



HOCHSCHULE **TRIER**  
Trier University of Applied Sciences

**LEHRE UND  
FORSCHUNG 2013**

## Digitale Rekonstruktion eines römischen Patrouillenschiffes – Eine Kooperation der Hochschule Trier und der Universität Trier

FB Technik  
Michael Hoffmann

**Untersuchungen zu Möglichkeiten und Grenzen der Digitalen Rekonstruktion, dem Einsatz virtueller Simulationsmodelle und der Nutzung von 3D-Drucktechnologien in der experimentellen Archäologie.**

### Digitale Produktentwicklung

Bei der Digitalen Produktentwicklung entsteht während des Produktentstehungsprozesses im 3D-CAD System ein sogenannter Digitaler Prototyp (Digital Mock-Up – DMU). In heutigen, modernen CAD-Systemen können dabei sämtliche Geometriemodelle parametrisch beschrieben und assoziativ über Bauteilstrukturen miteinander verknüpft werden. Damit werden Änderungen während des Entwicklungsprozesses in kürzesten Zeiträumen unter Vermeidung von Fehlern realisierbar.

### Virtuelle Produktentwicklung

Mit der Nutzung des Digitalen Prototyps in Rechnermodellen sind neben der Visualisierung der Gestalt auch Berechnungen und Simulationen zu Aspekten wie z.B. Ki-

nematik, Ergonomie, Dynamik, Festigkeit möglich. Man spricht in diesem Fall von der Virtuellen Produktentwicklung. Mit dem Einsatz dieser Methoden können bereits in der frühen Phase der Produktentwicklung, also bereits vor der kosten- und zeitintensiven Versuchsphase an realen Prototypen, Aussagen zur Funktion und dem Verhalten des Produktes getroffen werden.

Die Daten aus dem Digitalen Prototyp sind weiterhin Grundvoraussetzung für den darauffolgenden Digitalen Fertigungsprozess. Mit dem Einsatz der Computerunterstützten Fertigung entstehen auf der Basis der 3D-Geometrie Fertigungsinformationen für klassische Fertigungsverfahren wie z.B. Fräs-, Dreh- oder Laserschneidanlagen. Sowohl in der Prototypenfertigung als auch der Kleinserienproduktion gewinnt dabei die sogenannte 3D-Drucktechnologie einen enormen Zuwachs.

### Hochschulkooperation: Hochschule Trier und Universität Trier

In der Fachrichtung Maschinenbau im Fachbereich Technik werden die o.g. Technolo-



Abb. 1: Bugfigur der Originalrekonstruktion



Abb. 2: 3D-CAD Rekonstruktion

gien in Forschung, Lehre und interdisziplinären Industriekooperationen seit Jahren intensiviert. Dabei kommt es immer wieder zu Projekten, in denen die oben genannten Methoden auch auf andere Fachgebiete (z.B. Architektur, Innenarchitektur) adaptiert werden können. Als stellvertretendes Anwendungsbeispiel dafür steht eine Hochschulkooperation mit Prof. Dr. Christoph Schäfer im Fachbereich „Alte Geschichte“ an der Universität Trier:

#### **Vorgeschichte**

Im Rahmen eines groß angelegten Projektes entstand in den vergangenen Jahren aus der Rekonstruktion eines römischen Militärschiffes aus dem 4./5. Jh.n.Chr. in Germersheim der originalgetreue



Abb. 3: Grabungsbefund

Nachbau eines Römischen Patrouillenschiffes mit experimentalarchäologischen Mitteln. Der Bau des 18m langen und 5 Tonnen schweren Schiffes dauerte 10 Monate und kostete 250.000 €. Nach der wissenschaftlichen Erprobung wird dieses Schiff inzwischen in Germersheim touristisch zu Erlebnisfahrten eingesetzt.

#### Ziel der Kooperation

Ziel der Kooperation ist eine Untersuchung über die Möglichkeiten und Grenzen der Digitalen Rekonstruktion durch Einsatz virtueller Simulationsmodelle und der Nutzung von 3D-Drucktechnologien in der experimentellen Archäologie.

