



Mehrschichtige Innendämm- systeme für Bestandsbauten

Grundlagenuntersuchungen zur
Kombination feuchteregulierender
und konventioneller Materialien für
Innendämmsysteme (InMoB)

Helena Burchard
Werner Kaul-Gothe
Prof. Dr.-Ing. Christoph Nytsch-Geusen
Tassilo Riemer

Neue ökonomische
Dämmkonzepte für
erhaltenswerte
Bestandsgebäude

Mehrschichtige
Innendämmsysteme
kombinieren Feuchte-
und Wärmeschutz

Materialkombinationen
für mehr Nachhaltigkeit
und Energieeffizienz

Kurzfassung

Vor dem Hintergrund steigender Anforderungen an Energieeffizienz und den Erhalt historischer Bausubstanz untersucht das Forschungsprojekt InMoB das hygrothermische Verhalten mehrschichtiger Innendämmsysteme und entwickelt neue Ansätze für die energetische Sanierung von Bestandsgebäuden.

Da eine Außendämmung oft aus gestalterischen oder technischen Gründen nicht umsetzbar ist, wird im Projekt ein neuartiges Innendämmsystem untersucht. Es kombiniert feuchteregulierende Materialien mit einer konventionellen, ökologischen Holzfaserdämmung. Ziel ist es, die Dämmwirkung zu verbessern, das Risiko für Feuchteschäden zu senken und gleichzeitig die Kosten gegenüber rein feuchteregulierenden Systemen zu reduzieren.

Die zentrale Hypothese lautet: Durch diese Kombination lässt sich sowohl die Dämmleistung verbessern als auch das Risiko für Feuchteschäden reduzieren. Gleichzeitig wird davon ausgegangen, dass die Systeme kostengünstiger sind als rein feuchteregulierende Dämmstoffe bei gleicher oder besserer energetischer Wirkung.

Bisherige Untersuchungen konzentrierten sich vor allem auf homogene, feuchteregulierende Dämmschichten – etwa auf die experimentelle Bestimmung von Sorptionsisothermen und Feuchtetransport unter instationären Bedingungen (Plagge et al. 2006) oder auf den Einsatz von Innendämmungen ohne Dampfsperre (Kautsch/Rössler/Haslinger 2005). Es besteht jedoch Forschungsbedarf darin, feuchteregulierende Materialien gezielt als Bestandteil eines mehrschichtigen Systems zu nutzen. Zusätzlich wird geprüft, ob eine materialtrennende Luftschicht zwischen Bestandswand und Innendämmung die Feuchtebelastung in der Dämmung reduzieren kann. Besonders bei Gebäuden, deren Außenwände nicht vollständig gegen Schlagregen abgedichtet werden können, kann dieser Aufbau eine geeignete Lösung darstellen.

Für die theoretische Analyse der Schichtkombinationen wurden hygrothermische Bauteilsimulationen und thermische Raumsimulationen durchgeführt, wofür die Simulationssoftware DELPHIN von der Bauklimatik Dresden Software GmbH (Bauklimatik Dresden 2025) und die Simulationssoftware IDA ICE (EQUA Solutions AB o. J.) genutzt wurden. Auf Basis der Simulationsergebnisse wurden bauphysikalisch interessante Varianten ausgewählt und am Versuchsstand des Rooftop-Experimentalgebäu-

des der UdK Berlin über zwei Heizperioden experimentell vermessen. Neben dem Feuchte- und Temperaturverhalten standen die Kosten und die ökologische Bilanz über den Lebenszyklus im Fokus der Untersuchungen.

Hygrothermische Bauteilsimulation

Numerische Methode zur Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen. Sie ermöglicht die Langzeitbewertung von Bauteilverhalten unter realistischen Klimabedingungen, insbesondere im Hinblick auf Feuchteschutz, Trocknungspotenzial und Schimmelrisiko.

Für weitere Praxistests wurden ausgewählte Materialkombinationen in einem Raum eines denkmalgeschützten Gebäudes der UdK Berlin verbaut und werden in einem Langzeitmonitoring untersucht. Die Datenerfassung und Auswertung läuft nach Projektende weiter und wird auf der Fachgebiets-Website veröffentlicht: <https://www.udk-berlin.de/studium/architektur/fachgebiete/versorgungsplanung-und-versorgungstechnik/forschung/#c127691>

Für die Praxis bedeuten die Ergebnisse eine Erweiterung an Möglichkeiten für die energetische Sanierung von Bestandsgebäuden, insbesondere für erhaltenswerte und denkmalgeschützte Gebäude, bei denen eine Außendämmung aus gestalterischen oder technischen Gründen nicht möglich ist. Dazu zählen unter anderem Fachwerkhäuser und Bestandsbauten mit nicht schlagregendichten historischen Fassaden oder schützenswertem Fassadenbild. Somit können diese Systeme einen wichtigen Beitrag bei der Sanierung von Altbauten leisten, ohne in die äußere Gebäudehülle einzugreifen.

Ergebnisse

1.1 Hygrothermische Simulationsanalysen

Für eine theoretische hygrothermische Analyse der verschiedenen Schichtkombinationen wurden fünf feuchte-regulierende Materialien ausgewählt, die zusammen mit Holzfaserdämmplatten in unterschiedlichen Schichtstärken analysiert wurden (siehe Tabelle 1).

Tab. 1: Übersicht der Dämmstärken der analysierten Schichtkombinationen; Quelle: UdK Berlin, Fachgebiet VPT

Material und Kürzel	Dämmstärke
Kalziumsilikat (DH1)	30 mm, 40 mm, 80 mm
Mineralschaum (DH2)	30 mm, 40 mm, 80 mm
PUR-Hartschaumplatte (DH3)	30 mm, 40 mm, 80 mm
Korkdämmlehmplatte (DH4)	30 mm, 40 mm, 80 mm
Wärmedämmlehm (DH5)	30 mm, 40 mm, 80 mm
Holzfaserdämmplatten (DP1)	40 mm, 60 mm, 80 mm, 100 mm
Lehmputz (P1)	15 mm
Luft (L)	30 mm

Die Simulationsanalysen auf Basis einer einschaligen Mauerwerkswand haben ergeben, dass die Dämmstärke der Holzfaserdämmung einen erheblichen Einfluss auf das Feuchteverhalten der Wandaufbauten hat. Bei Konstruktionen mit 3 cm feuchtereulierender Dämmung direkt verklebt auf der einschaligen Mauerwerkswand, kombiniert mit 10 cm Holzfaserdämmung, treten zwischen den beiden Dämmschichten (Abbildung 1, links) erwartungsgemäß die insgesamt höchsten Feuchtwerte auf. Die feuchtereulierende innere Schicht (z. B. Kalziumsilikat) nimmt effektiv Feuchtigkeit aus der Außenwand auf, die in diesem Fall durch Schlagregen entsteht. Die gespeicherte Feuchtigkeit wird nach und nach entweder durch die Holzfaserdämmung nach Innen oder bei trockeneren Witterungsverhältnissen auch durch die Bestandswand nach Außen wieder abgegeben. Dabei bleibt der Feuchtegehalt der Holzfaserdämmung aufgrund der Speichereigenschaften des feuchtereulierenden Dämmstoffs für einen längeren Zeitraum auf hohem Niveau.

Wird zwischen Mauerwerk und Dämmung eine 3 cm breite Luftschicht eingeplant, sinken die Feuchtwerte in den Dämmschichten (Abbildung 1, rechts) deutlich. Die Luftschicht wirkt wie eine Pufferzone. Die schlagregeninduzierte Feuchtigkeit verbleibt weitgehend in der Bestandswand beziehungsweise schlägt bei stärkeren

Schlagregenereignissen auch als Flüssigwasser auf deren Innenseite durch. Für höhere Dämmstärken muss dort bei niedrigen Außentemperaturen im Winter von Kondensatbildung ausgegangen werden. Die Luftschicht ist entsprechend nur dann von Vorteil, wenn das an der Innenseite der Bestandswand anfallende Flüssigwasser sicher abgeführt werden beziehungsweise verdunstet kann. Für die Dämmung der 48 cm dicken Bestandswand des denkmalgeschützten UdK Berlin-Gebäudes erwies sich die Konstruktion mit Luftschicht in den Simulationen als ungeeignet: Die Rücktrocknung war unzureichend, sodass sich die Feuchtigkeit über mehrere Jahre hinweg aufbaute und schließlich zur vollständigen Durchfeuchtung der Wand führte.

