

Feuchtepufferverhalten von Innenraum-Materialien in Holz

Kristin Lenz, Dr. Martin Krus, Dr. Andreas Holm

1 Hintergrund und Zielsetzung

Der Mensch verbringt 80 % seines Lebens in Innenräumen. Die Gestaltung solcher Räume sollte daher möglichst nicht nur optisch auf ihn abgestimmt sein, auch das Innenklima ist ein entscheidendes Kriterium des subjektiven Wohlbefindens. Durch die erhöhten Anforderungen an den gesamten Energieverbrauch werden die Gebäude heute zunehmend besser gedämmt und luftdichter gebaut. Ein vor allem durch die dichtere Gebäudehülle verringerter Luftwechsel kann aber zu einem feuchten, in der Regel unbehaglichen Klima führen und andere Probleme mit sich bringen (Schimmelpilzbildung). Der Einsatz raumluftechnischer Anlagen ist in Deutschland wenig verbreitet. Es wäre daher wünschenswert, ein gleichmäßiges, angenehmes Klima zu erreichen, ohne teure raumluftechnische Anlagen installieren zu müssen. Eine Hilfe dabei könnten Holz beziehungsweise Holzwerkstoffe sein [1]. Der Einfluss hygroskopischer Oberflächen auf das Raumklima soll deshalb unter realen Bedingungen in Versuchen bestimmt werden. Angestrebt wird ein homogenes, weder zu feuchtes, noch zu trockenes Innenklima. Spitzenwerte der Raumlufffeuchte sollen nach Möglichkeit begrenzt und die Durchschnittsfeuchte auf einem angemessenen Niveau liegen.

2 Feuchtepufferung

Bei der Feuchtepufferung handelt es sich um eine Wechselbeziehung des Umgebungsklimas mit einem Material. Eine Änderung des Umgebungsklimas bewirkt eine Veränderung des Dampfdruckunterschiedes zwischen den Poren in der oberflächennahen Schicht des Materials und der Umgebungsluft. Als Reaktion auf diesen Wechsel nimmt der Stoff entweder Wasser auf oder er gibt es an die Umgebung ab. Bei einer Erhöhung der relativen Feuchte nimmt der Stoff einen Teil der Umgebungsfeuchte auf und transportiert einen Teil durch Diffusion in tiefer liegende trockenere Bereiche. Bei einer Verringerung der Umgebungsfeuchte wird Feuchtigkeit aus dem Inneren des Körpers wieder an die umgebende Luft abgeführt. Bei instationären Innenrandbedingungen ändert das Material folglich ständig seinen Zustand bezüglich Temperatur und Feuchte. Die Geschwindigkeit des Ausgleichs für den Sorptionsfeuchtebereich hängt neben der Sorptionsfähigkeit stark von dem Diffusionswiderstand des Materials ab. Ist die Umgebung ein hinreichend begrenzter Raum, so kann der Stoff messbar die Klimaverhältnisse dieses Raumes verändern.

3 Methodische Vorgehensweise bei den Untersuchungen

Für die experimentellen Untersuchungen standen zwei identische Versuchsräume eines Testgebäudes (Bild 1 links) auf dem Freilandversuchsgelände des IBP in Holzkirchen zur Verfügung, die es gestatten durch parallele Untersuchungen an einem Referenzraum und einem mit dem zu untersuchenden Material ausgestatteten Raum auch für wechselnde Außenklimabedingungen den Feuchtepufferungseffekt zu ermitteln. Die Messungen erfolgten im Zeitraum von Dezember 2002 bis Februar 2004. Die Außenklimabedingungen wurden während des gesamten Zeitraumes routinemäßig von der IBP-eigenen Wetterstation registriert.

3.1 Testräume und technische Installationen

Grundriss und Wandaufbau

Die Testräume befinden sich in einem in den 80er Jahren errichteten Gebäude, circa 700 m über Seehöhe. Das Gebäude wurde damals für Untersuchungen zum Wärmedurchgang bei unterschiedlichen Wandkonstruktionen errichtet [2]. Der Grundriss der beiden geometrisch identischen Räume ist in Bild 1 rechts dargestellt.