#### PROJEKTBLAUF:

##### Digitale Rekonstruktion

Nach Sichtung der Bestandspläne und Dokumentationen in Form von zweidimensionalen Zeichnungen und der Dokumentation aus den archäologischen Funden sollten methodisch strukturierte, parametrisch as-

soziative 3D-Daten in Form von Draht-, Flächen- bis hin zur Volumenbeschreibung der gesamten Schiffsstruktur erarbeitet werden. Diese Aufgabe übernahmen die Studierenden Sebastian Traut und Andreas Bastian im Rahmen einer studentischen Projektarbeit im Fachgebiet Computerunterstützte Konstruktion in einer engen Zusammenarbeit mit dem Studenten Arno Döpke, der das Projektthema aus dem Fachgebiet Alte Geschichte im Rahmen seiner Masterarbeit an der Universität Trier bearbeitete. Zum Einsatz kam eine PLM-Software von Dassault Systemès, einem weltweiten



Abb. 4: Innenausbau der Originalrekonstruktion

Marktführer und Anbieter von Product Lifecycle Management Softwarelösungen, die in der Automobil-, Luftfahrt- und Schiffbauindustrie angewendet werden. In einer aktuellen Studie wird an der Hochschule Trier der Einsatz dieser PLM-Softwarelösungen der neuesten Generation in konkreten Pilotprojekten untersucht und in die Lehre eingeführt.

Die vorliegenden zweidimensionalen Zeichnungen mit den Linierrissen wurden gescannt. Über ein Verfahren aus dem Reverse Engineering entstanden durch Überlagerung, Kalibrierung und Projektion die dreidimensionalen Freiformkurven zur Beschreibung der Außenhaut des Schiffsrumpfes. Von großer Bedeutung war dabei ein hohes Maß an Genauigkeit und Detailtreue, um später im Digitalen Modell realistische Simulationsaussagen treffen zu können.

#### **Reverse Engineering:**

##### **Von der Handzeichnung zum 3D-Modell des Schiffsrumpfes**

Aus dem dreidimensionalen Kurvengerüst entstand im nächsten Schritt das Flächenmodell zur Beschreibung der „Außenhaut“ des Schiffsrumpfes.

##### **Reverse Engineering: 3D-Scan und Flächenrückführung**

Da die Daten aus dem Linierriss für die Rekonstruktion nicht vollständig waren, wurden fehlende Informationen am realen Schiffmodell vermessen. Dabei kam unter anderem ein mobiler 3D-Scanner zum Einsatz. Der hier eingesetzte Structured-Light 3D-Scanner projiziert ein Linienmuster auf das Objekt. Eine integrierte Kamera vermisst die Deformation des Gitters und über einen mathematischen Algorithmus (Triangulation) wird die Distanz jedes Mess-

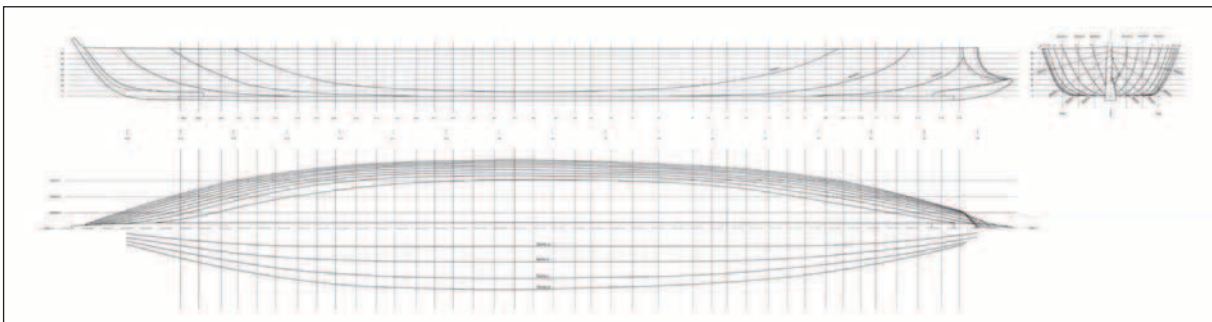


Abb. 5: Linierriss des Schiffsrumpfes

punktes in diesem Gitter berechnet. Dabei entsteht eine Punktwolke, die im 3D-CAD System importiert und über eine Flächenrückführung in ein 3D-Geometriemodell überführt werden kann.

