



IGF-Forschungsvorhaben CORNET 247 EBG

IN2EuroBuild

Einheitlicher europäischer Leitfaden für die Innendämmung von Bestandsbauten und Baudenkmälern

Durchgeführt von

Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Standort Holzkirchen (IBP)

Technische Universität Dresden, Institut für Bauklimatik, Professur für Bauphysik (TUD-IBK)

Belgian Building Research Institute (BBRI)

Applicant / AiF-Forschungsvereinigung

Holztechnologie / Trägerverein Institut für Holztechnologie Dresden e.V., Dresden, Germany (TIHD)

Authors / Autoren

Dr. Daniel Zirkelbach, Tobias Schöner, Eri Tanaka, Heike Sonntag, Dr. Ullrich Ruisinger,

Dr. Christian Conrad, Eric Stöcker, Timo de Mets, Yves Vanhellemont, Jade Deltour,

Mathias Rehm

Holzkirchen / Dresden / Limelette, 14.07.2022

Inhaltsverzeichnis

Ausgangssituation und Zielstellung	3
1 Gebäudebewertung	4
1.1 Analyse der Feuchtebedingungen in Gebäuden	4
1.2 Entwicklung von einfachen Vor-Ort-Messungen	5
1.3 Zusammenstellung typischer Wandkonstruktionen und Wandbaustoffe	5
2 Planung von Innendämmmaßnahmen	6
2.1 Kriterien zu Bewertung und Vergleich kapillaraktiver Innendämmsysteme	6
2.1.1 Quantifizierung der kapillaren Rückleitung	6
2.1.2 Simulation auf Referenzwand	7
2.2 Klassifizierungstabelle	8
2.3 Neue Grenzwerte für Holzfaser-Innendämmstoffe	8
2.3.1 Laboruntersuchungen	10
2.3.2 Vergleich mit Massivholz / WTA-Grenzwerte auch für Holzfaser-Innendämmung	11
2.4 Neue Feuchtereferenzjahre für die hygrothermische Bemessung in Belgien	12
3 Monitoring-System für die Ergebniskontrolle	14
3.1 Das IN2EuroBuild - Messsystem	14
3.2 Laboruntersuchungen	15
3.3 Feldversuche	16
3.4 Zusammenfassung	19
4 Leitfaden zur Planung und Ausführung	20
4.1 Planungsleitfaden Innendämmung	20
4.2 Aktualisierung Simulationsprozedere	23
4.3 Detaillösungen	23

Ausgangssituation und Zielstellung

Die energetische Sanierung von Außenwänden ist unter mitteleuropäischen Klimabedingungen eine der wichtigsten Maßnahmen zur Senkung des Energiebedarfs im Gebäudebestand. Bei einigen Altbauten ist die Innendämmung die einzige Möglichkeit, bei anderen die energetisch vorteilhafteste zur Dämmung der Außenwände. Innendämmungen müssen mit Sorgfalt geplant und ausgeführt werden, da sie das Risiko von Feuchtigkeitsproblemen wie Kondensation, Schimmelbildung oder Frostschäden erhöhen können. Bei guter Planung und Ausführung sind sie jedoch eine zuverlässige und bewährte Dämmmaßnahme, die für die meisten Anwendungen geeignet ist. Trotz vieler Forschungsprojekte, etablierter Systemlösungen und jahrzehntelanger positiver Erfahrungen wird die Technik im Vergleich zu ihrem Potenzial nur verhalten eingesetzt. Manche Planer sind aufgrund der Vielzahl der verfügbaren Systeme, der bauphysikalischen Vorbehalte und der unterschiedlichen Wirkungsweisen unsicher in der Anwendung.

Auf dem Weg zu einer zuverlässigen und großflächigen Anwendung der Innendämmung sind daher klare und einfache Leitlinien für Baupraktiker erforderlich und zwar von der Bestandsanalyse des Gebäudes über die Sanierungsplanung der Fassade, die Auswahl geeigneter Dämmsysteme und deren Nachweis bis hin zur Detailausführung. Diese nach wie vor große Lücke zu schließen war daher das Hauptziel des IN2EuroBuild-Projekts "Konsistente europäische Richtlinien für die Innendämmung von Bestandsgebäuden und denkmalgeschützten Gebäuden".

Weiterer Bedarf ergab sich bezüglich der Bewertung von Holz- und Naturfaserdämmstoffen. Die bisher verfügbaren Grenzwerte erschienen im Vergleich zur Praxiserfahrung deutlich zu vorsichtig und schränken den Einsatz im Vergleich zu Konkurrenzprodukten übermäßig ein. Hier sollte über geeignete Laborversuche gezeigt werden, dass die Materialien teilweise mindestens so beständig sind wie Holz und einem breiteren Einsatz dementsprechend nichts entgegensteht.

Auch kapillaraktive Innendämmungen haben sich in der Praxis bereits lange bewährt. Allerdings erfordert ihre Bemessung bisher immer einen individuellen Nachweis. Eine Klassifizierung der Kombination der maßgeblichen Eigenschaften soll hier die Grundlagen für einen vereinfachten Nachweis schaffen, mit dem der Einsatz dieser Materialien in deren Kernanwendungsbereich deutlich einfacher möglich werden soll als bisher.

Da trotz all genannten Verbesserungen in Einzelfällen immer noch Unsicherheiten zumindest bezüglich der genauen lokalen Klimabelastung sowie der tatsächlichen späteren Nutzung bestehen bleiben können, werden für diese Fälle einfache Monitoringmöglichkeiten benötigt, mit deren Hilfe das Vertrauen der Bauherren zum erforderlichen Nutzen der Spielräume gewonnen und trotzdem bei Bedarf frühzeitig interveniert werden kann.

Dem Praxisplaner soll somit ein umfassendes Paket an die Hand gegeben werden, dass ihn von Anfang bis Ende durch die Innendämmmaßnahme leitet, die jeweils adäquate Vorgehensweise zu identifizieren hilft und bei Bedarf auch im Nachhinein zu verifizieren erlaubt.

Forschungsergebnisse

1 Gebäudebewertung

1.1 Analyse der Feuchtebedingungen in Gebäuden

Die genaue Analyse eines Gebäudes ist eine notwendige Basis für eine erfolgreiche Sanierung. Da es bei der Zustandserfassung von Gebäuden letztlich auch um Schäden geht und Feuchte der Hauptgrund für Schäden an der Bausubstanz ist, konzentriert sich der entwickelte Leitfaden zur Zustandsanalyse in erster Linie auf die Feuchte.

Der Leitfaden soll bis zu einem gewissen Grad auch Laien befähigen, den Zustand eines Gebäudes erfassen zu können. Die Erläuterungen beginnen deshalb mit der Vorbereitung und Durchführung einer Vor-Ort-Begehung. Dazu werden die Hauptquellen von Feuchte erläutert sowie deren verschiedene Erscheinungsformen und Ursachen. Je nach Feuchtequelle sind dabei andere Analysemethoden anzuwenden.



Abbildung 1: Schadensbilder für aufsteigende Feuchte (links) und Salze (rechts)

Es schließt sich eine Aufzählung von in Gebäuden auftretenden Schadensbildern an. Deren Ursachen werden zu den Feuchtequellen in Beziehung gesetzt und in deren bauhistorischen Hintergrund verortet, da bestimmte Baumaterialien und -technologien verschiedener Epochen sich als schadensauslösend erwiesen haben. Für die verschiedenen Schadensbilder sind im Anhang eine Vielzahl von bebilderten Beispielen aufgeführt, da besonders bei Laien rein verbale Erläuterungen zu kurz greifen würden.

Ein detailliertes Ablaufschema unterstützt den Prozess der Bauwerksanalyse. Das Ablaufschema ist durch Hyperlinks mit dem Haupt-Dokument verbunden, sodass bei Unklarheiten der verlinkte Bereich im Leitfaden für Aufklärung sorgen kann.

Der Leitfaden ist trotz seiner Kompaktheit verständlich abgefasst und steht am Bau interessierten Menschen kostenlos zur Verfügung.

1.2 Entwicklung von einfachen Vor-Ort-Messungen

Der Leitfaden enthält unter anderem eine Auflistung von üblichen Messmethoden. Deren Wirkungsweise, Zuverlässigkeit und Genauigkeit werden erklärt und bewertet. Der Fokus liegt dabei auf einfachen und günstigen Methoden, die auch von unerfahrenen Menschen angewendet werden können. Für eine spezielle, weit verbreitete Messmethode wird ein Tool zur Verfügung gestellt, das bei der Auswertung der Messungen unterstützt.

Die vorgestellte Vorgehensweise und die darin eingebetteten Messmethoden wurden an verschiedenen Gebäuden eingesetzt, um sie hinsichtlich der Zielstellung des Projekts zu überprüfen.

1.3 Zusammenstellung typischer Wandkonstruktionen und Wandbaustoffe

Für die genauere Planung von Innendämmmaßnahmen sind die vorhandenen Materialien mit ihren Eigenschaften von hoher Bedeutung. Da bei Bestandsgebäuden insbesondere eine Lücke bei Mörteln und Putzen besteht, wurden anhand von historischen Rezepturen mehrere Mörtel und Putze hergestellt (Tabelle 1) und labortechnisch genau untersucht. Nach einer anschließenden Materialcharakterisierung und die Überführung der Messwerte in Dateien können sie nun in verschiedenen Planungswerkzeugen berücksichtigt werden.

