

Ein neuer tragfähiger Dämmstoff – Typha-Rohrkolbenplatten

A New Load-Bearing Insulation Material – Typha Panels

Martin Krus, Werner Theuerkorn,
Theo Großkinsky, Georgi Georgiev



1

Von der Sumpfpflanze zum Dämmstoff Rohrkolben sind aufgrund ihrer enormen Produktivität prädestiniert als Rohstoff für die industrielle Verwertung. Typha-Bestände sind unempfindliche, natürliche Monokulturen, die jedes Jahr 15 bis 20 Tonnen Trockenmasse pro Hektar hervorbringen. Dies entspricht dem Vier- bis Fünffachen dessen, was hiesige Nadelwälder liefern. Ein Anbau auf Niedermoor- und Talböden in Deutschland böte eine ausreichende Grundlage zur Deckung des Gesamtbedarfs an Dämm- und Wandbaustoffen (Abb. 1).

Durch die besonderen strukturellen Eigenschaften von Rohrkolben lassen sich Baustoffe erzeugen, die eine einmalige Kombination aus Tragwirkung und Dämmung bieten. Die besondere Eignung der Blattmasse von Typha für die Herstellung von innovativen Baustoffen ist bestimmt durch die Struktur der Pflanze.^{1,2} Die Blätter sind durch die Kombination von zugfesten Längsfasern und elastischem Schwammgewebe auch in getrocknetem Zustand reiß- und bruchfest, flexibel und formstabil, was ihnen eine erstaunliche Statik und eine ausgezeichnete Dämmwirkung verleiht (Abb. 2). Das Verhalten der Blattmasse unter Zug und Druck ist in Richtung der Blattachse vollkommen anders als senkrecht dazu: Längs der Achse widersteht das Blattmaterial hohen Druckbeanspruchungen von ca. 1 N/mm² und noch höheren Zugbelastungen. Quer zur Faserrichtung dagegen beginnt schon bei sehr geringen Drücken von 0,01 N/mm eine elastische Verformung, die ganz überwiegend im reversiblen Bereich bleibt. Auf diesen unterschiedlichen Eigenschaften beruhen die besonderen Qualitäten der Typha-Dämmplatten. Das bei der Herstellung zugrunde gelegte Prinzip der regellos ausgeworfenen, aber parallel zur Plattenebene liegenden, mit Magnesit gebundenen Typha-Blattpartikel bildet die Basis für ein Material, das in einem relativ unkomplizierten Verfahren herstellbar ist. Damit entsteht ein Produkt, das außer Pflanzenbestandteilen und einem rein mineralischen Kleber keine weiteren Zusätze aufweist und somit vollständig kompostierbar ist. Dabei weist es ein günstiges Ver-

hältnis von Druckfestigkeit in Richtung der Plattenebene, Wärmeleitfähigkeit, Dampfdiffusionsverhalten sowie Masse für den sommerlichen Wärmeschutz auf. Abhängig von Magnesitanteil und Rohdichte ergeben sich unterschiedliche Festigkeitswerte und Wärmeleitfähigkeiten. Für eine Materialprobe mit besonders effektiver Kombination von Stabilität und Wärmeleitfähigkeit wurde die komplette Bandbreite der hygrothermischen Kennwerte ermittelt. Das Material besitzt trotz relativ hoher Rohdichte und hoher Festigkeit eine relativ niedrige Wärmeleitfähigkeit von 0,055 W/mK und ist kapillaraktiv bei mittlerer Diffusionsoffenheit (Abb. 6). Dadurch kann in vielen Anwendungsfällen auf den Einsatz einer Dampfbremse verzichtet werden. Der neue Baustoff bringt außerdem weitere positive Eigenschaften mit:

- nachwachsender Baustoff mit hoher Pilzresistenz durch Gerbstoffgehalt
- guter Brand-, Schall- und sommerlicher Wärmeschutz
- einfache Verarbeitbarkeit mit gängigen Werkzeugen
- niedriger Energieaufwand bei Produktion
- Rückführbarkeit in den Stoffkreislauf

Sanierung von Fachwerkhäusern

Durch die anstehende Energiewende werden auch an historische Altbauten neue Anforderungen gestellt, die sie generell nur schwer erfüllen können. Daher müssen neue



4

- 1 Rohrkolbenpflanzen (Typha)
- 2 Anschnitt eines Typha-Blatts
- 3 Dämmstoffplatten aus Typha
- 4 Fachwerkgebäude in Nürnberg nach Sanierung
Architekten: Fritsch+Knodt&Klug, Nürnberg
(www.fritsch-knodt-klug.de)
- 5 Wandaufbau Fachwerksanierung
- 6 hygrothermische Kennwerte einer Probeplatte
- 7 gemessene Grenzschichttemperaturen am Wandaufbau des sanierten Fachwerkhauses
- 8 gemessener Wärmestrom und Temperaturverlauf innen/außen
- 9 gemessene Holzfeuchten am Gefach

