Die höhere Effizienz des Passivhauses wird unter anderem durch eine bessere Dämmung erreicht. Dies führt zu einer geringfügig höheren Investition zu Beginn des Lebenszyklus ("graues CO₂" + 29 kg/m²). Daher hat das Passivhaus zu Beginn einen leicht höheren Ausstoß als das herkömmliche Referenz-Gebäude (das wäre übrigens leicht behebbar, indem z. B. durch optimierte Geschossdecken der Stahlanteil zur Bewehrung reduziert wird). Durch eine Einsparung von 20 kg/m² CO₂ pro Jahr bei der Heizenergie wird dieser Effekt in weniger als 1,5 Jahren vollständig amortisiert.

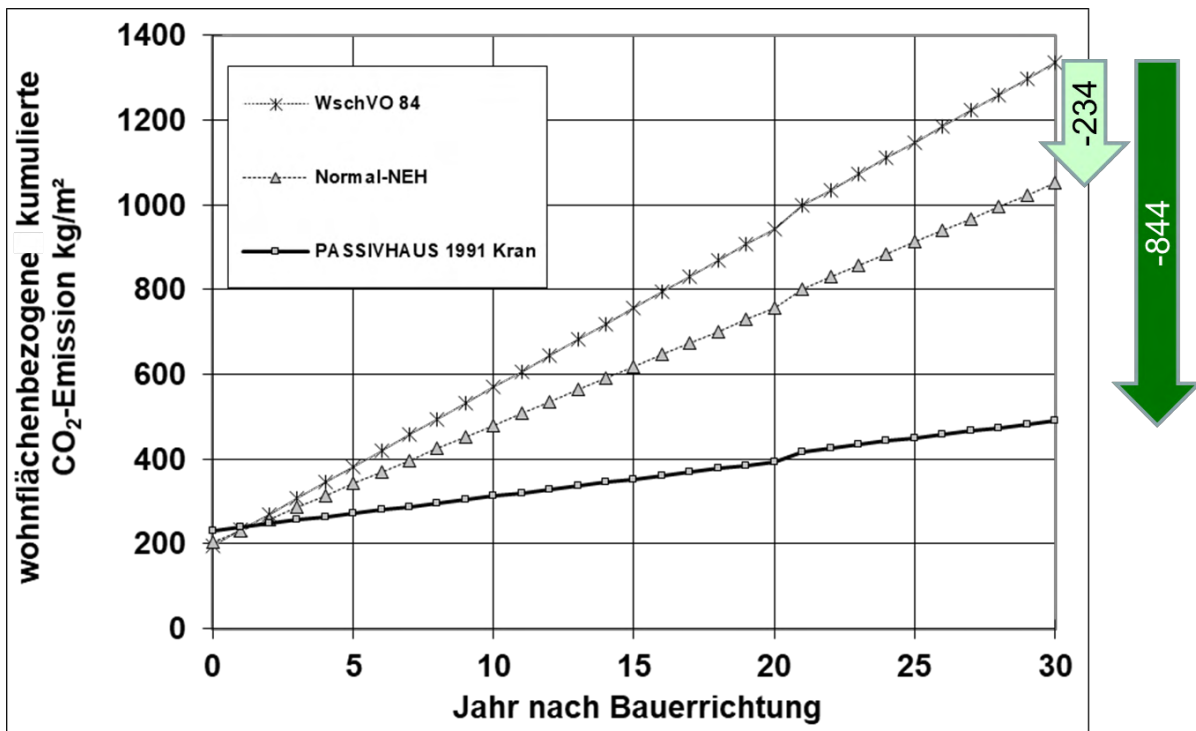


Abbildung 5: Ökologische Bilanz von Gebäudestandards im Vergleich (graue Energie sowie Energiebedarf während der Nutzungszeit)

Weiter kann der Herstellungsaufwand eines Gebäudes reduziert werden, indem Baustoffe genutzt werden, die einen geringeren Herstellungsaufwand haben, z. B. durch Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen (Abbildung 6). Dadurch reduziert sich im konkreten Fall die Lebenszyklusbilanz um weitere 200 kg CO₂ je m² für die betrachteten Gebäudestandards (Passivhaus und Niedrigenergiehaus NEH). Gegenüber der Ausgangsvariante gemäß WSchVo84 wird mit einem "hölzernen" Passivhaus dann sogar eine 3,2-fache Effizienzverbesserung bzgl. der CO₂-Emissionen erzielt. Bedeu-

tend ist dabei jedoch eine unmittelbare Folge dieser höheren Effizienz: Der noch verbleibende Primärenergiebedarf kann nun realistisch (für alle Gebäude bei dieser Effizienz) aus nachhaltigen Quellen gedeckt werden; z. B. aus Windkraft über das bestehende Stromnetz. Bleibt der Bedarf auf dem bisher üblichen hohen Niveau, so wird das, vor allem im Winter, schon technisch sehr schwierig und ökonomisch vollkommen unrealistisch.

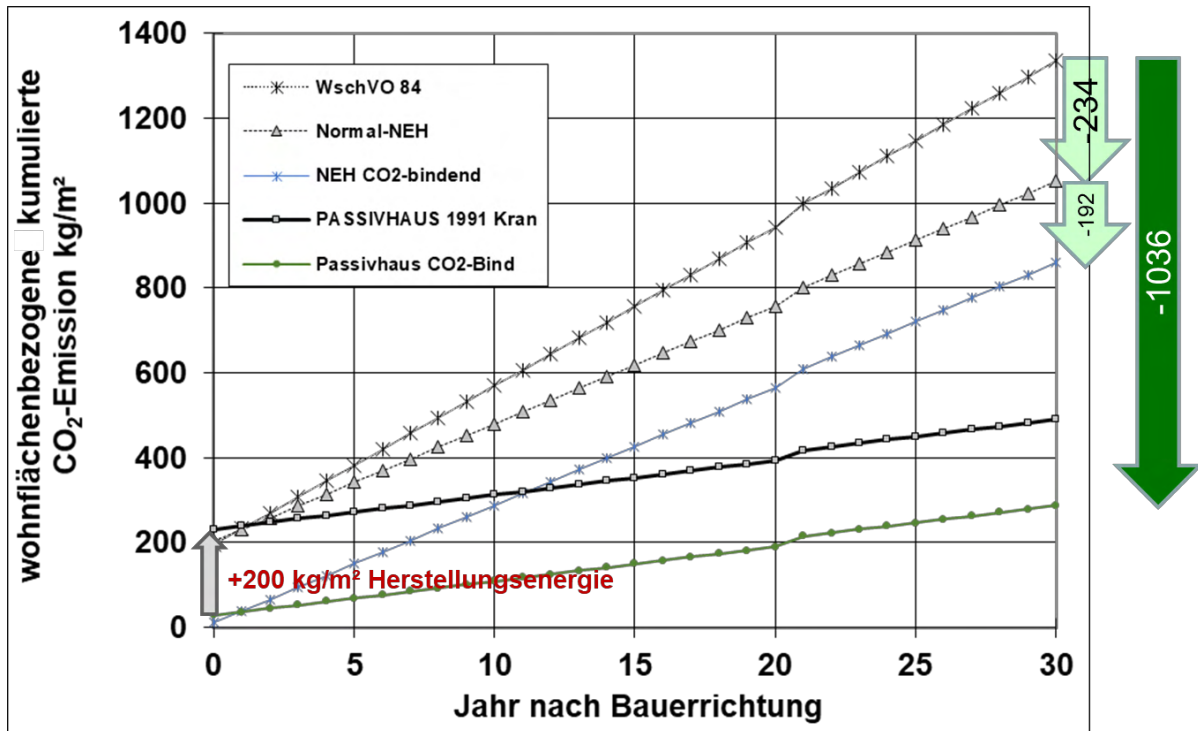


Abbildung 6: Ökologische Bilanz von Gebäudestandards im Vergleich. Durch die Nutzung von nachwachsenden Baustoffen verbessert sich die Lebenszyklusbilanz des Passivhauses nochmals (grüne Kurve). (Graue Energie sowie Energiebedarf während der Nutzungszeit)

5 Leistbares Wohnen

Im sozialen Wohnbau kann die erforderliche Verbesserung der Energieeffizienz mit geringen Mehrinvestitionen erreicht werden. Das zeigen zahlreiche realisierte Bauprojekte, von denen einige in weiteren Beiträgen dieses Protokollbandes im Detail vorgestellt werden. Bei einigen dieser Projekte konnten die Mehrinvestitionen sogar auf nahe null reduziert werden. Das wird mit zunehmender Verfügbarkeit geeigneter Komponenten am Markt künftig immer leichter umsetzbar.



Abbildung 7: Passivhaus-Beispiele für den kostengünstigen Wohnbau (1)

Relevante Bestandteile des dafür zielführenden Passivhausstandards sind:

- Die Wärmedämmung opaker Hüllflächen: Für den Geschosswohnbau relevant ist vor allem die Wärmedämmung der Außenwände, da die Flächenverhältnisse von Dachfläche und Grundfläche zu Wohnfläche mit zunehmender Wohnungsanzahl (Geschosszahl und Wohnungen je Geschoss) stark abnehmen. Passivhausübliche Dämmstärken liegen selbst bei teureren Dämmsystemen mit Mineralwolle im kostenoptimalen Bereich.

¹ Passivhaus in Schwaz / Neue Heimat Tirol; Passivhaus Premstraße, Innsbruck / Innsbrucker Immobilien Gesellschaft; Passivhaus Roseggerstraße, Innsbruck / Innsbrucker Immobilien Gesellschaft; Passivhaus Sillblock, Innsbruck / Innsbrucker Immobilien Gesellschaft; Passivhaus Domagkpark/München / Münchener Wohnungsbaugenossenschaft; Passivhaus Frankfurt / ABG Frankfurt Holding.

- Passivhaus geeignete Fenster: Bei Fenstern mit Passivhausqualität gab es in den vergangenen Jahren bedeutende Fortschritte in jeder Beziehung: Die Rahmen wurden schmaler und die Differenzkosten zu „gewöhnlichen Fenstern“ reduzierten sich. Für den hier zur Diskussion stehenden sozialen Wohnbau werden generell kostengünstige Fenster (in der Regel Kunststofffenster) verwendet.
- Gute Luftdichtheit der Gebäudehülle ($n_{50} \leq 0,6$ 1/h): Eine ausreichende Luftdichtheit der Gebäudehülle ist die Grundvoraussetzung für eine dauerhaft schadensfreie Konstruktion. Ausreichend luftdicht ist in diesem Sinn bei einer hüllflächenbezogenen spezifischen Leckagerate von q_{50} unter $0,5 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ gegeben. Diese Qualität reicht bei einem Mehrgeschosswohnbau immer aus, um einen Luftdichtheitskennwert von $n_{50} < 0,6$ 1/h zu erreichen; das ist genau der Anforderungswert für den Passivhausstandard. Allein aus Gründen des Bauschutzes ist diese Qualität ohnehin erforderlich, sie zu erreichen ist vor allem eine Aufgabe guter Planung. Die Kosten dafür sind gering – und die Mehrkosten für die Passivhausqualität in Wahrheit nicht vorhanden (ohnehin erforderlich!). Wir setzen die Kosten für den Luftdichtheitstest hier trotzdem an; einfach, weil dieser zwar sachlich notwendig ist – aber eben derzeit leider meist nicht durchgeführt wird.
- Wärmebrückenfreie Konstruktionen: Wärmebrückenfreie Konstruktionen sind am praktisch ausgeführten Gebäude nicht teurer als eine Bauweise ohne sorgfältige Planung in dieser Beziehung; eine Ausnahme sind dabei nur die thermisch getrennten Balkonauskragungen – auch diese sind allerdings heute weitgehend aus bauphysikalischen Gründen zur Selbstverständlichkeit geworden.
- Kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung: Es wird inzwischen in der Bauwirtschaft kaum noch bestritten, dass ein gesicherter Luftaustausch bei neuen und sanierten Wohnbauten unverzichtbar ist. Eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung leistet zudem einen hohen Beitrag zur Energieeinsparung in Geschosswohnbauten (von ca. $20 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$). Die Investitionskosten für solche Anlagen sind in den letzten Jahren stark gesunken – und deren Wirtschaftlichkeit im Lebenszyklus inzwischen unbestreitbar.

Bei Beachtung der grundlegenden Regeln und sorgfältiger Planung kann der Passivhausstandard heute mit Investitionen von unter $100 \text{ €/m}^2_{\text{Wohnfläche}}$ erzielt werden (vgl. Abbildung 8). Realisierte Beispiele liegen oft noch weit darunter; es gibt hier leider ein gewisses methodisches Problem weil plus-minus ca. 150 €/m^2 deutlich unter der statistischen Schwankungsbreite aktueller Baukosten identischer Bauvorhaben bei einfach nur unterschiedlichen Ausschreibungsergebnissen liegen. Das allein weist

schon darauf hin, dass die hier diskutierten Mehrinvestitionen im Vergleich zu anderen Kosten am Bau nicht bedeutend sind.

Die Verbesserung der Energieeffizienz beim Passivhaus ermöglicht es nachweislich, bezahlbaren Wohnraum bei nur wenig höheren Investitionskosten anzubieten.

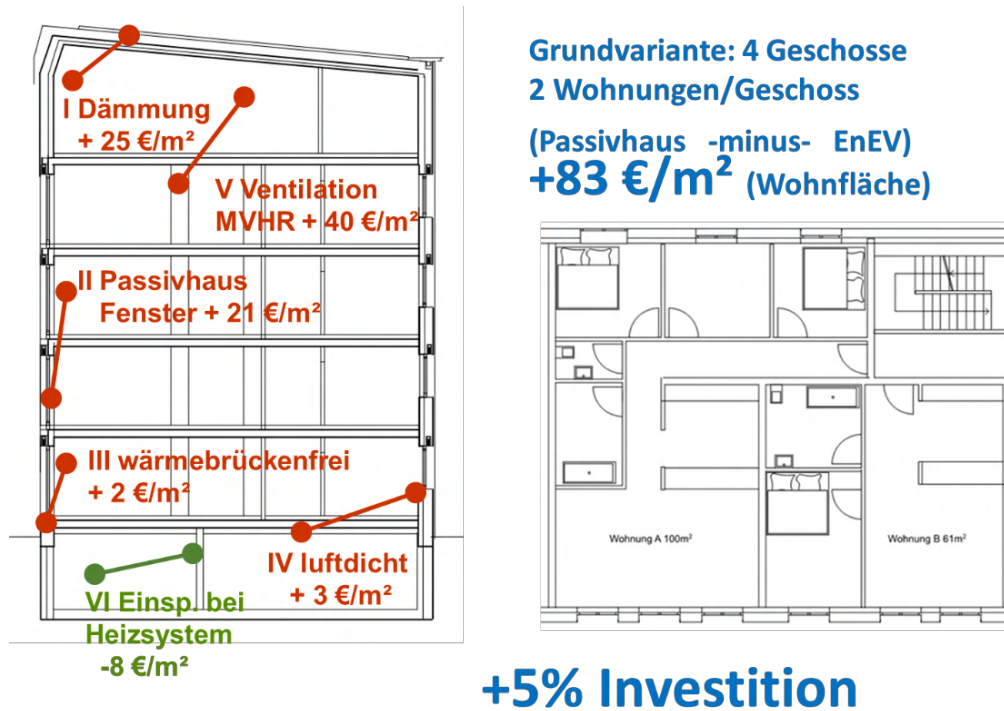


Abbildung 8: Anhaltswerte zu Mehrinvestitionskosten eines Geschosswohnbaus im Passivhausstandard gegenüber den gesetzlichen Mindestanforderungen (GEG/EnEV) (aus Bottom-up Detailanalyse)

6 Auswirkung auf die Miete

Werden die einzelnen Maßnahmen in Abbildung 8 aufsummiert, so ergeben sich zusätzliche Investitionskosten von 83 €/m². Dies entspricht einer Mehrinvestition von etwa 5 %. Wird der zusätzliche Kapitaldienst² in eine monatliche Kaltmiete umgerechnet, sind das 0,22 €/m²/Monat.

Entscheidend: Mit dem Passivhausstandard sind eben auch Energieeinsparungen und somit Energiekosteneinsparungen verbunden. Gegenüber einem Geschosswohnbau

² Annahme eines typischen Immobiliendarlehens mit Zinsen von 2 %/a.

gemäß den gesetzlichen Mindestanforderungen (GEG/EnEV) beträgt diese Einsparung etwa 45 kWh/(m²a) und die resultierende Energiekosteneinsparung daraus 4,50 €/m² im Jahr bzw. 37,5 Cent/m² im Monat.

Effektiv reduziert sich somit die Warmmiete um ca. 15 Cent/m². Für Gebäude mit einem Heizwärmebedarf von weniger als 15 kWh/(m²a) – Passivhausgebäude – sind gemäß Heizkosten-Verordnung Warmmieten-Modelle (d. h. Entfall der Verpflichtung zur verbrauchsabhängigen Abrechnung) möglich. Wird auf eine Heizkostenabrechnung verzichtet, spart dies nochmals monatlich mehr als 5 Cent/m².

Wie das Beispiel im Geschosswohnbau zeigt, spricht auch die Ökonomie für die hohe Energieeffizienz beim Passivhaus und das bereits ohne Berücksichtigung der attraktiven aktuellen Förderprogramme. Hier ist Klimaschutz zum Nulltarif möglich.

7 Schlusswort

Wie aktuelle Untersuchungen belegen, sind Passivhäuser eine langlebige Lösung [Feist et al 2016]. Das erste gebaute Passivhaus in Kranichstein ist auch nach 30 Jahren immer noch ohne Sanierungsbedarf an irgendeiner der entscheidenden Komponenten.

Zusammengefasst bietet das Passivhaus gleich mehrere Vorteile:

- optimale Behaglichkeit
- gesunde Raumbedingungen (immer ausreichende Lüftung)
- reduzierte Gesamtkosten
- Lösung für den Klimaschutz
- Perspektive für eine nachhaltige Wirtschaft (Wertschöpfung vor allem bei kleinen und mittleren Betrieben)
- Förderung von Teilhabe und Verständnis (alles ist leicht zu verstehen und zu vielem können die weitaus meisten Nutzer sogar eigene Beiträge zusteuern. Vor allem aber ein Bildungsschub für das Handwerk und andere baubezogene Gewerke.)

Ist die Klimaschutz-Aufgabe noch lösbar?

Schon: Wenn wir bald konkret entscheiden, dies zu tun.

UND: Wenn wir dann gemäß dieser Entscheidung handeln.

8 Literatur

- [Feist et al 2016] W. Feist, R. Pfluger, M. Kirchmair, W. Ebel, S. Peper: 25 Jahre Passivhaus Darmstadt Kranichstein. Enbericht. Passivhaus Institut 2016.
- [IPCC 2018] IPCC: Global Warming of 1.5°C, an IPCC Special report, Genova 2018
- [Miller et al 2014] Miller et al 2014: CMIP5 historical simulations (1850–2012) with GISS ModelE2; J. Adv. Model. Earth Syst. 6, 441–478
- [Sagan 1990] Carl Sagan: "The pale blue dot"; full text documented from the "Planetary Society", 1990 (aufgerufen am 20.09.2021)
<https://www.planetary.org/worlds/pale-blue-dot>
- [Susskind et al 2019] Susskind et al 2019: Recent global warming as confirmed by AIRS; Environ. Res. Lett. 14(2019)

Esther Gollwitzer, Passivhaus Institut, Rheinstraße 44/46, 64283 Darmstadt

Kosten für energieeffizienten Wohnungsbau – eine Frage guter Planung?

Das Thema Energieeffizientes Bauen wird oft begleitet von der Frage nach den Kosten. Wovon hängen diese ab und wie können sie niedrig gehalten werden? Dieser Beitrag zeigt verschiedene Abhängigkeiten und auch Einflussmöglichkeiten. Er beschäftigt sich ausschließlich mit den Baukosten, also unabhängig von den späteren Einsparungen durch gesenkte Energiekosten. Diese werden im nächsten Beitrag dieses Bandes behandelt.

1 Kostenvergleiche in verschiedenen Studien

Die Baukosten sind in den letzten Jahren in Deutschland immer weiter gestiegen. In Abbildung 1 ist die Entwicklung der Baukosten und die Zeitpunkte der Energieverordnungen (Wärmeschutzverordnung, EnEV) dargestellt. Es wäre zu erwarten, dass die erhöhten gesetzlichen Anforderungen zum Energiestandard sich in einem Anstieg der Baukosten zu den jeweiligen Zeiten wider spiegelt. Dies ist eindeutig nicht der Fall. Eher kann eine Korrelation zwischen steigender Anzahl von Neubauten und steigenden Baukosten abgelesen werden.

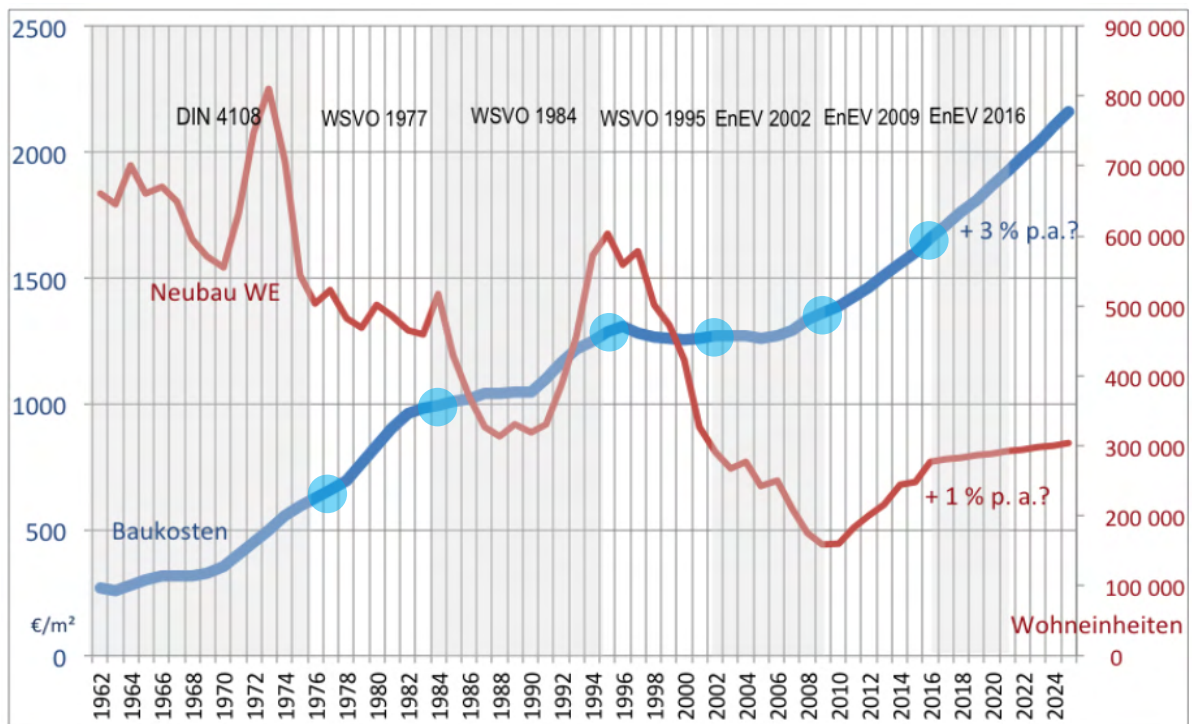


Abbildung 1: Entwicklung der Baukosten (€/m²) im Vergleich zur Anzahl von neugebauten Wohneinheiten; Verschärfungen in den gesetzlichen Vorschriften sind mit blauen Punkten gekennzeichnet; Quelle: [Schulze Darup 2019] ergänzt

Baukosten setzen sich aus verschiedenen Teilen zusammen und werden von vielen verschiedenen Anforderungen und Randbedingungen beeinflusst: Gestaltung, Statik, Brandschutz, Energieeffizienz, Funktion, Entwurf, Städtebau, etc. Um den tatsächlichen Kostenanteil für die Energieeffizienz herauszufiltern, gibt es mehrere Möglichkeiten:

- Verschiedene realisierte Projekte vergleichen
- Zwei Gebäude, die sich nur im Energiestandard unterscheiden, vergleichen
- Die Kosten eines realisierten Gebäudes den ermittelten Kosten für eine Ausführungsvariante mit anderem Energiestandard gegenüber stellen
- Verschiedene ermittelte Kosten gegenüberstellen

Im Folgenden werden verschiedene Studien vorgestellt, die sich mit den Baukosten von verschiedenen Energiestandards beschäftigt haben.

Studie über Mietwohnungsbau in Hamburg

In dieser Studie über Mietwohnungsbau in Hamburg [Leutner 2016] wurden abgerechnete Neubauten (2011 – 2014) verglichen: geförderter Mietwohnungsbau, 117 Projekte mit 4.780 Wohneinheiten, Kostengruppe 300 – 700. Abbildung 2 zeigt die Kosten sortiert nach dem Energiestandard. In jedem Energiestandard gibt es eine Streuung von günstigen und teuren Projekten. Die Mittelwerte aller Energiestandards, von EnEV 2009 bis Passivhaus, liegen aber auf gleichem Kostenniveau. Die Unterschiede sind vernachlässigbar.

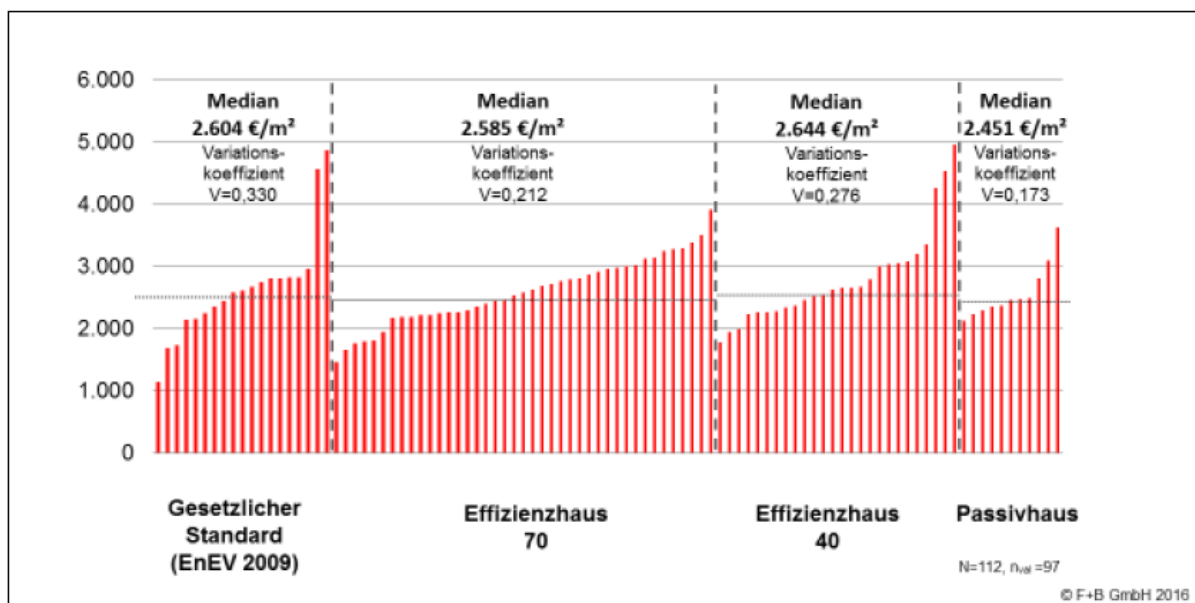


Abbildung 2: Abgerechnete Kosten von Mehrfamilienhäusern in Hamburg zeigen keine Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Energiestandards; Quelle: [Leutner 2016]

Studie KliNaWo

In diesen Studien aus Österreich [Ploss 2017], [Ploss 2019], die in einem separaten Beitrag in diesem Band genauer vorgestellt werden, wurden für ein Projekt unterschiedliche Angebote eingeholt und so die Kosten für eine Vielzahl von Ausführungsvarianten ermittelt. Diese sind in der Punktwolke in Abbildung 3 dargestellt. Hier ist deutlich zu erkennen, dass sich bei jeweils gleichem Primärenergiebedarf die Kosten je nach Ausführung um ca. 200 €/m² unterscheiden, die Bandbreite auf Grund unterschiedlicher Primärenergiebedarf aber nur bei ca. 100 €/m² liegt. Dies zeigt, dass Mehrkosten für effizientere Gebäude geringer sind als Kostendifferenzen, die auf Grund anderer Entscheidungen entstehen.

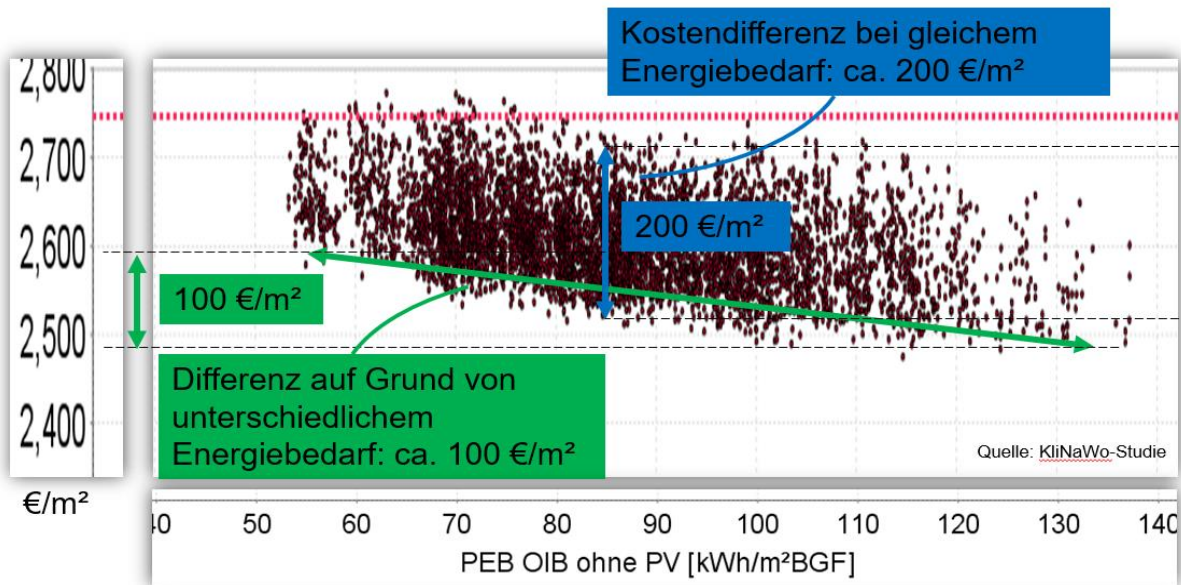


Abbildung 3: 30.000 Varianten: angebotene Nettoerrichtungskosten (KG 1-9 ÖNORM) dargestellt in Abhängigkeit des Primärenergiebedarfs (PEB) nach OIB 2011; Quelle: [Ploss 2017] bearbeitet

Sanierung Hohelooq- und Schlesierstrasse

Kosten für Sanierung wurden in den Untersuchungen zur Sanierung der Hohelooq- und Schlesierstrasse in Ludwigshafen analysiert [Kaufmann 2010]. Dies sind zwei Sanierungen mit Passivhaus-Komponenten (2006 – 2008) mit 12 bzw. 15 Wohneinheiten. Beim ersten Projekt wurden Mehrkosten für eine Sanierung mit Passivhaus-Komponenten gegenüber einer Niedrigenergiehausvariante von ca. 175 €/m_{WFL}² ermittelt (Unsicherheit ± 20 €/m²). Obwohl die Preise für Dämmmaterial bis zum zweiten Projekt gestiegen sind, konnte dieses durch Preissenkungen von Fenstern und planerischer Erfahrung um 27 €/m_{WFL}² günstiger ausgeführt werden. Im Rückblick wurde noch ein Potential zur weiteren Kostenoptimierung erkannt, das heißt für folgende Projekte könnte die Perimeterdämmung anders und damit kostengünstiger ausgeführt werden. Der Bericht zeigt außerdem, wie sich die Kosten auf die einzelnen Gewerke bzw. Bauteile aufteilen.

2 Analyse der Kosten

Interessant wäre eine genaue Analyse der Zusammensetzung der Kosten. Wie sich die Kosten zusammensetzen, wurde außer bei der oben erwähnten Sanierung leider wenig publiziert. Zwei Studien haben allerdings interessante Auswertungen zu den Einflussgrößen gemacht. Das ist zum einen die oben zitierte Studie aus Hamburg mit einer großen Projektzahl und zum anderen eine Studie aus Wien [Treberspurg 2009] mit 24 Projekten (Neubau Wohnanlagen 2003 – 2008, 1.500 Wohnungen, Errichtungskosten (KG 1 – 9)). Die absoluten Kosten der zwei Studien unterscheiden sich

wie folgt: Die Wiener Studie bezieht sich auf Projekte aus den Jahren 2003 – 2008 und zeigt die Kosten KG 1 – 9 (ÖIB). Die Hamburger Studie bezieht sich auf Projekte aus den Jahren 2011 – 2014 mit den Kostengruppen 300 – 700. Damit sind im Gegensatz zur Wiener Studie keine Erschließungskosten und Reserven enthalten.

Gebäudegröße

Beide Studien zeigen, dass Gebäudegröße und Kosten korrelieren. Größere Gebäude können tendenziell zu niedrigeren Preisen gebaut werden. Auch wenn die statistische Auswertung der Hamburger Studie nur einen schwachen Zusammenhang ergibt, so ist er doch systematisch, also wiederholbar, da die Irrtumswahrscheinlichkeit mit 3 % sehr klein ist.

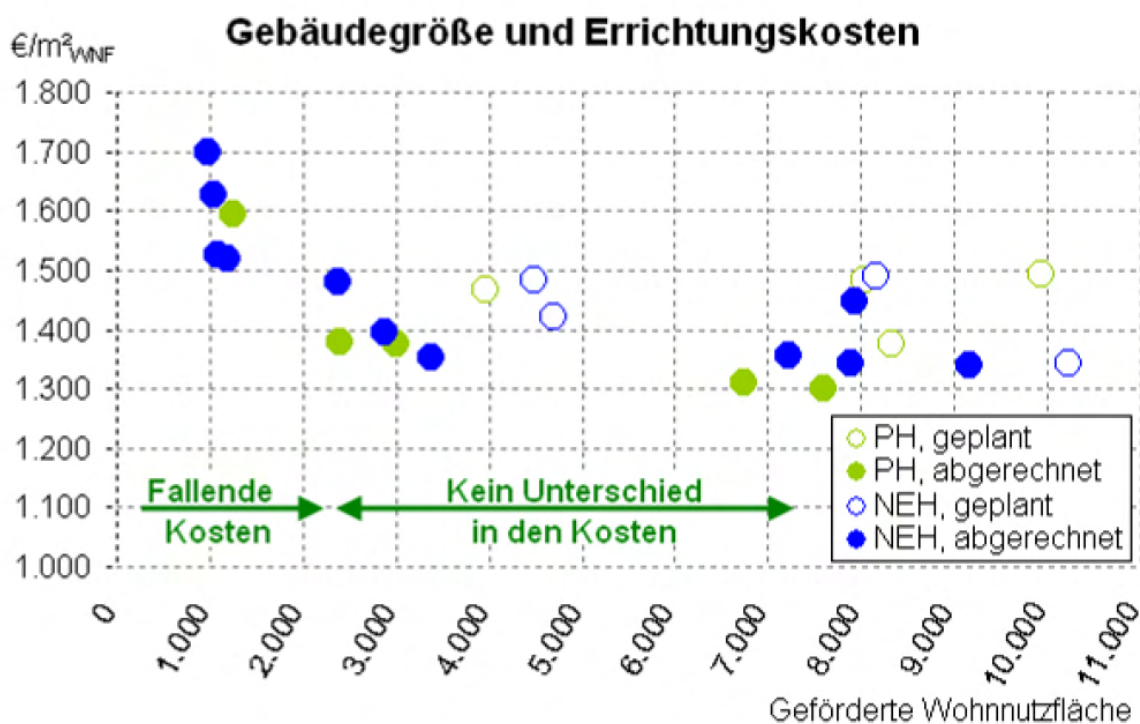


Abbildung 4: Studie aus Wien: Kosten (KG 1 – 9) in Abhängigkeit der Wohnfläche; Quelle: [Treberspurg 2009]

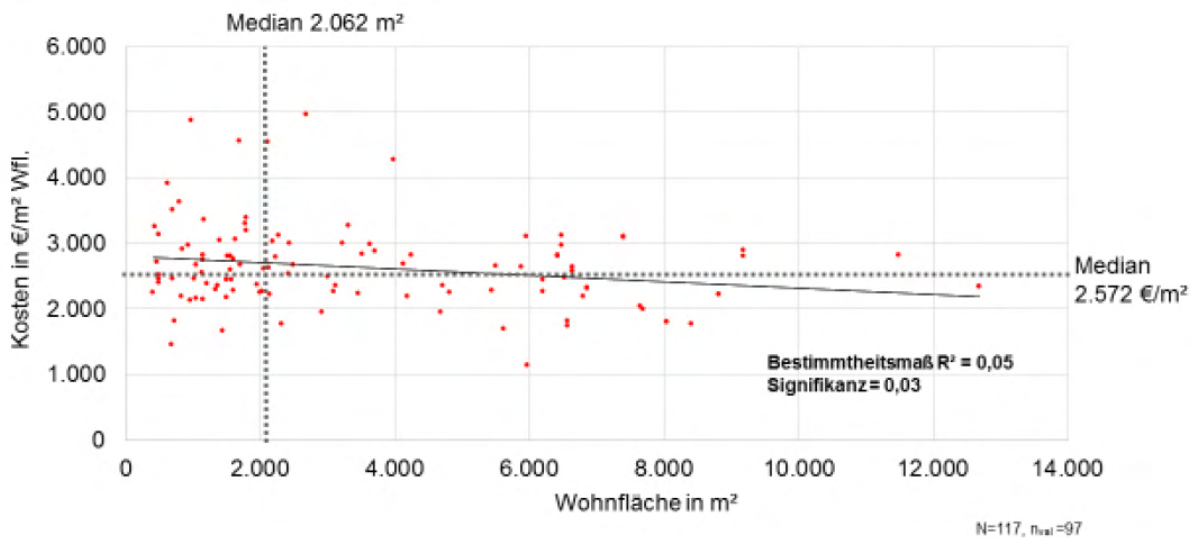


Abbildung 5: Studie aus Hamburg: Kosten in Abhängigkeit der Wohnfläche: Es gibt einen schwachen, aber systematischen Zusammenhang (Irrtumswahrscheinlichkeit: 3 %); Kostengruppe 300 – 700; Quelle: [Leutner 2016]

Kompaktheit

Bei dem Einfluss der Kompaktheit der Gebäude unterscheiden sich allerdings die Studien. Die Hamburger Studie kommt zu dem Schluss, dass kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Kompaktheit und Kosten besteht. Die Wiener Studie zeigt dagegen (ohne genaue statistische Beurteilung), dass sich eine gute Kompaktheit positiv auf die Kosten auswirkt. Dass sich die Kompaktheit nicht auswirken soll, ist schwer vorstellbar. Wenn alle anderen Kosten gleich bleiben, lassen sich mit Kompaktheit sicherlich Kosten einsparen.

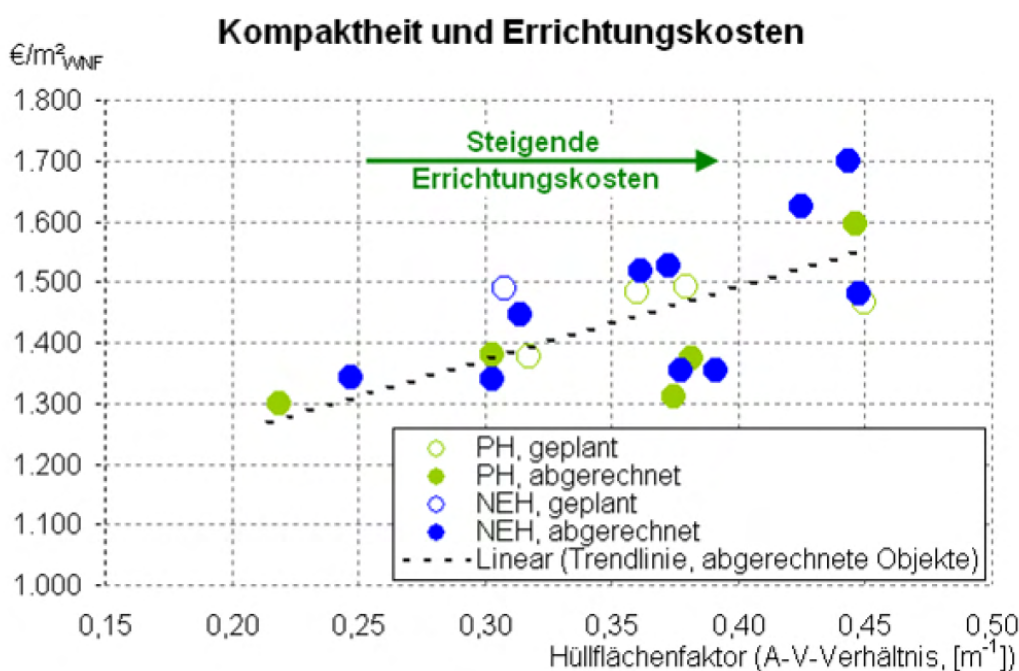


Abbildung 6: Studie aus Wien: Kosten (KG 1 – 9) in Abhängigkeit des A/V-Verhältnisses;
Quelle: [Treberspurg 2009]

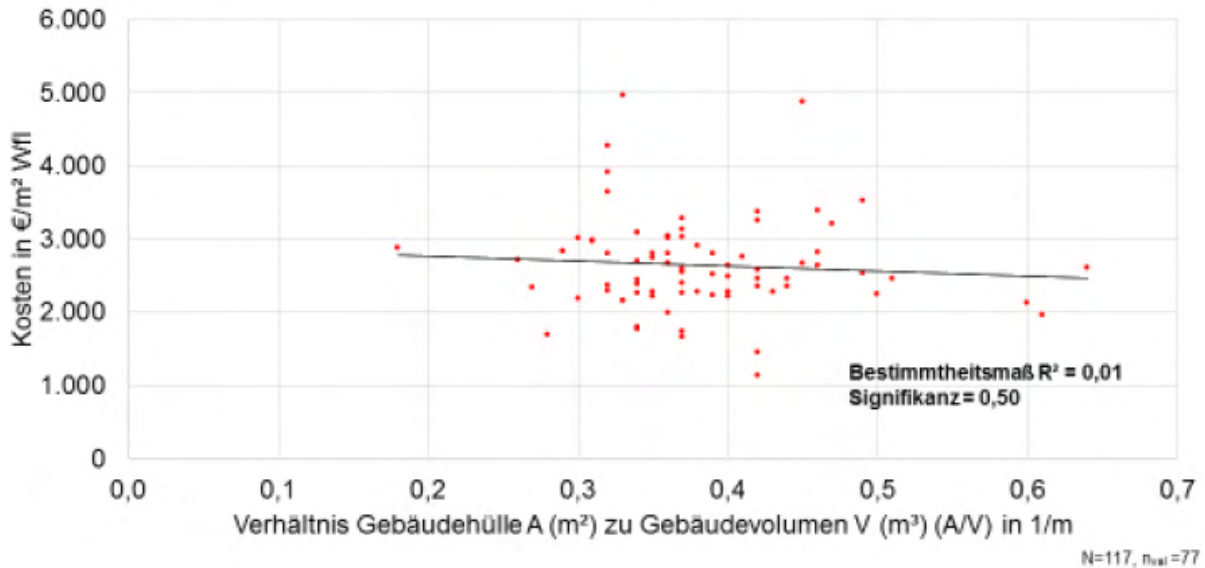


Abbildung 7: Studie aus Hamburg: Kosten in Abhängigkeit des A/V-Verhältnisses: kein statistisch signifikanter Zusammenhang; Kostengruppe 300 – 700; Quelle: [Leutner 2016]

Energiebedarf

Eine Korrelation zwischen Energiebedarf (also dem Effizienzniveau) und Kosten verneinen beide Studien. Natürlich ist eine dickere Dämmung teurer als eine dünnere, aber in den Gesamtkosten wird diese geringe Differenz von anderen Kosteneinflüssen (z. B. Materialwahl, Entwurf, Ausstattung usw.) überdeckt. Bei einer guten Passivhaus-Planung können außerdem im Technikbereich Investitionskosten eingespart werden.

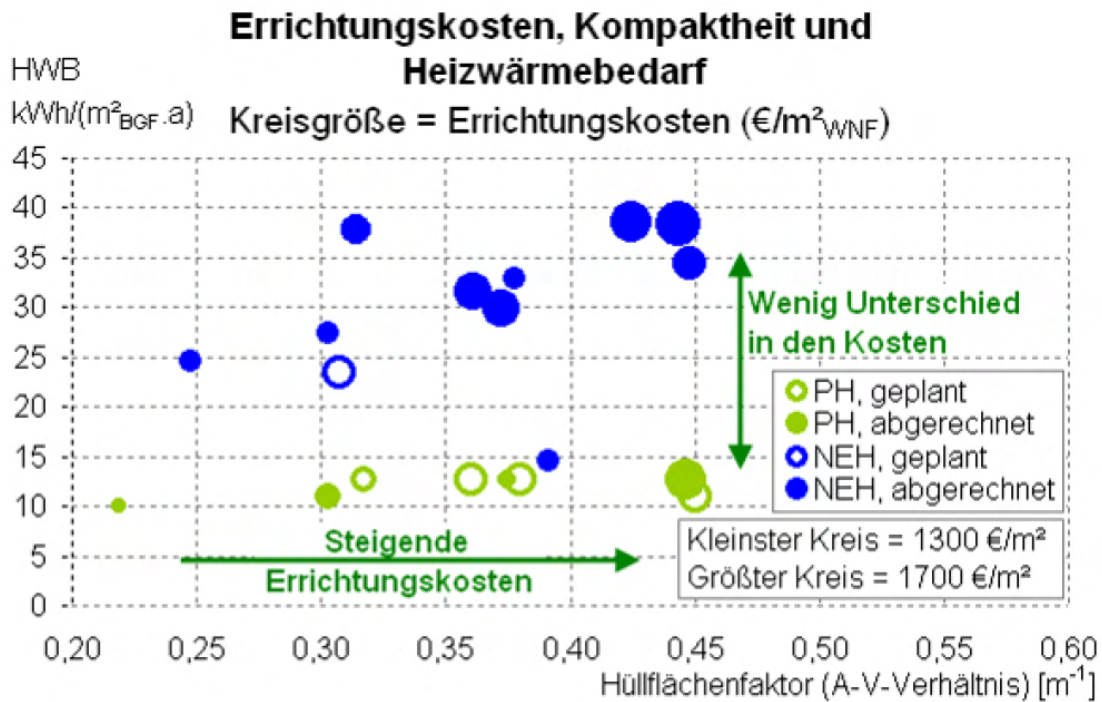


Abbildung 8: Studie aus Wien: Kosten (Größe der Kreise) in Abhängigkeit von Primärenergiebedarf und A/V-Verhältniss; Kosten KG 1 – 9; Quelle: [Treberspurg 2009]

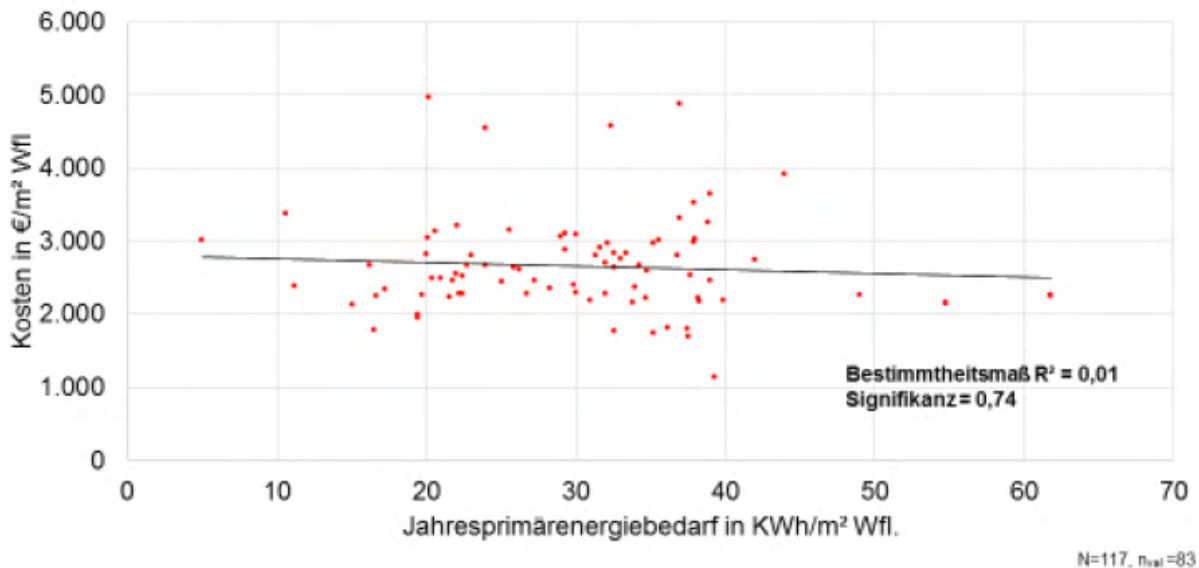


Abbildung 9: Studie aus Hamburg: Kosten und Primärenergiebedarf sind unabhängig voneinander, da die Irrtumswahrscheinlichkeit für einen Zusammenhang bei 74 % liegt; ein Gebäude mit besserem Energiestandard ist also nicht automatisch teurer; Kostengruppe 300 – 700; Quelle: [Leutner 2016]

3 Einfluss der Planung

Vom Bau des ersten Passivhauses in Darmstadt 1990/1991 bis heute ist bei den Kosten eine deutliche Lernkurve zu beobachten, das heißt die Mehrinvestitionen für höhere Energieeffizienz sind gesunken. Neben dieser allgemeinen Lernkurve beim energieeffizienten Planen, aber auch der Produktentwicklung, ist die persönliche Lernkurve von entscheidender Bedeutung. Jeder Passivhaus-Planer wird von Projekt zu Projekt mehr Planungszeit und Investitionskosten einsparen. Aus diesem Grund wäre es von großem Vorteil für Wohnungsbaugesellschaften, über eigene Planungsabteilungen zu verfügen, die im Sinne der Wirtschaftlichkeit eigene Lösungen für verschiedene Bereiche entwickeln könnten. Dabei können nicht nur die Kosten und der Energiebedarf gesenkt, sondern auch die Nutzerzufriedenheit und Langlebigkeit erhöht werden.

Studie Kostengünstiger Wohnungsbau

Die Studien Kostengünstiger Wohnungsbau [Potyka 2007] von Hugo Potyka zeigen 150 Vorschläge zur Kosteneinsparung. Die Vorschläge wurden 1996 erarbeitet und 2007 erneut diskutiert, bewertet und ergänzt. Über die konkreten Vorschläge, die nachgelesen werden können, hinaus lassen sich folgende Kernaussagen festhalten [Potyka 2007, S. 1 – 4]:

- "Kostenreduktion ... eher nur durch eine Summe geringfügiger Einsparungen erzielbar"
- "Auch Kleinvieh macht Mist"
- "keine Bauweise gefunden, die immer und überall die kostengünstigste ist"
- "Stamm-Teske, Schweizer Architekt mit Erfahrungen in Österreich und den Niederlanden, meint aber, dass nicht (nur) das Vorhandensein von Vorschriften den preiswerten Wohnbau verhindert, sondern deren Akzeptanz."

Die Studie gibt außerdem einen kleinen Ausblick auf die Bauweise in den Niederlanden, die 2007 um 40 – 50 % kostengünstiger war als in Deutschland. Die Ursachen liegen in einfacheren Ausbaustandards aber auch in der Rationalisierung. Interessant ist die Aussage zu Fertigteilen. Diese seien nur dann günstiger, wenn schon der Entwurf darauf abgestimmt ist, die Baufirmen Erfahrung mit Fertigteilen haben und es sich um große Projekte handelt.

Kostengünstiger + zukunftsfähiger Geschosswohnungsbau im Quartier

Der Bericht [Schulze Darup 2019] ist die aktuellste der Studien. Er stellt neben Hintergründen auch sehr ausführlich Varianten und Planungstipps dar. Zu verschiedenen Gewerken bzw. Bauteilen gibt es einzelne Kapitel, an deren Ende jeweils eine Tabelle mit konkreten Hinweisen aufgeführt ist. Diese kann als Checkliste für Bauherrn und Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser – Protokollband Nr. 55

Planer bereits in frühen Entwurfsphasen dienen. Neben zahlreichen Kostenvergleiche zu einzelnen Bauteilen (s. Abbildung 10) zeigt der Bericht die Kostenunterschiede von KfW 55 bis zum Passivhaus mit ihrer großen Bandbreite, immer dargestellt im Vergleich zu einem EnEV-Gebäude. Für den Energiestandard Passivhaus werden verschiedene Varianten dargestellt. So kann ein Quadratmeter hochwertige Außenwand beim Passivhaus 10 € bis 26 € Mehrkosten bedeuten. Bei der optimierten Passivhaus-Variante reduziert sich dieser Unterschied auf 5 € bis 10 € Mehrkosten gegenüber einem EnEV-Gebäude.

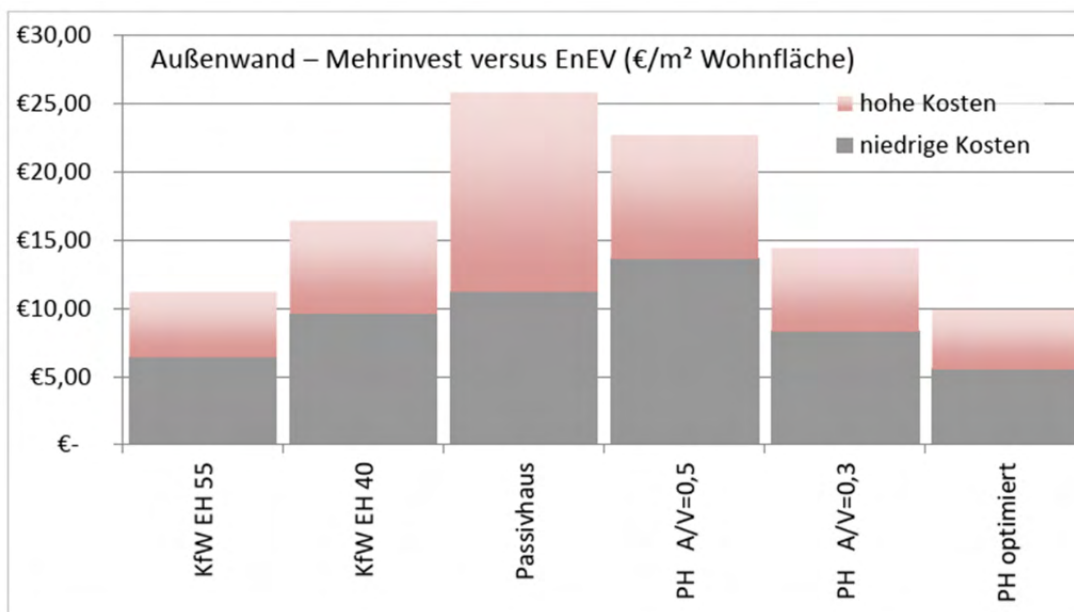


Abbildung 10: Außenwände: Bandbreite von Mehrkosten im Vergleich zu einem EnEV-Gebäude; Quelle: [Schulze Darup 2019]

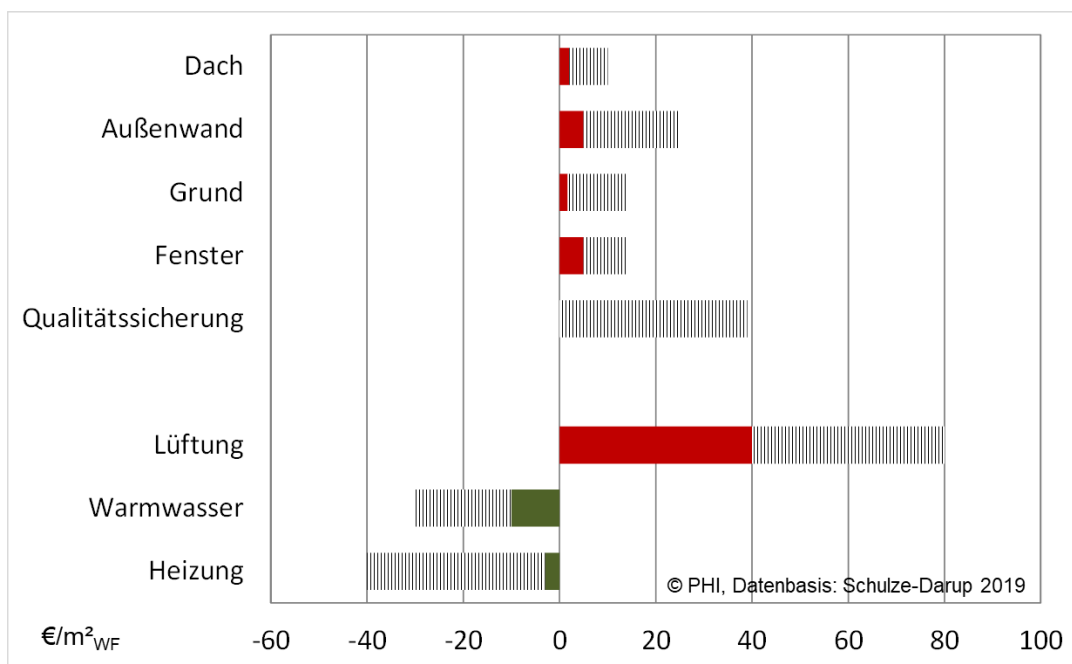


Abbildung 11: Mehr- bzw. Minderkosten von Passivhäusern gegenüber EnEV 2016 sind mit ihren Bandbreiten dargestellt. (Diagramm erstellt mit Daten aus [Schulze Darup 2019])

Entwurfsoptimierung

Der Entwurf eines Gebäudes hat großen Einfluss auf die Gesamtkosten. In den frühen Planungsphasen sind die Einflussmöglichkeiten auf die Baukosten am größten. Des-

wegen ist es wichtig, bereits beim Entwurf auf die Kosten zu achten. Wohnungsbauunternehmen können dies lenken, indem sie Vorgaben machen wie zum Beispiel Zimmergröße, Balkone anstatt Loggien, Brüstungsfenster anstatt bodentiefer Fenster und Art der Baukörper. Den Vorentwurf sollten sie dann auch aus Kostensicht überprüfen (z. B. A/V-Verhältnis, Standardmaße, Flächeneffizienz der Grundrissgestaltung). Als Hilfsmittel können hier Checklisten, Bewertungssysteme und designPH (siehe unten) dienen. Anschließend sollte genügend Zeit für die Optimierung des Entwurfs eingeplant werden.

Die Chance, mit dem Entwurf Einfluss auf die Kosten zu nehmen, verstreicht leider oft. Da gerade Wohnungsbaugesellschaften immer wieder diesen Prozess durchlaufen, macht es sich bezahlt, in diese Entwurfsphase Geld und Zeit zu investieren. Im Vergleich zu den eingesparten Baukosten ist der Einsatz gering. Dies zeigen Erfahrungen von Wohnungsbaugesellschaften, die ihre eigenen Bewertungssysteme zu diesem Zweck erstellt haben.

Schnelle Energiebilanz

DesignPH ist ein Plug-In zu SketchUp, das die graphische Eingabe von Gebäuden ermöglicht. Innerhalb des Programms wird unmittelbar eine Energiebilanz berechnet. Dadurch bietet designPH die Möglichkeit, verschiedene Entwürfe miteinander zu vergleichen. Bei gleichen Bauteilqualitäten wird hier sofort der zugehörige Heizwärmebedarf für den jeweiligen Entwurf angezeigt. Dadurch erhält man eine Gesamtbewertung von Kompaktheit, Orientierung, Fenstergrößen und Verschattung.

Das Projekt KliNaWo hat sich diesen Vorteil zu Nutze gemacht. Nach dem ersten Entwurf wurde mit designPH eine Kostenoptimierung vorgenommen. Die gestalterischen Unterschiede der neuen Variante zum ursprünglichen Entwurf sind eher unauffällig (s. Abbildung 12): Bei gleichbleibendem Heizwärmebedarf von 15 kWh/(m²a) konnten die Kosten durch die Entwurfsoptimierung um 50 – 75 €/m²WNF gesenkt werden. Hier werden die deutlichen Einflüsse auf die Baukosten sichtbar.

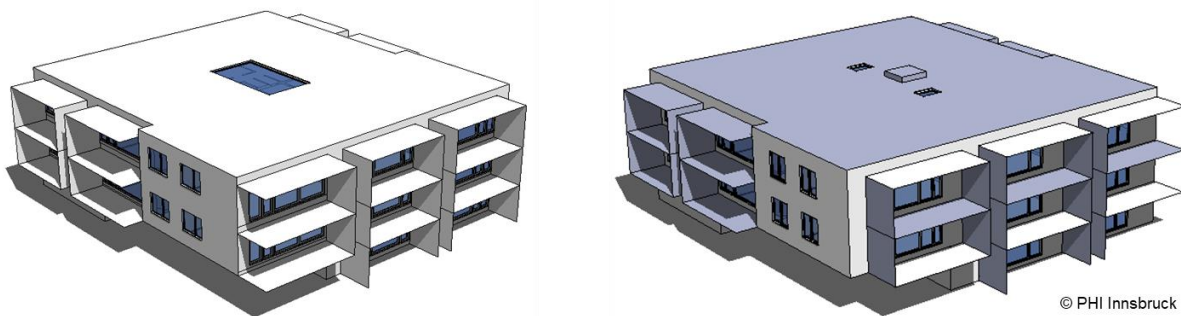


Abbildung 12: KliNaWo: Modell mit designPH: links: erster Entwurf, rechts: Kosten- und Energieoptimierte Variante; Quelle: PHI

4 Beispiel

Als ein sehr gelungenes Beispiel für kostengünstigen Wohnbau zählt das Studentenwohnheim PopUp dorms. Es ist ein Passivhaus, das 2015 für 1.140 €/m² errichtet wurde. Es liegt damit weit unter den üblichen Baukosten in Österreich. Auf diese Weise können dort 40 Studenten für jeweils 350 € Warmmiete pro Monat leben und den Komfort eines Passivhauses genießen. Es wurde ohne Wohnbauförderung errichtet. Das Gebäude besteht aus einer Holzriegelkonstruktion ohne chemischen Holzschutz und kann viermal ab und wieder aufgebaut werden und somit nach Bedarf seinen Standort wechseln. [Lang 2015]



Abbildung 13: PopUpdorms: mobiles Studentenwohnheim als Passivhaus für 1.140 €/m²; Fotos: LANG consulting

5 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es nicht leicht ist, die tatsächlichen Mehrkosten für energieeffizientes Bauen herauszufiltern, da diese immer in Wechselwirkung zu anderen Planungsentscheidungen stehen (z.B. Fassadenart, Innenausstattung, Fensterflächen, Entwurf etc.) und in deren hoher Schwankungsbreite untergehen. Die Kostendifferenz zwischen Passivhäusern und schlechteren Energiestandards ist wesentlich geringer als häufig diskutiert. Zum Teil unterscheiden sich die Gesamtkosten von Gebäude mit unterschiedlichem Energiestandard gar nicht. Dies liegt daran dass die kleine Kostendifferenz bezüglich Energieeffizienz (mehr Dämmung kostet natürlich mehr) in einer viel größeren Bandbreite von anderen Kosten relevanten Elementen (z. B. Fußbodenbeläge, Badezimmerausstattung, Entwurf) verschwindet. Zusätzlich bietet die bessere Energieeffizienz eines Gebäudes mehr Komfort für die Nutzer, mehr Sicherheit vor Bauschäden und Energiepreissteigerungen. Die wirtschaftlichen Vorteile langfristiger Energiekosten-Ersparnisse bei Passivhäusern wurde ausführlich im Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Nr. 42 [AkkP 42] dargelegt, und wird auch aktuell durch konkrete, in diesem Protokollband ausgeführte Projekterfahrungen bestätigt.

