

Laser, Licht und Takelagen

METHODEN, ZWECK UND PERSPEKTIVEN DER 3D-DIGITALISIERUNG VON SCHIFFSMODELLEN AM DEUTSCHEN SCHIFFFAHRTSMUSEUM

Von DENNIS NIEWERTH UND RUTH SCHILLING

Seit März 2017 befasst sich das Deutsche Schifffahrtsmuseum/Leibniz-Institut für Maritime Geschichte in Bremerhaven mit der 3D-Erfassung und –Visualisierung ausgewählter Objekte aus seinem ca. 3.000 Exemplare starken Bestand von Schiffsmodellen. Der Beitrag beleuchtet die technischen Herausforderungen, die sich mit der Digitalisierung dieser in Gestalt, Komplexität und Funktion extrem breit gefächerten Objekte verbinden. Er zeigt außerdem die inhaltlichen und gestalterischen Perspektiven auf, die durch sie eröffnet werden. Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf den ‚Schichtungen‘ von Virtualität, welche in der digitalen Dopplung von Objekten entstehen, die ihrerseits wesentlich Abbild und Stellvertreter sind.

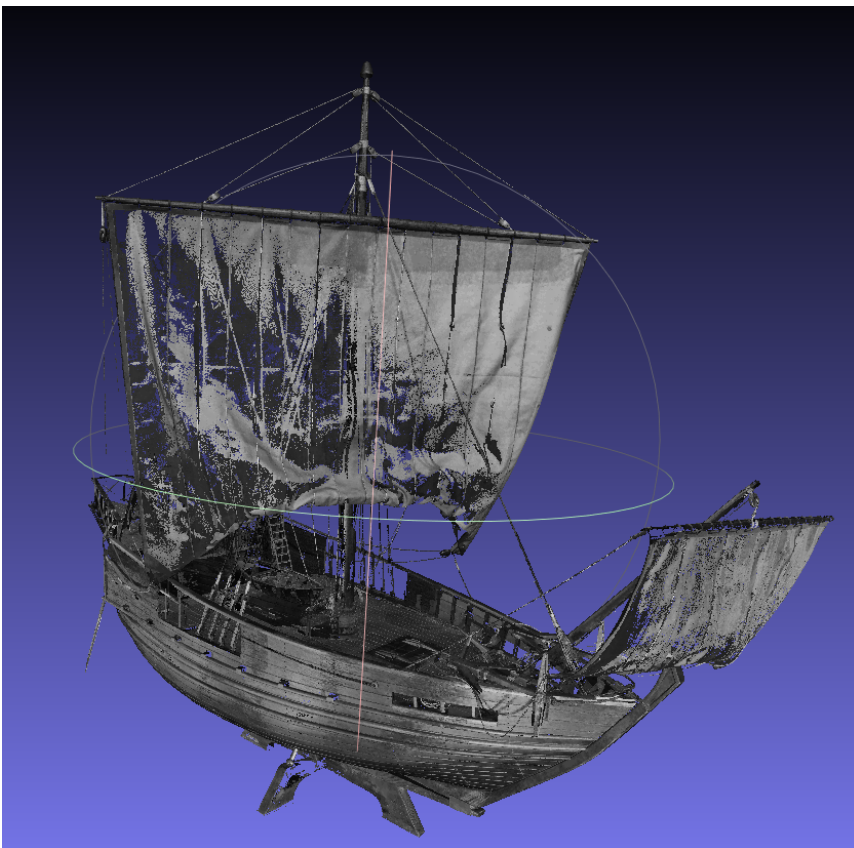


Abb. 1: Per Streifenlichtscanner entstandenes 3D-Abbild vom Modell eines römischen Handelsschiffs.
© Felix Raab, Aicon 3D Systems / Dennis Niewerth, Deutsches Schifffahrtsmuseum.

Einleitung

Ein maritimes Museum ohne Schiffsmodelle ist auch im 21. Jahrhundert undenkbar, holen sie doch das ansonsten kaum ausstell- und damit begreifbare Großartefakt Schiff in anschauliche Dimensionen. Obwohl das Deutsche Schifffahrtsmuseum derzeit in Umgestaltung begriffen ist und das zukünftige semipermanente Ausstellungskonzept einen sehr viel stärker fokussierten Einsatz von Modellen vorsieht, bleibt ihre Bedeutung ungebrochen. Sie nehmen die Besucher*innen bereits im Eingangsbereich im Empfang, begleiten sie durch sämtliche Teilbereiche der Ausstellung und bilden in Miniatur eine veritable Fülle von technischen, politischen, sozialen und kulturellen Entwicklungen der Schifffahrtsgeschichte ab, die sich ohne die Kulturtechnik der maßstabsgerechten Verkleinerung so niemals im Ausstellungsraum eines Museums darstellen lassen würden.

