



Bilder: Kirchengemeinde „Maria am Wasser“



Bild 1 Die Barockkirche „Maria am Wasser“ in Dresden-Hosterwitz-Pillnitz stand beim Elb-Hochwasser 2002 zwei Meter tief im Wasser.

Fortsetzung der Messauswertung in der „Maria am Wasser“

Bauteiltemperierung als Feuchteschutz?

Die Bauteiltemperierung wird bei denkmalgeschützten Bauten, als Heizsystem mit Feuchteschutz propagiert. Messungen in einer Kirche geben allerdings Grund zu der Annahme, dass eine Flächentemperierung zum Feuchteschutz nur eingeschränkt wirksam ist.

Bei der Hochwasserkatastrophe im August 2002 wurde auch die Elbschifferkirche „Maria am Wasser“ in Dresden-Hosterwitz stark betroffen. Danach wurde das Gebäude sehr schnell getrocknet und die Heizung wurde erneuert. Die schnelle Trocknung war u. a. auch für eine grundlegende Restaurierung der Orgel ver-

antwortlich. Bei der Sanierung wurde eine Wandtemperierung als Feuchteschutz und zur Erhöhung der Behaglichkeit der Kirchenbesucher installiert.

Die Gemeinde ermöglicht der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH) und dem Planungsbüro, Ing.-Büro Dr. Scheffler & Partner in Dresden, seit Oktober 2003 die Durchführung von

umfangreichen Messungen, die bis September 2006 fort dauern werden. In mehreren Diplomarbeiten wurden die Messergebnisse hinsichtlich der Wandtemperierung und der Luftheizung ausgewertet [3, 4, 5] und z. T. veröffentlicht [1, 2]. Eine detaillierte Analyse zur Bauteiltemperierung wurde von [6] erstellt, die u. a. die realisierte Lösung als Oberflächentemperierung einstuft.

Mit den Messungen sollte untersucht werden, inwieweit eine Wandtemperierung die Mauerwerksfeuchte beeinflussen kann. Zur Wandtemperierung wurden in der Kirche in verschiedenen Aufenthaltszonen (Bild 2) zwei Wandtemperierungssysteme [1] eingebaut: Ein Kapillarrohrmatensystem (Polymat) und ein Kunststoffrohrsystem (Polyclip).

Messungen und Messergebnisse

Im zweiten Messzeitraum (April 2004 bis August 2005) wurden die Raumlufttemperaturen und Raumluftfeuchten an charakteristischen Messpunkten im Raum (so auch in der Nähe der Orgel) und die Außenklimabedingungen über Datenlogger halbstündlich erfasst und an insgesamt 74 Tagen die Feuchte- und Oberflächentemperatur in definierten Messfeldern und markierten Messpunkten (Bild 2) gemessen.

Der Feuchtegehalt der Bausubstanz (ca. 1 m Wandstärke, meistens Bruchsteinmauerwerk) wurde im oberflächennahen Bereich (Eindringtiefe 2 bis 3 cm) und im Tiefenbereich (Eindringtiefe 20 bis 30 cm) gemessen. Die Einstellung des Messgeräts und die verwendeten Kalibrierungskurven des ersten Messabschnittes von 2003 bis 2004 wurden beibehalten [2, 3, 5] um diese Werte mit einbeziehen zu können.

Da der Aufbau des Mauerwerks aus verschiedenen Materialien besteht, konnte im Tiefenbereich keine spezifische Materialkennlinie verwendet werden. Die Messdaten werden deshalb für diesen Bereich mit Hilfe des Feuchteindex charakterisiert. Im Bereich der Bauteiloberfläche wurde sowohl der Feuchteindex als auch die Kalibrierkurve Sandstein verwendet. Im Gegensatz zum dimensionslosen Feuchteindex wird der Feuchtegehalt der Kalibrierkurve als massebezogener Feuchtegehalt in % angegeben.

Bei der Auswertung der Mauerwerksfeuchte und der Oberflächentemperatur erfolgte über die einzelnen Messfelder eine Mittelwertbildung. Eine analoge Vorgehensweise wurde auch bei der Auswertung der erwähnten Datenlogger angewandt, welche zur Erfassung der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit sowohl im Kircheninneren als auch außerhalb der Kirche angeordnet waren. Bei diesen wurde für die Auswertung der Tagesmittelwert verwendet.

Zur Wertung der Aussagekraft des dimensionslosen Feuchteindex wurden ab Juli 2005 zwei weitere Messfelder als Referenzfelder ange-

legt. Ein Messfeld wurde im Objekt an einer Innenwand mit etwa 36 cm Stärke eingerichtet. Das zweite Messfeld wurde an einer östlich orientierten Außenwand, mit etwa 56 cm Stärke in einem Studentenwohnheim aus den 50er Jahren angebracht.

Oberflächentemperaturen

Im Bild 3 sind die gemittelten Oberflächentemperaturen der fünf Messfelder dargestellt. Bei den Messfeldern MF 1 und MF 2 im Altarbereich wurde das Kapillarrohrmatten-System verwendet. Im Gestühlbereich wurde das Kunststoffrohrsystem verarbeitet, dessen Oberflächentemperaturen durch die Messfelder MF 3 und MF 4 charakterisiert werden. Messfeld MF 5 diente als Referenzwand ohne Wandtemperierung.

Es ist zu erkennen, dass die Oberflächentemperaturen abhängig vom verwendeten System auf unterschiedlichen Niveaus liegen. Das Kapillarrohrmatten-System erreicht im Mittel etwa 3 K höhere Temperaturen als das Kunststoffrohrsystem. Der Unterschied zur Referenzwand beträgt im Mittel etwa 7 K, im Winter an einigen Messtagen bis zu 11 K. Das Absinken der Temperaturen im Winterhalbjahr kann mit dem kälter werdenden Außenklima, dem damit verbundenen Abkühlen der Außenwand und den sich einstellenden Raum-

Tabelle 1

Mittelwert des Feuchteindex (Tiefenbereich)

Zeitraum	MF 1 [-]	MF 2 [-]	MF 3 [-]	MF 4 [-]	MF 5 [-]
29. 04. 2004 – 16. 08. 2004	1203	1236	1069	1148	1067
17. 08. 2004 – 25. 04. 2005	1202	1241	1140	1237	1141
26. 04. 2004 – 15. 08. 2005	1209	1228	1195	1262	1171

lufttemperaturen, insbesondere bei Nichtnutzung der Kirche von ca. 8 bis 9 °C Raumlufttemperatur interpretiert werden. Diese Tendenz im Temperaturverlauf gilt gleichermaßen für die beheizten und unbeheizten Wandflächen.

Mauerwerksfeuchte

An der Oberfläche: Bild 4 zeigt den zeitlichen Verlauf der gemittelten Feuchteindexwerte an den Oberflächen der fünf Messfelder. Bei allen Messfeldern ist ein ähnlicher Verlauf der Feuchtwerte über den gesamten Messzeitraum (16 Monate) zu

erkennen. Die Unterschiede zwischen den Messfeldern mit Wandtemperierungssystemen sind gering, der Unterschied zum MF 5 ohne Wandtemperierung jedoch deutlich.

Zu Beginn der Messungen wiesen alle Felder ihre niedrigsten Werte auf. Die Oberflächenfeuchte nahm im Anschluss sukzessive zu und erreichte Ende November 2004 ihren vorläufigen Höhepunkt. Über den Winterzeitraum nahmen die Feuchtwerte ab, erreichten jedoch nicht mehr den Ausgangszustand vom April 2004. Ab März 2005 stiegen die Messwerte bis zum Abschluss der Messungen im August 2005. Die Oberflächen-

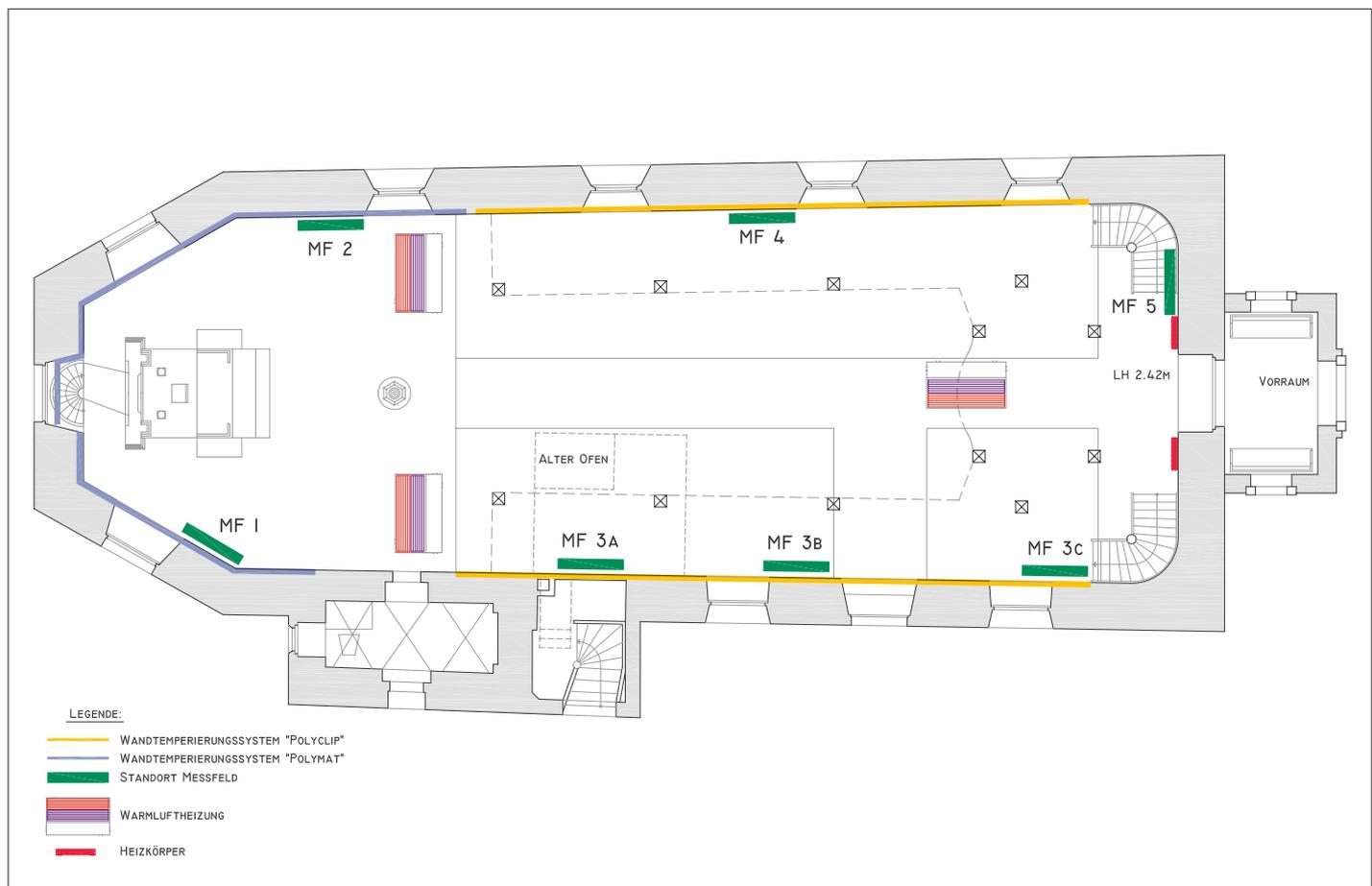


Bild 2 Anordnung der Temperierungssysteme und der Messfelder.

Bild-Ing.-Büro Dr. Scheffler & Partner

feuchte war in den Monaten April bis August 2005 höher als im selben Zeitraum des Vorjahres.

Daraus kann geschlussfolgert werden, dass sich das Gebäude am Ende des Messzeitraums im eingeschwungenen Zustand befindet und die Schwankungen der Oberflächenfeuchte mit hoher Wahrscheinlichkeit nur innenklimatisch beeinflusst werden.

Bild 5 zeigt den Feuchteverlauf der Baustanz an der Oberfläche unter Verwendung der Kalibrierkurve Sandstein. Die Messwerte sind tendenziell zu betrachten, da es sich bei dem Mauerwerk um ein Bruchsteinmauerwerk mit unterschiedlichem Material und unterschiedlichem Aufbau handelt und dafür keine Kalibrierung vorlag.

Es zeigt sich prinzipiell der gleiche Verlauf, der bereits beim Feuchteindex festgestellt wurde (Bild 4). Der Feuchtegehalt lag zu Beginn der Messungen bei etwa 0,5 %, stieg zunächst an und wurde dann in der Winterperiode abgebaut. Im Unterschied zum Feuchteindex wurde bei der Sandsteinkalibrierkurve ein Unterschreiten des Ausgangszustands festgestellt. Der dabei erreichte Wert lag bei etwa 0,2 %. Anschließend nahm die Mauerwerksfeuchte wieder zu und erreichte im Zeitraum Mai bis Juli 2005 ihren Höchstwert von etwa 6 %. Analog zum Diagramm Feuchteindex liegen die Feuchtwerte der beheizten Wandflächen unter den Werten des unbeheizten Messfelds 5.

In tieferen Schichten: Bild 6 zeigt den gemessenen Feuchtigkeitsverlauf als Feuchteindex des Mauerwerks bis zu einer Tiefe von etwa 30 cm. Der Feuchtegehalt der Messfelder 3, 4 und 5 stieg stetig bis zum Ende des Messzeitraums. Ab April 2005 bis August 2005 ist bei diesen Messfeldern das Einschwingen auf ein individuelles Niveau zu erkennen. Vermutlich hat sich ein quasistationärer Zustand eingestellt. Das Einschwingen auf einen höheren Wert als im Ausgangszustand 2003/04 kann u.a. mit der intensiven Trocknung des Gebäudes im Jahr 2003 erklärt werden. Ein anderes Verhalten zeigen die Messfelder 1 und 2, die – bis auf ein paar Ausreißer – während des gemessenen Zeitraums auf einem Niveau verbleiben.

Die ermittelten Messwerte im Mauerwerk zeigen einen anderen Verlauf als die Feuchtwerte der Oberfläche. Ist bei der Oberflächenfeuchte noch der Einfluss des jahreszeitlichen Klimas zu erkennen, verliert sich dieser im Mauerwerk. Die Aussage, dass durch die Verwendung einer Wandtemperierung der Feuchtegehalt auf einem geringeren Niveau gehalten werden kann, ist im Tiefenbereich nicht mehr erkennbar bzw. messtechnisch nicht markant nachweisbar. Das untertemperierte Messfeld 5 weist über den gesamten Zeitraum niedrigere Werte auf als die temperierten Messfelder 1 bis 4. Ein weiterer Unterschied besteht in der Größenordnung der gemessenen Werte. Im Bereich der Oberfläche wurden Feuchteindexwerte zwischen 2400 und 3000 gemessen. Die Werte im Tiefenbereich erreichten lediglich Werte zwischen 1000 und 1270.

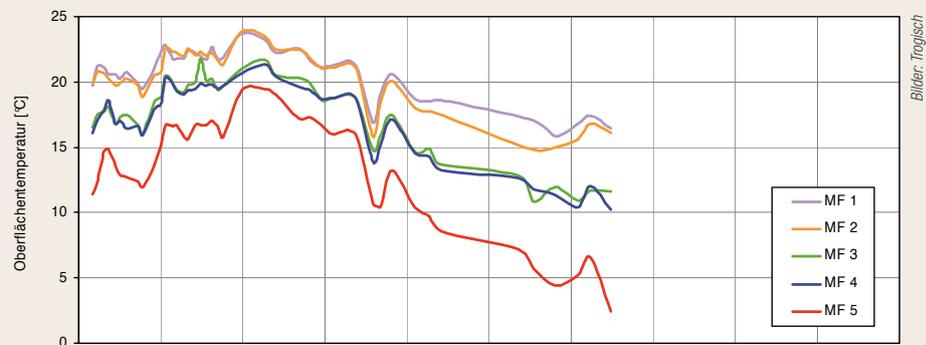


Bild 3 Oberflächentemperatur

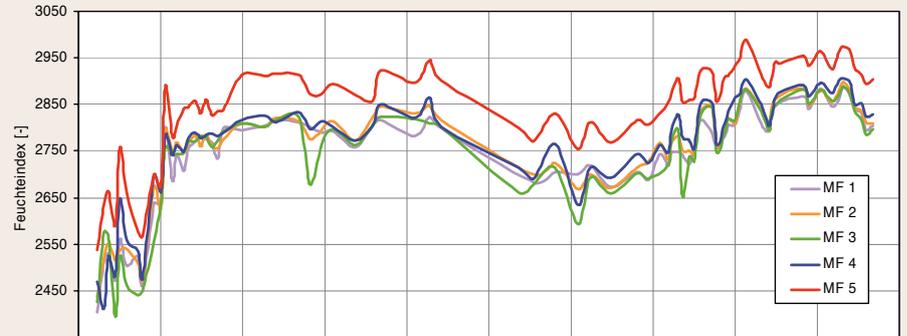


Bild 4 Oberflächenfeuchte

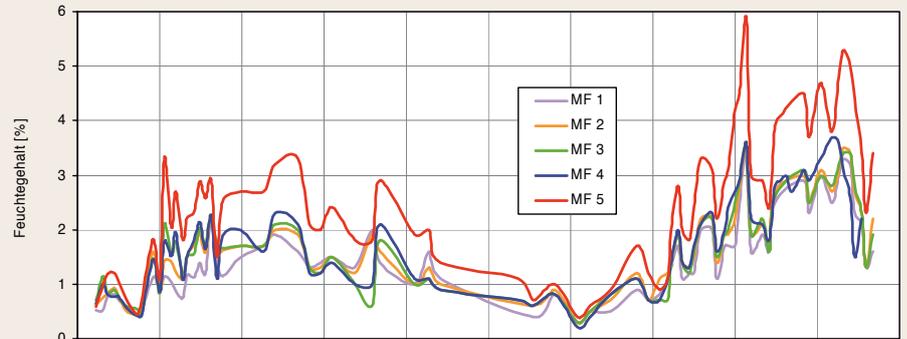


Bild 5 Feuchtegehalt der Oberflächenfeuchte mit Bezug auf die Kalibrierkurve „Sandstein“

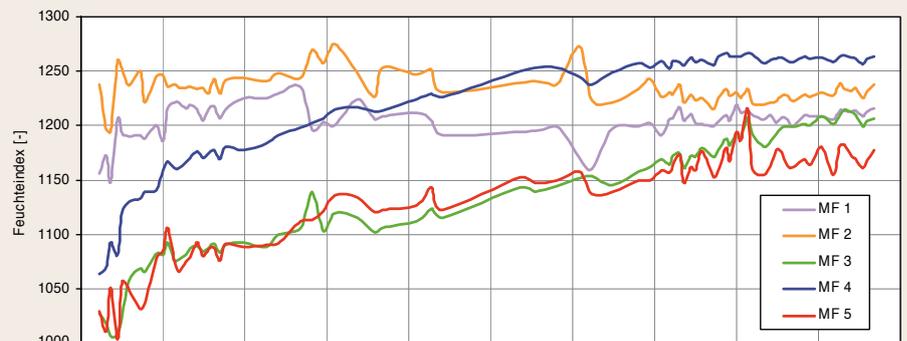


Bild 6 Feuchteindex im Mauerwerksinneren

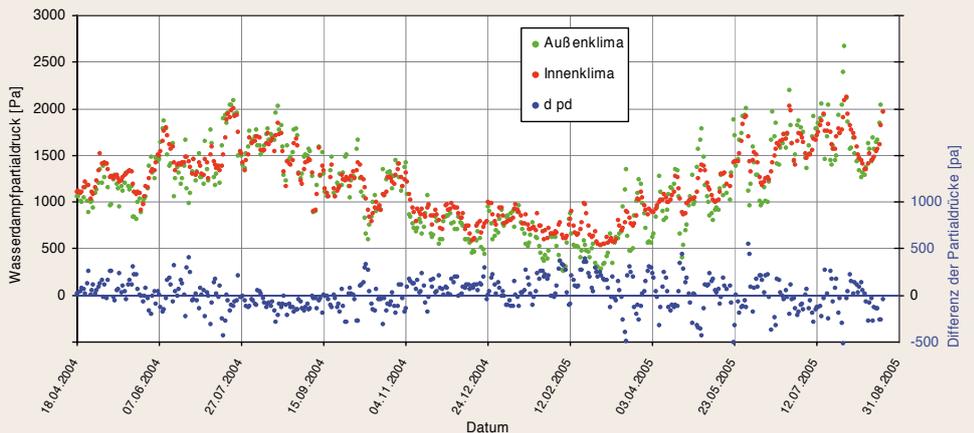


Bild 7 Wasserdampfpartialdruck

Bilder: Tragasch

Eine weitere Bewertungsmöglichkeit für das Feuchteverhalten im Mauerwerksinnern könnte die zeitliche Mittelwertbildung an den Messpunkten (Tabelle 1) sein: Der Feuchtegehalt der Messfelder 1 und 2 (Kapillarrohrratten-System) verbleibt über den dargestellten Zeitraum auf einem Niveau, welches jedoch über dem der anderen Messfelder liegt. Bei den Messfeldern 3 bis 5 stieg in der gleichen Zeit der Feuchtegehalt um etwa 10 %. Die Werte der verwendeten Wandtemperierungssysteme unterscheiden sich auch untereinander. Die Messfelder 2 und 4 haben höhere Feuchtwerte als ihre Partnerfelder 1 und 3.

Ein Grund für den höheren Feuchtegehalt könnte in der unterschiedlichen Ausrichtung der Außenwände liegen. Die Messfelder 1 und 3 sind nordöstlich und die Messfelder 2 und 4 südwestlich orientiert. Da in Mitteleuropa Wind aus Südwest bis West vorherrscht (die Kirche kann auf dieser Seite als freistehend angesehen werden), werden die entsprechend orientierten Außenwände häufiger Schlagregen ausgesetzt. Ein weiterer Grund könnte aber auch der inhomogene Wandaufbau mit einem unterschiedlichen Feuchtigkeitsaufnahme Potenzial sein.

Die für die Wertung der Aussagekraft des Feuchteindex vorgenommenen Vergleichsmessungen in dem Studentenwohnheim zeigen ähnliche Verhaltensstrukturen der Feuchte an der Oberfläche und im Inneren [4].

Gleichgewichtsfeuchte stellt sich ein

Es ist zu vermuten, dass nach dem Hochwasser 2002 durch die Trocknung mit einem Warmluftgebläse, die Gleichgewichtsfeuchte der Außenwände unterschritten wurde. Die Feuchtemessungen aus 2003 bestätigen dies: Sie zeigen niedrigere Werte als im anschließenden Messzeitraum 2004. Es kann daraus gefolgert werden, dass die Kirchenwände seit der Trocknungsmaßnahme die Gleichgewichtsfeuchte anstreben, zumindest in den vermessenen Bereichen.

Im Bereich der Oberfläche ist dies bereits geschehen. Die Oberflächenfeuchte im gemessenen Zeitraum 2004 entspricht tendenziell den Werten des Folgejahres. Der schnellere Ausgleichsvorgang ist auf die geringere gemessene Schichtdicke zurückzuführen. Im Tiefenbereich erreichte die Materialfeuchte erst zum Ende der Messungen ein gleich bleibendes Niveau. Im Allgemeinen geht man bei Außenbauteilen davon aus, dass sich nach etwa zwei Jahren die Gleichgewichtsfeuchte einstellt. Auch diese allgemeine Behauptung würde die Messergebnisse bestätigen.

Dass der Anstieg der Mauerwerksfeuchte im Tiefenbereich und das Anstreben der Gleichgewichtsfeuchte nicht unbedingt mit eindringender Feuchte von außen zusammenhängen müssen, verdeutlicht Bild 7. Es zeigt den auf der Basis von

Messwerten im Außen- und im Innenbereich berechneten Wasserdampfpartialdruck.

Schlussfolgerungen

- Aus den seit 2003 durchgeführten Messungen, die noch bis 09/2006 fortgeführt werden, zeigt sich, dass sich nach der Überflutung in 2002, der Trocknung und baulichen Sanierung in 2003 eine Feuchtegleichgewichtszustand zumindest an der Oberfläche eingestellt hat, aber auch im Mauerwerksinneren deutlich erkennbar ist.
- Ein Einfluss der Oberflächentemperierung auf die Bauwerksfeuchte ist kaum signifikant erkennbar oder nachweisbar.
- Seit 02/2006 wird die Bauteiltemperierung reduziert bzw. nicht betrieben, um zu untersuchen, ob sich der eingestellte Gleichgewichtszustand dadurch verändert.
- Die beschriebene Oberflächentemperierung hat zu einer wesentlichen Erhöhung der Behaglichkeit für die Kirchgänger beigetragen.
- Eine Beurteilung und Wertung von technischen Lösungen, wie der Oberflächentemperierung, sollte und kann nur unter Beachtung der Nutzungsparameter sowie langfristiger Messungen und Untersuchungen erfolgen. Sie sind zeit- und kostenaufwendig und setzen die Bereitschaft und das Verständnis des Anlagenbetreibers bzw. des Nutzers voraus. ■

Literatur

- [1] Trogisch, Achim: Bauteiltemperierung als Feuchteschutz? Stuttgart: Gentner Verlag, TGA Fachplaner 5-2004
- [2] Trogisch, Achim; Scheffler, Stefan; Peusch, Andreas: Bauteiltemperierung als Feuchteschutz?. Stuttgart: Gentner Verlag, TGA 4-2005
- [3] Peusch, Andreas: Untersuchungen zur Beheizung von Kirchenräumen mit Bauteiltemperierung als Feuchteschutz – Messungen. Dresden: HTW Dresden, Diplomarbeit (unv.), 2005
- [4] Wiedmer, Steffen: Untersuchungen zur Beheizung von Kirchenräumen mit Bauteiltemperierung als Feuchteschutz – Messung und Auswertung. Dresden: HTW Dresden, Diplomarbeit (unv.), 2005
- [5] Haase, St.: Untersuchungen zur Beheizung von Kirchenräumen mit Bauteiltemperierung als Feuchteschutz – Möglichkeiten und Grenzen: Dresden: HTW Dresden, Diplomarbeit (unv.), 2004
- [6] Löther, Thomas: Untersuchungen zur Beheizung historischer Gebäude: Leipzig: HTWK Leipzig, Diplomarbeit (unv.), 2005



Steffen Wiedmer

Dipl.-Ing. (FH), hat an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH) die Diplomarbeit „Untersuchungen zur Beheizung von Kirchenräumen mit Bauteiltemperierung als Feuchteschutz – Messung und Auswertung“ geschrieben.



Achim Trogisch

*Prof. Dr.-Ing., lehrt an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH) im Fachbereich Maschinenbau/Verfahrenstechnik auf dem Gebiet TGA.
Telefon (03 51) 4 62 27 89
Telefax (03 51) 4 62 21 90
E-Mail: trogisch@mw.htw-dresden.de*