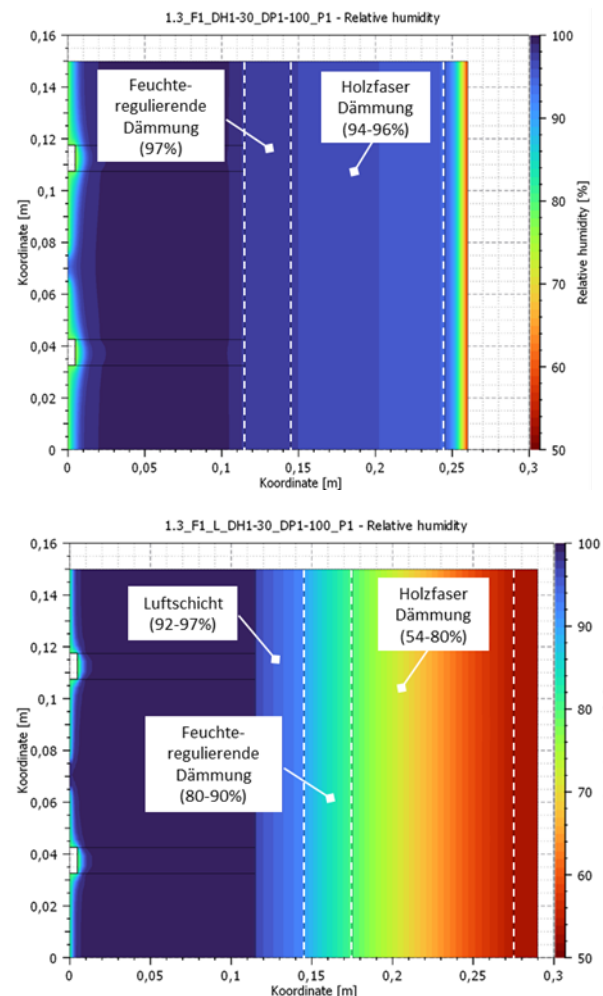


Abb. 1: Luftfeuchteprofil einer 11,5 cm breiten Ziegelwand mit Innendämmung am 29. März um 00:00 Uhr (viel Niederschlag an mehreren Tagen hintereinander), links: 3 cm Kalziumsilikat und 10 cm Holzfaserdämmung, rechts: 3 cm Luftschicht mit anschließender Kalziumsilikat- und 10 cm Holzfaserdämmung; Quelle: UdK Berlin, Fachgebiet VPT

Weitere Analysen zeigten, dass dünnere Holzfaserdämmschichten vorteilhaft sind: Sie fördern den Feuchteausgleich und reduzieren den Materialeinsatz. Abbildung 2 zeigt, dass beide 4 cm dicken Dämmschichten eine niedrigere relative Feuchte aufweisen, als die Varianten mit einer dickeren Holzfaserdämmschicht in Abbildung 1.

Die Holzfaserdämmung zeigte zwar auch bei größerer Dicke von 10 cm eine Trocknungstendenz im Jahresverlauf, ist aber in geringerer Stärke einer geringeren Feuchtelast ausgesetzt. Die Analysen haben zudem ergeben, dass eine größere Schichtdicke der feuchteregulierenden Dämmung nur geringen Einfluss auf das Feuchteverhalten hat.

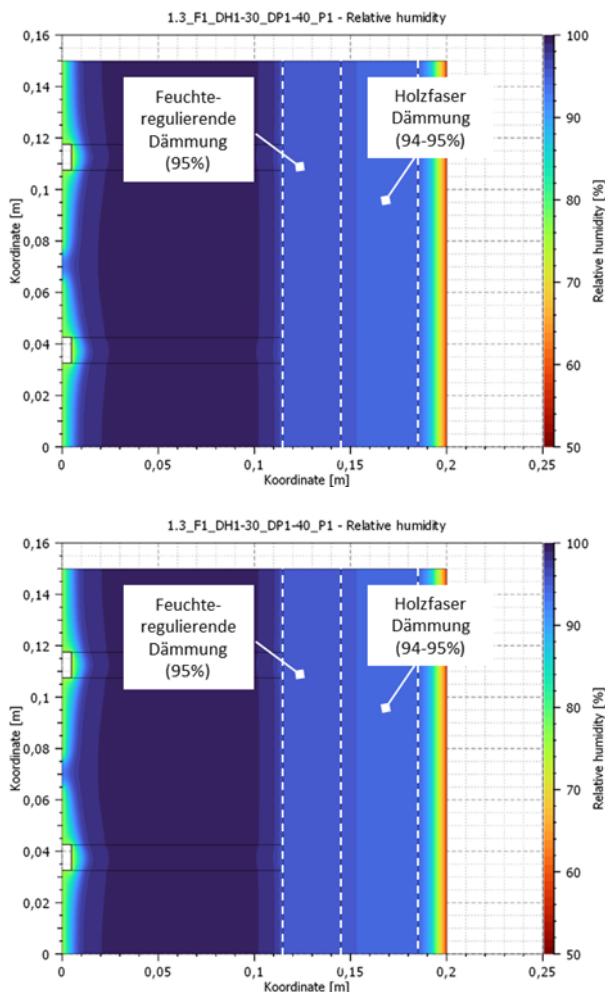


Abb. 2: Luftfeuchteprofil einer 11,5 cm breiten Ziegelwand mit Innendämmung am 29. März um 00:00 Uhr (viel Niederschlag an mehreren Tagen hintereinander), links: 3 cm Kalziumsilikat und 4 cm Holzfaserdämmung, rechts: 3 cm Luftschicht mit anschließender Kalziumsilikat- und 4 cm Holzfaserdämmung; Quelle: UdK Berlin, Fachgebiet VPT

Der Vergleich der feuchteregulierenden Materialschichten hat deutliche Unterschiede zwischen den untersuchten Materialien ergeben. Diese Unterschiede haben sich sowohl bei einschichtiger Dämmung, als auch bei den Schichtkombinationen in der Schichtgrenze zwischen Außenwand und feuchteregulierender Dämmung gezeigt. In

beiden Analysen zeigte Kalziumsilikat die höchste Wirksamkeit bei der Feuchteregulierung. Die kapillaraktive PUR-Hartschaumplatte wies dagegen die geringste Regulierungsleistung auf. Mineralschaum und Korkdämmlehmplatten lagen hinsichtlich ihrer Feuchteaufnahme und -abgabe im mittleren Bereich. Wärmedämmlehm konnte sehr viel Feuchtigkeit aufnehmen, konnte aber im Jahreszyklus nicht ausreichend rüctrocknen. Diese Unterschiede zwischen den Materialien sind in der Schichtgrenze zur Holzfaserdämmung allerdings deutlich abgeschwächt. Hier hat sich gezeigt, dass alle untersuchten feuchteregulierenden Materialien in der Lage sind, die Feuchtelast in der Holzfaserdämmung zu reduzieren, im Vergleich zu einer einschichtigen Holzfaserdämmung.

Zusammenfassend zeigen die Simulationen, dass die Dicke der Holzfaserdämmung einen größeren Einfluss auf die Feuchteverteilung hat als die Stärke der feuchteregulierenden Schicht. Dabei schneiden dünnere Holzfaserdämmschichten tendenziell besser ab. Unterschiede zwischen den feuchteregulierenden Materialien machen sich vor allem an der Grenzfläche zur Bestandswand bemerkbar. An der Übergangszone zur Holzfaserdämmung sind die Unterschiede hingegen deutlich geringer.

1.2 Wärmeschutz und Kosten

Die energetischen Anforderungen an Bestandsgebäude in Deutschland sind hoch. Vorgaben bei der energetischen Sanierung sollen den Wärmeverlust minimieren und die Energieeffizienz verbessern. Die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) legt derzeit für Fachwerk und erhaltenswerte Altbauten je nach Bauart einen maximalen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert) von 0,45 bis 0,65 W/m²K fest (BMWK 2023). Fast alle untersuchten Dämmkombinationen erfüllen diese Vorgaben. Auch der gesetzlich geforderte Mindestwärmeschutz gemäß DIN 4108-2 (U-Wert ≤ 0,73 W/m²K) (DIN 4108-2 2013) wird von allen Varianten eingehalten. Für einschichtige, feuchteregulierende Dämmstoffe ist dafür eine Mindestdicke von etwa 50 bis 80 mm nötig. Das kann die Materialkosten deutlich erhöhen und sich nachteilig auf die Umweltbilanz auswirken.

Der Vorteil der Schichtkombinationen zeigt sich bei feuchteregulierenden Dämmstoffen, die selbst keine gute Wärmedämmleistung haben. In diesem Fall verbessert die Holzfaserdämmung den U-Wert. Bei Kalziumsilikat, Korkdämmlehm und Wärmedämmlehm können durch die Materialkombination außerdem Kosten gespart werden, im Vergleich zu einer einschichtigen feuchteregulierenden Dämmung mit gleichem U-Wert.

Die kapillaraktive PUR-Hartschaumplatte bleibt das leistungsfähigste Material, wenn es um maximale Dämmwirkung bei geringem Platzbedarf geht und auch die Mineralschaumplatte konnte alleine einen besseren U-Wert erzielen, als in einer Schichtkombination.

U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient)

Der U-Wert beschreibt den Wärmestrom, der pro Quadratmeter Fläche bei einer Temperaturdifferenz von einem Kelvin zwischen Innen- und Außenseite übertragen wird. Die Einheit ist Watt pro Quadratmeter und Kelvin (Einheit: $W/(m^2 \cdot K)$). Je niedriger der U-Wert, desto besser ist die Wärmedämmung des Bauteils. Er ergibt sich aus der Wärmeleitfähigkeit (U-Wert) und der Dicke der einzelnen Schichten sowie den Wärmeübergangswiderständen an Innen- und Außenseite. Er ist ein zentraler Kennwert zur energetischen Bewertung von Gebäudehüllen.