### Rekonstruktion und Parametrisierung der Schiffstruktur

In weiteren Schritten entstand die 3D-Rekonstruktion der detaillierten Schiffstruktur wie Planken, Spanten, Weger, das Schandeck bestehend aus Schandeckweger, Scheuerleiste, Dollpflocken und Dollpflockaufnahmen.

Die Geometriebeschreibung entsteht dabei über den gezielten Einsatz von booleschen Operationen nach Methoden der Konstruktiven Festkörpergeometrie (CSG).

In der weiteren Detailkonstruktion wurden der Innenausbau des Schiffes, bestehend aus Duchtstützen, Längsbrettern und Fußrasten erstellt und abschließend wurden weitere Details wie Mast, Riemen, Schilder etc. ausgearbeitet.

### Analyse und Simulation

Bereits in dieser Phase konnte im Digitalen Modell auf der Grundlage einer Materialdefinition das Gewicht des Schiffes bestimmt werden. Weiterhin konnten der Schwerpunkt, die Trägheitsachsen, der Verdrängungsschwerpunkt und der Völligkeitsgrad des Schiffes berechnet werden.

In weiteren Projektschritten wurden inzwischen erste exemplarische Strömungsrechnungen im Fachgebiet Finite Elemente

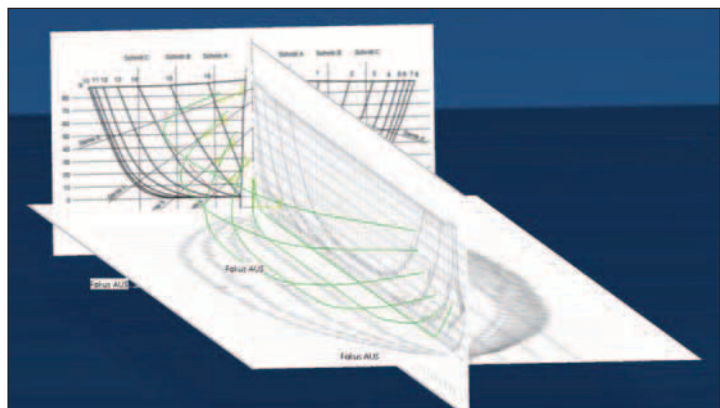


Abb. 6: „Sketch Tracer“ 3D-Kurvenprojektion durch Überlagerung von 2D-Vorlagen

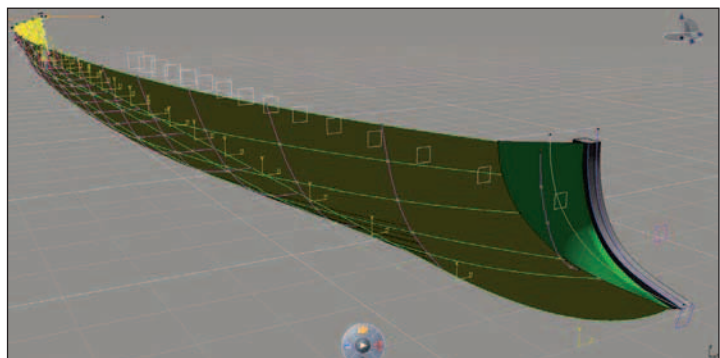


Abb. 7: 3D-Flächenmodell des Schiffsrumpfes





Abb. 8: Digital rekonstruierte Bugfigur

Methoden (Torsten Hartkorn, Assistent FR Maschinenbau) durchgeführt und mit Versuchen der Schiffbau-Versuchsanstalt Potsdam an einem realen Modell im Maßstab 1:3 verglichen.

Außerdem soll eine Untersuchung zur Simulation der Ruderbewegung in einem Kinematik- oder mit Hilfe eines virtuellen Menschmodells durchgeführt werden, um daraus ggf. Aussagen zur Leistungsfähigkeit des Schiffes treffen zu können, die wiederum mit bereits durchgeführten Belastungsversuchen an Probanden verglichen werden können. Auch auf diesem Gebiet sollen die Möglichkeiten der virtuellen Simulation im Vergleich zu realer Erprobung ausgelotet werden.

