



Beratungsbericht
Nr.: F0020.04

Auftraggeber:

BASF SE
G-PMF/EA
D 219 Application Engineering Foams Europe
Dr. Jürgen Fischer
Ludwigshafen

Objekt:

Langzeit-Monitoring Quartiers-Modernisierung Brunckviertel
67063 Ludwigshafen



Auftragsinhalt:

Studie: Langzeituntersuchung der Auswirkungen einer ganzheitlichen Quartiers-Modernisierung unter Nachhaltigkeitsaspekten

Aufgestellt am:

16. September 2013
LUWOG consult

INHALT

1	Zielsetzung der Studie	3
2	Geschichte des Brunckviertels.....	5
3	Ganzheitliches Quartierskonzept der Brunckviertel-Revitalisierung: Zielsetzung, Konzepte und Maßnahmen.....	6
4	Ergebnisse aus dem Kurzzeit-Monitoring	11
5	Ergebnisse aus dem Langzeit-Monitoring	16
5.1	Technische Beurteilung des Gebäudezustandes nach rund 10 Jahren	16
5.2	Ökonomische Evaluation in der Langzeitbetrachtung.....	17
5.2.1	Ökonomische Evaluation in der Langzeitbetrachtung für Bestandsgebäude	19
5.2.2	Ökonomische Evaluation in der Langzeitbetrachtung für Neubauten	23
5.3	Ökologische Evaluation der Brunckviertel-Revitalisierung.....	26
5.3.1	Auswirkungen der Brunckviertelmodernisierung auf den Carbon Footprint.....	27
5.3.2	Regenerative Energien	32
5.4	Sozio-kulturelle Evaluation	33
5.4.1	Befragungsergebnis zur klimatischen Qualität der Wohnungen nach der energetischen Modernisierung.....	34
5.4.2	Befragungsergebnis zur Einstellung zu Nachhaltigkeitsthemen und Veränderung des persönlichen Umweltbewusstseins.....	36
6	Fazit	37

1 Zielsetzung der Studie

Die gesellschaftliche Diskussion über nachhaltiges Agieren und Wirtschaften hat mittlerweile sämtliche Bereiche unseres täglichen Lebens erreicht und gilt als eine der größten Herausforderungen unserer Gesellschaft, um die Lebensqualität kommender Generationen bei zunehmender Ressourcenknappheit und Umweltbelastung sicherzustellen. Dem Wohnungssektor kommt dabei eine Schlüsselrolle zu, da er sich für den volkswirtschaftlichen Energieverbrauch und Ressourceneinsatz von unterschiedlichen Materialien und Technologien in einem erheblichen Umfang verantwortlich zeigt. Entscheidend für das erfolgreiche Umsetzen von Nachhaltigkeitskonzepten ist, dass die erhofften Vorteile eines nachhaltigen Agierens sich auch langfristig manifestieren lassen.

Dieser Beitrag möchte aufzeigen, welche Langzeiteffekte sich im Zusammenhang mit nachhaltigen Quartierskonzepten einstellen können und welche Restriktionen in unterschiedlichen Bereichen existieren, die eine erfolgreiche Umsetzung erschweren. Dies geschieht anhand des Beispiels einer ganzheitlichen Quartiers-Modernisierung, die in den Jahren 1997 – 2006 in einer Ludwigshafener Wohnsiedlung aus den 30er Jahren – dem sogenannten Brunckviertel - durchgeführt wurde. Um dem Nachhaltigkeitsaspekt im ausreichenden Maß Rechnung zu tragen, sollen im Folgenden die technischen, ökonomischen, ökologischen und sozio-kulturellen Dimensionen der Brunckviertel-Revitalisierung in Ludwigshafen im Detail beleuchtet werden (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Luftaufnahme der modernisierten Bestandsimmobilien (3-, 5-, 7-Liter-Häuser) und der 1-Liter-Häuser (Neubau) im Ludwigshafener Brunckviertel

Im Zuge der Studie werden vorrangig die folgenden Fragen beantwortet: Wie gehen Mieter mit moderner Haustechnik um und inwieweit passen sie sich in ihrem Nutzerverhalten an

die Erfordernisse energieeffizienter Gebäude an? Wie unterscheiden sich die tatsächlichen Energieverbräuche von den berechneten? Haben sich die eingesetzten Baustoffe qualitativ bewährt? Rechnen sich energetische Maßnahmen vor dem Hintergrund der damaligen Investitionen? Wie sind die energetischen Investitionen unter heutigen Rahmenbedingungen (Materialpreise, Zinssätze, etc.) hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit zu beurteilen? Wie wohl fühlen sich die Mieter in ihrer unmittelbaren Wohnumgebung nach der Modernisierung? Wie zufrieden sind sie mit den baugestalterischen Aspekten (z.B. Gesamterscheinungsbild des Stadtteils, Materialauswahl etc.)?

Bei der vor rund einem Jahrzehnt durchgeführten Quartiers-Modernisierung handelte es sich um ein Revitalisierungskonzept aus einer Kombination aus Modernisierung existierender Bestandsgebäude, Abriss vorhandener Gebäude und Neubau von Geschosswohnungen und Reihenhäusern (siehe Abbildung 2).

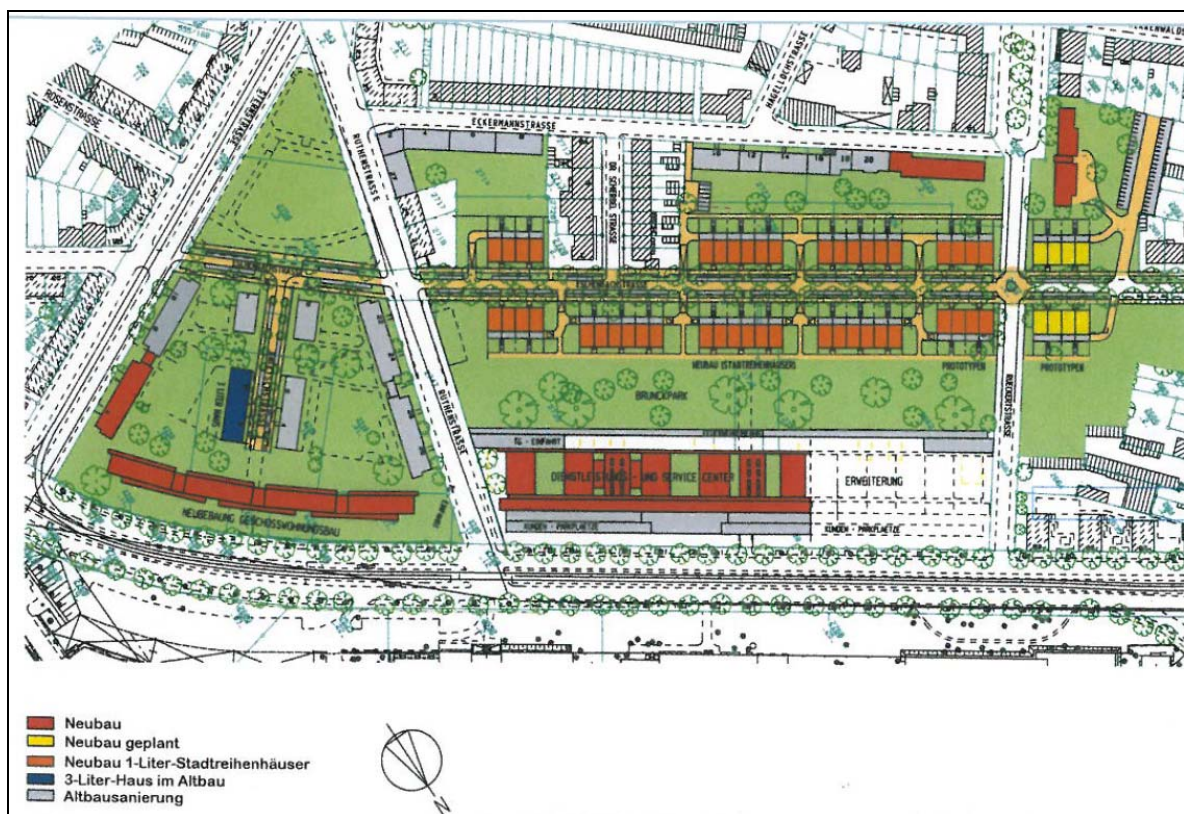


Abbildung 2: Revitalisierungskonzept des Ludwigshafener Brunckviertels

Im Sinne eines ganzheitlichen Modernisierungskonzeptes wurden schon damals sämtliche ökologischen, ökonomischen und sozio-kulturellen Nachhaltigkeitsaspekte zu einem Gesamtkonzept zusammengeführt und konsequent sukzessive umgesetzt. Dies geschah in einem partizipativen Prozess, in dem alle betroffenen Stakeholder wie Planer, Architekten, Investoren, Mieter und Vertreter aus Kommune und Wissenschaft eingebunden waren. Technische Innovationen im Bereich der Energieeffizienz wurden ebenso mit einbezogen wie die Umsetzung neuer Stadtteil- und Wohnungskonzepte, die im Rahmen des sich schon damals abzeichnenden demographischen Wandels sinnvoll erschienen. Die Umsetzung des Großprojektes wurde ebenso wie das anschließende dreijährige Monitoring von unter-

schiedlichen wissenschaftlichen Institutionen und dem Ministerium für Finanzen des Landes Rheinland-Pfalz begleitet.

Zum damaligen Zeitpunkt der Quartiers-Revitalisierung war das Thema Nachhaltigkeit in der Bauwirtschaft noch weitgehend unterrepräsentiert. Heute wird die Nachhaltigkeitsdiskussion in Wirtschaft und Gesellschaft immer häufiger und intensiver geführt. Qualitätsstandards zur Nachhaltigkeit werden durch Zertifizierungssysteme wie DGNB, BREEAM oder LEED festgelegt, um Gebäude einer objektiven Nachhaltigkeitsbeurteilung zugänglich zu machen. Begriffe wie graue Energie¹, Ökobilanz², Lebenszyklusbetrachtung und Carbon Footprint³ sind für heutige Bauherren gleichermaßen ein Thema wie Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit.

In dieser Studie sollen daher auch die neuen Analysekonzepte zur Nachhaltigkeitsbeurteilung der bereits erfolgten Quartiers-Modernisierung berücksichtigt werden. Besonderer Schwerpunkt liegt auf den resultierenden Langzeiteffekten der Quartiers-Modernisierung, um zu evaluieren, ob die strategischen Zielsetzungen, die dem Revitalisierungskonzept zugrunde lagen, auch langfristig und nachhaltig erreicht werden konnten.

2 Geschichte des Brunckviertels

Nach dem ersten Weltkrieg wurde 1926 die „Gemeinnützige Wohnungsbaugesellschaft für Werksangehörige der I.G. Farbenindustrie AG Ludwigshafen“ gegründet. Insbesondere nach der Weltwirtschaftskrise 1930 bis 1935 nahm der Mietwohnungsbau in Deutschland wieder Fahrt auf. In dieser Zeit entstand vor den Werkstoren der BASF eine Arbeitersiedlung mit üppigen Grünflächen, das Brunckviertel. Benannt ist das Viertel, das sich Lebensqualität und Familienfreundlichkeit zum Ziel gesetzt hatte, nach dem sozial engagierten Chemiker Dr. Heinrich von Brunck (1901 Vorsitzender des BASF Vorstands).

Im zweiten Weltkrieg wurde die Arbeitersiedlung fast völlig zerstört. Mit den dürftigen Mitteln und qualitativ schlechten Baumaterialien der Nachkriegszeit wurde sie nach den alten Plänen wieder in vollem Umfang aufgebaut.

In den 90er Jahren erarbeiteten die LUWOG (das Wohnungsunternehmen der BASF in Ludwigshafen), die Stadt Ludwigshafen und das Land Rheinland-Pfalz gemeinsam ein umfassendes Konzept zur Revitalisierung des Brunckviertels. Die schlichten Wohnungen waren veraltet, Zuschnitt und Größe entsprachen nicht mehr den Anforderungen an einen modernen Wohnkomfort. Die Leerstandsquote war mit rund 20% sehr hoch und das Stadtviertel war weit davon entfernt, eine gute Wohnadresse zu sein. Das durchschnittliche Mietniveau lag auf einem sehr geringen Level und richtete sich damit an eine Klientel von eher geringverdienenden und sozial schwachen Mietern.

¹ Unter grauer Energie versteht man die Energiemenge, die für Herstellung, Transport, Lagerung, Verkauf und Entsorgung eines Produktes benötigt wird.

² In einer Ökobilanzanalyse, die auch häufig unter dem Namen Life Cycle Assessment (LCA) geführt wird, werden systematisch sämtliche Umweltwirkungen von Produkten während ihres gesamten Lebensweges analysiert.

³ Der CO₂-Fußabdruck ist ein Maß für den Gesamtbetrag von Kohlendioxid-Emissionen, die durch eine Aktivität oder über den Lebenszyklus eines Produktes entstehen.

3 Ganzheitliches Quartierskonzept der Brunckviertel-Revitalisierung: Zielsetzung, Konzepte und Maßnahmen

Ziel der Quartiers-Revitalisierung war eine Neuinterpretation des historischen Werkssiedlungsgedankens, eine Modernisierung des Brunckviertels als integriertes Gesamtkonzept von Gebäudemodernisierung, -abriss und -neubau, Neugestaltung des Wohnumfeldes, Partizipation der Bewohner und das Erreichen einer Energie- und Ökoeffizienz.

Die Ziele waren hoch gesteckt und entsprachen damals wie heute dem partnerschaftlichen Ansatz von BASF und LUWOG, gemeinsam mit den Mietern einen attraktiven Wohn- und Lebensraum mit bedarfsgerechten Grundrissen, optimierten Parkflächen, Schallschutz zur stark befahrenen Verkehrsstraße sowie Grünflächen und Ruhezeiten zu schaffen. Die Umgestaltung zielte auf eine breit gefächerte Mietklientel ab, abgestimmt auf die Bedürfnisse von jungen Familien, Arbeitern, Angestellten und Senioren. Aus Sicht des Wohnungsunternehmens LUWOG sollte darüber hinaus die Leerstandsquote deutlich reduziert werden, um eine höhere Wirtschaftlichkeit zu erzielen.

Als Industriebeitrag zur Nachhaltigkeit im Bereich der Bauchemie waren als weitere Ziele das Erarbeiten innovativer Systemlösungen im Bereich Bauen und Wohnen sowie das Erreichen einer Energieeffizienz durch die Entwicklung und Umsetzung von Gebäude-Prototypen und den Einsatz neuer Technologien und Baumaterialien definiert.

Die Planung der Modernisierung begann 1997 und die Umsetzung wurde 2006 abgeschlossen. Insgesamt investierte die LUWOG 50 Millionen Euro. Verschiedene Gebäude, die aufgrund ihrer schlechten Bausubstanz nicht mehr zu erhalten waren, wurden abgerissen und durch Neubauten ersetzt, andere auf hohem Niveau modernisiert. Es wurden neue Trends beim Bau von energieeffizienten Gebäuden gesetzt: Die LUWOG konzipierte und baute im modernisierten Brunckviertel das erste 3-Liter-Haus im Bestand in Deutschland.

In Kombination aus energetischer Altbauanierung und Neubau konnte ein durchschnittlicher Heizwärmeverbrauch von 5 Litern pro m² und Jahr erreicht werden gegenüber einem Heizwärmeverbrauch von durchschnittlich 25 Litern im ehemaligen Brunckviertel. Für die öffentliche Kommunikation wurde die Analogie der Liter-Bezeichnung aus der Automobilbranche übernommen und auf Gebäude uminterpretiert. Ein Liter Heizöl entspricht einem Energiewert von ca. 10 kWh. Hierbei bezieht sich das Liter-Niveau auf den Heizwärmebedarf eines Wohngebäudes (ohne Warmwasser und Anlagenverluste).

Im Ludwigshafener Brunckviertel wurden Konzepte eines 7-, 5- und 3-Liter-Hauses umgesetzt. Nach damals gültiger EnEV (Energieeinsparverordnung) entsprach die übliche Altbau- modernisierung eines Bestandsgebäudes gleicher Größe einem 7-Liter-Gebäude. Die Neubauten entlang der Brunckstraße wurden im 5-Liter-Niveau realisiert, weitere Prototypen im Alt- und Neubau wurden im 1- bzw. 3-Liter-Haus-Standard umgesetzt (siehe Abbildung 3 und Abbildung 4).



Abbildung 3: 1-Liter-Haus (Neubau) im Brunckviertel



Abbildung 4: 3-Liter-Haus (Modernisierung) im Brunckviertel

In Abhängigkeit zu den unterschiedlichen Energieeffizienzniveaus der Gebäude-Prototypen unterschieden sich die Einzelmaßnahmen zur Energieeffizienzverbesserung. Abbildung 5 und Abbildung 6 geben einen generellen Überblick über die verschiedenen Maßnahmen an der Gebäudehülle für die existierenden Bestandsgebäude sowie für die Neubauten.

Sanierungsmaßnahmen		Fläche [m²]
3-Liter-Haus - energet. bedingte Mehrkosten = 329 €/m² WF = 699		
Außenwanddämmung	20 cm WLG 035	623
Dachdämmung	20 cm WLG 035	350
Kellerdeckendämmung	20 cm WLG 035	292
Fenster (3-fach Vergl.)	$U_w = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	108
5-Liter-Haus - energet. bedingte Mehrkosten = 189 €/m² WF = 403		
Außenwanddämmung	20 cm WLG 035	433
Dachdämmung	20 cm WLG 035	211
Kellerdeckendämmung	8 cm WLG 035	179
Fenster (2-fach Vergl.)	$U_w = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	75
7-Liter-Haus - energet. bedingte Mehrkosten = 124 €/m² WF = 699		
Außenwanddämmung	14 cm WLG 035	619
Dachdämmung	14 cm WLG 035	350
Kellerdeckendämmung	8 cm WLG 035	292
Fenster (2-fach Vergl.)	$U_w = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	107
7-Liter-Haus - energet. bedingte Mehrkosten = 124 €/m² WF = 407		
Außenwanddämmung	14 cm WLG 035	422
Dachdämmung	14 cm WLG 035	211
Kellerdeckendämmung	8 cm WLG 035	179
Fenster (2-fach Vergl.)	$U_w = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	87

Abbildung 5: Überblick der baulichen Maßnahmen für die unterschiedlichen Energieeffizienz-Konzepte im **Bestand**

Maßnahmen		Fläche [m²]
1-Liter-Haus (Neubau)		WF = 460
Außenwanddämmung	30 cm WLG 035	334
Dachdämmung	60 cm WLG 035	310
Kellerdeckendämmung	25 cm WLG 035	281
Fenster (3-fach Vergl.)	$U_w = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	116
5-Liter-Haus (Neubau)		WF = 2.933
Außenwanddämmung	14 cm WLG 035	1.304
Dachbodendämmung	10 cm WLG 035	1.143
Kellerdeckendämmung	8 cm WLG 035	1.143
Fenster (2-fach Vergl.)	$U_w = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$	649

Abbildung 6: Überblick der baulichen Maßnahmen für die unterschiedlichen Energieeffizienz-Konzepte im **Neubau**

Erstmals wurde für die Außenwand/Fassade ein Wärmedämmverbund-System (WDVS) mit 200 Millimeter dicken Neopor®-Dämmstoffplatten⁴ der Wärmeleitgruppe 035 eingesetzt. Neopor® (EPS, expandiertes Polystyrol), heute auch in der Wärmeleitgruppe 032 verfügbar, ist ein graues, leistungsstärkeres Dämmmaterial der BASF. Der Zusatz von Graphitteilchen sorgt für eine um bis zu 20 % bessere Dämmleistung im Vergleich zu einem weißen EPS-Dämmstoff (Styropor).