- Typische Werte der Wärmeleitfähigkeit (U-Wert) bei Dämmstoffen:
- Mineralwolle (Steinwolle, Glaswolle): 0,035–0,045 $W/(m \cdot K)$
- Holzfaserdämmplatten: 0,038–0,050 $W/(m \cdot K)$
- Kalziumsilikatplatten: 0,060–0,070 $W/(m \cdot K)$
- Polyurethan-Hartschaum (PUR): 0,022–0,030 $W/(m \cdot K)$
- Korkdämmplatten: 0,040–0,050 $W/(m \cdot K)$

Welche Variante in welchem Fall sinnvoll ist, hängt demnach stark von den baulichen Gegebenheiten und Anforderungen ab. Pauschale Aussagen zur optimalen Dämmstärke sind nicht möglich. Vielmehr ist eine individuelle, objektbezogene Auslegung notwendig, bei der bauphysikalische Sicherheit, gestalterische Anforderungen und wirtschaftliche Effizienz in Einklang gebracht werden.

Die Ergebnisse der Analyse belegen, dass kombinierte Schichtaufbauten im Vergleich zu einschichtigen Lösungen sowohl hinsichtlich der energetischen Effizienz als auch in Bezug auf Materialeinsatz und Wirtschaftlichkeit Vorteile bieten können. Zwar können energetische Anforderungen auch mit einschichtigen, rein feuchteregulie-

renden Dämmstoffen erfüllt werden, hierfür sind jedoch oft größere Dämmstärken erforderlich und je nach Material auch höhere Kosten.

Die Auslegung der Dämmstärke bei Innendämmungen wird maßgeblich von bauphysikalischen, räumlichen und wirtschaftlichen Faktoren bestimmt. Besonders das Feuchteverhalten stellt eine zentrale Herausforderung dar. Bei unzureichender Planung können schnell Bauschäden entstehen. Die Planung von Innendämmsystemen erfordert daher stets eine differenzierte Betrachtung des Gesamtsystems.

1.3 Sommerlicher Wärmeschutz und thermische Behaglichkeit

Ein wirksamer sommerlicher Wärmeschutz ist entscheidend, um Innenräume vor Überhitzung zu schützen. Dabei kommt es nicht nur auf die Dämmwirkung eines Materials an, sondern auch auf seine Fähigkeit, Wärme zwischenzuspeichern und zeitverzögert wieder abzugeben – die sogenannte Wärmespeicherfähigkeit.

Der sommerliche Wärmeschutz wurde anhand einer thermischen Raumsimulation bewertet. Die Simulation erfolgte für einen typischen Altbau in Berlin. Untersucht wurden drei mehrschichtige Dämmvarianten mit maximaler Holzfaserdicke. Zum Vergleich dienten der ungedämmte Ausgangszustand sowie jeweils eine einschichtige Dämmung aus Kalziumsilikat beziehungsweise Holzfaser.

Besonders Systeme mit Holzfaserdämmung haben eine hohe Wärmespeicherfähigkeit. Das wirkt sich direkt auf die thermische Behaglichkeit aus. Höhere Oberflächentemperaturen im Winter vermeiden kalte Wandflächen, im Sommer hilft die zeitverzögerte Wärmeabgabe dabei, Temperaturspitzen abzufedern. Für die Praxis bedeutet das: Die Holzfaserdämmplatte verbessert nicht nur die Energieeffizienz, sondern auch das Raumklima.

Trotz dieser Vorteile kann sich ein Raum mit Innendämmung im Sommer schneller aufheizen, da die massive Außenwand nicht mehr als Wärmespeicher dient. Solare Wärme, etwa durch große Fensterflächen, gelangt ohne Sonnenschutz ungehindert in den Raum. Dadurch steigt das Risiko einer Überhitzung. Im Winter bietet Innendämmung Vorteile, da die Innenoberflächen wärmer bleiben.

Fazit: Entscheidend für den sommerlichen Wärmeschutz ist das Zusammenspiel von Dämmung, Orientierung des Gebäudes, Fensterflächen und einem funktionierenden Sonnenschutz – besonders bei Innendämmungen an stark besonnten Fassaden.

1.4 Vergleich von Simulations- und Messdaten

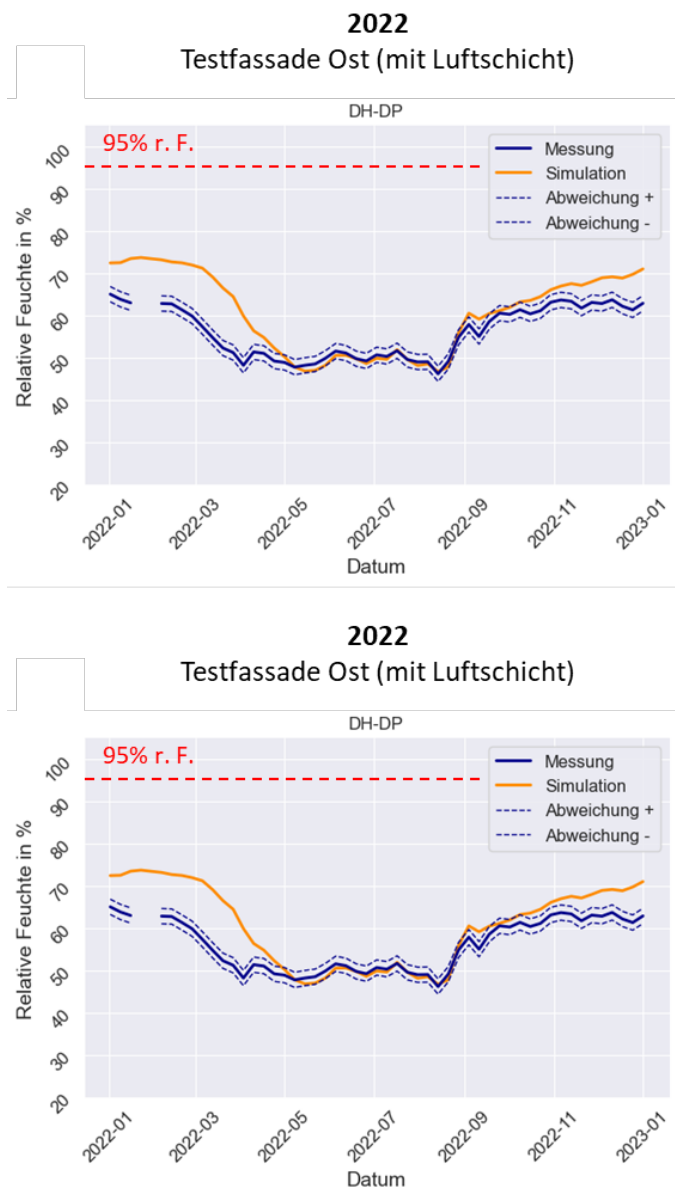


Abb. 3: Vergleich von Mess- und Simulationsdaten der relativen Feuchte in der kritischen Schichtgrenze zwischen feuchteregulierender Dämmung und Holzfaserdämmung (DH-DP) der Voruntersuchungen im Jahr 2022; Quelle: UdK Berlin, Fachgebiet VPT

Die durchgeführten Vergleiche der Voruntersuchung zeigen, dass die Simulationsmodelle die tatsächlichen Feuchte- und Temperaturverhältnisse in den Wandaufbauten zuverlässig abbilden können, vorausgesetzt, die verwendeten Klimadaten, Schichtdicken und Materialkennwerte stimmen gut mit den tatsächlichen Bedingungen vor Ort überein. Besonders die Temperaturverläufe ließen sich in allen untersuchten Varianten sehr gut nachvollziehen. Bei der relativen Luftfeuchtigkeit in Abbildung 3 in der Schichtgrenze der feuchteregulierenden Dämmung zur Holzfaserdämmung (DH-DP) war die Übereinstimmung hingegen etwas schwächer, vor allem auf der bewitterten Westseite. Das lag unter anderem daran, dass Feuchteeffekte durch Schlagregen, Wind oder

ungleichmäßige Bewitterung von den für die Simulation genutzten Wetterdaten abweichen. Auf der geschützten Ostseite stimmen die Messwerte mit den Simulationsdaten besser überein. Für die Simulation wurden Klimadaten des Deutschen Wetterdienstes von der nächstgelegenen Wetterstation genutzt. Als oberer Grenzwert für die relative Feuchte wurde bezogen auf die Empfehlung der WTA-Merkblätter 95 % relative Feuchte festgelegt. (WTA o. J.; Künzel/Binder/Zirkelbach 2013).

Die Abbildung 4 zeigt die simulierten und gemessenen Werte der relativen Feuchte für die Messperiode 2024 in den einzelnen Schichtgrenzen (von oben links beginnend mit Ziegel außen nach unten rechts endend mit Lehmputz innen). Die ausgewählte Testfassade besteht aus einer Mauerwerkswand mit 3 cm Luftschicht, 3 cm Korkdämmlehmplatte und 10 cm Holzfaserdämmung, die nach Westen ausgerichtet ist. Für diese Simulation kamen überwiegend standortspezifische Wetterdaten zum Einsatz, die unter anderem mit neu installierten Messgeräten für Solarstrahlung, Niederschlag und Wind erfasst wurden.

