

Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10 – Projektergebnisse: Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg

Dr. Burkhard Schulze Darup, Architekt, Au Graben 96, 90475 Nürnberg,
tel 0911 8325262 fax 8325263, e-mail: schulze-darup@t-online.de

1 Grundlagen

Die wbg Nürnberg führte im Herbst 2002 die Sanierung des Mehrfamilienhauses Jean-Paul-Platz 4 mit Passivhaus-Komponenten durch. Das dreigeschossige Gebäude mit sechs Wohnungen á 149 m² Wohnfläche wurde 1930 erbaut. Die Sanierung erfolgte im bewohnten Zustand. Die Berechnung des Heizwärmebedarfs ergab einen Wert von 27 kWh/(m²a) gegenüber 204 kWh/(m²a) vor der Sanierung. Eine wissenschaftliche Begleitforschung zur Qualitätssicherung und Auswertung der Projektergebnisse wurde durchgeführt, um eine umfassende Dokumentation und Bewertung zu erhalten [Schulze Darup 2005].

2 Maßnahmen

Die Maßnahmen der Sanierung wurden bereits auf der Passivhaustagung 2003 dargestellt [Schulze Darup 2003] sowie erste Ergebnisse im Rahmen des Arbeitskreises kostengünstige Passivhäuser [Feist 2003]. Die folgende Tabelle stellt die durchgeführten Maßnahmen zusammen.

Tabelle 1: energetisch relevante Maßnahmen

Bauteil	U-Wert vorher	U-Wert nachher	Maßnahme
Außenwände	1,40 W/m ² K	0,15 W/m ² K	20 cm Wärmedämmverbundsystem WLG 035
Decke zum Dachboden	0,87 W/m ² K	0,12 W/m ² K	25 cm Dämmung auf der Decke WLG 035
Kellerdecke	0,88 W/m ² K	0,19 W/m ² K	14 cm Dämmung unter der Decke WLG 035
Fenster	2,80 W/m ² K	U _w =0,8 W/m ² K	3-fach-Vergl. / gedämmte Rahmen
Lüftung	Fensterlüftung	Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (85 %)	
Heizung		Dachzentrale Gas-Brennwertheizung, 30 kW	
Trinkwassererwärm.		Solarthermie (18 m ²) und Schichtenspeicher	

3 Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung

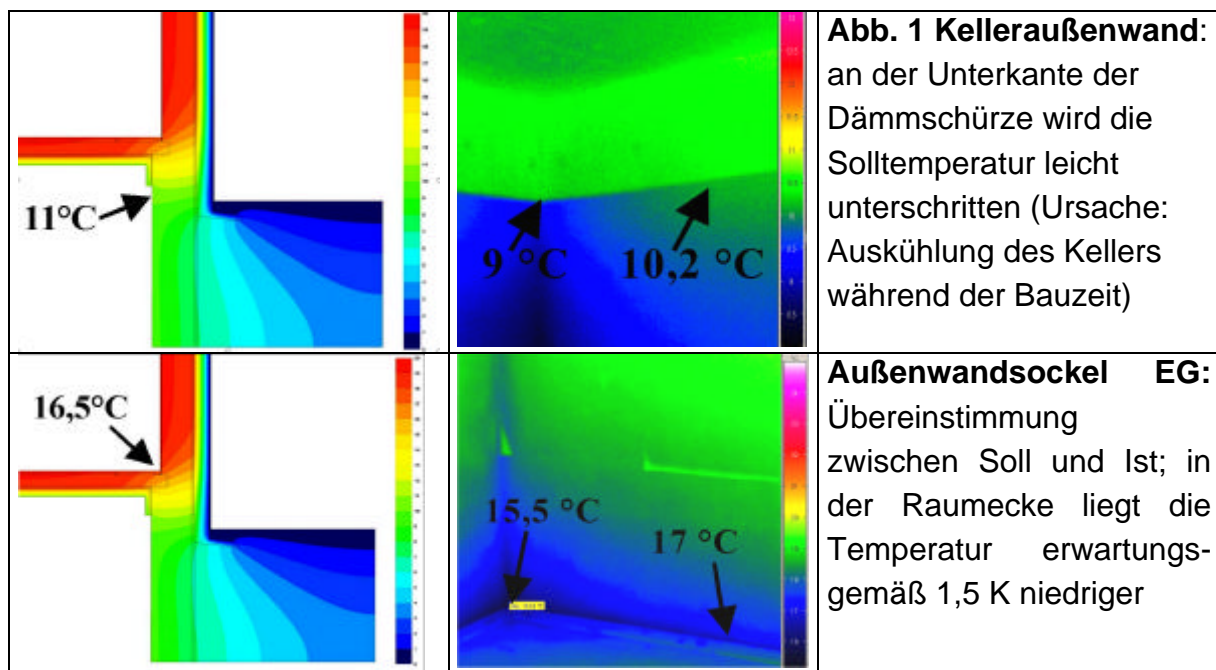
Die wissenschaftliche Begleitung erfolgte durch ein Team aus Passivhaus Institut Darmstadt, FIW München, AnBUS Fürth und Architekturbüro Schulze Darup. Die wesentlichen Ergebnisse werden im folgenden dargestellt.