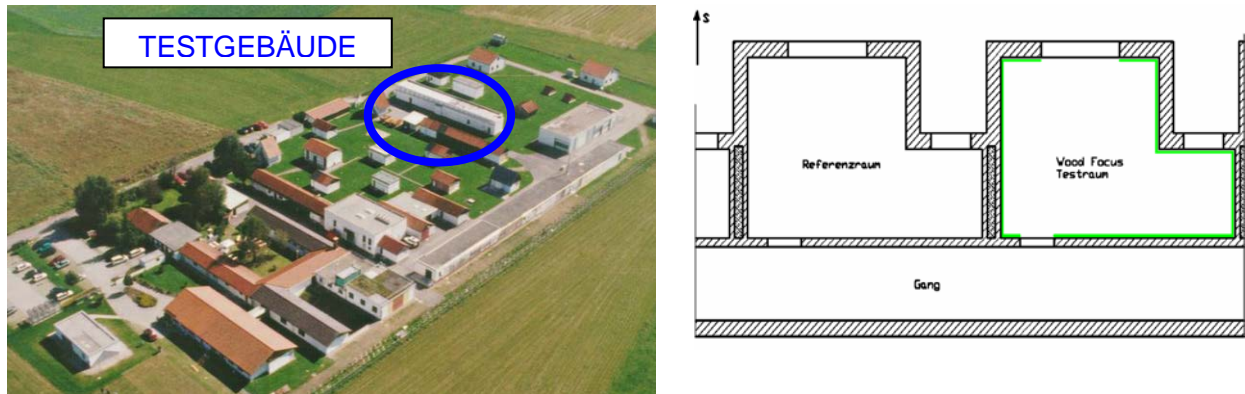


Bild 1: Freilandversuchsgelände des IBP in Holzkirchen mit dem Testgebäude (links) sowie Grundriss der Versuchsräume (rechts).

Der Wandaufbau der Räume hat einen U-Wert von $0,32 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. In den angrenzenden Räumen herrscht eine konstante Temperatur von 20°C , was Wärmeströme durch die Innenwände praktisch ausschließt. Im Folgenden wird als Referenzraum der Raum bezeichnet, der einen herkömmlichen gestrichenen Gipsputz als Wandoberfläche hat. Der Testraum ist in Geometrie und Dimension mit dem Referenzraum identisch. Der Unterschied zum Referenzraum ist, dass seine Oberflächen mit Aluminiumfolie beschichtet wurden. Er hat daher kein Sorptionsverhalten. Dies garantiert, dass von dem darunter liegenden Putz kein Einfluss auf den Feuchtehaushalt des Raumes zu erwarten ist. Der Fußboden ist mit einem PVC – Belag ausgekleidet, der ebenfalls nicht sorptionsfähig ist. Es wird also nur die Wirkung der Prüfkörper (Innenraummaterialien) gemessen. Jeder der Räume hat ein Volumen von 50 m^3 und eine feuchteaktive Raumbofläche (ohne Fußboden) von $65,7 \text{ m}^2$. Der Referenzraum ist mit einer handelsüblichen, weißen Innenwandfarbe gestrichen. Die diffusionsäquivalente Luftschichtdicke (s_d -Wert) der Farbe, im wet-cup- und im dry-cup-Verfahren nach DIN 52 615 gemessen, liegt bei $0,15 \text{ m}$ und $0,24 \text{ m}$, bei einer Auftragsmenge von $150 \text{ ml}/\text{m}^2$ (Verarbeitungsrichtlinie des Herstellers). Die Innenansicht des Testraumes ist in Bild 2 links und des Referenzraumes in Bild 2 rechts dargestellt.



Bild 2: Innenansicht des Testraums (links) sowie des Referenzraums (rechts).

Prüfung auf Luftdichtheit der Räume

Im baulichen Wärmeschutz gehört das Blower-Door-Verfahren für sanierte Bauten und Neubauten zum Standardprüfverfahren zur Ermittlung der Erfüllung der Anforderungen der DIN 4108-7 [3]. Es stellt ein geeignetes Mittel zur Überprüfung der Luftdichtheit der Räume dar. Je größer die Dichtheit der Räume, desto kleiner ist der Einfluss von undefinierten Luftströmen auf das System. Es ergab sich für den Referenzraum ein $n_{50} = 0,56 \text{ h}^{-1}$ und für den Testraum ein $n_{50} = 0,43 \text{ h}^{-1}$. Da es sich um einen Test mit einem Druckunterschied von 50 Pa handelt, ist für den Infiltrationsluftwechsel nach DIN [3] von $n = 0,03 \text{ h}^{-1}$ für den Testraum und $n = 0,04 \text{ h}^{-1}$ für den Referenzraum auszugehen (Multiplikation des ermittelten $\Delta p = 50 \text{ Pa}$ Wertes mit Faktor 0,07).

