

Innendämmung im Baudenkmal

Planungs- und
Ausführungshinweise

02

Berichte zur Forschung und Praxis der Denkmalpflege in Deutschland





Kapillaraktive Innendämmung mit Minerldämmplatte, Leichtlehm und Holzfaserplatte

Innendämmung im Baudenkmal

Planungs- und Ausführungshinweise

Ein Arbeitsheft der Arbeitsgruppe Bautechnik der Vereinigung
der Landesdenkmalpfleger in der Bundesrepublik Deutschland

Bearbeitet von Dipl.-Ing. Ansgar Brockmann, Dr.-Ing. Roswitha Kaiser,
Dipl.-Ing. Saskia Schöfer, Dipl.-Ing. (BA) Silke Vollmann M.A., M.BP.,
Dipl.-Ing. Frank Eßmann

Band 2 der Schriftenreihe der Vereinigung der Landesdenkmalpfleger
in der Bundesrepublik Deutschland

Inhalt

1 Einführung	5
2 Grundbegriffe des Wärme- und Feuchteschutzes	8
3 Nachweisverfahren	11
3.1 Mindestwärmeschutz nach DIN 4108	11
3.2 Gebäudeenergiegesetz (GEG)	14
3.3 Feuchteschutz	15
4 Dämmsysteme	18
5 Planung und Ausführung der Innendämmung	22
5.1 Denkmalspflegerisches Konzept	22
5.2 Besonderheiten bei verschiedenen Baukonstruktionen	24
5.3 Technische Aspekte	26
6 Checkliste	29
7 Zusammenfassung	34
8 Literatur	36
9 Impressum	39

1 Einführung

Denkmale prägen als Zeugnisse der regionalen Bau- und Handwerkskunst maßgeblich das Bild unserer Städte, Dörfer und Kulturlandschaften. Insbesondere die Fassaden tragen wesentlich zum Anschauungs- und Denkmalwert eines Baudenkmals bei, als Teil der Gebäudehülle stehen sie aber auch bei Maßnahmen zur energetischen Ertüchtigung im Fokus. Ist die unveränderte Erhaltung der Fassaden aus denkmalpflegerischer Sicht geboten, sind Maßnahmen zur energetischen Optimierung wie beispielsweise eine Außenwärmedämmung in der Regel nicht möglich. Dabei sind Denkmalschutz und Klimaschutz gleichwertige Belange. Für eine klimafreundliche Energiebilanz sind nicht nur Maßnahmen zum Wärmeschutz ausschlaggebend. In der Gesamtbetrachtung sind ebenso die lange Nutzungsdauer, die Verwendung natürlicher, wiederverwertbarer Baumaterialien sowie die Reparaturfähigkeit traditionell hergestellter Altbauten zu berücksichtigen. Daher ist es ökologisch sinnvoll, die bestehende Bausubstanz von Denkmalen als wertvolle Ressource zu erhalten und weiterhin zu nutzen.

Aufgrund steigender Komfortansprüche und technischer Standards können auch bei einem Baudenkmal Maßnahmen zur energetischen Ertüchtigung erforderlich und sinnvoll sein, um die Nutzung und damit die langfristige Erhaltung sicherzustellen. Anders als beim

Neubau sind Nutzung und Anspruch jedoch an den Gegebenheiten des Baudenkmals zu orientieren.

Da jedes Denkmal einmalig ist, gibt es keine allgemeingültigen Lösungen für denkmalverträgliche Maßnahmen zur energetischen Ertüchtigung. Eine denkmal- und materialgerechte Planung ist stets auf der Grundlage einer detaillierten Bestandsuntersuchung zu entwickeln und berücksichtigt sowohl baukonstruktive und bauphysikalische Eigenschaften des Bestandes als auch nutzungsbedingte und denkmalpflegerische Belange. Nicht die maximale Energieeinsparung ist bei der energetischen Ertüchtigung eines Baudenkmals maßgeblich, sondern die langfristige Verträglichkeit mit der historischen Bausubstanz und der Erhalt des Denkmalwertes.

Um das äußere Erscheinungsbild eines Baudenkmals unverändert zu erhalten, kann eine Innendämmung der Außenwände als Bestandteil des energetischen Gesamtkonzeptes in Frage kommen. Auf der Innenseite der historischen Außenwandkonstruktion wird eine Dämmschicht ergänzt, um die energetischen Eigenschaften der Außenwand zu optimieren sowie die raumseitige Oberflächentemperatur und die Behaglichkeit im Raum zu erhöhen. Dabei ist in jedem Einzelfall zunächst zu prüfen, ob historische Oberflächen oder erhaltenswerte Raumausstattungen (Wand- oder

Deckenmalerei, Putz und Stuck, Wand- und Fensterverkleidungen, Parkettböden, Treppen etc.) der Ausführung einer Innendämmung entgegenstehen.

Aufgrund von bauphysikalischen Risiken hinsichtlich des Feuchtetransportes werden Innendämmungen häufig pauschal als schadensanfällig und problematisch bewertet. Eine kapillaraktive Innendämmung stellt bei qualifizierter Planung und Ausführung jedoch eine in der Praxis bewährte Lösung dar, bei der geeignete Dämm- und Baumaterialien die anfallende Feuchtigkeit unmittelbar aufnehmen, transportieren und wieder abgeben können. Zur Bemessung der Dämmschicht sind neben der Bestandssituation und der Materialität des Innendämmsystems auch Wärmebrücken zu betrachten.

Bei der Planung ist die frühzeitige Abstimmung mit den Denkmalbehörden geboten.

Maßnahmen zur energetischen Ertüchtigung eines Baudenkmals bedürfen gemäß den Denkmalschutzgesetzen der jeweiligen Bundesländer der denkmalrechtlichen Genehmigung durch die zuständige Denkmalbehörde. Baudenkmale und sonstige besonders erhaltenswerte Bausubstanz sind von den Bestimmungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) ausgenommen, soweit die Erfüllung der Anforderungen die Substanz oder das Erscheinungsbild beeinträchtigen oder andere Maßnahmen zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand führen (§ 105 GEG).

Das vorliegende Arbeitsheft soll als fachliche Hilfestellung dienen, bauphysikalische Grundbegriffe und Nachweisverfahren erklären sowie im Folgenden die grundsätzliche Vorgehensweise bei der denkmalgerechten Planung und Ausführung einer Innendämmung im Baudenkmal aufzeigen.



1. Um die Fachwerksichtigkeit und das regionaltypische Straßenbild zu erhalten, ist eine Außenwärmedämmung nicht möglich.



2. Eine Außenwärmedämmung würde den Verlust dieser detailreichen und denkmalwerten Ziegelfassade bedeuten.



3. Auch bei Putzfassaden schließt sich häufig eine Außenwärmedämmung aus, um authentische Oberflächen zu erhalten.



4. Wesentlich für den Anschauungs- und Denkmalwert des Baudenkmals ist die ortstypische Natursteinfassade.

2 Grundbegriffe des Wärme- und Feuchteschutzes

Die Auswahl geeigneter Dämmmaterialien und -systeme für die Innendämmung von Baudenkmalen hängt im Wesentlichen von deren wärme- und feuchtetechnischen Eigenschaften ab.

Wärmetransport

Wärme zielt auf einen Temperaturausgleich zwischen wärmeren und kälteren Bereichen hin. Das kann durch Wärmeleitung zwischen Materialien geschehen, die miteinander in Berührung stehen. Auch durch Mitnahme in einem bewegten Medium wie z. B. Luft (Wärmekonvektion) kann Wärme zur kälteren Seite strömen. Eine dritte Möglichkeit ist die Wärmestrahlung, die durch elektromagnetische Wellen verursacht wird.

Wärmeleitfähigkeit λ

Die Wärmeleitfähigkeit λ (Lambda) eines Materials mit der Einheit $W/(mK)$ ist ein Kennwert für den Wärmetransport durch Wärmeleitung. Je weniger dicht die Struktur des Dämmstoffes ist, desto schlechter ist seine Wärmeleitung. Das bedeutet: Je kleiner der Wert der Wärmeleitfähigkeit λ ist, desto besser ist die Dämmwirkung des Materials.

Wärmedurchgangskoeffizient U

Der Wärmedurchgangskoeffizient U in $W/(m^2K)$ beschreibt die wärmeleitende Eigenschaft eines Bauteils. Seine Berechnung berück-

sichtigt neben den λ -Werten und Materialstärken seiner Baustoffe auch den inneren sowie äußeren Wärmeübergangswiderstand von der Umgebung zum Bauteil. Der Wärmedurchgangskoeffizient U ist ein Anforderungswert des Gebäudeenergiegesetzes.

