

- Schimmelpilzmessungen
- Raumklimaanalysen, Schadstoffmessungen
- zerstörungsfreie dreidimensionale Feuchtemessung an Gebäuden
- Hygieneinspektionen RLT- Anlagen VDI 6022
- Sanierungskonzeptionen

Lebus, den 14.05.2008

Untersuchungsbericht zur Analyse der Wandfeuchteursachen im Beinhaus am Münster Bad Doberan

- Objekt** : Beinhaus am Münster in Bad Doberan, freistehend
- Anschrift** : Münster Bad Doberan
Beinhaus
18209 Althof
- Auftraggeber** : Evangelisch Lutherische Kirchgemeinde Bad Doberan
Klosterstrasse 2
18209 Althof
- Untersuchungsauftrag** : 1. Untersuchung des unteren Gebäudeabschnitts mittel Kernbohrproben-Entnahmen sowie weiteren zerstörungsfreien Messverfahren und rechnerische und labortechnische Analyse der Proben. Das Untersuchungsziel besteht darin, die Ursachen für die Wanddurchfeuchtung am Objekt aufzuzeigen.
2. Basierend auf den festgestellten Ergebnissen sollen Möglichkeiten zur dauerhaften Reduzierung der Feuchte- und Salzbelastung vorgeschlagen werden.

Der Untersuchungsbericht wurde am 14.05.2008 erstellt und umfasst 16 Seiten einschließlich dem Deckblatt.

Inhaltsübersicht:

1. Aufgabenstellung
2. Bauliche Grundlagen vor Ort
3. Messergebnisse Materialfeuchtemessungen, Salzanalysen, Baukörperuntersuchung
4. Vorschläge zur weiteren Sanierung des Gebäudes



Dieses Gutachten einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung auch von Teilen außerhalb des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Autors unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmung und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

1. Aufgabenstellung:

Aufgabe dieser Untersuchung ist es einen Lösungsvorschlag aufzuzeigen, die zu schützende Bausubstanz und die Wandmalereien des Beinhauses vor weiteren vermeidbaren Zerstörungen durch Feuchtigkeits- und Salzeinwirkungen weitestgehend zu schützen.

Unter Anwendung moderner messtechnischer- und labortechnischer Analyseverfahren soll ein möglichst detailliertes Bild über die Ursachen für die Durchfeuchtung und Versalzung der Innenwände des Beinhauses erstellt werden. Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen sollen praktikable Lösungsansätze zur schonenden und weitgehenden Erhaltung der historischen Substanz des Gesamtobjektes entwickelt werden.

2. Bauliche Grundlagen vor Ort:

Bei dem zu konservierenden Gebäude handelt es sich um das Beinhaus des Münsters Bad Doberan. Es wurde in Vollziegel- Wandbauweise errichtet, besitzt sieben Bleiverglaste Fenster und eine nach Westen gerichtete Außentür. Die Dacheindeckung besteht aus gefalzten Blechen die mit einem geringen Dachüberstand über eine Dachrinne mittels Speiern entwässert wird. Die Außenwände des Beinhauses bestehen aus gebrannten Klinkerziegeln mit einer mittleren Rohdichte von 2127 kg/m^3 , teilweise sind die Ziegel im Außenfassadenbereich glasiert. Im unteren Bereich der Außenfassade ist ein großer Teil der glasierten Ziegeloberflächen bereits abgewittert. Im Innenbereich sind die Außenwände mit einem Kalkputz unbekannter Zusammensetzung verputzt. Auf diesen Putzflächen sind zu erhaltende Wandmalereien mit einer Farbschicht unbekannter Zusammensetzung aufgebracht. Die innenseitigen Putzflächen der Außenwände sowie die darauf befindlichen Wandmalereien sind von Ausblühungen und Absprengungen durch Salze betroffen.

Aus den Untersuchungsberichten der verschiedenen Fachleute aus den Bereichen der Denkmalpflege und der beteiligten Restauratoren, geht eine sehr bewegte, vor allem aber eine zu großen Teilen unbekannte Geschichte und Nutzungsbedingung des Beinhauses hervor.

Die umfangreichen Untersuchungsberichte des Herrn Frank Sakowski (Baugeschichtliche Untersuchung 12/2002) sowie der Restauratoren unter Herrn B. Froberg (Dokumentation zur Untersuchung und Notsicherung der Wandmalereien 12/2002) verweisen auf mehrere Umbau- und Restaurierungsphasen in der Geschichte des mehr als 700 Jahre alten Gebäudes. Dabei kamen die verschiedensten Dachkonstruktionen und auch Wandbaustoffe zum Einsatz. Auch die Wandmalereien wurden mindestens zweimal überarbeitet.

Nachdem unter dem Innenputz eine Teerhaltige Beschichtung unbekannter Zusammensetzung und unbekanntes Alter gefunden wurde, ist davon auszugehen, dass es schon in der Vorzeit Probleme mit Wanddurchfeuchtungen oder mit der Hygiene im Gebäude gab.

Teerbeschichtungen wurden früher oft zur Kaschierung von Feuchteproblemen oder aus antiseptischen Anforderungen heraus auf Innenwänden aufgebracht.

3. Messergebnisse Materialfeuchtemessungen, Salzanalysen, Baukörperuntersuchung:

Zur Untersuchung der bauphysikalischen Randbedingungen sowie zur Entnahme von Proben fand am 18.04.2008 eine vor Ort- Untersuchung in der Zeit von 11.00 Uhr bis 17.00 Uhr statt. Anwesend während dieser Untersuchung waren zeitweise Frau Dipl.- Ing. (TU) Carla Strebe, sowie Herr Dipl.- Ing. Ullrich vom Schloß und Herr Steffen Sabin.

Zur Untersuchung des Objektes und der Proben wurden folgende Messverfahren und Geräte eingesetzt:

- Bohrkernprobengerät mit Diamantkrone
- Labor- Präzisionswaage EMB 600-2, Hersteller Kern GmbH, kalibriert vor Ort auf Objekthöhe, Druck und Umgebungstemperatur
- Exsikkator DN 250 zur hygroskopischen Ausgleichsfeuchtemessung der Proben
- Feuchte/ Temperaturmessgerät Testo 435/2
- Trockenschrank Tv 15 u , Hersteller Memmert
- Mikrowellenfeuchtemesssystem MOIST 200 B incl. Messkopf MOIST R und MOIST P, Hersteller HF- Sensor GmbH
- Darrfeuchtemessung, Durchfeuchtungsgradbestimmung, Salzionenbestimmung gemäß ÖNORM B 3355-1 und DIN EN ISO 10304 D 19
- Wassereindringmessung nach Prof. Karsten, Probenahmekoffer der Firma Ludwig Mohren KG

Die Bohrkernproben wurden auf der Rauminnenseite aus der Nordwestwand in drei verschiedenen Höhen und jeweils dazu in drei verschiedenen Wandtiefen entnommen. Diese Vorgehensweise dient dem Zweck, sowohl in vertikaler als auch in horizontaler Ebene der Wand Messergebnisse zum Feuchteverhalten und zur Versalzung des Mauerwerkes zu erhalten. Weiterhin wurden von der Nordwand, der Südwand und der Südwestwand Wandfeuchteprofile in vier verschiedenen Wandtiefenabschnitten erstellt, sowie die Wassereindringfähigkeit an der Nordwestaußenfassade sowohl auf den Wandziegeln als auch im Fugennetz ermittelt. Nach Entnahme der Bohrproben wurde von allen Materialproben der absolute Wassergehalt, der Sättigungsfeuchtegehalt, die hygroskopische Ausgleichsfeuchte bei 80 % relativer Umgebungsluftfeuchte, die Rohdichte und der Gehalt an Chlorid-, Sulfat- und Nitratsalzionen bestimmt.

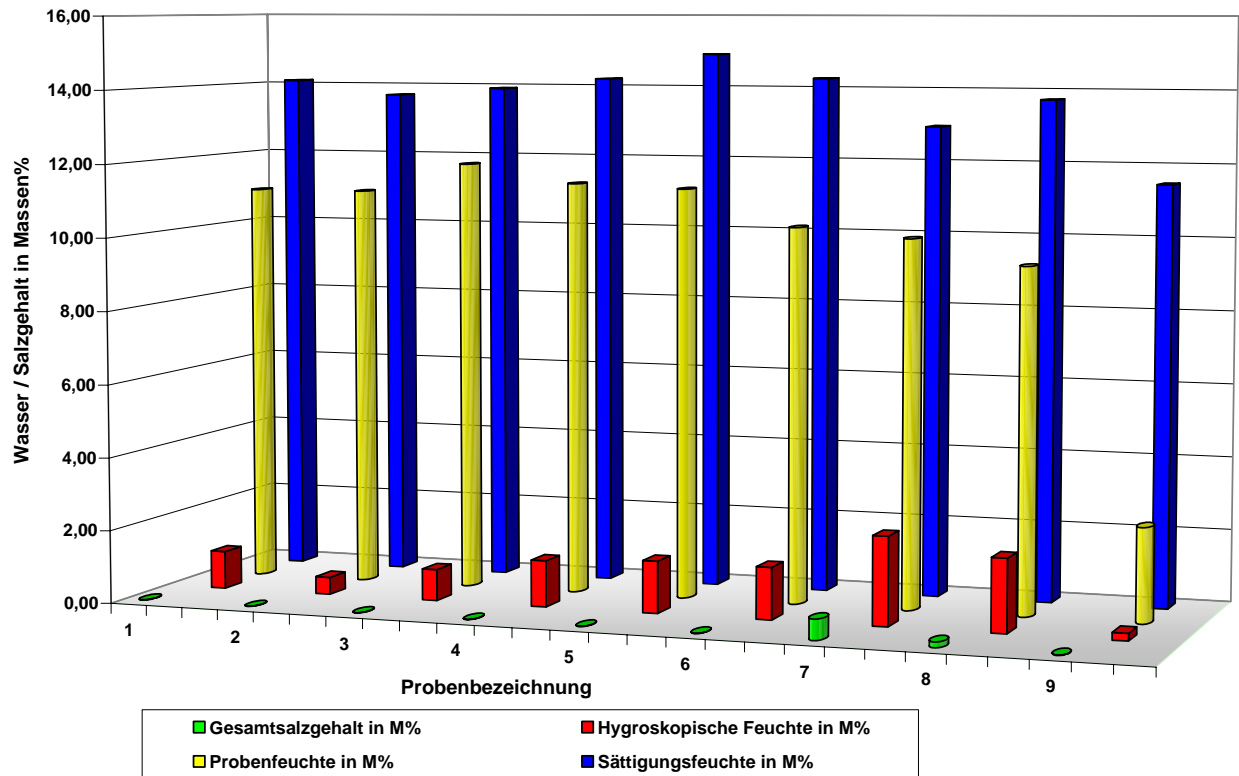
Probennummer:

Entnahmeort: Nordwestwand Innen

1. Entnahmehöhe über Innenfußboden 0,1 m Entnahmetiefe 3 cm
2. Entnahmehöhe über Innenfußboden 0,1 m Entnahmetiefe 10 cm
3. Entnahmehöhe über Innenfußboden 0,1 m Entnahmetiefe 15 cm
4. Entnahmehöhe über Innenfußboden 0,7 m Entnahmetiefe 3 cm
5. Entnahmehöhe über Innenfußboden 0,7 m Entnahmetiefe 10 cm
6. Entnahmehöhe über Innenfußboden 0,7 m Entnahmetiefe 15 cm
7. Entnahmehöhe über Innenfußboden 1,2 m Entnahmetiefe 3 cm
8. Entnahmehöhe über Innenfußboden 1,2 m Entnahmetiefe 10 cm
9. Entnahmehöhe über Innenfußboden 1,2 m Entnahmetiefe 15 cm

Sämtliche Messergebnisse sind im Anhang zu diesem Gutachten noch einmal ausführlich dargestellt.

Ergebnisse der Feuchtemessungen an den Bohrproben der Nordwestwand:



An den Ergebnissen ist deutlich zu erkennen, dass fast alle Proben einen hohen Durchfeuchtungsgrad (hohe Probenfeuchte in Bezug auf die maximal mögliche Feuchteaufnahme) aufweisen. Erst die Proben in einer Wandhöhe von 1,2 m über OKFF (Proben 7, 8 und 9) zeigen eine Verringerung des Feuchtegehaltes an. In der Wandtiefe von 15 cm (Entnahmehöhe 1,2 m über OKFF, Probe 9) erreicht die Wandfeuchte nur noch einen geringen Wert (normaler Ausgleichsfeuchtwert).

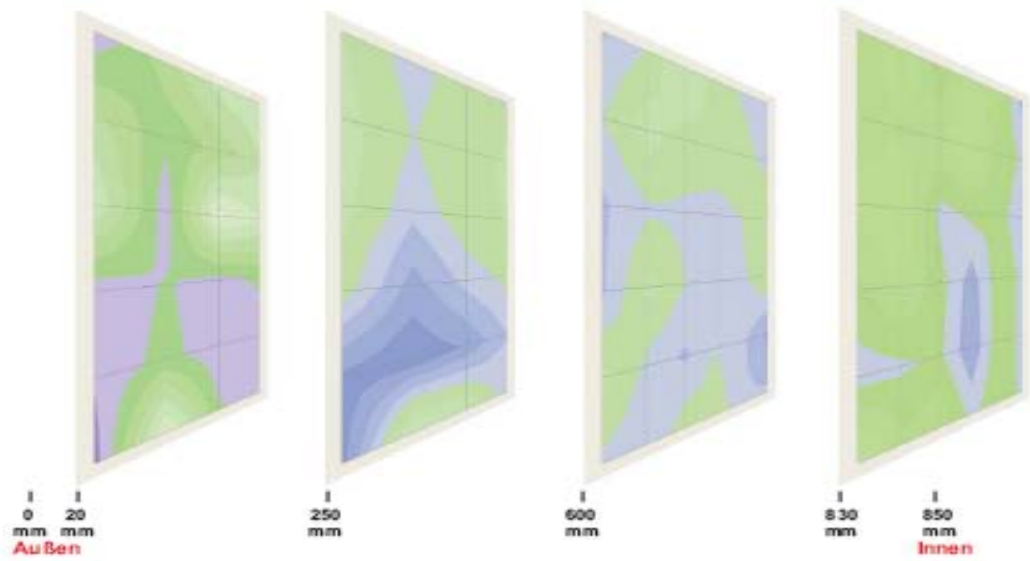
Die maximal gemessenen Sättigungsfeuchten aller Proben liegen für historische Vollziegel mit einer Rohdichte von ca. 2100 kg/m³ im zu erwartenden normalen Bereich von 11 bis 15 Massenprozent.

Auffälligkeiten bei der hygroskopischen Feuchtemessung (80 % relative Umgebungsluftfeuchtigkeit) zeigt jedoch nur die Wandprobe Nr. 7 aus der Entnahmehöhe von 1,2 m über OKFF direkt unterhalb des Wandputzes in einer Entnahmetiefe von ca. 3 cm. Diese Auffälligkeit ist auf den Gehalt an Nitratsalzen zurückzuführen (0,38 M% Nitratsalz) Gemäß WTA Arbeitsblatt 4-5-99/D ist diese Salzbelastung als hoch einzustufen.

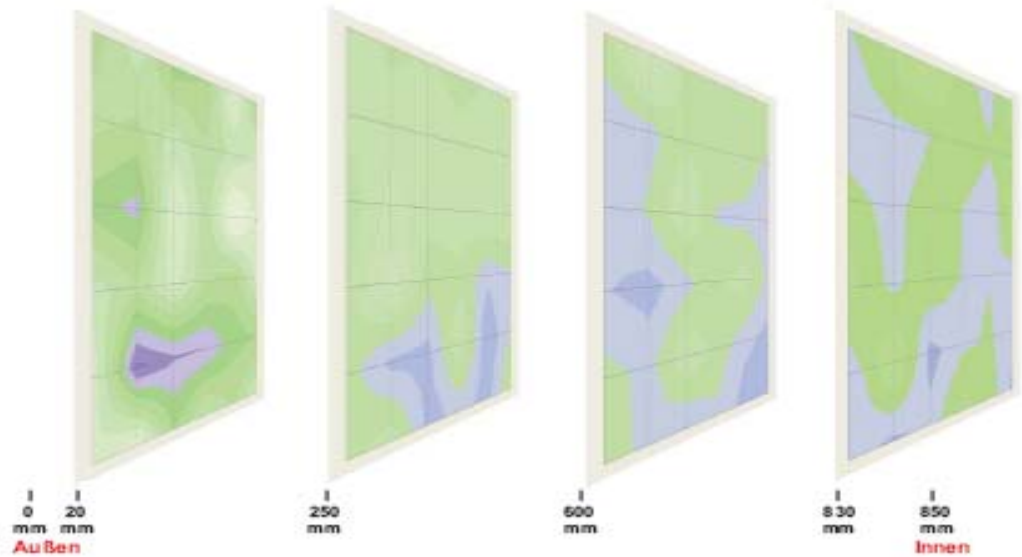
Dieser Umstand ist wohl auf die Tatsache zurückzuführen, dass die Probe in einem Wandabschnitt entnommen wurde, der sich in unmittelbarer Nähe zu dem noch ursprünglichen Putzbestand befindet. Dadurch konnte die Entsalzungskapazität des aufgetragenen Kalk-Opferputzes nur teilweise genutzt werden. Die Messergebnisse der Probenuntersuchung deuten jedoch **nicht** darauf hin, dass ein Nachschub von Salzen aus dem Baukörper oder aus dem Bodenbereich des Gebäudes erfolgt. Diese Erkenntnisse werden durch die nachstehenden Messergebnisse der Wandfeuchteprofilierungen untermauert.

Wandfeuchteprofilerstellung mittels Mikrowellenmesstechnik

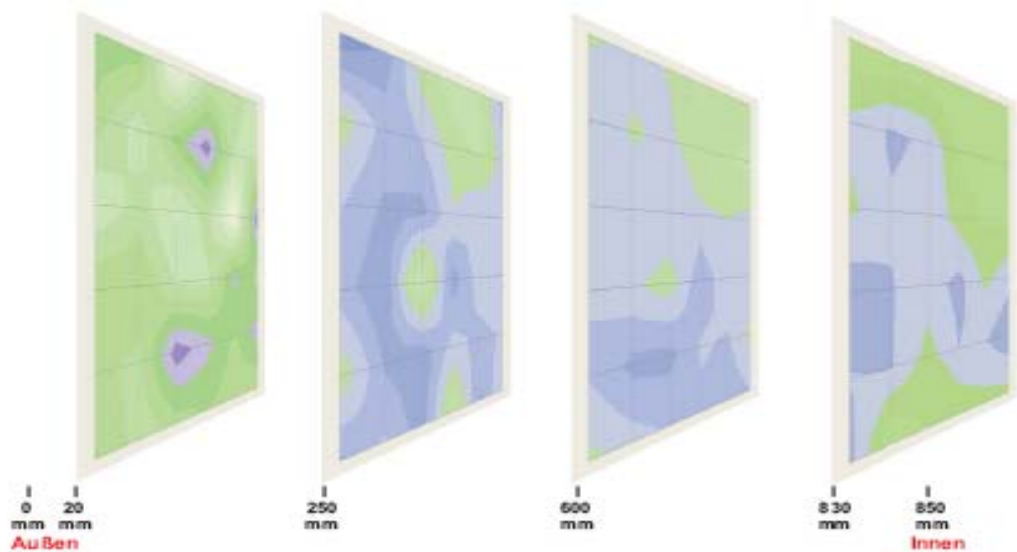
Feuchteprofil
Südwestwand
Beinhaus
18.04.2008



Feuchteprofil
Südwand
Beinhaus
18.04.2008



Feuchteprofil
Nordwand
Beinhaus
18.04.2008



Bei dem hier verwendeten Messverfahren werden Mikrowellen in den Wandbaustoff gesendet und deren Reflexionen von einem Mikroprozessor ausgewertet. Zur Profilerstellung in einer Wand werden verschiedenen Messköpfe mit unterschiedlichen Eindringtiefen eingesetzt und die Messergebnisse graphisch zusammengesetzt.

Mit Hilfe einer Falschfarbdarstellung wird der Wassergehalt der Wandkonstruktion dargestellt. Grüne Bereiche zeigen normal feuchte Wandabschnitte für ein unbeheiztes Gebäude. Blaue Abschnitte zeigen schwache bis starke Durchfeuchtungen der Wand an, je dunkler der Blauton desto höher der Wassergehalt der Wand.

Unterstützend zu diesen Messungen wurde die Wassereindringfähigkeit an der Außenfassade der Nordwestwand gemessen. Mit dem Messverfahren wird die Wasseraufnahme des Mauerwerkes bei Schlagregen und ablaufendem Regenwasser ermittelt.

Dabei wurden folgende Messergebnisse erzielt:

- Die mittlere Wasseraufnahme auf den **Ziegeloberflächen** betrug **2,1 ml/min*3cm²**, der höchste Einzelwert erreichte 6,4 ml/min*3cm²
- Die mittlere Wasseraufnahme durch das **Fugennetz** betrug **14,6 ml/min*3cm²**, der höchste Einzelwert erreichte 36 ml/min*3cm²

Für Sichtmauerwerk ist eine mittlere Wassereindringmenge von 0,5 ml/min*3cm² und Einzelwerte von 2,0 ml/min*3cm² möglichst nicht zu überschreiten.

Die gemessenen Werte an der Nordwestfassade des Beinhauses zeigen ganz klar eine zu geringe Schlagregendichtigkeit der Fassade an. Gemäß DIN 4108-3 ist der Standort des Gebäudes der erhöhten Schlagregenklasse 2 zuzuordnen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass vor allem über das mangelhafte Fugennetz unzulässig viel Regenwasser in den unteren Wandabschnitt des Beinhauses eindringen kann. Erschwerend kommt hinzu, dass ein großer Teil der Fassadenfläche aus Fenstern besteht. Das führt zu einem verstärkten Anfall von ablaufendem Regenwasser über die Fenstergesimse auf den unteren Bereich der Fassade. An der Außenfassade des Beinhauses sind auch die stärksten Verwitterungsspuren an den unteren Ziegelabschnitten zu erkennen. Ein großer Teil der glasierten Ziegeloberflächen sind hier im Gegensatz zu den höheren Wandabschnitten schon stark zerstört. Ebenfalls ist an diesem Prozess auch der Eintrag von luftgetragenen Salzen (Chloride und Sulfate), sowie die mögliche Eintragung von Nitratsalzen aus dem Bodenbereich, der Nutzungsart des Gebäudes, tierischen Exkrementen oder pflanzlicher Substanzen beteiligt. Dieser Aufnahmeweg von Salzen konnte über einen Zeitraum von über 700 Jahren auf das äußere Mauerwerk einwirken und durch ständige Hydratations- und Kristallisationsprozesse seinen Teil zur unvermeidlichen Zerstörung beitragen.

Auf den Messgraphiken der drei Außenfassaden ist deutlich der Einfluss der von außen eindringenden Feuchtigkeit zu erkennen. Das durch das mangelhafte Fugennetz eindringende Wasser kann jedoch zum überwiegenden Teil nur noch durch Diffusion in Dampfform wieder über die Wandoberfläche nach außen entweichen. Dieser Prozess ist jedoch nicht in der Lage das schnell eindringende Wasser aus Niederschlägen (durch kapillares Saugen) in vergleichbaren Zeiträumen wieder abzuführen. Daraus ergibt sich dann eine schleichende Auffeuchtung der tieferen Wandabschnitte. Bedingt durch die fehlende Windbelastung (hohe Abtransportleistung für Materialfeuchtigkeit) an den innenraumseitigen Wandabschnitten ist die mögliche Verdunstungsleistung auf der Rauminnenseite der Außenwand sehr viel geringer als auf der Gebäudeaußenseite. Erschwerend kommt die Bildung von Sommerkondensat in der Frühjahrszeit und bei starken Undichtigkeiten der Gebäudehülle auch im Sommer dazu. Dadurch kann sich in den Außenwänden ein ungewöhnlich hoher Feuchtegehalt über die Jahre einstellen und das

vorgefundene Schadensbild auf den Innenwandabschnitten und der Fassade hervorrufen. Diesen Problemen mussten sich auch schon die früheren Nutzer des Beinhauses stellen. Der Versuch diesem Problemfeld mit einer Innenbeschichtung des Mauerwerkes durch Teer zu begegnen war dem damals nicht vorhandenen Wissen um die Physik und die Chemie solcher Prozesse geschuldet. Kurzfristig konnte dieses Vorhaben durchaus das Problem an den Innenwänden verringern, langfristig ist jedoch ein verstärktes Aufladen der Wandkonstruktion von Außen durch Regenwasser unvermeidbar. Was man Früher ebenfalls nicht wusste, ist der Umstand, dass Teer auch Stickstoffheterozyklen (aus Aminosäuren der Biomasse) enthält. Dieser Teer kann dann über einen längeren Zeitraum durch Hydrolyseprozesse Ammoniakwasser abspalten, welches dann mit den Mörtelbestandteilen zu Nitratsalzen reagiert.

Zusammenfassend lässt sich einschätzen, dass der im Innenwandbereich vorgefundene Versalzungsprozess sehr wahrscheinlich nicht auf aufsteigende Feuchtigkeit aus dem Erdreich zurückzuführen ist.

Die Quellen für die von den verschiedenen Fachkollegen in unterschiedlichen Innenabschnitten des Beinhauses gemessenen Salzarten und deren Konzentration sind wohl vor allem in folgenden Bereichen zu suchen:

1. nutzungsbedingte Eintragungen durch Einbauten oder Lagerung von biogenen Substanzen
2. Eintragung von Vogelekrementen (kontaminiertes Regenwasser) durch undichte Dachkonstruktionen
3. Verwendung gipshaltiger Materialien in Putzen und Mörteln
4. Verwendung von Bindemitteln auf Oberflächen aus tierischem Ursprung (Knochenleim)
5. Teeranstrich auf der Wand
6. Eintragung von Chloriden und Sulfaten aus der Außenluft und über eindringendes Regenwasser

Man sollte bei all diesen Eintragungswegen für Salze das hohe Alter des Gebäudes und vor allem seine größtenteils unbekannte Nutzung nicht außer Acht lassen. Die gemessenen Salzgehalte bis in eine Höhe von 1,2 m über dem Fußboden zeigen deutlich, dass in diesem Bereich vorab nachgewiesene Salze (Messergebnisse 2002) mit dem aufgetragenen Opferputz fast vollständig entfernt wurden.

4. Vorschläge zur weiteren Sanierung des Gebäudes

Eine Sanierung des Beinhauses und vor allem der Malereien im Innenbereich

ohne jeglichen weiteren Substanzverlust

wird vom Autor, bedingt durch die komplexen Wechselwirkungen der physikalischen und chemischen Prozesse, als nicht umsetzbar eingeschätzt.

Die chemische Vielfalt der Salzverbindungen (siehe Dr. Rehbaum Dez. 2002) und auch die örtlich völlig verschiedenen Verteilungsmuster und Zusammensetzungen der Gemische, ermöglicht keine zentrale Vorgehensweise bei der Inaktivierung der Salzbelastungen durch raumklimatische Eingriffe.

Zusätzlich ist auch die Einbringung verschiedenster Sanierungsmaterialien und Chemikalien in das Gebäude durch Restaurierungsarbeiten zu berücksichtigen.

(„Bei dem Raumklima ist zu beachten, dass es nicht um Durchschnittswerte geht, sondern vielmehr um konstantes Klima an jedem Punkt der Malerei“ Zitat Restaurator B. Froberg aus seiner Dokumentation von 12/2002)

Eine einheitliche thermische oder hygrische Klimatisierung des Innenraumes des Gebäudes ist aus Gründen der unterschiedlichen Wärmeableitgeschwindigkeiten und Wärmeindringzahlen der äußerst filigranen und inhomogenen Struktur der Baukörperhülle nicht möglich.

Aus bauphysikalischer Sicht besteht der achteckige Baukörper des Beinhauses praktisch nur aus wärmetechnisch inhomogenen Bereichen (Wärmebrücken). Dies hat zur Folge, dass sich unmöglich an allen Oberflächen und Raumluftvolumina gleiche Temperaturen einstellen lassen. Daraus folgt jedoch auch, dass sich unweigerlich unterschiedliche Materialfeuchtwerte an den Wandabschnitten einstellen werden.

Um mikrobiellen Befall der organischen Oberflächen der Wandmalerei und übermäßige Kapillarkondensation an Oberflächen zu verhindern sind maximal 70-75 % Wandoberflächenfeuchte im Beinhaus möglichst nicht zu überschreiten.

Das Ziel einer wärmetechnischen Stabilisierung kann aus bauphysikalischer Betrachtung heraus nur eine möglichst langsam veränderliche operative Raumtemperatur sein (Mittelwert aus Luft- und Hüllflächentemperaturen). Da eine zentrale Forderung an das Innenraumklima jedoch eine nicht zu überschreitende Materialoberflächenfeuchtigkeit von ca. 70-75 % an allen Wandflächen lauten muss, ist der Punkt der geringsten Wandtemperatur messtechnisch zu ermitteln und als Führungsgröße für eine Beeinflussung des Raumklimas zu verwenden (ausgenommen von dieser Forderung sind die Fensteroberflächen).

Der Einfluss der direkten Sonnenbestrahlung auf die Innenwände lässt sich nur durch konstruktive Verschattungsmaßnahmen verringern. Bedingt durch die große Masse der Wände (Wärmebeharrungsvermögen von ca. 1800 kg/m² Wandfläche) ist jedoch der Einfluss der Sonneneinstrahlung nur als gering einzuschätzen.

Der von anderer Seite vorgeschlagene Weg der Entsalzung der Wandoberflächen mittels Kompressen kann in seiner Wirksamkeit und vor allem seiner materialschonenden Wirkung auf die Wandmalerei nicht eingeschätzt werden. Die Fachkenntnisse des Autors auf diesem Gebiet reichen dafür nicht aus. Bedingt durch die Komplexität der dabei ablaufenden Vorgänge ist jedoch anzunehmen, dass es nur durch Versuche geklärt werden kann, ob diese Vorgehensweise den angestrebten Erfolg bringen kann.

Unter Berücksichtigung der aktuell vorliegenden Erkenntnisse aus den Arbeiten der Herrn Froberg, Herrn Krause, Herrn Knorre, Herrn Sakowski, Herrn Rehbaum und der Arbeit des Autors empfehle ich folgende Vorgehensweise:

1. Installation einer Sockelheizungsanlage im direkten Fußbodenbereich des Beinhauses.

Als Führungsgröße zur Regelung der Sockelleistenheizung sollte die Oberflächenfeuchte (temporärer Berechnungswert aus der absoluten Raumlufffeuchte und der Oberflächentemperatur) an einem repräsentativen Messpunkt im Beinhaus verwendet werden. Durch eine orientierende Oberflächentemperaturmessung an allen Raumbooberflächen (Infrarotmessung) des Beinhauses wäre ein notwendiger Korrekturfaktor in die Regelstrategie mit einzubeziehen. Um eine starke Erhöhung der relativen Raumlufffeuchtigkeit im Innenraum durch verstärkte Abtrocknung der Wandoberflächen zu verhindern, ist möglicherweise innerhalb der ersten Heizperiode eine gesteuerte Lüftung des Beinhauses zu realisieren. Als Führungsgröße für diese Entfeuchtungsart (mittels Luftaustausch) muss die jeweilige absolute Luftfeuchtigkeit im Beinhaus als auch der Außenluft verwendet werden. Nur wenn die Außenluft absolut trockener ist als die Raumluff, darf ein Luftaustausch erfolgen.

Um die Notwendigkeit einer solchen Hilfsmaßnahme einschätzen zu können, ist eine möglichst regelmäßige Kontrolle der rel. Raumlufffeuchtigkeit in der Heizperiode vor Ort durch Personal des Münsters zu realisieren.

Die rein rechnerisch zu erwartende Austrocknungszeit einer zu ca. 60 % durchfeuchteten Ziegelwandkonstruktion mit einer Wandstärke von ca. 85 cm beträgt nach Cadiergues ca. 3,3 Jahre. Dieser Zeitraum wird jedoch sehr stark von den Randbedingungen Heizungsart, Raumtemperaturniveau und Lüftungsart bestimmt. Die tatsächlich notwendige Zeit bis zur Erlangung eines stabil gleitenden Innenraumklimas unter Einsatz eines Sockelheizsystems wird jedoch bedeutend kürzer sein. Eine begleitende Erfassung des Innen- und Außenklimas während der Trocknungsphase wäre zu empfehlen. Unabhängig davon sollte ein Fachrestaurator den richtigen Zeitpunkt zur Aufnahme von Restaurierungsarbeiten am Beinhaus aus seiner fachlichen Sicht eigenverantwortlich bestimmen.

Als Montageort solch einer Heizungsregelung empfehle ich die rechts und links neben dem Altar in der Wand befindlichen Öffnungen. Sollte eine Erfassung der Klimadaten und Ausgangssignale der Regelung zu Dokumentationszwecken gewünscht werden, ist dies beim Heizungslieferanten vorab zu klären.

Der empfohlene Zeitpunkt zur erstmaligen Inbetriebnahme der Sockelleistentemperierung liegt im Monat Oktober. Zu diesem Zeitpunkt hat die Wandkonstruktion den geringsten Wassergehalt, bedingt durch den Verlauf des Außenklimas erreicht.

Nähere Erläuterungen sind der Machbarkeitsstudie des Autors vom 28.05.2007 zu entnehmen.

Das abschließende Auskristallisieren der noch im Putz enthaltenen Nitratsalze (Calciumnitrat und Magnesiumnitrat) ist jedoch bei dieser Sanierungsart nicht vollständig zu verhindern.

2. Die Möglichkeit zur vorherigen schonenden Entfernung von Salzen aus den belasteten Innenwandoberflächen ist durch einen Fachrestaurator zu prüfen und zu entscheiden.

3. Das Eindringen von Niederschlagswasser über die nicht ausreichend schlagregendichte Außenfassade ist durch eine marktübliche Hydrophobierung nicht schadensfrei zu unterbinden, da die geforderte maximale Rissweite an den Fugen von 0,2 mm überschritten wird. Dem Autor ist nur ein Produkt der Firma Hydro Chemie, Karlstrasse 13 in 45739 Oer – Erkenschwick mit der Produktbezeichnung „Lotupor“ bekannt, welches für diesen Einsatzzweck

geeignet erscheint. Die Anwendung dieser Technologie sollte jedoch vorab an einem kleinen Fassadenabschnitt getestet werden. Der Vorteil dieser möglicherweise anwendbaren Hydrophobierung liegt in der beschleunigten Austrocknung des Mauerwerkes und der Sperrung gegen neues von außen eindringendes Regenwasser. Das optische Erscheinungsbild der Fassade wird davon laut Herstellerankunft nicht beeinträchtigt.

4. Zur Verringerung der Spritzwasserbelastung der Fassade und der Belastung durch Oberflächenwasser des Gebäudesockelbereiches, empfehle ich um das Gebäude herum eine ca. 1 m breite Schicht grober Kieselsteine (Körnung 32-64 mm) aufzubringen um den Spritzwasserwinkel der Speier zu brechen. Gleichzeitig sollte die zur Zeit noch aus westlicher Richtung zum Gebäude hin abfallende Gefällesituation des Geländes verändert werden. Aus dem geländetypischen Bodenmaterial sollte vor Einbau der Kieslage eine Gefällesituation ausgebildet werden, welche ca. 2-3 m vom Beinhaus weg mit einem Gefälle von mindestens 2 % ausgeführt wird.

5. Eine Abdichtung der Eingangstür des Beinhauses mit einer umlaufenden Lippendichtung zur Begrenzung eines ungewollten Luftaustausches (Vorschlag des Herrn Knorre) ist erst nach Abschluss der ersten Heizperiode zu empfehlen.

Für weitere Rückfragen, Beratungen und Messungen stehe ich Ihnen gern zur Verfügung und verbleibe

Mit freundlichen Grüßen

Steffen Sabin

Anlagen:

- Diagramm Feuchtemessergebnisse Nordwestwand
- Wandfeuchteprofile von drei Außenwänden
- Messergebnisse Feuchte-/ Salzanalyse in Tabellenform