

## Reversible Innendämmsysteme für Baudenkmäler und Bestandsbau

Ralf Kilian, Martin Krus, Britta von Rettberg

Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen

### Kurzfassung

Bei dem Forschungsprojekt „EnOB: Energetische Untersuchungen und Optimierung von Innendämmungen“ stehen innovative Materialien zur energetischen Verbesserung im Baubestand sowie die Weiterentwicklung vorhandener Produkte für die Denkmalpflege im Fokus. Ziel ist die Entwicklung von neuartigen Systemlösungen für eine prinzipiell rückbaubare Montage der Innendämmung, mit möglichst geringem Verlust an wertvoller historischer Bausubstanz. Die Untersuchungen finden in einem historischen Gebäude, der Alten Schäferei, am Fraunhofer-Zentrum für energetische Altbausanierung und Denkmalpflege im Kloster Benediktbeuern statt.

### Reversible Innendämmsysteme

Bei dem Forschungsprojekt „Innendämmungen“ stehen innovative Materialien zur Innendämmung im Baubestand sowie die Weiterentwicklung vorhandener Produkte für die Denkmalpflege im Fokus. Hierbei ist vor allem die Frage der Reversibilität von großer Bedeutung. Innenraumoberflächen in historischen Gebäuden sind oft mit einer Vielzahl von übereinander liegenden Farbfassungen, also bunten und teilweise ornamentalen Anstrichen, versehen. Diese Schichten sind materielle Zeugnisse der Vergangenheit und geben Aufschluss über den jeweiligen Zeitschmack. Beim Einbau von Dämmplatten werden diese Oberflächen üblicherweise mit Montageklebern verdeckt, die bei einem späteren Rückbau die historischen Befunde mit ablösen und zerstören.

Ziel des Projektes ist daher die Entwicklung von Systemen für eine rückbaubare Montage der Innendämmung, die bei einfacher Applikation mit möglichst geringem Verlust an wertvoller, historischer Bausubstanz auskommt. Dazu werden verschiedene Varianten betrachtet, von kaschierenden Zwischenschichten bis hin zu vorgeständerten Trockenbaukonstruktionen, die die originalen Oberflächen schützen sollen. Aber auch für den Bestandsbau mit regelmäßig wiederkehrenden Sanierungsintervallen bieten reversible Lösungen höhere Flexibilität in der Sanierung.



Abb. 1 m Obergeschoss der Alten Schäferei im Kloster Benediktbeuern werden innovative Materialien für die Innendämmung reversibel appliziert und messtechnisch untersucht.

### Forschung am Fraunhofer-Zentrum Benediktbeuern

Das Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP betreibt seit dem Jahr 2010 das Fraunhofer-Zentrum für energetische Altbausanierung und Denkmalpflege im Kloster Benediktbeuern (Abb. 1) Es stellt ein Innovationszentrum des Fraunhofer IBP Holzkirchen dar. Das Zentrum

setzt sich mit Aspekten zur Erhaltung des baukulturellen Erbes und der historischen Bausubstanz auseinander. Ein Schwerpunkt der Arbeit ist die energetische Verbesserung von Bestandsgebäuden unter Einbeziehung denkmalpflegerischer Belange. Ziel ist es, Denkmalpflege und Bauphysik miteinander zu verbinden und Themen wie Energieeffizienz, Nachhaltigkeit, Ökonomie und Ökologie sowie erneuerbare Energien, aber auch den städtebaulichen Kontext einzubeziehen.

Das Fraunhofer-Zentrum basiert auf folgenden vier Säulen: Forschung, Demonstration, Beratung und Weiterbildung. Damit findet erstmals eine Bündelung von bauphysikalischem Wissen und Erfahrungen aus dem Bereich des Bauens im denkmalgeschützten Bestand in einem öffentlich wirksamen Beratungszentrum statt. Im Kern des Zentrums steht die Überzeugung, dass Forschung ein wesentlicher Faktor für die Erhaltung und das Fortbestehen unserer Baudenkmäler sowie der traditionell bebauten Umgebung ist. Durch das Zusammenführen von Tradition und Innovation werden neue praxisnahe Lösungen entwickelt, die am Baudenkmal und Altbaubestand langfristig funktionieren und die historische Substanz erhalten.



Abb. 2 Die Alte Schäfllerei im Kloster Benediktbeuern beherbergt das Fraunhofer-Zentrum für energetische Altbausanierung und Denkmalpflege.