Wärmedurchlasswiderstand R

Der Wärmedurchlasswiderstand R einer Bauteilschicht ermittelt sich aus dem Quotienten der Schichtdicke und der Wärmeleitfähigkeit ($R=d/\lambda$). Der Wärmedurchlasswiderstand des gesamten Bauteils berechnet sich aus der Summe der Widerstände der einzelnen Bauteilschichten. Der Wärmedurchlasswiderstand R des Bauteils ist ein Anforderungswert des Mindestwärmeschutzes nach DIN 4108-2.

Diffusion und Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ

Den dampfförmigen Durchgang von Feuchte durch ein Bauteil nennt man Diffusion. Alle Baustoffe weisen gegenüber der Dampfdiffusion einen jeweils spezifischen Widerstand auf. Diese materialspezifische Widerstandsfähigkeit gegenüber dem Dampftransport wird durch den dimensionslosen Faktor μ (My) gekennzeichnet.



5. In einer Bohlenstube dienten Decken- und Wandbekleidungen aus Holz der Wärmedämmung und Behaglichkeit im Raum.



6. Durch den dicken, raumseitigen Lehmputz wurde der Dämmwert der Ziegelwand optimiert.

Wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d

Das Produkt aus der Wasserdampf-Diffusionswiderstandszahl μ und der Schichtdicke d eines Baustoffes wird als wasserdampfdiffusionsäquivalente Luftschichtdicke s_d bezeichnet. Dieser Wert kennzeichnet den diffusionstechnischen Widerstand des Baustoffes im Vergleich mit einer gleichermaßen wirksamen Luftschichtdicke in Metern. Jede Bauteilschicht setzt dem Dampfdurchgang einen spezifischen Widerstand als s_d -Wert entgegen.

Wasseraufnahmekoeffizient W_w

Kapillaraktive Baustoffe nehmen je nach der Struktur ihrer Poren und Kapillaren flüssiges Wasser auf. Diese Materialeigenschaft wird durch den Wasseraufnahmekoeffizienten W_w in $\text{kg}/(\text{m}^2 \text{ h})$ bezeichnet. Dieser Wert wird durch einen Laborversuch ermittelt, bei dem das Material für eine festgelegte Zeit in Wasser getaucht und sein Massenzuwachs gewogen wird.

Neben der kapillaren Wasseraufnahme sind weitere Vorgänge des Feuchtetransportes und des Trocknungspotentials (Kondensat, Konvektion etc.) der Baumaterialien zu berücksichtigen, die für die Planung und Ausführung eines Innendämmsystems erhebliche Bedeutung haben.



7. Laborversuch zur kapillaren Wasseraufnahmefähigkeit von Baustoffen

Kondensat

Luft kann bei einer bestimmten Temperatur nur eine begrenzte Menge Wasserdampf aufnehmen. Das Maximum der Aufnahme wird als Sättigung bezeichnet. Kühlt feuchtegeladene Luft ab, so erhöht sich deren relative Luftfeuchte. Wird hierbei die Sättigungsgrenze (100 %) überschritten, fällt die darüber hinaus enthaltene Dampfmenge in flüssiger Form als Kondensat (Tauwasser) aus.

Beim dampfförmigen Durchgang von Feuchte durch ein Bauteil (Diffusion) kann an den Bauteilschichtgrenzen Kondensat ausfallen, wenn dort der vorhandene Wasserdampfdruck mit abnehmender Temperatur die Sättigungsgrenze überschreitet.

Konvektion

Man bezeichnet die Übertragung von Wärme durch Wärmemitführung in bewegten Medien (Gase, Luft, Flüssigkeiten) als Wärmekonvektion. Bestehen innerhalb eines Bauteils Luftspalte, so kommt es zu interner Luftströmung (Rotationsströmung), die Wärmeverluste im Bauwerk verursacht. Diese Wärmeverluste betragen ein Vielfaches der Verluste aus Wärmedurchgang.

Beim Durchfluss der warmen Luft in einem kälteren Bauteilquerschnitt kühlt sich der in ihr enthaltene Wasserdampf ab und kann zu Kondensatbildung führen. Im Gegensatz zum großflächig verteilten Prozess der Diffusion tritt das durch die Dampfmengen verursachte Kondensat durch Konvektion lokal konzentriert in der Umgebung der undichten Stelle der Konstruktion auf.



8. Durch Konvektion verursachte Kondensatbildung führte zu Schimmelbildung in der Dämmschicht.

3 Nachweisverfahren

Für die Gesundheit und die Behaglichkeit der Bewohner sowie die Schadensfreiheit der Konstruktion sind Anforderungen an den hygienischen Wärmeschutz (Mindestwärmeschutz), an den energetischen Wärmeschutz und an den Feuchteschutz zu beachten. Die Erfüllung der genannten Anforderungen kann mit folgenden Nachweisverfahren ermittelt werden.

3.1 Mindestwärmeschutz nach DIN 4108

Die DIN 4108-2:2013-02 beschreibt als eingeführte technische Baubestimmung in den Landesbauordnungen die Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Dabei wird zwischen winterlichem und sommerlichem Wärmeschutz unterschieden.

Das Ziel des winterlichen Wärmeschutzes ist im Wesentlichen die Verhinderung von Schäden an der Bausubstanz sowie der Beeinträchtigung der Gesundheit der Bewohner, z. B. durch Schimmelpilzvorkommen. Generell sind eine gleichmäßige Beheizung und ausreichende Belüftung der Räume sicherzustellen. Außerdem wird eine weitgehend ungehinderte Luftzirkulation an den raumseitigen Außenwandoberflächen vorausgesetzt.

Die Mindestanforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz sollen die Behaglichkeit in Aufenthaltsräumen sicherstellen, eine Überhitzung vermeiden und den Energieeinsatz für

Kühlung vermindern. Daher kann ein wirksamer Sonnenschutz vor Fenstern sinnvoll sein. Darüber hinaus ist ein hoher Anteil wärmespeichernder, massiver Bauteile in Verbindung mit einer effizienten Nachtlüftung anzustreben. Wärmespeichernde Wirkung haben nur Bauteile, die mit der Raumluft in Verbindung stehen, also raumseitig vor Wärmedämmschichten angeordnet sind.

Der Nachweis zur Einhaltung der Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz erfolgt nach DIN 4108-2:201302 über ein vereinfachtes Verfahren mit standardisierten Randparametern oder über eine thermische Gebäudesimulation.



9. Um den baulichen Mindestwärmeschutz zu erreichen, kann im Einzelfall eine zusätzliche Innendämmung an Wärmebrücken erforderlich sein.

Anforderungen an die Außenwand als flächiges Bauteil

Durch die Formulierung von Mindestwerten für die Dämmeigenschaft von Außenbauteilen soll sichergestellt werden, dass es aufgrund ausreichend hoher raumseitiger Oberflächen-temperaturen zu keiner Schimmelpilzbildung bzw. zu keinem Tauwasserausfall kommt.

Der Nachweis zur Erfüllung des Mindestwärmeschutzes für flächige Bauteile ist über die Ermittlung der Wärmedurchlasswiderstände R der einzelnen Bauteile zu führen.

T1: Mindestwert für den Wärmedurchlasswiderstand R von Außenwänden beheizter Räume nach DIN 41082:2013-02

Wände beheizter Räume z. B. gegen Außenluft, Erdreich oder nicht beheizte Räume	Wärmedurchlasswiderstand des Bauteils R in $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$
Schwere Wände ($m' \geq 100 \text{ kg}/\text{m}^2$)	1,2
Leichte Wände ($m' < 100 \text{ kg}/\text{m}^2$)	3,1
Thermisch inhomogene nicht- transparente Wände z. B. Skelett-, Rahmen- oder Holzständerbau- weisen	1,75 (Gefach) 1,0 (im Mittel)

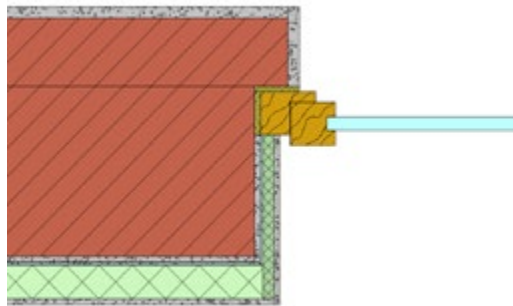
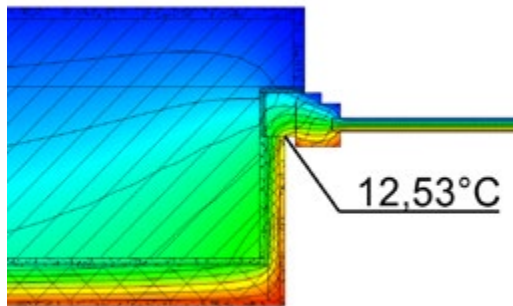
Anforderungen im Bereich von Wärmebrücken

Der Mindestwärmeschutz im Bereich von Wärmebrücken wie z. B. an einem Fenstersturz, an einbindenden Bauteilen oder in Gebäudeecken ist dann erfüllt, wenn bei einem Normklima, d. h. mit einer Raumlufthtemperatur von 20 °C und einer relativen Raumlufthfeuchte von 50 % sowie einer Außenlufttemperatur von 5 °C, die raumseitige Oberflächentemperatur nicht unter 12,6 °C sinkt.

