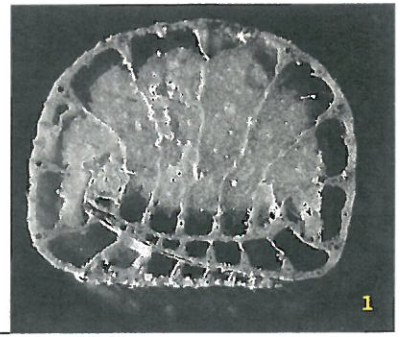
Dämm-Material aus Rohrkolben

VON MARTIN KRUS, WERNER THEUERKORN,
THEO GROSSKINSKY, GEORGI GEORGIEV



Ein neuer tragfähiger und dämmender Baustoff

Durch die besonderen strukturellen Eigenschaften von Rohrkolben (Typha) lassen sich Baustoffe erzeugen, die eine am Markt 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 (s. Bild 1). 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 gute Dämmwirkung verleiht.

Das Verhalten der Blattmasse auf Zug und Druck ist in Richtung der Blattachsen vollkommen verschieden wie senkrecht zu ihnen: Längs der Achsen widersteht das Blattmaterial hohen Druckbeanspruchungen von ca. 1 N/mm² und noch höheren Zugbelastungen. Schon bei sehr geringen Drücken von 0,01 N/mm quer zur Faserrichtung beginnt eine elastische Verformung der Blattmasse, die sehr weitgehend im reversiblen Bereich bleibt. Wie sich gerade beim neu entwickelten isotropen, mit Magnesit gebundenen Plattenmaterial gezeigt hat, sind es diese beiden unterschiedlichen Eigenschaften, welche die besonderen Qualitäten des Werkstoffs bewirken.
Das bei der Herstellung zu Grunde gelegte Prinzip der regellos ausgeworfenen, aber parallel zur Plattenebene liegenden, mit Magnesit gebundenen Typha-Blattpartikel, ist die Basis für ein Material, welches in einem relativ unkomplizierten Verfahren herstellbar ist. Damit entstand ein Produkt, das

1 *Anschnitt eines Typha Blattes (Foto Chr. Gruber BLfD)*

außer Pflanzenbestandteilen und einem rein mineralischen Kleber keine weiteren Zusätze aufweist und somit vollständig kompostierbar wäre. Das Ziel war die Entwicklung eines Materials mit günstigem Verhältnis von Druckfestigkeit in Richtung der Plattenebene, Wärmeleitfähigkeit, sowie Masse für den sommerlichen Wärmeschutz und Dampfdiffusionsverhalten. Die Einflussmöglichkeiten waren hierbei die Partikelgröße und der Partikelzuschnitt, Grad der Verdichtung und Anteil des Bindemittels. Einen wesentlichen Einfluss hat hierbei auch die Qualität der Beleimung im Sprühverfahren.

Probe	Rohdichte kg/m³	Magnesitanteil [%]	Druckfestigkeit [N/mm²]	Wärmeleitfähigkeit* [W/Km]
1a	257	50	0,54	0,052
1b	283	60	0,46	0,058
1c	233	40	0,34	0,053
2a	237	50	0,36	-
2b	243	60	0,36	-
2c	217	40	0,29	0,048
3a	318	50	1,01	-
3b	346	60	0,76	0,061

* orientierende, nicht normgerechte Messung

Tabelle 1: Auflistung der an Plattenmaterialien mit unterschiedlichen Magnesitanteilen und Rohdichten ermittelten Festigkeitswerte und Wärmeleitfähigkeiten, Werte aus [3].

