



Energetisch optimierte Gründerzeithäuser

Baupraktische Detaillösungen für Innendämmungen unter besonderer Berücksichtigung der Anforderungen der Energieeinsparverordnung von April 2009

Forschungsarbeit Z 6 – 10.08.18.7-08.27

Gefördert vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Bearbeitern.

Bearbeitet durch: AIBAU – Aachener Institut für Bauschadensforschung
und angewandte Bauphysik, gGmbH, Aachen

Projektleiter: Prof. Dr.-Ing. Rainer Oswald
Dipl.-Ing. Matthias Zöller

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Géraldine Liebert
Dipl.-Ing. Silke Sous

1. Problemstellung und Ziele der Forschungsarbeit

Durch den nachträglichen Wärmeschutz der Außenwände sind bei Altbauten in der Regel deutliche Heizenergieeinsparungen möglich. Soll das Erscheinungsbild nicht verändert werden, da z.B. Denkmalschutz besteht, so sind meist nur Innendämmungen praktikabel.

Im Gegensatz zu Außendämmungen werfen innenseitige Dämmmaßnahmen bauphysikalische Probleme auf, die sowohl die Schichtenfolge als auch die Detailpunkte an Dämmschichtunterbrechungen betreffen. Unter Praktikern ist daher die Meinung weit verbreitet, dass insbesondere bei Einhaltung erhöhter Wärmeschutzanforderungen Innendämmungen zu schadensträchtig sind und daher bei der Unmöglichkeit von Außendämmungen besser ganz auf die Dämmung verzichtet werden sollte.

Ziel der Arbeit war es, anhand von ausgeführten Innendämmmaßnahmen zu klären, unter welchen Randbedingungen Innendämmungen, die die Anforderungen der Energieeinsparverordnung von 2009 erfüllen, tatsächlich zuverlässig funktionsfähig sind. Untersuchungsschwerpunkt sollten Gründerzeitwohnhäuser sein, da bei der energetischen Modernisierung dieses großen Gebäudebestands die typischen Probleme von Innendämmungen anstehen und gelöst werden müssen.

2. Datenermittlung

Im Rahmen einer Umfrage unter 1.135 Architekten und Sachverständigen wurden 36 Untersuchungsobjekte benannt. Zu 28 Gebäuden liegen detailliertere Informationen vor. Es wurden 10 Häuser besichtigt.

Kurzbericht

Zwölf der insgesamt 28 Gebäude erfüllen die Anforderungen der EnEV 2009 ($U\text{-Wert} \leq 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Fünf dieser Gebäude sind noch vor Inkrafttreten der EnEV 2002 modernisiert worden, so dass eine mehrjährige Praxisbewährung der dort ausgeführten Konstruktionen nachgewiesen ist. Zehn weitere Gebäude halten den nach EnEV 2002 – 2007 gültigen Grenzwert $\leq 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ ein (s. Bild 1).