Im DIN-Fachbericht 4108-8: „Vermeidung von Schimmelpilzwachstum in Wohngebäuden“ ist unter Kapitel 8 "Begutachtung bei bestehenden Gebäuden" folgender Hinweis zu finden:

„Die Baukonstruktion muss dem Mindestwärmeschutz entsprechen, der zum Zeitpunkt der Errichtung des Bauwerks gültig war. Werden Teile der thermischen Hülle so geändert, dass dies einen maßgeblichen Einfluss auf den Wärmeschutz hat, so gelten für diese Bauteile im Allgemeinen die Anforderungen zum Zeitpunkt der Änderung.“

Ist im Einzelfall der bauliche Mindestwärmeschutz nicht zu erreichen, ist zu prüfen, inwieweit das Schutzziel gegebenenfalls durch technische Anlagen kompensiert werden kann.



10. Wärmebrückenberechnung eines Fensteranschlusses mit Innendämmung, Temperaturverlauf und Materialbild



11. Wärmebrücken am Fenster: Sturz, Laibung und reduzierte Wandstärke im Brüstungsbereich



12. Regionaltypischer Schlagregenschutz durch Schieferbehang im Harz



13. Konstruktiver Schlagregenschutz durch geschossweise angebrachte Vordächer in Baden

3.2 Gebäudeenergiegesetz (GEG)

Das GEG ist zum 01.11.2020 in Kraft getreten. Mit dem GEG und der damit verordneten Einsparung von Energie im Gebäudebetrieb und der verstärkten Nutzung erneuerbarer Energiequellen durch u. a. technische Gebäudeausrüstung sollen die klimapolitischen Ziele der Bundesregierung wie beispielsweise ein klimaneutraler Gebäudebestand bis 2050 vorangebracht werden. Das GEG führt die Bestimmungen der Energieeinsparverordnung (EnEV 2013), des Erneuerbare-Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG 2011) und des Energieeinsparungsgesetzes (EnEG 2013) novelliert zusammen.

Anforderungen des GEG sind u. a. einzuhalten, sobald Änderungen an der Gebäudehülle (vom beheizten Bereich zum Außenbereich oder zu unbeheizten Bereichen) vorgenommen werden. Davon ausgenommen sind Änderungen an Bauteilen unterhalb der Bagatellgrenze, wie in § 46(1) erwähnt. Laut § 105 kann von den Anforderungen des GEG abgewichen werden, soweit bei Baudenkmälern oder sonstiger besonders erhaltenswerter Bausubstanz die Erfüllung der Anforderungen die Substanz oder das Erscheinungsbild beeinträchtigen oder andere Maßnahmen zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand führen. Das GEG gilt nicht für Gebäude, die dem Gottesdienst oder anderen religiösen Zwecken gewidmet sind.

Als Nachweis zur Erfüllung des GEG können für ein gesamtes Gebäude der Jahres-Primärenergiebedarf sowie der auf die wärmeübertragende Umfassungsfläche bezogene Transmissionswärmeverlust (Wohngebäude) ermittelt werden. Bei Nichtwohngebäuden werden die Höchstwerte der mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten ermittelt. Das dafür verwendete Verfahren wird als „Bilanzierung“ oder „Bilanzverfahren“ bezeichnet. Die Anforderungen des GEG gelten bei Bestandsgebäuden als erfüllt, wenn die errechneten Werte maximal 40 % über den Werten des vom GEG definierten Referenzgebäudes liegen.

Ein weiteres Nachweisverfahren ist das sogenannte „Bauteilverfahren“. Die Anforderungen des GEG gelten dabei als erfüllt, wenn bei Bauteilen die im GEG genannten Höchstwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) nicht überschritten oder die genannten Dämmstärken und/oder Wärmeleitgruppen eingehalten werden.

Seit der letzten Novellierung der EnEV im Jahr 2013 wurden keine energetischen Anforderungen an innengedämmte Bauteile mehr formuliert. Gemäß GEG ist die Wahl der Dämmschichtdicke sowie des Innendämmsystems frei zu planen, solange durch den Einbau keine bauphysikalisch bedingten Schäden entstehen.

3.3 Feuchteschutz

Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN 4108

Die DIN 4108-3:2018-10 beschreibt die Anforderungen und Berechnungsverfahren in Bezug auf den klimabedingten Feuchteschutz und enthält Hinweise zur Planung und Ausführung. Ziel der Anforderungen ist es, Schimmelpilzbildung, Korrosion oder unzulässige Minderung des Wärmeschutzes zu verhindern.

Schlagregenschutz

Ziel der Anforderungen an den Schlagregenschutz ist die Begrenzung der kapillaren Wasseraufnahme, aber auch die Sicherstellung der Verdunstungsmöglichkeiten für ggf. eindringendes Regenwasser.

Bei der Planung von Maßnahmen zur Gewährleistung eines ausreichenden Schlagregenschutzes sind die Intensität der Schlagregenbeanspruchung, die Fassadenausrichtung, die örtliche Lage und die Gebäudeart zu berücksichtigen.

Schutz gegen Tauwasserbildung im Bauteilinneren

- **Nachweisfreie Konstruktionen nach DIN 4108 Teil 3**

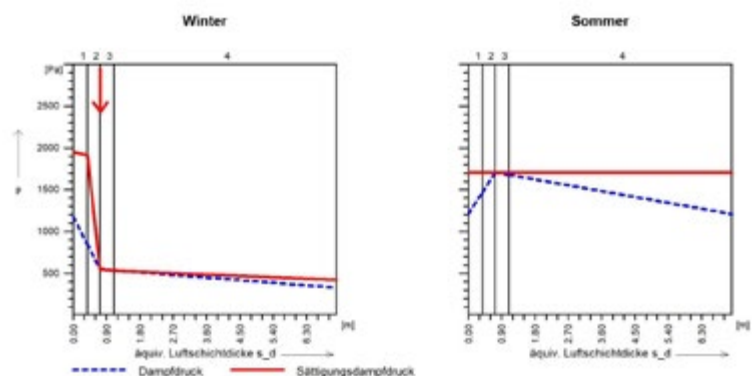
Ist der geforderte Schlagregenschutz gewährleistet, dürfen Innendämmungen mit einem sehr geringen Wärmedurchlasswiderstand ($R \leq 0,5 \text{ m}^2\text{K/W}$) ohne weiteren Nachweis zur Tauwasserbildung im Bauteilinneren eingebaut werden. Eine Innendämmung zum Beispiel der Wärmeleitfähigkeitsgruppe WL040 darf höchstens mit einer Dämmstoffdicke von 2 cm aufgebracht werden.

Bei einem etwas höheren Wärmedurchlasswiderstand ($0,5 < R \leq 1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$) der Innendämmung können die Anforderungen ohne zusätzlichen Nachweis auch durch die Anbringung entsprechend kondensatbegrenzender bzw. -verhindernder Schichten (Dampfbremsen und Dampfsperren, $s_d \geq 0,5 \text{ m}$) auf der Raumseite erfüllt werden. Eine Innendämmung der Wärmeleitfähigkeitsgruppe WL040 darf höchstens mit einer Dämmstoffdicke von 4 cm aufgebracht werden.

- **Diffusionsnachweis mit Hilfe des Glaser-Verfahrens (Periodenbilanzverfahren) nach DIN 4108 Teil 3**

Das sogenannte Glaser-Verfahren dient der Berechnung von Diffusionsvorgängen in einem Bauteil. Zwischen beheizten Innenräumen von Gebäuden und der Außenluft liegt im Winter ein Dampfdruckgefälle vor. Dadurch kann sich in dampfdurchlässigen Bauteilkonstruktionen eine Erhöhung der Feuchte bis hin zur Bildung von Tauwasser ergeben. Mithilfe des Glaser-Verfahrens kann unter stationären winterlichen Bedingungen die Tauwassermenge ermittelt werden, die zur Sicherstellung der Schadensfreiheit in der Norm festgelegte Grenzwerte nicht überschreiten darf. Die Anforderungen sind erfüllt, wenn zudem das im Bauteil anfallende Tauwasser während der Verdunstungsperiode wieder an die Umgebung abgegeben werden kann.

Das Glaser-Verfahren ist ein vereinfachtes, theoretisches Rechenmodell. Es berücksichtigt lediglich Vorgänge der Wärmeleitung und Dampfdiffusion unter konstanten klimatischen Randbedingungen. Keine Beachtung finden Wärme- und Feuchtespeicherung sowie der Flüssig- und Kapillartransport. Außerdem werden vorhandene Schlagregenbelastungen und veränderliche Klimarandbedingungen nicht berücksichtigt. Daher kann ein Feuchteschutznachweis mit dem Glaser-Verfahren bei Anwendung von kapillaraktiven Innendämmungen sowie bei schlagregenempfindlichen Außenwandkonstruktionen z. B. aus Sichtfachwerk nicht erbracht werden.