Die Alte Schäfllerei aus der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts im Kloster Benediktbeuern (Abb. 2), in der das Zentrum entsteht, wird als Anschauungsobjekt im Sinne einer »Gläsernen Baustelle«

denkmalfachlich und unter energetischen Gesichtspunkten instandgesetzt. Damit fördert das Zentrum aktiv den Wissenstransfer zwischen Denkmalpflege, Baupraxis, Forschung und Industrie. Die breite Palette der Möglichkeiten zur Altbausanierung und Denkmalpflege soll genauso wie innovative Technologien zur Energieeffizienz und nachhaltigen Sanierungen beispielhaft an dem denkmalgeschützten Gebäude demonstriert werden. Zusammen mit Partnern aus den Bereichen Denkmalpflege, Architektur und Umwelt sowie der Bauindustrie werden innovative und historische Materialien, Produktkombinationen und Techniken direkt am historischen Gebäude der Alten Schäfllerei und auf dem Freilandversuchsgelände des Fraunhofer IBP erforscht und optimiert.

Das Sichtbarmachen bauphysikalischer Vorgänge, das Veranschaulichen von Methoden und das Zeigen von Materialien ist ein wichtiges Anliegen des Zentrums. Dazu dienen feste und wechselnde Ausstellungen sowie Umsetzungen vor Ort. In der »Gläsernen Baustelle« können sich Besucher frühzeitig über die Arbeit des Fraunhofer-Zentrums Benediktbeuern informieren. Das Zentrum sieht sich in seiner wissenschaftlich fundierten Sammel- und Informationstätigkeit zu Energieeffizienz, Denkmalpflege und Bauphysik als Vermittler unterschiedlicher Zielgruppen. Das Fraunhofer-Zentrum richtet sich an Architekten, Ingenieure, Fachplaner, Handwerker, Denkmalpfleger, Energieberater, Bauherren und Kommunen sowie an alle, die sich für das Thema interessieren. Mit seinem Weiterbildungsprogramm und seiner Beratungsmöglichkeit informiert das Zentrum die interessierte Öffentlichkeit und ist auch in der Jugendarbeit engagiert.

Im Juni 2012 fiel der Startschuss für ein Forschungsvorhaben zur reversiblen Innendämmung im Altbau und Baudenkmal, unter Förderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie. Mit einem interdisziplinären Ansatz arbeiten hier die Abteilungen Raumklima, Hygrothermik und Ganzheitliche Bilanzierung des Fraunhofer IBP gemeinsam an der Erforschung neuer Lösungen für Baudenkmäler und den Bestandsbau.

## Auswahl der Dämmstoffe

Als Dämmstoffe werden sowohl innovative, hochdämmende und dabei dünne Systeme [1], als auch Materialien aus nachwachsenden Rohstoffen einbezogen [2]. Beide Kriterien sind für die Denkmalpflege relevant, da hier zum Einen dünne hoch effiziente Systeme gefragt sind, die das Erscheinungsbild der historischen Gebäude möglichst wenig beeinträchtigen, zum Anderen aber auch Materialien, die auf einer eher inhaltlichen Ebene kompatibel mit den vorhandenen historischen Baumaterialien sind. Grundsätzlich können die Systeme in diffusionsoffene und zum Teil kapillaraktive Dämmstoffe versus diffusionsdichte Konstruktionen und Materialien unterschieden werden. Beide Varianten finden Betrachtung.

## Hygrothermische Untersuchungen und Realversuche

Die Materialien und Systeme werden in diesem Forschungsvorhaben vorab in 1- und 2-dimensionalen hygrothermischen Berechnungen simulativ mit der Software WUFI® untersucht und vor Ort messtechnisch auf ihre Eignung, Wirkungsweise und Dauerhaftigkeit im Altbaubestand und Denkmalbereich überprüft. Dabei stehen Schadensfreiheit, Schimmelpilzrisiko und Energieeffizienz im Vordergrund. Diese Kriterien spielen für die Akzeptanz im schützenswerten Altbau und denkmalgeschützten Gebäude eine essentielle Rolle.