Simulation der Feuchtelast

Um den Ansprüchen einer realistischen Feuchtelast gerecht zu werden, wurde das in Bild 3 dargestellte Befeuchtungsprofil gewählt. Dieses beschreibt in etwa die Feuchteproduktion einer Familie mit zwei Erwachsenen und zwei Kindern in einer 65 m² großen Wohnung. Die Feuchteproduktion verteilt sich jedoch nicht gleichmäßig über den ganzen Tag, sondern weist in der Regel ausgeprägte Spitzen auf. Bild 3 oben zeigt das für die Versuche gewählte Feuchteproduktionsprofil. Die permanent vorhandene Grundproduktion, z.B. bedingt durch Pflanzen oder Haustiere, beträgt 25 g/h. In den frühen Morgenstunden von 6⁰⁰ bis 8⁰⁰ steigt sie auf 400 g/h durch menschliche Aktivitäten, wie z.B. Duschen und Waschen. Danach fällt die Feuchteproduktion wieder auf die Grundproduktion ab, bevor sie vom späten Nachmittag bis abends 16⁰⁰ bis 22⁰⁰ Uhr wieder verstärkt und diesmal auch länger anhaltend einsetzt, was entsprechende Aktivitäten, wie Kochen, Putzen und Wäsche waschen simuliert. Insgesamt werden in jedem Raum 2,4 Liter Wasser pro Tag verdampft. Die Feuchtelast wird mit Hilfe von Ultraschallverdampfern erzeugt. Dies sind handelsübliche Luftbefeuchter, die sehr energiesparend kalten (Raumtemperatur) Nebel erzeugen. Die Regulierung der Befeuchter wird mittels einer Zeitschaltuhr geregelt (Bild 3 Mitte).

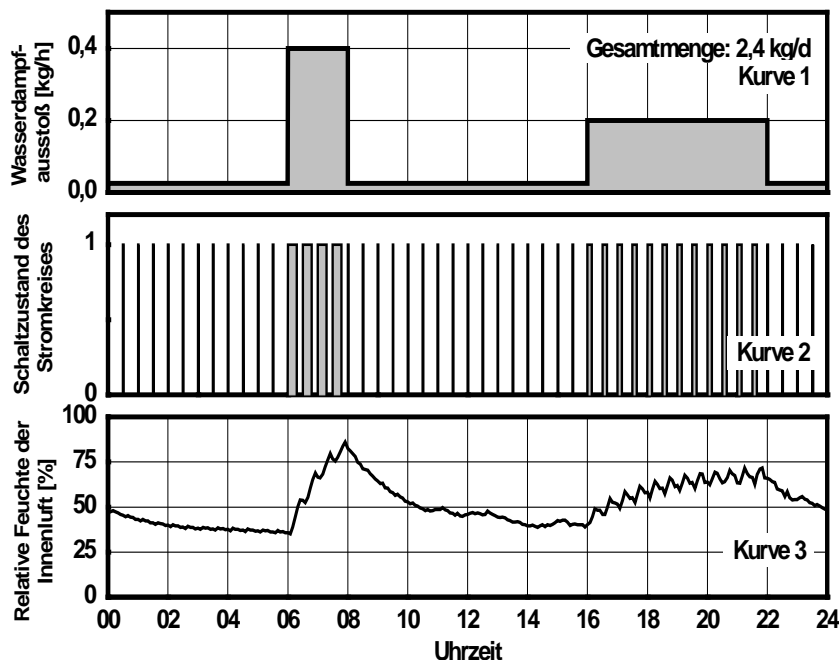


Bild 3: Darstellung und Realisierung des täglichen Feuchteprofils in den Räumen
Oben: Angestrebtes Profil der Feuchteproduktion
Mittig: Die Zeitschaltuhr überführt dieses Signal in ein digitales Signal
Unten: Die relative Feuchte des Raums reagiert mit einem sägezahnähnlichen Profil

Luftwechsel

Die Luftwechselrate wurde der Norm [4] entsprechend für alle Versuche auf $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ festgelegt. Im Fall der Testräume war daher ein Frischluftvolumenstrom von $25 \text{ m}^3/\text{h}$ zu realisieren. In die Räume ist jeweils ein Gebläse mit einer Förderleistung von 56 beziehungsweise mit $48 \text{ m}^3/\text{h}$ installiert.

Messtechnik und Randbedingungen

In den Versuchsräumen sind Sensoren zur kontinuierlichen Erfassung folgender Messgrößen installiert: Temperatur an den Wandoberflächen und in Raummitte mit Höhenprofil, relative Feuchte in Raummitte, Wärmefluss durch Außen- und Zwischenwände sowie Energieverbrauch der Elektroheizung. Für die weitere Versuchsauswertung werden hier jedoch lediglich die Messgrößen Temperatur und relativ Feuchte betrachtet.

Die Messwerterfassung erfolgt mithilfe des Imedas[®] Messdatenerfassungssystem. Dieses System bietet die Möglichkeit, erfasste Daten direkt in eine Datenbank zu übernehmen und diese sofort zu visualisieren, so dass die Entwicklung einer Messung schnell überprüft werden kann. Da beide Messräume synchron in einer Darstellung gezeigt werden, ist auch ein direkter Vergleich aller Messgrößen (siehe Bild 4) möglich.