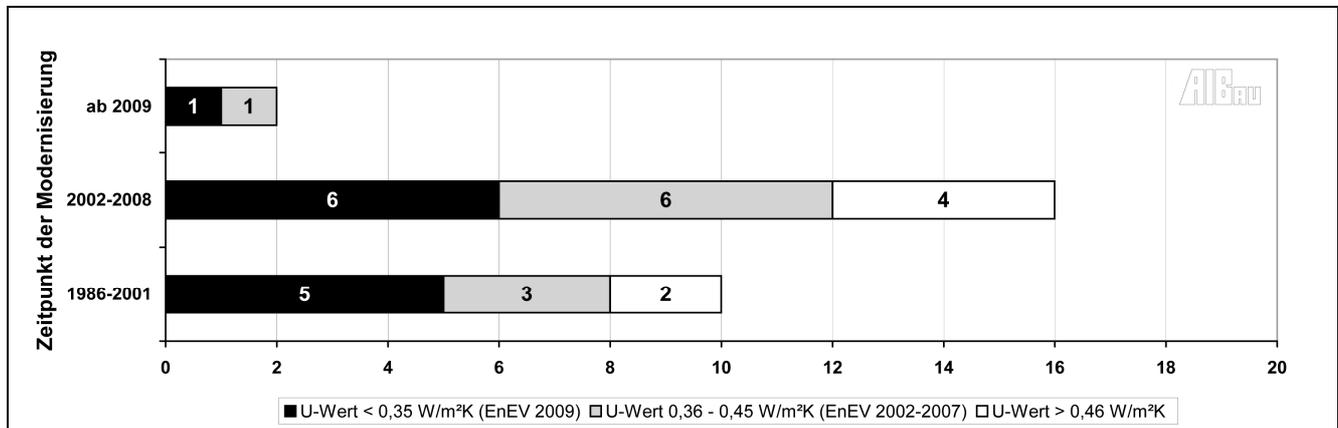


Bild 1: Anzahl der benannten Objekte, Zeitpunkt der Modernisierung und Darstellung der U-Werte der realisierten Außenwandkonstruktionen

3. Ergebnisse

Die Untersuchungen ergaben, dass in keinem der beschriebenen/besichtigten Gebäude Schäden festzustellen waren, die auf den Einbau der Innendämmung zurückzuführen gewesen wären.

Hinsichtlich der Einzelfeststellungen wird auf den Volltext des Forschungsberichts verwiesen. Hier werden die Ergebnisse zu Hinweisen für die Ausführungspraxis zusammengefasst.

3.1 Regelquerschnitt

3.1.1 Feuchtehaushalt und Diffusionsdichtheit

Durch das Aufbringen einer Dämmung auf der Innenseite von Außenwänden ändern sich die Temperatur- und Feuchtebedingungen im Regelquerschnitt. An der Grenzschicht zwischen der Rückseite der Innendämmung und der Innenoberfläche der zu dämmenden Außenwand sinkt im Winterhalbjahr die Temperatur ab und die relative Luftfeuchte steigt an. Tauwasserausfall in bauteilschädigenden Mengen und Schimmelpilzbildung müssen in dieser Zone verhindert werden.

Bei ausschließlicher Betrachtung der Wasserdampfdiffusion – wie dies das Nachweisverfahren in DIN 4108 beschreibt – liegt es nahe, die innenseitigen Schichten möglichst dampfdicht zu gestalten, um Wasserdampf erst gar nicht in die Wand eindringen zu lassen. Dabei wird übersehen, dass dann auch keine Austrocknung mehr nach innen stattfinden kann. Diese ist aber bei schlagregenbeaufschlagten Fassaden ggf. von großer Bedeutung.

Vor der Auswahl und Dimensionierung des Dämmsystems und ggf. weiterer dampfsperrender Schichten ist daher nicht nur zu klären, welches Innenklima vorliegt. Es ist vielmehr auch zu untersuchen,

welcher Schlagregenbeanspruchung die Wand ausgesetzt ist und ob der Schlagregenschutz mit einer vorübergehenden Speicherung von Wasser im Querschnitt verbunden ist.

Bei beidseitig verputztem Ziegelmauerwerk – dem weitaus häufigsten Anwendungsfall bei Gründerzeitgebäuden – gewährleistet die äußere Putzschicht einen ausreichenden Schlagregenschutz.

In einschaliges Ziegel- und Bruchsteinsichtmauerwerk kann Schlagregen eindringen, der bei trockenen Wetterbedingungen nach außen und möglichst auch nach innen austrocknen können muss. Insbesondere, wenn solche Konstruktionen nur eine geringe Wanddicke haben ($< 37,5$ cm) und wenn eine hohe Schlagregenbeanspruchung vorliegt, muss das vorhandene Feuchtigkeitsspeicherungs- und Austrocknungspotential der Außenwand ermittelt werden, um ein geeignetes Dämmsystem auswählen zu können.