Die insgesamt zehn unterschiedlichen Dämmvarianten werden im Fraunhofer-Zentrum Benediktbeuern eingebaut und vermessen (Abb. 3). Jede der ca. 10 m<sup>2</sup> großen Wandflächen schließt dabei eine Fensteröffnung mit ein, um auch die Leibungs- und Anschlussproblematik zu untersuchen. Als Bewertungskriterien dienen, neben der hygrothermischen Funktionsweise und Schadensfreiheit, die ökologische, ganzheitliche Bilanzierung über den Lebenszyklus und die Kosteneffizienz der neuen Systeme.

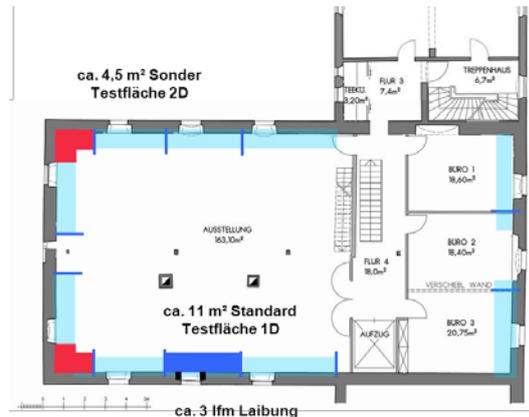


Abb. 3 Grundriss des Obergeschosses der Alten Schäferei mit den Flächen für die Varianten zu reversiblen Systemen für die Innendämmungen

Um das Risiko von Schäden an der historischen Bausubstanz der Alten Schäferei möglichst gering zu halten, werden zwei Strategien verfolgt. Zum einen werden die Systeme vor dem Einbau in hygrothermischen Simulationen auf kritische Randbedingungen hin getestet [3], wie z.B. die Wasseraufnahme des Außenputzes bei Schlagregenbelastung. Zum anderen stellt ein umfangreiches Monitoring der kritischen Stellen in der Konstruktion wie z.B. originale Wandoberflächen oder an den Balkenköpfen sicher, dass Schadensrisiken rechtzeitig erkannt werden und ggf. eingegriffen werden kann, bevor Schäden entstehen.

## Bewertung der Schlagregenbelastung und Auslegung der Innendämmung

Mit Hilfe rechnerischer zweidimensionaler Untersuchungen werden für die Innendämmsysteme die Einsatzmöglichkeiten beurteilt. Dies dient auch der Eignungsprüfung der Dämmsysteme, um vor deren Einsatz in der Alten Schäferei Feuchteschäden von vorne herein auszuschließen. Voraussetzung für die Berechnungen ist die Kenntnis aller notwendigen hygrothermischen Kennwerte. Diese können zum Teil der WUFI® Materialdatenbank entnommen werden oder müssen experimentell bestimmt werden.

Als äußere Randbedingung für die Berechnungen dienen Klimadaten von der Wetterstation Benediktbeuern. Als Innenklima werden 20 °C und 50 % relative Feuchte zu Grunde gelegt, da der

Raum später mit diesen klimatischen Randbedingungen betrieben werden soll. Die Systemaufbauten werden mit Westausrichtung berechnet, da dies die durch Schlagregen beanspruchte Fassade ist.

In der Abbildung 4 ist der Wandaufbau für das System mit Mineralschaumdämmung dargestellt.

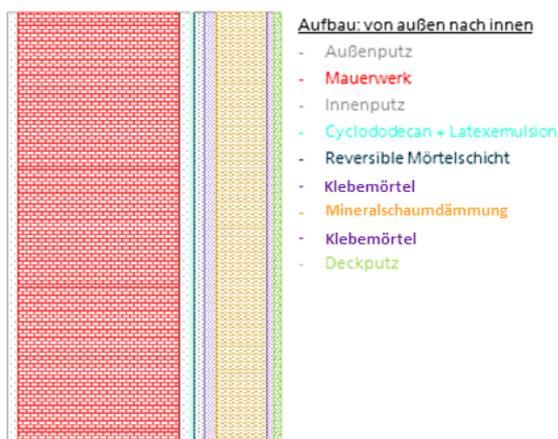


Abb. 4 In WUFI®-2D implementierter Wandaufbau.

