

Leitfaden

Archäologische Aufarbeitung zerstörter Baudenkmale



Leitfaden

Archäologische Aufarbeitung zerstörter Baudenkmale

Auf Grundlage des Forschungsberichts: „SWD-10.08.18.7-17.50“

*Dieser Leitfaden wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ des
„Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung“ gefördert.*

(Az.: SWD-10.08.18.7-17.50)

Die Verantwortung für den Inhalt des Leitfadens liegt bei den Autoren.

Bearbeiter: **Prof. Dr.-Ing. Wolfram Jäger**
Dipl.-Ing. Kay-Michael Müller

Datum: 13.12.2019



Prof. Dr.-Ing. W. Jäger
Qualifizierter Tragwerksplaner
IK Sachsen Nr. 60499



Dipl.-Ing. Kay-M. Müller

Inhaltsverzeichnis

1 Vorwort und Glossar	7
2 Prospektion	9
2.1 Einrichten einer Datenbank	9
2.1.1 Anforderungen	9
2.1.2 Benötigtes Personal.....	9
2.1.3 Musterlösungen	9
2.2 Quellenrecherche	10
2.2.1 Anforderungen	10
2.2.2 Benötigtes Personal.....	10
2.2.3 Musterlösungen	10
2.3 Ortsbegehrung und Bestandsaufnahme.....	10
2.3.1 Anforderungen	10
2.3.2 Benötigtes Personal.....	10
2.3.3 Musterlösungen	10
2.4 Erstellen eines 3D-Modells.....	11
2.4.1 Anforderungen	11
2.4.2 Benötigtes Personal.....	11
2.4.3 Musterlösungen	11
2.5 Geodätische Einmessung.....	12
2.5.1 Anforderungen	12
2.5.2 Benötigtes Personal.....	12
2.5.3 Musterlösungen	12
2.6 Anlage eines Gitternetzes.....	12
2.6.1 Anforderungen	12
2.6.2 Benötigtes Personal.....	12
2.6.3 Musterlösungen	12
3 Dokumentation und Bergung	13
3.1 Kennzeichnen der Fundstücke	13
3.1.1 Anforderungen	13
3.1.2 Benötigtes Personal.....	13
3.1.3 Musterlösungen	13
3.2 Erfassen der Fundstücke der oberen Fundschicht.....	13
3.2.1 Anforderungen	13
3.2.2 Benötigtes Personal.....	13
3.2.3 Musterlösungen	13
3.3 Bergung der Fundstücke und Freilegen der nächsten Fundschicht...	14

3.3.1	Anforderungen	14
3.3.2	Benötigtes Personal.....	14
3.3.3	Musterlösungen	14
3.4	Fortführende Fundbeschreibung in Zwischenlager	14
3.4.1	Anforderungen	14
3.4.2	Benötigtes Personal.....	14
3.4.3	Musterlösungen	14
3.5	Erfassen der Fundstückoberfläche	15
3.5.1	Anforderungen	15
3.5.2	Benötigtes Personal.....	15
3.5.3	Musterlösungen	15
4	Einlagerung und Archivierung	16
4.1	Lagerung der Fundstücke.....	16
4.1.1	Anforderungen	16
4.1.2	Benötigtes Personal.....	16
4.1.3	Musterlösungen	16
4.2	Lagerung der Bruchstücke	16
4.2.1	Anforderungen	16
4.2.2	Benötigtes Personal.....	16
4.2.3	Musterlösung	16
4.3	Fundkartierung.....	17
4.3.1	Anforderungen	17
4.3.2	Benötigtes Personal.....	17
4.3.3	Musterlösungen	17
5	Analyse und Auswertung.....	18
5.1	Erstellung der Fundstückzeichnung	18
5.1.1	Anforderungen	18
5.1.2	Benötigtes Personal.....	18
5.1.3	Musterlösungen	18
5.2	Wiederaufbauplanung.....	19
5.2.1	Anforderungen	19
5.2.2	Benötigtes Personal.....	19
5.2.3	Musterlösungen	19

1 Vorwort und Glossar

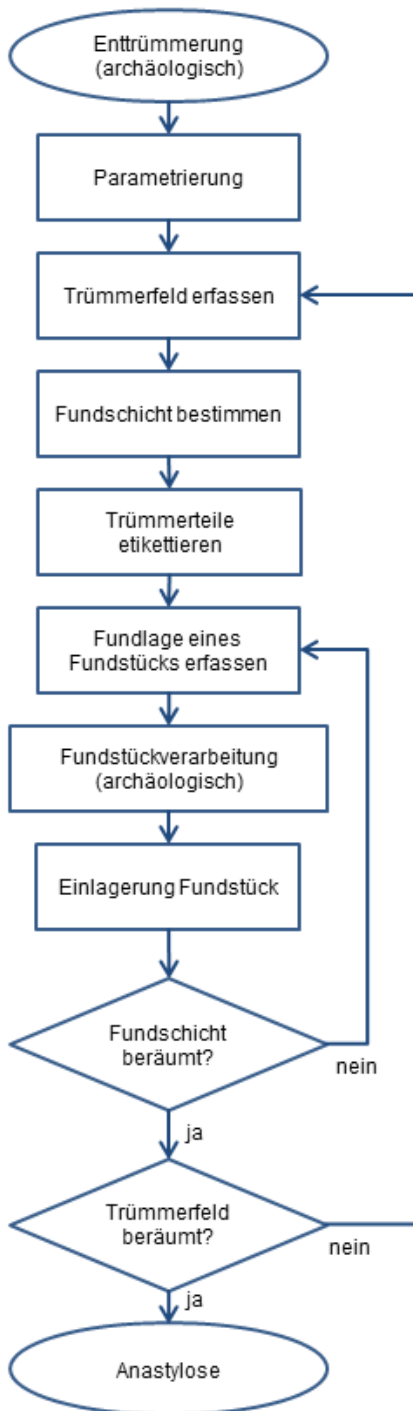
Die Welt verfügt über einen unermesslichen Schatz an archäologischen Stätten und Denkmalen der Baugeschichte. Durch Naturkatastrophen¹, Kriege² oder menschliches Versagen³ sind bereits viele dieser Monumente beschädigt oder zerstört worden. Um diese kostbaren und teilweise identitätsstiftenden Kulturgüter wieder verfü- und erlebbar zu machen, gilt es mittels geeigneter Instrumente jene restauratorische Herausforderung zu unterstützen. Im Zusammenspiel mit zahlreichen Erkenntnissen bezüglich archäologischer Enttrümmerung und der Verfügbarkeit neuester Technologien erfolgte die Programmierung einer Datenbankverwaltung. Diese erlaubt es, den gesamten Prozess der Enttrümmerung im Sinne einer modernen EDV zu begleiten und zugehöriger Leitfaden listet Anforderungen, benötigtes Personal und Musterlösungen, um technologische Probleme beim Umgang mit den Fundstücken von der Fundlage bis zum Wiedereinsetzen in das originale Bauwerk zu meistern.

Trümmerfeld	mit Trümmerteilen bedeckte Fläche
Trümmerberg	Gesamtheit der vorhandenen Trümmerteile
Trümmerteil	nichtklassifiziertes Objekt
Fundstück	mit Fundstückmarke bestücktes Trümmerteil
Fundsituation/Befund	beobacht- und messbare Fundumstände
Fundschiicht	jeweils oberste Lage des Trümmerbergs, die ohne Beeinflussung der Fundsituation angrenzender Trümmerteile beräumt werden kann
Enttrümmerung	Bergung/physische Beräumung aller Fundstücke vom Trümmerberg
Schutt	verbleibendes Material nach Enttrümmerung

¹ Erdbebenschäden an Tempeln und Palästen im Kathmandu-Tal/Nepal, 2015

² Zerstörung Triumphbogen Palmyra/Syrien, 2015

³ Brand der Kathedrale Notre-Dame de Paris/Frankreich, 2019



2 Prospektion

2.1 Einrichten einer Datenbank

2.1.1 Anforderungen

- Registrierung der eingemessenen Gitterstruktur und der einzelnen Planquadrate
- Registrierung des Nummernraums für die Fundstücknummern, Überprüfung der Eineindeutigkeit (keine Nummer darf doppelt vergeben werden, kein Fundstück unter mehreren Nummern registriert werden)
- Fundstückdaten müssen eingegeben, gespeichert, editiert und ausgegeben werden können
- Die Daten der Fundsituation müssen eingegeben, gespeichert, editiert und ausgegeben werden können
- Die Ortsdaten der Fundstücke müssen über alle Prozesse (Fund, Bergung, Zwischenlagerung, Lagerung, Einbau) registriert werden und lückenlos nachvollziehbar sein
- Die Verknüpfung mit und die Zuordnung zu anderen Datenquellen (Bilder, Zeichnungen, Scans) muss gewährleistet sein
- Lagerverwaltung der geborgenen und kartierten Fundstücke

2.1.2 Benötigtes Personal

- Web-Entwickler, Web-Programmierer, IT-Dienstleister

2.1.3 Musterlösungen

- hermine⁴ – heritage-expedition, rubble-management & intuitive nametag excavation (da keine Alternativprodukte bekannt)

⁴ <https://github.com/JaegerIngenieure/hermine>

2.2 Quellenrecherche

2.2.1 Anforderungen

- Suche nach Augenzeugenberichten, Zeichnungen, Bildern, analogen und digitalen Fotos, Zeitungsartikeln, Videos, 3D-Modellen, Punktwolken, Satellitenaufnahmen

2.2.2 Benötigtes Personal

- Archivare, (Kunst-)Historiker

2.2.3 Musterlösungen

- Erfassung zahlreicher o.g. Dokumente in Privathaushalten, sozialen Netzwerken, Onlinebildarchiven, Bildersuchmaschinen, öffentlichen Archiven, Bibliotheken, Internetforen, bei zuständigen Behörden

2.3 Ortsbegehung und Bestandsaufnahme

2.3.1 Anforderungen

- Genaue Lageerfassung vor Ort, um weitere Planungsschritte einzuleiten

2.3.2 Benötigtes Personal

- Architekt, Vermesser (Ingenieur), Drohnenpilot

2.3.3 Musterlösungen

- Nutzung von Digitalkameras, Messwerkzeugen, Laserscannern, Drohnenfotografie, aktuelle Satellitenbildern

2.4 Erstellen eines 3D-Modells

2.4.1 Anforderungen

- Erstellung eines möglichst genauen Abbildes des Gebäudezustandes vor der Zerstörung
- Modellspeicherung in einem Dateiformat, welches von Vielzahl von Programmen (obj, stl, ply, ifc) nutzbar ist

2.4.2 Benötigtes Personal

- 3D-Designer, 3D-Artist

2.4.3 Musterlösungen

Verfahren

Verarbeitung aller gefundener Bilder mithilfe von Photogrammetrie zu einer Punktwolke und anschließend zu 3D-Modell

Ableiten der 3D-Modelle aus den Punktwolken vorhandener Laserscans

Händisches Modellieren anhand der Grundlagen der Quellenrecherche

Programm

VisualSfM
Regard3D
COLMAP
RealityCapture
Agisoft PhotoScan

CloudCompare
Faro Scene
PointCab
Leica Cyclone

Blender
SketchUp

2.5 Geodätische Einmessung

2.5.1 Anforderungen

- Erfassen der Festpunkte außerhalb des Trümmerfeldes, um später das lokale in ein übergeordnetes (städtische, nationales, globales) Koordinatensystem zu überführen

2.5.2 Benötigtes Personal

- Vermesser (Ingenieur)

2.5.3 Musterlösungen

- Einsatz von Tachymeter und/oder GPS

2.6 Anlage eines Gitternetzes

2.6.1 Anforderungen

- Benennung der Fundstelle von Trümmerteilen
- Koordination von Arbeiten
- Anpassung der Skalierung an Größe des Trümmerfeld und der Trümmerteile

2.6.2 Benötigtes Personal

- Erfahrener Projektleiter (Architekt oder Ingenieur)

2.6.3 Musterlösungen

- Kennzeichnung und Darstellung mit kontrastreichem Absperrband
- Genauigkeit muss mithilfe eines digitalen Gitternetzes am PC überprüft werden
- Eintrag des Fundortes in Datenbank

3 Dokumentation und Bergung

3.1 Kennzeichen der Fundstücke

3.1.1 Anforderungen

- Dauerhaftigkeit, mechanische Belastbarkeit, Menschenlesbarkeit

3.1.2 Benötigtes Personal

- Angelernter Hilfsarbeiter

3.1.3 Musterlösungen

- Vorgeprägte Messingplakette – durchnummeriert mit einmalig vergebenen Zahlen/IDs
- Befestigung mittels Dübel und Schraube
- Eintrag der ID in Datenbank

3.2 Erfassen der Fundstücke der oberen Fundschicht

3.2.1 Anforderungen

- Dokumentation der Lage der Trümmerteile selbst und zueinander, um später die Fundschichtrückverfolgung zu gewährleisten
- Zueinander vergleichbare Punktwolken oder 3D-Modelle
- Identifikation einzelner Fundstücke

3.2.2 Benötigtes Personal

- Angelernter Hilfsarbeiter

3.2.3 Musterlösungen

- Kleinere Trümmerfelder – terrestrischer Laserscanner
- Größere Trümmerfelder – Drohnenfotografie und Photogrammetrie

3.3 Bergung der Fundstücke und Freilegen der nächsten Fundschicht

3.3.1 Anforderungen

- Schonende und beschädigungsfreie Behandlung
- Dem Trümmerteil entsprechende Behandlung (Größe, Gewicht, Bedeutsamkeit)
- Keine Beeinflussung der Fundsituation anderer Trümmerteile

3.3.2 Benötigtes Personal

- Angelernter Hilfsarbeiter mit Befähigung zum Führen von Gabelstapler/Bagger/Kran

3.3.3 Musterlösungen

- je nach Größe händisch, mit Bagger, Manipuliergreifer, Gabelstapler, Turmdrehkran
- Absaugen von Staub und Schutt mittels Industriesauger

3.4 Fortführende Fundbeschreibung in Zwischenlager

3.4.1 Anforderungen

- Erfassen aller Besonderheiten des Fundstückes (Form, Farbe, Material, Beschädigung)

3.4.2 Benötigtes Personal

- Architekt, Archäologe, Facharbeiter

3.4.3 Musterlösungen

- Eintrag aller Eigenschaften in Datenbank

3.5 Erfassen der Fundstückoberfläche

3.5.1 Anforderungen

- Erfassen der Fundstückoberfläche in entsprechend ausreichend hoher Auflösung (je nach Größe, Bedeutsamkeit)

3.5.2 Benötigtes Personal

- Angelernter Hilfsarbeiter

3.5.3 Musterlösungen

- Verwendung Handscanner – DotProduct-Handscanner, Faro, Leica
- Hochauflösende Bilder/Photogrammetrie

4 Einlagerung und Archivierung

4.1 Lagerung der Fundstücke

4.1.1 Anforderungen

- Konzeption der Lagerfläche entsprechend der zu erwartenden Fundstücke
- Eindeutige Nummerierung der Lagerorte

4.1.2 Benötigtes Personal

- Angelernter Hilfsarbeiter

4.1.3 Musterlösungen

- Erstellung verschiedener Lager für entsprechende Größen
- Aufspannen einer Lagermatrize
- Eintrag in Datenbank

4.2 Lagerung der Bruchstücke

4.2.1 Anforderungen

- Klassifizierung als Fundstück ohne Weiterverwendung
- Fachgerechte Entsorgung des verbliebenen Materials

4.2.2 Benötigtes Personal

- Angelernter Hilfsarbeiter

4.2.3 Musterlösung

- Nach Material getrennte Sortierung

4.3 Fundkartierung

4.3.1 Anforderungen

- Zuordnung möglichst aller Fundstücke zum ursprünglichen Verbauort im Gebäude
- Auffinden genauer Fundort *oder*
- Zuordnung zu gleichartigen Bauteilen *oder*
- Verwendung des Fundstücks nach Bearbeitung an anderer Stelle

4.3.2 Benötigtes Personal

- Architekt, Archäologe, Ingenieur

4.3.3 Musterlösungen

- Zuordnung durch Analyse des Einsturzhergangs
- Zuordnung anhand der Geometrie
- Zuordnung anhand des Materials und der Farbe
- Zuordnung durch besondere Merkmale
- Eintrag in Datenbank

5 Analyse und Auswertung

5.1 Erstellung der Grundstückzeichnung

5.1.1 Anforderungen

- Wahl eines zum Grundstück passenden Maßstabes
- Nutzung erstellter Oberflächenmodelle
- Bemaßung im Plan
- Eintrag von Schäden

5.1.2 Benötigtes Personal

- Architekt, Bauzeichner, angelernter Hilfsarbeiter

5.1.3 Musterlösungen

- Ausrichtung des Grundstück-3D-Modells an kartesischem Koordinatensystem in geeigneter Software
- Markierung von Schadstellen
- Erstellung orthogonaler Ansichten aller relevanten Flächen – mindestens jedoch links-rechts, vorne-hinten, oben-unten; bei Bedarf auch Schnitte und Isometrien
- Anordnung und Bemaßung von Ansichten, Schnitten und Isometrien im Plan
- Beispielsoftware: Trimble SketchUp→Trimble Layout→pdf/dwg
 Blender→CAD-Software→pdf/dwg

5.2 Wiederaufbauplanung

5.2.1 Anforderungen

- Einfügen zugeordneter Fundstücke in 3D-Modell
- Zuordnung anhand geeigneten Farbschemas

5.2.2 Benötigtes Personal

- Architekt, Ingenieur

5.2.3 Musterlösungen

- Blau – Fundstücke, die lediglich als Schablonensteine Verwendung finden können
- Rot – wiederverwendbare Fundstücke, die ihrer Herkunft in der Fassade nach eindeutig bestimmt sind
- Grün – wiederverwendbare Fundstücke, die eindeutig dem abgebildeten Fassadenbereich und einem gleichartigen Bauteil zugeordnet sind
- Alle nicht farblich markierten Steine bedürfen einer Neuherstellung, da diese entweder nicht zugeordnet werden konnten oder der Beschädigungsgrad zu hoch war.

