

Abschlussbericht zum Förderprogramm 2019 virt:düppel – Digitalisierung von Kulturgut mit Schwerpunkt auf der Schaffung einer Datengrundlage zur Wissensvermittlung mit Virtual- und Augmented Reality

(Stand: Mai 2020)

Inhalt

1.	Allgemeines	3
1.1.	Ausgangssituation und Projektziele.....	3
1.2.	Projektorganisation	4
2.	Projektverlauf und Ergebnisse	5
2.1.	Projektverlauf.....	5
2.2.	Ergebnisse des Projekts aus fachlicher und technischer Sicht	6
2.3.	Gesamtergebnis des Projekts und Einschätzung.....	12
3.	Ausblick	13
4.	Anhang	14

1. Allgemeines

Wissensvermittlung im Bereich der archäologischen Forschung ist aufgrund der oftmals schlechten Erhaltungszuständen menschlicher Hinterlassenschaften eine besonders herausfordernde Aufgabe. Archäologische Befunde, die noch in-situ liegen und dem Besucher präsentiert werden, sind oftmals von fachfremden Publikum nur bedingt begreifbar und wenn dann nur unter Zuhilfenahme von Schautafeln, Audioguides oder erläuternden Texten.

Häufig wird dabei auf Rekonstruktionen in Form von Grafiken beziehungsweise physischen Modellen zurückgegriffen. Vor allem bei der Rekonstruktion von Gebäuden, wo oftmals lediglich der Hausgrundriss erhalten bleibt, ist ein verhältnismäßig großer Interpretationsspielraum zu verzeichnen, der letztendlich bei der praktischen Umsetzung der Rekonstruktion zu Unsicherheiten führt, da manche Aspekte nicht wissenschaftlich belegt werden können beziehungsweise diese nur aus Vergleichsbeispielen kontemporärer Gebäude abgeleitet wurden. Jedoch bleibt das Bild der physischen Rekonstruktion dem Besucher in Erinnerung, nicht jedoch welche Bereiche davon wirklich wissenschaftlich gesichert sind und welche auf Spekulation beruhen.

Hierbei können neue Medien, wie Virtual- und Augmented Reality, einen wertvollen Beitrag zur Wissensvermittlung leisten, da weiterführende Informationen zu den Rekonstruktionsformen und den damit einhergehenden Unsicherheiten dem Betrachter leicht verständlich vermittelt werden können. Jedoch bedarf es entsprechend einer vollständigen, dreidimensionalen Digitalisierung, die als Datengrundlage herangezogen werden kann, um darauf aufbauend weitere Inhalte innerhalb der virtuellen Umgebung einbinden zu können.

1.1. Ausgangssituation und Projektziele

Ausgangssituation

Das Museumsdorf Düppel, an der Stadtgrenze von Zehlendorf gelegen, zeigt ein mittelalterliches Dorf in seiner naturräumlichen Umgebung, wie es vor ca. 800 Jahren ausgesehen haben könnte. Mittelalterliche Häuser wurden anhand von archäologischen Funden und historischen Quellen rekonstruiert, ebenso Handwerke und die Landwirtschaft.

Das Museumsdorf ist heute Bestandteil des Stadtmuseums Berlin. Seit seiner Gründung Mitte der 1970er Jahre spielte ein Fördererkreis (Fördererkreis Museumsdorf Düppel) in der ehrenamtlichen Errichtung und Betreuung eine große Rolle.

Das Gelände von Düppel wurde ab 1967 unter der Leitung des damaligen Stadtarchäologen, Prof. Dr. Adriaan von Müller, archäologisch untersucht. 1990 waren 8 ha Siedlungsfläche dokumentiert. Von 1975 an wurden zahlreiche archäologische Befunde wie Häuser, Palisaden, Brunnen, Öfen und Zäune rekonstruiert.

Da die Rekonstruktionen nur auf Grabungsergebnissen beruhen, gibt es für die oberirdischen Teile der Häuser unterschiedliche Interpretationsmöglichkeiten.

Neben den mittelalterlichen Häusern wurden auch zwei bronzezeitliche rekonstruiert, die heute von Arbeitsgruppen genutzt werden. Diese Arbeitsgruppen des Fördererkreises beschäftigen sich neben der Durchführung von wieder aufbauten mit unterschiedlichen handwerklichen Tätigkeiten.

Düppel kann als eine Art real gebaute virtuelle Welt angesehen werden. Düppel stellt aber auch gleichzeitig ein Zeitzeugnis der experimentellen Archäologie dar. Für die Forschung stellt der Bestand einerseits ein Abbild der Zeitgeschichte im Bereich der Mittelalterforschung dar, da die Rekonstruktionen der Gebäude bereits Mitte der 70er begannen. Durch die stetige Veränderung des Wissenstandes sind kontinuierlich Neuerungen eingeflossen, die aufgrund des Arbeitsaufwandes bislang nicht vollständig in die derzeitige Ausstellung einfließen konnten. Die Digitalisierung des Bestandes stellt somit zugleich auch eine umfangreiche Dokumentation der derzeitigen Situation dar.

Projektziele

Ziele des Projektes „virt:düppel“ ist die 3D-Digitalisierung des derzeitigen Bestands von Bauwerken und ihrer Umgebung des Museumsdorfs Düppel. Die Digitalisierung des Museumsdorfs soll anhand einer Kombination unterschiedlicher 3D-Erfassungstechnologien erfolgen. Zur detaillierten Erfassung der Architektur wird primär die bildbasierte 3D-Modellierung angewandt während die Topographie sowie die räumliche Verteilung der Architektur mittels 3D-Laserscanning erfasst wird. Ergänzend werden von die von der Berliner Senatsverwaltung zur Verfügung gestellten Fernerkundungsdaten entsprechend aufbereitet und ermöglichen die Einbindung des digitalisierten Museumdorfs in den großräumigen landschaftlichen Kontext.

Anhand der durchzuführenden Dokumentation wird die Datengrundlage geschaffen, um darauf aufbauend mithilfe der Verwendung von Technologien wie Virtual- und Augmented Reality, den Besuchern vor Ort weiterführende Informationen zu dem kulturellen Hintergrund zugänglich zu machen. Entsprechend müssen die hochauflösenden 3D-Modelle für die Applikation in virtuellen Echtzeitumgebungen wie Game Engines, aufbereitet werden, da ansonsten die Datenmenge nicht mit handelsüblichen Desktop-PCs, Laptops oder mobile Endgeräte darstellbar ist.

1.2. Projektorganisation

Institution, Abteilung	Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin – Game Design Stiftung Stadtmuseum Berlin
Projektleitung	Prof. Thomas Bremer
Projektmitarbeiter	Arie Kai-Browne M.Sc.

Externe Beteiligte	Dr. Julia Heeb – Wissenschaftliche Leitung des Museumsdorfs Düppel
Gesamte Projektlaufzeit	01.03.2019 – 29.02.2020

2. Projektverlauf und Ergebnisse

2.1. Projektverlauf

Arbeitspakete	Zeitraum	Aufgabe	Personal
1	Q1	Konzept zur Digitalisierung, Erfassung von Metadaten, Sichtung der bisherigen Pläne mit Berücksichtigung der Grabungsergebnisse	Arie Kai-Browne / Thomas Bremer
2	Q1-3	Dreidimensionale Erfassung der rekonstruierten Gebäude mittels einer methodischen Kombination aus terrestrischen 3D-Laserscans und photogrammetrischer Erfassung	Arie Kai-Browne
3	-	Dreidimensionale Erfassung der heutigen Landschaftssituation mittels UAV-Befliegung	Arie Kai-Browne
4	Q3	Aufarbeitung und Kombination des topographischen Modells mit weiteren Geodaten wie LIDAR (Airborne Laserscans) und Orthobilder	Arie Kai-Browne
5	Q2-4	Aufarbeitung und Kombination der Rohdaten der terrestrischen 3D-Laserscans/ Photogrammetrie zu texturierten, hochauflösenden 3D-Modellen	Arie Kai-Browne
6	Q4	Weiterführende Prozessierung aller 3D-Modelle zur späteren Einbindung in Virtual- und Augmented Reality Apps, Verknüpfung mit Metadaten.	Arie Kai-Browne
7	Q4	Erstellung eines Echtzeit-Prototypen zur Betrachtung der Modelle mittels VR-	Arie Kai-Browne

		Brillen	
8	Q4	Dokumentation, Abschlussbericht, Präsentation etc.	Arie Kai-Browne/ Thomas Bremer
9	Beginn 2020	Übergabe der Daten in die LZA (digiS/ZIB) und in die DDB	Arie Kai-Browne / N.N., Stadtmuseum Berlin

2.2. Ergebnisse des Projekts aus fachlicher und technischer Sicht

Umfang der erzielten Ergebnisse

Im Rahmen des Projekts wurden die rekonstruierte Architektur sowie die allgemeine Topographie des Museumsdorf Düppel mit einer Kombination unterschiedlicher Aufnahmeverfahren erfasst. Insgesamt gehören zu dem erfassten Bestand die 15 rekonstruierten Gebäude, die Palisade, ein Brunnen sowie die topographische Situation des Museumsdorf Düppel. Bei drei der rekonstruierten Gebäude wurde zudem der Innenraum mit dem darin befindlichen Inventar digitalisiert.

Zur Erfassung der Architektur wurde primär die bildbasierte 3D-Modellierung auf Grundlage von Structure-from-Motion / Multiview Stereo eingesetzt. Zur Berechnung der 3D-Modellen wurden insgesamt mehr als 7500 Digitalbilder aufgenommen.

Die topographische Situation und die räumliche Verteilung der Architektur wurde mittels eines 3D-Laserscanners erfasst. Hierzu wurde aus knapp 200 Positionen über 9 Milliarden 3D-Punkte aufgenommen.

Zusätzlich wurde von der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen verschiedene Geodaten akquiriert. Die unterschiedlichen Datentypen, bestehend aus Airborne Laserscans usw., sind in einem Geographischen Informationssystem zusammengeführt worden.

Aus den durchgeführten Aufnahmen sind pro Objekt drei unterschiedlich aufgelöste, farblich texturierte 3D-Modelle abgeleitet worden. Neben den hochauflösenden 3D-Modellen sind zusätzlich noch stark dezimierte Varianten erstellt worden. Die erste dezimierte Variante ist für Virtual-Reality Applikationen ausgelegt, die auf leistungsfähigen Laptops beziehungsweise Desktop PCs verwendet werden kann. Die zweite, noch stärker dezimierte Variante ist für mobile Endgeräte, wie Smartphones und Tablets erstellt worden. Für beide dezimierte Varianten sind Texturen (sogenannte Normal- und Ambient Occlusion Texturen) aus den hochauflösenden Modellen abgeleitet worden, die hochfrequente Oberflächenstrukturen selbst bei den geometrisch niedrig-aufgelösten 3D-Modellen ermöglichen.

Sämtliche dezimierte 3D-Modelle, inklusive der Topographie, sind in eine Game-Engine überführt worden, die entweder webbasiert oder als lokale Applikation den Benutzer einen virtuellen Rundgang im Museumsdorf Düppel ermöglichen.

Technische Parameter

Bildbasierte 3D-Modellierung

Die photogrammetrische Erfassung der Gebäude sowie der weiteren Siedlungsarchitektur erfolgt gemäß der üblichen Vorgehensweise, die bei der bildbasierten 3D-Modellierung auf Grundlage von Structure-from-Motion/ Multi-View-Stereo Algorithmen Anwendung findet.

Bei dieser Methode werden mittels handelsüblicher Digitalkameras Bilder von den jeweiligen Objekten aus unterschiedlichen Positionen mit einem hohen Grad an Überlappung aufgenommen. Für die photogrammetrische Erfassung der Häuser in Düppel sind jeweils drei kreisförmige Aufnahmeserien mit einer seitlichen Überlappung von über 80% aus unterschiedlichen Höhen aufgenommen worden. Zur Erfassung der erhöhten Bereiche, wie beispielsweise die Dächer der Gebäude, musste zusätzlich das Kamerasystem an einer ca. 6m langen Fotostange montiert und ebenfalls aus unterschiedlichen Höhen um das Gebäude herum geführt werden. Die daraus resultierenden Aufnahmen sind aufgrund von angrenzendem Baumbeständen teils etwas unsystematischer aufgenommen worden, was jedoch nur geringfügige Auswirkungen auf die Qualität des 3D-Modells hatte.



Abb. 1: Aufnahmepositionen der bildbasierten 3D-Modellierung

Ein weiterer Aspekt bei der bildbasierten 3D-Modellierung ist, vor allem bei Außenaufnahmen, die Abhängigkeit von dem Umgebungslicht. Bei strahlendem Sonnenschein wird neben der Farbinformation die bei der Aufnahme herrschende Lichtrichtung innerhalb der Textur des 3D-Modells abgespeichert. Ausgeprägte Schattenwürfe sind bei der späteren Visualisierung problematisch, da bei Verwendung von virtuellen Lichtquellen die Lichtrichtung nicht unbedingt derjenigen entspricht, die in den Farbinformationen verankert ist. Das führt zu einer widersprüchlichen Ausleuchtung des 3D-Modells. Dementsprechend fand die

photogrammetrische Erfassung bei bewölkten Wetter statt, wodurch eine nahezu einheitliche Ausleuchtung der Gebäude gewährleistet werden konnte.



Abb. 2: Vergleichende Darstellung zweier Aufnahmen bei unterschiedlichen Wetterbedingungen

Die Anzahl der Aufnahmen zur vollständigen Erfassung eines Gebäudes variiert je nach räumlicher Komplexität und Zugänglichkeit. So konnte beispielsweise das Gebäude 14 mit insgesamt 725 Bildern erfasst werden während bei Gebäude 15B lediglich 339 Aufnahmen notwendig waren. Sämtliche Aufnahmen sind mit der Software Agisoft Metashape 1.61 ausgewertet worden.

3D-Laserscan

Zur Erfassung der topographischen Situation des Areals sowie der räumlichen Verteilung der Siedlungsarchitektur wurde das Museumsdorf zusätzlich noch mittels eines terrestrischen Laserscanners erfasst. Im Gegensatz zur photogrammetrischen Erfassung handelt es sich hierbei um ein aktives Verfahren, bei dem vom Gerät ausgehend ein Laserstrahl das Umfeld panorama-artig abtastet. Anhand der Distanzmessung sowie den ausgehenden Winkeln des Laserstrahls kann eine Punktwolke der erfassten Geometrie berechnet werden, deren Genauigkeit je nach verwendetem 3D-Laserscanner im Millimeter-Bereich liegen kann. Bei diesem Verfahren wird pro Aufnahmestandort ein sphärisches $360^\circ \times 270^\circ$ Panorama erfasst, wobei neben den 3D-Punkten zusätzlich noch Farbinformationen aufgenommen werden. Um ein Objekt vollständig zu erfassen, ist es entsprechend notwendig, die unterschiedlichen Aufnahmepositionen des 3D-Laserscanners miteinander zu kombinieren, wofür unterschiedliche Verfahren verwendet werden können.

Zur Digitalisierung des Museumsdorfes Düppel wurde der 3D-Laserscanner Leica RTC360 verwendet. Dieser 3D-Laserscanner erreicht laut Hersteller eine Messgenauigkeit von 2,9 mm bei einer Distanz von 20m und hat eine Reichweite von maximal 130m. Die räumliche Auflösung, d.h. der Punktabstand zur geometrischen Beschreibung einer Oberfläche, ist aufgrund des Funktionsprinzips

immer abhängig von den Winkelschritten des ausgehenden Laserstrahls. Näher am Aufnahmestandort liegende Objekte weisen eine höhere räumliche Auflösung auf als Objekte, die weiter entfernt liegen. Im Fall der Digitalisierung im Museumsdorf Düppel wurde in der Regel eine Auflösung von 6 x 6 mm bei einer Aufnahmedistanz von 10m festgelegt. Zusätzlich zur Punktwolke wurde pro Aufnahmestandort ein HDR Panorama-Bild mit einer Auflösung von 432 Megapixel aufgenommen, das für die spätere Kolorierung der Punktwolke herangezogen wurde.

Eine Besonderheit des verwendeten 3D-Laserscanners sind 5 integrierte Kameras, die verwendet werden, um kontinuierlich die Position des Gerätes zu bestimmen sobald zwischen zwei Aufnahmepositionen gewechselt wird. Die integrierte Positionsverfolgung wird als grobe Vor-Ausrichtung der einzelnen Aufnahmestandorte genutzt. Im Anschluss erfolgt eine feinere Ausrichtung anhand der überlappende Geometrie zweier Aufnahmepositionen, die mittels einer iterativen Näherungsanalyse die Genauigkeit der Positionsbestimmung erhöht. Zusätzlich wurden Messmarken im Museumsdorf verteilt, die automatisch von der Software erkannt werden und zur Kontrolle der Ausrichtungsgenauigkeit herangezogen wurden.

Neben der allgemeinen Situation des Museumsdorfes wurden drei Gebäude ebenfalls von Innen gescannt.

Die aus den einzelnen 3D-Laserscans resultierenden Punktwolken beinhalten neben der X-, Y-, Z-Koordinate noch einen RGB-Farbwert sowie den Intensitätswert des reflektierten Laserstrahls. Zur Erfassung des Museumsdorfes wurden aus 214 Positionen insgesamt 10,5 Milliarden 3D-Punkte aufgenommen. Inklusive der Panoramabilder beträgt die Größe der Rohdaten insgesamt 262 GB. Die Verarbeitung der Punktwolken wurde mittels der Software „Leica Cyclone 9.4“ durchgeführt.

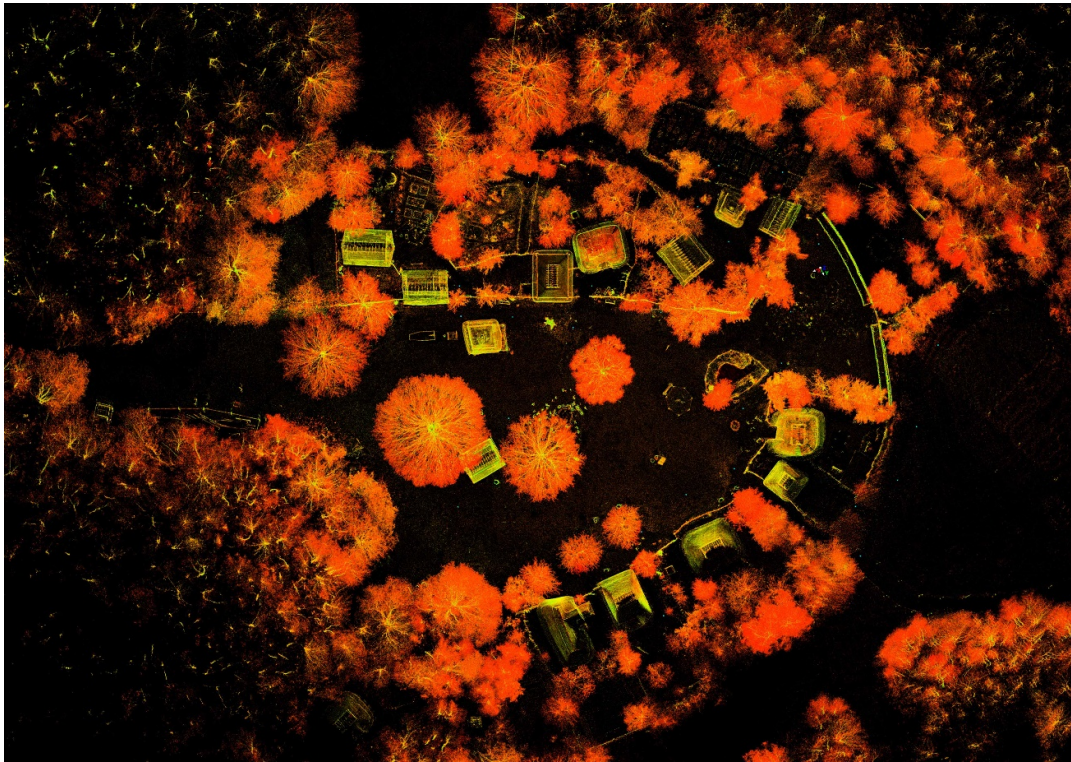


Abb. 3: 3D-Laserscan des Museumsdorf Düppel

Fernerkundungsdaten

Zur Einbindung des digitalisierten Museumsdorfes in die großräumige Landschaft wurden kostenfreie Fernerkundungsdaten des Geoportals des Landes Berlin akquiriert, die von der Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen zur Verfügung gestellt werden. Die topographischen Höheninformationen liegen in zwei Varianten vor: Das digitale Landschaftsmodell zeigt die topographische Situation mit allen sich darauf befindlichen natürlichen und künstlichen Objekten, wie z.B. Vegetation und Bebauung, und wurde anhand einer photogrammetrischen Auswertung erstellt. Im Gegensatz dazu wurde mittels Airborne Laserscans ein digitales Geländemodell erstellt, welches das reine Geländere relief zeigt. Beide topographische Höhenmodelle liegen in einer räumlichen Auflösung von 1 x 1 m pro Höhenwert vor. Zusätzlich zur Topographie sind Orthofotos des Areals zur Farbgebung des Geländemodells herangezogen worden.

Hierzu muss angemerkt werden, dass die heutige Geländesituation entsprechend stark durch moderne Bautätigkeiten geprägt ist und nicht dem Landschaftsbild des Mittelalters entspricht. Im Rahmen dieses Projektes war es nicht möglich das historische Oberflächenrelief zu rekonstruieren; jedoch kann dieser Datensatz für weitere Forschungen zum ursprünglichen Landschaftsbild verwendet werden. Die ursprünglich geplante Drohnenbefliegung konnte leider aus logistischen Gründen nicht durchgeführt werden, da der Pilot mit Drohnenführerschein nur zu Zeiten verfügbar war, bei der die Vegetation zu stark ausgeprägt war um daraus brauchbare Daten ableiten zu können.

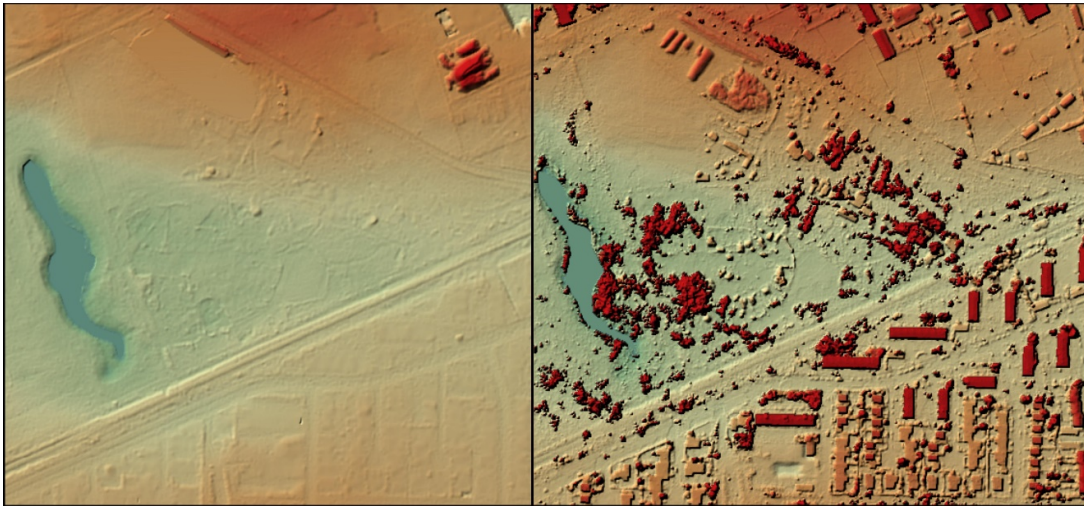


Abb. 4: Airborne Laserscan, links das Digitale Geländemodell, rechts das Digitale Landschaftsmodell.

Datenverarbeitung

Die aus der bildbasierten 3D-Modellierung erstellten Modelle bestehen durchschnittlich aus ca. 40 Millionen Dreiecken und wurden jeweils in ein offenes Format (.ply) für die Langzeitarchivierung konvertiert. Zur Einbindung in einer Virtual- oder Augmented Reality Applikation war es jedoch notwendig, die hohe geometrische Auflösung der Modelle zu reduzieren. Entsprechend wurde aus jedem der hochauflösenden 3D-Modelle zwei weitere Varianten in Agisoft Metashape 1.61 abgeleitet, eine mit ca. 100.000 Dreiecke für Virtual-Reality Anwendungen an leistungsfähigen Laptops bzw. Desktop PCs während die zweite Variante auf 30.000 Dreiecke dezimiert wurde und somit für mobile Endgeräte geeignet sind. Für beide Varianten sind pro Objekt jeweils hochauflösende Farbtexturen mit einer Auflösung von 16,384 x 16,384 Pixel erstellt worden. Die hochauflösenden Texturen können problemlos bei der späteren Anwendung je nach Leistungsvermögen des Ausgabemediums reduziert werden. Um die feine Details der Oberflächenstruktur zu erhalten, sind zusätzlich aus den hochauflösenden 3D-Modellen innerhalb der Software xNormals 3.19 sogenannte Normalmaps (16.384 x 16.384 Pixel) und Ambient Occlusion Texturen (4096 x 4096 pixel) generiert worden, die innerhalb einer Game Engine für ein hochdetailliertes Erscheinungsbild der dezimierten 3D-Modelle sorgen. Sämtliche Texturen liegen ebenfalls in dem gängigen Bildformat PNG vor.



Abb. 5 Von links nach rechts: Hochauflösendes 3D-Modell, dezimiertes 3D-Modell, dezimiertes 3D-Modell mit Texturen

Die aus dem 3D-Laserscan abgeleiteten Punktwolken sind in Cloudcompare 2.11 überführt worden. Innerhalb von Cloudcompare wurden die Punktwolken in unterschiedliche Klassen segmentiert (Architektur, Topographie und Vegetation), da unterschiedliche Filterverfahren bei der weiteren Bearbeitung für die jeweiligen Klassen angewandt werden mussten.

Für die Kombination der unterschiedlichen Aufnahmeverfahren wurden die aus der bildbasierten 3D-Modellierung abgeleiteten, unreferenzierten Modelle an denen der 3D-Laserscans ausgerichtet. Hiermit wurde gewährleistet, dass die erfasste Architektur räumlich korrekt zur umliegenden Topographie vorliegt. Die dezimierten 3D-Modelle sind in die Game Engine Unity 2019 überführt worden und können so bereits mittels HMDs (Head-Mounted Displays) betrachtet werden.

Rechteklärung

In Absprache der Projektpartner werden sämtliche erhobenen Datensätze voraussichtlich unter der CC BY Lizenz veröffentlicht.

2.3. Gesamtergebnis des Projekts und Einschätzung

Anhand der 3D-Digitalisierung des Museumsdorfes Düppel wurde die Datengrundlage geschaffen, um weitere Entwicklungen von Virtual- und Augmented Reality Anwendungen zu ermöglichen. Die Anwendung von unterschiedlichen Aufnahmeverfahren ermöglichte eine umfangreiche Dokumentation des derzeitigen Bestandes an rekonstruierter Architektur im Museumsdorf Düppel. Die aus vorangegangenen Digitalisierungsprojekten gewonnenen Erfahrungen in der Weiterverarbeitung und der Einbindung in Virtual- und Augmented Reality Applikationen konnten erfolgreich in diesem Projekt angewandt werden.

Es sei angemerkt, dass Digitalisierungsarbeiten in einem Freiluftmuseum eine besondere Herausforderung darstellt. Neben der Abhängigkeit von der aktuellen Wetterlage beeinflussen die Bewuchszyklen den Zugang zu den Objekten massiv. Vor

allem im Zeitraum vom späten Frühling bis in den frühen Herbst, also der Kernzeitraum des Projekts, sind die Gebäude teils so stark verdeckt, dass es notwendig war, diese zu einem späteren Zeitpunkt im Herbst/ Winter erneut aufzunehmen. Der Aspekt, dass das Museumsdorf gleichzeitig als Zentrum für experimentelle Archäologie gilt, führt zu einer dynamischen Veränderung des Dorfes, sodaß Aufnahmen zu unterschiedlichen Zeitpunkten sich teilweise stark in ihrem Erscheinungsbild unterscheiden.

3. Ausblick

Die 3D-Digitalisierung und den darauf aufbauenden Anwendungen für die Wissensvermittlung weist ein entsprechend großes Potenzial auf: So kann der Datensatz in Form einer virtuellen Echtzeitumgebung webbasiert auf internationaler Ebene Außenstehenden die Erkundung des Museumsdorf ermöglichen. Alternativ kann vor Ort mittels Augmented Reality der derzeitige Bestand mit zusätzlichen Informationen, alternativen Rekonstruktionsvorschlägen und sogar technischen Animationen zur Erklärung technischer Prozesse bereichert werden. Die 3D-Digitalisierung kann gleichfalls als Dokumentation für künftige Aus- und Umbaumaßnahmen herangezogen werden sowie als Momentaufnahme der Wissenschaftsgeschichte der experimentellen Archäologie an nachfolgende Generationen von Forschern übergeben werden.



Abb. 6: Screenshot des digitalisierten Museumsdorfs in der Unity-Engine

4. Anhang

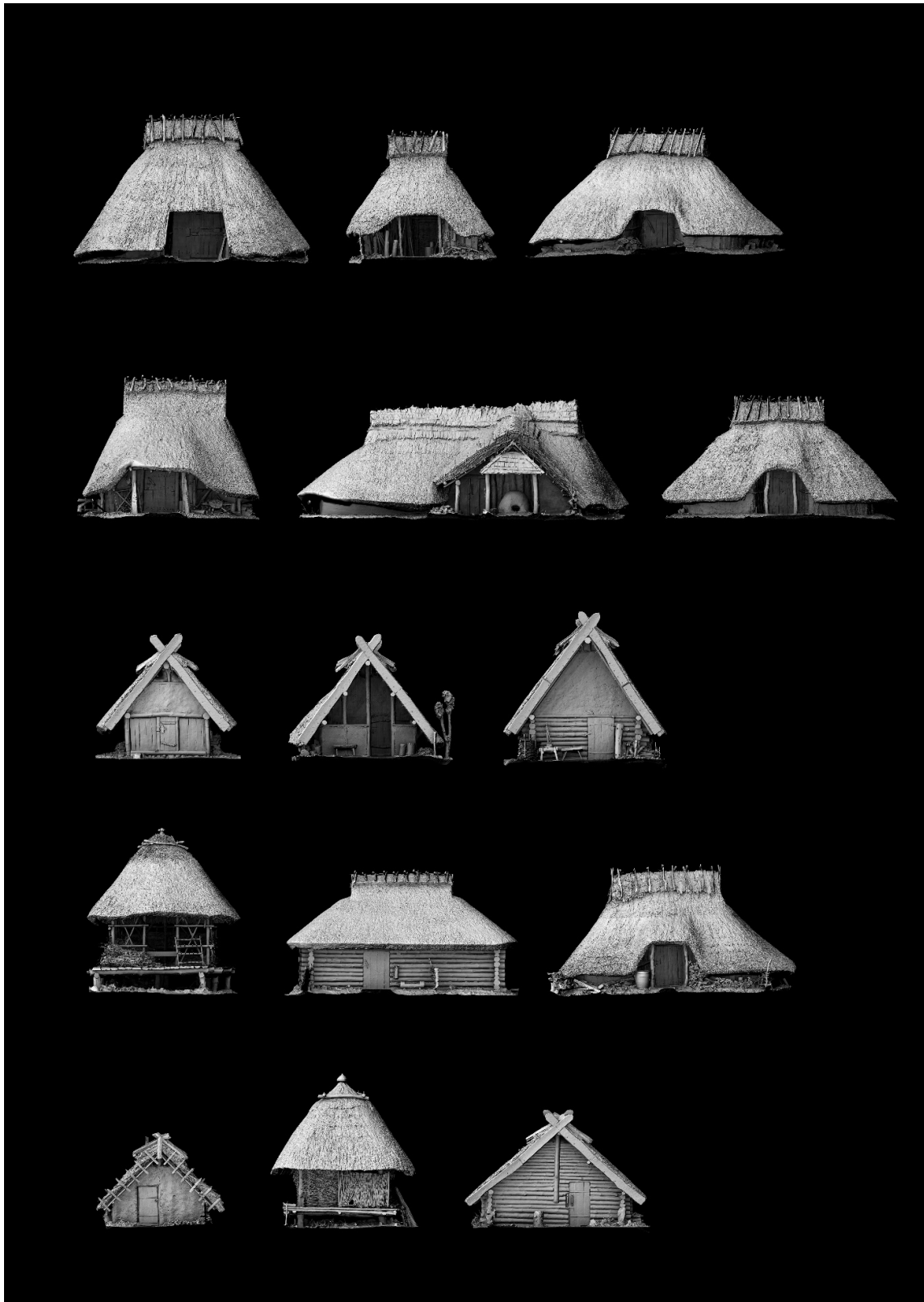


Abb. 7: Sämtliche Häuser des Museumsdorfs Düppel