

Digitale 3D-Objekte

Nutzungspotenziale, Probleme und Desiderate

Maria Niklaus

Einleitung

Versteckt, verstaubt, vergessen – mit derlei Worten lässt sich noch immer ein Teil der Sammlungsbestände an Universitäten und Hochschulen in Deutschland beschreiben. Gleichwohl hat sich in den letzten Jahren vieles getan, nicht zuletzt im Bereich der Digitalisierung von Sammlungen.¹ So auch an der Universität Stuttgart, an der das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte eHeritage-Projekt »Gyrolog«² angesiedelt ist. Gyrolog digitalisiert die historische Sammlung zur Kreiseltechnik und Inertialnavigation der Universität Stuttgart.³ Das interdisziplinäre Team mit Mitarbeiter*innen aus der Luft- und Raumfahrttechnik, der Wissenschafts- und Technikgeschichte, der Photogrammetrie und der Computertomographie kombiniert dabei die jeweilige fachliche Expertise, um diesen historisch unikalen und didaktisch wertvollen Bestand in hochauflösenden 3D-Digitalisaten einem erweiterten und diversifizierten Nutzer*innenkreis zur Verfügung zu stellen.

Die Digitalisierung bietet universitären Sammlungen nicht nur die Chance, ihren Beständen mehr Sichtbarkeit zu verschaffen, sie kann auch dazu beitragen, komplexe Objekte verständlicher zu machen. Gerade zu technischen Artefakten⁴

-
- 1 Für einen Überblick über universitäre Sammlungen und deren Lage in Deutschland vor ca. 10 Jahren siehe te Heesen (2008), S. 485-490; Weber (2010), S. 3-9. Für einen Überblick zum heutigen Stand der Nutzung universitärer Sammlungen siehe die Tagungsberichte der Gesellschaft für Universitätssammlungen, z.B. Hierholzer (2019).
 - 2 Gyrolog – Aufbau einer digitalen Kreiselammlung für historische und didaktische Forschung, www.gyrolog.de [30.06.2020].
 - 3 Die Sammlung beinhaltet vor allem Navigations- bzw. Lageinstrumente für die Luft- und Raumfahrt (zum Teil auch für die Schifffahrt), die auf dem physikalischen Prinzip eines Kreisels aufbauen.
 - 4 In diesem Beitrag werden vor allem Beispiele dieser eher technisch-komplexen Objekte aus der Arbeit der Autorin als wissenschaftlicher Mitarbeiterin im Digitalisierungsprojekt Gyrolog vorgestellt.

lässt sich oft nur schwer Zugang finden. Ohne Fach- oder zumindest Hintergrundwissen bleiben viele dieser Objekte ohne ausführlichere Erläuterung oder Kontextualisierung »stumm«. Eine Digitalisierung, die sich nicht in der schlichten Erfassung solcher Objekte erschöpft, kann hier allerdings ganz unterschiedliche Zugänge und Nutzungsszenarien ermöglichen und somit neue Perspektiven für Forschung, Lehre und Outreach eröffnen.⁵

Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich insbesondere mit den Nutzungspotenzialen der 3D-Digitalisierung sowie mit der Frage, was es zu berücksichtigen gilt, damit die hier angedeuteten Möglichkeiten auch ausgeschöpft werden können.⁶ 3D-Digitalisierung wird dabei als eine spezifische Form der Objektdigitalisierung verstanden.