Ob das Ziel kostengünstiger Wohnbau erreicht wird, entscheidet sich an der Frage, ob die Chance genutzt wird, mit dem Entwurf Einfluss auf die Kosten zu nehmen. Oft

Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser – Protokollband Nr. 55 25

gehen die Kostenoptimierung und energetische Optimierung des Entwurfs Hand in Hand (z. B. keine aufwändigen Vor- und Rücksprünge). Realisierte Projekte zeigen den Erfolg. Dabei haben die Wohnungsbaugesellschaften den Vorteil, die persönliche bzw. unternehmerische Lernkurve bzgl. der Passivhaus-Bauweise für viele weitere Projekte nutzen zu können.

6 Literatur & Referenzen

- [Schulze Darup 2019] B. Schulze Darup (Hrsg.): Kostengünstiger und zukunftsfähiger Geschosswohnungsbau im Quartier; Berlin 2019
- [Leutner 2016] Leutner, B. et al.: Analyse des Einflusses des energetischen Standards auf die Baukosten im öffentlich geförderten Wohnungsbau in Hamburg; Forschung + Beratung für Wohnen Im-mobilien und Umwelt GmbH; Hamburg, 2016
- [Ploss 2017] Ploss, M. et al.: Modellvorhaben „KliNaWo“, Klimagerechter Nachhaltiger Wohnbau, Zwischenbericht 2017
- [Ploss 2019] Ploss, M. et al.: Modellvorhaben „KliNaWo“, Klimagerechter Nachhaltiger Wohnbau, Monitoringbericht Juli 2019 – Kurzversion
- [Treberspurg 2009] Treberspurg, M., Smutny, R. et al.: Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhaus –Wohnanlagen in Wien (Projekt NaMAP), Endbericht, Universität für Bodenkultur Wien (BOKU) 2009
- [Potyka 2007] Potyka, H.: Kostengünstiger Wohnungsbau, ÖIAV 2007
- [Kaufmann 2010] Kaufmann, B.; Ebel, W.; Feist, W.: Ökonomische Evaluierung zweier Sanierungsprojekte mit Dokumentation der abgerechneten Kosten: Hoheloostraße und Schlesierstraße in Ludwigshafen, Abschlussbericht zum Projekt im Rahmen IEA Task 37, gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie BMWi, vertreten durch den Projektträger BEO Forschungszentrum Jülich GmbH, 2010
- [Lang 2015] Lang, G.: Pressemitteilung – PopUp Dorms – GreenFlexStudios – Kostengünstiges Passivhaus für Studenten in Rekordzeit, Wien/Schwanenstadt 2015
- [AkkP 42] Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Nr. 42: Ökonomische Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen. Protokollband, Passivhaus Institut, Darmstadt 2013

Oliver Kah, Passivhaus Institut, Rheinstraße 44/46, 64283 Darmstadt

Gesamtkostenbetrachtung mit dem vollständigen Finanzplan und Lebenszykluskosten im Vergleich

1 Einleitung

In den Ballungsräumen besteht der dringende Bedarf nach bezahlbarem Wohnraum. Verbesserte Energieeffizienz-Standards werden beim Bau von kostengünstigen Wohngebäude nur zögerlich angenommen. Als Argument wird häufig angeführt, dass Energieeffizienz die Baukosten in die Höhe treibe und daher nicht für Wohngebäude zu sozialverträglichen Mieten leistbar sei.

Im Beitrag soll beispielhaft untersucht werden welchen Einfluss die Kostenentwicklung in den verschiedenen Bereichen auf die Wohnungsmieten hat und welche Rolle die Energieeffizienz des Gebäudes hierbei spielt.

Bisher wurde im Rahmen des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser die Frage der Wirtschaftlichkeit von Energieeffizienz-Maßnahmen in der Regel anhand der Lebenszykluskosten der betreffenden Maßnahmen untersucht. Der folgende Abschnitt 2 gibt einen Überblick zu Ergebnissen auf dieser Grundlage.

Wohnbauunternehmen und Projektentwickler bewerten die Wirtschaftlichkeit bzw. die Finanzierbarkeit eines Bauprojekts hingegen mit abweichenden Verfahren aus der Investitionskostenrechnung. Dem folgend sollen die Kosteneinflüsse in diesem Beitrag mit dem „vollständigen Finanzplan“ bewertet werden (vgl. Abschnitt 3).

2 Lebenszykluskostenbetrachtung

Wirtschaftlichkeitsrechnungen verfolgen das Ziel, Aussagen zur Vorteilhaftigkeit alternativer Investitionen zu machen. Bei der Bewertung von Energieeffizienz-Maßnahmen im Gebäudebereich ist wichtig zu erkennen, dass dieser Investition in Energieeffizienz immer eine Alternative, nämlich höheren Energiekosten, gegenüberstehen. Dies ist ein wichtiger Unterschied zu anderen Bereichen der Ökonomie, in denen häufig mehrere alternative Anlagemöglichkeiten zur Wahl stehen. Die Grundlagen der wirtschaftlichen Bewertung und ihrer Implikationen bzgl. des energieeffizienten Bauens und Sanierens wurden ausführlich in einer vorherigen Arbeitskreissitzung behandelt (vgl. [AkkP 42]).

Die in diesem Abschnitt vorgestellten Lebenszykluskostenbetrachtungen basieren auf der Kapitalwertmethode. Bei diesem für die ökonomische Bewertung von Investitionen

adäquaten Vorgehen werden alle mit der Maßnahme verbundenen Zahlungsflüsse gemäß des festgelegten Zinsfußes auf einen Betrachtungszeitpunkt bezogen. Rentabel sind Investitionen dann, wenn die damit verbundenen Gesamtkosten aus Investitions-, Wartungs- und Betriebskosten (sowie eingesparter Heizenergiekosten) innerhalb der Nutzungsdauer geringer sind als die der alternativen Maßnahme.

Das wirtschaftliche Optimum ergibt sich mit der Maßnahmenkombination, welche die Energiedienstleistung im Vergleich zu anderen Alternativen mit insgesamt geringsten Kosten für die Gemeinschaft aus Investor und Nutzer erbringt.

Investor und Nutzer werden als Gemeinschaft betrachtet bzw. angenommen, dass ein geeigneter Kostenausgleich zwischen beiden Seiten stattfindet. Dies ist grundsätzlich möglich, im Mietwohnungsbau jedoch nicht üblich.

Bei den Investitionskosten werden nur die energiebedingten Mehrkosten angesetzt. D. h. Ohnehin-Kosten, die auch angefallen wären, wenn die weitreichende Effizienz-Maßnahme nicht durchgeführt worden wäre, werden nicht der Energieeffizienz-Maßnahme zugeschlagen¹.

Bei den Untersuchungen wurden etwaige Förderungen oder Zuschüsse noch nicht berücksichtigt. Bei Inanspruchnahme verfügbarer Förderungen wären die Ergebnisse der Effizienzmaßnahmen in der Regel nochmals vorteilhafter.

Wesentliche Erkenntnisse zu Effizienz-Maßnahmen im Passivhaus aus vorhergehenden Studien in Kürze:

- Wärmedämmung auf Passivhausniveau liegt im kostenoptimalen Bereich: Bei Wärmedämm-Maßnahmen ist der Verlauf der Kostenoptima (Gesamtkosten der Maßnahme in Abhängigkeit der Dämmstärke) sehr flach. D. h. die Gesamtkosten von Maßnahmen verschiedener Dämmstandards unterscheiden sich nur wenig. Wärmedurchgangskoeffizienten, wie sie für Passivhäuser empfohlen werden, liegen regelmäßig im kostenoptimalen Bereich (vgl. [Feist 2018], [Feist et. al 2021], [AkkP 42], [AkkP 39], [Kah et al. 2008]).
- Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung liegen an der Grenze zur Wirtschaftlichkeit, wenn zumindest die Investitionskosten einer Abluftanlage gegen gerechnet werden können (für vergleichbare Raumluftqualität wäre mindestens

¹ Beispiel – Wärmedämmung einer Außenwand: Der Außenputz einer Außenwand muss erneuert werden. Die Fassade wird im Zuge der Putzerneuerung gedämmt. Die Investitionskosten der Putzerneuerung (ohne Wärmedämmung) wären daher ohnehin angefallen und können daher zur Ermittlung der energiebedingten Mehrkosten von den Gesamtinvestitionskosten der Maßnahme Wärmedämmung und Neuverputz der Außenwand in Abzug gebracht werden.

eine Abluftanlage erforderlich) vgl. [Feist 2018], [Feist et. al 2021], [AkkP 50], [Component-Award 2018], [Component-Award 2016], [UBA 2020]. Im Geschosswohnbau sind inzwischen energieeffiziente Lüftungssysteme am Markt, die zu Investitionskosten zwischen 3.000 und 3.500 Euro je Wohnung installiert werden. Diese Lösungen liegen unter den aktuellen Bedingungen (ohne Berücksichtigung von Förderprogrammen) bereits im wirtschaftlichen Bereich (vgl. [Component Award 2018], [UBA 2020]). Die kostengünstige Umsetzung der Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung wird auch im Beitrag von Kristin Bräunlich behandelt.

- Passivhaus-Fenster: Thermisch hochwertige Dreischeiben-Wärmeschutz-Verglasungen gehören inzwischen zum Standardangebot von Fensteranbietern. Die Mehrkosten gegenüber Zweischeiben-Wärmeschutz-Verglasungen sind gering und die Maßnahme ist sehr wirtschaftlich. Auch thermisch hochwertige Rahmenprofile erreichen den wirtschaftlichen Bereich (vgl. [Feist 2018], [Feist et. al 2021], Component-Award 2019).

Tabelle 1: Wirtschaftlichkeit von Energieeffizienzmaßnahmen im Überblick. Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz in Passivhausqualität liegen im wirtschaftlichen Bereich Quelle: [Feist et. al 2021].

Maßnahme		Ziel	Kosten der eingesparten kWh [Euro/kWh]
Neubau	Passivhausstandard	Heizwärmebedarf: 15 kWh/(m ² a)	0,065
Energetische Modernisierung	EnerPHit (Sanierung mit PH-Komponenten)	Heizwärmebedarf: 25 kWh/(m ² a)	0,073
Wärmedämmung der Außenwand	Mineralwolle 22 cm	U-Wert: 0,15 W/(m ² K)	0,058
Fenster / Verglasung	Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung	U-Wert: 0,65 W/(m ² K)	0,030
Fenster / Rahmen	Gedämmter Rahmen (Passivhausfenster)	U-Wert: 0,75 W/(m ² K)	0,080
Lüftungsanlage	Wärmerückgewinnung	WRG = 85 %	0,101
Zum Vergleich	Wärmepreis heute (inkl. Verluste bei der Erzeugung)		0,09

Besonders anschaulich zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer Energieeinsparmaßnahme sind die „Kosten der eingesparten Energie“. Bei Energiesparmaßnahmen wird zwar keine Energie erzeugt, aber es wird Heizwärme nicht mehr benötigt. Eine

Maßnahme ist genau dann wirtschaftlich, wenn der Äquivalentpreis für die eingesparte Kilowattstunde Energie geringer ist als der Bezugspreis für Heizwärme.

3 Wirtschaftlichkeitsberechnung mit dem vollständigen Finanzplan (VoFi)

3.1 Vollständiger Finanzplan

Wenn Projektentwickler oder Wohnbauunternehmen bewerten, ob Projekte wirtschaftlich sind, dann geht es oft nicht um die Bewertung des Objekts, sondern um die des von ihnen eingesetzten Kapitals – also u.U. ein vollständig anderer Ansatz. Der vollständige Finanzplan (VoFi) dient der Finanzierungs- und Liquiditätsplanung des Unternehmens. Soweit die Nebenkosten nur beim Nutzer anfallen, spielen sie für das Unternehmen erst einmal keine Rolle. Um die Entscheidungen von Wohnbauunternehmen besser zu verstehen, soll im Folgenden daher die Wirtschaftlichkeit eines Wohnbauprojekts mit dem VoFi untersucht werden.

Der VoFi ist ein Instrument der Investitionsrechnung und -planung. In dem tabellarisch aufgebauten Verfahren werden die Ein- und Auszahlungen transparent dargestellt. Insbesondere ermöglicht das Verfahren die Finanzierungsbedingungen genau zu bewerten. Meist wird ermittelt, welcher Betrag am Ende der Laufzeit entnommen werden kann, nachdem alle Auszahlungen abgedeckt sind.

Im betrachteten Beispiel werden die folgenden Eingangsgrößen berücksichtigt:

- Betrachtungszeitraum: Der Betrachtungszeitraum orientiert sich oftmals an den verfügbaren Kreditlaufzeiten. 30 Jahre ist hierbei ein üblicher Zeitraum.
- Investitionskosten:
 - Grundstückskosten, Baukosten
 - Nebenkosten (Makler, Notar, etc.)
- Finanzierung:
 - Finanzierungsbedingungen (Zins, Tilgung, Laufzeit)
 - Förderprogramme (KfW-Bank, WiBank, etc.)
 - Eigenkapital-Anteil mindestens 15 %
- Einnahmen
 - Mieteinnahmen (Kaltmiete)

- Nutzungskosten:
 - Instandhaltung, Verwaltungskosten
- Die Energiekosten werden als Nebenkosten auf die Mieter umgelegt und spielen im VoFi daher keine Rolle.
- Eigenkapital-Rendite: Bei Wohnbauunternehmen sind Renditeerwartungen von 3 – 4 % üblich. Reine Projektentwickler fordern bei aktuellen Bauprojekten häufig noch deutlich höhere Verzinsungen des Eigenkapitals.

3.2 Beschreibung des Beispielgebäudes

Beim Beispielgebäude handelt es sich um den Neubau eines viergeschossigen Mehrfamilienhauses mit insgesamt 14 Wohnungen und einer Gesamtwohnfläche von 1.090 m². Es wird vereinfacht angenommen, dass das Gebäude nicht unterkellert ist und in einem Ballungsraum entsteht. Das Baugrundstück hat eine Größe von 1.000 m².

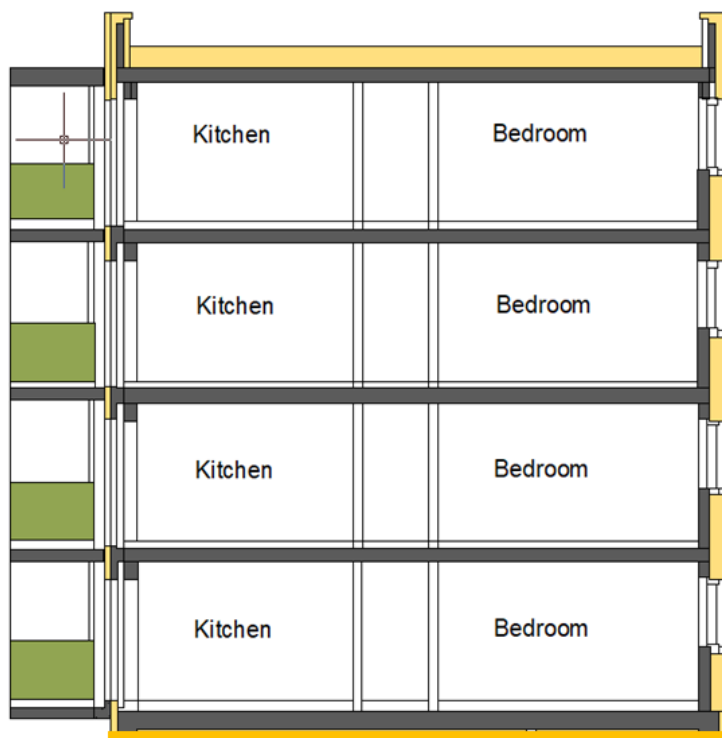


Abbildung 1: Schnitt des betrachteten Beispielgebäudes

3.3 Ausgangsvariante des Beispielgebäudes

In der Ausgangsvariante wird das Preisniveau im Baubereich von 2016 angenommen. Und das Gebäude soll gemäß den gegenwärtigen energetischen Anforderungen [GEG/EnEV] errichtet werden. Die Finanzierung wird über 30 Jahre betrachtet und

nach Ablauf der Finanzierung wird eine Rendite auf das Eigenkapital von 4 % erwartet. Die Baukosten und insbesondere die Grundstückskosten können regional größere Unterschiede aufweisen. Im Beispiel werden die folgenden Kostendaten (Stand 2016) berücksichtigt:

- Baukosten KG 300 / 400: 1.550 €/m²Wohnfläche
- Baukosten KG 200 – 700: 2.040 €/m²Wohnfläche
- Baukosten KG 100 (Grundstück): 550 €/m²Grundstücksfläche
(zzgl. 6,5 % Nebenkosten)

Investitionskosten:

- Summe KG 100 – 700: **2.607 €/m²Wohnfläche**
(inkl. Nebenkosten, Bearbeitungsentgelt Darlehen, etc.)

Betrachtungszeitraum:

- Annahme: 30 Jahre

Finanzierung:

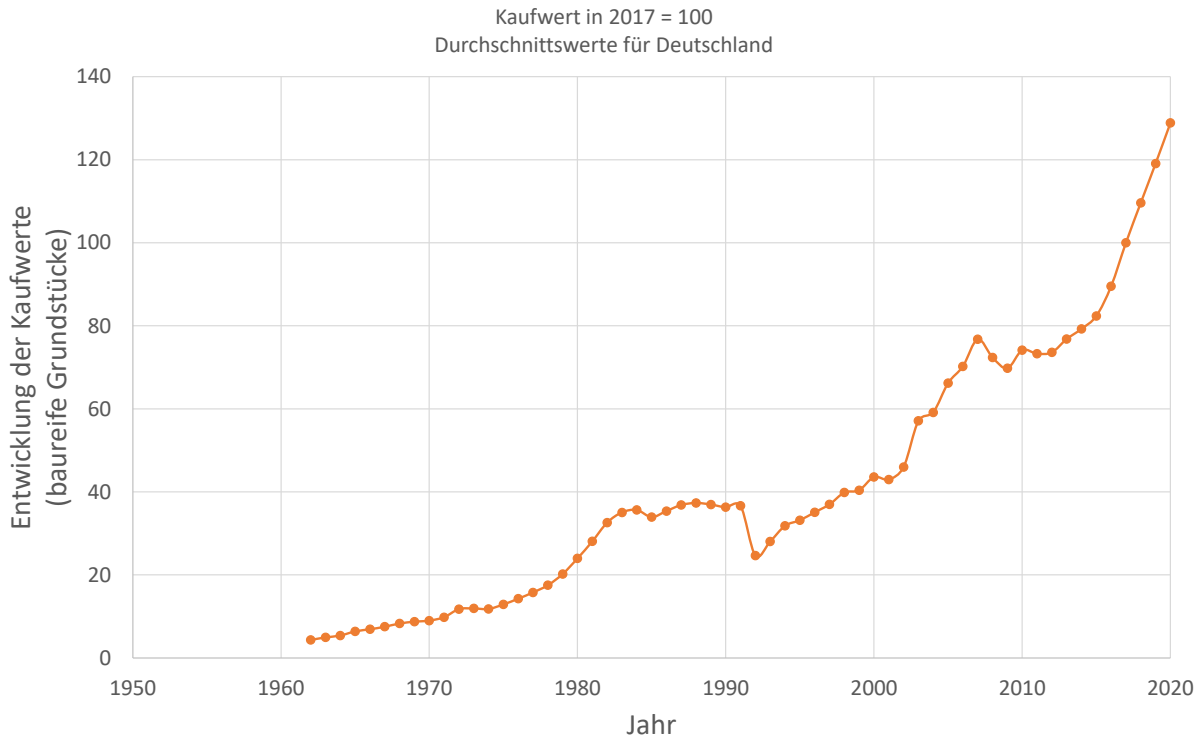
- Eigenkapitalanteil: Annahme eines konstanten Anteils von 19 % für alle Varianten (der Mindestanteil beträgt in der Regel 15 %)
- Kredit (Jahr 1 bis 10): Zins 1,5 %
- Kredit (Jahr 11 bis 20): Zins 2,5 %
- Kredit (Jahr 21 bis 30): Zins 2,5 %
- Förderung: keine Förderung

Unter diesen Bedingungen beträgt die **Kaltmiete** etwa **9,00 €/m²/Monat**, um die Ausgaben im Projekt zu finanzieren.

3.4 Beispielgebäude: Einfluss der gestiegenen Baulandpreise

Vor allem die Baulandpreise stiegen in den letzten Jahren deutlich (vgl. Abbildung 2). Dabei gab es zwischen den Regionen und innerhalb von Deutschland eine erhebliche Divergenz (vgl. Abbildung 3). Besonders starke Anstiege gab es in den größeren Städten durch den Zuzug und den entsprechenden Bedarf an Wohnraum. Darüber wird regelmäßig in Medien berichtet. Nach einer Studie von Empira liegen unter den 10 Städten mit den höchsten Baulandpreisen in Deutschland 3 in Hessen: Frankfurt, Darmstadt und Wiesbaden. Die ermittelten mittleren Kosten lagen gemäß der Studie

für 2016/2017 zwischen 710 und 811 €/m² für diese Städte. Der mittlere Baulandpreis in Hessen betrug in 2020 hingegen lediglich 241 €/m².



Datenquelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 17, Reihe 5, 4. Vj 2020

**Abbildung 2: Entwicklung der Baulandpreise in Deutschland (bis 1990 alte Bundesländer).
Datenquelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 17, Reihe 5, 4. Vj 2021**



Abbildung 3: Baulandpreise: Divergenz der Baulandpreise innerhalb von Deutschland. Dargestellt sind die durchschnittlichen Baulandpreise nach Bundesländern in €/m². Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 17, Reihe 5, 4. Vj 2020, Angabe für das 4. Vierteljahr in 2020

Um den Einfluss der in den letzten Jahren gestiegenen Baulandpreise zu illustrieren, wird für das betrachtete Beispielgebäude angenommen, dass die Preise sich gegenüber dem Ausgangsbeispiel um 30 % erhöht haben.

Energetischer Standard: [GEG/EnEV2016]

Baukosten:

- Baukosten KG 300/400: 1.550 €/m²Wohnfläche
 - Baukosten KG 200 – 700: 2.040 €/m²Wohnfläche
 - Baukosten KG 100 (Grundstück): 550 €/m²Grundstücksfläche
- **715 €/m²Grundstücksfläche,**
Preise sind um 30 % gestiegen

Investitionskosten:

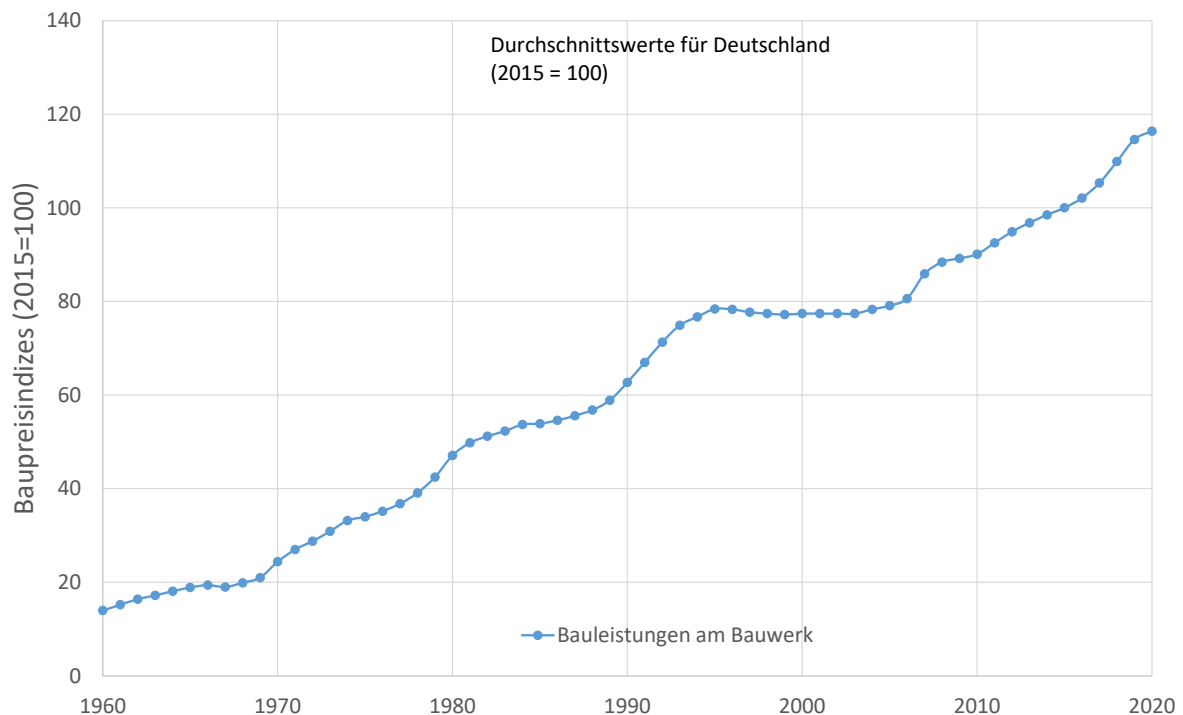
Summe KG 100 – 700: **2.768 €/m²Wohnfläche**
(inkl. Nebenkosten, Bearbeitungsentgelt Darlehen, etc.)

Alle weiteren Annahmen bleiben gegenüber der Ausgangsvarianten unverändert.

Aufgrund der nun höheren Investitionskosten muss die Kaltmiete gegenüber dem Ausgangsbeispiel **um 0,55 €/m²/Monat auf etwa 9,55 €/m²/Monat erhöht** werden, um weiterhin die vorgegebene Renditeerwartung zu erreichen.

3.5 Beispielgebäude: Einfluss der gestiegenen Baupreise

Die Baukosten haben sich ebenfalls in den letzten Jahren spürbar verteuert (vgl. Abbildung 4). Auch hier gibt es regionale Unterschiede. Wesentliche Ursache „für die gestiegenen Preise sind die hohe Nachfrage nach Bauleistungen als Folge des Immobilienbooms, Kapazitätsengpässe bei Baufirmen und Handwerkern, aber auch Personalmangel sowie das schwache Produktivitätswachstum in der Branche ...“². Keine Korrelation ist allerdings erkennbar mit der Entwicklung der energetischen Anforderungen (vgl. Beitrag von Esther Gollwitzer in diesem Protokollband)



Datenquelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 17, Reihe 5, 4. Vj 2020

Abbildung 4: Entwicklung der Baukostenpreise in Deutschland (bis 1990 alte Bundesländer).

Datenquelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 17, Reihe 5, 4. Vj 2021

An dieser Stelle wird angenommen, dass gegenüber der Ausgangsvariante die Baukosten um 20 % gestiegen sind.

² Welt, „Der Bauboom nährt sich selbst“, 10.07.2018

Energetischer Standard: [GEG/EnEV2016]

Baukosten:

(KG 200 – 700 Bezug auf Wohnfläche / KG 100 Bezug auf Grundstücksfläche)

- Baukosten KG 300/400: 1.550 €/m² → **1.860 €/m²**
(Preisanstieg 20 %)
- Baukosten KG 200 – 700: 2.040 €/m² → **2.448 €/m²**
(Preisanstieg 20 %)
- Baukosten KG 100 (Grundstück): 550 €/m² → **715 €/m²**
(Preisanstieg 30 %)

Investitionskosten:

- Summe KG 100 – 700: **3.176 €/m²Wohnfläche**
(inkl. Nebenkosten, Bearbeitungsentgelt Darlehen, etc.)

Alle weiteren Annahmen bleiben gegenüber der Ausgangsvarianten unverändert.

Auch der Preisanstieg bei den Baukosten wirkt sich auf die Miete aus. Um weiterhin die vorgegebene Wirtschaftlichkeit bei höheren Investitionskosten zu erreichen, sollte die Kaltmiete gegenüber dem Ausgangsbeispiel **um 1,95 €/m²/Monat auf etwa 10,95 €/m²/Monat erhöht** werden. Alleine die Verteuerung der Baukosten führt im Beispiel zu einem Anstieg der Kaltmiete um 1,40 €/m²/Monat.

3.6 Beispielgebäude: Einfluss der Bereitstellung von Stellplätzen

Neben dem Gebäude muss für die Bewohner auch eine ausreichende Zahl von Stellplätzen für Kraftfahrzeuge bereitgestellt werden. Die Anzahl der Stellplätze ist von Lage, Nutzung, Größe und Art des Vorhabens abhängig und wird von den zuständigen Stellen (unterschiedlich) geregelt. Üblich ist je Wohneinheit mindestens ein Stellplatz, bei großflächigen Wohnungen sind bis zu zwei Stellplätze notwendig. In Innenstadtbereichen mit guter Nahverkehrsanbindung sind z. T. auch geringere Berechnungsschlüssel zulässig (z. B. 0,8 in Teilen von Frankfurt a. M.). In größeren Städten können die Stellplätze oftmals nicht mehr auf dem Grundstück bereitgestellt werden, dann sind bauliche Maßnahmen erforderlich, welche die Investitionskosten nochmals erhöhen. Aufgrund der Bemühungen um bezahlbaren Wohnraum, gelangen daher auch die Stellplatzvorschriften und alternative Ansätze zunehmend in den Fokus.

Um den Einfluss des Stellplatzbedarfs auf die Baukosten und letztlich auf die Miete zu bewerten, soll an dieser Stelle angenommen werden, dass auf dem Grundstück nicht ausreichend Platz für die nachzuweisenden Stellplätze vorhanden ist (ein Stellplatz je Wohnung). Rund 50 % der Stellplätze müssen in diesem Beispiel als Tiefgaragenplatz

gebaut werden. Weiterhin wird angenommen, dass ein Stellplatz zu 65 €/Monat und ein Tiefgaragenplatz für 80 €/Monat den Mietern bereitgestellt werden.

Energetischer Standard: [GEG/EnEV2016]

Baukosten:

(KG 200 – 700 Bezug auf Wohnfläche / KG 100 Bezug auf Grundstücksfläche)

- zusätzliche Investitionskosten je Tiefgaragenplatz: **19.800 €/Stellplatz**
(für 50 % der Wohneinheiten)
- Baukosten KG 300/400: 1.550 €/m² → **1.860 €/m²**
(Preisanstieg 20 %)
- Baukosten KG 200 – 700: 2.040 €/m² → **2.448 €/m²**
(Preisanstieg 20 %)
- Baukosten KG 100 (Grundstück): 550 €/m² → **715 €/m²**
(Preisanstieg 30 %)

Investitionskosten:

- Summe KG 100 – 700: **3.314 €/m²Wohnfläche**
(inkl. Nebenkosten, Bearbeitungsentgelt Darlehen, etc.)

Alle weiteren Annahmen bleiben gegenüber der Ausgangsvariante unverändert.

Die Bereitstellung von Stellplätzen bei gleichzeitig beengten städtischen Verhältnissen erhöht im Beispiel zusätzlich die Investitionskosten, da mangels Alternativen Stellplätze in Tiefgaragen bereitgestellt werden müssen. Da die Stellplatzmiete nicht die zusätzlichen Kosten einer Tiefgarage deckt, führt dies zu einer weiteren Erhöhung der Kaltmiete.

Gegenüber dem Ausgangsbeispiel sollte die Kaltmiete nunmehr um **2,33 €/m²/Monat auf etwa 11,33 €/m²/Monat erhöht** werden, um weiterhin die vorgegebene Wirtschaftlichkeit zu erreichen. Die Bereitstellung der Tiefgaragenplätze für 50 % der Wohneinheiten alleine führte auf ca. 0,38 €/m²/Monat höhere Mieten.

Insbesondere bei Mietern mit geringerem Einkommen, werden angebotene Stellplätze z. T. nicht genutzt. Ungenutzte Stellplätze würden in der Kalkulation nochmals höhere Mieten nach sich ziehen.

4 Beispielgebäude: Einfluss der Mehrkosten durch Energieeffizienz-Maßnahmen

Als weiterer Kostentreiber werden Maßnahmen zur Energieeffizienz genannt. Die bestehenden Anforderungen und insbesondere die aus Sicht des Klimaschutzes wünschenswerten energetischen Standards verteuern das Bauen, so eine häufig geäußerte Vermutung.

Im Folgenden wird angenommen, dass das Beispielgebäude im Passivhausstandard errichtet wird. Gegenüber der bisherigen Ausführung, welche die gesetzlichen Anforderungen gemäß GEG (bzw. zuvor EnEV) erfüllt, wird der Dämmstandard der Außenbauteile erhöht. Es werden Fenster mit Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung verwendet und anstatt einer Abluftanlage wird eine Lüftungsanlage (Zuluft und Abluft) mit Wärmerückgewinnung vorgesehen. Wieviel kostet die Realisierung als Passivhaus nun mehr?

Esther Gollwitzer wertet in ihrem Beitrag Literatur bzgl. der Mehrkosten eines Passivhauses aus. Neben der Bauaufgabe und dem Entwurf hat dabei auch die Erfahrung des Planungsteams im energieeffizienten Bauen relevanten Einfluss auf die zu erwartenden Mehrkosten. Beim zweiten und dritten energieeffizienten Gebäude kann auf erprobte Lösungen und Details zurückgegriffen werden. Eine Auswertung der Baukosten realisierter Passivhausprojekte zeigt, dass die Differenzkosten gegenüber den gesetzlichen Mindestanforderungen seit dem ersten Passivhausprojekt kontinuierlich gesunken sind und gut durch eine in der Industrie übliche Lernkurve beschrieben werden können. Wesentlich für die Kostensenkung ist die Verfügbarkeit von serienmäßig gefertigten, hocheffizienten Bauprodukten. Während beim Passivhaus-Prototyp gedämmte Rahmenprofile noch handwerklich als Einzelanfertigung hergestellt wurden und Dreischeiben-Wärmeschutzverglasungen absolute Sonderanfertigungen waren, sind diese Komponenten heute als Serienprodukt erhältlich. Dreischeiben-Wärmeschutzverglasungen haben im Neubau sogar die Zweischeiben-Wärmeschutzverglasungen als Standardprodukt verdrängt.

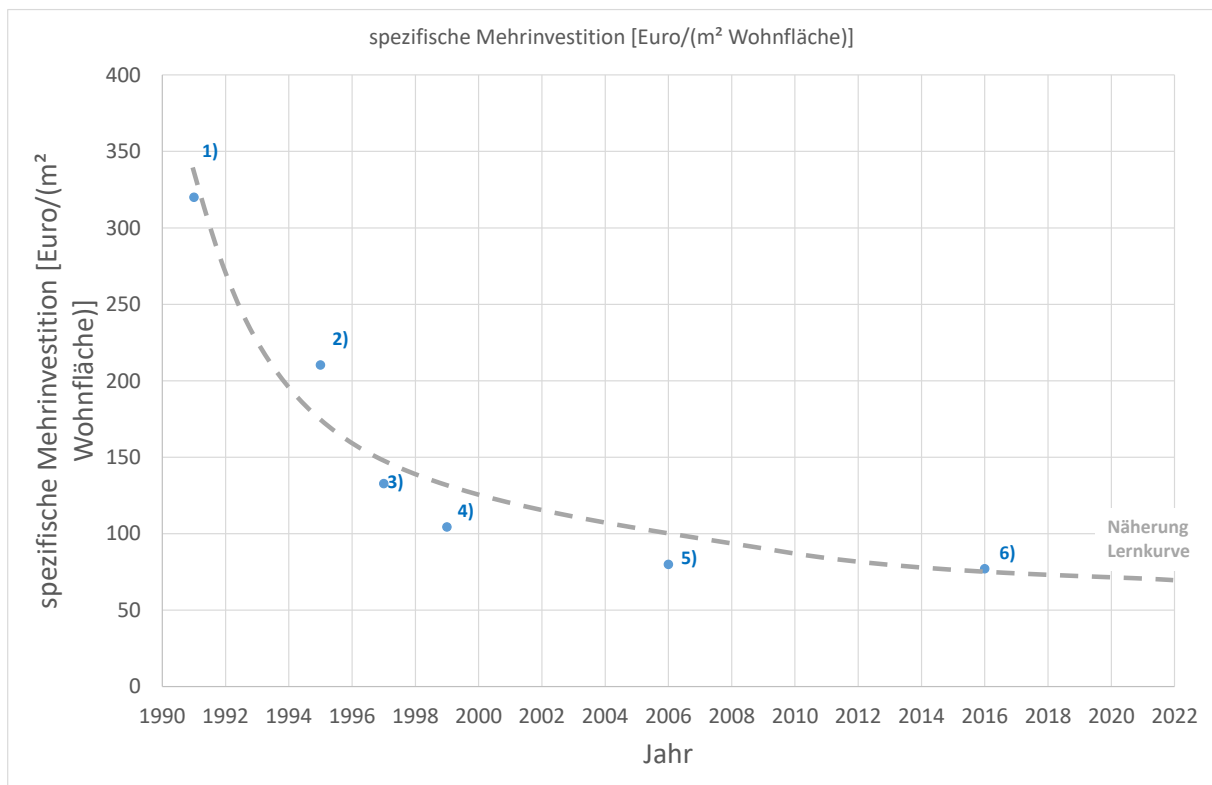


Abbildung 5: Mehrinvestitionen für Passivhausgebäude gegenüber den gesetzlichen Mindestanforderungen im Wohnungsbau. Die Punkte stellen Differenzkosten auf Grundlage von erhobenen Baukosten dar. Die gestrichelte Linie entspricht den Erwartungen einer in der Industrie üblichen Lernkurve.

Abbildung in Anlehnung an [Feist 2018]

- 1) Prototyp 1991, Forschungshaus mit 4WE, weitgehend handwerkliche Einzelfertigung, Darmstadt
- 2) Nachbau des Prototyps, "reduziert auf das Wesentliche", Groß-Umstadt
- 3) Passivhaus-Siedlung Wiesbaden, "serienmäßige Fenster verfügbar", Wiesbaden
- 4) Passivhaus-Siedlung (Wuppertal, Stuttgart, Hannover), "serienmäßige Fenster und andere Produkte verfügbar"
- 5) Reihenhausezeile in Darmstadt
- 6) Auswertung mehrere aktueller Projekte

Erfahrene Akteure nennen Mehrkosten für den Passivhausstandard im Bereich von bis zu 4 bis 7 % (ca. 50 bis 130 €/m²)³. Für die folgende Betrachtung wird mit Mehrkosten von 100 € für die Ausführung im Passivhausstandard, eine eher konservative

³ Frank Junker, Vorsitzender der Geschäftsführung der ABG Frankfurt Holding, nennt sogar Mehrkosten für Passivhausgebäude gegenüber solchen nach EnEV2016 von lediglich 3 bis 5 %. Allein in Frankfurt hat die ABG über 3.000 Wohnungen im Passivhausstandard realisiert. Passivhaustagung 2018, München.

Annahme für Geschosswohnbauten, getroffen. Wie hohe Energieeffizienz in der Praxis kostengünstig umgesetzt werden kann, wird u. a. in den Beiträgen von Tanja Schulz und Kristin Bräunlich behandelt.

Energieeffizienzmaßnahmen verursachen tatsächlich (vergleichsweise geringe) zusätzliche Baukosten. Im Unterschied zu den zuvor genannten Investitionen stehen bei Unterschreitung der gesetzlichen Mindestanforderungen jedoch Förderprogramme zur Verfügung, die zur Finanzierung der Maßnahmen eingesetzt werden können. Die Auswirkung von energieeffizienten Baustandards auf die Finanzierungsrechnung (mit dem VoFi) soll nun im Folgenden betrachtet werden. Dabei wird angenommen, dass die bestehenden Fördermöglichkeiten genutzt werden und, dass das Passivhausgebäude auch die Anforderungen des Effizienzhaus 40 erfüllt. Da sich die finanziellen Konditionen zum 24.01.2020 nochmals deutlich verbessert haben, wird der Einfluss der Förderbedingungen in zwei Varianten vor und nach der Umstellung betrachtet.

Förderkonditionen bis 24.1.2020:

KfW Bankengruppe, Energieeffizient Bauen, Effizienzhaus 40 / Passivhaus:

- Tilgungszuschuss 10 % bei maximalem Kreditbetrag von 100.000 € je Wohneinheit. Tilgungszuschuss je Wohneinheit bis zu 10.000 €.

WiBank: Hessisches Programm zur Energieeffizienz im Mietwohnungsbau. Es werden hocheffiziente Mietwohnungen in Hessen zusätzlich zu den entsprechenden Programmen der KfW Bankengruppe gefördert.

- Zinszuschuss zu KfW-Darlehen: Zinskondition ca. 0,75 % - 0,72 % = 0,03 % (Kombination von Angebot der KfW Bankengruppe und WiBank)

Energetischer Standard: [Passivhaus / Effizienzhaus 40]

Baukosten:

(KG 200 – 700 Bezug auf Wohnfläche / KG 100 Bezug auf Grundstücksfläche)

- zusätzliche Investitionskosten je Tiefgaragenplatz: **19.800 €/Stellplatz** (für 50 % der Wohneinheiten)
- Baukosten KG 300/400: 1.860 €/m² (+20 %) → **1.960€/m²**
(Mehrkosten +100 €/m²)
- Baukosten KG 200 – 700: 2.448 €/m² (+20 %) → **2.548 €/m²**
(Mehrkosten +100 €/m²)
- Baukosten KG 100: 715 €/m² (Preisanstieg 30 %)

Investitionskosten:

- Summe KG 100 – 700: **3.414 €/m²Wohnfläche**
(inkl. Nebenkosten, Bearbeitungsentgelt Darlehen, etc.)

Finanzierungskonditionen durch Förderung

- Kreditbetrag von max. 100.000 € je Wohneinheit
- Zinsgünstiges Darlehen der KfW-Bankengruppe in Kombination mit WiBank:
100.000 € je Wohneinheit bei Zinskondition von 0,75 % - 0,72 % = 0,03 %
- Es wird angenommen, dass der zinsgünstige Kredit voll ausgeschöpft wird (also
100.000 € je Wohneinheit, Zinsbindung 10 Jahre). Die Kreditaufnahme bei der
Hausbank verringert sich entsprechend (vgl. Abschnitt 3.3).
- Tilgungszuschuss: 10.000 je Wohneinheit
- Zinsgünstiges Darlehen der KfW-Bankengruppe in Kombination mit WiBank:
100.000 € je Wohneinheit bei Zinskondition von 0,75 % - 0,72 % = 0,03 %

Alle weiteren Annahmen bleiben gegenüber der Ausgangsvariante unverändert.

Die Berechnung mit dem VoFi zeigt für diesen Einfluss ein überraschendes Ergebnis:
Für das Beispielgebäude könnte die Kaltmiete gegenüber der vorhergehenden Vari-
ante (Abschnitt 3.6) um **0,30 Euro/m²/Monat auf etwa 11,03 €/m²/Monat verringert**
werden, bei weiterhin gleicher Wirtschaftlichkeit.

Außer Frage steht, dass zusätzliche Energieeffizienzmaßnahmen auch höhere Bau-
kosten verursachen. Im Unterschied zu den zuvor genannten Kostenerhöhungen am
Bau stehen bei Unterschreitung der gesetzlichen Mindestanforderungen jedoch För-
derprogramme zur Verfügung, welche die finanzielle Belastung durch diese Maßnah-
men mehr als ausgleichen. Diese Feststellung deckt sich mit Erfahrungen von Wohn-
bauunternehmen, die energieeffiziente Gebäudestandards realisieren. Die Realisie-
rung im Passivhausstandard ist finanziell vorteilhafter, im Vergleich zum gesetzlichen
Mindeststandard.

4.1 Förderkonditionen ab 24.01.2020:

Die Förderprogramme wurden zum 24.01.2020 sogar noch weiter verbessert. Werden
die aktuellen Finanzierungskonditionen betrachtet, stellen sich nochmals günstigere
Verhältnisse ein.

KfW Bankengruppe, Energieeffizient Bauen, Effizienzhaus 40 / Passivhaus:

- Tilgungszuschuss 20 % bei maximalem Kreditbetrag von 120.000 € je Wohneinheit. Tilgungszuschuss je Wohneinheit bis zu 20.000 €.

WiBank: Hessisches Programm zur Energieeffizienz im Mietwohnungsbau. Es werden hocheffiziente Mietwohnungen in Hessen zusätzlich zu den entsprechenden Programmen der KfW Bankengruppe gefördert.

- Zinszuschuss zu KfW-Darlehen: Zinskondition ca. 0,75 % - 0,72 % = 0,03 % (Kombination von Angebot der KfW Bankengruppe und WiBank)

Energetischer Standard: [Passivhaus / Effizienzhaus 40]⁴

Baukosten:

(wie in vorhergehenden Abschnitt 4.1)

Finanzierungskonditionen durch Förderung

- Kreditbetrag von max. 120.000 € je Wohneinheit
- Zinsgünstiges Darlehen der KfW-Bankengruppe in Kombination mit WiBank: 120.000 € je Wohneinheit bei Zinskondition von 0,75 % - 0,72 % = 0,03 %
- Es wird angenommen, dass der zinsgünstige Kredit voll ausgeschöpft wird (also 120.000 € je Wohneinheit, Zinsbindung 10 Jahre). Die Kreditaufnahme bei der Hausbank verringert sich entsprechend (vgl. Abschnitt 03.3).
- Tilgungszuschuss: 24.000 € je Wohneinheit

Alle weiteren Annahmen bleiben gegenüber der Ausgangsvariante unverändert.

Mit diesen nun nochmals attraktiveren Förderbedingungen wäre eine zusätzliche Unterschreitung der Kaltmiete gegenüber dem Ausgangsbeispiel möglich.

Gegenüber der vorhergehenden Variante mit Ausführung gemäß GEG (bzw. EnEV2016), könnte die Kaltmiete sogar um **0,80 €/m²/Monat auf etwa 10,53 €/m²/Monat verringert** werden, bei weiterhin gleicher Wirtschaftlichkeit.

Oder anders gesagt: bei gleichem Ansatz der Kaltmiete wie bei Ausführung gemäß dem gesetzlichen Mindeststandard (vgl. Abschnitt 29), würde sich die Rendite des

⁴ Die Kriterien durch den Passivhausstandard als auch die Anforderungen des „Effizienzhaus 40“ (Programmlinie Energieeffizient Bauen) werden erfüllt.

Wohnbauunternehmens erhöhen (um ca. 0,9 %) bzw. es könnten zusätzliche Investitionen finanziert werden.

Energieeffizientes Bauen ist demnach unter den aktuellen Bedingungen für Investoren (und den Berechnungen mit dem Vofi folgend) ökonomisch sehr interessant. Wer heute Mietwohnungen lediglich gemäß der energetischen Mindestanforderungen baut, verschenkt im übertragenen Sinne Geld.

4.2 Kostentreiber Energieeffizienz?: Weitere Gesichtspunkte

Und es kommt noch besser, denn zusätzliche Aspekte blieben bei der bisherigen Betrachtung mit dem VoFi unberücksichtigt.

- Die Finanzierungsbetrachtung endet nach 30 Jahren, d. h. nach diesem Zeitraum sind die Maßnahmen auch bezahlt. Effizienzmaßnahmen haben jedoch meistens längere Lebensdauern (z. B. Wärmedämmmaßnahmen \geq 40 Jahre, [BBSR 2017]). Nach Ablauf des Finanzierungszeitraums sind diese Bauteile weiterhin nutzbar, sie haben nach 30 Jahren noch einen verbleibenden Restwert⁵. Die Betrachtung des Restwerts (im VoFi nicht berücksichtigt) würde die Ergebnisse der Effizienzmaßnahmen nochmals verbessern.
- Bei der Finanzierungsbewertung eines Mietwohnbaus wird gewöhnlich auch das Risiko eines Mietausfalls durch einen teilweisen Leerstand des Objekts berücksichtigt. Im betrachteten Beispiel wird im VoFi das Mietausfallrisiko mit 3,5 % angesetzt. D. h. durchschnittlich gehen 3,5 % der Kaltmiete u. a. aufgrund von Leerstandzeiten verloren. Bei energieeffizienten Gebäuden werden die Energiekosten für Mieter auch in Zukunft gering sein; das Mietausfallrisiko/Leerstandrisiko sollte daher bei diesen Objekten geringer ausfallen. Eventuelle Renditeerwartungen sollten sich an dem hiernach sehr sicher eingesetzten Kapital orientieren und keine relevanten Risikozuschläge enthalten (vgl. auch [AkkP 42]).
- Die Energiekosteneinsparung eines effizienteren Gebäudestandards wurde bisher noch gar nicht berücksichtigt, da die Energiekosten Bestandteil der Nebenkosten sind, die vom Mieter bezahlt werden. Dabei bilden „[...] die Nebenkosten [...] mittlerweile eine „zweite Miete“, die das verfügbare Einkommen der Haushalte reduziert.“ ([Großklos et. al 2018]) Und wäre es vor diesem Hintergrund nicht sinnvoll die Anstrengungen für vertretbare Mieten/Wohnkosten auch auf die Nebenkosten auszudehnen. Für Gebäude mit einem Heizwärmebedarf von

⁵ Nach Ablauf des Betrachtungszeitraum von 30 Jahren und bei den angesetzten Zinskonditionen hat beispielsweise eine Effizienzmaßnahme mit einer durchschnittlichen Lebensdauer von 40 Jahren noch einen Restwert von 18 % der ursprünglichen Investitionskosten (vgl. [Kah et al. 2008]).

weniger als 15 kWh/(m²a) – Passivhausgebäuden – sind gemäß Heizkosten-Verordnung Warmmieten-Modelle möglich. Im Beitrag von Marc Großklos und Folkmer Rasch wird über den theoretischen Hintergrund und praktische Erfahrungen mit Warmmieten-Modellen berichtet. Die Erfahrungen sind vielversprechend.

4.3 Kostentreiber Energieeffizienz? Verlust an Wohnfläche durch höheren Dämmstärken der Außenwand

Ein weiterer Einwand hinsichtlich der Umsetzung höherer Effizienzstandards im Wohnbau betrifft die höheren Dämmstärken der Außenwände und damit in der Regel dickeren Außenwandaufbauten, wenn energetisch besser gebaut wird. Es wird angeführt, dass höhere Dämmstärken der Außenwände bei vorgegebenen Baufenstern und kleinen Baugrundstücken zu einem Verlust an Wohnfläche führen.

Hier muss zwischen der energetischen Modernisierung und dem Neubau unterschieden werden:

- Bei Bestandsgebäuden darf nach HBO (§ 6 Abs. 6 Satz 4 Nr. 2) die Wärmedämmung (zum Zwecke der Energieeinsparung) bis zu 25 cm in Abstandsflächen hineinragen. Eine nachträgliche Wärmedämmung der Außenwand in Passivhausqualität (Wärmedurchgangskoeffizient $\leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) ist demnach gemäß Bauordnung in Hessen zulässig.
- Für Neubauten gilt diese Regelung nicht! Aber, bei Baulinien und Baugrenzen kann bei der Zulassung eines konkreten Neubau-Vorhabens ein Vortreten von Gebäudeteilen in geringfügigem Ausmaß zugelassen werden (§ 23 Abs. 2 Satz 2 sowie Abs. 3 Satz 2 BauNVO). Die Entscheidung darüber, ob von Baulinien und Baugrenzen bei erhöhten Dämmstärken von energieeffizienten Gebäuden abgewichen werden kann, liegt im Ermessen der Behörden. Hier sollte daher beim zuständigen Bauamt nachgefragt werden.

Die Verwendung von planerischen Mitteln stellt im Neubau eine weitere Möglichkeit dar, auch bei begrenzten Baufenstern und Baugrundstücken in Passivhausqualität zu dämmen.

- Z. B. kann die Außenwandkonstruktion bei besserer Effizienz/Passivhaus-Bauweise angepasst werden. Holzkonstruktionen der Außenbauteile ermöglichen höhere Dämmstärken in schlanken Wandaufbauten. Sind lediglich kleine Flächen betroffen, so können auch Dämm Lösungen mit sehr geringer Wärmeleitfähigkeit eingesetzt werden (z. B. Dämmstoffe mit sehr geringer Wärmeleitfähigkeit oder Vakuum-Paneele). Auch die zwischenzeitlich energetisch nochmals verbesserten Komponenten (insbesondere Fenster und Lüftungsanlagen mit

WRG) erhöhen die Spielräume bei der energetischen Bilanzierung und erlauben bei entsprechender Planung auch mit etwas geringeren Dämmdicken die Umsetzung des Passivhausstandards.

Außerdem wäre es vor dem Hintergrund der Klimaschutzziele zielführend, wenn ein Vorgehen bei höheren Dämmstärken der Außenwand für Neubauten bereits im Bau-recht bzw. auf politischer Ebene geregelt wäre. Für Bestandsgebäude sieht die Hessi-sche Bauordnung, wie oben beschrieben, bereits einen entsprechenden Absatz vor. Die folgenden Ansätze aus europäischen Nachbarregionen könnten als Vorlage für Ergänzungen im deutschen Baurecht dienen:

- Grundflächenzahl (z. B. Baunutzungszahl, Vorarlberg):
Berechnung der Kenngröße mit der Innenkante der Außenwand (höhere Dämmstärken haben dann keinen Nachteil).
- Abstandsflächen (Grenzabstände Vorarlberg):
Bonus für Außenwände mit geringen Wärmedurchgangskoeffizienten (z. B. $\leq 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$)
- Grundfläche (Südtirol):
Bei hohem Energiestandard ist ein 5 % größeres Baufenster zulässig.

5 Renditeerwartung der Wohnbauunternehmen

Bis 1989 gab es in Deutschland eine gemeinnützige Wohnungswirtschaft, die aufgrund des Wohnungsgemeinnützigkeitsrechts besondere Privilegien, wie z. B. eine Steuerbefreiung, genoss. Begründet war die besondere Stellung des Wohnungsbaus u. a. durch die Wohnungsnot in den Nachkriegsjahren. 1990 wurde das Wohnungsgemeinnützigkeitsgesetz aufgehoben, da nach damaliger Einschätzung der Bundesregierung der Bedarf des Gesetzes nicht mehr bestand und grundsätzlich das Ziel verfolgt wurde, Subventionen abzubauen.

Mit der Abschaffung dieses Gesetzes wurden immer mehr Wohnungsunternehmen zu Kapitalgesellschaften mit entsprechender Renditeerwartung. Üblicherweise liegt die Renditeerwartung von Wohnbauunternehmen im moderaten Bereich von 3 – 4 %. Bei reinen Projektentwicklern werden deutlich höhere Werte erwartet.

Wie groß ist nun der Einfluss der Renditeerwartung, die bei städtischen Wohnbaugesellschaften häufig durch die kommunalen Eigentümer vorgegeben wird?

Es werden das Beispiel und die Randbedingungen aus Abschnitt 3 übernommen. Die Renditeerwartung wird jedoch gegenüber der ursprünglichen Gewinnerwartung von

4 % in Schritten auf null reduziert (mit dem Gewinn werden z. B. Risiken und zukünftige Investitionen finanziert).

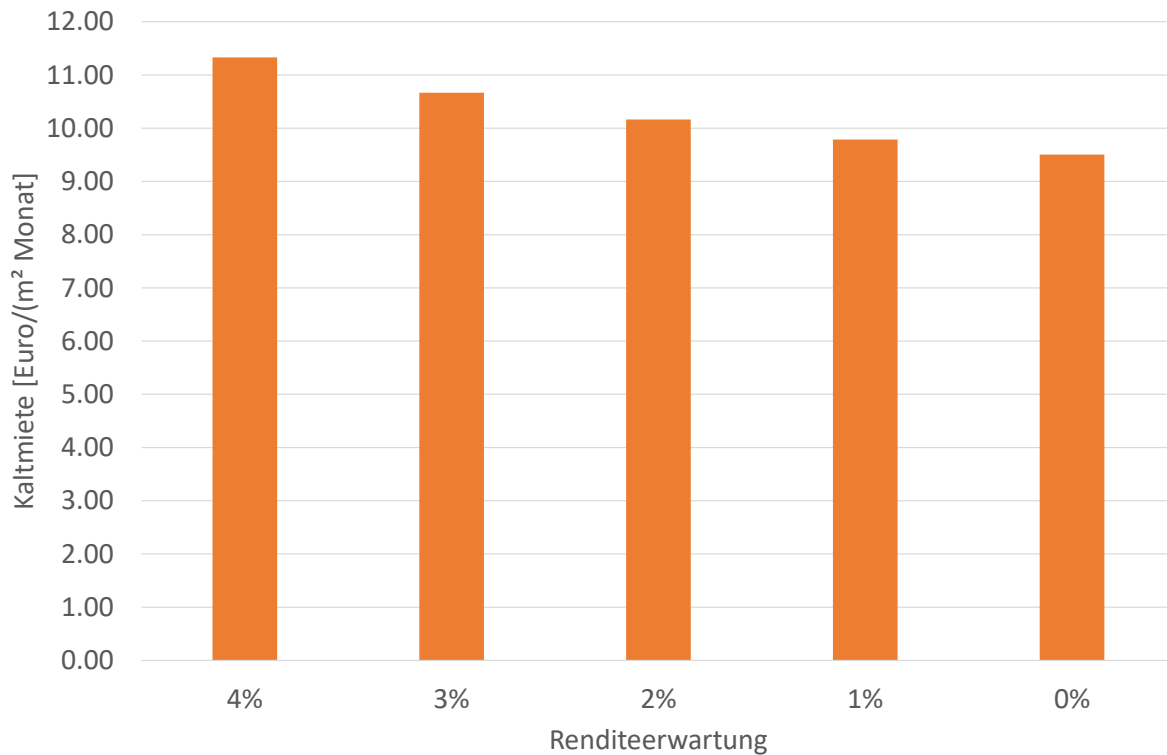


Abbildung 6: Einfluss der Renditeerwartung auf die Kaltmiete unter den Annahmen des Beispielgebäudes (Variante aus Abschnitt 3.6). Würde die Renditeerwartung verringert, wären ebenfalls Nachlässe bei den Mieten möglich (Durch den Gewinn werden auch Risiken der Unternehmen abgesichert und zukünftige Investitionen getätigt. Eine Renditeerwartung von NULL hat aber im Zeitalter von Negativzinsen und einem sehr geringen Investitionsrisiko (s.o.) durchaus mehr als nur theoretischen Charakter).

Bemerkung: Renditeerwartung bei einer Betrachtung über 30 Jahre (wie auch zuvor).

6 Soziale Mietwohnraumförderung

Mit der sozialen Mietwohnraumförderung soll Wohnraum für Haushalte, die sich am Markt nicht angemessen versorgen können, bereitgestellt werden. Das Land Hessen stellt hierfür unter der Voraussetzung, dass die Kommunen sich an der Finanzierung beteiligen, Fördermittel zur Verfügung. In [Mietwohnraumförderung] definiert das Land Hessen die Rahmenbedingungen, wobei es bei der Umsetzung in den Kommunen eine große Bandbreite gibt. Die Festsetzung der zulässigen Mietpreise ist beispielweise Sache der Kommunen. Daneben müssen die Mieter Voraussetzungen bzgl. des Einkommens erfüllen. Die Einkommensgrenzen der Haushalte sind in § 5 des Hessischen Wohnraumförderungsgesetzes (HWOFG) geregelt. Die Förderkonditionen hängen zudem von der Einkommensgrenze der wohnberechtigten Haushalte ab. Um die Berechnung übersichtlich zu halten, wird das Beispiel nur für eine Einkommensgrenze und zwar für „Haushalte mit geringem Einkommen“ betrachtet.

Das Land Hessen stellt durch die WiBank die folgenden Darlehen und Zuschüsse bereit:

Annahmen:

- Neubau von Mietwohnungen für Haushalte mit geringem Einkommen.
- Der Grundstückswert je Quadratmeter Boden liegt über 500 € (einschl. Erschließungskosten, Grunderwerbsteuer und Kosten der Herrichtung des Grundstücks).

Konditionen

- Darlehen Grundbetrag: **bis 09.09.2020 1.800** / **ab 09.09.2020 1.900 €** je m² förderfähiger Wohnfläche (unter den o. g. Bedingungen).
- Zuschlag beim Darlehens-Grundbetrag, wenn das Wohngebäude als Passivhaus errichtet wird: 150 € je m² Wohnfläche.
- Zinskondition: **bis 09.09.2020 0,6 %** (bis Ende der Bindung) / **ab 09.09.2020 übernimmt das Land die Zinszahlung** (bis zum Ende der Zinsfestschreibung).
- Finanzierungszuschuss: **bis 09.09.2020 20 %** (bei 20 Jahren Belegungs-Bindung) bzw. **25 %** (bei 25 Jahren Belegungsbindung) / **ab 09.09.2020 30 %** (bei 20 Jahren Belegungsbindung) bzw. **40 %** (bei 25 Jahren Belegungsbindung).

Für die Finanzierungsbetrachtung mit dem VoFi ist ferner die zulässige Miete von Bedeutung. Vom Land Hessen gibt es hierzu folgende Rahmenbedingungen (vgl. [Mietwohnraumförderung]), wobei letztlich die jeweilige Kommune die zulässige Miete festlegt.

- ortsübliche Vergleichsmiete: -20 %
- Mietzuschlag Passivhaus: 0,30 €/Monat/m²
(in begründeten Einzelfällen höherer Zuschlag möglich. Maximal die Hälfte der Heizkostensparnis).

6.1 Beispielgebäude als sozialgeförderter Mietwohnraum: Einfluss der Energieeffizienz-Maßnahmen / Rahmenbedingungen des Landes Hessen

Für die folgende Berechnung wird nun angenommen, dass alle Wohnungen des Beispielgebäudes mit Mitteln der sozialen Mietwohnraumförderung errichtet werden. Da die Förderung von den Kommunen verschieden ausgestaltet wird, soll an dieser Stelle nur die Förderung des Landes Hessen und deren Einfluss bei Energieeffizienz-Maßnahmen betrachtet werden. Für das Beispielgebäude soll geklärt werden, ob sich bei Berechnung mit dem VoFi der soziale Wohnbau mit hoher Energieeffizienz gegenüber der Ausführung gemäß den gesetzlichen Mindestanforderungen (gemäß [GEG]) lohnt.

Annahme:

- Neubau von Mietwohnungen für Haushalte mit geringem Einkommen.
- Grundstückswert je Quadratmeter Boden über 500 € (einschl. Erschließungs-Kosten, Grunderwerbsteuer und Kosten der Herrichtung des Grundstücks).
- Beteiligung durch die Kommune mit einem Darlehen von 10.000 € je Wohneinheit zu gleichen Konditionen, wie das Darlehen des Landes Hessen / der WiBank.

6.1.1 Förderkonditionen der WiBank / Land Hessen bis 09.09.2020:

Annahme Belegungsbindung: 20 Jahre.

Energetischer Standard: Passivhaus – höhere Energieeffizienz.

Baukosten:

(KG200 – 700 Bezug auf Wohnfläche / KG 100 Bezug auf Grundstücksfläche).

Es wird bei dem Gebäude des sozialgeförderten Mietwohnraums von etwas geringeren Bauland- und Baukosten als in Abschnitt 3.5 ausgegangen. Die Mehrkosten für die Ausführung im Passivhausstandard werden wie in Abschnitt 4 angenommen.

- Baukosten KG 300/400:
1.782 €/m² (gemäß GEG) → **1.882 €/m²** (inkl. 100 €/m² für
Passivhausstandard).

- Baukosten KG 200 – 700:
2.346 €/m² (gemäß GEG) → **2.446 €/m²** (inkl. 100 €/m² für
Passivhausstandard)
- Baukosten KG 100: **605 €/m²**

Investitionskosten:

- Summe KG 100 – 700: **3.120 Euro/m²Wohnfläche**
(inkl. Nebenkosten, Bearbeitungsentgelt Darlehen, etc.)

Finanzierungskonditionen durch Förderung

- Grundbetrag Darlehen (WiBank / Land Hessen): **1.800 €** je m² förderfähiger Wohnfläche
- Zuschlag Darlehen (WiBank / Land Hessen) für Passivhaus: **150 €/m²**
- Zinskondition (WiBank / Land Hessen): **0,6 %** (bis Ende der Bindung / 20 Jahre)
- Finanzierungszuschuss (WiBank / Land Hessen): **20 %** (bei 20 Jahren Belegungsbindung)
- Darlehen der Kommune: 10.000 € je Wohneinheit
- Zinskondition (Kommune): **0,6 %** (bis Ende der Bindung / 20 Jahre)
- Es wird angenommen, dass der zinsgünstige Kredit voll ausgeschöpft wird (WiBank / Land Hessen, Kommune). Die Kreditaufnahme bei der Hausbank verringert sich entsprechend (vgl. Abschnitt 0).

Annahme zu Kaltmiete, während der Belegungsbindung

- Miethöhe 20 % unter dem Mietspiegel: **7,80 €/Monat/m²**
- Zulässiger Mietzuschlag bei Passivhaus: **0,30 €/Monat/m²**
- Anpassung der Mieten entsprechend der Entwicklung des Verbraucherpreisindex.

Alle weiteren Annahmen bleiben gegenüber der Ausgangsvariante unverändert.

Im sozialgeförderten Mietwohnbau gibt es Vorgaben zur zulässigen Miethöhe. Es soll daher geprüft werden, ob die verbesserten Finanzkonditionen die Mehrinvestitionen

für eine energieeffizientere Ausführung decken (im Unterschied zu Abschnitt 0 und folgende).

Unter den genannten Bedingungen, lohnt die Ausführung mit höherer Effizienz.

Die Anreize (Zuschlag Darlehen für den Passivhaus-Standard von 150 €/m² und höhere zulässige Kaltmiete) decken die angesetzte Mehrinvestition von 100 €/m² für die bessere Effizienz bei weiterhin gleicher Wirtschaftlichkeit. Dies gilt für Mehrinvestitionen von bis zu etwa 125 €/m² bei einer Ausführung als Passivhaus gegenüber dem GEG-Standard.

6.1.2 Förderkonditionen der WiBank / Land Hessen seit 09.09.2020:

Annahme Belegungsbindung: 20 Jahre

Energetischer Standard: Passivhaus – höhere Energieeffizienz.

Baukosten:

- wie im Abschnitt zuvor (6.1.1). Bei Ausführung als Passivhaus werden Mehrinvestitionen von 100 € je m² Wohnfläche angesetzt.

Finanzierungskonditionen durch Förderung

- Grundbetrag Darlehen (WiBank / Land Hessen): **1.900 €** je m² förderfähiger Wohnfläche.
- Zuschlag Darlehen (WiBank / Land Hessen) für Passivhaus: 150 €/m².
- Zinskondition (WiBank / Land Hessen): **0,0 %** (bis Ende der Bindung / 20 Jahre).
- Finanzierungszuschuss (WiBank / Land Hessen): **30 %** (bei 20 Jahren Belegungsbindung).
- Darlehen der Kommune 10.000 € je Wohneinheit.
- Zinskondition (Kommune): **0,0 %** (bis Ende der Bindung / 20 Jahre).
- Es wird angenommen, dass der zinsgünstige Kredit voll ausgeschöpft wird (WiBank / Land Hessen, Kommune). Die Kreditaufnahme bei der Hausbank verringert sich entsprechend (vgl. Abschnitt 0).

Annahme zu Kaltmiete, während der Belegungsbindung

- wie im Abschnitt zuvor (6.1.1)

Alle weiteren Annahmen bleiben gegenüber der Ausgangsvariante unverändert.

Auch unter den nun attraktiveren Konditionen von WiBank / Land Hessen lohnt sich, wie zu erwarten, die Ausführung mit höherer Effizienz. Der Spielraum für Mehrinvestitionen für den energetisch besseren Baustandard steigt jedoch gegenüber den Konditionen bis 09.09.2020 nur geringfügig auf bis zu 130 € je m² (zuvor waren dies 125 € je m²).

Darüber hinaus ist die Kumulation von Landesmitteln für die soziale Mietwohnraumförderung mit Mitteln der KfW (z. B. Programm 461) zulässig, sofern keine Überfinanzierung der Maßnahme erfolgt. Die Anforderungen an die Mindesteigenleistung sowie an die kommunale Finanzierungsbeteiligung sind hierbei ebenfalls zu beachten.

Auch im sozialgeförderten Mietwohnbau ist demnach das energieeffiziente Bauen unter den aktuellen Bedingungen für Investoren ökonomisch sehr interessant. Zudem stellen energetisch weitreichende Standards (Passivhausstandard, Effizienzhaus 40) sicher, dass die Nebenkosten auch in Zukunft sozial verträglich bleiben⁶.

6.2 Soziale Mietwohnraumförderung: Kommunale Finanzierungs-Beteiligung

Neben der Förderung durch WiBank / Land Hessen, ist eine Beteiligung der Kommune an der Finanzierung immer auch Voraussetzung. In [Mietwohnraumförderung] sind die Mindesthöhe der Beteiligung und die zulässige Miethöhe festgelegt. Einige Städte weichen von diesen "Mindestanforderungen" ab und bieten höhere Darlehenssummen und fordern geringere zulässige Mieten. Häufig bieten die Städte und Kreise jedoch keine spezifischen Konditionen für energieeffiziente Wohngebäude. Nachfolgend zwei Beispiele von Kommunen für zusätzliche Anreize für hohe Energieeffizienz im sozialen Wohnbau:

Beispiel Stadt Frankfurt: Frankfurter Programm für den Neubau von bezahlbaren Mietwohnungen: Förderweg 1

Zuschuss in Verbindung mit einem Grunddarlehen (zinslos):

- Neubaumaßnahmen Passivhaus oder gleichwertig: 900⁷ €/m² (Stufe 1)
- Neubaumaßnahmen EnEV minus 10 % (Ausnahme): 800⁷ €/m² (Stufe 1)

⁶ Wie in den Berechnungen der vorhergehenden Abschnitte mit dem VoFi, gehen die Nebenkosten der Mieter und damit mögliche Energiekosteneinsparungen hier nicht in die Betrachtung ein.

⁷ je m² förderfähiger Wohnfläche

- Neubaumaßnahmen Passivhaus oder gleichwertig: 700⁷ €/m² (Stufe 2)
- Neubaumaßnahmen EnEV minus 10 % (Ausnahme): 600⁷ €/m² (Stufe 2)

Mietzuschlag bei einem hohen energetischen Standard (z. B. Passivhaus):

- Zulässiger Mietzuschlag 0,50 €/Monat/m²

Beispiel Stadt Darmstadt: Soziale Wohnraumförderung für Haushalte mit geringem Einkommen

- höchstmögliche Förderpauschale pro Wohnung (Mittelwert): 46.000 €
- Bevorzugt gefördert werden Bauvorhaben, die mindestens den Energiestandard KfW Effizienzhaus 40 (Plus) erreichen.

7 Fazit

Im Beitrag wurde beispielhaft untersucht, welchen Einfluss verschiedene Kostensteigerungen auf die Mietkosten haben. Im Unterschied zu vorhergehenden Studien des Passivhaus Instituts wurden diese Untersuchung mit einem Vollständigen Finanzplan (VoFi) durchgeführt, da dieses Verfahren aus der Investitions-Kostenrechnung auch von den wesentlichen Akteuren (z. B. Wohnbau-Unternehmen, Projektentwicklern) eingesetzt wird. Eine Besonderheit besteht darin, dass die Energiekosten und entsprechend die Energiekosteneinsparungen bei höherer Energieeffizienz nicht in die Berechnung eingehen, da diese als Nebenkosten von den Mietern bezahlt werden.

Es zeigte sich, dass verschiedene Einflüsse zu Kostensteigerungen im Baubereich geführt haben (Kostensteigerung beim Bauland, bei Baukosten und beispielsweise Anforderungen an die Vorhaltung von Stellplätzen). Um die höheren Investitionskosten zu finanzieren, sind gegenüber dem Ausgangsbeispiel spürbar höhere Mieten erforderlich.

Auch Maßnahmen zur Energieeffizienz erhöhen Investitionskosten. Im Unterschied zu den zuvor betrachteten Kostenfaktoren, stehen für energieeffiziente Gebäude jedoch sehr attraktive Förderprogramme zur Verfügung, die, wie sich zeigte, die Mehrinvestitionen mehr als ausgleichen. **Für das Beispielgebäude zeigte sich, dass bei energieeffizienter Ausführung (Passivhausstandard/Effizienzhaus 40) im Vergleich zur gesetzlichen Mindestanforderung sogar die Kaltmiete (trotz höhere Investitionskosten) verringert werden könnte, bei weiterhin vergleichbarer Wirtschaftlichkeit des Projekts.**

Auch im sozialen Mietwohnbau lohnt sich der Bau von energetisch besseren Baustandards (Passivhausstandard/Effizienzhaus 40). Die Fördermittel des Landes Hessen /

der WiBank sowie die Vorgaben zur zulässigen Miete, decken die Mehrkosten der höheren Energieeffizienz im betrachteten Beispiel. Darüber hinaus ist die Kumulation mit Mitteln der KfW (z. B. Programm 461) grundsätzlich zulässig, was die Entscheidung für energetisch bessere Baustandards nochmals attraktiver macht. Energieeffiziente Gebäude stellen ferner sicher, dass auch die „zweite Miete“ zukünftig sozialverträglich bleibt. Durch die kommunale Finanzierungsbeteiligung im sozialen Mietwohnbau besteht auch bei den Städten Gestaltungsspielraum. Vor dem Hintergrund des Klimaschutzes sollten Kommunen diese Spielräume auch nutzen, z. B. durch eine bevorzugte Förderung oder durch höhere Finanzierungszuschüsse für energieeffiziente Mietwohngebäude – und auch durch die Begrenzung von Renditevorgaben (selbst bei den kommunalen Wohnbauunternehmen).

Wie bei Wohnbauunternehmen üblich, basieren diese Untersuchungen, auf dem vollständigen Finanzplan (VoFi). Abschließend muss nochmals angemerkt werden, dass zur Bewertung unterschiedlicher energetischer Standards dieses Verfahren nicht geeignet ist, da die Energiekosten nicht in die Berechnung eingehen. Projektentscheidungen sollten daher endlich auch auf Grundlage von Lebenszykluskosten (Gesamtkosten inkl. Betriebskosten) getroffen werden (vgl. auch Beitrag Martin Ploß).

Der Vergleich der Varianten für das untersuchte Beispielgebäude fällt sofort ganz anders aus, wenn die Lebenszykluskosten des Objekts betrachtet werden anstelle der Finanzierungs- und Renditekalkulationen der Eigentümer. In Abbildung 7 sind die Gesamt-Lebenszykluskosten dargestellt, und diese enthalten auch die Energiekosten, die zum Betrieb notwendig sind. Die mittleren Lebensdauern sind deutlich länger als die 30 Jahre im VoFi – das entspricht der Realität, und ist auch der Grund für die geringen Sanierungsraten weit unter 2 % p. a. Selbst mit eher konservativen Annahmen zu Wärmepreis, Zinssatz und Lebensdauern (vgl. Annahmen in Abbildungstext), spart die Ausführung in Passivhausqualität trotz Mehr(investitions)kosten von 100 €/m² über den Lebenszyklus netto mehr als 50 €/m² ein, ist also nicht nur wirtschaftlich, sondern lässt zusätzlich Spielräume für die Partizipation von Investoren und Nutzern am Kostenvorteil (siehe auch die Beiträge zu den Warmmietenmodellen in diesem Band).

Die derzeitige Förderung der KfW für Effizienzhaus 40 / Passivhaus schafft einen zusätzlichen Kostenvorteil und macht die Passivhaus-Variante nochmals attraktiver (dritte Säule in Abbildung 7), wobei hier für die Förderung ausschließlich der Tilgungszuschuss der KfW berücksichtigt wurde, also weder Zinsvorteile noch eine evtl. darüber hinaus gehende Förderung seitens des Landes oder der Kommune. Im sozialen Wohnbau gibt es i. d. R. weitere Förderungen, so gewährt das Land Hessen für Passivhäuser einen zusätzlichen zinsfreien Kreditanteil von 150 €/m² mit bis zu 40 % Tilgungszuschuss (in Abbildung 7 noch nicht berücksichtigt).

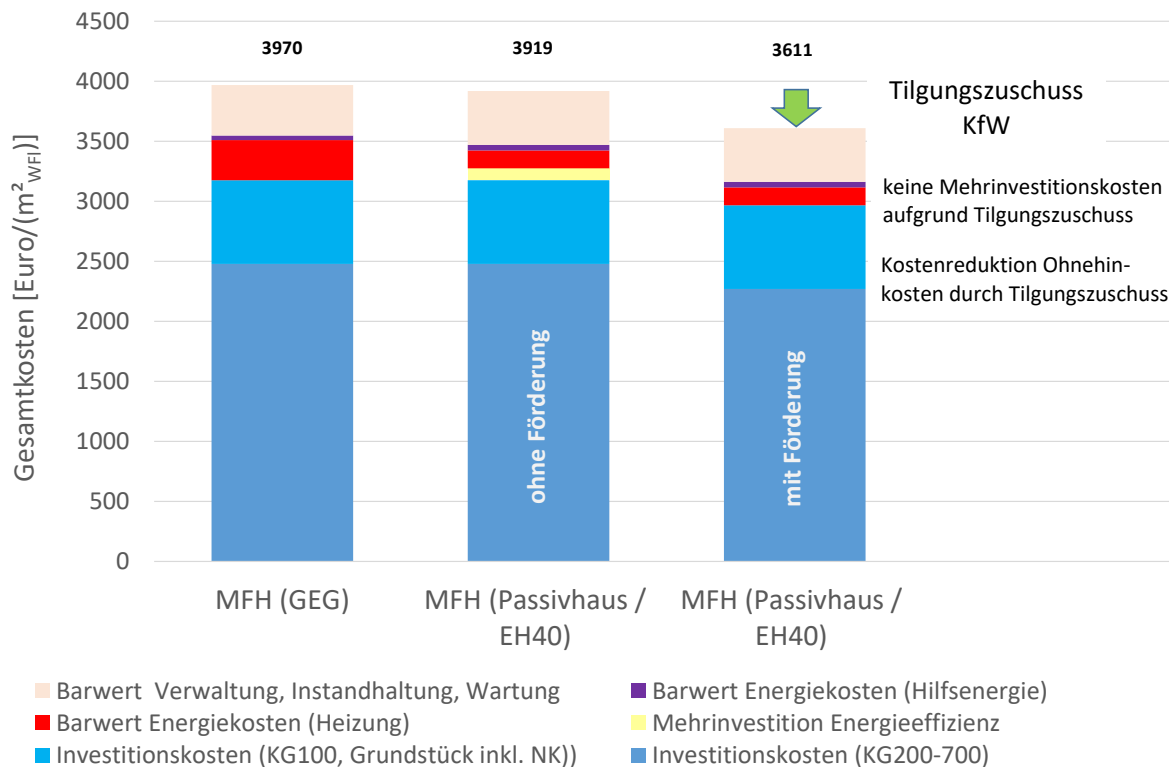


Abbildung 7: Lebenszykluskosten unter den Annahmen des Beispielgebäudes im Vergleich: nach gesetzlichem Standard (GEG), Passivhaus/Effizienzhaus 40 ohne und mit Förderung (hier nur Tilgungszuschuss). Die Passivhaus –Variante (Mitte) ist bereits ohne Förderung 51 €/m² Wohnfläche günstiger, mit der Förderung (hier nur Tilgungszuschuss) erhöht sich der objektbezogene Kostenvorteil auf 359 €/m². Annahmen: mittlere Lebensdauer 50 Jahre / mittlerer Wärmepreis über die Lebensdauer 10,5 Cent/kWh / nominaler Zinssatz 2,5 % p. a / Heizwärme-Einsparung durch Passivhausstandard 45 kWh/(m²a).

8 Literatur

- [AkkP 39] Arbeitskreis Protokollband 39: **Schrittweise Modernisierung mit Passivhauskomponenten**, Protokollband des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser Phase V; Passivhaus Institut; Darmstadt 2009.
- [AkkP 42] Arbeitskreis Protokollband 42: **Ökonomische Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen**, Protokollband des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser Phase V; Passivhaus Institut; Darmstadt 2013.
- [AkkP 50] Arbeitskreis Protokollband 50: **Kostengünstige Lüftungslösungen im Wohnungsbau - Systeme mit Wärmerückgewinnung**, Protokollband des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser Phase V; Passivhaus Institut; Darmstadt 2015.
- [BBSR 2017] Nutzungsdauern von Bauteilen für Lebenszyklusanalysen nach Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB), Stand: 24.02.2017, BBSR.

- [Component Award 2016] Component Award 2016: **Vorbildliche Lüftungskonzepte für Sanierungen**, Passivhaus Institut; Darmstadt 2016. https://passiv.de/de/08_award/01_component_award/01_component_award_2016.html
- [Component Award 2018] Component Award 2016: **Lösungen zur Wohnungslüftung im Neubau**, Passivhaus Institut; Darmstadt 2018. https://passiv.de/de/08_award/01_component_award/01_component_award_2018.html
- [EnEV] Energieeinsparverordnung: Verordnung über energie-sparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagen-technik bei Gebäuden, Bundesrechtsverordnung, vom 18. November 2013.
- [Feist 2018] Feist, W., Das Passivhaus für den leistbaren Wohnungsbau, Konferenzband, 22. Passivhaustagung 2018 in München, Passivhaus Institut Darmstadt 2018.
- [Feist et al. 2021] Feist, Grove-Smith, Krick, Schnieders, Der Weg zu einem klimaverträglichen Gebäudebestand, Konferenzband, 25. Passivhaustagung 2021 in Wuppertal, Passivhaus Institut Darmstadt 2021.
- [GEG] Gebäudeenergiegesetz: Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden, Gebäudeenergiegesetz vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728).
- [Großklos et. al 2018] M. Großklos; M.-C. Krapp; C. v Malottki; B. Stein: **Ansätze zur Reduktion der Nebenkosten im sozialen Wohnungsbau am Beispiel des Vorhabens „PassivhausSozialPlus“ in Darmstadt**, Untersuchung im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; Institut Wohnen und Umwelt; Darmstadt 2018.
<https://www.iwu.de/forschung/handlungslogiken/passivhaussozialplus/>
- [Kah et al. 2008] Kah, O., Feist, W., Pfluger, W., Schnieders, J., Kaufmann, B., Schulz, T., Bastian, Z.: „Bewertung energetischer Anforderungen im Lichte steigender Energiepreise für die EnEV und die KfW-Förderung“, Ein Projekt des Forschungsprogramms „Zukunft Bau“ des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Projekt-Nr. 10.8.17.7-06.13, Passivhaus Institut, Darmstadt 2008. (http://www.bbr.bund.de/cln_007/nn_22276/BBSR/DE/-Veroeffentlichungen/BBSROnline/2008/ON182008.html)
- [Mietwohnraumförderung] Richtlinie des Landes Hessen zur sozialen Mietwohnraumförderung, Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen, Wiesbaden 9.9.2020.
- [UBA 2020] Empfehlungen des Arbeitskreis Lüftung (AK Lüftung) am Umweltbundesamt, Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden – Wohngebäude, Umweltbundesamt 2020.

Dipl.-Ing. (FH) Marc Großklos

Institut Wohnen und Umwelt GmbH, Rheinstraße 65, 64295 Darmstadt

Ansätze zur Reduktion der Nebenkosten im PassivhausSozialPlus

1 Hintergrund

Die Mieten steigen in Deutschland in den letzten Jahren stetig an, was besonders einkommensschwache Haushalte vor Probleme stellt. Doch nicht nur die Nettomieten steigen, auch die Nebenkosten bilden mittlerweile eine „zweite Miete“, die das verfügbare Einkommen der Haushalte reduziert. Betroffen sind davon große Teile der Bevölkerung – Geringverdiener, Rentner, Alleinerziehende, Arbeitslose und Familien mit vielen Kindern. Abbildung 1 zeigt den Anteil der Ausgaben für Wohnen, Energie und Wohnungsinstandhaltung in Prozent des Haushaltsnettoeinkommens für unterschiedliche Bevölkerungsgruppen für die Jahre 2004, 2007 und 2017 [Stat. Bundesamt]. Besonders in der Gruppe der Arbeitslosen ist der Anteil der Ausgaben für das Wohnen in diesem Zeitraum von 35 % auf über 47 % gestiegen.

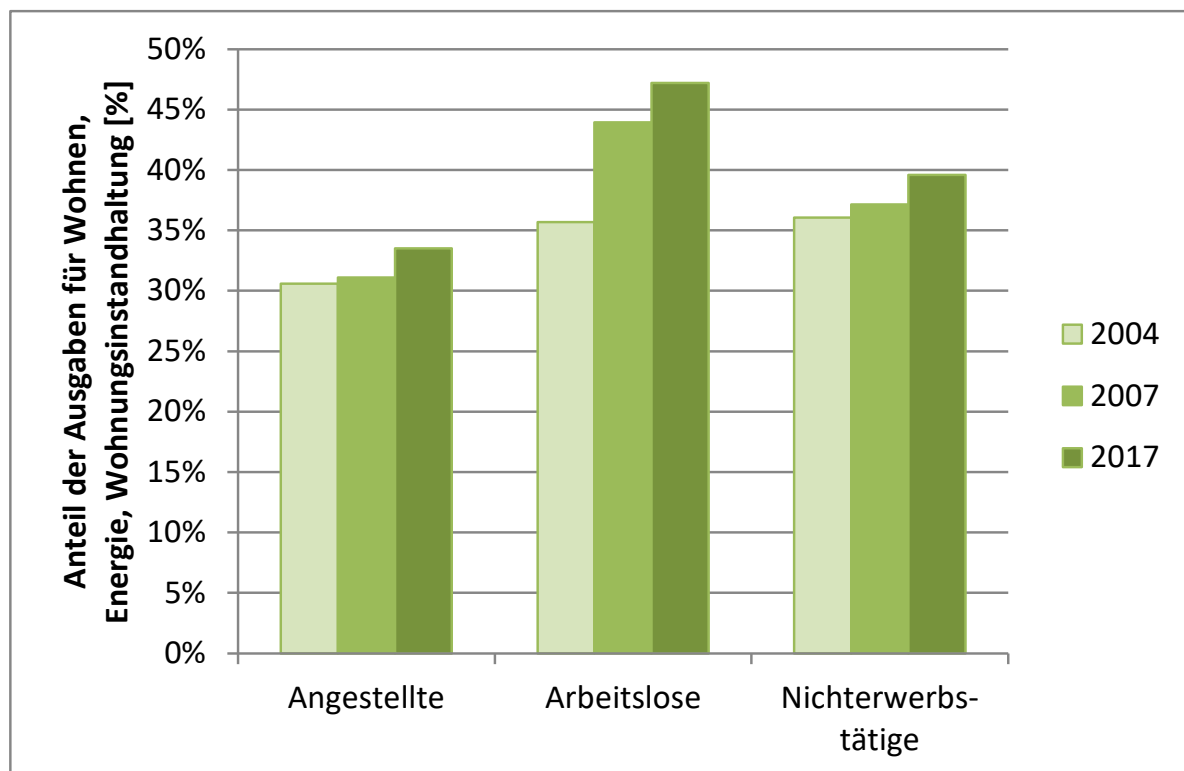


Abbildung 1: Anteil des Ausgaben für Wohnen, Energie und Wohnungsinstandhaltung vom Haushaltsnettoeinkommen für die Jahre 2004, 2007 und 2017 (eigene Darstellung, Datenquelle: [Stat. Bundesamt])

Die Reduktion der Nebenkosten ist somit eine wichtige Stellschraube, um einkommensschwache Haushalte zu entlasten. Diese Haushalte erhalten zum Teil staatliche Transferleistungen in Form von Kosten der Unterkunft (KdU) und Kosten der Heizung (KdH). Hier ist eine Minimierung der Nebenkosten auch im gesamtgesellschaftlichen Interesse, da diese Leistungen von den Kommunen und somit von der Allgemeinheit getragen werden.

Da Bevölkerungsgruppen mit niedrigem Einkommen zur Wohnungsversorgung auf Sozialwohnungen angewiesen sind – das monatlich für Konsumausgaben zur Verfügung stehende Haushaltseinkommen lag bei z. B. bei Arbeitslosen 2017 bei 1.221 €, bei Erwerbstätigen dagegen bei 2.893 € [Stat. Bundesamt] – ist es besonders im geförderten (sozialen) Wohnungsbau wichtig, auch niedrige Nebenkosten im Blick zu behalten.

Um speziell Menschen mit Zugangsschwierigkeiten zum Wohnungsmarkt mit kostengünstigem Wohnraum zu versorgen, hat die Neue Wohnraumhilfe GmbH in Darmstadt das Projekt „PassivhausSozialPlus“ initiiert und umgesetzt. Hier sollen im geförderten Wohnungsbau niedrige Mieten und geringe Nebenkosten mit sehr unterschiedlichem Wohnraumangebot kombiniert werden. Das PassivhausSozialPlus befindet sich auf einem ehemaligen Kasernengelände im Süden Darmstadts und besteht aus zwei Gebäuden, einem modernisierten Bestandsgebäude und einem barrierefreien Ersatzneubau. Die wesentlichen Kenndaten des Projekts sind Tabelle 1 zu entnehmen. Die Konzeptentwicklung und Projektsteuerung lag beim Büro faktor10, die Planung und Bauleitung beim Büro Dörfer Grohneier Architekten, beide aus Darmstadt. Seit Ende 2019 ist das PassivhausSozialPlus fertiggestellt und alle Wohnungen sind mittlerweile bezogen. Abbildung 2 zeigt das mit Passivhaus-Komponenten modernisierte Bestandsgebäude, Abbildung 3 den Neubau.

Tabelle 1: Kenndaten des PassivhausSozialPlus in Darmstadt

	Wohn-Einheiten	Wohnfläche	Personen-Belegung	energetischer Standard
Gebäudeteil Modernisierung	22	1.661 m ²	74	KfW EH 55 bzw. PH-Komponenten
Gebäudeteil Neubau	20	1.574 m ²	58	KfW-EH 40 Plus bzw. Passivhaus

An diesem Beispiel soll die Reduktion der Nebenkosten im Folgenden exemplarisch untersucht werden. Die Voruntersuchungen dazu (siehe [Großklos et. al 2018]) wurden im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz durchgeführt.



Abbildung 2: Westansicht des Bestandsgebäudes



Abbildung 3: Westansicht des Neubaus

2 Reduktionsmöglichkeiten bei ausgewählten Betriebskostenarten

Für die Abrechnung der Betriebskosten – im Wohnraummietrecht ist dies die korrekte Bezeichnung für Nebenkosten, die auf die Mieter umlegbar sind – sind in §§ 556 und 556a des Bürgerlichen Gesetzbuchs (BGB) die rechtlichen Grundlagen gelegt. In § 2 der Betriebskostenverordnung (BetrKV) sind 17 Arten von Betriebskosten aufgeführt, die auf die Mieter umgelegt werden können. Dazu muss eine entsprechende vertragliche Vereinbarung vorliegen, z. B. eine Festlegung im Mietvertrag.

Betriebskosten können unterschieden werden in:

- Verbrauchsabhängige Kosten, die vom Verhalten der Bewohner beeinflusst werden und meist nach Verbrauch abgerechnet werden.
- Haushaltsnahe Dienstleistungen wie z. B. Straßenreinigung oder Hauswart, die häufig extern vergeben werden.
- Fixe sonstige Nebenkosten, die nur in geringem Maß vom Verhalten abhängig sind (z. B. Wartung Aufzug/Lüftungsanlage, Grundsteuer, Versicherungen).

Zu allen Betriebskostenarten, die in einem Gebäude anfallen, sollte bei der Planung überlegt werden, wie diese minimiert werden können. Im Folgenden werden zuerst die

verbrauchsabhängigen Betriebskosten und die Ansätze zur Kostenreduktion beim PassivhausSozialPlus dargestellt, danach werden die Dienstleistungen und fixen Nebenkosten diskutiert. Zusätzlich stellt sich die Frage, wie die Abrechnungskosten beim Vermieter und ggf. auch Folgekosten aufgrund von Streitigkeiten zur Betriebskostenabrechnung verringert werden können. Ein Ansatz ist hier die pauschale Abrechnung von verbrauchsabhängigen Betriebskosten, wenn diese z. B. durch bauliche oder technische Anlagen in ihrer nutzerbedingten Schwankungsbreite begrenzt werden können. Ein anderer Ansatz ist die Berücksichtigung von Budgets in den Nebenkosten, innerhalb derer keine separate Abrechnung erfolgt.

2.1 Verbrauchsabhängige Betriebskosten

2.1.1 Heizung und Warmwasserbereitung

Der größte Einzelposten bei den Betriebskosten stellt laut Betriebskostenspiegel (siehe [Mieterbund 2018]) die Versorgung mit Wärme für Beheizung; Warmwasserbereitung sowie die Belüftung der Wohnungen dar. Werden der Heizwärmeverbrauch und der Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung minimiert, sinken auch die Wärmekosten.

Beim PassivhausSozialPlus wurde das Bestandsgebäude mit Passivhaus-Komponenten modernisiert, der Neubau im Passivhausstandard realisiert. Das Bestandsgebäude wird über die alte Verteilung und die Bestandsheizkörper beheizt, wobei die Vorlauftemperatur auf ca. 45 °C abgesenkt wurde, um ggf. mögliche Wärmeverluste bei Fensterlüftung zu reduzieren. Der Neubau verfügt über eine Zuluftheizung mit begrenzter Heizleistung. Für die Warmwasserbereitung besitzen die Wohnungen Frischwasserstationen, die das benötigte Warmwasser zum Zeitpunkt des Verbrauchs auf 45 °C erwärmen. Durch die damit verbundenen kurzen Leitungswege ist keine energieintensive Legionellenprophylaxe erforderlich und die Vorlauftemperaturen können auf ca. 55 °C abgesenkt werden. Die Wärme für die Versorgung des Gebäudes wird über einen Fernwärmeanschluss geliefert.

Der mittlere Heizwärmebedarf des Gesamtprojekts wird bei $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ liegen. Damit werden auch die Anforderungen in § 11 (1) Nr. 1a der Heizkostenverordnung (HeizKV) erfüllt, die eine Ausnahme von der verbrauchsabhängigen Abrechnung der Heizkosten erlaubt, wenn der Heizwärmebedarf $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ beträgt. Wenn die Heizkosten pauschal abgerechnet werden dürfen, erlaubt die HeizKV in § 11 (2) auch die Pauschalierung der Kosten für die Warmwasserbereitung. Vor diesem rechtlichen Hintergrund werden beim PassivhausSozialPlus die Wärmekosten nicht individuell abgerechnet, sondern sind pauschal in den Nebenkosten enthalten. Diese pauschale Abrechnung der Wärmekosten wird von einigen Wohnungsunternehmen bereits erfolgreich praktiziert (siehe z. B. [Großklos et. al 2013]).

Der Passivhausstandard wirkt dabei einer übermäßigen (absoluten) Streuung der Verbrauchswerte in den Wohnungen entgegen. Der Wärmebedarf für die Warmwasserbereitung wird durch Spararmaturen an den Zapfstellen verringert, weitere bauliche Vorkehrungen gibt es beim Warmwasser nicht. Allerdings wird das Trinkwasservolumen budgetiert (siehe Kapitel 2.1.2), sodass zumindest das Wasservolumen nicht unbegrenzt kostenfrei verbraucht werden kann.

Vergleicht man die Kosten für Heizung, Warmwasserbereitung und Lüftung mit Kenndaten aus der Grundsicherung für Darmstadt, so erkennt man in Abbildung 4, dass gegenüber den durchschnittlich 1,44 €/m²*Monat für diesen Posten im PassivhausSozialPlus die Kosten um 47 % reduziert werden können. Für die Beheizung fallen nur noch 0,20 €/m²*Monat an, für Warmwasser 0,36 €/m²*Monat und für die Lüftung 0,18 €/m²*Monat). Bei den Kosten für die Warmwasserbereitung ist zu berücksichtigen, dass die Belegungsdichte im PassivhausSozialPlus sehr hoch ist – pro Personen stehen dort nur 24,5 m² zur Verfügung, der Mittelwert in Mehrfamilienhäusern liegt in Deutschland bei 38,3 m²/Person. Dies wirkt sich auch auf die flächenbezogenen Verbrauchskosten aus.

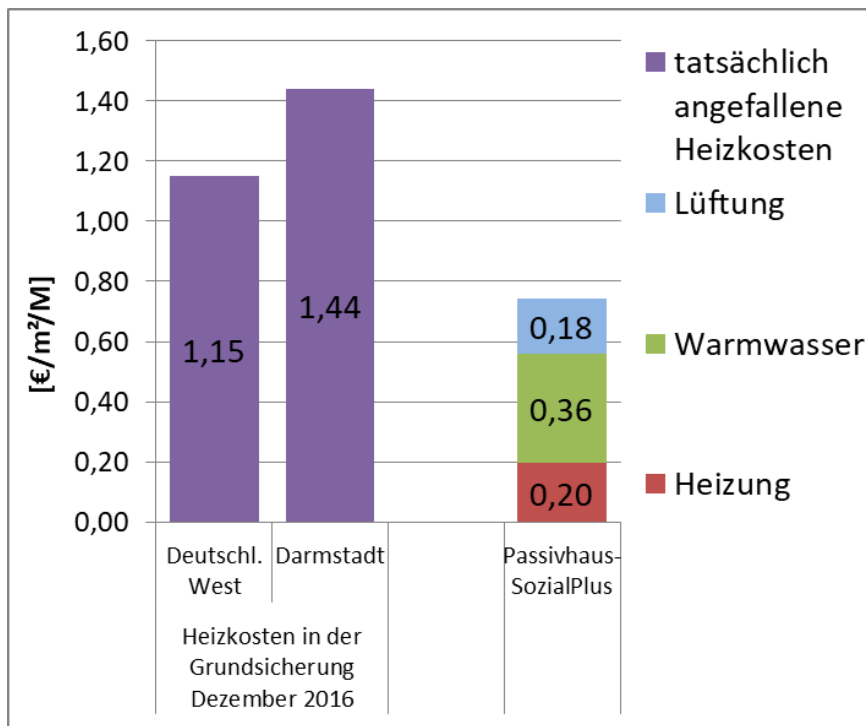


Abbildung 4: Vergleich der Kosten für Heizung, Warmwasserbereitung und Lüftung in der Grundsicherung für Deutschland, Darmstadt und das PassivhausSozialPlus

Bei den Kosten für die Lüftung sind es vor allem die Kosten für den regelmäßigen Filterwechsel zweimal im Jahr. Die Kosten für Lüftung könnten gesenkt werden, wenn die Lüftungsanlage im Sommer nicht in Betrieb ist und nur einmal vor Beginn der Heizperiode die Filter gewechselt würden.

2.1.2 Trinkwasser

Neben den bereits erwähnten Spararmaturen an allen Zapfstellen zur Reduktion des Trinkwasserverbrauchs wurde beim PassivhausSozialPlus zusätzlich der Trinkwasserverbrauch für die Toilettenspülung reduziert. Dazu wird Grauwasser, d. h. gering belastetes Abwasser aus Handwaschbecken und Dusche getrennt gesammelt und in einer zentralen Aufbereitungsanlage im Keller des Bestandsgebäudes biologisch gereinigt. Dieses Betriebswasser wird dann für die Toilettenspülung verwendet. Abbildung 5 zeigt die Grauwasseranlage, die aus einem Aufbereitungstank (rechts im Bild) und einem Vorratstank für aufbereitetes Wasser (links im Bild) sowie einer Druckerhöhungsanlagen (Bildmitte) besteht. Reicht die Betriebswassermenge nicht für die Toilettenspülung aus, so wird Trinkwasser in den Vorratstank nachgespeist.



Abbildung 5: Ansicht der Grauwasseranlage für die Aufbereitung von gering belastetem Abwasser für die Toilettenspülung

Durch die Grauwassernutzung sinkt der Trinkwasserbedarf pro Person von 39 m³/a auf ca. 27,6 m³/a (Reduktion um 29 %) (siehe Abbildung 6 links), die Kosten für Trinkwasser und Entwässerung sinken um 24 % (Abbildung 6 rechts).

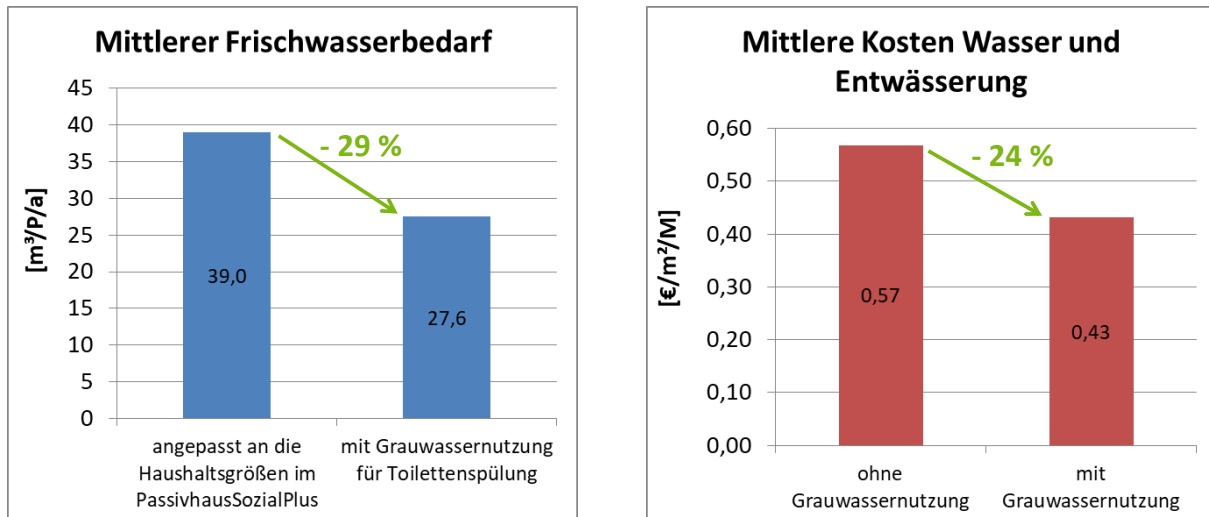


Abbildung 6: Verminderung des Frischwasserbedarfs durch die Grauwassernutzung und Einfluss auf die Kosten für Wasser und Entwässerung

Für den verbleibenden Trinkwasserbedarf der Bewohner wurden abhängig von der Haushaltsgröße jährliche Budgets festgelegt, die für einen sparsamen Haushalt auskömmlich sind und die in den Nebenkosten enthalten sind. Bleibt der Haushalt innerhalb des Budgets, so entstehen keinen zusätzlichen Kosten. Wird das Budget überschritten, so muss zusätzliches Kontingent hinzugekauft werden. Durch die Definition von Budgets soll auch zu sparsamem Verhalten angeregt werden (siehe auch folgendes Kapitel zum Haushaltsstrom).

2.1.3 Haushaltsstrom

Haushaltsstrom wird nicht als umlagefähige Betriebskostenart in der BetrKV genannt. Hier bestehen in der Regel individuelle Verträge zwischen Mieter und Energieversorgungsunternehmen. Dennoch spielen die Kosten für Haushaltsstrom eine wichtige Rolle bei den Kosten des Wohnens, besonders bei Mietern mit geringem Einkommen. Für Haushaltsstrom ist im Regelsatz der Grundsicherung (Hartz IV) ein Betrag von 38,32 € pro Monat für Strom vorgesehen (Stand 2020). Liegt der Verbrauch darüber, so müssen die Kosten aus dem Regelsatz und somit aus anderen Konsumbereichen getragen werden. Insbesondere für Kunden im Grundversorgertarif reicht der Satz kaum aus, um die anfallenden Kosten zu decken. Aus diesem Grund ist es wichtig, besonders bei Mietern mit niedrigem Einkommen, sowohl technisch/baulich eine Reduktion des Stromverbrauchs als auch eine Verminderung der Energiekosten zu erreichen.

Beim PassivhausSozialPlus sind aus diesem Grund in allen Zimmern energiesparende LED-Lampen vorinstalliert. Zusätzlich werden alle Wohnungen mit Küchen vom Vermieter ausgestattet, die Elektrogeräte der höchsten Energieeffizienzklassen (A++/+++)¹ enthalten (Abbildung 7). Dadurch kann der Stromverbrauch in der Regel deutlich reduziert werden.



Abbildung 7: Einbauküchen mit energieeffizienten Geräten in Bestand (links) und Neubau (rechts)

Neben diesen Ansätzen zur Reduktion des Verbrauchs werden parallel auch die Kosten für die verbrauchten Kilowattstunden reduziert. Dazu besitzen sowohl das modernisierte Bestandsgebäude als auch der Neubau Photovoltaikanlagen mit je ca. 40 kW_{Peak}-Leistung und Batteriespeichern zur Nutzung von Sonnenstrom in den Abendstunden. Insgesamt sind 60 kWh Nutzspeicherkapazität installiert.

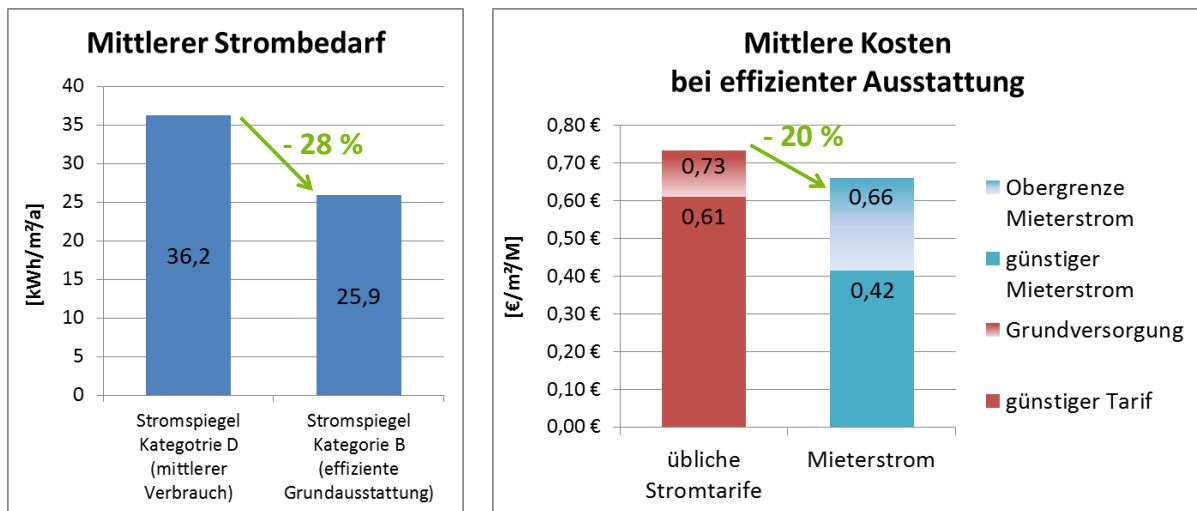


Abbildung 8: Vergleich mittlerer Stromverbrauch nach Stromspeigel und erwartete Einsparung durch energieeffiziente Ausstattung (links) sowie Einfluss auf die Stromkosten bei unterschiedlichen Mieterstromtarifen (rechts)

Durch die energieeffiziente Grundausstattung der Wohnungen wird eine Reduktion des Stromverbrauchs von Kategorie D des Stromspeigels Deutschland (mittlerer Verbrauch) in Kategorie B (niedriger Verbrauch) erwartet, was einer Einsparung von 28 % entspricht (Abbildung 8 links). Der Verbrauch von 25,9 kWh/(m²a) liegt aufgrund der hohen Belegungsdichte der Wohnungen deutlich über den ca. 18 kWh/(m²a), die mit ähnlichen Effizienzansätzen im frei vermieteten Wohnungsbau gemessen wurden (siehe [Großklos et. al 2016]).

Betrachtet man die Stromkosten, so hängen diese sehr stark vom Stromtarif ab, der dem Mieter angeboten wird. In Abbildung 8 rechts ergibt sich eine Spanne zwischen 0,42 €/ (m²*Monat) und 0,66 €/ (m²*Monat). Im PassivhausSozialPlus wurde ein Mieterstromangebot entwickelt, bei dem der Betrieb der PV-Anlagen und die Belieferung an die Mieter über eine Energiegenossenschaft erfolgt, da die Neue Wohnraumhilfe als gemeinnützige GmbH keine Einnahmen aus dem Stromverkauf erzielen darf. Solche Restriktionen und Auflagen für die Belieferung von eigenen Mietern betreffen eine große Zahl von Vermietern, sodass bei der Umsetzung von Mieterstrom in der Regel eine Kooperation mit einem Energiedienstleister zu empfehlen ist (siehe [Behr, Großklos 2017]).

Auch für den Haushaltsstrom ist je nach Haushaltsgröße ein differenziertes Budget in der Nebenkostenpauschale enthalten, das sich an der Kategorie B des Stromspeigels orientiert. Die Messergebnisse im Mehrfamilienhaus Cordierstraße in Frankfurt, in dem ebenfalls ein Budget für Haushaltsstrom in der Nebenkostenpauschale enthalten war, zeigen, dass dort im Mittel das Budget von den Mietern nur geringfügig überschritten

wurde. Das deutet darauf hin, dass Budgets tatsächlich einen Anreiz für sparsames Verhalten liefern können (siehe [Großklos et. al 2016]). Voraussetzung ist die zeitnahe Rückmeldung des tatsächlichen Verbrauchs und wie weit das Budget ausgeschöpft ist. Eine solche Budgeterfassung und Rückmeldung über ein Display in der Wohnung wurde beim PassivhausSozialPlus umgesetzt. Weitere Details zur den Budgets für Wasser und Strom sind im Beitrag von Folkmer Rasch [Rasch 2020] in diesem Protokollband dokumentiert.

2.2 Haushaltsnahe Dienstleistungen und fixe Betriebskosten

Auch bei nicht verbrauchsabhängigen Betriebskostenarten sind Einsparungen möglich. Zu den haushaltsnahen Dienstleistungen nach BetrKV gehören z. B. Straßen- und Gebäudereinigung, Schneeräumung oder Gartenarbeiten. Diese werden in der Regel an Firmen vergeben und die Kosten auf die Mieter umgelegt. Beim PassivhausSozialPlus werden – dort wo dies möglich ist – geringfügig Beschäftigte mit diesen Arbeiten betraut. Sie sind idealerweise Bewohner der Gebäude.

Die Müllgebühren sind nur durch die Bestellung der Containervolumina beeinflussbar. Die Neue Wohnraumhilfe hat bereits bei anderen Gebäuden gute Erfahrungen mit der Nachsortierung des Mülls gesammelt. Dadurch können die kostenpflichtige Müllmenge und damit auch die Müllentsorgungskosten reduziert werden. Aus diesem Grund wird es im PassivhausSozialPlus auch ein Mülltrennungskonzept mit Nachsortierung geben.

Der Filterwechsel in den wohnungsweisen Lüftungsanlagen und die Umschaltung von Winter- auf Sommerbetrieb wird von den Hausmeistern der Neuen Wohnraumhilfe durchgeführt. Diese werden hierzu geschult und haben bei dieser Basiswartung gleichzeitig die Möglichkeit, weitere Probleme in den Wohnungen zu beheben.

Die Beleuchtung der Treppenhäuser, Kellerflure und die Außenbeleuchtung sind bei den Gebäuden in energieeffizienter LED-Technik ausgeführt, teilweise unter Verwendung von Bewegungsmeldern. Zusammen mit dem Aufzug im Neubau, der aufgrund seines besonders geringen Standby-Stromverbrauches ausgewählt wurde, können so die Kosten für den Allgemeinstrom minimiert werden.

Alle Bewohner haben Zugriff auf eine Gemeinschafts-Antennenanlage, die insgesamt vier Satelliten mit unterschiedlichsten Sprachen bietet, sodass teure Kabelanschlüsse vermieden werden. Zusätzlich soll die Nebenkostenpauschale auch eine Grund-Versorgung mit Internet über WLAN enthalten, wenn die rechtlichen Hindernisse (kein „Weiterverkauf“ von Internetangeboten durch die Provider erlaubt) gelöst werden. Hier ist die Bandbreite begrenzt, das Angebot reicht jedoch eine normale Kommunikation per Mail oder Messengerdiensten aus.

3 Überblick über alle Nebenkostenarten

Bei PassivhausSozialPlus werden alle Betriebskosten, außer dem Verbrauch für Trinkwasser und Haushaltsstrom, pauschal abgerechnet. Bei letzteren ist jedoch der Verbrauch eines sparsamen Haushalts in der Pauschale berücksichtigt. Somit stehen die Wohnkosten für die Mieter weitgehend fest und es drohen kaum Nachzahlungen, die die wirtschaftlichen Möglichkeiten der Mieter überschreiten. Um die Kosten für die Abrechnung für den Vermieter zu reduzieren, werden beide Gebäude zu einer gemeinsamen Abrechnungseinheit zusammengefasst.

Abbildung 9 zeigt einen Vergleich aller im PassivhausSozialPlus anfallenden Nebenkostenarten mit dem Betriebskostenspiegel 2015. Die Grundsteuer gehört zu den fixen Betriebskosten und kann auf die Mieter umgelegt werden. Sie wird von der Kommune nach dem Einheitswert berechnet, zukünftig soll sie nach dem Wert der Immobilien bemessen werden. Die Grundsteuer liegt in Darmstadt vergleichsweise hoch, sodass ihr Anteil an den Betriebskosten mit 0,32 €/m²*Monat über dem Durchschnitt in Deutschland liegt. Bei Wasser inklusive Abwasser und Müllbeseitigung liegen die Kosten entweder höher oder auf gleichem Niveau wie im Betriebskostenspiegel. Der Grund ist vor allem in der hohen Personenbelegung bei den Gebäuden zu suchen. Ohne die Effizienzmaßnahmen wie Grauwassernutzung und Müll-Nachsortierung wären diese Positionen noch höher ausgefallen. Bei Heizung, Lüftung und Warmwasser konnten die Kosten um 30 % reduziert werden, aber auch hier ist der Einfluss des höheren Warmwasserverbrauchs durch die hohe Anzahl an Bewohnern zu berücksichtigen. Die meisten anderen Nebenkostenarten konnten durch die genannten Maßnahmen reduziert werden.

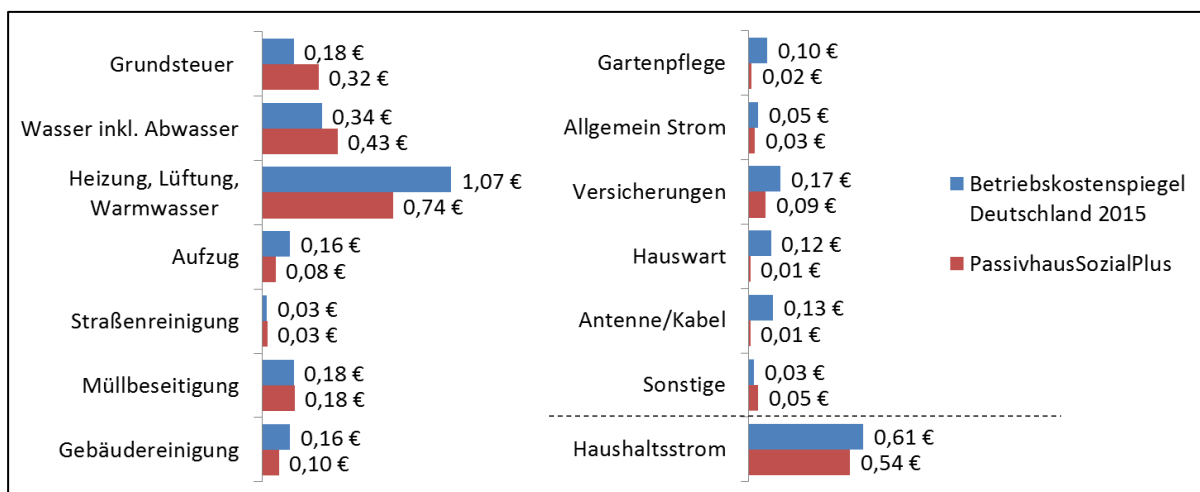


Abbildung 9: Vergleich der Nebenkosten nach Betriebskostenspiegel 2015 und beim PassivhausSozialPlus (Stand Ende 2017)

Summiert man die oben genannten Betriebskosten auf und berücksichtigt außerdem den Haushaltsstrom, so ergeben sich je nach Mieterstromtarif Nebenkosten von 2,09 €/m²*Monat). Aufgrund der spezifischen Kostensituation in Darmstadt und der Personenbelegungsdichte, die mit dem frei finanzierten Mieterwohnungsbau nicht zu vergleichen ist, können bundesweite Vergleichswerte nicht sinnvoll verwendet werden. Die Auswertung der Kosten der Grundsicherung in Darmstadt 2016 besitzt vergleichbare Randbedingungen und ist in Abbildung 10 den Kosten des PassivhausSozialPlus gegenübergestellt. Die Betriebskosten liegen in diesem Segment bei 3,58 €/m²*Monat), so dass sich beim PassivhausSozialPlus eine Einsparung von 41 % ergibt, zusätzlich wäre eine Grundversorgung mit Internet bereits enthalten.

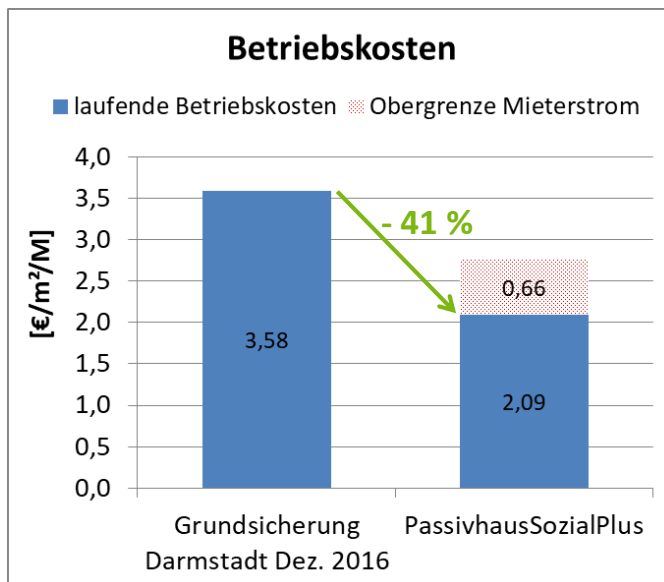


Abbildung 10: Einordnung der Betriebskosten PassivhausSozialPlus (Stand Ende 2017) mit den Kosten in der Grundsicherung in Darmstadt (Stand Ende 2016)

Die bisherigen Auswertungen zeigten den Stand der Kosten Ende 2017. Bei der Realisierung zeigte sich, dass insbesondere der Haushaltsstrom nicht ganz so günstig bezogen werden kann, wie ursprünglich geplant. Die Nebenkostenpauschale der Wohnungen liegt dadurch im Mittel bei 2,54 €/m²*Monat). Hierin ist dann bereits das Budget für Wasser und Haushaltsstrom enthalten. Rechnet man den mittleren Anteil für Haushaltsstrom je Wohnung heraus, so liegen die Nebenkosten mit 2,19 €/m²*Monat) nur moderat über dem geplanten Wert von 2,09 €/m²*Monat).

4 Schlussfolgerungen

Bei PassivhausSozialPlus wurden durch konsequente Analyse der verschiedenen Betriebskostenarten und bauliche sowie technische Ausstattung die verbrauchsabhängigen Nebenkostenarten gesenkt. Weitere Einsparpotenziale wären durch einen noch stärkeren Einsatz erneuerbarer Energien möglich, da diese nur sehr geringe laufende Betriebskosten verursachen. Im konkreten Projekt waren jedoch die (Flächen-)Potenziale hierzu begrenzt. Die Auswertungen haben aber auch gezeigt, dass die Höhe der Betriebskosten aufgrund kommunaler Steuern und Gebühren vom Standort des Gebäudes abhängig sind. Mit der Grundsteuerreform besteht die Möglichkeit, dass der geförderte Wohnungsbau bei der Grundsteuer ab 2025 um 25 % entlastet wird, vorausgesetzt, die Steuer steigt durch einen höheren Grundbesitzwert nicht deutlich an.

Bei dem Vergleich von spezifischen Kennwerten des PassivhausSozialPlus mit statistischen Daten muss berücksichtigt werden, dass durch die dichte Belegung der Wohnungen im geförderten Wohnungsbau Suffizienzeffekte nicht immer erkennbar sind.

Bei Haushaltsstrom, der keine Betriebskostenposition nach BetrKV ist, aber bei Menschen, die Leistung der sozialen Grundsicherung beziehen, aus dem Regelsatz beglichen werden muss, sind dringend Vereinfachungen erforderlich, um solar erzeugten kostengünstigen Strom auch tatsächlich an die Mieter liefern zu können. Hier ist der Gesetzgeber beim Mieterstrom gefordert.

Zusammenfassend zeigt das PassivhausSozialPlus, dass deutliche Verringerungen bei den Nebenkosten auch im geförderten Wohnungsbau erreicht werden können. Dies entlastet die Mieter und auch die kommunalen Haushalte.

5 Literatur

- [Behr, Großklos 2017] I. Behr; M. Großklos [Hrsg.]: Praxishandbuch Mieterstrom; Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden 2017
- [Großklos et. al 2013] M. Großklos; M. Schaede; U. Hacke: Wissenschaftliche Begleitung der Sanierung Rotlintstraße 116 – 128 in Frankfurt a. M: Ergebnisse der messtechnischen Erfolgskontrolle; Endbericht; Institut Wohnen und Umwelt; Darmstadt 2013
- [Großklos et. al 2016] M. Großklos; M. Schaede; E. Hinz: Mehrfamilienhaus mit Energiegewinn Cordierstraße 4, Frankfurt am Main: Endbericht der Messphase 2014 – 2016; Endbericht; Institut Wohnen und Umwelt; Darmstadt 2016
- [Großklos et. al 2018] M. Großklos; M.-C. Krapp; C. v Malottki; B. Stein: Ansätze zur Reduktion der Nebenkosten im sozialen Wohnungsbau am Beispiel des Vorhabens „PassivhausSozialPlus“ in Darmstadt, Untersuchung im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; Institut Wohnen und Umwelt; Darmstadt 2018. <https://www.iwu.de/forschung/handlungslogiken/passivhaussozialplus/>
- [Mieterbund 2018] Deutscher Mieterbund: Neuer Betriebskostenspiegel für Deutschland 2015. <https://www.mieterbund.de/service/betriebskostenspiegel.html>
- [Rasch 2020] F. Rasch: “Warmmietenmodell Darmstadt“ und “PassivhausSozialPlus“; Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Nr. 55; Passivhaus Institut, 2020 in diesem Band
- [Stat. Bundesamt] Statistisches Bundesamt, Fachserie 15/1 Wirtschaftsrechnung – Einnahmen und Ausgabe privater Haushalte, Ausgaben für die Jahre 2004, 2007, 2017; Wiesbaden

Christian Kuhlmann, M.Eng.
LandesEnergieAgentur GmbH (i.G.), Mainzer Straße 118, 65189 Wiesbaden

Fördermöglichkeiten für den energieeffizienten Wohnungsbau

1 Vorstellung der Landes-Energie-Agentur (LEA)

Die ursprünglich als Abteilung der Hessen Agentur GmbH gegründete LEA bündelt viele bereits bekannte Angebote des Landes Hessen unter einem Dach sowie auch einige neue Bereiche.



Abbildung 1: (Folie: Vorstellung der LEA)

Die LEA-Fördermittelberatung

Die LEA-Fördermittelberatung unterstützt Experten und Laien von der Bedarfsermittlung über die Antragstellung bis zum Fördermittelabruf und darüber hinaus.

- Individuelle Beratung für Ihr Vorhaben
- Impulsberatung zur Auswahl der Maßnahmen
- Konkrete Handlungsempfehlung
- Begleitung der Realisierung
- [LEA-Förderauskunft \(Online-Datenbank\)](#)



2 Fördermöglichkeiten

2.1 Das Konzept

Bei geplanten Sanierungsvorhaben ist planvolles Vorgehen besonders wichtig, um spätere Mehrkosten bei der Ausführung oder dem Betrieb so gering wie möglich zu halten. Sowohl das Land Hessen als auch der Bund unterstützen mit Förderprogrammen die Kozeptionierung einzelner Bauvorhaben und Sanierungen, aber auch quartiersbezogene Lösungen für ganze Gebiete.

für Bestand und Neubau¹

- BAFA Energieberatung [kommunale Nichtwohngebäude](#) (80 %)
- BAFA Energieberatung [Wohngebäude](#) (60 %)

für Bestand¹

- Quartierskonzept und Sanierungsmanager (65 % + 20 bzw. 30 % Aufstockung durch das Land Hessen [HEG-Richtlinie](#)) [KfW 432](#)
- Land: Energiekonzepte/Modernisierungsfahrpläne (50 – 75 %) [HEG-Richtlinie](#)

2.2 Energieeffizienz im Mietwohnungsbau

Im Rahmen des Programms „Energieeffizienz im Mietwohnungsbau“ wird die Förderung in Form von Zins- oder Tilgungszuschüssen auf Darlehen der KfW gewährt. Die Landesmittel stehen zur Verbilligung von Krediten für Investitionsvorhaben nach den Programmen „Energieeffizient sanieren – Kredit“ und „Energieeffizient bauen“ der KfW zur Verfügung.

[Zinsverbilligung der WI-Bank](#) (bis zu 0,97 %) auf die KfW-Programme¹:

- [Energieeffizient Sanieren – Kredit 151](#) (bis zu 40 % seit dem 24.01.2020)
- [Energieeffizient Bauen – Kredit 153](#) (bis zu 25 % seit dem 24.01.2020)

2.3 Modernisierung zum Passivhaus im Bestand

Im Rahmen der der Förderung von innovativen Energietechnologien nach Teil II Nr. 3 in Verbindung mit Teil III A Nr. 5 der Richtlinie zur energetischen Förderung im Rahmen des Hessischen Energiegesetzes werden Investitionsvorhaben zur nachhaltigen Verringerung von CO₂-Emissionen und zur Reduzierung des Primärenergieeinsatzes in Form von energetischen Modernisierungsmaßnahmen in Gebäuden gefördert. Der jährliche Heizwärmebedarf des modernisierten Gebäudes darf maximal 25 kWh pro Quadratmeter und Jahr betragen. Bei der Modernisierung sollen passivhaustaugliche Komponenten, Bautechniken und Verfahren zum Einsatz kommen.

Vor Antragstellung ist dem HMWEVW eine Projektskizze vorzulegen. Erst nach positiver Rückmeldung darf ein Antrag bei der WI Bank des Landes Hessen gestellt werden. Die zuwendungsfähigen Ausgaben müssen mindestens 12.500 € betragen. Die Höhe der Förderung bemisst sich nach den in drei Bereiche aufgeteilten zuwendungsfähigen Ausgaben. Diese werden mit Hilfe eines Exceldokumentes ermittelt.

¹ DISCLAIMER: **Bitte beachten Sie:** Förderprogramme ändern sich laufend! Aktuelle Förderinformationen können Sie unter den aufgeführten Internetlinks ermitteln oder durch Anfrage bei foerdermittelberatung@lea-hessen.de

Modernisierung zum Passivhaus im Bestand^{1, 2}:

- A) Bauliche Maßnahmen: 50 % der Mehrkosten (gemäß Kostenpauschale)
- B) TGA (z. B. Lüftung + WRG): 50 % der investiven Ausgaben
- C) Sonstige Maßnahmen (Planung, WMZ, Luftdichtheits-tests): 50 % der investiven Ausgaben (max. 10 % der zuwendungsfähigen Ausgaben)

²Ergänzung des Herausgebers: Eine Kumulierung mit Investitionsförderungen aus Förderprogrammen des Bundes oder der Europäischen Union ist möglich, wenn die Summe der insgesamt möglichen Investitionsförderung 90 Prozent der Summe der zuwendungsfähigen Ausgaben nach diesem Förderprogramm nicht übersteigt.

Arch. Dipl.-Ing. Martin Ploß – Energieinstitut Vorarlberg, Stadtstrasse 33,
6850 Dornbirn

Modellvorhaben zum kostengünstigen Wohnbau

Leistbarkeit und Wirtschaftlichkeit energieeffizienter Gebäudestandards im gemeinnützigen Wohnbau Vorarlbergs

1 Ausgangslage, Problemstellung und Projektziele

1.1 Problemstellung

Auf der Grundlage positiver Erfahrungen in Modellvorhaben wurden die Anforderungen an die energetische Qualität von Wohngebäuden in den letzten 25 Jahren österreichweit kontinuierlich erhöht. Dies lässt sich sowohl an den Grenzwerten der nationalen Mindestanforderungen (OIB Richtlinie 6), als auch an denen der Wohnbauförderungen ablesen. In einzelnen Bundesländern wurden für ausgewählte Marktsegmente europaweit vorbildliche Effizienzstandards verbindlich eingeführt, so etwa der Passivhausstandard im gemeinnützigen Wohnbau Vorarlbergs im Jahr 2008. Seit einigen Jahren ist der Trend zu strengeren Anforderungen jedoch gebremst, zum Teil sogar gestoppt: vor dem Hintergrund stark steigender Bau- und Mietkosten entwickeln sich die Mehrkosten von Effizienzmaßnahmen zum Hauptkritikpunkt am energieeffizienten Bauen. Im Diskurs um die Leistbarkeit des Wohnens wird die Energieeffizienz häufig als Haupt-Kostentreiber genannt. In der Folge wurden in einzelnen Bundesländern Anforderungen an die energetische Gebäudequalität abgemildert, so müssen etwa die gemeinnützigen Bauvereinigungen in Vorarlberg Neubauten seit 2014 nicht mehr im Passivhausstandard realisieren. Vorgabe ist seitdem ein Energieniveau, das weniger ambitionierte Zielwerte vorgibt, jedoch nach wie vor deutlich strenger ist, als die Anforderungen der Wohnbauförderung für den privaten Wohnbau.

Zweiter Hauptkritikpunkt in der Diskussion über die Sinnhaftigkeit energieeffizienten Bauens ist der tatsächliche Energieverbrauch von Gebäuden. Während zahlreiche wissenschaftliche Studien belegen, dass der reale Verbrauch hocheffizienter Gebäude bei guter Planung sowie bei Projektierung mit evaluierten Rechenmethoden unter Verwendung realistischer Randbedingungen sehr genau vorausberechnet werden kann [Schnieders 2001], [Treberspurg 2009] [Peper 2015], kommen andere Studien zu dem Ergebnis, dass die im österreichischen (bzw. deutschen) Energieausweis vorausberechneten Energiebedarfswerte im realen Betrieb hocheffizienter Gebäude oft überschritten werden während der tatsächliche Verbrauch älterer, energetisch schlechter

Gebäude im Energieausweis tendenziell überschätzt wird [Bauer 2013], [Sunnika-Blank].

1.2 Problemstellung

Erstes Kernproblem bei der Markteinführung hocheffizienter Gebäude ist, dass die Diskussion um Mehrkosten und energetische Performance mangels nachvollziehbarer Daten zumeist sehr emotional geführt wird. Während zum Thema der energetischen Performance Ergebnisse aus Forschungsprojekten vorliegen, sind in Österreich keine neutral aufbereiteten, regional differenzierten Baukostendaten verfügbar, wie sie etwa vom BKI für Deutschland aufbereitet werden. Da Kostenaspekte in Forschungsprojekten zu hocheffizienten Gebäuden nur selten detailliert aufbereitet wurden, sind Angaben zu den Mehrkosten von Energieeffizienzmaßnahmen rar und umstritten.

Zweites Kernproblem ist, dass der Diskurs über die Sinnhaftigkeit energieeffizienter Bauweisen fast ausschließlich über Investitions-Mehrkosten und nur selten über die Wirtschaftlichkeit im Lebenszyklus der Gebäude geführt wird.

Drittes Kernproblem ist, dass die energetisch-wirtschaftliche Optimierung von Wohngebäuden noch nicht in den Planungsprozess integriert ist. Optimiert wird fast ausschließlich im Hinblick auf die Investitions-, nicht auf die Lebenszykluskosten. Diese Tendenz wird durch meist starre, nicht nach der energetischen Gebäudequalität differenzierte Kostengrenzen in Förderprogrammen verstärkt. Untersuchungen zum Thema der Wirtschaftlichkeit im Lebenszyklus wurden bislang fast ausschließlich als theoretische Studien, d. h. ohne bauliche Umsetzung durchgeführt.

1.3 Projektziele

Das Ende 2012 gestartete Forschungsprojekt KliNaWo („klimagerechter und nachhaltiger Wohnbau“) begann auf dem Höhepunkt der österreichweiten Diskussion um Kosten und Wirtschaftlichkeit sowie realen Energieverbrauch energieeffizienter Gebäude. Hauptziel des Projekts ist die Versachlichung dieser Diskussion auf der Grundlage belastbarer Fakten zu Kosten, Wirtschaftlichkeit und Verbrauch.

Im Einzelnen werden die folgenden Ziele verfolgt:

- Errichtung eines energieeffizienten und wirtschaftlichen, für den Vorarlberger Neubau repräsentativen Mehrfamilienhauses mit knapp 20 Wohneinheiten
- Nachvollziehbare Aufbereitung der Bauwerks- und Errichtungskosten von Ausführungsvarianten in unterschiedlichen Energieniveaus sowie in verschiedenen Konstruktionsarten und mit unterschiedlichen Haustechnikkonzepten

- Quantifizierung des Einflusses der Energieeffizienz auf Bauwerks-, Errichtungs-, Wartungs-, Energie- und Lebenszykluskosten
- Auswahl der zu realisierenden Variante auf Grundlage der Lebenszykluskosten
- Erarbeitung einer Vorgehensweise zur energetisch-wirtschaftlichen Optimierung von Gebäuden auf der Grundlage der Lebenszykluskosten
- Monitoring des realen Energieverbrauchs und der wichtigsten Behaglichkeitsfaktoren

2 Beteiligte, Förderung und Vorgehensweise

2.1 Projektziele und Förderung

Um die Akzeptanz der Projektergebnisse zu erhöhen, wurde das Modellvorhaben KliNaWo bewusst mit Partnern durchgeführt, die dem Thema kritisch gegenüberstanden.

Bauherr ist die gemeinnützige Wohnbauvereinigung VOGEWOSI, die schon früh Projekte im Passivhausniveau realisierte und Sanierungen mit Passivhaus-Komponenten durchführte, deren Wirtschaftlichkeit und realen Energieverbrauch jedoch kritisch einschätzte. Mitinitiator des Projekts ist die Arbeiterkammer Vorarlberg, die Kosten und Wirtschaftlichkeit hocheffizienter Gebäude ebenfalls kritisch hinterfragte.

Die Definition des Modellvorhabens sowie die Leitung der wissenschaftlichen Begleitforschung lag beim Energieinstitut Vorarlberg, als Wissenschaftspartner war die Universität Innsbruck eingebunden, die Planung erfolgte durch ein Team aus Vorarlberger Planungsbüros. Das Modellvorhaben wurde als Projekt des Comet-Zentrums ALPS in Innsbruck durchgeführt. COMET Projekte werden durch die österreichischen Bundesministerien BMVIT und BMWFW sowie durch das Land Vorarlberg gefördert und durch die FFG abgewickelt.

2.2 Vorgehensweise

Für das Modellvorhaben konnte auf Erfahrungen aus einem Vorgängerprojekt zurückgegriffen werden, in dem eine Vorgehensweise zur energetisch-wirtschaftlichen Optimierung nach den Lebenszykluskosten entwickelt und an einem realen Bauprojekt erfolgreich eingesetzt wurde [Ploss 2001]. In diesem Projekt wurden für einen zunächst energetisch-wirtschaftlich optimierten Gebäudeentwurf zahlreiche Ausführungsvarianten im Detail geplant und ausgeschrieben, die sich bezüglich ihres Energieniveaus, der Konstruktionsart und des Haustechnikkonzepts unterschieden.

Die Auswahl der zu realisierenden Variante erfolgte auf der Basis der Lebenszykluskosten.

Während im Vorgängerprojekt nur eine begrenzte Anzahl einzeln definierter Varianten untersucht wurde, entwickelte das Energieinstitut Vorarlberg (EIV) für das KliNaWo-Projekt eine Methode, mit der die Lebenszykluskosten einer weit größeren Anzahl an Varianten berechnet werden können. Abbildung 1 zeigt die Vorgehensweise für das Modellvorhaben KliNaWo.

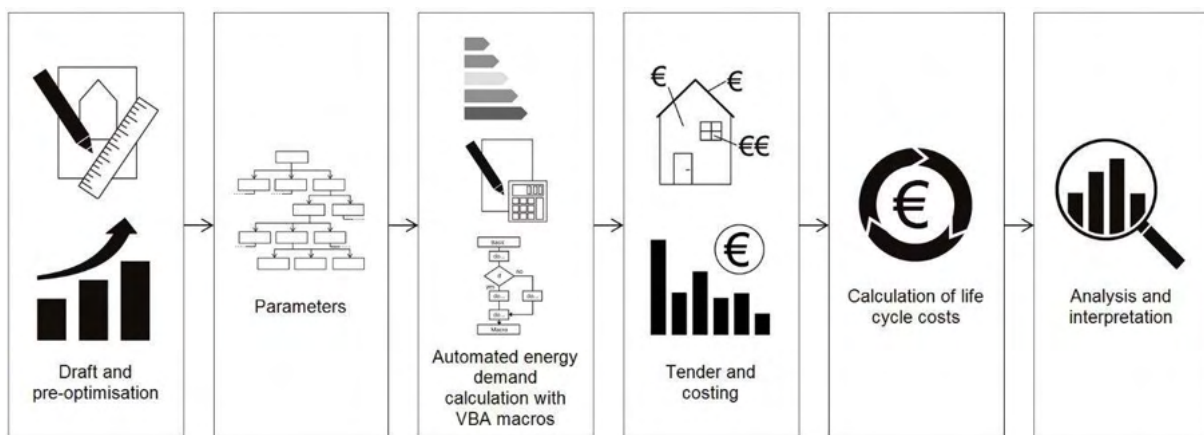


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Vorgehensweise im Modellvorhaben KliNaWo

Nach der im ersten Schritt durchgeführten energetisch-wirtschaftlichen Optimierung des Entwurfs wurden die zu untersuchenden Ausführungsvarianten gemeinschaftlich festgelegt und in einer Matrix dargestellt – siehe Abbildung 2. Für alle Varianten wurde der Energiebedarf in automatisierten Energiebedarfsberechnungen mit dem PHPP berechnet. Dabei wurden für jede Variante zwei PHPP-Berechnungen durchgeführt: eine Variante mit standardisierten Randbedingungen (20 °C Raumlufttemperatur, 25 Liter täglicher Warmwasserbedarf pro Person) und eine Verbrauchs-Prognoseberechnung mit 22 °C und einem um 30 % erhöhten Warmwasserbedarf. Nur die Ergebnisse der Verbrauchsprognoseberechnungen wurden zur Abschätzung der Energiekosten für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen verwendet. Die Bauwerkskosten (ÖNORM B 1801-1, Kostengruppen 2 + 3 + 4, entspricht KG 300 + 400 nach DIN 276) aller Varianten wurden in modularen Ausschreibungen ermittelt. Im Anschluss wurden die Lebenszykluskosten aller Varianten auf Basis der Angebotskosten, der Energiekosten gemäß Verbrauchsprognoseberechnung sowie der von allen Projektbeteiligten gemeinsam festgelegten Kosten für Wartung und Instandhaltung berechnet. Die Auswahl der Realisierungsvariante erfolgte auf Basis der Lebenszykluskosten.

Abbildung 2 zeigt die Matrix der untersuchten Varianten.

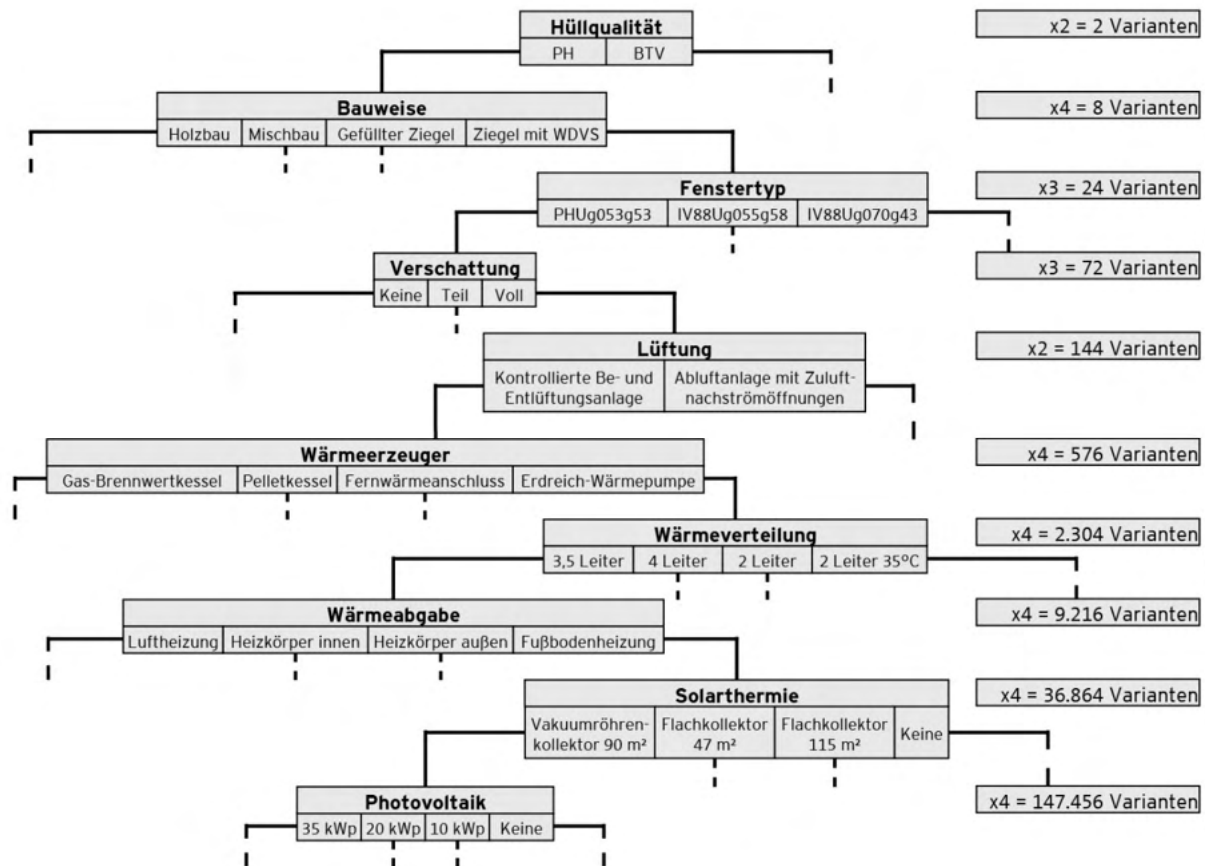


Abbildung 2: Matrix der untersuchten Varianten

Da von den theoretisch möglichen 147.456 Varianten (=Maßnahmenkombinationen) einige technisch oder baurechtlich nicht sinnvoll oder nicht zulässig sind, wurden letztlich 60.000 Ausführungsvarianten untersucht.

3 Zwischenergebnisse Errichtungs- und Lebenszykluskosten

In den folgenden Grafiken sind die wichtigsten Zwischenergebnisse zu Errichtungs- und Lebenszykluskosten dargestellt. Die Angaben beziehen sich auf den Kostenstand bei der Vergabe, da dieser Stand für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen verwendet wurde.

3.1 Errichtungskosten

Abbildung 3 zeigt den Einfluss des Primärenergiebedarfs (bei Berechnung nach Österreichischem Rechenverfahren der OIB Richtlinie 6 (2011) auf die Errichtungskosten (ÖNORM 1801-1, Kostengruppen 1 – 9, d. h. gesamte Kosten außer Grundstück) der 30.000 Varianten mit Abluftanlage.

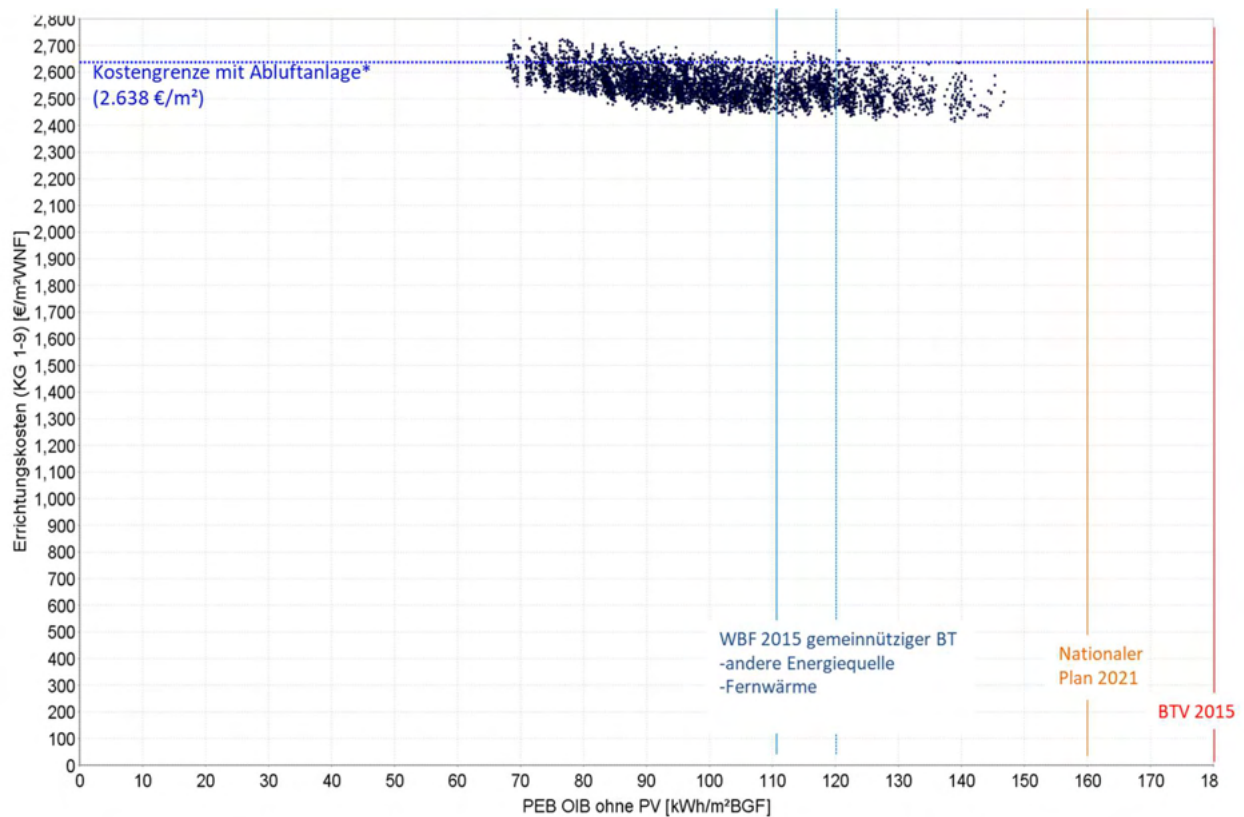


Abbildung 3: Einfluss des Primärenergiebedarfs auf die Errichtungskosten – 30.000 Varianten mit Abluftanlage

Die Mehrkosten von Varianten mit passivhaustypischen Primärenergiekennwerten von etwa 70 bis 80 kWh/(m²_{BGFa}) liegen nur geringfügig über denen der Varianten mit Werten von 120 bis 145 kWh/(m²_{BGFa}).

Die Errichtungskosten von 94 % der untersuchten Varianten mit Abluftanlage und – nicht in der Grafik dargestellt – 99 % aller Varianten mit Wärmerückgewinnung liegen unterhalb der Kostengrenzen der Wohnbauförderung Vorarlberg.

Wie zu erkennen hat das Energieniveau nur einen sehr geringen Einfluss auf die Errichtungskosten. Detaillierte Kostenauswertungen für die Bauteile der Gebäudehülle und für die wichtigsten Elemente des Wärmeversorgungssystems finden sich im Projekt-Zwischenbericht [Ploss 2017].

3.2 Lebenszykluskosten

In Abbildung 4 sind die Lebenszykluskosten aller Varianten über dem Primärenergiebedarf nach OIB Richtlinie 6 (2011) dargestellt. Die Berechnung der Lebenszykluskosten erfolgte nach der Kapitalwertmethode, dargestellt sind die Ergebnisse für einen Betrachtungszeitraum von 35 Jahren und ohne Berücksichtigung von Förderungen. Berücksichtigt sind die Investitions- und Finanzierungskosten, die Kosten für Wartung

und Instandhaltung sowie für Energie. Die Investitionen für den Austausch von Komponenten (z. B. Kesselaustausch) am Ende ihrer Lebensdauer sind ebenso berücksichtigt, wie die Restwerte von Komponenten am Ende des Betrachtungszeitraums. Die Erträge aus PV-Anlagen werden als Komplett-Einspeiseanlagen berücksichtigt, da zum Zeitpunkt der Untersuchung eine Eigennutzung von PV-Erträgen in Mehrfamilienhäusern rechtlich noch nicht möglich war.

Die blauen Punkte stellen die Varianten mit Abluftanlage dar, während die roten über eine Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung verfügen.

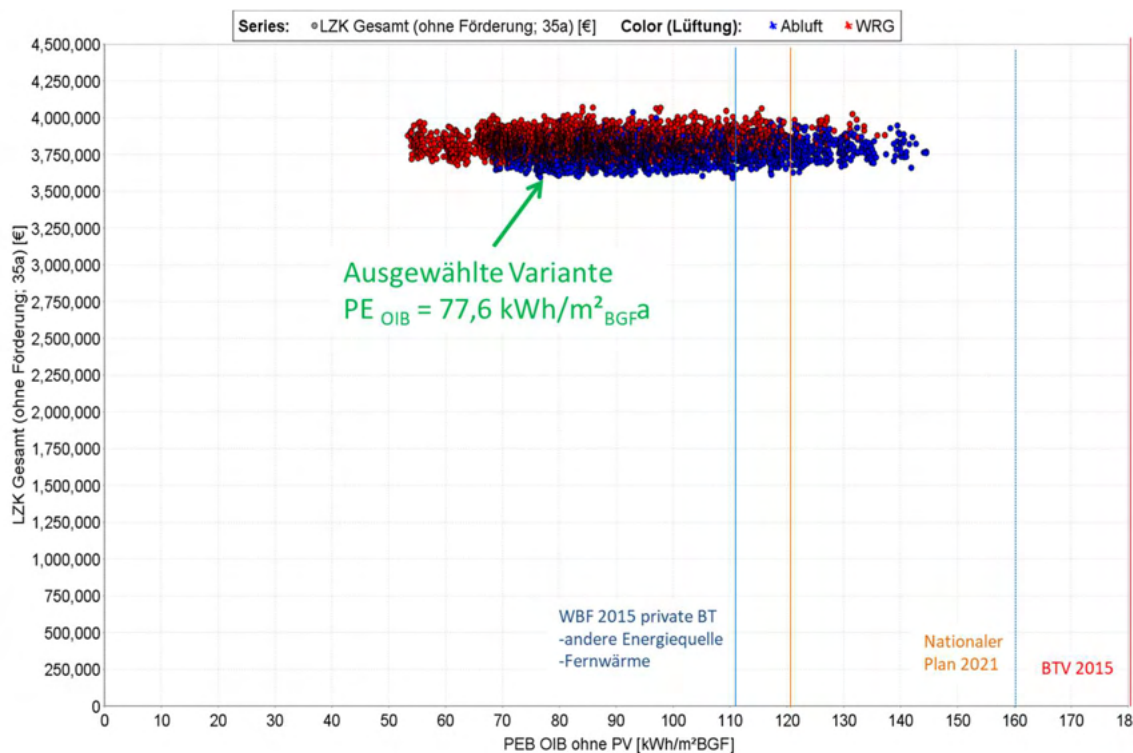
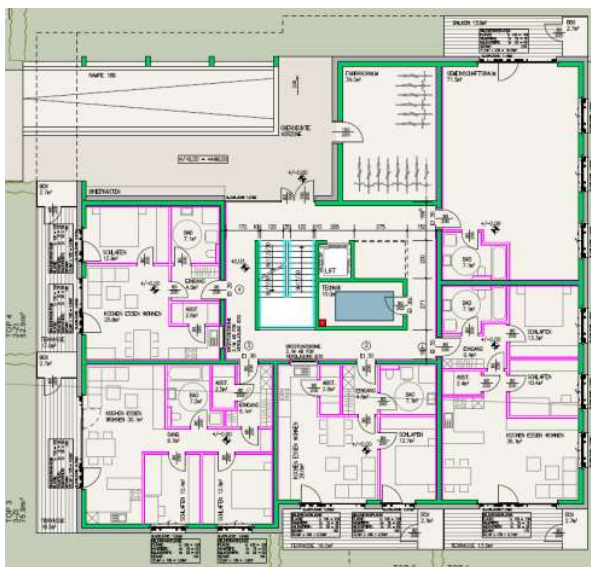


Abbildung 4: Einfluss des Primärenergiebedarfs auf die Lebenszykluskosten – Betrachtungszeitraum 35 Jahre, ohne Berücksichtigung von Förderungen

Wichtigste Randbedingungen für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen: Betrachtungszeitraum 35 Jahre, Restwerte und Ersatzinvestitionen für den Austausch von Komponenten berücksichtigt, ohne Berücksichtigung Förderung, Laufzeit Bankkredit 25 Jahre, Zinssatz nominal 3,0 %, Inflation 1,7 %, Energiepreisniveau Vorarlberg Sommer 2015 (u. a. WP-Strom 0,101 EUR/kWh zzgl. Grundgebühr), Energiepreissteigerungen zwischen 2,5 und 3,5 % nominal, Inflation 1,7 % nominal. Sensitivitätsuntersuchungen wurden u. a. mit 1 % höheren oder niedrigeren Energiepreissteigerungen sowie mit einem Betrachtungszeitraum von 50 Jahren durchgeführt. Der Einfluss der genannten Einflussgrößen erwies sich als gering. Zusätzlich wurden Varianten unter Berücksichtigung der Vorarlberger Förderungen berechnet. Die Förderung verschiebt das Kostenoptimum in Richtung höherer energetischer Qualitäten.

Betrachtet man die Punktwolke der Varianten ohne Berücksichtigung der Förderung, so fällt auf, dass die Lebenszykluskosten (LZK) bis zu sehr niedrigen Primärenergiewerten nach OIB Richtlinie 6 (2011) fallen und erst bei den sehr effizienten Varianten ansteigen. Das sehr flach ausgeprägte Kostenoptimum liegt in einem Bereich von etwa 75 bis 95 kWh/(m²_{BGfA}) und damit bei etwa der Hälfte des im Nationalen Plan Österreichs für 2021 vorgesehenen Grenzwerts von 160 kWh/(m²_{BGfA}) (Österreichische Definition des Niedrigstenergiegebäudes) [OIB 2014]. Der Primärenergiebedarf typischer Passivhausvarianten liegt zum Vergleich bei etwa 70 bis 80 kWh/(m²_{BGfA}). Die Lebenszykluskosten der Varianten mit hohen Primärenergiekennwerten liegen auch ohne jegliche Förderung deutlich über denen der weit effizienteren, kostenoptimalen Varianten. Bei Berücksichtigung der Vorarlberger Förderungen verschiebt sich das Kostenoptimum um ca. 10 kWh/(m²_{BGfA}) in Richtung höherer energetischer Qualitäten.

4 Auswahl der Realisierungsvariante



Standort		Feldkirch, Vorarlberg
Klimadaten für PHPP-Berechnungen		TRY Feldkirch (Basis Klimadaten 1994 bis 2012)
Wohneinheiten	Stück	18 + ein Gemeinschaftsraum
Wohnfläche der Wohnungen	m ²	53 und 76
Energiebezugsfläche PHPP	m ²	1.421
Wohnnutzfläche	m ²	1.281
BGF Energieausweis Österreich	m ²	1.822

Abbildung 5: Grundriss Erdgeschoss (Arch. Walser+ Werle) und Kennwerte des Gebäudeentwurfs

Abbildung 5 zeigt den Grundriss EG des dreigeschossigen Gebäudes und wichtige Kennwerte des energetisch-wirtschaftlich optimierten Gebäudeentwurfs, Abbildung 6 ein Foto nach Fertigstellung.



Abbildung 6: Foto des Ende 2017 fertiggestellten Gebäudes (Arch. Walser + Werle, Foto: Energieinstitut Vorarlberg)

Wie vorab vereinbart wurde zur Realisierung die Variante ausgewählt, für die sich die niedrigsten Lebenszykluskosten ergaben. Diese hat eine Hülle in Passivhausqualität, eine Niedertemperatur- und eine Hochtemperatur-Wärmepumpe (Wärmequelle Erdreich), eine groß dimensionierte thermische Solaranlage mit Pufferspeicher und ein optimiertes Vierleiter-Verteilsystem mit Fußbodenheizung. Die Lüftung wurde als zentrales Abluftsystem mit einem konstanten Luftvolumenstrom von $0,30 \text{ h}^{-1}$ ausgeführt.

Während alle anderen Komponenten im gesamten Projektteam unstrittig waren, wurde die Entscheidung für das Abluftsystem intensiv diskutiert. Während Energieinstitut Vorarlberg, Haustechnikplaner und Bauphysiker trotz minimal höherer Lebenszykluskosten für eine Ausführung mit zentraler Wärmerückgewinnung plädierten, bestanden der Bauherr VOGEWOSI und die Arbeiterkammer auf die Variante mit Abluftanlage. Da die Ausführung der Variante mit den günstigsten Lebenszykluskosten vereinbart war, wurde die Variante mit Abluft ausgeführt.

Die Gründe für die minimal niedrigen Lebenszykluskosten der Variante mit Abluftsystem wurden detailliert untersucht:

- Die spezifischen Nettokosten der Komfortlüftung mit WRG hätten mit $98 \text{ €/m}^2_{\text{WNF}}$ selbst für Vorarlberger Verhältnisse hoch gelegen. Die Vergleichskosten des Abluftsystems lagen bei $33 \text{ €/m}^2_{\text{WNF}}$. In zeitgleich errichteten Mehrfamilienhäusern wurden z. T. deutlich niedrigere Kosten von $60 \text{ €/m}^2_{\text{WNF}}$ für Lüftung mit WRG erreicht¹.
- Die von der VOGEWOSI aufgrund von Erfahrungswerten vorgegebenen Kosten für Wartung und Instandhaltung lagen ebenfalls hoch: so wurde eine Reinigung des gesamten Kanalnetzes alle 7 Jahre berücksichtigt. Dies ist nach Einschätzung des Energieinstitut Vorarlberg und der Fachplaner mit Sicherheit nicht erforderlich.
- Rein energetisch ist der Vorteil der Wärmerückgewinnung in Kombination mit der sehr effizienten Heizungs-Wärmepumpe gering: Der Heizwärmebedarf wird durch die Wärmerückgewinnung um etwa $14 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{EBFA}})$ reduziert, bei einer Jahresarbeitszahl von 5,0 (Messwert) entsteht durch den Verzicht auf die WRG ein Strom-Mehrbedarf der Wärmepumpe von etwa $14 / 5 = 2,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{EBFA}})$. Diesem Zusatzbedarf steht der Strom-Mehrbedarf eines effizienten Wärmerückgewinnungssystems gegenüber einem effizienten Abluftsystem gegenüber. Dieser liegt in der Größenordnung von 1,5 bis $2 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{WNFA}})$. Wie die Auswertung der Lebenszykluskosten zeigt, wäre die Variante mit WRG bei anderen Wärmeerzeugungssystemen – etwa Erdgas – wirtschaftlich, da in diesem Fall größere Endenergieeinsparungen entstünden.
- Wie erste Befragungen der Bewohner zeigen, wird die Abluftanlage im Allgemeinen relativ gut akzeptiert, ein Bewohner hat jedoch alle Zuluftöffnungen in den Außenwänden komplett abgeklebt und einige Bewohner lüften regelmäßig zusätzlich über die Fenster.

In Abbildung 7 sind die technischen Daten der Gebäudehülle zusammengefasst, Abbildung 8 zeigt ein vereinfachtes Haustechnikschema und Kennwerte der Wärmeversorgung.

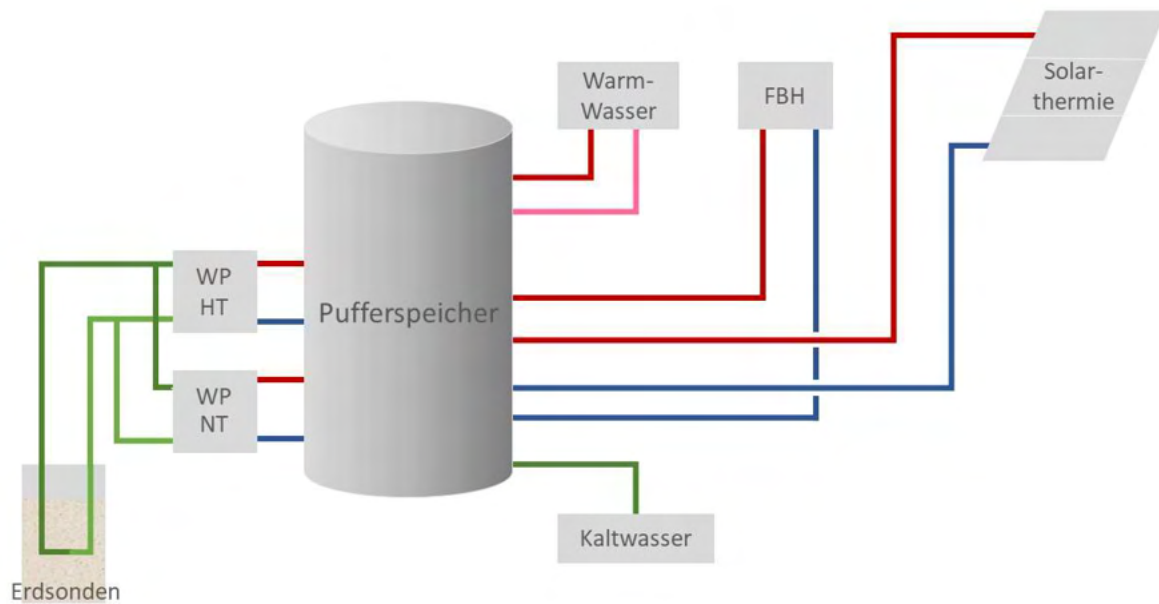
¹ Anmerkung des Herausgebers (Stand 2021): Inzwischen sind von der Industrie angebotene System mit WRG verfügbar (auch österreichische Hersteller), deren Investitionskosten nicht oder nur unwesentlich über denen der Abluftanlagen liegen. Des Weiteren zeigen die Erfahrungen mit über Luft durch Aerosole verbreiteten Keimen, wie wichtig ausreichende Frischluft, Luftführung, Luftfeuchtigkeit der Zuluft und Filterung der Luft sind – alle Punkte sind mit gesicherter Zuluftführung (reine Außenluft) erfüllbar. Die Präferenz für Zu-Abluft mit Wärmerückgewinnung sollte daher in Zukunft keine Frage mehr sein (vgl. auch den Beitrag von O.Kah in diesem Protokollband dazu).

	Einheit	Wert
U-Außenwand	W/(m ² K)	0,118
U-Flachdach	W/(m ² K)	0,081
U-Decke Keller/Tiefgarage	W/(m ² K)	0,146
U-Glas/g-Wert Glas	W/(m ² K)/%	0,51/53 %
U-Rahmen	W/(m ² K)	0,97
HWB PHPP 20 °C	kWh/(m ² _{EBFa})	27,5
HWB PHPP 22 °C	kWh/(m ² _{EBFa})	34,5

Abbildung 7: technische Daten der Gebäudehülle und Heizwärmebedarf PHPP der Realisierungsvariante

Alle U-Werte sind passivhaustypisch, durch sehr gute Werte der opaken Bauteile und der Verglasung werden die mittelmäßigen Werte der IV-90-Holzrahmen kompensiert.

Das Gebäude wurde so ausgelegt, dass es mit WRG einen PHPP-Heizwärmebedarf 20 °C von etwa 14 kWh/(m²_{EBFa}) hat. Ohne WRG liegt der Wert bei 27,5, bei 22 °C Raumlufttemperatur bei 34,5 kWh/(m²_{EBFa}).



	Einheit	Wert
Wärmebereitstellungsgrad der Lüftung	%	0
Spez. Heizlast PHPP 20 °C	W/m ² EBF	14,9
Leistung Sole-WP Heizung	kW	36
Leistung Sole-WP Warmwasser	kW	10
Netto Kollektorfläche	m ²	98
Speichervolumen	Liter	6.740

Abbildung 8: vereinfachtes Haustechnikschema und technische Kennwerte Wärmeversorgung und Lüftung

Die Entscheidung für das Wärmeversorgungssystem Sole-Wärmepumpe fiel aufgrund der niedrigen Lebenszykluskosten – in Österreich liegen diese deutlich unter denen, der anderen Wärmeversorgungssysteme. Ein Grund sind die im Vergleich zu Deutschland etwa halb so hohen Kosten für Wärmepumpenstrom.

Die große thermische Solaranlage erwies sich im Projekt KliNaWo als wirtschaftlich, weil die Angebotspreise für Thermie durch den Konkurrenzdruck der PV sehr niedrig lagen und die Mehrkosten der großen gegenüber der kleineren thermischen Solaranlage gering waren.

5 Ergebnisse

Nach Fertigstellung des Gebäudes Ende 2017 läuft das Monitoring der thermischen Behaglichkeit, des Energieverbrauchs und der Wärmeströme im Gebäude seit Anfang 2018. Die nachfolgend zusammengefassten Ergebnisse des Monitorings für das erste Betriebsjahr 2018 sowie die abgerechneten Kosten sind im Monitoringbericht detailliert erläutert [Ploss 2019].

5.1 Thermische Behaglichkeit und Luftqualität

Wie das Monitoring des ersten Betriebsjahres zeigt, war die thermische Behaglichkeit sowohl im Winter, als auch im „Jahrhundertsommer“ 2018 gut. Abbildung 9 verdeutlicht dies am Beispiel der kältesten Winterwoche.

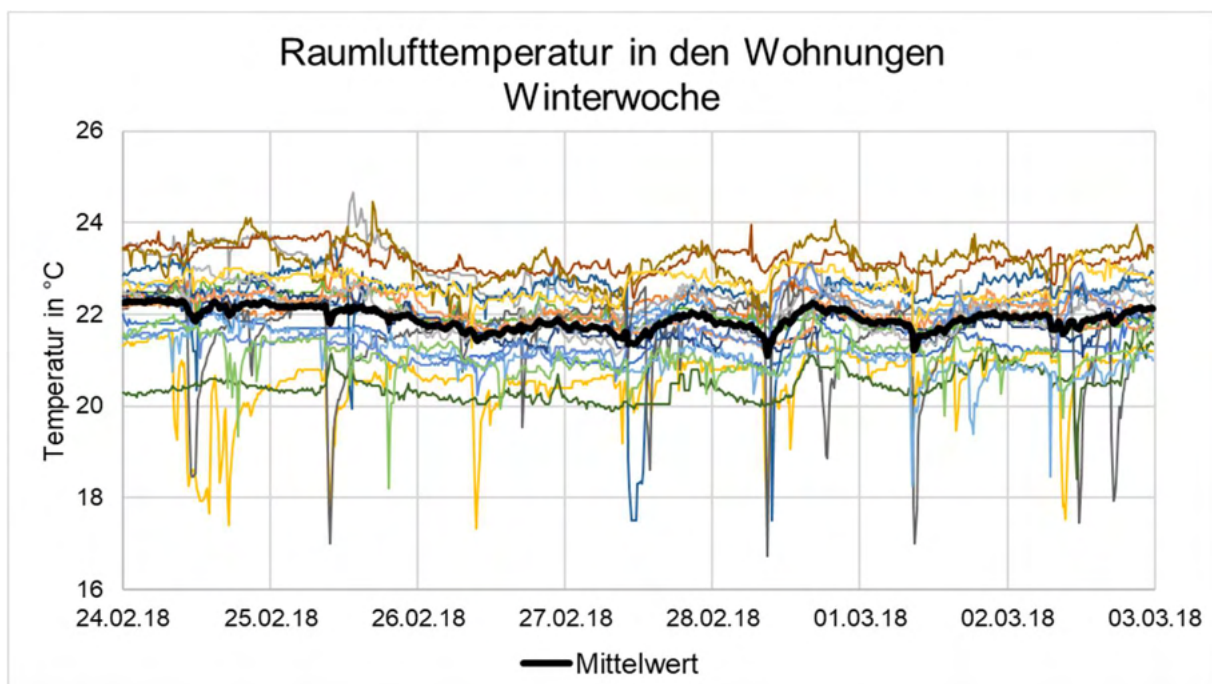


Abbildung 9: grafischer Verlauf der Raumlufthtemperatur in den Wohnungen während der kältesten Woche im Winter 2018 (Viertelstundenmesswerte)

Die Raumlufthtemperatur im Mittel aller Wohnungen liegt in der kältesten Winterwoche mit Außentemperaturen bis $-12,7\text{ °C}$ bei $21,9\text{ °C}$. Der Wochen-Mittelwert der einzelnen Wohnungen liegt im Bereich von $21,1\text{ °C}$ bis $22,3\text{ °C}$. Die Werte der einzelnen Wohnungen liegen während der gesamten Heizperiode in einem Temperaturband zwischen etwa 20 bis 24 °C .

Wie die Abbildung zeigt, wird in mindestens drei Wohnungen regelmäßig, z. T. zweimal täglich über die Fenster gelüftet. In Folge dieser zusätzlichen Fensterlüftung fallen die Raumlufthtemperaturen kurzfristig auf Werte zwischen 17 und $18,5\text{ °C}$, steigen jedoch sehr schnell wieder auf über 20 °C .

Wie die Auswertungen der Messergebnisse und der ersten Bewohnerbefragung zeigen, wurde auch im „Jahrhundertsommer“ 2018 mit langanhaltenden Hitzeperioden von bis zu 35 °C bei Bewertung nach EN 15251:2007 eine gute Behaglichkeit erreicht. Die zeitgleich gemessenen Raumlufthtemperaturen liegen in einem Temperaturband mit meist etwa 3 – 5 K Spreizung. Wie die detaillierte Auswertung der Messwerte zeigt, ist die Raumlufthtemperatur im Sommer weniger von Orientierung und Lage der Wohnung als vom Nutzerverhalten abhängig (nächtliche Zusatzlüftung über die Fenster, Nutzung der außenliegenden Jalousien bei hohen Tagestemperaturen).

5.2 Energieverbrauch

Die im ersten Betriebsjahr 2018 gemessenen Energieverbräuche für die verschiedenen Anwendungen sind in Abbildung 10 den Ergebnissen der PHPP-Verbrauchsprognoseberechnung gegenübergestellt. Zur Interpretation sind folgende Randbedingungen von Bedeutung:

- Die mittlere Außentemperatur während der Heizperiode entsprach gut dem Mittel der vergangenen 20 Jahre
- Die mittlere Raumlufthtemperatur in der Heizperiode lag mit 23,1 °C um 1,1 °C über der Annahme in der Verbrauchsprognoseberechnung
- Der Pro-Kopf-Warmwasserverbrauch lag knapp unter der Annahme in der Verbrauchsprognoseberechnung, die Bewohnerzahl leicht unter der Berechnungsannahme

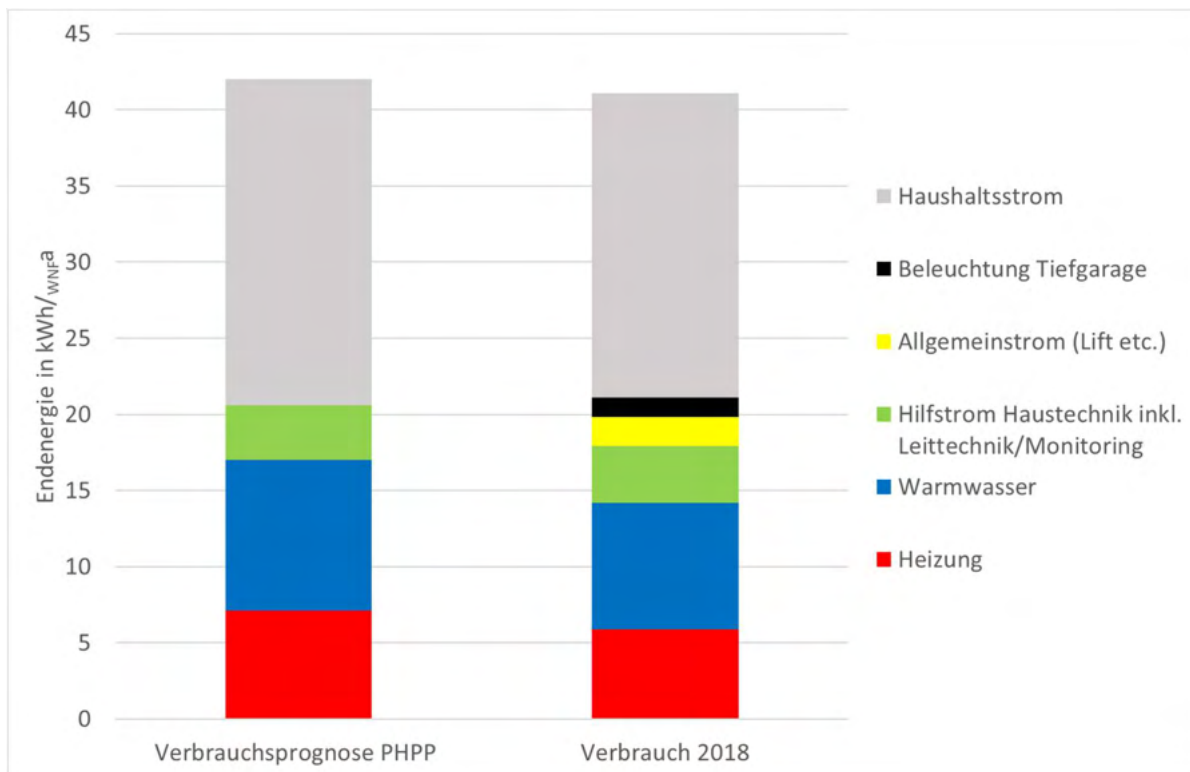


Abbildung 10: gemessener Endenergieverbrauch 2018 nach Anwendungen im Vergleich zur PHPP-Verbrauchsprognoseberechnung

Anmerkung: Die aufgeführten, flächenspezifischen Werte des gemessenen Energieverbrauchs und des vorausgerechneten Bedarfs sind auf den m^2_{WNF} bezogen, da dieser Flächenbezug bei der Abrechnung der Betriebskosten üblich ist. Beim üblichen Bezug auf die BGF oder auf die Energiebezugsfläche nach PHPP ergeben sich deutlich niedrigere flächenspezifische Werte.

Die gemessenen Verbräuche für Heizung und Warmwasser sowie für Haushaltsstrom liegen knapp unter den in der Verbrauchsprognoseberechnung ermittelten Werten, der Verbrauch für Hilfsstrom Haustechnik inkl. Leittechnik + Monitoring minimal über dem berechneten Wert. Für die gemessenen Endenergieverbräuche für Allgemeinstrom (Beleuchtung Treppenhaus und Erschließung, Lift...) sowie für die Tiefgarage liegen keine Vergleichswerte vor, da sie in den PHPP-Berechnungen mangels Erfahrungswerten nicht berücksichtigt wurden.

Abbildung 11 zeigt die Ergebnisse im Detail.

	gemessener Endenergieverbrauch		berechneter Endenergiebedarf
	Messwerte 2018		Verbrauchsprognose PHPP
	kWh/a	kWh/(m ² _{WNFA})	kWh/(m ² _{WNFA})
End _{Heizung}	7.537	5,9	7,1
End _{WW}	10.649	8,3	9,9
End_{Heizung+WW}	18.186	14,2	17,0
End _{Haustechnik inkl. Leittechnik/Monitoring}	4.713	3,7	3,6
Zwischensumme 1	22.899	17,9	20,6
End _{Allgemeinstrom}	2.464	1,9	0,0
End _{Tiefgarage}	1.701	1,3	0,0
Zwischensumme 2	27.064	21,1	20,6
End _{Haushaltsstrom}	25.562	20,0	21,4
Gesamtsumme	52.626	41,1	42,0

Abbildung 11: Endenergieverbrauch nach Anwendungen absolut und spezifisch im Vergleich zu den spezifischen Werten der PHPP-Verbrauchsprognoseberechnung. Bezug auf WNF.

Mit einem gemessenen Endenergieverbrauch_{Heiz+WW} von 14,2 kWh/(m²WNF*a) ist das Projekt eines der effizientesten wärmepumpenbeheizten Mehrfamilienhäuser in Österreich. Auch die übrigen Verbräuche liegen in einem sehr effizienten Bereich. Die Energiekosten liegen etwas niedriger als auf Basis der Verbrauchs-Prognoseberechnung ermittelt: die Bruttokosten für Wärmepumpenstrom_{Heiz+WW} liegen für eine Wohnung mit 76 m² Wohnfläche bei 10,50 €/Monat. Hinzu kommt die Strom-Grundgebühr von 5,80 €/Monat, so dass die Bruttokosten der 76 m²-Wohnung für Wärmepumpenstrom_{Heiz+WW} bei 16,30 € pro Monat liegen. Dies entspricht spezifischen Bruttokosten für Heizung und Warmwasser von 0,21 €/m²WNF pro Monat.

5.3 Abgerechnete Kosten

Die abgerechneten Netto-Errichtungskosten (ÖNORM 1801-1, KG 1 – 9) des Projekts liegen bei 2.400 €/m²WNF [VOGEWOSI 2019]. Dieser Wert liegt aufgrund der sehr guten Planung und Projektsteuerung um 130 €/m²WNF unter dem im ersten Zwischenbericht genannten Wert auf Basis der Kosten zum Stand Vergabe und um 238 €/m²WNF unter der projektspezifisch ermittelten Kostengrenze der Wohnbauförderung Vorarlberg. Zur Einordnung der abgerechneten Netto-Errichtungskosten zeigt Abbildung 12

einen Vergleich mit den Kosten aller 69 zeitgleich ausgeschriebenen und errichteten gemeinnützigen Wohnbauten in Vorarlberg.

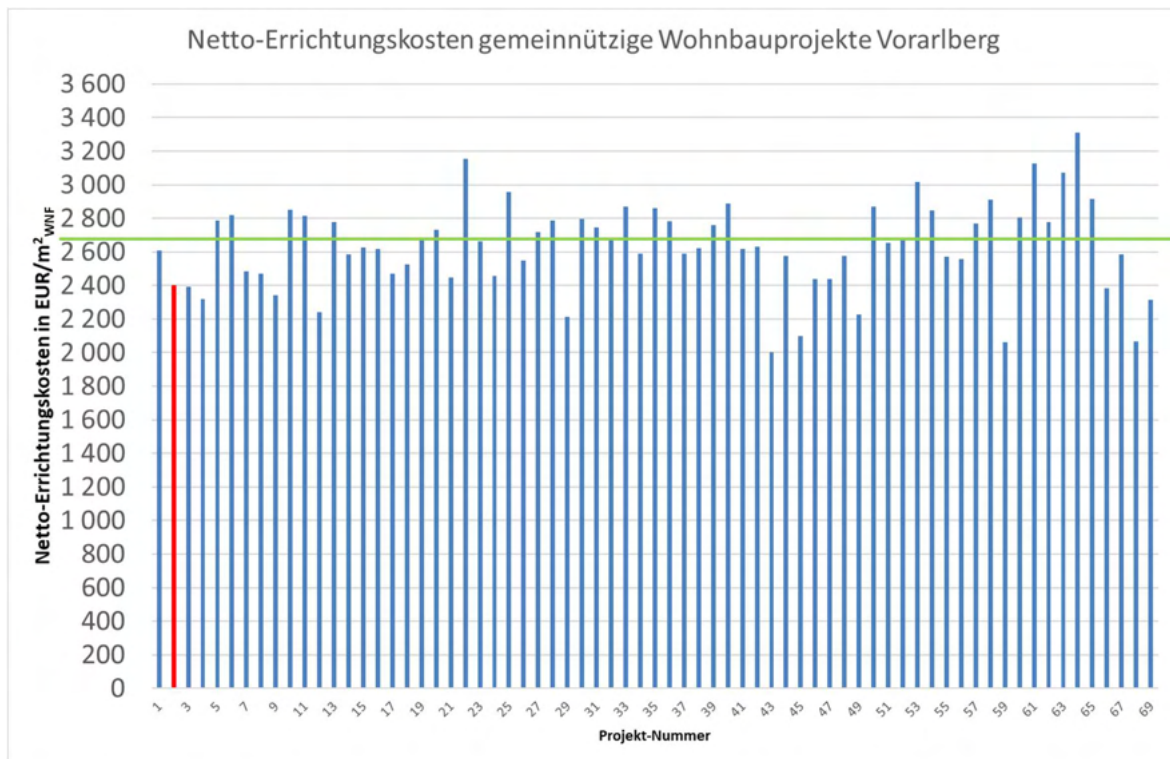


Abbildung 12: abgerechnete Netto-Errichtungskosten des Projekts KliNaWo im Vergleich zu denen aller zeitgleich errichteten gemeinnützigen Wohnanlagen in Vorarlberg [VOGEWOS I2019], [Vbg 2019]

Die abgerechneten Netto-Errichtungskosten der 69 zeitgleich mit dem KliNaWo-Projekt errichteten gemeinnützigen Wohnbauprojekte liegen zwischen 2.000 und ca. 3.300 €/m²_{WNF}.

Der Mittelwert der abgerechneten Errichtungskosten der 69 zeitgleich errichteten gemeinnützigen Projekte in Vorarlberg liegt bei 2.630 €/m²_{WNF} [Vbg 2019]. Die Kosten des KliNaWo-Projekts liegen damit bei deutlich höherer energetischer Qualität um 230 €/m²_{WNF} unter dem Mittelwert. Der Vergleich mit dem Mittelwert der zeitgleich errichteten gemeinnützigen Wohnanlagen ist aussagekräftig, da das KliNaWo-Projekt bewusst so ausgewählt wurde, dass es bezüglich Gesamtwohnfläche, Wohnungsanzahl, durchschnittlicher Wohnungsgröße und Ausstattungsniveau repräsentativ für den gemeinnützigen Wohnbau in Vorarlberg ist.

Die Mehrkosten der Ausführungsvariante gegenüber einem architektonisch identischen Gebäude mit gleicher Konstruktion (Ziegel + WDVS) und gleichem Wärmeerzeuger (Wärmepumpe) jedoch mit Hülle nach Bautechnikverordnung und ohne thermische Solaranlage liegen bei etwa 60 €/m²_{WNF}. Dies entspricht 3,1 % der Bauwerkskosten (= reine Baukosten).

6 Resumé der Projektergebnisse

Die Auswertung der abgerechneten Kosten, der Mehrkosten, der Lebenszykluskosten, der realen Energieverbräuche und der thermischen Behaglichkeit können wie folgt zusammengefasst werden:

- Die abgerechneten Netto-Errichtungskosten liegen um $130 \text{ €/m}^2_{\text{WNF}}$ unter dem Wert bei Planstand Vergabe, um $238 \text{ €/m}^2_{\text{WNF}}$ unter der Kostengrenze der Wohnbauförderung Vorarlberg und um $230 \text{ €/m}^2_{\text{WNF}}$ unter dem Vergleichswert im Mittel aller zeitgleich errichteten gemeinnützigen Wohnbauten Vorarlbergs
- Das Kostenoptimum liegt in etwa bei der energetischen Qualität von Gebäuden im Passivhausniveau. Die Energieeinsparung der kostenoptimalen Gebäudevarianten gegenüber den aktuellen österreichischen Mindest-Anforderungen liegen bei etwa 65 bis 70 %
- Die Mehrkosten energieeffizienter Baustandards sind sehr gering: die kostenoptimalen Einsparungen von 65 bis 70 % können zu Mehrkosten von etwa 3 bis 6 % erreicht werden (Bezug auf Bauwerkskosten (= reine Baukosten)).
- Der reale Endenergieverbrauch_{Heizung+WW} liegt mit $14,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2_{\text{WNF}}\text{a})$ knapp unter dem in der PHPP-Verbrauchsprognoseberechnung ermittelten Wert. Auch die übrigen Verbräuche entsprechen sehr gut den berechneten Werten.
- Das Gebäude ist eines der effizientesten wärmepumpenbeheizten Mehrfamilienhäuser Österreichs.
- Die realen Brutto-Energiekosten für Heizung und Warmwasser liegen mit $10,50 \text{ €/Monat}$ (Verbrauch) zzgl. $5,80 \text{ €/Monat}$ (Grundgebühr) = $16,30 \text{ €/Monat}$ für eine 76-m^2 -Wohnung etwas niedriger als vorausberechnet. Die flächenspezifischen Brutto-Energiekosten für Heizung und Warmwasser liegen mit $0,21 \text{ €/m}^2_{\text{WNF}}$ pro Monat sehr niedrig.
- Die Miete inkl. BK wurde aufgrund der geringen Errichtungskosten und der niedrigen Energiekosten des ersten Jahres in zwei Stufen reduziert.
- Die thermische Behaglichkeit ist im Winter sehr hoch und war auch im „Jahrhundertsommer“ 2018 hoch.
- Da sowohl die abgerechneten Kosten, als auch die realen Energieverbräuche und –kosten sehr gut den vorausberechneten und in den Wirtschaftlichkeits-Berechnungen verwendeten Werten entsprechen, können die Wirtschaftlichkeitsberechnungen als valide eingestuft werden.

7 Übertragung der Erkenntnisse auf Nachfolgeprojekte

Im Nachfolge-Forschungsprojekt KoPro LZK+ der AEE Intec mit dem Energieinstitut Vorarlberg wurden inzwischen sieben Bauprojekte in verschiedenen österreichischen Bundesländern nach der im Projekt KliNaWo entwickelten Methodik bewertet. Die Resultate bestätigen die Kerneergebnisse des KliNaWo-Projekts: in allen Projekten (Wohnbau, Nicht-Wohnbau, jeweils Neubau und Sanierung) ergaben sich geringe investive Mehrkosten für energieeffiziente Varianten und Kostenoptima im Bereich sehr effizienter Gebäudequalitäten [Weiß 2019]. Während die absolute Höhe der Bauwerkskosten (= reine Baukosten) von Region zu Region schwankt, liegen die prozentualen Mehrkosten der Energieeffizienz in allen Regionen in einem ähnlichen Bereich.

Alle untersuchten Projekte zeigen, dass sehr niedrige Energiekennwerte im Bereich von Passivhäusern mit unterschiedlichen Konzepten wirtschaftlich erreicht werden können.

Die im Projekt KliNaWo entwickelte und in KoProLZK+ weiterentwickelte Methode hat sich in der Praxis sehr gut bewährt und wird inzwischen auf internationaler Ebene im EU-Horizon2020-Projekt Crave zero „Kostenreduktion und beschleunigte Markteinführung von Niedrigstenergiegebäuden“ von den Wissenschaftspartnern AEE Intec, Fraunhofer, eurac research sowie einigen großen europäischen Baukonzernen angewandt [Pernetti 2018].

In mehreren vom Energieinstitut Vorarlberg begleiteten Nachfolgeprojekten wurden die Grundelemente des KliNaWo-Projekts übernommen, in den meisten Nachfolgeprojekten wurden Komfortlüftungen mit Wärmerückgewinnung eingesetzt. Bei den Solarsystemen ist in den Nachfolgeprojekten ein eindeutiger Trend von der Thermie zur PV zu erkennen, da die PV-Kosten seit der Ausschreibung des KliNaWo-Projekts stark gefallen sind und die gemeinschaftliche Nutzung von PV-Erträgen in Mehrfamilienhäusern inzwischen rechtlich ermöglicht wurde.

Die gemessenen Endenergieverbräuche $_{\text{Heiz+WW}}$ der bereits vermessenen Gebäude liegen zwischen 9,9 und knapp 12 kWh/(m²_{WNFA}) (Wärmepumpenstrom) und damit nochmals etwas geringer als im Projekt KliNaWo.

Die im Projekt entwickelten Rechenwerkzeuge zur automatisierten Berechnung von Energiekennwerten und Lebenszykluskosten einer Vielzahl von Gebäudevarianten werden derzeit erstmals für Berechnungen zur Justierung der Anforderungsniveaus der Bautechnikverordnung und der Wohnbauförderung Vorarlberg verwendet. Auf Basis der Projektergebnisse kann die Justierung damit erstmals auf der Basis verlässlicher Kostendaten erfolgen.

8 Literatur

- [Bauer 2013] E. Bauer: Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit – Investitions- und Nutzungskosten in Wohngebäuden gemeinnütziger Wohnbauvereinigungen unter besonderer Berücksichtigung energetischer Aspekte; Österreichischer Verband gemeinnütziger Bauvereinigungen – Revisionsverband; Wien 2013
- [OIB 2014] Österreichisches Institut für Bautechnik (OIB): OIB-Dokument zur Definition eines Niedrigstenergiegebäudes und zur Festlegung von Zwischenzielen in einem „Nationalen Plan“ gemäß Artikel 9 (3) zu 2010/31/EU; Österreichisches Institut für Bautechnik, Wien 2014
- [Peper 2015] S. Peper: Monitoring in der Passivhaussiedlung Bahnstadt Heidelberg; Zwischenbericht 2014; Passivhaus Institut Dr. Feist; Darmstadt 2015
- [Pernetti 2018] R. Pernetti: Cost reduction and market acceleration for viable nearly zero energy buildings – D2 spreadsheet with LCCs – A database for benchmarking actual NZEB life-cycle costs of the case studies; eurac research, Bozen/Bolzano 2018
- [Ploss 2001] M. Ploss et al.: Modellvorhaben kostengünstige Passivhäuser Kaiserslautern, Forschungsbericht, 2001
- [Ploss 2017] M. Ploss, T. Hatt, C. Schneider, T. Rosskopf, und M. Braun, „Modellvorhaben KliNaWo - Klimagerechter, nachhaltiger Wohnbau - Zwischenbericht Jänner 2017“, Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn, 2017
- [Ploss 2019] M. Ploss, T. Hatt, C. Schneider, T. Rosskopf, M. Braun: „Modellvorhaben KliNaWo“ – Klimagerechter, nachhaltiger Wohnbau – Monitoringbericht Juli 2019; Energieinstitut Vorarlberg, Dornbirn 2019
- [Schnieders 2001] J. Schnieders: CEPHEUS: wissenschaftliche Begleitung und Auswertung; Endbericht; Passivhaus Institut Dr. Feist, Darmstadt 2001
- [Sunnika-Blank] M. Sunnika-Blank & R. Galvinl: Introducing the prebound effect: the gap between performance and actual energy consumption; Building Research & Information, 40:3, 260-273
- [Treberspurg 2009] M. Treberspurg et al: Nachhaltigkeits-Monitoring ausgewählter Passivhaus-Wohnanlagen in Wien – Projekt Namap; BoKu, Wien 2009
- [Vbg 2019] Errichtungskosten der gemeinnützigen Wohnbauprojekte in Vorarlberg (interne Auswertung); Land Vorarlberg, Abteilung Wohnbauförderung
- [VOGEWOSI 2019] Endabrechnung zum Modellvorhaben KliNaWo, Vorarlberger gemeinnützige Wohnungsbau- und Siedlungsgesellschaft mbH (VOGEWOSI), Dornbirn 2019
- [Weiß 2019] T. Weiß et al.: Kosten- und Prozessoptimierung im Lebenszyklus von Niedrigst und Plusenergiegebäuden; bmvit (Herausgeber); Wien 2019

Harald Konrad Malzer, F&E; NEUE HEIMAT TIROL Gemeinnützige WohnungsGmbH
Gumpfstraße 47, 6020 Innsbruck, Österreich

5-Euro-Wohnen in den Passivhäusern der NHT

Neue Heimat Tirol

Die Anforderungen werden strenger, die Standards höher und die Kunden sparsamer im Ressourcenverbrauch. Innovative Konzepte in einer ressourcensparenden Zukunft sind für die gemeinnützige WohnungsGmbH NEUE HEIMAT TIROL (NHT) längst integraler Bestandteil der Unternehmenspolitik. Nicht umsonst stellt der Ausspruch: „Die erst gar nicht aufgewendete Energie ist die beste Energie“, einen der Leitgedanken des Unternehmens dar.

Die Neue Heimat Tirol verwaltet aktuell insgesamt 19.700 Wohneinheiten. Mit Parkplätzen und sonstigen Einheiten (Gewerbe, Wohnheime, Kindergärten, etc.) verwaltet die NHT gesamt rund 38.000 Einheiten. Dazu beschäftigen wir aktuell 164 Mitarbeiter (inkl. Hausbetreuer und Geschäftsführer) und seit 2018 eine eigene Abteilung für Forschung & Entwicklung im Bereich Energieeffizienz und Nachhaltigkeit.

Die NHT folgt ihrem gesetzlichen Auftrag, effiziente Gebäude für die Kunden zu schaffen, die auch in Zukunft leistbar bleiben. Hinter sämtlichen Bestrebungen der NHT, langfristig leistbare und energieeffiziente Wohnungen zur Verfügung zu stellen, steht das Wohl unserer Kunden. Der Mensch steht somit im Mittelpunkt all unserer Handlungen.

Wir begleiten unsere Kunden und somit unsere Bestandsliegenschaften über den gesamten Lebenszyklus hinweg. Wir planen, bauen und errichten den mehrgeschossigen Wohnbau, verwalten die Wohneinheiten in der Nutzungsphase und führen den Wohnbau auch wieder der Verwertungsphase zu, bis hin zum endgültigen Abriss und meist darauffolgenden Neubau.



Abbildung 1: Übersicht Lebenszyklus – Darstellung NHT

Wohnen um 5 €/m² im Passivhaus!? Geht das? Wie geht das?

Gerade wenn es um das Thema Kosten geht, herrscht im Bausektor immer große Nervosität. Innovationen am Bau, neue Technologien und hohe Effizienzstandards werden zu allererst meist mit erhöhten und oft „zu hohen“ Kosten in Verbindung gebracht.

Nach der nunmehr 10-jährigen Tradition der NEUEN HEIMAT TIROL, Neubauten nur mehr im Passivhausstandard zu errichten, was zu Beginn noch einer kostenseitig und technisch durchaus anspruchsvollen Bewältigungsstrategie aber vor allem einer starken intrinsischen Grundhaltung bedurfte, ist die Erfahrung der NHT im Passivhausbau gemeinsam mit Planern und Ausführenden nun soweit gediehen, dass 2017 das erste 5-Euro-Wohnen im Passivhaus errichtet werden konnte.

Eine wohldurchdachte Architektur und Grundrissplanung, eine Gemeinde als Partner, der es wichtig ist, alle Bewohner mit leistbarem Wohnraum versorgen zu können und eine auf diese Bedürfnisse abgestimmte Wohnbauförderung sind die Grundpfeiler, um diese leistbare Wohnungsform etablieren zu können.

Das ist bei Zugeständnissen im Hinblick auf Ausführung, Ausstattung und Baugrund zu schaffen. Auf die Errichtung einer Tiefgarage wird verzichtet. Das spart Kosten bei der Errichtung. Davon profitieren unmittelbar die künftigen Mieterinnen und Mieter.

In Schwaz in Tirol, wurden die ersten 18 dieser 5-€/m²-Mietwohnungen am 17.03.2017 an die Bewohner übergeben.

5-Euro-Wohnen-Projekt „Freiheitssiedlung“ in Schwaz:

Die Gesamtkosten betragen in Schwaz 2,42 Mio. Euro. Das dreistöckige Wohnhaus im Passivhausstandard bietet Platz für sechs Zweizimmer- (ca. 55 m²), neun Dreizimmer- (ca. 70 – 80 m²) sowie drei Vierzimmerwohnungen (ca. 98 m²), wobei jede Wohneinheit auch über einen eigenen Balkon verfügt.

Im Erdgeschoss sind die Flächen für Fahrrad-, Kinderwagen-, Trockenräume und Haustechnik vorgesehen. Insgesamt 14 Autostellplätze (zehn Carports und vier Stellplätze im Freien) stehen gegen eine gesonderte Verrechnung zur Verfügung. Die Vergabe der Wohnungen erfolgte hauptsächlich über die Stadtgemeinde Schwaz.

Einhelliger Tenor der Bewohner: hoher Standard, angenehm zum Wohnen und vor allem leistbar.

Mietpreis konkret

Beim Mietpreis von 5 Euro pro m² sind Betriebs- und Heizkosten sowie Umsatzsteuer bereits inkludiert. Die NHT als größter gemeinnütziger Bauträger Tirols hat sich bereits in der Konzeptionsphase für das 5-Euro-Wohnen sehr intensiv mit der Materie beschäftigt. Mit der Übergabe der ersten Liegenschaft wurde der Beweis geliefert, dass eine Umsetzung möglich ist.

Der niedrige Mietpreis kann dadurch erzielt werden, dass die Baukosten entsprechend moderat gehalten werden. Mit Zugeständnissen im Hinblick auf Ausführung und Ausstattung sowie einem günstigen Grundstück ist dieses Ziel zu erreichen.



Abbildung 2: Schwaz: 18 Wohnungen in der Freiheitssiedlung 13, A-6130 Schwaz

Besonderheiten 5-Euro-Wohnen – Finanzierung:

Was ist nun so besonders an diesem Projekt, bzw. welche Stellschrauben gibt es zu drehen?

- Grundkosten gering halten (evtl. Baurecht)
- Baukosten gering halten
- Miete ohne Garagenentgelt (fördert alternative Mobilität)
- Günstige Baufinanzierung

- Erhöhtes Wohnbau-Förderungsdarlehen
- Keine zentrale Warmwasseraufbereitung (dadurch entfallen in Österreich zusätzliche Abrechnungskosten = geringere Betriebskosten)
- Eigenmitteleinsatz der GBV



Abbildung 3 & 4: helles, offenes Stiegenhaus; Wohnbereich mit Echtholzparkett

Das 5-Euro-Wohnen der NHT im Passivhaus ist seit 2017 in Tirol und überregional ein Meilenstein. Zur besseren Einschätzung der Mietpreise in Tirol: Die Durchschnittsmiete im Großraum Innsbruck beträgt ca. 17 €/m².

Seither sind viele weitere 5-Euro-Projekte gefolgt und nun erfolgt im Mai 2022 sogar die Übergabe des weltweit ersten **5-Euro-Wohnen im Passivhaus PLUS** in Rum bei Innsbruck.



Abbildung 5: erstes 5-Euro-Passivhaus PLUS; gesamt 132 Wohnungen, davon 30 für 5-Euro-Wohnen

Eckdaten 5-Euro-Wohnen-Passivhaus PLUS in Rum bei Innsbruck:

30 (von 132) Wohnungen, keine Stellplätze zugeordnet,
innovative Abwärme-Nutzung, dezentrale Kleinst-WP für Warmwasser,
30 kWp PV + ökologischer Batterie-Tagespufferspeicher

Übergabe: Mai 2022
Baukosten: ca. 5 Mio. € (von 22 Mio. €)



Abbildung 6 & 7: 5-Euro-Wohnen Passivhaus Baumkirchen; 5-Euro-Wohnen Passivhaus Haiming

Eckdaten 5-Euro-Wohnen-Passivhaus Baumkirchen (Abb. 6):

14 Wohnungen + 2 betreute Wohnungen
Photovoltaik + zentr. Luft-Wasser-WP

Übergeben: August 2020
Bruttomietpreis: 5 €/m²
Baukosten: 2,8 Mio. €

Eckdaten 5-Euro-Wohnen-Passivhaus Haiming (Abb. 7):

23 Mietwohnungen, Pkw-Stellplätze im Freien & 4 Carports
Photovoltaik + zentr. Luft-Wasser-WP

Übergeben: April 2021
Bruttomietpreis: 5 €/m²
Baukosten: ca. 3,1 Mio. €

Natürlich treiben unsere Vorstöße seit nun mehr über 10 Jahren auch andere Handelnde, ob Politik, Förderstellen, andere Bauträger und Gemeinden im Land, vor sich her. Es ist schön zu sehen, dass dadurch nun bereits viele Dinge, noch vor wenigen Jahren „unmöglich“ oder „unfinanzierbar“ (meistens beides ;-)), zum Standard haben werden können.

Zusammenfassung:

Leistbares Wohnen ist und bleibt ein Grundbedürfnis der Tiroler Bevölkerung. Mit den 5-Euro-Wohnungen setzt die NEUE HEIMAT TIROL in enger Zusammenarbeit mit dem Land Tirol neue Maßstäbe. In Schwaz wurde das Tirol-weit erste Projekt umgesetzt: 18 Mietwohnungen mit hochwertiger Ausstattung in Passivhausqualität und barrierefreier Bauweise mit Lift. Jede Wohnung verfügt über einen großzügigen Balkon

und ein Kellerabteil. Beim Endmietpreis von 5 Euro pro m² sind Betriebs- und Heizkosten sowie Umsatzsteuer bereits inkludiert. Eine 50-m²-Wohnung für nur 243 € Bruttowarmmiete pro Monat. Gemeinsam mit unseren Bewohnern aktiven Klimaschutz mit sozialer Verantwortung zu betreiben, ist eine große Freude!

Anhang

Das 5-EURO-Wohnbaumodell der Wohnbauförderung Tirol

Modell 5-Euro-Wohnen

Allgemeines

- Impulspaket Bauen und Wohnen: zusätzlich 500 Neubauwohnungen in den Jahren 2016/2017
- Kleinwohnanlagen mit 15 bis 25 Wohnungen
- überwiegend 2- oder 3-Zimmerwohnungen
- Verzicht auf Kellergeschoss und Tiefgarage
- angestrebtes Gesamtentgelt inkl. Betriebskosten, Heizkosten und Umsatzsteuer: rund 5,00 €/m²_{NF}

Einfache Ausstattung

- Kompaktheit des Gebäudes, einfache Grundrisse (mehr Raum und flexiblere Nutzungsmöglichkeiten)
- einfache Grundausstattung
- einfache, wartungsarme Haustechnik
- reduzierte Außenanlagen

Vergabe

- 85 % der Wohnungen werden über die jeweilige Bauortgemeinde vergeben
- 15 % der Wohnungen werden durch das Land in enger Abstimmung mit der Gemeinde vergeben

Einkommensgrenzen

Personenzahl	WBF Richtlinie	5-Euro-Wohnen
1	2.850,-	1.900,-
2	4.650,-	3.100,-
3	5.000,-	3.333,33
4	5.350,-	3.566,67
für jede weitere Person	+ 350,-	+ 233,33

Folkmer Rasch, Geschäftsführer Institut faktor10 Darmstadt GmbH zusammen mit der Planerin der nachfolgend genannten Projekte Dipl.-Arch. Dipl.-Des. Petra Grenz

Warmmietenmodell und PassivhausSozialPlus1 in Darmstadt

1 Ein Weg der Motivierung zum klimagerechten Bauen und Sanieren

1.1 Wie definieren wir "klimagerechter" Baustandard oder "zero-emission-house"-Standard?

Wichtig ist, dass innerhalb einer Branche Begriffe gleich definiert werden. So bedeutet "klimagerechter" oder "zero-emission-house Standard", dass die klimaschädlichen Emissionen bei der Erstellung und während der Nutzung eines Gebäudes so niedrig sind, dass diese keine Belastung mehr für die Atmosphäre darstellen.

Klimagerechtes Bauen und Sanieren umfasst dabei verschiedenste Themen, wie:

- die Reduktion der "grauen Energie" bei Neubau, Sanierung, sowie dem Bau-
stofftransport (um mindestens 50 %)
- die Reduktion der Energie für Heizwärme und Lüftung (nach z. B. dem Pas-
sivhausstandard um mindestens 75 % – 90 %)
- die Reduktion der Energie für Warmwasser (um mindestens 60 %)
- die Reduktion des Bedarfs für Gebäudehilfsstrom (um mindestens 75 %)
- die Reduktion des Bedarfs für Haushaltsstrom (um mindestens 50 % – 65 %)
- die Reduktion des Trinkwasserbedarfs (um mindestens 50 % – 60 %)
- die Erhöhung der CO₂-Aufnahmefähigkeit von Böden in den Außenanlagen und
dem Substrat bei Gründächern (von circa 2 % auf circa 8 % – 10 %)
- dem Einsatz von echtem grünen Strom und Biogas (bei Gasheizungen)
- dem Einsatz von Photovoltaik und Stromspeicher

All diese Punkte realisiert das Planungsbüro faktor10 in seinen Projekten und sei-
nem Büro. Der Passivhausstandard ist dabei wegweisend und ein Teil des klima-
gerechten Bauens, reicht allerdings alleine nicht aus und muss mit weiteren Maß-
nahmen verknüpft werden.

1.2 Standard eines klimaneutralen Gebäudes und dessen Mehrkosten

Die Frage, die sich nun stellt, ist, was der Standard eines Gebäudes enthalten muss, damit dieses keine Belastung mehr für das Klima darstellt und somit als klimaunschädlich oder klimaneutral eingestuft werden kann. Außerdem ist es wichtig, die Investitions- bzw. Mehrkosten dieses Standards zu kennen.

Tabelle 1: Inhalte eines klimagerechten Standards, sowie der durchschnittlichen Investitionskosten, gerechnet für ein Projekt mit circa 40 Wohneinheiten und circa 3.300 m² Wohnfläche¹

Klimagerechter Standard	Durchschnittliche Investitionskosten
Reduktion der Energie für Warmwasser z. B. mit Solarthermie	ca. 25 €/m ²
Passivhausstandard in der Heizendenergie	ca. 150 €/m ²
Wärmeerzeugung z. B. mit Biogas-BHKW oder Wärmepumpe, etc.	ca. 20 €/m ²
Diaphragmalyse oder Trinkwasserstationen aufgrund von Legionellen	ca. 10 €/m ²
Photovoltaik für ca. 85 kW (peak)	ca. 25 €/m ²
Elektrospeicher min. 65 kW	ca. 25 €/m ²
Küchen mit energieeffizienter Geräteausstattung	ca. 100 €/m ²
Elektrosonderausstattung der Beleuchtung in allem Räumen usw.	ca. 20 €/m ²
Wassersparsysteme – Geräte und Zapfstellen	ca. 20 €/m ²
Abwasser-/Grauwasser-Biokläranlagen	ca. 10 €/m ²
Antennenanlagen – Satellit und WLAN	ca. 10 €/m ²
Sonstiges z. B. Energiemonitoring über Bildschirme in den einzelnen WE	ca. 10 €/m ²
Summe klimagerechter Sonderinvestitionen	ca. 425 €/m ²

¹ Anmerkung des Herausgebers (siehe nächste Seite)

Alles in Allem gilt es also, für eine drastische Reduktion von CO₂-Emissionen, der Herstellungsenergie von Baustoffen (graue Energie) zu sorgen. Das kann geschehen, indem z. B. Bestandsgebäude erhalten bleiben, d. h. kein Abriss und Neubau, und indem die Verwendung von Stahl und Beton reduziert und vermehrt Holz und Recyclingmaterialien verwendet werden.

1.3 Vorteile, die sich aus einem klimagerechten Baustandard ergeben

Aus den zuvor genannten Investitionsmöglichkeiten und klimagerechten Standards ergeben sich einige Vorteile einer solchen Immobilie im Vergleich zu anderen:

Zunächst entfällt natürlich eine schädliche Belastung der Atmosphäre. Somit fallen auch zukünftige Emissionsstrafabgaben, wie zum Beispiel Strafsteuern, nicht an. Außerdem erhöht sich der Wert der Immobilie; er wird sich in jedem Fall nicht verringern.

Ein klimagerechter Baustandard ermöglicht zudem niedrige Betriebs- bzw. Nebenkosten, die zu einer Warmmiete 3, d. h. zu einer Nebenkostenpauschale, zusammengefasst werden können. Das erspart eine Jahresabrechnung, Verwaltungskosten und somit viel Ärger!

Anmerkung des Herausgebers (zu Tabelle 1):

Für die ökonomische Bewertung von Energieeffizienz-, Klimaschutz- oder Nachhaltigkeitsmaßnahmen sind die Kosten relevant, die einer solchen Maßnahme tatsächlich zuzuordnen sind: dies sind ausschließlich die Zusatzkosten gegenüber Maßnahmen, die ohnehin erfolgen würden. Dass der PH-Standard inzwischen mit noch deutlich geringeren Mehrinvestitionen erreicht werden kann, wurde in mehreren Beiträgen in diesem Band bereits ausführlich dargestellt; weitere Beiträge zeigen, dass die Entwicklung in die Richtung kostengünstigerer Komponenten rasch voran geht. Mehr-(investitions-)kosten für energieeffiziente oder klimaneutrale Bauweise sind lediglich solche, die bspw. für die bessere Wärmedämmung eines Bauteils anfallen im Vergleich zur „normalen“ (hier i. d. R. gemäß den gesetzlichen Anforderungen) Ausführung oder Sanierung dieses Bauteils. Investitionskosten, die ohnehin zu tätigen sind, zählen hier nicht mit. Dasselbe Prinzip gilt bei anderen klimarelevanten Installationen oder Anschaffungen. Demnach wären im Vergleich zu Tabelle 1, in der jetzt jeweils Gesamtkosten für eine Maßnahme angegeben sind, z. B. für eine Küchenzeile ausschließlich die Mehrinvestitionen für energieeffiziente Geräte anzusetzen, soweit solche Geräte teurer sind als der Marktdurchschnitt. Diese Mehr-Anschaffungskosten waren schon immer recht gering, und werden durch die Marktentwicklung in Richtung energieeffizienterer Geräte immer kleiner. Dasselbe gilt bei der Beleuchtung: LED-Lampen entwickeln sich zur üblichen Beleuchtungsquelle, zu immer geringeren Preisen, sodass Mehrkosten dafür kaum anzugeben sind. Natürlich gibt es die Investition in die Küche und in die Beleuchtungs-Infrastruktur. Diese Anschaffungen werden aber ohnehin getätigt, üblicherweise durch den Mieter selbst, der in diesem Modell diese Kosten andererseits nun auch wieder spart. Die eigentlichen klimarelevanten Mehrinvestitionen machen dann nur einen kleinen Anteil der genannten Werte aus, ansonsten handelt es sich überwiegend um Investitionen, die – in Höhe je nach der Hochwertigkeit der Ausstattung – der Mieter ohnehin tragen muss, entweder direkt, oder in diesem Modell über die Umlage. Unabhängig davon ist der Ansatz, energieeffiziente Ausstattung und Geräte im sozialen Wohnbau bereits bei der Vermietung anzubieten, ein interessanter und erfolgreicher Schritt (vgl. Beitrag von Marc Großklos), die weitergehende Energieeffizienz auf der Anwendungsseite zu garantieren, ohne dass dies vom Anschaffungsverhalten des Nutzers abhängt.

2 Projekt Warmmietenmodell mit Warmmiete 1 im Darmstädter Baugebiet Kranichstein K6

faktor10 hat seit 1996 in Geisenheim (Rhein), Wiesbaden, Mainz, Friedberg, Hannover, Freiburg, Frankfurt und Darmstadt nur noch Wohnungsbauprojekte im Passivhausstandard erstellt.

Dabei fiel schon 2002 beim Wohnungsbauprojekt "Wohnen bei St. Jakob" in Frankfurt auf, dass die monatlichen Verbrauchskosten für Heizenergie unter den Kosten, der auf den Monat umgerechneten jährlichen Zählerablesungen, der Abrechnungserstellung sowie des Zähleraustausches alle 5 Jahre nach dem Eichgesetz, lagen.

Hinzu kam, dass die Differenzen der Heizenergieverbräuche bei gleich großen Wohnungen nur 2,00 €/Monat bis 4,00 €/Monat betragen. faktor10 hat auf Basis des § 11 der Heizkostenverordnung den Wohnungsbaugesellschaften vorgeschlagen, diesen § 11 für Ausnahmen anzuwenden, um die Heizkosten (gegebenenfalls auch die Energie für Warmwasser) nicht mehr abzurechnen, sondern pauschal auf die Wohnfläche umzulegen. Dieses Umlegungsverfahren bedeutet, dass keine Abrechnung der individuellen Heizenergieverbräuche mehr durchgeführt wird.

Beim Gebäude Warmmietenmodell in Darmstadt, bei dem faktor10 auch die Hausverwaltung übernommen hat, wurde mit Mietern und ETW-Selbstnutzern das Modell "Warmmiete 1" vereinbart.

In einer Gegenüberstellung nach 5 Jahren stellte faktor10 fest, dass die Betriebskosten inkl. des Haushaltsstromes der Nutzer des Warmmietenmodells um 40 % – 45 % niedriger lagen als die veröffentlichten durchschnittlichen Betriebskosten des Deutschen Mieterbundes und einem Bestandshochhaus in Heppenheim. Dabei hatte keine besondere Anstrengung zur Reduktion der Betriebskosten stattgefunden. Die niedrigen Nebenkosten waren ausschließlich dem Topstandard des Gebäudes Warmmietenmodell geschuldet. Daraufhin war die These geboren, dass es möglich sein müsste, mit zusätzlichen Planungsanstrengungen die Betriebskosten inkl. dem Haushaltsstrom auf ca. 2,00 €/m² und Monat zu reduzieren. Es wäre also möglich, eine Nebenkostenpauschale, die wir hier mit 'Warmmiete 3' bezeichnen wollen, einzuführen, womit Nebenkostenabrechnungen am Ende des Jahres komplett wegfielen. Das würde die Verwaltungskosten der Wohnungsbaugesellschaften erheblich reduzieren.

2.1 Die Vision der Entwicklungsmöglichkeiten der Nebenkosten-Abrechnung von Wohnungen – Blick aus dem Jahr 2002

- **Heute:** Kaltmiete + abrechnungsfähige Nebenkosten +

Energieverbrauchskosten Heizung, Warmwasser, Haushaltsstrom

- **Morgen:** Warmmiete 1 = Kaltmiete inkl. Energieverbrauchskosten


Heizung, Warmwasser mit Flatrate (ist beim Projekt Rotlintstraße der ABG schon lange Realität) + abrechnungsfähige Nebenkosten + Haushaltsstrom

- **Übermorgen:** Warmmiete 2 = Warmmiete 1 inkl. aller abrechnungsfähigen Nebenkosten + privater Haushaltsstrom
- **Über-Übermorgen:** Warmmiete 3 = Warmmiete 2 inkl. Haushaltsstrom und Wasserverbrauch mit Vorgabebudget oder Prepaidsysteme, inkl. aller sonstigen Nebenkosten wie z. B. Internet, WLAN, GEZ-Gebühren usw. An allen diesen Nebenkosten könnte übrigens ein Vermieter noch mitverdienen, ohne dass es den Mieter zusätzlich belastet.
- **Mittlerweile im Jahr 2019,** bauen wir Wohnanlagen mit der Warmmiete 3, denn die Technik ist vorhanden und in naher Zukunft wird die Warmmiete 3 zum Standard werden.

2.2 Vergleich der Abrechnungsmodelle

2.2.1 Betriebskosten eines Wohnhochhauses in Heppenheim/Bergstraße von 1968

Betriebskosten Hochhaus 1968	
	Hochh.2014
Wasser/Abwasser	0,30 €
Heizung	1,65 €
Warmwasser	0,33 €
Zwischensumme I	2,28 €
Grundsteuer	0,17 €
Aufzug	0,14 €
Straßenreinigung	0,04 €
Müllbeseitigung	0,08 €
Gebäudereinigung	0,12 €
Gartenpflege	0,22 €
Allgemeiner Strom	0,01 €
Schornsteinreinigung	0,02 €
Versicherung	0,28 €
Hauswart	0,12 €
Antenne/Kabel	0,08 €
Sonstiges	0,03 €
Zwischensumme II	1,31 €
Summe Betriebsk.	3,59 €
priv. Haushaltsstrom	1,20 €
Betriebsk. + Strom	4,79 €



Beispiel: WE mit 75qm x 4,79€/qm = 359€

faktor10 Darmstadt

Abbildung 1: Auflistung der Betriebskosten des Hochhauses für eine WE mit 75 m² x 4,79 €/m² = 395 €/Monat

2.2.2 Betriebskosten des Warmmietenmodells Darmstadt (Fertigstellung 2011)



Betriebskosten Warmmietenmodell	
	WMM 2014
Wasser/Abwasser	0,25 €
Heizung	0,29 €
Warmwasser	0,32 €
Zwischensumme I	0,86 €
Grundsteuer	0,32 €
Aufzug	0,24 €
Straßenreinigung	0,02 €
Müllbeseitigung	0,06 €
Gebäudereinigung	0,18 €
Gartenpflege	0,06 €
Allgemeiner Strom	0,06 €
Schornsteinreinigung	
Versicherung	0,09 €
Hauswart	
Antenne/Kabel	
Sonstiges	0,07 €
Zwischensumme II	1,10 €
Summe Betriebsk.	1,96 €
priv. Haushaltsstrom	0,46 €
Betriebsk. + Strom	2,42 €

Abbildung 2: Auflistung der Betriebskosten einer WE des Warmmietenmodells Darmstadt mit $75 \text{ m}^2 \times 2,42 \text{ €/m}^2 = 182 \text{ €/Monat}$

2.2.3 Gesamtschaubild

Betriebskosten 2005 - 2013 Deutscher Mieterbund
Betriebskosten Hochhaus Heppenheim Bj.1968 + Warmmietenmodell Darmstadt Bj.2011 faktor10

	2005	2006	2007	2008	2009	2011	2012	2013	Hochh.2014	WMM 2014	mögl.Betriebsk
Wasser/Abwasser	0,39 €	0,39 €	0,40 €	0,39 €	0,41 €	0,35 €	0,35 €	0,34 €	0,30 €	0,25 €	0,15 €
Heizung	0,76 €	0,85 €	0,77 €	0,90 €	0,84 €	0,99 €	1,16 €	1,24 €	1,65 €	0,29 €	0,20 €
Warmwasser	0,19 €	0,22 €	0,22 €	0,28 €	0,25 €	0,25 €	0,27 €	0,27 €	0,33 €	0,32 €	0,25 €
Zwischensumme I	1,34 €	1,46 €	1,39 €	1,57 €	1,50 €	1,59 €	1,78 €	1,85 €	2,28 €	0,86 €	0,60 €
Grundsteuer	0,21 €	0,20 €	0,19 €	0,19 €	0,19 €	0,19 €	0,19 €	0,18 €	0,17 €	0,32 €	0,32 €
Aufzug	0,18 €	0,18 €	0,14 €	0,11 €	0,13 €	0,15 €	0,16 €	0,16 €	0,14 €	0,24 €	0,16 €
Straßenreinigung	0,05 €	0,05 €	0,05 €	0,05 €	0,07 €	0,04 €	0,03 €	0,04 €	0,04 €	0,02 €	0,02 €
Müllbeseitigung	0,18 €	0,18 €	0,19 €	0,19 €	0,20 €	0,17 €	0,16 €	0,16 €	0,08 €	0,06 €	0,06 €
Gebäudereinigung	0,13 €	0,14 €	0,15 €	0,14 €	0,15 €	0,15 €	0,16 €	0,15 €	0,12 €	0,18 €	0,14 €
Gartenpflege	0,10 €	0,09 €	0,09 €	0,09 €	0,10 €	0,09 €	0,09 €	0,10 €	0,22 €	0,08 €	0,04 €
Allgemeiner Strom	0,05 €	0,04 €	0,05 €	0,05 €	0,05 €	0,05 €	0,05 €	0,05 €	0,01 €	0,06 €	0,01 €
Schornsteinreinigung	0,04 €	0,03 €	0,04 €	0,04 €	0,04 €	0,03 €	0,03 €	0,03 €	0,02 €		
Versicherung	0,13 €	0,12 €	0,12 €	0,13 €	0,14 €	0,14 €	0,15 €	0,15 €	0,28 €	0,09 €	0,09 €
Hauswart	0,20 €	0,20 €	0,20 €	0,19 €	0,18 €	0,21 €	0,21 €	0,21 €	0,12 €		0,06 €
Antenne/Kabel	0,09 €	0,10 €	0,12 €	0,11 €	0,13 €	0,12 €	0,14 €	0,14 €	0,08 €		
Sonstiges	0,04 €	0,05 €	0,05 €	0,05 €	0,06 €	0,04 €	0,04 €	0,04 €	0,03 €	0,07 €	0,05 €
Zwischensumme II	1,40 €	1,36 €	1,39 €	1,34 €	1,44 €	1,38 €	1,41 €	1,41 €	1,31 €	1,10 €	0,95 €
Summe Betriebsk.	2,74 €	2,82 €	2,78 €	2,91 €	2,94 €	2,97 €	3,19 €	3,26 €	3,59 €	1,96 €	1,55 €
priv. Haushaltsstrom	0,84 €	0,88 €	0,93 €	0,98 €	1,04 €	1,09 €	1,15 €	1,20 €	1,20 €	0,46 €	0,35 €
Betriebsk. + Strom	3,58 €	3,70 €	3,71 €	3,89 €	3,98 €	4,06 €	4,34 €	4,46 €	4,79 €	2,42 €	1,90 €

Im Vergleich der Mietnebenkosten ist zu erkennen, dass schon beim Warmmietenmodell die Mietnebenkosten sich um ca.45% reduziert haben. Mit konsequenterer und energieeffizienterer Planung sind weitere NK-Reduzierungen möglich!

Abbildung 3: typische Betriebskosten verschiedener Gebäude im Vergleich

2.3 Vergleich der Nebenkosten eines regulären Neubaus mit dem Warmmietenmodell Darmstadt

Heute liegen selbst bei modernen Wohnhäusern die umlegbaren Nebenkosten bei 3,00 €/m² bis 4,00 €/m² pro Monat zuzüglich Haushaltsstrom, das Ganze mit steigender Tendenz, weil die Technik immer aufwendiger wird und verschiedene Interessengruppen gute Verdienstmöglichkeiten mit Wartungsverträgen sehen!

Beim Darmstädter Warmmietenprojekt liegen die umlegbaren Nebenkosten ohne Haushaltsstrom, WLAN und GEZ-Gebühren für die Mieter bestätigt über drei Jahre im Mittel bei 1,93 bis 1,98 €/m²/Monat zuzüglich Haushaltsstrom mit 0,46 €/m², Betriebskosten und Strom mit circa 2,42 €/m². Die aktuelle Grundsteuererhöhung der Stadt Darmstadt wird sich mit einer Erhöhung von 5 Cent pro Quadratmeter im Monat niederschlagen.



Abbildung 4: Modell des Gebäudes Warmmietenmodell in Darmstadt Kranichstein



Abbildung 5: Ansichten des Projektes Warmmietenmodell in Darmstadt nach Fertigstellung

2.4 Passivhausstandard beim Projekt Warmmietenmodell

Nun stellt sich die Frage, wie der Passivhausstandard und weitere energieeffiziente Maßnahmen im fertiggestellten Projekt Warmmietenmodell Darmstadt umgesetzt wurden. Durch den Passivhausstandard kann die benötigte Energie für Heizwärme um mehr als 75 % reduziert werden.

Zunächst sollte jedoch geklärt werden, was die wesentlichen Merkmale eines Passivhauses sind: Ein Passivhaus hat eine super Hüllflächendämmung und hohe Luftdichtheit. Die Fenster sind dreifachverglast und haben wärmegeämmte Rahmen. Die Be- und Entlüftung findet kontrolliert statt, wobei auf Wärmerückgewinnung und minierte Wärmebrücken gesetzt wird. Gleichzeitig hat man aufgrund der guten Wärmedämmung und der außenliegenden Verschattung der Fenster einen guten sommerlichen Wärmeschutz. Wichtig ist zu erwähnen, dass die Lüftung mit Lüftungsfiler auch für Pollenallergiker geeignet sind. Diese Merkmale führen zu einem hohen Wohnkomfort und gleichzeitig zu extrem niedrigen Energiekosten. Das Gebäude ist mit einem zukünftigen Energiestandard ausgestattet, was dessen Wert zusätzlich erhält oder sogar steigert.

Im Warmmietenmodell Darmstadt wurde die Reduktion der Energie für Warmwasser um circa 50 % mit Solarthermie und der entsprechenden Planung umgesetzt. Die Aufbereitung von Warmwasser erfolgt über Solarthermie und große Pufferspeicher. Sollte die Sonnenenergie nicht ausreichen, werden die Speicher mit Fernwärme aufgeheizt. Es wurden Wassersparamaturen und effiziente Perlatoren mit neuer Perlatorentechnik sowie Sparduschbrausen eingebaut. Neu an diesem Projekt ist die Diaphragmaanalyse zur Desinfektion des Trinkwassers. Durch diese Technik können Legionellen vermieden und somit eine dauerhafte Absenkung der Vorlauftemperaturen von Warmwasser auf circa 48 °C ermöglicht werden.

In größeren Gebäuden ist es möglich, die Heizsysteme mit hocheffizienten Umwälzpumpen zu optimieren. Durch Pumpenoptimierung und einen hydraulischen Abgleich lassen sich bei Zentralheizungen im Mittel circa 60 %, im Einzelfall jedoch sogar bis zu 90% an elektrischer Hilfenenergie für die Wasserumwälzung einsparen.

Eine energiesparende Aufzugsanlage in Form eines hydraulischen Aufzugs ermöglicht an dieser Stelle eine Reduktion des Stromverbrauchs im Standby-Modus um bis zu 85 % und im Fahrbetrieb um bis zu 40 %.

Eine weitere simple Möglichkeit, für Energieeffizienz zu sorgen, ist der Einsatz von Standby-Ausschaltern neben Steckdosen oder zentral für eine gesamte Wohneinheit. Der Einbau dieser Schalter ist in den meisten Fällen vergleichsweise sehr kostengünstig.

Bäder mit Waschmaschine und Trockenschrank ermöglichen ein Trocknen von Wäsche ohne Stromeinsatz. Die Abluft-Ansaugung der Wohnungs-Lüftungsanlage nimmt

die Feuchtigkeit aus dem Trockenschrank auf, sodass die Feuchtigkeit aus der Wäsche über den Wärmetauscher der Lüftungsanlage in die Fortluft direkt nach draußen geleitet wird.

Wärmeführende Leitungen besitzen eine Superdämmung, die circa 2- bis 2,5-mal so stark ist, wie eine Standarddämmung. Diese Superdämmung hat einen Wärmeverlust von nur 3 bis 4 kWh/m² pro Jahr. Eine Standarddämmung hat vergleichsweise einen Wärmeverlust von circa 10 bis 14 kWh/m² pro Jahr. Neben Solarthermie wird Photovoltaik zur Erzeugung von Strom für den Eigenbedarf eingesetzt.

Alle diese Maßnahmen sind nicht nur energieeffizient, sondern führen auch zu einer erheblichen Reduktion der Betriebskosten.

3 PassivhausSozialPlus 1 im Lincoln-Quartier in Darmstadt-Bessungen

3.1 Ausstattung und Bedingungen

Das Ziel hinter dem PassivhausSozialPlus ist eine Nebenkostenpauschale von nur circa 2,00 bis 2,30 Euro pro Quadratmeter und Monat. Haushaltsstrom, FTZ-Gebühren, Internet und WLAN, etc. sind miteinbegriffen, womit keine Nebenkostenabrechnung am Ende des Jahres erfolgen muss. Es handelt sich hierbei um eine Projektidee von faktor10 zum zero-emission-house mit den folgenden Bedingungen:

- Passivhausstandard
- Einbauküchen mit Haushaltsgeräten auf höchstem Energieeffizienzniveau
- Waschmaschinen und stromlose Trockenschränke
- Licht als LED-Beleuchtung in allem Wohnräumen
- Grauwasseranlagen zur Reduktion des Trinkwasserverbrauchs bis auf 50 %
- Stromproduktion mit Photovoltaik und Speicherung mit Batteriespeicher
- Jährliches individuelles Trinkwasser- und Strombudget. Bei Überschreitung des Budgets gibt es die Möglichkeit des Zukaufs vom Mieter
- Visualisierung der Verbräuche auf Bildschirmen in den Wohnungen mit Ressourcen-Monitoring
- Zukünftige Stromüberschüsse für Elektromobilität (E-Bike oder E-Auto)

3.2 Grundstück und Geschichte

Standort des Bauprojekts: Einsteinstraße 26, 28, 30 – Lincoln-Siedlung, Darmstadt

In einer Konversionsfläche sind auf einem Grundstück mit einem Bestandsgebäude aus den 1950er Jahren 42 Wohneinheiten im sozialen Wohnungsbau entstanden. Klimagerechtes Bauen und Sanieren, sowie eine Nebenkostenpauschale von circa 2,00 Euro pro Quadratmeter Wohnfläche inklusive Haushaltsstrom, waren das Ziel.

Die Schwierigkeit des Projekts lag in der Vereinigung von Energie- und Kosteneffizienz. Das hohe Ziel von klimagerechten Wohnungen führt zu additiven Mehrkosten von circa. 400 €/m². Das Ziel war jedoch, dass Baukosten von 1.800 € – 1.900 € nicht überschritten werden.

Vor dem Hintergrund der Klimaziele und der niedrigen Vorgabekosten wurde entschieden, dass das Bestandsgebäude um ein Drittel verkleinert wird, sodass eine Baufläche für einen etwa gleich großen Neubau entstand. Aus Kostengründen wurde das Bestandsgebäude saniert, jedoch nicht barrierefrei umgebaut. Allerdings sind die Wohneinheiten des Neubaus barrierefrei und teilweise rollstuhlgerecht.



Abbildung 6: Standort der Grundstücke

Es ist unstrittig, dass die Baukosten für die Sanierung eines Bestandsgebäudes auf Neubauqualität zu ähnlichen Kosten führen wie ein Neubau. In diesem Projekt konnten jedoch bei der Bestandssanierung einige Leistungen in Abzug gebracht werden.

50 % der Elektroleitungen in Innenwand- und Deckenputz, 30 % des Innenwand- und Deckenputzes, 70 % der Bäder mit Fliesen und Badewanne, 95 % der in neuwertigem Zustand bestandenen Küchen ohne Küchen-Elektrogeräte, 70 % der Heizkörper und der zentralen Zirkulationsleitungen, Balkongeländer, Treppenhausgeländer und Beleuchtung in den Treppenhäusern des Bestandsgebäudes waren noch in gutem Zustand und konnten beibehalten werden.

Das Beibehalten dieser Bauteile sowie nicht zu erbringende Rohbauleistungen für die Bauteile, die nicht abgerissen wurden, führten zu einer Kostenreduktion von ca. 800.000 €.

Des Weiteren konnten durch Beibehaltung vorgenannter Bauteile circa 1.500 Tonnen (geschätzt aber nicht errechnet) klimaschädlicher Gase eingespart werden.

3.3 Ausstattung der Wohnungen des Bestandgebäudes



Abbildung 7: Ausstattung der Wohnungen

Es gibt in jeder Wohneinheit einen Monitor mit Angaben zum Budget und Verbrauch von Wasser und Strom. Zusätzlich kann an jedem Monitor der Verbrauch in jeder Stunde, an jedem Tag, Monat und Jahr abgelesen werden, ebenso der Rückblick auf die letzten drei Jahre, sowie eine Statistik der Verbräuche von Strom und Wasser der eigenen Wohnung und der aller anderen Wohnungen. Außerdem sieht der Nutzer die Erträge der Photovoltaikanlage.



Abbildung 8: Ausstattung der Wohnungen (2)



Abbildung 9: Beispielanzeige eines Monitors

Innerhalb des Gebäudes befinden sich außerdem eine Grauwasseranlage, ein zentraler Schaltschrank für Batteriespeicher (64 kW) und Photovoltaik mit Zählern und ein WLAN-Anlage und ein Computersystem für das Monitoring.

4 Der finanzielle Weg zum klimagerechten Bauen

Wie bereits erwähnt, müssen die additiven Mehrkosten zum klimagerechten Bauen mit ca. 300 bis 400 €/m² Wohnfläche eingestuft werden. Um dies zu erreichen, sind vor allem die Erfahrung, die Sorgfalt im Umgang mit Kosten, die Kreativität und das technische Wissen, sowie die Bereitschaft der Architekten und Fachingenieure zum kostenreduzierten Bauen gefragt.

Die Gesellschaft bzw. Politik müssen jedoch gleichzeitig begreifen, dass Investoren im Wohnungsbau, nicht bereit sein werden, Mehrkosten hinzunehmen, die aus Maßnahmen resultieren, die über den gesetzlichen Standard hinausgehen, wenn diese Mehrkosten den Gewinn des Investors in gleicher Höhe mindern. Die Investoren haben investive Mehrkosten, während der Wohnungsnutzer an den geringeren Nebenkosten und die Gesellschaft von der Reduktion von klimaschädlichen Emissionen profitieren. Solange die Gesellschaft also den Investoren in Wohnraum keine Wege ermöglicht, wie sie klimagerechtes Bauen ohne erhebliche Gewinnreduzierungen umsetzen können, wird klimagerechtes Bauen und Sanieren bis 2030 oder 2050 nicht stattfinden.

faktor10 hat einen Vorschlag erarbeitet, wie klimagerechtes Bauen finanziert werden kann: Die Bundesländer sollten zusammen mit den Kommunen eine "Grundstücksauffanggesellschaft" (beispielhaft benannt) gründen.

Wenn eine Wohnungsbaugesellschaft einen klimagerechten Wohnungsbau erstellen möchte, jedoch die Mehrkosten über den gesetzlichen EnEV-Standard hinaus nicht finanzieren kann und will, so bietet sie das Grundstück dem jeweiligen Bundesland zum Kauf, mit der Verpflichtung zum klimagerechten Bauen zum Gutachterpreis oder dem vom Markt geforderten Kaufpreis an. Das Land kauft das Grundstück und gibt dem Investor das Grundstück mit einem Erbpachtvertrag zu 1 % Erbpachtzins und den Auflagen des klimagerechten Bauens zurück.

Der Erbpachtzins mit 1 % ist in der Miete bzw. der Wirtschaftlichkeitsberechnung genauso einkalkuliert, wie Zins- und Tilgungsraten bei einer normalen Finanzierung eines Kaufgrundstückes einkalkuliert sind.

Das gleiche Modell ist auch bei Grundstücken anzuwenden, die sich im Bestand von Investoren oder Wohnungsbaugesellschaften befinden. Das Modell kann auch auf Bestandsgebäude übernommen werden, die klimagerecht saniert werden sollen.

Heute und wahrscheinlich auch noch in den nächsten Jahren bekommen die Länder auf dem Markt Geld zu fast 0 % Zinsen. Wenn die Länder außerdem noch 1 % Erbpachtzins einnehmen, könnten aus diesen Einnahmen weitere Subventionen zum klimagerechten Bauen finanziert oder Ausfallrisiken abgedeckt werden.

Wenn also der Investor den Grundstückswert bzw. den Kaufpreis nicht mehr in die Wirtschaftlichkeitsberechnung einsetzen muss, entfällt der belastende Grundstücks-

preis für die gesamte Baufinanzierung. Es müssen lediglich die Erbpachtzinsen berücksichtigt werden. Diese sind zurzeit aufgrund eines sicherlich niedrigen Kapitalmarktzinssatzes etwas höher. Andererseits liegen die Tilgungen der meisten durch Finanzinstitute gewährten Kapitalmarktmittel bei mindestens 2 %, vor allem bei Berücksichtigung von KfW-Krediten. Desweiteren sind die Grundstücksnebenkosten bei Erbpachtgrundstücken von der Grunderwerbsteuer bis zu den Notarkosten niedriger.

Wenn also das Grundstück nicht mehr in die Finanzierung eingeht, ergeben sich erhebliche Finanzierungsspielräume zur Abdeckung der Mehrkosten für klimagerechtes Bauen.

Dieses Modell muss jedoch noch weiter ausgearbeitet werden. Beispielsweise könnte die Laufzeit des Erbbaurechtes auf zum Beispiel 50 Jahre reduziert werden oder die Regelung zur Wertfeststellung des Projektes beim Heimfall möglicherweise nur noch für das Grundstück ohne Gebäude stattfinden. Das sind nur zwei Beispiele, inwiefern sich das Modell in den nächsten Jahren noch entwickeln kann und muss.

An den nachfolgenden Kalkulationsaufstellungen (4.1) der tatsächlichen Kosten des Projektes PassivhausSozialPlus (4.2.1) ist ersichtlich, wie sich der Gesamtaufwand entwickelt, wenn der Grundstückskaufpreis entfällt oder das Grundstück als Erbpacht-Grundstück (4.2.2) eingeht. Tabelle 4.1.3 zeigt, welcher finanzielle Spielraum dann immer noch besteht, so die additiven Mehrkosten zum klimagerechten Bauen in die Wirtschaftlichkeitsberechnung einzubringen (4.2.3).

4.1 Zusammenstellung der Kosten und des Gesamtaufwands eines PassivhausSozialPlus1

4.1.1 PassivhausSozialPlus1 mit gekauften Grundstück

Tabelle 2: Gesamte Projektkosten einschließlich Grundstück

Aufwand	Kosten
Grundstück 3.862 m ² * 590 €/m ²	2.278.580,00 €
Erwerbskosten ca. 10 % v. Grd. Ko.	227.858,00 €
Baukosten 3.235 m ² * 2.037 €/m ²	6.588.700,00 €
Gebäuderestwert Bestand	-800.000,00 €
Mobilitätskonzept Stellplätze	336.000,00 €
Außenanlagen	180.000,00 €
Baunebenkosten DIN 276 KG 700	1.540.000,00 €
Summe der Gesamtkosten	10.351.138,00 €

4.1.2 PassivhausSozialPlus1: Grundstück in Erbpacht und reduzierte Bau- und Nebenkosten

Tabelle 3: Projektkosten bei Erbpacht

Aufwand	Kosten
Erschließung 3.862 m ² * 150 €/m ²	579.300,00 €
Erwerbskosten reduziert bei Erbpacht	35.946,00 €
Baukostenreduzierung um 20 % 3.235 m ² * 2.037 €/m ²	5.270.964,00 €
Gebäuderestwert Bestand	-800.000,00 €
Mobilitätskonzept Stellplätze	336.000,00 €
Außenanlagen	180.000,00 €
Baunebenkosten DIN 276 KG 700	1.300.000,00 €
Summe der Gesamtkosten	6.902.210,00 €

4.1.3 PassivhausSozialPlus1: Grundstück Erbpacht und reduzierte Bau- und Nebenkosten zuzüglich klimagerechter Investitionen!

Tabelle 4: Projektkosten bei Erbpacht und klimagerechter Investition

Aufwand	Kosten
Erschließung 3.862 m ² * 150 €/m ²	579.300,00 €
Erwerbskosten reduziert bei Erbpacht	35.946,00 €
Baukostenreduzierung um 20 % 3.235 m ² * 2.037 €/m ²	5.270.964,00 €
Klimagerechte Investitionen 3.235 m ² * 400 €/m ²	1.294.000,00 €
Gebäuderestwert Bestand	-800.000,00 €
Mobilitätskonzept Stellplätze	336.000,00 €
Außenanlagen	180.000,00 €
Baunebenkosten DIN 276 KG 700	1.300.000,00 €
Summe der Gesamtkosten	8.196.210,00 €

4.2 Die Vorteile und Nachteile zusammengefasst

- Klimagerechte Investitionen sind jetzt somit finanzierbar!
- Das Land Hessen hat 50 oder 66 Jahre die Hand auf dem Grundstück und kann immer Einfluss nehmen auf Verkaufsspekulationen und Mieterhöhungen.
- Das Land Hessen kann die öffentliche Förderung im sozialen Wohnungsbau erheblich reduzieren!
- Die Kommunen können ihren Komplementärbeitrag zum sozialen Wohnungsbau erheblich reduzieren!
- Land Hessen und Kommunen können Zuschüsse (verschenktes Geld) zum sozialen Wohnungsbau erheblich reduzieren!
- Die ersparten Mittel könnten auch verwendet werden, dass freier Wohnungsbau Zuwendungen erhält um Mieten zu reduzieren!
- Nur klimagerechtes Bauen ermöglicht niedrige Nebenkostenpauschalen
- Steuerliche Abschreibungen sollten zukünftig an klimagerechten Bauen orientiert werden: EnEV-Bau max.0,5 %/a aber klimagerechtes Bauen bis 5 %/a
- Nachteil: Man muss aufpassen, dass die Reduktion der Gesamtaufwände nicht zu zusätzlichen Spekulationen führt!

Ralf Werner, Wohnbau Gießen GmbH, Ludwigstraße 4, 35390 Gießen

Projektbeispiele aus Gießen: Neubau und energetische Modernisierung

1 Wohnbau Gießen

Die Wohnbau Gießen GmbH ist eine kommunale Wohnungsbaugesellschaft mit insgesamt etwa 7.121 Wohnungen und einigen Gewerbeeinheiten.

Etwa 608 Wohneinheiten wurden bisher mit Passivhaus-tauglichen Komponenten saniert, etwa 500 Wohneinheiten mit KfW-55-Standard und etwa 750 Wohneinheiten mit KfW 70 oder besser als EnEV 2009.

2 Abwägungen vor dem Bau / vor der Modernisierung

Vor Beginn eines Neubaus oder einer energetischen Modernisierung müssen einige Abwägungen getroffen werden:

Zuerst ist zu überlegen, was bautechnisch notwendig und wünschenswert ist. Notwendig sind in der Regel die Erneuerung der Elektroverteilung sowie die Erneuerung der Fenster.

Zudem muss beachtet werden, was den Mietern zumutbar ist beziehungsweise wie die aktuelle Versorgungssituation ist. Teilweise kann es notwendig sein, mehrere Maßnahmen, wie zum Beispiel die Erneuerung mehrerer Bäder, gleichzeitig durchzuführen. In diesem Fall erhöht sich die Sanierungsdauer und für die Mieter werden dann Ersatzwohnungen bereitgestellt. Ein weiterer Aspekt, der vor allem beim Neubau relevant ist, ist die Zielgruppe. Möglicherweise müssen die Wohnungen barrierefrei oder altersgerecht sein.

Zuletzt müssen ebenfalls finanzielle Aspekte beachtet werden. Hierbei wird überlegt, wie die Finanzierung erfolgt und welche Mieterhöhung vertretbar ist.

3 Projektbeispiel Schwarzlachweg 42 – 44

3.1 Kostenschätzung

	KfW 70	KfW 55	KfW 55 Plus
Geschätzte Baukosten	874.300 €	1.004.000 €	1.014.000 €
mögliches KfW-Darlehen	591.500 €	764.000 €	774.000 €
Tilgungszuschuss	133.000 €	210.100 €	213.000 €
Landeszuschuss	0 €	0 €	88.500 €
Baukosten abzüglich Zuschüsse	741.300 €	793.900 €	712.500 €
Stand 2016			

Abbildung 1: Kostenschätzung Schwarzlachweg 42 – 44, (KfW 70, KfW 55 und KfW 55 Plus im Vergleich)

In Abbildung 1 ist eine Kostenschätzung für das Gebäude im Schwarzlachweg 42 – 44 in Gießen dargestellt. Es handelt sich um eine Sanierung im Bestand mit zwölf Wohneinheiten, bei der die Mieter in der Wohnung verblieben sind.

In der Abbildung werden KfW 70, KfW 55 sowie KfW 55 Plus miteinander verglichen. KfW 55 Plus bedeutet, dass der KfW-55-Standard erreicht wird und zusätzlich Passivhaus-Komponenten verwendet werden.

Die Baukosten steigen, je höher der angestrebte Standard ist. Jedoch steigt gleichzeitig auch die von der KfW mögliche Fördersumme.

Ein entscheidender Unterschied ist allerdings der Landeszuschuss von 88.500 €, der nur für KfW 55 Plus vorhanden ist und diese somit zur günstigsten Variante macht.

3.2 Luftdichtheitskonzept

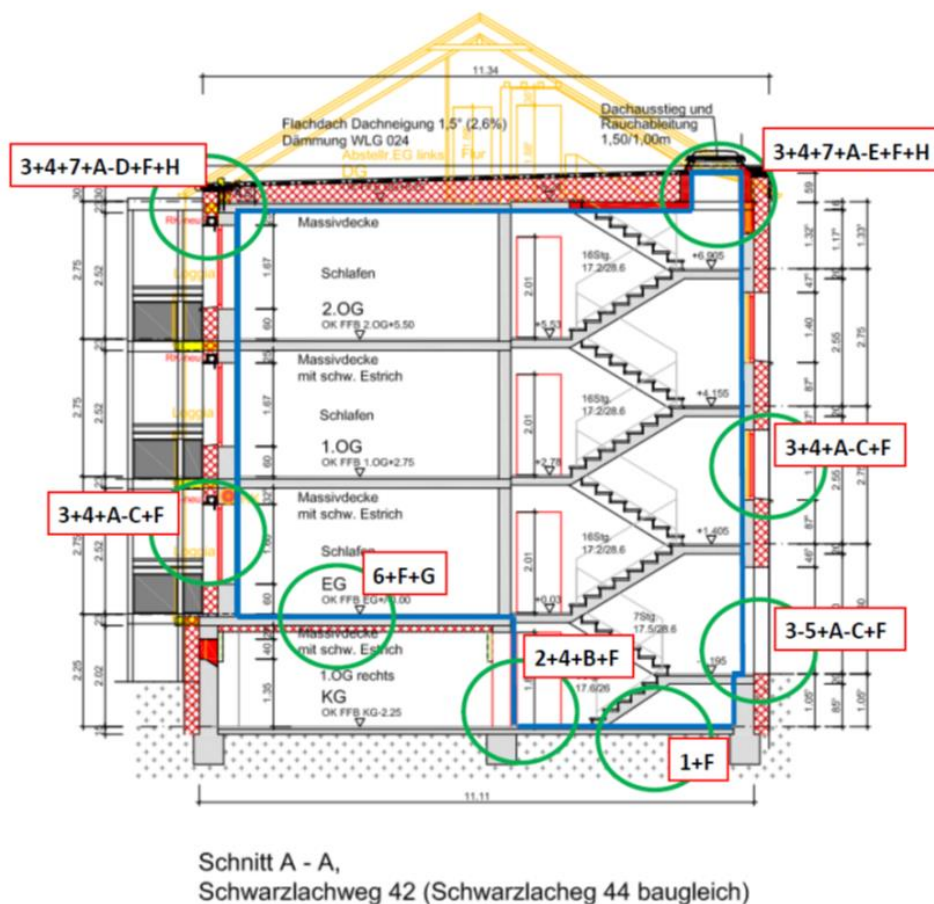


Abbildung 2: Luftdichtheitskonzept Schwarzlachweg 42

In der zweiten Abbildung ist das Luftdichtheitskonzept des Gebäudes im Schwarzlachweg 42 (baugleich zum Gebäude im Schwarzlachweg 44) zu sehen.

Die thermische Hülle verläuft bis zum Boden des Treppenhauses, sodass das Treppenhaus sowie der Keller mit in das Luftdichtheitskonzept einbezogen sind.

3.3 Dachdämmung

Im Bestand war ein ungenutztes Satteldach vorhanden (Abbildung 3), welches, aufgrund seines schlechten Zustandes, während des Sanierungsprozesses durch ein Flachdach ersetzt wurde.

In den Abbildungen 4 und 5 ist die Photovoltaikanlage auf dem Flachdach gut zu erkennen. Das Dach besitzt eine Grunddämmung von 18 cm und darüber eine Gefälledämmung von durchschnittlich 10 cm, sodass ein U-Wert von $0,10 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erreicht wurde.



Abbildung 3: Satteldach im Bestand



Abbildung 4 und 5: Flachdach nach der Sanierung mit Photovoltaikanlage

3.4 Außenwanddämmung und Fenster

Die Außenwanddämmung wurde mit 30 cm ausgeführt und die Fenster sitzen bündig an der Fassade, sodass die Rahmen überdämmt werden konnten, was die Wärmebrücken minimierte.

3.5 Dämmung der Kellerdecke

Im Bestand befand sich im Keller eine Hohlkammerdecke, die gedämmt werden musste. Auch hierbei wurde darauf geachtet, Wärmebrücken zu minimieren.

3.6 Einbau einer Lüftungsanlage

In den Gebäuden im Schwarzlachweg wurden wohnungsweise Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung eingebaut. Die Lüftungsanlage sowie die Verteilung werden verkleidet, sodass sich eine abgehängte Decke ergibt, wie in Abbildung 6 zu sehen ist, die mit LED Spots ausgestattet wird.



Abbildung 6: verkleidete Lüftungsanlage

4 Projektbeispiel Fuldastraße 6 – 8

4.1 Kostenschätzung

	KFW 40
Geschätzte Baukosten	3.896.513 €
Darlehen KfW	1.140.000 €
Darlehen Land Hessen	1.303.400 €
Darlehen Stadt Gießen	240.000 €
Tilgungszuschuss KfW	114.000 €
Zuschuss Land Hessen	130.340 €
Zuschuss Stadt Gießen	480.000 €
Baukosten abzüglich Zuschüsse	3.172.173 €
Stand 2018	

Abbildung 2: Kostenschätzung Fuldastraße 6-8

In der oben abgebildeten Tabelle sind die geschätzten Kosten für den Neubau in der Fuldastraße 6 – 8 dargestellt. Es handelt sich dabei um 16 Wohneinheiten mit etwa 1.200 m².

4.2 Dämmung Bodenplatte und Dach



Die Besonderheit bei diesem Projekt ist, dass es nicht möglich war, einen Keller einzubauen. Daher wurde die Bodenplatte mit einer Dicke von 30 cm gedämmt, um einen U-Wert von etwa 0,1 W/(m²K) zu erreichen.

Das Dach wurde als Satteldach mit einer Photovoltaikanlage ausgeführt. Direkt unter dem Dach befinden sich keine Wohneinheiten und der Dachraum konnte für sämtliche Technikräume genutzt werden.

4.3 Außenwanddämmung und Fenster



Die Außenwände sind ebenfalls mit 30 cm gedämmt.

5 Qualitätssicherung und Baubegleitung

Ein wichtiger Aspekt vor und während des Bauprozesses ist die Qualitätssicherung und die Baubegleitung.

Die ausführenden Handwerksfirmen werden von der Wohnbau Gießen GmbH intensiv vorbereitet, um das Verständnis für die Sanierung mit Passivhauskomponenten zu vermitteln.

Außerdem werden die Handwerker während der Bauphase begleitet.

Robert Persch, Stadt Heidelberg; Amt für Umweltschutz, Gewerbeaufsicht und Energie
Am Kornmarkt 1, 69117 Heidelberg

Erfahrungen und Bewohnerbefragung im PH-Stadtteil HD-Bahnstadt

1 Bahnstadt Heidelberg in PH-Standard

Seit 2010 entsteht auf einer ehemaligen Güterbahnhofsfläche in Heidelberg der neue Stadtteil Bahnstadt. Hier entsteht eines der größten nachhaltigen Stadtentwicklungsprojekte in ganz Deutschland und die derzeit größte Passivhaussiedlung weltweit. Die Entwicklung des Stadtteils Bahnstadt schreitet kontinuierlich voran, die ersten viertausend Bewohner sind bereits eingezogen, die Infrastruktur ist in weiten Teilen bereits fertiggestellt. Mit dem Beschluss der Umsetzung des Energiekonzepts Bahnstadt im Jahr 2007 hat der Heidelberger Gemeinderat den Themen Energieeffizienz und Erneuerbare Energien einen ganz besonderen Stellenwert in der Stadtentwicklung eingeräumt. Mit der Festlegung des Energieeffizienzstandards Passivhaus für alle Neubauten in der Bahnstadt wurden klare Vorgaben an den zukünftigen Heizenergieverbrauch und den Primär-Energieverbrauch gemacht. Im Rahmen einer Qualitätssicherung werden im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens die Einhaltung der Passivhaus-Kennwerte und die wichtigsten Bauschritte stichprobenartig auf der Baustelle überprüft. Diese Vorgaben sind in städtebaulichen Verträgen, Kaufverträgen und Bebauungsplänen fixiert. Neben den „harten“ Auflagen werden die Investoren aber auch seitens der Stadt und der Klimaschutzberatungsagentur beratend unterstützt und im Rahmen des städtischen Förderprogramms „Rationelle Energieverwendung“ finanziell gefördert.



Abbildung 1: Luftbild des Teils der Bahnstadt, indem sich die hier untersuchten Gebäude befinden (Foto: Kay Sommer – Bildrechte Stadt Heidelberg)

2 Baukosten

Die Stadt Heidelberg fordert für alle Gebäude in der Bahnstadt den Passivhausstandard, gleichzeitig werden Wohngebäude mit einem Zuschuss von 50 €/m² gefördert. Im Rahmen des Bewilligungsverfahrens wurden auch die Baukosten der Kosten­gruppe 300 und 400 abgefragt.

Die Abbildung 2 zeigt einen Kostenvergleich (Umrechnung auf Basisjahr 2015) bei den Bahnstadtprojekten bezogen auf die Wohnflächen. Der Mittelwert liegt bei 2.019 €/m² die Spannweite bei mehr als 1.000 €.

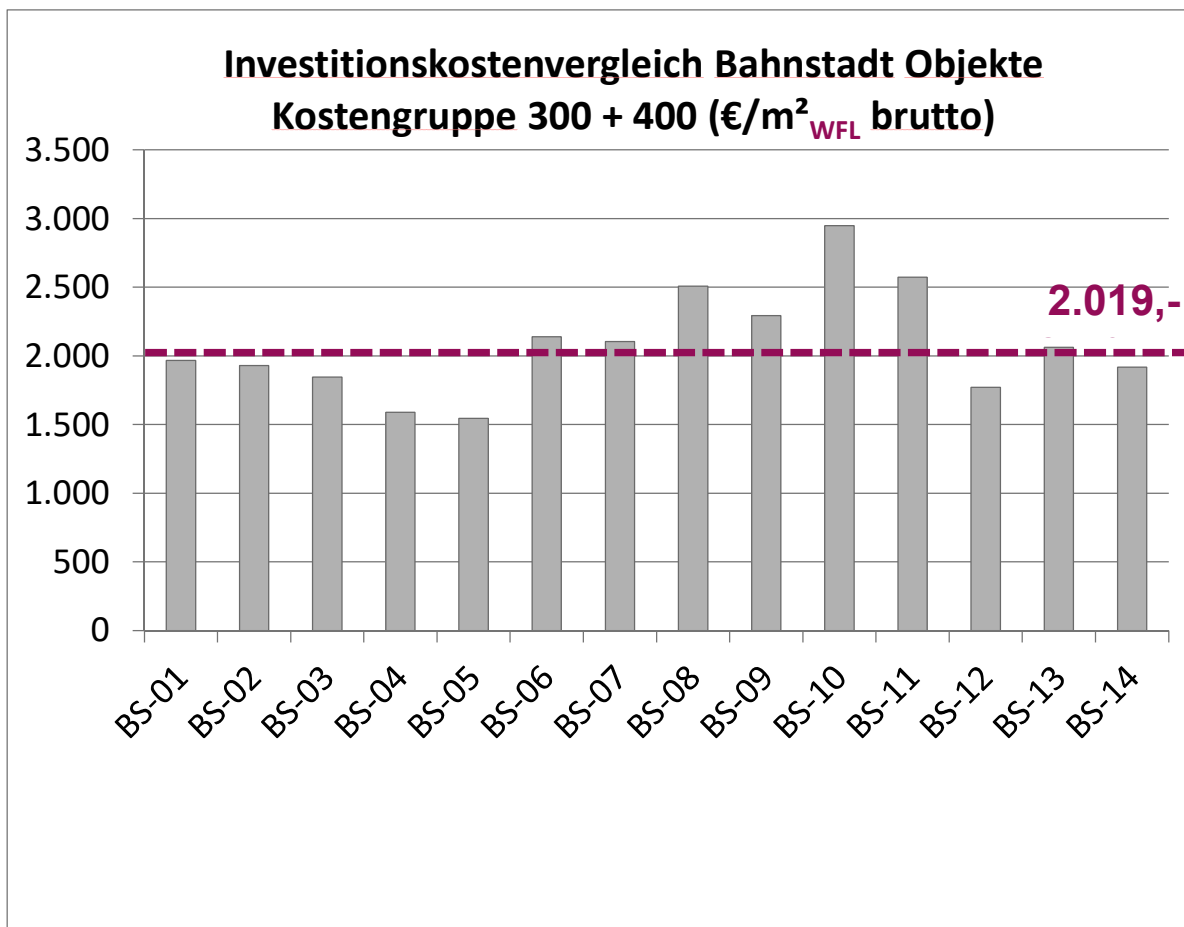


Abbildung 2: Baukosten Bahnstadtprojekte

3 Monitoring zur Erfolgskontrolle

3.1 Heizenergieverbrauch

Der Erfolg des Passivhaus-Baugebietes „Bahnstadt-Heidelberg“ wird mithilfe eines Monitorings kontinuierlich überprüft [Peper 2015; Orlik 2017]. Die Datenauswertung erfolgt im Rahmen eines sogenannten Minimalmonitorings, bei dem der Heizwärmeverbrauch aus den Monatsmittelwerten in einer guten Näherung ermittelt wird. Das Verfahren ist im Protokollband Nr. 45 „Richtig messen in Energiesparhäusern“ des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser genauer beschrieben [Peper 2012].

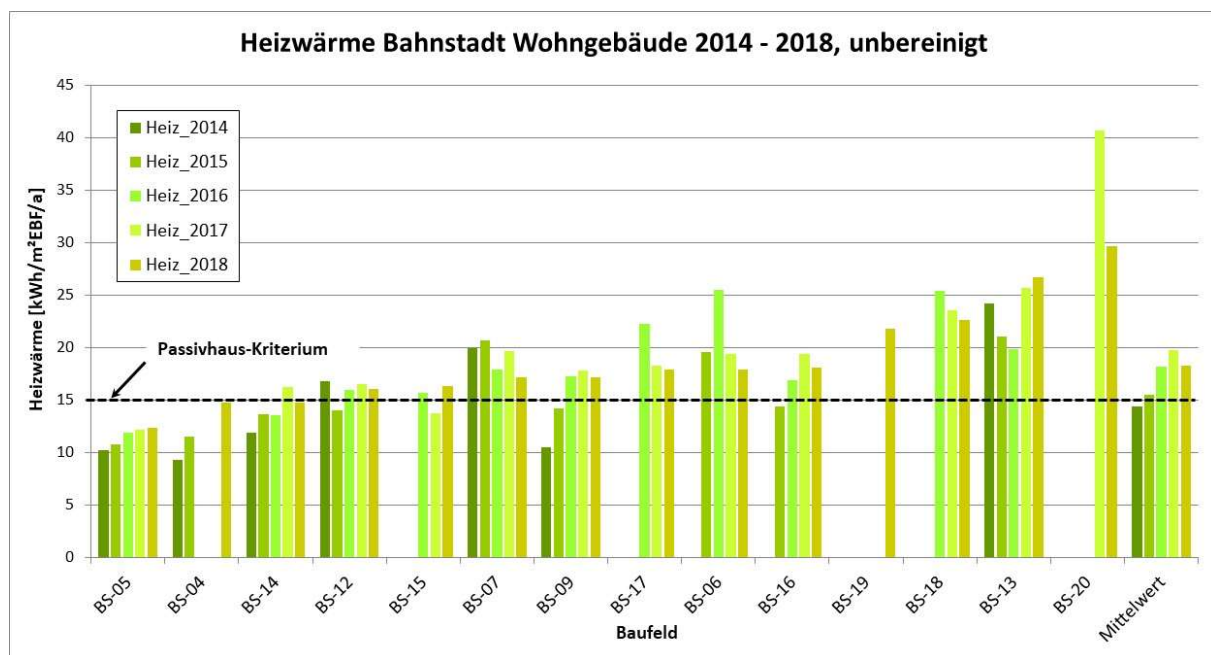


Abbildung 3: Heizenergieverbrauchswerte der vierzehn Baufelder in der Bahnstadt Heidelberg

Die Auswertung der Verbrauchsdaten zeigt überzeugend, dass die umfangreichen Bemühungen der Stadt Heidelberg mit Vorgaben und Qualitätssicherung einen ganzen Stadtteil energetisch hochwertig zu gestalten, aufgegangen sind.

Mit Heizwärmeverbrauchswerten von im Mittel 15 – 20 kWh/(m²a), ist hier ein sehr gutes Ergebnis erzielt worden. Besonders beeindruckend ist die Tatsache, dass es sich um eine sehr hohe Zahl (weit über 2.000) Wohnungen mit insgesamt über 150.000 m² untersuchter Wohnfläche handelt. Mit diesen vielen Gebäuden kann gezeigt werden, dass eine Umsetzung von hoch energieeffizienten Gebäuden in der Breite mit vielen unterschiedlichen Akteuren gut und erfolgreich möglich ist.

3.2 Heizleistung

Wichtige Erkenntnisse in Bezug auf die Heizleistungen zeigen die Abbildungen 4 und 5.

Die tatsächlich über mehrere Jahre gemessene Spitzenleistung für die Fernwärme liegt bei durchschnittlich 20 W/m^2 , während die von den Planern berechnete und vor Ort bereitgestellte Leistung bei durchschnittlich 40 W/m^2 liegt, bis zu einer maximalen Leistung von mehr als 80 W/m^2 .

Hier zeigt sich, dass die üblichen Planungen nach DIN Vorschriften mit Sicherheitszuschlägen bei Energieeffizienzhäusern, wie dem Passivhaus, komplett versagen und zu höheren Investitionen und höheren Betriebskosten führen können. Die Abbildung 5 zeigt den mittleren Wärmepreis unter Einberechnung von Arbeits- und Leistungspreis für die gemessenen und die tatsächlichen Verbräuche und Leistungen. Es zeigt sich eine Preisabweichung von bis zu 6 Ct/kWh bei ungünstigem Verhältnis zur bereitgestellten Leistung.

3.3 Betriebsoptimierung

Grundsätzlich sind die Energiekennwerte im Mittel hervorragend, Abweichungen nach oben oder unten bei einzelnen Baufeldern zeigen, dass es Unterschiede in der Betriebsweise gibt.

Im Rahmen eines Betriebsoptimierungsverfahrens soll ein Leitfaden entwickelt werden, wie eine noch gleichmäßigere effiziente Betriebsweise erreicht werden kann, insbesondere mit dem Ziel einer Heizleistungsanpassung in den Baufeldern.

Gemeinsam mit dem Umweltamt Heidelberg, der KliBA und dem Passivhaus Institut werden Untersuchungen und Messungen durchgeführt und der Informationsaustausch mit den Nutzern, Bewohnern, und Verwaltungen gesucht.

In einem Baufeld wurden bereits erste Reduzierungen der Leistung an der Fernwärmeübergabestation vorgenommen.

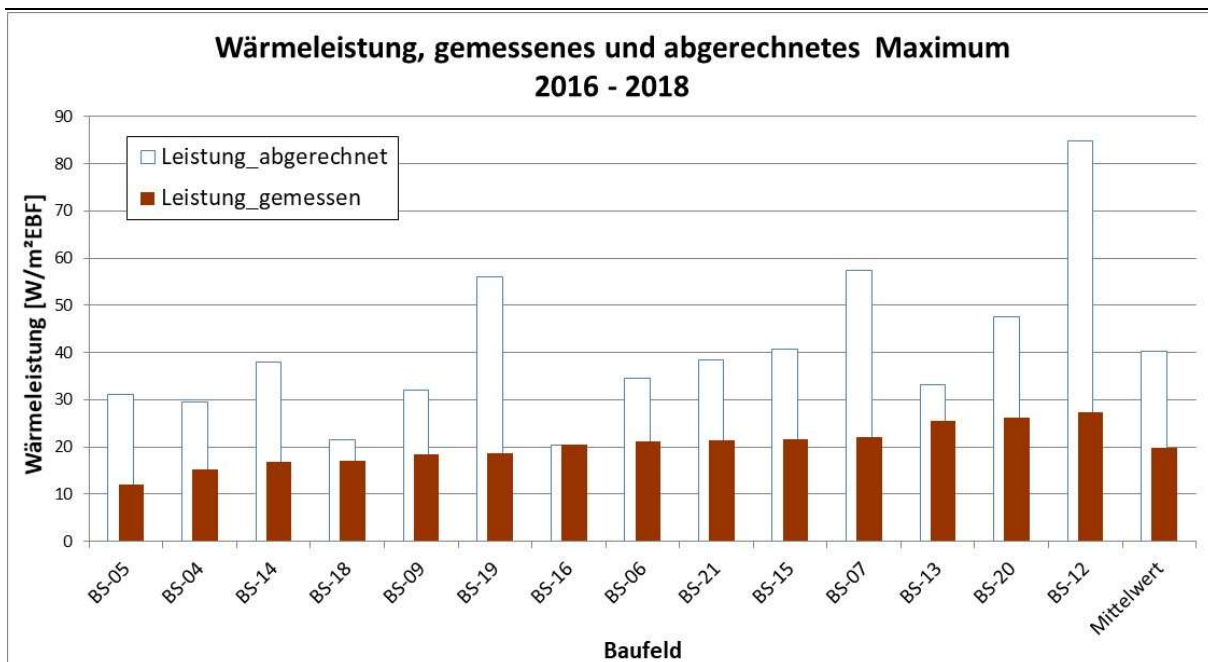


Abbildung 4: Wärmeleistung Bahnstadtprojekte Wohnen

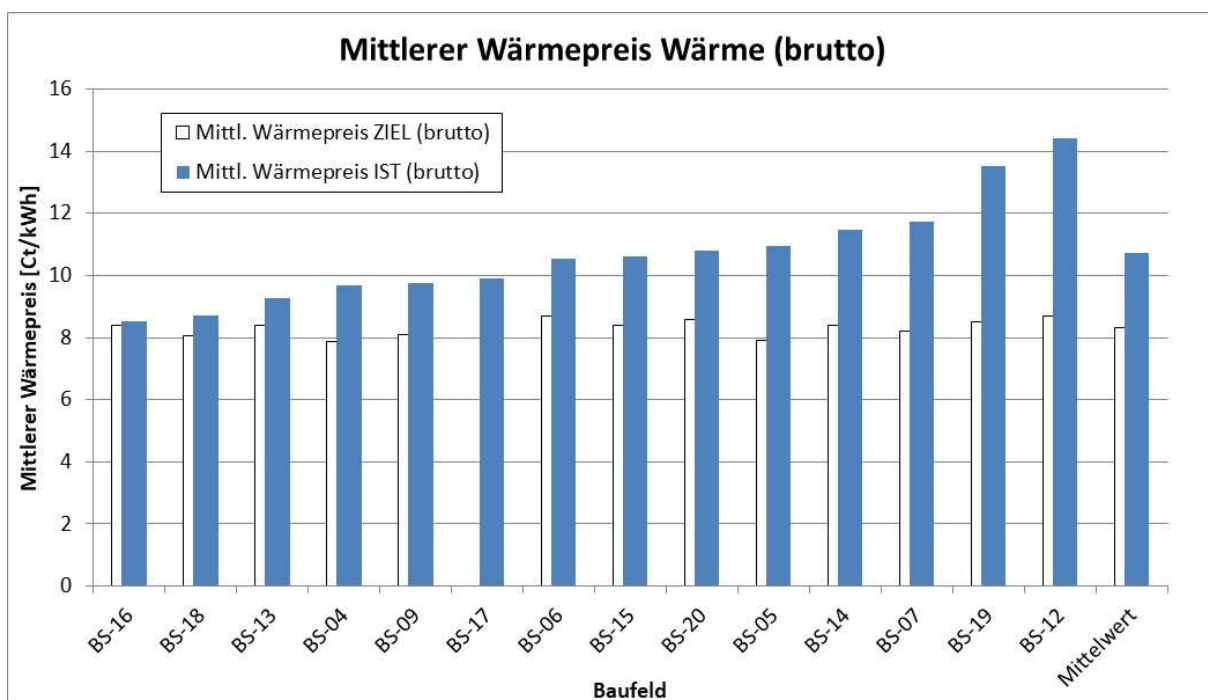


Abbildung 5: Vergleich der mittleren Wärmepries (Fernwärme inkl. Leistung und Arbeitspreis) der 14 untersuchten Baufelder in der Bahnstadt.

3.4 Bewohnerbefragung

In 2015 wurde eine Bewohnerbefragung durchgeführt, um herauszufinden, ob der neue Stadtteil und das Wohnen im Passivhaus beliebt sind. Die nachfolgenden Abbildungen sprechen für sich.

Bewohnerbefragung Bahnstadt 2015 (1.500 Haushalte)

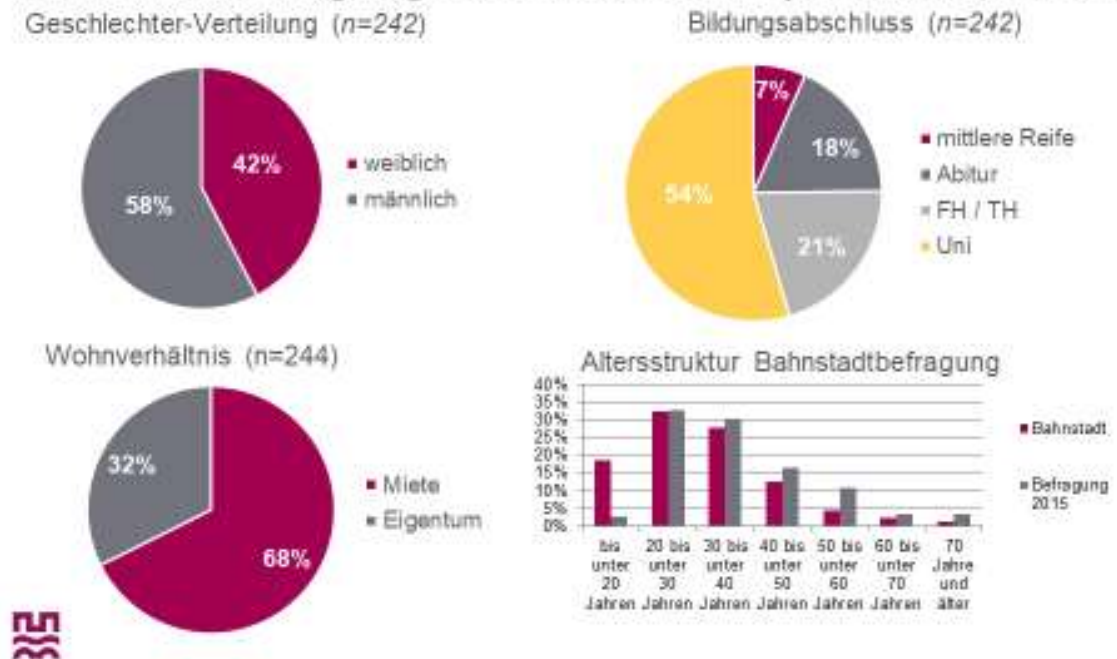


Abbildung 5: Bewohnerbefragung 2015 Heidelberg Bahnstadt

Von einer Skala von 1 (sehr enttäuschend) bis 10 (sehr zufrieden), wie würden Sie das Leben im Passivhaus bewerten? (230 Antworten)

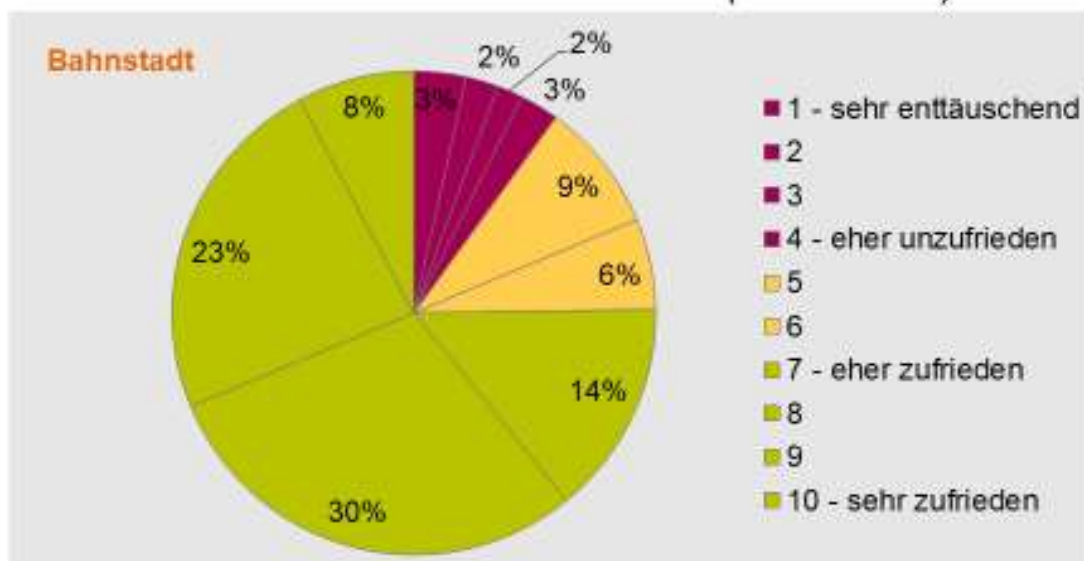


Abbildung 6: Bewohnerbefragung 2015 Heidelberg Bahnstadt

Würde Sie das Leben im Passivhaus weiterempfehlen? (244 Antworten)

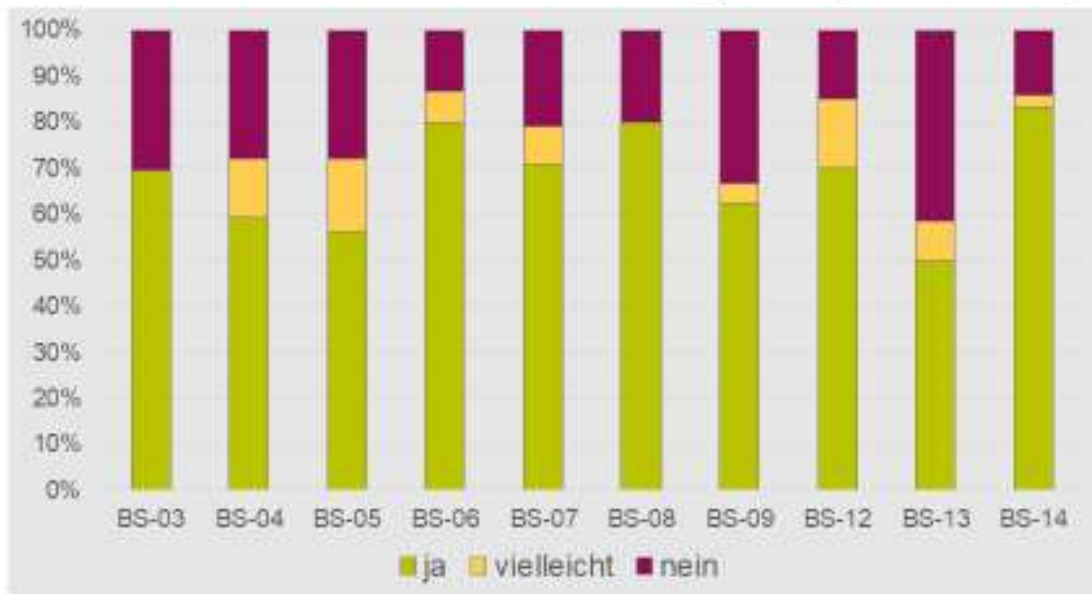


Abbildung 7: Bewohnerbefragung 2015 Heidelberg Bahnstadt

Bedienkomfort Lüftungsanlage (237
 Antworten)

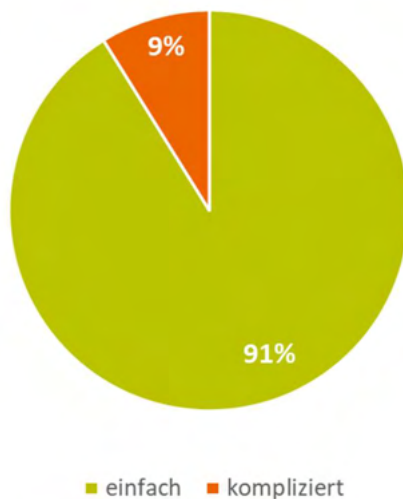


Abbildung 8: Bewohnerbefragung 2015 Heidelberg Bahnstadt

4 Fazit

Die Entwicklung des Stadtteils Bahnstadt in Heidelberg als Passivhausquartier mit einer Energieversorgung aus einem Biomassekraftwerk schreitet voran und zeigt, dass durch konsequente Umsetzung von innovativen Energiekonzepten eine CO₂-neutrale Versorgung eines ganzen Stadtteils möglich ist.

5 Literatur

- [Peper 2012] Peper; S.: Messung zur Verbrauchskontrolle – „Minimalmonitoring“. In: Richtig messen in Energiesparhäusern; Protokollband 45 des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser Phase V, Passivhaus Institut, 2012
- [Peper 2015] Peper; S.: Monitoring in der Passivhaus-Siedlung Bahnstadt Heidelberg, Zwischenbericht 2014. Passivhaus Institut, 2015
- [Orlik 2014-2017] Energiemonitoring_Bahnstadt_2014-2017 (https://www.heidelberg-bahnstadt.de/site/HD_Satelliten/get/documents_E-1755234211/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/2019_Energiemonitoring_Bahnstadt_2014-2017.pdf)
- [Orlik 2014-2018] Energiemonitoring_Bahnstadt_2014-20178 (https://www.heidelberg-bahnstadt.de/site/HD_Satelliten/get/documents_E-1541707986/heidelberg/Objektdatenbank/Bahnstadt/heidelberg-bahnstadt.de/Pdf/Energie-Monitoring-2014-2018%20in%20der%20Passivhaussiedlung%20Bahnstadt%20_KliBA.pdf)

Dipl.-Ing. Tanja Schulz – Passivhaus Institut, Rheinstraße 44/46, 64283 Darmstadt

Lösungen für die Gebäudehülle

1 Bedeutung der Gebäudehülle für energieeffiziente Gebäude

Bei der Energiebilanzierung von Gebäuden stehen den Wärmeverlusten durch Transmission und Lüftung Wärmegewinne durch solare und interne Wärmeeinträge gegenüber. Der Anteil der Transmissionswärmeverluste hängt ganz wesentlich vom A/V-Verhältnis (Volumen zu Hüllfläche) ab. Vor allem großvolumige Wohngebäude können hier ihren Vorteil ausspielen, da sie in der Regel kompakt sind und der Fensterflächenanteil vergleichsweise gering ist (Abbildung 1).

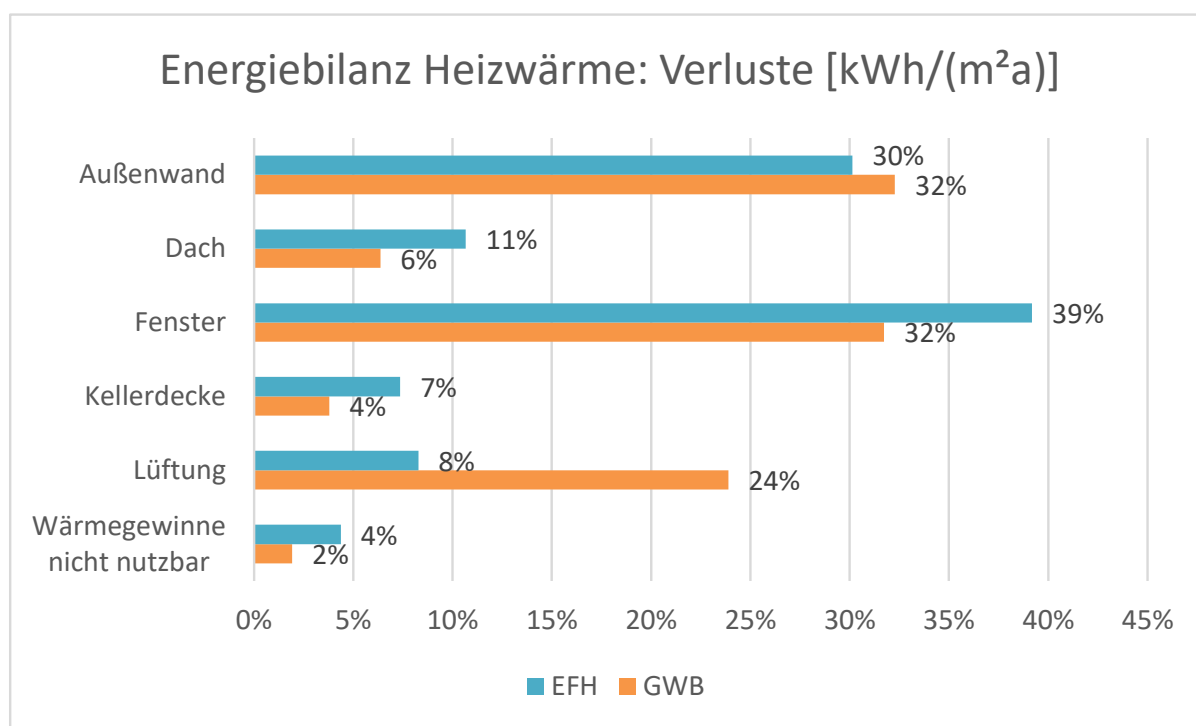


Abbildung 1: Exemplarische Verlustanteile für Einfamilienhäuser, hier Reihenendhaus (EFH) und Geschosswohnbauten (GWB). Der Anteil der Transmissionswärmeverluste über die Gebäudehülle (Summe Außenwand, Dach, Kellerdecke und Fenster) sind im Geschosswohnbau 74 % deutlich geringer als vergleichsweise in einem Einfamilienwohnhaus 87 %.

Das gute A/V-Verhältnis ermöglicht zudem die Realisierung des Passivhausstandards mit etwas höheren U-Werten. Daher fallen die Dämmstoffstärken im Geschosswohnbau geringer aus als z. B. bei Einfamilienhäusern. Die Umsetzung mit hoher Effizienz ist daher in Bezug auf den erforderlichen Aufwand im Bereich der Gebäudehülle vergleichsweise gering.

Tabelle 1: Exemplarischer Vergleich der U-Werte der Gebäudehülle, die zum Erreichen des PH-Standards erforderlich sind. Annahme: Die Gebäudehülle ist WB-frei.

	U-Wert [W/(m²K)]	
	EFH	GWB
Außenwand	0,138	0,152
Dach	0,108	0,129
Kellerdecke	0,131	0,121
Fenster	0,747	0,747

1.1 Passivhausgeeignete Wandkonstruktionen

Im Neubau reicht die Bandbreite der hochwärmedämmenden Konstruktionen von monolithischen Wänden aus Ziegel oder Porenbeton über Mauerwerks- oder Stahlbetonwände mit klassischen Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) bis hin zu Vorhangfassaden bzw. vorgehängten Fassadenelementen. Je nach Bundesland sind auch Geschosswohnbauten in Holzbauweise möglich. Nachfolgend werden die häufigsten Bauarten exemplarisch vorgestellt:

Wärmedämmverbundsysteme aus WDVS – EPS oder Miwo + Putz oder Riemchen

Massive Wandkonstruktionen mit Wärmedämmverbundsystemen (WDVS) sind kostengünstig, langlebig und werden daher häufig verwendet. Für Geschosswohnbauten (Gebäudeklasse 4 und 5) ist aus Brandschutzgründen eine schwerentflammbare Außenbekleidung erforderlich. Während WDVS mit Mineralwolle diese Anforderung ohne weiteres erfüllt, müssen WDVS mit EPS mit zusätzlichen Schutzmaßnahmen ausgeführt werden, sodass dadurch die „Brandausbreitung auf und in diesen Bauteilen ausreichend lang begrenzt“ wird [MBO]. Zu diesen Maßnahmen gehört der Einbau von Brandriegeln, ggf. einer dreiseitigen Umschließung und die Verwendung eines



Abbildung 2: Fassade mit Putz und Riemchen, Wohn- und Geschäftshaus mit 11 Wohneinheiten. REPPCO Architekten 2013 (Projekt-ID2966)

geeigneten Schichtenaufbaus, z. B. aus einer Armierungslage und einem mineralischen Oberputz mit entsprechender Dicke. Die konkreten Baustoffe und Schichtenaufbauten sowie eine Beschreibung der Lage der Brandriegel sind der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung des WDVS zu entnehmen.

Nach den Empfehlungen mehrerer Verbände sind für Geschosswohnbauten folgende Brandschutzmaßnahmen relevant:

Schutzmaßnahmen im Sockelbereich zur Unterbindung einer Brandausbreitung infolge einer von außen wirkenden Brandlast (z. B. durch brennende Müllcontainer) und **Schutzmaßnahmen infolge eines Raumbrandes**. Der Schutzbereich „Sockelbrand“ umfasst den Bereich von der Geländeoberkante (GOK) bis zur Oberkante der dritten Geschossdecke. Erforderlich sind hier in der Regel drei Brandriegel. Der erste ist am Gebäudesockel maximal 90 cm über GOK vorzusehen. Der zweite wird im Bereich der ersten Geschossdecke über GOK und der dritte im Bereich der Geschossdecke des dritten Geschosses über GOK vorgesehen.

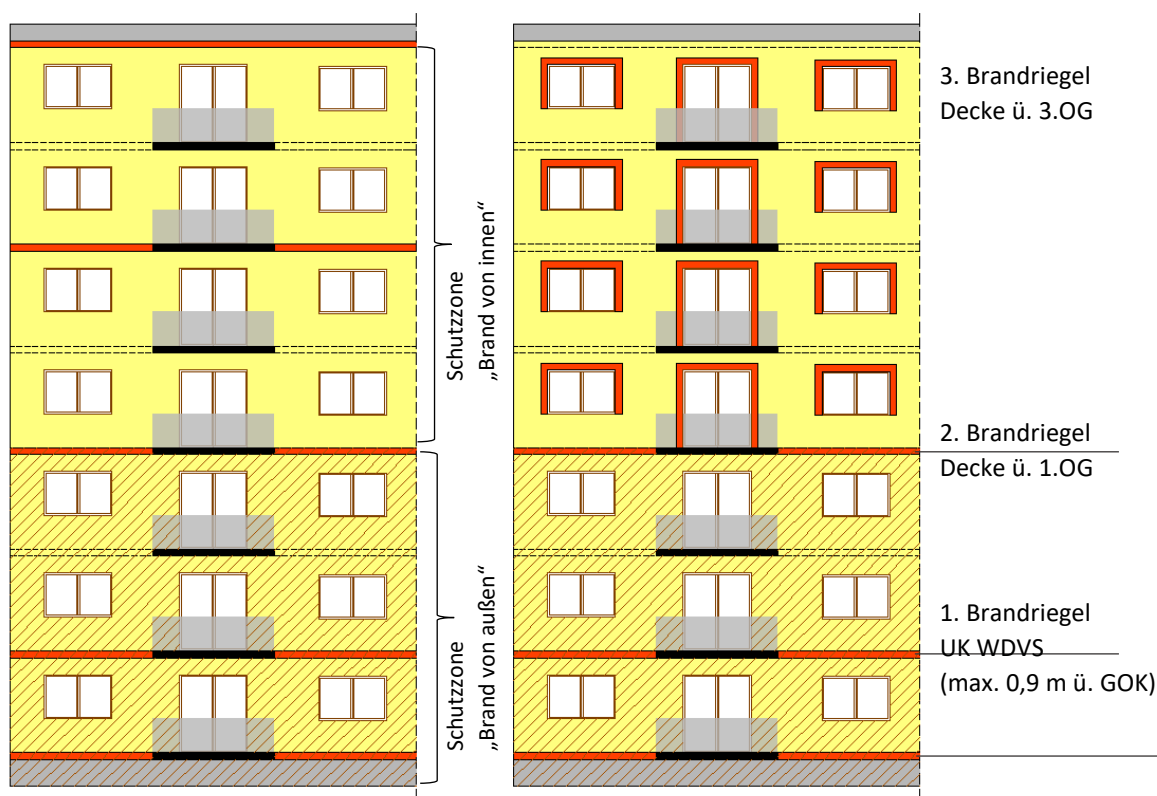


Abbildung 3: WDVS mit EPS – Empfehlungen für eine brandschutzgerechte Ausführung. Die Schutzmaßnahmen für den „Brand von außen“ im Bereich der ersten drei Geschosse decken die Maßnahmen für den „Brand von innen“ mit ab. Ab dem 3. OG können alternativ Brandriegel alle zwei Vollgeschosse oder ein erweiterter (dreiseitiger) Schutz der Fenster vorgesehen werden.

Oberhalb dieses dritten Brandriegels beginnt der Schutzbereich „Raumbrand“. Hier können die Schutzmaßnahmen umlaufend durch weiteres Brandriegel erfolgen oder durch einen Schutz um jede Öffnung. Dabei ist zu beachten, dass bei Anordnung des Fensters in der Dämmebene der Schutz dreiseitig vorzusehen ist.

Grenzt das WDVS an ein Schrägdach oder eine andere brennbare Dachkonstruktion, so wird in aller Regel auch am oberen Abschluss des WDVS ein Brandriegel erforderlich. Eine genaue Beschreibung der erforderlichen Brandriegel ist in der allgemeinen Bauaufsichtlichen Zulassung des WDVS zu finden.

Der Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme e. V. hat eine umfassende Broschüre zur Ausführung von Mineralwollstreifen veröffentlicht. Darin werden sowohl Empfehlungen zur Anordnung von Brandriegeln bzw. Umfassungen von Fassadenöffnungen als auch Lösungen für die Ausführung von Brandriegeln in Kombination mit Balkonplatten oder Gebäudeversprüngen vorgestellt [FV-WDVS].

Vorgehängte Fassaden-Leichtbaukonstruktion

Neben den klassischen massiven Wandkonstruktionen mit außenliegender Wärmedämmung sind auch Konstruktionen mit vorgefertigten nicht tragenden hochwärmegedämmten Elementen möglich.



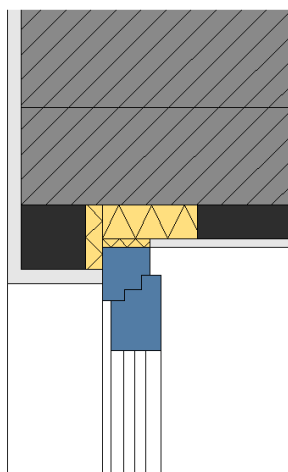
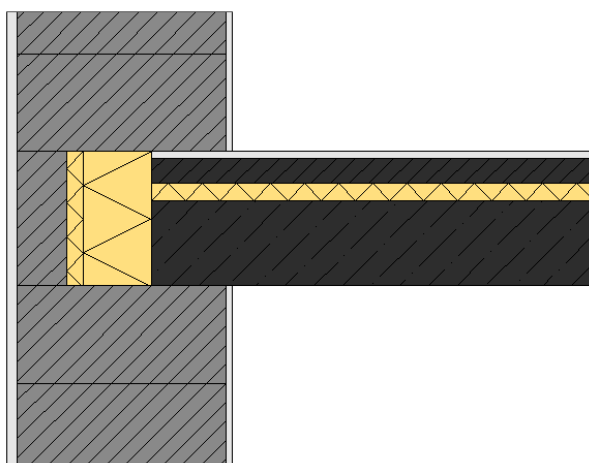
Abbildung 4: links: Beispiel SophienHof Frankfurt: Rohbau mit tragender Konstruktion und nichttragenden Fassadenelementen, rechts: Detail Fassadenanschluss an die Geschossdecken (Kaufmann Bausysteme). Ein Projekt der ABG Frankfurt Holding [AK 35].

Dabei können die Innenwände als tragende Konstruktion ausgeführt werden. Die Fassade wird als vorgefertigtes, nichttragendes Element an den Decken aufgehängt. Durch die Vorfertigung ist eine schnellere Baufertigstellung bei gleichzeitig hoher ener-

getischer Qualität möglich. Die Fenster sind bei dieser Variante bereits wärmebrückenfrei und luftdicht angeschlossen, wenn das Element auf die Baustelle geliefert wird. Bei leichten Wandaufbauten ist ganz besonders auf eine dauerhafte luftdichte Ebene zu achten. Die Elemente und deren Verbindungen können in der Werkstatt vorbereitet werden. Die Konstruktion muss dann auf der Baustelle mit hoher Sorgfalt angeschlossen werden. Eine raumseitige Installationsebene ist empfehlenswert, um eine nachträgliche Beschädigung zu vermeiden.

Einschalige Mauerwerkswand mit gedämmten Mauersteinen

Monolithische Bauweisen z. B. mit gedämmten Ziegeln sind im Hinblick auf die kürzere Bauzeit interessant. Ein zusätzliches WDVS ist hier nicht erforderlich, was die Brandschutzanforderungen vereinfacht. Auf dem Markt sind heute Mauerwerke mit einer Stärke von 49 cm angeboten, die U-Werte von $< 0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ erreichen. Monolithische Bauweisen erfordern besondere Details wie Deckenaufleger, Keller- und Kellereingangsanschlüsse. Hersteller passen die Details an die jeweiligen Bausituationen an. Hersteller passen die Details an die jeweiligen Bausituationen an. Hersteller passen die Details an die jeweiligen Bausituationen an.



te Ziegelsteine mit
ete U-Werte von
zielle Detail-Lösun-
r sind vor allem ty-
sse und Fensterein-
ysteme haben hier-
für die Wärmebrü-
und klare Gebäu-

Abbildung 5: Beispielhafte wärmebrückenoptimierte Detaillösung für das Deckenaufleger (links) und Fenstereinbau (rechts) für monolithische Bauweise mit wärmege-
dämmten Ziegeln.



Abbildung 6: Wohngebäude in monolithischer Bauweise¹.

Links: Projekt-ID 1502 modulator – Gesellschaft für nachhaltiges Bauen mbH,
rechts: Projekt-ID 1290 Architekturbüro Friedl.

2 Typische Wärmebrücken von Geschosswohnbauten

Eine gute Gebäudehülle mit hohen Dämmstärken und 3-Scheibenverglasung wird zunehmend sowohl beim Neubau als auch bei Sanierungen von Geschosswohnbauten umgesetzt. Allerdings stellt das wärmebrückenfreie Konstruieren Planer oft noch vor Herausforderungen. Die nachfolgenden Beispiele zeigen, dass es für die typischen Details: Attika, Balkonanschlüsse, Fenstereinbau, Tiefgaragen und kalte Keller sehr gute und auch kostengünstige Lösungen gibt. Die Beispiele zeigen aber auch, dass zum Erreichen hoher Energieeffizienz unbedingt auf sehr gute Lösungen geachtet werden muss.

Bei großvolumigen Gebäuden haben Wärmebrücken dann einen geringeren Anteil an der Gesamtenergiebilanz, wenn eine weitgehend wärmebrückenfreie oder zumindest wärmebrückenarme Detailplanung geachtet wird. Aufgrund der hohen Stückzahl oder Längen können ungünstige Lösungen durchaus einen relevanten Einfluss erlangen. Nachfolgend werden typische Wärmebrücken in Geschosswohnbauten mit empfehlenswerten Lösungen vorgestellt.

2.1 Attika

Der Rand von Flachdächern wird häufig als Stahlbetonüberzug gemeinsam mit der Decke, als Mauerwerksaufkantung oder als Konstruktion aus Holz oder Dämmstoff hergestellt. Die dabei entstehenden Wärmebrücken sind sehr unterschiedlich. Bei Neubauten ist die wärmebrückenfreie Ausführung der Attika eine vielfältig lösbare Planungsaufgabe. Bei Bestandssanierungen dagegen bleibt oft nur die Umdämmung der

¹ Projektdatenbank: <https://passivehouse-database.org>

zum Teil statisch relevanten Stahlbetonkonstruktion (Tabelle 2 b)). Dabei ist auf eine ausreichende Dämmstärke der inneren und oberen Dämmlage zu achten. Diese sollte mindestens 120 mm besser 200mm betragen.

Konstruktionen, die weder eine thermische Trennung noch eine „Umdämmung“ der massiven Attika vorsehen, führen zu hohen zusätzlichen Wärmeverlusten (Tabelle 2 a)), zudem auch zu geringeren Innenoberflächentemperaturen, die wiederum zu bauphysikalischen Problemen führen können. Diese Lösungen sind für Passivhäuser und auch für EnerPHit ungeeignet.

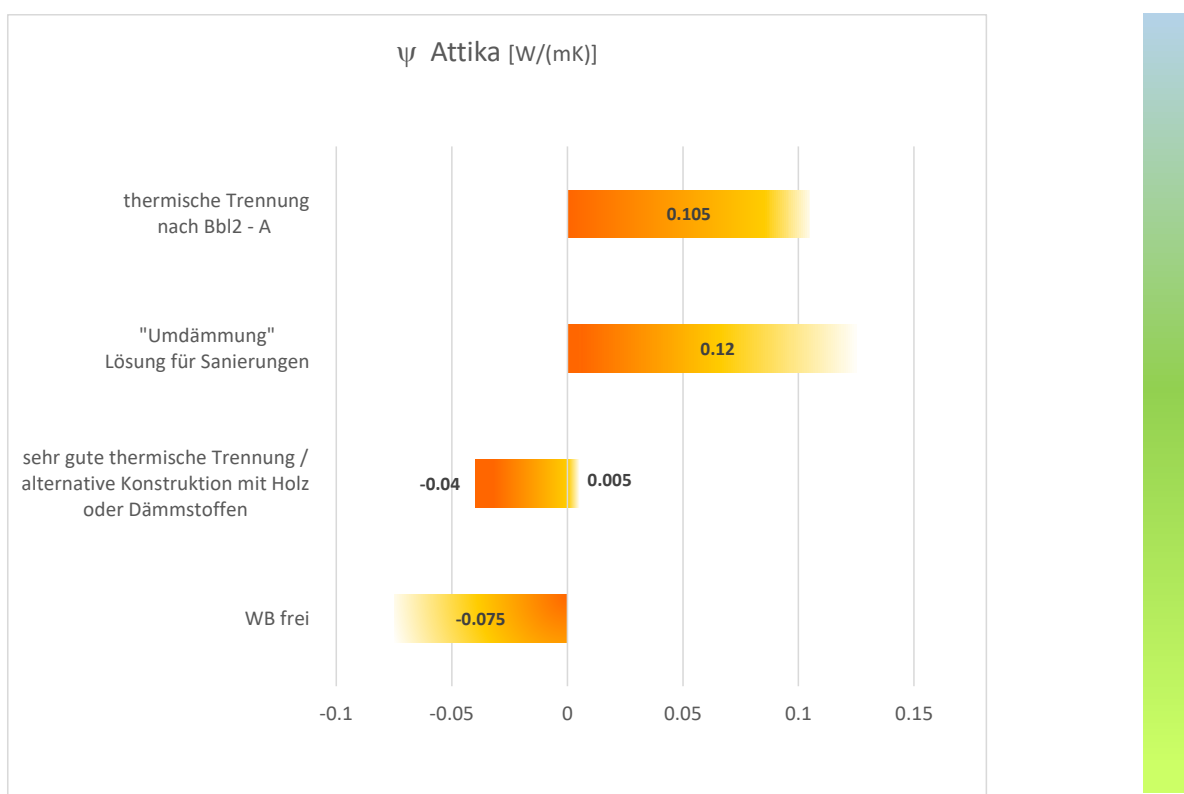


Abbildung 7: Wärmebrückenverlustkoeffizienten (Ψ -Werte) für verschiedene Attikalösungen

Für Passiv- und Niedrigstenergiegebäude wurde in den letzten Jahren eine ganze Reihe von Produkten und Details entwickelt, die eine wärmebrückenfreie Ausführung ermöglichen.

Im Neubau können wärmebrückenfreie Attiken mit wärmedämmenden Materialien wie z. B. Holz und Holzwerkstoffen (Abbildung 8) oder auch aus Wärmedämmung (Abbildung 9) hergestellt werden. Diese Lösung muss frühzeitig bei der statischen Berechnung der Dachkonstruktion berücksichtigt werden.



Abbildung 8: Attikaausbildung aus Holz und Holzwerkstoffen. Diese Lösungen können wärmebrückenfrei ausgeführt werden. Quelle: PHI.

Eine weitere Möglichkeit ist eine thermische Trennung durch einen Baustoff mit geringer Wärmeleitfähigkeit. Eine handwerkliche Lösung ist die Verwendung von Porenbetonsteinen, auf die ein Ringanker betoniert wird. Die Steine können in regelmäßigen Abständen mit der Betondecke durch Anker verbunden werden. Alternativ bietet der Markt auch vorgefertigte Elemente an (Abbildung 9).

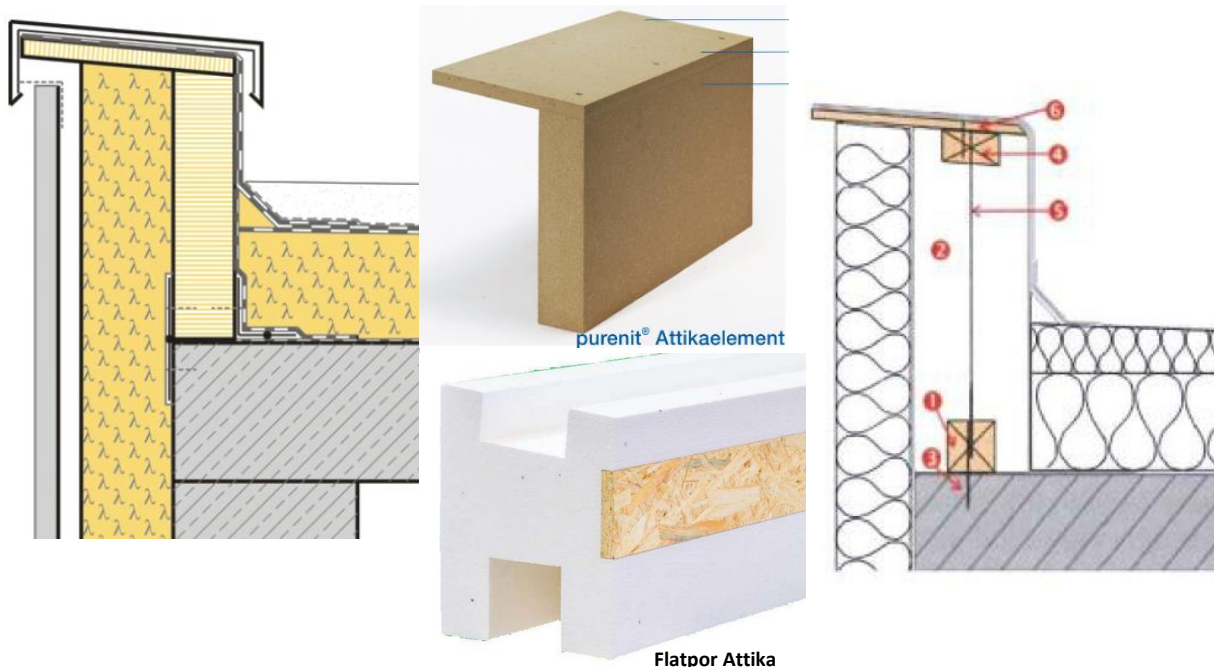
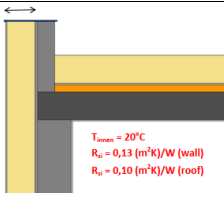
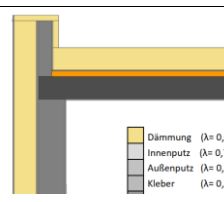
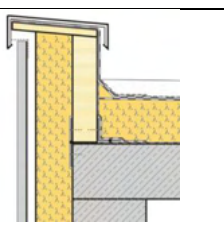
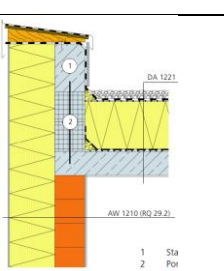


Abbildung 9: Attikaausbildung mit industriell gefertigten Elementen (links/Mitte oben: purenit Attikaelement, Mitte unten/rechts: Flatpor Attikaelement)

Tabelle 2: Übersicht – Attika-Varianten. a) und b) mit WDVS: 250 mm, $\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$.
Achtung, die psi-Werte beziehen sich auf unterschiedliche Regelaufbauten und können nicht ohne weiteres verglichen werden. MW = Mauerwerk, Stb = Stahlbeton.

Variante Beschreibung		Ψ -Wert [W/(mK)]	Quelle
a) ohne thermische Trennung nicht zu empfehlen		Attika MW: 0,06 Attika Stb: 0,40	PHI Bauteil-Katalog
b) Umdämmung > 120 mm Sanierungslösung		Attika MW: 0,03 Attika Stb: 0,12	PHI Bauteil-Katalog
d) thermische Trennung mit PUR Hartschaum		0,005	puren
e) thermische Trennung mit Porenbetonstein und Anker		-0,04	IBO Bauteil-Katalog

2.2 Fenstereinbau – Lösungen für energieeffiziente Gebäude

Für Wandaufbauten mit außenliegender Wärmedämmung gilt: Der Einbau der Fenster vor die massive Wandkonstruktion, also in die Dämmebene, ist thermisch optimal und reduziert die entstehende Wärmebrücke auf nahe Null. Die konstruktiven Maßnahmen zum Abtragen der Lasten (Eigengewicht und Windlasten) sind allerdings aufwendiger im Vergleich zum Einbau im Mauerwerk. Daher wird in der Praxis oft noch ein Fenstereinbau in der Mauerwerksebene realisiert, wodurch die Wärmeverluste spürbar steigen, wie sich am Beispielmodell in Kapitel 3.2 zeigt.

Typische Ψ -Werte für passivhausgeeignete Einbausituationen liegen im Bereich von 0 bis 0,004 W/(mK) und bei besonders optimierten Konstruktionen sogar im negativen Bereich. Dabei haben zwei Faktoren einen wesentlichen Einfluss auf die Höhe des Einbau- Ψ -Wertes: Die Überdämmung des Rahmens und der Einbau eines Sonnenschutzes (Rollladen- oder Raffstorekasten).

Ein guter Vergleichswert, der es ermöglicht die Effizienz von Einbaukonstruktionen zu bewerten, ist der ΔU -Wert. Dieser gibt an, wie stark sich der Wärmedurchgangskoeffizient des Fensters durch die Einbausituation und den Raffstore bzw. Rolladenkasten erhöht. Sehr gute Fenstermontagesysteme weisen ein ΔU von $\leq 0,5$ W/(m²K) auf. Für Raffstore sollte der Wert geringer als 0,08 und für Rolladenkästen geringer als 0,1 W/(m²a) für ein Normfenster sein [Zert_PHI].

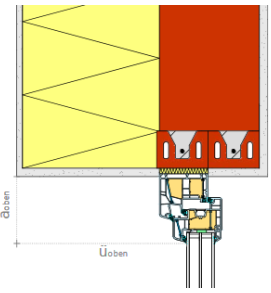
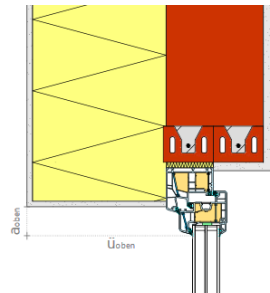
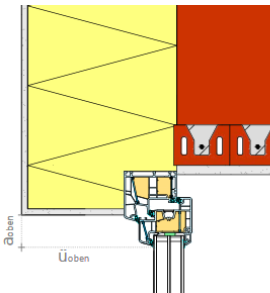
Fenster im Mauerwerk		Fenster in Dämmebene
ohne Überdämmung	mit Überdämmung	PH-geeignete Lösung
		
$\Psi_{\text{oben}} = 0,135$ W/(mK)	$\Psi_{\text{oben}} = 0,022$ W/(mK)	$\Psi_{\text{oben}} = 0,000$ W/(mK)
$\Psi_{\text{seitl}} = 0,106$ W/(mK)	$\Psi_{\text{seitl}} = 0,020$ W/(mK)	$\Psi_{\text{seitl}} = 0,000$ W/(mK)
$\Psi_{\text{unten}} = 0,071$ W/(mK)	$\Psi_{\text{unten}} = 0,058$ W/(mK)	$\Psi_{\text{unten}} = 0,025$ W/(mK)

Abbildung 10: Wärmebrückenverlustkoeffizienten für den Fenstereinbau ohne Raffstorekasten. Im PHPP sind die Einbau- Ψ -Werte jeweils für oben, unten und seitlich getrennt einzugeben. Diese Werte gelten für PVC- und Holzfenster.

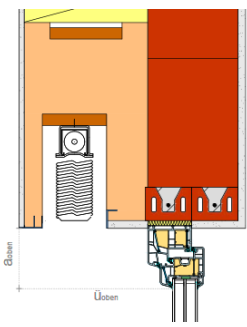
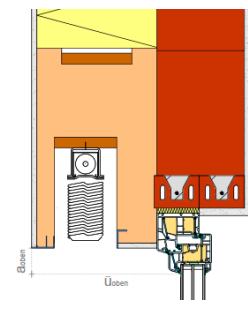
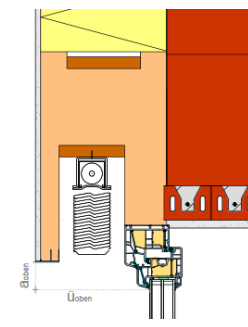
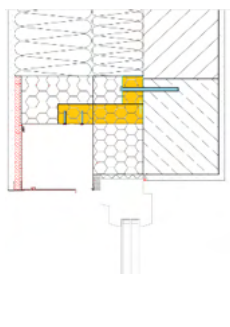
Fenster im Mauerwerk		Fenster in Dämmebene	
ohne Überdämmung	mit Überdämmung	PH-geeignete Lösung	
		Raffstore	Rolladen
			
$\Psi_{\text{oben}} = 0,170 \text{ W/(mK)}$	$\Psi_{\text{oben}} = 0,062 \text{ W/(mK)}$	$\Psi_{\text{oben}} = 0,056 \text{ W/(mK)}$	$\Psi_{\text{oben}} = 0,025 \text{ W/(mK)}$
$\Psi_{\text{seitl.}} = 0,106 \text{ W/(mK)}$	$\Psi_{\text{seitl.}} = 0,020 \text{ W/(mK)}$	$\Psi_{\text{seitl.}} = 0,000 \text{ W/(mK)}$	$\Psi_{\text{seitl.}} = 0,010 \text{ W/(mK)}$
$\Psi_{\text{unten}} = 0,071 \text{ W/(mK)}$	$\Psi_{\text{unten}} = 0,058 \text{ W/(mK)}$	$\Psi_{\text{unten}} = 0,025 \text{ W/(mK)}$	$\Psi_{\text{unten}} = 0,021 \text{ W/(mK)}$

Abbildung 11: Wärmebrückenverlustkoeffizienten für den Fenstereinbau mit Raffstorekasten/ Rolladen. Im PHPP sind die Einbau- Ψ -Werte jeweils für oben, unten und seitlich getrennt einzugeben. Raffstorelösungen mit Schienensystemen können nur ohne oder mit sehr geringer Überdämmung realisiert werden. Eine seitliche Überdämmung des Rahmens ist nur bei Schnursystemen möglich. [WB-Atlas EIV] / [WB-Katalog PHI].

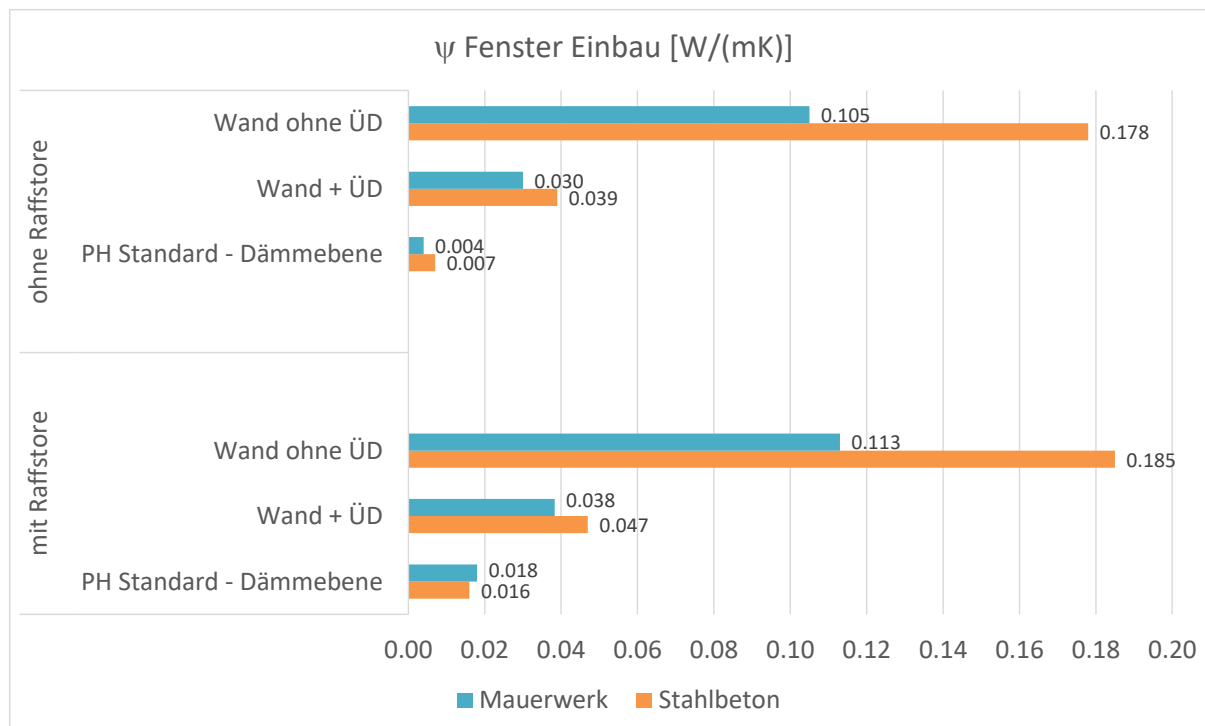


Abbildung 12: Wärmebrückenverlustkoeffizient Fenstereinbau – für ein Standardfenster (1,23 x 1,48 m) in Mauerwerk und Stahlbetonwänden ergeben sich mit den Ψ -Werten der Abbildung 10 und Abbildung 11 die dargestellten Mittelwerte.

2.3 Fenstereinbau in Kombination mit Brandriegeln

Im Geschosswohnbau werden häufig Wärmedämmverbundsysteme aus EPS verwendet. Hier müssen in regelmäßigen Abständen Brandriegel aus nicht brennbaren Dämmstoffen vorgesehen werden um eine Brandausbreitung über die Fassade einzudämmen. Alternativ können die Fensteröffnungen auch mit nichtbrennbaren Dämmstoffen eingefasst werden. Sitten die Fenster vor der tragenden Wand in der Dämmebene, so ist ein erweiterter Schutz in Form einer dreiseitigen Umschließung vorzusehen.

Die nachfolgenden Details zeigen, wie ein wärmebrückenoptimierter Fenstereinbau in Kombination mit Brandriegeln bzw. dreiseitiger Umschließung ausgeführt werden kann. Vor allem die Raffstore- und Rollladenkästen liegen regelmäßig im Bereich der Brandriegel bzw. des Sturzschatzes. Eine thermisch optimierte Lösung die zugleich den Schutz vor Brandausbreitung bietet ist in Abbildung 13 rechts dargestellt.

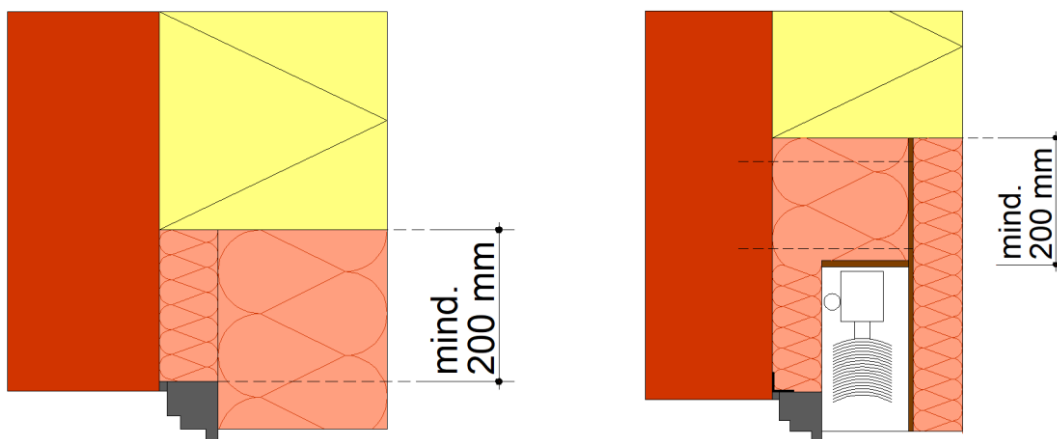


Abbildung 13: Fenstereinbau in Kombination mit Brandriegeln oder Sturzschutz. Das Fenster sitzt thermisch optimal vor der massiven Wandkonstruktion in der Dämmebene.

2.4 Balkone

Balkone erhöhen die Wohnqualität und sind ein wichtiger Bestandteil von Geschosswohnbauten. Dabei kommen sowohl Lösungen mit frei vor die Fassade gestellten Konstruktionen über solche, die aus einer Kombination aus Fassadenankern und Stützen bestehen bis hin zu auskragende Balkonplatten zum Einsatz. Die hierdurch entstehenden Wärmebrücken sind sehr unterschiedlich und zum Teil erheblich. Daher ist es lohnend, thermisch gute Lösungen im Entwurf mit zu berücksichtigen.



Abbildung 14: Balkone bei Geschosswohnbauten. Links: Mehrfamilienwohnhaus Frankfurt Adickesallee, ABG, rechts: MFH Darmstadt, Hattermer Str., bauverein (Quelle beider Grafiken: PHI)

Frei vor der Fassade stehende Konstruktionen weisen die geringsten Wärmebrücken auf und sind in Bezug auf die Energieeffizienz klar im Vorteil. Auch sie werden in der Regel mit Ankern am Gebäude befestigt. Die Anzahl der Durchdringungen ist meist gering und wirkt sich kaum auf die Energiebilanz des Gebäudes aus. Entsprechende Verankerungen weisen χ -Werte von 0,02 bis 0,03 W/K auf. Die Lasten werden über Stützen auf eigene Fundamente abgetragen.



Abbildung 15: MFH Gießen, Fuldastraße WBGießen (li.), MFH Darmstadt, PH Sozial Plus, Darmstadt, Lincoln Siedlung, Neue Wohnraumhilfe Darmstadt (re.). Die Balkonkonstruktion wird über vier Stützen auf ein eigenes Fundament abgetragen. (Quelle links: WB Gießen; Quelle rechts: IWU)

Häufig werden die Balkone auch mit Auflagern an der Fassade befestigt und zusätzlich mit zwei weiteren Stützen in der Mitte oder am vorderen Ende der Balkonplatte unterstützt. Der Balkonplattenanschluss muss hier nur Querkräfte übertragen. Gute thermische Trennungen durchgehender Wärmedämmung weisen ψ -Werte von 0,079 bis 0,200 W/(mK) auf.



Abbildung 16: Projekt Wohnbau Gießen Schwarzlachweg

Den höchsten Wärmebrückeneffekt verursachen auskragende Balkone. Für sie gibt es tragende Trennelemente mit sehr unterschiedlichen thermischen Eigenschaften. Gute Produkte haben einen Dämmstoffkern mit mindestens 80 mm, sehr gute Produkte sogar einen aus 120 mm Polystyrol. Eine weitere Verringerung der Wärmebrücke wird

durch die Wahl von Zugstäben aus Edelstahl bzw. Glasfaser bewirkt. Die Wärmebrückenverlustkoeffizienten liegen im Bereich von $0,074 - 0,104 \text{ W}/(\text{mK})^2$ je nach Deckenstärke und Traglaststufe. Typische Produkte nach DIN 4108 Beiblatt 2 werden mit $0,22 \text{ W}/(\text{mK})$ angesetzt.

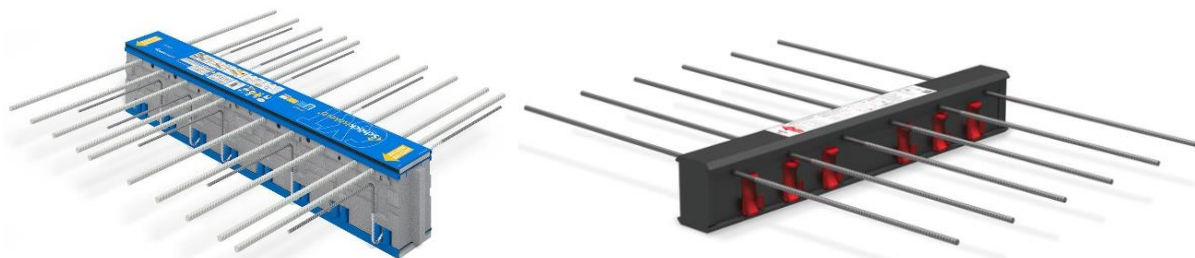


Abbildung 17: Thermisch optimierte Balkonanschlüsse mit Tragstäben aus Glasfaserverbundwerkstoff bzw. Edelstahl. Quelle: Schöck und Halfen

Im Rahmen der wärmetechnischen Bewertung von Balkonplattenanschlüssen werden seit 2018 äquivalente Wärmeleitfähigkeiten angegeben [EAD 050001-00-0301]. Für die hier vorgestellten sehr guten Varianten liegt die Ψ_{eq} im Bereich von $0,069 - 0,096 \text{ W}/(\text{mK})$.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass weit auskragende Balkone größere Momente erzeugen, die zu einem höheren Bewehrungsgrad und zu einem höheren Wärmebrückeneffekt führen. Ein Vergleich der wärmetechnischen Kennwerte verschiedener thermischen Trennungen ist nur bei gleicher Traglaststufe möglich.

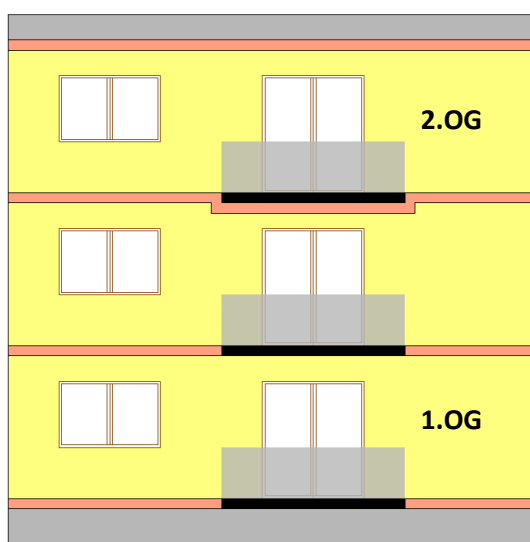


Abbildung 18: Thermisch optimierte Balkonanschlüsse können zugleich als Brandriegel eingesetzt werden (EG/1.OG) oder der Brandriegel muss um den Balkonanschluss herum geführt werden (2.OG).

² Bandbreite der ψ -Werte der zertifizierten Produkte unterschiedlicher Traglaststufen [Komponentendatenbank Dez 2020]

Balkonplatten als Verlängerung der Geschosdecken liegen z. T. direkt in den Brandriegeln. Hier gibt es zwei Lösungsmöglichkeiten:

Die thermische Balkontrennung ist aufgrund ihrer Beschaffenheit als Brandriegel geeignet oder der Brandriegel wird um den Balkon herum geführt.

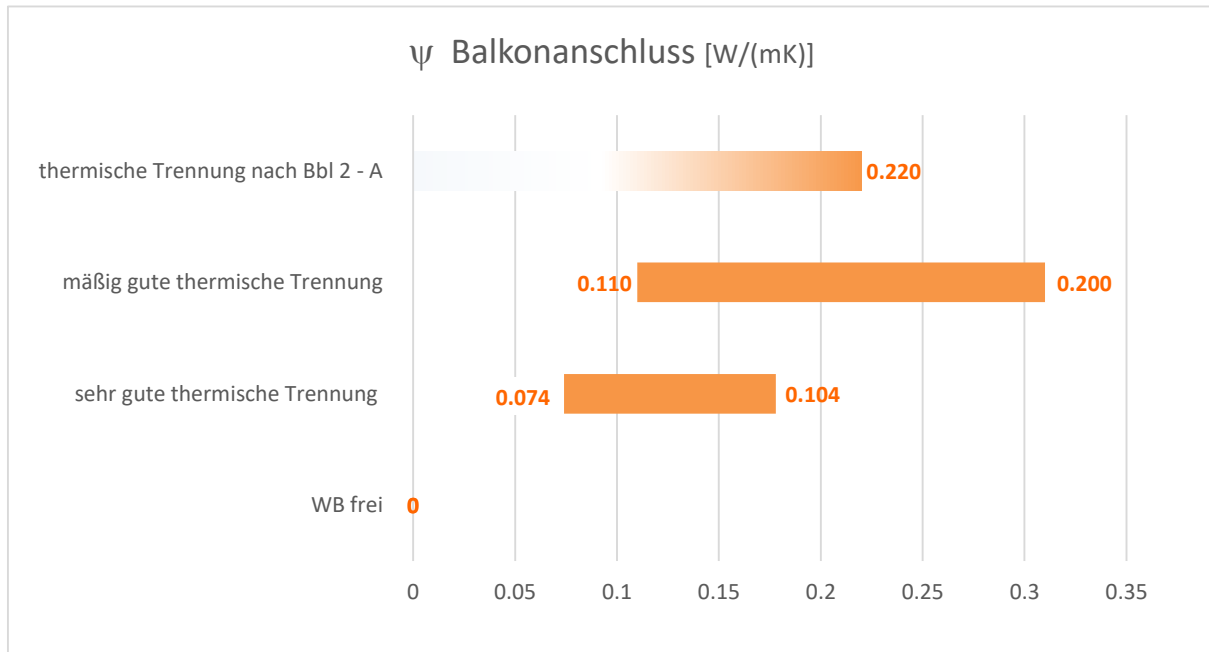


Abbildung 19: Wärmebrückenverlustkoeffizient Balkonanschluss. Auskragende Balkone können bei sehr guter thermischer Trennung auf bis zu 0,06 W/(mK) reduziert werden. Vor die Fassade gestellte Lösungen können sogar wärmebrückenfrei ausgeführt werden.

2.5 Loggien und Dachterrassen

Häufig werden Geschossbauten mit sogenannten Staffelgeschossen inklusive Dachterrassen ausgeführt. Die Dämmung der Dachterrasse zum darunterliegenden beheizten Wohnraum ist bei energieeffizienten Gebäuden meist deutlich stärker als die Trittschalldämmung des Staffelgeschossbodens. Der dabei entstehende Höhenversatz ist nicht immer erwünscht und erfordert eine planerische Lösung.

Die Geschosshöhen werden bereits mit dem Entwurf festgelegt, die thermischen Eigenschaften der Gebäudehülle jedoch meist später im Rahmen des EnEV/GEG Nachweises und die wärmebrückenfreien Details sogar erst mit der Ausführungsplanung. Die Frage des Höhenversatzes bei Loggien und Staffelgeschossen sollte daher bereits im Entwurf berücksichtigt werden.

Der Höhenversatz kann vermieden werden, indem das betreffende Geschoss mit einem höheren Fußbodenaufbau geplant und die Geschosshöhe entsprechend angepasst wird. Alternativ kann die Terrassendämmung auch mit hochwärmedämmenden Materialien und entsprechend geringerer Dämmstärke ausgeführt werden.

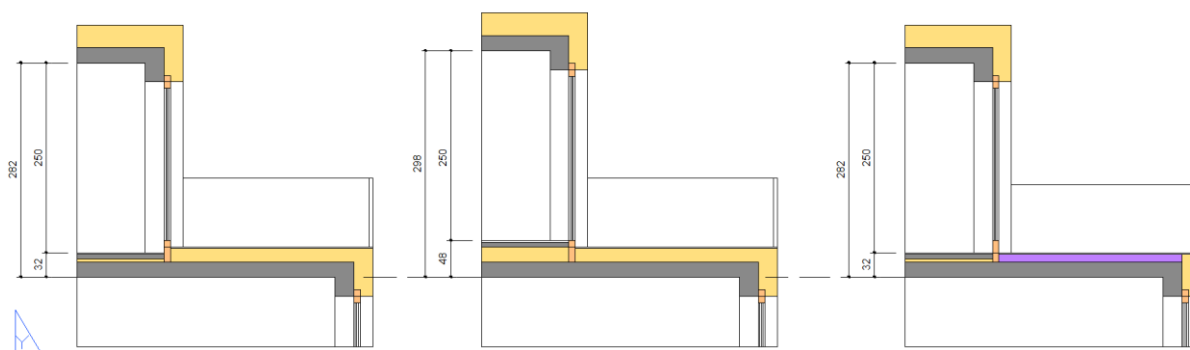


Abbildung 20: Staffelgeschoss Detaillösung:
links: Stufe zwischen Innenraum und Dachterrasse aufgrund unterschiedlicher Dämmstärken innen und außen,
Mitte: Durchgehende Dämmstärke innen und außen mit Anpassung der Geschosshöhe des Staffelgeschosses,
rechts: Ausführung der Dachterrassendämmung mit hochwärmedämmenden Dämmstoffen und geringer Dämmstärke.

2.6 Wärmebrücken zu Tiefgaragen und kalten Kellern

Im Rahmen von innerstädtischen Nachverdichtungen oder der Neuentwicklung von Wohnquartieren ist der Bau von Tiefgaragen meist unausweichlich. Die thermische Trennung zwischen den beheizten Wohnräumen und der unbeheizten Tiefgarage verläuft häufig im Bereich der Keller- bzw. Tiefgaragendecke und tangiert damit die lastabtragenden und aussteifenden Bauteile. Die Entwicklung von wärmebrückenarmen Lösungen muss daher parallel mit der statischen Berechnung bereits in einer frühen Planungsphase des Gebäudes erfolgen. Ziel ist es, die Durchdringungen der thermischen Hülle auf ein Minimum zu reduzieren oder Materialien zu verwenden, die eine geringe Wärmeleitfähigkeit aufweisen.



Abbildung 21: Thermische Trennung unterhalb der TG-Decke. Die Stahlbetonaußenwände sind in Stützen aufgelöst. Quelle: PHD

Im Bereich der lastabtragenden Wände ist die Auflösung der Wand in Stützen im Bereich der TG- oder Kellerdeckendämmung empfehlenswert (Abbildung 21). Nichttragende Wände können im Bereich der Durchdringung mit einem wärmedämmenden Stein (Kimmstein) ausgeführt werden. Maßnahmen wurden bereits im Arbeitskreis 35 „Wärmebrücken und Tragwerksplanung“ ausführlich vorgestellt.

Ist eine Auflösung der Wände in Stützen nicht möglich, so kann die Wärmebrücke durch Anbringen einer Begleitdämmung zumindest reduziert werden. Dies ist z. B. im Bereich von aussteifenden Kernen empfehlenswert.

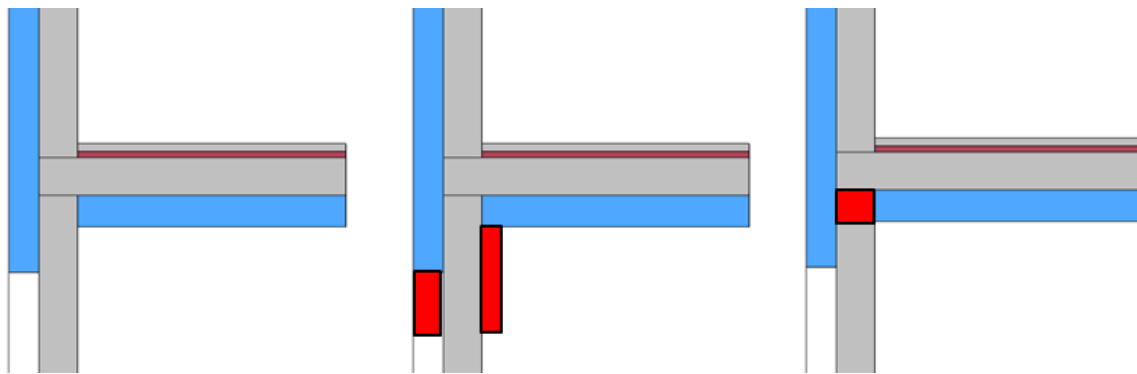


Abbildung 22: Wärmebrücken im Bereich thermischer Trennungen von kalten Kellern und Tiefgaragen.
Links: Keine thermische Trennung mit unzureichender Begleitdämmung,
Mitte: verlängerte Begleitdämmung,
rechts: Auflösung der Stahlbetonwand in Stützen.

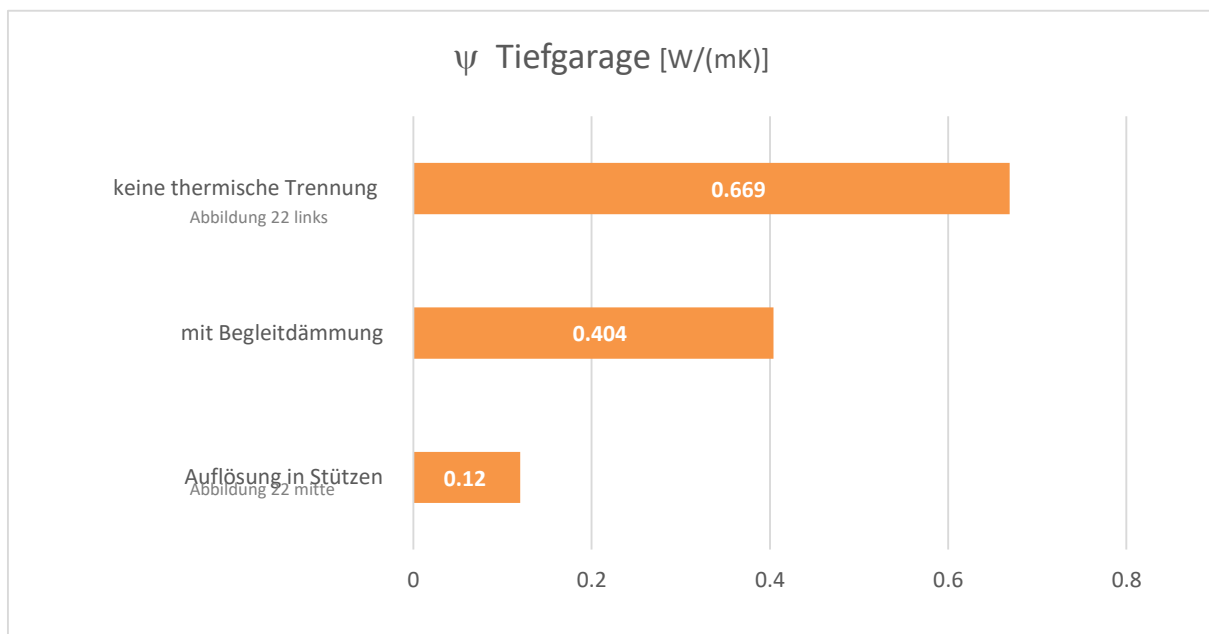


Abbildung 23: Wärmebrückenverlustkoeffizient thermische Trennung von kalten Kellern und Tiefgaragen.

Alternativ kann die wärmedämmende Ebene auch auf der Keller- oder Tiefgaragendecke liegen. Dies bietet sich bei Außenwänden aus Mauerwerk an. Der Einsatz von Kimmsteinen im Bereich der durchdringenden Wände mildert die Wärmebrücke deutlich ab. Die Entscheidung zur Lage der Dämmebene muss ebenso in einem frühen Planungsstadium erfolgen, da sie Einfluss auf die erforderliche Geschosshöhe nimmt.

3 Einfluss der Wärmebrücken auf den Energiebedarf

Bei großvolumigen Gebäuden ist der zusätzlich verursachte Wärmeverlust durch Wärmebrücken relativ gesehen geringer als beispielsweise bei Einfamilienhäusern (siehe Kapitel 1). Dennoch können durch die Vermeidung von Wärmebrücken die Energiebilanz erheblich beeinflusst und damit die Betriebskosten gesenkt werden. Um die Auswirkungen typischer Wärmebrücken im Geschosswohnbau besser erfassen zu können, werden die eingangs vorgestellten Detaillösungen auf ein Geschosswohnbau übertragen.



Abbildung 24: Ansicht des Modellgebäudes: Vierspänner, TG, 5 Geschosse plus Staffelgeschoss

Vor allem Wärmebrücken, die in hoher Stückzahl oder mit großen Längen auftreten, können den Energiebedarf eines ansonsten energieeffizienten Gebäudes empfindlich erhöhen. Typische Beispiele sind hier die Fenstereinbausituationen, Balkone und umlaufende Wärmebrücken im Attika- und Gründungsbereich.

3.1 Vorstellung der Modellgebäude

Um den Einfluss von Wärmebrücken zu veranschaulichen, wird im Folgenden ein typischer Vierspanner mit Erdgeschoss, vier Obergeschossen, einem Staffelgeschoss und einem kalten Keller bzw. einer Tiefgarage betrachtet. Das Gebäude wird in der Passivhausbauweise mit WDVS, hoher Luftdichtheit, wärmebrückenfreiem Fenster-Einbau in der Dämmebene und einer hocheffizienten Lüftung mit Wärme-Rückgewinnung ausgeführt. Ausgehend von einer optimalen und weitestgehend wärmebrückenfreien Planung und Ausführung wird untersucht, welchen Einfluss die verschiedenen Detaillösungen auf den Energiebedarf des Gebäudes haben.

Tabelle 3: Zusammenstellung der thermischen Eigenschaften

	Empfehlung PH	Ausführung Modellgebäude
Wärmedämmung	$U \leq 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	Außenwand: $U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (200 mm WLG 032) Dach: $U = 0,141 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (220 mm WLG 032) Tiefgaragen-Decke: $U = 0,121 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (200 mm WLG 032)
PH-Fenster:	$U_W \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ g-Wert 50 – 55	Fenster: $U = 0,74 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ (eingebaut)
Luftdichtheit	$n_{50} \leq 0,6 \text{ 1/h}$	$n_{50} = 0,6 \text{ 1/h}$
Lüftung mit WRG	$\eta_{\text{WRG}} \geq 75 \%$	$\eta_{\text{WRG}} = 86 \%$
Wärmebrückenfreiheit	$\psi \leq 0,01 \text{ W}/(\text{mK})$	$\Sigma\psi < 0,01 \text{ W}/(\text{mK})$
Heizwärmebedarf (Endenergie)	$\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	14,7 kWh/(m²a)

3.2 Einfluss der Detaillösungen auf die Energiebilanz

Das untersuchte Modellgebäude weist durchschnittliche Wärmebrückenlängen auf, wie sie für einen kostengünstigen sozialen Geschosswohnbau zu erwarten sind.

Bauteil	Länge	ψ -Wert optimal [W/(mK)]	ψ -Wert hoch [W/(mK)]
Attika	122 m	0	0,105
Fenster	221 m	0,005	0,178
Raffstore		0,30	0,25
Balkone	70 m	0,001	0,22
Tiefgarage	87 m	0,12	0,669

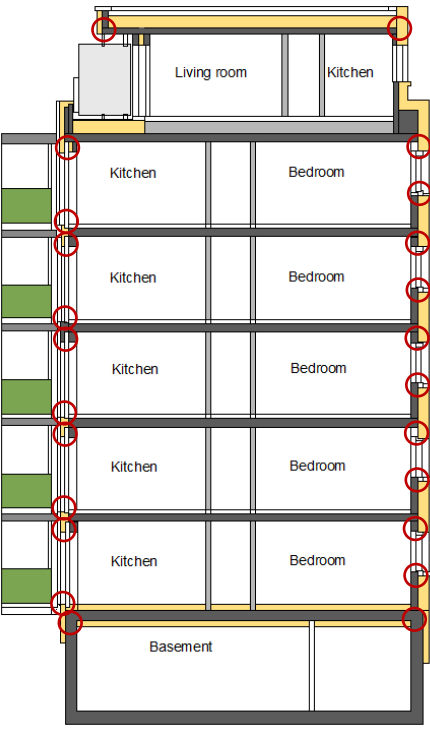


Abbildung 25: Zusammenstellung der wesentlichen Wärmebrücken für die Varianten ψ -Wert optimal (wärmebrückenoptimiert) und ψ -Wert hoch (ungünstige Detaillösungen).

In konventionellen Geschosswohnbauten sind Einbauwärmebrücken für die Fenster von 0,178 W/(mK) üblich. Auf den ersten Blick ist dieser Wert im Vergleich zu den Verlustkoeffizienten von z. B. Tiefgaragenwänden vergleichsweise gering. Da das Gebäude rund 221 m Fenstereingangsweite aufweist; wird diese Wärmebrücke allerdings bei ungünstigem Fenstereingangsweite dennoch relevant. Der Einfluss auf den Heizwärmebedarf (Abbildung 26 Mitte) ist dann mit knapp 6 kWh/(m²a) durchaus nennenswert. An zweiter Stelle stehen die Wärmebrücken zur Tiefgarage. Die Wärmebrückenverlustkoeffizienten der Stahlbetonwände, die die Dämmebene durchdringen; sind mit knapp 0,67 W/(mK) sehr groß. Eine Reduzierung der urDurchdringungslänge, z. B. durch Auflösung der Wände in Stützen, ist dringend anzuraten. Wird dieses Einsparpotential nicht ausgeschöpft, so erhöht sich der Heizwärmebedarf um 2,4 kWh/(m²a).

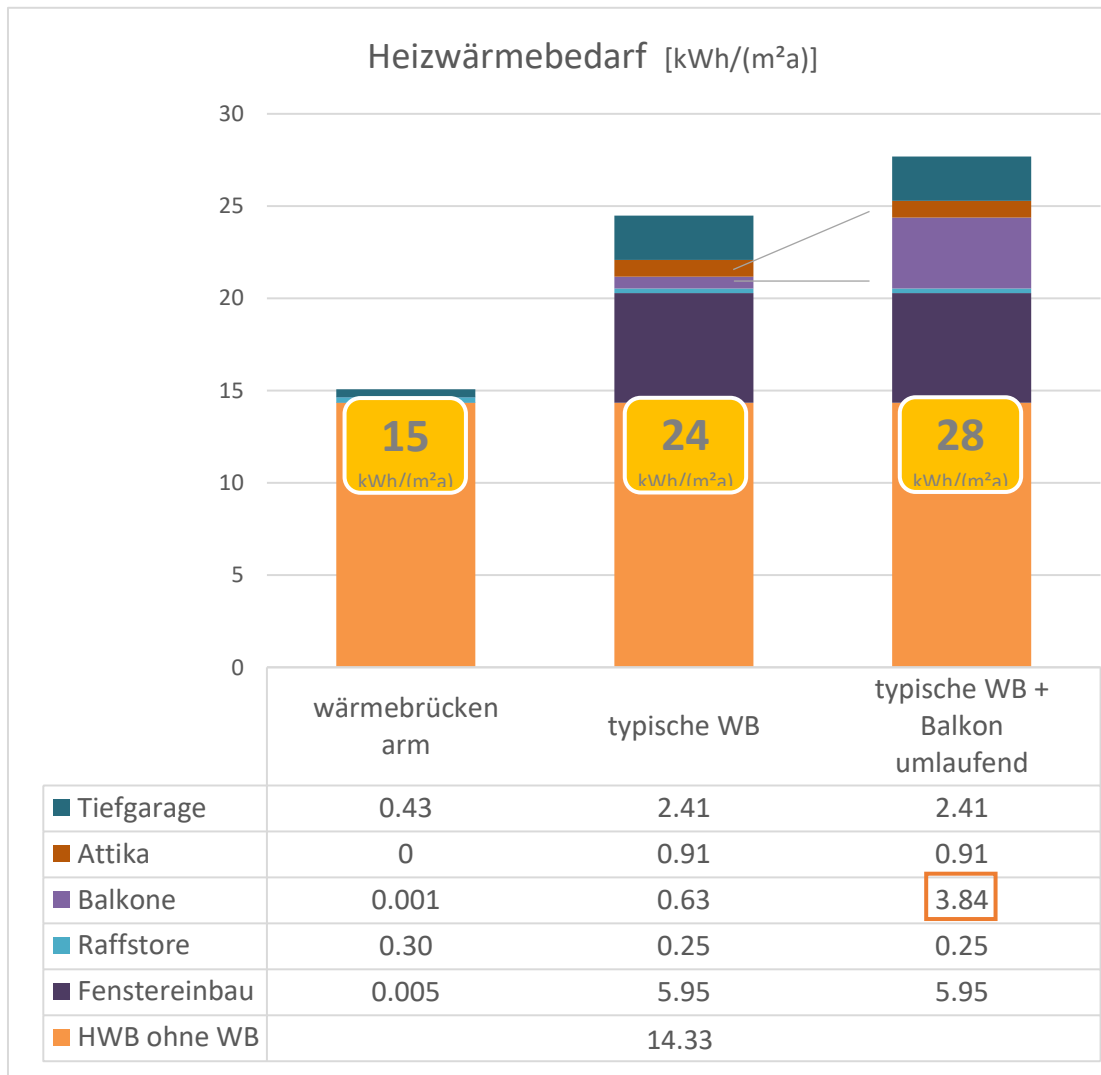


Abbildung 26: Heizwärmebedarf für das Modellgebäude mit wärmebrückenarmer (links) und typischer (Mitte) Detailsausbildung, sowie ein Beispiel mit umlaufenden Balkonen (rechts). Der Heizwärmebedarf ohne Berücksichtigung von Wärmebrücken beträgt 14,33 kWh/(m²a). Hinzu kommen die Heizwärmebedarfe für die Wärmebrückenvarianten „wärmebrückenarm“, typische Wärmebrücken und typische Wärmebrücken für das Gebäude mit umlaufenden Balkonen.



Abbildung 27: Passivhauswohnanlage „Lodenareal“ Innsbruck mit umlaufenden Balkonen/Laubengängen, Neue Heimat Tirol.

Bei Gebäuden mit umlaufenden Balkonen oder Laubengängen steigt der Anteil der Balkonwärmebrücken deutlich. Am Beispiel „Lodenareal“ erhöht sich die Wärmebrückenlänge beispielsweise von 70 m auf 385 m. Eine Standardlösung mit herkömmlichen thermischen Trennungen erhöht den Heizwärmebedarf um 3,8 kWh/(m²a).

3.3 Das neue Beiblatt 2 der DIN 4108

Energieeffiziente Gebäude wie Passivhäuser lassen sich nach wie vor nicht mit den üblichen Methoden der Energiebilanzierung (z. B. nach GEG) abbilden. Diese müssen mit geeigneten Verfahren, die eine entsprechende Genauigkeit aufweisen, berechnet werden. Hierzu zählt u. a. das PHPP (Passivhaus-Projektierungspaket). Seit Juni 2019 steht das neue Beiblatt 2 der DIN 4108 zur Verfügung. Die überarbeitete Version verspricht eine stärkere Fokussierung auf energieeffiziente Lösungen, so dass die prinzipielle Eignung der Details für Passivhäuser nachfolgend überprüft werden soll.

Um Wärmebrückenlösungen für unterschiedliche energetische Standards abbilden zu können, werden die Details in der DIN 4108 in zwei Kategorien eingeteilt: Kategorie A enthält typische Details (Mindeststandard) und werden über einen pauschalen Wärmebrückenzuschlag von $\Delta U_{WB} = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ berücksichtigt. Die neue Kategorie B zielt auf Gebäude mit höherer Energieeffizienz ab und ermöglicht eine Reduzierung des Wärmebrückenzuschläge auf $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

Bei einer sehr guten wärmebrückenfreien Detailplanung wäre bei präziser Berücksichtigung der Wärmebrücken ein Heizwärmebedarf des Modellgebäudes von 15 kWh/(m²a) erreichbar. Ein pauschaler Wärmebrückenzuschlag nach Kategorie B von $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erhöht den Heizwärmebedarf auf 17,5 kWh/(m²a) und wäre damit bereits deutlich zu hoch. Eine Standard-Detailplanung nach Kategorie A ergibt mit dem pauschalen Ansatz einen Heizwärmebedarf auf 19,8 kWh/(m²a). Eine genaue Berücksichtigung dieser eher ungünstigen Details zeigt aber, dass der Heizwärmebedarf mit 24,5 kWh/(m²a) tatsächlich noch viel höher ist. Dies zeigt, dass die pauschalen Ansätze der DIN 4108 bei einer sehr guten Detailplanung (B) immer noch viel zu hoch sind, bei einer mäßigen Detailplanung (A) aber viel zu gering ausfallen.

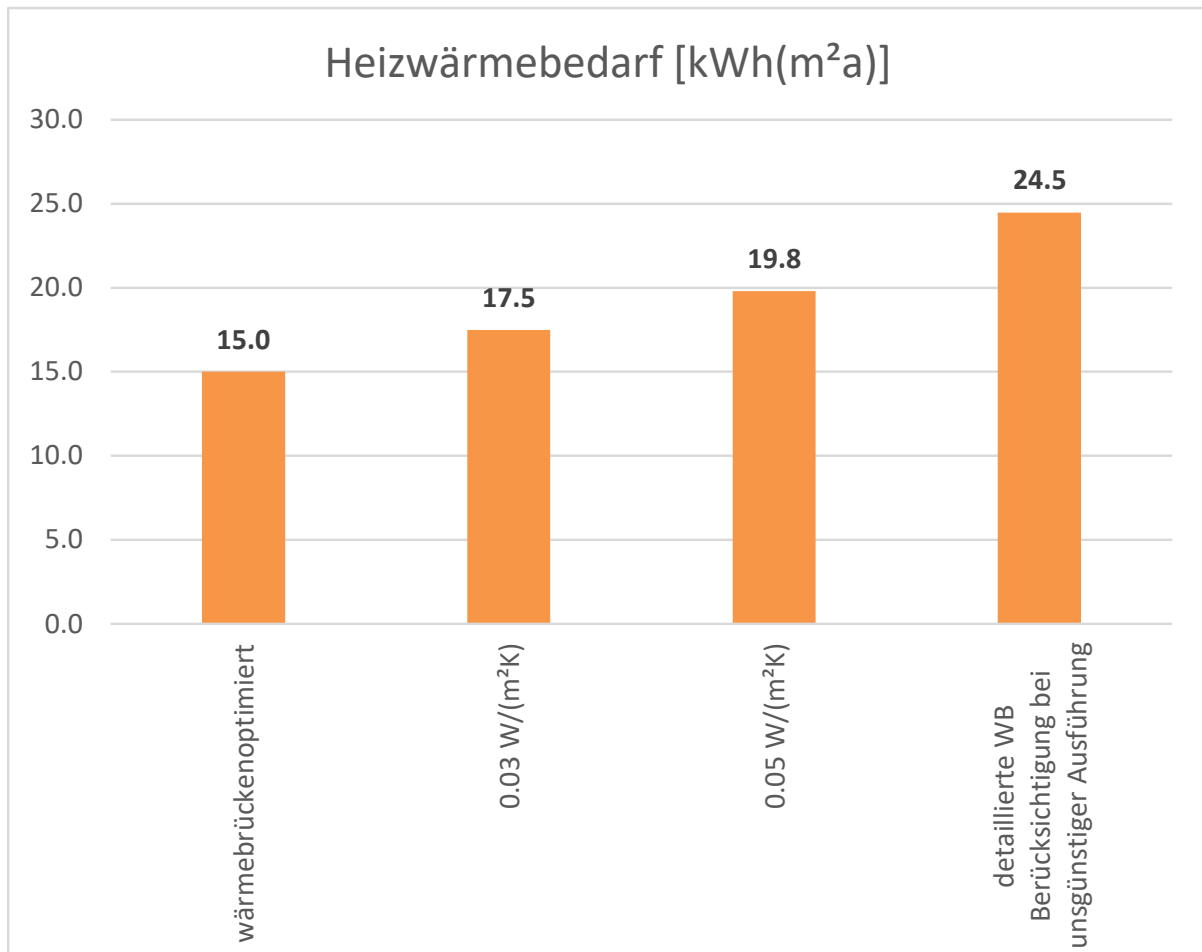


Abbildung 28: Vergleich des Heizwärmebedarfes für die nahezu wärmebrückenfreie Detailplanung und präziser Berücksichtigung der Wärmebrücken-Verlustkoeffizienten (links), für die Planung mit einem pauschalen Wärmebrückenzuschlag nach Kategorie B DIN 4108 von 0,03 W/(m²K) (Mitte links), nach Kategorie A DIN 4108 von 0,05 W/(m²K) (Mitte rechts) und einer detaillierten Berücksichtigung der Wärmebrücken bei einer ungünstigen Detailausführung.

Ein pauschaler Wärmebrückenzuschlag nach Kategorie B von $\Delta U_{WB} = 0,03 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ erhöht den Heizwärmebedarf auf 17,5 kWh/(m²a) und wäre damit bereits deutlich zu hoch; dies z.B. durch noch mehr Wärmedämmung bei den Regelbauteilen wieder wettmachen zu wollen, würde zu unnötig hohen Kosten führen. Eine Standard-Detailplanung nach Kategorie A ergibt mit dem pauschalen Ansatz einen Heizwärmebedarf auf 19,8 kWh(m²a). Eine genaue Berücksichtigung dieser eher ungünstigen Details zeigt aber, dass der Heizwärmebedarf mit 24,5 kWh/(m²a) tatsächlich noch viel höher ist. Dies zeigt, dass die pauschalen Ansätze der DIN 4108 bei einer sehr guten Detailplanung (B) immer noch viel zu hoch sind, bei einer mäßigen Detailplanung (A) aber viel zu gering ausfallen.

4 Planungsempfehlungen

Die Energiebilanz für Niedrigstenergie- und Passivhäuser muss mit geeigneten Bilanzierungstools erstellt werden (z.B. PHPP). Sie wird mit Beginn der Entwurfsplanung aufgestellt und fortlaufend angepasst. Bereits in einer frühen Phase können Auswirkungen von Orientierung und A/V-Verhältnis bewertet werden. Sinnvoll ist zudem, die Ausbildung der Wärmebrücken so früh wie möglich mitzudenken. Vor allem Wärmebrücken statisch relevanter Bauteile müssen von Anfang an optimiert werden, da spätere Änderungen nur mit hohem Aufwand möglich sind.

Sinnvoll ist zudem, frühzeitig die Dämmlagen auch im Gebäudeschnitt einzuzeichnen und zu beachten. Oft kann durch eine Anpassung der Geschosshöhen, eine Erleichterung der späteren Planung oder auch Kostenersparnis erzielt werden. Folgende Situationen erfordern besonderes Augenmerk: Decken, die sich sowohl im Innen- als auch im Außenbereich befinden und deshalb unterschiedliche Dämm-Stärken aufweisen (z. B. Loggien, Dachterrassen) und Decken über unbeheizten Gebäudebereichen, die von oben gedämmt werden müssen.

Für die Details, die in aller Regel im Laufe der Planung noch hinzukommen, können geeignete Vorabwerte in die Bilanzierung einfließen. Der entstehende Puffer erleichtert die Berücksichtigung weiterer Wärmebrücken im Planungsfortschritt.

- Geschosshöhen und Dämmstärken frühzeitig abstimmen
- Wärmebrücken von tragenden Bauteilen (Tiefgarage, Attika) zeitgleich mit Erstellung der statischen Berechnung lösen
- Vorab Planungswerte für Wärmebrücken bilanzieren (Quelle: ebök)
- Fenstereinbau- ψ -Werte: kleiner gleich $0,04 \text{ W}/(\text{mK})$
- ΔU – Gesamtgebäudehülle: im Bereich bis maximal $0,06 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ halten
- ΔU – Fassade: $0,0$ bis $0,06 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$
- Details nicht auf der Baustelle lösen! Gute Planung ist erforderlich

Für die genannten typischen Wärmebrücken in Geschosswohnbauten gibt es umfangreiche Produkt- und Detailkataloge. Um auf gesicherte und verlässliche Kennwerte von Komponenten zurückgreifen zu können, wurden konkrete Kriterien für die Bewertung der Energieeffizienz aufgestellt. Diese sind auf www.passiv.de abrufbar. Geeignete Details und Komponenten sind frei verfügbar:

Bauteil	
Attika	<ul style="list-style-type: none"> – PHI Komponenten-Datenbank (www.passiv.de/komponentendatenbank) – IBO PH-Bauteilkatalog – PHI Wärmebrückenkatalog (www.passipedia.de)
Balkone	<ul style="list-style-type: none"> – PHI Komponenten-Datenbank (www.passiv.de/komponentendatenbank) – Wärmebrücken Tools der Hersteller – AK 35 – Wärmebrücken und Tragwerksplanung – PHI Wärmebrückenkatalog (www.passipedia.de)
Fenstereinbau	<ul style="list-style-type: none"> – Wärmebrückenkatalog Fenstereinbau, Teil 1: Details für den hocheffiziente Neubauten, Martin Ploss, Energieinstitut Vorarlberg – PHI Komponenten-Datenbank (www.passiv.de/komponentendatenbank)
Sonnenschutz	<ul style="list-style-type: none"> – PHI Komponenten-Datenbank (www.passiv.de/komponentendatenbank) – Wärmebrückenkatalog Fenstereinbau
Tiefgarage	<ul style="list-style-type: none"> – AK 35 – Wärmebrücken und Tragwerksplanung – AK 48 – Einsatz von PH-Technologien bei der Modernisierung von Nichtwohngebäuden – PHI Wärmebrückenkatalog (www.passipedia.de)

5 Literatur

- [IBO 2008] IBO (Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie) Herausgeber. Waltjen, Tobias (Projektleitung); Autoren Technik: W. Pokorny, T. Zelger, K. Torghele. Beiträge von W. Feist, S. Peper, J. Schnieders. Autoren Ökologie: H. Mötzel, B. Bauer, P. Boogmann, G. Rohregger, U. Unzeitig, T. Zelger. Konsulenten: F. Kalwoda, J. Seidel, H. Geza Ambrozy, W. Luggin. **Passivhaus-Bauteilkatalog, Ökologische bewertete Konstruktionen.** Springer Wien New York. 2. erweiterte Auflage, Wien, 2008. ISBN 978-3-211-29763-6
- [AkkP 35] Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase IV, Protokollband Nr. 35: Wärmebrücken und Tragswerksplanung – die Grenzen des wärmebrückenfreien Konstruierens. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2007.
- [AkkP 48] Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase V, Protokollband Nr. 48: Einsatz von Passivhaustechnologie bei der Modernisierung von Nichtwohngebäuden. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2012.
- [WB-Atlas EIV] Herausgeber: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft Abteilung V/10 – Energie und Umweltökonomie A-1010 Wien. Energieinstitut Vorarlberg Dornbirn. Martin Ploß, Mare Reinberga, Michael Braun. Wärmebrückenatlas Fenstereinbau Teil 1 - Details für hocheffiziente Neubauten. Version 2.0 / Dezember 2013
- [WB-Katalog PHI] PHI: Wärmebrückenatlas auf Passipedia Wissensdatenbank . www.passipedia.
- [MBO] Musterbauordnung – MBO – Fassung 2002.
- [FV-WDVS] „Kompendium WDVS und Brandschutz“ des Fachverbands Wärmedämm-Verbundsysteme e.V., Baden-Baden, Stand: Januar 2017
- [Zert_PHI] Informationen, Kriterien und Algorithmen für Zertifizierte Passivhaus Komponenten: Transparente Bauteile und Öffnungselemente in der Gebäudehülle, Version 5.3, Passivhaus Institut Darmstadt 2021.
- [EAD 050001-00-0301] EAD 050001-00-0301, E. (Februar 2018). Load bearing thermal insulating elements which form a thermal break between balconies and internal floors. EOTA.
- [Komponenten datenbank Dez 2020] Passivhaus Institut: Komponentendatenbank componentdatabase.de, Darmstadt 2015-2021

Kristin Bräunlich, Passivhaus Institut, Rheinstraße 44/46, 64283 Darmstadt

Lösungen für den kostengünstigen Wohnbau: Wohnungslüftung mit WRG

1 Effiziente Lüftung geht auch kostengünstig – Beispiele

Gerade im Geschosswohnbau, wenn eine größere Anzahl von identischen Wohnungen mit einer Lüftungsanlage ausgestattet werden soll, ist durch den Synergie-Effekt der Einsatz kostengünstiger Lösungen besonders lohnend. Im Neubau kann beispielsweise durch den Einsatz von Systemkomponenten (vgl. Abbildung 1) die Montage vereinfacht werden. Die Komplettlösung (Gerät inkl. Kanalnetz) für eine Wohneinheit ist vergleichsweise kostengünstig verfügbar. Solche Systemlösungen werden inzwischen von mehreren Herstellern angeboten. Die dezentrale Lüftungslösung in Abbildung 1 für einen 4-geschossigen Neubau ist für 3.500 bis 4.000 € je Wohneinheit inklusive Montage verfügbar. Die Lüftungslösung ist für kleine bis mittlere Wohneinheiten geeignet.

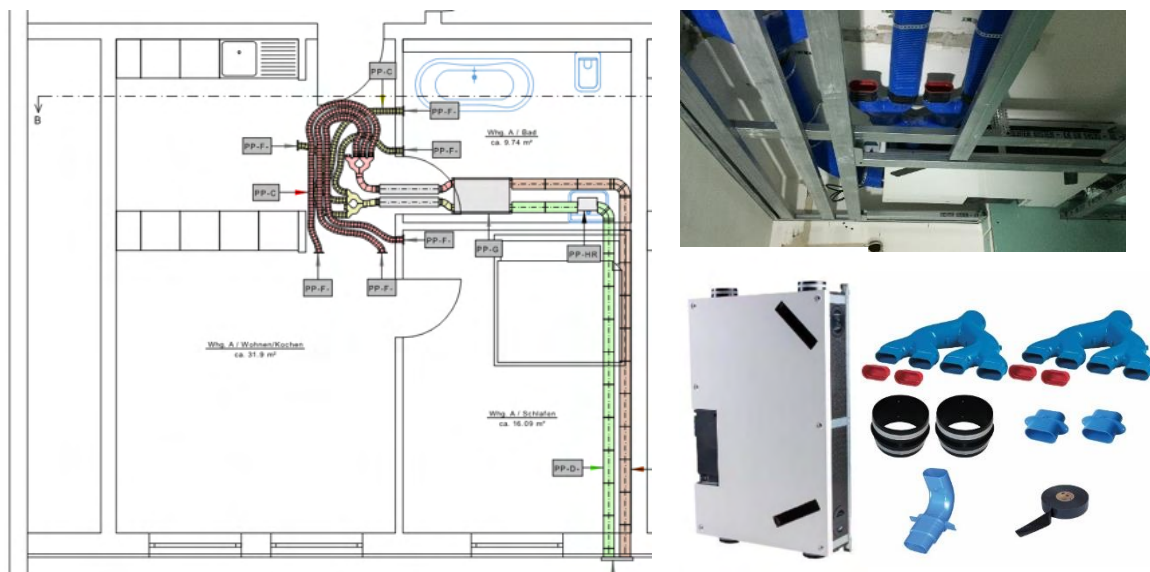


Abbildung 1: Wohnraumlüftung mit je einem dezentralen Gerät pro Wohneinheit in einem Geschosswohnbau Neubau – Kostenreduktion durch Systemkomponenten. Quelle: Pluggit GmbH, Component Award 2018, [CA 2018]

Aber auch Sanierungsobjekte können heute mit vergleichsweise geringem investivem Mehraufwand mit einer Lüftungsanlage mit WRG ausgestattet werden. Durch das kompakte Kanalnetz und das Kanalsystem in Stuckoptik für Sichtmontage konnten beispielsweise bei der Sanierung eines 4-geschossigen Altbaus (vgl. Abbildung 2) die Investitionen je Wohneinheit auf 4.000 – 5.000 € begrenzt werden.

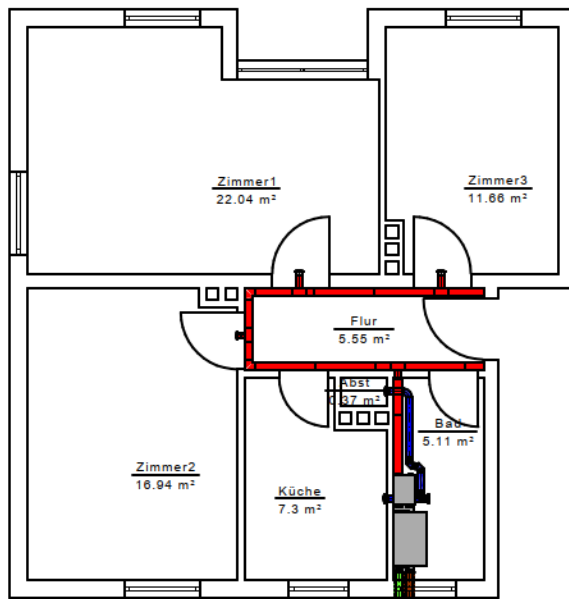


Abbildung 2: Wohnraumlüftung mit je einem dezentralen Gerät pro Wohneinheit bei einer Sanierung eines 4-geschossigen Altbaus – Kostenreduktion durch kompaktes Kanalnetz und Sichtmontage. Quelle: Vallox GmbH

Einen anderen Weg zur Reduktion der Installationskosten hat die NHT mit einem Sanierungsobjekt eingeschlagen: Mit einem gebäudezentralen Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung und einer Kanalverteilung welche ausschließlich auf der Fassade erfolgte, konnte der Eingriff in den Wohnungen und damit die Abstimmung mit den Mietern stark begrenzt werden. Die Investitionskosten je Wohneinheit betragen in diesem Objekt ca. 4.500 €.

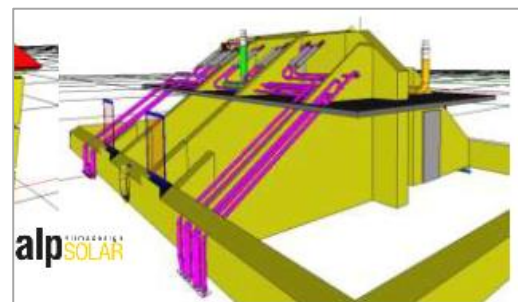


Abbildung 3: Gebäudezentrale Wohnraumlüftung mit fassadenintegrierter Luftverteilung bei der Sanierung eines 4-geschossigen Mehrfamilienhauses der NHT (Neuen Heimat Tirol) – Kostenreduktion durch gewerkeübergreifende Planung und den Verzicht auf Installationsmaßnahmen innerhalb der Wohneinheiten.

Quelle: HKLS Planung alpSolar – Admir Music Innsbruck / NHT 2019

Die zwei vorgenannten Beispiele zeigen, dass es nicht die Investitionskosten sein müssen, die ausschlaggebend für die Wahl des Lüftungskonzeptes sind. Die Entscheidung für ein zentrales oder dezentrales Lüftungskonzept sollte eher an anderen Kriterien festgemacht werden:

- Eigentumsverhältnisse (Eigentumswohnungen oder Mietwohnungen)
- Wartungszugang/-aufwand
- Integrationsmöglichkeiten des/der Lüftungsgeräte(s) und der Luftverteilung

Ein Wettbewerb zur Ausstattung eines Mehrfamilienhauses mit einer kontrollierten Wohnraumlüftung im Rahmen einer energetischen Sanierung zeigte ebenfalls, dass mit ganz unterschiedlichen Konzepten gute und kostengünstige Lüftungslösungen verfügbar sind (vgl. Abbildung 4).

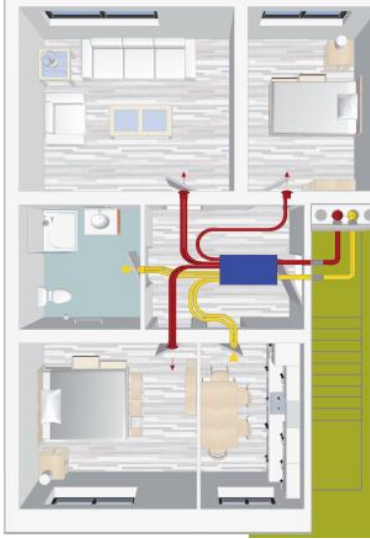


Gebäudezentrales Lüftungskonzept mit einem zentralen Lüftungsgerät im nicht ausgebauten Dachgeschoss	Dezentrales Lüftungskonzept mit einem zentralen Lüftungsgerät je Wohneinheit	Dezentrales Lüftungskonzept mit zwei Lüftungsgeräten je Wohneinheit, jeweils mit Zweitraumanschluss
		
<p>Kostenreduktion durch kompaktes Kanalnetz, platzsparende Systemkomponenten (Schalldämpfer, Verteiler und Volumenstromregler) und Sichtmontage im Treppenhaus</p>	<p>Kostenreduktion durch ein kompaktes Kanalnetz und einer nur lokalen Verblendung der Kanäle anstelle von kompletten Zwischendecken.</p>	<p>Kostenreduktion durch fas-sadenintegrierte Geräte und kurze Kanäle in den Nebenraum. Im Wohnzimmer nur Verblendung der Kanäle anstelle von Trockenbauarbeiten.</p>

Abbildung 4: Verschiedene Lüftungslösungen für die Ausstattung eines 4-geschos-sigen Mehrfamilienhauses mit einer kontrollierten Wohnraumlüftung im Rahmen einer energetischen Sanierung. Quelle (v. Li.: J. Pichler GmbH, Tribus Architecture, Vaventis B. V./ Component Award 2016, [CA 2016])

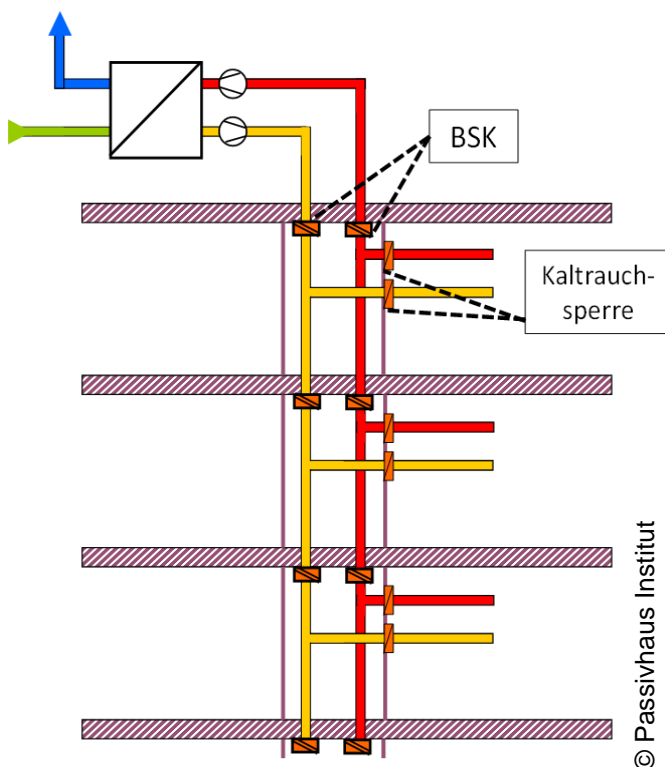
Alle 3 Lüftungslösungen wurden dabei zu Investitionskosten von 5.500 € je Wohneinheit und weniger angeboten.

2 Besondere Aspekte zentraler Lüftung

Vor allem wegen des guten Wartungszugangs und dem geringen Wartungsaufwand am Lüftungsgerät bleiben zentrale Anlagen eine interessante Option, gerade im Mietwohnbau. Einige notwendige Funktionen zentraler Anlagen können jedoch die Investitionskosten und durch einen hohen Wartungsaufwand vor allem auch die späteren Betriebskosten in die Höhe treiben. Hierzu zählen Brandschutz und Volumenstromregelung. Überlegungen zu kostengünstigen Lösungen bereits in der Planungsphase sind hier besonders lohnend.

2.1 Brandschutz

Zentrale Lüftungsanlagen be- und entlüften gleichzeitig mehrere Wohneinheiten und damit auch mehrere Bandabschnitte. Durchdringungen von Brandabschnittsgrenzen müssen dieselbe Feuerwiderstandsklasse aufweisen wie die Wand oder Decke. Herkömmliche Brandschutzlösungen (z. B. Abbildung 5) bestehen dabei aus Brandschutzklappen und bei ausschließlich thermisch auslösenden Brandschutzklappen gegebenenfalls zusätzlichen Kaltrauchsperrern. Die Wartung der Brandschutzklappen ist dabei vergleichsweise aufwändig: Jede Klappe muss jährlich einer Sicht- und Funktionsprüfung unterzogen werden.



© Passivhaus Institut

Abbildung 5: Schema einer herkömmlichen Brandschutzlösung mit Brandschutzklappe und Kaltrauchsperrern (bei ausschließlich thermisch auslösenden Brandschutzklappen), Grafik: [AkkP 50]

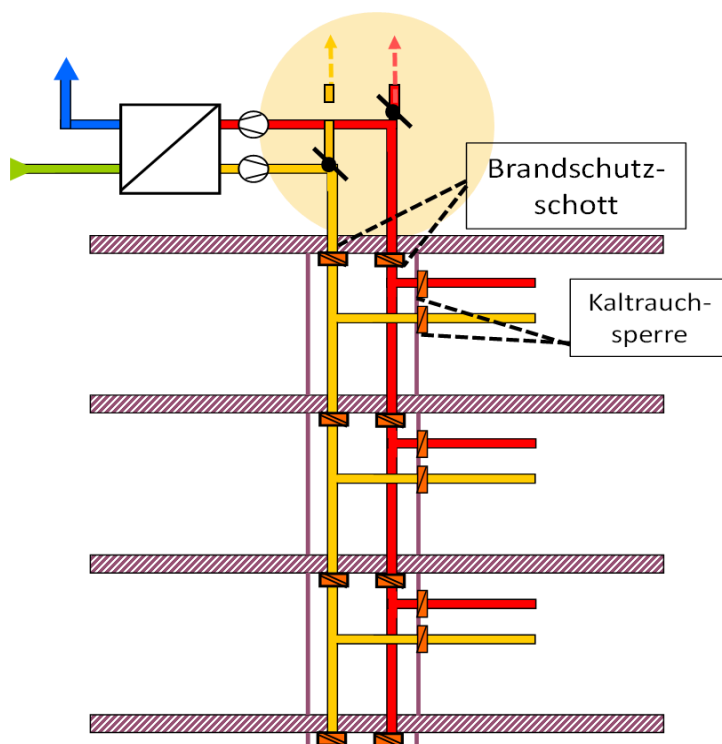
Als eine kostengünstige Alternative galt lange Zeit die Schottlösung nach DIN 18017. Hier wurden anstelle der Brandschutzklappen (Abbildung 5), wartungsfreie Brandschutzschotts nach DIN 18017 in Verbindung mit Kaltrauchsperrern eingesetzt. Diese bestehen aus intumeszierendem Material, das bei Temperatureinwirkung aufschäumt und somit den Kanalquerschnitt blockiert.

Seit einer Stellungnahme des DIBT (2012) bezüglich der Verwendung von Brandschutzschotts, dürfen diese jedoch nur noch in Lüftungsanlagen ohne Wärmerückgewinnung eingesetzt werden. Wärmerückgewinnungsanlagen könnten durch den höheren Druckverlust den thermischen Auftrieb, der zum Aufschäumen der Brandschutzschotts erforderlich ist, behindern.

In Abbildung 6 ist eine mögliche Lösung dargestellt, um auch bei Wärmerückgewinnungsanlagen die kostengünstige Schottlösung anwenden zu können:

Durch den Einsatz von Jalousie- oder Bypassklappen, welche im Brandfall stromlos öffnen und ein freies Abströmen der Rauchgase ermöglichen, können die wartungsfreien Brandschutzschotts auch in Verbindung mit Wärmerückgewinnungsanlagen verwendet werden. Für diesen Lösungsansatz ist jedoch die Abstimmung mit den zuständigen Behörden und dem zuständigen Brandschutzgutachter erforderlich.

Lösung 1



© Passivhaus Institut

Abbildung 6: Schema einer Schottlösung nach DIN 18017 bei Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung. Jalousieklappen öffnen im Brandfall und ermöglichen ein freies Abströmen der Brandgase. Grafik: [AkkP 54]

Eine neue kostengünstige Brandschutzlösung wird von der Firma GEBA Brandschutz Bartholomäus GmbH angeboten. Mit der Brandschutzklappe WFK (Abbildung 8) hat

die Firma GEBA eine wartungsarme Brandschutzklappe nach DIN EN 15650 auf den Markt gebracht.

Lösung 2

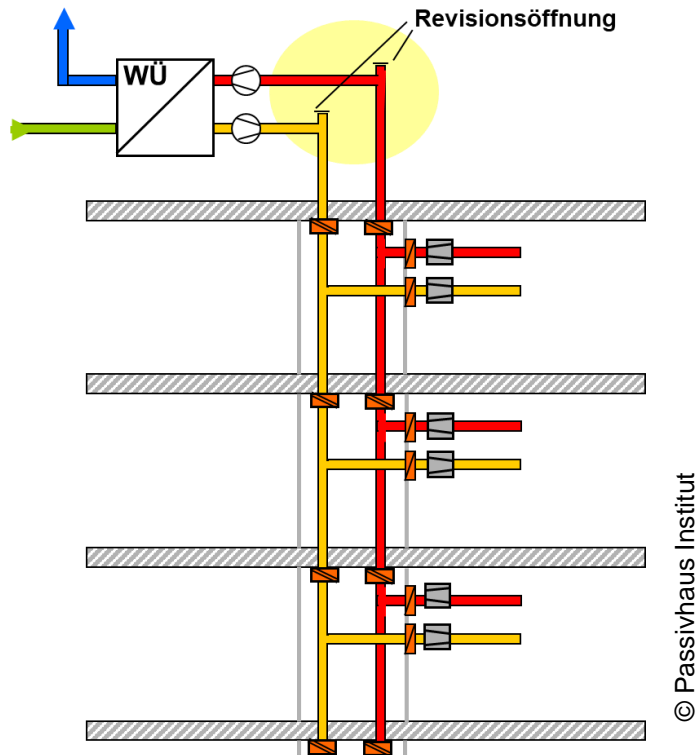


Abbildung 7: Schema zur Lösung mit wartungsarmen Brandschutzklappen und Revisionsöffnung für eine Sichtprüfung alle 5 Jahre per Video-Befahrung.

Der Hersteller selbst gibt für die Brandschutzklappe, die im Normalbetrieb einen freien Querschnitt bereithält, folgende Wartungsempfehlungen:

- Wartung alle 5 Jahre in Form einer Sichtprüfung durch Kamerabefahrung
- Eine Funktionsprüfung der einzelnen Klappen ist nicht erforderlich sofern, die Lüftungsleitung am oberen und unteren Ende über eine Revisionsöffnung verfügt, so dass eine Kamerabefahrung und ggf. eine Kanalreinigung möglich sind.



Abbildung 8: Brandschutzklappe WFK der Firma GEBA Brandschutz Bartholomäus GmbH nach DIN 15650. Wartungsempfehlung des Herstellers: siehe Text. Quelle: GEBA Brandschutz Bartholomäus GmbH

Sowohl bei der Brandschutzlösung 1 wie auch der Lösung 2 kann der Wartungsaufwand deutlich verringert werden. Lösung 2 ist dabei zu noch etwas geringeren Investitionskosten verfügbar als Lösung 1, da die motorisch betriebenen Jalousieklappen entfallen und lediglich Revisionsöffnungen erforderlich sind. Aus diesem Grund wird die Brandschutzlösung 2 heute beispielsweise von der ABG Holding GmbH favorisiert und in aktuellen Projekten berücksichtigt.

2.2 Volumenstromregelung

Ein weiterer Kostentreiber bei zentralen Lüftungsanlagen können regelungstechnische Komponenten sein. Zur Sicherstellung eines variablen Volumenstroms in den einzelnen Wohnungen sind je Wohnung zwei variable Volumenstromregler erforderlich.

Tabelle 1: Investitionskosten für Volumenstromregler gemäß Listenpreis

	Konstantvolumenstromregler	Variable Volumenstromregler
Spezifikation	Konstantvolumenstromregler oder Volumenstrombegrenzer	Variabler Volumenstromregler
Kosten je Wohneinheit	100 – 300 €	> 800 €

Im Hinblick auf die Investitionskosten, gerade im Zusammenhang mit sozialen Wohnbauprojekten, kann ein Verzicht auf individuelle Einstellung des Volumenstroms zu gunsten geringerer Investitionskosten für die Lüftungsanlage sinnvoll sein. Je nach individueller Rabattregelung können sich mit Konstantvolumenstromreglern erhebliche Kosteneinsparpotentiale ergeben.

Gute Erfahrungen mit dieser Lösung im Mietwohnbau hat bereits die Neue Heimat Tirol gemacht. Bei der Sanierung eines 4-geschossigen Mehrfamilienhauses (Abbildung 3)

kamen an Stelle von variablen Volumenstromreglern Konstantvolumenstromregler für jede Wohneinheit zum Einsatz. Diese wurden zentral angeordnet (vgl. Abbildung 9) und entsprechend des erforderlichen Volumenstroms eingestellt. Die Konstantvolumenstromregler bleiben jedoch zugänglich und können bei Bedarf (z. B. bei Mietwechsel) angepasst werden.



Abbildung 9: zentrale Anordnung von Konstantvolumenstromreglern und Schalldämpfern. Die Volumenströme werden einmal fest eingestellt, können aber bei Bedarf (z. B. bei Mieterwechsel) angepasst werden.
Quelle: Neue Heimat Tirol

3 Wartungsaufwand, Wartungskosten

Wartungskosten sind zunächst versteckte Kosten, da sie bei der Errichtung der Anlage nicht berücksichtigt werden. Mit Blick auf die späteren Betriebskosten sollten jedoch der Wartungsaufwand schon in der Planungsphase bedacht und Möglichkeiten zur Reduktion des Wartungsaufwandes eruiert werden.

Durch folgende Maßnahmen können der Wartungsaufwand begrenzt und die späteren Wartungskosten reduziert werden:

- Verbesserter Gerätezugang z. B. durch zentrale Anlagen oder dezentrale Anlagen, welche vom Treppenhaus aus zugänglich sind.
- Verbessertes Brandschutzkonzept z. B. durch Schottlösung mit Jalousieklappen oder durch wartungsarme Brandschutzklappen (z. B. Sichtprüfung durch Kamerabefahrung, vgl. Abschnitt 2.1)
- Wartungsarbeiten selbst in die Hand nehmen: Ab einem gewissen Wohnungsbestand kann es für Wohnbaugesellschaften günstiger sein, eigenes Wartungspersonal anzustellen, anstatt Wartungsaufträge zu vergeben. Sämtliche anfallende Wartungen würden dann gebündelt und durch eigenes Wartungspersonal durchgeführt. Dann könnte die Wartung der Lüftungsanlage gemeinsam mit anderen Wartungsarbeiten durchgeführt werden. Gute Erfahrungen mit Wartungsarbeiten durch eigenes Personal hat beispielsweise die Wohnbau Gießen gemacht.
- Anhaltswerte zu moderaten Wartungskosten ([AkkP 54]): Ein Hersteller von Lüftungsanlagen bietet in Österreich für die Wartung der eigenen Anlagen in Geschosswohnbauten einen pauschalen Kostensatz je Wohnung. Es wäre wünschenswert, wenn weitere Hersteller dem Beispiel folgen.

Die folgenden Ansätze je Wohnung können als Orientierung für moderate Ansätze verwendet werden: 50 €/Jahr (gebäudezentrale Anlage) sowie 80 €/Jahr wohnungssweise Lüftungsgeräte (jeweils inkl. Filter, netto). (Quelle: Fa. J. Pichler Lufttechnik GmbH)

4 Lüftung mit Wärmerückgewinnung lohnt sich

Lüftung mit Wärmerückgewinnung lohnt sich. Der Komfortgewinn sorgt für zufriedenerere Mieter, was Erfahrungen der Neuen Heimat Tirol und Befragungen der Bewohner der Bahnstadt in Heidelberg belegen und spart gleichzeitig Heizkosten. Zufriedenere Bewohner wiederum sorgen für einen geringeren Mietausfall durch Leerstand und für geringeren Mietwechsel. Aber nicht nur deswegen lohnt sich Lüftung mit Wärmerückgewinnung:

Wärmerückgewinnungsanlagen werden auch durch zahlreiche staatliche Förderprogramme unterstützt. Das Land Hessen bezuschusst beispielsweise im Zusammenhang mit dem Erzielen des Passivhausstandards bei Modernisierungen die Investitionskosten einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung mit 50 %. Eine Recherche der spezifischen Fördermöglichkeiten im Zusammenhang mit Wärmerückgewinnungsanlagen lohnt sich.

