

Projekt: Beispielhafte Erhaltung von umweltgeschädigten
Kulturgütern aus Oolithkalkstein des Savonnières-Typs
(DBU Az. 28433-45)

Kurzbericht

März 2015



Projektleiter
Dr. Gerhard Lehrberger
Dr. Esther von Plehwe-Leisen

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Das Projekt wurde gefördert von:
Deutsche Bundesstiftung Umwelt und
Freunde von Stift Tepl zu Esslingen e.V.



Projekt: Beispielhafte Erhaltung von umweltgeschädigten
Kulturgütern aus Oolithkalkstein des Savonnières-Typs
(DBU Az. 28433-45)

Endbericht

März 2015

zusammengestellt und redaktionell bearbeitet von

Gerhard Lehrberger
Esther von Plehwe-Leisen

mit Beiträgen der Kooperationspartner und Auftragnehmer

Gerhard Lehrberger
Esther von Plehwe-Leisen
Hans Leisen
Heinz Lorenz
Ludwig Sattler
Eberhard Wendler
Zbyněk Černý
Karel Halla
Jaroslav Šindelář
Helena Štěrbová

und externen Beiträgen von

Bärbel Arnold
Michael Auras
Heike Kirsten
Karin Kraus
Michael Krempler
Toni Labhart
Judith Lais
Simon Rumplmayr
Susanne Runkel
Erwin Stadlbauer
Philipp Stastny
Jasper Völkert

Graphische Arbeiten und Lektorat

Klaus Haas
Silvia Beer

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Projektleitung
Dr. Gerhard Lehrberger
Dr. Esther von Plehwe-Leisen

Das Projekt wurde gefördert von:
Deutsche Bundesstiftung Umwelt und
Freunde von Stift Tepl zu Esslingen e.V.



Überblick über die Ergebnisse des Projektes

Dieser Endbericht fasst die Untersuchungen und Ergebnisse des Projektes »Beispielhafte Erhaltung von umweltgeschädigten Kulturgütern aus Oolithkalkstein des Savonnières-Typs« (Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Az. 28433-45) zusammen, welches im Zeitraum von 1. November 2010 bis 31. Oktober 2014 durchgeführt wurde.

Untersucht wurden die oolithischen Gesteine aus dem Pays Barrois (»Barrois-Oolithe«), dem südwestlichen Teil des Department Meuse in Lothringen. Das Projekt wurde maßgeblich von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert. Es erfuhr außerdem erhebliche finanzielle Unterstützung durch den Verein der Freunde von

Stift Tepl zu Esslingen e.V., wodurch zum Einen der Eigenanteil des Prämonstratenser-Klosters Teplá gesichert werden konnte, zum Anderen wurde mit Unterstützung des Vereins die Restaurierung der Statuen auf dem Giebel des Kirchenportals der Tepler Stiftskirche finanziert. Die Konservierung der Grabskulptur des »Guten Hirten« auf dem Melaten Friedhof in Köln wurde im Projekt vorbereitet. Der Gesamtverband der katholischen Kirchengemeinden Köln und das Kölner Amt für Landschaftspflege und Grünflächen kamen für die Durchführung der Erhaltungsarbeiten auf. Die Publikation der Ergebnisse des Projektes sowie ergänzender Beiträge zum Thema erfolgt als Band 22 der Münchner Geowissenschaftlichen Abhandlungen (ISBN 978-3-89937-197-0).



Abb. 1: Das Portal der Klosterkirche von Teplá in Tschechien aus Morley-Oolith vor Beginn des Projektes im Jahre 2010. Es stellt ein bedeutendes Beispiel für die bildhauerische Verwendung von Morley-Oolith dar. Bildhauer Karl Wilfert d. Ä. 1893.



Abb. 2: Statuen des Heiligen Kaisers Heinrich II (1880) und des Heiligen Königs Stephan von Ungarn (undatiert) aus Savonnières-Oolith an der Westfassade des Kölner Doms. Beide Statuen wurden von Bildhauer Peter Fuchs (1829-1898) geschaffen.

1. Anlass des Projektes

Das Projekt zur Erhaltung von Barrois-Oolithen, die früher pauschal als »Savonnières-Oolithe/Kalksteine« bezeichnet wurden, geht auf die Entdeckung der bis dahin völlig unbekanntenen Verwendung dieser Gesteine im Kloster Teplá zurück. Im Rahmen des Projektes »Modellvorhaben zur Beseitigung von Umweltschäden an vulkanischem Gestein des Klosters Teplá (Tschechien) im Braunkohle-Industriegebiet Egertal (deutsch-tschechisches Forschungsvorhaben, DBU-Az 20725)«, in dessen Mittelpunkt die Konservierung der aus dem vulkanischen Gestein Trachyt bestehenden romanisch-gotischen Fassaden sowie der barocken Portale und Statuen aus eben

diesem Gestein stand, wurde bei einer flankierenden Untersuchung der Baugesteine des Klosters am neo-romanischen Kirchenportal der als »Savonnières«-Kalkstein eingestufte Oolith nachgewiesen (LEHRBERGER & GILL-HUBER: 2007: 49; LEHRBERGER et al. 2007: 82f).

Bei weiteren Untersuchungen zeigte sich, dass auch eine größere Anzahl von Statuen an den neo-barocken Bibliotheks- und Museumsbauten aus Oolith besteht. Die Entdeckung dieser »exotischen« Gesteine in Tschechien war auch für die Denkmalpflegebehörden eine Überraschung und zugleich eine Herausforderung.

In Westböhmen ist die Erfahrung mit importierten Denkmalgesteinen insgesamt eher gering, insbesondere mit Kalksteinen im Außenbereich. Meist wurden magmatische Gesteine wie Granit oder Trachyt und in begrenztem Umfang Sandsteine, Mikrokonglomerate und Arkosen eingesetzt. Letztere finden vor allem im Bereich um der karbonzeitlichen Sedimentbecken um Plzeň (Pilsen) und Prag Anwendung (LEHRBERGER et al. 2007: 75ff.).

Im Gegensatz zu Westböhmen kamen im 19. Jahrhundert in Köln häufig die oolithischen Kalksteine des Barrois zum Einsatz. Große Teile der hochwertigen Skulptur dieser Zeit, u.a. am Kölner Dom wurden aus diesen Gesteinen geschlagen.

Dabei ist zu beachten, dass Kalksteine besonders in Gebieten mit starker Umweltverschmutzung durch Säurebildner schneller und tiefgründiger Steinschäden ausbilden als silikatische Gesteine. Die beiden Projektlokalitäten, Teplá und Köln, haben lange unter stark umweltbelasteter Luft gelitten, da sie einer ähnlichen industriellen Konstellation unterlagen. Während in Köln im innerstädtischen Bereich Industrie- und Kraftwerksemissionen, vor allem aber auch der Hausbrand mit Braunkohlebriketts eine wesentliche Rolle spielten, waren es in Westböhmen die großen Braunkohlekraftwerke des Egertales, die zu extremen Schadstoffbelastungen führten. Die von der Verbrennung pyrithaltiger Braunkohle

verursachten schwefelsauren Abgase wiesen eine besondere Schadenswirkung auf.

Aufgrund der Vielzahl der betroffenen Objekte galt es, in dem vorliegenden Projekt eine modellhafte Vorgehensweise für die Erhaltung oolithischer Gesteine zu entwickeln. Da man bisher nur wenige wissenschaftlich untermauerte Erkenntnisse zur Verwitterung und Konservierung von oolithischen Kalksteinen in Gebieten mit starken schwefelsauren Immissionen hatte, sollten die Schadensmechanismen, die Verwitterungsformen und die Konservierungsverfahren untersucht und weiterentwickelt werden. Dazu wurden das Kirchenportal der Stiftskirche in Teplá und die Grabskulptur »Der gute Hirte« in Köln im Detail bearbeitet, sowie vorhandene Erfahrungen bei der Erhaltung wichtiger Domsulpturen des 19. Jh. kurz zusammengefasst.

Ein wesentlicher Grund für die Beantragung und Durchführung des Projektes war es aber auch, die durch die Untersuchung der anthropogen geschädigten Kulturobjekte gewonnenen Erkenntnisse in ein Konzept für die Konservierung umzusetzen und diese dann modellhaft durchzuführen, um eine konkrete und langfristig wirksame Verbesserung der Situation an den ausgewählten Objekten zu erreichen und sie fachgerecht konserviert der Nachwelt zu erhalten.

2. Projektbeteiligte

Am Projekt waren folgende Institutionen und Personen beteiligt:

Dipl.-Geol. Dr. Gerhard Lehrberger

Antragsteller und Projektleitung
Lehrstuhl für Ingenieurgeologie, Technische Universität München

Dipl.-Geol. Dr. Esther von Plehwe-Leisen

Stellvertretende Projektleitung und Kooperationspartner
Natursteinerhaltung LPL, Köln

Kanonie Premonstrátú Teplá

Abt Filip Lobkovic O. Praem., P. Augustin Kováčik, O. Praem., M. Novotná, M. Baumlová, I. Jágriková.

Dipl.-Chem. Dr. Eberhard Wendler

Fachlabor für Konservierungsfragen in der
Denkmalpflege, München

Dipl.-Geol. Prof. Dr. Hans Leisen

Fachhochschule Köln, Institut für Restaurierungs- und
Konservierungswissenschaft

Dipl.-Geol. Heinz G. Lorenz

Selbstständiger Geologe im Bereich Natursteinberatung,
Röttenbach

Dipl.-Geol. Dr. Ludwig Sattler

Selbstständiger Geologe im Bereich der Denkmalpflege,
München



Abb. 3: Probenahme im Frühjahr 2011 im Wald von Morley: Prof. Hans Leisen, Dipl.-Geol. Heinz Lorenz, Dr. Gerhard Lehrberger und Dr. Esther von Plehwe-Leisen.

3. Projektdurchführung

Das Projekt spannt mit seinen vielfältigen und umfangreichen Aktivitäten einen weiten Bogen. Die bearbeiteten Themen umfassen die Geologie der Oolithvorkommen in Lothringen, die Steinbrüche mit den darin aufgeschlossenen Werksteinlagen, deren spezifische Eigenschaften, Aspekte des Transports und der Verwendung in Mitteleuropa, die Untersuchung ausgewählter Pilotobjekte mit einer Charakterisierung ihrer typischen Verwitterungsformen, die Entwicklung von Technologien zur Reinigung und Erhaltung sowie die praktische Restaurierung und Konservierung von Pilotobjekten.

In vielen Bereichen haben sich zusätzliche Forschungsansätze ergeben und die Untersuchungen gingen oft weit über den geplanten Rahmen hinaus. Insgesamt wurden viele völlig neue Erkenntnisse gewonnen und es ergibt sich nach den Untersuchungen ein teilweise deutlich gewandeltes Bild von den ursprünglich vereinfachend pauschal als »Savonnières-Oolith« bezeichneten Gesteinen.

Im Folgenden werden die verschiedenen inhaltlichen Bereiche kurz mit den Aktivitäten im Projektablauf und den Besonderheiten vorgestellt.

3.1 Geologie und Abbaustellen von Oolithen in Lothringen

Das Projekt begann mit umfangreichen Recherchen zur Geologie und Petrographie der oolithischen Kalke auf dem Barrois-Plateau in der Umgebung von Savonnières-en-Perthois in Lothringen, um eine genaue Typisierung der unterschiedlichen Kalksteinvarianten zu ermöglichen. Dabei stellte sich heraus, dass lediglich zu den Oolithen aus dem Zentralgebiet bei Savonnières Literatur verfügbar ist, während über die randlichen und weniger bedeutenden Gebiete sowie deren Gesteine bisher sehr wenige Fakten publiziert wurden.

Somit bekamen die Recherchen vor Ort und die Erkundung von Steinbrüchen sehr früh eine größere Bedeutung als ursprünglich vorgesehen. Obwohl das Gebiet mit den Steinbrüchen insgesamt auf einen Streifen von etwa 20 km Länge und 10 km Breite beschränkt ist, gibt es eine große Vielzahl an ehemaligen und aktiven Steinbrüchen, in denen recht unterschiedliche Varietäten der Oolith-Kalksteine vorkommen (Abb. 4).

In den meisten besuchten Steinbrüchen wurden die Werksteinbänke beprobt, um daran sowohl petrographische Untersuchungen durchzuführen, als auch gesteinsphysikalische Kennwerte zu ermitteln. Dabei stellte sich heraus, dass es neben einer relativ homogen ausgebildeten Gruppe von Oolithen des zentralen Barrois-Plateaus in der Umgebung der Ortschaft Savonnières mit dem klassischen »Schaumkalk« auch eine Gruppe von Oolithen größerer Variationsbreite gibt, die als Gemeinsamkeit eine Dolomitisierung unterschiedlichen Grades aufweist. Nachdem diese Varietäten überwiegend im Wald von Morley auftreten, werden sie als »Morley-Oolith« bezeichnet. Es ist anzunehmen, dass die Morley-Oolithe möglicherweise auch wegen ihrer größeren Härte erst ab der Mitte des 19. Jahrhunderts außerhalb Frankreichs an Bedeutung gewannen.

Die Geländearbeit in Frankreich wurde in vier Phasen durchgeführt. Ein erster Aufenthalt im März 2011 diente der Geländeorientierung und der Lokalisierung von Steinbrüchen. Im Zuge der Steinbruchbesuche wurde

eine erste Charge an Gesteinsproben, vor allem in Form von Profilproben über die gesamte Mächtigkeit der Werksteinbänke hinweg entnommen. Die Mächtigkeit beträgt in der Regel 2- 3 Meter.



Abb. 5: Teil der Abbauwand im Steinbruch Longue Queue der Fa. Rocamat, südöstlich von Savonnières-en-Perthois. Im Hangenden der ca. 3 m mächtigen Werksteinbank des oberen Tithoniums sind die mergelig-sandigen Gesteine des obersten Juras bzw. der Unterkreide aufgeschlossen.

Von grundlegender Bedeutung war die Lokalisierung der Steinbrüche im Wald von Morley, deren Anzahl und Lage bisher in der Literatur keinerlei Erwähnung fanden. In der zweiten Phase im Herbst 2011 wurden weitere Steinbrüche aufgesucht. Dabei konzentrierten sich die Arbeiten auf Bereiche, die bei der Literatur- und Kartenrecherche bekannt wurden und auf eine weitere Erkundung des Abbaugbietes im Wald von Morley. Die dritte Kampagne im Juni 2013 hatte zum Ziel, einen Erfahrungsaustausch mit dem Verein der Freunde des Steins (Les Amis de la Pierre) durchzuführen. Der Schau-steinbruch des Vereins (Abb. 6) wurde besichtigt und wichtige Literatur ausgetauscht.

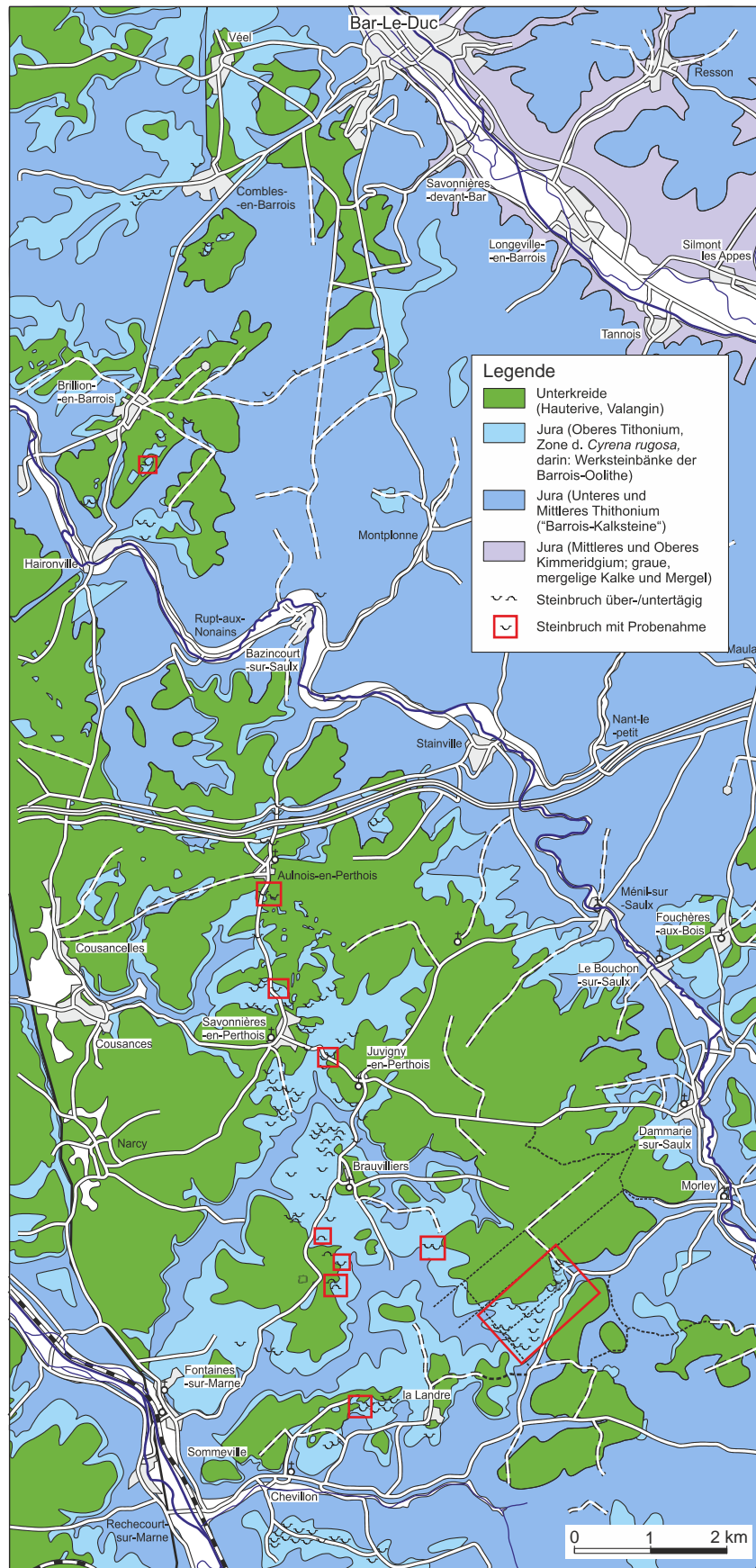


Abb. 4: Geologische Situation und Lage der Steinbrüche auf dem Barrois-Plateau zwischen Bar-le-Duc im Norden und Chevillon im Süden. Die im Rahmen dieses Projektes beprobten Steinbrüche sind mit roten Markierungen eingezeichnet



Abb. 6: Schausteinbruch Rinval des Vereins der Freunde des Steins (Les Amis de la Pierre). Die hydraulisch betriebenen Schrämmaschinen ersetzen größtenteils die anstrengende Handarbeit des Freilegens der Blöcke per Hand. Der Lichtstrahl erhellt den Schlitz, der mit der Maschine geschrämt wurde.

Bei weiteren Beprobungen bei Brauvilliers und im Wald von Morley wurde auch ein großer Steinbruch entdeckt, aus dem vermutlich die Blöcke für das Portal in Teplá stammen. Die letzte Geländephase im Juni 2014 diente vor allem der Begehung der Steinbrüche zusammen mit dem Eigentümer des Waldgebietes, Ms. Guillemain und der Entnahme von Gesteinsblöcken für Ergänzungen im Rahmen der Restaurierung der Statuen des Portals von Teplá (Abb. 7).



Abb. 7: Steinbruch im Wald von Morley. Gewinnung von Blöcken für die Restaurierung der Statuen des Portalgiebels im Kloster Teplá unter Anleitung von Meister Bartolomej Šterba.

Besonders hervorzuheben ist, dass es dem Projektteam gelang, die bisher so gut wie unbekanntesten Steinbrüche im Wald von Morley flächendeckend zu erkunden und mit einem dichten Netz an Probenpunkten zu belegen, um die Herkunft der Gesteine möglichst genau einzugrenzen und um Anhaltspunkte für die mögliche Beschaffung von Werksteinen für Restaurierungszwecke zu gewinnen.

Es kann somit erstmals für das Barrois-Plateau eine synoptische kartographische Darstellung der Abbaugebiete erfolgen (Abb. 4).

3.2 Petrographie der Werksteinproben aus den Steinbrüchen

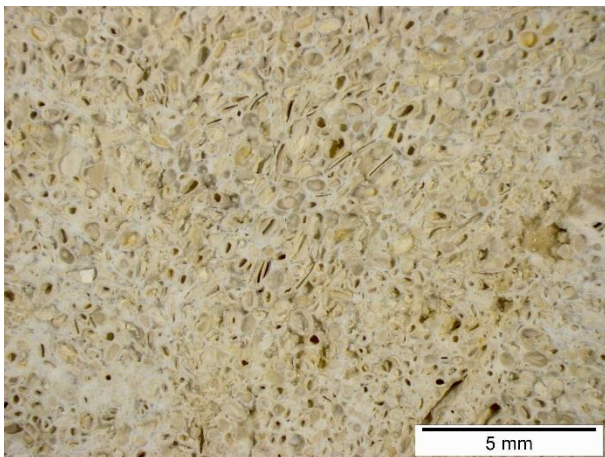


Abb. 8: Typische Schaumkalk-Ausbildung der Oolithe vom Savonnières-Typ.

Aufbauend auf der Ausarbeitung der geologischen Situation und der Probenahme in den Steinbrüchen erfolgte die systematische petrographische Beschreibung der Werksteine und die dazugehörige Interpretation ihrer technischen Eigenschaften als Basis für Vergleiche mit den gesteinsphysikalischen Kennwerten der Pilotobjekte. Die sehr umfangreiche Erarbeitung von Gesteinseigenschaften steht als Bestandteil der Publikation für weitere Untersuchungs- und Erhaltungsprojekte zur Verfügung.

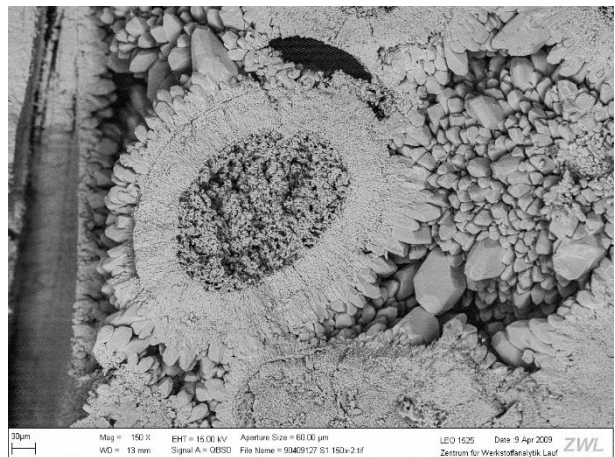


Abb. 9: Savonnières-Typ: Der Feinbau der Ooide im Savonnières-Oolith wird erst unter dem Licht- und Rasterelektronenmikroskop sichtbar. Die scheinbar dichten Ooid-Schalen sind aus winzigen Calcitkristallen aufgebaut, die wiederum radialstrahlend angeordnet sind.



Abb. 10: Bereits im Lupenbild ist das dichtere Gefüge und das leichte bräunliche Durchscheinen der Komponenten beim Morley-Typ zu erkennen. Als optischer Ausdruck der Dolomitisierung treten die glitzernden Lichtreflexe der Dolomithomboeder auf.



Abb. 11: Morley-Oolithe zeigen neben den wenig scharf abgegrenzten Ooiden immer Dolomithomboeder in den Ooid-Zwischenräumen. Diese können auch korrodiert und von einer jüngeren Calcit-Generation überwachsen sein. Probe M329-1.

Die petrographische Charakterisierung erfolgte im Wesentlichen durch das Projektteam in Bayern in Form einer makroskopischen Ansprache der Gesteine, die mit der petrographisch-mikroskopischen Untersuchung kombiniert wurde.

Von allen Gesteinsproben wurden ergänzend durch die Arbeitsgruppe von Prof. Hans Leisen und Dr. Esther von Plehwe-Leisen in Köln wichtige gesteinsphysikalische Parameter bestimmt. Insgesamt stellte sich heraus, dass die Oolithe einerseits im Bereich der Lagerstätten, aber auch innerhalb der Werksteinbank-Lagen eine gewisse fazielle Schwankungsbreite aufweisen, die sich beispielsweise in unterschiedlich hohen Anteilen an Bruchstücken von Muschelschalen zeigen.

Die größten Unterschiede zwischen den Lagerstätten ergeben sich aber daraus, dass die Oolithe aus der Umgebung von Savonnières calcitisch ausgebildet sind und sehr schaumiges Gefüge zeigen (Abb. 8 u. 9). Die Oolithe aus dem Wald von Morley und bei Chevillon sind dagegen teilweise dolomitisiert und weisen höhere Festigkeiten und niedrigere Porositäten auf (Abb. 10 u. 11). Die Dolomitisierung konnte vor allem mit dem Rasterelektronenmikroskop nachgewiesen werden und stellt das wesentliche Unterscheidungsmerkmal zwischen den Oolithen vom Savonnières-Typ und vom Morley-Typ dar.

Zur Charakterisierung des für die Konservierungsmaßnahmen wichtigen Porenraums wurde die Porenradialverteilung verschiedener Gesteinsproben bestimmt. Anhand der gesteinsphysikalischen Kennwerte ließen sich deutlich strukturelle Unterschiede der verschiedenen Gesteinsvarianten belegen, die im Wesentlichen durch miteinander gekoppelte Werte der Wasseraufnahme und der Ultraschallgeschwindigkeiten gekennzeichnet sind (Abb. 12).

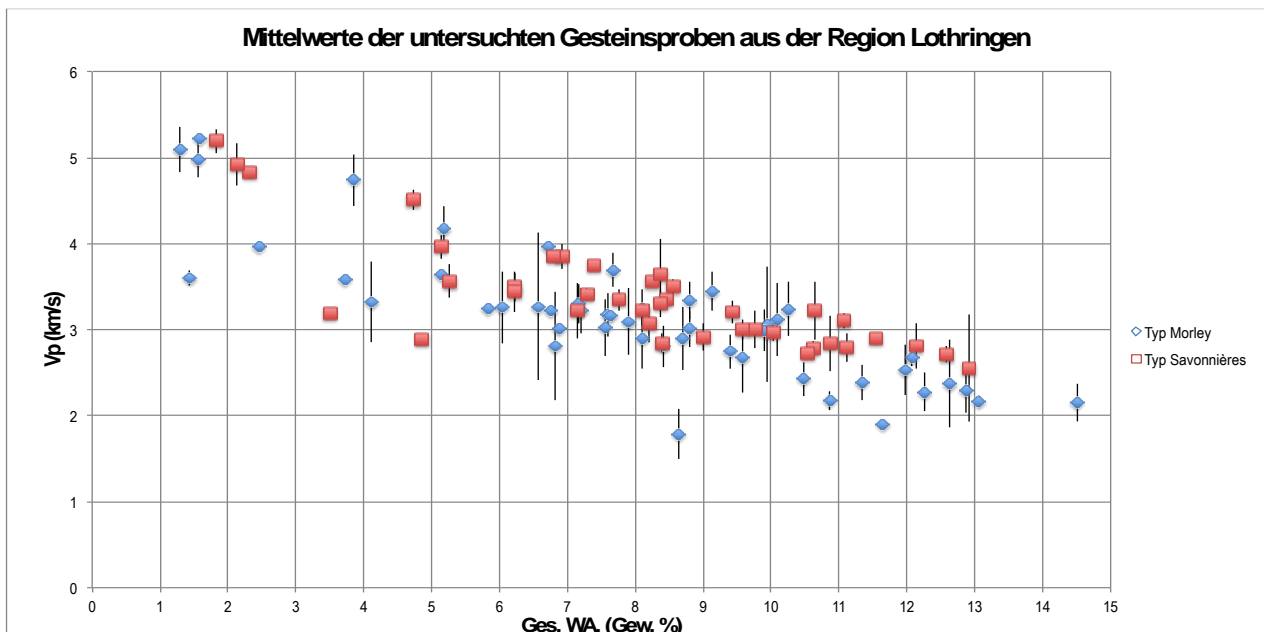


Abb. 12: Korrelation der Kennwerte (Mittelwerte freie Wassersättigung und Ultraschallgeschwindigkeit) aufgeteilt nach Typ Morley und Typ Savonnières (aus VÖLKERT 2013)

3.3 Transportmöglichkeiten für die Werksteine

Einen bedeutenden Aspekt bei der Betrachtung der Verwendung von Werksteinen fernab der Lagerstätten stellen die Transportmöglichkeiten dar. Bei großen Werksteinblöcken von mehr als 2 m³ Größe und weiten Distanzen spielen ausschließlich der Wassertransport und die Eisenbahn eine wichtige Rolle. Bis ins 19. Jahrhundert waren nur die natürlichen Wasserwege von Bedeutung, so dass lediglich über die Marne und die Meuse (Maas) ein Steintransport innerhalb Frankreichs, nach Belgien und in die Niederlande möglich war. Etwa ab Mitte des 19. Jahrhunderts standen dann auch ausgefeilte Kanalsysteme wie der Marne-Rhein-Kanal zur Verfügung, mit dem völlig neue Absatzgebiete erschlossen werden konnten.

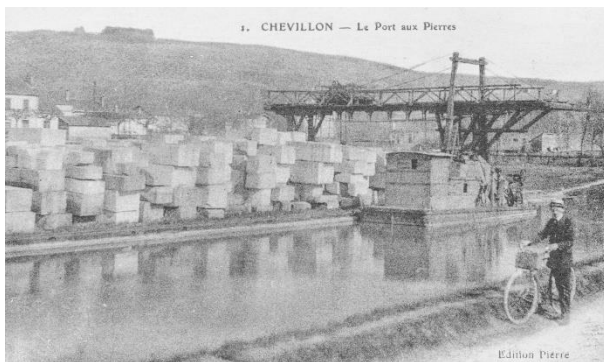


Abb. 13: Blocklager am »Steinhafen« von Chevillon, am Seitenkanal der Marne, historische Postkarte, ca. 1900. Postkartenarchiv Dr. G. Grundmann.

Schließlich brachte der Bau von Eisenbahnstrecken bzw. auch die Kombination von Schiffs- und Eisenbahntransport den Durchbruch für die weite Verbreitung

der Oolithe aus dem Barrois. Beim Anschluss des Gebietes an das französische und bald auch an das europäische Eisenbahnnetz wurden häufiger Gleisanschlüsse bis direkt an die Steinbrüche gelegt. Damit konnten große Mengen an Werksteinen kostengünstig nach ganz Mitteleuropa geliefert werden. Auch der Transport ins ferne Wien oder in das böhmische Eger war damit problemlos möglich und die große Verbreitung der Oolithe zeigt, dass von diesen neuen Möglichkeiten auch ausgiebig Gebrauch gemacht wurde.

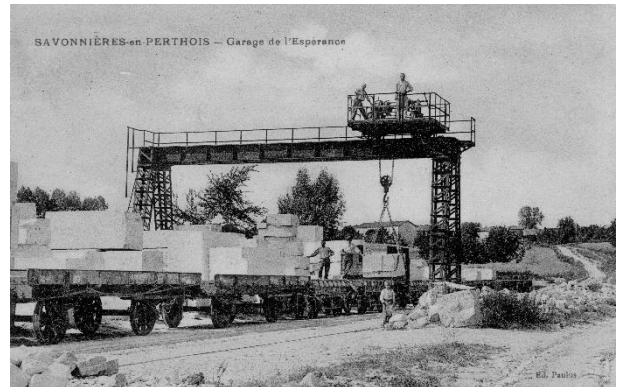


Abb. 14: Verladung von Werksteinblöcken im Bahnhof von Savonnières. Von hier aus gingen die Werksteine über das Eisenbahnnetz in viele Orte in ganz Mitteleuropa. Postkartenarchiv Dr. G. Grundmann

Der gesamte Gewinnungs- und Transportprozess konnte im Projekt u.a. anhand von historischen Fotopostkarten rekonstruiert und veranschaulicht werden.

3.4 Verbreitung der lothringischen Oolithe in Mitteleuropa

Die Literaturrecherchen zur Verwendung von Oolithen als Bau- und Dekorgesteine in Mitteleuropa ergaben, dass es keinerlei zusammenfassende Literatur zu diesem Thema gibt. Gleichwohl wurden zahlreiche einzelne Publikationen auch älteren Datums entdeckt, in denen zum Teil sehr detaillierte Angaben zur Verwendung zu finden sind. Es seien hier die verschiedenen »Bauzeitungen« genannt, die gerade um die Jahrhundertwende des 19. zum 20. Jahrhundert mit erheblicher Detailgenauigkeit die Steinmaterialien größerer Bauprojekte auflisteten samt erstaunlich exakter Angaben zur Herkunft. Günstigerweise liegen viele dieser Zeitschriften inzwischen digitalisiert vor, so dass sehr interessante Rechercheergebnisse zu verzeichnen waren. Beispiele für solche Entdeckungen in der älteren Literatur sind die Alte Frankfurter Oper (Abb. 15) und das Neue Rathaus in Hannover. Aufgrund der detaillierten Beschreibung in der Literatur und der gezielten vor-Ort-Recherchen konnte im Neuen Rathaus in Hannover im Rahmen des Projektes die spezielle Verwendung von Morley- und Savonnières-Oolith räumlich nebeneinander für unterschiedliche bautechnische Anwendungen aufgezeigt werden. Das

Bauwerk wird somit zu einem »Referenzpunkt« für diese Oolithtypen in Deutschland.



Abb. 15: Die Fassade der Alten Oper in Frankfurt/Main (1880) besteht größtenteils aus Oolith vom Savonnières-Typ.

Aus den mehrjährig betriebenen Literatur- und Archivrecherchen sowie zahlreichen Kontakten zu Fachkollegen konnte eine Vielzahl an Objekten aus Barrois-Oolithen an zahlreichen Orten in Mitteleuropa zusammengetragen werden. Die Verbreitung unterlag verschiedenen Einflussfaktoren, die mit Gesteinsmoden, bevorzugten Gesteinen bestimmter Bearbeiter und mit der Transport- und Marktsituation für Werksteine zusammenhängen.

Auffällig ist, dass vor allem in Deutschland und Westböhmen (Tschechien) die Barrois-Oolithe häufig als Werkstein für Grabdenkmäler verwendet wurden (Abb. 16), was z.B. in Belgien bisher nicht nachgewiesen werden konnte. Recherchen auf dem Melaten-Friedhof in Köln, auf verschiedenen Münchner Friedhöfen, auf dem Hauptfriedhof in Mainz und auf dem jüdischen Friedhof an der Strangriede in Hannover haben eine Vielzahl an Objekten ergeben, an denen interessante Verwitterungsphänomene studiert werden können.



Abb. 16: Ostfriedhof München. Ehrengrab der Stadt München für den wohlthätigen Juristen Dr. Friedrich Weber. Es besteht vollständig aus Savonnières-Oolith. 1904.

Die Beliebtheit des Barrois-Ooliths als Bildhauer-material in Köln im späten 19. und beginnenden 20. Jh. spiegelt sich auch an den Grabmalen auf den Kölner Friedhöfen wieder, insbesondere auf dem Zentralfriedhof Kölns, dem Melaten Friedhof. Grabmäler aus Oolith-Kalkstein treten in fast allen historisch belegten Friedhofsbereichen auf. Die meisten Grabstätten aus dem lothringischen Oolithkalkstein stammen aus der Zeit nach dem Ende des deutsch-französischen Kriegs von 1870/1871. Insgesamt konnten 25 Grabmale aus Oolithkalkstein erfasst werden, zweiundzwanzig sind nachweislich aus Barrois-Oolith vom Typ Savonnières.

Die Verbreitung lothringischer Oolithe in Westböhmen hing ganz maßgeblich von den Bildhauern Karl Wilfert d. Ä. und Karl Wilfert d. J. ab, die auch das Portal der Stiftskirche von Teplá schufen und möglicherweise dadurch eine gewisse Vorliebe für diesen Stein entwickelten. Gerade die auf die Bildhauer Vater und Sohn Wilfert und ihr Werk bezogene Literaturrecherche hat eine unerwartete Fülle an Objekten ans Tageslicht gebracht. Zahlreiche Anwendungsbeispiele vor allem für Morley-Oolith konnten erst auf den Spuren dieser beiden Bildhauer entdeckt werden. So wurde die Definition einer regelrechten »Verwendunginsel« ermöglicht. Andererseits führt die Spur auch nach Wien, von wo aus vor allem der Bildhauer Fritz Zerritsch Morley-Statuen nach Teplá und Marienbad geliefert hatte (Abb. 17).



Abb. 17: Kloster Teplá in Tschechien. Paulusstatue aus der Werkstatt von Zerritsch & Almenroth in Wien auf dem Giebel des Museumsbaus.

Dieses Ergebnis steht im Kontrast zur Verwendung der Oolithe in Köln, wo ausgehend vom Kölner Dom als Impulsgeber eine richtiggehende „Oolith-Mode“ einsetzte. Dem Einsatz der Barrois-Oolithe am Kölner Dom geht bereits eine längere Phase der Verwendung französischer Kalksteine voraus. Der Figureschmuck des Doms vor allem im Außenbereich entstammt fast vollständig dem 19. Jahrhundert. Hierfür wurde von dem Dombildhauer Peter Fuchs ab 1871 häufiger Oolith-Kalkstein aus Savonnières eingesetzt. Dieser Mode folgten viele Kölner Bildhauer des späteren 19. und frühen 20. Jahrhunderts.

Die Literaturrecherchen ergaben desweiteren zahlreiche Anwendungsbeispiele in Belgien und in den Niederlanden. Überwiegend an Architekturobjekten wurden von den dortigen Kollegen auch schon Untersuchungen zur Schädigung der Steinsubstanz durch Umwelteinwirkungen durchgeführt.

Auch in Sachsen, in Berlin und Brandenburg sowie am Ulmer Münster lagen schon Erfahrungen bei einzelnen Fachkollegen vor, so dass es sich anbot, diese um entsprechende ergänzende Beiträge für die Publikation des Projektberichtes zu bitten.

3.5 Planung, Bauausführung und Künstler des Portals in Teplá

Die ersten Untersuchungen zum Portal in Teplá beschäftigten sich vor allem mit den Archivalien. Es waren zwar nur wenige Unterlagen aufzufinden, darunter allerdings sehr wichtige Detailpläne, auf deren Grundlage ein steingenaue Plan des Portals digital erstellt werden konnte. Dieser diente dann zur Dokumentation aller weiteren Arbeiten im Projekt. Außerdem war dem Plan aus der Hand des Architekten des Portals, Josef Schaffer, zu entnehmen, wie die Oolithblöcke aufeinandergesetzt und untereinander verankert sind. Desweiteren war der gemauerte Kern im Plan deutlich zu erkennen. In den Archivalien fanden sich auch Aufstellungen über sonstige

Baustoffe wie Zement oder Branntkalk. Die Pläne wurden am Bauwerk verifiziert bzw. wo nötig auch modifiziert.

Im Rahmen von Arbeiten an den Fundamenten des Klostergebäudes (Abdichtung gegen Feuchte) wurde im Jahr 2013 auch der Unterbau des Portals freigelegt. Dabei zeigte sich, dass das Portal auf einer ca. 1 m dicken regelmäßigen Schichtung von Gneisplatten gegründet ist. Darauf sitzen die Oolithblöcke direkt auf. Das Portal bindet in die Kirchenfassade nicht ein, sondern wurde mit einer Fuge davorgesetzt. Es ist anzunehmen, dass die Blöcke aber mit eisernen Ankern an der Wand befestigt wurden.

3.6 Systematik der Verwitterungsformen und ihre Kartierung

Anhand einer sehr detaillierten Kartierung der Verwitterungsformen am Portal der Stiftskirche des Klosters Teplá und an der Grabskulptur »Der gute Hirte« auf dem Kölner Melaten-Friedhof konnte eine auf der ICOMOS-ISCS-Vorlage aufbauende eigenständige Systematik der Schadensbilder entwickelt werden, die zu einem Glossar der Verwitterungsformen zusammengestellt wurden (Abb. 18).



VA 3	Starke Kruste	
<p>Definition (ISCS-Glossar)</p> <p>„Schwarze Krusten entwickeln sich allgemein im urbanen Umfeld auf Flächen, die vor direktem Regen und Abwasser geschützt sind. Sie haften gewöhnlich sehr fest auf dem Substrat. Sie setzen sich hauptsächlich aus Partikeln aus der Luft zusammen, die in einer Gipsmatrix (CaSO₄* 2 H₂O) fixiert sind.“</p> <p>Beschreibung</p> <p>Kompakte, die Gesteinsoberfläche nachzeichnende Anlagerung mit grauer bis schwarzer Färbung hauptsächlich infolge von Schadstoffdepositionen aus der Atmosphäre.</p> <p>Anmerkung (ISCS-Glossar)</p> <p>„Krusten können eine gleichmäßige Dicke aufweisen und die Steinoberfläche nachzeichnen; sie können aber auch eine unregelmäßige Dicke haben, weshalb Details der Gesteinsoberfläche dann schwerer zu erkennen sind.“</p>		
	Liniensignatur Metigo MAP ®	Volllinien Gitter 2 mm, RGB 000-000-000
	Flächenfüllung Metigo MAP ®	grau, RGB 127-127-127
	Deckkraft Metigo MAP ®	50 %

Abb. 18: Beispiel für das Glossar der Verwitterungsformen von Barrois-Oolithkalksteinen.

Das Glossar der Schadensformen ermöglicht es, die an den Barrois-Oolithen beobachteten Verwitterungsformen zu klassifizieren und gibt konkrete Hinweise für ihre Kartierung. Die entsprechenden Signaturen und Farben wurden direkt im Projekt bei der graphischen Umsetzung der Kartierungen angewendet (Abb. 19). Die Kartierungen erfolgten auf dem Gerüst in handgezeichneten Aufnahmen auf der Grundlage von entzerrten Fotos, die dann digitalisiert und mit der Kartiersoftware »metigo MAP 3.0« der Firma focus, Leipzig zu einer Objektkarte verarbeitet wurden.

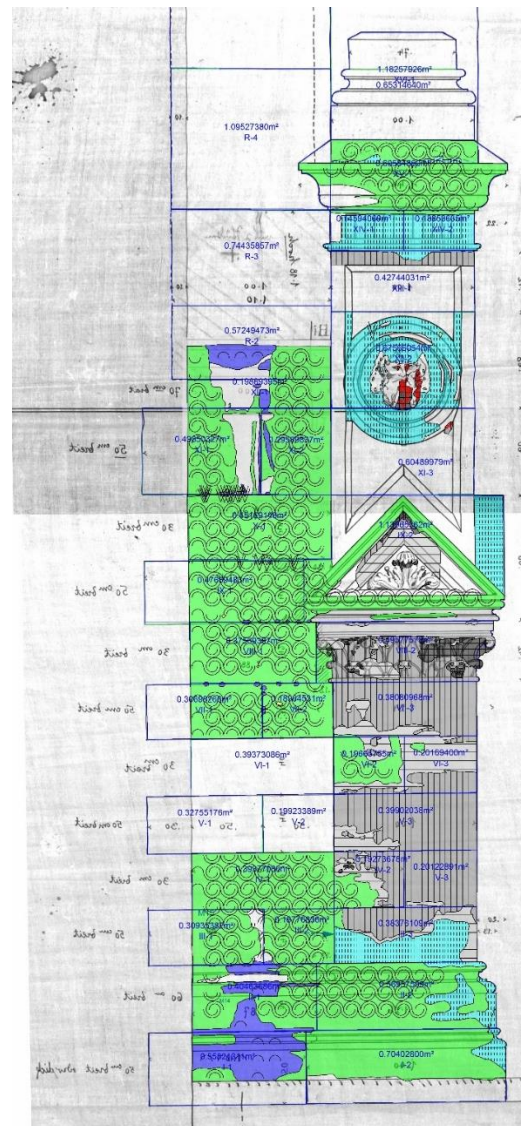


Abb. 19: Kartierung von Verwitterungsformen an der Nordseite des Portals.

3.7 Petrographische und analytische Untersuchungen an Gesteinsproben verwitterter Objekte

Mittels Licht- und Elektronenmikroskopie und gekoppelter Röntgenanalytik (EDX) wurden an verwitterten Proben der unterschiedlichen Barrois-Oolithe der Mineralbestand und das Gefüge von frischen und verwitterten Varietäten ermittelt und darauf aufbauend eine Klassifikation erarbeitet.

Während im Lichtmikroskop der Aufbau der Ooide und die sedimentologischen Fragen besonders gut beurteilt werden konnten, diente die Untersuchung im Rasterelektronenmikroskop der Charakterisierung der Ausbildung des Porenraums, in dem je nach Typ des Ooliths unterschiedliche Generationen von Calcit- und Dolomitkristallen zu identifizieren sind. Die Praxis hat gezeigt, dass eine sichere Unterscheidung der Gesteinsvarietäten tatsächlich nur im Rasterelektronenmikroskop möglich ist, insbesondere durch die Kombination mit der energiedispersiven Röntgenanalytik (EDX), die eine sofortige chemische Analyse ermöglicht. Auch bei der Klärung der Frage der Füllung der Ooide mit silikatischen Mineralen konnte dieses Verfahren genaue Bestimmungen ermöglichen.

Eine der wichtigsten Fragen war die Ermittlung des natürlichen Zustandes der Oolithe, um evtl. Veränderungen durch die Verwitterungsprozesse beurteilen zu können. Es zeigte sich dabei, dass es gewissermaßen zu einer Überlagerung von natürlichen Korrosionsprozessen und der Verwitterung durch die Exposition der künstlich bearbeiteten Steinoberfläche des Kunstobjektes kommt. Außerdem lassen sich anhand der mineralogischen und chemischen Daten auch Phasenneubildungen durch die Reaktion des Gesteins mit anthropogen generierten Schadstoffen nachvollziehen.

Um die Herkunft der Werksteine der Kunst- und Architekturobjekte bestimmen zu können, wurden winzige Gesteinsproben untersucht und die Befunde mit den Proben aus den Steinbrüchen verglichen. Dadurch waren eine relativ genaue Zuordnung und eine grundlegende Unterscheidung von dolomitischen und calcitischen Oolithen möglich.

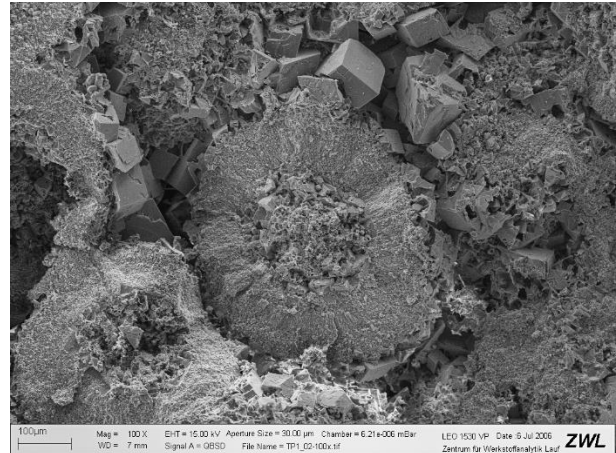


Abb. 20: Typischer Morley-Oolith mit Ooiden mit dolomitischen Kernen und Dolomit-Rhomboedern in den Zwickeln zwischen den Ooiden. Teilweise sind die Rhomboeder stark korrodiert, was auf die Verwitterung zurückgehen kann. Probe TP1, Wappenstein Portal.

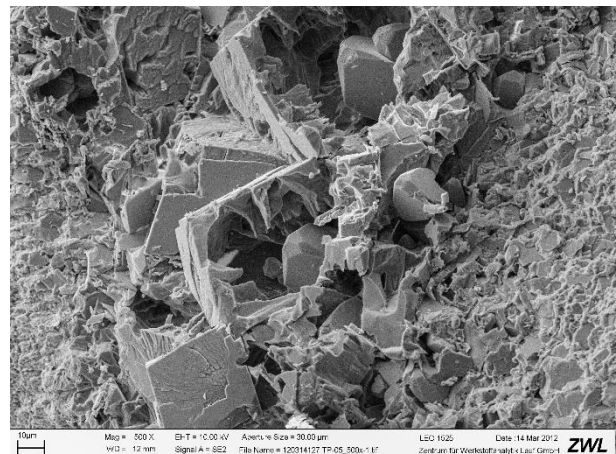


Abb. 21: Bei stärkerer Vergrößerung offenbart sich ein komplexes Bild mit scharkantig und spitz aufgelösten Dolomitrhomboedern, in denen perfekt geformte Calcitkristalle sitzen.

3.8 Schadensfaktoren Regenwasserbelastung und bauschädliche Salze

Die Untersuchungen der Objekte zeigten, dass der Großteil des Materialabbaus auf Belastung durch Regenwasser und die schädigende Wirkung von Salzen zurückzuführen ist. Bei der Aufnahme der Verwitterungsformen und den Messungen zum Materialzustand wurden Partien mit Salzausblühungen und mit Krusten detailliert ausgehalten und untersucht.

Am Portal in Teplá waren früher vor allem während der verdunstungsreichen, trockenen Sommermonate in den Archivoltenbögen zentimeterdicke weiße Salzeffloreszenzen zu beobachten (Abb. 22) und auf den bewitterten Oberflächen hatten sich schwarze Krusten gebildet, aus denen an Kratzern Salzkristalle ausblühten (Abb.

23). An den Salzen wurden sowohl chemische Analysen durchgeführt, als auch röntgenographische Bestimmungen der Salzphasen vorgenommen. Von ausgewählten Proben wurden auch Aufnahmen der Salze mittels Rasterelektronenmikroskop gemacht.

Als wichtigste Phasen konnten in Teplá unterschiedlich hydratisierte Magnesiumsulfate (darunter Epсомit), sowie Gips (Calciumsulfat-Dihydrat) identifiziert werden. Außerdem konnten Nitrate als Reaktionsprodukte der mineralischen Substanzen der Steinblöcke und Mörtel mit den stickstoffhaltigen Lösungen analysiert und mikroskopisch erfasst werden. Stickstoffquelle ist Vogel-

kot, der sich in den Nischen über dem Portal angesammelt hatte und vom Regenwasser durchströmt und partiell ausgelaugt wurde. Die Nitrate waren vor allen in den Fugenmörteln zu finden.



Abb. 22: Salzrasen im Ornamentbereich des innersten Archivoltenbogens.



Abb. 23: Salzausblühungen an Kratzern auf der Gesteinsoberfläche.

Um Aussagen zu den klimatischen Bedingungen am Portal in Teplá machen zu können, wurden Datenlogger installiert, die Temperatur und Luftfeuchte registrierten. Daneben wurden Feuchtemessungen in Bohrlöchern zur Ermittlung des Durchfeuchtungszustandes im Inneren des Portaltrichters durchgeführt. Dabei stellte sich heraus, dass die Oolithblöcke des Portals zu Beginn der Untersuchungen fast wassergesättigt waren.

Die starke Durchnässung des Portals, sowie die extremen Salzausblühungen konnten schließlich mit der Beobachtung zentimeterbreit klaffender Spalten zwischen den Steinplatten der Dachabdeckung in Zusammenhang gebracht werden. Die Schadensprozesse am Portal der Kirche im Kloster Teplá wurden ganz maßgeblich von dem starken Regenwassereintrag verursacht. Von der mehrere hundert Quadratmeter großen Kirchenfassade läuft das Wasser senkrecht nach unten und der Teil über dem Portal floss direkt über das Dach und die dort befindlichen Spalten in das Innere des Portals. Dort sättigte sich das Wasser mit einer Salzfracht, die aus der zementgebundenen Ziegelausmauerung sowie aus dem Morley-Oolith selbst kam. Das hatte die massive Salzausblühung im oberen Portalbereich zur Folge. Dazu kam noch eine sehr hohe Nitratkontamination in den Fugenmörteln.

Dieses anhand einer genauen Schadensanalyse und Bauaufnahme entwickelte Schadensszenario bildete einerseits die Basis für die Planung der Reinigung und andererseits für Überlegungen zur Verhinderung weiterer Schädigung durch Änderung der Wasserführung im Bereich der zentralen Kirchenfassade.

Bei dem „Guten Hirten“ in Köln ist die Salzbelastung eher gering. Die Hauptsalzverbindung ist Gips. Richtige Gipskrusten waren nur an den wenigen Stellen zu finden, die nicht direkt vom Regen abgewaschen werden. Da es sich hier um eine frei exponierte Grabskulptur handelt, kann von einer permanenten weitgehenden Durchnässung des Steinmaterials ausgegangen werden. Eine Überdachung der Figur wird nicht als nötig erachtet.

3.9 Reinigungsverfahren an Barrois-Oolithen

Aufgrund der recht unterschiedlichen Verwitterungsformen am Portal in Teplá mit Epsomitausblühungen auf Gipskrusten im feingliedrig skulpturierten Archivoltenbereich und mit flächigen, schwarzen Gipskrusten im unteren Bereich des Portals oder mikrobiologischer Kontamination an feuchten Stellen mussten unterschiedliche Reinigungsverfahren ausgewählt und getestet werden.

Umfangreiche Tests an Musterflächen zeigten, dass die flächigen Gipskrusten problemlos mit dem Niederdruck-Partikelstrahlverfahren mit Korund oder Schlackengranulat ausgedünnt bzw. entfernt werden können. Das Ziel war hier, den Porenraum des Steins wieder soweit zu öffnen, dass ein Feuchteausgleich stattfinden kann. Die Gipskrusten hatten zu einer de-facto-Abdichtung des Steins geführt, wodurch sich hinter der dichten Oberfläche Salzlösungen ansammeln konnten. Die Feuchtigkeit trat beim Reinigungsprozess regelrecht in Tropfenform aus dem Stein aus. Kurze Zeit nach der Ausdünnung der

Krusten kam es bereits zu einer Abtrocknung der Oberfläche und leichten Salzausblühungen durch die Verdunstung des salzbefrachteten Porenwassers.

Zur Entfernung der dunklen Gips-Schmutz-Krusten auf den empfindlichen filigranen Figuren der Archivolten wurde das Laserreinigungsverfahren eingesetzt. Tests hatten ergeben, dass sich die schwarzen Krusten gerade auf dem hellen Morley-Oolith sehr effizient entfernen lassen. Die dabei eintretende leichte Gelbfärbung des Gesteins verschwand bereits nach wenigen Wochen und vor allem bei der mechanischen Nachreinigung. Diese erfolgte sehr vorsichtig und mit geringem Druck mit einem Mikropartikelstrahlgerät bzw. konventionell mit Skalpell und weichen Bürsten.

Vor der partiellen Festigung der Archivoltendekoration mit modifizierten Kieselsäureestern musste eine Kompressen-Salzreduzierung in den stark salzbefrachteten Bereichen durchgeführt werden. Dies erfolgte mit

unterschiedlichen Kompressen-Rezepturen, wobei der wesentliche Effekt auch schon mit dem Aufbringen von Zellstoffkompressen zu erreichen war. Es kam danach zu keiner merklichen Salzausblühung mehr auf den Gesteinsoberflächen.

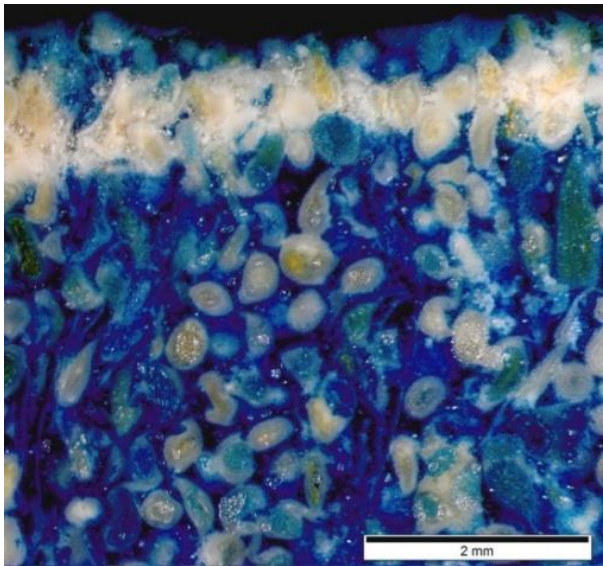


Abb. 24: Ein Schnitt quer zur Oberfläche macht die Situation der Verkrustung deutlich: oben im Bild die ausgewitterte Oberflächenlage, die aufgrund ihrer Porosität mit blauem Harz durchdrungen ist. Es folgt darunter die eigentlich dunkle und dichte Lage, die hier wegen des Nichteindringens des blaugefärbten Kunstharzes hell erscheint. Darunter sieht man den offenporigen Oolith des weitgehend frischen Ausgangsgesteins.

Ein weiterer wichtiger Schritt war die Entfernung des Fugenmörtels zwischen den Blöcken. Dieser hatte keine tragende Funktion, da die Blöcke auf Distanzhaltern stehen. Die Verfugung behinderte in Kombination mit den dichten Gipskrusten das Austrocknen der Blöcke bzw. es kam hinter dem Fugenmörtel zu einem regelrechten Wasserstau. Gerade in den Fugen konnten hohe Gehalte an Nitraten nachgewiesen werden, die offensichtlich bei Starkregenfällen regelrecht durch das Portal gespült wurden.

Die Statuen auf dem Giebel des Portals wurden überwiegend mechanisch mit weichen Bürsten und Skalpellen gereinigt. Die dunklen und zum Teil dickeren Gipskrusten wurden mit diamantbesetztem Schleiflein und mit Mikroschleifgeräten ausgedünnt, was den Vorteil hat, dass die Oberflächen nicht wie beim Partikelstrahlen aufgeraut werden. Mit hoher Wahrscheinlichkeit kommen die so gereinigten Oberflächen der ästhetischen Wirkung der feingeschliffenen Originaloberfläche der Objekte sehr nahe.

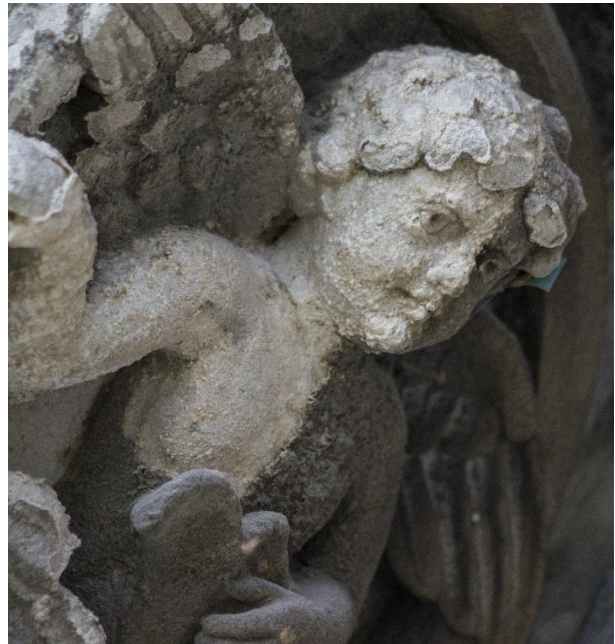


Abb. 25: Portal der Stiftskirche Teplá. Testfläche mit Laserreinigung an einer Engelskulptur. Es zeigt sich ein sehr guter Reinigungserfolg auf dem hellen Stein.



Abb. 26: Komresse aus Zellulose auf dem Archivoltenbogen mit Rundbogenfries. Die Komresse wurde zur Vermeidung zu schneller Verdunstung mit einer Plastikfolie abgedeckt.

Vorversuche an der Grabskulptur des »Guten Hirten« zeigten, dass hier eine schonende mechanische Reinigung zu guten Ergebnissen führte. Es wurden mehrere mechanische Verfahren kombiniert. Die aufliegenden Moose konnten einfach abgenommen werden, Flechten wurden mit Hilfe eines Skalpells entfernt. Die Gipskrusten wurden mit Mikromeißel, und einem Minischleifbohrer ausgedünnt. Abschließend wurde die gesamte Skulptur im Niederdruck-Wirbelstrahlverfahren gereinigt. Eine Vorfestigung erwies sich als nicht erforderlich.

3.10 Rezeptierung und Erprobung von Festigern und Restaurierungsmörteln

Zur Vorbereitung der Konservierungsmaßnahmen wurden kleine Proben des Gesteins des Portals mit dem Licht- und Rasterelektronenmikroskop untersucht, um verwitterungsbedingte Veränderungen auch im Detail zu verstehen. Dabei zeigte sich, dass eine oberflächliche Entfestigung durch Anlösung des karbonatischen Zementes zwischen den Ooiden und damit verbunden ein Verlust der Ooide zu erkennen war. Daneben kam es auch zur Ausbildung von mürben Zonen unter abgefallenen Schalen und Krusten.

Auf der Basis der technischen Kennwerte und der petrographischen Untersuchungen sowie nach Auswertung der verschiedenen Messungen am Portal wurde mit der Entwicklung und dem Test von Festigungsmitteln und Restaurierungsmörteln im Labor begonnen. Hierbei erfolgte eine enge Zusammenarbeit der Projektpartner Wendler, von Plehwe-Leisen und der FH Köln. Da die Festigung von Kalksteinen mit herkömmlichen KSE Steinfestigern häufig wenig erfolgversprechend ist, wurden verschiedene KSE-Modifikationen und auch eine speziell für Barrois-Oolithe entwickelte KSE-Mikroemulsion getestet. Mit diesen Materialien wurden auch Musterflächen am Portal von Teplá angelegt. Die Musterflächen in Teplá wa-

ren über einen Winter exponiert, danach wurde die Wirksamkeit der jeweiligen Maßnahme überprüft. Es zeigte sich, dass alle getesteten Gesteinsfestiger eine vergleichbar gute Wirksamkeit erreichten. Die Unterschiede im Festigungsergebnis zwischen den einzelnen Gesteinsfestigern waren unerwartetermaßen so gering, dass sie vernachlässigbar sind. Bei der Konservierung des Portals in Teplá wurde ein nicht modifizierter KSE 300 eingesetzt, bei der Festigung der Grabskulptur des »Guten Hirten« kam ein haftvermittelter KSE 300 HV zum Einsatz.

Im Labor erfolgte eine ausgiebige experimentelle Phase des Tests und der Entwicklung von Ergänzungsmörteln auf der Basis von Kalkhydrat und Kieselsäureestern, die dann an unterschiedlichen Stellen am Portal in Teplá und an den Figuren des »Guten Hirten« bei der Konservierung angewendet wurden. Vor allem für die karbonatischen Mörtel wurden sehr ausführliche Versuchsreihen durchgeführt, um sowohl eine Angleichung der gesteinsphysikalischen Kennwerte als auch eine passende ästhetische Wirkung zu erzielen.

Hierbei wurden auch Fertigprodukte getestet, die später in modifizierter Form wegen ihrer guten Eignung auch zum Einsatz kamen.

3.11 Regulierung des Wasserhaushaltes durch Anbringung einer Verblechung des Portaldaches

Eine Regulierung des Wasserhaushaltes war nur für das Portal des Klosters Teplá von Interesse. Während der Projektarbeit wurde der kausale Zusammenhang zwischen dem Fehlen einer wasserdichten Bedachung, der starken Durchfeuchtung der gesamten Baukonstruktion des Portals, der extremen Salzbelastung und dem Bewuchs mit höheren Pflanzen erkannt. Das führte zu Überlegungen für eine dauerhafte Lösung, die deutlich über das ursprüngliche Konzept des Projektes hinausging. Durch Bewegungen der Portalkonstruktion in einer Größenordnung von bis zu wenigen Zentimetern, war es zur Ausbildung von offenen Spalten zwischen den lose versetzten Kalksteinplatten im Dachbereich gekommen. Diese wirkten bei Regen wie »Schlucklöcher« für das herabströmende Wasser und es gelangten erhebliche Wassermengen ins Innere des Portalgebäudes und hinterwanderten die Blöcke aus Oolith. Wegen der durch die Gipsbildung entstandenen undurchlässigen »Gipshaut« an der Vorderseite staute sich das Wasser in den Fugen und den Poren der Steinblöcke des Mauerwerks. Gerade während der Phase des schwefelsauren Regens kamen auf diese Weise große Mengen schwefelhaltiger Wasser in das Portal und bewirkten so eine starke Ca- und Mg-Sulfatbildung.

Bereits das provisorische Dach während der Reinigungs- und Konservierungsphase zeigte erhebliche Veränderungen am Portal. Zunächst leitete das weit

überstehende Dach das Wasser wirksam vom Portal ab. So vertrockneten zunächst sämtliche höhere Pflanzen und jegliche Veralgung kam zum Stillstand. Vermutlich wäre auch das Wachstum der Flechten, die vor allem im Bereich der Porträtmedaillons auftraten, zum Erliegen gekommen. Sie wurden aber bei der Reinigung zusammen mit allem Pflanzenwuchs beseitigt.

Als langfristig wirksame Lösung für eine geregelte Wasserableitung einigten sich alle Projektbeteiligten auf eine Bleibedachung, die spannungsfrei mit eingeklebten Schrauben am Stein befestigt werden sollte. Der Festlegung gingen ausführliche Diskussionen mit den Restauratoren und den Denkmalpflegebehörden in Tschechien voraus. Durch die Abdachung ist ein ursprünglicher Konstruktionsfehler des Portals nach über einhundert Jahren beseitigt worden und der Hauptschadensfaktor unterbunden.

Die veränderte Wasserführung begünstigt auch die Erhaltung des Mosaiks im Tympanon, das ebenfalls durch die eindringende Feuchte von der Rückseite und von oben her geschädigt worden war (vgl. Kap. 3.14).

Besonders auffällig war in der Zeit nach Änderung des Feuchtehaushaltes des Portals die deutliche Verminderung der Salzeffloreszenzen in den Archivoltenbögen aufgrund des unterbrochenen Fluidnachschiebes.

3.12 Konservierung der Statuen vom Portal des Kloster Teplà

Die Statuen wurden vor der Anbringung des provisorischen Daches zu Beginn der Arbeiten abgenommen. Die Bearbeitung der Statuen auf dem Giebel des Portals war ursprünglich aus Kostengründen aus dem Projektantrag herausgenommen worden.

Wegen der Erfolge bei der Reinigung und Konservierung des Portalbauwerkes entschied sich der Verein der Freunde von Stift Tepl zu Esslingen e.V. durch eine Zusatzfinanzierung auch die Restaurierung der drei Statuen finanziell zu übernehmen. So konnten mit den Erfahrungen aus den Arbeiten am Portal auch die Statuen fachgerecht erhalten werden. Einen besonderen Aufwand bedeuteten die Rekonstruktion der Metallattribute sowie die Ergänzungen der fehlenden Teile der Statuen mit Original-Oolithstein aus dem Wald von Morley.

Die Statuen zeigten bei einer umfangreichen Ultraschalluntersuchung eine überwiegend gute Substanz mit meist nur oberflächennahen Schäden. Als Verwitterungsformen waren vor allem dunkle Krusten und Schalen mit Mürbzonen, seltener Rissbildungen meist in Verbindung mit der Schalenbildung und mikrobiologischer Bewuchs zu nennen. Krusten und Schalen sind auf geschützte Bereiche, mikrobiologischer Bewuchs auf regenexponierte Oberflächen beschränkt. Außerdem gab es Fehlstellen wie das Fehlen von Händen der Statuen durch mechanische Beschädigung. Die Figuren wurden gereinigt und mit modifizierten Kieselsäureestern gefestigt. Ergänzungen wurden entweder durch Vierungen mit Original-Steinmaterial oder mit Mörteln auf Karbonat- und Kieselsäureester-Basis, die im Projekt entwickelt wurden ausgeführt und zerstörte Attribute ergänzt.

Die Aufstellung auf dem Portalgiebel erfolgte rechtzeitig vor dem Winter 2014/2015 am 20. Oktober 2014 als »krönender Abschluss« aller Arbeiten an dem

Portal. Die offizielle Segnung des renovierten Portals soll im Rahmen einer Festveranstaltung im August 2015 stattfinden.



Abb. 28: Endzustand - Vergoldete Attribute der Statue des hl. Norbert, des Gründers des Prämonstratenser-Ordens.

3.13 Restaurierung und Konservierung des Mosaiks im Tympanon

Das Mosaik im Tympanonfeld des Portals zeigt das Motiv der sixtinischen Madonna mit den zwei frei dazu gruppierten Engelsfiguren von Raffael. Das Mosaik zeigte schon bei Projektbeginn deutliche Rostverfärbungen am Rand, sowie Aufwölbungen auf der Bildfläche, die auf Feuchtezutritte aus dem Inneren des Portals wegen der Schäden im Dachbereich zurückgeführt werden konnten.

Während der Untersuchungsphase des Portals kam es am Mosaik zu einem unerwarteten Aufplatzen einer der Wölbungen, sodass ein Teil des Bildmotivs beschädigt wurde. Wegen der Anwesenheit der Wissenschaftler und Restauratoren konnten aber sämtliche Mosaiksteine aufbewahrt und die Schadensstelle sofort mit dem Auftrag eine Zellstofflage notgesichert werden. Vor den Reinigungsarbeiten wurde das Mosaik ausgebaut, wobei sich herausstellte, dass es sich um eine kartuschenartig eingesetzte Konstruktion handelt. Der Eisenrahmen wurde soweit wie nötig entfernt und die Überreste korrosionsgeschützt. Das Mosaik wurde durch Mörtelinjektionen wieder an die Trägerplatte angebunden und

die fehlenden Stellen originalgetreu anhand älterer Fotodokumentationen rekonstruiert. Nach der Konservierung und nach Abschluss der Maßnahmen am Portal wurde das Mosaik wieder in den dafür vorgesehenen Platz im Portal eingesetzt.



Abb. 29: Das Tympanon-Mosaik im fertig restaurierten Zustand an seiner Stelle im Portal (vgl. Vorzustand Abb. 6-55).



Abb. 30: Die Grabanlage der Kölner Stadtpfarrer nach abgeschlossener Erhaltungsmaßnahme (Foto E. von Plehwe-Leisen).



Abb. 32: Die Westfassade des Kölner Doms mit den drei Portalen. Frontal an der Fassade stehen beidseitig des Mittelportals die Statuen der drei Hl. Kaiser und des Hl. Königs.

3.14 Konservierung der Grabskulptur des »Guten Hirten« vom Melaten-Friedhof in Köln

Der »Gute Hirte« ziert als Grabskulptur das Grab der Kölner Stadtpfarrer auf dem Melaten-Friedhof. Die Erstbelegung des Grabes datiert aus dem Jahr 1880. Es ist anzunehmen, dass der Kölner Bildhauer Peter Kürten die Skulptur aus Savonnières-Oolith in dieser Zeit gearbeitet hat.

Die ganze Grabanlage war stark vernachlässigt und vor allem die Grabskulptur der »Gute Hirte« aus Oolith-Kalkstein zeigte deutliche Schäden. Die vorbereitenden Untersuchungen wurden im Rahmen des hier dargestellten Projektes durchgeführt. Aufbauend auf diese Ergebnisse wurde ein Konservierungskonzept entwickelt, das in einer Maßnahme umgesetzt wurde.

Die Konservierung beinhaltete neben einer vorsichtigen Reinigung, Festigung und Sicherung gefährdeter Bereiche mit angepassten Restauriermörteln noch einen Schutz der Oberfläche durch eine Schlämme, die als Opferschicht fungiert. Hiermit wurde der Tatsache Rechnung getragen, dass die Grabskulptur ungeschützt dem Wetter und biologischer Besiedlung ausgesetzt ist.

Neben der Konservierung der Grabskulptur aus Savonnières-Oolith wurden auch die anderen Teile der Grabanlage restauriert. Die Konservierungsmaßnahme wurde im Sommer 2014 abgeschlossen.



Abb. 31: Mechanische Entfernung der Gipskrusten mit einem Schleifbohrer (Foto H. Leisen).

3.15 Verwendung von Barrois-Oolith am Kölner Dom

Barrois-Oolithen waren auch ein beliebtes Bildhauermaterial am Kölner Dom. Die erste Verwendung war 1856 mit der Schaffung des großen Marienaltars, von dem heute nur noch der Skulpturenschmuck von Christian Mohr erhalten ist. Ab 1871 bis 1881 wurden vom Dom insgesamt 220 m³ Savonnières-Kalkstein bei zwei Kölner Steinhändlern beschafft. Der Dom Bildhauer Peter Fuchs hat dieses Material für viele Arbeiten verwendet.

Der Figureschmuck der Westfassade ist in großen Teilen aus den Barrois-Oolithen. Die überlebensgroßen Engel aus den Turmfialen wurden ebenfalls aus diesem Gestein gearbeitet. Aber auch andere Kölner Bildhauer schufen Werke für den Dom aus Barrois-Oolithen, wie z.B. Alexander Iven die Grabskulptur für Rainald von Dassel.

4. Zeitlicher Ablauf des Projektes

Der Ablauf des Projektes hat sich mehrfach durch die aufwändigen und langwierigen Genehmigungsverfahren der tschechischen Denkmalpflegebehörden auf verschiedenen Ebenen sowie wegen der ernsthaften Erkrankung eines Projektpartners verzögert.

Aufgrund dieser unvermeidlichen Verzögerungen im Projektablauf und wegen der unvorhergesehenen Zu-

satzarbeiten an den Statuen wurde das Projekt ausnahmsweise von der DBU zweimal kostenneutral um jeweils ein Jahr verlängert.

Innerhalb der verlängerten Laufzeit konnten alle vorgesehenen Ziele des Projektes erreicht und ein deutlich über die ursprüngliche Planung hinausgehendes inhaltliches Feld abgedeckt werden.

5. Zusammenfassung der wissenschaftlichen Ergebnisse und Innovationen

Durch Geländerecherchen und Probenahmen in den Oolithsteinbrüchen im Bereich des Barrois-Plateaus im Grenzbereich der Departments Meuse und Haute Marne in Nordostfrankreich konnten die Steinbrüche erforscht werden, aus denen die verschiedenen in Mitteleuropa weithin bekannten Barrois-Oolithe kommen. Neben einer guten Lokalisierung und Dokumentation konnte auch die geologisch-stratigraphische Zuordnung der einzelnen Varietäten zu Schichten des oberen Juras erfolgen. Durch das Projekt wurden auch die Eigenschaften der Oolithkalksteine des Barrois-Plateaus (früher Oolithe vom Savonnières-Typ) systematisch untersucht und es stehen nun Kennwerte und petrographische Beschreibungen für die meisten Varietäten zur Verfügung.

Somit besteht jetzt auf der Basis der Projektarbeiten für etwaig notwendigen Steinersatz bei der Restaurierung von Kulturobjekten aus Barrois-Oolithen ein guter Überblick, welche Steinbrüche aktiv sind bzw. aus welchen Steinbrüchen geeignetes Material mit bestimmten Gesteinseigenschaften bezogen werden kann. Die Erfahrung mit den Steinerergänzungen aus Morley-Oolith bei der Restaurierung der Statuen auf dem Giebel des Portals in Teplá zeigt, dass es möglich ist, Originalmaterial einzusetzen.

In Böhmen ist die systematische naturwissenschaftliche Vorbereitung von Maßnahmen zur Gesteinskonservierung trotz des seit Jahrzehnten hohen Standards von Erhaltungsmaßnahmen eher eine Ausnahme. Insbesondere bestand praktisch keine Erfahrung bei der Konservierung von oolithischen Kalksteinen, weil diese ursprünglich in Böhmen nicht als Rohstoff vorkommen und die importierten Oolithe bisher nicht als solche erkannt wurden.

Mit dem Projekt wurde das Ziel erreicht, die in Deutschland üblichen Standards der Voruntersuchungen an Objekten und an Materialien für die Gesteinskonservierung in angepasster Form auch in Tschechien umzusetzen. Die Erkenntnisse an den ausgewählten Testobjekten und Musterflächen in Teplá und in Köln im Rahmen dieses Projektes haben maßgeblich zur Definition der Konservierungsstandards für Barrois-Oolithe beigetragen.

Die Ergebnisse der Schadenserfassung und Schadensbehebung bzw. der Objektkonservierung können als modellhaft betrachtet und auch auf andere sakrale und profane Bauten und Denkmäler in Tschechien und Deutschland angewendet werden. Eines der wichtigsten Ergebnisse des Projektes im Bereich der Erforschung der Schadensmechanismen und –ursachen ist sicher darin zu sehen, dass das Verständnis des Wasserhaushaltes eines Objektes bzw. dessen Regulierung ein entscheidender Faktor ist. Neben dem Verständnis der Schädigung durch ungünstige Fluidströme und der damit gekoppelten Lösungserscheinungen ist auch die Prävention von Schäden gezielt möglich.

Ein Schwerpunkt des Projektes lag auch in der Entwicklung geeigneter Konservierungsmaterialien für die verschiedenen Varietäten der Barrois-Oolithe. Eine Fragestellung im Projekt betraf das Problem der Haftung von KSE auf karbonatischen Oberflächen und die Einstellung einer für die Kondensation der Kieselsäureester nötigen Feuchte bei den porösen Oolith-Kalksteinen. Hierbei wurde das unerwartete Ergebnis erzielt, dass alle getesteten Kieselsäureesterformulierungen vergleichbar gute Ergebnisse erzielten.

Als weitere wichtige Gruppe von Konservierungsmaterialien wurden verschiedene Restaurierungsmörtel entwickelt und getestet. Durch die große Eigenschaftsbreite der verschiedenen Mörtelsysteme wird der großen Varianz der Barrois-Oolithe Rechnung getragen. Restauratoren können aus der Palette der entwickelten und getesteten Restauriermörtel das für ihr Objekt passende Material aussuchen.

So wurden auf der Basis der Ergebnisse einer ganzheitlichen Materialuntersuchung sowohl des zu konservierenden Steins als auch der Konservierungsmaterialien Auswahlkriterien für Konservierungsstrategien mit angepassten Materialien und Techniken erarbeitet. Die erfolgte Anwendung an den ausgewählten Modellobjekten erlaubt nun eine langfristige Beobachtung und Beurteilung der Wirksamkeit bzw. Haltbarkeit.

Die Projekterfahrungen können als Entscheidungshilfen bei der Konzeption von nötigen Maßnahmen an anderen Objekten aus Oolithkalkstein und darüber hinaus herangezogen werden. Zudem werden Entscheidungsgrundlagen für einen qualitativ hochwertigen, adäquaten Steinaustausch auf der Basis petrographischer und gesteinsphysikalischer Parameter gelegt.

Die bisher wenig bekannte und im vorliegenden Projekt ermittelte große Verbreitung der Barrois-Oolithe in der Bau- und Steinbildhauerkunst seit dem späteren 19. Jahrhundert unterstreichen die besondere Bedeutung des Projektes. Die Ergebnisse können so in einer großen Anzahl von Konservierungsmaßnahmen genutzt werden.

Das Projekt kann aber gerade auch in Tschechien als Musterbeispiel für eine gelungene Zusammenarbeit zwischen Objekteigentümer, Denkmalpflegebehörden, Naturwissenschaftlern und Restauratoren gelten. Dies bestätigt auch die tschechische Denkmalpflege. An dieser Stelle soll die völlig reibungslose und sehr konstruktive Zusammenarbeit besonders hervorgehoben werden.

Die vielleicht bedeutendsten Ergebnisse liegen aber in der Erhaltung von zwei wichtigen Kulturobjekten als Teil der Bewahrung des kulturellen Erbes in Europa.

Durch eine Multiplikation der Ergebnisse in der Lehre können den Studenten der beteiligten und anderer Hochschulen neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Konservierung von Oolithen aus dem lothringischen Barrois vermittelt werden. Die Publikation der Projektergebnisse macht sämtliche Ergebnisse auch der einschlägigen Fachwelt der beteiligten Disziplinen verfügbar.



Abb. 33: Nach der vollständigen Konservierung kommen alle Gestaltungselemente des Portals der Stiftskirche von Teplá wieder voll zur Geltung. Foto: M. Novotná.