



Diplomarbeit

Machbarkeitsstudie für eine Technologie zur Zuordnung der geborgenen polychrom bemalten Deckenbretter von Schloss Steinort

Feasibility study to determine a technology for the reassembly of the
recovered polychrome ceiling boards at Sztynort Palace

Bearbeiter: Kay-Michael Müller

Geburtsdatum/-Ort: 02.03.1988 in Naumburg/Saale

Matrikelnummer: 3793173

**Erstgutachter: Prof. Dr.-Ing. Wolfram Jäger, Lehrstuhl für Tragwerksplanung, TU-
Dresden**

**Zweitgutachter: Prof. Dr. Kilian Heck, Caspar-David-Friedrichinstitut für Bildende
Kunst & Kunstgeschichte, Universität Greifswald**

Eingereicht am Lehrstuhl für Tragwerksplanung, Fakultät Architektur, TU-Dresden

Abgabedatum: 26.07.2017

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen Publikationen, Vorlagen und Hilfsmitteln als die angegebenen benutzt habe. Alle Teile meiner Arbeit, die wortwörtlich oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen sind, wurden unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht. Gleiches gilt für von mir verwendete Internetquellen. Die Arbeit ist weder von mir noch von anderen bereits als Prüfungsleistung vorgelegt worden.

Unterschrift

Dresden, den 25.07.2017

Danksagung

Ich möchte mich bei allen Beteiligten herzlich für ihre Unterstützung bei fachlichen Fragen und menschlichen Belangen bedanken.

Zuerst gebührt mein Dank Herrn Prof. Dr.-Ing. Jäger (TU-Dresden, Fakultät Architektur, Lehrstuhl für Tragwerksplanung) sowie meinem Zweitgutachter Herrn Prof. Dr. Heck (Universität Greifswald, Caspar-David-Friedrich Institut für Bildende Kunst und Kunstgeschichte) ohne deren Initiative diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Frau Dipl.-Ing. Boeckhoff (TU-Dresden, Fakultät Architektur, Lehrstuhl für Tragwerksplanung) für ihre stets kompetente fachliche Beratung in allen Belangen.

Herrn Prof. Jörg Schöner für die Unterstützung mit seinem Fachwissen und seiner Kameratechnik.

Herrn Dipl.-Ing. (FH) Matthias Hohl für die selbstlose, auch personelle Unterstützung zu jedem Zeitpunkt.

Der Firma Laserscanning-Europe, für die kostenlose Zertifizierung und das kostenlose Bereitstellen der benötigten Scanner-Hardware sowie der Firma Faro für das Bereitstellen einer kostenlosen Programmlizenz für den Bearbeitungszeitraum meiner Arbeit

Katrin Ossig für die sprachliche Korrektur dieser Arbeit und Susann Prasse für ihren moralischen Beistand und ständige Hilfsbereitschaft. Herzlichen Dank!

Meiner Familie und Freunden für ihre stetige Unterstützung während meines Studiums.

Zusammenfassung

Die Rekonstruktion von einzelnen baulichen Strukturen oder historischen Gebäuden ist auch heutzutage noch sehr handwerklich geprägt und oft sehr aufwändig [1]. Wie auch in diesem bearbeiteten Beispiel fehlen häufig benötigte bauzeitliche Dokumentationen oder es liegen nur Fragmente der ursprünglichen Objekte vor. Dennoch besteht oftmals der Anspruch einer möglichst lückenlosen Rekonstruktion oder einer denkmalgerechten Wiederherstellung des historischen Vorbilds.

In dieser Arbeit werden die polychrom bemalten Deckenbretter der Holzbalkendecke des Schlosses in Steinort thematisiert, welche aus einer Notsicherungsmaßnahme heraus ohne auf den ersten Blick erkennbare Ordnung aus dem Schloss gesichert wurden. Diese sollen zu einem späteren Zeitpunkt, so weit möglich, wieder im Schloss verbaut werden.

Zu diesem Zweck wird im Sinne einer Machbarkeitsstudie eine computergestützte Methodik gesucht, um die Holzdielen ihrer ursprünglichen Lage im Objekt zuzuordnen.

Abstract

The reconstruction of historical buildings and its individual structures is still artisanal and very complex work [1]. As it is the case in this example, frequently required documentation is missing or only fragments of the original objects are available. To aim is a reconstruction as accurate as possible or a restoration of the historic example according to the specifications for monument preservation.

In this thesis, the polychrome painted wooden planks of the beam ceilings in Sztynort Palace are discussed. They had to be removed from the building for emergency security measures. Unfortunately there is no recognizable order of the beams with their correct position in the castle. Tough they need to be installed as complete as possible in the near future.

With this in mind, a computer-aided methodology is sought for the purpose of feasibility study, which assigns these wooden planks to their original position in the building.

Inhaltsverzeichnis

Eigenständigkeitserklärung.....	I
Danksagung	II
Zusammenfassung	III
Abstract	IV
Inhaltsverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	X
Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	XI
I Einleitung.....	1
1 Aufgabenstellung und Ziele	2
2 Lage und historische Bedeutung des Schlosses	3
3 Kunsthistorische Bedeutung der polychrom bemalten Decken.....	4
3.1 Die Konstruktion der Decken.....	4
3.2 Datierung der polychromen Bemalung	7
3.3 Vergleichbare Bauwerke	8
3.4 Gesamteinschätzung der historischen Bedeutung.....	11
II Theoretische Betrachtungen	12
1 Konstruktiv	13
1.1 Ertüchtigung der Zwischendecke	13
1.2 Einbau der Deckenbretter bei Variante B der Ertüchtigung der Zwischendecke .	21
2 Rekonstruktiv	24
2.1 Übergeordnete Zuordnungsmethoden.....	24
2.2 Zuordnung zum Raum.....	25
2.3 Zuordnung in Segmenten & genaue Lagezuordnung	28
3 Spezifizierung der Vorzugsvariante	31
III Praktische Vorgehensweise.....	33
1 Auswahl eines Raumes für die Zuordnungsversuche	34
1.1 Raumbegehung und Bewertung, Mai 2017	34

1.2	Lagerzustand der Deckenbretter	46
1.3	Auswahl und Begründung	48
1	Hochauflösende Fotografie	49
1.1	Allgemeine Hinweise und benutztes Gerät	49
1.2	Anfertigen der Aufnahmen der Deckenbretter	51
1.3	Anlegen einer Ordnerhierarchie	53
1.4	Zusammensetzen der Teilbilder	54
1.5	Weiterverarbeitung des Bildmaterials im Grafikprogramm	63
2	3D-Modellierung der Deckenbretter	67
2.1	Extraktion der Pfadgeometrie	67
2.2	Modellierung und Texturemapping	69
3	3-D Laserscanning	71
3.1	Vor- und Nachbereitungen	71
3.2	Anfertigen der Scans	72
3.3	Auslesen und exportieren der Daten mit Faro SCENE	74
4	Verarbeitung der Datensätze	82
4.1	Auswahl des Datensatzes	82
4.2	Ordnen des Datensatzes	82
4.3	Anordnen im 3D Modell	84
IV	Fazit	86
	Quellenverzeichnis	90

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Schloss Steinort, Foto: A.Weichelt [2]	2
Abbildung 2 Zustand vor Herausnahme der Deckenbretter, Foto: B. Kulczynska-Nowak, 2007	4
Abbildung 3 Detailaufnahme Lagesicherung, Juni 2017, Foto: W. Jäger.....	5
Abbildung 4 Untersicht und Schnitte, historische Konstruktion, o.M., eigene Darstellung.....	5
Abbildung 5 Isometrie von oben, historische Konstruktion, o.M., eigene Darstellung	6
Abbildung 6 Isometrie von unten, historische Konstruktion, o.M., eigene Darstellung	6
Abbildung 7 Untersicht der Holzbalkendecke nach der Restauration [6]	9
Abbildung 8 Ausschnitt restaurierte Schiffdecke und einzelne Deckenbretter,	10
Abbildung 9 Blick in das Paradezimmer während der Restaurationsarbeiten nach der Restaurierung, Foto: ML Press [9]	10
Abbildung 10 Untersicht und Schnitte, Sanierungsvorschlag A, o.M., eigene Darstellung....	15
Abbildung 11 Isometrie von oben, Sanierungsvorschlag A, o.M., eigene Darstellung	15
Abbildung 12 Isometrie von unten, Sanierungsvorschlag A, o.M., eigene Darstellung	16
Abbildung 13 Modellversuch für das Vorbereiten der Balkenoberfläche zum Verleimen, Foto: W. Jäger	18
Abbildung 14 Schematische Aufsicht der Holzbalkendecke, fotografische und schematische Untersicht und zu beschneidende Bereiche der Decker, o.M., eigene Darstellung.....	18
Abbildung 15 Untersicht und Schnitte, Sanierungsvorschlag B, o.M., eigene Darstellung....	19
Abbildung 16 Isometrie von oben, Sanierungsvorschlag B, o.M., eigene Darstellung	19
Abbildung 17 Isometrie von unten, Sanierungsvorschlag B, o.M., eigene Darstellung	20
Abbildung 18 Isometrie von oben, Einbauabfolge der Deckenbretter, Variante A, o.M., eigene Darstellung	21
Abbildung 19 Isometrie von unten, Einbauabfolge der Deckenbretter, Variante A, o.M., eigene Darstellung	21
Abbildung 20 Isometrie von oben, Einbauabfolge der Deckenbretter, Variante B, o.M., eigene Darstellung	23
Abbildung 21 Isometrie von unten, Einbauabfolge der Deckenbretter, Variante A, o.M., eigene Darstellung	23
Abbildung 22 links: schematischer Einbau der Decker, rechts: schematischer Einbau der Kriecher, o.M., Darstellung: Lina Merck, vom Autor nachbearbeitet [14]	23
Abbildung 23 "Motiv in einem Deckenzwischenfeld" [3]	29
Abbildung 24 Abstrakte Darstellung der Kantenzuordnung. rot: Bemalung der Kriecher, grau: Bemalung der Decker, eigene Darstellung, o.M.	30
Abbildung 25 Grundriss Erdgeschoss, Ausschnitt Kernbau, o.M., bearbeitet [19]	34

Abbildung 26 Grundriss erstes Obergeschoss, Ausschnitt Kernbau, o.M., bearbeitet [21] ...	35
Abbildung 27 Raum 0.02, Zustand Deckenbalken unbemalter Bereich, Foto: W.Jäger	36
Abbildung 28 Raum 0.02, Zustand Deckenbalken bemalter Bereich, Foto: W.Jäger	36
Abbildung 29 Raum 0.02, Detailaufnahme Bemalung, Foto: W.Jäger, Aufnahme gedreht...	37
Abbildung 30 Raum 0.03, Detailaufnahme Bemalung, Foto: W.Jäger, Aufnahme gedreht...	37
Abbildung 31 Raum 0.08a, Zustand Bemalung, Foto: W.Jäger, Aufnahme gedreht	38
Abbildung 32 Raum 0.09, Zustand Deckenbalken, Foto: W.Jäger, Aufnahme gedreht	39
Abbildung 33 Raum 1.04, Zustand Bemalung, Foto: W.Jäger, Aufnahme	40
Abbildung 34 Raum 1.04, Detailaufnahme Bemalung, Foto: W.Jäger, Aufnahme	40
Abbildung 35 Raum 1.06, Zustand Bemalung, Foto: W.Jäger, Aufnahme gedreht	41
Abbildung 36 Raum 1.07, Detailaufnahme Bemalung, Foto: W.Jäger, Aufnahme gedreht...	42
Abbildung 37 Raum 1.08, Zustand Bemalung, Foto: W.Jäger, Aufnahme gedreht	43
Abbildung 38 Raum 1.08, Detailaufnahme Bemalung, Foto: W.Jäger, Aufnahme gedreht...	44
Abbildung 39 Raum 1.09, Zustand Bemalung, Foto: W.Jäger	45
Abbildung 40 Ausschnitt aus dem Bestand der eingelagerten Deckenbretter, Fotos: Hannah Wadle	46
Abbildung 41 Grundriss Erdgeschoss, Schloss Steinort, mit Datierung der Bauphasen, unbekannter Ersteller [4]	47
Abbildung 42 schematische Skizze des Versuchsaufbaus, o.M., eigene Darstellung	49
Abbildung 43 Hasselblad H4D, Foto: Datenblatt Hersteller [20]	50
Abbildung 44 Hasselblad HC 3.2/150, Fotos: Datenblatt Hersteller [21]	50
Abbildung 45 Aufbau Kamerasetup, Foto: Kay-M. Müller	51
Abbildung 46 Aufbau Fotowand mit Green Screen, Foto: Kay-M. Müller	51
Abbildung 47 Vollständig bearbeiteter Brettstapel, Foto: Kay-M. Müller	52
Abbildung 48 Ausschnitt aus der Tabelle des Schriftführers	52
Abbildung 49 Grafik Ordnerhierarchie, links schematisch, rechts beispielhaft, eigene Darstellung	53
Abbildung 50 PTGui - Bilder laden	54
Abbildung 51 PTGui - Bilder Anordnen	55
Abbildung 52 PTGui - Vorschaufenster Panorama	55
Abbildung 53 PTGui - Panoramaausschnitt festlegen	56
Abbildung 54 PTGui - Panoramagröße anpassen	57
Abbildung 55 PTGui - weitere Einstellungen und Dateinamenvergabe	57
Abbildung 56 PTGui - Panorama erstellen lassen	58
Abbildung 57 PTGui - Projekt schließen	58
Abbildung 58 Photoshop - Einstellungen für Überblendung	59
Abbildung 59 Photoshop - Überblendung Ergebnis	59

Abbildung 60 Photoshop - Tonwertkorrektur Einstellungen	60
Abbildung 61 Photoshop -TIF-Format-Einstellungen.....	61
Abbildung 62 Photoshop - Bildgröße Einstellungen	61
Abbildung 63 Photoshop - TIF-Format-Einstellungen.....	62
Abbildung 64 Photoshop - Statuszeile mit Längenangabe	63
Abbildung 65 Photoshop - Einstellungsdialog Bildgröße	63
Abbildung 66 Photoshop - Einstellungen für die Ebene "Farbton und Sättigung"	64
Abbildung 67 Photoshop - Einstellung Zauberstab-Werkzeug.....	64
Abbildung 68 Photoshop – ausgeschnittener Schattenbereich.....	65
Abbildung 69 Photoshop - vollständig aus- und beschnittenes Ergebnis.....	65
Abbildung 70 Photoshop - Neuen Pfad aus Auswahl erstellen.....	66
Abbildung 71 Photoshop - erstellen und Bereinigung des Arbeitspfades.....	66
Abbildung 72 Illustrator - Optionen beim Öffnen.....	67
Abbildung 73 Illustrator - Überprüfung der erstellen Pfade durch markieren	67
Abbildung 74 Illustrator - Einstellungsfenster Exportieren-Dialog	68
Abbildung 75 Sketchup - importierte Geometrie mit Bildumriss.....	69
Abbildung 76 Sketchup - Beispiel eines Einschnittes und einer Schlaufe.....	69
Abbildung 77 Sketchup - Eingefügte und skalierte Textur	70
Abbildung 78 Aufbringen des zuvor entfernten Laufstegs, Foto: Lina Merck	71
Abbildung 79 Positionierung des Scanners oberhalb der Balken, Foto: Kay-M. Müller.....	73
Abbildung 80 Faro Scene - Ergebnis Einzelscan	73
Abbildung 81 SCENE - Ansicht Projektübersicht.....	74
Abbildung 82 SCENE - Ansicht Importieren	75
Abbildung 83 SCENE - Konfiguration Verarbeitung	76
Abbildung 84 SCENE - fertig gestellte Verarbeitung	76
Abbildung 85 SCENE - Konfiguration Stationierung.....	77
Abbildung 86 SCENE - Registrierungsbericht	78
Abbildung 87 SCENE - erstes Begrenzen des Punktwolke	79
Abbildung 88 SCENE - Ausschnitt der Deckenbalkenlage	80
Abbildung 89 SCENE - Konfiguration Punktwolke.....	81
Abbildung 90 Unterischt der Holzbalkendecke vor Ausbau der Deckenbretter,	82
Abbildung 91 Gegenüberstellung der verglichenen Punkte der Decker in Photoshop und dem Foto	83
Abbildung 92 Photoshop - Anordnung der Decker in Photoshop.....	83
Abbildung 93 Photoshop - Hinzufügen der Kriecher in die Anordnung	84
Abbildung 94 ArchiCAD - Übersicht über die erstellten Ebenen	85
Abbildung 95 ArchiCAD - Anordnung der Deckenbretter.....	85

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Denkmalpflegerische Bewertung Variante A der konstruktiven Ertüchtigung	16
Tabelle 2 Denkmalpflegerische Bewertung Variante B der konstruktiven Ertüchtigung	20
Tabelle 3 Übersicht der Typisierung der Bemalungen [17], eigene Darstellung.....	26

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

GPU	Graphics Processing Unit (Grafikkarte)
CPU	Central Processing Unit (Prozessor)
OK FFB	Oberkante Fertigfußboden
ISO	Lichtempfindlichkeit eines Kamerasensors

I Einleitung

Seitdem ich das erste Mal im Spätsommer 2015 das Schloss, seine nähere Umgebung sowie das dazugehörige Mausoleum gesehen habe, ist mir die wichtige Rolle dieses Ensembles in der deutsch-polnischen Geschichte bewusstgeworden. Vor allem mit Hinblick auf die Nähe zur Wolfschanze und dem historischen sowie kulturellem Zusammenspiel dieser Orte, aber auch Kontrast dieser Orte zueinander, gilt es diesen Gebäudekomplex zu erhalten und vor dem Verfall zu schützen.

1 Aufgabenstellung und Ziele



Abbildung 1 Schloss Steinort, Foto: A.Weichelt [2]

„Die Arbeit soll mit einer Analyse des Problems beginnen. Dazu sind die Örtlichkeit und die konstruktive Lösung der Decken zu erfassen und zu dokumentieren. Typische Merkmale der Bemalung sind zu beschreiben, um sie später ggf. für die Zuordnung verwenden zu können.

Danach soll mit der Arbeit eine Analyse des aktuellen Standes der Wissenschaft und Technik zur Problematik durchgeführt werden. Dabei sind vergleichbare oder ähnliche Fallbeispiele zu betrachten und hinsichtlich der grundlegenden Arbeitsweise und der eingesetzten Technik zu bewerten.

Nachfolgend sind Ansatzpunkte für eine Zuordnung der Deckenbretter heraus zu kristallisieren und auf ihre Brauchbarkeit hin zu prüfen.

Den Hauptteil der Arbeit sollen die Auswahl geeigneter technischer Hilfsmittel und die Erarbeitung einer rationellen Technologie zur Zuordnung der Deckenbretter zu den Räumen und ihren konkreten Einbauorten bilden. Sie ist anhand eines räumlich begrenzten Deckenbereiches zu demonstrieren und zu beschreiben, sofern die Machbarkeit zu konstatieren ist.

In Abstimmung mit der Technologie zur Verstärkung der Deckenbalken [10] ist die Einbautechnologie zu erarbeiten und zu beschreiben.“ [3]

2 Lage und historische Bedeutung des Schlosses

Schloss Steinort (polnisch: Sztynort) liegt inmitten der polnischen Masuren, unweit von Königsberg, auf dem ehemaligen Gebiet Ostpreußens und ist somit ein erwähnenswerter sowie erhaltenswerter Bestandteil des deutsch-polnischen Kulturerbes.

Das Herrenhaus in seiner jetzigen Form hat seinen Ursprung in den Jahren 1689-1693. Lediglich erhalten blieb aus dieser Bauphase nur der Mittelbau des Gebäudes. Die beiden Seitenflügel stammen aus dem Jahr 1829. In den Jahren 1860 und 1880 folgten dann noch die Anbauten von drei Ecktürmen. Dieser Aufbau bildet bis heute das Gesamtensemble des Schlossbaus. Weitere Wirtschaftsgebäude sind dem eigentlichen Schloss vorgelagert.

Bis zum fehlgeschlagenem Attentat an Hitler, am 20. Juli 1944 war das Herrenhaus, sowie das angeschlossene Ackerland in Besitz der Familie Lehndorff. Durch die Beteiligung Heinrich Graf von Lehndorff am Mordversuch wurde er sowie die gesamte Familie in Sippenhaft genommen und enteignet. Heinrich Graf von Lehndorff wurde am 4. September 1944 in Plötzensee hingerichtet.

Vom Ende des zweiten Weltkrieges an bis zur politischen Wende im Jahr 1990 war das Schloss größtenteils in der Hand einer staatlichen Agrargenossenschaft. Seit der Wende führten ständig wechselnde und mit der Sanierungsaufgabe überforderte Besitzer zu einem stetigen Zerfall des Schlosses. Erst durch die Bemühungen der Deutsch-Polnischen Stiftung sowie fachtechnischer Unterstützung durch die BHT Berlin (Fachbereich Bauingenieur- und Geoinformationswesen) sowie der TU-Dresden (Fakultät Architektur, Lehrstuhl Tragwerksplanung) konnten Notsicherungsmaßnahmen ergriffen werden und das Schloss vor weiterem Verfall geschützt werden. [4]

3 Kunsthistorische Bedeutung der polychrom bemalten Decken

3.1 Die Konstruktion der Decken

Die Grafiken beschränken sich auf den unteren Teil der Konstruktion. Ebenfalls ist zu beachten, dass es sich bei der Darstellung lediglich um einen schematischen Aufbau handelt und nicht um ein verformungsgerechtes Aufmaß. Der historische Aufbau ist zu beschreiben als Holzbalkendecke mit einer Kriecher-Decker-Schalung. Die Holzbalken liegen je nach Spannweite in einem Achsabstand von 0,9 Meter bis 1,2 Meter auf der Wandkonstruktion auf. In den Holzbalken befinden sich gleichmäßig und beidseitig auf der Oberseite verteilt herausgestemmte Lagesicherungen für die Kriecher. Diese Lagesicherungen wurden höchstwahrscheinlich, wie heute auch, mit einem Stemmbittel und Klopffholz aus dem Balken herausgearbeitet. In diesen Lagesicherungen liegen die so genannten Kriecher über einen Balkenabstand hinweg, darüber liegen überlappend die so genannten Decker, welche sich über mehrere Balken erstrecken. Für den weiteren Aufbau oberhalb der Deckenbretter gibt es derzeit keine gesicherten Informationen. Rückstände an den Balkenköpfen lassen darauf schließen, dass sich oberhalb der Schalung eine kalkhaltige Füllung befunden haben könnte.



Abbildung 2 Zustand vor Herausnahme der Deckenbretter, Foto: B. Kulczynska-Nowak, 2007



Abbildung 3 Detailaufnahme Lagesicherung, Juni 2017, Foto: W. Jäger

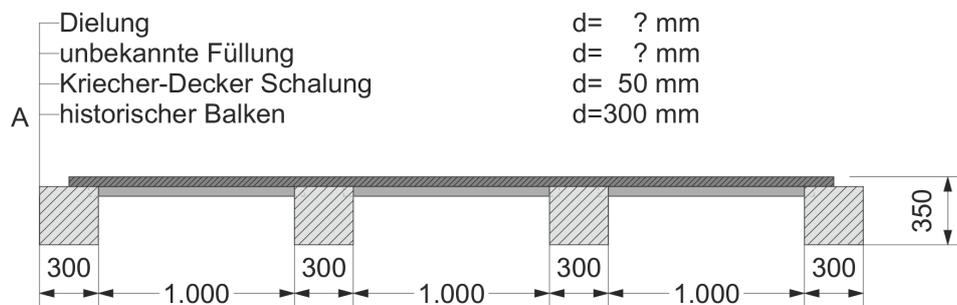
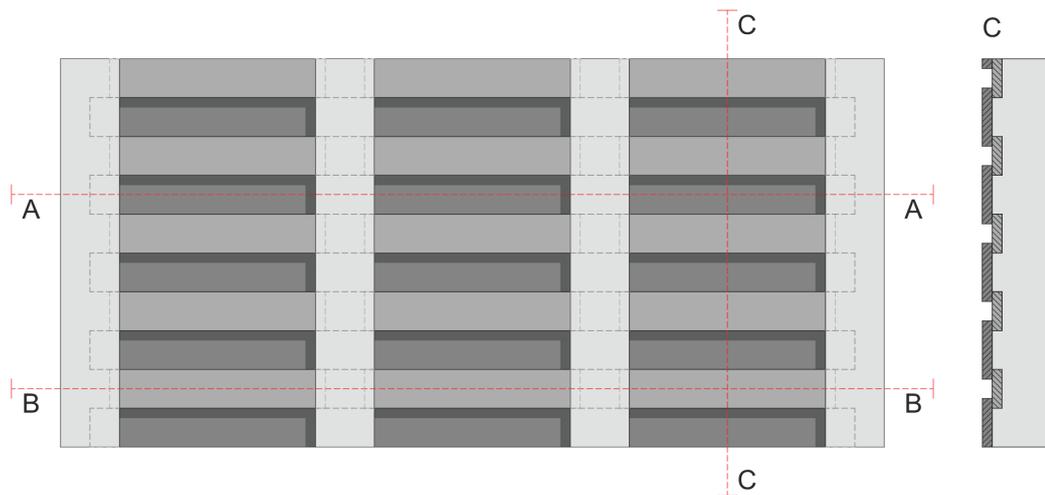


Abbildung 4 Untersicht und Schnitte, historische Konstruktion, o.M., eigene Darstellung

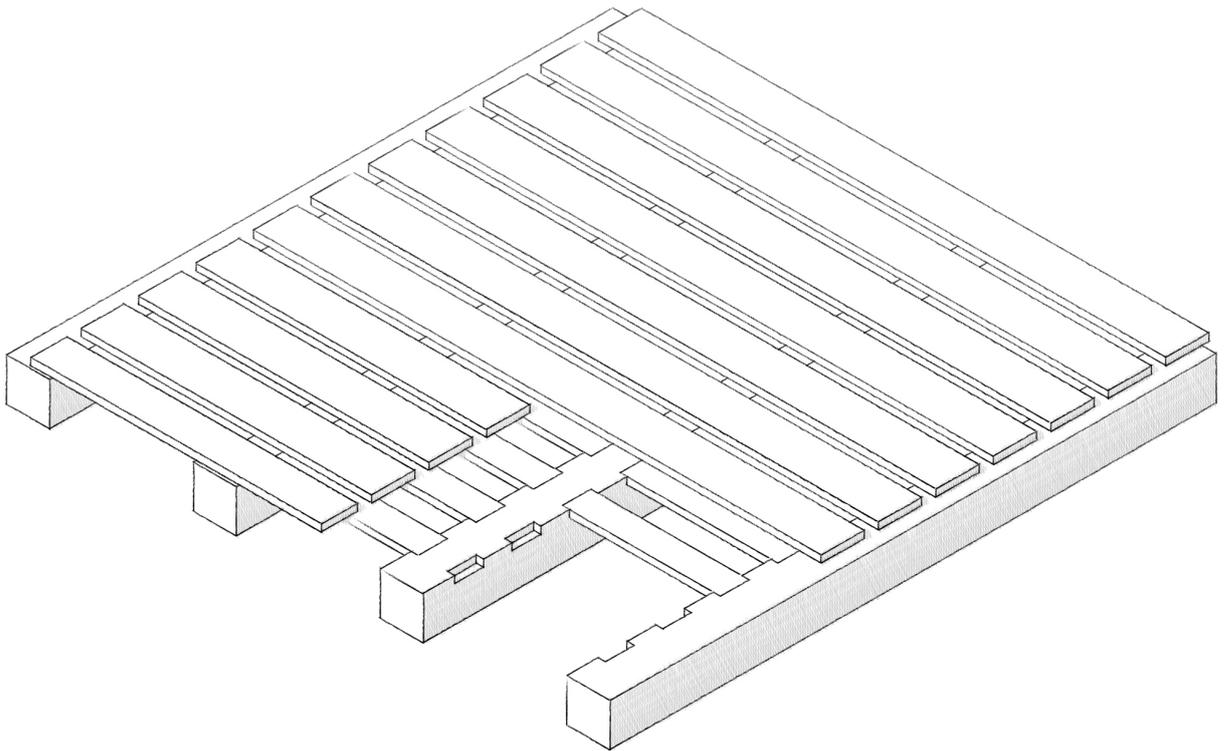


Abbildung 5 Isometrie von oben, historische Konstruktion, o.M., eigene Darstellung

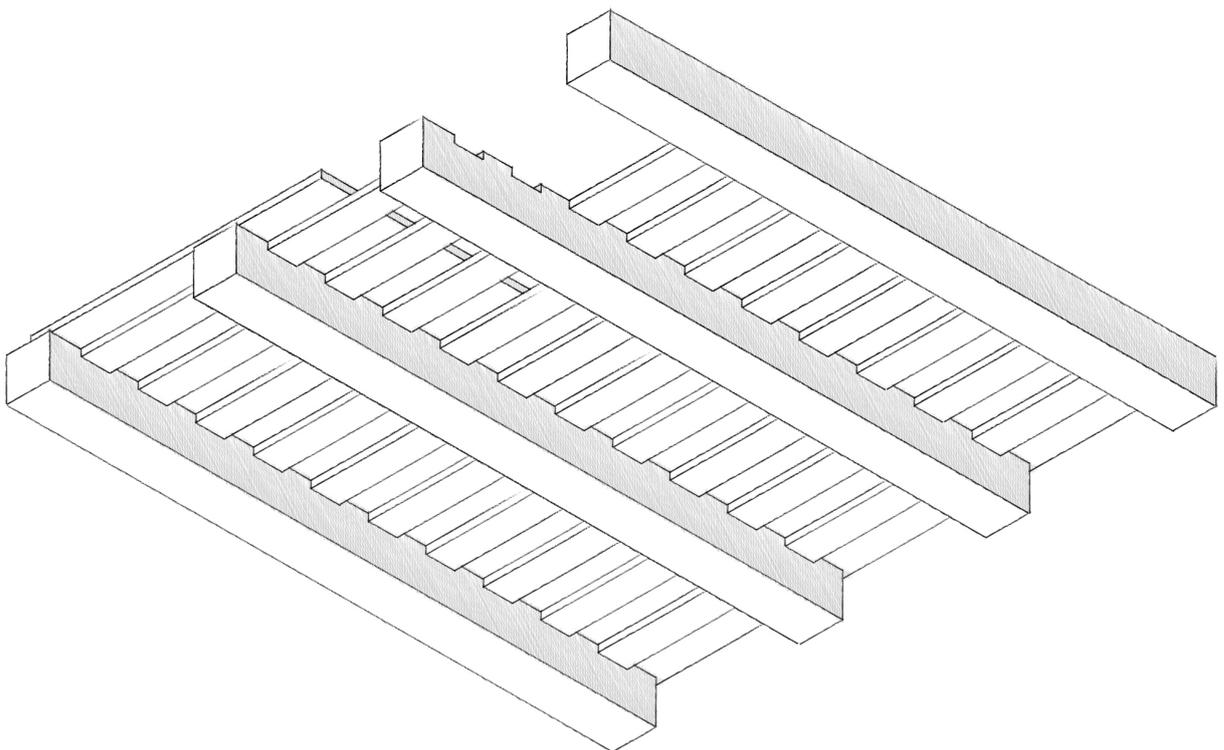


Abbildung 6 Isometrie von unten, historische Konstruktion, o.M., eigene Darstellung

3.2 Datierung der polychromen Bemalung

Bei der Datierung der Bemalungen kann auf die Untersuchungen von Carl von Lorck Bezug genommen werden. In seinem Buch „Groß Steinort / der Bauvorgang eines Barockschlosses im deutschen“ von 1937, untersucht er verschiedene nicht näher beschriebene Notizen und schreibt, dass erste Malerarbeiten bereits 1691 begonnen haben sollen. Des Weiteren soll der Hauptteil der Arbeiten wohl aber in den Jahren 1692 und 1695 stattgefunden haben, also zur Epoche des Hochbarocks. Durchgeführt wurden die Arbeiten von einem unbekanntem Maler. Der einzige nähere Hinweis deutet auf die Herkunft des Malers aus Rastenburg:

„[...] Der Mahler aus Rastenburg das erste mahl im 8 br. 91 bekommen... 28 fl. [...]“¹ [5]

Weiterhin finden sich in Lorcks Buch Rückschlüsse auf die verwendeten Farben und Grundmaterialien, die der Maler in Rechnung gestellt hatte. Die dort aufgeführten Farben decken sich mit jenen, die im Schloss vorzufinden sind. Darunter zu finden sind, auf ihre Grundfarbe reduziert: rot, grün, weiß, schwarz, goldfarben/gelb, silberfarben/grau und blau. [5]

¹ 8 br. 91: Oktober 91 [6] ; 28 fl.: Abkürzung für Gulden, die zu der Zeit gängige Währung [7]

3.3 Vergleichbare Bauwerke

Hier soll ein kurzer Überblick über vergleichbare Holzbalkendecken gegeben werden. Dabei gilt es eher Unterschiede und Gemeinsamkeiten in der Ausführung der Konstruktion zu finden, als auf die denkmalpflegerische Handhabung einzugehen. Dies ist nötig, um eine Aussage über die Bedeutsamkeit der Holzbalkendecken im Schloss Steinort treffen zu können.

3.3.1 Hauptgasse 51, Solothurn, Schweiz

Das in der – Altstadt der Stadt Solothurn – gelegene alte Bürgerhaus aus der letzten Hälfte des 15. Jahrhunderts wurde in den Jahren 2007 und 2008 umfangreich renoviert. Während dieser Arbeiten kam unter den wohl später abgehangenen Decken in allen drei Etagen eine polychrome Holzbalkendecke zum Vorschein. Datiert werden diese auf Mitte des 17. Jahrhunderts in den ersten beiden Etagen und auf Ende des 17. Jahrhunderts in der dritten Etage. Als erhaltenswert wurde bei diesen Arbeiten die Holzbalkendecke der dritten Etage eingeschätzt, weswegen diese auch als einzige sehr umfangreich restauriert wurde. Diese erweist sich auch in ihrer Ausführung als die interessanteste der drei Decken. Bei der Bemalung handelt es sich um ein blauschwarzes florales Motiv, das auf einen hellgrauen Untergrund aufgebracht wurde. Wie im Schloss sind auch hier die Wandbereiche zwischen den Balkenauflagern bemalt, wenn auch wesentlich schlichter als die Deckenbretter. Die Balken weisen bis auf die Grundierung keine polychrome Bemalung auf, aber haben ebenfalls – wie die Deckenbalken im Schloss Steinort – eine Profilierung an der Unterseite in Form einer Schiffskehle. Im Gegensatz zu den Holzbalkendecken im Schloss Steinort ist diese hier jedoch nicht als Kriecher-Decker-Schalung ausgeführt. Stattdessen liegen die raumlangen, gefalzten Deckenbretter plan auf den Deckenbalken auf. Dadurch entsteht eine sehr glatte Unteransicht der Decke.



Abbildung 7 Untersicht der Holzbalkendecke nach der Restauration [6]

3.3.2 Katholische Filialkirche, Przywodzie, Polen

Wie auch das Schloss Steinort hatte dieses Objekt ein stark beschädigtes Dach, wodurch sehr viel Wasser in das Gebäude eindrang und große Teile der Konstruktion beschädigte. Von 2010-2012 wurden dann eine Restaurierung und eine Sanierung mit Hilfe der Deutsch-Polnischen Stiftung und mittels Geldern der Bundesrepublik Deutschland durchgeführt. Im Zuge dessen wurde auch die Schiffdecke komplett überarbeitet. Die auf die Barockzeit datierte Deckenbemalung weist ebenfalls eine vorwiegend florale Gestaltung auf. Die floralen Motive sind in hellen Braun- /Orangetönen und dunklen Brauntönen auf hellem Grund ausgeführt. Die Balken sind nur an den Balkenköpfen verziert und weisen eine grüne Grundierung auf. Die Balkenunterseiten sind profiliert. Konstruktiv liegen auch hier die Deckenbretter plan auf den Deckenbalken auf. Besonders ist hier jedoch, dass die Deckenbretter – den Bildern nach – mit Nut und Feder ausgeführt sind.



Abbildung 8 Ausschnitt restaurierte Schiffdecke und einzelne Deckenbretter,
Foto: Beata Makowska, 2011 [7]

3.3.3 Faktorenhof, Seifhennersdorf, Deutschland

Auch das im Jahr 2007 sanierte Faktorenhaus in Seifhennersdorf zeichnet sich durch seine auf das Jahr 1754 datierte, barocke Holzbalkendecke aus. Die Zwischenräume – der fünf unten durch Schiffskehlen profilierten Holzbalken – sind ausgefüllt mit einer Kriecher-Decker-Schalung mit floralen Motiven, die sich in einer hellen und dunklen Grundierung abwechseln. Die Balken selbst sind ebenfalls reich mit Früchten und diagonal verlaufenden, wechselnden Grundierungen verziert. Restauratorisch wurden die Deckenbretter durch eine Lasermethode von Rußablagerungen befreit und somit die originale Farbigkeit wiederhergestellt. Anders als im Schloss Steinort scheinen hier die Auflager der Kriecher-Bretter durchgängig ausgeführt, das heißt wie bei einer Kämmung bei sich zwei überschneidenden Balken. Ein weiterer nennenswerter Unterschied ist die seitliche Profilierung der Decker-Bretter als Lagesicherung. [8] [9]



Abbildung 9 Blick in das Paradezimmer während der Restaurationsarbeiten nach der Restaurierung,
Foto: ML Press [9]

3.4 Gesamteinschätzung der historischen Bedeutung

Zwar finden sich verschiedenste Bauwerke entweder mit ähnlichen Konstruktionen oder mit ähnlichen Bemalungen – die Ausführung in ihrer Gesamtheit, wie sie im Schloss Steinort vorzufinden ist, scheint nach intensiver Recherche jedoch einzigartig. Diese Einzigartigkeit der Konstruktion und Ausführung der Bemalung sowie die historische Bedeutsamkeit in Bezug auf den Widerstand gegen Hitler und die gemeinsame deutsch-polnische Geschichte des Ortes machen Schloss Steinort zu einem unbedingt zu erhaltenden Ensemble.

Ich kann mich somit der Einschätzung Carl von Lorck anschließen, der über die Steinorter Decken schrieb:

„Im Stadtmuseum Königsberg im Kneiphöfischen Rathaus sind einige ähnliche bemalte Balkendecken z.T. auch aus dem 17.Jahrhundert. Doch stehe ich nicht an, die Steinorter Decke für das weitaus schönste Stück ihrer Art zu erklären“ [5]

II Theoretische Betrachtungen

Um selbst eine mögliche Herangehensweise erarbeiten und bewerten zu können ist es nötig vorangegangene und derzeit zur Alternative stehende Planungen zu betrachten, zu analysieren, sowie zu bewerten. Ich werde dabei konstruktive und rekonstruktive Methoden unterscheiden, welche vor allem auf die verschiedenen Möglichkeiten der Wiederzuordnung der Deckenbretter bezogen sind. In beiden Methodenfeldern soll eine Variantenauswertung in Bezug auf die Kernpunkte der Denkmalpflege erfolgen. Diese Kernpunkte (Bewahrung der Substanz, Bewahrung des Erscheinungsbilds und die Frage nach der Reversibilität der Maßnahme) werden dann auf einer Skala mit den Werten 1 (sehr gut), 2 (neutral) und 3 (schlecht) mit gleicher Wichtung bewertet um somit eine Gesamtnote bilden zu können. Weitere Bewertungskriterien, wie Bauklimatik, Brandschutz, etc. werden nicht weiter ausgeführt und bewertet. Die Bewertung dieser Nebenpunkte bedarf in einem späteren Planungsschritt einer tiefergehenden Betrachtung durch einen zuständigen Fachplaner.

1 Konstruktiv

1.1 Ertüchtigung der Zwischendecke

Zum Zeitpunkt meiner Arbeit wird einerseits angestrebt im gesamten Schloss Stahlbetondecken einzubringen und die historische Holzbalkendecke von dieser abzuhängen, andererseits gibt es Überlegungen die historische Substanz konstruktiv zu ertüchtigen und heutigen Standards entsprechend aufzuwerten. [3] [10]

1.1.1 Bewertungssystem

Eine objektive Bewertung der Varianten setzt voraus, das alle Varianten nach objektiven Bewertungsrichtlinien benotet werden. Die einzelnen Noten der Kategorien werden folglich definiert:

Bewahrung der Substanz

- 1: Die Substanz bleibt bewahrt.
- 2: Es werden lediglich Eingriffe in die Substanz gemacht, ohne Auswirkungen auf das Erscheinungsbild beziehungsweise um das Erscheinungsbild zu erhalten.
- 3: Es sind umfangreiche Eingriffe notwendig, mit Auswirkungen auf das Erscheinungsbild.

Bewahrung des Erscheinungsbilds

- 1: Das Erscheinungsbild bleibt unverändert, Fehlstellen dürfen ergänzt werden.
- 2: Das Erscheinungsbild entspricht weitestgehend dem Original, wurde jedoch abgewandelt.
- 3: Das Erscheinungsbild ist stark abweichend oder plakativ.

Reversibilität der Maßnahme

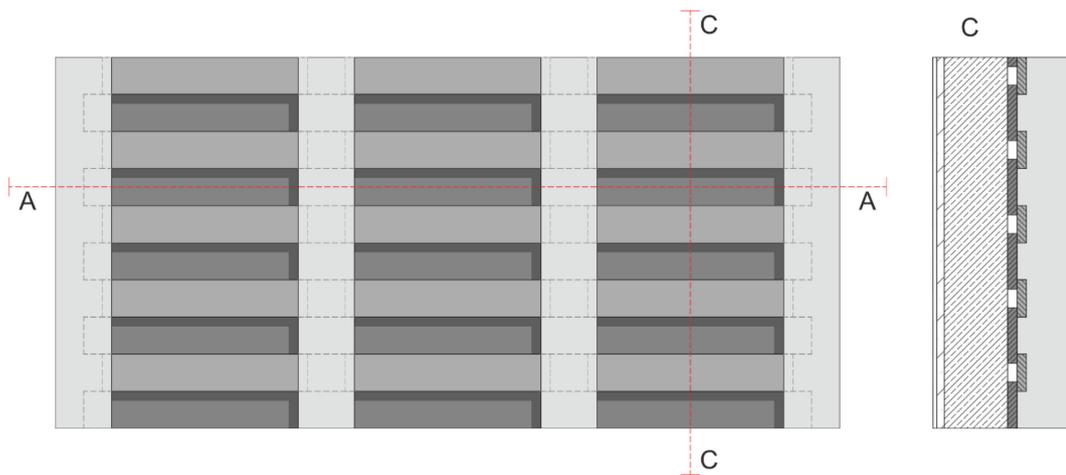
- 1: Alle Eingriffe in die Substanz sind reversibel.
- 2: Es sind Eingriffe benötigt, welche das Erscheinungsbild nicht beeinflussen, jedoch nicht reversibel sind.
- 3: Es sind Eingriffe benötigt, welche das Erscheinungsbild beeinflussen und nicht reversibel sind.

1.1.2 Variante A – Stahlbetondecke

Eine derzeit diskutierte Variante ist das Einbringen einer Stahlbetondecke, an deren Unterseite die historische Konstruktion abgehängt wird. Die einzelnen Konstruktionsstärken beziehen sich auf die in der Arbeit von Fabian Meyer getroffenen Aussagen über die Mindestdicke einer Stahlbetondecke bei den im Schloss Steinort vorliegenden Spannweiten [10]. Der Schichtaufbau (Abbildung 10), welcher eine 340mm starke Stahlbetondecke vorsieht, weist in dieser Variante eine Gesamtstärke von 750mm auf. Da die Oberkante des Fertigfußbodens durch benötigte Türdurchgangshöhen und Brüstungshöhen festgelegt werden muss, ist davon auszugehen, dass durch diese enorme Bauhöhe der Deckenkonstruktion die Raumhöhe der darunterliegenden Räume um bis zu 25 Zentimeter verringert würde. Nicht nur hätten diese 25 Zentimeter einen nicht unerheblichen Einfluss auf den Raumeindruck, ebenfalls würde das Herabsetzen der „Unterkante Deckenbalken“ die zum Teil zwischen den historischen Deckenbalkenauflagern bestehende Malereien verdecken (Abbildung 30).

Hinzu kommt, dass sich bei einer Wichte von 25 Kilonewton pro Kubikmeter [11], und einer Schichtteildicke von genannten 340mm ein Gewicht von 867kg pro eingebautem Quadratmeter Zwischendecke ergibt, welches auf den tragenden Wänden aufliegen würde. Im DBU-Bericht zu durchgeführten Sanierungsmaßnahmen im Schloss Steinort von 2016 ist als für diese Arbeit relevanter Faktor die Gründung des Schlosses erläutert. Nach Aussagen des Berichts handelt es sich dabei um „[...] gewachsenem Lehm (Kernbau, Ostflügel) beziehungsweise lehmiger Auffüllung (Nord-West-Turm und Verbinder dazu) [...]“ [12]. Nach den dort formulierten Gegebenheiten des Untergrunds erscheint es nicht, als sei eine derartig große Einbringung von Lasten in die Gründung wünschenswert. Zwar wird die Gründung in ihrer ausgetrockneten Form als tragfähig beschrieben, jedoch führten in der Vergangenheit in die Gründung eindringende Feuchte schon immer zu Problemen. Bringt man nun eine solche zusätzliche Last ein, wird damit bei schlechten Bedingungen (aufgeweichte Gründung) die Gefahr eines Grundbruches erhöht. [12]

Erhalten bei dieser Variante bleibt jedoch die Untersicht der Holzbalkendecke (Abbildung 12). Ein weiterer Vorteil dieser Variante ist, dass sowohl die Balken, wie auch die Deckenbretter nur ihre Eigenlast zu tragen hätten und somit nur bei stark beschädigten Balken oder Deckenbrettern eine konstruktive Ertüchtigung nötig wäre. Ebenfalls wäre es möglich das Gebäude bereits nach Einbringen der Stahlbetondecke zu nutzen und die historische Unterhängung zu einem späteren Zeitpunkt beziehungsweise raumweise zu ergänzen.



- | | |
|--|----------|
| —Dielung | d= 20 mm |
| —Trockenestrich mit Trittschalldämmung | d= 40 mm |
| —Stahlbeton | d=340 mm |
| —unterhangene Kriecher-Decker Schalung | d= 50 mm |
| —unterhangene historischer Balken | d=300 mm |

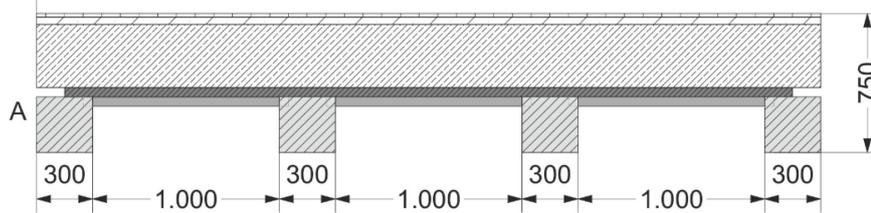


Abbildung 10 Untersicht und Schnitt, Sanierungsvorschlag A, o.M., eigene Darstellung

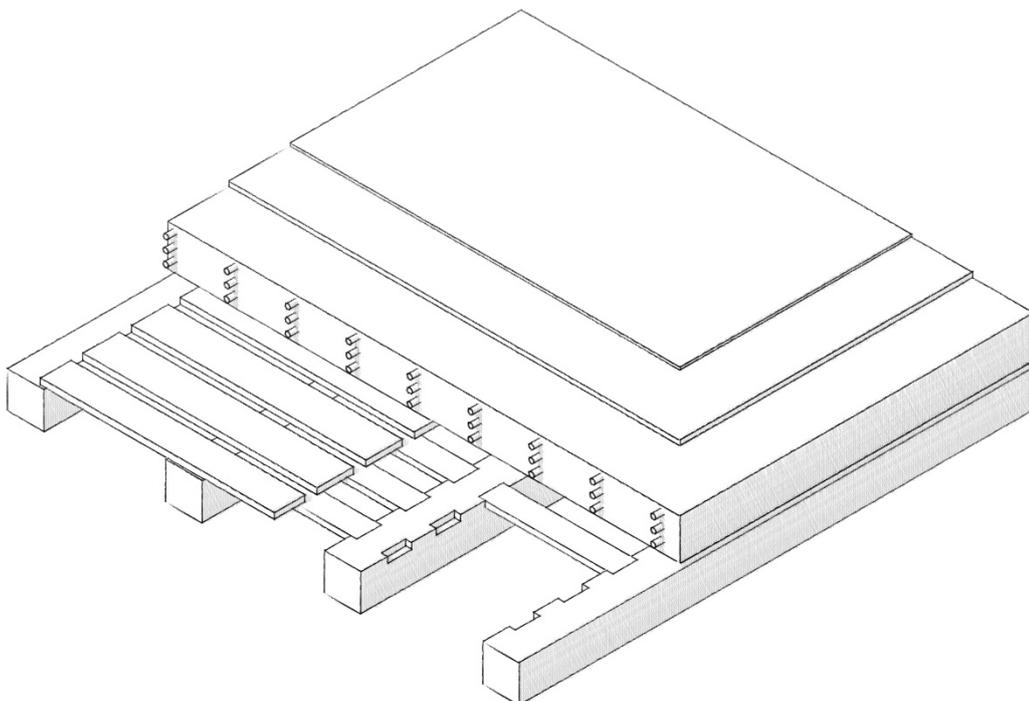


Abbildung 11 Isometrie von oben, Sanierungsvorschlag A, o.M., eigene Darstellung

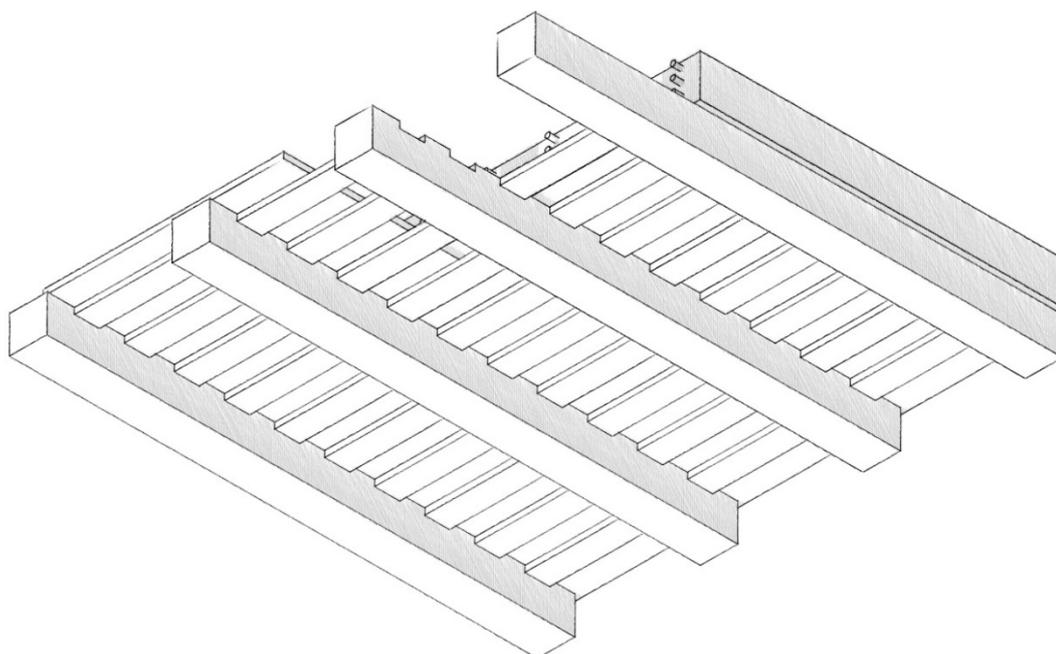


Abbildung 12 Isometrie von unten, Sanierungsvorschlag A, o.M., eigene Darstellung

Zusammenfassend kann ich bei der denkmalpflegerischen Bewertung der Konstruktion also feststellen, dass die Konstruktion an sich die Substanz zwar bewahrt, das Erscheinungsbild jedoch – durch die tiefer liegende, abgegangene Holzkonstruktion und die dadurch verdeckten historischen Wandbemalungen und den verfälschten Raumeindruck – nicht erhalten bleibt. Fraglich bleibt auch ob die Maßnahme in ihrer Umfänglichkeit reversibel ist. Da für das Einbringen der Stahlbetondecken der Putz auf denen sich die Wandmalereien befinden höchstwahrscheinlich abgetragen werden muss, wären diese unwiederbringlich verloren. Auch ist unklar ob die Abhängung der Holzbalken und Deckenbretter ohne weitere Eingriffe in das Originalmaterial möglich sind. Daraus ergibt sich eine Gesamtbewertung der Maßnahme mit der Note 2,7 (Tabelle 1).

Tabelle 1 Denkmalpflegerische Bewertung Variante A der konstruktiven Ertüchtigung

Bewahrung der Substanz		
1	2	3
Bewahrung des Erscheinungsbilds		
1	2	3
Reversibilität der Maßnahme		
1	2	3
Gesamtnote:		<u>2,7</u>

1.1.3 Variante B – historische Konstruktion mit statischer Ertüchtigung

Parallel zu dieser Arbeit wird in der Diplomarbeit von Fabian Meyer die Möglichkeit untersucht, die Holzbalken durch das Aufbringen einer Ausgleichsbohle konstruktiv zu ertüchtigen. Im Wesentlichen bestehen die Arbeitsschritte bei geeignetem Holzbalken daraus, den mittleren Bereich des Holzbalkens auf der Oberseite – also zwischen den Lagesicherungen der Kriecher – mit geeignetem Gerät soweit physisch abzutragen, bis man eine Oberfläche aus tragfähigem Holz auf voller Länge des Balkens freigelegt hat (Abbildung 13). Diese Oberfläche wird anschließend durch Fotogrammetrie oder 3D-Scans aufgenommen. Diese Aufnahmen ermöglichen nach ihrer Weiterverarbeitung das Anfertigen einer passgenauen Ausgleichsbohle durch eine CNC-Fräsmaschine. Abgesehen von eventuellen nötigen Arbeiten an den Balkenköpfen – oder anderen den gesamten Balkenquerschnitt betreffenden Schädigungen – kann die Ausgleichsbohle dann, so die bisherigen Erkenntnisse Herr Meyers, durch einen speziellen Kleber und bestimmte zu erreichende Verarbeitungsvariablen, vor Ort auf den Holzbalken aufgeklebt werden. Im weiteren Verlauf der Arbeiten wird der Schichtaufbau noch um eine 120 Millimeter dicke Schicht aus Brettschichtholz ergänzt um die statischen Voraussetzungen für eine öffentliche Nutzung zu gewährleisten. Auf diesem Brettschichtholz sind dann noch eine 12 Millimeter starke Trittschalldämmung sowie eine 20 Millimeter starke Dielung als OK FFB vorgesehen (Abbildung 15). [10]

Mit einer derzeit geplanten Gesamtstärke von 502 Millimetern ist davon auszugehen, dass die neue OK FFB der OK FFB der historischen Konstruktion weitestgehend entspricht. Dadurch sind nötige Parameter für Türdurchgangshöhen und Fensterbrüstungen gegeben und Abweichungen gegenüber gesetzlichen Vorgaben durch den Bestandsschutz von historischen Bauwerken abgedeckt [13].

Die Einbringung der Deckenbretter in diese Konstruktion wird im Kapitel II.1.2 dieser Arbeit näher erläutert werden. Allgemein kann hier jedoch angebracht werden, dass die Decker, welche sich über mehrere Balken erstrecken, durch das Aufbringen der Ausgleichsbohle nicht mehr in ihrer historischen Form eingebracht werden können. Hier wird es nötig sein die Decker auf Höhe der Balkenaufleger zu zerschneiden, sodass diese Bretter genau wie die Kriecher ein Auflager von circa 5 Zentimetern links und rechts ihrer Bemalung aufweisen (Abbildung 14).

Wie der Vorgehensweise zu entnehmen ist, gibt es bei dieser Variante ebenfalls einen erheblichen und nicht reversiblen Eingriff in die Deckenbalken, der jedoch dadurch zu begründen ist, dass die Ertüchtigung der Tragfähigkeit unabdingbar ist für einen Erhalt der historischen Deckenbalken.

Dafür bleibt bei dieser Variante nicht nur die Unteransicht der Holzbalkendecke erhalten, sondern auch die Wandbemalungen und – durch die schlanke Konstruktion – auch der Raumeindruck. Positiv zu bewerten ist auch der anzunehmende geringere Lasteintrag der mit dieser Variante im Vergleich zu vorher erläuterten Variante einhergeht.



Abbildung 13 Modellversuch für das Vorbereiten der Balkenoberfläche zum Verleimen, Foto: W. Jäger

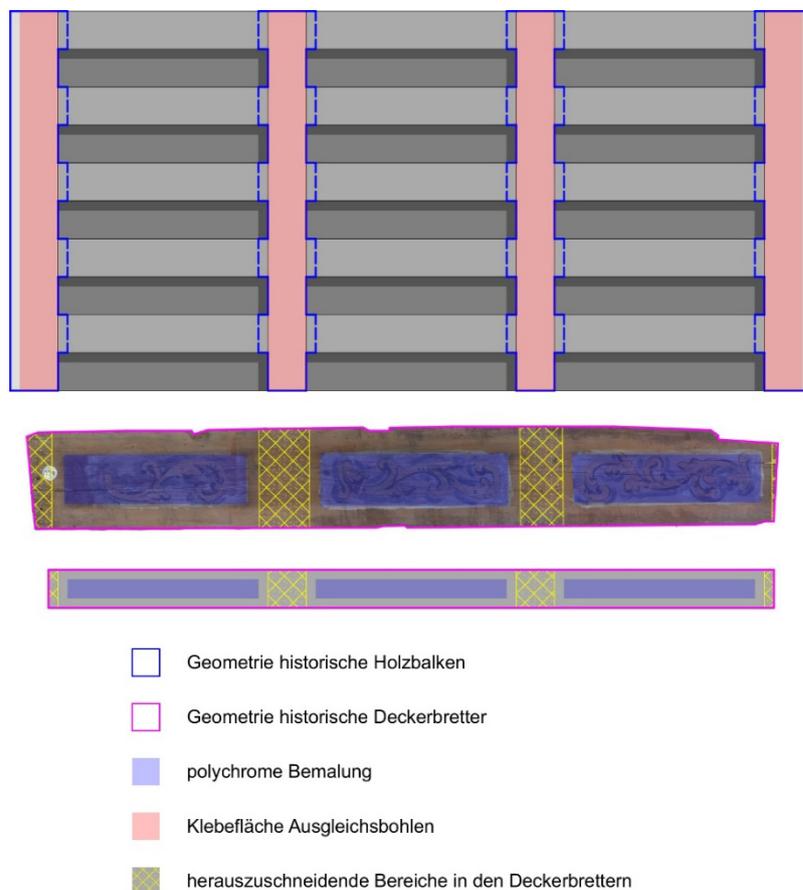


Abbildung 14 Schematische Aufsicht der Holzbalkendecke, fotografische und schematische Untersicht und zu beschneidende Bereiche der Decker, o.M., eigene Darstellung

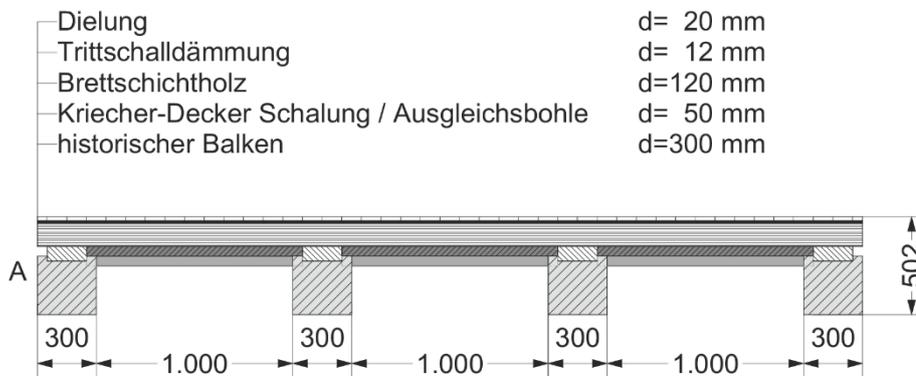
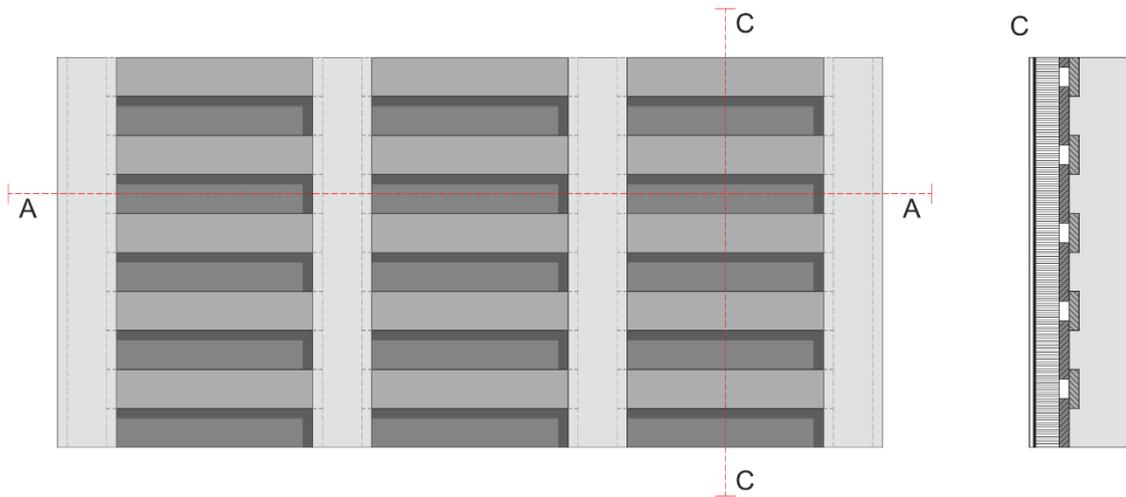


Abbildung 15 Untersicht und Schnitte, Sanierungsvorschlag B, o.M., eigene Darstellung

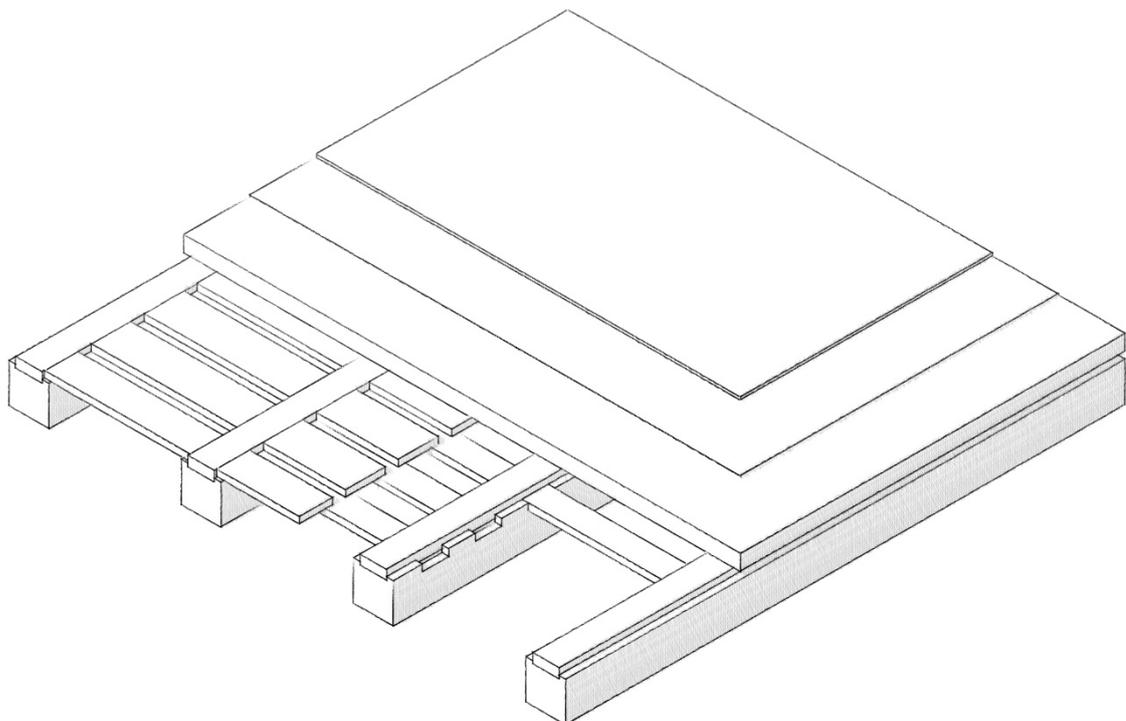


Abbildung 16 Isometrie von oben, Sanierungsvorschlag B, o.M., eigene Darstellung

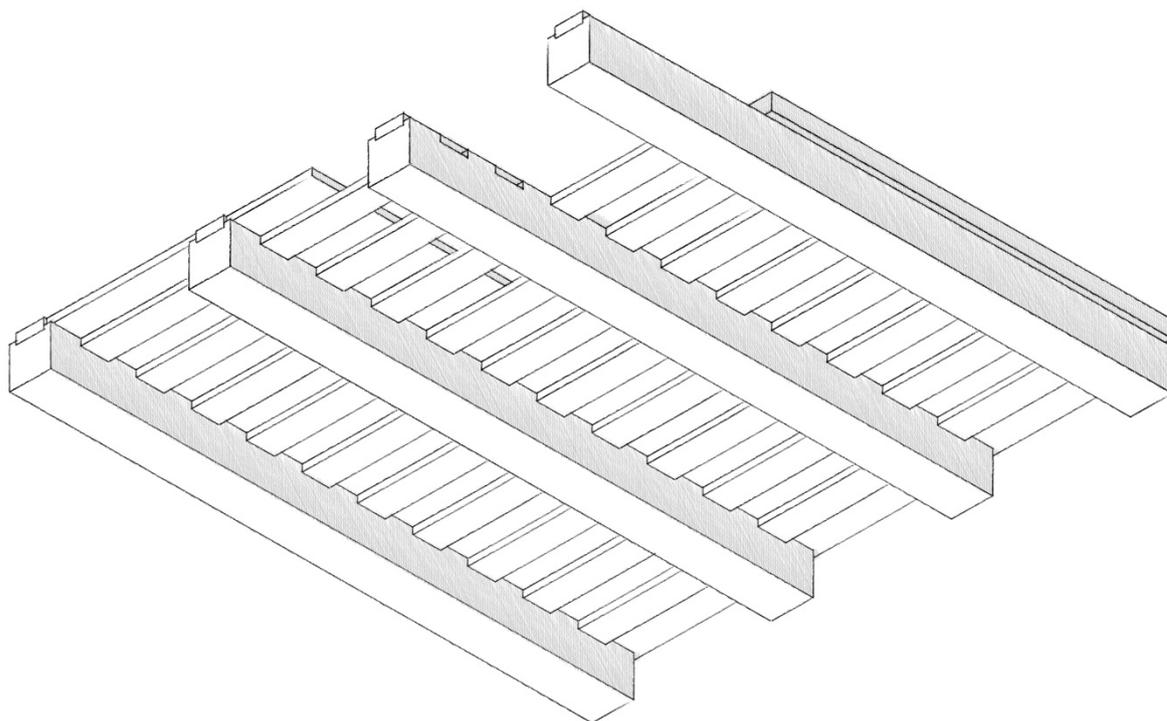


Abbildung 17 Isometrie von unten, Sanierungsvorschlag B, o.M., eigene Darstellung

Unter Berücksichtigung aller aufgeführten Punkte kann die denkmalpflegerische Einschätzung wie folgt zusammengefasst werden: Es sind zum Teil zwar umfangreiche Eingriffe in die historische Substanz nötig, jedoch haben diese keinen weiteren Einfluss auf das Erscheinungsbild der historischen Holzbalkendecke. Reversibel sind ein Großteil der Maßnahmen nicht, jedoch sind sie nach denkmalpflegerischer Abwägung dazu nötig, die historischen Holzbalkendecken in ihrer Ausführung erhalten zu können. Daraus ergibt sich eine Gesamtbewertung der Maßnahme mit der Note 2,7 (Tabelle 2).

Tabelle 2 Denkmalpflegerische Bewertung Variante B der konstruktiven Ertüchtigung

Bewahrung der Substanz		
1	2	3
Bewahrung des Erscheinungsbilds		
1	2	3
Reversibilität der Maßnahme		
1	2	3
Gesamtnote:		<u>1,7</u>

1.2 Einbau der Deckenbretter bei Variante B der Ertüchtigung der Zwischendecke

Beim Einbau der Deckenbretter, die in Kapitel II1.1.3 ausgeführt wurden, haben sich bei näherer Betrachtung in der Arbeit von Lina Merck zwei Varianten ergeben, die den Zeitpunkt des Einbaus behandeln. Beide Varianten haben verschiedene Vor- und Nachteile, die in Zusammenarbeit mit dem Verfasser dieser Arbeit ausgearbeitet wurden und die im folgendem kurz erläutert werden. [14]

1.2.1 Variante A – Zeitgleich zur konstruktiven Ertüchtigung

Als eine Möglichkeit des Einbauzeitpunkts, die Deckenbretter einzubauen, wurde im Bauablauf der Zeitpunkt nach dem Einbringen der Ausgleichbohlen auf die Holzbalken gewählt (Abbildung 18 und Abbildung 19). Diese Möglichkeit ergab sich aus den logischen Betrachtungen des theoretischen Deckenaufbaus. So liegt die Kriecher-Decker-Schalung zwischen den Ausgleichbohlen und unter dem Brettschichtholz, dass die Balkenzwischenräume überspannt. Parallel zu den Arbeiten an den Holzbalken müssten also auch die Zuordnungs- und Zuschnittarbeiten sowie die Restaurationsarbeiten an den Deckenbrettern abgeschlossen werden, damit mit dem Aufbringen des Brettschichtholzes begonnen werden kann. Da alle anfallenden Arbeiten sehr zeitintensiv sind kann es durch dieses Vorgehen zu erheblichen Verzögerungen im Bauablauf kommen, der aus ökonomischer Sicht nicht erstrebenswert sind. Der bauliche Aufwand der an den Deckenbrettern durchzuführen wäre, wäre jedoch auf ein Minimum reduziert.

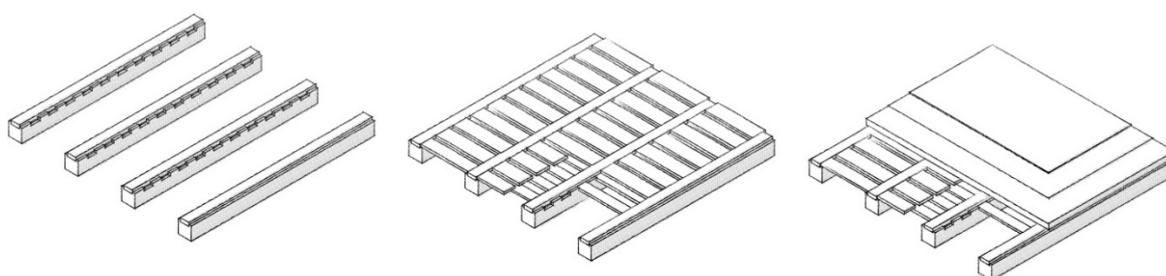


Abbildung 18 Isometrie von oben, Einbauabfolge der Deckenbretter, Variante A, o.M., eigene Darstellung

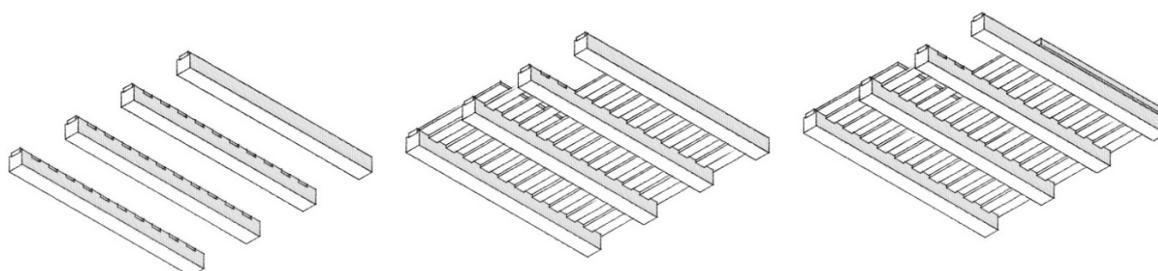


Abbildung 19 Isometrie von unten, Einbauabfolge der Deckenbretter, Variante A, o.M., eigene Darstellung

1.2.2 Variante B – Nach der konstruktiven Ertüchtigung

Bei Überlegungen wie eine schnelle Nutzbarkeit des Gebäudes, sowie einen zügigen Ablauf des Bauvorgangs gewährleistet werden könnte, kristallisierte sich der Gedanke heraus den Einbau der Deckenbretter ans Ende des Bauablaufes zu legen (Abbildung 20 und Abbildung 21). Durch geometrische Versuche an schematisierten Schnitten und Ansichten konnte dann eine Möglichkeit entwickelt werden dies zu ermöglichen. Dabei wurde der Gedanke verfolgt, die Deckenbretter nach Einbau aller anderen Schichten des Fußbodenaufbaus von unten einzufädeln und dann in ihrer Lage zu sichern. In den Versuchen stellte sich heraus, dass es durch das vertikale Verkanten der Deckenbretter nötig ist die oberen Querseiten der Bretter abzuschrägen, um den benötigten vertikalen Drehradius verringern zu können. Angenommen wurde hier eine Brettstärke von $d=41$ Millimetern für die Decker und $d=49$ Millimeter für die Kriecher, beruhend auf im aktuellen Lagerort der Dielenbretter durchgeführten Probemessungen. Des Weiteren wäre eine Kürzung der Deckenbretter nötig, um den Radius in Längsrichtung der Deckenbretter zu minimieren und zwischen den Balkenzwischenräumen genug Spielraum zu haben. Die Deckenbretter wurden zum derzeitigen Stand so weit gekürzt, dass auf beiden Auflagerseiten ein Auflager von 20 Millimetern bestehen bleibt (Abbildung 22). Etwaige Bedenken, dass es durch das Quellen und Schwinden der Bretter zu einer starken Verkürzung des Brettes kommen könnte, in deren Folge das Deckenbrett herunterfallen könnte, konnten durch die DIN 1052-1 Absatz 4.2.4 beseitigt werden, in der es heißt: „Schwinden oder Quellen des Holzes in Faserrichtung braucht nur in Sonderfällen berücksichtigt zu werden (Schwind- und Quellmaß des Holzes in Faserrichtung im Durchschnitt 0,01 %). [...]“ [15] Dies entspricht bei einem 100 Zentimeter langen Deckenbrett einem Quellen und Schwinden von gerade einmal einem Millimeter pro zehn Prozent Holzfeuchteveränderung. [14]

Zu bedenken bleibt natürlich der erhöhte Aufwand und die nicht reversiblen Maßnahmen, die zusätzlich an den Deckenbrettern vorgenommen werden müssten, damit ein Einbau von unten erfolgen könnte. Zumal bei der Vielzahl an unterschiedlichen Brettstärken eventuell individuelle Arbeiten für bestimmte Sonderfälle auftreten, welche individuelle Lösungen verlangen. Dem gegenüber steht natürlich der Vorteil, dass einer Nutzung des Schlosses schon vor dem Einbau der historischen Deckenbretter nichts im Wege stünde und die Deckenbretter etappenweise aufgearbeitet werden könnten. Auch aus ökonomischer Sicht wäre dies nützlich, da die angestrebten restauratorischen Arbeiten in kleinere Teilinvestitionen aufgeteilt werden könnten.

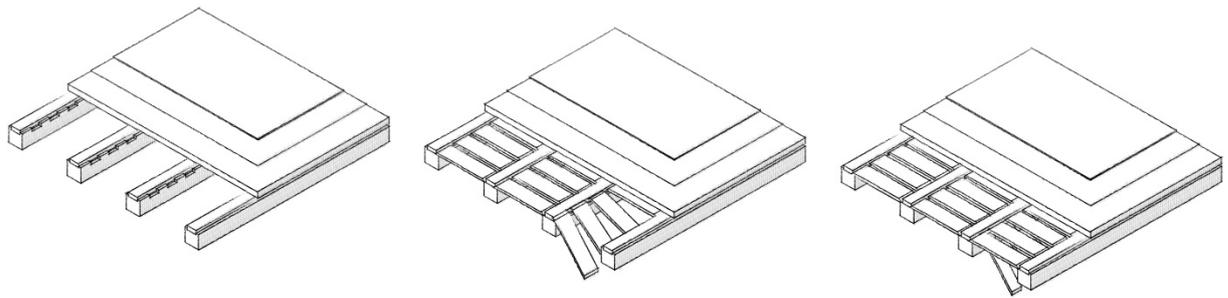


Abbildung 20 Isometrie von oben, Einbauabfolge der Deckenbretter, Variante B, o.M., eigene Darstellung

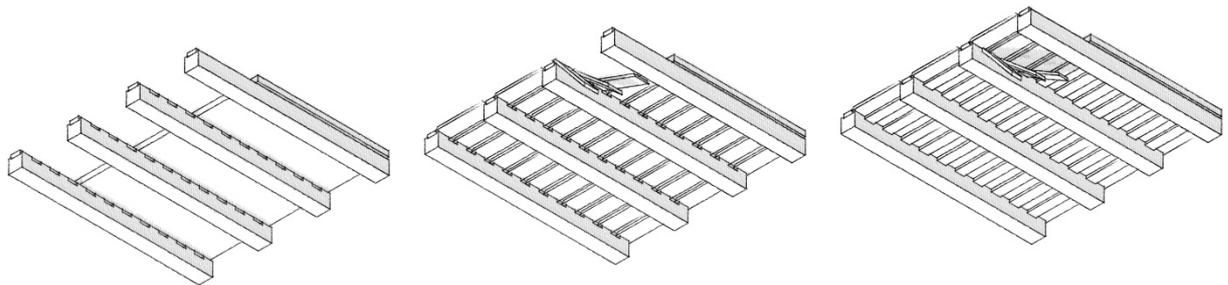


Abbildung 21 Isometrie von unten, Einbauabfolge der Deckenbretter, Variante A, o.M., eigene Darstellung

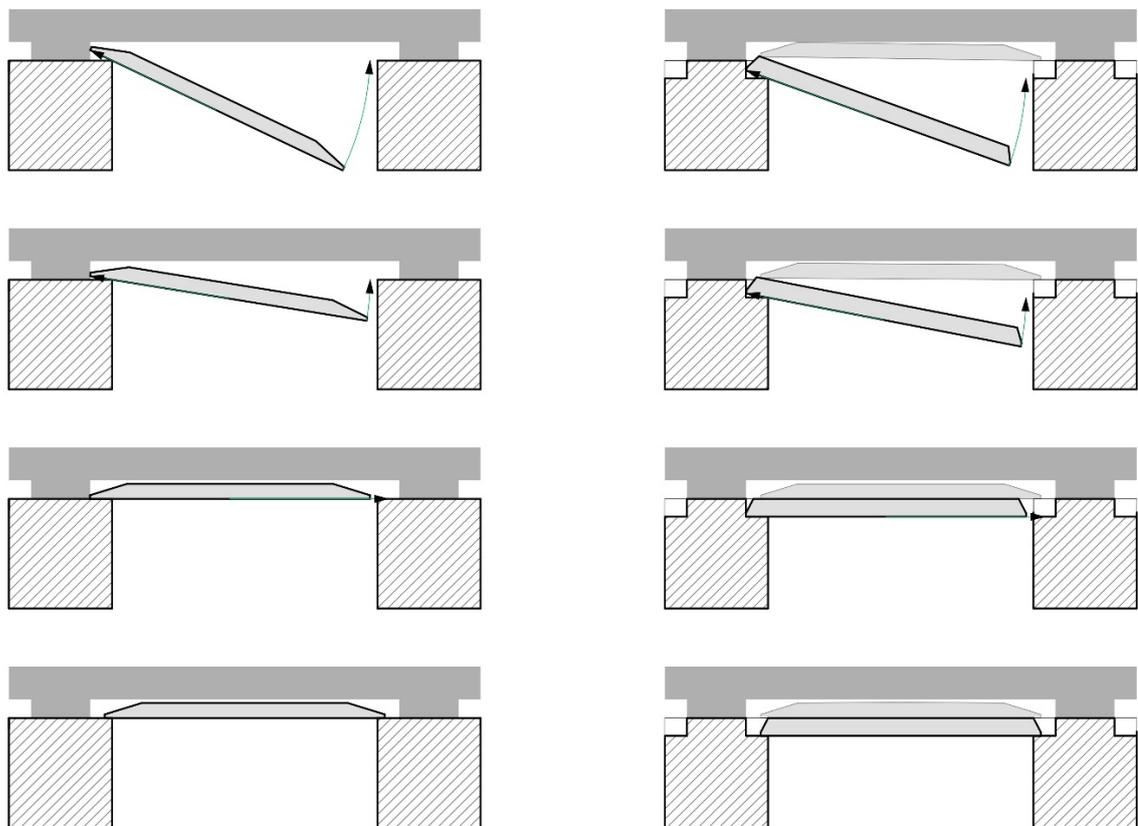


Abbildung 22 links: schematischer Einbau der Decker, rechts: schematischer Einbau der Kriecher, o.M., Darstellung: Lina Merck, vom Autor nachbearbeitet [14]

2 Rekonstruktiv

In diesem Kapitel soll erarbeitet werden, anhand welcher vorhandenen Merkmale eine theoretische Korrelation der einzelnen Daten zu Übereinstimmungen führen könnten.

2.1 Übergeordnete Zuordnungsmethoden

Abgesehen von den noch folgenden Betrachtungen kann die Herangehensweise völlig unabhängig von den Zuordnungsmerkmalen kategorisiert werden.

2.1.1 Variante A – händische Methode

Diese Methode soll ohne oder nur mit geringem Einsatz von Technik und Medien auskommen. Bevorzugt wird hier der Einsatz von Arbeitskräften, welche auf Grund ihrer Qualifikation und den Erkennungsmerkmalen der Deckenbretter, Entscheidungen über die Zuordnung dieser treffen können. Es wäre hierbei denkbar in der Nähe des Schlosses ein Zelt zu errichten oder ein Gebäude zu nutzen, welches groß genug ist, die Deckenbretter in Regalen Raumweise einzulagern. Aus diesen Regalen könnten dann raumweise die Deckenbretter entnommen und auf einer ausreichend großen Fläche ausgelegt werden. Die ausgelegten Bretter könnte man dann wie in I.2.2, I.2.3 und I.2.4 beschrieben händisch vorsortieren. Sollte eine mögliche Matrix an Deckenbrettern gefunden werden, könnte eine bauliche Überprüfung direkt im Schloss stattfinden. Vorteile dieser Methode sind vor allem die Möglichkeit die Deckenbretter temporär einlegen zu können um die Zuordnung zu verifizieren. Als nachteilig zu bewerten ist, dass die Bretter häufig bewegt werden würden und eventuell ungünstigen Umweltbedingungen, wie einer zu hohen Luftfeuchte, ausgesetzt wären.

2.1.2 Variante B – digitale Methode

Eine andere Methode ist es die Zuordnung, bis auf die Erfassung der Daten, in digitaler Form vorzunehmen. Hier gibt es, nach derzeitigem Stand der Technik, die Möglichkeiten der Fotogrammetrie, Fotografie und des 3D-Laserscans. Die damit erhaltenen Daten (3D-Modelle, Fotografien, Punktwolken) könnten dann über verschiedenste Software weiterverarbeitet werden. Die Deckenbretter wären somit nahezu keiner weiteren Beanspruchung durch ständiges Bewegen ausgesetzt. Weiterhin wären bei dieser Methode keine langen Aufenthaltszeiten im Schloss nötig, wodurch diese gleichzeitig zu weiteren Sanierungsarbeiten stattfinden könnten. Auch bedarf diese Methode keiner Mindestanzahl an Mitarbeitern, sondern kann auch, über einen langen Zeitraum hinweg, von einer Person organisiert und durchgeführt werden. Der Nachteil dieser Methode ist die fehlende Möglichkeit gewonnene Erkenntnisse nicht vor Ort am Original überprüfen zu können. Ebenfalls könnten Lizenzen eventuell benötigter Software einen sehr hohen Preis haben.

2.2 Zuordnung zum Raum

Bevor eine Zuordnung der einzelnen Deckenbretter stattfinden kann, ist es erstrebenswert diese ihren Räumlichkeiten zuzuordnen. Dies verringert das zu untersuchende Cluster enorm und ermöglicht ein vertieftes Betrachten.

2.2.1 Holzartbestimmung / Altersbestimmung

Generell besteht die Möglichkeit durch verschiedene Verfahren die Holzart, sowie das Fälldatum des Holzes zu bestimmen. Die Professur für Forstwirtschaft an der TU-Dresden bietet hierfür Möglichkeiten durch das REM/EDX-Verfahren. Bei dieser Methode wird dem Prüfling eine Probe entnommen und diese in einem Hochvakuum unter dem Rasterelektronenmikroskop untersucht. Auf Grundlage dieser Daten könnte bestimmt werden, zu welchem Zeitpunkt gewisse Räume gebaut wurden, oder ob zu einem späteren Zeitpunkt Teile der Holzbalkendecke ausgetauscht beziehungsweise erneuert wurden. Eine solche Untersuchung setzt jedoch voraus, dass von jedem Deckenbrett und jedem Holzbalken eine Probe entnommen wird. Wenn man die umfangreichen damit einhergehenden Eingriffe gegen die daraus gewonnenen Erkenntnisse abwägt, kommt man aus denkmalpflegerischer Sicht schnell zu dem Schluss, dass ein solcher Aufwand für dieses Bauvorhaben nicht gerechtfertigt werden würde. [16]

2.2.2 Polychrome Bemalungen

Jeder, der zu untersuchenden Räume besitzt eine einzigartige mehrfarbige Bemalung. [17] Vorausgesetzt es kann anhand alter Fotografien, vorangegangener Arbeiten sowie noch vorhandener Bemalungen an den Deckenbalken rekonstruiert werden, welches Deckenbrett in welchem Raum verbaut wurde, so könnte hierüber zumindest eine Vorauswahl und Zuordnung zu den Räumen erreicht werden.

Weiterhin ist zu prüfen, ob die polychromen Bemalungen etwaige Musterverläufe aufzeigen die sich wiederholen und ob diese Bemalungen sich flächenhaft auf ein Deckenbrett beschränken, oder ob diese über mehrere Deckenbretter hinweg fortgeführt werden. Ein Aufkommen beider Musterarten ist ebenfalls möglich. Da eine genaue Betrachtung der verschiedenen Motive der Bemalung bereits in einer vorangegangenen Arbeit geschehen ist, wird diese hier nur in tabellarischer Form zur Übersicht wiedergeben.

„Die Dokumentation und Auswertung der Balkenbemalungen im Kernbau lässt Rückschlüsse auf vier verschiedene Typen der Bemalung zu, von welchen zwei Typen ähnlich zueinander sind. Zur Kategorisierung habe ich die Typen A, B1, B2 sowie C aufgestellt.“ [17]

Tabelle 3 Übersicht der Typisierung der Bemalungen [17], eigene Darstellung

	Art der Bemalung	Vorkommen (Raumnummer)
Typ A	<ul style="list-style-type: none"> - blaugraue helle Grundierung - gelbe / goldene Girlanden - florales Motiv 	0.03
Typ B1	<ul style="list-style-type: none"> - helle (weiße) Grundierung - blauschwarze Bemalung - vereinzelt farbige Akzente - florales Grundmotiv - vereinzelt andere Motive 	0.02 0.03 1.04 1.06 1.07 1.08
Typ B2	<ul style="list-style-type: none"> - ähnlich Typ B1 - lebendiger, detailreicher ausgearbeitet - dunkelblaue oder mehrfarbige Bemalungen - florales Motiv 	0.08 1.01
Typ C	<ul style="list-style-type: none"> - verschiedene Grundierungen - Motive von Früchten (Äpfel, Trauben, Rosen) - florale Motive in Zwischenräumen 	0.02 0.09 1.02
Typ X	<ul style="list-style-type: none"> - hellgelbe Grundierung - rotes Rosenmotiv - waldgrüne Blätter und Blütenstiele 	0.03

2.2.3 Anzahl vorhandener Bretter / Anzahl theoretisch benötigter Bretter

Eine weitere Methode um benötigte Erkenntnisse zu erlangen, wäre ein Verfahren in dem fest gestellt wird, wie viele Bretter gleicher beziehungsweise ähnlicher Art vorhanden sind, gegenübergestellt zu der Anzahl wie viele Deckenbretter zur vollständigen Verkleidung der Decke nötig wären. Genauer gesagt, bezöge sich diese Betrachtung auf die Anzahl bemalter Felder innerhalb eines Raumen. Bei der zu betrachtenden Kriecher-Decker-Schalung ist zu erwarten, dass die in den Balkenzwischenräumen liegenden Bretter jeweils einen Balkenzwischenraum überdecken, und somit nur ein bemaltes Feld besitzen. Die Decker jedoch, überspannen nach bisherigen Erkenntnisstand mehrere Balkenlagen, wodurch diese gegebenenfalls mehre bemalte Felder besitzen können.

Des Weiteren ist es möglich anhand der Balkenanzahl, sowie der Anzahl ihrer Lagesicherungen der Kriecher, zu berechnen, wie viele bemalte Flächen der Raum in Gänze besitzen sollte. Eine aufgestellte Gleichung hätte das Format:

$$X \text{ (SOLL-Anzahl bemalter Flächen)} = \text{Balkenzwischenräume} * (\text{Anzahl der Aussparungen} + \text{Anzahl der Bereiche ohne Aussparung eines Balkens})$$

Ein Rechenbeispiel: Ein Raum besitzt zehn Balkenzwischenräume. Jede Balkenseite besitzt zehn Aussparungen. An den Balkenköpfen sind keine Aussparungen, weshalb dort vermutlich ein Decker lag. Daraus lässt sich schließen, dass es einen Decker mehr als Kriecher pro Balkenzwischenraum geben muss, also elf. Pro Balkenzwischenraum ergibt sich also eine Gesamtfeldzahl von $10+11=21$. Diese 21 Felder werden nun mit den zehn Balkenzwischenräumen multipliziert und es ergibt sich eine SOLL-Anzahl von 210 Feldern für diesen Raum.

Nimmt man nun an, dass die geborgenen Bretter einem ähnlichem Wert der SOLL-Zahl entsprechen, so ließe sich diese SOLL-Zahl der IST-Zahl gegenüberstellen und somit eine Zuordnung erfolgen. Diese Methode sollte zumindest als statistischer Wert mit in die Betrachtungen einbezogen werden, da man zu einem späteren Zeitpunkt durch diese Gegenüberstellung auch Angaben machen kann, wie viele Deckenbretter erneuert werden müssen.

2.3 Zuordnung in Segmenten & genaue Lagezuordnung

Es ist zu betrachten, ob durch eine erkennbare Rhythmik der Bemalungen, Beschädigungen oder bestimmte geometrische Eigenschaften eine Zuordnung zu bestimmten Bereichen des Raumes (Balkenzwischenräume, besondere Motive) möglich ist. Hierfür gibt es zwei mögliche Szenarien. Zum einen das Szenario, dass man eine unbestimmte Anzahl an Brettern einem bestimmten Bereich des Raumes zuordnen konnte, aber eventuell die genaue Anordnung der Bretter ungewiss ist. Zum anderen das Auftreten von Brettern, die keine flächenhaften besonderen Erkennungsmerkmale besitzen und somit keinem bestimmten Bereich des Raumes zugeordnet werden können. Für beide Szenarien jedoch lässt sich die gleiche Vorgehensweise anwenden, um eine Zuordnung zu ermöglichen.

2.3.1 Anhand der Bemalung

Es ist zu prüfen, ob Rückschlüsse darauf gezogen werden können, ob die Bemalungen bestimmte Wiederholungen oder Besonderheiten aufweisen. Eventuell gibt es wiederkehrende Elemente, die sich bestimmten Orten zuweisen lassen. Denkbar wäre hier das Vorkommen eines Teils, welches in jedem Balkenzwischenraum einmalig oder in bestimmter Anzahl abgebildet wurde. Von diesen Schlüsselpunkten aus könnte dann versucht werden das Cluster zu vervollständigen.

2.3.2 Anhand der Geometrie

Das hohe Alter des Schlosses lässt darauf schließen, dass es zwar eine Planung des Baus gegeben haben muss, aber eventuell improvisiert werden musste und es die technologische Möglichkeit noch nicht gab mit ähnlichen Fehlertoleranzen wie in heutiger Zeit, zu arbeiten. Es ist zu vermuten, dass die Kriecher und Decker erst angefertigt wurden, als die Holzbalken in der damaligen Genauigkeit eingebracht wurden und erst in einem danach folgenden Schritt die benötigten Bretter vor Ort eingepasst wurden. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass nicht alle Balkenzwischenräume den gleichen beziehungsweise einen jeweils individuellen Abstand zueinander besitzen. Besonders herausstechende Abweichungen bedingen gleiche Abweichungen bei den Längen der Kriecher der Deckenbretter. Somit könnte man versuchen einige dieser Kriecher-Bretter durchaus bestimmten Balkenzwischenräumen zuzuordnen.

2.3.3 Anhand von Beschädigungen

Da bekannt ist, dass das undichte Dach vor seiner Reparatur zu vielen weiteren Folgeschäden führte, kann man davon ausgehen, dass es beispielsweise großflächige Wasserschäden und auch Wasserflecken an den Deckenbrettern geben könnte. Diese dunklen durch die Wasserschäden entstandenen Wasserflecken könnte man durch Probieren versuchen zu

rekonstruieren und somit die Deckenbretter zueinander anzuordnen. Ähnlich verhält es sich mit weiteren Beschädigungen, wie Rußablagerungen nahe eines Kamins, Fäuleschäden, unterschiedlichen Ausbleichungen der Deckenbretter in Fensternähe und Schäden durch frühere Ein- und Umbauten im Schloss.

2.3.4 Anhand von Bildmaterial vor dem Ausbau der Deckenbretter

Es ist zu prüfen ob es aus der Zeit vor dem Ausbau der Deckenbretter neuzeitliches oder auch historisches Bildmaterial gibt. Anlaufstelle hierfür ist zum einem das Internet, andererseits ist auch in Erfahrung zu bringen, ob die vor Ort betreuende Restauratorin, Frau Kulczynska-Nowak, über Bildmaterial und weitere Informationen verfügt, welche einer Zuordnung zuträglich sein könnten. Eventuell lassen sich bestimmte Figuren oder Muster erkennen, die einmalig in ihrem Vorkommen sind. Beispielhaft sei hierfür eine bekannte Fotografie genannt, auf der eine Engelsfigur abgebildet ist (Abbildung 23).

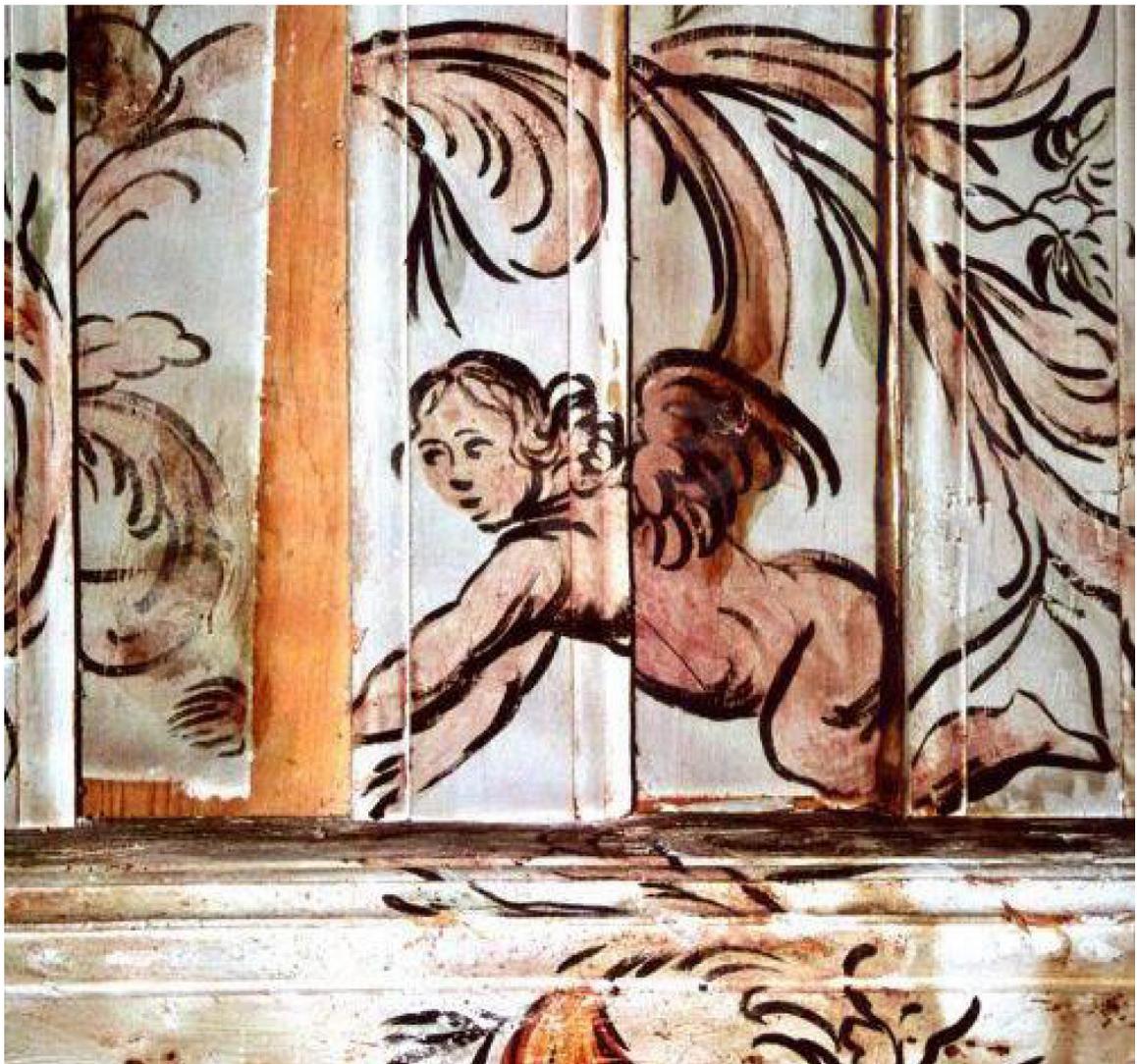


Abbildung 23 "Motiv in einem Deckenzwischenfeld" [3]

2.3.5 Durch die Software „ePuzzler“ des IBK

„Der ePuzzler ist eine vom Fraunhofer IPK entwickelte Rekonstruktionssoftware, die mithilfe komplexer Algorithmen der Bildverarbeitung und Mustererkennung gescannte Papierfragmente automatisiert zu vollständigen Seiten zusammensetzt.“ [18]

Geht man davon aus, dass die Bretter erst nach ihrem Einbau bemalt wurden, so könnten anhand der gemalten Felder auf den Deckenbrettern und der Geometrie der dazugehörigen Kriecher Rückschlüsse daraus gezogen werden, wie die Deckenbretter zueinander angeordnet waren (Abbildung 24). Für eine solche Vorgehensweise fand sich eine Software die bei der Rekonstruktion der zerrissenen StaSi-Akten Anwendung gefunden hat, der „ePuzzler“. Es ist zu prüfen, ob diese Software bei gegebenen Voraussetzungen für dieses Vorhaben zu verwenden ist.

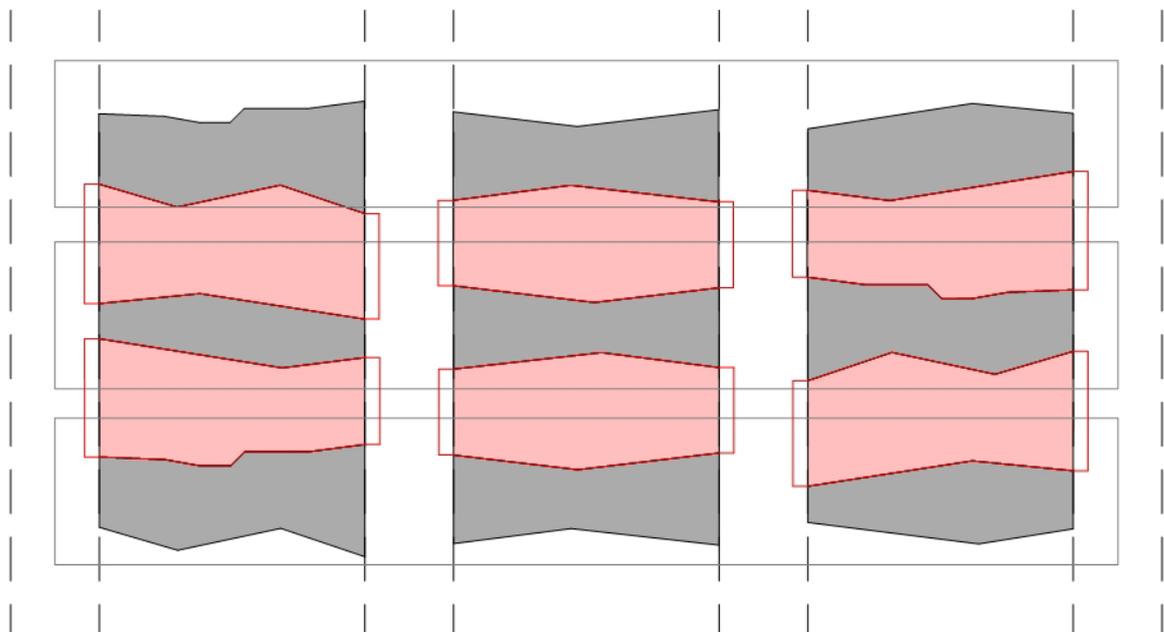


Abbildung 24 Abstrakte Darstellung der Kantenzuordnung. rot: Bemalung der Kriecher, grau: Bemalung der Decker, eigene Darstellung, o.M.

3 Spezifizierung der Vorzugsvariante

Auf Grund der Ergebnisse aus den Einzelbewertungen der Zwischenschritte ergibt sich folgender baulicher und planerischer Ablauf bei der Sanierung der Holzbalkendecken:

Für die konstruktive Ertüchtigung der Zwischendecke wird die historische Konstruktion mit dem Aufbringen einer statischen Ertüchtigung gewählt. Zwar bedingt diese Variante die größeren nicht rekursiven Eingriffe in den Bestand, jedoch kann mit dieser Variante gewährleistet werden, dass die abzutragende Gesamtlast der Deckenkonstruktion nicht zu hoch für die ohnehin nicht optimale Gründung ist, sowie, dass weder das Erscheinungsbild der Holzbalkendecke, noch das Raumbild nachhaltig geschädigt werden.

Als Einbauzeitpunkt der Dielenbretter wird der Einbau nach dem Instantsetzen der Deckenkonstruktion als erstrebenswert angesehen. Zugegeben gibt es auch hier einen nicht unerheblichen Eingriff in den historischen Bestand, indes bietet diese Variante aber die Möglichkeit den Einbau der Deckenbretter an das Ende der Sanierungsarbeiten zu verlegen und in einzelne Bauabschnitte aufzuteilen, sowie das Schloss schon vor dem Abschluss aller nötigen Arbeiten zur Nutzung freizugeben. Diese Vorteile überwiegen die denkmalpflegerischen Bedenken in den angestellten Betrachtungen deutlich.

Für die Machbarkeitsstudie dieser Arbeit hat sich durch die Vorbetrachtungen und auch erste Vorversuche mit Bildmaterial und anderen digitalen Medien ergeben, dass eine hauptsächlich digital gestützte Wiederzuordnung wünschenswert ist. Zum einen ermöglicht es das parallele Arbeiten Einzelner an verschiedenen oder dem gleichen Raum, zum anderen ist es für die teilweise ohnehin schon sehr stark angegriffenen Deckenbretter die schonendste Methode und kann schon vor deren Restauration begonnen werden.

Begonnen soll die Machbarkeitsstudie durch die Durchführung hochauflösender Fotografien. Versucht werden soll möglichst detailreiche Fotografien anzufertigen und die in 2.2 sowie 2.3 ausgeführten Methoden dazu zu nutzen, die aus dem Lagerort ausgewählten Bretter entweder bestimmten Raumsegmenten oder gar der genauen Position in der Holzbalkendecke zuzuordnen. Zu diesem Zweck ist es vorgesehen sowohl Aufnahmen der Balkenseiten als auch der Balkenuntersichten zu erstellen, diese perspektivisch zu entzerren und zu einer Abwicklung jedes einzelnen Balkens zusammensetzen, sodass man orthogonale Abwicklungen dieser erhält. Diese Abwicklungen sollen dann durch die Fotografien der Deckenbretter ergänzt und im Grafikprogramm angeordnet werden. Die Vorgehensweise beruht dabei auf eigenen Überlegungen und Erfahrungen, die innerhalb vielzähliger Arbeiten mit diversen Grafikprogrammen gesammelt wurden.

In einem weiteren Schritt soll ebenfalls versucht werden, die Zuordnung über ein 3D-Modell des Raumes und der Deckenbretter zu realisieren. Dafür soll vor allem ein 3D Laserscanner zum Einsatz kommen. Anreiz zu dieser Idee, war das Wissen von meiner Exkursion nach Schloss Steinort im Jahr 2015, über eine solche Möglichkeit 3D-Modelle erstellen zu können. Eine mitgereiste Mitarbeiterin des Lehrstuhls für Tragwerksplanung der TU-Dresden, nutzte einen solchen Laserscanner dazu, das nicht weit vom Schloss gelegene Mausoleum der Familie Lehndorff einzuscannen. Um ein solches Gerät nutzen zu können, bedarf es vorher jedoch einer Schulung, welche von dem Verfasser dieser Arbeit erfolgreich im Mai 2017 bei der Firma Laserscanning Europe GmbH absolviert wurde. Mit Hilfe der daraus entstehenden Punktwolken der Balken und der Deckenbretter, welche bestenfalls sogar Farbinformationen enthalten können, soll ebenfalls versucht werden eine Zuordnung zu ermöglichen oder, die durch die hochauflösende Fotografie erfolgten Zuordnungen durch die Verformungsgerechten Modelle zu validieren.

III Praktische Vorgehensweise

Die in diesem Kapitel beschriebenen Arbeitsabläufe beschreiben die Vorgehensweisen, welche sich während der Arbeiten als optimale und nach besten Wissen und Gewissen optimierte Variante herausgestellt haben. Zuweilen gab es Varianten der einzelnen Schritte, die bei II3 aufgeführt sind, welche aber im Verlauf der Optimierung wieder verworfen wurden. Eine Erläuterung dieser Entscheidungen folgt im Kapitel IV dieser Arbeit, dem Fazit. Ebenfalls folgt auch eine Erläuterung weiterer Optimierungsmöglichkeiten im Arbeitsablauf erst im Fazit, da eine ausführliche Erklärung dieser verworfenen Varianten die Übersichtlichkeit und Nachvollziehbarkeit der im Arbeitsprozess entstandenen Vorzugsvariante stören würde. Die folgenden Arbeitsschritte sind als eine Anleitung zu verstehen, die Zuordnung zu ermöglichen und sollen eine Grundlage für weitere Optimierungen bieten.

1 Auswahl eines Raumes für die Zuordnungsversuche

Es soll der bestmögliche Raum gefunden werden, um die Machbarkeitsstudie auf ihre Praxistauglichkeit prüfen zu können. Vorüberlegungen für entscheidende Faktoren konnte ich bereits durch meine früheren Besuche des Schlosses im Jahr 2015 treffen, sowie finale Kriterien durch die vom 29.04.2017- 05.04.2017 stattgefundenene Exkursion festlegen.

1.1 Raumbegehung und Bewertung, Mai 2017

Vor Ort fand eine Raumbegehung mit Hilfe eines Diktiergerätes statt. Die darin von mir gemachten Aussagen werden hier schriftlich niedergelegt und eine Auswertung dazu getroffen. Unterstützend dafür werden die Aussagen mit Bildmaterial ergänzt. Die Begehung wurde auf die Räume des Kernbaus, welche zum jetzigen Zeitpunkt noch eine Bemalung aufweisen, begrenzt. Die Bezeichnungen für die Räume sind aus der Schadenskartierung von Dr. Krekeler Generalplaner GmbH entnommen (Abbildung 25 und Abbildung 26). Die Bezeichnung des mittleren östlichen Raumes scheint hier fehlerhaft zu sein und sollte wohl 0.08 oder 0.08a lauten.

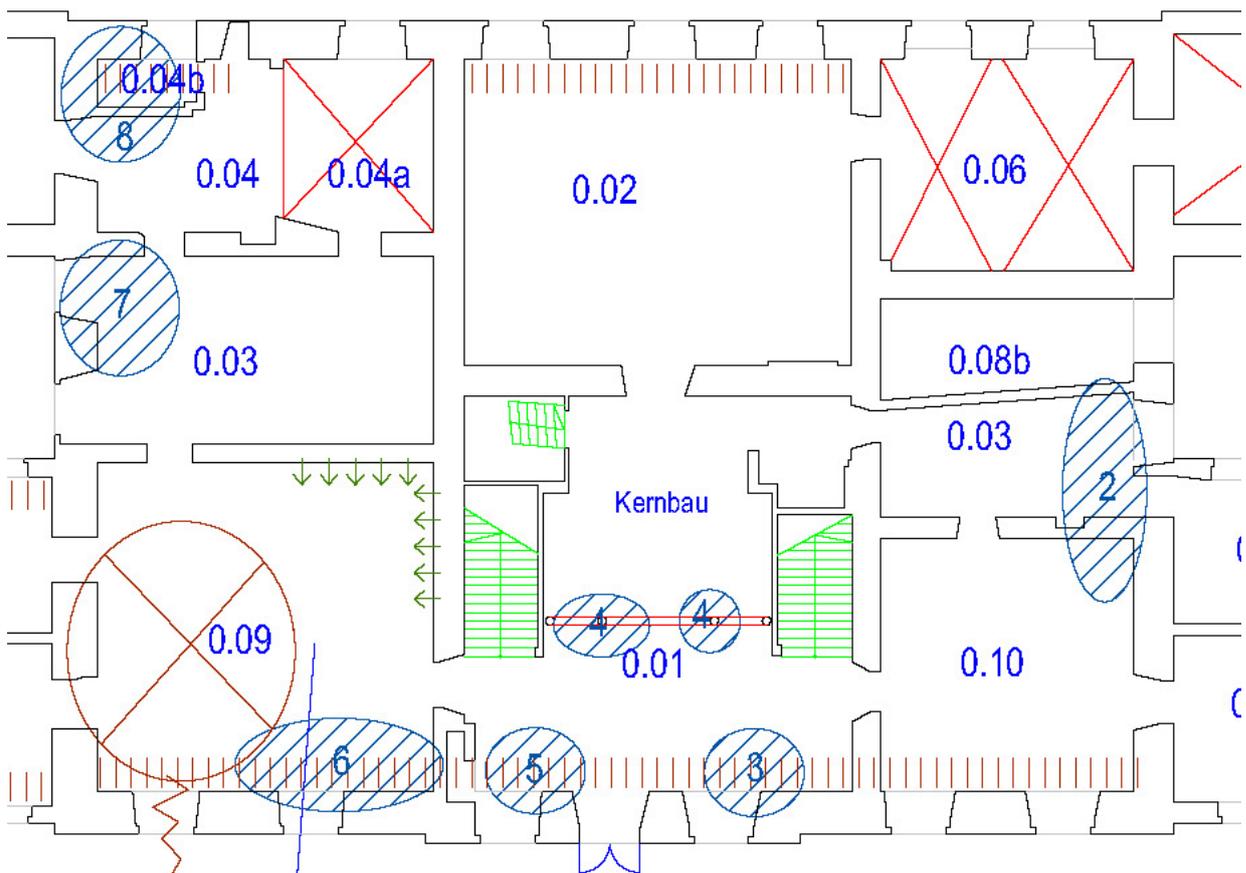


Abbildung 25 Grundriss Erdgeschoss, Ausschnitt Kernbau, o.M., bearbeitet [19]

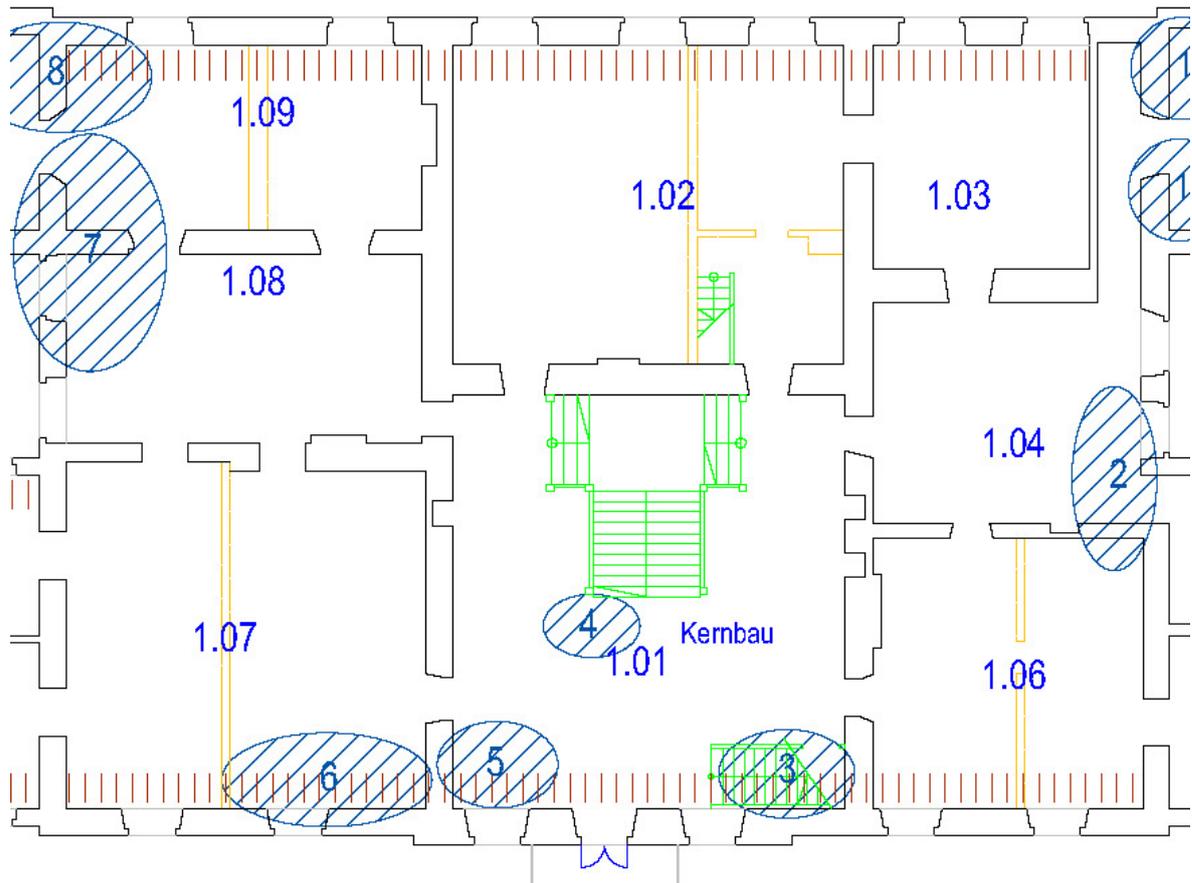


Abbildung 26 Grundriss erstes Obergeschoss, Ausschnitt Kernbau, o.M., bearbeitet [21]

1.1.1 Raum 0.02

Dieser Raum besitzt 14 Balkenlagen. Die Notabstützung läuft über drei Reihen, gleichmäßig im Raum verteilt. Je Balkenzwischenraum gab es 19 Kriecher sowie 20 Decker, daraus lässt sich für diesen Raum eine Gesamtanzahl von 507 bemalten Flächen ableiten. Der Zustand der Bemalung an den Balken lässt sich als gut erhalten bezeichnen.



Abbildung 27 Raum 0.02, Zustand Deckenbalken unbemalter Bereich, Foto: W.Jäger

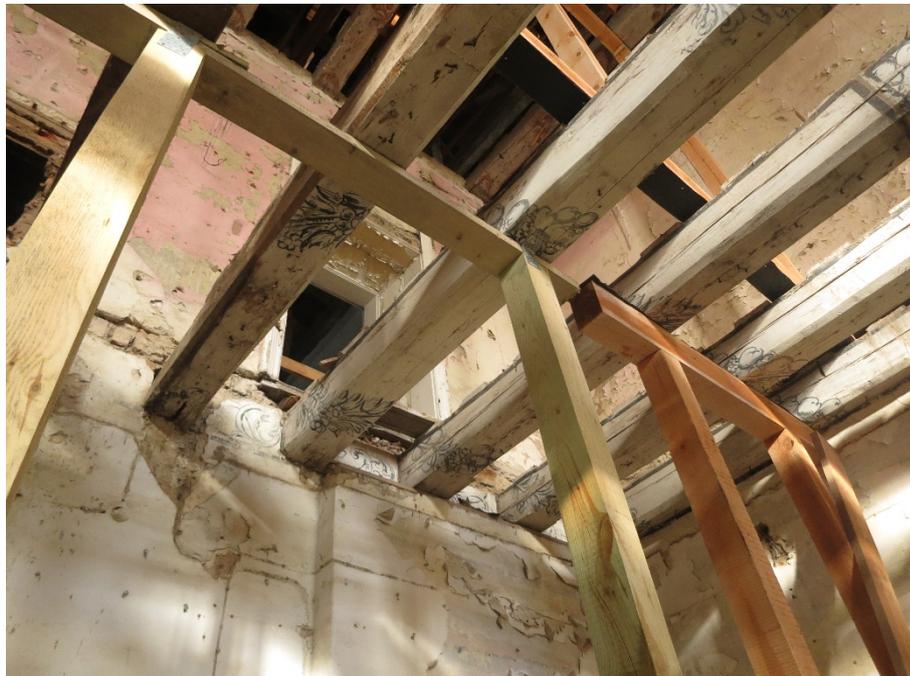


Abbildung 28 Raum 0.02, Zustand Deckenbalken bemalter Bereich, Foto: W.Jäger



Abbildung 29 Raum 0.02, Detailaufnahme Bemalung, Foto: W.Jäger

1.1.2 Raum 0.03

Dieser Raum besitzt zehn Balkenlagen. Mittig verläuft eine Notabstützung. Je Balkenzwischenraum gab es zwölf Kriecher sowie 13 Decker, daraus lässt sich für diesen Raum eine Gesamtanzahl von 225 bemalten Flächen ableiten. Der Zustand der Bemalung an den Balken lässt sich als gut erhalten bezeichnen.



Abbildung 30 Raum 0.03, Detailaufnahme Bemalung, Foto: W.Jäger

1.1.3 Raum 0.08a

Dieser Raum besitzt acht Balkenlagen, welche in den nicht zugänglichen Raum 0.08b herüberreichen. Eine genaue Anzahl von bemalten Flächen konnte auf Grund dieser Einschränkung nicht ermittelt werden. Der Zustand der Bemalung an den Balken lässt sich als schlecht erhalten bezeichnen.



Abbildung 31 Raum 0.08a, Zustand Bemalung, Foto: W.Jäger, Aufnahme gedreht

1.1.4 Raum 0.09

Dieser Raum besitzt zehn Balkenlagen. Es gibt eine Vielzahl von Notabstützungen, welche gleichmäßig im Raum verteilt sind. Des Weiteren fehlen einige Deckenbalken. Je Balkenzwischenraum gab es 21 Kriecher sowie 22 Decker. Daraus lässt sich für diesen Raum eine Gesamtanzahl von 387 bemalten Flächen ableiten. Der Zustand der Bemalung an den Balken lässt sich als schlecht erhalten bezeichnen.



Abbildung 32 Raum 0.09, Zustand Deckenbalken, Foto: W.Jäger, Aufnahme gedreht

1.1.5 Raum 1.04

Dieser Raum besitzt acht Balkenlagen. Es gibt eine, über drei Balken verlaufende Notabstützung im Raum.

Je Balkenzwischenraum gab es 13 Kriecher sowie 14 Decker. Daraus lässt sich für diesen Raum eine Gesamtanzahl von 189 bemalten Flächen ableiten.

Der Zustand der Bemalung an den Balken lässt sich als annehmbar erhalten bezeichnen.



Abbildung 33 Raum 1.04, Zustand Bemalung, Foto: W.Jäger



Abbildung 34 Raum 1.04, Detailaufnahme Bemalung, Foto: W.Jäger

1.1.6 Raum 1.06

Dieser Raum besitzt acht Balkenlagen. Die Notabstützung läuft über zwei Reihen, gleichmäßig im Raum verteilt. Je Balkenzwischenraum gab es 18 Kriecher sowie 19 Decker, daraus lässt sich für diesen Raum eine Gesamtanzahl von 259 bemalten Flächen ableiten. Der Zustand der Bemalung an den Balken lässt sich als annehmbar erhalten bezeichnen.



Abbildung 35 Raum 1.06, Zustand Bemalung, Foto: W.Jäger, Aufnahme gedreht

1.1.7 Raum 1.07

Dieser Raum besitzt zehn Balkenlagen. Die Notabstützung läuft über drei Reihen, gleichmäßig im Raum verteilt. Eine genaue Anzahl an bemalten Flächen konnte auf Grund vieler Fehlstellen und Einbauten nicht ermittelt werden. Der Zustand der Bemalung an den Balken lässt sich als annehmbar erhalten bezeichnen.



Abbildung 36 Raum 1.07, Detailaufnahme Bemalung, Foto: W.Jäger, Aufnahme gedreht

1.1.8 Raum 1.08

Dieser Raum besitzt zehn Balkenlagen. Es gibt eine, mittig durch den Raum verlaufende Notabstützung. Je Balkenzwischenraum gab es 12 Kriecher sowie 13 Decker. Daraus lässt sich für diesen Raum eine Gesamtanzahl von 225 bemalten Flächen ableiten. Der Zustand der Bemalung an den Balken lässt sich als annehmbar erhalten bezeichnen.



Abbildung 37 Raum 1.08, Zustand Bemalung, Foto: W.Jäger, Aufnahme gedreht



Abbildung 38 Raum 1.08, Detailaufnahme Bemalung, Foto: W.Jäger, Aufnahme gedreht

1.1.9 Raum 1.09

Dieser Raum besitzt zehn Balkenlagen. Die Notabstützung läuft über drei Reihen, gleichmäßig im Raum verteilt. Der Raum ist jedoch nicht zugänglich. Die genaue Anzahl der bemalten Flächen ließ sich aus den zu erreichenden Blickwinkeln nicht zu ermitteln. Der Zustand der Bemalung an den Balken lässt sich als annehmbar erhalten bezeichnen.



Abbildung 39 Raum 1.09, Zustand Bemalung, Foto: W.Jäger

1.2 Lagerzustand der Deckenbretter

Bei einer ersten Exkursion zum Schloss Steinort wurden ebenfalls die eingelagerten Bretter begutachtet. Diese sind zum Zeitpunkt der Arbeit auf dem Gelände von Herrn Matthias Hohl in Pozezdrze eingelagert. Dort vorzufinden waren verschiedene, auf Europaletten aufgestapelte und mit Raumnummern versehene Deckenbretter vorzufinden (Abbildung 40). Auf Grund von Grundrissen, die auf den Seiten der deutsch-polnischen Stiftung zu finden waren, ließen sich diese Raumbezeichnungen der in meiner Arbeit verwendeten Raumordnung teilweise zuweisen (Abbildung 41). Der Zustand der verschiedenen Deckenbretter ist als durchmischt zu bezeichnen. Ein Großteil der vorgefundenen Bretter erscheint jedoch, ohne es näher geprüft zu haben, in einem guten Zustand. Es gibt jedoch auch Deckenbretter, deren Bemalung kaum mehr ersichtlich sind, oder die nur noch in Fragmenten vorhanden zu sein scheinen und konstruktiv stark geschädigt sind. In einem späteren Planungsschritt ist davon auszugehen, dass von diesen Brettern eine Inventarisierung mit Schadenskartierung durchgeführt werden muss, um eine objektivere Betrachtung zu gewährleisten.



Abbildung 40 Ausschnitt aus dem Bestand der eingelagerten Deckenbretter, Fotos: Hannah Wadle



Abbildung 41 Grundriss Erdgeschoss, Schloss Steinort, mit Datierung der Bauphasen, unbekannter Ersteller [4]

1.3 Auswahl und Begründung

Nach Begehung aller Räume sowie der Untersuchung der eingelagerten Deckenbretter, welcher Raum für die angestrebten Arbeiten am geeignetsten wäre, ist die Wahl auf den Raum 0.03 gefallen. Die Auswahl des Raumes erfolgte dabei im Ausschlussverfahren gegenüber allen anderen Räumen die in Frage gekommen wären. Zum einen ist in diesem Raum die Bemalung an den Deckenbalken, sowie an den Brettern zum großen Teil erhalten geblieben. Zum anderen hat der Raum eine annehmbare Größe für den zeitlichen Rahmen dieser Diplomarbeit. Ersten Abschätzungen vor Ort zufolge war auch anzunehmen, dass die Mehrheit der Deckenbretterstapel am Lagerort beschriftet und vorhanden sind.

1 Hochauflösende Fotografie

1.1 Allgemeine Hinweise und benutztes Gerät

Um eine durchgängig hochwertige Qualität bei den Aufnahmen zu erreichen wurde in Zusammenarbeit mit Herrn Jörg Schöner (<http://www.joerg-schoener.de>) eine Auswahl der Kamera und des Objektivs getroffen, sowie der Aufbau eines provisorischen Fotostudios erarbeitet (Abbildung 42). Dieser Aufbau sah eine schräg gestellte Trägerplatte vor, welche mit einem grünen Stoff bedeckt werden sollte, um das Zuschneiden der Fotografien im Grafikprogramm zu vereinfachen (ein so genannter Green Screen). Ebenfalls wurden auf der Fläche Maßstäbe vorgesehen, um die Bilder nachträglich skalieren zu können. Als Auflager für die Deckenbretter wurden Schrauben oder Nägel vorgesehen. Rechtwinklig auf diese Fläche sollte dann in einiger Entfernung die Kamera ausgerichtet werden, um möglichst orthogonale Aufnahmen anfertigen zu können. Dies wurde durch ein Auflegen eines Spiegels auf die Aufnahmefläche erreicht, durch welchen die Kamera ausgerichtet werden konnte. Zur Beleuchtung wurden zwei 1000Watt starke Baustrahler auf je einem Stativ gewählt, welche links und rechts von der Kamera positioniert wurden, um die Aufnahme bestmöglich und gleichmäßig auszuleuchten. Weiterhin wurde vor Ort berücksichtigt, dass von außen möglichst wenig Sonnenlicht auf das Objekt scheint. Dies stellte jedoch auf Grund der vor Ort herrschenden Situation kein Problem dar, da die Aufnahmen direkt im benannten Lagerort auf dem Dachboden stattgefunden haben.

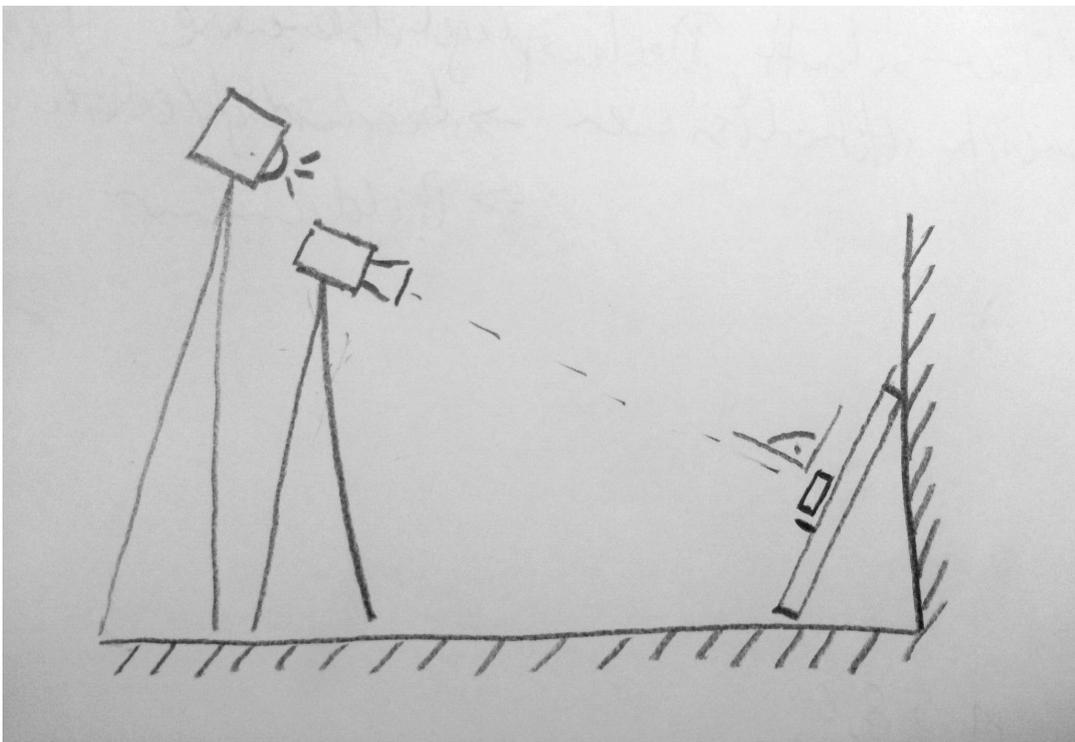


Abbildung 42 schematische Skizze des Versuchsaufbaus, o.M., eigene Darstellung

Bei der Kamera handelte es sich um eine digitale Vollformat-Spiegelreflexkamera des Typs „Hasselblad H4D-50“ (Abbildung 43) in Verbindung mit einem Objektiv der Bezeichnung „Hasselblad HC 3.2/150“ (Abbildung 44). Diese Ausstattung ist im High-End-Segment derameratechnik einzuordnen. So besitzt die Kamera einen Sensor mit 50 Megapixeln Auflösung, einen ISO-Bereich von ISO-50 bis ISO-800 und eine Farbtiefe von 16 bit. Das Objektiv besitzt eine Brennweite von 150 Millimetern und einen Blendenbereich von 3,2-40. [20] [21]



Abbildung 43 Hasselblad H4D, Foto: Datenblatt Hersteller [20]



Abbildung 44 Hasselblad HC 3.2/150, Fotos: Datenblatt Hersteller [21]

Nur durch den Gebrauch einer solchen Kamera-Objektiv-Kombination war von vornherein zu erwarten, dass die Qualität der Aufnahmen genügend hoch für die weitere Verarbeitung werden würden. Nachteilig ist höchstens die sehr große Datenmenge mit 150 Megabyte pro aufgenommenem Bild, was wiederum in der Nachbearbeitung einen genügend leistungsstarken Computer benötigte.

1.2 Anfertigen der Aufnahmen der Deckenbretter

Der zuvor geplante Aufbau wurde dann in den Räumlichkeiten in Pozezdrze durchgeführt. Als „Wand“ dienten letztendlich große Schallbretter, auf denen ein handelsüblicher „Rasenteppich“ aufgebracht wurde (Abbildung 45 und Abbildung 46). Dieser wurde mit einem Elektrotacker auf den Schalbrettern befestigt. Weitere Schrauben dienten dann als Auflager für die Deckenbretter. Zwei nebeneinander vertikal und zwei hintereinander horizontal angeordnete Meterstäbe dienten als Maßstab. Der Abstand zwischen Schalbrettern und Kamera betrug dabei circa acht Meter.



Abbildung 45 Aufbau Kamerasetup, Foto: Kay-M. Müller



Abbildung 46 Aufbau Fotowand mit Green Screen, Foto: Kay-M. Müller

Für das zügige Fotografieren der ausgewählten Deckenbretter benötigte es drei Personen. Einen Fotografen, den Schriftführer und einen Helfer zum Austauschen der Deckenbretter. Der Helfer positionierte dabei ein Brett auf der Vorrichtung, und nummerierte es mit Hilfe eines Elektrotackers mit einer fortlaufenden Kennziffer (ID). Des Weiteren wurde mit Hilfe eines Messschiebers die Brettstärke gemessen, da diese im Nachhinein nicht mehr aus den Bildern ableitbar ist. Lag das Brett in Position und war gekennzeichnet sowie vermessen, wurden nun die Aufnahmen getätigt. Auf Grund des gewählten Objektivs und der Konfiguration, kann man als Faustregel sagen, dass pro bemalten Feld eines Brettes zwei Aufnahmen nötig waren, um das gesamte Deckenbrett zu erfassen. Wichtig hierbei war schon während der Aufnahmen darauf zu achten, dass diese eine genügend große Überschneidung aufweisen um sie später fusionieren zu können. Dies wurde während der Aufnahmen vom Schriftführer mit Hilfe eines an der Kamera angeschlossenen Laptops fortlaufen überprüft. Weiterhin wurde vom Schriftführer festgehalten, welche Bildnummern – die von der Kamera vergeben wurden – zu welchem Deckenbrett gehören, um diese später eindeutig zuordenbar zu machen. Ebenfalls wurde bei den Brettern, an denen noch ein Zettel mit einer Inventarnummer zu finden waren, diese mit aufgeschrieben (Abbildung 48). Insgesamt wurden so 139 Deckenbretter, welche anhand ihrer Bemalung und Zetteln an den Europaletten dem Raum 0.03 zugeordnet werden konnten, aufgenommen und digitalisiert.



Abbildung 47 Vollständig bearbeiteter Brettstapel, Foto: Kay-M. Müller

TU Dresden
Fak. Architektur, LS Tragwerksplanung
Diplomarbeit K.-M. Müller

Datenbank
Deckenbretter
Schloss Steinort

Tel. (0351) 463 5010
e-mail:

wjoeger@joeger-ingenieure.de

Aufnahmetag: 3.5.17
Ort: Probestreife, Firma Holl

Fotos: Prof. Dr.-Ing. Jörg Schöner
1390-1700

ID	Bild-Nr.	Raum-nr.	Inv.-Nr.	Feld.-nr.	b=	l=	d=	Bemerkungen
1	507-510	0.03	A3/1530	II	32,5	212,4	3,7	Decke
2	511-515	0.03	A3/7	II	25	205	4,0	Decke

Abbildung 48 Ausschnitt aus der Tabelle des Schriftführers

1.3 Anlegen einer Ordnerhierarchie

Eine einheitliche Sortierung der Bilddateien ist wichtig, um einen reibungslosen Workflow zu garantieren. Dazu wurde eine Ordnerstruktur entwickelt, die das ganze Projekt hinweg genutzt wird. An oberster Stelle steht hierbei ein Ordner mit der Raumnummer. Hier beispielsweise Raum 0.03. Dieser splittet sich weiterhin auf in Kriecher und Decker, in welchen dann jeweils die Ordner für die einzelnen Deckenbretter liegen. Da die IDs der Deckenbretter während der Inventarisierung fortlaufend vergeben werden, kann es durchaus dazu kommen, dass nicht nur direkt aufeinanderfolgende IDs sich in diesem Ordner befinden. Da auch keine Nummern doppelt vergeben werden, reicht es aus die darin angelegten Dateien mithilfe der ID zu benennen.

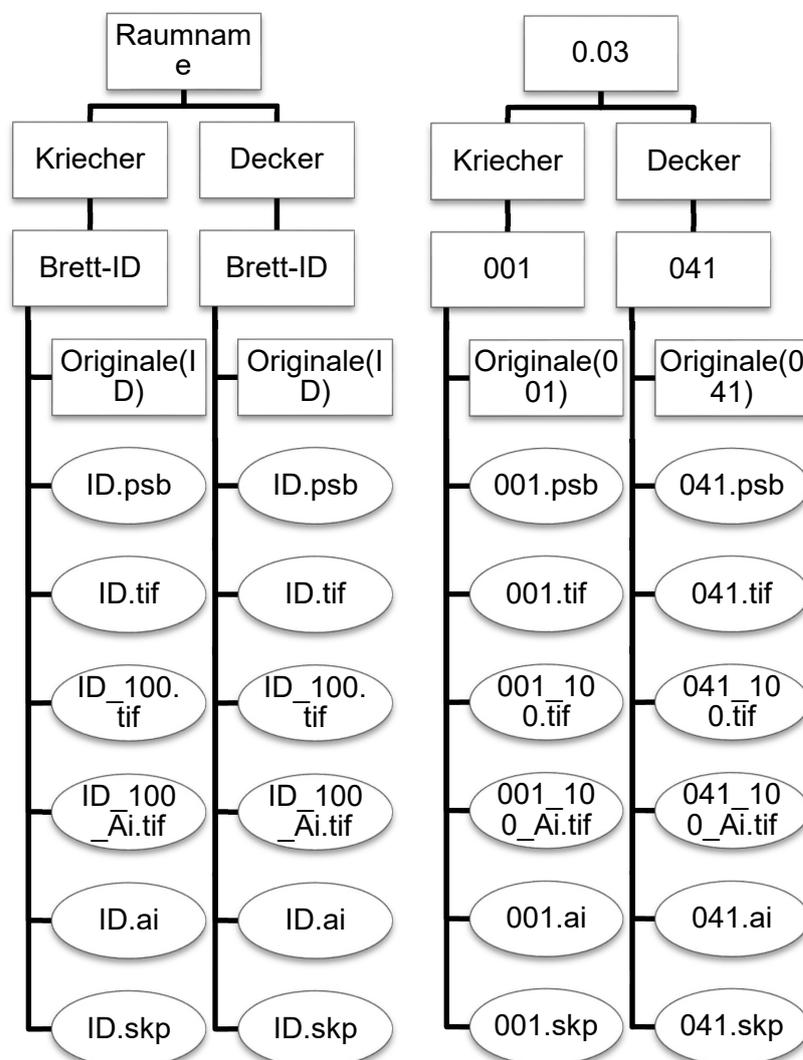


Abbildung 49 Grafik Ordnerhierarchie, links schematisch, rechts beispielhaft, eigene Darstellung

1.4 Zusammensetzen der Teilbilder

Das Zusammensetzen der Teilbilder – gespeichert im Verlustfreien .tif-Format – erfolgte in einem ersten Schritt mit dem Programm PTGui in der Version 10.0.7. Die Wahl fiel auf dieses Programm, da es eines der führenden Softwares ist, wenn es um das verlustfreie Zusammensetzen von Panoramabildern aus Einzelbildern geht. Es unterstützt die Berechnung der Bilder durch die GPU, was einen enormen Zeitvorteil gegenüber CPU-basierten Programmen bietet. Die Benutzung des Programms ist intuitiv und zu großen Teilen automatisiert.

*„PTGui is panoramic image stitching software for Windows and Mac OS X. Originally started as a **G**raphical **U**ser **I**nterface for **P**anorama **T**ools (hence the name), PTGui has evolved into a full featured, industry leading photo stitching application.“ [22] — Herstellerangabe*

Die Ausgabe des Panoramas erfolgt im Photoshop-Format, weswegen die weitere Bearbeitung in diesem Programm empfohlen wird. Zumal auch Photoshop die GPU zur Berechnung der Bilddaten nutzen kann. Die hier genutzte Programmversion ist Photoshop CC2017.

Zunächst einmal müssen die zu stichenden Bilder in PTGui geladen werden. Hierfür klickt man auf der Startseite des Programms auf den Button „1.Load images...“ (Abbildung 50).

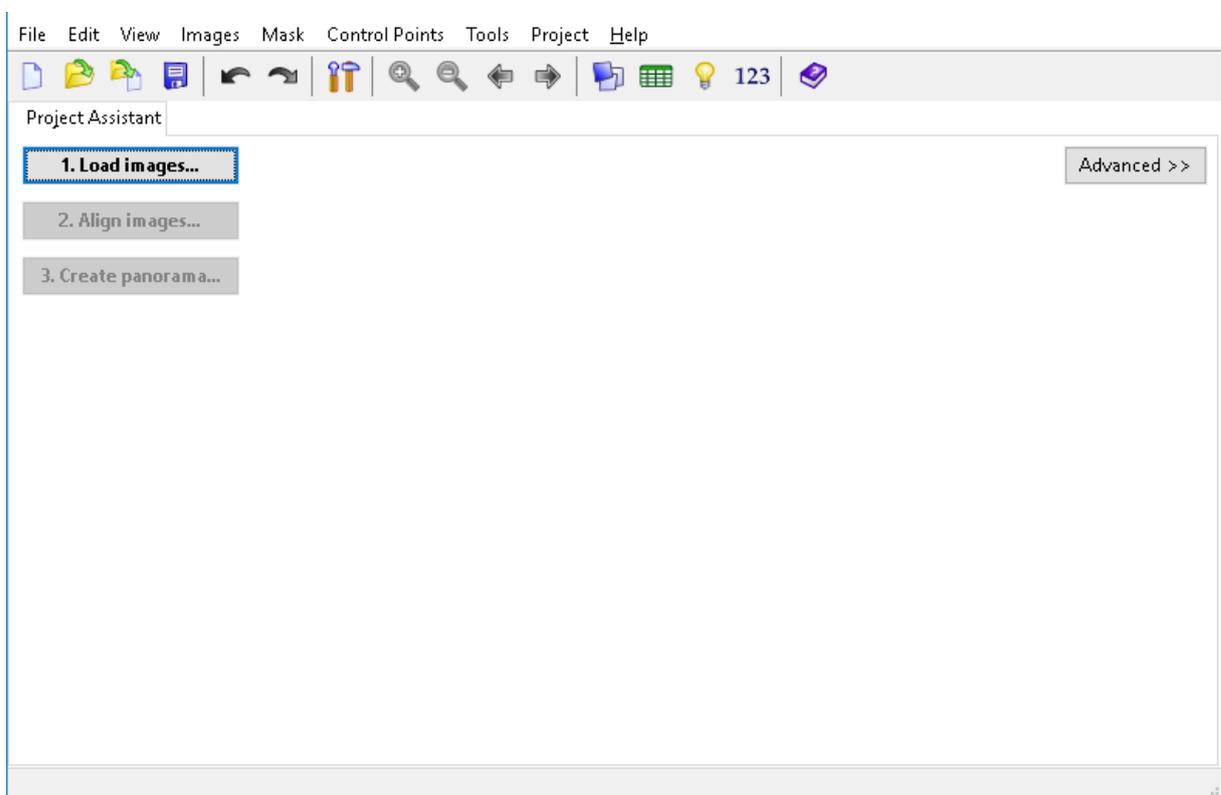


Abbildung 50 PTGui - Bilder laden

Sind die Bilder vom Programm erfasst worden, kann man nun festlegen, ob die Kameraeinstellungen aus den EXIF-Informationen ausgelesen werden sollen. Da in den hier benutzten Bildern alle Informationen hinterlegt waren, wurde diese Option aktiviert. Als nächstes startet man die Anordnung der Bilder mit einem Klick auf „2.Align images...“ (Abbildung 51)

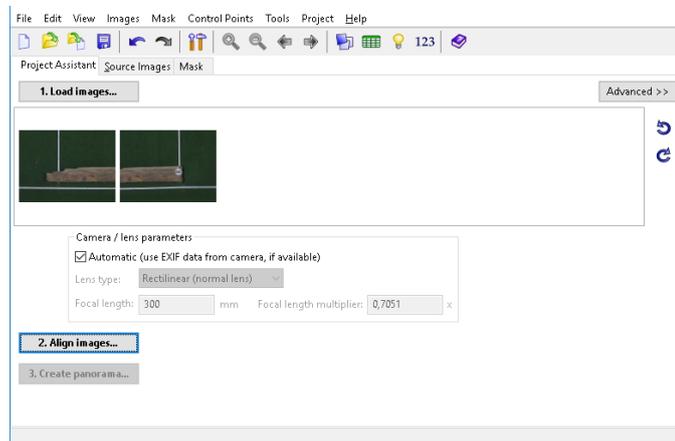


Abbildung 51 PTGui - Bilder Anordnen

Nach kurzer Ladezeit öffnet sich ein weiteres Programmfenster, der „Panorama Editor“ (Abbildung 52). Dieser bietet verschiedene Optionen das Panorama zu entzerren und anzuordnen, sowie den zu erstellenden Bildausschnitt zu verkleinern. Dies ist dringend zu empfehlen um die Dateigrößen zu reduzieren. Des Weiteren kann man das entstandene Bild horizontal ausrichten. In diesem Fall blieben die Standardeinstellungen unangetastet.

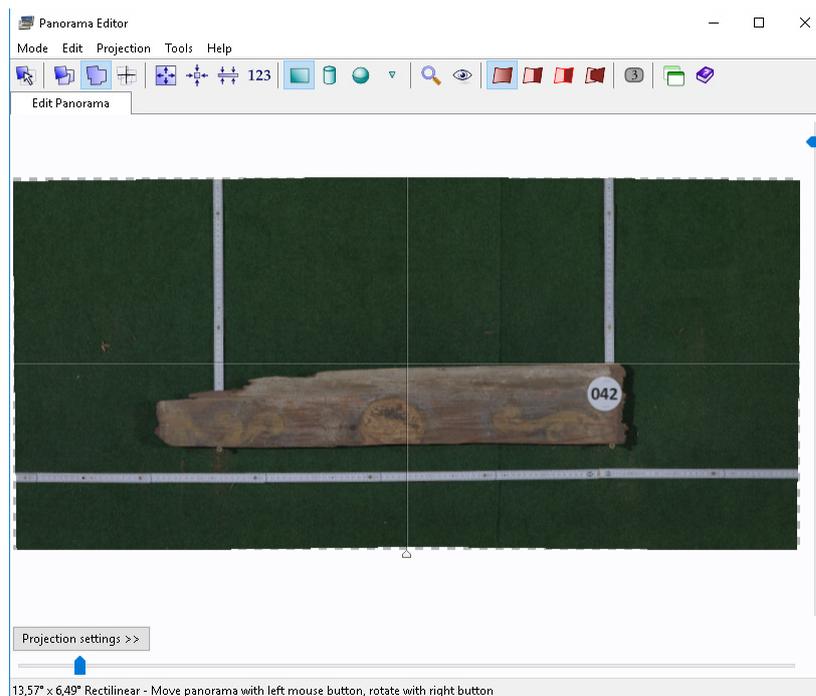


Abbildung 52 PTGui - Vorschaufenster Panorama

Durch links klicken und ziehen von den Rändern zur Bildmitte hin, wird der Bildausschnitt bestimmt. Mit gedrückter rechter Maustaste innerhalb des beschnittenen Bereiches lässt sich das Bild drehen (Abbildung 53).

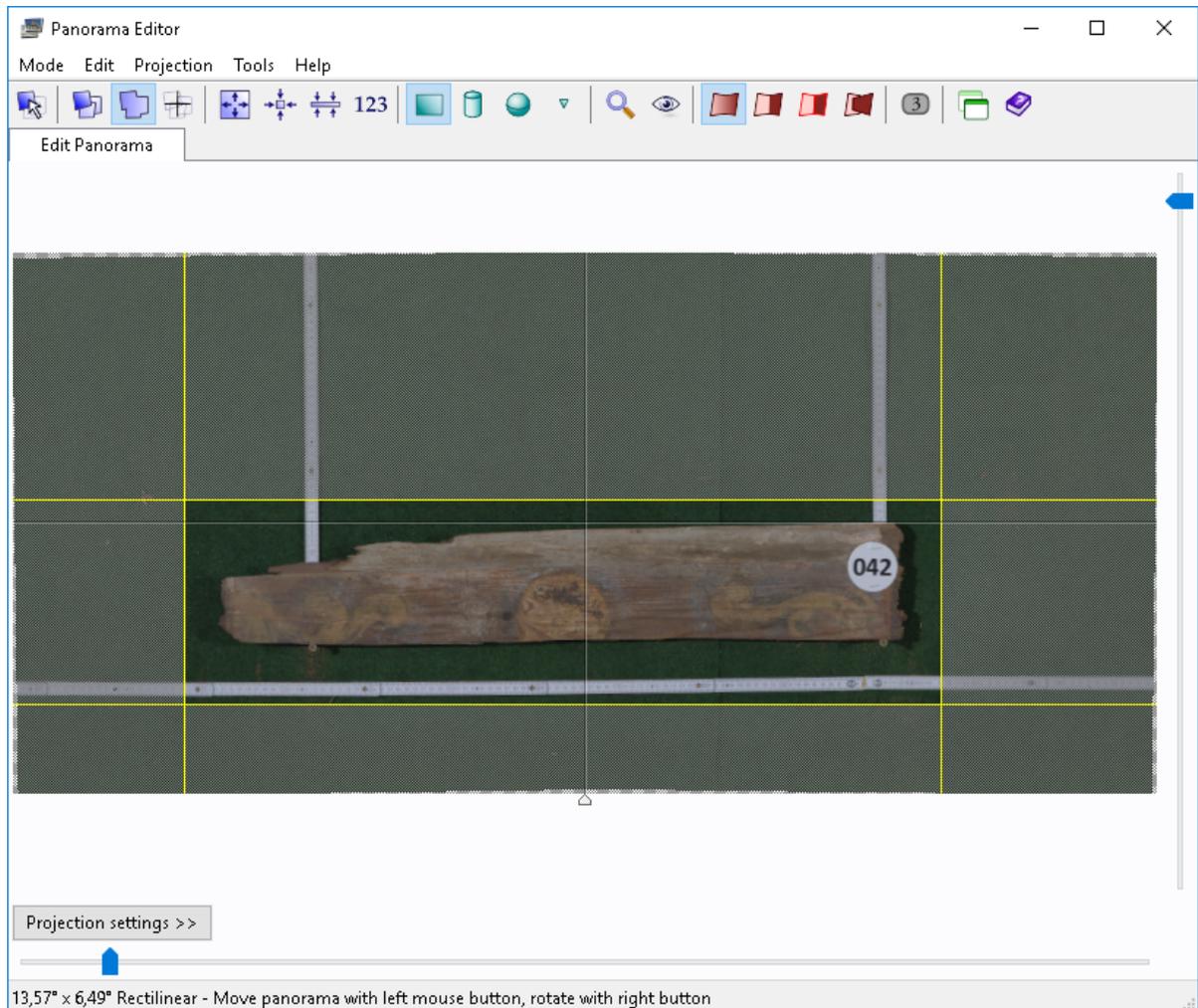


Abbildung 53 PTGui - Panoramaausschnitt festlegen

Ist der Ausschnitt festgelegt und die Drehung abgeschlossen, lässt man das Fenster geöffnet und kehrt zum Hauptfenster zurück. Dort wählt man nun im oberen Reiter das Feld "Create Panorama" an. Hier sind wieder verschiedene Einstellungen möglich: Zum einen ist es wichtig den Haken bei der Option „Link width and height“ zu aktivieren. Diese Option legt fest, dass das Verhältnis des Panoramas immer erhalten und nicht verzogen gespeichert wird. Danach legt man mit einem Klick auf „Set optimum size“ fest, dass die Breite (Width) sowie die Höhe (Height) dem im vorherigen Fenster festgelegten Ausschnitt angepasst wird. Dadurch wird verhindert, dass das Bild künstlich vergrößert oder verkleinert wird (Abbildung 54).

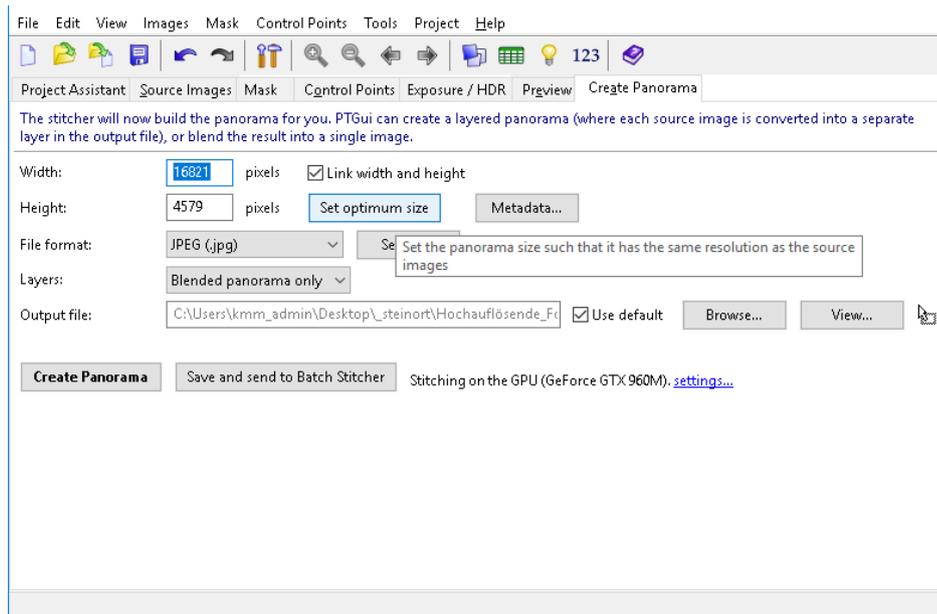


Abbildung 54 PTGui - Panoramagröße anpassen

Eine weitere Einstellung ist im Dropdownmenü des Punktes „File format“ zu tätigen. Hier sollte das Format „psb“ gewählt werden. Dies ist ein optimiertes Format für sehr große Photoshop-Dateien. Unter Layers wählt man „Individual layers only“ aus, was bewirkt, dass jedes Originalbild in einem eigenen Layer in Photoshop geladen wird. Diese werden anhand von so genannten Masken überblendet aber bleiben im Original erhalten. Bei „Output file“ kann man nach Entfernen des Hakens neben „Use default“ noch einen individuellen Dateinamen vergeben. Es ist empfohlen diesen schon bei der Ausgabe richtig zu vergeben um späteren Verwechslungen vorzubeugen (Abbildung 55).

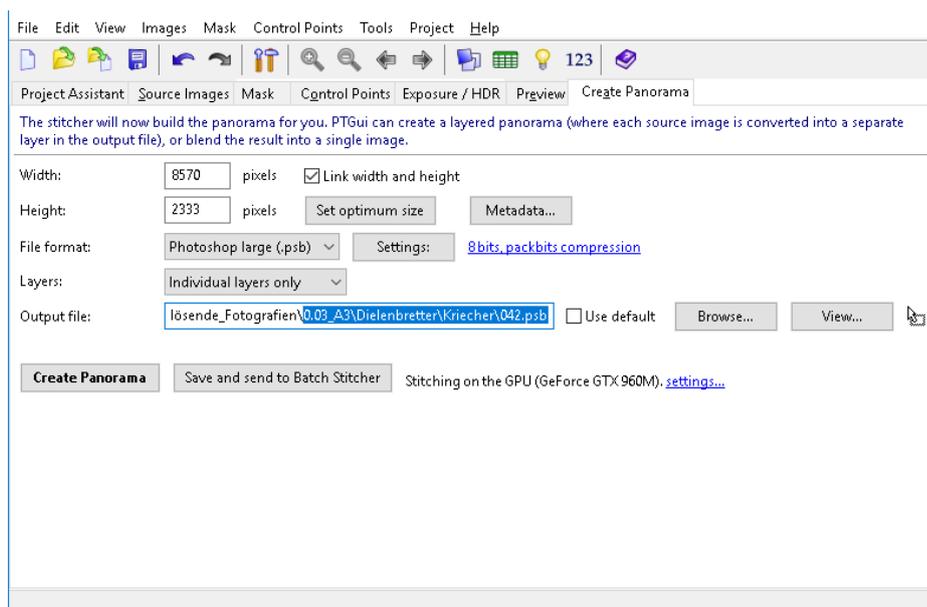


Abbildung 55 PTGui - weitere Einstellungen und Dateinamenvergabe

Wurden alle Einstellungen vorgenommen, kann man im Fenster unten rechts die Einstellung kontrollieren, ob die GPU zum stitchen genutzt wird. In diesem Beispiel handelt es sich um eine GTX 960M. Abschließend klickt man nun noch auf „CreatePanorama“ und lässt so das Panorama erzeugen (Abbildung 56).

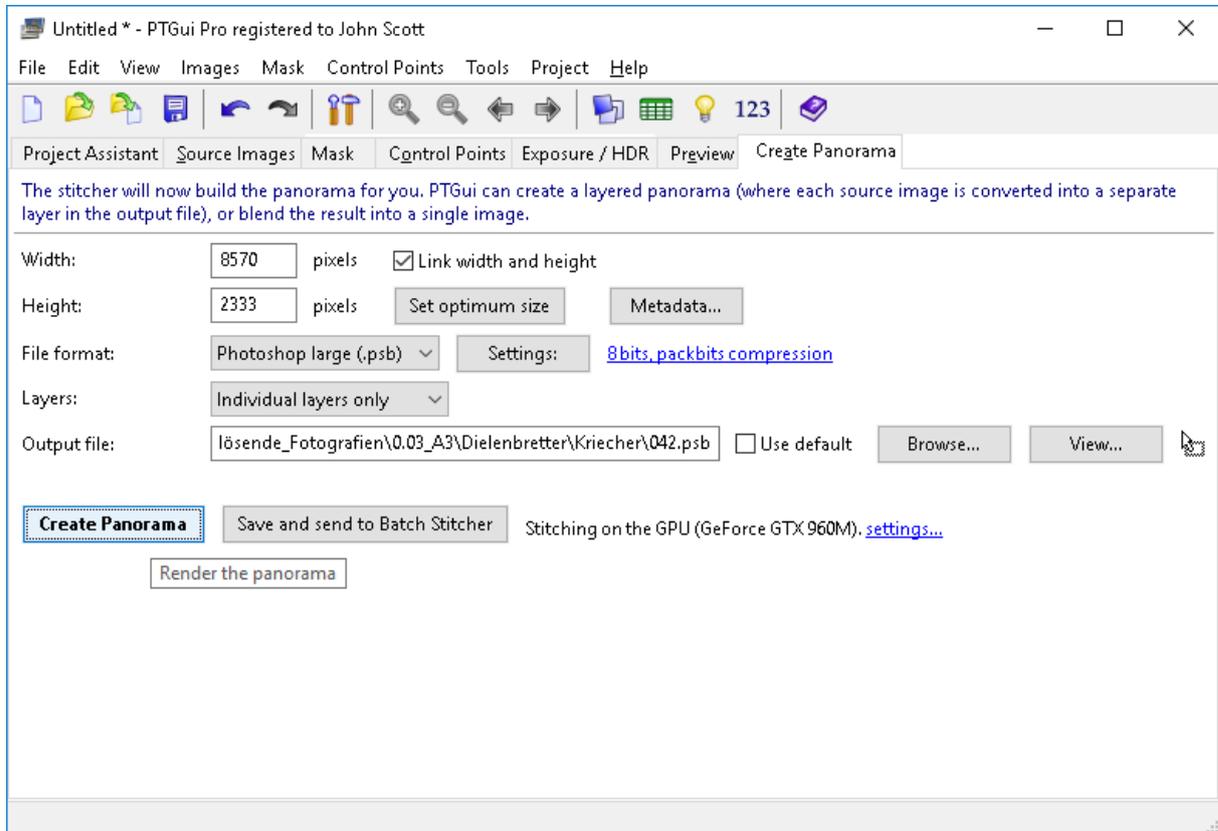


Abbildung 56 PTGui - Panorama erstellen lassen

Ist das Panorama erfolgreich erstellt worden, kann man das Projekt oder das Programm beenden. Die folgende Meldung, ob das Projekt gespeichert werden soll, negiert man mit einem Klick auf „Don't Save“, da die Projektdateien nicht weiter benötigt werden (Abbildung 57).

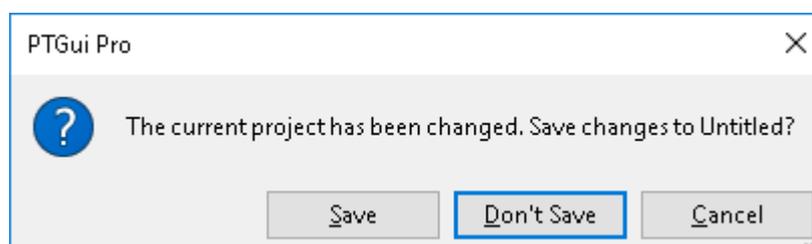


Abbildung 57 PTGui - Projekt schließen

Wurde die Photoshopdatei abgespeichert, ist diese in Photoshop zu öffnen. Nun werden die Ebenen markiert und schließlich wird über „Bearbeiten“ → „Ebenen automatisch überblenden...“ das eigentliche Zusammenfügen der Bilder vorgenommen.

Es öffnet sich ein neues Fenster mit Einstellungsmöglichkeiten. Hier wählt man die Funktionen wie in nachfolgender Grafik zu sehen ist, an.

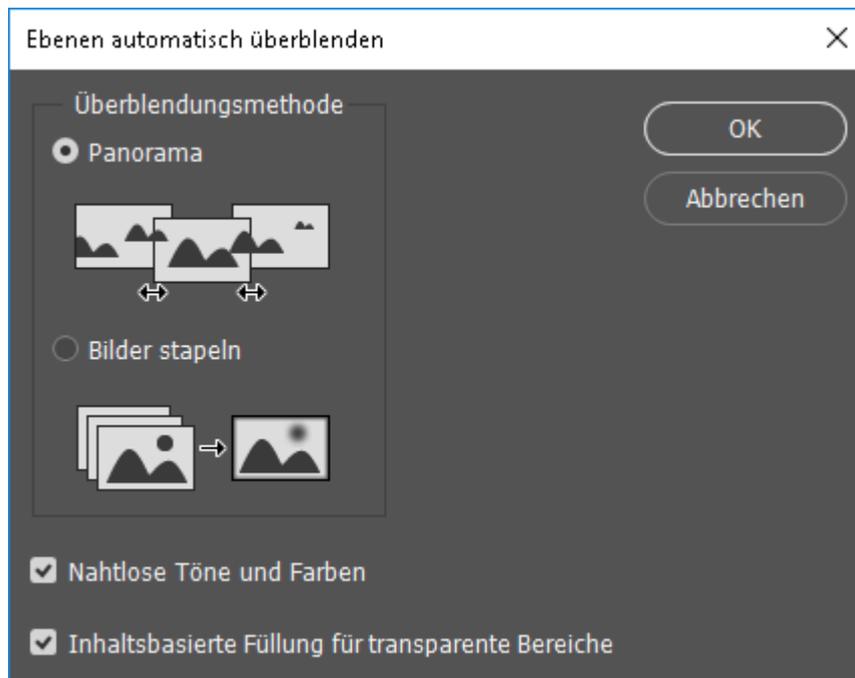


Abbildung 58 Photoshop - Einstellungen für Überblendung

Im Ergebnis kann man die einzelnen Ebenen ein- und ausblenden. Die Darstellung einer einzelnen Ebene sollte nun der, wie sie auf der Abbildung 59 zu sehen ist, entsprechen.

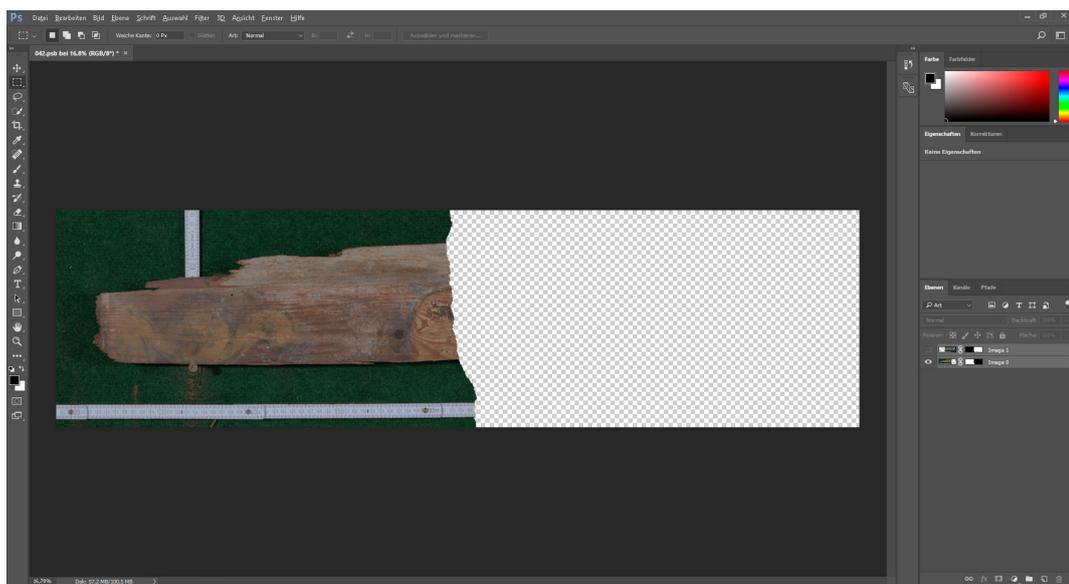


Abbildung 59 Photoshop - Überblendung Ergebnis

Der Fortschritt wird nun in der Photoshopdatei gespeichert. Dazu klickt man auf „Datei“ → „Speichern“ oder nutzt unter Windows die Tastenkombination Strg+S.

Mit einem weiteren Klick auf „Ebene“ → „Auf Hintergrundebene reduzieren“ werden nun zwei Bilder zu einem zusammengefügt und somit das nahtlose Panorama vollendet.

Über die Auswahl „Bild“ → „Korrekturen“ → „Tonwertkorrektur“ öffnet man anschließend ein Menü um die Bilddarstellung zu verbessern.

Man schiebt nun den rechten, weißen Regler unterhalb der Tonwertspreizung so weit nach links, bis sich dieser wenige Millimeter vor dem ersten Anstieg der Kurve befindet. In Folge wird das Bild aufgehellt, jedoch helle Bereiche nicht überblendet. Überschreitet man diesen Punkt, kann es zu weißen Flecken innerhalb des Bildes und damit zu einem Informationsverlust führen. Den Vorgang kann man im dahinterliegenden Programmfenster stets überwachen (Abbildung 60).

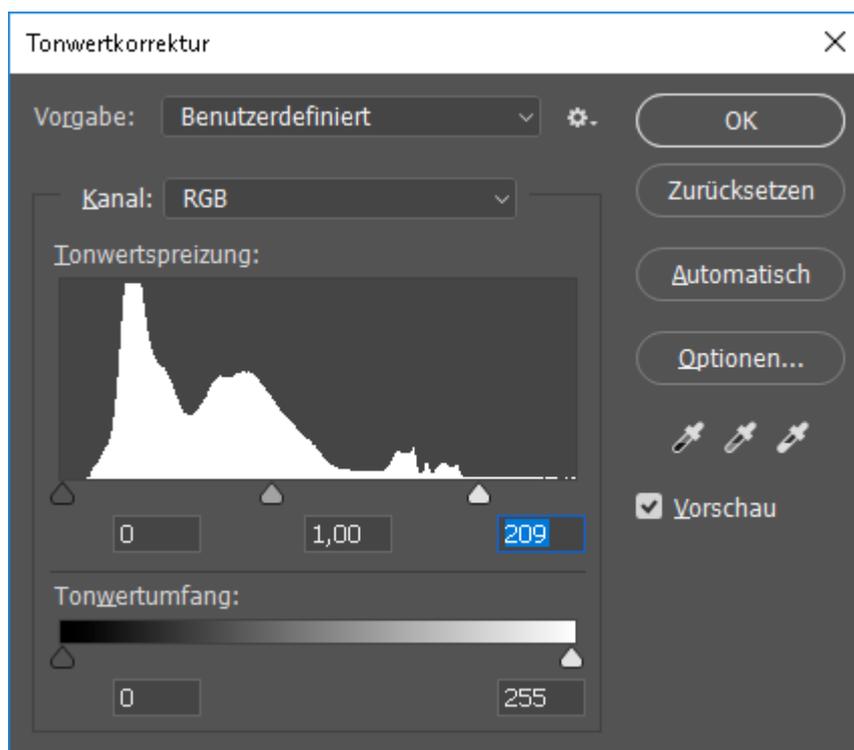


Abbildung 60 Photoshop - Tonwertkorrektur Einstellungen

Wichtig ist es nun den Fortschritt in einer neuen Datei zu speichern, damit die Ausgangsdatei im Photoshopformat stets erhalten bleibt. Hierzu wird über „Datei“ der „Speichern unter...“Dialog geöffnet.

Im unteren Bereich des Fensters wählt man nun unter „Dateityp“ das Format TIFF. Dieses Dateiformat ist, wie schon zuvor erwähnt, verlustfrei und bedient somit höchste Ansprüche an

die Qualität der Bilder. Ebenfalls sollte das Farbprofil des Bildes eingebettet werden. In diesem Fall ist dies „Adobe RGB (1998)“. Der Vorgang wird mit einem Klick auf „Speichern“ weitergeführt. Es sind nun die Einstellungen zum Dateiformat TIFF vorzunehmen. Diese können je nach benutzten System variieren, existenziell ist jedoch unter „Bildkomprimierung“ die Auswahl bei „Keine“ zu setzen. Mit einem Klick auf „OK“ wird die Eingabe beendet (Abbildung 61).

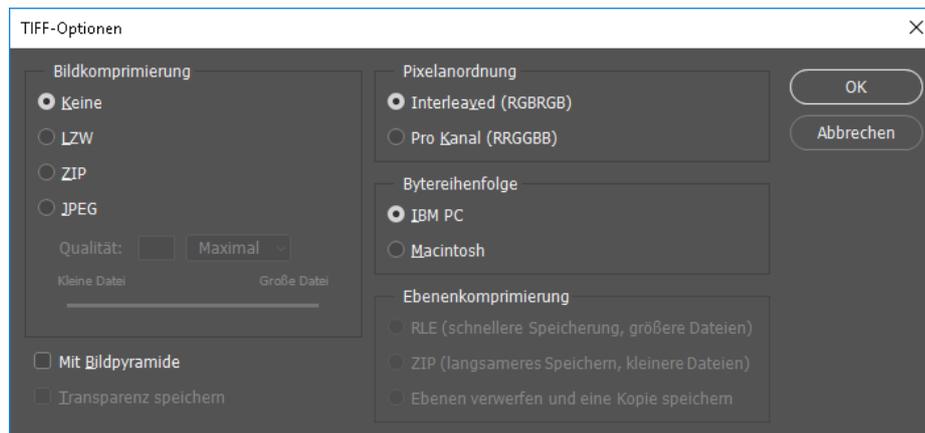


Abbildung 61 Photoshop -TIF-Format-Einstellungen

Nun geht es daran die zweite Dateiversion mit verminderter Auflösung zu erzeugen. Hierfür wählt man unter „Bild“ → „Bildgröße...“ aus.

Der einzige Wert der in diesem Fenster geändert werden muss ist die Auflösung. Diese wird auf einen Wert von 100 Pixel/Zoll verringert. Somit erreicht man eine Dateigröße von circa 30 Prozent der Ursprungsdatei bei minimalen Qualitätsverlust. Ein weiterer Vorteil ist, dass – da die meisten Anzeigen eine Auflösung von 96 DPI besitzen – die Darstellung bei 100 Prozent fast eine Anzeige des Objekts im Maßstab 1:1 wiedergibt (Abbildung 62).

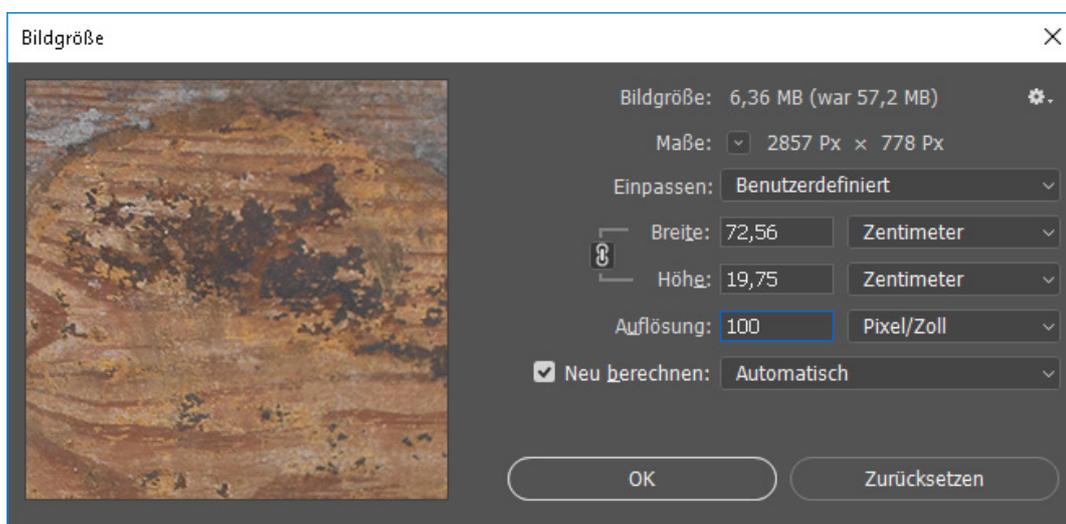


Abbildung 62 Photoshop - Bildgröße Einstellungen

Diese Änderung wird nun ebenfalls in einer separaten Datei gespeichert, damit das Original erhalten bleibt. Zur Unterscheidung zur Originaldatei wird hier nun „_100“ an den Dateinamen angehängen. Ein Klick auf „Speichern“ öffnet nun wieder den Dialog für die TIFF-Optionen. Hier ist wieder nur zu beachten, dass die korrekte Auswahl bei „Bildkomprimierung“ getroffen wird. Nach einem Klick auf „OK“ ist dieser Arbeitsschritt abgeschlossen (Abbildung 63).

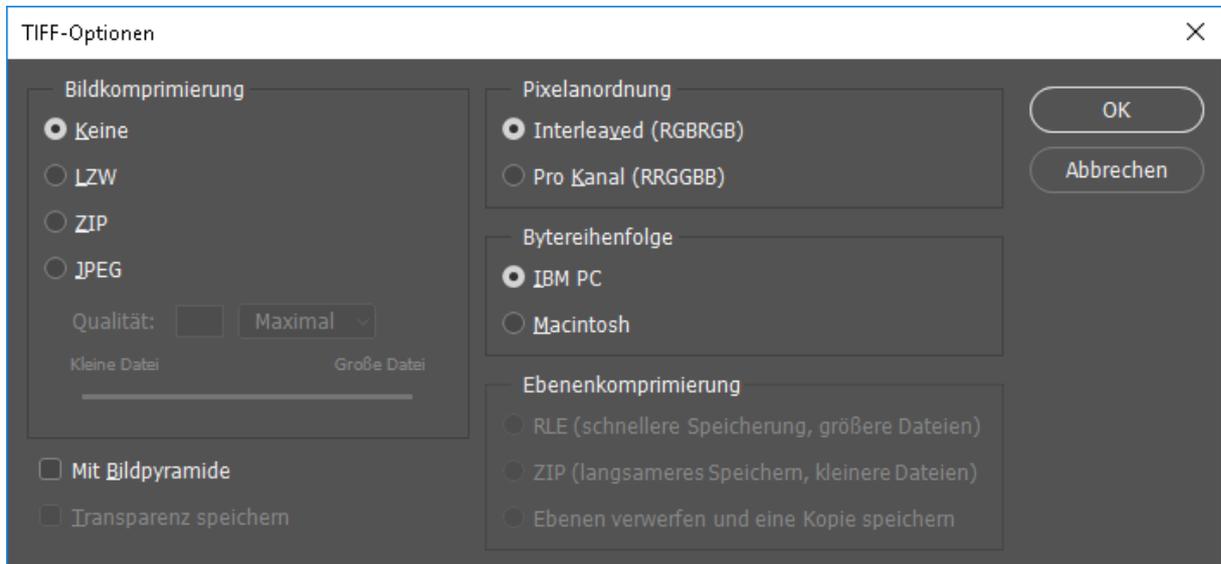


Abbildung 63 Photoshop - TIF-Format-Einstellungen

1.5 Weiterverarbeitung des Bildmaterials im Grafikprogramm

Nachdem nun alle Vorbereitungen getroffen wurden, geht es darum, die Datei für die Nutzung im 3D-Modell vorzubereiten. Ziel ist es hier, das Deckenbrett zu skalieren und möglichst genau von seinem Hintergrund zu befreien. Nach mehreren Versuchen hat sich hier die folgende Vorgehensweise als die schnellste und genaueste Methode herausgestellt.

Um das Bild zu skalieren, messen wir mit dem Lineal-Tool auf den horizontal sichtbaren Gliedermaßstäben eine Strecke unserer Wahl ab. Vorab ist gegebenenfalls unter „Bearbeiten“ → „Voreinstellungen“ → „Maßeinheiten & Lineale...“ zu prüfen ob für das Linealwerkzeug „Zentimeter“ als Maßeinheit ausgewählt wurde. Hier zum Beispiel von „100“ des linken Gliedermaßstabes zu „100“ des rechten Gliedermaßstabes. Damit sollte eine Strecke von 200 Zentimetern abgemessen sein. Den dazugehörigen Wert des im Bildes gemessenen Wertes kann man nun in der Statuszeile unter „L1:“ oben auslesen (Abbildung 64).

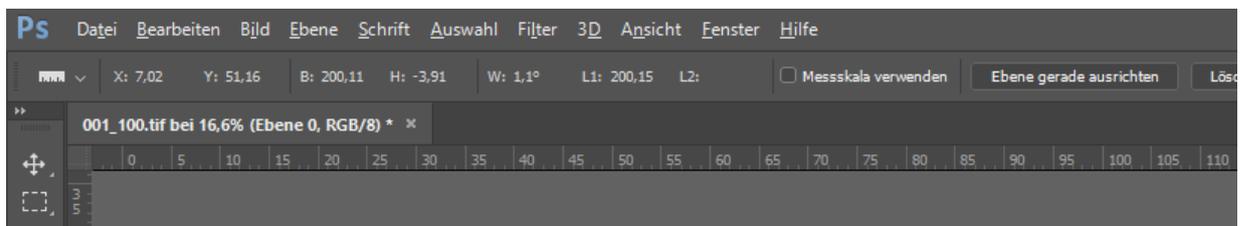


Abbildung 64 Photoshop - Statuszeile mit Längenangabe

Die Abweichungen die sich hier gezeigt haben, reichten von wenigen Millimetern bis hin zu einigen Zentimetern. Um eine durchgängig gleiche Fehlerverteilung zu haben, ist es nötig auch bei kleinsten Abweichungen eine Korrektur der Bildgröße anzuwenden. Dies erfolgt durch eine einfache Berechnung des Verhältnisses zwischen der auf den Maßstäben gemessenen Strecke zu der tatsächlich im Bild gemessenen. In diesem Beispiel also 200 Zentimeter geteilt durch 200,15 Zentimeter. Somit erhält man einen Skalierungsfaktor von 99,9 Prozent. Dieser wird nun über „Bild“ → „Bildgröße...“ auf das Bild angewandt (Abbildung 65).

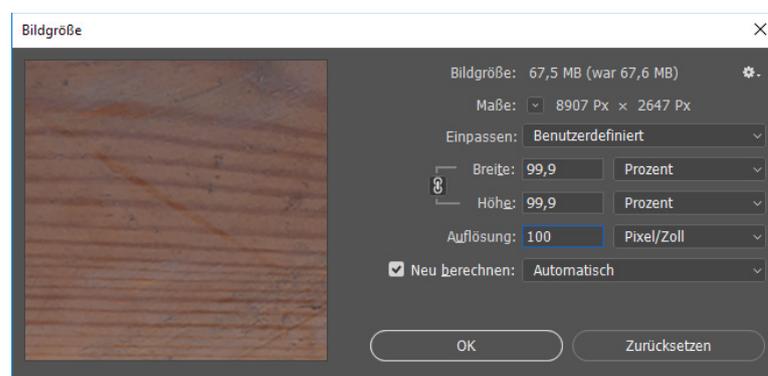


Abbildung 65 Photoshop - Einstellungsdialog Bildgröße

Dann wird eine neue Einstellungsebene für „Farbton und Sättigung“ angelegt und diese auf „Grüntöne“ eingestellt. Anschließend werden die Werte für „Sättigung“ und „Helligkeit“ auf +80% gestellt. Durch diesen Schritt wird der grüne Hintergrund aufgehellt und ist somit im später folgenden Arbeitsschritten leichter handzuhaben (Abbildung 66). Dies ist vor allem möglich, da sich in den Bemalungen der Dielenbretter keine Grüntöne befinden. Bei anderen Motiven, welche Grüntöne enthalten, darf dieser Schritt nicht angewendet werden, da dies negative Auswirkungen auf die Farbigkeit der Dielenbretter mit sich bringen würde.

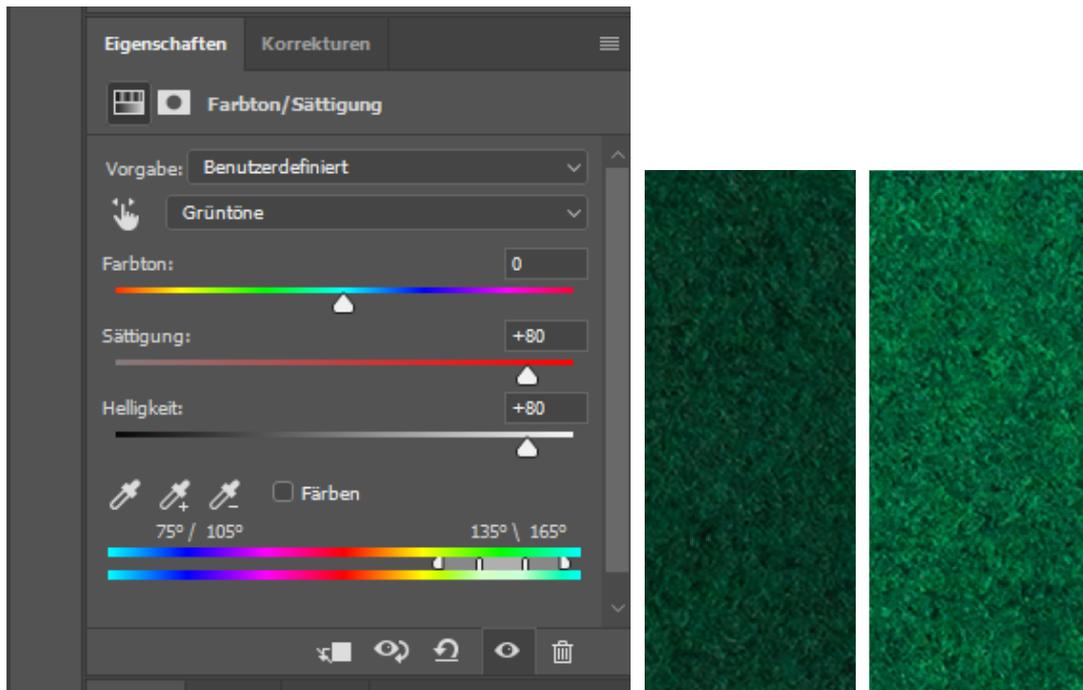


Abbildung 66 Photoshop - Einstellungen für die Einstellungsebene "Farbton und Sättigung"

Die erstellte und konfigurierte Einstellungsebene wird nun mit der Hintergrundebene zusammengefügt. Dies geschieht über den Dialog „Ebene“ → „Mit darunterliegender auf eine Ebene reduzieren“.

Jetzt kann mit dem Vorgang des Ausschneidens des Motivs begonnen werden. Hierzu wird das „Zauberstab-Werkzeug“ verwendet. Im oberen Einstellungsbereich wählt man nun einen Aufnahmebereich von „1 Pixel“ und eine Toleranz von „25“. Die Option für das „Glätten“ bleibt, wie auch die Einstellung „Alle Ebenen aufnehmen“, deaktiviert. Jedoch wird die Option „Benachbart“ aktiviert (Abbildung 67).

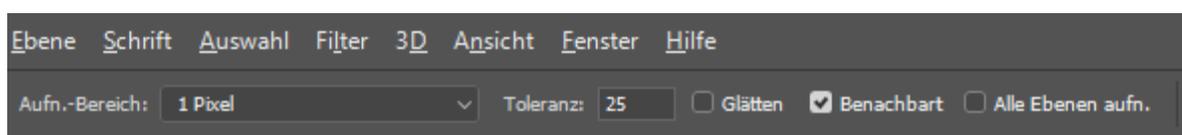


Abbildung 67 Photoshop - Einstellung Zauberstab-Werkzeug

Mit dem ausgewählten Werkzeug zoomt man nun in das Brett herein und sucht sich am Dielenbrett befindliche dunkle Stellen heraus. Es ist wichtig, diese zuerst zu entfernen, da man sonst mehr Arbeit bei einem späteren Schritt hat, das Bild von Artefakten zu befreien. Dies macht man die gesamte Kontur der Bretter abarbeitend, bis es vollkommen von den umgebenen grünen Pixeln befreit ist (Abbildung 68).

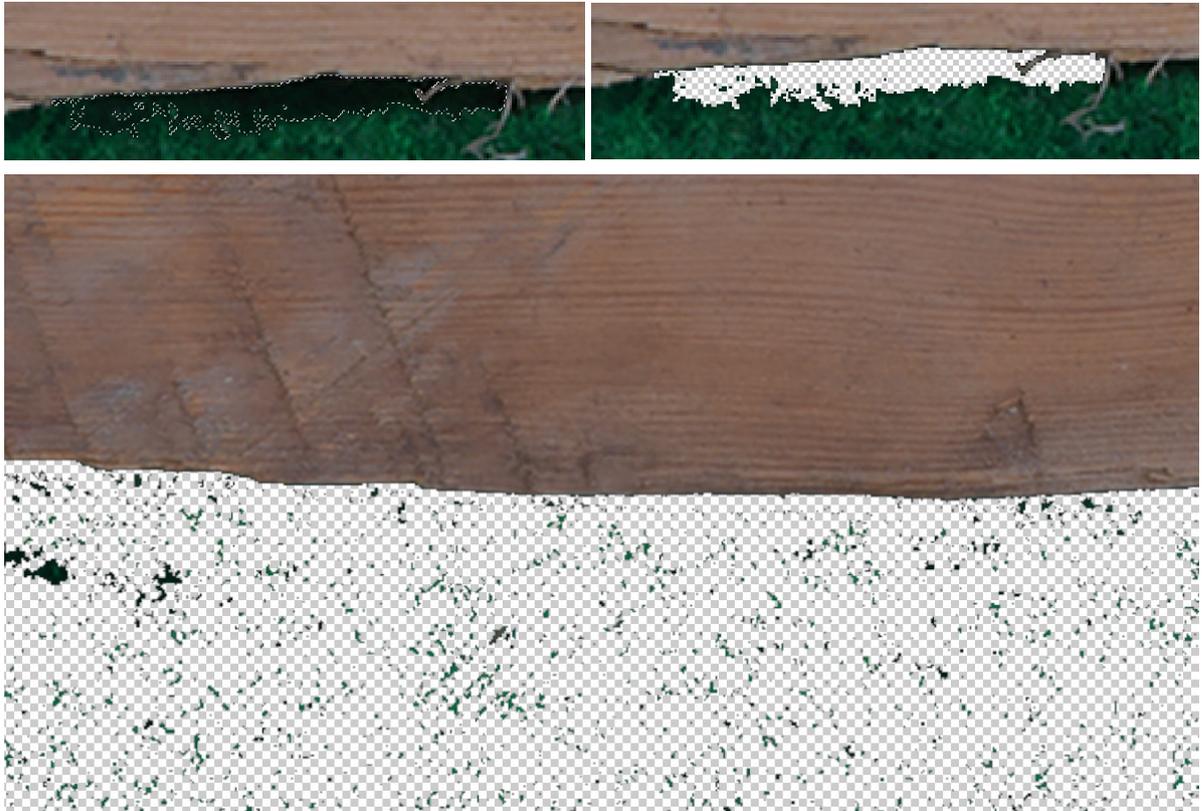


Abbildung 68 Photoshop – ausgeschnittener Schattenbereich

Leider blieben in diesem Fall viele kleinere Artefakte im Bild zurück, die durch das „Zauberstab-Werkzeug“ nicht mit aufgenommen wurden. Diese werden nun mit Hilfe des „Radiergummi-Werkzeug“ manuell entfernt. Um den Arbeitsbereich zu beschränken bietet es sich hier an das Bild im Vorfeld über das „Freistellungswerkzeug“ so knapp, wie möglich zu beschneiden. Durch die dort enthaltene Funktion „gerade ausrichten“ kann zudem noch eine Schiefstellung des Bildes ganz einfach korrigiert werden. Im Ergebnis sollte es ein in Abbildung 69 ähnliches Bild geben.

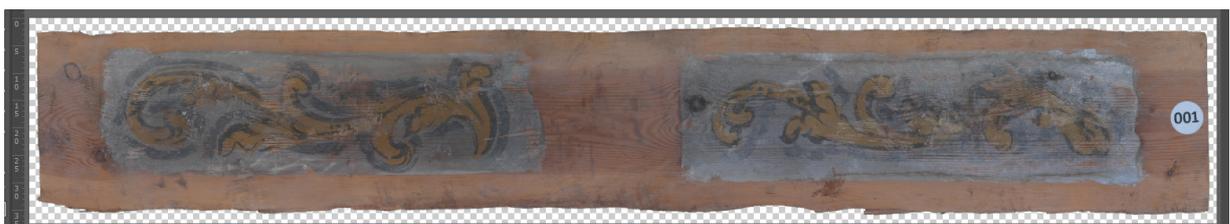


Abbildung 69 Photoshop - vollständig aus- und beschnittenes Ergebnis

Noch einmal wird nun das „Zauberstab-Werkzeug“ ausgewählt. Mit diesem markiert man alle transparenten Pixel im Bild. Diese lässt man unter „Pfade“ zu einem neuen Arbeitspfad aus der Auswahl konvertieren (Abbildung 70).

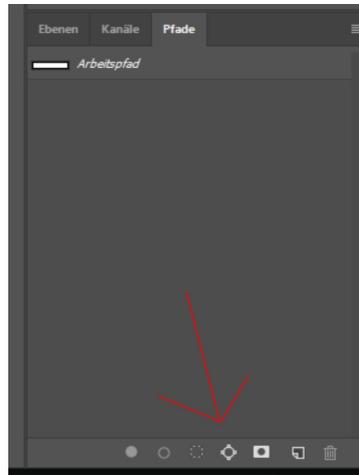


Abbildung 70 Photoshop - Neuen Pfad aus Auswahl erstellen

Da dieser Arbeitspfad immer noch kleine Störungen enthalten kann, wählt man mit dem „Pfadauswahl-Werkzeug“ und durch das Aufziehen eines Rechtecks über das ganze Bild den Arbeitspfad aus, und deaktiviert dann mit gedrückter Umschalt-Taste den breittumspannenden sowie den Bildrand begrenzenden Pfad. Mit einem Tastendruck auf „Entf“ werden nun die kleineren Fragmente gelöscht und man hat zwei saubere Pfade übrig (Abbildung 71). Abschließend wird der Fortschritt in einer neuen Datei mit dem Namen „ID_100_Ai.tif“ gespeichert. Dabei sind die Einstellungen die schon in vorherigen Speicherschritten genutzt wurden unbedingt zu beachten. Des Weiteren wird über den Dialog „Datei“ → „Exportieren“ → „Pfade -> Illustrator“ der Arbeitspfad unter dem Dateinamen „ID.ai“ exportiert. Mit diesem Schritt sind nun die Bearbeitungen des Bildes abgeschlossen und es kann nun zum Erstellen des 3D-Modells übergegangen werden.

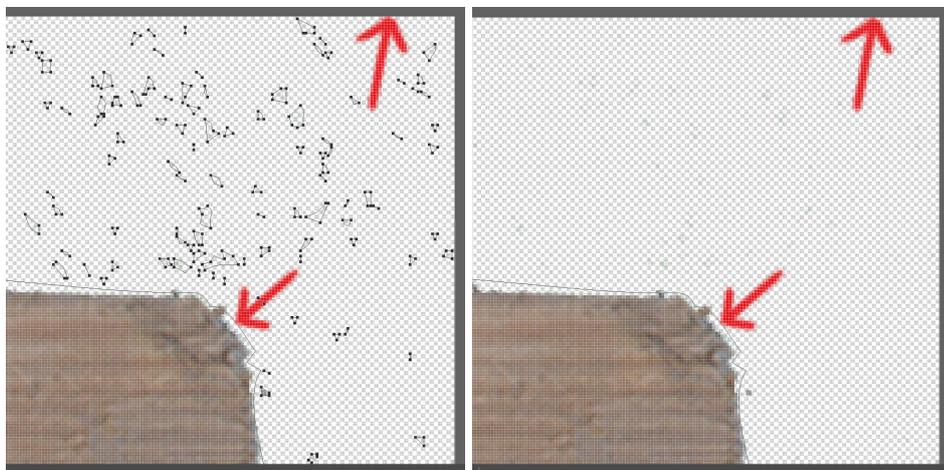


Abbildung 71 Photoshop - erstellen und Bereinigung des Arbeitspfades

2 3D-Modellierung der Deckenbretter

Diese erfolgt über einen Zwischenschritt in Adobe Illustrator, in dem der Arbeitspfad in einer ID.dwg abgespeichert werden muss um dann in Sketchup Pro weiterverarbeitet werden zu können.

2.1 Extraktion der Pfadgeometrie

Die in 1.5 erstellte Adobe Illustrator Datei wird nun geöffnet. Der Dialog beim Öffnen wird mit den Einstellungen aus Abbildung 72 bestätigt.

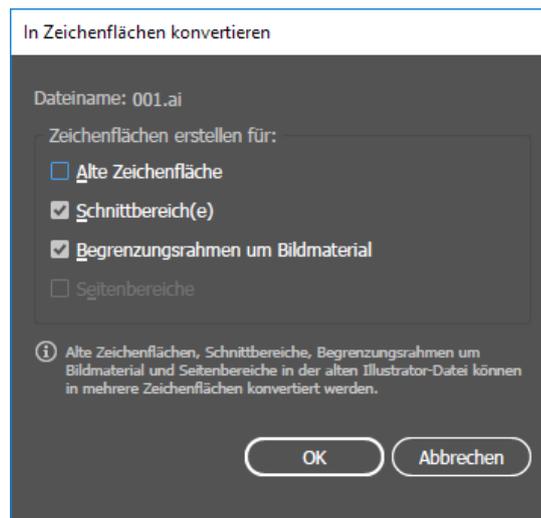


Abbildung 72 Illustrator - Optionen beim Öffnen

Nachdem die Datei sich geöffnet hat, und über „Auswahl“ → „Alles auswählen“ die exportierten Pfade markiert wurden, sollte sich ein Bild wie in Abbildung 73 vorfinden lassen. Es muss also immer die Kontur des Deckenbrettes vorhanden sein, sowie der äußere, bildbegrenzende Pfad. Andernfalls ist die ID_100_ai.tif-Datei zu prüfen und der Pfad gegebenenfalls neu zu exportieren.

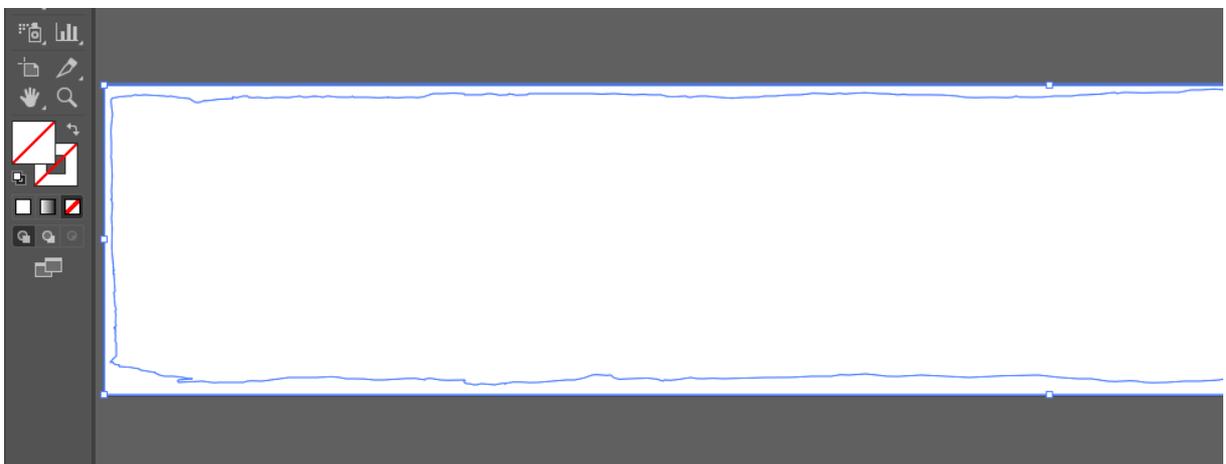


Abbildung 73 Illustrator - Überprüfung der erstellen Pfade durch markieren

Um den Pfad nun zur Weiterverarbeitung zu exportieren, wählt man „Datei“ → „Exportieren“ → „Exportieren als...“, in dessen Kontextmenü die Einstellungen aus Abbildung 74 übernommen werden müssen. Nach erfolgreichem Export, kann Illustrator geschlossen werden.

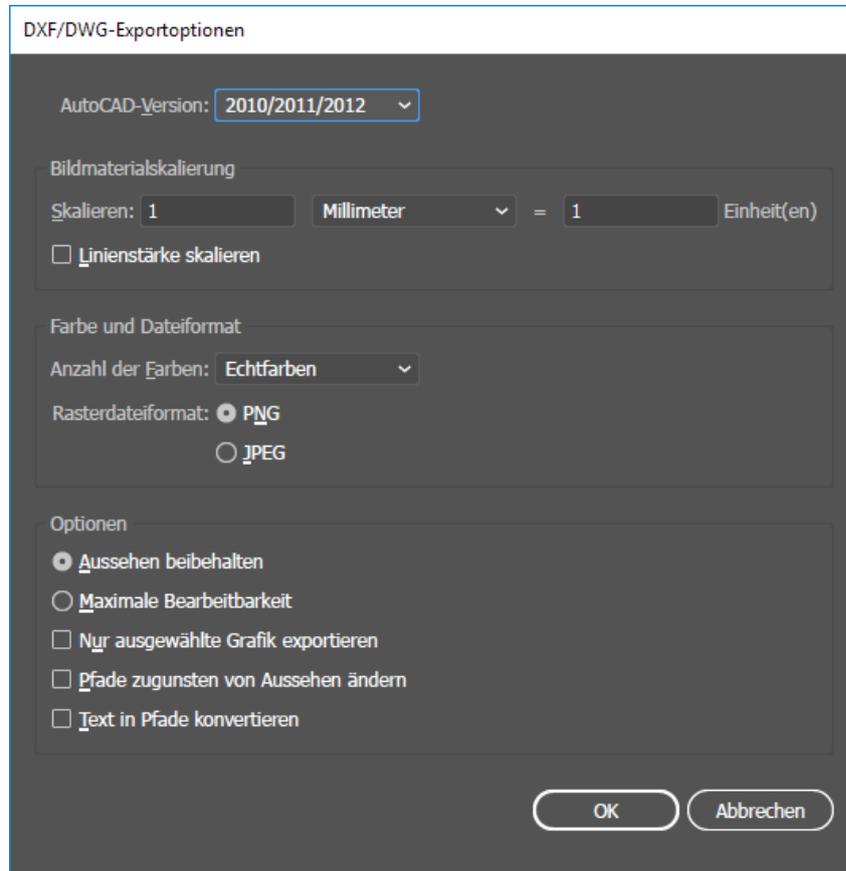


Abbildung 74 Illustrator - Einstellungsfenster Exportieren-Dialog

2.2 Modellierung und Texturemapping

Es wird nun Sketchup Pro geöffnet. Die Nutzung der Pro-Version ist deshalb nötig, da Sketchup Make keine Möglichkeit bietet ID.dwg-Dateien zu importieren. Sollte man beim Starten von Sketchup nicht gefragt werden, welches Template verwendet werden soll, so ist es zuerst nötig unter „Fenster“ → „Einstellungen“ → „Vorlage“ die Vorlage für „Architektur – Millimeter“ auszuwählen, da wir die DWG auch in Millimeter exportiert haben.

Über „Datei“ → „Importieren...“ wird nun die vorher erstellte ID.dwg in Sketchup importiert. Es sollten nun zwei Umrisse zu sehen sein. Die des Deckenbrettes und ein rechteckiger Rahmen. Durch das Nachzeichnen einer beliebigen Linie des Deckenbrettumrisses ist es möglich diesen zu einer Fläche transformieren zu lassen (Abbildung 75).



Abbildung 75 Sketchup - importierte Geometrie mit Bildumriss

Gelegentlich kann es dabei vorkommen, dass Unregelmäßigkeiten im Umriss dazu führen, dass das Polygon nicht geschlossen werden kann. In diesem Fall ist es nötig via Zoom nach möglichen Fehlern zu suchen, wie beispielsweise „Schlaufen“ oder „Einschnitte“ (Abbildung 76) und diese schließlich entsprechend zu entfernen.

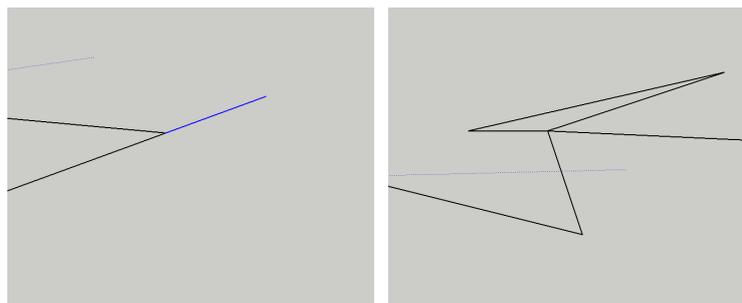


Abbildung 76 Sketchup - Beispiel eines Einschnittes und einer Schlaufe

Ist das Polygon geschlossen und die Fläche erstellt, muss diese mit dem „Ziehen/Drücken“-Werkzeug um den Wert der gemessenen Brettstärke nach unten extrudiert werden.

Der extrudierte Körper soll nun noch mit der Textur des Deckenbrettes versehen werden. Dazu wählt man erneut das „Datei“ → „Importieren...“ Menü an. Dieses Mal wählt man hier die ID_100_Ai.tif-Datei des entsprechenden Deckenbrettes aus und setzt die Auswahl bei „Als Textur importieren“. Mit einem Linksklick auf die obere Fläche des Körpers wird diese nun eingefügt. Da die Textur jedoch noch nicht auf den Körper skaliert, wählen wir mit einem Rechtsklick auf die eingefügte Textur das Menü „Textur“ → „Position“ aus. Mit Hilfe des roten Markers kann die Textur nun in die untere linke Ecke des Rahmens verschoben werden, mit Hilfe des grünen Markers dann zu der unteren rechten Ecke zur richtigen Größe skaliert werden (Abbildung 77) und mit „Enter“ der Vorgang abgeschlossen werden. Jetzt müssen nur noch die Linien des Rahmens gelöscht werden, damit man das Modell dann über „Datei“ → „Speichern unter...“ einmal als ID.skp abspeichern kann. Zu beachten ist hier, dass bestimmte Versionen in bestimmten CAD-Programmen nicht gelesen werden können. Dies ist in einem Vorversuch zu prüfen und dann gegebenenfalls anzupassen. So war es für „ArchiCAD 20“ nötig in Version 2016 abzuspeichern. „ArchiCAD 21“ jedoch, konnte auch die in Version 2017 abgespeicherten Dateien verarbeiten.

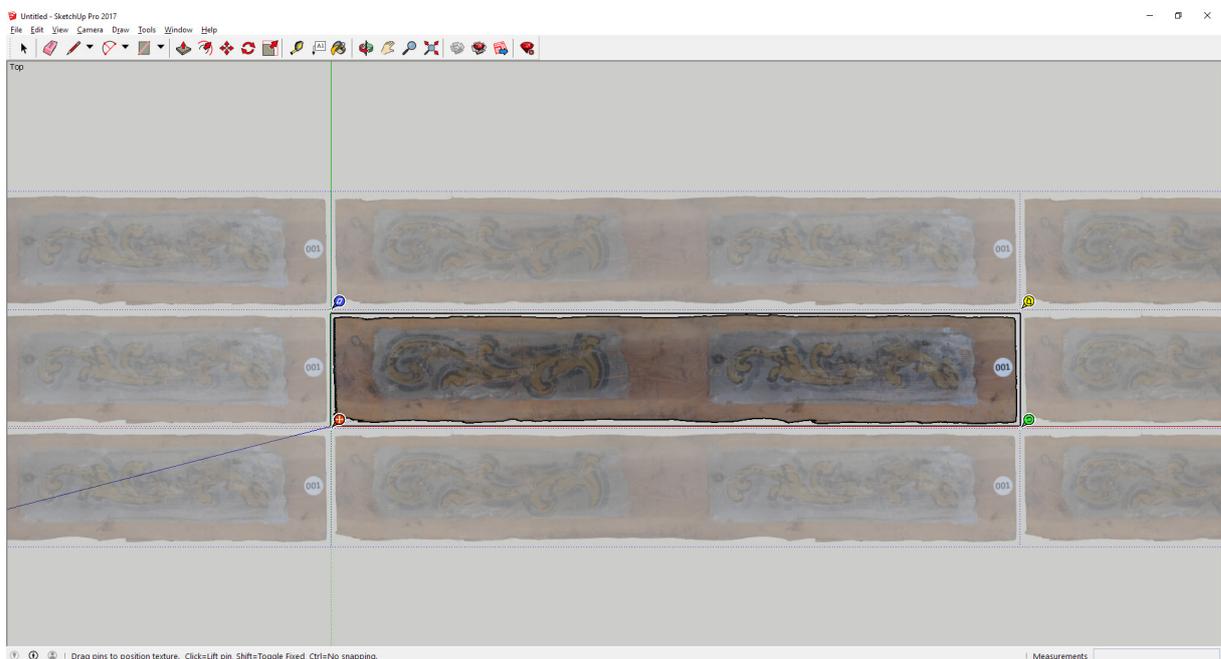


Abbildung 77 Sketchup - Eingefügte und skalierte Textur

3 3-D Laserscanning

Auch wenn in der Architektur noch viel Wert auf Handarbeit gelegt wird und auch noch viele klassische Methoden zur Vermessung verwendet werden, so wird vor allem bei komplizierten Geometrien immer häufiger auf das 3D-Laserscanning zurückgegriffen. Trotz einiger noch bestehender Schwierigkeiten auf Grund der großen Datenmengen bei der Datenverarbeitung, genauer dem Zusammenspiel zwischen Eingabe (Scanner) und Verarbeitung (CAD-Programm), ist ein stetiges Wachsen in diesem Sektor der Architektur zu betrachten. [23]

3.1 Vor- und Nachbereitungen

Vor Ort ergaben sich nach ersten Begutachtungen einige Probleme. So liegen in dem Raum verschiedene Holzbalken aus anderen Räumen, die ein Aufstellen des Scanners erschwerten. Auf den darüber liegenden Deckenbalken befand sich ein aufgenagelter Laufsteg mit Geländer zur Begehung des oberen Raumes. Die Holzbanken die auf dem Boden lagen wurden mit Unterstützung der Firma Hohl-Construction in die Mitte des Raumes gelegt. Der Laufsteg im Obergeschoss wurde entfernt, sodass absolute Sichtfreiheit für die anstehenden Arbeiten herrschte. Nach Beendigung der Scanarbeiten wurde der Laufweg mit seinem Geländer wieder angebracht (Abbildung 78). Für das Entfernen und Wiederanbringen des Laufstegs, war bei zwei Personen jeweils ein Arbeitstag zu zehn Stunden nötig.



Abbildung 78 Aufbringen des zuvor entfernten Laufstegs, Foto: Lina Merck

3.2 Anfertigen der Scans

Zum Anfertigen der Scans mussten Vorüberlegungen über Blickwinkel angestellt werden, um möglichst jede Ecke des Raumes erfassen zu können. Ebenfalls war zu bedenken, dass es genügend Überschneidungen in den Daten geben musste, um diese dann später zu einem Gesamtbild zusammenfügen zu können. Um sicher zu gehen wirklich jeden Balkenzwischenraum ausreichend genau erfassen zu können, wurden dann je ein Scan pro Balkenzwischenlage angesetzt. Auf Grund der in der Mitte des Raumes befindlichen Notabsperrung wurden die Scans von beiden Seiten selbiger ausgeführt. Insgesamt wurden so im Erdgeschoss 18 Scans angefertigt. Im Obergeschoss gestalteten sich die Scanvorgänge schwieriger: Hier war es nötig den Scanner auf den Deckenbalken aufzustellen. Zu diesem Zweck wurden um den Scanner zu positionieren, Holzbohlen ausgelegt, die vor dem Starten des Scans wieder entfernt wurden (Abbildung 79). Da man zwischen dem Drücken der „Scan starten“ Taste und dem Beginn des Scans nur wenige Sekunden Zeit hat, wurde der Scanner im Obergeschoß schließlich per W-LAN gesteuert. Dabei wirkte der Scanner als Hotspot. Über der dann im Scanner eingestellten IP-Adresse konnte man sich zu dem Scanner verbinden und ihn vom Laptop steuern. Im Obergeschoss wurden ebenfalls in jedem Balkenzwischenraum ein Scan angefertigt. Durch die auch in diesem Raum befindlichen Notabstützungen waren hier 21 Scans nötig, um die Raumgeometrie zu erfassen.

Angefertigt wurden alle Scans mit einem FARO Focus 3D X 130, mit einer Genauigkeit von ein Viertel der maximalen Scangenaugigkeit. Dies entsprach bei diesem Scanner einer ungefähren Punktdichte von drei Millimetern auf eine Distanz von zehn Metern. Bei einem Abstand von zwei Metern also einer Punktdichte von 0,6 Millimetern. Jeder Scan besitzt eine Messpunktanzahl von 43,6 Millionen Punkten (Abbildung 80). In Summe sind das 1,4 Milliarden Messpunkte. Eine Genauigkeit, die mit herkömmlichen händischen Methoden nicht annähernd zu erreichen gewesen wäre.



Abbildung 79 Positionierung des Scanners oberhalb der Balken, Foto: Kay-M. Müller

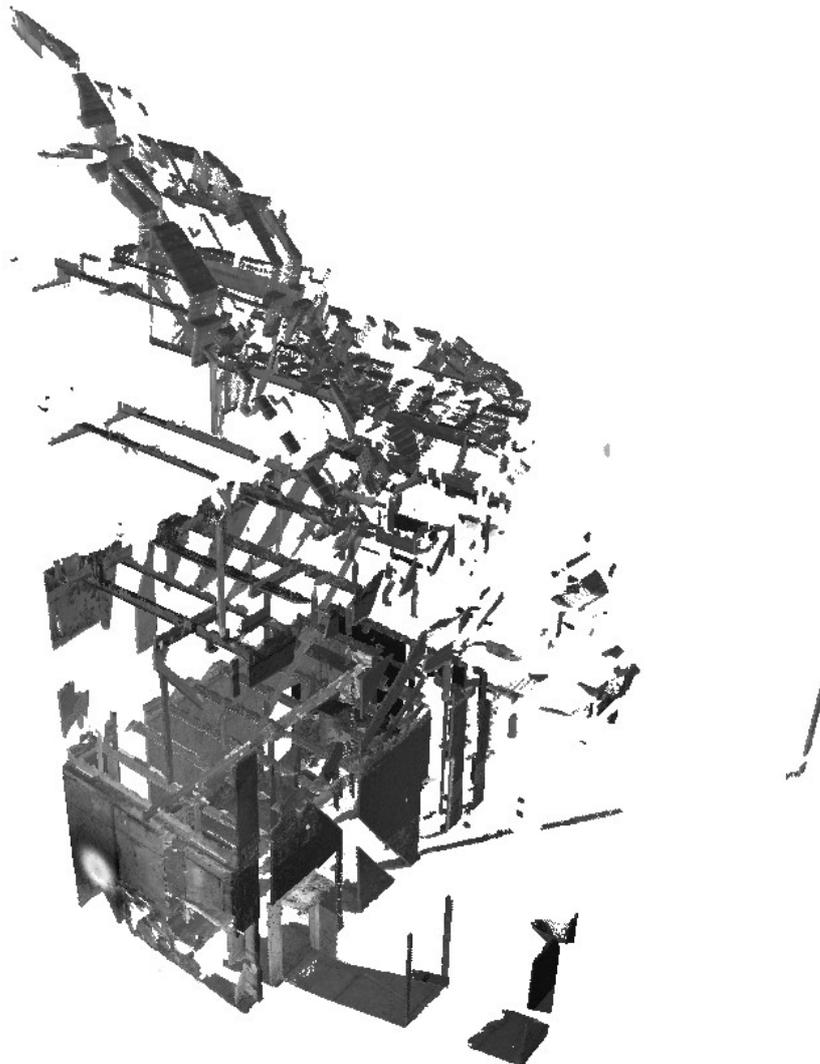


Abbildung 80 Faro Scene - Ergebnis Einzelscan

3.3 Auslesen und exportieren der Daten mit Faro SCENE

Da nahezu jeder Hersteller seine eigenen Entwicklungen hat die Daten abzuspeichern und weiter zu verarbeiten, gibt es leider noch kein verfügbares Programm, mit dem man über mehrere Hersteller hinweg arbeiten könnte. Aus diesem Grund, habe ich die hier vom Hersteller angebotene Softwarelösung Faro SCENE in der Programmversion 6.2.4.30 genutzt. Zur Auswahl stand noch eine Software der PointCab GmbH mit gleichlautendem Namen. Diese ermöglicht jedoch nicht die hier genutzte Punktwolkenvereinigung nach dem Cloud-to-Cloud-Prinzip, bei welcher die Punktwolken über Punktkorrelationen zueinander angeordnet werden. Sie unterstützt nur die Methode über Kontrastfelder oder eine bestimmte Art von Kugeln, welche im Raum platziert werden müssen und die Grundlage bieten, um die verschiedenen Scans zueinander anzuordnen.

Nach dem Start von Faro SCENE sieht man eine sehr übersichtliche Programmoberfläche mit sechs Reitern im oberen Bereich: Projekt, Importieren, Verarbeitung, Stationierung, Durchsuchen und Exportieren. Im Grunde genommen müssen diese nur Nacheinander abgearbeitet werden und man wird sehr intuitiv durch die verschiedenen Schritte geführt. In

Abbildung 81 ist der erste Reiter „Projekt“ zu aktivieren, in dem die verschiedenen Varianten zu sehen sind, welche während der Diplomarbeit angelegt und bearbeitet wurden. In diesem Fenster wird ein neues Projekt angelegt. Vorzugsweise benennt man das Projekt nach dem bearbeiteten Raum. Danach wird der Reiter „Importieren“ bedient.

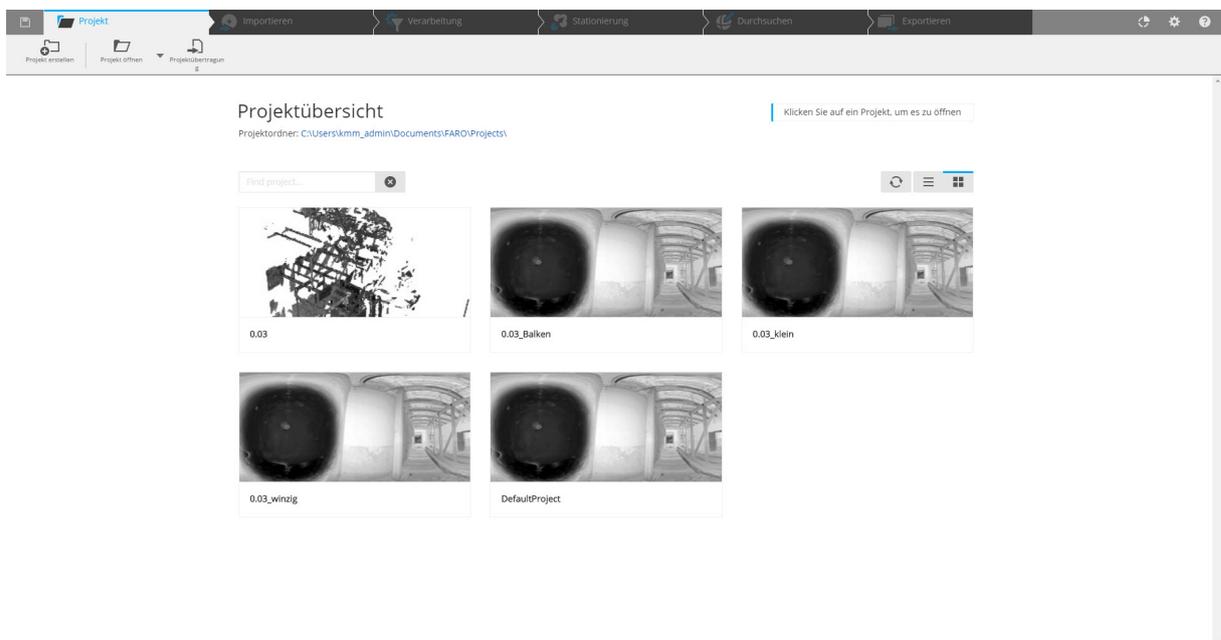


Abbildung 81 SCENE - Ansicht Projektübersicht

In diesem Reiter gilt es nun die vom Scanner abgespeicherten Scans zu importieren. Hier gibt es zwei sehr wichtige Hinweise. Der erste ist, dass man immer einen unabhängigen Ordner anlegen sollte, in welchen man sich die einzelnen Projektdaten von der SD-Karte des Scanners hineinkopiert. Weiterhin sollten die Scans niemals aus diesem Ordner heraus importiert werden, sondern eine weitere Kopie in dem Projektordner von SCENE angelegt werden, da SCENE sonst die Änderungen, die in den Scans gemacht werden, wie zum Beispiel die Punktdichte zu verringern, in den Originaldateien speichern würde und die darin enthaltenen Informationen unwiederbringlich zerstört wären. Anschließend kann einfach per „drag & drop“ die Scanordner, welche immer mit der Buchstabenfolge „fls“ enden, in das Programmfenster gezogen werden.

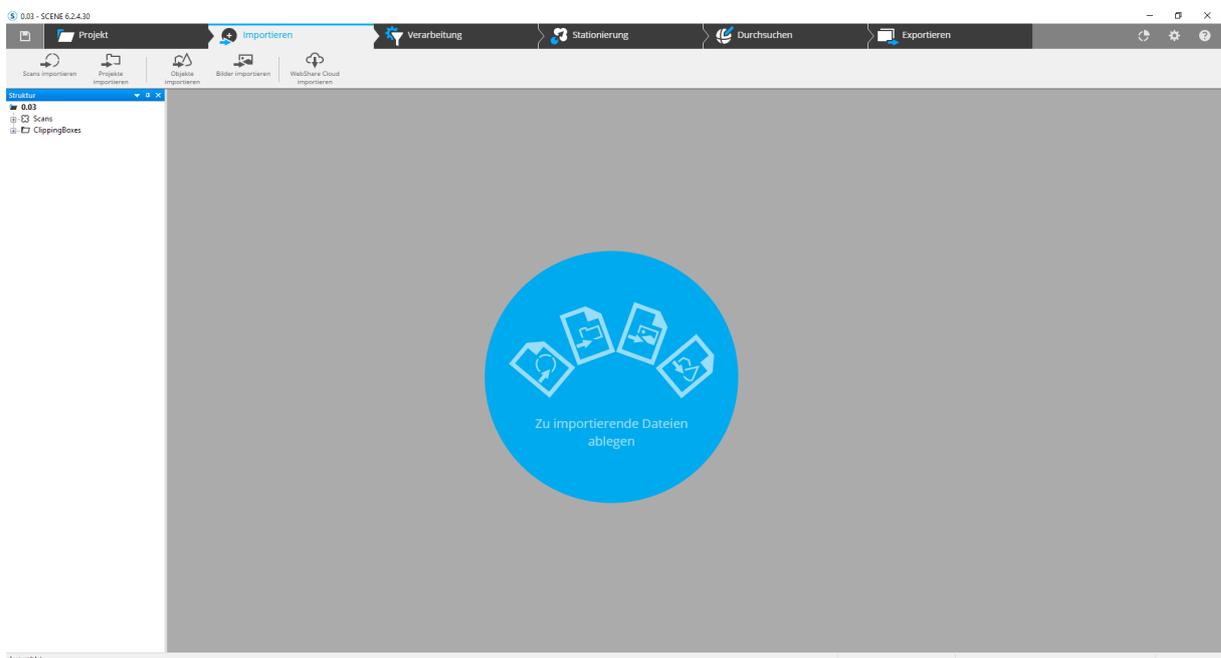


Abbildung 82 SCENE - Ansicht Importieren

Ist der Importvorgang abgeschlossen, wechselt das Programm automatisch zur „Verarbeitung“. Wegen der Vielzahl an Scans und einer beschränkten Rechenleistung habe ich die verschiedenen Scans in „oben“ und „unten“ unterteilt und diese in Zwischenschritten verarbeitet. Hierzu habe ich die jeweilige Untergruppe angewählt und die Konfiguration der Verarbeitung gestartet. Für die Verarbeitung wird die in Abbildung 83 gezeigte Einstellung empfohlen.

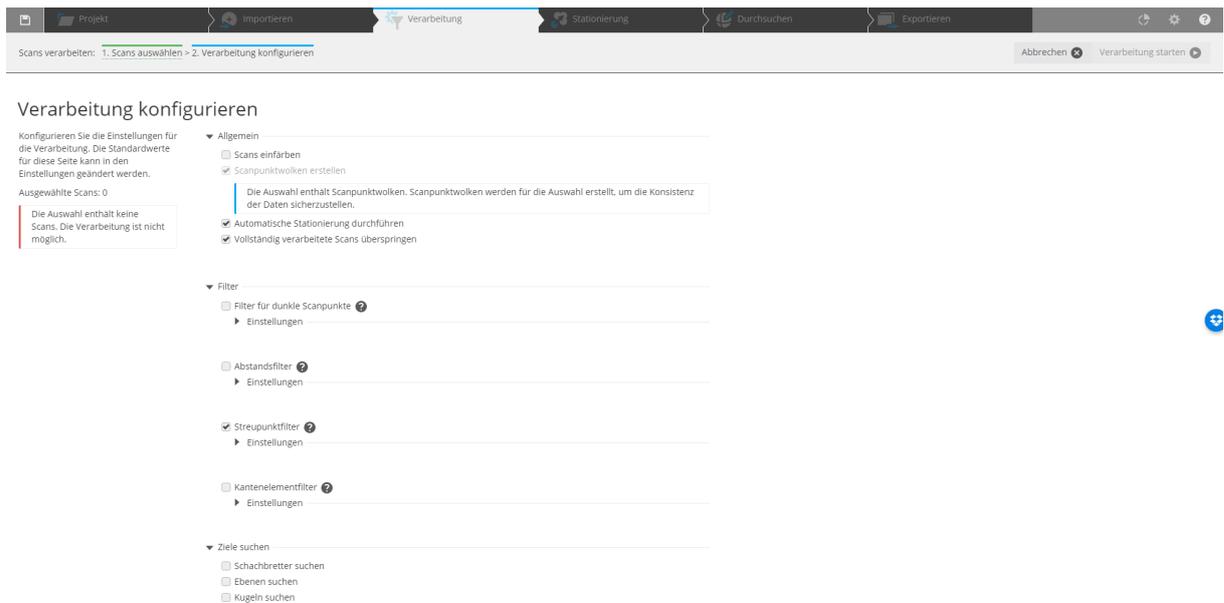


Abbildung 83 SCENE - Konfiguration Verarbeitung

Ist dieser Vorgang abgeschlossen, muss die Verarbeitung noch bestätigt werden und das Programmfenster sollte nun wie in Abbildung 84 aussehen. Neben den Scans sollte der Kommentar „vollständig verarbeitet“ erscheinen.

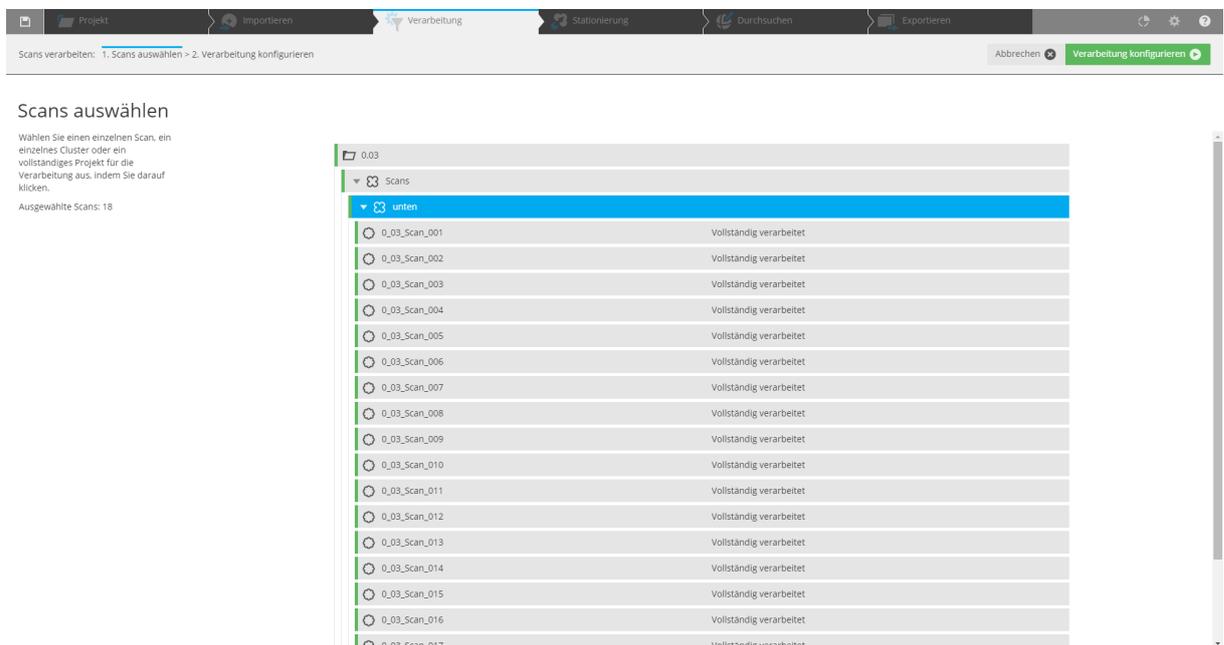


Abbildung 84 SCENE - fertig gestellte Verarbeitung

Im nächsten Schritt müssen die Scans stationiert werden. Das heißt die Scans werden zueinander angeordnet. Dazu wählt man den Reiter „Stationierung“ und startet die Konfiguration mit einem Linksklick auf „Automatische Stationierung“. An dieser Stelle kann man nun das zu bearbeitende Cluster auswählen. Bei diesem Projekt erfolgte dies in 3

Teilschritten. Zunächst die Stationierung der Scans „unten“, danach die Stationierung der Scans „oben“ und letztendlich die Gesamtstationierung der zwei Cluster zueinander. In allen drei Schritten wurden im Konfigurationsfenster die Einstellungen aus Abbildung 85 gewählt.

Automatische Registrierung: 1. Cluster auswählen > 2. Methode auswählen > 3. Registrieren und überprüfen

Methode auswählen

Wählen Sie eine Methode für die Registrierung aus.
 Draufsicht und Cloud-to-Cloud ▾

▼ Sensoren

- Neigungsmesser verwenden ?
- Kompass verwenden ?

▼ Draufsicht

Subsampling
 Durchschnittlicher Punktabstand nach gleichmäßigem Subsampling von Scans. Verwenden Sie höhere Werte für Außen- und kleinere Werte für Innen-Szenarien.

0.010 m
 0.010 m 0.100 m

Verlässlichkeit
 Qualitätsschwellwert, der verwendet wird, um zwischen korrekten und fehlgeschlagenen Registrierungen zu unterscheiden. Setzen Sie den Schieberegler nach rechts, um nur Registrierungen zu erlauben, die mit hoher Wahrscheinlichkeit korrekt sind. Dies nimmt mehr Zeit in Anspruch. Setzen Sie den Schieberegler nach links, um auch Registrierungen zu erlauben, die fehlerhaft sein können.

0.1 0.35 0.5

Ziel-basierte Statistiken berechnen
 Ziel-basierte Statistiken zusätzlich zu Scanpunkt-basierten Statistiken berechnen.

Ziel-basierte Statistiken berechnen

▼ Cloud-to-Cloud

Subsampling
 Durchschnittlicher Punktabstand nach gleichmäßigem Subsampling von Scans. Verwenden Sie höhere Werte für Außen- und kleinere Werte für Innen-Szenarien.

0.010 m
 0.010 m 0.100 m

Ziel-basierte Statistiken berechnen
 Ziel-basierte Statistiken zusätzlich zu Scanpunkt-basierten Statistiken berechnen.

Ziel-basierte Statistiken berechnen

▼ Experten-Einstellungen

Maximale Anzahl an Wiederholungen
 Maximale Anzahl zulässiger Wiederholungen des Algorithmus, um die beste Lösung zu finden.

20 Wiederholungen

Maximale Suchdistanz
 Die maximale Distanz, in der die Wolke-zu-Wolke-Registrierung nach zugehörigen Punkten sucht. Die maximale Suchdistanz muss größer als die anfängliche Fehlstationierung sein.

10.0000 m

Abbildung 85 SCENE - Konfiguration Stationierung

Bei der Konfiguration werden die Scans erst anhand ihrer Draufsicht mit einer Genauigkeit von circa zehn Millimeter zueinander ausgerichtet. Im Zweiten Schritt, der Cloud-to-Cloud Methode wird diese Ausrichtung dann über Punktkorrelationen auf eine Genauigkeit von circa ein Millimeter verbessert (Abbildung 86). Die graue Diagonale im vorliegendem Registrierungsbericht steht hier für die einzelnen Scans, die grünen Punkte in der Matrix stehen für die verschiedenen Korrelationen der Punkte abhängig zu ihrer Distanz vom scanpunkt aus. Bei größeren Punktfehlern werden diese entweder orange oder auch rot. Dies kann vor allem passieren, wenn die Scans zu weit voneinander entfernt waren, oder eine schlechte Sichtbeziehung der Scans zueinander besteht.

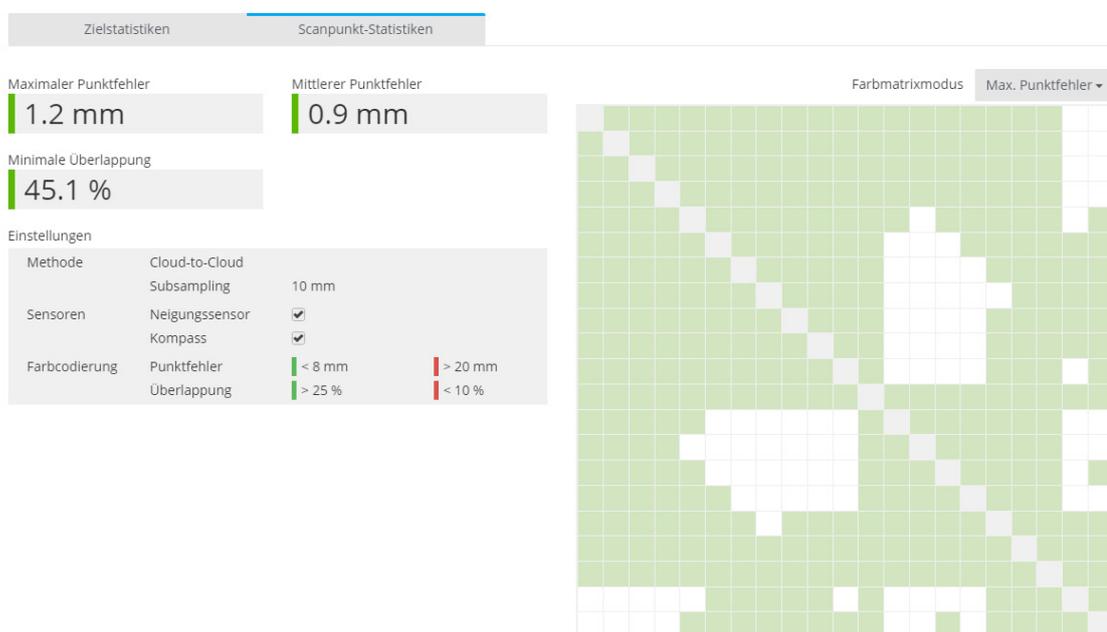


Abbildung 86 SCENE - Registrierungsbericht

Jetzt geht es darum, den wesentlichen Bereich des Scans heraus zu ziehen. Wie in Abbildung 80 zu sehen war, hat der Scanner auch Punkte in der Dachkonstruktion und in benachbarten Räumen erfasst, welche nicht relevant für die weiteren Arbeiten sind. Deshalb wurde im Reiter „Durchsuchen“ zunächst eine Clipping-Box erstellt, über welche die Scans auf den Bereich der zwei Räume beschnitten wurden (Abbildung 87).

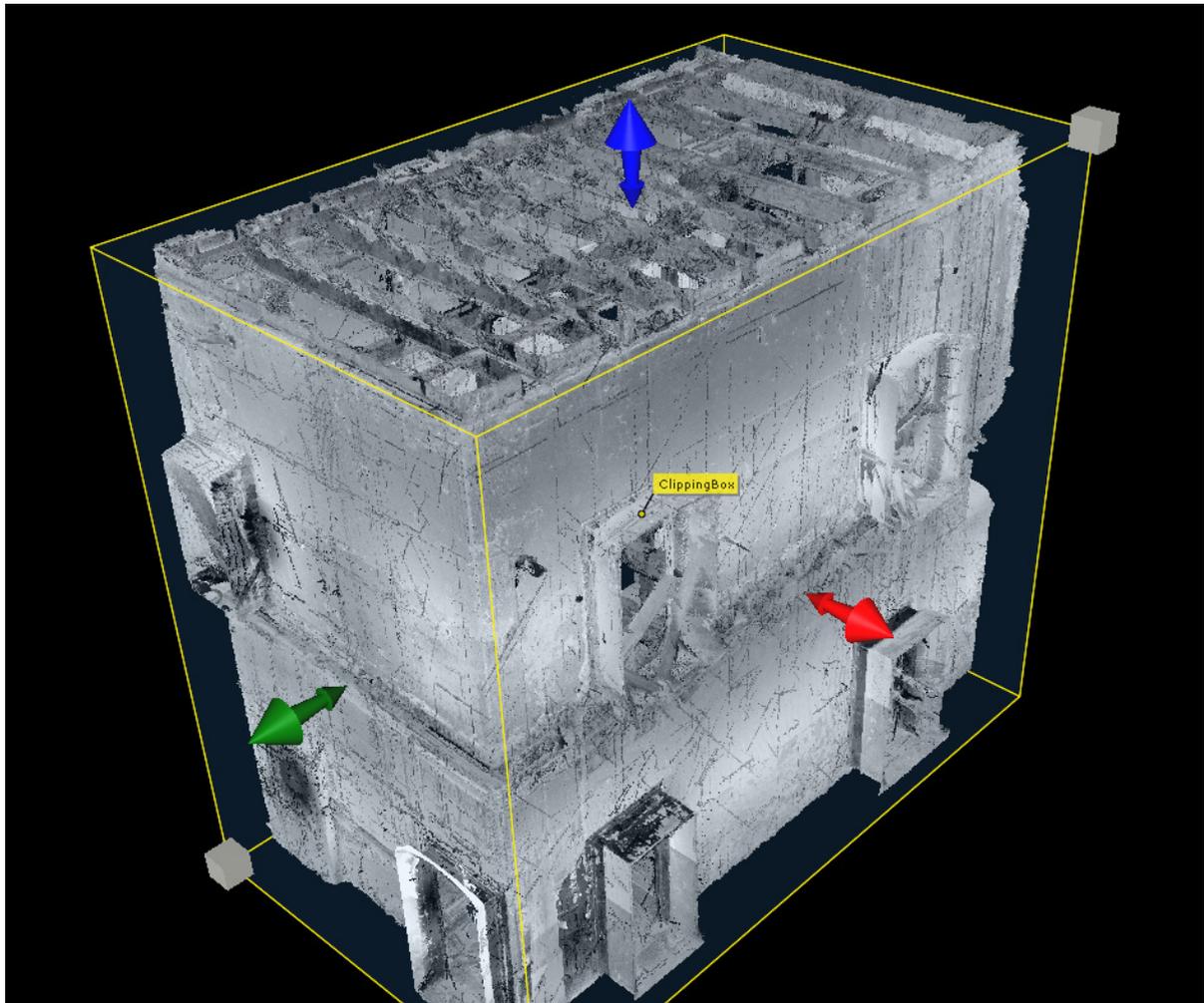


Abbildung 87 SCENE - erstes Begrenzen des Punktwolke

Da sich in späteren Versuchen die Größe der erstellen Punktwolke jedoch als kritisch erwies, wurde die Auswahl auf das absolut nötigste begrenzt, die Deckenbalkenlage des Raumes 0.03. Hier kann mit den Clippingboxen sehr gute Vorarbeit geleistet werden, indem man entweder Punkte innerhalb oder außerhalb dieser Boxen löscht (Abbildung 88).

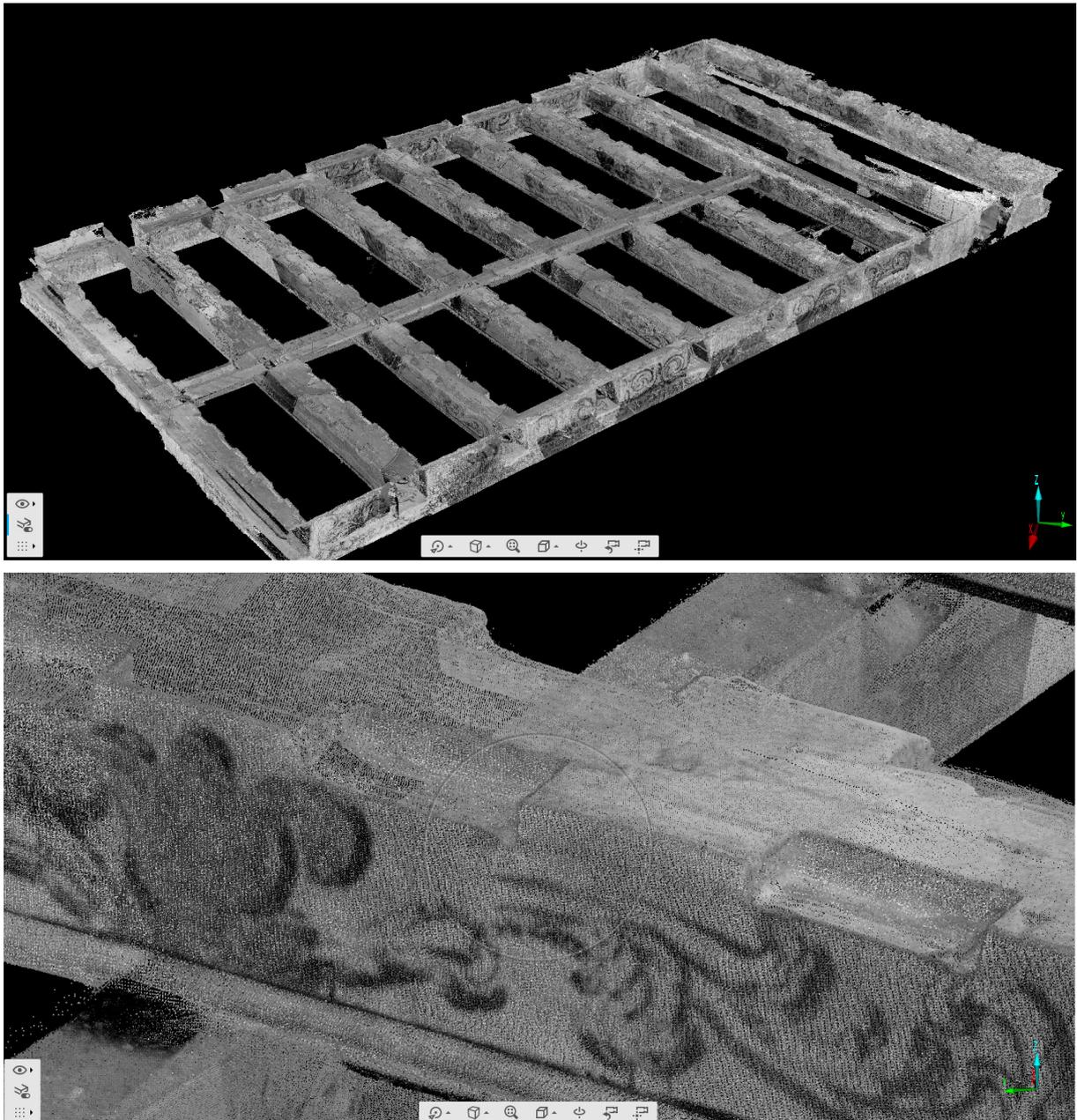


Abbildung 88 SCENE - Ausschnitt der Deckenbalkenlage

Gut zu sehen ist hier die hohe Auflösung der Scans. Ebenfalls, zurückzuführen auf die unterschiedlichen Reflektionswerte der polychromen Bemalung, kann trotz der teilweise in absoluter Dunkelheit durchgeführten Scans die Konturen der Bemalung erkannt werden. Über das Bedienelement Scanpunktwolke erstellen, wird nun das Einstellungsfenster aufgerufen (Abbildung 89). Hier kann man bei Bedarf die Scanpunktwolke noch homogenisieren, sprich einen gleichmäßigen Abstand der Punkte zueinander erzwingen, um kleine Dateigrößen zu erzielen. Davon wurde auf Grund des Genauigkeitsverlusts jedoch abgesehen.

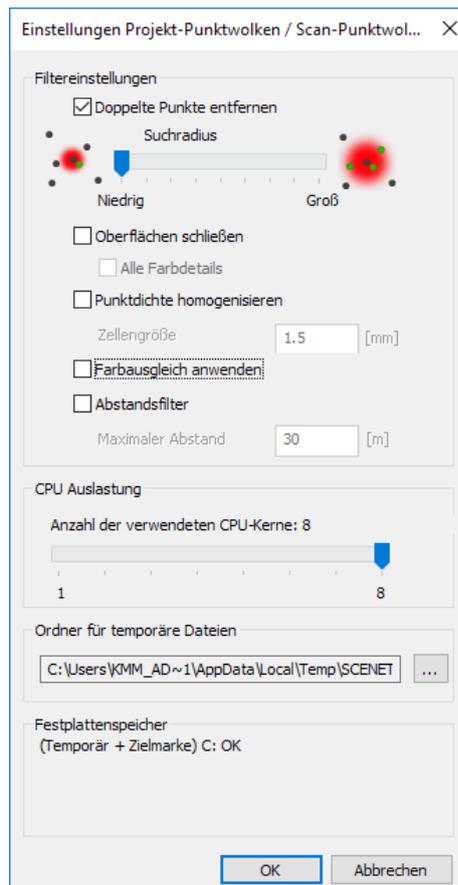


Abbildung 89 SCENE - Konfiguration Punktwolke

In einem letzten Schritt muss die erstellte Punktwolke nun über den Reiter „Exportieren“ abgespeichert werden, um in einem CAD-Programm Verwendung zu finden. Dazu stehen verschiedenste Formate zur Auswahl. In Verbindung mit ArchiCAD ist hier das e57-Format als beste Wahl zu nennen, da es sehr schnell von ArchiCAD verarbeitet werden kann und annehmbare Dateigrößen generiert – in diesem Beispiel zwei Gigabyte für die Deckenbalkenlage.

4 Verarbeitung der Datensätze

4.1 Auswahl des Datensatzes

Es wurde damit begonnen auf den Bildern, welche vor dem Ausbau der Deckenbretter entstanden, nach bestimmten Mustern oder Wiederholungen zu suchen. Leider musste hier festgestellt werden, dass es keine feste Abfolge im Muster zu geben scheint. Die Deckenbretter sind auch nach vielfältiger Prüfung als wahllos angeordnet zu bezeichnen. Jedoch konnte auf einem der Bilder eine Störung an dem Randbalken gegenüber der Fensterwand festgestellt werden. Diese Störung sollte nun als Ausgangspunkt für weitere Versuche dienen. Es ist zu sehen, dass sowohl an dem Randbalken als auch am Ende der Deckenbretter die Bemalung zu fehlen scheint. Dies ist eine Besonderheit, die so nur an diesen Brettern zu finden ist, so waren diese Bretter auch schnell gefunden (Abbildung 90).



Abbildung 90 Unterischt der Holzbalkendecke vor Ausbau der Deckenbretter,
Foto: B. Kulczynska-Nowak, 2007

4.2 Ordnen des Datensatzes

Im weiteren Verlauf fügte ich die ID_100_Ai.tif Bilder dann in Photoshop ein. Leider war aus dem Winkel der Aufnahme nicht zu sehen, welches Muster die Kriecherbretter haben, jedoch konnte im 2. Und 3. Feld das Muster der dazugehörigen Decker identifiziert werden (Abbildung 91).



Abbildung 91 Gegenüberstellung der verglichenen Punkte der Decker in Photoshop und dem Foto

Hierdurch war es möglich zunächst die Reihenfolge der Decker zu bestimmen und diese in Photoshop anzuordnen (Abbildung 92). Die Reihenfolge der Bretter, von links nach rechts war somit als 030, 032, 025, 034, 015, 031 und 004 festgelegt.

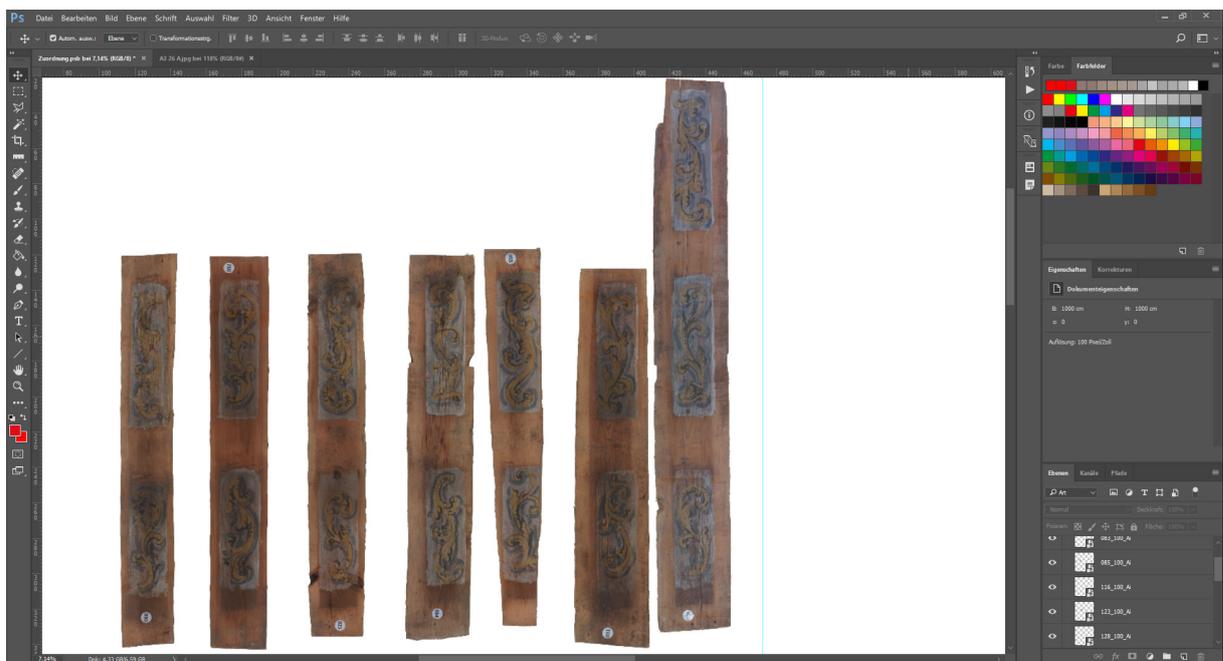


Abbildung 92 Photoshop - Anordnung der Decker in Photoshop

Weitaus herausfordernder war es die in der näheren Auswahl befindlichen Kriecherbretter zuzuordnen, da von Ihnen auf dem Foto nur ein sehr kurzer und stark verzerrter Abschnitt zu sehen ist. Dennoch waren diese Bildinformationen ausreichend auch die Kriecherbretter in der Reihenfolge 067, 128, 116, 083, 130, 085 und 123 in diesem Bereich zweifelsfrei zuzuordnen (Abbildung 93).

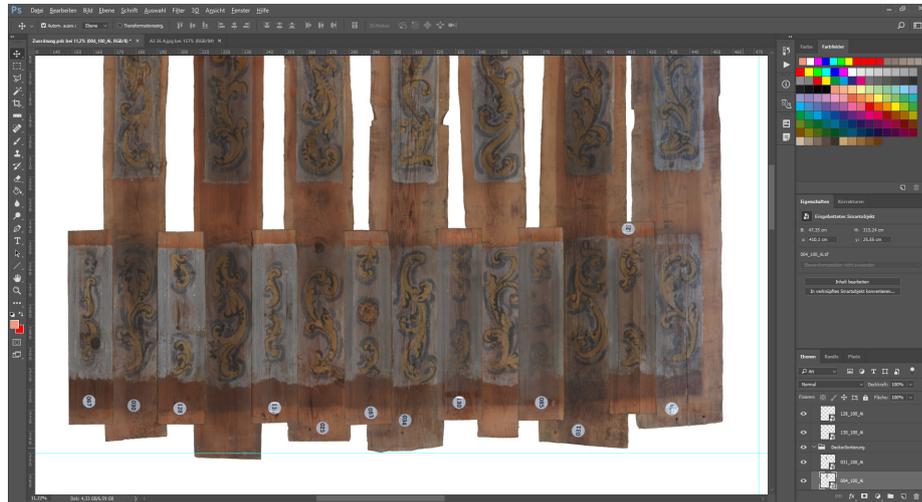


Abbildung 93 Photoshop - Hinzufügen der Kriecher in die Anordnung

4.3 Anordnen im 3D Modell

Wie schon erwähnt, wurde hier die Nutzung im Programm ArchiCAD der Firma Graphisoft bevorzugt. Es ist aber nach eigenem Kenntnisstand bei allen anderen großen Herstellern ähnlicher Software ebenfalls möglich Punktwolken zu importieren.

Begonnen wurde damit eine neue Datei zu erstellen und diese für die weiteren Arbeiten vorzubereiten. Dazu wurden alle Ebenenkombinationen sowie Ebenen vorerst gelöscht und neue Ebenen für die verschiedenen Objekte, also die Kriecher, die Decker sowie die Punktwolke erstellt. Weiterhin wurden noch weitere Ebenen für die temporäre Anordnung einzelner Cluster erstellt. Alle weiteren Elemente wie zum Beispiel Hilfslinien und Ähnliches wurden auf der ArchiCAD-Ebene erstellt (Abbildung 94). Nun wurde mit Hilfe der Funktion „Ablage“ → „Interoperabilität“ → „Punktwolke importieren...“ die abgespeicherte Punktwolke der Balkenlage importiert. Ebenfalls wurden die in Sketchup erstellten 3D-Modelle der im letzten Abschnitt genannten Deckenbretter über „Ablage“ → „Interoperabilität“ → „Dazuladen...“ dem 3D-Modell hinzugefügt. Zunächst wurden die eingefügten Deckenbretter dann grob in einer axonometrischen Untersicht. Die genaue Ausrichtung und Drehung erfolgte dann über die perspektivische Ansicht in ArchiCAD. Im Ergebnis erhält man so ein vollständiges 3D-Modell der Decke, oder bei genügend zur Verfügung stehender Rechenkapazität, sogar des ganzen Raumes (Abbildung 95).

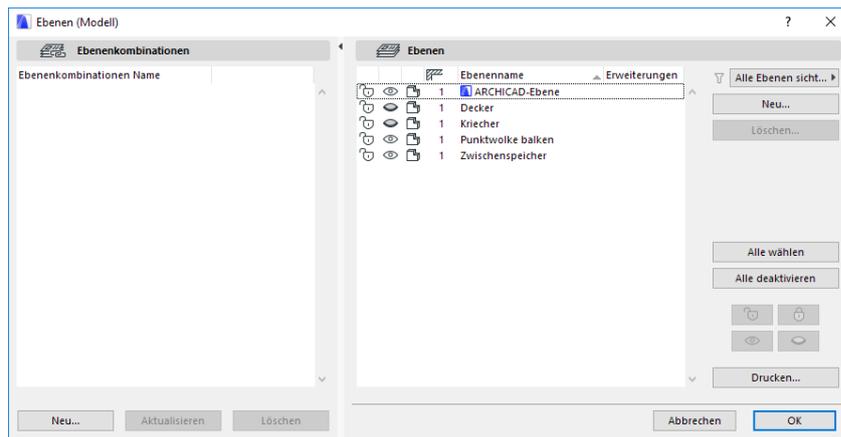


Abbildung 94 ArchiCAD - Übersicht über die erstellten Ebenen



Abbildung 95 ArchiCAD - Anordnung der Deckenbretter

IV Fazit

Wie in dieser Arbeit gezeigt werden konnte, ist eine Zuordnung der Polychromen Deckenbretter im Schloss Steinort möglich und auf Grund ihrer kunsthistorischen Bedeutung im Gesamtensemble auch sehr wünschenswert. Auch wenn in dieser Arbeit nur einer der möglichen Wege aufgezeigt wurde, so ist zu bedenken, dass es wie beschrieben ein mannigfaltiges Repertoire an Möglichkeiten gibt. Im Rahmen meiner Diplomarbeit konnte auch nach ausgiebiger Recherche kein Objekt gefunden werden an dem eine vergleichbare Vorarbeit nötig gewesen wäre. Die nötigen restauratorischen und denkmalpflegerischen Arbeiten waren bereits vor der Herausnahme der Deckenbretter geplant worden. Die Vielzahl der Zuordnungsmerkmale: Zum einen bei der Zuordnung über historische Bilder und Bilder, die vor der Herausnahme der Deckenbretter entstanden sind. Zum anderen über sich besonders aus dem Gesamtbild abhebende Teilstücke eines Motives und auch über die durch Bauschäden verursachten Beschädigungen wie Pilzbefall, Fäulnis oder Wasserflecken und vieles mehr sprechen dafür, dass sich dieses System auch auf alle anderen Holzbalkendecken des Schlosses und Holzbalkendecken ähnlicher Projekte anwenden lässt. Ebenso vielfältig sind mit Sicherheit auch die verschiedenen Techniken die benutzt werden können, um diese Zuordnungsmerkmale zu erfassen, zu verarbeiten und zu publizieren.

Weiterhin stellte sich in dem von mir bearbeiteten Raum 0.03 die Frage, ob eine hundertprozentig genaue Zuordnung überhaupt nötig ist, um das Gesamtbild wiederherzustellen. Da die Motive der Bemalungen sich nicht über mehrere Deckenbretter hinweg erstrecken und es keinerlei Systematik oder Rhythmik in der Anordnung der Motive zu finden war. Dies ist auch in den anderen Räumen zu bedenken und zu überprüfen.

Bei der Betrachtung aller in der Arbeit vorgebrachten Argumente, vorrangig dabei die Rücksichtnahme auf die in Mitleidenschaft gezogenen Deckenbretter, steht fest, dass der Vorgang des Zuordnens – unserem hochtechnologisierten Zeitalter entsprechend – ausschließlich über digitale Verarbeitung durchzuführen ist. Eine händische Zuordnung ist mit Hinblick auf die benötigten Fachkräfte zur Bedienung, der hier genannten Programme und der ländlichen Gegend in der sich das Schloss befindet, vermutlich die kostengünstigere Variante. Jedoch steht dieser finanzielle Vorteil in keinem Verhältnis zu der Gefahr einer nachhaltigen Schädigung der polychromen Bemalung durch ein vielzähliges Umschichten und Bewegen der Deckenbretter.

Das erarbeitete und verwendete Verfahren in dieser Arbeit hat, trotz seines bereits erzielten Erfolges, Potential noch weiter rationalisiert und optimiert zu werden. Nicht erarbeitet werden konnte beispielsweise eine Technologie die es ermöglicht die einzelnen Bretter – am besten im selben Arbeitsgang, wie der Fotografie – als verformungsgerechtes 3D-Modell zu erfassen. Zwar gibt es die Technologie der Nahbereichs-/ Handscanner und auch die der Fotogrammetrie, diese aber auf die örtlichen Gegebenheiten und Umstände anzupassen und in den Arbeitsablauf der Zuordnung einzuarbeiten, bedarf einer eingehenderen Betrachtung als es im Rahmen dieser Arbeit möglich gewesen wäre. Erste Überlegungen dahingehend hatten den Ansatz eine spezielle und vor allem portable Vorrichtung für die Fotogrammetrie oder den Gebrauch der Nahbereichsscanner zu entwickeln. Weiterhin müssten die Maß- und Maßstabsgenauigkeiten dieser Technologien auf ihre Gebrauchstauglichkeit hin untersucht werden.

Unklar ist auch, in wie weit die verwendeten Vorgänge durch Stapelverarbeitung innerhalb der Programme automatisiert werden können. Bei der Arbeit mit PTGui gab es erste Versuche das so genannte Stitchen der Bilder durch die integrierte Stapelverarbeitung zu vereinfachen. Jedoch gab es teilweise Probleme, sich nicht ausreichend überschneidendes Bildmaterial zusammenzufügen. Die Arbeitsweise von PTGui beruht auf dem Finden gemeinsamer Punkte in zwei oder mehr Bildern. Die vier zeitgleich verwendeten Gliedermaßstäbe führten deshalb, auf Grund ihrer sehr gleichen Gestalt in den Einzelbildern, in fünf Fällen zu Problemen beim Zusammenführen der Bilder. Falsch gefundene Punkte mussten händisch aussortiert werden und somit waren diese Bilderserien nicht zur Automatisierung geeignet. Weniger Probleme gab es dafür bei der Verarbeitung der Bilder in Photoshop und Indesign. Das automatisierte „Herunterspeichern“ der Bilder von 300 DPI auf 100 DPI ließ sich in Photoshop ohne Probleme durch die integrierte Makro-Aufnahmefunktion bewerkstelligen. Das Exportieren der Pfade von Indesign ins DWG Format war über speicherbare Tasten-Makros bei der Herstellersoftware meiner Computermaus zu realisieren. Es gibt in diesem Gebiet also noch weitreichende Möglichkeiten den Vorgang zu automatisieren und damit Zeit, sowie Geld zu sparen.

Die Wahl der verwendeten Hard- und Software ist ebenfalls exemplarisch. Die Auswahl des Laserscanners erfolgte auf vorherigen Erfahrungen mit der Firma Laserscanning Europe und die prompte Zusage ein positives Ergebnis dieser Diplomarbeit zu unterstützen. Es gab zu einem späteren Zeitpunkt jedoch weitere interessierte Firmen, die mir ihre Geräte anderer Hersteller kostenfrei zur Miete angeboten haben. Bei der Auswahl der Software waren vor allem persönliche Erfahrungswerte entscheidend, da es in der Bearbeitungszeit nicht möglich gewesen wäre, zu der ohnehin schon neu zu erlernenden Software Faro SCENE noch weitere Produkte in dem Umfang zu erlernen. Nichts desto trotz sollten auch hier weitere, vor allem kostengünstige Open Source Alternativen geprüft werden.

Wie bei der Entscheidung gegen die händische Zuordnung, gilt für die konstruktive Aufarbeitung der Deckenbalken, dass finanzielle Interessen nicht über die denkmalgerechte Erhaltung zu stellen sind. Der eventuelle Zeitvorteil, der sich aus dem Einbringen einer Stahlbetondecke ergibt, ist nicht aufzuwiegen mit dem Verlust des historischen Raumeindrucks und den möglichen Gefahren für die Standsicherheit des ganzen Gebäudes. Deswegen sollte die statische Ertüchtigung durch das beschriebene Aufbringen einer Ausgleichsbohle oder ein Derivat dieser Idee bevorzugt werden.

Zum genauen Zeitpunkt des Einbaus der Deckenbretter bleiben jedoch immer noch Fragen offen, die sich aber durch den weiteren Verlauf des umfangreichen Bauprojekts selbst beantworten werden. Geht man davon aus, dass sich die statische Sanierung der Holzbalken, aus welchen derzeit nicht absehbaren Gründen, nicht in naher Zukunft realisieren lässt, so könnte man währenddessen weiter an der Zuordnung und Restauration der Deckenbretter arbeiten und diese bis zum Beginn der statischen Sanierung schon bereits abschließen. In diesem Szenario spräche nichts dagegen, diese nach dem Aufbringen der Ausgleichsbohlen, einzubauen. Sollte es sich jedoch ergeben, dass die statische Sanierung bereits beginnen kann bevor die Zuordnung und Restauration abgeschlossen ist, so muss noch beantwortet werden, wie der nachträgliche Einbau im Detail zu realisieren ist. Noch nicht ausgearbeitet ist, zum jetzigen Zeitpunkt der Arbeit von Lina Merck, beispielsweise wie die verkürzten Deckenbretter gegen horizontales verrutschen gesichert werden könnten, damit diese bei äußerlichen Einwirkungen nicht aus ihren Auflagern herausrutschen können. Gedankenspiele reichten bisher von einem komprimierbaren Material, das sich an den Seiten der Bretter befindet und sich nach deren Einbau ausdehnt und das Brett somit sichert – bis hin zu nicht sichtbar angebrachten kleinen Haken oder Halterungen. Es ist im Vorfeld also noch einmal nötig die jeweiligen Varianten vertieft zu betrachten.

Zum Schluss möchte ich noch anmerken, dass es einige Versuche gibt, die aus Gründen der Untauglichkeit nicht genutzt werden konnten. Es wurden beispielsweise auch hochauflösende Aufnahmen der Deckenbalken angefertigt – und zwar von deren Untersichten und Seitenflächen. Diese wurden genau wie die der Deckenbretter mit Hilfe von PTGui gestitcht, sowie perspektivisch entzerrt und sollten in einem weiteren Schritt in Photoshop zu einer dreiseitigen Balkenabwicklung zusammengesetzt werden. Zusammen mit den vor Ort gemessenen Balkenabständen und den hochauflösenden Fotografien der Deckenbretter sollte so versucht werden, eine Zuordnung möglich zu machen. Jedoch war die Verzerrung des Bildmaterials zu hoch um diese dafür nutzen zu können.

Ebenfalls musste die Nutzung der Software „PointCab“ verworfen werden. Dies ist ein von der Firma Laserscanning Europe entwickeltes Programm zur Verarbeitung von Laserscans.

Jedoch unterstützt diese Software nicht das Zusammenfügen einzelner Scans über das Cloud-to-Cloud-Verfahren, welches hier aber auf Grund der weniger Aufwendigen Vorbereitungsdauer am Objekt angewendet wurde.

Die vorliegende Forschungsarbeit beantwortet nicht alle Fragen, welche sich bei der Wiederzuordnung der Deckenbretter oder der statischen Sanierung der Holzbalkendecken stellen lassen. Jedoch wurde mit dieser Arbeit einen Grundstein gelegt, der es ermöglicht weitere Untersuchungen auf Grundlage dieser hier erarbeiteten Methoden voranzutreiben. Die weitere Entwicklung dieser Methoden und ein Erfolg des Gesamtprojekts „Sanierung des Schlosses Steinort“ sehe ich als wünschens- und erstrebenswert an.

Quellenverzeichnis

- [1] Stiftung Frauenkirche Dresden, „Frauenkirche Dresden,“ [Online]. Available: <http://www.frauenkirche-dresden.de/wiederaufbau/>. [Zugriff am 6 April 2017].
- [2] A. Weichelt, Diplomarbeit: Maßnahmen zur Sanierung des Mausoleums von Friedrich August Stüler in Groß Steinort, TU-Dresden, Fakultät Architektur: Lehrstuhl für Tragwerksplanung, 2016.
- [3] Jäger, Prof. Dr.-Ing. Wolfram;, „Aufgabenstellung zur Diplomarbeit,“ TU-Dresden, Fakultät Architektur, 2017.
- [4] Deutsch-Polnische-Stiftung, „Deutsch-Polnische-Stiftung,“ [Online]. Available: <http://deutsch-polnische-stiftung.de/projekte/steinort-sztynort/>. [Zugriff am 19 April 2017].
- [5] C. v. Lorck, Groß Steinort / der Bauvorgang eines Barockschlosses im deutschen Osten ; mit den Handwerkerurkunden, 15 Strichzeichnungen und 10 Bildern, Pillkallen : Boettcher, 1937.
- [6] U. Bertschinger, „Solothurn, Hauptgasse 51, Restaurierung,“ *Archäologie und Denkmalpflege im Kanton Solothurn*, pp. 139-143, 2009.
- [7] „Deutsch-Polnische Stiftung,“ [Online]. Available: <http://deutsch-polnische-stiftung.de/projekte/fuerstensee-przywodzie/>. [Zugriff am 16 Juni 2017].
- [8] „Stenzel & Taubert,“ [Online]. Available: http://www.stenzel-taubert.de/index2.htm?LR_Seifhennersdorf.htm. [Zugriff am 16 Mai 2017].
- [9] „Monumente Online,“ [Online]. Available: <https://www.monumente-online.de/de/ausgaben/2009/2/blumen-fuer-den-leinwand-haendler.php>. [Zugriff am 16 Mai 2017].
- [10] F. Meyer, Diplomarbeit: Erhöhung der Tragfähigkeit von historisch wertvollen Holzbalkendecken, TU-Dresden, Fakultät für Bauingenieurwesen: Jäger Ingenieure GmbH | Büro für Tragwerksplanung | Wichernstraße 12 | D-01445 Radebeul, 2017.

-
- [11] D. 1055-1:2000-03, „5.1 Wichten und Flächenlasten von Baustoffen und Bauteilen, Tabelle 1: Wichte von Beton; Zeile 19,“ 2000, p. 8.
- [12] P. D.-I. W. Jäger, D.-I. B. Boekhoff, D.-I. T. Burkert und M. H. Salehi, „Schloss Steinort – Modellvorhaben zur Beseitigung von anthropogen verursachten Gründungsschäden und Adaption an die veränderten Umweltbedingungen,“ Deutsche Bundesstiftung Umwelt; TU-Dresden, Fakultät Architektur, Lehrstuhl für Tragwerksplanung, Dresden, 2015.
- [13] *persönliche Kommunikation*, Telefongespräch: Anwaltskanzlei Braun Paschke Narloch, ul. Puławska 12 A lokal 2, 02-566 Warschau, 20. Juli 2017.
- [14] L. Merck, Technologische Lösung des Einbaus der polychrom bemalten Deckenbretter im Schloss Steinort, TU-Dresden: Lehrstuhl für Tragwerksplanung, 2017.
- [15] D. 1052-1, „Absatz 4.2.4,“ 1988.
- [16] „Professur für Forstnutzung,“ [Online]. Available: <https://tu-dresden.de/bu/umwelt/forst/institut-fuer-forstnutzung-und-forsttechnik/fn/service/rem-edx>. [Zugriff am 29 Mai 2017].
- [17] A. Haberland, Sanierung bemalter Holzbalkendecken am Beispiel von Schloss Steinort, TU-Dresden, Fakultät Architektur: Lehrstuhl für Tragwerksplanung, 2016.
- [18] „Fraunhofer IPK - Virtuelle Rekonstruktion,“ Fraunhofer IPK, [Online]. Available: <https://www.ipk.fraunhofer.de/geschaeftsfelder/automatisierungstechnik/fachabteilungen/sicherheitstechnik/zentrale-fue-aktivitaeten-der-abteilung-sicherheitstechnik/virtuelle-rekonstruktion/automatisierte-virtuelle-rekonstruktion-der-zerrissenen-stasi-akt>. [Zugriff am 25 Juni 2017].
- [19] Dr. Krekeler Generalplaner GmbH, „Schadenskartierung,“ Domlinden 28, 14776 Brandenburg, 2010.
- [20] „Hasselblad,“ [Online]. Available: http://static.hasselblad.com/2014/11/de_h4d-40_datasheet_v12.pdf. [Zugriff am 29 Mai 2017].
- [21] „Hasselblad,“ [Online]. Available: http://static.hasselblad.com/2014/11/hc150n-v3_en.pdf. [Zugriff am 21 Juli 2017].

- [22] „PTGui Stithing Software,“ [Online]. Available: <https://www.ptgui.com/>. [Zugriff am 29 Mai 2017].
- [23] Laserscanning Europe GmbH, „Laserscanning in Architektur, Bau und Denkmalpflege,“ [Online]. Available: <http://www.laserscanning-europe.com/de/home/architektur-bau-und-denkmalpflege/bau-und-architektur>. [Zugriff am 25 April 2017].
- [24] „GenWiki,“ [Online]. Available: <http://wiki-de.genealogy.net/Monat>. [Zugriff am 15 Juni 2017].
- [25] J. Grimm und W. Grimm, Deutsches Wörterbuch, Leipzig: Verlag von S. Hirzel, 1854.