Zugleich aber sind die Modelle selbst authentische Exponate mit einer ganz eigenen Faszination und Strahlkraft. Sie borgen sich diese nicht nur von ihren ‚realen‘ Vorbildern, sondern sie ist in ganz entscheidendem Maße auch das Produkt der Miniaturisierung bzw. ihrer handwerklichen Ausführung. Modelle lassen sich im Gegensatz zum seetüchtigen Schiff zugleich aus der Nähe und in Gänze erschauen, sie offenbaren in einer Situation der intimen Betrachtung eine physiognomische Kohäsion, die am Original nur aus der Distanz erkennbar wird. Mit diesem Element der Nahbarkeit verbindet sich jenes der kreativen Handschriften der Modellbauenden, deren Kunstfertigkeit sich jedem Modell einschreibt und es in einem Maße zum ‚Individuum‘ werden lässt, das dem Original in nichts nachsteht. Zudem offenbaren sie auch

zeitimmanente Wertungen: Konjunkturen bestimmter Schiffsmodelle stellen so einen wissenschaftlich bislang kaum in den Blick genommenen Gradmesser dafür dar, welche Wirkmacht maritime Symbole in Erinnerungskulturen entfalten.

Im Zuge der augenblicklichen Runderneuerung unserer Dauerausstellung sollen auch unsere Schiffsmodelle als eine zentrale Kategorie von Ausstellungsobjekten neu und auf im Bereich der maritimen Kulturvermittlung potenziell wegweisende Art in Szene gesetzt werden. Erste Versatzstücke des geplanten ‚Bandes der Schiffsmodelle‘ können bereits in der umgestalteten Koggehalle erforscht und bestaunt werden: Als chronologisch gestaffelter ‚roter Faden‘ durch die Schifffahrtsgeschichte sollen sie die thematischen Einzelmodule der Ausstellung miteinander verbinden und deren historische Einordnung unterstützen.

Schiffsmodelle digital – Exponate an den Grenzen der Technik

Es ist vor diesem Hintergrund nur folgerichtig, dass die Schiffsmodelle auch in unserer Digitalisierungsstrategie eine herausragende Rolle spielen werden. Den Aufschlag dazu bildete das Projekt *Schiffsmodelle als Wissensspeicher zur Untersuchung des maritimen Erbes*, dessen Umsetzung 2017 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Förderlinie *e-heritage* ermöglicht wurde. Ziel war die Ausarbeitung eines Konzeptes zur dreidimensionalen digitalen Erfassung von Schiffmodellen, welches auf einen möglichst großen Anteil des ca. 3.000 Einzelobjekte umfassenden Modellbestands des Deutschen Schifffahrtsmuseums anwendbar sein sollte.¹

Das Vorhaben war ein Pilotprojekt im besten Sinne. Zwar finden sich bei entsprechend intensiver Recherche

vereinzelte Projekte zur 3D-Vermessung von individuellen Schiffsmodellen², jedoch keine Institutionen, die hierzu standardisierte Abläufe und Policies entwickelt hätten. Dies überrascht, erscheint das Vorhaben doch nicht nur deshalb naheliegend, weil 3D-Digitalisierung ohnehin Hochkonjunktur im Heritage-Sektor hat – von der Konservierung gefährdeter Kulturschätze in Konfliktregionen bis zu Virtual-Reality-Anwendungen für ein Publikum mit wachsenden Ansprüchen an digitale Angebote. Schiffsmodelle sind darüber hinaus auch ein Typus von Ausstellungsstücken, der sehr stark von seiner maßstäblichen Räumlichkeit lebt. Sie sind Objekte des ‚Drumherumgehens‘ und des ‚Von-allen-Seitenbetrachtens‘, sie laden zum Nähertreten und zur aufmerksamen Suche nach kleinen Details und versteckten Feinheiten ein. Ein zweidimensionales Digitalisat in Form einer Fotografie kann diesem besonderen Charakter eines Schiffsmodells kaum gerecht werden – nur ein dreidimensionales Abbild, präsentiert in einem virtuellen Raum, in welchem Betrachter*innen ihre Position relativ zum Objekt verändern können, entspricht wirklich dem Gegenstand.

Schon in der Frühphase begann sich herauszukristallisieren, dass Schiffsmodelle existierende 3D-Erfassungstechniken an die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit führen. Die Herausforderungen, mit denen sie kommerziell verfügbare Gerätschaften konfrontieren, reichen von extrem filigranen Oberflächenmerkmalen über komplexe Hinterschneidungen und Überlagerungen von Einzelelementen und schwierige Materialkomposite bis hin zu stark spiegelnden Oberflächen, z.B. an lackierten Rümpfen. Die Methoden, Softwares und Apparate, die wir erproben konnten, lassen sich grob in drei Kategorien

unterteilen – und sind ausnahmslos bereits gängige Werkzeuge im e-heritage-Bereich:

- Optische Verfahren (z.B. Fotogrammetrie, Streifenlichtscanner), welche 3D-Modelle aus zweidimensionalen Fotografien erzeugen und dabei der Einschränkung unterliegen, nur das abbilden zu können, was die Kamera ‚sieht‘.
- Distanzbasierte Verfahren (z.B. Laserscanner), bei welchen die Distanz zwischen Messgerät und Oberfläche des Digitalisierungsgegenstandes vermessen wird
- Radiometrische Verfahren (z.B. CT-Scanner), bei denen das Objekt mit Strahlung durchleuchtet wird und aus den resultierenden Absorptionswerten nicht nur ein Abbild der äußeren Form, sondern ein vollständiges Digitalisat der Innen- und Außenform samt Dichtewerten generiert wird

Sowohl optische als auch distanzbasierte Verfahren liefern je nach Technik bzw. Methode und spezifischem Schiffsmodell durchaus gute Ergebnisse. Die klassische Fotogrammetrie, welche auf Methoden der Landvermessung aus dem 19. Jahrhundert basiert und bis heute bei der Erstellung topografischer Landkarten zu Einsatz kommt, ist die mit Abstand niedrigschwelligste von uns getestete Methode der 3D-Erfassung. Benötigt werden hierfür eine möglichst hochauflösende Digitalkamera mit Festbrennweitenobjektiv, ein leistungsstarker Arbeitsrechner mit großzügig bemessenem RAM-Speicher sowie eine entsprechende Software – wir entschieden uns 2017 für die proprietäre Lösung *Agisoft Metashape* (ehemals *Photoscan*), mit *AliceVision* bzw. *Meshroom* liegt allerdings inzwischen eine sich rasant entwickelnde Open-Source-Alternative vor. Der Arbeitsprozess ist ein sehr gradliniger und intuitiver:

Der zu digitalisierende Gegenstand wird in mehreren Umläufen mit versetzter Höhe rundum fotografiert. Aus den entstandenen Einzelbildern generiert die Software anschließend in mehreren Schritten über sog. ‚Punktwolken‘ ein dreidimensionales Abbild des Objekts. Fotogrammetriesoftwares können darüber hinaus aus den fotografischen Daten auch direkt farbige Texturen generieren.³

Im Rahmen der Digitalisierung von Schiffsmodellen produziert diese Technik durchwachsene Resultate. Flächige und nicht zu ebene Objektpartien wie bspw. hölzerne Rümpfe und gewellte Segel werden eindrucksvoll und plastisch abgebildet. Problematisch sind jedoch ‚linienförmige‘ Merkmale wie z.B. Takelagen, Antennen oder Relings, die oft nur schlecht oder gar nicht erfasst werden. Hervorragende Ergebnisse erzielten wir mit klassischer Fotogrammetrie z.B. bei reinen Rumpfmodellen und Halbrumpfmodellen, die bis weit ins 20. Jahrhundert hinein eine herausragende Rolle im Schiffbau spielten und zum Standardrepertoire maritimer Sammlungen zählen. In unserem Falle handelte es sich um einen Bestand von ca. 60 solcher Objekte aus der historischen Junge Werft in Wewelsfleth (Schleswig-Holstein) (Abb. 2).

Eine verbesserte und sehr viel kostenaufwändigere Spielart der Fotogrammetrie sind sog. Streifenlichtscanner wie der von uns evaluierte *Aicon SmartScan* (Abb. 3). Ein Streifenlichtscanner besteht aus zwei Digitalkameras (das Gerät hat also im Gegensatz zu einer Fotokamera bereits eine ‚Tiefenwahrnehmung‘), die zu beiden Seiten eines Projektors angebracht sind. Während des Scanvorgangs wirft dieser Projektor eine Abfolge von Streifenmustern auf das Objekt, deren Krümmungen und Unterbrechungen dann von der zum

Scanner gehörenden Software ausgewertet werden können, um ein sehr (je nach Scanner bis zu Mikrometer-) präzises Abbild des Objektes zu generieren.

Konstruktionsbedingt können solche Geräte größere Objekte nur Stück für Stück in zahlreichen Einzelscans erfassen, wobei der (beim von uns getesteten Gerät variable) Abstand zwischen den Kameras über das Messvolumen entscheidet. Der *SmartScan* produzierte ausgesprochen detaillierte Digitalisate, bei welchen auch feinste Modellmerkmale miterfasst wurden (Abb. 4). Alle optischen Verfahren tun sich jedoch gleichermaßen schwer mit den sog. Hinterschneidungen – also dem Umstand, dass bei Schiffsmodellen fast immer bestimmte Modellkomponenten (z.B. Takelagen) die Sichtachse des Scanners oder der Kamera schneiden und den ‚Blick‘ auf dahinterliegende verstellen. Dies erfordert zahlreiche Einzelaufnahmen von schlecht einsehbaren Modellregionen aus unterschiedlichen Perspektiven. Dies kostet Zeit und bedingt ein großes Datenvolumen.

