

Energetische Altbausanierung durch Innendämmung

Hartwig M. Künzel
(Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen)

Kurzzusammenfassung

Die Instandsetzung alter Gebäude sollte nach Möglichkeit mit einer energetischen Verbesserung der Gebäudehülle einhergehen. Da eine Außendämmung in vielen Fällen nicht in Frage kommt, ist das Anbringen einer Innendämmung häufig die einzige, wenn auch nicht immer unproblematische Alternative. Im vorliegenden Artikel werden die häufigsten Feuchtebeanspruchungen und die damit verbundenen Risiken für innen gedämmte Wandkonstruktionen genauer beleuchtet. Basierend auf Ergebnissen aus Freilandversuchen und rechnerischen Simulationen können jedoch in den meisten Fällen Lösungen gefunden werden, die die dauerhafte Funktionssicherheit der Gesamtkonstruktion garantieren.

Abstract

The renovation of old buildings should always be combined with an improvement of the envelope's thermal performance. If an exterior insulation cannot be applied for some reason, insulating the interior of the building envelope is the only alternative. In this paper the most common moisture loads and their critical effects on wall structures with interior insulation will be analysed. In most cases there are durable solutions for these structures which can be determined by hygrothermal simulations in combination with field test results.

1. Einleitung

Bei der Sanierung von Altbauten sind die derzeit geltenden Bestimmungen zur Energieeinsparung und zum klimabedingten Feuchteschutz in der Regel zu erfüllen. Meist setzen jedoch wirtschaftliche Zwänge oder Forderungen des Denkmalschutzes dem bautechnisch Machbaren enge Grenzen und es gilt, einen tragbaren Kompromiss zwischen Wärmeschutz und Wohnkomfort auf der einen Seite und dem vorhandenen Budget bzw. der Erhaltung des historischen Erscheinungsbildes auf der anderen Seite zu finden. Obwohl bauphysikalisch günstiger, kommt daher eine Außendämmung häufig nicht in Frage und die Entscheidung fällt für eine Innendämmung.

Im Unterschied zur herkömmlichen Vorgehensweise, bei der der Feuchteschutz im Anschluss an die wärmeschutztechnische Auslegung mit Hilfe einfacher Beurteilungskriterien erfolgt, sollte der Feuchteschutz bei der Sanierungsplanung von Altbauten von Anfang an berücksichtigt werden, da er einen entscheidenden Einfluß auf den dauerhaften Erfolg der Sanierung hat. Der Feuchteschutz umfasst den Schutz der Konstruktion vor erhöhter Feuchte durch:

- Diffusion oder Konvektion von Raumlufffeuchte
- Niederschlags- und Spritzwasser
- Feuchte aus dem Baugrund.

Bei größeren Umbaumaßnahmen oder einer Umnutzung können auch die eingebrachte Baufeuchte oder die Sorptionsfeuchte, wenn das Gebäude vor der Sanierung unbeheizt war, in der Anfangszeit zu Problemen führen.

Auf Feuchte zurückzuführende Probleme im Zusammenhang mit Sanierungsmaßnahmen oder einer Umnutzung des Gebäudes sind z.B.

- Schimmelpilzbildung (z.B. auf Wärmebrücken oder hinter Dämmplatten)
- Salzsäden (z.B. Salzausblühungen an Oberflächen)
- Frostschäden (z.B. Abplatzungen im Fassadenbereich)
- Korrosion (z.B. von Befestigungselementen oder Bewehrungen)
- Fäulnis (z.B. von Deckenbalkenköpfen oder Fachwerkhölzern)

Ausgehend von den Ergebnissen aus langjährigen Freilanduntersuchungen und hydrothermischen Simulationsberechnungen werden im folgenden die bauphysikalischen Probleme mit Innendämmungen bei der Altbausanierung erläutert und Hinweise zur deren Lösung aufgezeigt.