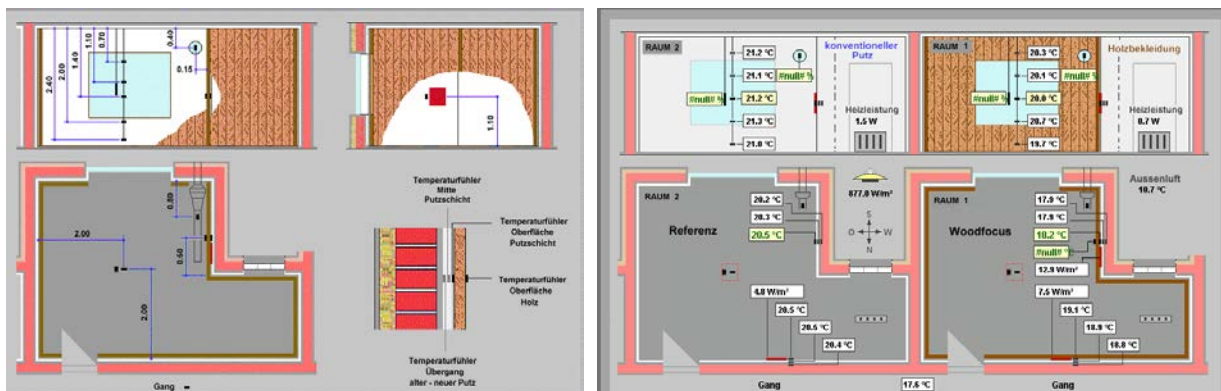


Bild 4: Visualisierung der Testräume;
links: Lageplan der Temperatur- und Feuchtefühler;
rechts: Messwertdarstellung

Die Versuche werden parallel in beiden Versuchsräumen unter identischen Randbedingungen durchgeführt. Die Raumtemperatur bleibt jeweils konstant auf 20°C mit Ausnahme einiger Tage an denen diese Temperatur wegen hoher Sonneneinstrahlung stundenweise überschritten wird. In beiden Versuchsräumen wird die Frischluftzufuhr durch die Lüftungssteuerung auf einen Luftwechsel von $0,5 \text{ h}^{-1}$ gehalten. Untersucht werden Nut- und Federschalung, Akustikplatten, Dämmelemente, Rundholzbohlen und Holzweichfaserplatten.

3.2 Ergebnisse der Untersuchungen

Vorversuche

Bei den Vorversuchen wurden der Referenz- und der Testraum zunächst miteinander verglichen. Die Wandoberfläche des Referenzraumes besteht bei allen Messungen aus einem Gipsputz, der mit einer handelsüblichen Innenraumfarbe gestrichen ist. In Bild 5 ist das zeitliche Verhalten der relativen Feuchte in den beiden Räumen während eines repräsentativen Tages dargestellt. Die Feuchteverläufe unterscheiden sich in beiden

Massivholz- und Blockhaustag 2005, Rosenheim Okt. 2005

Räumen nur wenig, eine gewisse Feuchtepufferwirkung durch den gestrichenen Innenputz ist jedoch deutlich erkennbar.

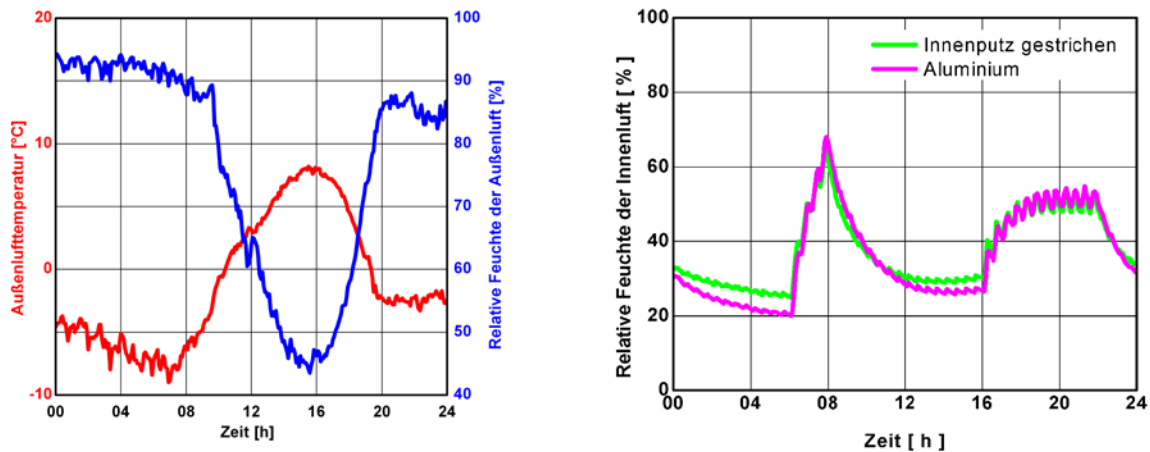


Bild 5: Verläufe der Außenklimabedingungen (links) und der Raumlufffeuchte in den Versuchsräumen (rechts) eines repräsentativen Tages.

