

Energetische Modernisierung eines Gründerzeithauses in Wiesbaden

Dipl.-Phys. Tobias Loga, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt

Das im Folgenden vorgestellte Gebäude wurde als typisches Gründerzeithaus zwischen 1880 und 1890 im Wiesbadener Kirchbergviertel errichtet. Zwischen Januar 2001 und Februar 2002 fand innen und außen eine durchgreifende Modernisierung statt. Eigentümer des Gebäudes und Träger der Maßnahmen ist die GWW Wiesbadener Wohnbaugesellschaft mbH. Da es sich um ein historisches Gebäude mit erhaltenswerter Fassade handelt, ergaben sich besondere Anforderungen an das Vorhaben. Es wurde angestrebt, im Rahmen des Möglichen (Vorgaben zu Denkmalschutz, Praktikabilität und Wirtschaftlichkeit) energiesparende Maßnahmen durchzuführen, die für ähnliche Gebäude als Vorbild dienen könnten. Im Auftrag der Stadt Wiesbaden und in Kooperation mit der Klimaschutz-Agentur Wiesbaden e.V. hat das IWU die Modernisierungsmaßnahmen begleitet und dokumentiert [IWU 2003].

Das Gebäude hat 4 Vollgeschosse und ein ausgebautes Dachgeschoss (Bild 1). 10 Wohnungen verteilen sich auf 646 m² beheizte Wohnfläche.

Bild 1: Gründerzeitgebäude Wiesbaden Lehrstraße 2 – vor der Modernisierung



Baujahr 1890
4 Vollgeschosse
+ ausgebautes Dachgeschoss
10 Wohnungen
646 m² Wohnfläche



Dipl.-Phys. Tobias Loga, Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt

1 Die Maßnahmen

Bild 2 gibt einen Überblick über die durchgeführten Maßnahmen. Anstelle der vorwiegend kohlebefeuernten Einzelöfen wurde eine Gas-Zentralheizung mit Brennkessel und zentraler Warmwasserbereitung installiert. Die alten einfachverglasten Fenster wurden gegen neue, in historischer Form gestaltete Holzfenster mit Zwei-Scheiben-Wärmeschutzverglasung (Glas-U-Wert $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) ausgetauscht. Der Fußboden im Erdgeschoss wurde erneuert und mit 6 cm Dämmung versehen. Bei den Dachflächen wurde 10 cm Dämmung (WLG 035) von innen angebracht, auf der Kehl-balkendecke über den bewohnten Dachräumen wurden 20 cm Dämmung (WLG 035) verlegt.

Die Fassade auf der Hofseite wurde mit einem 12 cm starken Wärmedämmverbundsystem (Wärmeleitfähigkeit $0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) gedämmt. Die neuen Balkone auf der Hofseite wurden thermisch entkoppelt vor die Fassade gestellt.

Bild 2: Durchgeführte Maßnahmen



2 Innendämmung der denkmalgeschützten Fassade

Eine besondere Herausforderung stellte die Dämmung der Straßenfassade dar. Aus Gründen des Denkmalschutzes sollte die mit Putzgesimsen, Fenstergewänden und Schmuckelementen ausgestattete Fassade erhalten werden. Daher kam nur eine Innendämmung in Frage. Dazu wurde eine Hartschaum-Mehrschicht-Leichtbauplatte verwendet (60 mm Plattenstärke, davon 55 mm Polystyrol-Hartschaum mit Wärmeleitfähigkeit 0,035 W/(m·K)). Die einseitige Heraklith-Schicht (5 mm) diente als Putzträger für den Innenputz. Durch den Putz wird die für die Innendämmung notwendige Luftdichtheit hergestellt. Ebenfalls aus Gründen der Luftdichtheit wurden in der Innendämmung keine Steckdosen angeordnet.

Um die Wärmebrückenwirkung und das damit verbundene Tauwasserrisiko zu verringern, wurden die Fensterleibungen und die einbindenden Innenwände in der Nähe des Anschlussbereichs an die Außenwand ebenfalls in die Dämmung einbezogen (Bild 2).