2. Mindestwärmeschutz

Aus hygienischen Gründen ist Tauwasserbildung bzw. Schimmelpilzbefall auf den Wandinnenoberflächen zu verhindern. Deshalb schreibt die DIN 4108 [1] einen Mindestwärmedurchlasswiderstand vor, der bei allen beheizten Gebäuden einzuhalten ist. Für Außenwände beträgt dieser Mindestwärmedurchlasswiderstand im Normalfall $1,2 \text{ m}^2\text{K/W}$. Außenwände im Altbaubereich besitzen typischerweise einen Wärmedurchlasswiderstand von ca. $0,5 \text{ m}^2\text{K/W}$, d.h. sie müssten mit einer zusätzlichen Dämmung von mindestens 3 cm Mineralwolle oder Polystyrol-Hartschaum ($\lambda_R = 0,04 \text{ W/mK}$) oder etwas Vergleichbarem versehen werden. Wärmebrücken müssen gemäß der gleichen Norm einen Temperaturfaktor $f_{Rsi} \geq 0,70$ aufweisen ($f_{Rsi} = \{\theta_{si} - \theta_e\} / \{\theta_i - \theta_e\}$). Um dies zu erreichen sind bei Innendämm-Maßnahmen häufig sog. Dämmkeile im Bereich einbindender Wände und Decken erforderlich, die sich ausgehend von der Außenwand entlang der einbindenden Bauteile in den Raum hinein verjüngen.

3. Tauwasserschutz

Wird der Mindestwärmeschutz eingehalten, ist bei normaler Wohnraumnutzung auch der Schutz vor Oberflächentauwasser und Schimmelpilzbildung durch erhöhte Oberflächenfeuchte gewährleistet. Normale Wohnraumnutzung bedeutet, dass die relative Luftfeuchte im Winter im Mittel unter 50% bleibt. Die Tauwassergefahr im Inneren der Wand ist jedoch beim Anbringen einer Innendämmung genauer zu betrachten. Durch die Dämm-Maßnahme kann die Temperatur hinter der Dämmung unter den Taupunkt der Raumluft sinken. Wasserdampfdiffusion oder Luftkonvektion aus dem Wohnraum führen dann zu einer Feuchteerhöhung in diesem Bereich. Um Luftkonvektion zu

verhindern, muss der gesamte Wandaufbau luftdicht ausgeführt werden. Hohlräume z.B. zwischen Innendämmung und Außenwand sind zu vermeiden. Aufgrund der häufig vorhandenen Unebenheiten von Außenwänden im Altbau sind Dämmstoffe, die sich dem Untergrund anpassen können, wie z.B. Dämmputze oder Faserdämmstoffe, günstig. Auch Innendämmungen aus Leichtlehm sind anwendbar, solange kein zu hoher Feuchteintrag während der Applikationsphase damit verbunden ist. Starre Dämmplatten hingegen können Hohlräume bilden, deren dauerhafte Abdichtung besondere Sorgfalt erfordert. In ungünstigen Fällen kann in diesen Hohlräumen auch Schimmelpilzwachstum, wie in Bild 1 zu sehen, stattfinden.



Bild 1: *Stockflecken über dem Fenstersturz nach Abnahme einer punktwise verklebten Innendämmung aus gipskartonkaschierten Polystyrol-Hartschaumplatten*

Am Beispiel einer Außenwand aus Leichtbetonsteinen mit einem Wärmedurchgangskoeffizient $U = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ wird die Auswirkung einer nachträglich angebrachten Innendämmung gemäß WTA-Merkblatt 6-2-01/D [2] mit Hilfe des PC-Programms WUFI [3] berechnet. Durch die Innendämmung soll der

Wärmedurchgangskoeffizient der Wand auf $U = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ verbessert werden, das entspricht einer Dämmschichtdicke von 50 mm ($\lambda_R = 0,04 \text{ W}/(\text{mK})$). Zur Auswahl stehen folgende Dämmstoffe:

- Expandierter Polystyrol-Hartschaum (EPS), der aus Kostengründen am häufigsten eingesetzte Dämmstoff.
- Mineralwolle, meist aus Schallschutz- oder Brandschutzgründen eingesetzt.
- Zellulosefasern, als Vertreter der alternativen Dämmstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen.
- Kalzium-Silikatplatten, ein Dämmstoff mit kapillaren Eigenschaften, die der Tauwasserbildung entgegen wirken [4]. Wegen der etwas geringeren Dämmwirkung dieser Platten sind hier jedoch 60 mm Dicke erforderlich.

Raumseitig ist die Dämmung mit Gipsputz bzw. mit Gipskarton versehen. Eine Dampfbremse wird zunächst nicht eingesetzt. Für die instationären Berechnungen wird eine normale Feuchtelast im Raum und die Außenklimabedingungen von Holzkirchen, ein für Mitteleuropa relativ kaltes Klima, vorausgesetzt. Die Außenwand sei nach Norden gerichtet, so dass auch keine großen Strahlungsenergiegewinne zu erwarten sind. Die Berechnung wird zu Beginn der Heizperiode Anfang Oktober gestartet.

Die Verläufe der relativen Luftfeuchte zwischen Leichtbetonwand und Innendämmung sowie des Wassergehalts in der Dämmschicht sind in Bild 2 dargestellt. Im Fall der extrem dampfdurchlässigen Dämmstoffe, Mineralwolle und Zellulosefasern fällt im Winter Tauwasser an der Leichtbetonwand aus. Auch die Dämmung selbst nimmt einiges an Feuchte auf. Die aufgenommenen Feuchtemengen sind zwar nicht dramatisch und trocknen im Sommer wieder aus. Dennoch kann der Einsatz dieser Dämmstoffe ohne Dampfbremse nicht empfohlen werden, da die Tauwassermenge mit ca. $2000 \text{ g}/\text{m}^2$ unzulässig hoch ist. Am günstigsten wäre hier eine Dampfbremse mit einem s_d -Wert von ca. 2 m oder eine feuchteadaptive Dampfbremssfolie [5].

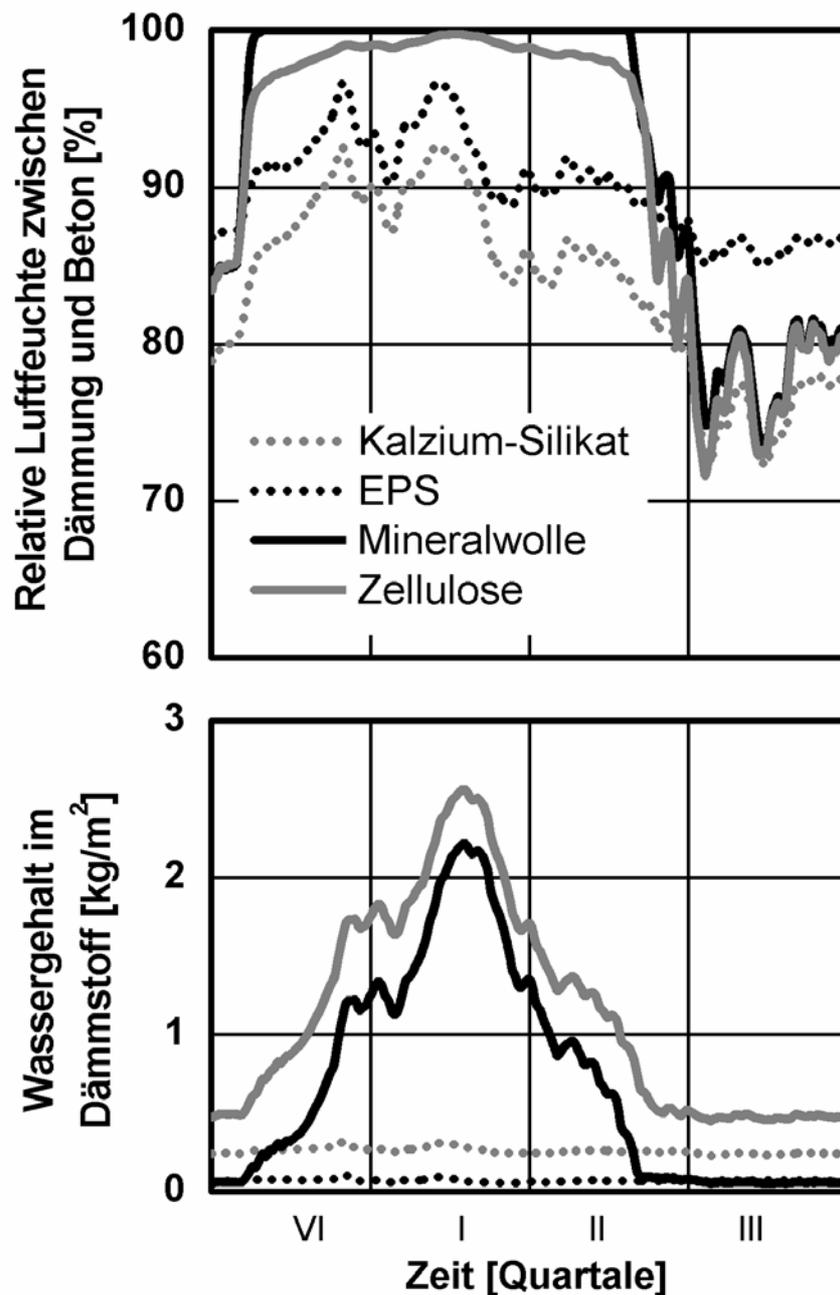


Bild 2: Jahresverläufe der relativen Feuchte hinter der Dämmung (oben) und des Wassergehalts in der Dämmschicht (unten) beim Einsatz unterschiedlicher Dämmstoffe zur nachträglichen Innendämmung einer Leichtbetonwand.

Der höhere Diffusionswiderstand der Polystyrol-Hartschaumplatten verhindert eine Tauwasserbildung. Allerdings bleibt die Feuchte hinter der Dämmung auch im Sommer über 80 % r. F., was unter Umständen zu großflächiger Schimmelpilzbildung hinter der Dämmung führen kann. Unter der Voraus-

setzung einer dauerhaften, kapillaren Verbindung zwischen der Dämmplatte und dem Untergrund verhindert die Kalzium-Silikat-Dämmung sowohl eine Tauwasserbildung als auch eine überhöhte relative Feuchte hinter der Dämmung während der Sommermonate.

4. Schlagregenschutz

Der Schlagregenschutz ist ein wesentlicher Teil des Feuchteschutzes. Heutzutage wird Feuchteschutz häufig mit dem Tauwasserschutz gleichgesetzt, der mittels genormter Diffusionsberechnung (Glaser) einfach abzuschätzen ist. Durch die Entwicklung wasserabweisender Außenputze und dichter Fenster ist der Schlagregenschutz bei modernen Gebäuden meist kein Thema mehr. Das war früher anders. Die Wetterseite war in der Regel bekleidet und vor jedem Gewitter wurden die Fensterläden geschlossen. Bauernhöfe in den Alpen hatten ihren Eingang im Osten und die Stallungen als Schlagregenschutz im Westen. Bei der Sanierung und Modernisierung von alter Bausubstanz muss so wie früher der Schlagregenschutz besonders beachtet werden (siehe auch WTA-Merkblatt E-8-1-03/D [6]).

Eine zusätzliche Innendämmung kann den Trocknungsverlauf nach einem Schlagregenereignis gravierend beeinflussen, wie anhand von Bild 3 verdeutlicht wird. Bei einem Wandaufbau ohne Dämmung kann die Feuchte nach beiden Richtungen, also auch zur Raumseite hin, austrocknen. Dies ist insbesondere dann wichtig, wenn die Fassade keinen modernen Schlagregenschutz aufweist. Bringt man eine Innendämmung auf, die nach gängiger Praxis entweder selbst relativ dampfdicht ist (z.B. Hartschaumplatten) oder eine Dampfsperre beinhaltet, wird eine Austrocknung nach innen weitgehend unterbunden. Zusätzlich senkt die Innendämmung, außer im Hochsommer, das Temperaturniveau des dahinter liegenden Mauerwerks, was auch die Trocknung nach außen verlangsamt. Aus diesem Grund sollte versucht werden den s_d -Wert der raumseitigen Dämmschicht inklusive Dampfbremse zu minimieren, ohne den Tauwasserschutz zu gefährden. Für die Sanierung von Fachwerkgebäuden wird deshalb ein Grenzwert von $s_d = 2$ m gefordert, der von einer Dämmschicht inklusive raumseitiger Dampfbremse

und Verputz bzw. Beplankung nicht überschritten werden sollte, um die Trocknungsmöglichkeit zum Raum hin nicht zu unterbinden [6].

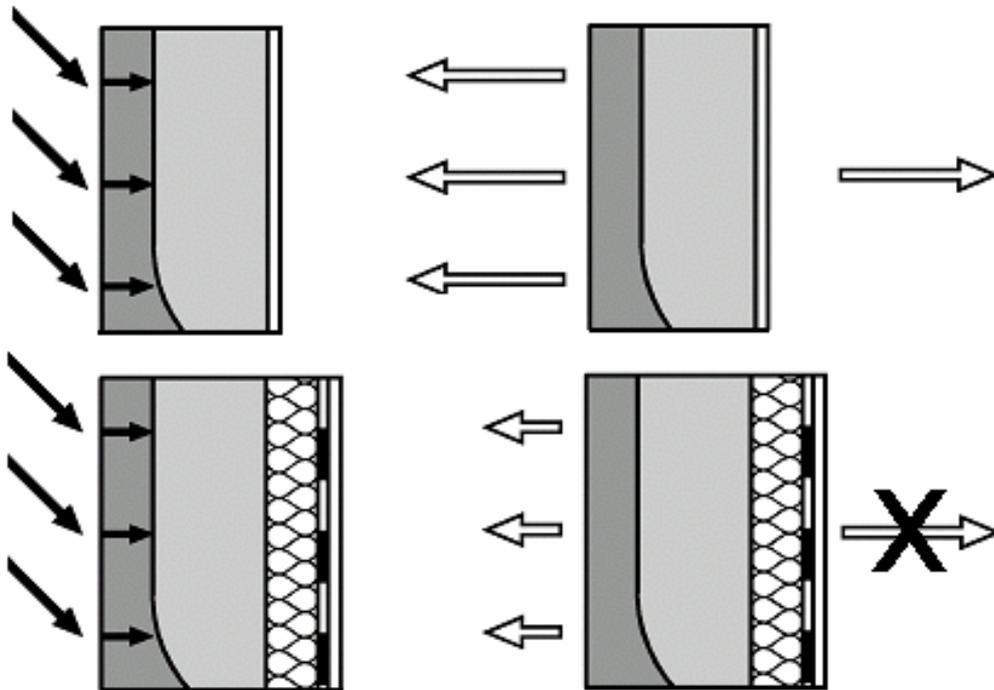


Bild 3 Schematische Darstellung der Befeuchtung und Trocknung einer Außenwand ohne Dämmung und mit Innendämmung. Im Gegensatz zur schlagregenbedingten Feuchteaufnahme, die durch die Dämmung nicht beeinflusst wird, verlangsamt die Innendämmung durch Absenkung des Temperaturniveaus die Austrocknung nach außen und die Dampfsperre unterbindet eine Trocknung nach innen.

Die Absenkung des Temperaturniveaus in der Außenwand durch die Innendämmung und die damit einhergehende Verschlechterung der Trocknungsbedingungen lassen sich allerdings durch eine Anpassung des raumseitigen s_d -Wertes nicht lösen. Hier muss dafür gesorgt werden, dass der Schlagregenschutz verbessert wird, will man nicht ein größeres Frostschadensrisiko nach der Dämm-Maßnahme in Kauf nehmen. In solchen Fällen bietet sich beispielsweise eine Fassadenhydrophobierung an [7].

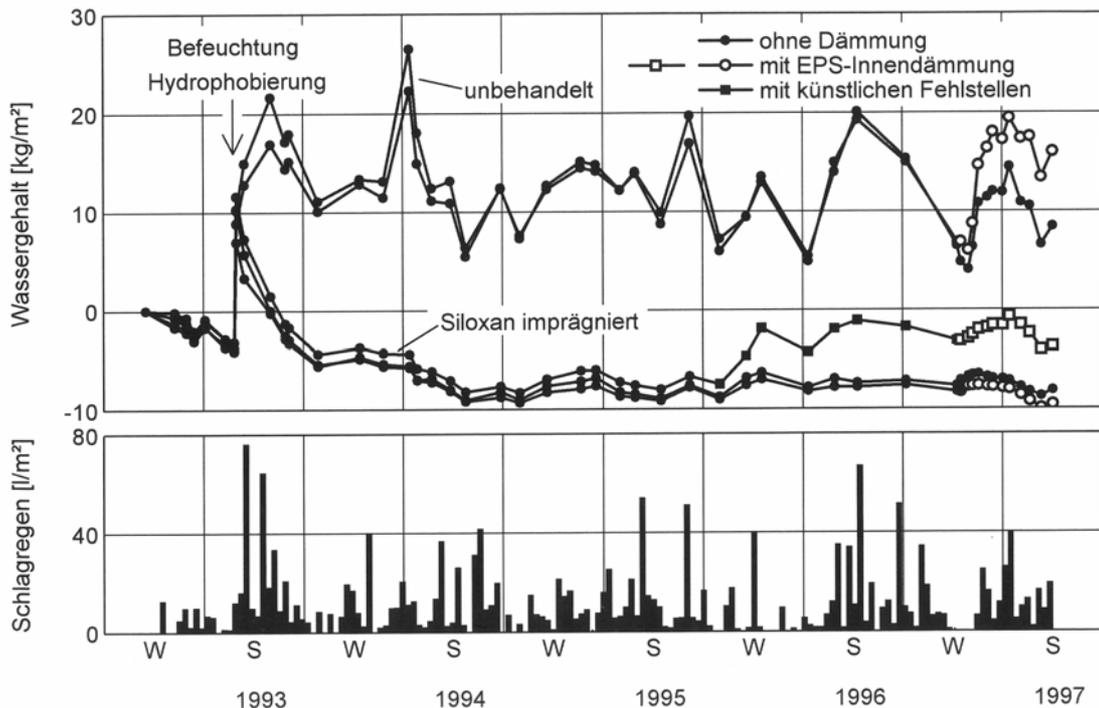


Bild 4: Gemessene Feuchteverläufe von exponierten Außenwandelementen aus Vollziegel-Sichtmauerwerk mit Angabe der Schlagregenbeanspruchung in Dekadensummen.

Zur Frage der Wirksamkeit von Fassadenhydrophobierungen mit und ohne Innendämmung wurden über fünf Jahre Freilanduntersuchungen an Außenwandelementen vorgenommen [8]. Diese Elemente bestanden aus Vollziegel-Sichtmauerwerk im Kreuzverband mit einer Stärke von 24 cm. Nach dem Einbau in die Westfassade einer klimatisierten Testhalle wurde ein Teil der Wandelemente außen mit Siloxanen imprägniert während die anderen Elemente unbehandelt blieben. Nach drei Jahren wurden bei einem der imprägnierten Elemente Fehlstellen provoziert, indem außen Bohrlöcher mit nicht hydrophobiertem Mörtel verfüllt wurden. Gegen Ende des Versuchszeitraumes wurden einige der Elemente innen mit 50 mm Polystyrol-Hartschaum gedämmt. Bild 4 zeigt, ausgehend vom Anfangsfeuchtegehalt den durch periodische Wägung bestimmten Feuchteverlauf der Elemente mit Angabe der gemessenen Schlagregenbelastung. Im ersten Versuchsabschnitt laufen sowohl die imprägnierten als auch die unbehandelten Elemente jeweils parallel, wobei die Hydrophobierung zu einer nachhaltigen Austrocknung des Mauerwerks führt. Durch das Einbringen von Fehlstellen, die etwa 2% der

gesamten Fassadenfläche ausmachen erhöht sich der Gesamtwassergehalt in dem betreffenden Wandelement; er bleibt jedoch noch deutlich unter dem Wert der unbehandelten Elemente. Durch die Innendämmung steigt der Wassergehalt des fehlstellenbehafteten Elementes trotz geringerer Schlagregenbelastung weiter an. Dasselbe gilt auch für das unbehandelte Wandelement, das durch die Innendämmung im Vergleich zum Referenzelement deutlich feuchter wird. Bei den Siloxan imprägnierten Wandelementen ohne Fehlstellen hat die Innendämmung keinerlei Einfluss auf den Wassergehalt.

5. Probleme bei aufsteigender Feuchte

Zur Sanierung feuchter Wände wird vereinzelt das Aufbringen einer wasser- und dampfdichten Innendämmung z.B. aus Schaumglas vorgeschlagen. Der Innenraum soll dadurch wirksam vor Feuchte und Kälte der Außenwände geschützt werden. Handelt es sich bei der Feuchte in den Wänden jedoch um aufsteigende Grundfeuchte steht zu befürchten, dass die Innendämmung wegen ihrer bereits beschriebenen Trocknungsbehinderung zu einem Ansteigen des Feuchtehorizontes in der Wand führt.

Rechnerische Untersuchungen in [9] deuten in der Tat darauf hin, dass das Aufbringen einer Innendämmung ohne zusätzliche Maßnahmen zur Begrenzung des Kapillartransports aus dem Untergrund – z.B. durch Bohrlochinjektionen – Probleme nach sich ziehen kann. Bild 5 zeigt die kapillare Wasseraufnahme eines 60 cm starken Ziegelmauerwerk unter natürlichen Klimabedingungen mit und ohne Dämmung. Aufgrund der Trocknungsmöglichkeit des ungedämmten Mauerwerks nach innen und nach außen stellt sich nach etwa einem Jahr ein dynamisches Gleichgewicht ein, so dass die Feuchtefront nicht mehr weiter ansteigt. Während eine Außendämmung auf Mineralwollebasis (WDVS) die Trocknungsbedingungen durch die Erhöhung der mittleren Mauerwerkstemperatur kaum verschlechtert, bewirkt eine Innendämmung einen weiteren Anstieg der kapillaren Feuchte auch über zwei Jahre hinaus. Das bedeutet, dass die Innendämmung den Feuchtehorizont im Mauerwerk über den Ausgangszustand hinaus ansteigen lässt, wenn keine zusätzlichen Maßnahmen ergriffen werden.

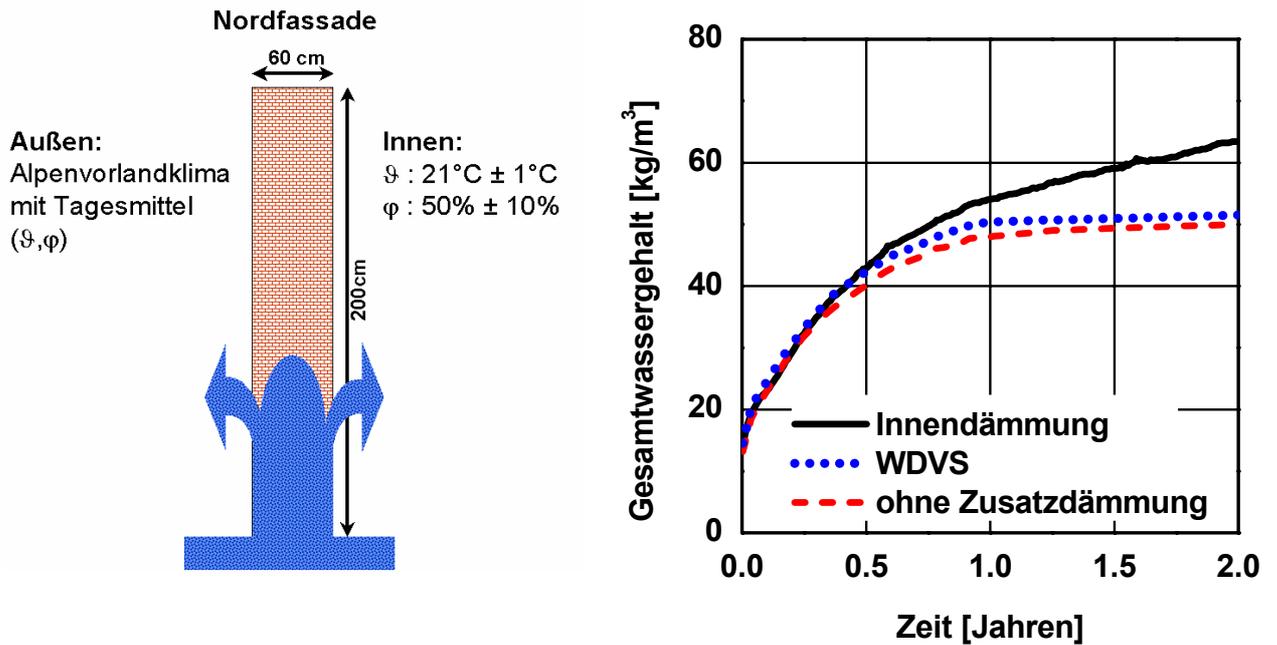


Bild 5: Zweidimensionale Berechnung der kapillaren Wasseraufnahme von Ziegelmauerwerk mit und ohne Dämmung unter natürlichen Klimabedingungen [9]

6. Schlussfolgerungen

Für Planung von Innendämm-Maßnahmen im Zuge einer Altbausanierung sind folgende Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- Als Mindestdämmwert für Außenwände ist aus hygienischen Gründen ein Wärmedurchlasswiderstand von 1,2 m²K/W (Wärmedurchgangskoeffizient $U = 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$) anzustreben (Mindestwärmeschutz nach DIN 4108-2).
- Es ist unbedingt auf eine luftdichte Ausführung aller Bauteile und Anschlussbereiche zu achten. Hohlräume im Bereich der Dämmung sind zu vermeiden. Weiche Dämmstoffe lassen sich besser an eventuelle Wandunebenheiten anpassen, als harte Platten. Bei Holzdecken ist außerdem auf den Tauwasserschutz der Balkenköpfe zu achten. Leider lassen sich zur Feuchteproblematik der Holzbalkenköpfe im Altbau bislang keine befriedigenden Aussagen machen. Rechnerische Untersuchungen haben gezeigt, dass die Feuchte der Balkenköpfe durch eine Innendämmung über 20 M.-% ansteigen kann [10].