Die einzelnen Ausschläge der Raumlufffeuchte am Morgen und am Nachmittag hängen mit dem Feuchteproduktionszyklus zusammen, der sich täglich wiederholt. Die Größe dieser Ausschläge ist ein Maß für die Feuchtereaktion des Raumes auf die Feuchteproduktionspitzen und damit auch die Pufferwirkung seiner Umschließungsflächen. Die Quantifizierung dieser Feuchteauschläge ist am Beispiel des Referenzraumes in Bild 6 rechts dargestellt. Dabei wird jeweils die Differenz der relativen Luftfeuchte im Raum zu Beginn und am Ende der beiden täglich wiederkehrenden Feuchteproduktionspitzen ermittelt. Die so definierten Feuchteauschläge im Referenzraum dienen auch als Bezugswerte für die Feuchteveränderungen im Testraum.

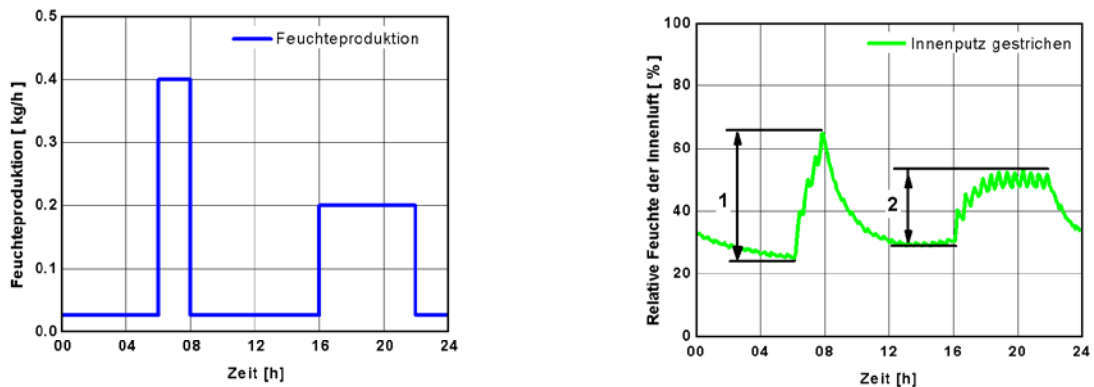


Bild 6: Tagesverlauf der Feuchteproduktion (links) und daraus resultierende Feuchteveränderungen der Raumluff (rechts) 1. Ausschlag von 6 - 8 Uhr; 2. Ausschlag von 16 – 22Uhr

Durch Mittelung der Amplituden der Raumlufffeuchten während des Messzeitraums erhält man für beide Versuchsräume die in Bild 7 dargestellten Beträge. Bei der Darstellung wird das Messergebnis des Referenzraumes immer auf 1,0 normiert, damit der Einfluss des Feuchtepufferverhaltens der Materialien einfacher miteinander verglichen werden kann.

Massivholz- und Blockhaustag 2005, Rosenheim Okt. 2005

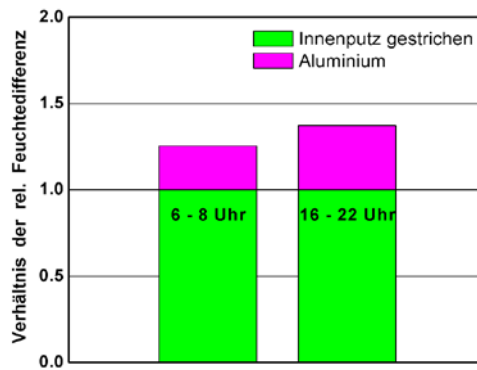


Bild 7: Raumlufffeuchteauschläge im leeren Testraum mit Aluminiumverkleidung bezogen auf die Verhältnisse im Referenzraum.

Während der Feuchteanstieg im leeren Testraum (Bild 7) bei der morgendlichen Feuchteproduktion um 25% größer ist als im Referenzraum, erreicht der Unterschied bei der länger andauernden, abendlichen Feuchteproduktion fast 40%. Die Feuchtepufferwirkung des gestrichenen Innenputzes macht sich also bei einer längeren Feuchteproduktion stärker bemerkbar als bei kurzen Feuchtespitzen.

Testraumverkleidung mit Nut- und Federholzschalung

Die Nut- und Federbretter sind auf der Vorderseite unbehandelt. Die Rückseite ist mit Aluminiumfolie abgeklebt. Bild 8 ist zu entnehmen, dass die Feuchteamplituden im Testraum weniger als die Hälfte der Ausschläge im Referenzraum betragen. Die Feuchtepufferung der unbehandelten Nut- und Federschalung führt also im Vergleich zur Sorptionsfähigkeit eines herkömmlichen Innenputzes zu einer Dämpfung der Luftfeuchtefluktuationen im Raum um mehr als 50%.