Grundsätzlich ist bei Innendämmungen zwischen diffusionsdichten, diffusionshemmenden und diffusionsoffenen Systemen zu unterscheiden. Während bei einschaligem Sichtmauerwerk aus den oben dargestellten Gründen sämtliche Einflussgrößen genauer erfasst und bei der Dimensionierung und Auswahl des verwendeten Systems berücksichtigt werden müssen, ist bei durch Außenputz vor Schlagregen geschützten Ziegelwandkonstruktionen selbst bei diffusionsoffenen Dämmstoffen wie Mineralwolle keine innenseitige dampfsperrende Schicht erforderlich, wenn die Grenzschicht zur bestehenden Wand kapillar speicherfähig ausgebildet ist. Die inneren dampfdichten Schichten sind bei solchen Konstruktionen eher zur Erzielung einer ausreichenden Luftdichtheit von Bedeutung, da auf jeden Fall ein Hinterströmen der Dämmung mit Innenraumluft vermieden werden muss. Die Funktionssicherheit von innen liegenden, nicht vollflächig auf dem Untergrund verlegten Dämmsystemen mit innerer Luftdichtheitsschicht wird durch die Anordnung einer Installationsebene unter der inneren Bekleidung erhöht, weil das Beschädigungsrisiko – z.B. durch nachträgliche Installation von Steckdosen – deutlich minimiert wird.

3.1.2 Dimensionierung der Dämmung

Die maximal mögliche Dämmschichtdicke ist u.a. abhängig von den o.g. Randbedingungen. Selbstverständlich muss der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 eingehalten werden. Ziel muss sein, die Anforderungen der EnEV 2009 zu erfüllen. Die Wirksamkeit von Innendämmungen wird durch die unvermeidlichen Unterbrechungen der Dämmebene (s.u.) herabgesetzt. Je höher der Dämmwert des Systems ist, umso größer wird der Einfluss der längenbezogenen Wärmebrückenverluste entlang der Unterbrechungen (ψ -Werte). Daher liegt die wirtschaftliche Obergrenze etwa bei 10 cm Dämmschichtdicke ($\lambda = 0,035$ W/(mK)). Untersuchungen zeigen, dass deutlich dickere Wärmedämmungen den Jahresheizwärmebedarf nur noch unwesentlich verringern. Bei deutlich erhöhtem konstruktivem Aufwand im Bereich von Wärmebrücken und einer dadurch weitgehenden Reduzierung der Verluste, können Dämmschichtdicken bis 15 cm sinnvoll sein. Andererseits ist der Einbau von weniger als 4 – 5 cm Dämmschichtdicke bei Abwägung des Dämmstoffdicken-unabhängigen Mindestaufwandes für den Einbau von neuen Innenschichten zu den zu erwartenden Heizkosteneinsparungen nicht sinnvoll.

Kurzbericht

3.1.3 Sonstige Anforderungen

Werden z.B. in Mehrfamilienhäusern Innendämmungen eingebaut, ist darauf zu achten, dass das Luftschalldämmmaß nicht durch eine zu hohe dynamische Steifigkeit des verwendeten Dämmmaterials verschlechtert und infolge dessen die Flankenschallübertragung zwischen den Räumen vergrößert wird. Zwischen fremden Nutzungseinheiten sind die Anforderungen an den Brandschutz zu erfüllen.

3.2 Dämmschichtunterbrechungen

Im Bereich von Fenstern und einbindenden Bauteilen (Innenwänden/Decken) wird die innen liegende Dämmebene unterbrochen. Zur Vermeidung hoher Wärmeverluste und eventueller Schäden müssen diese Wärmebrücken detailliert analysiert und planerisch berücksichtigt werden.

