

# Innendämmung und Wandfeuchte

Søren Peper, Dr. Berthold Kaufmann, Wolfgang Hasper

Dr. Rainer Pfluger, Dr. Fabian Ochs

Passivhaus Institut, Rheinstr. 44/46, D-64283 Darmstadt

Tel. (+49) 6151 / 82699-0, Fax (+49) 6151 / 82699-11, soeren.peper@passiv.de

## 1 Projektüberblick

Ein Wohngebäude mit Fassaden aus Sichtmauerwerk in Ludwigshafen aus dem Jahre 1892 wurde im Laufe des Jahres 2005 umfassend modernisiert. Bauherr und Auftraggeber ist die LUWOG, die Wohnungsbaugesellschaft der BASF. Bei der Sanierung wurden, soweit möglich, Passivhauskomponenten verwendet. Die Fassade sollte erhalten bleiben, daher erfolgte die Dämmung der Außenwände mit 8 cm Innendämmung. Nach einer Fassadenreinigung wurde ein hydrophobierender Fassadenschutz aufgebracht.

Das PHI führt an dem Gebäude über 4 Jahre eine begleitende messtechnische Untersuchung zum Thema Innendämmung durch [Peper/Kaufmann/Pfluger 2010]. Zuvor erfolgten Beratungen während der Planungsphase, Wärmebrückenberechnungen, Energiebilanzierung des Gebäudes und Beratungen zur Qualitätssicherung während der Sanierungsarbeiten.

## 2 Gebäudesanierung mit Innendämmung

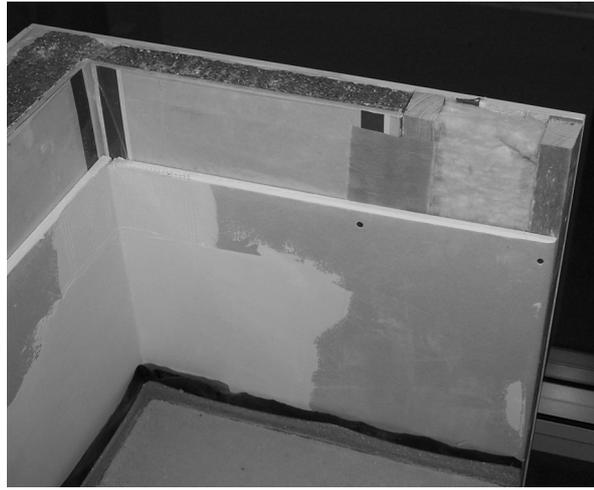
Um 1900 entstanden im Ludwigshafener „Brunckviertel“ für die Mitarbeiter der BASF zahlreiche kleine Mehrfamilienhäuser; für das gesamte Viertel besteht ein Ensembleschutz. Neben der Innendämmungsmaßnahme wurden u.a. auch Maßnahmen zur Einbindung der Fenster und Verbesserungen im Dachaufbau ausgeführt sowie die Dachgauben verändert. Der Heizwärmebedarf des Gesamtgebäudes wurde von ca. 250 kWh/(m<sup>2</sup>a) auf 54 kWh/(m<sup>2</sup>a) verbessert (Bezugsgröße: Energiebezugsfläche, Berechnung nach PHPP). Eine Projektbeschreibung mit detaillierten Wärmebrückenberechnungen und Ausführungen zur Luftdichtheit findet sich in [Kaufmann/Peper 2005]. Im Beitrag [Schnieders 2005] sind die Potenziale und Grenzen der Innendämmung am Beispiel dieses Gebäudes dargestellt.