Tabelle 1: Zusammensetzung der historischen Putze und Mauermörtel

Nr.	Anwendung	Raumteile	Zuschlag Körnung, Sand	Raumteile	Kalk	Raumteile	Zement
1	Mauermörtel/ Unterputz (innen/ außen)	4	0 - 4 [mm] (Kiesgrube Kuhn)	1	Hydraulischer Kalk 5	1/4	CEM II 32,5R
2	<u>Oberputz</u> (innen)	2,5	0 - 1 [mm] U (<u>Uhsmandorf</u>)	1	Weißkalk 90*		
3	<u>Fein- und Oberputz</u> (außen)	4	0 - 2 [mm] (Kiesgrube Kuhn)	1	Hydraulischer Kalk 5		
4	Fugenmörtel Klinker (außen)	3	0 - 1 [mm] U (<u>Uhsmandorf</u>)			1	CEM II 32,5R

Des Weiteren wurden aus der Literatur typische historische Wandkonstruktionen regional aufgeschlüsselt und soweit möglich, mit Materialeigenschaften hinterlegt. Dabei wurde festgestellt, dass die Materialeigenschaften ausgesprochen heterogen sind und sich keine Gesetzmäßigkeiten ableiten lassen, um beispielsweise von der Dichte und Wärmeleitfähigkeit eines Ziegels auf dessen Diffusionswiderstand Rückschlüsse ziehen zu können.

2 Planung von Innendämmmaßnahmen

2.1 Kriterien zu Bewertung und Vergleich kapillaraktiver Innendämmsysteme

In diffusionsoffenen, kapillaraktiven Dämmsystemen wirken in der kalten Witterungsperiode zwei einander entgegengesetzte Feuchtetransport-Prozesse. Der Diffusionstransport aus dem Raum in Richtung des kalten Außenklimas sorgt für einen Eintrag von Feuchte in das Dämmsystem und einen Anstieg der Feuchte auf dessen Kaltseite. Ab etwa 80 % r.F. setzt Flüssigwassertransport ein, der die Feuchte zurück in Richtung Innenraum leitet und einen weiteren Feuchteanstieg bremst oder sogar vollständig kompensiert.

2.1.1 Quantifizierung der kapillaren Rückleitung

Voraussetzung für eine genaue Beurteilung des Feuchteverhaltens solcher Dämmstoffe ist eine genaue Beschreibung der hygrothermischen Eigenschaften. Die meisten können durch Standardverfahren ermittelt werden, die kapillare Rückleitung erfordert aber ein spezielles Messverfahren, das am IBP in Form des Kapitests und inzwischen auch am IBK in Form des Kondensationstests vorliegt.

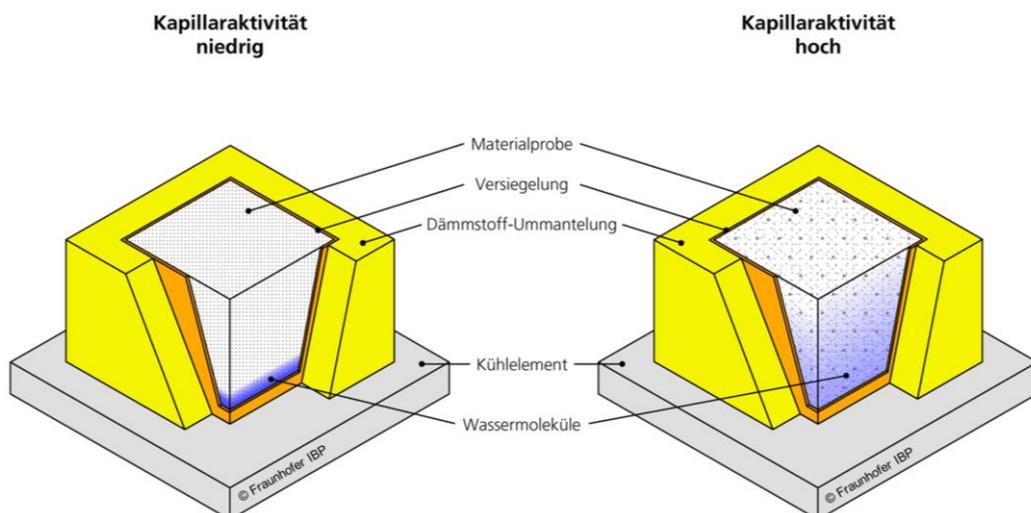


Abbildung 2: Feuchteverteilung im Kapitest bzw. Kondensationstest

Dabei werden die Materialien seitlich abgedichtet und gedämmt und durch in Kontakt bringen mit einer Kühlplatte einem Temperaturgradienten ausgesetzt, der zum Eintrag von Feuchte über Diffusion aus dem warmen und feuchten Laborraumklima hin zur kalten Rückseite des Dämmstoffs führt. Aus Menge und Verteilung der Feuchte kann der sich bei diesen Bedingungen einsetzende Flüssigtransport quantifiziert werden.

Das ist die erste Voraussetzung für eine Beurteilung dieser Materialien. Das Feuchteniveau auf der Kaltseite des Dämmstoffs wird aber auch von weiteren Faktoren beeinflusst: der Saug- und Sorptionsfähigkeit des Untergrundes und des Dämmsystems, dem Dämmniveau der Bestandswand sowie Temperatur- und Feuchteniveau in Außen und Raumklima.

2.1.2 Simulation auf Referenzwand

Eine adäquate Berücksichtigung all dieser Einflussparameter übersteigt die Möglichkeiten eines vereinfachten Nachweises. Von daher müssen diese teilweise eingeschränkt werden.

Um eine Klassifizierung der diffusionsoffenen, kapillaraktiven Materialien und damit einen qualitativen Vergleich verschiedener Dämmsysteme zu ermöglichen, werden daher die Anwendungsvoraussetzungen wie beim allgemeinen vereinfachten Nachweis aus WTA-Merkblatt 6-4 mit nur geringfügigen Anpassungen übernommen. Auf diese Weise kann bereits ein großer Teil der verbleibenden Einflussfaktoren „eliminiert“ werden: Einzelnachweise bleiben erforderlich bei schlecht saugendem Untergrund, bei Schlagregenbelastung von außen und bei Nutzungsbedingungen mit hoher Feuchtelast. Der vereinfachte Nachweis gilt nur für gut oder mäßig saugende Untergründe, vorhandenen Schlagregenschutz und Raumklima mit niedriger oder normaler Feuchtelast (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Anwendungsbereiche für den vereinfachten Nachweis von diffusionsoffenen, kapillaraktiven Dämmstoffen bzw. -systemen:

	Anwendungsbereich		
	I	II	III
Feuchtelast nach WTA 6-2	niedrig	niedrig	normal
Saugfähigkeit des Untergrunds in Anlehnung an WTA 6-4	gut saugend $w \geq 1,0 \text{ kg/m}^2\sqrt{\text{h}}$	mäßig saugend $w \geq 0,2 \text{ kg/m}^2\sqrt{\text{h}}$	gut saugend $w \geq 1,0 \text{ kg/m}^2\sqrt{\text{h}}$

Zur Klassifizierung des Dämmsystems wird dieses auf einer kritisch-repräsentativen Bestandswand simuliert, die die o.g. Kriterien gerade erfüllt. Die Simulation erfolgt der besseren Vergleichbarkeit wegen bei stationären winterlichen Randbedingungen über einen Zeitraum von drei Monaten (kalendarischer Winter).

Das in diesem Zeitraum auf der Kaltseite erreichte Feuchteniveau ist dann Indikator für die Fähigkeit des Dämmsystems den Feuchteintrag in der Wand zu begrenzen. Bleibt die relative Feuchte unter 95 % r.F. gilt dies in Anlehnung an WTA-Merkblatt 6-4 als allgemein unkritisch. Bei höheren Werten bis 99 % r.F. ist der Einsatz auf Systeme und Untergründe beschränkt, die diesen erhöhten Feuchtegehalt vertragen. Werden auch 99 % r.F. überschritten, ist das System für diesen Einsatzbereich nicht ausreichend funktionsfähig, da Tauwasserbedingungen auftreten können.

Die für die Einstufung der Dämmmaterialien zu ermittelnden Kennwerte und die Randbedingungen für die durchzuführenden Simulationen sind im Anhang des erstellten Leitfadens beschrieben.

Tabelle 3: Klassifizierung für den jeweiligen Anwendungsbereich

	Kategorie		
	A	B	Keine Einstufung
Feuchteniveau an Grenzschicht Innendämmung / Bestandswand im Winter	≤ 95 % r.F.	≤ 99 % r.F.	> 99 % r.F.
Anforderungen an Material und Untergrund	Keine (feuchtebeständig bis 95 % r.F)	Feuchte-, frost- und fäulnisbeständig bis 99 % r.F.	(Individuelle Bemessung nach WTA-6-5)

2.2 Klassifizierungstabelle

Nach dem beschriebenen Bewertungsschema wurden 23 verschiedene Innendämmmaterialien bewertet (Tabelle 4). Die meisten davon erreichten je nach Anwendungsbereich entweder die Kategorie A oder die Kategorie B. Einige erreichten bei Anwendungsbereich II und III aber auch Feuchtegehalte über 99 % r.F., so dass für diese keine direkte Einstufung in die beiden Kategorien möglich war. Weitergehende Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass das Feuchteniveau auf der Kaltseite der Dämmung auf einfache Weise durch eine minimal erhöhte dampfbremsende Wirkung der Innenbeschichtung positiv beeinflusst werden kann. Wird der s_d -Wert der inneren Beschichtung moderat von 0,1 m auf 0,2 m für den Anwendungsbereich I bzw. 0,5 m für die Anwendungsbereiche II und III erhöht, ist die Bedingung „diffusionsoffen“ immer noch erfüllt, es konnten damit aber alle untersuchten Dämmsysteme in Kategorie A eingruppiert werden. Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse zusammen.