Die Messergebnisse (blau) der Testfassade zeigen zu Beginn der Messungen kurzzeitig eine kritische relative Feuchte von über 95 % in den äußeren Schichtgrenzen, was auf die beim Einbau verbleibende Restbaufeuchte zurückzuführen ist. Leichte Abweichungen können zudem durch Unsicherheiten bei den Materialparametern entstehen. Im Vergleich dazu liegen die simulierten Ergebnisse (gelb) tendenziell niedriger, zeigen jedoch in der zweiten Jahreshälfte sowie in den inneren Schichtgrenzen bereits eine gute Übereinstimmung mit den Messdaten. Besonders in der kritischen Schichtgrenze zwischen feuchteregulierender Dämmung und Holzfaserdämmung (DH-DP) unterschreiten ab Mai 2024 sowohl Simulation als auch Messung deutlich die 95-%-Marke. Mit der fortschreitenden Austrocknung der Baufeuchte ist zudem zu erwarten, dass sich die Kurven auch im kommenden Winter weiter annähern.

Die Auswertung der Vorlaufforschung sowie der neuen Testfassaden im Jahr 2024 zeigt: Die Qualität der Klimadaten ist entscheidend dafür, wie realitätsnah Simulationen ablaufen, besonders auf der wetterzugewandten Westseite. Hier wirken sich ungenaue oder fehlende Wetterdaten spürbar auf die Genauigkeit der Simulationsergebnisse aus. Außerdem zeigen die Messwerte und die Simulationen mit gemessenen Klimadaten, eine deutlich geringere Feuchtelast, als die Simulationen mit dem Testreferenzjahr. Für eine realistische Abbildung der Feuchtezustände sind reale Klimadaten besser geeignet.

Ein Ausblick auf das zweite Messjahr (2025) wird zeigen, ob die Übereinstimmung zwischen Simulation und Mes-

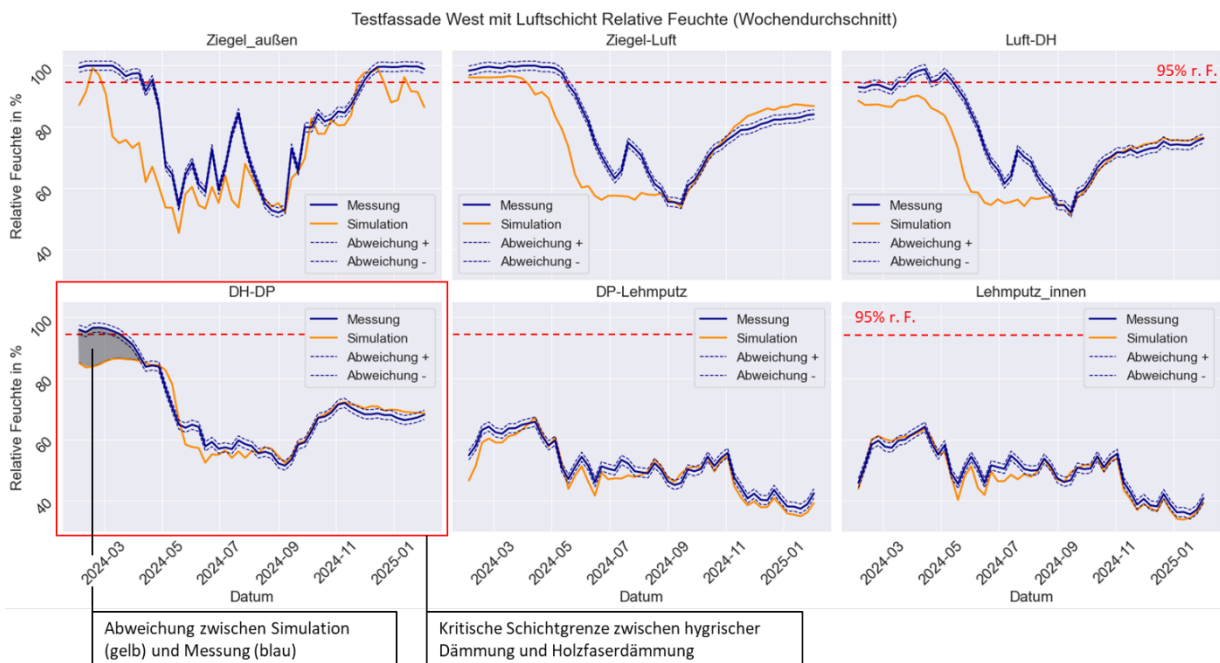


Abb. 4: Modellvergleich Testfassade West mit Luftschicht – Relative Feuchte im Wochendurchschnitt in der Messperiode 2024. Von links oben nach rechts unten in den Schichtgrenzen Ziegel-außen, Ziegel-Luft, Luft-DH (Dämmung hygrisch), DH-DP (Dämmung passiv), DP-Lehmputz, Lehmputz innen; Quelle: UdK Berlin, Fachgebiet VPT

sung mit zunehmender Austrocknung und Stabilisierung der Konstruktion weiter zunimmt. Die laufenden Messungen werden über das Projektende hinaus fortgeführt und im Rahmen eines langfristigen hygrothermischen Monitorings ausgewertet. Eine Veröffentlichung der Daten erfolgt über die Website des Fachgebiets für Versorgungsplanung und Versorgungstechnik der UdK Berlin: <https://www.udk-berlin.de/studium/architektur/fachgebiete/versorgungsplanung-und-versorgungstechnik/forschung/#c127691>

1.5 Bewertung im realen Gebäudebetrieb

Das Ziel dieser Untersuchung war es, herauszufinden, wie sich verschiedene Materialkombinationen unter realen Bedingungen in Altbauten (denkmalgeschütztes Bestandsgebäude der UdK Berlin) bewähren. Für den Vergleich mit bisherigen Mess- und Simulationsdaten wurden dieselben Konstruktionen verwendet, die auch in den Testfassaden eingebaut wurden. Als feuchteregulierende Schicht kamen jeweils 3 cm Kalziumsilikat, Korkdämmlehmplatten und kapillaraktive PUR-Hartschaumplatten zum Einsatz. Diese wurden mit 10 cm Holzfaserdämmung kombiniert und anschließend mit Lehmputz verputzt.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass sich alle unter-

suchten Wände im Feuchteverhalten stabilisiert haben und ab dem 2. Simulationsjahr ein ausgeglichener Feuchtezustand vorlag. Den größten Anteil an gespeicherter Feuchtigkeit trägt dabei das Mauerwerk – unabhängig davon, ob eine Dämmung vorhanden ist oder nicht. Die Varianten mit Innendämmung wiesen lediglich leicht erhöhte Feuchtwerte gegenüber der ungedämmten Wand auf. Auffällige Abweichungen ergaben sich nur bei den Konstruktionen mit einer Luftschicht, bei denen die 48 cm starke Ziegelwand nicht ausreichend rücktrocknen konnte.

Deutliche Unterschiede zeigten sich hingegen zwischen den einzelnen feuchteregulierenden Dämmstoffen: Kalziumsilikatplatten nehmen aufgrund ihrer ausgeprägten kapillaren Leitfähigkeit sehr schnell Feuchtigkeit auf und geben diese im Sommer ebenso rasch wieder ab – vergleichbar mit einem Schwamm, der sich vollsaugt und anschließend gut austrocknet. Korkdämmlehmplatten hingegen nehmen Feuchte langsamer und gleichmäßiger auf, was zu einem stabileren und ausgeglicheneren Raumklima führt. Kapillaraktive Hartschaumplatten bleiben dagegen nahezu trocken, da sie im Vergleich nur wenig Wasser aufnehmen können.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass alle untersuchten Systeme grundsätzlich geeignet sind, die Feuchteverhältnisse zu regulieren. Die Messungen an den drei Konstruktionsvarianten der Bestandswand des denkmalgeschützten UdK Berlin-Gebäudes konnten aufgrund unvorhersehbarer Verzögerungen bei der baulichen Umsetzung erst gegen Ende der Projektlaufzeit begonnen werden. Daher werden die Aufzeichnungen im Rahmen eines Langzeitmonitorings fortgeführt und anschließend ausgewertet.

1.6 Graue Energie

Die Analyse der Grauen Energie zeigt deutliche Unterschiede zwischen den Dämmstoffen: Kalziumsilikatplatten verursachen durch ihren energieintensiven Herstellungsprozess die höchsten Umweltbelastungen. Zwar bestehen sie aus natürlichen Rohstoffen, doch das Dampfhärten benötigt viel Energie. PUR-Hartschaum schneidet in der Umweltbilanz ebenfalls schlecht ab, da es auf fossilen Rohstoffen basiert und bei der Herstellung erhebliche Treibhausgase entstehen. Kork und Lehm haben dagegen eine sehr gute Umweltbilanz. Kork wird nachhaltig geerntet und energiearm verarbeitet, Lehm kommt unbehandelt aus der Region und ist vollständig recycelbar. Holzfaserdämmplatten liegen im Mittelfeld: sie bestehen aus nachwachsenden Rohstoffen, benötigen aber in der Herstellung vergleichsweise viel Energie. Durch die Nutzung von Holzresten und gute Verwertbarkeit am Lebensende verbessert sich ihre Gesamtbilanz. Insgesamt zeigen biogene Dämmstoffe wie Kork, Lehm und Holzfaser die geringsten Umweltwirkungen, während mineralische und synthetische Produkte wie Kalziumsilikat und PUR-Hartschaum deutlich ressourcen- und energieintensiver sind.