Für die Innendämmung kamen Verbund-Platten (Typ „Doublissimo“, Fa. Rigips) mit 8 cm Dämmstoff „Neopor“ ( $\lambda = 0,033 \text{ W}/(\text{mK})$ ) und einer raumseitigen Gipsplatte (12,5 mm) zum Einsatz. Die Platten wurden auf den vorbehandelten alten Innenputz aufgeklebt. Auf die Verbund-Platte wurde dann die Dampfsperre ( $s_d > 100 \text{ m}$ ) aufgebracht und allseitig - also zu Boden, Decke und einbindenden Wänden sowie zu Bauteilen wie z.B. Fenstern - sorgfältig luftdicht abgeklebt. Dies ist insbesondere bei Innendämmungen zwingend notwendig um zu Verhindern, dass Raumluffteuchte hinter die Dämmung gelangten (vgl. auch [Feist 2005]). Als raumseitiger Abschluss folgt dann eine weitere Gipskartonplatte. Damit

wurde der Regel-Wandaufbau von vormals  $U = 1,55 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  auf  $U = 0,32 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  verbessert. Die wärmetechnische Problematik der einbindenden Innenwände wurde gelöst, in dem die Innendämmung beidseitig auf den Innenwänden ca. 20 cm herumgezogen wurde. Um einen einheitlichen Wandeindruck (ohne Absatz) zu erhalten wurden die gesamten Oberflächen aller restlichen Innenwände mit Gipskartonplatten beplankt (auf einer Unterkonstruktion). Der entstehende Hohlraum wurde aus schalltechnischen Gründen mit Mineralwolle gefüllt.



**Abbildung 1: Südwest-Fassade des Gebäudes nach der Sanierung.**



**Abbildung 2: Modellfoto der Außenwanddämmung mit Verbundplatte und zusätzlicher Gipskartonplatte (linker Teil) und der Dämmung der einbindenden Innenwand.**

Die Fassade wurde von außen mit einem speziellen Verfahren gesäubert (Glasperlenstrahlen) und am 19.9.2005 ein hydrophobierender Fassadenschutz (Disboxan 450, Fa. CAPAROL, zweifach nass in nass) aufgebracht. Aufgrund der Messdaten und des ungewöhnlich saugfähigen Vormauerziegels [Plagge 2007] wurde am 15.9.2008 nochmals die gesamte Fassade hydrophobiert. In einem genauer untersuchten Raum im EG wurde die eine Hälfte der Außenwand (Südwest-Wand) bei der Sanierung raumseitig mit einer feuchteadaptiven Dampfbremse (Kürzel: AB) ausgerüstet (von innen gesehen links). Die andere Hälfte wurde - wie auch alle restlichen Wände - mit einer konventionellen „Dampfsperre“ (Kürzel: DS) ausgestattet. Damit ist messtechnisch der direkte Vergleich zwischen den beiden realisierten Varianten möglich. In diesem Bericht werden die „klassischen“ eingeführten Begriffe „Dampfsperre“ und „Dampfbremse“ verwendet. Dabei verfügt die feuchteadaptive Dampfbremse (Typ „Vario KM“, Fa. ISOVER) aus Polyamid über  $S_d$ -Werte zwischen 2 und 5 m. Die „konventionellen“ Dampfsperre verfügt über einen  $S_d$ -Wert  $> 100 \text{ m}$  (Typ „Saco“, Fa. URSA).

Die Untersuchungen der Innendämmung auf Luftdichtheit wurde mittels Thermographie bei Unterdruck im Gebäude am 30.08.2008 durchgeführt. Dabei erwiesen sich die Anschlüsse als ausreichend dicht. Mittels zusätzlicher Messungen nach dem Dielektrizitätskonstante-/Hochfrequenzmessprinzip im September 2006 konnte ausgeschlossen werden, dass es

sich in der Wand um aufsteigende Feuchtigkeit aus dem Kellerbereich handelt. Eine weitere Untersuchung der Wand mit einem Mikrowellensensor wurde Anfang Dezember 2006 vom PHI durchgeführt. Die Ergebnisse der Feuchtemessungen an den Außenoberflächen der Außenwände des Gebäudes zeigen unkritische Werte von 0,2 bis 1,9 (Massen)% Wasser sowohl in den oberflächennahen Schichten (ca. 2 bis 3 cm), als auch in Tiefen von etwa 30 cm. Der Vergleich mit der wetterabgewandten Seite sowie mit einem unsanierten und unbeheiztem Nachbargebäude zeigte ähnliche Werte. Die Messungen entsprechen damit etwa der Ausgleichsfeuchte des Materials. Damit liegen die Material-Feuchtegehalte in einem üblichen Bereich, der für die Wand als nicht kritisch zu bewerten ist.