Es ist vorgesehen, die neue Klassifizierung in das WTA-Merkblatt 6-4 einzubringen. Hersteller diffusionsoffener kapillaraktiver Innendämmsysteme können diese je nach Wunsch als Dämmmaterial oder ganzes Dämmsystem messen und individuell prüfen und klassifizieren lassen. Ergebnis sind die beiden Kategorien A und B für die möglichen drei Anwendungsbereiche – für diese kann das Material oder System dann ohne weiteren Nachweis eingesetzt werden.

2.3 Neue Grenzwerte für Holzfaser-Innendämmstoffe

Erneuerbare und nachhaltige Baumaterialien gewinnen unter verschiedenen Gesichtspunkten an Bedeutung: der Verringerung des Kohlendioxidausstoßes, der Entsorgungsproblematik aber auch der Erhöhung des Komforts durch Feuchte- und Wärmepufferung und ganz allgemein der Wunsch nach Einsatz natürlicher Materialien. Einer erweiterten Nutzung der Materialien stehen jedoch häufig ihre vermeintlich oder tatsächlich hohe Empfindlichkeit gegenüber der Einwirkung von Feuchte und die mangelnden Kenntnisse zu deren Feuchtebeständigkeit. Auch im 2019 abgeschlossenen Projekt EneffID schränkten die unbekanntenen Feuchtegrenzwerte für Innendämmungen aus Holzfasern den Einsatz deutlich stärker ein als bei konkurrierenden Materialien.

Tabelle 4: Klassifizierung von diffusionsoffenen kapillaraktiven Dämmmaterialien / Systemen für die drei Anwendungsbereiche des vereinfachten Nachweises

Material	Application area					
	I		II		III	
	gut saugender Untergrund ($w \geq 1,0 \text{ kg/m}^2\text{Vh}$), niedrige Feuchtelast (WTA 6-2)		mäßig saugender Untergrund ($w \geq 0,2 \text{ kg/m}^2\text{Vh}$), niedrige Feuchtelast (WTA 6-2)		gut saugender Untergrund ($w \geq 1,0 \text{ kg/m}^2\text{Vh}$), normale Feuchtelast (WTA 6-2)	
sdi = 0,1 m	sdi = 0,2 m	sdi = 0,1 m	sdi = 0,5 m	sdi = 0,1 m	sdi = 0,5 m	
Aerogeldämmplatte-1	●	●	●	●	●	●
Aerogeldämmplatte-2	●	●	●	●	●	●
Aerogeldämmputz-3	●	●	●	●	●	●
Calciumsilikat-1	●	●	●	●	●	●
Calciumsilikat-2	●	●	●	●	●	●
Dämmplatte mit Perlite-1	●	●	●	●	●	●
Dämmplatte mit Perlite-2	●	●	●	●	●	●
Dämmputz-1	●	●	●	●	●	●
Dämmputz-2	●	●	●	●	●	●
Dämmputz-3	●	●	●	●	●	●
Hanffaserplatte	●	●	●	●	●	●
Holzfaser-1	●	●	●	●	●	●
Holzfaser-2	●	●	●	●	●	●
Holzfaser-3	●	●	●	●	●	●
Holzfaser-4	●	●	●	●	●	●
Holzfaser-5	●	●	●	●	●	●
Holzfaser-6	●	●	●	●	●	●
hydrophile Mineralwolle-1	●	●	●	●	●	●
hydrophile Mineralwolle-2	●	●	●	●	●	●
Minerale Dämmplatte-2	●	●	●	●	●	●
Mineralschaumplatte-1	●	●	●	●	●	●
Zellulosefaser-1	●	●	●	●	●	●
Zellulosefaser-2	●	●	●	●	●	●

- Funktionsfähig (Kategorie A)
- Funktionsfähig, wenn Dämmsystem und Untergrund feuchtigkeits-, frost- und fäulnisbeständig sind. (Kategorie B)
- Tauwasserrisiko möglich. Individueller Nachweis erforderlich.

Aus diesem Grund wurden im vorliegenden Projekt zusätzliche Untersuchungen durchgeführt, um die Feuchte- und Holzfäulepilzbeständigkeit von Holzfaser-Innendämmmaterialien mit der von Massivholz bei unterschiedlichen, kritischen Temperatur- und Feuchtebedingungen zu vergleichen.

Für Massivholz sind bereits viele Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit und Feuchte- bzw. Fäulnispilzresistenz durchgeführt worden. Auch feuchte- und temperaturabhängige Grenzkurven sowie instationäre Bewertungsmodelle sind entweder bereits verfügbar oder werden in naher Zukunft verfügbar sein. Solche instationären Modelle ermöglichen eine differenziertere Bewertung in Abhängigkeit von der kombinierten Einwirkung der Wärme- und Feuchtebedingungen und deren Dauer. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse können die widerstandsfähigeren Holzfaserwerkstoffe wie Vollholz bewertet werden. So kann ihr Verhalten durch hygrothermische Simulationen genauer vorhergesagt und ihr Anwendungsbereich entsprechend erweitert werden.

2.3.1 Laboruntersuchungen

Bei Labormessungen wurden vier verschiedene Holzfaserinnendämmmaterialien im Vergleich zu Massivholz mit verschiedenen Holzfäulepilzen beimpft und im Labor bei verschiedenen Kombinationen aus rel. Feuchte und Temperatur exponiert. Untersucht wurden folgende Materialien:

- Faserdämmplatte, Trockenverfahren, hydrophobiert (0,8 %), 150 kg/m³
- Faserdämmplatte, Trockenverfahren, hydrophobiert (0,5 %), 110 kg/m³
- Flexible Holzfaserdämmmatte, mit Brandschutzmittel, Trockenverfahren, 60 kg/m³
- Faserdämmplatte, Nassverfahren, 160 kg/m³
- Referenz: Kiefersplintholz

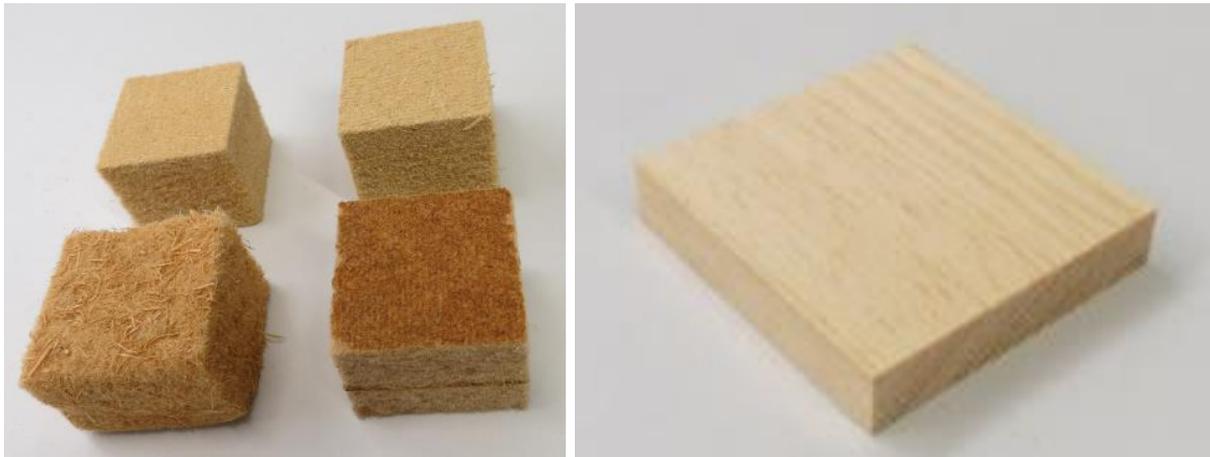


Abbildung 3: Untersuchte Holzfaserdämmstoffe (links) und Referenz-Kiefersplintholz (rechts)

Als Holzfäulepilze wurden die folgenden Spezies eingesetzt:

- Brauner Kellerschwamm (*Coniophora puteana*). Gängiger Prüfpilz mit geringen Wachstumsvoraussetzungen
- Schmetterlings-Tramete (*Trametes versicolor*). Ebenfalls häufig verwendeter Prüfpilz.
- Gemeiner Spaltblättling (*Schizophyllum commune*). Laut Literatur ggf. hohe Affinität zu Fasermaterialien.
- Echter Hausschwamm (*Serpula lacrymans*). Ebenfalls häufig verwendet, aber vermutlich bezüglich der Wachstumsbedingungen weniger relevant

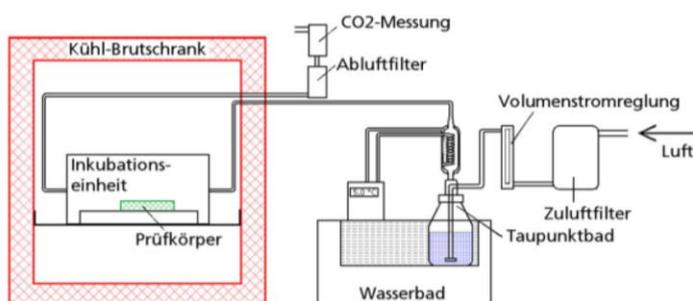


Abbildung 4: Inkubationseinheiten und Versuchsaufbau

Die Probekörper wurden nach Sterilisierung und Beimpfung in Inkubationseinheiten den verschiedenen Klimabedingungen von 25 °C und 95 %, 97 % und 100 % r.F. über insgesamt knapp ein Jahr exponiert. Die Probekörper wurden regelmäßig optisch kontrolliert, teilweise geöffnet und mit der Stereolupe auch im Inneren geprüft sowie später die Masseverluste gemessen.



