

DOKUMENTATION IM PROJEKT 1 VISION & KONZEPT

Digitales 3D-Feldbuch

vorgelegt an der TH Köln
Campus Gummersbach
im Studiengang
Medieninformatik Master

ausgearbeitet von:
OLIVER MERTENS (11119032)
TOBIAS MINK (11103405)
AILEEN JURKOSEK (11134311)
JULIAN HARDTUNG (11104591)

Prüfer: Prof. Dr. Horst Stenzel

Gummersbach, im März 2023

Abstract

Die folgende Ausarbeitung dokumentiert die Arbeitsschritte und Ergebnisse des Projekt 1 - Vision & Konzept im Wintersemester 2022/23 des Medieninformatik Master in der Vertiefung Visual Computing. Im Zuge dessen wird der Projektrahmen festgelegt, projektspezifische Abwägungen getroffen und ein Prototyping durchgeführt.

Für die Festlegung des Projektrahmens wird zunächst eine Marktrecherche durchgeführt. Dazu werden vier verschiedene Systeme betrachtet, welche sich mit der digitalen Aufzeichnung archäologischer Ausgrabungen beschäftigen. Aufgeführt werden hier Archaeorama, FAIMS, VEAAR und Immersia. Die einzelnen Anwendungen haben hierbei jeweils einen verschiedenen Fokus und können so als Inspiration für die eigene Arbeit dienen. Des Weiteren werden Informationen bezüglich der Begrifflichkeiten, Definitionen, Funktionen und Stakeholder aus einzelnen Vorgängerprojekten zu Teilen übernommen oder weiter ausgearbeitet. Hiermit wird die projektspezifische Grundlage für ein einheitliches Verständnis der Thematik gelegt.

Für weitere projektspezifische Abwägungen werden Anforderungen ermittelt. Diese unterteilen sich in die Basisanforderungen, die Leistungs- und Begeisterungsfaktoren und weitere Anforderungen aus dem Projekt Colonia MeshUp. Auch für die Ermittlung der Anforderungen wurden die Vorgängerprojekte herangezogen. Des Weiteren wurde abgewägt, welche Systemarchitektur für die Umsetzung des Projektes genutzt werden soll. Hierbei fällt die Wahl auf CouchDB bzw. PouchDB als Datenbank, Vue.js auf die Nutzung für das Frontend, node.js als Nutzung für das Backend sowie three.js als weitere Library zur Darstellung dreidimensionaler Objekte. Für die Veranschaulichung der gewählten Systemarchitektur wird zudem ein UML-Diagramm aufgeführt.

Das Prototyping wurde in die Gestaltung von Use Cases, der Erstellung eines Figma-Prototyps und eines Proof of Concepts unterteilt. Die Use Cases decken hierbei die Hauptfunktionen des Systems ab und bilden somit die Grundlage für die Prototyp-Entwicklung. Mit dem erstellten Figma-Prototyp werden die einzelnen Funktionen und Verknüpfungen des Systems visuell dargestellt. Mithilfe des Proof of Concept wird weiterführend die Kompatibilität der gewählten Libraries geprüft.

Erklärung über die selbständige Abfassung der Arbeit

Ich versichere, die von mir vorgelegte Arbeit selbständig verfasst zu haben. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Arbeiten anderer entnommen sind, habe ich als entnommen kenntlich gemacht.

Sämtliche Quellen und Hilfsmittel, die ich für die Arbeit benutzt habe, sind angegeben. Die Arbeit hat mit gleichem Inhalt bzw. in wesentlichen Teilen noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

(Ort, Datum, Unterschrift)

(Ort, Datum, Unterschrift)

(Ort, Datum, Unterschrift)

(Ort, Datum, Unterschrift)

Arbeitsmatrix

Die folgende Arbeitsmatrix zeigt den Workload der einzelnen Teammitglieder auf. Die gesamten Arbeitsergebnisse dieses Projekts wurden im Rahmen des Moduls „Projekt 1 - Vision & Konzept“ zu gleichen Teilen von den genannten Autoren erstellt.

Teilnehmer	Tobias Mink	Oliver Mertens	Julian Hardtung	Aileen Jurkosek
Workload	25%	25%	25%	25%

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Projekteinstieg	1
1.2	Motivation	1
1.3	Zielsetzung	1
1.4	Setup	2
2	Projektrahmen	3
2.1	Related Work	3
2.1.1	Archaeorama	3
2.1.2	FAIMS	3
2.1.3	VEAAR	4
2.1.4	Immersia	4
2.1.5	Nutzen für das digitale 3D-Feldbuch	4
2.2	Begrifflichkeiten	6
2.3	Definitionen	7
2.4	Funktionen	13
2.5	Stakeholder	15
3	Projektspezifische Abwägungen	19
3.1	Anforderungen	19
3.2	Abwägung der Systemarchitektur	21
3.2.1	Datenbank	21
3.2.2	Serverhost	22
3.2.3	Backend	22
3.2.4	Frontend	22
3.2.5	Libraries	23
3.3	UML-Diagramme	24
4	Prototyping	25
4.1	Umfang	25
4.2	Use Cases	26
4.3	Figma-Prototyp	32
4.4	Proof of Concept	35
5	Fazit und Ausblick	36
	Abbildungsverzeichnis	37
	Tabellenverzeichnis	38

1 Einleitung

1.1 Projekteinstieg

Im Rahmen des Studiengangs „Medieninformatik Master“ mit dem Schwerpunkt „Visual Computing“ wird im Modul „Projekt I - Vision und Konzept“ ein digitales 3D-Feldbuch konzipiert. Im Zuge dessen wird in Kooperation mit dem archäologischen Institut der Universität Köln ein System konzipiert, welches die digitale Dokumentation von Ausgrabungen ermöglicht und zudem 3D-Komponenten einbindet, sodass Artefakte einer Ausgrabung in Form von 3D-Modellen in die Anwendung mit eingebunden und dargestellt werden können.

1.2 Motivation

Das vorliegende Projekt bietet die Möglichkeit, das im Studium erworbene Wissen auf eine reale Problemstellung praktisch anzuwenden und die Umsetzung bestehender Anforderungen in einem vollwertigen System zu konzipieren. Hierbei können sowohl neue Fähigkeiten und Methoden im Bereich der Computergrafik erlernt, als auch der interdisziplinäre Diskurs verschiedener fachfremder Personen verbessert werden. Durch den komplexen Rahmen der bereits bestehenden Projekte werden Grenzen ausgetestet und Verbesserungsansätze gefunden. Weiterführend wird die Möglichkeit geboten ein Konzept für ein vollständiges System, welches in einem realen Kontext nutzbar ist, fertigzustellen.

1.3 Zielsetzung

Ziel des Projektes ist es, die neu auftretenden Anforderungen in die bereits bestehenden Systeme zu integrieren. Hierfür wird das Konzept einer eigenen Software entwickelt, welche das Speichern, Bearbeiten und Zusammenführen von 3D-Modellen ermöglicht. Geplant wird ein benutzerfreundliches System, welches ohne Vorkenntnisse über 3D-Software genutzt werden kann. Zudem wird die Integration der bereits bestehenden digitalen Feldbuch-Komponenten geplant. Um die Anforderungen der verschiedenen Interessengruppen zu ermitteln, werden verschiedene Anforderungen an das System entwickelt. Mit dem Vergleich vorhandener Systeme werden nützliche Konzepte für die eigene Umsetzung identifiziert. Mithilfe der gewonnenen Erkenntnisse und des entwickelten Konzeptes wird ein Prototyp erstellt, welcher in Kombination mit dem erstellten Architekturentwurf als Grundlage für die weitere Umsetzung dient.

1.4 Setup

Das Projekt wird an der Technischen Hochschule Köln im Modul „Projekt I - Vision & Konzept“ unter der Betreuung von Prof. Dr. Horst Stenzel durchgeführt. Zur Durchführung werden mehrere Vorgängerprojekte der letzten Jahre herangezogen:

- Projekt I - Konzept (März 2020) (Ngo u. a. (2020a))
- Projekt II - Entwicklung (Oktober 2020) (Ngo u. a. (2020b))
- 3D Prozessleitfaden und Digitales Feldbuch; Projektdokumentation (März 2019); von: Jörn Richter, Semiya Pape, Lukas Büscher (Richter u. a. (2019))
- Konzeption, Implementierung und Evaluation eines Softwaresystems zur Dokumentation von archäologischen Grabungen; Masterarbeit (24. Juni 2020); von Lukas Büscher (Büscher (2020))
- Die Erweiterung eines Informationssystems zur Dokumentation archäologischer Ausgrabungen um Funktionen zur Bearbeitung dreidimensionales Modelle; Praxisprojekt (August 2022); von: Tobias Mink, Marvin Kemper (Mink u. Kemper (2022))
- Digitale Visualisierung archäologischer Funde mit der Harris Matrix; Bachelorarbeit (August 2022); von: Tobias Mink (Mink (2022))

Des Weiteren werden verschiedene bestehende Feldbuchsysteme herangezogen. Diese werden im weiteren Verlauf näher erläutert.

- VEAAR - Das VEAAR Projekt bietet die Möglichkeit, Objekt-Fragmente im virtuellen Raum zusammenzusetzen [Chmelík u. Jurda (2017)]
- Immersia - Die Plattform Immersia ermöglicht den virtuellen Zugang zu zwei archäologischen Ausgrabungsstätten [Gaugne u. a. (2013)]
- FAIMS 3.0 Electronic Field Notebooks - Bei FAIMS 3.0 handelt es sich um eine mobile open-source Plattform zur offline Datensammlung auf Android Endgeräten. Das Akronym FAIMS steht hierbei für Field Acquired Information Management System [Ross u. a. (2020)]
- ARCHAEOGRAMA: Proposing a multimodal application for the documentation of archaeological excavations in situ [Psarros u. a. (2022)]

2 Projektrahmen

Folgend wird der Projektrahmen unter Einbezug der Vorgängerprojekte festgelegt. Dazu werden im Zuge einer Marktrecherche verschiedene bestehende Systeme untersucht, um Ideen und Anreize für die eigene Planung und spätere Umsetzung zu erlangen. Weiterführend werden Begrifflichkeiten, Definitionen und Funktionen, welche eine Relevanz für das Projekt darstellen, aufgeführt. Des Weiteren sind die relevanten Stakeholder der Anwendung tabellarisch festgehalten.

2.1 Related Work

Im Folgenden werden verschiedene bestehende Systeme vorgestellt, welche in ihrem jeweiligen Umfang einen Nutzen oder Anhaltspunkte für die eigene Konzeption einer Anwendung bieten können. Betrachtet werden hierbei Archaeorama und FAIMS, welche beide jeweils eine Applikation zur digitalen Feldbuch-Nutzung darstellen, sowie VEAAR und Immersia, welche Virtual Reality Anwendungen für die archäologische Forschung beschreiben.