14. Berechnung von Diffusionsvorgängen nach dem Glaser-Verfahren

Klimabedingter Feuchteschutz nach DIN EN ISO 13788

Die DIN EN ISO 13788 beinhaltet ein Bilanzverfahren, das vergleichbar dem Glaser-Verfahren das Wasserdampfdiffusionsverhalten berechnet. Im Gegensatz zum Glaser-Verfahren, das nur eine Tauwasser- und Verdunstungsperiode berücksichtigt, erfolgt hier eine monatliche Betrachtung. In der DIN 4108 Teil 3 wird bis zur nationalen Festlegung von Außenklima-Randbedingungen für dieses Monatsbilanzverfahren auf alternative Berechnungsverfahren (z. B. hygrothermische Bauteilsimulation) verwiesen.

Nachweisfreie Konstruktionen für Fachwerk nach WTA-Merkblatt 8-1

Gegenüber den Angaben in DIN 4108 Teile 2 und 3 werden im WTA-Merkblatt 8-1:09.2014/D für Fachwerk-Außenwände abweichende Anforderungswerte formuliert, die in der speziellen baulichen Konstruktion begründet liegen. So ist als Mindestwärmeschutz ein verringerter Wärmedurchlasswiderstand R der Wand von $1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ (abweichend $1,2 \text{ m}^2\text{K/W}$ nach DIN) zulässig.

Weiterhin ist bei der Planung von Innendämmungen eine strengere Begrenzung des Wärmedurchlasswiderstandes dieser Innendämmung ohne besonderen Nachweis auf $R \leq 0,8 \text{ m}^2\text{K/W}$ (abweichend $1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$ nach DIN) zu beachten. Auch hier gilt die zusätzliche Forderung einer Begrenzung der wasserdampffäquivalenten Luftschichtdicke innen durch dampfbremssende Schichten: $0,5 \text{ m} \leq s_d \leq 2,0 \text{ m}$.

Weitere Berechnungsverfahren zum klimabedingten Feuchteschutz

Klimabedingter Feuchtschutz nach WTA-Merkblatt 6-4

Bei diesem grafischen Verfahren werden in Abhängigkeit zur geplanten Innendämmung Anforderungen an den s_d -Wert der raumseitigen Bauteilschichten gestellt. Das Wirkprinzip kapillaraktiver/diffusionsoffener Innendämmsysteme findet bei diesem vereinfachten Nachweisverfahren kaum Anwendung. Wenn mit diesem vereinfachten Verfahren der Nachweis nicht möglich ist, empfiehlt sich die Bemessung zur Berücksichtigung der kapillaren Eigenschaften von Innendämmsystemen mit einer hygrothermischen Bauteilsimulation.



15. Der hohe Fugenanteil der Ziegelfassade bedingt einen erhöhten Feuchteeintrag bei Schlagregen.



16. Das WTA-Merkblatt 8-1 formuliert abweichende Anforderungswerte für Außenwände aus Fachwerk.

Stationäre hygrothermische Berechnung

Die stationäre hygrothermische Berechnung baut auf das Glaser-Verfahren auf. Allerdings werden hierbei nicht nur die Vorgänge der Wärmeleitung und Dampfdiffusion berücksichtigt, sondern auch eindimensionale Feuchtetransportvorgänge (kapillare Leitung). Die Betrachtungen finden unter konstantem Innen- sowie Außenklima statt (stationär). Schlagregenereignisse können nicht in die Berechnung einfließen.

Stationäre hygrothermische Berechnungen können beispielsweise durch Verwendung der Software „COND“ durchgeführt werden. Diese Software wurde vom Institut für Bauklimatik der TU Dresden entwickelt.

Instationäre hygrothermische Bauteilsimulation

Mit der Neuerscheinung der DIN 4108 Teil 3 im Jahr 2018 wird die Nachweisführung hinsichtlich des klimabedingten Feuchteschutzes durch hygrothermische Simulation im normativen Anhang D benannt.

Instationäre hygrothermische Bauteilsimulationen ermöglichen die realitätsnahe Untersuchung des gekoppelten Wärme- und Feuchteverhaltens (Transport und Speicherung) unter Berücksichtigung der Baustoffeigenschaften. Es ist zudem möglich, ein reales Außen- und Innenklima (instationär) einschließlich Schlagregenbelastungen und Nutzerverhalten als Randbedingung anzusetzen.

Daher eignen sich instationäre hygrothermische Bauteilsimulationen für Nachweise des klimabedingten Feuchteschutzes insbesondere, wenn die Ausführung einer kapillaraktiven Innendämmung geplant ist oder Außenwände besonders schlagregenbelastet sind.

Der Feuchteschutznachweis mittels einer hygrothermischen Bauteilsimulation gilt als erfüllt, wenn im Jahresverlauf und langfristig keine Feuchtezustände innerhalb der Konstruktion auftreten, die deren Funktion beeinträchtigen oder sie schädigen können.

Instationäre hygrothermische Bauteilsimulationen können beispielsweise durch Verwendung der Software „Delphin“ oder „WUFI“ durchgeführt werden. Die Software „Delphin“ wurde vom Institut für Bauklimatik der TU Dresden entwickelt, die Software „WUFI“ vom Fraunhofer Institut für Bauphysik in Holzkirchen.



17. Die Eignung einer kapillaraktiven Innendämmung kann durch die hygrothermische Bauteilsimulation geprüft werden.



18. Im Bauablauf sind die erforderlichen Trocknungszeiten der eingebrachten Innendämmung zu berücksichtigen.

4 Dämmsysteme



19. Gemauerte Vorsatzschale mit Leichtlehmsteinen



20. Plastisches Dämmsystem mit Wärmedämmlehm

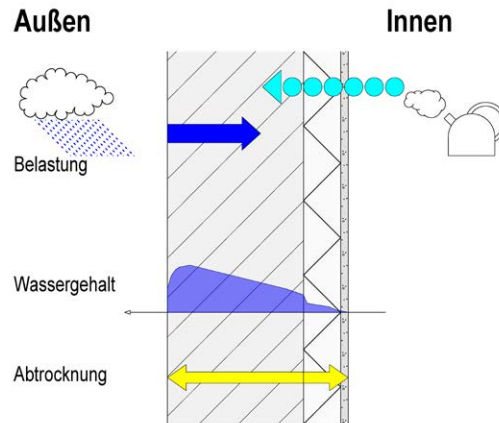
Innendämmsysteme unterscheiden sich entweder nach dem bauphysikalischen System oder der Art der Ausführung. Maßgebend für die bauphysikalische Beurteilung einer Wand sind die Diffusionsfähigkeit und das kapillare Wasseraufnahmevermögen der Materialien. Bei der Unterscheidung des bauphysikalischen Systems wird betrachtet, inwieweit es zu einer Kondensatbildung kommen kann und Feuchtemengen wieder abtrocknen können. Bei der Art der Ausführung wird nach der Einbautechnik unterschieden.

Einteilung nach dem bauphysikalischen System

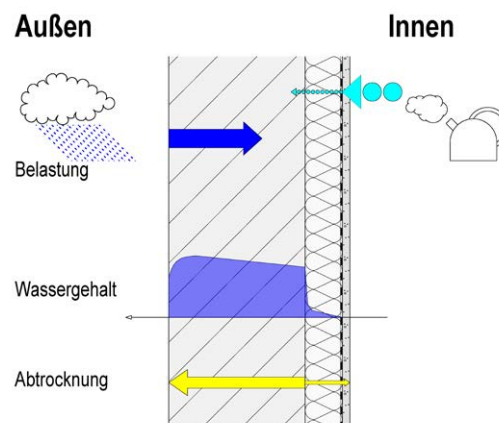
- kondensattolerierende Systeme (Calciumsilikatplatten, Mineraldämmplatten, Wärmedämmputz etc.)
- kondensatbegrenzende Systeme (feuchteadaptive Dampfbremsen, OSB-Platten etc.)
- kondensatverhindernde Systeme (Schaumglas, Dampfsperre etc.)