Abbildung 5: Probekörper in der Inkubationseinheit mit startendem Bewuchs.

2.3.2 Vergleich mit Massivholz / WTA-Grenzwerte auch für Holzfaser-Innendämmung

Im Ergebnis konnte gezeigt werden, dass die vier untersuchten Holzfaser-Innendämm-Materialien jeweils mindestens so beständig bezüglich dem Befall von holzerstörenden Pilzen sind, wie die Referenz aus massivem Kiefer-Splintholz.



Abbildung 6: Stärkster Befall der Massivholzprobekörper mit Myzel von holzerstörenden Pilzen (vorne), geringerer Befall der Holzfaserdämmmaterialien.

Dieser Befund bestätigt sich sowohl bei der optischen Kontrolle des Aufwuchses, der prozentualen Bedeckung der Probekörper mit Myzel (vgl. Abbildung 6) als auch bezüglich der gegen Ende an den verschiedenen Probekörpern ermittelten Masseverluste. Zwar waren die einzelnen Ergebnisse manchmal nicht ganz einfach zu interpretieren und es konnten zwischen den vier verschie-

denen Holzfaserdämmstoffen auch noch deutliche Abstufungen beobachtet werden – schlussendlich war das Ergebnis aber insofern doch eindeutig, dass alle vier Holzfasermaterialien durchgängig weniger stark befallen wurden als die Massivholz-Referenzproben.

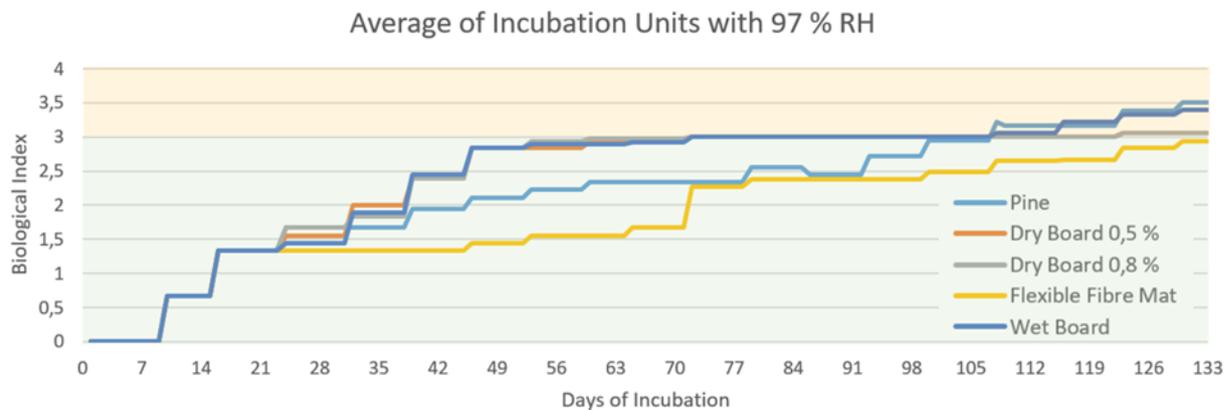


Abbildung 7: Beschreibung des biologischen Bewuchses der verschiedenen Probekörper

Dieses Ergebnis bestätigt also die Vermutung, dass einzelne Holzfaserdämmmaterialien genauso beständig oder beständiger gegenüber dem Befall holzerstörender Pilzen sind, als Holz selber. Da dies allerdings nicht allgemein für alle Holzfaserdämmstoffe gilt, sondern es eben auch Materialien gibt, die empfindlicher sind als Massivholz, ist die Beständigkeit produktspezifisch nachzuweisen. Dies kann analog zu den hier vorgestellten Laboruntersuchungen erfolgen, oder vermutlich auch vereinfacht über einen Schnelltest bei optimalen Wachstumsbedingungen – dies wird derzeit noch überprüft. Ist der Nachweis wie für die vier im Rahmen des Projekts untersuchten Materialien erfolgt, kann die Bewertung des Produkts künftig anhand der für Massivholz zur Verfügung stehenden Grenzwerte z.B. nach WTA-Merkblatt 6-8 oder auch anhand instationärer Bewertungsmodelle erfolgen, die sich derzeit im Kontext anderer Projekte in Entwicklung befinden.

2.4 Neue Feuchtereferenzjahre für die hygrothermische Bemessung in Belgien

Im Projekt wurden vom belgischen Partner Belgian Building Research Institut (BBRI) gemessene Klimadaten für die beiden Standorte Uccle (Brüssel) und Humain zur Verfügung gestellt. Die Ausgangsdaten sind über einen 10jährigen Messzeitraum von 2009 bis Anfang 2020 im stündlichen Intervall erhoben und umfassen die Klimaelemente:

- Außenlufttemperatur
- Rel. Luftfeuchte
- Globalstrahlung
- Windgeschwindigkeit
- Windrichtung
- Direkte solare Einstrahlung
- Niederschlag

Da für die hygrothermische Bewertung mancher Bauteile zusätzlich die atmosphärische Gegenstrahlung notwendig ist, wurde diese basierend auf Tagesmittel aus dem ERA 5 Modell (ECMWF, 2022) des European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) ergänzt.

Aus diesen Ausgangsdaten wurde im Anschluss ein hygrothermisches Referenzjahr (HRY) erstellt. Dieses Referenzjahr erzeugt für die Belange der hygrothermischen Bauteilsimulation ein kritisch repräsentatives Bauteilverhalten. Dies bedeutet, dass die sich ergebenden Wassergehalte in den einzelnen Bauteilschichten geringfügig höher sind als die bei Verwendung eines mehrjährigen gemessenen Klimadatensatzes der Fall wäre. Die Erstellung erfolgte nach der in einem früheren Forschungsprojekt entwickelten Methodik, auf Basis deskriptiver statistischer Kennzahlen für die Temperatur und den Niederschlag.

Nach der Erstellung der Klimadatensätze wurden diese auf ihre Tauglichkeit hin überprüft. Dies erfolgte durch eine vergleichende Simulationsstudie. Dabei wurde die jeweils kritische Schicht von vier Konstruktionen genauer betrachtet.

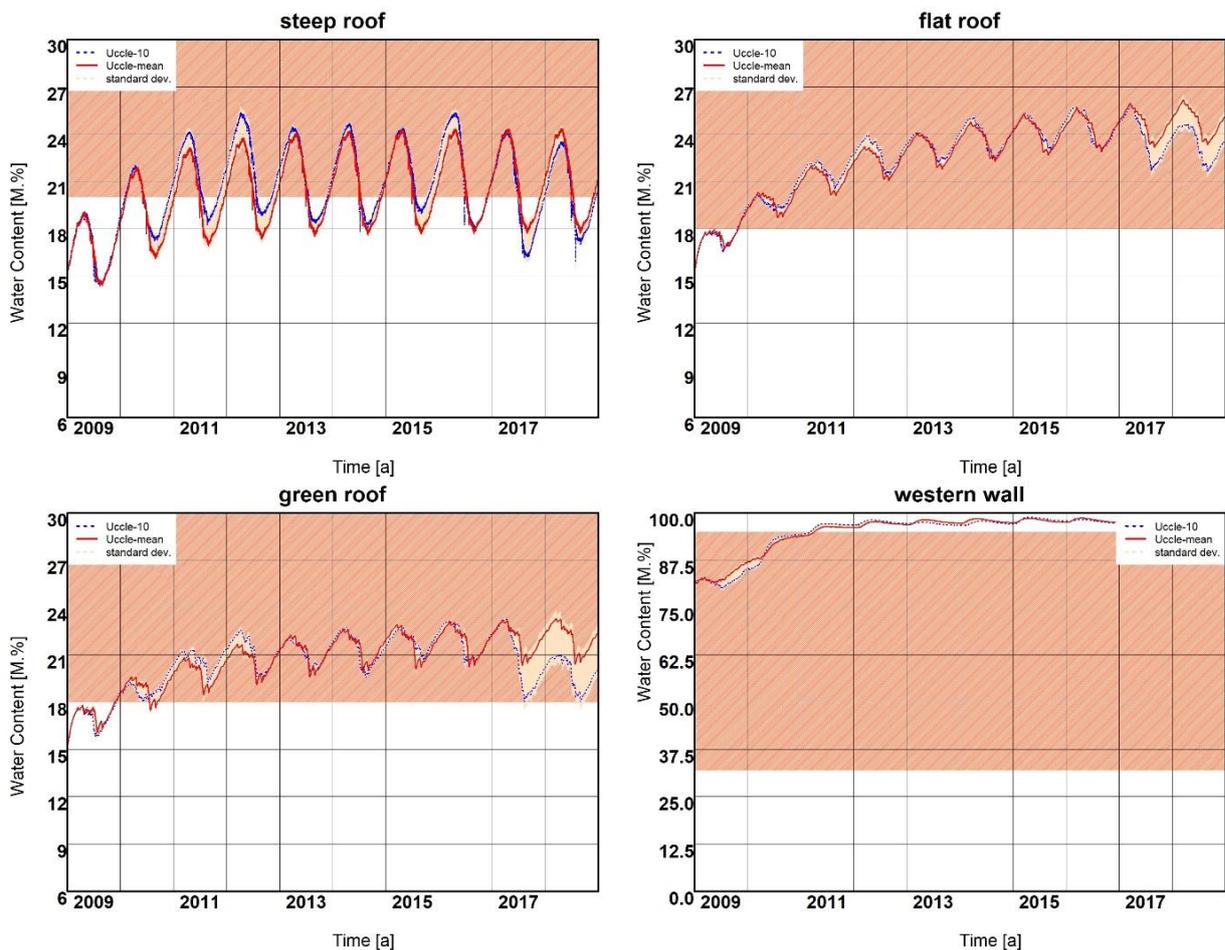


Abbildung 8: Vergleich der Wassergehalte der jeweils kritischen Schicht für den Standort Uccle (Brüssel). Die Ergebnisse basierend auf den HRY sind dabei rot die bei Verwendung der 10jährigen Zeitreihe in blau dargestellt.