2.1.1 Archaeorama

Archaeorama (Psarros u. a. (2022)) stellt eine multimodale Applikation dar, welche neue Technologien in die Arbeit von Archäologen einfließen lässt und Inhalte aufnehmen, dokumentieren und hervorheben soll. Schwerpunkte des Projektes „Archaeorama“ sind hierbei die moderne und digitale Darstellung archäologischer Dokumentationen im Feld und Online, die Aufnahme und Verbesserung bestehender Funktionalitäten von archäologischen Dokumentationssystemen sowie die Möglichkeit zur Kommunikation über eine Ausgrabung.

Archaeorama enthält verschiedene Basis Entitäten, welche im System miteinander verknüpft sind: Nutzer, Funde und räumliche Informationen. Die räumlichen Informationen umfassen weiterführend die Ausgrabung, Schichten und Sektionen, welche jeweils verschiedene Eigenschaften aufweisen. Die Hauptbestandteile der Anwendung umfassen die einzelnen Entitäten, die Anzeigebereiche, Untermenüs, Bereiche zum Aktivieren der Kontrollfunktionen und die Hauptdarstellungs- und Visualisierungsfläche. Jede Entität besitzt separate Funktionen und ggf. Untergruppen von Entitäten.

2.1.2 FAIMS

FAIMS (Ross u. a. (2020)) beschreibt eine für den Einsatz in der Feldforschung entwickelte Open-Source-Software-Plattform. Es handelt sich hierbei um ein elektronisches Feldnotizbuch, welches es Forschern ermöglicht, Daten in Echtzeit aufzuzeichnen, zu organisieren und zu analysieren. Mit FAIMS können Forscher Audio- und Videodateien, Texte, Bilder oder Daten zur Geolokalisierung sammeln. Darüber hinaus bietet die Plattform Tools

zur Datenvalidierung und -Synchronisation sowie zur Integration mit anderen Datenbanken. Weiterführend können eigene Datenerfassungsformulare und -workflows erstellt und angepasst werden, was die spezifischen Bedürfnisse der Nutzer aufgreift.

2.1.3 VEAAR

VEAAR (Chmelík u. Jurda (2017)) ist eine virtuelle Umgebung, welche speziell für die Restaurierung und Konservierung von archäologischen Artefakten entwickelt wurde. Es handelt sich um ein interaktives System, welches es Archäologen ermöglichen kann, Artefakte in einer virtuellen Umgebung zu untersuchen, zu analysieren und zu restaurieren. Dabei können Benutzer Artefakte aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten und vergrößern, um Details zu untersuchen, die in der physischen Welt schwer zu erkennen wären. Nutzer können zudem Schritte zur Restaurierung und Konservierung in der virtuellen Umgebung durchführen, um die besten Methoden zu testen, bevor sie am physischen Artefakt angewendet werden. VEAAR verwendet Technologien wie 3D-Scans, Bildverarbeitung und 3D-Modellierung, um die Artefakte entsprechend darstellen zu können.

2.1.4 Immersia

Immersia (Gaugne u. a. (2013)) ist eine Open-Source Infrastruktur für Virtual-Reality-Anwendungen, die speziell für archäologische Anwendungen entwickelt wurde. Mit Immersia wird es Archäologen und anderen Forschern ermöglicht, virtuelle Umgebungen zu erstellen, um archäologische Stätten und Artefakte zu erkunden und zu analysieren. Mit Immersia soll eine realistische und interaktive virtuelle Umgebung erschaffen werden, die es Archäologen ermöglicht, vergangenes zu erleben und besser verstehen zu können. Durch die verwendete VR-Technologie können Archäologen virtuelle Stätten erstellen und erforschen, ohne physisch vor Ort zu sein. Immersia bietet weiterführend Werkzeuge für die Zusammenarbeit und den Austausch von Daten, die es Archäologen ermöglichen, ihre Forschungsergebnisse miteinander zu teilen und zu diskutieren. Da es sich um eine Open-Source Anwendung handelt, kann sie von jedem verwendet und angepasst werden, wodurch sie für spezifische archäologische Forschungszwecke verwendet werden kann.

2.1.5 Nutzen für das digitale 3D-Feldbuch

Die einzelnen betrachteten Systeme und Softwarelösungen fungieren im Themenbereich der Dokumentation und Bearbeitung archäologischer Funde und Ausgrabungsstätten jeweils in einem spezifischen Kontext. Speziell Archaeorama bietet hierbei durch verschiedene Untermenüs und die Darstellung der einzelnen Entitäten Anhaltspunkte für die eigene Umsetzung eines digitalen Feldbuchsystems. FAIMS zeigt zusätzliche Möglichkeiten zur digitalen Darstellung eines Feldnotizbuches durch die Einbindung von Video- und Audio-dateien sowie die Einbindung von Geodaten auf. Diese beiden Systeme stellen somit eine

gelungene Umsetzung eines digitalen Feldbuches dar. Ergänzend dazu realisieren VEAAR und Immersia die Darstellung von dreidimensionalen Objekten durch den Virtual-Reality Aspekt. Auch wenn Virtual-Reality keinen Fokus für die zu konzipierende Anwendung können beide Systeme als Anhaltspunkt für die Verarbeitung und die zugehörige Darstellung dreidimensionaler Daten archäologischer Objekte bieten.

2.2 Begrifflichkeiten

Innerhalb des Projekts werden diverse Begrifflichkeiten verwendet, welche für den gegebenen Kontext definiert werden müssen. Diese umfassen die einzelnen Begriffe einer archäologischen Ausgrabung wie Grabung, Befund oder Probe. Die Beschreibung dieser und weiterer Begriffe wurde zum Teil aus den Vorgängerprojekten Projekt I (Ngo u. a. (2020a)) und Projekt II (Ngo u. a. (2020b)) entnommen. Zudem wurde das Glossar des *Archaeological Institute of America* (of America (2023)) genutzt. Die gesammelte Liste an Begrifflichkeiten ist in Tabelle 1 aufgeführt.

Begriff	Übersetzung	Beschreibung
Projekt	Project	Ein Projekt ist der Überbegriff für alle Prozessen, die in einem bestimmten Forschungskontext ausgeführt werden
Grabung	Excavation	Das Ausgraben und Erfassen von archäologischen Ausgrabungen, einschließlich des Aufdeckens und Erfassens der Herkunft, des Kontexts und der dreidimensionalen Lage von archäologischen Funden.
Befund	Structure	Eine Ausgrabungsstruktur (Gemäuer, Brunnen, ...) oder Erdschicht
Stratigraphische Einheit	Stratigraphical Unit	Bezeichnet eine Erdschicht, die im Feldbuch dokumentiert wird
Kleinfund (Fund)	Find	Oberbegriff für alle gefundenen Gegenstände, Scherben, Besonderheiten, die aus der Grabung entnommen werden
Fundbeutel	Find-bag	Beutel, in dem ein oder mehrere Kleinfunde (zwischen)-gelagert werden
Harris-Matrix	Harris-Matrix	Diagramm zur Visualisierung von stratigraphischen Verhältnissen
Probe	Sample	Eine Erdprobe wird entnommen, um später die stratigraphische Einheit genauer zu untersuchen
Radargramm	Radargram	Reflexionsaufzeichnung hochfrequenter elektromagnetischer Bestrahlung. Dient der Bestimmung unterirdischer Strukturen
Struktur aus Bewegung	Structure from Motion	(SFM) Eine Methode, um aus 2D-Bildern 3D-Modelle zu erzeugen
Tachymeter	Tachymeter	Elektronisches Gerät zur Messung von Koordinaten einzelner Punkte
Messpunkt	Measuring-point	Elektronisch eingemessene Koordinaten, die einen bestimmten Punkt auf der Grabung darstellen

Tabelle 1: Begrifflichkeiten

2.3 Definitionen

Folgend werden die einzelnen Komponenten des Projektes definiert. Hierbei werden die einzelnen Komponenten mit ihren jeweiligen Attributen aufgeführt und beschrieben. Wie auch bei der Ermittlung der Begrifflichkeiten, werden die hier aufgeführten Definitionen aus den Vorgängerprojekten Projekt I (Ngo u. a. (2020a)) und Projekt II (Ngo u. a. (2020b)) entnommen.

Projekt Das Projekt ist die übergeordnete Einheit, der alle anderen Objekte zugeordnet werden können.

- *Bezeichnung* - Kurze Bezeichnung
- *Beschreibung* - Textuelle Beschreibung

Grabung Zu einem Projekt können mehrere Grabungen gehören, die an verschiedenen Orten bzw. Zeitpunkten durchgeführt wurden.

- *Bezeichnung*
- *Beschreibung*(textuell
- *Beauftragte Organisation*
- *Auftraggeber*
- *Ort* - Ort an dem die Grabungen durchgeführt werden
- *Grabungsfokus* - Beschreibung der Ziele, welche erreicht werden sollen

Schnitt Auf Grabungen werden die Arbeiten in abgegrenzten Bereichen durchgeführt, die als Schnitte bezeichnet werden.

- *Schnittname*
- *Beschreibung*
- *Startniveau* - Höhenwert zu Beginn der Arbeiten
- *Endniveau* - Höhenwert nach Abschluss der Arbeiten

Kontaktperson Stakeholder, mit Kontaktinformationen über die sie erreicht werden können. Beispielsweise können Schnittleiter/innen zugeordnet werden.

- *Name*
- *Rolle*
- *Email*
- *Telefonnummer*

Kalenderdatum Kalenderdaten halten wichtige Zeitpunkte für die Objekte fest.

- *Titel*
- *Datum*

Fund Die Befunddokumentation wurde um verschiedene Attribute erweitert. Die Attribute werden in der folgenden Liste erläutert.

- *Fundnummer* - Eindeutiger Identifikator des Fundes
- *Beschreibung* - Längere Beschreibung des Funds mit Anmerkungen des Bearbeiters
- *Typen* - Typ des Fundes (zum Beispiel Teller, Becher, Münze, etc.)
- *Material* - Material aus dem der Fund besteht
- *Erhaltungszustand* - Zustand des Fundes
- *Erzeuger* - Person, Organisation oder Gruppe, die den Fund hergestellt hat
- *Inschriften und Merkmale* - Inschriften, Stempel oder sonstige identifizierbare Merkmale auf dem Fund
- *Literatur* - Verweise auf Kataloge, in denen der Fund erscheint, oder Publikationen, in der ähnliche Funde zu finden sind

Verbundener Fund Funde können miteinander verbunden werden.

- *Verbindungsart* - Art der Beziehung zwischen Funden
- *Fundnummer*

Befund Der generische Befund enthält nur unspezifische Angaben und Assoziationen zu anderen Objekten.

- *Befundnummer* - Eindeutiger Identifikator des Befundes
- *Kurzansprache* - Kurze Bezeichnung des Befundes
- *Beschreibung*
- *Lokalisierung in Sondage* - Bezeichnet die Lage des Befunds in Relation zu dem Schnitt und anderen Befunden in der Grabung.
- *Interpretation* - Vorläufige Deutung
- *Befundtyp* - Stratigrafische Einheit, Baulicher Bestand oder Überreste
 - *Stratigraphische Einheit*
 - * *Ausdehnung* - Dimensionen und Form des Schnittes in Freitextform
 - * *Konsistenz Schichtinneres* - Konsistenz der Erde innerhalb der Schicht
 - * *Konsistenz Schichtäußeres* - Konsistenz der Erde von außerhalb der Schicht
 - * *Niveau* - Höhenwerte der Einheit
 - *Überreste* - Überreste bezeichnen menschliche Überreste, die bei Grabungen entdeckt werden.
 - * *Alter*
 - * *Geschlecht*
 - * *Pathologie* - Besondere Merkmale und Auffälligkeiten des Skeletts
 - * *Erhaltene Knochen*
 - * *Bestattungsart*
 - * *Grabtyp*
 - * *Grabkonstruktion* - Beschreibung eventueller Konstruktionen innerhalb des Grabes
 - *Baulicher Bestand* - Der bauliche Bestand bezeichnet vergrabene Gebäude. Hauptsächlich werden hiermit Mauer- oder Fundamentreste dokumentiert.
 - * *Bauart*
 - * *Mauerwerk* - Arten von verwendeten Materialien
 - * *Struktur*
 - * *Stilmerkmale* - Architektonische und Stilistische Merkmale und Elemente von erkennbaren Stilen und Architekturtypen
 - * *Material* - Art der verwendeten Materialien (Arten von Steinen und Ziegeln)

-
- * *Steingröße*
 - * *Steinmaterial*
 - * *Steinbearbeitung* - Ob und wie die Steine bearbeitet wurden
 - * *Spolien* - Zweitnutzung von Steinen
 - * *Ziegelart*
 - * *Ziegelgröße*
 - * *Herstellungsmerkmale Ziegel* - Zeichen oder Merkmale auf Ziegeln
 - * *Bindung*
 - * *Zusammensetzung* - Zusammensetzung der Bindung
 - * *Korngröße* - Größe von Bindungskörnern (in cm)
 - * *Bindungskonsistenz*
 - * *Fugenbild* - Merkmale der Fugen
 - * *Fugendimensionen*
 - * *Oberflächengestaltung* - Oberfläche des Verputzes
 - * *Stärke* - Dicke des Verputzes
 - * *Ausdehnung* - Ausdehnung und Verlauf des Verputzes
 - * *Zusammensetzung* - Zusammensetzung des Verputzes
 - * *Verputzkonsistenz* - Konsistenz des Verputzes
 - * *Zuschlagstoffe* - Zuschlagstoffe im Verputz
 - * *Mehrlagigkeit* - Lagen des Verputzes

UTM Messpunkt Der UTM Messpunkt existiert hauptsächlich um die im digitalen Feldbuch gespeicherten Daten mit den, von Tachymetern eingesessenen Daten, zu verknüpfen.

- *Tachymeter ID* - Die im Tachymeter verwendete ID, um die Daten zu verknüpfen.
- *Kommentar* - Beschreibung des Messpunktes (Fundort, Eckpunkt etc.).
- *Ostwert*
- *Nordwert*
- *Höhenwert*

Abmessung Eine Abmessung beschreibt Längen, Breiten oder Höhen von Befunden. Auch Abmessungen wie Durchmesser von Funden können beschrieben werden.

- *Bezeichnung* - Beschreibt die gemessene Dimension (Durchmesser, Höhe, Breite etc.)

-
- *Genauigkeit* - Kommentar zur Messgenauigkeit, oder ob eventuell ein Schätzwert oder Ähnliches vorliegt.
 - *Von* - Minimum des Messwertes
 - *Bis* - Maximum des Messwertes
 - *Einheit* - Einheit in der gemessen wurde (mm, cm, m etc.)

Farbe Die Munsell Farbkodierung wird verwendet, um unabhängig von Lichtverhältnissen die Farbe von Objekten zu dokumentieren. Sie besteht aus den drei Werten Hue Value und Chroma. Um die Farben ungefähr auf Bildschirmen darzustellen, können entsprechende RGB Werte erzeugt werden.

- *Bezeichnung* - Textuelle Bezeichnung der Farbe
- *Hue* - Lightness
- *Value* - Saturation
- *Chroma* - Farbwert
- *Hex-Farbwert* - Hex-Kodierung des Farbwerts

Einschluss Als Einschlüsse werden Vorkommen von Materialien in Befunden bezeichnet.

- *Bezeichnung* - Material oder Art des Einschluss
- *Prozentsatz* - Geschätzte Mengenangabe des Einschlusses relativ zum Befund

Datierung Zeitliche Einordnung von Objekten.

- *Genauigkeit* - Kurzer Kommentar, ob es Ungenauigkeiten bei der Datierung gibt
- *Grobdatierung von* - Älteste Epoche der Grobdatierung
- *Grobdatierung bis* - Jüngste Epoche der Grobdatierung
- *Feindatierung von* - Ältestes Jahr der Feindatierung
- *Feindatierung von Ära* - Ära des ältesten Jahres (v. Chr. / n. Chr.)
- *Feindatierung bis* - Jüngstes Jahr der Feindatierung
- *Feindatierung bis Ära* - Ära des jüngsten Jahres (v. Chr. / n. Chr.)

Bild Zugefügte Bilder.

- *Nummer*
- *Bezeichnung*
- *Datei*

Zusatzattribut Element, um die Erweiterbarkeit zu implementieren.

- *Name*
- *Wert*

Probe

- *Probennummer* - ID der Probe
- *Typ* - Art der Probe
- *Beschreibung*

2.4 Funktionen

Im Folgenden werden die primären identifizierten Funktionen des geplanten Systems aufgelistet (siehe Tabelle 2 und 3). An dieser Stelle wird allerdings noch keine Priorisierung vorgenommen, es sollen vielmehr die Wünsche und Anforderungen der Archäologen in Form von Systemfunktionen aufgelistet werden. Dazu wurden die unterschiedlichen Funktionen der Vorgängerprojekte zusammengefügt und durch neue erweitert.

Funktionen	Beschreibung
3D-Dateien anhängen	Als Grabungsteilnehmer/in möchte ich 3D-Modelle in das System einfügen, damit diese mit den anderen Informationen verknüpft sind
Grabung	Als Grabungsleiter/in möchte ich nachvollziehen können, welche Personen welche Änderungen an der Dokumentation vorgenommen haben, damit ich einen Kontakt bei Unklarheiten und Nachfragen habe
Änderungshistorie	Als Grabungsleiter/in möchte ich die Arbeitszeiten für alle Teilnehmenden dokumentieren
Arbeitszeit erfassen	Als Grabungsleiter/in möchte ich die Arbeitszeiten für alle Teilnehmenden dokumentieren
Audio Dateien anhängen	Als Grabungsteilnehmer/in möchte ich Audiodateien in das System einfügen, damit diese mit den anderen Informationen verknüpft sind
Authentifikation	Als Projektleiter/in möchte ich, dass nur befugte Personen Zugriff auf die Grabungsdaten haben, damit die Daten sicher sind
Auto GPS-Daten	Als Grabungsteilnehmer/in möchte ich, dass meine GPS Daten automatisch in das System eingetragen werden, damit die Informationen räumlich zugeordnet werden können
Bilder anhängen	Als Grabungsteilnehmer/in möchte ich Bilder und Skizzen von den angelegten Objekten diesen zuordnen, damit die visuelle mit der textuellen Repräsentation, mit der verbunden ist
Darstellung stratigraphischer Verhältnisse	Als Grabungsleiter/in möchte ich, die stratigraphischen Verhältnisse von Befunden visualisieren, damit ich mir einen Überblick über diese verschaffen kann
Datenexport	Als Grabungsleiter/in möchte ich die Daten aus dem System in geeignete Formate exportieren, damit ich sie für andere Systeme und Zwecke weiterverwenden kann
Erweiterbarkeit	Als Grabungsleiter/in möchte ich die Formulare mit weiteren Attributen erweitern, damit ich auf neue Zustände eingehen kann
Formulare validieren	Als Grabungsteilnehmer/in möchte ich bemerken, wenn ich vergessen habe ein Feld in einem Formular auszufüllen, damit ich ohne selber alle Dokumente zu überprüfen, eine lückenlose Dokumentation produzieren kann
Geometrische Datenobjekte	Als Grabungsteilnehmer/in möchte ich, geometrische Objekte erstellen, um die Grabung auf einer zweidimensionalen Weise zu dokumentieren

Tabelle 2: Funktionen

Grabung verwalten	Als Grabungsleiter/in möchte ich, mehrere Grabungen separat abspeichern, damit die Informationen zu diesen getrennt und nachvollziehbar sind
Grabungstage- buch	Als Schnittleiter/in möchte ich alle Arbeiten, die an meinem Schnitt vorgenommen täglich festhalten, damit diese nachvollziehbar bleiben
Kartenfunktio- nen	Als Grabungsteilnehmer/in möchte ich, die Grabung auf einer Karte sehen, um sie in einem räumlichen Kontext eingeordnet zu betrachten
Manuelle GPS-Daten	Als Grabungsteilnehmer/in möchte ich GPS Daten in das System eintragen, damit die Informationen räumlich zugeordnet werden können
Messpunkt erfassen	Als Grabungsteilnehmer/in möchte ich Messpunkte in das digitale Feldbuch eintragen, damit alle Daten einen räumlichen Bezug haben
Mobile Endgeräte	Als Grabungsteilnehmer/in möchte ich mobile Endgeräte zur Dokumentation verwenden, damit ich diese bequem vor Ort eintragen kann
Munsell Farbkodierung	Als Grabungsteilnehmer/in möchte ich die Farbgebung von Objekten mit der Munsell Soil Color Chart bestimmen und dokumentieren, damit die Farbe unabhängig von Lichtverhältnissen oder Darstellungseinstellungen festgehalten wird
Notizen/ Annotationen	Als Grabungsteilnehmer/in möchte ich, Notizen oder Anmerkungen zu Objekten der Grabung machen, die nicht zur Dokumentation gehören, damit ich auch lose Gedanken festhalten kann
Objekt duplizieren	Als Grabungsteilnehmer/in möchte ich gespeicherte Objekte duplizieren, damit ich zu bereits existierenden Objekten ähnliche Objekte schneller eintragen kann
Offline Frist	Als Grabungsteilnehmer/in möchte ich alle Funktionen des Systems auch ohne Verbindung zu einem Server verwenden können, damit ich immer neue Erkenntnisse dokumentieren kann
Projekt verwalten	Als Grabungsleiter/in möchte ich, mehrere Projekte separat abspeichern, damit die Informationen zu diesen getrennt sind
Schnitt verwalten	Als Schnittleiter/in möchte ich, Informationen und zugehörige Objekte zu meinem Schnitt dokumentieren, damit diese für die spätere Auswertung verwendet werden können
Synchronisation	Als Grabungsteilnehmer/in möchte ich, dass die Daten auf meinem Endgerät mit denen auf anderen Geräten identisch sind, damit sie gesichert sind und keine redundanten Daten entstehen
Tachymeterda- ten importieren	Als Grabungstechniker/in möchte ich, die mit dem Tachymeter eingemessenen Punkte mit den Informationen im System verknüpfen, damit der räumliche Kontext definiert ist
Text-Datei anhängen	Als Grabungsteilnehmer/in möchte ich separate Textdateien in das System einfügen, damit diese mit den anderen Informationen verknüpft sind
Video-Dateien anhängen	Als Grabungsteilnehmer/in möchte ich Videodateien in das System einfügen, damit diese mit den anderen Informationen verknüpft sind

Tabelle 3: Funktionen

2.5 Stakeholder

Folgend werden die einzelnen relevanten Stakeholder für das Projekt festgehalten. Dabei wird in die primären Stakeholder (siehe Tabelle 4 und 5) und die sekundären Stakeholder (siehe Tabelle 6 und 7) unterteilt. Hierbei wurden die Informationen aus dem Vorgängerprojekt *Guided Project - 3D Prozessleitfaden und Digitales Feldbuch* (Richter u. a. (2019)) genutzt und stellenweise ergänzt.

Nr.	Primärer Stakeholder	Beschreibung	Benutzergruppe	Beziehung zum System	Objektbereich	Erfordernis/Erwartung
1	Schnittleitende	Schnittleitende sind Grabungsteilnehmende, welche die Verantwortung für einen Schnitt übernehmen. Die Schnittleitung führt zusätzlich zu der normalen Dokumentation ein Grabungstagebuch. In dem Grabungstagebuch werden jeden Tag Informationen festgehalten, die den Schnitt und den Fortschritt dessen beschreiben	Einzelperson	Interesse/ Anrecht	System/ Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> • Durchführung der Grabungsarbeiten • Verantwortung für einen Schnitt • Dokumentation von Funden, Befunden und Proben
2	Grabungsleitende	Die Grabungsleitung wird von einer oder mehreren Personen übernommen. Ihr obliegt die Verantwortung für den Ablauf der Grabung. So werden von den Grabungsleitenden alle Arbeiten koordiniert	Einzelperson	Interesse/ Anrecht	System/ Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> • Koordination der Grabungsarbeiten • Verpflegung von Beteiligten • Unterkunft für Beteiligte sichern Lehrauftrag • Verantwortung für alle Schnitte

Tabelle 4: Primäre Stakeholder

Nr.	Primärer Stakeholder	Beschreibung	Benutzergruppe	Beziehung zum System	Objektbereich	Erfordernis/Erwartung
3	Grabungsteilnehmende	Grabungsteilnehmende sind alle Personen, die sich während einer archäologischen Grabung am Grabungsort befinden und an der Arbeit beteiligt sind.	Einzelperson	Interesse/-Anrecht	System/-Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> • Durchführung der Grabungsarbeiten • Dokumentation von Funden, Befunden und Proben
4	Grabungstechniker	Grabungstechniker/-innen übernehmen die technische Leitung einer Grabung. Unter anderem überwachen sie Grabungsdokumentation, -vermessung und alle digitalen Verfahren, z.B. GIS.	Einzelperson	Interesse/-Anrecht	System/-Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> • Tachymeterdaten in Geoinformationssysteme Einspeisen • Geoinformationssysteme verwenden • Drohnenbilder erzeugen • SFM durchführen • Dokumentation • Anleitung und Kontrolle der Teilnehmenden

Tabelle 5: Primäre Stakeholder

Nr.	Sekundärer Stakeholder	Beschreibung	Benutzergruppe	Beziehung zum System	Objektbereich	Erfordernis/Erwartung
1	Projektleitende	Für die Projektleitung verantwortliche Person, die unter anderem die strategische Zielsetzung festlegt.	Einzelperson	Interesse	System/-Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung • Lehrauftrag
2	Auswertende	Die bei der Grabung entstandene Dokumentation wird später verwendet, um Rückschlüsse zu dem Grabungsort zu schließen. Dazu werden die Funde, Befunde und Proben von verschiedenen Spezialisten ausgewertet. Zu den Spezialgebieten zählen zum Beispiel die Archäologie oder Geologie	Einzelperson	Interesse	System/-Merkmale	<ul style="list-style-type: none"> • Auswertung der Dokumentation • Belegbare Aussagen zum Grabungsgegenstand generieren • Arbeiten publizieren
3	Archäologisches Institut Uni Köln	Die Grabung in Xanten wird von Mitarbeitern des archäologischen Instituts der Uni Köln durchgeführt.	Organisation	Interesse	System	<ul style="list-style-type: none"> • Finanzielle Mittel • Organisation Mitarbeiter/innen stellen • Einordnung in die wissenschaftliche Ausbildung

Tabelle 6: Sekundäre Stakeholder

Nr.	Sekundärer Stakeholder	Beschreibung	Benutzergruppe	Beziehung zum System	Objektbereich	Erfordernis/Erwartung
4	Kooperationspartner Archäologischer Park Xanten	Die Ausgrabung findet in der Colonia Ulpia Trajana statt. Das Gelände gehört zu dem archäologischen Park Xanten. Im Rahmen der Lehrgrabung erlaubt dieser den Grabungsteilnehmenden den Zugang zum Gelände. Außerdem wurden durch Mitarbeiter des Parks Führungen an Grabungen des Parks durchgeführt.	Organisation	Interesse	System	<ul style="list-style-type: none"> • Zugang gewährleisten • Strom, Wasser, Geräte, Container und sanitäre Anlagen bereitstellen • Lagerung von Funden/Proben • Unterstützung der Grabung durch Mitarbeiter
5	Kooperationspartner Technische Hochschule Köln	Die TH Köln kooperiert im Kontext der Lehrgrabung in Xanten mit dem archäologischen Institut. Im Rahmen der Kooperation unterstützen die Studierenden die Ausgrabung technisch. Anwendungsfelder sind dabei die 3D-Dokumentation oder die Digitalisierung von Dokumentationsartefakten.	Organisation	Interesse	System	<ul style="list-style-type: none"> • 3D-Dokumentationsleitfaden • Digitales Feldbuch • Lernen von archäologischen Arbeitsweisen
6	Projektfördernde	Projekte können von verschiedenen Organisationen und Personen finanziell gefördert werden. Im Fall der CUT ist dies zum Beispiel die Fritz-Thyssen-Stiftung.	Einzelperson	Interesse	System	<ul style="list-style-type: none"> • Finanzielle Mittel zur Verfügung stellen • Beteiligung an Öffentlichkeitsarbeit

Tabelle 7: Sekundäre Stakeholder

3 Projektspezifische Abwägungen

Im folgenden Kapitel werden die projektspezifischen Grundlagen zur Entwicklung eines Prototyps und zur kommenden Implementierung diskutiert. Hierbei werden zunächst die Anforderungen an das System spezifiziert, woraus verschiedene Datenmodelle resultieren. Anschließend werden verschiedene Technologien für die Umsetzung miteinander verglichen werden. Auf Basis dessen werden die entsprechenden Architekturentscheidungen in Bezug auf die Wahl von Datenbanken, Libraries und Dateiformaten erläutert.

3.1 Anforderungen

Im Rahmen des Projekts Colonia4D (Ngo u. a. (2020a)) wurden bereits Anforderungen für die zu erstellende Applikation aufgestellt. Diese wurden teils angepasst und daher wie folgt definiert:

Basisanforderungen

1. Das System muss die Möglichkeit bieten, ein neues 3D-Modell in die Anwendung einzufügen.
2. Das System muss fähig sein, Informationen über Funde von einem schon existierenden Feldbuch abzufragen.
3. Das System muss fähig sein, angelegte Funde in einem 3D-Modell darzustellen.
4. Das System muss die Möglichkeit bieten, Informationen eines angelegten Fundes abzufragen und anzuzeigen.
5. Das System muss die Möglichkeit bieten, das 3D-Modell der Ausgrabungsstätte zu rotieren.
6. Das System muss die Möglichkeit bieten, angezeigte Funde nach bestimmten Kriterien zu durchsuchen/filtern.
7. Das System sollte die Möglichkeit bieten, einzelne Elemente und Annotationen auszublenden.
8. Das System muss fähig sein, seine Funktionen ortsunabhängig ausführen zu können.
9. Das System soll fähig sein, das 3D-Modell und die zugehörigen Annotationen performant zu verarbeiten.
10. Das System muss fähig sein, vertrauliche Daten sicher zu übermitteln und zu speichern.
11. Die Benutzeroberfläche sollte für den Nutzer selbstbeschreibend sein, sodass die Einarbeitungszeit reduziert wird.
12. Das System muss fähig sein, den Abbildungsmaßstab darzustellen.
13. Das System muss fähig sein, die Koordinatenachsen darzustellen.

Leistungs-/ Begeisterungsfaktoren

14. Das System muss die Möglichkeit bieten, den Fundort der Funde über Positionskoordinaten aus Tachymeterdaten zu referenzieren.
15. Das System sollte die Möglichkeit bieten, mehrere Schnitte einer Ausgrabungsstelle zuzuordnen.
16. Das System muss fähig sein, seine Funktionen auf verschiedenen Betriebssystemen (Windows, Android) auszuführen zu können.
17. Das System muss die Möglichkeit bieten, ohne konstante Internetverbindung Funde und Ausgrabungsstätte einsehen und bearbeiten zu können.
18. Das System muss fähig sein, bei fehlender Verbindung zum Server die Synchronisation zu verschieben.
19. Das System muss fähig sein, das 3D-Modell und die zugehörigen Annotationen in Echtzeit zu verarbeiten.
20. Das System sollte fähig sein, Funde unabhängig von einer Stratigrafische Einheit (SE) darzustellen.

Weiter Anforderungen aus dem Projekt Colonia MeshUp

21. Das System muss die Möglichkeit bieten, den zeitlichen Verlauf der Ausgrabungsstätte in einem 3D-Modell (schichtweise) nachvollziehen zu können.
22. Das System muss die Möglichkeit bieten, alle Funde in einem gewissen Bereich des 3D Modells visuell anzuzeigen.
23. Das System soll die Möglichkeit bieten, Erdschichten verschiedener Zeitepochen farblich zu unterscheiden und hervorzuheben.
24. Das System soll die Möglichkeit bieten, das Volumen eines ausgewählten Bereichs einer SE zu berechnen.
25. Das System sollte die Möglichkeit bieten, den Anleger eines Fundes einzusehen.
26. Das System sollte die Möglichkeit bieten, mehrere Schichten gleichzeitig anzeigen zu lassen.
27. Das System muss fähig sein, Nutzergruppen zu unterscheiden und Ihnen unterschiedliche Möglichkeiten zu bieten.
28. Das System sollte dem Nutzer die Möglichkeit bieten, die Benutzeroberfläche nach seinen Präferenzen zu gestalten.
29. Das System sollte dem Nutzer die Möglichkeit bieten, domänenspezifische Hilfsinformationen abzurufen.
30. Das System sollte bei inkorrektter Eingabe den Nutzer darauf hinzuweisen, diese zu ändern und ihm in der Lösung unterstützen.
31. Das System soll fähig sein, aus Konturen (shapefiles) manuell SEs modellieren zu können.
32. Das System sollte fähig sein, einzelne SEs ein- und auszublenden.

-
33. Das System sollte fähig sein, beliebige Schnitte durch die 3D-Objekte zu ziehen.
 34. Das System sollte fähig sein, eigene geometrische Objekte zu modellieren/konstruieren und in das Modell einzufügen.
 35. Das System sollte fähig sein, zusätzliche (2D-) Darstellungen des 3D-Modell anzuzeigen.
 36. Das System sollte fähig sein, Horizonte mehrerer Grabungen gleichzeitig darzustellen.
 37. Das System sollte fähig sein, markierte Flächen zu berechnen.
 38. Das System sollte fähig sein, manuelle Strecken im Modell festzulegen und diese zu berechnen.
 39. Das System soll die Möglichkeit bieten, entlang ebener 2D-Konturen (shapefiles) Ausschnitte bilden zu können.
 40. Das System soll die Möglichkeit bieten, GeoTIFFs der aktuellen Ansicht zu erstellen.

3.2 Abwägung der Systemarchitektur

Als Vorbereitung für die kommende Implementierung und die Durchführung eines Proof of Concepts (siehe Kapitel 4.4) wurde die Systemarchitektur geplant. Hierbei wurde abgewägt, welche Datenbanken, Serverhosts und Libraries genutzt werden sollen. Unterteilt wird zudem in die Umsetzungsmöglichkeiten im Frontend und Backend.

3.2.1 Datenbank

Die für das Projekt gewählte Datenbanken sind die dokumentbasierten Datenbanken CouchDB und PouchDB, welche unstrukturierte Daten effizient speichern können. Dies ist nützlich für Anwendungen mit variierenden Datenstrukturen und -formaten, da sie Daten flexibel speichern und abrufen können. Zudem können Daten zwischen verschiedenen Datenbankinstanzen synchronisiert werden, unabhängig davon, wo sie sich befinden. Das ist im gegebenen Kontext nützlich, da Benutzer so offline oder in unterschiedlichem Netzwerken arbeiten können. Zudem besteht durch CouchDB und PouchDB eine native JavaScript-Unterstützung, die Nutzung für Webanwendungen möglich ist. Darüber hinaus bieten sie eine RESTful Schnittstelle, welche die Interaktion mit der Datenbank erleichtert. Weiterführend skalieren die Datenbanken gut mit großen Dateien, auch im mobilen Kontext, wodurch die Verteilung auf mehreren Endgeräten vereinfacht wird. Dadurch, dass es sich bei CouchDB und PouchDB um Open-Source Datenbanken handelt, besteht eine Vielzahl an Ressourcen, Dokumentationen und Unterstützungen, wodurch die Arbeit mit den Datenbanken erleichtert wird.

Im gegebenen Kontext stellen CouchDB und PouchDB im Vergleich zu anderen Datenbanken wie MySQL aufgrund mehrerer Eigenschaften die geeignete Wahl dar. CouchDB und PouchDB sind dokumentenbasierte Datenbanken, die sich besonders für Anwendungen

eignen, bei denen die Datenstruktur flexibel ist oder häufig geändert wird. MySQL erfordert eine festgelegte Schema-Definition für Daten, wohingegen CouchDB und PouchDB dokumentenbasierte Datenbanken darstellen, die sich besonders für flexible Datenstrukturen eignen. Zudem sind keine komplexen Abhängigkeiten in den gegebenen Daten vorhanden, weswegen MySQL ungeeignet für die Nutzung wäre.

3.2.2 Serverhost

In Hinblick auf die spätere Lauffähigkeit der Anwendungen in einem realen Kontext wurden Abwägungen bezüglich des Serverhosts getroffen. Hierbei wurde sich zunächst für ein lokales Hosten entschieden. Im weiteren Verlauf des Projektes besteht die Möglichkeit ein Hosten über Server des Netzwerks der TH Köln durchzuführen. Da dies jedoch für den Umfang des Projektes bei jetzigem Stand nicht relevant ist, wurden diesbezüglich keine weiteren Architekturentscheidungen getroffen.

3.2.3 Backend

Node.js ist eine serverseitige Plattform, welche auf JavaScript basiert und in modernen Webentwicklungen eingesetzt werden kann. Durch die hohe Skalierbarkeit und die Fähigkeit zur Verarbeitung asynchroner I/O-Operationen können große Datenmengen effizient und schnell verarbeitet werden. Dadurch können Anwendungen entwickelt werden, welche auf viele gleichzeitige Verbindungen angewiesen sind. Da im gegebenen Kontext bspw. große Mengen von 3D-Daten verarbeitet werden müssen, ist node.js somit eine gute Wahl. Durch die große Auswahl an Bibliotheken, Modulen und Frameworks können für die verschiedenen notwendigen Anwendungsbereiche des Systems die richtigen Komponenten gefunden werden.

Im Gegensatz zu anderen serverseitigen Plattformen wie Python's Django oder Java's Spring Framework, bietet Node.js eine größere Flexibilität und Skalierbarkeit bei der Entwicklung von verteilten Systemen. Node.js ist zudem besonders gut geeignet für die Entwicklung von Echtzeit-Anwendungen, was einen großen Nutzen für das zu konzipierende System darstellt.

3.2.4 Frontend

Vue.js ist ein leistungsstarkes und simples Framework für die Entwicklung von Webanwendungen. Es wurde für die Systemarchitektur gewählt, da es eine einfache und intuitive API bietet und Anwendungen in kleine, wiederverwendbare Komponenten unterteilt werden können. Dadurch wird die Wartbarkeit und Wiederverwendbarkeit der Anwendung erleichtert. Ein weiterer Vorteil von Vue.js ist das einfache Datenanbindungssystem, mit dem Daten in Echtzeit in der Benutzeroberfläche angezeigt werden können. Vue verwendet ein

Reaktionssystem, das automatisch Datenänderungen erkennt und die Benutzeroberfläche aktualisiert. Dies ist ideal für die Verarbeitung und Reaktion auf Benutzerinteraktionen. Vue.js kann weiterführend mit Cordova integriert werden. Dadurch wird die Entwicklung nativer Apps für mobile Endgeräte ermöglicht, wodurch die Nutzung des Feldbuchs auf verschiedenen Geräten ermöglicht wird. Über den Package-Manager können Vue.js und three.js zudem als Abhängigkeiten eingebunden werden. Durch die Einbindung von three.js als Vue-Komponenten-Typ kann eine 3D-Umgebung erzeugt werden, in die 3D-Objekte eingefügt werden können. Ereignisse und Datenanbindungen können in Vue.js verarbeitet werden, um die 3D-Objekte in der Szene zu steuern. Vue.js bietet insgesamt eine gute Möglichkeit, komplexe Webanwendungen zu entwickeln, die 3D-Elemente beinhalten können. Da Vue.js zudem leichter zu erlernen ist als Applikationen wie Angular oder React, sowie eine bessere Leistung bei Rendervorgängen und eine höhere Schnelligkeit hervorbringen kann als die genannten anderen Applikationen, stellt Vue.js eine gute Wahl für die Systemarchitektur dar.

3.2.5 Libraries

Three.js ist eine Javascript-basierte Bibliothek für 3D-Visualisierungen, welche für die Systemarchitektur ausgewählt wurde. Es stellt eine einfache und effektive Möglichkeit dar, dreidimensionale Modelle und Animationen darzustellen. Aufgrund der Fähigkeit zur Darstellung komplexer Modelle und zum Laden vieler Geometrien und Texturen wurde three.js für die Systemarchitektur gewählt. Durch die Verwendung des integrierten OBJLoaders ist es möglich, Modelle zu importieren und sie in der Anwendung zu nutzen. Weiterführend kann ein Mesh automatisch aus Point Clouds generiert werden, was die Erstellung von 3D-Modellen erleichtert. Hierbei wird das Material des Meshes separat erstellt und erlaubt die Verknüpfung mit integrierten Funktionen. Materialien bestimmen die Zugehörigkeit zu einer Gruppe, welche durch Funktionen verändert werden kann. Dies bietet eine hohe Flexibilität für die Darstellung von 3D-Modellen. Darüber hinaus zeichnet sich three.js durch eine gute Online-Dokumentation aus. Dadurch ist die Einarbeitung in die Bibliothek und das Verstehen der verfügbaren Funktionen einfach. Zudem ist three.js für die Darstellung über WebGL optimiert, was eine schnelle und effiziente Darstellung von 3D-Modellen ermöglicht. Insgesamt bietet three.js eine sehr gute Möglichkeit, 3D-Visualisierungen zu erstellen und komplexe Modelle in einer Anwendung darzustellen. Durch die Möglichkeit Modelle in verschiedenen Dateiformaten zu importieren, Materialien zu verknüpfen und durch die verständliche Dokumentation stellt three.js eine optimale Wahl für die Systemarchitektur dar. Da es sich bei three.js zudem um eine Open Source Library handelt, stellt sie eine bessere Wahl dar wie andere Libraries wie ArcGIS. Diese wurde zwar speziell für den Bereich der Archäologie entwickelt, jedoch ist nur eine limitierte kostenfreie Nutzung möglich.

3.3 UML-Diagramme

Nach Abwägung der Systemarchitektur wurden die einzelnen Komponenten in einem UML-Diagramm aufgenommen. Darin sind die Zusammenhänge zwischen dem Nutzer, dem System auf dem User Device und der Datenhaltung dargestellt. Weitere Datenmodelle, welche die Zusammenhänge und Eigenschaften der einzelnen Komponenten im System darstellen, sind im Anhang zu finden.

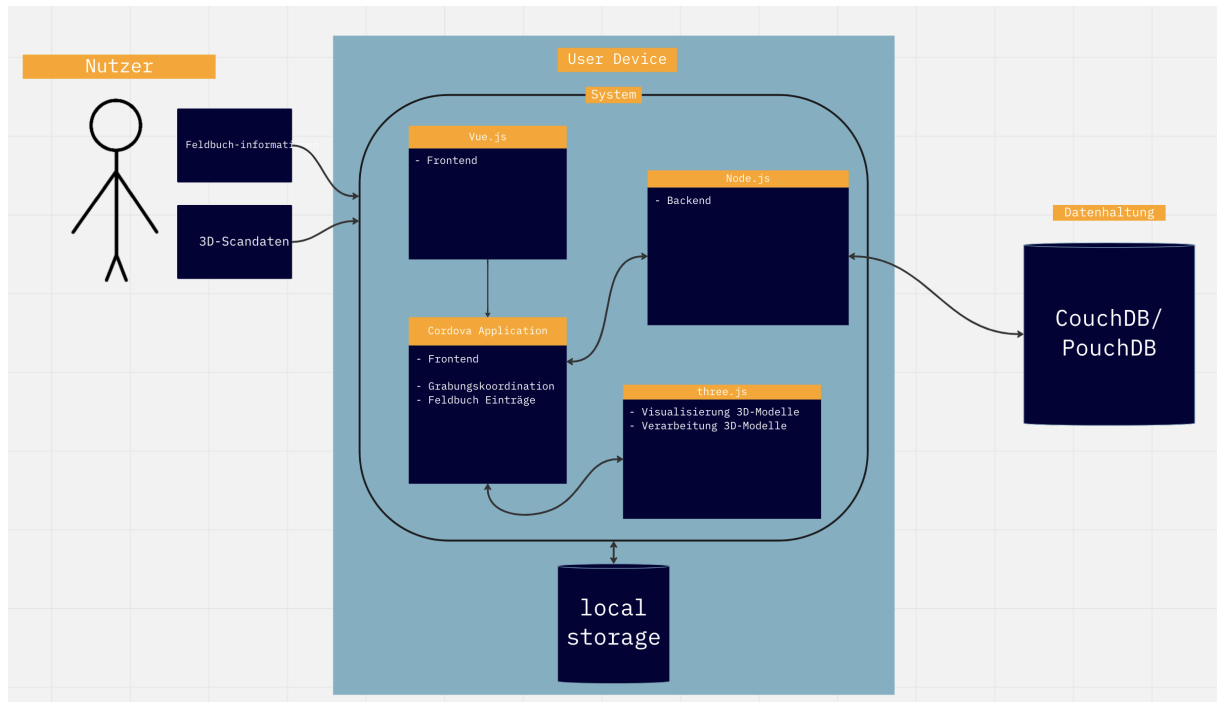


Abbildung 1: UML-Diagramm

4 Prototyping

Im folgenden Kapitel wird der Umfang des konzipierten und im Projekt II zu entwickelnden Systems dargelegt. Weiterführend werden die bisher gewonnenen Erkenntnisse in Form von Use Cases, eines Figma Prototypen und in einem Proof of Concept umgesetzt.

4.1 Umfang

Das digitale 3D-Feldbuch stellt ein komplexes und umfangreiches Projekt dar, welches eine Vielzahl von Funktionalitäten erfordert, um den Anforderungen der Domäne gerecht zu werden. Der zu erwartende Prototyp umfasst die Implementierung der erarbeiteten Anforderungen und erfordert die Integration von verschiedenen Modulen, um eine nahtlose Interaktion zu ermöglichen. Der Import und die interaktive Darstellung von archäologischen 3D-Modellen ist eine Kernfunktionalität des Prototyps. Hierfür müssen 3D-Modelle aus Laserscannern und SfM importiert und innerhalb der Anwendung dargestellt werden. Zusätzlich müssen die Nutzer die Möglichkeit haben, Punkte und Objekte innerhalb der 3D-Szene zu markieren und zu messen, um eine detaillierte Analyse der archäologischen Funde zu ermöglichen. Darüber hinaus müssen Annotationen an 3D-Punkten und Objekten eingefügt werden, um eine schnelle Identifizierung der archäologischen Funde zu ermöglichen. Ein weiteres essentielles Merkmal des Prototyps ist die Verknüpfung der Informationen mit dem textbasierten digitalen Feldbuch, um eine umfassende Analyse der Funde zu ermöglichen. Hierbei müssen die Benutzer die Möglichkeit besitzen, Objekte nach Zeitpunkt und Eigenschaften zu filtern, um eine schnelle und effektive Analyse der Funde zu gewährleisten. Darüber hinaus müssen geometrische Operationen mit den 3D-Modellen wie die Kombination mehrerer Modelle oder Segmentierung möglich sein, um eine detaillierte Analyse der Funde durchzuführen. Um die Anwendung benutzerfreundlicher zu gestalten, müssen dynamisch erzeugte synthetische 2D- und 3D-Objekte eingefügt werden. Dies ermöglicht es den Benutzern, ihre eigenen Modelle innerhalb der Anwendung zu erstellen und diese in die 3D-Szene zu integrieren. Die Priorisierung der Implementierungsschritte wird im Dialog mit den Archäologen festgelegt, um sicherzustellen, dass die Anwendung den Anforderungen in der Praxis gerecht wird. Um seine Effektivität zu überprüfen, wird eine Erprobung des Prototyps im Rahmen einer Lehrgrabung im archäologischen Park Xanten durchgeführt, sofern möglich. Zusätzlich müssen ggf. weitere Anforderungen in der Praxis generiert werden, um sicherzustellen, dass der Prototyp alle erforderlichen Funktionalitäten bietet, um den Ansprüchen der Ausgrabungspraxis gerecht zu werden.

4.2 Use Cases

Für die Erstellung eines Prototypen und die daran anknüpfende Durchführung des Proof of Concept wurden zunächst verschiedene Use cases definiert. Diese umfassen die Hauptfunktionen des Systems und sollen dazu dienen, die wichtigsten Aspekte prototypisch umsetzen zu können.

Score and Level	Primary Task
Anforderungs-Nr.	5, 22
Precondition	Der Nutzer befindet sich in der 3D-Ansicht und hat die Modelle ausgewählt, mit denen er interagieren möchte.
Success End Condition	Das System präsentiert das gewünschte Teilsegment des 3D-Modells.
Failed End Condition	Die Manipulation des Modells durch den Nutzer konnte nicht umgesetzt werden.
Primary Actor	Nutzer (Archäologe)
Trigger	Der Nutzer möchte Nachforschungen nach dem Abschluss der Ausgrabung tätigen.
Description	<ol style="list-style-type: none">1. Der Nutzer wählt das Segmentierungs-Tool aus.2. Das System erstellt eine Fläche im 3D-Modell, welche dieses horizontal in der Mitte schneidet.3. Der Nutzer wählt die Fläche mit einem Klick aus und hält die Taste gedrückt.4. Der Nutzer führt die Fläche mit der Maus durch das Modell.5. Das System präsentiert, in Abhängigkeit der Position der Fläche, den sichtbaren Teil des Modells.

Tabelle 8: Segmentierung des 3D-Modells

Score and Level	Primary Task
Anforderungs-Nr.	31
Precondition	Der Nutzer befindet sich in der 3D-Ansicht und hat die Modelle ausgewählt, mit denen er interagieren möchte.
Success End Condition	Das System präsentiert das gewünschte Teilsegment des 3D-Modells.
Failed End Condition	Die Manipulation des Modells durch den Nutzer konnte nicht umgesetzt werden.
Primary Actor	Nutzer (Archäologe)
Trigger	Der Nutzer möchte Nachforschungen nach dem Abschluss der Ausgrabung tätigen.
Description	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der Nutzer wählt das Extraktions-Tool aus. 2. Das System präsentiert dem Nutzer die geladenen Shapefiles. 3. Der Nutzer wählt eine der 6 Seiten des Kubus mit einem Klick aus und hält die Taste gedrückt. 4. Der Nutzer bewegt die ausgewählte Seite, entsprechend der Normalen, horizontal/vertikal. 5. Das System präsentiert, in Abhängigkeit der Position des Kubus, den sichtbaren Teil des Modells.

Tabelle 9: Extraktion eines Teilsegments des 3D-Modells

Score and Level	Primary Task
Anforderungs-Nr.	5, 22, 30
Precondition	Der Nutzer befindet sich in der 3D-Ansicht und hat die Modelle ausgewählt, mit denen er interagieren möchte.
Success End Condition	Die ausgewählten Shapefiles werden korrekt im Modell dargestellt.
Failed End Condition	Die ausgewählten Shapefiles werden nicht korrekt im Modell dargestellt.
Primary Actor	Nutzer (Archäologe)
Trigger	Der Nutzer möchte Nachforschungen nach dem Abschluss der Ausgrabung tätigen.
Description	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der Nutzer wählt das Shapefile-Tool aus. 2. Das System präsentiert dem Nutzer die geladenen Shapefiles. 3. Der Nutzer wählt die Shapefiles aus, welche im Modell markiert werden sollen. 4. Das System präsentiert ein neues 3D-Modell, in dem die Bereiche der ausgewählten Shapefiles farblich markiert sind.

Tabelle 10: Markieren von Shapefiles im 3D-Modell

Score and Level	Primary Task
Anforderungs-Nr.	40
Precondition	Der Nutzer befindet sich in der 3D-Ansicht und hat die Modelle ausgewählt, mit denen er interagieren möchte.
Success End Condition	Das GeoTIFF konnte erfolgreich erstellt werden.
Failed End Condition	Das GeoTIFF konnte nicht erfolgreich erstellt werden.
Primary Actor	Nutzer (Archäologe)
Trigger	Der Nutzer möchte Nachforschungen nach dem Abschluss der Ausgrabung tätigen.
Description	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der Nutzer wählt das GeoTIFF-Tool aus. 2. Das System präsentiert eine Auswahl von Auflösungen, in welchen ein GeoTIFF erstellt werden kann. 3. Der Nutzer wählt eine Auflösung aus. 4. Das System erstellt eine GeoTIFF auf Basis des aktuellen Views.

Tabelle 11: Erstellen eines GeoTIFFs des aktuellen views

Score and Level	Primary Task
Anforderungs-Nr.	36, 37
Precondition	Der Nutzer befindet sich in der 3D-Ansicht und hat die Modelle ausgewählt, mit denen er interagieren möchte.
Success End Condition	Das Volumen konnte korrekt bestimmt werden.
Failed End Condition	Das Volumen konnte nicht korrekt bestimmt werden.
Primary Actor	Nutzer (Archäologe)
Trigger	Der Nutzer möchte Nachforschungen nach dem Abschluss der Ausgrabung tätigen.
Description	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der Nutzer wählt das Abmessungs-Tool aus. 2. Das System präsentiert eine Liste der aktuellen Schichten. 3. Der Nutzer wählt zwei Schichten aus. 4. Das System präsentiert das berechnete Volumen zwischen beiden Schichten.

Tabelle 12: Berechnung des Volumens zwischen zwei Schichten

Score and Level	Primary Task
Anforderungs-Nr.	5
Precondition	Der Nutzer befindet sich in der 3D-Ansicht und hat die Modelle ausgewählt, mit denen er interagieren möchte.
Success End Condition	Das Modell wurde, entsprechend der Einwirkung des Nutzers, rotiert oder skaliert.
Failed End Condition	Das Modell kann nicht bewegt werden.
Primary Actor	Nutzer (Archäologe)
Trigger	Der Nutzer möchte Nachforschungen nach dem Abschluss der Ausgrabung tätigen.
Description	<u>1. Rotieren:</u> <u>1.1</u> Der Nutzer klickt auf eine Stelle des 3D Modells und hält die Taste gedrückt. <u>1.2</u> Der Nutzer bewegt das Eingabemedium nach rechts oder links. <u>1.3</u> Das System dreht das 3D Modell entsprechend der Bewegungsrichtung. <u>1.4</u> Das System zeigt das gedrehte 3D Modell an. <u>2. Skalieren:</u> <u>2.1</u> Der Nutzer klickt auf eine Stelle des 3D Modells. <u>2.2</u> Das System zoomt in das 3D Modell hinein. <u>2.3</u> Das System zeigt das vergrößerte 3D Modell an.

Tabelle 13: Manipulieren der Ansicht eines 3D-Modells

Score and Level	Primary Task
Anforderungs-Nr.	1, 2, 4
Precondition	Der Nutzer befindet sich in der Feldbuch-Ansicht und es ist mindestens ein Schnitt-Eintrag vorhanden.
Success End Condition	Ein Fund-Eintrag wurde erstellt.
Failed End Condition	Der Fund-Eintrag konnte nicht erstellt werden.
Primary Actor	Nutzer (Archäologe)
Trigger	Der Nutzer möchte seine Untersuchungen dokumentieren.
Description	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der Nutzer klick auf den Button "Neuer Fund". 2. Das System erstellt einen neuen Fund-Eintrag und präsentiert die Möglichkeit der Angabe zusätzlicher Parameter, die einen Fund beschrieben. 3. Der Nutzer tätigt Angaben zum Fund. 4. Der Nutzer bestätigt die Angaben.
Extensions	<u>4.a</u> Das System weist den Nutzer darauf hin, Angaben bei Pflichtfeldern zu tätigen.

Tabelle 14: Fund erstellen

Score and Level	Primary Task
Anforderungs-Nr.	1, 2, 4
Precondition	Der Nutzer befindet sich in der Feldbuch-Ansicht und es ist mindestens ein Schnitt-Eintrag vorhanden.
Success End Condition	Ein Befund-Eintrag wurde erstellt.
Failed End Condition	Der Befund-Eintrag konnte nicht erstellt werden.
Primary Actor	Nutzer (Archäologe)
Trigger	Der Nutzer möchte seine Untersuchungen dokumentieren.
Description	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der Nutzer klick auf den Button "Neuer Befund". 2. Das System erstellt einen neuen Befund-Eintrag und präsentiert die Möglichkeit der Angabe zusätzlicher Parameter, die einen Befund beschrieben. 3. Der Nutzer tätigt Angaben zum Befund. 4. Der Nutzer bestätigt die Angaben.
Extensions	<u>4.a</u> Das System weist den Nutzer darauf hin, Angaben bei Pflichtfeldern zu tätigen.

Tabelle 15: Befund erstellen

Score and Level	Primary Task
Anforderungs-Nr.	1, 2, 4
Precondition	Der Nutzer befindet sich in der Feldbuch-Ansicht.
Success End Condition	Ein Schnitt-Eintrag wurde erstellt.
Failed End Condition	Der Schnitt-Eintrag konnte nicht erstellt werden.
Primary Actor	Nutzer (Archäologe)
Trigger	Der Nutzer möchte seine Untersuchungen dokumentieren.
Description	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der Nutzer klick auf den Button "Neuer Schnitt". 2. Das System erstellt einen neuen Schnitt-Eintrag und präsentiert die Möglichkeit der Angabe zusätzlicher Parameter, die einen Schnitt beschrieben. 3. Der Nutzer tätigt Angaben zum Schnitt. 3. Der Nutzer bestätigt die Angaben.
Extensions	4.a Das System weist den Nutzer darauf hin, Angaben bei Pflichtfeldern zu tätigen.

Tabelle 16: Schnitt erstellen

Score and Level	Primary Task
Anforderungs-Nr.	1, 2, 4
Precondition	Der Nutzer befindet sich in der Feldbuch-Ansicht und es ist mindestens ein Fund-Eintrag vorhanden.
Success End Condition	Ein Probe-Eintrag wurde erstellt.
Failed End Condition	Der Probe-Eintrag konnte nicht erstellt werden.
Primary Actor	Nutzer (Archäologe)
Trigger	Der Nutzer möchte seine Untersuchungen dokumentieren.
Description	<ol style="list-style-type: none"> 1. Der Nutzer klick auf den Button "Neue Probe". 2. Das System erstellt einen neuen Probe-Eintrag und präsentiert die Möglichkeit der Angabe zusätzlicher Parameter, die eine Probe beschrieben. 3. Der Nutzer tätigt Angaben zur Probe. 4. Der Nutzer bestätigt die Angaben.
Extensions	4.a Das System weist den Nutzer darauf hin, Angaben bei Pflichtfeldern zu tätigen.

Tabelle 17: Probe erstellen

Score and Level	Primary Task
Anforderungs-Nr.	1, 2, 4
Precondition	Der Nutzer befindet sich in der Feldbuch-Ansicht.
Success End Condition	Informationen zu Grabungen wurden im System hinterlegt.
Failed End Condition	Informationen zu Grabungen konnten im System nicht hinterlegt werden.
Primary Actor	Nutzer (Archäologe)
Trigger	Der Nutzer möchte seine Untersuchungen dokumentieren.
Description	1. Der Nutzer tätigt Angaben zur Ausgrabung. 2. Der Nutzer bestätigt die Angaben.

Tabelle 18: Informationen über Grabung

4.3 Figma-Prototyp

In Vorarbeit wurden die bestehenden Ergebnisse aus den vorherigen Projekten gesichtet. Der Fokus lag für die Gestaltung des Prototyps hierbei auf der Verwendung der Ergebnisse der Masterarbeit von Lukas Büscher mit dem Titel „Konzeption, Implementierung und Evaluation eines Softwaresystems zur Dokumentation von archäologischen Grabungen“ aus dem Jahr 2020 (Büscher (2020)). Zu übernehmen galten die einzelnen Funktionen und Entitäten mit ihren jeweiligen Eigenschaften, sowie bestehende Designs und Farbschemas. Für die Arbeit am Prototyp wurden verschiedene Designvorlagen aus der Masterarbeit übernommen und als Vorlage verwendet. Im Zuge dessen wurde zudem geplant, welche Screens verwirklicht werden sollten. Als Ausgangspunkt galt zunächst der Screen, welcher die Übersicht der Funde darstellt. Um die Arbeit an den weiteren Screens zu erleichtern, wurden einzelne Designelemente gruppiert.

Um das Design der Screens in der Masterarbeit an die gewählte Darstellung am Tablet anzupassen, wurde eine scrollbare Darstellung gewählt, durch die alle notwendigen Informationen auf einem Screen sichtbar bleiben. Fehlende Informationen, welche im bisherigen Design nicht vorhanden waren, wurden entsprechen Abgleich des jeweiligen Datenmodells ergänzt.

In Anpassung an den bereits bestehenden Screen mit der Fundübersicht (siehe Abbildung 2) und der Erstellung eines neuen Fundes (siehe Abbildung 3) wurden Übersicht Screens für Befunde, Schnitte, Informationen und Proben erstellt. Zudem wurden im gleichen Design wie für den Fund Screens für die Erstellung neuer Befunde, Schnitte, Informationen und Proben erstellt. Für die einzelnen Screens wurden dabei die jeweiligen Daten aus den entsprechenden Datenmodellen übernommen. Die einzelnen Übersichten sind zudem ausklappbar gestaltet, sodass die jeweiligen Informationen zu Schnitten, Funden und Befunden dargestellt werden können.

Funde

Info

Schnitte

Befunde

Funde

Proben

Übersicht der Funde

Ausgewählter Schnitt: SE4343 Ändern

Neuer Fund

Funde mit fehlender Schnittzuordnung:

Fundnr. 31	>
Fundnr. 32	>
Fundnr. 87	>

Fundliste des Schnitts

Fundnr. 21 A	>
Fundnr. 21 B	>
Fundnr. 54	>

Abbildung 2: Übersicht der Funde

←

Neuen Fund erstellen

☰

ALLGEMEINE DATEN
MESSPUNKTE
ABMESSUNGEN
INTERPRETATION
KALENDERDATEN
SPEICHERN
ABBRECHEN
OPTIONEN

Fundnummer *

Pflichtfeld

Beschreibung

Erhaltungszustand

Zugehörige Grabung *

Xanten 2019

Zugehöriger Schnitt *

2019 / 12

Zugehöriger Befund *

Streifund

☐ Eingemessen

⚠

Bitte alle Pflichtfelder vor dem Speichern ausfüllen. Bitte Abmessungen (Länge/Breite) anfügen

✖

Abbildung 3: Erstellen eines neuen Fundes

Zum Erstellen eines Befunds kann in der entsprechenden Übersicht eine Befundnummer, eine Beschreibung, die Kurzansprache, Lokalisierung, Interpretation, Befundtyp, zugehörige Schnitte und zugehörige Funde angegeben werden. Neben diesen allgemeinen Daten

können entsprechend typspezifische Daten, Einschlüsse und verbundene Befunde ausgewählt werden.

Zum Erstellen eines Schnitts kann der Schnittname, eine Beschreibung, das Startniveau und das Endniveau angegeben werden.

Zum Erstellen einer Probe können Probennummer, Typ und Beschreibung angegeben werden.

Die Info-Übersicht bietet eine Übersicht über die Grabung. Dabei werden Bezeichnung, Beschreibung, die beauftragte Organisation und Auftraggeber, sowie Ort und Grabungsfokus dargestellt.

Ziel war es des Weiteren, die Möglichkeit zum Anzeigen eines 3D-Modells in das System einzubinden. Da dazu bisher keine Umsetzung vorgegeben war, wurde ein Button zum Anzeigen eines entsprechenden Modells in einer Schnittseite erzeugt. Nach Auswahl eines Schnitts kann dann über den Button das dazu passende 3D-Modell aufgerufen werden (siehe Abbildung 4) und Abbildung 5).

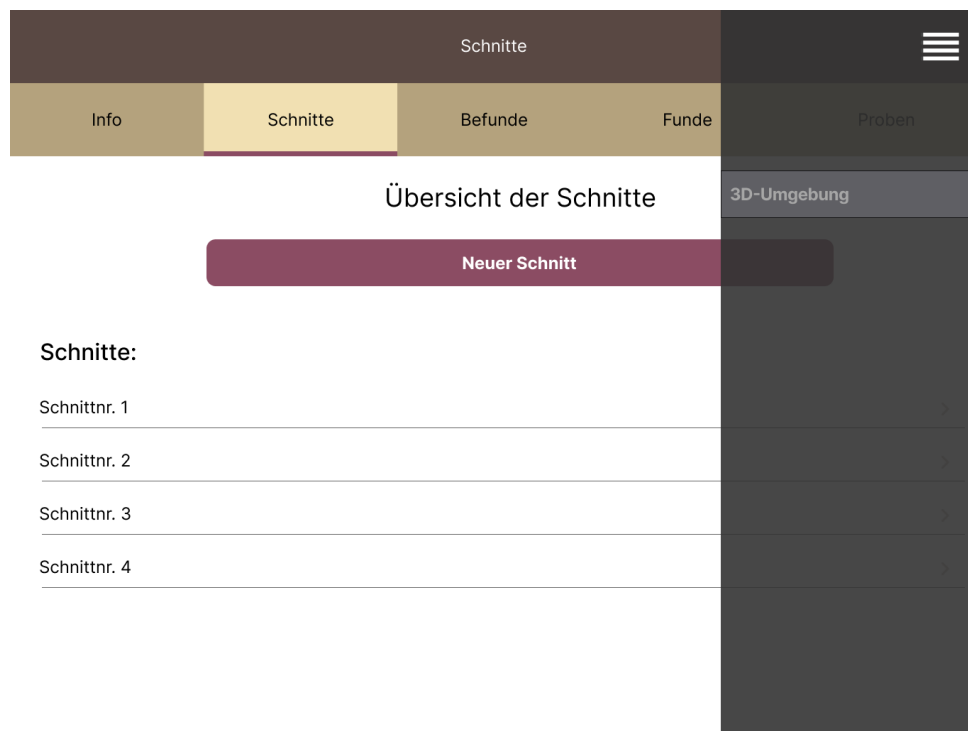


Abbildung 4: Anzeige eines Schnittes und Auswahl der 3D-Ansicht

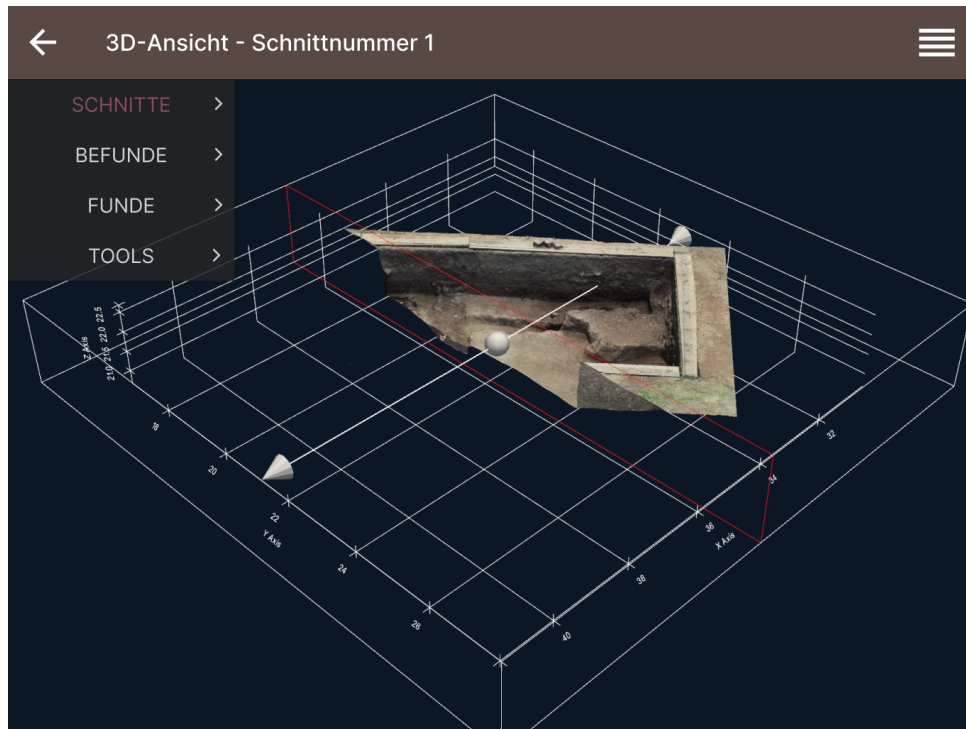


Abbildung 5: 3D-Ansicht eines Schnittes

4.4 Proof of Concept

Um technische Komplikationen bei der Umsetzung des Projekts auszuschließen, wurde ein POC erstellt¹. Weiterhin sollte eine allgemeine Kompatibilität der zu erstellenden Funktionen in der gewählten Umgebung zu gewährleistet werden. Dabei wurden wichtige Komponenten, wie z.B. three.js, vorab im Framework getestet (genauere Abwägungen der Architektur siehe Kapitel 3.2). Vorab konnte so bereits ein Grundgerüst realisiert werden, welches die Einbindung wichtiger Libraries ermöglicht.

¹<https://github.com/TMink/Digiales-3D-Feldbuch-Projekt-1-/tree/main/poc/feldbuch-poc>

5 Fazit und Ausblick

Die Arbeiten im Rahmen von Projekt I für das digitale 3D-Feldbuch brachten ein besseres Verständnis der Materie und des geplanten Systems mit sich. Durch einige Inkonsistenzen zwischen den Vorgängerprojekten war die erste Einarbeitung in das Thema zeitaufwändiger als gedacht. Allerdings boten diese Vorgängerprojekte gute Anhaltspunkte für die Richtung, in die das geplante System entwickelt werden sollte. So konnten die Artefakte nach einer ersten Sichtung miteinander kombiniert werden, wobei Inkonsistenzen beseitigt und weitere neue Artefakte hinzugefügt wurden. Ziel war es, eine möglichst strukturierte Grundlage für die nachfolgende Entwicklungsphase zu schaffen. Der Figma-Prototyp (siehe Kapitel 4.3) verdeutlichte, wie die Einzelkomponenten des Systems miteinander funktionieren können und welche Interaktionen wie strukturiert werden sollten. Mit den neuen Erkenntnissen des Prototypen wurden die vorher erstellten Artefakte erneut überarbeitet und verbessert. Danach konnte die Architektur des Systems genauer geplant werden. Hier musste beispielsweise eine Alternative für die 3D-Umgebung des Feldbuchs gefunden werden, da das ursprüngliche 3D-Projekt in Python entwickelt wurde. Dies war nicht kompatibel mit der geplanten Web-Applikation, weshalb sich für die JavaScript 3D Library `three.js` entschieden wurde. Die geplante Architektur konnte darauf durch die Entwicklung eines ersten Proof-of-Concepts validiert werden (siehe Kapitel 4.4). So sind die Vorarbeiten für das Projekt finalisiert und bieten eine gut strukturierte Grundlage für die nachfolgende Entwicklung.

Mit Ausblick auf Projekt II muss nun eine performante Lösung für die Übertragung der Daten zwischen Endgeräten umgesetzt werden. Beispielsweise müssen 3D-Modelle komprimiert oder reduziert werden, sodass eine verminderte Bandbreite keine Limitierung darstellt. Dies könnte mit den `three.js`-eigenen Funktionen zur Manipulation des *level-of-detail* implementiert werden².

²<https://threejs.org/docs/#api/en/objects/LOD>

Abbildungsverzeichnis

1	UML-Diagramm	24
2	Übersicht der Funde	33
3	Erstellen eines neuen Fundes	33
4	Anzeige eines Schnittes und Auswahl der 3D-Ansicht	34
5	3D-Ansicht eines Schnittes	35

Tabellenverzeichnis

1	Begrifflichkeiten	6
2	Funktionen	13
3	Funktionen	14
4	Primäre Stakeholder	15
5	Primäre Stakeholder	16
6	Sekundäre Stakeholder	17
7	Sekundäre Stakeholder	18
8	Segmentierung des 3D-Modells	26
9	Extraktion eines Teilsegments des 3D-Modells	27
10	Markieren von Shapefiles im 3D-Modell	27
11	Erstellen eines GeoTIFFs des aktuellen views	28
12	Berechnung des Volumens zwischen zwei Schichten	28
13	Manipulieren der Ansicht eines 3D-Modells	29
14	Fund erstellen	30
15	Befund erstellen	30
16	Schnitt erstellen	31
17	Probe erstellen	31
18	Informationen über Grabung	32

Literaturverzeichnis

- [of America 2023] AMERICA, Archaeological I.: *Glossary*. <https://www.archaeological.org/programs/educators/introduction-to-archaeology/glossary/>.
Version: 2023
- [Büscher 2020] BÜSCHER, Lukas: *Konzeption, Implementierung und Evaluation eines Softwaresystems zur Dokumentation von archäologischen Grabungen*. https://ilias.th-koeln.de/goto.php?target=file_2324419_download&client_id=ILIAS_FH_Koeln. Version: 2020
- [Chmelík u. Jurda 2017] CHMELÍK, Jiří ; JURDA, Mikoláš: VEAAR: Virtual Environment for Archaeological Artefacts Restoration. New York, NY, USA : Association for Computing Machinery, 2017 (VRST '17). – ISBN 9781450355483
- [Gaugne u. a. 2013] GAUGNE, Ronan ; BARREAU, Jean-Baptiste ; LE CLOIREC, Gaétan ; GOURANTON, Valérie: Experiencing the past in virtual reality: A virtual reality event for the French National Days of Archaeology. In: *2013 IEEE 4th International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom)*, 2013, S. 75–80
- [Mink 2022] MINK, Tobias: *Digitale Visualisierung archäologischer Funde mit der Harris Matrix*. https://ilias.th-koeln.de/goto.php?target=file_2324897_download&client_id=ILIAS_FH_Koeln. Version: 2022
- [Mink u. Kemper 2022] MINK, Tobias ; KEMPER, Marvin: *Colonia MeshUp*. https://github.com/TMink/PP21-Mink_Kemper. Version: 2022
- [Ngo u. a. 2020a] NGO, Binh ; PAPE, Cathrin ; KRAUSE, Torben ; SCHLÖSSER VILA, Fabio ; ANUSCHEWSKI, Denis: *Projekt I - Vision Konzept Dokumentation*. https://ilias.th-koeln.de/goto.php?target=file_2359085_download&client_id=ILIAS_FH_Koeln. Version: 2020
- [Ngo u. a. 2020b] NGO, Binh ; WIEDMANN, Miriam ; KRAUSE, Torben ; SCHLÖSSER VILA, Fabio ; ANUSCHEWSKI, Denis ; ELLOUMI, Hammadi ; TARIGHEH, Babak S.: *Projekt II - Entwicklung Dokumentation*. https://ilias.th-koeln.de/goto.php?target=file_2359174_download&client_id=ILIAS_FH_Koeln. Version: 2020
- [Psarros u. a. 2022] PSARROS, Doukas ; ELEFThERIOU, Orfeas-Theodoros ; BABATSIKOS, Emmanouil ; KAPOYANNI, Nikoletta-Anna ; KONIOTI, Maria ; CHRONI, Athina ; ATHANASOULIS, Dimitrios ; GIANNOULIS, Dimitrios ; KALAMARAS, Georgios ; ANAGNOSTOPOULOS, Christos N.: ARCHAEOGRAMA: Proposing a multimodal application for the documentation of archaeological excavations in situ. In: *2022 13th International Conference on Information, Intelligence, Systems Applications (IISA)*, 2022, S. 1–8

-
- [Richter u. a. 2019] RICHTER, Jörn ; PAPE, Semiya ; BÜSCHER, Lukas: *3D Prozessleitfaden und Digitales Feldbuch*. https://ilias.th-koeln.de/goto.php?target=file_2359065_download&client_id=ILIAS_FH_Koeln. Version: 2019
- [Ross u. a. 2020] ROSS, Shawn ; CROOK, Penny ; KLUMP, Jens ; BALLSUN-STANTON, Brian ; CASSIDY, Steve ; SOBOTKOVA, Adela: *FAIMS 3.0 Electronic Field Notebooks*. <https://faims.edu.au/>. Version: 2020