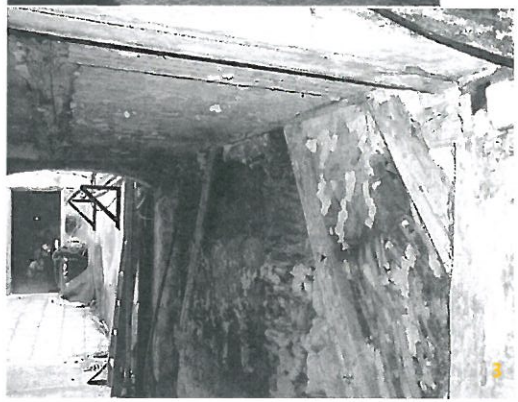
Wie zu erwarten, nimmt mit steigender Rohdichte tendenziell die Wärmeleitfähigkeit zu. Aufgrund der besonderen Kombination aus Stabilität und Wärmeleitfähigkeit wurde für die weiteren Untersuchungen die Magnesitplatte mit der Kennzeichnung 1a, die trotz höherer Dichte und Festigkeit wie die Platte 1c eine geringere Wärmeleitfähigkeit aufweist, näher untersucht.
Für dieses Material wurde die komplette Bandbreite der hygrothermischen Materialkennwerte ermittelt (s. Tabelle 2). Bei dieser Platte handelt es sich somit um ein Material, das trotz relativ hoher Rohdichte und einer hohen Festigkeit eine relativ niedrige Wärmeleitfähigkeit von 0,055 W/mK aufweist, kapillaraktiv ist, sowie eine mittlere Diffusionsoffenheit zeigt, wodurch in vielen Anwendungsfällen auf den Einsatz einer Dampfbremse verzichtet werden kann.

Materialkennwert	Einheit	Wert
Rohdichte	kg/m²	270
Porosität	Vol.-%	75
Diffusionswiderstandszahl		
Dry-cup (23 0/50)	-	28
wet-cup (50/93)	-	20
Wasseraufnahmekoeffizient	kg/m³√h	1,1
Sorptionsfeuchtegehalt		
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

Tabelle 2: Auflistung der an der Platte 1a ermittelten hygrothermischen Kennwerte.

Dieser neue Baustoff bringt außerdem eine Reihe zusätzlicher positiver Eigenschaften mit:

- nachwachsender Baustoff mit hoher Schimmelpilzresistenz durch eigene Gerbstoffausrüstung
- guter Brand-, Schall- und sommerlicher Wärmeschutz
- einfache Verarbeitbarkeit mit allen gängigen Werkzeugen
- niedriger Energieaufwand bei der Produktion
- Rückführbarkeit in den Stoffkreislauf.

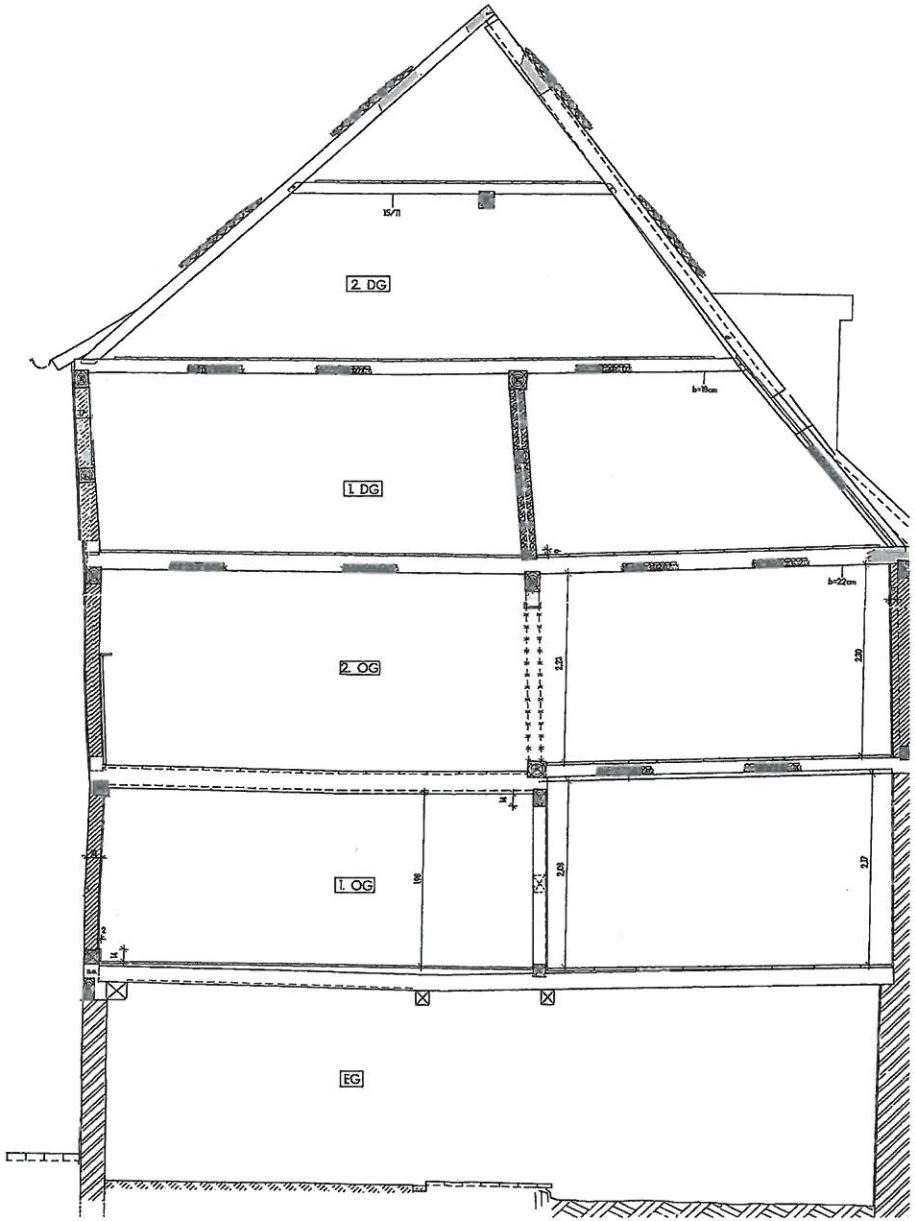


2 *Außenansicht des Fachwerkgebäudes nach der Sanierung (Foto 2 und 3: Alexandra Fritsch)*

3 *Zustand der Holzkonstruktion vor der Sanierung*

Beispielanwendung Fachwerkgebäude

Beim Fachwerkgebäude in der Pfeifergasse 9 in Nürnberg, mit seinem asymmetrischen Gebäudeaufbau mit Frackdach und unzureichender Aussteifung des Traggefüges, bestand die Bauaufgabe in der Wiederherstellung der Fachwerksichtigkeit, Einhaltung der EnEV 2009 und Berücksichtigung der Aspekte der Denkmalpflege bei gleichzeitiger Stabilisierung des Gebäudes [4, 5]. Diese Anforderungen erfüllt das verwendete Typha-Plattenmaterial.

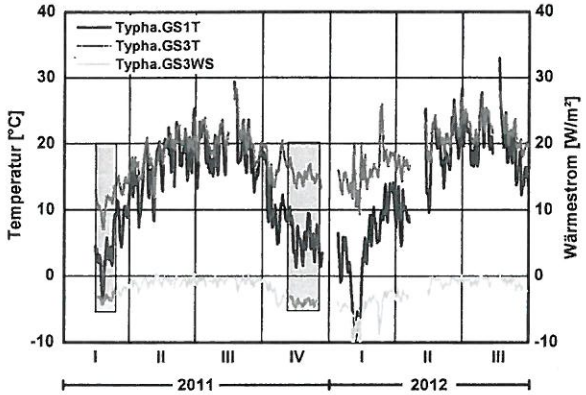


4 *Der Baubestand: Asymmetrische Dachkonstruktion als Frackdach. Folgeproblem: Erhebliche Verformung des gesamten Traggefüges durch Asymmetrie und unzureichende Aussteifung. (Zeichnung: Autoren)*

5 *Der Erhaltungszustand: Schädigung des Tragwerks: Weitgehender Verfall der historischen Fachwerkfüllungen, vorwiegend der Außenwände; Substanzverluste durch fehlerhafte Modernisierungsmaßnahmen und Reparaturen; Schäden durch mangelnden Bauunterhalt. (Foto: Autoren)*

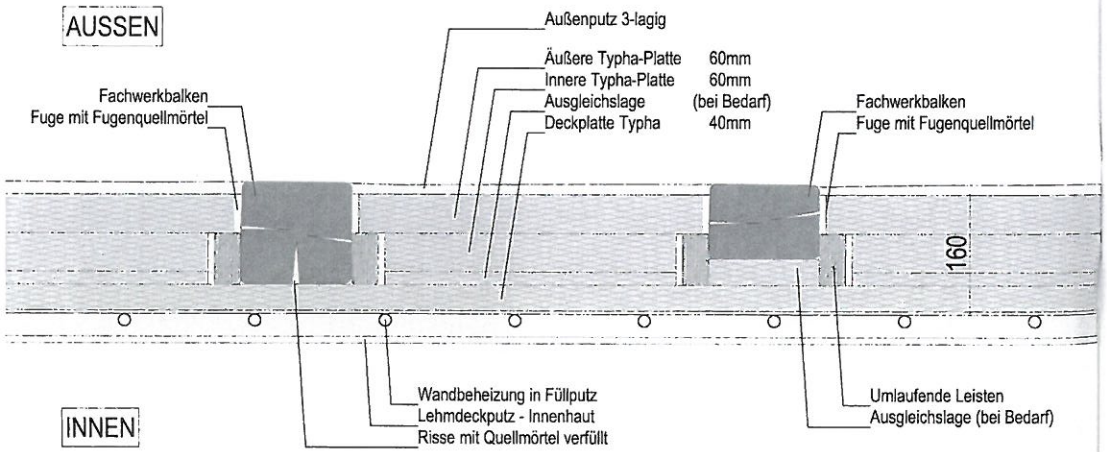
6 *Durchführung: Ausgleichen, Aufdoppeln und Anpassen an Bestandskonstruktion mit unterschiedlichen Plattenstärken und abschließender Belegung der Gesamtfläche mit einer diffusionsdichteren Platte. (Foto: Autoren)*

Die Detailausbildung des Wandaufbaus wurde sorgfältig entsprechend der Bauteilerkundung der komplexen Baukonstruktion konzipiert und die Umsetzung in enger Zusammenarbeit von Bauleitung und Handwerkern ausgeführt. Nach Abschluss der zimmermannsmäßigen Instandsetzung wurden die Gefache umlaufend mit Holzlatten verleistet. Die Platten wurden passgenau zugeschnitten, wobei umlaufend zwischen Holztragwerk und Typhaplatte eine ca. 10 mm dicke Fuge gelassen wurde. Die Materialbearbeitung konnte mit üblichen Holzbearbeitungsmaschinen durchgeführt werden. Zuerst wurde die äußere Typhaplatte mit einer Dicke von 60 mm mit Schnellbauschrauben von außen an den Leisten befestigt. Eine weitere Platte mit 60 mm wurde innen mit Fuge zu den Leisten eingepasst und an die Außenplatte geschraubt. Anschließend wurde innenseitig eine 40 mm dicke Typhaplatte als Innendämmung aufgebracht. Darauf wurden die Halterungen für die Wandheizungsrohre direkt aufgeschraubt und der Raum zwischen den Rohren mit einem Kalk-Gips-Putz verfüllt. Bild 7 zeigt schematisch den Wandaufbau.



8 *Hinter der Innendämmung (Grenzschicht 3) gemessener Wärmestrom zusammen mit dem Verlauf der Temperatur an der Grenzschicht 1 und 3. Die Balken zeigen Zeitbereiche, die für eine Beurteilung des Wärmewiderstandes geeignet sind. (Grafik: Fraunhofer IBP)*

Das Fraunhofer IBP überprüfte in einer 1,5-jährigen Messperiode die Funktionstauglichkeit des Wandaufbaus, wozu über den Querschnitt eines ausgesuchten Gefaches Messfühler zur Bestimmung der Temperatur, der relativen Luftfeuchte, der Holzfeuchte und des Wärmestroms eingebaut sind.



7 *Grundriss des Wandaufbaus (Plangrundlage: Architekturbüro Fritsch+Knodt&Kluge)*

In Bild 8 ist der hinter der Innendämmung (Grenzschicht 3) gemessene Wärmestrom, zusammen mit dem Verlauf der Temperatur an dieser Stelle, sowie außen an Grenzschicht 1 dargestellt. Aus diesem Wärmestrom, bezogen auf die Temperaturdifferenz, kann die Dämmwirkung des Aufbaus berechnet werden. Die zur Auswertung herangezogenen Messperioden sind grau hinterlegt. Für beide gekennzeichneten Zeiträume berechnet sich unter Einbeziehung der zusätzlichen Innendämmung ein bezogener Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert) von 0,26 W/m²K. Dabei ist zu berücksichtigen, dass es sich hier um die Ergebnisse der Ausfachung handelt. Rechnet man den Einfluss der Balken des Gefaches mit ein, ergibt sich aufgrund der höheren Wärmeleitfähigkeit des Holzes für den Gesamtaufbau ein Wert von 0,31 W/m²K. Hierbei handelt es sich allerdings nicht um den normgerechten U-Wert, da die Messung auch die Wärmegewinne durch solare Einstrahlung beinhaltet. Berechnet man aus den Materialkennwerten den „echten" U-Wert, ergeben sich somit etwas höhere Werte von 0,29 W/m²K für das Gefach und 0,35 W/m²K für den Gesamtaufbau.

Der Verlauf der Holzfeuchten, die mit einem Handgerät gemessen wurden, stellt sich folgendermaßen dar: Aufgrund der mit dem Außenputz eingebrachten Baufeuchte und der relativ guten Saugfähigkeit des Holzes ergeben sich anfänglich sehr hohe Holzfeuchten von bis über 100 Masse-%. Es findet 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.

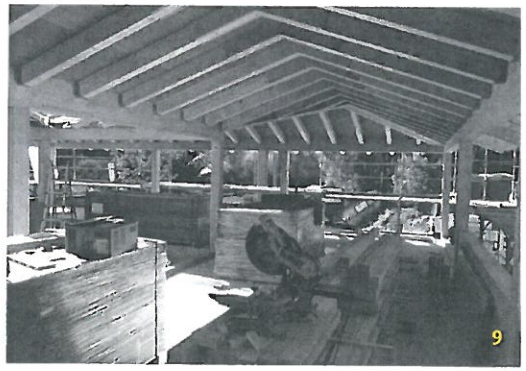
Beim Einbau der Typhaplatten im Fachwerkgebäude in Nürnberg ist es gelungen, durch eine Kombination von Gefachdämmung und Innendämmung für den Wandaufbau, einen Wärmedurchgangskoeffizienten von ca. 0,35 W/m²K zu erreichen und das bei einer Gesamtwandstärke von lediglich 20 cm einschließlich Wandheizung und Putzen. Dies ist für ein Fachwerkgebäude ein außerordentlich gutes Ergebnis. Die am Objekt über zwei Heizperioden durchgeführten Messungen der Temperaturen und Luftfeuchten in verschiedenen Tiefen der Konstruktion belegen die bauphysikalische Tauglichkeit.

Ausgehend von etwas höheren Anfangsfeuchten aufgrund der mit dem Innen- und Außenputz eingebrachten Baufeuchten trocknet der Gefachausbau schnell ab und bleibt bei niedrigen Feuchten. Die durchgeführten Messungen des Wärmestroms bestätigen die positiven rechnerischen Ergebnisse. Auch die Holzfeuchtemessungen, die nahe der Außenoberfläche durchgeführt wurden, zeigen, dass eine schnelle Abtrocknung auf relativ geringe unkritische Holzfeuchten stattfindet.

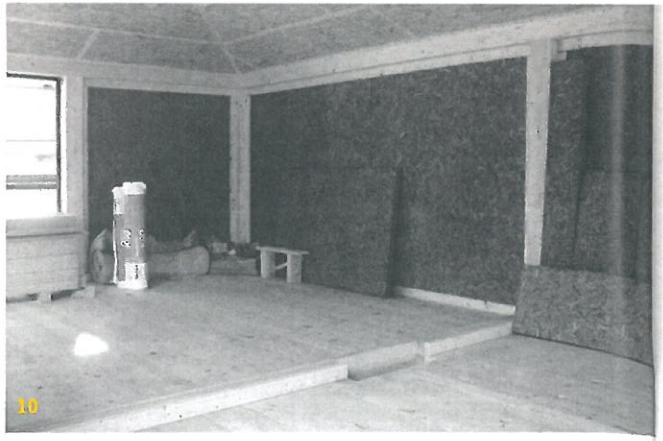
Insgesamt stellt die gesamte, mit Hilfe der magnesitgebundenen Typhaplatte durchgeführte Dämmmaßnahme eine aus bauphysikalischer und denkmalpflegerischer Sicht äußerst effektive Lösung dar.

Beispielanwendung Holzskelettbau

Im Raum Radolfzell wurde erstmalig bei einem Neubau das Typhaplatten-Material zum Bau eines Saunahauses eingesetzt, welches ein bereits bestehendes Wellness-Ressort ergänzt. Das Grundstück grenzt unmittelbar an ein Landschaftsschutzgebiet, das neben einer Vielzahl von Vegetationsformen auch die Typha-Pflanze beheimatet. Die moderne Holzskelettbauweise basiert auf einem Raster von 4,30 m. 18/18 BSH Pfosten,18/32 BSH Feld-Unterzüge und massive Kreuzlagen-Holzdecken, sowie ein einfacher Pfettendachstuhl bilden die Konstruktion auf einem Stahlbetonkeller. Bild 6 zeigt eine Aufnahme des Rohbaus mit der Holzskelettkonstruktion.



9 *Aufnahme des Rohbaus mit der Holzskelettkonstruktion (Foto: Bruno Franchi)*



10 *Als Aussteifung und Dämmung eingebaute Typhaplatten der Außenwand (Foto: Bruno Franchi)*

Außenwände, Innenwände und Dach werden mit Typhablatten ausgefacht. Sie übernehmen im Wandaufbau sowohl die Dämmung, als auch die Längsaussteifung der Wände, wodurch ein solch großes Rastermaß erst möglich wird. Die Anforderungen an Schall- und Brandschutz werden ebenfalls dadurch erfüllt. Die insgesamt 24 cm starke Außenwandkonstruktion wurde mit 2 x 9 cm dicken, direkt verschraubten Typhaplatten fugenüberdeckend ausgefacht. Zusätzlich wurde die Wand außen mit 6 cm dicken Platten überdeckt. Außenseitig wurde Kalkputz und innenseitig Lehmputz direkt auf das Plattenmaterial aufgebracht. Auf diese Weise wurde ein relativ diffusionsoffener Wandaufbau mit einem U-Wert von 0,23 w/m²K erreicht. Bild 10 zeigt die als Aussteifung und Dämmung eingebauten Typhaplatten der Außenwand.

Die Innenwände bestehen aus zwei Lagen 6 cm dicker Typhaplatten, die beidseitig mit Lehmputz versehen werden. Bei der Dachkonstruktion wurden vorgefertigte, unterseitig angebrachte Sparrentafeln mit Putzträgerplatten beplankt und die 18 cm tiefen Gefache mit Zellulose ausgeflockt. Als Aufsparrendämmung dienen 6 cm dicke Typhaplatten. Als Wetterschutz wurde mit Lärchenschindeln auf Lattung und Konterlattung eingedeckt. Innenseitig sind auch die Dachflächen mit Lehmputz verputzt.

Die Typhawände und das mit Typha versehene Dach sorgen für ein hohes Wärmespeichervermögen und damit geringe Temperaturschwankungen der Hüllflächeninnenoberflächen. Die Diffusionsoffenheit dieser Konstruktion hilft, auch bei erhöhter interner Feuchtelast, Tauwasserausfall innerhalb der Außenhaut zu reduzieren. Mit diesem Saunahaus gelingt eine Baukonstruktion, die in bisher einzigartiger Weise den „Cradle-To-Cradle"-Ansprüchen[1] genügt. Dies ist der erste Neubau, bei dem ein Material zum Einsatz kommt, welches alle konstruktionsrelevanten Eigenschaften in sich vereint: statische Aussteifung, Wärmedämmung, Schallschutz und auch Brandschutz.

1 = Konzept einer zyklischen Resourcen-Nutzung

Literatur

[1] *Prof. Dr. J. Pfadenhauer, S. Heinz; Multitalent Rohrkolben -Ökologie, Forschung, Verwertung. Broschüre zum Abschlussbericht des DBU-Projektes „Rohrkolbenanbau in Nierdermooren – Integration von Rohstoffgewinnung, Wasserreinigung zu einem nachthaltigen Nutzungskonzept" im Donaumoos 1998-2001, TU München, Lehrstuhl für Vegetationsökologie.*

[2] *Theuerkorn, Reizky, Lenz, Kleyn: Rohrkolben, ein nachwachsender Rohstoff; 1991 verfasst, 1998 veröffentlicht.*

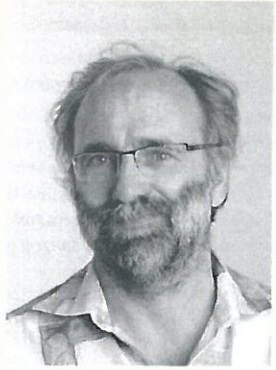
[3] *Theuerkorn, W.; Fritsch, A.; Mach, M.; Krus, M; Großkinsky, Th.; Fitz, C.; Theuerkorn, D.; Knodt, H.; Walter, U.: Neuer Baustoff für umweltfreundliche und bautechnische Sanierung in der Denkmalpflege. DBU-Bericht (Förderkennzeichen AZ 27918).*

[4] *Fritsch, A.; Theuerkorn, W.: Fachwerksanierung und Energieeffizienz. In Denkmalpflege Informationen, Nr. 154, Ausgabe März 2013, S. 15.*

[5] *Lauterbach, I.: Pfeifergasse 9 – die nachhaltige Sanierung eines Baudenkmals. In Nürnberger Altstadtberichte, Band 37/2012, S. 48*

Die Autoren

Dr.-Ing. Martin Krus
studierte Chemieingenieurwesen an der Universität Karlsruhe. Er ist stellvertretender Abteilungsleiter der Abteilung Raumklima, sowie Leiter der Arbeitsgruppe Feuchtemanagement am Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP in Holzkirchen. Außerdem ist er Lehrbeauftragter an der Universität Stuttgart und der Hochschule Rosenheim.



Dipl.-Ing. Theo Grosskinsky
studierte Holztechnik an der Hochschule Rosenheim. Er ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP in der Abteilung Raumklima, Arbeitsgruppe Feuchtemanagement und beschäftigt sich mit hygrothermischen Untersuchungen an Baustoffen, -teilen bzw. Gebäuden.

Dipl.-Ing. Werner Theuerkorn
studierte Architektur an der TU München und sammelte Berufserfahrung auf mehreren Stationen weltweit. Er ist heute freischaffender Architekt, hauptsächlich tätig im Bereich der fachgerechten Sanierung von denkmalgeschützten Bauten in Niederbayern.

M.Sc. Georgi Georgiev
studierte Architektur und Stadtplanung an der RWTH Aachen. Er ist heute im Bereich der Forschung für nachhaltige Bau- und Raumplanung am Fraunhofer-Institut für Bauphysik tätig. Der nachhaltige Umgang mit Altbausubstanz auf Gebäude- und Quartiersebene steht dabei im Mittelpunkt.