Die einzelnen Konstruktionen waren ein Blechdach, ein Flachdach, ein Gründach sowie eine Außenwand mit Innendämmung. Für die Bewertung wurde der Wassergehalt der jeweils kritischen

Bauteilschicht bei Verwendung des HRY sowie bei Verwendung der 10jährigen gemessenen Zeitreihe verglichen. Die Zielstellung war, dass die Bewertung bei beiden Klimadatensätzen gleich ist und die Wassergehalte bei Verwendung des HRY leicht höher liegen um eine zusätzliche Sicherheitsreserve gegenüber natürlichen Klimaschwankungen zu erzeugen. Für den Standort Uccle (Brüssel) ist dies exemplarisch in Abbildung 8 dargestellt.

3 Monitoring-System für die Ergebniskontrolle

3.1 Das IN2EuroBuild - Messsystem

Konsistente und genaue Messdaten sind für eine umfassende Analyse von Innendämmsystemen und die Validierung von Simulationswerkzeugen unerlässlich. Das im Rahmen dieses Projektes entwickelte Smart-Monitoring-System dient als Funktionskontrolle für Innendämmsysteme. Mit dem in Abbildung 9 dargestellten Messaufbau einer Innendämmesstrecke werden alle wesentlichen Parameter erfasst. Das hat sich bei vielen Forschungsprojekten bewährt. Durch die Erhöhung der Anzahl von Innendämm-Monitoring-Projekten soll die Akzeptanz dieser Dämmvarianten bei Planern und Anwendern steigen.



Abbildung 9:
Position der Sensoren für eine Innendämmesstrecke

Im Rahmen des Projektes IN2EuroBuild wurde ein neu konzipiertes Low-Cost-Messsystem für Messungen in der Baukonstruktion entwickelt. Die einzelnen Sensoren wurden unter Laborbedingungen und das Messgerät im Außenprüfstand des IBP getestet.

Das Messgerät besteht aus einem handelsüblichen Mikrocontroller. Als sehr gut dokumentiertes, weit verbreitetes und gut unterstütztes Board wurde der Arduino Uno R3 für die Basis des Prototyps ausgewählt. Der Anschluss der A/D-Wandler, der SD-Karte und der RTC erfolgt über das I2C-Bussystem. Mit dem 16-Bit-A/D-Wandler können Messaufgaben von analogen Sensoren mit einer hohen Genauigkeit wie bei der bisher verwendeten Labormesstechnik realisiert werden. Die Programmierung wurde mit der integrierten Entwicklungsumgebung Arduino (IDE) realisiert.

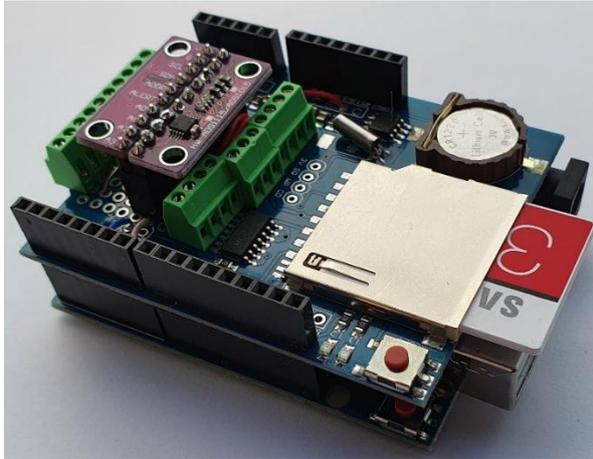


Abbildung 10:
 Prototypaufbau bestehend aus einem
 Arduino UNO R3 mit einem Datenlogger-Modul (SD-
 Karte mit RTC-Echtzeituhr), 5 x NTC,
 1 x HIH 4021 und 5 x I2C-Bus (2 x AD-Wandler)

3.2 Laboruntersuchungen

Neben der Betrachtung des gesamten Messsystems wurden auch die beiden am häufigsten verwendeten Sensoren (NTC-Temperatursensoren und HIH - relative Luftfeuchtesensoren) im Labor überprüft. Die Untersuchung wurden in mittels eines Referenzsensors in einem Kalibrierbad und einer Klimakammer durchgeführt. Die mittlere Abweichung über den ausgewerteten Zeitraum beträgt nur 0,2 K bei einer Temperaturbereich zwischen -20°C und +40°C (siehe Abbildung 11). Aus diesem Grund kann die Qualität des Sensors als sehr gut bezeichnet werden.

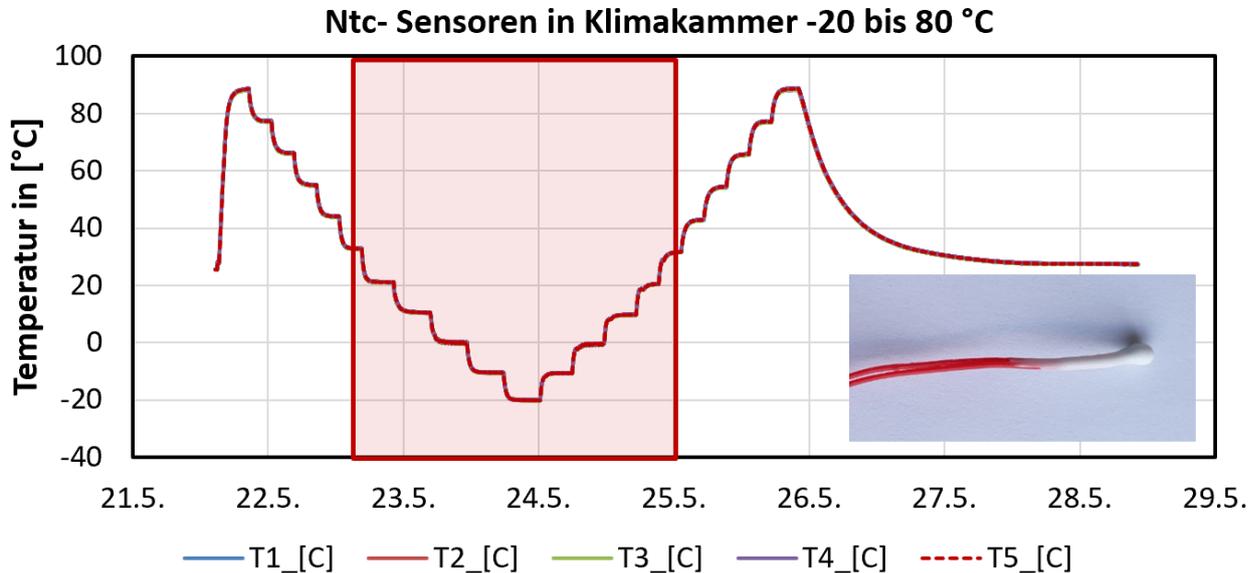


Abbildung 11: Prüfung in der Klimakammer, NTC mit flüssigem Kunststoff vor Korrosion geschützt.

Der verwendete HIH-Sensor benötigt eine externe Stromversorgung und erzeugt ein analoges Messausgangssignal, welches ebenfalls am 16-Bit-A/D-Wandler erfasst wurde. Die im Projekt verwendeten Sensoren verfügen über ein Kalibrierungszertifikat des Herstellers, das eine Genauigkeit von 3,5% bei 25°C Umgebungstemperatur angibt.

Dieser Sensor wurde ebenfalls in das Kalibrierbad gelegt und mit einem Referenzsensor verglichen. Der Feuchtigkeitsbereich variierte zwischen 40 % RH und 80 % RH. Der Vergleich mit dem Referenzsensor ist unten in Abbildung 12 dargestellt.

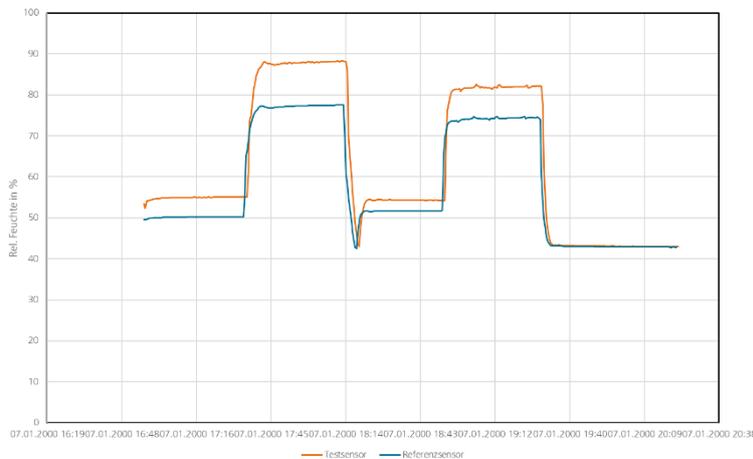


Abbildung 12:
Kalibrierungsmessung des verwendeten HIH-Sensors im Vergleich mit dem Referenzsensor

Abbildung 12 zeigt, dass der HIH-Sensor dem zeitlichen Ansatz mit einer brauchbaren Genauigkeit folgt. Andererseits sind die Kurvenverläufe parallel verschoben. Der HIH-Sensor hat über den Auswertungszeitraum bei gleichen Klimabedingungen eine um 6,4 % RH höhere relative Feuchte gemessen. Am IBK wurde die Kalibrierung in einem Exsikkator mit 3 Feuchtteststufen durchgeführt. In den Exsikkatoren stellt sich eine sehr stabile relative Feuchte über den Salzlösungen ein und ist für eine sehr genaue Kalibrierung geeignet (siehe Abbildung 13).