Bild 3: Bedarf an Heizwärme, Endenergie und Primärenergie bezogen auf die beheizte Wohnfläche (berechnet mit [EPHW-EB 2003] unter realistischen Nutzungsbedingungen)

Variante		1	2	3	4
		Vor Modernisierung	Innen-/Außen- Dämmung	Innen-Dämmung	Außen- Dämmung
Heizwärmebedarf	kWh/(m²a)	219,4	94,7	101,1	84,3
	<i>Reduktion im Vergleich zu Var. 1</i>		-57%	-54%	-62%
Endenergiebedarf (Erdgas)	kWh/(m²a)	264,9	133,9	140,6	123,0
	<i>Reduktion im Vergleich zu Var. 1</i>		-49%	-47%	-54%
Primärenergiebedarf	kWh/(m²a)	301,5	154,7	162,1	142,5
	<i>Reduktion im Vergleich zu Var. 1</i>		-49%	-46%	-53%

3 Energetische Bewertung

Damit die Ergebnisse auch auf Gründerzeithäuser mit anderen Fassadengestaltungen übertragen werden können, wurden neben der realisierten Variante auch eine mit reiner Außendämmung und eine mit reiner Innendämmung der Fassade berechnet. Die Wärmeschutz-Varianten sind wie folgt definiert:

- Var. 1: Zustand vor Modernisierung
- Var. 2: Zustand nach Modernisierung – wie geplant und realisiert
- Var. 3: Zustand nach Modernisierung – jedoch alle Fassaden mit Innendämmung
- Var. 4: Zustand nach Modernisierung – jedoch alle Fassaden mit Außendämmung

Bild 3 gibt einen Überblick über den Energiebedarf der Varianten und die Einsparung gegenüber dem Zustand vor Modernisierung. Die realisierten Maßnahmen (Var. 2) reduzieren den Heizwärmebedarf um 57% von 219 auf 95 kWh/(m²a) (Bezugsfläche: beheizte Wohnfläche). Insgesamt wird der Bedarf an Endenergie für Heizung und Warmwasser (Brennstoff Erdgas) etwa halbiert. Gleiches gilt für den Primärenergiebedarf.

Diese Werte sind nicht mit Kennwerten nach EnEV vergleichbar. Berechnet mit Randbedingungen nach EnEV und bezogen auf die „Gebäudenutzfläche“ A_N (mit 925 m² 43% größer als die beheizte Wohnfläche!) ergibt sich für Var. 2 ein Primärenergiekennwert von 109 kWh/(m²a).

Aufgrund des vergleichsweise geringen Fassadenanteils der mit Außendämmung realisierten Hofseite wäre die Einsparung bei einer Komplett-Lösung mit Innendämmung nur 3% geringer ausgefallen (Var. 3). Wäre dagegen die Außendämmung für die gesamte Fassade realisiert worden (Var. 4), so läge die Einsparung bei insgesamt 62% – also um 5% höher als bei Var. 2.

4 Gemessener Verbrauch

Der Erdgasverbrauch für Heizung und Warmwasser liegt für mittlerweile 3 Jahre vor. Der Mittelwert beträgt klimabereinigt 132 kWh pro m² Wohnfläche, bezogen auf H_O (Bild 4). Zur Einordnung dieses Verbrauchskennwertes kann der Heizspiegel Wiesbaden herangezogen werden (Bild 5): Ein durchschnittliches Mehrfamilienhaus dieser Größenklasse verbraucht jährlich etwa 225 kWh pro m² Wohnfläche für Heizung und Warmwasser (Median = Grenze zwischen 2. und 3. Quartil). Die 25% besten Gebäude liegen unter 150 kWh/(m²a). Somit ordnet sich das Gebäude Lehrstraße 2 in das 1. Quartil ein (im Heizspiegel als „optimal“ bezeichnet).