- Innendämmungen erhöhen die Gefahr der winterlichen Tauwasserbildung hinter der Dämmung und verringern das Austrocknungspotential der Wand. Deshalb sollten bei Bedarf nur moderate Dampfbremsen ($s_d \approx 2 \text{ m}$) und keine Dampfsperren mit $s_d > 10 \text{ m}$ verwendet werden. Kapillaraktive Innendämmsysteme, wie z.B. Kalziumsilikatplatten können eine stärkere Tauwasserbildung verhindern, aufgrund ihrer geringeren Dämmwirkung sind aber im Vergleich zu den klassischen Dämmstoffen größere Schichtdicken erforderlich.
- Innendämmungen führen zu einer Absenkung des Temperaturniveaus in der darunter liegenden Außenwand. Eine höhere Dämmschichtdicke bewirkt zwar einen höheren Wohnkomfort durch höhere Temperaturen der raumseitigen Bekleidung, gleichzeitig aber eine entsprechend niedrigere Temperatur des Mauerwerks. Sind weitere Feuchtebelastungen vorhanden, wie z.B. eine hohe Schlagregenbeanspruchung, steigt das Frostschadensrisiko. Deshalb sollten hier zusätzliche Regenschutzmaßnahmen vorgesehen werden.
- Innendämmungen reduzieren den Wärmedurchgang durch die Gebäudehülle nicht im gleichen Maß, wie das bei Außendämmungen der Fall ist, da die Verluste über Wärmebrücken überproportional zunehmen. Dämmschichtdicken über 6 cm ($R > 1,5 \text{ m}^2\text{K/W}$) sind deshalb nur selten energetisch sinnvoll. Außerdem erhöhen sie das Feuchteschadensrisiko.

Die Innendämmung schafft allerdings im Vergleich zur Außendämmung nicht nur Probleme. Neben den geringeren Kosten hat sie auch einige bauphysikalische Vorteile:

- Bei temporär genutzten Gebäuden können Raumluft und innere Oberflächen rasch und ohne großen Energieaufwand aufgeheizt werden.
- Durch die hohen Speichermassen im Bereich der Fassaden wird dem zunehmenden Problem von Algenwachstum bei Außendämmungen vorgebeugt [11].
- Die Innendämmung kaschiert die im Altbau manchmal anzutreffenden Aufputzinstallationen.

Von wenigen Ausnahmen abgesehen ist im Altbau eine Innendämmung aus energetischer und hygienischer Sicht besser als gar keine Dämmung. Zur Vorbeugung von Feuchteschäden sind bei Innendämm-Maßnahmen die richtige Materialauswahl sowie eine sorgfältige Planung und Ausführung erforderlich. Dabei können hygrothermische Simulationen nach WTA [2] eine wertvolle Hilfe darstellen.

7. Literatur

- [1] DIN 4108-2: Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden – Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. März 2001.
- [2] WTA-Merkblatt 6-2-01/D: Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse. Mai 2002.
- [3] Künzel, H. M.: Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Feuchte- und Wärmetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten. Dissertation, Universität Stuttgart (1994).
- [4] Bednar, Th.: Beurteilung des feuchte- und wärmetechnischen Verhaltens von Bauteilen und Gebäuden – Weiterentwicklung der Mess- und Rechenverfahren. Dissertation TU Wien 2000.
- [5] Künzel, H.M.: Richtiger Einsatz von Dampfbremsen bei der Altbau- sanierung. WTA-Journal 1 (2003), H. 1, S. 6-25.
- [6] WTA-Merkblatt E-8-1-03/D: Fachwerkinstandsetzung nach WTA: Bauphysikalische Anforderungen an Fachwerkgebäude. Entwurf Juli 2003.
- [7] Krus, M und Künzel, H.M.: Untersuchungen zum Feuchteverhalten von Fassaden nach Hydrophobierungsmaßnahmen. WTA-Journal 1 (2003), H. 2, S. 149-166.
- [8] Künzel, H.M. und Kießl, K.: Feuchte- und Wärmeschutz von Sicht- mauerwerk mit und ohne Fassadenhydrophobierung. Mauerwerksbau aktuell 98 (1998), S. D.48-D.57.
- [9] Holm, A. und Krus, M.: Zweidimensionale WUFI-Berechnungen zur auf- steigenden Feuchtigkeit. Hanseatische Sanierungstage 1999.
- [10] Künzel, H.M., Holm, A. und Krus, M.: Analyse von Feuchteschäden und Sanierungsplanung durch rechnerische Simulation. Referateband 9. Wiener Sanierungstage, ofi Bauinstitut, Wien 2001, Beitrag Nr. 11.
- [11] Venzmer, H.: Nicht bestellt und doch frei Haus: Grüne Fassaden nach der nachträglichen Instandsetzung durch Wärmedämmverbundsysteme – eine Betrachtung aus bauphysikalischer Sicht. 10. Wiener Sanierungstage 2002.