### 3 Messaufbau Dauermessung

Ziel der messtechnischen Untersuchung ist die bauphysikalische Überprüfung der Innendämmmaßnahme in einem Bestandsgebäude. Um das feuchtetechnische Verhalten der Außenwand nach der Modernisierungsmaßnahme mit Innendämmung überprüfen zu können ist eine Langzeitmessung über mehrere Jahre notwendig. Zur feuchtetechnischen Bewertung der Konstruktion wurde an zwei Stellen im Wandaufbau (Skizze in Abbildung) eine kontinuierliche Temperatur- und Feuchtemessung in zehninminütigen Messintervallen aufgezeichnet. Die feuchtetechnischen Untersuchungen der zweischaligen Wand erfolgten in einem Wohnraum im EG des Hauses an der Süd-West-Fassade. Beide Wandhälften des Zimmers, mit Dampfbremse bzw. Dampfsperre, wurden jeweils mit den gleichen Messgeräten ausgestattet (siehe Abbildung). Im Raum ist zusätzlich noch eine Messstelle zur Erfassung der Raumluftbedingungen (relative Feuchte und Temperatur) montiert. Außen an der Außenwand befinden sich zwei Schlagregensensoren.

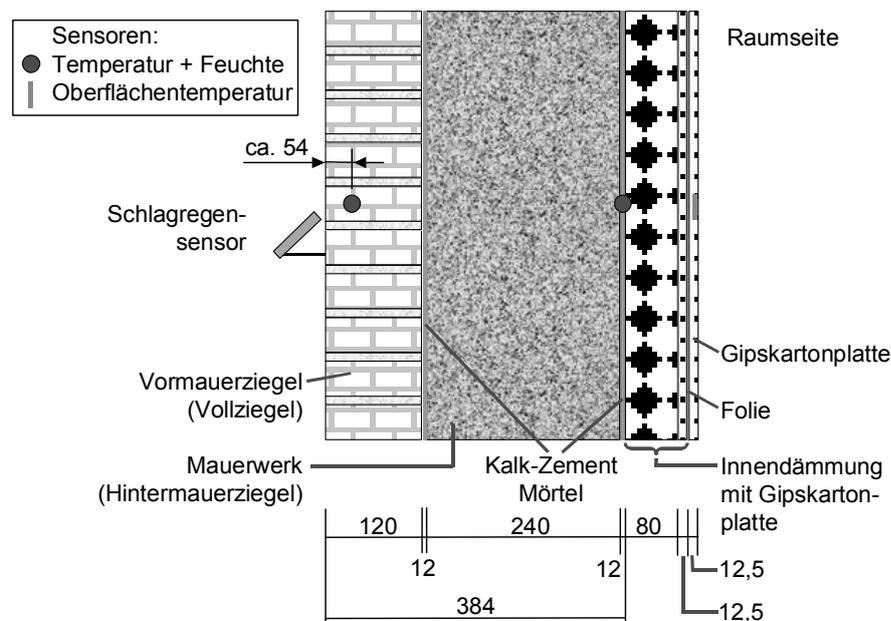
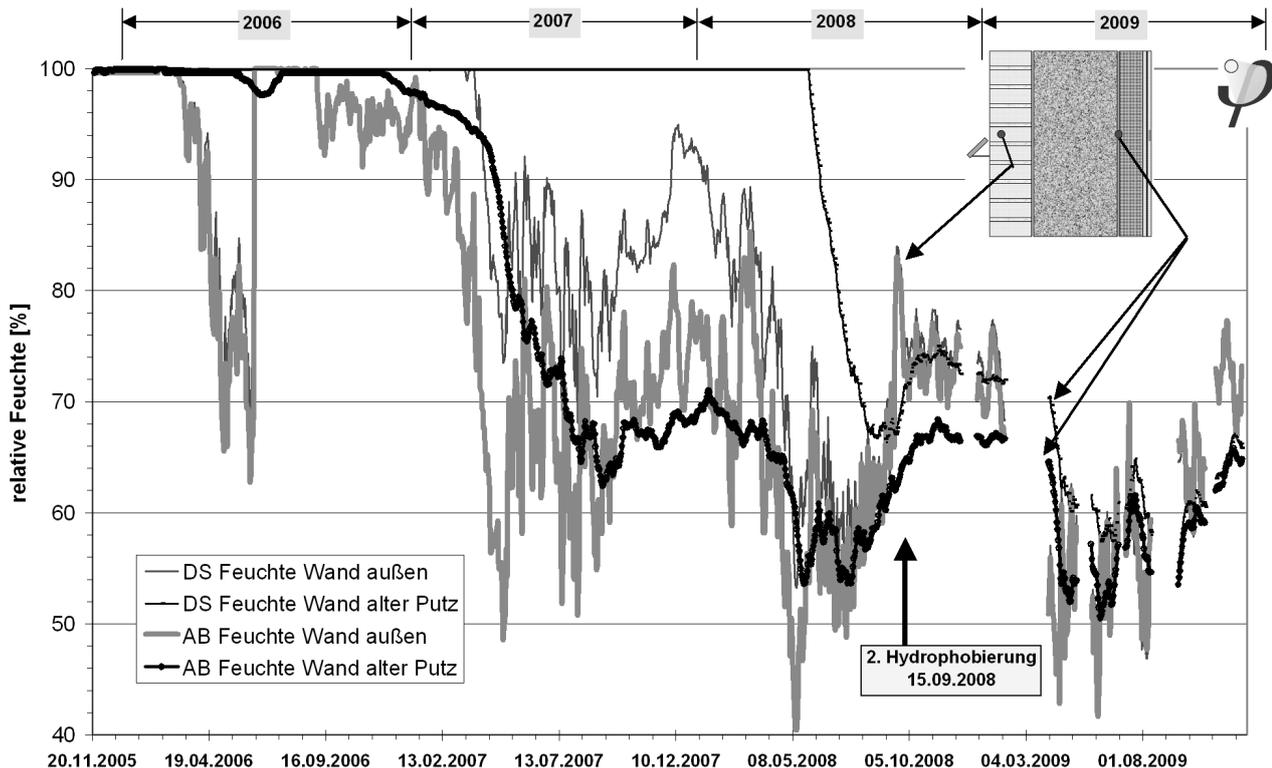