Salz	relative Luftfeuchtigkeit über der Salzlösung in [%]	Mittelwert der relative Luftfeuchtigkeit mit unkalibrierten HIH-Sensor [%]
K ₂ CO ₂	43,15 ± 0,39	41,08
NaCl	75,37 ± 0,12	83,08
KH ₂ PO ₄	96,61 ± 0,16	100,00



Abbildung 13: Kalibrierung mit Exsikkatoren (3 Feuchtigkeitsstufen).

3.3 Feldversuche

In der Freilandversuchsstelle am Standort Holzkirchen wurde das Messsystem in einen Prüfkörper verbaut. Der Prüfquader mit einer Seitenlänge von 50 cm wurde dafür im unteren Bereich vom Außenputz befreit (vgl. Abbildung 14). Dies diente dazu, einen möglichst hohen Schlagregeneintrag zu erhalten. Der Quader wurde in der Folge in der Versuchswand, welche nach Westen orientiert ist, verbaut und über mehrere Monate der Witterung ausgesetzt. Die Einbausituation ist nachfolgend in Abbildung 14 dargestellt.



Abbildung 14: Einbausituation des Messsystems in der Freilandversuchsstelle am Standort Holzkirchen. Auf der linken Seite ist dabei der Prüfkörper im eingebauten Zustand dargestellt. Auf der rechten Seite der Abbildung ist die Oberflächengestaltung des Prüfkörpers mit dem entfernten Außenputz dargestellt.

Auf der Raumseite des Prüfkörpers wurde ein Innendämmsystem auf Basis einer mineralischen Faserdämmung aufgebracht, die Sensoren für Temperatur und rel. Feuchte wurden reversibel in gelochten Plastikrohren eingebracht. Die Rohre selbst wurden zum Innenraumklima hin mit einer dauerelastischen Dichtmasse abgeschlossen. Die Raumseite wurde durch eine abgeklebte Dampfbremse und eine Gipskartonplatte verschlossen.



Abbildung 15: Kunststoffröhren für den reversiblen Einbau der Sensoren

Das eigentliche Messsystem wurde auf einem Steckbrett aufgebaut und eine Spannungsversorgung über ein USB-Netzteil realisiert.

Der zweite Testlauf wurde im Flachdach-Teststand auf der Freilandversuchsstelle durchgeführt. Dabei handelt es sich um ein, zu drei Seiten offenes Pultdach in Holzbauweise welches auf einem Flachdach in ca. 5 m Höhe aufgebracht ist. Die Dachfläche neigt sich zur Westseite hin. Die Messstrecke wurde im Bereich der mittleren Pfette installiert und erfasste das Außenklima ohne den direkten Einfluss von Niederschlag und Globalstrahlung. Zur besseren Vorstellung ist der Teststand nachfolgend in Abbildung 16 dargestellt.



Abbildung 16: Flachdach Prüfstand an der Freilandversuchsstelle des Fraunhofer IBP am Standort Holzkirchen.

Da das Außenklima an der Wetterstation der Freilandversuchsstelle erfasst wurde, konnten die Messwerte des Messsystems aus dem Projekt IN2EuroBuild mit diesen abgeglichen werden. Zu Vergleichszwecken wurde dabei die Lufttemperatur mit 4 Sensoren (NTCs) erfasst, daher blieb für die rel. Luftfeuchte noch ein Sensorplatz frei. Für den Zeitraum vom 9.7.2021 bis zum 3.11.2021 sind in Abbildung 17 die Verläufe der Temperaturen gegenübergestellt.

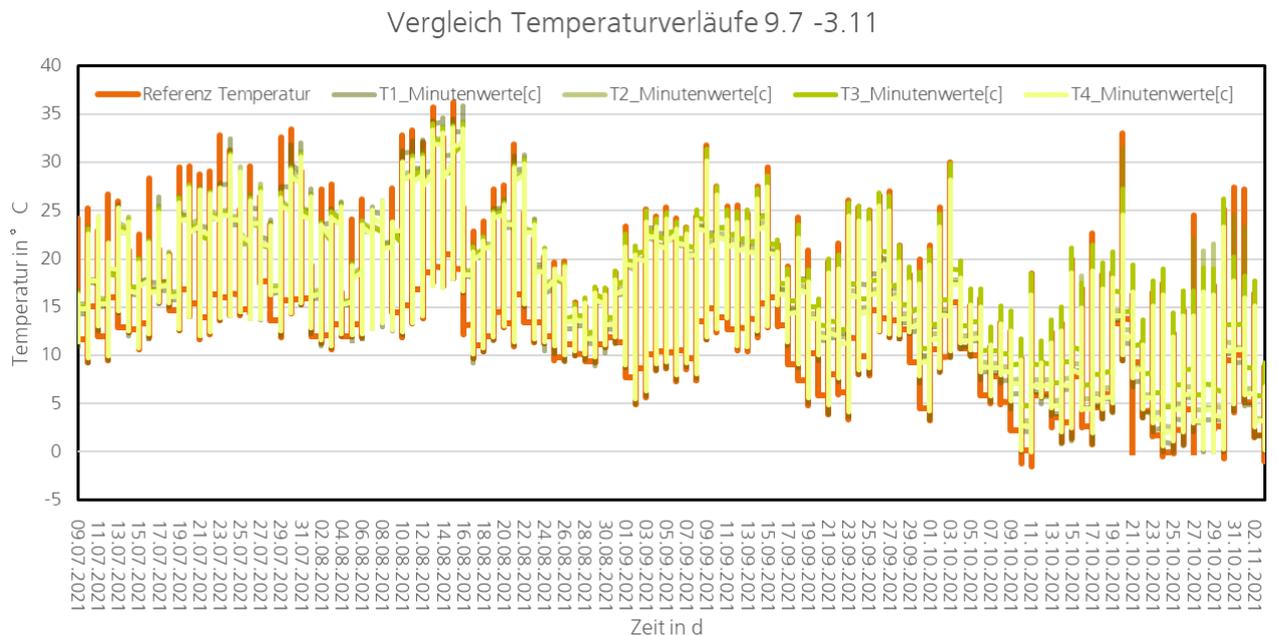


Abbildung 17: Vergleich der Lufttemperaturen zwischen dem Messsystem und der Referenzmessung am Dachprüfstand.

Wie Abbildung 17 zeigt, stimmen die Temperaturverläufe gut überein, die größte gemittelte Abweichung über den betrachteten Zeitraum liegt bei 0,64 K zwischen dem Sensor T4 und dem Referenzsensor. Auch die gemessene rel. Luftfeuchte wurde mit der Referenzmessung an der Wetterstation in Abbildung 18 verglichen.

Vergleich rel. Feuchteverläufe 9.7 - 3.11

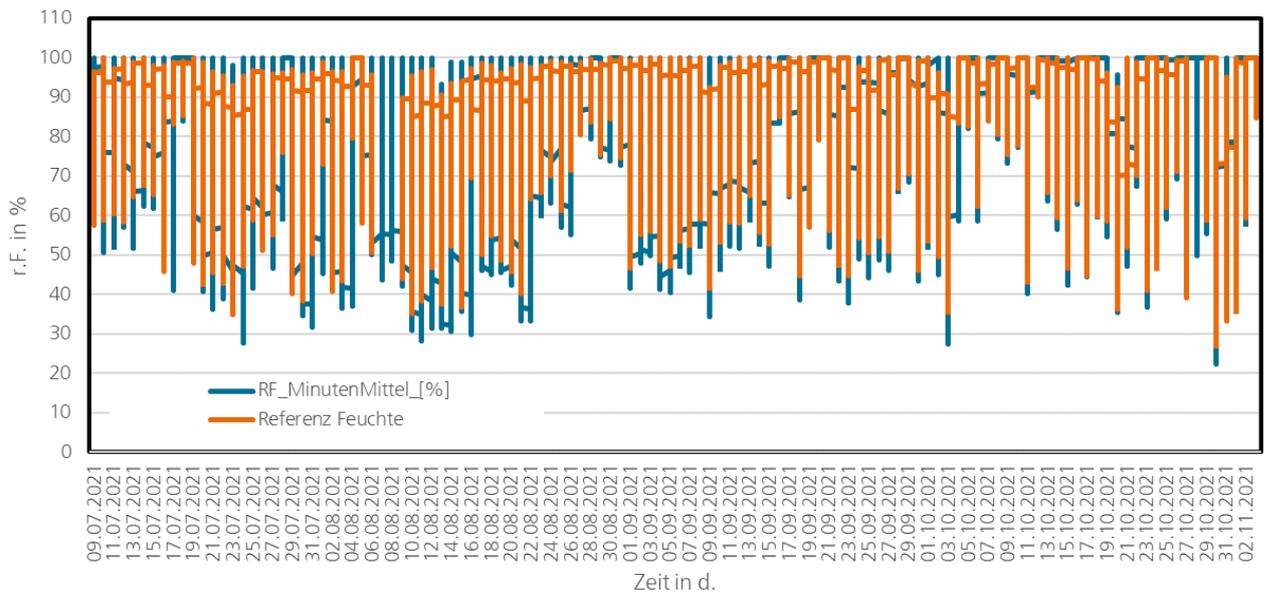


Abbildung 18: Vergleich der rel. Luftfeuchte zwischen dem Messsystem und der Referenz-messung am Dachprüfstand.

