

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

Bericht DD 33/2013

Modellhafte Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen an der im neugotischen Stil errichteten Kathedrale St. Jakobus, Görlitz

Abschlussbericht AZ 29157

gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt

Projekt AZ 29157



Projekträger: Bistum Görlitz
Postfach 30 09 43
02814 Görlitz

Berichterstattung: Dr. rer. nat. Christoph Franzen
Dipl.-Min. Matthias Zötzl

und Beiträge von Projektbeteiligten: D. Kohla, Th. Backhaus

Anzahl der Seiten: 80

Veröffentlichungen von Untersuchungsberichten, auch auszugsweise, und Hinweise auf Untersuchungsergebnisse zu Werbezwecken bedürfen in jedem Einzelfall der schriftlichen Einwilligung des Instituts für Diagnostik und Konservierung an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V.

Arbeitsstellen in den Ländern:

Sachsen:

Schloßplatz 1
01067 Dresden
Tel.: 0351 48430 408/09/10/27
Fax.: 0351 48430 468

Internet: www.idk-info.de

Sachsen-Anhalt:

Domplatz 3
06108 Halle
Tel.: 0345 472257 21/22/23
Fax.: 0345 472257 29

e-mail: info@idk-info.de

Vorstand:

Prof. Stephan Pfefferkorn
Boje E. Hans Schmuhl
Ellen Schmid-Kamke

Geschäftsführer:

Dipl.-Ing. Uwe Kalisch

Registergericht Dresden: VR 2891

Bankverbindung:

Ostsächsische Sparkasse Dresden
IBAN.: DE52850503003120115524
BIC: OSDDDE81XXX

Kto-Nr.: 3120 115 524 BLZ: 850 503 00
St-Nr.: 203/140/15097

Ust-ID: DE234216408

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	29157	Referat	45	Fördersumme	125.000 €
Antragstitel	Modellhafte Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen an der Kathedrale St. Jakobus in Görlitz				
Stichworte	bauschädliche Salze, Ziegel, Backsteingotik, Fassadenrestaurierung, Denkmalpflege				
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
2 Jahre	17/05/2011	16/05/2013	1		
Zwischenberichte					
Bewilligungsempfänger	Bistum Görlitz			Tel	
	Bischöfliches Ordinariat			Fax	
	Carl-von-Ossietzky-Str. 41/43			Projektleitung	
	02826 Görlitz			Th. Backhaus	
Kooperationspartner	Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V., Schlossplatz 1, 01067 Dresden, Dipl.-Min. Matthias Zötzl, Dr. Christoph Franzen				

Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens

Für die Sanierung der neugotischen Bistumskirche in Görlitz und im Rahmen des Förderprojektes „Modellhafte Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen an der im neugotischen Stil errichteten Kathedrale St. Jakobus im Görlitz“ durch das Bistum Görlitz sind innovative Untersuchungen und Lösungsansätze notwendig. Mit Hilfe von Forschungs- und Entwicklungsleistungen sollen denkmalgerechte und umweltfreundliche Lösungen für die Sanierung der Ziegelpfeiler erarbeitet werden. Durch vorbereitende und begleitende natur- und ingenieurwissenschaftliche Untersuchungen und den Einsatz zerstörungsarmer Messmethoden werden die Entscheidungsgrundlagen für den weiteren Fortgang gelegt. Das innovative Vorgehen wird modellhaft an der Kathedrale entwickelt, demonstriert und dokumentiert.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Ein wesentlicher Schritt vor den vielfältigen Entscheidungen zum Einsatz verschiedener Produkte bzw. dem Umgang mit zu erwartenden Problemen wurde eine visuelle Nachbewertung unterschiedlicher Baumaterialien, die fast eine Dekade standen und alle noch auf dem Markt erhältlich sind, durchgeführt. In der Summe wurde das Vorgehen von 2004/2005 positiv eingeschätzt. Das betraf die Ver fugungen im aufgehenden Mauerwerk und auch die Fugen, die einer besonders intensiven Wasserbelastung ausgesetzt sind.

Insbesondere vor Beginn der Baumaßnahmen wurden Feuchte- und Salzuntersuchungen durchgeführt, um eine konkretes Bild über das Ausmaß der intensiven Durchfeuchtungen der Pfeilervorlagen zu erhalten. Die Feuchteuntersuchungen wurden im Verlauf der Arbeiten wiederholt, um den Abtrocknungsfortschritt bewerten zu können. Die Bauentwicklung wurde in Abhängigkeit der Feuchteverteilung gestaltet. So konnte besonders nassen Bereichen eine längere Abtrocknung ermöglicht werden.

Ergebnisse und Diskussion

Ein Teil der Bewässerung der Pfeilervorlagen entstand durch eine nicht optimal funktionierende Wasserablenkung vom Dach aus. Auch waren die Pfeilervorlagenköpfe so stark geschädigt, dass hier ein Austausch unumgänglich war. Der Rückbau der Pfeilerköpfe ermöglichte gleichzeitig ein besseres Abtrocknen der dort besonders nassen Kernbereiche. Um diese aber gut zu einzurichten, musste der Regenwassereintrag von oben völlig abgestellt werden ohne den Luftwechsel an den betroffenen Stellen einzuschränken. Daher wurden ausschließlich die Pfeilervorlagen durch Schutzdächer abgeschirmt. Die Arbeitsgerüste waren nur mit einem Schutznetz verkleidet, um so eine ständige und gute Belüftung der freigelegten durchfeuchteten Mauerwerksbereiche zu garantieren. Es wurde diskutiert, über technische Maßnahmen die Abtrocknung weiter zu beschleunigen. Dabei wurden auch die Risiken für den Bestand, die sich aus einer technischen Trocknung ergeben könnten, eingeschätzt. Es wurde zugunsten der umweltgerechten natürlichen Abtrocknung entschieden und um Unterstützung derselben ausschließlich durch temporäre konstruktive Maßnahmen. Erst nach der Austrocknung konnten die Vormauerungen wieder hergestellt und die Abdeckungen aus neuen glasierten Ziegelmaterialien rekonstruiert werden.

Reinigung von Sichtziegelmauerwerk kann leicht zu Fehlschlägen führen. Unter Umgehung des häufig undifferenziert verwendeten Patinabegriffes, haben sich folgende Verschmutzungen an den Pfeilern niedergeschlagen: Ablagerung staubförmiger Partikel, Ablagerung von fetten, öligen und rußigen Partikeln (Verbrennungsrückstände, usw.), Krusten als Reaktionsprodukt von Baustoffkomponenten und eingelagerten Umweltstoffen, vorwiegend Gipskrusten, Kalkauswaschungen, farbige Korrosionsprodukte von Metallen, biologische Auflagerungen (Algen Flechten, Moose, Bewuchs). Die Reinigung wurde auf das Abtragen von Oberflächenverschmutzungen beschränkt und in zwei Reinigungsgängen ausgeführt: eine Vorreinigung – vor der Sanierung und eine Abschlussreinigung. Über das Reinigungsverfahren wurde nach dem Anlegen von Musterflächen im Ziegel- und im Sockelbereich entschieden. Die Reinigung erfolgte umwelt- und fachgerecht mit Wasser ohne weitere chemische Zusätze als Hochdruckheißwasserreinigung und Dampfreinigung.

Unter Berücksichtigung der Erfahrungen aus 2004/2005 sollte für die Verputzungen in den Rücklagen ein abgewandeltes Konzept eingesetzt werden. Offensichtlich ging in der Vergangenheit viel Feuchte aus dem Mauerwerk durch diese Rücklagen. Da ein solcher Prozess auch für die Zukunft nicht völlig ausgeschlossen werden kann, sollte der neue Putz mit dieser rückwärtigen Belastung zurechtkommen. Daher sollte auch der Verlust einer Farbfassung optisch nicht sofort auffallen. Es wurde ein diffusionsoffener, eingefärbter, zweilagiger Sanierputz nach WTA aufgetragen.

Als Grundlage für Ziegelaustausch und Ziegeleratz diene die Schadens- und Maßnahmekartierung. Austauschziegel haben sich hinsichtlich formal ästhetischen und denkmalpflegerischen Gesichtspunkte durch Brennfarbe, Maßhaltigkeit, fertigungsbedingten Strukturen, spezielle Glasurarten und Glasurfarben (braun und grün) an den historischen Bestand anzupassen.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

In unregelmäßigen Abständen wurde die lokale Presse über den Beginn bzw. den Fortgang der Arbeiten an der Kathedrale St. Jakobus informiert. Für Juni 2013 ist ein weiterer Medientermin vorgesehen zusammen mit einem überregionalen Fernsehsender.

Die Projektergebnisse und der vollständige Abschlussbericht werden recherchierbar am Hornemann-Institut hinterlegt. Weitere Veröffentlichungen von Ergebnissen als mündliche und schriftliche Beiträge in Fachorganen sind in Vorbereitung.

Fazit

Die modellhafte Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen an der im neugotischen Stil errichteten Kathedrale St. Jakobus im Görlitz konnte erfolgreich abgeschlossen werden.

Inhaltsverzeichnis zum Abschlussbericht

Projektkennblatt	2
Einleitung	6

Bewertung und geschichtliche Bedeutung des Sakralbaus, Th. Backhaus 6 Seiten

Sanierungsbericht , D. Kohla 4 Seiten

IDK-Bericht DD 29/2012 Görlitz, Kathedrale St. Jakobus

Untersuchungen am Westgiebel

1	Einleitung	3
2	Vorgehen, Methodik und Analytik.....	3
2.1	Dokumentation	3
2.2	Quantitative Salzanalyse.....	3
2.3	Röntgendiffraktometrie	4
3	Proben.....	4
4	Visuelle Untersuchung	5
5	Laborergebnisse	13
5.1	Putzuntersuchung	13
5.2	Röntgendiffraktometrie.....	13
5.3	Qualitative und quantitative Salzanalysen.....	13
6	Zusammenfassung.....	14
7	Quellenverzeichnis	15
Anlagen.....		2 Seiten

IDK-Bericht DD 46/2012 Görlitz, Kathedrale St. Jakobus

Feuchteuntersuchungen an Pfeilervorlagen

1	Einleitung	3
2	Vorgehen, Methodik und Analytik.....	3
2.1	Dokumentation	3
2.2	Feuchteanalyse.....	3
3	Proben.....	3
4	Laborergebnisse	9
4.1	Feuchtuntersuchungen.....	9
5	Fazit	12
6	Quellenverzeichnis	12

IDK-Bericht DD 64/2012 Görlitz, Kathedrale St. Jakobus

Nachuntersuchungen an Pfeiler 18

1	Einleitung	3
2	Vorgehen, Methodik und Analytik.....	3
2.1	Dokumentation	3
2.2	Feuchteanalyse.....	3
3	Proben.....	3
4	Ergebnis	4
5	Quellenverzeichnis	4

IDK-Bericht DD 65/2012 Görlitz, Kathedrale St. Jakobus

Untersuchungen der Mörtelzusammensetzung

1	Einleitung	3
2	Methodik und Analytik	3
2.1	Phasenanalyse mittels Röntgenpulverdiffraktometrie	3
2.2	Thermoanalyse (Thermogravimetrie (TG) und Differenzthermoanalyse (DTA))	3
3	Technische Trocknung	3
4	Probenahme und Vorgehensweise	4
5	Ergebnisse	5
5.1	XRD-Analyse.....	5
5.2	Thermoanalyse.....	5
6	Fazit	6
7	Quellenverzeichnis	8
Anlagen.....		3 Seiten

IDK-Bericht DD 81/2012 Görlitz, Kathedrale St. Jakobus

XRD-Analysen an Setzmörtelproben

1	Einleitung	3
2	Probenahme und Vorgehensweise	3
3	Methodik und Analytik	4
3.1	Phasenanalyse mittels Röntgenpulverdiffraktometrie	4
4	Ergebnisse und Fazit.....	4
5	Quellenverzeichnis	4
Anlagen.....		3 Seiten

IDK-Bericht DD 21/20013 Görlitz, Kathedrale St. Jakobus

Nachbewertungen

1	Einleitung	3
2	Methodik und Analytik	3
2.1	Dokumentation	3
2.2	Quantitative Salzanalyse.....	3
2.3	Röntgenpulverdiffraktometrie	3
3	Probenahme.....	4
4	Ergebnisse	6
4.1	Ergebnisse der Röntgenpulverdiffraktometrie	6
4.2	Qualitative und quantitative Salzanalysen.....	7
5	Zusammenfassung.....	9
6	Quellenverzeichnis	11
Anlagen.....		1 Seite

Einleitung

Der Abschlussbericht zum Förderprojekt „Modellhafte Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen an der im neugotischen Stil errichteten Kathedrale St. Jakobus im Görlitz“ AZ 29157 mit der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) setzt sich zusammen aus Ergebnissen der einzelnen Zwischenberichte, die über den Projektzeitraum hinweg erarbeitet wurden, sowie den zusätzlichen Kapiteln zur Baugeschichte, erarbeitet von Herrn Backhaus dem Leiter der Abteilung Bauhaltung/Baubetreuung des Ordinariatsrats Görlitz, und einem Sanierungsbericht der leitenden Architektin Frau Kohla.

Die folgenden Berichte wurden im Rahmen des Projektes durch das IDK erarbeitet und standen begleitend zum Bauablauf neben den mündlichen Empfehlungen zum Vorgehen zur Verfügung:

FRANZEN, C. (2012) Görlitz, Kathedrale St. Jakobus, Untersuchungen am Westgiebel, unveröffentlichter Bericht des IDK DD 29/2012, 17 Seiten

FRANZEN, C., ZÖTZL, M. (2012) Görlitz, Kathedrale St. Jakobus, Feuchteuntersuchungen an Pfeilervorlagen, unveröffentlichter Bericht des IDK DD 46/2012, 12 Seiten

FRANZEN, C., ZÖTZL, M. (2012) Görlitz, Kathedrale St. Jakobus, Nachuntersuchungen an Pfeiler 18, unveröffentlichter Bericht des IDK DD 64/2012, 4 Seiten

ZÖTZL, M., FRANZEN, C. (2012) Görlitz, Kathedrale St. Jakobus, Untersuchungen der Mörtelzusammensetzung, unveröffentlichter Bericht des IDK DD 65/2012, 11 Seiten

ZÖTZL, M., FRANZEN, C. (2012) Görlitz, Kathedrale St. Jakobus, XRD-Analysen an Setzmörtelproben, unveröffentlichter Bericht des IDK DD 81/2012, 8 Seiten

ZÖTZL, M., FRANZEN, C. (2013) Kathedrale St. Jakobus, Nachbewertungen, unveröffentlichter Bericht des IDK DD 21/20013, 12 Seiten

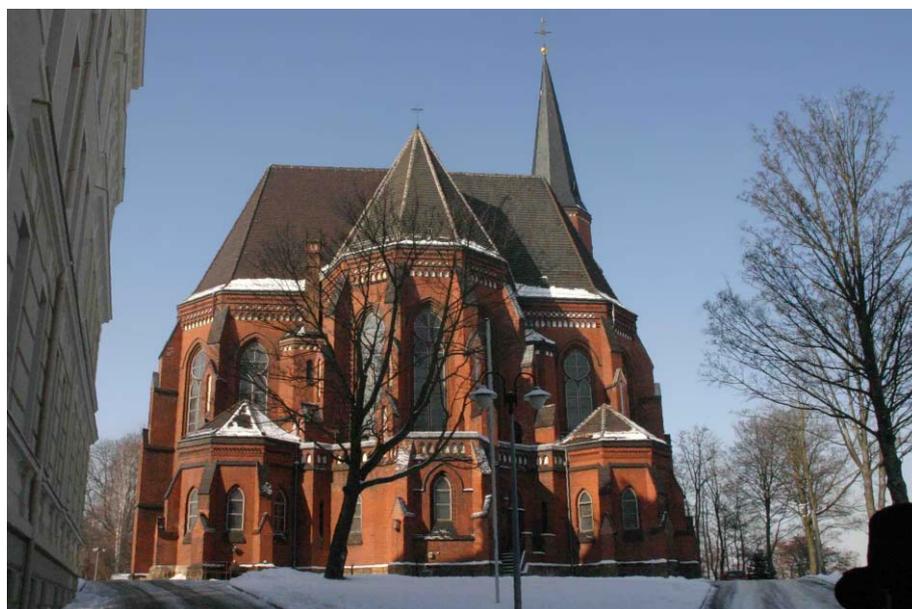


Abb. 1 Kathedrale St. Jakobus, Görlitz

Kathedrale St. Jakobus zu Görlitz

Bewertung und geschichtliche Bedeutung des Sakralbaus

Nähert man sich der Stadt Görlitz von Norden aus Richtung Niesky, von Süden aus Richtung Zittau oder vom Osten aus Polen kommend, so ragt aus der Stadtsilhouette die katholische Kirche und heutige Kathedrale St. Jakobus mit ihrem Kirchenschiff und mächtigen Turm heraus und macht auf sich aufmerksam. Durch ihre exponierte Lage, unmittelbar auf einem Felsplateau hinter dem Hauptbahnhof gelegen, ist sie zu einer städtebaulichen Dominante der an Denkmalen reichen Stadt Görlitz geworden.

Die heutige Kathedrale St. Jakobus in Görlitz ist wegen ihrer kirchengeschichtlichen und architekturgeschichtlichen Bedeutung sowie in ihrer städtebaulichen Wirkung als monumentaler Sakralbau ein kirchliches Baudenkmal von besonderer und überregionaler Bedeutung. Die Bischofskirche als Sitz des Bischofs von Görlitz, dessen Bistum zu 1/3 im Freistaat Sachsen und zu 2/3 im Land Brandenburg sich erstreckt, ist für die Katholiken in den Diasporagebieten der Mittelpunkt des kirchlichen Lebens. Sie ist gleichzeitig Stätte kirchenpolitischer Begegnungen mit dem Freistaat Sachsen und dem Land Brandenburg. Die hervorragende Stellung der Kathedrale St. Jakobus in mehrfachem Sinn macht es erforderlich, diesen Sakralbau als kirchliche Identität des Bistums Görlitz auf Dauer in baulicher und denkmalpflegerischer Hinsicht zu unterhalten.

Städtebauliche und architektonische Bedeutung des Sakralbaus von Joseph Ebers

Die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts war in Schlesien von einem großen wirtschaftlichen Aufschwung geprägt und brachte eine intensive bauliche Entwicklung mit sich. Die Städte in ihren historischen Grenzen – so auch Görlitz –, begannen sich rasch zu entwickeln, und vergrößerten sich teilweise um ein Vielfaches ihrer Fläche. Rund um die historischen Zentren entstanden neue Stadtgebiete, die die architektonische Landschaft der schlesischen Städte gravierend veränderten. Die prägendsten Faktoren waren dabei neben den öffentlichen Gebäuden die Sakralbauten, die sich vom Wohnungsbau deutlich hervorhoben.

Joseph Ebers, einer der kaum erforschten, aber sehr aktiven Architekten in Schlesien erarbeitete 1895 die Planungen für einen monumentalen Kirchbau oberhalb des Hauptbahnhofes der Stadt Görlitz. Die Absteckung des mit Bedacht gewählten Bauplatzes sowie die Bauleitung insgesamt übernahm er als Fürstbischöflicher Baurat selbst. Mit einem genialen Entwurf mit einer stadtwärts gerichteten Einturmfassade gelang es ihm unter Ausnutzung der exponierten Lage des Bauplatzes, einen Sakralbau mit monumentaler und damit Stadtbild prägender Wirkung zu erschaffen. Der massive, relativ schlanke Turm mit flankierenden Ecktürmchen sowie die durchgestaltete Dachlandschaft mit Querwalmdächern über den Seitenschiffen, die mit mehrfarbigen Ziegeln geschmückt waren, bildeten einen eindrucksvollen Baukörper hin zur Stadt und im Anschluss zur neu entstandenen Südstadt. Ebers Architekturmerkmal war nicht nur die Hervorhebung des Kirchenbaukörpers. Er verstand es, die Bauteilkörper des Äußeren und Inneren von Sakralbauten im Prinzip einer Addition zusammenzufügen. Dabei beherrschte er gleichzeitig Details wie die Konstruktion von Rosetten, Wimbergen und Zierfriesen, die an der Westgiebelfassade von St. Jakobus einen gestalterischen Höhepunkt erfahren.

Joseph Ebers, der 1845 in Hildesheim geboren wurde, nahm im Jahr 1864 ein Architekturstudium an der Technischen Hochschule in Hannover auf, wo er 5 Jahre studierte und damit die Voraussetzung für eine höhere bautechnische Beamtenlaufbahn erwarb. Die Hannoversche Schule stand für eine alternativ-liberale neogotische Richtung und damit im Gegensatz zu der dogmatischen Neugotik, wie sie in Köln, Nürnberg und Wien gelehrt wurde. Lehrer und charismatische Persönlichkeit unter den Hannoverschen Architekten war Konrad Wilhelm Hase, der gleichzeitig Mitinitiator der Hannoverschen Bauhütte war. Mit einer solchen neugotischen Prägung strebte Ebers die Laufbahn eines Regierungsbaumeisters an.

Als 38 - Jähriger bekam der damalige Regierungsbaumeister Ebers 1883 das Angebot, das Amt des Diözesanbaurats der größten Diözese Deutschlands mit Sitz in Breslau zu übernehmen. Eines seiner ersten Projekte, dem viele weitere folgten, war der Auftrag zum Entwurf des Neubaus der Pfarrkirche St. Nikolaus in Neurode in der Grafschaft Glatz, die als Schwesterkirche der späteren St. Jakobuskirche, Görlitz, bezeichnet werden kann. Bemerkenswert ist, dass die Wahl auf Ebers als Architekt fiel, obwohl die Auftrag gebende Pfarrei nicht zur Diözese Breslau sondern zum Erzbistum Prag gehörte. Nach dem Tod des Fürstbischofs Robert Herzog wurde Bischof Gerhard Kopp aus Fulda, der spätere Kardinal, als Nachfolger berufen. Der neue Vorgesetzte stammte wie der Architekt aus Niedersachsen und hatte viele Jahre in Ebers Geburtsstadt Hildesheim verbracht und fand offenbar Gefallen an dessen Arbeit. Ebers war daher nicht mehr dem Generalvikariat unterstellt, sondern wurde Fürstbischöflicher Architekt.

Kardinal Georg Kopp ist berühmt geworden als Mäzen, Förderer und als einer der größten Bauherren unter den Breslauer Bischöfen. Dieser vergab wiederum die bedeutendsten Aufträge an Ebers.

Von den 650 kirchlichen Bauten, darunter insgesamt 45 Kirchen, die unter das Episkopat von Kardinal Kopp fallen, wurde ein Großteil der Aufträge durch den Architekten Joseph Ebers realisiert. Dabei fällt die Haupttätigkeit in die Jahre von 1885 – 1900. In dieser Zeit plante und betreute der Diözesanbaumeister die prestigeprächtigsten Bauten in der Diözese Breslau, die damals mit 3 Mio. Katholiken die auch flächenmäßig größte Diözese Deutschlands war. In der jüngeren Fachliteratur wird daher von einer „Joseph Ebers- Ära“ in Schlesien gesprochen. Die katholische Kirche St. Jakobus in Görlitz ist dabei eine seiner bedeutsamsten Kirchbauten geworden, in der sich die Erfahrung eines engagierten Regierungsbaumeisters a.D. und Diözesanbaumeisters niederschlug. Als Ratgeber in Denkmalpflegefragen und als Mitglied von Wettbewerbsausschüssen für Sakralbauten in Schlesien hatte Ebers sich ebenso einen Namen gemacht. Joseph Ebers starb am 14.07.1923 hoch geehrt in Breslau und wurde dort beigesetzt.

Kirchengeschichtliche Bedeutung

Nachdem im Jahr 1853 in Görlitz die erste nachreformatorische Kirche „Zum heiligen Kreuz“ nach den Plänen von August Soller, einem Schüler Schinkels, im neobyzantinischen Stil errichtet werden konnte, wuchs mit der ständigen Erweiterung der Stadt Görlitz auch der katholische Anteil an der Bevölkerung stetig an. So hatte nach der Volkszählung am 3. Dezember 1869 die Stadt Görlitz 32 000 Einwohnern, darunter 2634 Katholiken; vom 1. Dezember 1880 48718 Einwohner, darunter 5015 Katholiken; am 2. Dezember 1895 70175 Einwohner,

darunter 8699 Katholiken. Ein weiteres Gotteshaus für die katholische Bevölkerung der Stadt wurde daher unbedingt erforderlich.

Mehrere Petitionen der Kirchengemeinde (12.11.1892 / 1.11.1893 / 8.12.1895) an den Magistrat der Stadt zur Übereignung eines Grundstückes wurden in der vorwiegend protestantisch geprägten Stadt Görlitz abgelehnt. Mit der Unterstützung des zuständigen Fürstbischofs von Breslau, Kardinal Georg Kopp, der als Mitglied des Staatsrates auch politischen Einfluss hatte, war es nach intensiver Verhandlung möglich, ein Einvernehmen zwischen der Kirchengemeinde und dem Magistrat der Stadt herzustellen. Am 4. September 1897 wurde der Kaufvertrag für den etwa 7 m über dem Straßenniveau gelegenen Baugrund an der Sattigstraße abgeschlossen. Den geforderten Kaufpreis von 30.000 Mark bezahlte Kardinal Kopp an die Stadt Görlitz, so dass der Kirchenbaufonds dazu nicht angegriffen werden musste. Zuvor hatte der Breslauer Bischof den Fürstbischöflichen Baurat Joseph Ebers mit der Planung dieses Bauvorhabens beauftragt.

Nach Besichtigung und Vermessung des Bauplatzes ergab sich alsbald, dass aufgrund des schwierigen hängigen Profils eine Futtermauer geschaffen werden musste. Der monumentale Sakralbau mit umfangreichen Subkonstruktionen wurde dem Maurermeister Grosser aus Görlitz übertragen, der diese schwierige Aufgabe mit größter Präzision vertragsgemäß erfüllte.

Die wichtigsten Baudaten waren:

28.04.1897	erster Spatenstich
18.01.1898	Grundsteinlegung
1898/99	Rohbau unter Dach und Fach
11.09.1899	Fertigstellung der Turmpyramide
27.09.1899	Setzen der Schlusssteine in Gewölbespitzen
04.10.1899	Aufsetzen des Turmkopfes
1900	Innenausbau und Außenanlagen
15.05.1900	Weihe der Glocken

Am 6. Oktober 1900 konnte die neu erbaute Kirche unter großer Beteiligung der Görlitzer Katholiken geweiht werden.

Baubeschreibung des Baudenkmals

Der Sakralbau wurde als dreischiffige Hallenkirche mit polygonalartig geschlossenem Kreuzschiff auf einen 1,5 m hohen Unterbau von Granit- und Zyklopenmauerwerk ausgeführt. Das Presbyterium ist von einem Chorumgang und zwei seitlich flankierenden Kapellen eingefasst. Der Bau erfolgte in Ziegelbauweise nach Vorbildern mittelalterlicher Baukunst aus Niederdeutschland unter Verwendung schöner Verblendformen und Glasursteinen im neugotischen Stil. Die Vorstellung der Bauhöfen des 13. und 14. Jahrhunderts, wurde in der Zeit der Romantik wiederbelebt und durch die neugotische Bauweise umgesetzt.

Aus dieser geistigen Haltung heraus gelangte der Ziegelbau um die Mitte des 19. Jh. zu neuer Geltung. Dabei gingen die deutschen Länder durch unterschiedliche Kunstfreudigkeit ihrer

Regenten unterschiedliche Wege. In der Tradition der Schinkel-Nachfolge wurden historisierende Bauformen ausgeführt.

In der Epoche um 1870 erfuhr der Ziegel eine funktionelle Differenzierung. Es sind Verblendmauerwerke aufgeführt, bei der der hart gebrannte Vormauerziegel die äußere Wandschale bildet. Die Hintermauerziegel mit geringerer Güte wurden im Mauer Kern eingesetzt. Aus Kostengründen vollzog sich parallel die Entwicklung zu Lochverblendern, so wie wir sie heute an der Kathedrale St. Jakobus finden.

Die Verwendung hochwertiger, teils mehrfarbiger glasierter Terrakotten wie am Westgiebel der St. Jakobus-Kathedrale und die Qualität des Baudekors überhaupt vergegenständlichen den hohen technischen Standard der Tonwarenproduktion der damaligen Zeit.

Auch im Inneren der Kirche spiegelt sich die Ziegelbauweise wieder. Die Säulen, Fenster- und Türeinfassungen, die Gurt- und Gratbogen wurden unter Verwendung von grünen und braunen Glasursteinen gestaltet und sind Zeugnis der hohen handwerklichen Meisterschaft der Jahrhundertwende.

Besonderen Wert legte man auf die dekorative Ausmalung der Wand- und Gewölbeflächen neben und über den Altären. Reste der ursprünglichen Bemalung finden wir über dem Ausgang bzw. unter dem Orgelchor. 2007 wurden auf der Empore restauratorische Befunduntersuchungen vorgenommen und ein Mustergewölbe (Teilbereich) nach Befund rekonstruiert.

Durch Artilleriebeschuss wurde die Kirche am 6./7. Mai 1945 stark zerstört. Der Turmschaft wurde förmlich aufgeschlitzt. Beschädigt wurden alle Fenster, der Turmhelm, das Dach und die Orgel.

In der Nachkriegszeit mussten unter schwierigen Bedingungen umfangreiche Instandsetzungen und Notreparaturen am gesamten Kirchbau durchgeführt werden.

Heute erleben wir den Innenraum hell, freundlich in einem leuchtenden Weiß, nur von den grünen und braunen Glasursteinen, den Gurt- und Gratbogen unterbrochen.

Der Hintergrund des Presbyteriums (Hochaltarraum) ist ausgefüllt mit dem emporragenden neugotischen Hochaltar mit Tabernakel. Neben dem Sakramentshaus stehen die Statuen der hll. Apostel Petrus und Paulus und die der hll. Hedwig und Elisabeth aus französischem Kalkstein.

Die Ausstattung der St. - Jakobus-Kirche, bestehend aus einem Gestühl mit geschnitzten Holzwangen, Beichtstühlen und Sakristeischrank sind weitestgehend aus der Entstehungszeit erhalten geblieben und in den vergangenen Jahren restauriert worden.

Unter der Leitung des Architekten Kurt Nowotny, Coswig, erfuhr die Kirche in den Jahren 1980-82 eine grundlegende Renovation, wobei besonders der Altarraum den liturgischen Vorschriften des II. Vatikanischen Konzils angepasst wurde. So ermöglichte nun der neue, in die Vierung vorgerückte, achteckige Altar die Feier der hl. Messe in Zuwendung zum Volk. Im Fuß des Altares befindet sich unter einer Krone eine Reliquie der hl. Hedwig von Schlesien. Die ehemalige Kanzel wurde um ein Segment verkleinert, von ihrer einstigen Höhe herabgeholt und steht nun an der gleichen Säule im Altarraum und dient als Ambo, dem Ort der Wortver-

kündigung.

Die ursprünglichen Glocken, die dem hl. Jakobus, der hl. Jungfrau Maria und dem hl. Bonifatius geweiht waren, wurden ein Opfer des Krieges. 1963 wurden in Apolda drei neue Glocken für die St.-Jakobus-Kirche gegossen, die das heutige Geläut der Kathedrale bilden.

Die kirchengeschichtliche Entwicklung von der Kirche zur Kathedrale

Erst am 01.04.1919 (mit Urkunde vom 20.12.1918) konnte sich die St.-Jakobus-Gemeinde als selbständige Pfarrei bezeichnen. Bis dahin war sie eine Filialkirche der Pfarrgemeinde „Zum Heiligen Kreuz“.

Nach dem Ende des II. Weltkrieges wurde 1945 für das westlich der Oder und Neiße liegende Gebiet des Erzbistums Breslau eine Zweigstelle des Generalvikariates Breslau in Görlitz errichtet, das seit 1946 als Erzbischöfliches Amt Görlitz bezeichnet wurde. Die Leitung dieses Amtes unterstand dem Kapitelsvikar Dr. Piontek, der 1959 in der St.-Jakobus-Kirche zum Bischof geweiht wurde. Während seiner Amtszeit vollzog sich die grundlegende Entwicklung für die Entstehung eines selbständigen Jurisdiktionsbezirkes.

Im Zusammenhang mit der kirchlichen Neuregelung erfolgte 1972 durch römisches Dekret die Umwandlung des Gebietes zur Apostolischen Administratur Görlitz. Ein weiteres römisches Dekret erhob 1973 die St.-Jakobus-Kirche zur Pro-Kathedrale und errichtete ein Domkapitel, das durch Bischof Bernhard Huhn konstituiert wurde. Somit ist die Kirche Bischofskirche des katholischen Bischofs von Görlitz. Sichtbares Zeichen für die Gegenwart von Domkapitel und Bischof ist die Kathedrale und das Kapitelsgestühl, in dem die Domherren ihre Plätze beim gemeinsamen feierlichen Gebet und bei der Mitfeier von Gottesdiensten haben. Der Bischofsstuhl, der auf die Lehrautorität des Bischofs hinweist, deshalb auch mit dem griechischen Wort „Kathedra“ = Lehrstuhl bezeichnet wird, ist im Altarraum der Kathedrale mit einem Wappenschild des Bischofs versehen aufgestellt.

Im Zuge der Neuordnung der Bistümer in den neuen Bundesländern wurde die Apostolische Administratur Görlitz mit päpstlichem Dekret 1994 in den Rang eines Bistums erhoben. Gleichzeitig wurde die bisherige Pro-Kathedrale zur Kathedrale St. Jakobus d.Ä. des neu errichteten Bistums Görlitz ernannt. Sie ist somit Sitz des Bischofs von Görlitz.

Nachdem der Bischöfliche Stuhl, der durch die Berufung des Görlitzer Bischofs Dr. Konrad Zdarsa nach Augsburg, 2010 vakant war, ist am 28. August 2011 durch die Amtseinführung von Bischof Wolfgang Ipolt als Bischof von Görlitz der Bischöfliche Stuhl neu besetzt worden. Bischof Wolfgang Ipolt war zuvor am selben Tag nach Ernennung durch den Heiligen Vater Papst Benedikt XVI. vom Erzbischof des Erzbistums Berlin, Dr. Rainer Maria Woelki, zum Bischof geweiht worden.

Görlitz, 14.05.2013

aufgestellt:

Th. Backhaus
Ordinariatsrat
Ltr. Abteilung Bauerhaltung/Baubetreuung

Quellennachweis:

- 25 Jahre St. Jakobuskirche, Festschrift 25. September 1925
Herausgegeben von Pfarrer G. Scholz
- Die katholischen Kirchen von Görlitz, Lothar Küken, Bernd Richter
Benno-Verlag, Leipzig 1993
- Das Milieu der Architekten in Breslau in der 2. Hälfte des 19. Jh., Slavomir Brzezicki
- Zwischen Hannover, Berlin und Breslau,
Zum Kirchneubau von Joseph Ebers, Slavomir Brzezicki

Sanierungsbericht:

Bestandsunterlagen

Auf der Grundlage von Messbildern erfolgte in den Vorjahren eine Schadens- /
Maßnahmekartierung

Aufgabenstellung :

Denkmalgerechte Sanierung der südlichen und nördlichen Pfeilervorlagen am
Kirchenschiff der Kathedrale St. Jakobus in Görlitz, mit dem Ziel begleitende
Forschungsuntersuchungen zur modellhaften Sanierung umweltgeschädigter
Pfeilervorlagen an der im neogotischen Stile errichteten Kathedrale
durchzuführen. (Süden Pfeiler 2,3,4,5,6, Norden Pfeiler 17,18,19)
Die Nachbewertung der Sanierungsergebnisse von 2004 /2005 an der
Westfassade.

Um die Mitte des 19. Jahrhunderts gelangte der Ziegelbau auch aus der Geisteshaltung der
Romantik heraus zu neuer Geltung. Dabei gingen die deutschen Länder, durch die
unterschiedliche Kunstfreudigkeit ihrer Regenten unterschiedliche Wege. In der Tradition der
Schinkelnachfolge wurden historisierende Bauformen ausgeführt.

In der Epoche nach 1870 erfuhr der Ziegel eine funktionale Differenzierung. Es sind
Verblendmauerwerke ausgeführt, bei denen der hart gebrannte Vormauerziegel die äußere
Wandschale bildet. Die Hintermauerziegel mit geringerer Güte wurden im Mauer Kern eingesetzt.
Aus Kostengründen vollzog sich parallel die Entwicklung zu Lochverblendern, die an der
Kathedrale zum Einsatz kamen.

Die Verwendung hochwertiger, teils mehrfarbig glasierter Terrakotten an der St. Jakobus
Kathedrale und die Qualität des Baudekors vergegenständlichen den hohen technischen
Standard der Tonwarenproduktion.

Die Zielsetzung ist die Rekonstruktion des Originalzustandes der Fassadenbereiche.

Die Wiederherstellung und Instandsetzung der Pfeilervorlagen durch:

- Rückbau der Abblechungen und Austausch nachträglich eingebauter nicht maßhaltiger
und nicht farblich passender Ziegel lt. Fachplanung;
- Wiederherstellung der Strebepfeilerabschlüsse mit glasierten Simssteinen und
schrägaufsteigenden Mauerabschlüssen,
- Sanierung der Verfugungen in Schadensbereichen
- Die Sanierung der Rücklagenputze
- Die Sanierung der Granitsockelbereiche
- Die Konservierung einer Sandsteinfigur am Pfeiler Nr. 19

Die Analyse und Identifizierung der Objektmaterialien erfolgte durch das Klinkerwerk am
Westgiebel; auf die zurückgegriffen ist.

Schadensfälle lassen sich mit der folgenden Übersicht zusammenfassen:

Materialschäden und -zustände an Ziegeln	Rückwitterung / Materialverlust durch: Abschuppen Schalenbildung Salzbelastung Mechanische Ausbrüche Abbröckeln Totalverlust Sonderformen: Krustenbildung Kalkfahnen Biologischer Bewuchs Glasurschäden
Konstruktionsschäden und -zustände am Mauerwerk	Verformungen sind nicht festgestellt Gefügestörungen: Risse Hohlräume, Mehrschaligkeiten

Folgende handwerkliche Instandsetzungstechniken sind ausgeführt:

Reinigung:

Die Reinigung des Sichtziegelmauerwerkes ist eine Maßnahme, die leicht zu Fehlschlägen führen kann. Unter Umgehung des häufig undifferenziert verwendeten Patinabegiffes, haben sich folgende Verschmutzungen an den Pfeilern niedergeschlagen. Diese fallen je nach Lage des Bauteils verschieden aus. Im Sinne der Ganzheitlichkeit des Gebäudes sind die Reinigungsergebnisse auf das Abtragen von Oberflächenverschmutzungen zu beschränken. Dabei sind zwei Reinigungsgänge ausgeführt. Eine Vorreinigung – bevor die Sanierung begonnen ist und eine Abschlussreinigung.

- Ablagerung staubförmiger Partikel,
- Ablagerung von fetten, öligen und rußigen Partikeln (Verbrennungsrückstände, usw.)
- Krusten als Reaktionsprodukt von Baustoffkomponenten und eingelagerten Umweltstoffen, vorwiegend Gipskrusten;
- Kalkauswaschungen,
- Farbige Korrosionsprodukte von Metallen;
- Biologische Partikel (Algen Flechten, Moose, Bewuchs)

Die Reinigung mit Wasser ohne weitere chemische Zusätze mit Hochdruckheißwasserreinigung und die Dampfreinigung ;

Diese Reinigungsverfahren sind auch für die Sockelbereiche und die Treppenstufen angewendet;

Zum Reinigungsverfahren ist nach dem Anlegen einer Musterfläche im Ziegel- und im Sockelbereich entschieden.

Ziegelaustausch und Ziegeleratz

Die Grundlage für diese Maßnahme ist die Schadens- und Maßnahmekartierung; Austauschziegel haben sich hinsichtlich formal ästhetischen und denkmalpflegerischen Gesichtspunkte durch

- Brennfarbe,
- Maßhaltigkeit
- fertigungsbedingten Strukturen,
- Spezielle Glasurarten und Glasurfarben (Brau und Grün) an den historischen Bestand anzupassen;

Die Wandflächen sind als Binder – oder Kopfverband in der äußeren Maueransicht ausgeführt;

Die Vormauerung ist mit Zwei – und Einquartieren (Halbsteine und Riemchen) in abwechselnden Schichten ausgeführt, möglich sind auch Riemchen und Dreiquartier. Mit diesem Verband ist die Hintermauerung verkleidet.

Das Verblendmauerwerk hat folgende Eigenschaften:

- glatte und dichte Oberfläche;
- wetterbeständig;
- scharfkantig;
- gleichfarbig;
- gleiche Größe der Steine;
- gleichmäßiges Fugenbild 6 bis 8 mm;
- aus dem Fugenmaß ergeben sich die Verblendermaße von : 25,2 x 12,2 x 6,9 cm;
- Abweichungen bis 1mm sind zulässig;

Die Verblender sind

- fast ausschließlich als Hohlstein (Lochverblender) mit 20 bis 25 mm starken Wandungen, da dieser dichter, gleichmäßiger durchgebrannt wird;
- schlechter Wärmeleiter;

Die Teilstücke und Formstücke:

Diese sind nicht durch Verhau, sondern nach entsprechenden Maßen geformt.

Aus Formsteinen werden alle Architekturglieder: Simse, Fuß- und Gurtglieder, schrägaufsteigende Mauerabschlüsse, Giebelabdeckungen und die Abdeckungen der Strebpfeiler aufgeführt.

Grundsätzlich ist bei der Auswahl geeigneter Ersatzsortimente eine Anpassung der technisch-physikalischen Eigenschaften an den überlieferten Ziegelbestand gefordert.

Anwendung von Kompressen bei salzbelastetem Mauerwerk

Die Kompressenentsalzung insbesondere im Zusammenhang mit restauratorischen Maßnahmen ist an einigen Flächen, unter den Simsbereichen ausgeführt. Diese erfassten jedoch nie den gesamten Wandquerschnitt.

Ziegelfestigung

Ziegelfestigungen sind nicht ausgeführt.

Ziegelantragungen

Ziegelantragungen sind nur beim Verschließen der Gerüstankerlöcher ausgeführt.

Die Pfeilervorlagen waren durch ein Schutzdach während der Sanierungsarbeiten abgeplant, um einen optimalen Wetterschutz vorzuhalten.

Die Arbeitsgerüste waren nur mit einem Schutznetz verkleidet, um eine ständige und gute Belüftung der freigelegten durchfeuchteten Mauerwerksbereiche zu garantieren.

Diese traditionellen Maßnahmen waren Grundlagen für eine erfolgreiche Austrocknung der tragenden Hintermauerungen ohne zusätzliche technische Mittel, die zwischenzeitlich angedacht waren.

Erst nach der Austrocknung konnten die Vormauerungen wieder hergestellt werden und die Abdeckungen aus neuen glasierten Ziegelmaterialien rekonstruiert werden.

Versetzmörtel und Verfugungen

Das Fugenbild:

Das Aussehen der Backsteinrohbauten hängt wesentlich von der Fuge und der Fugenbehandlung ab.

Die feinen Fugen des Verblendmauerwerkes sind mit einem hellen (pigmentierten) Mörtel ca. 1mm bis 2mm zurückgesetzt verfugt;

Bei den dunklen Steinen wurde bewusst auf ein nahezu helles Fugenbild geachtet.

Die ortstypischen Tone und Sande bestimmen dabei die Farbigkeiten der Ziegel und der Fugenmörtel.

Nach der positiven Auswertung der Nachbeprobungen an der Westfassade sind die angewendeten Fugenmörtel wieder verwendet. (Siehe Materialzusammenstellung)

Anstriche

- zurückliegende Putzflächen sind neu geputzt.
- Das Anstreichen oder Tünchen dieser Rücklagen ist zurzeit nicht ausgeführt, da ein eingefärbter zweilagiger Sanierputz aufgetragen ist.

Steinmetzarbeiten

- Sockel
- Treppenstufen

Die Granitbauteile sind in ihrer Oberflächenstruktur erhalten.

Mürbe und verschlissene Fugen sind ausgeräumt und neu verfugt. Abschließend erfolgt die Reinigung wie oben beschrieben.

Gerüstbauarbeiten

Für die Arbeiten ist ein Modulgerüst hergestellt, das ein Arbeiten an mehreren Pfeilern gleichzeitig und in technologischen Abschnitten ermöglichte.

Gerüstanker sind grundsätzlich in den Ziegel gesetzt und nicht in das Fugenbild.

Eingesetzte Materialien:

- verschiedene Formsteine und Klinker der Firma Wienerberger , Lieferwerk Buchwäldchen,

- Farbe Heide rot nuanciert, glatt
- verschiedene Formsteine braun glasiert
- Vormauermörtel Sakret VZ grau

Fugenmörtel:

- Wandflächen : RAJASIL Kalkfugenmörtel SR 04532 Materialkörnung 0,5 bis 1 mm , mit Farbpigmentzugabe nach KEIM- Palette Exklusiv 9251
- Verfugungen der Simsschrägen aus braunen Glasurklinkern : Rajasil Fugenmörtel MGII a
- Anschlussfugen Fucosil Epoxiflex der Firma Remmers, da dieses Material nicht mehr produziert wird, sind die stumpfen Anschlussfugen der Vorlagen mit zweikomponentigen Fugenmörtel ECC der Firma Remmers (Artikelnummer 0350-0351)ausgeführt.

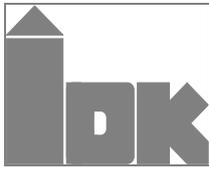
Putzrücklagen:

- Putze: Rajasil SP2 grob farbig
Rajasil SP2 FE FA Sanierputz SP2 fein farbig
- (Die Lieferscheine sind zum Nachweis an das IDK anteilig übergeben)

D. Kohla

Dipl.-Architektin
Fachingenieur für Denkmalpflege

Dipl.-Architekt
DORIS KOHLA
Fachingenieur f. Denkmalpflege
Friedrich-Engels-Str. 51, 02827 Görlitz
Tel.: 03581 / 85 15 50, Fax: 85 15 51



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

Bericht DD 29/2012

Görlitz, Kathedrale St. Jakobus

Nachbewertung bisher eingesetzter Mörtel

Beauftragt durch: Bistum Görlitz
Postfach 30 09 43
02814 Görlitz

Vertrag: Forschungsuntersuchungen zur Modellhaften Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen - Rahmen des Förderprojektes „Modellhafte Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen an der im neugotischen Stil errichteten Kathedrale St. Jakobus im Görlitz“ der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) AZ: 29157-45

Bearbeiter: Dr. Christoph Franzen

Anzahl der Seiten: 15

Anlagen: 2 Seiten

Dresden, 08.05.2012

Veröffentlichungen von Untersuchungsberichten, auch auszugsweise, und Hinweise auf Untersuchungsergebnisse zu Werbezwecken bedürfen in jedem Einzelfall der schriftlichen Einwilligung des Instituts für Diagnostik und Konservierung an Denkmalen in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V.

Arbeitsstellen in den Ländern:

Sachsen:
Schloßplatz 1
01067 Dresden
Tel.: 0351 48430 408/09/10/27
Fax.: 0351 48430 468
Internet: www.idk-info.de

Sachsen-Anhalt:
Domplatz 3
06108 Halle
Tel.: 0345 472257 21/22/23
Fax.: 0345 472257 29
e-mail: info@idk-info.de

Vorstand:

Prof. Stephan Pfefferkorn
Boje E. Hans Schmuhl
Ellen Schmid-Kamke
Geschäftsführer:
Dipl.-Ing. Uwe Kalisch
Registergericht Dresden: VR 2891

Bankverbindung:

Ostsächsische Sparkasse Dresden
IBAN.: DE52850503003120115524
BIC: OSDDDE81XXX
Kto-Nr.: 3120 115 524 **BLZ:** 850 503 00
St-Nr.: 203/140/15097
Ust-ID: DE234216408

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Vorgehen, Methodik und Analytik.....	3
2.1	Dokumentation	3
2.2	Quantitative Salzanalyse.....	3
2.3	Röntgendiffraktometrie	4
3	Proben.....	4
4	Visuelle Untersuchung	5
5	Laborergebnisse	13
5.1	Putzuntersuchung	13
5.2	Röntgendiffraktometrie.....	13
5.3	Qualitative und quantitative Salzanalysen.....	13
6	Zusammenfassung.....	14
7	Quellenverzeichnis.....	15

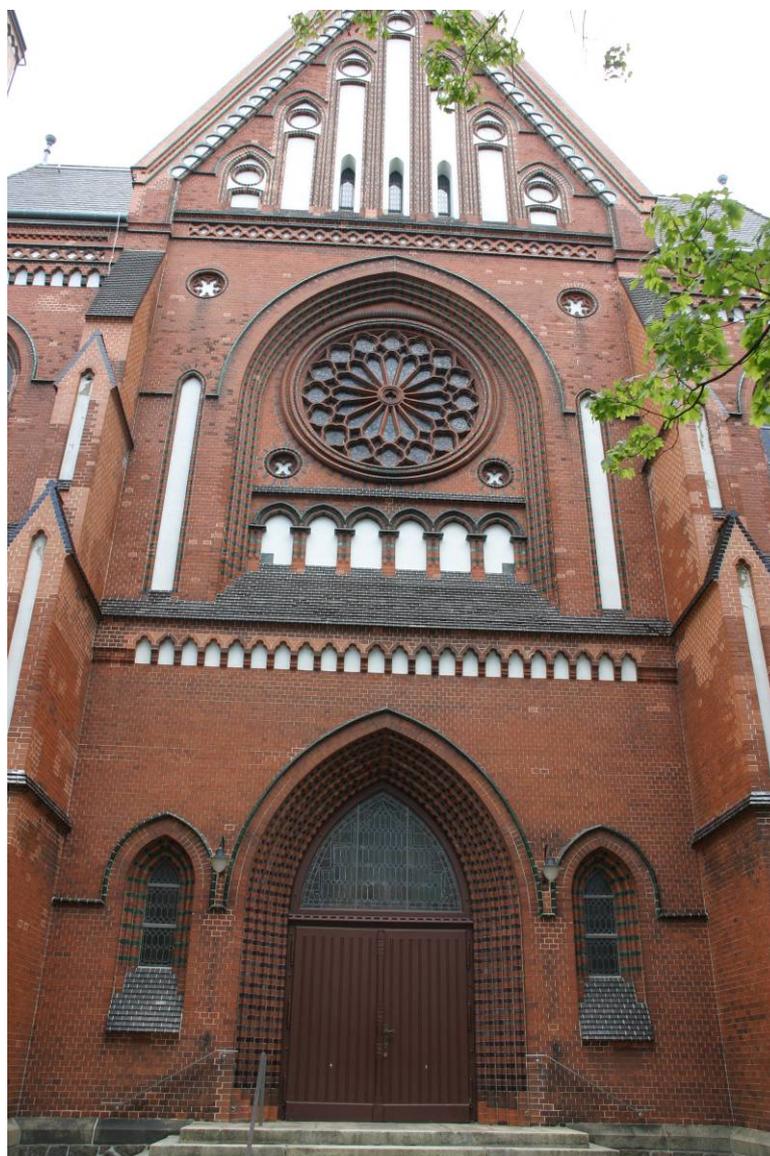


Abb. 1 Görlitz, Kathedrale St. Jakobus, Westfassade

1 Einleitung

Im Zuge der Sanierung der neugotischen Bistumskirche in Görlitz und im Rahmen des Förderprojektes „Modellhafte Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen an der im neugotischen Stil errichteten Kathedrale St. Jakobus im Görlitz“ zwischen dem Bistum Görlitz und der Deutschen Bundesstiftung Umwelt sollen mit Hilfe von Forschungs- und Entwicklungsleistungen denkmalgerechte und umweltfreundliche Lösungen für die Sanierung der Ziegelpfeiler erarbeitet werden. Durch vorbereitende und begleitende natur- und ingenieurwissenschaftliche Untersuchungen und den Einsatz zerstörungsarmer Messmethoden werden die Entscheidungsgrundlagen für den weiteren Fortgang gelegt.

Einer der Schritte dabei ist die unabhängige Begutachtung und Bewertung von modernen Mörteln in vergleichbaren Bereichen. Vergleichbare Bereiche bedeutet einmal die Vergleichbarkeit der bearbeiteten Mauerwerke, zum anderen die Exposition, der Grad der Belastung gegenüber Witterungseinflüssen. An der Kathedrale in Görlitz wurde 2004 eine Sanierung am Westgiebel durchgeführt. Dort sind direkt vergleichbare Ziegel, alt und neu verbaut. Je nach Aufgabe wurden unterschiedliche Mörtel eingesetzt. Nach nun über 7 Jahren sind diese Mörtel alle noch auf dem Markt erhältlich. Durch eine Befahrung des Westgiebels sollte das Erscheinungsbild bewertet werden.

2 Vorgehen, Methodik und Analytik

2.1 Dokumentation

Für die fotografische Dokumentation wurde eine Canon EOS 10D eingesetzt.

2.2 Quantitative Salzanalyse

Für die chemische Analyse wurde eine Probenahme vor Ort durch das IDK durchgeführt. Mit einem Meißel wurde eine Oberflächenprobe von Putz angenommen. Aus der Probe wurden für die quantitative Salzanalyse durch ein standardisiertes Elutionsverfahren wässrige Auszüge im Labor des IDK erstellt. Es erfolgte eine Bestimmung des Anteils der löslichen Bestandteile vom Probematerial, sowie der Leitfähigkeit und des pH-Werts des Extraktes. Der pH-Wert wurde über Behrotest pH81 und die Leitfähigkeit über WTW Cond 315i/Set bestimmt. Von den Extrakten wurden mittels ionenselektiver Methode von Natrium (Na^+) und mittels Photometrie von den Kationen (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) und den Anionen (SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-) die jeweiligen Konzentrationen bestimmt. Die quantitative Ionenbestimmung erfolgte mittels HACH DR/2000 Direct Reading Spectrometer; Natrium HACH Sension 2.

Die Analysenergebnisse der Salzuntersuchungen werden angegeben und bewertet in M.%. Die Darstellung im Diagramm erfolgt in molaren Equivalentkonzentrationen, die sich aus den Massenkonzentration unter Berücksichtigung der Atom- bzw. Molekülmassen und der Ladung errechnen. Durch diese Normierung aller Ionen auf Masse und Ladung lassen sich die Konzentrationen direkt miteinander vergleichen. Bei Schadsalzuntersuchungen ist in der Regel ein kleiner Kationenüberschuss zu verzeichnen, der u. a. damit erklärt wird, dass etwaige OH^- und CO_3^{2-} -Ionen in der Analyse nicht erfasst werden können (Steiger 1998).

Tab. 1 Bewertungsgrenzwerte für bauschädliche Salze nach WTA (2001, 1999)

Bewertung in M.%	WTA-Merkblatt E 3-13-01/D "Kompressenentsalzung"			WTA-Merkblatt4-5-99/D "Mauerwerksdiagnostik"		
	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-
"unbelastet"	<0,02	<0,01	<0,02	-	-	-
"gering"	0,1-0,02	0,03-0,01	0,05-0,02	<0,5	<0,2	<0,1
"mittel"	0,2-0,1	0,1-0,03	0,2-0,05	1,5-0,5	0,5-0,2	0,3-0,1
"hoch"	0,8-0,2	0,3-0,1	0,5-0,2	>1,5	>0,5	>0,3
"extrem"	>0,8	>0,3	>0,5	-	-	-

2.3 Röntgendiffraktometrie

Mit Hilfe der Röntgendiffraktometrie (Röntgendiffraktionsanalyse = RDA, X-ray diffraction = XRD) lassen sich kristalline Bestandteile in einer Probe nachweisen. Die Proben wurden röntgenographisch mit einem Röntgendiffraktometer Siemens D5000, DIFFRAC plus EVA / AUTO-QUAN an der TU-Dresden untersucht.

3 Proben

Am 5.4.2012 wurden drei Proben entnommen. Die Proben sind in Tab. 2 aufgeführt und in den Abbildungen dokumentiert. Die Probenahmestellen sind in den Plan mit eingetragen.

Tab. 2 Probenübersicht, Bezeichnung der Messfelder

Probennummer	Entnahmeort	Material	Bemerkung
Gö-Jbk_P1	unterer Giebelbereich, h = 19 m, mittleres Fenster, rechtes Gewände, Abb. 31	Putzscholle	Test auf hydrophobe Eigenschaften
Gö-Jbk_P2 (ES)	Pfeilervorlage 3, h =7 m, zurückgesetzte Putzfläche, Abb. 46	Knollenförmige Ausblühung auf Putz	qualitative Salzbestimmung (XRD)
Gö-Jbk_P3	Pfeilervorlage 3, h =7 m, zurückgesetzte Putzfläche, Abb. 47	Putz	qualitative und quantitative Salzuntersuchung

4 Visuelle Untersuchung

Am 5.4.2012 wurde von einem Hubwagen aus eine visuelle Bewertung am Giebel vorgenommen. Die Bilder in Abb. 2 bis Abb. 63 zeigen Details aus der Begutachtung. Die Mörtelbezeichnungen richten sich nach den Angaben aus dem Plan "Fugenmörtel Westfassade.pdf" der zur Verfügung stand. Die Bewertungen sind in die Abbildungsunterschriften eingetragen. Die Reihenfolge richtet sich an dem Ablauf der Untersuchung. Dieser ist in einem Plan dargestellt. Die angegebenen Uhrzeiten dienen als Arbeitshilfe und stellen die korrekte Zuordnung sicher.



Abb. 2 Pfeilervorlage 4, unten, (9:50), zurückgesetztes Putzfeld, Putz gut, Farbe blättert ab



Abb. 3 Pfeilervorlage 4, oben, (9:50), Farbe blättert ab



Abb. 4 Pfeilervorlage 4, oben, (9:50), Farbe blättert ab



Abb. 5 Pfeilervorlage 4, oben, (9:56), Farbe blättert ab und Putzschäden, schaliges Ablösen, etwa 4 mm (9:56)



Abb. 6 Pfeilervorlage 4, oben, Farbe blättert ab und Putzschäden, schaliges Ablösen (9:56)



Abb. 7 Pfeilervorlage 4, oben, Farbe blättert ab (9:56)



Abb. 8 Pfeilervorlage 4, oben, (10:03), leichte (Kalk?)
Ausblühungen



Abb. 9 Pfeilervorlage 4, oben, (10:03), Anschluss der
glasierten Ziegel an das Ziegelmauerwerk mit
Epoximörtel, könnte sauberer ausgearbeitet
sein, Empfehlung: Eindrücken/Ausbilden einer
Rinne



Abb. 10 Pfeilervorlage 4, oben, (10:03), Anschluss mit
Epoximörtel, Moosbewuchs



Abb. 11 Moosbewuchs nur oberflächlich (10:03)

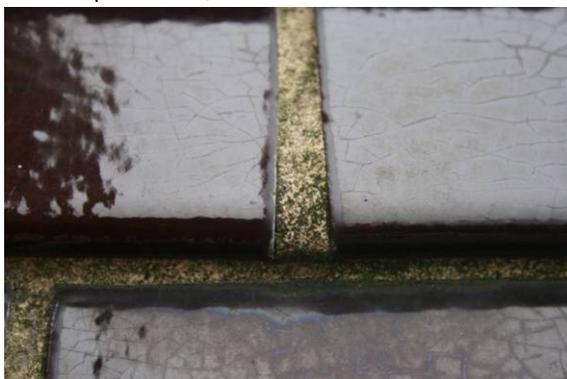


Abb. 12 An glasierten Ziegeln, Rajasil Fugenmörtel
spritzfähig MG IIa, leicht angewittert, teilweise
kleine Flankenabrisse (10:03)
im Gesamten: sehr gut



Abb. 13 Leichter Moosbewuchs



Abb. 14 Rajasil Kalfugenmörtel SR 04532



Abb. 15 Rajasil Kalfugenmörtel SR 04532



Abb. 16 Offene Fuge im Anschluss



Abb. 17 Offene Fuge im Anschluss



Abb. 18 (10:08) Ausblühungen unterhalb Deckung auf
Alt- und Neuziegeln



Abb. 19 (10:15) Glasierte Deckung, leichte Ausblühungen
unterhalb



Abb. 20 Glasierte Ziegel, Rajasil Fugenmörtel spritzfähig
MGIIa

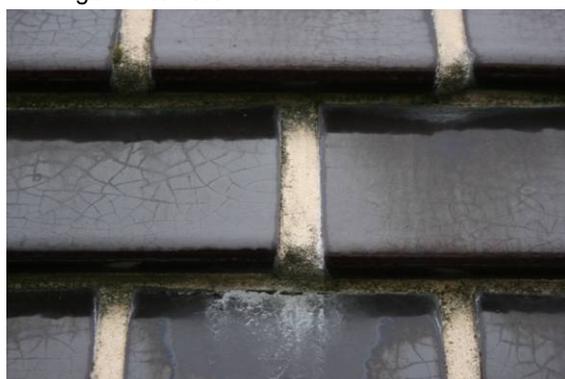


Abb. 21 Glasierte Ziegel, Rajasil Fugenmörtel spritzfähig
MGIIa



Abb. 22 Glasierte Ziegel, Rajasil Fugenmörtel spritzfähig
MGIIa



Abb. 23 Glasierte Ziegel, Rajasil Fugenmörtel spritzfähig
MGIIa



Abb. 24 (10:16), unterer Teil des Rosettenbogens ausgefüllt um Wasserhaltung zu vermeiden



Abb. 25 (10:17) Putzschäden im Rundbogen



Abb. 26 (10:17) Putzschäden in Rundbögen



Abb. 27 (10:17) Putzschäden in Rundbögen



Abb. 28 (10:17)



Abb. 29 (10:17), Ausblühungen und Farbschäden



Abb. 30 (10:17) Schäden an Farbfassung und Putz



Abb. 31 Fenster Mitte, Gewände (10:25), Lose Putzscholle, abgenommen, Probe: Gö-Jbk_P1



Abb. 32 Gesims Mitte Westgiebel, (10:25), Moosbewuchs



Abb. 33 (10:25), Moosbewuchs entfernt, keine Schäden (Löcher) unterhalb des Moos zu finden



Abb. 34 Moosbewuchs



Abb. 35 (10:27) Fugenlücke an Neueinsatz



Abb. 36 (10:27)



Abb. 37 (10:27)



Abb. 38 (10:27) Ausblühungen auf Alt- und Neuziegeln



Abb. 39 (10:30) Putzschäden am Gewände, Ablösen einer 5-mm dicken Lage im unteren Bereich

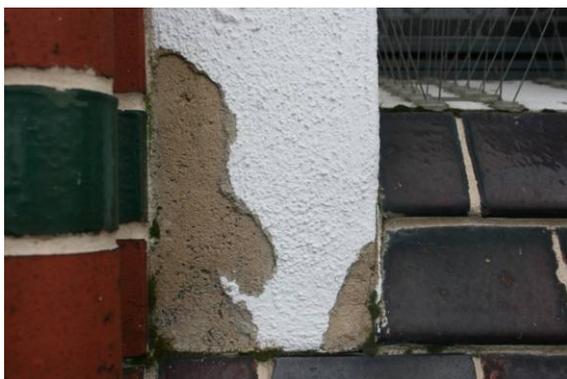


Abb. 40 (10:30) utzschäden am Gewände, Ablösen einer 5-mm dicken Lage im unteren Bereich



Abb. 41 (10:30) utzschäden am Gewände, Ablösen einer 5-mm dicken Lage im unteren Bereich



Abb. 42 unterer Teil des Rosettenbogens ausgefüllt um Wasserhaltung zu vermeiden



Abb. 43 Pfeilervorlage 4, Anschlüsse alte und neue Ziegel



Abb. 44 geputzte Rücklage, h = 17 m (11:15), zurückgesetztes Putzfeld, Schaden durch frühere Probenahme



Abb. 45 Schaden durch frühere Probenahme, Ergebnisse liegen vor: hoher Feuchtegehalt 2007



Abb. 46 Putzschäden, knollige Ausblühungen (11:25), Probe: Gö-Jbk_ES2



Abb. 47 Putzschäden (11:25), Probe: Gö-Jbk_P3



Abb. 48 Pfeilervorlage 3, h=10 m (11:30), Kalkausblühungen mit klarem Horizont



Abb. 49 Pfeilervorlage 3, h=10 m (11:30), Kalkausblühungen mit klarem Horizont



Abb. 50 Moos



Abb. 51 Moos



Abb. 52 Pfeilervorlage 3, oberer Abschluss (11:33), Fugenmörtel grün, schadensfrei



Abb. 53 (11:33), Fugenmörtel grün, schadensfrei



Abb. 54 Pfeiler 3, h=18 m (11:33), Fugenmörtel grün, schadensfrei



Abb. 55 Pfeiler 3, h=18 m (11:33), Fugenmörtel grün, schadensfrei



Abb. 56 Pfeiler 3, h=18 m (11:33), Dachanschluss mit Flexim-Masse



Abb. 57 Pfeiler 3, h=18 m (11:33), Dachanschluss mit Flexim-Masse



Abb. 58 h=18 m (12:30), Dachziegel. leichte Abplatzungen der Engobe



Abb. 59 h=18 m (12:30), Salzausblühungen im Anschlussbereich



Abb. 60 Pfeiler 4, ganz oben, h=20 m (12:30), Anschluss der glasierten Ziegel an das Ziegelmauerwerk mit Eposimörtel



Abb. 61 Pfeiler 4, ganz oben, h=20 m (12:30), Anschluss der glasierten Ziegel an das Ziegelmauerwerk mit Eposimörtel



Abb. 62 Pfeiler 4, ganz oben, h=20 m (12:30), Anschluss der glasierten Ziegel an das Ziegelmauerwerk mit Eposimörtel



Abb. 63 Pfeiler 4, ganz oben, h=20 m, (12:30), Dachanschluss mit Flexim-Masse

5 Laborergebnisse

5.1 Putzuntersuchung

Probe Gö-Jbk_P1 sind mehrere Stücke bis zu 4 cm großer Flächen mit einer Dicke von etwa 5 mm. Sie tragen an der Oberseite eine weiße Farbfassung.

Teileweise ist die Farbe leicht abgelöst, es sind kleinere Vergrünungen an den Stellen zu erkennen. Die Ablösungen der Schollen sind flächig und glatt. Sehr wahrscheinlich entspricht die Dicke dem Oberputz. Von seiner Unterseite zeigt der Oberputz im Labor eine normale Wasseraufnahme. Die Farbfassung ist deutlich hydrophob, Wassertropfen perlen und bleiben auf der Oberfläche stehen.

5.2 Röntgendiffraktometrie

Der mit XRD-Analyse ermittelte Phasenbestand wird in Tab. 3 aufgeführt. In der Anlage ist das ausgewertete Röntgendiffraktogramm zu finden.

Es werden Aphthitalit und Thenardit nachgewiesen. Diese Alkalisulfate sind als bauschädlich Ausfällungen von wässrigen Lösungen im Zusammenhang mit Zement bekannt (Arnold 1981, Grassegger 1997).

Tab. 3 Ermittelte Phasenbestand der Röntgenproben

Probennummer	Phasenbestand	Bemerkungen
Gö-Jbk_ES2	Aphthitalite $K_3Na(SO_4)_2$ Thenardit $NaSO_4$	Kaliumnatriumsulfat Natriumsulfat

5.3 Qualitative und quantitative Salzanalysen

Die Ergebnisse der Basisuntersuchungen an der Proben sind in Tab. 4 dargestellt. Die gemessenen Leitfähigkeiten spiegeln den sehr hohen Anteil an wasserlöslichen Bestandteilen wieder. Der pH-Wert deutlich ins Basische verschoben! Das Ergebnis deckt sich mit dem Nachweis von Aphthitalit und Thenardit, die häufig im Zusammenhang mit alkalischen Baustoffen nachgewiesen werden können.

Tab. 4 Ergebnisse der Basisuntersuchungen (Lf_{250} = gemessener Leitfähigkeitswert im 250 ml Aufschluss; Σ^* wasserlös. Bestandteile = Gesamtsalzgehalt aus dem Trockenrückstand, nb = nicht bestimmt)

Probe	Einwaage [g]	Lf_{250} [$\mu S/cm$]	pH [-]	Σ^* [M.%]
Gö-Jbk_P3	5,01	1026	9,0	3,34

Es wurde weiter eine vollständige qualitative und quantitative Salzanalysen angefertigt. Die Ergebnisse sind in Tab. 5 dargestellt, in Tab. 6 nach WTA bewertet und für Abb. 64 und Abb. 65 umgerechnet in Diagramme eingetragen.

Besonders auffällig sind die extrem hohen Gehalte an Kalium und Natrium. Die Anionen bestehen nur aus Sulfat. Die nachgewiesenen Salzgehalte decken mit den Ergebnissen der Röntgendiffraktometrie.

Tab. 5 Ergebnisse der qualitativen und quantitativen Salzanalysen in M.%

Probe	Anteile an löslichen Ionen in M.%						
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻
	[+/-]	[+/-]	[+/-]	[+/-]	[+/-]	[+/-]	[+/-]
GÖ-JBK_P3	0,025	0,015	0,874	0,226	1,523	<0,01	0,015
	0,004	0,001	0,016	0,009	0,022	0,001	0,002

Tab. 6 Bewertung der Anionen an WTA (2001, 1999)

Probe	WTA-Merkblatt E 3-13-01/D "Kompressenentsalzung"			WTA-Merkblatt 4-5-99/D "Mauerwerksdiagnostik"		
	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻
Gö-JBK_P3	extrem	unbelastet	unbelastet	hoch	unbelastet	gering

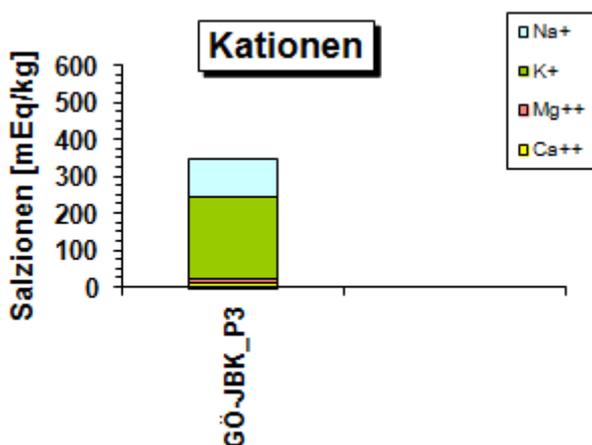


Abb. 64 Kationenverteilung

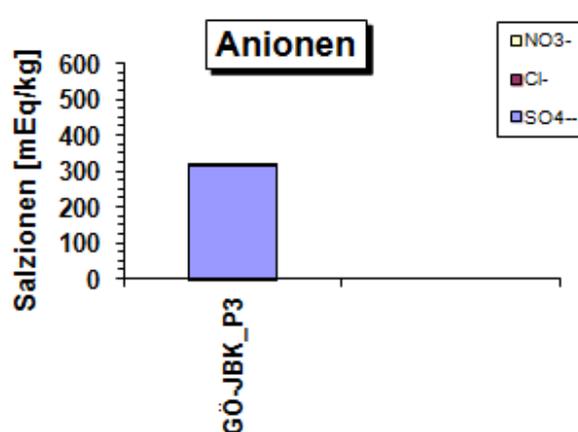


Abb. 65 Anionenverteilung

6 Zusammenfassung

An der Kathedrale St. Jakobus in Görlitz wurden die vor einigen Jahren bearbeitete Westfassade von einer Hubbühne aus visuell untersucht und nachbewertet, sowie Proben entnommen, um Schäden untersuchen zu können.

Im Allgemeinen stehen die damals eingesetzten verschiedenen Mörtel gut, die Fugenmörtel zeigen zum Teil ein angewittertes Aussehen an ihren Oberflächen, aber keine Schäden. Schäden werden an den Fugen nur an nicht vollständig ausgeführten Nachverfugungen beobachtet. Für den Einsatz des Epoximörtels wird empfohlen, ihn an den schrägen Anschlussfugen mit einer kleinen Rinne auszubilden, damit der Wasserablauf gewährleistet werden kann.

Problematisch sind an einigen Stellen die geputzten Rücklagen. Schon von unten sind an vielen Stellen Schäden zu erkennen. Drei Schadenstypen sind zu unterscheiden:

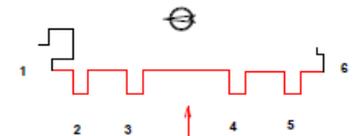
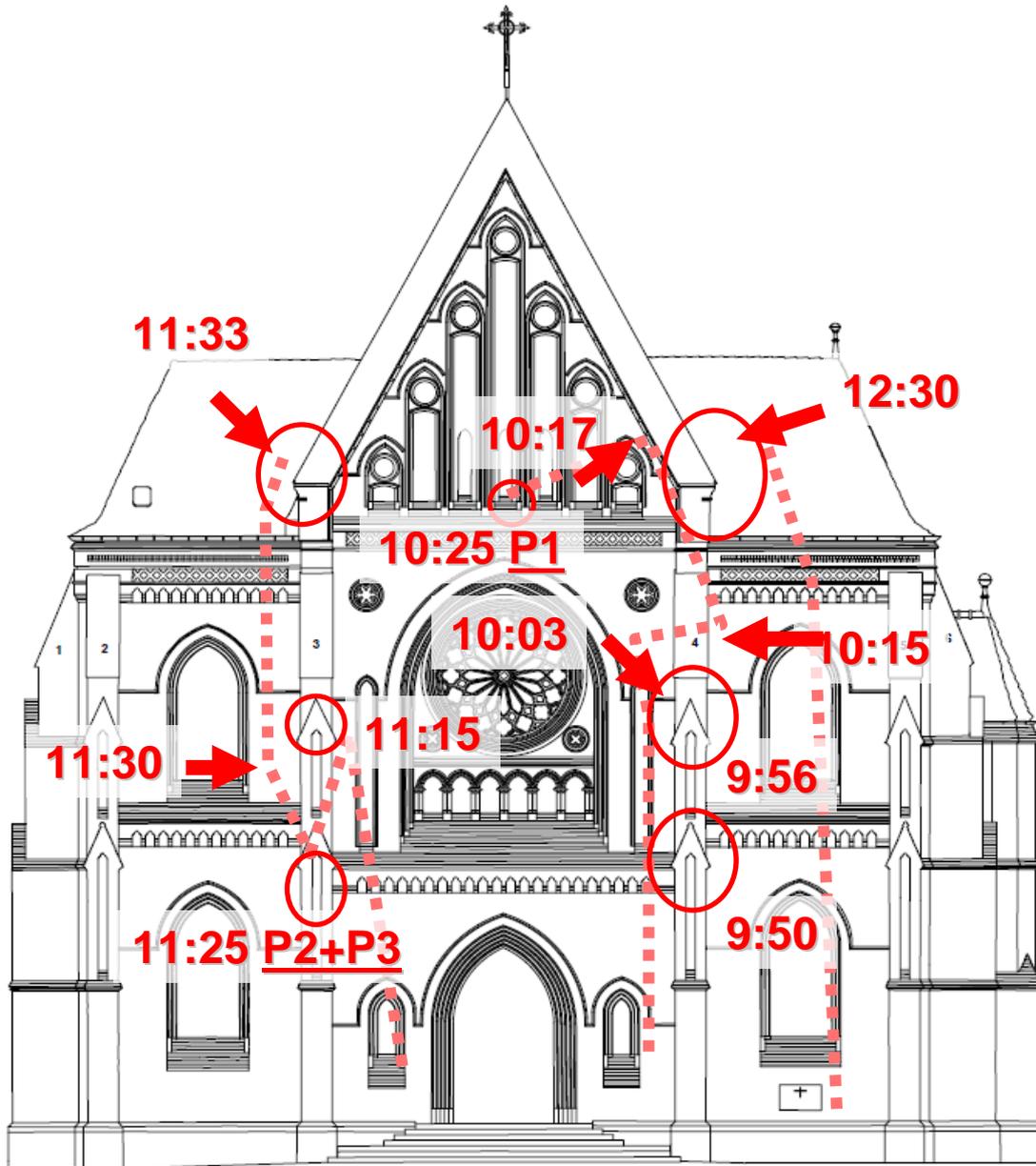
- Ein massiver Schaden stammt aus einer früheren Probenahme. Das Loch wurde seit dem nicht wieder ergänzt. Das Ergebnis der damaligen Untersuchung (Juni 2007) durch Göthel (Colformit Rajasil) war eine hoher Feuchtegehalt.
- Ablösungen der Farbfassung. Die weiße Farbe löst sich vom Putz der Rücklagen. Der graue Putz wird deutlich sichtbar.
- Scholle Ablösungen des Putzes, wahrscheinlich der Oberputzlage.

Bei der Untersuchung von Proben aus Schadstellen wurden Salze und ein hoher pH-Wert nachgewiesen. Die löslichen Salze könnten aus Zement stammen. Ein ständig hoher Feuchtegehalt (der im Rahmen dieser Untersuchung nicht geprüft wurde) könnte ein korrektes Abbinden des Putzes verhindert haben. Die hydrophobe Farbe konnte dabei ein Austrocknen des Untergrundes nicht unterstützen. Nach Angaben der leitenden Architektin Frau Kohla waren die

natürlichen Umgebungsbedingungen zur Zeit des Putzauftrages nicht optimal. Daher kann keine einzelne Erklärung zu den Schadenursachen gegeben werden. Wichtig ist die Beobachtung der hohen Feuchtegehalte in den Pfeilervorlagen, die im Rahmen der anstehenden Maßnahmen wohl noch stärker berücksichtigt und kontrolliert werden müssen. Die Rücklagen sollten diffusionsoffen geputzt und gefasst werden. Ein weiss eingefärbter Oberputz kann mögliche Schäden an der Farbfassung optisch kaschieren.

7 Quellenverzeichnis

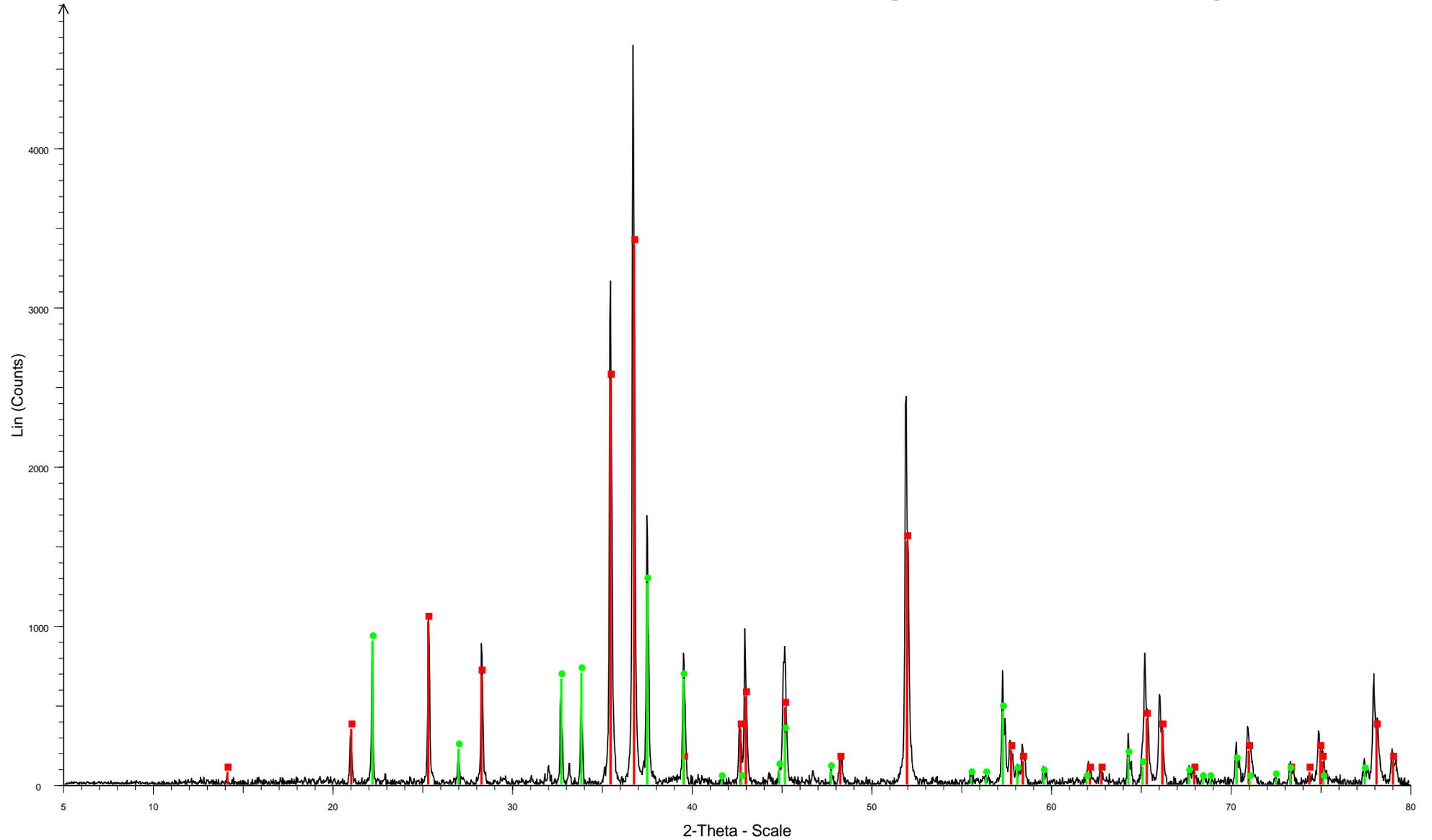
- ARNOLD, A. (1981) Salzminerale in Mauerwerken. Schweizerische mineralogische petrographische Mitteilungen 61, 147-166.
- GRASSEGER, G. (1997): Die Verwitterung von Naturstein an Bauten und Baudenkmalen. In Berufsbildungswerk des Steinmetz- und Steinbildhauerhandwerks e. V., Ed. Naturwerkstein und Umweltschutz in der Denkmalpflege, Ebner Verlag, 89073 Ulm 433-489.
- STEIGER, M., NEUMANN, H.-H., GRODTEN, T., WITTENBURG, C., DANNECKER, W. (1998) Salze in Natursteinmauerwerk - Probenahme, Messung und Interpretation. In R. Snethlage, Ed. Denkmalpflege und Naturwissenschaft, Natursteinkonservierung II, Stuttgart, S. 61-91.
- WTA-Merkblatt "Mauerwerksdiagnostik" (1999): WTA-Merkblatt 4-5-99/D: Beurteilung von Mauerwerk, Mauerwerksdiagnostik. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.
- 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.



+10m = 0.00m

MESSBILDSTELLE GmbH	
<small> Messbildstelle Mess- und Bildaufnahmegeräte Mess- und Bildaufnahmegeräte Mess- und Bildaufnahmegeräte </small>	
030172 Kothelstraße 11, 30627 Hannover, Tel. 0511 30627-11	
Fax 0511 30627-12	
E-Mail: info@messbildstelle.de	
Web: www.messbildstelle.de	
Projekt: Kathedrale St. Jakob	
Blatt: 1 von 50	
Datum: 11.08.2011	
Maßstab: 1:50	
Zeichner: ...	
Prüfer: ...	

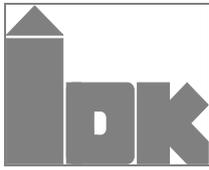
Gö_Jbk_ES 2, Görlitz, Kirche St. Jakobus, Westgiebel, Salzausblühung



File: 9426 Gö-Jbk_ES2.RAW - Start: 5.000 ° - End: 80.000 ° - Step: 0.030 ° - Step time: 6. s - WL1: 1.78897 - WL2: 1.79285 - Displ.: 0. mm - Company: TU Dresden Geologie - Creation: 18.04.2012 14:10:52

00-020-0928 (I) - Aphthitalite, syn - $K_3Na(SO_4)_2$ - Y: 72.92 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Hexagonal - I/c PDF 1.6 -

00-037-1465 (*) - Thenardite, syn - Na_2SO_4 - Y: 27.09 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Orthorhombic -



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

Bericht DD 46/2012

Görlitz, Kathedrale St. Jakobus

Feuchteuntersuchungen an Pfeilervorlagen

Beauftragt durch: Bistum Görlitz
Postfach 30 09 43
02814 Görlitz

Vertrag: Forschungsuntersuchungen zur Modellhaften Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen - Rahmen des Förderprojektes „Modellhafte Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen an der im neugotischen Stil errichteten Kathedrale St. Jakobus im Görlitz“ der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) AZ: 29157-45

Bearbeiter: Dr. Christoph Franzen, Dipl.-Min. Matthias Zötzl

Anzahl der Seiten: 12

Anlagen: - Seiten

Dresden, 10.07.2012

Veröffentlichungen von Untersuchungsberichten, auch auszugsweise, und Hinweise auf Untersuchungsergebnisse zu Werbezwecken bedürfen in jedem Einzelfall der schriftlichen Einwilligung des Instituts für Diagnostik und Konservierung an Denkmalen in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V.

Arbeitsstellen in den Ländern:

Sachsen:

Schloßplatz 1
01067 Dresden
Tel.: 0351 48430 408/09/10/27
Fax.: 0351 48430 468

Internet: www.idk-info.de

Sachsen-Anhalt:

Domplatz 3
06108 Halle
Tel.: 0345 472257 21/22/23
Fax.: 0345 472257 29

e-mail: info@idk-info.de

Vorstand:

Prof. Stephan Pfefferkorn
Boje E. Hans Schmuhl
Ellen Schmid-Kamke

Geschäftsführer:

Dipl.-Ing. Uwe Kalisch

Registergericht Dresden: VR 2891

Bankverbindung:

Ostsächsische Sparkasse Dresden
IBAN.: DE52850503003120115524
BIC: OSDDDE81XXX

Kto-Nr.: 3120 115 524 **BLZ:** 850 503 00
St-Nr.: 203/140/15097

Ust-ID: DE234216408

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Vorgehen, Methodik und Analytik.....	3
2.1	Dokumentation	3
2.2	Feuchteanalyse.....	3
3	Proben.....	3
4	Laborergebnisse	9
4.1	Feuchtuntersuchungen.....	9
5	Fazit	12
6	Quellenverzeichnis.....	12



Abb. 1 Görlitz, Kathedrale St. Jakobus, Untersuchung feuchtegeschädigter Pfeilervorlagen

1 Einleitung

Im Zuge der Sanierung der neugotischen Bistumskirche in Görlitz und im Rahmen des Förderprojektes „Modellhafte Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen an der im neugotischen Stil errichteten Kathedrale St. Jakobus im Görlitz“ zwischen dem Bistum Görlitz und der Deutschen Bundesstiftung Umwelt sollen mit Hilfe von Forschungs- und Entwicklungsleistungen denkmalgerechte und umweltfreundliche Lösungen für die Sanierung der Ziegelpfeiler erarbeitet werden. Durch vorbereitende und begleitende natur- und ingenieurwissenschaftliche Untersuchungen und den Einsatz zerstörungsarmer Messmethoden werden die Entscheidungsgrundlagen für den weiteren Fortgang gelegt.

Im Zuge der Einrüstung der Pfeilervorlagen und dem sofort eingeleiteten Rückbau der Pfeilerköpfe wurden an verschiedenen Pfeilern in unterschiedlichen Höhen Tiefenprofile der Feuchte beprobt. Die Ergebnisse und das daraus folgende Handlungsvorgehen wurde fernmündlich mit der leitenden Architektin Frau D. Kohla diskutiert. Der Bericht dokumentiert die Ergebnisse.

2 Vorgehen, Methodik und Analytik

2.1 Dokumentation

Für die fotografische Dokumentation wurde eine Canon EOS 10D eingesetzt.

2.2 Feuchteanalyse

Für die Analysen wurden Probenahmen vor Ort durch das IDK durchgeführt. Mit einem Spiralbohrer ($\varnothing = 12 \text{ mm}$) wurde aus definierten Tiefenstufen Bohrmehl entnommen und in luftdichten Schnappdeckelbehältern aufgefangen. Die Feuchtebestimmung erfolgt mittels Darmmethode (WTA 1999).

3 Proben

Am 7.6.2012 wurden 60 Feuchteproben sowie eine Mörtelprobe entnommen. Die Ergebnisse der Mörteluntersuchungen, zur Zusammensetzung und Trocknungsrisiken werden in einem späteren Bericht vorgestellt. Die Proben sind in Tab. 1 aufgeführt und in den Abbildungen Abb. 2 bis Abb. 23 die Probenahme dokumentiert. Am 21.06.2012 wurde eine weitere Begehung unternommen, auf eine weitere Probenentnahme verzichtet.

Tab. 1 Probenübersicht

Probennummer	Entnahmeort	Datum
GÖ_JKB_P18-1/1	Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Seite, Pfeiler 18, ca. 16-17 m über OKF, Bereich Abdeckung, unterhalb Abdeckung 0-5 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-2/1	Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Seite, Pfeiler 18, ca. 16-17 m über OKF, von der Vorderseite gebohrt, in den Ziegel 0-5 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-2/2	5-10 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-2/3	10-14 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-2/4	14-17 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-3/1	Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Seite, Pfeiler 18, ca. 16-17 m über OKF, von der Vorderseite gebohrt, in die Fuge 0-5 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-3/2	5-10 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-3/3	10-15 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-3/4	15-17 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18_M1	N-Seite, Pfeiler 18, ca. 16-17 m über OKF, neben Tp3	07.06.2012

Tab. 1 Probenübersicht (Fortsetzung)

GÖ_JKB_P18-4/1	Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Seite, Pfeiler 18, ca. 16-17 m über OKF, in die Seite gebohrt, in die Fuge 0-5 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-4/2	5-10 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-4/3	10-15 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-4/4	15-20 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-4/5	20-25 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-5/1	Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Seite, Pfeiler 18, ca. 13 m über OKF (1 m über Ziergiebelabdeckung) 0-5 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-5/2	5-10 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-5/3	10-15 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-5/4	15-20 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-5/5	20-25 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-5/6	25-30 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-5/7	30-35 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-5/8	35-40 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-6/1	Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Seite, Pfeiler 18, 14-15 m über OKF 0-5 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-6/2	5-10 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-6/3	10-15 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-6/4	15-20 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-6/5	20-25 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-6/6	25-30 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-6/7	30-35 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-6/8	35-40 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-6/9	40-45 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-6/9		07.06.2012
GÖ_JKB_P18-7/1	Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Seite, Pfeiler 18, 1,3 m über OKF 0-5 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-7/2	5-10 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-7/3	10-15 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-7/4	15-20 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-7/5	20-30 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P18-7/6	30-40 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-1/1	Görlitz, Jakobuskathedrale, S-Seite, Pfeiler 5, 1,3 m über OKF 0-5 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-1/2	5-10 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-1/3	10-15 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-1/4	15-20 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-1/5	20-25 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-1/6	25-30 cm	07.06.2012

Tab. 1 Probenübersicht (Fortsetzung)

GÖ_JKB_P5-1/7	30-35 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-1/8	35-40 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-1/9	40-45 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-1/10	45-50 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-2/1	Görlitz, Jakobuskathedrale, S-Seite, Pfeiler 5, ca. 16 m, Höhe Abdeckung, von der Seite gebohrt 0-5 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-2/2	5-10 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-2/3	10-15 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-2/4	15-20 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-3/1	Görlitz, Jakobuskathedrale, S-Seite, Pfeiler 5, ca. 16 m, Höhe Abdeckung, von der Vorderseite gebohrt 0-5 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-3/2	5-10 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-3/3	10-15 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-3/4	15-20 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-4/1	Görlitz, Jakobuskathedrale, S-Seite, Pfeiler 5, (ca. 13 m) über OKF (Höhe Ziergiebel), eine Gerüststufe unter Abdeckung 0-5 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-4/2	5-10 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-4/3	10-15 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-4/4	15-20 cm	07.06.2012
GÖ_JKB_P5-4/5	20-25 cm	07.06.2012



Abb. 2 Pfeiler 18, TP1



Abb. 3 Pfeiler 18, TP1 und TP2



Abb. 4 Pfeiler 18, TP2



Abb. 5 Pfeiler 18, TP2, 'flüssige' Probe!!



Abb. 6 Pfeiler 18, TP3 und Mörtelprobe M1



Abb. 7 Pfeiler 18



Abb. 8 Pfeiler 18, TP4



Abb. 9 Pfeiler 18, TP4



Abb. 10 Pfeiler 18, TP5



Abb. 11 Pfeiler 18, TP6



Abb. 12 Pfeiler 18, TP6



Abb. 13 Pfeiler 18, TP1



Abb. 14 Pfeiler 5, TP1



Abb. 15 Pfeiler 5, TP1



Abb. 16 Pfeiler 5, TP2



Abb. 17 Pfeiler 5, TP2



Abb. 18 Pfeiler 5, TP3



Abb. 19 Pfeiler 5, TP3



Abb. 20 Pfeiler 5, TP4



Abb. 21 Pfeiler 5, TP4



Abb. 22 Moos wächst in den Fugen

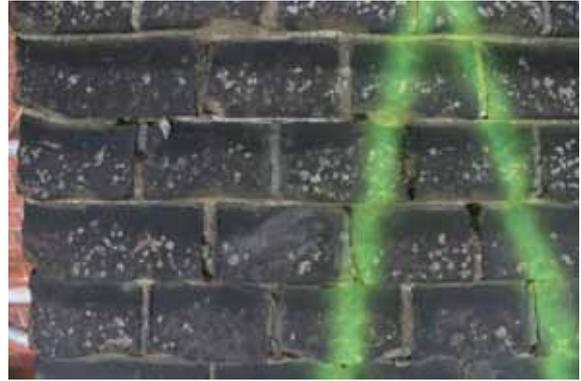


Abb. 23 Fugen der Abdeckung stehen offen

4 Laborergebnisse

4.1 Feuchtuntersuchungen

Die Ergebnisse der Feuchtuntersuchungen sind in den Abb. 24 bis Abb. 34 bis graphisch dargestellt. Die Abfolge der Darstellung lehnt sich absteigend an die Höhe der untersuchten Stellen an.

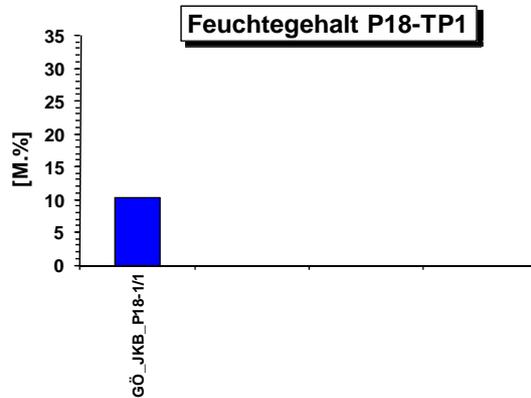


Abb. 24 Gö_JKB_P18_TP1, 16 m

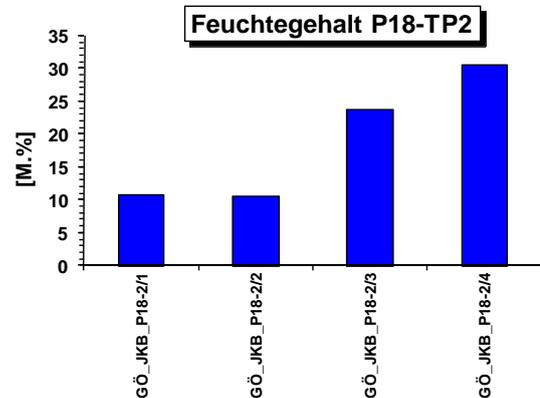


Abb. 25 Gö_JKB_P18_TP2, 16 m

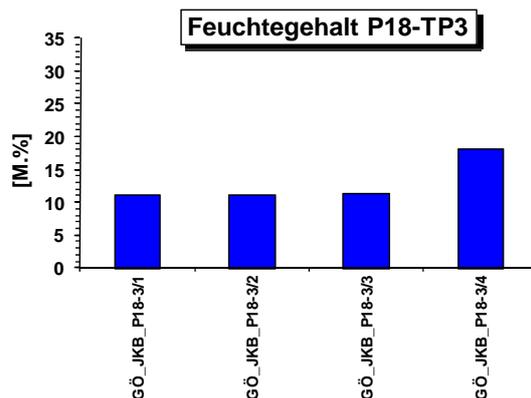


Abb. 26 Gö_JKB_P18_TP3, 16 m

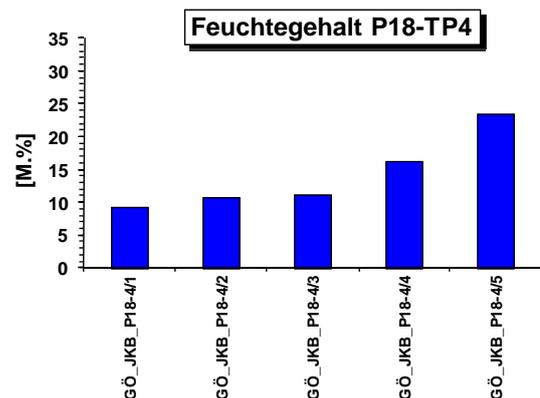


Abb. 27 Gö_JKB_P18_TP4, 16 m

Tab. 2 Feuchtegehalte P18 TP1 bis TP4

Probennummer	Feuchtegehalt M.%
GÖ_JKB_P18-1/1	10,3
GÖ_JKB_P18-2/1	10,7
GÖ_JKB_P18-2/2	10,3
GÖ_JKB_P18-2/3	23,5
GÖ_JKB_P18-2/4	30,5
GÖ_JKB_P18-3/1	11,0
GÖ_JKB_P18-3/2	11,1
GÖ_JKB_P18-3/3	11,3
GÖ_JKB_P18-3/4	18,1

Probennummer	Feuchtegehalt M.%
GÖ_JKB_P18-4/1	9,1
GÖ_JKB_P18-4/2	10,7
GÖ_JKB_P18-4/3	11,2
GÖ_JKB_P18-4/4	16,1
GÖ_JKB_P18-4/5	23,5

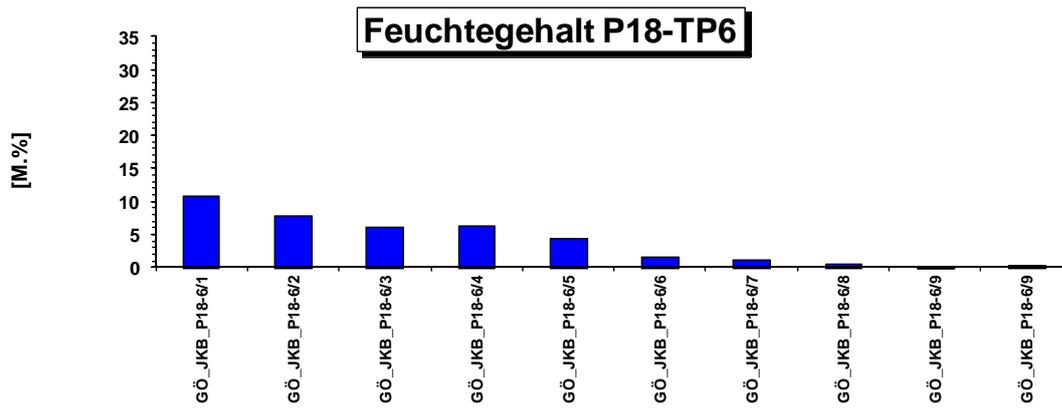


Abb. 28 Gö_JBK_P18_TP6, 14 m

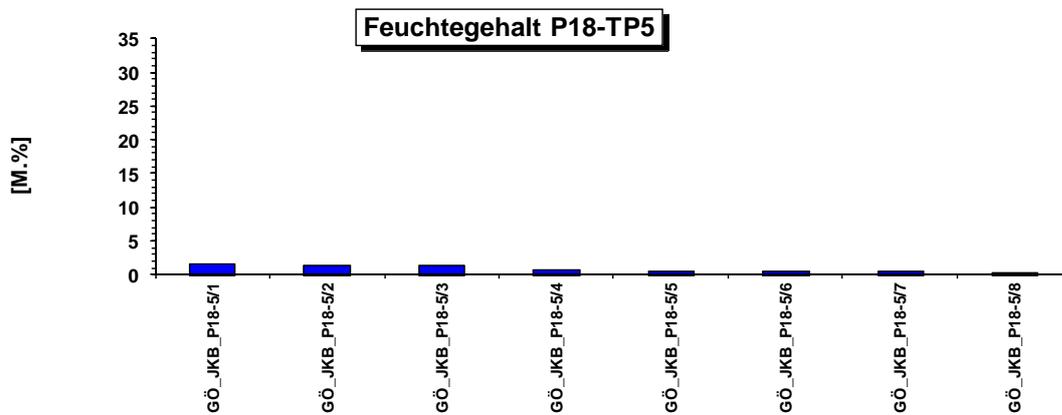


Abb. 29 Gö_JBK_P18_TP5, 13 m

Tab. 3 Feuchtegehalte P18 TP5 und TP6

Probennummer	Feuchtegehalt M.%
GÖ_JKB_P18-6/1	10,8
GÖ_JKB_P18-6/2	7,7
GÖ_JKB_P18-6/3	6,1
GÖ_JKB_P18-6/4	6,4
GÖ_JKB_P18-6/5	4,4
GÖ_JKB_P18-6/6	1,6
GÖ_JKB_P18-6/7	1,3
GÖ_JKB_P18-6/8	0,6
GÖ_JKB_P18-6/9	0,2
GÖ_JKB_P18-6/10	0,3

Probennummer	Feuchtegehalt M.%
GÖ_JKB_P18-5/1	1,6
GÖ_JKB_P18-5/2	1,5
GÖ_JKB_P18-5/3	1,3
GÖ_JKB_P18-5/4	0,8
GÖ_JKB_P18-5/5	0,6
GÖ_JKB_P18-5/6	0,6
GÖ_JKB_P18-5/7	0,5
GÖ_JKB_P18-5/8	0,4

Tab. 4 Feuchtegehalte P18 TP7

Probennummer	Feuchtegehalt M.%
GÖ_JKB_P18-7/1	8,4
GÖ_JKB_P18-7/2	7,1
GÖ_JKB_P18-7/3	6,3
GÖ_JKB_P18-7/4	5,0
GÖ_JKB_P18-7/5	4,7
GÖ_JKB_P18-7/6	2,3

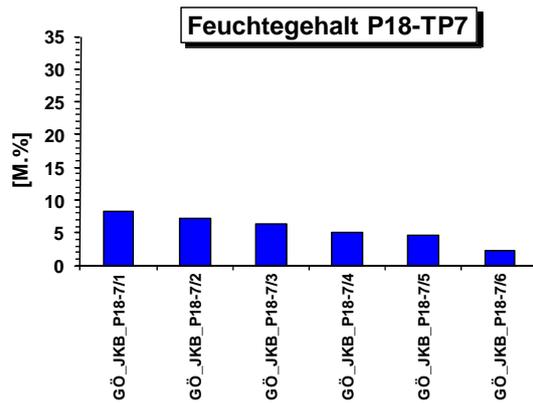


Abb. 30 Gö_JKB_P18_TP7, 1,3 m

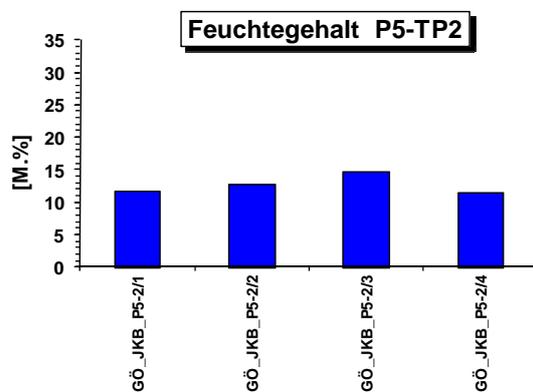


Abb. 31 Gö_JKB_P5_TP2, 16 m Seite

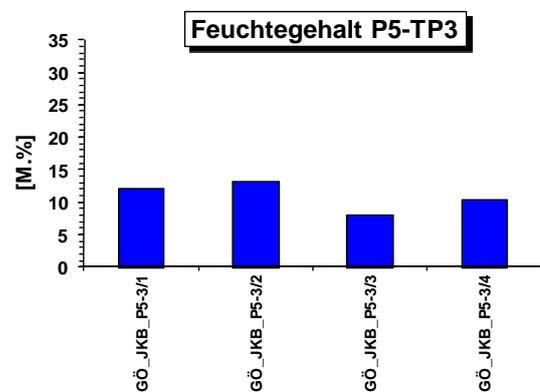


Abb. 32 Gö_JKB_P5_TP3, 16 m von vorne

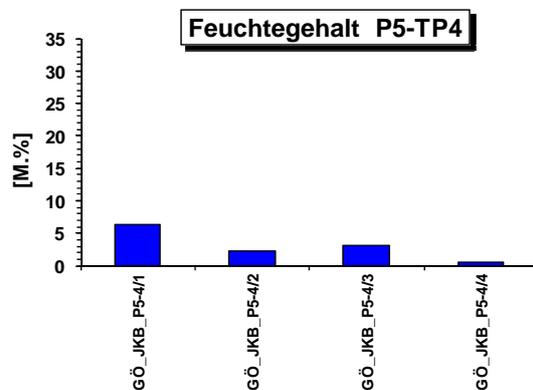


Abb. 33 Gö_JKB_P5_TP4, 13 m

Tab. 5 Feuchtegehalte P5 TP2 bis TP4

Probennummer	Feuchtegehalt M.%
GÖ_JKB_P5-2/1	11,8
GÖ_JKB_P5-2/2	12,9
GÖ_JKB_P5-2/3	14,8
GÖ_JKB_P5-2/4	11,6
GÖ_JKB_P5-3/1	12,1
GÖ_JKB_P5-3/2	13,3
GÖ_JKB_P5-3/3	8,0
GÖ_JKB_P5-3/4	10,4

Probennummer	Feuchtegehalt M.%
GÖ_JKB_P5-4/1	6,2
GÖ_JKB_P5-4/2	2,2
GÖ_JKB_P5-4/3	3,0
GÖ_JKB_P5-4/4	0,6

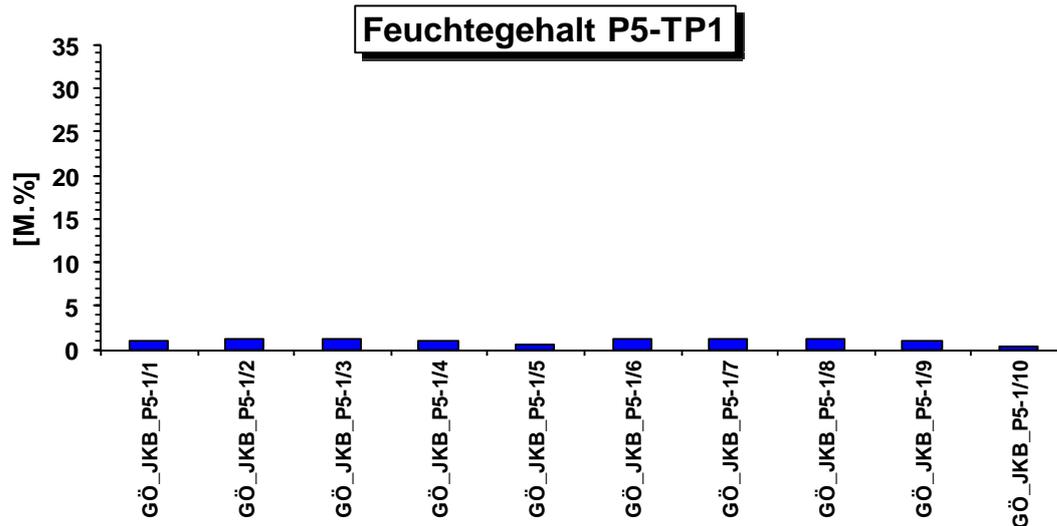


Abb. 34 Gö_JBK_P5_TP1, 1,3m

Tab. 6 Feuchtegehalte P5 TP1

GÖ_JKB_P5-1/1	0,9
GÖ_JKB_P5-1/2	1,1
GÖ_JKB_P5-1/3	1,3
GÖ_JKB_P5-1/4	1,0
GÖ_JKB_P5-1/5	0,6
GÖ_JKB_P5-1/6	1,2
GÖ_JKB_P5-1/7	1,3
GÖ_JKB_P5-1/8	1,2
GÖ_JKB_P5-1/9	1,0
GÖ_JKB_P5-1/10	0,4

5 Fazit

In den Pfeilern wurden insbesondere in den oberen Bereichen sehr hohe bis extreme Feuchtegehalte nachgewiesen. Teilweise war eine Probenahme bis mehr als 20 cm Tiefe nicht möglich, da das feuchte Bohrmehl nicht über den Bohrer transportiert werden konnte.

In Absprache mit den anderen Bauverantwortlichen wird ein Rückbau der optisch schadhaften feuchtegeschädigten Bereiche empfohlen. An den offen stehenden Stellen sollte auch nach der Abnahme der Ziegel noch ein möglichst langer Zeitraum zum weiteren Abtrocknen ermöglicht werden. Diese Abtrocknung über den Feuchteausgleich mit der Umgebungsluft, die durch ständigen Luftaustausch (Wind) begünstigt wird, benötigt Zeit. Ein weiterer Eintrag von Regenwasser wird durch temporäre Dächer verhindert. Die Möglichkeiten zum Einsatz technischer Unterstützung bei der Abtrocknung werden geprüft.

6 Quellenverzeichnis

WTA-Merkblatt "Feuchtemessung" (1999): WTA-Merkblatt 4-11-02/D: Messung der Feuchte von mineralischen Baustoffen. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.



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

Bericht DD 64/2012

Görlitz, Kathedrale St. Jakobus

Nachuntersuchungen an Pfeiler 18

Beauftragt durch: Bistum Görlitz
Postfach 30 09 43
02814 Görlitz

Vertrag: Forschungsuntersuchungen zur Modellhaften Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen - Rahmen des Förderprojektes „Modellhafte Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen an der im neugotischen Stil errichteten Kathedrale St. Jakobus im Görlitz“ der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) AZ: 29157-45

Bearbeiter: Dr. Christoph Franzen, Dipl.-Min. Matthias Zötzl

Anzahl der Seiten: 4

Anlagen: - Seiten

Dresden, 10.09.2012

Veröffentlichungen von Untersuchungsberichten, auch auszugsweise, und Hinweise auf Untersuchungsergebnisse zu Werbezwecken bedürfen in jedem Einzelfall der schriftlichen Einwilligung des Instituts für Diagnostik und Konservierung an Denkmalen in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V.

Arbeitsstellen in den Ländern:

Sachsen:

Schloßplatz 1
01067 Dresden

Tel.: 0351 48430 408/09/10/27
Fax.: 0351 48430 468

Internet: www.idk-info.de

Sachsen-Anhalt:

Domplatz 3
06108 Halle

Tel.: 0345 472257 21/22/23
Fax.: 0345 472257 29

e-mail: info@idk-info.de

Vorstand:

Prof. Stephan Pfefferkorn
Boje E. Hans Schmuhl
Ellen Schmid-Kamke

Geschäftsführer:

Dipl.-Ing. Uwe Kalisch

Registergericht Dresden: VR 2891

Bankverbindung:

Ostsächsische Sparkasse Dresden
IBAN.: DE52850503003120115524
BIC: OSDDDE81XXX

Kto-Nr.: 3120 115 524 **BLZ:** 850 503 00
St-Nr.: 203/140/15097

Ust-ID: DE234216408

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Vorgehen, Methodik und Analytik	3
2.1	Dokumentation	3
2.2	Feuchteanalyse	3
3	Proben.....	3
4	Ergebnis	4
5	Quellenverzeichnis	4

1 Einleitung

Die stark durchfeuchteten Pfeilervorlagen an der Jakobuskirche in Görlitz wurden im Rahmen der Sanierungsmaßnahme im Bereich der Köpfe und an stark geschädigten Stellen zurückgebaut. Die regengeschützten offenen Rümpfe wurden stehen gelassen, um eine weitere Abtrocknung vor der Wiederaufbau zu ermöglichen. Am 17.08.2012 wurden im oberen Teil des stark geschädigten Pfeiler 18, der auch im Juni 2012 untersucht worden war (Bericht DD46/2012), Proben zur Feuchtebestimmung entnommen. Der Bericht dokumentiert die Ergebnisse.

2 Vorgehen, Methodik und Analytik

2.1 Dokumentation

Für die fotografische Dokumentation wurde eine Canon EOS 10D eingesetzt.

2.2 Feuchteanalyse

Für die Analysen wurden Probenahmen vor Ort durch das IDK durchgeführt. Mit einem Spiralbohrer ($\varnothing = 12$ mm) wurde aus definierten Tiefenstufen Bohrmehl entnommen und in luftdichten Schnappdeckelbehältern aufgefangen. Die Feuchtebestimmung erfolgt mittels Darmmethode (WTA 1999).

3 Proben

Am 17.8.2012 wurde ein Feuchtetiefenprofil mit 10 Proben aus entnommen. Die Proben sind in Tab. 1 aufgeführt und in den Abbildungen Abb. 1 und Abb. 2 die Probenahme dokumentiert.

Tab. 1 Probenübersicht

Probennummer	Entnahmeort	Datum
GÖ_JKB_P18-8/1	Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Seite, Pfeiler 18, ca. 16-17 m über OKF, linke Seite 0-5 cm	17.08.2012
GÖ_JKB_P18-8/2	5-10 cm	17.08.2012
GÖ_JKB_P18-8/3	10-15 cm	17.08.2012
GÖ_JKB_P18-8/4	15-20 cm	17.08.2012
GÖ_JKB_P18-8/5	20-25 cm	17.08.2012
GÖ_JKB_P18-8/6	25-30 cm	17.08.2012
GÖ_JKB_P18-8/7	30-35 cm	17.08.2012
GÖ_JKB_P18-8/8	35-40 cm	17.08.2012
GÖ_JKB_P18-8/9	40-45 cm	17.08.2012
GÖ_JKB_P18-8/10	45-50 cm	17.08.2012



Abb. 1 Pfeiler 18, TP8



Abb. 2 Pfeiler 18, TP8

4 Ergebnis

In Tab. 2 sind die Ergebnisse dargestellt und in Abb. 3 graphisch abgebildet.

Tab. 2 Feuchtegehalte P18 TP8

Probennummer	Feuchtegehalt M.%
GÖ_JKB_P18-8/1	0,12
GÖ_JKB_P18-8/2	0,17
GÖ_JKB_P18-8/3	0,92
GÖ_JKB_P18-8/4	0,77
GÖ_JKB_P18-8/5	0,14

Probennummer	Feuchtegehalt M.%
GÖ_JKB_P18-8/6	0,86
GÖ_JKB_P18-8/7	0,62
GÖ_JKB_P18-8/8	0,53
GÖ_JKB_P18-8/9	0,18
GÖ_JKB_P18-8/10	1,97

Abb. 3 Feuchtetiefenprofil an TP8 in Pfeiler 18

Im Vergleich zu den Untersuchungen im Juni 2012 werden im September deutlich geringere feuchten in Pfeiler 18 nachgewiesen.

5 Quellenverzeichnis

Franzen, C., Zötzl, M. (2012): Görlitz, Kathedrale St. Jakobus - Feuchteuntersuchungen an Pfeilervorlagen, unveröffentlichter Bericht des IDK im Rahmen des DBU-Förderprojektes „Modellhafte Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen an der im neugotischen Stil errichteten Kathedrale St. Jakobus im Görlitz“ AZ: 29157-45, Bericht DD46/2012, 12 S.

WTA-Merkblatt "Feuchtemessung" (1999): WTA-Merkblatt 4-11-02/D: Messung der Feuchte von mineralischen Baustoffen. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.



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

Bericht DD 65/2012

Görlitz, Kathedrale St. Jakobus

Untersuchungen an Setzmörtel

Beauftragt durch: Bistum Görlitz
Postfach 30 09 43
02814 Görlitz

Vertrag: Forschungsuntersuchungen zur Modellhaften Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen - Rahmen des Förderprojektes „Modellhafte Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen an der im neugotischen Stil errichteten Kathedrale St. Jakobus im Görlitz“ der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) AZ: 29157-45

Bearbeiter: Dipl.-Min. Matthias Zötzl, Dr. Christoph Franzen

Anzahl der Seiten: 8

Anlagen: 3 Seiten

Dresden, 12.09.2012

Veröffentlichungen von Untersuchungsberichten, auch auszugsweise, und Hinweise auf Untersuchungsergebnisse zu Werbezwecken bedürfen in jedem Einzelfall der schriftlichen Einwilligung des Instituts für Diagnostik und Konservierung an Denkmalen in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V.

Arbeitsstellen in den Ländern:

Sachsen:

Schloßplatz 1
01067 Dresden

Tel.: 0351 48430 408/09/10/27
Fax.: 0351 48430 468

Internet: www.idk-info.de

Sachsen-Anhalt:

Domplatz 3
06108 Halle

Tel.: 0345 472257 21/22/23
Fax.: 0345 472257 29

e-mail: info@idk-info.de

Vorstand:

Prof. Stephan Pfefferkorn
Boje E. Hans Schmuhl
Ellen Schmid-Kamke

Geschäftsführer:

Dipl.-Ing. Uwe Kalisch

Registergericht Dresden: VR 2891

Bankverbindung:

Ostsächsische Sparkasse Dresden
IBAN.: DE52850503003120115524
BIC: OSDDDE81XXX

Kto-Nr.: 3120 115 524 **BLZ:** 850 503 00
St-Nr.: 203/140/15097

Ust-ID: DE234216408

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Methodik und Analytik	3
2.1	Phasenanalyse mittels Röntgenpulverdiffraktometrie	3
2.2	Thermoanalyse (Thermogravimetrie (TG) und Differenzthermoanalyse (DTA))	3
3	Technische Trocknung	3
4	Probenahme und Vorgehensweise	4
5	Ergebnisse	5
5.1	XRD-Analyse	5
5.2	Thermoanalyse	5
6	Fazit	6
7	Quellenverzeichnis	8

1 Einleitung

In den Pfeilervorlagen an der Jakobuskirche in Görlitz wurden insbesondere in den oberen Bereichen sehr hohe bis extreme Feuchtegehalte nachgewiesen. In Absprache mit den Bauverantwortlichen wird ein Rückbau der optisch schadhafte feuchtegeschädigten Bereiche empfohlen (s.a. Franzen & Zötzl 2012 Bericht DD46/2012). An den offen stehenden Stellen sollte auch nach der Abnahme der Ziegel noch ein möglichst langer Zeitraum zum weiteren Abtrocknen ermöglicht werden. Diese Abtrocknung über den Feuchteausaustausch mit der Umgebungsluft, die durch einen beständigen Luftaustausch begünstigt wird, benötigt Zeit. Ein weiterer Eintrag von Regenwasser wird derzeit durch temporäre Dächer verhindert. Möglichkeiten zum Einsatz technischer Unterstützung bei der Abtrocknung sollten diskutiert werden. Der vorliegende Bericht dokumentiert die an einer Setzmörtelprobe durchgeführten Analysen zur Risikoeinschätzung eines möglichen Einsatzes einer technischen Trocknung beispielsweise mittels Mikrowellentechnik.

2 Methodik und Analytik

2.1 Phasenanalyse mittels Röntgenpulverdiffraktometrie

Mit Hilfe der Röntgenpulverdiffraktometrie (Röntgendiffraktionsanalyse = RDA, X-ray diffraction = XRD) lassen sich alle kristallinen Bestandteile in einer Probe nachweisen. Die vorliegende Salzprobe wurde mit einem Röntgenpulverdiffraktometer der Firma Siemens (D5000) untersucht und mit der Phasenanalysesoftware EVA an der TU-Dresden ausgewertet.

2.2 Thermoanalyse (Thermogravimetrie (TG) und Differenzthermoanalyse (DTA))

Bei der Differenzthermoanalyse handelt es sich um eine Methode, bei der Temperaturdifferenzen zwischen einer Probe und einer Vergleichsprobe gemessen werden, während die Probe einem vorgegebenen Temperatur-Zeit-Programm unterworfen wird. Mit diesem Verfahren lassen sich alle Reaktionen untersuchen, bei denen die Probe mit der Umgebung Wärme austauscht. Für die Messungen wurden ein TG/DTA-Gerät STA 409 PG Luxx der Firma Netzsch eingesetzt. Thermogravimetrische Untersuchungen wurden zur Ermittlung des Gewichtsverlustes der Probe eingesetzt. Anhand der Gewichtsverluste kann der Entwässerungsbeginn qualitativ ermittelt werden. Mittels TG/DTG kann der Dehydratationsprozess qualitativ und quantitativ bestimmt werden.

3 Technische Trocknung

Im Bauwesen werden zur Beschleunigung der Bauvorschritts häufig technische Unterstützungen eingesetzt, um eine schneller Trocknung von Bauteilen zu gewährleisten. Es kommen dabei verschiedene Verfahren zum Einsatz. Im Grundsatz wird das Verdunsten des Wassers aus dem feuchten Bauteil als Abgabe in die Luft unterstützt. Je höher der Luftaustausch und je wasseruntersättigter die Luft um Bezug auf das Bauteil ist desto effektiver ist die Trocknung.

Am Bauteil kann durch Bohrungen oder Schlitzungen die Oberfläche erhöht werden. Durch die Bohrungen wird Pressluft geblasen, die einen wesentlich höheren Austausch des nassen Bauteils mit der Luft ermöglicht und so die Abtrocknung erhöht. Die Nachteile des hohen Substanzverlustes und der folgenden Reparaturarbeiten zum Verschluss der Bohrungen sind zu diskutieren.

Ein höherer Austausch der Bauteiloberflächen mit der Luft kann auch ermöglicht durch gezielte Belüftung. Dabei sollte das Bauteil in einen ‚Raum‘ geschlossen werden, der regelmäßig oder ständig mit Ventilatoren be- und entlüftet wird. Dieser ‚Raum‘ kann die luftdichte Einhausung des Bauteils sein. Auch kann in einem solchen ‚Raum‘ die Luft durch Entfeuchter abgetrocknet werden, damit sie sich am nassen Bauteil wieder auffeuchten kann. Entfeuchter müssen dabei regelmäßig gewartet und entleert werden. Entfeuchter arbeiten über kalte Kondensationsflächen, die einen nicht zu unterschätzenden Energieaufwand bedeuten können.

Eine weitere Möglichkeit besteht im Erwärmen der Einhausung oder des Bauteils direkt, um so die Wasserabgabe zu beschleunigen. In einigen Fällen wird dabei über das Verdunsten hinaus

ein Verdampfen des Wassers, also das Überschreiten von Temperaturen über 100°C, angestrebt. Das Erwärmen des ‚Raums‘ kann über Bauheizungen, Elektro-, Öl-, Gasheizgebläse erfolgen. Das direkte temperieren des Bauteils wird beispielsweise mittels Infrarotstrahlung oder Mikrowellenstrahlung ermöglicht. Infrarotstrahlung entspricht der Wärmestrahlung (Franzen et al 2007). Diese wird auf die Oberfläche des Körpers übertragen und dringt konduktiv in diesen ein. Darauf folgt automatisch, dass sich an der Oberfläche die höchsten Temperaturen entwickeln und sich ein deutlicher Gradient nach innen aufbaut.

Mikrowellenstrahlung dringt als Strahlung in den Körper bzw. das Bauteil ein, im elektrischen Wechselfeld der Mikrowellen bewegen sich die polaren Wassermoleküle und werden erwärmt. Bei Mauerwerk ist die Eindringtiefe etwa im dcm-Bereich. Auch bei der Mikrowellenbehandlung kommt es zu hohen Oberflächentemperaturen und einem ausgeprägten Temperaturgradienten in die Tiefe (s.a. Zötzl & Franzen 2011, Franzen & Zötzl 2011).

Der Einfluss erhöhter Temperaturen auf den Baustoff ist daher vor dem Einsatz einer technischen Trocknung zu prüfen. Im vorliegenden Fall beschränkt sich die Untersuchung auf den historischen Mörtel. Die Ziegelsubstanz wird als unproblematisch eingestuft.

4 Probenahme und Vorgehensweise

Am 7.6.2012 wurden neben den Feuchteproben auch eine Mörtelprobe entnommen (s.a. Franzen & Zötzl 2012 Bericht DD46/2012) und mittels TG/DTA und XRD untersucht. Die entnommene Probe ist in Tab.1 aufgeführt, die Probenahme in den Abb.1 und Abb.2 dokumentiert.

Angaben zu den Proben			
Probennummer	Entnahmeort	Material	Analysen
Gö-Jbk_M1	Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Seite, Pfeiler 18, ca. 16-17 m über GOK, Bereich Abdeckung, Setzmörtel unterhalb Abdeckung, neben Tp3	Setzmörtelprobe	TG/DTA XRD, vor und nach der TG/DTA

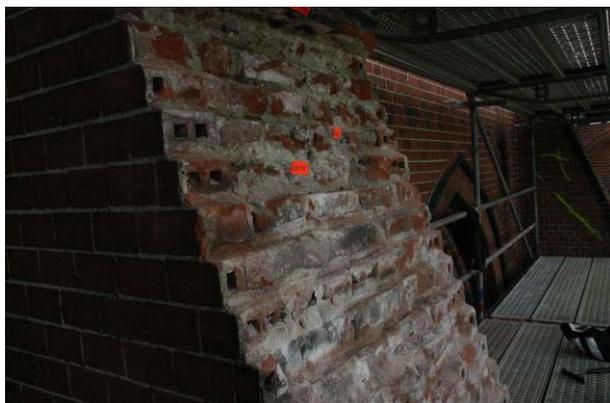


Abb. 1 Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Seite, Pfeiler 18, ca. 16-17 m über GOK, Bereich Abdeckung, Probenahmepunkt Setzmörtel Gö-Jbk_M1



Abb. 2 Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Seite, Pfeiler 18, ca. 16-17 m über GOK, Bereich Abdeckung, Probenahmepunkt Setzmörtel Gö-Jbk_M1

5 Ergebnisse

5.1 XRD-Analyse

Die Mörtelprobe wurde vor und nach der thermoanalytischen Untersuchung (TG/DTA) mittels XRD untersucht und der Phasenbestand analysiert. Die Tab. 2 zeigt den Phasenbestand vor und nach der thermischen Analyse. Die Diffraktogramme können im Anhang eingesehen werden.

Tab. 1 Ermittelte Phasenbestand

Probennummer	Bemerkung	Phasenbestand
Gö_Jbk_M1	Mörtel vor der thermischen Behandlung	Monocarbonat, $3\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ Ettringit, $3\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ Calcit CaCO_3 Quarz, SiO_2
Gö_Jbk_M1	Mörtel nach der thermischen Behandlung bei 1000°C	Larnit, Ca_2SiO_4 Lime, CaO Quarz, SiO_2

Die vor der thermischen Behandlung untersuchte Probe umfasst die kristallinen Verbindungen Monocarbonat, Ettringit, Calcit und Quarz. Erkennbar bildet Monocarbonat den Hauptmineralphasenbestand, es folgen Quarz, Calcit und Ettringit. Das Abschätzen der Mengenverhältnisse anhand der Intensitäten im Röntgendiagramm ist sehr problematisch, da beide Minerale Monocarbonat und Ettringit einen deutlichen Textureffekt im Röntgendiagramm zeigen.

Die Calcium-Aluminat-Carbonat-Hydrat-Phase, Monocarbonat, entsteht häufig bei der Reaktion von Monosulfat in Gegenwart CO_2 -haltiger Wässer, die in das Pfeilermauerwerk eingedrungen sind. In der Zwischenschicht der lamellaren Phase wird Sulfat durch Carbonat ausgetauscht. Das Monosulfat entsteht bei der Hydratation aluminatreicher Zementmineralphasen mit Sulfat aus sulfatärmeren calciumreicheren Lösungen. Bei steigendem Sulfatanteil entstehen prismatisch-nadelförmige Ettringitkristalle. In Abwesenheit von Sulfat entsteht Calciumaluminathydrat. Calcit ist Bestandteil carbonatisierender Mörtel. Der Quarz ist dem Zuschlag zuzurechnen.

Nach der thermischen Analyse, der Behandlung bei 1000°C , ändert sich die Phasenzusammensetzung. Es treten gebrannter Kalk, Larnit und Quarz auf. Ettringit und Monocarbonat wurden entwässert und zersetzt. Calcit wurde zu CaO gebrannt. Das Dicalciumsilikat Larnit synthetisierte vermutlich aus röntgenamorphen CSH-Phasen, die damit in der Probe indirekt nachgewiesen werden können.

5.2 Thermoanalyse

Die Thermogravimetrie (TG) und die Differenzthermoanalyse (DTA) bietet u. a. die Möglichkeit Entwässerungs- und Zersetzungsreaktionen von Bindemittelbestandteilen aufzuzeigen.

Bei der zu diskutierenden technischen Trocknung ist eine Erwärmung zwischen ca. 100°C bis 120°C zu erwarten. Die Thermoanalyse wird bis zu einer Temperatur von 1000°C gefahren, um die vollständigen Entwässerungs- und Zersetzungsreaktionen der Gesamtprobe feststellen zu können. Anhand der Reaktionsprodukte kann nach erneuter Phasenanalyse der Gehalt möglicher CSH-Phasen in der Probe abgeschätzt werden (siehe oben).

Die TG - Kurve im Diagramm (siehe Anlage) zeigt einen Masseverlust der Probe von ca. 30 %. Bereits im Bereich bis 100°C wird ein Masseverlust von ca. 5% deutlich. Fast die Hälfte des Gesamtmasseverlustes erfolgt bis ca. 120°C . Die Entwässerungs- und Zersetzungsreaktionen der verschiedenen kristallinen und amorphen Bestandteile überlagern teilweise. Nachfolgend werden die Entwässerungsreaktionen aufgeführt:

- Verlust von Haftwasser bis ca. 100°C
- Entwässerung des Ettringits zwischen 80°C bis 110°C
- Phasenumwandlung von Ettringit zu Monosulfat bei $T > 100^\circ\text{C}$
- Entwässerung von Monosulfat bei 170°C
- Partielle Entwässerung amorpher CSH-Phasen bis 200°C
- Decarbonatisierung von Calcit zwischen ca. 750°C und 820°C

6 Fazit

Am Pfeiler 18 wurde ca. 10 cm unterhalb der Abdeckung eine Setzmörtelprobe entnommen und mittels XRD die Phasenzusammensetzung bestimmt. Die Auswertung der Röntgendiffraktogramme weist auf einen tonmineralreichen Zement hin. Die analysierten Verbindungen Monocarbonat und Sulfatettringit, der in der XRD möglicher wegen Textureffekten nur untergeordnet angezeigt wird, sind Primär- und Sekundärbildungen aluminatreicher Verbindungen im Setzmörtel. Es wurden keine kristallinen Calciumsilikate nachgewiesen. Diese Verbindungen liegen in der Regel auch amorph vor und sind mit der XRD nicht durch klar zuzuordnende Peaks zu definieren. Allerdings kann ihr Vorhandensein anhand eines Buckels im Diagramm nachvollzogen werden. Ein solcher „amorpher Buckel“ ist jedoch nur sehr gering ausgeprägt. Bei Betrachtung der XRD - Aufnahme nach der thermischen Analyse (bis 1000°C) werden jedoch Bestandteile einer kristallinen Dicalciumsilikatphase, Larnit, festgestellt. Die Entstehung dieser Phase weist auf das Vorhandensein röntgenamorpher Calciumsilikathydrate im unbehandelten Mörtel hin. Grundsätzlich wird aber von einem tonerdereichen Bindemittel ausgegangen. Hauptfestigkeitsträger dieser Bindemittel sind lamellare Calciumaluminathydrate und Monosulfat.

Starke Luftbelastung mit Schwefelverbindungen führte im vergangenen Jahrhundert möglicherweise zu einer Deposition sulfatreicher Verbindungen auf den Materialoberflächen (s.a. Neumann 1994). In Niederschlagswässern gelöste Sulfate können über Schwachstellen im Bereich der Abdeckung und im Übergang zum Kirchenschiff in das Pfeilermauerwerk ein und führten vermutlich zu einer Umwandlung von noch vorhandenen Calciumaluminaten zu Ettringit. Die Reaktion zu Ettringit kann auch über Monosulfat erfolgen. Die nachstehenden Formeln beschreiben zwei mögliche Reaktionen, die zur Ettringitbildung führen können. In der Bauchemie wird der Vorgang des Eindringens sulfatreicher Wässer in den Baustoff allgemein als „Sulfatangriff“ bezeichnet.



Die Ettringitkristallisation, auch sekundäre Ettringitbildung, verursacht eine Volumenzunahme um das 2,4 bis 8-Fache in Abhängigkeit der Produktphasen. Infolge der Volumenvergrößerung entstehen Spannungen im Gefüge, die dann im Laufe der Zeit zur Rissbildungen im Material führen. Über die entstandenen Risse dringt weitere Feuchtigkeit ein. Diese kann dann z.B. durch Frostsprengung oder treibende Salze, s. a. XRD-Analyse der nachgewiesenen Ausblühsalze: Natriumsulfat, Kalium-Natriumsulfat, oder Gips zu Folgeschäden führt. Das Gefüge wird geschwächt.

Risiken eines Mikrowelleneinsatzes zur technischen Trocknung

Die technische Trocknung kann durch verschiedene Methoden wie z.B. Mikrowellenstrahlung erfolgen. Bei stark durchfeuchteten Bauteilen ist dabei zu berücksichtigen ein tiefes Eindringen der Wärme zu ermöglichen ohne durch nur oberflächennahes Abtrocknen die kapillare Trocknung zu unterbrechen. Dieser Effekt wird als Trocknungsblockade bezeichnet.

Um einen deutliche Trocknungserfolge z.B. mit dem Einsatz von Mikrowellen zu erzielen, müssen entsprechend höhere Temperaturen aufgebracht werden, die eine oberflächennahe Erwärmung des Mauerwerks über 100°C zur Folge haben. Im Vorhinein muss die Wirkung der

Trocknungstemperatur auf den Baustoff bei einem Einsatz der technischen Trocknung analysiert werden, um eine mögliche Gefügeschädigung zu vermeiden.

Dazu wurden Untersuchungen am Setzmörtel durchgeführt, die folgende Aussagen ermöglichen:

1. Die TG - Kurve im Diagramm (siehe Anlage) zeigt einen Masseverlust des Mörtels von ca. 30%. Bereits im Bereich bis 100°C wird ein Masseverlust von ca. 5% deutlich. Fast die Hälfte des Gesamtmasseverlustes erfolgt bis ca. 120°C.
2. Die Entwässerung des Ettringits erfolgt zwischen 80°C bis 110°C.
3. Temperaturen größer 100°C verursachen eine Umwandlung von Ettringit (32 mol Wasser) zu Monosulfat (11 mol Wasser), Volumenabnahme, Schrumpfung nach vorheriger Ettringit-Expansion
4. Temperaturen größer 40°C beschleunigen die Umwandlung von lamellaren Calciumaluminathydraten (nicht in der Probe nachgewiesen!) zu Hydrogranat (Hydrogrossular) stark. Aufgrund der fehlenden Möglichkeit der Verzahnung des jetzt kugelartigen Materials kommt es zum Zerrieseln des Mörtels (nur bei aluminatreichen Bindemitteln und dem Vorhandensein von Calciumaluminathydraten)
5. Nachgewiesene Schadsalzionen können schlagartig zur Kristallisation aktiviert werden

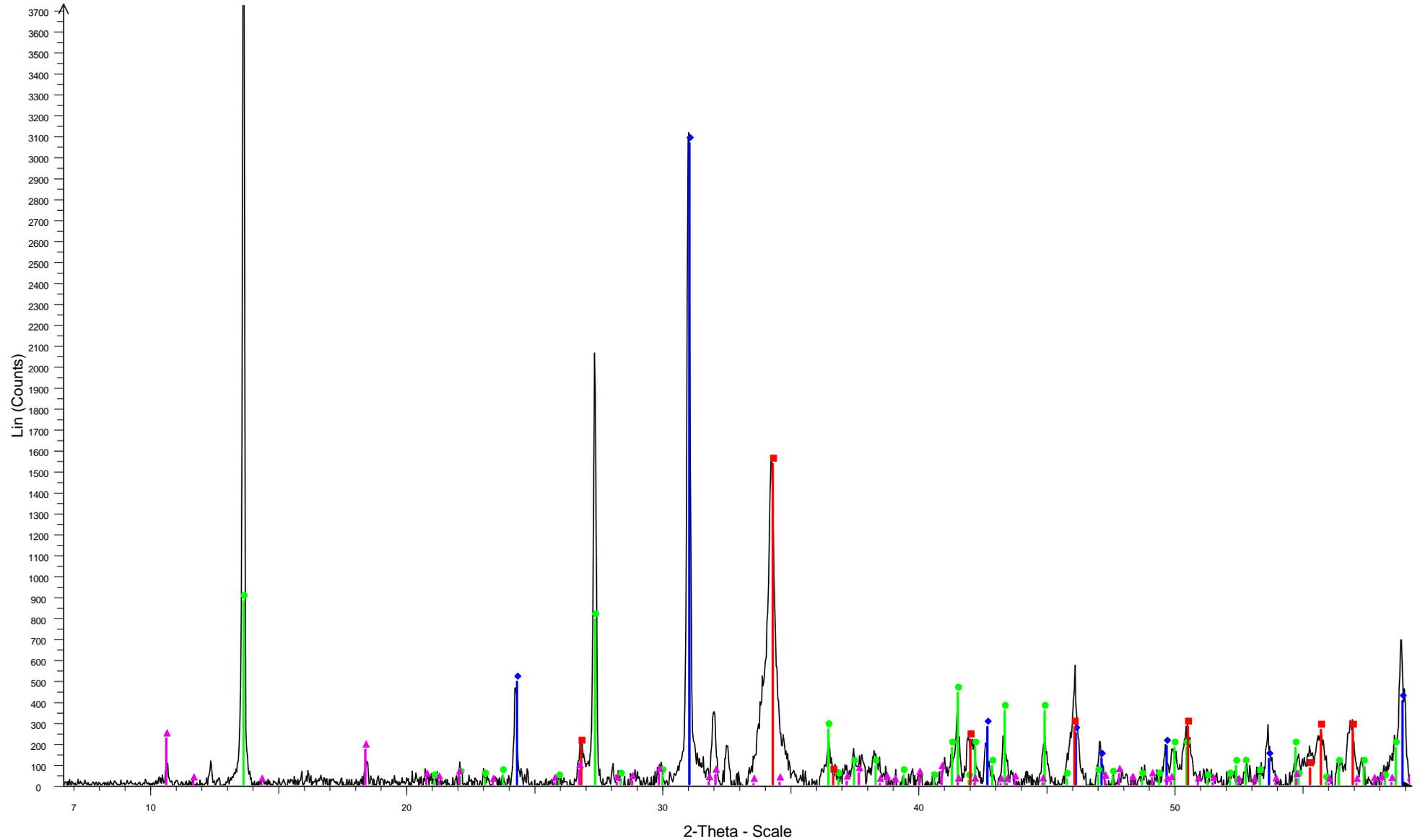
Ein Teil der Masseverluste zu Beginn der TG-Analyse ist mit dem Verlust von Wasser zu erklären, der durch eine Bautrocknung erreicht werden soll. Allerdings fangen unter hundert Grad auch die Mörtelbestandsphasen, im besonderen der Ettringit, aber möglicherweise auch untergeordnet CSH-Phasen an zu entwässern und damit zu verändern. Die Ergebnisse zeigen somit Masseverluste im Temperaturbereich der Mauerwerkstrocknung, die möglicherweise einen Einfluss auf das Mörtelgefüge zeigen könnten. Ob diese Verluste das Gefüge wirklich schädigen, kann anhand der durchgeführten Untersuchungen noch nicht eindeutig nachgewiesen werden. Hier könnten z.B. REM-Untersuchungen an getemperten Proben Aufschluss geben. Der Einsatz einer technischen Trocknung an einem historischen Denkmal muss aufgrund der Zusammensetzung der Baustoffe daher sehr kritisch diskutiert werden.

Das Treibpotential des Ettringits führte vermutlich zu weiteren Rissbildungen und erleichterte damit das Eindringen von Niederschlagswässern in die Pfeiler. Um das Schädigungspotential der Ettringitverbindungen zu begrenzen, ist eine gute Abtrocknung der Pfeiler zwingend erforderlich. Damit wird die Sulfat- und Ettringitbelastung jedoch nicht reduziert. Der Rückbau und Ersatz stark geschädigter und belasteter Bereiche und die behutsamere Trocknung an Luft wird hier als geeignete Vorgehensweise empfohlen.

7 Quellenverzeichnis

- ALLMANN, R. (1968): Die Doppelschichtstruktur der plättchenförmigen Calcium-Aluminium-Hydroxisalze am Beispiel des $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O}$. - N. Jb. Min. Mh., 5, 140-144
- Franzen, C., Löther, Th., Meinhardt-Degen, J., Weise, S. (2007) Detektierung und Konservierung infolge von Umwelteinflüssen hohlstehender Wandmalereien am Beispiel der national wertvollen mittelalterlichen Kirchen in Kühren und Bad Schmiedeberg, Abschlussbericht zum DBU-Projekt AZ: 21045006, 137 S., http://193.175.110.9/hornemann/german/epubl_projekte60.php, DOI 10.5165/hawk-hhg/62
- FRANZEN, C., ZÖTZL, M. (2011), Gipsstucktrocknung mit Mikrowellen, Laboruntersuchungen, Mikrowellenexperimente am Probekörper, Modellhafte Instandsetzung hochwassergeschädigter, historischer Gipsstuckelemente in der Michaeliskapelle, Kloster St. Marienthal, AZ 29378, Deutsche Bundesstiftung Umwelt - unveröffentlichter Bericht des IDK DD 98/2011, 23 S.
- Franzen, C., Zötzl, M. (2012) Görlitz, Kathedrale St. Jakobus - Feuchteuntersuchungen an Pfeilervorlagen, Modellhafte Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen an der im neugotischen Stil errichteten Kathedrale St. Jakobus im Görlitz AZ: 29157 Deutsche Bundesstiftung Umwelt - unveröffentlichter Bericht des IDK DD 46/2012, 12 S.
- NEUMANN, H.-H. (1994) Aufbau, Ausbildung und Verbreitung schwarzer Gipskrusten, dünner schwarzer Schichten und Schalen sowie damit zusammenhängender Gefügeschäden an Bauwerken aus Naturstein. Institut für Anorganische und Angewandte Chemie, Abt. Angewandte Analytik, Universität Hamburg, 178 S.
- RENAUDIN, G. (1998): Christallochemie des aluminates calciques hydrates. - Dissertation, Nancy, III, 99-266
- WONNEMANN, R. (1982) Untersuchungen über die Rolle der Sulfate und der Alkalien bei der Portlandzementhydratation. Dissertation, TU Clausthal
- XU, QI (2005) Chemische Wirkung von Erstarrungsbeschleunigern auf die frühe Hydratation des Portlandzementes. Göttingen, Cuvillier Verlag
- ZÖTZL, M., FRANZEN, C. (2011) Kloster St. Marienthal, Michaeliskapelle, Gipsstucktrocknung, Versuch der Mikrowellentrocknung an einer Musterfläche, Modellhafte Instandsetzung hochwassergeschädigter, historischer Gipsstuckelemente in der Michaeliskapelle, Kloster St. Marienthal, AZ 29378, Deutsche Bundesstiftung Umwelt - unveröffentlichter Bericht des IDK DD 54/2011, 37 S.

Gö_JBK_M1 Setzmörtel Jakobuskirche, Pfeiler Nordseite



File: 9498 Gö_Jbk_M1.RAW - Start: 5.000 ° - End: 80.000 ° - Step: 0.030 ° - Step time: 4. s - WL1: 1.78897 - WL2: 1.79285 - Displ.: 0. mm - Company: TU Dresden Geologie - Creation: 02.07.2012 16:49:54

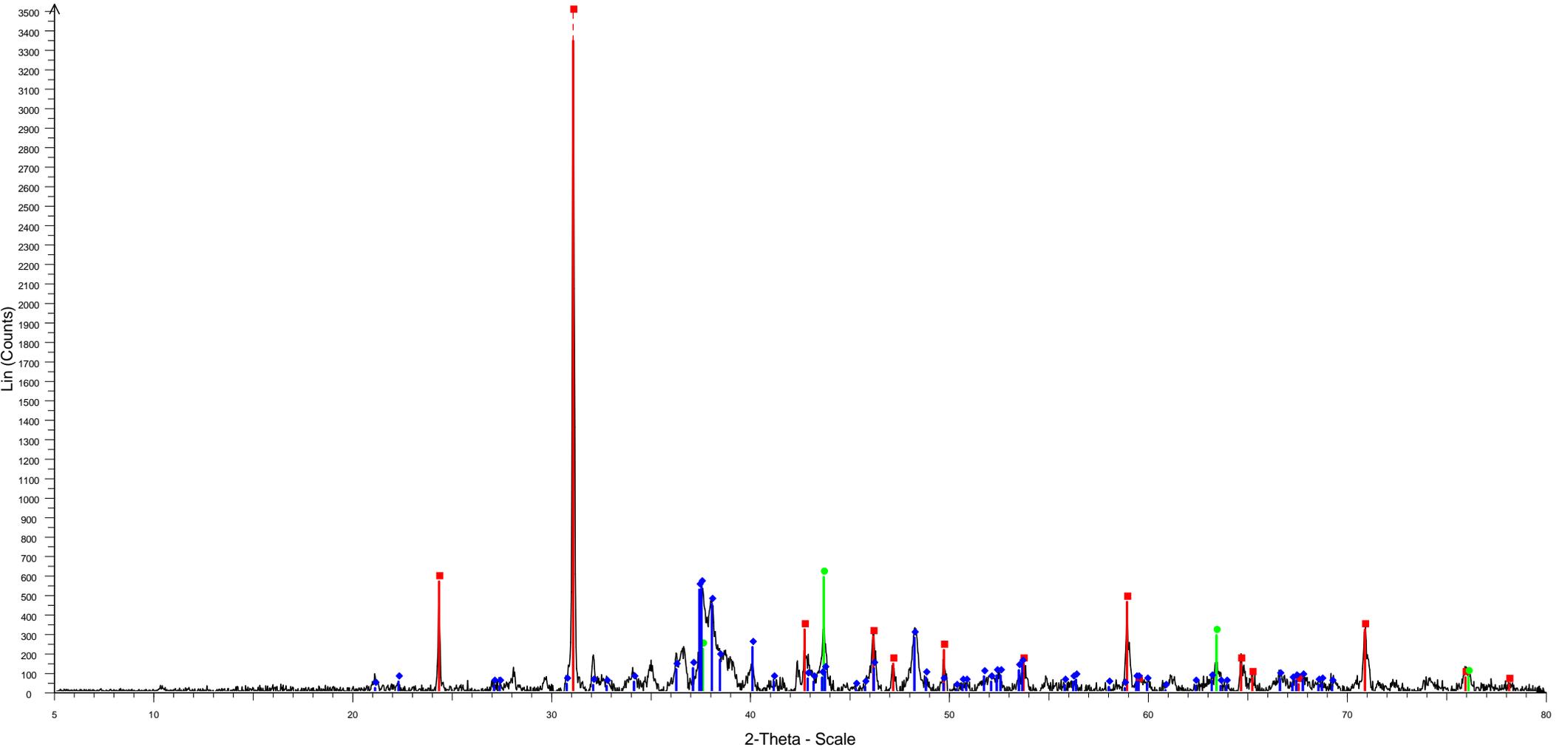
00-046-1045 (*) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 58.34 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Hexagonal - I/Ic PDF 3.4 -

00-041-0219 (*) - Calcium Aluminum Oxide Carbonate Hydrate - Ca₄Al₂O₆CO₃·11H₂O/3CaO·Al₂O₃·CaCO₃·11H₂O - Y: 16.67 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Triclinic -

00-005-0586 (*) - Calcite, syn - CaCO₃ - Y: 29.17 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Rhombo.R.axes - I/Ic PDF 2. -

00-041-1451 (*) - Ettringite, syn - Ca₆Al₂(SO₄)₃(OH)12·26H₂O - Y: 4.18 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Hexagonal -

Gö_Jbk_M1 - 1000 °C

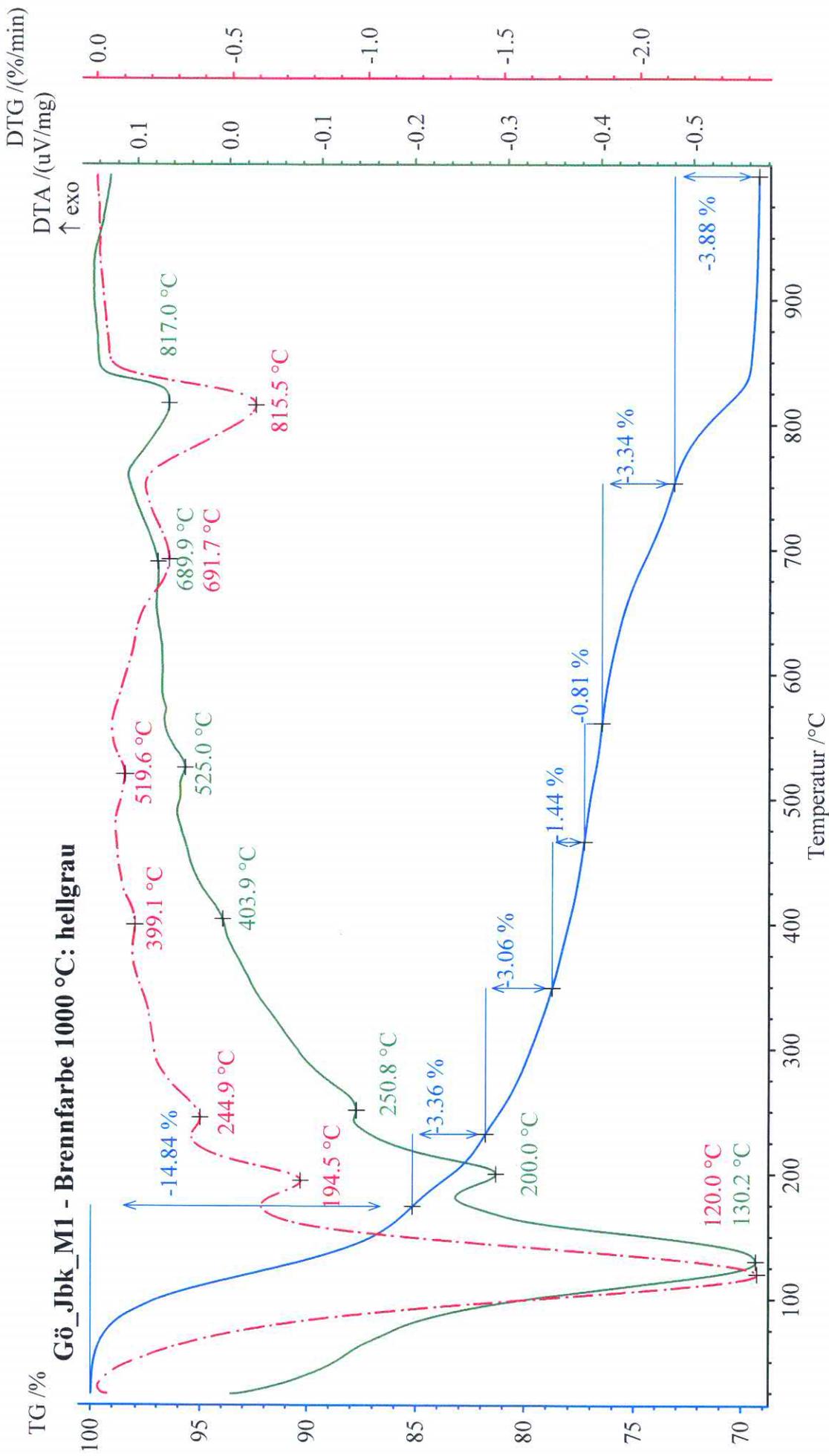


File: 9502 Gö_Jbk_M1 1000Grad.RAW - Start: 5.000 ° - End: 80.000 ° - Step: 0.030 ° - Step time: 6. s - WL1: 1.78897 - WL2: 1.79285 - Displ.: 0. mm - Company: TU Dresden Geologie - Creation: 16.07.2012 14:23:06

00-046-1045 (*) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 106.03 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Hexagonal - I/Ic PDF 3.4 -

00-033-0302 (*) - Larnite, syn - Ca₂SiO₄ - Y: 16.21 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Monoclinic -

00-043-1001 (D) - Lime, syn - CaO - Y: 17.68 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Cubic - I/Ic PDF 4.3 -



Hauptansicht

Gerät: NETZSCH STA 409 PC/PG Datei: C:\ingwin\ta\Daten\IDK-Proben\Sonstige\GOE_JBK_M1.dsv

Projekt: IDK-Proben

Versuchs-ID: GOE_JBK_M1

Datum/Zeit: 13.07.2012 06:00:09

Labor: TU Dresden Angewandte Ge

Operator: Ullrich

Probe: Jakobskirche, Göhlitz, 92.380 mg

Material: Mörtel

Korrektur-Datei: Korrektur_Tiegel_004_02_11_2011.bsv

Templkal./Empf. Datei: Tcalzero.tex / Senszero.exx

Bereich: 25.0/10.0(K/min)/1000.0

Probentr./TC: DTA/TG) HIGH RG 5 / S

Modus /Messtyp: DTA-TG / Probe + Korrektur

Segmente: 1/1

Tiegel: DTA/TG crucible Pt-Ir

Atmosphäre: ---/---/---/---/---/---/---/---

TG Korrr/Messbereich: 820/30000 mg

DSC Korrr/Messbereich: 520/5000 µV

Bemerkung: Rö.: 9498 Gö_Jbk_M1



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

Bericht DD 81/2012

Görlitz, Kathedrale St. Jakobus

XRD-Analysen an Setzmörtelproben

Beauftragt durch: Bistum Görlitz
Postfach 30 09 43
02814 Görlitz

Vertrag: Forschungsuntersuchungen zur Modellhaften Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen - Rahmen des Förderprojektes „Modellhafte Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen an der im neugotischen Stil errichteten Kathedrale St. Jakobus im Görlitz“ der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) AZ: 29157-45

Bearbeiter: Dipl.-Min. Matthias Zötzl, Dr. Christoph Franzen

Anzahl der Seiten: 5

Anlagen: 3 Seiten

Dresden, 17.10.2012

Veröffentlichungen von Untersuchungsberichten, auch auszugsweise, und Hinweise auf Untersuchungsergebnisse zu Werbezwecken bedürfen in jedem Einzelfall der schriftlichen Einwilligung des Instituts für Diagnostik und Konservierung an Denkmalen in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V.

Arbeitsstellen in den Ländern:

Sachsen:
Schloßplatz 1
01067 Dresden
Tel.: 0351 48430 408/09/10/27
Fax.: 0351 48430 468
Internet: www.idk-info.de

Sachsen-Anhalt:
Domplatz 3
06108 Halle
Tel.: 0345 472257 21/22/23
Fax.: 0345 472257 29
e-mail: info@idk-info.de

Vorstand:

Prof. Stephan Pfefferkorn
Boje E. Hans Schmuhl
Ellen Schmid-Kamke
Geschäftsführer:
Dipl.-Ing. Uwe Kalisch
Registergericht Dresden: VR 2891

Bankverbindung:

Ostsächsische Sparkasse Dresden
IBAN.: DE52850503003120115524
BIC: OSDDDE81XXX
Kto-Nr.: 3120 115 524 **BLZ:** 850 503 00
St-Nr.: 203/140/15097
Ust-ID: DE234216408

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Probenahme und Vorgehensweise	3
3	Methodik und Analytik	4
3.1	Phasenanalyse mittels Röntgenpulverdiffraktometrie	4
4	Ergebnisse und Fazit.....	4
5	Quellenverzeichnis.....	4

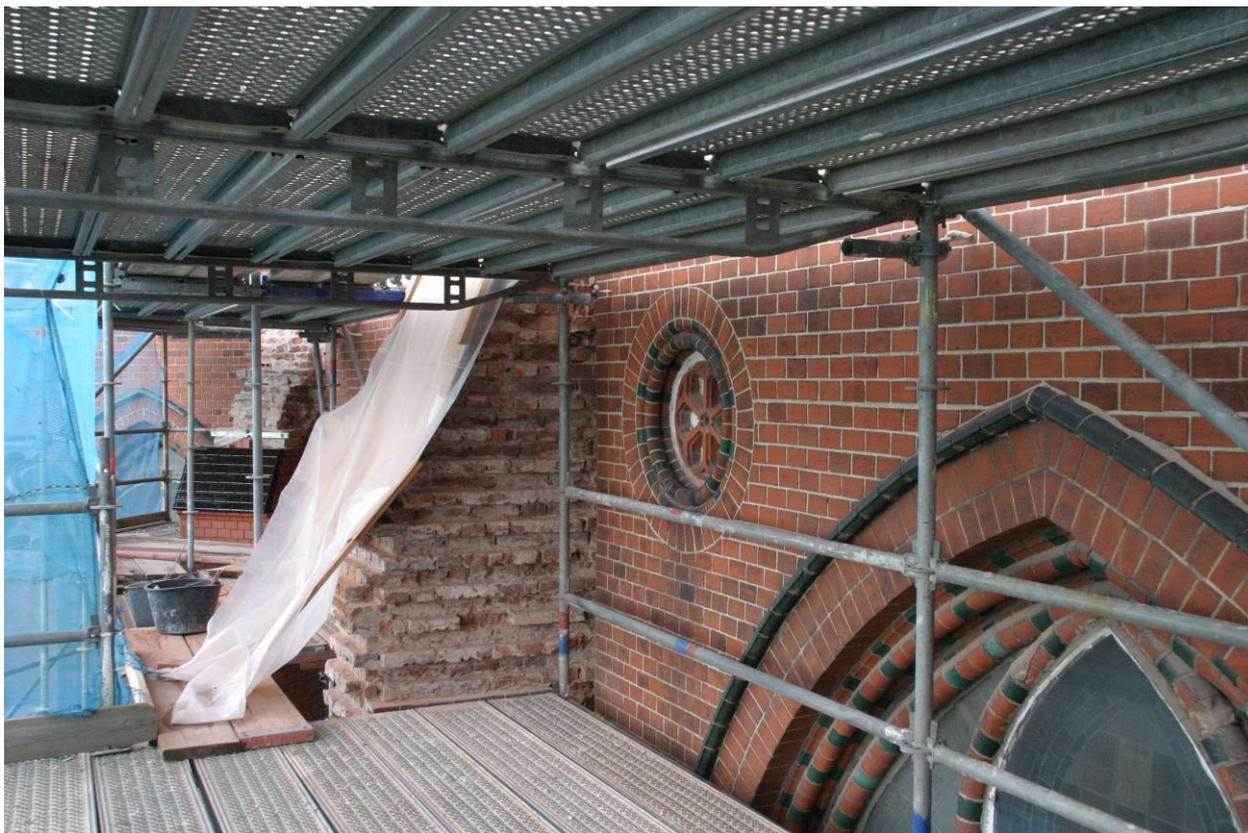


Abb. 1 Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Seite, Pfeiler 18, ca. 16-17 m über GOK, Pfeilerelement mit rückgebauter Vorsatzschale, Aufnahme am Tag der Probenahme

1 Einleitung

In einer Mörtelprobe aus dem Bereich der Abdeckung des Pfeilers 18 der Jakobuskirche in Görlitz wurde Sulfatettringit ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$) nachgewiesen. Die starke Luftbelastung mit Schwefelverbindungen im vergangenen Jahrhundert führte möglicherweise in Kombination mit Niederschlagswässern zum Eindringen der Sulfate in das Mauerwerk (Sulfatangriff) und damit zur Bildung von Sulfatettringit (Zötzl & Franzen 2012, Bericht DD65/2012). Die Ettringitkristallisation ist verbunden mit einer Volumenzunahme um das 2,4 bis 8-Fache. Infolge der Volumenvergrößerung entstehen Spannungen im Gefüge, die dann im Laufe der Zeit zur Rissbildungen im Material führen. Über die entstandenen Risse dringt weitere Feuchtigkeit ein. Diese kann dann z.B. durch Frostsprengung oder treibende Salze, s. a. XRD-Analyse der nachgewiesenen Ausblühsalze: Natriumsulfat, Kalium-Natriumsulfat, oder Gips zu Folgeschäden führt. Das Gefüge wird geschwächt.

Um ein Vordringen der Ettringitbelastung in die Tiefe feststellen zu können und diesbezüglich zeitnah mit geeigneten baulichen Maßnahmen reagieren zu können, wurde am Pfeiler 18 ein Tiefenprofil unterhalb der bereits abgenommenen Vorsatzschale in einer Fuge angelegt und die Zusammensetzung des Setzmörtels bis in eine Tiefe von 31 cm analysiert.

2 Probenahme und Vorgehensweise

Die Probenahme erfolgte am 19.09.2012. 120 cm unterhalb Pfeileroberkante, in der Pfeilermitte wurde unterhalb der Vorsatzschale im Fugenbereich Mörtelproben in 5, 15 und 30 cm Tiefe entnommen und mittels XRD analysiert. Die entnommenen Proben werden in Tab.1 aufgeführt, die Probenahme in den Abb.1, Abb.2 und Abb. 3 dokumentiert.

Tab. 1 Ermittelter Phasenbestand

Angaben zu den Proben			
Probennummer	Entnahmeort	Tiefenstufe	Material
Gö-Jk_P18_NE1	Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Seite, Pfeiler 18, ca. 16-17 m über GOK, 120 cm unterhalb Pfeileroberkante, Mitte	5 - 6 cm	Setzmörtelprobe
Gö-Jk_P18_NE2	Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Seite, Pfeiler 18, ca. 16-17 m über GOK, 120 cm unterhalb Pfeileroberkante, Mitte	15 -16 cm	Setzmörtelprobe
Gö-Jk_P18_NE3	Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Seite, Pfeiler 18, ca. 16-17 m über GOK, 120 cm unterhalb Pfeileroberkante, Mitte	30 - 31 cm	Setzmörtelprobe

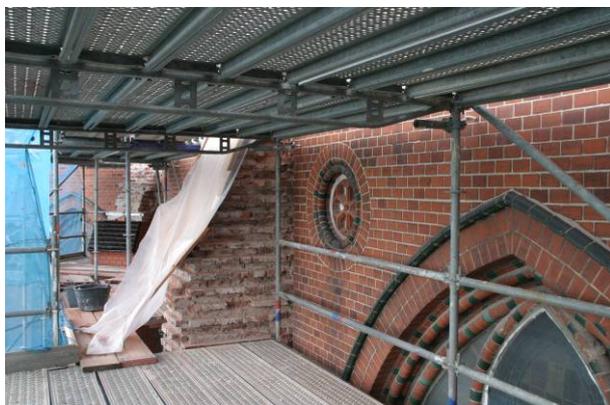


Abb. 2 Pfeiler 18, ca. 16-17 m über GOK, Seitenbereich, Probenahmepunkt Gö-Jk_P18_NE



Abb. 3 Pfeiler 18, ca. 16-17 m über GOK, Seitenbereich, Probenahmepunkt Gö-Jk_P18_NE

3 Methodik und Analytik

3.1 Phasenanalyse mittels Röntgenpulverdiffraktometrie

Mit Hilfe der Röntgenpulverdiffraktometrie (Röntgendiffraktionsanalyse = RDA, X-ray diffraction = XRD) lassen sich alle kristallinen Bestandteile in einer Probe nachweisen. Die vorliegende Salzprobe wurde mit einem Röntgenpulverdiffraktometer der Firma Siemens (D5000) untersucht und mit der Phasenanalysesoftware EVA an der TU-Dresden ausgewertet.

4 Ergebnisse und Fazit

Die Mörtelproben wurden mittels XRD untersucht und der Phasenbestand analysiert. Die Tab. 2 zeigt den analysierten Phasenbestand in Abhängigkeit von der Tiefenstufe. Die einzelnen Diffraktogramme können im Anhang eingesehen werden.

Tab. 2 Ermittelter Phasenbestand

Probennummer	Tiefenstufe	Phasenbestand
Gö-Jk_P18_NE1	5 - 6 cm	Monocarbonat, $3\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{CaCO}_3 11\text{H}_2\text{O}$ Quartz, SiO_2 Orthoklas, KAlSi_3O_8 Vaterite, CaCO_3 Calcit, CaCO_3
Gö-Jk_P18_NE2	15 -16 cm	Monocarbonat, $3\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{CaCO}_3 11\text{H}_2\text{O}$ Quartz, SiO_2 Orthoklas, KAlSi_3O_8 Calcit, CaCO_3
Gö-Jk_P18_NE3	30 - 31 cm	Monocarbonat, $3\text{CaO Al}_2\text{O}_3 \text{CaCO}_3 11\text{H}_2\text{O}$ Quartz, SiO_2 Orthoklas, KAlSi_3O_8 Calcit, CaCO_3

In keiner der untersuchten Proben konnte Sulfatettringit festgestellt werden. Unterhalb der Vorsatzschale, in 5, 15 und 31 cm Tiefe, wurden in allen Proben die kristallinen Verbindungen Quarz, Orthoklas, Monocarbonat, Calcit und (Vaterit) analysiert. Calcit, Vaterit und Monocarbonat sind dem Mörtel-Bindemittel zuzuordnen. Quarz und Orthoklas, ein Kalifeldspat, gehören zum Zuschlag.

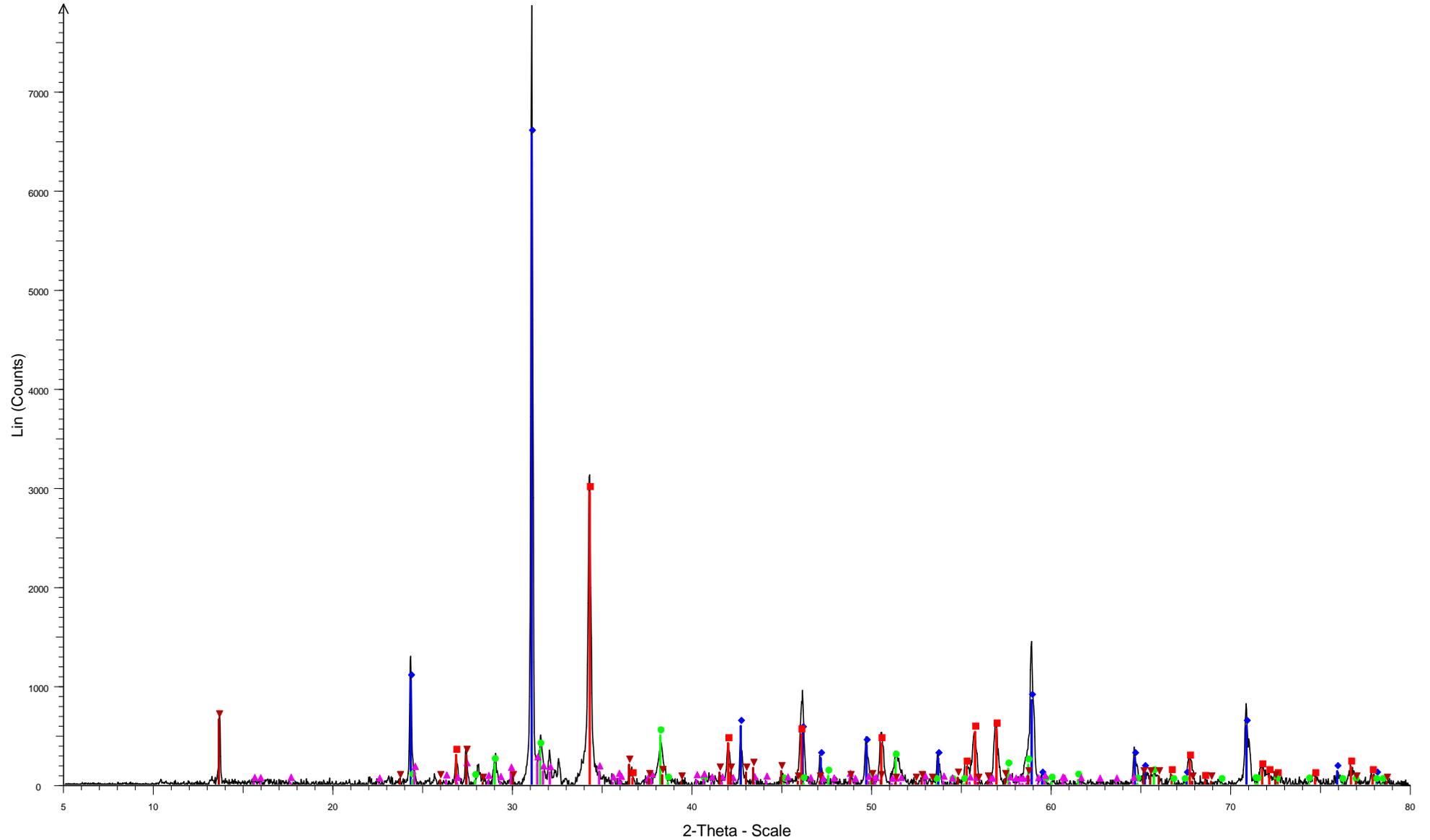
Damit kann im untersuchten Pfeilermauerwerksbereich eine bis in die Tiefe reichende Ettringitbelastung ausgeschlossen werden. Der Rückbau und Ersatz der Vorsatzschale ist demnach eine dem Schadensbild entsprechende, vollkommen ausreichende restauratorische Maßnahme.

5 Quellenverzeichnis

- Allmann, R. (1968): Die Doppelschichtstruktur der plättchenförmigen Calcium-Aluminium-Hydroxisalze am Beispiel des $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O}$. - N. Jb. Min. Mh., 5, 140-144
- Franzen, C., Zötzl, M. (2012) Görlitz, Kathedrale St. Jakobus - Feuchteuntersuchungen an Pfeilervorlagen, Modellhafte Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen an der im neugotischen Stil errichteten Kathedrale St. Jakobus im Görlitz AZ: 29157 Deutsche Bundesstiftung Umwelt - unveröffentlichter Bericht des IDK DD 46/2012, 12 S.
- Lea, F. M.; Desch, C. H.: The Chemistry of Cement and Concrete, London (1956), 2. Auflage
- Moore, A. E.; Taylor, H. F. W.: Crystal Structure of Ettringite. In: Acta Cryst. 26 (1968) 4, S. 386-393
- Neumann, H.-H. (1994) Aufbau, Ausbildung und Verbreitung schwarzer Gipskrusten, dünner schwarzer Schichten und Schalen sowie damit zusammenhängender Gefügeschäden an

- Bauwerken aus Naturstein. Institut für Anorganische und Angewandte Chemie, Abt. Angewandte Analytik, Universität Hamburg, 178 S.
- Pöllmann, H.; Kuzel, H.-J.; Wenda, R.: Compounds with Ettringite Structure. In: Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen (1989) 2, S. 133-158
- Zötzl, M. Franzen, C. (2012) Görlitz, Kathedrale St. Jakobus - Untersuchungen an Setzmörtel, Modellhafte Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen an der im neugotischen Stil errichteten Kathedrale St. Jakobus im Görlitz AZ: 29157 Deutsche Bundesstiftung Umwelt - unveröffentlichter Bericht des IDK DD 65/2012, 11 S.

Gö_Jk_P18_NE1 Görlitz, St. Jakobus, N-Seite, Pfeiler 18, 5-6 cm Tiefe



File: 9605 Gö_Jk_P18_NE1.RAW - Start: 5.000 ° - End: 80.000 ° - Step: 0.030 ° - Step time: 4. s - WL1: 1.78897 - WL2: 1.79285 - Displ.: 0. mm - Company: TU Dresden Geologie - Creation: 27.09.2012 18:49:

00-046-1045 (*) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 83.31 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Hexagonal - I/Ic PDF 3.4 -

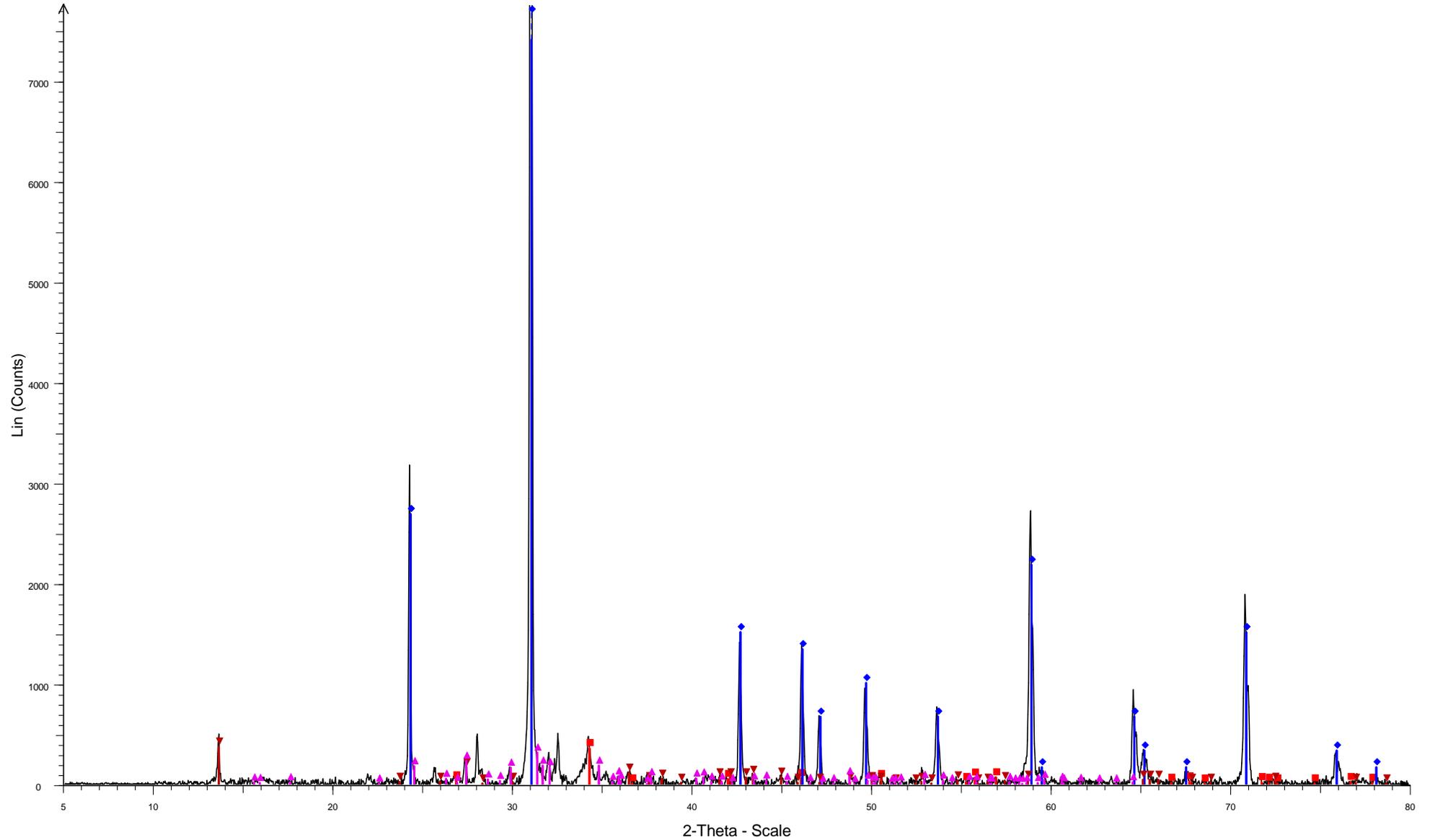
01-081-2027 (C) - Calcite - synthetic - Ca(CO₃) - Y: 37.51 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Rhombo.R.axes - I/Ic PDF 3.2 -

01-074-1867 (C) - Vaterite - CaCO₃ - Y: 6.26 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Orthorhombic - I/Ic PDF 1.1 -

00-022-1212 (D) - Orthoclase - KAlSi₃O₈ - Y: 2.79 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Monoclinic -

00-014-0083 (D) - Calcium Aluminum Oxide Carbonate Hydrate - Ca₄Al₂CO₉·11H₂O/3CaO·Al₂O₃·CaCO₃·11H₂O - Y: 8.33 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 -

Gö_Jk_P18_NE2 Görlitz, St. Jakobus, N-Seite, Pfeiler 18, 15-16 cm Tiefe



File: 9606 Gö_Jk_P18_NE_2.RAW - Start: 5.000 ° - End: 80.000 ° - Step: 0.030 ° - Step time: 4. s - WL1: 1.78897 - WL2: 1.79285 - Displ.: 0. mm - Company: TU Dresden Geologie - Creation: 28.09.2012 10:50:

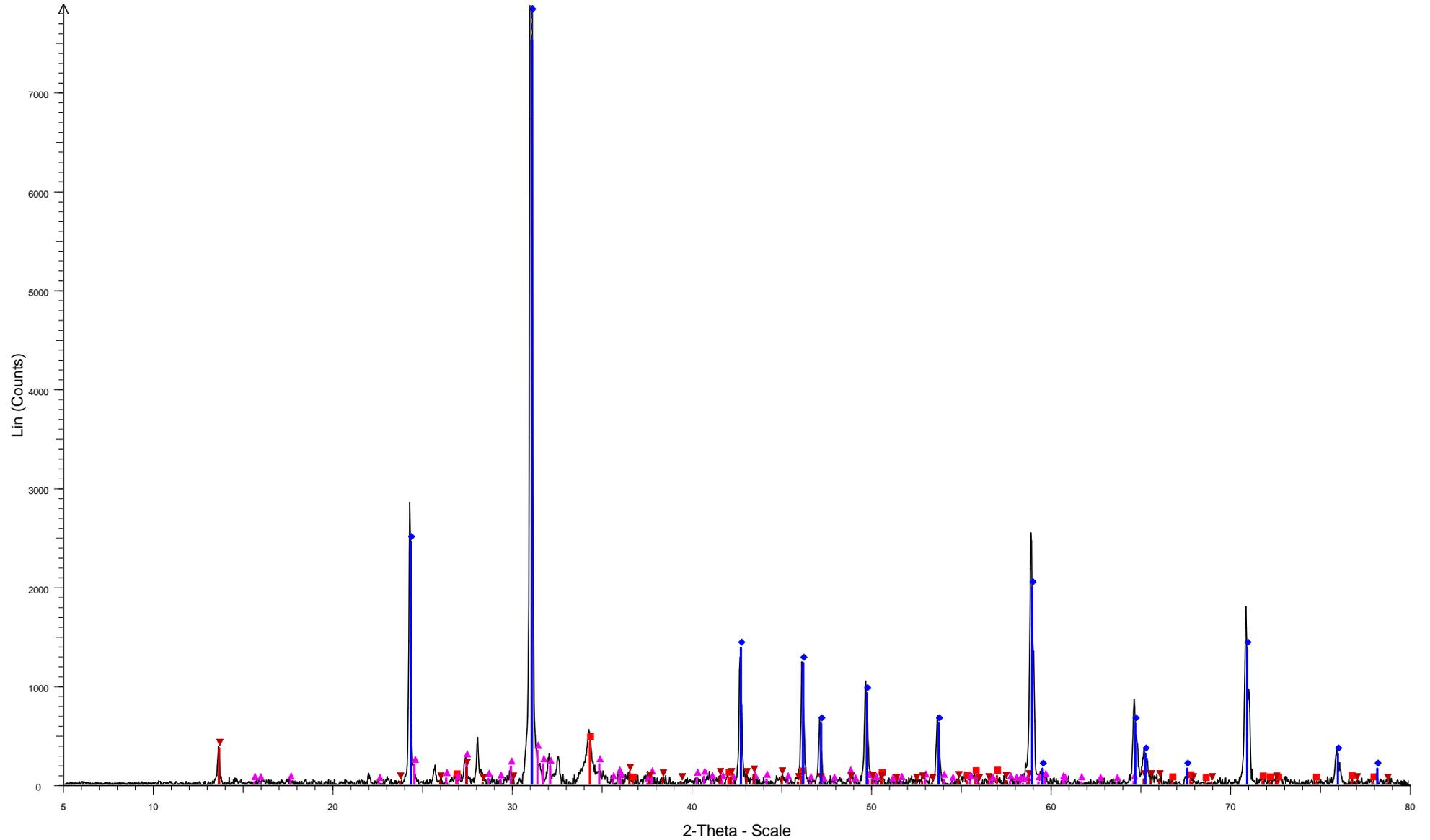
01-081-2027 (C) - Calcite - synthetic - $\text{Ca}(\text{CO}_3)$ - Y: 2.09 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Rhombo.R.axes - I/Ic PDF 3.2 -

00-046-1045 (*) - Quartz, syn - SiO_2 - Y: 97.92 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Hexagonal - I/Ic PDF 3.4 -

00-014-0083 (D) - Calcium Aluminum Oxide Carbonate Hydrate - $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{CO}_9 \cdot 11\text{H}_2\text{O} / 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ - Y: 2.18 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 -

00-022-1212 (D) - Orthoclase - KAISi_3O_8 - Y: 1.83 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Monoclinic -

Gö_Jk_P18_NE3 Görlitz, St. Jakobus, N-Seite, Pfeiler 18, 30-31 cm Tiefe



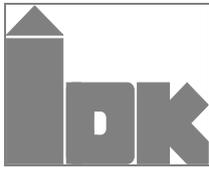
File: 9607 Gö_Jk_P18_NE_3.RAW - Start: 5.000 ° - End: 80.000 ° - Step: 0.030 ° - Step time: 4. s - WL1: 1.78897 - WL2: 1.79285 - Displ.: 0. mm - Company: TU Dresden Geologie - Creation: 28.09.2012 13:49:

01-081-2027 (C) - Calcite - synthetic - $\text{Ca}(\text{CO}_3)$ - Y: 2.62 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Rhombo.R.axes - I/Ic PDF 3.2 -

00-046-1045 (*) - Quartz, syn - SiO_2 - Y: 95.83 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Hexagonal - I/Ic PDF 3.4 -

00-022-1212 (D) - Orthoclase - KAlSi_3O_8 - Y: 2.09 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Monoclinic -

00-014-0083 (D) - Calcium Aluminum Oxide Carbonate Hydrate - $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{CO}_9 \cdot 11\text{H}_2\text{O} / 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ - Y: 2.27 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 -



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

Bericht DD 21/2013

Görlitz, Kathedrale St. Jakobus

Nachbewertung

Beauftragt durch: Bistum Görlitz
Postfach 30 09 43
02814 Görlitz

Vertrag: Forschungsuntersuchungen zur modellhaften Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen - Rahmen des Förderprojektes „Modellhafte Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen an der im neugotischen Stil errichteten Kathedrale St. Jakobus im Görlitz“ der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) AZ: 29157-45

Bearbeiter: Dipl.-Min. Matthias Zötzl, Dr. Christoph Franzen

Anzahl der Seiten: 11

Anlagen: 1 Seite

Dresden, 13.05.2013

Veröffentlichungen von Untersuchungsberichten, auch auszugsweise, und Hinweise auf Untersuchungsergebnisse zu Werbezwecken bedürfen in jedem Einzelfall der schriftlichen Einwilligung des Instituts für Diagnostik und Konservierung an Denkmalen in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V.

Arbeitsstellen in den Ländern:

Sachsen:
Schloßplatz 1
01067 Dresden
Tel.: 0351 48430 408/09/10/27
Fax.: 0351 48430 468
Internet: www.idk-info.de

Sachsen-Anhalt:
Domplatz 3
06108 Halle
Tel.: 0345 472257 21/22/23
Fax.: 0345 472257 29
e-mail: info@idk-info.de

Vorstand:

Prof. Stephan Pfefferkorn
Boje E. Hans Schmuhl
Ellen Schmid-Kamke
Geschäftsführer:
Dipl.-Ing. Uwe Kalisch
Registergericht Dresden: VR 2891

Bankverbindung:

Ostsächsische Sparkasse Dresden
IBAN.: DE52850503003120115524
BIC: OSDDDE81XXX
Kto-Nr.: 3120 115 524 **BLZ:** 850 503 00
St-Nr.: 203/140/15097
Ust-ID: DE234216408

Inhalt

1	Einleitung	3
2	Methodik und Analytik	3
2.1	Dokumentation	3
2.2	Quantitative Salzanalyse	3
2.3	Röntgenpulverdiffraktometrie	3
3	Probenahme	4
4	Ergebnisse	6
4.1	Ergebnisse der Röntgenpulverdiffraktometrie	6
4.2	Qualitative und quantitative Salzanalysen	7
5	Zusammenfassung	9
6	Quellenverzeichnis	11

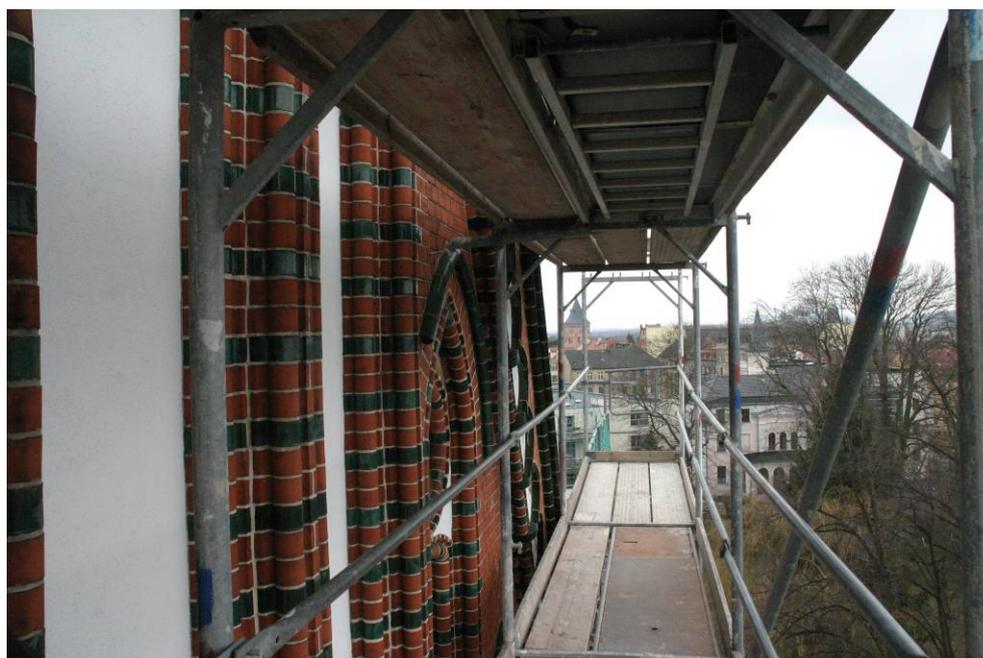


Abb. 1 Görlitz, Kathedrale St. Jakobus, Teil der Westfassade, Aufnahme am Tag der Probenahme

1 Einleitung

Die im Rahmen der vorbereitenden und begleitenden Untersuchungen im Förderprojekt „Modellhafte Sanierung umweltgeschädigter Pfeilervorlagen an der im neugotischen Stil errichteten Kathedrale St. Jakobus im Görlitz“ gewonnenen Forschungsergebnisse sollen in den nachfolgenden Bauabschnitt 2013/14 einfließen. Für die Begutachtung der bisher abgeschlossenen Arbeiten erfolgte am 10.04.2013, gemeinsam mit der leitenden Architektin Frau Kohla und Herrn Backhaus, Leiter der Bauabteilung im Bischöflichen Ordinariat Görlitz, eine gemeinsame Begehung und Inaugenscheinnahme der abgeschlossenen Pfeilersanierung und Putzarbeiten an den Rücklagen. Des Weiteren konnten nach erfolgter Gerüststellung am Westgiebel, ergänzend zur Befahrung vom 05.04.2012 (IDK-Bericht DD29/2012), geschädigte Bereiche genauer untersucht und nachbeprobirt werden.

2 Methodik und Analytik

2.1 Dokumentation

Für die fotografische Dokumentation wurde eine Canon EOS 10D eingesetzt.

2.2 Quantitative Salzanalyse

Für die chemische Analyse wurde eine Probenahme vor Ort durch das IDK durchgeführt. Mit einem Meißel wurde eine Oberflächenprobe von Putz angenommen. Aus der Probe wurden für die quantitative Salzanalyse durch ein standardisiertes Elutionsverfahren wässrige Auszüge im Labor des IDK erstellt. Es erfolgte eine Bestimmung des Anteils der löslichen Bestandteile vom Probematerial, sowie der Leitfähigkeit und des pH-Werts des Extraktes. Der pH-Wert wurde über Behrotest pH81 und die Leitfähigkeit über WTW Cond 315i/Set bestimmt. Von den Extrakten wurden mittels ionenselektiver Methode von Natrium (Na^+) und mittels Photometrie von den Kationen (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) und den Anionen (SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-) die jeweiligen Konzentrationen bestimmt. Die quantitative Ionenbestimmung erfolgte mittels HACH DR/2000 Direct Reading Spectrometer; Natrium HACH Sension 2.

Die Analyseergebnisse der Salzuntersuchungen werden angegeben und bewertet in M.%. Die Darstellung im Diagramm erfolgt in molaren Equivalentkonzentrationen, die sich aus der Massenkonzentration unter Berücksichtigung der Atom- bzw. Molekülmassen und der Ladung errechnen. Durch diese Normierung aller Ionen auf Masse und Ladung lassen sich die Konzentrationen direkt miteinander vergleichen. Bei Schadsalzuntersuchungen ist in der Regel ein kleiner Kationenüberschuss zu verzeichnen, der u. a. damit erklärt wird, dass etwaige OH^- - und CO_3^{2-} -Ionen in der Analyse nicht erfasst werden können (Steiger 1998).

Tab. 1 Bewertungsgrenzwerte für bauschädliche Salze nach WTA (2001, 1999)

Bewertung in M.%	WTA-Merkblatt E 3-13-01/D "Kompressenentsalzung"			WTA-Merkblatt 4-5-99/D "Mauerwerksdiagnostik"		
	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-
"unbelastet"	<0,02	<0,01	<0,02	-	-	-
"gering"	0,1-0,02	0,03-0,01	0,05-0,02	<0,5	<0,2	<0,1
"mittel"	0,2-0,1	0,1-0,03	0,2-0,05	1,5-0,5	0,5-0,2	0,3-0,1
"hoch"	0,8-0,2	0,3-0,1	0,5-0,2	>1,5	>0,5	>0,3
"extrem"	>0,8	>0,3	>0,5	-	-	-

2.3 Röntgenpulverdiffraktometrie

Mit Hilfe der Röntgenpulverdiffraktometrie (Röntgendiffraktionsanalyse = RDA, X-ray diffraction = XRD) lassen sich die kristallinen Bestandteile in einer Probe nachweisen. Die vorliegende Salzprobe wurde mit einem Röntgenpulverdiffraktometer der Firma Siemens (D5000) untersucht und mit der Phasenanalysesoftware EVA an der TU-Dresden ausgewertet.

3 Probenahme

Im Rahmen der Begehung wurden am 10.04.2013 fünf Proben entnommen und auf eine mögliche Salzbelastung hin untersucht. Die Proben werden in Tab. 2 aufgeführt und beschrieben. Die Abb. 3 bis Abb. 5 dokumentieren die Probenahmepunkte.

Tab. 2 Probenübersicht

Probennummer	Entnahmeort	Material	Analysen
Gö_Jkb_P1	Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Westgiebel, geputzte Rundbögen	Putz	An- und Kationenuntersuchung
Gö_Jkb_P2	Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Westgiebel, geputzte Fenstergewände	Putz	An- und Kationenuntersuchung
Gö_Jkb_F1	Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Westgiebel, mürbe Fugenuntermörtel im glasierten Bereich	Fugenmörtel	An- und Kationenuntersuchung
Gö_Jkb_MR1	Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Seite, Rosette links vom Pfeiler 19, Maßwerk, Mörtelrand	rot eingefärbter Mörtel	An- und Kationenuntersuchung
GK13_ES1	Görlitz, Jakobuskathedrale, NW-Seite, geschädigte Putzrücklagen im Spitzbogen	Ausblühsalz	XRD-Phasenanalyse



Abb. 2 Rundbögen, Farbe blättert ab und Putzschäden, schaliges Ablösen, Probenahmepunkt Gö_Jkb_P1



Abb. 3 Rundbögen, Farbe blättert ab und Putzschäden, schaliges Ablösen

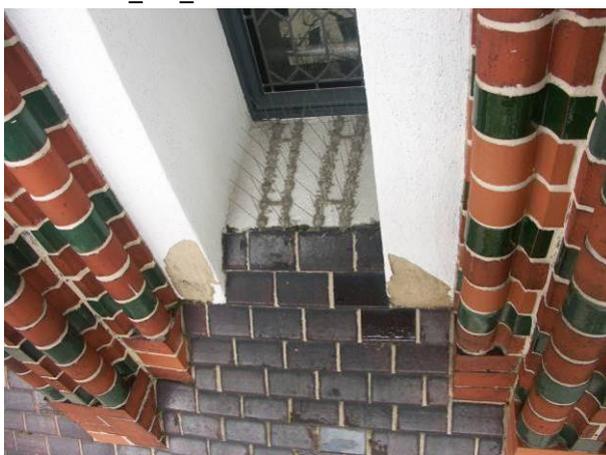


Abb. 4 Farbe blättert ab und Putzschäden, schaliges Ablösen, Probenahmepunkt Gö_Jkb_P2



Abb. 5 Farbe blättert ab, Fugenmörtel sind abgängig, Bewuchs durch Moose, Feuchte, Probenahmepunkt Gö_Jkb_F1



Abb. 6 Görlitz, Jakobuskathedrale, NW-Seite, geschädigte Putzrücklagen im Spitzbogen, Probenahmepunkt GK13_ES1



Abb. 7 Görlitz, Jakobuskathedrale, N-Seite, Rosette links vom Pfeiler 19, Maßwerk, Mörtelrand, Probenahmepunkt Gö_Jkb_MR1

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der Röntgenpulverdiffraktometrie

Der mit der XRD-Analyse ermittelte Phasenbestand wird in Tab. 3 aufgeführt. In der Anlage kann das ausgewertete Röntgendiffraktogramm eingesehen werden. Es werden die Verbindungen Thenardit (Hauptmineralphasenbestand), Calcit, Quarz und Gips nachgewiesen. Alkalisulfate wie Thenardit sind als bauschädliche Ausfällungen von wässrigen Lösungen im Zusammenhang mit zementhaltigen Bindemitteln bekannt (Arnold 1981, Grassegger 1997). Der Eintrag von zusätzlichem Sulfat kann über Umwelt erfolgt sein. Eine Schädigung des Putzes durch die Natriumsulfate Thenardit und Mirabilit erfolgt in Abhängigkeit von Temperatur und Luftfeuchte infolge eines Hydratstufenwechsels oder durch wechselnde Lösungs- und Kristallisationsvorgänge. Die Phasenstabilitätsbereiche sind in Abb. 8 dargestellt. Calcit und Quarz sind dem Putzmörtel zuzuordnen.

Tab. 3 Ermittelte Phasenbestand der Röntgenproben

Probennummer	Phasenbestand	Phasenbestand	Bauschädigende Salze
GK13_ES1	Görlitz, Jakobuskathedrale, NW-Seite, geschädigte Putzrücklagen im Spitzbogen	Thenardit NaSO_4 Calcit CaCO_3 Quarz SiO_2 Gips $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	Thenardit

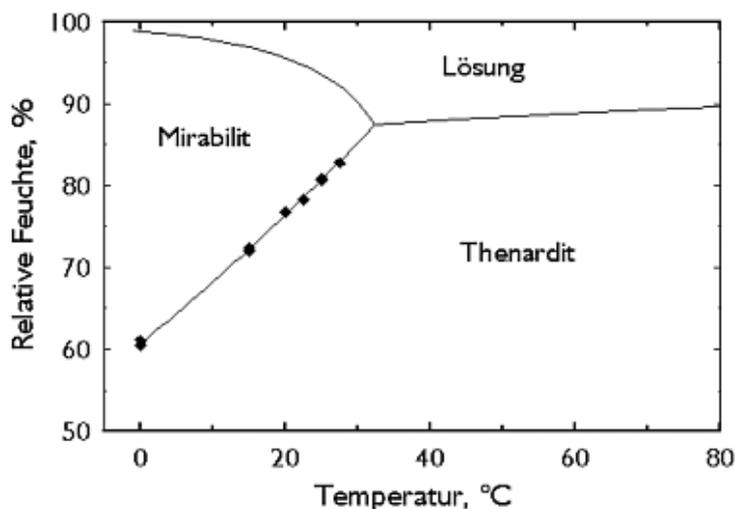


Abb. 8 Stabilitätsbereiche der Natriumsulfate Thenardit und Mirabilit in Abhängigkeit von Temperatur und Luftfeuchte (aus www.salze-im-porenraum.de)

4.2 Qualitative und quantitative Salzanalysen

Die Ergebnisse der Basisuntersuchungen (Leitfähigkeit, pH-Wert und Summe der wasserlöslichen Bestandteile) an Proben sind in Tab. 4 dargestellt. Die gemessenen Leitfähigkeiten korrelieren gut mit den gemessenen Anteilen an wasserlöslichen Bestandteilen. Der pH-Wert variiert und ist zum Teil mit 8,8 deutlich basisch. Die wasserlöslichen Bestandteile der Proben Gö_Jkb_P1, Gö_Jkb_P2 und Gö_Jkb_F1 sind als unauffällig, die der Probe Gö_Jkb_MR1 als auffällig zu bewerten.

Tab. 4 Ergebnisse der Basisuntersuchungen (Lf_{250} = gemessener Leitfähigkeitswert im 250 ml Aufschluss; Σ^* wasserlös. Bestandteile = Gesamtsalzgehalt aus dem Trockenrückstand)

Probe	Einwaage [g]	Lf_{250} [$\mu S/cm$]	pH [-]	Σ wasserlös. Bestandteile [M.%]
Gö_Jkb_P1	4,998	74	8,84	0,16
Gö_Jkb_P2	5,007	49	8,42	0,25
Gö_Jkb_F1	0,778	19	8,60	0,56
Gö_Jkb_MR1	5,013	462	7,37	1,86

Von allen Proben wurden qualitative und quantitative Salzanalysen angefertigt. Die Ergebnisse sind in Tab. 5 dargestellt und in Tab. 6 nach WTA-Merkblatt bewertet. Die Abb. 9 zeigt eine graphische Darstellung der Gesamtionenanteile der Proben. Besonders auffällig sind die mit „mittel“-belastet eingestuftem Sulfatgehalte der Probe Gö_Jkb_MR1. Gehalte an Kalium und Magnesium werden ebenfalls festgestellt. Geringe Gehalte an Chlorid und Nitrat werden ebenfalls in den Proben Gö_Jkb_F1 und Gö_Jkb_MR1 gemessen. Die nachgewiesenen Salzanionen korrelieren gut mit den Ergebnissen der Röntgenpulverdiffraktometrie.

Tab. 5 Ergebnisse der qualitativen und quantitativen Salzanalysen an den Bohrmehlproben in M.%

Probe	Anteile an löslichen Ionen in M.%						
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-
Gö_Jkb_P1	0,015	<0,005	0,053	0,007	<0,01	<0,01	0,011
Gö_Jkb_P2	0,090	0,010	0,005	<0,005	<0,01	<0,01	<0,01
Gö_Jkb_F1	0,129	0,096	0,019	<0,005	<0,01	0,026	0,014
Gö_Jkb_MR1	0,454	0,020	0,095	0,016	0,574	<0,01	0,024

Tab. 6 Bewertung der Anionen an WTA (2001, 1999)

Probe	WTA-Merkblatt E 3-13-01/D "Kompressenentsalzung"			WTA-Merkblatt 4-5-99/D "Mauerwerksdiagnostik"		
	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-
Gö_Jkb_P1	unbelastet	unbelastet	unbelastet	gering	gering	gering
Gö_Jkb_P2	unbelastet	unbelastet	unbelastet	gering	gering	gering
Gö_Jkb_F1	unbelastet	gering	unbelastet	gering	gering	gering
Gö_Jkb_MR1	hoch	unbelastet	gering	mittel	gering	gering

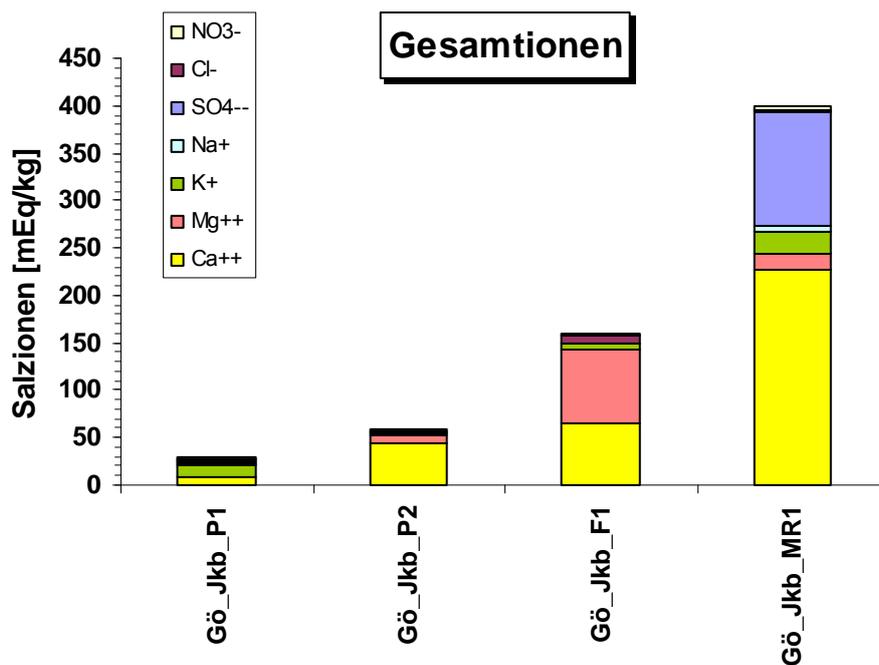


Abb. 9 An- und Kationenverteilung der ermittelten Gesamtionen

5 Zusammenfassung

Die im Rahmen der vorbereitenden und begleitenden Untersuchungen im DBU-Projekt gewonnenen Ergebnisse sollen in den nächsten Bauabschnitt 2013/14 einfließen. Am 10.04.2013 erfolgte gemeinsam mit Frau Kohla und Herrn Backhaus eine gemeinsame Begehung und Inaugenscheinnahme der abgeschlossenen Pfeilersanierung sowie der bereits im ersten Bauabschnitt erfolgten Putzarbeiten an den Rücklagen.

Die geschädigten Pfeilerbereiche wurden zurückgebaut und das geschädigte Ziegelmauerwerk durch einen dem historischen Vorbild entsprechenden Ziegel ersetzt (Abb. 10 und Abb. 11). Die Pfeilerrücklagen wurden mit einem eingefärbten, farblich mit dem Befund abgestimmten Sanierputz nach WTA, zweilagig geputzt. Die Arbeiten wurden augenscheinlich korrekt ausgeführt, nach dem ersten Winter werden keine Schäden festgestellt.



Abb. 10 Pfeiler 19, Rückbau und Einbau neuer Ziegel



Abb. 11 Pfeiler 19, Rückbau und Einbau neuer Ziegel

Nach erfolgter Gerüststellung am Westgiebel konnten, ergänzend zur Befahrung vom 05.04.2012, geschädigte Bereiche genauer untersucht werden.

Bei der Untersuchung der Putzproben Gö_Jkb_P1 und Gö_Jkb_P2 aus Schadbereichen wurden keine größeren Salzbelastungen nachgewiesen. Im Bereich der Anschlussstellen zur Gsimmsüberdachung löst sich der aufliegende, farblich gefasste Feinputz (Stärke ca. 4 mm) vom Unterputz. Gerade auch in den unteren Anschlussbereichen kommt es zu Schäden, die sich auf einen Verlust der aufgetragenen Glätte beziehen. Ein Feuchtestau in den Anschlussbereichen könnte hier Ursache sein. Die hydrophobierend wirkende Farbfassung konnte dabei ein Austrocknen des Untergrundes verhindern. Eine deutliche Salzbelastung der Fugenmörtelprobe Gö_Jkb_F1, die aus dem glasierten Bereich entnommen wurde, konnte nicht festgestellt werden. Jedoch wird auch hier die Nachverfugung abgelöst, der unterliegende Putz ist mürbe. Die festgestellten geringen Salzgehalte könnten dennoch Hinweis auf eine Salzaktivität sein, die an der Grenze zwischen Fugenmörtel und Fugenverschlussmörtel ansetzt. Die Fugenbereiche sollten tief ausgeräumt und mit einem diffusionsoffenen Material erneuert werden.

Deutliche Hinweise auf die Aktivität von Schadsalzen geben Ausblühungen in den geputzten Spitzbögenbereichen. Auch hier treten starke Substanzverluste auf, die nach XRD-Untersuchungen der Salze überwiegend auf die stark bauschädigende Wirkung von Natriumsulfat zurückgeführt werden können.

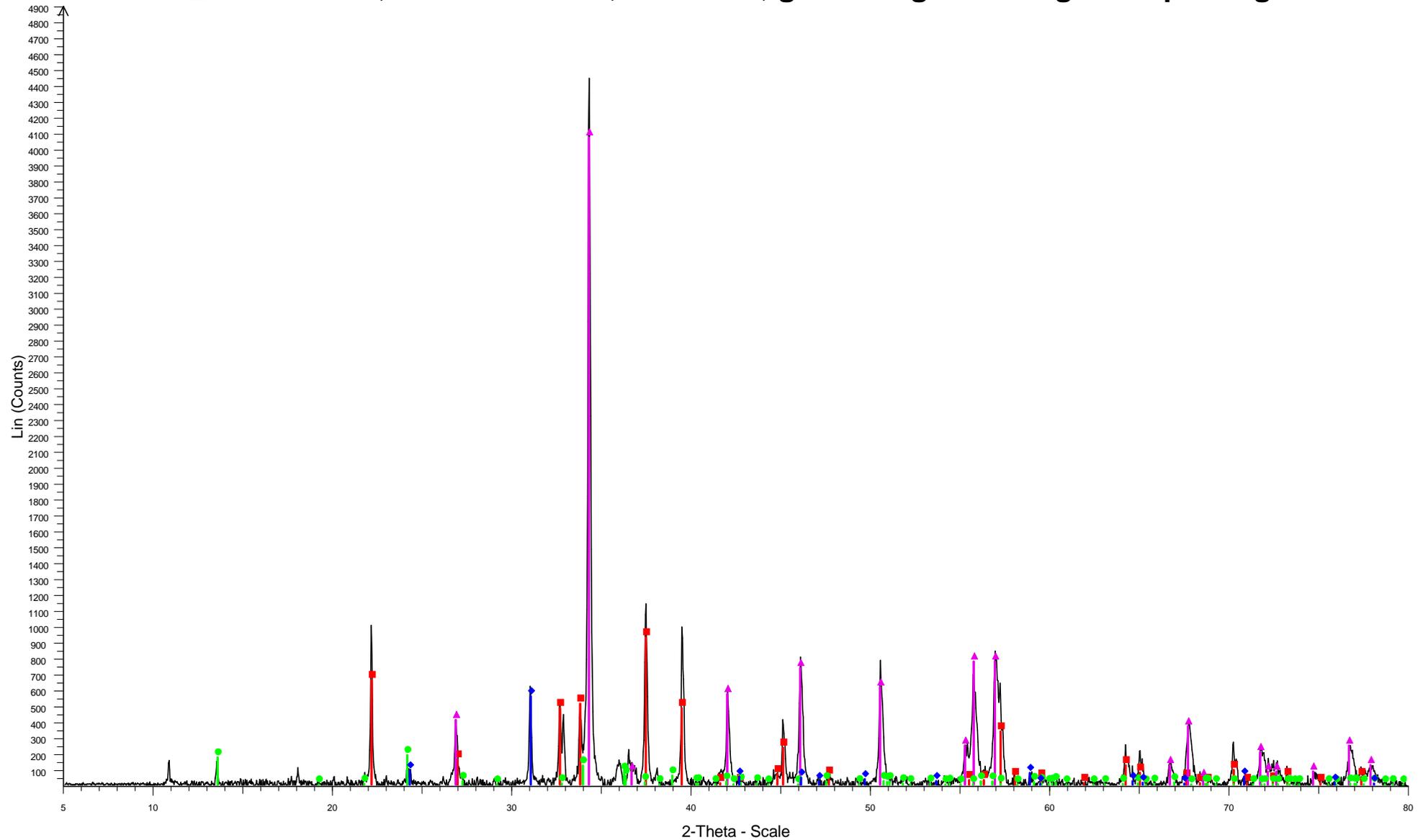
Die Rücklagen und Rundbögen sollten, wie bereits in anderen Bereichen ausgeführt, diffusionsoffen geputzt werden. Eine nachträgliche farbliche Fassung der geputzten Rücklagen wird nicht empfohlen.

Ziegelrosetten, die links und rechts des Pfeilers 19 liegen, zeigen einen das Maßwerk umlaufenden Zierrand aus rot eingefärbtem Mörtel. Es werden starke Materialverluste und Ausblühsalzoberflächen am Zierrand festgestellt. Die Salzanalyse einer oberflächennah entnommenen Mörtelprobe zeigt Sulfatgehalte, die mit „mittel“ belastet nach WTA bewertet werden. Hier werden Salz minderungen und Ergänzungen mit einem farblich angepassten Material vorgeschlagen.

6 Quellenverzeichnis

- ARNOLD, A. (1981) Salzminerale in Mauerwerken. Schweizerische mineralogische petrographische Mitteilungen 61, 147-166.
- FRANZEN, C. (2012) Görlitz, Kathedrale St. Jakobus, Untersuchungen am Westgiebel, unveröffentlichter Bericht des IDK DD 29/2012, 17 Seiten
- GRASSEGER, G. (1997): Die Verwitterung von Naturstein an Bauten und Baudenkmalen. In Berufsbildungswerk des Steinmetz- und Steinbildhauerhandwerks e. V., Ed. Naturwerkstein und Umweltschutz in der Denkmalpflege, Ebner Verlag, 89073 Ulm 433-489.
- STEIGER, M., NEUMANN, H.-H., GRODTEN, T., WITTENBURG, C., DANNECKER, W. (1998) Salze in Natursteinmauerwerk - Probenahme, Messung und Interpretation. In R. Snethlage, Ed. Denkmalpflege und Naturwissenschaft, Natursteinkonservierung II, Stuttgart, S. 61-91.
- WTA-Merkblatt "Mauerwerksdiagnostik" (1999): WTA-Merkblatt 4-5-99/D: Beurteilung von Mauerwerk, Mauerwerksdiagnostik. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V.
- 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.
www.salze-im-porenraum.de

GK13_ES 1 Görlitz, Jakobuskirche, NW-Seite, geschädigte Putzlage im Spitzbogen



File: 9964 GK13_ES1.RAW - Start: 5.000 ° - End: 80.000 ° - Step: 0.030 ° - Step time: 6. s - WL1: 1.78897 - WL2: 1.79285 - Displ.: 0. mm - Company: TU Dresden Geologie - Creation: 17.04.2013 18:39:20

00-037-1465 (*) - Thenardite, syn - Na₂SO₄ - Y: 20.84 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Orthorhombic -

01-083-0578 (C) - Calcite - Ca(CO₃) - Y: 91.67 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Rhombo.R.axes - I/Ic PDF 3.2 -

01-074-1433 (C) - Gypsum - Ca(SO₄)(H₂O)₂ - Y: 4.18 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Monoclinic - I/Ic PDF 1.7 -

00-046-1045 (*) - Quartz, syn - SiO₂ - Y: 12.51 % - d x by: 1. - WL: 1.78897 - Hexagonal - I/Ic PDF 3.4 -