Weil für die Bestandswand die Materialkennwerte nicht bekannt waren, wurde im Vorfeld der rechnerischen Untersuchung am Außenputz der Wasseraufnahmekoeffizient ( $w$ -Wert) bestimmt. Da die Fassade mit verschiedenen Putzen ausgebessert wurde, ergibt sich eine große Schwankungsbreite des  $w$ -Wertes ( $1,8 - 7,7 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$ ). Für die hygrothermische Simulation wurde ein Mittelwert von  $4,2 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$  für die Ausgangssituation angenommen. Ebenfalls konnte mittels Wärmestrom- und Temperaturmessung der  $U$ -Wert des Aufbaus rechnerisch bestimmt werden. Er liegt bei ca.  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

## Ergebnisse der rechnerischen Untersuchungen

Ausgehend von einem Anfangsfeuchtegehalt in den einzelnen Materialien entsprechend einer Ausgleichsfeuchte bei 80 % relativer Luftfeuchte nimmt der Wassergehalt im Kalkputz der Bestandswand bei allen Varianten (Abb. 5) stetig zu. Vergleicht man die Ergebnisse der Bestandswand ohne Innendämmung mit den Dämmsystemen, fällt auf dass die Bestandswand trotz Schlagregenbelastung einen geringen Wassergehalt aufweist.

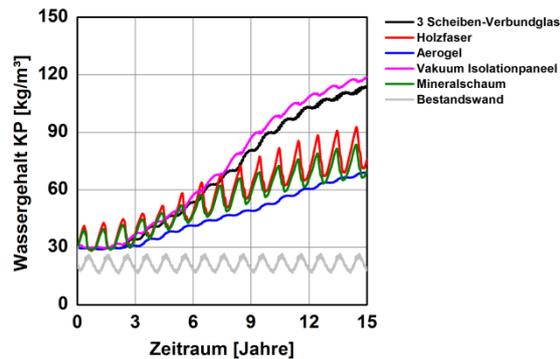


Abb. 5 Verlauf der Wassergehalte im Kalkputz.

Der Anstieg des Wassergehaltes ist damit begründbar, dass durch den hohen Wasseraufnahmekoeffizient des Außenputzes Regenwasser aufgenommen und durch das Mauerwerk kapillar weiter geleitet wird. Um Schäden an der Oberfläche des Kalkputzes bzw. an den historischen Farben zu vermeiden, muss der  $w$ -Wert des Außenputzes verringert werden. Möglichkeiten zur Senkung der Wasseraufnahme wären die Hydrophobierung, eine stärker Wasser abweisende Beschichtung oder das Aufbringen eines neuen Putzsystems.

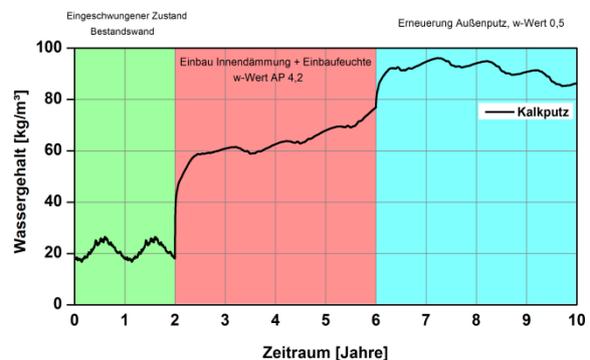


Abb. 6 Verlauf des Wassergehaltes im Kalkputz in den verschiedenen Phasen.

In der Abb. 6 ist der Verlauf des Wassergehaltes im Kalkputz in den verschiedenen Phasen (eingeschwungener Zustand Bestand, Einbau der Innendämmung mit Einbaufeuchte sowie nach Absenkung der Wasseraufnahme des Außenputzes) dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass es nach dem Einbau der Innendämmung zu einer starken Aufwechtung im Kalkputz kommt. Würde nach 4 Jahren eine Verringerung der Wasseraufnahme ( $w$ -Wert) des Außenputzes erfolgen, findet eine langsame Austrocknung im innenseitigen Kalkputz statt.

Im weiteren Verlauf wurden mehrere rechnerische Untersuchungen durchgeführt, um so den erforderlichen w-Wert der Außenbeschichtung zu ermitteln. Hierbei ergab sich, dass ab einem w-Wert von  $0,5 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$  keine Aufwechung mehr im Putz stattfindet. Bei den beiden diffusionsdichten Systemen (3 Scheiben-Verbundglas & VIP) kann sogar eine leichte Abnahme des Wassergehaltes verzeichnet werden.