Einteilung nach Art der Ausführung:

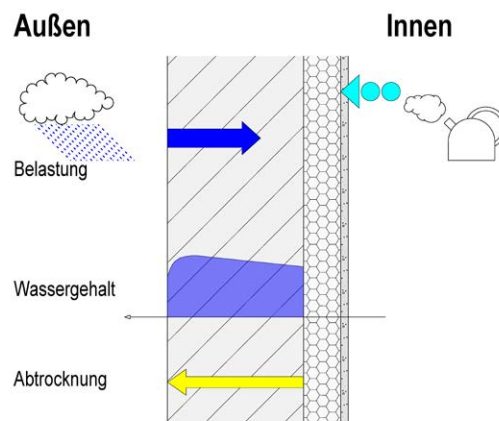
- Plastische Systeme: Wärmedämmputze, Wärmedämmlehme, Zelluloseputz
- Gemauerte Vorsatzschalen: wärmedämmende Leichtziegel, Leichtbetonsteine, Leichtlehmsteine, Porenbeton
- Ständerwerksysteme: Mineralwolle mit Metall-/Holzständer, Holzrahmenkonstruktion mit Einblasdämmung und
- Systeme mit Dämmplatten: Calciumsilikat, Mineralschaum, Perlite, Blähglas, Wärmedämmlehm, Holzfaser, EPS-Verbund, Mineralwolle-Verbund, Schaumglas, Vakuumisulationspaneele, Schilfrohr-Matten, Polyurethan



21. kondensattolerierende Innendämmsysteme



22. kondensatbegrenzende Innendämmsysteme



23. kondensatverhindernde Innendämmsysteme

Eine Auswahl verschiedener raumseitiger Wärmedämm-Materialien für die Anwendung im Baudenkmal ist in der nachfolgenden Tabelle dargestellt:

T2: Raumseitige Wärmedämm-Materialien für die Anwendung im Baudenkmal

Innendämm-System	Wärmeleitfähigkeit λ in W/(mK)	Diffusionswiderstand μ	Wasser-aufnahme w in kg/(m ² Vh)	Brandverhalten
Calciumsilikatplatte	0,060 - 0,090	2 - 7	45 - 75	A1
Holzweichfaserplatte	0,038 - 0,050	2 - 10	0,5 - 5	B2
Minerale Dämmplatte	0,040 - 0,045	3 - 6	0,5 - 1 (14)	A1
Perlite-Dämmplatte	0,045 - 0,055	4 - 6	100 - 120	A1
Wärmedämmputz organisch, anorganisch	0,07 - 0,12	5 - 20	0,5 - 10	A1 - B1 (B2)
Leichtlehm	0,15 - 0,22	3-20	3 - 6	A2 - B2
Lehmstein	0,17 - 0,30	5-10	1 - 12	A2 - B2
Schilfrohr	0,05 - 0,07	1-10	0,1 - 0,5	B2

Darüber hinaus sind weitere Innendämm-Systeme am Markt verfügbar. Zu nennen sind zum Beispiel spezielle Verbundsysteme, Systeme mit feuchteadaptiver Dampfbremse oder neuartige Systeme mit Aerogelen (als Platte oder als Wärmedämmputz). Im Einzelfall können auch diese Systeme sinnvoll sein, wobei der jeweilige Einsatz v. a. hinsichtlich bauphysikalischer Funktionsfähigkeit, Dauerhaftigkeit oder einer geforderten Materialkontinuität sorgfältig zu überprüfen und zu dokumentieren ist.

Das bei einer Innendämmung zu bevorzugende System ist nach den Anforderungen von Denkmalschutz, Nutzung, Außenklima, Bauteilkonstruktion etc. auszuwählen. Bei vielen Anwendungen haben sich in der denkmalpflegerischen Praxis solche Konstruktionen bewährt, die diffusionsoffen und kapillaraktiv sind (kondensattolerierende Systeme). Bei besonderen Einbausituationen wie z. B. der raumseitigen Wärmedämmung einer Betonwand kann auch ein kondensatverhinderndes System sinnvoll sein.



24. - 27. kapillaraktive Innendämmung mit Mineralfüllplatten, Wärmedämmlehm, Holzweichfaserplatten und Leichtlehmsteinen

5 Planung und Ausführung der Innendämmung

Bei der Planung einer Innendämmung im Baudenkmal müssen neben denkmalpflegerischen Belangen auch verschiedene bauphysikalische Aspekte berücksichtigt werden, je nach Objekt insbesondere aufsteigende Feuchte, Salzbelastung, Frostbeständigkeit, Undichtigkeiten und Schlagregenbelastung. Nur unter Beachtung dieser Punkte kann im Zusammenspiel mit denkmalpflegerischen sowie ökologischen und ökonomischen Aspekten eine Gesamtkonzeption sinnvoll erarbeitet werden. Dieses Konzept muss in der Ausführung fachgerecht und sorgfältig umgesetzt werden, um die gewünschte Wirkung und Schadensfreiheit zu erreichen.

5.1 Denkmalpflegerisches Konzept

Der Denkmalwert eines Gebäudes beschränkt sich in aller Regel nicht nur auf seine äußere Erscheinung. Historische Raumstrukturen, Konstruktionen, Raumausstattungen und Oberflächen können ebenso wesentliche Bestandteile des Baudenkmals sein. Bei der konzeptionellen Planung und grundsätzlichen Entscheidung für eine Innendämmung müssen zunächst die denkmalpflegerischen Belange geprüft werden. Der denkmalrechtliche Status und die Zeugniswerte des Gebäudes sind vorab zu ermitteln. Im Rahmen der Bestandsanalyse und Voruntersuchung ist im Einzelfall zu klären, ob bei den äußeren Um-

fassungswänden des Baudenkmals historische Wandoberflächen, Farbfassungen oder wandfeste Ausstattungen existieren, die aus denkmalpflegerischen Gründen in situ zu erhalten sind. Neben sichtbar vorhandener Ausstattung können sich weitergehend unterhalb von Vorsatzschalen, Aufdoppelungen, Verkleidungen oder Anstrichen erhaltenswerte Bestandteile des Baudenkmals befinden, beispielsweise historische Ausmalungen, Fußbodenbeläge oder Stuckdecken. Einer Innendämmung stehen möglicherweise auch nachteilige Veränderungen der Raumproportionen und Bauteilanschlüsse entgegen. Zur Klärung, welche Veränderungen unter Berücksichtigung des Denkmalwerts möglich sind, ist die frühzeitige Einbindung der zuständigen Denkmalbehörden geboten. Je nach Umfang, Wertigkeit, Erhaltungszustand und Einbausituation ist dann abzuwägen und im denkmalrechtlichen Verfahren zu entscheiden, ob bzw. in welcher Weise eine Innendämmung ausgeführt werden kann. Stehen überwiegende denkmalpflegerische Belange der Ausführung einer Innendämmung entgegen, kann ggf. durch andere Maßnahmen zur energetischen Optimierung dennoch ein gutes Gesamtergebnis erreicht werden. So können energetische Nachteile der ungedämmten Außenwand durch eine optimierte Dämmung anderer Bauteile oder eine effiziente technische Gebäudeausstattung kompensiert werden.



28. - 29 Innenräume mit hochwertiger Ausstattung und empfindlichen Oberflächen, in denen eine Innendämmung aus denkmalpflegerischer Sicht nicht möglich ist.



30. - 31. Im Treppenhaus des ehemaligen Bahnhofgebäudes war eine Innendämmung nicht möglich, gedämmt wurden daher raumseitig die Innenwände zum Treppenraum.

Im Einzelfall kann auch geprüft werden, einen einzelnen Bereich, in dem eine Innendämmung der Außenwand nicht möglich ist, aus der wärmedämmenden Gebäudehülle auszunehmen.

Dem denkmalpflegerischen Grundsatz der Materialgerechtigkeit und -kontinuität folgend sind z. B. in Fachwerkgebäuden Holz- und Lehmbaumstoffe zu bevorzugen, während für einen Massivbau in der Regel mineralische Produkte wie Calciumsilikatplatten oder Dämmputze eher geeignet sind.

Ebenso ist das denkmalpflegerische Prinzip der Reversibilität zu berücksichtigen. Letzteres ist besonders wichtig, wenn raumseitige Bauteiloberflächen schützenswert sind und eine spätere Wiederfreilegung möglich sein soll. Für einen schadensfreien Rückbau eignen sich am besten Trockenbausysteme, die jedoch aufgrund der Hohlraumkonstruktion aus bauphysikalischen Gründen zumeist kritisch zu beurteilen sind.

Innendämmsysteme, die vermörtelt werden, sind in der Regel wieder abnehmbar, aber die Mörtel/Kleberschicht lässt sich nach aktuellem Stand der Technik nicht immer rückstandsfrei entfernen. Gegebenenfalls ist die Verwendung von Trennschichten, die den Schutz denkmalwerter Bauteiloberflächen gewährleisten sollen, in Erwägung zu ziehen. In den letzten Jahren haben sich einige Forschungsvorhaben mit dem Thema „Reversible Innendämmungen“ beschäftigt (Kilian, Ralf; Krus, Martin; et al. 2017). Eine Bewertung der Langzeitbewährung für die untersuchten Systeme steht noch aus.

