

Innendämmung

Möglichkeiten und Probleme

Dr. Reinhard O. Neubauer

16. Dingolfinger Baufachtag 2012

Freitag, 23. November 2012
Stadthalle Dingolfing

IBN Bauphysik Consult
Theresienstraße 28
85049 Ingolstadt

T: (0 841) 34173
F: (0 841) 35238
IN@ibn.de
www.ibn.de

1 Einleitung

Im Zuge der globalen Bestrebungen zur Reduzierung der CO₂-Emissionen, wird verstärkt der Wärmeschutz von Bestandsgebäuden in den Focus der Wärmedämmbestrebungen gestellt. Wer einen Altbau energetisch saniert und über ein Zehntel der Außenwandfläche dämmt, muss die Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) beachten. Sie bestimmt, wie hoch der Wärmeschutz der Außenwand sein muss. Kann, aus welchen Gründen auch immer, eine Wärmedämmung an der Außenseite nicht angebracht werden, kann der Wärmeschutz auch auf der Innenseite erfolgen, d.h. es wird eine Innendämmung ausgeführt. Wie sieht die Bauphysik in diesem Fall aus? Welche Risiken birgt der Einsatz einer Innendämmung.

Der Beitrag beschreibt die Probleme und zeigt Lösungsansätze auf.

2 Der Praxisfall - Außendämmung geht nicht

Soll der Wärmeschutz der Außenwand verbessert werden, können sich bestimmte Probleme aus rechtlicher Sicht ergeben. Im Zuge der Erfordernis zur Anbringung einer Wärmedämmung, muss nicht immer der klassische Fall: „Denkmalschutz“ vorliegen. Häufig liegt auch der Fall vor, dass das Haus an der Grundstücksgrenze steht. Eine zusätzliche Außendämmung würde dann zum Nachbarn oder über die Straße ragen, oder die Wärmedämmung überbaut ein öffentliches Grundstück. Im Allgemeinen gilt in einem solchen Fall: Soll der Wärmeschutz einer Grenz wand verbessert werden und soll diese in Form einer Außendämmung erfolgen, bedarf es dafür grundsätzlich der Zustimmung des Eigentümers des Nachbargrundstücks. Je nach Landesnachbarrecht kann sich aber eine Duldungspflicht des Nachbarn ergeben oder, es ergibt sich eine Duldungspflicht aus dem nachbarschaftlichen Gemeinschaftsverhältnis. Liegen beide Voraussetzungen nicht vor, verbleibt dem Eigentümer nur der Verzicht auf eine Außendämmung und damit die Alternative der Innendämmung.

Der Planer ist also aus mancherlei Gründen, wie sie sich bei denkmalgeschützten Fassaden, Grenzbebauung oder einzuhaltende Gebäudefluchten ergeben, auf Innendämm-Lösungen angewiesen. Aus bauphysikalischer Sicht ist die Anordnung von Dämmschichten an der Innenseite einer Außenwand kein Tabu. Innendämmungen können heute mit vertieften Kenntnissen in der Bauphysik geplant und schadensfrei ausgeführt werden.

Zusammenfassend kann also für den Praxisfall - „*Außendämmung geht nicht*“, dargestellt werden, dass in vielen Fällen eine Innendämmung durchaus empfehlenswert bzw. sinnvoll ist.

Diese können z.B. sein:

- Das Gebäude oder die Fassade steht unter Denkmalschutz
- Der Dachüberstand ist zu gering
- Grenzbebauung, d.h. bei angrenzenden Gebäuden bzw. bei zu geringen Grenzabständen
- Einhalten von Gebäudefluchten
- Dämmmaßnahmen sollen nur in einzelnen Wohnungen bzw. Räumen durchgeführt werden.
- Umnutzung von Kellerräumen mit Anforderungen an den baulichen Wärmeschutz
- Temporäre Nutzung bzw. Beheizung des Gebäudes

3 Bauphysikalische Probleme und Lösungsansätze

Beim Einsatz einer Innendämmung ergeben sich bauphysikalische Fragen, die in der Vergangenheit oft dadurch beantwortet wurden, dass eine Innendämmung erst gar nicht ausgeführt wurde. Insbesondere aufgrund fehlender Berechnungsmethoden, war bei Planern und Bauherren häufig die Angst vor einem bauphysikalischen Problem zu groß um eine Innendämmung einzusetzen. Vielen Planern und Handwerkern gilt die innenseitige Anbringung von Außenwanddämmungen immer noch als äußerst riskante Sanierungsmaßnahme. Die „Verlagerung des Taupunktes in die Wand“ löst Ängste vor Bauschäden aus, die sich unkontrollierbar in unzu-

gänglichen Bereichen des Wandquerschnitts mit der Zeit einstellen könnten. Genährt werden solche Befürchtungen durch Dampfdiffusionsberechnungen nach DIN 4108.

Die Grundlage für die Feuchteschutzbemessung bildet in Deutschland die DIN 4108-3 [1]. Für den Nachweis des winterlichen Tauwasserschutzes wird hier das Glaser-Verfahren [2] verwendet. In den europäischen Nachbarländern wird das Glaser-Verfahren für die DIN EN ISO 13788 [3] im Prinzip übernommen. Hierbei werden Randbedingungen verwendet, die durch Monatsmittelwerte an die regionalen Klimaverhältnisse angepasst sind.

Andererseits ist es unter Bauphysikern seit langem bekannt, dass Ergebnisse solcher Berechnungen mit der Praxis nicht viel zu tun haben. Richtig ausgeführte Innendämmungen haben sich seit Jahrzehnten in der Praxis bewährt.