Schließlich wurde aus den Daten des digitalen Prototyps in einem 3D-Druckverfahren im Labor für Digitale Produktentwicklung und Fertigung (LDPF) an der Hochschule Trier ein detailgetreues Schiffsmodell im Maßstab 1:20 gefertigt.

Da durch die Skalierung verschiedene Details nicht mehr auflösbar waren, mussten die 3D-Daten für den 3D-Druck aufbereitet werden. Diese Aufgabe übernahm ein Team von 12 Studierenden im Rahmen eines Laborpraktikums CAM (Computerunterstützte Fertigung).

In einem offiziellen Pressetermin wurde das Schiffsmodell im Januar 2014 übergeben. Prof. Schäfer war sichtlich beeindruckt von den Ergebnissen und lud das Studententeam der Hochschule Trier gemeinsam mit Studierenden der Universität Trier zu einer Fahrt auf der Original-Rekonstruktion der Lusoria Rhenana im Sommer 2014 nach Germersheim ein.



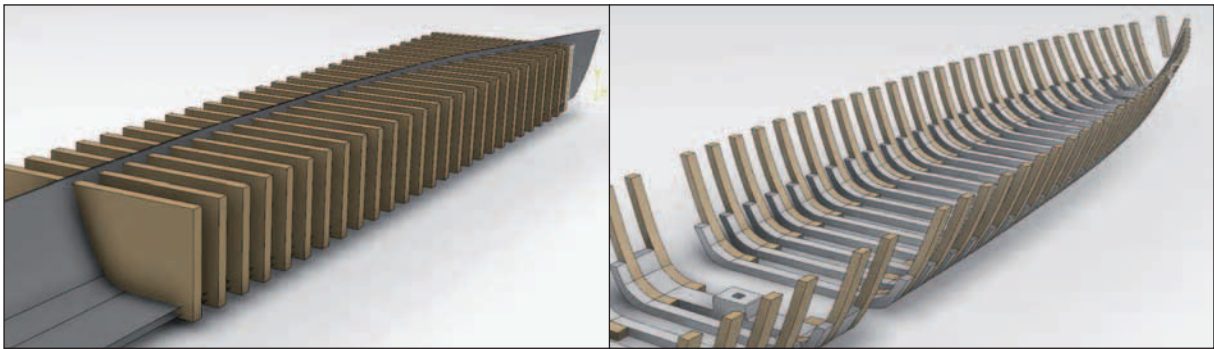


Abb. 9: Konstruktive Festkörpergeometrie: Boolesche Operationen zum Aufbau der Spanten

