

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Aktenzeichen: 33688/01-45
Projektlaufzeit: 2016-2021



DBU- Abschlussbericht:
„Praxisorientierte Vorversuche sowie
Notsicherungen zur modellhaften
Fassungssicherung mit Hilfe einer „Facing-
Technologie“ stark umweltgeschädigter,
unrestaurierter, mittelalterlicher Steinskulpturen im
Halberstädter Dom“

Bewilligungsempfänger:	Kulturstiftung Sachsen- Anhalt, Leitzkau
Kooperationspartner:	Corinna Grimm-Remus, Dipl. Restauratorin, Magdeburg Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V., Halle/Saale Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie, Halle/Saale
Fachbeirat:	Fachhochschule Potsdam, Studiengang Konservierung und Restaurierung Technische Hochschule Köln, Fakultät Kulturwissenschaften, CICS – Cologne Institute of Conservation Sciences
In Zusammenarbeit mit:	Bauhaus- Universität Weimar

Inhalt

Projektkennblatt	4
1 Vorworte	6
Ralf Lindemann	6
Dr. Elisabeth Rüber- Schütte	8
2 Einführung	10
2.1 Dr. Heiko Brandl: Zur Baugeschichte des Halberstädter Domchores	10
2.2 Corinna Grimm-Remus: Vorstellung des Skulpturenzyklus und Anlass des Projektes – Schadensphänomene und Schadensursachen	15
2.2.1 Vorstellung der Skulpturenzyklus.....	15
2.2.2 Anlass und Gliederung des Projektes.....	20
2.2.3 Schadensphänomene und Schadensursachen	22
2.2.3.1 Schadensphänomene Träger (Sandstein, Kalkstein, Holz)	23
2.2.3.2 Schadensphänomene Fassung.....	28
3 Dreidimensionale Dokumentation	36
3.1 Corinna Grimm-Remus: Vorversuche zur 3D- Erfassung aus restauratorischer Sicht	36
3.2 Norman Hallermann: Dreidimensionale Bestandsdokumentation des Skulpturenzyklus.....	42
3.2.1 Motivation – Warum 3D?	42
3.2.2 Aufnahmekampagnen zur 3D-Erfassung der Skulpturen.....	42
3.2.2.1 Drohnengestützte photogrammetrische Erfassung, April 2017 – Praxistest.....	43
3.2.2.2 Photogrammetrische Erfassung – 1. Aufnahme- Kampagne mit Kamera Array, November 2017	44
3.2.2.3 Photogrammetrische Erfassung – 2. Aufnahme- Kampagne mit Kamera Stick, Oktober 2019....	48
3.2.2.4 Photogrammetrische Erfassung – 3. Aufnahme- Kampagne mit Kamera Array, Januar 2022.....	50
3.2.3 Visualisierung und Bestandsdokumentation in 3D.....	51
4 Naturwissenschaftliche Untersuchungen	52
4.1 Matthias Zötzl: Materialuntersuchungen am Skulpturenzyklus.....	52
4.1.1 Einleitung	52
4.1.2 Natursteinuntersuchungen.....	52
4.1.3 Gesteinsuntersuchungen mittels Dünnschliffmikroskopie.....	54
4.1.4 Ergebnisse der NIR-Spektroskopie.....	56
4.1.4 Vermutete Natursteinprovenienz	57
4.1.5 Sandsteinprovenienz	57
4.1.6 Kalksteinprovenienz.....	59
4.1.7 Gipsvorkommen und Verarbeitungsorte der Umgebung Halberstadts	59

4.2 Uwe Kalisch: Ergebnisse der Klima- und Windmessungen, sowie mikrobieller Untersuchungen am Skulpturenzyklus	61
4.2.1 Untersuchungen zum Raumklima im Hohen Chor.....	61
4.2.2 Untersuchungen zu den Luftbewegungen im Hohen Chor	64
4.2.2 Untersuchungen der mikrobiologischen Wachstumsaktivität an den Skulpturen.....	67
5 Notsicherungskonzept.....	72
5.1 Jette Gutglück: Bachelorthesis „Modellhafte Sicherung der polychromen Fassung an den gotischen Steinskulpturen des Halberstädter Doms unter Anwendung einer Facing-Technologie- Erprobung geeigneter Facing-Materialien und Festigungsmittel“	72
5.1.1 Einleitung	72
5.1.2 Facing-Materialien und Festigungsmittel	73
5.1.3 Methodik / Versuchsaufbau / Versuchsreihen	75
5.1.4 Ergebnisse.....	77
5.1.5 Schlussfolgerung / Schlussbetrachtung.....	80
5.2 Anna Steyer & Judith Hartung: Masterthesis „Die Chorpfeilerfiguren im Dom zu Halberstadt. Beispielhafte Untersuchung und Entwicklung eines Reinigungs- und Festigungskonzeptes“	82
5.2.1 Einleitung	82
5.2.2 Bestandserfassung	84
5.2.3 Zustand.....	89
5.2.5 Entwicklung des Festigungskonzeptes	97
5.3 Corinna Grimm-Remus: Umsetzung der Notsicherungsarbeiten am gesamten Skulpturenzyklus.....	103
5.3.1 Bestands- und Zustandserfassung, Dokumentation	104
5.3.2 Mechanische Vorreinigung	105
5.3.3 Vorreinigung mittels Laser	105
5.3.4 Fassungsfestigung.....	107
5.3.5 Festigung Träger	109
5.3.6 Reinigung der Inkarnate	109
5.3.7 Nachreinigung mittels Laser	112
5.3.8 Nachfestigung Fassung	113
5.3.9 Ergänzungen	113
5.3.10 Retuschen.....	115
5.3.11 Ergänzungen fehlender Attribute	116
6 Nachwort	118

Karsten Böhm..... 118
7 Öffentlichkeitsarbeit.....120

06/02		Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt			
Az	33688/01	Referat	45	Fördersumme	119.997 €
Antragstitel		Praxisorientierte Vorversuche sowie Notsicherungen zur modellhaften Fassungsicherung mit Hilfe einer „Facing-Technologie“ stark umweltgeschädigter, unrestaurierter, mittelalterlicher Steinskulpturen im Halberstädter Dom			
Stichworte		Denkmal/Kulturgüterschutz Dokumentation, Farbe, Gebäude, Konservierung, Schadstoffe, Salz, Stein			
Laufzeit		Projektbeginn		Projektende	
5 Jahre 3 Monate		24.10.2016		31.12.2021	
Zwischenberichte		halbjährlich			
Bewilligungsempfänger		Kulturstiftung Sachsen- Anhalt (vormals Stiftung Dome und Schlösser in Sachsen- Anhalt) Am Schloss 4 39279 Gommern OT Leitzkau		Tel 039241/93452 Fax 039241/93462 Projektleitung Hr. R. Lindemann Fr. S. Weigelt-Röseler Bearbeiter Fr. D. Reinisch	
Kooperationspartner		Corinna Grimm-Remus, Dipl. Restauratorin, Magdeburg Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V., Halle/Saale (IDK e.V.) Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie, Halle/Saale			
Zielsetzung und Anlass des Vorhabens					
Das Hauptziel des Projektes war die Sicherung des durch Umwelteinflüsse stark geschädigten mittelalterlichen Skulpturenbestandes im Hohen Chor des Halberstädter Domes. Ein besonderer Anspruch an die Voruntersuchungen bestand in dem äußerst fragilen Zustand der Farbfassung kombiniert mit einer massiven Verschmutzung der Objektoberflächen.					
Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden					
In einer ersten Projektphase wurden im Frühjahr 2017 nach der Gerüststellung im östlichen Chorbereich aus den dort befindlichen acht Skulpturen drei repräsentative Objekte ausgewählt, deren Material- und Fassungsbestand sowie deren Schadensbild modellhaft für weitere Skulpturen des Gesamtbestandes sind. In einer zweiten Phase erfolgten an ausgewählten Skulpturen grundlegende Voruntersuchungen, auf deren Basis eine übertragbare Herangehensweise für die Notsicherung der anderen Skulpturen im Dom erarbeitet wurde. Im Rahmen der einzelnen Arbeitsschritte flossen studentische Arbeiten ein, die durch die FH Potsdam und die TH Köln sowie Dipl.-Rest. Grimm-Remus und das IDK betreut werden. Auf Grundlage der Ergebnisse der ersten beiden Projektphasen wurde 2017/2018 ein erstes Konzept für die Notsicherung und Restaurierung erarbeitet. In der dritten Phase wurde im Rahmen einer ersten Notsicherung das modellhaft entwickelte Vorgehen am östlichen Skulpturenschatz umgesetzt, kritisch überprüft und wenn nötig angepasst. 2019 erfolgte die erweiterte Gerüststellung im westlichen Chorbereich, sodass die verbleibenden sechs Skulpturen untersucht und bis Ende 2021 bearbeitet werden konnten. Zudem erfolgte eine 3D- Erfassung aller Skulpturen im Vor- und Nachzustand.					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de					

Ergebnisse und Diskussion

Mithilfe der Materialuntersuchungen sowie der klimatischen und mikrobiologischen Untersuchungen konnte ein Schadensursachenmodell erstellt werden. Die im Mittelalter nachgewiesene Verwendung von „Gips“ als Bestandteil der Fassung in Kombination mit langfristigen, klimatischen und mikrobiologisch ungünstigen Umgebungsbedingungen führten zum katastrophalen Zustand der Farbfassungen. Insbesondere die Einwirkung ungünstigster Umweltbedingungen, wie SO₂-haltige Luft während der freien Bewitterung nach dem 2. Weltkrieg, in Verbindung mit mangelnder Pflege, haben diese Prozesse begünstigt. Es konnten in verschiedenen Versuchen ein geeignetes Facing-Material (Habotai-Seide) und Festigungsmittel (Störleim) sowie eine sehr schonende Reinigungsmethode (Laserreinigung), die eine Abnahme der Verschmutzungen noch vor der Fassungsfestigung erlaubt, ermittelt werden.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Regelmäßig wurde in der regionalen und überregionalen Presse durch abgehaltene Pressetermine über das Projekt informiert. Es erfolgten zudem Radio- und Fernsehbeiträge.

Darüber hinaus wurden 2 Fachbeiträge in der Zeitschrift „Denkmalpflege in Sachsen-Anhalt“ und im Jahrbuch der Kulturstiftung Sachsen-Anhalt publiziert:

Corinna Grimm-Remus (2018): Dom zu Halberstadt DBU-Projekt über ein Notsicherungskonzept für die Chorpfeilerskulpturen. In: Kulturstiftung Sachsen-Anhalt. Jahrbuch 2016-2018. S.128-129, ISBN 978-3-96502-002-3

Karsten Böhm, Corinna Grimm-Remus (2017): NOTSICHERUNGSKONZEPT FÜR DIE CHORPFEILERSKULPTUREN IM HALBERSTÄDTER DOM - Ein DBU-Projekt hat begonnen. In: Denkmalpflege in Sachsen-Anhalt Nr. 2 | 17. S. 91-96.

Zum Abschluss des Forschungsprojektes wurden alle Ergebnisse im Rahmen einer 2-tägigen Abschlussveranstaltung im Juni 2022, bestehend aus einer öffentlichen Abendveranstaltung und eines Fachkolloquiums, im Dom zu Halberstadt präsentiert. Mit dem Abschluss des Projektes lag zur Abschlussveranstaltung und als Dokumentation der Ergebnisse für den Förderer der Abschlussbericht des Projektes vor.

Zusätzlich wurde ein Film über das Projekt erstellt.

<https://www.youtube.com/watch?v=pZju3UcrQnQ>

Fazit

Auf der Basis der erfolgten Voruntersuchungen und Vorversuche war es möglich, ein Notsicherungskonzept zu erarbeiten und den Skulpturenschatz im Chor des Halberstädter Domes erfolgreich zu sichern. Die Ergebnisse und Lösungsansätze des Projektes tragen in hohem Maß Modellcharakter und bieten sich als wichtige Arbeitsgrundlage für gleichgelagerte Fälle an.

Vor allem das ermittelte und angewandte Facing-Material, eine Habotai-Seide, stellt ein Novum in der angewandten Restaurierung dar und ist auf andere Objekte bzw. vergleichbare Aufgabenstellungen sehr gut übertragbar.

Für die nachhaltige Sicherung der mittelalterlichen Skulpturen ist ein langfristiges Monitoring Programm eine wesentliche Voraussetzung, um zukünftige Pflege- und Restaurierungsarbeiten sowie deren Finanzierung langfristig planen zu können. Dies ist die Voraussetzung um frühzeitig erneute kleine Schäden zu erkennen, bevor größere Schäden aufwendige und kostenintensive neue Restaurierungen erfordern. Eine wesentliche Grundlage dafür ist eine objektive Dokumentation des Zustandes im Ergebnis der vorliegenden Sicherung der Skulpturen. Eine wichtige Voraussetzung dafür liefert die Kooperation mit einem Parallelprojekt der Bauhausuniversität Weimar. Die im Rahmen dieser Zusammenarbeit erstellten 3D-Modelle dienen der zukünftigen objektiven Überwachung des Zustandes der Skulpturen bzw. einem entsprechenden Monitoringprogramm als Arbeitsgrundlage. Auch die Erstellung der 3D-Modelle als Arbeitsgrundlage für ein anschließendes Monitoring weisen einen hohen Wert an Verallgemeinerungsfähigkeit auf.

1 Vorworte

Ralf Lindemann

Der Dom St. Sixtus und St. Stephanus zu Halberstadt zählt zweifellos zu den bedeutendsten Kirchenbauten im Stil der französischen Gotik in Deutschland. Begonnen um 1239 und geweiht 1491 behielt er im Wesentlichen seine bauliche Gestalt. Seit 1996 ist die heutige Kulturstiftung Sachsen-Anhalt für die Erhaltung der Kathedrale und ihrer zum großen Teil noch mittelalterlichen Ausstattung verantwortlich.

Im Rahmen einer Reinigung der Ausstattung im Hohen Chor im Jahr 2014 gerieten auch die mittelalterlichen farblich gefassten Skulpturen der zwölf Apostel und der beiden Patrone des Domes in das Blickfeld der Restauratoren. Diese Skulpturen waren, bedingt durch die Kriegszerstörungen des Domes jahrelang der direkten Witterung ausgesetzt und sogar, wie auf Fotos erkennbar, von Schnee bedeckt. Hinzu kamen Verwitterungszustände, die durch Luftschadstoffe verursacht wurden. In den vorliegenden Akten gab es keinerlei Hinweise auf restauratorische Maßnahmen an den Skulpturen nach dem 2. Weltkrieg, sie galten als weitgehend unerforscht. Die vorgefundenen Schadensbilder waren nahezu einzigartig und die geplante Reinigung der Skulpturen im Sinne einer Staubabnahme musste abgebrochen werden.

Die Farbfassungen enthielten kaum noch Bindemittel, so dass die Farbpigmente, zusammen mit dem Staub verbacken auf den Oberflächen lagen. Außerdem gab es große Bereiche, bei denen sich die Farbfassungen in dünnen Schollen abgelöst hatten. Das Problem bestand nun darin, die starken Schmutzauflagerungen zu entfernen, ohne die wertvolle gefährdete Fassung zu reduzieren oder zu schädigen. Die gängigen Verfahren konnten in diesen Fällen nicht angewendet werden und die Fachliteratur bot keinerlei Lösungen an. Der Ausweg konnte nur darin bestehen, im Rahmen eines Forschungsprojektes geeignete Methoden zur Sicherung des Geschädigten Fassung zu finden.

Daraufhin erarbeiteten das Institut für Diagnostik und Konservierung und die Restauratorin Corinna Grimm-Remus eine Projektskizze, die bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt eingereicht wurde, um die Finanzierung eines solchen Forschungsprojektes abzusichern. Das Projekt erfüllte die Förderbedingungen und die Kulturstiftung Sachsen-Anhalt erhielt im Oktober 2016 einen entsprechenden Förderbescheid. Auf dieser finanziellen Grundlage konnte das nachfolgend dokumentierte Forschungsprojekt in den Jahren 2017 bis 2021 erfolgreich umgesetzt werden. Anfang November 2021 konnten der Öffentlichkeit im Rahmen eines Pressetermins die gesicherten und konservierten Skulpturen vorgestellt werden. Das erzielte hervorragende Ergebnis übertrifft sogar noch die Erwartungen, die zu Beginn des Projektes bestanden haben, so die einhellige Meinung.

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die an diesem Erfolg beteiligt waren. Insbesondere gilt der Dank Frau Corinna Grimm-Remus dafür, dass sie sich der anspruchsvollen Aufgabe gestellt und diese gemeistert hat. Dem Institut für Diagnostik und Konservierung ist für die hohe Qualität der wissenschaftlichen Untersuchungen und

seine Erfahrung, die in das Projekt eingeflossen ist, zu danken. Ebenso möchte ich meinen Dank an den Fachbeirat mit Frau Prof. Dr. Regina Urbanek und Prof. M.A. Gottfried Hauff für die intensive fachliche Unterstützung richten. Nicht zuletzt danke ich der Deutschen Bundesstiftung Umwelt für die erneute Bereitstellung von Fördermitteln für den Dom zu Halberstadt und die inzwischen jahrzehntelange konstruktive Zusammenarbeit.

Ralf Lindemann

Baudirektor

Dr. Elisabeth Rüber- Schütte

Der Hohe Chor des Halberstädter Domes zeichnet sich bekanntlich durch seine differenzierte Ausstattung und seine Vielfarbigkeit aus.

Zentraler Bestandteil ist ein Skulpturenzyklus, der aus den 12 Aposteln sowie den beiden Kirchenpatronen Stephanus und Sixtus besteht. Weitere Teile der Ausstattung sind ebenfalls in situ erhalten, andere Teile, wie zum Beispiel die Textilien, werden im Domschatz verwahrt.

In der Gesamtschau gewinnen die Besucher des Domes einen lebendigen Eindruck vom Innenraum einer gotischen Kathedrale, seinem anspruchsvollen Bildprogramm und des spätmittelalterlichen religiösen Lebens.

Innerhalb dieses Zusammenhanges fanden die 14 Standfiguren, die unter reich verzierten Baldachinen und auf mit Laub, Gesichtern und Stifterwappen geschmückten Konsolen stehen bislang wenig Beachtung. Das hat sich mit dem sehr erfolgreichen Projekt, dessen Ergebnisse heute und morgen vorgestellt werden, geändert.

Den Anfang machten Pflegearbeiten, die in den von der Kulturstiftung Sachsen-Anhalt in vorbildlicher Weise initiierten interdisziplinären Restauratorenrunden vorbesprochen und ausgewertet wurden. Im Rahmen dieser ersten Maßnahmen stellte die Diplomrestauratorin Corinna Grimm-Remus fest, dass sich die nahezu unberührten mittelalterlichen Farbfassungen der Skulpturen in einem außerordentlich schlechten Erhaltungszustand befanden.

Das komplexe Schadensbild der durch Umwelteinflüsse in Mitleidenschaft gezogenen und in weiten Teilen hohl liegenden Farbfassungen stellte jedoch eine neue Herausforderung dar, für deren Lösung es keine Vorbilder gab. Daher mussten für die Notsicherung zunächst geeignete Untersuchungs-, Reinigungs- und Sicherungstechnologien entwickelt und erprobt werden. Dies gelang im Rahmen eines von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt finanzierten Forschungsprojekts, das durch Frau Grimm-Remus und Herrn Diplomingenieur Uwe Kalisch vom Institut für Konservierung und Diagnostik an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt initiiert und fachlich vorbereitet wurde.

Die Abteilung Bau- und Kunstdenkmalpflege des Landesamtes für Archäologie und Denkmalpflege Sachsen-Anhalt hat die Antragstellung unterstützt und das Projekt durch den Amtsrestaurator Herrn Karsten Böhm eng begleitet.

Eigens hervorzuheben ist das anhaltende Engagement des Antragstellers und Projektverantwortlichen, der Kulturstiftung Sachsen-Anhalt. Hier ist insbesondere dem Generaldirektor Herrn Dr. Christian Philippsen und dem Projektleiter Herrn Diplomingenieur Ralf Lindemann zu danken.

Das Forschungsprojekt wurde bereichert durch eine sehr fruchtbare Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Potsdam, Studiengang Konservierung und Restaurierung und dem Cologne Institute of Conservation Sciences an der Technischen Hochschule Köln. Ohne die beiden hochgradig motivierten Hochschullehrer Herrn Prof. Gottfried Hauff und Frau Prof. Regina Urbanek sowie deren Studentinnen und Studenten hätten wichtige

Analyseergebnisse und Grundlagen für die Erstellung einer zielführenden Konservierungskonzeption, die auch im Rahmen von einer Bachelorarbeit und zwei Masterarbeiten gewonnen wurden, nicht genutzt werden können.

Herr Diplomingenieur Normann Hallermann, der als wissenschaftlicher Mitarbeiter der Bauhaus-Universität Weimar an dem Projekt mitwirkte, fertigte 3-D-Scans von allen Skulpturen im Vor- und Nachzustand an, die zudem als Grundlage für zukünftiges Monitoring dienen.

In ganz besonderer Weise ist Frau Constanze Fuhrmann und der Deutschen Bundesstiftung Umwelt für ihre Unterstützung dieses Projekts sowie 5 weiteren Projekten, mit denen bereits seit 1991 maßgeblich zum Erhalt und zur Pflege des Halberstädter Doms und seines bedeutenden Schatzes beigetragen wurde, zu danken. Die durch die Stiftung veranlasste angewandte Forschung war immer innovativ, hatte jeweils Modellcharakter und ist erfolgreich übertragbar auf eine Vielzahl gleichgelagerter Fälle.

Als Denkmalpfleger schätzen wir uns glücklich, an diesem Projekt mitgewirkt zu haben, einem Projekt, bei dem in vorbildlicher Weise alle nötigen Voruntersuchungen, Analysen, Beprobungen, Dokumentationen und eine bis ins Detail gehende fachgerechte Ausführung möglich waren; Maßnahmen, die in ihrer Gesamtheit den Erhalt und die Pflege eines bedeutenden Kunstwerkes gewährleisten.

Gleichermaßen dankbar sind wir für die konstruktive und stets engagierte interdisziplinäre Zusammenarbeit aller Beteiligten. Ausdrücklich erwähnt sei an dieser Stelle nur der herausragende persönliche Einsatz von Corinna Grimm-Remus.

Die nunmehr angemessen würdevolle Präsentation des Halberstädter Skulpturenzyklus lässt die Schönheit und hohe Qualität der Kunstwerke deutlicher hervortreten.

Auch dafür sind wir der Kulturstiftung Sachsen-Anhalt und nicht zuletzt der Kirchengemeinde dankbar, mit denen uns eine langjährige gute Zusammenarbeit verbindet.

Dr. Elisabeth Rüber-Schütte

Landeskonservatorin Sachsen-Anhalt

2 Einführung

2.1 Dr. Heiko Brandl: Zur Baugeschichte des Halberstädter Domchores

Um den Halberstädter Domchor einordnen zu können, muss das gesamte Baugeschehen in den Blick genommen werden.¹ Der Domneubau begann um 1230. Ein konkreter Bauanlass oder ein Datum zum Baubeginn sind nicht überliefert. Meist wird vermutet, dass sich Halberstadt dem Bauboom des 13. Jh. nicht entziehen konnte, damals entstanden u.a. neue Kathedralen in Magdeburg, Mainz, Naumburg und Meißen. Wollte das Bistum Halberstadt aktuell und konkurrenzfähig bleiben, dann war eine repräsentative bauliche Aufwertung des Domes unerlässlich.

Der Domneubau begann im Westen. Unmittelbar westlich vor der Doppelturmfront des Vorgängerdomes wurde ein neuer Westbau errichtet.



Abbildung 1: Blick auf den Halberstädter Dom von Südosten.

Parallel dazu entstand ein zweigeschossiger Kreuzgang. Der Vorgängerbau war noch vollständig und befand sich in liturgischer Nutzung. Es handelte sich um eine dreischiffige Basilika mit Querhaus, der Chor mit Umgang und

¹ Der Beitrag liefert einen Werkstattbericht aus einem noch laufenden Forschungsprojekt der Kulturstiftung Sachsen-Anhalt.

östlich vorgelagerter Außenkrypta. Am Nordquerhaus befand sich die sog. Ludgerkapelle, ein Anbau der nach 1354 abgebrochen wurde und am Ostflügel der Klausur der Alten Kapitelsaal, ein bis heute erhaltener Baukörper des 12. Jh.

Der Vorgängerbau lieferte die maßgeblichen Parameter für die Baugestalt des Neubaus. Übernommen wurde die Form einer dreischiffigen Basilika bei annähernd gleicher Breite des Kirchenschiffes, außerdem Motive wie Chorumgang, Querhaus und Doppelturmfassade. Während der Bauarbeiten blieb der Vorgängerbau weiter in Nutzung, je nach Baufortschritt wurden später Teilbereiche des alten Dom abgebrochen.

Mit dem neuen Halberstädter Westbau hatte man die Anschlüsse für Anbauten nach Osten und nach Westen vorbereitet. Im Westen sollte eine dreischiffige Vorhalle anschließen und im Osten ein dreischiffiges Langhaus. Nach einer Bauunterbrechung wurden diese Pläne verworfen und ein neues, viel höheres Langhaus ausgeführt. Dem massiven Westbau steht mit dem neuen Langhaus ein filigraner Gliederbau gegenüber. Die Mauern sind dünner, die Fenster größer und deshalb mit Maßwerken ausgesteift. Die dünneren Mauern wurden möglich, weil die Schubkräfte der Gewölbe jetzt über Strebepfeiler und Strebebögen abgeführt werden.

Mit dem innovativen und seinerzeit hochmodernen Langhausbau gelang dem Halberstädter Domkapitel der Anschluss an die rasant voranschreitende Bauentwicklung des 13. Jh., die mit der Rezeption der französischen Gotik einherging. Der Langhausbau definierte die Baugestalt für alle folgenden Bauabschnitte, u.a. die Breite und Höhe des Schiffes, Pfeilerform und Gewölbeschema. Für das neue Langhaus musste ein Teil des Vorgängerdomes abgebrochen werden.

Nach einer Bauunterbrechung wurde um 1350 mit dem Bau der Marienkapelle begonnen; damit beginnt die Baugeschichte des Domchores. Der Domchor gliedert sich in Binnenchor, Chorumgang und Chorscheitelkapelle. Binnenchor und Chorumgang trennt eine etwa vier Meter hohe Mauer, die sogenannten Chorschranken. Zweck dieser Chorschranken ist eine Abtrennung des Hohen Chores mit dem Hauptaltar und dem Chorgestühl der Domherren vom übrigen Kirchenraum, insbesondere vom Laienpublikum. Vier Portale erschließen den Binnenchor, zwei Eingänge führen im Westen durch den Lettner und zwei weitere Portale liegen nördlich und südlich im Chorumgang. Den Ostschluss des Chores bildet ein klassisches 5/8 Polygon. Im Scheiteljoch des Umgangs öffnet sich die Maria geweihte Chorscheitelkapelle.

Die Baugeschichte des Halberstädter Domchores ist rasch skizziert. Um 1350 begannen die Arbeiten und um 1400 war der Chor vollendet. Der Baubeginn um 1350 beruht auf Rückrechnung und einer Urkunde von 1354², zum Abbruch der Ludgerkapelle, jener Kapelle am alten Nordquerhaus. Die Vollendung des Chores erschließt sich aus einer päpstlichen Urkunde von 1401³, die davon berichtet, dass der Chor Neubau im laufenden Jahr in Nutzung genommen wurde. In der älteren Domliteratur gilt das Jahr 1401 daher als Termin der Chorweihe, was

² UB H Halb. 3, Nr. 2456, S. 557.

³ UB H Halb 4, Nr. 3164, S. 441-443.

genau genommen freilich nicht zutrifft. Mit einer Bauzeit von ca. 50 Jahren ist ein Rahmen geboten, der im Folgenden weiter ausdifferenziert und durch Belege untermauert werden soll.

Die Marienkapelle ist eine Chorscheitelkapelle, sie öffnet sich zum Chorumgang mit einem großen Spitzbogen. Gemeinsam mit den Strebebfeilern der Kapelle kamen zwei Strebebfeiler für den Chor zur Ausführung. Damit waren der künftige Wandaufriß und die Gestalt der Strebebfeiler festgelegt. Zusammen mit der Marienkapelle kamen auch Teilbereiche der Sockelwände für den Chorumgang zur Ausführung. Auf der Südseite endete die Außenwand unmittelbar hinter dem östlichen Strebebfeiler des Chorumgangs mit einer Abtreppung. Auf der Nordseite sind Unregelmäßigkeiten im Versatz erst am zweiten Strebebfeiler erkennbar.

Die Vollendung der Marienkapelle markiert eine Urkunde von 1362⁴, darin wird dem Priester vom Marienaltar in der alten Krypta erlaubt, die Messe künftig am Marienaltar in der Marienkapelle zu feiern. Begründet wird diese liturgische Änderung damit, dass der alte Marienaltar in der Krypta aufgrund des Chorneubaus abgebrochen worden sei. Die Urkunde liefert zwei wichtige Informationen, erstens die Marienkapelle war 1362 nutzbar, also baulich vollendet, und zweitens die Krypta des Vorgängerdomes war bereits niedergelegt. Den Bauabschluss bestätigen auch dendrochronologische Untersuchungen der Dachwerke, die Hölzer dafür wurden 1359/60 gefällt.⁵ Die Marienkapelle liegt außerhalb des alten Domes. Wie zuvor beim Westbau waren daher keine Abbrucharbeiten am alten Dom erforderlich. Mit der Marienkapelle änderte sich die Baurichtung, hatte man zuvor von Westen nach Osten gebaut, so verlief der Neubau fortan von Ost nach West.

Die liturgische Nutzung der Marienkapelle ab 1362 markiert die zeitliche Untergrenze der zweiten Bauphase (ca. 1360-1370). Gebaut wurde am nördlichen und südlichen Chorumgang. Im Bauverlauf schreitet die Nordseite voran. Die Erklärung dafür ist einfach. Auf der Nordseite bestand Baufreiheit, während im Süden die Klausurbauten im Wege standen, somit Abbrucharbeiten vorangehen mussten. Die nördliche Umfassungswand wurde über den fünften Strebebfeiler (Pfeiler WN 5) hinaus ausgeführt. An diesem Pfeiler enden die zuvor horizontal-durchlaufenden Quaderschichten mit einer beidseitigen Abtreppung. Am Fenster (n VIII) darüber ist zudem ein Formenwechsel zu beobachten. Das Fenstergewände links zeigt analog zu den Chorfenstern davor überkreuzte Stäbe, die am Gewände rechts fehlen. Links sind zweireihige Blattkapitelle versetzt, mit dem Kapitell rechts wurden einreihige Blattkapitelle eingeführt. An den Ecken der Strebebfeiler sind links über dem Kaffgesims polygonale Podeste eingesetzt, rechts aber stattdessen Säulen mit Blattkapitellen eingestellt. Der beschriebene Formenwechsel beginnt auf der Südseite bereits im zweiten Joch des Chorumgangs (Joch S II).

⁴ UB H Halb 4, Nr. 2628, 15-17.

⁵ Unpublizierte Untersuchung von Frank Högg; in Vorbereitung: Frank Högg: Beitrag „Dachwerke“, in: Heiko Brandl und Anja Seliger, Der Dom zu Halberstadt (=Die Bau- und Kunstdenkmäler von Sachsen-Anhalt, hg. von Ute Engel, Harald Meller und Christian Philippsen), Regensburg 2024.

Eine Baurechnung zum Jahr 1366/67⁶ liefert direkte Einblicke ins Baugeschehen. Erwähnt werden Arbeiten an zwei Fenstern und das Versetzen eines Gerüstes auf der Nordseite des Chores. Gelistet sind außerdem Ausgaben für Bretter, die teilweise zum Bau einer Wand über dem Lektorium dienten. Gerhard Leopold und Ernst Schubert (1984⁷) vermuteten eine provisorische Zwischenwand, errichtet über dem alten Lettner, um die Baustelle Chor gegen das alte weiterhin genutzte Langhaus abzugrenzen.

In einer dritten Bauphase (ca. 1370-1390) wurde der Chorumgang vollendet. Die Außenwände enden jeweils über Eck geführt an der Querhausostwand. Der Befund ist auf der Nord- und Südseite identisch. Auf der Nordseite ist die Baunaht gut sichtbar. Schwer zugänglich ist die Südseite, doch treffen dort an der Ostwand ebenfalls verschiedene Quaderlagen zusammen und markieren eine Baunaht. Nach der Vollendung der Umfassungswände wurden die Binnenchorpfeiler errichtet und damit die Konsolen für die Chorfiguren versetzt. Ab 1370/80 gehörte der Chorfigurenzyklus damit zur Planung. Die Abgrenzung zwischen der zweiten und dritten Bauphase begründet sich mit dem oben dargelegten Formenwechsel an Strebepfeilern und Fenstern. Die Übergänge sind fließend und für die Zeitstellung liegen nur wenige Hinweise vor.

In der Liebfrauenkirche Halberstadt befand sich die Grabplatte Bischof Arnulfs. Die Inschrift der Grabplatte berichtete von der Auffindung und Überführung der bischöflichen Gebeine im Jahr 1372.⁸ Bischof Arnulf - 1023 verstorben - wurde vor dem Südquerhausportal des Domes bestattet. Die Entdeckung seiner Gebeine 1372 fand demnach bei Abbrucharbeiten am alten Südquerhaus statt, so dass ein Datum für die Baugeschichte gewonnen ist. Von umfangreichen Bauarbeiten in diesen Jahren zeugt eine Urkunde von 1372⁹, in der Bischof Albrecht die vorübergehende Nutzung von tragbaren Holzaltären gestattet.

In der vierten Bauphase (ca. 1390-1400) wurde der Chor Neubau vollendet. Zunächst wurden die vier westlichen Pfeiler des Binnenchores errichtet und anschließend der Obergaden fertiggestellt. Die Abgrenzung zwischen der dritten und vierten Phase beruht auf Beobachtungen an der Kapitellplastik und neuen Steinmetzzeichen. Für die Dachwerke über dem Chorumgang liegen dendrochronologische Datierungen vor. Demnach wurden die Dächer über Chorumgang auf der Nord- und Südseite baueinheitlich nach 1393/94¹⁰ errichtet. Bevor die Dächer aufgestellt werden konnten, mussten die vier westlichen Pfeiler errichtet gewesen sein. Bis zur Chorvollendung 1400 stehen damit noch etwas sechs bis sieben Jahre zur Verfügung, weshalb zu diesem Zeitpunkt bereits weite Bereiche des Chorobergadens, d.h. der Mittelschiffswände, vorhanden gewesen sein dürften. Daten zu den Dachwerken über dem Chormittelschiff liegen nicht vor, da das Chordach bekanntermaßen 1945 komplett verbrannte. Für die Vollendung des Chores 1400 liegt einzig die bereits erwähnte päpstliche Urkunde von 1401 vor.

⁶ LASA A 13 Nr. 1093, ed. Schmidt, Gustav: Baurechnungen des Halberstädter Doms von 1367, in: Programm des Königlichen Domgymnasiums zu Halberstadt (1889), 1-19.

⁷ Leopold, Gerhard/Schubert, Ernst: Der Dom zu Halberstadt bis zum gotischen Neubau, Berlin 1984.

⁸ Grabinschrift nach Haber 1737, 7, mit Skizze.

⁹ UB H Halb 4, Nr. 2826, S. 159.

¹⁰ Unpublizierte Untersuchung von Frank Högg, wie Anm. 5.

Abschließend soll noch ein knapper Ausblick erfolgen. Bis 1460/70 wurde das Querhaus vollendet, parallel dazu kam das östliche Langhaus zur Ausführung. Die Pfeiler (N 8- N 12) im Nordseitenschiff tragen Jahreszahlen der 1440er Jahre, ein Gewölbeschlussstein im Mittelschiff (Joch M XIII) zeigt die Jahreszahl 1486. Wenige Jahre später vollzog im Jahr 1491¹¹ der Magdeburger Erzbischof Ernst von Sachsen in seiner Funktion als Bischof von Halberstadt die feierliche Schlussweise des Halberstädter Domes.

Zusammenfassung: Der Halberstädter Domchor wurde zwischen 1350-1400 errichtet. Die Parameter für die Architektur lieferten das frühgotische Langhaus und die Marienkapelle. Die Pfeiler im Binnenchor folgen dem System der Langhauspfeiler, während der Chorumgang das System der Marienkapelle mit Wandnischen und Wandpfeilern ohne Kapitelle übernahm. Ungeachtet formaler und stilistischer Aktualisierungen hielt das Domkapitel offensichtlich an einer Erstplanung aus dem 13. Jh. fest. Baumotive wie die geplante Vorhalle am Westbau und der Chorumgang verweisen architekturgeschichtlich auf Pilgerkirchen. Vor dem Hintergrund des im 13. Jh. nach Halberstadt verbrachten Reliquienschatzes wird eine bis ins 15. Jh. wirkende Bauabsicht erkennbar. Der Figurenzyklus im Domchor muss in diesem Kontext interpretiert werden. Der Versatz der Konsolen an den Chorpfeilern belegt, dass seit etwa 1370/80 Pläne zu einem solchem Zyklus bestanden. Der Figurenzyklus in der Marienkapelle mag eine Anregung geliefert haben, maßgeblich war allerdings der Chorfigurenzyklus im Kölner Domchor.

¹¹ UB H Halb 5 Nr. 4097, S. 363.

2.2 Corinna Grimm-Remus: Vorstellung des Skulpturenzyklus und Anlass des Projektes – Schadensphänomene und Schadensursachen

2.2.1 Vorstellung der Skulpturenzyklus

Der Dom St. Sixtus und St. Stephanus zu Halberstadt zählt, wie im vorigen Beitrag von Brandl bereits beschrieben, zu den der bedeutendsten Kirchenbauten des französischen Kathedralschemas in Deutschland. Zu dem hochrangigen umfangreich erhaltenen Bestand der ursprünglichen mittelalterlichen Ausstattung zählen u.a. die 14 Steinskulpturen vor den Pfeilern des Hohen Chores. Diese Skulpturen waren bisher weitgehend unerforscht, in den wenigen kunstgeschichtlichen Arbeiten wurde ihre Entstehung im Zeitraum zwischen 1425 bis 1475 angenommen.¹² Sie zeigen einen aus 12 Skulpturen bestehenden Apostelzyklus ergänzt um die beiden Dompatrone den Heiligen Stephanus und Heiligen Sixtus, welche sich an prominenter Stelle im Osten des Chores befinden.

Die lebensgroßen Skulpturen stehen auf den bereits im Bau versetzten Konsolen und sind rückwärtig mit einer eisernen Haken- bzw. Ösenkonstruktion gesichert. Den oberen Abschluss bildet jeweils der ebenfalls mit dem Chorbau versetzte Baldachin.



Abbildung 2: Blick in den Hohen Chor nach Osten.

¹² Weitergehende bzw. neuere Forschungen hierzu sind gegenwärtig noch nicht abgeschlossen bzw. nicht publiziert.

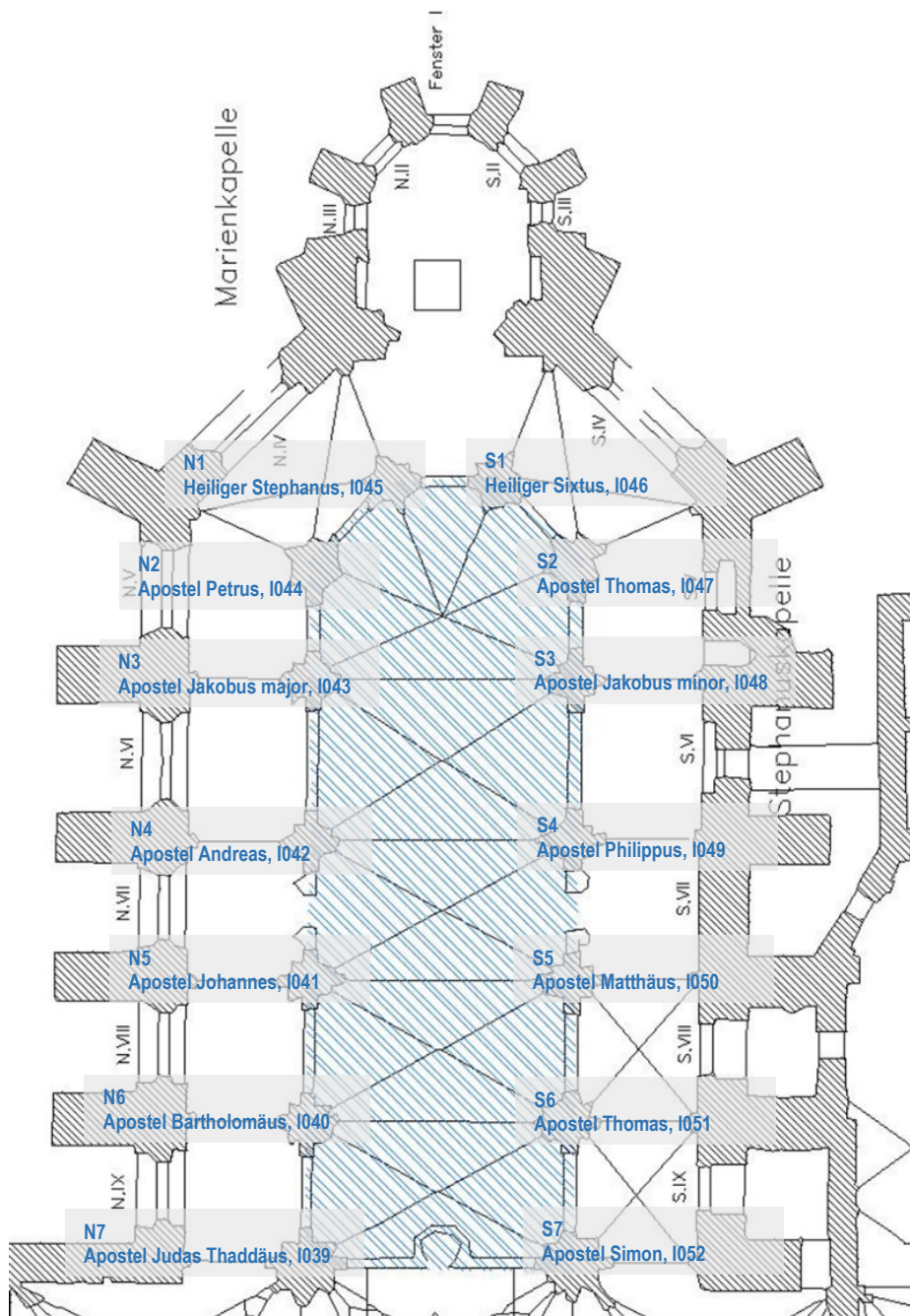


Abbildung 3: Pfeilerzählung und Anordnung der Skulpturen im Hohen Chor.



Abbildung 4, Abbildung 5: Apostel Petrus und Apostel Jakobus major.



Abbildung 6, Abbildung 7: Apostel Andreas und Apostel Paulus.



Abbildung 8, Abbildung 9: Dompatrie Heiliger Stephanus und Heiliger Sixtus.



Abbildung 10, Abbildung 11: Apostel Bartholomäus und Apostel Johannes.



Abbildung 12, Abbildung 13: Apostel Judas Thaddäus und Apostel Simon.



Abbildung 14, Abbildung 15: Apostel Matthäus und Apostel Thomas.



Abbildung 16, Abbildung 17: Apostel Jakobus minor und Apostel Philippus.

2.2.2 Anlass und Gliederung des Projektes

Im Rahmen der Zusammenarbeit zwischen der Kulturstiftung Sachsen-Anhalt, der Fachhochschule Potsdam, der Technischen Hochschule Köln und der Diplomrestauratorin Frau Grimm-Remus erfolgte im Zuge einer 2014 durchgeführten Reinigungskampagne erstmals eine fachliche Bewertung der Erhaltungszustände einiger Skulpturen des Hohen Chores. Hierbei erwies sich insbesondere der Zustand der Farbfassungen mit unterschiedlichen Schadensbildern als dramatisch.

Erste Versuche einer Notsicherung wurden abgebrochen, da keine der in der Restaurierung üblichen Techniken dem Schadensbild gerecht wurde. Ein besonderer Anspruch an die durchzuführende Notsicherung ergab sich aus dem äußerst fragilen Zustand der Farbfassung. Dem Bindemittelabbau, bei äußerst geringer Fassungsdicke kombiniert mit massiven Schmutzaufgaben, war als besondere Herausforderung zu begegnen. Zudem befand sich die oft deformierte Fassung z. T. vom Träger abgelöst wenige Millimeter vor der Steinoberfläche stehend, vergleichbar mit einer dünnen Papierhaut. So war auch das „Replatzieren“ bzw. Wiederanbinden der Fassung an den Steinträger eine zusätzliche Aufgabe während Sicherung.

Es waren innovative Festigungs- und Reinigungsmethoden zu ermitteln, die möglichst ein berührungsloses Arbeiten ermöglichten. Hier stand vor allem die Frage eines „Facings“ im Mittelpunkt, d. h. es war eine Schutzschicht zu finden, die eine Fassungsfestigung und das „Replatzieren“ erlaubte, aber den Verlust der Fassung durch direkte Berührung verhinderte. Facing bezeichnet also eine Überklebung bzw. ein partielles oder

gesamtes Abkleben der Fassungsschicht mit einem sog. Hilfsbildträger.¹³ Dieser Hilfsbildträger stellt eine Schutzschicht während der Durchführung konservatorischer und restauratorischer Maßnahmen dar und wird abschließend wieder entfernt. Ein Facing fixiert und sichert zunächst die geschädigte Fassung. Anschließend können Maßnahmen wie zum Beispiel die Konsolidierung von Malschichten und auch die Reinigung der Oberfläche durch das Facing hindurch ausgeführt werden.¹⁴ Vorversuche mit üblichen Facing- Materialien waren im Vorfeld nicht zielführend.

In einer **ersten Projektphase** wurden im Frühjahr 2017 nach der Gerüststellung im östlichen Chorbereich aus den dort befindlichen acht Skulpturen drei repräsentative Objekte ausgewählt, deren Material- und Fassungsbestand sowie deren Schadensbild modellhaft für weitere Skulpturen des Gesamtbestandes sind.

In einer **zweiten Phase** erfolgten an ausgewählten Skulpturen grundlegende Voruntersuchungen, auf deren Basis eine übertragbare Herangehensweise für die Notsicherung der anderen Skulpturen im Dom, aber auch modellhaft für andere Objekte erarbeitet wurde.

Im Rahmen der einzelnen Arbeitsschritte flossen studentische Arbeiten ein, die durch die FH Potsdam und die TH Köln sowie Dipl.-Rest. Grimm-Remus und das IDK betreut werden. Zudem bilden beide Hochschulen, vertreten durch Prof. em. M.A. Gottfried Hauff und Prof. Dr. Regina Urbanek, den Fachbeirat des Forschungsprojektes.

Auf Grundlage der Ergebnisse der ersten beiden Projektphasen wurde 2017/2018 ein erstes Konzept für die Notsicherung und Restaurierung erarbeitet. So konnten in verschiedenen Versuchen ein geeignetes Facing-Material und Festigungsmittel sowie eine sehr schonende Reinigungsmethode, die eine Abnahme der Verschmutzungen noch vor der Fassungsfestigung erlaubt, ermittelt werden.

In der **dritten Phase** wurde im Rahmen einer ersten Notsicherung das modellhaft entwickelte Vorgehen am östlichen Skulpturenschatz umgesetzt, kritisch überprüft und wenn nötig angepasst. 2019 erfolgte die erweiterte Gerüststellung im westlichen Chorbereich, sodass die verbleibenden sechs Skulpturen untersucht und bearbeitet werden konnten.

Die Ergebnisse werden in den weiterführenden Artikeln des hier vorgelegten Abschlussberichtes zusammengefasst. Die Einzelberichte sind über die zuständigen Behörden bzw. Institutionen verfügbar.

¹³ Nicolaus, Knut: Handbuch der Gemälderestaurierung, Köln 1998, S. 210.

¹⁴ Ein Facing ist nicht mit einer Kaschierung zu verwechseln. Bei einer Kaschierung wird ebenfalls eine Schutzschicht aufgebracht, jedoch mit dem Ziel, eine neue Oberfläche zu schaffen. Diese soll die ursprüngliche Fassung (temporär oder längerfristig) sichern, aber auch vor äußeren Einwirkungen schützen. Oft wird diese dann sogar als Träger für eine Übermalung genutzt.

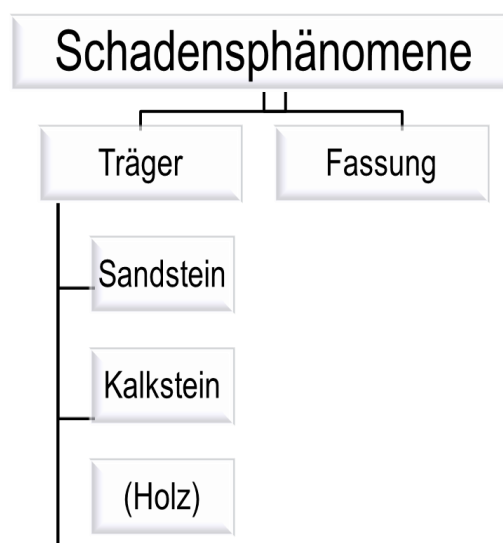
2.2.3 Schadensphänomene und Schadensursachen

Mit der Teil- Gerüststellung 2017 konnte erstmals der Bestand und die Schadensphänomene näher untersucht werden.



Abbildung 18: Blick in den Hohen Chor nach Osten mit erster Gerüststellung 2017.

Hier soll nachfolgend ein exemplarischer Überblick über die festgestellten Phänomene gegeben werden, die sich wie folgt gliedern:



2.2.3.1 Schadensphänomene Träger (Sandstein, Kalkstein, Holz)

Schadensphänomen:	Verschmutzungen, meist locker aufliegend
-------------------	--

Definition:	Hier wird die Deposition von Fremdpartikeln (Schmutz, Mörtelreste, Staub), z.T. auch locker haftend, definiert.
-------------	---

Beispiel:



Schadensphänomen:	Ausbrüche/Fehlstellen
-------------------	-----------------------

Definition:	Hier werden Fehlstellen, entstanden durch mechanische Einflüsse, definiert. Diese Fehlstellen sind häufig durch klare Bruchkanten gekennzeichnet.
-------------	---

Beispiel:



Schadensphänomen: Absanden - Entfestigung

Definition: Hier werden sandende Bereiche, d.h. aktiver Materialverlust in einzelnen Körnern definiert. Dieses Schadensphänomen dient als eindeutiges Indiz für eine Entfestigung. Sandende Bereiche entstehen durch die erhebliche Wechselbeanspruchung des Materials durch Klimaschwankungen und Lösungs- bzw. Kristallisationsvorgänge der mgl. partiell enthaltenen Salze. Zusätzlich ist von einer Frost- Tau- Wechsel- Beanspruchung auszugehen

Beispiel:




Schadensphänomen: Salzeffloreszenzen



Definition: Hier werden Ausblühungen in Form eines lockeren weißen Flaums (bisher Gips) auf der Natursteinoberfläche definiert.

Beispiel:



Schadensphänomen:	Defekte Antragungen/Altkittungen
Definition:	Hier werden geschädigte Altergänzungen (auch original) definiert. Die Kittungen verhalten sich aufgrund ihrer unterschiedlichen Materialeigenschaften in einer klimatischen Wechselbeanspruchung verschieden zum Umgebungsmaterial. Als Folge entstehen Lockerungen.
Beispiel:	

Schadensphänomen:	Defekte Antragungen/Altkittungen
Definition:	Hier werden geschädigte Altergänzungen (auch original) definiert. Die Kittungen verhalten sich aufgrund ihrer unterschiedlichen Materialeigenschaften in einer klimatischen Wechselbeanspruchung verschieden zum Umgebungsmaterial. Als Folge entstehen Lockerungen bzw. sogar Verluste.
Beispiel:	


Schadensphänomen:	gesteins- immanente Veränderungen
Definition:	Hier werden Veränderungen der Oberfläche hervorgerufen durch gesteins-eigene Bestandteile definiert. Gesteins-eigene Bestandteile verhalten sich hier in einer klimatischen Wechselbeanspruchung so, dass es zu Auswaschungen oder Ausblühungen kommt.
Beispiel:	
Schadensphänomen:	Korrodierte Befestigungsmittel
Definition:	Hier werden korrodierte Befestigungsmittel definiert. Die vorhandenen Befestigungsmittel (Eisen) zeigen eine korrodierte Oberfläche, führen jedoch bisher zu keiner Schädigung des Gesteins.
Beispiel:	

Schadensphänomen:	Schadensbilder Baldachine und Fialhelme
Definition:	Hier werden geschädigte Baldachine und Fialhelme definiert.
	<ul style="list-style-type: none">• Verschmutzungen, partielle Entfestigungen, lose Teile, Verluste, geschädigte Verfugung, defekter Versatz
Beispiel:	


Schadensphänomen:	Geschädigte Holzattribute
Definition:	Hier werden geschädigte Attribute aus Holz definiert.
	<ul style="list-style-type: none">• Verschmutzungen, partielle Entfestigungen, lose Teile, Verluste
Beispiel:	 <p data-bbox="598 1518 721 1592">Ort: Dom Halberstadt Lfd. Nr.: 1043 Datum: 2017</p>


2.2.3.2 Schadensphänomene Fassung


Schadensphänomen:	Fassungsverluste
Definition:	Hier wird der Verlust der Fassung definiert.
Beispiel:	 <p data-bbox="448 1016 1418 1046">Zustand der 1970/1980er Jahre (aus: Flemming, Lehmann, Schubert, 1990: Dom und Domschatz zu Halberstadt, Tafel 77) und Zustand 2017.</p>



Schadensphänomen:	Verschmutzungen
Definition:	Hier wird die Deposition von Fremdpartikeln (Schmutz, Mörtelreste, Staub), z.T. auch locker haftend, definiert.
Beispiel:	 <p data-bbox="523 1753 644 1823">Ort: Dom Halberstadt Lfd. Nr.: 1042 Datum: 2017</p>



Schadensphänomen:	Fassungsreste, stark unterbunden
Definition:	Hier werden stark unterbundene, meist schollenartige Fassungsreste definiert.
Beispiel:	



Schadensphänomen:	Ablösende Fassungsgebiete, flächig dünn, unterbunden
Definition:	Hier wird eine flächige Abhebung in Form einer Schichtentrennung definiert. Die Schichttrennung liegt zwischen der stark unterbundenen Farbschicht der ersten Bearbeitungsphase und dem Fassungspaket der zweiten Bearbeitungsphase vor.
Beispiel:	


Schadensphänomen:	Ablösende Fassungsbereiche, flächig bis blasig kompakt
Definition:	Hier werden ablösende, flächig bis blasige Fassungsbereiche in unterschiedlicher Größe definiert. Teilweise liegen sie bereits „aufgeplatzt“ vor.
Beispiel:	

Schadensphänomen:	Ablösende Fassungsbereiche, blasig, unterbunden
Definition:	Hier werden ablösende, blasige Fassungsbereiche in unterschiedlicher Größe definiert. Teilweise liegen sie bereits „aufgeplatzt“ vor.
Beispiel:	

Schadensphänomen:	Ablösende Fassungsbereiche, Volumenzunahme, unterbunden
Definition:	Hier werden ablösende, blasige Fassungsbereiche in unterschiedlicher Größe definiert. Teilweise liegen sie bereits „aufgeplatzt“ vor. Zudem verfügen sie über eine größere Oberfläche als ursprünglich vorhanden.
Beispiel:	 <p data-bbox="948 882 1114 976">Ort: Dom Halberstadt Lfd. Nr.: I048 Datum: 2017 Prof. Dr. C. Grimm-Remus</p>
Schadensphänomen:	Ablösende Fassungsbereiche, kleinteilig kompakt, unterbunden
Definition:	Hier werden ablösende, flächig bis kleinteilig, kompakte Fassungsbereiche definiert.
Beispiel:	 <p data-bbox="549 1832 715 1926">Ort: Dom Halberstadt Lfd. Nr.: I043 Datum: 2017 Prof. Dr. C. Grimm-Remus</p>

Schadensphänomen:	„perforierte“ Fassungsbereiche
Definition:	Hier werden kleinste Löcher in der obersten Farbschicht der Gewänder definiert. In Bereichen, in
	welchen kleinsten Ausblühungen durch die oberste Farbschicht stoßen ist es möglich diese mit
	einem feinen Pinsel vorsichtig abzukehren. Zurück bleibt ein Loch in der Farbschicht.
Beispiel:	
Schadensphänomen:	Pudernde Fassung, unterbunden
Definition:	Hier wird eine pudernde Fassung definiert. Durch klimatischen Wechselbeanspruchungen und
	Bindemittelabbau liegt die Fassung unterbunden vor.
Beispiel:	

Schadensphänomen:	Pudernde Fassung → Verlust
Definition:	Hier wird eine pudernde Fassung definiert. Durch klimatischen Wechselbeanspruchungen und Bindemittelabbau liegt die Fassung unterbunden vor, z.T. hat dies bereits zum vollständigen Verlust geführt.
Beispiel:	
Schadensphänomen:	Verfärbungen
Definition:	Hier werden Verfärbungen, vor allem im Bereich der Inkarnate, definiert. Für die Verfärbungen sind häufig die Fassungsbestandteile und ihr Alterungsverhalten verantwortlich.
Beispiel:	

Schadensphänomen:	Krustenartige Veränderungen
Definition:	Hier wird das krustenartige Verändern der Oberfläche, einschließlich Fassung, definiert.
Beispiel:	
Schadensphänomen:	Materialablagerungen durch Wassereinfluss (Wasserläufer)
Definition:	Hier werden Materialablagerungen in Form von Wasserläufen definiert. Dieses Schadenbild entsteht, wenn feiner Staub durch Wassereintrag transportiert wird. Hierfür kommen z.B. Kondenswasser aber auch Wassereintrag durch Regen (defekte Obergadenfenster) in Frage.
Beispiel:	

Zusammenfassung zu Schadensphänomenen und Schadensausmaß:

- vergleichbar geringe Schadenspotentiale im Bereich der Träger
- konservatorisch zu bearbeiten: massive Verschmutzungen, partielle Entfestigungen, weitere Klärung der Belastung des Gesteins mit Salzen
- keine Standsicherheitsprobleme der Skulpturen
- keine relevanten Rissbildungen
- Baldachine zeigen höheres Schadensausmaß
- **sehr hohes Schadensausmaß im Bereich der Fassung**
- **vorrangig geschädigt sind die Gewänder**
- an allen Skulpturen Fassung hochgradig gefährdet

Schadensursachen:

Als Hauptschadensursache darf die klimatische Wechselbeanspruchung seit der Aufstellung der Skulpturen gelten:

<i>Messstelle Lettner (2006-2016):</i> <i>min. -4° bis max. 23°C,</i> <i>min. 39% bis max. 95% rel. F.</i>
--

Hinzu kamen sehr ungünstige Klimabedingungen im 19. Jahrhundert während der Restaurierung der Obergadenfenster. Die Gläser waren über Jahre ausgebaut.

Besonders schädigend dürften sich die Kriegsschäden und deren klimatische Auswirkungen mind. bis 1948 (teilweise bis heute) ausgewirkt haben. Hier gab es durch das offene Chordach eine z.T. „freie Bewitterung“.

Diese Einwirkungen von außen und die materialbedingten Schadenspotentiale durch die Verwendung von „Gips“ als Bestandteil der Farbfassung führten zu massiven Schäden.

Nicht zuletzt die mangelnde Pflege und damit die stark hygroskopische Schmutzauflagerungen auf den Skulpturen haben hierbei ihr Übriges getan.

3 Dreidimensionale Dokumentation

3.1 Corinna Grimm-Remus: Vorversuche zur 3D- Erfassung aus restauratorischer Sicht

Vor dem Stellen der Arbeitsgerüste an den Skulpturen war die Frage einer möglichen 3D-Erfassung des Vorzustandes mithilfe einer Drohne zu betrachten. Dass dies grundsätzlich möglich ist, hatten bereits mehrere Flüge bzw. Erfassungen im Außenbereich gezeigt. Somit sollten auch im Innenraum Fotoaufnahmen mit einem Fluggerät und das anschließende Erstellen der 3D-Punktwolke und 3D-Modell mit einer Genauigkeit $\leq 0,5\text{mm/Pixel}$ erfolgen.

Für den Innenraum gelten jedoch besondere Anforderungen und Fragestellungen:

- Im Innenraum kein GPS → ist ein sicheres Fliegen, ohne Berührungen, möglich?
- Wie nah kann ich mit dem Fluggerät bei geschädigter Farbfassung an die Skulptur, um Schäden durch Abwinde an der losen Farbfassung auszuschließen?
- Ist eine möglichst genaue Farbgetreue zu erreichen (Ausleuchtung, Tageslichtlampen, keine Erwärmung der Skulpturen)
- Maßstabsgetreue

Um diese Fragen nicht direkt am Original zu klären erfolgten Probeflüge in einer Versuchshalle der Bauhausuniversität Weimar. Hier wurde ein „Holzdummie“ vorbereitet, der die gleichen Abmaße einer Skulptur besaß. Auch dessen Anbringung erfolgte in identischer Höhe. Auf dem Boden wurden Markierungen gesetzt, sodass der Abstand der Drohne zum Objekt genau dokumentiert werden konnte.



Abbildung 19: Versuchsaufbau in der Versuchshalle der

Bauhausuniversität Weimar:



Abbildung 20: Markierung des Abstandes zum Objektdummie.

Der Dummie wurde zusätzlich mit Auflageflächen ausgestattet auf denen in den ersten Versuchen „Flugkörper“ aus Papier Platz fanden und deren Bewegung beim Heranfliegen der Drohne dokumentiert wurde. Zusätzlich wurde leicht bewegliches Seidenpapier befestigt, welches geringste Luftbewegungen anzeigen sollte.



Abbildung 21: Flugobjekte aus Papier.

Dann erfolgten Flüge in den definierten Abständen um den Dummie. Im Ergebnis war festzustellen, dass das Seidenpapier jede Luftbewegung sofort anzeigte, es aber auch bei nahem Abstand kaum gelang, die „Papierflugkörper“ zu bewegen.

In einem zweiten Versuch wurden die Auflageflächen mit Uhrglasschalen, gefüllt mit losem Pigmentpulver bestückt. Die Uhrglasschalen wurden vorab mit einer Laborwaage gewogen. Nach den Flügen wurde das Gewicht wiederum ermittelt und verglichen.

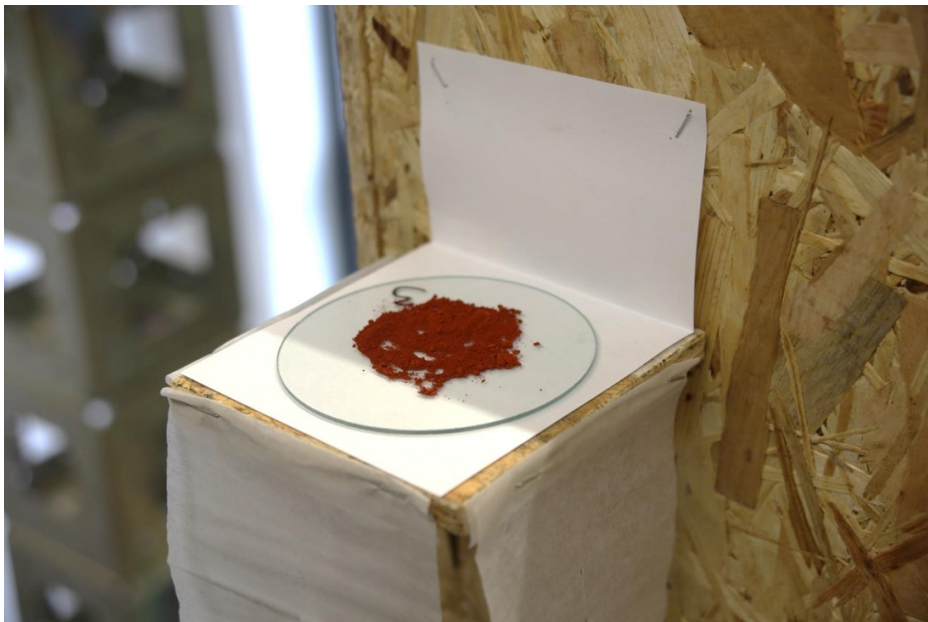


Abbildung 22, Abbildung 23: Anordnung und Detail mit Uhrglas + Pigmentpulver.

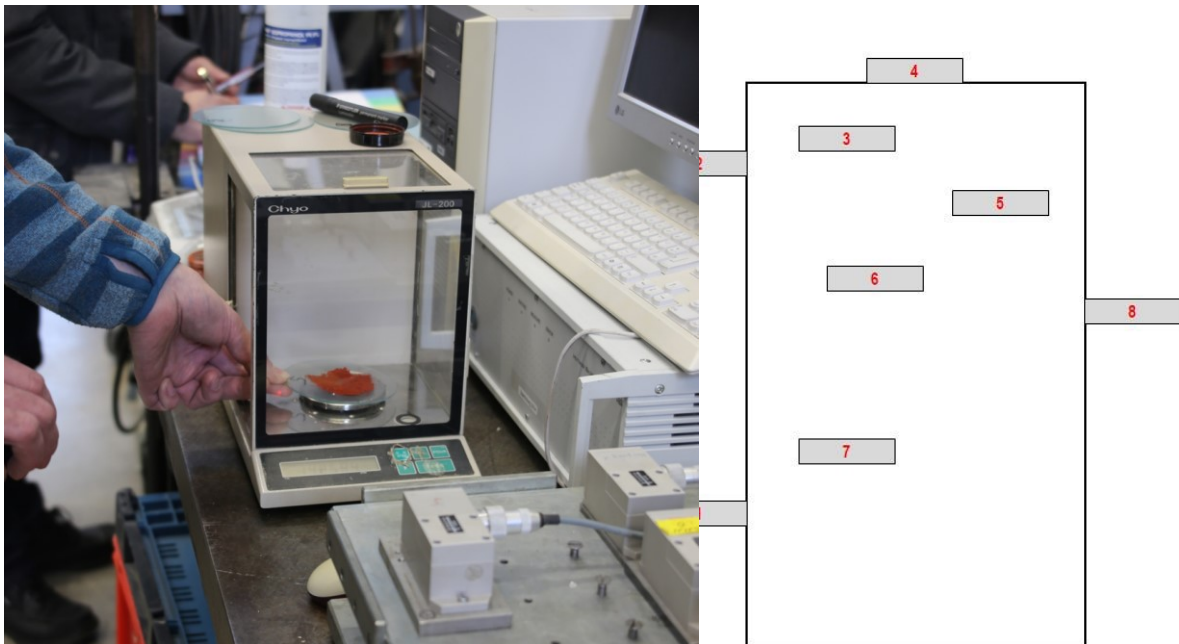


Abbildung 24, Abbildung 25: Während dem Auswiegen mit der Laborwage und Lage der Referenzpunkte.

Tabelle 1: Ergebnisse der Pigmentauflagen vor und nach den Flügen mit der Drohne.

Glas Nr.	Glas leer in g	Ausgangsgewicht in g	Endgewicht in g	Änderung in %
1	46,4483	47,3676	47,3676	0
2	46,3963	48,2235	48,2232	0,01641856
3	46,0787	47,6208	47,6212	-0,02593866
4	46,3978	48,7191	48,7191	0
5	46,0554	48,3464	48,3466	-0,00872981
6	45,9116	48,9606	48,9604	0,00655953
7	46,0913	48,5167	48,5173	-0,02473819
8	46,2542	49,5534	49,553	0,01212415

Im Ergebnis war festzustellen, dass sich lediglich Veränderungen im Rahmen des zu erwartenden Messfehlers zeigten.

Abschließend wurde mithilfe einer Nebellanze versucht, den genauen Strom der Abwinde sichtbar zu machen. Diese Abwinde sollten dann durch partielles Abhalten minimiert (Abschirmen) werden, was allerdings wenig Erfolg zeigte.

Zusammenfassend wurden so folgende Ergebnisse festgestellt:

- Abwinde der Drohne haben Einfluss auf die Skulpturen
- Abwinde der Drohne werden senkrecht nach unten geführt und dann nach oben geleitet, d.h. Auswirkungen vor allem an nach unten weisenden Flächen
- niedrig angebrachte Objekte am meisten gefährdet
- bei Sicherheitsabstand von 2,5m nur äußerst geringe „Bewegungen“
- Starten der Drohne in hohem Abstand vom Objekt (>5m)
- nicht direkt über der Skulptur fliegen
- auch bei einem Sicherheitsabstand von 1m bleiben diese bei den Versuchen ohne Auswirkungen (Flugkörper, Pigmente)
- Konsens: 2,5m Sicherheitsabstand

Mit diesen Randbedingungen wurde eine Skulptur, Apostel Andreas (1042) mittels Drohne befliegen. Nur hier und an der gegenüberliegenden Skulptur war der abgestimmte Sicherheitsabstand vorerst gut umsetzbar. Im östlichen Bereich stehen die Skulpturen enger zusammen und über dem Chorgestühl im Westen sollten ein erster Versuch nicht erfolgen.

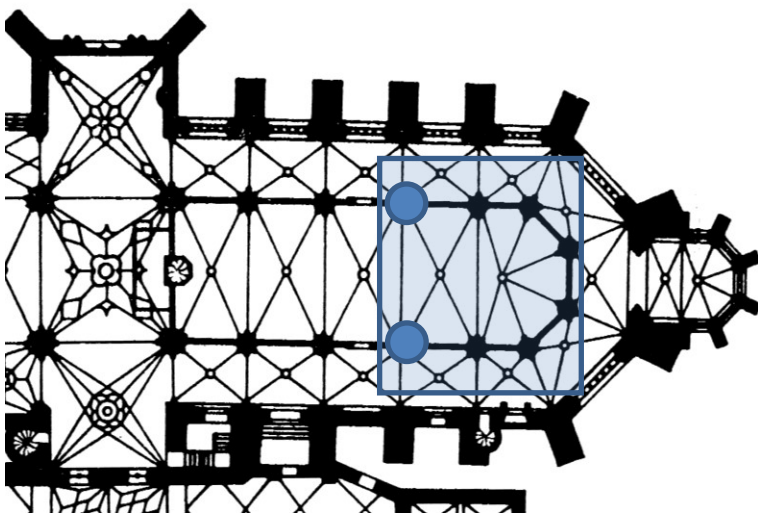


Abbildung 26: Lage der möglichen Skulpturen für eine Erstbefliegung.



Abbildung 27: Befliegung mittels Drohne an der Skulptur des Apostels Andreas.

Im Ergebnis ist hier festzuhalten, dass das Befliegen schadfrei möglich, die Qualität der Aufnahmen aber vor allem aufgrund einer unzureichenden Beleuchtung und Bildanordnung (durch Möglichkeiten der Befliegung) unzureichend war, weshalb der Erfassung auf dem Gerüst der Vorzug gegeben wurde. Für eine Überwachung bzw. eine erste Einschätzung, ohne kostenintensive Gerüststellungen, ist das Verfahren jedoch durchaus geeignet und unter den o.g. Bedingungen auch gefahrlos anzuwenden. Dies sollte jedoch immer unter restauratorischer Begleitung erfolgen.

Die Ergebnisse werden im Beitrag von Hallermann in diesem Abschlussbericht zusammengefasst.

Der sehr sensitive, gut vergleichbare, Versuch mit Seidenpapier ähnelt der Bewegung beim Vorbeigehen einer Person an der Skulptur. Dies haben nachfolgende Versuche am Gerüst gezeigt.



Abbildung 28: Seidenpapier- Installation zur Verdeutlichung von Luftbewegungen auf dem Gerüst.

3.2 Norman Hallermann: Dreidimensionale Bestandsdokumentation des Skulpturenzyklus

3.2.1 Motivation – Warum 3D?

Konventionelle Bestandsdokumentation in 2D:

- Einzelbilder
 - Skizzen, Notizen
 - Kartierung in 2D (CAD-basiert)
- zeitintensiver Dokumentationsprozess
- Zuordnung von Einzelbildern sehr schwierig
- keine direkte/ intuitive Verknüpfung von Geometrie, Bild und Annotation
- verfügbare Kartierungstools zu komplex und kostenintensiv
- keine geeignete Basis für eine Zustandsüberwachung

3D-Bestandsdokumentation (bildbasiert):

- Hochgenaue Erfassung der Geometrie
 - Hochaufgelöste Abbildung der Oberfläche (Textur)
 - Direkte Referenz zwischen Bild und Geometrie
 - Verortung annotierter Schäden in 2D und 3D
- Automatisierung der Prozesskette und Effizienzsteigerung in der Bestandsdokumentation als Basis für die Zustandsüberwachung

3.2.2 Aufnahmekampagnen zur 3D-Erfassung der Skulpturen

Anforderungen an die 3D- Erfassung:

- Berührungslose Erfassung (insbesondere beim Drohneneinsatz!)
- Maßstabsgetreue Abbildung der Geometrie
 - Georeferenzierung durch eingemessene Targets oder Maßstäbe
- Geometrische Auflösung der 3D-Rekonstruktion $\leq 0,5$ mm
 - Bildauflösung $\leq 0,15$ mm/ Pixel
- Farbgetreue Abbildung der Oberfläche
 - Tageslichtlampen mit hohem CRI-Wert (kein Erwärmen der Skulpturen)
 - Farbkalibrierung
- Kartierungsmöglichkeiten in 2D und 3D (Schäden, Bestand, Maßnahmen)

- Differenzmessungen zwischen verschiedenen Aufnahmen
- Verortung/ Einbettung der Skulpturen in den Dom (Grobmodell)

3.2.2.1 Drohnengestützte photogrammetrische Erfassung, April 2017 – Praxistest

Herausforderungen bei der Aufnahme:

- Platzverhältnisse
- Lichtverhältnisse
- Manuelle Steuerung (kein GPS)
- Seitenansichten nur sehr schwer erfassbar

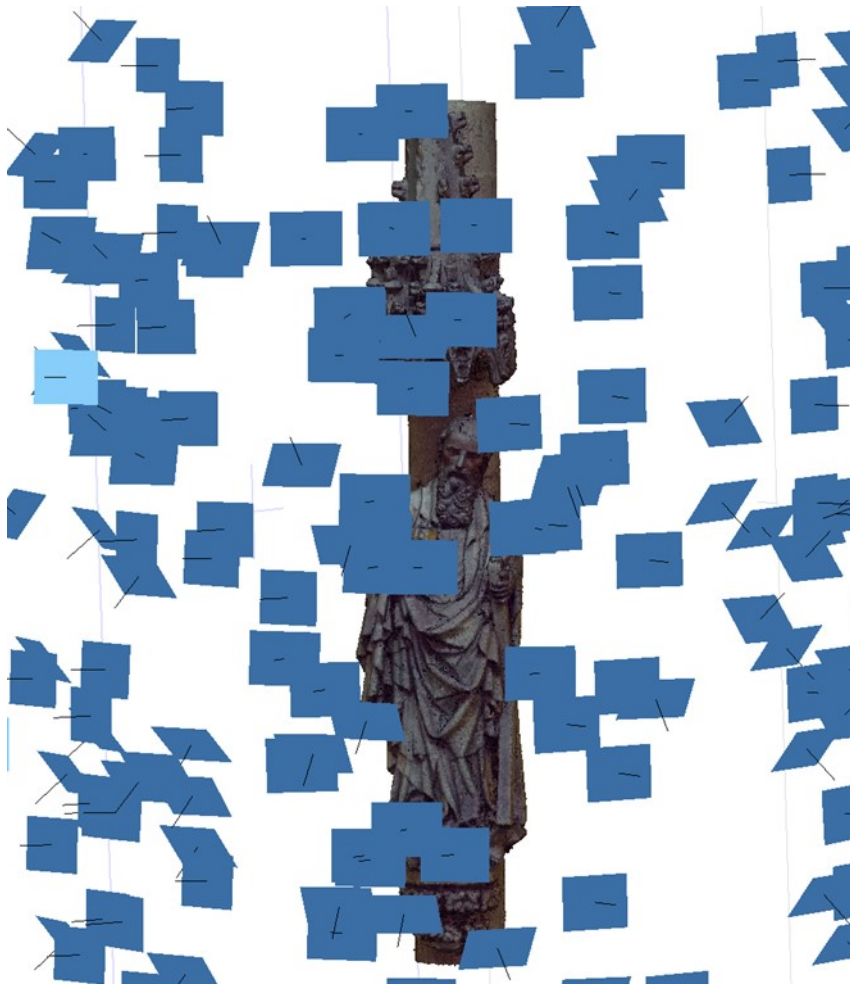


Abbildung 29, Abbildung 30: Ungleichmäßige Anordnung der Aufnahmepositionen und Ergebnis der Erfassung am Apostel Andreas.

- 228 Bilder
- 18 Mio. 3D-Punkte

Probleme:

- Keine konstanter Aufnahmeabstand
- Ungleichmäßige Abdeckung
- Stark unterbelichtete Bilder
- Lücken, insbesondere an den Seiten der Skulpturen

3.2.2.2 Photogrammetrische Erfassung – 1. Aufnahme- Kampagne mit Kamera Array, November 2017

- Kamera: 9 x Canon EOS 100D
- Auflösung: 18 Megapixel
- Brennweite: 24mm
- LED-Ringlichter
- Parallele Auslösung aller Kameras
- Konstante Aufnahmeparameter
- 180 Bilder (10 cm Höhenschritte)
- Mittlere Distanz: 55 cm
- Auflösung: 1mm / Pixel
- Aufnahmezeit ca. 30 min.
 - Auf- und Abbau Array ca. 25 min.
 - Bildaufnahme ca. 5 min.



Abbildung 31, Abbildung 32: Anordnung des Kamera Arrays und Aufbau vor Ort.

- zusätzliche Handaufnahmen im Kopf- und Fußbereich für eine vollständige Erfassung erforderlich



Abbildung 33: Während der zusätzlichen Handaufnahmen vor Ort.



Abbildung 34,Abbildung 35: Farbgetreue Erfassung mittels colorchecker.

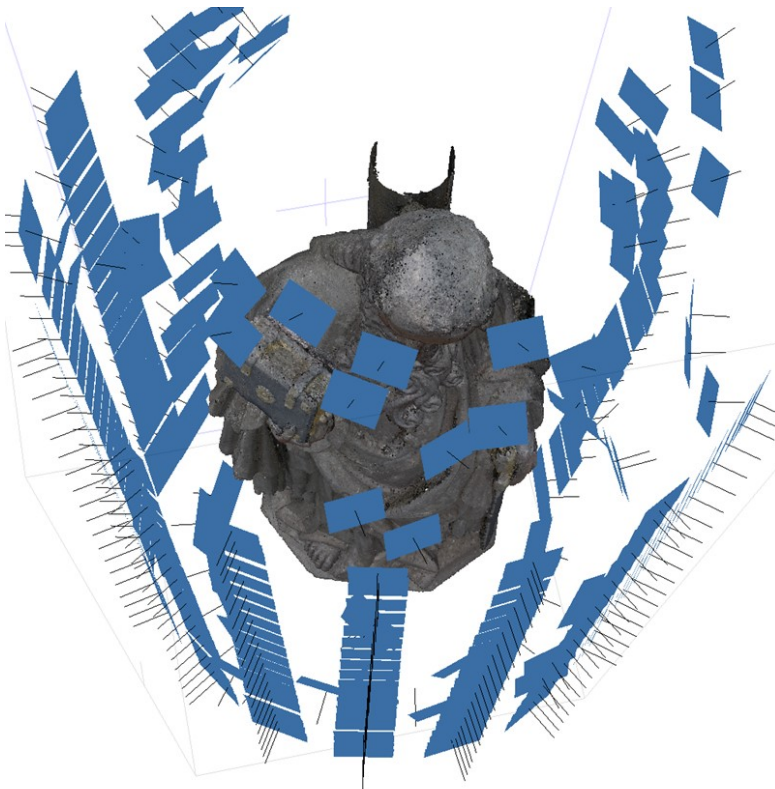


Abbildung 36: Anordnung der Aufnahmepositionen mit dem Kamera Array.

- 180 Bilder (Array)
- 98 zusätzliche Handaufnahmen
- Bilddatenmenge: ca. 15 GB
- Mittlere Distanz 55 cm
- Auflösung: 1mm / Pixel
- 123 Mio. Punkte (1,8 GB)
- 10 Mio. Dreiecke (1,2 GB)



Abbildung 37: Ergebnis der photogrammetrischen Erfassung 2017. Skulptur Heiliger Stephanus.

3.2.2.3 Photogrammetrische Erfassung – 2. Aufnahme- Kampagne mit Kamera Stick, Oktober 2019

- Kamera: **1 x Sony Alpha 7R IV**
- Auflösung: **61 Megapixel**
- Vollformat
- Brennweite: 35 mm
- LED-Ringlicht
- Verschiebbare Kamera
- Konstante Aufnahmeparameter
- 11 Kamerapositionen um die Figur herum
- 242 Bilder
- Mittlere Distanz: 50 cm
- Auflösung: **0,053 mm / Pixel**
- Aufnahmezeit ca. 40 min.
 - Auf- und Abbau Array ca. 20 min.
 - Bildaufnahme ca. 20 min.



Abbildung 38: Während der Aufnahme im Oktober 2019. Apostel Johannes.

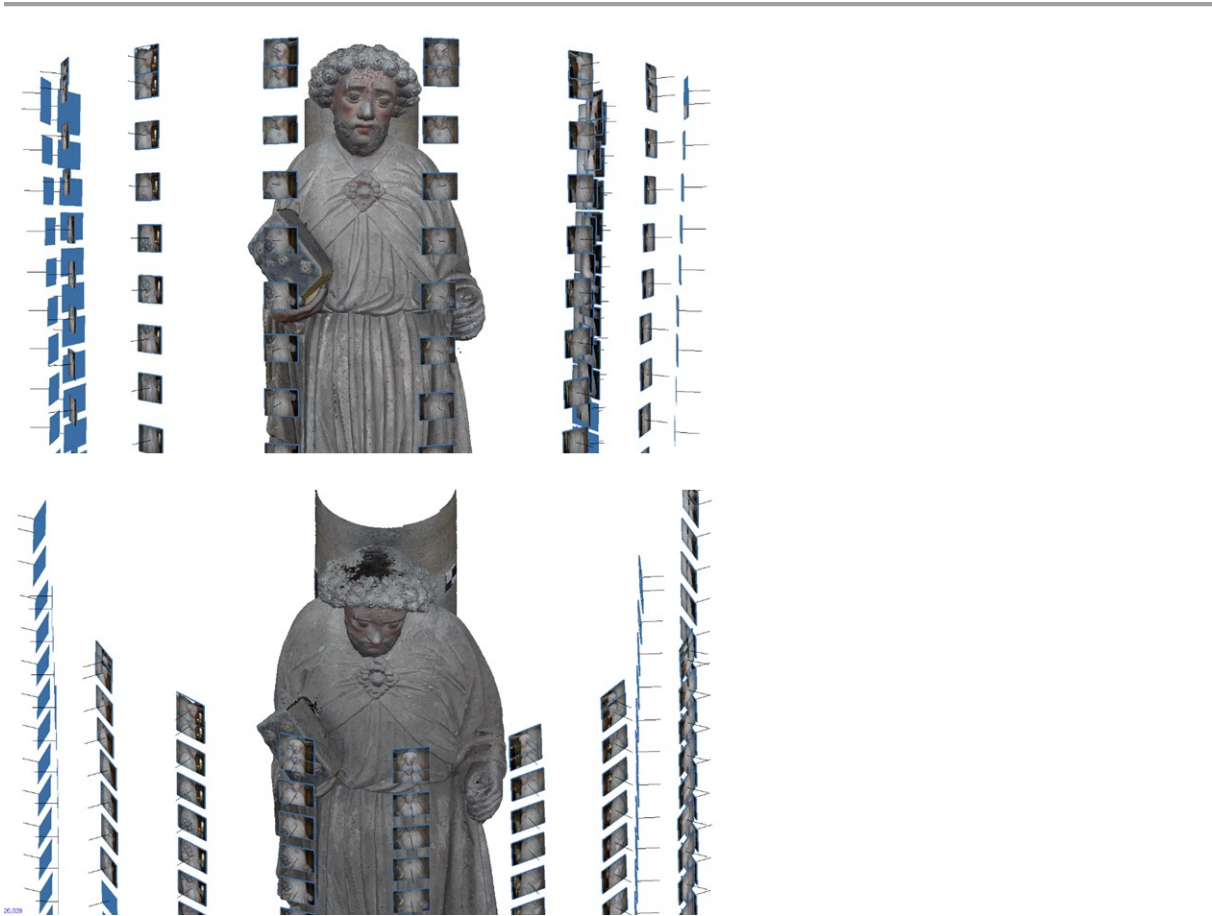


Abbildung 39: Anordnung der Aufnahmepositionen.

- 242 Bilder (10,8 GB)
- Mittlere Distanz 50 cm
- Auflösung: 0,053 mm / Pixel
- 600 Mio. Punkte (10 GB)
- 100 Mio. Dreiecke (12,5 GB)

3.2.2.4 Photogrammetrische Erfassung – 3. Aufnahme- Kampagne mit Kamera Array, Januar 2022

- Verbesserung des Lichtkonzeptes zur Ausleuchtung der Skulpturen



Abbildung 40: Ausleuchtung der Skulpturen.

- Kamera: **11 x Sony Alpha 7R IV**
- Auflösung: **61 Megapixel**
- Vollformat
- Brennweite: 35 mm
- LED-Ringlicht
- Konstante Aufnahmeparameter
- 20 Kamerapositionen um die Figur herum (2x leicht verdreht)
- 440 Bilder (+ wenige Handaufnahmen)
- Mittlere Distanz: 50 cm
- Auflösung: **0,053 mm / Pixel**
- Aufnahmezeit ca. 20 min.
 - Auf- und Abbau Array ca. 5 min.
 - Bildaufnahme ca. 15 min.
- Georeferenzierung über eingemessene codierte Targets



Abbildung 41: Kamera Array im Januar 2022.

3.2.3 Visualisierung und Bestandsdokumentation in 3D

- Entwicklung einer Web-basierten Arbeitsumgebungen – Plattform

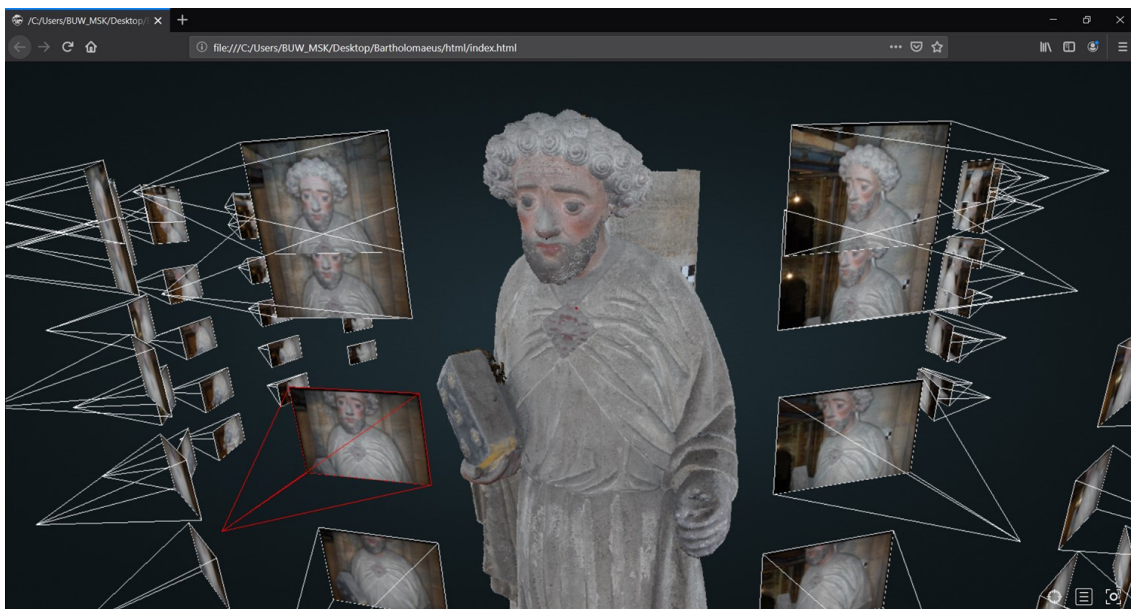


Abbildung 42: Web- Basierte Arbeitsumgebungen- Plattform.

4 Naturwissenschaftliche Untersuchungen

4.1 Matthias Zötzl: Materialuntersuchungen am Skulpturenzyklus

4.1.1 Einleitung

Im Rahmen des DBU-Projektes „Praxisorientierte Vorversuche sowie Notsicherungen zur modellhaften Fassungssicherung mit Hilfe einer „Facing-Technologie“ stark umweltgeschädigter, unrestaurierter, mittelalterlicher Steinskulpturen im Halberstädter Dom“ wurden durch das Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmalen in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V. Naturstein- und Materialuntersuchungen an den 14 Chorskulpturen durchgeführt.

Materialanalytische Ergebnisse, die an den Skulpturen der Heiligen Stephanus und Paulus gewonnen wurden, dienen zumindest teilweise als Grundlage für zwei Masterarbeiten, die innerhalb des Projektes an der Fachhochschule Köln von zwei Studentinnen der Restaurierung erarbeitet wurden.

An unterschiedlichen Materialien der **14 Chorskulpturen** erfolgten naturwissenschaftliche Untersuchungen mit verschiedenen analytischen Methoden.

Das Vorgehen gliederte sich wie folgt:

- Natursteinbestimmung (makroskopisch, mikroskopisch, mittels XRD)
- Natursteinbestimmung mittels NIR-Spektroskopie (Frau Dr. Ehling, BAM Berlin)

4.1.2 Natursteinuntersuchungen

Die Probenahmen erfolgten händisch durch die zuständige Restauratorin Frau Grimm-Remus an den Rückseiten der Skulpturen im Beisein des Verfassers. Bei makroskopischer Betrachtung der nur grob behauenen ungerundeten und in einigen Bereichen nur wenig mit Staub beauftragten Rückseiten, zeigten sich nicht immer farblich-strukturell homogene Gesteinsoberflächen eines hellbeigefarbenen Sandsteins. Oft traten regional begrenzte bräunliche Einfärbungen limonitischer Anreicherungen auf, die später auch im mikroskopischen Bild einiger Gesteinsdünnschliffe gefunden werden konnten.

Die Untersuchungen des Röntgenphasenbestandes der Natursteinmaterialien und möglicher Auflagen, der zu Projektbeginn bereits zugänglichen 8 Skulpturen im östlichen Chorbereich, erfolgten noch vor der Entscheidung für die später (nach Zugänglichkeit) an allen 14 Skulpturen durchgeführten NIR-Messungen, an den Natursteinproben, die im Vorfeld durch Frau Grimm-Remus an den Rückseiten der Skulpturen entnommenen wurden.

Mit Hilfe der Röntgenpulverdiffraktometrie (XRD) lassen sich die kristallinen Bestandteile in einer Probe nachweisen. Die Gesteinsproben wurden mit einem Röntgenpulverdiffraktometer der Firma Panalytical an der MLU Halle-Wittenberg analysiert.

Folgenden Ergebnisse wurden erzielt: Die Skulpturen der Heiligen Andreas, Stephanus, Sixtus, Paulus und Jakobus minor zeigen einen Mineralphasenbestand von Quarz und Kaolinit. Der Sandstein des Jakobus minor enthält zudem noch den Hellglimmer Muskowit. Bei Philippus und Petrus konnte jedoch in der gemessenen Gesteinsprobe das Tonmineral Kaolinit nicht nachgewiesen werden. Der Nachweis des Mineralphasenbestandes unterstützt die Charakterisierung der Sandsteine. Bei Jakobus maior, einer Kalksteinskulptur, wurde neben Calcit auch ein magnesiumhaltiges Calciumcarbonat mittels XRD belegt. Fünf der acht untersuchten Skulpturenmaterialien zeigen einen Gipsgehalt, der sekundär einzuordnen ist und auf der Oberfläche aufsitzt. Die einzelnen Ergebnisse, ihre Bewertung und Zuordnung zeigt Tab. 2.

Tabelle 2: Phasenbestand der Natursteinproben, Bewertung und Zuordnung

Probe	Phasenbestand nach XRD-Analyse	Zuordnung Material	Bemerkung
HBS/ I042/PG01 HI. Andreas	Quarz, Kaolinit	Sandstein	
HBS/ I043/PG01 HI. Jakobus maior	Calcite, Mg-haltiger Calcit (Mg _{0.064} Ca _{0.936})CO ₃ , Gips	Kalkstein	Gipsauflage auf Oberfläche
HBS/ I044/PG01 HI. Petrus	Quarz, Gips	Sandstein	Gipsauflage auf Oberfläche
HBS/ I045/PG01 HI. Stephanus	Quarz, Kaolinit, Gips	Sandstein	Gipsauflage auf Oberfläche
HBS/ I046/PG01 HI. Sixtus	Quarz, Kaolinit	Sandstein	
HBS/ I047/PG01 HI. Paulus	Quarz, Kaolinit	Sandstein	
HBS/ I048/PG01 HI. Jakobus minor	Quarz, Muskowit, Kaolinit, Gips	Sandstein	Gipsauflage auf Oberfläche
HBS/ I049/PG01 HI. Philippus	Quarz, Gips	Sandstein	Gipsauflage auf Oberfläche

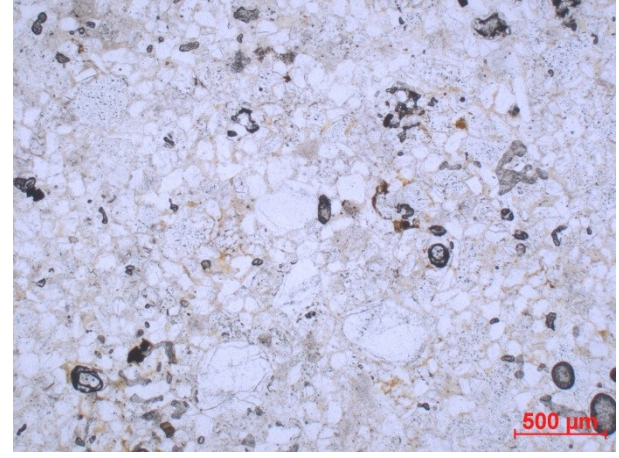
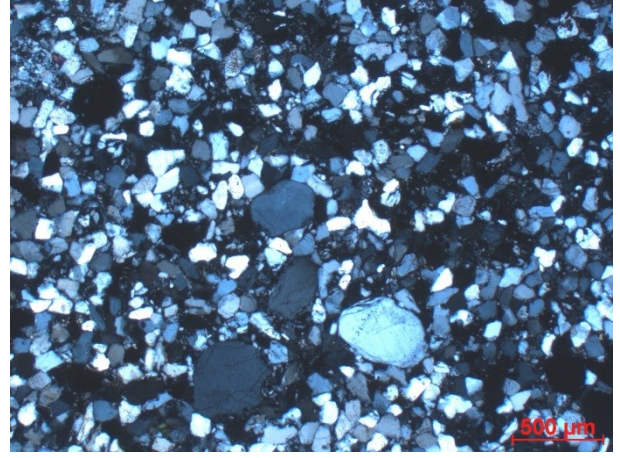

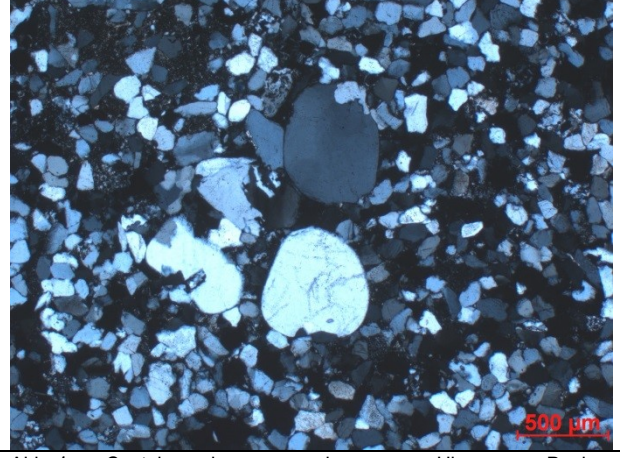
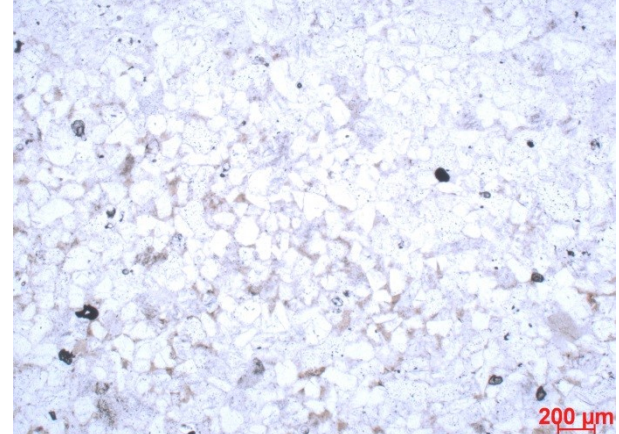
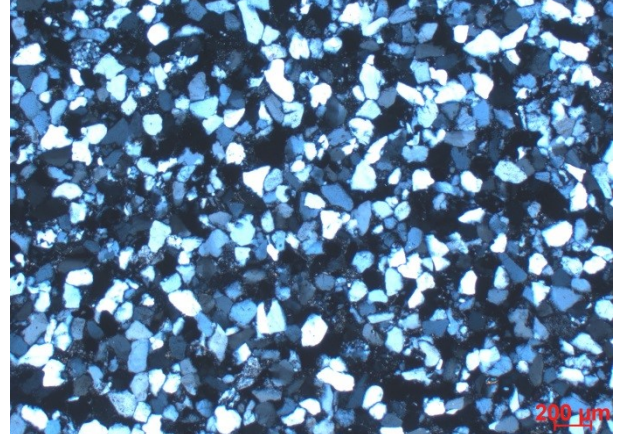
4.1.3 Gesteinsuntersuchungen mittels Dünnschliffmikroskopie

Von den Natursteinproben aller 14 Skulpturen wurden Dünnschliffe angefertigt und mit dem Polarisationsmikroskop untersucht. Wie schon im Vorfeld makroskopisch festgestellt werden konnte, bestehen 11 der 14 Skulpturen aus Sandstein und drei aus Kalkstein. Bei den aus Kalkstein gefertigten Skulpturen handelt es sich um die der Heiligen Jakobus Maior, Matthäus und Thomas. Die Kalksteine sind strukturell unterschiedlich ausgebildet, sie werden stratigraphisch der Schaumkalkzone innerhalb der Wellenkalkfolge des unteren Muschelkalks zugeordnet.

Die Materialien aller 11 Sandsteinskulpturen können an Hand typischer Merkmale als subherzyne Kreidesandsteine angesprochen werden. Dabei finden sich in den Dünnschliffen von 10 der 11 Sandsteinskulpturen (Judas Thaddäus, Bartholomäus, Johannes der Evangelist, Andreas, Petrus, Stephanus, Sixtus, Paulus, Jakobus minor und Philippus) deutliche Hinweise auf die Verwendung eines Involutussandsteins. Nur das Material des Hl. Simon Zelotes kann innerhalb der bekannten Werksteinhorizonte der Kreidesandsteine nicht genauer zugeordnet werden.

Bei den 10 Involutussandsteinskulpturen handelt sich um Feinsandsteine mit hauptsächlich kantengerundeten Quarz-Komponenten, die jedoch vereinzelt gröbere, extrem gut gerundete Komponenten aus dem Mittelsandbereich führen. Diese gröberen Komponenten treten auch zusammen mit Limonit und Glimmer nestartig auf. In diesen Bereichen übernehmen die beiden Minerale auch die Zementfunktion zwischen den Quarz-Komponenten. Sonst ist die Bindung silikatisch. Akzessorisch fallen hauptsächlich Zirkon und Rutil auf. Die beschriebenen Merkmale deuten auf Involutussandsteine hin, wie anfangs bereits ausgeführt. Die Abb. 1 bis Abb. 6 (Tab. 3) zeigen beispielhaft Dünnschliffaufnahmen der Skulpturen des Stephanus und des Paulus. Der Kreidesandstein des Hl. Simon Zelotes, der innerhalb der Werksteinbänke der Kreidesandsteine nicht genauer zugeordnet werden kann, ist gegenüber den Vertretern des Involutussandsteins stärker diagenetisch verfestigt, die Körner sind mehr verzahnt und die Kornkontakte sind dichter.

Tabelle 3: Exemplarische Übersicht der Dünnschliffe Sandstein.

	
<p>Abb. 1 Gesteinsprobe des Hl. Stephanus, polarisationsmikroskopische Aufnahme, linear polarisiertes Licht</p>	<p>Abb. 2 Gesteinsprobe des Hl. Stephanus, polarisationsmikroskopische Aufnahme, gekreuzte Polarisatoren</p>
	
<p>Abb. 3 Gesteinsprobe des Hl. Paulus, polarisationsmikroskopische Aufnahme, linear polarisiertes Licht</p>	<p>Abb. 4 Gesteinsprobe des Hl. Paulus, polarisationsmikroskopische Aufnahme, gekreuzte Polarisatoren</p>
	
<p>Abb. 5 Gesteinsprobe des Hl. Paulus, polarisationsmikroskopische Aufnahme, linear polarisiertes Licht, homogene, gut sortierte Bereiche</p>	<p>Abb. 6 Gesteinsprobe des Hl. Paulus, polarisationsmikroskopische Aufnahme, gekreuzte Polarisatoren, homogene, gut sortierte Bereiche</p>

Die Heiligen Jakobus Maior, Matthäus und Thomas sind aus strukturell unterschiedlich ausgebildeten Schaumkalken gefertigt, die sich hauptsächlich im Verwitterungsgrad und in der Hohlraumgröße unterscheiden, wie die Abb. 7 und 8 (Tab. 4) zeigen. Es handelt sich um gelblich-beige Kalksteine mit ooidischer Struktur mit einer Entstehung im Flachwassermilieu. Durch Auswitterungen von Partikeln bleibt der diagenetisch verfestigte Zement bestehen und es kommt zur Bildung einer porösen Struktur mit schaumigem Aussehen.

Tabelle 4: Exemplarische Übersicht der Dünnschliffe Kalkstein.

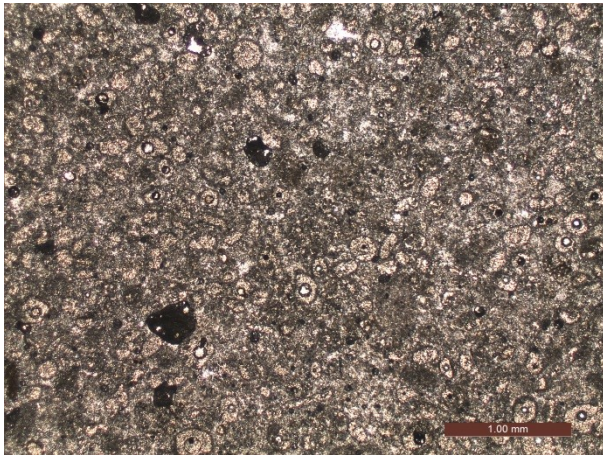


Abb. 7 Kalkstein-Gesteinsprobe des Hl. Jakobus, maior, polarisationsmikroskopische Aufnahme, linear polarisiertes Licht, Schaumkalk mit sehr kleinen Hohlräumen

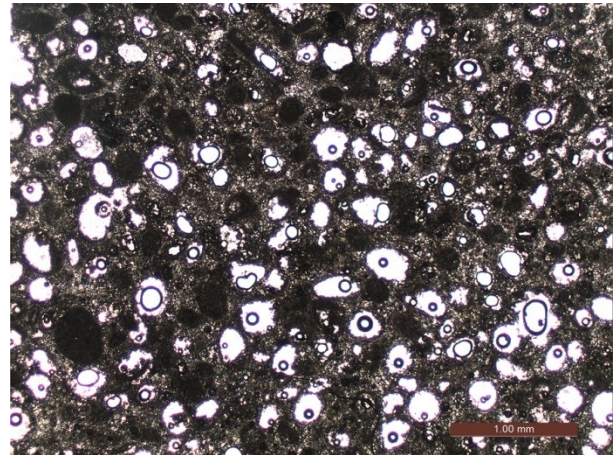


Abb. 8 Kalkstein-Gesteinsprobe des Hl. Thomas, polarisationsmikroskopische Aufnahme, linear polarisiertes Licht, Schaumkalk mit vergleichsweise größeren Hohlräumen

4.1.4 Ergebnisse der NIR-Spektroskopie

Messungen mit einem mobilen IR-Spektroskop der Firma TerraSpec erfolgen im nahen Infrarot-Bereich, zwischen 300 und 2500 nm, durch Frau Dr. Ehling (BAM, Berlin) vor Ort, zerstörungsfrei, direkt an den zugänglichen, ungedeckten Oberflächen aller 14 Chorskulpturen, im Auftrag des IDK.

Nach EHLING (2019) wurden bei fast allen Messungen auf den Oberflächen Gips und zum Teil auch Anhydrit festgestellt. Auf Basis von Vergleichsmessungen mit vorhandenen Messdaten aus vielen historischen Steinbrüchen Deutschlands können bei Sandsteinen Hinweise auf ihre Provenienz ermittelt werden (EHLING, 2019). Nach EHLING (2019) handelt es sich bei den Sandsteinen der untersuchten Skulpturen um regionale Sandsteine aus der Kreide der Halberstädter Mulde (Involutussandstein), bestehend aus Quarz und gut geordnetem Kaolinit. Der Sandstein des Hl. Simon Zelotes wird als sybherzyner Kreidesandstein angesprochen, jedoch nicht genauer zugeordnet. Die Heiligen Jakobus Maior, Matthäus und Thomas werden als Muschelkalk angesprochen.

4.1.4 Vermutete Natursteinprovenienz

Wie bereits erwähnt, bestehen 11 der 14 Chorskulpturen aus subherzynem Kreidesandstein, 10 der Sandsteinskulpturen können dem Involutussandstein zugeordnet werden. Beim Naturstein des Hl. Simon Zelotes ist eine Zuordnung zu den Werksteinhorizonten der subherzynen Kreidevorkommen nicht möglich. Die Skulpturen der Heiligen Jakobus Maior, Matthäus und Thomas sind aus Kalkstein gefertigt. Eine Übersicht und Zuordnung zeigt Abb. 43.

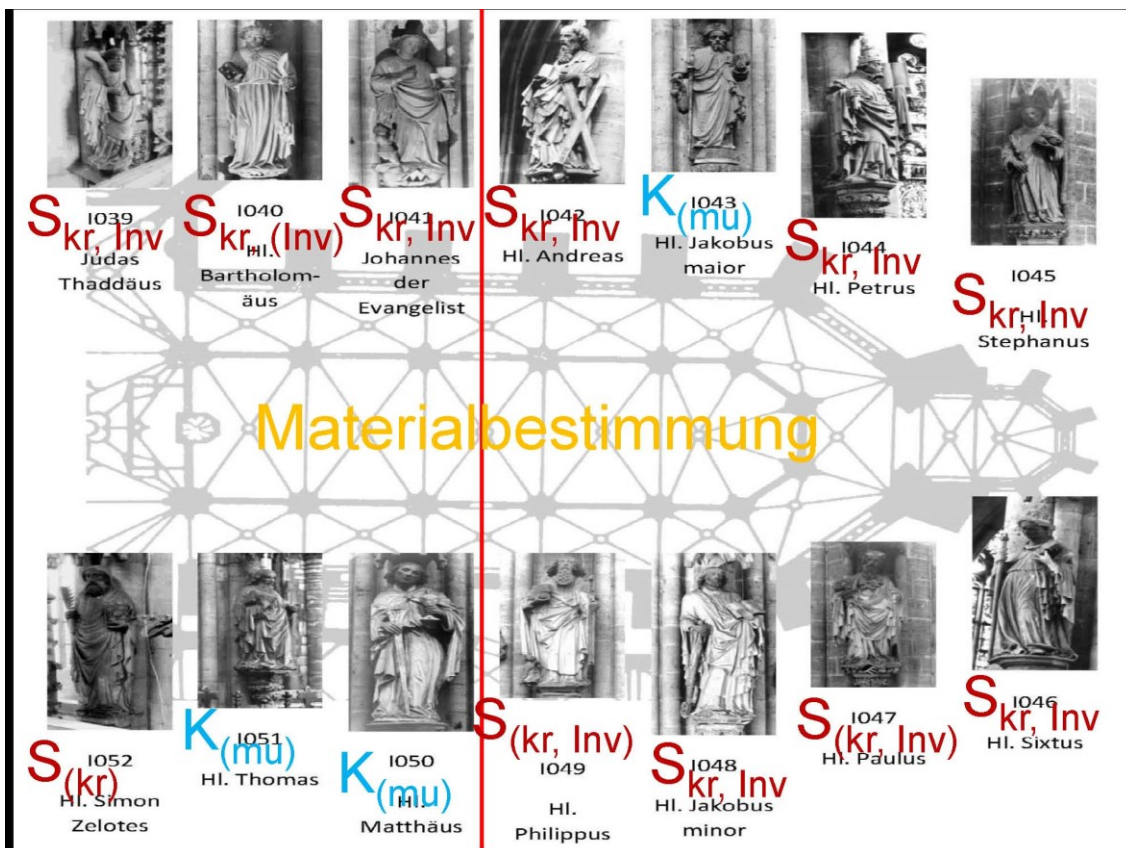


Abbildung 43: Halberstadt, Dom, Hoher Chor, Ergebnisse der Materialbestimmung mit unterschiedlichen Methoden: S(kr) = Sandstein (Kreide), S(kr, Inv) = Sandstein (Kreide, Involutussandstein), K(mu) = Kalk (Unterer Muschelkalk) (Abb. C. Grimm-Remus, ergänzt)

4.1.5 Sandsteinprovenienz

Auf Grund der festgestellten Merkmale, wird davon ausgegangen, dass bei den 10 Skulpturen der in der Halberstädter Mulde, in der Nähe Halberstadts, anstehenden Involutussandstein der Oberkreide (Coniac, mittlere Oberkreide) verwendet wurde. Nach BEHME (1911), zitiert in EHLING (2011), lagen die Halberstädter Steinbrüche zwischen Gläsernem Mönch und Großem Thekenberg. Weitere ehemalige Steinbrüche der südlich

von Halberstadt gelegen Halberstädter Mulde sind die Klusberge, Spiegelsberge, am Felsenkeller, an der Fuchsklippe und den Steinkuhlen (siehe Abb. 44 aus EHLING, 2011).

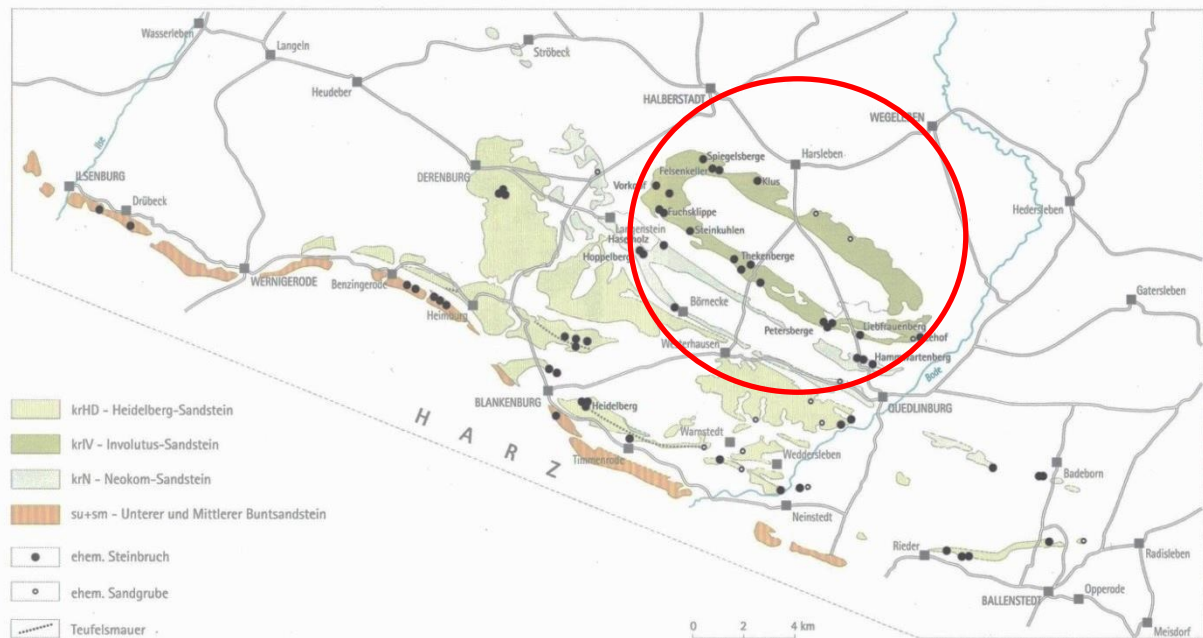


Abbildung 44: Steinbrüche der Halberstädter Mulde, aus Ehling, 2011

Namensgebend ist das für den Sandstein typische Leitfossil *Innoceramus involutus*, eine Muschel, die sehr häufig im Gestein auftritt und für die an Fassaden häufig zu beobachtenden löchrigen Auswitterungen verantwortlich ist (Abb. 45). Die Abb. 46 zeigt ein Foto der Muschel *Innoceramus involutus*. Die Literaturrecherche zu physiko-mechanischen Kennwerten des Sandsteins ergab nur wenige Hinweise. Dichten von 1,77 bis 2,45 g/cm³, Druckfestigkeiten von 24 bis 28 MPa sowie Wasseraufnahmen von 6,2 und 13,3 % werden von KOCH, 1892 angegeben. SIEDEL (1999) beschreibt Dichten von 2,64 und ein Porenvolumen von 25,2%.



Abbildung 45: Involutussandstein aus den Spiegelsbergen bei Halberstadt mit gröberen und feineren Wechsellagerungen und typischen gut gerundeten groben Komponenten, braunen limonitischen Bereichen und löchrigen Auswitterungen.

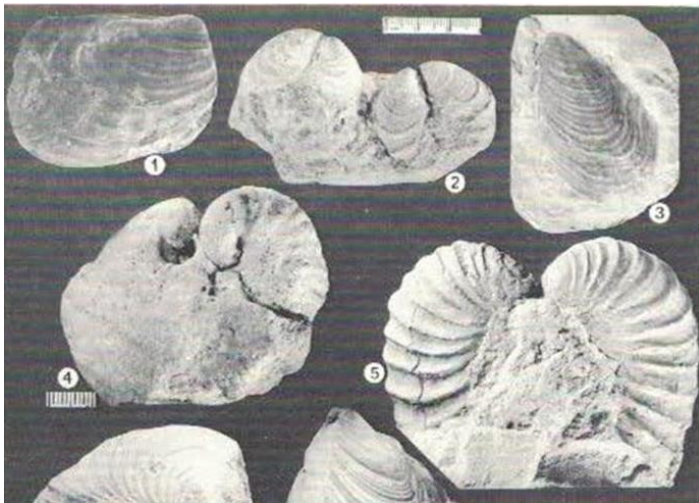


Abbildung 46: *Innoceramus involutus*, Abb. 4 im Bild, die namensgebende Muschel des Involutussandsteins, Steinkernerhaltung

4.1.6 Kalksteinprovenienz

Der Schaumkalk ist stratigraphisch der Schaumkalkzone innerhalb der Wellenkalkfolge des Unteren Muschelkalks zuzuordnen. Vorkommen des Unteren Muschelkalks in der Umgebung Halberstadts befinden sich nach Ansicht der geologischen Karte im nahegelegenen Huy, westlich von Halberstadt sowie östlich von Halberstadt und in der Harzaufriechtungszone z. B. bei Neinstedt (ZÖTZL, 1995). Recherchen von HOFESTÄDT (1998) zur allgemeinen Herkunft des Kalksteins am Halberstädter Dom ergaben mögliche Herkunftsorte aus westlich von Halberstadt gelegenen Brüchen im Huy und am Fallstein sowie östlich bei Dalldorf, Rodersdorf und Kroppenstedt.

4.1.7 Gipsvorkommen und Verarbeitungsorte der Umgebung Halberstadts

Gipsvorkommen im Umfeld von Halberstadt werden im Bereich des Röt (oberer Bereich des Oberen Buntsandsteins der Germanischen Trias) in der Nähe des Harznordrands (ZÖTZL, 1994) und im nahegelegenen Huy beschrieben. HOFESTÄDT (2005) benennt nach Recherchen historischer Quellen das Gebiet um den schon 1883 mit seinen Gipsvorkommen erwähnten Huy, speziell vom westlichen Dorf Hessen östlich bis Schwanebeck. Nach Recherche topographischer Messtischblätter aus der Zeit um 19. Jahrhundert zeigt er dort verzeichnete Standorte gipsverarbeitender Betriebe (Hütten, Mühlen), in deren Umfeld möglicherweise auch schon in früheren Jahrhunderten eine Gipsverarbeitung stattfand. Dazu zählen der Gipshüttenberg östlich Hessen, bei Rohrshiem, die Gipsmühle südöstlich Huy-Neinstedt im Forst Heteborn, die Gipshütte südöstlich Dingelstedt, ebenfalls im Forst Heteborn, am Sandberg nahe der Huysburg und Gipshütten und Steinbrüche am Altenberg westlich Schwanebeck.

Literatur und Quellen

- EHLING, A., (2019) Dom zu Halberstadt, Skulpturen im Chor, Gesteinsbestimmung mittels NIR-Spektroskopie. Bericht, 3 S.
- EHLING, A., SIEDEL, H. (2011) Bausandsteine in Deutschland, Band 2, 324 S.
- HOFESTÄDT B. (1998) Anamnese. In: Jahresbericht 1998 des IDK in Sachsen und Sachsen-Anhalt e.V. zum DBU-Projekt Kalksteinkonservierung am Westportal des Halberstädter Doms. Unveröffentlichter Bericht
- HOFESTÄDT, B. (1998) Aufarbeitung der Quellen zu den vergleichenden Materialuntersuchungen am Kalkstein des Domes sowie der Kalksteinbrüche in der Umgebung von Halberstadt. Unveröffentlichter Bericht, 11 S.
- HOFESTÄDT, B. (2005) Archivalische Erkenntnisse zu Qualität und Vorkommen von Gips im Raum Halberstadt vor 100 Jahren, Unveröffentlichter Bericht HAL 07/2005, 7 S.
- KOCH, H. (1892) Die natürlichen Bausteine Deutschlands. Ernst Toeche, Berlin, 120 S.
- SCHRÖDER, H. (1928): Erläuterungen zur geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Blatt Halberstadt, Gradabteilung 56, Blatt 11, Berlin 1928.
- SIEDEL (1999) Untersuchungsbericht zur Ratslaube in Halberstadt. IDK-Bericht
- ZÖTZL, M. (1995) Kartierung zwischen Neinstedt und Bad Suderode, Kartierung im Rahmen des Studiums an der MLU Halle-Wittenberg. Unveröffentlicht.
- ZÖTZL, M. (2017) Halberstadt, Skulpturenprojekt: Ergebnisse der XRD-Analysen an Krusten und Natursteinproben. IDK-Kurzbericht vom 25.08.2017
- ZÖTZL, M. (2018) Halberstadt, Dom, Skulpturenprojekt, Materialuntersuchungen am Bestand, Erste Ergebnisse IDK-Bericht HAL 09/2018, 5 S.
- ZÖTZL, M. (2019) Halberstadt, Dom, Skulpturenprojekt, Skulpturen des Hl. Stephanus (I045) und des Hl. Paulus (I047), IDK-Bericht HAL 10/2019, 7 S.
- ZÖTZL, M. (2019) Ergebnisse der Materialuntersuchungen am Bestand. Vortrag im Rahmen des Arbeitstreffens am 17.10.2019
- ZÖTZL, M. (2021) Halberstadt, Dom, 14 Chorskulpturen, Ergebnisse der Naturstein- und Materialuntersuchungen im Rahmen des DBU-Skulpturenprojektes, IDK-Bericht HAL 42/2021, 10 S.

4.2 Uwe Kalisch: Ergebnisse der Klima- und Windmessungen, sowie mikrobieller Untersuchungen am Skulpturenzyklus

4.2.1 Untersuchungen zum Raumklima im Hohen Chor

Als flankierende Untersuchungen erfolgten für das Projekt vom 10.08.2017 bis zum 05.05.2020 Raumklimamessungen, sowie ab dem 12.06.2018 bis zum 11.06.2020 Luftströmungsmessungen im Bereich der Skulpturen im Hohen Chor. Die verwendete Messtechnik, die Beschreibung der Messpunkte sowie die Klimadiagramme werden im IDK-Bericht HAL 14/2021 vom 19.03.2021 beschrieben.

Folgende Ergebnisse liegen für den gesamten Messzeitraum vom 10.08.2017 bis zum 05.05.2020 bisher vor:

1. Die Kurvenverläufe der relativen Raumluftfeuchte wiesen an allen Skulpturen einen deutlichen parallelen Verlauf auf (siehe Abb. 47). Die Abweichung zwischen den Messwerten betrug bis auf den Messpunkt I042 am Hlg. Andreas mit geringfügig stärkeren Abweichungen bei relativ konstanten Messbedingungen maximal 5% rel. Feuchte und lagen damit in den Grenzen der für jeden Messfühler zulässigen Abweichungen von $\pm 2,5\%$ rel. F. Damit ist festzustellen, dass es zwischen den untersuchten Messpunkten keine signifikanten raumklimatischen Unterschiede auftraten.

Comfort-Software V3	Diagramm 6	Seite 1/1	Min:	Max:	Mit:
D:\aktuelle Dateien\Ortsverzeichnis\HALBERSTADT\Dom\Dom\DBU-Projekt			38.60	88.70	70.11
Halberstadt Dom Höher Chor Zusammenstellung der Messwerte			-1.00	25.70	12.02
Hl. Stephanus I045 rel. F. + Temp. [rot]; Hl. Petrus I044 rel. F. + Temp. [grün]	K:1 %rF		37.40	86.90	68.43
Hl. Andreas I042 rel. F. + Temp. [dunkelblau];	K:2 °C		-1.00	25.70	11.99
Hl. Philippus I049 rel. F. + Temp. [hellblau]; Hl. Sixtus I046 rel. F. + Temp. [lila]	K:1 %rF		38.90	91.80	72.14
	K:2 °C		-1.00	26.00	12.06



Abbildung 47: Hohe Übereinstimmung der raumklimatischen Messwerte der relativen Luftfeuchte und Lufttemperatur an den Skulpturen

2. Im gesamten Aufzeichnungszeitraum 2018 bis 2020 bewegten sich die Werte der relativen Raumlufffeuchte an den Skulpturen in einem Schwankungsbereich zwischen 50% und 90% rel. Feuchte. Geringfügige und kurzfristige Über- und Unterschreitungen dieses Schwankungsbereiches waren seltene und kurzzeitige Ereignisse.

Es war festzustellen, dass sich die sehr starken Schwankungen der relativen Raumlufffeuchte im Zeitraum von Februar bis März 2018 bis zum Mai 2020 nicht wiederholten. Schwankungen der relativen Raumlufffeuchte von bis zu 20% waren dagegen keine Seltenheit oder Ausnahme. Im gesamten Aufzeichnungszeitraum seit dem 10.08.2018 schwankten die Werte an den untersuchten Messpunkten der relativen Luftfeuchte im Bereich zwischen minimal 37,3% rel. F. und maximal 91,8% rel. Feuchte. Damit zeigt sich, dass die sehr trockenen und warmen Sommer 2018 und 2019 zu einer deutlichen Absenkung der Minimalwerte der relativen Raumlufffeuchte auf 11,7% rel. F. beitrugen. Die sehr trockenen und warmen Sommer führten zu einer deutlich stärkeren thermischen und hygryschischen Wechselbeanspruchung an den farblich gefassten Oberflächen aus Holz und Naturstein auch im Dominnenraum.

3. Der Vergleich der gemessenen Werte der relativen Raumlufffeuchte mit den berechneten Werten der relativen Luftfeuchte im Kontaktbereich der Raumluff zu den bemessenen Materialoberflächen wiesen in der Regel nur sehr geringe Unterschiede auf. Dies ließ darauf schließen, dass sich die Oberflächentemperaturen ausreichend schnell an sich verändernde Raumlufftemperaturen anpassen konnten. Lediglich in den Sommermonaten traten geringfügige Abweichungen zwischen Raumluff- und Oberflächentemperaturen auf, die aber in der Regel $< 1\text{K}$ waren.

4. Bisher wurden an den Skulpturen keine Kondensationsbedingungen beobachtet.

5. Im Ergebnis der gesamten Klimaaufzeichnungen 2018 bis 2020 wiesen die Werteverläufe der Lufttemperaturen im Umfeld der Skulpturen sowie der Oberflächentemperaturen auf den Skulpturrückseiten ein hohes Maß an Übereinstimmung auf. Ausnahmen stellen die Zeiträume im März und April 2018 sowie der Zeitraum vom 11. bis 17.01.2019 dar. In diesen Zeiten erfolgten Untersuchungen und Arbeiten auf dem Gerüst. Die Raumlufftemperaturen folgten insgesamt stark gedämpft dem jahreszeitlichen Außenklimaverlauf. In diesem Zusammenhang markierte sich natürlich auch der Ausnahmesommer 2018 mit Maximalwerten der Raumlufftemperatur von $25,7^{\circ}\text{C}$, die ca. 5K über den maximalen Vorjahrestemperaturen ($20,6^{\circ}\text{C}$) im August 2017 lagen.

6. Seit März 2018 wurde in den Winterhalbjahren sowohl in der Raumluff im Umfeld aller untersuchten Skulpturen wie auch bei den Oberflächentemperaturen auf den Rückseiten der Skulpturen keine Unterschreitungen des Gefrierpunktes beobachtet. Die Tiefstwerte lagen sowohl in der umgebenden Raumluff wie bei den Oberflächentemperaturen an den Skulpturrückseiten bei $2,0^{\circ}\text{C}$. Zieht man die langjährigen Messergebnisse aus dem Bereich des Lettners hinzu war festzustellen, dass die Unterschreitung des Gefrierpunktes eine ausgesprochen seltene Ausnahmesituation darstellte, aber durchaus vorkommen konnte.

7. In den untersuchten Jahresverläufen 2018 bis 2020 an den Skulpturen sowie unter Berücksichtigung der Messwerte seit 2014 am Lettner war festzustellen, dass sich die Werte der relativen Luftfeuchte in den Jahresverläufen wiederholt und langfristig im Wertebereich über 70% rel. Feuchte bei gleichzeitigen Raumluft- und Materialtemperaturen über 6°C bewegten. Damit wurde ein Raumklimabereich abgedeckt, der mikrobiologisches Wachstum ermöglichte, das bei höhere Luft- und Materialtemperaturen zusätzlich begünstigt wird.

8. An dieser Stelle soll rückblickend auf die wiederholt erfreulichen Untersuchungsergebnisse der mikrobiologischen Aktivitätsuntersuchungen hingewiesen werden, die keinen Hinweis auf eine aktive mikrobiologische Besiedlung oder eine Besiedlung in jüngerer Vergangenheit ergaben (siehe Grimm-Remus, C. und Kalisch, U., Bericht HAL 24/2018 Mikrobiologische Voruntersuchungen vom 29.08.2018). Grundsätzlich ist aber nicht auszuschließen, dass der umfassende Bindemittelverlust der Fassung auch auf einen mikrobiologischen Abbau organischer Fassungbestandteile zurückzuführen ist. Bei der Auswahl geeigneter Restaurierungsmaterialien, sind die für mikrobiologisches Wachstum günstigen raumklimatischen Bedingungen unbedingt zu berücksichtigen. Während und nach der Restaurierung, ist diesem möglichen erneuten Schädigungsfaktor durch entsprechende Kontroll- und Pflegeuntersuchungen an den Skulpturen dringend Rechnung zu tragen.

9. Bedingt durch die wiederholt sehr langen, trockenen und warmen Ausnahmesommer 2018 bis 2020 muss man davon ausgehen, dass die bisher vorliegenden Raumklimamessungen an den Skulpturen im Hohen Chor bis Mai 2020 für eine langfristige Bewertung der Raumklimasituation immer noch nicht repräsentativ sind. In diesem Zusammenhang ist es aber möglich auf die langjährigen Messreihen am Lettner zurückzugreifen. Ein Vergleich mit dem Verlauf der Raumklimadaten am HI Stephanus (I045) mit den zeitgleichen Messwerten am Lettner belegt eine hohe Übereinstimmung. Da die Messwerte an den Skulpturen untereinander sehr gut übereinstimmen sowie ein hohes Maß an Übereinstimmung mit den Messwerten am Lettner festzustellen ist, kann man auch von einer sehr guten Raumluftdurchmischung im Hohen Chor ausgehen (siehe Abb. 48). Bedingt durch die gute Übereinstimmung ist die langfristige Fortsetzung der Raumklimamessungen am Lettner als einem sehr wichtigen Referenzmesspunkt ausgesprochen wichtig.

Comfort-Software V3		Diagramm 8	Seite 1/1	Min:	Max:	Mit:
D:\aktuelle Dateien\Ortsverzeichnis\HALBERSTADT\Dom\Dom\DBU-Projekt	K:1 %rF			35.90	91.40	71.87
MST 30.1 Halberstadt Dom, Kirchenschiff	K:2 °C			-1.10	25.80	12.13
Vergleich Messpunkt Lettner rel. F. [rot] Temp. [grün] mit dem Messpunkt am HI	K:1 %rF			38.60	88.70	70.11
Stephanus IO45 rel. F. [dunkelblau], Temp. [hellblau]	K:2 °C			-1.00	25.70	12.02

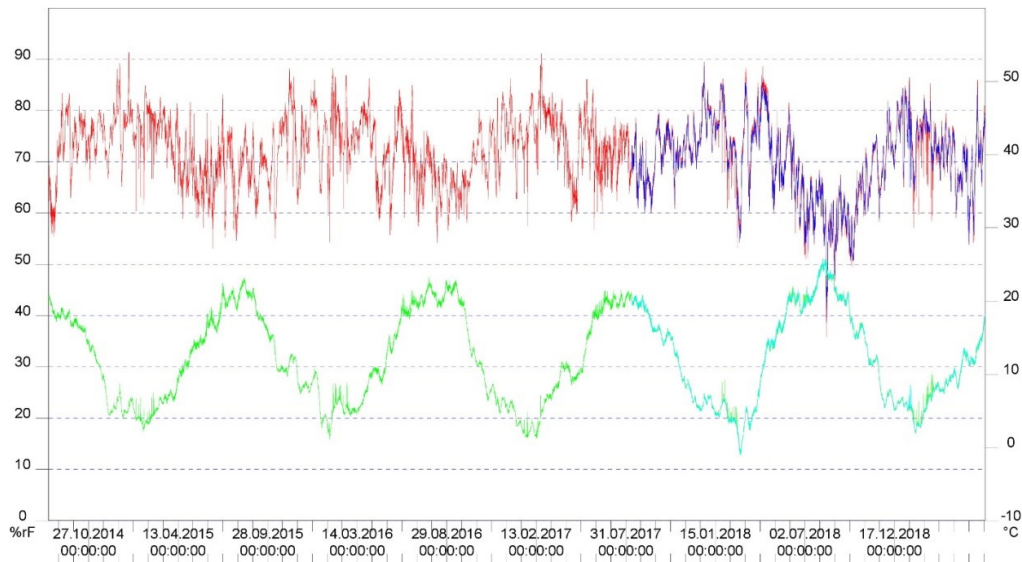


Abbildung 48: Die Raumklimaaufzeichnungen am Lettner weisen eine hohe Übereinstimmung mit den Raumklimaaufzeichnungen an den Skulpturen auf und können somit langfristig als Referenzmessungen gelten

4.2.2 Untersuchungen zu den Luftbewegungen im Hohen Chor

Die Untersuchung von Luftbewegungen in historischen Räumen zählen bedingt durch ihre geringe Häufigkeit eher zu Ausnahmeuntersuchungen.

Mit der Absicht eine möglichst große Palette an in Frage kommenden Einflussfaktoren auf die Skulpturen zu untersuchen, wurden auch diese Messungen im hohen Chor im Halberstädter Dom vorgenommen.

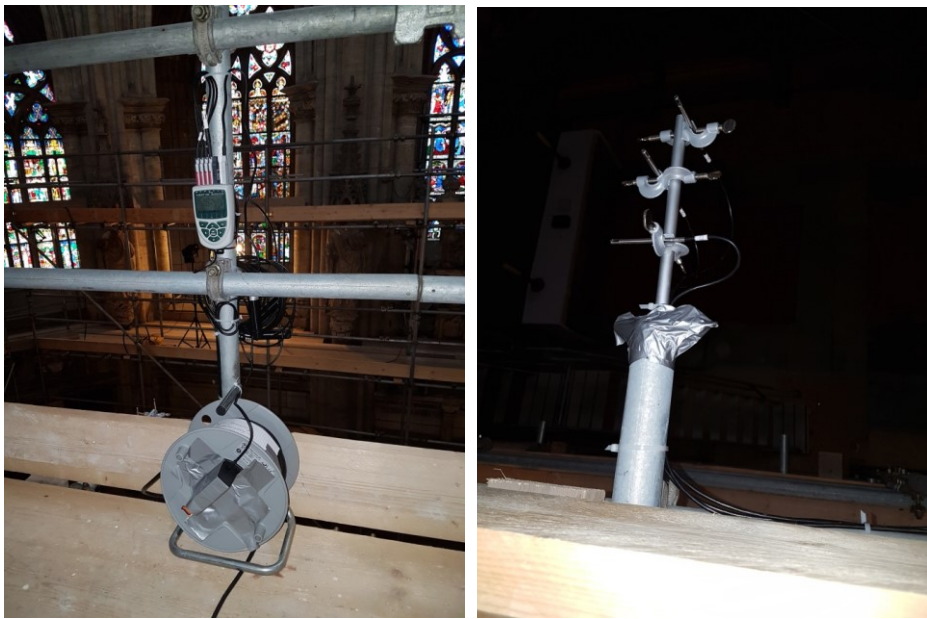


Abbildung 49, Abbildung 50: Messwertspeicher für die Luftströmungsmessung und Sensoren für die Luftströmungsmessung

Die Messung der Luftströmung wurde in diesem Fall in Nord-Süd, in Ost-West und in vertikaler Richtung vorgenommen (siehe Abb. 49, 50 und 51).



Abbildung 51: Aufzeichnung der Luftbewegung in Nord-Süd- und Ost-West-Richtung sowie in vertikaler Ausrichtung im nördlichen Bereich des Hohen Chores.

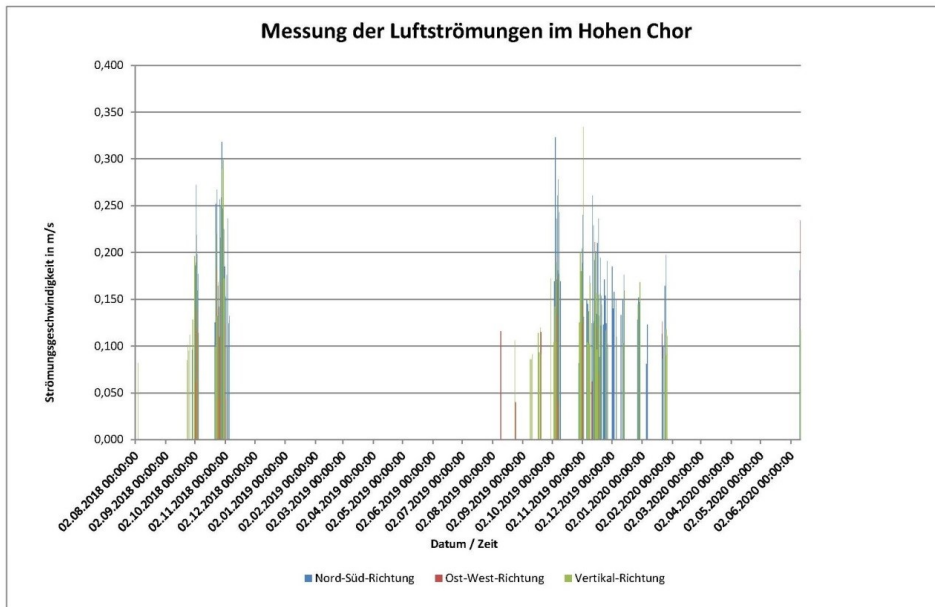


Diagramm 9

Abbildung 52: Diagramm 9 mit der Darstellung der Strömungsgeschwindigkeiten der Luftbewegung in allen drei Raumachsen.

In diesem Zusammenhang ist hervorzuheben, dass es sich bei den Messfühlern um sehr empfindliche Sensoren der Firma Ahlborn handelt, die Luftbewegungen ab einer Größenordnung von 0,08m/s mit einer Genauigkeit von $\pm 0,04$ m/s verlässlich erfassen. Die Auflösung der Messwertaufzeichnung liegt sogar bei 0,001 m/s. Bisher liegen zusammenhängende Messreihen von 12.06. bis 14.11.2018, vom 05.06.2019 bis zum 28.01.2020 und vom 05.05.2020 bis zum 07.07.2020 vor.

Aus dem Vergleich der Werte der Strömungsmessung mit den Daten von Sturmereignissen wie zum Beispiel Sturmtief Fabienne am 23.09.2018, Tief Sieglinde am 23.10.2018, Tief Tina am 30.10.2018 oder Sturmtief Mortimer am 30.09.2019 lässt sich ein eindeutiger Zusammenhang ablesen (siehe Abb. 52 bzw. Diagramm 9). Bei allen vier Sturmtiefs traten tägliche Windspitzen der Beaufort-Stufe 12 also Windgeschwindigkeiten von mehr als 118 km/h auf //1/. Dies führte zu Luftströmungen im Hohen Chor von bis zu 0,3 m/s. bzw. 1,08 km/h. Dies sind zwar spürbare aber geringe Luftbewegungen, deren mögliche Einflüsse auf die Verschmutzung der Skulpturen zu berücksichtigen ist.

Hinsichtlich der Ergebnisse der raumklimatischen Untersuchungen ist zusammenfassend fest zu stellen, dass die Raumklimauntersuchungen im Rahmen der Projektlaufzeit von 2018 bis 2020 im Hohen Chor eine hohe Übereinstimmung der Raumklimabedingungen an den Skulpturen und dem Lettner belegen. Dies bestätigt die Annahme einer guten Raumluftdurchmischung im Hohen Chor. Die langjährigen Raumklimaaufzeichnungen am Lettner sind damit im Sinne eines Referenzmesspunktes von hohem Wert für die Gesamtbeurteilung der Raumklimasituation im Hohen Chor und müssen langfristig weitergeführt werden.

Es ist festzustellen, dass alle farblich gefassten Holz- und Natursteinoberflächen im Verlauf eines Jahres einer erheblichen thermischen und hygrischen Wechselbeanspruchung zwischen minimal 37,3% rel. F. und maximal 91,8% rel. Feuchte unterliegen. Kurzfristige Schwankungen der relativen Raumluftfeuchte im Umfeld der Skulpturen von mehr als 20% rel. F. sind keine Seltenheit. Die nachgewiesenen Raumklimabedingungen begünstigen darüber hinaus über lange Zeiträume im Jahresverlauf mikrobiologisches Wachstum.

Das Auftreten von Gefrierpunktunterschreitungen wurde grundsätzlich nachgewiesen, stellt aber eher eine Ausnahmesituation dar. An den Skulpturen wie auch langfristig am Lettner wurden keine Kondensationsbedingungen an den untersuchten Materialoberflächen registriert. Die Raumlufttemperaturen folgten stark gedämpft den Jahresgang des Außenklimas und schwankten im gesamten Aufzeichnungszeitraum zwischen minimal -1,0°C und maximal 25,7°C.

Seit dem 12. Juni 2018 erfolgt die Aufzeichnung der Luftbewegung im Hohen Chor in allen drei Raumachsen. In Verbindung mit dem Auftreten der Sturmtiefs Fabienne, Sieglinde, Tina und Mortimer von September bis November 2018 sowie Oktober und November 2019 waren deutliche aber sehr geringe Luftbewegungen bis 0,3 m/s (1,08 km/h) im Hohen Chor festzustellen, deren Schadenspotential hinsichtlich von Staumlagerungen zu berücksichtigen ist.

/1/ Link zum Deutschen Wetterdienst: Angabe zu den Windspitzen

<https://www.dwd.de/DE/leistungen/windspitzen/windspitzen.html>

4.2.2 Untersuchungen der mikrobiologischen Wachstumsaktivität an den Skulpturen

Ergänzend zu den raumklimatischen Untersuchungen erfolgten an den Skulpturen im Hohen Chor am 05. April 2018 bei ca. 6°C Raumlufttemperatur und am 23. Mai 2018 bei ca. 17,1°C Raumlufttemperatur erste mikrobiologische Voruntersuchungen zur Abschätzung der mikrobiologischen Besiedlungsaktivität.

Dazu wurden an ausgewählten Skulpturen, die durch Frau Dipl.-Restauratorin Grimm-Remus ausgewählt wurden, durch Herrn Dipl.-Ing. Kalisch vom IDK Abstriche mit Wattetupfern entnommen. Die Fotodokumentation der Probeentnahmestellen erfolgte durch Frau Grimm-Remus (siehe IDK-Bericht HAL 24/2018 vom 29.08.2018). Begleitend war Frau Anna Steyer Masterstudentin der TH- Köln, Institut für Restaurierungs- und Konservierungswissenschaft bei der Probenahme am 05. April 2018 anwesend. Am 23.05.2018 wurde die Probenahme durch Herrn Dipl. Mineralogen Zötzel vom IDK unterstützt.

In Abstimmung mit Frau Prof. Petersen von der Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst in Hildesheim nutzt das IDK für die mikrobiologischen Aktivitätsuntersuchungen zwei Geräte.

Mit dem Gerät Lumitester PD-20 der Firma Kikkoman Food Products Company werden die Substanzen Adenosintriphosphat (ATP) und Adenosinmonophosphat (AMP) als Summenwert bestimmt und in Relative Light Units (RUL) angegeben. Das Gerät Lumitester C-110 der gleichen Firma weist ausschließlich den Gehalt ATP in RUL aus.

RUL ist ein für die ATP- und AMP-Konzentration äquivalenter Messwert, der sich aus der Nachweismethode ergibt. Die Ergebnisse werden in RUL/cm² angegeben, nachdem die Probe von einer vorgegebenen Fläche von 2x2 cm mit einem Wattetupfer abgenommen wurde.

ATP ist ein Energieträger und ein Regulator für energieliefernde Prozesse in den Zellen. AMP ist über Zwischenstufen ein Abbauprodukt von ATP und gleichzeitig dessen Ausgangsstoff.

Nach Auskunft von Frau Prof. Petersen weisen hohe ATP-Werte auf einen aktiven Stoffwechsel lebender Zellen hin, während geringe ATP-Werte in Verbindung mit hohen Summenwerten aus ATP und AMP auf eine geringen Stoffwechsel- bzw. eine geringe biologische Aktivität hinweisen, aber auf ein Vorhandensein inaktiver oder toter Zellen schließen lassen. Bisher ist keine Aussage möglich wie lang diese Zellen bereits inaktiv oder tot sind.

Geringe Summenwerte aus ATP- und AMP-Werten sind ein Hinweis auf eine nur geringe mikrobiologische Besiedlung der untersuchten Oberflächen.

Frau Prof. Petersen orientiert auf einen Grenzwert von 100 RUL/cm², bezogen auf den reinen ATP-Wert, oberhalb dessen man auf eine mikrobiologische Aktivität schließen muss. Summenwerte aus ATP und AMP von über 500 RUL/cm² werden von ihr ebenfalls als Grenzwert charakterisiert.

Bei der Interpretation der Messwerte ist zu berücksichtigen, dass auch andere organische Verunreinigungen wie zum Beispiel Spinnenweben zu einem erhöhten ATP-Messwert führen können.

Im Rahmen der ersten Untersuchung am 05. April 2018 ergaben sich folgende Ergebnisse:

Probenbezeichnung	ATP + AMP - Wert in RUL/cm ²	ATP - Wert in RUL/cm ²	Bemerkung
HBS/I042PB01	51		ungereinigte Oberfläche
HBS/I042PB02	10		gereinigte Oberfläche
HBS/I042PB03		1	ungereinigte Oberfläche
HBS/I044PB01	897		Schmutzablagerung in Falte (kein flächenbezogener Wert)
HBS/I044PB02		90	Schmutzablagerung in Falte (kein flächenbezogener Wert)
HBS/I045PB01	155		Skulpturoberfläche, von der die Fassung selbständig abgefallen ist

HBS/I045PB02		2	Skulpturoberfläche, von der die Fassung selbständig abgefallen ist
HBS/I045PB03	26		ungereinigte Oberfläche
HBS/I047PB01	167		ungereinigte Halsoberfläche
HBS/I047PB02	4		ungereinigter aber gefestigter Bereich
HBS/I047PB03	14		ungereinigter Bereich
HBS/I047PB04		1	ungereinigte Halsoberfläche
HBS/I048PB01	38		ungereinigte Fassung
HBS/I049PB01	40		ungereinigter Bereich

Auf der Grundlage der von Frau Prof. Petersen von der Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst in Hildesheim definierten Grenzwerte ergeben sich für die Untersuchungsergebnisse vom 05. April 2018 keine signifikanten Hinweise auf eine zurückliegende, eine ruhende oder eine aktive mikrobiologische Besiedlung der untersuchten Oberflächen. Lediglich die Untersuchungen an sehr viel Probematerial aus einer Schmutzablagerung in einem Faltenzwickel, die durch Eintauchen des Wattetupfers in die Schmutzablagerung und ohne Flächenbezug erfolgte, wies eine Grenzwertüberschreitung des ATP + AMP - Summenwertes auf. Zur Überprüfung der ersten Ergebnisse vom 05. April 2018 wurde am 23. Mai 2018 eine zweite Untersuchung durchgeführt, um einen eventuellen Einfluss der niedrigen Raumlufttemperaturen auf das Untersuchungsergebnis, die am 05. April 2018 im Dom vorherrschten, auszuschließen. Die Probenahmen erfolgten erneut durch Abstriche mit Wattetupfern im Umfeld der am 05. April 2018 durch Frau Dipl.-Restauratorin Grimm-Remus ausgewählten Probeentnahmestellen. Diese Probenahme sowie die Bestimmung der ATP- und AMP-Werte führten Herrn Dipl.-Ing. Kalisch unter Mitwirkung von Herrn Dipl. Mineralogen Zötzl vom IDK durch. Auch die erneute Probenahme wurde durch Frau Grimm-Remus fotografisch dokumentiert (siehe IDK-Bericht HAL 24/2018 vom 29.08.2018). Es ist darauf hinzuweisen, dass verschiedene Untersuchungsflächen im Gegensatz zum ungereinigten Vorzustand bei der Nachuntersuchung durch die Laserreinigung gereinigt waren. Der jeweilige Zustand wird in der Spalte Bemerkung beschrieben.

Untersuchungsergebnisse der Probenahme vom 23. Mai 2018

Proben- bezeichnung	ATP + AMP - Wert in RUL/cm ²	ATP - Wert in RUL/cm ²	Bemerkung
HBS/I042PB04	189		gereinigte Oberfläche
HBS/I042PB05	52		gereinigte Oberfläche
HBS/I042PB06		1	gereinigte Oberfläche
HBS/I044PB03	387		gereinigte Falte (kein flächenbezogener Wert)
HBS/I044PB04		4	gereinigte Falte (kein flächenbezogener Wert)
HBS/I045PB04	112		gereinigte Skulpturoberfläche, von der die Fassung selbständig abgefallen ist
HBS/I045PB05		5	gereinigte Skulpturoberfläche, von der die Fassung selbständig abgefallen ist
HBS/I045PB06	196		gereinigte Oberfläche
HBS/I047PB05	734		ungereinigte Halsoberfläche
HBS/I047PB06	9		gereinigter Bereich der vorher in ungereinigtem Zustand gefestigt wurde
HBS/I047PB07	18		gereinigter Bereich
HBS/I047PB08		3	ungereinigte Halsoberfläche
HBS/I048PB02	17		gereinigte Fassung
HBS/I049PB02	55		ungereinigter Bereich

Zusatzprobe:

Putzprobe aus dem Kreuzgang mit Schimmelauflage im Ausgangszustand

ATP+AMP-Wert: 5778 RUL bezogen auf die Hälfte der zur Verfügung stehenden Probenfläche (ca. 1 x 2 cm)

Laserreinigung der Probe durch Frau Grimm-Remus

ATP+AMP-Wert: 6824 RUL bezogen auf die gesamte zur Verfügung stehende Probenfläche (ca. 2 x 2 cm)

Im Ergebnis der Nachuntersuchung vom 23. Mai 2018 ist festzustellen, dass außer am Messpunkt HBS/I047PB05 (Probe vom Hals des Hl. Paulus) kein Messwert der Summenbestimmung aus ATP- und AMP-Wert sowie dem direkten ATP-Wert oberhalb der durch Frau Prof. Petersen definierten Grenzwerte lag. Die Grenzwertüberschreitung am genannten Messpunkt liegt bei 734 RUL/cm² bei einem Grenzwert von 500 RUL/cm². Es ist denkbar, dass das Inkarnat der Skulptur ein organisches Bindemittel aufweist und dies die Grundlage einer zumindest zurückliegenden erhöhten mikrobiologischen Aktivität bildete. Bedingt durch die höheren Raumlufttemperaturen zum Nachuntersuchungszeitpunkt könnte sich die zurückliegende mikrobiologische Aktivität besser nachweisen lassen. Eine aktuell erhöhte aktive mikrobiologische Aktivität ließ sich an Hand der vorliegenden geringen ATP-Werte zu beiden Untersuchungszeitpunkten nicht nachweisen.

Bei der Probe HBS/I044PB01 bis PB04 (Hl. Petrus) hat die Reinigung der Gewandfalte zu einer deutlichen Abnahme des Summenwertes aus ATP- und AMP-Wert sowie des direkten ATP-Wertes geführt.

Tendenziell lagen bei der Nachuntersuchung im Mai 2018 alle Messwerte der Oberflächen etwas höher, die sich in gleichem gereinigtem oder ungereinigtem Zustand befanden, als bei der Voruntersuchung im April 2018 bei deutlich geringeren Raumlufttemperaturen. Die leichten Unterschiede lassen sich mit einer etwas stärkeren Aktivität der Mikroorganismen bei den erhöhten Temperaturen sowie der erhöhten Reaktivität der Prüfröhrchen bei den höheren Raumlufttemperaturen im Mai 2018 erklären, als sie Anfang April 2018 vorlagen.

Während der Untersuchungen wurde durch Herr Zötzl die Frage aufgeworfen, welchen Einfluss die Laserreinigung auf mikrobiologisch aktive Oberflächen ausübt. Dazu wurde im Kreuzgang (Werkstattraum Frau Grimm-Remus) eine augenscheinlich mit Schimmel behaftete Probe entnommen, sowie deren Summenwert aus ATP und AMP bestimmt (siehe oben). Daraufhin wurde die Probe einer Laserreinigung mit der Intensität unterzogen, wie sie zurzeit zur Reinigung der Skulpturen und deren Fassung eingesetzt wird. Danach erfolgte die erneute Bestimmung des Summenwertes aus ATP und AMP. Im Ergebnis war keine Abschwächung des Summenwertes festzustellen, sondern tendenziell sogar eine Erhöhung (Werte siehe oben). Nach diesem Tastversuch ist festzustellen, dass die Laserreinigung an den Skulpturen im Chor zu keiner mikrobiologischen Desinfektion beitragen wird. Im Rahmen dieses Projektes kann die Fragestellung welchen Einfluss die Laserreinigung bei verschiedenen Intensitäten oder Wellenlängen auf eine mikrobiologische Oberflächenbesiedlung ausübt nicht systematisch abgeklärt werden. Grundsätzlich veranschaulicht diese Fragestellung einen zukünftigen Forschungsbedarf, der der Laserreinigung über die sehr schonende Oberflächenreinigung hinaus neue Anwendungsgebiete eröffnet.

5 Notsicherungskonzept

5.1 Jette Gutglück: Bachelorthesis „Modellhafte Sicherung der polychromen Fassung an den gotischen Steinskulpturen des Halberstädter Doms unter Anwendung einer Facing-Technologie- Erprobung geeigneter Facing-Materialien und Festigungsmittel“

5.1.1 Einleitung

2014 fand eine erste Begutachtung zum Erhaltungszustand der 14 polychrom gefassten Skulpturen des Hohen Chores statt. Nach den ersten Versuchen zur Notsicherung der geschädigten Fassung ergab sich ein dringender Handlungsbedarf zur Sicherung des Objektbestandes, da der Zustand der Fassung als höchst desolat eingestuft wurde.

Neben der massiven Verschmutzung und dem bereits fortgeschrittenen großflächigen Verlust war vor Allem das Ablösen der Fassung unübersehbar. Das Lösen der Malschicht zeigte sich in Form von Blasenbildung und Aufplatzungen. Besonders prägnant war das Absteigen ganzer Fassungspakete mehrere Millimeter vom Steinuntergrund. In vielen Bereichen war die Fassung durch den Verlust des Bindemittels innerhalb der Malschicht derart entfestigt, dass diese hauchdünne, spröde und porös erscheinende Schicht bei jeglicher Berührung kollabierte.

Im Rahmen des durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt geförderten Projektes sollte eine geeignete Technik unter Anwendung einer Facing-Technologie eruiert werden. Die an der Fachhochschule Potsdam gefertigte Bachelor-These hatte zum Ziel, verschiedene Materialien auf ihre Eignung hin als neues Facing-Material zu prüfen. Hierzu wurden Materialanforderungen definiert und die Facing-Materialien und auch Festigungsmittel modellhaft an Werkstattobjekten sowie an simulierten geschädigten Malschichten erprobt. Exemplarisch wurde sich an den Fassungsschäden des Heiligen Jakobus minor orientiert, da die Fassungsschäden hier sehr stark ausgeprägt waren und die Figur somit als repräsentativ für den gesamten Apostelzyklus galt.



Abbildung 53: Heiliger Jakobus minor mit Fassungsschäden – Abstehende Malschicht, Aufplatzungen und einer fragilen porösen Malschicht.

5.1.2 Facing-Materialien und Festigungsmittel

Im Gegensatz zu zweidimensionalen ebenen Flächen von z.B. Wandmalereien oder Gemälden, musste sich ein Facing der figurativen dreidimensionalen Oberfläche einer Steinskulptur anpassen können. Hierzu wurden Anforderungskriterien formuliert, die im Wesentlichen die Flexibilität, Handhabung, Haftfähigkeit, Saugfähigkeit und Transparenz der Materialien umfassen.

Zur Eingrenzung der zu testenden Facing-Materialien wurde eine Vorauswahl getroffen. Verschiedene Gewebe und Papiere wurden optisch, haptisch und auch applikatorisch geprüft. Neben Echt-Japan-Seidenpapier wurden verschiedene Vliesgewebe, Kompressenmaterial aus dem medizinischen Bereich, Glasfasergewebe, Baumwollstoffe, Mikrofaserstoffe verschiedenster Zusammensetzung, Seidenstoffe, ein Mikrofilament-Textil, Tüll,

Nylon, transparente Polyesterstoffe und Sympatexmembrane getestet. Die Endauswahl der Test-Facings fiel auf Echt-Japan-Seidenpapier 11 g/m², sowie zwei Gewebe aus 100 % Maulbeerseide, Chiffon-Seide 15 g/m² und Habotai-Seide 22 g/m².

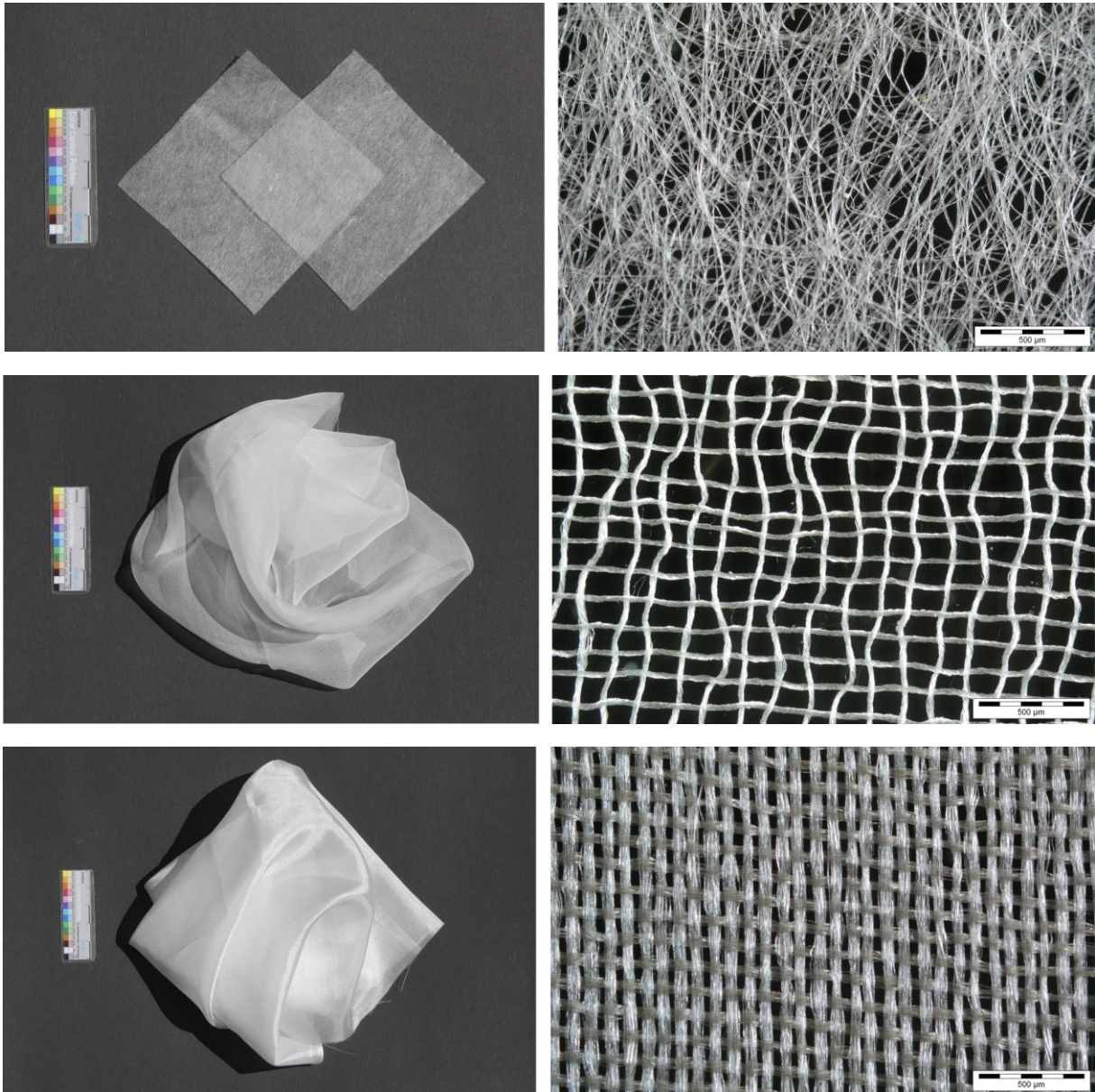


Abbildung 54: Echt Japan-Seidenpapier 11 g/m², Verfilzung der Papierfasern.

Abbildung 55: Chiffon-Seide 15 g/m² mit großer Maschenweite in Leinwandbindung.

Abbildung 56: Habotai-Seide 22 g/m² mit feiner dichter Struktur in Leinwandbindung.

Echt Japan-Seidenpapier besteht aus Kozi Fasern und Manila Hanf. Die Papierfasern sind durch Verfilzung und kreuzweise Überlagerung miteinander verbunden. Chiffon-Seide ist fein, hauchdünn und hoch transparent in einer Leinwandbindung mit einer hohen Maschenweite gewebt. Chiffon ist ein Kreppgewebe bei dem die Einzelfäden miteinander stark überdreht sind, wodurch eine unregelmäßige gekräuselte Oberfläche entsteht. Habotai-Seide ist ebenfalls in einer Leinwandbindung verwebt, hat eine glatte, glänzende Oberfläche und eine feine, sehr dichte Struktur. Wegen ihrer guten Farbaufnahmeeigenschaften wird sie in der Seidenmalerei verwendet.

Zur Durchführung der Festigungsversuche wurden Festigungsmittel verwendet, die in der restauratorischen Praxis bereits bekannt und etabliert sind. Es wurde der wasserlösliche Kunststoff Polyvinylalkohol 4-98, Hausenblasenleim und das Seetangpräparat TRI-Funori in jeweils zwei verschiedenen Feststoffkonzentrationen getestet.

5.1.3 Methodik / Versuchsaufbau / Versuchsreihen

In der Regel wird ein Facing trocken aufgelegt und anschließend das Festigungsmittel mit dem Pinsel aufgebracht. In dem hier vorliegenden Fall musste dies allerdings kritisch betrachtet werden, da die sehr fragile Fassung höchstwahrscheinlich bereits bei der Berührung durch das trockene Facing kollabiert und verlustig gegangen wäre. Es schien daher sinnvoller das Facing, mit Festigungsmittel, in getränktem Zustand anzulegen, da die Malschicht gleich am Gewebe haften konnte bevor sie abgefallen wäre. Alle genannten Versuche wurden nach diesem Verfahren durchgeführt. Die Festigungsmittel wurden in folgenden Feststoffkonzentrationen verwendet:

- Polyvinylalkohol 4-98 1% und 2%
- Hausenblasenleim 1% und 2 %
- TRI-Funori 0,3 % und 0,6 %

Der Aufbau der Versuchsreihen wurde möglichst praxisnahe gestaltet. Mit dem Ziel die Versuchsergebnisse auf die Fassungssicherung am St. Jakobus minor übertragen zu können, wurden Werkstattobjekte mit ähnlich ausgeprägten Gewandfalten gewählt. Die Applikationsfähigkeit und das Verhalten der Facing-Materialien während der Festigung, folglich die Handhabung, Flexibilität, Haftfähigkeit, Saugfähigkeit und die Transparenz, konnten modellhaft erprobt werden. Hier dienten eine Gipsherme mit einer verwitterten, unregelmäßigen und stark saugenden Oberfläche und ein Fragment einer Grabterrakotta mit einer glatten kaum saugenden Oberfläche als Versuchsobjekte.



Abbildung 57: Werkstattobjekte, Gipsherme (li.) und Grabterrakotta (re.).

Auf Grundlage der durchgeführten Fassungsuntersuchung wurde der weitere Versuchsaufbau festgelegt. Als Bindemittel konnte Gips nachgewiesen werden. Dem entsprechend wurden für die Simulation der geschädigten Fassung zwei verschiedene Arten von Probekörpern mit Gipsmischungen hergestellt, mit denen zum Einen abstehende Malschichten und zum Anderen bindemittelarme k Reidende Farbschichten nachgestellt werden konnten.

An den Probekörpern mit abstehender Fassung wurde das Niederlegen und Fixieren der Malschicht mit Hilfe der Facing-Methode geprüft. Dazu wurden, mit Hilfe einer Keilkonstruktion, nach unten hin abstehende Malschichten an senkrecht verlaufenden konkaven Steinoberflächen simuliert. Diese Halbröhrenform wurde gewählt, weil dies die Stellen sind, die mit einem Facing am schwierigsten zu erreichen sind - Vertiefungen von Gewandfalten. Die Versuchsmalschicht bestand aus Alabaster-Gips, Französisch Ocker und Primal SF 016.



Abbildung 58: Probekörper mit absteigender Malschicht.

Die Prüfkörper mit der bindemittelarmen und leicht kreidenden Fassung dienten der Prüfung des Festigungsvermögens innerhalb der Malschicht. Neben den Beobachtungen zur Oberflächenbeschaffenheit der Fassung nach der Festigung wurden hier auch die Schälwiderstands- und Gitterschnittprüfung durchgeführt. Die Malschicht bestand aus Alabaster-Gips, Französisch Ocker und Wasser und wurde in gleichmäßiger Schichtdicke auf den unbehandelten Untergrund von Obernkirchener Sandstein Platten aufgebracht.

Abschließend wurden mit den favorisierten Materialien erste Probefestigungen am St. Jakobus minor im Halberstädter Dom vorgenommen.

5.1.4 Ergebnisse

Das ausgewählte Japanpapier und die beiden Seidengewebe schienen anfangs ähnlich geeignet, zeigten in den Versuchen jedoch deutliche Unterschiede auf.

In der Versuchsreihe zur Applikationsfähigkeit der Facing-Materialien an den Werkstattobjekten gestaltete sich die Handhabung des getränkten Japanpapiers sehr schwierig. Es war schwer steuerbar, klebte schnell aneinander oder blieb an den Fingern haften. Die Flexibilität war nur befriedigend, da das Papier auch während des Anlegens schnell gerissen ist. Die Haftung am Untergrund und die zur Arbeitskontrolle notwendige Transparenz waren hervorragend. Außerdem zeigte das Japanpapier die beste Faltbarkeit. D.h. die beim Anlegen praktisch immer entstehenden Falten, verliefen sehr glatt und fein. Sie stellten sich nicht wieder auf und gewährten somit eine gute Haftung an der Oberfläche. Die Saugfähigkeit des Materials war gut, es ließ das Festigungsmittel kaum auslaufen. Die Abnahme nach der Festigung gelang im feuchten Zustand gut, das Wiederanlösen und Abnehmen jedoch nicht. Das Japanpapier riss ein, riffelte sich auf und hinterließ dabei Fasern auf der Oberfläche.

Die Handhabung der Chiffon-Seide war wie beim Japan-Papier schwierig. Die Seide ließ sich schwer steuern und klebte unkontrolliert aneinander. Die Flexibilität und die faltbarkeit waren gut. Chiffon ließ sich gut an die dreidimensionale Oberfläche anlegen. Hervorragend war die Transparenz. Schlecht dagegen war die Haftung der Seide am Untergrund. Von der unregelmäßigen Oberfläche der Gipsherme hob sich das Gewebe immer wieder ab. Besonders negativ fiel Chiffon in Bezug auf die Saugfähigkeit auf. Wegen der relativ großen Maschenweite war es nicht in der Lage das Festigungsmittel zu halten. Es tropfte aus und verteilte sich unkontrolliert auf andere Bereiche. Die Abnahme verlief unproblematisch, nur vereinzelt lösten sich Fäden aus der Bindung am Rand. Ganz anders zeigte sich die Applikationsfähigkeit bei der Habotai-Seide. Die Handhabung der Seide war sehr gut. Sie ließ sich gut führen, blieb glatt und klebte nicht unkontrolliert. Die Flexibilität und die faltbarkeit waren gut, so dass die Seide mühelos der Form der Gewandfalten folgen konnte. Die Haftung am Untergrund und die Saugfähigkeit waren sehr gut. Das Festigungsmittel wurde gut vom Gewebe aufgenommen und auch gehalten. Die Transparenz zur Arbeitskontrolle war wie bei den beiden anderen Geweben hervorragend. Auch die Abnahme des Gewebes verlief problemlos, es lösten sich nur selten Fäden aus der Bindung.



Abbildung 59: Facing-Materialien nach den Applikationsversuchen; Echt Japan-Seidenpapier (li.), Chiffon-Seide (Mitte) und Habotai-Seide (re.)

In der Versuchsreihe zur Niederlegung einer abstehenden Malschicht bestätigten sich die oben genannten Beobachtungen zur Applikationsfähigkeit der Facing-Materialien. Grundsätzlich führten alle drei Festiger zu einer guten Haftung der Malschicht am Untergrund. Eine differenzierte Aussage zum Festigungserfolg in Abhängigkeit zur Konzentration der Festigungsmittel oder zu den Facing-Materialien konnte allerdings nicht gemacht werden, da alle Proben nach der Trocknung gleich aussahen. Sie waren gebrochen und insgesamt verdunkelt. Es konnte

nicht ermittelt werden, ob dies an der Schichtdicke, der Unregelmäßigkeit der Schicht, dem Gips selbst oder an dem Acrylzusatz lag.

Die Festigung der bindemittelarmen leicht kreidenden Fassung verlief nach haptischer Prüfung erfolgreich. Es konnte kein Kreiden mehr festgestellt werden. Die Oberflächenstruktur war unverändert, es waren weder Gewebeabdrücke noch Fasern sichtbar. Dafür kam es aber zu deutlichen Farbveränderungen. Besonders beim Polyvinylalkohol kam es zu einer starken Verdunkelung der Malschicht und zur Randbildung. Auch der Hausenblasenleim führte zu Farbvertiefungen, Randbildung und teilweise zur Bildung weißer Schleier. TRI-Funori dagegen führte kaum optische Veränderungen herbei. Es war lediglich vereinzelt eine weiße Schleierbildung sichtbar.



Abbildung 60 (oben): Farbvertiefung durch Polyvinylalkohol.

Abbildung 61 (mittig): Farbvertiefung und Randbildung durch Hausenblasenleim.

Abbildung 62 (unten): kaum sichtbare Farbveränderungen durch TRI- Funori.

Um Auskunft über die Qualität der oberflächennahen Kohäsion der Malschicht zu erhalten, wurde der Schälwiderstand ermittelt. Die Prüfung dessen zeigte bei allen Proben eine deutliche Erhöhung im Vergleich zur

Referenzprobe, welches als positiver Festigungserfolg gewertet werden konnte. Am besten schnitt Hausenblasenleim mit einer Erhöhung um 38% ab. Danach folgte TRI-Funori mit 33% und Polyvinylalkohol mit einer 30%igen Erhöhung des Schälwiderstandes.

Die Gitterschnittprüfung dient zur Abschätzung der Haftfestigkeit einer Beschichtung. Hierzu wurden Gitterschnitte durch die Malschicht bis auf den Untergrund angebracht. Die Schnittflächen wurden visuell bewertet und in Gitterschnittkennwerte eingeteilt. 0 stellte den besten Wert und 5 den schlechtesten Wert dar. Die hier ermittelten Gitterschnittkennwerte befanden sich im Mittelfeld zwischen 2 und 3. Insgesamt lieferten die Proben, die mit Hausenleim behandelt wurden, die besten Ergebnisse, unabhängig von der Festigungsmittelkonzentration. Die Proben mit Polyvinylalkohol und TRI-Funori zeigten schlechtere Werte bei den höheren Konzentrationen, obwohl eigentlich erwartet wurde, dass die Proben mit den niedrigeren Feststoffkonzentrationen eine schlechtere Haftfestigkeit haben würden. Möglich wäre, dass hier eine Überfestigung der Oberfläche stattfand. Die Proben mit den höheren Konzentrationen sind eventuell spröder an der Oberfläche und brechen daher eher beim Anlegen des Gitterschnitts, als die Proben mit den niedrigeren Konzentrationen.

5.1.5 Schlussfolgerung / Schlussbetrachtung

Die an der FH-Potsdam absolvierte Bachelor-Thesis setzte sich mit der Schadensproblematik der polychromen Fassung am Beispiel des Heiligen Jakobus minor aus dem Hohen Chor des Halberstädter Domes auseinander. Besonders die Fassung des Gewandes war höchst fragil, der Verlust bereits weit fortgeschritten. Die Malschicht stand vom Untergrund ab, zeigte sich stellenweise hauchdünn, spröde und porös aber auch brüchig, aufgeplatzt und aufgeschoben. Es sollten neue Facing-Materialien zur Fassungssicherung erprobt werden, mit denen es möglich war die geschädigte Fassung an den Träger zu reapplizieren bevor sie in sich zerfällt und somit verloren geht. Gleichzeitig mussten sich diese Facing-Materialien einer figurativen Oberfläche einer Skulptur anpassen können.

Die Auswahl der zu prüfenden Facing-Materialien fiel auf Echt-Japan-Seidenpapier 11 g/m², Chiffon-Seide 15 g/m² und Habotai-Seide 22 g/m². Das Japanpapier war schwer handhabbar, riss leicht ein und klebte unkontrolliert. Die Haft- und Saugfähigkeit sowie die zur Arbeitskontrolle notwendige Transparenz konnten als sehr gut bewertet werden. Auch die Chiffon Seide war nicht gut zu steuern. Besonders fiel sie aber wegen ihrer mangelnden Saugfähigkeit auf. Wegen der hohen Maschenweite lief das Festigungsmittel leicht aus dem Gewebe und verteilte sich auf andere Bereiche. Daraus ergab sich eine geringere Haftfähigkeit an der Fassung und am Untergrund. Die Habotai-Seide hingegen ließ sich sehr gut steuern. Sie war flexibel an die Gewandfalten zu legen und überzeugte mit einer sehr guten Haft- und Saugfähigkeit. Der Forderung nach Transparenz entsprach sie ebenfalls. Bei der abschließenden Probefestigung am Jakobus minor verhielt sich die Seide wie in

den Werkstattversuchen. Die geschädigte Fassung konnte problemlos gesichert, replaziert und an den Träger gebunden werden.

Für alle drei Festigungsmittel konnte nach haptischer Prüfung der Oberfläche eine ausreichende Festigungswirkung festgestellt werden. Wegen der starken Farbvertiefung wurde Polyvinylalkohol ausgeschlossen. TRI-Funori überzeugte weniger wegen guter Festigungseigenschaften, sondern wegen seiner guten optischen Eigenschaften. Hausenblasenleim führte ebenfalls zu Farbvertiefungen und Schleierbildung, erzielte aber gute Festigungsergebnisse.

Im Rahmen der geprüften Materialien konnte Habotai-Seide ohne Einschränkungen als geeignetes Facing-Material benannt werden. Ihren Einsatz fand sie auch anschließend zur Fassungssicherung der Heiligenfiguren im Hohen Chor. Somit konnte diese Arbeit einen kleinen Beitrag zur Sicherung stark geschädigter Farbfassung auf mittelalterlichen Steinskulpturen im Halberstädter Dom leisten.

5.2 Anna Steyer & Judith Hartung: Masterthesis „Die Chorpfeilerfiguren im Dom zu Halberstadt. Beispielhafte Untersuchung und Entwicklung eines Reinigungs- und Festigungskonzeptes“

5.2.1 Einleitung

Die Chorpfeilerfiguren nehmen im Halberstädter Dom eine herausragende Stellung ein. Die gefassten, nahezu lebensgroßen Steinskulpturen entstanden zwischen 1420 und 1460 und waren bis zum Beginn des DBU-Projektes restauratorisch nahezu unerforscht. Eine intensive Archiv- und Literaturrecherche erbrachte nur wenige Hinweise zu den Skulpturen. Die früheste Quelle stammt aus dem Jahr 1653.¹⁵ In den Reiseführern oder Festschriften finden die Figuren nur eine kurze Erwähnung.¹⁶ Erst Anfang des 20. Jahrhunderts wuchs das Interesse und es folgten die ersten kunstgeschichtlichen Bewertungen und Einordnungen.¹⁷ Wie gering das Interesse an den Chorpfeilerfiguren war, ist an dem Umgang während des Zweiten Weltkriegs abzulesen. Die Figuren blieben ungeschützt und nach der schweren Beschädigung des Domes der Witterung ausgesetzt.¹⁸ Eine erste restauratorische Untersuchung erfolgte erst in den 1980er Jahren, wobei vermutlich nur drei Skulpturen aus der Nähe betrachtet wurden.¹⁹

Akuter Handlungsbedarf bestand seit der Entdeckung der stark gefährdeten Fassung im Jahr 2014, was gezielte Maßnahmen anstieß und zu der Beantragung des DBU-Projektes führte. Die Schadensursachen sind auf Ereignisse des Zweiten Weltkriegs und dessen Folgen zurückzuführen. Neben Fassungsverlusten waren die Hauptschadensphänomene teils großflächig oder dachförmige abgelöste Fassung, stark unterbundene Farb- und Grundierungsschichten sowie Blasen in der Fassung in Kombination mit einer sehr starken Oberflächenverschmutzung. Wegen der starken Auflage von Fremdmaterial war eine Festigung und Wiederanbringung der Fassung besonders in den Gewandbereichen ohne Verluste im damaligen Zustand nicht möglich. Die Anwendung gängiger Reinigungsmethoden war daher für die Reinigung der stark beschädigten Gewandfassung auszuschließen. Aus diesem Grund war die Erprobung von Techniken und Methoden der Reinigung und Festigung und die Umkehrbarkeit der üblichen Vorgehensweise für den Erhalt der Werke erforderlich.

Das zentrale Ziel der Masterarbeit war deshalb die Entwicklung eines Reinigungs- und Festigungskonzeptes, welches in weiterer Folge die Grundlage der Bearbeitung für die vier-zehn Chorpfeilerfiguren im Dom zu Halberstadt bilden sollte.

¹⁵ MERIAN/ZEILER 1653, S. 119.

¹⁶ HABER 1728, HERMES 1896.

¹⁷ MARCHAND 1924; SCHUBERT 2011.

¹⁸ Aus einem Bericht des Dompredigers Walter Sänger; In: Dom und Domschatz im 2. Weltkrieg. Hrsg. Claudia Becker und Jörg Richter. Halberstadt 2005, S. 79.

¹⁹ SCHIRMER, Bericht, Figurenzyklus im Hohen Chor des Halberstädter Doms, Zustand und Fassung, 1986/1987 (unpaginiert)

Die Konzepte wurden am Beispiel von zwei ausgewählten Figuren des Zyklus entwickelt. Da der Figurenzyklus über einen langen Zeitraum hinweg geschaffen wurde galt es, bei der Auswahl mögliche Unterschiede in der zeitlichen Einordnung, der Farbigkeit und den Schadensphänomenen zu berücksichtigen, sodass die gewonnenen Ergebnisse zur Oberflächenreinigung und zur Fassungsfestigung auf die weiteren Skulpturen übertragen werden konnten. Die Wahl fiel auf die Skulpturen der Heiligen Petrus und Sixtus (Abb. 63), die am Beginn und zur Mitte der Entstehungszeit des Gesamtzyklus vermutet werden.



Abbildung 63 a-b: Links (a) Gesamtaufnahme des hl. Stephanus. Rechts (b) Gesamtaufnahme des hl. Paulus.

Um geeignete Reinigungs- und Festigungsmethoden zu erproben, wurde zunächst eine ausführliche Untersuchung des Be- und Zustandes der beiden Skulpturen durchgeführt. Die dabei generierten technologischen Ergebnisse lieferten sowohl einen wichtigen Beitrag zur Fasstechnik und Herstellungsweise dieser Zeitstufen als auch zur Werkgeschichte der Skulpturen. Für eine bessere Zuordnung und Interpretation der Ergebnisse wurde der Masterarbeit eine kunsthistorische Auseinandersetzung vorangestellt. Zugleich bildet die Erforschung der Schadensphänomene und deren Ursachen, eine weitere Grundlage für alle Maßnahmen. Zur

Erfassung und Darstellung kamen verschiedene optische sowie invasive Untersuchungsmethoden zum Einsatz und umfangreiche naturwissenschaftliche Analysen²⁰ wurden durchgeführt. Die durch die Bauhaus Universität Weimar erstellten 3D-Modelle der Skulpturen konnten als Grundlage für eine 3D-Kartierung des Be- und Zustandes der Beispielskulpturen verwendet werden.²¹

Unterstützt wurden die Untersuchungen durch eine eingehende Archiv- und Literaturrecherche sowie eine umgebungsbezogene Objekterfassung. Ein Teilaspekt hierbei war die Ausarbeitung einer möglichen zeitlichen Einordnung der Fassungsschichten durch die Kombination der technologischen Untersuchungen, den Recherchen und den vorhandenen Schäden. Die umgebungsbezogene Objekterfassung wurde genutzt, um Aufschlüsse zu möglichen Schadensmechanismen zu erlangen. Die Erfassung und die Verschriftlichung der Ergebnisse des Be- und Zustandes erfolgte in Zusammenarbeit von Judith Hartung und Anna Steyer und bilden Teil I der Masterarbeit. Teil II der Arbeit umfasst die Erstellung des Reinigungskonzeptes und wurde von Anna Steyer ausgeführt. Teil III beschäftigt sich mit der Entwicklung des Festigungskonzeptes und wurde von Judith Hartung ausgeführt.

In diesem Bericht werden die wichtigsten Ergebnisse der Masterarbeit erläutert. Ausgenommen werden die Objektbeschreibung sowie die Bau- und Werkgeschichte, da sie bereits in eigenen Kapiteln dieses DBU-Abschlussberichtes dargestellt werden.²²

5.2.2 Bestandserfassung

Beide Skulpturen bestehen aus demselben Gesteinsmaterial, einem subherzynen Kreidesandstein²³, welcher in der Umgebung von Halberstadt gebrochen wurde. An der Skulptur des hl. Stephanus wurden zwei Attributswerkstücke später an die Skulptur angefügt, von welchen eines bereits verloren ist (großes Teilwerkstück der Stola). Weiter sind zwei Bruchstücke vorhanden, welche zweiteilig zerbrochen und noch vor der Erstfassung angebracht wurden. Die Baldachine und Konsolen der beiden Skulpturen lassen sich in Form und Komposition klar voneinander unterscheiden und wurden jeweils in die Binnenpfeiler des Domes eingebracht. Die Konsole des hl. Stephanus besteht aus einem Muschelkalk, wobei die Baldachine und die Konsole des hl. Paulus aus Sandstein gefertigt wurden. Die Bestandsuntersuchung in Verbindung mit der Literaturrecherche erlaubt eine Eingrenzung der Entstehungszeit der Konsolen und Baldachine beider Skulpturen Terminus post quem für das Jahr 1362²⁴ und das Jahr 1390/94²⁵ kann als Terminus ante quem vermutet werden. Die ersten Skulpturen entstanden jedoch erst ca. 40 Jahre später.

²⁰ Probenentnahme, Mikroskopie, FTIR-Spektroskopie, Raman-Mikroskopie, REM und EDX-Analyse, Röntgendiffraktometrie.

²¹ Die 3D-Kartierung wurde in situ mit der Software Metigo-Map 4.0 (Pflegevertrag) durchgeführt.

²² Die ausführlicheren Beschreibungen sind in der Arbeit selbst zu finden. Die gesamte Masterarbeit kann an der TH Köln, Institut für Konservierung und Restaurierung oder bei den Autorinnen angefragt werden.

²³ ZÖTZEL u.a. 2019, S. 4.

²⁴ FLEMMING u.a. 1974, S. 25.

²⁵ PREGLA u.a. 2008, S. 20.

Die Versetzmörtel wurden durch das IDK analysiert, jedoch lagen bei Fertigstellung der Masterarbeit die Ergebnisse noch nicht vor.

Durch die Fassungsuntersuchungen konnten zwei erhaltene Farbfassungen (Abb. 64) an den zwei Beispielskulpturen festgestellt werden.

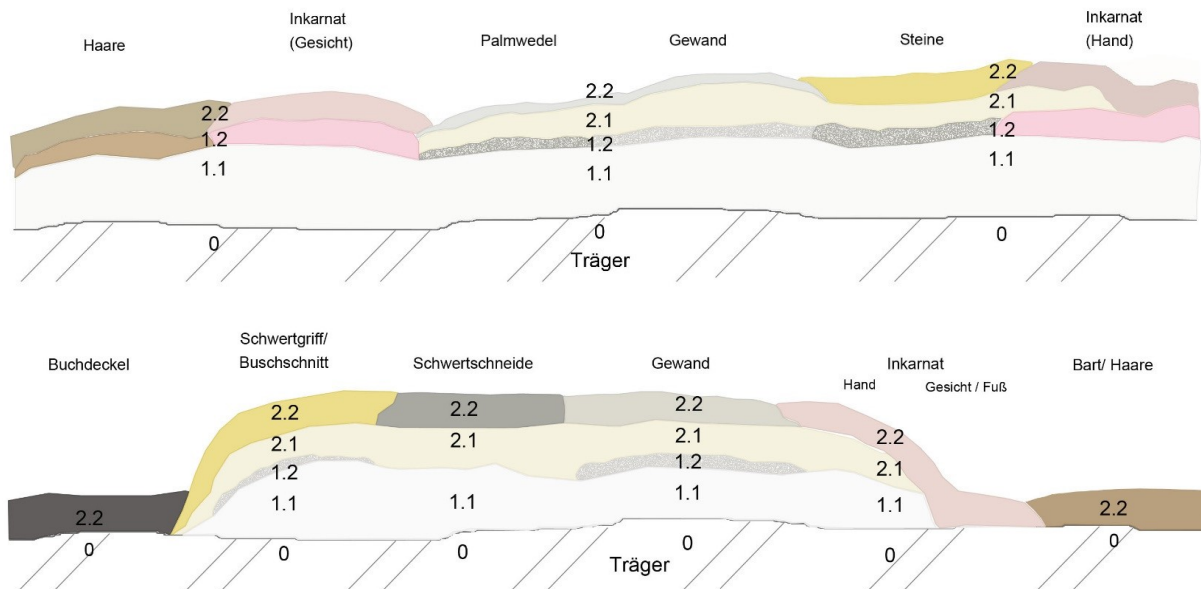


Abbildung 64 a-b. Oben (a) Relative Stratigraphie des hl. Stephanus. Unten (b) Relative Stratigraphie des hl. Paulus.

Die erste vorgefundene Fassung zeigte die Gewänder beider Skulpturen in einer hellgrauen Farbigkeit neben blassen, hellrosafarbenen Inkarnaten und dunkelgrau abgesetzte Attribute sowie farbigen Haaren (hl. Stephanus hellbraun, hl. Paulus kein Nachweis).

Diese fast monochrome Farbigkeit der Skulpturen überrascht in einer Zeit, in der andernorts komplizierte Techniken und Farbkonzepte umgesetzt wurden. Vergoldungen oder Ziertechniken konnten an den Beispielskulpturen nicht entdeckt werden.

Die direkt auf dem Naturstein vorgefundene Fassung ist nur noch fragmentarisch vorhanden und nur wenige Untersuchungsstellen lieferten Hinweise. Die Ergebnisse zur Farbigkeit konnten vorwiegend am hl. Stephanus ermittelt werden. In den untersuchten Farbbereichen beider Skulpturen konnte eine reinweiße Grundierung (1.1) der ersten Bearbeitungsphase festgestellt werden (siehe Abb.3). Die naturwissenschaftliche Analyse ermittelte als Hauptbestandteil Anhydrit. Der Anhydrit diente vermutlich als Füllstoff und wurde ursprünglich durch ein organisches Bindemittel gebunden, welches heute nicht mehr nachweisbar ist. Inwieweit es sich bei dem vorhandenen Anhydrit um „totgebrannten Gips“ oder einen aus der Natur stammenden Anhydrit (primären Anhydrit) handelt konnte im Rahmen der Arbeiten nicht geklärt werden. (Abb. 65)



Abbildung 65 a-d: Von links nach rechts a-c. (a) Querschliff und Voraufnahme Rückseite aus dem Gewand des hl. Stephanus. c-d: Voraufnahme Rückseite und Querschliff aus dem Inkarnat des hl. Stephanus. Auf den jeweiligen Voraufnahmen ist die reinweiße Grundierung 1.1 sehr gut zu erkennen. Das gesamte Fassungspaket des Gewandes und des Inkarnates ist in den jeweiligen Querschliffen zu sehen (Farbschichten nummeriert).

Für die hellgrauen Farbschichten (1.2) in den Gewändern konnte beim hl. Paulus Gips (Calciumsulfat-Dihydrat) und beim hl. Stephanus Kreide (Calciumcarbonat) als Hauptbestandteil identifiziert werden. Auch an dieser Stelle war der Nachweis des vermutlich bereits abgebauten organischen Bindemittels nicht mehr möglich.

Die weiß-rosa Matrix der Inkarnate (1.2) besteht zum größten Teil aus Bleiweiß. Feine Zinnober- sowie Azuritpigmente sind in der Schicht eingeschlossen (siehe Abb. 3 d), wobei Reste eines proteinhaltigen Bindemittels festgestellt werden konnten.

Auf die zuvor beschriebene Fassung folgt die heutige Sichtfassung, welche in ähnlichen Farben gestaltet ist. Neben dem rosafarbenen Inkarnat und den grauen Gewändern sind noch ockerfarbene und braune Farbtöne an den Attributen und Haaren nachzuweisen.



Die Grundierung 2.1 (Hauptbestandteil Calciumcarbonat, geringe Mengen Calciumsulfat), wurde zweilagig aufgetragen (siehe Abb. 3 a) und ist nicht in allen Farbbereichen beider Skulpturen vorhanden (siehe Abb. 64).²⁶ In diesen Bereichen liegt die Zweitfassung auf der Erstfassung bzw. Resten dieser oder direkt auf dem Naturstein (siehe Abb. 66).

Abbildung 66: Linke Hand des hl. Stephanus im Streiflicht. Fragmentarisch erhaltene erste Bearbeitungsphase unter der jetzigen Inkarnatsfassung.

Bei den Inkarnaten (2.2) der Sichtfassung handelt es sich um eine grobkörnige Bleiweiß-Zinnober Ausmischung mit einem trocknenden Öl als Bindemittel. Auch die dunkelbraune Farbschicht des Bartes am hl. Paulus zeigt

²⁶ Ein Bindemittelnachweis war nicht möglich.

Bleiweißbestandteile, jedoch deutlich weniger als in den Inkarnaten, was durch die REM-Aufnahmen beider Farbschichten verdeutlicht wird (siehe Abb. 67).

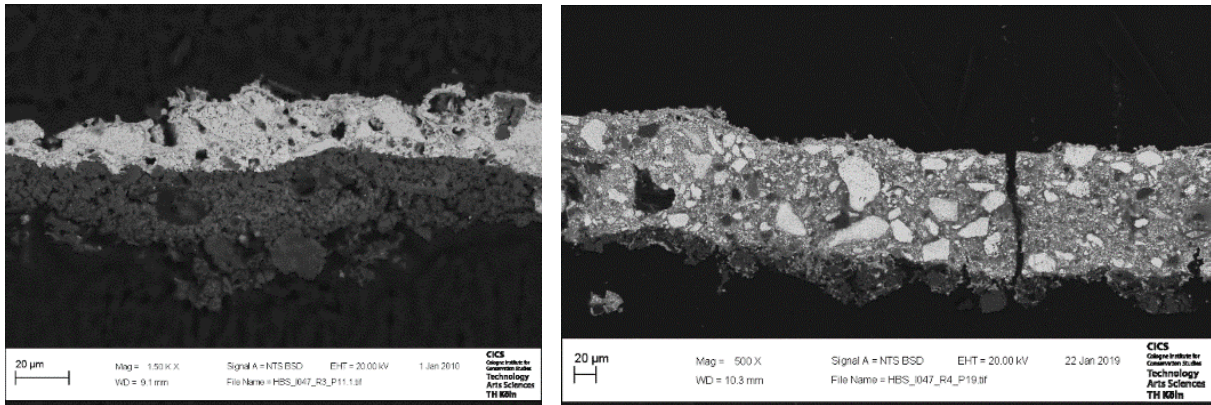


Abbildung 67: a-b: a: REM Aufnahme des Inkarnats des hl. Paulus. Die gesamte Matrix der Farbschicht des Inkarnats erscheint fast weißlich. b: REM Aufnahme des Bartes des hl. Paulus. Die großen Bleiweißknollen innerhalb der Farbschicht erscheinen weißlich.

In den bleiweißhaltigen Farbschichten der Inkarnate und des Bartes wurden Bleichloride entdeckt (siehe Abb. 68). Der Anteil des Chlorids kann auf die Art der Herstellung des Bleiweiß zurückgeführt werden. So wurde im Mittelalter Kochsalz und Urin hinzugefügt, wodurch Bleichloride als Rückstand entsteht.²⁷ (Abb. 68)

In den grauen Farbschichten (Sichtfassung 2.2) beider Gewänder und der Schwertschneide konnte ein hoher Gipsanteil (Calciumsulfat-Dihydrat) festgestellt werden. Der Gips wurde hier vermutlich als Füllstoff und Weißpigment hinzugefügt. Trotz der ähnlichen Bestandteile der Fassung in den Gewändern beider Skulpturen unterscheiden sie sich in ihrer Stärke. Beim hl. Stephanus ist das gesamte Fassungspaket stark und kompakt, wohingegen es am hl. Paulus sehr dünn und fragil vorliegt.

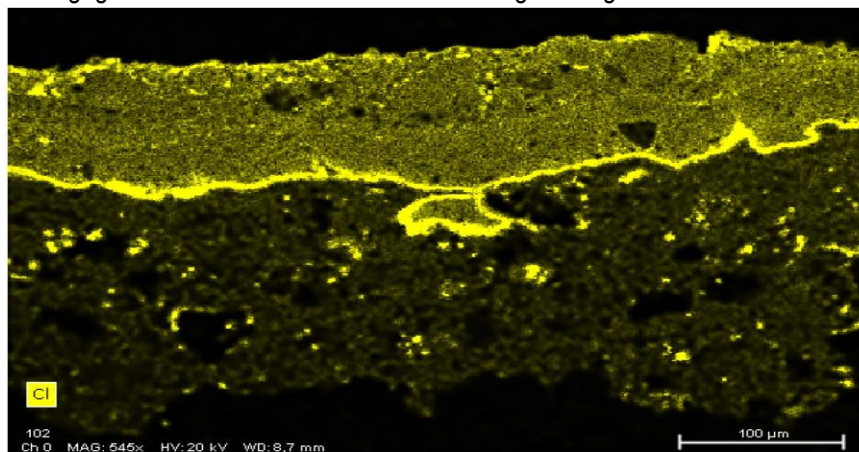


Abbildung 68: Querschliff des Inkarnates, hl. Stephanus: Sichtbare Verteilung des Elementes Chlor (gelb) durch das REM-/EDX-Mapping visualisiert.

Der häufige Nachweis von Calciumsulfat-Dihydrat und Anhydrit in beiden vorgefundenen Fassungen war überraschend. Es handelt sich hierbei um kein Umwandlungsprodukt, sondern wurde vermutlich als

Weißpigment und Füllstoff verwendet.²⁸

²⁷ ARNOLD u.a., 2009, S. 24.

²⁸ KÜHN 1984, S. 44.

Die Verwendung von Gips in der Fasstechnik wurde bisher südlich der Alpen vermutet.²⁹ Allerdings können die verwendeten Materialien mit dem nahen Gipsvorkommen im Harz erklärt werden.³⁰ Naturwissenschaftliche Untersuchungen an mittelalterlichen Vergleichsobjekten in der Umgebung (bspw. Liebfrauenkirche gegenüber dem Dom) zeigen ebenfalls eine Verwendung von Gips in der Fasstechnik.³¹

Der Nachweis von Bindemitteln für die Gewandfassung gelang bisher nicht. Hier sollte weitere Forschung ansetzen. Interessant ist dies auch vor dem Hintergrund der stabilen Fassung an der Skulptur des Stephanus, welche nur wenig Reaktion in Kontakt mit Wasser zeigte. Eine mögliche Untersuchungsmethode bietet hier die FTIR-FPA-Analyse, bei welcher ein Querschliff mittels FTIR untersucht werden kann. Bei der Auswertung der FTIR Untersuchungen dominierten Calciumcarbonat- und Calciumsulfatbanden als mögliche weitere Bestandteile. Eine Entfernung beider Materialien innerhalb der Probe durch bspw. den Zusatz von Säure könnte möglicherweise neue Erkenntnisse bringen. Darüber hinaus wäre eine genaue Verteilung der Gips-, Anhydrit- und Calciumcarbonat-Anteile innerhalb der Schichten interessant. Hierfür könnten Anfärbeversuche Ergebnisse bringen.

Die verwendeten Materialien konnten keinen Anhaltspunkt für eine zeitliche Einordnung der beiden Fassungen liefern. Die genutzten Pigmente sind bereits seit der Antike bekannt und vielfach bis in die Neuzeit gebräuchlich. Hier sind die Ergebnisse zur Fassungsuntersuchung des gesamten Zyklus mit Spannung abzuwarten, welche sicherlich weitere aufschlussreiche Erkenntnisse zur ursprünglichen Fassung und Geschichte der Skulpturen liefern werden.

Der Auftrag der Zweitfassung kann jedoch vor 1865 datiert werden. Ein Briefchen aus dem-selben Jahr belegt Rekonstruktionsarbeiten am Lettner, die in gleicher Weise wie die Ergänzungen an der Konsole des hl. Stephanus ausgeführt wurden. Die Ergänzungen stellen eine nachträgliche Bearbeitung am hl. Stephanus dar, da die Zweitfassung vor ihrer Anbringung aufgebracht wurde. Die untersuchte Reihenfolge des Farbauftrags und die Materialzusammensetzung der heutigen Sichtfassung weisen darauf hin, dass diese an beiden Skulpturen zur gleichen Zeit aufgetragen wurde.

²⁹ STRAUB 1984, S. 155f.

³⁰ KULKE 2002, S. 30.

³¹ ARNOLD 2012, S. 150.

5.2.3 Zustand

Der Zustand der Fassung der Steinskulpturen war extrem fragil. Die akuten Schäden sind in Ausmaß und Ausprägung unterschiedlich. Am stärksten waren die Gewänder beider Skulpturen geschädigt (siehe Abb. 10, Kartierung der Fassungsschäden am hl. Paulus). Hier kam es vor allem zu großflächigen Fassungsabhebungen. Beim hl. Paulus ist die Fassung ausgesprochen dünn. Die Schichtentrennung erfolgte zwischen der Farbschicht 1.2 und der Grundierung 2.1. Dabei erstrecken sie sich auch über größere zusammenhängende Bereiche. Auch am hl. Stephanus gibt es die flächigen Fassungsabhebungen in Gestalt von aufblättern oder dachförmigen Abhebungen. Hierbei ist jedoch die Farbschicht im Vergleich zum hl. Paulus stabiler (siehe Abb. 69). Die Schichttrennung erfolgte zwischen der Grundierung 1.1 und dem restlichen Fassungspaket. Neben den Fassungsabhebungen waren beim hl. Stephanus ebenso Blasen in der Fassung des Gewandes zu beobachten.



Abbildung 69: a-b. Links (a) Gewandfassung des hl. Stephanus. Bereiche des Fassungsverlustes sind zu erkennen. Die dachförmige Abhebung geht in eine aufblättern Abhebung der Fassung über. Rechts (b) Gewandfassung des hl. Paulus. Kleinste Löcher in der Farbschicht im Farbbereich des Gewands sowie flächige Fassungsabhebung.

Weiterhin gibt es Bereiche mit stark unterbundener Fassung, besonders bei den farbigen Attributen und Haare tritt dieses Phänomen auf. In den Inkarnaten des hl. Paulus kommt es bei minimaler mechanischer Beanspruchung, verstärkt in Kombination mit Wasser, zu einem Verlust der Farbschicht 2.2, da diese nur eine geringe Haftung zum Untergrund aufweist. Sie löst sich in kleinen Schollen vom Träger und folgt dabei den vorhandenen Craquelékanten.

Hauptschadensursache für den heutigen Zustand stellt die Grundierung 1.1 dar, deren Hauptbestandteil Anhydrit ist und während des Zweiten Weltkriegs und in der Folgezeit einem hohen, teils direkten Feuchteintrag ausgesetzt war. Durch die induzierte Volumenzunahme des Anhydrits infolge des starken Wassereintrags wurden die unterschiedlich ausgeprägten Schadensphänomene hervorgerufen. Hierzu gehören auch kleine reinweiße Anhydrit-Ausblühungen (siehe Abb. 70), welche durch die Gewandfarbschicht 2.2 des hl. Paulus



hindurchstoßen und sehr kleine Löcher in der Farbschicht hinterlassen.

Abbildung 70: Gewandfassung des hl. Paulus. Detailaufnahme der weißen Ausblühung unter einer Fehlstelle der Fassung.

Gemeinsam ist beiden Skulpturen die starke Verunreinigung der Oberfläche. Neben der starken Staubauflage ist eine Verdunklung der Inkarnatsfassungen vorrangig in horizontalen Bereichen zu beobachten. Bleisulfid, als Umwandlungsprodukt von Bleicarbonat und Schwefelwasserstoff konnte an den Oberflächen der Bleifassungen nachgewiesen werden. Dies ist auf die langanhaltende Exposition mit Schwefeldioxid belasteten anthropogenen Außenstäuben in Verbindung mit Feuchteinfluss zurückzuführen.³² (Abb. 71)

³² Bis zur Mitte der 1990er Jahre konnte in der Umgebung die stärkste Schwefeldioxidbelastung in ganz Deutschland gemessen werden [<https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/daten-karten/entwicklung-der-luftqualitaet#textpart-4>]

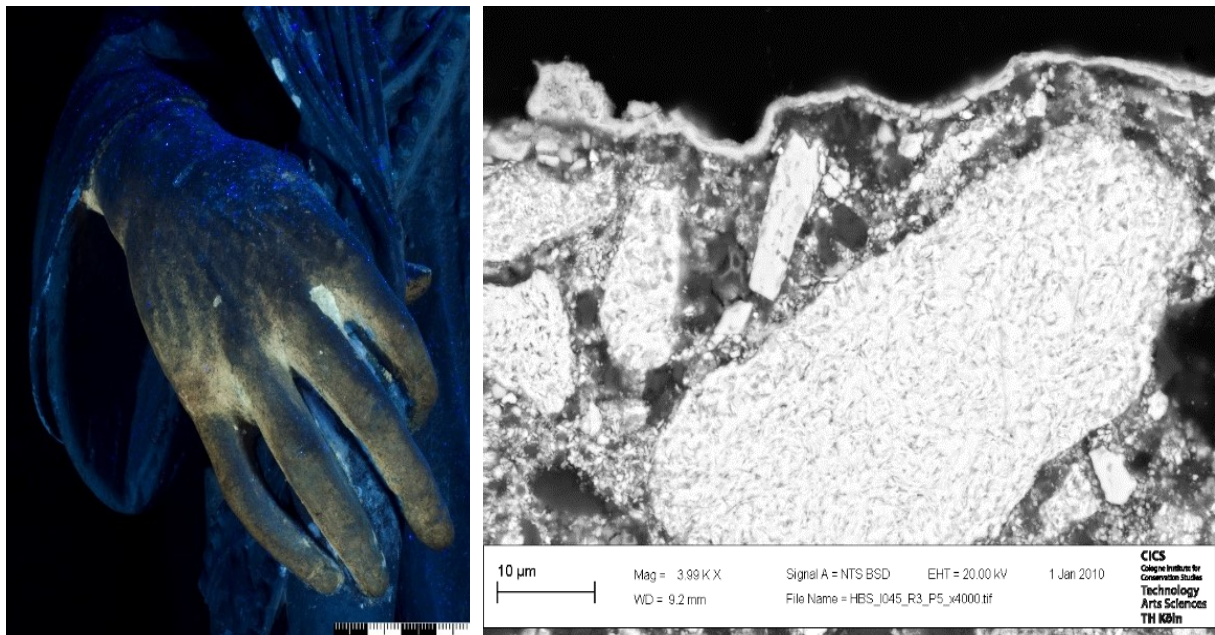


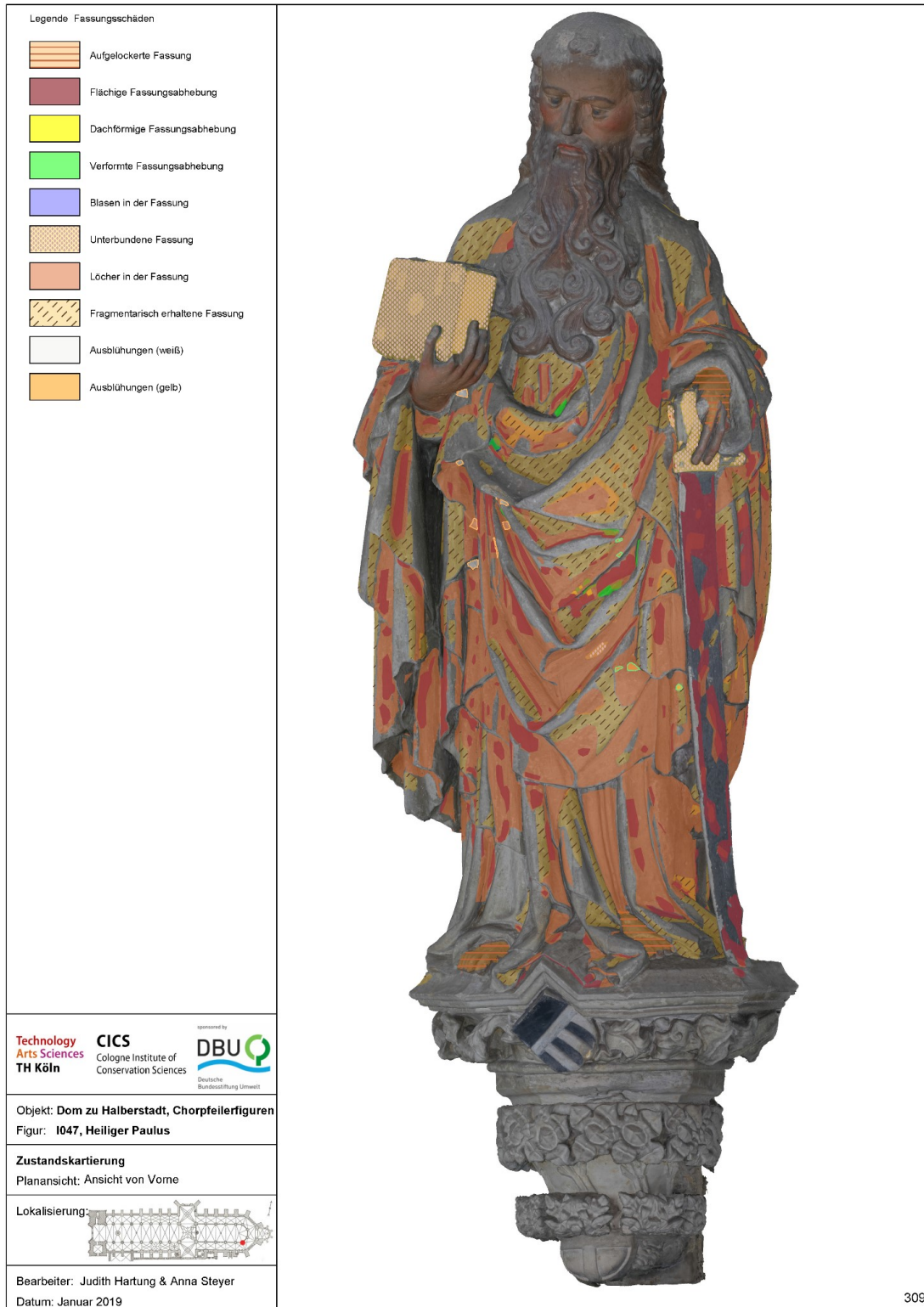
Abbildung 71 a-b: Links (a) UV-Aufnahme der rechten Hand des hl. Stephanus. Die verdunkelte Oberfläche des Inkarnats ist zu erkennen im Gegensatz zu der Fluoreszenz des Bleiweißes, wie auch die fluoreszierende Staubauflage. Rechts (b) REM-Aufnahme im Detail der Inkarnatsfarbschicht 2.2 des hl. Stephanus, 3,90 kx Vergrößerung. An der Oberfläche ist eine Anreicherung von Bleisulfid zu sehen.

Die Auswertung des Be- und Zustands lieferte neue Datierungshinweise zur Entstehungszeit des hl. Paulus. Ein optischer Vergleich des hl. Paulus und des hl. Andreas³³, welche stilistisch gemeinsam in die frühe Werkgruppe eingeordnet werden,³⁴ zeigte an beiden die gleichen Ausprägungen der Schadensphänomene. Beide Skulpturen sind innerhalb des Zyklus an unterschiedlichsten Orten positioniert. Somit können die Schadensphänomene nicht auf eine ähnliche Exposition in Bezug auf beispielsweise klimatische Aspekte zurückzuführen sein. Von FUHRMANN zwischen 1445 und 1455 datiert,³⁵ ist die Entstehung vielleicht eher bei 1427 anzunehmen, der Entstehungszeit des hl. Andreas. Möglicherweise entstanden die Skulpturen zeitnah und wurden nach ihrer Aufstellung von derselben Werkstatt gefasst, wodurch die Ähnlichkeit der Ausprägung der Schadensphänomene auf den Fassungsbestand der ersten Bearbeitungsphase zurückzuführen wäre. Hier sind die Untersuchungen des gesamten Zyklus mit Spannung abzuwarten, sodass auch ein naturwissenschaftlicher Vergleich gezogen werden kann.

³³ Aufgrund der eingehauenen Jahreszahl kann die Figur in das Jahr 1427 datiert werden [SCHUBERT 2011, S. 47.]

³⁴ SCHUBERT 2011, S. 32.

³⁵ FUHRMANN 2009, S. 136.



606

Abbildung 72: Zustandskartierung der Fassungsschäden an der Skulptur des hl. Paulus. Die Kartierung wurde auf dem 3D-Modell der Skulptur durchgeführt und anschließend als 2D- Abbildung exportiert.

5.2.4 Entwicklung des Reinigungskonzeptes

Aufbauend auf die Be- und Zustandsuntersuchung der beiden Skulpturen wurden unterschiedliche Reinigungsmethoden für die Durchführung von Reinigungsversuchen ausgewählt. Die Versuchsreihen erfolgte innerhalb von 4 mehrwöchigen Kampagnen zwischen Oktober 2017 und Januar 2019. Dabei wurden nahezu 100 Reinigungsversuche an den zwei Skulpturen in unterschiedlichen Farbbereichen mit variierenden Methoden (Trocken-mechanische Reinigung, wässrige und chemische Reinigung mit unterschiedlichen Applikationsmethoden, Reinigung mit einem IR-Laser) durchgeführt.

Aufgrund der starken Auflage auf den Skulpturen war eine Fassungsfestigung ohne vorherige Reinigung schwierig. Zudem war die Fassung in den Gewändern so instabil, dass nur berührungsfreie Methoden wie die Laserreinigung infrage kamen. Für die Versuchsdurchführung wurde der Backpack CL 20 der Fa. CleanLaser verwendet. Bei dem Gerät handelt es sich um einen transportablen 20 Watt Faserlaser, welcher als Rucksack getragen werden kann und den IR-Laserstrahl (1064 nm) gepulst in Form einer Zeile emittiert.³⁶ Das Gerät wird hauptsächlich im Bereich der Steinkonservierung verwendet. In Bezug auf die Reinigung von farbigen Oberflächen ist lediglich die Reinigung der Wandmalereien im Grab des Neferhotep in Ägypten bekannt. Dort konnten Rußschichten mit teerartigem Charakter von der Oberfläche entfernt werden, wobei das Reinigungskonzept eine Kombination aus Laser und wässriger Reinigung war.³⁷

Zur Vorbereitung der Laserreinigung wurden zunächst die Staubauflagen >5mm in horizontalen Flächen der Skulpturen ohne Berührung der Oberfläche mit einem Pinsel und einem Staubsauger entfernt. In allen Farbbereichen, ausgenommen der stark beschädigten Gewandfassung, war auch eine Berührung der Fassung mit dem Pinsel möglich. Die Reinigung mit dem Backpacklasergerät konnte gute Ergebnisse für die Reinigung der Gewänder sowie im Bart des hl. Paulus liefern. Dabei wurde eine hohe Pulsfrequenz, eine geringe Strahlbreite sowie eine hohe Strahlablenkfrequenz gewählt, um ein homogenes Reinigungsbild ohne Streifenbildung zu erzeugen. Trotz des Bleiweißgehaltes in der Bartsichtfassung des hl. Paulus war hier eine Reinigung der vergrauten Oberfläche mit dem IR-Lasergerät möglich. Grund hierfür war der deutlich geringere Bleiweißanteil in der Bartfassung im Gegensatz zu dem der Inkarnate (siehe Abb. 67). Es ist ein bekanntes Phänomen, dass es bei der Bestrahlung von schwermetallhaltigen Pigmenten wie Bleiweiß, Mennige oder Zinnober mit IR-Lasern zu Reaktionen kommt und die Farboberfläche grau bzw. schwarz wird.³⁸

³⁶ Eine ausführliche Beschreibung der Entwicklung, Funktionsweise und Einsatzgebiete des Lasersystems wurde im Zuge einer Seminararbeit von der Autorin erarbeitet. Die Zusammenfassung der Ergebnisse sind in der Masterarbeit dargestellt.

³⁷ BRINKMANN u.a. 2009, S. 70.

³⁸ BEBENEK 2013, S. 251.



Abbildung 73 a-d: Oben (a-b) Bart des Hl. Paulus, vor der Reinigung mit eingebundener Auflage stark vergraut (links). Nach der Laserreinigung des Bartes (rechts). Die Konturen des Bartes sind wieder sichtbar. Unten (c-d) Gewandfalten der Skulptur des Paulus. Links (c) Vorzustand Rechts (d) Nach der Laserreinigung.

Da die Inkarnate Bleiweiß und Zinnober beinhalten, konnte der Laser hier nicht angewendet werden. Stattdessen wurden unterschiedliche nass-chemische Reinigungslösungen erprobt. Beste Reinigungsergebnisse in Bezug auf die Abnahme der dunklen Oberfläche konnten mit einer wässrigen Lösung des Komplexbildner Tri-Ammoniumcitratdihydrat (*Ammoniumcitrat dreibasisch, 64027, Kremer Pigmente*) 0,2 mol/L mit 1,5 % Methocel A4C (*Methocel A4C, DOW Chemicals*) erzielt werden. Die Oberfläche der Inkarnate ist bis auf horizontale Flächen an der Skulptur des Paulus stabil. Diese Instabilität zeigt sich vorrangig bei mechanischer Einwirkung verstärkt durch den Einfluss von Wasser. Aus diesem Grund ist in diesen Bereichen eine vorhergehende Festigung erforderlich.³⁹ Zur besseren Kontrollierbarkeit des Reinigungsgrad und um eine zu lange Befeuchtung der Oberfläche zu vermeiden wird hier in Abschnitten gearbeitet. Hierfür wird zunächst auf eine größere Fläche Shellsol T mit einem flachen Pinsel satt aufgetragen, sodass die Fassung getränkt ist. Dies bewirkt eine Art „Hydrophobierung“, wodurch das Wasser nicht so gut durch das Craquelé dringen kann, um zu einem schollenartigen Ablösen der Fassung beizutragen. Zudem ermöglicht es eine bessere Kontrollierbarkeit in Bezug auf bereits bestehende Schäden innerhalb der Fassung. Das Reinigungsgel konnte folgend mit einem Pinsel ca. 2 cm dick auf den vorgetränkten Bereich aufgetragen werden (siehe Abb. 74) Nach ca. 20 Sekunden Einwirkzeit wurde das Gel mit einem Polyvinylalkohol-Schwamm⁴⁰ verrieben und anschließend abgenommen.



Abbildung 74 a-d: a-b: oben, links (a) Rechter Fuß des Paulus vor der Reinigung (Die Auflage >5mm wurde bereits abgenommen), rechts (b) Zustand nach der Reinigung mit Triammoniumcitrat. Links unten (c) rechte Hand des Stephanus während der Reinigung. Das Shellsol T ist aufgetragen. Mittig ist das Reinigungsgel während der Einwirkzeit von 20 Sekunden zu sehen. Unten rechts (d) Zustand nach der Reinigung. In der rechten unteren Ecke erfolgten nur zwei Reinigungsdurchgänge.

³⁹ Siehe folgendes Kapitel.

⁴⁰ Auch bekannt unter dem Markennamen Blitzfix.

Der Auftrag kann, je nach gewünschtem Reinigungsgrad mehrmals wiederholt werden, was eine gute Kontrollierbarkeit in Bezug auf eine Überreinigung bietet. Eine gründliche Nachreinigung mit demin. H₂O und einem separaten Polyvinylalkohol-Schwamm ist essenziell, damit keine Rückstände des Komplexbildners in der Inkarnatsfassung verbleiben. (Abb. 75)

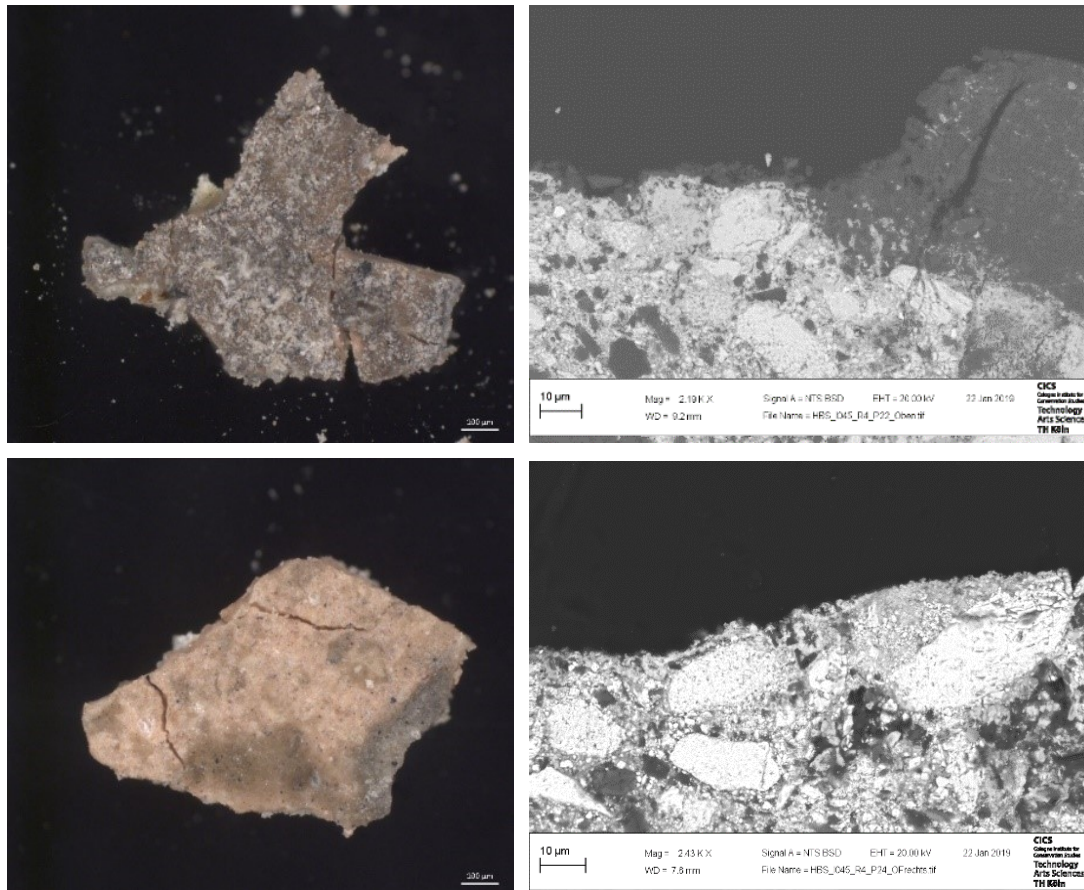


Abbildung 75 a-d: Inkarnatsproben des hl. Stephanus. Oben (a-b): Vor der Reinigung entnommene Probe. Oben links (a) vor dem Einbetten, rechts (b) Als Querschliff unter dem REM. Unten (c-d) links (c) Probe nach der Reinigung, starker Reinigungsgrad, rechts (c) als Querschliff unter dem REM.

Die Anwendung von Tri-Ammoniumcitrat auf Metallverbindungen ist umstritten, da es die Fassung direkt angreifen kann oder schädliche Rückstände zurückbleiben können. Deshalb wurden naturwissenschaftliche Untersuchungen an entnommenen Fassungsproben nach Durchführung der Reinigungsversuche gemacht. Mittels FTIR konnten keine Rückstände des Reinigungsmittels in Proben von der gereinigten Fassung festgestellt werden. Weiter war in REM-Aufnahmen von Querschliffen keine Beschädigungen der Bleiweißfassung zu erkennen (siehe Abb. 75). Vor dem Hintergrund der Reintegration der Inkarnatsfassungen in das nun bereits teilweise gereinigte Gesamtensemble wäre eine deutlichere Sichtbarkeit der Inkarnate ästhetisch wünschenswert. Dies ist besonders vor dem Hintergrund, dass die Skulpturen zu ihrer Entstehungszeit und auch

heute durch die Zweifassung mit grauen Gewändern und leuchtenden Inkarnaten aufgestellt waren, zu betrachten.

5.2.5 Entwicklung des Festigungskonzepts

Die Schadensphänomene der Fassung an den beiden ausgewählten Standbildern des Hohen Chores waren derart ausgeprägt, dass schon ein leichter Windzug ausreichte, um zu einem Fassungsverlust zu führen. Daraus resultierend war das Hauptziel, die Festigung und Rückführung der Fassung zu ermöglichen, um dessen weiteren Verlust aufzuhalten.

Zur Durchführung der Festigung war zunächst eine Reinigung der Fassung erforderlich. Die starke Oberflächenverschmutzung hätte eine Rückführung der Fassungsabhebungen erschwert, zudem wäre eine Mitfestigung des Fremdmaterials unumgänglich gewesen.

Grundsätzlich, aber auch aufgrund der Umgebung und der extremen Schadensphänomene, wurden zunächst die individuellen Anforderungen an das Festigungsmittel definiert (Ausreichende Klebekraft zur Wiederherstellung der Adhäsion und Kohäsion, gutes Penetrationsvermögen, Alterungsbeständigkeit und physikalische Stabilität, keine Glanzbildung oder Verdunklung des Bestandes, Reversibilität, Spannungsarm und Wasserdampfdurchlässig, beständig gegenüber mikrobiellem Befall).

Neben der Auswahl eines geeigneten Festigungsmittels wurden ebenfalls die Anforderungen an die Applikationsmethode formuliert.

Die Abhebungen an der überaus dünnen Fassung des hl. Paulus lagen entweder kaum noch auf oder waren flächig gänzlich abgelöst. An diesen Stellen mussten die Applikation möglichst berührungsfrei erfolgen. Zudem sollte eine flächige Applikation möglich sein, da die Fassungsabhebungen teilweise zusammenhängen. Hinsichtlich dieser erschwerten Ausgangslage sollte zudem die Möglichkeit einer berührungsfreien Vorkonditionierung, die zunächst eine Rückführung der Fassungsabhebung vor der eigentlichen Festigung erlaubt, evaluiert werden. Die darauffolgende Festigung sollte, zum Schutz der instabilen Fassung, unter Zuhilfenahme vom sogenannte Facing⁴¹ erfolgen, welches eine Konsolidierung zulässt.

Weiterhin waren auch die dachförmigen, aufblätternen und blasenartigen Abhebungen in der Fassung des hl. Stephanus zu berücksichtigen. Die verformte Fassung tritt hier stark und starr auf. An dieser Stelle sollte eine kurzzeitige Flexibilität der Fassung erreicht werden, um ein Niederlegen zu ermöglichen. In diesem Zusammenhang sind Wärme auch in Kombination mit Lösemitteln als Methoden zu nennen, die eine Rückführung der Fassung ermöglichen können.

Aufbauend auf die Definition der Auswahlkriterien für ein Festigungsmittel wurde in Absprache mit den Projektbeteiligte zwei Festigungsmittel für die Testreihe ausgewählt: Störleim und Klucel E.

⁴¹ Bei einem Facing handelt es sich um einen Hilfsbildträger, der als Schutz für das darunter liegende geschädigte Material dient. Er kann auch als Hilfswerkzeug zum Aufbringen von Konsolidierungsmitteln dienen. Nach der Applikation kann er wieder abgenommen werden [NICOLAUS 1998, S. 210].

Weiterführend wurden unterschiedliche Applikationsmethoden wie bspw. ein Ultraschallvernebler, Netzmittel in unterschiedlichen Konzentrationen sowie Facingmaterialien getestet.

Frau Gutglück evaluierte in ihrer Bachelorarbeit innerhalb des DBU-Projektes bereits unterschiedliche Facing-Technologie. ⁴² Das beste Ergebnis erzielte die sogenannte *Pongé-Seide*.⁴³ Auf diesen Ergebnissen aufbauend wurde die Pongé-Seide der Firma *Anita Pavani Stoffe* für die Versuche erprobt. Die verwendete Seide hat ein Materialgewicht von 20g/m² und ist trotz der dichten Struktur sehr fein und leicht. Die Seide wurde vor ihrer Anwendung entschlichtet⁴⁴. Weiterführend wurde auf Grund der Vergleichbarkeit das Echt Japanpapier 11g/m² der Firma *Deffner & Johann* als Facing-Material erprobt. Dieses hat sich als gängiges Facing-Material für die restauratorische Praxis bereits seit vielen Jahren etabliert.

Die Wahl der Aerosol überführenden Geräte fiel auf eine handelsübliche sogenannte Eco-Spray⁴⁵ Flasche, einen Präzisionszerstäuber (*Firma: Deffner und Johann*) und dem Ultraschall-Fein-Vernebler der TH Köln (CICS/ Gemälobereich). Hierbei sollte zunächst nur ihr Einfluss bezüglich des Luftdrucks und damit ihre Wirkung auf die Fassung ermittelt werden.

Zum Anlegen der Fassungsabhebung wurden Color Shaper (*Firma: Repino 5er Set*) mit verschiedenen Aufsätzen erprobt, des Weiteren ein PU-Schwamm mit einer hohen Dichte der Firma *Deffner & Johann*, außerdem latexfreie Kosmetikschwämme (*Firma: ebelin dm*) in Kegel- und flacher Form. Um die Fassungsabhebung zu plastifizieren, wurde die Verwendung eines Heizspachtels mit Silber-Minispitzen (*Firma Willard Conservation*) der TH Köln (CICS/ Gemälobereich) ebenfalls erprobt. Für eine Polsterung des festen Fußes wurde ein Silikonschuh verwendet.

Für eine mögliche Befeuchtung der Fassung im Vorfeld wurde das Evolon® CR (*Deffner & Johann*) verwendet. Die Hostaphanfolie RNT 15, 21 g/m², ebenfalls von *Deffner & Johann*, wurde für die Erprobung verschiedener Methoden genutzt.

Zum möglichen Anwärmen der Oberfläche wurde ein Heizstrahler (*Firma: Engelbrecht*) der TH Köln (CICS/ Gemälobereich) und eine Infrarotlampe (*Firma: Beurer IL 11*) verwendet.

Hinsichtlich der Evaluierung der Festigungskonzepte konnte für fast alle Schadensphänomene eine Empfehlung ausgesprochen werden:

Isolierte flächige Fassungsabhebungen und fragmentarisch vorhandene Fassung

Festigungskonzentration: 5% iger Störleimlösung

Netzmittel: 30% Ethanol: 70% destilliertes Wasser

Materialien: Entschlichtete Pongé-Seide (Facing), Pinsel, Pu-Schwamm (dicht)

⁴² GUTGLÜCK 2017

⁴³ GUTGLÜCK 2017, S. 60; in ihrer Arbeit als Hobotai-Seide bezeichnet.

⁴⁴ Beim Entschlichten sollen Rückstände, wie Schutzfilme entfernt werden, um ein Einbringen fremder Materialien auf die Objektoberfläche zu verhindern.

⁴⁵ Bezeichnung nach STARK 2005, S. 203.

I Facing im Netzmittel tränken und auf die zu behandelnde Stelle auftragen; Facing legt sich an.

II Auf das Facing wird mit dem Pinsel das Festigungsmittel auftragen. Diesen Vorgang so lange wiederholen bis die zu behandelnde Stelle gesättigt ist.

III Die abgehobene Fassung mit einem dichten Pu Schwamm vollständig niederlegen, sanften Druck ausüben.

IV Der Überschuss des Festigungsmittels wird abgenommen. Das Facing wird auf der Oberfläche kurz belassen (ca. 4 Minuten, wenn es sich nicht bereits von selbst löst).

V Facing abnehmen und Stelle trocknen lassen.

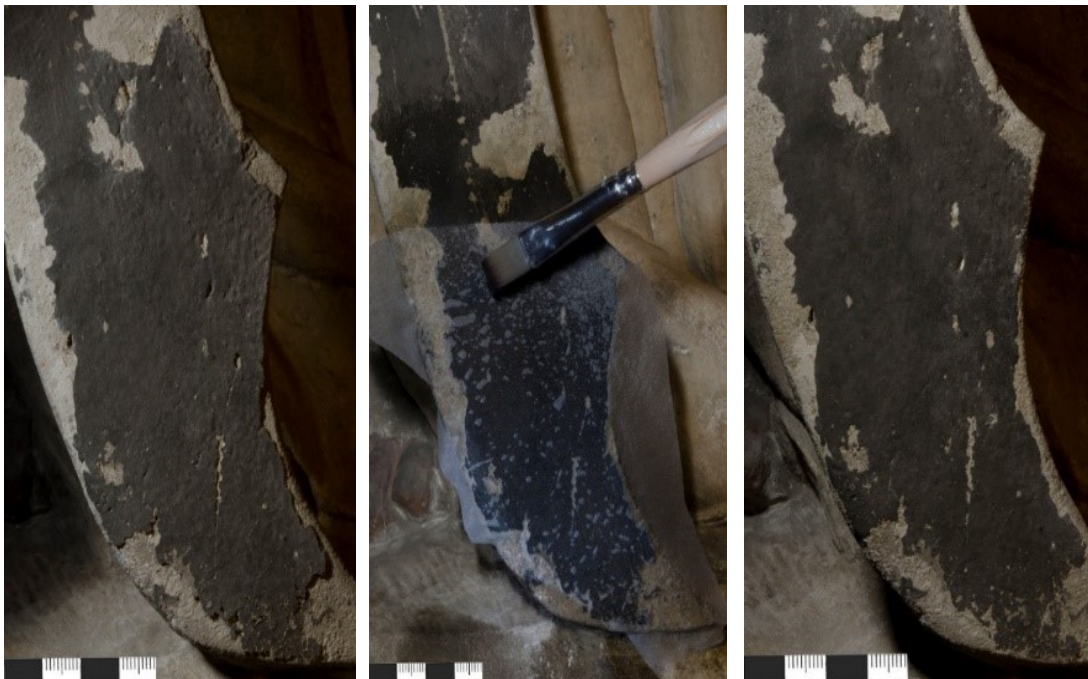


Abbildung 76: a-c HI. Paulus. Niederlegen der Fassung: a (links): Vorzustand, b (mitte): applizierte Pongé-Seide, c (rechts): Nachzustand

Groß- zusammenhängende flächige Fassungsabhebungen

Festigungskonzentration: 5% iger Störleimlösung

Netzmittel: 30% Ethanol: 70% destilliertes Wasser

Materialien: Präzisionszerstäuber, Entschlichtete Pongé-Seide (Facing), Pinsel, PU-Schwamm (dicht)

I Mit dem Präzisionszerstäuber das Netzmittel auf die betreffende Stelle aufbringen. Die zu festigende Stelle bestimmt die Menge. Fassung zieht sich nach unten.

II Facing (trocken) auf die noch feuchte Stelle auflegen. Falls sich das Facing nicht gleich niederlegt, nochmal mit dem Präzisionszerstäuber Netzmittel auftragen bis das Facing auf der Oberfläche haftet.

III Auf das Facing mit einem Pinsel das Festigungsmittel auftragen. Diesen Vorgang so lange wiederholen, bis die zu behandelnde Stelle gesättigt ist.

IV Die abgehobene Fassung mit einem dichten Pu Schwamm vollständig niederlegen, sanften Druck ausüben.

V Der Überschuss des Festigungsmittels wird mit abgenommen. Das Facing wird auf der Oberfläche kurz so belassen (ca. 4 Minuten, wenn es sich nicht bereits von selbst löst).

VI Facing abnehmen und Stelle trocknen lassen.

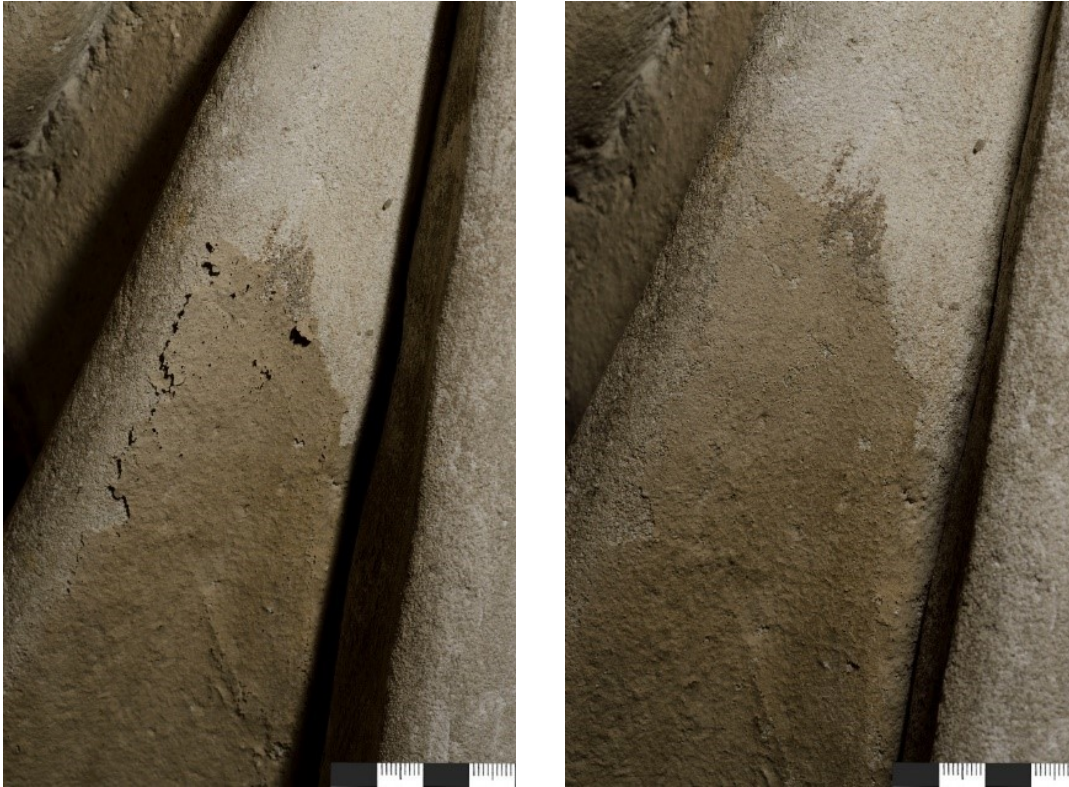


Abbildung 77: a-b Flächige Fassungsabhebung innerhalb einer Gewandfalte des hl. Paulus. a (links): Vorzustand, b (rechts): Nachzustand.

Stark bis leicht unterbundene Fassung

Festigungskonzentration: 2%, oder 5% iger Störleimlösung

Netzmittel: 30% Ethanol: 70% destilliertes Wasser

Materialien: Entschlichtete Pongé-Seide (Facing), Pinsel, PU-Schwamm (dicht)

I Facing wird im Netzmittel getränkt und auf die zu behandelnde Stelle aufgetragen. Facing legt sich an.

II Auf das Facing mit einem Pinsel das Festigungsmittel auftragen; stark unterbunden: 5% Konzentration, leicht unterbundene 2%. Diesen Vorgang so lange wiederholen bis die zu behandelnde Stelle gesättigt ist.

III Die abgehobene Fassung mit einem dichten Pu Schwamm vollständig niederlegen, sanften Druck ausüben.

IV Der Überschuss des Festigungsmittels wird mit abgenommen. Das Facing wird auf der Oberfläche kurz so belassen (ca. 4 Minuten, wenn es sich nicht bereits von selbst löst).

V Facing abnehmen und Stelle trocknen lassen.

Fassungslockerung

Festigungskonzentration: 1% und anschließend 5% iger Störleimlösung

Netzmittel: 100% Ethanol

Materialien: Pinsel, PU-Schwamm (dicht)

I Netzmittel mit dem Pinsel auftragen.

II Für die Vorfestigung wird 1% iger Störleimlösung mit einem Pinsel appliziert, der direkt nach dem Auftrag des Netzmittels aufgetragen wird (Vor der Reinigung).

III Nach der Reinigung folgt die 5% iger Störleimlösung mit vorherigem Netzmittelauftrag. Diesen Vorgang so lange wiederholen, bis die zu behandelnde Stelle gesättigt ist.

IV Die abgehobene Fassung mit einem dichten Pu Schwamm vollständig niederlegen, sanften Druck ausüben.

IV Der Überschuss des Festigungsmittels wird mit abgenommen.

Blasen, aufblätternde und dachförmige Fassungsabhebungen

Festigungskonzentration: 1% oder 5% ige Störleimlösung

Netzmittel: 100% Ethanol/ 30% Ethanol: 70% destilliertes Wasser

Materialien: Pinsel, Spritze, Kosmetikkegel / PU-Schwamm (dicht) / Color shaper, entschlichtete Pongé-Seide, Heizspachtelset, Punktueller Heizstrahler, Infrarotlampe, Evolon-Tuch, Hostafanfolie

I Netzmittel (Ethanol 100%) mit dem Pinsel auftragen.

II Applikation der 1% igen Störleimlösung auf die Fläche mit einem Pinsel.

III Nach der Trocknung folgt die warme und feuchte Vorkonditionierung: Facing wird aufgelegt und mit dem erwärmten Netzmittel (30% Ethanol: 70% destilliertes Wasser) getränkt. Darauf folgt das Evolon-Tuch, welches ebenfalls mit dem Netzmittel getränkt wird. Die Hostafanfolie hält von selbst. Eine Infrarotlampe oder ein kleiner Heizstrahler sorgen für Wärme. Die Stelle kann für eine Stunde so belassen werden. Man sollte zirka zweimal nachnässen. Dann können alle Auflagen abgenommen werden.

IV Mit getränktem Netzmittel (100% Ethanol) auftragen

V Mit einem Pinsel bzw. Spritze (muss an die gegebenen Umstände angepasst sein) die 5%ige Störleimlösung auftragen. Diesen Vorgang so lange wiederholen bis die zu behandelnde Stelle gesättigt ist.

VI Je nach Fassungsabhebung die abgehobene Fassung mit einem dichten Pu Schwamm, Kosmetikkegel oder Color shaper vollständig niederlegen, sanften Druck ausüben.

VII Der Überschuss des Festigungsmittels wird mit abgenommen. Das Facing wird auf der Oberfläche kurz so belassen (ca. 4 Minuten, wenn es sich nicht bereits von selbst löst).

Da für die Niederlegung der aufblätternen Fassungsabhebung und der Blasen in der Fassung im Gewand des hl. Stephanus aufgrund der äußeren Umstände noch kein zufriedenstellendes Ergebnis vorliegt, sollten hierfür

noch weitere Tests erfolgen. Daher sollte das Konzept der dachförmigen Fassungsabhebung (ebenfalls im Gewand des hl. Stephanus) in einer erneuten Versuchsreihe erarbeitet werden.



Abbildung 78: a-b Flächige, aufblätternde und dachförmige Fassungsabhebung im Gewand des hl. Stephanus. a (links): Vorzustand und b (rechts): Nachzustand.

5.3 Corinna Grimm-Remus: Umsetzung der Notsicherungsarbeiten am gesamten Skulpturenzyklus

Das erarbeitete Notsicherungskonzept wurde bis Dezember 2021 am gesamten Skulpturenbestand im Hohen Chor umgesetzt und bei Bedarf dem Zustand der Objekte angepasst. Im Nachfolgenden werden die einzelnen Arbeitsschritte nochmals zusammengefasst:

- *3D- Erfassung im Vorzustand*
- *1. Bestands- und Zustandserfassung, Dokumentation*
- *2. Mechanische Vorreinigung – wenn möglich*
- *3. Vorreinigung Laser*
- *4. Fassungsfestigung*
- *5. Festigung Träger*
- *6. Reinigung Inkarnate*
- *7. Nachreinigung Laser*
- *8. Nachfestigung Fassung*
- *9. Retuschen*
- *10. Ergänzungen*
- *11. Ergänzungen Attribute*
- *3D Erfassung im Nachzustand*


5.3.1 Bestands- und Zustandserfassung, Dokumentation

Die erstellten Befunde und Maßnahmen wurden als restauratorische Dokumentationen gesichert. So wurden Befundblätter erstellt und Maßnahmen kartiert.

Dipl. Rest. Corinna Grimm-Remus

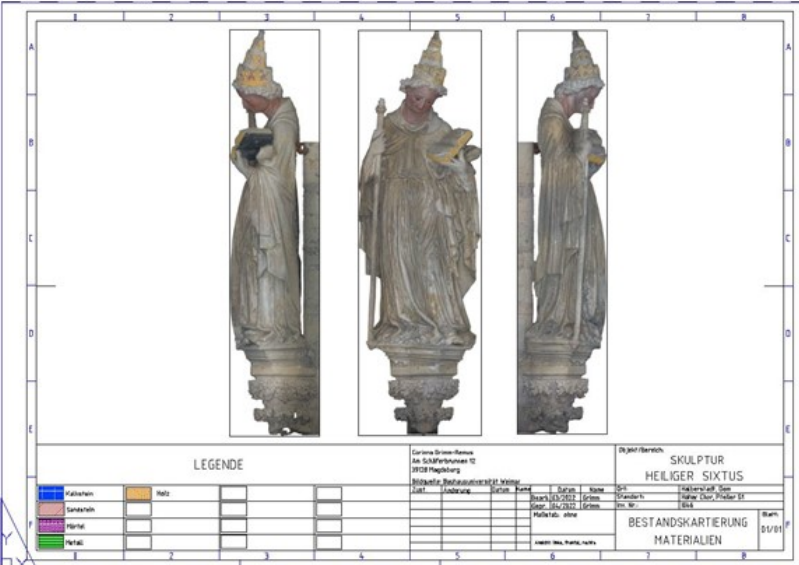
Befundblatt

Objekt: Heiliger Andreas
 Objektgruppe: Steinskulptur
 Inventarnummer: ohne Lfd. Nr.: 1042
 Datum: 2017
 Standort: Dom Halberstadt
 Lokalisierung: Hoher Chor, nördlicher Chorpfeiler, 4. Westen
 Technik: Sandstein, polychrom gefasst
 Art der Aufstellung: auf Konsole stehend, rückwärtige Befestigung (Metallöse + Haken)
 Datierung: 1427
 Besonderheiten: Inschrift/Datierung und Steinmetzzeichen
 Abbildung: Maße:
 Falschfuß/Falshelm (Sandstein):
 H 54cm
 B 33cm
 T 33cm
 Baldachin (Kalkstein):
 H 53cm
 B 55cm
 T 54cm
 Skulptur (Sandstein)
 H 175,5cm
 B 58cm
 T 38cm
 Konsole (Sandstein):
 H 33cm
 B 38cm
 T 33cm



Beschreibung: Bei der Darstellung des Heiligen Andreas handelt es sich um eine frontal stehende, lebensgroße Steinskulptur, in leichter Kontrapoststellung. Das bewegte Gewand besteht aus einer Tunika und einem Mantel. Die Körpermitte wird durch ausgeprägte Schlüsselriemen betont. Durch das Attribut des Andreaskreuzes in der linken Hand und dem Buch in der rechten Hand ist die Skulptur eindeutig zu identifizieren.

Abbildung 79: Beispiel eines sog. Befundblattes.



LEGENDE

Blau	Marmor	Orange	Wald								
Rosa	Sandstein										
Grün	Marmor										
Rot	Marmor										

Corinna Grimm-Remus
 am 20. März 2017
 1042 Halberstadt

Objekt	SKULPTUR	HEILIGER SIXTUS	Blatt	01/01
Bestandskartierung	BESTANDSKARTIERUNG		MATERIALIEN	

Abbildung 80: Anlage einer 2D- Kartierung.

5.3.2 Mechanische Vorreinigung

In einem ersten Schritt erfolgte in weitestgehend stabilen Bereichen bzw. Bereichen mit mehreren Millimeter Schmutz- und Geröllablagerungen⁴⁶ eine vorsichtige Vorreinigung mittels weichem Pinsel und Staubsauger.



Abbildung 81 Starke Schmutzauflagen auf horizontalen Flächen, hier Apostel Andreas, Vorzustand 2017.

5.3.3 Vorreinigung mittels Laser

Im nächsten Arbeitsschritt wurde gemäß den Vorversuchen eine Laserreinigung ausgeführt.

Das berührungslose Reinigen bzw. Abnehmen der Verschmutzungen war aus restauratorischer Sicht hier als Vorzugsvariante anzusehen, da zum einen die Verschmutzungen nicht mit der Fassung gefestigt bzw. verbunden werden mussten und zum anderen das Festigen der gereinigten Oberflächen eine bessere Kontrolle während der Festigung erlaubt.

Es wurden die nach Befund mit Bleiweiß erstellten Farbfassungen ausgespart, da sich hier durch den Laser Verfärbungen ergeben würden. So erfolgte die Reinigung hauptsächlich im Bereich der Gewänder (nachgewiesen ohne Pigmente die sich durch Lasereinwirkung verändern) und in steinsichtigen Bereichen. Benutzt wurde ein sog. Zeilenlaser (CL20) der Firma CleanLaser.

⁴⁶ So z.B. auf den horizontalen Flächen der Plinthe oder auch im rückwärtigen, ungefassten Bereich der Skulpturen.

Es wurden folgende Einstellungen beprobt:

- Linse 250mm oder 150mm
- Scanbreite 2-3mm
- Stärke A-F
- Pulsdauer 1-7
- Scanfrequenz 1-7

Je nach Anforderung wurden verschiedene Einstellungen und Linsen genutzt.



Abbildung 82, Abbildung 83: Schutzkabine und Lasergerät zur Reinigung der Skulpturen.



Abbildung 84: Gereinigter Gewandbereich. Auch stark geschädigte Fassungsbereiche mit wenig Kontakt zum Untergrund bleiben erhalten.

5.3.4 Fassungsfestigung

Nachfolgend erfolgte die Festigung der Fassung in der bereits beschriebenen Technik und mit folgenden Materialien:

Facingmaterial: Hobotai 140 (20 g/m²)

Hersteller/Bezugsquelle: Anita Pavani Stoffe OHG, Heuchelheim

Festigungsmittel: Störleim (6-10%ig), mit und ohne Vornetzen (30% Ethanol: 70% dest. Wasser)

Hersteller/Bezugsquelle: Störleim-Manufaktur, Eva Przybylo, Brilon



Abbildung 85, Abbildung 86, Abbildung 87: Während der Fassungsfestigung.



Abbildung 88, Abbildung 89: Vor und nach der Fassungsfestigung.

5.3.5 Festigung Träger

Als Ziel der Maßnahme wird die strukturelle, d.h. gleichmäßig in der gesamten entfestigten Gesteinsstruktur erfolgende Festigung gesehen. Hierzu erfolgte die Festigung der Gesteinssubstanz mit einem Steinfestiger. Es wurde ein Kieselsäureesterprodukt mit einer Gelabscheidungsrate von 300g/l verwendet.

Die Festigung wurde bis zur Sättigung des Bereiches durchgeführt, nach 1h wurde die Festigung in gleicher Weise zu wiederholt, wiederum bis zur Sättigung. Die Applikation erfolgte mittels Einwegspritze durch Fluten (kapillar gut saugendes Gestein).

Produkt/Rezept: *Funcosil® 300*

Hersteller/Bezugsquelle: *Remmers*

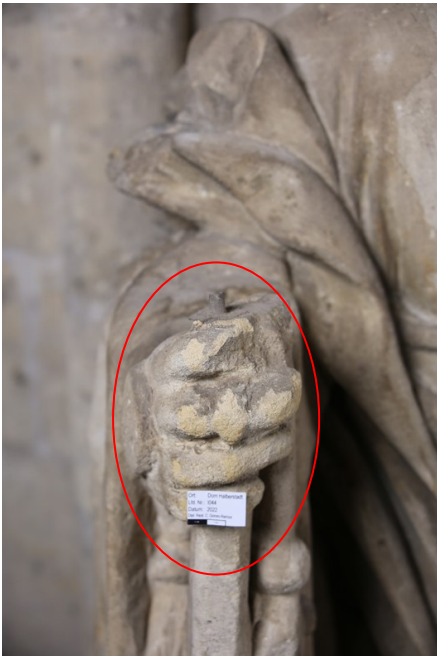


Abbildung 90: Rechte Hand des Apostels Petrus mit Absandungen.

5.3.6 Reinigung der Inkarnate

Die Reinigung der Inkarnate erfolgte in der beschriebenen Technik mit einer wässrigen Lösung des Komplexbildner Tri-Ammoniumcitratdihydrat 0,2 mol/L mit 1,5 % Methocel A4C.

Produkte/Rezept: *Ammoniumcitrat dreibasisch*
 Methocel A4C

Hersteller/Bezugsquelle: *Deffner&Johann*



Abbildung 91, Abbildung 92, Abbildung 93: Linke Hand des Bartholomäus im Vor-, Zwischen- und Nachzustand.



Abbildung 94, Abbildung 95: Rechte Hand Heiligen Stephanus im Zwischen- und Nachzustand.



Abbildung 96: Während der Reinigung des Gesichtes des Apostels Jakobus minor.

5.3.7 Nachreinigung mittels Laser

Nach Festigung der Fassung erfolgte in identischer Weise eine Nachreinigung mittels Laser, um Bereich, welche zuvor stark aufgewölbt bzw. überlappt waren, erreichen zu können.



Abbildung 97: Während der 2. Laserreinigung am Apostel Jakobus minor.

5.3.8 Nachfestigung Fassung

Nach der Abschlussreinigung wurden je nach Bedarf einige Gewandbereiche mit einer niedrigen konzentrierten Störleim-Lösung gefestigt. Dies erfolgte mittel Airbrush.

Facingmaterial: Habotai 140 (20 g/m²)

Hersteller/Bezugsquelle: Anita Pavani Stoffe OHG, Heuchelheim

Festigungsmittel: Störleim (4%ig), mit und ohne Vornetzen (30% Ethanol: 70% dest. Wasser)

Hersteller/Bezugsquelle: Störleim-Manufaktur, Eva Przybylo, Brilon

5.3.9 Ergänzungen

Im Bereich einer nach 1945 nicht wieder adäquat angesetzten Hand wurde die Mörtelergänzung erneuert und dem ursprünglichen Formverlauf folgend rekonstruiert:

Produkte/Rezept: Jahn M70 für Sandstein

Hersteller/Bezugsquelle: Jahn mortars

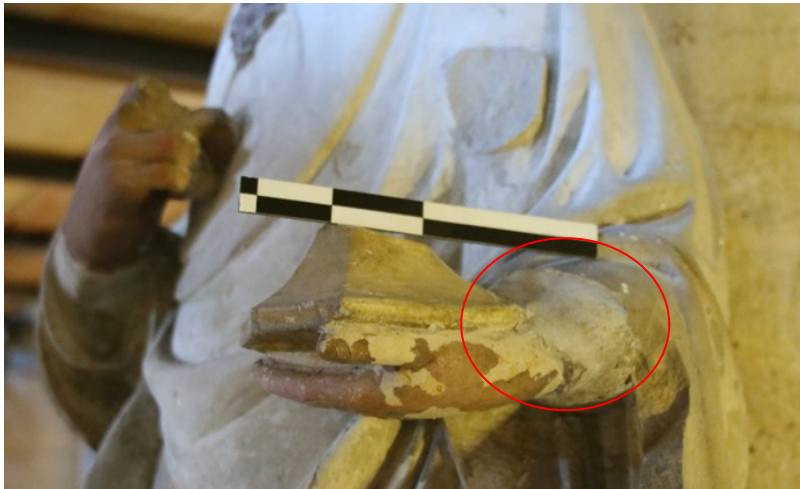


Abbildung 98, Abbildung 99, Abbildung 100: Vor, während und nach der Überarbeitung einer Altergänzung an der Skulptur des Apostels Johannes.

5.3.10 Retuschen

Abschließend erfolgte eine Retusche der Inkarnatbereiche zur Herstellung eines harmonischen Gesamtbildes.

Produkt/Rezept: *Aquarell*



Abbildung 101, Abbildung 102: Retusche störender Fehlstellen. Hand des Apostels Thomas.

5.3.11 Ergänzungen fehlender Attribute

Die an den Apostel Bartholomäus und Thomas fehlenden bzw. nur noch teilweise vorhandenen Attribute wurden durch nach Fotovorlage in Holz ergänzt.⁴⁷



Abbildung 103, Abbildung 104, Abbildung 105: Ergänzung des Attributes an der Skulptur des Apostels Bartholomäus nach Fotovorlage aus dem 19. Jahrhundert.



Abbildung 106, Abbildung 107: Ergänzung des Attributes an der Skulptur des Apostel Thomas.

⁴⁷ Ausführung durch Dipl. Rest. M Zimmer-Belter

Schlussbemerkung:

- im Mittelalter verwendete Materialien, klimatisch ungünstige Bedingungen und mangelnde Pflege führten zum katastrophalen Zustand der Farbfassungen
- durch nahezu berührungslose Schmutzabnahme und Festigung mit einem lang erprobten Festigungsmittel konnte ein stabiler Zustand erreicht werden – erfolgreiche Notsicherung
- einzigartiger Zyklus mit nachweisbaren mittelalterlichen Farbresten, die es zu bewahren sind
- Überwachung und Pflege dieses „Schatzes“ dringend geboten
- Durchsicht im 5-Jahres-Rhythmus sinnvoll
- Staubabnahmen und ggf. Nachfestigungen mit Störleim

6 Nachwort

Karsten Böhm

Mit dem DBU-Forschungsprojekt zur Rettung der Farbfassungen an den Chorpfeilerfiguren des Halberstädter Domes wurde für die stark geschädigte und verschmutzte Fassung eine innovative Konservierungsstrategie entwickelt, die es ermöglichte, hauchdünne, vom Untergrund gelöste und zudem berührungsanfällige Malschichten ohne Verluste zu reinigen, um sie anschließend niederzulegen und sicher an den Träger anzubinden. Noch vor wenigen Jahren wäre eine Oberflächenreinigung in einem derart fragilen Zustand ohne Vorsicherung an Grenzen gestoßen – ja, sogar undenkbar gewesen. Für eine berührungslose, schonende Reinigung finden heute moderne Laserstrahlgeräte in der Restaurierung Anwendung.

Dass es sich lohnt, etablierte Methoden restauratorischer Praxis einer Überprüfung und Weiterentwicklung zu unterziehen, zeigte sich anhand der Erprobung geeigneter Facing-Materialien zum Niederlegen und Festigen von Malschichtschollen. Die Erkundung verschiedenster Materialien - durchaus fern üblicher restauratorischer Anwendung - bot ein breites Spektrum. Anhand definierter Anforderungskriterien erfolgten eine Vorauswahl und systematische Prüfung der Werkstoffe hinsichtlich Kompatibilität und Gebrauchsfähigkeit. Aus dem Wettbewerb ging die wenig bekannte Habotai-Seide - noch vor dem sonst gebräuchlichen Japanpapier - als Sieger hervor. Die Vorzüge des Seidenstoffes gegenüber dem Japanpapier erwiesen sich bei der Sicherung der Skulpturenfassung von bemerkenswertem Vorteil.

Aus dem Titel des DBU-Forschungsprojekts „Praxisorientierte Vorversuche sowie Notsicherungen zur modellhaften Fassungssicherung mit Hilfe einer Facing-Technologie stark umweltgeschädigter, unrestaurierter, mittelalterlichen Steinskulpturen im Halberstädter Dom“ geht hervor, dass der Facing- und Festigungstechnologie in dem Projekt hohe Aufmerksamkeit eingeräumt wurde. Maßgeblich ist die Projektkonzeption der initiativ-wirkende Diplom-Restauratorin Corinna Grimm-Remus in Zusammenarbeit mit Diplomingenieur Uwe Kalisch vom Institut für Konservierung und Diagnostik an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt zu verdanken. Im Vordergrund stand dabei die Lösung konservatorischer Probleme. An diesem übergeordneten Ziel war auch die multidisziplinäre Zusammenarbeit aller Projektpartner ausgerichtet. Die hier gesammelten Forschungsergebnisse wurden geradewegs durch die beteiligten Restauratorinnen bei der Notsicherung an den Chorpfeilerfiguren in der Konservierungspraxis validiert. Mit der vorliegenden Publikation werden die innovativen Resultate des Forschungsprojekts noch einmal zusammengefasst.

Ein ganz besonderes Merkmal zeichnete das Halberstädter Projekt aus, welches der damalige Leiter des Referates „Umwelt und Kulturgüter“, Prof. Dr. Paul Bellendorf anlässlich der Tagung "FORWARD – Forum Wissenschaftliches Arbeiten in Restaurierung und Denkmalpflege" 2017 in Berlin hervorhob. Er würdigte die beispiellose Position der Restauratorin Corinna Grimm-Remus als „echte“ Kooperationspartnerin - darüber hinaus

in lenkender Funktion tätig - als einzigartig in einem konservatorisch geprägten Forschungsprojekt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) und verband damit den Appell, die „Sichtbarkeit von Restauratoren in DBU-Projekten (zu) erhöhen“. Restauratoren besitzen hochspezialisiertes, auf die Erhaltung von Kulturgut ausgerichtetes Wissen. Konservatorische Problemstellungen können nur durch aktive Mitwirkung von Restauratoren gelöst werden. Folgerichtig muss ihnen eine entsprechende Stellung eingeräumt werden.

Und wie geht es nach Abschluss des erfolgreichen DBU-Projekts weiter? Keinesfalls darf die Aufmerksamkeit von dem Skulpturenzyklus abgewendet werden. Zur langfristigen Erhaltung der Figuren ist im Rahmen der Objektpflege erstmals ein turnusmäßiges Monitoring in fünf Jahren geplant. So können Gefahren und Schäden frühzeitig detektiert und ggf. durch minimalinvasive konservatorische Eingriffe behoben werden. Als Grundlage dienen nach Abschluss der Konservierung erstellte 3D-Erfassungen sämtlicher Figuren. Diese hochauflösende Vermessung der Oberflächentopographie gilt als Referenz für künftige Vergleichsmessungen. Eine aufwändige Gerüststellung in dem sensiblen Umfeld des Chores ist dafür nicht erforderlich. Treten signifikante Abweichungen auf, bleiben restauratorische Beobachtungen unersetzbar. Diese können dann gezielt organisiert werden. Die Gefahr schmerzlicher Substanzverluste an den Chorpfeilerfiguren ist gebannt und die künftige Generation der Bürde kostenintensiver Maßnahmen enthoben. Zu einer nachhaltigen Sicherungs- und Erhaltungskonzeption gehört die Pflegeplanung als integrierter Bestandteil dazu. Die Kulturstiftung Sachsen-Anhalt ist sich dieser Verantwortung bewusst. Seit vielen Jahren hat sich am Halberstädter Dom ein regelmäßiges restauratorisches Pflegeregime an Ausstattungsstücken etabliert.

Karsten Böhm

Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt, Referat Denkmalkunde

7 Öffentlichkeitsarbeit

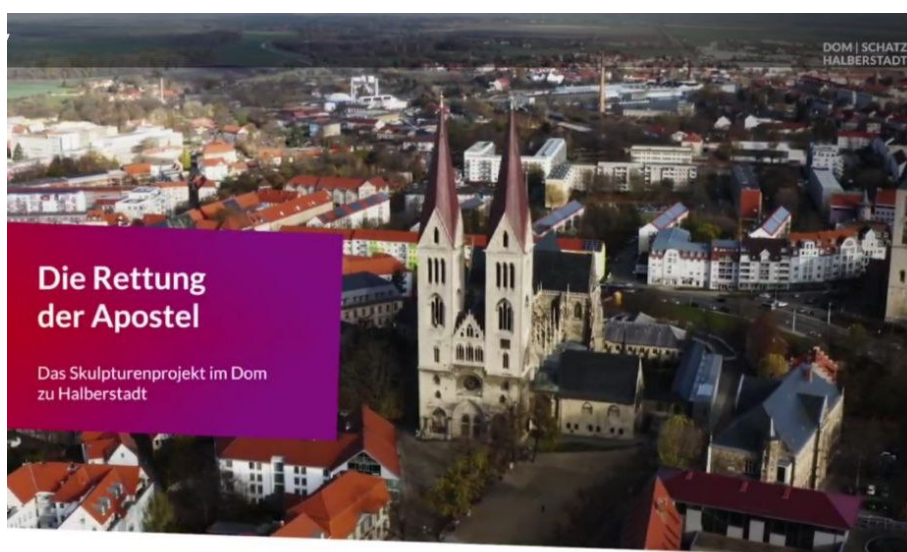
Regelmäßig wurde in der regionalen und überregionalen Presse durch abgehaltene Pressetermine über das Projekt informiert. Es erfolgten zudem Radio- und Fernsehbeiträge.



Abbildung 108: Beispiel eines Beitrages in der Lokalpresse.

Zusätzlich wurde ein Film über das Projekt erstellt.

<https://www.youtube.com/watch?v=pZju3UcrQNG>



Darüber hinaus erfolgten 2 Fachbeiträge in der Zeitschrift „Denkmalpflege in Sachsen-Anhalt“ und im Jahrbuch der Kulturstiftung Sachsen-Anhalt:

Corinna Grimm-Remus: Dom zu Halberstadt DBU- Projekt über ein Notsicherungskonzept für die Chorpfeilerskulpturen. In: Kulturstiftung Sachsen-Anhalt. Jahrbuch 2016-2018. S.128-129, ISBN 978-3-96502-002-3

Karsten Böhm, Corinna Grimm-Remus: NOTSICHERUNGSKONZEPT FÜR DIE CHORPFEILERSKULPTUREN IM HALBERSTÄDTER DOM - Ein DBU-Projekt hat begonnen. In: Denkmalpflege in Sachsen-Anhalt Nr. 2 | 17. S. 91-96.

Zum Abschluss des Forschungsprojektes wurden alle Ergebnisse im Rahmen einer 2-tägigen Abschlussveranstaltung, bestehend aus einer öffentlichen Abendveranstaltung und eines Fachkolloquiums, präsentiert:

Vierzehn Steinskulpturen im Dom Halberstadt standen im Mittelpunkt einer beispielhaften Notsicherungsmaßnahme. Die zwischen 1425 und 1475 entstandenen Figuren der zwölf Apostel und der beiden Dompatrone Stephanus und Sixtus gehören zur ursprünglichen mittelalterlichen Ausstattung im Hohen Chor der Kathedrale.

Bei restauratorischen Pflegearbeiten im Vorfeld wurde deren kritischer Erhaltungszustand festgestellt. Vor allem die Farbfassungen waren stark geschädigt und gefährdet. Nach umfangreicher Bestandsaufnahme startete 2017 die Kulturstiftung Sachsen-Anhalt mit finanzieller Unterstützung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt ein interdisziplinäres Forschungsvorhaben, um die fragilen Farbaufträge der mittelalterlichen Skulpturen zu erhalten.

Im Projekt „Praxisorientierte Vorversuche sowie Notsicherungen zur modellhaften Fassungssicherung mit Hilfe einer „Facing-Technologie“ stark umweltgeschädigter, unrestaurierter, mittelalterlicher Steinskulpturen im Halberstädter Dom“ kamen innovative Technologien in den Restaurierungswissenschaften zur Anwendung, die an den Chorskulpturen modellhaft erprobt, weiterentwickelt und abschließend ausgeführt wurden. Die Ergebnisse werden nun in einem wissenschaftlichen Kolloquium im Dom Halberstadt vorgestellt.

Veranstalter: Kulturstiftung Sachsen-Anhalt
Förderer: Deutsche Bundesstiftung Umwelt
Kooperationspartner: Corinna Grimm-Remus, Dipl.-Restauratorin, Magdeburg
Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt
Institut für Diagnostik und Konservierung an Denkmälern in Sachsen und Sachsen-Anhalt e. V.
Fachbeirat: Fachhochschule Potsdam, Studiengang Konservierung und Restaurierung
Technische Hochschule Köln, Fakultät für Kulturwissenschaften, CICS - Cologne Institute of Conservation Sciences Skulptur/Denkmalpflege
In Zusammenarbeit mit: Bauhaus Universität Weimar

ANMELDUNG UND HINWEISE

Die Veranstaltungen an beiden Tagen sind kostenfrei.

27. Juni 2022: Die Tagungseröffnung und die Abendvorträge sind öffentlich. Aufgrund der Corona-Pandemie steht ggf. nur eine begrenzte Platzkapazität zur Verfügung. Hinweise zu den dann geltenden Hygienemaßnahmen finden Sie auf der Website der Kulturstiftung Sachsen-Anhalt: www.kulturstiftung-st.de

28. Juni 2022: Das Kolloquium richtet sich an ein Fachpublikum. Eine Teilnahme ist nur nach **Anmeldung bis zum 20. Mai 2022** möglich unter: tagung@kulturstiftung-st.de

Für Tagungsteilnehmer steht ein Kontingent an **Übernachtungen** in begrenztem Umfang zur Verfügung, das über die Tourist-Information Halberstadt unter dem Stichwort „Dom Halberstadt“ zu buchen ist. E-Mail: zimmervermittlung@halberstadt.de
T: +49 (0)3941 551815

Mit Anmeldung und Teilnahme an der Konferenz wird dem Veranstalter die Erlaubnis erteilt, während der Veranstaltung Foto-, Ton- und Videoaufnahmen anzufertigen und diese im Zusammenhang mit der Veranstaltung für die Öffentlichkeitsarbeit und für die Dokumentation, analog und digital, zu verwenden. Der Veranstalter erhebt, verarbeitet und nutzt die personenbezogenen Daten ausschließlich im Rahmen der Wahrnehmung der satzungsgemäßen Aufgaben der Kulturstiftung Sachsen-Anhalt.



Mit Störlein und Seide

DBU-Forschungsprojekt zur Rettung der Farbfassungen an den Halberstädter Domchorskulpturen

Abschlusskolloquium am 27./28. Juni 2022 im Dom Halberstadt

WWW.KULTURSTIFTUNG-ST.DE



Abbildung 109: Deckblatt des Tagungsflyers.