3.2.1 Fensteranschlüsse

3.2.1.1 Anschlüsse ohne Änderung der Lage und Geometrie der Fenster

Bei denkmalgeschützter Bausubstanz dürfen in der Regel die Außenansichten der Gebäudehülle und somit auch die Lage der Fenster nicht verändert werden. Stehen die Fensterrahmen selbst ebenfalls unter Denkmalschutz oder kann beim Einbau von neuen Fenstern die Fenstergeometrie und damit die Blendrahmenbreite nicht geändert werden, so steht in den Fensterleibungen meist nicht der Platz zur Verfügung, um dort eine Dämmschicht in gleicher Dicke wie im Regelquerschnitt einzubauen. Die Dämmschichtdicke ist mindestens so zu wählen, dass Schäden durch Temperaturabsenkungen im Leibungsbereich vermieden werden. Steht wenig Raum zur Verfügung, sollten Dämmstoffe mit einer geringeren Wärmeleitfähigkeit verwendet werden. Zusätzlich muss ggf. der Leibungsputz entfernt werden, wobei der Schlagregenschutz und die Luftdichtheit nicht eingeschränkt werden dürfen. Ausreichend hohe Oberflächentemperaturen werden bei Ziegelaußenwänden bereits mit einer 2 cm dicken Leibungsdämmung aus einem Dämmstoff mit der Wärmeleitfähigkeit von $0,030 \text{ W/(mK)}$ erreicht. Bauphysikalisch günstig ist ein Hinterfahren des Blendrahmens mit der Dämmung, da hierdurch deutlich höhere Oberflächentemperaturen im inneren Anschlussbereich der Fensterleibung erreicht werden (s. Bilder 2 + 3).



Bild 2: ausgeführtes Beispiel einer Innendämmung im Bereich der Fensterleibung bis hinter den Blendrahmen

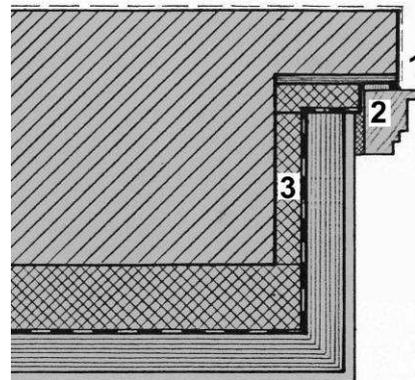


Bild 3: Äußere Fuge schlagregendicht ausführen (1), luftdichter Anschluss zw. Luftdichtheitsebene und Fenster (2), Dämmung der Leibung und des Hohlraumes zw. Leibung und Blendrahmen (3)

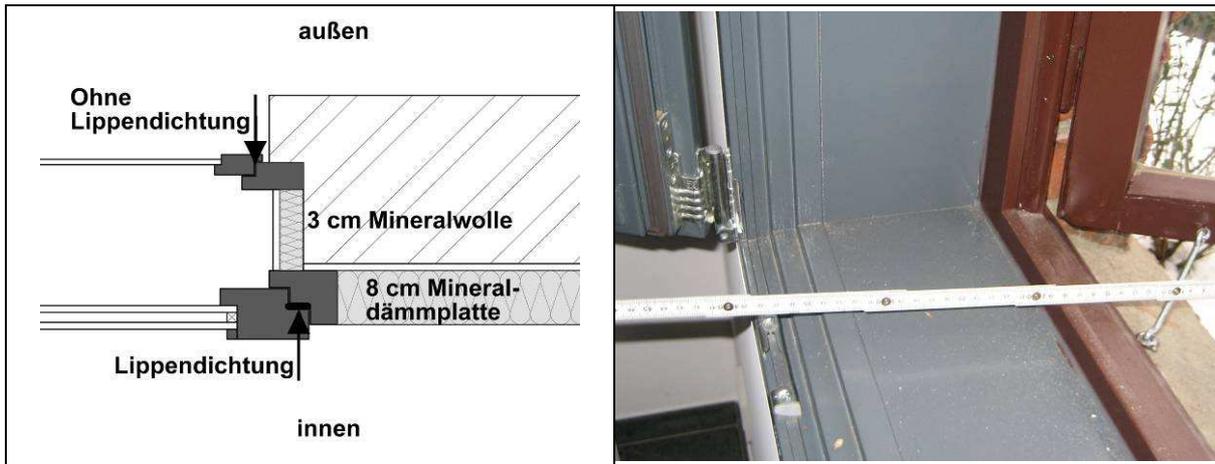


Bild 4: Vorschlag zum Einbau eines zweiten Fensters im Bereich der inneren Dämmebene

Eine Dämmung der Fensterleibung kann ggf. ebenfalls dünner ausgeführt werden, wenn zusätzlich zum vorhandenen Fenster ein weiteres in die innere Dämmebene eingebaut wird. Diese Kastenfensterlösung bietet sich auch dann an, wenn z.B. das denkmalgeschützte, bestehende (Sprossen-)Fenster weiterhin einfachverglast bleiben soll. Es ist zur Vermeidung von Feuchtigkeitsschäden jedoch dann darauf zu achten, dass die Fugen der äußeren Fensterebene luftdurchlässiger als die Fugen der inneren sind (s. Bild 4).