3.1 Blower-Door-Messungen

Vor Baubeginn wurde ein Blower-Door-Test durchgeführt, der für das Gebäude 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: $n_{50} = 9,9 \text{ h}^{-1}$. Baubegleitend wurden zwei Tests durchgeführt, z. T. unterstützt durch Thermografie. Dabei konnten Fehlstellen lokalisiert und Nachbesserungen durchgeführt werden. Bei der Schlussabnahme wurde ein n_{50} -Wert von $0,35 \text{ h}^{-1}$ erzielt [AnBUS 2004 / PHI 2003, Feist 2003, Schulze Darup 2005].

3.2 Infrarot-Thermografie

Die Ergebnisse der Thermografie wurden detailliert dokumentiert [Feist 2003, Schulze Darup 2005]. An dieser Stelle werden an zwei relevanten Punkten im Sockelbereich die Sollwerte der Wärmebrückenberechnung den gemessenen Werten bei der Thermografie gegenüber gestellt.



3.3 Temperatur- und Feuchtemessungen FIW

Bauphysikalische Messungen (Raumlufthemperatur und Raumluftfeuchte, Oberflächenfeuchte) wurden mit einer Auflösung von 15 Minuten durchgeführt. Abb. 2 zeigt hinsichtlich der Temperatur einen charakteristischen Verlauf für Wohnungen, in denen die Lüftungsanlage ohne zusätzliche Fensterlüftung kontinuierlich betrieben wurde. Bei Einsatz von Fensterlüftung lässt sich im Vergleich dazu der jeweilige Temperatur- und Feuchtesprung nach unten ablesen (s. Kap. 4). Die Temperaturen in den Wohnungen lagen im Mittel um 21 °C .

Die relative Luftfeuchte liegt kontinuierlich in einem komfortablen Bereich von 35 bis 45 %. Werte um 30 % wurden erreicht in einer sehr kalten Phase ohne Absenkung des Luftwechsels bei geringer Belegung von 2 Personen in der Wohnung.

3.3.1 Sommerfall

Der Ernstfall konnte im „Jahrhundertsommer“ 2003 dokumentiert werden: bei Außentemperaturen von 35 bis 39 °C wird in Abb. 3 über 11 Tage aufgezeichnet, wie sich die Temperatur in vier Wohnungen entwickelt. Ohne Außenverschattung der Fenster und bei oftmals geöffneter Balkontür während des Tages bleiben die Raumtemperaturen im Mittel 8 K unter der Außentemperatur. Eine effiziente Nachtkühlung fand in den meisten Wohnungen (z. B. aus Schallschutzgründen) nicht statt. Das subjektive Empfinden der Bewohner war positiv. Die Innentemperatur auch an den heißen Tagen wurde als angenehm empfunden.

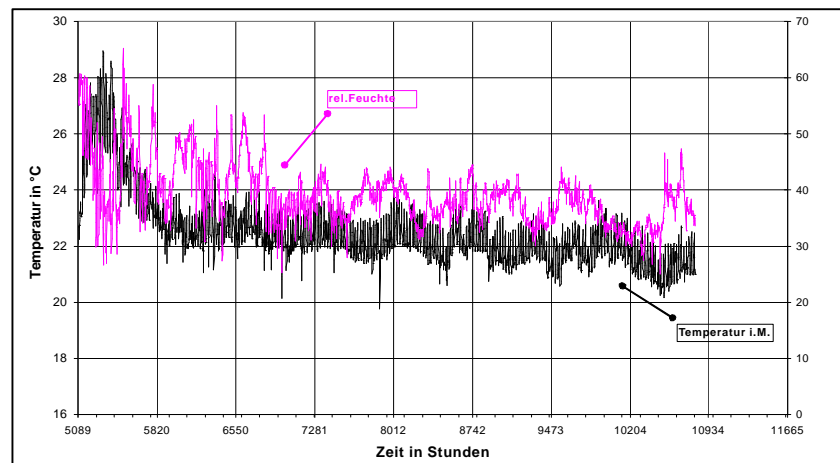


Abb. 2 Verlauf von Temperatur und relativer Feuchte von August 2003 bis März 2004 in Wohnung 1 [FIW 2005]

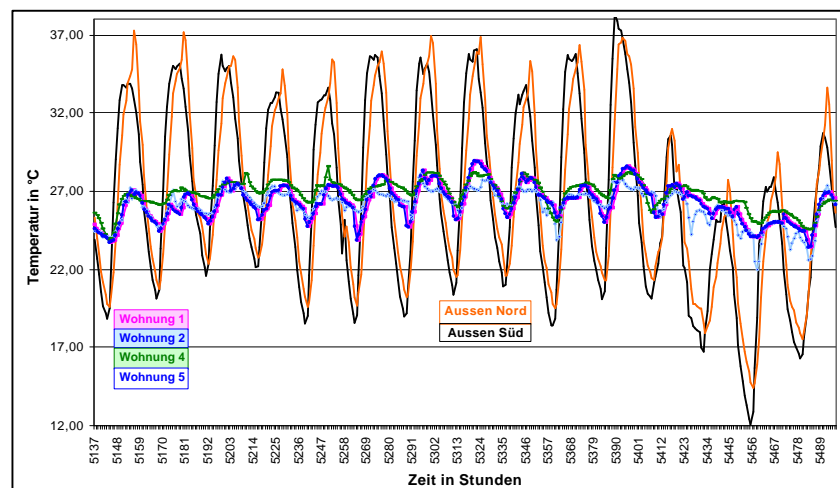


Abb. 3 Temperaturverlauf in vier Wohnungen im „Jahrhundertsommer“ 2003 [FIW 2005]

3.4 Qualitätssicherung der Lüftungsanlage

In einem mehrstufigen Verfahren wurde die Qualitätssicherung der Lüftungsanlage durchgeführt. Die Einstellung der Balance von Zu- und Abluft mit einem Zielwert von 150 m³/h wurde durch die Installationsfirma bzw. den Gerätehersteller Maico-Aerex vorgenommen mittels Messung mit einem Flügelradanemometer. Eine Überprüfung erfolgte mit einem hochwertigen Gerät (Flow Finder) durch das Passivhaus Institut. Mittels Indikatorgas-Messungen (SF₆) wurde der Außenluftwechsel in allen Wohnungen bestimmt. Die Ergebnisse bestätigten die Einstellungen der Lüftungsanlage. Bei einer Wohnung wurde bei gekipptem Küchenfenster gemessen, was zu einer Erhöhung des Luftwechsels um 74 m³ (Luftwechsel 0,61 h⁻¹ statt 0,42 h⁻¹) führte.

Neben dem Luftwechsel ist das Luftalter eine wichtige Größe zur Beurteilung der Luftqualität. Es beträgt i. M. der vier gemessenen Wohnungen 2,4 h mit einem Luftaustauschwirkungsgrad von 52 % und ist damit aufgrund der gerichteten Durchströmung von Zuluft- in Abluftzonen etwas besser als bei idealer Durchmischung. [PHI 2003]

3.5 Messung der Raumluftqualität

Raumlufthygiene ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal bei der Planung von Gebäuden. Beim Einsatz neuer Techniken ist es besonders wichtig, durch Messungen eine hohe Qualität sicher zu stellen.

3.5.1 Untersuchung auf Mikroorganismen

Für Schimmelpilzuntersuchungen wurden sowohl in den Wohnungen am Jean-Paul-Platz 4 als auch in baugleichen unsanierten Nachbargebäuden Proben genommen. Die Probenahme erfolgte im Flurbereich, dem Überströmbereich der Lüftungsanlagen, wo ein Querschnitt aus den Belastungen aller Aufenthaltsräume gegeben ist. Die Auswertung erfolgte

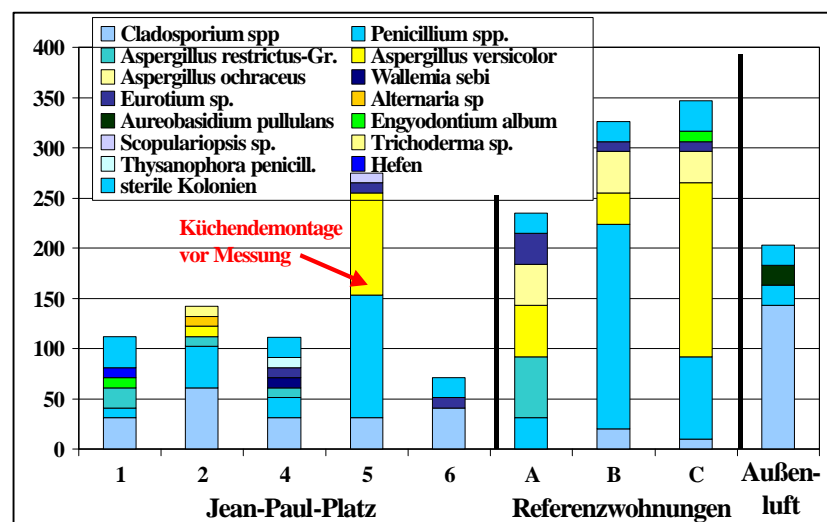


Abb. 4 Schimmelpilzuntersuchung der Raumluft in den Wohnungen am Jean-Paul-Platz im Vergleich zu drei Referenzwohnungen ohne Lüftungsanlage [AnBUS 2004]

mittels Kultivierung über die Nährbodenart DG 18. Die Nährmedien wurden bei Probeneingang sowie nach 4 und 10 Tagen Inkubation bei $24 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ausgewertet (Zählung und morphologische Differenzierung). Die Konzentration der koloniebildenden Einheiten (KBE/m³) sollte deutlich unter dem Außenluftwert liegen. Die Ergebnisse werden in Abbildung 4 dargestellt. In den Wohnungen am Jean-Paul-Platz liegen sehr günstige Werte vor mit Ausnahme einer Wohnung, in der direkt vor Probenahme eine 15 Jahre alte Küche mit stark belasteten Möbelerückseiten demontiert worden war.

3.5.2 VOC-Messung

Die Messung von leichtflüchtigen organischen Verbindungen (VOC's; Substanzen gemäß VDI 4300, Blatt 6) ermöglicht einen guten Überblick über die Raumluftqualität. Die Probenahme erfolgte wiederum im Flur der Wohnung mittels Aktivkohle bzw. Silicagel ca. 10 Monate nach Fertigstellung der Sanierungsarbeiten.

Das Ergebnis wird in Abbildung 5 zusammengefasst: die Raumluftqualität liegt durch den Einsatz von Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung deutlich besser als bei gemessenen Referenzobjekten mit Fensterlüftung. Die strengen Zielwerte von Seifert (UBA) werden deutlich unterschritten. Untersuchungsmethode: GC/MS Aktivkohle, Silicagel

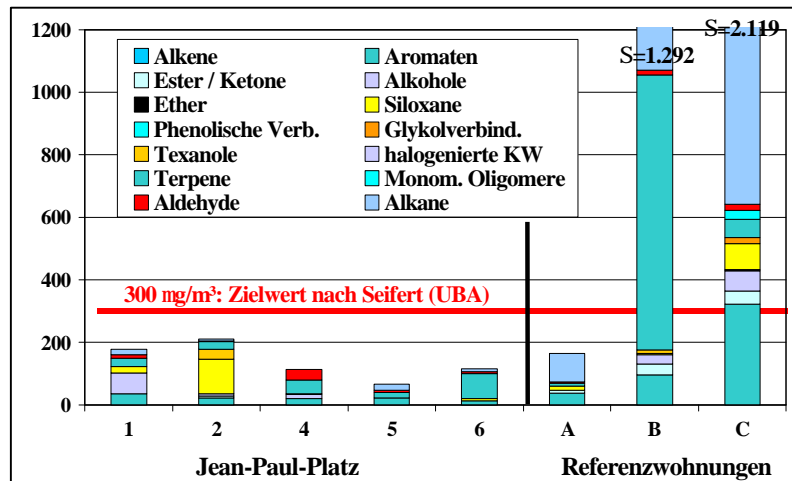


Abb. 5 Untersuchung der Raumluft auf flüchtige organische Verbindungen (VOCs) in den Wohnungen am Jean-Paul-Platz im Vergleich zu drei Referenzwohnungen ohne Lüftungsanlage [AnBUS 2004]

3.5.3 CO₂ - Verlaufsmessung

Die CO₂-Konzentration wurde mit einem Gerät über zwei Jahre in verschiedenen Räumen gemessen. In Abbildung 6 wird das Ergebnis über eine Woche am Beispiel der Wohnung 1 dargestellt. Die dargestellte Kurve ist charakteristisch auch für die anderen Messzeiten. Die Werte lagen in Einzelfällen (Besuch etc.) im Bereich von 1200 bis 1500 ppm, jedoch nicht darüber. Das Ergebnis dokumentiert den sehr guten Luftaustausch durch die Lüftungsanlage und korrespondiert mit den Ergebnissen der Qualitätssicherung der Lüftungsanlage (Kap. 3.4).

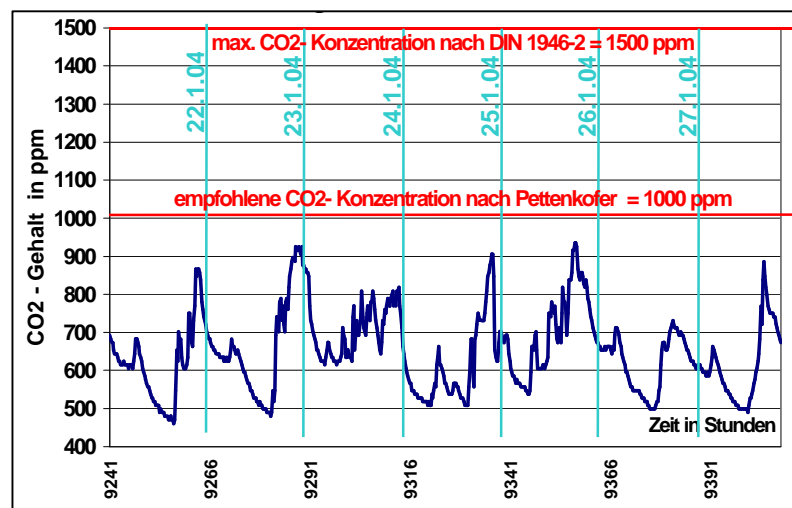


Abb. 6 Verlauf der CO₂-Konzentration über eine Woche vom 21. bis 27.1.2004 in Wohnung 1 [FIW 2005]

3.6 Gebäudetechnik

Zur Ermittlung der Verbrauchswerte wurden in der Heizzentrale Wärmemengezähler installiert zur Erfassung der bereitgestellten Gesamtwärmemenge hinter der 30-kW-Therme, ein weiterer Zähler im Solarkreis. Zudem wurde der Verbrauch für den Bereich Trinkwarmwasser inkl. Zirkulationsverlusten gemessen. Vor jeder Wohnung im Flur an der Übergabe wurde ein Wärmemengezähler zur Ermittlung des Heizwärmeverbrauchs pro Wohnung installiert.

3.6.1 Heizenergieverbrauch

Der Heizwärmeverbrauch betrug 26,9 kWh/(m²a) in der Heizsaison 2002/03 und 23,7 kWh/(m²a) in der folgenden Saison. Der Rechenwert nach PHPP betrug 27,4 kWh/(m²a). Der gemessene Wert für die primärenergiebezogene Anlagenaufwandszahl betrug für Heizung und Trinkwassererwärmung 1,05, bei Einbeziehen der Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung 0,80. Letzterem Wert steht ein Rechenergebnis nach EnEV von 0,84 gegenüber bei detaillierter Berechnung unter Berücksichtigung der Anlagenoptimierung. Die EnEV-Berechnung ergibt für den Jahresprimärenergieverbrauch einen Wert von 40 kWh/(m²a) nach Tabellenverfahren. Bei detaillierter Berechnung des Anlagenaufwands beträgt der Wert 34 kWh/(m²a). Der gemessene Wert ist 33,9 kWh/(m²a).

Interessant ist die Betrachtung der erforderlichen Heizleistung in Hinblick auf Einsparungspotenziale bei der Heizungstechnik. In Abb. 7 werden die Ergebnisse dargestellt. Eine Reduzierung der Heizleistung im Messzeitraum auf 10 W/m² wäre möglich und sinnvoll gewesen. Die Überschreitung der Leistung in zwei Wohnungen ist auf unangepasstes Nutzerverhalten

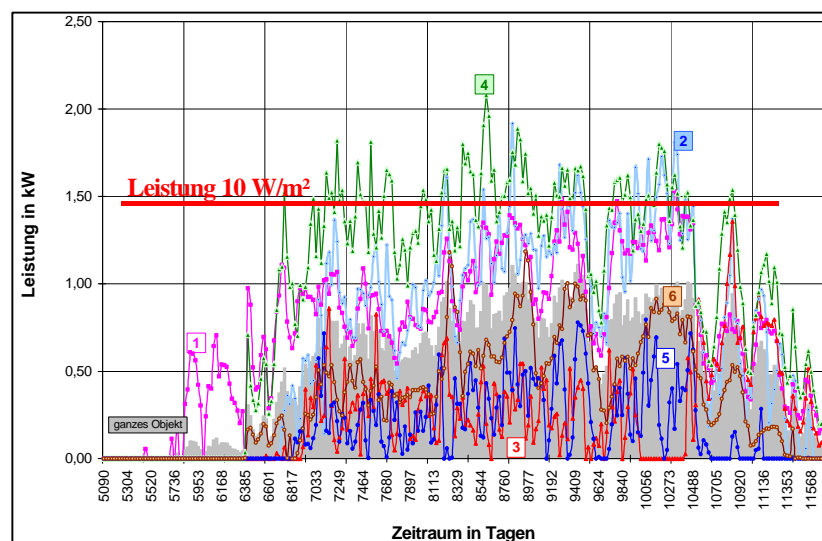


Abb. 7 Leistung über jeweils 24 Stunden von August 2003 bis April 2004 pro Wohnung und für das Gesamtgebäude (grau hinterlegt) [FIW 2005]

zurückzuführen, das bei einem geringeren Leistungsangebot zu einem angepassteren Verbrauch führen würde. Bei dieser Aussage handelt es sich um eine These, die bei weiteren Anlagenprojektierungen zu belegen ist.

3.6.2 Verbrauch für Trinkwassererwärmung

Der Verbrauch an Heizenergie für die Trinkwassererwärmung betrug 17,8 kWh/(m²a) inkl. der Zirkulationsverluste. Der Messzeitraum reicht vom 1.4.2003 bis 1.4.2004. Bezug ist die beheizte Wohnfläche. Noch nicht bewertet sind die Gewinne durch die Solarthermieanlage. Der solare Eintrag beträgt im gleichen Zeitraum 8,3 kWh/(m²a), das sind 46 % des Verbrauchs. Die Anlage ist ausgelegt auf den sommerlichen Bedarf. Im Sommer war eine zusätzliche Erwärmung des Trinkwassers durch die Heizanlage nur in Einzelfällen erforderlich.

3.7 Kosten

Es war erklärtes Ziel des Modernisierungsvorhabens, eine möglichst kosteneffiziente Sanierung durchzuführen. Es wurde eine Komplettsanierung mit Schwerpunkt bei der energetischen Sanierung durchgeführt, nicht enthalten waren Schönheitsreparaturen in den Wohnungen und neue Bäder. Die abgerechneten Kosten für die Sanierungsmaßnahme betragen 503 €/m² Wohnfläche (Kostengruppe 300/400 DIN 276 inkl. MWSt.); die Mehrkosten für die Passivhaus-Komponenten gegenüber dem EnEV-Standard betragen 100 €/m² [Schulze Darup 2005].

4 Nutzerverhalten

Die sechs Mietparteien in dem Gebäude sind von der Familienstruktur und auch kulturell sehr unterschiedlich geprägt. Da im bewohnten Zustand saniert wurde, blieben zunächst bis auf eine Partei alle Mieter im Gebäude. Trotz der nicht vermeidbaren Belastung durch die Bauzeit herrschte eine positive Grundstimmung gepaart mit Skepsis hinsichtlich der energetischen Maßnahmen, insbesondere der Lüftungsanlage. Durch Einweisungen und ca. zwei weitere Gespräche während der Heizsaison konnte bei einem Teil der Familien ein gutes Nutzerverhalten erzielt werden. Zwei bis drei Parteien blieben im Umgang mit der Fensterlüftung relativ großzügig, hoben bei den Gesprächen jedoch zunehmend die Vorteile der Lüftungsanlage hervor.

Durch die Messung von Raumtemperatur und relativer Feuchte (s. Kap. 3.3) konnte das Lüftungsverhalten relativ gut verfolgt werden. Mehrfach tägliche Lüftung und z. T. kontinuierliche Kipp Lüftung blieben bei zwei Mietparteien erhalten. So wurde in einem Haushalt mit kleinen Kindern und einem sehr stark rauchenden Vater sehr ausgiebige Fensterlüftung betrieben. Vorschläge zum Rauchen im Abluftbereich wurden nicht aufgenommen.

Die bauphysikalischen Gegebenheiten wurden sehr positiv bewertet: die subjektiven Hinweise reichten von „kein Zug“ über „angenehm ausgeglichen warm“, „keine kalten Füße mehr“ bis hin zu den Vorzügen der ausgeglichenen Feuchte durch die Lüftungsanlage und der weniger beschlagenden Spiegel beim Duschen.

Der Heizwärmebedarf der einzelnen Wohnungen streut deutlich. In der Summe werden jedoch die Sollwerte unterschritten wie in Kapitel 3.6.1 beschrieben.

5 Zusammenfassung

Die Auswertung der wissenschaftlichen Begleitforschung zeigt, dass der Einsatz von Passivhaus-Komponenten genauso wie im Neubaubereich zu äußerst guten Ergebnissen hinsichtlich Komfort, Raumluftqualität und subjektivem Wohngefühl

führt. Die projizierten Kennwerte wurden in der Praxis bestätigt, die Energieverbrauchswerte liegen sogar unter dem ermittelten Heizwärmebedarf. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass sich bei Fortentwicklung der Komponenten und weiterer Marktdurchdringung hocheffiziente energetische Modernisierung bald als wirtschaftlichster Sanierungsstandard etablieren wird.

6 Quellen

[AnBUS 2004]	Münzenberg, Thumulla: Projektbericht Jean-Paul-Platz. - AnBUS Fürth 2004
[Feist 2003]	Feist, W. (Hrsg.): Einsatz von Passivhaus-Technologien bei der Altbau-Modernisierung. - Protokollband Nr. 24, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser, Passivhaus Institut Darmstadt 2003
[FIW 2005]	Spitzner: Projektbericht bauphysikalische Messungen und Verbrauchsmessungen Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg. – FIW München 2005
[PHI 2003]	Feist, Wolfgang; John, Markus; Kah, Oliver: Passivhaustechnik im Gebäudebestand – Qualitätssicherung für das Bauvorhaben Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg. - Passivhaus Institut Darmstadt 2003
[Schulze Darup 2003]	Schulze Darup, B.: Modernisierung mit Passivhaus-Komponenten. - Tagungsreader der 7. Passivhaus-Tagung in Hamburg, Passivhaus Institut Darmstadt 2003
[Schulze Darup 2005]	Schulze Darup, Hrsg.: Projektbericht Jean-Paul-Platz 4 in Nürnberg. Zusammenstellung der Ergebnisse der Wissenschaftlichen Begleitforschung durch das Passivhaus Institut Darmstadt, FIW München, AnBUS Fürth und Architekturbüro Schulze Darup, Nürnberg 2005