Abbildung 3: Wandaufbau und Anordnung der Sensoren (Vertikalschnitt, nicht maßstäblich, Längenangaben in Millimeter).

## 4 Messergebnisse und Simulation

Die für die Untersuchung des Wandaufbaus im Bezug auf die Feuchteentwicklung wichtigsten Messpunkte sind die vier Temperatur/Feuchtesensoren im Wandaufbau. Zwei befinden sich in der Ebene des alten Putzes, direkt überdeckt von der neuen Innendämmungsplatte. Die beiden anderen sind in den Vormauerziegeln, etwa 5 cm vor der Außenoberfläche positioniert. Die Messergebnisse dieser vier Sensoren während der 4 Jahre sind in der nächsten Abbildung dargestellt.

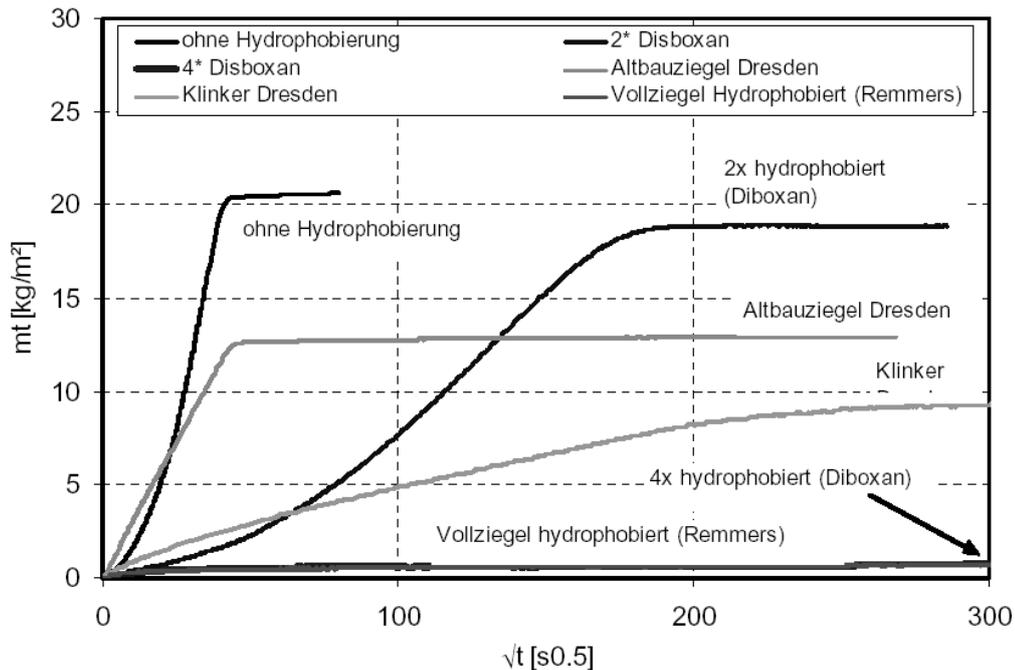


**Abbildung 4: Tagesmittlere Messdaten der relativen Feuchten in der Wand (DS = Dampfsperre, AB = adaptive Folie). Der Tag der zweiten Hydrophobierung ist eingezeichnet.**

Es dauerte mehrere Monate bzw. über 2,5 Jahre (Bereich DS, alter Putz) bis sich an den Messpunkten im Wandaufbau Trocknungsvorgänge zeigten. Diese werden zum Teil durch massive Schlagregenereignisse schlagartig wieder unterbrochen (z.B. Juni 2006). Dieses Verhalten erklärt sich aus dem geringen Schlagregenschutz des Vormauerziegels, welcher trotz der nach Herstellerangaben doppelt aufgetragenen Hydrophobierung für einen Wandaufbau mit Innendämmung nicht ausreicht. Die extrem hohe Wasseraufnahmefähigkeit der vorhandenen Ziegel erlaubte zwar eine sehr tiefgehende Hydrophobierungsschicht (Eindringtiefe 30 mm), der Wasseraufnahmekoeffizient war jedoch nach doppeltem Auftrag mit etwa  $0,11 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{s}^{0,5})$  noch völlig unzureichend. Ein Probe der Wandziegel wurde für diese Untersuchung am IBK (Institut für Bauklimatik) der Fakultät Architektur, Technische Universität Dresden u.a. auf seinen Wasseraufnahmefähigkeit untersucht [Plagge 2007]. Das Ergebnis der unterschiedlichen Hydrophobierungen sowie der Vergleich mit anderen

Ziegeln ist in Abbildung dargestellt. Hier zeigt sich, dass bei diesem Ziegel erst eine 4-fache Hydrophobierung den gewünschten Effekt erzielt.

Aufgrund der Messergebnisse, welche die sehr langsame Trocknung im Bereich des alten Putzes insbesondere auf der Seite der Dampfsperre zeigen sowie der durchgeführten bestätigenden Simulation wurde am 15.09.2008 eine erneute, doppelt aufgetragene Hydrophobierung (nass in nass) durchgeführt. Erst damit ergibt sich der ausreichenden Schlagregenschutz.



**Abbildung 5: Wasseraufnahme des Vormauerziegels ohne und mit Hydrophobierung mit der Substanz „Diboxan“ im Vergleich mit anderen Steinen [Plagge 2007].**

Nach der erneuten Hydrophobierung blieb auch während der Winterzeit die relative Feuchte deutlich unterhalb der 80%-Grenze. Jetzt zeigt sich auch messtechnisch das vorab mit der Simulation berechnete Ergebnis: Ob als raumseitiger Wandabschluss eine „Dampfsperre“ oder eine feuchteadaptive Dampfbremse verwendet wird, ist für das Ergebnis von geringer Bedeutung. Bei ausreichendem Schlagregenschutz verhalten sich beide Konstruktionen fast identisch und bleiben in unbedenklichen Feuchtebereichen.