Häufig erfolgt aufgrund fehlenden Fachwissens auch eine falsche Einschätzung. Moderne Bauarten, neuartige Materialien und dynamische Rechenansätze ergeben heute eine viel differenziertere Beurteilungsmöglichkeit wie zu Beginn der 80iger Jahre, in welchem der verstärkte Einsatz von Innendämmungen erfolgte.

Dem Bauphysiker ist im Allgemeinen klar, dass zur Beurteilung einer Innendämmung das Verfahren nach „Glaser“, wie es z.B. in der DIN 4108 beschrieben ist, nicht der fachgemäße Ansatz ist. Die Berechnung der Tauwassermenge nach dem „Glaser-Verfahren“ ergibt bei Innendämmungen häufig, dass nicht nur die zulässige Tauwassermenge ($1,0 \text{ kg/m}^2$) überschritten wird, sondern auch, dass Tauwasser in der Konstruktion verbleibt. Also die anfallende Tauwassermenge größer ist als die Verdunstungsmenge.

Solche Berechnungsergebnisse legen den Schluss nahe, dass es bei Massivwänden mit Innendämmung zu einer Anreicherung von Tauwasser kommen könnte.

Ein genauerer Blick in die Norm, in der das Diffusionsberechnungsverfahren und seine Klimarandbedingungen geregelt sind (DIN 4108-3 Ausgabe 2001) zeigt, dass Dampfsperren hiernach nicht in jedem Fall gefordert sind. In Abschnitt 4.3.2.2 werden Bauteile genannt, die ohne diffu-

sionstechnische Probleme gebaut werden können und für die kein rechnerischer Nachweis erforderlich ist. Innen mäßig gedämmtes Mauerwerk nach DIN 1053 Teil 1 (Ziegel, Kalksandstein etc.) wird nachweisfrei gestellt, wenn der s_d -Wert der Dämmkonstruktion $\geq 0,5$ m ist. Mäßig stellt in diesem Zusammenhang einen Wärmedurchlasswiderstand von $R \leq 1,0$ ($\text{m}^2\text{K}/\text{W}$) dar.

Die o.a. Befreiung von Innendämmungsmaßnahmen von der Diffusionsberechnung hatte seinen Grund in Folgendem:

Ein s_d -Wert von 0,5 m liegt bereit vor, wenn eine Gips-Verbundplatte mit 20 mm EPS-Hartschaum ($\mu = 20$) verwendet wird. Gleiches gilt für 45 mm Dämmkork- oder Holzfaserdämmplatten ($\mu = 5$) plus Gipsbauplatte. Auch 40 mm diffusionsoffener Faserdämmstoff erfüllt diese Anforderung, wenn dieser mit einer 12 bis 15 mm Holz- oder Holzwerkstoffplatten ($\mu = 40 - 50$) bekleidet wird. Den Verfassern der DIN 4108 war schon Ende der 70er Jahre klar, dass sich Massivwände durch reine Diffusionsberechnungen nicht beschreiben lassen. Deshalb ist es auch kein Zufall, dass in der Norm bis heute kein Anwendungsbeispiel für eine innen gedämmte Massivwand zu finden ist. Es galt damals schon als gesichertes Erkenntnis, dass in der Praxis der Feuchtetransport wesentlich günstiger verläuft, als die Glaserberechnung befürchten lässt. Dies wurde in einer großen Untersuchung des Forschungsinstituts für Wärmeschutz (FIW) in München Mitte der 80er Jahre bestätigt [4].

Das Glaser-Verfahren ist nicht in der Lage reale Prozesse innerhalb eines Bauteils, von Strahlungsabsorption bis Feuchtwanderung, zu berücksichtigen. Ebenso wenig ist es möglich innerhalb der Berechnung ein reales Baustoffverhalten, z.B. feuchteabhängige Diffusionswiderstände oder feuchteabhängige Wärmedämmeigenschaften, abzubilden.

In der DIN 4108-3 wird die Tauwasser- bzw. Verdunstungsmenge, die durch Diffusion in das betrachtete Bauteil hinein- bzw. heraus gelangen kann, mit standardisierten Klimabedingungen im stationären Berechnungsverfahren nach dem "Glaser-Verfahren" errechnet. Für die Berechnung stehen zwei Blockklimata (Winter- bzw. Sommerklima) zur Verfügung.

Als Option ist in der DIN 4108-3 das Verfahren nach Jenisch enthalten. Dieses liefert differenziertere Ergebnisse aufgrund regional angepasster Klimarandbedingungen.

Beide Ansätze erlauben aber keine detaillierte Betrachtung der Wärme- und Feuchteströme. Es ist nicht möglich, den genauen Feuchtegehalt eines der eingesetzten Materialien zu bestimmen oder wichtige Transportmechanismen wie Sorption und Kapillarität zu berücksichtigen. Das Glaser-Verfahren dient seit Jahrzehnten im Baubereich ausschließlich der groben Abschätzung von Tauwasser- bzw. Verdunstungsmengen. Sachverständigenseits und insbesondere als Ingenieur, kann das Verfahren nach Glaser nicht zufriedenstellen. Die Berechnungen mit dem „Glaser-Verfahren“ sind für die Praxis nur dann relevant, wenn nicht hygroskopische Materialien verwendet werden und es lediglich um eine einfache vergleichende Bewertung der reinen Diffusionsbilanz geht (z. B. bei Steildächern und Holztafelbauwänden). Hierfür hat es sich allerdings, auch in seiner statischen Form mit Blockklima nach DIN 4108-3 durchaus bewährt.