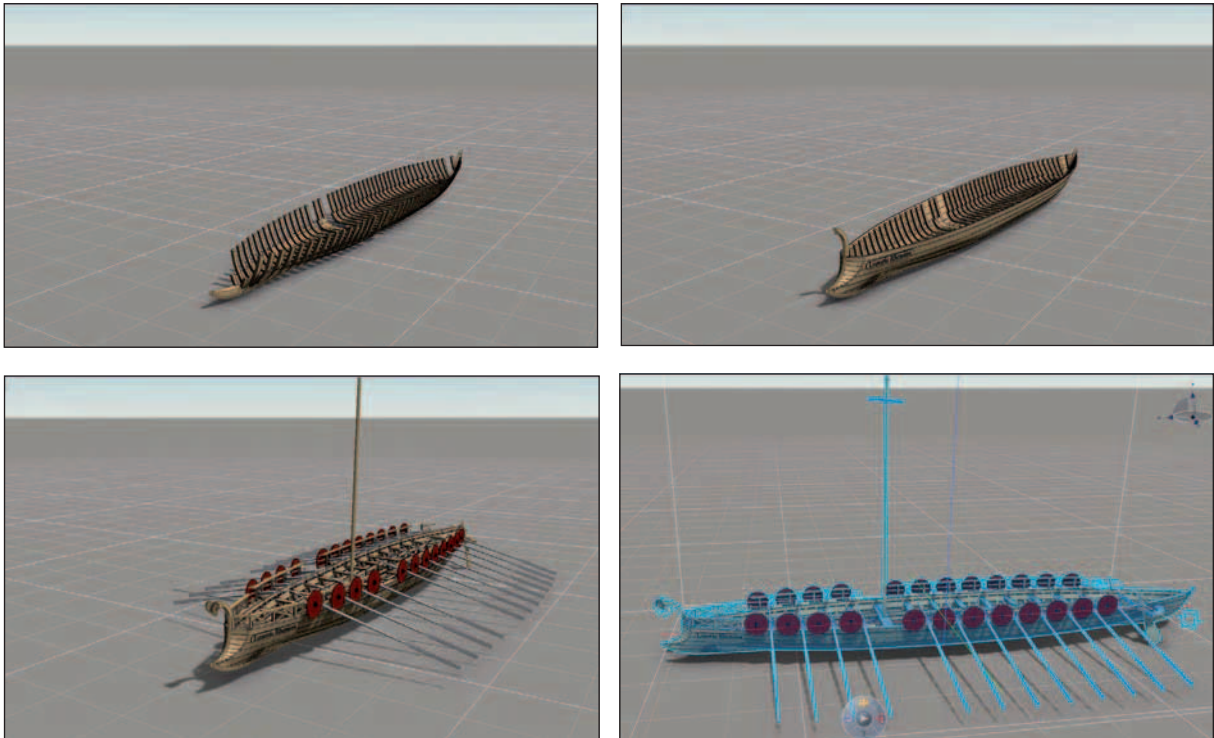


Abb. 10: Ergebnisse der 3D-Rekonstruktion

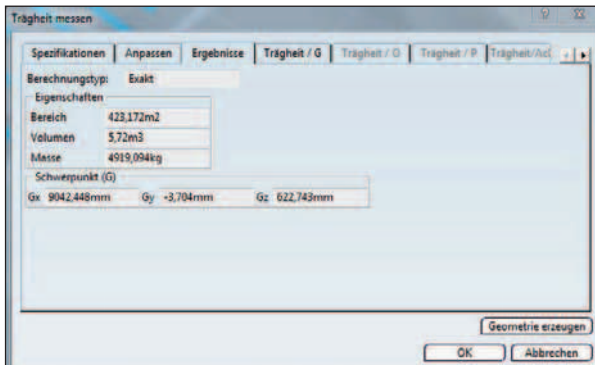


Abb. 11: Virtuelle Analyse von Schwerpunkt und Trägheitsachsen

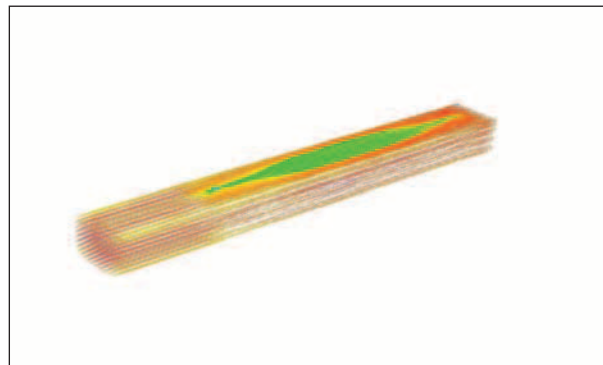


Abb. 12: Strömungsberechnung: Geschwindigkeitsvektoren der Umströmung des Schiffsrumpfes

