



M. Dokumentation von digitalen Rekonstruktionsprojekten

→ 3D-Rekonstruktion, CIDOC CRM, Dokumentation, Londoner Charta, Standards

Digitale Rekonstruktionen sind von zunehmender Bedeutung in den digitalen Geisteswissenschaften. Für Experten stellen sie unter anderem ein Forschungswerkzeug zur Gewinnung neuer Erkenntnisse dar. Gleichzeitig bieten die finalen Modelle eine gute Möglichkeit, die Forschungsergebnisse zu präsentieren. Experten als auch Laien sollen dabei unterscheiden können, welcher Teil der Rekonstruktion auf Fakten oder hergeleitetem Wissen beruht und welcher rein hypothetisch ist. Umso wichtiger ist es, die verwendeten Quellen und das von den an der Rekonstruktion Beteiligten eingebrachte Wissen umfassend zu dokumentieren und zugänglich zu machen. Regularien wie die Londoner Charta oder die Charta von Sevilla stellen diesbezüglich Grundsätze auf, die innerhalb von Visualisierungsprojekten zu beachten und anzuwenden sind. Konkrete Empfehlungen zur Umsetzung geben sie jedoch nicht. Zum einen fehlt es an Best-Practice-Lösungen, an denen sich Projekte orientieren können. Zum anderen sind personelle und finanzielle Ressourcen für eine allumfassende Dokumentation in den Projekten oft nicht eingeplant. Somit ist die Kenntnis über die Regularien in der Regel vorhanden, aber eine Umsetzung findet in den meisten Fällen nicht oder nur ungenügend statt. Dieser Beitrag gibt einen Einblick in die Problematik der Dokumentation von digitalen Rekonstruktionen und Rekonstruktionsprojekten und stellt bisherige Bestrebungen und Lösungsansätze vor.

M.1 Einleitung

Die digitale Rekonstruktion von Bauwerken gewinnt zunehmend an Bedeutung und wird immer häufiger in verschiedenen Wissenschaftsbereichen angewendet. In neu entstandenen Wissenschaftszweigen wie den digitalen Geisteswissenschaften (Digital Humanities) bilden sich sogar eigene Forschungsgruppen in diesem Bereich. Für Experten stellen dreidimensionale, digitale Rekonstruktionen ein neues Forschungswerkzeug dar, welches in Ergänzung zu bereits etablierten Methoden der jeweiligen Fachbereiche zur Gewinnung neuer Erkenntnisse beiträgt. Die finalen Modelle bieten außerdem eine gute Möglichkeit, Forschungsergebnisse und Zustände von Gebäuden außerhalb der eigenen Forschungsgruppe, so auch für Laien, anschaulich und verständlich zu präsentieren.

Eine große und wichtige Herausforderung ist es, die Entstehung eines Modells inklusive sämtlicher Bezüge zu genutzten Quellen (dauerhaft) zu sichern und nachvollziehbar zu gestalten. Ziel ist es, den Prozess der Rekonstruktion so transparent zu halten, dass auch Außenstehende in die Lage versetzt werden zu entscheiden bzw. beurteilen zu können, ob und inwiefern die Rekonstruktion auf verlässlichen Fakten beruht und an welcher Stelle im Erstellungsprozess welche Hypothesen Einfluss auf deren Entstehung hatten. Zudem können während der manuellen Modellkonstruktion neue wissenschaftliche Erkenntnisse bezüglich des zu rekonstruierenden Objekts gewonnen werden. **01** Es besteht Konsens unter den Wissenschaftlern, dass eine ausführliche und lückenlose Dokumentation des Rekonstruktionsprozesses ebenso wichtig wie das Modell selbst ist. Die aus 3D-Modellen resultierenden Visualisierungen haben aber meist keinen Bezug mehr zu den verwendeten Quellen. In aller Regel ist es für externe, nicht an der Entstehung des Modells beteiligte Personen (wenn überhaupt) nur schwer nachvollziehbar, an welchen Stellen eine Rekonstruktion auf verlässlichen Fakten beruht und wo sie auf Hypothesen basiert. Eine ausführliche, lückenlose Dokumentation der Rekonstruktion ist daher essenziell und sollte folgende Inhalte umfassen:

- Hintergrundinformationen zum Projekt,
- verwendete Quellen,
- während der Modellerstellung zusätzlich gewonnene Erkenntnisse,
- Entscheidungen und Schwierigkeiten während des Modellierungsprozesses,
- Erläuterung dreidimensional umgesetzter Hypothesen.

Erst wenn man die Entstehung eines Modells nachvollziehen kann, lässt sich dessen Qualität beurteilen. Damit eine Zusammenarbeit in Projekten und der Austausch und eine Archivierung der Daten möglich ist, bedarf es jedoch normativer Regularien.

Dieser Beitrag zeigt Problemfelder und bisherige Lösungsansätze bezüglich der Dokumentation von digitalen Rekonstruktionen auf und soll dazu anregen, einen von allen Seiten akzeptierten Dokumentationsstandard zu entwickeln und zu etablieren.

■ 01

Götz Echtenacher, Wissenschaftliche Erkenntnisse durch manuelles Konstruieren von 3D-Modellen, in: Katja Heine, Klaus Rheidt, Frank Henze, Alexandra Riedel (Hg.), Von Handaufmaß bis High Tech III, Darmstadt 2011, S. 49–57.

M.2 Bestehende Regularien

In den letzten 30 Jahren hat die Nutzung digitaler Medien rasant zugenommen. Diese Entwicklung machte auch vor Rekonstruktionen nicht halt, die mittlerweile häufig digital erstellt und gespeichert werden. Die dafür notwendige Hard- und Software veraltet jedoch sehr schnell, so dass ungewiss ist, ob die digitalen Informationen auch in Zukunft wiedergegeben werden können. Etliche Projekte können schon jetzt nicht mehr sinnvoll weitergenutzt bzw. verwendet werden. Das **digitale Erbe**, häufig von flüchtiger Natur, aber von dauerhaftem Wert und dauerhafter Bedeutung, droht der Nachwelt verloren zu gehen. Die UNESCO-Generalkonferenz hat daher im Oktober 2003 die **Charta zur Bewahrung des digitalen Kulturerbes** verabschiedet. **02** Darin warnt sie vor dem drohenden Verlust des digitalen kulturellen Erbes und ruft Produzenten und Verreiber digitaler Medien und Institutionen dazu auf, die nötigen rechtlichen, ökonomischen und technischen Maßnahmen zu ergreifen und mit Bibliotheken, Archiven und Museen zusammenzuarbeiten, um diesem Verlust entgegenzuwirken. DURAARK **03** ist in Bezug auf 3D-Daten ein Beispielprojekt, das die Langzeitspeicherung von 3D-Modellen, speziell Building Information Models (BIM), und Punktwolken im Bereich der Architektur zum Ziel hat.

Die 2006 verabschiedete **Londoner Charta für die computergestützte Visualisierung von kulturellem Erbe** definiert Grundsätze und Richtlinien,

»die sicherstellen sollen, dass die digitale Visualisierung von Kulturgut wenigstens so intellektuell und technisch rigoros ist wie die bereits etablierten Forschungs- und Kommunikationsmethoden«. **04**

Die Visualisierungsmethoden sollen also streng wissenschaftlich angewandt werden und die Forschungsergebnisse dem Nutzer den Stand des Fachwissens exakt vermitteln. Dazu definiert die Charta Leitsätze in Bezug auf intellektuelle Integrität, Seriosität, Dokumentation, Nachhaltigkeit und Zugänglichkeit. Anhand dieser Leitsätze wird eine Bewertung der Methoden und Ergebnisse möglich. Neben grundsätzlichen Leitsätzen, die das Anwendungsgebiet der Charta definieren und die am Rekonstruktionsprozess Beteiligten dazu auffordern, jeweils zu prüfen, ob eine Visualisierungsmethode überhaupt für den Zweck geeignet ist, nimmt der Leitsatz zum Thema Dokumentation den wichtigsten Stellenwert ein. Allgemein

»sollen genügend Informationen dokumentiert und weitergegeben werden, um das Verstehen und Bewerten der [angewandten Methoden und Ergebnisse] in Bezug auf die Zusammenhänge und Absichten [...] zu ermöglichen.« **04**

■ 02

UNESCO (Hg.), Charta zur Bewahrung des digitalen Kulturerbes, <https://www.unesco.de/document/1707/unesco-charta-zur-bewahrung-des-digitalen-kulturerbes>.

■ 03

DURAARK – Durable Architectural Knowledge, <http://duraark.eu/>.

■ 04

The London Charter, Draft 2.1, February 2009, <http://www.londoncharta.org/>.

Dazu empfiehlt es sich, Dokumentationsstrategien zu entwickeln, die diese Aktivitäten tatkräftig verbessern und strukturieren. Im Konkreten bedeutet das die Dokumentation der

- Kenntnislage: Es ist darzustellen, was die Visualisierung anstrebt, und von welcher Art und welchem Ausmaß die faktischen Unsicherheiten sind.
- Forschungsquellen: Die genutzten Quellen einschließlich ihrer Herkunft sollen aufgelistet werden.
- Prozesse (Paradaten **05**): Alle auswertenden, analytischen, deduktiven, interpretativen und kreativen Entscheidungen sollen so zur Verfügung stehen, dass die Beziehung zwischen Quelle, implizitem Wissen, expliziten Schlussfolgerungen und den Visualisierungsergebnissen verstanden werden kann.
- Methoden: Anwendern, die mit den gewählten Visualisierungsmethoden nicht vertraut sind, sollte eine Beschreibung der Methoden zur Verfügung gestellt werden. Außerdem sollte erklärt werden, warum die gewählte Methode die geeignetste ist (in Bezug auf Leitsatz 2 der Londoner Charta **Ziele und Methoden**). Die Dokumentation sollte darüber hinaus bei der »Artikulation impliziten Wissens« **04** und der »Identifizierung der verschiedenen Terminologien« **04** (mit Blick auf interdisziplinäre Projekte) helfen.
- Verknüpfung von Abhängigkeiten: »Die Art und Wichtigkeit der wesentlichen, hypothetischen Abhängigkeitsverhältnisse zwischen den Elementen [sollen] identifiziert und die zugrunde liegenden Folgerungen verstanden werden können.« **04**
- Formate und Standards: Die Dokumentation soll durch die »Nutzung der effektivsten verfügbaren Medien« **04** und Standards in einer Form verbreitet werden, dass deren Benutzung sowie die Aufnahme in Zitationsdatenbanken vereinfacht werden.

Eine weitere wichtige Rolle spielen die Themen Nachhaltigkeit und Zugänglichkeit. Für Ersteres sollen Strategien zur Sicherung der langfristigen Zukunftsfähigkeit der Ergebnisse und Dokumentationen entwickelt und umgesetzt werden. Dazu müssen verlässliche und auch künftig verfügbare analoge wie digitale Archivierungsarten identifiziert werden. Außerdem sollen notwendige Informationen für den Gebrauch in der Zukunft mitgegeben werden. Für letzteres Ziel soll eine Verbreitung der Visualisierung so erfolgen, dass ein »maximal möglicher Gewinn für Studium, Verständnis, Interpretation, Erhaltung und Verwaltung von Kulturgut erzielt wird.« **04**

Die 2011 erschienene **Charta von Sevilla** (oder auch **Seville Principles**) nimmt klar Bezug auf die Londoner Charta, erweitert und spezifiziert diese aber auf den Anwendungsbereich von computergestützten Visualisierungen archäologischer Kulturgüter. **06** Unter anderem wird darauf eingegangen, dass ein Visualisierungsprojekt nicht von einem einzigen Experten bewerkstelligt werden kann, sondern nur von einer Kooperation aus verschiedenen Spezialisten (d. h. Archäologen, Informatikern, Historikern, Architekten etc.).

■ 05

Richard C. Beacham, *Defining our Terms in Heritage Visualization*, in: Anna Bentkowska-Kafel, Hugh Denard, Drew Baker (Hg.), *Paradata and Transparency in Virtual Heritage*, Farnham 2012, S. 7–12.

■ 06

International Forum of Virtual Archaeology, *Seville Principles*, <http://smartheritage.com/seville-principles/seville-principles>.

Außerdem sollten immer Archäologen und Historiker an dem Projekt beteiligt sein, die für die Rekonstruktionen wissenschaftlich verantwortlich zeichnen. Vor dem Hintergrund, dass bei vielen Rekonstruktionen Annahmen getroffen werden, wie historische Gegenstände ausgesehen haben mögen, wird explizit gefordert, dass es möglich sein soll, zu unterscheiden, was auf wahren Befunden beruht, was authentisch hergeleitet und was rein hypothetisch ist. Bei Bedarf sollen alternative Interpretationen angeboten werden. Außerdem sollen Visualisierungen auf solider Forschung basieren, um den bestmöglichen Grad an historischer Genauigkeit und Wahrhaftigkeit zu erzielen. Es wird festgestellt, dass alle dokumentierten historischen Phasen eines Objekts sehr wertvoll sind und demzufolge auch visualisiert werden sollten (einschließlich der Verfallzustände). Nach Möglichkeit sollte auch die Umgebung und die Landschaft modelliert werden, um das Objekt in einem räumlichen Kontext darstellen zu können. Andere Leitsätze, die die Dokumentation der Methodik, Techniken, Beweisführungen, Herkunft und Charakteristiken der Quellen, Ergebnisse und Schlussfolgerungen sowie die Zugänglichkeit thematisieren, entsprechen weitgehend der Londoner Charta.

M.3 Anwendung der Regularien

Die vorgestellten Regularien sind ein erster Schritt zu einer angemessenen Dokumentationspraxis. Sie geben allerdings keine Empfehlungen oder Hinweise für deren Umsetzung. Wie viel Handlungsbedarf noch besteht, zeigt eine Sichtung mehrerer Rekonstruktionsprojekte. Sie ergab, dass eine Dokumentation auf wissenschaftlicher Basis gar nicht oder nur ungenügend erfolgte. **07** Gelegentlich werden die Quellen und Vorgehensweisen exemplarisch dargelegt, doch eine direkte Verknüpfung von Objekt und Dokument fehlt. Auch projektintern wird der Entstehungsprozess und das Wissen kaum dokumentiert und die Archivierung und Pflege der Daten und Datensätze oft nicht fachgerecht betrieben. Nicht dokumentiertes Wissen verbleibt in der Regel bei den am Projekt beteiligten Personen. Sind diese nicht mehr erreichbar, geht auch das mühsam erlangte Wissen verloren. Weiter ist man in den Naturwissenschaften, in denen die Dokumentationsmethoden klar definiert sind und jeder Arbeitsschritt protokolliert wird. **08** Was in anderen Fachrichtungen bereits fester Bestandteil der wissenschaftlichen Arbeit ist, muss bei digitalen Rekonstruktionen erst noch etabliert werden.

Um diesem Mangel abzuhelpfen, bedarf es neben allgemeinen Richtlinien wie der Londoner Charta konkreter Fallbeispiele, anhand derer eine angemessene Vorgehensweise entwickelt werden kann. **09** Die Chartas definieren universell, ohne konkrete Vorgaben bzw. Vorschläge zu formulieren, da – wie sie selbst festhalten – zu jedem Projekt eine eigene Strategie für eine Dokumentation entwickelt werden muss. Schließlich hat jedes Projekt seine eigenen, spezifischen Anforderungen. Wenn jedoch Umsetzungsbeispiele vorliegen, können Rekonstruktionsprojekte von diesen Erfahrungen anderer

■ 07

Mieke Pfarr, *Dokumentationssystem für Digitale Rekonstruktionen am Beispiel der Grabanlage Zhaoling, Provinz Shaanxi, China*, Dissertation, TU Darmstadt 2010.

■ 08

Ebd., S. 38 f.

■ 09

Franco Nicolucci, *Setting Standards for 3D Visualization of Cultural Heritage in Europe and Beyond*, in: Anna Bentkowska-Kafel, Hugh Denard, Drew Baker (Hg.), *Paradata and Transparency in Virtual Heritage*, Farnham 2012, S. 22–36.

■ 10

Franco Niccolucci, Sorin Hermon, A Fuzzy Logic Approach to Reliability in Archaeological Virtual Reconstruction, in: Franco Niccolucci, Sorin Hermon (Hg.), *Beyond the Artifact. Proceedings of CAA2004, Prato 13–17 April 2004*, Budapest 2010, S. 28–35.

■ 11

Sorin Hermon, Joanna Nikodem, 3D Modelling as a Scientific Research Tool in Archaeology, in: Axel Posluschny, Karsten Lambers et al., *Layers of Perception.*, Berlin, Germany, April 2–6, 2007, Bonn 2008.

■ 12

Oliver Hauck, Piotr Kuroczyński, Cultural Heritage Markup Language, in: *Proceedings of the 20th International Conference on Cultural Heritage and New Technologies (CHNT 20, 2015)*, Wien 2016.

■ 13

Fabrizio I. Apollonio, Classification Schemes for Visualization of Uncertainty in Digital Hypothetical Reconstruction, in: Sander Münster, Mieke Pfarr-Harfst et al., *3D Research Challenges in Cultural Heritage II: How to Manage Data and Knowledge Related to Interpretative Digital 3D Reconstructions of Cultural Heritage*, Cham 2016, S. 173–197.

■ 14

Dominik Lengyel, Catherine Toulouse, Darstellung von unscharfem Wissen in der Rekonstruktion historischer Bauten, in: Katja Heine, Klaus Rheidt, et al., *Von Handaufmaß bis High Tech III*, Darmstadt 2011, S. 182–187.

■ 15

Apollonio 2016.

■ 16

Karen M. Kensek, Lynn Swartz Dodd et al., *Fantastic reconstructions or reconstructions of the fantastic?*, in: *Automation in Construction*, 13 2004, S. 175–186.

■ 17

Hermon & Nikodem 2008.

Projekte profitieren und den Verantwortlichen so kostbare Zeit sparen, die für die Ausarbeitung einer Strategie nötig wäre.

Konkretere Vorschläge und Konzepte zu einzelnen Aspekten der Chartas gibt es bereits. Besonders die Frage, wie man die Validität einer Rekonstruktion bzw. einzelner rekonstruierter Elemente erfassen und beschreiben kann, beschäftigte einige Akteure im Bereich der virtuellen Rekonstruktionen. So gibt es mehrere Vorschläge, eine Skala der Unsicherheit/ Glaubwürdigkeit festzulegen. Unter anderem spielen dabei die Stärke von Hypothesen und die Qualität der Quellen eine Rolle. Der Einfluss der verschiedenen Faktoren auf die Rekonstruktion von Elementen soll auf einen numerischen Wert abgebildet werden. Die Faktoren können dabei unterschiedlich ausfallen und bewertet werden. Niccolucci et al. ¹⁰ und Hermon et al. ¹¹ setzen auf Fuzzylogik. Hauck et al. ¹² definieren zusätzlich zum Level of Detail (LoD), der sich auf die Geometrie eines Objektes bezieht, ein Level of Information (LoI), der die Informationsdichte der Quellen zu einem Element widerspiegeln soll. Die Kombination aus LoD und LoI ergibt ein Level of Hypothesis (LoH), der den Grad der Unsicherheit repräsentiert. Eine weitere Einteilung der Unsicherheit entwirft Apollonio ¹³, indem er unter anderem die Quellen in Gruppen unterteilt, abhängig von deren Informationsgehalt und Interpretationsbedarf. Ein Aufsatz über ein Bauwerk bedarf eines höheren Interpretationsaufwands als ein Grundrissplan. Der Grad der Unsicherheit verschiebt sich somit in diesem Fall in Richtung höherer Unsicherheit.

Die Indizierung dieses unscharfen Wissens ist oft auch ein Ausgangspunkt für deren Visualisierung. Die Methoden zur Visualisierung der Unsicherheiten erstrecken sich von Transparenz und Drahtgitterdarstellungen ¹⁴ über den Detailgrad der 3D-Geometrien bis hin zu farblichen Codierungen der Elemente. ¹⁵ Auch die Kombination mehrerer Methoden ist möglich. ¹⁶ Solche Visualisierungen können eine gute Gesamtübersicht über die entstandenen Rekonstruktionen geben und dem Betrachter Hinweise liefern, dass die einzelnen Elemente unterschiedlich zu bewerten sind. Auch Laien kann auf diese Weise verdeutlicht werden, dass nicht alles auf klaren Fakten beruht, sondern auch verschiedene Interpretationen und Unschärfe eine wesentliche Rolle spielen.

Die eigentlichen, konkreten Entscheidungen beim Rekonstruktionsprozess werden hiermit aber noch nicht wiedergespiegelt. Die Indizierung des unscharfen Wissens kann deshalb nur ein Teil der Gesamtdokumentation sein und dessen Visualisierung nur als Überblick und Einstieg zu der Dokumentation der jeweiligen Entscheidungsprozesse dienen. Um die Entscheidungen und die resultierende Rekonstruktion in einen Zusammenhang zu bringen, werden heute vielfach die 3D-Modelle semantisch angereichert. Dazu gibt es bereits mehrere Ansätze: Einer erwägt die Integration einer Datenbank direkt in das Modellierungswerkzeug ¹⁷, andere setzen dagegen auf formale Sprachen: Demetrescu ¹⁸ orientiert sich an bei archäologischen Ausgrabungen genutzten Methoden und Werkzeugen, insbesondere der Stratigrafie und Harris-Matrix. Die virtuelle Rekonstruktion wird als Erweiterung der archäologischen Befunde gesehen. So versucht Demetrescu entsprechend die archäologischen Methoden und Sprachen zu erweitern. Hauck et al. ¹⁹ versuchen die Sachverhalte in einer XML-basierter Sprache festzuhalten.

■ 18

Emanuel Demetrescu, *Archaeological stratigraphy as a formal language for virtual reconstruction.*, in: *Journal of Archaeological Science*, 57 2015, S. 42–55.

■ 19

Hauck & Kuroczyński 2016.

■ 20

SO, *Information and documentation – A reference ontology for the interchange of cultural heritage information*, ISO 21127:2014.

■ 21

Franco Niccolucci, Andrea D'Andrea, *An ontology for 3D cultural objects*, in: Marinos Ioannides, David Arnold et al., *Proceedings of the 7th International Conference on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage*, Nicosia 2006, S. 203–210.

■ 22

X3D ist ein XML-basiertes, deklaratives Format zur Beschreibung von 3D-Szenen. X3D ist zudem ein ISO-Standard.

■ 23

Martin Doerr, Maria Theodoridou, *CRMdig: A generic digital provenance model for scientific observation*, in: 3rd USENIX Workshop on the Theory and Practice of Provenance, TaPP'11, Heraklion 2011.

■ 24

George Bruseker, Anaïs Guillem, Nicola Carboni, *Semantically Documenting Virtual Reconstruction: Building a Path to Knowledge Provenance*, in: *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-5/W3 2015, S. 33–40.

■ 25

Stephen Stead, Martin Doerr et al. *CRMinf: the Argumentation model – An Extension of CIDOC-CRM to support argumentation*, <http://www.cidoc-crm.org/crminf/ModelVersion/version-0.9>.

■ 26

Paola Ronzino, Franco Niccolucci et al., *CRMba a CRM extension for the documentation of standing buildings*, in: *International Journal on Digital Libraries*, 17 (1) 2016, S. 71–78.

Dazu entwickelten sie die Cultural Heritage Markup Language (CHML).

Ein Standard, der vermehrt angewendet wird, ist das CIDOC Conceptual Reference Model (CRM). **20** CIDOC CRM ist ein ISO-Standard für den Austausch und die Integration von Informationen im Bereich des kulturellen Erbes und wurde vor allem für die Anwendung von Museen und Archiven konzipiert. Als Ontologie, bestehend aus Entitäten und Eigenschaften, ist es auf eine semantische Datenmodellierung zugeschnitten. Bei der Anwendung auf den Bereich der digitalen Rekonstruktionen stößt es jedoch schnell an seine Grenzen, da komplexere digitale Inhalte und unscharfes Wissen zunächst nicht berücksichtigt werden können.

Bereits 2006 wurde von Niccolucci et al. **21** eine Erweiterung für komplexe 3D-Modelle vorgeschlagen. Dabei wird das CIDOC CRM mit dem X3D-Standard **22** verzahnt. Der Interpretations- und Entscheidungsprozess wird dabei jedoch nicht berücksichtigt. Stattdessen bezieht sich die Erweiterung lediglich auf digitale Repliken. Mit CRM_{dig} **23** kam später eine offizielle Erweiterung für das CIDOC CRM. Der Fokus liegt dabei auch auf Digitalisaten kulturhistorischer Objekte und relevanten Informationen zu deren Ursprung/Herstellung, wie Scanverfahren oder benutzter Software. Ein Interpretationsprozess ist bei einer Digitalisierung jedoch nicht vorhanden und findet in der genannten Erweiterung daher auch keine Beachtung.

CRM_{dig} kommt auch bei der in den letzten Jahren einsetzenden Digitalisierung von Museumobjekten zum Einsatz. Die digitalen Repliken sollen dann zum Teil in digitalen Bibliotheken wie der Europeana der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt werden. Bruseker et al. **24** bedienen sich dagegen der noch relativ neuen Erweiterungen CRM_{inf} und CRM_{BA}. CRM_{inf} **25** ist auf die formale Beschreibung von Argumentationsketten und Schlussfolgerungen spezialisiert, während CRM_{BA} **26** die Komplexität historischer Gebäude zu beschreiben versucht, inklusive einzelner Gebäudeteile, funktionaler Räume und Bauphasen. Durch die Kombination dieser Erweiterungen können Argumentationen und Schlussfolgerungen bzw. auch einzelne Schritte der Argumentation mit bestimmten Gebäudeteilen und schließlich mit dem digitalen Modell verlinkt werden. Die Modellierung von Wahrscheinlichkeitsgraden oder alternativen Rekonstruktionsmöglichkeiten blieb laut den Autoren jedoch zunächst außen vor.

Im Allgemeinen eignen sich formale Sprachen und Ontologien wie das CIDOC CRM gut, um Informationen zwischen mehreren Systemen auszutauschen oder zu integrieren, z. B. mittels Technologien des Semantic Web. Für normale Nutzer ist jedoch eine semantische Anreicherung der Modelle bzw. deren formale Beschreibung mithilfe einer Ontologie nicht einfach. Zwar werden mit Ontologien aufgebaute Daten und Verknüpfungen oft in XML-basierten Formaten wie dem im Semantic Web gebräuchlichen Resource Description Framework (RDF) gespeichert und sind somit prinzipiell vom Menschen lesbar. Die Erfassung der Daten ist aufgrund der technischen Natur der Ontologien aber schwierig, insbesondere wenn es sich um größere Datenmengen handelt. Außerdem können die Informationen zum Teil recht granular beschrieben werden und durch den formalen, logischen Aufbau auf sehr abstrakte Weise verknüpft sein. Dies stellt ein Problem dar und widerspricht auch der in den oben genannten Chartas gestellten Forderung nach Zugänglich-

■ 27
The London Charter, 2009.

keit von Daten: Die Visualisierung und Dokumentation soll ja so aufbereitet und verfügbar sein, dass man daraus den größtmöglichen Nutzen für das Studium, das Verständnis und die Interpretation ziehen kann. ²⁷ Eine rein formale Beschreibung mittels Ontologien oder anderer Formate für eine valide Dokumentation reicht also nicht aus. Hier bedarf es geeigneter Werkzeuge, die es ermöglichen, die Dokumentation einfach und verständlich zu vermitteln, und somit auch Laien einen Zugang bieten.

M.4 Dokumentationswerkzeuge

Die bereits genannten Ansätze beschäftigen sich größtenteils nur mit einzelnen Aspekten zur Dokumentation von Rekonstruktionen, wie der Visualisierung von Unsicherheiten oder der formalen Speicherung des Wissens. Es gibt aber auch schon Umsetzungsvorschläge, wie eine möglichst allumfassende Dokumentation aussehen und diese dem Nutzer auch ohne technische Vorkenntnisse verständlich und nachvollziehbar näher gebracht werden könnte.

Im Rahmen der **EPOCH Research Agenda** (2004–2008) wurden bereits konkrete Ideen entwickelt, wie man digitale Objekte dokumentieren könnte, welche Daten erfasst werden sollten und wie sich diese in digitalen Bibliotheken bereitstellen ließen. ²⁸ Diese Überlegungen mündeten unter anderem in der Londoner Charta. Ein weiteres Ergebnis dieser Agenda ist ein Werkzeug, das den Interpretationsprozess verwalten und auch die Quellen, die zu der Visualisierung geführt haben, erfassen soll. ²⁹ Es ist webbasiert und baut auf der Wiki-Technologie, also auf untereinander verlinkten Seiten, auf. Die Seiten sind strukturiert in Datenblätter, die die Quellen und deren Herkunft, Qualität und deren Interpretation erfassen; Seiten, die die Wechselbeziehungen zwischen mehreren Quellen dokumentieren (z. B. gemeinsame Merkmale); Hypothesenblätter, welche verschiedene Möglichkeiten diskutieren; und schließlich Ergebnisblätter, die die eigentliche Rekonstruktion präsentieren. Das Werkzeug blieb allerdings ein Prototyp und wird aktuell nicht entwickelt oder genutzt.

Einen theoretischen Ansatz liefert Pfarr. ³⁰ Sie schlägt ein **4-Ebenen-Dokumentationssystem** vor, welches den den Nutzer von allgemeinen hin zu detaillierten Informationen führt. So beinhaltet die erste Ebene lediglich Hintergrundinformationen zum Projekt. Die zweite Ebene beschreibt dessen historischen Kontext. Die dritte Ebene beschreibt das System, die Methodik und Chronologie der Rekonstruktion und Dokumentation, und die vierte Ebene besteht aus Quellen- und Methodenkatalogen, die die Beziehungen zwischen den Quellen, Modellen und Prozessen listen. Entscheidungen werden in Textdokumenten mit Referenzen zu dem genutzten Material erklärt. Dieser theoretische Ansatz orientiert sich sehr an den Prinzipien und Normen von technischen Dokumentationen.

■ 28
David Arnold, Guntram Geser, **EPOCH Research Agenda for the Applications of ICT to Cultural Heritage – Full Report**, Brighton 2008.

■ 29
Daniel Plentickx, **How to make sustainable visualizations of the past. An EPOCH common infrastructure tool for interpretation management**, in: Anna Bentkowska-Kafel, Hugh Denard, Drew Baker (Hg.), **Paradata and Transparency in Virtual Heritage**, Farnham 2012, S. 203–244.

■ 30
Pfarr-Harfst 2010, S. 83 f.

■ 31

Piotr Kuroczyński, Oliver Hauck, Daniel Dworak, 3D Models on Triple Paths – New Pathways for Documenting and Visualizing 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, Cham 2016, S. 149–172.

■ 32

Sander Münster, Interdisziplinäre Kooperation bei der Erstellung geschichtswissenschaftlicher 3D-Modelle, Wiesbaden 2016.

Eine bereits nutzbare virtuelle Forschungsumgebung inklusive einer umfangreichen Verknüpfung der Daten auf Basis des **CIDOC CRM** und der **CHML** bietet **Patrimonium.net**. ³¹ Die Plattform bedient sich somit zum Teil existierender Standards. Die Daten sollen auch mittels Technologien des Semantic Webs als Linked Open Data öffentlich zugänglich gemacht werden. Die Informationen und Modelle werden in kuratierten Galerien dargeboten. Die Ergebnisse sollen auch in einem sogenannten Virtuellen Museum präsentiert werden. Der Nutzer kann sich im Browser durch die virtuelle 3D-Rekonstruktion bewegen und Informationen zu Objekten aufrufen.

Neben diesen Ansätzen zur Dokumentation lohnt ein Blick auf die Praxis, um den Stand von Dokumentationswerkzeugen zu beurteilen. Aus der Analyse von Projektverläufen erkennt man, dass die Dokumentation in der Praxis oft vernachlässigt wird, weil sie sehr aufwendig ist und in Projektanträgen selten als eigenständiger Posten Berücksichtigung findet. ³² Das ist auch ein Grund, weshalb die zuvor genannten Chartas in der Praxis kaum Anwendung finden, obwohl sie inzwischen relativ bekannt sind und des Öfteren auch in wissenschaftlichen Beiträgen zitiert werden. Plentickx und Pfarr-Harfst liefern zwar konkrete Umsetzungsvorschläge dieser Chartas und mit **Patrimonium.net** ist sogar eine umfangreiche Forschungsumgebung praktisch verfügbar. Der manuelle Aufwand, eine umfassende und ausführliche Dokumentation zu erstellen, wird dadurch aber nicht oder kaum verringert, sei es durch das Erstellen der Quellen- und Methodenkataloge oder das Füllen umfangreicher Eingabemasken. Insgesamt kann man feststellen, dass der Dokumentationsprozess nach Möglichkeit entlastet werden muss.

Eine gute Ausgangsbasis für die zukünftige Entwicklung von Dokumentationsstandards und -methoden bietet die Erfassung, Untersuchung und Analyse bereits durchgeführter Projekte wie sie in der Dissertation von Sander Münster zu finden sind. **33** Für eine gute und erfolgreiche Durchführung von Projekten, einschließlich ihrer Dokumentation, sind seiner Analyse nach folgende Punkte wichtig:

- Deadlines setzen. Deadlines fördern ein effizientes Arbeiten. Um wirksam zu sein, müssen sie verbindlich sein und Anreize bzw. Sanktionen beinhalten.
- Bei der Strukturentwicklung berücksichtigen, dass das Modell sich einfach finden und editieren lassen muss.
- Modellsystematik und -struktur entwickeln, dokumentieren und einhalten. Standards frühzeitig entwickeln und möglichst beibehalten.
- Wenn möglich das Modell anhand räumlicher, zeitlicher, funktionaler und modellorganisatorischer Aspekte gliedern.
- Vorhandene Quellinformationen räumlich und zeitlich sortieren und verorten, beispielsweise in Generalplänen.
- Die Übersicht/ Erreichbarkeit der Daten klären.
- Bei unklarer Befundlage Auslassungen oder mehrere Alternativhypothesen im Modell präsentieren.
- Eine Strategie zu Häufigkeit und zeitlicher Verortung von Korrekturen entwickeln.
- Für eine Kontrolle wesentlich sind visuelle Vergleiche, beispielsweise von Modellansichten und Quellen.
- Breit etablierte und für alle Beteiligten zugängliche Austauschformate nutzen.
- Nicht erfolgte Korrekturen dokumentieren.
- Entscheidungen in geeigneter Skalierung aktiv kommunizieren und auf eine breite Basis stellen.
- Stakeholder regelmäßig informieren.
- Strukturierte **Problemlisten** aufstellen und im Vorfeld einer Besprechung übermitteln.
- Eine einfache Sprache sowie intuitive Formate wie beispielsweise Bilder nutzen.
- Skizzen und Zeichnungen als Hilfsmittel nutzen.
- Quellen und Vorgehen im Präsentationsmedium geeignet darstellen.

■ 34

Sander Münster, Piotr Kuroczyński, Mieke Pfarr-Harfst, Marc Grellert, Dominik Lengyel, *Future Research Challenges for a Computer-Based Interpretative 3D Reconstruction of Cultural Heritage – A German Community's View*, in: *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-5/W3 2015, S. 207–213.

■ 35

Mieke Pfarr-Harfst, Marc Grellert, *The Reconstruction – Argumentation Method*, in: *Marinos Ioannides, Eleanor Fink, Antonia Moropoulou, Monika Hagedorn-Saupe, Antonella Fresa, Gunnar Liestøl, Vlatka Rajcic, Pierre Grussenmeyer (Hg.), Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection: 6th International Conference, EuroMed 2016, Nicosia, Cyprus, October 31–November 5, 2016, Proceedings, Part I, Cham 2016, S. 39–49.*

■ 36

Jonas Brusckhe, Markus Wacker, *Simplifying Documentation of Digital Reconstruction Processes*, 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, Cham 2016, S. 256–271.*

Auch in Gruppen, wie der **AG Digitale Rekonstruktion** der DHd (Digital Humanities im deutschsprachigen Raum), wird dem Thema Dokumentation große Beachtung geschenkt. Es hat sich ein Arbeitskreis gebildet, der in den verschiedenen Fachdisziplinen den Stand der Technik und mögliche Felder der Zusammenarbeit erarbeiten soll. ³⁴ So wird unter anderem diskutiert, wie man die Dokumentationspraxis verbessern kann. Eine möglichst einfache, schnelle Dokumentation steht zunächst im Widerspruch zur komplexen Ausgestaltung aller möglichen Facetten von Informationen und damit einer den Chartas genügenden Dokumentation.

Da Letztere auch mithilfe der existierenden Werkzeuge aus oben genannten Gründen praktisch kaum angewendet wird, schlagen Pfarr-Harfst & Grellert ³⁵ einen **Minimalstandard** vor. Dieser besteht im Wesentlichen darin, dass den Quellen Bilder der Rekonstruktion gegenübergestellt werden und mit einem geschriebenen Text, der Argumentation, verknüpft werden. Die Argumentation beschreibt, auf welche Quellen, Analogien und Interpretationen die Rekonstruktion basiert. Zusätzlich erfasst werden lediglich Informationen zum Projekt, zu den verantwortlichen Personen und die wichtigsten Metadaten zu den Quellen. Ein wichtiger Aspekt ist, dass dieser **Minimalstandard** auf komplizierte Standards im Hintergrund verzichtet. Auch die technische Realisierung ist somit erheblich vereinfacht. Die Dokumentation kann sogar in analoger Form erfolgen. Durch die Reduktion auf die Eingabe nur der wichtigsten Daten und auch den Verzicht auf die Einbettung der 3D-Modelle zur Echtzeitbetrachtung werden zudem einige Probleme und Herausforderungen bezüglich der Benutzerfreundlichkeit, die komplexe Anwendungen unweigerlich mit sich bringen, umgangen.

Einen anderen Ansatz, der Herausforderung gelingender Projektdokumentation zu begegnen, verfolgen Brusckhe & Wacker. ³⁶ Mit dem Dokumentationssystem **DokuVis** soll eine Plattform geschaffen werden, die sich in den Rekonstruktionsprozess von Beginn an integrieren und dem Nutzer so viele Routineaufgaben wie möglich (semi-)automatisiert abnehmen soll. Dementsprechend sollen auch das Projektmanagement und die Kommunikation (z. B. Rückfragen bei Unklarheiten) in das System integriert sein. Ein besonderes Augenmerk liegt auf der intuitiven Bedienbarkeit der Anwendung. So soll sich der Nutzer auf seine wesentlichen Aufgaben konzentrieren können und nicht mit technischen Details überfordert werden. Die Daten werden im Hintergrund konform zum **CIDOC CRM** verknüpft und hinterlegt, Details und die korrekte semantische Verwendung werden vom System sichergestellt.

Eine Anwendung, welche nach Brusckie & Wacker bei 3D-Rekonstruktionsprojekten eine ideale Unterstützung bietet, vereint Elemente aus verschiedenen Bereichen:

- Einen Explorer (für Quellen und 3D-Modelle), in dem alle anfallenden Daten verwaltet werden.
- Einen Projektmanagementteil, in dem Aufgaben und Mitarbeiter verwaltet werden.
- Einen Kommunikationsteil, der bei der Projektdokumentation unterstützt und mit dessen Hilfe Mitarbeiter untereinander kommunizieren können. Hier können Kommentare verschiedener Ausprägung (Quellenkritik, Modellkritik, Bemerkungen) erstellt werden.
- Einen Konfigurationsteil, in dem die Rechte für die unterschiedlichen Benutzergruppen festgelegt und Mitarbeiter verwaltet werden. Das Programm muss verschiedene Nutzergruppen unterscheiden. Hierbei sollten mindestens Spezialisten wie Historiker, technische Bearbeiter und Projektleiter berücksichtigt und mit unterschiedlichen Rechten bei der Benutzung des Programms ausgestattet werden können. Weitere Rollen wären denkbar, etwa die eines externen Beobachters oder Auftraggebers, der sich mit Hilfe der Anwendung regelmäßig über den Stand des Projektes informieren kann.
- Eine Datensynchronisation (online und/oder offline).
- Eine Protokollfunktion.

Solche Werkzeuge decken viele verschiedene Bereiche bei der Projektarbeit ab und sind in Teillösungen bereits verfügbar. Die Erfahrungen der verschiedenen Nutzergruppen mit derlei Werkzeugen sind jedoch sehr unterschiedlich ausgeprägt und sollten bei der Entwicklung einer Anwendung streng berücksichtigt werden.

M.5 Zusammenfassung

Es ist allgemeiner Konsens, dass eine gute Dokumentation digitaler Rekonstruktionsprojekte einen enormen Gewinn sowohl während der Projektdurchführung als auch bei der Projektverwertung darstellt. Bisher mangelt es aber vielen Projekten an Projektdisziplin und vor allem an allgemein anerkannten Standards. Es gibt bereits viele Ansätze, die Teilbereiche einer Dokumentation abdecken, aber auch Vorschläge ganzer Dokumentationswerkzeuge und -systeme. Die meisten wurden anhand konkreter Projekte entwickelt, werden aber überwiegend lediglich von den jeweiligen Autoren eingesetzt. Wie variabel die Ansätze auch auf verschiedenste Projekte angewandt werden können, ist ungewiss.

Der besseren Zugänglichkeit wegen setzen die meisten Anwendungen auf eine webbasierte Lösung. Eine noch ungelöste Frage ist jedoch, inwieweit die Systeme und damit auch die Daten auch in Zukunft noch verfügbar sein werden. Dokumentationswerkzeuge böten den Vorteil, dass hier Standards etabliert und von den Projektteilnehmern (über standardisierte Eingaben) eingefordert werden können, so dass ein Austausch der Daten und eine Langzeitarchivierung unterstützt wird. Da Rekonstruktionsprojekte jedoch sehr vielfältig ausfallen können, könnte solch eine Standardisierung aber zu sehr einschränken und nicht allen Anforderungen gerecht werden.

Es ist nun an der Community, die Herausforderung zu meistern, die bestehenden, zum Teil vielversprechenden Lösungsansätze zu einer von allen Seiten akzeptierten Gesamtlösung zusammenzuführen.