



## „Das Nürnberger 3-Liter-Haus“, Jean-Paul-Platz 4



Ein EU-Ziel-2 Projekt mit Fördermitteln des Freistaates Bayern als Beispiel für modellhafte, energetische Altbaumodernisierung im Rahmen der „Entwicklung der Nürnberger Südstadt“

*Wir gestalten LebensRäume*

**WBG Nürnberg Gruppe**

## Lage

Im Rahmen der Ausweisung der Nürnberger Südstadt als EU-Ziel-2-Gebiet wählte die wbg Nürnberg GmbH ein Gebäude in der Nürnberger Südstadt aus, um eine Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten durchzuführen. Das Mehrfamilienhaus Jean-Paul-Platz 4 mit sechs Wohnungen à 149 m<sup>2</sup> Wohnfläche wurde 1930 erbaut. Die Sanierung wurde im bewohnten Zustand durchgeführt.



Vor der Sanierung



Kurz vor der Fertigstellung

## Vorhaben

Die wesentlichen Konstruktionsmerkmale des Gebäudes sind Außenwände 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 erfahren. Zugleich wurde ein möglichst sparsames Sanierungskonzept angewandt: Es wurden keine eingreifenden Grundrissänderungen durchgeführt, keine Baderneuerung und keine Schönheitsreparaturen in den Wohnungen.



Rückseite mit Balkonen und Mietergärten

## Wand

Die aus Vollziegeln gemauerten Außenwände in einer Gesamtdicke von 41 cm weisen im Zustand vor der Sanierung einen U-Wert von  $1,4 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  auf. Sie wurden mit einem Wärmedämmverbundsystem (WDVS) mit einer Dämmdicke von 20 cm versehen. Dabei wurde spezialbehandeltes Polystyrol mit Wärmeleitfähigkeitsgruppe 035 verwandt, die bei einer sehr niedrigen Rohdichte von  $15 \text{ kg}/\text{m}^3$  durch Zusatz von Graphit bei der Herstellung erreicht wird. Der resultierende U-Wert beträgt  $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Die erhöhte Dämmstärke war ohne Probleme realisierbar. Mehraufwand ergab sich allerdings aus dem sehr unebenen Untergrund.

## Decke über 2. Obergeschoss

Da der Dachboden nicht ausgebaut ist, bildet die Fehlbodendecke über dem 2. Obergeschoss 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. Der resultierende U-Wert beträgt  $0,12 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

## Kellerdecke

Die Kellerdecke besteht aus Stahlbetonträgerdecken mit eingehängten Betonhourdis. Die Kellerhöhe betrug etwa 2,15 m, was eine maximale Dämnhöhe von 14 cm in Form von PS-Dämmung WLG 035 ermöglichte. In den Flurbereichen wurde aus brandschutz-technischen Gründen Mineralwolle verwendet. Die Oberflächen wurden verspachtelt mit eingelegtem Glasfasergewebe. Der U-Wert wurde von  $0,88 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  auf  $0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  verbessert.

## Fenster

Das Bestandsgebäude war mit den Original-Kastenfenstern von 1930 sowie in Nebenräumen 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, so dass 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.



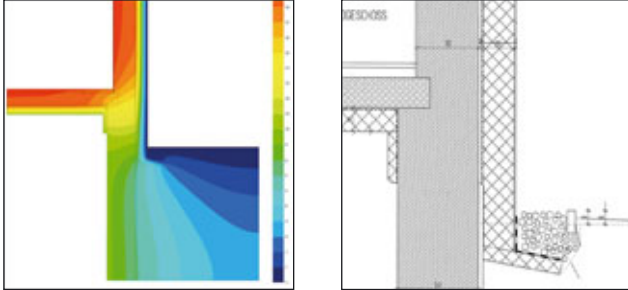
WDVS 20 cm dick – luftdichter Anschluss an das Fenster 9



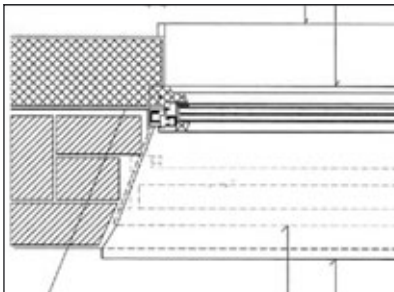
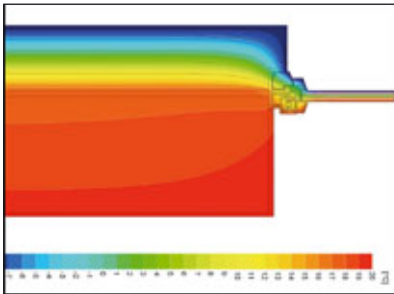
Dämmung der KG-Decke und Wärmebrückenreduktion an den Wänden

## Wärmebrücken

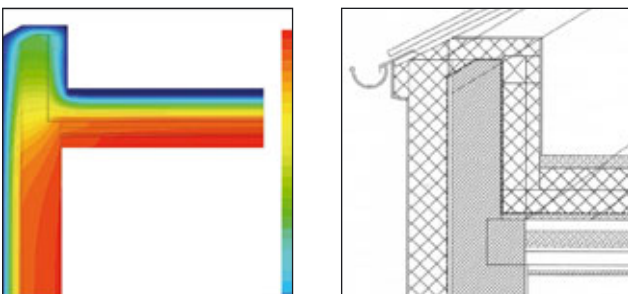
Zu den Wärmebrücken wurde auf Grundlage der Architektendetails mit dem Passivhausinstitut Darmstadt (PHI) ein Abstimmungsgespräch durchgeführt. Danach wurden durch das PHI Berechnungen zur Optimierung erstellt [PHI 2003]. Eine Auswahl der Lösungen wird tabellarisch dargestellt:



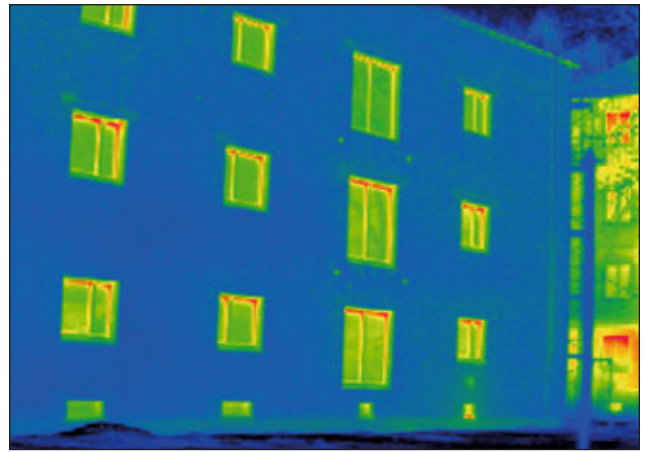
Sockelbereich Keller-Außenwand: Die Dämmung wird aus Kostengründen nur 25 cm tief ins Erdreich eingebunden, ergänzend wird eine nach außen verlaufenden Frostschürze verlegt; der Wärmebrückendurchgangskoeffizient beträgt  $Y_a = 0.134 \text{ W}/(\text{mK})$ .



Fenster: Wärmebrücke vergleichbar einer Neubau-Situation  $Y_a = 0.017 \text{ W}/(\text{mK})$  beim seitlichen Anschluss; der untere Bereich zum Fensterblech weist  $Y_a = 0.030 \text{ W}/(\text{mK})$  auf.



Kniestock: durch vollständiges Umdämmen des Kniestocks mit einer Dicke von seitlich 20 cm und oberhalb 10 cm ergibt sich ein äußerst günstiger Wärmebrückendurchgangs-Koeffizient:  $Y_a = 0.056 \text{ W}/(\text{mK})$ .

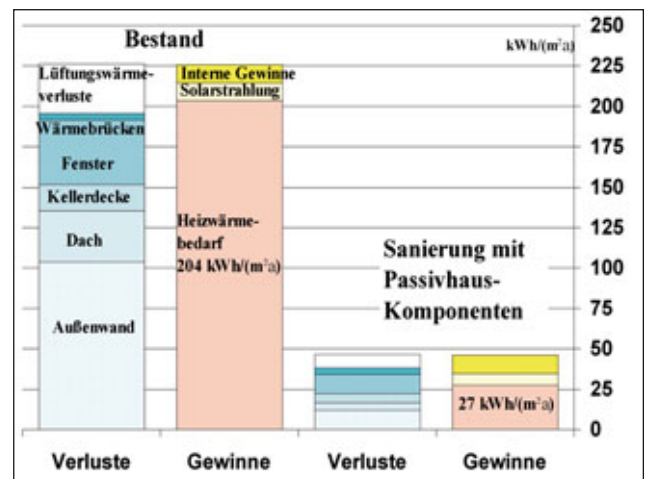


Thermografie der Südfassade kurz vor Fertigstellung und vor der Balkonmontage (4 Aussteifungsbolzen sind als Wärmebrücke erkennbar); zum Vergleich rechts ein baugleiches Bestandsgebäude [PHI 2003].



## Heizwärmebedarf

Der Heizwärmebedarf (Berechnung nach PHPP/EN 832) betrug vor der Sanierung  $204 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  und wird durch die Maßnahmen auf  $27 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  gesenkt. Aus primär-energetischer Sicht und hinsichtlich der  $\text{CO}_2$ -Reduktion wird der Faktor 10 überschritten. Die Maßnahmen amortisieren sich energetisch nach wenigen Jahren.



Energiebilanz und Heizwärmebedarf – vor und nach der Sanierung



Thermografie der Dachboden-Luftdichtung

## Luftdichtheit

Auf Grund nicht ausreichender Erfahrungswerte war es nicht möglich, im Planungsstadium einen fundierten n50-Zielwert festzulegen. Im Vorfeld wurde ein Blower-Door-Test durchgeführt, der für das Gesamtgebäude zu  $n_{50} = 4,9 \text{ h}^{-1}$  führte. Die drei übereinander liegenden 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 Deckenaufagers der Holzbalkendecken unverputzt, so dass in diesem obendrein geschwächten Bereich die Gefahr von Undichtigkeiten 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 hochgezogen, 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 n50-Wert von  $0,55 \text{ h}^{-1}$  und einige Hinweise zur weiteren Abdichtung der Hülle [PHI 2003]. Bei der Schlussabnahme wurde ein n50-Wert von  $0,35 \text{ h}^{-1}$  erzielt [AnBUS 2003].



Luftdichtung der Fenster außenwandbündig



Blower-Door-Messung – n50 vorher 4,9 h-1 nachher 0,35 h-1

## Haustechnik – Lüftung

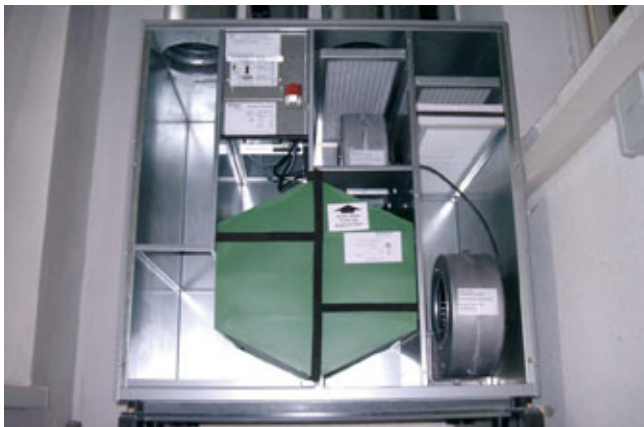
Lüftungsanlagen haben nicht nur energetische Auswirkungen, sondern garantieren vor allem hygienisch hochwertige Raumluft, Vermeidung von Schimmelpilzproblematik und hohen Komfort. Am Jean-Paul-Platz wurden Passivhaus-geeignete Abluftwärmerückgewinnungsanlagen dezentral für jede einzelne Wohnung installiert. Der Aufstellort ist ein Abstellraum an der Außenwand, Frischluftansaugung und Fortluft erfolgen direkt nach außen. Ein Vorheizregister vor dem Gerät sorgt für Frostsicherheit mittels Vorheizung ab -4 °C. 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 von Werksvertretern durchgeführt und zusätzlich im Rahmen der Begleitforschung vom Passivhaus-Institut überprüft. Die richtige Einregulierung der Anlagen ist von hoher Bedeutung für die einwandfreie Funktion.

Seitens der Bewohner bestand zunächst eine gewisse Neugier bis Abneigung gegenüber den Lüftungsanlagen. Von einigen Seiten wurde es 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 geruchsbindenden 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 hoffentlich zu aufschlussreichen Ergebnissen führen wird.



Lüftungsgerät – Innenansicht

## Haustechnik – Heizung und Trinkwassererwärmung

Die vorhandenen dezentralen Etagenheizungen (System-Baujahr 1930) wurden durch eine dem reduzierten Raumwärmebedarf angepasste, neue zentrale Heizungsanlage ersetzt. Der Heizraum 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 1 000 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 geführt.

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.



Lüftungs- und Heizleitungen unter Flurdecke



Kunst am Bau: Dämmung der Leitungen im Heizraum

## Kosten

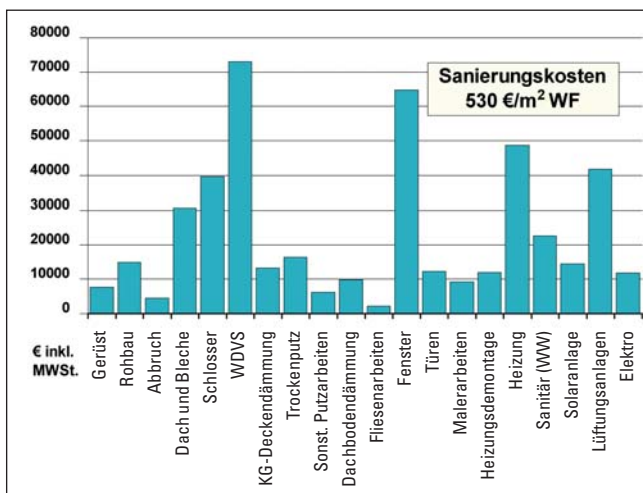
### Baukosten und resultierende Miete

Die Baukosten (RBK) betragen 530 € pro m<sup>2</sup> Wohnfläche (nach DIN 276 Kostengruppe 300/400 inkl. MWSt.) und unterschreiten damit zahlreiche Vergleichsobjekte ohne Passivhaus-Komponenten [Dr. Schulze-Darup 2003].

Die Mehrkosten (RBK) für die Passivhaus-Komponenten gegenüber einer standardmäßigen energetischen Sanierung betragen etwa 100 € pro m<sup>2</sup> Wohnfläche [Dr. Schulze-Darup 2000].

### Miete

Die Kaltmiete der Bestandswohnungen am Jean-Paul-Platz lag bei 2,35 €/m<sup>2</sup> und damit deutlich unterhalb des Mietenspiegels. Ähnlich günstige Wohnungen mit fast 150 m<sup>2</sup> Wohnfläche sind in ganz Nürnberg nicht zu erhalten. Die Mieterhöhung beträgt 1,87 €/m<sup>2</sup> im Monat, wobei die umlagefähigen Kosten nicht voll ausgeschöpft wurden. Unter Einbeziehung der Heizkosteneinsparung ergibt sich eine resultierende Erhöhung von etwa 1,20 €/m<sup>2</sup>, in der noch ein Anteil von 0,38 €/m<sup>2</sup> für den nachträglichen Balkonanbau enthalten ist.

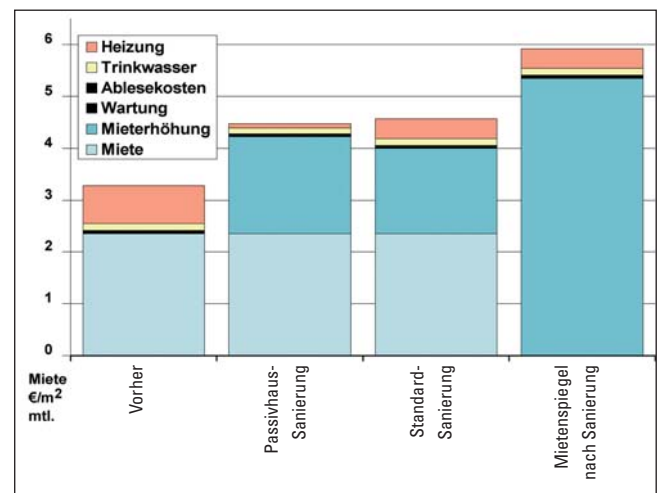


Baukosten nach DIN 276 Kostengruppe 300/400

## Ziel

Während sich die Passivhaustechnik beim Neubau schon fast zum Stand der Technik entwickelt hat, besteht bei der energetischen Modernisierung heftiger Nachholbedarf. Es ist naheliegend und vom Ordnungsgeber gewollt, Synergieeffekte im Zusammenhang mit ohnehin anstehenden Instandhaltungsmaßnahmen zu nutzen, vor allem wenn ohnehin nach EnEV die Gebäudehülle energetisch nachgerüstet werden muss. Nur ein flächendeckender Einsatz energie- und CO<sub>2</sub>-sparender Technologien im Wohnungsbestand kann den Zielsetzungen im Rahmen des Klimaschutzbündnisses zum Erfolg verhelfen. Für die Industrie ist es höchst attraktiv, Produktentwicklungen für die Sanierung mit hohem Marktpotenzial auf den Weg zu bringen. Der Beschäftigungsimpuls, der von diesen Modernisierungen ausgeht, ist erheblich.

Als Wohnungsunternehmen mit einem großen Hausbestand müssen wir das technisch Mögliche auf den Prüfstand stellen, um Erfahrungswerte sowohl in wirtschaftlicher und technischer Hinsicht als auch bezüglich Nachhaltigkeit und vor allem der Nutzerakzeptanz zu erhalten. Wir müssen am konkreten Objekt aufzeigen, wie weit die energetischen Veränderungen den Vorstellungen der Nutzer entsprechen, was sie bereit bzw. in der Lage sind, dafür zu bezahlen, ob und inwieweit die Entlastung von Raumwärmekosten durch technische Einrichtungen zu einer Erhöhung der Wartungs- und Reparaturkosten führt, ob derartige Eingriffe in die Wohnungen im bewohnten Zustand noch vertretbar sind und schließlich, ob die prognostizierten Einsparungen auch eintreten und, falls nicht, was die Ursachen sind. Von diesen Erfahrungen und der Entwicklung der Energiepreise wird es abhängen, ob ein 3-, 4- oder 5-Liter-Haus als Modell für flächendeckende Modernisierung Bestand hat.



Monatliche Mietkosten und Betriebskosten pro m<sup>2</sup> Wohnfläche im Vergleich

Das Projekt ist Bestandteil der energetischen Modellvorhaben:



Energetische Modernisierung,  
Wohnanlage St. Johannis,  
7-Liter-Standard



Ökologische Bestandsmodernisierung,  
Wohnanlage Schweinau,  
5-Liter-Standard



„Das Niedrigenergiehaus der wbg“,  
Bernadottestraße 42-48



„Das 4-Liter-Haus der wbg“,  
Ingolstädter Straße 137-139

Impressum:

Herausgeber: wbg Nürnberg GmbH  
Immobilienunternehmen  
Öffentlichkeitsarbeit  
Glogauer Straße 70  
90473 Nürnberg

1. Auflage: Mai 2007/1 000

Gestaltung: PicaArt Werbeagentur Nürnberg  
Druck: Druckerei Schembs, Nürnberg

gedruckt auf 100 % Recyclingpapier.

*Wir gestalten LebensRäume*

**WBG Nürnberg Gruppe**