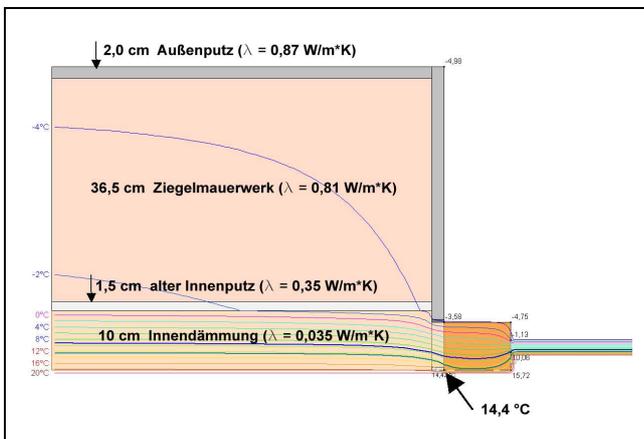


Bild 5: Temperaturverlauf bei innenbündig eingebauten Fenstern

3.2.1.2 Anschlüsse bei neuen Fenstern

Werden im Rahmen der energetischen Modernisierung neue Fenster eingebaut, kann bei nicht denkmalgeschützten Gebäuden durch Veränderung der Lage des Fensters im Bauteilquerschnitt der Verlauf der Isothermen (Linien gleicher Temperatur) günstig beeinflusst werden. Je geringer die innere, zu dämmende Leibungstiefe ist, umso geringer sind auch die Wärmeverluste im Bereich dieser Wärmebrücke (s. Bilder 5 - 7).

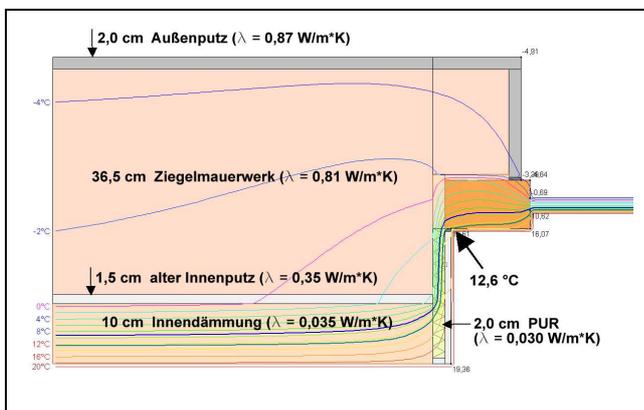


Bild 6: Temperaturverlauf bei mittig eingebauten Fenstern

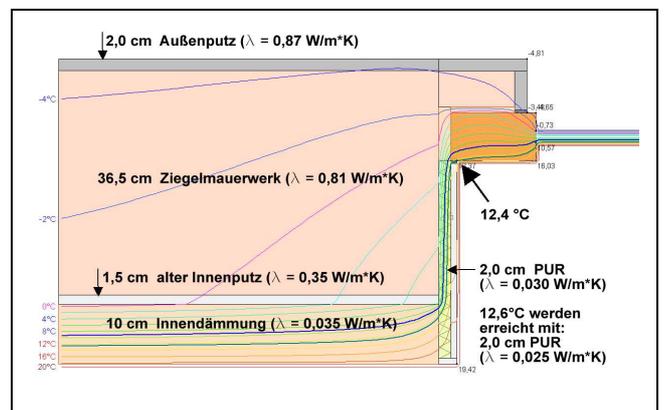


Bild 7: Temperaturverlauf bei mit Außenanschlag eingebauten Fenstern

Kurzbericht

Beim Einbau eines Dämmsystems mit raumseitiger Dampfsperre sollte diese auch die Funktion der Luftdichtheitsschicht übernehmen. Sie muss daher an die Fensterkonstruktion hinreichend dampfdicht angeschlossen werden, indem z.B. Klebebänder oder speziellen Anschlussprofile verwendet werden. Die außen liegende Fuge muss schlagregendicht ausgeführt werden.