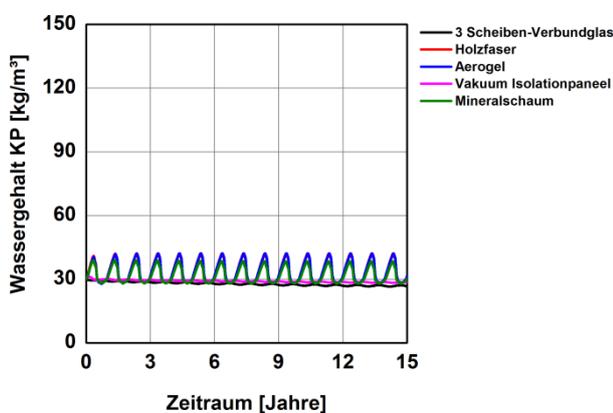


Abb. 7 Verlauf des Wassergehaltes des Kalkputzes bei einem w-Wert außen von  $0,5 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$ .

## Neue Lösungen

### für Baudenkmäler und Bestandsbau

Die Resultate, die im Projekt erlangt werden, dienen durch die Entwicklung von neuen Produkten und Verfahren einerseits der Stärkung des Wirtschaftsstandorts Deutschland. Andererseits werden neue Produkte entwickelt, die der Erhaltung historisch wertvoller Bausubstanz und damit dem Gemeinwohl zu Gute kommen. Neue Lösungen zur Innendämmung sind ein wichtiger Aspekt in der fachgerechten energetischen Sanierung von Bestandsgebäuden sowie der energetischen Instandsetzung schützenswerter und denkmalgeschützter Gebäude. Mit der Entwicklung neuer, kompatibler und reversibler Dämmsysteme für den Altbaubestand und für Baudenkmale wird zur Erreichung der energiepolitischen Ziele der Regierung beigetragen.

## Förderung

Das Projekt „EnOB: Energetische Untersuchungen und Optimierung von Innendämmungen“ wird vom Bundeswirtschaftsministerium auf Grund eines Beschlusses des Bundestages gefördert. Das Projekt läuft über 4 Jahre von 2012 bis 2016, das Fördervolumen beträgt 1.6 Mio. Euro. Als Industriepartner sind aktuell die Firmen Sto, Knauf und Xella mit innovativen Dämmösungen beteiligt. Darüber hinaus wird ein Dämmstoff aus nachwachsenden Rohstoffen der Fa. Typhatechnik untersucht, der aus Rohrkolben hergestellt wird. Für Interessierte aus der Bauindustrie besteht noch bis Sommer 2014 die Möglichkeit zur Teilnahme an dem öffentlich geförderten Forschungsvorhaben mit eigenen Produktentwicklungen zur Innendämmung für den schützenswerten Altbau.

## Referenzen

- [1] Stefan Bichlmair, Martin Krus und Ralf Kilian: Eine neue Methode zur VIP- Innendämmung im Bereich der Denkmalpflege. Konzept – Aufbau – Erste Ergebnisse. 2. Internationaler Innendämmkongress, 12.-13. April 2013, Dresden, Internationales Kongress Center.
- [2] Theuerkorn, W.; Fritsch, A.; Mach, M.; Krus, M.; Großkinsky, Th.; Fitz, C. Theuerkorn, D. Knodt, H. Walter, U.: Neuer Baustoff für umweltfreundliche und bautechnische Sanierung in der Denkmalpflege. DBU-Bericht (Förderkennzeichen AZ 27918)
- [3] M. Krus, O. Silberhorn, R. Kilian, M. Kratzmeier: Innovative Innendämmung im Denkmalschutz. Energetische Sanierung des Augsburger Landesamtes für Finanzen - Simulation und messtechnische Begleitung. – BAUSUBSTANZ 4 (2013); H. 1, S. 24 – 33; ISSN 2190-4278.
- [4] Krus, M.; Sedlbauer, K.: Innendämmung und Schimmelpilzproblematik. Internationaler Innendämmkongress, 20.-21. Mai 2011. Dresden Tagungsband S. 53-64. ISBN 3-940117-07-06.
- [5] Krus, M.; Theuerkorn, W.; Großkinsky, Th.; Georgiev, G.: Neuer, tragfähiger Dämmstoff aus Rohrkolben (Typha) zur Fachwerksanierung und Innendämmung. Bauphysiktag Kaiserlautern, 27. – 28. November 2013, Tagungsband S. 115-117. ISBN 978-3-943995-41-1.