Die Autoren beschäftigen sich als Forschungsteam am Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Holzkirchen, mit bauphysikalischen Fragestellungen und der Weiterentwicklung der Typhaplatten und ihrer Herstellungstechnologie. Zudem werden der Anbau des Rohstoffs und seine Umweltaspekte in einem interdisziplinären Forschungsteam untersucht und erprobt.

Materialien und Konzepte für eine denkmalverträgliche energetische Optimierung solcher Objekte entwickelt werden. Hierzu bietet sich der neu entwickelte Baustoff aus Rohrkolben an.

Bei einem Fachwerkgebäude in Nürnberg mit asymmetrischem Aufbau und unzureichender Aussteifung des Traggefüges³ sollte das Fachwerk wieder sichtbar werden – unter Einhaltung der EnEV 2009, Berücksichtigung denkmalpflegerischer Aspekte und gleichzeitiger Stabilisierung des Gebäudes. Diese Anforderungen konnten durch Verwendung von Typha-Platten erfüllt werden (Abb. 4). Der modellhafte Materialeinsatz ist von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt und vom Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege gefördert worden. Die Detailausbildung des Wandaufbaus wurde nach umfassender Erkundung der Bestandskonstruktion konzipiert und in enger Zusammenarbeit von Bauleitung und Handwerkern umgesetzt. Mithilfe eines Probegefachs ist eine schlanke Außenwandkonstruktion von nur 20 cm mit integrierter Wandheizung entwickelt worden (Abb. 5, 11). Nach zimmermannsmäßiger Instandsetzung wurden die Gefache umlaufend mit Latten verleistet. Die Typha-Platten sind mit umlaufender ca. 10 mm breiter Fuge zugeschnitten worden. Zuerst wurde die äußere Platte mit einer Dicke von 60 mm mit Schnellbauschrauben und Beilagscheiben von außen an die Verleistung befestigt. Eine weitere Platte mit 60 mm wurde innen mit Fuge eingepasst und an die Außenplatte geschraubt.

Zur Herstellung von Winddichtigkeit und Kraftschlüssigkeit sind die Anschlussfugen zwischen Holz und Typha-Platte innen und außen mit Typha-Fugenquellmörtel verfüllt und mit einem Fugeneisen nachgedichtet und abgezogen. Dem Quellmörtel ist gemahlenes Typha-Material beigemischt, wodurch er bei späterem Wasserzutritt nachquellen kann. Nach Herstellung einer einheitlichen Wandflucht durch Ausgleichsplatten wurden innenseitig zusätzlich 40 mm dicke Typha-Platten aufgebracht. Aufgrund der Schraubfestigkeit und guten Verputz-



2



3

barkeit der Platten konnten die Wandheizrohre direkt aufgeschraubt und der Zwischenraum mit einem Kalk-Gipsputz verfüllt werden. Den Deckputz bildet ein mit Samenflugschirmchen der Rohrkolbenpflanze vergüteter Lehmputz. Diese Putzarmierung ist ein effektives Mittel, um auch ohne Gewebeeinlage Rissfreiheit zu gewährleisten. Das Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) überprüfte die Funktionstauglichkeit des Wandaufbaus über einen Zeitraum von anderthalb Jahren. Hierzu dienten über den Querschnitt eines ausgesuchten Gefachs verteilte Messfühler zur Bestimmung von Temperatur, relativer Luftfeuchte, Holzfeuchte und Wärmestrom. Der Verlauf der Grenzschichttemperaturen als Stundenmittelwerte von Januar 2011 bis September 2012 ist in Abb. 7 dargestellt. Deutlich wird die typische Temperaturschichtung von innen (Raumlufttemperatur RLLT/innere Oberflächentemperatur IOFT) nach außen an der Grenzschicht 4 (GS4T). Vor Inbetriebnahme der Wandheizung wurde der Raum über die offene Tür zum geheizten Nebenraum mit beheizt. Zu erkennen sind die anfänglichen Regelungsversuche der Mieterin nach Inbetriebnahme mit deutlicher Übersteuerung. Abb. 8 zeigt den hinter der Innendämmung (Grenzschicht 3) gemessenen Wärmestrom und den Verlauf der Temperatur an dieser Stelle sowie außen an Grenzschicht 1. Aus diesem Wärmestrom