3.2.2 Einbindende Bauteile

Auch bei in die tragende Außenwand einbindenden Bauteilen (Innenwänden und Decken) sinken die inneren Oberflächentemperaturen am Rand der Dämmebene ab. Um Schimmelpilzprobleme zu vermeiden und Wärmeverluste zu reduzieren, muss untersucht werden, ob ggf. das einbindende Bauteil – zumindest in Teilbereichen – an der Einbindestelle ebenfalls wärmegeklärt werden muss. Die Intensität der Temperaturabsenkung entlang dieser Anschlüsse ist abhängig von der Wärmeleitfähigkeit des Baustoffs der einbindenden Bauteile.

Die Temperaturabsenkungen entlang der Einbindestelle sind vernachlässigbar gering, wenn bei zweischaligen Außenwänden der Schalenzwischenraum nachträglich gedämmt wird.

3.2.2.1 Nichttragende und tragende Wände

Bei Gründerzeithäusern wurden nicht tragende Innenwände häufig in Leichtbauweise z.B. als Fachwerkkonstruktion ausgeführt. Aufgrund der geringen Wärmeleitfähigkeit der Innenwandbaustoffe sind dann flankierende Dämmmaßnahmen in der Regel entbehrlich.

Die Materialien aussteifender/tragender Innenwände weisen in der Regel eine größere Rohdichte und somit eine höhere Wärmeleitfähigkeit auf. Hier ist zu überprüfen, ob die Oberflächentemperatur so deutlich absinkt, dass eine zusätzliche Dämmung des einbindenden Bauteils erforderlich wird. Einige ausgeführte Beispiele zeigen, dass auch hier auf Begleitdämmungen verzichtet werden kann, soweit es lediglich um Schadensvermeidung geht (s. Bilder 8 - 11).

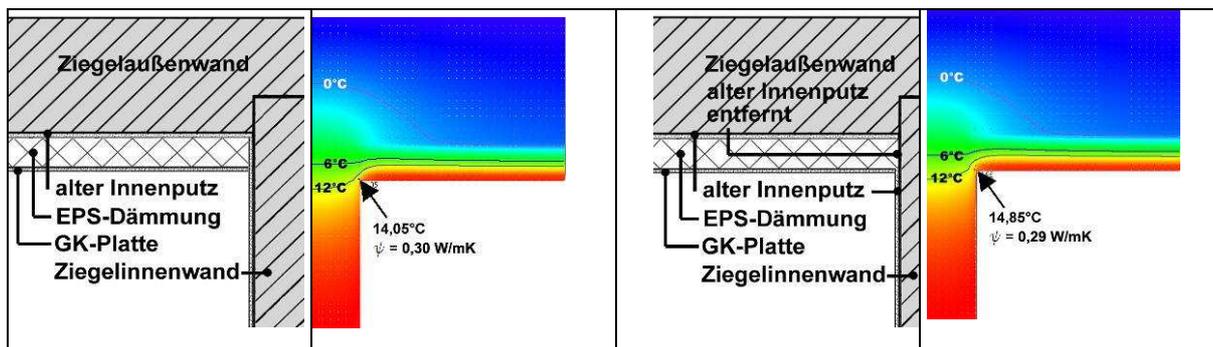


Bild 8: An der Einbindestelle errechnet sich eine Oberflächentemperatur von 14,05 °C und ein ψ -Wert von 0,30 (W/mK).

Bild 9: Entfernt man den Putz der Innenwand in der Breite der Innendämmung der Außenwand, so steigt die Temperatur in der Raumkante geringfügig auf 14,85 °C an. In diesem Fall ist mit einem nur geringfügig kleineren ψ -Wert von 0,29 (W/mK) zu rechnen.

