

DDB goes 3D

Erste Einschätzungen, Herausforderungen und offene Fragen

Diskussionspapier für ein mehrstufiges Projekt der Deutschen Digitalen Bibliothek (DDB), Technischen Informationsbibliothek (TIB) und Universität Bonn. Die Interessen der DDB liegen zunächst auf einem Minimum Viable Product, um 3D-Modelle im DDB Portal zugänglich zu machen. Phasenmodell: 1. Phase finanziert durch die DDB¹, danach gemeinsamer DFG-Antrag

Raoul Wessel, Universität Bonn, Arbeitsgruppe für Computer Graphik

Ina Blümel, TIB Open Science Lab

1. Modelleinpfege

a) Dateiformate - Dreiecks- und Polygonmodelle

Ausgangslage

3D-Modelle, die als Dreiecks- bzw. Polygonrepräsentationen vorliegen, werden ähnlich wie 2D-Bilder in einer Vielzahl von verschiedenen Formaten vorgehalten. Im Gegensatz zu Bildern unterscheiden sich diese Formate zum Teil sehr stark voneinander; zum einen dahingehend, welche Informationen vorgehalten werden (Geometrie, Farben, Materialeigenschaften, textuelle Annotationen), zum anderen hinsichtlich der Frage, inwiefern sie durch öffentlich verfügbare Codebibliotheken unterstützt werden. Insbesondere beim letzteren Punkt stellt sich das Problem, dass viele verwendete Formate proprietär sind und entsprechend nicht oder nur unzureichend durch nicht von kommerziellen Anbietern wie beispielsweise Autodesk entwickelten Bibliotheken unterstützt werden.

Herausforderungen

Dem Dateiformat, in welchem das 3D-Modell vorgehalten wird, kommt eine entscheidende Bedeutung für alle weiteren Schritte der Verarbeitung entlang der bibliothekarischen Prozesskette zu, sofern diese den unmittelbaren Inhalt des Modells direkt betreffen. Im Hinblick auf die angedachten Arbeitspakete des Projekts zählen hierzu insbesondere die Anzeige des Modells in einer geeigneten Webapplikation, vgl. Abschnitt 2), sowie die Auslieferung von 3D-druckbaren Versionen des Modells, vgl. Abschnitt 3). Es muss sichergestellt werden, dass die anvisierten 3D-Formate in geeigneter Form importiert und ggf. konvertiert werden können, um so die Anzeige und Weiterverarbeitung zu ermöglichen.

Offene Fragen

- Welche Formate sollen bei der Einpflege unterstützt werden? Macht es in diesem Zusammenhang eventuell Sinn, die Konvertierungsarbeit auf den Bereitsteller des Modells 'abzuwälzen'?

¹ 30-100.000€ im Kalenderjahr 2018, kann nicht innerhalb der DDB ausgegeben werden

- Falls zunächst nur ein Format² akzeptiert werden soll, was wären die Konsequenzen für Portal und Nutzerakzeptanz der DDB?
- Soll die Konvertierung von Formaten vollautomatisch erfolgen oder ggf. unterstützt durch manuelle Arbeit?
- Stehen finanzielle Mittel zur Anschaffung von Konvertierungssoftware bereit?

b) Dateiformate - Punktwolken

Ausgangslage

Im Gegensatz zu Oberflächenmodellen wie z.B. den oben beschriebenen ist die Formatlandschaft im Bereich der klassischen Punktwolken relativ homogen und bringt daher weit weniger Problem mit sich. Eine Herausforderung stellt hier eher die schiere Größe der Modelle dar; abhängig von Auflösung, eingesetzter Akquisetechnologie und Ausgangsgröße des Realobjektes liegt der Platzbedarf schnell im hohen Gigabyte- oder gar Terabytebereich.

Offene Fragen

- Welche Punktwolkenformate sollen unterstützt werden?
- Steht serverseitig genug Speicherkapazität zur Vorhaltung der Modelle zur Verfügung?
- Steht hinreichend Upstreamkapazität zur Verfügung, um größere Modelle in welcher Form auch immer an den Nutzer ausliefern zu können?

c) Lizenz- und Rechtsfragen

Offene Fragen

- Welche Lizenzmodellen gelten für die einzupflegenden 3D-Modelle und welche Restriktionen bringt dies ggf. mit sich was die Weiterverarbeitung angeht?
- Inwiefern darf bei der DDB Software eingesetzt werden, die für den wissenschaftlichen Bereich frei verfügbar ist, im Falle kommerzieller Anwendung aber ggf. kostenpflichtig lizenziert werden muss?
- Inwieweit kann während des Projekts entwickelte Software als Open Source veröffentlicht werden?

d) Metadaten

Ausgangslage

Die Änderungen im Metadatensatz für die DDB-Anzeige sollen möglichst minimal gehalten werden. Differenzierte Inhaltsbeschreibungen und zusätzliche Informationen wie Annotationen siehe Abschnitt 4)

Offene Fragen

Wenn Einpflege inkl. Metadaten dem Standardingest für DDB-Objekte folgen soll - Welche Standard-Metadaten sollen in der DDB für 3D-Modelle bereitgestellt werden? Gibt es Pflicht-Informationen?

² analog Wikimedia Commons - hier wird einzig das Format *.stl akzeptiert, das im Zusammenhang mit 3D-Druck das am meisten verbreitete Dateiformat ist, aber über Dreiecksnetz-Geometrie hinaus limitiert ist hinsichtlich der vorgehaltenen Informationen

e) Modelldomäne und -bereitsteller

Ausgangslage

Für das Projekt soll sich zunächst auf die Domäne Architektur beschränkt werden, da a) Contentgeber vorhanden sind, b) Relevanz für den Bereich Kulturerbe besteht, c) an Architekturmodellen vielfältige Fragestellungen und Beschreibung enthaltener Information getestet werden können, d) mit der AG Digitale Rekonstruktion dafür eine konkrete Community vorhanden ist. Der Einpflege-Workflow soll idealerweise mit 1-2 Contentbereitstellern getestet werden, z.B. DAM Frankfurt/Main (bereits Contentgeber in der DDB) oder Rekonstruktions-Modelle Hagia Sophia etc. (Oliver Hauck).

Offene Fragen

Sind evtl. vorhandene Punktwolkenmodelle der Test-Modellbereitsteller bereits rekonstruiert?
Liegen die Rekonstruktions-Modelle als Dreiecks- bzw. Polygonrepräsentationen vor?

2) Modelldarstellung

Ausgangslage

Die Anzeige der Modelle für den Nutzer soll über eine Webschnittstelle erfolgen. Für Polygonmodelle stehen hierfür einige etablierte Ansätze wie bspw. WebGL zur Verfügung, die sich vermutlich auf die Anforderungen der DDB anpassen ließen. Im Bereich der Punktwolkenmodelle gibt es hierfür zwar weniger Auswahlmöglichkeiten, dennoch sollten sich auch hier Lösungen finden lassen.

Herausforderungen

Im Fokus etablierte Anzeigewerkzeuge für Polygonmodelle steht in erster Linie die Darstellung der Modellgeometrie, also der Oberfläche an sich, sowie ggf. Farb- und/oder eine rudimentäre Materialdarstellung. Insbesondere Formate im Bereich der Architektur und des Bauwesens bieten darüber hinaus zumeist mannigfaltige zusätzliche Informationen sowohl geometrischer wie auch textueller Natur, deren Anzeige ggf. Anpassungen an vorhandenen Werkzeugen erfordert. Webbasierte Anzeigewerkzeuge für Punktwolken verwenden zumeist progressive Anzeigemodi, d.h. es werden häppchenweise immer nur die Teile der Punktwolke an den Nutzer übertragen, welche gerade im Fokus der Anzeige sind, um nicht den kompletten Datensatz übertragen zu müssen und dementsprechend lange Wartezeiten in Kauf nehmen zu müssen. Zur schnellen ganzheitlichen Übersichtsanzeige für den Nutzer kann es daher empfehlenswert sein, aus der Punktwolke zunächst ein niedrig aufgelöstes Polygonmodell zur Vorschau bereitzustellen. Bei größeren Datensätzen empfiehlt sich dieser Ansatz neben den Punktwolkendaten auch für Polygonmodelle. Eine weitere Möglichkeit zur Verkleinerung des zu übertragenden Datenvolumens besteht in der Verwendung verlustbehafteter Kompressionsalgorithmen analog zu z.B. jpg für 2D-Bilder, welche die Zahl der Dreieck bzw. Punkte des Originalmodells unverändert lassen, deren Position aber leicht verändern. Den oben genannten Anzeigemöglichkeiten ist gemein, dass sie im Wesentlichen darauf basieren, die Modellgeometrie oder Teile davon zu Nutzer zu übertragen und mit der dortigen Grafikhardware zu rendern. Ein neuerer Ansatz, der vor allem im Bereich von Computerspielen immer populärer wird ist es, statt der Geometrie lediglich einen Videostream eines Anzeigetools an das Endgerät zu übermitteln. Die Geomtriedaten selber finden den Weg dabei nicht auf das Endgerät sondern liegen weiterhin auf einem Server. Dort läuft eine Art virtuelles Anzeigetool, dessen Interaktion vom Nutzer gesteuert wird. Lediglich das Resultat wird in Form eines Streams an den Nutzer übertragen. Dies hat zahlreiche Vorteile im Bereich Deployment:

- A. Auch grafik- und speicherintensive Anwendungen laufen problemlos auf mobilen Endgeräten.
- B. Zur Darstellung ist lediglich der Videostream notwendig, es entfallen Probleme, die durch unterschiedliche Betriebssystem oder Browser verursacht werden.
- C. Insbesondere bei größeren Modellen entfällt der Netzwerkbottleneck, die Qualität der Auflösung des Videostreams wird bei Bedarf einfach angepasst. Somit entfällt die Notwendigkeit progressiver Darstellungen oder geringer aufgelöster Vorschau Modelle.
- D. Eine Rekonstruktion der 3D-Geometrie aus dem Videostream ist nutzerseitig nicht mehr ohne Weiteres möglich. Dies ist insbesondere bei restriktiveren Modelllizenzen von großem Vorteil.

Die genannten Vorteile gehen einher mit zwei Hauptnachteilen:

- A. Der Programmieraufwand der serverseitigen Anzeigetools wird größer, und
- B. der Ansatz skaliert prinzipbedingt schlecht: Wollen gleichzeitig zehn Nutzer auf verschiedene Modelle mit einer Größe von jeweils 1 GB zugreifen, so muss serverseitig Hardwarekapazität vorhanden sein, um diese Modelle gleichzeitig im Hauptspeicher bzw. auf der Grafikkarte vorhalten zu können. Gleichzeitig muss der Videoupstream zum Nutzer gewährleistet bleiben.

Die unter B) beschriebenen Nachteile werden im Bereich von aktuellen Streamingangeboten zumeist dadurch kompensiert, dass virtualisierte Server bei kommerziellen Anbietern wie beispielsweise Amazon (AWS) gehostet werden; die Last kann hierbei durch das Zu- bzw. Abschalten von Cloudknoten dynamisch verteilt werden.

Offene Fragen

- Je nachdem wie die 3D-Daten zur Anzeige an den Nutzer ausgeliefert werden lässt sich mehr oder weniger einfach oder kompliziert das zugrunde liegende 3D-Modell rekonstruieren. Es muss daher geklärt werden, ob das dem Objekt zugrunde liegende Lizenzmodell dies prinzipiell zulässt. Darüber hinaus ist zu klären, ob die Erzeugung und Darstellung niedriger aufgelöster Vorschau Modelle im Rahmen der Lizenz zulässig ist.
- Je nach verwendeter Anzeigetechnologie kann sich für den Nutzer eine gewisse 'Einstiegshürde' ergeben. Z.B. kann die Anzeige die Installation zusätzlicher Software erfordern, auf bestimmte Browser beschränkt sein, oder die Freigabe oder Anpassung bestimmter Browsereinstellungen erfordern. Die Frage ist daher, inwieweit man dem Nutzer hier Hürden zumuten kann bzw. will.³
- Inwieweit sollen mobile Endgeräte bei der Darstellung von 3D-Inhalten unterstützt werden? Hintergrund ist hierbei, dass diese im Ggs. zu Desktoprechnern gewöhnlich eingeschränkte 3D-Grafikkapazität aufweisen
- Welche Hardwarekapazität steht serverseitig zur Verfügung?

³ Vgl. lessons learnt aus dem DFG-Projekt Probado, in dem TIB und Uni Bonn beteiligt waren.

- Wäre Servervirtualisierung in der Cloud ein gangbarer Weg, insbesondere auch was finanzielle Mittel angeht?

Darüber hinaus analog zu den bereits weiter oben gestellten 'offenen Fragen' im Bereich der Modelleinpflege:

- Inwiefern darf bei der DDB Software eingesetzt werden, die für den wissenschaftlichen Bereich frei verfügbar ist, im Falle kommerzieller Anwendung aber ggf. kostenpflichtig lizenziert werden muss?
- Inwieweit kann während des Projekts entwickelte Software als Open Source veröffentlicht werden?

3) 3D-Druck

Ausgangslage

Druckbarkeit stellt eine nicht-triviale Anforderung an 3D-Modelle dar. Erfahrungsgemäß sind nur äußerst wenige 3D-Inhalte per se ohne zusätzliche Aufbereitung druckbar. Dies wird aktuell durch die Tatsache untermauert, dass es mittlerweile Firmen gibt, deren Hauptgeschäftsfeld es ist, 3D-Modelle druckbar zu machen.

Dennoch ist die 'Druckbarkeit' der Modelle ein wichtiges Ziel der Integration von 3D in die DDB, da es einhergehend mit fallenden Preisen für 3D Druck Hardware dem Ansatz der Erfahrbarkeit von Kulturerbe-Objekten besonders nahe kommt und Nutzung der Objekte in vielfältigen Kontexten zulässt.

Herausforderungen

- Um gedruckt werden zu können muss für ein 3D-Modell im mathematischen Sinne entscheidbar sein, welche Teile des 3D-Raums das Innere, mit Material zu füllende ausmachen, und welche den mit später mit Luft gefüllten, außen liegenden Teil. Diese Anforderung mag zunächst trivial erscheinen, erweist sich in der Praxis aber als äußerst komplex. Erfahrungsgemäß ist für ca. 90%-95% aller 3D-Modelle nicht automatisch entscheidbar, welche Teile innen und außen liegen, diese sind ohne zusätzliche Verarbeitungsschritte schlichtweg nicht druckbar. Diese erforderlichen zusätzlichen Verarbeitungsschritte können manuell oder automatisiert erfolgen. Manuelle Arbeit hat hier den Vorteil, dass bei guter Ausführung die Qualität des Modells nicht oder kaum beeinträchtigt ist, allerdings erfordert sie in der Regel Experten. Je nachdem wie 'kaputt' und umfangreich das Polygonmodell ist, ist der manuelle Aufwand mehr oder weniger hoch und kann sich zwischen Minuten bis hin zu Tagen bewegen. Automatisierte Verfahren sind erheblich zeit- und kostengünstiger, gehen aber in den meisten Fällen mit einer eingeschränkten Qualität des Resultats einher, die resultierenden Modelle können beispielsweise je nach verwendeter Methode eine gewisse legoartige Klötzchenhaftigkeit aufweisen. Bei genügend hoher Auflösung verschwindet dieser Effekt allerdings aufgrund der bei heutigen 3D-Druckern ohnehin nicht besonders hohen Druckauflösung.
- Modelle, für die Anforderung A) erfüllt ist, sind unter Umständen trotzdem nicht ohne Weiteres druckbar. Je nachdem, wie hoch die Auflösung des Druckers ist und welches

Material zum Druck verwendet werden soll, kann es vorkommen, dass Strukturen, deren Dicke sich am Rande der Druckerauflösung bewegt, nicht oder nur teilweise gedruckt werden. Im günstigsten Fall fehlen diese Strukturen einfach nur, fungieren sie hingegen als Unterbau anderer Teile des Modells, kann dies weitreichende Folgen haben, da die notwendige Statik nicht mehr gegeben ist.

- C. Sind die unter A) und B) beschriebenen Anforderungen erfüllt kann es abhängig vom verwendeten Druckmaterial zusätzlich noch zu statischen Problemen beim Endprodukt kommen.

Offene Fragen

- Soll händische Aufbereitung von 3D-Modellen im Zuge der Einpflege stattfinden, um diese druckbar zu machen, oder sollen (teil)automatisierte Verfahren eingesetzt werden, oder soll dieses Problem ggf. an geeignete Anbieter outgesourct werden?
- Sollen Punktwolkenmodelle in Polygonrepräsentationen überführt werden, um sie drucken zu können? (vgl. Herausforderungen Modellvorschau, Abschnitt 2)

Darüber hinaus analog zu den bereits weiter oben gestellten 'offenen Fragen' im Bereich der Modelleinpflege:

- Inwiefern darf bei der DDB Software eingesetzt werden, die für den wissenschaftlichen Bereich frei verfügbar ist, im Falle kommerzieller Anwendung aber ggf. kostenpflichtig lizenziert werden muss?
- Inwieweit kann während des Projekts entwickelte Software als Open Source veröffentlicht werden?

4) Inhaltsbeschreibende Metadaten und Annotationen

Ausgangslage

3D-Scans von analogen Artefakten, also Punktwolkenmodelle bzw. in polygonbasierte Oberflächenmodelle überführte Punktwolken beinhalten keine semantischen Informationen. Der fehlenden digitalen Erschließung begegnet die Architektur seit den 1990er Jahren mit der Entwicklung der Building Information Modelling (BIM) Methode sowie dem Datenaustauschmodell Industry Foundation Classes (IFC). Gleichzeitig gibt es Ansätze, 'dumme' Punktwolken in IFC zu überführen⁴.

Digitale Rekonstruktionsmodelle der Architektur, also nativ digitale Daten der 3D-Modelle stellen das Ergebnis eines wissenschaftlichen Diskurses und der hypothetischen Abbildung eines Bauwerks oder Objekts digital dar. Hier geht es vorrangig um die Dokumentation und Abbildung der subjektiven Quelleninterpretation und kreativen 3D-Modellierung, Texturierung und Visualisierung. Sinnvoll ist eine aussagenbasierte Beschreibung der Modellinhalte insbesondere für Kulturerbe, also MD auf Basis von CIDOC CRM, oder anderen eventbasierten Modellen.

Beispielhaft verdeutlichen folgende Praktiken und Notwendigkeiten aus dem Gebiet Rekonstruktion / 3D Kulturerbe die Arbeitsweise:

- Annotationen durch Wissenschaftler, aber auch die Crowd, Citizen Scientists etc.

⁴ http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/Show?ecaade2014_138

- Versionierung der 3D-Modelle (Zitierfähigkeit)
- Semantische Segmentierung und Verknüpfung von Text, Bild und 3D-Modell
- Annotation der 3D-Modelle direkt im 3D-Viewer (Teile im Mesh highlighten, Annotation hinzufügen)

-

Die DDB benutzt zwar z.T. eventbasierte MD, aber nicht sämtliche Informationen in RDF modelliert, keinen Triplestore, keine SPARQL-Schnittstelle usw.

Die DDB hat mit ihrer 'Cassandra-DB' grundsätzlich die Möglichkeit, zusätzliche Metadaten asynchron und unabhängig von Einpflegeprozess der Modelle und Metadaten vorzuhalten, wie z.B.

- Aussagen über Modelle und Modellteile
- Annotation mit Freitexten, s.o.
- Provenienzinformationen zu Metadaten; interessant bei Rekonstruktionsmodellen / avancierteren Erschließungs-Fragestellungen

Offene Fragen

- Benutzt die DDB bereits Vokabularien oder Ontologien, auf die aufgebaut werden soll?
- Wie können inhaltsbeschreibende Informationen mit den Standard-MD der Anzeige verknüpft werden?
- Sind Abfragen über verschiedene Inhaltstypen geplant?
- Sollen Nutzungsdaten von Modellen erfasst werden?

Allgemeine Fragen

- Einbindung in DDB Gesamtarchitektur? Wie sieht die Softwareinfrastruktur der DDB en détail aus?