Bleibt die Frage: „Entspricht die DIN 4108-3 den anerkannten Regeln der Technik“?

4 Das rechtliche Beurteilungs-Maß

Die Frage der anerkannten Regeln der Technik kann, kurz gesagt mit „ja“ beantwortet werden.

Zur Begründung:

Anerkannte Regeln der Technik müssen allgemein bekannt, theoretisch richtig, in technischen Vorschriften dokumentiert sowie anhaltend praktisch bewährt sein. Damit ein Verfahren den anerkannten Regeln der Technik entspricht, reicht es nicht, dass es als Norm festgelegt ist. Es muss zusätzlich bekannt sein und üblicherweise angewendet werden. Diese Kriterien werden vom Glaserverfahren erfüllt.

Aber, die Anwendung der DIN 4108-3 verbietet nicht das Denken.

Es liegt deshalb im Ermessen eines jeden Planers, Konstruktionen so zu planen, dass sie „mangelfrei“ sind.

Dass ein Bauen nach Norm nicht vor Mängeln schützt, hat sich bereits in alle bauschaffenden Kreisen herumgesprochen. Jetzt müssen nur noch die Sachverständigen überzeugt werden, dass Normen kein Dogma sind. Diese hat auch der BGH bereits mit Urteil von 1998 deutlich gemacht.

In der Praxis der Rechtsprechung ist häufig der Wärme- und Feuchteschutz gefordert, der nach öffentlich-rechtlichen Maßstäben festgelegt wurde, welcher aber im Einzelfall oftmals nicht ausreichend bewertet wird. Es wird im Grunde immer der Wärme- und Feuchteschutz erwartet, der zu keinem Mangel führt. Nach Art. 13 ff BayBO müssen Gebäude einen ihrer Nutzung und den klimatischen Verhältnissen entsprechenden Wärmeschutz haben. Diese allgemeine Anforderung des Gesetzes wird konkretisiert durch die eingeführte technische Regel DIN 4108.

Inwieweit die DIN 4108 aber tatsächlich einen ausreichenden Wärme- und Feuchteschutz zur Vermeidung von Mängeln festlegt, kann für Innendämmungen im Wohnungsbau in Frage gestellt werden. Aus rechtlicher Sicht ist nachstehendes zu beachten (siehe hierzu § 633 BGB): „Das Werk ist frei von Sachmängeln, wenn es die vereinbarte Beschaffenheit hat. Ist keine Beschaffenheit vereinbart, ist das Werk frei von Sachmängeln, wenn es sich für die nach dem Vertrag vorausgesetzte, für die gewöhnliche Verwendung eignet und eine Beschaffenheit aufweist, die bei Werken der gleichen Art üblich ist und die der Besteller nach der Art des Werkes erwarten kann.“

Damit ist, wenn nichts anderes vereinbart, eine „Mittlere Verkehrserwartung“, bzw. der „Erwartungshorizont des Bestellers“ geschuldet.

Der „Erwartungshorizont“ des Bestellers ist aber im Allgemeinen bezüglich des erwarteten Wärme- und Feuchteschutzes nicht bekannt, oder zumindest ist die Erwartung in der Regel größer als die Anforderungen gem. DIN 4108.

Wird auf die DIN 4108 zurückgegriffen, ist gewöhnlich kein ausreichender Wärmeschutz zum Zweck der Festlegung einer Qualität sicherzustellen. Die DIN 4108 stellt zwar diesen Anspruch nicht, da sie ausschließlich eine Sicherheits- bzw. Schutznorm ist und keine Qualitätsnorm, trotzdem wird bei Wärme- und Feuchteschutzfragen immer wieder auf die DIN 4108 abgestellt. Das Anforderungsniveau der DIN 4108 darf aber nicht mit einer Qualitätsbewertung gleichgestellt werden. Grundsätzlich gilt, dass wenn nichts vereinbart wird, muss der Wärme- und Feuchteschutz sichergestellt werden, der entsprechend den anerkannten Regeln der Technik zu erwarten ist. Welcher Wärme- und Feuchteschutz entspricht aber den anerkannten Regeln der Technik? Hierzu können die Entscheidungen des BGH weiterhelfen, z.B.:

Urteil vom 17. 12.1996: „Ein Werk ist unabhängig davon, ob die anerkannten Regeln der Technik eingehalten sind, fehlerhaft, wenn es nicht den Anforderungen des vertraglich vorausgesetzten Gebrauchs entspricht.“

Urteil vom 14.05.1998: „Es kommt in erster Linie nicht auf die Einhaltung der DIN-Normen an; wichtig ist: ... Aus der bloßen Beachtung der DIN-Normen folgt noch nicht, dass damit auch die anerkannten Regeln der Technik genügt sind. Gibt es keine Vereinbarung, so kommt es auf die anerkannten Regeln der Technik an.“

Urteil vom 14.05.1998: „Die DIN-Normen sind keine Rechtsnormen, sondern private technische Regelungen mit Empfehlungscharakter. Sie können die anerkannten Regeln der Technik wiedergeben oder hinter diesen zurückbleiben. Nach BGH kommt es auf die Einhaltung der anerkannten Regeln der Technik an. Diese dürfen keineswegs mit den DIN-Normen identisch gesetzt werden. Die Mangelfreiheit kann nicht ohne Weiteres eine DIN-Norm entnommen werden. Maßgebend ist nicht, welche DIN-Norm gilt, sondern ob die Bauausführung zur Zeit der Abnahme den anerkannten Regeln der Technik entspricht.“

Urteil vom 07.03.2002: „Ein Mangel eines Bauwerkes liegt vor, wenn die Bauausführung von dem geschuldeten Werkerfolg abweicht, und durch diesen Fehler der nach dem Vertrag vorausgesetzte Gebrauch gemindert wird. Für die Frage, ob ein Mangel vorliegt, ist es unerheblich, dass die Bauausführung möglicherweise wirtschaftlich und technisch besser ist als die vereinbarte.“

Fazit: In der juristischen Rangfolge kommt es zuerst auf die vertraglich vereinbarte Beschaffenheit und dann auf die anerkannten Regeln der Technik an. DIN-Normen spielen für die Beurteilung keine Rolle.