1.7 Lebenszyklusanalyse

In der Lebenszyklusanalyse werden die untersuchten Varianten hinsichtlich Klimawirkung und Energiebedarf bewertet. Zentrale Kenngröße ist dabei das Treibhauspotenzial (GWP), das in CO₂-Äquivalenten angegeben wird. Grundlage bildet die Methodik nach DIN EN 15804 (2022), die die Umweltauswirkungen in verschiedene Module unterteilt. Berücksichtigt wurden folgende Phasen:

- Modul A1–A3 (Vorkette): Rohstoffgewinnung, Transport und Herstellung
- Modul B6 (Nutzungsphase): Energieverbrauch für Heizen und Kühlen
- Modul C3–C4 (End-of-Life): Rückbau, Entsorgung, Deponierung
- Modul D (Potenziale nach Lebensende): Substitutionseffekte zum Beispiel durch energetische Verwertung

CO₂-Äquivalente (CO₂-eq)

CO₂-Äquivalente sind eine Maßeinheit, mit der die Klimawirkung verschiedener Treibhausgase vergleichbar gemacht wird. Dabei wird die Wirkung eines Gases in Bezug auf das Treibhauspotenzial von Kohlendioxid (CO₂) über einen bestimmten Zeitraum (meist 100 Jahre) ausgedrückt. Diese Umrechnung ermöglicht es, die Gesamtauswirkungen von Emissionen verschiedener Gase auf das Klima in einer einzigen Zahl darzustellen.

Besonders ins Gewicht fällt Modul B6, also die Betriebsenergie über einen Betrachtungszeitraum von 50 Jahren: Im unsanierten Bestandsgebäude ist dieser Anteil am höchsten. Durch den Einsatz von Innendämmung lässt sich dieser Wert deutlich senken – bei Varianten mit 100 mm Holzfaserdämmung sogar um mehr als die Hälfte. Diese Einsparungen kompensieren in vielen Fällen die Emissionen aus der Herstellung. Im Unterschied dazu zeigen sich bei der Herstellung (Modul A1–A3) und Entsorgung (C3–C4) deutlichere Unterschiede zwischen den Systemen. Einschichtige Aufbauten belasten die Umwelt dabei nur wenig – sie verursachen rund 0,21 kg CO₂-eq pro Quadratmeter. Mehrschichtige Systeme, vor allem Kombinationen mit Kalziumsilikat (z. B. DH1-30_DP-100) verursachen hingegen deutlich höhere Emissionen von bis zu 0,60 kg CO₂-eq pro Quadratmeter. Diese Differenz resultiert sowohl aus dem höheren Materialeinsatz als auch aus einer kürzeren Lebensdauer der Holzfaserplatten von 40 Jahren. Diese werden innerhalb des Betrachtungszeitraums von 50 Jahren einmal erneuert.

Das Recyclingpotenzial (Modul D) ist bei allen Schichtkombinationen vergleichbar, da es sich primär aus der energetischen Verwertung der Holzfaserdämmung ergibt. Einschränkungen bestehen allerdings bei fest verklebten Systemen: Die Trennung der Materialien am Lebensende ist erschwert oder nicht möglich, was die thermische Verwertung einschränkt und somit die Vorteile des Moduls D reduziert.

Insgesamt wird deutlich: Zwar verursachen zusätzliche Dämmmaterialien zunächst höhere Herstellung- und Entsorgungsaufwände, doch über den gesamten Lebenszyklus hinweg überwiegen die Einsparungen beim Energieverbrauch in der Nutzungsphase. Beim Einsatz von erneuerbaren Energien als Energieträger bekommen

die Unterschiede zwischen den Dämmmaterialien eine größere Gewichtung. Die Bewertung des Moduls B6 (Betriebsenergie) ist daher entscheidend für eine ganzheitliche Klimabilanz von Sanierungsmaßnahmen.

1.8 Weiterer Forschungsbedarf

Die Projektergebnisse eröffnen mehrere Ansatzpunkte für weiterführende Untersuchungen. Im Fokus stehen vertiefte Analysen besonders vielversprechender Materialkombinationen – etwa durch Variation der Schichtdicken, ergänzende hygrothermische Simulationen oder ein erweitertes Langzeitmonitoring. Auch alternative Dämmstoffe wie Hanf, Zellulose oder Schilf sollten in vergleichbaren Schichtaufbauten systematisch geprüft werden. Ein weiterer Forschungsbedarf ergibt sich hinsichtlich trennbarer, mehrschichtiger Systeme, die eine verbesserte Wiederverwertbarkeit ermöglichen. Das Praxisbeispiel im denkmalgeschützten UdK-Gebäude bietet eine wertvolle Grundlage für die langfristige Validierung der Simulationsergebnisse. Ergänzend besteht Forschungsbedarf zur Wirtschaftlichkeit, insbesondere durch vergleichende Analysen von Investitionskosten und CO₂-Einsparpotenzialen in verschiedenen Gebäudetypen.

Thermische Raumsimulation

Berechnungsverfahren zur Analyse des Temperaturverlaufs und Energiebedarfs in Innenräumen. Dabei werden äußere Einflüsse wie Wetter, Sonneneinstrahlung und interne Lasten berücksichtigt, um das Raumklima sowie die thermische Behaglichkeit im Jahresverlauf zu bewerten.

2.1 Erkenntnisse

Mehrschichtige Innendämmsysteme, die feuchteregulierende Materialien mit Holzfaserdämmplatten kombinieren, bieten großes Potenzial für die energetische Sanierung von Bestandsgebäuden, insbesondere bei sensibler Bausubstanz, wie sie häufig im Altbau- und Denkmalbestand zu finden ist. Die Untersuchungen zeigen, dass sich energetische Anforderungen mit bauphysikalischer Sicherheit gut vereinen lassen. Feuchteregulierende Materialien wie Kalziumsilikat, Korkdämmlehm oder Wärmedämmlehm können temporär Feuchtigkeit aus der Außenwand aufnehmen und bei Bedarf wieder abgeben, während die Holzfaserdämmung die Wärmedämmwirkung deutlich verbessert und den sommerlichen Wärmeschutz unterstützt.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung konnte zudem gezeigt werden, dass die Wirksamkeit feuchteregulierender Innendämmsysteme in Kombination mit einer Holzfaserdämmung grundsätzlich bestätigt werden kann. Eine pauschale Aussage darüber, welches Materialsystem für ein bestimmtes Gebäude am besten geeignet ist, ist jedoch nicht möglich. Vielmehr bedarf es einer objektspezifischen Betrachtung, bei der sowohl die bauphysikalischen als auch die konstruktiven Rahmenbedingungen berücksichtigt werden müssen. Die Auswahl geeigneter Dämmstoffe sowie deren optimale Schichtdicke muss in jedem Einzelfall individuell erfolgen.

Zwar lassen sich die eingesetzten Materialien auf Grundlage ihrer spezifischen Eigenschaften bewerten, jedoch variiert die Reihenfolge einer solchen Bewertung erheblich in Abhängigkeit von den gesetzten Prioritäten. Steht beispielsweise die Fähigkeit zur Feuchteregulierung im Vordergrund, unabhängig von ökologischen oder wirtschaftlichen Aspekten, so ist Kalziumsilikat klar im Vorteil. Wird hingegen eine möglichst ökologische und kostengünstige Lösung angestrebt, schneidet die Korkdämmlehmplatte besonders gut ab. Für Anwendungen mit Fokus auf eine hohe Dämmwirkung erweist sich die kapillaraktive PUR-Hartschaumplatte als besonders leistungsfähig. Eine ausgewogene Lösung, die in allen bewerteten Kategorien gute Ergebnisse erzielt, stellt die Mineralschaumplatte dar. Die simulativ untersuchten Schichtkombinationen wurden in einem Bauteilkatalog dokumentiert, der alle Varianten mit ihren Kenndaten zusammenfasst und vergleichend bewertet. Der vollständige

Katalog wird zusammen mit dem Abschlussbericht auf der Website des Fachgebietes veröffentlicht: <https://www.udk-berlin.de/studium/architektur/fachgebiete/versorgungsplanung-und-versorgungstechnik/forschung/#c127691>

Ein weiteres wichtiges Ergebnis betrifft den optionalen Einbau einer Luftschicht zwischen Außenwand und Dämmung. Eine etwa 3 cm breite Luftschicht kann helfen, den Feuchteeintrag in die Dämmschicht zu reduzieren, insbesondere bei nicht schlagregengeschützten Fassaden. Sowohl Simulationen als auch Messungen an Testfassaden bestätigen diesen Effekt. Gleichzeitig steigt jedoch die Feuchtebelastung der äußeren Wand, was nur bei einschaligen, gut rüchtrocknungsfähigen Wänden unkritisch ist. Bei dickeren Wänden führte die Luftschicht teils zur vollständigen Durchfeuchtung. Zudem verursacht sie höhere Kosten. Der Nutzen beschränkt sich daher auf dünne, nicht schlagregengeschützte Außenwände, bei denen der Feuchteschutz der Dämmung im Vordergrund steht.

2.2 Herausforderungen bei der Umsetzung von Innendämmmaßnahmen

Die Umsetzung einer Innendämmung in Bestandsgebäuden ist mit vielfältigen praktischen Herausforderungen verbunden. Im Praxisbeispiel der UdK Berlin zeigte sich, dass bestimmte Raumsituationen für eine Innendämmung nur eingeschränkt geeignet sind.

