



Institut für Diagnostik und Konservierung
an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V.

Bericht DD E / 2006

**Modellhafte Konservierung umweltgeschädigter
Wandmalereien in der mittelalterlichen
Barbarakapelle der Kirche in Thierfeld**



Deutsche Bundesstiftung Umwelt

DBU-Projekt: AZ 17565-45
Abschlussbericht

Berichterstattung:
Institut für Diagnostik und Konservierung
an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V.

Dr. rer. nat. Christoph Franzen

Seitenzahl einschl. Titelblatt: 163

Inhaltsverzeichnis

Projektkennblatt	2
1 Zusammenfassung	4
2 Objektgeschichte	4
2.1 Bau- und Restaurierungsgeschichte:	4
2.2 Geschichte um Hartenstein	6
2.3 Geschichte Thierfelds	6
2.4 Ausmalungsprogramm	6
2.5 Bauphasen	7
3 Bestandsbeschreibung	9
4 Zustand	9
5 Konzept	10
6 Maßnahmen	11

LAUE, S. (2003) Konservierung feuchte- und salzgeschädigter mittelalterlicher Wandmalereien in der Barbarakapelle zu Thierfeld – 1. Untersuchungsbericht, unveröffentl. Bericht IDK DD 06/2003, Dresden 40 Seiten.

FRANZEN, C., WEISE, S. (2004), Dorfkirche in Thierfeld, Begleitung der Restaurierung an mittelalterlichen Wandmalereien in der Babarakapelle - 2. Untersuchungsbericht, unveröffentl. Bericht IDK DD 12/2004, Dresden 19 Seiten.

FRANZEN, C., (2005) Dorfkirche in Thierfeld, Abschließende Bewertung der naturwissenschaftlichen Begleituntersuchungen - 3. Untersuchungsbericht, unveröffentl. Bericht IDK DD 18/2005, Dresden 13 Seiten.

BLECHSCHMIDT (2004), Temperatur- und Feuchtemessungen in der Kirche zu Thierfeld im Zeitraum August 2002 bis August 2004 - unveröffentl. Bericht Ingenieurbüro Bauphysik, Bauphysikalische Untersuchung NR. 305-01.04 20 Seiten

Petersen, K. (2006) Untersuchung zur mikrobiellen Belastung an Probenmaterial aus der ev. Dorfkirche Thierfeld im Erzgebirge 7 Seiten

LIMMER (2006) Dokumentation der Konservierung und Restaurierung der Barbarakapelle in Thierfeld – 2003 – 2005/6 48 Seiten

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	17565	Referat	45	Fördersumme	99.554 Euro
Antragstitel	Modellhafte Konservierung umweltgeschädigter Wandmalereien in der mittelalterlichen Barbarakapelle der Kirche in Thierfeld				
Stichworte	Denkmal Kirche, Putz				
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
3 Jahre	18.04.2002	(18.04.)2005	3		
Zwischenberichte	halbjährlich				
Bewilligungsempfänger	Ev.-Luth. Pfarramt Thierfeld	Tel	0375/213758		
		Fax	0375/294276		
	Kirchgasse 3	Projektleitung	Büro für Baupflege Zwickau		
	08118 Hartenstein	Bearbeiter	Herr Löffler , Herr Püschmann		
Kooperationspartner	IDK Dresden - Herr Dr. Laue, Herr Dr. Franzen LfD Sachsen - Frau Dr. Törmer-Balogh, Herr Dr. Remus - Herr Nimoth				

Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens

Die Untersuchung zu den Schadensmechanismen am Wandmalereiprogramm und eine geeignete Konservierungsmethodik zur Stabilisierung der Malschicht von 1892 unter Respektierung des mittelalterlichen Bestandes zu entwickeln. Notwendig ist dazu die Regulierung des Raumklimas und die Reduzierung der Baufeuchte und des Salzgehaltes im Mauerwerk.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

1. Projektphase Zustandserfassung

Bauuntersuchungen: zur Klärung des Bauuntergrundes, Aufbaues von Mauerwerk, Gewölbe, Fußboden, Klimamessung: in mindestens einem Jahreszyklus mit Erfassung der Werte von rel. Luftfeuchte, Temperatur im Chorraum, Kirchenraum und in Beziehung zu den Außenwerten Untersuchungen und Messungen zu den (Bau-) Schäden, der Feuchtigkeit, des Salzes und dem Zustand der Malerei und dem Putz

2. Projektphase Bauliche Maßnahmen

Voraussichtliche Maßnahmen zur Verminderung von Schäden:

Außenbereich: Herstellung einer Drainage, Wasserabführung, entfernen von Zementputzen und öffnen der Fugen, Fassade mit "Opferputzauftrag" versehen

Innenraum: Aufnehmen des dichten Keramikfußbodens (ersetzen durch "offenes" System) eventuell entfernen der alten Heizkanäle, entfernen der Überfassungen und des Zementverputzes erste Notsicherung akut gefährdeter Malschichtpartien, Erstellung von Proben zur Salzminimierung und Malschichtkonservierung Erarbeitung der Probeachse Ostwand (südöstliche Gewölbezone)

3. Projektphase Konservierung und Restaurierung

Anhand der Untersuchungsergebnisse der vorangegangenen Projektphasen sollte nun die Konservierung und Restaurierung der Malschicht und der Untergründe erfolgen. Eine Beschreibung dieser Punkte wird erst nach der Beendigung des Projektes möglich sein.

Ergebnisse und Diskussion

Das Konservierungskonzept der Wandmalereien in der Barbarakapelle in Thierfeld zeichnete sich durch ein ausgesprochen ganzheitliches Konzept aus. Die Begutachtung der Schäden und Bewertung der Schadensprozesse erfolgte immer unter Berücksichtigung des gesamten Bauwerks und den bauphysikalischen Zusammenhängen. Daraus folgten die baulichen Maßnahmen beispielsweise an der Wasserführung und dem Fassadenputz außen, die in indirektem Zusammenhang zu der Wandmalerei selbst, aber in direktem Zusammenhang zu seiner Erhaltung standen. Ebenso verhielt es sich mit der bauklimatischen Betrachtung unter Berücksichtigung der Kirchennutzung. Hier wurde als Lösung eine sensorgesteuerte Lüftung eingebaut, die in der bauklimatisch dem Kirchenschiff angekoppelten Kapelle für eine ausgewogene Stabilisierung des Klimas sorgt.

Besondere Aufmerksamkeit verlangte der Umgang mit dem Befund der Übermalung von 1897 auf der originalen Fassung aus dem 13. Jahrhundert. Dabei stellte sich restaurierungstechnologisch die Herausforderung, die zwei Malphasen des 13. Jh. und des 19. Jh. übereinander, ohne Schädigung untereinander, reversibel zu konservieren und zu restaurieren.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Die konservierten Wandmalereien der Barbarakapelle präsentieren sich in einem geschlossenen Zustand. Die bildliche Aussage ist wieder ablesbar. Die nach der Restaurierung wieder frei zugängliche Kapelle wird in ihrem wieder hergestellten und sehr attraktiven Zustand von der Gemeinde sehr gerne und häufig angenommen.

Am 07.10.2006 fand ein gut besuchtes Abschlusskolloquium in der Kirche statt.

Eine 24-seitige neue Informationsbroschüre („Kirchenführer“) wurde erstellt, in der ausführlich auf die Konservierung und die Ergebnisse, die durch die Arbeiten zu Tage kamen, eingegangen wird.

Veröffentlichung in der Fachzeitschrift RESTAURO, 6/2006, S. 395-402.

Die ausführlichen Projektberichte und Ergebniszusammenstellungen sind in der Datenbank des Hornemann-Instituts hinterlegt.

Fazit

Mit den baulichen Maßnahmen wie Neuputz der Fassade, Sanierung der Drainage, Aufnahme des Fußbodens und Neuverlegung im Sandbett wurde das Umfeld der Wandmalereien wesentlich verbessert. Die Klimatisierung über bewegliche Belüftungsklappe mit Kopplung der Klimawerte führte zur Minimierung der Kondensation.

Der Malschichtbestand konnte systematisch restauriert werden und zeigt sich wieder in erneutem und geschlossenem Zustand.

1 Zusammenfassung

Die Durchführung der bauphysikalischen Maßnahmen 2003 - 2005 trugen dazu bei, dass der Feuchte- und Salzgehalt im Mauerwerk verringert und das Innenraumklima erheblich verbessert werden konnten, so dass keine Kondensationserscheinungen mehr zu beobachten waren. Durch das langsame Einregulieren der klimatischen Werte konnten die ständig ablaufenden Prozesse des Wasser- und Salztransports, das Auskristallisieren und in Lösung gehen der Salze, verbunden mit der Volumenveränderungen und die daraus resultierende Zermürbung der Substanz beruhigt werden. Ein Bauwerk wie die Barbarakapelle in Thierfeld kann nicht losgelöst als Objekt, sondern muss immer in Zusammenhang mit seiner Umgebung betrachtet werden, denn es reagiert, zwar mit Verzögerung auf jeden äußeren Einfluss. Jegliche Veränderung im peripheren Aussen- wie im Innenbereich sollte im Hinblick auf die weitere Erhaltung der Malereien bedacht werden. Durch regelmäßige Beobachtung, bestenfalls ein Monitoring lassen sich zukünftig Schadensprozesse frühzeitig erkennen und vermeiden.

2 Objektgeschichte

2.1 Bau- und Restaurierungsgeschichte:

Die Region um Hartenstein im Zwickauer Land zählt seit dem 12. Jh. zu den besiedelten Gebieten im sächsischen Erzgebirge.

Die heutige Kirche zu Thierfeld besteht aus dem quadratischem Chorraum, der so genannten Barbarakapelle mit dem bedeutenden Malereibestand, dem eigentlichen Chorturm mit dem markanten Dachreiter und dem Kirchenschiff.

Vom mittelalterlichen Bauwerk ist heute fast nichts mehr erkennbar, lediglich das gotische Sakramentshaus, die Ausmalung und Reste von Skulpturen finden sich.

Die heutige Barbarakapelle ist nicht der älteste Teil der Kirche, wie die Grabungen von 2003 durch das Landesamt für Archäologie (Yves Hoffmann, Eva Lorenz) ergaben. Aufgrund der baugeschichtlichen Untersuchungen muss der heutige Rechteckchor der Barbarakapelle frühestens auf die zweite Hälfte des 13. Jh. bestimmt werden. Die dendrochronologischen Untersuchungen durch D. B. Heußner, Petershagen für Turm (Glockenstuhl von 1503, Unterzüge von 1748 und 1749) erbrachten keine frühen Datierungen. Es lassen sich derzeit mindestens fünf Bauphasen feststellen: Die Errichtung einer kleinen romanischen Apsis fällt ins 12. Jahrhundert, darauf erfolgte die Erbauung unserer Barbarakapelle in der zweiten Hälfte des 13. Jahrhunderts, danach wurden der Turm und später das Schiff erbaut. 1732 bis 1734 sind der erste Anbau des Langhauses und die Vergrößerung der Fenster in der Kapelle belegt. Der Kirchensaal wurde 1841 nochmals nach Westen erweitert.

Die Fassaden sind heute ohne Gestaltung und einfach glatt verputzt. Eine Zeichnung von 1896 und ältere Fotos (vor 1938) zeigen die ehemalige Gliederung der Fassade, bestimmt durch eine Eckquaderung und eine vermutlich bewegte Putztextur. Die älteste bekannte fotografische Ansicht von 1906 zeigt jedoch ebenso schon eine stark verwitterte Putzfassade auf der Nordseite der Kirche, die jetzige Putzgestaltung ist nach 1940 entstanden.

1896 bei der umfassenden Kirchensanierung wurden während der Arbeiten im alten Chor auf den Wänden und dem Gewölbe zufälligerweise die mittelalterlichen Wandmalereien entdeckt. Da in dieser Region nur wenig mittelalterliche Kunst erhalten ist, stieß dieser Fund auf großes Interesse. Die Kommission zur Erhaltung der Kunstdenkmäler im Königreich Sachsen verfasste daraufhin einen Bericht, der im sog. Tätigkeitsbericht von 1898 und 1899 mit einer Kartierung des Altbestandes veröffentlicht wurde. Cornelius Gurlitt begleitete die dama-

lige Kartierung und war am Ende über das Endergebnis enttäuscht, da die Malereien komplett durch den Dekorationsmaler August Mebert aus Dresden übermalt worden waren.

Die Malereien sind bis heute in diesem stark überarbeiteten Zustand auf uns überkommen. Sie stellen für die Region im Erzgebirge den umfangreichsten und ältesten erhaltenen Wandmalereizyklus dar.

Die Darstellung zeigt an den Wänden Könige und Heilige in einem Zyklus nebeneinander, wobei die genaue ikonographische Zuordnung aufgrund der Übermalung nicht eindeutig ausfallen kann. Im Gewölbe findet sich großflächig die Himmelswiese mit Blumen und Sternen, Mond und Sonne, den vier Evangelistensymbolen und dem Lamm Gottes. Stilistisch und inhaltlich hielt sich Mebert an das mittelalterliche Vorbild, alle Wände und das Gewölbe tragen die Thematik des himmlischen Jerusalems.

Auf der Ostwand sind Könige und Königinnen dargestellt, eine direkte Zuordnung ist generell aufgrund der damaligen Interpretation erfolgt. Den Quellen zufolge handelt es sich um Friedrich Barbarossa mit Beatrix von Burgund und dem jugendlichen Heinrich, daneben findet sich Konstanze von Sizilien.

Auf der Nord- und Südwand waren im oberen Register die Propheten und Heilige, im unteren Register die 12 Apostel (durch Einbau eines gotischen Sakramentshaus und barocken Fenstereinbruch z. T. zerstört) als Vertreter des alten bzw. neuen Testaments vertreten. Dazu sind Brustbilder von weltlichen Herrschern zu sehen.⁴ Es soll sich dabei u. a. um Könige, sieben Herzöge und zwei Erzbischöfe handeln (angeblich in Beziehung zum Reichstag von 1152). Im Gewölbe findet sich in der Mitte das symbolische Lamm Christ (Gottes) mit den Evangelistensymbolen auf einem Sternenhimmel mit Sonne und Mond.

Als Künstler oder Werkstatt werden Mönche aus Naumburg vermutet, die möglicherweise vom Kloster Grünhain kamen. Eine Datierung der Malereien ist aufgrund der starken Übermalung kaum möglich. Die kunsthistorische Zuordnung geht bei der Entstehung der Malereien von Mitte bis Ende des 13. Jahrhunderts aus. Vermutlich spätestens kurz nach der Reformation wurden die Malereien überstrichen und waren daraufhin mehrfach durch Renovierungen überfasst worden.

Von der mittelalterlichen Ausstattung sind lediglich noch das steinerne gotische Sakramentshaus auf der Nordwand, die Kreuzigungsgruppe am Triumphbogen, die einzelnen Figuren auf den Konsolen im Chorraum und Reste von kleinen Evangelistenfiguren an der Kanzel erhalten. Das Bornkindl vom 17. Jahrhundert ist sicherlich heute die bekannteste Skulptur aus der Thierfelder Kirche.

Schriftliche Hinweise zu frühen Renovierungen oder Veränderungen der Kirche fehlen fast vollständig. Im Pfarrarchiv lassen sich mehrere ältere Akten von 1778, 1791 (Kirchturmbau und Hinweis auf Sanierung von Kirche und Pfarrhaus), von 1840, 1845 bis 1847 zur Kirchenreparatur oder von 1932 bis 1939 zur Kirchenerneuerung finden, welche jedoch wenige Aussagen zum Aussehen der Kirche oder zur Ausstattung beinhalten.

Die Renovierung vom Ende des 19. Jahrhunderts zählt zu den bisher umfangreichsten Maßnahmen in der Thierfelder Kirchengeschichte. Die erhaltenen Rechnungen und der Schriftwechsel belegen bis heute detailliert diese Renovierung, gerade die kontroverse Auseinandersetzung um den Malereibefund wird hier deutlich.

Der Einbau einer Heizungsanlage erfolgte 1933/34 mit dem Verlegen eines Heizkanals umlaufend um die Wände des Chores. Rechnungen und Schreiben belegen den damaligen Einbau der Heizanlage. Die Planungen hierfür gehen jedoch bis in das Jahr 1905 zurück. Diese Anlage wurde später wieder stillgelegt. Seit dieser Zeit gab es mehrere Versuche einer Renovierung der Kirche.

Der Innenraum der Kapelle war sehr verschmutzt und z. T. stark verdunkelt und die Malereien schadhafte. Die Sockelmalerei war soweit zerstört, dass diese monochrom überstrichen

wurde. Im Jahre 1978 erfolgten eine Renovierung im Kirchenschiff und weitere kleinere Maßnahmen wie die Holzkonservierung der Kreuzigungsgruppe und deren Aufstellung. Der Zustand des Putzes und der Malereien in der Barbarakapelle verschlechterte sich jedoch im Laufe der Zeit immer weiter. So erfolgten 1997 durch das Landesamt für Denkmalpflege Sachsen erste Sicherungen am Bestand.

Archiv

- Kirchenbücher Thierfelds reichen bis ins 17.Jh. zurück
- kaum Angaben in den Archiven zwischen 1100 - 1500.
- wenig vor 1896

2.2 Geschichte um Hartenstein

- 1173 Gründung Klösterlein Zelle bei Aue (Augustiner)
- 1173 Gründung Hartensteins, Schloß war wohl auch schon da, Meinher von Werben (Meinehringer)
- 1233 Gründung der Zisterzienserabtei Grünhain
- Ende 13.Jh. Rodung und Anlage des Dorfes Thierfeld
- 1320 wird die Pfarrkirche Thierfeld unter dem Namen Hartenstein genannt

2.3 Geschichte Thierfelds

- Gründung des Dorfes ca. 1100-1150
- urkundliche Erwähnung 1286 bzw. 1386
- Gründung der Barbarakapelle: Mitte bis Ende 13.Jh.
- Im 14.Jh.: Thierfeld war Hauptkirche für Hartenstein (erst 1865 löste sich Hartenstein und machte sich kirchlich selbstständig), gehörte politisch aber zu Hartenstein
- Erst nach 1406 eingeschränkte Zugehörigkeit zum Kloster Grünhain
- 1525 Reformation in Zwickau
- 1539 - 1540 Reformation in der Grafschaft Hartenstein

2.4 Ausmalungsprogramm

- Offenbarung des Johannes (Apokalypse XXI)

- Thematik des "Himmlischen Jerusalems"
- Generell:
 - sakraler Mittelpunkt der Kirche ist der Altar
 - an der Ostwand: Majestas Domini (großfigurige Christusdarstellung), daran schlossen sich Darstellungen der Evangelisten, Apostel und Propheten an, Heiligen- und Stifterfiguren konnten ebenfalls abgebildet werden.
 - Westwand: Darstellung des jüngsten Gerichts
 - Thierfeld: s.o. sowie
 - Darstellung des Lamm Gottes als erlöster Christus am höchsten Punkt der Barbarakapelle
 - aus den 4 Gewölbezwickeln erheben sich 4 Evangelisten und umrahmen das Lamm Gottes
 - Darstellung der 4 Elemente: Sonne, Sterne, Himmelsflüsse (hier die Bänder, die vom Lamm in die Gewölbezwickel führen) und die Himmelswiese: Symbolik des Paradieses
 - Sonne vermutlich genau im Osten der Kirche plaziert

2.5 Bauphasen

Sechs größere Bauphasen:

1) 13. Jh., Spätromanik

- Erbauung der Kapelle und Ausmalung Ende 13. bis Anfang 14.Jh.
- Maße: 7,42 m (Ostwand) x ca. 8 m und einer Scheitelhöhe des Gewölbes von 5,08 m
- keine Fenster in der Süd- und Nordwand, in der Ostwand eine kleine Fensteröffnung
- Dachform ist nicht gesichert, üblich war ein Spitzgiebeldach

2) 15. Jh., Gotik

- Einbau des Sakramentshäuschen auf der Nordwand
- Malerei war noch zu sehen (gestalterische Absicht: Platzierung des Sakramenthäuschens genau in die Mitte der zwischen den beiden Apostelfiguren)

3) 16. Jh., Spätgotik

- Anbau des Turms (dendrologische Untersuchung: 1503, Fälldatum)
- Mit der Reformation 1539/40 dürfte die Malerei zugestrichen worden sein.

4) 1732 Barock

- 1732 erster Beleg des Anbaus des Langhauses
- Vergrößerung der Fenster in der Kapelle (Herausschlagen von Bruchsteinmauerwerk und Verputzung)

- Nach der Verputzung: Kalkanstrich in einem gelb-rötlichen Ockerton auf weißer Kalkgrundierung
- Vergrößerung des Durchgangsbereichs (Entfernung des mittelalterlichen Bestands der Westwand)
- im Turminnenen Ausbesserungsmaßnahmen
- Außenputz war ein geglätteter Putz mit aufgesetzter Eckquaderung

5) 1841

- Langhaus wurde auf die heutigen Maße erweitert
- Instandsetzungsarbeiten: Maurerarbeiten, Zimmererarbeiten, "Schieferdeckerarbeiten", Schmiedearbeiten, Glaserarbeiten, Tischlerarbeiten, Schlosserarbeiten und Flaschnerarbeiten, aber keine Malerarbeiten

6) 1896/97

- Anbau der heutigen Sakristei und des Treppenhauses (Nordseite)
- neuer Außenputz (Wandflächen im Kalkputz, Sockelbereich bis 1 m Höhe mit Zementputz), Aufnahme der barocken Fassadengestaltung mit aufgesetzten Eckquadern
- Wiederentdeckung der mittelalterlichen Wandmalereien, Kalktünche wurde grob abgekratzt
- Wieder Verkleinerung der Fenster: In den Fensteröffnungen 15 cm starke Ziegelwand vorgeblendet
- Nach umfangreichen Verputzungen von Schäden Erneuerung der Malerei durch den Dresdner Dekorationsmaler August Mebert (war in knapp 4 Wochen fertig)

7) Weitere Renovierungsphasen

- 1905 eingebaut wurde ein Heizofen mit Koksbrand, Ofenrohr zur Südseite nach außen.
- In den 20er Jahren wurden Gelder für Renovierungsarbeiten in der Kirche beantragt.
- 1932: - Bau der Leichenhalle
- Ofenrohr wurde abgebrochen
- Dampfheizung eingebaut (Vorlauftemperatur ca. 130°C)
- 20-50 cm Höhe wurde mittelalterlicher Putz abgeschlagen und durch Zementputz ersetzt
- lief bis in die 70er Jahre
- 1938 wurde der 1897 aufgebrachte Außenverputz abgehackt und durch den heute sichtbaren "verlängerten" Zementmörtel ersetzt.
- Anfang der 70er Jahre wurde eine Drainage um die Kapelle gelegt (in ca. 1,30 m Tiefe in einer feinkörnigen Schotterauffüllung.
- kleinere Ausbesserungspütze im Sockelbereich und Sockelanstriche

3 Bestandsbeschreibung

Den Wandmalereien des 13. Jahrhunderts in der Barbarakapelle in Thierfeld wurde ein "Restaurierungsschicksal" zuteil, das für das 19. Jahrhundert als typisch anzusehen ist : Einerseits eine zu geringe Wertschätzung des ausübenden "Maler-Restaurators" Mebert für die originale mittelalterliche Substanz, andererseits im Zuge der allgemeinen Wieder-entdeckung der mittelalterlichen Kunst und deren Formenkanon im ausgehenden 19. Jh. eine nachahmende Übermalung im "gotischen Stil". In der Barbarakapelle wurde innerhalb der bereits erwähnten vier Wochen die Malerei des 13. Jahrhunderts mittels relativ grobem Abkratzen von mehreren monochromen, meist weißen Kalktüncheschichten freigelegt, um sie dann teilweise zu überputzen und komplett zu übermalen bzw akkurat "nachzumalen".

Die Untersuchungen ergaben einen Bestand der mittelalterlichen Malchicht in der Kapelle von ca. 35 %, im Jahr 2005 konnten auf der Westwand unter einer 3 - 4 Zentimeter dicken Putzschicht noch ein Bereich mit figürlicher Bemalung des 13. Jahrhunderts entdeckt werden.

Hinsichtlich Farbwahl und Formgebung stimmt die Malerei des 19. Jh. mit der des 13. Jh. bis auf einige Verschiebungen überein, jedoch hinsichtlich des Bindemittels und der damit verbundenen Farbwirkung sind erhebliche Abweichungen zu erkennen. Im 13. Jahrhundert ist der Putzaufbau eng mit dem Malschichtaufbau verbunden: Auf dem Bruchstein- mauerwerk aus sehr dichten Phyllitgestein und schiefrigem Glimmer liegt eine leicht gröbere Unterputzschicht und zwei Intonaco-Schichten, die letzte Schicht glättete man mit einer Art Kelle und den Händen (' Bearbeitungsspuren), darauf strich man mehrere dicke Kalktünchen (' Bürstenstrich). Auf die noch feuchten Kalktünchen hat der versierte Maler des 13. Jh. mit schnellem und sicherem Duktus die nur in Wasser angeteigten Pigmente ohne erkennbare Vorzeichnung bzw. Sinopie vermalt. Es handelt sich somit um eine echte Kalkmalerei, um diese Zeit nördlich der Alpen die verbreitetste Maltechnik in der Wandmalerei. Langsam carbonatisierten Putz und Kalktünchen aus und banden die Pigmente ein. Bis heute zeichnet diese Malschicht eine ausserordentliche Brillanz aus. Mebert benutzte 1897 für seine Übermalung als Bindemittel einen proteinhaltigen Leim, was eine Verdunklung der Malschicht u.a. durch Verbräunen des Leimes und aufgrund seiner Hygroskopizität eine Einbindung von Staub und Schmutz zur Folge hatte

4 Zustand

Eine Vielzahl unterschiedlichster Schadensphänomene waren vorzufinden, die sich überwiegend im Sockelbereich bis auf die Höhe der Verdunstungszone konzentrierten, wobei hier wiederum die Nordwand am schlimmsten betroffen war. Die Genese begann bei kleinsten Salzausblühungen mit hygroskopischen Feuchtehöfen, Pusteln, kleinsten kugeligen Salzausblühungen ("Blumenkohl"), Ausbrüchen über Glimmer und Tonmineralien im Putz, Schichtentrennungen innerhalb des Putzes, zwischen Putz und Mauerwerk bzw. zwischen Malschichten und Putz, bis hin zum totalen Verlust der Putzoberfläche mit aufgebrochenen Putzblasen und blättereigartig aufgespaltenen, aufgequollenen Rändern und bröckeliger, sandiger Struktur.

Schadensaufnahme:

2000 - 2002

Liste der Schäden:

Abblätterung

Abhebung

Abplatzung

Verschmutzung

Vergrauung

Verdunkelung

Salzausblühung

Salzsprengung

5 Konzept

Zielsetzung und Beschreibung:

Zielstellung

Es stellte sich zunächst die Frage, ob man auf die Malschicht des 19. Jahrhunderts nicht verzichten sollte, zugunsten der fragmentarisch erhaltenen Malschicht des 13. Jahrhunderts. Es sprachen einige Argumente gegen die Freilegung der mittelalterlichen Malerei und für den Erhalt des 19. Jahrhunderts. Zum einen steht der relativ geringe Bestand der Malschicht des 13. Jahrhunderts im Gegensatz zu dem fast komplett erhaltenen Raumkonzept mit Ausmalung und den Fenstern des 19. Jahrhunderts in der Barbarakapelle, zum anderen ist bei der Freilegung ein partiell sehr schlechter Zustand der Malschicht des 13. Jahrhunderts zu erwarten. Der Eindruck eines ruinös wirkenden Innenraumes mit einer fragmentarisch erhaltenen Malerei würde sich aufdrängen. Deshalb kam man zu dem Schluß, das Mittelalter "ruhen" zu lassen und an fünf ausgewählten Freilegefenstern die Malerei des 13. Jahrhunderts zu präsentieren.

Projektkonzept

Im Rahmen einer Diplomarbeit (LIMMER, 2000) und erster naturwissenschaftlicher Untersuchungen (SIEDEL, 1997) konnten schon vor Beginn dieses Projektes wichtige Erkenntnisse über den Aufbau der Malerei und die Schadensproblematik erarbeitet werden. Grundlegende Fragen zum Umgang mit dem feuchte- und salzbelasteten Mauerwerk und der Problematik der Übermalung sind aber aufgeworfen worden, die im Forschungsteil eines Restaurierungsprojektes vertieft und bearbeitet worden. Diese Fragen wurden zu Beginn des Projektes im ersten Projektbericht (LAUE 2003) aufgestellt.

o Welches sind die jeweiligen Schadensprozesse an den verschiedenen Wänden, die unterschiedlich mit Feuchte und Salzionen belastet sind?

o Welche Salze kristallisieren an welchen Stellen und führen zu welchen Schäden?

o Sind die zu ermittelnden Schadensprozesse von abnehmender Intensität oder gar anderer Form, wenn die bauphysikalischen Gegebenheiten an der Kapelle verbessert worden sind, z.B. nach Verbesserung Wasserableitung am Gebäude?

o Welche feuchte- und salzreduzierenden Massnahmen kommen für die spezielle Bauwerkssituation in Thierfeld in Frage und können denkmalpflegerisch vertretbar durchgeführt werden?

o Wie ist der Verlauf und die Abhängigkeit des Raumklimas in der Barbarakapelle (Chor) in Bezug zum Raumklima des Kirchenschiffs und zum Aussenklima?

o Findet Kondensation an den Wandoberflächen statt und wo genau?

o Wie reagiert die Wandmalerei und besonders die proteinhaltige Fassung der Übermalung des 19. Jh. auf das Raumklima bzw. auf das abgeschiedene Kondenswasser?

o In welchem Zustand befindet sich die Überfassung von 1897 und welche Konservierungsmöglichkeiten bestehen für diese?

Das Ziel ist die Lösung der konservatorischen Problematik und die Aufklärung der Zusammenhänge zwischen der Schadensgenese im Inneren der Barbarakapelle und den klimatischen, geohydrologischen und peripheren baulichen Bedingungen und aller sonstigen Faktoren, die in der Konsequenz zur Schädigung der Wandmalereien beitragen.

Nur durch das Benennen der Schäden verursachenden Faktoren und der Lösung der betreffenden Probleme, kann eine langfristig ausgelegte Restaurierung und Konservierung der Malereien durchgeführt werden.

6 Maßnahmen

Bauliche Maßnahmen

Ausführungszeitraum: 2002 bis 2003

Beschreibung:

Die baulichen Maßnahmen wurden von Herr Markstein als Vertreter der Gemeinde in Thierfeld kontinuierlich geleitet, begleitet und zum Teil selbstständig ausgeführt. Wegen der großen Bedeutung für das gesamte konservatorische Vorhaben werden die Maßnahmen an dieser Stelle kurz dokumentiert. Die Abb. 2 bis Abb. 4 sollen dafür noch einmal die problematische Feuchtesituation außen an der Barbarakapelle, die auf den Bildern durch die deutlich sichtbaren dunklen Flecken auf dem Putz an der Fassade zum Ausdruck kommt, in Erinnerung rufen.

Eine nachhaltige Konservierung der Wandmalereien im Inneren der Kapelle war ausschließlich mit begleitenden Maßnahmen zur Verbesserung der Feuchtesituation im Außenbereich sinnvoll. Die Außenarbeiten bestanden aus folgenden Einzelmaßnahmen. Es wurde der schadhafte Außenputz im Schnitt bis zu einer Höhe von 1,5 m, an stark schadhafte Stellen auch höher, abgenommen (Abb. 5, Abb. 6). Auch die Zementverfugung im Sockelbereich wurde entfernt. Der neue offenporige Kalkputz wurde anschließend in drei Arbeitsschritten aufgetragen. Zuerst wurden die groben Löcher und Unebenheiten mit dem Unterputzmaterial angeglichen. Dann wurde der Unterputz mit einem Mischungsverhältnis von 1 RT Kalkhydrat, 4 RT gemischtkörnigem gewaschenem Sand 0 - 4, 0 - 8 und 0,1 RT Zement angemischt und aufgetragen. Darauf wurde der Oberputz als Kellenzug aufgebracht. Der Oberputz hatte

ein Mischungsverhältnis von 1 RT Kalkhydrat, 4 RT gewaschener Sand 0 - 2 und Zugabe von 8er Rundkorn und ebenso 0,1 RT Zement.

Die Außenmauern wurden bis auf die Fundamentsohle freigelegt. Das stark zerklüftete Mauerwerk wurde in mehreren Arbeitsgängen mit Kalkmörtel verputzt bis zur Herstellung einer ebenen Oberfläche. In den Gräben wurde eine Drainage und Dachentwässerungsleitungen eingelegt. Eine lose angelegte Noppenbahn trennt das Mauerwerk von der Drainschicht, die von gewaschenem Grobkies ausgebildet wird.

Im Innenraum wurde der durchfeuchtete Fußboden entfernt, der Untergrund etwas 0,25 m tief ausgehoben. In diesem Zuge wurde auch ein betonierter Heizkanal entfernt. Abb. 10 und Abb. 11 dokumentieren die Grabungssituation. Die Schüttung erfolgte mit gewaschenem Rundkorn 8 - 16. Darüber wurde der neue Boden mit Ziegelplatten im Sandbett verlegt.

Angewandte Methoden:

Abdichtung

Drainagierung

Verputzen

Ausführende Firmen/Institutionen

Name	Institution/Firma	Ort	Funktion
------	-------------------	-----	----------

Pfarrer

Ev. Kirchengemeinde Thierfeld

Hartenstein

Klimakontrolle

Ausführungszeitraum: 2004 bis 2004

Beschreibung:

Zur Optimierung des Klimas in der Barbarakapelle wurde in der Kirche ein sensorgesteuertes Lüftungssystem (Fa. DRYTEC) installiert. Die Installation erfolgte im Durchgangsbereich, der die Barbarakapelle im dem Kirchenschiff verbindet. Zwei Sensoren erfassen das Außen- und das Innenklima. Die Daten werden in einem kleinen Rechner geloggt und verarbeitet. Unter Berücksichtigung einstellbarer Rahmenparameter steuert der Rechner die Lüftung durch einen Ventilator im Turm und das Öffnen und Schließen eines Fensters in der Sakristei. Das kontinuierlich arbeitendes System baut eine klimatische Situation im Kircheninnenraum auf, die auch eine Feuchtespitze durch Kirchennutzung puffern kann. Die Lüftung findet bewusst nicht in der Kapelle selbst sondern im Durchgangsbereich statt, da sich das Klima in der Ka-

pelle langsam verzögert immer anpasst. Diese Kopplung verhindert klimatische Extremänderungen an den Wandmalereien.

Verwendete Produkte

Produktname	Hersteller	Material/-gruppe	Inhalts-/Wirkstoffe
-------------	------------	------------------	---------------------

DRYTEC

DRYTEC

Ausführende Firmen/Institutionen

Name	Institution/Firma	Ort	Funktion
------	-------------------	-----	----------

Hein

DRYTEC Entwicklung und Vertrieb e. K.

Leipzig

Bewertung der Ergebnisse:

Insbesondere im direkten Vergleich zu Heizungseinbauten, Klimaanlage od. Temperierungsvarianten handelt es sich um ein low-tec Maßnahme zur langfristigen Beeinflussung des Klimas. Kleine bauliche Eingriffe, steuerbare Effekte.

Restaurierung

Ausführungszeitraum: 2002 bis 2006

Beschreibung:

Zunächst wurde im 1. BA 2003 eine umfassende Bestands- und Zustandskartierung der gesamten bemalten Fläche angefertigt, vor Ort zeichnerisch auf Folien, dann digital umgearbeitet. Die folgenden Bauabschnitte 2004 und 2005/6 hatten die Konservierung und die Restaurierung des Innenraums zum Ziel.

Die Hinterfüllung der vielen Hohlstellen zwischen Mauerwerk und Putz bzw. zwischen Arriccio und Intonaco und die Verklebung von einzelnen Putzschollen erfolgte mit dispergiertem Kalkhydrat, das je nach "Bedürfnis" mit Alkoholzusatz für die verbesserte Fließfähigkeit und mit Champagnerkreide- und Marmormehlzusatz modifiziert wurde.

Für die Strukturverfestigung von bindungslosen Putzpartien kam nach vorangegangenen Testreihen mit Calciummethanolat, Sebosil S (laut Merkblatt: Kolloide Lösung von SiO₂ in ethanolischer Flüssigkeit) und den KSE-Steinfestigern Funcosil 100 und 300 von Remmers und nach anschließender Überprüfung der Festigungsergebnisse durch Bohrwiderstandsmessungen Funcosil 100 zum Einsatz. Die Malschicht konnte gut mit einer Tylose-Mischung (1 VT MH 300 3% + 1 VT MHB 30000 0,3%) in Ethanol/Aqua dest. niedergelegt und gefestigt werden; die Reinigung der Malschicht erfolgte nach Absaugen des Oberflächenstaubes im zweiten Schritt trocken mit Akapad-Reinigungsschwämmen und im dritten Schritt wurden besonders verschmutzte Partien mit einer Ethanol/Aqua dest. Mischung mit Wattestäbchen abgerollt. Abpudernden Malschichtpartien ließen sich durch mehrmaliges Applizieren von 1,5 % Klucel EF in Ethanol/Aqua dest. in Form eines feinen Sprühnebels und anschließendem leichten Andrücken über Hostaphanfolie wieder gebunden werden, ohne jedoch zu Verdunklungen oder zu Verfremdungen der ursprünglich "samtigen" Oberfläche der Leimfarben-Malerei des 19. Jahrhunderts zu führen.

Der 3. BA im Jahr 2005 hatte zunächst das Verputzen und Kitten der Fehlstellen und Löcher im Innenraum zum Ziel: Es kam ein reiner Kalk-Sand-Mörtel (1:4) ohne jeglichen Zusatz zum Einsatz. Die Retuschen wurden mit Tylose MH 300, 3% in Ethanol/Aqua dest. und Pigmenten durchgeführt. Da man sich für die Rekonstruktion der nur noch in wenigen Fragmenten vorhandenen Sockelbemalung aus dem Jahr 1897 entschied, konnte die Retusche nicht neutral und zurückhaltend werden; es musste ein optischer Übergang zwischen Rekonstruktion und Retusche geschaffen werden. Deshalb wurde eine komplette farbige Integration der Fehlstellen in Form einer Strichretusche angestrebt. Das überzeugendste Argument für die Rekonstruktion der Sockelbemalung sind zwei vorhandene Originalskizzen aus dem Jahr 1896 von August Mebert. Die Maße der Sockelbemalung konnten noch vor Ort anhand der wenigen Fragmente untersucht und rekonstruiert werden, die Formgebung der Vorhangmalerei lehnte sich an die Skizzen an.



Institut für Diagnostik und Konservierung
an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V.

Bericht DD 06 / 2003

**Konservierung feuchte- und salzgeschädigter mittelalterlicher
Wandmalereien in der Barbarakapelle zu Thierfeld
DBU-Projekt: AZ 17565-45 – 1. Untersuchungsbericht**

gefördert durch
Freistaat Sachsen, Ministerium des Inneren

Berichterstattung:
Institut für Diagnostik und Konservierung
an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V.
Dr. rer. nat. Steffen Laue

Dresden, den 31.7.2003

Seitenzahl einschl. Titelblatt und Anhang: 40

Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung

2. Schadensdokumentation

3. Vorgehensweise und Untersuchungsmethoden

3.1 Salzanalysen

3.2 Klimamessungen

3.3 Monitoring in Kombination von Klimamessungen

3.4 Untersuchungen zum Verwitterungsverhalten der Malschicht

3.5 Infrarot -Thermografie

3.6 Putz- und Mörtelanalysen

4. Ergebnisse

4.1 Salzanalysen

4.2 Klimamessungen

4.3 Monitoring in Kombination mit Klimamessungen

4.4 Untersuchungen zum Verwitterungsverhalten der Malschicht

4.5 Infrarot -Thermografie

4.6 Putz- und Mörtelanalysen

5. Ausblick

6. Literatur

Anhang

1. Einleitung

Für die Barbarakapelle (Chorraum) der Kirche zu Thierfeld wird im Rahmen eines DBU-Projekts nach naturwissenschaftlichen Voruntersuchungen zur Feuchte- und Salzbelastung sowie zum Raumklima eine innovative, restauratorisch-technologische Musterlösung zur Erhaltung der Wandmalereien mit der speziellen Problematik der Übermalung im 19. Jh. erarbeitet.

Neben dem Umfang der Salzbelastung im Mauerwerk und der Malerei besteht das Problem in der Erhaltung und damit Konservierung von zwei Malphasen übereinander, die – ohne Schädigung untereinander – reversibel konserviert und restauriert werden sollen.

Das denkmalpflegerische Ziel der vorgesehenen Maßnahme ist der Erhalt der mittelalterlichen Malereien mit der Übermalung von 1897 aufgrund ihrer geschichtlichen Bedeutung.

Im Rahmen einer Diplomarbeit (LIMMER, 2000) und erster naturwissenschaftlicher Untersuchungen (SIEDEL, 1997) konnten wichtige Erkenntnisse über den Aufbau der Malerei und die Schadensproblematik erarbeitet werden. Grundlegende Fragen zum Umgang mit dem feuchte- und salzbelasteten Mauerwerk und der Problematik der Übermalung sind aber aufgeworfen worden, die in diesem Forschungsprojekt vertieft und bearbeitet werden sollen, u.a.:

- Welches sind die jeweiligen Schadensprozesse an den verschiedenen Wänden, die unterschiedlich mit Feuchte und Salzionen belastet sind?
- Welche Salze kristallisieren an welchen Stellen und führen zu welchen Schäden?
- Sind die zu ermittelnden Schadensprozesse von abnehmender Intensität oder gar anderer Form, wenn die bauphysikalischen Gegebenheiten an der Kapelle verbessert worden sind, z.B. nach Verbesserung Wasserableitung am Gebäude?
- Welche feuchte- und salzreduzierenden Massnahmen kommen für die spezielle Bauwerksituation in Thierfeld in Frage und können denkmalpflegerisch vertretbar durchgeführt werden?
- Wie ist der Verlauf und die Abhängigkeit des Raumklimas in der Barbarakapelle (Chor) in Bezug zum Raumklima des Kirchenschiffs und zum Aussenklima?
- Findet Kondensation an den Wandoberflächen statt und wo genau?
- Wie reagiert die Wandmalerei und besonders die proteinhaltige Fassung der Übermalung des 19. Jh. auf das Raumklima bzw. auf das abgeschiedene Kondenswasser?
- In welchem Zustand befindet sich die Überfassung von 1897 und welche Konservierungsmöglichkeiten bestehen für diese ?

Die zu ermittelnden Schadensursachen und -prozesse sollen erkennen lassen, wo und auf welche Weise verändernd einzugreifen sein wird. Weil unter den gegebenen Umständen möglicherweise weder Feuchtigkeit noch Salze in zufriedenstellender Weise aus dem Mauerwerk entfernt werden können, soll nach einem Konzept gesucht werden, in dem die Komponenten

- Reduzierung der Bauwerksfeuchte
- Reduzierung des Salzgehaltes
- Regulierung des Raumklimas

in einem abgewogenen Verhältnis zueinander stehen werden.

Das Ziel ist die Lösung der konservatorischen Problematik und die Aufklärung der Zusammenhänge zwischen der Schadensgenese im Inneren der Barbarakapelle und den klimatischen, geohydrologischen und peripheren baulichen Bedingungen und aller

sonstigen Faktoren, die in der Konsequenz zur Schädigung der Wandmalereien beitragen. Erst wenn diese Schäden verursachenden Faktoren bekannt und die betreffenden Probleme gelöst wurden, kann an eine langfristige Konservierung und Restaurierung der Malereien herangegangen werden.

Im ersten Forschungsabschnitt sollen Voruntersuchungen zur Feuchte- und Salzbelastung der Wände durchgeführt und spezielle Schadensphänomene analysiert werden, um die aktuell vorsichgehenden Schadensprozesse zu ermitteln. Anschließend können an Testflächen erste Konservierungsmaßnahmen zur Salzreduzierung durchgeführt werden.



Abb.1: Feuchte- und Salzsäden in den unteren Bereichen der Wände, hier Nordwand

2. Schadensdokumentation

Im Rahmen der o.g. Diplomarbeit wurde eine Schadensdokumentation erstellt, die die Grundlage für die jetzt stattfindenden Untersuchungen ist. Die restauratorischen Untersuchungen ergaben eine Vielzahl von Schäden an den Wandmalereien, die offensichtlich in Zusammenhang mit einer erhöhten Feuchte- und Salzbelastung der Wände stehen. Verschiedenste Verwitterungsarten wie Malschichtverlust, Ausbrüche, Schichtentrennungen zwischen Malschicht und Putz bzw. Putz und Mauerwerk bis hin zum totalen Verlust der Putzoberfläche konnten kartiert und somit differenziert werden. Salze sind überwiegend als relativ harte Pusteln, in Form von Salzschiern und dünnen Krusten kristallisiert sowie selten als lockere Ausblühung zu finden.

Die stärksten Schäden sind in den unteren Wandpartien der Kapelle festzustellen, was darauf schließen lässt, dass eindringende und aufsteigende Feuchtigkeit eine große Rolle zu spielen scheint (siehe Abb.1).

Bereits aus den 1920-er und den 30-er Jahren stammen Berichte, die auf Schäden am Putz durch Feuchtigkeit, Schäden am Dach und defekte Dachrinnen hinweisen.

3. Vorgehensweise und Untersuchungsmethoden

3.1 Salzanalysen

Qualitative Salzanalysen:

Bei der Begutachtung der Kapelle im April 2001 wurden an zwei Stellen Salzausblühungen entdeckt und beprobt (S1, S2). Die Kristalle wurden mikroskopisch und mit einem Röntgendiffraktometer (D5005) analysiert.

Quantitative Salzanalysen:

1997 wurde in einem ersten Untersuchungsbericht des IDK die Salzbelastung der Wände festgestellt (SIEDEL, 1997). Darauf aufbauend und ergänzend wurden nun weitere Proben zur Feststellung des quantitativen Salzgehaltes genommen. Um Eingriffe in die Malschicht zu vermeiden, wurden Bohrungen jeweils in Fehlstellen ausgeführt. Probenahmestellen und Probebeschreibungen sind in Anhang Ib dargestellt.

Zur Bestimmung des quantitativen Salzgehaltes wurden die löslichen Salzionen aus den Bohrmehlproben durch Herstellung eines Wasserauszeuges extrahiert und anschließend der quantitative Anteil der jeweiligen Ionen photometrisch bestimmt, Natrium wurde mit Hilfe einer selektiven Elektrode bestimmt. Ist nach der Analyse der Anionen deren Gehalt < 0,1 Ma%, wurde auf die Bestimmung der Kationen verzichtet.

3.2 Klimamessungen

Klimamessungen wurden vom *Ingenieurbüro Dr. Blechschmidt* durchgeführt. Luft- und Wandoberflächentemperaturen an verschiedenen Stellen sowie die relative Luftfeuchte wurden in der Barabrapelle gemessen. Darüber hinaus wurde die Lufttemperatur und relative Feuchte im Kirchenschiff und im Außenbereich aufgezeichnet. Die Ergebnisse sind dem separaten Bericht von Herrn Dr. Blechschmidt zu entnehmen.

3.3 Monitoring in Kombination von Klimamessungen

Nach der Schadensdokumentation und den Untersuchungen am Objekt sind Bereiche ausgewählt worden, an denen mit Hilfe eines Monitorings die aktuelle Schadensentwicklung verfolgt werden sollte.

Dazu wurden sogenannte Referenzflächen (Beobachtungsfelder) innerhalb der durch Salzkristallisation gefährdeten Bereiche angelegt (siehe Anhang 2). An diesen Referenzflächen ist es nun möglich Veränderungen der Oberflächen, z.B. die Kristallisation neuer Salze, zu beobachten. Einmal im Monat wurden diese Stellen begutachtet. In Kombination mit Klimamessungen kann auf diese Weise festgestellt werden, zu welchem Zeitpunkt innerhalb eines Jahres Oberflächenveränderungen unter welchen Klimabedingungen stattfinden.

3.4 Untersuchungen zum Verwitterungsverhalten der Malschicht

Im ersten Forschungsabschnitt wurden zwei Stellen ausgewählt, an denen makroskopisch sichtbare Schäden im Bereich der Malschicht aus dem 19.Jh. zu erkennen waren.

Die Probenahme erfolgte durch die Restauratorin, Probengröße: jeweils einige mm². Von den Proben wurde ein Querschliff hergestellt, der mittels Auflichtmikroskopie und Anfärbemethoden analysiert wurde. Ergänzend wurden die Proben mit einem Rasterelektronenmikroskop (XL 30 ESEM von der Fa. Philips) .

3.5 Infrarot-Thermografie

Mit Hilfe der Infrarot-Thermografie kann die Temperaturabstrahlung der Wandoberflächen registriert werden. Sie wurde verwendet, um die kältesten Stellen in der Kapelle zu lokalisieren, an denen die Wandoberflächentemperatur kontinuierlich digital gemessen werden sollte. Dann sind nach Berechnung der Taupunkttemperatur Aussagen möglich, ob und wann Kondensation an diesen Flächen stattfindet. Darüber hinaus soll während des Forschungsprojektes zu verschiedenen Jahreszeiten mit der Infrarot-Thermografie die Temperaturentwicklung einzelner Flächen verfolgt werden. Es kam das Gerät *Varioscan 3021* der Fa. Infratec zum Einsatz.

3.6 Putz- und Mörtelanalysen

Ein Teil der Probe wurde entnommen und eine quantitative Salzbestimmung durchgeführt (siehe Kapitel 3.1). Nach Bestimmung des Glühverlustes wurden die Proben nasschemisch nach MEHLMANN (1993) analysiert. Durch den Aufschluss mit HCl wurde der salzsäurelösliche Bindemittelanteil bestimmt, nach anschließendem Versetzen mit Na₂CO₃ erhält man den löslichen SiO₂-Anteil. Mit Hilfe von Fällungsreaktionen sowie der Titrimetrie werden aus dem salzsäurelöslichen Filtrat die Gehalte an SO₃, Me₃O₃ (Metalloxide wie z.B. Al₂O₃, Fe₂O₃, Mn₃O₄ oder TiO₂), CaO und MgO ermittelt. Aus dem Filtrerrückstand wurde durch Siebung die Korngrößen des Zuschlags ermittelt. Anschließend wurde das jeweilige ursprüngliche Bindemittel-Zuschlag-Verhältnis berechnet, indem der Gehalt an Zuschlag auf die glühverlustfreie Probe bezogen wurde, dadurch ergibt sich der Zuschlaganteil in Ma% im ursprünglichen Mörtel.

4. Ergebnisse

4.1 Salzanalysen

Qualitative Salzanalysen

Bei der Begutachtung der Barabrapelle im April 2001 sind an den Referenzflächen 1 und 2 die Salzproben S1 und S2 entnommen worden:

Tabelle 1: Analyse der kristallisierten Salze auf den Wandoberflächen

Probe	Habitus	kristallisiertes Salz
S1	Salzpusteln	Gips [CaSO ₄ · 2H ₂ O]
S2	Salzwhisker	Nitrokalit [KNO ₃]

Gips ist ein schwerlösliches Salz und ist aufgrund seiner sehr hohen Gleichgewichtsfeuchte bzgl. Luftfeuchteschwankungen relativ stabil. Bei einem erneuten Feuchteeintrag im Wandoberflächenbereich würde Gips allerdings sich lösen und beim Abtrocknen der Wand wieder kristallisieren.

Das Auflösen und Rekristallisieren von Nitrokalit findet im Bereich zwischen 90% und 96% relativer Luftfeuchte statt. Darüber hinaus ist an vielen Gebäuden eine temperaturbedingte Kristallisation von Nitrokalit festgestellt worden, die Löslichkeit des Kaliumnitrates ist temperaturabhängig (LAUE, 2002). Das hat für die Kapelle in Thierfeld zur Konsequenz, dass bei weiterem Feuchtenachschub mit gelösten Kalium- und Nitrat-Ionen insbesondere bei kalten Temperaturen mit erneuten Nitrokalitkristallisationen gerechnet werden muss.

Quantitative Salzanalysen

Die Ergebnisse der Salzanalysen sind in Anhang III tabellarisch und grafisch dargestellt, die Probenahmestellen sind in Anhang I b eingetragen.

Um Eingriffe in die Malschichtoberflächen zu vermeiden, wurden lediglich in Fehlstellen Bohrmehlproben entnommen. Es ist dadurch aber nicht genau die Höhe und Zusammensetzung der Salzkonzentration unmittelbar unter der Malschichtoberfläche anzugeben. In jeder Ecke der Kapelle wurden die Salzkonzentration in einem Höhen- und Tiefenprofil ermittelt. Darüber hinaus konnte ein Tiefenprofil und eine Oberflächenprobe an der Nordwand beprobt werden (siehe auch Anhang I b).

Folgende Aussagen können bezüglich der Salzbelastung im Jahr 2002 getroffen werden:

- die Salzbelastung ist an der Nordwand höher als an der Südwand und nimmt an allen Wänden von unten nach oben und von der Oberfläche zum Inneren hin ab.
- Der höchste Salzgehalt wurde im ersten cm in der Nordwestecke mit max. 13 Ma% im ersten cm (THNW 1/1) ermittelt.
- in allen Höhenprofilen (Ecken) ist eine Anreicherung von Ca^{2+} und SO_4^{2-} in den unteren Bereichen (jeweils in ca. 10 cm Höhe) festzustellen, in der zweiten Höhe bei ca. 1,1 m ist der Gesamtsalzgehalt und auch der Gehalt an Ca^{2+} und SO_4^{2-} deutlich kleiner.
- in der zweiten Höhe bei ca. 1,1 m liegt jeweils ein heterogenes Ionengemisch vor, dass
 - an der Nordwand im ersten cm Konzentrationen um ca. 2 – 4 Ma% aufweist und überwiegend aus den Ionen SO_4^{2-} , NO_3^- und Ca^{2+} und etwas Cl^- , Mg^{2+} , Na^+ und K^+ besteht. Eine besonders hohe Salzkonzentration von 7,4 Ma% wurde in den Malschichten der Nordwand THN1/1) analysiert.
 - an der Südwand im ersten cm relativ geringe Konzentrationen < 1 Ma% aufweist, und überwiegend aus NO_3^- und Ca^{2+} und untergeordnet aus Cl^- , Mg^{2+} , Na^+ und K^+ zusammengesetzt ist. Auffällig ist, dass hier überhaupt kein Sulfat gefunden worden ist.

Hohe Salzkonzentrationen sind im Oberflächenbereich bis in ca. 1,5 m und in den Malschichten mit teilweise unterschiedlicher Zusammensetzung anzutreffen. Es muss noch nachgewiesen werden, ob auch in höheren Bereichen und im Gewölbe im Malschichtbereich hohe Salzgehalte mit unterschiedlichen Kompositionen vorhanden sind, um anschließend bezüglich der Salzbelastung angemessene Konservierungsschritte vorzunehmen.

4.2 Klimamessungen

Die Ergebnisse der Klimamessungen sind dem separaten Bericht des *Ingenieurbüros Dr. Blechschmidt* zu entnehmen.

Erste Tendenzen zum Klima sind folgende:

- Im Mai 2003 pendelte die Lufttemperatur in der Kapelle zwischen ca. 14°C und 20°C und im Kirchenschiff zwischen ca. 13°C und 23°C. Die relative Luftfeuchte (rH) schwankte in der Kapelle zwischen 65% und 80% und im Kirchenschiff zwischen ca. 60% und 80%. Die Schwankungen sind im Kirchenschiff also größer als in der Kapelle.
- in den Wintermonaten liegt die relative Feuchte (rH) ca. zwischen 80% und 90%, im Schiff ist sie etwas niedriger. Bei Heizereignissen fällt die rH in der Kapelle auf ca. 70%, ein Extremfall war am 16.12.2002: 30%. Die Temperatur steigt bei Heizereignissen um 10°C, fällt nach der Veranstaltung dann um ca. 6° ab bis anschließend langsam wieder der Ausgangswert erreicht wird. Im Kirchenschiff sind die gleichen Tendenzen zu erkennen, die Schwankungen sind dort aber noch größer.

- Bei Veranstaltungen im Winter (z.B. Weihnachten) ist ein hoher Anstieg der absoluten Feuchte in der Kapelle festzustellen, was zu Taupunktunterschreitungen und damit zu Kondenswasser auf den Wandmaleroberflächen führt.

4.3 Monitoring in Kombination mit Klimamessungen

Zur Beantwortung der Frage, welche Schadensprozesse heute noch in der Barbarakapelle stattfinden, wurden Oberflächenveränderungen an Referenzflächen dokumentiert und neue Salzausblühungen analysiert.

In der Barbarakapelle wurden folgende Referenzflächen angelegt (siehe auch Anhang II):

- Referenzfläche 1: Monitoring bzgl. Neukristallisation von Gips [$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$]
- Referenzfläche 2: Monitoring bzgl. Neukristallisationen von Nitrokalit [KNO_3]
- Referenzfläche 3: Monitoring bzgl. Ausdehnung der Vergrauung der Wandoberfläche
- Referenzfläche 4: Monitoring bzgl. Ausdehnung der Vergrauung der Wandoberfläche sowie der mikrobiologischen Besiedlung
- Referenzfläche 5: Monitoring bzgl. Schadensfortschritt an stark geschädigter Stelle
- Referenzfläche 6: Monitoring bzgl. Ausdehnung der Verdunklung der Maleroberfläche

Es hat sich gezeigt, dass an den ausgewählten Referenzflächen 1 und 2 keine neuen Salzausblühungen kristallisiert sind. Neue Vergrauungen bzw. Verdunklungen an den Oberflächen konnten auch nicht festgestellt werden. Lediglich in den unteren Bereichen der Nordwand (Referenzfläche 3) deutet das Abfallen kleiner Malschicht- und Putzpartikel möglicherweise auf die Kristallisation von Salzen im Mikromaßstab hin. Die Salze konnten aber nicht lokalisiert bzw. beprobt werden. Starke Salzausblühungen finden zur Zeit also in der Kapelle nicht mehr statt.

4.4 Untersuchungen zum Verwitterungsverhalten der Malschicht

Folgende Proben sind untersucht worden:

- 1) M1: Ostwand, rote Malschicht aus dem 19.Jh. mit auf der Oberfläche lichtreflektierenden Kristallen im μm -Bereich
- 2) M2: Nordwest-Ecke, Gewölbezwickel, graue Verfärbung gelb-grünlicher Farbschichten des 19.Jh.

Probe M1

Die rote Malschicht von 1897 enthält roten Ocker, Zinnober und Zinkgelb, Bindemittel ist proteinischer Leim (siehe Anhang IV a sowie LIMMER, 2000). In der Kapelle sind an der Stelle M1 auf der Wandoberfläche μm - bis mm-große glitzernde Kristalle zu erkennen.

Unter dem Binokular bei ca. 20-facher Vergrößerung ist auf der roten Malschicht eine Blumenkohl-artige Kruste zu erkennen, die sich aus vielen Einzelkristallen zusammensetzt. Unter dem Mikroskop am Querschliff sind farblose Kristalle auf der Farbschicht zu erkennen (siehe Fotos von Querschliffen in Anhang IV a).

Mit dem Rasterelektronenmikroskop und der EDX konnten die Kristalle als Gips [$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$] identifiziert werden (siehe Anhang V).

Gips ist auf der Oberfläche der Malschicht und möglicherweise auch zwischen den Malschichten kristallisiert. Ca^{2+} stammt

schichten kristallisiert. Ca^{2+} stammt wahrscheinlich aus der Grundierung und dem darunter liegenden Putz, die Quelle für SO_4^{2-} könnte schwefelsaure Luft sein. Derartige Salzkristallisationen auf einer Malschicht sind immer ein Hinweis auf einen Feuchtefilm, der zu irgendeinem Zeitpunkt mal vorhanden gewesen war. Es wäre nun zu klären, ob auch heute noch Bedingungen für weitere Gipskristallisationen im Malschichtbereich herrschen oder ob im Zuge der Sanierungsmaßnahmen eine erneute Gipskristallisation für die Zukunft auszuschließen ist.

Probe M2

Die Probe M2 wurde im Gewölbezwickel in der Nordwestecke in einem Bereich genommen, der sich durch eine massive Vergrauung der Oberfläche auszeichnet (siehe Anhang 2, Referenzfläche 4). Es handelt sich dabei wahrscheinlich um eine ehemals gelbe Farbschicht, die heute grau aussieht.

Unter dem Binokular bei ca. 20-facher Vergrößerung sieht der graue Belag weiß-grau aus und scheint eine pulvrige Konsistenz zu haben, unter dem Belag ist manchmal die gelbe Farbschicht schwach zu erkennen. Im Querschliff können die Oberflächenveränderungen gut erkannt werden (siehe Anhang IV b).

Die Rasterelektronenmikroskopie hat den Beweis erbracht, dass die Oberflächenveränderung in Zusammenhang mit einer mikrobiologischen Besiedlung steht (siehe Anhang V).

Der Einfluss der Mikrobiologie an dieser Stelle muss noch weiter untersucht werden. Die Mikrobiologin Frau Prof. Dr. Petersen von Fachhochschule Hildesheim hat ihre Hilfe bei der Untersuchung des Phänomens zugesagt und wird im Herbst 2003 nach Thierfeld kommen.

4.5 Infrarot-Thermografie

Die erste Messkampagne im April 2003 mit der Infrarot-Thermographie hat gezeigt, dass in den Frühjahrsmonaten die Ecken im Fußbodenbereich die kältesten Stellen in der Kapelle sind. Die Wandoberflächentemperatur nimmt mit der Höhe der Wände jeweils zu. Kühle Bereiche sind aber auch in den Eckbereichen im Gewölbe sowie bei einigen Gewölberippen zu erkennen (siehe Abbildungen im Anhang).

4.6 Mörtel- und Putzanalysen

Folgende Proben wurden zusammen mit der Restauratorin am 12.6.2002 genommen (Fotodokumentation siehe Anhang):

- 1) TH P1 harter grauer Außenputz, Südwand außen in 1,05 m Höhe
- 2) TH P2 evtl. historischer Fugenmörtel, Südwand außen in 1,00 m Höhe
- 3) TH P3 Fugenmörtel, Nordwand unten in 0,2 m Höhe

Die Ergebnisse der Mörtel bzw. Putzanalysen sind in den Tabellen 2 und 3 dargestellt.

Tabelle 2: ursprüngliches Bindemittel – Zuschlag – Verhältnis (Angaben in Ma%)

Probe	Bindemittel	Zuschlag	Bindemittel / Zuschlag – Verhältnis
TH P1	21,3	78,7	1 : 3,7
TH P2	41,0	59,0	1 : 1,4
TH P3	27,5	72,5	1 : 2,6

Tabelle 3: Chemische Zusammensetzung des Bindemittels (in Ma-%)

Probe	Glühverlust bei 1100°C	Lösliches SiO ₂	Me ₂ O ₃	CaO	MgO	CO ₂	SO ₃
TH P1	38,7	5,7	3,5	33,3	8,7	25,6	3,6
TH P2	37,7	9,2	6,1	40,7	4,1	32,5	0,1
TH P3	32,9	13,6	15,0	31,9	3,3	21,0	0,1

Der Außenputz P1 unterscheidet sich von den Mörtelproben durch ein Bindemittel / Zuschlag – Verhältnis von ca. 1 : 4 sowie durch einen erhöhten Magnesium und Sulfatgehalt. Zur Mörtelherstellung wurde wahrscheinlich Dolomit als Ausgangsmaterial verwendet, darüber hinaus ist wahrscheinlich etwas Gips dem Mörtel zugesetzt worden. Die relativ kleinen Gehalte an löslichem SiO₂ sprechen nicht für einen hohen Gehalt an hydraulischen Anteilen.

Auffällig ist in Probe P3 der hohe Gehalt an löslichem SiO₂, der mit hohen Werten an Metalloxiden korreliert. Möglicherweise enthielt dieser Mörtel höhere Zuschlaganteile an Tonmineralen.

Die Ergebnisse der Korngrößenverteilung der Zuschläge sind in Tabelle 3 sowie in Abb.3 und 4 dargestellt.

Tabelle 4: Korngrößenanteile in Ma%

Korngröße [mm]	TH P1	TH P2	TH P3
<0,10	0,9	0,6	1,4
0,10	17,4	1,3	12,5
0,25	18,2	1,2	16,5
0,50	17,0	3,2	21,6
1,00	18,1	21,4	23,4
2,00	10,7	23,6	14,5
3,15	10,5	18,2	3,7
4,0	1,1	8,1	6,7
5	6,2	13,3	0,0
> 6,3	0,0	9,3	0,0

Der wahrscheinlich originale Fugenmörtel zeichnet sich durch große Korngrößen des Zuschlags mit kaum Feinanteilen aus.

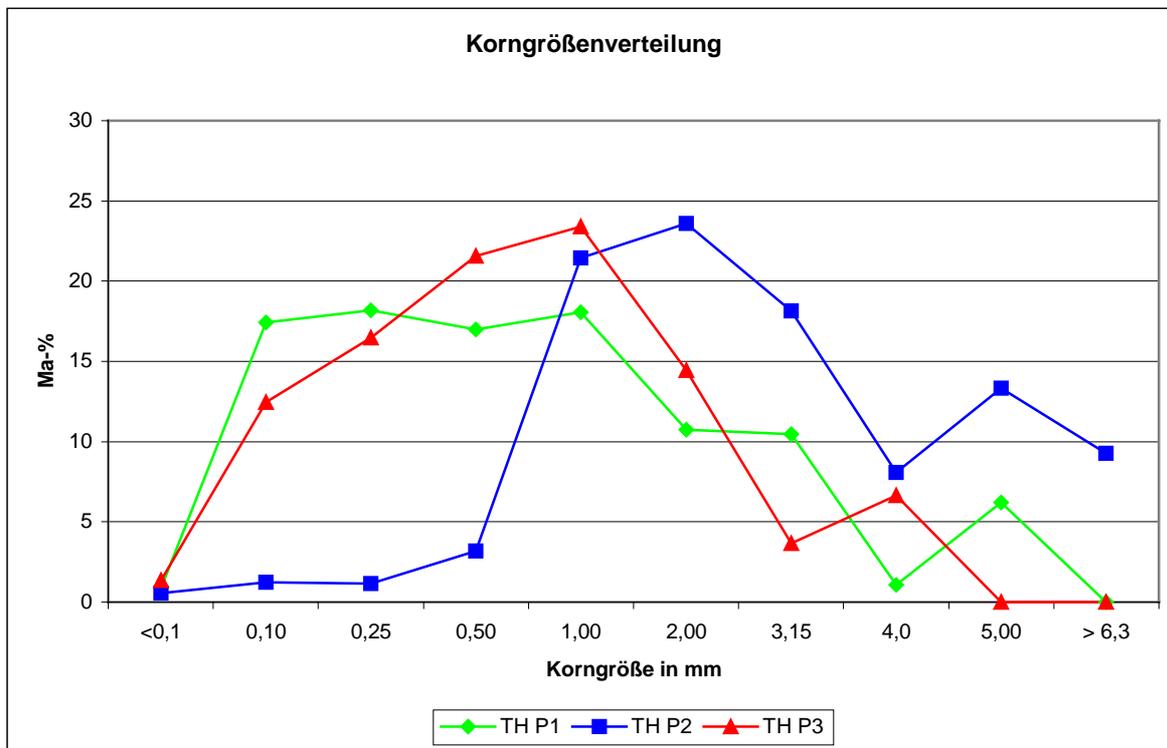


Abb.2: Korngrößenverteilung

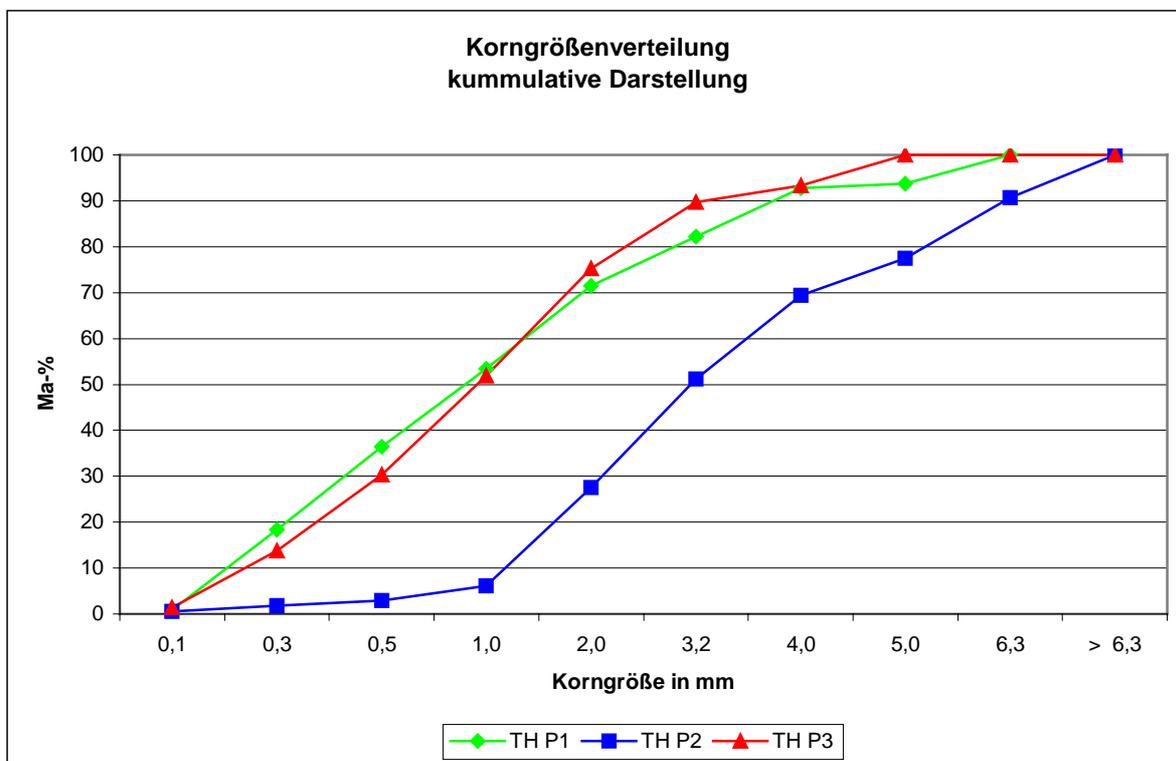


Abb.3: Korngrößenverteilung, kummulative Darstellung

Salzgehalte in den Putzproben

Von einem Teil der Probe wurde jeweils der Salzgehalt bestimmt. Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen und Grafiken dargestellt

Tabelle 5: Salzanalysen in Ma% (n.b. = nicht bestimmt, * nur Anionen)

Probe	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Summe
THP 1	0,08	0,10	0,20	0,10	0,16	0,67	0,63	1,92
THP 2	0,07	0,06	0,04	0,01	0,08	0,25	0,04	0,55
THP 3	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,01	0,07	0,08	0,15*

Tabelle 6: Salzanalysen in Äquivalentkonzentrationen [mEq/kg] (n.b. = nicht bestimmt, * nur Anionen)

Probe	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Summe	Bilanz Kation - Anion
THP 1	33	24	97	80	45	107	132	519	-49
THP 2	32	15	18	11	22	40	9	147	7
THP 3	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	3	11	16	30*	n.b.

Im Außenputz P1 sind erhöhte Werte an Sulfat und Nitrat festzustellen, während der Fugenmörtel P2 leicht erhöhte Gehalte an Nitrat aufweist. Der Mörtel P3 ist salzunbelastet.

5. Ausblick

Die bisherigen Untersuchungen haben die Salzbelastung der Wände quantifiziert. Im ersten Forschungsjahr konnten makroskopisch keine neuen Salzausblühungen festgestellt werden. Möglicherweise finden aber noch Kristallisationen im Mikromaßstab statt. Die Referenzflächen werden weiterhin beobachtet, parallel dazu finden Klimamessungen statt. Im nächsten Forschungsabschnitt kann an einzelnen Testflächen mit ausgewählten Methoden mit einer Salzreduzierung bzw. Umwandlung begonnen werden.

Die ersten Klimamessungen mit entsprechenden Berechnungen haben besonders in den Wintermonaten eine erhöhte absolute Feuchte in der Kapelle nachgewiesen, die zu Kondensation von Wasser an den Malschichtoberflächen führt. Die Ursache dafür sind Veranstaltungen im Kirchenschiff (Heizen in Kombination mit Feuchteintrag). Es wäre dringend erforderlich Strategien zu entwickeln, diesen Feuchteintrag, der ein starkes Gefährdungspotential für die Malerei darstellt, zu verhindern.

Darüber hinaus sollten spezielle Fragestellungen weiter verfolgt werden, u.a. detaillierte Bindemittelbestimmung der Malschicht aus dem 19.Jh. sowie Untersuchungen zu Ausmaß und Gefährdung der mikrobiologischen Besiedlung einzelner Malschichtbereiche.

6. Literatur

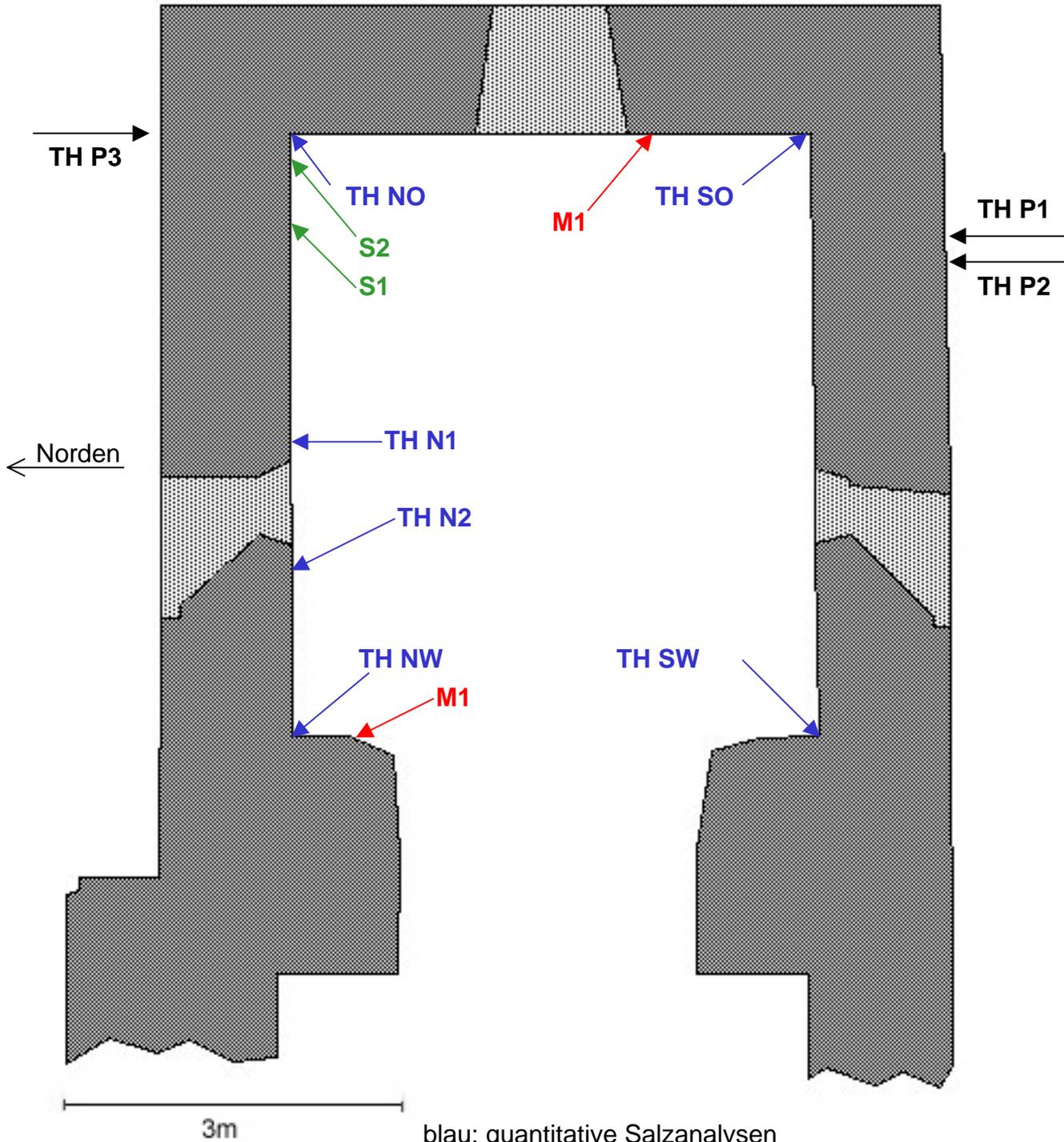
LAUE, S. (2002): Verwitterung von Naturstein durch lösliche Salze an wechselfeuchter Luft.- Hrsg.: Institut für Steinkonservierung e.V. (IFS), Mainz, Bericht Nr.14, 19-30.

LIMMER (2000): Restauratorische Untersuchung und Dokumentation der Ausmalung und des Malereiträgers der Barbarakapelle in Thierfeld.- Diplomarbeit an der Hochschule für Bildende Künste Dresden.

MEHLMANN, M. (1993): Bestimmung von chemisch-mineralogischen Kennwerten sowie Untersuchungsmethoden.- in KNÖFEL, D. & SCHUBERT, P. (Hrsg.): Mörtel und Steingerüstergänzungsstoffe in der Denkmalpflege, Sonderheft aus der Publikationsreihe der BMFT-Verbundforschung zur Denkmalpflege, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 225 S.

SIEDEL, H. (1997): Untersuchungen zur Salzbelastung und deren Ursachen im Chor der Kirche zu Thierfeld.- unveröffentl. Bericht IDK DD 07/97, Dresden, 10 Seiten.

Anhang I b: Grundriss der Barbarakapelle mit Probenahmestellen



blau: quantitative Salzanalysen

grün: Salzausblühungen

rot: Malschichtuntersuchungen inkl. REM

schwarz: Putzanalysen

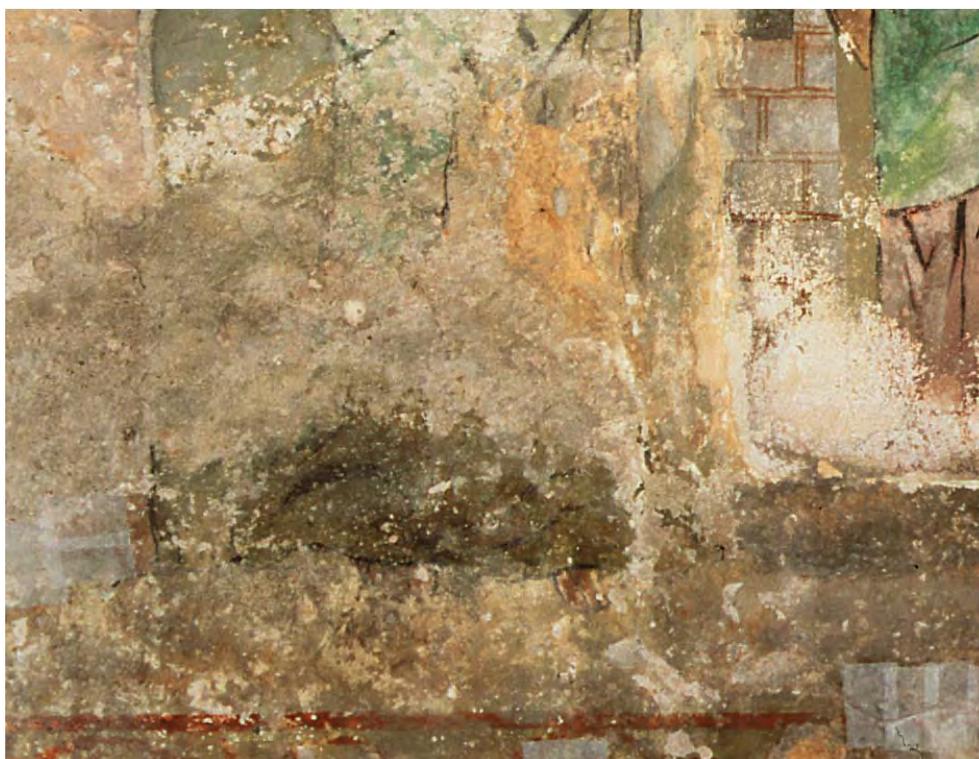
Anhang II: Fotodokumentation



Nordwand

Referenzfläche 1: Gipskristallisation

Referenzfläche 2: Nitrokalit [KNO_3] - Ausblühung



Nordwand

Referenzfläche 5: größere Schadensstelle an der Nordwand



ca. 5 cm

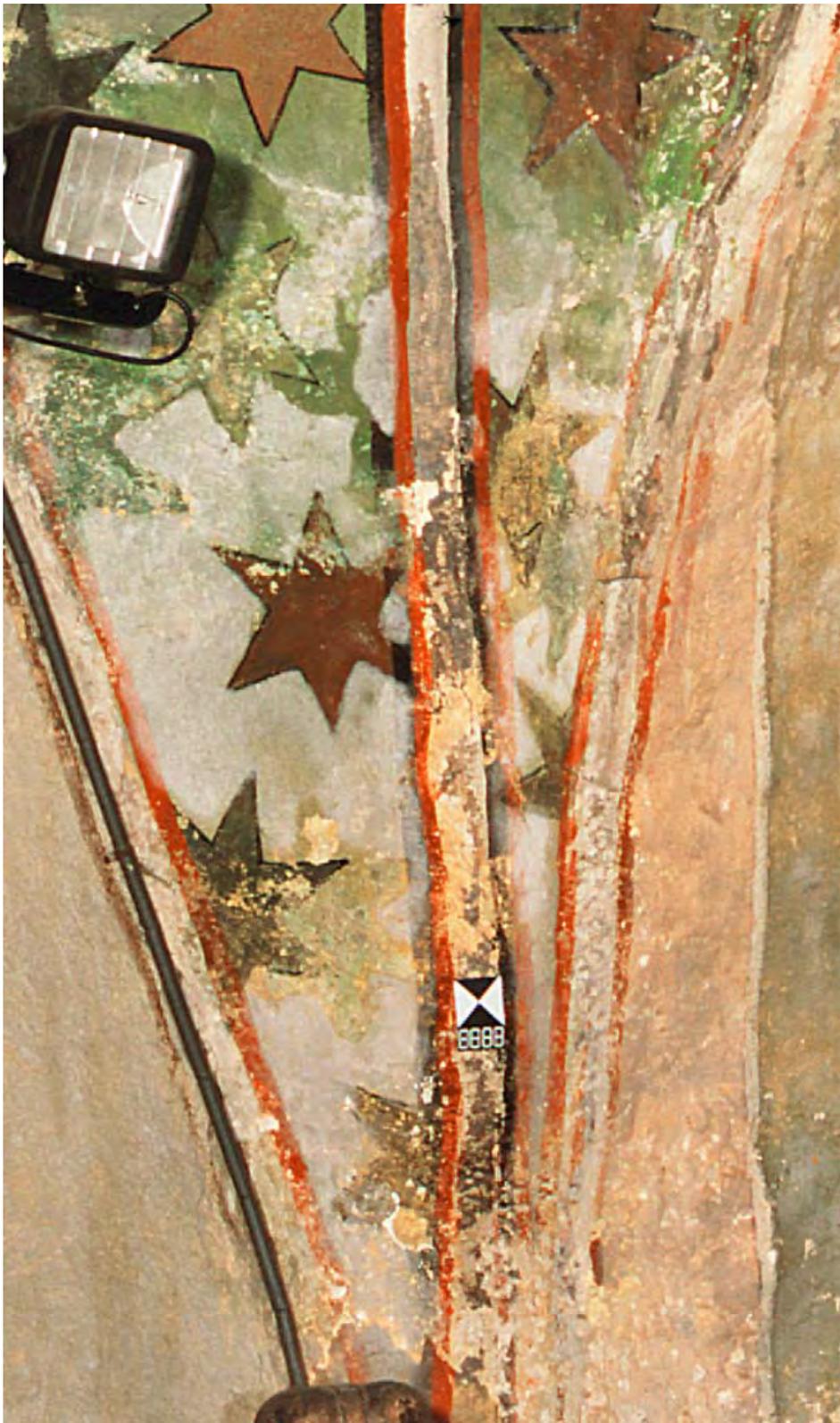
Nordwand, Referenzfläche 1: Gipskristallisation



ca. 10 cm

Südwand

Referenzfläche 6: Verdunklung der Oberfläche



Referenzfläche 4: Vergrauung der Oberfläche: mikrobiologische Besiedlung



ca. 10 cm

Ostwand

Referenzfläche 3: Vergrauung der Oberfläche



Probenahmestelle TH N2: Putzoberfläche



Nordwand: Bohrmehlproben Tiefenprofil TH N1



Nordwand außen: Probenahmestelle TH P3



Südwand außen: Probenahmestelle TH P2 und TH P1

Barbarakapelle Nordwand



REF 4 M2 TH NW and REF 5 TH N2 TH N1

REF 1 S1 REF 2 S2 TH NO

7.72 m
IVD
Maßstab 1 : 10

Barbarakapelle Ostwand



orkirche Thierfeld, Barb

wand

TH NO

REF 3

M2

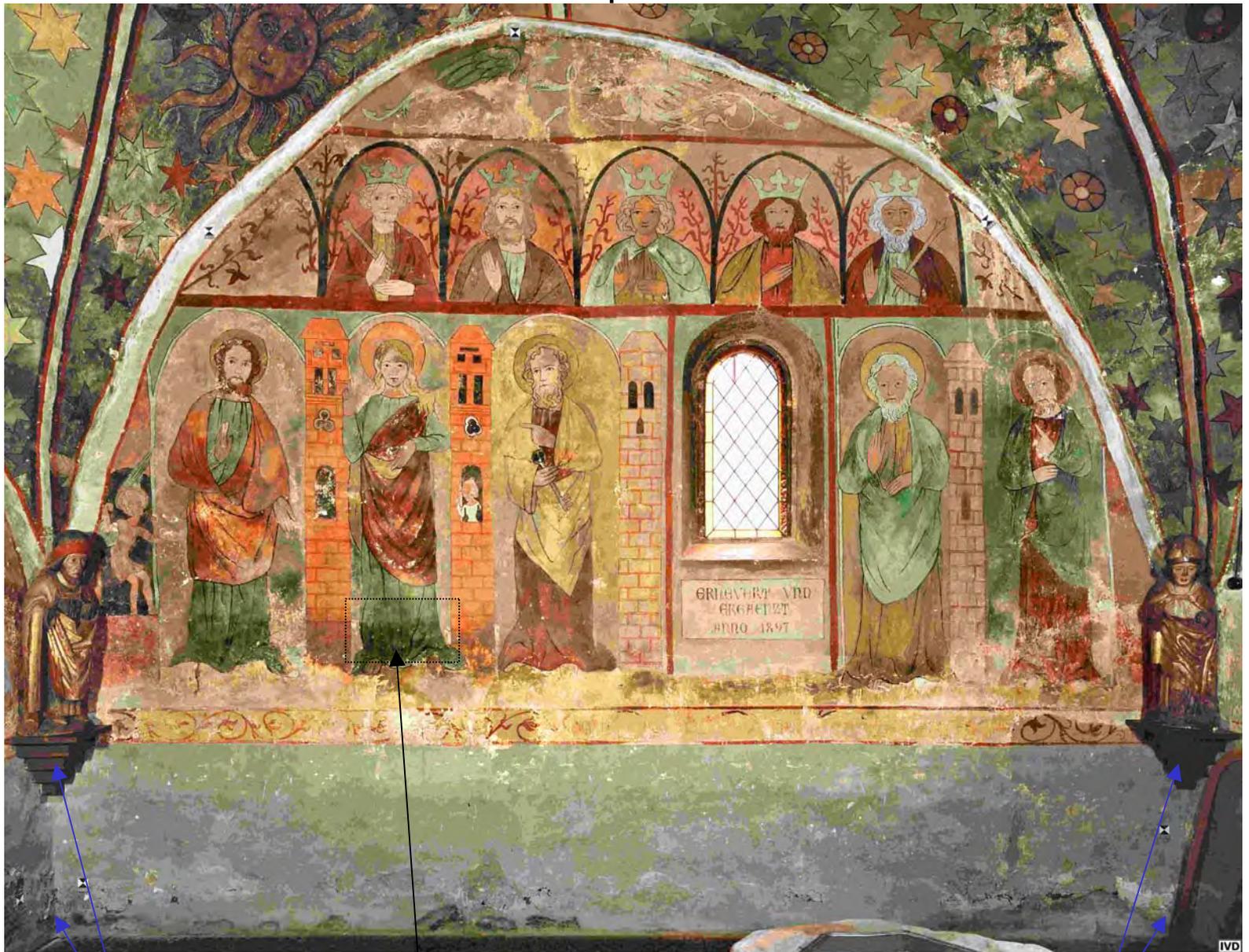
TH SO

491m

IVD

Maßstab 1:10

Barbarakapelle Südwand



Dorfkirche Thierfeld, Barbarakapelle - Südwand

Entzerrung - Maßstab 1:10

TH SO

REF 6

TH SW

Anhang I a: Probenbeschreibung

Probe-Nr.	Position	Tiefe [cm]	Material
THN 1/1	Nordwand mitte, 85 cm Höhe	0 – 0,1	Malschicht
THN 1/2	Nordwand mitte, 85 cm Höhe	0,1 – 1	Putz
THN 1/3	Nordwand mitte, 85 cm Höhe	1 – 3	Putz
THN 2	Nordwand mitte, 100 cm Höhe	0 – 0,5	Putz
THNW 1/1	Nordwestecke, 10 cm Höhe	0 – 0,5	Putz
THNW 1/2	Nordwestecke, 10 cm Höhe	0,5 – 1,5	Putz
THNW 1/3	Nordwestecke, 10 cm Höhe	1,5 – 3	Putz
THNW 2/1	Nordwestecke, 110 cm Höhe	0 – 0,5	Putz
THNW 2/2	Nordwestecke, 110 cm Höhe	0,5 – 1,5	Putz
THNW 2/3	Nordwestecke, 110 cm Höhe	1,5 – 2,8	Putz + Stein
THNO 1/1	Nordostecke, 5 cm Höhe	0 – 0,2	Malschicht + Putz
THNO 1/2	Nordostecke, 5 cm Höhe	0,2 – 1,5	Putz
THNO 1/3	Nordostecke, 5 cm Höhe	1,5 – 5	Putz
THNO 2/1	Nordostecke, 110 cm Höhe	0 – 3	Putz
THNO 2/2	Nordostecke, 110 cm Höhe	3 – 15	Putz mit Hohlraum
THSO 1/1	Südostecke, 5 cm Höhe	0 – 0,5	Malschicht + Putz
THSO 1/2	Südostecke, 5 cm Höhe	0,5 – 3	Putz
THSO 2/1	Südostecke, 110 cm Höhe	0 – 1	Putz
THSO 2/2	Südostecke, 110 cm Höhe	1 – 3	Putz
THSW 1/1	Südwestecke, 10 cm Höhe	0 – 0,5	Malschicht + Putz
THSW 1/2	Südwestecke, 10 cm Höhe	0,5 – 3	Putz
THSW 2/1	Südwestecke, 110 cm Höhe	0 – 1	Putz
THSW 2/2	Südwestecke, 110 cm Höhe	1 – 3	Putz
THP 1	Südwand außen, 105 cm Höhe	ca. 0 – 3	Putz
THP 2	Südwand außen, 100 cm Höhe	ca. 0 – 3	Fugenmörtel
THP 3	Nordwand außen, 20 cm Höhe	ca. 0 – 3	Putz

Anhang III: Quantitative Salzanalysen

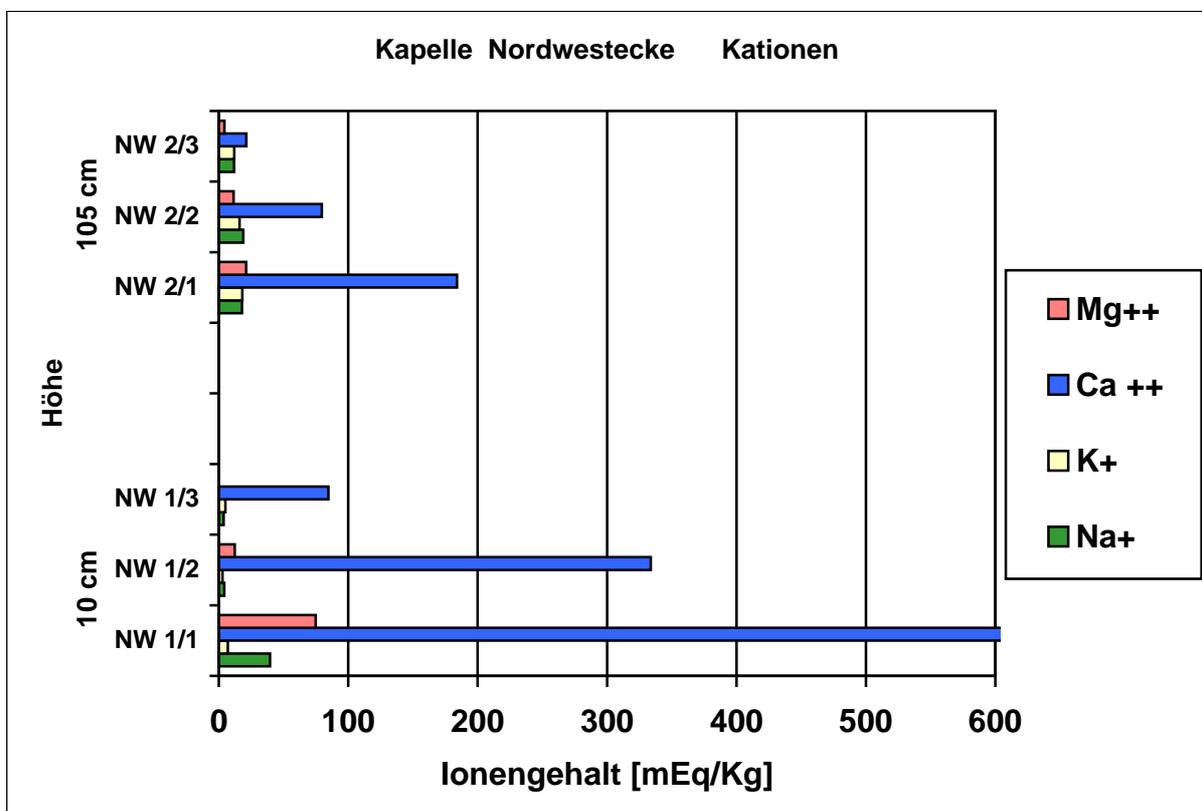
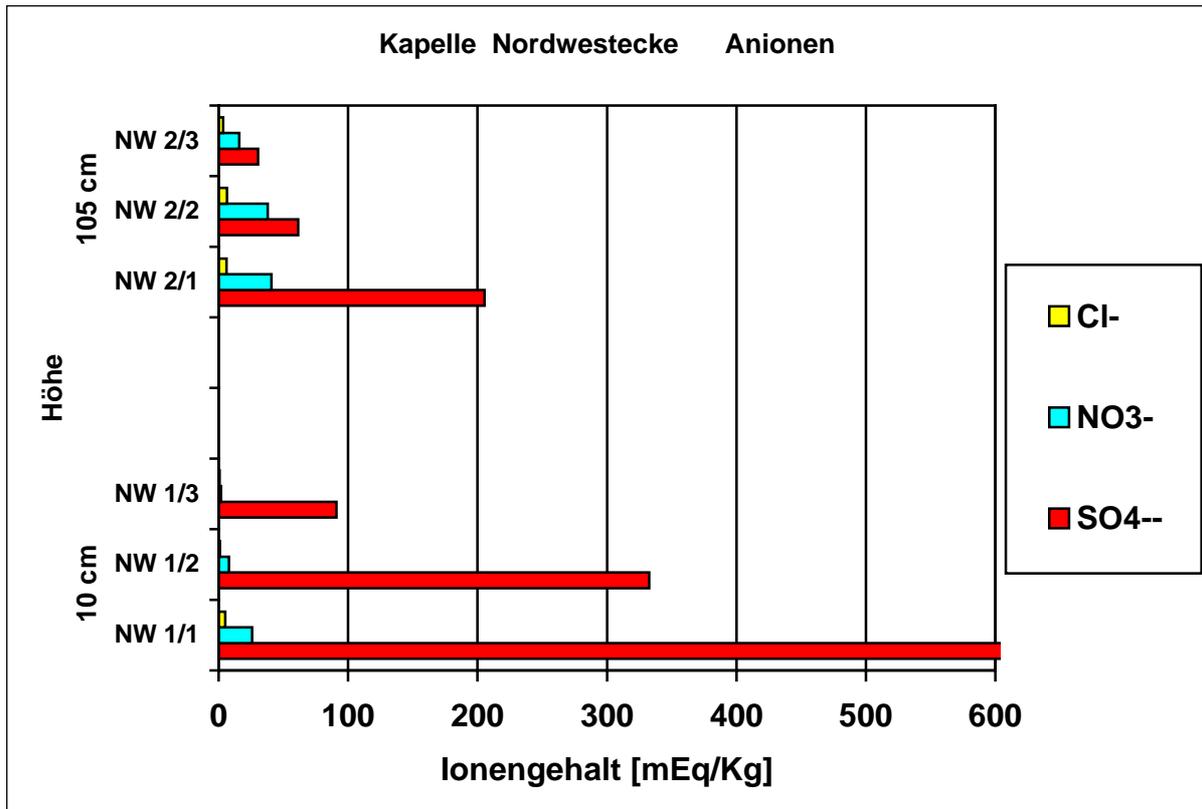
Tabelle 1: Salzanalysen in Ma% (n.b. = nicht bestimmt, * nur Anionen)

Probe	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Summe
THN 1/1	0,03	0,06	1,98	0,40	0,07	0,68	4,15	7,36
THN 1/2	0,03	0,07	0,15	0,02	0,01	0,04	0,41	0,72
THN 1/3	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	< 0,01	0,01	< 0,01	0,02*
THN 2	0,01	0,01	0,11	0,01	0,03	0,23	0,05	0,45
THNW 1/1	0,09	0,03	3,46	0,09	0,02	0,16	9,55	13,40
THNW 1/2	0,01	0,01	0,67	0,01	< 0,01	0,05	1,60	2,35
THNW 1/3	0,01	0,02	0,17	< 0,01	< 0,01	0,01	0,44	0,65
THNW 2/1	0,04	0,07	0,37	0,03	0,02	0,25	0,99	1,77
THNW 2/2	0,04	0,06	0,16	0,01	0,02	0,24	0,30	0,83
THNW 2/3	0,03	0,05	0,04	0,01	0,01	0,10	0,15	0,38
THNO 1/1	0,02	0,03	0,86	0,02	0,01	0,04	2,20	3,19
THNO 1/2	0,01	0,03	0,07	< 0,01	< 0,01	0,01	0,19	0,31
THNO 1/3	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01*
THNO 2/1	0,05	0,08	0,07	0,02	0,05	0,23	0,16	0,67
THNO 2/2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,03	0,15	0,05	0,24*
THSO 1/1	0,02	0,05	0,92	< 0,01	0,01	0,18	2,73	3,90
THSO 1/2	0,01	0,04	0,23	0,01	< 0,01	0,02	0,70	1,02
THSO 2/1	0,04	0,04	0,16	0,03	0,05	0,64	0,01	0,97
THSO 2/2	0,03	0,03	0,15	0,02	0,05	0,57	< 0,01	0,86
THSW 1/1	0,02	0,05	0,83	< 0,01	0,02	0,29	1,47	2,68
THSW 1/2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	< 0,01	0,05	0,21	0,26*
THSW 2/1	0,02	0,01	0,13	0,01	0,04	0,41	< 0,01	0,63
THSW 2/2	0,02	0,01	0,09	0,01	0,03	0,31	< 0,01	0,47
THP 1	0,08	0,10	0,20	0,10	0,16	0,67	0,63	1,92
THP 2	0,07	0,06	0,04	0,01	0,08	0,25	0,04	0,55
THP 3	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,01	0,07	0,08	0,15*

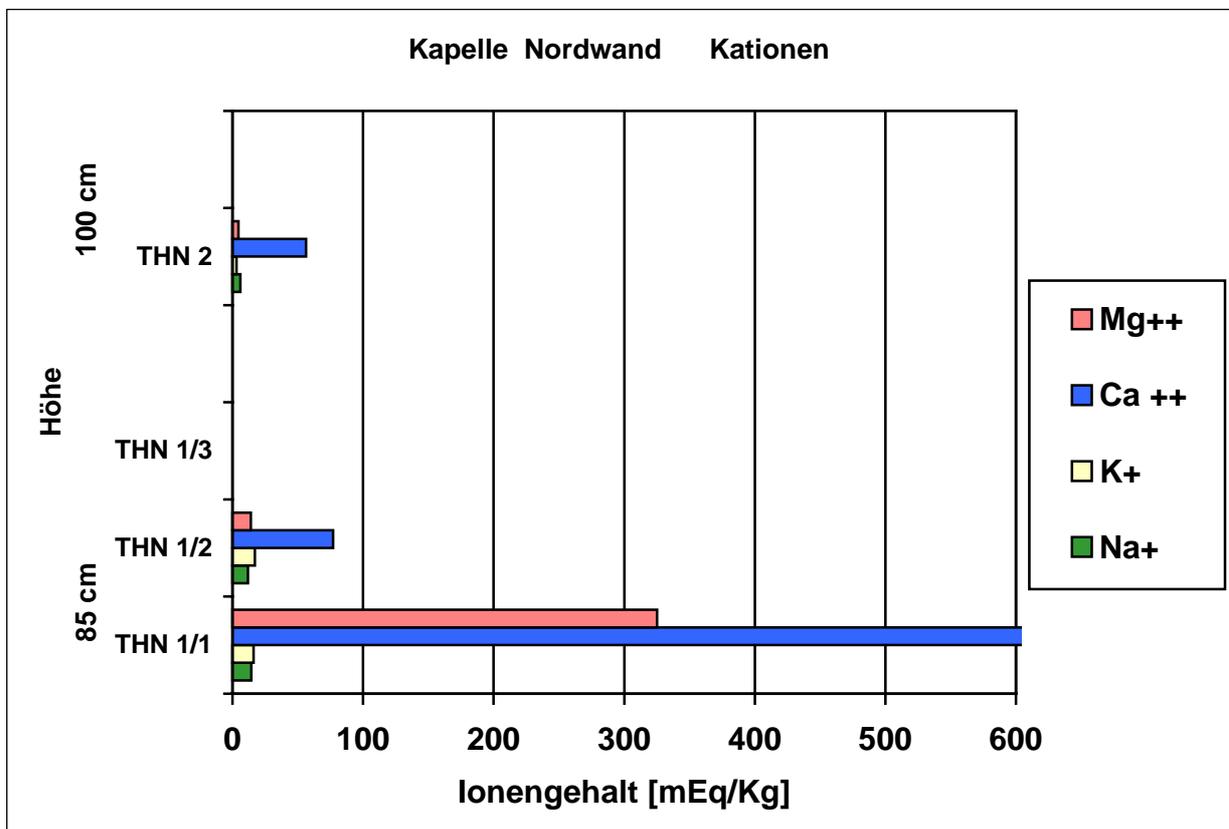
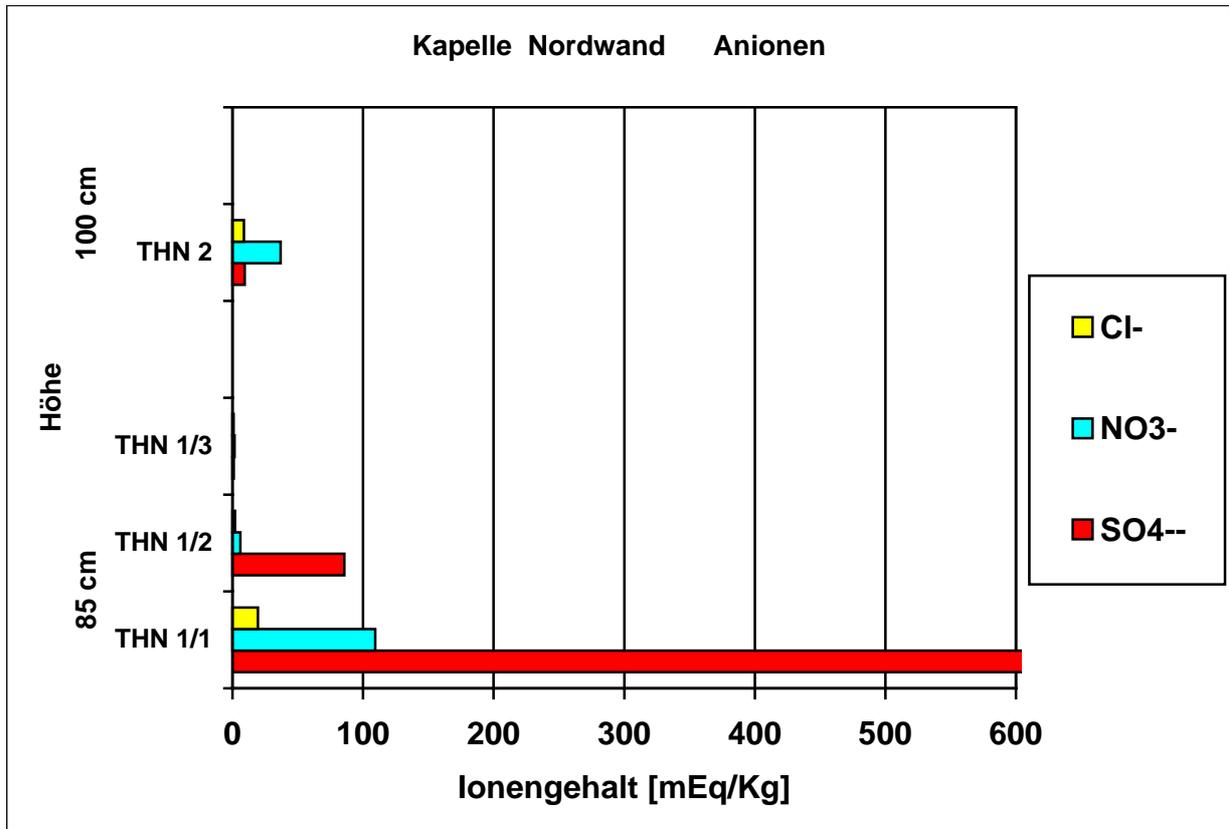
Tabelle 2: Salzanalysen in Äquivalentkonzentrationen [mEq/kg] (n.b. = nicht bestimmt, * nur Anionen)

Probe	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Summe	Bilanz Kation - Anion
THN 1/1	14	16	986	325	19	109	864	2334	349
THN 1/2	12	17	77	14	2	6	86	214	26
THN 1/3	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	1	2	1	4*	n.b.
THN 2	6	3	56	5	9	37	9	125	15
THNW 1/1	40	7	1725	75	5	26	1989	3866	-173
THNW 1/2	4	3	334	12	1	8	333	694	11
THNW 1/3	4	5	85	0	1	2	91	187	0
THNW 2/1	18	18	184	21	6	41	205	494	-11
THNW 2/2	19	16	80	11	6	38	61	232	20
THNW 2/3	12	12	21	4	3	16	31	99	-1
THNO 1/1	11	8	428	20	3	7	459	935	-3
THNO 1/2	3	8	33	0	1	1	40	86	2
THNO 1/3	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	1	0	1	2*	n.b.
THNO 2/1	22	21	37	15	14	37	34	180	11
THNO 2/2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	9	25	11	45*	n.b.
THSO 1/1	8	13	457	0	4	29	567	1078	-122
THSO 1/2	3	11	116	8	1	3	146	289	-13
THSO 2/1	17	11	81	23	15	103	1	251	12
THSO 2/2	15	9	73	19	14	91	1	221	9
THSW 1/1	10	13	415	0	5	47	306	796	81
THSW 1/2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	1	8	43	52*	n.b.
THSW 2/1	11	4	64	11	11	65	1	167	12
THSW 2/2	9	2	44	11	9	49	1	125	7
THP 1	33	24	97	80	45	107	132	519	-49
THP 2	32	15	18	11	22	40	9	147	7
THP 3	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	3	11	16	30*	n.b.

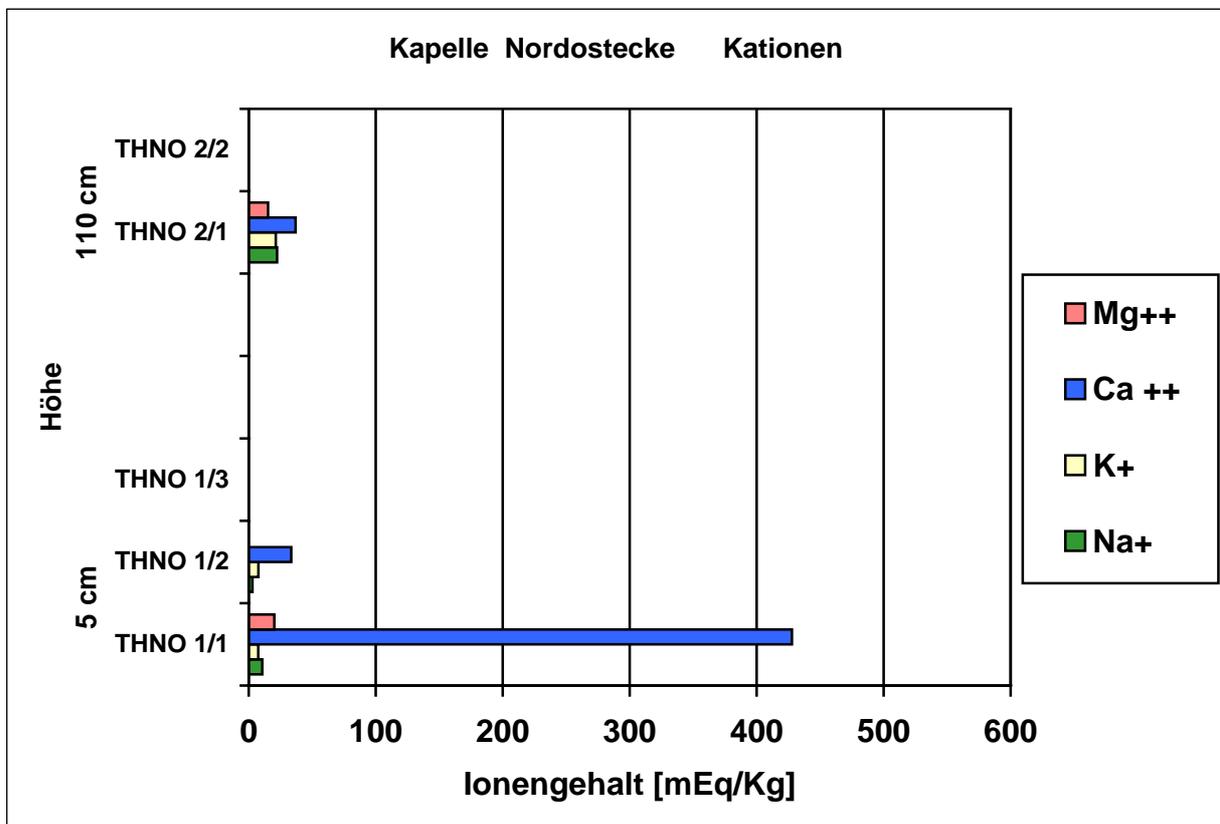
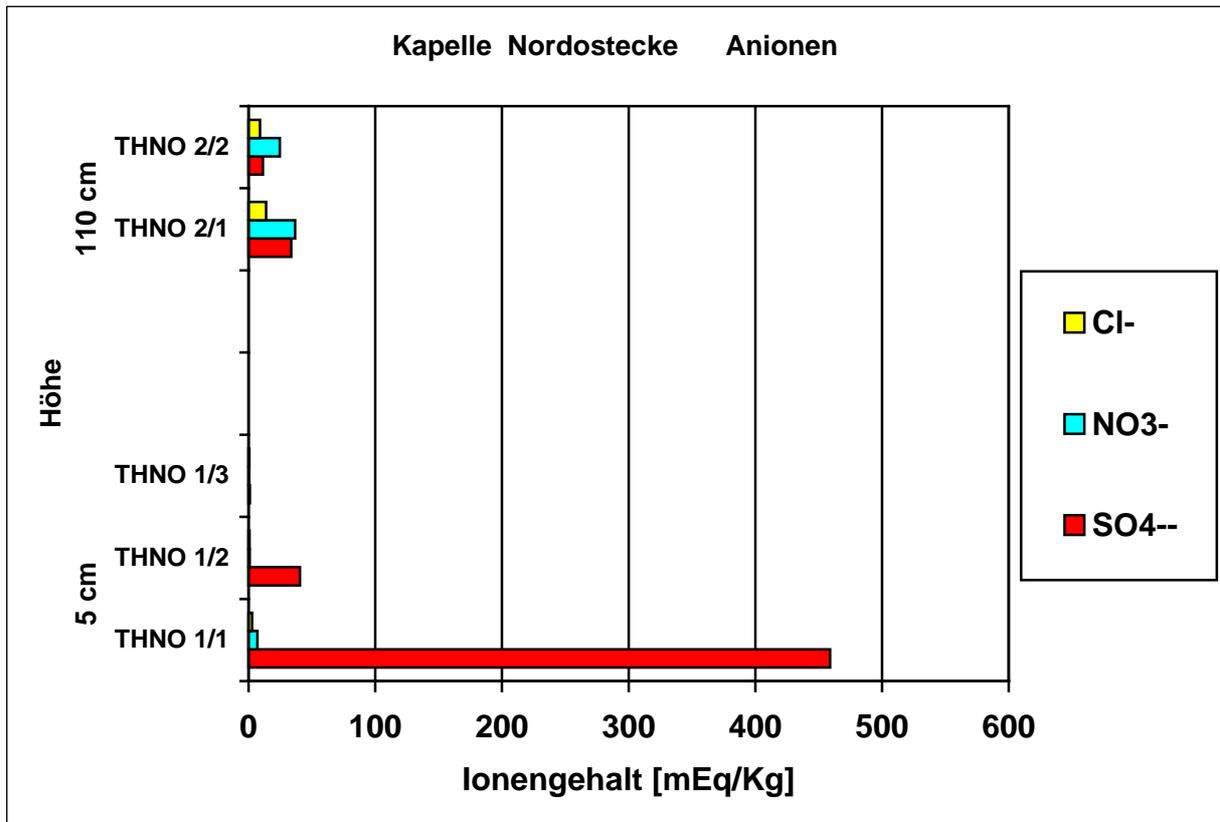
Salzanalysen Nordwestecke



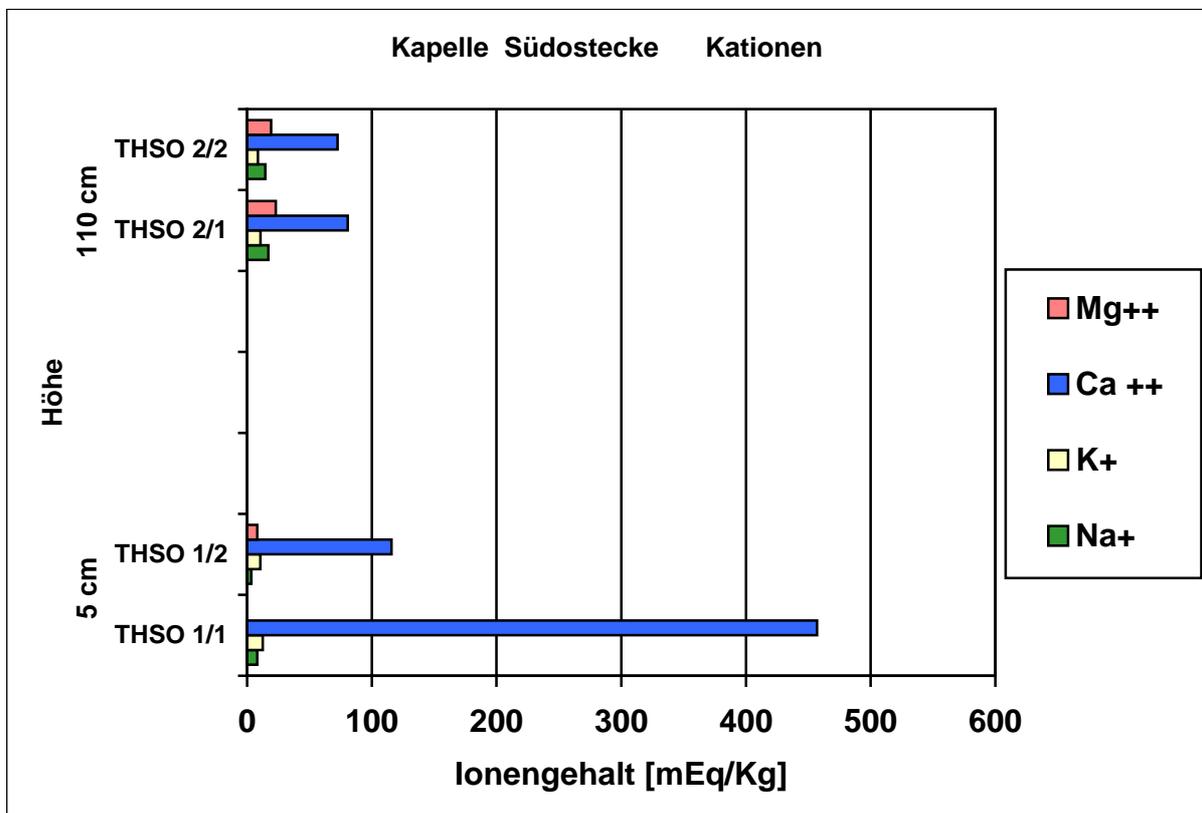
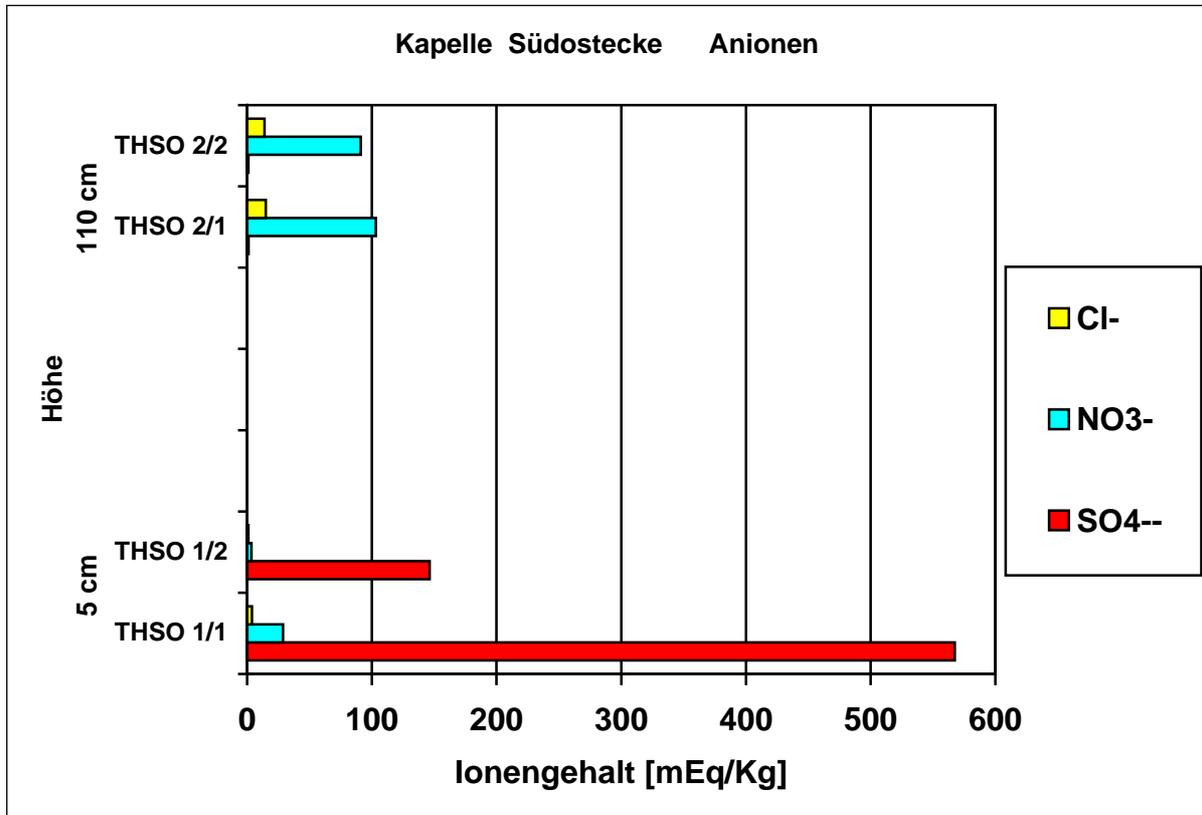
Salzanalysen Nordwand



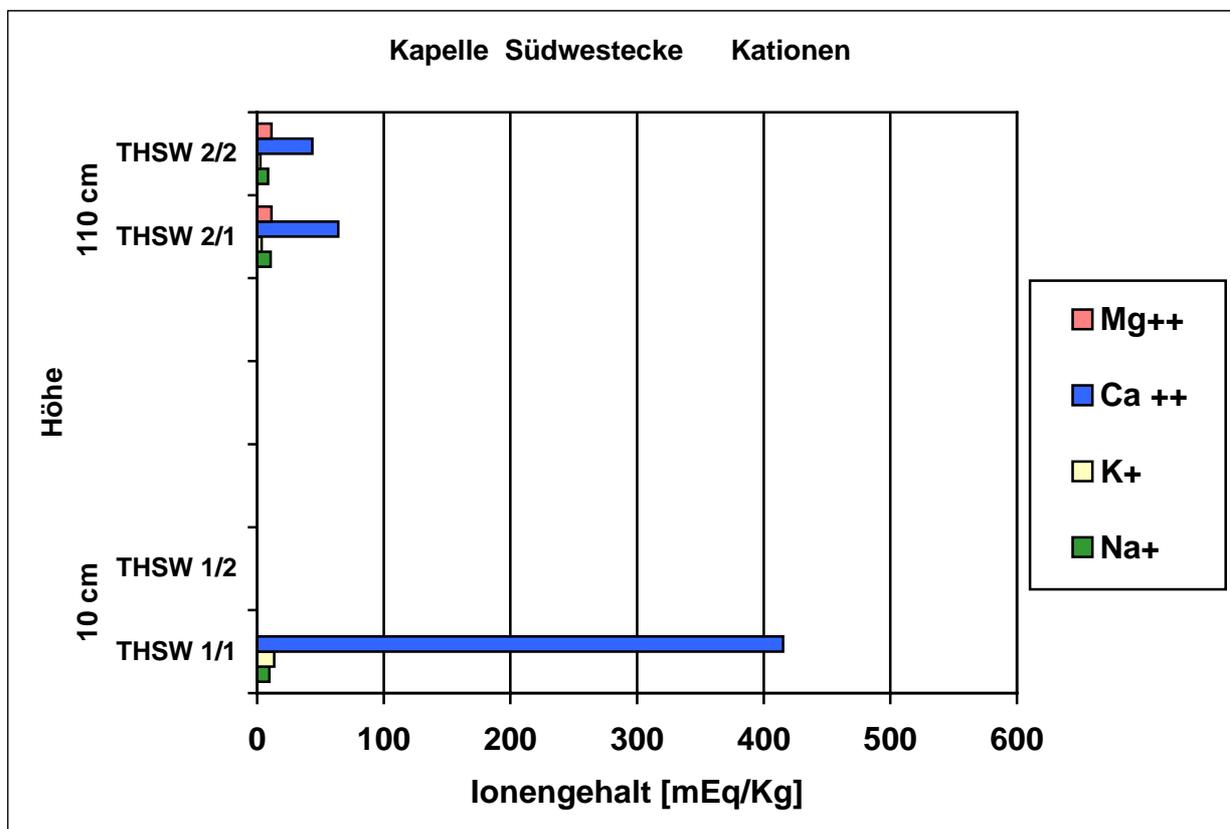
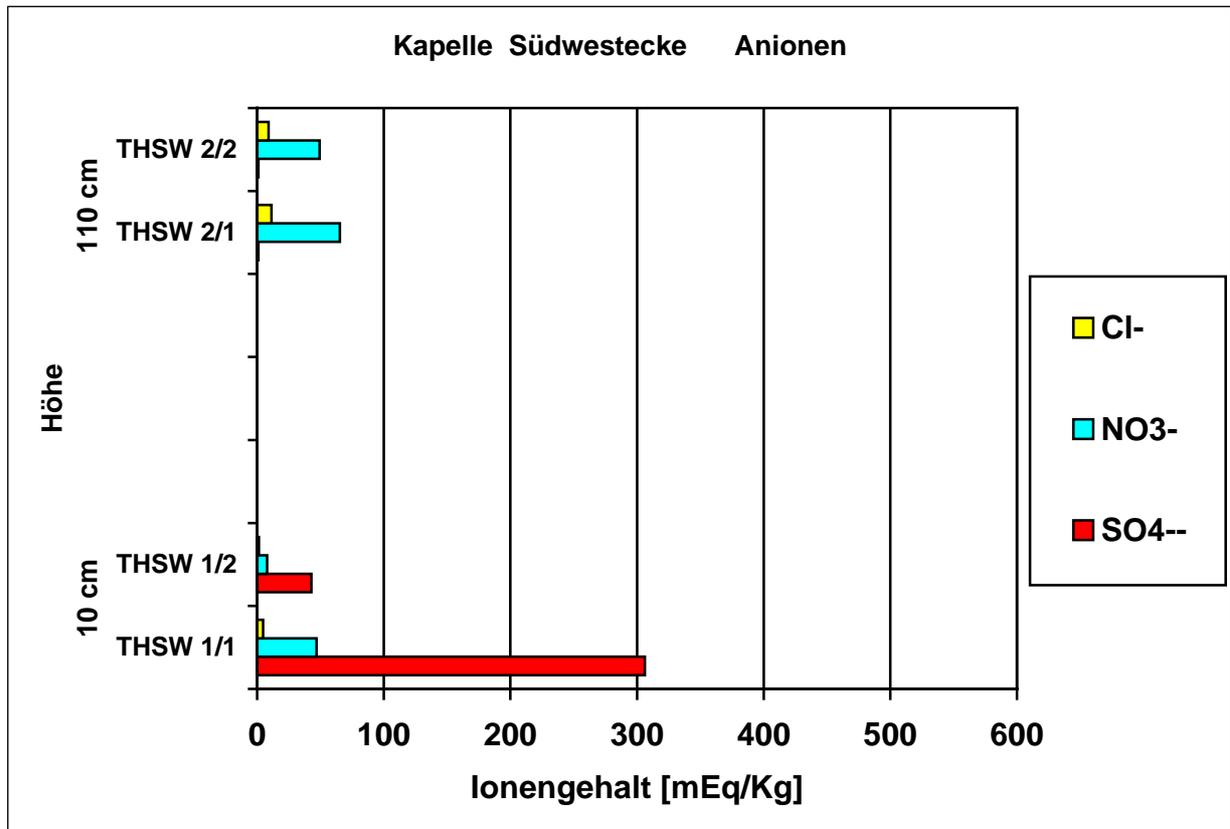
Salzanalysen Nordostecke

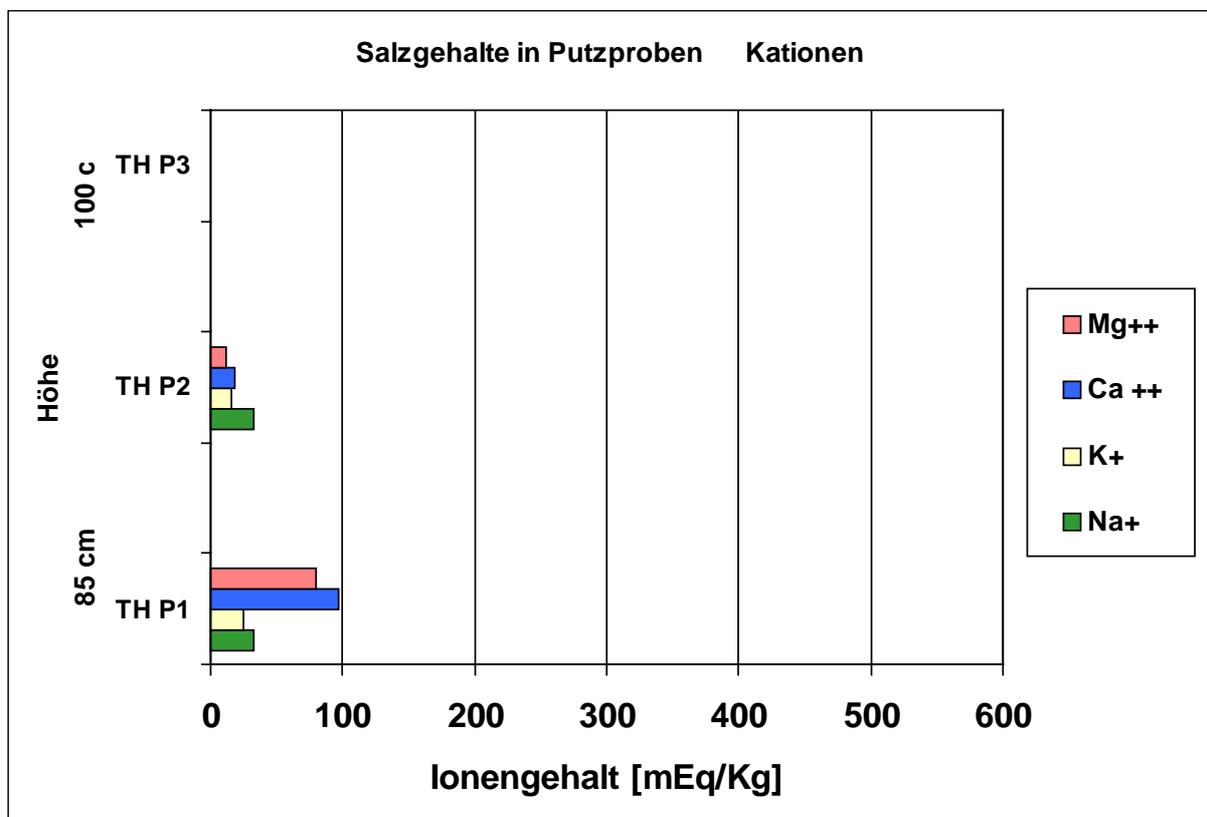
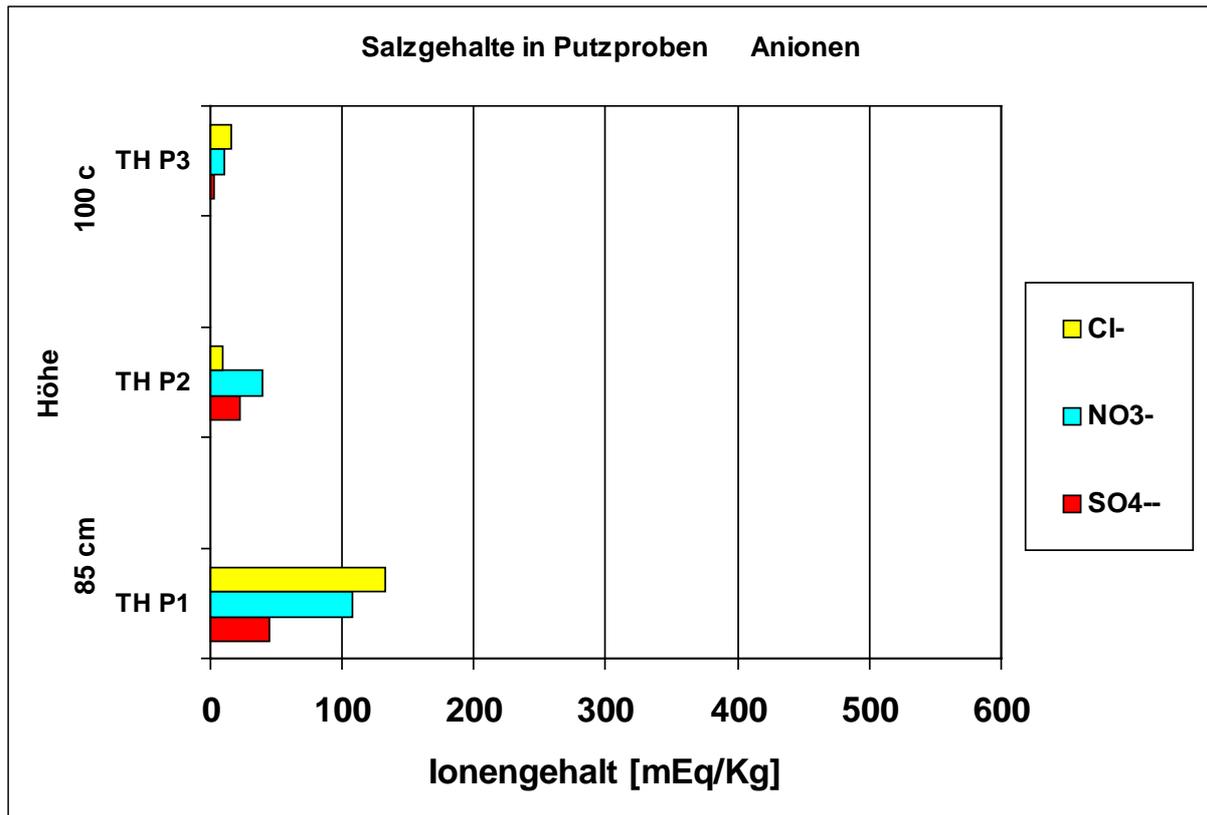


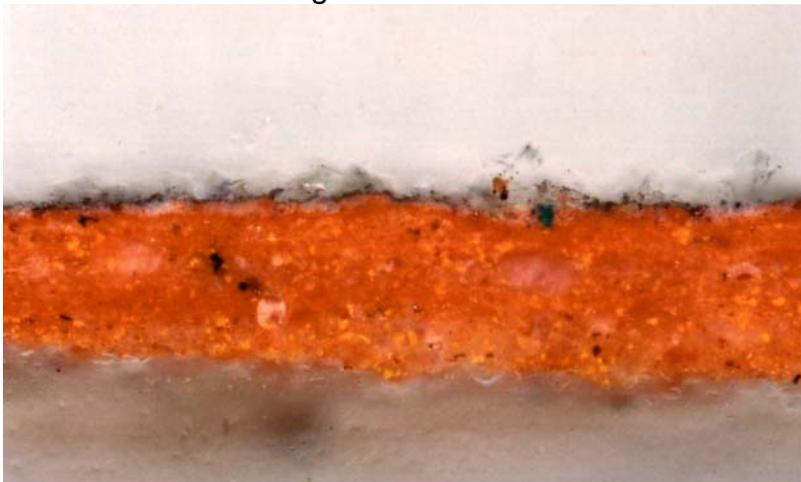
Salzanalysen Südostecke



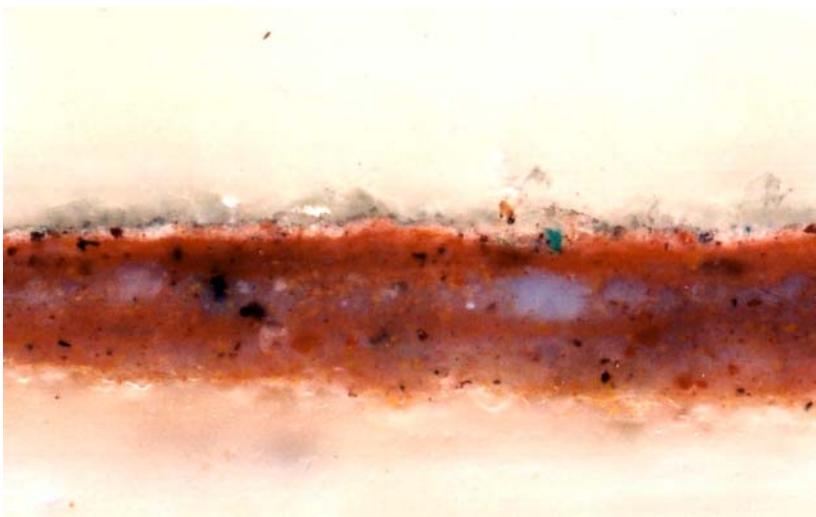
Salzanalysen Südwestecke







Querschliff M1 Auflichtmikroskopie, 240-fach



Querschliff M1 Auflichtmikroskopie, UV-Licht, 240-fach



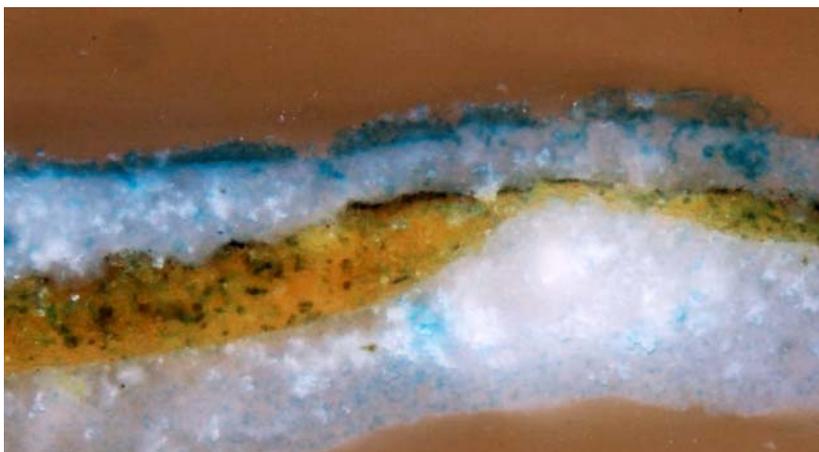
Querschliff M1 Auflichtmikroskopie Anfärbung der Proteine (grün) mit „Fast green“, 180-fach



Querschliff M2 Auflichtmikroskopie, 90-fach



Querschliff M2 Auflichtmikroskopie UV-Licht, 90-fach



Querschliff M2 Auflichtmikroskopie Anfärbung der Proteine mit „Fast green“, 180-fach

Anhang V: Rasterelektronenmikroskopie mit EDX

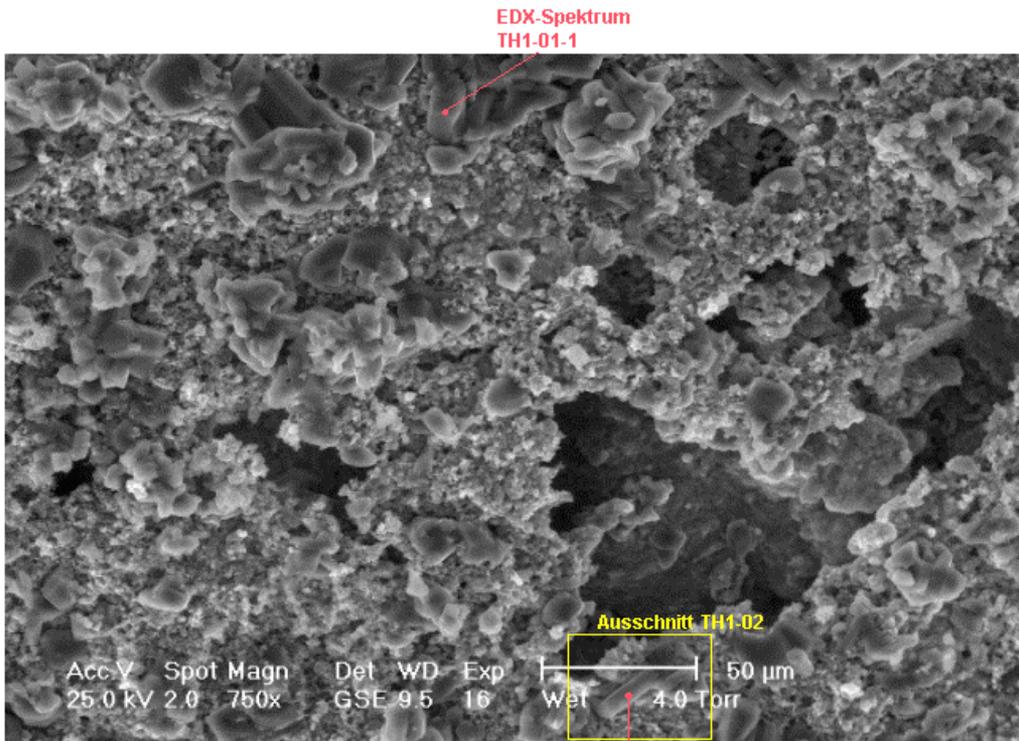
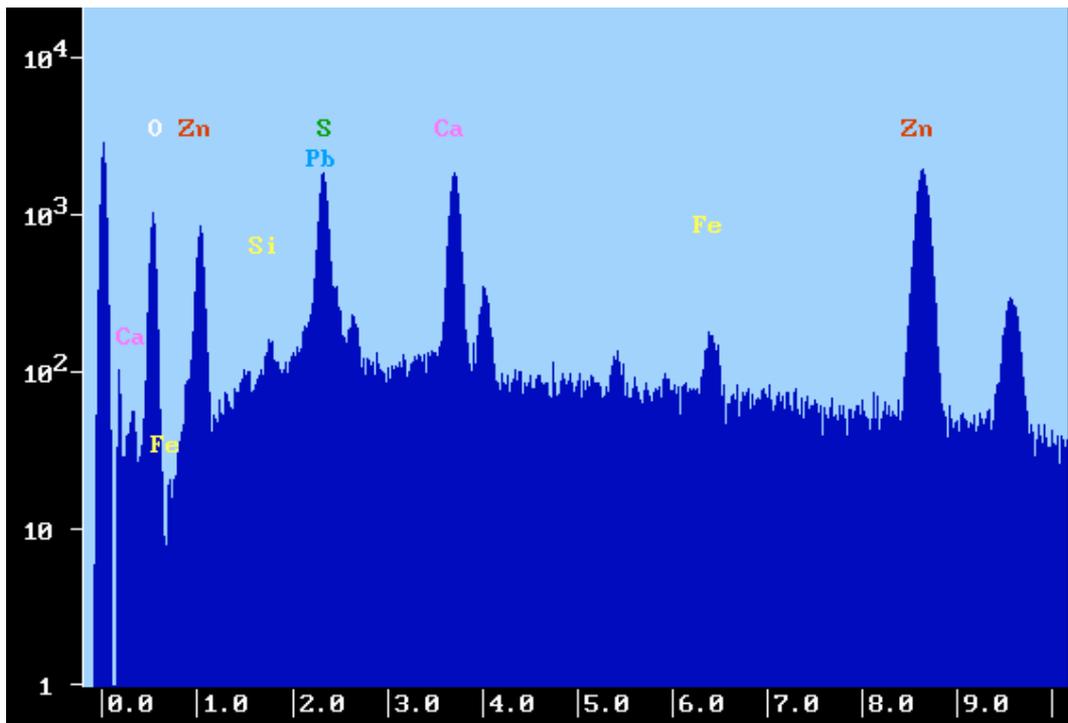
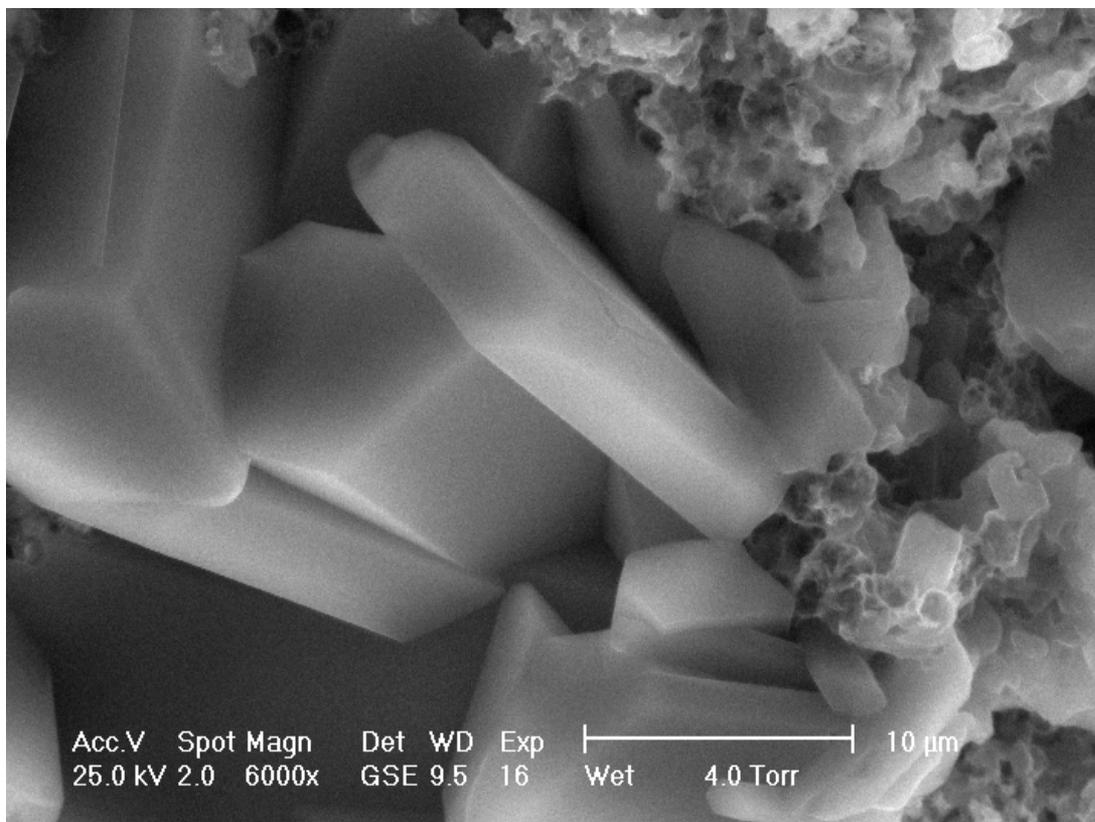


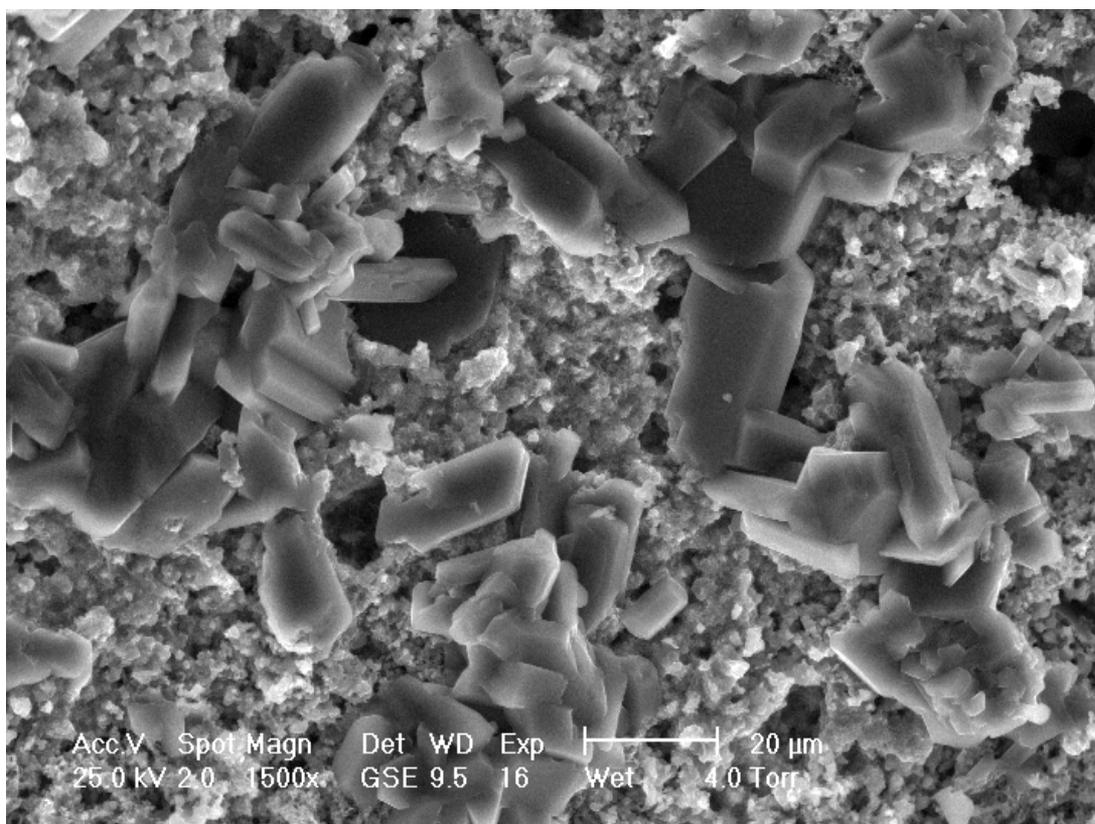
Bild TH1-01 (IDK – Dr. Laue)

Probe M1

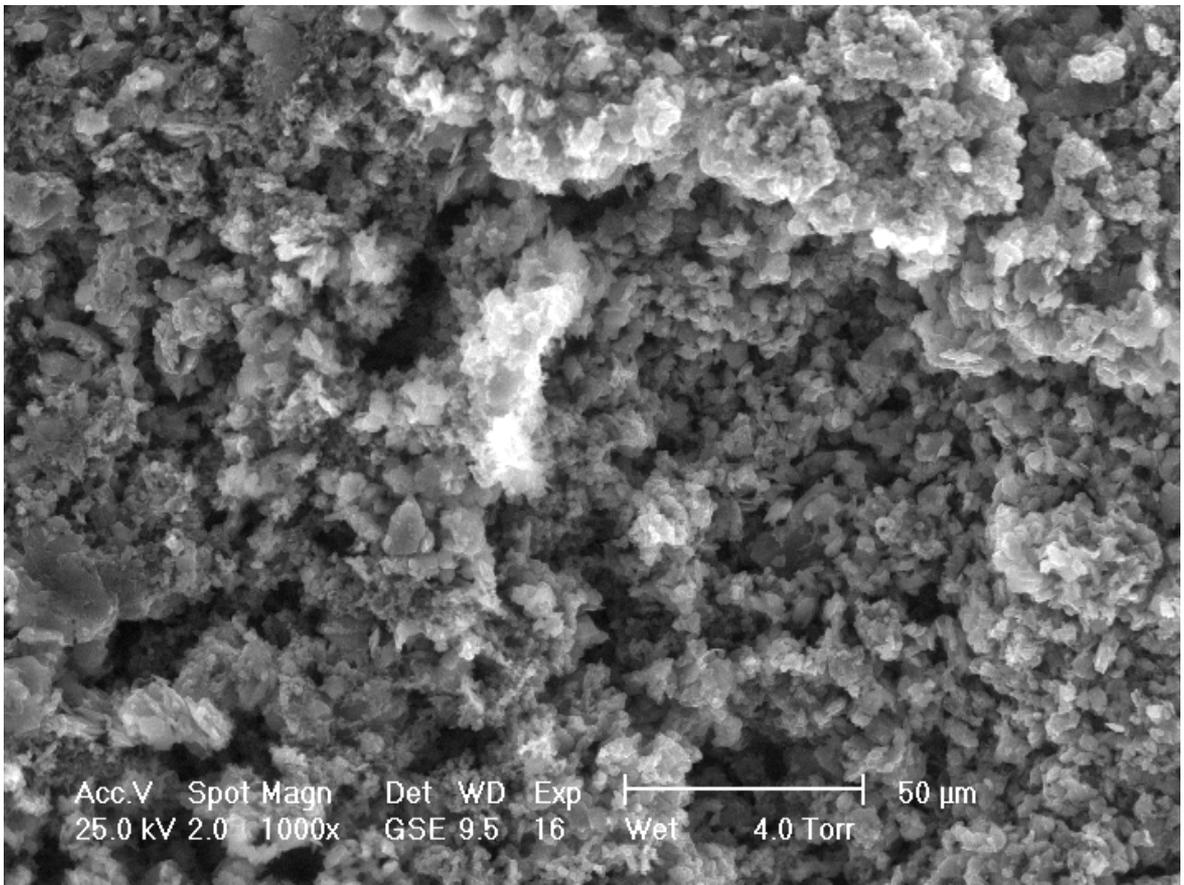




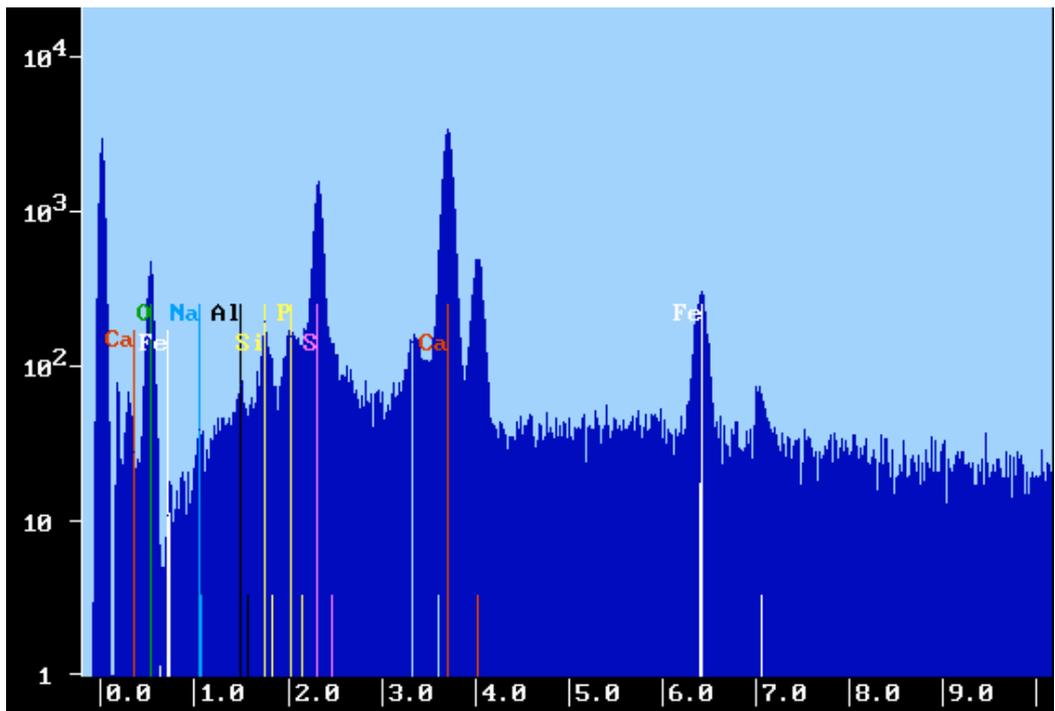
Detail Probe M1 (TH1-03)

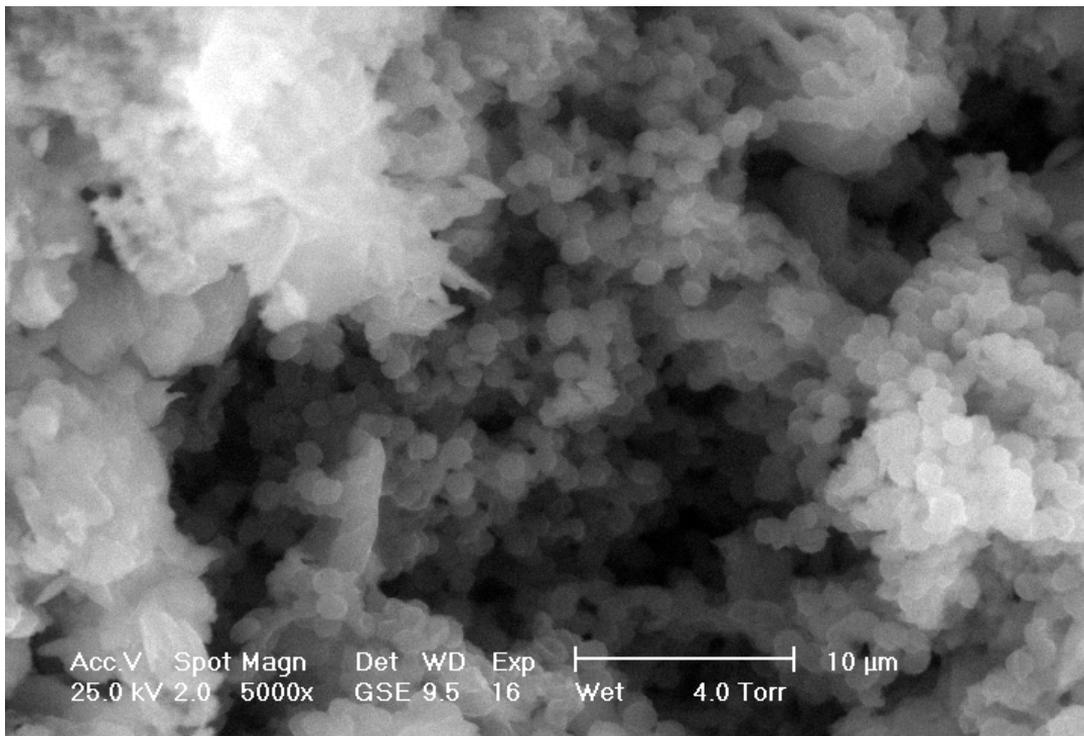


Detail Probe M1 (TH1-04)

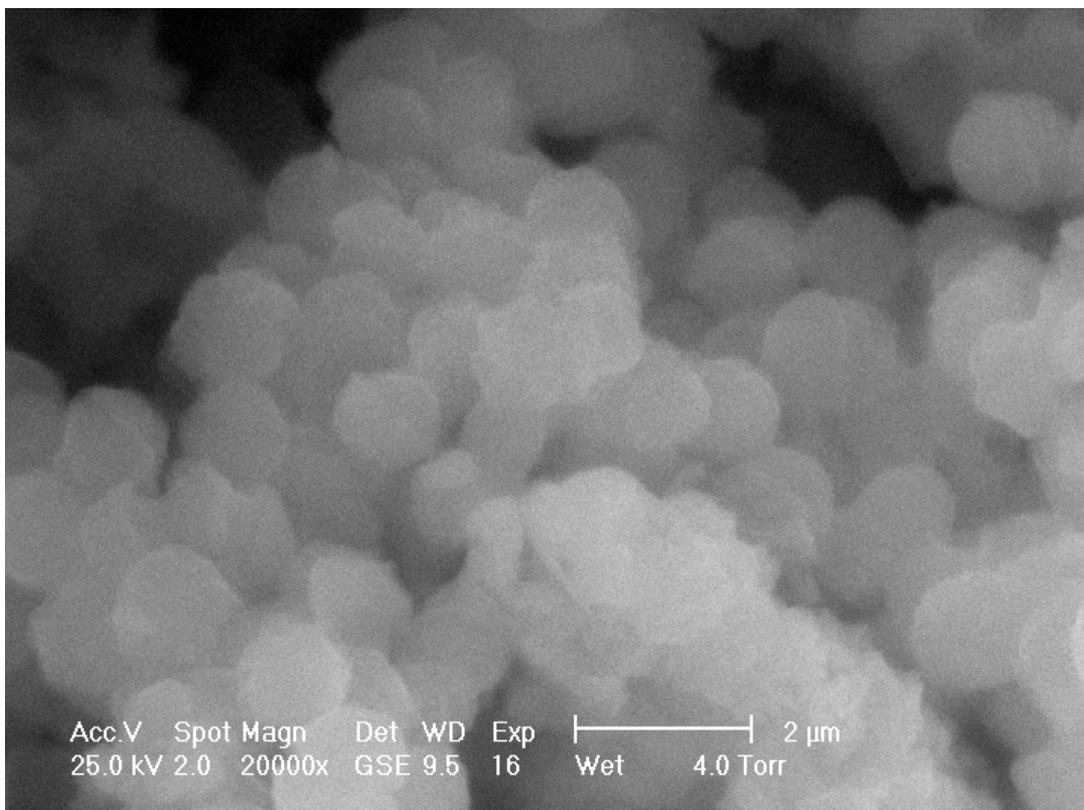


Probe M2



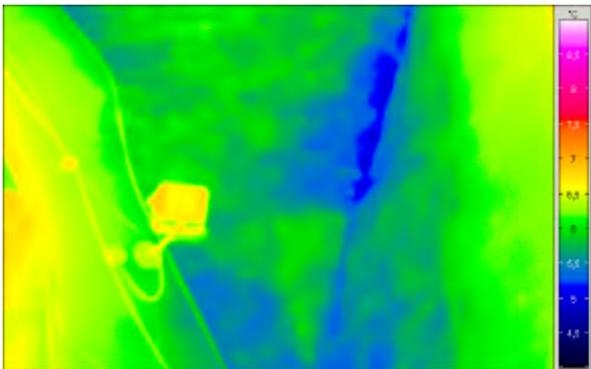
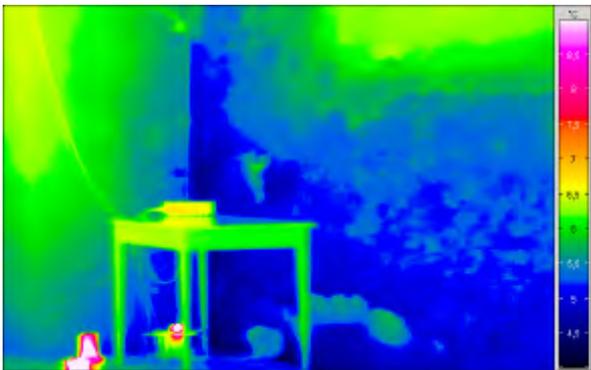
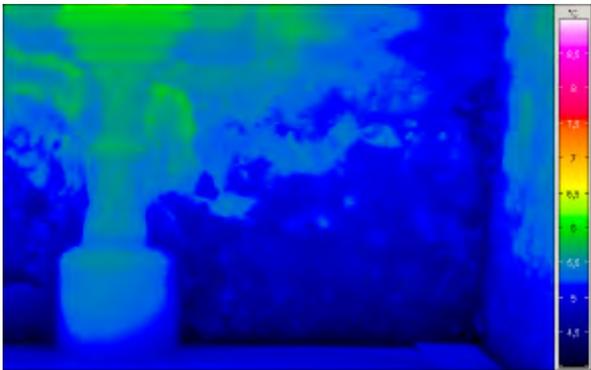
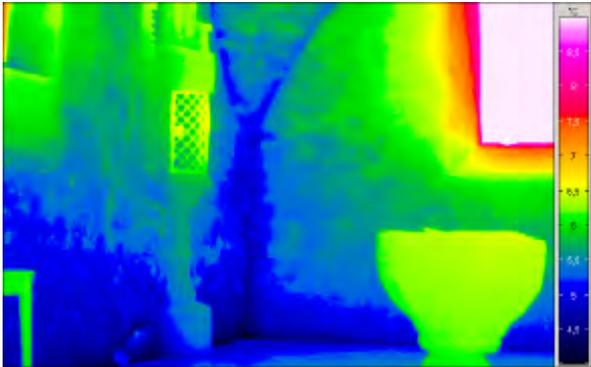


Detail Probe M2 (THR2-05): mikrobiologische Besiedlung

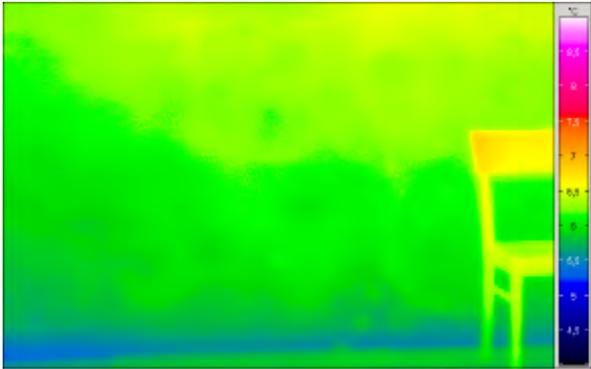
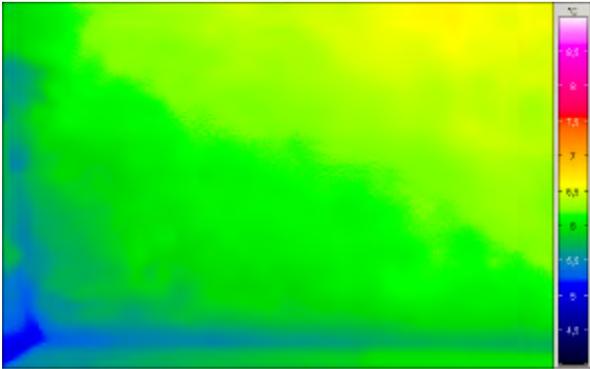


Bakterien

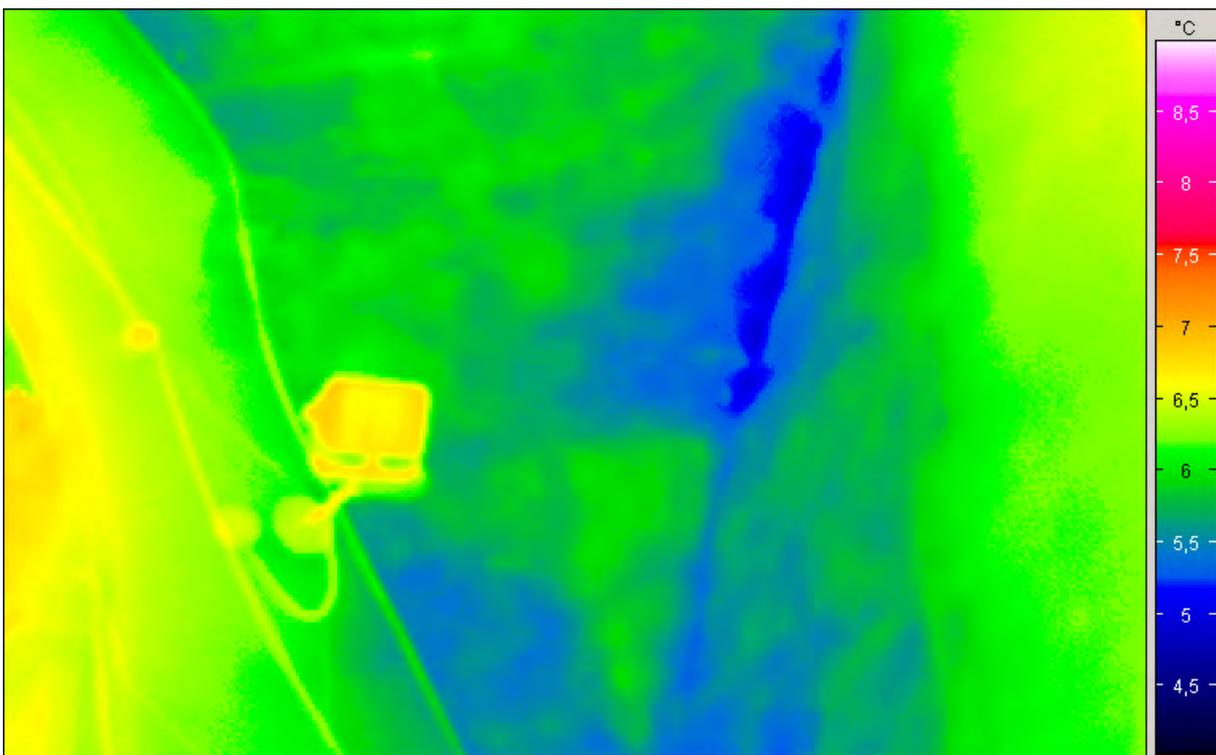
Dorfkirche Thierfeld
Infrarotthermografie 14.04.03



Dorfkirche Thierfeld
Infrarotthermografie 14.04.03



Dorfkirche Thierfeld Temperaturverteilung im Gewölbe





Institut für Diagnostik und Konservierung
an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V.

Bericht DD 12 / 2004

**Dorfkirche in Thierfeld
Begleitung der Restaurierung an mittel-
alterlichen Wandmalereien in der Babarakapelle**

DBU-Projekt: AZ 17565-45
2. Untersuchungsbericht

Berichterstattung:
Institut für Diagnostik und Konservierung
an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V.

Dr. rer. nat. Christoph Franzen
Dipl.-Ing. Stefan Weise

Dresden, den 16.02.2005

Seitenzahl einschl. Titelblatt: 19

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Ergänzung zum Bericht DD 06 / 2003	2
3	Evaluation der Salzverteilung mittels Kompressenauflagen	2
3.1	Experimenteller Untersuchungsansatz	2
3.2	Kompressenproben	3
3.3	Ergebnisse der Kompressenanalysen	4
4	Vorversuche zur Salzreduzierung	6
4.1	Salzreduzierungsproben	7
4.2	Ergebnisse der Vorversuche	10
4.3	Schlussfolgerungen	13
5	Bohrwiderstand	14
5.1	Prinzip der Bohrwiderstandsmessungen	14
5.2	Musterflächen des Festigungsapplikation	14
5.3	Auswertung der Festigungsuntersuchungen	15
5.4	Ergebnisse der Bohrwiderstandsmessungen	17
6	Literatur	18



Abb. 1. Blick auf die Ostwand der Kapelle (14.03.2003)

1 Einleitung

Im Rahmen der innovativen restauratorisch-technologischen Musterlösung zur Erhaltung der Übermalung aus dem 19. Jh in der Barbarakapelle der Kirche in Thierfeld fallen wegen der zeitweiligen Feuchtebelastung der Wände der Untersuchung und der Reduzierung der Salze an den Wandmalereien im Rahmen der Restaurierung eine besondere Rolle zu. Eine begleitende Untersuchung der Salzreduzierung ist unverzichtbarer Anteil der Arbeiten. Die Ergebnisse der Voruntersuchungen auf Salzbelastung mit Hilfe von Bohrmehlproben sind insbesondere im Bericht des IDK (DD 06 / 2003, LAUE) dargestellt. Im vorliegenden Untersuchungsbericht werden die Ergebnisse der Voruntersuchungen mit Hilfe von Kompressen und die Begleituntersuchungen zur Salzreduzierung diskutiert. Zudem werden die Ergebnisse der Bohrwiderstandsmessungen diskutiert, um ein adäquates Festigungsmittel anwenden zu können. Die Projektarbeiten werden durch die DBU (AZ 17565-45) gefördert.

2 Ergänzung zum Bericht DD 06 / 2003

Zu den Infrarotthermographieuntersuchungen, die im Bericht des IDK (DD 06 / 2003, LAUE) dargestellt werden, sollen hier einige interpretative Ergebnisse ergänzend bemerkt werden. Die Aufnahmen vom 14.04.2003 zeigen an der Nordwand im unteren Bereich Temperaturverteilungen an der Oberfläche zwischen 4°C und 6°C. An der Ostwand wurden im Bereich des Fensters Oberflächentemperaturen von etwa 8°C analysiert.

Dabei treten nicht ganz unerwartet die tiefsten Temperaturen am Anschluss der Wand zum Boden auf. Darauf folgen die Eckbereiche der Wände. Der Effekt der kalten Ecken setzt sich auch in das Gewölbe fort. An diesen, den kältesten Stellen kommt es in Falle einer Taupunktunterschreitung bevorzugt zur Kondensation. An diesen Kondensationsstellen kann es dann in der Folge bevorzugt zu Umwandlungen kommen. Das können biologische Besiedlungen mit Algen sein, oder aber chemische Reaktionen durch Lösen, Transportieren und Fällen wasserlöslicher Bestandteile wie Salze.

3 Evaluation der Salzverteilung mittels Kompressenauflagen

3.1 Experimenteller Untersuchungsansatz

Die stärksten Schäden, bei denen ein Zusammenwirken von Feuchte und Salzen am Schadensprozess vermutet werden kann, treten an der Nordwand auf. Daher wurden in diesem geschädigten Bereich auch Bohrungen erstellt, um die Salzgehalte bis in die Tiefe evaluieren zu können. Da dort Salzgehalte vorliegen, die eine Gefährdung für die Malerei darstellen und daher reduziert werden, stellt sich die Frage nach der Gefährdung der (noch) nicht so stark geschädigten Bereiche der Wandmalerei in der Kapelle. Da hier aber Bohrmehlentnahmen einen massiven Eingriff in die Substanz darstellen, muss hier mit einem weniger destruktiven Ansatz vorgegangen werden. Mit Hilfe von Zellstoffkompressen lässt sich eine Belastung mit löslichen Salzen abschätzen. Ein definiert ausgewähltes Profil kann Aufschluss über die räumliche Verteilung geben. Es liegt auf der Hand, dass auf diese Weise keine Aussagen über eine Tiefenverteilung gemacht werden können. Zudem müssen die Daten kritisch bewertet werden, da verschiedene Begleitparameter wie die Effektivität der jeweiligen Kompressen eine entscheidende Rolle bei der Werteentwicklung haben können.

3.2 Kompressenproben

Die Proben mit einer Kurzbeschreibung ihres Probepunktes sind in Tab. 1 aufgeführt. Die Kompressen überspannten eine Fläche von 10 x 10 cm. Die Lage der Kompressen wurde von Frau C. Limmer fotografisch und in Kartierungen festgehalten. Die Bereiche wurden vor Auflage der Kompressen mit trockenem Pinsel vorgereinigt, dann mit deionisiertem Wasser nachgereinigt; die Malschicht wurde mit säurefreiem Japanpapier abgedeckt und nur an den Rändern mit Klucel MF, 4%-ig fixiert; im Gewölbe wurden die Bereiche komplett mit Klucel fixiert. Als Kompressenmaterial kam ein Mischung aus Arbocel 1000 : Arbocel 2000 in deionisiertem Wasser im Verhältnis 1 : 1 zum Einsatz. Die Stärke der Kompressen an der Nord- und Südwand betrug ca. 0,7 – 1 cm, im Gewölbe ca 0,5 cm. Die Dauer der Applikation betrug etwa 20 Stunden in denen sie immer wieder angefeuchtet wurden.

Tab. 1 Kompressenproben des Salzprofils

Probe	Lokalität
S 1	Südwand, ca. 120 cm von SO-Eck S1: 50 – 60 cm
S 2	S2: 111 – 122 cm
S 3	S3: 172 – 182 cm
S 4	S4: 232 – 242 cm
S 5	S5: 300 – 310 cm
N 1	Nordwand, ca. 260 cm von SO-Eck N1: 50 – 60 cm
N 2	N2: 112 – 122 cm
N 3	N3: 170 – 181 cm
N 4	N4: 232 – 243 cm
N 5	N5: 297 – 310 cm
G 1	Gewölbe, SO-Trompe, östlicher Bereich G1: 19. Jhr.- Putz "heller" Bereich
G 2	G2: 19. Jhr.- Putz "verfärbter, dunkler" Bereich Bemerkung: Nachts herunter gefallen
G 3	G3: 13. Jhr.- Putz + 19. Jhr. – Malschicht

3.3 Ergebnisse der Kompressenanalysen

Die Ergebnisse der Basisuntersuchungen sind in Tab. 2 angegeben. Die Tab. 3 zeigt die Ergebnisse der quantitativen Salzuntersuchungen an den Kompressen.

Tab. 2 Basisergebnisse der Kompressen aus dem Profil

Probe	Einwaage	pH-Wert	Leitfähigkeit	Summe lösl. Bestandteile
	[g]	[-]	[$\mu\text{S}/\text{cm}$]	[g/m^2]
S 1	16,28	7,07	38	0,68
S 2	16,90	7,23	44	0,73
S 3	20,53	6,78	44	0,76
S 4	22,82	6,80	94	1,16
S 5	22,45	6,52	30	1,26
N 1	26,97	6,49	664	3,26
N 2	27,56	7,30	328	2,48
N 3	20,50	7,00	94	1,03
N 4	20,81	7,08	77	0,87
N 5	25,61	6,20	42	1,23
uG 1	11,83	6,74	53	1,15
G 2	11,54	6,55	106	0,67
G 3	12,76	6,62	34	0,60

Tab. 3 Quantitative Salzuntersuchungen an den Kompressen aus dem Profil

Probe	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻
	[g/m^2]	[g/m^2]	[g/m^2]				
S 1	0,10	0,05	0,05	0,13	0,00	0,13	0,01
S 2	0,20	0,05	0,02	0,14	0,00	0,09	0,01
S 3	0,15	0,10	0,02	0,13	0,00	0,10	0,01
S 4	0,75	0,25	0,03	0,20	0,05	0,09	0,01
S 5	0,35	0,15	0,02	0,12	0,00	0,10	0,01
N 1	10,50	4,00	0,05	0,44	4,75	0,74	1,24
N 2	5,00	2,50	0,11	0,36	2,50	0,45	0,04
N 3	2,50	1,50	0,04	0,15	0,35	0,22	0,02
N 4	0,55	0,05	0,03	0,17	0,40	0,18	0,02
N 5	0,15	0,05	0,01	0,18	0,00	0,19	0,02
G 1	0,28	0,04	0,00	0,09	0,12	0,10	0,02
G 2	0,68	0,04	0,01	0,16	1,44	0,10	0,01
G 3	0,24	0,04	0,02	0,09	0,00	0,10	0,02

Es zeigt sich deutlich die intensive Salzbelastung an der Nordwand, die von unten noch oben hin kontinuierlich abnimmt. Im direkten Vergleich dazu sind die Werte der Südwand und aus dem Gewölbe um eine Zehnerpotenz geringer. Innerhalb ihres Wertebereiches fallen aus der Südwand die Probe S 4 etwas, und aus dem Gewölbe die Probe G 2 auf. Unter Berücksichtigung der Größenordnung sind diese Schwankungen jedoch als unauffällig zu bezeichnen. Zudem ist Probe G 2 während der Applikation abgefallen und kann dadurch mit Schmutz kontaminiert sein.

Die Ergebnisse der Untersuchung unterstreichen deutlich die Notwendigkeit im unteren Teil der Nordwand in der Barbarakapelle eine Salzreduzierung durchzuführen. Hingegen wird für die andere Wandfläche die Gefährdung der Wandmalereien durch Salzschäden als gering eingeschätzt.

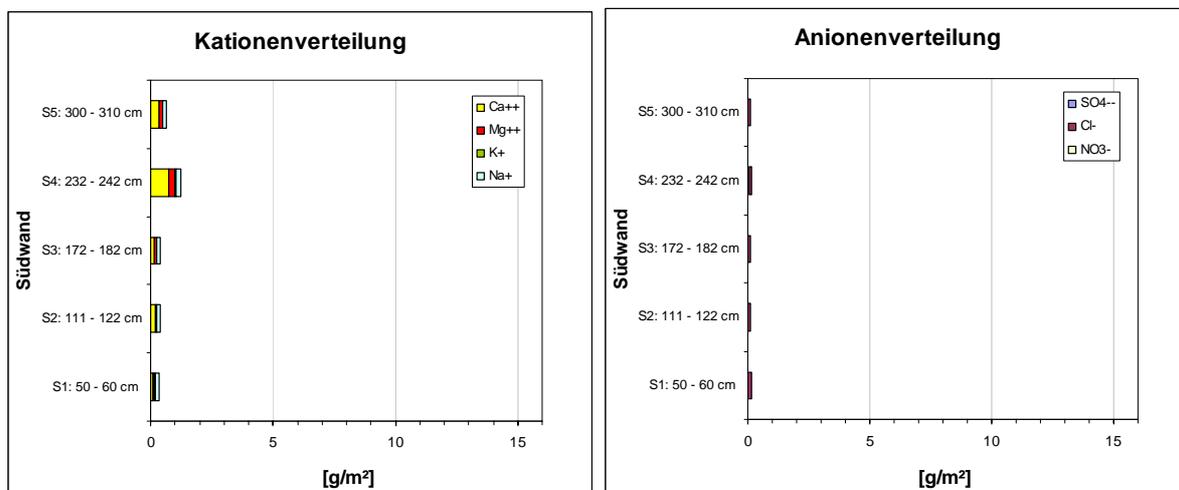


Abb. 2 Kat- und Anionenverteilung der Kompressen von der Südwand.

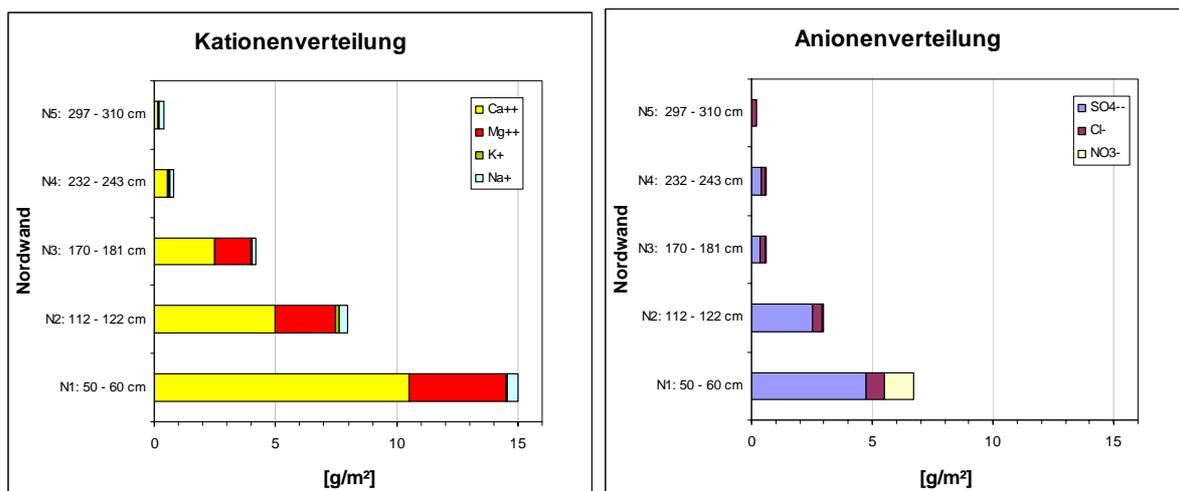


Abb. 3 Kat- und Anionenverteilung der Kompressen von der Nordwand.

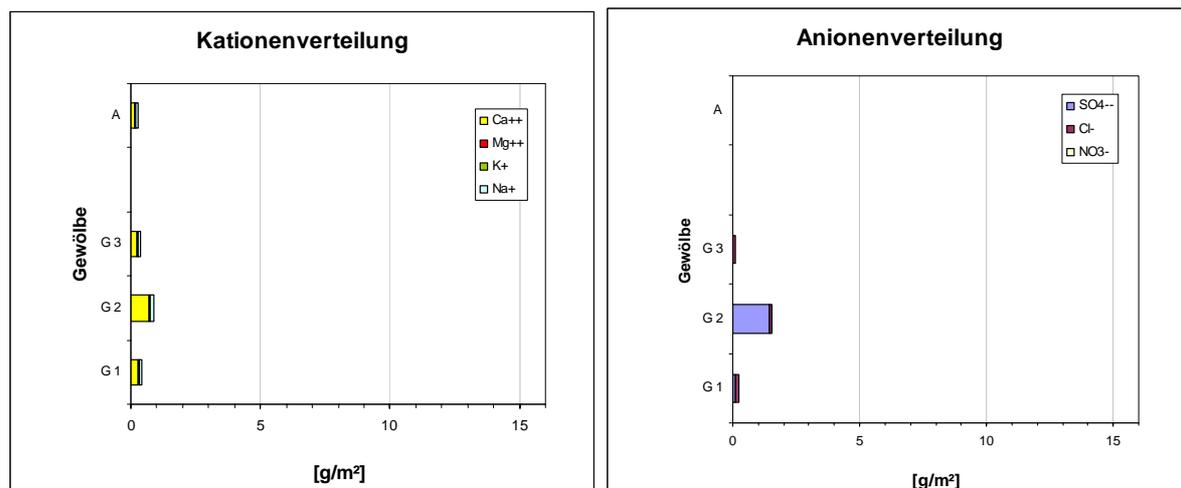


Abb. 4 Kat- und Anionenverteilung der Kompressen aus dem Gewölbe.

4 Vorversuche zur Salzreduzierung

Zur Untersuchung der Entsalzungseffektivität verschiedener Zusammensetzungen von Salzreduzierungsauflagen auf dem geschädigten Untergrund im inneren Sockelbereich der Kapelle brachte Frau Limmer drei Mischungen auf (vergl. auch Bericht Limmer). Die Probenbezeichnung folgt den Vorgaben von Limmer. Die drei verschiedenen Bereiche auf dem Sockelbereich der Nordwand wurden von links nach rechts mit A, B und C bezeichnet, die Mischungen durchnummeriert (Tab. 4 und Tab. 5).

Es kamen zwei Typen von Opferputz: ein Kalkputz und eine bentonithaltige Leichtzuschlagmischung und eine Zellulosekompressen zum Einsatz.

Tab. 4 Kurzbeschreibung der Untersuchungsstellen

Bezeichnung	Lokalität
A	Nordwand, Sockelbereich, direkt links von Sakramentshäuschen, 180 cm von Ostwand, Höhe: 40 cm; Breite 50 cm, Untergrund Putz des 19. Jhr. = Putzprobe: 5
B	Nordwand, Sockelbereich, nach Abnahme des Zementputzes, 150 cm von Westwand, Höhe: ca. 20 cm; Breite ca. 65 cm, Untergrund: Putz des 19. Jhr.; darunter z.T. Putz des 13. Jhr = Putzprobe 6
C	Nordwand, Sockelbereich, auf Abklebung, direkt bei Bohrloch von Putzprobe

Tab. 5 Materialzusammensetzung der Salzreduzierungsauflagen

Mischungsnummer	Kurzbezeichnung	Zusammensetzung
1	Kalkputz	4 RT Mauersand 1,2 RT Sumpfkalk Nach Anfeuchten angesetzt Dicke: 1,5 - 2 cm
2	Poraver	1,0 RT Bentonit 0,5 RT Cellulose 1,5 RT Poraver 0,25 - 0,5 mm 1,5 RT Quarzsand 0 - 2 mm Ca. 1,8 RT Wasser Nach Anfeuchten angesetzt Dicke: 1,5 - 2 cm
3	Arbocel	Arbocel 100 : Arbocel 1000 1 : 1 Dicke ca. 2 cm

4.1 Salzreduzierungsproben

Die unterschiedlichen Salzreduzierungstypen wurden nach einer Standzeit, die jeweils in Tab. 7 angegeben ist, abgenommen, beprobt und auf ihre Salzgehalte, die sie aufgenommen hatten untersucht. Die Proben sind in Tab. 6 und Tab. 7 aufgeführt und kurz beschrieben. Von den Kompressen wurden aufgrund der Möglichkeit der kurzen Standzeit drei Zyklen durchgeführt und alle drei Zyklen untersucht. In den Abb. 5 und Abb. 6 sind die Probestellen exemplarisch dokumentiert.

Tab. 6 Beschreibung der Proben zur Salzreduzierung

Probennummer	Entnahmeort	Material	Untergrund	Bemerkung
TF-1A-K	N-Wand li	Kalkputz	Putz	2 Tüten
TF-2A-K	N-Wand li	Poraver	Putz	1 blaue Tüte
TF-3A-I	N-Wand li	Arbocel	Malschicht	1 Glas
TF_3A_II	"	"		
TF_3A_III	"	"		
TF-1B-K	N-Wand mt	Kalkputz	Masch. + JpP	1 Tüte
TF-2B-K	N-Wand mt	Poraver	Masch. + JpP	2 Tüten
TF-3B-I	N-Wand mt	Arbocel	Masch. + JpP	1 Tüte
TF_3B_II	"	"		
TF_3B_III	"	"		

Tab. 6 Fortsetzung

Probennummer	Entnahmeort	Material	Untergrund	Bemerkung
TF-1C-K	N-Wand re	Kalkputz	Masch. + JpP	2 Tüten
TF-2C-K	N-Wand re	Poraver	Putz	4 Tüten
TF-3C-I	N-Wand re	Arbocel	Putz	1 Glas
TF_3C_II	"	"		
TF_3C_III	"	"		

Tab. 7 Angaben zu den Maßen und Zeiten der Proben

Probennummer	Anbringung	Abnahme	Δt [d]	Fläche A [cm ²]
TF-1A-K	03.10.2003	12.08.2004	314	200
TF-2A-K	03.10.2003	12.08.2004	314	560
TF-3A-I	28.07.2004	06.08.2004	9	400
TF_3A_II	06.08.2004	13.08.2004	7	400
TF_3A_III	13.08.2004	18.08.2004	5	400
TF-1B-K	03.10.2003	12.08.2004	314	113
TF-2B-K	03.10.2003	12.08.2004	314	165
TF-3B-I	28.07.2004	12.08.2004	15	304
TF_3B_II	12.08.2004	24.08.2004	12	304
TF_3B_III	24.08.2004	31.08.2004	7	304
TF-1C-K	03.10.2003	12.08.2004	314	324
TF-2C-K	03.10.2003	12.08.2004	314	447
TF-3C-I	28.07.2004	10.08.2004	13	396
TF_3C_II	11.08.2004	20.08.2004	9	396
TF_3C_III	20.08.2004	27.08.2004	7	396



Abb. 5 Dokumentation der Poraver-Mischung (li) und des Opferputz (re)



Abb. 6 Dokumentation der Arbocel-Zellulose-Kompressen

4.2 Ergebnisse der Vorversuche

Von den Salzreduzierungsproben wurden qualitative und quantitative Salzuntersuchungen durchgeführt. In den Konservierungswissenschaften ist es üblich und für die meisten Fragestellungen sinnvoll die Salzgehalte von Proben in Masseprozent bezogen auf die Probe auszugeben. Diese Einheit ist allerdings weniger aussagefähig bei Untersuchung zur Salzreduzierung, wenn nicht destruktiv das Originalmaterial nachuntersucht wird. Für Kompressen und Opferputzmaterialien hat es sich als günstiger erwiesen mit einem Flächenmaß der behandelten Fläche zu arbeiten. Die Ausgeben der Werte in g/m^2 wird auch im WTA-Merkblatt Kompressenentsalzung (2001) empfohlen. Die Überlegungen zu diesem Ansatz werden gerade an dieser Stelle besonders deutlich. Die drei verwendeten Mischungen zur Salzreduzierung haben dieselbe Aufgabe: die Entnahme löslicher Salze aus der Wand als wichtiger Schritt der Restaurierungsmaßnahme. Mit Rücksicht auf die Zusammensetzungen sind die Mischungen sehr unterschiedlich aufgebaut. Das spiegelt sich dann auch in den Massen wieder. Bei gleicher Effektivität im Bezug auf die Salzreduzierung würden sich die Salzgehalte ausgedrückt relativ zu den Massen unterschiedlich darstellen. Eine Mischung mit hohem spezifischem Gewicht hat im Massenvergleich weniger Salze aufgenommen als eine Mischung mit geringem spezifischen Gewicht. Dieses Problem lässt sich umgehen, indem die Ergebnisse auf die Fläche bezogen werden. Es wurden die abgedeckten Flächen der Proben dokumentiert. Diese Flächen sind Grundlage zur Auswertung der Proben.

Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen sind in den Tab. 8, Tab. 9 und Abb. 7 bis Abb. 9 dargestellt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die Vergleiche der Mischungen zueinander und die drei Zyklen der Entsalzung mit Arbocel-Zellstoff in den Abbildungen getrennt dargestellt.

Tab. 8 Ergebnisse der Basisuntersuchungen an den Probeflächenproben

Probe	Einwaage	pH-Wert	Leitfähigkeit auf 400 ml Eluat	Summe lösl. Bestandteile
	[g]	[-]	[μ S/cm]	[g/m ²]
TF-1A-K	610,2	7,1	752	15,25
TF-2A-K	1097,1	7,5	4665	35,26
TF-3A-I	55,2	6,1	660	12,00
TF_3A_II	50,6	6,4	498	4,17
TF_3A_III	52,9	6,2	426	3,31
TF-1B-K	283,3	7,5	558	25,18
TF-2B-K	244,9	7,9	1700	34,14
TF-3B-I	72,9	6,8	1654	23,48
TF_3B_II	43,2	6,4	726	6,96
TF_3B_III	72,3	6,6	720	9,51
TF-1C-K	852,7	7,7	1680	42,11
TF-2C-K	972,2	7,6	3920	13,06
TF-3C-I	55,4	6,7	1579	18,59
TF_3C_II	124,3	6,5	1614	18,51
TF_3C_III	58,6	6,0	936	6,81

Die Ergebnisse der Basisuntersuchungen (Tab. 8) belegen, dass in allen drei Musterflächen im Sockelbereich der Nordwand vergleichbare Belastungen an Versalzungen vorliegen. Die stark unterschiedlichen Einwaagen, zusammen mit etwas unscharf definierten Flächen erschweren etwas die Auswertung der Daten. Trotzdem lassen sich Trends identifizieren und interpretieren. Generell werden die pH-Werte als unauffällig eingestuft. Es fällt allerdings ins Auge, dass der Opferputz und die Poraver-Mischung ohne Ausnahme pH-Werte über 7 bis 7,6 und die Kompressen pH-Werte zwischen 6,0 und 6,8 aufweisen. Für den Opferputz liegt eine Erklärung für leichte Alkalität durch den Sumpfkalk auf der Hand. Die Poraver-Mischung sollte diesen Trend allerdings nicht nachzeichnen. Die Summe der wasserlöslichen Bestandteile variiert sehr stark. Im Labor wurden Probleme festgehalten ein klares Filtrat herzustellen. Die Leitfähigkeitswerte belegen aber ausgezeichnet die Belastbarkeit der Daten. Sie zeichnen die Werte der wasserlöslichen Bestandteile, die durch den Trockenrückstand bestimmt wurden sehr gut nach (Abb. 8). Die Leitfähigkeitswerte sind an dieser Stelle ein ausgezeichnetes Kontrollmedium.

An allen Musterflächen werden in allen drei Salzreduzierungsmaterialien die Anionengehalte dominiert von Sulfat. In den Flächen B und C lässt sich eine Nitratbelastung nachweisen, die an der Musterfläche A nicht gefunden werden kann. Die Poraver-Mischung zeigt schwach aber systematisch höhere Gehalte an Chlorid, als die beiden anderen Systeme.

Tab. 9 Quantitative Salzuntersuchungen der Opferputze und Kompressen

Probe	Ca ⁺⁺ [g/m ²]	Mg ⁺⁺ [g/m ²]	K ⁺ [g/m ²]	Na ⁺ [g/m ²]	SO ₄ ⁻⁻ [g/m ²]	Cl ⁻ [g/m ²]	NO ₃ ⁻ [g/m ²]
TF-1A-K	1,50	1,20	0,06	0,11	2,10	0,44	0,12
TF-2A-K	0,54	0,21	0,20	9,25	2,68	0,86	0,10
TF-3A-I	0,81	0,19	0,02	0,21	2,13	0,09	0,03
TF_3A_II	0,76	0,06	0,01	0,10	2,10	0,05	0,00
TF_3A_III	0,56	0,06	0,01	0,13	1,70	0,05	0,00
TF-1B-K	2,13	1,24	0,11	0,19	3,02	0,25	0,34
TF-2B-K	1,33	0,48	0,64	13,95	6,42	1,03	0,92
TF-3B-I	5,43	1,48	0,05	1,05	4,93	0,42	0,82
TF_3B_II	1,37	0,16	0,02	0,24	3,16	0,15	0,04
TF_3B_III	1,61	0,13	0,02	0,31	4,08	0,11	0,03
TF-1C-K	2,04	1,39	0,13	0,51	3,80	0,77	0,26
TF-2C-K	0,72	0,27	0,24	9,53	3,14	1,25	0,21
TF-3C-I	3,41	1,52	0,05	0,45	3,22	0,41	0,74
TF_3C_II	4,55	0,30	0,05	0,48	5,30	0,37	0,35
TF_3C_III	1,23	0,14	0,02	0,32	3,41	0,15	0,05

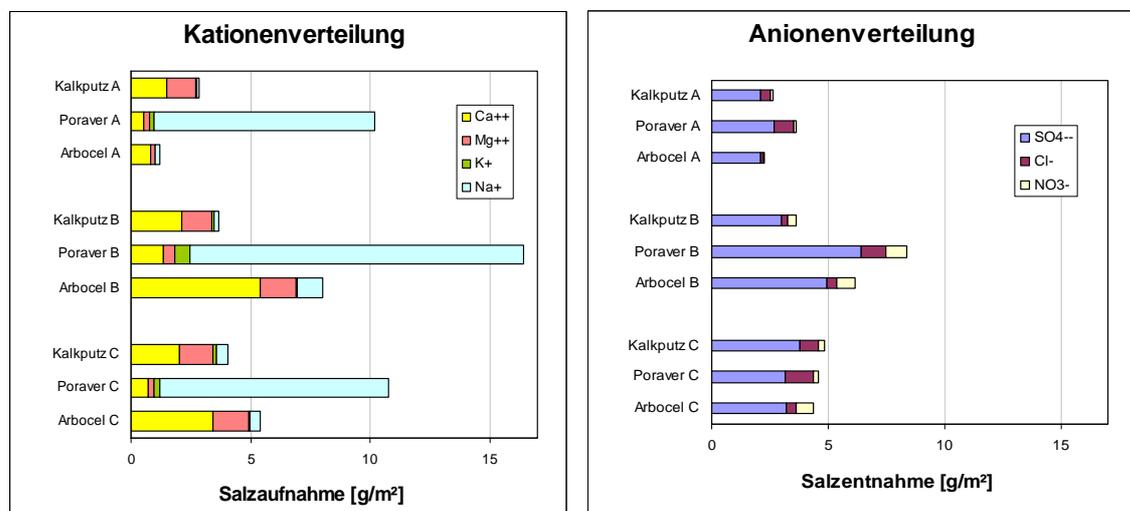


Abb. 7 Kationen- und Anionenverteilung in den Voruntersuchungsproben.

Bei den Kationen werden sehr unterschiedliche Verteilungen gemessen. Alle Mischungen beinhalten lösliches Calcium. Aber auch Magnesium wird in unterschiedlichen Konzentrationen nachgewiesen. Besonders auffällig sind die außergewöhnlich hohen Gehalte an Natrium in den Proben der Poraver-Mischung, wie sie in den anderen untersuchten Proben nicht gefunden werden.

Die Calciumanteile sind unkritisch und stammen zusammen mit dem Sulfat wahrscheinlich aus Gips. Die Magnesiumanteile belegen, dass hier eine Salzreduzierung die Gehalte an bauschädlichen Magnesiumsulfaten deutlich reduzieren kann.

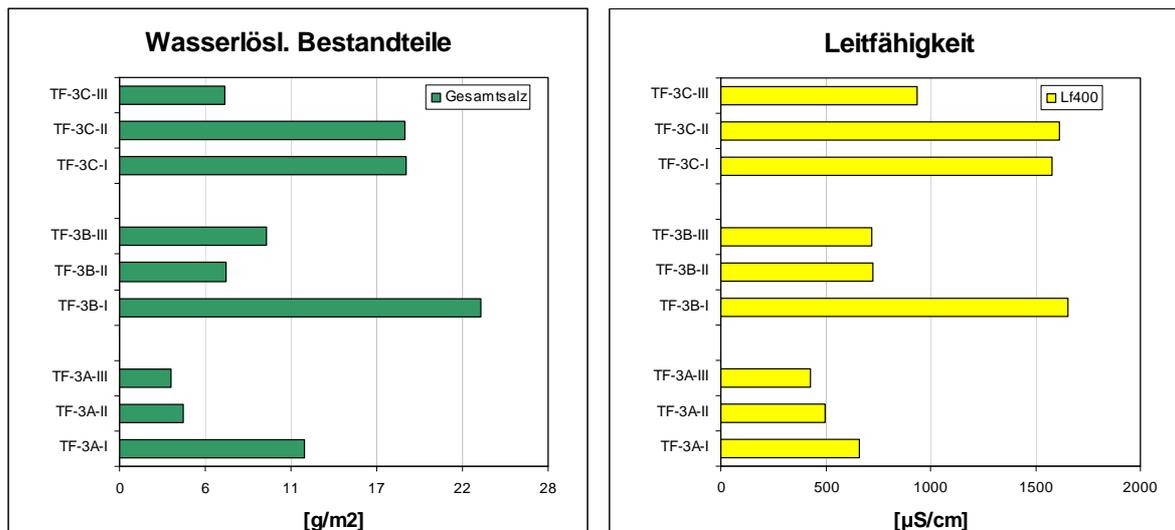


Abb. 8 Sowohl im Anteil an wasserlöslichen Bestandteilen als auch in der Leitfähigkeit zeigt sich in allen drei Musterflächen eine Abnahme der Werte vom ersten bis zum dritten Zyklus.

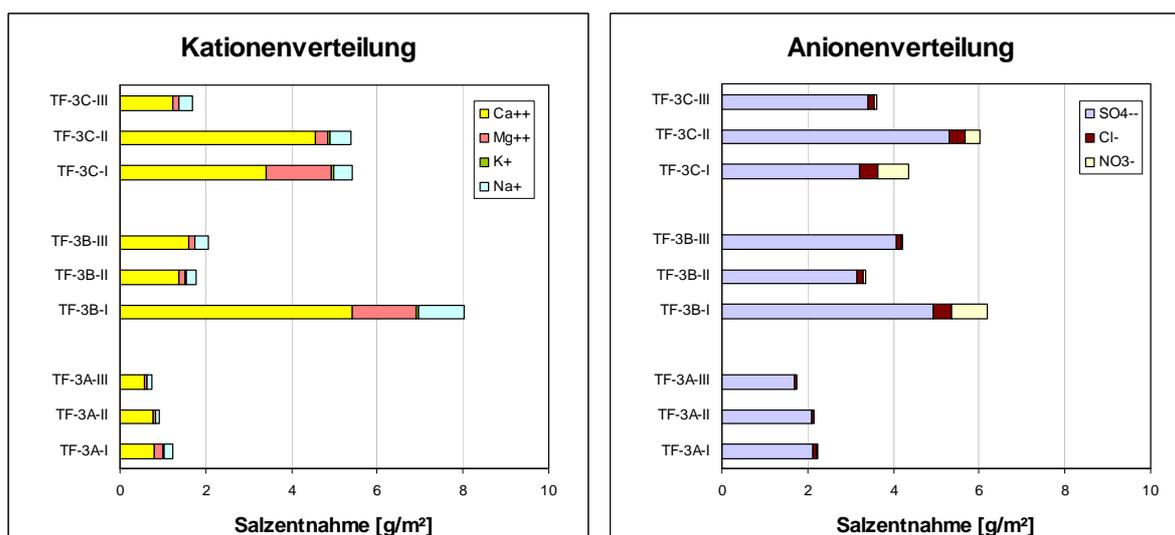


Abb. 9 Auch in den quantitativen Salzanalysen ist eine Abnahme insbesondere leichtlöslicher Bestandteile zu erkennen.

Die drei Kompressenzyklen sind zwar in sich sehr unterschiedlich folgen aber dem selben Trend. Unterschiedlich sind die Nitratgehalte, die in Fläche A gar nicht auftauchen und in den Flächen B und C deutlich reduziert werden. Auch die Anteile an Magnesium sind in der je ersten Komresse am größten und nehmen dann drastisch ab. Die Gesamtgehalte an lösliche Salzen nehmen mit zunehmender Zykluszahl ab.

4.3 Schlussfolgerungen

Die besten Ergebnisse zeigt die Anwendung von Zellstoffkompressen für die Salzreduzierung. Auch wegen der Möglichkeit in einem überschaubaren Zeitraum drei vollständige Zyklen erfolgreich durchführen zu können ist ein positives Argument für die Anwendung dieses Systems. Für die auffälligen Natriumanteile in der Poraver-Mischung muss noch eine Erklärung gesucht werden.

5 Bohrwiderstand

5.1 Prinzip der Bohrwiderstandsmessungen

Die Untersuchungen wurden mit dem Bohrwiderstand-Meßgerät DURABO durchgeführt. Das Prinzip des Bohrwiderstand-Meßverfahrens selbst ist relativ einfach: Unter konstanten Bedingungen, wie Bohrer-geometrie, Rotationsgeschwindigkeit und Anpreßkraft wird ein Bohrer mit 3 mm Durchmesser in das zu untersuchende Steinmaterial getrieben. Die Eindringgeschwindigkeit wird durch einen mit dem Gerät gekoppelten Schreiber kontinuierlich registriert (siehe Abb. 10).

Bei der Auswertung der Schreiberdaten am Computer wird für beliebig wählbare Abschnitte des Bohrweges der Bohrwiderstand mit der Dimension s/mm berechnet:

$$B_i(\Delta s) = \frac{\Delta p}{\Delta s \cdot v_s} - \alpha \sqrt{t_i}$$

B_i ... Bohrwiderstand in s/mm im Profilabschnitt i

Δs ... Bohrtiefenabschnitt in mm

Δp ... Vorschub des Schreiberpapiers in mm

v_s ... Schreibergeschwindigkeit in mm/s

α ... Abriebbeiwert in $s/mm \cdot s^{-0,5}$

Dabei wird der an der Bohrspitze stattfindende Abrieb in Abhängigkeit von der Bohrzeit berücksichtigt. Im Ergebnis erhält man ein Bohrwiderstandsprofil, anhand dessen Aussagen über den Gefügestand getroffen werden können. Das Bohrwiderstandsmessverfahren eignet sich insbesondere für die Ausführung von Relativmessungen, d.h. an Musterflächen werden Vor- und Nachmessungen zur Beurteilung des Festigungserfolges ausgeführt.

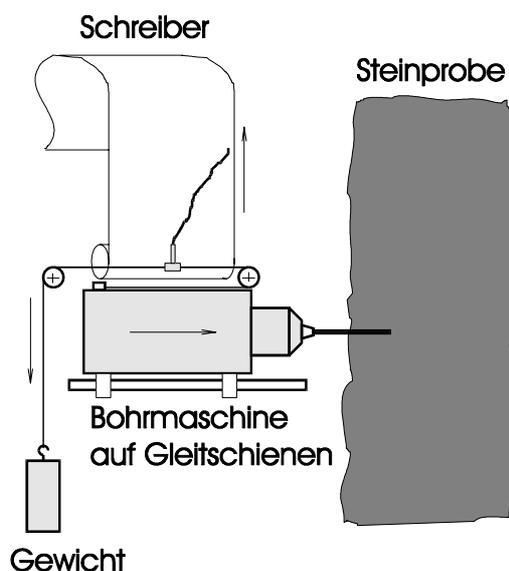


Abb. 10. Prinzipdarstellung der Bohrwiderstandsmessung (aus DD10/2003).

5.2 Musterflächen des Festigungsapplikation

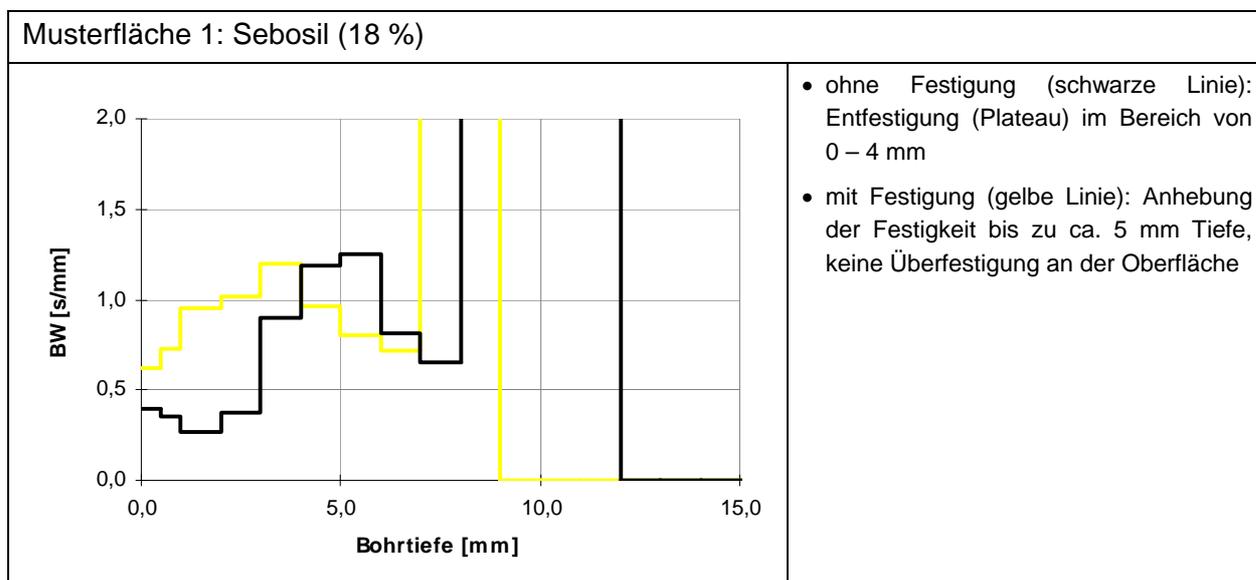
In Thierfeld wurden an der Nordwand im historischem Putz vier Musterflächen zur Erprobung von Festigungsmitteln angelegt. Die Musterfläche ist in Abb. 11 dargestellt. Zum Einsatz kamen dabei Steinfestiger der Fa. Remmers Funcosil 100 und 300, der Fa. Kallies Feinchemie Sebosil (18%) und als Versuchsprodukt Calciummethanolat. Auf einer Fläche von 6 x 6 cm² wurden je 3 ml Substanz in zwei Arbeitsgängen appliziert. Auf Grund der historischen und wertvollen Substanz wurde pro Musterfläche jeweils nur eine Bohrung als Vormessung und eine Bohrung als Nachmessung ausgeführt. Es wurde ohne Einsatz der Schlagfunktion, mit 1 kg Anpreßdruck und der langsamen Schreibergeschwindigkeit gearbeitet. In Anbetracht der geringen statistischen Absicherung der Messwerte und der Inhomogenitäten im Putz selbst (Größtkorn bis 4 mm) bestand die Gefahr, dass die Messkurven nicht eindeutig ausgewertet werden können.



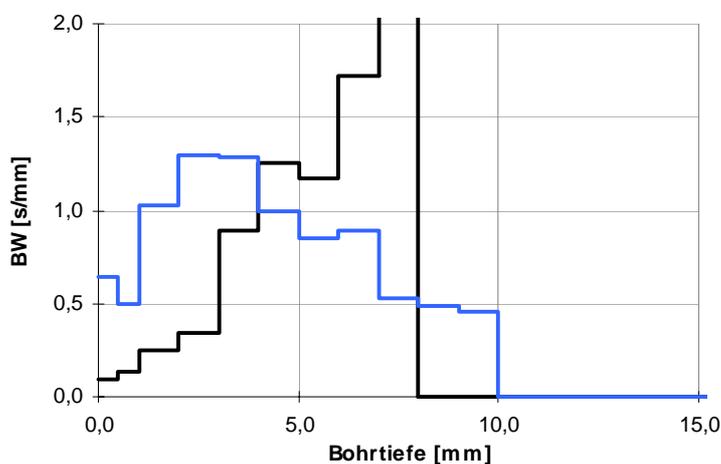
Abb. 11 Fotodokumentation der Bohrwiderstandmessungen in der in vier Quadranten unterteilten Musterfläche

5.3 Auswertung der Festigungsuntersuchungen

Die Ergebnisse der Bohrwiderstandmessungen werden im folgenden für jede Musterfläche einzeln ausgewertet. Bei der Musterfläche 1 (Sebosil) war eine leichte Farbintensivierung, bei den Musterflächen 2 und 3 (Funcosil 100 und 300) eine marginale Farbintensivierung feststellbar. Die Musterfläche 4 (Calciumethanolat) zeigte weiße Ausblühungen auf der Oberfläche.



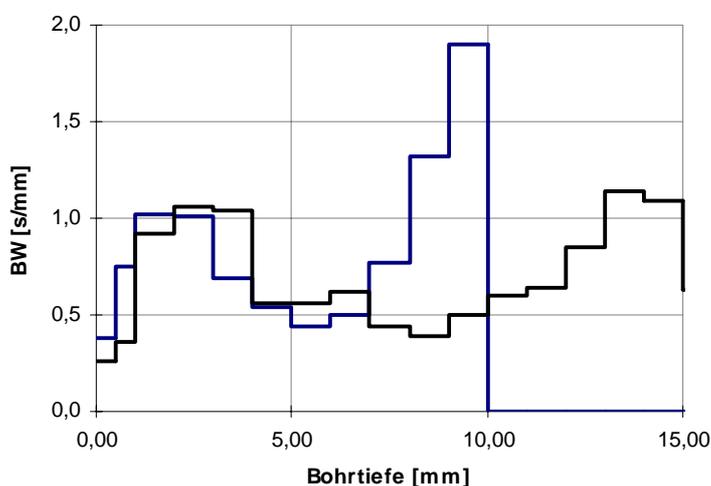
Musterfläche 2: Funcosil 300



- ohne Festigung (schwarze Linie): deutliche Entfestigung im Bereich von 0-3 mm, danach Anstieg auf „normales Niveau“, nochmaliger Anstieg ab 6 mm ist auf schlechten Bohrmehltransport zurückzuführen
- mit Festigung (hellblaue Linie): Anhebung der Festigkeit im Bereich der Mürbzone ohne Überfestigung der Oberfläche

Bemerkung: deutlich unterschiedlicher Verlauf des BW-Profiles nach 6 mm ist auf die reduzierte Anzahl der Messpunkte und und der damit verbundene hohe Einfluss von lokale Unterschiede (Mürbzone / Hohlstelle nach 6 mm bei der Nachmessung) zurückzuführen

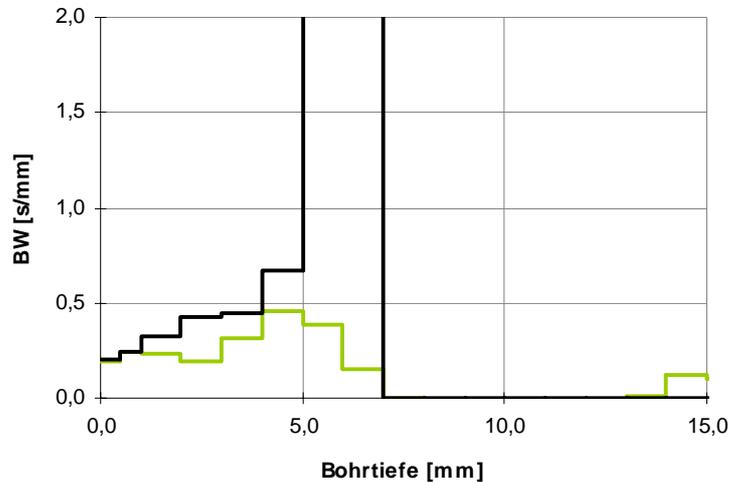
Musterfläche 3: Funcosil 100



- ohne Festigung (schwarze Linie): oberflächennahe Entfestigung bis ca. 2 mm danach festere Zone von 2 - 4 mm mit anschließender Mürbzone
- mit Festigung (dunkelblaue Linie): keine wesentliche Änderung des Festigkeitsprofils, keine Überfestigung an der Oberfläche, Anstieg der Festigkeit nach 8 mm ist auf schlechten Bohrmehltransport zurückzuführen

Bemerkung: durch die festere Zone im oberflächennahem Bereich sehr ungünstige Voraussetzung für die Überprüfung des Festigungserfolges

Musterfläche 4: Calciummethanolat



- ohne Festigung (schwarze Linie): deutlich entfestigter Bereich bis ca. 5 mm, darauf folgender Anstieg der Festigkeit ist wahrscheinlich auf das Auftreffen auf ein Zuschlagskorn zurückzuführen
- mit Festigung: keine nachweisbare Wirkung

5.4 Ergebnisse der Bohrwiderstandsmessungen

Als Fazit lassen sich folgende Schlüsse ziehen: Sebosil und Funcosil 300 zeigen hinsichtlich Festigungsgrad und Eindringtiefe nahezu identische Festigungserfolge. Funcosil 100 hatte ungünstige Voraussetzungen, es ist aber eine geringere Festigung als bei Funcosil 300 infolge der niedrigeren Gelabscheidungsrate zu erwarten. Calciummethanolat zeigte keine Festigungswirkung und führte zur Bildung eines weißen Schleiers (weißen Ausblühungen), die wahrscheinlich auf das Ausfällen von Calciumcarbonat an der Oberfläche zurückzuführen sind. Es ist für diesen Anwendungsfall nicht geeignet.

6 Literatur

- LAUE, S. (2003), Konservierung feuchte- und salzgeschädigter mittelalterlicher Wandmalereien in der Barbarakapelle zu Thierfeld - unveröffentl. Bericht IDK DD 06/2003, Dresden 40 Seiten.
- LAUE, S., PFEFFERKORN, ST., (2003) Untersuchungen zum Verwitterungszustand des Natursteinmaterials am Chor der Frauenkirche in Grimma und Empfehlungen zur Konservierung unveröffentl. Bericht IDK DD 10/2003
- PFEFFERKORN, ST. (1998): Auswertung von Untersuchungen mit dem Bohrhärte-Prüfgerät an Gesteinen mit makroskopisch inhomogenen Gefüge - Jahresberichte Steinzerfall - Steinkonservierung Band 6, 1994-1996, S. 105 – 112.
- PFEFFERKORN, ST. (1998): Untersuchungen zur Abschätzung des Einflusses des Bohrerverschleißes auf das Ergebnis der von Bohrwiderstandsmessungen. - Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzung, 4. Jahrgang, S. 467-478,
- SIEDEL, H. (1997), Untersuchungen zur Salzbelastung und deren Ursachen im Chor der Kirche zu Thierfeld.- unveröffentl. Bericht IDK DD 07/97, Dresden, 10 Seiten.
- STEIGER, M., DANNECKER, W. (1998): Die Bedingungen für die Kristallisation verschiedener Salzhydrate am Beispiel Thenardit/Mirabilit. In R. Snethlage, Ed. Jahresberichte Steinzerfall – Steinkonservierung 1994-1996, 6, Ernst & Sohn, Stuttgart, 123-133.
- STEIGER, M., NEUMANN, H.-H., GRODTEN, T., WITTENBURG, C., DANNECKER, W. (1998): Salze in Natursteinmauerwerk - Probennahme, Messung und Interpretation. In R. Snethlage, Ed. Denkmalpflege und Naturwissenschaft, Natursteinkonservierung II, Stuttgart, 61-91.
- WTA-MERKBLATT „Kompressenentsalzung“ (2001): WTA-Merkblatt E 3-13-01/D: Zerstörungsfreies Entsalzen von Naturstein und anderen porösen Baustoffen mittels Kompressen, Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.



Institut für Diagnostik und Konservierung
an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V.

Bericht DD 18 / 2005

**Dorfkirche in Thierfeld
Abschließende Bewertung der natur-
wissenschaftlichen Begleituntersuchungen**

DBU-Projekt: AZ 17565-45
3. Untersuchungsbericht

Berichterstattung:
Institut für Diagnostik und Konservierung
an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V.

Dr. rer. nat. Christoph Franzen

Dresden, den 31.12.2005

Seitenzahl einschl. Titelblatt: 13

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Bauliche Maßnahmen	4
3	Klimakontrolle	6
4	Referenzflächen	7
5	Nachuntersuchung zur Salzbelastung	8
6	Beantwortung des Fragenkatalogs	9
6.1	Benennung der Schadprozesse	9
6.2	Effloreszenzen	10
6.3	Intensität der Schadensprozesse	10
6.4	Feuchte- und Salzreduzierende Maßnahmen	10
6.5	Raumklima	10
6.6	Kondensation	10
6.7	Raumklimareaktion	11
6.8	Zustandsbeschreibung	11
7	Zusammenfassung und Bewertung	11
8	Literatur	12



Abb. 1. Dorfkirche in Thierfeld, Außenansicht.

1 Einleitung

Im Rahmen einer Diplomarbeit (LIMMER, 2000) und erster naturwissenschaftlicher Untersuchungen (SIEDEL, 1997) konnten schon vor Beginn dieses Projektes wichtige Erkenntnisse über den Aufbau der Malerei und die Schadensproblematik erarbeitet werden. Grundlegende Fragen zum Umgang mit dem feuchte- und salzbelasteten Mauerwerk und der Problematik der Übermalung sind aber aufgeworfen worden, die im Forschungsteil eines Restaurierungsprojektes vertieft und bearbeitet worden. Diese Fragen wurden zu Beginn des Projektes im ersten Projektbericht (LAUE 2003) aufgestellt. Diese wichtigen Fragen, die sich an einem nachhaltig orientierten, denkmalpflegerisch korrektem Vorgehen orientieren, werden hier wiederholt. Im abschließenden Teil dieses Endberichtes soll auf jede dieser Fragen eingegangen werden, um zu prüfen ob eine Klärung der Umstände erreicht wurde.

- Welches sind die jeweiligen Schadensprozesse an den verschiedenen Wänden, die unterschiedlich mit Feuchte und Salzionen belastet sind?
- Welche Salze kristallisieren an welchen Stellen und führen zu welchen Schäden?
- Sind die zu ermittelnden Schadensprozesse von abnehmender Intensität oder gar anderer Form, wenn die bauphysikalischen Gegebenheiten an der Kapelle verbessert worden sind, z.B. nach Verbesserung Wasserableitung am Gebäude?
- Welche feuchte- und salzreduzierenden Massnahmen kommen für die spezielle Bauwerkssituation in Thierfeld in Frage und können denkmalpflegerisch vertretbar durchgeführt werden?
- Wie ist der Verlauf und die Abhängigkeit des Raumklimas in der Barbarakapelle (Chor) in Bezug zum Raumklima des Kirchenschiffs und zum Aussenklima?
- Findet Kondensation an den Wandoberflächen statt und wo genau?
- Wie reagiert die Wandmalerei und besonders die proteinhaltige Fassung der Übermalung des 19. Jh. auf das Raumklima bzw. auf das abgeschiedene Kondenswasser?
- In welchem Zustand befindet sich die Überfassung von 1897 und welche Konservierungsmöglichkeiten bestehen für diese?

Das Ziel war die Lösung der konservatorischen Problematik und die Aufklärung der Zusammenhänge zwischen der Schadensgenese im Inneren der Barbarakapelle und den klimatischen, geohydrologischen und peripheren baulichen Bedingungen und aller sonstigen Faktoren, die in der Konsequenz zur Schädigung der Wandmalereien beitragen.

Durch das Benennen der Schäden verursachenden Faktoren und der Lösung der betreffenden Probleme, konnte eine langfristig ausgelegte Restaurierung und Konservierung der Malereien durchgeführt werden. Die Projektarbeiten wurden durch die DBU (AZ 17565-45) gefördert.

2 Bauliche Maßnahmen

Die baulichen Maßnahmen wurden von Herr Markstein als Vertreter der Gemeinde in Thierfeld kontinuierlich geleitet, begleitet und zum Teil selbstständig ausgeführt. Wegen der großen Bedeutung für das gesamte konservatorische Vorhaben werden die Maßnahmen an dieser Stelle kurz dokumentiert. Die Abb. 2 bis Abb. 4 sollen dafür noch einmal die problematische Feuchtesituation außen an der Barabarakapelle, die auf den Bildern durch die deutlich sichtbaren dunklen Flecken auf dem Putz an der Fassade zum Ausdruck kommt, in Erinnerung rufen.



Abb. 2 Nordwand, östlicher Teil von außen



Abb. 3 Ostwand außen



Abb. 4 Südwand, östlicher Teil

Die Bilder machen deutlich, dass eine nachhaltige Konservierung der Wandmalereien im Inneren der Kapelle ausschließlich mit begleitenden Maßnahmen zur Verbesserung der Feuchtesituation im Außenbereich sinnvoll war. Die Außenarbeiten bestanden aus folgenden Einzelmaßnahmen. Es wurde der schadhafte Außenputz im Schnitt bis zu einer Höhe von 1,5 m, an stark schadhafte Stellen auch höher, abgenommen (Abb. 5, Abb. 6). Auch die Zementverfugung im Sockelbereich wurde entfernt. Der neue offenporige Kalkputz wurde anschließend in drei Arbeitsschritten aufgetragen. Zuerst wurden die groben Löcher und Un-

ebenheiten mit dem Unterputzmaterial angeglichen. Dann wurde der Unterputz mit einem Mischungsverhältnis von 1 RT Kalkhydrat, 4 RT gemischtkörnigem gewaschenem Sand 0 – 4, 0 – 8 und 0,1 RT Zement angemischt und aufgetragen. Darauf wurde der Oberputz als Kellenzug aufgebracht. Der Oberputz hatte ein Mischungsverhältnis von 1 RT Kalkhydrat, 4 RT gewaschener Sand 0 – 2 und Zugabe von 8er Rundkorn und ebenso 0,1 RT Zement.

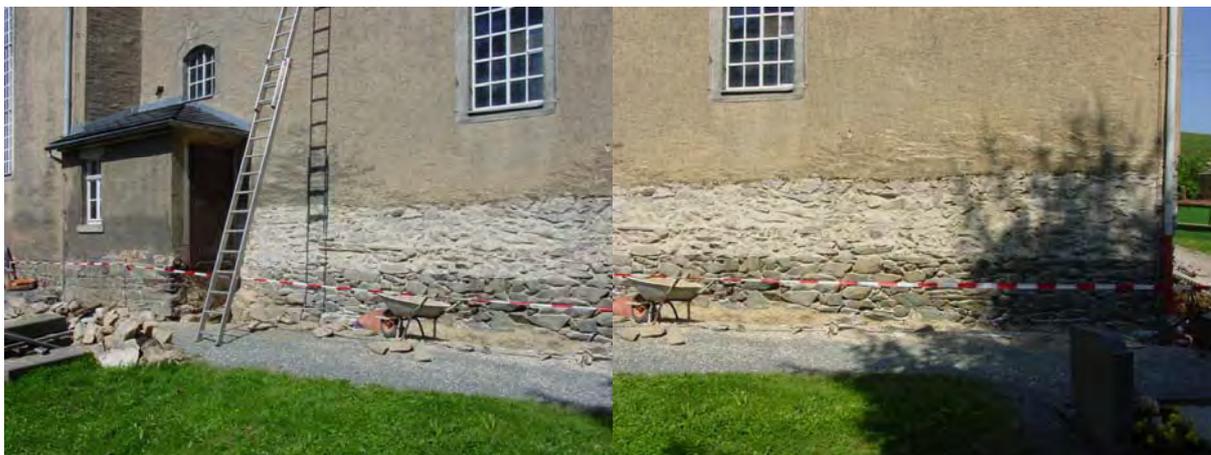


Abb. 5 Putzentfernung an der Südwand

Abb. 6 dito

Die Außenmauern wurden bis auf die Fundamentsohle freigelegt. Das stark zerklüftete Mauerwerk wurde in mehreren Arbeitsgängen mit Kalkmörtel verputzt bis zur Herstellung einer ebenen Oberfläche. In den Gräben wurde eine Drainage und Dachentwässerungsleitungen eingelegt (Abb. 7 bis Abb. 9). Eine lose angelegte Noppenbahn trennt das Mauerwerk von der Drainschicht, die von gewaschenem Grobkies ausgebildet wird.



Abb. 7 Drainage Nordwand



Abb. 8 Drainage Ostwand



Abb. 9 Drainage Südwand



Abb. 10 Grabungsarbeiten innen

Abb. 11 dito

Im Innenraum wurde der durchfeuchtete Fußboden entfernt, der Untergrund etwas 0,25 m tief ausgehoben. In diesem Zuge wurde auch ein betonierter Heizkanal entfernt. Abb. 10 und Abb. 11 dokumentieren die Grabungssituation. Die Schüttung erfolgte mit gewaschenem Rundkorn 8 – 16. Darüber wurde der neue Boden mit Ziegelplatten im Sandbett verlegt.

3 Klimakontrolle

Die klimatische Situation in der Kapelle, dem Kirchenschiff und außen wurde vom August 2002 bis zum August 2004 von Herrn Blechschmidt (Ingenieurbüro Bauphysik, Zwickau) erfasst, dokumentiert und ausgewertet (BLECHSCHMIDT 2004). Das Klima in der Barbarakapelle wird im Wesentlichen vom Außenklima bestimmt. Es wurden auch problematische Feuchtspitzen im Innenraum festgestellt. Diese führten rechnerisch zur Taupunktunterschreitung und somit zu Kondensation von Wasser an den Bauteiloberflächen bzw. Wandmalereien. Exemplarisch aufgestellte Trockengeräte konnten das Klima zu den problematischen Zeiträumen in der Barbarakapelle nur unwesentlich beeinflussen.

Zur Optimierung des Klimas in der Barbarakapelle wurde in der Kirche ein sensorgesteuertes Lüftungssystem (Fa. DRYTEC) installiert. Die Installation erfolgte im Durchgangsbereich, der die Barbarakapelle im dem Kirchenschiff verbindet. Zwei Sensoren erfassen das Außen- und das Innenklima. Die Daten werden in einem kleinen Rechner geloggt und verarbeitet. Unter Berücksichtigung einstellbarer Rahmenparameter steuert der Rechner die Lüftung durch einen Ventilator im Turm und das Öffnen und Schließen eines Fensters in der Sakristei. Das kontinuierlich arbeitendes System baut eine klimatische Situation im Kircheninnenraum auf, die auch eine Feuchtespitze durch Kirchennutzung puffern kann. Die Lüftung findet bewusst nicht in der Kapelle selbst sondern im Durchgangsbereich statt, da sich das Klima in der Kapelle langsam verzögert immer anpasst. Diese Kopplung verhindert klimatische Extremänderungen an den Wandmalereien.



Abb. 12 Klimamessfühler im Gewölbe

4 Referenzflächen

Mit Hilfe von Referenzflächen (Beobachtungsfeldern) wurde ein Monitoring zur Schadensentwicklung durchgeführt. An diesen Referenzflächen sollten Veränderungen der Oberflächen, z.B. die Kristallisation neuer Salze, beobachtet werden. In regelmäßigen Abständen wurden die Referenzflächen begutachtet. Insgesamt waren sieben Referenzflächen angelegt worden:

- Referenzfläche 1: Monitoring bzgl. Neukristallisation von Gips [$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$]
- Referenzfläche 2: Monitoring bzgl. Neukristallisationen von Nitrokalit [KNO_3]
- Referenzfläche 3: Monitoring bzgl. Ausdehnung der Vergrauung der Wandoberfläche
- Referenzfläche 4: Monitoring bzgl. Ausdehnung der Vergrauung der Wandoberfläche sowie der mikrobiologischen Besiedlung
- Referenzfläche 5: Monitoring bzgl. Schadensfortschritt an stark geschädigter Stelle
- Referenzfläche 6: Monitoring bzgl. Ausdehnung der Verdunklung der Maleroberfläche

Unter der Einschränkung, dass im Baufortschritt die Referenzflächen restauratorisch behandelt wurden und danach natürlich für die Beobachtung beispielsweise einer Progression der Vergrauung nicht mehr zur Verfügung standen, konnte an keiner Referenzfläche im Beobachtungszeitraum eine Ausdehnung des Schadens festgestellt werden. An den Referenzflächen 1 und 2 wurden keine neuen Salzausblühungen beobachtet.

5 Nachuntersuchung zur Salzbelastung

Für die Nachuntersuchung zur Salzbelastung wurde gegen eine erneute Bohrmehlprobenahme und für eine zerstörungsfreie, gering invasive Methode der erneuten Kompressenuntersuchung entschieden. Im Vergleich zu den vorliegenden Kompressendaten ist es so möglich, die noch vorhandene Salzbelastung der Wand abzuschätzen. Die Proben sind in Tab. 1 aufgeführt. Es handelte sich um Zellstoffkompressen in der Zusammensetzung, die für die Reduzierung der Salzbelastung im Rahmen der Restaurierungsmaßnahmen eingesetzt worden waren (FRANZEN 2004).

Die Probenliste zusammen mit einer kurzen Lokalitätsbeschreibung ist in Tab. 1 dargestellt. In Tab. 2 sind die Basisergebnisse der Laboruntersuchungen an den Kompressen aufgeführt. Unterschiedlichen Einwaagen sind auf unterschiedlich große Kompressen, auch in Bezug auf die abgedeckte Fläche zurück zu führen. Probe TF_KompN1 zeigt die höchsten Werte und auch noch einen als moderat hoch eingeschätzten Salzgehalt. Die Salzgehalte, die sich aus dem Eindampfrückstand des Eluates ablesen lassen, der anderen beiden Proben liegen in einem unauffälligen Bereich. Die pH-Werte liegen ebenfalls für alle Proben in einem unauffälligen Bereich.

Tab. 1 Probenliste

Probenliste		
Objekt:	Thierfeld, Barbarakapelle	
Probenbezeichnung	Untersuchungsstelle	Datum der Probenahme
TF_KompN1	270cm Nordwesteck, 52cm über OKF, auf Putz des 13. Jh. Mit Grundierungsresten, 39x38cm	Aug 05
TF_KompN2	194cm W- Wand, 2cm ü. OKF, auf Putz des 13Jh. Ohne Oberfläche, 13x14cm	Aug 05
TF_KompN3	270cm von W- Wand, 70cm ü. OKF, auf Putz des 13Jh. Mit Grundierungs- und Fassungsresten	Aug 05

Tab. 2 Basisergebnisse

Probe	Einwaage [g]	Fläche [cm ²]	Lf ₄₀₀ [µS/cm]	pH – Wert [-]	Eindampfrückstand [g/m ²]
TF_KompN1	357,5	1482	426	6,9	13,6
TF_KompN2	8,6	182	206	6,4	0,9
TF_KompN3	5,2	100	243	6,6	1,1

Tab. 3 enthält die Ergebnisse der Ionenbestimmung der Salze aus den Kompressen. Es zeigt sich, dass in der Kompressen TF_KompN1 noch alle untersuchten Ionen nachgewiesen werden können. Die Werte werden allerdings dominiert von Calcium und Sulfat. Diese beiden dürften zusammen aus Gips stammen. Gips ist ein schwerlösliches Salz, das aufgrund dieser Eigenschaft bei Kompressenentsalzungen immer nur in kleineren Anteilen entzogen werden kann.

Tab. 3 Ionengehalte

Probe	Anteile an löslichen Ionen in g/m ²							
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	Σ
TF_KompN1	1,9	0,4	3,4	2,1	3,5	0,4	0,6	12,3
TF_KompN2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,6
TF_KompN3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,7

Die Nachuntersuchung mit Hilfe von Kompressen zeigt, dass die Werte im Vergleich zu den Voruntersuchungen mit Kompressen und den eigentlichen Salzreduzierungskompressen deutlich gesunken sind. Die sich daraus ableitenden noch vorhandene Salzbelastung sollte zusammen mit dem stabilisierten Raumklima keine starke Zerstörung der Wandmalerei durch lösliche Salze erwarten lassen.

6 Beantwortung des Fragenkatalogs

Die Fragen, die im Bericht von LAUE (2003) zu Beginn des Projektes gestellt wurden, werden hier alle wiederholt und einzeln diskutiert, um die Zielgenauigkeit der Untersuchungen im Laufe des Projektes zu überprüfen und mögliche Schwachstellen aufzuzeigen. Die einzelnen Untersuchungsergebnisse, die das Beantworten der Fragen möglich machen, sind in den Zwischenberichten dokumentiert und diskutiert.

6.1 Benennung der Schadprozesse

Welches sind die jeweiligen Schadensprozesse an den verschiedenen Wänden, die unterschiedlich mit Feuchte und Salzionen belastet sind?

Die Schadensprozesse sind komplex. Der erhöhte Feuchteanteil in der Oberfläche, sei es durch Kondensation oder Feuchtwanderung durch die Mauer hindurch, führt zu einer bevorzugten Deposition von Teilchen an diesen Wandbereichen. So kommt es einmal durch den Feuchteanteil selber zu einer Abdunkelung dieser Stellen, die aber reversibel wäre. Wenn sich der Feuchtegehalt wieder erniedrigt hat, sollten die betroffenen Stellen wieder trocken, also heller aussehen. Aber die Deposition von Staubteilchen und Rußpartikeln führt zu einer anhaltenden Verdunkelung. Über die wenn auch geringe, aber theoretisch denkbare leichte 'Anlösung' der Oberflächenschicht durch das Wasser kommt es zu einem 'Verbacken' der Teilchen mit der Oberflächenschicht. Insbesondere wenn Gips, wenn auch in geringen Anteilen, vorliegt, kann es dann zu diesem 'Verbacken' der Schmutzschicht kommen. Zudem kann ein erhöhter Anteil von Feuchte in der Oberflächenschicht diese im Vergleich zum trockenen Zustand destabilisieren. Eine feuchte Oberfläche ist damit für andere Schadensprozesse anfälliger als eine trockene.

Die Feuchte, die durch die Mauer eingetragen wird und an der Oberfläche verdunstet, nimmt auf ihrem Weg lösliche Ionen auf. Diese fallen dann an der Verdunstungsgrenze aus. Das Ausfällen kann eine Kristallisation von Salzen zur Folge haben. Diese liegen zum Teil als Effloreszenzen an der Oberfläche vor. Es wurden Effloreszenzen von Gips und Nitrokalit an verschiedenen Stellen der Wandmalerei an der Nordwand gefunden. Schlimmer aber wiegt die Kristallisation von Salzen, die eine Ablösung der Oberflächenschichten zur Folge hat. Dabei können hier verschiedene Horizonte der Ablösung definiert werden. Es kann die Übermalung von 1897 abgelöst werden. Das entspricht einer Selbstfreilegung der romani-schen Malerei. Es kann aber auch das Malschichtpaket mit beiden Schichten durch die Salze

abgedrückt werden und der originale Putz kommt an die Oberfläche. Oder aber die Grenzschicht zur Ablösung liegt im Putz und es werden Putzfragmente abgestoßen. Die Lage der Ablösungsgrenze wird dabei definiert vom Verdunstungshorizont und dem Übersättigungspunkt der Salzlösung.

Liegen Salze in der oberflächennah vor, können sie je nach Salzart hygroskopisch wirken. Das heißt sie halten die Feuchte länger in der Schicht, was wiederum zu den oben diskutierten Folgen wie Verdunkelung, Depositionsbegünstigung, Destabilisierung und auch die Grundlage für eine mikrobiologische Besiedlung sein kann. Mikroorganismen halten sich nur auf einem feuchten Grund. Die Auswertung der mikrobiologischen Untersuchungen ist dem Bericht von Frau Petersen zu entnehmen.

6.2 Effloreszenzen

Welche Salze kristallisieren an welchen Stellen und führen zu welchen Schäden?

Es wurden Ausblühungen von Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) und Nitrokalit (KNO_3) an verschiedenen Stellen der Wandmalerei an der Nordwand gefunden. Gips wurde im Zusammenhang mit Malschichtlösung, Nitrokalit an einer verdunkelten Stelle angetroffen.

6.3 Intensität der Schadensprozesse

Sind die zu ermittelnden Schadensprozesse von abnehmender Intensität oder gar anderer Form, wenn die bauphysikalischen Gegebenheiten an der Kapelle verbessert worden sind, z.B. nach Verbesserung Wasserableitung am Gebäude?

Die Referenzflächenbegutachtung belegt die abnehmende Intensität der Schäden als direkten Folgen der bauphysikalischen Gegebenheiten.

6.4 Feuchte- und Salzreduzierende Maßnahmen

Welche feuchte- und salzreduzierenden Massnahmen kommen für die spezielle Bauwerkssituation in Thierfeld in Frage und können denkmalpflegerisch vertretbar durchgeführt werden?

Feuchtereduzierend durch bauliche Veränderungen im Außenbereich. Auch der offenporige Neuputz hat dabei zu einer Verbesserung beigetragen.

6.5 Raumklima

Wie ist der Verlauf und die Abhängigkeit des Raumklimas in der Barbarakapelle (Chor) in Bezug zum Raumklima des Kirchenschiffs und zum Aussenklima?

Das Klima in Kircheninnenraum wird im Wesentlichen vom Außenklima bestimmt. Das Eigenklima der Barbarakapelle, die keine eigene Lüftung hat, zieht sich etwas verzögert dem Klima des Kirchenschiffs nach. Das klimatische Verhalten ist in BLECHSCHMIDT (2004) dokumentiert. zur Vermeidung klimabedingter Befeuchtung der Wandmalereien wurde ein sensorgesteuertes Lüftungssystem installiert.

6.6 Kondensation

Findet Kondensation an den Wandoberflächen statt und wo genau?

Kondensation findet an den kältesten Stellen in den Gewölbeecken in der Kapelle statt. Viel wichtiger als das Wo, zeigte sich im Verlauf des Projektes allerdings das Wann. Kondensati-

on findet zu Weihnachten und im Frühjahr statt. Zur Vermeidung der Kondensationsereignisse wurde ein gesteuertes Lüftungssystem installiert.

6.7 Raumklimareaktion

Wie reagiert die Wandmalerei und besonders die proteinhaltige Fassung der Übermalung des 19. Jh. auf das Raumklima bzw. auf das abgeschiedene Kondenswasser?

Die proteinhaltige Fassung der Übermalung des 19. Jh. nimmt Feuchte auf. An diesen feuchten Stellen kommt es dann Verdunkelungen, die teilweise auf erhöhte Deposition von Staub und Rußpartikeln zurück zu führen sind.

6.8 Zustandsbeschreibung

In welchem Zustand befindet sich die Überfassung von 1897 und welche Konservierungsmöglichkeiten bestehen für diese?

An dieser Stelle muss im Wesentlichen auf den Restaurierungsbericht der Restauratorin Frau Limmer verwiesen werden. Frau Limmer hat im Rahmen Ihrer Arbeit eine Zustandserfassung und Schadenskartierung erstellt. Die Rahmenkonservierung wurde durch die Feuchteentlastung, die Salzreduktion und die Klimakontrolle erreicht. Verschiedene Festigungsmittel, die Teil der Konservierung(-smöglichkeiten) sind, wurden getestet und mit Hilfe von Bohrwiderstandsuntersuchungen bewertet.

7 Zusammenfassung und Bewertung

Die zu ermittelnden Schadensursachen und -prozesse sollten erkennen lassen, wo und auf welche Weise verändernd einzugreifen war. Das ist in beiderlei Hinsicht gelungen. Die Schadensprozesse und deren Ursachen konnten hinreichend genau ermittelt und behoben werden. Das Vorgehenskonzept zur Veränderung der als problematisch erkannten Situation orientierte sich an drei Komponenten, die miteinander korreliert sind und den Schaden an der Barbarakapelle ursprünglich verursachten. Die Reduzierung der Bauwerksfeuchte, zusammen mit der Reduzierung des Salzgehaltes und der Regulierung des Raumklimas stellen zusammengefasst die begleitenden Maßnahmen der Restaurierung dar.

Es zeigt sich im Abschluss, dass das ganzheitliche Konzept zur Feuchtekontrolle über den sehr früh im Projekt entworfenen Konzept sowohl von außen die Bauwerksfeuchte zu mindern als auch innen eine Klimakontrolle vorzusehen, aufgegangen ist. Die Berücksichtigung nur eines dieser Parameter wäre möglicherweise zur kurz gegriffen. Alle Eingriffe in die Substanz wurden so schonend wie möglich durchgeführt. Schäden am historischen Original, die bei einer Maßnahme unumgänglich anfallen, wurden so gering wie möglich gehalten und immer wieder gegen den Nutzen des verursachenden Handlungsschrittes abgewägt. Der Aufwand der einzelnen Maßnahme blieb überschaubar. Das optimale Zusammenspiel aller Einzelmaßnahmen, die nach heutigem Stand des Wissens ausgeführt wurden, erlauben die bestmögliche Erhaltung der Wandmalereien in der Barbarakapelle in Thierfeld. Die ganzheitliche Betrachtung insbesondere der Feuchtesituation und das fließende Ineinandergreifen des Außen- und Innenkonzeptes kann als restauratorisch mustergültig gezeigt werden.

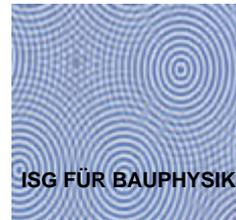
8 Literatur

- BLECHSCHMIDT (2004), Temperatur- und Feuchtemessungen in der Kirche zu Thierfeld im Zeitraum August 2002 bis August 2004 - unveröffentl. Bericht Ingenieurbüro Bauphysik, Bauphysikalische Untersuchung NR. 305-01.04, Zwickau, 88 Seiten, CD.
- LAUE, S. (2003), Konservierung feuchte- und salzgeschädigter mittelalterlicher Wandmalereien in der Barbarakapelle zu Thierfeld - unveröffentl. Bericht IDK DD 06/2003, Dresden 40 Seiten.
- FRANZEN, C., WEISE, S. (2004), Dorfkirche in Thierfeld, Begleitung der Restaurierung an mittelalterlichen Wandmalereien in der Babarakapelle - unveröffentl. Bericht IDK DD 12/2004, Dresden 19 Seiten.
- LIMMER (2000): Restauratorische Untersuchung und Dokumentation der Ausmalung und des Malereiträgers der Barbarakapelle in Thierfeld.- Diplomarbeit an der Hochschule für Bildende Künste Dresden.
- SIEDEL, H. (1997), Untersuchungen zur Salzbelastung und deren Ursachen im Chor der Kirche zu Thierfeld.- unveröffentl. Bericht IDK DD 07/97, Dresden, 10 Seiten.
- STEIGER, M., DANNECKER, W. (1998): Die Bedingungen für die Kristallisation verschiedener Salzhydrate am Beispiel Thenardit/Mirabilit. In R. Snethlage, Ed. Jahresberichte Steinzerfall – Steinkonservierung 1994-1996, 6, Ernst & Sohn, Stuttgart, 123-133.
- WTA-MERKBLATT „Kompressenentsalzung“ (2001): WTA-Merkblatt E 3-13-01/D: Zerstörungsfreies Entsalzen von Naturstein und anderen porösen Baustoffen mittels Kompressen, Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.

**DR.-ING. VOLKER BLECHSCHMIDT
INGENIEURBÜRO BAUPHYSIK**

RÖMERSTR. 1A • 08056 ZWICKAU
TELEFON 0375 3034835 • FAX 0375 3034836

WÄRMESCHUTZ • FEUCHTESCHUTZ • SCHALLSCHUTZ •
SCHALLIMMISSIONSSCHUTZ • RAUMAKUSTIK • BAUPHYSIKALISCHE MESSUNGEN



BAUPHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNG NR. 305-01.04

**Temperatur- und Feuchtemessungen in der Kirche zu Thierfeld
im Zeitraum August 2002 bis August 2004**

Auftraggeber: Evang.-Lutherische Kirche zu Thierfeld
Kirchenvorstand

Zwickau, Oktober 2004

Die Bauphysikalische Untersuchung besteht aus 20 Seiten und 7 Anlagen mit 66 Seiten.

Diese Ausfertigung enthält nur die Anlage 1.

INHALT

1. Untersuchungsziel.....	3
2. Bauwerk	3
3. Nutzung und Heizung.....	4
4. Klima- und Temperaturmessungen.....	4
4.1 Messgeräte und Messfühler	4
4.2 Messstellen	5
5. Ergebnisse im Messzeitraum 08.2002 bis 08.2004.....	6
5.1 Allgemeines.....	6
5.2 Lufttemperaturen und Luftfechtigkeiten.....	7
5.3 Wandoberflächen- und Taupunkttemperaturen in der Kapelle	12
5.4 Verlauf der Taupunkttemperaturen	15
5.5 Luftströmung Kirchenschiff - Kapelle	15
6. Einfluss des Raumklimas auf die Wandmalerei	17
6.1 Zeiträume mit Tauwasserbildung.....	17
6.2 Feuchtelasten in der Barbarakapelle	17
7. Verbesserung des Raumklimas in der Kapelle	19
7.1 Einfluss von Trockengeräten	19
7.2 Einfluss Lüftung.....	19
7.3 Einfluss Temperierung	19
8. Zusammenfassung.....	20

ANLAGEN

Anlage 1	Grundriss und Schnitt der Barbarakapelle
Anlage 2	Lufttemperaturen und relative Luftfechtigkeiten 2002-2003
Anlage 3	Luft-, Oberflächen- und Taupunkttemperaturen 2002-2003
Anlage 4	Luft-, Oberflächen- und Taupunkttemperaturen 2003-2004
Anlage 5	Taupunkttemperaturen 2003-2004
Anlage 6	Detail 24.12.2002-27.12.2002, 12.01.2003
Anlage 7	Detail 24.12.2003-27.12.2003, 12.01.2004

Anlage	CD-ROM mit Messdaten
--------	----------------------

1. Untersuchungsziel

In der Barbarakapelle der Kirche zu Thierfeld befinden sich Wandmalereien, die durch Feuchte und Salz beansprucht werden. Im Rahmen eines DBU-Projektes werden naturwissenschaftliche Voruntersuchungen über die Feuchte- und Salzbelastung sowie zum Raumklima durchgeführt und eine innovative, restauratorisch-technologische Musterlösung zur Erhaltung der Wandmalereien erarbeitet.

Inhalt der Bauphysikalischen Untersuchung ist die Erfassung des Raumklimas mit dem Ziel, ausgehend vom Istzustand ein substanzschonenderes Raumklima zu definieren. Mit Herrn Dr. rer. nat. Laue, Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V. wurde das Untersuchungsprogramm festgelegt. Für das DBU-Projekt sind im einzelnen zu bearbeiten:

- Aufzeichnung von Lufttemperaturen und Luftfeuchtigkeiten in der Barbarakapelle, dem Kirchenschiff und außen
- Aufzeichnung von Wand- und Gewölbeoberflächentemperaturen
- Vergleich der Klimazustände in der Kapelle, im Kirchenschiff und außen, Ermittlung von Abhängigkeiten
- Überprüfung von Oberflächenkondensation in der Kapelle.

2. Bauwerk

Die Innenabmessungen der Barbarakapelle betragen $B \times L \times H = 4,9 \times 5,73 \times 5,08$ m. (siehe auch Anlage 1), die des Kirchenschiffes betragen ca. $B \times L \times H = 11 \times 17 \times 7$ m. Sie wurden den Bestandsplänen entnommen. Im Turm am Übergang Schiff-Kapelle befindet sich der Altarraum.

Soweit freigelegt und sichtbar, besteht das Mauerwerk der Barbarakapelle aus Natursteinen mit Ziegelanteilen.

Die Oberflächen sind mit Kalkputz versehen.

Erfahrungsgemäß besitzen Außenwände mittelalterlicher Kirchen einen hohen Wärmedurchgang und sind in der kalten Jahreszeit tauwassergefährdet.

Die Fenster aus einer Bleiverglasung weisen ebenfalls einen großen Wärmedurchgang auf; sie sind nicht völlig luftdicht.

An die mittelalterliche Kapelle wurden später ein Turm und ein kleines Kirchenschiff angebaut, das im 19. Jahrhundert eine Erweiterung erfahren hat. Kirche und Barbarakapelle sind durch einen großen Durchgang (Altarraum) unter dem Turm miteinander verbunden. (s. Bild 1)



Bild 1
Kirchenschiff mit Durchgang zur
Barbarakapelle hinter dem Altar

3. Nutzung und Heizung

In der Kirche fanden im Untersuchungszeitraum folgende Veranstaltungen statt: Gottesdienste an Sonn- und Feiertagen meist 8.30 Uhr oder 9.00 Uhr, Musikveranstaltungen und Gebetsversammlungen, Allianz-Gebetswoche im Januar täglich 19.00 Uhr. Die Veranstaltungen dauern etwa 1,5 bis 2 Stunden. Die Kirche ist zu Veranstaltungen gut besucht. Bei großen kirchlichen Festen sind alle Plätze voll besetzt. In der Kapelle finden Taufen statt.

Die Beheizung des Kirchenschiffes erfolgt mittels einer Bankheizung. Die Barbarakapelle wird nicht beheizt.

Vom 22.12.2003 bis 21.01.2004 wurden in der Barbarakapelle 2 Entfeuchtungsgeräte aufgestellt, um den Einfluss auf das Raumklima zu untersuchen.

4. Klima- und Temperaturmessungen

4.1 Messgeräte und Messfühler

Für die Erfassung der Messdaten wurden verwendet:

- Intelligenter Datenlogger bzw. PC-Interface ALEMO 8990-8, 9 galvanisch getrennte Messeingänge mit 4 Kanälen/Eingang, 50 Messbereiche 520 KB Speicher
- 2 Feuchtefühler FH A646-1 mit NTC-Temperaturfühler, System ALEMO
- 1 Feuchte-/Temperaturfühler im Allwetterschutzgehäuse, System ALEMO
- 4 Temperaturmessspitzen TA 190-1, NiCr-Ni, System ALEMO.

Im Messzeitraum 2003/2004 wurde am Übergang zur Kapelle zeitweise ein Thermoanemometer platziert und die Luftbewegung registriert.

- Thermoanemometer FV A645 - TH3.

Die Messkanäle werden durch die ALEMO-Stecker der Fühler automatisch vollständig programmiert.
Es wurde ein Messzyklus von einer Stunde eingestellt.

4.2 Messstellen

Mit der Messeinrichtung wurden stündlich folgende Messstellen abgefragt und gespeichert:

Tabelle 1: Messstellen und Messgrößen

Messgröße	Kapelle	Schiff	Außen
Lufttemperatur	0.5	0.6	0.4
Relative Luftfeuchte	0.15	0.16	0.14
Absolute Luftfeuchte	0.35	0.36	0.34
Taupunkttemperatur	0.25	0.26	0.24
Oberflächentemperatur	Nordwand unten	-	-
	0.1 Nordwand oben	-	-
	0.2 Gewölbe	-	-
	0.3 Südwand	-	-

Folgende Bilder zeigen die Anordnung der Messfühler.

Bild 2
Kirchenschiff:
Feuchte-/Temperaturfühler an der
Emporendecke seitlich abgehängt,
Höhe ca. 2,50 m



Bild 3
Kapelle:
Feuchte-/Temperaturfühler im
Gewölbe abgehängt
Höhe = 3,80 m



Bild 4
Kapelle
Oberflächentemperaturfühler an
der Außenwand Süd
Höhe = 1,85 m
(Fühler an Nordwand und Gewölbe nicht dargestellt)

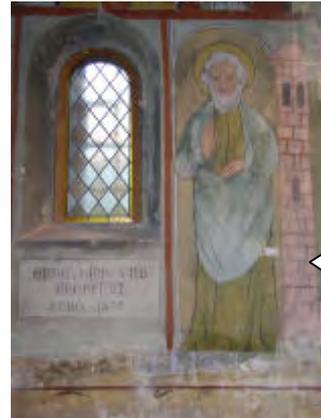


Bild 5
Treppenhaus Nord:
Feuchte-/Temperaturfühler im
Allwettergehäuse



Messstellen s. a. Anlage 1 Grundriss und Schnitt Barbarakapelle

5. Ergebnisse im Messzeitraum 08.2002 bis 08.2004

5.1 Allgemeines

Es ist nicht möglich, alle 16 Messstellen mit jeweils stündlichen Werten in Tabellenform oder als Liniendiagramm in dieser Untersuchung zu dokumentieren. Für vertiefende Untersuchungen werden alle Daten auf einer CD-ROM zur Verfügung gestellt.

In diesem Bericht werden die stündlichen Messergebnisse nach unterschiedlichen Gesichtspunkten ausgewertet und die wesentlichen Ergebnisse in Liniendiagrammen insbesondere in den Anlagen dokumentiert.

5.2 Lufttemperaturen und Luftfeuchtigkeiten

Das Diagramm 1 zeigt den Verlauf der Außenluft- und der Innenlufttemperaturen im Jahr 2002/2003. Die Außenlufttemperaturen sind blau, die Temperaturen in der Kapelle gelb, die Temperaturen im Schiff grün dargestellt.

Diagramm 1:

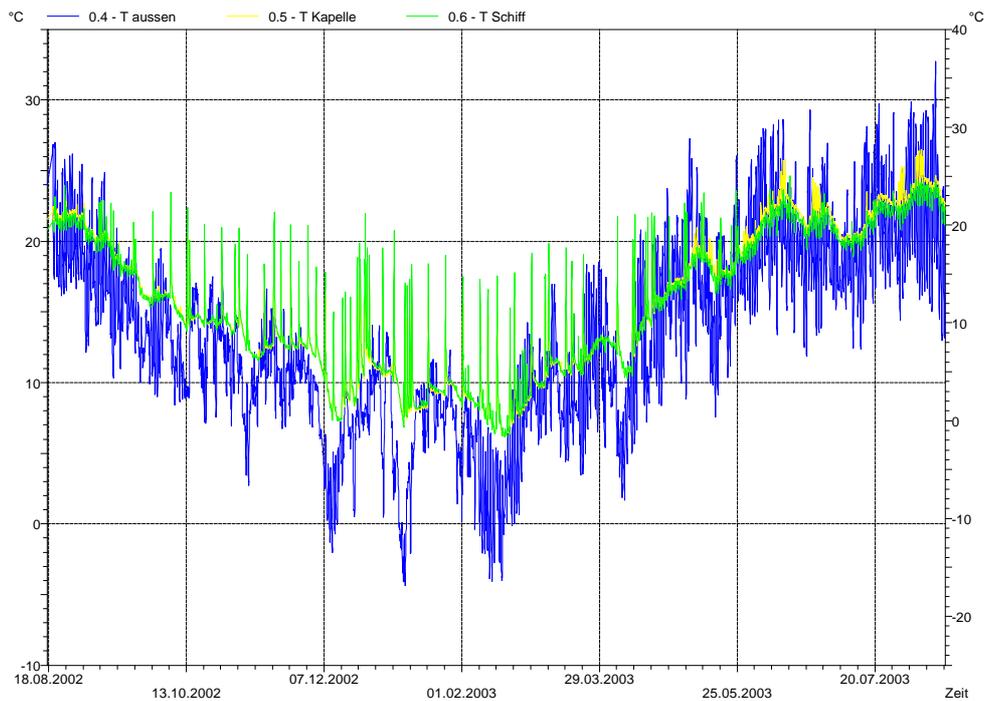


Tabelle 2 enthält die Maxima, Minima und den Mittelwert der Temperaturen im Messzeitraum 2002/2003.

Tabelle 2: Auswertung der Lufttemperaturen 2002/2003

Messstelle	Minimum	Maximum	Max - Min	Mittelwert	Standard-abw.
0.4 - T aussen	-16,89 °C	36,73 °C	53,62 °C	8,628 °C	9,5936 °C
0.5 - T Kapelle	-1,66 °C	27,72 °C	29,38 °C	12,043 °C	7,4726 °C
0.6 - T Schiff	-1,66 °C	25,03 °C	26,69 °C	11,919 °C	6,9853 °C

Tabelle 3: Auswertung der Lufttemperaturen 2003/2004

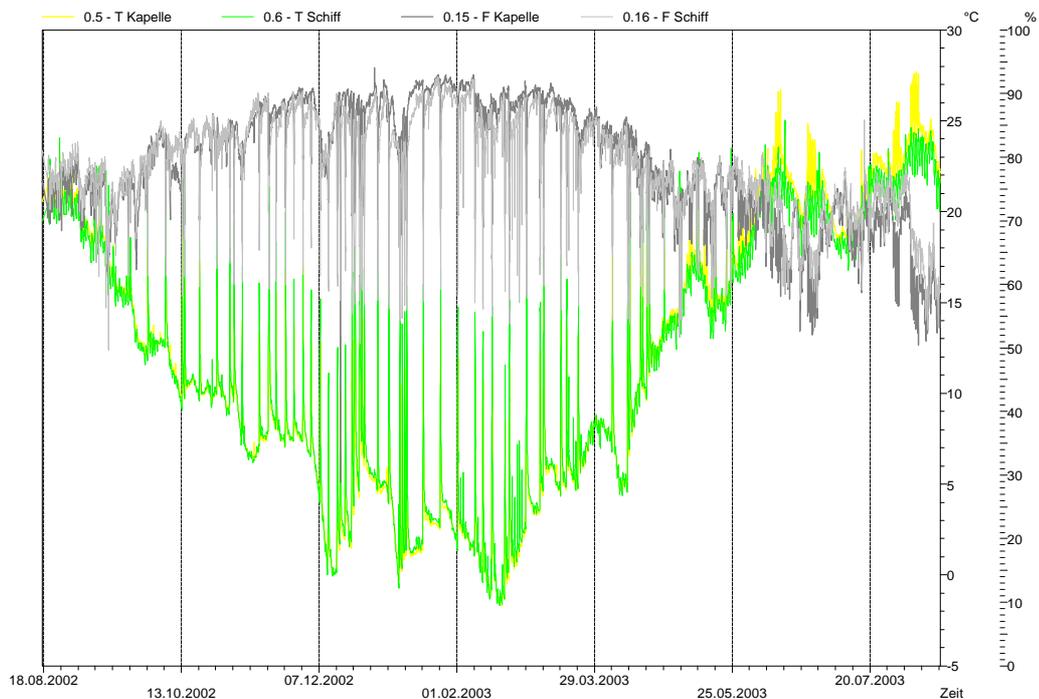
Messstelle	Minimum	Maximum	Max - Min	Mittelwert	Standardabw.
0.4 - T aussen	-17,34	36,73 °C	54,07 °C	8,373 °C	8,3654 °C
0.5 - T Kapelle	-0,18 °C	27,72 °C	27,9 °C	11,664 °C	6,5029 °C
0.6 - T Schiff	-0,67 °C	24,6 °C	25,27 °C	11,558 °C	6,155 °C

Kirchenschiff und Kapelle kühlen bis unter Null Grad ab. Im langen und heißen Sommer 2003 wurden Maximaltemperaturen von 24,6 und 27,7 °C registriert.

Auf Diagramm 2 ist der Verlauf der Lufttemperaturen und der relativen Luftfeuchtigkeiten im Jahr 2002/2003 zu sehen.

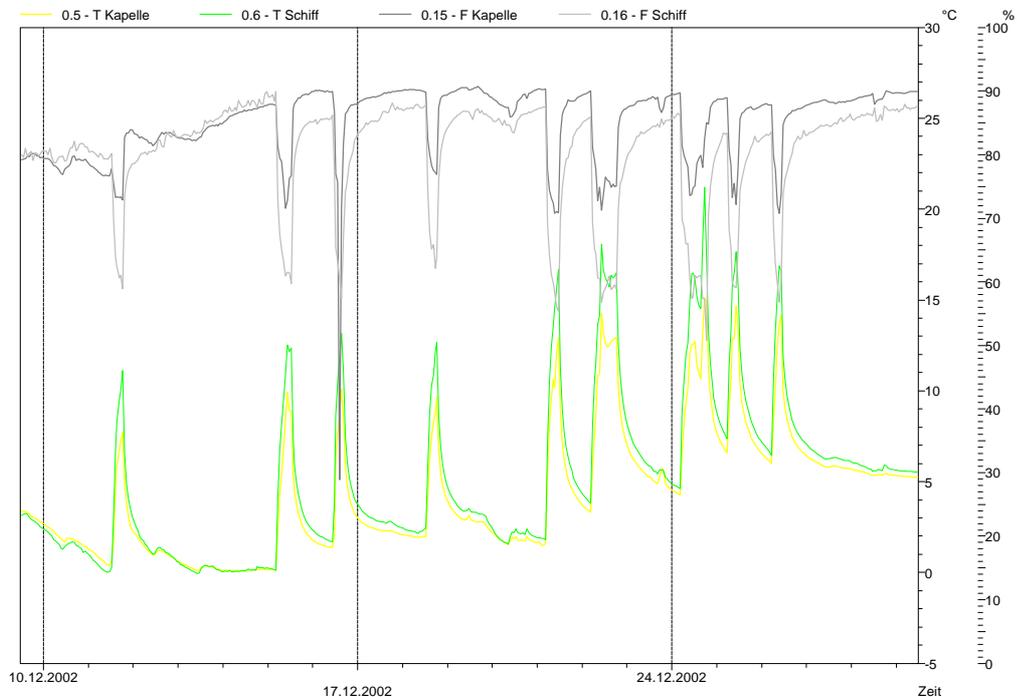
Zu erkennen sind große Temperatur- und Feuchteschwankungen im jahreszeitlichen Verlauf und auch kräftige kurzzeitige Schwankungen. Sie treten bei Veranstaltungen auf und rufen eine erhebliche Belastung der Ausstattung und der Bausubstanz hervor.

Diagramm 2:



Interessant ist die folgende Darstellung im Diagramm 3 für den Monat Dezember 2002:

Diagramm 3:



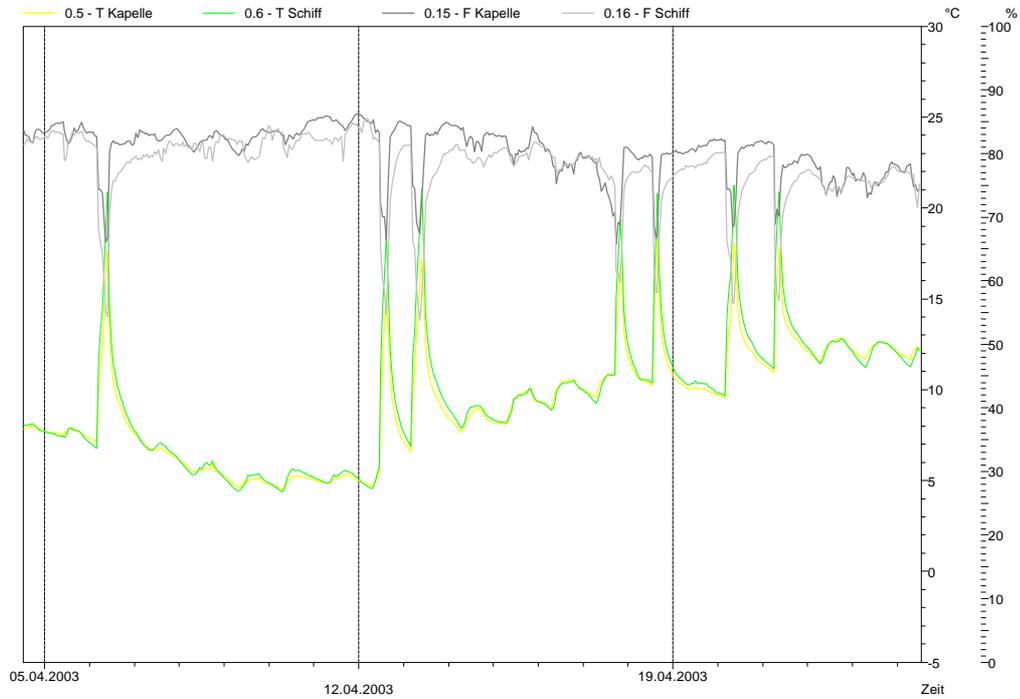
Aus dem Verlauf der Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten in der Kapelle ist zu erkennen, dass bei Veranstaltungen die Temperaturen um ca. 7,5 - 11 Kelvin bis zu ca. 15 °C ansteigen und die relativen Luftfeuchtigkeiten von ca. 90 % auf etwa 60 % sinken.

Die relative Luftfeuchte ist in der Kapelle um einige Prozentpunkte höher als im Kirchenschiff, während die Lufttemperaturen etwas niedriger sind.

Durch die kurzen Heizzeiträume, den geringen Wärmeschutz und die hohe Trägheit/Speicherfähigkeit des Bauwerkes werden jedoch Lufttemperaturen und relative Luftfeuchtigkeiten im Durchschnitt wenig beeinflusst, was auch auf Diagramm 1 gut zu sehen ist. Das Innenklima wird im wesentlichen durch das Außenklima bestimmt.

Das nächste Diagramm zeigt zum Vergleich den Monat April mit den Osterfeiertagen.

Diagramm 4:



Es ist zuerkennen, dass bei Veranstaltungen die Innenlufttemperaturen in der Kapelle um ca. 6 - 10,5 Kelvin auf bis zu ca. 18,5 °C ansteigen. Die relativen Luftfeuchtigkeiten schwanken zwischen etwa 75 % und 85 %. Die Feuchte ist in der Kapelle etwas höher als im Schiff, nähert sich ihr aber an. Die Temperaturen im Schiff und der Kapelle sind mit Ausnahme der Maxima nahezu gleich.

Im Sommermonat Juni treten nennenswerte Feuchteschwankungen bei Veranstaltungen nicht auf. Die Temperaturen in der Kirche erreichen Werte bis über 25 °C, wobei die Kapelle etwas wärmer ist als das Kirchenschiff. Ursache für die stärkere Erwärmung kann nur das Dach sein, das einen kleineren Luftraum als das Hauptdach besitzt, weniger durchlüftet ist und sich stärker aufheizt. Entsprechend niedriger sind die relativen Luftfeuchtigkeiten (s. Diagramm 5).

Diagramm 5:

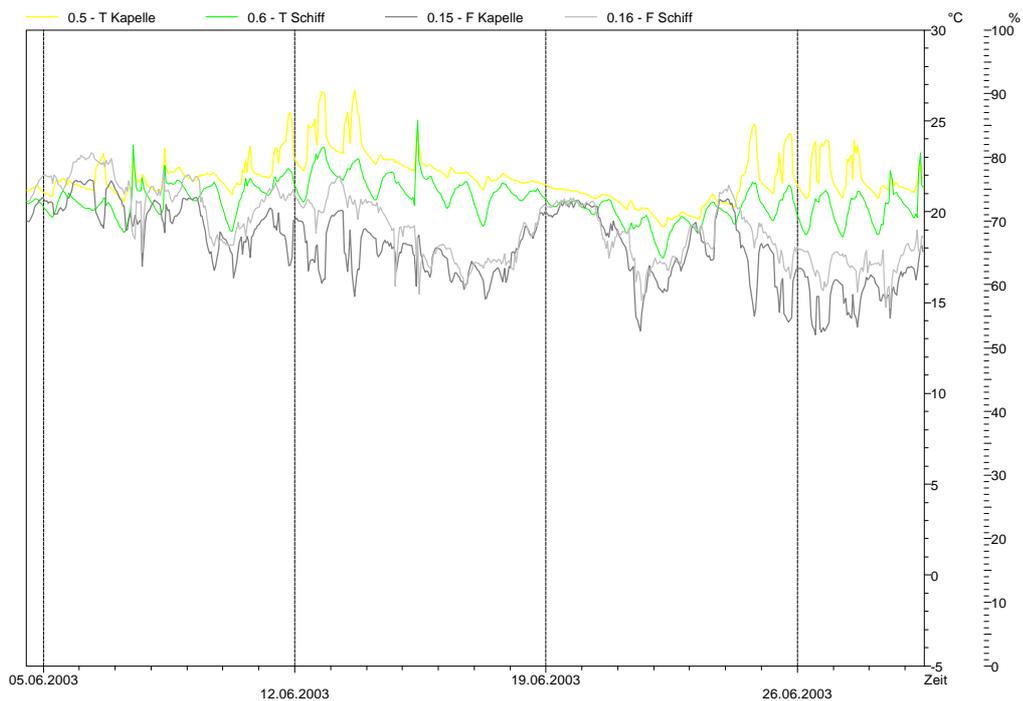


Tabelle 4: Auswertung Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten im Juni 2003

Messstelle	Minimum	Maximum	Max – Min	Mittelwert	Standardabw.
0.5 - T Kapelle	18,14 °C	26,7 °C	8,56 °C	21,628 °C	1,3338 °C
0.6 – T Schiff	16,92 °C	25,03 °C	8,11 °C	20,466 °C	1,1171 °C
0.15- F Kapelle	52,1%H	76,5%H	24,4 %H	66,83 %H	5,411 %H
0.16 - F Schiff	56,3 %H	80,7%H	24,4%H	70,02 %H	5,206 %H

Anlage 2 enthält das Liniendiagramm 2002/2003. Der Verlauf 2003/2004 unterscheidet sich nicht wesentlich.

5.3 Wandoberflächen- und Taupunkttemperaturen in der Kapelle

Für den Bestand der Wandmalerei von besonderer Bedeutung ist die Tauwasserfreiheit. Deshalb werden nachfolgend die Zeiträume mit Taupunktunterschreitungen analysiert.

Mit Kenntnis der Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten lassen sich die Taupunkttemperaturen ermitteln.

Folgende Diagramme zeigen die Wandoberflächen-, Luft-, Taupunkttemperaturen und die relativen Luftfeuchtigkeiten in der Kapelle an ausgewählten Tagen mit intensiver Nutzung der Kirche.

Diagramm 6:

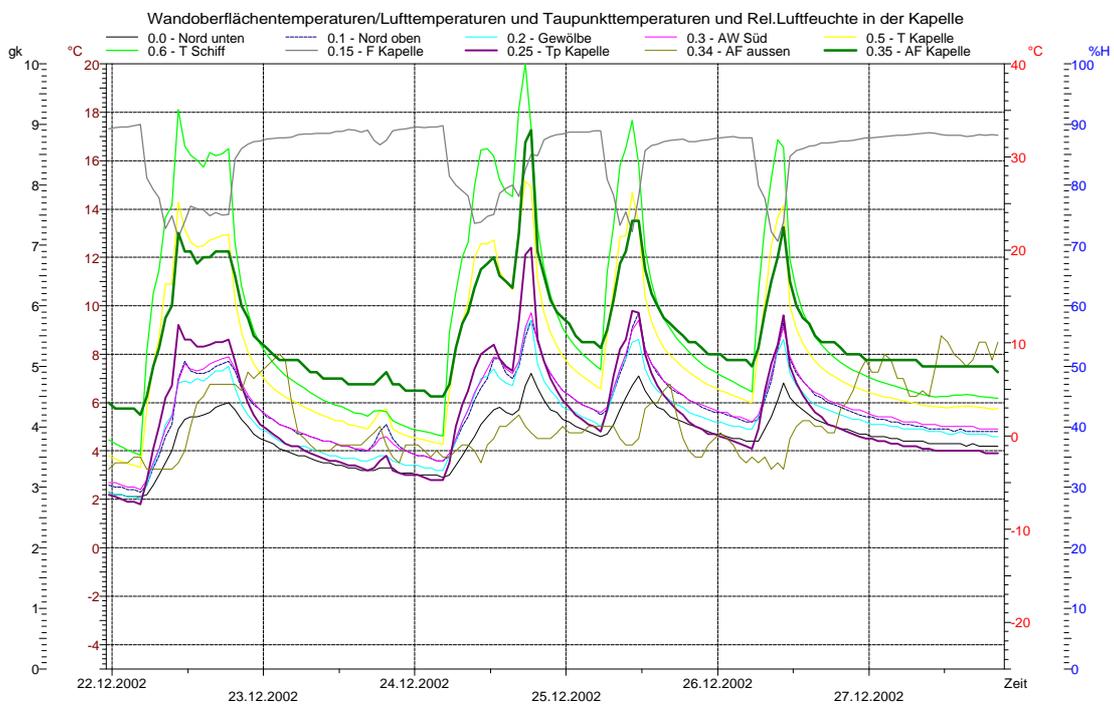
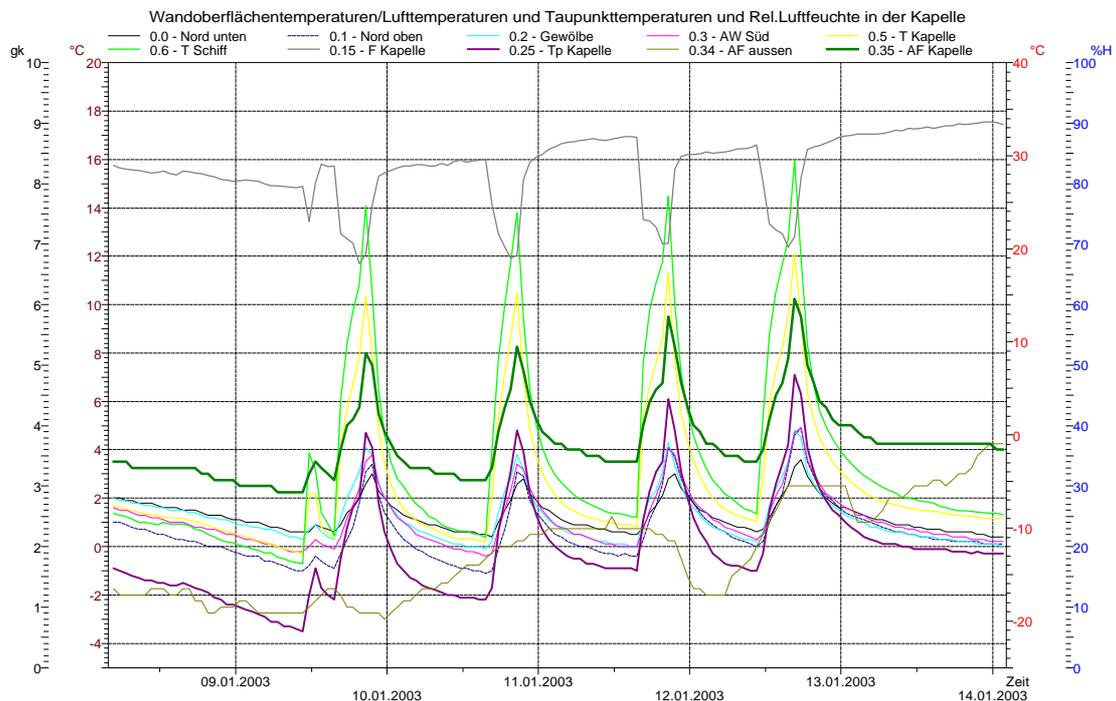


Diagramm 7:



Im Diagramm 6 sind die Wandoberflächentemperaturen, die Lufttemperaturen in der Kapelle und im Kirchenschiff, die Taupunkttemperaturen in der Kapelle und die absoluten Luftfeuchtigkeiten in der Kapelle und außen in der Weihnachtswoche aufgezeichnet. Während der Veranstaltungen steigen die absoluten Luftfeuchtigkeiten um 2 bis 4 g/kg an. Dies ergibt sich aus der Feuchtelast der Besucher und teilweise aus der Feuchteabgabe der Bauteile und Ausstattung infolge Verdunstung bei Erwärmung. Die Feuchtedesorption von hygroskopisch aufgenommenener Feuchte in den Bauteilen und der Ausstattung setzt schon mit Heizungsbeginn ein.

Ebenso erhöhen sich die Raumlufttemperaturen, wobei die Lufttemperaturen in der Kapelle bis zu etwa 4 Kelvin niedriger sind als im Kirchenschiff, weil die Kapelle nicht beheizt wird.

Die Wandoberflächentemperaturen unterscheiden sich um 1 bis 2 Grad, wenn nicht geheizt wird. Bei Veranstaltungen steigen auch die Oberflächentemperaturen bis zu 5 Kelvin, an der Nordwand unten weniger. Die Temperaturen der Nordwand oben, des Gewölbes und der Südwand stimmen nahezu überein.

Die Taupunkttemperaturen, die in der Kapelle bei unbeheizter Kirche wenig unter den Wandoberflächentemperaturen liegen, steigen bei Veranstaltungen an und erreichen Werte über den Oberflächentemperaturen. Der Zustand dauert bis zu 2 Tage an. Es findet Tauwasserbildung an den Außenwänden und am Gewölbe statt (siehe lila Linie in Diagrammen 6 und 7).

In der Weihnachtswoche (Diagramm 6) fanden folgende Veranstaltungen statt:

- Sonntag, 22.12.02 9,00 Uhr Familiengottesdienst mit Krippenspiel
- Dienstag, 24.12.02 16.00 Uhr Christvesper mit Krippenspiel
- Mittwoch, 25.12.02 9.00 Uhr Festgottesdienst mit Abendmahl
- Donnerstag, 26.12.02 8.30 Uhr Festgottesdienst.

Eine vergleichbare Belastung war in der 2. Januarwoche zu verzeichnen. Auf dem Diagramm 7 sind die Temperatur- und Feuchtespitzen der an 4 aufeinander folgenden Tagen jeweils 19.30 Uhr stattgefundenen Gebetsabende der Allianzwoche zu sehen.

Auch an diesen Tagen kam es zu Taupunktunterschreitungen am Gewölbe und den Wandoberflächen.

Anlage 3 enthält die monatlichen Verläufe der Lufttemperaturen, Oberflächentemperaturen und der Taupunkttemperaturen im Zeitraum 2002/2003. Taupunktunterschreitungen traten während der Veranstaltungen im Zeitraum Oktober 2002 bis April 2003 auf und zwar an insgesamt 53 Veranstaltungen.

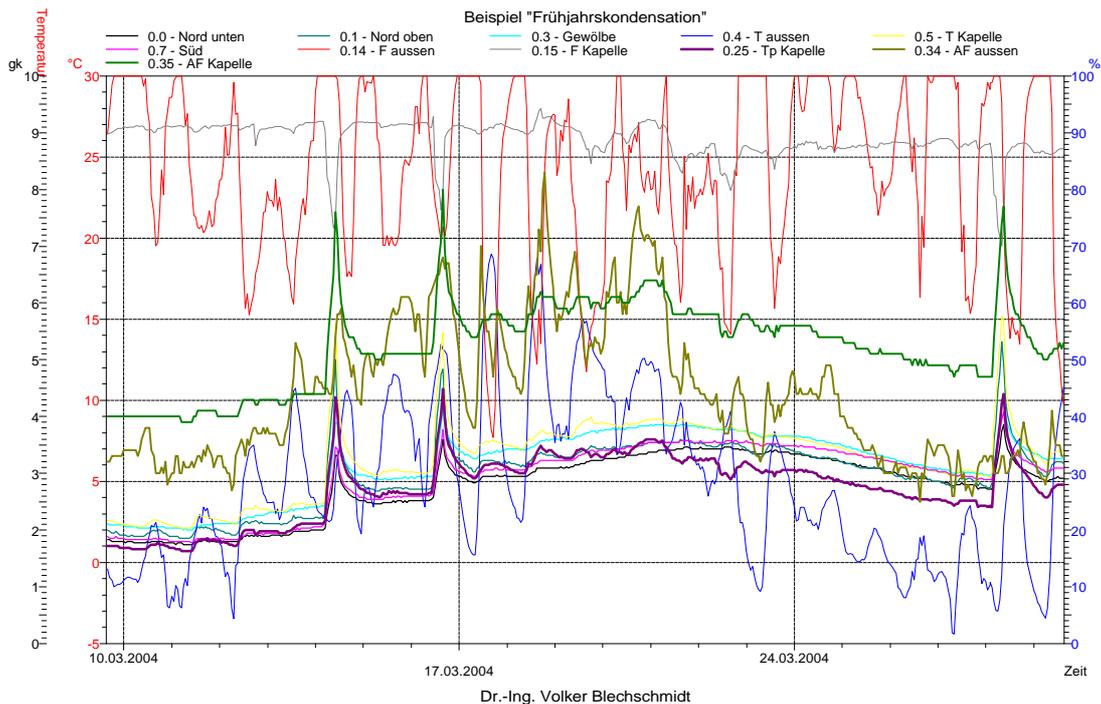
Im März 2003 lag die Wandoberflächentemperatur an der Nordwand unten etwa 15 Tage lang unter der Taupunkttemperatur. Auch im April tritt Tauwasserbildung an der Nordwand außerhalb der Veranstaltungszeiten auf.

Die Speicherefähigkeit der Außenwand im Sockelbereich ist groß; deshalb ist der Temperaturanstieg verzögert und die Tauwassergefährdung höher als z.B im Gewölbe.

Im Messzeitraum 2003/2004 wurden ähnliche Verläufe der Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten gemessen. Anlage 4 zeigt die Zeiträume mit Tauwasserbildung an den Wandoberflächen in der Kapelle. Zu Tauwasserniederschlag kam es bei 52 Veranstaltungen.

Diagramm 8 veranschaulicht den Einfluss einer schnellen Erwärmung im Frühjahr/ Fröhsommer. Die Innenoberflächentemperaturen steigen wegen der hohen Wärmespeicherefähigkeit der Baukonstruktion nur langsam, während wärmere Außenluft mit höherem Feuchtegehalt in die Kapelle nachströmt und die Feuchte an den noch kalten Innenoberflächen kondensiert.

Diagramm 8:

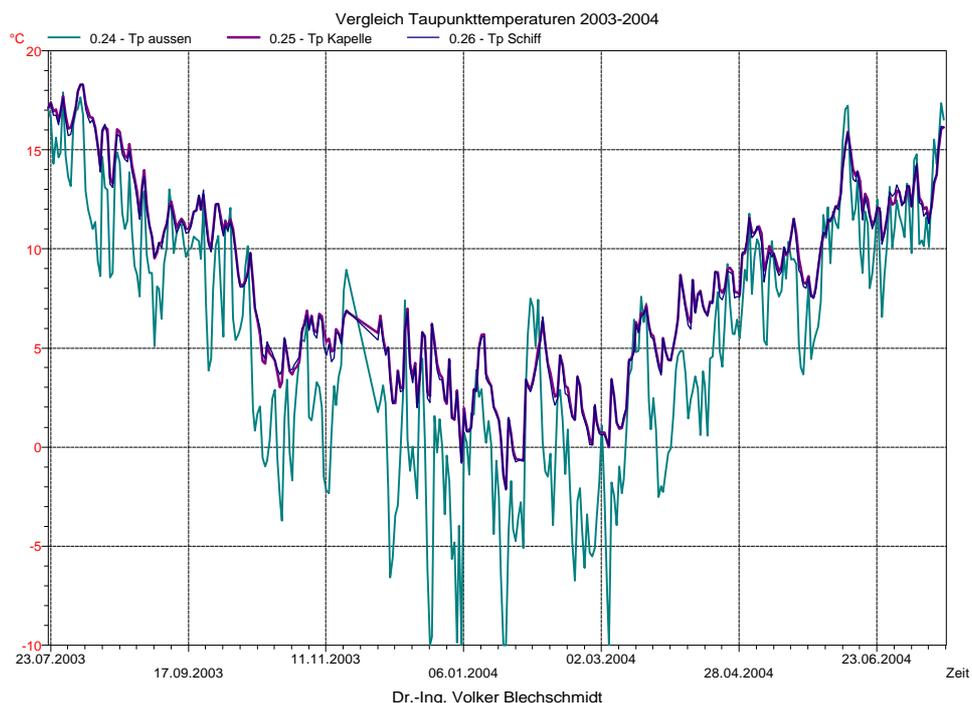


5.4 Verlauf der Taupunkttemperaturen

Durch den Vergleich der absoluten Wassergehalte der Raumluft und der Außenluft kann man ermitteln, ob durch Lüften eine Trocknung zu erreichen ist oder Feuchtigkeit hereingelüftet wird. Gleiche Luftfeuchtigkeiten innen und außen weisen auf einen guten Luftaustausch zwischen Raumluft und Außenluft hin. In gleicher Weise kann man die Taupunkttemperaturen heranziehen. Aus einer höheren Taupunkttemperatur innen als außen ist zu schließen, dass innen Feuchtequellen vorhanden sind, z.B. eine Feuchteabgabe (Desorption) der Wände.

Diagramm 9 enthält die Taupunkttemperaturen in der Kirche und außen nach Datenreduktion durch Mittelwertbildung über 24 Stunden. Die Taupunkttemperaturen in der Kapelle und Kirchenschiff sind höher als außen. Dies spricht für eine gewisse Luftdichtheit der Außenbauteile, aber zeigt auch, dass im Inneren der Kirche eine Feuchtezufuhr auftritt, die mit Feuchteabgabe von Wänden und Fußböden zu erklären ist. Die Feuchtelast durch Gottesdienstbesucher ist zwar hoch, jedoch zeitlich eng begrenzt. (s.a. Anlage 5)

Diagramm 9:



5.5 Luftströmung Kirchenschiff - Kapelle

Von Dezember 2003 bis Frühjahr 2004 wurden die Luftgeschwindigkeiten am Übergang Turm/Schiff zur Kapelle gemessen. Einschränkend ist anzumerken, dass das verwendete Thermoanemometer nicht exakt gerichtete Luftströme messen kann. Geht man jedoch davon aus, dass thermischer Auftrieb am Messort eher unwahrscheinlich ist, kann man die Ergebnisse doch auswerten. Auch geben die Messwerte einen Hinweis auf stattgefundenene Turbulenzen bei Veranstaltungen.

Die folgenden Diagramme 10 und 11 zeigen die Luftgeschwindigkeiten an den Weihnachtsfeiertagen und im Februar 2004.

Es ist aus den Messdiagrammen abzuleiten, dass eine wesentliche Luftströmung nicht auftritt; Luftgeschwindigkeiten von 0,1 bis 0,2 m/s sind zu vernachlässigen. Die etwas höheren Werte während der Veranstaltungen sind eher als Turbulenzen zu deuten.

Luftströmungen könnten nur auftreten, wenn an den Wänden und dem Dach in der Kapelle Öffnungen vorhanden wären. Luftströmungen würden auch auftreten, wenn es zwischen Schiff und Kapelle wesentliche Dichteunterschiede der Raumluft gäbe (thermischer Auftrieb). Dies ist nicht der Fall.

Diagramm 10:

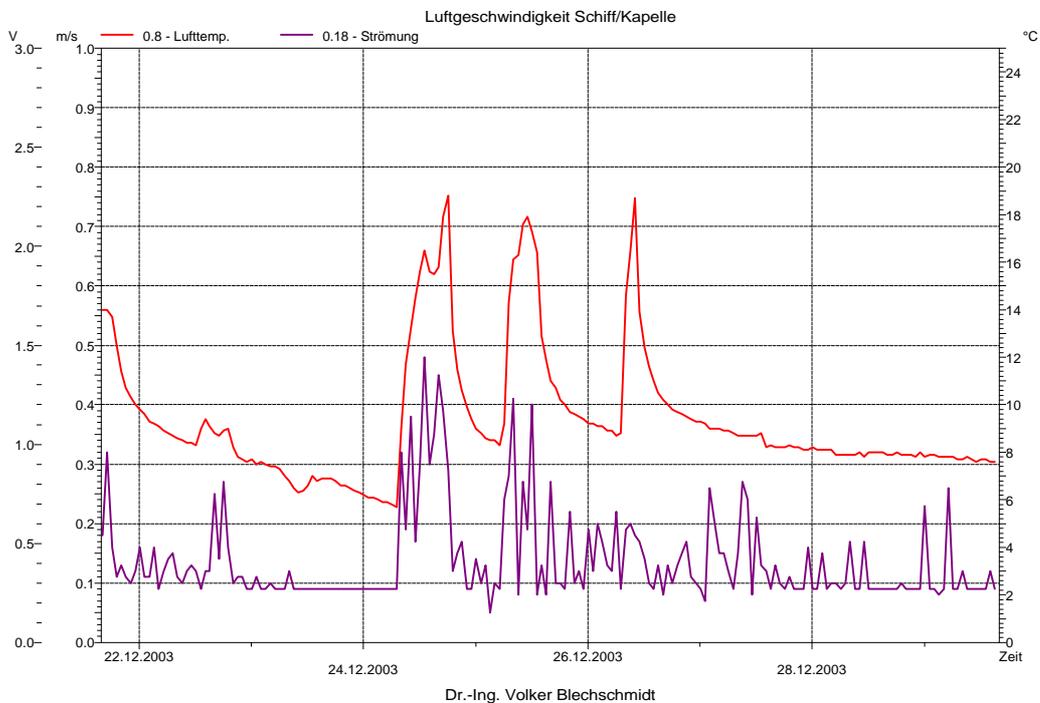
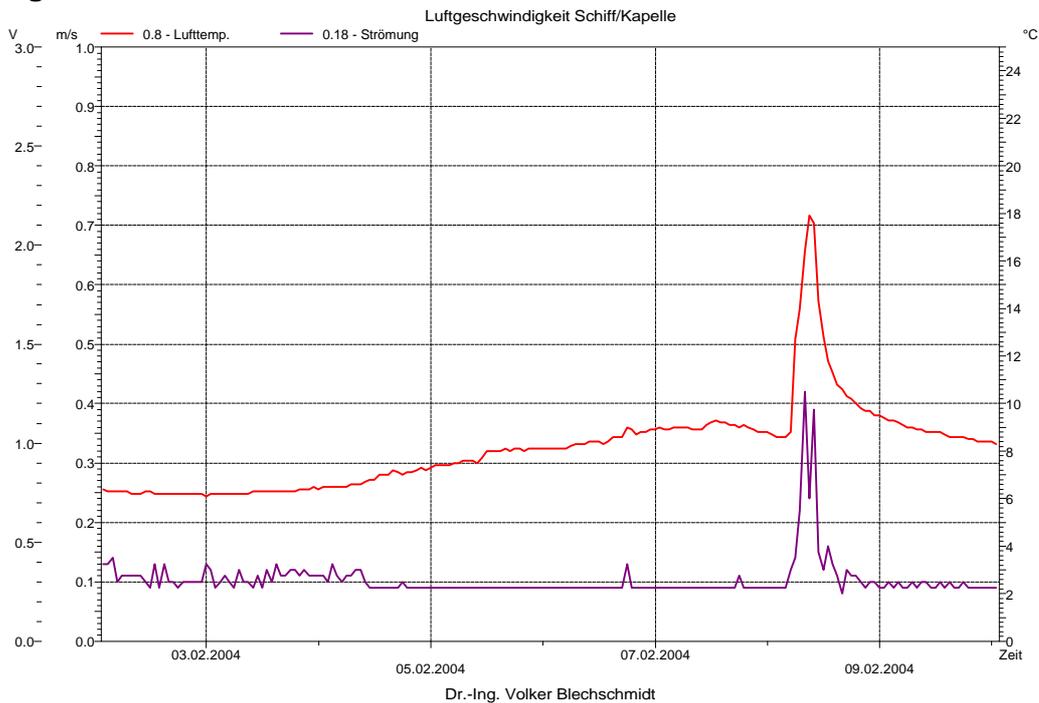


Diagramm 11:



6. Einfluss des Raumklimas auf die Wandmalerei

6.1 Zeiträume mit Tauwasserbildung

Die Zeiträume mit Tauwasserniederschlag wurden oben bereits ausgewertet. Tauwasser schlägt sich während der Veranstaltungen ab Ende September bis April und im Frühjahr bei ansteigenden Außenlufttemperaturen und Luftfeuchtigkeiten auch über einen Zeitraum von mehreren Tagen nieder. Der Tauwasserniederschlag findet am längsten an den Außenwänden unten statt, in den Wintermonaten auch an der Südwand und im Gewölbe. Die Oberflächentemperaturen an den einzelnen Messpunkten unterscheiden sich in der kalten Jahreszeit wenig.

6.2 Feuchtelasten in der Barbarakapelle

Ausgewertet werden die Verhältnisse am 24., 25., 26.12.2002 und 12.01.2003. Das Liniendiagramm ist in Anlage 6 zu sehen.

An den Tagen zwischen den Gottesdiensten stimmen die Lufttemperaturen und die relativen/absoluten Luftfeuchten im Kirchenschiff und der Kapelle nahezu überein (s. z.B. Anlage 7 am 27.12.03).

Mit Heizungsbeginn an Sonntagen/Feiertagen z.B. Weihnachten um 4.30 Uhr verändert sich das Raumklima wie folgt:

Temperaturanstieg	Kapelle:	4,28 auf 12,72 °C
	Schiff:	4,60 auf 16,26 °C

Anstieg absolute Feuchte:	4,5 auf 6,8 g/kg
---------------------------	------------------

Taupunktanstieg und Tauwasserbildung auf Wandoberflächen mit Heizungsbeginn

ab Veranstaltungsbeginn 15.30 Uhr (Christvesper):

Anstieg absolute Feuchte: auf 8,9 g/m³

Nach Ende der Christvesper Absinken der absoluten Feuchte im Schiff und etwa 1 Stunde verzögert in der Kapelle.

Die Tauwasserbildung dauert an.

Der Temperaturunterschied zwischen Kapelle und Schiff beträgt am 24.12.2003:

Vormittag: 12,15 °C/16,44 °C d.h. 4,29 K
Christvesper: 15,14 °C/21,21 °C d.h. 6,07 K

Am 25.12.02 betrug die Temperaturdifferenz etwa 1 - 4 K, am 27.12.02 1 K und am 12.01.03 1 - 4 K.

An den Weihnachtstagen vom 24. bis 27.12.2002 und 2003 lagen in der Kapelle folgende Raumklimata vor

Messwert	2002		2003	
	min.	max.	min.	max.
relative Luftfeuchte φ_i	70,7	89,7	66,5	83,0
absolute Luftfeuchte g/kg	4,5	8,9	3,8	8,8
Lufttemperatur, innen °C	4,28	15,14	3,22	15,83
Oberflächentemperatur °C	2,9	-	2,6	-
Lufttemperatur, außen °C	4,28	-	0,4	-

Aus den Messwerten leitet sich ab:

Mit Heizungsbeginn steigt die absolute Luftfeuchtigkeit in der Kapelle an.

Ursächlich ist Feuchteabgabe (Desorption) der Wände, des Fußbodens und des Gewölbes. Die Feuchteaufnahme (Sorptions) in den raumbegrenzenden Bauteilen wird durch die relative Luftfeuchte bestimmt. Wie die Messergebnisse zeigen, liegen die relativen Luftfeuchten in der kalten Jahreszeit bei $\varphi_i \approx 80\%$.

Bei Abkühlung nach Veranstaltungen steigt die relative Luftfeuchte wieder an. Es findet in der Abkühlungsphase noch Tauwasserbildung statt. Die absolute Feuchte sinkt.

Wie auf dem Liniendiagramm am 24.12.2002 zu sehen, beginnt die Absenkung der absoluten Feuchte später.

Zu vermuten ist, dass am Ende der Christvesper die Türen länger offen standen und die Raumluft im Schiff durch das Einströmen von „trockener“ Außenluft getrocknet wurde, während in der Kapelle der Luftaustausch langsamer erfolgte und damit die Feuchtekonzentration höher war.

Ausgehend von einer „ständig“ hohen relativen Luftfeuchtigkeit ist auch die Sorptionsfeuchte in den Wänden höher. Mit Sorptionsdiagrammen verglichen, ist die Feuchte im Putz etwa 1,5 V-% höher als bei normalem Raumklima.

7. Verbesserung des Raumklimas in der Kapelle

7.1 Einfluss von Trockengeräten

Vom 22.12.2003 bis 23.01.2004 wurden in der Kapelle 2 Entfeuchtungsgeräte aufgestellt. Im gesamten Zeitraum betrug die gesammelte Wassermenge 10 Liter.

Beginn und Ende des Trocknungsbetriebes zeichnen sich auf den Liniendiagrammen nicht ab. Hilfsweise werden die Feuchtekonzentrationen am 24.12.2002 (ohne Entfeuchtung) und am 24.12.2003 verglichen, wobei von einer vergleichbaren Besucherzahl ausgegangen wird (= vergleichbare Feuchtelast durch Feuchteabgabe von Personen).

Die Feuchtezunahme während der Christvesper betrug 4,5 g/kg im Jahr 2002 und 3,8 g/kg im Jahr 2003 bei Trocknerbetrieb.

Der Einfluss von Trockengeräten ist als gering einzuschätzen.

7.2 Einfluss Lüftung

Die große Wärmespeicherfähigkeit dicker Wände unbeheizter Gebäude verzögert ihre Erwärmung, so dass die Raumlufttemperatur und die Oberflächentemperatur gegenüber der Außenlufttemperatur zeitlich nachhinken. Besonders im Frühjahr/Frühsummer kann sowohl durch offene Türen als auch durch Undichtheiten der Gebäudehülle warmfeuchte Außenluft hereingelüftet werden. Im Messzeitraum wurden Oberflächentemperaturen unter den Taupunkttemperaturen registriert.

Durch entsprechende Maßnahmen organisatorischer Art kann das längere Offenstehen von Türen in dieser Zeit vermieden werden. Vorteilhaft sind automatische Türschließer und Windfänge mit geschlossenen Türen. In der kalten Jahreszeit dagegen kann durch gezielte Zuführung trockener Außenluft die absolute Luftfeuchte und damit die Tauwassergefährdung verringert werden, da in der Kapelle der Kirche Thierfeld die Feuchte überwiegend höher als die Außenluftfeuchte ist (s. Diagramm 9).

Für eine solche Lüftung ist eine Steuerung zweckmäßig. Eine Regulierung der Feuchte ist damit in gewissen Grenzen möglich. In der kalten Jahreszeit ist die Behaglichkeit beeinträchtigt.

7.3 Einfluss Temperierung

Wenn gesteuertes Lüften nicht möglich ist, kann mittels Temperierung der tauwassergefährdeten Bauteile Tauwasserbildung vermieden oder reduziert werden. Meist reichen wenige Kelvin Temperaturerhöhung aus. Die Temperierung ist keine Raumheizung. Um die tatsächliche Wirkung auf das Raumklima in der Kapelle feststellen zu können, sollte ein transportables Heizgerät mit Zeitschaltuhr aufgestellt und das Raumklima sowie die Oberflächentemperaturen ausgewertet werden.

8. Zusammenfassung

Die Feuchtigkeit am Standort der Kirche in Thierfeld ist aufgrund der Tallage deutlich erhöht. Dies erklärt auch die hohe Luftfeuchtigkeit in der nur kurzzeitig an Sonn- und Feiertagen beheizten Kirche. Ungünstig ist zu bewerten, dass die Kapelle unbeheizt ist und die für die Wasseraufnahme in Baustoffen wichtigere relative Luftfeuchte höher als im Kirchenschiff ist. Deshalb ist von einer höheren hygroskopischen Feuchte der oberflächennahen Schichten der Bauteile auszugehen.

Zum Schutz der Bemalung müssten die häufigen Taupunktunterschreitungen vermieden bzw. reduziert werden.

Im Frühjahr und Frühsommer sind die Türen möglichst geschlossen zu halten.

Eine Lüftung der Kirche darf an solchen Tagen nicht stattfinden. Sie würde die Feuchte in der Kirche/Kapelle erhöhen.

Eine gesteuerte Lüftung im Herbst und Winter würde dagegen die Feuchte reduzieren.

Wie auch schon im 1. Bericht genannt, kann eine schonende Temperierung der Kapelle die Tauwassergefahr auf den Oberflächen verringern.

Dr.-Ing. Volker Blechschmidt

Prof. Dr. Karin Petersen
c/o

An das
Ev.-Luth. Pfarramt Thierfeld

Hartensteiner Str. 7
08118 Hartenstein/OT Thierfeld

Institut für
Konservierung/
Restaurierung

K. Petersen

-383

19.05.2006

petersen @hawk-hhg.de

Untersuchung zur mikrobiellen Belastung an Probenmaterial aus der ev. Dorfkirche Thierfeld im Erzgebirge

Fragestellung

Auf Bitte von Herrn Dipl. Rest. Thorsten Niemoth, Sächsisches Landesamt für Denkmalpflege, erfolgten 2 Ortstermine zur Feststellung einer möglichen mikrobiellen Belastung an ausgewählten Bereichen der Wandmalereien im Chor der ev. Kirche, Thierfeld.

Ausgeführte Untersuchungen

Bei einer ersten Begehung im Februar 2005 wurden insgesamt 5 Mikroproben und 2 Abstrichproben entnommen.

Das Probenmaterial wurde auf geeignete Nährböden zur Anzucht von Mikroorganismen übertragen.

Nach maximal 2 Wochen Kulturdauer erfolgte die Auswertung.

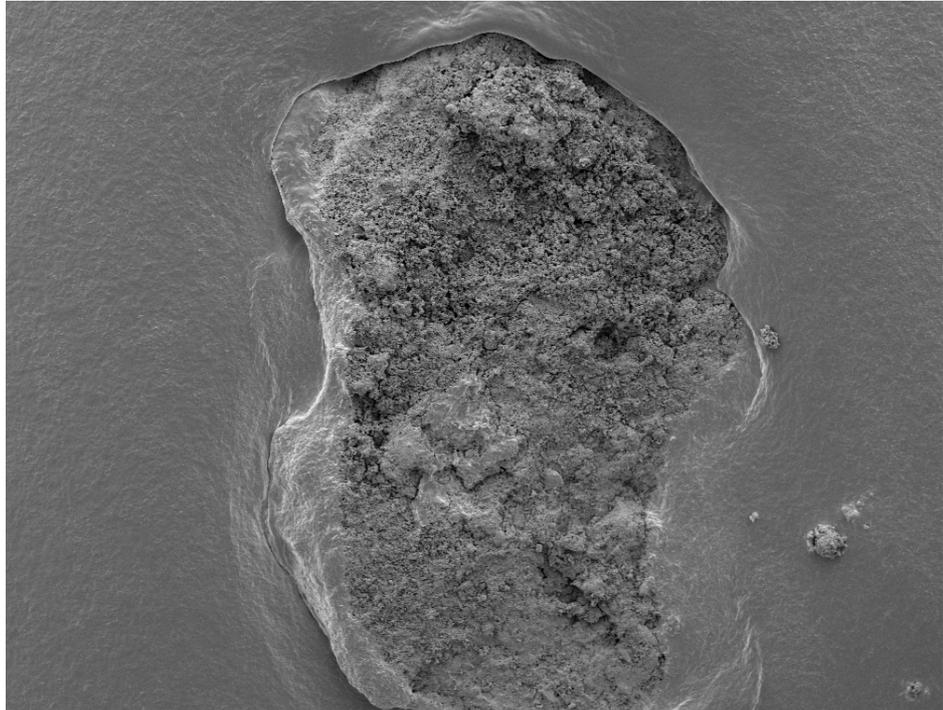
Erzielte Ergebnisse

Nur von den Proben 3a, Abstrichmaterial und 5 Materialprobe konnten Mikroorganismen in Kultur gebracht werden. Da es sich hier um den Schimmelpilz *Aspergillus flavus* mit erheblichem gesundheitsgefährdendem Potential handelt, wurde der Befund mündlich mit Herrn Niemoth diskutiert und eine weitere Bearbeitung verabredet.

Diese ergänzende Untersuchung erfolgte im August 2005 erneut während eines Ortstermins. Zu dem Zeitpunkt wurde gezielt Material

aus einem vergrauten und einem unveränderten Bereich für die Analyse des Besiedlungsmusters im Rasterelektronenmikroskop entnommen. Diese Untersuchung bestätigte den Verdacht, dass die mit bloßem Auge wahrnehmbare Vergrauung auf eine mikrobielle Besiedlung zurückgeführt werden kann.

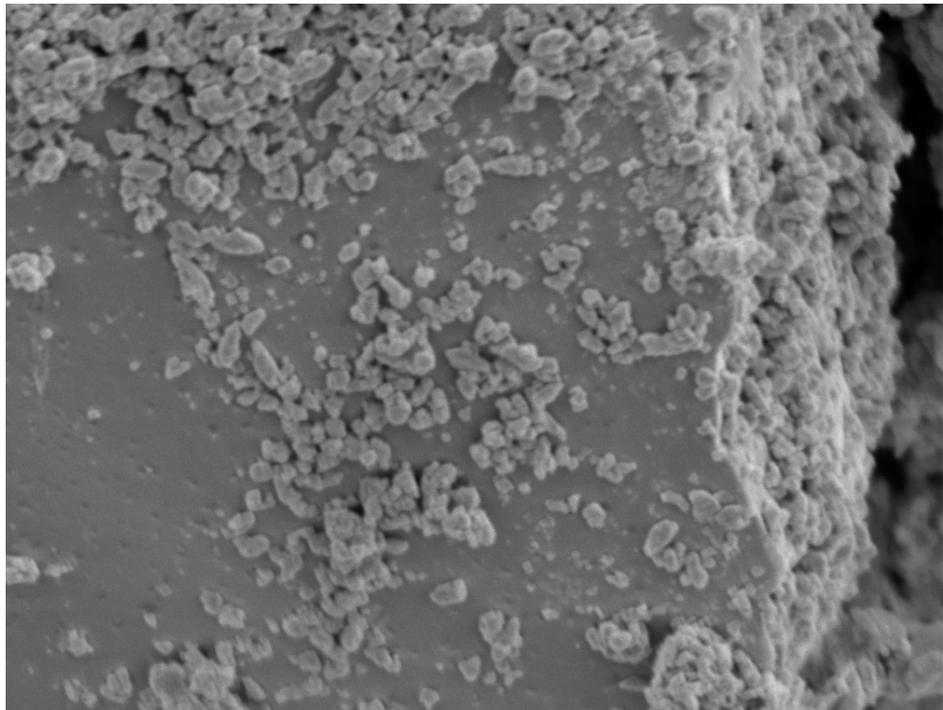
Die nicht veränderte Probe weist eine mineralische Oberfläche ohne mikrobielle Besiedlung auf, wie durch die eingefügten Fotos belegt wird.



Thierfeld 1 Malschicht hellgrün -

400 µm

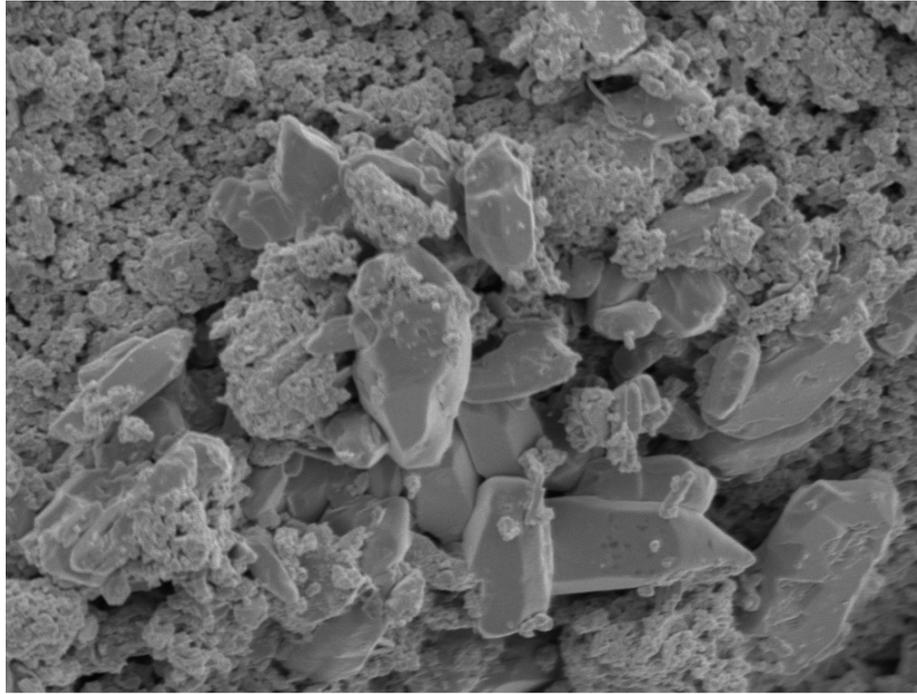
Abb. 1 Übersicht



Thierfeld 1 Malschicht hellgrün -

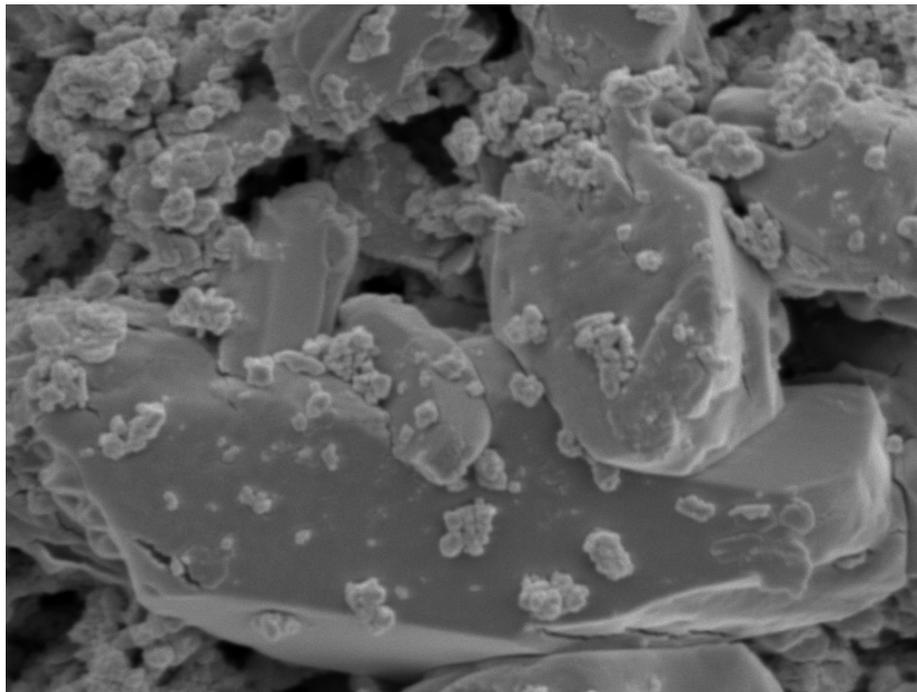
4 µm

Abb. 2 Detail



**Thierfeld 1 Malschicht hellgrün -
Abb. 3 Detail ohne Besiedlung**

4 μm

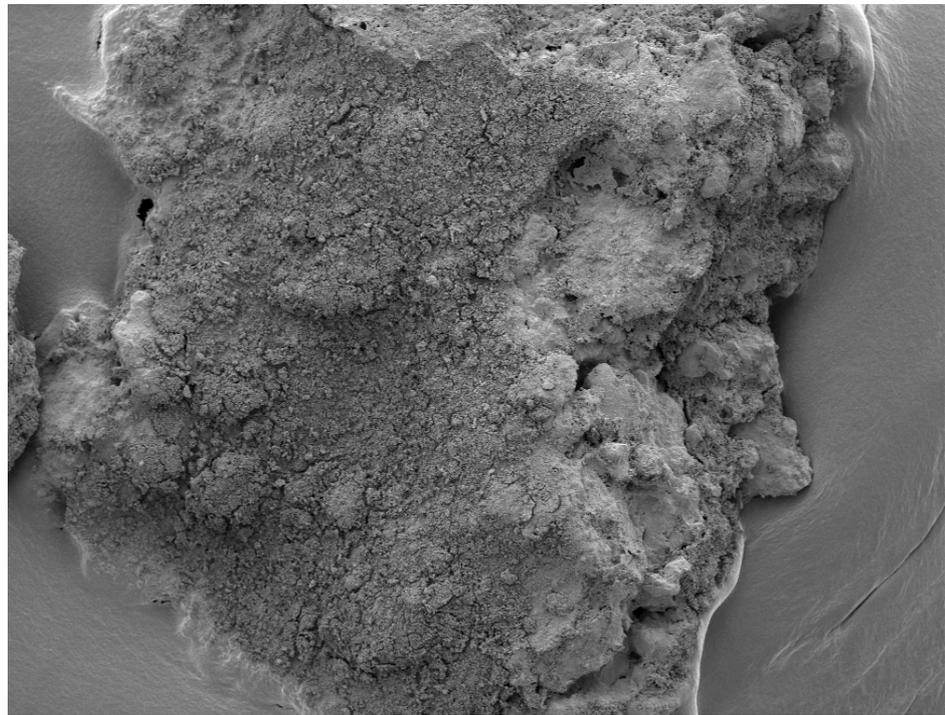


**Thierfeld 1 Malschicht hellgrün -
Abb. 4 Detail ohne Besiedlung**

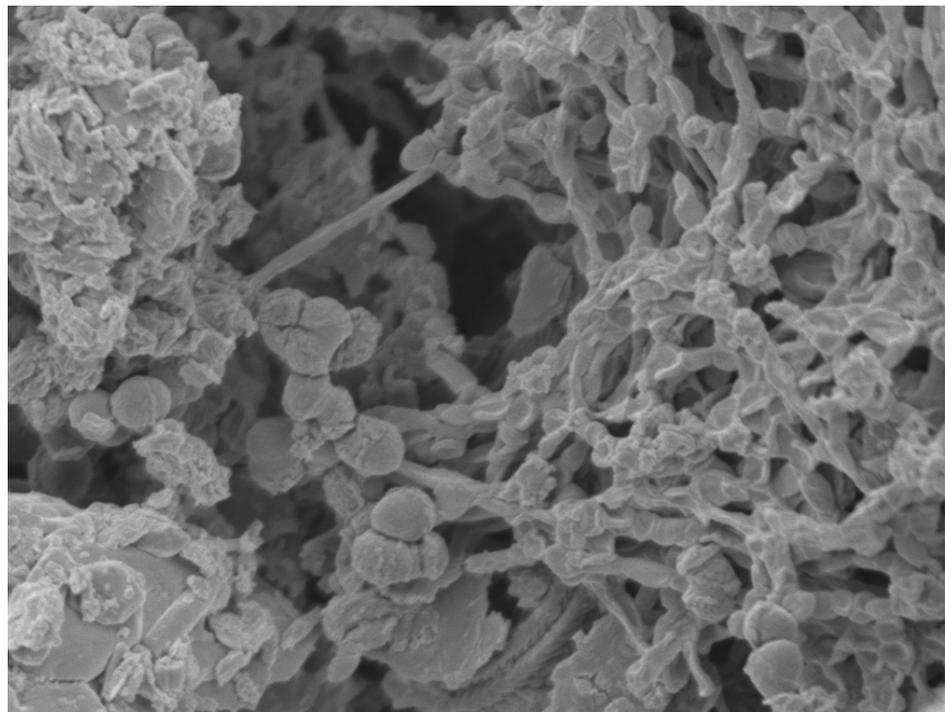
3 μm

Die besiedlungsfrei Oberfläche erscheint also makroskopisch unvergraut.

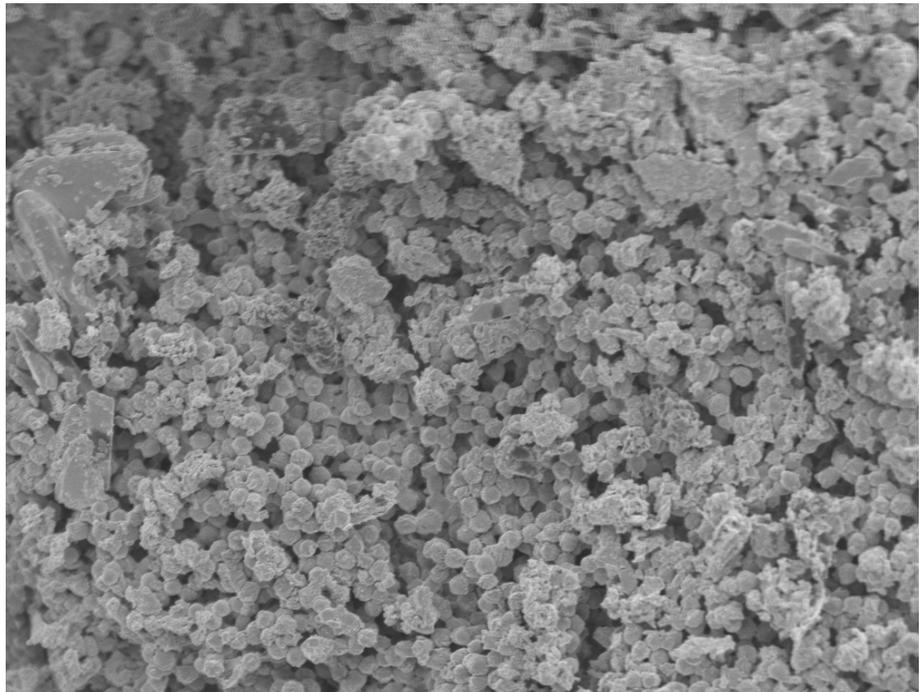
Für die Probe mit makroskopisch verändertem Erscheinungsbild konnte jedoch eine massive mikrobielle Besiedlung festgestellt werden, die somit offensichtlich die Vergrauung bewirkt.



Thierfeld 2 Malschicht grün +
Abb. 5 Übersicht über vergrauten Bereich



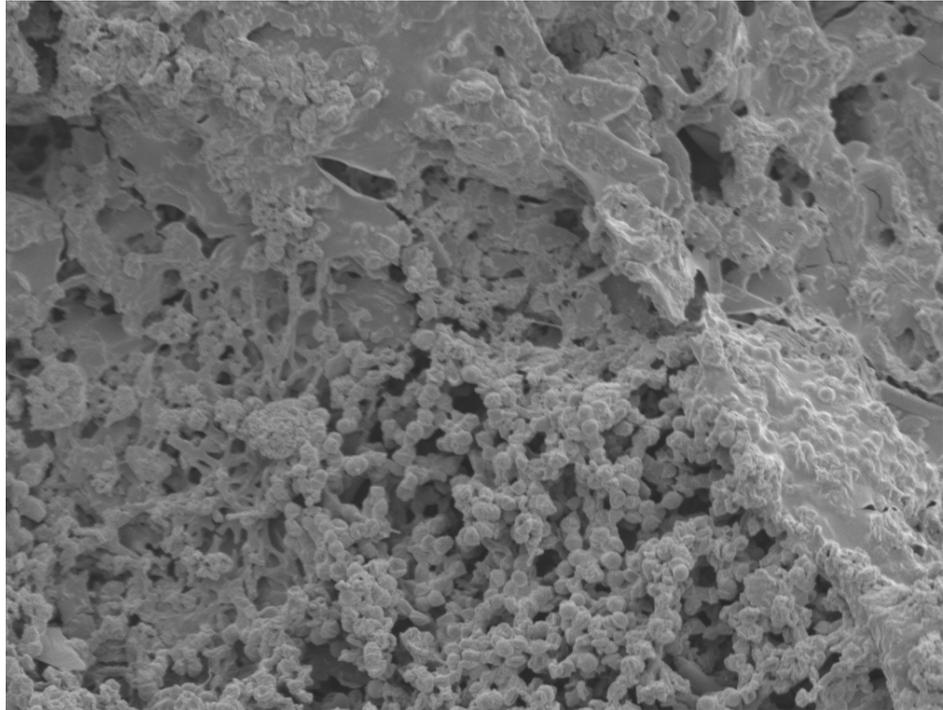
Thierfeld 2 Malschicht grün +
Abb. 6 Detail Pilzhyphen und Konidien („Sporen“)



Thierfeld 2 Malschicht grün +
Abb. 7 Oberflächenbelag aus kokkalen Zellen |—— 20 µm ——|

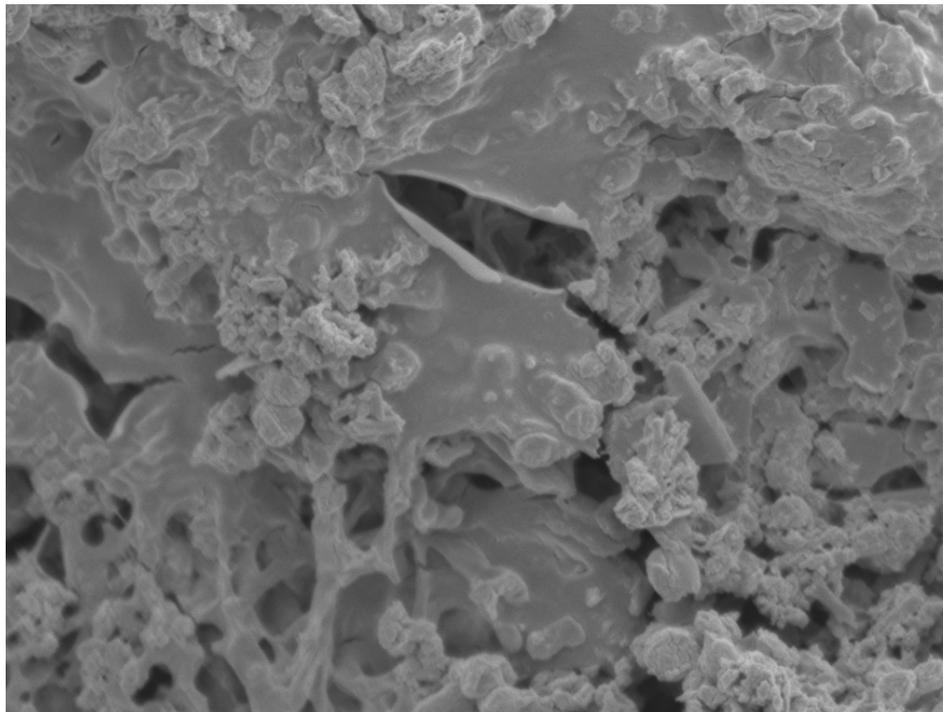


Thierfeld 2 Malschicht grün +
Abb. 8 organische Auflagerung |—— 30 µm ——|



Thierfeld 2 Malschicht grün +
Abb. 9 Detail des „Überzugs“

20 µm



Thierfeld 2 Malschicht grün +
Abb. 10 Detail durchsiedelter Überzug

7 µm

Zusammenfassende Bewertung

Wie bereits aus der Voruntersuchung vermutet werden musste, besteht ein Zusammenhang zwischen der makroskopisch sichtbaren Veränderung und einer erheblichen mikrobiellen Besiedlung. Diese Besiedlung muss sowohl nach den Kulturansätzen als auch dem Erscheinungsbild im Rasterelektronenmikroskop mit einem Befall durch Schimmelpilze, die sich jedoch hier nicht eindeutig als *Aspergillus sp.* identifizieren lassen, in Zusammenhang gebracht werden.

Offensichtlich wird jedoch auch, dass die besiedelten Bereiche teilweise noch Reste einer Art von Oberflächenfixierung aufweisen, die ebenfalls stark durchsiedelt sind. Vermutlich stellt dieser Überzug das eigentliche Substrat für die Mikroorganismen dar.

Im Hinblick auf die in Kultur gebrachte Art *Aspergillus flavus*, ist eine Gesundheitsgefährdung für Menschen mit geschwächtem Immunsystem bei übermäßigem Kontakt nicht auszuschließen.

Aus Grund der erzielten Ergebnisse ist nach vorsichtiger Abreinigung zumindest der locker aufliegenden Zellen auch eine Desinfektionsmaßnahme anzudenken.

Es bleibt zu betonen, dass jegliche Desinfektion bei unveränderten klimatischen Bedingungen und gegebenenfalls auf der Malschicht verbleibenden Resten des Überzugs mit erneutem Befall zu rechnen ist.

DOKUMENTATION DER KONSERVIERUNG UND RESTAURIERUNG

DER

BARBARA - KAPELLE IN THIERFELD

2003 - 2005 / 6

CATHRIN LIMMER
DIPLOM-RESTAURATORIN
DR.SCHMINCKE-ALLEE 16
01445 RADEBEUL
Cathrin.Limmer@oleco.net

Verteiler:

- Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)
- Sächsisches Landesamt für Denkmalpflege Dresden
- Gemeinde Thierfeld
- Sylvia Lenzner, Dipl.Rest.
- Cathrin Limmer, Dipl. Rest.

INHALTSVERZEICHNIS		Seite
A	Identifikation	1
B	Vorbemerkung	2
C.1	Kurze Objektbeschreibung	3
C.2	Schäden und Schadensursachen	5
1.BA	2003	
1.	Kartierung	9
	Verteiler Blattnummern	
	9	
	1.1 Bestandskartierung	9
	1.1.1 Bestand Putze	9
	1.1.2 Bestand Malschichten	10
	1.2 Schadenskartierungen	10
	1.2.1 Schäden Putze	10
	1.2.2 Percussionsuntersuchung / Hohlräume	10
	1.2.3 Schäden Malschicht des 19. Jh.	10
	2. Notfestigung gefährdeter Malschichtpartien	11
	3. Kompressen zur Ermittlung des Höhenprofils der Salzverteilung	11
	4. Neuer Sockelverputz außen	13
	5. Drainage um die Kapelle	13
	5.1 Ausführung	14
	6. Grabung in der Barbarakapelle zur Klärung der Baugeschichte / Neue Erkenntnisse	14
2.BA	2004	
7.	Putze: Verklebung am Untergrund / Hinterfüllen	16
	7.1 Materialwahl	16
	7.2 Hinterfüllen der Hohlräume	16
	7.2.1 Putz / Mauerwerk	16
	7.2.2 Putz / Putz	17

7.2.3	Putzschollen / Malschichtpakete	18
8.	Putze: Strukturverfestigung	18
8.1	Testreihe, Bohrwiderstandsmessungen	18
8.2	Verfahren	20
9.	Malschichtfestigung	21
9.1	Schollen	21
9.1.1	Dickere Schollen	21
9.1.2	Dünne Schollen	22
9.2	Abpudernde Malschicht	22
10.	Reinigung Malschicht	22
11.	Abnahme der jüngeren zementhaltigen Putze im Sockelbereich, Anböschchen	23
12.	Untersuchung des Sockels	23
12.1	Sockelfassung 13. Jahrhundert	24
12.2	Sockelfassung 19. Jahrhundert	24
13.	Musterachsen zur Retusche und Sockelrekonstruktion	24
14.	Kompressenentsalzung des Sockelbereiches auf der Nordwand	25
14.1	Testreihe zur Materialwahl der Kompressen	25
14.2	Kompressen-Material	28
14.3	Durchführung der Entsalzung mit Kompressen	28
15.	Neuer Bodenbelag / Entfernung der alten Dampfheizungsrohre	28
16.	Mikrobieller Befall im Bereich der NW-Trompe	29
3. BA	2005/06	
17.	Überprüfen der Entsalzungsmaßnahme von 2004	30
18.	Freilegung der Malschicht des 13. Jh. innerhalb eines ausgewählten Bereiches auf der Ostwand	31
19.	Putz- und Kittarbeiten	31
19.1	größere Fehlstellen	31
19.2	kleinere Fehlstellen, Risse	

32 19.3	Grundierung der zu retuschierenden Bereiche	
	33	
20.	Retuschen	33
21.	Freilegung , Konservierung und Restaurierung eines bemalten Bereiches auf der Westwand	33
22.	Rekonstruktion der Sockelbemalung	34
	22.1 Ausführung	34
23.	Westwand, Fensterlaibungen	35
24.	Einbau eines Be- und Entlüftungssystems	35
25.	Neues Beleuchtungssystem	35
D	ZUSAMMENFASSUNG / AUSBLICK	36
E	ANHANG: Fotodokumentation	

A Identifikation

Objekt:	Evangelisch-Lutherische Kirche Thierfeld
Objektteil:	Barbarakapelle
Land:	Freistaat Sachsen
Ort:	08118 Hartenstein, OT Thierfeld
Träger:	Evangelische Landeskirche Sachsen
Nutzer:	Evangelische Kirchgemeinde Thierfeld
Aufgabenstellung:	Konservierung und Restaurierung der Wandmalereien in der Barbarakapelle
Zeitraum:	2003 - 2005/6
Bearbeitung:	Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin Sylvia Lenzner, Diplom-Restauratorin

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

B Vorbemerkungen

Im Rahmen der Diplomarbeit 1999/2000 an der Hochschule für Bildende Künste in Dresden, wurde die wesentliche Problematik der Konservierung und Restaurierung der Wandmalereien in der Barabara-Kapelle in Thierfeld angearbeitet und einige Untersuchungen angestellt.¹ Neben der Bau- und Restaurierungsgeschichte in Teil I² mit Blick auf das historische Umfeld zur Zeit der Gründung der Kirche³, ikonografischen Betrachtungen⁴ und der Untersuchung der einzelnen Bauphasen⁵, sowie der Darstellung des Zustandes des Bauwerks in der Vergangenheit anhand der Akten⁶ wurde in Teil II der Diplomarbeit ausführlich der Mauerwerksaufbau⁷, die Untersuchungen zu den Putzen und Mörteln⁸, die maltechnischen Untersuchungen⁹, die topografisch-geologische Situation¹⁰, die klimatischen und bauphysikalischen Untersuchungen¹¹ und die Schäden mit ihren Schadensursachen¹² untersucht und dargestellt. Teil III behandelt sämtliche Versuchsreihen zur Materialauswahl und Verfahrensentwicklungen¹³, in Teil IV beinhaltet die Konzeption zur Konservierung und Restaurierung der Barbara-Kapelle in Thierfeld¹⁴.

Die vorliegende Dokumentation über die ausgeführten Konservierungs- und Restaurierungsarbeiten in der Barbara-Kapelle in Thierfeld bezieht sich in Teilbereichen auf die in der Diplomarbeit bereits angestellten und dokumentierten Untersuchungen.

¹ Cathrin Limmer, Restauratorische Untersuchung und Dokumentation der Ausmalung und des Malereiträgers der Barabarkapelle in Thierfeld; Entwicklung einer Konservierungs- und Restaurierungskonzeption als denkmalpflegerische Zielstellung, unter Einbeziehung der baulichen Gesamtsituation; Wissenschaftlich- theoretisches Thema: Entsalzungsproblematik der Barabarakapelle in Thierfeld. Diplomarbeit an der Hochschule für Bildende Künste Dresden, Studiengang Restaurierung, Fachklasse für Konservierung und Restaurierung von historischer Wandmalerei und Architekturfarbigkeit, Referend: Prof. R. Möller, Dresden 1999 / 2000, einzusehen im Sächsischen Landesamt für Denkmalpflege Dresden

² op. cit., Teil I, 1.6

³ op. cit., Teil I, 1.1 - 1.2

⁴ op. cit., Teil I, 1.3

⁵ op. cit., Teil I, 1.4

⁶ op. cit., Teil I, 1.5

⁷ op. cit., Teil II, 1.1 - 1.3

⁸ op. cit., Teil II, 2.1 - 2.3

⁹ op. cit., Teil II, 3.1 - 3.6

¹⁰ op. cit., Teil II, 4.1 - 4.2

¹¹ op. cit., Teil II, 5.1 - 5.4

¹² op. cit., Teil II, 6.1 - 6.4

¹³ op. cit., Teil III, 1.1 - 1.9

¹⁴ op. cit., Teil IV, 1.1 - 1.6

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

Die seit 2003 - 2005 erfolgten Untersuchungen zur weiteren Malschicht - Analyse und zur Entsalzung des Mauerwerks wurden vom Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V. (im folgenden: IDK) durchgeführt; die gesonderten Berichte liegen vor.

Die klimatischen Untersuchungen und Messungen wurden von Hr. Dr. Ing. Blechschmidt, Ingenieurbüro Bauphysik, Zwickau, durchgeführt, die gesonderten Berichte liegt vor.

Die Untersuchungen zum mikrobiellen Befall in der Barbara-Kapelle wurden von Fr. Prof. Dr. Petersen durchgeführt; ein gesonderter Bericht liegt vor.

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

Die archäologischen Grabungen um und in der Kirche Thierfeld wurden unter der Leitung des Grabungsleiters Yves Hoffmann vom sächsischen Landesamt für Archäologie durchgeführt, ein gesonderter Bericht liegt vor.

Die Konservierungs- und Restaurierungsmaßnahmen im Innenraum der Barbara-Kapelle wurden von Dipl. Rest. Cathrin Limmer durchgeführt; abschnittsweise in Zusammenarbeit (ARGE) mit Dipl. Rest. Sylvia Lenzner und den zwei Praktikantinnen Siegrid Hudetz und Anne Fischer.

Im Abstand von ca. vier Wochen wurde während der Arbeitsperioden Baubesprechungen abgehalten, woran die verantwortlichen Personen und Ämter teilnahmen.

Die vorliegende Dokumentation ist entsprechend der drei Bauabschnitte von 2003 - 2005/06 gegliedert und beschreibt die durchgeführten Arbeiten.

C.1 Kurze Objektbeschreibung

Als kurze Orientierung hier eine Zusammenfassung der Untersuchungen und Befunde hinsichtlich der Bauphasen, Putze / Mörtel und Malschichten.

Bei der Evang.- luth. Kirche in Thierfeld handelt es sich um eine Chorturmkirche, wobei der östliche Abschluss als eigenständige Kapelle im 13. Jh. an den vorhandenen Turm angebaut wurde¹⁵. Die Erbauung der Kapelle und deren figürliche Ausmalung fallen in eine Bauphase. Es handelt sich somit um eine der ältesten, noch erhaltenen Malereien in Obersachsen und der Lausitz.

Im 13. Jahrhundert ist der Putzaufbau eng mit dem Malschichtaufbau verbunden: Auf dem Bruchsteinmauerwerk aus sehr dichten Phyllitgestein und schiefrigem Glimmer liegt eine leicht gröbere Unterputzschicht und zwei Intonaco-Schichten, die letzte Schicht glättete man mit einer Art Kelle und den Händen (→ Bearbeitungsspuren), darauf strich man mehrere dicke Kalktünchen (→ Bürstenstrich). Auf die noch feuchten Kalktünchen hat der versierte Maler des 13. Jh. mit schnellem und sicherem Duktus die nur in Wasser angeteigten Pigmente ohne erkennbare Vorzeichnung bzw. Sinopie vermalt. Es handelt sich somit um eine echte Kalkmalerei, um diese Zeit nördlich der Alpen die verbreitetste Maltechnik in der Wandmalerei. Langsam carbonatisierten Putz und Kalktünchen aus und banden die Pigmente ein. Bis heute zeichnet diese Malschicht eine ausserordentliche Brillanz aus.

Auf allen Wänden und dem Gewölbe befinden sich die figürlichen Malereien, die als Thematik das „Himmlische Jerusalem“ beinhaltet. Auf der Nord - und Südwand sind in zwei horizontalen Registern im oberen Bereich die Vertreter des Alten Testaments - Propheten und Heilige - und im unteren Bereich die Vertreter des Neuen Testaments - die 12 Apostel - zu sehen, auf der Ostwand sind vier Personen mit Heiligenscheinen dargestellt. Bei der Deutung der Identität dieser Personen ist der Geist des 19. Jahrhunderts zu verspüren: die romantische Verherrlichung Kaiser Friedrich Barbarossas in jener Zeit veranlasste den Maler Mebert 1897 offensichtlich dazu, eine dieser gekrönten Personen mit einem roten Bart darzustellen und somit als Barbarossa auszuweisen. Die in der Malerei des 13. Jh. nachgewiesenen vier Heiligenscheine lassen aber die Interpretation zu, dass es sich hier um Kaiser Heinrich II, seine Frau Kunigunde, die Heilige Elisabeth und deren Mann Markraf von Thüringen handelt. Das Gewölbe ist großflächig mit einer Himmelswiese mit Blumen

¹⁵Ergebnis der Grabung aus dem 1. BA, 2003, siehe Bericht des Grabungsleiters Yves Hoffmann des Landesamtes für Archäologie

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

und Sternen, mit den vier Evangelisten-Symbolen und dem Gotteslamm in Medaillons ausgemalt.

Im 15. Jh. baute man auf der Nordwand ein Sakramentshäuschen ein.

Mit der Reformation wurden die Malereien wahrscheinlich zugestrichen.

Im Barock, 1732, erfolgte der erste Anbau des Langhauses und die Vergrößerung der drei Fenster in der Barbara-Kapelle auf die Größe des heutigen Ostfensters.

Bis 1896 erfolgten mehrere einfarbig weiße Kalktünchen in der Kapelle.

1896 wurden die Wandmalereien vom damaligen Pfarrer der Kirche entdeckt, er meldete seinen Fund sofort Prof. Dr. Gurlitt von der Sächsischen Kommission zur Erhaltung von Kunstdenkmälern in Dresden. Er veranlasste die Verkleinerung des Süd- und Nordfensters in der Barabara-Kapelle auf die heutige Größe und gab dem Dekorationsmaler August Mebert aus Dresden den Auftrag, die mittelalterlichen Wandmalereien freizulegen, zu erhalten und zu ergänzen. Den Wandmalereien des 13. Jahrhunderts in der Barabara-Kapelle in Thierfeld wurde somit ein „Restaurierungsschicksal“ zuteil, das für das 19. Jahrhundert als typisch anzusehen ist : Einerseits eine zu geringe Wertschätzung des ausübenden „Maler- Restaurators“ Mebert für die originale mittelalterliche Substanz, andererseits im Zuge der allgemeinen Wiederentdeckung der mittelalterlichen Kunst und deren Formenkanon eine nachahmende Übermalung im „gotischen Stil“. In der Barbara-Kapelle wurde innerhalb von vier Wochen die Malerei des 13. Jahrhunderts mittels relativ grobem Abkratzen von mehreren monochromen, meist weißen Kalktünchenschichten freigelegt, um sie dann teilweise zu überputzen und komplett zu übermalen bzw. akkurat „nachzumalen“.

Die Untersuchungen ergaben einen Bestand der mittelalterlichen Malschicht in der Kapelle von ca. 35 %, im Jahr 2005 konnten auf der Westwand unter einer 3 - 4 Zentimeter dicken Putzschicht noch ein Bereich mit figürlicher Bemalung des 13. Jahrhunderts entdeckt werden.

Stilistisch und inhaltlich hielt sich Mebert an das Vorbild des 13. Jh., alle Wände und das Gewölbe zeigen heute wie damals die Thematik des „Himmlischen Jerusalems“.

Hinsichtlich Farbwahl und Formgebung stimmt die Malerei des 19. Jh. mit der des 13. Jh. bis auf einige Verschiebungen überein, jedoch hinsichtlich des Bindemittels und der damit verbundenen Farbwirkung sind erhebliche Abweichungen zu erkennen.

Mebert benutzte 1897 für seine Übermalung als Bindemittel einen proteinhaltigen Leim, was eine Verdunklung der Malschicht u.a. durch Verbräunen des Leimes und aufgrund seiner Hygroskopizität eine Einbindung von Staub und Schmutz zur Folge hatte.

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

C.2 Schadensursachen und Schäden

Schadensursachen: ¹⁶

Die Barabara-Kapelle war mehreren sich negativ auswirkenden Faktoren ausgesetzt, die resultierenden Schäden haben sich im Laufe der Zeit zu erheblichen und großflächigen Verlusten potenziert. Die Fassaden der gesamten Kirche erhielten 1897 einen neuen Verputz mit Zementsockel, der in den 30-er Jahren ebenfalls wieder durch einen Zementverputz ersetzt wurde. 1932 wurden in einem, unmittelbar an den Wänden der Barbara-Kapelle entlangführenden Heizungskanal die Vor- und Rücklaufrohre einer Dampfheizung (Vorlauftemperatur ca. 130 °C) eingebaut und mit einem eisernen Gitterrost abgedeckt. Beim Einbau wurde der mittelalterliche Verputz in Teilbereichen der Kapelle in Höhe von ca. 5 - 40 cm abgeschlagen und durch einen zementhaltigen Ausbesserungsputz ersetzt. Bereits aus den 20-er und den 30-er Jahren des 20. Jahrhunderts stammen Berichte, die auf Schäden am Putz durch Feuchtigkeit und Schäden am Dach hinweisen. Das gesamte Dachrinnensystem der Kirche, unter- und oberirdisch wurde ungenügend gewartet, was in den 70-er Jahren einen Wasserschaden an der Nordseite der Kapelle verursachte. Aufsteigende Feuchtigkeit über die Gründung (Mauerstärke ca. 1,30m), jahreszeitlich bedingt sehr hohe Werte der relativen Luftfeuchtigkeit, Perioden mit extremer Kondensationsfeuchte im Innenraum und damit eine Ansammlung der gelösten Salze im Bereich der Oberflächen, die Hauptursache der Schäden lässt sich zusammenfassend kurz nennen: Der Transport von Wasser und die darin gelösten Salze. Der Kausalität der Durchfeuchtung und gleichzeitigen Versalzung liegt das Prinzip zu Grunde, dass Wasser immer Ionen bzw. Salze mit sich führt, die sich bei dem Wechsel von Verdunstung und erneuter Durchfeuchtung des Bauwerks über Jahrhunderte hinweg zu beträchtlichen Mengen anreichert. Die Leitfähigkeitsmessungen ¹⁷ zeigten Werte über 80 (Grenzwert 19). Aufgrund der Mobilität der Salze im Wasser, deren Fähigkeit Wasser aufzunehmen und abzugeben und damit ihr Volumen zu verändern, der Wechselwirkung bei Kristallisation und in Lösung gehen der Salze bei Wasserangebot verursacht große Drücke, die zu erheblichen Schäden führten. Das gesamte Kirchengebäude ist einem erhöhten Feuchteangebot ausgesetzt. Die Hygroscopicität der Salze, die erhöhte Materialfeuchte und das sehr feuchte Innenraumklima (70 - 95 %) bewirken, dass die im Mauerwerk enthaltenen Salze größtenteils in Lösung vorliegen. Aufgrund der geringen Porosität des Phyllitgesteins spielt sich der Wasserhaushalt überwiegend über den Fugenmörtel ab. Die Salze sind deshalb über den gesamten Mauerwerksquerschnitt unregelmäßig verteilt, an den Oberflächen nach außen und zum Innenraum hin fand sich erhöhte Konzentration von Salzen.

¹⁶ Cathrin Limmer, Schäden in der Barbara-Kapelle: Feuchte und Salze als hauptsächliche Schadensursachen - Überblick der Schadensvorgänge. In: Diplomarbeit an der HfBK, Dresden 1999/2000, Teil II, 6.1, Seite 104 - 105

¹⁷ Op.cit., Leitfähigkeitsmessungen. Teil II, 5.4, Seite 101 - 104

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

Schadensverursachende Faktoren im Überblick

Feuchtequellen:

a) geologische Gesichtspunkte: saisonal auftretende Erdfeuchte / zeitweilig drückendes Wasser

Die bauphysikalische Situation ist jahreszeitlich und witterungsbedingt sehr unterschiedlich. Laut des geohydrologischen Gutachtens handelt es sich bei dem zeitweilig drückendem Wasser in Thierfeld um eine saisonal auftretende Beanspruchung durch Schmelzwasser und erhöhte Niederschlagsmengen. Die wasserführende Schicht um und unter der Kirche ist nicht Grundwasser führend, sondern dient der Ableitung der Tagwasser. Durch die Aufschüttung beim Straßenbau und den anstehenden Mutterboden kann das Wasser gespeichert werden und von dem breiten Wandquerschnitt von 1,30m ungehindert aufgenommen und transportiert werden.

b) geografische Lage der Kirche unterhalb eines Hanges

Die Kirche liegt am Fuße eines Hanges, unmittelbar an der Straße. Der Wasserablauf sowohl des Hanges als auch der Straße erfolgt in Richtung der Kirche. Bei erhöhtem Wasserzulauf sammelt sich das Wasser unterhalb des Hanges, fließt an der Straße entlang den Abhang hinunter, überquert die Straße, um dann in der Böschung vor der Kirche zu versickern und an das Gründungsmauerwerk der Kirche herangeführt zu werden.

c) defekte und falsch konstruierte Regenwasserableitung

Die oberirdische Regenwasserableitung, besonders im Bereich der Barbara-Kapelle ist fehlerhaft konzipiert. Das gesamte Dachrinnensystem der Kirche, oberirdische Ableitung, Fallrohre und unterirdische Ableitung wurden ungenügend gewartet, was in den 70-er Jahren einen erheblichen Wasserschaden an der Nordseite verursacht hat.

d) fehlerhafte Drainung / übermäßiger Eintrag des Niederschlagswassers

Das Drainagerohr verläuft zu hoch, oberhalb der Gründung der Kirche; d.h. das ankommende Wasser sammelte sich unterhalb des Drainagerohres an. Weiterhin ist die Körnung des aufgefüllten Schotters nicht auf die Öffnungen im Rohr abgestimmt, was zum Zusetzen des Rohres führt.

e) unverputzter Mauerwerkssockel

Im speziellen Fall von Thierfeld wirkt sich der offenstehende Sockel negativ aus. Als Verwitterungsprodukt des vermauerten Phyllitgesteins bilden sich lehmige, tonschieferartige Gesteine bis hin zum reinen Lehm, die sehr gut Feuchtigkeit speichern können. Der freistehende Phyllitsockel verwittert also immer weiter und nimmt um so mehr Feuchtigkeit auf, speichert sie und gibt sie an das Mauerwerk ab.

f) Kondenswasserbildung

Besonders während der Heizperioden unterschreitet die Oberflächentemperatur der Wand den Taupunkt der Raumluft und es tritt Tauwasser auf. Durch die Dampfheizung in der Kapelle und die wärmere und feuchtere, an der Wand entlangstreichende Luft kondensierte auf der kälteren Wandoberfläche.

g) hygroscopische Wasseraufnahme durch Salze

Aufgrund der hohen Salzkonzentration kommt es zur hygroscopischen Feuchtigkeitsaufnahme, d.h. die Durchfeuchtungshöhe im Mauerwerk wird vergrößert, unabhängig von anderen Wassertransportmechanismen.

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

Salzquellen:

h) Immission und nasse Deposition von Schadstoffen durch Regenwasser und Nebel
 Durch die in der Gegend vorherrschenden extremen Umweltbelastungen, die u.a. durch die nahe Industrie in Nordböhmen und der noch üblichen Kohlefeuerung führte dies zu einer nachweisbaren Schadstoffkonzentration der luftverunreinigenden Stoffe, die in unterschiedlicher Konzentration an und in das Objekt gelangten. Insbesondere die Sulfatbildung wird dadurch begünstigt

i) pH - Wert: „Saurer Regen“
 Ein Reaktionsprodukt zwischen den Karbonaten und der gebildeten Schwefelsäure in der Luft bilden sich Sulfate (u.a. Gips, Magnesiumsulfate = Epsomit, Kieserit)

j) Erdbestattung rund um die Kirche
 Mit den Verwesungsprodukten entstehen Nitrate, die mit der Feuchtigkeit an das Mauerwerk herangetragen werden.

k) Düngung des vorgelagerten Hanges
 Durch die Einwirkung von Düngern mit seinen stickstoffhaltigen Verbindungen auf kalkhaltige Baustoffe entsteht der sogenannte Mauersalpeter (Calciumnitrate)

l) Tausalz in den Wintermonaten
 Seit Jahrzehnten wird die sehr nah vorbeiführende Straße mit Chloriden gesalzen, was eine Sickerwasserversalzung verursacht.

m) Ausstreuen von Kochsalz rund um die Gräber zur Vermeidung von Unkraut
 (Chloride)

Schäden: ¹⁸

Eine Vielzahl unterschiedlichster Schadensphänomene waren vorzufinden, die sich überwiegend im Sockelbereich bis auf die Höhe der Verdunstungszone konzentrierten, wobei hier wiederum die Nordwand am schlimmsten betroffen war. Die Genese begann bei kleinsten Salzausblühungen mit hygrokopischen Feuchtehöfen, Pusteln, kleinsten kugeligen („Blumenkohl“) Salzausblühungen, Ausbrüchen über Glimmer und Tonminerale im Putz, Schichtentrennungen innerhalb des Putzes, zwischen Putz und Mauerwerk bzw. zwischen Malschichten und Putz, bis hin zum totalen Verlust der Putzoberfläche mit aufgebrochenen Putzblasen und blätterteigartig aufgespaltenen, aufgequollenen Rändern und bröckeliger, sandiger Struktur.

Die Schäden der Malschichten waren ebenso vielfältig: Die gesamte Malschicht des 19. Jh. ist durch die Oxidation des proteinhaltigen Bindemittels verbräunt und z.T. nachgedunkelt. Durch die ständige Feuchtigkeitszufuhr wurden Staub und Schmutz auf der Oberfläche gebunden und zudem baute sich das Bindemittel ab, so dass in großen Bereichen die Malschicht bindungslos abpuderte und locker auflag. Es kam darüber hinaus zu Trennungen innerhalb der Malschicht zwischen der vorbereitenden Untermalung und der eigentlichen Malschicht und es waren auch Schichtentrennungen innerhalb einer dickeren Malschicht zu erkennen: aufgrund der Feuchtigkeit auf der Wandoberfläche wanderte das

¹⁸ Op.cit., Schäden in der Barbara-Kapelle: Schadensphänomänologie: Auflistung und Beschreibung der Schäden. Teil II, 6.2, Seite 106 - 110

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

Bindemittel innerhalb einer Farbschicht an die Oberfläche, das Resultat war eine dunklere, gut gebundene Oberfläche und darunter die abkreibende, bindungslose Pigmentschicht. Es waren abplatzende Malschichtpartien zu finden, die als Malschichtpaket mit mehreren Grundierungen und Resten älterer Tünchen, als auch Malschicht des 19. Jh., die direkt ohne Grundierung auf der Malschicht des 13. Jh. lag.

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

1.BA 2003

1. Kartierung

Es wurden von der Nordwand, Ostwand, Südwand und von dem Gewölbe Bestands- und Schadenskartierungen angefertigt. Sie geben den Zustand von 2003 wider.

Hierfür wurden vor Ort in der Barbara-Kapelle über Vorlagen (entzerrte Messbilder) im Maßstab 1 : 5 auf Folien, die sich bei erhöhter Luftfeuchtigkeit nur wenig verziehen (folex) der Bestand und Zustand per Hand eingezeichnet, um diese zeichnerische Vorlage dann am Computer mit Hilfe einer speziellen Kartierungs-Software (metigo-map von fokus GmbH, Leipzig) digital einzuarbeiten.

Die Kartierungen liegen als Ausdruck und auf CD-Rom vor.

Verteiler Blattnummern

	Bestand Putz	Bestand Malschicht	Schäden Putz	Percussion / Hohlstellenuntersuchung	Schäden Malschicht
Nordwand	1	2	3	4	5
Ostwand	6	7	8	9	10
Südwand	11	12	13	14	15
Gewölbe NW	16	17	18	19	20
Gewölbe NO	21	22	23	24	25
Gewölbe SO	26	27	28	29	30
Gewölbe SW	31	32	33	34	35
Gewölbe Mitte	36	37	38	39	40

Tab. 1 Verteiler Blattnummern der Kartierungen

1.1 Bestandskartierung

1.1.1 Bestand Putze

Blatt Nr.: **1, 6, 11, 16, 21, 26, 31, 36**

- Putz des 13. Jh.
- Putz des 15. Jh.
- Putz des 18. Jh.
- Putz des 19. Jh.
- Gipsausbesserungen des 19. Jh.
- Putzausbesserungen des 20. Jh.

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

1.1.2 Bestand Malschichten

Blatt Nr.: **2, 7, 12, 17, 22, 27, 32, 37**

- Malschicht des 13. Jh.
- Fassung des 18. Jh.
- Malschicht des 19. Jh.
- Fassung des 20. Jh.

1.2 Schadenskartierungen

1.2.1 Schäden Putze

Blatt Nr.: **3, 8, 13, 18, 23, 28, 33, 38**

- Putzverlust bis auf Träger
- Putzverlust bis auf Putzmatrix, verwittert
- Schalenförmiges Abtrennen des Putzes
- Putzblasen geschlossen
- „Blumenkohl“-Oberfläche
- Risse.: statisch
sonstige
- Löcher
- Blätterteigartig aufgequollene Putzränder
- Ausbrüche (über Glimmer, Tonmineralien)

1.2.2 Percussionsuntersuchung / Hohlräume

Die Ermittlung der Hohlstellen erfolgte durch leichtes Klopfen mit den Fingerknöcheln bzw. bei besonders gefährdeten Partien durch leichtes Klopfen mit den Fingerspitzen

Blatt Nr.: **4, 9, 14, 19, 24, 29, 34, 39**

- Hohlklingender, sich bewegender Putz (zu hinterfüllen)
- Hohlklingender Putz, nicht zu hinterfüllen

1.2.3 Schäden Malschicht des 19. Jh.

Blatt Nr.: **5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40**

- Verlust Malschicht 19. Jh., Malschichtschollen kleinteilig
- Abblätternde Schollen, entweder nur Malschicht des 19. Jh. oder Malschicht des 19. Jh. Mit Kalktünchen, paketartig
- Schichtentrennung innerhalb einer Malschicht
- Verlust Malschicht 19. Jh. Bis auf farbige Grundierung des 19. Jh.
- Abkreidende Malschicht

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

2. Notfestigung gefährdeter Malschichtpartien

Aufgrund der teilweise extremen Feuchtigkeits- und Temperaturschwankungen innerhalb eines Jahreszyklus in der Barbara-Kapelle war von 1999 - 2003 ein immer weiter fortschreitendes Abplatzen von Malschicht - Partikeln der Wandmalerei von 1897 zu beobachten.

Da die Festigung der Malschicht erst für den zweiten BA 2004 vorgesehen und geplant war, wurde es für notwendig erachtet, besonders gefährdete Malschichtpartien im ersten BA 2003 vorübergehend durch eine Notfestigung zu sichern.

Insbesondere der Sockelbereich der Nordwand, sowie alle Wände bis auf Höhe der Verdunstungszone in ca. 1,30m - 1,50m waren in Bereichen betroffen.

Zur Anwendung kam

**ph-neutrales Japan-Papier, 11 g/m² und
Klucel EF, 3% in Aqua.dest. : Ethanol, 1 : 1**

Anforderungen an die Materialien waren leichte Reversibilität, da die Notfestigung im Jahr 2004 wieder abgenommen werden sollten, und ein temporärer Festigungserfolg der Malschicht über einer flexiblen und weichen Zwischenschicht.

Über 10 x 10 cm große Japan-Papier- Abschnitte wurde mit einem weichen Flachpinsel das Klucel, von den tieferen Stellen ausgehend, aufgestrichen.

3. Kompressen zur Ermittlung des Höhenprofils der Salzverteilung

Um Aufschluß über die räumliche Verteilung der Salze in der Barbara-Kapelle zu erhalten, und Bohrmehlentnahmen ein zu massiven Substanzverlust bedeuten, wurden im Jahr 2003 auf der Nord- und der Südwand jeweils fünf Kompressen im Abstand von jeweils ca. 50 cm und im Gewölbe drei Zellstoff-Kompressen aufgelegt. Es lassen sich zwar dadurch keine Aussagen über die Tiefenverteilung der Salze machen, aber die Belastung mit löslichen Salzen lässt sich abschätzen.

Die genaue Lage der Kompressen wurden in die Kartierung eingetragen und fotografisch festgehalten¹⁹

Nachdem der lose Schmutz mit einem weichen Pinsel abgenommen wurde

Alle Kompressen wurden über säurefreiem Japan-Papier aufgebracht, das aber nur an den Rändern mit Klucel MF, 3 - 4 %-ig fixiert wurde. Im Gewölbe wurde das Japan-Papier vollflächig mit Klucel fixiert, weil es sonst abzufallen drohte.

Größe aller Kompressen Wand: H x B x T : 10cm x 10cm x 0,7 - 1cm

Größe aller Kompressen Gewölbe: H x B x T : 10cm x 10cm x 0,5 cm

Die Kompressen trockeneten unterschiedlich schnell ab, deshalb mussten einige Kompressen mit H₂O deion. Immer wieder angefeuchtet werden.

¹⁹ Siehe Anlage E Fotodokumentation, Foto Nr.: 11, 12, 13

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

Ansatz Kompressen: **5 RT Arbocel BC 1000 (lange Faser: 0,7 mm)**
5 RT Arbocel BC 200 (mittellange Faser: 0,3 mm)
9,5 RT H₂O deion.

Alle Kompressen wurden nach ca. 20 h abgenommen

Tab.2: Kompressen zur Ermittlung des Höhenprofils der Salzverteilung

Komresse Nr.	Bereich	Aufgelegt am	Untergrund	Bemerkung
N 1	Nordwand 260 cm v. NO-Eck 50 - 60 cm über OKF	21. 08. 03	13. Jh. Putz Mit Resten von Malschichten des 20. Jh. Und Tüncheresten	Am längsten von allen Kompressen feucht
N 2	Nordwand 260 cm v. NO-Eck 112 - 122 cm Über OKF	21. 08. 03	13. Jh. Putz Ohne Malschicht des 19. Jh. Grundierung	Weniger feucht als N 1, aber noch sehr feucht bei Abnahme
N 3	Nordwand 260 cm v. NO-Eck 170 - 181 cm Über OKF	21. 08. 03	13. Jh. Putz 18. Jh. Putz 19. Jh. Malschicht	Trocknete am schnellsten von Nordwand- Kompressen ab Reinigungseffekt
N 4	Nordwand 260 cm v. NO-Eck 232 - 243 cm Über OKF	21. 08. 03	18. Jh. Putz 19. Jh. Putz 19. Jh. Malschicht	Leicht feuchter als N 3 bei Abnahme Reinigungseffekt
N 5	Nordwand 260 cm v. NO-Eck 297 - 310 cm Über OKF	21. 08. 03	18. Jh. Putz 19. Jh. Malschicht	wenig feucht Reinigungseffekt
S 1	Südwand 115 cm v. SO-Eck 50 - 60 cm Über OKF	20. 08. 03	13. Jh. Putz Mit Resten von Malschichten des 20. Jh. Und Tüncheresten	Von Anfang an schlechte Haftung d. Komresse wegen schneller Trocknung
S 2	Südwand 115 cm v. SO-Eck 111 - 122 cm Über OKF	20. 08. 03	13. Jh. Putz Mit Resten von Malschichten des 19. Und 20. Jh.	Malschicht-Verlust des 19. Jh.
S 3	Südwand 115 cm v. SO-Eck 172 - 182 cm Über OKF	20. 08. 03	13. Jh. Putz 19. Jh. Putz Mit Resten von Malschichten des 19. Und 20. Jh.	Trocknete am schnellsten von Südwand- Kompressen ab Reinigungseffekt
S 4	Südwand 115 cm v. SO-Eck 232 - 242 cm Über OKF	20. 08. 03	13. Jh. Putz 19. Jh. Malschicht	Leicht feucht Reinigungseffekt
S 5	Südwand 115 cm v. SO-Eck 300 - 310 cm Über OKF	20. 08. 03	13. Jh. Putz 19. Jh. Malschicht	Leicht feucht Reinigungseffekt
G 1	Gewölbe SO-Trompe, Östlicher Bereich	20. 08. 03	19. Jh. Putz + Malschicht Wenig verschmutzt	Nach 5 h zweite Lage Komresse, weil Austrocknung zu stark Bei Abnahme noch leicht feucht Reinigungseffekt
G 2	Gewölbe SO-Trompe Östlicher Bereich	20. 08. 03	19. Jh. Putz + Malschicht Verschmutzt + verdunkelt	Nach 5 h zweite Lage Komresse, weil Austrocknung Zu stark Nachts abgefallen Reinigungseffekt
G 3	Gewölbe SO-Trompe Östlicher Bereich	20. 08. 03	13. Jh. Putz 19. Jh. Malschicht verschmutzt	Nach 5 h zweite Lage Komresse, weil Austrocknung Zu stark Bei Abnahme noch leicht feucht

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

				Reinigungseffekt
--	--	--	--	------------------

Die quantitative und qualitative Untersuchung der Kompressen und deren Auswertung sind in dem Bericht des IDK DD 12/2004 eingehend beschrieben.

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

4. Neuer Sockelverputz außen

Im Sommer des Jahres 2003 wurde der durchfeuchtete, versalzene Außenverputz mit Zementanteilen aus den 30-er Jahren des 20. Jh.²⁰ im unteren Bereich der Barbara-Kapelle abgenommen. Die betreffenden Bereiche markierten sich durch eine erhebliche Verdunklung des Putzes einerseits aufgrund der Durchfeuchtung durch aufsteigende Feuchte und der Hygroskopizität der vorhandenen Salze, aber auch durch die vermehrte Einbindung von Schmutz in die feuchtere Oberfläche. Auf der Nordseite, im Bereich des Wasserschadens aus den 70-er Jahren des 20. Jh.²¹ wurde der Putz bis zum Dach abgenommen, an den weiteren Wandflächen wurde der Verputz etwa bis in die Höhe von ca. 1,80m - 2,00m abgenommen. Die damit erfasste Verdunstungszone im Außenbereich entspricht in etwa der Höhe der Verdunstungszone im Innenbereich, wenn man den Höhensprung mit einbezieht.

Das unverputzte Mauerwerk wurde einige Wochen offen stehen gelassen, um es abtrocknen zu lassen.²² Mit Kalkputz wurde dann dieser Bereich neu verputzt, in Struktur und Niveau dem älteren Putz angeglichen.²³

5. Drainage um die Kapelle²⁴

Um den Feuchtegehalt des Mauerwerks dauerhaft zu verringern, war es zunächst notwendig, das Eindringen von Wasser in das Mauerwerk zu verhindern. Um die Wasseraufnahme aus den erdberührenden Mauerwerksbereichen zu unterbinden, sollte das ankommende Wasser vom Hang oberhalb der Kirche Thierfeld, die Oberflächenwasser und das Regenwasser abgeleitet werden²⁵, bevor es über den Mauerquerschnitt der Kapelle von ca. 1,30m eindringen kann. Deshalb wurde im Sommer des Jahres 2003 durch die Gemeinde Thierfeld eine Drainage um die Kapelle herum angelegt.

Der Einbau einer funktionierenden Drainage um die Kapelle war auch eine der wichtigsten Komponenten, die die relative Luftfeuchtigkeit im Innenraum der Barabara-Kapelle auf lange Sicht zu reduzieren und damit den Ablauf der Schadebsprozesse zu unterbinden. Dabei war der der langsame Prozess des Trockens wichtig, um das Auskristallisieren der vorhandenen Salze zu verhindern und ggf. im Griff zu haben.

Entzieht man dem Mauerwerk zu schnell Feuchtigkeit, so kann innerhalb kürzester Zeit ein Schadensmechanismus in Gang gesetzt werden, der der sich schlimmer auswirkt als die Jahre der schädigenden Prozesse vorher: die nicht hygroskopischen Salze kristallisieren aus, es zu einer extremen Zermürbung von Mörteln, Putzen und Malschichten.

²⁰Op.cit., Leitfähigkeitsmessungen, Teil II, 5.4, Seite 101 - 104

²¹Op.cit., Wissenschaftlich-theoretisches Thema: Entsalzungsproblematik der Barbara-Kapelle in Thiefeld: Regenwasserableitung. Teil II, 1.3, Seite 44

²²Siehe Anlage E: Fotodokumentation, Foto Nr.: 31

²³Siehe Anlage E: Fotodokumentation, Foto Nr.: 32, 33, 34

²⁴Op.cit., Konzeption zur Konservierung und Restaurierung der Barbara-Kapelle in Thierfeld: Übersicht der Maßnahmen uzr Reduzierung der Bauwerksfeuchte, Teil IV, 1.3, Seite 162 -<163

²⁵Op.Cit., Topografische-Geologische Situation: Geologie, Baugrundbeschreibung, Hydrogeologie, Grundwasser, Oberflächenwasser., Teil II, 4. - 4.2, Seite 83 - 84

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

Im Rückblick hatte sich innerhalb eines Jahres bis zum Sommer des Jahres 2004 rein empirisch ein leicht trockneres Klima in der Kapelle eingeepegelt, im Winter 2004 und im Sommer 2005 war der Unterschied zu den Jahren davor noch deutlicher: Die temporäre extreme Kondensfeuchte, die vor dem Einbau der Drainage im Frühjahr und im Herbst jeden Jahres mit Algenwachstum im Sockelbereich der Wände und stehendem Wasser in den Gebäudeecken, auftrat, blieb aus. Ein zusätzliches Auskristallisieren der Salze im

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

Innenraum konnte makroskopisch nicht festgestellt werden. Die vorhandenen Salze blieben also auch bei einem leicht geringeren Feuchteangebot in Lösung.

5.1 Ausführung

Zunächst wurde ein Graben mit ca. 1m Breite um die Kapelle herum angelegt und das anstehende Erdreich entfernt. Das durchfeuchtete Sockelmauerwerk wurde bis zur Gründung in ca. 1,20m Tiefe freigelegt und von Humusboden gereinigt. Das Mauerwerk wurde längere Zeit während der Sommermonate frei stehen gelassen, um es abtrocknen zu lassen. Aufgrund der unregelmäßigen Vermauerung der großen Schiefer- und Phyllitblöcke konnte über die dadurch vergrößerte Oberfläche des Mauerwerks noch mehr Feuchtigkeit in das Mauerwerk eindringen. Nach dem Abtrocknen konnte das Mauerwerk mit reinem Kalkputz neu verfugt werden, um dadurch die Oberfläche und damit die Angriffsfläche für Wasser zu verkleinern. Anschließend wurde das Gründungmauerwerk mit seinen teilweise angewitterten (Verwitterungsmaterial von Schiefer: Tonmineralien, die aufgrund ihres chemischen Aufbaus in Schichtenform ein sehr großes Wasseraufnahmevermögen besitzen) mit einer Kalkputzschlämme konserviert.

Noppenmatten aus Kunststoff wurden am Mauerwerk von ca. 20 cm unterhalb der Gründung bis ca. 5 cm oberhalb der Geländekante entlang angelegt, um jegliche Wasseranströmung abzuhalten.

Ca. 10 cm unterhalb der Gründungssohle wurde dann in einem Kiesbett das perforierte Drainungs-Rohr zunächst nur um die Kapelle herum verlegt, immer leicht abschüssig und in ein bestehendes Ablaufrohr eingeleitet. Mit einer Kiesschüttung wurde der Graben zu ca 2 / 3 der Tiefe wieder verfüllt, mindestens aber 80 cm. Prämisse bei der Wahl der Korngröße der Kiesschüttung war, daß die Öffnungen, über die das ankommende Wasser in das Drainungsrohr eingeleitet werden sollte, nicht mit dem Kies zugesetzt werden. Auch wenn sich die Kiesschüttung im Laufe der Zeit etwas senkt und verfestigt, sollten die Zwischenräume zwischen den einzelnen Kieseln noch groß genug sein, um das Wasser abzuleiten und die Öffnungen im Rohr nicht zuzusetzen.²⁶

Im Zuge des Einbaus der Drainage wurde auch die Dachwasserableitung, sowohl die Dachrinnen, als auch die Fallrohre saniert, die Dachrinneneinläufe wurden vergrößert. Auch das Dachwasser wird jetzt in das Drainungsrohr eingeleitet, was über einen Schacht auch gewartet werden kann.

Die Arbeiten wurden von der Fa. J. Markstein durchgeführt.

6. Grabung in der Barbara-Kapelle zur Klärung der Baugeschichte / Neue Erkenntnisse

Nachdem der Außenputz der Barbara-Kapelle im Bereich des Sockels abgenommen war (siehe oben, Kap. 3, Seite 9), konnte man anhand der Putzverläufe und -kanten erkennen, dass vmtl. die Kapelle an den schon vorhandenen Turm angebaut wurde. Der historische Flächenaußenverputz verläuft in die Baukante zwischen Turm und Kapelle hinein.²⁷ Da der

²⁶ Siehe Anlage E: Fotodokumentation, Foto Nr.: 32

²⁷ Siehe Anlage E: Fotodokumentation, Foto Nr.: 31

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

Turm also von drei Seiten einen Außenverputz trug, bildete er offensichtlich vor dem Kapellenbau den östlichen Abschluß der Kirche.

Somit ist die Behauptung, die immer wieder in der Literatur zu finden ist, die Kapelle sei der älteste Bauteil der Kirche, widerlegt.

Bei der Grabung des Landesamtes für Archäologie unter der Leitung des Grabungsleiters Yves Hoffmann im Innenraum der Kapelle im Herbst 2003 wurden die Reste einer Apsis, die direkt an den Turm angrenzt, gefunden.²⁸

Weiterhin konnte auf einer Schüttung das barocke Bodenniveau in der Kapelle, sowie ein Sockel für den Altar des 19. Jh. gefunden. Vom mittelalterlichen Bodenniveau bzw. Bodenbelag konnten jedoch keine Hinweise mehr gefunden werden.

Ein gesonderter Grabungsbericht wird vom Landesamt für Archäologie liegt vor.

²⁸ Siehe Anlage E: Fotodokumentation, Foto Nr.: 18

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

2. BA2004

7. Putze: Verklebung am Untergrund / Hinterfüllen

7.1 Materialwahl

Calxnova-Injektionsmörtel

Anhand der angefertigten Percussions- und Hohlstellenkartierung aus dem Jahr 2003 konnten nun, 2004, die Hohlstellen hinterfüllt und lockere Putzschollen wieder verklebt werden.

Entgegen des Konzeptvorschlages der Diplomarbeit ²⁹, der aufgrund detaillierter Versuchsreihen ausgearbeitet wurde ³⁰, kam als Hinterfüll- und Verklebematerial Calxnova-Injektionsmörtel zum Einsatz

Bindemittel: dispergiertes Weißkalkhydrat. Das verwendete Weißkalkhydrat wird aus natürlichem Kalkstein gewonnen, die Dispergierung erfolgt mit Hilfe eines patentierten Verfahrens, wodurch die Festigkeit und Dauerhaftigkeit der Materialien gesteigert wird. Die Inhaltsstoffe sind Kalk, Wasser und Marmormehl, jedoch keinerlei Zusätze wie Kunstharzdispersionen, Öle, Kasein. Alle Werkstoffe frei von Lösungsmitteln oder Konservierungsstoffen.

Die Wasserdampfdurchlässigkeit und hohe Kapillarität des Materials ist laut Hersteller gewährleistet und es ist resistent gegen Mikroorganismen. Außerdem verhindert die Verwendung von Calxnova eine spätere Entsalzung des Putzes nicht.

Trockenschwundrisse wurden nicht beobachtet.

Im Unterschied zu den mehrkomponentigen KSE-Produkten (je nach Bedarf bis zu fünf Bestandteile) lässt sich Calxnova einfacher handhaben, einfacher modifizieren und verdünnen und entgegen des silikatischen Produktes handelt es sich bei Calxnova bezüglich der Putze in der Barbara-Kapelle um kein artfremdes Material. Aufgrund der Verträglichkeit mit allen mineralischen Untergründen ist die Haftung zwischen den unterschiedlichen Putzen und dem Hinterfüllmaterial gesichert.

7.2 Hinterfüllen der Hohlräume

7.2.1 Putz / Mauerwerk

Mischung	I)	1 VT	Calxnova-Injektionsmörtel
		1 VT	Champagner-Kreide
		1 VT	sehr feines Marmormehl
		1 VT	H₂O : Spiritus, 1 : 1

²⁹ Op.cit, Konzeption zur Konservierung und Restaurierung: Maßnahmen im Inneren der Barbara-Kapelle. Teil IV, 1.4, Seite 160

³⁰ Op.cit, Versuchsreihen zur Materialauswahl und Verfahrensentwicklung. Teil III, 1.1 - 1.9, Seite 120 - 156

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

Verfahren:

Um die größeren Hohlstellen zwischen Putz und Mauerwerk zu hinterfüllen und die sich bewegenden Putz-Partien dadurch wieder zu verfestigen, wurde folgendes Verfahren angewandt:

Zunächst wurden Risse und an die Hohlstellen angrenzende Löcher, woraus möglicherweise das Hinterfüllmaterial ausdringen könnte, mit einem feinen und trocknen Kalkputz geschlossen. Durch sorgfältiges und vorsichtiges Abklopfen der Hohlstellen wurde die geeignete Stelle ermittelt, um entweder mit einem Handbohrer oder mit dem Akku-Schrauber mit 2 mm-Einsatz das Einfüllloch zu bohren. Wichtig ist hier, dass sich durch diese Öffnung das Hinterfüllmaterial gut einfüllen lässt, es gut abfließt und in der Hohlstelle verteilt. Nach dem Ausblasen bzw. Aussaugen und Reinigen der Löcher wurden die Hohlstellen mit einem H₂O : Spiritus- Gemisch, 1 : 1, vorgeätzt, dann je nach Größe und Lage der Hohlstelle wurden diese über einen eingeputzten Silikonschlauch, 3 mm, oder direkt mit dem Calxnova-Gemisch in einer Injektionspritze, 60 ml, hinterfüllt. Während des Wieder-Nachfüllens der Spritzen wurden die Schläuche mit einem Quetschhahn verschlossen. Sowohl an den Feuchterändern, die sich zur Oberfläche hin markierten, konnte die Ausbreitung des Hinterfüllmaterials abgelesen werden, als auch durch wiederholtes Abklopfen der jeweiligen Stelle, die bei Festigungserfolg kurz nach dem Hinterfüllen nicht mehr hohl klang und sich vor allem nicht mehr bewegte. In einige Hohlstellen wurde bis zu 1 l Material eingefüllt. Die eingeputzten Schläuche wurden nach dem Abtrocknen vorsichtig herausgenommen, die Bohrlöcher niveaugleich verputzt.

7.2.2 Putz / Putz

Mischung II)	Mischung I)
	+ H ₂ O
	+ Spiritus

Verfahren:

Ähnlich wie bei den größeren Hohlstellen, wurden auch bei den kleineren zunächst Risse und angrenzende Löcher mit einem feinen und trocknen Kalkputz geschlossen und durch vorsichtiges Abklopfen die geeignete Stelle ermittelt, um mit einer Nadel (alte Kanüle) ein Einfüllloch zu bohren. Nach dem Reinigen und Vornetzen des Einfüllloches wurde das verdünnte Material mit einer Injektionspritze und einer 1 mm-Kanüle eingefüllt. Nach der Verfestigung wurden die Löcher gekittet.

Ebenso wurde bei schmalen Rissen vorgegangen: Nach dem Säubern und Vornetzen konnten die Risse mit der Calxnova-Mischung aufgefüllt und somit randgenau gekittet werden. Vorteil bei dieser Verfahrensweise ist die Möglichkeit einer niveau-gleichen Kittung kleiner Schäden ohne eventuelle Kratzspuren durch Kittspatelchen.

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

7.2.3 Putzschollen / Malschichtpakete

Mischung III) + 300g Mischung II
100ml H₂O : Spiritus, 1 : 1

Verfahren:

Hier handelte es sich nicht um geschlossene Hohlstellen, sondern um aufstehende dicke Schollen, bestehend aus Malschichtpaketen, mehrere Millimeter stark und/oder anhaftenden, dünneren Putzschollen. Diese Schollen standen teilweise vom Untergrund auf und konnten nicht niedergelegt werden ohne ein Zerschlagen zu riskieren. Wichtig bei der Verklebung dieser Schollen war, eine temporäre Putzanböschung anzubringen, um auch hier die Hinterfüll- bzw Verklebungsmasse am Auslaufen zu hindern. Nach dem Vornetzen mit einer H₂O : Spiritus- Gemisch, 1 : 1, konnten die Schollen leicht angeweicht und angedrückt werden. Das Calxnova-Gemisch wurden mit einer Injektionspritze mit einer 0,8 - 1 mm - Kanüle durch einen offen gelassenen Spalt an der Oberseite der angeböschten Scholle gefüllt. Nach dem „Anziehen“ der Mischung konnten die Schollen über einer Hostaphan - Folie mit gleichmäßigem Druck verfestigt werden. Die Putzanböschungen konnten dann abgenommen bzw. auf ein Minimum reduziert werden.

8. Putze: Strukturverfestigung

Einige Bereiche des Putzes waren in ihrer Struktur dermaßen durch Feuchtigkeit und Salz zermürbt, dass jegliche Bindung fehlte. Der Putz war bröselig und weich. Die besonders geschädigten Partien waren auf der Nordwand, hier im Bereich des Wasserschadens aus den 1970-er Jahren auf Höhe des Sockels und auf der Südwand im Bereich des Sockels. In diesen Bereichen war weder Malschicht des 13. Jh. noch des 19. Jh. vorhanden.

Die Anforderungen an das Material zur Strukturverfestigung waren:

- Strukturverfestigung trotz Feuchtigkeit und Salzen
- Keine Beeinträchtigung der nachfolgenden Entsalzung des Putzes
- Möglichst keine Farbveränderung des Putzes
- Keine Schalenwirkung, Wasserdampfdiffusionsfähigkeit muss gewährleistet sein

8.1 Testreihe, Bohrwiderstandsmessungen ³¹

Aus vorgenannten Gründen wurde eine Testreihe mit vier verschiedenen Materialien zur Strukturverfestigung von Putz angelegt. Als Testfläche wurde ein Bereich auf der Nordwand gewählt, hier wurden vor und nach dem Applizieren der Testmaterialien vom IDK Dresden Bohrwiderstandsmessungen zur Überprüfung des Festigungserfolgs durchgeführt. ³²

Folgende Materialien wurden getestet jeweils auf einer Fläche von 6 x 6 cm, mit einer Kanüle wurden gleichmäßig jeweils 2 x 3 ml aufgetragen:

³¹Die Funktionsweise und die Ergebnisse der Bohrwiderstandsmessungen werden in dem Bericht des IDK DD 12 / 2004 behandelt

³²Siehe Anlage E Fotodokumentation, Foto Nr.: 10

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

Tab. 3: Schema der Testreihe zur Ermittlung des geeigneten Materials zur Strukturverfestigung der Putze

I	II
Calcium-Ethanolat 8,2 g / l Nachgesprüht mit Aqua demin.	Sebosil
III	IV
Remmers Steinfestiger Funcosil KSE 100	Remmers Steinfestiger Funcosil KSE 300

I Calcium-Ethanolat

Bei der Herstellung des $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2$ wird elementares Calcium (Ca) in Ethanol erhitzt. $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2$ gelöst Zur Verbesserung der Löslichkeit wird die Flüssigkeit unter Abspaltung von Wasserstoff entsteht eine basische Verbindung des Calciumkations und dem Anion des Ethanols (1):

Feststoffgehalt: 8,2 g / l

Funktionsweise: Die festigende Wirkung des $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_2$ beruht auf der Ausbildung von Calciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) unter Zugabe von Wasser (H_2O). Durch die Aufnahme von Kohlendioxid (CO_2) härtet dieses zu Calciumcarbonat aus. Der Festigungseffekt beruht auf der mechanischen Verklammerung des Calciumcarbonates und den Gefügepartikeln.

Nach der Applikation des Materials und Nachsprühen mit Aqua demin. War nach einigen Tagen eine weißliche Ausblühung auf der Test-Oberfläche zu erkennen, was auf wenig Eindringvermögen und Konzentration des Calcium auf der Oberfläche hindeutet.

Weitere Tests mit Calcium-Ethanolat 7,6 g / l und 8,2 g / l in unterschiedlichen Mengen mit und ohne Nachsprühen von H_2O und / oder H_2O : Ethanol - Mischungen auf der Südwand, die nur empirisch ausgewertet wurden, ergaben keinen bzw. Einen leichten Festigungserfolg auf der Oberfläche. Bei allen Versuchen war eine weiße Oberfläche zu beobachten. Allgemein kann festgestellt werden: je mehr Calcium-Ethanolat 8,2 g / l aufgetragen wurde, desto besser war der Festigungserfolg auf der Oberfläche

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

II **Sebosil S**

Nach dem technischen Merkblatt der Herstellerfirma-Firma Kallies Feinchemie AG aus 01855 Sebnitz handelt es sich um eine wasserklare niedrig viskose kolloide Lösung von SiO₂ in ethanolischer Flüssigkeit

Produktdaten: Feststoffgehalt: 18% nanodisperses SiO₂ / l
Lösungsmittel: 780 - 900 g Ethanol / l
pH (1 ml / 100 ml Wasser): 5 - 6
Viskosität (20 ° C): 3 - 5 mPas

III **Remmers Steinfestiger Funcosil KSE 100**

Kieselsäureester
Wirkstoffgehalt: 20 %
Abscheidung von ca. 100 g Kieselgel pro Kg

IV **Remmers Steinfestiger Funcosil KSE 300 E**

Kieselsäureester
Wirkstoffgehalt: 100 %
Abscheidung von ca. 300 g Kieselgel pro Kg

Ergebnis:

Die Bohrwiderstandsmessungen ergaben einen fast identischen Festigungserfolg von Sebosil und Funcosil 300; zum Einsatz für Strukturverfestigung kam Remmers Steinfestiger Funcosil 300.

Trotz der umfangreichen Literatur über KSE-Produkte ist bis jetzt nur sehr wenig über sein Verhalten in mit Salzen kontaminierten porösen Strukturen bekannt.³³ Aus dieser Literatur geht hervor, dass die Gelabscheidung der KSE-Steinfestiger bei einer Salzbelastung bis zu 3 - 4 Masse % nur in geringem Maße verringert, erst bei einer Salzbelastung von über 5 Masse % nimmt die Gelabscheidung erheblich ab³⁴.

Aus dem Gebiet der Restaurierung von keramischen, archäologischen Objekten ist bekannt, dass der Gebrauch von KSE eine spätere Entsalzung der Objekte nicht verhindert, was einen konsolidierenden Effekt des KSE trotz der Salze voraussetzt.

Weitere Versuche von Chr. Bläuer-Böhm und Kl. Häffner ergaben, dass sich mit Funcosil 300 / 100 gefestigte, salzkontaminierte Putze gut mit Zellulose-Kompressen entsalzen ließen³⁵

8.2 Verfahren

Um das Eindringvermögen und die Verteilung des Festigungs-Materials zu erhöhen, wurden die betreffenden Bereiche abschnittsweise satt mit Ethanol eingesprüht, anschließend das

³³³³ Cathrin Limmer, Versuchsreihe zur Strukturverfestigung der Putze und Mörtel. In: Diplomarbeit an der HfBK, Dresden 1999/2000, Teil III, Versuchsreihen, 1.5.6, Seite 144 - 152

³⁴³⁴ Sattler, Ludwig, Untersuchungen zur Wirkung und Dauerhaftigkeit von Sandsteinfestigern mit Kieselsäureestern. In: Forschungsbericht Nr. 9 / 1992 des bayerischen Landesamts für Denkmalpflege, München, 1992, Seite 165 - 168

³⁵³⁵ Bläuer-Böhm, Chr., Häffner, Kl., Desalting a wall painting after application of silic acid ester. In: Le Des-salement des Matériaux poreux. 7^{es} Journées d'études de la SFIIC - 29, Poitiers, 9 - 10 mai 1996, Seite 161 - 175

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

Funcosil 300 satt mit einem dickeren Pinsel appliziert. Im Abstand von einigen Wochen (benötigte Zeit zur Gelabscheidung) wurde der Vorgang wiederholt.

9. Malschichtfestigung

Die Problematik der Festigung und Verklebung der Malschicht ist differenziert zu betrachten, da es sich um unterschiedliche Schichtdicken der Schollen und Schadensbilder handelt.

9.1 Schollen

Malschicht-Pakete mit Grundierungen und evtl. mit Putzresten, die eine größere Schichtdicke aufweisen, wurden, wie in Punkt 7.2.3: Putzschollen / Malschichtpakete beschrieben, verklebt (CalxNova-Mischung + H₂O + Spiritus)

9.1.1 Dickere Schollen

Malschicht-Schollen, die aus mehreren Malschichten und Grundierungen bestehen, also eine gewisse Dicke und Sprödigkeit aufweisen, wurden wie folgt verklebt:

Vorsichtiges Einsprühen, bzw. Hinterspritzen der Scholle mit

Aqua dest. : Ethanol , 2 : 1

um eine leichte Entspannung der Scholle zu erreichen. Abstehende Bereiche „saugen“ sich dadurch von selbst an die Putz-Oberfläche an. Der Alkohol dient ebenfalls einer besseren Verteilung und Verfließen des Klebemittels.

Anschließend wurde eine Mischung aus

2 VT Tylose MHB 30.000, 0,3 %in Aqua dest. : Ethanol , 1 : 1
1 VT Tylose MH 300, 3 % in Aqua dest. : Ethanol , 1 : 1

mit Spritzen und sehr feinen Kanülen über eine bestehende Öffnung hinterspritzt.

Manche Schollen waren derart versprödet, dass sich nicht niederlegen ließen, ohne das Brechen der Schollen zu riskieren. Diese Schollen wurden hinterfüttert. Mit Spritze und Kanüle wurde

	60 ml	2 VT Tylose MHB 30.000, 0,3 %in Aqua dest. : Ethanol , 1 : 1
		1 VT Tylose MH 300, 3 % in Aqua dest. : Ethanol , 1 : 1
+	2,5 g	Hohlglasskugeln 30 l
+	3 g	Quarzmehl extra fein

Die Scholle hinterfüttert und verklebt.

Nachdem das Festigungsmittel sich gut verteilt hatte und an der Oberfläche kein Feuchtigkeitsglanz zu sehen war, konnte über Hostaphan-Folie je nach Größe der Scholle mit den Fingern oder einem Wattebausch die Malschicht angedrückt werden.

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

9.1.2 Dünne Schollen

Es handelt sich hier um Schollen, die in den meisten Fällen nur aus der Malschicht des 19. Jh. besteht, die ohne Grundierung direkt auf der Malschicht des 13. Jh. liegt.³⁶
Auch hier wurde vorsichtig die Scholle mit

Aqua dest. : Ethanol , 2 : 1

hinterspritzt, die Schollen entspannten sich und legten sich dadurch sofort an die Putz-Oberfläche an.
Anschließend wurde

Klucel GF, 1% in Aqua dest. : Ethanol , 1 : 1

mit Spritzen und sehr feinen Kanülen hinterspritzt und nach „Anziehen“ des Klebemittels über Hostaphan-Folie je nach Größe der Scholle mit den Fingern oder einem Wattebausch die Malschicht angedrückt .

9.2 Abpudernde Malschicht

Um die bindungslosen, aufliegenden Pigmentteilchen wieder an den Untergrund zu binden, wurde auf die entsprechenden Partien mehrfach, je nach Bedarf

Klucel EF 1,5 % in Aqua dest. : Ethanol , 1 : 1

und

Klucel EF 2 % in Aqua dest. : Ethanol , 1 : 1

auch in Kombination appliziert, in Form eines feinen Sprühnebels. Anschließendem konnte durch leichtes Andrücken mit dem Finger über Hostaphanfolie eine Festigung erreicht werden, ohne jedoch zu Verdunklungen oder zu Verfremdungen der ursprünglich „samtigen“ Oberfläche der Leimfarben-Malerei des 19. Jahrhunderts zu führen.

10. Reinigung Malschicht

Aufgrund der teilweise starken Verdunklung der Malschicht-Oberfläche wurden zunächst auf kleinsten Testflächen auf der Ostwand Versuche unternommen, mit Ionenaustauschern (Phase desolvat., 8g in 10g H₂O und Akeogel, 8g in 10g H₂O) und Ammonium- carbonat-Lösungen (1% und 3%) eine Reinigung und Aufhellung der Oberfläche zu erreichen. Da aber diese Methoden nur auf carbonatisch gebundenen Oberflächen (fresko oder secco) ein zufriedenstellendes Resultat bringen können, war, wie zu erwarten, zwar ein Reinigungserfolg festzustellen, aber bei allen vier Versuchen war der Verlust der Farbschicht des 19. Jh. zu hoch, um einer dieser Methoden zur Reinigung der Malschicht einsetzen zu können.

Deshalb hat man sich für eine Trocken-Reinigung mit partieller Feucht-Reinigung entschieden. Es war so gut wie kein Substanzverlust zu verzeichnen, die Kontrolle bei dieser Reinigungsmethode ist maximal.

³⁶Siehe Anlage E Fotodokumentation, Foto Nr.: 20, 21, 22, 23

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

Zunächst wurden mit einem weichen Haarpinsel aufliegender Staub, Spinnweben etc. von den Wänden aufgenommen und abgesaugt. Die Gewölbe-Oberflächen wurden nicht abgesaugt, sondern nur mit einem weichen Haarpinsel der lose aufliegende Schmutz abgenommen. Weiterer Oberflächenschmutz konnte mit Aka-Pad Schwämmen, weich, durch leichtes Abstupfen, festsitzenderer Schmutz durch kreisende Bewegungen abgenommen werden. Besonders hartnäckig verschmutzte Partien und evtl. durch die Notsicherung und die Malschichtfestigung entstandenen Glanzstellen wurden mit Wattestäbchen mit

Ethanol : Aqua dest., 1 : 1

abgerollt.

Die Malschicht konnte durch die Reinigung erheblich aufgehellt werden, die Plastizität und die ursprüngliche Farbgebung der Malerei des 19. Jh. kamen wieder zur Geltung.³⁷

11. Abnahme der jüngeren zementhaltigen Putze im Sockelbereich, Anböschchen

Die jüngeren, zementhaltigen Putze, die man u.a. im Zuge des Einbaus der Dampfheizung in den 30-er Jahren des 20. Jh. auf den Sockelbereich der Kapellenwände angebracht hat³⁸, wurden im Jahr 2003 vorsichtig abgenommen. Darunter waren noch große Partien des Sockelverputzes des 13. Jh. vorhanden. Da in der gesamten Sockelpartie nun der Putz bis auf eine Höhe von ca. 20 cm fehlte, wurde als temporärer Schutz die gefährdeten Putzpartien mit Kalkputz

**4 VT gewaschener Sand
1 VT Sumpfkalk
Wasser**

schräg angebösch. Die Putzoberfläche wurde nach dem leichten Anziehen des Putzes mit dem Spatel abgezogen, um die Oberfläche nicht zu verdichten. Dadurch wird eine bessere Wasserdampfdiffusionsfähigkeit der Putzoberfläche erreicht.

12. Untersuchung des Sockels

Im Zuge der Abnahme der jüngeren, grauen und schlecht haftenden Sockelanstriche des 20. Jh. wurde der Sockel nochmals eingehend untersucht hinsichtlich der Fassungen des Sockels des 13. Jh. und des 19. Jh.

³⁷ Siehe Anlage E Fotodokumentation, Foto Nr.: 24, 25, 26, 27

³⁸ Siehe Anlage Kartierung: Bestand Putz, Blatt Nr.: 6, 11, 14

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

12.1 Sockelfassung 13. Jahrhundert

Es bestätigten sich hier die Untersuchungsergebnisse von 1999 / 2000.³⁹

Direkt auf dem mittelalterlichen Feinputz liegen mehrere weiße Kalktünchen (→ Bürststriche). Oberhalb einer grauen Linierung etwa in Höhe von ca. 1 m beginnt die Bemalung der Wände. Unterhalb dieser Linie, die nur in Fragmenten vorhanden ist, konnte keine Sockelfassung, die man dem 13. Jh. zuordnen kann, gefunden werden. Auf den teilweise noch vorhandenen mittelalterlichen Kalktünchen wurden keinerlei Fassungsreste gefunden, sondern eine leicht vergraute Oberfläche der Tünchen. Dies könnte auf eine vorgestelltes Gestühl, eine hölzerne Lamperie oder ein Wandbehang hindeuten, Befestigungslöcher hierfür wurden jedoch ebenfalls nicht gefunden.

12.2 Sockelfassung 19. Jahrhundert

1896 / 97 fertigte der ausführende Maler-Restaurator Mebert Farb-Skizzen der von ihm bemalten Wände in der Barbara-Kapelle an, die sich heute im Sächsischen Landesamt für Denkmalpflege befinden⁴⁰. Auf diesen Skizzen ist eine Sockelgestaltung in Form eines gemalten Vorhangs zu erkennen. Anhand dieser Skizzen wurde konkret nach Befunden dieser Sockelgestaltung gesucht. Exakt die Vorhangmalerei, die Mebert 1897 skizziert hatte, wurde auf der Ost- und Südwand und auf Teilen der Westwand nachgewiesen. Die Einzelmaße (Abstände der gemalten Aufhängepunkte, Höhen, Linierungen) und die Farbgebung der Malerei konnten ermittelt werden.⁴¹ Alle Befunde wurden 1 : 1 auf Folie zeichnerisch abgenommen und in die Kartierungen eingetragen.⁴²

Die Nordwand ist zu geschädigt, als dass sich hier noch konkrete Hinweise auf diese Malerei finden ließen. Die Farbfragmente, die auf der Nordwand gefunden wurden, können zwar 1897 zugeordnet werden (die Schichtenfolge, die Farbigkeit und das Bindemittel lassen diesen Schluss zu), es handelt sich hier aber anscheinend um wahllos angefertigte Farb- und Linienproben des Malers Mebert, da kein konkreter Zusammenhang mit der Vorhangmalerei zu erkennen ist.

13. Musterachsen zur Retusche und Sockelrekonstruktion

Um eine exaktere Vorstellung von den späteren Retuschen zu erhalten, wurden 2004 drei Musterachsen angefertigt. Eine Musterachse auf der Ostwand⁴³ und eine auf der Südwand. Aufgrund der aussagekräftigen Befunde wurde ebenfalls eine Musterachse für die Rekonstruktion der Sockelmalerei von 1897⁴⁴ auf der Südwand angefertigt.

³⁹ Cathrin Limmer, Maltechnische Untersuchungen. In: Diplomarbeit an der HfBK, Dresden 1999/2000, Teil II, 3., Seite 72 - 74

⁴⁰ Op.cit. Anhang A 8

⁴¹ Siehe Anlage E: Fotodokumentation, Foto Nr.: 5, 6, 7, 8

⁴² Siehe Anlage Kartierung: Bestand Malschicht. Blatt Nr.: 2, 7, 12

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

Die Retusche wird im einzelnen in Punkt 20 und 22 behandelt.

43⁴³ Siehe Anlage E: Fotodokumentation, Foto Nr.: 2

44⁴⁴ Siehe Anlage E: Fotodokumentation, Foto Nr.: 2, 3

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

14. Kompressenentsalzung des Sockelbereiches auf der Nordwand

Der Einsatz einer elektrophysikalischen Entsalzungsanlage wurde an der Barbarakapelle im Zuge der Diplomarbeit bereits erprobt.⁴⁵ Mit Unterstützung durch Hr. Dr. P. Friese von der FEAG in Berlin wurde in die äußere Nordwand der Barbarakapelle als Feldversuch eine AET - Anlage mit vier 60 cm langen Elektroden nach dem funktionierenden System der, in dem DBU - Projekt Schloß Altdöbern laufenden Anlage eingebaut. Es bildeten sich weder hygroskopische anodische Reaktionsprodukte, noch traten an den Kathoden Kristallisationen auf. Nach sechswöchiger Laufzeit wurden die Elektroden ausgebohrt und analysiert. Wie erwartet, wurden zu wenig An - bzw. Kationen festgestellt, um den Versuch als gelungen gelten zu lassen. Grund hierfür ist die schon benannte Tatsache, daß der Wasserhaushalt des Mauerwerks wegen der sehr Dichte des vermauerten Phyllitgesteins überwiegend über die Fugenmörtel abläuft. Da es sich aber um ein, 1,30 m starkes, nicht lagerhaft vermauertes Bruchsteinmauerwerk handelt, bei dem der Fugenverlauf in der Tiefe unklar ist, kann nicht beeinflusst werden, inwieweit die Elektrodenstäbe auf Fugenmörtel oder Gestein treffen. Die, im Zuge des DBU-Projektes laufende Entsalzung in Schloß Altdöbern bezog sich ausschließlich auf Ziegelmauerwerk. Auch ähnliche DBU-Projekte, wie Augustusburg, das Gästehaus Marienthal, sowie Axien wurden auf die Fragestellung der Entsalzung eines Bruchsteinmauerwerks hin überprüft.

Aus den genannten Gründen hat man sich für eine partielle Entsalzung der am stärksten belasteten Bereich - Nordwand Sockel - mit Kompressen entschieden.

14.1 Testreihe zur Materialwahl der Kompressen

Um das Kompressenmaterial zu ermitteln, welches sich in der Kapelle unter den gegebenen Umständen am besten eignet, wurde bereits im 1. BA 2003 begonnen, Probe-Kompressen anzubringen.

Hierfür wurden drei Bereiche auf der Nordwand im Sockelbereich gewählt:⁴⁶

- Bereich **A**⁴⁷ Nordwand, westlich

Ca. 150 - 200 cm von MW-Eck

Direkt über OKF bis 30 cm über OKF

Auf Putz des 13. Jh., nach Abnahme des Zementputzes des 20. Jh. , Tünchereste

⁴⁵⁴⁵ Cathrin Limmer, Wissenschaftliche-theoretisches Thema: Entsalzungsproblematik der Barbara-Kapelle in Thierfeld,. In: Diplomarbeit an der HfBK, Dresden 1999/2000, 5.2 - 5.5, Seite 81 - 97

⁴⁶⁴⁶ Alle Bereiche mit den jeweiligen Kompressen wurden in der Kartierung und fotografisch festgehalten

⁴⁷Siehe Anlage E: Fotodokumentation, Foto Nr.: 14, 15, 16, 17

⁴⁸⁴⁷ Siehe Anlage E: Fotodokumentation, Foto Nr.: 15

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

Keine Japan-Papier-Unterlage

- Bereich **B**⁴⁸ Nordwand, mittlere Zone
Ca 60 cm bis 90 cm über OKF
Auf Malschicht -Resten des 20. Jh. Resten von Tünchen
Alle Kompressen wurden hier über einer Japan-Papier-Lage aufgebracht

49⁴⁸ Siehe Anlage E: Fotodokumentation, Foto Nr.: 16

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

- Bereich **C**⁴⁹ Nordwand, östlich
Direkt links vom Sakramentshäuschen,
180 cm bis 220 cm von NO-Eck
Direkt über OKF bis 40 cm über OKF
Auf Putz des 19 Jh., darunter teilweise Putz des 13. Jh.
Arbocel-Kompressen hier auf Malschicht-Resten des 20. Jh, deshalb Japan-Papier-Lage unter Kompressen

Auf diesen drei Bereichen wurden jeweils drei unterschiedliche Kompressen-Materialien aufgetragen:

- **Kalkputz** 4,0 RT gewaschenen Sand, heterogene Körnung
1,2 RT Altmannsteiner Sumpfkalk
H₂O
Nach Anfeuchten des Untergrunds angesetzt
- **Poraver-Mischung** 1,0 RT Bentonit
0,5 RT Zellulose-Fasern (Arbocel 1000 : Arbocel 200, 1 : 1)
1,5 RT Poraver, 0,25 - 0,5 mm
1,5 RT Quarzsand, 0 - 2 mm
Ca. 1,8 RT H₂O dest.
Nach Anfeuchten des Untergrunds angesetzt
- **Arbocel** 5 RT Arbocel BC 1000 (lange Faser: 0,7 mm)
5 RT Arbocel BC 200 (mittellange Faser: 0,3 mm)
9,5 RT H₂O dest.
Z.T. mit Folie abgedeckt

Poraver:

50⁴⁹ Siehe Anlage E: Fotodokumentation, Foto Nr.:17

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

Blähglas- und Blähglasgranulat aus aus staubfein gemahlenem Recyclingglas der Fa. Dennert Poraver GmbH

Rundgranulat aus Recycling-Glas, feinporig, verschiedene Körnungen (0,04 bis 16 mm Durchmesser), Schüttdichte 150 bis 400 kg/m³.

Eine Poraver-Kompresse entzieht dem Mauerwerk das schädliche Salz und macht eine restauratorische Nachbehandlung des Mauerwerks möglich.

Laut Hertseller können bis zu 1,6 kg/m² Salze von einer Entsalzungs-Kompresse mit Poraver als Zuschlag aufgenommen werden. Dank des Leichtzuschlags Poraver können größere Schichtstärken aufgebracht werden.

Seit 2002 konnten so bereits zum Beispiel die Maxtor-Mauer in Nürnberg (DBU-Projekt) und aktuell die Cadolzburg bei Fürth vor dem Verfall gerettet werden.

Arbocel:

Reine Zellulose-Fasern mit verschiedenen Faserlängen, pH-neutral

Die Arbocel-Kompressen wurden dreimal wiederholt, die Kompressen wurden durch Abdecken mit einer Folie länger feucht gehalten und in noch leicht feuchtem Zustand abgenommen.

Tab. 4: Test-Kompressen zur Ermittlung des geeigneten Kompressen-Materials

Bereich	Nr.	Material	Größe (H x B x T in cm)	Aufgelegt am	Abgenommen am	Zeit- spanne in Tagen	Bemerkung
A	1	Kalkputz	20 x 10 x 1,5	03. 10. 03	12. 08. 04	314	
	2	Poraver	28 x 20 x 2	03. 10. 03	12. 08. 04	314	
	3	Arbocel	20 x 20 x 0,7	I 28. 07. 04 II 06. 08. 04 III 13. 08. 04	I 06. 08. 04 II 13. 08. 04 III 18. 08. 04	9 7 5	Leicht feucht, ohne Folienabdeckung Ohne Japan-Papier abgen. Leicht feucht, Ohne Japan-Papier abgen. Ohne Folienabdeckung Leicht feucht, Ohne Japan-Papier abgen.
B	1	Kalkputz	12,5 x 9 x 1,5	03. 10. 03	12. 08. 04	314	Mit Japan-Papier abgenommen
	2	Poraver	15 x 11 x 2,5	03. 10. 03	12. 08. 04	314	Mit Japan-Papier abgenommen
	3	Arbocel	16 x 19 x 0,7	I 28. 07. 04 II 12. 08. 04 III 24. 08. 04	I 12. 08. 04 II 24. 08. 04 III 31. 08. 04	15 12 7	Noch rel. Feucht, mit Japan-Papier abgenommen, Schimmelbefall Ab 18. 08. ohne Folien- abdeckung, vollständig ausgetrocknet Mit Japan-P. abgenommen Leicht feucht, Mit Japan-P. abgenommen
C	1	Kalkputz	12 x 27 x 0,7	03. 10. 03	12. 08. 04	314	
	2	Poraver	19 x 23,5 x 2,5	03. 10. 03	12. 08. 04	314	Als Haftgrund: Kalkmilch
	3	Arbocel	22 x 18 x 0,7	I 28. 07. 04	I 10. 08. 04	13	Fast abgetrocknet, mit

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

				II 11. 08. 04	II 20. 08. 04	9	Japan.Papier abgenommen Ab 18. 08. Ohne Folien- Abdeckung, leicht feucht, mit Japan-P. Abgenommen Ohne Folienabdeckung, Leicht feucht, mit Japan-P. abgenommen
				III 20. 08. 04	III 27. 08. 04	7	

Alle Kompressen wurden nach der Abnahme dem IDK zur quantitativen und qualitativen Analyse überlassen.

Sämtliche Untersuchungsergebnisse sind in dem Bericht des IDK DD 12 / 2004 dargestellt, erklärt und ausgewertet .

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

14.2 Kompressen-Material

Nach den Salzuntersuchungen aller Kompressen durch das IDK kam man zu dem Entschluss, Arbocel-Kompressen aufzulegen, sie ergaben die besten Ergebnisse in dem Test. Die Untersuchungen und deren Auswertung sind in dem gesonderten Bericht des IDK nachzulesen (DD 12 / 2004)

Ansatz:

	5 RT	Arbocel 1000
+	5 RT	Arbocel 200
+	9 RT	Aqua dest.

14.3 Durchführung der Entsalzung mit Kompressen

Über einer Abklebung mit säurefreiem Japan-Papier wurden über die gesamte Breite des Sockel-Bereiches der Nordwand (5,70 m) bis auf eine Höhe von ca. 1 m drei Kompressen zur Reduktion des Salzgehaltes aufgelegt:

Tab. 5: Kompressen zur Salzreduktion des Nordwand-Sockels

Komresse	Dicke in cm	Aufgelegt am	Abgenommen am	Zeitspanne in Std (h)
1	2 - 3 cm	15. 11. 04	17. 11. 04	Ca 60 h
2	2 - 3 cm	17. 11. 04	19. 11. 04	Ca. 50 h
3	2 - 3 cm	19. 11. 04	22. 11. 04	Ca 70 h

Es erfolgte keine Probennahme des Kompressen-Materials

Aufgrund der niedrigen Innenraum-Temperaturen im November 2004 trockneten die Kompressen kaum, deshalb Zustand bei Abnahme: im Bodenbereich (OKF - 10 cm über OKF) aufgrund der tieferen Temperatur im Anschluß Wand zum Boden, ⁵⁰ nass bis feucht, sonstiger Sockelbereich: feucht bis leicht feucht

15. Neuer Bodenbelag / Entfernung der alten Dampfheizungsrohre

In den Winter-Monaten des Jahres 2004 wurde der jüngere Bodenbelag des 20. Jh. und die Konstruktion der Dampf-Heizung aus den 1930-er Jahren entfernt. Aufgrund der sehr dichten Oberfläche der mehrfach gebrannten und glasierten Fliesen, die offensichtlich mit dem Einbau der Dampf-Heizung in der Kapelle verlegt wurden, kam es in den klimatisch kritischen Monaten im Herbst und Frühjahr immer wieder zu Kondensationserscheinungen der hohen Luftfeuchtigkeit. Das Wasser stand dann in Pfützen mehrere Wochen auf dem kalten Boden, konnte weder versickern, noch verdunsten. Die Wasserdampfdiffusionsfähigkeit der Fliesenoberfläche war zu gering, um

⁵⁰ Siehe Bericht IDK (DD 06 / 2003), Infrarotthermografie-Untersuchungen

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

die anfallende Feuchtigkeit kurzzeitig aufzunehmen. Auf den Fliesen waren bereits weiße Ausblühungen zu beobachten.⁵¹

Eine weitere Maßnahme zur Verbesserung des Raumklimas bestand deshalb darin, den alten Bodenbelag zu entfernen, das durchfeuchtete Schüttmaterial zu entfernen, durch Kiese und Sand zu ersetzen und darin einen neuen Bodenbelag zu verlegen. Dieser sollte die Fähigkeit haben, als Puffer für anfallende erhöhte Luftfeuchtigkeit zu wirken. Deshalb wurden einfach gebrannte, unglasierte keramische Fliesen gewählt, die nur in einem Sandbett verlegt wurden, so dass auch der Sand noch als Feuchtepuffer wirken kann.

Die veraltete und nicht mehr genutzte Konstruktion der Dampfheizung war mit Ihren doppelten Metall-Rohren, die entlang der Wände in einem Schacht verliefen und mit einem Metallgitter abgedeckt waren ebenfalls aus bauphysikalischer Sicht nicht zu vertreten. Da Metall immer etwas kälter ist, als die übrigen, in der Kapelle verwendeten Materialien, kam es auch hier zu Kondensationserscheinungen. Die gesamte Konstruktion wurde entfernt.

Die neuen Bodenfliesen sind bis zu einem Abstand von ca.10 cm zu den Wänden in Sand verlegt, der verbliebene Rand wurde vorläufig mit Kies aufgefüllt.

Die Arbeiten wurden von der Fa. J. Markstein durchgeführt.

16. Mikrobieller Befall im Bereich der NW-Trompe

Auf der Malschicht-Oberfläche der NW-Trompe zeigte sich ein weißlicher Belag, der aber die Umriss der durchscheinenden gemalten Sterne aussparte. Angenommen wurde, dass es sich um eine mikrobiellen Besiedelung handelt, die nicht auf dem Quecksilber in dem nachgewiesenen Zinnober der gemalten Sterne wächst.

Fr. Prof. Dr. Petersen von der Universität Oldenburg wurde hinzugezogen, bei einem Ortstermin nahm sie vier Proben der Malschicht, um sie auf eventuellen mikrobiellen Befall zu testen. Ein gesonderter Untersuchungs-Bericht liegt vor.

Die Durchführung der bauphysikalischen Maßnahmen zur Feuchteverringern im Innenraum machten den Einsatz eines Fungizides nicht notwendig. Aufgrund des nun wesentlich trockneren Innenraumklimas kam es zu keiner neuen mikrobiellen Besiedlung mehr. Der weißliche Belag wurde mit

Spiritus : Aqua dest., 2 : 1

mit Wattestäbchen abgerollt.

⁵¹Siehe Anlage E: Fotodokumentation, Foto Nr.: 14

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

3. BA2005/06

17. Überprüfen der Entsalzungs - Maßnahme von 2004 ⁵²

Um die Entsalzungs - Maßnahme aus dem Jahr 2004 hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zu überprüfen, wurden im August 2005 drei weitere Kompressen auf der Nordwand aufgebracht.

Tab. 6: Kompressen zur Überprüfung der Salzreduktion des Nordwand-Sockels

Kom- presse	Größe (H x B x T) in cm	Bereich	Untergrund	Aufgelegt am	Ab- genommen am	Zeit- spanne	Zustand bei Abnahme / Probe- nahme
1	39 x 38 X 2-2,5	270 cm von NW-Eck 52 cm über OKF	Auf Putz des 13. Jh., mit Grundierungs- Resten und Resten des Anstrichs des 20. Jh.	09. 08. 05	01. 09. 05	32 Tage	Fast trocken mit Restfeuchte Probe: Das ganze Material, Reste von Schmutz mit Pinsel entfernt
2	13 x 14 X 0,5 - 1	194 cm von NW-Eck, 2 cm über OKF Entspricht etwa Bereich A	Direkt auf Putz des 19. Jh. Keine Mal- schicht -Ober- fläche	18. 08. 05	23. 08. 05	5 Tage	Leicht feucht Probe: Zentral, in der Mitte der Komresse
3	10 x 10 X 0,5 - 0,7	270 cm von NW-Eck 70 cm über OKF Direkt über Komresse 1 Entspricht etwa Bereich B	Auf Putz des 13. Jh., mit Grundierungs- resten und Resten des Anstrichs des 20. Jh.	18. 08. 05	23. 08. 05	5 Tage	Leicht feucht Probe: Zentral in der Mitte der Komresse

Die Untersuchungen durch das IDK (Bericht DD 18 / 2005) ergaben eine deutliche Verringerung des Salzgehaltes. Siehe gesonderter Bericht des IDK.

⁵²Siehe Anlage E: Fotodokumentation, Foto Nr.: 28

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

18. Freilegung der Malschicht des 13. Jh. innerhalb eines ausgewählten Bereiches auf der Ostwand⁵³

Ein weiterer Teil der Malerei des 13. Jh. sollte noch freigelegt werden, so dass im gesamten 5 Bereiche mit der mittelalterlichen Malschicht präsentiert werden können. Der ausgewählte Bereich auf der Ostwand, bei dem NO-Eck liegt innerhalb der gemalten Architektur⁵⁴. Die hier vollkommen intakte Malschicht des 13. Jh. ließ sich gut freilegen, die darüberliegende Malschicht des 19. Jh. war stark verbräunt und verdunkelt, so dass kaum noch eine Binnenzeichnung zu erkennen war. Dieser Umstand sprach in erster Linie für die Freilegung, aber auch die Tatsache, dass es in dieser Partie schon vor der mechanischen Freilegung zu erheblichen Selbstfreilegungen, in Form von abgeplatzter Malschicht kam. Es mussten hier nur noch einige sehr dunkle Malschicht-Inseln entfernt werden. Die dunkelbraune Malschicht des 19. Jh. auf der hellrosa Malschicht des 13. Jh. In diesem Bereich vermittelte darüberhinaus eher den Eindruck von Schmutz oder eines Schadens.

Die Malschicht des 13. Jh. Wurde hier, wie auch an den anderen vier Stellen nicht retuschiert, optisch störende Fehlstellen wurden in einem Neutral-Ton, der ablesbar ist, mit Aquarell-Farben (Bindemittel: Gummi arabicum) retuschiert.

19. Putz- und Kittarbeiten

Die unterschiedlich tiefen und großen Fehlstellen machten die Verwendung mehrerer Putzmischungen notwendig.

Alle Fehlstellen wurden niveaugleich und randgenau verputzt bzw. gekittet.

Die unterschiedlichen Oberflächen-Strukturen der, die Fehlstellen umgebenden Putze wurden imitiert.

19.1 größere, tiefere Fehlstellen

Unterputz:

- 3 RT gewaschener Sand, 0 - 2 mm
- 1 RT gewaschener Sand, 0 - 1 mm
- 1 RT Altmannsteiner Sumpfkalk
- Wasser

Feinputz I

- 3 RT gewaschener Sand, 0 - 1 mm
- 1 RT Quarzsand, 0 - 0,28 mm
- 1 RT Altmannsteiner Sumpfkalk
- Wasser

Nach ausreichendem Anfeuchten wurde der Unterputz aufgetragen, bei tieferen Löchern zweimal, bis ca 1 cm unter Niveau. Nach Einritzen der Oberfläche und leichtem „Anziehen“ des Unterputzes wurde der relativ trockene Feinputz aufgetragen. Der Putz wurde nicht geglättet, sondern mit einem Spatel nach leichtem Antrocknen der Oberfläche „abgezogen“. So wurde eine rand- und niveaugleiche Verputzung erreicht.

⁵⁴ Siehe Anlage E: Fotodokumentation, Foto Nr.: 1, 2, 4

⁵⁵ Siehe Anlage E: Fotodokumentation, Foto Nr.:

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

19.2 kleinere Fehlstellen, Risse

Feinputz II	1 RT Quarzmehl Mikrosil
	1 RT Quarzsand, 0,0 - 0,28 mm
	1 RT Quarzsand, 0,1 - 0,3 mm
	1 RT Marmormehl extra, feiner 32 µ
	1 RT Altmannsteiner Sumpfkalk
	Wasser

Der Putz wurde, wie oben beschrieben auf den angefeuchteten Untergrund der Fehlstelle aufgetragen und nach kurzer Antrocknungszeit mit dem Spatel entweder abgezogen oder geglättet, je nach umgebender Struktur.

Um die sehr geringen aber optisch störenden höhensprünge der fehlenden Malschicht, insbesondere im Bereich des floralen Frieses oberhalb des Sockels auszugleichen, wurde folgende Mischung mit dem Pinsel aufgetragen und geglättet, bzw. Je nach Struktur der rauhere Pinselduktus belassen:

Feine Putzschlämme	2 RT Mikrosil Quarzmehl
	2 RT Quarzsand, 0,1 - 0,3 mm
	1 RT Altmannsteiner Sumpfkalk
	Wasser

Zum Teil wurde diese Mischung auch auf größere Verputzungen aufgetragen, um einen bestimmte Putz-Struktur zu imitieren (Putz des 18. Jh.)⁵⁵

Für die Kittung kleinerer Risse kam eine weitere Mischung zum Einsatz, entweder mit einer Injektions-Spritze gefüllt oder mit einem dünnen Pinsel aufgetragen und in trockenem Zustand niveaugleich abgearbeitet. Diese Mischung kam auch für das Hinterfüllen von Putzschollen und Malschichtpaketen (siehe Punkt 7.2.3) zur Anwendung, kann aber auch als Kittung für dünne Risse verwendet werden.

Mischung III) + 300g Mischung II (Mischung I + H₂O : Spiritus, 1 : 1)
100ml H₂O : Spiritus, 1 : 1

Mischung I)	1 RT Calxnova-Injektionsmörtel
	1 RT Champagner-Kreide
	1 RT sehr feines Marmormehl
	1 RT H₂O : Spiritus, 1 : 1

⁵⁵Siehe Anlage E: Fotodokumentation, Foto Nr.: 29, 30

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

19.3 Grundierung der zu retuschierenden Bereiche

Alle verputzten und gekitteten Bereiche wurden mit einer dünnen Kalkmilch grundiert.

20. Retuschen

Grundvoraussetzung für alle Retuschen: Reversibilität und die Wasserdampfdiffusionsfähigkeit der Kittung und Retusche muß gewährleistet sein.

Deshalb wurde als Bindemittel Methyl-Hydroxyethyl-Cellulose, ein reiner, dünnflüssiger Celluloseleim gewählt:

Tylose MH 300, 3 % in Aqua dest. : Ethanol , 1 : 1

Das Bindemittel wurde für die Retusche vor Ort mit kalkechten Erdpigmenten abgemischt, als Weißpigment wurde Titanweiß verwendet.

Die Retusche wurde in kleineren Bereichen als Strichretusche in unterschiedlicher Dichte ausgeführt, größere Fehlstellen wurden in Absprache mit dem Landesamt für Denkmalpflege Sachsen lasierend geschlossen, z.T. wurde die dicht Fläche durch Aufsetzen von einigen Strichen aufgelockert.

Da die Malschicht in optisch wichtigen Teilbereichen sehr geschädigt ist, wie z.B. der Fries mit floralen Ornamenten, der die Malerei-Zone von der Sockelzone trennt oder die komplett fehlenden Bereiche in der unteren Zone der stehenden Figuren, hat man sich für diese Bereiche für eine in der Farbgebung kräftigere und formgebende Retusche entschieden, wohingegen es ausreicht, wenn die geschädigten Bereiche innerhalb der Malerei optisch einheitlich wirken; nicht jede Fehlstelle sollte retuschiert werden.

21. Freilegung und Konservierung und Restaurierung Des bemalten Bereiches auf der Westwand

Dieser Bereich auf der Westwand, der im Zuge von Elektro-Arbeiten entdeckt unter dem ca. 2 cm dicken Putz des 19. Jh. entdeckt wurde ist figürlich bemalt. Man erkennt eine Person und Architektur, die Malerei ist eindeutig dem 13. Jh. zuzuordnen⁵⁶.

Im Zuge der Freilegung der Malerei des 13. Jh. 1896, hat man auch hier die darüberliegenden weißen Tünchen grob abgekratzt, aber dann den Bereich nicht in das Raumkonzept miteingebunden, sondern überputzt. Hier handelt es sich also um den einzigen, nicht übermalten Bereich der Malerei aus dem 13. Jh. Deshalb hat man sich dazu entschlossen, diesen Bereich freizulegen. Leider ist die Malschicht und der Putz, aufgrund früherer Elektro-Einbauten und des Wasserschadens von 1970 in Mitleidenschaft gezogen und geschädigt.

Es wurde keine Bestands- und Schadenskartierung dieses Bereiches angefertigt.

Nach der mechanischen Freilegung mit Skalpell und Lupenbrille, wurde dieser Bereich mit denselben Materialien und Verfahren konserviert und restauriert, wie oben beschrieben

⁵⁷ Siehe Anlage E: Fotodokumentation, Foto Nr.: 9

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

22. Rekonstruktion der Sockelbemalung

Die Entscheidung für die malerische Rekonstruktion der Sockelgestaltung von 1897 kann aus mehreren Gründen gerechtfertigt werden:

- Der gesamte Innenraum der Barbara-Kapelle wurde 1897 mit den Glasfenstern und der Wandmalerei neu gestaltet. Das Erscheinungsbild nach der Restaurierung entspricht fast vollständig dem Raumkonzept von 1897; die Rekonstruktion der Sockelmalerei ist hier als Wiederherstellung und Komplettierung dieses Raumkonzeptes anzusehen. Ein flächig neutral-grauer monochromer Sockelanstrich würde immer eine optische Eigenständigkeit behalten und optisch als „Fremdkörper“ wirken.
- Nach der Restaurierung der Wandmalerei ist das Erscheinungsbild aufgrund der Reinigung und der Retuschen etwas massiver als vor der Restaurierung. Die Malerei ist so angelegt, dass ein optisch tragender Bereich nach unten hin benötigt wird, um die ästhetische Einheit der Malerei wieder erlebbar zu machen.
- Der Kapellenraum wird weiterhin sakral genutzt, eine museale Restaurierung ist hier also nicht angebracht

Für die Musterachse der Sockelmalerei-Rekonstruktion wurden exakt die Farbtöne nach Befund gemischt. Diese Töne sind relativ dunkel und standen sicher in der Entstehungszeit der gesamten Malerei gleichwertig unterhalb der Zone mit der figürlichen Malerei.⁵⁷ Da aber im heutigen Zustand die Wandmalerei heller erscheint als zur Entstehungszeit, musste auch der Sockel in der Farbgebung heller gehalten werden, um diesen Bereich im Vergleich zu den restaurierten Malereien im Hintergrund zu halten.

22.1 Ausführung

Nachdem die größeren Fehlstellen im Sockelbereich verputzt und die jüngeren Sockelanstriche des 20. Jh. entfernt waren, wurden die Befundstellen der Sockelbemalung mit Japan-Papier abgeklebt. Auf die abgeklebten Partien wurde ein Gemisch aus

Kalkmilch
 + **Tylose MH 300, 3 % in Aqua dest. : Ethanol , 1 : 1**
2 : 1

aufgestrichen als Haftvermittlung zwischen Leim und Kalk.

Um die unzähligen, kleinen Fehlstellen im Sockel zu schließen und Unebenheiten leicht auszugleichen wurde mit einer Kalkbürste eine reine Kalkputz-Schlämme mit feinem Zuschlag mehrfach auf den Sockel aufgetragen.

Als Bindemittel für die Sockelbemalung wurde reiner Kalk gewählt, der anthrazit-farbene Wischsockel wurde in Silikatechnik ausgeführt.

Aus bauphysikalischer Sicht ist reiner Kalk ein sehr gutes Material mit guter Wasserdampf-diffusionsfähigkeit und Porigkeit, es wirkt antifungizid.

⁵⁸ Siehe Anlage E: Fotodokumentation, Foto Nr.: 1, 2, 3

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

Hinsichtlich der Optik wurde nicht auf das Bindemittel der Sockelbemalung von 1897, Leimfarbe, zurückgegriffen, weil einerseits der angestrebte, leicht lasierende Charakter der mehrschichtigen Malerei sich in Leimfarben-Technik nicht realisieren lässt, andererseits besteht bei eventuellem erhöhtem Feuchteintrag, verbunden mit Kondensationserscheinungen am kälteren Sockel die Gefahr des Anlösens der Malschicht.

Nach dem Lasieren mit dem Lokaltön in einem helleren Grau, wurden die Einteilungen der Malerei mit Bleistift vorgenommen, um dann das Mittelgrau des eigentlichen Vorhangs zu setzen. Zum Schluss wurden die roten und schwarzen Linierungen aufgesetzt.

Ein kleiner Bereich der Sockelbemalung von 1897 wurde als Primärdokumentation belassen und retuschiert.

23. Westwand, Fensterlaibungen

Die abgesaugten und gereinigten Wandbereiche der Westwand (oberhalb der Sockelbemalung) und der Fensterlaibungen waren im 19. Jh. mit einem monochromen gelblichen Leimfarben-Anstrich versehen.

Da dieser Anstrich, insbesondere in der östlichen Fensterlaibung sehr abpuderte, wurde zur Bindung dieser Farbschicht mit

Tylose MH 300, 1 % in Aqua dest. : Ethanol , 1 : 1

großflächig eingestrichen.

Dann wurde aus Tylose MH 300, 1 % in Aqua dest. : Ethanol , 1 : 1, Rügener Kreide und Kalkhydrat als Weiß-Pigment eine dünne Leimfarbe hergestellt, die mit Mixol-Farbpasten abgetönt wurde.

Der gelbliche Anstrich von 1897 wurde exakt nachgemischt und die entsprechenden Partien damit dünn gestrichen. Wichtig war auch hier, keinen zu dichten Charakter der Farbschicht zu erreichen, sondern leicht lasierend, so gut es mit Leimfarbe geht zu wirken.

24. Einbau eines Be- und Entlüftungssystems

Um auf Dauer ein trockneres Raumklima zu erhalten wurde im Sommer 2005 eine Be- und Entlüftungsanlage in die Kirche eingebaut.

Die Funktionsweise dieser Anlage wird in dem Bericht des IDK DD 18 / 2005 näher beschrieben.

25. Neues Beleuchtungssystem

Die bisherigen drei Halogenleuchten in der Barbara-Kapelle waren zu nah an der Malschicht (z.T. nur 15 cm Abstand) angebracht, so dass die hohe Wärme-Abstrahlung dieser Lampen Schädigungen der Malschicht, Abplatzungen und Schollenbildung, verursachten. Die Farbtemperatur des abgestrahlten Lichtes führte darüber hinaus zu einem zu „warmen“ Farbeindruck der Malerei des 19. Jh., was sich optisch nicht günstig auswirkte. Streiflicht-Erscheinungen und Blendung des Betrachters waren bedingt durch die Anbringung aller drei Lampen auf der Westwand mit ihrer direkten Beleuchtung.

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

Es wurde nun ein hochwertiges Beleuchtungssystem ausgewählt, das aus konservatorischer Sicht zu vertreten ist, weil keine Wärmeabstrahlung entsteht und auch unter den optischen Gesichtspunkten ein Gewinn ist. Die Farbtemperatur ist kühler, die indirekte Beleuchtung verursacht kein Streiflicht mehr.

D ZUSAMMENFASSUNG / AUSBLICK

Nach der Durchführung der bauphysikalischen Maßnahmen 2003 - 2005 in und um die Barbara-Kapelle in Thierfeld konnte der Feuchte- und Salzgehalt im Mauerwerk verringert und das Innenraumklima erheblich verbessert werden, so dass keine Kondensationserscheinungen mehr zu beobachten waren. Im einzelnen ist dies auf folgende Maßnahmen zurückzuführen:

- Entfernen des zementhaltigen Aussenputzes im Bereich der Versalzung und Durchfeuchtung (markierte sich durch Verdunklung), über mehrere Wochen im Sommer abtrocknen lassen, darauf kam ein reiner Kalkputz
- Entfernen des anstehenden, feuchten Bodens im gesamten Bereich des Gründungsmauerwerks der Kapelle, Abtrocknen lassen, darauf reine Kalkschlämme
- Drainage um die Barbara-Kapelle mit Ableitung und Wartungsschacht, Kiesaufschüttung des Drainage-Schachtes
- Sanierung des Dachwasser-Ableitung-Systems mit Regenrinnen, Fallrohren und Ableitung des Wassers in das Drainage-Rohr
- Entfernung der alten Dampfheizungs-Rohre mit Schacht im Innenraum der Barbara-Kapelle, Aufschüttung des Schachtes mit Kies
- Entfernen der glasierten und doppelt gebrannten, jüngeren Bodenfliesen, Ersatz durch einfach gebrannte, unglasierte keramische Bodenfliesen, die nur in Sand verlegt wurden
- Abnahme der zementhaltigen Ausbesserungsputze des 20. Jh. In den Sockelbereichen des Innenraums der Kapelle
- Partielle Entsalzung der Nordwand mittels Zellstoffkompressen
- Einbau eines automatischen Be- und Entlüftungssystems, kein unkontrolliertes Lüften der Kirche mehr

Erst mit der Lösung der Problematik der Entsalzung und Entfeuchtung, machte eine langfristige Konservierung und Restaurierung der Wandmalereien in der Barbara-Kapelle in Thierfeld Sinn. Das Problem beinhaltete die zwei Malphasen (13. Jh. und 19. Jh.) übereinander, die - ohne Schädigung untereinander - reversibel konserviert und restauriert wurden.

Die Verklebung und Strukturverfestigung des Putzes wurde je nach Schadensausbildung in oberflächennahen oder tieferliegenden Bereichen in mehreren Schritten durchgeführt werden; für die Vor-Fixierung und Festigung pudernder und wischender Malschicht, die Wiederverklebung und Niederlegung aufstehender Malschicht, die Konsolidierung strukturgeschwächter Putzbereiche und die Hohlstellenstabilisierung je nach Tiefe der Schädigung wurden unterschiedlich modifizierte Materialien verwendet, die jeweils ausgetestet und für den jeweiligen Anspruch eingestellt wurden.

Verputzungen und Kittungen erfolgten rand-, niveau- und strukturgleich, die Retusche erfolgte in Strichtechnik zurückhaltend, reversibel, einige optisch tragende Bereiche wurden im Farbton etwas massiver ausgeführt. Die Sockelbemalung von 1897, eine stilistisch

Dokumentation der Konservierung und Restaurierung		
Objekt: Evangelisch-lutherische Kirche Thierfeld 08118 Hartenstein, OT Thierfeld	Objektteil: Barbarakapelle	Land: Freistaat Sachsen
Zeitraum: 2003 - 2005/6	Ausführende: Cathrin Limmer, Diplom-Restauratorin	

vereinfachter, imitierter Wandbehang wurde nach Befund und den Original-Skizzen des damals ausführenden Malers Mebert malerisch, flächig rekonstruiert .

Ziel des Projektes war nicht eine oberflächliche und kurzfristige Verschönerung der Wandmalereien, das wäre innerhalb kürzester Zeit leicht zu bewältigen gewesen, sondern die Lösung der konservatorischen Problematik und die Aufklärung der Zusammenhänge zwischen der Schadensgenese im Inneren der Barbarakapelle und den klimatischen, geohydrologischen und peripheren baulichen Bedingungen und aller sonstiger Faktoren, die in der Konsequenz zur Schädigung der Wandmalereien beitragen.

Ausblick

Um eventuelle Schädigungen, insbesondere hinsichtlich der Malschicht, in der Zukunft kontrollieren und gegebenenfalls sofort Maßnahmen ergreifen zu können, wäre eine kontinuierliche Beobachtung (monitoring) und Wartung sinnvoll.

E FOTODOKUMENTATION

Die Fotodokumentation beschränkt sich hier auf einige wenige aussagekräftige Abbildungen.

Alle weiteren Fotos, Dokumentation aller Zustände, sind auf CD-Rom festgehalten.