Die Bedarfsberechnung ergibt bei Ansatz der Randbedingungen nach dem Hessischen Leitfaden Energiebewusste Gebäudeplanung (LEG) und für das regionale Klima einen Wert von 146 kWh/(m²a) (ebenfalls bezogen auf H_O / Bild 4). Dieser liegt um 10%

höher als der Mittelwert der 3 Jahre, entspricht andererseits etwa dem Verbrauch des letzten Jahres. Die Berechnung mit EnEV-Randbedingungen (Monatsbilanzverfahren) liefert absolut etwas geringere Werte, bei Bezug auf die gegenüber der Wohnfläche um 43% größere „Gebäudenutzfläche“ A_N nach EnEV ergibt sich jedoch ein Energiekennwert von nur 95 kWh/(m²a), der mit den anderen Kennwerten nicht vergleichbar ist.

Bild 4: Über 3 Jahre gemessener Erdgasverbrauch für Heizung und Warmwasser / Vergleich mit berechneten Werten

Abrechnungsjahr	Endenergiebedarf (Erdgas) H ₀		
	<u>2002</u>	<u>2003</u>	<u>2004</u>
gemessener Verbrauch	78.451 kWh/a	72.011 kWh/a	90.412 kWh/a
klimabereinigt (Durchschnittsjahr)	85.592 kWh/a	76.553 kWh/a	94.026 kWh/a
Energiekennwert bezogen auf 646 m² Wohnfläche	132 $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}}$	119 $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}}$	146 $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}}$
Randbed. nach LEG/EPHW regionales Klima (Durchschnittsjahr)	94.995 kWh/a		
Energiekennwert bezogen auf 646 m² Wohnfläche	147 $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}}$		
Randbed. nach EnEV (Monatsbil.) regionales Klima (Durchschnittsjahr)	88.129 kWh/a		
Energiekennwert bezogen auf 925 m² "Gebäudenutzfl." A_N	95 $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\text{a}}$		

Heizspiegel Wiesbaden 1997		
Gebäude mit 500 bis 1000 m ² Wohnfläche / Energieträger: Erdgas		
Heizenergieverbrauch inkl. Warmwasser		
Häufigkeitsverteilung	Einstufung	kWh/(m ² a)
1. Quartil	"optimal"	< 150
2. Quartil	"durchschnittlich"	150 bis < 225
3. Quartil	"erhöht"	225 bis < 310
4. Quartil	"sehr hoch"	310 und mehr

Bild 5 zur Einordnung: statistische Auswertung des Erdgasverbrauchs für Heizung und Warmwasser von mittelgroßen Mehrfamilienhäusern in Wiesbaden (aus: [DMB 1999])

5 Detaillierte Analyse der Wärmebrücken

Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung wurden für alle linearen Bauteilanschlüsse Wärmebrückenberechnungen im Zustand vor und nach der Modernisierung durchgeführt. Ziel war vor allem die Beurteilung bauphysikalischer Problemzonen und die energetische Optimierung.

Bild 6 zeigt, welche Bedeutung die Wärmebrücken für die Energiebilanz besitzen. Im Ist-Zustand liefert die Berücksichtigung der Wärmebrücken um 2% geringere Werte für den Heizwärmebedarf. Dieser bekannte Effekt beruht auf der Tatsache, dass die energetische Bilanzierung regulär auf der Basis von Außenmaßen erfolgt. Damit werden die Wärmeverluste an den Gebäudekanten – zumindest solange keine bedeutsamen konstruktiven Wärmebrücken vorliegen – tendenziell überschätzt. Werden von diesem Ansatz ausgehend die zusätzlichen Verluste an den Bauteilanschlüssen berechnet, so liegen sie in der Regel nahe Null oder sind negativ.

Dies ist für die gedämmten Konstruktionen nicht mehr der Fall: Lässt sich im Bereich von Bauteilanschlüssen der nachträgliche Wärmeschutz nicht in vollem Umfang realisieren, so machen sich die zusätzlichen Wärmeverluste in der Energiebilanz deutlich bemerkbar. Bei Vernachlässigung der Wärmebrücken läge der Heizwärmebedarf des modernisierten Gebäudes (Var. 2) um 10 kWh/(m²a) niedriger. Der Bedarf wäre also um 11% unterschätzt worden. Bezogen auf die gesamte thermische Hülle machen sich die Wärmebrücken in einer Erhöhung der Transmissionswärmeverluste von 0,08 W/(m²K) bemerkbar. Dieser Wert kann verglichen werden mit dem in der EnEV eingeführten Wärmebrückenzuschlag von 0,05 (bei Einhaltung der DIN V 4108-6 Blatt 2) bzw. 0,1 W/(m²K) (sonst).

Diskutiert wird derzeit für die Bewertung innengedämmter Bestandsgebäude ein Pauschalzuschlag von 0,2 W/(m²K). Der für das komplett mit Innendämmung versehene Gebäude ermittelte Wärmebrückenzuschlag liegt jedoch nur bei 0,1 W/(m²K). Dabei muss allerdings beachtet werden, dass die Anschlüsse z.T. bereits wärmetechnisch „entschärft“ wurden (Flankendämmung bei einbindenden Innenwänden). Außerdem ist die Situation im Bereich der Holzbalkendecken deutlich günstiger als bei massiven Decken.

Mit 0,06 W/(m²K) deutlich geringer ist der Wärmebrückenzuschlag bei der kompletten Außenwanddämmung (Var. 4). Allerdings haben die Wärmebrücken immer noch einen Einfluss von 9% auf den Heizwärmebedarf. In Anbetracht dieser Ergebnisse scheint es ratsam, bei der Bestandserneuerung in Zukunft auch verstärkt den Einfluss der Wärmebrücken zu beachten und gegebenenfalls durch optimierte Lösungen zu verringern.

Bild 6: Auswirkung der Vernachlässigung der Wärmebrücken auf den Heizwärmebedarf

Variante		1	2	3	4
		Vor Modernisierung	Innen-/Außen- Dämmung	Innen-Dämmung	Außen- Dämmung
Heizwärmebedarf					
mit Berücksichtigung Wärmebrücken	kWh/(m²a)	219,4	94,7	101,1	84,3
ohne Berücksichtigung Wärmebrücken	kWh/(m²a)	223,5	84,7	88,3	76,7
<i>Auswirkung der Vernachlässigung der Wärmebrücken auf den Heizwärmebedarf</i>	<i>kWh/(m²a)</i>	<i>+4,2</i>	<i>-10,0</i>	<i>-12,7</i>	<i>-7,6</i>
<i>relativ</i>		<i>+2%</i>	<i>-11%</i>	<i>-13%</i>	<i>-9%</i>
Wärmebrückenzuschlag (bezogen auf die thermische Hülle)	W/(m²K)	-0,04	+0,08	+0,10	+0,06

6 Feuchtemessungen in den Balkenköpfen

Die Auswirkungen einer Innendämmung auf den Feuchtehaushalt der Außenwand werden in Fachkreisen intensiv diskutiert (vgl. [PHI 2005]). Besondere Fragen stellen sich, wenn Holzbalkendecken in die Außenwand einbinden: Hier ist nicht nur der Umstand von Bedeutung, dass eine Unterbrechung der Dämmebenen stattfindet. Im Gegensatz zu massiven Decken und einbindenden Innenwänden ist hier ganz besonders zu beachten, dass Holz empfindlicher als andere Baumaterialien auf dauerhaft anfallende Feuchte reagiert. Besonders gefährdet sind die außen liegenden, in die Wand eingelassenen Balkenköpfe, deren ohnehin niedrige Temperatur im Winter durch eine Innendämmung noch weiter abgesenkt wird. Hinzu kommt, dass eine Holzbalkendecke im Allgemeinen keine luftdichte Konstruktion darstellt, so dass Feuchte nicht nur durch Diffusion, sondern auch durch Konvektion (Transport in einströmender warmer Raumluft) in die Konstruktion eindringen kann.

Aus der Bauschadensforschung ist bekannt, dass Wandkonstruktionen vor allem dann problematisch sind, wenn entweder zu viel Schlagregen von außen eindringen kann

(vor allem auf der Wetterseite) oder aber die Wand raumseitig nicht luftdicht ist, so dass feuchte Innenluft durch die Konstruktion strömen kann. Auch ohne eine Innendämmung können in einer solchen Situation Bauschäden auftreten, die Innendämmung kann das Problem möglicherweise noch verschärfen (vgl. [Lamers 1997]).

In der Lehrstraße 2 liegen in dieser Hinsicht aber günstige Voraussetzungen vor: Es handelt sich hier nicht um Sichtmauerwerk, sondern um verputztes Mauerwerk. Im Rahmen der Erneuerungsmaßnahmen hat eine Putzsanierung verbunden mit einer hydrophoben Beschichtung stattgefunden. Außerdem wurde auf den alten Holzdielen ein neuer Linoleumfußboden verlegt, so dass sich hier eine luftdichte Oberfläche ergibt. Aus diesen Gründen ist von einer im Prinzip günstigen, tendenziell luftdichten und schlagregensicheren Konstruktion auszugehen.

Eine exakte Vorhersage ist aber nicht möglich. Die bauphysikalischen Verhältnisse sind sehr komplex und lassen sich, insbesondere was die Konvektion betrifft, nicht mit ausreichender Sicherheit berechnen. In der Literatur sind bisher nur wenige Erfahrungen zum Thema „Innendämmung und Holzbalkendecke“ dokumentiert (dies betrifft theoretische Untersuchungen ebenso wie Erfahrungsberichte und Messungen). Zum Stand des Wissens wurden im Vorfeld dieses Projekts verschiedene Bauforscher und Baupraktiker befragt. Diese sehen im Allgemeinen noch Forschungsbedarf in dieser Frage. Aus diesen Gründen wurde beschlossen, im vorliegenden Fall ein Messprogramm durchzuführen. Zu diesem Zweck wurden 6 Messsonden zur Erfassung der massebezogenen Holzfeuchte mittels Widerstandsmessverfahren in verschiedene Balkenköpfe eingebaut, wobei Messstelle 4 als Referenz im Inneren platziert ist (Bild 7, Details siehe [IWU 2003]).

Die über drei Jahre aufgezeichneten Werte zeigt Bild 8. Die massebezogene Feuchte bewegt sich in einem Bereich zwischen 20 und 10 %. Korreliert mit der jahreszeitlichen Temperaturänderung schwankt die Feuchte in den Balkenköpfen mit einer Amplitude von ca. 3 bis 6 K (Ausnahme: Referenzfühler Nr. 4 im Gebäudeinnern). Das Gesamtniveau zeigt dabei eine kontinuierlich abnehmende Tendenz – es findet also in den kritischen Bereichen der Balkenköpfe keine Auffeuchtung statt. Problematisch wären dagegen Holzfeuchten, die dauerhaft über 20% liegen.

Somit bringt die an diesem Gebäude durchgeführte Maßnahme dem Anschein nach keine Probleme für den Balkenkopfbereich mit sich. Zu beachten ist jedoch, dass eine Reihe von günstigen Bedingungen vorliegen: intakte verputzte Fassade mit einer hydrophoben Beschichtung, Holzbalkendecken unterseitig verputzt und oberseitig vollflächig mit einem Bodenbelag versehen, verputzte Innendämmung ohne Steckdosen. Da Feuchtetransportvorgänge in innengedämmten Gebäuden sehr komplex sind, ist eine Übertragung der Ergebnisse auf andere Gebäude mit anderen Randbedingungen nur sehr eingeschränkt möglich. Es sind somit weitere Untersuchungen an anderen Gebäuden notwendig, um dem Planer und Bauherren die Sicherheit zu geben, unter welchen Randbedingungen er die Innendämmung ohne Risiko einsetzen kann.

Bild 7: Einbau einer Feuchtemessstelle in einen Balkenkopf

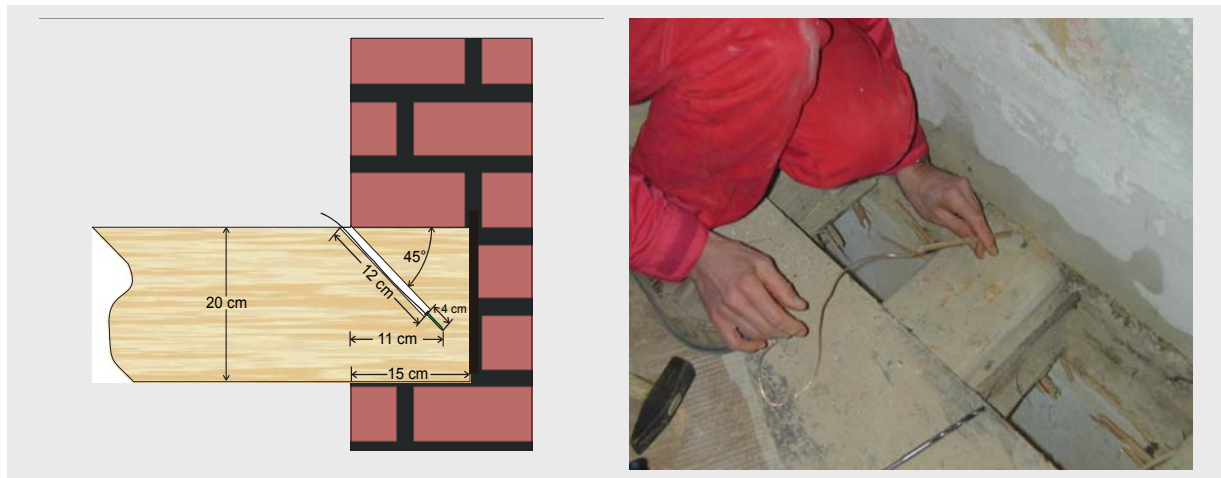
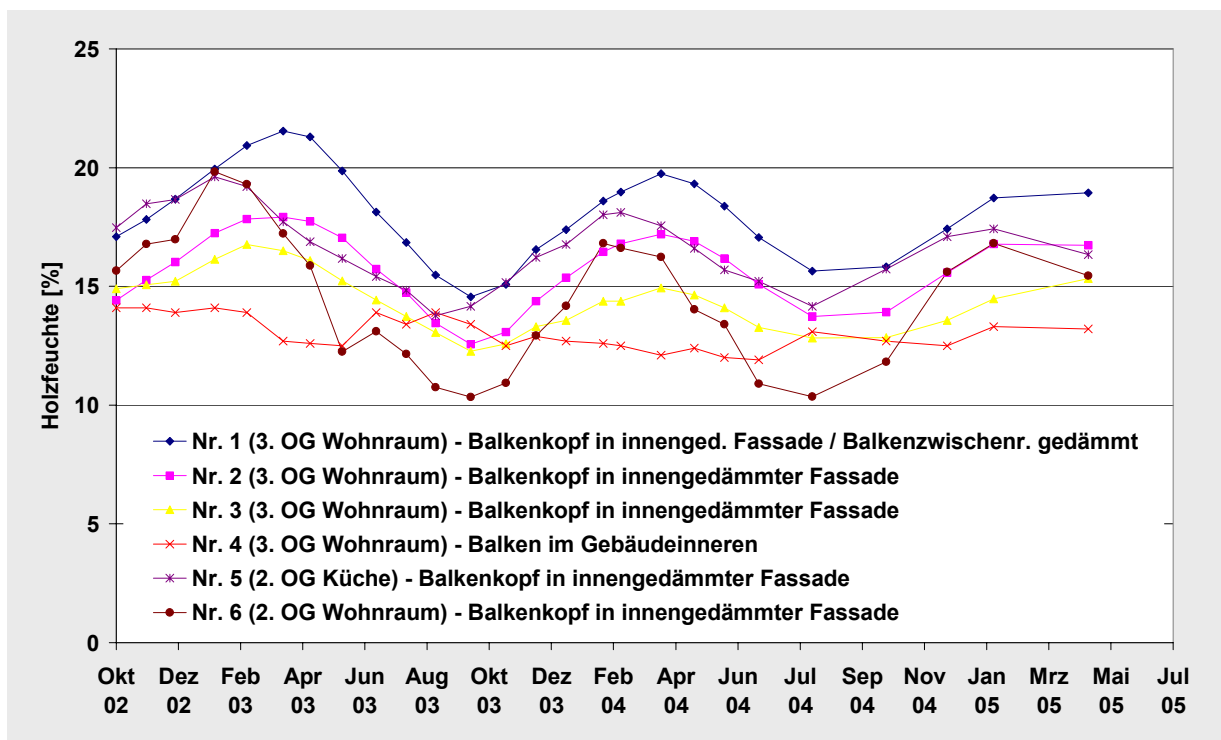


Bild 8: Entwicklung der massebezogenen Holzfeuchte an den Messstellen der verschiedenen Balkenköpfe



Im Bereich der Messstelle 1 wurde die Ausführung der Innendämmung gegenüber dem Rest des Gebäudes variiert: Während im ganzen Haus sonst die vorhandene Deckenkonstruktion erhalten blieb, wurden hier versuchsweise die Dämmplatten auch im Bereich der Balkenzwischenräume verlegt. Dazu mussten mehrere Fußbodendielen aufgenommen und die Schüttung entfernt werden. Die Dämmschicht ist an dieser Stelle also durchgängig verlegt und wird nur durch die Balkenköpfe durchstoßen. Obwohl die Balkenköpfe hier also noch etwas tieferen Temperaturen ausgesetzt sind, ist auch hier keine problematische Holzfeuchte festzustellen. Eine wichtige Voraussetzung ist auch hier sicherlich die raumseitige dauerhafte Abdichtung, so dass warme feuchte Raumluft in diesen Bereich nicht eindringen kann.

7 Fazit

Insgesamt geht die bei diesem Gebäude durchgeführte Modernisierung weit über das bei Gründerzeithäusern heute leider noch übliche face-lifting hinaus. Ergebnis ist ein Gebäude, das den Bewohnern zeitgemäßes Wohnen bietet verbunden mit hohem thermischen Komfort, niedrigen Nebenkosten und einer geringen Umweltbelastung – und das dabei den Flair der Gründerzeit bewahrt hat.

Literatur

- [DMB 1999] Deutscher Mieterbund e.V.: Kommunale Heizspiegel; erarbeitet durch die Arbeitsgruppe Energie, München; gefördert vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz
- [EPHW-EB 2003] EPHW-EB: Excel-Rechenblätter für die Energieberatung auf der Basis des „Energiepass Heizung / Warmwasser“ (IWU 1997); erstellt im Auftrag der Energieagentur Nordrhein-Westfalen; IWU, Darmstadt 2003 (verfügbar im Internet unter www.iwu.de)
- [IWU 2003] Loga, T.; Feldmann, R.; Diefenbach, N.; Großklos, M.; Born, R.: Wiesbaden – Lehrstraße 2. Energetische Modernisierung eines Gründerzeithauses; eine Untersuchung im Auftrag der Stadt Wiesbaden in Kooperation mit der Klimaschutz-Agentur Wiesbaden e.V.; IWU Darmstadt, Dez. 2003
- [Lamers 1997] Lamers, R.: Erfahrungen aus der Bauschadensforschung, in: Forum Innendämmung, Tagungsdokumentation, herausgegeben von der Energieagentur NRW, Wuppertal, 1997
- [PHI 2005] Feist, Wolfgang (Hrsg.): Faktor 4 auch bei sensiblen Altbauten: Passivhauskomponenten + Innendämmung; Protokollband Nr. 32 des Arbeitskreises Kostengünstige Passivhäuser; Passivhaus Institut, Darmstadt 2005

Bild 9: Gebäude nach Modernisierung – Straßen- und Hofseite