In Abbildung 18 zeigt sich, dass die mit dem Messsystem ermittelten rel. Luftfeuchten etwas höher liegen als die Referenzfeuchten. Im zeitlichen Mittel über den Betrachtungszeitraum sind sie 1,78% höher.

3.4 Zusammenfassung

Die Untersuchungen des neuen Messsystems im Rahmen des Projektes EcoCab haben gezeigt, dass sich auch mit geringem finanziellem Aufwand eine Messstrecke für die Bewertung von Innendämmsystemen realisieren lässt.

Die Gegebenheiten im Freiland bzw. der Einbau in einzelne Bauteile stellen erhöhte Anforderungen an den Aufbau hinsichtlich der Dauerhaftigkeit und der Freiheit von Kurzschlüssen und Wackelkontakten. Für den Einbau im Bereich der Grenzschicht von Innendämmsystemen hat sich der reversible Einbau als vorteilhaft erwiesen. Dadurch konnten trotz dauerhaft zu hoher Feuchten die Sensoren bei Sättigung manuell entfernt und rückgetrocknet werden.

Die Messung der Temperatur mit NTCs hat sich sowohl im Freiland als auch im Labor bewährt und liefert Messwerte mit einer ausreichenden Genauigkeit.

Die Messung der rel. Luftfeuchte mit HIH-Sensoren hat gezeigt, dass hier deutlich größere Abweichungen im Bereich von 2% - 6,4% auftreten. Dies ist vor dem Hintergrund der Sensitivität der Innendämmungssysteme durch eine zusätzliche Sicherheitsreserve zu berücksichtigen. Die Labormessungen haben darüber hinaus gezeigt, dass auch Herstellerzertifikate für die Kalibrierung keine zusätzliche Sicherheit liefern können. Eine Alternative könnte die Verwendung digitaler Feuchtesensoren darstellen. Diese geben ein digitales Ausgangssignal aus, welches im Messsystem ohne zusätzlichen 16 Bit A/D –Wandler wie im aktuellen Aufbau, eingelesen werden kann. Dadurch reduziert sich die Fehleranfälligkeit und die Genauigkeit der Messung nimmt zu.

4 Leitfaden zur Planung und Ausführung

4.1 Planungsleitfaden Innendämmung

Um einen optimalen Sanierungserfolg zu erzielen, erfolgt die Konzepterstellung auf Grundlage des vorgefundenen Zustandes des Bestandsgebäudes (s. dazu Leitfaden 1 – Bestandsanalyse). Als Unterstützung im Planungsprozess und zur Entscheidungsfindung wurde darauf aufbauend ein umfassender, weiterer Leitfaden erarbeitet.

Ziel der Erstellung dieses zweiten Leitfadens (Fassadensanierung und Innendämmung) war es, klare, einfache und zuverlässige Planungs- und Konstruktionsregeln für den Umgang mit Innendämmung zu entwickeln, die für eine Vielzahl von Situationen mit verschiedenen Wandkonstruktionen, unterschiedlichen Dämmsystemen und in unterschiedlichen Klimaregionen gelten.

Somit wird eine großflächige Anwendungsbereitschaft dieser Methodik für Baupraktiker ermöglicht, was zu einer Erhöhung des Anteiles der verwendeten Innendämmung bei der energetischen Sanierung des bestehenden Gebäudebestands führt. Die Fähigkeiten und die Kontrolle des Nutzers sowohl bei der Planung als auch bei der Ausführung werden verbessert; Unsicherheiten im Zusammenhang mit der Innenwanddämmung werden reduziert.

Der Nutzer dieses Leitfadens wird durch die Abarbeitung aller für ihn relevanten Themenkomplexe Schritt für Schritt durch die einzelnen Phasen der Bearbeitung geführt. Es wird beschrieben, auf welche Aspekte im gesamten Planungs- und Ausführungsprozess geachtet werden muss. Planungskonzepte können so schneller und leichter erstellt werden, wobei evtl. notwendige zusätzlichen Leistungen frühzeitig eingetaktet und bei der Kostenplanung erfasst werden können. Für die Auslegung von Dämmsystemen werden einfache Vorgehensweisen beschrieben, um die Zahl der Fälle zu begrenzen, in denen komplexe numerische Simulationen erforderlich sind.

Der Leitfaden gliedert sich in die Abschnitte

- Fassadensanierungskonzept
- Innendämmkonzept und Nachweisführung sowie
- Bemessung konstruktiver Anschlussdetails.

Da der Leitfaden selbst durch seine Vielfalt an möglichen Szenarien recht umfangreich ist, wurde mit der ergänzenden Erstellung eines Ablaufschemas eine komfortable Möglichkeit geschaffen, über dieses Ablaufschema auf sehr zeitsparende und übersichtliche Weise alle notwendigen Informationen und Anleitungen zu bekommen, die auf das konkrete Gebäude zutreffen, ohne den kompletten Leitfaden lesen zu müssen. Somit besteht nicht die Gefahr, dass einzelne Umstände und Anforderungen vergessen oder unzureichend berücksichtigt werden.

Mit Hilfe von Verknüpfungen der einzelnen Schritte im Ablaufschema mit den entsprechenden Kapiteln im Leitfaden durch Hyperlinks werden die gerade zutreffenden vertiefenden Informationen und Empfehlungen immer dann abgerufen, wenn sie gerade benötigt werden. Über den Rückklick gelangt man dann wieder zurück zum Ablaufschema.



Verlinkung zum Leitfaden

3.2 Entfernen von dampfbremsenden bzw. -sperrenden Schichten

Bei der Konzepterstellung sollte darauf geachtet werden, dass ein möglichst großes Trocknungspotenzial nach außen hin besteht oder hergestellt werden kann. In der Vergangenheit kamen oft Beschichtungen und Putze zum Einsatz, die nach aktuellem Stand der Technik und in Kombination mit einer Innendämmung für den Schlagregenschutz ungeeignet sind. Wenn also den Wasserdampftransport deutlich hemmende Oberflächenschichten vorhanden sind, welche die Trocknung des Mauerwerks nach außen behindern und sich somit bei Anbringung einer Innendämmung besonders ungünstig auswirken, sollte in Erwägung gezogen werden, solche Schichten zu entfernen. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn schon Schäden an der Oberfläche zu erkennen sind, wie z.B. Risse, Frostschäden und Absanden.

Bild 3 Beispiel für dichte, zu entfernende Anstriche

Darartige Schichten können verbleiben, wenn:

- die Fassade mit diesen Schichten langfristig schadensfrei ist,
- es sich um wetterabgewandte Seiten handelt,
- keine dauerhaft/längerfristig hohen Feuchtigkeithalte vorhanden sind,
- eine Innendämmung mit geringer Stärke eingesetzt wird (nachweisfreie Konstruktionen gemäß DIN 4108-3, 2018)

Hygrothermische Simulationen oder fachmännische Begutachtung können den Entscheidungsprozess unterstützen, ob ein Ausbau der Schichten notwendig ist oder nicht. In Einzelfällen können bei dem Verbleib solcher Schichten Schädigungen der Fassaden auftreten, da das Trocknungspotenzial durch die Innendämmung nochmal reduziert wird.

Detailinfo zu jeder Auswahlbox



Leitfaden Fassadensanierung/ Innendämmung

Abbildung 19: Beispiel für die Verknüpfung zwischen Ablaufschema und Leitfaden

Dabei ist das Ablaufschema so gestaltet, dass es für jede Situation eine einfache Lösung gibt, der für ca. 70% aller Sanierungsfälle zutreffend ist. Dieser Pfad ist grün markiert. Bei einigen Gebäuden sind zusätzliche Überprüfungen oder Maßnahmen als Grundlage für die Sanierung notwendig, was im Ablaufschema mit gelben Pfaden markiert ist. In Einzelfällen ist der Mehraufwand durch Fachplaner/ Fachfirmen zu erbringen; diese Maßnahmen sind rot markiert.

Im Abschnitt **Fassadensanierungskonzept** werden generelle Hinweise für alle Fassaden gegeben, z.B. wie mit Feuchtebelastungen, dichten Fassadenbeschichtungen, Salzbelastungen oder exponierten Fassadenelementen umgegangen wird. Weiterhin werden Trocknungsmaßnahmen beschrieben, Methoden zur Herstellung funktionsfähiger Abdichtungssysteme vorgestellt und der Zusammenhang zwischen Innendämmung und Schlagregenschutz mit den sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen dargelegt. Je nachdem, ob es sich beim zu betrachtenden Gebäude um eine Putz- oder Ziegelsichtfassade handelt, werden unterschiedliche notwendige sowie optionale Maßnahmen und Untersuchungen dargestellt, um eine schlagregensichere Fassade als Grundvoraussetzung für die Anwendung einer Innendämmung zu erhalten. Bei Putzfassaden ist dies in den meisten Fällen einfach zu realisieren. Bei Ziegelsichtfassaden sind häufiger umfangreichere Maßnahmen zur Sanierung erforderlich. Auch hierfür werden dem Nutzer hilfreiche Hinweise gegeben. Dies erstreckt sich von Hinweisen zur Reinigung der Fassade über Riss- und Fugensanierung, Kriterien für den Materialaustausch bis hin zu möglichen Fassadenbeschichtungen und -imprägnierungen zur Sicherstellung des Schlagregenschutzes.

Für die Thematik des Fassadensanierungskonzeptes wird exemplarisch die generelle Struktur des Ablaufschemas dargestellt.