Dies verdeutlichen abschließend das Urteil des Bundesverwaltungsgerichts, das als sogenannte "Meersburg"-Urteil vom 22.05.1987 in die Literatur Eingang gefunden hat:

DIN-Normen sind "Vereinbarungen gewisser Kreise ... , die eine bestimmte Einflussnahme auf das Marktgeschehen bezwecken.", und der sogenannte „Blasbachtalbrückenfall“ mit Urteil des 7. Senats des Bundesgerichtshofs vom 6.05.1985 (VII ZR 304/83) mit dem der BGH klar stellt, dass DIN-Normen zwar einen Mindeststandard setzen, von der Praxis aber jederzeit überholt werden können.

Abschließend gilt, dass unter Baubeteiligten oftmals angenommen wird, dass die DIN-Normen die "Regeln der Technik" darstellen und bei deren Einhaltung - sofern die Parteien nichts davon Abweichendes vereinbaren - das Werk mangelfrei hergestellt wurde. Dies ist nicht zwingend zutreffend. Diesbezüglich hat der für Baurecht zuständige 7. Zivilsenat des BGH in einem Urteil vom 4. Juni 2009 (VII ZR 54/07) festgestellt, dass ein nur nach den Mindestanforderungen der einschlägigen DIN ... mangelhaft sein kann. Wenn der Kaufvertrag keinen deutlichen Hinweis enthalte, dass der ... nur in einer Mindestqualität zur Ausführung komme, die dem üblichen ... nicht entspreche, liegt, wenn nur der ... gemäß den Mindeststandards der DIN xxxx ausgeführt wurde, ein Mangel der ... vor, der den Käufer ggfs. zum Rücktritt vom Kaufvertrag berechtigen kann.

5 Das ingenieurmäßige Beurteilungs-Maß

Für die Berechnung der Feuchtetransporte durch Diffusion innerhalb der Konstruktion stehen heute verschiedene Berechnungsmodelle mit unterschiedlicher Genauigkeit, bzw. stationäre und dynamische Rechenverfahren, wie sie z.B. in DIN EN 15026 [5] formuliert sind, zur Verfügung. Bekannte Softwarelösungen sind WUFI (Wärme- und Feuchtetransport instationär) vom Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) in Holzkirchen, sowie die vom Institut für Bauklimatik an der TU Dresden entwickelte Berechnungssoftware Delphin.

Diese Programme berechnen den gekoppelten Wärme- und Feuchtetransport in der Konstruktion basierend auf realen Klimadaten, einschließlich der Berücksichtigung von Temperatur und Feuchte, Sonnenlicht Absorption, Wind, Verdunstungswärme, das Baustoffverhalten hinsichtlich Sorption und Kapillarität und der geographischen Ausrichtung der Gebäudeteile (Neigung, Himmelsrichtung). Die Programme wurden mehrfach validiert, d. h. dass die Ergebnisse aus den Rechnungen mit Freilandversuchen verglichen wurden.

Zitat aus DIN EN 15026, Einleitung

„Während das Glaser-Verfahren lediglich die stationäre Wärmeleitung und Dampfdiffusion berücksichtigt, spielen in den in dieser Norm behandelten transienten Modellen Wärme- und Feuchtespeicherung, Wirkungen latenter Wärme und der Transport mittels Flüssigkeiten und Konvektion unter realistischen Rand- und Anfangsbedingungen eine Rolle. Die Anwendung derartiger Modelle im Bauwesen hat in den letzten Jahren stark zugenommen, was zu einer bedeutenden Verbesserung der Genauigkeit und Vergleichspräzision der wärme- und feuchte-technischen Simulation geführt hat.“

Entscheidend für bauschadensfreie Konstruktionen sind ein hohes Bauschadensfreiheitspotential und die Gebrauchstauglichkeit.

Besonderes Augenmerk kommt in diesem Zusammenhang der zu erwartenden Feuchtigkeitsanreicherung im Wandquerschnitt zu. Diesem Umstand versucht man immer wieder mit diffusionshemmenden oder -sperrenden Folien, also Dampfsperren, zu begegnen. Schnell erkennt man aber, dass damit verschiedenartige Problemen einhergehen. Allgemein stellen Bauteilanschlüsse und Bauteildurchdringungen sowie Bauteilverformungen, wie z. B. Balkenköpfe von Holzbalkendecken, ein schwer lösbares Problem dar. Der positiven Eigenschaft, Wasserdampfdiffusion bzw. Kondensation im Bauteilinneren zu vermeiden, steht die Behinderung der sommerlichen Austrocknung von Schlagregen beaufschlagten Konstruktionen in Richtung Gebäudeinneres entgegen. Die Schadensanfälligkeit und auch die Dauerhaftigkeit der mit Folien versehenen Konstruktionen stehen in Fachkreisen in hoher Kritik. Der Einsatz von diffusionshemmenden oder -sperrenden Folien, so hat es sich in der Praxis gezeigt, ist keine durchdachte Lösung.

Im Gegensatz dazu ermöglichen moderne Innendämmsysteme mit ihren kapillaraktiven und diffusionsoffenen Feuchtetransporteigenschaften ein hohes Rücktrocknungspotential in den Raum. Der Einsatz von diffusionshemmenden oder -sperrenden Folien ist für solche Systeme nicht erforderlich.

Bei der Ausführung von Innendämmungen ist insbesondere auf die Vermeidung von Wärmebrücken zu achten. Bei Innendämmmaßnahmen können Wärmebrücken erhalten bleiben oder, in speziellen Fällen sich sogar verstärken. Konstruktive Lösungen müssen deshalb Wärmebrücken in der Planung mit einbeziehen. Wegen der verbundenen Probleme in Bezug auf Wärmebrücken, Tauwasser und Reduzierung des Trocknungspotenzials durch den Einsatz einer Innendämmung, soll auf dieses Thema nachstehend detaillierter eingegangen werden.

6 Wärmebrücken

Eine Innendämmung führt bei niedrigen Außentemperaturen zu einer Absenkung der Temperatur der Außenwand. Da bei Gebäuden die Decken und Innenwände meist ohne thermische Trennung an diese Außenwand angebunden sind, ist damit in Außenwandnähe auch deren Temperatur zum Teil deutlich reduziert. In Abbildung 1 ist dies als Skizze am Beispiel einer angrenzenden Innenwand veranschaulicht (stationäre Betrachtung). Die Innendämmung bewirkt unter den zu Grunde gelegten Außenklimabedingungen eine Absenkung der Oberflächentemperatur auf der Innenseite des Mauerwerks auf etwa $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. An der raumseitigen Dämmstoffoberfläche beträgt die Temperatur dagegen $17\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bei einer Raumlufffeuchte von 50% rel. Feuchte ergeben sich damit unkritische Oberflächenfeuchten von 60% . Da die Innenwandoberfläche über die Außenwand abgekühlt wird, ergibt sich dagegen am Übergang zum gedämmten Bereich eine deutlich abgesenkte Oberflächentemperatur von lediglich $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die Folge ist eine Oberflächenfeuchte von 95% . Die sich bei dieser Oberflächenfeuchte potenziell ergebenden Probleme sind zu erahnen.

Dieses Problem kann, wie in Abbildung 1, links gezeigt, durch eine Dämmung von Teilbereichen der Innenwand (bzw. Decke) gelöst werden.

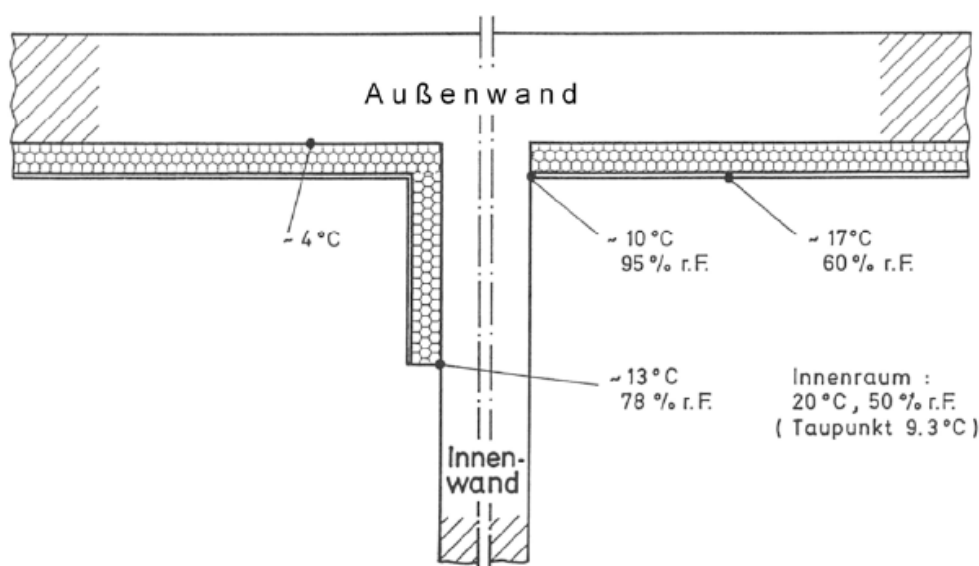


Abb. 1: Darstellung der Wärmebrückenproblematik durch eine Innendämmung [6]

Dieses Wärmebrückenproblem der einbindenden Bauteile liegt auch bei einer Decke vor. Eine Entschärfung dieser Art von Wärmebrücke kann z.B. mit einem Dämmkeil erfolgen (siehe Abbildung 1).

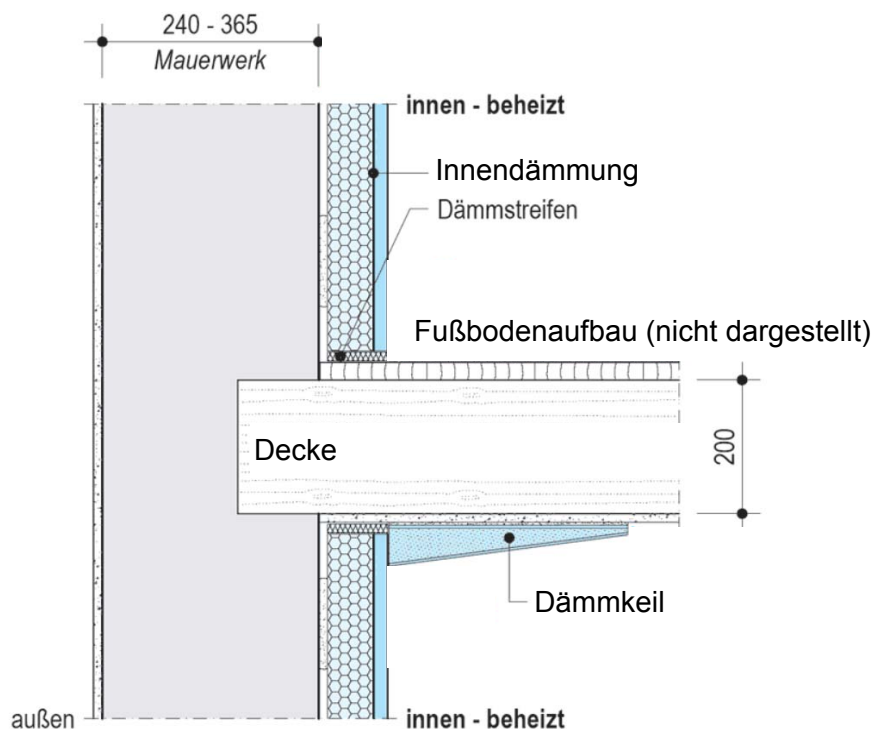


Abb. 1: Beispielskizze zur Reduzierung der Wärmebrückenwirkung mittels „Dämmkeil“

Ein weiteres Wärmebrückenproblem ergibt sich häufig bei Fensterlaibungen. Aufgrund der geometrischen Verhältnisse im Bereich des Fensteranschlusses an die Laibung ist wegen der an dieser Stelle vorhandenen Wärmebrücke die Oberfläche der Fensterlaibung umso stärker tauwassergefährdet, je weiter der Fensteranschluss nach außen rückt [7]. Wärmebrücken an Fensterlaibungen können z.B. durch den Einsatz von Laibungsdämmplatten, welche typischerweise in Dicken von 20 mm mit einer Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W/(mK) [7] eingesetzt werden, wirksam reduziert werden. Die Dämmplatten werden dabei vollflächig verklebt.

In der Abbildung 2 ist beispielhaft der Einsatz einer Laibungsdämmung dargestellt.

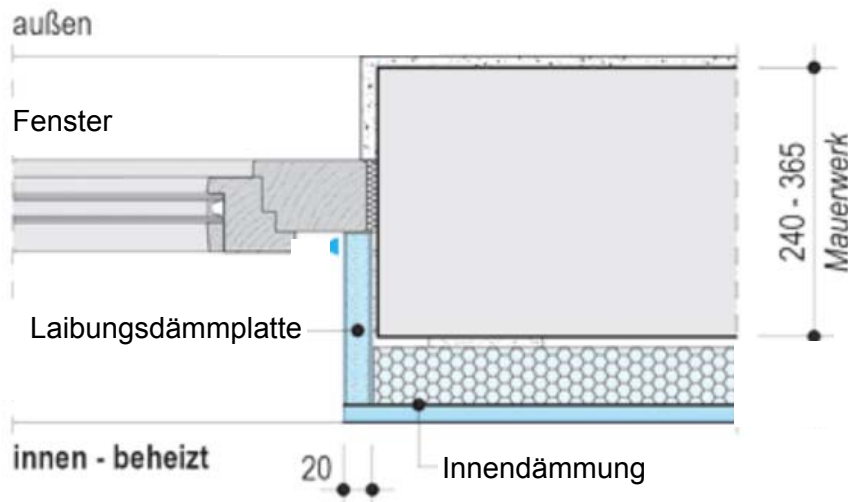


Abb. 2: Beispielskizze Fensterlaibung mit „Laibungsdämmplatte“

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. Durch die Dämm-Maßnahme kann die Temperatur, wie bereits in Abbildung 1 dargelegt, 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 ohne Luftschichten 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, günstig. Auch Innendämmungen aus Leichtlehm sind anwendbar, solange kein zu hoher Feuchteeintrag während der Applikationsphase damit verbunden ist. Starre Dämmplatten hingegen können Hohlräume bilden, für die eine Egalisierung des Untergrundes erforderlich wird.

Auch kann eine Innendämmung den Trocknungsverlauf nach einem Schlagregenereignis bedeutend beeinflussen. 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 kann die Innendämmung das Temperaturniveau des dahinter liegenden Mauerwerks reduzieren, was ggf. die Trocknung nach außen verlangsamen kann.

Aus diesem Grund sollte versucht werden den sd-Wert der raumseitigen Dämmschicht inklusive Dampfbremse zu minimieren, ohne den Tauwasserschutz zu gefährden.

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 sd-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 [8].

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 darauf hin, dass das Aufbringen einer Innendämmung ohne zusätzliche Maßnahmen zur Begrenzung des Kapillartransports aus dem Untergrund, z.B. durch Bohrlochinjektionen, Probleme hervorrufen kann.

In Abbildung 3 ist die kapillare Wasseraufnahme eines 60 cm starken Ziegelmauerwerks unter natürlichen Klimabedingungen mit und ohne Dämmung dargestellt.

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 mit Mineralfaserdämmplatten (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.

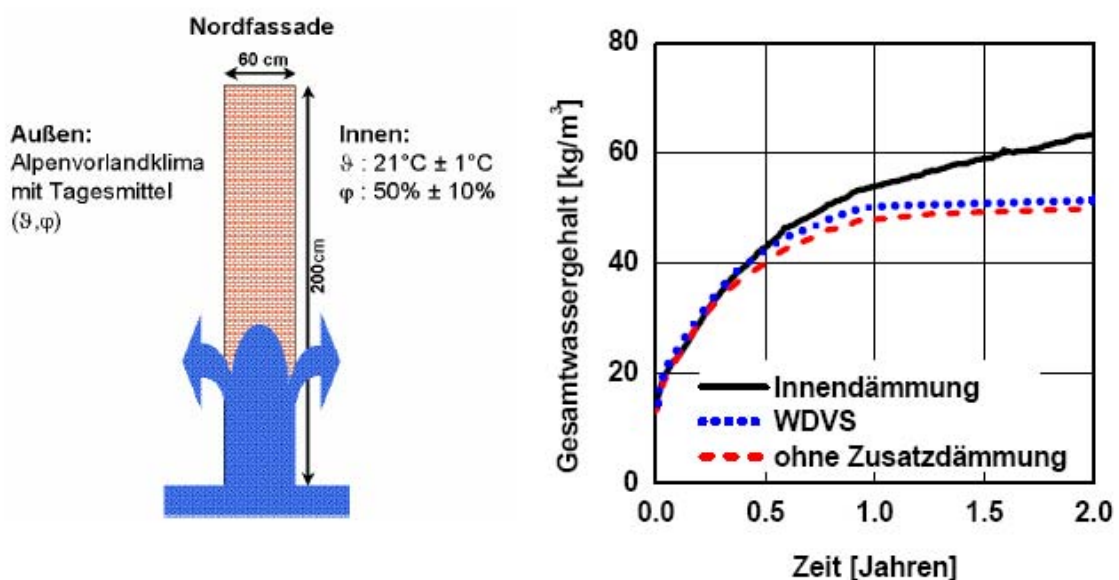


Abb. 3: Zweidimensionale Berechnung der kapillaren Wasseraufnahme von Ziegelmauerwerk mit und ohne Dämmung unter natürlichen Klimabedingungen [9].

Am Beispiel einer Außenwand aus Leichtbetonsteinen mit einem Wärmedurchgangskoeffizient von $U = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ lässt sich die Auswirkung einer nachträglich angebrachten Innendämmung mit Hilfe des Softwareprogramms WUFI veranschaulichen. Durch die gewählte Innendämmung wird der Wärmedurchgangskoeffizient der Wand auf $U = 0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ verbessert, was einer Dämmschichtdicke von 50 mm ($\lambda_R = 0,04 \text{ W}/(\text{mK})$) entspricht.

Betrachtet werden folgende Dämmstoffe:

- Expandierter Polystyrol-Hartschaum (EPS)
- Mineralfaserdämmung
- Zellulosefasern
- Kalzium-Silikatplatten (wegen der geringeren Dämmwirkung wurde die Dicke auf 60 mm erhöht).

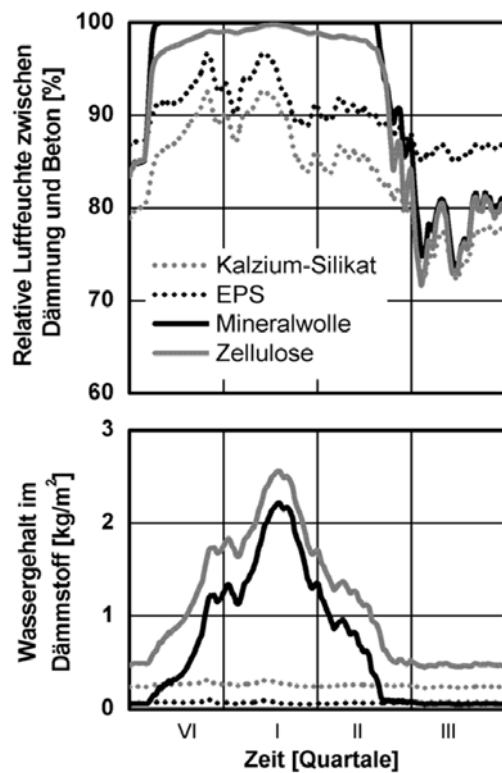


Abb. 4 : Jahresverläufe der relativen Feuchte hinter der Dämmung (oben) und des Wassergehalts in der Dämmschicht (unten) beim Einsatz unterschiedlicher Dämmstoffe zur nachträglichen Innendämmung einer Leichtbetonwand [6].

Die Verläufe der relativen Luftfeuchte zwischen Leichtbetonwand und Innendämmung sowie des Wassergehalts in der Dämmschicht sind in Abbildung 4 oben, 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. 2.000 g/m² unzulässig hoch ist. Am günstigsten wäre hier eine Dampfbremse mit einem sd-Wert von ca. 2 m oder eine feuchteadaptive Dampfbremssfolie [10].

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 Voraussetzung 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.

7 Fazit

Im Gebäudebestand kann der Wärmeschutz der Gebäudehülle häufig nur durch Innendämmungen verbessert werden. Innendämmungen sind bei fachgerechter Planung und sorgfältiger Ausführung auch auf hohem Wärmeschutzniveau schadensfrei möglich [12].

Eine Wärmedämmung innen empfiehlt sich immer dann, wenn eine Außendämmung nicht möglich ist. Generell ist jedoch eine Außendämmung effizienter, da Wärmebrücken wie Deckenan-schlüsse überdämmt werden und somit ihre Wirkung entschärft wird. Dass der Einfluss von Wärmebrücken mit zunehmendem Dämmniveau ansteigt, ist hinlänglich bekannt.

Ausnahmen bei der Bevorzugung einer Außendämmung bilden Gebäude, die nicht regelmäßig genutzt werden, wie beispielsweise Ferienwohnungen, Kirchen und Gemeinderäume sowie Sporthallen. Die Innendämmung bewirkt hier, dass mit vergleichsweise wenig Energieeinsatz nur die Raumluft erwärmt wird, aber nicht das gesamte Mauerwerk. Das bedeutet eine schneller zur Verfügung stehende Behaglichkeitstemperatur bei weniger Heizkosten.

Die Vorteile sprechen in den genannten Fällen für sich: Unabhängig von der Detailausführung und den eingesetzten Materialien bewirkt eine Innendämmung im Bestandsbau neben der Energieeinsparung und der damit verbundenen Senkung des CO₂-Ausstoßes eine Verbesserung der thermischen Behaglichkeit. Aus bauphysikalischer Sicht sind heute Innendämmungen kein Tabuthema mehr und gehören in das Repertoire eines jeden Bauphysikers. Die detailoptimierte Planung wird hier vorausgesetzt.

Die Ergebnisse der letzten 30 Jahre Forschung zum Feuchtetransport bei innen gedämmten Außenwänden lassen sich so zusammenfassen:

- Innendämmungen verhalten sich feuchtetechnisch weit „gutmütiger“ als die Glaserberechnung befürchten lässt. Im Wesentlichen wird dies durch kapillarleitfähige Putze und Mauerwerksbaustoffe bewirkt, die eventuelle lokale Feuchteerhöhungen hin zu verdunstungsfähigen Oberflächen verteilen.
- Die Ergebnisse von Glaserberechnungen und der hieraus motivierte Einbau von Dampfsperren liegen nicht auf der sicheren Seite und führen häufig zu einer Fehleinschätzung.
- Die komplexen Feuchtetransportvorgänge sind heute dynamisch berechenbar geworden. Geeignete und validierte Computerprogramme stehen dem bauphysikalischen Planer seit Jahren zur Verfügung.
- Es ist zwingend auf eine luftdichte Ausführung der Gesamtkonstruktion zu achten. Hohlräume im Bereich der Dämmung sind zu vermeiden.
- Kapillaraktive Innendämmsysteme, wie z.B. Kalziumsilikatplatten, können eine Tauwasserbildung verhindern [13].

-
- Bei Holzdecken ist auf den Tauwasserschutz der Balkenköpfe zu achten.
 - Innendämmungen führen zu einer Absenkung des Temperaturniveaus der Außenwand. Ist eine hohe Schlagregenbeanspruchung vorhanden, steigt das Frostschadensrisiko. Deshalb können hier zusätzliche Regenschutzmaßnahmen sinnvoll werden.
 - Für Fälle mit denen Risiken für Schlagregen und Dampfkonvektion bestehen, sollten die Austrocknungspotenziale nach innen hin erhöht werden [14].

Literatur

- [1] DIN 4108-3: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Klimabedingter Feuchteschutz. Beuth Verlag, Berlin, Juli 2001
- [2] Glaser, H.: Graphisches Verfahren zur Untersuchung von Diffusionsvorgängen. Kältetechnik 11 (1959), H. 8
- [3] DIN EN ISO 13788 Norm , 2001-11: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Raumseitige Oberflächentemperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren - Berechnungsverfahren (ISO 13788:2001); Deutsche Fassung EN ISO 13788:2001
- [4] Achtziger, J.: Praktische Untersuchung der Tauwasserbildung im Innern von Bauteilen mit Innendämmung. wksb Sonderausgabe 1985.
- [5] DIN EN 15026 Norm , 2007-07: Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen - Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation; Deutsche Fassung EN 15026:2007

-
- [6] Krus, M.; Sedlbauer, K.; Künzel, H.: Innendämmung aus bauphysikalischer Sicht
Fachtagung "Innendämmung - eine Bauphysikalische Herausforderung" , Münster, (2005)
- [7] Jenisch, R.; Stohrer, M.; Tauwasserschäden 2. Aufl. 2001,
Fraunhofer IRB-Verlag
- [8] Krus, M und Künzel, H.M.: Untersuchungen zum Feuchteverhalten von Fassaden nach
Hydrophobierungsmaßnahmen. WTA-Journal 1 (2003), H. 2, S. 149-166.
- [9] Holm, A. und Krus, M.: Zweidimensionale WUFI-Berechnungen zur aufsteigenden
Feuchtigkeit. Hanseatische Sanierungstage 1999.
- [10] Künzel, H.M.: Richtiger Einsatz von Dampfbremsen bei der Altbausanierung.
WTA-Journal 1(2003)
- [11] 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.
- [12] Oswald R., Zöller M., Liebert G., Sous S.: Baupraktische Detaillösungen für Innendäm-
mungen (nach EnEV 2009). Bauforschung für die Praxis, Band 98, Fraunhofer IRB
Verlag, (2011)
- [13] Häupl, P., Fechner, H., Martin, R., Neue, J.: Energetische Verbesserung der
Bausubstanz. Bauphysik 21, Heft 4 (1999).
- [14] Hartwig M. Künzel: Problemlösungen für schwierige bauphysikalische Sanierung.
Tagungsband zur 10. e.u.[z.]- Baufachtagung, Springer 2001.