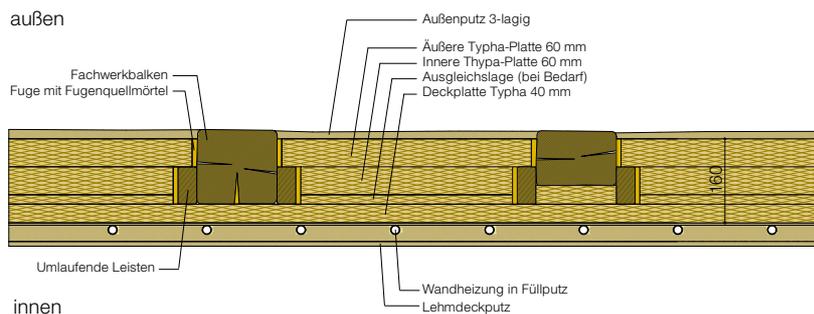
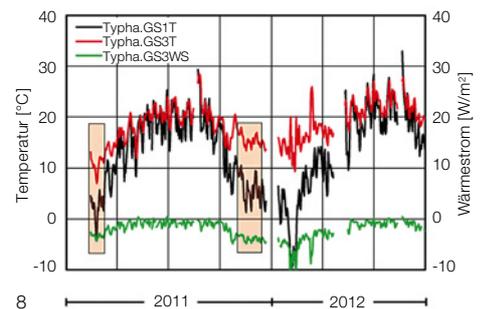
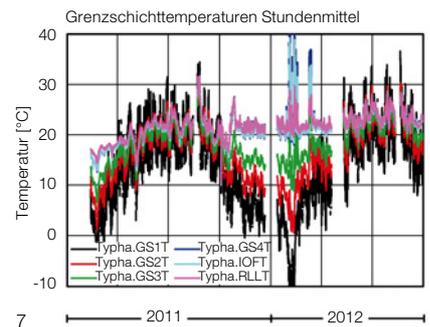
bezogen auf die Temperaturdifferenz kann die Dämmeigenschaft des Aufbaus berechnet werden. Zwei ausgewählte Messperioden (orange hinterlegt) ergeben unter Einbeziehung der zusätzlichen Innendämmung jeweils einen Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) von 0,26 W/m²K. Für den Gesamtaufbau mit den Balken des Gefachs ergibt sich ein Wert von 0,31 W/m²K. Da die Messung auch die Wärmegewinne durch solare Einstrahlung (inklusive Diffustrahlung) beinhaltet, wird dieser Wärmedurchgangswiderstand als »bezogener« U-Wert bezeichnet. Berechnet man aus den Materialkennwerten den »echten« U-Wert, ergeben sich etwas höhere Werte von 0,29 W/m²K für das Gefach und 0,35 W/m²K für den Gesamtaufbau. Aufgrund der mit dem Außenputz eingebrachten Baufeuchte und der relativ guten Saugfähigkeit des Holzes resultieren anfänglich sehr hohe Holzfeuchten von bis über 100 Masse-%. Es findet dann aber eine schnelle Abtrocknung statt, sodass im weiteren Verlauf die Holzfeuchten aller vier Messstellen an der Oberfläche des Holzes unmittelbar unterhalb des Außenputzes bei ca. 20 Masse-% liegen (Abb. 9). Durch den Einbau der Typha-Platten als Kombination von Gefachdämmung und Innendämmung ist es gelungen, für den Wandaufbau einen Wärmedurchgangskoeffizienten von ca. 0,35 W/m²K zu erreichen – bei einer Ge-

- 1 Cattail plant (typha)
- 2 Typha leaf section
- 3 Typha insulation panels
- 4 Timbered house in Nuremberg, after renovation with typha insulation panels
- 5 Wall construction, timber frame renovation
- 6 Hygrothermal key values, typha sample
- 7 Measured border layer temperatures at wall construction of renovated timbered house
- 8 Measured heat flow and temperature distribution, interior/exterior
- 9 Measured wood moisture in infill

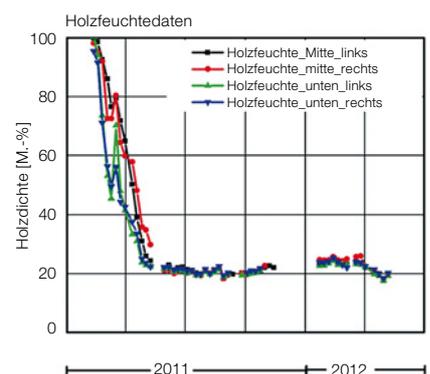
The authors collaborate in a research team at the Fraunhofer Institute for Building Physics in Holzkirchen. They deal with questions on the building physics and the further development of typha panels and related production technology. Additionally, cultivation and ecological aspects of this material are researched and tested within an interdisciplinary research team.

| Materialkennwert | Einheit | Wert |
|---|----------------------|-------|
| Rohdichte | kg/m ³ | 270 |
| Porosität | Vol-% | 75 |
| Diffusionswiderstandszahl Dry-cup (23 0/50) | - | 28 |
| wet-cup (23 50/93) | - | 20 |
| Wasseraufnahmekoeffizient | kg/m ² /h | 1,1 |
| Sorptionfeuchtegehalt 23 °C 65% r.F. | Vol-% | 0,65 |
| 23 °C 80% r.F. | Vol-% | 1,2 |
| 23 °C 93% r.F. | Vol-% | 2,9 |
| 23 °C 97% r.F. | Vol-% | 6,9 |
| Freie Sättigung | Vol-% | 59 |
| Wärmeleitfähigkeit | W/mK | 0,055 |

6



5



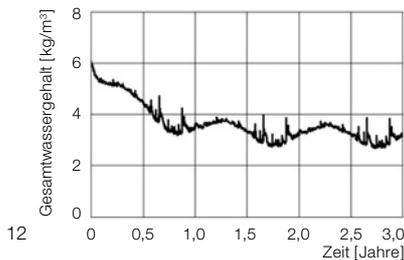
- 10, 11 Probegefache Fachwerksanierung
 12 berechneter Verlauf des Gesamtwasser-
 gehalts der Außenwand mit Typha-Innen-
 dämmung
 13 Verlauf von Temperatur und relativer
 Luftfeuchte hinter Innendämmung
 14 wie 13 bei Hinterströmung mit 1 l/mH
 15 Prognose Schimmelsicherheit mit WUFI-Bio

- 10, 11 Timber frame renovation, test infill
 12 Calculated distribution of overall water content,
 exterior wall with typha interior insulation
 13 Temperature and relative air humidity distribu-
 tion behind interior insulation
 14 same as 13, yet with air flow behind the insula-
 tion layer a 1 l/mh
 15 Prognosis for mould resistance via WUFI-Bio

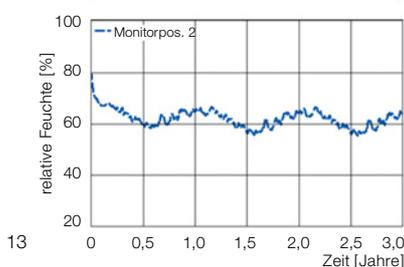
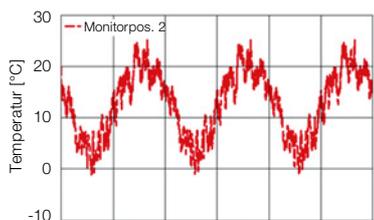


10

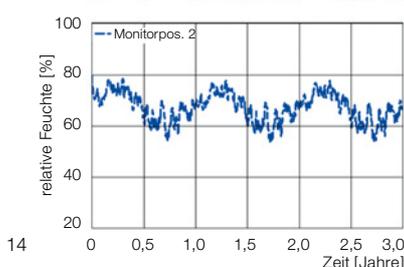
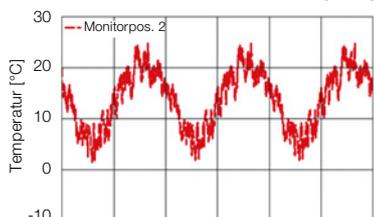
11



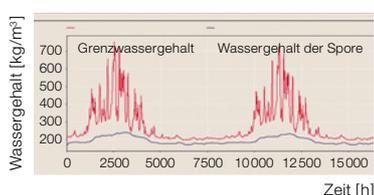
12



13



14



15

Zeit [h]

samtwandstärke von lediglich 20 cm einschließlich Wandheizung. Dies ist für ein Fachwerkgebäude ein außerordentlich gutes Ergebnis. Die über zwei Heizperioden durchgeführten Messungen der Temperaturen und Luftfeuchten innerhalb der Konstruktion belegen ihre bauphysikalische Tauglichkeit. Insgesamt stellt die gesamte, mit Hilfe der magnesitgebundenen Typha-Platte ausgeführte Dämmmaßnahme eine aus bauphysikalischer und denkmalpflegerischer Sicht äußerst effektive Lösung dar.

Innendämmung auf Mauerwerk

Das Fachwerkgebäude in Nürnberg besitzt, wie viele derartige Gebäude, ein massives Erdgeschoss aus Mauerwerk. Um auch dieses energetisch zu sanieren, wurde der Einbau einer Innendämmung mit der magnesitgebundenen Typha-Platte in einer Materialstärke von 4 cm gewählt, die mit einem typhafaserbewehrten Lehmputz versehen ist. Die Platten sind auf Stoß eingebaut und mit Dübeln an der Innenseite der Außenwand befestigt. Die Schadensfreiheit dieser Maßnahme wurde durch hygrothermische Berechnungen überprüft. Für die rechnerische Untersuchung von gekoppelten Wärme- und Feuchtetransportvorgängen liegt am IBP ein erprobtes und vielfach validiertes EDV-Programm (WUFI-Pro) vor.^{4,5} Die Materialkennwerte für das Mauerwerk und den Lehmputz werden der Datenbank des Programms entnommen. Für die Typha-Platte können die messtechnisch bestimmten hygrothermischen Kennwerte zugrunde gelegt werden. Da eine vollflächige Auflage der Typha-Platte nicht sicher zu garantieren ist, wurde zwischen Dämmung und Mauerwerk eine dünne Luftschicht angenommen.

Der berechnete Verlauf des Gesamtwasser-
 gehalts ist in Abb. 12 dargestellt. Ausge-
 hend von einer Anfangsfeuchte, entspre-
 chend der Ausgleichsfeuchte bei 80 % r.F.,
 trocknet der Wandaufbau zunächst etwas
 aus und zeigt dann einen typischen jahres-
 zeitlich schwankenden Verlauf auf. An der
 kritischsten Stelle der Wand, zwischen Au-
 ßenwand und Innendämmung, werden im
 Verlauf der jahreszeitlichen Schwankungen

von Temperatur und Luftfeuchte nur maxi-
 male relative Luftfeuchten von ca. 65 % er-
 reicht. Eine Schimmelpilzbildung kann somit
 ausgeschlossen werden (Abb. 13).

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass
 bei sorgfältiger Ausführung kein Feuchte-
 schaden zu erwarten ist. Es stellt sich je-
 doch die Frage der Fehlertoleranz der Kon-
 struktion. Geht man bewusst von einer Un-
 dichtigkeit aus, die eine Hinterströmung
 der Dämmplatte mit warmfeuchter Luft aus
 dem Innenraum zur Folge hat (angenom-
 men 1 Liter pro Stunde und laufendem Me-
 ter Wandlänge), steigt die maximale relative
 Luftfeuchte auf Werte von ca. 75 %. Auch
 bei diesem Niveau ist jedoch noch kein
 Schimmelpilzwachstum zu befürchten (Abb. 14).
 Bei Erhöhung der Hinterströmung auf einen
 Kubikmeter pro Tag und laufendem Meter
 Wandlänge werden im Winter zeitweise
 zwar 80 % r. F. überschritten, sodass eine
 Schimmelpilzbildung zunächst nicht unbed-
 ingt auszuschließen ist. Nach einer Über-
 prüfung mit Hilfe des Schimmelpilzprognose-
 programms WUFI-Bio⁶ überschreitet der
 Sporenwassergehalt jedoch nie den Grenz-
 wassergehalt, sodass kein Schimmelpilz-
 wachstum auftreten kann (Abb. 15). Der
 Wandaufbau weist somit eine beträchtliche
 Fehlertoleranz auf.

Aussteifende Ausfachung im Holzskelettbau

Unmittelbar angrenzend an ein Land-
 schaftsschutzgebiet bei Radolfzell in der
 Verlandungsebene des Bodensees, das
 neben einer Vielzahl von Vegetationsformen
 auch die Typha-Pflanze beheimatet, ent-
 stand ein neues Saunahaus, das eine vor-
 handene Sauna ergänzt und mit dem be-
 nachbarten neuen Hotel verbindet. Im Stil
 eines Sentō – eines japanischen Badehaus-
 es – gestaltet, umfasst das Gebäude mit
 428 m² Bruttogeschossfläche einen zentra-
 len klimaoffenen Innenhof mit Heißwasser-
 becken (Onsen), um das sich Bambus- und
 Dampfsauna, Umkleiden und Waschräume
 im Erdgeschoss, sowie Ruhezone im Ober-
 geschoss gruppieren (Abb. 16–20). Die
 Holzskelettkonstruktion des Gebäudes
 basiert auf einem Raster von 4,3 Metern.

GLASHÜTTE LIMBURG

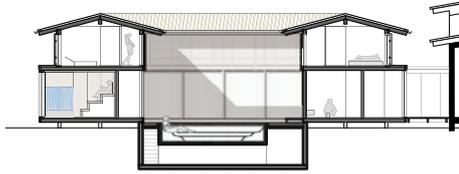
AUS SORGFALT WIRD QUALITÄT.
AUS QUALITÄT WIRD LEBENSQUALITÄT.



Pendelleuchten 5285, Opalglas.

Bestes Glas, solides Metall, innovative Lichttechnologie. Mit Sorgfalt gestaltet, konstruiert, gefertigt.

www.glashuette-limburg.de



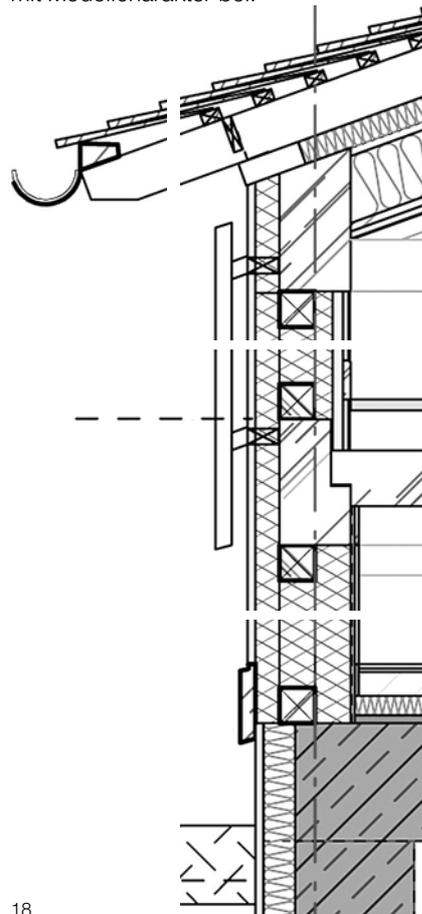
16

Die Hauptkonstruktion ruht auf einem massiven, als WU-Betonwanne ausgeführten Untergeschoss und wird aus Pfosten mit 18×18 cm Querschnitt, 1-Feld-Unterzügen aus Brettschichtholz und Kreuzlagenholz-Decken sowie einem einfachen Pfettendachstuhl mit Grat- und Kehlsparren gebildet. Sämtliche Außen- und Innenwände sowie das Dach sind mit Typha-Platten ausgefacht. Diese übernehmen sowohl die Dämmung als auch die Längsaussteifung der Wände und erfüllen zudem alle schall- und brandschutztechnischen Anforderungen. Die Außenwände wurden mit 2×9 cm direkt verschraubten Typha-Platten fugenüberdeckt ausgefacht und außenseitig zusätzlich mit einer 6 cm dicke flächig überdeckt. Die 24 cm dicke Außenwand erreicht so den geforderten U-Wert von $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$. Sie ist außen mit Kalk- und innen mit Lehmputz versehen. So entsteht ein vollständig diffusionsoffener einschichtiger Wandaufbau. Die 12 cm dicken Innenwände setzen sich zusammen aus zwei Lagen Typha-Platten und besitzen Lehmputzoberflächen. Die vorgefertigten Sparrentafeln der Dachkonstruktion wurden unterseitig mit Putzträgerplatten beplankt und oberseitig mit 6 cm dicken Holzweichfaserplatten belegt. Die 18 cm tiefen Sparrengefache sind mit Zellulosedämmung ausgeflockt. So erreicht auch die Dachkonstruktion den geforderten U-Wert von $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$. Außen ist das Dach mit Lattung und Lärchenspaltsschindeln versehen und innen mit Lehmputz abgeschlossen. Typha-Wände und Dach gewährleisten eine hohe Wärmedämmung und eine gleichbleibende Oberflächentemperatur der Hüllflächen von etwa 20°C . Klimatisch wird damit in den Räumen, die der Entspannung und dem Wohlbefinden des Besuchers dienen, zu allen Jahreszeiten ein physiologisches Optimum erreicht. In den Ruhebereichen des Obergeschosses werden die raumklimatischen Qualitäten der Wände durch die vollflächige Anordnung einer Wandheizung unter dem Lehminnenputz nochmals verbessert. Die einschichtigen diffusionsoffenen Hüllflächen gewährleisten im Gebäude mit teilweise erhöhter Dampfdruckbelastung, unabhängig



17

von technischer Entlüftung, stets einen sicheren bauschadensfreien Feuchteabtransport. Die Heiz-, Klima- und Sanitärtechnik ist in die Aufbauten präzise integriert, sodass im Saunahaus ein neuer hoher und zugleich schlichter Gebäudestandard definiert ist. Die eingesetzten Typha-Platten nutzen die Besonderheiten des Blattaufbaus der Pflanze in innovativer Weise und tragen so zum nachhaltigen Konzept des Gebäudes mit Modellcharakter bei.



18

16–20 Saunahaus bei Radolfzell
Architekten: studio bruno franchi, München (www.brunofranchi.net) mit biquadra innenarchitektur, Meran (www.biquadra.com)

16–20 Sauna building in Radolfzell,
architects: studio bruno franchi, Munich (www.brunofranchi.net) with biquadra interior design, Meran (www.biquadra.com)

Cattails are, due to their enormous growth rate and yield, optimally suited as raw material for industrial use. Typha stock comprise resilient, natural monocultures with an annual production rate of 15 to 20 tonnes of dry matter per hectare. This corresponds to four to five times the amount that local evergreen forests produce. Cultivation in lowland moors and valley plains in Germany would offer a sufficient basis to cover the total demand for insulation and wall construction materials. The special structural characteristics of cattails support the production of construction materials that offer a unique combination of load-bearing capacity and insulation. The plant's structure entails the particular suitability of the typha leaf mass for creating innovative building materials^{1,2}. Due to the combination of tensile strength of stem fibre and elastic sponge-like tissue, leaves are tear and break resistant, flexible and maintain their shape even in dried condition. These characteristics provide remarkable load-bearing capacity and excellent insulation properties (ill. 2). Behaviour of leaf mass under tensile and compressive stress is completely different along the leaf axis from base to tip than perpendicular to it: along the axis, the leaf material resists high compression loads of approximately 1 N/mm and even higher tensile stress. Perpendicular to this axis, elastic deformation sets in already at very low stress of 0.01 N/mm and predominantly remains in reversible ranges. The special qualities of typha insulation panels originate in these diverse characteristics. Their production is based on laying out typha-leaf particles randomly, yet parallel to the panel plane and binding them with magnesite. The result is a material that can be created within a relatively simple procedure. This product contains only plant ingredients and a purely mineral-based adhesive and no further additives. Thus, it is completely compostable. At the same time, it features a beneficial ratio of compressive strength along the panel plane, thermal conductivity, vapour diffusion properties, as well as storage mass for summertime heat protection. Variations in strength values and insulation capacities depend on the percentage of magnesite and bulk density. The

S+

SCHMITT+SOHN
AUFZÜGE



COLOR GLAS® AUFZUG, DESIGN CG4 / LICHTDECKE LD5X-LED-RGB

ORIGINAL

Der Color Glas® Aufzug. Das Original. Ausgezeichnet. Erstklassig in Technik und Design. Klar in Form und Funktion. Exzellent in jedem Detail. Die Überzeugung eines Familienunternehmens mit langer Tradition.



www.schmitt-aufzuege.com

Literatur:

- ¹ Pfadenhauer J., Heinz, S.: Multitalent Rohrkolben – Ökologie, Forschung, Verwertung – zum DBU-Projekt »Rohrkolbenanbau in Niedermooren«, 1998–2001, TUM, Lehrstuhl Vegetationsökologie
- ² Theuerkorn, Reizky, Lenz, Kleyn: Rohrkolben, ein nachwachsender Rohstoff, 1991/1998
- ³ Lauterbach, I.: Pfeifergasse 9 – die nachhaltige Sanierung eines Baudenkmals, Nürnberger Altstadtberichte, Band 37/2012, S. 48
- ⁴ Künzel, H.M.: Verfahren zur ein- und zweidimensionalen Berechnung des gekoppelten Wärme- und Feuchtetransports in Bauteilen mit einfachen Kennwerten, Diss. Universität Stuttgart 1994
- ⁵ Krus, M., Künzel, H.M. (1996): Vergleich experimenteller und rechnerischer Ergebnisse anhand des Austrocknungsverhaltens von Ziegelwänden, Intern. Symposium Energy and Mass Flow in the Life Cycle of Buildings, Wien, 1996
- ⁶ Sedlbauer, K.: Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen, Diss. Universität Stuttgart, 2001



19



20

complete range of hygrothermal key values was registered for a material sample with a particularly effective combination of stability and thermal conductivity. The material, despite relatively high bulk mass and high solidity, features a comparably low thermal conductivity of 0.055 W/mK and displays capillary action at a medium vapour diffusion rate (ill. 6). By using it, vapour barriers could be avoided completely in many applications.

Due to the immanent energy transition, new requirements are also placed on historic buildings. In general, they can hardly be met. This is why it is necessary to develop new materials and concepts for energy optimization true to historic preservation needs specifically for such objects. The newly developed building material made of cattails seems appropriate for the task. In the case of a timbered building in Nuremberg with asymmetrical design and inadequate bracing of the structural frame³ the timbers were supposed to be made visible again - while maintaining EnEV 2009 regulations as well as historic preservation requirements, and at the same time, providing stability to the building. These preconditions were met by employing typha-panels (ill. 4). The model project made use of the material and was supported by the Federal German Foundation for the Environment and the Bavarian State Office for the Preservation of Historical Monuments. After comprehensive research on the existing construction, the details for the wall composition were designed and realized in close cooperation with construction management and craftsmen. A model frame served to develop a slender exterior wall construction of only 20 cm depth featuring integrated wall heater (ill. 5, 11). The framework timbers were covered with slats according to carpentry standards for renovating such structures. The typha panels were cut to provide a continuous 10 mm wide groove. First, external panels with a thickness of 60 mm were fixed on the outside to the slats with dry-wall screws and washers. A second panel with 60 mm thickness was fit internally and connected to the external panels with screws, while leaving a gap between the edge of the interior panels and the timbers.

To enable wind proofing and force-fit connections, the gaps between timbers and typha panels are infilled with a typha-based joint compound. The seams are covered and smoothed with a taping knife. By including ground typha material, the joint compound can expand if water is introduced later on. After creating a uniform plane wall surface by use of compensating panels, additional 40 mm thick typha panels were attached to the interior wall. Due to panels being screw-tight and easy to render, their surface served to directly mount wall heat pipes with screw connectors. Voids were infilled with a lime-gypsum based mortar. The finishing coat is a loam render enriched with cattail seed parachutes. This render reinforcement is an effective means to ensure crack resistance without a fabric lining. The Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP) tested the functional capability of the wall construction during a one and a half years testing period. For this purpose, sensors were distributed along the cross section of a selected infill area to determine temperature, relative humidity, wood moisture, and heat flow. The distribution of boundary layer temperatures as hourly average values from January 2011 to September 2012 is displayed in ill. 7. The typical thermal stratification from the interior (room air temperature RLLT / interior surface temperature IOFT) to the exterior along boundary layer 4 (GS4T) is evident. Prior to operating the wall heater, the space was heated via an open door to the heated neighbouring room. The initial adjustment attempts of the render after begin of operation clearly display excessive use. Illustration 8 shows the measured heat flow behind the interior insulation (boundary layer 3) and the temperature distribution along this area, as well as the exterior along boundary layer 1. The thermal insulation characteristics of the wall construction can be calculated based on this heat flow in relation to the temperature difference. Two selected measuring periods (indicated in orange) result in a heat transfer coefficient (U-value) of $0.26 \text{ W/m}^2\text{K}$, taking the additional interior insulation into account. For the entire construction including frame timbers the result is a value of $0.31 \text{ W/m}^2\text{K}$. Since measurements

also include thermal gains due to solar intake (including diffuse irradiance), this heat transfer resistance is called "relational" U-value. When calculating the "real" U-value based on the material properties, the outcomes are slightly higher values of $0.29 \text{ W/m}^2\text{K}$ for the infill and $0.35 \text{ W/m}^2\text{K}$ for the entire construction. Due to the building moisture that is introduced via the exterior render and the relatively good absorption capacity of wood, the results show a very high initial wood moisture content of more than 100%. However, drying occurs quickly, and the wood moisture content of all four measurement areas along the wood surface located immediately behind the exterior render layer decreased to 20% (ill. 9). By adding the typha panels as a combination of infill insulation and interior insulation, a heat transfer coefficient of approximately $0.35 \text{ W/m}^2\text{K}$ was achieved for this wall construction – at an overall wall thickness not exceeding 20 cm, including wall heater. For a timbered building, this is an extraordinarily good result. The measurements of temperatures and air humidity undertaken across two heating periods prove the suitability of the construction in regard to building physics. Altogether, the entire insulation procedure based on applying magnesite bonded typha panels comprises an extremely effective solution in terms of building physics and historic preservation.

Near Radolfzell, the wood frame construction of a new sauna building received typha insulation paneling (ill. 16–20). Typha walls and roof guarantee a high degree of thermal insulation and a homogeneous surface temperature at approximately 20°C along perimeter surfaces. Inside the building, the single-layer, diffusion open building envelope enables a continuous and secure moisture transfer without construction damages, due to temporarily increased vapour pressure, independent of mechanical ventilation. As result, a new building standard is defined in the sauna building, both of increased quality and simplicity. These examples utilize the particularities of the plant's leaf composure in an innovative way. By doing so, they contribute to sustainable building concepts that demonstrate model character.