Für den Heizwärmebedarf eines Gebäudes sind hauptsächlich die Gebäudehülle und die Lüftung ausschlaggebend. Bei Ausweitung der Betrachtung auf die End- und Primärenergie spielt zusätzlich die verwendete Anlagentechnik eine entscheidende Rolle.

Im Rahmen der Brunckviertelmodernisierung kam eine Reihe von innovativen Haustechniken zum Einsatz, die seinerzeit völlig neuartig waren und sich teilweise noch im Teststadium befanden:

Im 3-Liter-Haus wurde zusätzlich zum Nahwärmeanschluss eine Brennstoffzelle zur dezentralen Energieerzeugung eingebaut. Die Brennstoffzelle, die zwischenzeitlich aufgrund von technischen Unzulänglichkeiten durch neuere Generationen ersetzt werden musste, stellt heute ca. 15 % der Wärme für Heizung und Warmwasser im 3-Liter-Haus zur Verfügung. In der ursprünglichen Planung war man davon ausgegangen, dass mit der Brennstoffzelle rund 30% des Wärmebedarfs abgedeckt werden könnte. Dies zeigt, dass für die Brennstoffzellen-Technologie auch heute noch ein erhebliches Verbesserungspotential vorhanden ist.

Die Neubauten entlang der Brunckstraße wurden mit einer Photovoltaikanlage mit ca. 6 kWp⁵ und einer solarthermischen Anlage (50 m²) für die Trinkwarmwassererwärmung ausgestattet. Somit werden ca. 30 % des Trinkwarmwassers für den Gebäudekomplex mit regenerativer Solarenergie versorgt. Die Stromerträge aus der Photovoltaikanlage werden ins Netz eingespeist.

Das 3-Liter-Haus ist zur Verbesserung der Energieeffizienz mit einer zentralen Zu- und Abluft-Anlage mit einem Wärmerückgewinnungsgrad von 85 % ausgestattet (siehe Abbildung 7).

Das gesamte Gebiet wird durch ein Nahwärmenetz versorgt, dessen zwei Wärmeerzeuger (Gas-Niedertemperaturkessel) im Keller eines der Gebäude eingebaut sind. Damals war die Idee der dezentralen Energieerzeugung und -versorgung eines ganzen Wohngebietes noch ungewöhnlich, heute ist sie ein wesentlicher Baustein zur erfolgreichen Umsetzung der Energiewende.

⁴ Eingetragene Marke der BASF

⁵ Kilo Watt Peak ist im Photovoltaik-Bereich eine gebräuchliche Bezeichnung für die elektrische Leistung (Einheit: Watt) von Solarzellen.

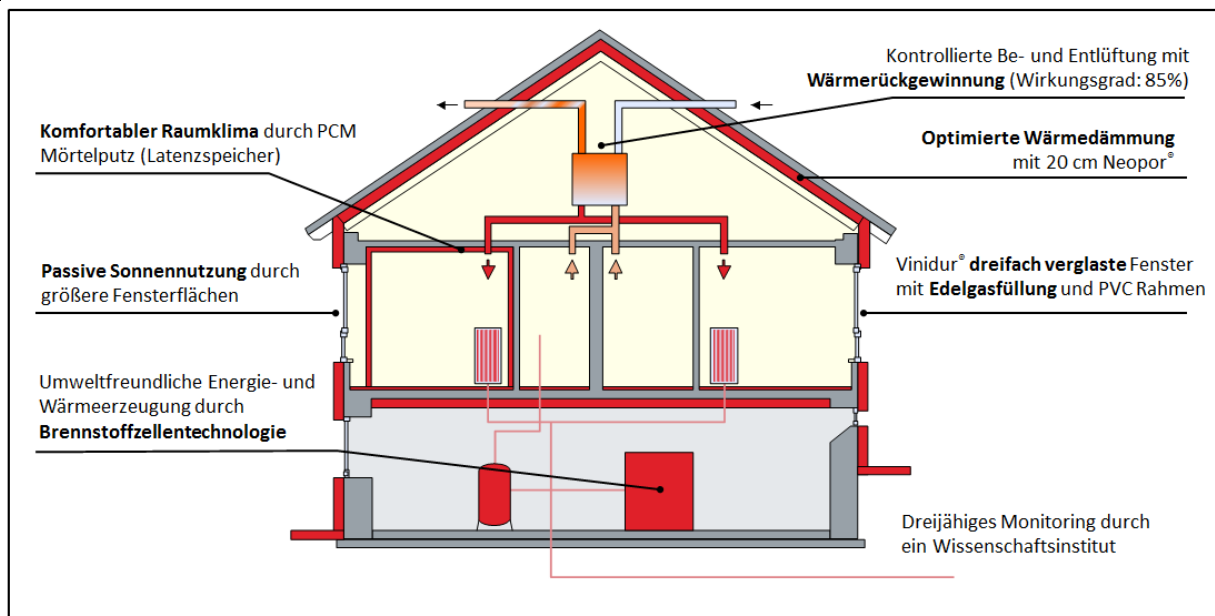


Abbildung 7: Technisches Konzept des 3-Liter-Hauses in der Bestandsmodernisierung

Die Neubauten der Stadtreihenhäuser (1-Liter Niveau) sind im Passivhausstandard ausgeführt und benötigen keine Heizkörper (siehe Abbildung 8). Das Trinkwarmwasser wird über eine Nahwärmeleitung durch ein BHKW (Blockheizkraftwerk) bereitgestellt. Über die Kraft-Wärme-Kopplung wird zusätzlich ein regenerativer Anteil von ca. 30 % für die Stromerzeugung erzielt und ebenfalls ins Netz eingespeist.

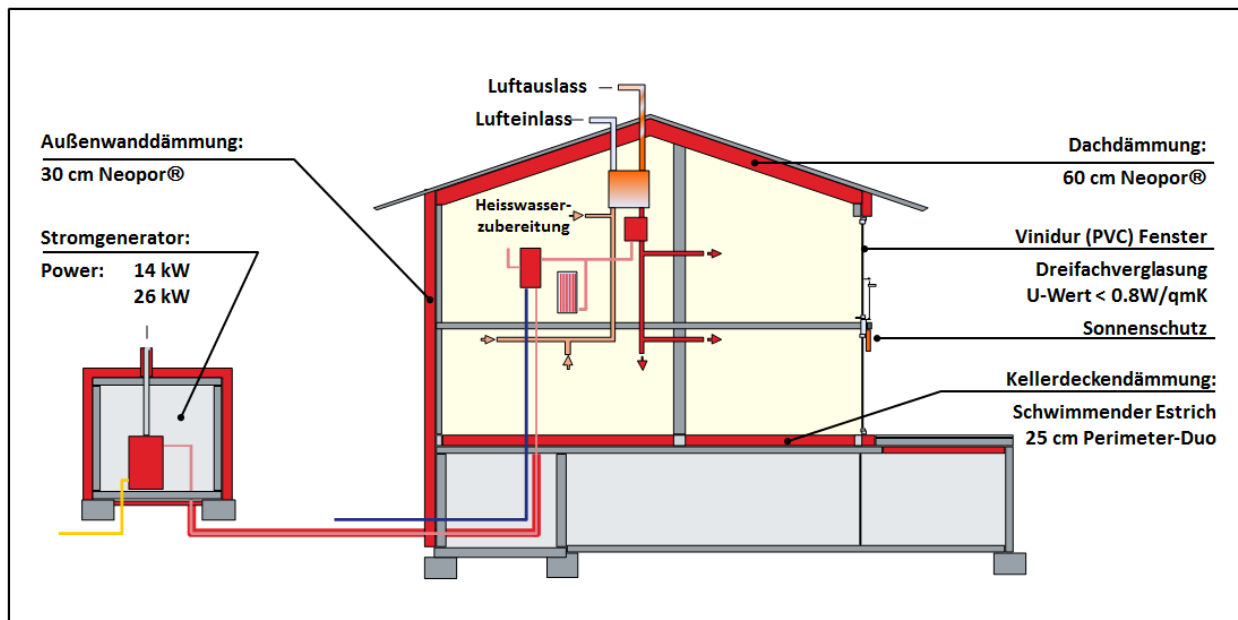


Abbildung 8: Technisches Konzept des 1-Liter-Hauses im Neubau

4 Ergebnisse aus dem Kurzzeit-Monitoring

Um die Ergebnisse der energetischen Modernisierung nachzuverfolgen und mit der Realität abzugleichen, wurde ein umfangreiches Messkonzept von der TU Kaiserslautern, Fachbereich Bauphysik/Technische Gebäudeausrüstung, entwickelt und installiert⁶. Ausgesuchte Gebäude wurden über drei Heizperioden messtechnisch überwacht und ausgewertet.

Gemessen wurden Raumlufttemperatur, Oberflächentemperatur, relative Luftfeuchte, Sonneneinstrahlung, Luftqualität (CO₂-Gehalt), Außenlufttemperatur und Windgeschwindigkeit. Zusätzlich kamen Wärmemengenzähler und Warm- und Kaltwasserzähler zum Einsatz.

Da der Energieverbrauch nicht allein von der thermischen Beschaffenheit der Gebäude, sondern auch von den Nutzungsgewohnheiten der Bewohner abhängt, wurde zusätzlich durch entsprechende Messsysteme ein Teil dieser Verhaltensweisen erfasst (z.B. eingestellte Raumtemperatur in den Wohnungen, Lüftungsverhalten über Fensterkontakte, etc.)

Mit dem installierten Messsystem wurde der tatsächliche Energieverbrauch abgelesen, die Nutzergewohnheiten erfasst und die Umwelteinflüsse auf den Energieverbrauch bestimmt, um eine „klimabereinigte“ Bewertung der Modernisierung durchführen zu können. Ebenso konnte man einige für die Behaglichkeit der Bewohner relevanten Daten wie den CO₂- und Feuchte-Gehalt der Raumluft und die inneren Oberflächentemperaturen der Wände erfassen und zur Bewertung des Wohlbefindens der Nutzer in ihrer neuen Wohnung heranziehen.

Für das 3-Liter-Haus lag der tatsächlich gemessene Heizwärmeverbrauch in den beiden ersten Messperioden unter 30 kWh/(m²_{WFA}) (30 Kilowattstunden pro Quadratmeter Wohnfläche und Jahr) und im dritten Jahr knapp darüber. Dies entspricht ungefähr dem berechneten Äquivalent von 3 Litern Heizöl.

Der Heizwärmebedarf hängt stark vom lokalen Klima und vom individuellen Nutzerverhalten ab. Um dem Sachverhalt Rechnung zu tragen, dass die Berechnung nach EnEV deutsches Normklima mit 19 °C Innentemperatur berücksichtigt, wurden die tatsächlichen Verbräuche mittels Gradtagzahlen auf das Ludwigshafener Klima umgerechnet. Die tatsächliche mittlere Innenraumtemperatur lag in den drei Messperioden zwischen 22,6 und 23,3 °C, da das Klima in Ludwigshafen in der Regel wesentlich milder ist als das Würzburger Klima (entspricht dem deutschen Normklima). Nach Umrechnung betrug der spezifische Heizwärmebedarf zwischen 17,9 und 25,6 kWh/(m²_{WFA}).

Der Kurvenverlauf der mittleren Innentemperatur des Gebäudes passt sich mit stark gedämpften Amplituden dem Verlauf der Außenlufttemperatur an (siehe Abbildung 9). Die mittlere Raumtemperatur liegt ganzjährig deutlich über 20 °C, auch in der kalten Jahreszeit. Die mittlere Innentemperatur befindet sich damit ganzjährig im Komfortbereich, ohne die Heizkostenabrechnung stark zu belasten.

⁶ Heinrich, Hermann: Wissenschaftliches Messprogramm zur Modernisierung des Prototyps I als 3-Liter-Haus Brunckviertel Ludwigshafen Endbericht, Kaiserslautern 2004

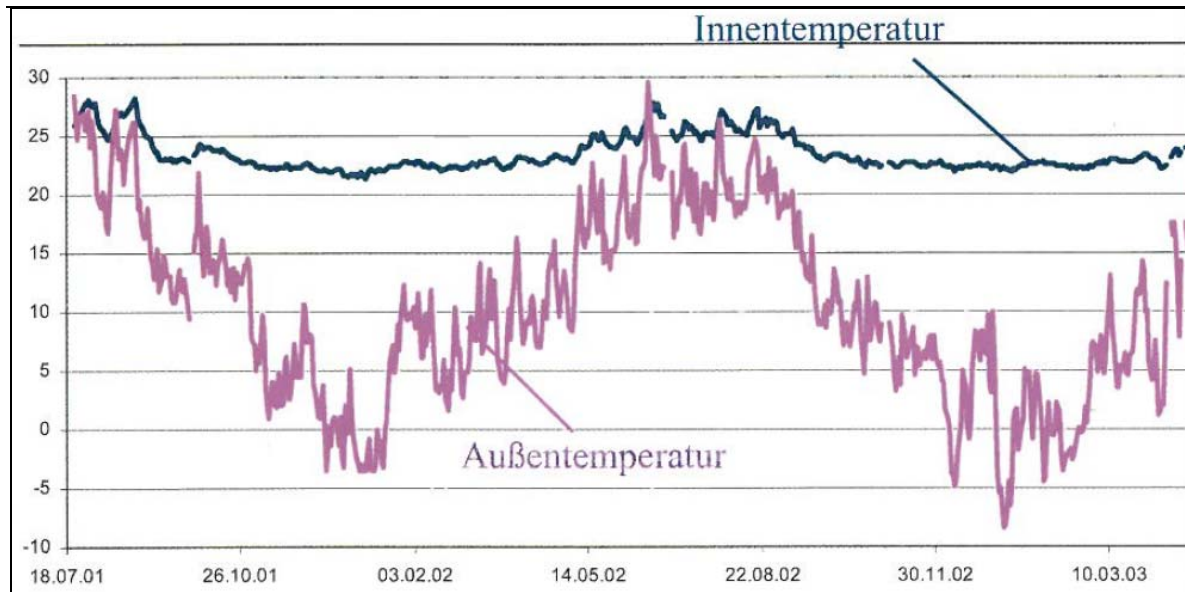


Abbildung 9: Jahresverlauf der durchschnittlichen Innen- und Außenlufttemperatur im 3-Liter-Haus

Generell existiert im Sommer das Problem, dass Wärme, die durch die Fenster in den Raum gelangt, in gedämmten Gebäuden zu Überhitzungssituationen führen kann. Dies lässt sich durch geeignete Sonnenschutz- und Lüftungskonzepte (z.B. Nachtlüftung, mechanische Lüftungs-Systeme) verhindern.

Bei den Tageswerten des Heizwärmeverbrauchs in den einzelnen Wohnungen wird deutlich, dass die Lage der Wohnung innerhalb des Gebäudes mit unterschiedlichen Anteilen an Außenflächen eine große Rolle spielt. Je geringer der Außenflächenanteil einer Wohnung ausfällt, desto geringer ist ihr tendenzieller Wärmeverbrauch, da sie durch benachbarte warme Wohnungen mitbeheizt wird (siehe die in Abbildung 10 markierte Wohneinheit, die durch eine geringe eingestellte Solltemperatur auffiel). Zudem wird der Heizwärmeverbrauch entscheidend durch das individuelle Nutzerverhalten beeinflusst. So hängt der Energieverbrauch natürlich von der als angenehm empfundenen durchschnittlichen Raumtemperatur ab, die von Person zu Person sehr unterschiedlich sein kann, und von dem daraus resultierenden individuellen Heizverhalten für unterschiedliche Wohnräume (d.h. Teilbeheizung von Räumen).

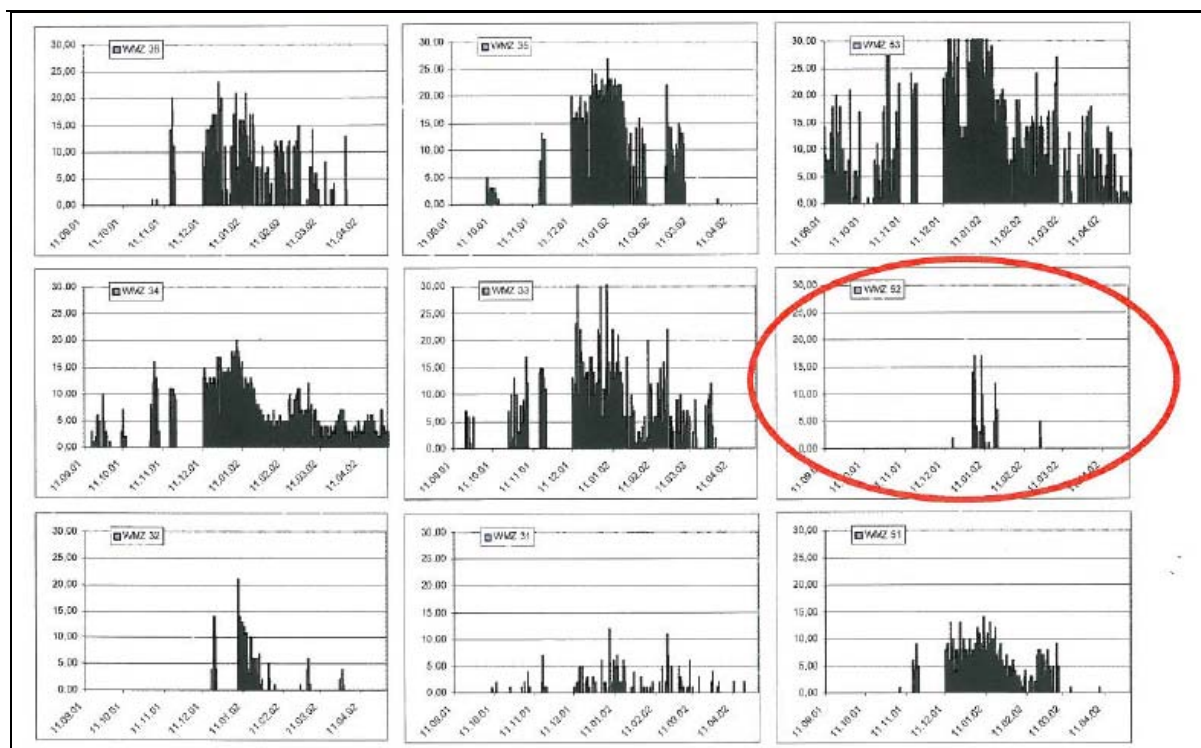


Abbildung 10: Wohnungsweise Darstellung der gemessenen Tageswerte für die Wärmemenge in der ersten Heizperiode

Beim Vergleich der Endenergieverbräuche ergab sich, wie erwartet, eine Staffelung vom 3-Liter-Haus über das 5-Liter-Haus bis zum 7-Liter-Haus. Die Endenergie, die für den Kunden bzw. Mieter bei der Energieabrechnung ausschlaggebend ist, setzt sich aus dem Heizwärmebedarf zuzüglich Verteil-, Speicher- und Erzeugerverlusten zusammen.

In Abbildung 11 wird der Endenergiebedarf⁷ für die Heizung betrachtet und die Berechnung nach EnEV dem tatsächlichen Verbrauch gegenübergestellt. Hierbei wird unterschieden in Bedarfswert nach dem EnEV Normklima (derzeitiger Referenzort ist Würzburg) und ein auf das lokale Klima (Wetterstation Mannheim) umgerechneter Bedarfswert nach EnEV. Dabei wird der Einfluss des lokalen Klimas auf die errechneten Energiebedarfswerte sehr deutlich.

⁷ Der Endenergiebedarf ist die berechnete Energiemenge, die der Anlagentechnik zur Verfügung gestellt wird, um die festgelegte Rauminnentemperatur über das ganze Jahr sicherzustellen. Der Endenergiebedarf beinhaltet:

- den Heizwärmebedarf
- Verluste aus der Erzeugung
- Verluste aus der Übergabe
- Verluste aus der Verteilung
- Verluste aus der Speicherung

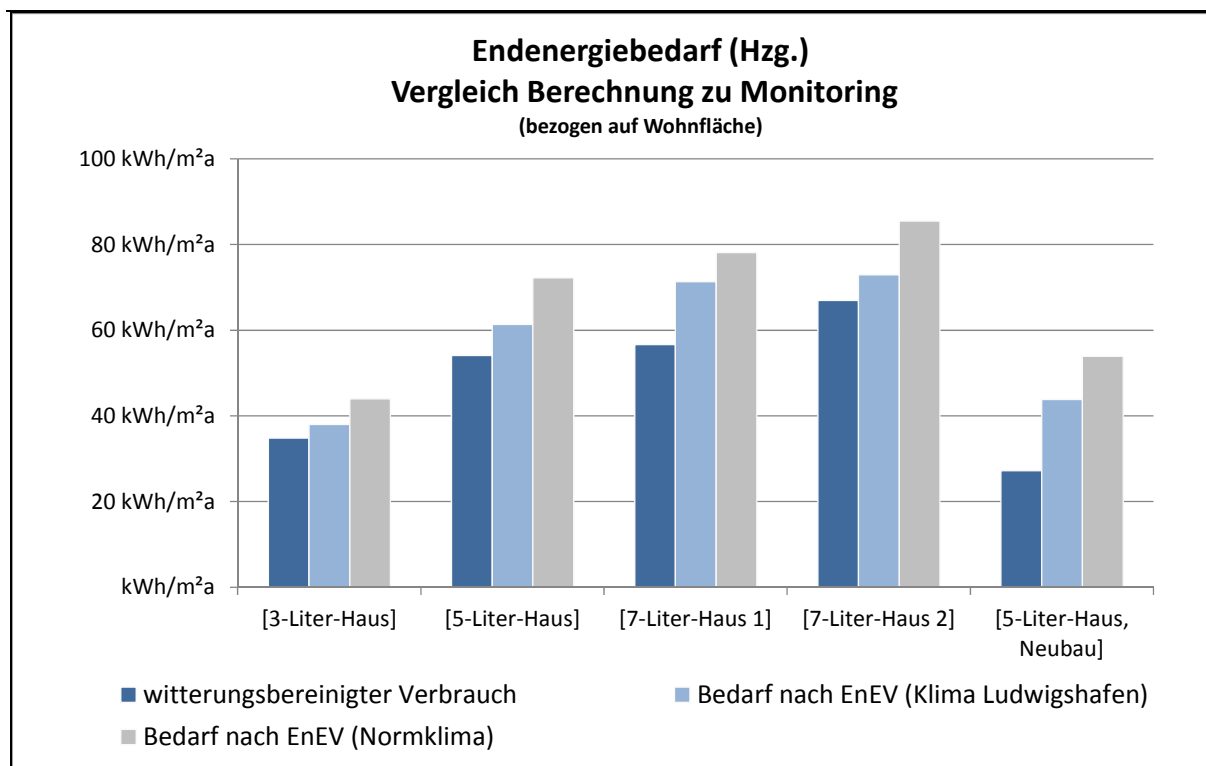


Abbildung 11: Vergleich der Verbrauchswerte mit den errechneten Bedarfswerten

Fazit des Kurzzeit-Monitorings: Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass das als 3-Liter-Haus konzipierte Gebäude die gesteckten energetischen Ziele erreicht. Der Anstieg des Heizwärmeverbrauchs gegen Ende der Messperiode könnte ein Hinweis auf die Gewöhnung der Hausbewohner an den neuen thermischen Komfort sein. Da sich die Heizkosten in den ersten Jahren nach Modernisierung deutlich reduziert hatten, leisteten sich die Bewohner einen höheren thermischen Komfort. Aufgrund der höheren Energieeffizienz der Gebäude schlägt sich dies aber nur unwesentlich auf die Heizkosten nieder.

Neben den 3-Liter-Häusern wurden auch Verbrauchsmessungen in den 5- und 7-Liter-Häusern durchgeführt. Auch hier sollte überprüft werden, wie sich das Raumklima und der Heizwärmeverbrauch innerhalb der unterschiedlichen Energieeffizienzklassen (d.h. unterschiedliche Dämmstoffdicken der Außenbauteile sowie Einsatz verschiedener Lüftungskonzepte) entwickelt. In einigen Gebäuden erfolgt die Lüftung über eine zentrale Zu- und Abluft-Anlage mit Wärmerückgewinnung (85 %), in anderen Gebäuden über Fensterlüftung.

Die gemessenen durchschnittlichen Innentemperaturen der Wohnungen in den 3-, 5- und 7-Liter-Häusern lagen relativ dicht beieinander (insbesondere in den Sommermonaten). Im 7-Liter-Haus wies die Temperatur im Durchschnitt (vor allem in den Wintermonaten) in der Tendenz einen etwas tieferen Wert auf als in den Wohnungen der 3- und 5-Liter-Häuser (siehe Abbildung 12). Im 3-Liter-Haus konnten die durchschnittlichen Innentemperaturen in den Wintermonaten am höchsten gehalten werden. Dies bedeutet: Je besser das Dämmniveau der Außenhülle ist, desto höhere mittlere Raumtemperaturen lassen sich in der Heizperiode bei geringem Energieverbrauch erzielen.

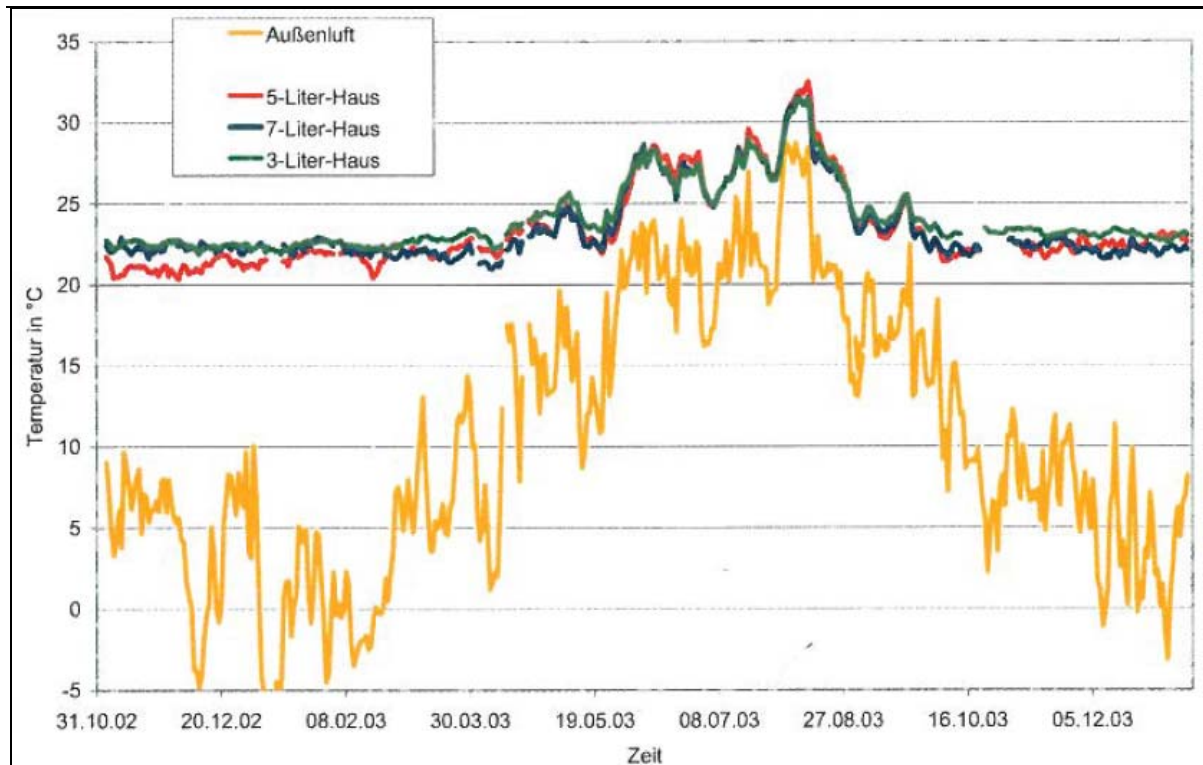


Abbildung 12: Mittelwerte der Wohnzimmer- und Außenlufttemperatur

Die Differenz zwischen Raum- und Oberflächentemperatur der Innenwände war im 3-Liter-Haus mit 2 Kelvin im Mittel am geringsten. Dieser Parameter wird insbesondere bei Passivhäusern als Kriterium der Behaglichkeit für die Wohnungsnutzer gewertet. Als zugfrei gilt eine Differenz, die kleiner als 3 Kelvin ist. Sie hängt in der Hauptsache vom Dämmniveau der Außenbauteile des Gebäudes ab. Bei höheren Temperaturunterschieden zwischen Oberflächen der Innenwände und dem Innenraum wird die Strahlungskälte als sehr unangenehm empfunden.

Die Temperaturdifferenz im 5-Liter-Haus lag im Mittel bei ca. 3 Kelvin und im 7-Liter-Haus schwankte sie zwischen 3 und 6 Kelvin (siehe Abbildung 13).

Die Luftqualität als ein weiterer wichtiger Indikator für das Wohlbefinden der Bewohner wird durch den CO₂-Gehalt zum Ausdruck gebracht. Je höher der mittlere CO₂-Gehalt ist, ausgedrückt in ppm (parts per million), desto schlechter ist die allgemeine Luftqualität. Dies schlägt sich in einer Verminderung der Konzentrations- und Leistungsfähigkeit nieder.

Bezüglich des Lüftungsverhaltens können die Bewohner des 3-Liter-Hauses aufgrund der kontrollierten Wohnraumlüftung auf eine Fensterlüftung komplett verzichten, so dass die Luftqualität auf einem konstant hohen Niveau gehalten werden kann.

In den Gebäuden mit manueller Fensterlüftung wurde die schlechteste Luftqualität in den 7-Liter-Häusern vorgefunden, vor allem in den Wintermonaten. Hier stieg der CO₂-Gehalt in weiten Bereichen über 1.000 ppm, also über den empfohlenen Grenzwert (Pettenkoferzahl) an.

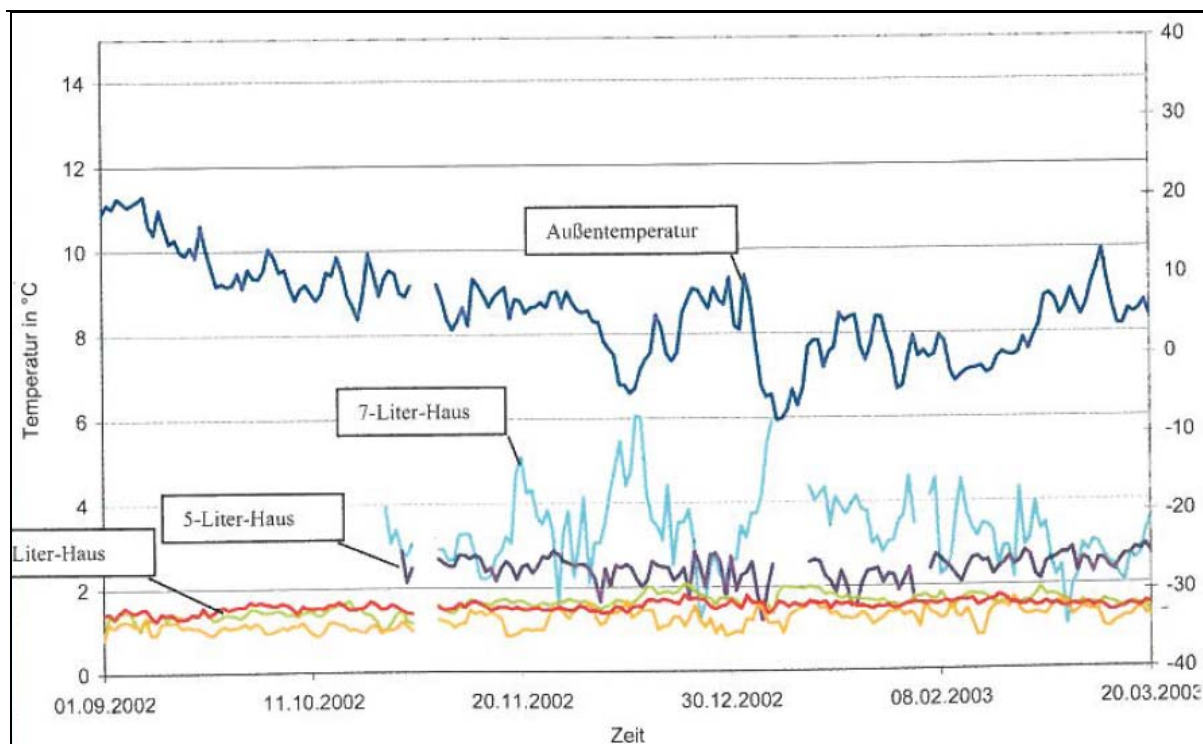


Abbildung 13: Differenz der mittleren Raumtemperatur zur Oberflächentemperatur der Innenwände und zur Außenlufttemperatur

5 Ergebnisse aus dem Langzeit-Monitoring

Die Zielsetzung des Langzeit-Monitorings im Rahmen der Brunnckviertel-Revitalisierung war die Untersuchung der Langzeiteffekte energetischer Modernisierungen unter Nachhaltigkeitsgesichtspunkten. Neben den rein technischen Kriterien, wie baulicher Zustand der Gebäude und Verbrauchswerte, sollten auch die ökonomischen, ökologischen und sozio-kulturellen Auswirkungen in einer Langzeitperspektive untersucht werden.

5.1 Technische Beurteilung des Gebäudezustandes nach rund 10 Jahren

Im Jahr 2012, also rund 10 Jahre nach der Quartiers-Modernisierung, wurde ein Gutachten⁸ von einem öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen erstellt, das den technischen und baulichen Zustand der unterschiedlichen Energieeffizienz-Maßnahmen nach rund einem Jahrzehnt beurteilen sollte. Ziel war es darüber hinaus, potenzielle Verarbeitungsmängel und Schäden zu identifizieren, um Rückschlüsse auf künftige Planungsprozesse und Qualitätssicherungsmaßnahmen bei der Ausführung durch die Handwerker ziehen zu können.

Die Sichtkontrolle der Gebäudefassaden ergab keine Alterung des Oberputzes. Es konnten auch keine Schäden durch Spechte, Insekten oder Mikroorganismen (Spinnen, Schimmel, Veralgung) ausgemacht werden. Bei näherer Betrachtung gab es vereinzelt feine Mikrorisse im Putz, die nach Entfernen des Oberputzes auf einen offenen Dämmplattenstoß zurückzu-

⁸ Achim, Bauer: Sachverständigen-Gutachten über die wärme gedämmte Putzfassade des 3-Liter-Hauses im Bestand, Mannheim 2012

führen waren. Bei den wenigen gefundenen Mängeln handelte es sich nachweislich um handwerkliche Ausführungsfehler, die gleichermaßen bei Häusern verschiedener Dämmniveaus auftauchten. Desweiteren wurden einige Fensterbänke ohne Verwendung von Dichtmedien wie Fugendichtband, Anputzleiste o.ä. montiert.

An einem Gebäude zeichneten sich die Dübel des Wärmedämmverbund-Systems durch eine leichte farbliche Veränderung am Putz ab, da zur Applikation des Wärmedämmverbund-Systems metallische Dübel verwendet wurden. Durch die dadurch entstehenden punktuellen Wärmebrücken wird die Wärmeenergie aus dem Gebäudeinneren nach außen abgeführt, was eine leichte farbliche Veränderung am Außenputz zur Folge hat. Durch die Verwendung von Kunststoffdübeln ist dieses Problem leicht zu umgehen. Die Kunststoffdübel werden tiefer ins Wärmedämmverbund-System eingesetzt und mit einer dünnen Dämmung abgedeckt und überputzt.

Da für energieeffiziente Gebäude eine Reduzierung von Wärmebrücken in der Gebäudeaußenhülle von entscheidender Bedeutung ist, wurden Thermografieaufnahmen für unterschiedliche Gebäude angefertigt. Die Analyse der Aufnahmen ergab, dass die gedämmte Gebäudehülle nach 10 Jahren keine Hinweise auf Wärmebrücken lieferte.

Das Monitoring der ersten 3 Jahre nach Fertigstellung der Modernisierung wurde vor allem zur Feinjustierung der Anlagentechnik genutzt. Es wurde damit sichergestellt, dass die Mieter mit dem Umgang der Lüftungsanlage zurechtkamen und überprüft, welche Raumtemperaturen sich einstellten und wie hoch die tatsächlichen Energieverbräuche lagen. Auch die reibungsfreie Einbindung der Brennstoffzelle erforderte einige Zeit und einigen Wartungsaufwand in der Anfangsphase. Darüber hinaus musste das Warmmietmodell im 3-Liter-Haus überprüft werden, um sicherzustellen, dass die Nebenkostenpauschale der Mieter für den Vermieter LUWOG kostendeckend bemessen war.

5.2 Ökonomische Evaluation in der Langzeitbetrachtung

Die unterschiedlichen Konzepthäuser auf 7-Liter, 5-Liter, 3-Liter- und 1-Literniveau im Rahmen der Brunckviertel-Revitalisierung wurden vor ihrer Umsetzung auf Basis dynamischer Investitionsrechnungsmethoden auf ihre Wirtschaftlichkeit hin evaluiert. Dabei wurden sämtliche für die Investitionsentscheidung relevanten ökonomischen Einflussfaktoren wie Baukosten, zukünftige Instandhaltungskosten, unterschiedliche Szenarien zur Energiepreisentwicklung inklusive unterschiedlicher Finanzierungs- und Refinanzierungsaspekte in einem vollständigen Finanzplan zusammengefasst und die zu erwartende Gesamtrendite ermittelt.

Bei der Entscheidungsfindung, welcher Energieeffizienzlevel sich für die unterschiedlichen Gebäudetypen als der ökonomisch sinnvollste erweist, wurden in einer Vergleichsrechnung die energieeffizienzbedingten Mehrkosten der Modernisierung den dadurch zu erwartenden Energieeinsparungen gegenübergestellt. Aus Forschungs- und Innovationsgründen sollte aber auch darüber hinaus eine möglichst breite Palette unterschiedlicher Energieeffizienzniveaus in der Bestandsmodernisierung und im Neubau realisiert werden, um die technische Machbarkeit beweisen zu können. Somit kamen in einigen Projekten Energieeffizienz-Technologien zum Einsatz (z.B. Dämmstärken von über 30 cm, 3-fach Verglasung, dezentrale

Energieerzeuger, Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung), die zur damaligen Zeit noch unüblich waren. Diese verursachten überproportional hohe Kosten, was zur Folge hatte, dass die errechneten Amortisationszeiten in einigen Energieeffizienzkonzepten weit über den aus Wirtschaftlichkeitssicht sinnvollen Amortisationszeiten lagen.