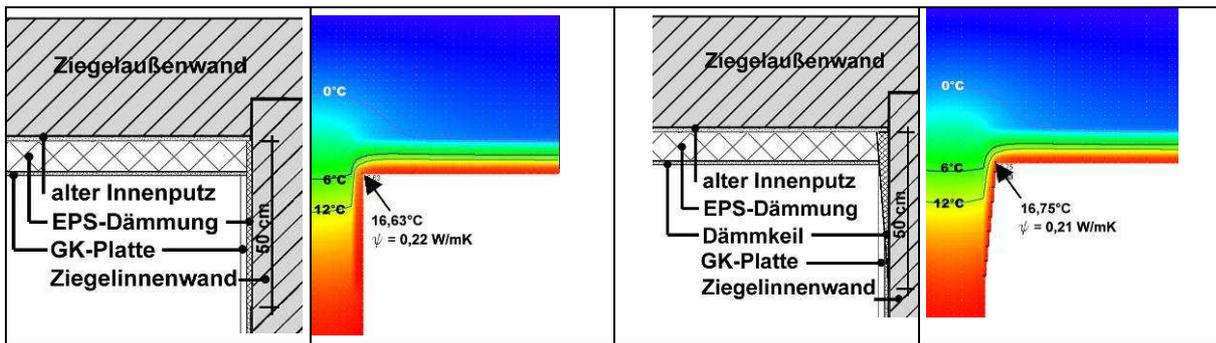


Bild 10: Deutlich angehoben wird die innere Oberflächentemperatur durch den Einbau einer begleitenden 2 cm dicken Dämmung der Innenwand im Bereich eines 50 cm breiten Streifens. In diesem Fall errechnet sich eine Temperatur von 16,63 °C. Auch der Ψ -Wert sinkt auf 0,22 (W/mK) ab.

Bild 11: Eine weitere Erhöhung der Oberflächentemperatur auf 16,75 °C ergibt sich durch den Einbau eines Dämmkeiles. Der Ψ -Wert verringert sich geringfügig auf 0,21 (W/mK).

3.2.2.2 Stahlbetondecken

Bei einbindenden Stahlbetonbauteilen, wie sie auch bei in den Nachkriegsjahren wieder aufgebauten oder modernisierten Gründerzeithäusern vorkommen, sind in der Regel weiterreichende Maßnahmen notwendig. Schäden müssen hier durch Einbeziehung der Deckenunterseite in die Dämmung oder durch den Einbau von Dämmkeilen entlang der Decken-/Wandanschlüsse vermieden werden. Bei geringer Unterschreitung der Grenztemperaturen können Wärme querleitende Abdeckungen (Metallfolien) eingesetzt werden oder in Ausnahmefällen eine Begleitheizung der Einbindestelle vorgenommen werden. Der Energieaufwand für solche Beheizungen ist in der Regel nicht hoch, da die Temperatur lediglich so weit angehoben werden muss, dass das Schimmelpilzkriterium erfüllt ist.

3.2.2.3 Holzbalkendecken

In den meisten Fällen bestehen die Geschossdecken von Gründerzeithäusern jedoch aus Holzbalkenlagen. Liegen die Balken in der Außenwand auf, so ist eine sorgfältige Überprüfung der Auflager vor dem Einbau der Innendämmung erforderlich.

Die ausgeführten Beispiele zeigen, dass bei üblichen Gründerzeithäusern mit schlagregenschützendem Außenputz keine Probleme auftreten, wenn die inneren Anschlüsse sachgerecht ausgebildet werden. Bei Sichtmauerwerkskonstruktionen können die Balkenköpfe durch den am Auflager reduzierten Wandquerschnitt in einer stark feuchtebelasteten Mauerwerkszone liegen. Wie bereits beschrieben verschlechtert eine innenliegende Dämmschicht das Austrocknungsverhalten des Außenwandquerschnittes, daher ist von einer erhöhten Luftfeuchte im Bereich des Hohlraumes rund um den Balkenkopf auszugehen, die sich auf die Sorptionsfeuchte des Holzes auswirkt. Wird ein Dämmsystem mit diffusionsdichtem Aufbau realisiert, muss durch Sicherstellung eines intakten Schlagregenschutzes und durch konsequente Planung und Ausführung der Luftdichtheitsebene ein zusätzlicher Feuchteintrag in die Konstruktion verhindert werden.

Kurzbericht

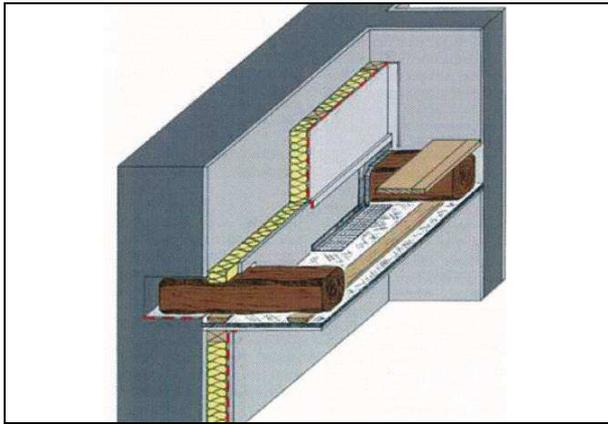


Bild 12: Lage der Balkenköpfe in einer stark feuchtebelasteten Mauerwerkszone [Energieagentur NRW 2004]

Zur Minimierung von Wärmeverlusten sollte die Innendämmung möglichst lückenlos – also auch im Bereich des Holzbalken-Deckenaufbaus – auf der inneren Außenwandoberfläche verlegt werden. Hierzu sind die quer zu den Balken verlaufenden Dielen aufzunehmen und die Balkenzwischenräume zu dämmen (s. Bild 12). Je nach Zugänglichkeit kann die Deckenkonstruktion auch von der Unterseite geöffnet und die Dämmung von unten eingebaut werden.

3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im häufigen Anwendungsfall einer Innendämmung von verputzten Gründerzeitgebäuden sind Systeme mit Dampfsperre nicht zwingend erforderlich. Die Erhebungen im Rahmen der Forschungsarbeit zeigen, dass diffusionsoffene Systeme nur vereinzelt ausgeführt werden. Genauere Untersuchungen zum Austrocknungsverhalten sind bei schlagregenbelasteten Sichtmauerwerksbauten angeraten. Die wirtschaftliche Obergrenze des Wärmeschutzes liegt unter Berücksichtigung üblicher Wärmebrückenverluste bei etwa 10 cm Dämmschichtdicke ($\lambda = 0,035 \text{ W/(mK)}$).

Bei fast allen besichtigten Gebäuden waren im Rahmen der Modernisierungsmaßnahme die Fenster erneuert worden. Im Leibungsbereich wurde meist ein Dämmstoff mit geringerer Wärmeleitfähigkeit verwendet. Bauphysikalisch günstig ist der Einbau neuer Fenster in der Ebene der Innendämmung, da dann die Oberflächentemperaturen im Anschlussbereich kaum absinken.

Soll lediglich Schimmel vermieden werden, so ist es bei einbindenden Mauerwerkswänden nicht nötig, die Einbindestelle zusätzlich zu dämmen. Bei hohem Wärmeschutzniveau ist jedoch eine Flankendämmung energetisch sinnvoll. Die einbindenden Bauteile waren bei den untersuchten Gebäuden in fast allen Fällen flankierend gedämmt. Auch bei Stahlbetonbauteilen ist eine Dämmung der Einbindestelle meist erforderlich.

Bei Gebäuden, deren Holzbalkendecken in der Außenwand aufliegen, ist zur Vermeidung von Schäden an den Balkenköpfen auf einen ausreichenden Schlagregenschutz (z.B. einen intakten Außenputz) der Außenwandkonstruktion zu achten. Zusätzlich ist der konvektive Feuchteintrag aus der Raumluft durch luftdichte Innenanschlüsse zu verhindern. Vor Ausführung der Innendämmung müssen die Balkenköpfe bei konkreten Verdachtsmomenten (z.B. einschalige Sichtmauerwerkskonstruktionen mit Schlagregenbelastung oder langfristiger Gebäudeleerstand) hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit überprüft werden. Zur Reduzierung von Wärmeverlusten sollte die Dämmebene im Deckenaufbau weitergeführt werden.

Bei fachgerechter Planung und sorgfältiger Ausführung unter Berücksichtigung der zuvor angesprochenen Aspekte sind Innendämmungen auf dem Wärmeschutzniveau der EnEV 2009 schadenfrei möglich.