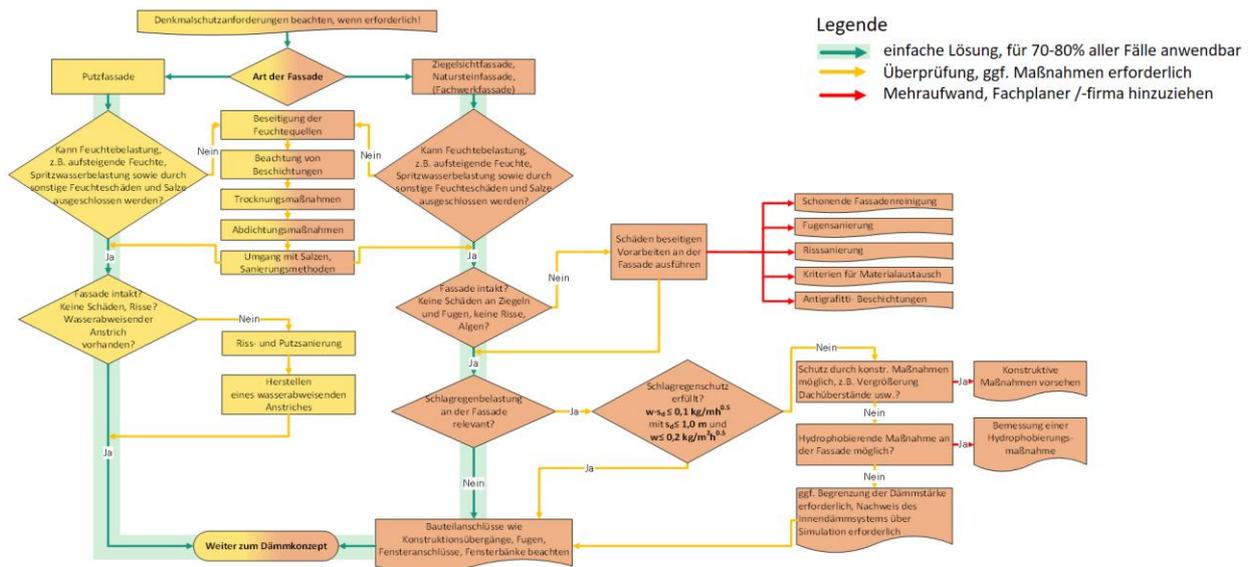


Abbildung 20: Exemplarische Darstellung der Struktur des Ablaufschemas am Beispiel des Fassadensanierungskonzeptes

Im Abschnitt **Dämmkonzept** erhält der Nutzer Hilfestellung bei der Vorgehensweise zur Erstellung seines Dämmdesigns. Hierbei wird er zunächst bei der Auswahl von möglichen Dämmsystemen in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren (wie gewünschtem energetischem Niveau, Regenbelastung der Fassade, Raumklima und Nutzung, Wandbeschaffenheit usw.) unterstützt. Dabei erfolgt eine Einteilung der Systeme in unterschiedliche Dämmkategorien (von dampfdiffusionsoffen und kapillaraktiv über dampfdiffusionsbremsend bis hin zu dampfdiffusionsdichten Systemen). Außerdem werden Empfehlungen zur Auswahl für verschiedene Anwendungsszenarien sowie ein Überblick über die wichtigsten Bewertungskriterien für die Anwendung von Innendämmung gegeben.

Die für die Dimensionierung von Innendämmsystemen verschiedenen Stufen der Nachweisführung (nachweisfrei, vereinfachter Nachweis, Nachweis mittels hygrothermischer Simulation) werden mit den Möglichkeiten und Grenzen der Anwendbarkeit vorgestellt und erläutert.

Für die 3. Stufe der Nachweisführung, die hygrothermische Simulation, werden die allgemeine Vorgehensweise, die Definition der Randbedingungen und sonstigen Eingangsdaten, die Zuweisung der Ausgaben und die Auswahl der Bewertungskriterien beschrieben. An Beispielen von durchgeführten Bauteilsimulationen wird der Tauglichkeitsnachweis erläutert.

Im Abschnitt: **Betrachtung konstruktiver Anschlussdetails** werden typische vorkommende Anschlussdetails vorgestellt, deren Ausführung im Zusammenhang mit Innendämmmaßnahmen besonders zu berücksichtigen ist. Außerdem werden allgemeine Dimensionierungsempfehlungen als überschlägliche Vorabdimensionierung für die wichtigsten Anschlussbereiche, wie Fensterlaibung, Fensterbrüstung, Anschluss von Massivdecken und Bestandsinnenwänden mit Identifizierung geeigneter Materialien und flankierender Maßnahmen gegeben.

Der Leitfaden ist verständlich abgefasst und steht am Bau interessierten Menschen kostenlos zur Verfügung.

4.2 Aktualisierung Simulationsprozedere

Die im WTA-Merkblatt 6-5 beschriebene Vorgehensweise für den Nachweis mit hygrothermischer Simulation wurde entsprechend überarbeitet und in erster Stufe im Planungsleitfaden hinterlegt. Dabei wurde insbesondere breiter auf die Simulation der Bestandssituation und deren Einschätzung eingegangen, die bisher nicht ausreichend betont worden ist. Weiterhin wurden die neuen Grenzwerte für die Bewertung beständiger Holzfaser-Innendämmungen im Planungsleitfaden in die Vorgehensweise integriert.

Zudem wurden hygrothermische Referenzjahre für zwei Standorte in Belgien erstellt. Die Ausgangsdaten (klimatische Zeitreihen) hierzu wurden vom Projektpartner BBRI zur Verfügung gestellt.

4.3 Detaillösungen

Die Anbringung eines neuen Dämmsystems an eine Bestandskonstruktion bringt immer die Problematik mit sich, wie die neuen Schichten an die alte Konstruktion und untereinander angeschlossen werden sollen. Bei nicht fachgerechter Detailierung besteht die Gefahr von (neuerlichen) Feuchteschäden. Aus diesem Grund wurden für übliche Anschlussthematiken Lösungen in Form von Detailzeichnungen vorgeschlagen (Abbildung 21). Die Sammlung von Detailzeichnungen berücksichtigt unterschiedliche Innendämmsysteme, da diese jeweils unterschiedliche konstruktive Anforderungen bezüglich der Befestigung und des Anschlusses stellen.

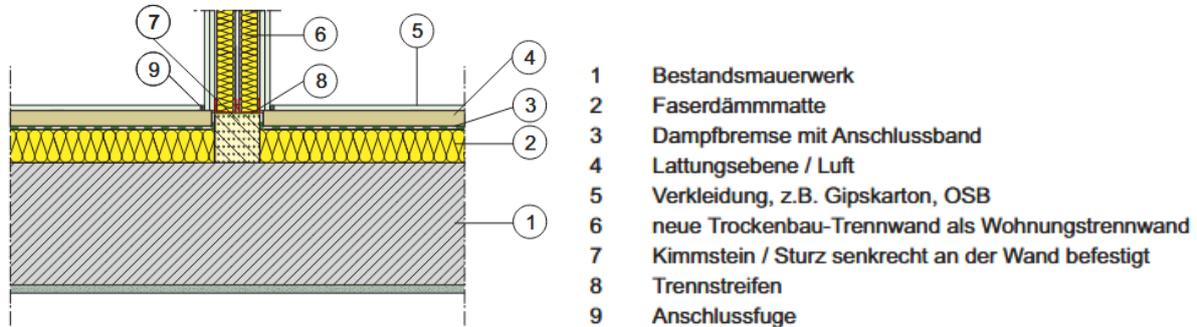


Abbildung 21: Darstellung einer Detailzeichnung: eine in die Außenwand einbindende Trockenbau-Trennwand

Die Detailzeichnungen enthalten zum Teil Dimensionierungsempfehlungen für die Dicke und Länge von (Flanken-)Anschlussdämmungen, die auf langjährigen Erfahrungswerten beruhen. Dadurch kann in vielen Fällen auf thermische Wärmebrückenberechnungen verzichtet werden.

Ein besonderes Augenmerk galt dabei den Holzbalkendecken, die in der Fachöffentlichkeit vielfach als problematisch wahrgenommen werden. Trotz ausgeprägter Forschungstätigkeit zu dieser Thematik kann in der Baupraxis das Anwesenheit von Holzbalkendecken immer noch das finale Hindernis für den Einsatz von Innendämmung sein. Ein spezielles Kapitel behandelt deshalb Innendämmmaßnahmen und geht auf die Ausbildung des Anschlusses der Innendämmung an eine Holzbalkendecke ein. Für typische Fragen aus der Praxis werden Lösungen aufgezeigt oder zumindest Empfehlungen genannt. Besonders die Art der Abdichtung des Balkenauflegers noch zum Teil kontrovers diskutiert, obwohl die Forschung hier mittlerweile fundierte Empfehlungen geben kann, die im Leitfaden erläutert werden.

Danksagung

Das CORNET/IGF-Vorhaben **247 EBG IN2EuroBuild** der Forschungsvereinigung Trägerverein Institut für Holztechnologie Dresden e.V. (TIHD) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Die Bearbeitung des Projektes wurde unterstützt durch Unternehmer- und Fachverbände der Stuckateure, für Dämmsysteme, für Hartschaum sowie für Innenausbau und Firmen der europäischen Dämmstoff- und Baustoffhersteller, der chemischen Industrie sowie der Bauplanung und durch Architekten.

Der vollständige Bericht kann bestellt werden bei:

Trägerverein Institut für Holztechnologie Dresden e.V.
Zellescher Weg 24
01217 Dresden

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages