

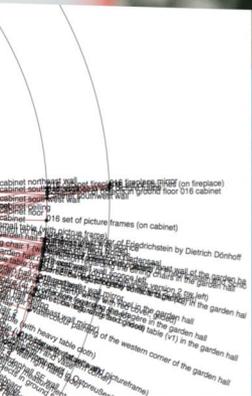
I. Schloss Friedrichstein 2.0 – Von digitalen 3D-Modellen und dem Spinnen eines semantischen Graphen

→ Digitale 3D-Rekonstruktion, 3D-Modell, Adelssitz, Architekturgeschichte, Barockschloss, CIDOC-CRM, Forschungsumgebung, Kunstgeschichte, Ostpreußen, semantische Datenmodellierung, virtuelle Rekonstruktion

In dem Beitrag wird auf der Grundlage von konkreten Forschungserfahrungen der generelle Umgang mit digitalen 3D-Rekonstruktionsmodellen historischer Bauten als nachhaltigem Wissensspeicher und Kommunikationswerkzeug für die Kunstgeschichte und Architekturgeschichte erörtert. Ausgangspunkt und Beispiel ist die virtuelle 3D-Rekonstruktion des Barockschlosses Friedrichstein im ehemaligen Ostpreußen.

In dem von der Leibniz-Gemeinschaft geförderten Forschungsprojekt **Virtuelle Rekonstruktion in transnationalen Forschungsumgebungen – Das Portal: Schlösser und Parkanlagen im ehemaligen Ostpreußen** wurde das Schloss als Ausgangsbasis für eine neuartige digitale Forschungsumgebung verwendet, die Konzepte einer auf **CIDOC-CRM** basierenden, semantischen Datenmodellierung umsetzt.

In dem Beitrag werden die Erfahrungen des Pilotprojektes zusammengefasst und in eine generelle Diskussion über die Wissenschaftlichkeit virtueller 3D-Rekonstruktionen eingebettet. Das Ergebnis zeigt, dass die digitale 3D-Rekonstruktion einen bedeutenden Mehrwert für die historische Architekturforschung darstellen kann. Voraussetzung dafür ist der umfassende Nachvollzug der Genese der wissenschaftlichen Rekonstruktion durch die verknüpfte Integration ihrer Quellen und deren Interpretation mit dem digitalen Modell, die durch die Forschungsumgebung sichtbar und fortschreibbar gemacht wird. Als Forschungsumgebung wird die wissenschaftliche Architekturrekonstruktion auf diese Weise zu einem nachhaltig nutzbaren und »potentiell« auch allgemein zugänglichen Wissensspeicher, dessen vollständiges epistemisches Potenzial erst am Anfang seiner Entwicklung steht.



I.1 Einleitung

Die folgenden Überlegungen sind im Rahmen einer Zusammenarbeit mit dem Forschungsprojekt **Virtuelle Rekonstruktion in transnationalen Forschungsumgebungen – Das Portal: Schlösser und Parkanlagen im ehemaligen Ostpreußen** entwickelt worden. ⁰¹

Digitale dreidimensionale Modelle historischer Architektur werden heute zunehmend für die Visualisierung und Interpretation von Architekturrekonstruktionen verwendet. Dies geschieht auch immer häufiger im Rahmen genuin wissenschaftlicher Fragestellungen und Forschungsstrategien. Dieses Feld des digital unterstützten architekturhistorischen Diskurses blickt als neues mediales und wissenschaftliches Phänomen mittlerweile auf eine etwa 25-jährige Geschichte zurück. ⁰² Seine epistemischen Potenziale werden allerdings bei Weitem noch nicht ausgenutzt.

Jeglicher Rekonstruktionsversuch zerstörter, veränderter oder auch nicht realisierter Architektur stellt lediglich eine Annäherung an die formalen und semantischen Aspekte einer Gebäudestruktur zu einer bestimmten Zeit dar. Diese Annäherungen sind unabdingbar mit Abstraktionen verbunden, deren damit einhergehender Informationsverlust sowohl von Sachentscheidungen und medialen Rahmenbedingungen als auch vom jeweiligen disziplinären Hintergrund der Forschenden abhängt, da in diesem Bereich zunehmend verschiedene Disziplinen wie Archäologie, Kunstgeschichte, Architektur, Geschichte, Geographie eng zusammenarbeiten, wodurch unterschiedliche Arbeitsweisen und Kompetenzschwerpunkte koordiniert werden müssen. Um anschlussfähige und interdisziplinär kompatible Forschung zu gewährleisten, sollte dieser Informationsverlust in idealer Weise über alle wissenschaftlichen Diskursformen so gering wie möglich gehalten werden. Dies ist in einer traditionellen, vor allem textbasierten, auf gedruckte Publikationen hin ausgerichteten Forschungslandschaft jedoch bekanntermaßen mit strukturellen Schwierigkeiten verbunden, da die Formate für komplexe Einzelbegründungen und Quellenreferenzen an ihre Kapazitätsgrenzen stoßen.

Die digitale 3D-Rekonstruktion könnte in Zukunft dazu beitragen, in der architekturhistorischen Forschung interdisziplinäre Anschlüsse herzustellen und die Granularität der Argumentationsstränge zu verbessern, indem digitale 3D-Modelle als strukturierende **Hülle** den Abstraktionsgrad bestimmter Publikationsformate mindern und als epistemisches Medium Erkenntnisbestände verschiedenster Fachrichtungen zusammenführen. Allerdings sind dafür zurzeit noch etwas utopisch anmutende technische und wissenschaftlich-methodische Ansprüche sowohl an die wissenschaftlichen 3D-Modelle als auch an ihre Publikationsformate zu stellen. Besonders den Aspekt der zitierfähigen Annotation, Sicherung und Nachnutzung gilt es genauer zu betrachten.

Bislang stehen der Aufwand für eine wissenschaftliche Architekturrekonstruktion und die Potenziale für dessen wissenschaftliche Nachnutzung in einem ungünstigen Verhältnis zueinander. Verantwortlich sind hierfür vorrangig vier Faktoren:

- [1] Dokumentation: Es ist weithin das Fehlen einer zitierfähigen Dokumentation des Rekonstruktionsprozesses zu beobachten. Die digitalen

■ 01

Das Projekt wurde am Herder-Institut in Marburg von Prof. Dr. Peter Haslinger und Dr. Dietmar Popp geleitet und von Dr. Piotr Kuroczyński koordiniert. Link zum Projekt: <https://www.herder-institut.de/go/Q-338d9c2>. Jan-Eric Lutteroth M.A. war während eines kunsthistorischen Promotionsprojektes zur digitalen Rekonstruktion der Neuveste und Residenz in München unter der Betreuung von Prof. Dr. Stephan Hoppe freier wissenschaftlicher Mitarbeiter des Projekts. In diesem Rahmen war er auch mit der digitalen 3D-Rekonstruktion von Schloss Friedrichstein befasst. Herzlicher und kollegialer Dank sei an dieser Stelle allen Projektbeteiligten für die Ermöglichung der Einblicke und Erfahrungen ausgesprochen.

■ 02

Vgl.: Heike Messemer: *The Beginnings of Digital Visualization of Historical Architecture in the Academic Field*, in: Stephan Hoppe, Stefan Breitling (Hg.), *Virtual Palaces, Part II. Lost Palaces and their Afterlife. Virtual Reconstruction between Science and Media*, München 2016, S. 21–54: <http://www.courtresidences.eu> DOI: 10.11588/arthistoricum.83.79.

3D-Modelle werden meist nur in Form einer **Endvisualisierung** veröffentlicht. Bei dieser konzisen Vermittlungsinszenierung, die das digitale 3D-Modell oft auf ein zweidimensionales Bild reduziert, ist der Entstehungsprozess auch in wesentlichen Begründungsaspekten meist nicht mehr nachvollziehbar und damit für weiterführende Forschungen nicht transparent.

- [2] **Zugänglichkeit:** Des Weiteren besteht leider ein nur unzureichender Zugang zum ursprünglichen 3D-Datensatz als eigentlicher technischer wie inhaltlicher Grundlage der Endvisualisierungen. Nur durch die nachhaltige und möglichst freie Bereitstellung des Datensatzes für weiterführende Forschung kann die in das Modell investierte Forschungsarbeit umfassend weitergenutzt werden und eine Vielzahl von unkoordinierten und redundanten Modellen vermieden werden.
- [3] **Nachnutzung:** Darüber hinaus fehlt es zurzeit selbst an grundlegenden Standards für eine wissenschaftliche Nachnutzung. Ein nicht zu vernachlässigender Grund für die unzureichende Nachnutzung der originalen 3D-Daten stellt zurzeit die Sorge vor Missbrauch etwa wegen fehlender Referenzierung auf Autoren oder wegen fehlender Auszeichnungen von Modifizierungen dar. Diese Sorge könnte durch eine Standardisierung behoben werden.
- [4] **Kommentierfähigkeit:** Schließlich ist die weitgehend fehlende Anbindung an weiterführende wissenschaftliche Diskurse zu beklagen. Um die 3D-Modelle aus einem reinen form- oder wirkungsanalytischen Kontext in weiterführende architekturhistorische Diskurse einzubinden, müssten diese grundsätzlich zitierfähig dokumentiert und kategorisiert werden sowie annotier- und kommentierbar sein.

Dabei erscheint es wahrscheinlich, dass alle beteiligten Disziplinen einen deutlichen Nutzen aus dem geordneten Einsatz von digitalen 3D-Rekonstruktionen als wissenschaftlicher Forschungsmethode ziehen könnten. Die wissenschaftlichen Potenziale einer dreidimensionalen Architekturrekonstruktion ergeben sich bereits aus dem Charakter der zu erforschenden Artefakte selbst. Nur im dreidimensionalen Raum eines entsprechenden Referenzmediums lassen sich die Informationsverluste einer Beschreibung oder einer abstrahierten zweidimensionalen Reproduktion eines inhärent dreidimensionalen Gebildes minimieren. Die digitale Repräsentanz des **Nachbaus** im virtuellen Raum führt darüber hinaus zu einem tieferen Verständnis über Verlustbereiche und Wissenslücken, die somit ebenfalls in den Fokus des Diskurses gerückt werden können. Zu diesen Verlustbereichen zählt z. B. die räumliche Wahrnehmung des Forschungsgegenstands, die sich bislang einer wissenschaftlichen Nachvollziehbarkeit durch entsprechende Dokumentation weitgehend entzogen hat.

Damit das ursprüngliche digitale 3D-Modell sowohl auf der Ebene des 3D-Datensatzes als auch seiner Endvisualisierungen seine Aussagekraft für weiterführende Forschungen behält, erscheint es sinnvoll, es so zu publizieren, dass zum einen ähnlich tradierte Vorgehensweisen wie für einen wissenschaftlichen Text gelten und darüber hinaus die Modelle untereinander rechenbar sowie vergleichbar werden. Die bislang vorherrschende Praxis der ausschließlichen Veröffentlichung der Endvisualisierung des Datensatzes ist zur Klärung

von Fragestellungen für die fachspezifische Forschung von erheblichem Nutzen. Die reproduzierte Wiederverwendung solcher Modellbilder in gedruckter Form (Buch, Zeitschrift etc.) sollte jedoch nicht als nachhaltige Nutzung gelten, da sie einen kontinuierlichen Forschungsprozess im virtuellen Raum verhindert.

I.2 Projektbeispiel Schloss Friedrichstein

■ 03

Zugänglich auf: <https://github.com/chml-3d/chml-ontology>.

■ 04

Vgl. zuletzt: Piotr Kuroczyński, Oliver Hauck, Daniel Dworak, **3D Models on Triple Paths. New Pathways for Documenting and Visualising Virtual Reconstructions**, in: Sander Münster, Mieke Pfarr-Harfst, Piotr Kuroczyński, Marinos Ioannides (Hg.), **3D Research Challenges in Cultural Heritage II. How to manage data and knowledge related to interpretative digital 3D reconstructions of Cultural Heritage**, Springer International Publishing LNCS Series, 2016, S. 149–172: [10.1007/978-3-319-47647-6_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-47647-6_8); Piotr Kuroczyński, Oliver Hauck, Daniel Dworak, Jan Lutteroth, **Virtual museum of destroyed cultural heritage. 3D documentation, reconstruction and visualization in the semantic Web**, in: **Virtual Archaeology. Proceedings of the second international Conference on Virtual Archeology**, The State Hermitage, St. Petersburg 2015, S. 54–61: http://www.virtualarchaeology.ru/pdf/281_va_book2015.pdf.

■ 05

Vgl.: Kilian Heck, **Die Architektur von Friedrichstein im deutschen und europäischen Kontext**, in: Kilian Heck, Christian Thielemann (Hg.), **Friedrichstein. Das Schloss der Grafen von Dönhoff in Ostpreußen**, München, Berlin 2006, S. 98–135; Piotr Kuroczyński, Carsten Neumann, Oliver Hauck, Torsten Veit, Jan-Eric Lutteroth, **Schloss Friedrichstein und das Projekt Virtuelle Rekonstruktionen in transnationalen Forschungsumgebungen. Das Portal: Schlösser und Parkanlagen im ehemaligen Ostpreußen**, in: Kilian Heck, u. a. (Hg.), **Friedrichstein. Das Schloss der Grafen von Dönhoff in Ostpreußen**, 2. Auflage in Fertigstellung.

Das Forschungsprojekt hat es sich zur Aufgabe gestellt, mittels einer auf digitalen Dokumentationsstandards beruhenden virtuellen Forschungsumgebung (VFU) die Problemstellungen im bisherigen Umgang mit 3D-Modellen historischer Architektur zu adressieren. Dabei lag ein Schwerpunkt auf der Konzeption und Implementierung einer **Applikationsontologie**, d. h. einer formalisierten Abbildung der mit der wissenschaftlichen, computergestützten 3D-Rekonstruktion verbundenen Arbeitsprozesse und Sachverhalte. ⁰³ Die Einzelheiten dieser Vorgehensweise sind im Vorgängerartikel von Piotr Kuroczyński sowie in den Projektpublikationen genauer erläutert. ⁰⁴

Die dabei entwickelte virtuelle Forschungsumgebung (**www.patrimoni-um.net**) ermöglicht erstmals ein kollaboratives webbasiertes Arbeiten bei der Erfassung von Quellen, Identifizierung und Klassifizierung von Objekten und der Dokumentation der 3D-Modellierung, die im Rahmen der rekonstruierenden Forschungsarbeit anfallen. Darüber hinaus entstehen im Arbeitsprozess strukturierte Daten, die in mensch- und maschinenlesbarem Format nachhaltig gesichert werden sowie als Linked-Data exportier- und auswertbar vorliegen.

Als Forschungsgegenstand des Projektes wurde u. a. das architekturhistorisch bedeutende Schloss Friedrichstein ⁰¹ nahe Kaliningrad (ehemals Königsberg) rekonstruiert, das seit seiner Fertigstellung um das Jahr 1714 bis zu seiner Zerstörung um 1945 den Stammsitz der Grafen von Dönhoff in Ostpreußen bildete. ⁰⁵

Im Folgenden soll der Arbeitsprozess in der entwickelten VFU gegenüber traditionell publizierten Rekonstruktionen dargestellt werden. Es sei hierbei betont, dass der Forschungsansatz des Projekts zwar sein volles Potenzial für die Architekturforschung erst durch eine erheblich höhere Datenmenge entfalten kann, die gewonnenen Erfahrungen aber vielleicht jetzt schon anregend für die Methode der digitalen 3D-Rekonstruktion sein können.

■ 06

CIDOC CRM = CIDOC Conceptual Reference Model; <http://wiss-ki.eu/>; <http://www.cidoc-crm.org/>.

Das im Projekt in Zusammenarbeit mit dem WissKI-Team der FAU Erlangen-Nürnberg entwickelte Datenmodell basiert auf der derzeit elaboriertesten Referenzontologie für Kulturgüter CIDOC CRM, die vom internationalen Museumsverband (ICOM) fortwährend weiterentwickelt wird. **06**

Die Ontologie bildet den semantischen Kern, der die Kohärenz des Datenmodells für weiterführende Anbindungen gewährleistet. Dabei mögen die durch das Referenzmodell gebildeten Relationen im Vergleich zu sprachlich ausdifferenzierten wissenschaftlichen Publikationen zunächst recht technizistisch wirken, ihr zukünftiges Potenzial für eine global vernetzte Architektur-forschung ist dennoch nicht groß genug einzuschätzen. Man stelle sich ein globales Netzwerk von digitalen und wissenschaftlich erarbeiteten Architekturmodellen in Kombination mit deren theoretischen Interpretationen und Beziehungen vor, die über eine virtuelle Forschungsumgebung von verschiedensten Fachrichtungen erweitert wird.

Für den Arbeitsprozess der Rekonstruktion sowie ihrer Dokumentation in der VFU hat sich bereits zu Beginn die Verwendung einer einheitlichen Nomenklatur der Objekte als essenzieller Faktor für die Zusammenarbeit herausgestellt. Besonders wenn interdisziplinäre Forschergruppen an den gleichen Objekten der Datenbank arbeiten, sollte das Grundkonzept der Gebäudestruktur nicht durch unspezifische bzw. umgangssprachliche Bezeichnungen gestört werden. So wurde beispielsweise die Auffahrtseite des Schlosses historisch auch als Seeseite bezeichnet. Eindeutiger und einheitlicher ist jedoch ihre konkrete Fixierung als Teil des Gebäudes über die Himmelsrichtung. Um die internationale Kollaboration zu gewährleisten verlangt die VFU den Titel des Objektes in Englisch, wodurch sich für diese Fassade das Objekt mit dem Titel **Friedrichstein manor house northwest façade** ergibt. Die Information der quellenbezogenen Bezeichnungen wird dennoch durch zusätzliche Titel des gleichen Objektes mittransportiert. So kann in der VFU weiterhin nach **Seeseite** gesucht oder in einem annotierten Fließtext **03** weiter von dieser gesprochen werden. Die Verknüpfung führt stets zum eindeutig benannten Objekt.

RSRH: Comment on the notes on the interior of Friedrichstein by Dietrich Dönhoff

View All
Annotate
Delete
Edit All
Graph
References

Annotation

Der Haupteingang auf der Westseite von Friedrichstein war beiderseits von rechteckigen Steinquadern eingefasst. Eine schwere Eichentür führte durch einen Windfang in die Halle, die in ihren Ausmassen entsprechend mit zu den grössten Räumen des Hauses zählte. Die Wände rechts und links waren mit großen Danziger Schränken (Gdansk schapp 1, Gdansk schapp 2, Gdansk schapp 3) bestell und an den Wänden waren kapitale Geweihe (elk head 1, elk head 2, elk head 3, elk head 4) neben Hundebildchen (Der Diminutiv ist bei der Größe der Bilder nicht zutreffend: hound 1, hound 2, hound 3) angebracht. Hundebildchen, die es hiess, Friedrich der Große gestiftet habe.

Mitte der Halle öffnete sich eine Doppeltür in den Saal, das Zentrum des Hauses. Vom Saal aus konnte man bei geöffneten Türen nach beiden Seiten hindurch sämtliche Räume des Hauses sehen. Mitte des Saals führte eine besonders fein ziselerte Tür auf den ostwärts weisenden Säulen-Porlicus, einen Balkon von dem aus man einen weiten Ausblick auf die Parklandschaft hatte. Vom Saal aus nach rechts gelangte man in den Salon unserer Mutter. Lagemäßig hatten beide Räume die Doppelfunktion eines Repräsentationsmittelpunkt und Wohnraum zu versehen.

2. (Seite 4 im PDF)

Da auf Seite 1 der PDF-Datei das Durchgangszimmer (Rote Stube) erwähnt wird: [...] –wie aus dem besprochenen Durchgangszimmer – [...] kann es sich hierbei nicht um die erste bzw. zweite Seite handeln. Logischer ist eine Anknüpfung an den zuletzt erwähnten "Salon unserer Mutter" womit der Grüne Salon gemeint ist:

"Vom mittlerlichen Salon aus ging man weiter in den nächsten Raum, der etwas deklariert nur Durchgangsstube genannt wurde. Geradwegs weiter lag das Boudoir meiner Mutter, dessen Wände sie mit Stoff, den sie mit Blumenstickereien ausserordentlich kunstvoll dekoriert hatte, besponnen lies. Das Boudoir war gleichzeitg Vorräum zum elterlichen Schlafzimmer. Die Durchgangsstube, trotzdem sie mit beachtlichen Antiquitäten ausgestattet war rechtfertigte ihre Benennung weil man von ihr aus in das südliche Treppenhaus gelangte. Von diesem Treppenhaus aus hatte man Zutritt zu den wesentlichen Lebensräumen – der Kinder, des Erziehungspersonals, der Hausmädchen wie auch der normalen Gäste. In diesem Teil des Hauses putete also praktisch das eigentliche Tägliche Leben. Die Durchgangsstube war im Nebenberuf Post und Telephonzimmer. An und ab-gehende Post lag hier mit Bergen von Zeitungen aus. 1910 war insofern ein denkwürdiges Jahr als ein Telephon eingebaut wurde. Dass man die stirmliche Rufweite von vielleicht 50 Metern auf viele Kilometer durch gemeinen Draht verlängern konnte machte die Erwachsenen stauen uns Kinder natürlich auch, denn uns schreckte zusätzlich das den Apparat umschliessende Schild: Kurbel nur einmal langsam herum drehen. Mehrfaches schnelles Drehen kann zur Beschädigung von Beamten und zu Regressansprüchen an den Teilnehmer führen."

3. (Seite 1 im PDF)

"Aus der grossen Eingangshalle führte nicht nur der Weg geradeaus in den Saal sondern auch eine grosse Doppeltür nach rechts in zwei Grosse Räume (022, 023 Kinderzimmer), und anschliessend in drei kleinere solche (019, 020, 021). Ursprünglich war zu unserer Zeit hier das Kinderreich etabliert später blieben nur noch die drei kleinen Zimmer den Kindern vorbehalten. Aus diesen kleinen Zimmer(n) gelangte man – wie aus dem besprochenen Durchgangszimmer – in das südliche Treppenhaus. Eine Treppe hoch und direkt über diese(n) drei kleinen Kinderzimmern waren, das

Event/Activity (All)

Friedrichstein

Type

Research Activity

Title Set

Comment on the notes on the interior of Friedrichstein by Dietrich Dönhoff

Title Language

EN

Event Is Part Of

3D reconstruction of Friedrichstein manor house first floor

Compilation of events by Jan Luderoth

3D reconstruction of Friedrichstein manor house ground floor

Object Detail View

Friedrichstein manor house ground floor

Friedrichstein manor house first floor

Ground floor 001 entrance hall

Ground floor 004 Kammerstube

Ground floor 005 study room

Ground floor 009

Ground floor 010 bedroom

Ground floor 011 dining hall

Ground floor 012 garden hall

Ground floor 013 loggia

Ground floor 014 green perloir

Ground floor 015 red room

Ground floor 018 cabinet

Ground floor 017 bedroom

Ground floor 018 southeastern staircase

Ground floor 023 childrens room

Ground floor and first floor 002 main staircase

First floor 101 Mappensaal

First floor 103 Hohenzollernstube

First floor 104 second room

First floor 112 wester Saal

First floor 122 Stammbaumstube

First floor 123 Biederstube

First floor 1XX Generalsstube

First floor 1XX Pfaffenstube

Source Used

Notes on the interior of Friedrichstein by Dietrich Dönhoff

□ 03

Beispiel für eine Forschungsaktivität: Annotierte und verlinkte historische Schlossbeschreibung von Dietrich Dönhoff in der VFU.

Des Weiteren wurde auf eine Benennung der Objekte nach feinstrukturierten kunsttheoretischen Begriffen verzichtet, da oftmals die Präzision der Fachbegriffe in der Übersetzung verloren geht. Auch hier stand eine

■ 07

<http://www.getty.edu/research/tools/vocabularies/aat/index.html>.

■ 08

Die Kategorisierung der architektonischen Objekte wurde im Projekt von Oliver Hauck am Institut für Raumdarstellung vorgenommen. Eine Weiterentwicklung der Ontologie, die unter Berücksichtigung von IFC Standards die Einteilung der architektonischen Bauelemente weiter verfeinert, ist derzeit in Planung.

größtmögliche Einheitlichkeit im Vordergrund der Titulierung. Diese Einheitlichkeit spiegelt sich auch in der allgemeingültigen Typenbezeichnung (**TYPE**) wieder. Jedes Objekt muss einem **TYPE** zugeordnet werden, der dieses in seiner allgemeinen Funktion beschreibt. Diese fachtheoretischen Begriffe werden mit kontrolliertem Vokabular (Normdaten) des Getty Art & Architecture Thesaurus (Getty AAT) an das Objekt gebunden und so mit externen Datenressourcen vernetzt. 07

Da das Getty AAT im Bearbeitungszeitraum noch nicht in allen Projektsprachen zur Verfügung stand, mussten vereinzelt Fachbegriffe gesondert zugefügt und erläutert werden. Die allgemeine Kategorisierung der Objekte ist im Gegensatz zu deren Benennung nicht mit mehrfacher Belegung möglich, das Objekt muss also eindeutig einer Gruppe zugeordnet werden. Diese Einteilung sollte dabei auf möglichst allgemeiner Ebene gehalten werden, kann aber je nach späterer Auswertungsabsicht nachträglich verfeinert werden. Um eine einheitliche Kategorisierung zu gewährleisten, wurde diese Tätigkeit des Anlegens von benötigten Typenbezeichnungen mit anschließender Verknüpfung zum Getty AAT im Projekt von einer den gesamten Projektverlauf begleitenden Person mit architekturtheoretischer Kompetenz übernommen. 08

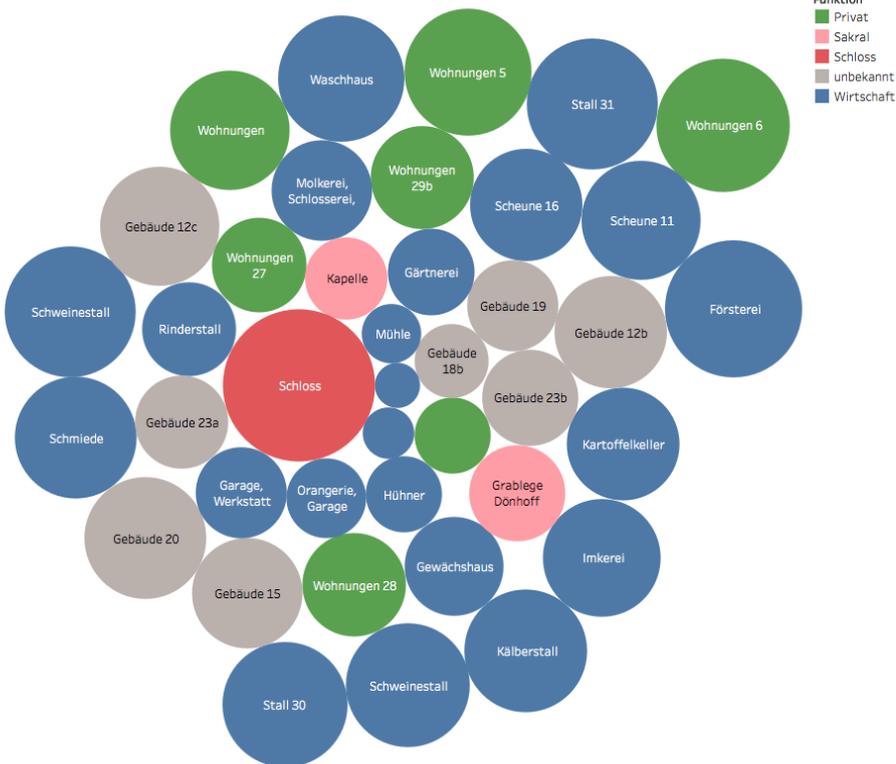
I.4 Eine Datenbank architektonischer Beziehungen

Ein Bauensemble wie das barocke Schloss Friedrichstein besteht aus einer Vielzahl von Gebäuden, die wiederum eine spezifische Binnenstruktur aufweisen. Diese Grundstruktur der identifizierten und nach standardisierten Vorgaben titulierten Objekte zueinander wird im Datenmodell der Datenbank über Teil-von-Beziehungen (Relationen/Properties) **IsPartOf** und gegenläufig **HasPart** für sämtliche diese repräsentierenden digitalen 3D-Modelle notiert und sollte vor Beginn der Modellierungstätigkeit bereits im System definiert sein. Es ergeben sich beispielsweise Topologien wie »Friedrichstein manor (Anwesen) → Friedrichstein Manor house (Herrenhaus) → Manor house southeast façade (Fassade) → Souteast façade avant-corps (Mittelrisalit) → Avant corps main entrance (Haupteingang)«.

Anschließend kann sich der Modelleur an dieser Grundstruktur orientieren und je nach Tiefenstaffelung der Objekte das digitale 3D-Modell in der Ebenenstruktur seiner individuellen Modellierungssoftware mehr oder weniger unterteilen, um auch hier den Forschungsgegenstand zu vereinheitlichen und den Arbeitsprozess bzw. Datenaustausch zu vereinfachen. Dadurch wird eine allgemein verbindliche Struktur des Gebäudes vorgegeben, die wiederum einen Ansatzpunkt für eine computergestützte Analyse des Anwesens zulässt.

Die Informationsvisualisierung 04 zeigt die Anzahl der zum Anwesen gehörenden Gebäude in Verbindung mit deren allgemeiner Funktion sowie ihrem Abstand zum Schloss, die sich über die Größe der Kreiseinheiten definiert und aus der Rekonstruktion abgeleitet ist. Auf den ersten Blick wird deutlich, dass

Gebäude nach Funktion und Abstand zum Schloss



□ 04

Datenvisualisierung der Gebäudeobjekte des Friedrichsteiner Anwesens vor Kriegszerstörung des Schlosses.

eine erhebliche Anzahl von Wirtschaftsgebäuden zum Anwesen gehörte, aber ein für die Versorgung essenzielles Küchengebäude, wie es für das zweite Anwesen, das in der Datenbank verzeichnet ist – jenes in Schlodien – belegt ist, noch nicht lokalisiert werden konnte.

Eine Strukturierung der digitalen 3D-Modelle in Einzelemente und Bauteile wurde in früheren Projekten üblicherweise bereits vom Modelleur in der Ebenenstruktur (Layer) des digitalen Datensatzes vorgenommen. Diese Einteilung, die ebenfalls eine Art der Kategorisierung darstellte, war allerdings meist der Material- bzw. Texturvergabe und damit nur bedingt der Gebäudestruktur geschuldet. Weitere denkbare Ordnungskriterien, die für eine Vergleichsauswertung von Interesse wären, aber aufgrund der Eindimensionalität der Ebenenstruktur im 3D-Datensatz nicht möglich sind, wären beispielsweise:

- Quelle: Einteilung der Rekonstruktionselemente nach Art der Quelle, Herkunft, Entstehungszeitraum oder nach konkreten Baubefunden einer Gebäudedokumentation.
- Form: Einteilung der Rekonstruktionselemente nach Vorbildern, Vorgängerbauten oder nach Verwendung im Rekonstruktionsprozess.
- Bauperiode: Einteilung der Rekonstruktionsobjekte nach ihren historischen Bauphasen, Bauherren oder Werkmeistern.
- Funktion: Einteilung der Rekonstruktionsobjekte nach funktionalen Kriterien.

Ein ähnliches Problem, das sich am besten mit Einschichtigkeit in der Strukturierung der 3D-Datensätze beschreiben lässt, ist bei der klassischen Bauaufnahme in der Bauforschung zu beobachten, die meist, sofern Teile des zu rekonstruierenden Gebäudes noch existieren, eine essenzielle Grundlage für

eine digitale 3D-Rekonstruktion bildet. Neben dem Verlust der Dreidimensionalität kann die Ebenenstruktur eines digitalen 2D-Baufaufmaßes/Grundrisses nur eine gewisse Kategorisierung abbilden. Diese stellt meist eine Einteilung nach primären bis tertiären Bauelementen, also Bauteilen hinter bzw. unter der Schnittebene und/oder nach Baumaterialien bzw. Strukturelementen dar, die anschließend farbcodiert wiedergegeben werden.

Eine Dokumentation, die darüber hinaus historische Informationen wie beispielsweise zu den oben angeführten Aspekten an den Datensatz bindet, ist hier nicht möglich, da die oftmals automatisiert entstandenen Vermessungsdaten nur den Zweck der Gebäudedokumentation aus Sicht der Bauforschung beinhalten. Manfred Schuller hat die Gefahr der automatisierten Bauaufnahme bereits eindrücklich dargestellt und zu Recht darauf hingewiesen, dass diese nicht die Denkleistung eines Bauforschers ersetzen kann. ⁰⁹ Weiterhin sei angemerkt, dass diese Denkleistung (Befund und Auswertung) an die Daten (Aufmaß/Grundriss) gebunden sein sollte.

Ebenso sollten die Denkleistungen des Modelleurs (Dokumentation) und des Architekturhistorikers (Interpretation der Quellen und Modelle) feingranular an die 3D-Modelle gebunden sein. Diese Zusatzinformationen, die sich aus strukturierten **Metadaten** und formulierten **Paradaten** zusammensetzen, bilden nach den Richtlinien der **London Charter** ¹⁰ einen wesentlichen Teil einer wissenschaftlichen 3D-Rekonstruktion und sollten gleichberechtigt mit den 3D-Daten und deren Visualisierungen im strukturierten Verbund veröffentlicht werden.

Die VFU gibt dem jeweiligen Projektpartner nun die Möglichkeit, modellrelevante **Metadaten** in Form von Quellrelationen und Typenbezeichnungen sowie – über zusätzliche Eigenschaftsfelder – weitere Informationen wie beispielsweise Entstehungszeiträume über deren Objektmasken festzuhalten. Die den kreativen Schaffensprozess beschreibenden **Paradaten** werden mittels einer **Freitextannotation** über die Rekonstruktionsaktivitäten an die 3D-Modelle gebunden. Damit wird die Einschichtigkeit der Ebenenstruktur des 3D-Datensatzes durchbrochen und die Modelle können nach verschiedenen Ordnungskriterien ausgewertet werden.

I.5 Quellen und Objekte

Es zeigt sich immer wieder, dass eine Veröffentlichung des originalen 3D-Datensatzes als Dokumentation des Entstehungsprozesses einer Rekonstruktion nicht ausreicht, da die Ebenenstruktur nur einschichtig benutzbar ist. Dies hängt mit den Möglichkeiten der Modellierungssoftware zusammen, die meist auf eine **gerenderte** Endvisualisierung ausgelegt sind. ¹¹ Diese Art der Visualisierung ist, wie anfangs erwähnt, ein wichtiges Forschungsinstrument zur Klärung konkreter Fragestellungen, aber nur eines vieler möglicher Endprodukte des Modells. Entscheidend für die Nutzbarkeit des Modells ist die Veröffentlichung des Entstehungsprozesses, der sich über die **Meta-** und **Paradaten** erschließen lässt. Dabei ist das Dreiecksverhältnis von Objekt, Quelle und digitalem 3D-Modell von essenzieller Bedeutung.

■ 09

Manfred Schuller, Mehr denken statt nur messen, in: Ulrich Weferling, Katja Heine, Ulrike Wulf (Hg.), Von Handaufmaß bis High Tech. Messen, Modellieren, Darstellen, Mainz 2001, S. 213–226.

■ 10

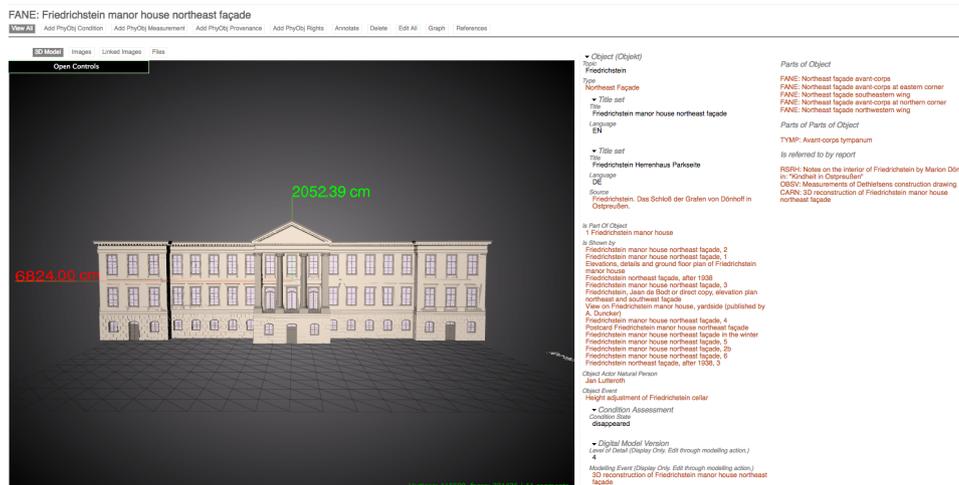
The London Charter for the computer-based visualisation of cultural heritage: http://www.londoncharter.org/fileadmin/templates/main/docs/london_charter_2_1_de.pdf. S. 9.

■ 11

Eine Ausnahme stellt die objekt-orientierte Building Information Modelling (BIM) Methode aus dem Bausektor dar, die digitalen 3D-Modellen bauwirtschaftliche Informationen zuteilt und eine gewerkeübergreifende Zusammenarbeit erlaubt.

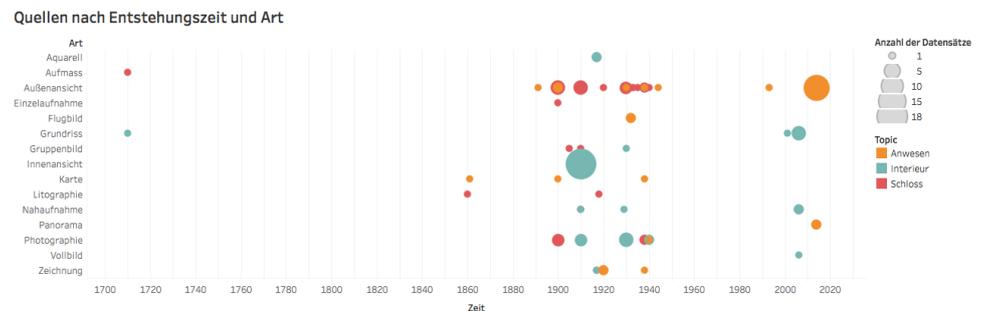
Auch hier hat sich, ebenso wie bei der Identifizierung der Objekte, eine bereits aufbereitete Quellensichtung und kommentierte Einbindung in die VFU als bevorzugte Arbeitsabfolge vor der Modellierung als effizient herausgestellt. Die Objekte werden über die Beziehung (Relationen/Properties) **IsShownBy** oder **IsReferredToBy** mit den visuellen Repräsentanten der Bild- oder Textquellen, auf denen das Objekt identifiziert werden kann, verknüpft. Um eine Überfrachtung der übergeordneten Objekte zu vermeiden, sollte dabei die Quelle mit demjenigen Objekt verknüpft sein, welches sie am genauesten beschreibt. Beispielsweise zeigt eine historische Fotografie des Schlosses nach Südwesten hauptsächlich seine Nordostfassade. Die Quelle sollte also mit den Objekten **Friedrichstein northeast façade** und **Friedrichstein roof** verknüpft sein, nicht aber mit dem übergeordneten Objekt **Friedrichstein manor house**. Die über- und untergeordneten Objekte werden über die Hierarchisierung vom System angezeigt [05], was die Navigation in der VFU wesentlich erleichtert. Außerdem sollten alle gesichteten Quellen, unabhängig von ihrem Informationsgehalt oder ihrer Relevanz für die Rekonstruktion, im System eingefügt werden, um auch allgemeingültige Auswertungen der Quellenlage zu ermöglichen.

Die Datenvisualisierung [06] zeigt die für die Rekonstruktion des Schlosses und seiner Außengebäude im Forschungsprozess gesichteten Bildquellen nach Art, Anzahl und Entstehungszeit sowie deren **object coverage**. Es wird deutlich, dass sich der Zustand des Schlosses in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts zumindest nach den erhaltenen Bildquellen am präzisesten rekonstruieren lässt und dass eine intensivere Beschäftigung mit der Bauruine, die auch Bildmaterial erzeugt hat, erst am Anfang des 21. Jahrhunderts begonnen hat.



□ 05
Das Objekt: Friedrichstein northeast façade mit digitalem 3D-Modell und Unter- bzw. Unterunterobjekten (rechts außen) in der VFU.

□ 06
Datenvisualisierung der für die Rekonstruktion verwendeten Quellen nach Art, Anzahl, Entstehungszeit und »object coverage«.



■ 12

Dominik Lengyel, Catherine Toulouse, Darstellung von unscharfen Wissen in der Rekonstruktion historischer Bauten, in: Katja Heine, Klaus Rheidt, Frank Henze, Alexander Riedel (Hg.), **Von Handaufmass bis High Tech III. Erfassen, Modellieren, Visualisieren**, Mainz 2011, S. 182-188.

Fabrizio I. Apollonio, Federico Fallavollita, Elisabetta C. Giovannini, Porta Aurea in Ravenna. A digital hypothetical reconstruction, in: **Virtual Archaeology. Proceedings of the second international Conference on Virtual Archeology, The state Hermitage, St. Petersburg 2015**, S. 189-195: http://www.virtualarchaeology.ru/pdf/281_vabook2015.pdf.

Eine weitere Dokumentationsmethode früherer Projekte neben der Veröffentlichung des originalen 3D-Datensatzes ist die Visualisierung historischer Unschärfe im Modell. Dominik Lengyel und Fabrizio Apollonio haben die Visualisierungsstrategien, die sich mit der Darstellung historischer Unschärfe befassen, bereits eingehend dargestellt. ¹²

Allerdings sollte stärker differenziert werden zwischen einer **Endvisualisierung** für eine konkrete Fragestellung einerseits und einer **Dokumentationsvisualisierung** für die Nachvollziehbarkeit der Rekonstruktionstätigkeit andererseits. Für die Visualisierung einer konkreten Fragestellung sind die von Lengyel formulierten Grundsätze beispielhaft. Für die Nachvollziehbarkeit des Modellierungsprozesses sollten alternative Visualisierungsmethoden allerdings nicht ausgeschlossen werden. Gerade in einer wissenschaftlichen Rekonstruktion, die den Anspruch erheben möchte, für weiterführende Forschung genutzt zu werden, kann eine nichtrealistische bzw. nicht naturalistische Form der Darstellung, die nur den Zweck hat, Modellierungsentscheidungen schnell und anschaulich zu erläutern, sinnvoll sein.

Die Dokumentation durch Visualisierung im Modell hat den Vorteil, dass sie meist direkt im Modellierungsprogramm durch eine Änderung der Materialeigenschaften des Modells vollzogen werden kann. Allerdings entstehen dadurch zwei Modelle mit der gleichen Geometrie. Auch das Problem der eindimensionalen Kategorisierung, welches schon bei der Ebenenstruktur erwähnt wurde, tritt bei einer solchen Visualisierung erneut auf. In der VFU hingegen ist das Nebeneinander beider Visualisierungsformen sowie deren Dokumentation durch eine entsprechende Erläuterung über die direkte Anbindung der Visualisierungsformen an das entsprechende Objekt und die Nachvollziehbarkeit der Rekonstruktionsaktivitäten gewährleistet.

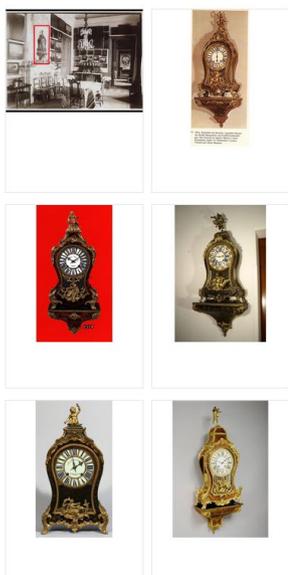
1.6 Nachvollziehbare Rekonstruktionsprozesse

Ein Kern der Projektdatenbank stellt die wissenschaftliche Dokumentation des Rekonstruktionsprozesses dar, als dessen Ergebnis eine **Version** oder **Variante** des zu rekonstruierenden Objektes in Form eines digitalen 3D-Modells entsteht. Idealerweise wird dabei für jedes geschaffene Objekt eine Aktivität angelegt, welche den Modellierungsprozess beschreibt und über die Beziehung (Relationen/Properties) **ObjectModeled** die digitale Repräsentanz mit dem in Quellen identifizierten Objekt verknüpft sowie über die Beziehung **SourceUsed** die verwendeten Quellen fixiert. Durch diese Tätigkeit sind über entsprechende Eingabefelder zum einen die benutzten Quellen, der Autor des Modells, der Ort und Zeitraum der Erstellung sowie zum anderen entstandene Urheberschaften und Lizenzen an den 3D-Datensatz gebunden.

Über eine **Freitextannotation**, die eine Verknüpfung innerhalb des Systems zu den einzelnen Objekten, Quellen, Personen und Aktivitäten und in HTML zu weiteren webbasierten Inhalten zulässt, wird der Modellierungsprozess so genau wie nötig beschrieben und mit standardisierten Abbildungen (Dokumentationsvisualisierungen) des 3D-Modells verdeutlicht. Die objektspezifischen Quellen der

Modellierung sind bereits über die Quellenbeziehung **SourceUsed** verknüpft. Sobald externe Quellen als Grundlage der Rekonstruktion herangezogen werden, also Quellen, die nicht unmittelbar das zu rekonstruierende Objekt zeigen, sondern ein ähnliches Vergleichsobjekt, sind diese als zusätzliche Abbildungen der Rekonstruktionsaktivität beizufügen. ⁰⁷ Durch die Hinzunahme externer Quellen, die eine gängige Vergleichspraxis in der Kunstgeschichte darstellt, lässt sich auch die zukunftsweisende Arbeitsmethodik der VFU darstellen. Jedes Anwesen (zurzeit Friedrichstein und Schlodien) ist in der Projektdatenbank unter einem gesonderten **Topic** angelegt. Diese Topics stellen die übergeordnete Trennlinie der zu behandelnden Forschungsgegenstände dar. Sobald nun die **Ursprungsgebäude** der externen Zusatzquellen ebenfalls in der Datenbank als Objekte eines neuen Topic thematisiert werden, erweitert sich die VFU durch das Hinzufügen eines weiteren Anwesens, welches neben den bereits vorhandenen nun ebenfalls Gegenstand der Auswertung wird.





▼ Object (Objekt)
Topic
Friedrichstein

Type
Bracket clock

▼ Title set
Title
011 fireplace bracket clock

Language
EN

Is Part Of Object
011 southwest wall fireplace
Ground floor 011 dining hall

Is Shown by
Dining hall northwest and southwest wall

Object Actor Natural Person
Jan Lutheroth
Carsten Neumann

Object Event
Localisation of objects in ground floor 011 dining hall
Correction regarding 'bracket clock in the dining hall

▼ Digital Model Version
Level of Detail (Display Only. Edit through modelling action.)
2

Level of Hypothesis (Display Only. Edit through modelling action.)
1

Modelling Event (Display Only. Edit through modelling action.)
3D reconstruction of bracket clock from dining hall
Geometry OBJ (Display Only. Edit through modelling action.)
http://www.patrimonium.net/sites/default/files/FRIEDM_011_CLOCK_15-10-02.obj

3D Model Author (Display only. Edit through modelling action.)
Anna Preiss

3D Model Author's Affiliation (Display only. Edit through modelling action.)
Institut für Raumdarstellung

3D Model License Name or Description (Display only. Edit through modelling action.)
CC-BY-NC-SA

3D Model Corporate Rights Holder (Display only. Edit through modelling action.)
Herder Institute

3D Model 3rd Party Provenance Corporate Body (Display only. Edit through modelling action.)
Herder Institute

▼ Digital Model Version
Level of Detail (Display Only. Edit through modelling action.)
7

Modelling Event (Display Only. Edit through modelling action.)
3D reconstruction of 011 fireplace bracket clock
Geometry OBJ (Display Only. Edit through modelling action.)
<http://www.patrimonium.net/sites/default/files/CLOCK.dae>

3D Model Author (Display only. Edit through modelling action.)
Oleg Mikhailovitch Bura

□ 07

Das Objekt **Bracket clock** mit verlinkten Quellen und externen Zusatzquellen.

Die Informationen der **Meta-** und **Paradaten** dienen als schneller Einstieg in die Modellierungsprozesse der Einzelobjekte. Wenn durch Auffinden einer neuen Quelle bzw. eines neuen historischen Arguments eine Veränderung am Modell notwendig wird, führt dies zu einer neuen **Version** des Modells, wodurch der Fortschritt im Rekonstruktionsprozess nachvollziehbar wird. Nachdem eine Rekonstruktionsaktivität der Datenbank hinzugefügt wurde, wird dieses von einem weiteren Projektpartner kommentiert. Um auch diesen Prüfungsschritt zu dokumentieren, entsteht für jede kontrollierte Rekonstruktionsaktivität jeweils eine Forschungsaktivität, welche die Anmerkungen und Änderungsvorschläge durch den jeweiligen Experten für den Modelleur festhält.

Im Gegensatz zu diesen (zeitlich kodierten) **Versionen** der digitalen Objekte beschreibt eine **Variante** einen alternativen Rekonstruktionsvorschlag, der ebenfalls auf eine bereits bestehende Rekonstruktionsaktivität zurückgreift, diese aber wesentlich verändert. So stellt beispielsweise eine Änderung der Polygonzahl, also die Verfeinerung der Geometrie, oder eine Visualisierung mit veränderten Texturen bzw. Materialien eine **Version** des Objektes dar. Die Rekon-

struktion einer alternativen Bauphase, beispielsweise eine Erneuerung des Dachstuhls, hätte eine **Variante** des Objektes zur Folge.

Die Exportfähigkeit, externe Zugänglichkeit und Nachnutzbarkeit der so semantisch angereicherten Modelle ist über zwei Schnittstellen des Systems gewährleistet. Zum einen kann der 3D-Datensatz im **Wavefront-OBJ-Format** (Geometrie-.obj-Datei und Textur-.mtl-Datei) der einzelnen Objekte direkt mit den dazugehörigen proprietären Daten und annotierten Texten aus der VFU exportiert bzw. heruntergeladen werden. Dieses schon etwas ältere und weithin etablierte 3D-Format hat zwar den Verlust bestimmter Spezialeffekte der jeweils benutzten Software zur Folge, es gewährleistet dennoch eine kompatible Nachnutzung. Der zweite Zugang erfolgt über eine direkte Visualisierung in einem WebGL-Player, der während des Projekts im Rahmen einer Forschungsarbeit von Daniel Dworak entwickelt wurde und die digitalen Modelle auf der Objektseite anzeigt 05 07 13

Der Einsatz einer VFU überwindet dieses bisherige Grundproblem, dass eine Modellvisualisierung meist als endgültig betrachtet wird und gibt der digitalen 3D-Rekonstruktion den Charakter eines ergebnisoffenen Diskurses zurück. Darüber hinaus kann sich der Diskurs weiterentwickeln und ist nicht auf ein bestimmtes Thema oder eine Fragestellung reduziert. Die Tiefenstaffelung in der einen Richtung kann sich bis in die Kleinstkategorisierung von Säulenkapitellformen oder Backsteinfolgen, sowie über die Verhältnisse sämtlicher Schlösser eines Kulturraums zueinander in der anderen Richtung fortsetzen. Eine formbezogene Analyse kann sich auf die Kapitellformen beziehen, sobald diese als separates Objekt thematisiert werden, neu modelliert und dennoch in der Datenbank neben der größeren Gesamtfassade als Version existieren und mit denen anderer Schlösser verglichen und in Beziehung gesetzt werden. Ebenso können funktionale Aussagen über Einrichtungsgegenstände der Einzelräume getroffen werden, ohne über genauere Kenntnisse ihrer Gestalt zu verfügen.

■ 13

Daniel Dworak, M. Pietruszka, **Fast encoding of huge 3D data sets in lossless PNG format. New research in multimedia and internet systems, in: Advances in intelligent Systems and Computing 314, Springer 2014, S. 15–24; Daniel Dworak, Piotr Kuroczyński, Virtual Reconstruction 3.0. New Approach of Web-based Visualisation and Documentation of Lost Cultural Heritage, in: Proceedings of 6th International Conference EuroMed 2016, Nicosia, Cyprus, October 31 – November 5, 2016, Part I, Springer International Publishing LNCS Series, 2016, S. 292–306: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-48496-9_24.**

I.7 Fazit

Das Projekt hat mittels der innovativen Implementierung von semantischen Verknüpfungen zwischen dem digitalen Modelldatensatz und der ebenfalls digitalen Dokumentation der Quellen und Rekonstruktionsprozesse prototypisch ein Szenario für eine nachhaltigere und nachvollziehbarere Architekturforschung im virtuellen Raum erprobt. Dabei sind mehrere Problemstellungen der bisherigen Standards im Umgang mit 3D-Modellen historischer Architektur adressiert und neue Lösungswege aufgezeigt worden:

- [1] Die Arbeitsschritte des Modelleurs werden nun dokumentiert und gemeinsam mit den verwendeten Quellen über die **Meta-** und **Paradaten** an den 3D-Datensatz gebunden. Sämtliche Entscheidungen sind über die Rekonstruktionsaktivitäten nachvollziehbar und anschließend kommentierbar.

- [2] Die 3D-Daten sind über zwei Schnittstellen weiterverwendbar. Die Nachnutzung sollte idealerweise in einem wachsenden verteilten System stattfinden.
- [3] Die Denkleistung (Schuller) und intellektuellen Rechte des Modelleurs sind ebenso in der Datenbank dokumentiert und feingranular verankert wie eventuelle Informationen über Änderungen an dem Modell über einzelne **Versionen** und **Varianten** hinweg.
- [4] Über semantische Anknüpfungspunkte am Modell wie die Typenrelationen (**TYPE**), weitere Eigenschaftsfelder in der Objektmaske sowie die **Freitextannotation** in den Forschungsaktivitäten können zusätzliche kulturhistorische Kontexte an die Modelle gebunden und nachgehend ausgewertet werden.

Nicht die publikumswirksamste Visualisierung, sondern die aus dem wissenschaftlichen Rekonstruktionsprozess, der anschließenden Visualisierung und der Datenbankauswertung gewonnenen Erkenntnisse sowie deren Nachvollziehbarkeit standen hier im Fokus der thematisierten digitalen 3D-Rekonstruktion. Nachhaltig und nach offenen Standards verknüpft mit den Forschungsobjekten selbst stehen diese Aspekte der Rekonstruktionstätigkeit als gleichberechtigte Ergebnisse zur Verfügung und könnten über die Zeit zu einem erweiterbaren virtuellen Wissensraum anwachsen. Dieser künstlich geschaffene Raum bietet nun aufgrund der wissenschaftlich fundierten Nachvollziehbarkeit seiner Entstehung ein neues Versuchsfeld für Forschungsansätze, die unter raumtheoretischen Ansätzen weitreichende Folgen haben könnten. Im Gegensatz zu einer konventionellen Datenbank wird die Ordnung der Forschungsgegenstände in der VFU zu einer Anordnung im Raum, die sich durch Simulationsstrategien, der Generierung virtueller Stimmungen und virtuell agierenden Protagonisten in eine neue mediale Vergegenwärtigung der Vergangenheit überführen lässt.