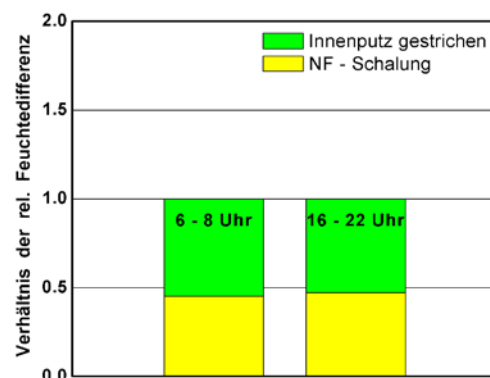


Bild 8: Fotografische Aufnahme der Nut- und Federbretter (links) und Raumlufffeuchteauschläge im Testraum mit der Nut- und Federschalung bezogen auf die Verhältnisse im Referenzraum (rechts).

Testraumbekleidung: Akustikelemente

Die in Bild 9 links fotografisch dargestellten Akustikelemente bestehen aus 9 mm starken Birkenfurnierplatten mit Bohrungen von 8 mm Durchmesser. Die der Raumseite zugewandte Oberfläche der Furnierplatte ist lackiert, während die Rückseite unbehandelt bleibt. Die Furnierplatte ist auf einem 18 mm starken Fichtenrahmen aufgebracht. Unter dem Rahmen befindet sich eine 12 mm dicke Holzweichfaserplatte. Die Rückseite der Holzweichfaserplatte wurde durch das Aufbringen von Aluminiumfolie mittels Sprühkleber wie bei den anderen Testraumbekleidungen dampfdicht ausgeführt. Bild 9 rechts zeigt die vergleichende

Auswertung der Raumlufffeuchteauschläge. Die Feuchtedämpfung durch die Akustik-
elemente ist mit ca. 30% geringer als bei der Nut- und Federschalung

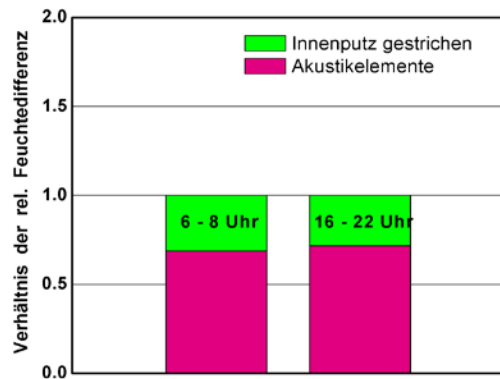
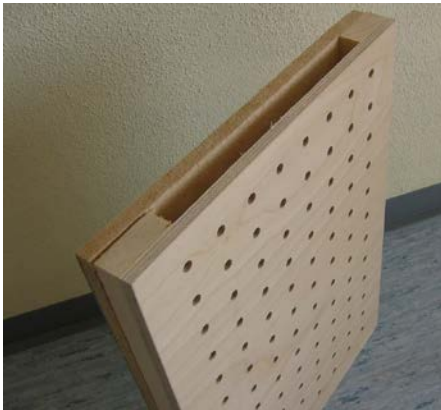


Bild 9: Photographische Aufnahme des Akustikelements (links) und Raumlufffeuchteauschläge im Testraum mit dem Akustikelement bezogen auf die Verhältnisse im Referenzraum (rechts)

Testraumbekleidung: Dämmelemente

Die Dämmelemente (siehe Bild 10 links) bestehen aus einem 45 mm starken Fichtenrahmen der raumseitig mit 12 mm dicken Gipskartonplatten beplankt ist. Rückseitig schließt das Element mit einer 12 mm Bau-furnierholzplatte ab. Der Raum zwischen den beiden Platten ist mit einer 45 mm dicken Zellulosedämmung ausgefüllt. Durch eine PE – Folie, die auf der Rückseite der Elemente aufgespannt ist, wird sichergestellt, dass keine Wasserdampf-sorption von hinten stattfindet.

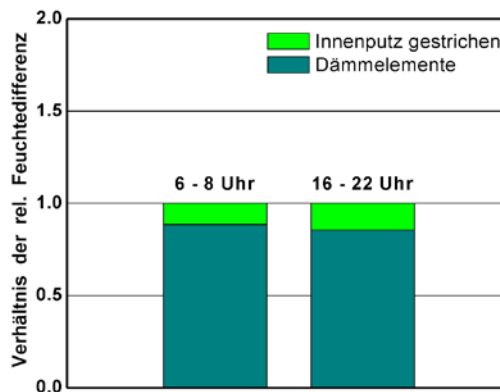


Bild 10: Photographische Aufnahme des Dämmelements (links) und Raumlufffeuchteauschläge im Testraum mit dem Dämmelement bezogen auf die Verhältnisse im Referenzraum (rechts).

Der Vergleich der Feuchtepufferwirkung auf die Raumluff in Bild 10 zeigt keine großen Unterschiede zwischen Testraum und Referenzraum. Offensichtlich hat die der Raumluff zugewandte Gipskartonplatte ein ähnliches Sorptionsvermögen, wie der gestrichene Innenputz auf Gipsbasis. Der hinter dem Gipskarton eingebrachte Zellulosedämmstoff wirkt sich erst bei einer länger andauernden Feuchteproduktion aus. Deshalb ist die relative Feuchtepufferung der Dämmelemente während der Feuchteproduktion am Abend etwas größer als am Morgen.

