

# Praxisbeispiel: Modernisierung Mehrfamilienhaus Jean-Paul-Platz 4, Nürnberg

Burkhard Schulze Darup, Architekt, Aufraben 96, 90475 Nürnberg [schulze-darup@t-online.de](mailto:schulze-darup@t-online.de)



Abb. 1: Vor der Sanierung



Abb. 2: Nach Fertigstellung

Energetische Gebäudesanierung wurde als ein wesentlicher Zielpunkt im Rahmen des EU-Ziel-2-Programms für die Nürnberger Südstadt festgelegt. Die wbg Nürnberg als Wohnungsbaugesellschaft mit hohem Innovationspotenzial [WBG 2002] konnte im Rahmen dieses Programms für eine Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten gewonnen werden. Die Wahl des Sanierungsobjekts fiel auf ein Mehrfamilienhaus am Jean-Paul-Platz 4 mit sechs Wohnungen á 149 m<sup>2</sup> Wohnfläche. Das Gebäude wurde 1930 erbaut. Die Sanierung wurde im bewohnten Zustand durchgeführt. Die Förderung erfolgte durch das bayerische Wirtschaftsministerium in Verbindung mit dem EU-Ziel-2-Programm.

## 1 Konstruktion

Das Gebäude weist folgende Konstruktionsmerkmale auf: die Außenwände sind aus Vollziegeln, Geschossdecken als Holzbalkendecken mit Fehlböden und die Kellerdecke aus Betonhourdis. Der Dachboden ist nicht ausgebaut. Die Sanierung wurde umfassend ausgeführt, wobei die energetisch relevanten Bauteile besondere Beachtung erführen. Zugleich wurde ein möglichst sparsames Sanierungskonzept angewandt: es wurden nur geringfügige Grundrissänderungen durchgeführt in zwei Wohnungen sowie ein Kellerabgang entfernt und die Kellerorganisation geringfügig verändert. Folgende Maßnahmen wurden durchgeführt:

- Erstellen eines neuen Heizraums im Dachbodenbereich, Teilabriss von Kaminen
- Erneuern der Sockelausbildung samt Rabatten ohne Aufgraben des Kellers
- Neueindeckung des Daches und der Erneuerung aller Bleche
- Montieren von Aufschieblingen im Traufbereich zur Erzielung eines Dachüberstands
- Ausführung eines Wärmedämmverbundsystems

- Dämmung der Kellerdecke und des Kellerabgangs
- Dämmung des Dachbodens inkl. Estrich, des Kniestocks und des Treppenhauskopfes
- Vollständiger Austausch aller Fenster inkl. Kellerfenster
- Neue Hauseingangstür und Dachboden- sowie Kellertür, Abdichtung der Wohnungstüren
- Treppenhaussanierung inkl. Sprechanlage, Briefkastenanlage und Vordach
- Errichtung von überdachten Balkons für alle Wohnungen
- Erneuern der Heizungsanlage inkl. Demontage einer alten Schwerkraftanlage
- Solarthermieanlage mit Schichten-Pufferspeicher
- Zentrale Warmwasserversorgung mit neuer Anbindung aller Bäder
- Lüftungsanlagen für alle Wohnungen dezentral
- Modernisierung der Elektroanlage außerhalb der Wohnungen

Nicht ausgeführt wurden folgende Leistungen

- Baderneuerung
- Schönheitsreparaturen in den Wohnungen.

Das Kostenziel für die baulichen Maßnahmen betrug 560 €/m<sup>2</sup> Wohnfläche (Kostengruppe 300/400 nach DIN 276 inkl. MWSt).

Im folgenden werden die energetisch relevanten Maßnahmen eingehender beschrieben.

## 1.1 Wand

Die Außenwände sind aus Vollziegeln gemauert in einer Gesamtdicke von 41 cm. Sie wiesen im Zustand vor der Sanierung einen U-Wert von 1,4 W/(m<sup>2</sup>K) auf. Sie wurden mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) mit einer Dämmdicke von 20 cm versehen. Dabei wurde Polystyrol mit Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 verwendet, die bei einer sehr niedrigen Rohdichte von 15 kg/m<sup>3</sup> durch Zusatz von Graphit bei der Herstellung erreicht wird. Der resultierende U-Wert beträgt 0,15 W/(m<sup>2</sup>K). Die erhöhte Dammstärke war ohne Probleme durchführbar. Für das Gewerk des Wärmedämmverbundsystems lag dem Vertrag mit dem Auftragnehmer ein äußerst günstiges Kostenangebot zu Grunde. Dennoch wurde mit hoher Sorgfalt gearbeitet. Seitens des WDVS-Herstellers wurde eine regelmäßige Qualitätskontrolle durchgeführt. Mehraufwand ergab sich aus dem sehr unebenen Untergrund in Form von Mehrungen beim Verbrauch des Klebers für die Dämmplatten.

## 1.2 Decke über 2. Obergeschoss

Bei dem Gebäude wird der Dachboden nicht genutzt, soll aber grundsätzlich begehbar ausgebildet werden. Die Fehlbodendecke über dem 2. Obergeschoss bildet somit den thermischen Abschluss nach oben. Ausgehend von  $U = 0,87 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  im unsanierten Zustand wurde folgender Aufbau durchgeführt: PE-Folie als luftdichtende Bahn, PS-Dämmung WLG 035 mit 25 cm Dicke, Ölpapier als Trennlage und Zementestrich mit 6 cm Aufbauhöhe. Es wurde also wiederum eine begehbare Lösung durchgeführt. Der resultierende U-Wert beträgt 0,12 W/(m<sup>2</sup>K).

### 1.3 Kellerdecke

Bei Erstellung des Gebäudes wurde die Kellerdecke aus Stahlbetonträgerdecken mit eingehängten Betonhourdis erstellt. Die Kellerhöhe betrug vor der Sanierung etwa 2,15 m, sodass eine maximale Dämmhöhe von 14 cm möglich war. Diese wurde in Form von PS-Dämmung WLG 035 erstellt. In den Flurbereichen wurde aus brandschutztechnischen Gründen Mineralwolle verwendet. Die Oberflächen wurden verspachtelt mit eingelegtem Glasfasergewebe. Der U-Wert vorher betrug  $0,88 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , nach der Sanierung beträgt der Wert  $U = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  verbessert.

### 1.4 Fenster

Die Kastenfenster von 1930 waren bis vor der Sanierung im Originalzustand erhalten. Seitens der Mieter wurden extreme Klagen hinsichtlich der fehlenden Dichtheit dieser Fenster geäußert. Eine Beibehaltung oder Überarbeitung der Kastenfenster war nicht sinnvoll. Die Nebenräume und Treppenhäuser waren mit Einfachfenstern versehen. Die Montage erfolgte seinerzeit mit einem Anschlag hinter der äußeren Steinschicht, was bei einer Fenstertiefe von ca. 18 cm zu einer kleinen inneren Leibungstiefe von ca. 8 cm führte. Bei der Fensterdemontage musste der Putz auf Grund der soliden Einbauweise bis über die Innenkante hinaus entfernt werden, was zu relativ hohen Aufwendungen für die späteren Einputzarbeiten führte. Der Einbau der passivhaus-geeigneten Kunststofffenster erfolgte mit ca. 5 cm Einstand von der Außenputzkante, sodass innen eine Leibungstiefe von ca. 37 cm entstand, während außen das ursprüngliche Bild mit etwa 15 cm erhalten blieb. Die Dämmung umgreift außen das Fenster um ca. 7 cm. Der Einbau erfolgte mit Montagewinkeln. Die Einjustierung in die Dämmebene erwies sich als schwierig, weil die Außenwand erhebliche Maßtoleranzen aufwies. Geringe Abweichungen konnten dabei in Kauf genommen werden. Die Tiefe der Fensterbänke musste präzise auf die neue Putzebene abgestimmt werden. Rollläden waren vor der Sanierung vorhanden, wurden jedoch nicht erneuert bzw. neu erstellt.



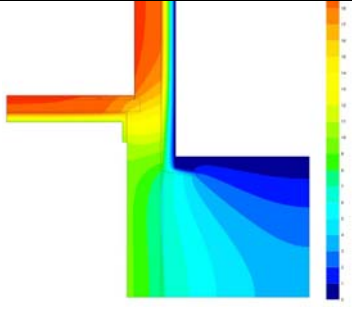
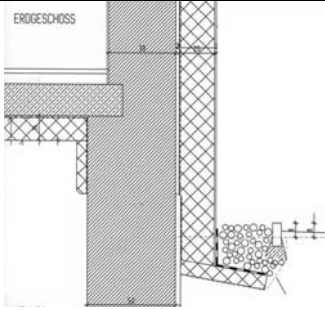
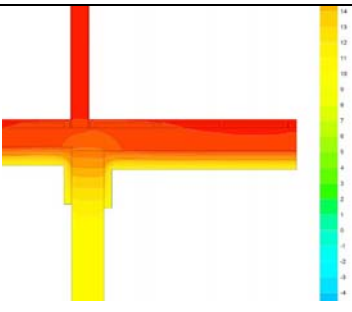
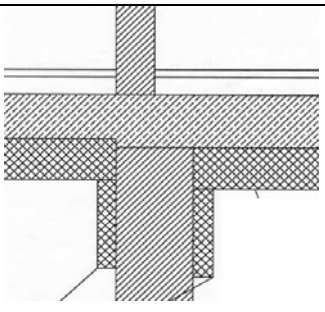
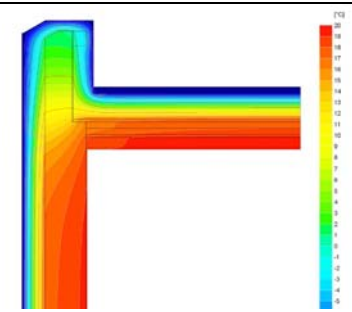
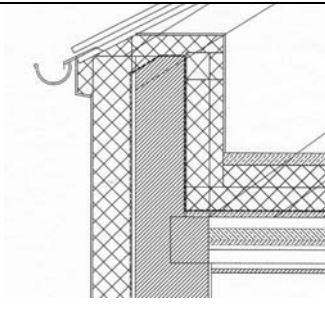
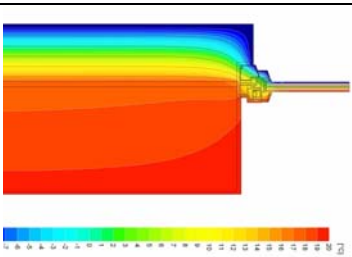
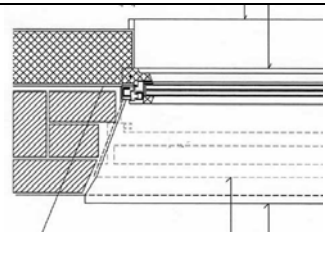
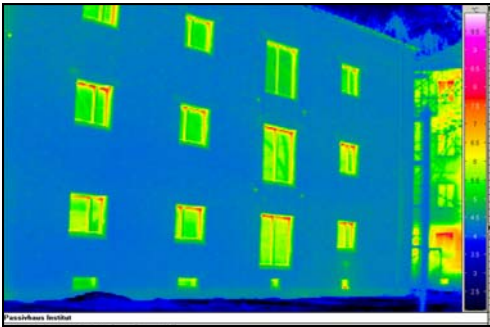
**Abb. 3: WDVS 20 cm dick –  
luftdichter Anschluss an das Fenster**



**Abb. 4: Dämmung der KG-Decke und  
Wärmebrückenreduktion an den Wänden**

# Wärmebrücken

Zu den Wärmebrücken wurde auf Grundlage der Architektendetails mit dem PHI ein Abstimmungsgespräch durchgeführt und danach durch das PHI Berechnungen zur Optimierung erstellt [PHI 2003]. Eine Auswahl der Lösungen wird tabellarisch dargestellt – eine vertiefende Darstellung erfolgt in den weiteren Beiträgen dieses Bandes:

		<p>Sockelbereich Keller-Außenwand: die Dämmung wird aus Kostengründen nur 25 cm tief ins Erdreich eingebunden, ergänzend wird eine nach außen verlaufenden Frostschürze verlegt; <math>\Psi_a = 0.134 \text{ W/(mK)}</math></p>
		<p>Kellerinnenwände zu aufgehendem Mauerwerk im EG: durch die senkrechte Fortsetzung der Dämmung an den Kellerwänden nach unten (30 cm) wurde <math>\Psi_a = 0.30 \text{ W/(mK)}</math> erreicht, bei den 38 cm dicken KG-Wänden <math>\Psi_a = 0.46 \text{ W/(mK)}</math></p>
		<p>Kniestock: durch vollständiges Umdämmen des Kniestocks mit einer Dicke von seitlich 20 cm und oberhalb 10 cm ergibt sich: <math>\Psi_a = 0.056 \text{ W/(mK)}</math></p>
		<p>Fenster: Wärmebrücke vergleichbar einer Neubau-Situation <math>\Psi_a = 0.017 \text{ W/(mK)}</math> beim seitlichen Anschluss; der untere Bereich zum Fensterblech weist <math>\Psi_a = 0.030 \text{ W/(mK)}</math> auf</p>
		<p>Thermografie der Südfassade kurz vor Fertigstellung und vor der Balkonmontage (4 Aussteifungsbolzen sind als Wärmebrücke erkennbar); zum Vergleich rechts ein baugleiches Bestandsgebäude [PHI 2003]</p>

## 2 Luftdichtheit

Es liegen keine systematische Untersuchungen zur Luftdichtheit bei Bestandsgebäuden vor. Eine Arbeit zu dem Thema wird derzeit durchgeführt [AnBUS 2003]. Die dort bisher durchgeführten Messungen liegen im allgemeinen im Bereich von  $n_{50} = 3 \text{ h}^{-1}$  bis  $n_{50} = 15 \text{ h}^{-1}$ . Dabei lassen sich keine Korrelationen auf Grund von Baujahren feststellen, allenfalls bezogen auf einzelne Konstruktionen.

Auf Grund nicht ausreichender Erfahrungswerte war es für das Projekt Jean-Paul-Platz nicht möglich, im Planungsstadium einen fundierten  $n_{50}$ -Zielwert festzulegen. Vor Baubeginn wurde ein Blower-Door-Test durchgeführt, der für das Gesamtgebäude einen Wert von  $n_{50} = 4,9 \text{ h}^{-1}$  nachwies. Die drei übereinanderliegenden Wohnungen auf der Ostseite wurden einzeln gemessen und erbrachten folgende Werte: Wohnung EG:  $n_{50} = 4,2 \text{ h}^{-1}$ ; Wohnung 1. OG:  $n_{50} = 6,2 \text{ h}^{-1}$ ; Wohnung 2. OG:  $n_{50} = 9,9 \text{ h}^{-1}$  [AnBUS 2002]. Daraus lässt sich ableiten, dass einerseits der Übergang zum Dachboden eine besondere Leckagequelle darstellt und zudem zwischen den Wohnungen relativ hohe Undichtigkeiten bestehen.

Die **Außenwand** kann nicht als luftdicht angesehen werden, weil die dichtende Innenputzschicht an zahlreichen Stellen unterbrochen wird. Das betrifft sowohl die Durchdringungen von Elektroinstallationen als auch Risse im Innenputz. Vor allem ist jedoch der gesamte Bereich des Deckenauflegers der Holzbalkendecken unverputzt, sodass in diesem obendrein geschwächten Bereich die Gefahr von Undichtheiten sehr hoch ist. Da im Innenbereich keine Maßnahmen durchgeführt werden konnten, blieb als einzige Lösung die Ausführung der luftdichtenden Ebene an der Außenseite der Wand. Dazu wurde das Wärmedämmverbundsystem vollflächig verklebt bzw. vor dem Kleben eine vollflächige Spachtelung aufgetragen.

**Fensteranschlüsse** konnten sehr einfach in diese Luftdichtungsebene eingearbeitet werden durch Einspachteln der Fensterverklebung, die mit vlieskaschiertem Butylklebeband auf den bestehenden Außenputz ausgeführt wurde. Unebenheiten im Mauerwerk und poröse Putzoberflächen wurden mit einem feuchte- und temperaturbeständigen Zusatzkleber ausgeglichen. Mit dem Mörtel des Wärmedämmverbundsystems wurde das Klebeband zudem eingeputzt.

Die **Fehlbodendecke über dem 2. Obergeschoss** zum Dachboden stellte die wesentliche Herausforderung hinsichtlich der Abdichtung dar. Als Abdichtungsebene wurde eine PE-Folie auf der Dielung unter der aufzubringenden Estrichdämmung gewählt. Problempunkte stellten das aufgehende Mauerwerk des Kniestocks und der Kamine sowie die zahlreichen Durchdringungen des Dachstuhls dar. Am Mauerwerk wurde die PE-Folie bis auf 30 cm hoch gezogen, zweifach mit dauerelastischem Kleber angedichtet sowie überspachtelt mit dem Mörtel des darauf angebrachten WDVS an der Innenseite des Kniestocks. An die Balkendurchdringungen wurde die Folie auf etwa 3 – 5 cm herangezogen und luftdicht eingebunden mit Gipsschlämme, die ihrerseits in die Unebenheiten und Risse des Holzes luftdicht einbindet.



**Treppenabgang und Treppenhauskopf** mit angrenzendem Heizraum beinhalteten zahlreiche Anschlüsse mit hohen Anforderungen an die Handwerker und mussten detailliert in den zahlreichen Anschlusspunkten luftdicht ausgeführt werden.

Der Zeitpunkt des zweiten **Blower-Door-Tests** wurde so gewählt, dass die Montage der Fenster sowie die frisch verlegte PE-Folie auf dem Dachboden überprüft und nachgearbeitet werden konnten. Während bei den Fenstern nahezu keine Undichtheit festgestellt werden konnte, war im Dachbodenbereich Nacharbeit erforderlich. Es wurde Überdruck in der jeweils darunter liegenden Wohnung mit geringen 15 Pascal erzeugt, um die Folie nicht gar zu weit abheben zu lassen. Mittels IR-Thermografie konnten dann zielgerichtet die Leckagen geortet und weitestgehend geschlossen werden. Die abschließende Messung des Gesamtgebäudes ergab einen hervorragenden  $n_{50}$ -Wert von  $0,55 \text{ h}^{-1}$  und einige Hinweise zur weiteren Abdichtung der Hülle [PHI 2003]. Bei der Schlussabnahme wurde ein  $n_{50}$ -Wert von  $0,35 \text{ h}^{-1}$  erzielt [AnBUS 2003].



Abb. 5: Thermografie der Dachboden-Luftdichtung



Abb. 6: Luftdichtung der Fenster außenwand-bündig



Abb. 7: Blower-Door-Messung –  $n_{50}$  vorher  $4,9 \text{ h}^{-1}$  nachher  $0,35 \text{ h}^{-1}$

### 3 Heizwärmebedarf

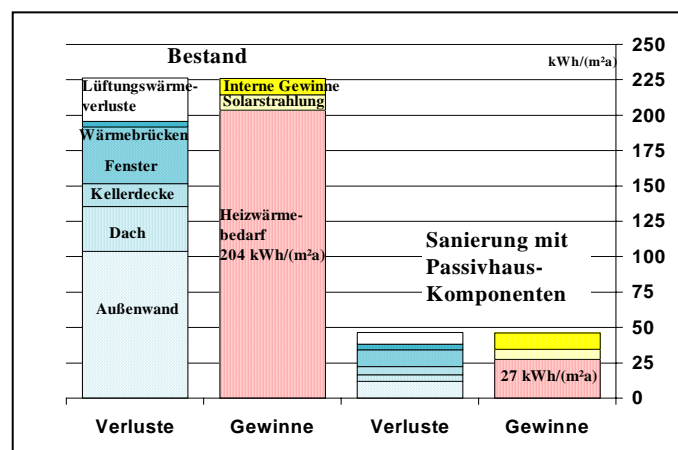


Abb. 8: Energiebilanz und Heizwärmebedarf – vor und nach der Sanierung

Der Heizwärmebedarf wurde von Architektenseite nach PHPP / EN 832 ermittelt und betrug vor der Sanierung  $204 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ . Die Berechnung für die Sanierungsvariante

weist einen Wert von 27 kWh/(m<sup>2</sup>a) auf. Seitens des Passivhaus Instituts wurde im Rahmen der Begleitforschung eine Qualitätssicherung hinsichtlich des Rechenverfahrens und der zu Grunde liegenden Annahmen durchgeführt.

Aus primärenergetischer Sicht und hinsichtlich der CO<sub>2</sub>-Reduktion wird der Faktor 10 überschritten. Die Maßnahmen amortisieren sich energetisch nach weniger als zwei Jahren.

## **4 Lüftungsanlage**

Am Jean-Paul-Platz wurden passivhausgeeignete Abluftwärmerückgewinnungsanlagen dezentral für jede einzelne Wohnung installiert. Es wurde bewusst keine zentrale oder semidezentrale Anlage gewählt, weil der Projektierungsaufwand sehr hoch gewesen wäre und diese Technik ein hohes Maß an Erfahrung mit den Komponenten seitens Fachplaner und ausführendem Installationsbetrieb voraussetzt. Der Aufstellort für die eingebauten dezentralen Anlagen sind Abstellräume an der Außenwand, Frischluftansaugung und Fortluft erfolgen direkt nach außen. Ein Vorheizregister vor dem Gerät sorgt für Frostsicherheit mittels Vorheizung ab – 4 °C. Der Stromverbrauch für zwei gemessene Geräte liegt für die Zeit von Anfang Januar bis zum Ende der Heizsaison bei ca. 24 kWh pro Gerät. Die Verteilung erfolgt über den Wohnungsflur, die Einbringung der Luft in die Aufenthaltsräume wird durch Weitwurfdüsen sichergestellt. Die gesamte Luftmenge pro Wohnung beträgt 140 bis 150 m<sup>3</sup> (ca. 30 m<sup>3</sup> pro Person) bei Normalstellung. Abgesaugt wird in Bad (40 m<sup>3</sup>), WC (20 m<sup>3</sup>), Küche (60 m<sup>3</sup>), Neben- und Abstellraum (20-30 m<sup>3</sup>).

Durchführungen vom Flur zu den Wohnungen wurden mittels Kernbohrung erstellt, was mit den vorhandenen Absaug-Kernbohrgeräten prinzipiell einfach und staubfrei durchführbar war. Probleme ergaben sich aber auf Grund der sehr umfangreichen und unstrukturiert verlegten Elektroleitungen im oberen Wandbereich der Flure und Materialwechselln zwischen Holzstützen und losem Mauerwerk.

Die Inbetriebnahme der Lüftungsanlagen wurde durch die Montagefirma durchgeführt und zusätzlich im Rahmen der Begleitforschung vom Passivhaus Institut überprüft. Die richtige Einregulierung der Anlagen ist von hoher Bedeutung für die einwandfreie Funktion. Die Tabelle zeigt die Messwerte bei der Einregulierung durch die Fachfirma mit einem Flügelradanemometer und die Vergleichswerte bei der Kontrollmessung durch das PHI mit einem höherwertigen Gerät (Flow-Finder). Das Ergebnis zeigt wie bei zahlreichen anderen Bauvorhaben, dass Handlungsbedarf hinsichtlich der Qualitätssicherung bei Inbetriebnahmen von Lüftungsanlagen besteht.

**Tabelle 1 Messwerte der Lüftungsanlagen-Einregulierung  
Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg**

Wohnung	2			5			6		
Datum (2002)	5.12	9.12	19.12	5.12	9.12	19.12	5.12	11.12	19.12
	Anem.	FlowF	FlowF	Anem.	FlowF	FlowF	Anem.	FlowF	FlowF
Raum 1	30	25	26	24	25	22,5	25	22	25
Raum 2	35	32	32,5	32	27	29,5	37	29	35
Raum 3	16	12	14	16	24	23,5	12	13	14
Raum 4	26	24	26,5	27	15	15	22	20	21
Raum 5	29	26	27,5	30	32	28,5	27	24	26,5
Raum 6	22	22	23	20	19	18,5	20	20	21
<b>Su. Zuluft</b>	<b>158</b>	<b>141</b>	<b>149,5</b>	<b>149</b>	<b>142</b>	<b>137,5</b>	<b>143</b>	<b>128</b>	<b>142,5</b>
Raum 7 Kü.	70	85	86	50	57	68	72	85	84
Raum 7a				23	24	24			
Raum 8 Abst	13	12	12	11	10	8	10	10	10
Raum 9 Bad	46	46	46	43	42	42	45	46	47
Raum 10 WC	22	21	20	23	20	17	22	20	19
<b>Su. Abluft</b>	<b>151</b>	<b>164</b>	<b>164</b>	<b>150</b>	<b>153</b>	<b>159</b>	<b>149</b>	<b>161</b>	<b>160</b>

Messung 5.12.2002: Messung bei Inbetriebnahme mit Laufradanemometer  
Messung 9.12.2002: PHI Darmstadt mit Flow-Finder

Seitens der Bewohner bestand zunächst eine gewisse Neugier bis Abneigung gegenüber den Lüftungsanlagen. Von einigen Seiten wurde sehr begrüßt, dass wie bisher die Fenster nicht zum Lüften geöffnet werden müssen – vorher waren die Fenster so undicht, dass dies nicht nötig war. Andere Parteien nutzten jedoch heftig die neu gewonnene Option der Kipplüftung. Nicht zu unterschätzen sind bei der Lüftungssituation die olfaktorischen Faktoren wie hohe Beladung der Wohnungen mit Möblierung, Interieur und Teppichböden sowie intensive Haushaltsführung. Im Rahmen der Begleitforschung wird während der ersten beiden Heizperioden eine Mieterbetreuung durchgeführt, die möglicherweise zu aufschlussreichen Ergebnissen führen wird.



**Abb. 9: Lüftungsgerät -  
Innenansicht**



**Abb. 10: Lüftungs- und  
Heizleitungen unter Flurdecke**



**Abb. 11: Kunst am Bau: Dämmung  
der Leitungen im Heizraum**



## 5 Heizung und Trinkwassererwärmung

Im Ursprungszustand wurde die Heizung durch eine zentrale Schwerkraftheizung betrieben. Diese wurde in den sechziger Jahren in dezentralen Etagenheizungen geändert unter Beibehaltung der Heizkörper und der sehr voluminösen Heizleitungen.

Bei der Sanierung wurde die Heizung vollständig erneuert. Der Heizraum für die neue Heizzentrale mit einer minimierten Grundfläche von 6 m<sup>2</sup> befindet sich im Dachbodenbereich neben dem Treppenhauskopf. Eine Gasbrennwerttherme wurde ausgelegt nach den Anforderungen der Trinkwassererwärmung mit 30 kW Leistung. Ergänzend wurde eine solarthermische Anlage mit 17 m<sup>2</sup> Flachkollektor und 1000 Liter-Schichtenspeicher installiert, die auf den sommerlichen Wärmeertrag ausgelegt ist. Die systembedingte Heizungseinbindung wird zu keiner großen Heizungsunterstützung führen. Die Verteilung der Heizleitungen erfolgte parallel zu den Lüftungsleitungen im Deckenbereich der Flure. Die Leitungen werden auf Putz an den Innenwänden der Räume nach unten zum Heizkörper geleitet.

Die Bäder befinden sich an den diametral entgegengesetzten Enden des Gebäudes. Zur Minimierung der Zirkulationsverluste wurden die Verteil- und Zirkulationsleitungen im Mittel mit 10 cm Wärmedämmung versehen und zudem vollständig im beheizten Bereich geführt. Alle Bäder wurden neu an die zentrale Warmwasserversorgung angeschlossen. Eine Badsanierung erfolgte nur im Rahmen der individuellen Mietersanierung mit gesonderter Kostenumlage.

## 6 Baukosten

Die Baukosten betragen 503 € pro m<sup>2</sup> Wohnfläche (nach DIN 276 Kostengruppe 300/400 inkl. MWSt.) und unterschreiten damit zahlreiche Vergleichsobjekte ohne Passivhaus-Komponenten [Schulze Darup 2003]. In Tabelle 2 werden die abgerechneten Summen der Schlussrechnungen zusammen gefasst.

**Tabelle 2: Kostenberechnung nach Fertigstellung der Sanierung (abgerechnete Summen der Gewerke)**

<b>Kostengruppe 300 (Summe brutto)</b>	
Gerüstarbeiten	7.225,46 €
Erd-, Maurer-, Beton- und Landsch.-arb.	13.898,69 €
Abbrucharbeiten	4.155,27 €
Dachdeckerarbeiten	23.606,48 €
Schlosserarbeiten	39.553,69 €
Flaschnerarbeiten	6.172,70 €
Putzarbeiten	111.901,79 €
Estricharbeiten (Dachboden)	9.968,12 €
Fliesenarbeiten	2.772,33 €
Schreinerarbeiten Fenster	60.331,44 €
Schreinerarbeiten Türen	11.881,03 €
Malerarbeiten	5.884,85 €
Gebäudereinigung	435,19 €
Kosten für Eigenleistungen Mieter	4.243,33 €
<b>Summe Kostengruppe 300 brutto</b>	<b>302.030,37 €</b>
<b>Kostengruppe 400 (Summe brutto)</b>	
Heizung, Sanitär, Lüftung	
Einrichten der Baustelle	423,40 €
Demontage	17.365,49 €
Kessel mit Zubehör	8.795,24 €
Solaranlage mit Zubehör	15.000,42 €
Rohrleitungen mit Zubehör	11.446,54 €
Gasversorgung	776,17 €
Heizkörper mit Zubehör	8.118,78 €
Sanitärinstallation	7.316,60 €
Wärmedämmung	5.939,52 €
Lüftung	37.980,43 €
Sonstiges	19.894,72 €
Stundenlohnarbeiten	6.400,16 €
Elektroinstallation	9.027,66 €
<b>Summe Kostengruppe 400 brutto</b>	<b>148.485,13 €</b>
<b>Summe Kostengruppe 300 und 400 brutto</b>	<b>450.515,50 €</b>
<b>Kosten pro m<sup>2</sup> Wohnfläche</b>	<b>503,37 €</b>

Um eine vergleichende Kostenberechnung für andere Standards ausführen zu können, wurden beispielhaft fünf Varianten gegenüber gestellt. Dabei handelt es sich um folgende Standards:

- Mindestanforderungen nach Bestandsanforderungen der EnEV unter der Prämisse, möglichst geringe Eingriffe durchführen zu müssen (Bezeichnung in Tabelle 3: Bestand)
- Anforderung nach EnEV bei grundlegenden Sanierungsmaßnahmen: EnEV-Neubaustandard zzgl. 40 %, das entspricht 140 % des Jahresprimärenergiebedarfs eines vergleichbaren Neubaus (EnEV 140)
- Erfüllung der EnEV-Neubau-Anforderungen (EnEV-Neubau)
- Primärenergieanforderung 60% des EnEV-Neubau-Standards (EnEV 60)
- Ausgeführter Standard Jean-Paul-Platz 4: 3-Liter-Haus

In Tabelle 3 werden die Maßnahmen und Kennwerte gegenüber gestellt:

**Tabelle 3: Vergleich von energetischen Sanierungsstandards**

	<b>Bestand</b>	<b>EnEV 140</b>	<b>EnEV-Neubau</b>	<b>EnEV 60</b>	<b>3-Liter-Haus</b>
	U-Wert	Dämmung	Dämmung	Dämmung	Dämmung
	W/(m <sup>2</sup> K)	mm / WLG 035	mm / WLG 036	mm / WLG 037	mm / WLG 038
<b>Wand</b>	<b>1,56</b>	<b>60</b>	<b>160</b>	<b>200</b>	<b>200</b>
<b>Dach</b>	<b>1,12</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>250</b>
<b>Grund</b>	<b>1,23</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>140</b>	<b>140</b>
<b>Fenster</b>	<b>2,60</b>	<b>1,70</b>	<b>1,50</b>	<b>0,80</b>	<b>0,80</b>
<b>Türen</b>	<b>2,60</b>	<b>1,80</b>	<b>1,80</b>	<b>1,20</b>	<b>1,20</b>
<b>Wärmebrücken</b>		zzgl. 0,1	zzgl. 0,1	Einzelnachw.	Einzelnachw.
<b>Luftdichtheit</b>		keine Maßn.	keine Maßn.	Blower-Door	Blower-Door
<b>Lüftung</b>	manuell	manuell	manuell	manuell	AWR
<b>Berechnung nach EnEV (kWh/m<sup>2</sup>a)</b>					
Heizwärmebedarf	<b>141,7</b>	<b>67,0</b>	<b>48,9</b>	<b>26,0</b>	<b>26,0</b>
Jahresprimärenergiebedarf	<b>231,3</b>	<b>119,3</b>	<b>86,0</b>	<b>50,1</b>	<b>40,4</b>
wie vor, jedoch Bezug A <sub>EB</sub>	<b>332,1</b>	<b>171,2</b>	<b>123,4</b>	<b>71,9</b>	<b>58,0</b>
Jahresprimärenergiebedarf nach PHPP inkl. Warmwasser	<b>361,8</b>	<b>265,1</b>	<b>110,2</b>	<b>83,9</b>	<b>46,8</b>

Auf Grundlage der ermittelten Standards mit ihren jeweiligen Maßnahmenbündeln werden nun in Abbildung 12 die Kosten für die jeweilige Variante dargestellt. Von der Methodik her wurde das Abrechnungs-LV des zugrunde liegenden Bauvorhabens Position für Position mit den Einheitspreisen des jeweiligen Standards versehen und aufsummiert. Die Kosten der EnEV-Neubau-Variante liegen ohne Berücksichtigung der Solar-Thermieanlage weniger als 100 € unterhalb des 3-Liter-Haus-Standards mit Passivhaus-Komponenten.

Bei der Kostenbetrachtung muss berücksichtigt werden, dass keine grundlegenden Grundrissänderungen vorgenommen worden sind und eine sehr konsequente Kostensenkungsstrategie bei der Sanierung eingehalten wurde. Zudem wurden seitens der Handwerker äußerst engagierte Preise angeboten – und während der Bauzeit gehalten!

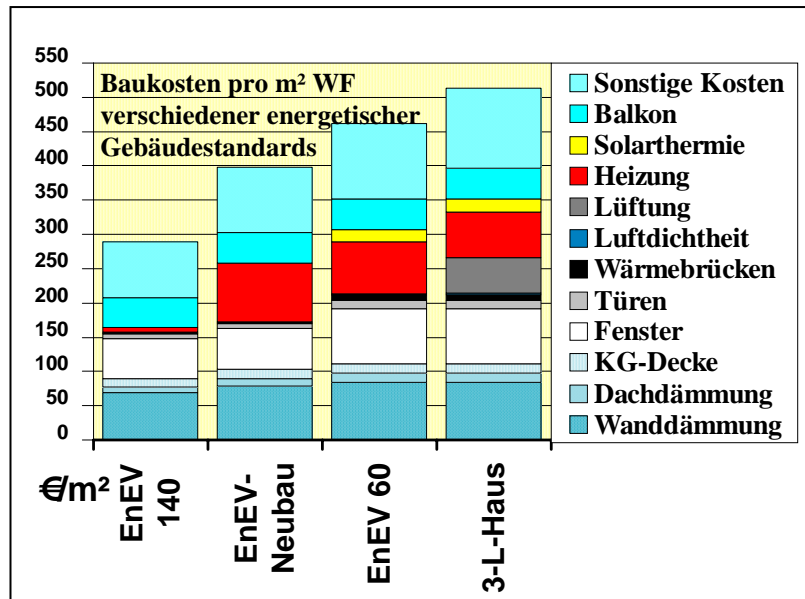


Abb. 12: Kosten verschiedener energetischer Baustandards im Vergleich nach Bauteilen; Kostengruppe 300/400 nach DIN 276 inkl. MWSt.

## 7 Miete

Die Kaltmiete der Bestandswohnungen am Jean-Paul-Platz lag bei ca. 2,35 € und damit deutlich unterhalb des Mietenspiegels. Ähnlich günstige Wohnungen mit fast 150 m² Wohnfläche sind in ganz Nürnberg nicht zu erhalten. Die Mieterhöhung beträgt 1,87 €/m² im Monat, wobei die umlagefähigen Kosten nicht voll ausgeschöpft wurden. Unter Einbeziehung der Betriebskosteneinsparungen ergibt sich eine resultierende Erhöhung von etwa 1,20 €/m² (vgl. Abbildung links).

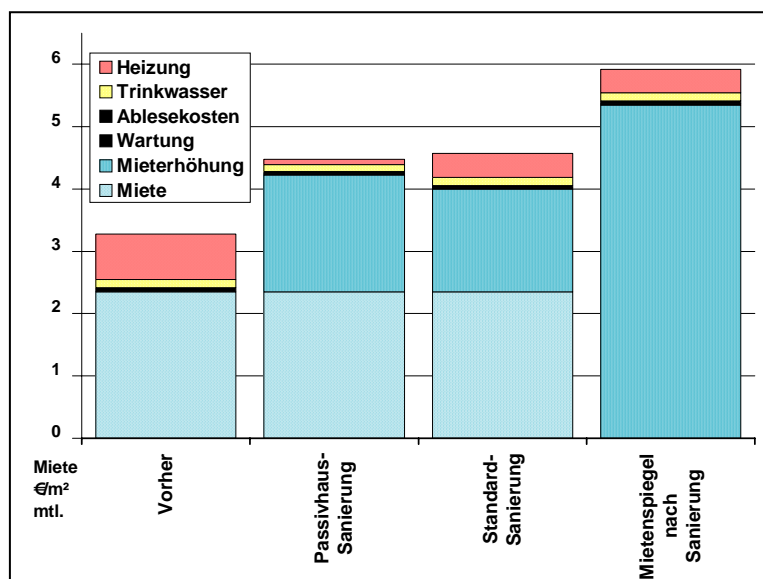


Abb. 13: Monatliche Mietkosten und Betriebskosten pro m² Wohnfläche im Vergleich

## 8 Heizwärmeverbrauch

Die Messungen des Heizwärmeverbrauchs zeigen, dass bereits in der ersten Heizsaison die berechneten Werte eingehalten wurden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Sanierung im Herbst erfolgte und die Dämmung erst im Dezember fertig gestellt wurde. Der daraus resultierende instationäre Effekt bewirkt nach Berechnung des PHI einen Mehrverbrauch von 2 kWh/(m<sup>2</sup>a), der Effekt der Trocknungsenthalpie nochmals 2 – 4 kWh/(m<sup>2</sup>a). Darüber hinaus war das Nutzerverhalten hinsichtlich der Fensterlüftung recht inhomogen und lässt weitere Einsparungen zu.

Die Abbildung zeigt den Heizwärmeverbrauch [FIW 2003]. Die Verbrauchsmessung begann am 21.12.2002 und konnte für die Abbildung bis Ende April berücksichtigt ist. Die sonstigen Monate wurden in der berechneten Größe hinzuaddiert. Für die nächste Heizsaison ist auf Grund der oben beschriebenen Aspekte mit einem günstigeren Wert zu rechnen.

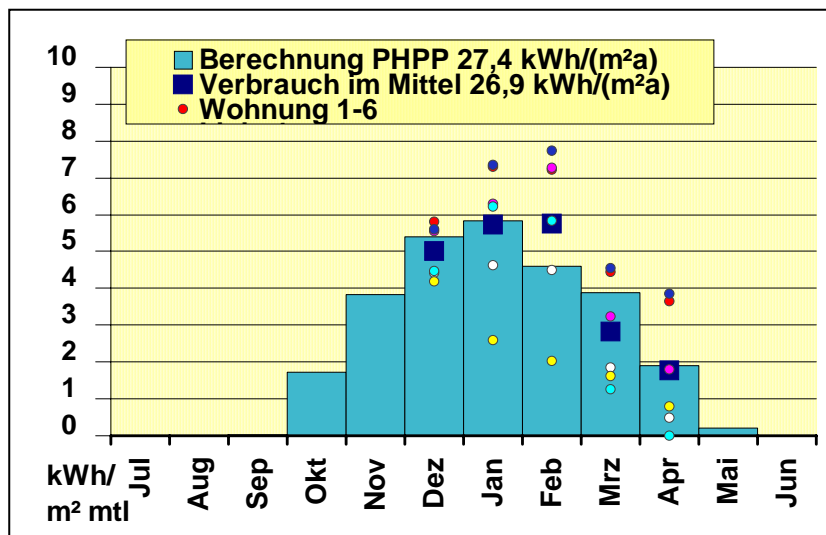


Abb. 14 Heizwärmeverbrauch der einzelnen Wohnungen; der Mittelwert beträgt 27 kWh/(m<sup>2</sup>a)

## 9 Schlussfolgerungen

Das Ergebnis der Sanierung am Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg zeigt, dass breitenwirksame Sanierung mit Passivhaus-Komponenten bis hin zur Reduktion des Heizwärmeverbrauchs um Faktor 10 eine realistische Option für die nahe Zukunft ist.

Aus technischer Sicht können die Erfahrungen aus dem Passivhaus-Neubau zu weiten Teilen auf die Sanierung übertragen werden. Die eingeführten Produkte sind auch im Gebäudebestand anwendbar. Weiterentwicklungen für die sanierungs-spezifischen Besonderheiten sind in den nächsten Jahren jedoch dringend geboten.



Die Kosten können in einem Rahmen gehalten werden, der in wenigen Jahren zu wirtschaftlich sinnvollen Lösungen führen wird. Es ist davon auszugehen, dass durch die breite Einführung der Technologien Kostensprünge nach unten zu verzeichnen sein werden. Das betrifft insbesondere die Bereiche der Fenster- und Lüftungstechnik.

Die bauphysikalischen Parameter sprechen sehr deutlich für gute energetische Standards und Lüftungstechnik. Neben Bauschadensvermeidung wird zugleich ein hoher Komfort für die Nutzer geschaffen.

## Quellen

- [AnBUS 2002] AnBUS: **Qualitätssicherung Jean-Paul-Platz 4**, Interdisziplinäre Begleitforschung, AnBUS Fürth 2003
- [AnBUS 2003] AnBUS: **Messungen zur Luftdichtheit bei Bestandsgebäuden (Arbeitstitel, noch nicht veröffentlicht)**, AnBUS Fürth 2003
- [PHI 2003] Passivhaus Institut Darmstadt: **Passivhaustechniken im Bestand – Qualitätssicherung Jean-Paul-Platz 4**, Passivhaus Institut Darmstadt 2003
- [FIW 2003] FIW München: **Passivhaustechniken im Bestand – Messprogramm Jean-Paul-Platz 4**, Zwischenergebnisse, FIW München 2003
- [Schulze Darup 2000] Burkhard Schulze Darup: **Energiekonzept und Kosten - Energetische Sanierung mit Passivhaus-Komponenten, Jean-Paul-Platz 4**, Konzept, Nürnberg 2000
- [Schulze Darup 2002] Burkhard Schulze Darup: **Energieeffiziente Wohngebäude**, BINE Informationsdienst, www.bine.info, TÜV-Verlag Köln 2002
- [Schulze Darup 2003] Burkhard Schulze Darup: **Sanierung mit Passivhauskomponenten**, Interdisziplinäre Begleitforschung, Nürnberg 2003
- [WBG 2002] Wohnungsbaugesellschaft der Stadt Nürnberg, WBG Nürnberg, Glogauer Straße 70, 90473 Nürnberg, Ansprechpartner: Herr Höger