Distanzbasierte Verfahren wie der von uns getestete *Zeiss T-Scan* sind gegen dieses Problem ebenso wenig gefeit wie optische. Beim *T-Scan* handelt es sich um ein handgeführtes Gerät, das in seiner Handhabung einer Sprühpistole ähnelt: Ein Laserstreif wird über die Oberfläche des Gegenstandes ‚gezogen‘, während die 3D-Daten in Echtzeit auf dem Bildschirm erscheinen (Abb. 5). Dabei wird die Position des Gerätes zugleich laufend von mehreren Infrarotkameras verfolgt, die in einem ‚Balken‘ verbaut sind, welcher seinerseits auf einem Stativ aufgestellt wird. Während die ‚Pistole‘ ihre Entfernung zum Digitalisierungsgegenstand vermisst, wird ihre eigene Position im Raum laufend mittels der Infrarotortung trianguliert. Das Ergebnis

sind dann auch hier mikrometergenaue Messergebnisse. Obwohl in der Anwendung sehr intuitiv, erwies sich dieses Verfahren als nicht auf alle Modelle anwendbar. Der mittlere Arbeitsabstand der ‚Pistole‘ liegt bei etwa 150 mm – weiter darf das Gerät nicht von der zu vermessenden Oberfläche entfernt werden. Bei Modellen mit höher aufragenden Decksaufbauten – z.B. Segelschiffen mit besegelten Masten und komplexer Takelage – kann dies bedeuten, dass eine Vermessung der Decksoberfläche nicht oder nur sehr schwierig zu bewerkstelligen ist.

In Zusammenarbeit mit dem *MAPEX Center for Materials and Processes* der Universität Bremen konnte schließlich auch ein CT-Scanner des Fabrikats *General Electrics Phoenix-Xray vltomelx* auf seine Tauglichkeit für unseren Anwendungsfall geprüft werden. Auf den ersten Blick scheinen tomografische Geräte ideale Werkzeuge zur Erfassung von Schiffsmodellen zu sein: Sie sind von Hinterschneidungen unbeeinflusst, können Objekte innerhalb eines einzigen Scanvorgangs in ihrer Gesamtheit erfassen (was theoretisch sogar eine Fließbanddigitalisierung von Modellen ermöglichen würde) und blicken nicht nur auf ihre Oberfläche, sondern auch in ihr Inneres. In der Praxis jedoch werden Tomografen sowohl was ihre Abmessungen als auch ihre Detailgenauigkeit anbelangt auf sehr spezifische Anwendungsfelder hin konstruiert. Je größer sie sind, desto geringer ist typischerweise ihre Auflösung – was ihre Eignung für Schiffsmodelle begrenzt. Hochauflösende Scanner wie jene der Materialforschung können nur kleine Proben bzw. Modelle aufnehmen (und selbst diese mussten im Falle des von uns genutzten Gerätes hochkant gestellt werden, was nicht immer vertretbar ist). Größere Geräte wie jene aus Human- und Veterinärmedizin weisen wiederum nicht

die nötige Auflösung auf, um feine Modellmerkmale abzubilden.

CT-Scans führen dabei naturgemäß Details über die erfassten Gegenstände zutage, die anderen Digitalisierungsverfahren verschlossen bleiben. Dieses ‚Mehr‘ der digitalen Tiefenerschließung ist eines, auf das museale Sammlungsverwaltung nicht immer vorbereitet ist. Beim CT-Scan eines aufziehbaren Blech-U-Bootes aus der Kaiserzeit wurden wir z.B. der Tatsache gewahr, dass der innenliegende Mechanismus aufgrund eines ausgeschlagenen Zahnrads nicht mehr funktionstüchtig ist (Abb. 6). Für solche im Zuge der Digitalisierung erschlossenen Aspekte der Objektbiografie ist in bestehenden Dokumentationssystemen und Datenbanken gemeinhin noch kein ‚Platz‘ vorgesehen: Während die Einbindung von Bilddaten zur Standardfunktionalität gehört, sind 3D-Daten für gewöhnlich nicht direkt in die Datenhaltung zu integrieren.

Allen Scanmethoden – und den tomografischen im Besonderen – ist gemein, dass die von ihnen generierten Datensätze meist zu groß bzw. zu unökonomisch sind, um für tatsächliche Endnutzer-Anwendungen erhalten zu können. Das gilt insbesondere dann, wenn diese auf mobilen Geräten oder webbasiert ausgeführt werden sollen. Zwar lassen sich 3D-Modelle ebenso wie Bild- oder Audiodaten komprimieren und herunterrechnen. Gerade bei Schiffsmodelldigitalisaten werden die hierbei unvermeidlichen Qualitätsverluste allerdings schnell sichtbar. Während flächige Partien an Rümpfen und Aufbauten oft auch starke Reduktion und Kompression ohne augenfällige Qualitätseinbußen verkraften, leiden komplexere Modellregionen deutlich. In Takelagen entstehen Lücken, kleine Details werden indistinkt, die Gesamterscheinung wird ‚matschig‘.

Sinnvoll ist deshalb für Applikationen jenseits der konservatorischen Arbeit eine händische Aufarbeitung der Modelle bzw. eine effiziente Nachmodellierung der Scandaten durch technische Zeichner oder 3D-Grafiker (Abb. 7).

Nutzen & Aussichten

Fast drei Jahre Erfahrung mit der 3D-Erfassung von Schiffsmodellen haben bei uns zu einer zentralen Einsicht geführt: Ihre Heterogenität als Objektgruppe verlangt eine Heterogenität von Technologien, Methoden, Abläufen und Formatierungen. Jede auf diese Objektgruppe gerichtete Digitalisierungsstrategie muss einen Methodenmix umfassen – und zwar sowohl bei der Erfassung der Rohdaten als auch bei deren Aufbereitung. Die Digitalisierung eines Schiffsmodells geschieht immer zwischen zwei Polen, welche handlungsleitend sein müssen: nämlich erstens dem ursprünglichen Modell selbst in seiner Materialität und Räumlichkeit, zweitens aber auch dem Zweck bzw. den Anwendungen, für welche die Daten generiert werden. Das für rein dokumentarische Zwecke wünschenswerte Maximum an Daten, wie es z.B. ein CT-Scanner liefert, ist nicht zwingend hilfreich, wenn es um die Generierung von Inhalten für publikumsorientierte virtuelle Angebote wie z.B. eine Handy-App, eine mobile Webseite oder eine Augmented-Reality-Anwendung geht.

Am DSM hat dies zu der Entscheidung geführt, eine ausstellungs- und damit auch publikumsorientierte Digitalisierung von Schiffsmodellen über eine konservatorisch-restauratorische zu priorisieren. Im Rahmen einer Kooperation mit Lehrenden und Studierenden der Hochschule Bremerhaven wurde hierfür eine rein webbasierte Software-Infrastruktur auf Basis der WebGL-Grafikchnittstelle und der Three.js-

Library entwickelt. Diese hochfunktionalen Open-Source-Werkzeuge ermöglichen die Gestaltung von 3D-Inhalten für die unterschiedlichsten Plattformen und Interfaces, von Webseiten über Multitouch-Präsentationen bis hin zu VR- und AR-Implementierungen (Abb. 8)

Auf diese Art und Weise mit digitalen Abbildern von Maßstabsmodellen zu arbeiten ist allerdings nicht nur eine technische Herausforderung – es erfordert zugleich eine Neubewertung der Objekte selbst, ihrer Rolle in der Ausstellung und der spezifischen Erzählungen, in welche sie eingebunden sind. Schiffsmodelle sind ihrem Wesen nach bereits ‚virtuelle‘ Objekte, in denen sich die Anwesenheit von etwas Abwesendem behauptet – nämlich der Schiffe selbst und der maritimen Welt, zu der sie gehören. Sie wiederum zu digitalisieren bedeutet, Virtualitäten zu schichten und ganz neue Kanäle zu eröffnen, auf welchen Exponate zum Sprechen gebracht und maritime Lebenswelten im Museum vergegenwärtigt werden können.

Dr. Dennis Niewerth

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
3D-Digitalisierung und digitale Infrastrukturen
Deutsches Schifffahrtsmuseum, Leibniz-Institut
für Maritime Geschichte
Hans-Scharoun-Platz 1, 27568 Bremerhaven
niewerth@dsm.museum

Prof. Dr. Ruth Schilling

Wissenschaftliche Ausstellungs- und Forschungskoordinatorin
Deutsches Schifffahrtsmuseum / Leibniz-Institut für Maritime
Geschichte
schilling@dsm.museum



Abb. 2: Fotogrammetrienachbildung eines Rumpfhalfmodells aus dem Bestand der Wewelsflether Junge-Werft.
© Dennis Niewerth (Scan u. Screenshot); Deutsches Schifffahrtsmuseum.

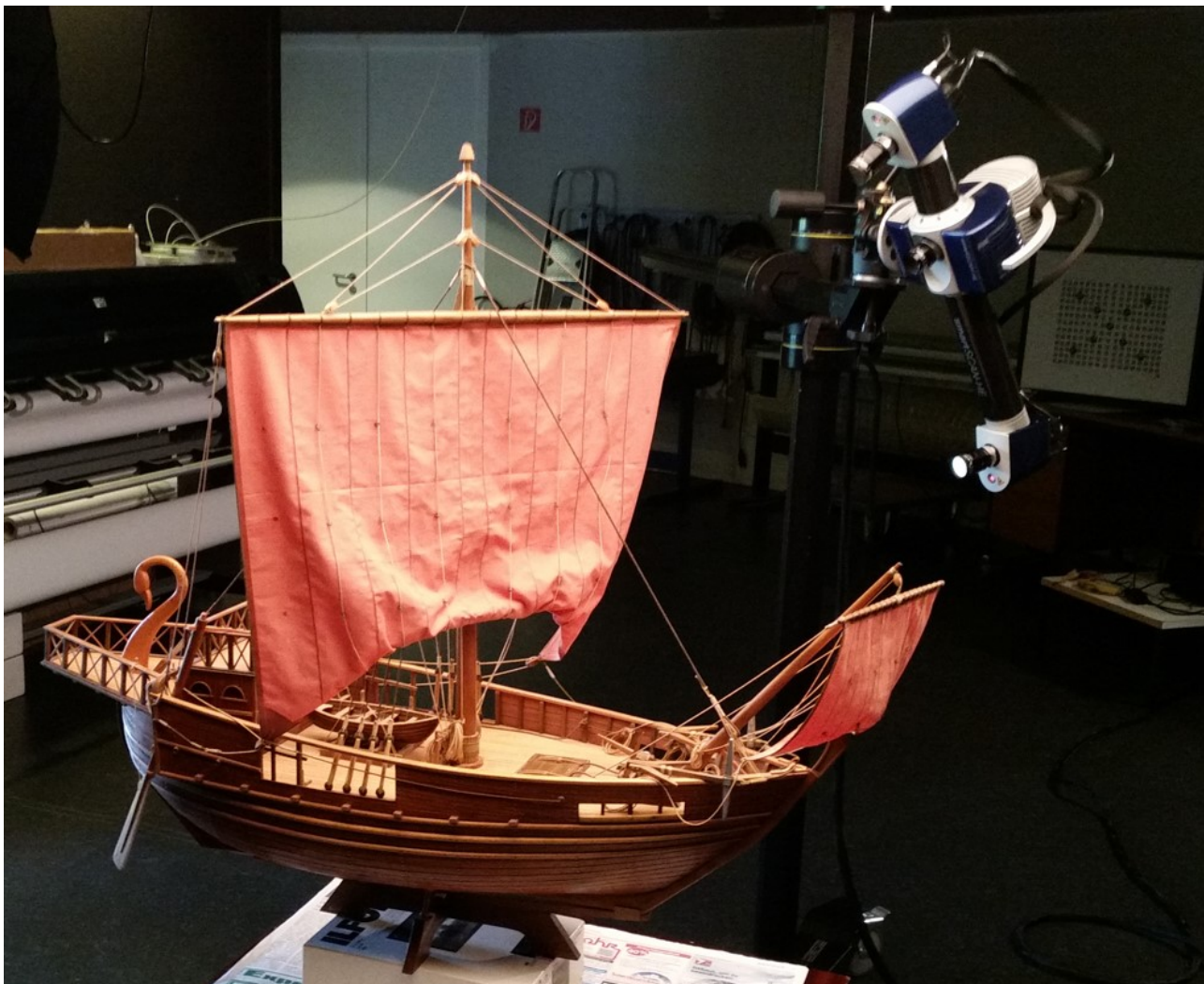


Abb. 3: Aicon SmartScan in der Anwendungssituation.
© Dennis Niewerth (Screenshot); Deutsches Schifffahrtsmuseum.

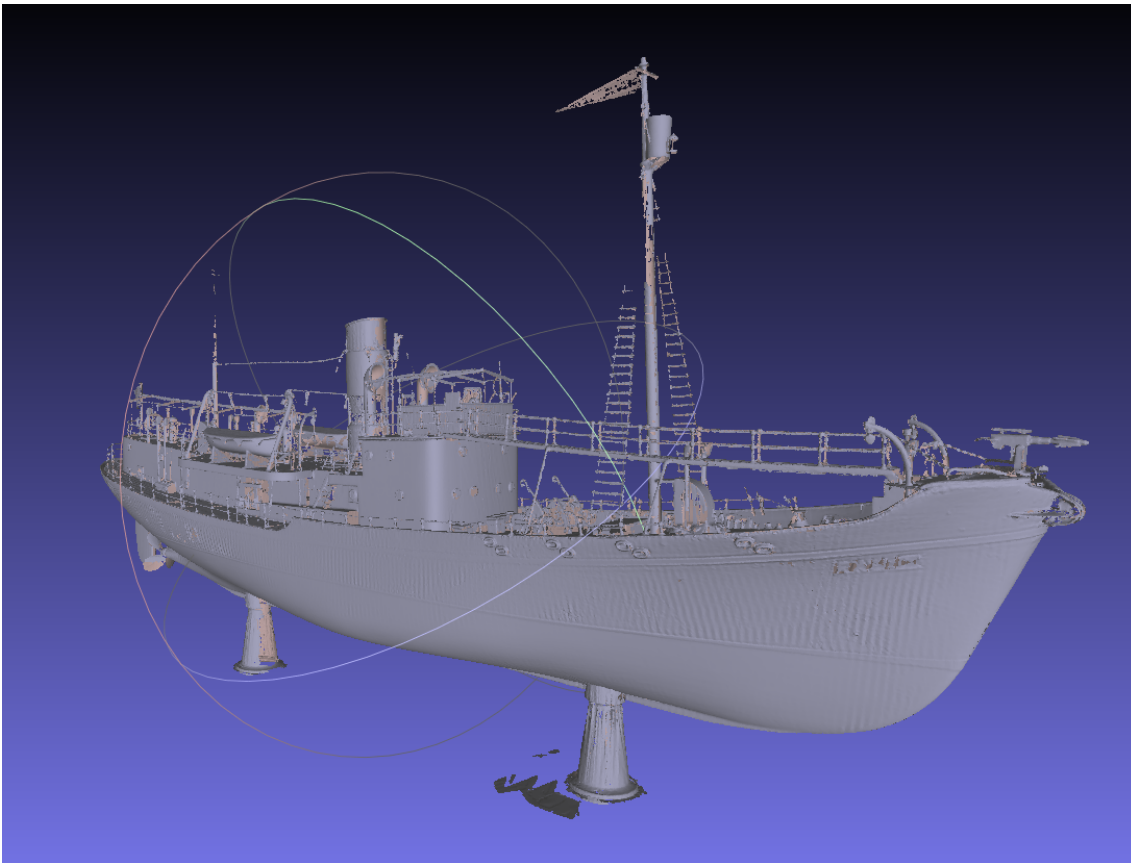


Abb. 4: Streifenlichtscan eines Werftmodells des Walfängers RAU IX (Original im Museumshafen des DSM).
© Dennis Niewerth (Scan u. Screenshot); Deutsches Schifffahrtsmuseum.



Abb. 5: Zeiss T-Scan in der Anwendungssituation.
© Dennis Niewerth (Foto); Deutsches Schifffahrtsmuseum.

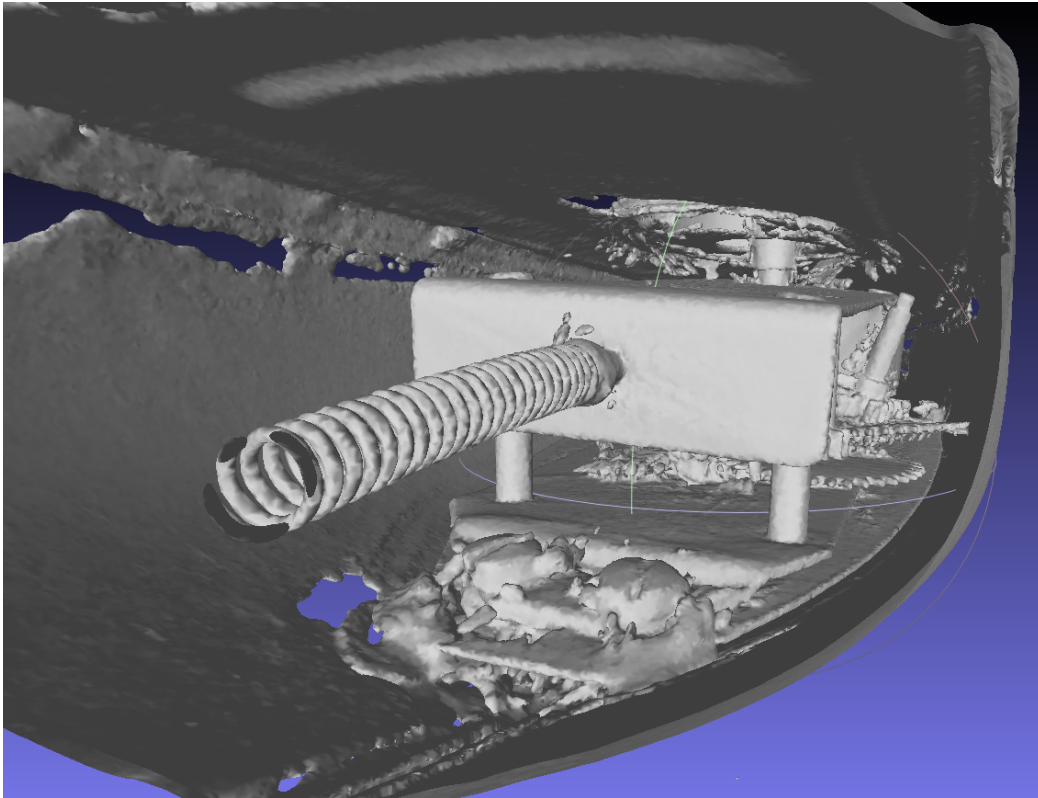


Abb. 6: Querschnitt durch die CT-Aufnahme eines aufziehbaren Spielzeug-U-Bootes aus der Kaiserzeit. Man beachte das ausgeschlagene Zahnrad
 © Oliver Focke, Universität Bremen (Scan) / Dennis Niewerth (Screenshot); Deutsches Schifffahrtsmuseum.

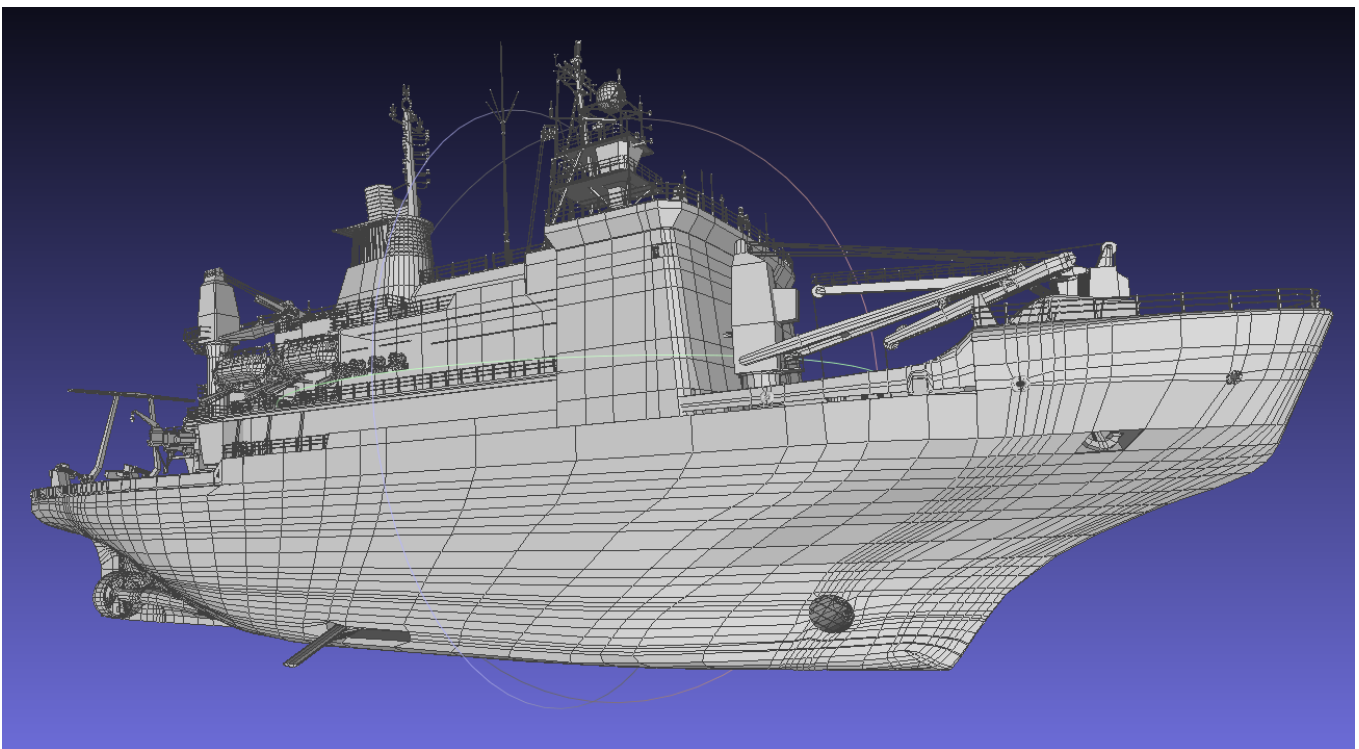


Abb. 7: ‚Von Hand‘ angefertigtes 3D-Modell des Forschungsschiffs POLARSTERN für VAR-Installationen in der Sonderausstellung 360° POLARSTERN. Das Modell entstand auf Basis eines optischen 3D-Scans des Werftmodells aus dem Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung.
 © Niels Hollmeier (Kurator) & Dennis Niewerth (Screenshot); Deutsches Schifffahrtsmuseum / Laserscan Berlin (Scan u. Modellierung).



Abb. 8: Screenshot aus einer Multitouch-Präsentation rund um das Walfangschiff RAU IX, zugrunde liegt der entsprechende Streifenlichtscan. Die in WebGL / Three.js realisierte, komplett browserbasierte Applikation wurde im Rahmen der Sonderausstellung *Der Zahn der Gezeiten. Maritime Schätze unter der Lupe* (19.08. – 15.12.2018) am DSM gezeigt. © Robin Heß (Softwareentwicklung) & Dennis Niewerth (Screenshot); Deutsches Schifffahrtsmuseum / Laserscan Berlin

¹ Zur Zusammensetzung der Sammlung und ausgewählten herausragenden Stücken vgl. Karl-Heinz **Haupt** und Reinhard **Sachs**, *Die Welt der Schiffsmodelle. Die Klassifizierung der Schiffsmodelle im Deutschen Schifffahrtsmuseum*, Wiefelstede 2012.

² Zur Digitalisierung eines historischen Modells des italienischen Zerstörers INDOMITO mittels einer Mischung unterschiedlicher Methoden siehe zum Beispiel: Fabio **Menna**, Erica **Nocerino** und Antonio **Scarmadella**, *Reverse Engineering and 3D Modelling for Digital Documentation of Maritime Heritage*, in: *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38/5, 2011. Zur Vermessung und Nachmodellierung eines *Shallop*-Modells aus dem 17. Jhd. mithilfe eines FARO-Arms vgl. Nick **BALL** und Simon **STEPHENS**, *Navy Board Ship Models*, Barnsley 2018, S. 112 f.

³ Für einen Zwischenbericht des Projektes mit einer detaillierteren Darstellung des Fotogrammetrie-Workflows siehe Dennis **Niewerth**, „*Schiffsmodelle als Wissensspeicher zur Untersuchung des maritimen Erbes. Das DSM konzipiert die Digitalisierung eines zentralen Sammlungsgegenstandes*“, in: *Deutsche Schifffahrt*, 2/2017.