Testraumbekleidung: Rundbohlenwänden

In einem weiteren Versuch wurde das Feuchtepufferverhalten von Rundbohlenwänden untersucht. Hierzu wurden unbehandelte Wandelemente aus Rundbohlen verwendet, wie sie

Massivholz- und Blockhaustag 2005, Rosenheim Okt. 2005

z.B. für den Blockhausbau in Finnland verwendet werden. Die Rundbohlen sind aus Fichte und haben einen Durchmesser von 166 mm. Die Versuchsreihe wird, wie in Bild 11 zu sehen, mit diffusionsdichten Rundbohlenstirnenden durchgeführt. Die Hälfte der Enden der Rundholzbohlen sind bündig gegen die mit Aluminium bekleidete Wand des Testraumes montiert, so dass dort keine oder nur eine geringe Luftzirkulation stattfinden kann. Dies ist auch in der Praxis der Fall. An Raumecken von Innenwänden oder bei Türausschnitten, die durch Türzargen verdeckt, aber nicht absolut luftdicht verschlossen sind, treten ähnliche Verhältnisse auf.

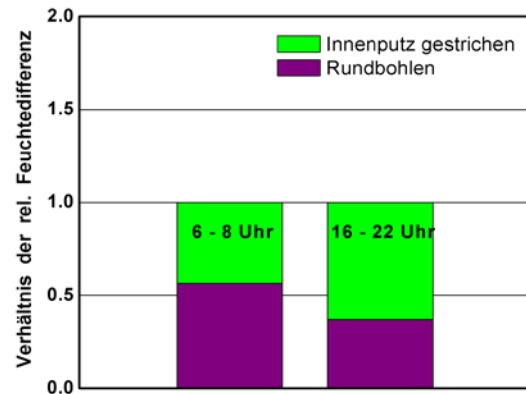


Bild 11: Photographische Aufnahme der Rundbohlen (links) und Raumlufffeuchteauschläge im Testraum mit den Rundbohlen bezogen auf die Verhältnisse im Referenzraum (rechts).

In Bild 11 sind die mittleren Ausschläge der Raumlufffeuchte im Testraum mit den Rundbohlenwänden bezogenen auf die Situation im Referenzraum dargestellt. Die Amplitudendämpfung im Testraum beträgt am Morgen um 44% und abends 63%.

Testraumbekleidung: Holzweichfaserplatten

Holzweichfaserplatten werden im Nassverfahren aus Cellulosefasern hergestellt. Die Bindung beruht auf der Verfilzung der Fasern sowie deren eigener Verklebungsfähigkeit. Wegen ihrer rauen und meist dunkel gefärbten Oberfläche werden Holzweichfaserplatten in der Regel nicht als Innenraumbekleidung verwendet. Da von ihnen jedoch wegen der großen Wasserdampfdurchlässigkeit verbunden mit der hohen Sorptionsfähigkeit der Holzfasern eine starke Feuchtepufferwirkung erwartet wird, wurde entschieden sie in die Untersuchungen einzubeziehen. Für die Auskleidung des Testraumes werden hier unbehandelte Holzweichfaserplatten mit einer Dicke von 22 mm verwendet. Die Rückseite wird, wie bei allen anderen Testraumbekleidungen dampfdicht versiegelt, indem mittels eines Sprühklebers eine Aluminiumfolie aufgebracht wird.

Es zeigt sich, dass die Feuchteproduktionsspitze am Morgen um 80% und die am Abend um 75% reduziert wird (Bild 12). Damit zeigt die Holzweichfaserbekleidung die höchste Feuchtepufferung von allen untersuchten Bekleidungsmaterialien.

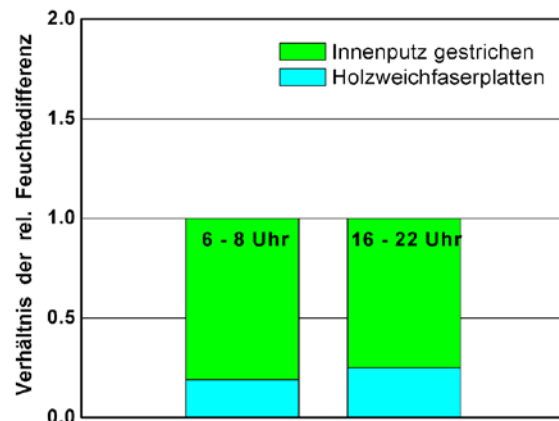


Bild 11: Fotografische Aufnahme der Holzweichfaserplatten (links) und Raumlufffeuchteauschläge im Testraum mit den Holzweichfaserplatten bezogen auf die Verhältnisse im Referenzraum (rechts)

