

ENERGETISCHE MODERNISIERUNG DES WOHNUNGSBESTANDES

Brunckviertel Ludwigshafen

Projektdokumentation

Autoren: Eberhard Hinz, IWU, Darmstadt
Karl Arenz, LUWOGÉ, Ludwigshafen

Sanierung des Brunckviertels in Ludwigshafen

Objektbeschreibung

Bereits in den dreißiger Jahren hatte die Badische Anilin- und Sodafabrik, die heutige BASF AG, beschlossen, unmittelbar vor ihren Werkstoren die Arbeitersiedlung „Brunckviertel“ zu errichten. Anders als bei den später überwiegend an den Stadträndern angelegten Gartenstädten liegt das mit üppigen Grünflächen durchsetzte Brunckviertel inmitten urbanen städtischen Lebens.



Ansicht des Viertels vor der Sanierung. Im Osten schließt sich das Werksgelände der BASF an

Der 2. Weltkrieg hinterließ auch im Brunckviertel seine Spuren. Die stark zerstörten Gebäude wurden jedoch mit den dürftigen Mitteln der Nachkriegsjahre nach ursprünglichen Plänen wieder in vollem Umfang aufgebaut. So entstand zum zweiten Mal eine Arbeitersiedlung, die sich aus 150 Häusern mit mehr als 850 Wohnungen und einer Gesamtwohnfläche von 48000 Quadratmetern zusammensetzt.

Über 50 Jahre später hat der Zahn der Zeit an den Häusern genagt. Außerdem fordert die niedere Qualität der damals nach dem Krieg verfügbaren Baumaterialien ihren Tribut. Die Gebäude befanden sich durchweg in einem baulich sehr schlechten Zustand.

Das alte Brunckviertel

Mit ihren großen Küchen, den im Verhältnis eher eng bemessenen Wohn- und Schlafbereichen sowie den karg ausgestatteten kleinen Nasszellen, dokumentierten die Wohnungen die Lebensgewohnheiten

der Aufbaujahre. Zuschnitt und Größe der Wohnungen entsprechen aber nicht mehr den heutigen Anforderungen. Entsprechend lag der Leerstand vor der Modernisierung bei ca. 30 %.



Typisches Gebäude aus dem Brunckviertel vor der Modernisierung

Sanierungsziel

Das Wohnungsunternehmen LUWOGÉ hat gemeinsam mit Fachexperten der Stadt Ludwigshafen und dem Land Rheinland-Pfalz ein Konzept erarbeitet, um das Brunckviertel in Ludwigshafen mit einem Gesamtaufwand von etwa 100 Millionen Mark bis 2006 umfassend zu modernisieren. Das Konzept der angestrebten nachhaltigen Stadtentwicklung sieht eine Synthese von Erhaltung und Rekonstruktion bestehender Gebäude sowie Abriss und Neubau vor. Ziel ist es, die Siedlung und die Gebäude mit vertretbaren Mitteln heutigen bzw. zukünftigen Anforderungen anzupassen. Neben neuer Grundrissgestaltung und adäquater Innenausstattung der Wohnungen erhalten sämtliche Gebäude einen baulichen Wärmeschutz, der den Anforderungen der Energieeinsparverordnung an den Neubau entspricht bzw. diese sogar übertrifft. Im Brunckviertel ist das "7-Liter-Haus" Standard bei der energietechnischen Modernisierung.

Innovation in der Altbausanierung

Als innovativen Ansatz entschloss sich die LUWOGÉ darüber hinaus zu einem Pilotprojekt: Mit einem Gebäude sollte gezeigt werden, dass ein Jahresheizwärmebedarf von umgerechnet nur 3 Liter Öl pro m² Wohnfläche erreicht werden kann. Das entspricht einer Einsparung um den Faktor 8 durch die energetische Modernisierung.

Das Bauvorhaben wurde im April 2000 begonnen. Der Bezug durch die Mieter erfolgte im April 2001. Erste Messergebnisse aus dem „3-Liter-Haus“ zeigen, dass die angestrebte Energieeinsparung sogar noch überschritten wurde.

Das neue Brunckviertel hat Zukunft

Grundlegende Idee war die nachhaltige Modernisierung des gesamten Viertels. Sowohl die alten als auch die neuen Bewohner sollten sich mit ihrem Viertel identifizieren. Aus diesem Grund wurden die Planungen offen diskutiert und Mieter dazu aufgefordert, an den Vorstellungen des Rahmenkonzeptes teilzunehmen und ihre Wünsche zu äußern.

Ältere Menschen sind im Brunckviertel ein voll integrierter Teil des innerstädtischen Lebens. Damit sie sich später in "ihren Wohnungen" richtig wohl fühlen, setzte man sich schon im Vorfeld mit ihnen an einen Tisch, um in Gesprächen die individuellen Wünsche und Bedürfnisse der Bewohner einer "altersgerechten Wohnung" besser kennen zu lernen.

Nach Abschluss der Sanierung werden von den 850 zum Teil viel zu kleinen Wohnungen nur noch ungefähr 500 Wohnungen bei fast gleich großer Gesamtwohnfläche übrig bleiben. Das bedeutet, dass nicht alle Bewohner in ihre Wohnung zurückkehren können. Dieser geplanten Entwicklung wurde durch die Tatsache Rechnung getragen, dass seit 1996 bis zum Beginn der Maßnahmen Wohnungen gezielt nicht mehr neu vermietet wurden.

Da man als Werkwohnungsunternehmen die traditionelle Klientel der Schichtarbeiter bedienen wollte, spielt in den mit Verkehrslärm konfrontierten Wohnungen auch der Schallschutz eine wichtige Rolle.

Ein weiteres Ziel war es, den Durchgangsverkehr, der das Viertel zerschneidet, umzulenken. Im Rahmen des Verkehrskonzeptes hat man sich daher in Abstimmung mit der Stadt Ludwigshafen darauf geeinigt, einige Straßen im Viertel zu verkehrsberuhigten Zonen umzubauen. In den Tiefgaragen der Neubauten werden ausreichend Parkplätze zu Verfügung gestellt.

Die Brunckstraße als nordöstliche Begrenzung des Wohngebietes Brunckviertel wird im gesamten Bereich zur Allee ausgebaut, mit Platanen links und rechts der Straße. Sie wird damit zum repräsentativen Entrée im Norden der Stadt Ludwigshafen.

Das Wohnumfeld ist attraktiv geworden, beispielsweise durch die Neugestaltung bestehender Grünflächen, die Entsiegelung von Flächen oder die Aufwertung der Innenhöfe mit kleinen Spielplätzen und Ruhezonem.



Gestaltete Innenhöfe mit Spiel- und Ruhebereichen

Allgemeine Bauinstandsetzung

Die Instandsetzung umfasst neben der ohnehin fälligen Sanierung der Gebäudehülle auch die Erneuerung der Elektroanlagen sowie eine Treppenhäuserenovierung. Bei der umfassenden Gebäudemodernisierung mit dem Ziel, die Wohnqualität den heutigen Ansprüchen anzupassen, wurden des Weiteren die Wohnungsgrundrisse verändert (Maurer- und Abbrucharbeiten), Zentralheizungen eingebaut, die Bäder modernisiert, die Balkone vergrößert, neue Fenster und Türen eingebaut und neue Böden verlegt.

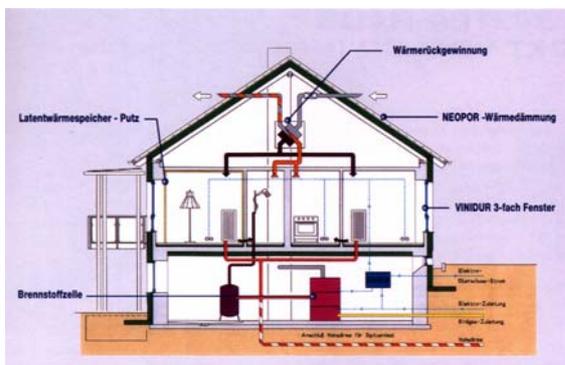


Typisches „7-Liter-Haus“ im Brunckviertel

Die energetische Modernisierung

Sämtliche Gebäude erhielten einen Wärmeschutz, der mindestens den Neubau-Anforderungen gemäß der Energieeinsparverordnung entspricht. Bei der Dämmung der Gebäudehülle wurden an Stelle der heute noch üblichen Dämmstoffe der Wärmeleitgruppe WLK 040 solche der WLK 035 eingesetzt.

Das 7-Liter-Haus in der Altbausanierung ist Mindeststandard im Brunckviertel. Damit wurde eine Reduktion der CO₂-Emissionen um 70 bis 80 % erreicht. Beim Pilotprojekt, dem „3-Liter-Haus“, wurde der Wärmeschutz nochmals verstärkt und insbesondere im Bereich von Wärmebrücken besonders aufwändige Maßnahmen ergriffen.



Schemaschnitt 3-Liter-Haus

Die Außenwände im 3-Liter-Haus wurden im Zuge der Sanierungsarbeiten mit einem 20 cm dicken Wärmedämmverbundsystem aus NEOPOR versehen. Der Gebäudesockel erhielt ab der Oberkante der Kellerfenster bis in eine Tiefe von ca. 1 m in das Erdreich eine 18 cm starke Perimeterdämmung. Zusätzlich wurde die Wärmebrückenwirkung im Bereich der Kellerwände durch eine rund umlaufende horizontale Dämmschürze verringert.



Montage des Wärmedämmverbundsystems: Erkennbar ist eine der punktuellen Verankerungen des vorgeständerten Balkons

Die auskragenden Balkone wurden abgesägt und durch eine vorgestellte - thermisch entkoppelte - Konstruktion ersetzt. Ohne diese Maßnahme hätte jeder Meter auskragende Balkonplatte zu einem vergleichbaren Wärmeverlust von 4 m² gedämmter Außenwand geführt. Anstelle der für Neubauten üblichen Hauseingangstüren mit $U_T \approx 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ wurden energetisch hochwertige Türen mit $U_T = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ eingesetzt.

Die möglichen Dämmstärken auf und unter der Kellerdecke waren im 3-Liter-Haus durch die vorhandenen Raumhöhen begrenzt. Daher wurde die Kellerdecke 14 cm unterseitig und - verbunden mit erheblichen Mehrkosten - 6 cm oberseitig gedämmt. Als unvermeidliche Wärmebrücken verbleiben die Außenwandaufleger aus Beton und die Beton-Kellerwände in der Mitte des Gebäudes, auf denen tragende Innenwände stehen. Die nicht tragenden Kellerwände wurden durchtrennt und auf diese Weise thermisch von der Kellerdecke entkoppelt. Neue Innenwände im EG wurden oberhalb der Dämmebene als Leichtbaukonstruktionen aufgestellt.

Die durchgehenden Treppenhäuser liegen innerhalb der thermischen Hülle und reichen vom Kellerabgang bis zum Dachboden. Die Kellerabgänge durchdringen die wärmedämmende Ebene im Erdgeschoss und führen zu erhöhten Wärmeverlusten. Problematisch im 3-Liter-Haus erwies sich die luftdichte Ausführung der Kellertüren.

Die alten einfach verglasten Fenster wurden im 3-Liter-Haus durch passivhaustaugliche Fenster mit 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasung ($U_{\text{Glas}} = 0,75 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, $U_{\text{Fenster}} = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) ausgetauscht. Als zusätzliches architektonisches Element erhielt das 3-Liter-Haus Schiebeläden.

Das Steildach im 3-Liter-Haus erhielt eine 10 cm Zwischen-Sparren-Dämmung und zusätzlich eine 20 cm Auf-Sparren-Dämmung.



Südansicht 3-Liter-Haus: Die Balkone stehen thermisch getrennt vor der Gebäudehülle, die Fensterläden erfüllen keine energetischen Anforderungen

Die Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Um den Wohnkomfort zu verbessern und zusätzlich Energie einzusparen, wurde eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung installiert. Die erwärmte Zuluft wird durch Pollenfilter gereinigt und strömt über Wohnzimmer und Schlafzimmer nach. Die Wohnräume erhalten so kontinuierlich frische Luft. Verbrauchte und mit Gerüchen belastete Luft aus Bad und Küche kann nicht in den Wohnbereich gelangen und wird kontinuierlich abgezogen. Diese Abluft gibt ihre Wärme über einen Plattenwärmetauscher an die frische Zuluft ab und verlässt abgekühlt das Gebäude. Dabei erfolgt kein Luftaustausch oder eine Luftaufbereitung.

Als Überströmöffnungen zwischen den einzelnen Räumen einer Wohnung wurden Spalte von mindestens 1 cm lichter Höhe unter den Innentüren vorgesehen.



Zuluftventil (Weitwurfdüse) über einer Innentür

Die hocheffiziente Wärmerückgewinnung reduziert die Lüftungswärmeverluste. Die projektierte hohe Rückwärmezahl von 85 % bei gleichzeitig hoher Luftqualität wird allerdings nur dann auch erreicht, wenn das Zentralgerät mit dem Wärmetauscher ausreichend luftdicht ist und gut gedämmt ist.

Tatsächlich erwies sich das Gerät bei Messungen vor Ort als nicht vollständig dicht. Die internen Leckagen führten zu Kurzschlussströmungen von der Abluftseite in die Zuluft. Geruchsbelästigungen in den Wohnungen können die Folge solcher Mängel sein. Hier musste nachgebessert werden.

Auch der vom Hersteller des Gerätes vorgesehene Wärmeschutz mit einem nach Herstellerangaben mittleren U-Wert von $0,82 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ war unzureichend, weil dabei die Wärmebrückenwirkung der umlaufenden Umhüllung aus verzinktem Stahlblech mit den erforderlichen Durchdringungen nicht berücksichtigt wurde. Die Nachrechnung ergab einen mittleren U-Wert von etwa $2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Dieser Wärmeverlust verringert die Effizienz des Gerätes entscheidend. Daher wurde das zentrale Lüftungs-

gerät auf eine schall- und wärmedämmende Unterlage gestellt und nachträglich gedämmt.

Das Lüftungsgerät steht innerhalb der thermischen Hülle des Gebäudes. Daher müssen auch die kalten Außen- und Fortluftrohre innerhalb der thermischen Hülle mindestens 10 cm dick gedämmt werden.

Jede Wohnung verfügt über eine eigene Zu- und Abluftführung zum Zentralgerät. Die Luftwechselraten können daher in jeder Wohnung optimal geregelt werden.

Das Heizsystem

Im Zuge der Sanierungsarbeiten wurden die alten Ofenheizungen durch eine zentrale Heizanlage im Keller ersetzt. Die Verteilleitungen außerhalb der thermischen Hülle des Gebäudes wurden doppelt so stark wie nach der Energieeinsparverordnung vorgeschrieben gedämmt, um die Verteilungsverluste auf ein vertretbares Maß zu reduzieren.

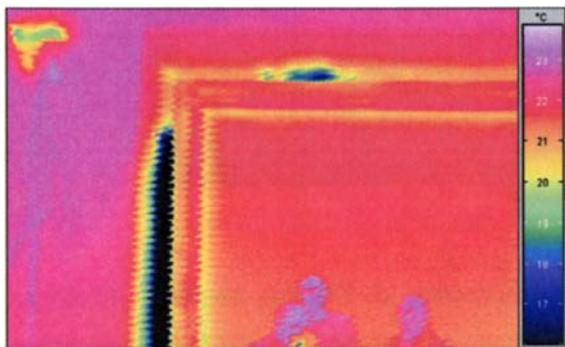
Messprogramm zur Lüftungsanlage

In einem umfangreichen Messprogramm mit über 150 Sensoren wurden neben Klimadaten auch Temperatur und Feuchte in einzelnen Räumen sowie der CO_2 -Gehalt der Raumluft und Fensteröffnungsstellungen als Indikatoren für das Raumklima und die Raumluftqualität kontinuierlich gemessen. Zusätzlich wurden alle Parameter zur Beurteilung der Effizienz der Lüftungsanlage kontinuierlich erfasst. Die Messungen wurden ergänzt durch den Wasser- und Stromverbrauch je Wohnung. Zum Teil wurden auch die Nutzergewohnheiten dokumentiert.

Die Messergebnisse belegen eine ausgezeichnete Raumluftqualität und eine hohe Behaglichkeit in den Wohnungen. Auffällig - aber bei vergleichbaren Projekten durchaus häufig - ist, dass die Bewohner mit $22 \text{ }^\circ\text{C}$ eine deutlich höhere Raumlufttemperatur bevorzugen als den Standard von $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Thermografie zur Qualitätssicherung

Neben diesen kontinuierlichen Messungen wurden zusätzlich thermografische Untersuchungen als Außen- und Innenthermografie, zum Teil in Verbindung mit einem Blower-Door-Test, durchgeführt. Die Ergebnisse sind in einem umfangreichen Bericht dokumentiert.



Nachweis von Leckagen im Bereich des Fensters durch eine Unterdruck-Innenthermografie, verursacht durch ungenügend justierte Beschläge

Beispiel Fenster: Die luftdichtende Ebene geht vom Flügel- über den Blendrahmen mit einem Butylkautschuk-Klebeband auf den Innenputz über. Mit der Unterdruck-Innenthermografie wurde nachgewiesen, dass dieser Übergang im Wesentlichen gut ausgeführt wurde. An einigen neuen Fenstern und Fenstertüren wurden aber zum Teil große Leckagen zwischen Flügel- und Blendrahmen festgestellt. Man erkennt diese Stellen in der Thermografie sehr deutlich durch die verringerte Oberflächentemperatur. Hier drang kalte Außenluft während der Unterdruckmessung ein. Die Messungen wurden im Beisein der Fensterbaufirma durchgeführt, die Leckagen durch Nachjustieren der Beschläge unmittelbar behoben.

Blower-Door-Messungen

Nach Baufertigstellung wurde ein n_{L50} -Wert von ca. $1,0 \text{ h}^{-1}$ gemessen. Für eine Bestandssanierung, bei der nur begrenzt ein schlüssiges Luftdichtungskonzept erstellt werden konnte, ist dies ein sehr gutes Ergebnis und noch ausreichend für den sinnvollen Betrieb einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Die wesentlichen Leckagen wurden bei den Durchdringungen im Dach (Sparren) sowie im Bereich des Kellerabgangs (Kellertüren und Durchbrüche) vermutet.

Zur Qualitätssicherung wurden auch während der Bauphase Blower-Door-Tests durchgeführt. Die nachgewiesenen Leckagen wurden in Grundrisspläne eingezeichnet, die dem Architekten zur Information übergeben wurden. Im Folgenden sind die wesentlichen und zudem typischen Fehlstellen benannt:

- Installationsschächte

Sämtliche Installationsschächte erwiesen sich an den Durchdringungen der Zwischendecken als undicht. Die Auswirkungen für das energetische Konzept sind zwar gering (Ausnahme Kellerdecke zum EG), grundsätzlich können diese Leckagen aber zu Geruchsübertragungen führen.

- Unverputzte Wandbereiche

Nicht sichtbare Wandabschnitte waren zum Teil unverputzt. In einigen Wohnungen trugen diese Flächen wesentlich zur Gesamtleckage bei. Beispiele sind unverputzte Mauerdurchbrüche für Türen oder Leichtbauwände an unverputzten Außenwänden. Ein Türrahmen ist keine Luftdichtung. Außenwände sollten von der Rohdecke bis zum Rohfußboden verputzt sein, bevor Leichtbauwände angeschlossen werden.

- Steckdosen in Außenwänden

Die Mehrzahl der Steckdosen in Außenwänden war undicht. Werden Leerrohre verwendet, sollten die Anschlüsse der Leerrohre an die Dose im Innern mit Silikon abgedichtet werden. Zudem müssen die Dosen vollständig in Gips eingesetzt werden.

- Dachgauben

An der Treppenhausaube wurden bereits bei einer Außenthermografie relativ hohe Oberflächentemperaturen festgestellt, was auf einen baulichen Mangel hindeutet. Bei der Blower-Door-Messung wurden stellenweise an den Stoßfugen der Gipskartonplatten und an der Durchdringung für die Deckenlampe ein deutlicher Luftzug festgestellt. Daraufhin wurde die Deckenverkleidung entfernt. Es stellte sich heraus, dass die luftdichtende Folie auf größere Strecken nicht verklebt war. Der nachgewiesene Mangel wurde nachträglich korrigiert.

- Durchdringungen im Dach

Die zahlreichen Durchdringungen und alten Dachbalken im Dachstuhl sind besonders schwierig und in der Bestandssanierung faktisch nur mit hohem Aufwand abzudichten. Die Standardlösung ist die sorgfältige Umklebung mit einem geeigneten Klebeband.



Durchdringungen der luftdichtenden Ebene im Dach müssen mit hohem Aufwand dauerhaft abgedichtet werden

Im 3-Liter-Haus erfolgte die Abdichtung nach Herstellerangaben mit einem Luftdichtungs-Klebeband. Die Ausführung wirkt sehr unfachmännisch, erwies sich aber im Drucktest als luftdicht. Die Dauerhaftigkeit sollte aber zu einem späteren Zeitpunkt überprüft werden.

Bewohnerbefragungen

Projektbegleitend wurden den Bewohnern des 3-Liter-Hauses Fragebögen zugeschickt, um ihre Zufriedenheit beurteilen zu können. Generell ist zu sagen, dass die Bewohner nach den Umzug aus ihren bisherigen Wohnungen keine Umstellungsschwierigkeiten hatten und sich im 3-Liter-Haus sehr wohl fühlen. Allerdings mussten sich die Bewohner an die Lüftungsanlage gewöhnen. Gute Luft trotz geschlossener Fenster: Das war zunächst ungewöhnlich. Inzwischen wird die Lüftungsanlage aber sehr gut angenommen. Die Ergebnisse der Untersuchungen wurden den Bewohnern rückgemeldet. Zudem erhielten sie auch eine grafische Auswertung der Messergebnisse.

Energieeinsparung

Vor der energetischen Modernisierung hatte das Gebäude einen Heizwärmebedarf von ca. 240 kWh/(m²a). Der nach der Sanierung gemessene Heizwärmeverbrauch lag bei weniger als 25 kWh/(m²a). Klimabereinigt und unter standardisierten Nutzungsbedingungen ergibt sich bei 12 °C Heizgrenztemperatur ein Heizwärmeverbrauch von ca. 29 kWh/(m²a). Durch die energetische Sanierung wurde in diesem Pilotprojekt fast der Faktor 10 bei der Energieeinsparung erreicht.

Anmerkung: Die hier angegebenen Werte beziehen sich immer auf die beheizte Wohnfläche (671,5 m²). Bei einem Bezug auf die nach der Energieeinsparverordnung relevante Nutzfläche (hier: A_N = 1034 m²) ergäben sich wesentlich geringere spezifische Verbrauchswerte!

Fazit

Das im Rahmen der Sanierung des Brunckviertels aufgebaute Netzwerk zwischen der BASF und externen Partnern führte durch den intensiven Know-How-Austausch zu neuen, hochwertigen Lösungen im Marktsegment Bauen und Wohnen und stärkte die Innovationskraft aller beteiligten Partner. Mit dem 3-Liter-Haus wurden wichtige Erfahrungen gesammelt, um das Bedürfnis des Marktes nach wirtschaftlichen und ökologischen Lösungen in der Altbauansanierung zu erfüllen.

Der besondere Vorteil des Know-How-Verbundes bei diesem Projekt lag in der Beteiligung der gesamten „Product-Chain“. Beginnend bei der Forschung über die Produktion und Anwendungstechnik bis hin zum Endmarkt Wohnungswirtschaft, waren sämtliche Akteure einbezogen. Dies erhöhte das gegenseitige Verständnis, deckte Probleme auf und führte zu innovativen Lösungen. Dadurch wurde die Systemkompetenz des Wohnungsunternehmens im Bereich der energetischen Altbaumodernisierung erheblich erhöht.

Die wohnungswirtschaftliche Kooperation mit kompetenten, starken und engagierten Partnern führte zu einer Win-Win-Situation: Der Prototyp „3-Liter-Haus“ in Verbindung mit dem nachhaltigen Stadtentwicklungsprojekt Brunckviertel bedeutet für die Mieter eine hohe Wohn- und Lebensqualität bei tragbaren Mieten durch deutlich reduzierten Wohnnebenkosten. Für die Stadt Ludwigshafen wurde dieser Wohnstandort wieder attraktiv und das Brunckviertel zu einer guten Adresse. Die deutlich gestiegene Nachfrage nach Wohnraum im Brunckviertel bestätigt diese Entwicklung. Der Nutzen für das Bundesland Rheinland-Pfalz liegt in der Bereitstellung von erfolgreichen Praxisbeispielen der nachhaltigen Stadtentwicklung und innovativen Technologieträgern wie dem „3-Liter-Haus“ sowie in der Dokumentation der Machbarkeit durch vorbildhaftes Projektmanagement. Für den Investor bzw. das Wohnungsunternehmen verbesserte sich die Wettbewerbssituation und damit die Vermietbarkeit der Wohnungsbestände. Gleichzeitig erhöhte sich durch die energetische Modernisierung der Netto-Mietertrag und über die Ertragswertsteigerung auch der Unternehmenswert insgesamt.

Ansprechpartner

LUWOGÉ
Wohnungsunternehmen der BASF GmbH,
Ludwigshafen

Herr Arenz
karl.arenz@basf-ag.de

3-Liter-Haus im Brunckviertel Ludwigshafen, LUWOGÉ

Haustyp: Kl. Mehrfamilienhaus

Baualter: 1951

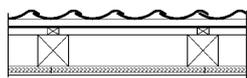
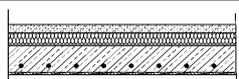
Geschosszahl: 3

Wohneinheiten: 9

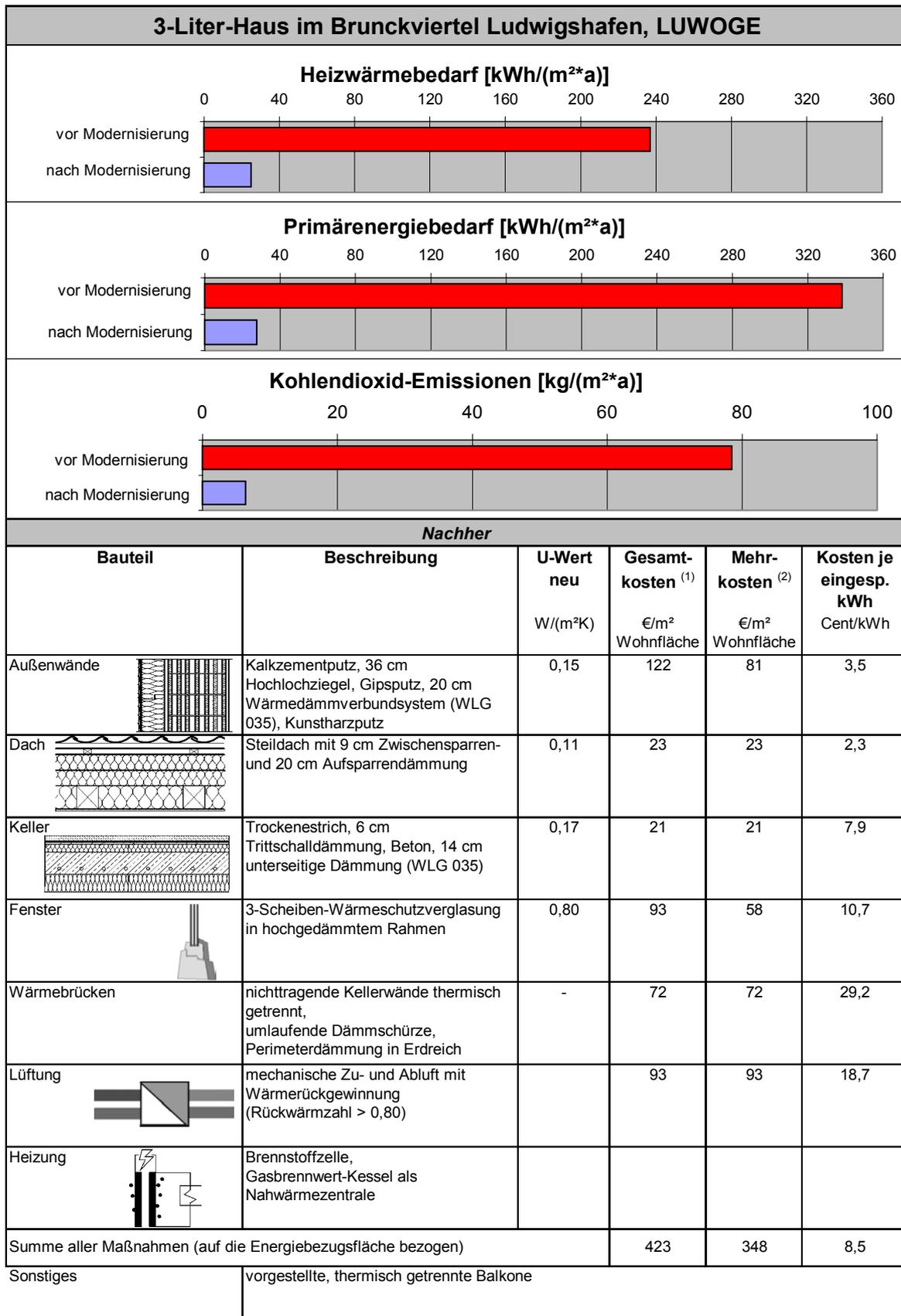


Eigentümerin: LUWOGÉ, Wohnungsunternehmen der BASF AG

Vorher

Bauteil	Beschreibung	U-Wert alt W/m²K	Anmerkung
Außenwände 	Kalkzementputz, 36 cm Hochlochziegel, Gipsputz	1,44	umfangreiche Putzsanierung war erforderlich
Dach 	Steildach mit 2 cm Heraklittdämmung	1,48	
Keller 	Linoleum, Zementestrich, Beton	0,85	
Fenster 	Nachträglich eingebaute Kunststofffenster mit Isolierverglasung	2,70	teilweise Einfachverglasung
Wärmebrücken	unveränderte Standardsituation		
Lüftung	Fensterlüftung		
Heizung	Einzelöfen		

Alle Berechnungen wurden mit dem Energiepass Heizung/Warmwasser durchgeführt.



⁽¹⁾ Die Gesamtkosten wurden auf der Basis der abgerechneten Kosten ermittelt und schließen die Mehrwertsteuer mit ein.

⁽²⁾ Anteil der Mehrkosten gegenüber den ohnehin anfallenden Kosten für die erforderliche Instandsetzung.