Forschung mit digitalen Objekten

Für eine sinnvolle Nutzung digitaler Objekte in Forschung und Lehre ist es notwendig, dass diese eine nachvollziehbare, möglichst detailgetreue virtuelle Abbildung ihrer physischen Vorlagen darstellen. So sollten etwa auch objektgeschichtlich relevante Informationen oder Nutzungsspuren digital erkennbar bleiben. Sie können am digitalen Objekt unter Umständen sogar besser ablesbar und zu analysieren sein als am Original. Auf- und Inschriften können beispielsweise auf qualitativ hochwertigen digitalen Objekten oft einfacher entziffert werden, insbesondere wenn es sich bei den Originalen um eher kleine Artefakte handelt. 3D-Digitalisate sind in diesem Kontext meist noch leistungsfähiger als zweidimensionale Fotografien, da sie Details durch eine multiperspektivische, dreidimensionale Ansicht besser erkennbar machen. Weiterhin ist es möglich, durch nicht-invasive 3D-Digitalisierungsverfahren in »verschlossene« Sammlungsobjekte zu blicken und sie gewissermaßen zu durchleuchten. Hierzu werden im Gyrologprojekt die Digitalisate mit den Methoden der Photogrammetrie

-
- 5 Ein Beispiel für den Versuch, eine breitere Öffentlichkeit zu erreichen, ist die Teilnahme einiger universitärer Sammlungen am Projekt »Coding da Vinci«, vgl. [https://codingdavinci.de/\[30.06.2020\]](https://codingdavinci.de/[30.06.2020]). So etwa das Projekt »Math with Models« mit 3D-Digitalisaten von Gipsmodellen aus der mathematischen Modellsammlung der Universität Tübingen, siehe https://codingdavinci.de/projects/2019_sued/math_with_models.html#project [30.06.2020].
 - 6 Wobei eine 3D-Digitalisierung längst nicht immer sinnvoll sein muss. Mitunter lassen sich damit keine nennenswerten neuen Erkenntnisse gewinnen. Umgekehrt können durch diese Art der Objektdigitalisierung durchaus neue, unerwartete Nutzungsszenarien entstehen. Bei Gyrolog waren beispielsweise die erzeugten 3D-Digitalisate anfangs vor allem als Objekte für die historische Forschung intendiert. Die Nutzerperspektiven haben sich jedoch im Laufe des Projektzeitraums ausgeweitet (vgl. dazu den Abschnitt »Chancen: Digitalisierung als erweiterter Zugang für die Objektforschung« für Beispiele solcher erweiterten Nutzerkontexte).

(Außenansicht), der Computertomographie (Innenansicht, nicht-invasiv) und der Endoskopie (photogrammetrisch, Innenansicht) erzeugt. Die genannten Techniken ermöglichen somit Ansichten und Einsichten, die über die klassische Observatio eines physischen technischen Objekts weit hinausgehen. Limitationen in der wissenschaftlichen Nutzung digitaler 3D-Objekte bestehen hingegen unter anderem darin, dass Informationen bzw. Daten über deren meist komplexe Erzeugung häufig verborgen bleiben. Dieser Umstand soll später noch genauer betrachtet werden.

Methoden der 3D-Digitalisierung und ihre Erzeugnisse

Wie genau entsteht ein 3D-Digitalisat? Im universitären Sammlungsbereich kommen für die 3D-Digitalisierung laut einer Erhebung aus dem Jahr 2018 vor allem fünf Methoden zum Zuge.⁷ Dies sind nach der Häufigkeit ihres Einsatzes:

- die Photogrammetrie,
- die 3D-Rekonstruktion,
- das Laserscanning,
- das Streifenlichtscanning sowie
- die Computertomographie.

Die 3D-Rekonstruktion wurde in der genannten Umfrage mehrfach im Zusammenhang mit anderen Verfahren genannt.⁸ Der Begriff ist allerdings unscharf und es werden darunter von verschiedenen Akteur*innen unterschiedliche Konzepte verstanden. Grundsätzlich handelt sich bei der 3D-Rekonstruktion nicht um ein eigenständiges Aufnahmeverfahren, sondern um ein Produkt weiterer Verarbeitungsschritte, die zur Schaffung von 3D-Modellen führen.⁹

Welche »Arten« von 3D-Digitalisaten können mit den genannten Digitalisierungsmethoden erzeugt werden und wie lassen sich 3D-Digitalisate begrifflich fassen bzw. voneinander abgrenzen? Derzeit gibt es für die verschiedensten Methoden und Digitalisate auch viele verschiedene Bezeichnungen.¹⁰ Dies liegt vor allem daran, dass Entwicklungen im Bereich der 3D-Digitalisierung schnell voranschreiten und sich Standards gerade erst etablieren. Im Folgenden sollen dennoch versuchsweise drei Arten von »Forschungsobjekten« – originales Objekt, 3D-Digitalisat, 3D-

7 Faustin (2018), S. 31.

8 Ebd. S. 61f.

9 Vgl. dazu ausführlicher den nächsten Abschnitt.

10 Die begriffliche Unschärfe ist für die Diskussion der 3D-Digitalisierung und ihre Entwicklung weiterhin ein großes Problem.

Modell – erläutert und voneinander unterschieden werden, insbesondere auch hinsichtlich des Zugangs, den sie erlauben.

Mit dem **originalen Objekt** ist meist das physisch vorhandene Objekt gemeint. Es kann aber auch ein Objekt gemeint sein, das physisch gar nicht mehr vorhanden, jedoch über verschiedene Quellen in seiner Existenz und physischen Form belegt ist.

Wie bereits erwähnt, bleiben Sammlungsobjekte an Universitäten oft verborgen. Die personelle Betreuungssituation ist mitunter schwierig, Bestände sind nicht erschlossen, der Zugang zu ihnen ist oft nur eingeschränkt möglich. Ein weiteres Hindernis für eine eingehendere Befassung mit den Sammlungsdingen kann schlicht die geographische Distanz zwischen Forschenden und Forschungsobjekt sein.¹¹ Es kann also einige Hürden geben, die den Zugang zu und den Umgang mit den originalen Objekten erschweren.

Das **3D-Digitalisat** sollte eine möglichst genaue digitale Abbildung des originalen Objekts sein, das mit verschiedenen technischen Verfahren erstellt worden sein kann. Wichtig sind die möglichst hohe Qualität¹² und die Farbechtheit. Der Anspruch an Farbechtheit schließt bereits einige Digitalisierungsverfahren aus.¹³ Mit den meisten Techniken werden sogenannte Punktwolken erstellt, die die Oberfläche einschließlich der Farben abbilden. Letztlich werden für die Erzeugung der 3D-Digitalisate immer algorithmische Verfahren und damit eine spezifische Software benötigt.¹⁴

11 Digitalisierung bietet nicht nur die Chance, die Distanz zwischen Forscher*innen und Objekten zu überbrücken, sie ermöglicht auch die virtuelle Zusammenführung von Objekten, die an ganz verschiedenen Orten bewahrt werden. Ein Beispiel hierfür wäre das Projekt NU-MiD (Netzwerk universitärer Münzsammlungen in Deutschland), in dem versucht wird, eine institutionsübergreifende digitale Münzsammlung aufzubauen. Vgl. dazu auch den Beitrag von Katharina Martin in diesem Band sowie die Homepage des Projekts: <http://numid-verbund.de/> [30.06.2020].

12 Eine hohe Qualität impliziert eine große Datenmenge, was wiederum problematisch beim Zugang zu einem 3D-Digitalisat über die Darstellung im Webbrowser sein kann. Deshalb sind hier letztlich immer Kompromisse einzugehen.

13 Die Industrie-Computertomographie erzeugt beispielsweise sogenannte Voxel- bzw. Volumendaten, die mithilfe einer Röntgenröhre und eines Detektors aufgenommen werden. Diese Methode bietet auf der einen Seite einen Blick in das Innere des Forschungsobjekts, ohne dass dieses geöffnet oder dafür gar beschädigt werden muss. Auf der anderen Seite können mit einer Röntgenröhre nur Graustufen und keine Farben aufgenommen werden. Bei dieser Methode stellt sich also generell und im Einzelfall die Frage nach dem epistemischen Mehrwert angesichts der Vor- und Nachteile.

14 Es gibt verschiedenste Software, die 3D-Digitalisate erzeugen kann. Bei der Erstellung von 3D-Digitalisaten im universitären Sammlungsbereich wurden 2018 fast 30 verschiedene Software-Optionen genannt, wobei eigentlich keine Software prioritär genutzt wurde, Faustlin (2018), S. 35-37. Für das Gyrologprojekt werden beispielsweise drei verschiedene Programme genutzt, um sicherzustellen, dass die höchstmögliche Qualität erreicht wird.

3D-Digitalisate können über das Internet allen Interessierten zugänglich gemacht werden. Potenziell kann sich ein*e Forschende*r also aus verschiedensten global zugänglichen Sammlungen die für die eigene Forschungsfrage relevanten digitalen Objekte herunterladen¹⁵ und untersuchen.

Getrennt vom 3D-Digitalisat ist das **3D-Modell** zu betrachten. Darunter werden dreidimensionale Digitalisate verstanden, die nicht unmittelbar auf einem physisch vorhandenen Objekt beruhen. Dabei sind zwei Szenarien für die Modellierung denkbar:

- Erstens eine **3D-Rekonstruktion**. Diese beruht auf zweidimensionalen Daten, wobei das Objekt physisch nicht mehr vorhanden sein muss. Das heißt, eine 3D-Rekonstruktion wird digital und auf Basis von früher vorhandenen Objekten modelliert, die u.a. mit Methoden der Geschichtswissenschaften erschlossen wurden und entsprechend dokumentiert sind. Der Begriff der 3D-Rekonstruktion hat dabei eine terminologische Unschärfe, die nicht nur von dem sich rasch entwickelnden Feld herrührt, sondern auch von einer unterschiedlichen Begriffsbildung: So verwenden etwa die Computer Vision oder die Photogrammetrie (als Fachdisziplin) einen weiter gefassten Rekonstruktionsbegriff, der die 3D-Digitalisierung miteinschließt bzw. von dieser nicht unterschieden wird.
- Zum Zweiten sind digitale Objekte gemeint, die dreidimensional modelliert werden, indem Objekte basierend auf verschiedenen Datengrundlagen (u.a. auch 3D-Digitalisate oder das physisch vorhandene Objekt) digital »per Hand« nachgebaut werden. Anstelle von Punktwolken oder Volumendaten wird hier also frei modelliert. Eine Anwendung für solche 3D-Modelle in der Forschung beruht vor allem auf dem digitalen Nachbau von nicht mehr vorhandenen oder nie vorhanden gewesenen Objekten oder auch der digitalen Animation der Funktionsprinzipien technischer Objekte und stellt damit eine Form der experimentellen, digitalen Forschung dar.¹⁶

Die Zugänge zu 3D-Modellen gestalten sich gleich wie beim 3D-Digitalisat.

15 Mit dem heruntergeladenen Datensatz könnte man dieses digitale Objekt mit Hilfe eines 3D-Druckers auch wieder in ein physisches Objekt transformieren und vergegenständlichen.

16 Auf diese Weise wird 3D-Modellierung etwa in den Archäologien und Altertumswissenschaften eingesetzt, beispielsweise am Institut für Klassische Archäologie an der Universität Heidelberg: <https://www.uni-heidelberg.de/fakultaeten/philosophie/zaw/klarch/forschung/3Dmodelle.html> [30.06.2020] oder im Rahmen einer Kooperation der Universität Trier (Fachgebiet Alte Geschichte) mit der Hochschule Trier (Fachbereich Technik, Labor für Digitale Produktentwicklung und Fertigung): <https://www.hochschule-trier.de/hauptcampus/technik/labor-fuer-digitale-produktentwicklung-und-fertigung-ldpf/projekte/lusoria-rhenana-3d-rekonstruktion-eines-spaetroemischen-flusskriegsschiffes> [30.06.2020].

Limitationen von digitalen Objekten

Neben den vielen Potenzialen gibt es auch etliche Probleme und Herausforderungen bei der Herstellung und Nutzung von dreidimensionalen digitalen Objekten. Problematisch ist etwa, dass wir als Nutzer*innen oft nicht wissen, auf welche Weise ein 3D-Digitalisat überhaupt erzeugt wurde. Ein Objekt wurde digital erfasst und dann mithilfe einer Software zu einem 3D-Objekt zusammengesetzt: Aber wie genau ging dies vor sich? Wurde nur eine oder wurden gleich mehrere der möglichen Digitalisierungsmethodeneingesetzt? Mit welcher Software wurde das Digitalisat erstellt? War es ein automatisierter Prozess? Wurden während des Digitalisierungsprozesses Objektdetails verändert? Diese Fragen berühren nicht nur den Digitalisierungsprozess als solchen, sondern sind auch für das Verständnis, die Analyse und Bewertung digitaler Objekte unverzichtbar. So können etwa bei der Datenintegration¹⁷ aus verschiedenen Verfahren Veränderungen am digitalen Objekt erzeugt werden. Diese sind aber später für Nutzer*innen nicht mehr oder nur mehr schwer nachvollziehbar.

Ein Beispiel eines veränderten 3D-Digitalisates aus dem Forschungsprojekt Gyrolog zeigen die Abbildungen 1 und 2. Abbildung 1 zeigt den ersten Versuch der Datenintegration zwischen zwei verschiedenen Digitalisierungsmethoden, der Photogrammetrie und der Computertomographie. Der Stecker unten am Kreiselinstrument wurde beim Transport zum Computertomographen verschoben. Das heißt, dass der digitale Stecker der CT-Daten nicht mit den Steckerdaten der Photogrammetrie übereinstimmte.

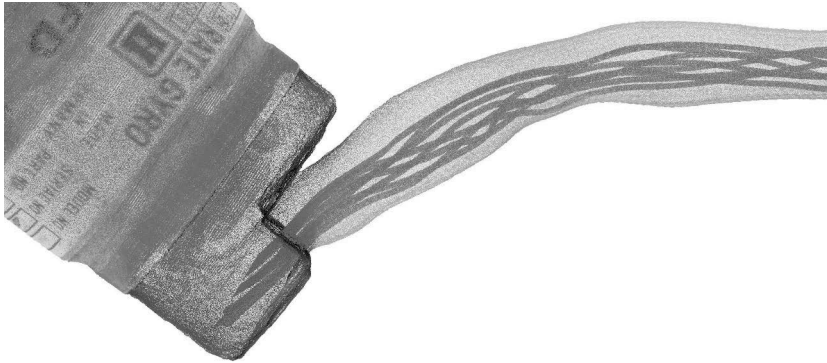
Um dieses Problem provisorisch zu lösen, wurde der Stecker einfach virtuell »abgeschnitten« und angepasst (Abb. 2). Bei genauer Betrachtung ist zu sehen, dass der Stecker so nicht im Kreiselinstrument angebracht worden sein kann, weil die Kabelenden (Abb. 2, markierter Kreis) im »leeren« Raum enden, ohne einen Anschluss zu besitzen, der den Strom in das Objekt leiten könnte. Da der Anspruch des Gyrologprojekts darauf liegt, abbildungstreue digitale Objekte für die historische und didaktische Forschung zu erstellen, wurde dieses Instrument noch einmal gescannt und diesmal darauf geachtet, dass sich die Lage des Steckers nicht verändert. Diese Präzision bei der Abbildung des physischen Objekts muss nicht immer gewährleistet sein und sie kann auch nicht immer erreicht werden. Umso wichtiger ist es aber, dass den Nutzer*innen entsprechende Informationen zum Produktionskontext des digitalen Objekts vorliegen.

17 Es gibt verschiedene Arten der Datenintegration, bei der Photogrammetrie etwa die Integration oder Zusammenfügung der Digitalisate der Ober- und Unterseite eines Objekts. Oder die Datenintegration von zwei Methoden, also das Zusammenführen von Digitalisierungsdaten z.B. der Photogrammetrie und der Computertomographie.

Abbildung 1: Datenintegration: Erster Versuch der Datenintegration zwischen photogrammetrischen und CT-Daten. © Gyrolog.



Abbildung 2: Detailaufnahme Datenintegration: Digital getrennter Stecker. © Gyrolog.



Ein weiteres Beispiel zeigt, dass ein 3D-Modell immer das Ergebnis einer Reihe von jeweils kontextabhängigen Entscheidungen ist. Auf welchen Grundlagen wurden die 3D-Modelle erzeugt? Wurden alle Details modelliert? Wurden die Farben so wiedergegeben, wie beim Original? Ein Beispiel, das diese Problematik zeigt, ist das CSG-Modell (Constructive Solid Geometry) eines Beschleunigungsmessers von Gyrolog (Abb. 3 – 5). Abbildung 3 zeigt ein 2D-Foto des originalen Objekts, Abbildung 4 das 3D-Digitalisat als Punktwolke der photogrammetrischen 3D-Erfassung

und Abbildung 5 einen Screenshot der Smartphone Applikation, die das Modell abbildet.

Abbildung 3: Fotografie des originalen Objekts. © Gyrolog.

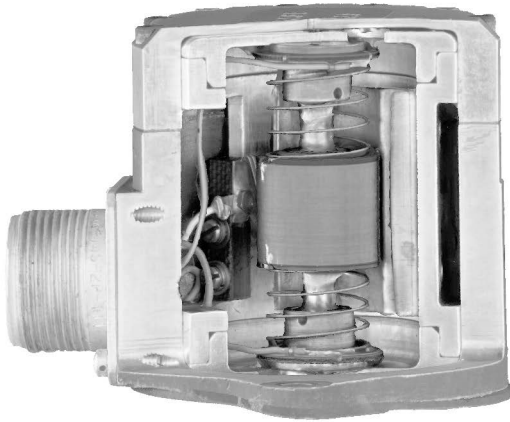


In der Fotografie (Abb. 3) sowie im 3D-Digitalisat (Abb. 4) sind zahlreiche Details zu erkennen, u.a. die grünen und roten Kabel, die für das Instrument konstruktiv wichtig sind, da sie die Signalübertragung der gemessenen Beschleunigung verantworten. Diese Kabel sind im 3D-Modell (Abb. 5) nicht modelliert und damit auch nicht vorhanden. Ein wichtiges Detail des Originals wurde also nicht mit aufgenommen.

Ohne weitere Informationen wären die Gründe hierfür nicht nachvollziehbar.¹⁸ Für die Nutzung und Bewertung von 3D-Modellen, die sich auch auf Objekte beziehen können, die nicht mehr existieren, müssen also dringend die Datengrundlage der Modellierung sowie die Modellierungsentscheidungen transparent gemacht werden.

18 Dies war der erste 3D-Modell-Versuch für eine Smartphone-Applikation, in der auch die Animation getestet werden sollte. Es ging hier in erster Linie um das Funktionsprinzip des Instruments für den Einsatz in der Lehre.

Abbildung 4: 3D-Digitalisat. © Gyrolog.



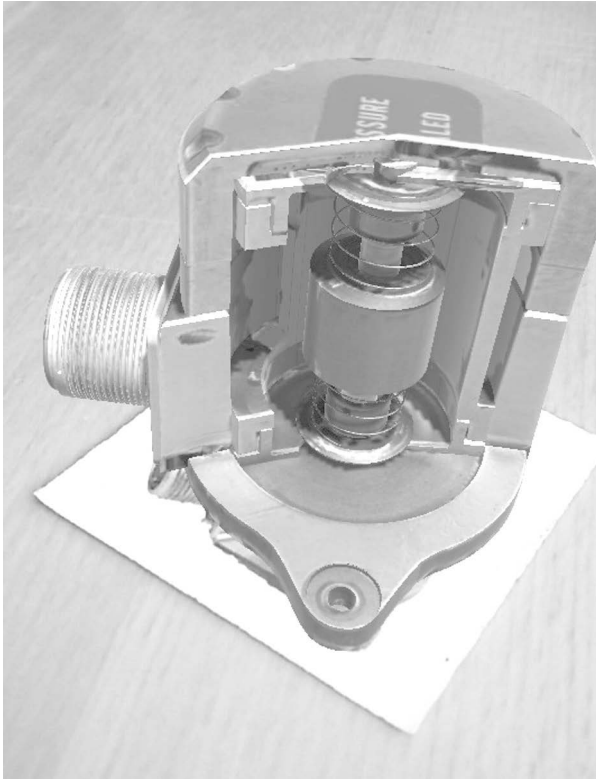
Dokumentation der Produktionsverfahren von digitalen Objekten

Wie aus den beiden Beispielen in den Abbildungen 1 und 2 sowie 3 bis 5 ersichtlich wird, genügt es nicht, Objekte einfach zu digitalisieren oder zu modellieren und dann online zu stellen. Vielmehr gilt es, das gewählte Verfahren, die Verfahrensschritte sowie das hierdurch entstandene Produkt zu dokumentieren und diese Daten zur Verfügung zu stellen. Auch das digitale Objekt bleibt ansonsten »stumm«. Handelt es sich um ein 3D-Digitalisat oder um ein 3D-Modell? Auf welcher Datengrundlage ist es entstanden? Für eine belastbare Forschung mit digitalen Objekten sind solche Informationen unabdingbar. Bislang werden allerdings meist nur Informationen über das physische Original sowie technische Metadaten zugänglich gemacht. Für eine forschende Befassung mit digitalen 3D-Objekten ist das jedoch zu wenig. Hierfür wären auch die Umstände und Verfahren der Erzeugung dieser Digitalisate in den Metadaten zu hinterlegen. Wie dies im Einzelnen aussehen kann, sollte von den Fachcommunities diskutiert und als Standard gemeinsam formuliert werden.¹⁹

Umgekehrt müssen wir als Forschende solche Metadaten zu den Erzeugungsgrundlagen und -verfahren auch »lesen« und verstehen können. Wir müssen nach-

19 Es wäre z.B. denkbar, diese Art der Dokumentation für eine gesamte Sammlung oder ein Projekt, analog zu digitalen Editionsberichten, vorzunehmen. Zugleich sollte aber jeder Zugriff auf ein digitales Objekt von den entsprechenden Informationen begleitet sein.

*Abbildung 5: 3D-Modell, basierend auf dem 3D-Digitalisat.
© Gyrolog.*



vollziehen können, auf welche Weise ein 3D-Digitalisat erstellt und inwiefern es gegebenenfalls verändert wurde. Damit sind nicht die praktischen, komplexen informationstechnischen, mathematischen oder physikalischen Kenntnisse gemeint, die für die Anwendung der genannten Digitalisierungsverfahren notwendig sind, sondern ein Wissen darüber, welche digitalen Objekte diese Verfahren produzieren, wo ihre Grenzen und Unschärfen liegen und wie im konkreten Anwendungsfall vorgegangen wurde. Eine auch in diesem Sinne verstandene »Technical Literacy« oder »Data Literacy« sollte im Kontext einer digitalen Objektforschung ebenso selbstverständlich werden, wie es die Quellenkritik für die Geschichtswissenschaften ist.

Chancen: Digitalisierung als erweiterter Zugang für die Objektforschung

Eine nachvollziehbare, standardisierte und zugängliche Dokumentation der Verfahren zur Erzeugung von Digitalisaten würde der Forschung mit solchen Objekten neue Möglichkeiten eröffnen. Dabei sollten die Digitalisate keineswegs unabhängig von den originalen Objekten gedacht, sondern ergänzend dazu genutzt werden. Ein qualitativ hochwertiges Digitalisat kann weitere Informationen am und im Objekt aufdecken, die vorher womöglich unzugänglich waren oder übersehen wurden. Die Arbeit mit Digitalisaten, vor allem mit 3D-Digitalisaten, generiert unter solchen Voraussetzungen einen epistemischen Mehrwert.

Zugleich wird es durch die Digitalisierung möglich, Objekte, die nur schwer oder gar nicht zugänglich sind, über das Internet zugänglich verfügbar zu machen. Für eine wissenschaftliche Nutzung der Daten und Metadaten ist dabei ein Open Access-Status²⁰ notwendig. Ist dieser offene Zugang gegeben, so können daraus vielfältige Nutzungsmöglichkeiten der digitalen Bestände resultieren: in der Forschung, in der Lehre, in Museen, in der Erwachsenenbildung, in interdisziplinären Kooperationen. Die Gyrolog-Objekte werden beispielsweise in der Lehre der Luft- und Raumfahrttechnik für Funktionsanimationen oder Innenansichten der Instrumente genutzt. Zugleich sind sie (digitale) Lehrobjekte in Fächern, die das Erzeugen von 3D-Digitalisaten oder 3D-Modellen zum Gegenstand haben, etwa in der Informatik und einigen Ingenieurwissenschaften. Auch im Bereich der Digital Humanities kommen sie zum Einsatz.²¹ Und nicht zuletzt können sie in Programmen für die theoretische Ausbildung von Pilot*innen in der Allgemeinen Luftfahrt verwendet werden.

Die (3D-)Digitalisierung – mit der Verknüpfung von Kontextinformationen, der Dokumentation der Verfahren sowie der Open Access-Publikation der erfassten Daten – ermöglicht es nicht nur, Objekte aus dem Verborgenen zu holen, sondern auch mit den durch sie gewonnenen Digitalisaten innovativ zu forschen und zu lehren. Universitäre Sammlungen sollten diese Chancen nutzen, Institutionen und Förderorganisationen sie ermöglichen.

20 »Ohne Online-Zugriff hat das Digitalisat allenfalls den Wert einer elektronischen Reproduktion, und eine solche erfüllt nicht den Zweck der Generierung von Sichtbarkeit, Verfügbarkeit und erleichtertem Zugriff.« Wissenschaftsrat (2011), S. 40.

21 In zuletzt genannter Disziplin entsteht gerade an der Universität Stuttgart eine Masterarbeit über 3D-Modellierung mit 3D-Digitalisaten aus dem Gyrologprojekt.

Literatur

- Faustin, Charlene: 3D-Digitalisierung in der Arbeit mit wissenschaftlichen Sammlungen: aktuelle Tendenzen und Herausforderungen. Masterarbeit an der Fachhochschule Potsdam, Potsdam 2018; verfügbar unter: <https://opus4.kobv.de/opus4-fhpotsdam/frontdoor/index/index/docId/2288> [30.06.2020].
- Hierholzer, Vera (Hg.): Knotenpunkte. Universitätssammlungen und ihre Netzwerke. Dokumentation zur 10. Sammlungstagung, 7. Jahrestagung der Gesellschaft für Universitätssammlungen, Mainz 2019.
- te Heesen, Anke: in medias res. Zur Bedeutung von Universitätssammlungen, in: N.T.M. 16 (2008), S. 485-490.
- Weber, Cornelia: Zur gegenwärtigen Situation der universitären Sammlungen, in: Cornelia Weber/Klaus Mauersberger (Hg.): Universitätsmuseen und -sammlungen im Hochschulalltag. Aufgaben. Konzepte. Perspektiven. Beiträge zum Symposium vom 18.-20. Februar 2010 an der Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin 2010. S. 3-9; verfügbar unter: <https://edoc.hu-berlin.de/handle/18452/18531> [30.06.2020].
- Wissenschaftsrat: Empfehlungen zu wissenschaftlichen Sammlungen als Forschungsinfrastrukturen, Berlin 2011; verfügbar unter: https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/10464-11.pdf;jsessionid=849D5AC7F64F5FB8AF3193515270ED9B.delivery2-master?__blob=publicationFile&v=3 [30.06.2020].