Der ursprünglich ausgewählte Raum (Abbildung 5) erwies sich aus wirtschaftlichen Gründen als ungeeignet. Die hohe Anzahl an Fenstern mit Heizkörpernischen, vorhandene Kabelkanäle sowie fest installierte Leuchten hätten aufwendig angepasst oder versetzt werden müssen. Solche Vorarbeiten erfordern eine enge Abstimmung zwischen verschiedenen Gewerken (Elektro, Heizung, Maler/Trockenbau ...) und führen schnell zu deutlich erhöhten Kosten. Dies ist eine Herausforderung, die bei jeder Innendämmmaßnahme sorgfältig geprüft werden sollte.

Zusätzlich reduziert eine Innendämmung die nutzbare Raumfläche und verändert die Geometrie des Raums, insbesondere an Fensteröffnungen. Tiefe Laibungen können entstehen, die gestalterisch und funktional berücksichtigt werden müssen. Fensterbänke müssen oft ange-

passt oder verbreitert werden. In kleinen Räumen oder bei ohnehin begrenztem Platzangebot kann dies problematisch sein.



Abb. 5: Ursprünglich ausgewählter Raum für die Innendämmung in einem Gebäude der UdK Berlin; Foto: UdK Berlin, Fachgebiet VPT

Weitere Aspekte, die bei der Planung und Ausführung von Innendämmung generell berücksichtigt werden sollten, sind

- die ausreichende Rücktrocknungsmöglichkeit des Bestandsmauerwerks,
- der konstruktive Feuchteschutz (z. B. bei schlagregengefährdeten Fassaden),
- die Vermeidung von Wärmebrücken,
- bei luftdichter Ausführung: die sorgfältige Verarbeitung zur Sicherstellung der Luftdichtheit.

Diese Punkte zeigen, dass eine detaillierte Planung, eine gute Koordination der Gewerke und eine genaue Bestandsaufnahme nicht nur bei mehrschichtigen Systemen, sondern zentrale Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung von Innendämmsystemen sind.

2.3 Erfahrungen aus der Praxis

Die Umsetzung des mehrschichtigen Innendämmsystems in einem Testraum des denkmalgeschützten Bestandsgebäudes der UdK Berlin wurde von einem erfahrenen Fachbetrieb umgesetzt. Nach Abschluss der Arbeiten wurde das Unternehmen zu seinen Erfahrungen befragt, um die Praxistauglichkeit des neu entwickelten Systems besser einschätzen zu können.

Grundsätzlich verlief der Einbau reibungslos. Die Verarbeitung der Materialien – insbesondere der Zuschnitt und die Montage an der Wand – unterschied sich laut Rückmeldung kaum vom üblichen Vorgehen bei einschichtigen Systemen. Allerdings ergaben sich aufgrund

der doppelten Dämmschicht und der unterschiedlichen Plattengrößen zusätzliche Handgriffe pro Quadratmeter Wandfläche. Dies führte zu einem insgesamt höheren Zeitaufwand für die Montage. Die Abbildung 6 zeigt einen Ausschnitt der Arbeitsschritte: Zunächst wurde die Wand abgeschliffen (links), dann wurde die feuchteregulierende Dämmung angebracht (Mitte), danach erfolgte die Anbringung der Holzfaserdämmung (rechts). Anschließend wurde ein Lehmputz aufgetragen und nach der Trocknung mit Lehmfarbe gestrichen.



Abb. 6: Arbeitsschritte bei der Umsetzung der Innendämmung in einem Gebäude der UdK Berlin; Foto: UdK Berlin, Fachgebiet VPT

Als besondere Herausforderungen wurden komplexe Bereiche wie Fensterlaibungen oder Heizkörpernischen genannt. Dort ist ein erhöhter Zuschnitts- und Anpassungsaufwand erforderlich, was den Arbeitsaufwand weiter steigert.

Auch bei der Verarbeitung der drei verschiedenen hygromischen Materialien gab es Unterschiede. Hier wurde ebenfalls auf die variierenden Plattengrößen verwiesen, die sich direkt auf den Montageaufwand auswirkten. Für größere Flächen seien großformatige Platten vorteilhaft – vorausgesetzt, der Untergrund ist eben und erfordert keinen zusätzlichen Ausgleich.

Die Rückmeldungen aus der Praxis liefern wichtige Hinweise für die weitere Optimierung des Systems. Sie verdeutlichen, dass die technische Machbarkeit zwar gegeben ist, für die praktische Umsetzung jedoch zusätzliche planerische und logistische Aspekte berücksichtigt werden müssen. Dies gilt besonders bei Bestandsgebäuden mit komplexen Einbausituationen.

2.4 Randbedingungen für die Umsetzung

Die erfolgreiche Umsetzung einer mehrschichtigen Innendämmung im Bestand erfordert die Einhaltung spezifischer technischer und baulicher Randbedingungen. Aus den praktischen Erfahrungen und Herausforderungen bei der Maßnahme im denkmalgeschützten Gebäude der UdK Berlin lassen sich zentrale Voraussetzungen ableiten, die bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen sind.

Grundvoraussetzung für den Einsatz einer Innendämmung ist die Eignung der Bausubstanz. Die Bestandswand muss dauerhaft trocken und schadenfrei sein. Vor Einbau der Innendämmung ist daher eine sorgfältige bauphysikalische Analyse durchzuführen. Feuchte- oder Salzschiäden im Mauerwerk müssen vorab identifiziert und fachgerecht behoben werden. Nur so kann verhindert werden, dass vorhandene Schiäden durch die nachträglich e Dämmung verstärkt oder die Funktion der Dämmschichten beeinträchtigt wird.

Darüber hinaus sind konstruktive Gegebenheiten wie Fensterlaibungen, Heizkörpernischen, Kabelkanäle oder Vorsprünge in die Planung einzubeziehen. Diese Bereiche erfordern häufig aufwendige Vorarbeiten und individuelle Zuschnitte, was sich deutlich auf den Arbeitsaufwand und die Kosten auswirken kann. Auch die Reduzierung der nutzbaren Raumfläche durch die Innendämmung – insbesondere an Stellen mit engen Laibungen – muss von Beginn an mitgedacht werden.

Ein weiterer Aspekt betrifft die Auswahl geeigneter Materialien und deren Formate. Unterschiedliche Plattengrößen und Systeme führen zu variierendem Montageaufwand. Bei ebenen Wandflächen können großformatige Platten die Verarbeitung erleichtern, während unebene Untergründe zusätzliche Ausgleichsmaßnahmen erfordern.

Die Einhaltung dieser Randbedingungen ist entscheidend, um eine dauerhafte und funktionssichere Lösung zu gewährleisten. Sie bildet die Grundlage für eine wirtschaftlich tragfähige und handwerklich umsetzbare Innendämmmaßnahme im Gebäudebestand.

2.5 Fazit

Die Umsetzung einer mehrschichtigen Innendämmung im Gebäudebestand kann einen wirksamen Beitrag zur energetischen Ertüchtigung leisten. Vor allem wenn Außendämmungen nicht möglich oder denkmalpflegerisch ausgeschlossen sind, bleibt die Innendämmung die einzige Möglichkeit. Die Untersuchungen im Projekt haben gezeigt, dass mehrschichtige Systeme technisch gut funktionieren und prinzipiell handwerklich umsetzbar sind. Gleichzeitig wird deutlich, dass die Planung und Ausführung mit besonderen Anforderungen verbunden ist.

Eine sorgfältige Bestandsaufnahme ist unverzichtbar: Die Bausubstanz muss trocken und tragfähig sein, vorhandene Feuchte- oder Salzschiäden sind vorab zu beheben. Konstruktive Besonderheiten wie Fensterlaibungen, Heizkörpernischen oder Kabelkanäle können den Auf-

wand erheblich erhöhen und sollten frühzeitig berücksichtigt werden. Auch die Auswahl geeigneter Materialien und Plattengrößen beeinflusst den Montageaufwand und damit die Wirtschaftlichkeit.

Die Erkenntnisse aus der Praxis zeigen, dass eine funktionierende Innendämmung kein Standardprodukt ist, sondern ein bauteilorientiertes Konzept mit individueller Anpassung erfordert. Gelingt es, die technischen, baulichen und gestalterischen Anforderungen in Einklang zu bringen, bietet die mehrschichtige Innendämmung eine zukunftsfähige Lösung für energetische Sanierungen im Bestand. Dies kann gewährleistet werden durch eine sorgfältige bauphysikalische Analyse der Bestandskonstruktion, die Auswahl geeigneter und aufeinander abgestimmter Materialien, eine fachgerechte Planung der Schichtfolge und Detailausbildung sowie eine handwerklich einwandfreie Ausführung. Voraussetzung dafür sind eine genaue Erfassung der vorhandenen Bausubstanz, des Feuchte- und Temperaturverhaltens und die Berücksichtigung der Schlagregenbelastung sowie eine kontinuierliche Qualitätskontrolle während der Bauausführung.

3.1 Methodik

Im Projekt wurden gezielte Simulationen mit praktischen Erprobungen und Umweltbewertungen kombiniert, um mehrschichtige Innendämmsysteme für Bestandsgebäude ganzheitlich zu analysieren. Für die Analyse wurde auf Bauteilebene das Simulationswerkzeug DELPHIN (Bauklimatik Dresden 2025) und auf Raumebene IDA ICE (EQUA Solutions AB o. J.) verwendet.

Im Fokus stehen Schichtkombinationen aus feuchteregulierenden Dämmmaterialien, besser dämmender Holzfaser und optionalen Luftschichten. Zunächst wurde mit DELPHIN analysiert, wie sich unterschiedliche Materialien und Luftschichten unter realistischen Klimabedingungen verhalten. Auf Grundlage der Ergebnisse wurde eine Matrix mit vielversprechenden Materialkombinationen entwickelt. Daraus wurden zwei Referenzaufbauten für die praktische Erprobung ausgewählt. Diese beiden Konstruktionen wurden in das Rooftop-Experimentgebäude der UdK Berlin eingebaut. Seit Januar 2024 erfassen dort präzise Temperatur- und Feuchtesensoren an den Schichtgrenzen kontinuierlich Messdaten. Mit diesen Daten wurden die Simulationen validiert und kalibriert. Zusätzlich wurden Messergebnisse aus zwei früheren Testfassaden einbezogen. Dadurch konnten drei feuchteregulierende Materialien in der Schichtkombination besonders detailliert bewertet werden.

Im nächsten Schritt wurden die Simulationen auf weitere Materialkombinationen ausgeweitet. Gleichzeitig wurde eine Fallstudie für den Einsatz im realen Gebäudebetrieb vorbereitet. In einem denkmalgeschützten Gebäude der UdK Berlin wurden drei ausgewählte mehrschichtige Innendämmungen baulich umgesetzt. Ein Langzeitmonitoring begleitet diesen Praxistest. So kann überprüft werden, ob die Forschungshypothesen in der Baupraxis Bestand haben.

Ergänzend wurde für alle untersuchten Dämmsysteme eine Lebenszyklusanalyse (LCA) durchgeführt. Sie berücksichtigt Graue Energie, Treibhauspotenzial, Lebensdauer und Betriebsenergie über einen Zeitraum von 50 Jahren. Die Ergebnisse helfen dabei, das Anwendungspotenzial der Systeme im Gebäudebestand zu bewerten, insbesondere für erhaltenswerte und denkmalgeschützte Fassaden.

3.2 Projektverlauf

Die hygrothermischen Simulationen wurden zunächst in drei aufeinander aufbauende Schritte gegliedert:

1. **Materialkombinationen analysieren:** Zuerst wurden verschiedene Kombinationen aus feuchteregulierenden und konventionellen Innendämmstoffen untersucht. Ziel war es, geeignete Varianten für die praktische Anwendung zu identifizieren (Simulation 1).
2. **Simulationen validieren:** Im nächsten Schritt wurden die Simulationsergebnisse mit Messdaten aus den Testfassaden verglichen, um die Modelle zu überprüfen und abzusichern (Simulation 2).
3. **Reale Anwendung vorbereiten:** Abschließend wurden ausgewählte Dämmsysteme für ein konkretes Gebäude der UdK Berlin simuliert, um ihr Verhalten unter realen Bedingungen zu bewerten (Simulation 3).

Materialwahl

Im ersten Schritt wurde recherchiert, welche feuchteregulierenden Dämmstoffe sowohl am Markt verfügbar als auch in der Materialdatenbank der Simulationssoftware DELPHIN enthalten sind. Neben dem im Bereich der Schimmelsanierung etablierten Kalziumsilikat wurden vier weitere Materialien ausgewählt, die sich möglichst stark in ihren Eigenschaften unterscheiden. Dabei wurden bauphysikalische Kennwerte, Verarbeitungseigenschaften, Umweltbilanz und Kosten berücksichtigt. Folgende feuchteregulierende Materialien wurden im Projekt untersucht:

- Kalziumsilikat (DH1)
- Mineralschaum (DH2)
- Kapillaraktive PUR-Hartschaumplatte (DH3)
- Korklehmplatte (DH4)
- Wärmedämmlehm (DH5)

Als passive Dämmschicht wurde die Auswahl um eine Holzfaserdämmplatte ergänzt. Sie ist am Markt weit verbreitet und wird in der Praxis häufig für Innendämmungen eingesetzt. Um zu untersuchen, ob feuchteregulierende Materialien durch ihre feuchtepuffernden Eigenschaften

größere Dämmstärken ermöglichen, wurde in den Basisvarianten eine 10 cm starke Holzfaserdämmung mit einer 3 cm dicken Schicht aus feuchteregulierendem Dämmstoff kombiniert.

Simulationsanalysen

Nach der Festlegung der Materialien für den Testfassadenprüfstand, wurden weiterführende Simulationen mit unterschiedlichen Schichtstärken durchgeführt. Um den Umfang der Simulationen einzugrenzen, wurde für die Analysen die zur Wetterseite ausgerichteten Bestandswand F1 (Mauerwerkswand) ausgewählt. Das Ziel war es, gängige Dämmstärken der ausgewählten Materialien in verschiedenen Kombinationen zu untersuchen und miteinander zu vergleichen. So konnte herausgefunden werden, welche Varianten sich in der Praxis besonders gut eignen. Insgesamt entstanden durch die Kombination der feuchteregulierenden Materialien mit unterschiedlichen Holzfaserstärken sowie mit und ohne Luftschicht 158 verschiedene Varianten. Diese wurden in einem Bauteilkatalog dokumentiert und bewertet.

Testfassaden

Das zentrale Ziel bei den Testfassaden bestand darin, die Simulationsmodelle auf Bauteilebene mit realen Messdaten zu validieren. Dafür wurden sowohl die Modellparametrierung als auch die Randbedingungen so realitätsnah wie möglich gewählt. Insgesamt wurden sechs Varianten simuliert – zwei Testfassaden aus dem Jahr 2022 und vier neue Aufbauten, die ab Januar 2024 installiert waren.

Im November 2023 begann planmäßig der Rückbau der alten Testfassaden, die zuvor drei Jahre lang als Versuchsaufbauten dienten (Abbildung 7). Der vorhandene Lehmputz wurde vorsichtig entfernt, um ihn für die neuen Fassaden wiederverwenden zu können. Deutlich aufwendiger gestaltete sich der Ausbau der alten Dämmschichten: Die Holzfaserplatten waren fest mit den Kalziumsilikatplatten verklebt, was eine zerstörungsfreie Trennung und eine sortenreine Entsorgung erschwerte. Dieser Befund verdeutlicht, dass Recycling bei verklebten Schichtkonstruktionen gar nicht oder nur eingeschränkt möglich ist.

Vor dem Neuaufbau wurde der Zustand der Bestandswand geprüft und keine sichtbaren Schäden festgestellt, die auf den Einsatz der Innendämmung zurückzuführen wären. Diese Erkenntnis bestätigte die Eignung der Konstruktion und bildete eine wichtige Grundlage für die Installation der neuen Testfassaden, mit denen die nächste Phase des Forschungsprojekts eingeleitet wurde.



Abb. 7: Rückbau der Testfassadenprüfstände aus der Vorlaufforschung im Rooftop-Experimentalgebäude der UdK Berlin; Foto: UdK Berlin, Fachgebiet VPT

Für den Einbau in die neuen Testfassaden wurde die kapillaraktive PUR-Hartschaumplatte und die Korkdämmlehmplatte aus der Materialanalyse ausgewählt. Beide unterscheiden sich gezielt vom zuvor eingesetzten Kalziumsilikat und erweitern das Spektrum feuchteregulierender Dämmstoffe. Die kapillaraktive PUR-Hartschaumplatte überzeugte durch ihre vergleichsweise hohe Wärmedämmleistung, während die Korkdämmlehmplatte durch Umweltfreundlichkeit, einfache Verarbeitung und gute Feuchtespeicherfähigkeit punktete.

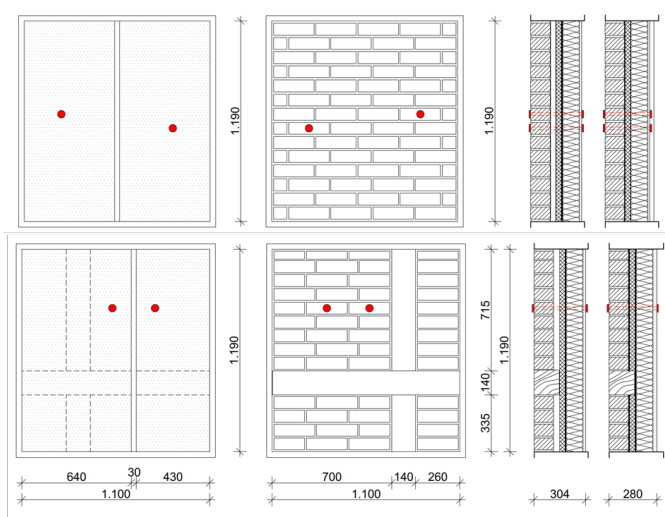


Abb. 8: Wandaufbau der neuen Testfassade – oben: Westseite; unten: Ostseite; links: Innenansicht; Mitte: Außenansicht; rechts: Schnitt 1 mit Luftschicht, Schnitt 2 ohne Luftschicht; Quelle: UdK Berlin, Fachgebiet VPT

Der Wandaufbau aus der Vorlaufforschung wurde übernommen, um die neuen Varianten direkt mit dem Aufbau auf Basis von Kalziumsilikat vergleichen zu können. Abbildung 8 zeigt den Schichtenaufbau der neuen Testfassaden im Detail. Sowohl die Ergebnisse der Voruntersuchungen als auch die Simulationsanalysen hatten gezeigt, dass sich eine zusätzliche Luftschicht positiv auf den Feuchtegehalt der innenliegenden Dämmschichten auswirkt. Deshalb wurde bei den neuen Fassadenaufbauten die Fläche jeweils zur Hälfte in eine Variante mit und eine Variante ohne Luftschicht geteilt. Eine 3 cm dicke XPS-Platte trennt die beiden Abschnitte voneinander.

der. Dadurch konnte die Wirkung der Luftschicht unter identischen Randbedingungen im direkten Vergleich untersucht werden.

Messeinrichtung

Bereits in der Vorlaufforschung wurde ein spezielles Messsystem mit Messlanzen entwickelt, um Temperatur und Feuchte präzise in den Schichtgrenzen der Bauteile zu erfassen. Für die zweite Testfassadenuntersuchung wurden vier optimierte Messlanzen konstruiert und mit präzisen Sensoren des Typs Sensirion SHT85 ausgestattet. Dieses System ermöglicht eine zuverlässige Erfassung des Temperatur- und Feuchteverhaltens der Dämmkonstruktionen.

Validierung

Zur Validierung der Simulationsmodelle wurden die Simulationsergebnisse mit den Messdaten der Sensoren in den Zwischenschichten verglichen. Die Daten wurden aufbereitet, zusammengeführt und Grafiken erstellt. Um die Darstellung übersichtlicher zu gestalten, wurden die stündlichen Messwerte gemittelt und als wöchentliche Mittelwerte dargestellt.

Evaluierung im realen Gebäude

Im weiteren Projektverlauf wurden die zuvor simulierten und an Testfassaden untersuchten Materialkombinationen unter realen Bedingungen im Gebäudebetrieb getestet. Das Ziel war es, das Verhalten der Dämmmaterialien im Alltagseinsatz zu analysieren, insbesondere mit Blick auf ihre Feuchtepufferung, ihr Trocknungspotenzial und ihre bauphysikalische Stabilität. Die Messdaten aus dem Monitoring liefern wertvolle Hinweise zur Praxistauglichkeit der Systeme und zeigen, wie gut sich die getesteten Schichtkombinationen für die Altbausanierung eignen.

Thermische Raumsimulation

Das bauphysikalische Verhalten des neu entwickelte mehrschichtige Innendämmsystems wurde auch auf Raumebene untersucht. Dafür wurden thermische Simulationen eingesetzt, mit denen sowohl das energetische Verhalten als auch das Raumklima analysiert wurde.

Graue Energie und Lebenszyklusanalyse

Im weiteren Projektverlauf wurde eine Lebenszyklusanalyse (LCA) der untersuchten Innendämmsysteme durchgeführt, um deren ökologische Auswirkungen über den

gesamten Produktlebensweg zu bewerten. Dafür wurden die Module A1–A3 („cradle to gate“) zur Erfassung der Grauen Energie (Energie, die für Rohstoffgewinnung, Transport und Herstellung) genutzt. Zusätzlich wurden im Modul D die Rückgewinnungs- und Recyclingpotenziale berücksichtigt, um Gutschriften für wiedergewonnene Materialien einzubeziehen. Auf dieser Basis konnte ermittelt werden, welche Materialien und Schichtkombinationen während der Produktion den höchsten Energieaufwand und CO₂-Fußabdruck verursachen. Parallel dazu wurde mit der Software eLCA der Primärenergiebedarf und das Treibhauspotenzial während der Nutzungsphase von 50 Jahren analysiert. So konnte die Betriebsenergie bewertet und die langfristige Umweltauswirkung der Dämmsysteme eingeschätzt werden.

Literatur

Bauklimatik Dresden, 2025: Bauklimatik Dresden. Zugriff: <https://bauklimatik-dresden.de/> [abgerufen am 04.03.2025].

BMWK – Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, 2023: Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Gebäude – Einzelmaßnahmen (BEG EM). In: Bundesanzeiger, Amtlicher Teil, 29.12.2023, Bekanntmachung 1.

DIN 4108-2, 2013: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. 2. Auflage. Berlin.

DIN EN 15804, 2022: Nachhaltigkeit von Bauwerken – Umweltproduktdeklarationen – Grundregeln für die Produktkategorie Bauprodukte. 2. Auflage. Berlin.

EQUA Solutions AB, o. J.: EQUA Solutions. Zugriff: <https://www.equa.se/de/> [abgerufen am 04.03.2025].

Kautsch, P.; Rössler, M.; Haslinger, W., 2005: Zellulose-Innendämmung ohne Dampfsperre. Herausgeber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 84/2006. Graz.

Künzel, H.; Binder, A.; Zirkelbach, D., 2013: Feuchtetechnische Auslegung – Beurteilung von Innendämmsystemen. In: Forschungsvereinigung WTA (Hrsg.): Leitfaden Innendämmung (ID). München: 10–13.

Plagge, R.; Funk, M.; Scheffler, G.; Grunewald, J., 2006: Experimentelle Bestimmung der hygrischen Sorptionsisotherme und des Feuchtetransportes unter instationären Bedingungen. Bauphysik, 28. Jg. (2): 81–87. <https://doi.org/10.1002/bapi.200610007>

WTA – Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e. V., o. J.: Bauphysik. Zugriff: <https://www.wta-international.org/de/referate/bauphysik/> [abgerufen am 04.03.2025].

Projektbeteiligte



Universität der Künste Berlin

Forschende Stelle: Universität der Künste Berlin, Institut für Architektur und Städtebau, Fachgebiet Versorgungsplanung und Versorgungstechnik

Impressum

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ZUKUNFT BAU
FORSCHUNGSFÖRDERUNG



Dieses Projekt wurde gefördert vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) aus Mitteln des Innovationsprogramms Zukunft Bau.

Aktenzeichen: 10.08.18.7-22.31
Projektlaufzeit: 09.22 bis 08.25
Bundesmittel in €: 203.532,70

Zuwendungsempfängende:
Universität der Künste, Berlin

Über Zukunft Bau

Mit dem Innovationsprogramm Zukunft Bau stärkt das BMWSB gemeinsam mit dem BBSR die Zukunfts- und Innovationsfähigkeit des Bausektors. Die Zukunft Bau Forschungsförderung schafft Vorbilder, die die Machbarkeit von neuen Ideen ausloten und die Baupraxis weiterentwickeln. Gefördert werden Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, die einen Gebäudebezug als Schwerpunkt haben und einen substantiellen Beitrag zur Bewältigung aktueller und künftiger Herausforderungen im Baubereich erwarten lassen.

zukunftbau.de

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Wissenschaftliche Begleitung

Dr.-Ing. Michael Brüggemann,
Brüggemann Kisseler Ingenieure
im Auftrag des BBSR, Referat WB 3
„Forschung und Innovation im Bauwesen“
zb@bbr.bund.de

Autorinnen und Autoren

Helena Burchard
Universität der Künste, Berlin
h.burchard@udk-berlin.de

Werner Kaul-Gothe
Universität der Künste, Berlin

Prof. Dr.-Ing. Christoph Nytsch-Geusen
Universität der Künste, Berlin

Tassilo Riemer
Universität der Künste, Berlin

Redaktion

Universität der Künste, Berlin

Stand

August 2025

Grafisches Konzept

www.sans-serif.de

Satz und Barrierefreiheit

www.sans-serif.de
www.satzweiss.com

Bildnachweis

Titelbild: UdK Berlin, Fachgebiet VPT

Vervielfältigung



Dieses Werk ist lizenziert unter der Creative Commons-Lizenz Attribution – Share Alike 4.0 (CC BY-SA 4.0). Diese Lizenz erlaubt unter Voraussetzung der Namensnennung des Urhebers und der Weitergabe unter gleichen Bedingungen die Bearbeitung, Vervielfältigung und Verbreitung des Materials in jedem Format oder Medium für beliebige Zwecke, auch kommerziell. Nähere Informationen zu dieser Lizenz finden sich unter: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.de/>.

Die Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Zitiervorschlag

Burchard, H.; Kaul-Gothe, W.; Nytsch-Geusen, C.; Riemer, T., 2025: Mehrschichtige Innendämmsysteme für Bestandsbauten: Grundlagenuntersuchungen zur Kombination feuchteregulierender und konventioneller Materialien für Innendämmsysteme (InMoB). Herausgeber: BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung. Zukunft Bau – Forschung KOMPAKT 7/2025. Bonn. <https://doi.org/10.58007/mzan-xg77>



Bonn 2025
ISSN 2944-067X

Dieses Werk ging aus folgendem Forschungsbericht hervor:

Burchard, H.; Kaul-Gothe, W.; Nytsch-Geusen, C.; Riemer, T., 2025: InMoB – Grundlagenuntersuchungen zum hygrothermischen Verhalten hygrisch aktiver und nicht aktiver Schichtverbünde als Grundlage für kostengünstige und energieeffiziente Innendämmungen: Inside insulation based on layer composites with moisture buffers. Berlin.

Hier geht es zum kostenfreien

Forschungsbericht:

<https://www.udk-berlin.de/studium/architektur/fachgebiete/versorgungsplanung-und-versorgungstechnik/forschung/#c127691>



itektur/fachgebiete/versorgungsplanung-und-versorgungstechnik/forschung/#c127691