Die Oberflächentemperatur auf der Innenseite der Außenwand zeigt ebenfalls gute Raumbedingungen: Der Unterschied zwischen der Oberflächentemperatur und der Raumlufttemperatur liegt im Kernwinter bei passablen 1,7 bzw. 1,8 K.

Die Simulation kann das thermisch-hygrische Verhalten des Wandaufbaus nach der ersten Austrocknung, d.h. nach dem Sommer 2007 bzw. 2008 (Abbildung) gut nachbilden. Die extrem starken Aufwechungen in der Anfangszeit lassen sich jedoch nur unzureichend beschreiben, selbst wenn eine erhöhte Baufeuchte in der Ebene des alten Putzes, bzw. Kleberschicht hinter der Innendämmplatte und ein zusätzlicher Feuchteintrag an der



Außenseite während der Hydrophobierung angenommen werden. Aus diesem Grund scheint es ratsam derartige Messungen immer über mindestens zwei besser jedoch drei Heizperioden nach der Fertigstellung einer Innendämmung durchzuführen. Wichtig ist auch die Verfügbarkeit von Materialdaten. Trotz umfangreicher Datensammlungen ist es wichtig, dass Messwerte zu den jeweils eingesetzten Materialien vorliegen. Eine Hydrophobierung birgt zudem immer die Gefahr, dass Risse an der Schnittstelle Ziegel zu Mörtelfuge zusätzliche Pfade für das Eindringen von Schlagregen bilden können, was ein Grund für die hohen Anfangsfeuchten sein könnte, siehe auch [Krus/Künzel 2003].

Als Fazit zeigt sich zum einen der Erfolg der Innendämmungsmaßnahme mit einem ausreichend trockenen Wandaufbau. Zum anderen muss herausgestellt werden, dass bei zukünftigen Sanierungen mit Innendämmung Voruntersuchungen zur Wirksamkeit der Hydrophobierungen individuell für jedes Bauvorhaben an der Original-Bestandsmauerwerksoberfläche (nach der Reinigung der Oberfläche) vorgenommen werden müssen. Nur so kann sichergestellt werden, dass der Schlagregenschutz ausreichend wirksam und funktionsfähig aufgebracht wird. Dabei muss bedacht werden, dass die Hydrophobierung in regelmäßigen Abständen auf jeden Fall erneuert werden muss.

- [Feist 2005] Feist, W. (Herausgeber): **Faktor 4 auch bei sensiblen Altbauten: Passivhauskomponenten + Innendämmung.** AkkP Protokollband Nr. 32, Passivhaus Institut, Darmstadt 2005
- [Kaufmann/Peper 2005] Kaufmann, B.; Peper, S.: **Optimierte Anschlussdetails bei Innendämmung – Wärmebrücken und Luftdichtheit.** In: [Feist 2005]
- [Krus/Künzel 2003] Krus, M., Künzel, H.M. **Untersuchungen zum Feuchteverhalten von Fassaden nach Hydrophobierungsmaßnahmen** WTA-Journal 2/2003 S. 149-166
- [Peper/Kaufmann/Pfluger 2010] Peper, S.; Kaufmann, B.; Pfluger, R.: **Messtechnische Untersuchungen zum thermischen und hygrischen Verhalten der Innendämmung im Modernisierungsprojekt Sodastraße 40 / Ludwigshafen.** Endbericht. Passivhaus Institut, Darmstadt 2010
- [Plagge 2007] Plagge, R.: **Prüfbericht. Bestimmung des Wasserdampf-diffusionskoeffizienten und des Wasseraufnahmekoeffizienten von Mauerziegeln, gereinigt und ungereinigt, aus dem Bestand „Alte Kolonie - Ludwigshafen“.** Technische Universität Dresden, Institut für Bauklimatik; 09. Februar 2007
- [Schnieders 2005] Schnieders, Jürgen: **Innendämmung – Potentiale und Grenzen.** In: [Feist 2005]