5 Literatur

- [AkkP 50] **Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase V**, Protokollband Nr. 50: Kostengünstige Lüftungslösungen im Wohnungsbau – Systeme mit Wärmerückgewinnung. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2015.
- [AkkP 54] **Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase V**, Protokollband Nr. 50: Neue Konzepte der kontrollierten Lüftung: Fassadenintegrierte Lüftung. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2018.
- [CA 2016] **Lüftungskonzepte für die Sanierung**, Broschüre über den Component Award 2016 im Rahmen des EU-Projekts EuroPhit. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2016.
- [CA 2018] **Lösungen zur Wohnungslüftung im Neubau**, Component Award 2018 im Rahmen des EU-Projekts AZEB. Passivhaus Institut, Darmstadt, 2018.
- [DIN 18017-3] **DIN 18017-3: Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster – Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren**, Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, 2009

Oliver Kah, Passivhaus Institut, Rheinstraße 44/46, 64283 Darmstadt

Gebäudetechnik: Zu-/Abluftanlage mit WRG vs. Abluftanlage

1 Einleitung

Bei der Umsetzung von hoch-energieeffizienten Gebäudestandards im Geschosswohnbau bestehen des Öfteren Vorbehalte gegenüber Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung (WRG). Während ein guter Wärmeschutz der Gebäudehülle, wie für Passivhäuser erforderlich, als Maßnahme für geringen Energiebedarf akzeptiert wird, wird der Einbau von Zu-/Abluftanlagen mit WRG hinterfragt. Hartnäckig halten sich Vorbehalte gegenüber diesen Systemen und es wird nach alternativen Lösungen gesucht, die einen kontinuierlichen Luftaustausch gewährleisten und ggf. sogar zur Reduzierung des Energiebedarfs beitragen, insbesondere mit Abluftanlagen. Um die Unterschiede und den energetischen Einfluss aufzuzeigen, sollen im Folgenden Lösungen mit Zu-/Abluftanlagen mit WRG und Abluftanlagen gegenübergestellt werden.

2 Einfluss auf den Energiebedarf

Zunächst wird der Einfluss auf den Energiebedarf untersucht. Ausgehend von einem Geschosswohnbau im Passivhausstandard werden die Varianten mit einer Lüftungsanlage mit WRG und einer Abluftanlage vorgesehen (vgl. Abbildung 1). Die energetische Qualität der weiteren Bauteile bleibt unverändert.

Der resultierende Heizwärmebedarf wird in Abbildung 2 (links) dargestellt. Zum Vergleich mit den gesetzlichen Mindestanforderungen im Neubau, wird zusätzlich der Nutzwärmebedarf bei Ausführung gemäß GEG/EnEV gezeigt. Gegenüber den gesetzlichen Mindestanforderungen kann durch umfassende Effizienzmaßnahmen im Passivhaus (sehr guter Wärmeschutz der Gebäudehülle, sehr gute Luftdichtheit, Lüftungsanlage mit WRG) der Wärmebedarf auf etwa ein Viertel verringert werden. Wird statt der Lüftung mit WRG eine Abluftanlage vorgesehen, wirkt sich dies direkt auf den Heizwärmebedarf aus (Zunahme im Beispiel um 18 kWh/(m²a) bzw. um 120 %).

Abbildung 2 (rechts) zeigt den zugehörigen Primärenergiebedarf der beiden Lüftungsvarianten für Heizung und Trinkwarmwasserbereitung für eine im Geschosswohnbau häufig gewählte Wärmeversorgung (Gas-Brennwertkessel). Auch der Primärenergiebedarf nimmt bei der Variante mit Abluftanlage entsprechend zu (im Beispiel um 20,4 kWh/(m²a)).

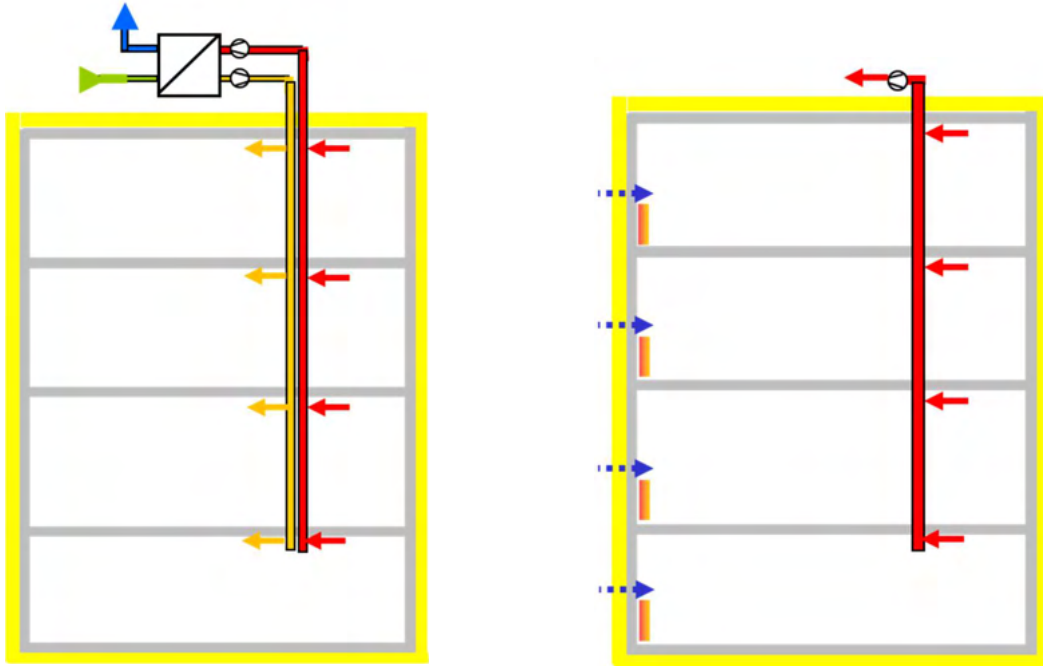


Abbildung 1: Schema der Lüftungslösungen (links: Zu-/Abluftanlage mit WRG – rechts: Abluftanlage). Die Ausgangsvariante (links) erfüllt den Passivhausstandard.

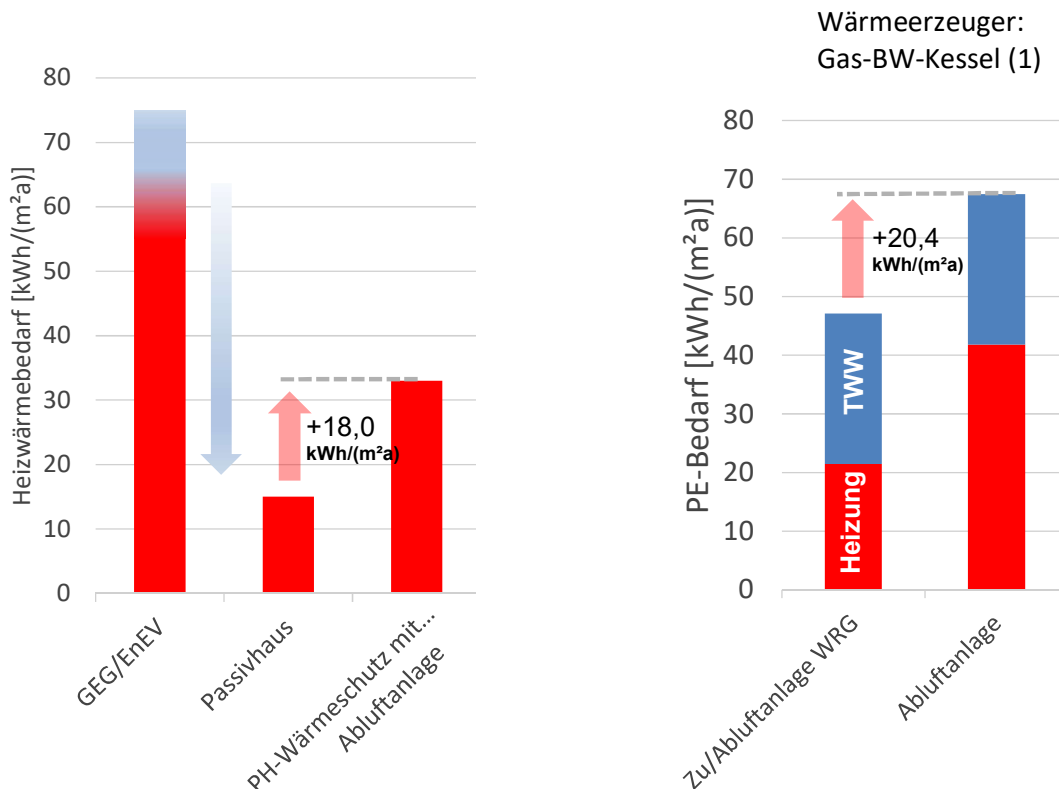


Abbildung 2: Zu-/Abluftanlage mit WRG vs. Abluftanlage. Heizwärmebedarf und Primärenergiebedarf des Beispielgebäudes. Annahmen: Luftwechsel 0,4 1/h, WRG = 85 %, Bezug auf Wohnfläche. Berechnung mit Passivhaus-Projektierungspaket [PHPP], Primärenergiebedarf ohne Haushaltsstrom.

Wird die Abluft als Wärmequelle für eine Trinkwasserwärmepumpe genutzt, kann die Lösung mit der Abluftanlage energetisch verbessert werden (Annahme: Jahresarbeitszahl: 2,8). Durch den nun effizienteren Wärmeerzeuger zur Warmwasserbereitung wird der primärenergetische Vorteil der Passivhaus-Ausgangsvariante etwas geringer und liegt nun im Beispiel bei 9,8 kWh/(m²a) (vgl. (2) in Abbildung 4). Die Verbesserung der Lösung mit Abluftanlage wirkt sich jedoch nicht auf den Heizwärmebedarf aus, dieser bleibt unverändert (vgl. Abbildung 2, links).

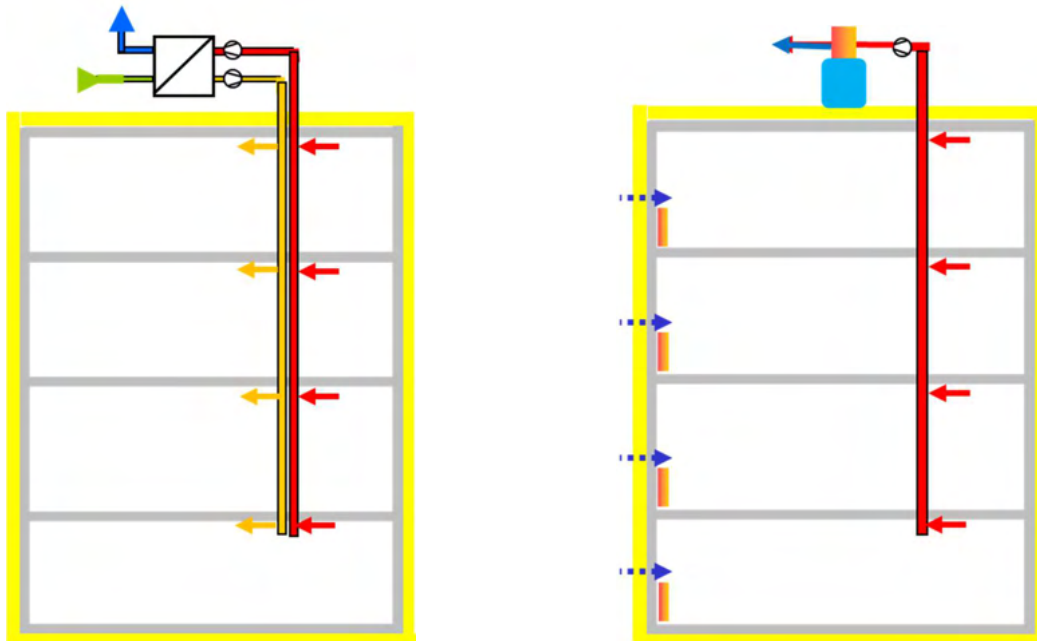


Abbildung 3: Schema der Lüftungslösungen (links: Zu-/Abluftanlage mit WRG – rechts: Abluftanlage mit Abluft-Trinkwarmwasser-Wärmepumpe).

Vor dem Hintergrund des Klimaschutzes müssen zur Wärmeerzeugung zunehmend erneuerbare Energien vorgesehen werden. Dies fordert auch das GEG mit Mindestdeckungsanteilen am Wärmebedarf durch die Nutzung von Erneuerbaren und Umweltwärme. Daher sollen nun noch zwei weitere Wärmeversorgungsvarianten und deren Einfluss auf den Primärenergiebedarf untersucht werden:

- (3) Variante mit Gas-Brennwertkessel und zusätzlicher thermischer Solaranlage zur Trinkwarmwasserbereitung (gemäß den Annahmen zum Referenzgebäude im GEG): solarer Deckungsanteile TWW: 50 %.
- (4) Variante mit Außenluft-Wärmepumpe zur Beheizung und Trinkwarmwasserbereitung: Jahresarbeitszahl: 3,0

Mit zunehmender Effizienz der Wärmeversorgungs-lösungen nimmt der Primärenergiebedarf der betrachteten Lüftungsvarianten nochmals ab (vgl. Abbildung 4). Zudem wird der energetische Vorteil der Lüftung mit WRG gegenüber der Abluftanlage mit Trinkwarmwasser-Wärmepumpe etwas größer, da auch das Warmwasser in dieser Ausführung nun effizienter bereitet wird (mit Solarunterstützung bzw. mit Wärmepumpe). Dies gilt in absoluten Werten und insbesondere relativ zum jeweiligen Primärenergiebedarf. Die Primärenergie-Einsparung der Varianten mit Lüftung mit WRG gegenüber dem System mit Abluft liegt nun um 30%.

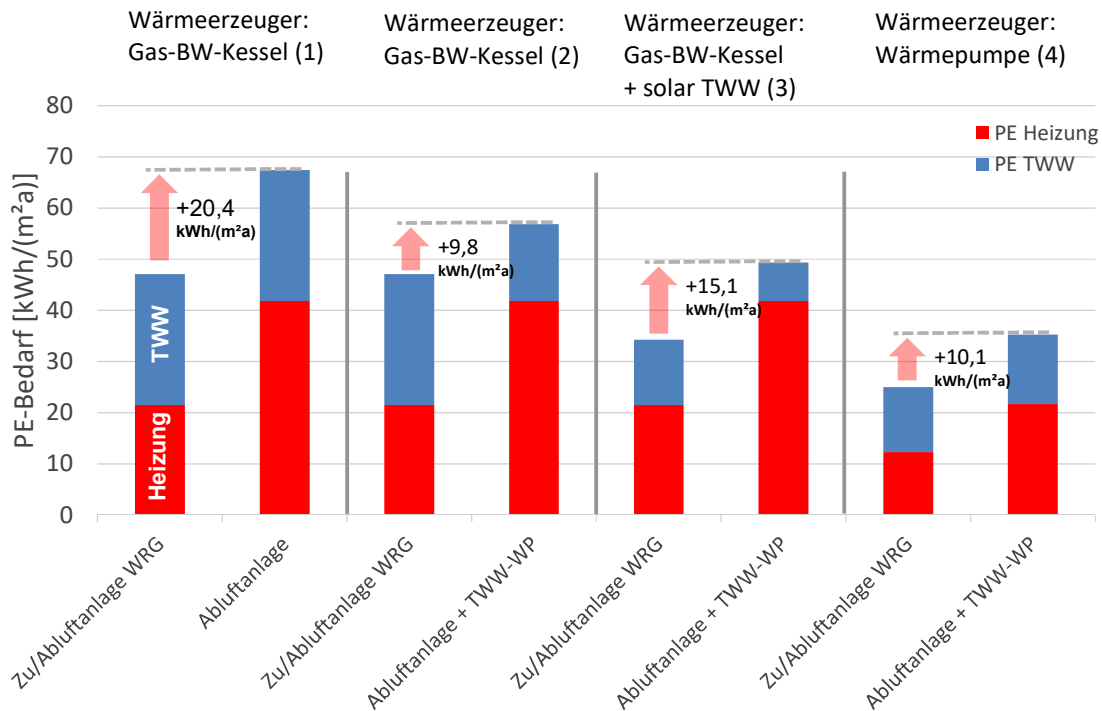


Abbildung 4: Zu-/Abluftanlage mit WRG vs. Abluftanlage. Nicht erneuerbarer Primärenergiebedarf des Beispielgebäudes.

Annahmen:

(1) Luftwechsel 0,4 1/h , WRG = 85 %,

(2) Abluft-TWW-Wärmepumpe: Jahresarbeitszahl: 2,8,

(3) solarer Deckungsanteil TWW: 50 %,

(4) Heizungswärmepumpe: Jahresarbeitszahl: 3,0.

Bezug auf Wohnfläche, Berechnung mit Passivhaus-Projektierungspaket [PHPP], Primärenergiebedarf ohne Haushaltsstrom

3 Einfluss auf die Heizlast

Neben der Einsparung an Heizenergie verringern Lüftungsanlagen mit WRG an kalten Tagen gleichzeitig die erforderlichen Heizleistungen. Während in Passivhäusern die Heizlast lediglich rund 10 W/m^2 beträgt (was in zahlreichen Feldmessungen bestätigt werden konnte), nimmt bei Lüftungslösungen mit Abluftanlagen die Heizlast auf etwa $20 - 25 \text{ W/m}^2$ zu.

Geringere Heizleistungen sind in Bezug auf die Anforderungen an die Wärmeübergabe vorteilhaft: Es sind kleinere Systeme der Wärmeübergabe (z. B. Heizkörper, Nachheizung der Zuluft) möglich, auch darauf wurde schon vielfach hingewiesen. Häufig kann auch die absolute Anzahl an Heizkörpern in Passivhaus-Wohnungen reduziert werden, wie Erfahrungen im Geschosswohnbau zeigen.

Zudem sind kleinere Wärmeerzeuger zur Deckung des Raumwärmebedarfs ausreichend. Während bei fossilen Wärmeerzeugern die Heizleistung nur geringen Einfluss auf die Investitionskosten hat, ändert sich das dramatisch bei zukunftsfähigen Systemen, wie der Wärmepumpe. Die Investitionskosten nehmen hierbei mit der Nennleistung der Systeme zu (vgl. Abbildung 5). Gleiches gilt für die Nutzung von energetisch vorteilhaften Wärmequellen, wie der Geothermie mit Wärmepumpe, auch hier skalieren die Investitionskosten mit der vorgesehenen Entzugsleistung.

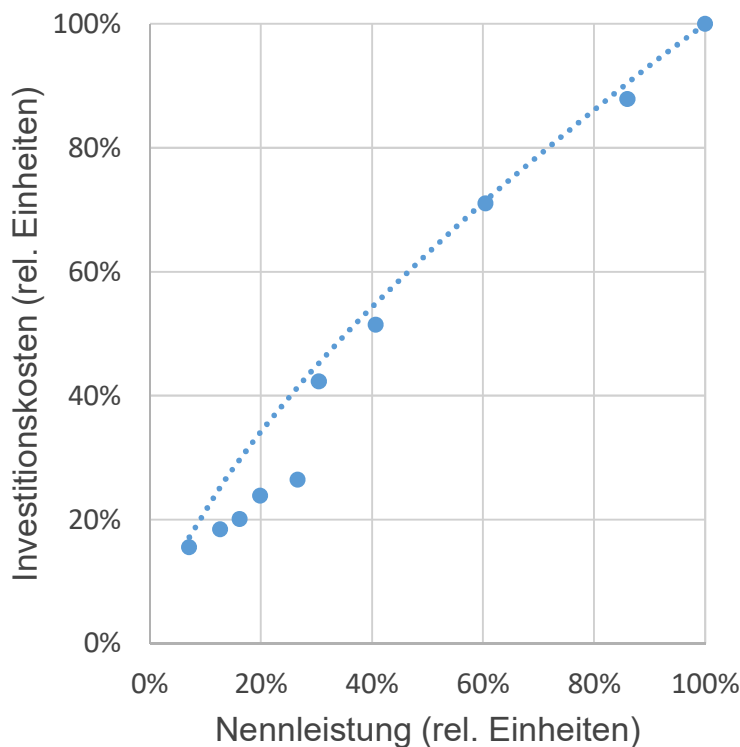
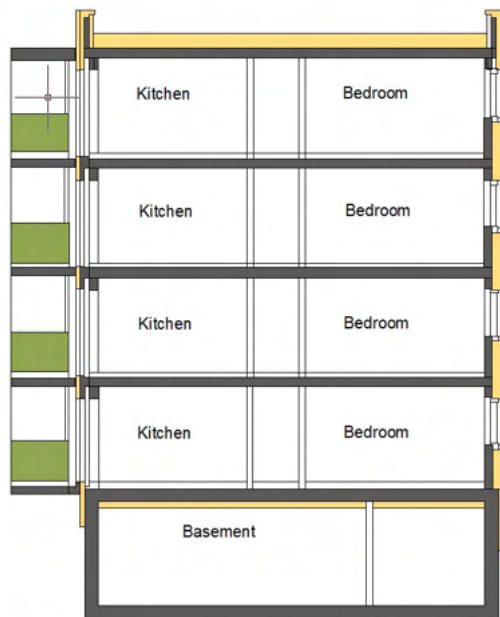


Abbildung 5: Einfluss der Nennleistung eines Wärmepumpensystems auf die Investitionskosten.
(Quelle: Auswertung von Listenpreisen im Leistungsbereich von 6 bis 85 kW)

4 Auswirkung vor dem Hintergrund einer CO₂-neutralen Energieversorgung

Das neue Klimaschutzgesetz (vom 24.6.2021) sieht vor, dass Deutschland bis zum Jahr 2045 klimaneutral ist. Die Erzeugung und Nutzung von erneuerbarer Energie im Gebäudebereich wird hierdurch nochmals dringlicher. Die Entscheidung für Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung oder Abluftanlagen hat auch hier Konsequenzen, die an einem Beispielgebäude aufgezeigt werden sollen.



Annahmen:

- Passivhaus-Geschosswohnbau
- 4 Geschosse
- Beheizung durch Wärmepumpe
- Trinkwarmwasserbereitung durch Wärmepumpe
- Stromerzeugung am Gebäude durch PV-Anlage auf gesamter Dachfläche
- Ausstattung des Gebäudes mit effizienten Haushaltsgeräten

Abbildung 6: Beispielgebäude

Im Folgenden soll wiederum der Geschosswohnbau im Passivhausstandard betrachtet werden: Zur Stromerzeugung wird nun die gesamte Dachfläche mit PV-Modulen belegt. Außerdem wird der Wärmebedarf für Raumwärme und Warmwasser durch eine Wärmepumpe gedeckt.

Die monatlichen Werte zum Strombedarf und zur Stromerzeugung zeigt Abbildung 7. Demnach ist die monatliche Stromerzeugung in den Monaten März bis Oktober ausreichend, um jeweils den gesamten Strombedarf des Gebäudes (Heizung, Warmwasser und Haushaltsstrom) zu decken. Wird das gesamte Jahr betrachtet, wird im Gebäude sogar ein jährlicher Stromüberschuss erzeugt, der ins Netz eingespeist und anderen Anwendern zur Verfügung gestellt werden kann.

In den Wintermonaten hingegen deckt die Stromerzeugung jedoch nicht annähernd den monatlichen Strombedarf. Für das Gebäude besteht unter den genannten Annahmen eine Strom-Winterlücke von 7,7 kWh/(m²a) (vgl. Abbildung 8). Dieser Strombedarf müsste z.B. vom Energieversorgungssystem in Überschussmonaten gespeichert und in den Wintermonaten bereitgestellt werden, was zu zusätzlichen (Speicher-)Verlusten beiträgt und die Kosten ganz beträchtlich erhöht (vgl. [AkkP 56]).

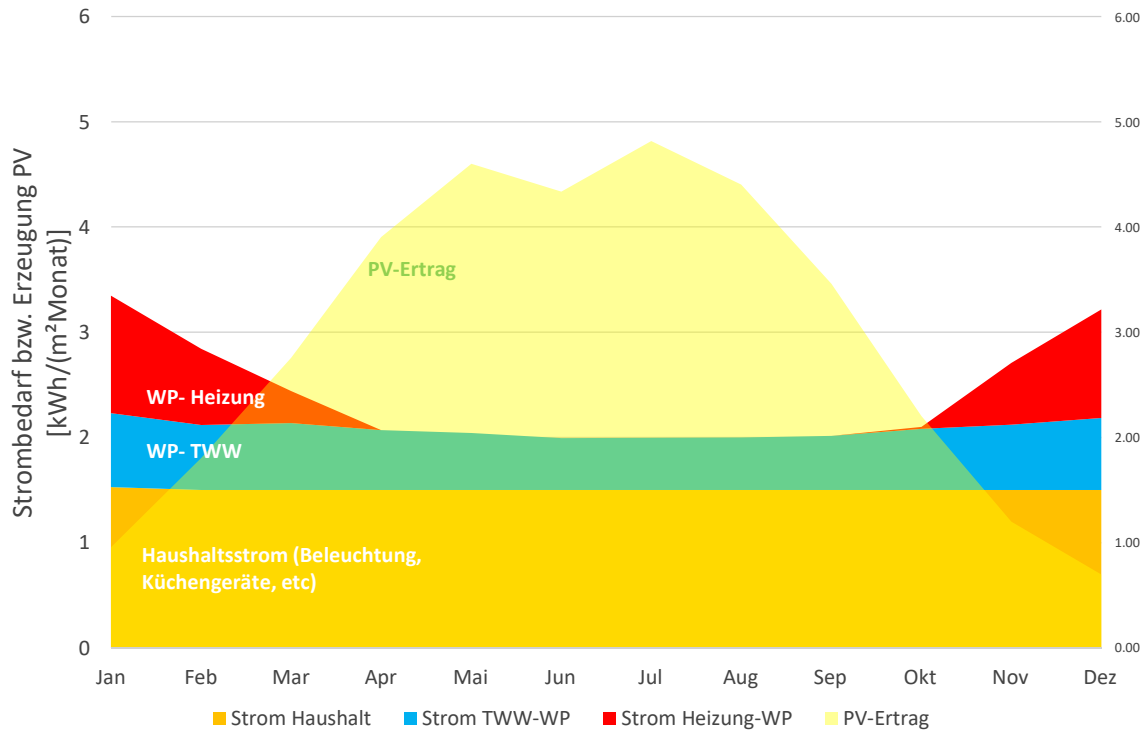


Abbildung 7: Lüftungsanlage mit WRG – Monatswerte des Strombedarfs und der Stromerzeugung im betrachteten Passivhaus-Geschosswohnbau

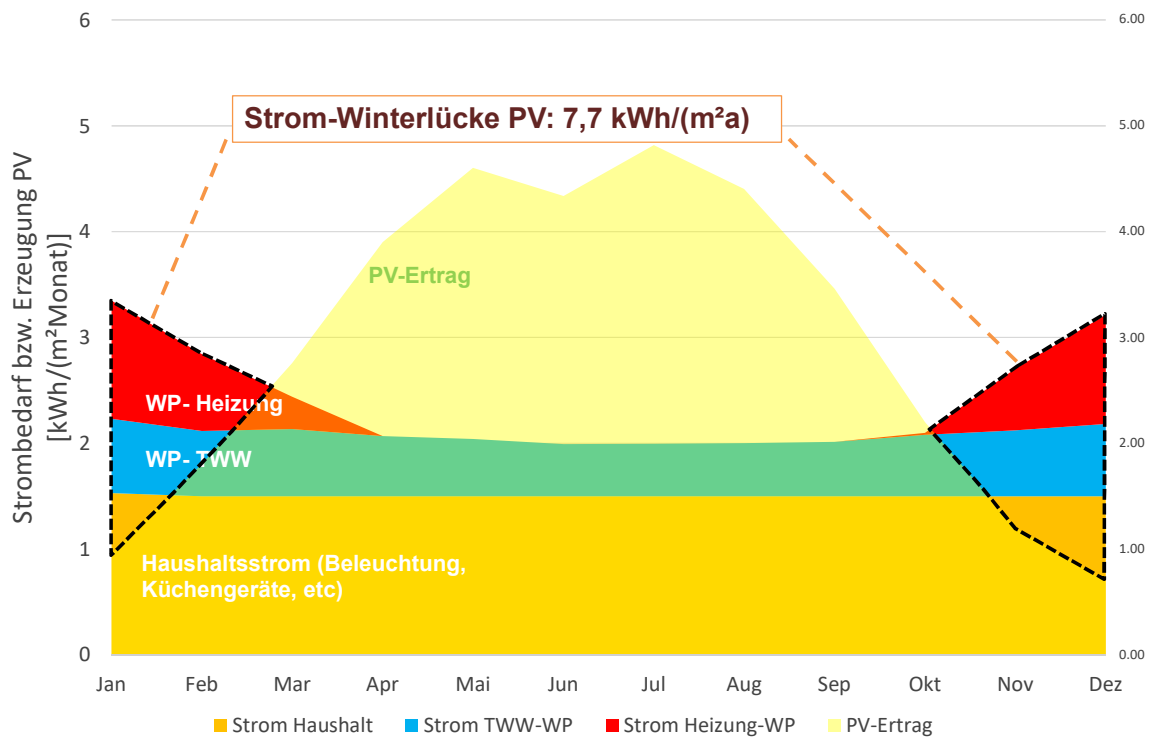


Abbildung 8: Lüftungsanlage mit WRG – Monatswerte des Strombedarfs und der Stromerzeugung im betrachteten Passivhaus-Geschosswohnbau. Die umrandeten Bereiche deuten die Strom-Winterlücke an.

Nun soll bei dem betrachteten Geschosswohnbau statt der Lüftungsanlage mit WRG eine Abluftanlage realisiert werden. Die anderen Annahmen wie der Passivhaus-Wärmeschutz bleiben unverändert. Abbildung 9 zeigt die Ergebnisse in der Monatsbilanz.

Ohne Wärmerückgewinnung aus der Abluft steigt der Strombedarf der Heizungswärmepumpe in den Wintermonate stark an, was die Strom-Winterlücke mit 16,4 kWh/(m²a) auf mehr als den doppelten Wert ansteigen lässt.

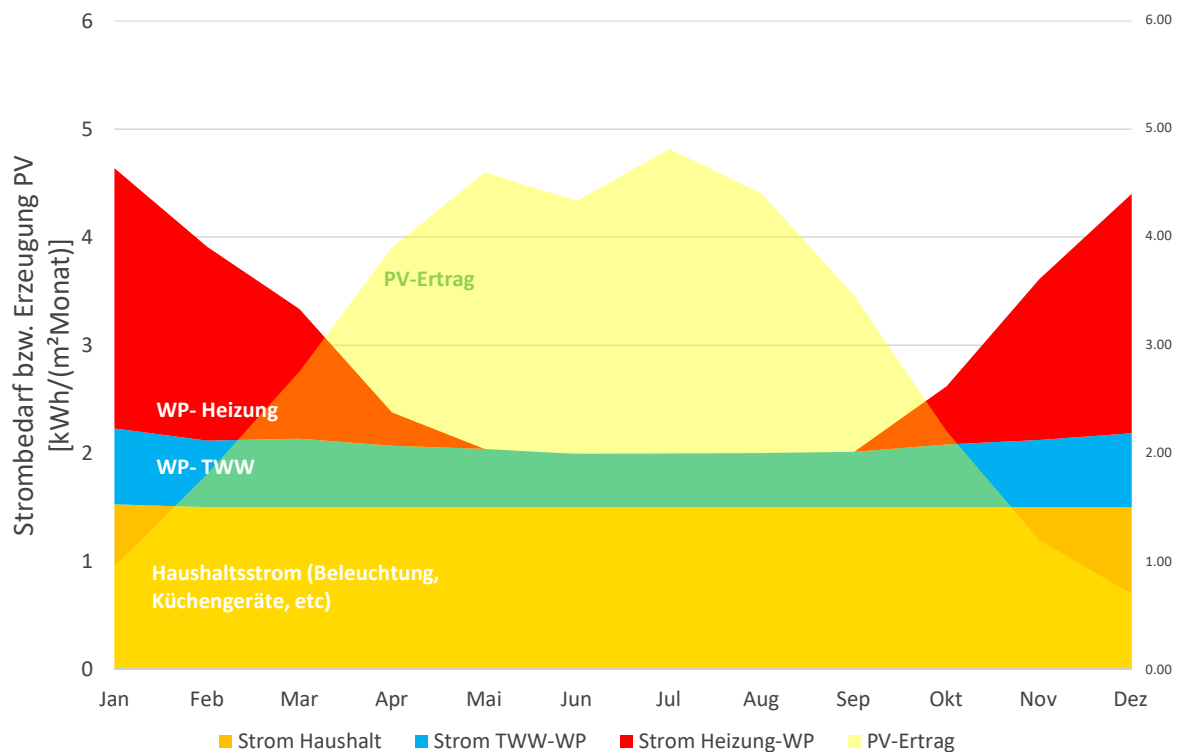


Abbildung 9: Passivhaus-Wärmeschutz der Gebäudehülle, kombiniert mit Abluftanlage – Monatswerte des Strombedarfs und der Stromerzeugung im betrachteten Geschosswohnbau.

Lüftungsanlagen mit WRG verringern den Energiebedarf in den Wintermonaten. Eine Vielzahl solcher Systeme macht so eine zukünftige CO₂-neutrale Energieversorgung erst möglich, da sich der Bedarf an saisonaler Energiespeicherung auf ein technisch und ökonomisch vertretbares Niveau verringert. Das ist gerade für den Sozialwohnbau wichtig – bei Bedarf von sehr viel sehr teurem Strom aus jahreszeitlichen Speichern wird sonst die Heizung für die Mieter kaum noch bezahlbar werden.

5 Zu-/Abluftanlage mit WRG vs. Abluftanlage: Weitere Aspekte

Obwohl es, wie auch in den Abschnitten zuvor gezeigt, überzeugende Argumente für kontrollierte Lüftung mit WRG gibt, bestehen immer noch Vorbehalte gegenüber diesem Lüftungskonzept. Weitere wesentliche Aspekte bezüglich dieser Maßnahme, die gleichzeitig gute Luftqualität sicherstellt und die Lüftungswärmeverluste erheblich reduziert, werden im Folgenden in knapper Form wiederholt:

- Dauerhaft gute Raumluftqualität:
Durch Baumaterialien, Einrichtungsgegenstände und die Bewohner werden in Wohnräumen Schadstoffe und CO₂ als Exhalationsprodukte von Menschen freigesetzt. Lüftungssysteme (Zu-/Abluftanlage mit WRG und auch Abluftanlagen) sorgen für einen kontinuierlich Luftaustausch und führen Raumluftbelastungen wirksam ab. Auch Krankheitserreger, die von infizierten Bewohnern abgegeben werden, werden wirksam vermindert.
- Vermeidung von Bauschäden:
Erhöhte Luftfeuchten, insbesondere in Gebäuden mit unzureichendem Wärmeschutz, sind häufig Ursache für Schimmelbildung und Bauschäden. Zu-/Abluftanlagen mit WRG vermindern dieses Risiko deutlich (auch Abluftanlagen in einem gewissen Maß, aber weniger zuverlässig, vgl. [Michael 2001]).
- Vermeidung von Radon in Aufenthaltsräumen:
In Radon-gefährdeten Gebieten, stellen relevante Radonkonzentrationen im Innenraum ein erhebliches Gesundheitsrisiko dar. Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft vermeiden Unterdruck in den Aufenthaltsräumen, erneuern kontinuierlich die Raumluft und vermindern hierdurch die Gefahr erhöhter Radonkonzentrationen in den Wohnräumen.
- Behagliche Zulufttemperaturen und Vermeidung von Zegerscheinungen:
Bei Fensterlüftung oder Abluftanlagen gelangt während des Lüftens kalte Außenluft in die Innenräume. Durch Lüftung mit WRG wird die Außenluft in der kalten Jahreszeit vorerwärmt und sorgt für dauerhaft behagliche Zulufttemperaturen und vermeidet Zegerscheinungen im Winter.
- Luftfilter halten Pollen und Feinstaub draußen:
Lüftungsanlagen mit WRG verfügen über hochwertige Filter in der Außenluft. Feinstaub in Innenstädten und auch Pollen werden durch diese wirksam reduziert. Bei Fensterlüftung und auch bei Abluftanlagen ist eine hochwertige Filterung in der Praxis kaum umsetzbar.

- Erhöhter Schallschutz bei Außenlärm:
Die Wohnungslüftung mit WRG ermöglicht einen hohen Schallschutz in den Innenräumen auch bei Außenlärm (befahrene Straßen, Bahnlinien, Stadtlage, etc.), dafür sorgen Schalldämpfer im Zuluftstrang der Anlage. Außenluftdurchlässe von Abluftanlagen haben hingegen nur eine geringe Außenschalldämmung.
- Gesicherte Versorgung mit Zuluft (frischer Luft):
Bei Zu-/Abluftanlagen mit WRG ist sichergestellt, dass die Aufenthaltsräume dauerhaft mit den zuvor eingestellten Zuluftmengen versorgt werden. Bei Wohnungen mit Abluftanlage hingegen wird in Bad und Küche ein Unterdruck erzeugt, die Außenluft strömt über Außenluftdurchlässe in den Aufenthaltsräumen nach. Bereits ein gekipptes Küchenfenster stört das geplante Strömungsmuster (vgl. auch [AkkP 50], [Michael 2001]).
- Energieeinsparung durch Wohnungslüftung mit WRG:
Dieser Aspekt wurde bereits in den Abschnitten zuvor behandelt.
- Hohe Effizienz der Lüftungsgeräte:
Moderne Lüftungsgeräte mit WRG erreichen regelmäßig Wärmebereitstellungsgrade von 85 % und mehr (vgl. [Komponentendatenbank]). Damit werden „Arbeitszahlen“ (hier das Verhältnis von zurückgewonnener Wärmeenergie zu eingesetzter elektrischer Antriebsenergie) während der Heizperiode von über 15 erzielt. Zum Vergleich: gute Wärmepumpen erreichen Arbeitszahlen zwischen 3 und 5.
- Verbesserung des Sommerkomforts:
Vor dem Hintergrund des Klimawandels gewinnt der sommerliche Wärmeschutz an Bedeutung. In erster Linie muss dieser durch bauliche Maßnahmen gelöst werden (wie z. B. außenliegende Verschattung, moderate Fensterflächen, etc.). Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft bieten darüber hinaus die Möglichkeit, die Zuluft in heißen Perioden zu konditionieren (z. B. mittels eines Solekreises, durch Verdunstungskühlung oder durch einen Kälteerzeuger). Trotz geringer Kühlleistung kann die sommerliche Behaglichkeit hierdurch bereits deutlich verbessert werden (vgl. [AkkP 53]).
- Wirtschaftliche Energieeffizienzmaßnahme:
Bei guter Planung liegen Lüftungsanlagen mit WRG heute an der Grenze zur Wirtschaftlichkeit, wenn zumindest die Investitionskosten einer Abluftanlage gegen gerechnet werden können (für vergleichbare Raumluftqualität wäre mindestens eine Abluftanlage erforderlich) (vgl. Beitrag zur „Gesamtkostenbetrachtung“ in diesem Protokollband, [AkkP 54]). Hinzu kommt, dass Lüftungssysteme, die speziell für die Anforderungen im Geschosswohnbau abgestimmt sind, zu nochmals geringeren Investitionskosten von ca. 3.000 bis 3.500 Euro je Wohnung inkl. Installation auf den Markt gekommen sind. Damit erreicht auch diese Effizienzmaßnahme (sogar bereits ohne Förderung) die Wirtschaftlichkeit.

- Förderprogramme:
Für Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung gibt es lukrative Förderprogramme. Dies macht die Investition in diese Technologie nochmals interessanter.

6 Literatur

- [AkkP-50] Arbeitskreis Protokollband 50: Kostengünstige Lüftungslösungen im Wohnungsbau – Systeme mit Wärmerückgewinnung, Protokollband des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser Phase V; Passivhaus Institut; Darmstadt 2015.
- [AkkP 53] Arbeitskreis Protokollband 53: Sommerkomfort – bezahlbar und energieeffizient, Protokollband des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser Phase V; Passivhaus Institut; Darmstadt 2018.
- [AkkP 54] Arbeitskreis Protokollband 54: Neue Konzepte der kontrollierten Lüftung: Fassadenintegrierte Lüftung, Protokollband des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser Phase V; Passivhaus Institut; Darmstadt 2018.
- [AkkP 56] Arbeitskreis Protokollband 564: Energieeffizienz und erneuerbare Energien: Zielkonflikt oder Synergie?, Protokollband des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser Phase V; Passivhaus Institut; Darmstadt 2021.
- [Komponentendatenbank] Datenbank Passivhaus geeigneter Baukomponenten:
www.componentdatabase.org
- [Michael 2001] Michael, K.; Eichhorn, S.; et al.: Effizienz von Lüftungsanlagen in Niedrigenergie-Häusern in NRW. Niedrig-Energie-Institut, Detmold, 2001.
- [PHPP] W. Feist, et. al: Passivhaus-Projektierungspaket, Energiebilanzierungs- und Planungstool für effiziente Gebäude und Modernisierungen, Passivhaus Institut, Darmstadt 1998-2021.

Dr. Witta Ebel und Oliver Kah, Passivhaus Institut,
Rheinstraße 44/46, 64283 Darmstadt

1 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Wenn die Klimaschutzziele erreicht werden sollen, dann muss sich der Wohnbau daran angemessen beteiligen. Es besteht dringender Handlungsbedarf, gerade bei den Gebäuden. Das zeigt Wolfgang Feist im ersten Beitrag. Energieeffiziente Gebäude sind die Voraussetzung: Dadurch wird die Versorgung mit Erneuerbaren überhaupt erst praktikabel umsetzbar. So wird es möglich, alle Chancen zu nutzen, die zu vertretbaren Kosten verfügbar sind. Mit dem Passivhausstandard und EnerPHit für Bestandssanierungen liegen erprobte und wirtschaftliche Lösungen für den Gebäudebereich vor.

In den Gebäuden steckt der weitaus größte Anteil des nationalen Kapitalstocks: die Transformation des Gebäudebestands ist schon von daher eine riesige Aufgabe. Sie haben lange Lebensdauern; gerade bzgl. der Nachhaltigkeit gilt aber auch: je länger, desto besser. Allerdings bedeutet das auch: Was heute gebaut oder saniert wird, bestimmt über lange Zeit den Verbrauch und die CO₂-Emissionen in der Zukunft. Anzusetzen ist daher immer dann, wenn ohnehin etwas Neues entsteht oder saniert wird: „wenn schon, dann auch gleich richtig und zukunftsfähig“.

Dass für die Frage der Umsetzbarkeit die Kosten eine zentrale Rolle spielen, ist beim Kapitalbedarf der Gebäude evident. Nur: welche Kosten haben mit Energieeffizienz und Klimaschutz zu tun? Der größte Teil der Investitionskosten fällt nach unseren Analysen ohnehin an. Eventuellen Investitions-Mehrkosten für bessere Energieeffizienz stehen nicht nur der Komfortgewinn und der Wertzuwachs, sondern auch direkte Rückflüsse über die eingesparten Energiekosten gegenüber. Für die ökonomische Bewertung der Energieeffizienz und der Klimaschutzkosten müssen die Kosten im Vergleich zur Alternative ohne Effizienzmaßnahmen (bzw. Maßnahmen entsprechend der gesetzlichen Vorschriften und üblicher Bauweisen) verglichen werden. Ein „Problem“ dabei ist oft, dass verschiedene Kostenarten gerade im Geschosswohnungsbau von unterschiedlichen Parteien getragen werden – und die, bei einem funktionierenden Markt eigentlich zu erwartenden Zahlungen zum Ausgleich zwischen den Akteuren aus verschiedenen Gründen nicht wie erforderlich funktionieren. Für die Umsetzbarkeit, die ja beim Investor beginnt, stehen meistens aber die Liquiditäts- und Finanzierungsfragen im Vordergrund, sowie oft auch Renditeerwartungen.

Die Gesamtkosten eines Gebäudes über dessen Lebenszyklus setzen sich zusammen aus Investitionskosten, Instandsetzungskosten, Wartungskosten, Energiekosten und sonstigen Nebenkosten. Für eine korrekte ökonomische Bewertung von Maßnahmen müssen diese Lebenszykluskosten betrachtet und miteinander verglichen werden. Diese Betrachtungen waren z.B. der Schwerpunkt des Arbeitskreises Nr. 42 „Ökonomische Bewertung von Energieeffizienzmaßnahmen“. Maßnahmen auf Passivhaus-

oder EnerPHit-Niveau sind wirtschaftlich, weil die Zusatzinvestition sich durch die eingesparten Energiekosten bezahlt macht, also die Lebenszykluskosten einer ansonsten identischen Effizienzvariante geringer sind. Dies wird im Beitrag von Wolfgang Feist gezeigt. Das bedeutet:

- Die nachhaltige Lösung ist ökonomisch vorteilhaft
- Als Klimaschutzmaßnahme ist sie damit im Grunde nahezu kostenlos ($\leq 0 \text{ €}/(\text{tCO}_2)$), weil die Gesamtkosten niedriger sind als die Vergleichsvariante.

Voraussetzung ist aber i. d. R., dass die Maßnahmen gekoppelt werden an Ohnehin-Maßnahmen und somit für den Klimaschutz nur die Differenzkosten anfallen (s. a. [AkkP 42]). Insgesamt handelt es sich dabei nimmer nur um den kleineren Teil der Kosten für Bau und/oder Sanierung, sie verschwinden oft im „statistischen Rauschen“.

Dies sieht man schon bei den Investitionskosten. Unabhängig vom Effizienzstandard unterscheiden diese sich oft gewaltig. Esther Gollwitzer zeigt in ihrem Beitrag, welche Spannweiten bzgl. der Baukosten es tatsächlich gibt, und dass dies von der Planung abhängt. Eine wichtige Einflussgröße ist die Kompaktheit der Gebäude, aber die individuellen Unterschiede bei den realisierten Bauvorhaben sind noch viel größer, während der Energiestandard a posteriori keinen statistisch signifikanten Einfluss erkennen lässt. Betrachtet man nur Passivhaus-Projektvorhaben wie in der Bahnstadt (Beitrag von Robert Persch), dann bestätigen sich die riesigen Spannweiten der Baukosten – mehr als 1.000 €/m², die Std-Abweichung beträgt immer noch etwas 390 €/m² oder 19 % der mittleren Baukosten (KG 300 & 400) – auch unter sonst vergleichbaren Randbedingungen in einem einzigen Neubau-Quartier.

Energieeffizienz und kostengünstiges Bauen sind vereinbar

Wie die vorgestellten Wohnbauprojekte belegen, ist Energieeffizienz auch im kostengünstigen Wohnbau möglich. Monitoring und Bewohnerbefragung im Passivhaus-Stadtteil Heidelberg „Bahnstadt“ zeigen ferner, dass sich prognostizierte Energieeinsparungen auch in der Breite einstellen und die Bewohner in den hoch energieeffizienten Gebäuden mit Wohnungslüftung zufrieden sind (vgl. Beitrag Robert Persch).



Abbildung 1: Beispiele für kostengünstigen und energieeffizienten Wohnbau:
(von links oben) Modellvorhaben „KliNaWo“ in Feldkirch, Vorarlberg, VOGEWOSI / Energieinstitut Vorarlberg / 5-Euro-Wohnen, Schwaz, Neue Heimat Tirol / PassivhausSozialPlus, Darmstadt, Neue Wohnraumhilfe gGmbH / faktor10 GmbH / Fuldastraße 6 – 8 und Schwarzlachweg 42 – 44, Gießen, Wohnbau Gießen GmbH / Passivhaus-Stadtteil HD-Bahnstadt – Erfahrungen, Stadt Heidelberg

Lösungen für hohe Energieeffizienz sind verfügbar

Die technischen Lösungen für den energieeffizienten und kostengünstigen Wohnbau sind verfügbar und bereits vielfach erprobt. Laufend noch weiter verbesserte neue Entwicklungen erhöhen die Spielräume. Beispiele geben die vorgestellten Wohnbauprojekte und Beiträge zu Lösungen bei der Gebäudehülle und der Wohnungslüftung mit WRG (vgl. Beiträge Tanja Schulz und Kristin Bräunlich). Erleichtert bei Planung und Ausführung wird die Auswahl der Passivhauskomponenten mit der Komponentendatenbank, mit der die wesentlichen Eigenschaften und für die Energiebilanz relevanten Kennwerte - unabhängig überprüft – transparent und verfügbar gemacht werden.

Gesamtkosten: vollständiger Finanzplan versus Lebenszykluskosten

Neubau und Sanierungen erfordern einen hohen Kapitaleinsatz. Investoren, hier i. d. R. die Wohnbauunternehmen, brauchen eine solide Finanzierungs- und Liquiditätsplanung, um eine solche Investition stemmen zu können. Diesen Zweck erfüllt der

vollständige Finanzplan, der alle Zahlungsströme zum Zeitpunkt ihres Auftretens bilanziert. Oliver Kah führt in seinem Beitrag aus, welche Einflussgrößen für die Bewertung entscheidend sind: Baukosten, Grundstückskosten, Mieteinnahmen (Kaltmiete, die dem Eigentümer zufließt), Höhe der eventuellen Fördermittel und die Renditeerwartungen der Eigentümer (oft sind dies die Kommunen selbst). Wenn die Energiekosten vom Mieter getragen werden, spielen sie für die Wohnbaugesellschaften keine Rolle, und eventuelle Zusatzinvestitionen für Energieeffizienz können dann nicht in Ansatz gebracht werden, insbesondere wenn es auch mietbegrenzende Faktoren gibt (durch Obergrenzen, oder die Belastbarkeit der Mieterschaft, die dann evtl. Zuschüsse zu den Energiekosten bekommt, die entfallen könnten¹, wenn die Energiekosten gar nicht mehr anfallen). Die Folge dieser Randbedingungen ist, dass nur die Fördermittel als Ausgleich zu anderen Mehrkosten eingesetzt werden können. Fördermittel werden also auch erwartet, wenn dieselben Maßnahmen bei objektbezogener Betrachtung für sich wirtschaftlich wären: der Vergleich der VoFi- und der Lebenszyklusbetrachtung von Oliver Kah macht dies transparent, dass nicht nur die Investitionsmehrkosten ausgeglichen werden, sondern weit mehr. Im abschließenden Diagramm zu den Lebenszykluskosten (Abb. 7 im Beitrag von Oliver Kah zu den Gesamtkosten) wird deutlich, dass sich der Passivhausstandard bereits ohne die Förderung lohnt. Allein der Tilgungszuschuss der KfW gleicht mehr als die Investitionskosten aus. Dazu kommen noch die Zinsvergünstigungen der KfW und oftmals noch Länderförderungen für energieeffizientes Bauen. Für den sozialen Wohnbau stehen stets Fördertöpfe der Länder zur Verfügung, die z.B. in Hessen auch zusätzlich den Passivhausstandard belohnen mit einem zinsfreien Zusatzkredit sowie einem Tilgungszuschuss von bis zu 60 €/m² Wohnfläche [SozWohnbau 2020].

Den Fördermitteln kommt zurzeit somit weit über die Anreizfunktion hinaus auch ein gewaltiger Lenkungseffekt zu: Aus diesem Grunde ist es besonders wichtig, dass – wenn schon – dann **nur** die Maßnahmen mit hoher Energieeffizienz gefördert werden – nur nachhaltige, zukunftsfähige Standards, vor allem auch unter dem Aspekt der Langlebigkeit der Gebäude. (Wenn schon, denn schon!)

Darüber hinaus aber sollte die Politik nicht nur auf die Förderung in diesem sehr hohen Umfang setzen: Die Transformation des gesamten Gebäudebestands wäre so kaum finanzierbar. Diese Maßnahmen sind unter Voraussetzung der Kopplung an die Ohnehin-Investitionen wirtschaftlich, was bedeutet: die „Low-Hanging-Fruits“ des Klimaschutzes sollten auch als solche verstanden und genutzt werden, d. h., solche Rahmenbedingungen geschaffen werden, insbesondere auf dem Mietmarkt, dass die Attraktivität von den Marktteilnehmern selbst wahrgenommen werden kann. Denn wir

¹ Durch eine solche Regelung liegt aus volkswirtschaftlicher Sicht eine Subventionierung der fossilen Energie vor, welche die Verbesserung der Energieeffizienz (massiv) behindert – denn der evtl. Mehrverbrauch wird subventioniert, während evtl. Investitionskosten zu Lasten einer anderen Partei gehen, die durch die derzeit allgemein bestehenden Regeln diese nicht an die Nutznießer weitergeben können. Es gibt Modelle, wie das geändert werden kann (vgl. weiter unten).

sind mit dem Klimaschutz jetzt so spät dran, dass künftig vermutlich auch teure zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen notwendig werden (z. B. der Entzug von CO₂ aus der Atmosphäre). Umso besser, wenn es – korrekt gemessen an Lebenszykluskosten, eben auch Maßnahmen gibt, die umsonst sind und noch zusätzliche Vorteile bieten, wie wir es bei Gebäuden verfügbar haben – wenn wir jetzt handeln.

Während die Betrachtung der Lebenszykluskosten, also insbesondere der Rückfluss eines Teils der Investition durch eingesparte Energiekosten, bei deutschen Wohnbauunternehmen eher nicht üblich ist, scheint das in Österreich durchaus in Betracht gezogen zu werden. Anhand eines Projektvorhabens einer Wohnbaugesellschaft in Vorarlberg wurden mehrere tausend mögliche Ausführungsvarianten ausgewertet. Hier war die Planung, abgesehen vom bestimmenden Größen des Effizienzstandards bereits vorgegeben, dementsprechend gering fielen die Unterschiede nicht nur bei den Investitions- sondern auch bei im Beitrag von Martin Ploß dargestellten Lebenszykluskosten aus, die Gegenstand der Kostensimulationen auf der Basis von Angeboten für ein reales Bauprojekt waren. Im Bereich des ökonomischen Optimums waren sowohl sehr gute Niedrigenergiehaus- als auch Passivhausprojekte vertreten. Ausgewählt für die Realisierung wurde eine Variante mit Abluftanlage. Dass diese geringfügig günstiger ausfiel als die Passivhausvariante mit Wärmerückgewinnung lag an den zum Projektbeginn noch hohen Kosten für die Anlagen mit Wärmerückgewinnung in Österreich. Diese haben sich inzwischen deutlich reduziert, so dass jetzt in den Folgeprojekten Passivhäuser sowohl als die komfortseitig als auch betriebswirtschaftlich optimalen Lösungen umgesetzt werden; eine Rolle dürfte dabei auch spielen, dass inzwischen die gesundheitliche Bedeutung einer ausreichenden, hygienischen (z. B. bzgl. Filter) Wohnungslüftung stärker ins Bewusstsein gerückt ist. Gerade in Bezug auf die effiziente Lüftung sind weitere Entwicklungen im Gange, die sowohl die Investitionskosten als auch den einfachen Einbau und die Bedienungs- und Wartungsfreundlichkeit betreffen: dies zeigten Kristin Bräunlich und Oliver Kah in ihren Beiträgen zur Haustechnik. Ausgeführt wird dort auch, in welcher Weise Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung viele weitere Vorteile bieten, insbesondere bzgl. Komfort, Gesundheit und Verringerung der Heizlast, die weitere Kostenreduktion und Einfachheit bei der Wärmeversorgung ermöglicht.

Für die korrekte Bewertung der Wirtschaftlichkeit eines Objekts, müssen Eigentümer und Nutzer beide betrachtet werden. Wenn es einen wirtschaftlichen Vorteil gibt, dann würden in einem perfekten und transparenten Markt der Preis „verhandelt“. Dies ist verknüpft mit der Frage der Warmmiete: wenn der Investor einen höheren Aufwand mit Effizienzmaßnahmen hat, spart der Nutzer Energiekosten, so dass er kostenneutral auch eine höhere Miete zahlen kann. Ein Investor-Nutzer „Dilemma“ müsste es also nicht geben, wenn der Investor an dem Nutzer zukommenden Vorteil auch wieder partizipieren kann.

Wie so etwas in der Praxis umgesetzt werden kann, das zeigen Folkmer Rasch und Marc Großklos. Wenn sich die Nebenkosten reduzieren lassen, dann entstehen Spielräume. Neben der Gebäudeeffizienz werden hier explizit auch der Haushaltsstrom sowie nicht unmittelbar energiekostenbezogene Nebenkosten einbezogen, wie z. B. der Wasserverbrauch, Wartung etc., die normalerweise nicht von den Eigentümern getragen werden und von Investoren, ähnlich wie die Energiekosten, daher üblicherweise nicht im Blickfeld sind. Wie Folkmer Rasch zeigt, lassen sich durch eine konsequente Überprüfung und Reduktion aller Kostenbestandteile im Lebenszyklus, verbunden mit einem günstigen Strombezug in einem Mieterstrommodell und PV-anlage, noch weit mehr „klimarelevante Mehrkosten“ finanzieren. Es soll hier nicht verschwiegen werden, dass die Ansätze uns teilweise recht hoch erscheinen: nicht nur kostet, wie in diesem Band dargelegt, der Passivhausstandard davon nur einen geringen Anteil, sondern die übrigen „klimarelevanten“ Kosten enthalten die Abrechnung für ganze (offenbar auch hochwertige) Küchenzeilen, Ausstattung mit Elektronik einschließlich WLAN, etc. – Investitionen, die hier komplett vom Bauträger übernommen werden, aber normalerweise selbstverständlich schon bei der Investition Sache des Nutzers sind. Dieser spart nun auch diese Anschaffungskosten zusätzlich – auch wenn sie für den Bauträger anfallen, bzw. dieser diese Dienstleistungen in Rechnung stellt. Auch hier gilt: es sind hier jeweils Gesamtkosten der Maßnahmen aufgeführt, während die Mehrkosten für Energieeffizienz bzw. Klimagerechtigkeit in Wirklichkeit sehr gering sind. Die Öko-Design-Richtlinie der Europäischen Union, der wir die Anforderungen an Haushaltsgeräte, Beleuchtung, Stand-by-Verbräuchen und sonstige Verbräuche für elektrische Geräte, inkl. des Labellings mit Effizienzklassen zu verdanken haben, hat in Bezug auf die Energieeffizienz Fakten geschaffen und wird dies auch weiterhin tun: hier wird korrekterweise Effizienz über Transparenz und Anforderungen umgesetzt und Mehrkosten entstehen somit auch gar nicht mehr. Ähnliches gilt für die genannten Maßnahmen zur Verringerung des Wasserverbrauchs: Vieles ist längst am Markt in großer Angebotspalette, für Zusatzprämien ist wenig Raum. Klar ist in jedem Falle: Für ein „klimagerechtes Bauen“ ist die Umsetzung des Passivhausstandards die entscheidende Einflussgröße – hat aber, selbst im Bestand, einen nur geringen (Investitions)-Kostenanteil.

Für den Nutzer entscheidend ist schließlich die Gesamtbelastung. Die komplette „Warmmiete“ enthält alle Nebenkosten. Wenn der Eigentümer alle Kosten trägt, die mit dem Gebäude verbunden sind, dann ist es auch in seiner Verantwortung, sie zu steuern. Sorgt er mit dem Passivhausstandard und gegebenenfalls weiteren Maßnahmen für niedrige Nebenkosten, so fließt ihm ein größerer Anteil der (erweiterten) Warmmiete zu. Neben dem vorgestellten Projekt in Darmstadt ist hier ein weiteres österreichische Wohnbauunternehmen Vorreiter: Die Neue Heimat Tirol (Beitrag von Harald Malzer) setzt mit einer Warmmiete von 5 €/m² in mehreren Passivhaus-Sozialwohnbauprojekten(!) Maßstäbe. Neben dem konsequent gleichzeitig energieeffizienten und kostensparenden Planen und Bauen – kein Widerspruch – ist eine Aussage bemerkenswert: ein Faktor war der Einsatz von Eigenmitteln statt der Inanspruchnahme von Darlehen,

speziell im Kontext des sozialen Wohnbaus. Es wurde offenbar nicht erwartet, dass das Eigenkapital (entsprechend ökonomisch-neoklassischer Herangehensweise) stets eine höhere Rendite abwirft als das alternativ eingesetzte Fremdkapital über die Zinsen kostet. Dazu kommt: Gebäude sind sichere Anlagen, die keinen Risikozuschlag rechtfertigen, also sich an dem dort z. Zt. üblichen Zinssatz von -0,5 % p. a. (negativ!) orientieren müssten. In Deutschland verlangen selbst viele der kommunalen Träger der Wohnbaugesellschaften Renditen von 4 % p. a. – es sollte einmal darüber nachgedacht werden, wie sich das mit dem Versorgungs- und sozialpolitischen Auftrag verträgt. Dass es auch anders geht, und dies wesentlich zur kostengünstigen Umsetzung nachhaltiger Standards beiträgt, zeigt das Beispiel aus Tirol.

2 Literatur

- [AkkP 42] Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser 42: Ökonomische Bewertung von energieeffizienzmaßnahmen. Passivhaus Institut; Darmstadt 2013.
- [Komponentendatenbank] Datenbank passivhausgeeigneter Baukomponenten:
www.componentdatabase.org
- [SozWohnbau 2020] Richtlinie des Landes Hessen zur sozialen Mietwohnraumförderung vom 9. September 2020
https://wirtschaft.hessen.de/sites/default/files/media/hmwwl/200917_rl-soz-mietwohn.pdf (Abruf Sept. 2021)

Weiterführende Informationen rund ums Passivhaus:



Das unabhängige Forschungsinstitut

Die Internetseite des Passivhaus Instituts bietet ausführliche Informationen rund um das Thema hocheffiziente Energienutzung bei Gebäuden. Experten finden hier Details und Hintergründe zur aktuellen Forschung. Aber auch für Nichtfachleute hält das Portal umfassende Einblicke in die Welt des Passivhauses bereit.

www.passiv.de



Das Passivhaus-Lexikon

Passipedia ist die große Wissensdatenbank zum Passivhaus. In dem Online-Lexikon können Bauherren, Planer und andere Interessierte schnell und bequem Informationen nachschlagen – von der häufigen Frage, ob beim Passivhaus die Fenster geöffnet werden dürfen, über Details der Wärmebrückenberechnung bei erdberührten Bauteilen bis hin zur Zertifizierung.

www.passipedia.de



Das Netzwerk für alle Baubeteiligten

Die IG-Passivhaus Deutschland ist ein Netzwerk für Information, Qualität und Weiterbildung. Alle am Bau Beteiligten finden hier Rat und Unterstützung. Ziel ist die Förderung und Verbreitung des Passivhauskonzepts. Einmal im Jahr organisiert die Informations-Gemeinschaft die Tage des Passivhauses. Außerdem hilft sie etwa bei Anfragen nach Probewohnen oder Ausstellungen weiter.

www.ig-passivhaus.de



Globale Plattform für Passivhaus-Experten

Die iPHA (International Passive House Association) ist ein globales Netzwerk von Passivhaus-Akteuren. Bauherren, Architekten, Wissenschaftler und Produkthersteller knüpfen auf diesem Weg Kontakte und tauschen sich aus. Ziel der iPHA ist, das Wissen über die Vorteile des Passivhauskonzepts weltweit zu verbreiten. Dazu kommuniziert sie mit den Medien, der allgemeinen Öffentlichkeit sowie mit allen am Bauprozess beteiligten Fachleuten.

www.passivehouse-international.org



Kompetente Partner für den Baustandard der Zukunft

Die Zertifizierung als Passivhaus-Planer bescheinigt ein solides Grundwissen zum Bau von Passivhäusern. Auf der Internetseite zu dem Weiterbildungsangebot sind aktuelle Kurstermine sowie der Lernzielkatalog aufgeführt. Wer für ein konkretes Bauprojekt einen qualifizierten Ansprechpartner sucht, findet hier zudem eine Liste aller zertifizierten Passivhaus-Planer und -Berater.

www.passivhausplaner.eu



Kompetente Handwerker für energieeffizientes Bauen

Nur mit qualifizierten Profis auf der Baustelle kann ein Passivhaus-Projekt auch umgesetzt werden. Die Weiterbildung zum zertifizierten Passivhaus-Handwerker vermittelt die Grundlagen für eine Einhaltung der Standards. Die Internetseite der Initiative informiert über Termine und Inhalte der Kurse. Eine Datenbank ermöglicht auch hier die Suche nach geeigneten Ansprechpartnern.

www.passivhaus-handwerk.de



IG PASSIVHAUS
Informations-Gemeinschaft Passivhaus Deutschland



International
PASSIVE HOUSE
Association