4 Zusammenfassung

Zur Bestimmung der Feuchtepufferwirkung von Innenraumbekleidungen aus Holz oder Holzwerkstoffen im Vergleich zu einem in Deutschland üblichen Innenputz wurden experimentelle Untersuchungen auf dem Freilandversuchsgelände des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik in Holzkirchen durchgeführt. Dazu wurden zwei identische Versuchsräume in einer bereits vorhandenen Testhalle sorgfältig abgedichtet und mit einer kalibrierten Lüftungsanlage ausgerüstet. Der Referenzraum wurde mit einem herkömmlichen Innenputz auf Kalk-Gips-Basis und einem diffusionsoffenen Anstrich versehen. Der Testraum wurde zur Vermeidung störender Einflüsse vollständig mit Aluminiumfolie ausgekleidet. Die Böden hatten in beiden Versuchsräumen einen dampfdichten PVC-Belag. Mit Hilfe von Ultraschallbefeuchtern wurde in beiden Räumen ein für Wohnräume typischer Feuchteproduktionszyklus gefahren, der täglich wiederholt wurde. Durch Luftfeuchte- und Temperatursensoren wurde das Raumklima in beiden Versuchsräumen zeitnah gemessen und kontinuierlich aufgezeichnet. Wegen des Einflusses des Außenklimas auf das Feuchteniveau im Raum wurden alle Messungen stets parallel bei gleicher Lüftung und Befeuchtung im Testraum und im Referenzraum durchgeführt. Zur Erfassung der Feuchtepufferung unterschiedlicher Innenraumbekleidungen wurde der feuchtetechnisch inerte Testraum nacheinander mit unbehandelten Bekleidungen aus Nut- und Federbrettern, Akustikelementen, Zellulosedämmelementen, Vollholzbohlen und Holzweichfaserplatten ausgekleidet. Durch den Vergleich der Raumlufffeuchteauschläge während der Feuchteproduktionspitzen im bekleideten Testraum und im verputzten Referenzraum konnte die Feuchtepufferkapazität der untersuchten Bekleidungsvarianten quantifiziert werden.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass alle untersuchten Bekleidungen aus Holz eine bessere Feuchtepufferwirkung aufweisen als der herkömmliche Innenputz. Dadurch wird u.a. erreicht, dass die Luftfeuchte in Wohnräumen mit solchen Bekleidungen länger im hygienisch optimalen Feuchtebereich verweilt, als das bei verputzten Wänden der Fall ist. Allerdings zeigen die untersuchten Innenraumbekleidungen untereinander große Unterschiede in ihrer Wirkung. Während die unbehandelte Nut- und Federschalung und die Holzbohlen die Raumlufffeuchteschwankungen um bis zu 70% dämpfen können, erreichen die Dämmelemente und die Akustikelemente nur eine Feuchtedämpfung, die 15% bis 30% besser ist, als die Dämpfung durch einen Innenputz. Dies liegt in beiden Fällen daran, dass die stark Wasserdampf sorbierenden Materialschichten dieser Elemente nicht direkt der Raumluff ausgesetzt sind. Bei den Dämmelementen muss der Wasserdampf erst durch die Gipskartonplatte hindurch diffundieren, bevor er von den Zellulosefasern absorbiert werden kann. Bei den Akustikelementen muss der Wasserdampf durch kleine Löcher wandern, um die sorbierende Schicht aus Holzweichfaserplatten zu erreichen. Hier könnte allerdings eine

Verbesserung dadurch erreicht werden, wenn die Öffnungen in der raumseitigen Deckplatte so ausgeführt werden, dass unter den Randbedingungen in Wohnräumen eine gewisse Raumluftzirkulation durch die Akustik Elemente hindurch stattfinden kann.

Die beste Feuchtepufferwirkung zeigen die Holzweichfaserplatten. Mit einer Amplitudendämpfung von nahezu 80% übertreffen sie alle anderen untersuchten Bekleidungen. In diesem Zusammenhang sollte bedacht werden, dass auch alle anderen untersuchten Bekleidungen die hier ermittelte Feuchtepufferkapazität nur dann aufweisen, wenn sie keine Oberflächenbehandlung erfahren. Aus diesem Grund sollten weitere Messungen zum Einfluss unterschiedlicher Beschichtungsmaterialien durchgeführt werden. Außerdem sollte in Zukunft die Wirkung üblicher Raumausstattungen, wie Möbel Vorhänge etc., in die Untersuchungen einbezogen werden.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Simonson, Salonvaara, Ojanen (2001): Improving Indoor Climate and Comfort with Wooden Structures; ISBN 951-38-5846-4
- [2] Künzel, H.: Heat transmission through the enclosing skin of the building compared with calculated k-value in relation to the wall design. Zi (Ziegelindustrie International) 2/1984: 59-65.
- [3] DIN 4108 Teil 7 (8/2001): Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Luftdichtheit von Gebäuden
- [4] DIN 4108 Teil 2 (6/1999): Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz