

Das Nürnberger 3-Liter-Haus

Jean-Paul-Platz 4



Sanierungsdokumentation

Im Rahmen der Ausweisung der Nürnberger Südstadt als EU-Ziel-2-Gebiet wählte die wbg Nürnberg ein Gebäude in diesem Gebiet aus, um eine Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten durchzuführen.

Ausgangslage

Das Mehrfamilienhaus am Jean-Paul-Platz 4 mit sechs Wohnungen à 149 m² Wohnfläche wurde 1930 gebaut. Die wesentlichen Konstruktionsmerkmale des Gebäudes sind Außenwände aus Vollziegel, Geschossdecken als Holzbalkendecken mit Fehlböden und die Kellerdecke aus Betonhourdis. Der Dachboden ist nicht ausgebaut.



Vor der Sanierung

Vorhaben

Als Immobilienunternehmen mit einem großen Hausbestand sieht sich die wbg in der Verantwortung, durch energie- und CO₂-sparende Technologien im Wohnungsbestand den Zielsetzungen im Rahmen des Klimabündnisses zum Erfolg zu verhelfen. Durch die Sanierung mit Passivhaus-Komponenten sollten die energetischen Werte des Gebäudes auf den 3-Liter-Standard gebracht werden. Zudem sollten Instandhaltungsmaßnahmen erfolgen, wie die komplette Neueindeckung des Daches oder die Renovierung des Treppenhauses. Auf eingreifende Grundrissänderungen, Baderneuerungen oder sonstige Schönheitsreparaturen wurde verzichtet. Die Modernisierungsmaßnahmen wurden alle im bewohnten Zustand der Wohnungen durchgeführt.



Kurz vor der Fertigstellung



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 W/(m²K) 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 kg/m³ durch Zusatz von Graphit bei der Herstellung erreicht wird. Der resultierende U-Wert beträgt 0,15 W/(m²K). Die erhöhte Dämmstärke war ohne Probleme realisierbar. Mehraufwand ergab sich allerdings aus dem sehr unebenen Untergrund.



WDVS 20 cm dick – luftdichter Anschluss an das Fenster 9



Dämmung der KG-Decke und Wärmebrückenreduktion an den Wänden

DECKE ÜBER DEM 2. OBERGESCHOSS

Da der Dachboden nicht ausgebaut ist, bildet die Fehlbodenplatte 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 Dämmdicke 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.

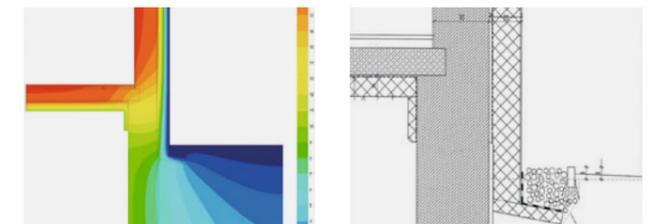
FENSTER

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 Passivhausgeeigneten Kunststoffenster 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.

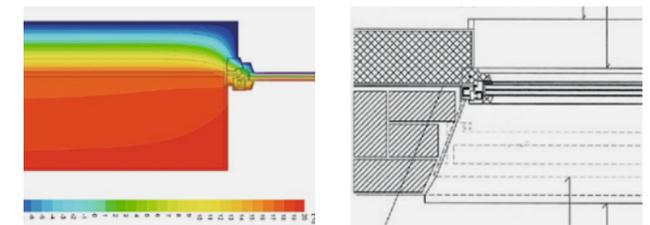
QUALITÄTSSICHERUNG

WÄRMEBRÜCKEN

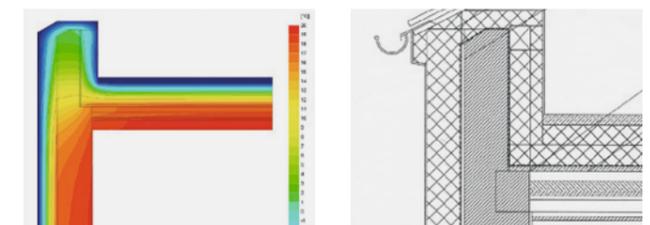
Zu den Wärmebrücken wurde auf Grundlage der Architektendetails mit dem Passivhausinstitut Darmstadt (PHI) ein Abstimmungsgespräch durchgeführt. Danach wurden durch das PHI Berechnungen zur Optimierung erstellt [PHI 2003]. Eine Auswahl der Lösungen wird tabellarisch dargestellt:



Sockelbereich Keller-Außenwand: Die Dämmung wird aus Kostengründen nur 25 cm tief ins Erdreich eingebunden, ergänzend wird eine nach außen verlaufende Frostschräge verlegt; der Wärmebrückendurchgangskoeffizient beträgt $\gamma_a = 0,134 \text{ W}/(\text{mK})$.



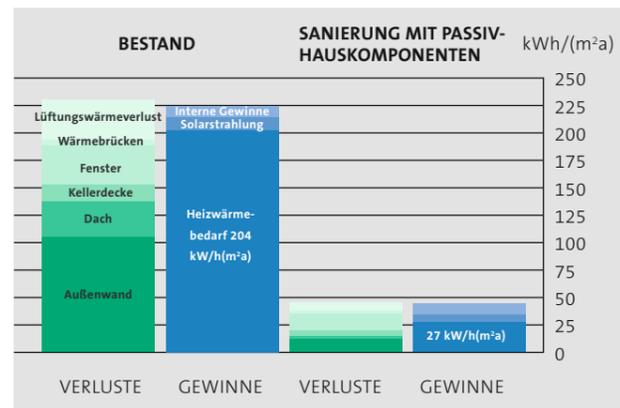
Fenster: Wärmebrücke vergleichbar einer Neubau-Situation $\gamma_a = 0,017 \text{ W}/(\text{mK})$ beim seitlichen Anschluss; der untere Bereich zum Fensterblech weist $\gamma_a = 0,030 \text{ W}/(\text{mK})$ auf.



Kniestock: durch vollständiges Umdämmen des Kniestocks mit einer Dicke von seitlich 20 cm und oberhalb 10 cm ergibt sich ein äußerst günstiger Wärmebrückendurchgangskoeffizient: $\gamma_a = 0,056 \text{ W}/(\text{mK})$.

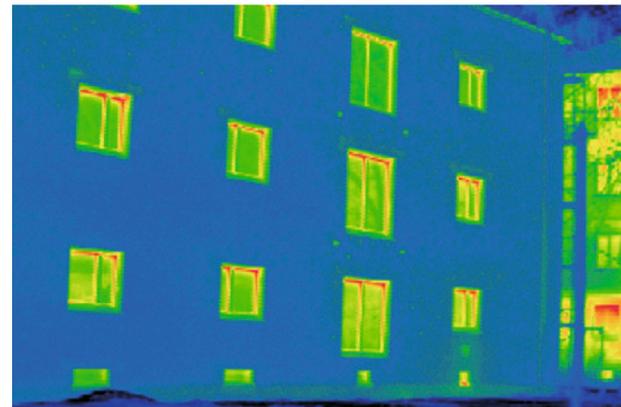
HEIZWÄRMEBEDARF

Der Heizwärmebedarf (Berechnung nach PHPP/EN 832) betrug vor der Sanierung 204 kWh/(m²a) und wird durch die Maßnahmen auf 27 kWh/(m²a) gesenkt. Aus primärenergetischer



Energiebilanz und Heizwärmebedarf – vor und nach der Sanierung

Sicht und hinsichtlich der CO₂-Reduktion wird der Faktor 10 überschritten. Die Maßnahmen amortisieren sich energetisch nach wenigen Jahren.



Thermografie der Südfassade kurz vor Fertigstellung und vor der Balkonmontage

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 n50 = 4,9 h⁻¹ führte. Die drei übereinanderliegenden Wohnungen auf der Ostseite wurden einzeln gemessen und erbrachten folgende Werte: Wohnung EG: n50 = 4,2 h⁻¹; Wohnung 1. OG: n50 = 6,2 h⁻¹; Wohnung 2. OG: n50 = 9,9 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.



Luftdichtung der Fenster außenwandbündig

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 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.



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

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 Gips-schlämmen, die ihrerseits in die Unebenheiten und Risse des Holzes luftdicht einbindet.

Treppenabgang und Treppenhaukopf 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 darunterliegenden Wohnung mit geringen 15 Pascal erzeugt, um die Folie nicht gar zu weit abheben zu lassen. Mittels IRThermografie konnten dann zielgerichtet die Leckagen geortet und weitestgehend geschlossen werden. Die abschließende Messung des Gesamtgebäudes ergab einen hervorragenden n50-Wert von 0,55 h⁻¹ und einige Hinweise zur weiteren Abdichtung der Hülle [PHI 2003]. Bei der Schlussabnahme wurde ein n50-Wert von 0,35 h⁻¹ erzielt [AnBUS 2003].

GEBÄUDETECHNIK

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 m³ (ca. 30 m³/Per-

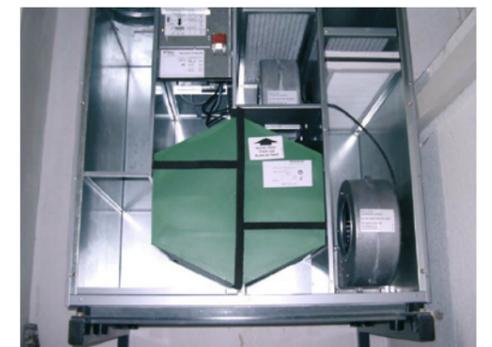
son) bei Normalstellung. Abgesaugt wird in Bad (40 m³), WC (20 m³), Küche (60 m³), Neben- und Abstellraum (20-30 m³). Durchführungen vom Flur zu den Wohnungen wurden mittels Kernbohrung erstellt, was mit den vorhandenen Absaug-Kernbohrgeräten prinzipiell einfach und staubfrei durchführbar war. Probleme 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 Eingulierung 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 Kipp Lüftung. Nicht zu unterschätzen sind bei der Lüftungssituation die geruchsbindenden Faktoren wie hohe Beladung der Wohnungen mit Möblierung, Interieur und Teppichböden sowie intensive Haushaltsführung.



Lüftungs- und Heizleitungen unter Flurdecke



Lüftungsgerät – Innenansicht



Kunst am Bau: Dämmung der Leitungen im Heizraum

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 m² befindet sich im Dachbodenbereich neben dem Treppenhaukopf. Eine Gasbrennwerttherme wurde ausgelegt nach den Anforderungen der Trinkwassererwärmung mit 30 kW Leistung. Ergänzend wurde eine solarthermische Anlage mit 17 m² Flachkollektor und 1 000 Liter-Schichtenspeicher installiert, die auf den sommerlichen Wärmeertrag ausgelegt ist. Die systembedingte Heizungseinbindung wird zu keiner großen Heizungs-

unterstützung 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.

Miete

Die Kaltmiete am Jean-Paul-Platz lag vor der Modernisierung bei 2,35 €/m² 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 € auf 4,22 €/m². Zieht man allerdings die Einsparungen resultierend aus dem geringen Wärmeverbrauch mit ein, beträgt die Mieterhöhung nur noch etwa 1,20 €/m², in der noch ein Anteil von 0,38 €/m² für den nachträglichen Balkonanbau enthalten ist.

Kosten

Die Kosten für die gesamten Maßnahmen beliefen sich auf rund 500 000 €. Das entspricht 530 €/m² Wohnfläche (nach DIN 276 Kostengruppe 300/400 inkl. MWSt.) und unterschreiten damit zahlreiche Vergleichsobjekte ohne Passivhauskomponenten [Dr. Schulze-Darup 2003].

Die Mehrkosten (RBK) für die Passivhauskomponenten gegenüber einer standardmäßigen energetischen Sanierung betragen etwa 100 €/m² Wohnfläche [Dr. Schulze-Darup 2000].

ABB. 1: MONATLICHE MIETKOSTEN UND BETRIEBSKOSTEN PRO m² WOHNFLÄCHE IM VERGLEICH

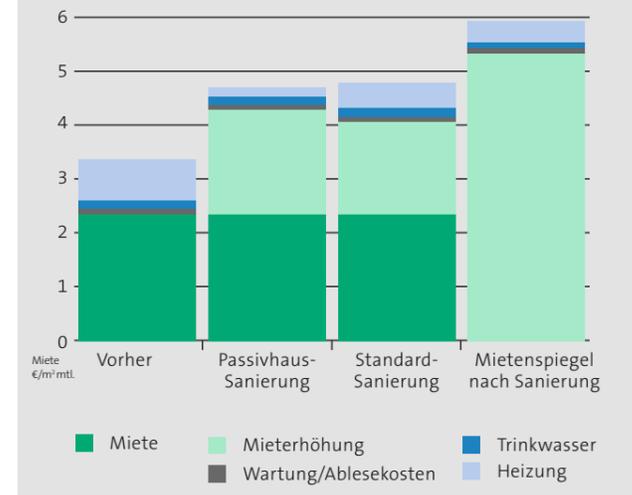
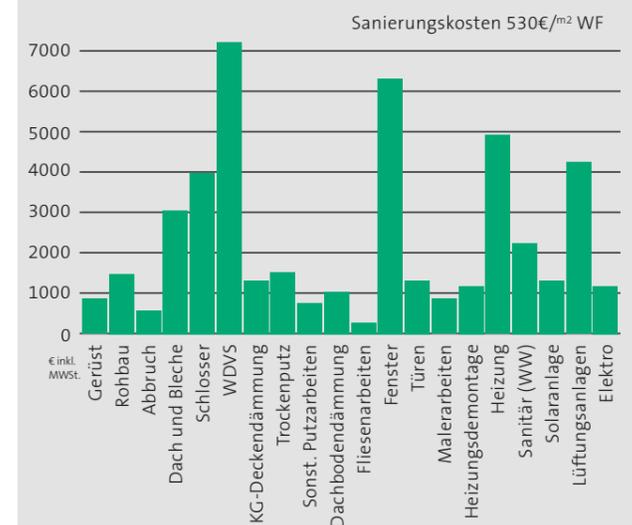


ABB. 2: BAUKOSTEN NACH DIN 276 KOSTENGRUPPE 300/400



Projektzusammenfassung

DAS NÜRNBERGER 3-LITER-HAUS

Bestand: sechs Wohnungen, Baujahr 1930 mit je 149 m² Wohnfläche
 Ziel: Modernisierung mit Passivhauskomponenten
 Heizwärme: vor Sanierung 204 kWh/(m²a) nach Sanierung 27 kWh/(m²a)
 Kosten: rund 500 000 €
 Bauherr: wbg Nürnberg GmbH Immobilienunternehmen
 Förderung: BASF AG, Ludwigshafen, Freistaat Bayern mit EU-Ziel-2 Sondermitteln
 Architekt: Dr. Burkhard Schulze-Darup, Nürnberg

Dieses Projekt ist Bestandteil der energetischen Modellvorhaben:



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



Das 4-Liter-Haus der wbg
Ingolstädter Straße 139-141



**Ökologische
Bestandsmodernisierung**
Wohnanlage Schweinau,
5-Liter-Standard



**Energetische Modernisierung
und Umbau**
Kollwitzstraße 1-17



**Das Niedrigenergiehaus
der wbg**
Bernadottestraße 42–48