Aus heutiger Sicht würden sich die damals getroffenen energetischen Modernisierungsmaßnahmen aufgrund der veränderten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen schon in wesentlich kürzeren Zeiträumen (8 bis 19 Jahre) amortisieren. So wurden die Produktionskapazitäten für 3-fach Verglasung und hochwertiges Dämmmaterial in den letzten Jahren erheblich gesteigert, mit der Folge, dass Materialpreise stark gesunken sind. Darüber hinaus lag die tatsächliche durchschnittliche Energiepreiskostenentwicklung weit über dem damals prognostizierten Niveau. Die Energiepreise für den im Brunckviertel eingesetzten Energieträger „Gas“ sind im Schnitt um ca. 5,2 % p.a. gestiegen. Auch auf dem Kapitalmarkt haben sich die Kapitalzinssätze im letzten Jahrzehnt deutlich nach unten entwickelt, so dass sich die Rentabilität von energetischen Modernisierungsmaßnahmen aufgrund der geringeren Kapitalkosten zum Positiven entwickelt hat.

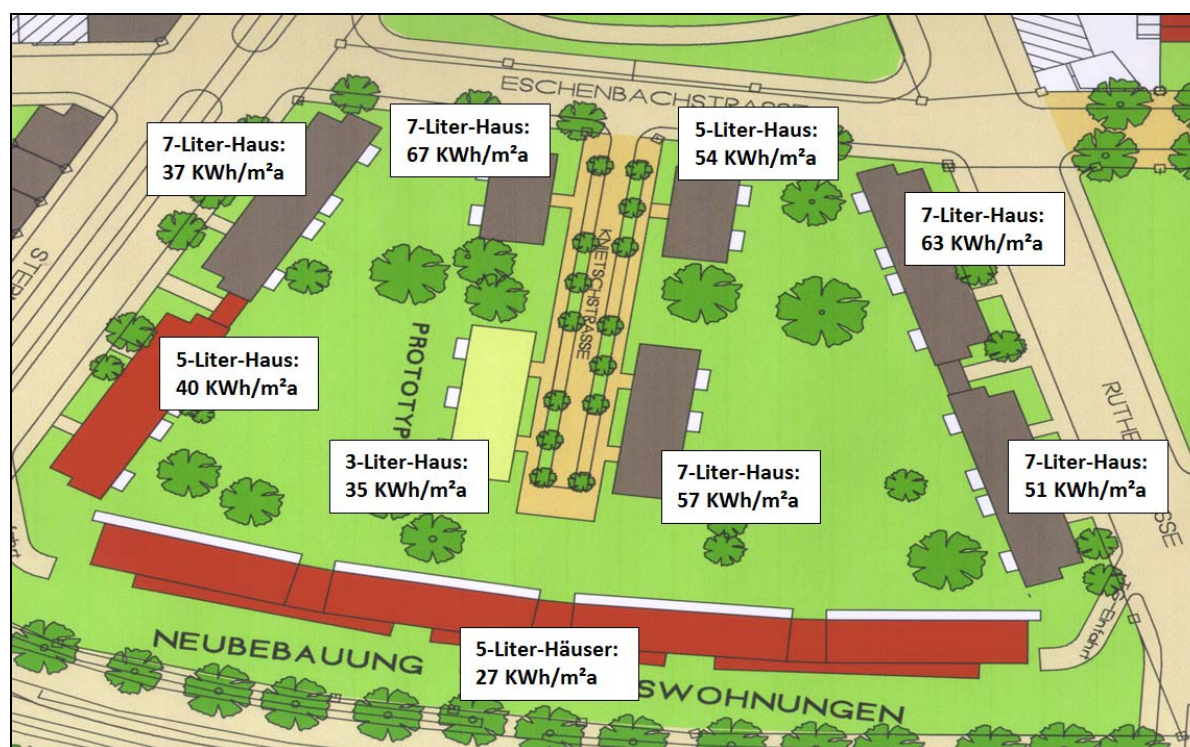


Abbildung 14: Langfristige durchschnittliche Verbrauchswerte für Heizwärme in den 3-, 5-, 7-Liter-Häusern nach der Bestandsmodernisierung bzw. Neubau (Endenergie)

Auch die Langzeitbetrachtung der Verbrauchswerte über rund 10 Jahre zeigt, dass der direkte Vergleich zwischen dem geplanten Heizwärmebedarf der unterschiedlichen Energieeffizienz-Konzepte des 3-, 5- und 7-Liter-Hauses mit den tatsächlichen langfristigen Verbrauchswerten insgesamt positiv ausfällt, da die tatsächlichen Verbrauchswerte größtenteils unter den berechneten Bedarfswerten. Unterschiede der durchschnittlichen Verbrauchswerte innerhalb einer Energieeffizienzklasse lassen sich auf unterschiedliches Heizverhalten

der Bewohner, verschiedene Lüftungskonzepte und unterschiedliche Kompaktheitsgrade der Häuser zurückführen (siehe Abbildung 14).

5.2.1 Ökonomische Evaluation in der Langzeitbetrachtung für Bestandsgebäude

Einen zentralen Indikator zur Wirtschaftlichkeitsbeurteilung von Energieeffizienz-Maßnahmen stellt die Amortisationszeit dar. Er definiert den Zeitraum, in dem monetäre Rückflüsse aufgrund zukünftiger Energieeinsparungen die Höhe der Investition in energetische Baumaßnahmen inklusive Verzinsung übersteigen.

Die folgenden Abbildungen zeigen die errechneten Amortisationsverläufe für die einzelnen energetischen Maßnahmen im 3-Liter-Haus in der Bestandsmodernisierung. Da sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen bzgl. Investitionskosten, Energiepreise und Finanzierungszinsen in dem letzten Jahrzehnt stark verändert haben, wurden die Wirtschaftlichkeitsberechnungen auf Basis der heutigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (d.h. für das Jahr 2013) durchgeführt (Abbildung 15).

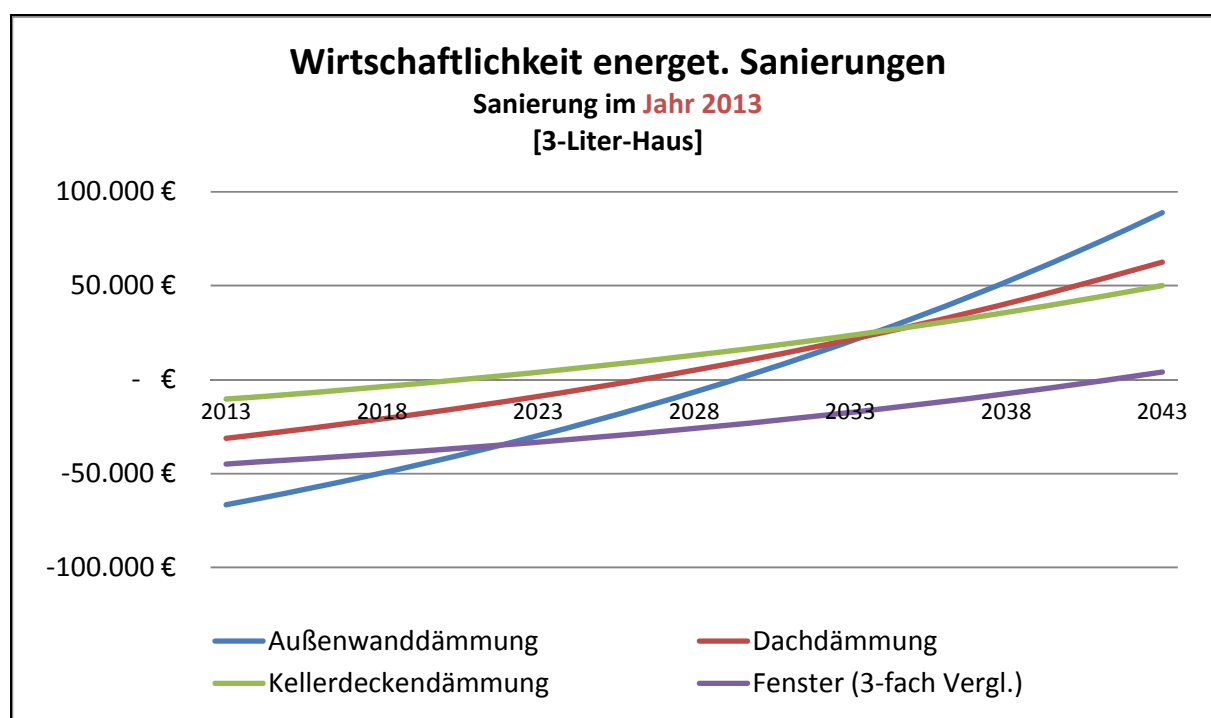


Abbildung 15: Amortisationsverlauf der einzelnen energetischen Modernisierungsmaßnahmen im 3-Liter-Haus auf Basis heutiger wirtschaftlicher Rahmenbedingungen (2013)

Zunächst fällt im Vergleich der einzelnen energetischen Maßnahmen an der Gebäudehülle auf, dass sich erwartungsgemäß eine Kellerdecken- und Dachdämmung deutlich schneller amortisiert als eine Außenfassadendämmung oder gar ein Fensteraustausch mit 3-fach-Verglasung. Ein zahlenmäßiger Vergleich der Amortisationsberechnungen auf Basis der ökonomischen Rahmenbedingungen aus den Jahren 2001 und 2013 zeigt, wie groß der Einfluss der Kostendegression bei Baumaterialien, der tatsächlichen Energiepreisteigerungen und der veränderten Kapitalmärkte auf die errechnete Amortisationsdauer der energetischen Ein-

zelmaßnahmen ist. Im Bereich der Dämmmaßnahmen (u.a. WDVS mit Neopor®) haben sich die Amortisationszeiten teilweise mehr als halbiert. Die daraus resultierenden absoluten Amortisationsdauern liegen nun in einem Zeitraum zwischen 8 und 17 Jahren (Abbildung 16).

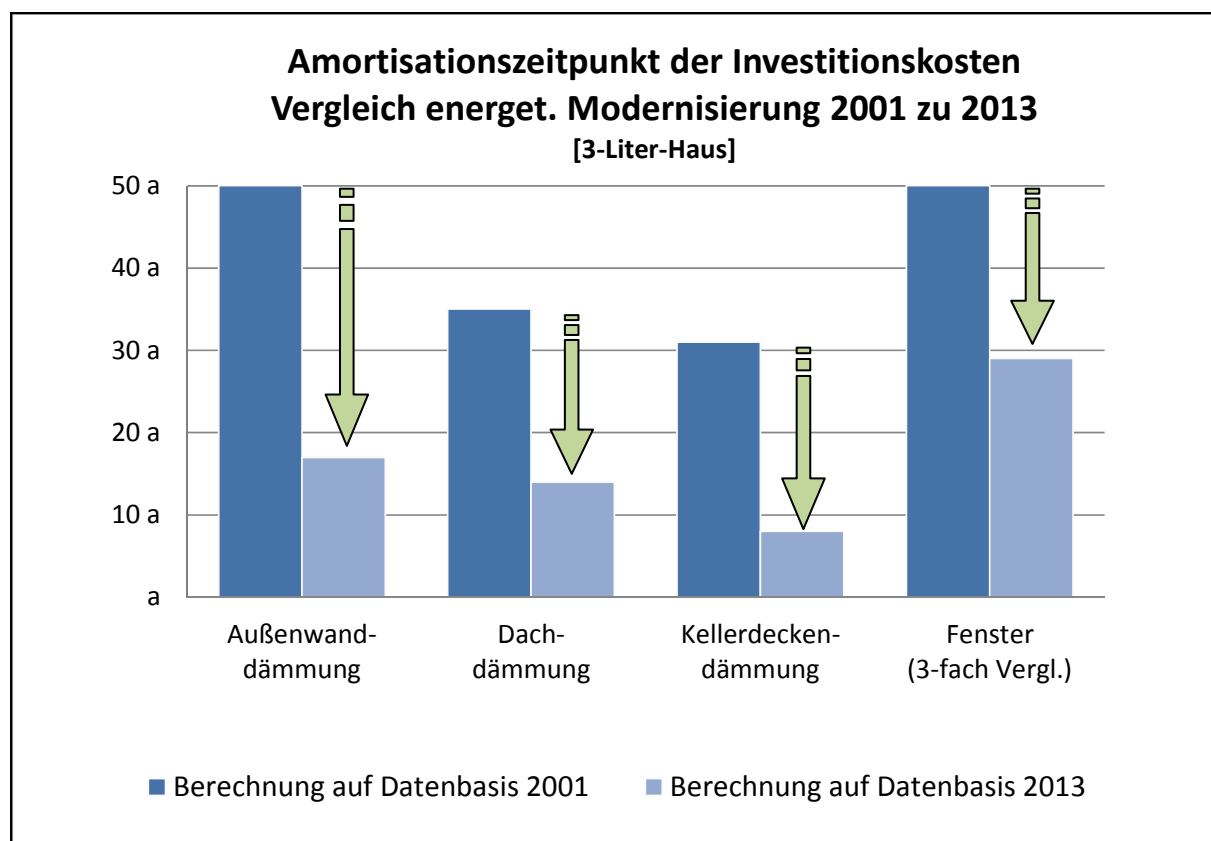


Abbildung 16: Vergleich der Amortisationszeiten für einzelne energetische Modernisierungsmaßnahmen im 3-Liter-Haus (Bestand) aufgrund geänderter Rahmenbedingungen

Analoge Aussagen lassen sich für energetische Bestandsmodernisierungen auf 5-Liter-Niveau treffen, nur mit dem Unterschied, dass die durchschnittlichen Amortisationsdauern der einzelnen energetischen Maßnahmen aufgrund der etwas günstigeren Baumaterialkosten (nur 2-fach-Verglasung und geringere Dämmstoffdicken) geringfügig niedriger ausfallen (siehe Abbildung 17 / Abbildung 18). Die geringe Differenz in den Amortisationsdauern im Vergleich zwischen dem 3-Liter- und dem 5-Liter-Haus lässt aber auch den Schluss zu, dass die höheren Kosten von energieeffizienteren Baumaterialien und Technologien im 3-Liter-Haus die Wirtschaftlichkeit nur unwesentlich verschlechtern. In Hinblick auf zukünftig zu erwartende Energiepreissteigerungen sollte daher die Entscheidung im Sinne einer Risikominimierungs- und Zukunftssicherungsstrategie eher in Richtung hochwertigerer Energieeffizienzstandards fallen.

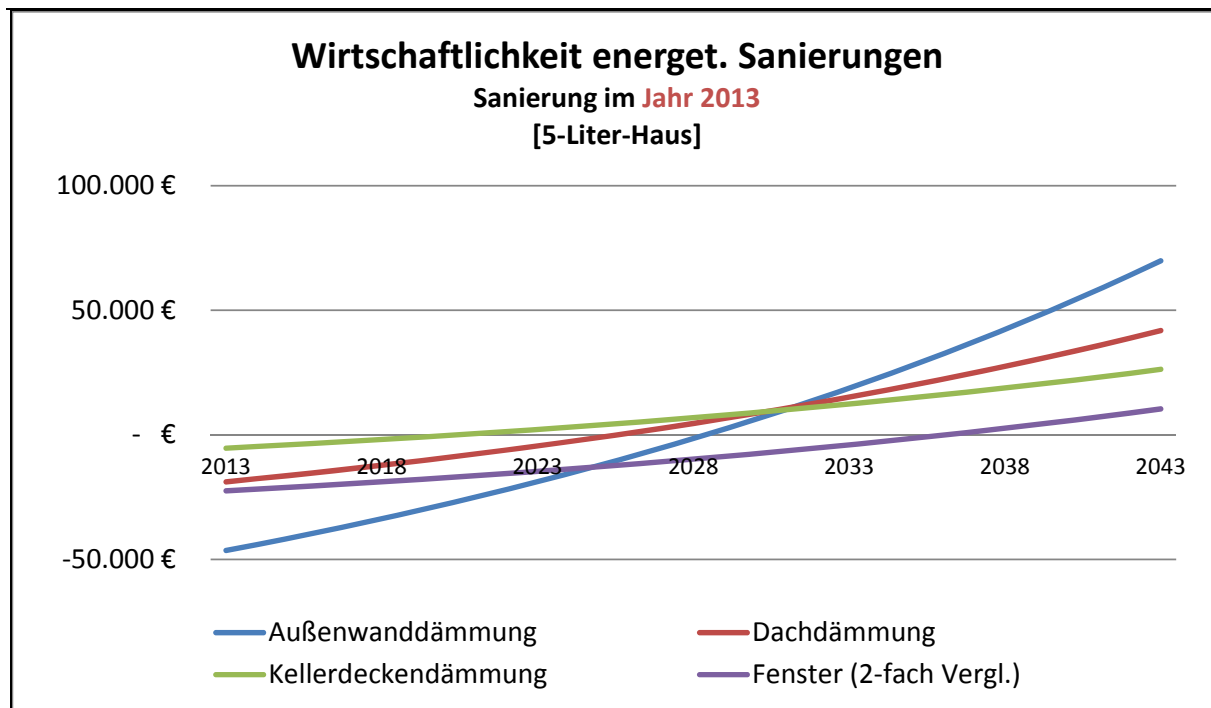


Abbildung 17: Amortisationsverlauf der einzelnen energetischen Modernisierungsmaßnahmen im 5-Liter-Haus auf Basis heutiger wirtschaftlicher Rahmenbedingungen (2013)

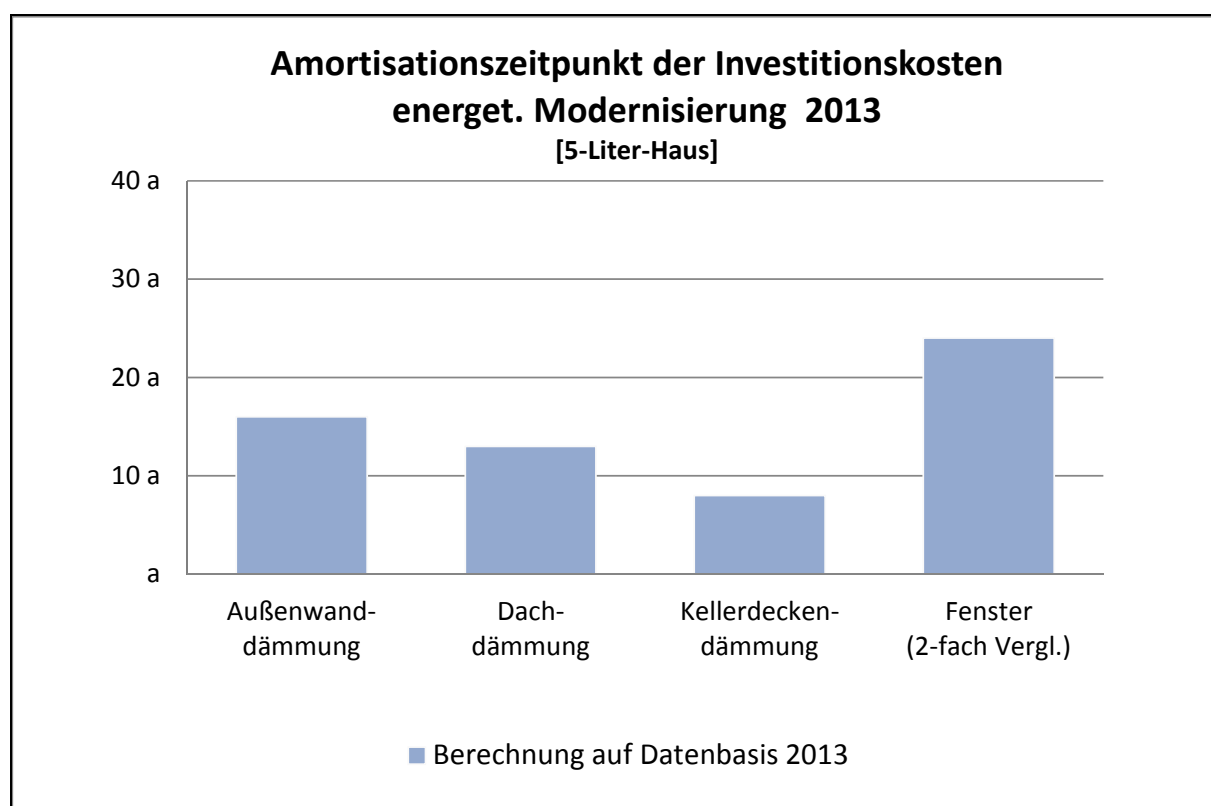


Abbildung 18: Vergleich der Amortisationsdauern für einzelne energetische Modernisierungsmaßnahmen im 5-Liter-Haus (Bestand) auf Basis heutiger wirtschaftlicher Rahmenbedingungen

Aus Investorensicht spielt die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einzelner Energieeffizienzmaßnahmen bei der gesamthaften Investitionsentscheidung eine eher untergeordnete Rolle. Vielmehr steht das Gesamtkonzept mit seinen aufeinander abgestimmten Einzelmaßnahmen an Gebäudehülle und -technik und die daraus zu erwartende Effizienz- und Wohnwertverbesserung des Gebäudes über den gesamten Lebenszyklus im Vordergrund. Am Beispiel der Bestandsmodernisierung eines 7-Liter-Hauses lässt sich sehr anschaulich die Gesamtwirtschaftlichkeit energetischer Modernisierungsmaßnahmen durch einen Vergleich der beiden Alternativen „Durchführung von ausschließlich Instandsetzungsmaßnahmen“ und „Energetische Modernisierung auf 7-Liter-Haus-Standard“ darstellen. Der durch die gesamte Modernisierung notwendige investive Mehraufwand belief sich auf rund 450 € pro m². Im Rahmen der Modernisierung wurden neben den energetischen Maßnahmen auch die Wohnungsgrundrisse und -ausstattung an die Bedürfnisse heutiger Mieter angepasst. Neben einer drastischen Reduktion der Energiekosten, die primär den Mietern zugutekam, konnte der Vermieter die Leerstandsquote von rund 20% auf unter 3% und die laufenden jährlichen Instandsetzungskosten des Gebäudes um mehr als 70% reduzieren. Die durch die Modernisierung angepassten mittleren Mietpreise für die Kaltmiete lagen dabei immer noch auf dem Niveau der örtlichen Durchschnittsmieten des Ludwigshafener Mietspiegels. Dabei sparen heute Mieter im 7-Liter-Haus im Vergleich zur nicht modernisierten Variante rund 11 € Heizkosten pro m² und Jahr.

Aus Sicht des Wohnungsunternehmens LUWOGÉ ergab sich für die Modernisierungsvariante eine gesamthafte Amortisationszeit von unter 13 Jahren. Die Auswirkungen auf den Cashflow-Verlauf der Immobilie waren aufgrund der besseren Einnahmesituation durch Vermietung und den geringeren laufenden Instandhaltungskosten ebenfalls sehr vorteilhaft (siehe Abbildung 19).

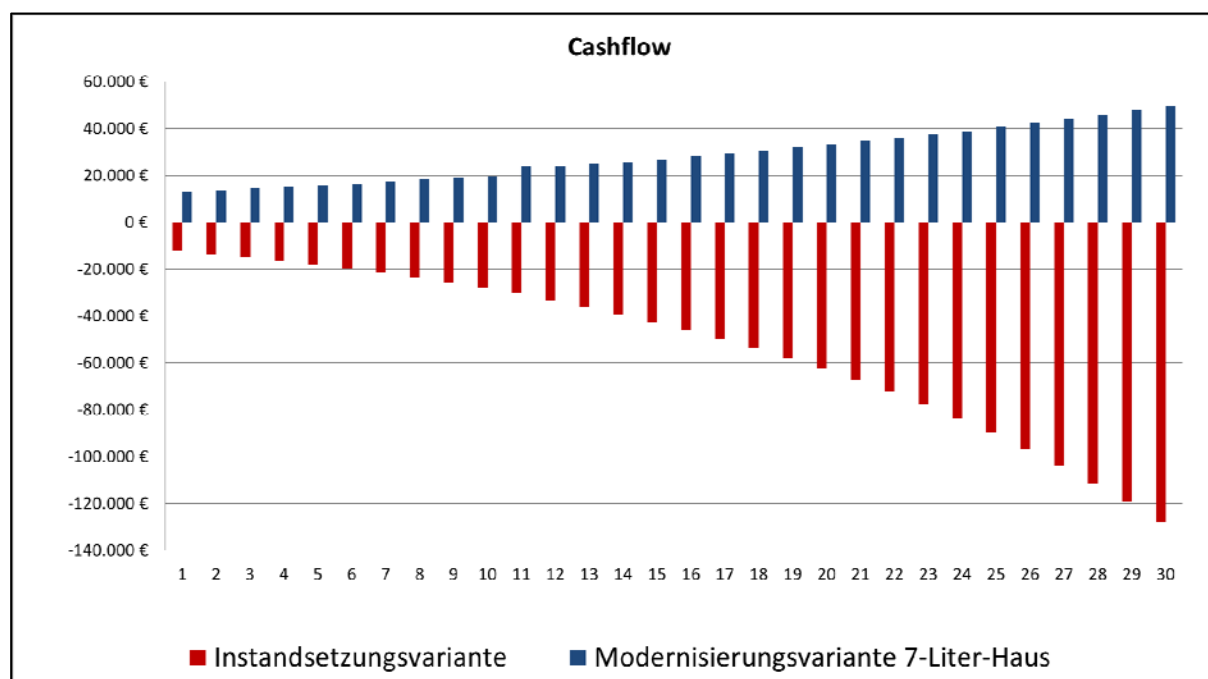


Abbildung 19: Cashflow-Vergleich der Instandsetzungs- und Modernisierungsvariante

5.2.2 Ökonomische Evaluation in der Langzeitbetrachtung für Neubauten

Im Neubaubereich entstehen energieeffizienzbedingte Mehrkosten immer dann, wenn die Neubauten in einem höheren energetischen Level als gesetzlich gefordert erstellt werden. So sind zwar die Mehrkosten für das Aufbringen von stärkeren bzw. besseren Dämmstoffen verhältnismäßig gering, da die meisten Kosten bereits im Rahmen des Neubaus entstehen (die sog. Sowieso-Kosten), allerdings sind die zusätzlichen Energieeinspareffekte aufgrund des schon sehr guten Energieeffizienzniveaus, das sich aus den gesetzlichen Vorgaben im Neubau ableiten lässt, auch sehr viel geringer.

Als Konsequenz sind die Amortisationszeiten für die einzelnen energieeffizienzbedingten Maßnahmen gerade im Hocheffizienzbereich der 1-Liter-Häuser auch relativ hoch. Der Grenznutzen zusätzlicher Energieeffizienz-Maßnahmen liegt im Bereich der 1-Liter-Häuser bereits auf einem sehr geringen Niveau. Auf Grundlage der heutigen Rahmenbedingungen aus dem Jahr 2013 errechnen sich für das 1-Liter-Haus relativ hohe Amortisationszeiten von rund 15 bis 30 Jahren für die einzelnen zusätzlichen Energieeffizienz-Maßnahmen (siehe Abbildung 19 und 20).

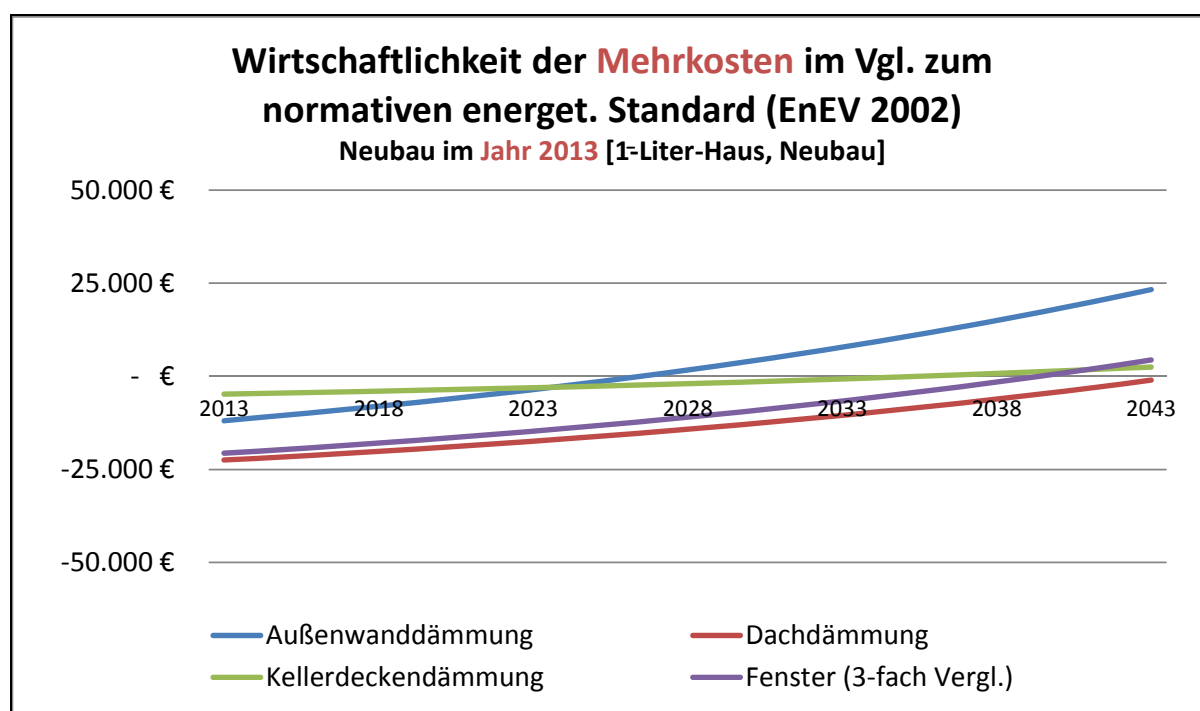


Abbildung 20: Amortisationsverlauf der einzelnen energetischen Modernisierungsmaßnahmen im 1-Liter-Haus (Neubau) auf Basis heutiger wirtschaftlicher Rahmenbedingungen (2013)

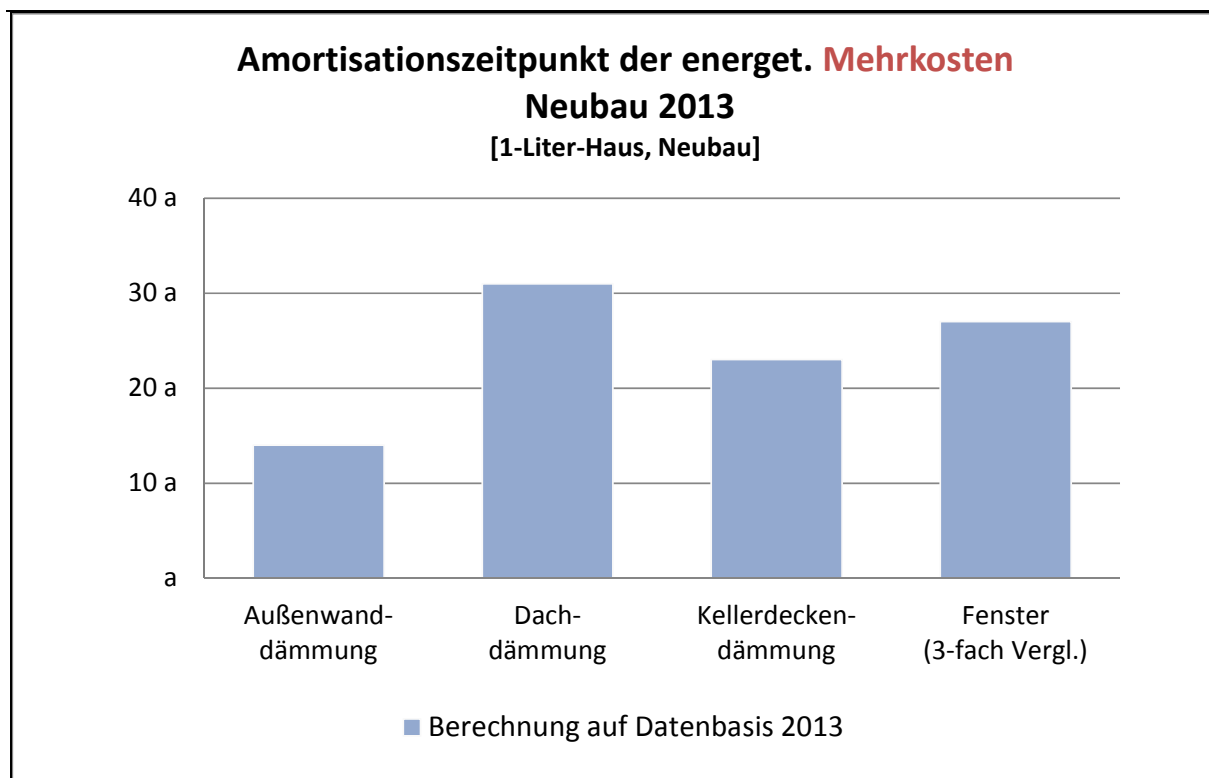


Abbildung 21: Vergleich der Amortisationszeiten für einzelne energetische Modernisierungsmaßnahmen im 1-Liter-Haus (Neubau) auf Basis heutiger wirtschaftlicher Rahmenbedingungen

Auch wenn die Amortisationszeiten der Einzelmaßnahmen im Bereich der Gebäudehülle hoch erscheinen mögen, müssen diese im Kontext der Gesamtwirtschaftlichkeit des 1-Liter-Hauses gesehen werden. Durch die hocheffiziente Hülle kann u. U. auf eine kostspielige Heizungsanlage verzichtet werden, was sich positiv auf die gesamte Wirtschaftlichkeit des Gebäudes auswirken würde. Auch ist es heute möglich, mit Dämmstoffen besserer Wärmeleitgruppen (z.B. Neopor® 032 oder PUR 025) und geringerer Dachaufbauhöhe Passivhäuser mit einem durchschnittlichen Heizwärmebedarf von 1,5 Liter kostengünstiger zu erstellen. Dies würde ebenfalls dazu führen, dass die resultierenden Amortisationsdauern bei nahezu gleichem Energieeffizienzniveau aufgrund der niedrigeren Baukosten (geringere Materialkosten, einfachere Dachkonstruktion) deutlich niedriger ausfallen.

Ganz anders sieht die Wirtschaftlichkeit im Neubaubereich bei den 5-Liter-Häusern aus. Dort fällt die Relation aus den zusätzlichen Energieeinspareffekten und den dazu notwendigen energieeffizienzbedingten Mehrkosten deutlich günstiger aus. Die Amortisationszeiten auf Basis der heutigen wirtschaftlichen Rahmenbedingungen liegen bei den Dämmmaßnahmen bei rund 5 Jahren (Abbildung 21 und 22). Nur im Fensterbereich liegen diese in einem immer noch akzeptablen Bereich von 15 Jahren.

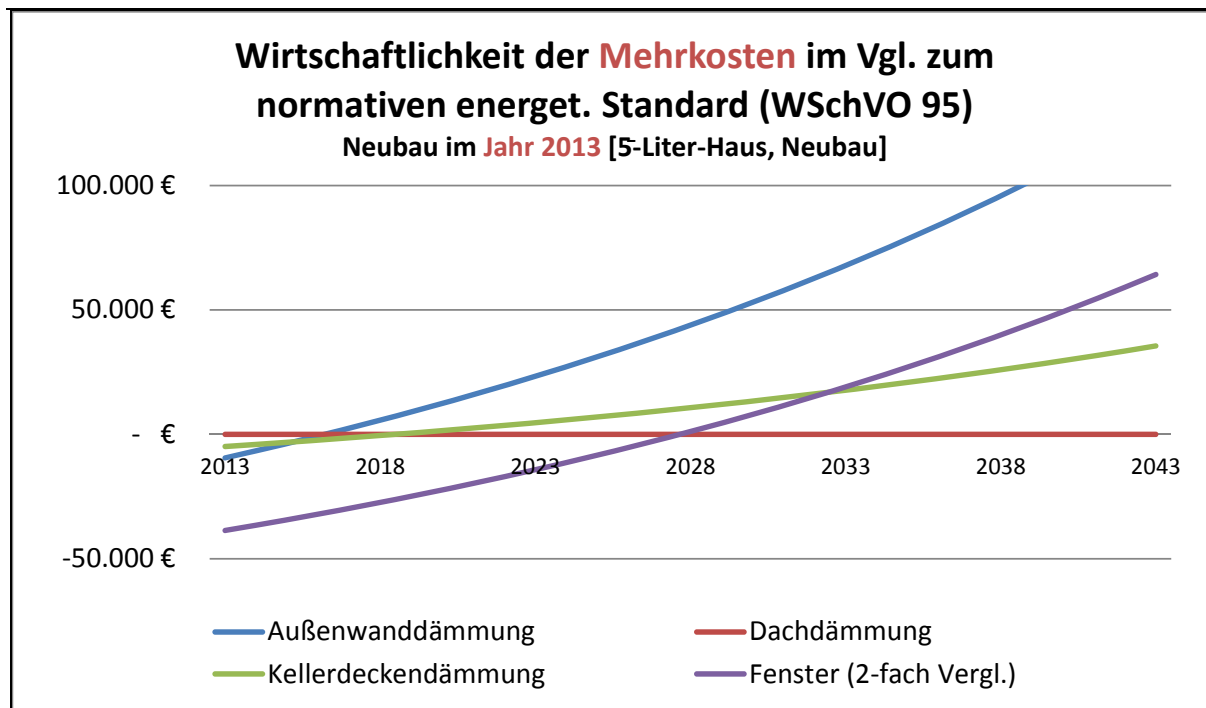


Abbildung 22: Geplanter Amortisationsverlauf der einzelnen energetischen Modernisierungsmaßnahmen im 5-Liter-Haus (Neubau) auf Basis heutiger wirtschaftlicher Rahmenbedingungen (2013)

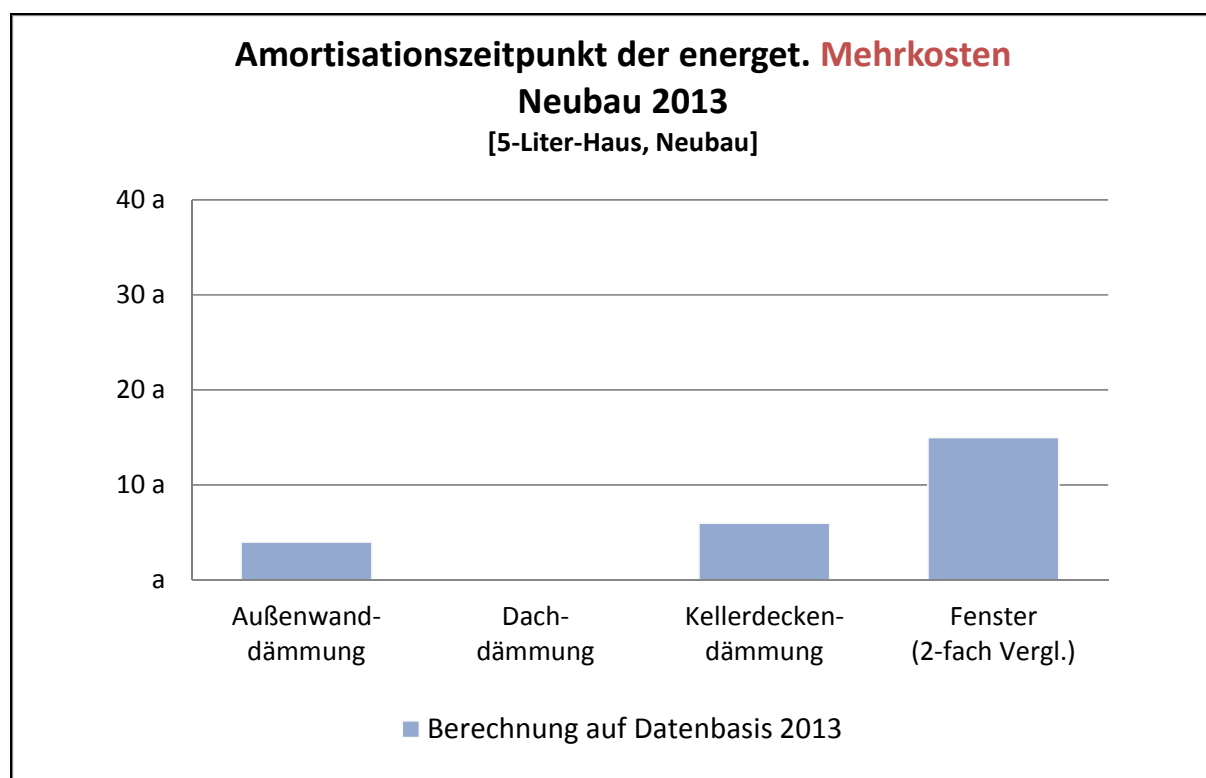


Abbildung 23: Vergleich der Amortisationszeiten für einzelne energetische Modernisierungsmaßnahmen im 5-Liter-Haus (Neubau) aufgrund geänderter Rahmenbedingungen

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich im Neubaubereich ein 5-Liter-Haus unter Wirtschaftlichkeitsgesichtspunkten aus heutiger Sicht in der Ludwigshafener Klimaregion leicht und ökonomisch sinnvoll realisieren lässt. Bei energetischen Bestandsmodernisierungen hängt das wirtschaftliche Energieeffizienzniveau stark vom Ausgangszustand der betrachteten Immobilie ab. Die Beispiele aus der Brunckviertelmodernisierung haben aufgezeigt, dass Bestandsmodernisierungen auf ein 5-Liter-Niveau nicht nur technisch möglich sind, sondern auch zu vernünftigen Amortisationszeiten führen.

Die folgende tabellarische Übersicht in Abbildung 23 gibt einen detaillierten Überblick über die einzelnen Energieeffizienz-Maßnahmen in den unterschiedlichen Energieeffizienzkonzepten, die zu den 3-, 5-, 7-Liter-Häusern im Bestand und zu den 1- und 5-Liter-Häusern im Neubau geführt haben. Ebenfalls sind die energieeffizienzbedingten Mehrkosten und die errechneten Einsparpotenziale für jede Einzelmaßnahme angegeben, aus der die jeweiligen spezifischen Amortisationszeiten auf Basis heutiger wirtschaftlicher Rahmenbedingungen errechnet werden konnten.

5.3 Ökologische Evaluation der Brunckviertel-Revitalisierung

Aus Sicht der Klimaschutzziele, die sich die EU für 2020 und 2050 gegeben hat, spielt der Wohnungsbestand bei der Erreichung der Zielvorgaben eine entscheidende Rolle, da rund 40% des volkswirtschaftlichen Energieverbrauches im Wohnungssektor zu verzeichnen sind. Ein Großteil der heute durchgeführten Modernisierungen im Wohnungsbereich beschränkt sich leider nur auf kosmetische Korrekturen der Hausfassaden (z.B. neuer Anstrich) oder die Instandsetzung eines Daches. Obwohl Sowieso-Kosten für eine Baustelleneinrichtung anfallen, wird auf eine energetische Sanierung der Gebäudehülle durch Dämmmaßnahmen verzichtet und damit das volkswirtschaftliche Potenzial zum Klimaschutz nicht gehoben, obwohl sich die Maßnahmen bereits nach wenigen Jahren auch für den Hausbesitzer rechnen würden.

Wenn es durch geeignete Maßnahmen gelänge, alle in einem Jahr durchgeführten Sanierungen auch energetisch auf den EnEV-Standard für Neubau – durchschnittlich einem Endenergiebedarf von zirka 7 Litern Heizöl pro Quadratmeter und Jahr (abhängig von der Gebäudegröße und -kubatur) – zu modernisieren und somit die energetische Sanierungsrate auf 2 % p.a. anzuheben, könnten jährlich bei einem Heizölverbrauch im unsanierten Zustand von über 20 Liter⁹ pro Quadratmeter und Jahr die CO₂-Emissionen in Deutschland um etwa 7 Millionen Tonnen p.a. reduziert werden.

⁹ Ein typischer Altbau aus der Zeit vor 1978 hat einen Heizenergieverbrauch von umgerechnet 20-25 Liter Heizöl pro Quadratmeter Wohnfläche im Jahr. Quelle: Internetseite des Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, <http://www.energiesparaktion.de/wai3/showcontent.asp?ThemaID=4780>

Berechnung auf Datenbasis 2013		
(Diskontierungszins, Investitionskosten, Energiepreis)		
Energiepreis Heizung (inkl. MwSt.) TWL	0,0693 €/kWh	
Energiepreisentwicklung (Erdgas)*	5,2%	
Diskontierungszinssatz**	2,0%	
CO ₂ -Äquivalent (Erdgas)***	202 g/kWh _{End}	
Primärenergie (nicht erneuerbar)	1,1	
* stat. Bundesamt \varnothing 2000-2012		
** Datenbasis Jahr 2000 = 6,5%, aus heutiger Sicht = 2,0%		
*** GEMS Version 4.5		

Sanierungsmaßnahmen	Fläche [m²]	Schätzung heutige Kosten [€ inkl. MwSt.]	eingesparte Endenergie [kWh/a]*	Einsparung [€/a]	Amortisationszeitpunkt [a]
3-Liter-Haus - energet. bedingte Mehrkosten = 329 €/m²_{WF}					
Außenwanddämmung	20 cm WLG 035	66.723 €	47.080	3.263 €	17
Dachdämmung	20 cm WLG 035	31.210 €	28.377	1.967 €	14
Kellerdeckendämmung	20 cm WLG 035	10.414 €	18.301	1.268 €	8
Fenster (3-fach Vergl.)	U _w = 0,8 W/(m²K)	44.895 €	14.798	1.026 €	29
5-Liter-Haus - energet. bedingte Mehrkosten = 189 €/m²_{WF}					
Außenwanddämmung	20 cm WLG 035	46.390 €	35.166	2.437 €	16
Dachdämmung	20 cm WLG 035	18.867 €	18.366	1.273 €	13
Kellerdeckendämmung	8 cm WLG 035	5.334 €	9.564	663 €	8
Fenster (2-fach Vergl.)	U _w = 1,1 W/(m²K)	22.440 €	9.943	689 €	24
7-Liter-Haus - energet. bedingte Mehrkosten = 124 €/m²_{WF}					
Außenwanddämmung	14 cm WLG 035	62.643 €	38.655	2.679 €	19
Dachdämmung	14 cm WLG 035	27.049 €	24.047	1.666 €	14
Kellerdeckendämmung	8 cm WLG 035	8.678 €	13.414	930 €	9
Fenster (2-fach Vergl.)	U _w = 1,1 W/(m²K)	31.803 €	12.051	835 €	26
7-Liter-Haus - energet. bedingte Mehrkosten = 124 €/m²_{WF}					
Außenwanddämmung	14 cm WLG 035	42.667 €	30.773	2.133 €	17
Dachdämmung	14 cm WLG 035	16.352 €	15.967	1.107 €	13
Kellerdeckendämmung	8 cm WLG 035	5.334 €	8.929	619 €	8
Fenster (2-fach Vergl.)	U _w = 1,1 W/(m²K)	25.811 €	11.106	770 €	24
Mehrmaßnahmen im Vergleich zu WSchVO 95 / EnEV 2002	Fläche [m²]	Mehrkosten heutige Kosten [€ inkl. MwSt.]	eingesparte Endenergie [kWh/a]**	Einsparung [€/a]	Amortisationszeitpunkt [a]
1-Liter-Haus (Neubau)					
Außenwanddämmung	30 cm WLG 035	11.924 €	10.658	739 €	14
Dachdämmung	60 cm WLG 035	22.522 €	6.501	451 €	31
Kellerdeckendämmung	25 cm WLG 035	4.798 €	2.204	153 €	23
Fenster (3-fach Vergl.)	U _w = 0,8 W/(m²K)	20.670 €	7.572	525 €	27
5-Liter-Haus (Neubau)					
Außenwanddämmung	14 cm WLG 035	9.386 €	41.690	2.889 €	4
Dachdämmung	10 cm WLG 035	- €	-	- €	-
Kellerdeckendämmung	8 cm WLG 035	4.894 €	12.217	847 €	6
Fenster (2-fach Vergl.)	U _w = 1,1 W/(m²K)	38.616 €	31.133	2.158 €	15

* bezogen auf Bestand zu Sanierung

** bezogen auf EnEV 2002 zu Neubaukonzept

Abbildung 24: Amortisationsberechnung unterschiedlicher energetischer Einzelmaßnahmen für das 1-,3- bzw. 5-Liter-Haus auf Basis heutiger wirtschaftlicher Rahmenbedingungen (2013)

5.3.1 Auswirkungen der Brunckviertelmodernisierung auf den Carbon Footprint

Die wirtschaftlichen Analysen der unterschiedlichen Energieeffizienzkonzepte im Brunckviertel zeigen, dass energieeffizientes Bauen und Modernisieren im Rahmen geplanter Instandsetzungen in der Regel bei geeigneter Wahl des energetischen Gesamtkonzeptes wirtschaftlich sinnvoll sind und einen entscheidenden Beitrag zur CO₂-Reduktion leisten. Dämmmaßnahmen zusammen mit dreifach verglasten Fenstern und einer kontrollierten Be- und Entlüf-

tungsanlage mit Wärmerückgewinnung können im Idealfall den Heizwärmebedarf und die CO₂-Emissionen eines unsanierten Gebäudes um mehr als 80 % reduzieren.

Obwohl das Brunckviertel bereits Anfang der Jahrtausendwende energetisch modernisiert wurde, werden die heutigen Anforderungen der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) immer noch erfüllt oder sogar unterschritten. Auf das gesamte revitalisierte Brunckviertel bezogen konnte in den letzten 10 Jahren eine Menge von ca. 8.300 Tonnen CO₂ eingespart werden.

Analog zu den Reduktionspotenzialen für den errechneten Heizwärmebedarf weisen die unterschiedlichen Energieeffizienzkonzepte des 7-, 5- und 3-Liter-Hauses auch unterschiedlich hohe Grade der CO₂-Reduktion auf (siehe Abbildung 25 bis Abbildung 27). Die Werte für die relative CO₂-Einsparung liegen alle in einem Bereich zwischen 70 % und 86 %. Sie nähern sich damit absolut gesehen dem Neubauniveau der EnEV 2009 an und unterschreiten sie im Falle des 3-Liter-Hauses sogar.

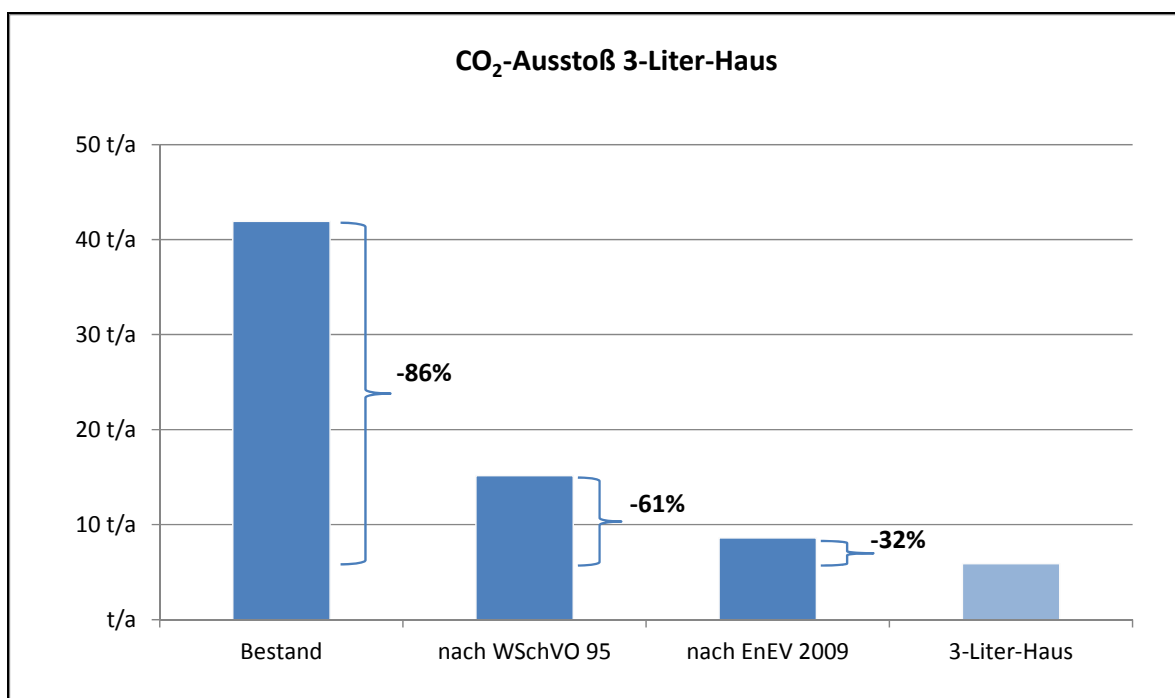


Abbildung 25: CO₂-Emissionsvergleich für das 3-Liter-Haus

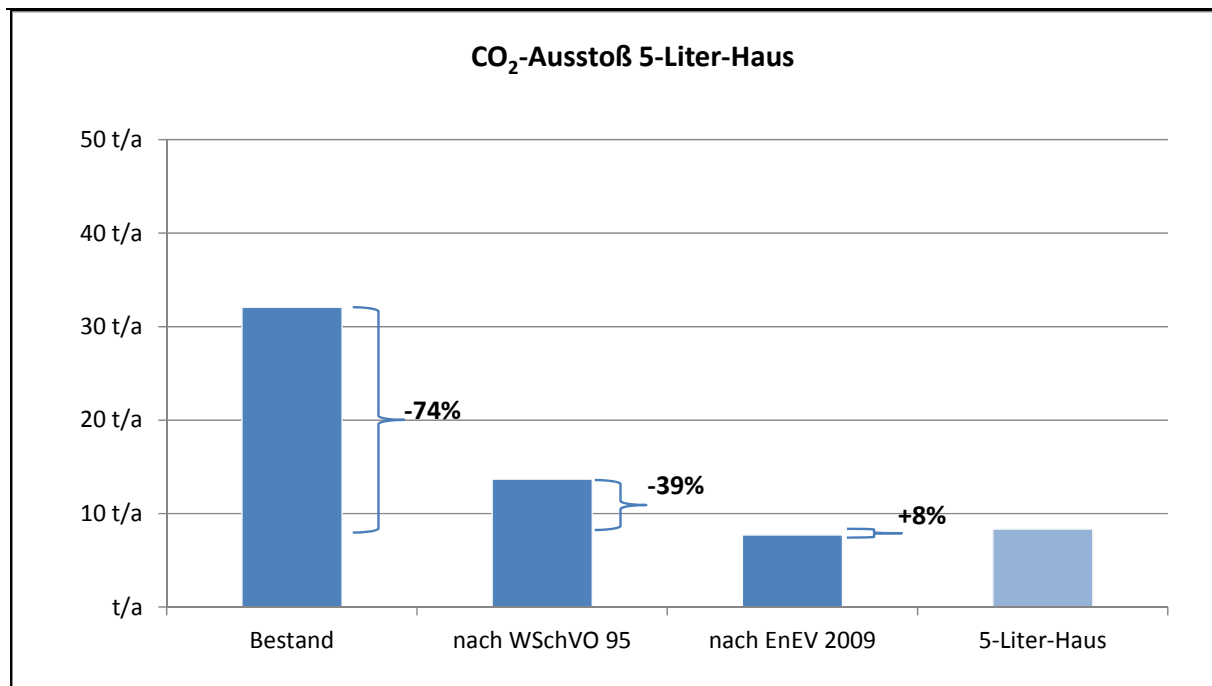


Abbildung 26: CO₂-Emissionsvergleich für das 5-Liter-Haus

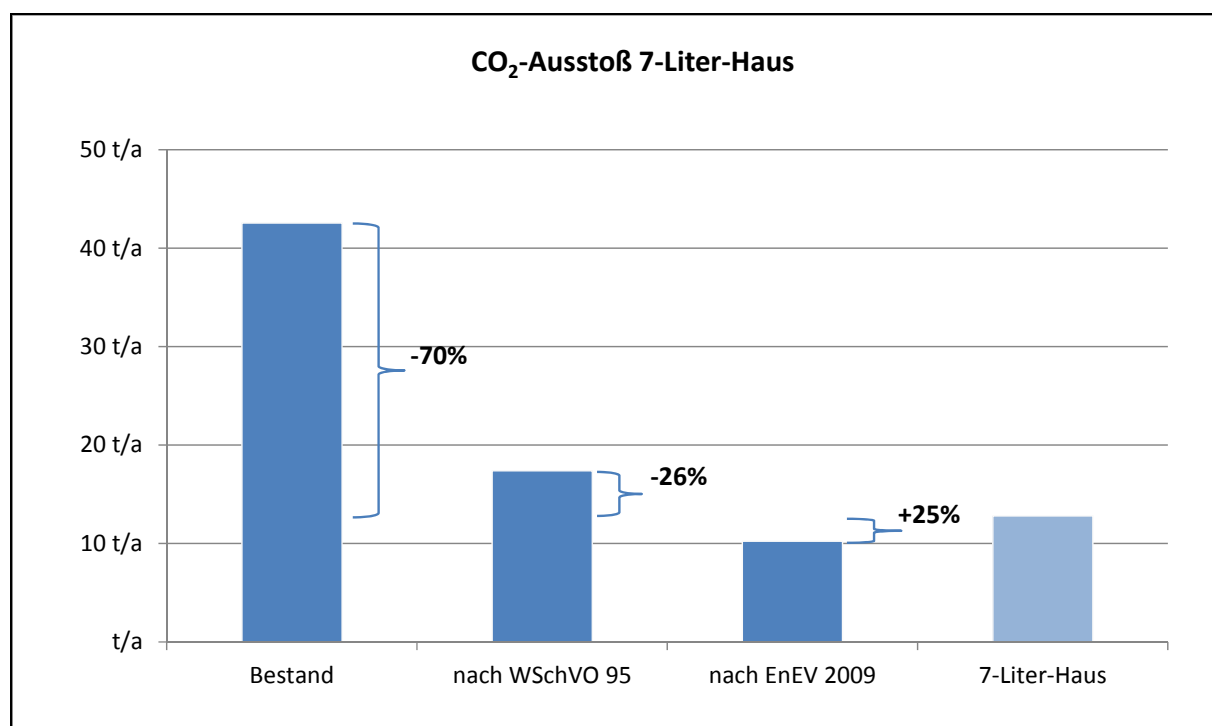


Abbildung 27: CO₂-Emissionsvergleich für das 7-Liter-Haus

Hinsichtlich des gesamten Lebenszyklus der zum Einsatz gekommenen unterschiedlichen Dämmmaterialien (z.B. Styrodur® im Sockel, Neopor® in der Fassade und im Dach) lässt sich in einer Ökobilanzanalyse¹⁰ ermitteln, wie das Verhältnis zwischen der zur Produktion, Logistik bzw. Entsorgung notwendigen eingesetzten Energie (sog. graue Energie) und der Ener-

¹⁰ Quellen: <http://bau-umwelt.de> und <http://www.nachhaltigesbauen.de/oekobaadat/>

gieeinsparung durch Reduktion des Heizwärmebedarfs aufgrund der besseren thermischen Hülle der Gebäude durch Dämmmaßnahmen ausfällt. Zusammenfassend ergaben die Ökobilanzanalysen für die unterschiedlichen Dämmmaßnahmen ähnliche Relationen zwischen grauer Energie und den errechneten Energieeinsparungen (siehe Abbildung 28 bis Abbildung 30). Schon nach kurzer Zeit (d.h. rund 1 Jahr) wird die graue Energie durch die Heizenergieeinsparungen der unterschiedlichen Dämmmaßnahmen kompensiert. Zukünftige Energieeinsparungen leisten danach einen nachhaltigen Beitrag zur Umweltentlastung.

Die Relation zwischen grauer Energie und den Energieeinsparungen verschiebt sich bei den unterschiedlichen Energieeffizienz-Konzepten des 1-, 3-, 5- und 7-Liter-Hauses mit dem abnehmenden Grenznutzen der Wärmedämmung hinsichtlich der zu erzielenden zusätzlichen Energieeinsparung bei zunehmenden Dämmstoffdicken. So fällt die Ökobilanz bei den 5- bzw. 7-Liter-Haus-Konzepten leicht besser aus als bei dem höherwertigen 3-Liter-Haus-Konzept.

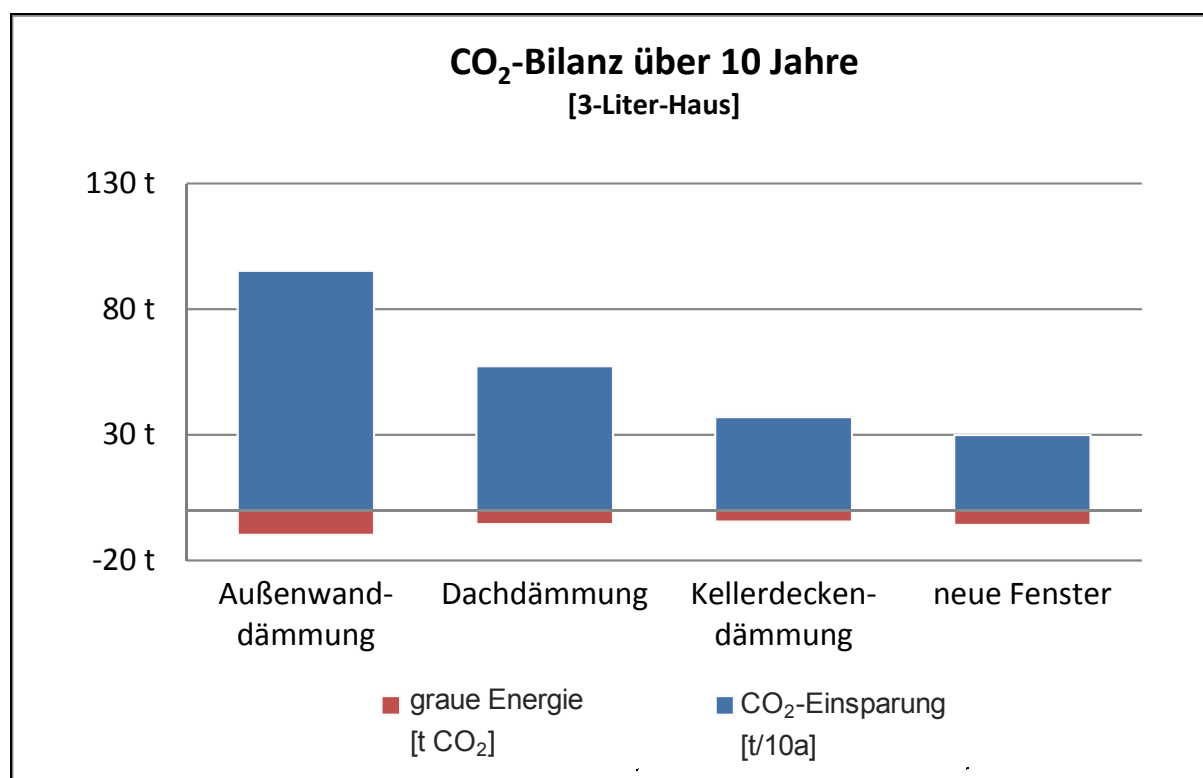


Abbildung 28: Ökobilanzierung über 10 Jahre für das 3-Liter-Haus für unterschiedliche Energieeffizienz-Maßnahmen

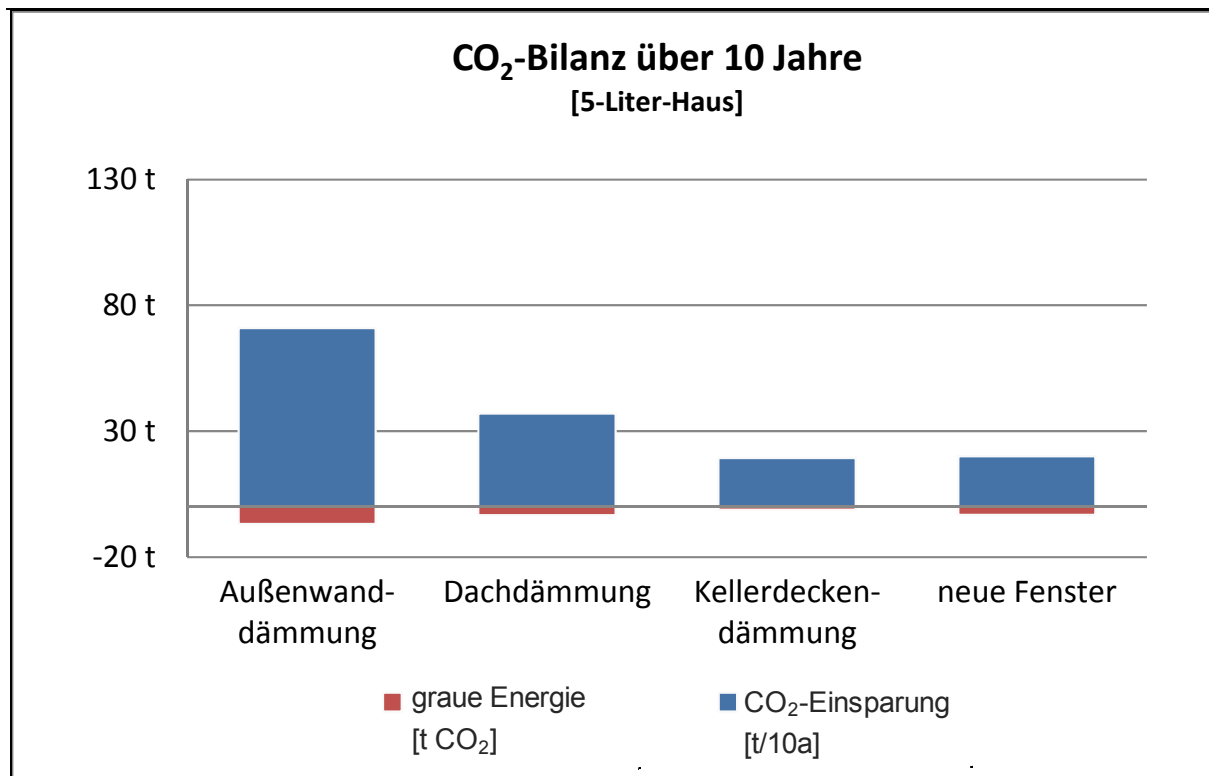


Abbildung 29: Ökobilanzierung über 10 Jahre für das 5-Liter-Haus für unterschiedliche Energieeffizienz-Maßnahmen

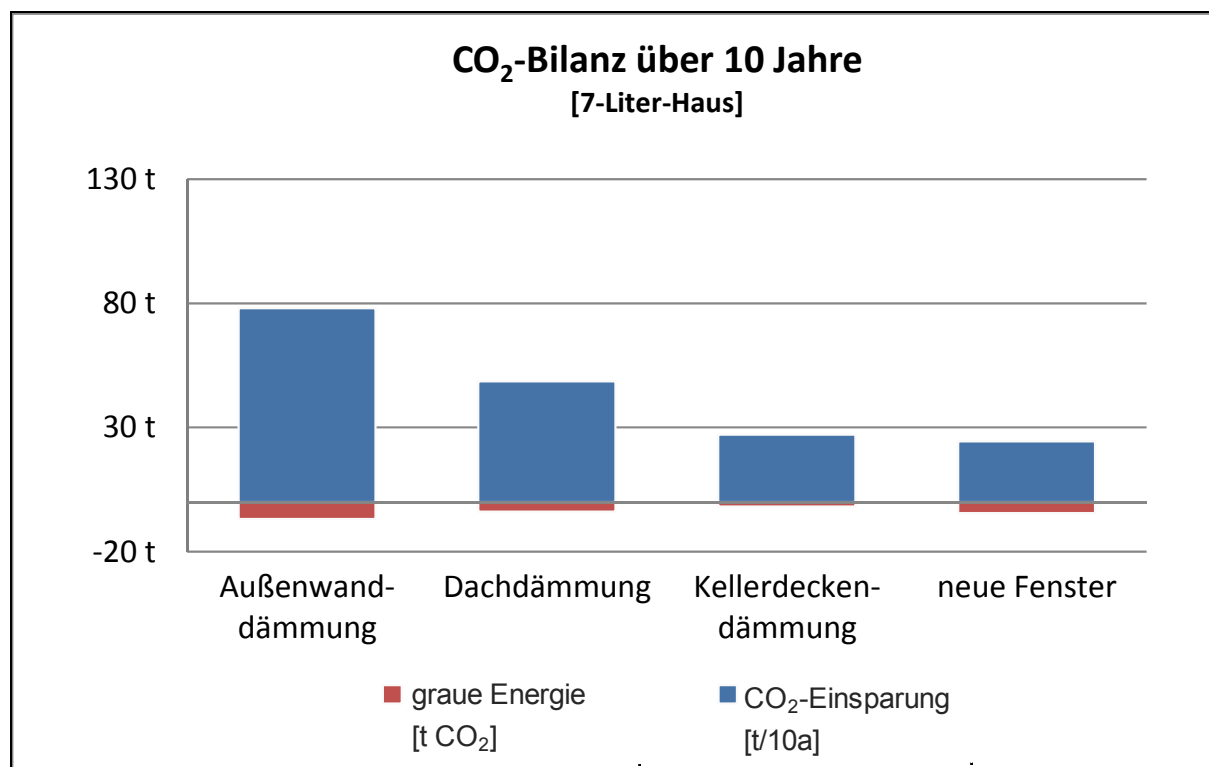


Abbildung 30: Ökobilanzierung über 10 Jahre für das 7-Liter-Haus für unterschiedliche Energieeffizienz-Maßnahmen

Die Wahl der zum Einsatz kommenden Dämmmaterialien hat hinsichtlich der Ökobilanzierung einen nicht zu unterschätzenden Einfluss. So weisen kunststoffbasierte Dämmstoffe, wie zum Beispiel Neopor®, aufgrund Ihrer besseren thermischen Wiederverwertbarkeit gegenüber mineralischen (z.B. Mineralwolle) auf der Quadratmeterbasis WDVS einen wesentlich geringeren Anteil an grauer Energie auf. Zusätzlich sind kunststoffbasierte Dämmstoffe bei gleicher Dämmleistung wirtschaftlich gesehen pro eingesetztem Euro kosteneffizienter und führen beim direkten Vergleich in einer Ökoeffizienzanalyse¹¹, in der die Wirtschaftlichkeit und die Umweltverträglichkeit in einer normierten Skalierung gleichzeitig beurteilt werden, zu einer vorteilhafteren Positionierung (siehe Abbildung 31).

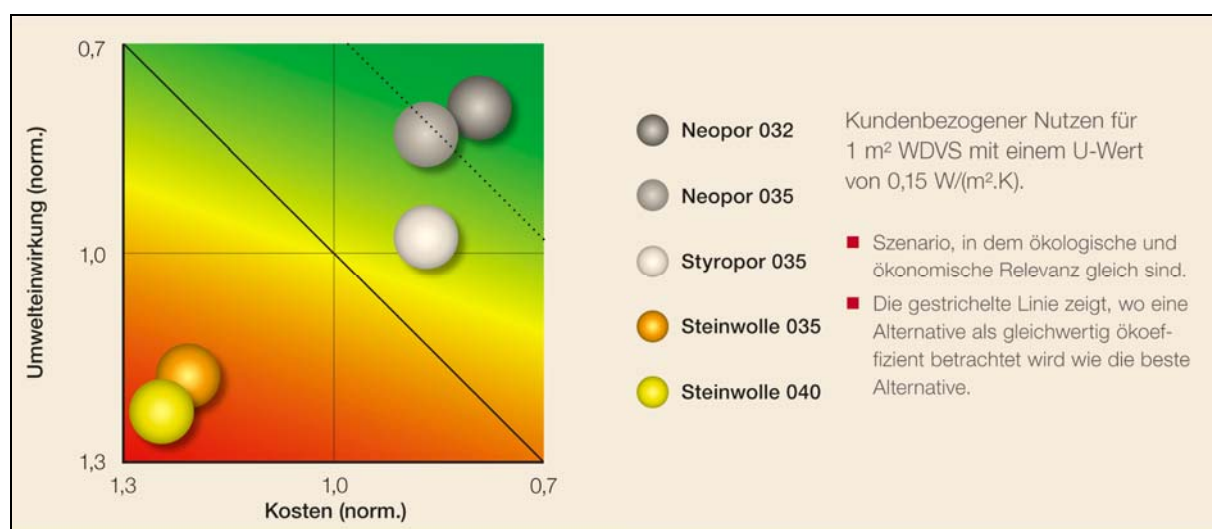


Abbildung 31: Ökoeffizienzanalyse unterschiedlicher Dämmmaterialien

Innerhalb der Gruppe der organischen Dämmstoffe weisen Dämmmaterialien mit einem besseren, d.h. niedrigeren Lambda-Wert (geringerer Wärmedurchgangskoeffizient) eine geringfügig bessere Ökoeffizienz auf.

5.3.2 Regenerative Energien

Der Einsatz regenerativer Energien ist bei modernen energetischen Gebäudekonzepten ein integraler Bestandteil, um eine ökonomische Energieeffizienz und Nachhaltigkeit langfristig sicherstellen zu können. Er hängt sehr stark von den lokalen Gegebenheiten, der Verfügbarkeit regenerativer Energiequellen (Sonne, Geothermie, etc.) und dem jeweiligen Quartierskonzept einer energetischen Modernisierung ab. Die lokale Erzeugung und der direkte Verbrauch von regenerativer Energie (Wärme, Strom) stellen die effizienteste Methode dar, um die Umwelt zu schonen und Energiekosten gering zu halten. Dies spiegelt sich in den letzten Jahren auch in der Gesetzgebung wider, die den Einsatz von regenerativen Energien zwingend vorschreibt und Förderprogramme zum Einsatz regenerativer Energieerzeugungssysteme aufsetzt.

¹¹ Bei der von der BASF entwickelten Ökoeffizienz-Analyse handelt es sich um eine Analyseinstrument, in dem die Wirtschaftlichkeit eines Produkts ins Verhältnis zu den Auswirkungen auf die Umwelt gesetzt wird.

Im Brunckviertel wurde schon vor rund einem Jahrzehnt die Bedeutung regenerativer Energien erkannt und in das gesamte Revitalisierungskonzept integriert. So wurden neben den heute etablierten Photovoltaik- und Solarthermie-Modulen auch eine Brennstoffzelle und ein BHKW als gebäudeübergreifende Wärme- und Stromlieferanten eingesetzt.

5.4 Sozio-kulturelle Evaluation

Im Rahmen der sozio-kulturellen Evaluation wurde analysiert, welche Konsequenzen eine ganzheitliche Quartiers-Modernisierung auf das Nutzerverhalten und die empfundene Wohnqualität der Mieter bzw. Wohnungsbesitzer haben kann.

Gerade in hoch energieeffizienten Gebäuden wie dem 1-, 3- und 5-Liter-Haus spielt der Nutzer bei der Realisierung der tatsächlichen Energieeinsparpotenziale eine zentrale Rolle, da der ordnungsgemäße Umgang mit einem Energieeffizienzhaus ein diszipliniertes und planvolles Handeln der Bewohner erfordert. Ein richtiges Lüftungsverhalten ist gerade in sehr luftdichten Gebäuden besonders wichtig, um eine gesunde Luftqualität zu gewährleisten und starke Temperaturschwankungen (Unterkühlung und/oder Überhitzung) in den Wohnräumen zu vermeiden. Denn dies kann zu einer Beeinträchtigung des klimatischen Wohlbefindens der Bewohner führen. Zwar kann durch den geeigneten Einsatz von Haus- und Gerätetechnik (z.B. mechanisches Lüftungssystem mit Wärmerückgewinnung) bzw. Mess- und Regeltechnik das Risiko einer Fehlbedienung reduziert werden, aber auch hier kann individuelles Fehlverhalten dazu führen, dass die errechneten Energieeinsparpotenziale nicht realisiert werden können. Daher ist eine Nutzereinweisung in energetisch hochwertige Gebäude unerlässlich. Durch geeignete technische Monitoringsysteme sollten den Nutzern darüber hinaus die Konsequenzen ihres Verhaltens vor Augen geführt werden.

Im Zusammenhang mit energetisch hochwertigen Gebäuden wird häufig das Konzept des Warmmietmodells diskutiert, in dem Mieter aufgrund des geringen errechneten Wärmebedarfs nur eine feste, relativ günstige Kostenpauschale für Heizung und Warmwasser zahlen müssen. Dieses Konzept wurde seinerzeit bei den 1-Liter-Häusern im Brunckviertel als neues Mietmodell eingeführt. Es zeigte sich in der Langzeitbetrachtung, dass in einigen Fällen durch exzessive Nutzung des Warmwassers der Energieverbrauch über dem berechneten Bedarf lag. Deshalb wird derzeit geprüft, ob die Pauschale zukünftig angepasst werden muss. Gesamtwirtschaftlich gesehen ist ein Verbundprinzip aus Nutzung und Zahlung von Energieverbräuchen auf Einzelhaushaltsebene die effektivste Methode, Energieeinsparpotenziale zu realisieren. Ansonsten besteht die Gefahr, dass aufgrund eines möglichen Trittbrettfahrerverhaltens im Solidarverbund zwischen Vermieter und allen in das Quartierskonzept eingebundenen Mietern und Wohnungseigentümern nicht mehr sparsam mit Ressourcen umgegangen wird.

Ein weiterer wichtiger sozio-kultureller Aspekt im Rahmen von nachhaltigen Modernisierungen liegt in der möglichen Erhöhung der Wohnqualität in thermischer, akustischer, optischer und lufthygienischer Hinsicht. Zur Ermittlung dieser qualitativen Aspekte wurde eine umfangreiche empirische Studie von der HAWK Hochschule Hildesheim/Holzminde/Göttingen (Prof. Schlegel, Fakultät Gestaltung) konzipiert und durchgeführt, in die neben dem Mieterbestand der Brunckviertelmodernisierung aus Repräsentativitätsgründen auch Mieter einer weiteren nachhaltigen Quartiers-Modernisierung in Darmstadt (Bauverein AG) miteinbe-

zogen wurden¹². Insgesamt wurden rund 187 Personen unterschiedlichen Alters und Geschlechts, Mieter von Wohnungen mit und ohne Lüftungsanlage in einem persönlich geführten Interview oder über einen schriftlichen Fragebogen befragt. Im Folgenden sollen die wesentlichen Ergebnisse der sozio-kulturellen Untersuchung dargestellt werden.

5.4.1 Befragungsergebnis zur klimatischen Qualität der Wohnungen nach der energetischen Modernisierung

Ein sehr großer Anteil der Bewohner (rund 80 %) ist mit der klimatischen Qualität der Wohnungen nach der energetischen Modernisierung zufrieden, aber auch ein kleiner Anteil von rund 7 % fühlt sich in der Wohnung klimatisch unwohl (siehe Abbildung 32).

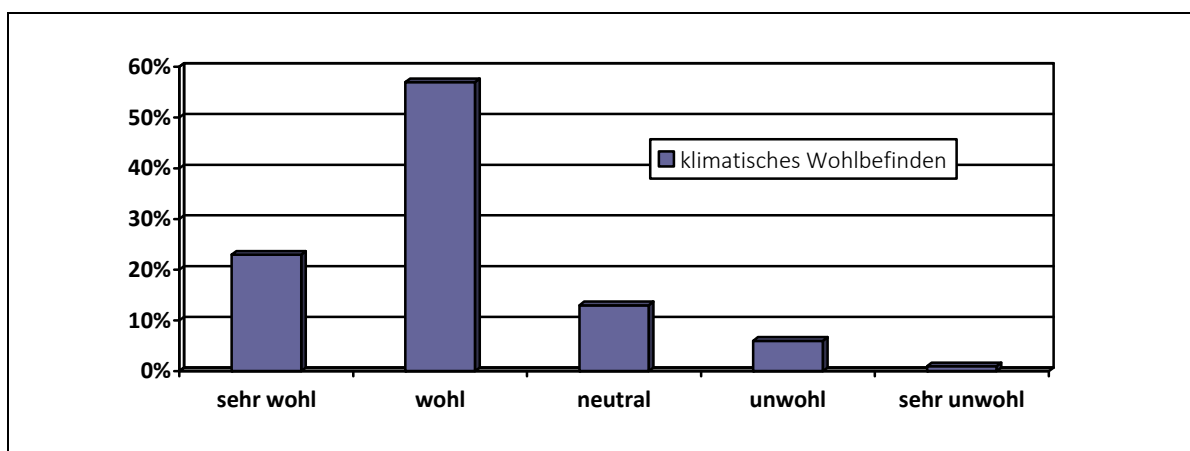


Abbildung 32: Umfrageergebnisse zum klimatischen Wohlbefinden der Bewohner

Signifikant dabei ist, dass das Wohnklima in der kalten Jahreszeit bezüglich thermischer Behaglichkeit deutlich positiver beurteilt wird als in sommerlichen Hitzeperioden. Rund 27 % beklagen sich darüber, dass an warmen Sommertagen leicht eine Überhitzungssituation in ihren Wohnungen entsteht, während „nur“ rund 3 % der Befragten an kalten Tagen ein zu schnelles Absinken der Wohnungstemperatur wahrnehmen. Dies ist ein Indiz dafür, dass der sommerliche Wärmeschutz u.U. aufgrund unzureichender Verschattungsmöglichkeiten noch verbesserungswürdig ist bzw. die Nutzer durch ein fehlerhaftes Lüftungs- oder Verschattungsverhalten einen nicht zu unterschätzenden Beitrag zur Überhitzungssituation leisten. So führt das vermeintliche Fensterlüften an heißen Tagen nicht zwangsweise zu einer Abkühlung im Wohnungsinnen. In passivhausähnlichen Häusern, die aufgrund der guten thermischen Hülle häufig mit einer niedrig dimensionierten Heizungsanlage ausgestattet sind, führt ein zu langes und nicht sachgerecht ausgeführtes Lüften an kalten Tagen zu einer starken Temperaturabsenkung in der Wohnung, die durch die installierte Heizungstechnik nur langsam wieder kompensiert werden kann. Die fehlende schnelle thermische Kompensationsmöglichkeit wird von vielen Nutzern als Beeinträchtigung der klimatischen Behaglichkeit empfunden.

¹² Eine Veröffentlichung der Untersuchungsergebnisse ist vom Lehrstuhl Prof. Schlegel derzeit in Vorbereitung.

Eine weitere Komforteigenschaft der Raumklimas wird in der relativen Luftfeuchtigkeit gesehen, die idealerweise in einem Bereich zwischen 45 % und 65 % liegen sollte, um von den Bewohnern als angenehm empfunden zu werden. Aufgrund der zunehmenden Luftdichtigkeit von energetisch hochwertigen Gebäuden wird die Lüftung der Innenräume häufig von Lüftungsanlagen übernommen. Gerade in den Wintermonaten mit kalten Außentemperaturen kann bei fehlender Luftbefeuchtung in den Lüftungsanlagen die relative Luftfeuchtigkeit auf Werte absinken, die unterhalb der als angenehm empfundenen Komfortzone liegen. In der empirisch durchgeführten Analyse empfanden rund 65 % der Bewohner die Luftfeuchtigkeit als angenehm. Für rund 30 % der Befragten lag die Luftfeuchtigkeit dagegen eher im trockenen bzw. zu trockenen Bereich und nur ein relativ kleiner Anteil (rund 5 %) empfand die Luftqualität als zu feucht (siehe Abbildung 33).

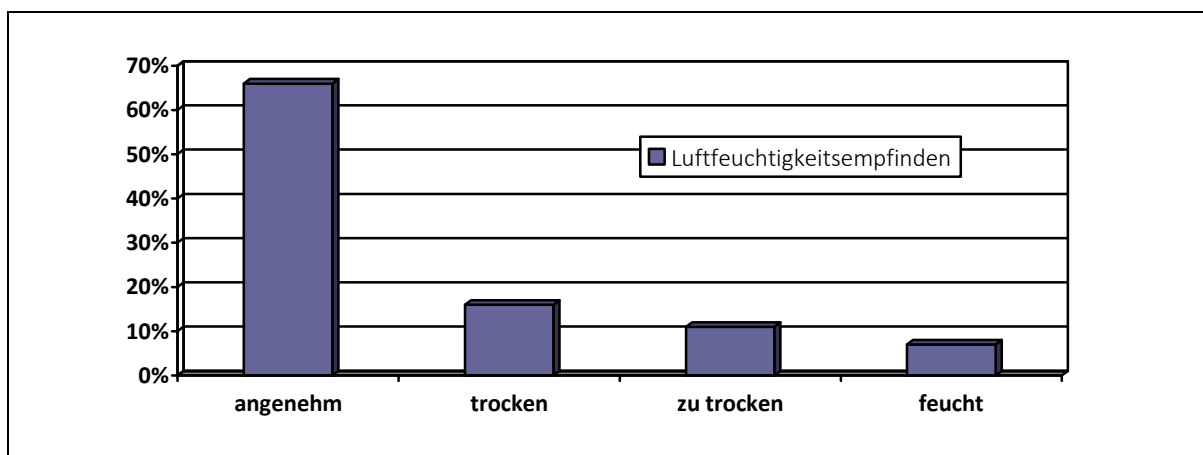


Abbildung 33: Umfrageergebnisse zum Luftfeuchtigkeitsempfinden der Bewohner

Das Lüftungsverhalten der Bewohner in den modernisierten Wohnungen entsprach in der empirischen Studie den Durchschnittswerten von Stoß- und Kurzzeitlüftungen aus anderen Untersuchungen. Ein signifikanter Unterschied der Auswertungsergebnisse bzgl. Bewohner von Wohnungen mit und ohne Lüftungsanlage konnte ebenfalls nicht festgestellt werden. Es besteht dennoch die leichte Tendenz, dass Wohnungen mit einer Lüftungsanlage zu einer besseren Gesamtbeurteilung der klimatischen Wohnungsqualität führen.

Neben dem Raumklima, der gleichmäßigen Innenraumtemperatur und dem geringen Energieverbrauch wurden von den Befragten weitere qualitative Kriterien wie natürliche Helligkeit in den Wohnräumen und eine lärmreduzierte Umgebung als explizit wichtige Wohlfühlkriterien genannt, die sich im Rahmen der Quartiers-Modernisierung verbessert haben. Auch scheint die optische Attraktivität des gesamten Wohngebietes inklusive einer ansprechenden äußeren Fassadengestaltung bei den Bewohnern eine wichtige Rolle zu spielen. Immerhin 2/3 der Befragten gaben an, dass dies ihr persönliches Wohnqualitätsempfinden deutlich positiv beeinflusst hat.

Insgesamt lässt sich hinsichtlich des Wohnklimas feststellen, dass mit steigender Energieeffizienz der Gebäude auch die klimatischen Komfortansprüche der Bewohner steigen. So werden häufig alle Räume einer Wohnung regelmäßig beheizt und die durchschnittliche Zimmertemperatur liegt über dem Niveau vor der energetischen Modernisierung. Damit zeigt sich,

dass energieeffiziente bauliche Maßnahmen neben dem ökonomischen Aspekt der Energiekosteneinsparung auch einen Beitrag zur Verbesserung der Wohnqualität leisten.

5.4.2 Befragungsergebnis zur Einstellung zu Nachhaltigkeitsthemen und Veränderung des persönlichen Umweltbewusstseins

In einem weiteren Befragungskomplex sollte analysiert werden, inwieweit Nutzern von energieeffizienten Wohnungen überhaupt bewusst ist, dass sie in nachhaltigen Immobilien wohnen und welche persönlichen Konsequenzen dies für andere Lebensbereiche hat.

Ein Großteil der neuen Mieter, die erst nach Fertigstellung der Modernisierung in ihre Wohnung eingezogen sind, hat die Energieeffizienz nicht als wesentliches Entscheidungskriterium bei der Wohnungsauswahl herangezogen. Viele sind in ihre Wohnungen eingezogen, ohne gewusst zu haben, dass es sich um ein energiesparendes Haus handelt.

Obwohl viele Befragte den Begriff der Nachhaltigkeit inhaltlich richtig mit den Attributen soziale Verantwortung, Ökologie und Zukunftsfähigkeit verorten konnten, konnten die meisten unter ihnen außer der vordergründigen Kosteneinsparung durch eine bessere Energieeffizienz der Häuser keine weitere Veränderung in ihrer persönlichen Einstellung gegenüber Nachhaltigkeitsthemen feststellen. Immerhin rund 33 % der Befragten gaben an, dass sich ihre Einstellung zum nachhaltigen Agieren aufgrund der Tatsache, dass sie in einem energieeffizienten Haus leben, auch auf andere Lebensbereiche übertragen hat. Insbesondere setzte diese Gruppe sich intensiver mit der Fragestellung auseinander, durch welche baulichen Maßnahmen welcher Grad an Energieeffizienz erreicht werden kann.

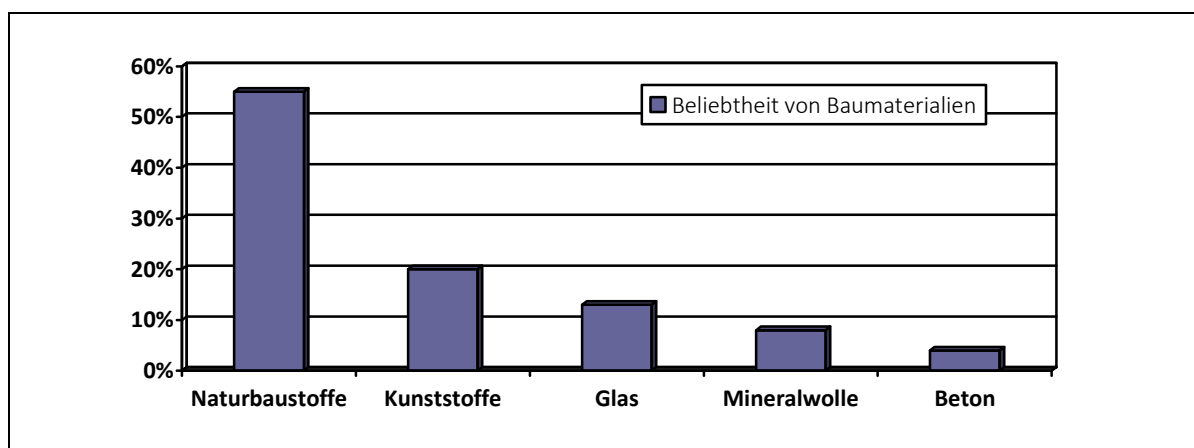


Abbildung 34: Umfrageergebnisse zur Beliebtheit von Baumaterialien

Bezüglich einzelner Baumaterialien im Wärmedämmbereich genießen Dämmstoffe wie EPS und XPS aufgrund ihrer positiven bauphysikalischen Eigenschaften bei gleichzeitiger Wirtschaftlichkeit eine hohe Anerkennung. Rund 67 % der Befragten sind mit dem Einsatz von kunststoffbasierten Dämmmaterialien zufrieden, rund 27 % haben keine explizite Präferenz in Richtung eines bestimmten Dämmstoffes und nur 6 % würden sich dagegen entscheiden. Hätten die Befragten die Option, sich selbst und bewusst für Baumaterialien im Zusammenhang mit Wärmedämmung zu entscheiden, würden die meisten natürlichen Baumaterialien (Ziegelstein, Holz, Lehm, Hanf) auswählen. Kunststoffbasierte Dämmstoffe

liegen mit 20 % auf dem zweiten Platz und mineralische Dämmstoffe finden sich mit 8 % auf Platz 4 wieder (siehe Abbildung 34). Insbesondere wird den natürlichen Baumaterialien generell eine bessere Recyclingfähigkeit als allen anderen Baumaterialien unterstellt.

6 Fazit

Die Langzeitstudie der Brunckviertel-Revitalisierung in Ludwigshafen zeigt exemplarisch auf, welche einzelwirtschaftlichen und gesamtwirtschaftlichen Potenziale in ganzheitlichen Modernisierungsvorhaben im Immobiliensektor liegen können. Insbesondere macht sie auch deutlich, dass die Themenfelder Energieeffizienz, städtebauliche Qualität, Wohnkomfort und Wirtschaftlichkeit keinen Widerspruch darstellen, sondern sich bei richtiger Planung auf ideale Weise ergänzen. Die damit verbundene Komplexität in der Planung, Umsetzung und der Kontrolle stellt höchste Anforderungen an alle Akteure ganzheitlicher Quartiers-Modernisierungen, um sämtlichen relevanten technischen, ökonomischen, ökologischen und sozio-kulturellen Nachhaltigkeitsaspekten gleichermaßen Rechnung zu tragen. Nur durch eine möglichst frühzeitige Einbindung aller Interessenslagen von Investoren, Mietern, Kommunen und den an der Modernisierung involvierten Baubeteiligten lassen sich nachhaltige Quartierskonzepte erfolgreich umsetzen. Die daraus resultierenden Vorteile liegen auf unterschiedlichen Ebenen und kommen allen Beteiligten zugute (siehe Abbildung 35).

Investor/Eigentümer	Mieter/Immobilienutzer	Kommune/Staat
<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung der Zukunftssicherheit der Immobilien: <ul style="list-style-type: none"> • Langfristige Vermietbarkeit • Reduzierung Leerstandsquoten • Geringere Mieterfluktuation • Erhöhung der Kaltmieten aufgrund höheren Wohnwertes (teilweise unter Einhaltung der Warmmietneutralität) • Reduzierung der Lebenszykluskosten: <ul style="list-style-type: none"> • Geringere laufende Instandhaltungs-/Instandsetzungskosten • Geringere Wohnungswechselkosten <p>→ Absicherung der Renditen → Positive Cashflow-Entwicklung → Wertsteigerung der Immobilien</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Geringere Nebenkosten bzgl. Heizung/Warmwasser (bis zu 80% Reduktion) • Risikoabsicherung gegenüber zukünftiger Energiepreiserhöhungen • Erhöhung des Wohnkomforts: <ul style="list-style-type: none"> • Thermische Behaglichkeit • Luftqualität • Höhere Funktionalität (z.B. Barrierefreiheit, Familieneignung) • Aufwertung der Wohnung aufgrund attraktiverem Wohnumfeld <p>→ Geringere Nebenkosten → Höhere Wohnqualität → Höhere Wohnfunktionalität → Höhere Arbeitsproduktivität (bei Bürogebäuden)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Qualitative Aufwertung von Wohnquartieren und Stadtteilen: <ul style="list-style-type: none"> • Verhinderung von Segregation • Attraktiveres Stadtbild • Attraktiver Wohnraum zieht neue Arbeitskräfte und Unternehmen in die Kommunen • Gesellschaftlicher Beitrag zur: <ul style="list-style-type: none"> • Corporate Social Responsibility • Energiewende • Erreichung der kommunalen und EU-weiten Klimaschutzziele <p>→ Attraktivere Kommunen → Beitrag zur gesellschaftlichen Verantwortung</p>

Abbildung 35: Vorteile einer ganzheitlichen Quartiersmodernisierung

Die simultane Berücksichtigung verschiedener Fachdisziplinen, die unterschiedliche Aspekte einer Nachhaltigkeit abdecken, macht einen integralen Planungsprozess und eine permanente Partizipation aller Beteiligten notwendig. Innovationen aus dem Haustechniksektor und aus dem Bereich innovativer Baustoffe helfen dabei, die technischen und klimapolitischen Herausforderungen anzunehmen und damit einen Beitrag in Richtung gesellschaftlicher Gesamtverantwortung zu leisten.