5.2 Besonderheiten bei verschiedenen Baukonstruktionen

Fachwerkwände

Fachwerkwände werden häufig von innen gedämmt, um die äußere Fachwerksichtigkeit zu erhalten. Die feuchtetechnische Belastung ist jedoch bei einem Sichtfachwerk erhöht, da ein erheblicher Feuchtezutritt über die Fuge Gefach/Holz erfolgt. Diese Belastung sowie die Materialheterogenität, die unterschiedliches thermisches und hygrisches Verhalten innerhalb der Wand bedeutet, erfordern eine differenzierte Betrachtung dieser Außenwand. Als wichtigste Grundsätze der Fachwerkinstandsetzung und -dämmung gelten somit u. a. die Begrenzung der Witterungsbelastung bei Sichtfachwerk und die optimale Abtrocknung von eingedrungener Feuchte infolge Schlagregen und Wasserdampfdiffusion nach außen und innen. Daraus ergeben sich weitere Anforderungen wie beispielsweise der Verzicht auf raumseitige Dampfsperren. Die zu berück-

sichtigenden Aspekte finden sich in der WTA-Merkblatt-Reihe „Fachwerkinstandsetzung nach WTA“ (Merkblätter 8-1 bis 8-12).

Betonwände

Betonwände zeichnen sich durch eine hohe Wärmeleitfähigkeit, ein geringes kapillares Wasseraufnahmevermögen und einen hohen Diffusionswiderstand aus. Eine zusätzliche Wärmedämmung von Betonwänden ist aus Gründen der Behaglichkeit und des hygienischen Wärmeschutzes (Vermeidung der Schimmelpilzgefahr) häufig erforderlich.

Aufgrund der speziellen Eigenschaften des Betons ist somit ein ansonsten häufig geeignetes kapillaraktives und diffusionsoffenes Innendämmsystem nicht in jedem Fall zu empfehlen, da die Feuchteanreicherung im Bauteil hier höher ist. Gerade wenn ungünstige Randbedingungen vorliegen, z. B. eine Hydrophobierung, kann auch der Einsatz von diffusionsdichten Systemen wie eine Schaumglasdämmung sinnvoll sein. Eine bauphysikalische Betrachtung ist bei Betonwänden unbedingt erforderlich.

Zweischalige Mauerwerkskonstruktionen

Eine Besonderheit sind zweischalige Wandkonstruktionen mit Luftschicht. Die äußere Mauerwerksschale stellt dabei einen zusätzlichen Witterungsschutz dar. Die Hohlschicht kann im Einzelfall als Dämmebene durch nachträgliches Verfüllen bzw. Ausblasen mit einem Dämmstoff genutzt werden. Dabei sind bauphysikalische Aspekte zu beachten. Maßgebend ist dabei das Erfordernis, dass durch die Vormauer-schale eingedrungenes Wasser wieder nach außen abtrocknen kann. Die äußere Mauerwerks-schale muss frostbeständig sein, da diese Schale nach Einbau der Wärmedämmung durch den verminderten Wärmeeintrag im verstärkt durchfeuchteten und frostbelasteten Bereich liegt. Weiterhin sind die Größe und der Zustand des vorhandenen Hohlraumes zu betrachten, da dieser nicht selten durch Mörtelbatzen, Ankersteine oder Mauerwerksanker verkleinert ist. Auch sind konstruktive Wärmebrücken wie beispielsweise einbindende Geschossdecken oder Fensteranschlüsse zu beachten. In Kombination mit einer Innendämmung lassen sich solche Wärmebrücken meist vermindern.



32. Fachwerkfassade, erhebliche Feuchtebelastung über die Fugen Gefach/Holz



33. Fassade aus Stahlbetonfertigteilen



34. Zweischaliges Mauerwerk mit Hohlschicht

5.3 Technische Aspekte

Schlagregenbelastung

Bei Einbau eines Innendämmsystems sind stets auch die Schlagregenbelastung und der Schlagregenschutz der jeweils betroffenen Wand zu beachten. Durch den Einbau einer Innendämmung wird das feuchtetechnische System der Wand verändert, sodass eingedrungene Feuchten nur noch erschwert abtrocknen können. Daher ist es im Vorfeld jeder Maßnahme erforderlich, die Schlagregenbelastung und den jeweiligen Schlagregenschutz aller Fassaden zu beurteilen. Neben einer ersten Einstufung der regionalen/lokalen Schlagregenbelastung ist auch die örtliche Lage (frei angeströmt, geschützt) entscheidend. Des Weiteren ist der örtliche Schutz über z. B. Dachüberstände oder Bekleidungen zu beachten. Im WTA-Merkblatt 8-1 „Fachwerkinstandsetzung nach WTA I: Bauphysikalische Anforderungen an Fachwerkbauwerke“ finden sich zusätzlich zu den Angaben in DIN 4108 Teil 3 Hinweise zur detaillierteren Einordnung. In jedem Fall ist zumindest eine visuelle Beurteilung der Fassade erforderlich. Unter Umständen sind örtliche Untersuchungen zur Wasseraufnahmefähigkeit empfehlenswert (z. B. Karsten'sches Prüfröhrchen oder Franke-Platte).

In Abhängigkeit aller Erkenntnisse aus der Bestandsuntersuchung und der Festlegung eines Dämmstandards kann es erforderlich sein, vor der Innendämm-Maßnahme zunächst die Fassade soweit instand zu setzen, dass der Schlagregenschutz wiedergegeben ist (Neuerfugung, Verputz etc.). Besonders kritisch sind Fassaden, die Risse und konstruktionsbedingte Fugen aufweisen wie z. B. Sichtfachwerkwände oder Ziegelfassaden mit Brennrissen. Eine Hydrophobierung sollte dabei nur mit besonderer Vorsicht in Erwägung gezogen werden, weil das Risiko besteht, dass in die Konstruktion eingedrungene Feuchten nur vermindert abtrocknen können. Die Hinzuziehung von erfahrenen Fachplanern ist erforderlich.

Einbaufeuchten

Einbaufeuchten, die bereits eine erhebliche Feuchtebelastung darstellen, sind ein wichtiger Aspekt zur Beurteilung eines Innendämmsystems. Eine Abtrocknung des Systems bzw. von einzelnen Schichten ist vor den weiteren Arbeiten im Allgemeinen erforderlich, um Pilz- und Fäulnisschädigungen zu vermeiden. Insbesondere bei feucht einzubringenden Putz-, Mörtel- oder Lehmsystemen (plastische Dämmsysteme oder Ausgleichspütze) sind die notwendigen Trocknungszeiten zu berücksichtigen.



35. Örtliche Schlagregenuntersuchung mit der Franke-Platte



36. Nicht frostbeständiges Mauerwerk, Schadensbild nach erfolgter Hohlraumdämmung

Hohlräume

Innen vor die Außenwand gestellte Ständerwerksysteme sind in der Regel kritisch zu beurteilen, da Hohlräume in Innendämmsystemen eine besondere Gefahr der Kondensatbildung infolge von Konvektion darstellen. Erforderliche dichte Anschlussfugen an angrenzende Bauteile oder Durchdringungen wie z. B. bei Steckdosen, Schaltern oder anderen Leitungsdurchführungen lassen sich fachgerecht zumeist nur mit erhöhtem Aufwand erstellen. Generell ist ein hohlraumfreier Einbau des Innendämmsystems zu bevorzugen, um den kapillaren Feuchtetransport zu ermöglichen. Bei plattenartigen Dämmsystemen muss zunächst ein ebener Untergrund der Bestandswand vorhanden sein bzw. hergestellt werden (Ausgleichsputz o. ä.). Gerade bei Fachwerkwänden mit unebenen Untergründen sind daher plastisch einzubringende Materialien (Dämmputze, Leichtlehme etc.) vorteilhaft.



37. Innendämmung mit Ständerwerksystem in Leichtbauweise

Wärmebrücken und Durchdringungen

Wärmebrücken und Durchdringungen sind bei Innendämmungen detailliert zu betrachten, um insbesondere die Gefahr der Schimmelpilzbildung an der raumseitigen Bauteiloberfläche beurteilen zu können. Als besonders relevante Punkte gelten dabei Anschlüsse von Fenstern (Leibung, Sturz, Brüstung) oder Innenwänden, Geschossdecken (Stahlträger, Stahlbetonplatte, Holzbalken) sowie Installationsdurchdringungen.

Im Regelfall werden Wärmebrücken mithilfe von Software nachgewiesen, die ausschließlich wärmetechnische Prozesse betrachtet. Bei komplexen Wärmebrückensituationen sollte auch eine hygrothermische Bauteilsimulation für die Beurteilung der Schadensfreiheit verwendet werden.

Ist im Einzelfall der bauliche Mindestwärmeschutz im Bereich von Wärmebrücken nicht zu erreichen, ist zu prüfen, inwieweit das Schutzziel gegebenenfalls anderweitig sichergestellt werden kann, z. B. durch eine Temperierung der raumseitigen Oberflächen oder durch den Einsatz feuchtegesteuerter Lüftungsanlagen zur Begrenzung der Raumluftfeuchte.



38. Schimmelbildung in der Dämmschicht



39. Die Wärmebrücke an der ungedämmten Fensterlaibung verursacht Kondensat und Schimmelbildung



40. Innendämmung der Fensterlaibung mit Schilfrohr

Sommerlicher Wärmeschutz

Der sommerliche Wärmeschutz wird durch verschiedene Aspekte beeinflusst. Insbesondere sind die Art, Größe und Ausrichtung der Verglasung und ein eventuell vorhandener Sonnenschutz maßgebend. Die sommerlichen Raumtemperaturen werden auch durch eine hohe Wärmespeicherfähigkeit der umgebenden Bauteile positiv beeinflusst. Eine Innendämmung bewirkt jedoch eine Entkopplung des Raumklimas von der Speichermasse der Außenwand, weshalb bei einem Raum mit einem höheren Anteil innengedämmter Flächen dieser Einfluss durch leicht erhöhte Raumtemperaturen spürbar sein kann. Innendämmmaterialien mit wärme- und feuchtespeichernden Eigenschaften wie z. B. Lehm- oder Holzweichefaserprodukte haben einen positiven Einfluss auf das Raumklima und die Behaglichkeit.

Wandheizung

In Zusammenhang mit einer Innendämmung empfiehlt sich bei einigen Systemen die Kombination mit einer Wandheizung. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Wandheizung nicht zur Abtrocknung eines durchfeuchteten Systems eingesetzt werden darf. Ein Ausfall oder ein Ausschalten der Wandheizung würde dann zu einem Bauteilversagen führen. Die Wandheizung kann vielmehr eine sinnvolle Ergänzung eines in sich funktionsfähigen Systems darstellen. Zu beachten ist hier besonders die Wahl des Oberputzes. Damit eine gute Wärmeübertragung nach innen ermöglicht wird, sollte der Putz nicht zu dick und nicht dämmend sein. Gleichzeitig muss der Putz eine erhöhte Wärmespeicherfähigkeit und eine geringe Wärmedehnung aufweisen sowie auf den Untergrund abgestimmt sein. Häufig haben sich dafür Kalk- und Lehmputze bewährt, wobei der jeweils geeignete Aufbau projektbezogen zu prüfen ist.



41. Eine Wandheizung kann eine sinnvolle Ergänzung einer Innendämmung darstellen.



42. Bei einer Wandheizung muss der Putz eine gute Wärmespeicherfähigkeit und geringe Wärmedehnung aufweisen.

6 Checkliste

Erfassung des Bestandes und Zustandes

	Anmerkungen
Denkmalwert	
Ausstattung	
Oberflächenbeschaffenheit	
Schäden (z. B. Feuchte- und Salzbelastung)	
Wandaufbau	
Materialkennwerte	
Lage und Orientierung der Wand (Himmelsrichtung, Exponiertheit)	
Schlagregenbeanspruchung	
Sommerlicher Wärmeschutz	
Nutzung	

Denkmalpflegerisches Konzept

	Anmerkungen
Definition der denkmalpflegerischen Ziele	
Materialkontinuität	
Berücksichtigung der Raumproportionen	
Reversibilität	
Erhalt und ggf. Wiedereinbau denkmalwerter Wandbekleidungen und Fußleisten	
Anschlüsse an Öffnungen	
Anschlüsse an Decken	
Eingriffe in erhaltenswerte Deckenkonstruktionen	
Abwägung denkmalpflegerischer Belange	
Individuelle Lösungen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Bestandssituationen	

Auswahl eines geeigneten Systems

	Anmerkungen
Vermeidung von Hohlraumkonstruktionen	
Reversibilität insbesondere bei zu schützenden Oberflächen	
Verhinderung von zusätzlichem Feuchteintrag bei unzureichender Trocknungsdauer	
Material und Aufbaustärke	
Kapillarer Feuchtetransport und Diffusionsverhalten	
Berücksichtigung der technischen Gebäudeausrüstung (z. B. Heizung und Lüftung)	
Berücksichtigung der geplanten Nutzung	
Wärmespeicherfähigkeit	
Sommerlicher Wärmeschutz	
Aufheizverhalten	
Konstruktive und technische Sonderlösungen	

Bauphysikalische Berechnung des Wandquerschnitts

Hygrothermische Bauteilsimulation insbesondere zu empfehlen bei:	Anmerkungen
erhöhten Dämmschichtdicken	
erhöhter Schlagregenbelastung	
extremen klimatische Randbedingungen	
nutzungsbedingter Feuchtebelastung	

Prüfung von Details, z. B.

	Anmerkungen
Fensteranschlüsse, Laibungen	
Balkenköpfe	
Decken- und Bodenanschlüsse	
bei Teildämmung: Anschluss an nicht gedämmte Bereiche	
vorhandene Wärmebrücken wie Gebäudeecken und Durchdringungen, auch bei Installationsdurchführungen	

Ausführung

	Anmerkungen
Vorbereitung der Wandoberflächen (z. B. Entfernung von ungeeigneten Putzen, Ausgleichsputz bei hohlraumfreien Systemen)	
Vermeidung systemfremder Materialien (z. B. diffusionseinschränkende Anstriche auf kapillaraktiven Dämmsystemen)	
luftdichter Abschluss von Installationen (z. B. Steckdosen, Schalter)	
Fachgerechter Einbau	
Kontinuierliche Bauleitung	
Monitoring bzw. Qualitätssicherung nach Abschluss der Baumaßnahmen	



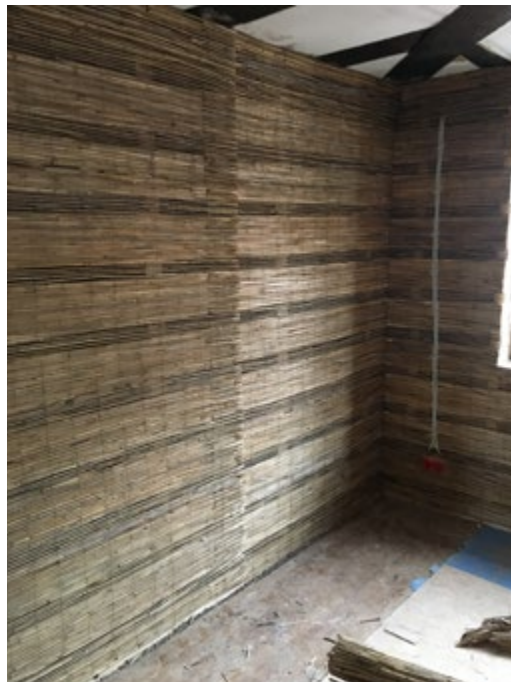
43. Die Fachwerksichtigkeit konnte durch die Ausführung einer Innendämmung erhalten bleiben, Schlagregenschutz am Westgiebel durch Schieferbehang.



44. Ausführung einer kapillaraktiven Innendämmung mit Wärmedämmlehm, Vorbereitung der Wand und Unterkonstruktion



45. Der Wärmedämmlehm wird schichtweise eingebracht und verdichtet, die Trocknungszeiten des Wärmedämmlehms sind im Bauablauf zu berücksichtigen.



46. Schilfrohr als Putzträger



47. Ein Lehmputz mit Anstrich bildet den Abschluss der kapillaraktiven und diffusionsoffenen Innendämmung, die Heizungsrohre wurden auf Putz verlegt.

7 Zusammenfassung

Eine energetische Sanierung ist häufig mit Dämmmaßnahmen an den Außenwänden verbunden. Mit einer Außendämmung geht aber immer eine Veränderung und oft eine Beeinträchtigung des äußeren Erscheinungsbildes einher, weshalb diese bei Baudenkmalen in vielen Fällen ausgeschlossen und alternativ eine Dämmung nur von innen möglich ist.

Eine Innendämmung ist mit aktuell zur Verfügung stehenden Materialien und Berechnungsmethoden gut planbar und hat bei bautechnisch korrekter und denkmalgerechter Umsetzung eine Reihe von Vorzügen. Im Winter werden die Räume schneller aufgeheizt, und die innere Oberflächentemperatur der Wände wird erhöht. Dieses führt zu einer Verringerung des Schimmelpilzrisikos und einer allgemeinen Verbesserung der Behaglichkeit. Eine schrittweise, raumbezogene Sanierung ist ohne Außengerüstbau möglich.

Die energetische Verbesserung muss sich jedoch in jedem Fall danach richten, in welcher Art und Stärke eine Dämmung ohne Schädigung der Bausubstanz eingebaut werden kann. Voraussetzung hierfür ist stets die detaillierte Erfassung des Bestandes, denn jedes Gebäude und insbesondere Baudenkmale bedürfen aufgrund ihrer Bausubstanz, ihres Erscheinungsbildes und ihrer Lage einer individuellen Betrachtung. Das Angebot an möglichen Dämmsystemen und -materialien, die für die

unterschiedlichen denkmalpflegerischen Anforderungen zum Einsatz kommen können, ist vielfältig. Hier sind eine sorgfältige Abwägung und maßgeschneiderte Lösungen notwendig, um eine wirksame und dennoch denkmalverträgliche Innendämmung zu ermöglichen.

Letztendlich dürfen Dämmmaßnahmen im Baudenkmal nicht isoliert beurteilt werden, sondern müssen immer Teil einer ganzheitlichen Gebäudebetrachtung sein. Diese komplexen Aufgabenstellungen werden in der Regel von Experten wie z. B. besonders geschulten Energieberatern für Baudenkmale wahrgenommen. Qualifizierte Fachplaner sind unverzichtbar, um ein denkmalpflegerisch geeignetes Dämmsystem zu bestimmen. Fachfirmen gewährleisten die fachgerechte und denkmalverträgliche Ausführung. Wenn eine Innendämmung auf der Grundlage eines denkmalpflegerischen und bauphysikalischen Gesamtkonzeptes eingebaut wird, lassen sich Baudenkmale sowohl an zeitgemäße Nutzungsbedingungen anpassen als auch langfristig substanzschonend erhalten.



48. Das Fachwerkhaus wurde mit Holzfaserplatten innen gedämmt, um das äußere Erscheinungsbild zu erhalten.



49. Für eine hohlraumfreie Ausführung ist eine ebene Wand erforderlich und ggfs. durch Ausgleichsputz herzustellen.



50. Nach Montage der Holzfaserplatten wird der abschließende Lehmputz aufgetragen.

Literatur

Verordnungen

Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG) vom 08.08.2020;
Bundesgesetzblatt 2020, Teil I Nr. 37, ausgegeben am 13.08.2020; Seite 1728-1792; in Kraft seit 01.11.2020

Normen

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.): **DIN 4108-2**, Ausgabe Februar 2013, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Berlin, 2013

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.): **DIN 4108-3**, Ausgabe Oktober 2018, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz – Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für die Planung und Ausführung. Berlin, 2018

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.): **DIN-Fachbericht 4108-8**, Ausgabe September 2010, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 8: Vermeidung von Schimmelpilzwachstum in Wohngebäuden. Berlin, 2010

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.): **DIN EN ISO 13788**, Ausgabe Mai 2013, Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Raumseitige Oberflächen-temperatur zur Vermeidung kritischer Oberflächenfeuchte und Tauwasserbildung im Bauteilinneren – Berechnungsverfahren. Berlin, 2013

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.): **DIN EN 15026**, Ausgabe Juli 2007, Wärme- und feuchtetechnisches Verhalten von Bauteilen und Bauelementen – Bewertung der Feuchteübertragung durch numerische Simulation. Berlin, 2007

WTA-Merkblätter

WTA, Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. (Hrsg.): **Merkblatt 6-1**, Ausgabe 10.2001/D, Leitfaden für hygrothermische Simulationsberechnungen. Stuttgart 2001

WTA, Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. (Hrsg.): **Merkblatt 6-2**, Ausgabe 12.2014/D, Simulation wärme- und feuchtetechnischer Prozesse. Stuttgart 2014

WTA, Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. (Hrsg.): **Merkblatt 6-4**, Ausgabe 10.2016/D, Innendämmung nach WTA I: Planungsleitfaden. Stuttgart 2016

WTA, Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. (Hrsg.): **Merkblatt 6-5**, Ausgabe 04.2014/D, Innendämmung nach WTA II: Nachweis von Innendämmsystemen mittels numerischer Berechnungsverfahren. Stuttgart 2013

WTA, Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. (Hrsg.): **Merkblatt 8-1**, Ausgabe 09.2014/D, Fachwerkinstandsetzung nach WTA I: Bauphysikalische Anforderungen an Fachwerkgebäude. Stuttgart 2015

WTA, Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. (Hrsg.): **Merkblatt 8-5**, Ausgabe 04.2018/D, Fachwerkinstandsetzung nach WTA V: Innendämmsysteme. Stuttgart 2018

WTA, Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V. (Hrsg.): **Merkblatt 8-10**, Ausgabe 11.2020/D, Fachwerkinstandsetzung nach WTA X: Wärmeschutz bei Fachwerkgebäuden. Stuttgart 2020

Fachliteratur

TU Dresden, Zentrum für Bauforschung (Hrsg.): 4. Innendämmkongress. Beiträge aus Wissenschaft und Praxis, Stuttgart 2017

FVID, Fachverband Innendämmung e. V. (Hrsg.): Praxis-Handbuch Innendämmung, Planung – Konstruktion – Details – Beispiele, Köln 2016

Scheffler, G.A.: Bauphysik der Innendämmung, Stuttgart 2016

Arbeiter, K.: Innendämmung. Auswahl, Konstruktion, Ausführung, Köln 2014

Eßmann, F., Gänßmantel, J.; Geburtig, G.: Energetische Sanierung von Fachwerkhäusern. Die richtige Anwendung der EnEV, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Stuttgart 2012

Jade Hochschule (Hrsg.): Nachträgliche Hohlraumdämmung – Leitfaden zur Anwendung, Oldenburg 2010

Forschungsberichte

Kilian, R.; Krus, M.; Milch, C.; Bichlmair, S.; Thiel, A. und Rösler, D.: EnOB – Energetische Untersuchungen und Optimierung von Innendämmungen. IBP-Bericht HTB-003/2017, durchgeführt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP, Valley 2017

Abbildungsverzeichnis

Abbildung

T. Breer, Halle (17, 18, 27); A. Brockmann, Generaldirektion Kulturelles Erbe Rheinland-Pfalz (30, 31); A. Brockmann, Landesamt für Denkmalpflege Hessen (Deckblatt, 2, 15, 16, 19, 20, 24, 25, 26, 37, 38, 41, 43, 44, 45); A. Brockmann, Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege (1, 3, 12, 48, 49, 50); A. Brockmann-Peschel, Landschaftsverband Westfalen-Lippe Denkmalpflege, Landschafts- und Baukultur in Westfalen (4); T. Engert, Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart (13); F. Eßmann, tha Ingenieurbüro, Mölln (7, 9, 10, 14, 21, 22, 23, 32, 35, 36, 39); S. Fitting, Generaldirektion Kulturelles Erbe Rheinland-Pfalz (28); B. Hausner, Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart (29); M. Hölscher, Stadt Alsfeld (46, 47); Jehle & Will, Museum Humpis-Quartier, Ravensburg (5); N. Juister, Landkreis Leer (34); R. Kaiser, Generaldirektion Kulturelles Erbe Rheinland-Pfalz (6, 8, 11); R.-P. Pinkwart, Landesamt für Denkmalpflege Sachsen (42); U. Roggenbuck-Azad, Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart (33); S. Vollmann, Landesamt für Denkmalpflege im Regierungspräsidium Stuttgart (40)

Arbeitsgruppenmitglieder aus den Landesämtern

Baden-Württemberg	Dipl.-Ing. (BA) Silke Vollmann M.A., M.BP.
Bayern	Dipl.-Ing. Julia Ludwar
Berlin	Dipl.-Ing. Sybille Haseley
	Dr. Ruth Klawun
Brandenburg	Dipl.-Ing. Thomas Krause M.Sc.
Bremen	Dipl.-Ing. Christiane Henze M.A.
Hamburg	Dipl.-Ing. Albert Schett
Hessen	Dipl.-Ing. Frank Aulbach
Lübeck	N.N.
Mecklenburg-Vorpommern	Dr. Jan Schirmer
Niedersachsen	Dipl.-Ing. Ansgar Brockmann,
	Dr. Eckart Rüsche
NRW Rheinland	Dr. Dorothee Heinzelmann
NRW Westfalen	Dipl.-Ing. Saskia Schöfer
Rheinland-Pfalz	Dr.-Ing. Markus Fritz-v. Preuschen
	Dr.-Ing. Roswitha Kaiser
Saarland	Dr. Rupert Schreiber
Sachsen	Dr. Ralf-Peter Pinkwart
Sachsen-Anhalt	Dipl.-Ing. Tobias Breer
Schleswig-Holstein	Tina Rohde M.A.
Thüringen	Dr.-Ing. Heribert Sutter

Impressum

Herausgeber

Vereinigung der Landesdenkmalpfleger
in der Bundesrepublik Deutschland

c/o Landesamt für Denkmalpflege Hessen
Vorsitzender: Prof. Dr. Markus Harzenetter
Schloss Biebrich - Westflügel
65203 Wiesbaden

Redaktion

Arbeitsgruppe Bautechnik:
Dipl.-Ing. Ansgar Brockmann
Dr.-Ing. Roswitha Kaiser
Dipl.-Ing. Saskia Schöfer
Dipl.-Ing. (BA) Silke Vollmann M.A., M.BP.

Fachliche Mitarbeit

Dipl.-Ing. Frank Eßmann

Satz und Layout

Schwerdtfeger & Vogt GmbH,
Philipp Schwerdtfeger, Klara Kron
www.schwerdtfeger-vogt.de

© Vereinigung der Landesdenkmalpfleger in der
Bundesrepublik Deutschland

1. Auflage 2021

Alle Rechte vorbehalten