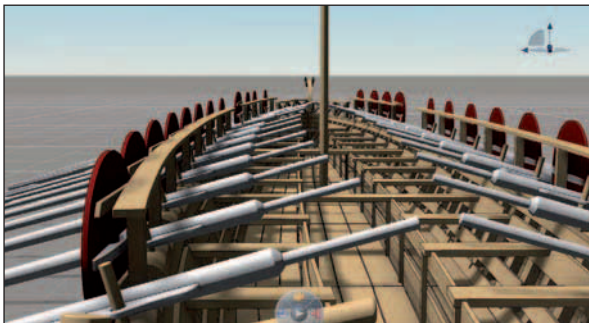


Abb. 13: Detailansichten der 3D-Rekonstruktion

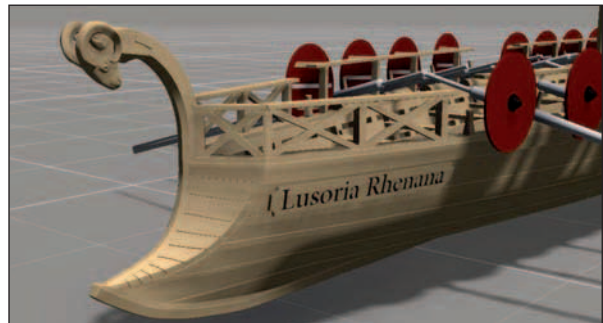


Abb. 14: Detailansichten der 3D-Rekonstruktion



Abb. 15: Ergonomie-Untersuchung mit einem virtuellen Menschmodell

## Quellen:

- [1] Bildnachweis: <http://www.suedpfalz-touristik.de>
- [2] S. Traut, A. Bastian: CAD3-Projektarbeit Hochschule Trier, FB Technik, FR Maschinenbau, Fachgebiet Digitale Produktentwicklung und Fertigung (M. Hoffmann)
- [3] Rupprecht, G. (Hrsg.): Die Mainzer Römerschiffe. Bericht über Entdeckung, Ausgrabung und Bergung, Mainz 19843, 16, Abb. 4.
- [4] Aßkamp, R. u. Ch. Schäfer. (Hrsg.): Projekt Römerschiff. Nachbau und Erprobung für die Ausstellung „Imperium Konflikt Mythos. 2000 Jahre Varusschlacht, Hamburg 2008, 66
- [5] T. Hartkorn, M. Eng.: Strömungssimulation Hochschule Trier, FB Technik, FR Maschinenbau, Fachgebiet Finite Elemente (Prof. Dr. H. Köstner)
- [6] F. Werner: CAD3-Projektarbeit Hochschule Trier, FB Technik, FR Maschinenbau, Fachgebiet Digitale Produktentwicklung und Fertigung (M. Hoffmann)
- [7] Bockius, R.: Die Spätromischen Schiffswracks aus Mainz, Monographien des Römisch-Germanischen Zentralmuseums Bd. 67, Mainz 2006.



**Michael Hoffmann**  
FB Technik  
FR Maschinenbau

Hochschule Trier,  
Campus Schneidershof

+49 651 8103 281  
M.Hoffmann@fh-trier.de  
<http://fh-trier.de/~hoffmann>  
<http://3DDruck.fh-trier.de>

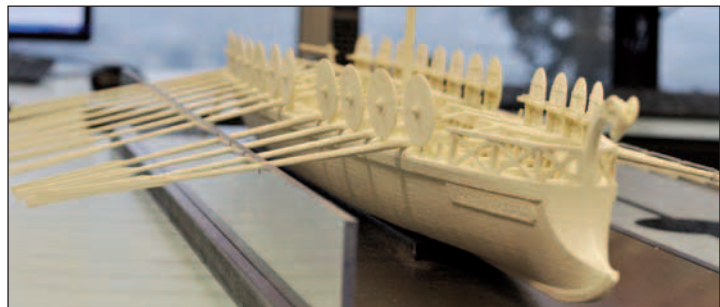


Abb. 16: Modell aus dem 3D-Drucker/Foto von: Peter Kuntz, Universität Trier

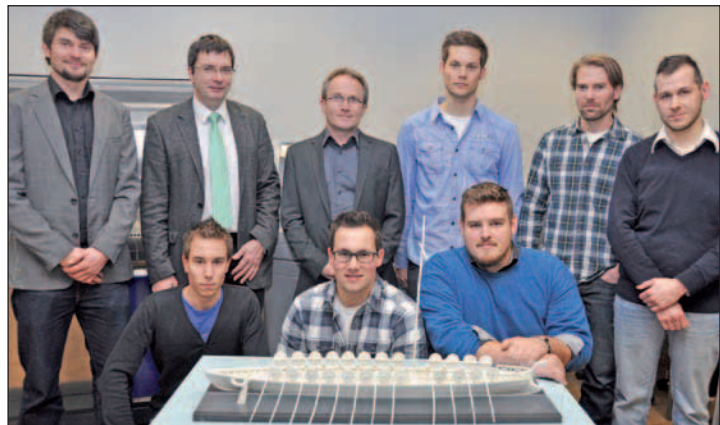


Abb. 17: Übergabe des Schiffmodells im 3D-Druck Foto: Peter Kuntz, Universität Trier/Vorne v.l.: Sebastian Traut, Stefan Höhner, Josia Höfig, Hinten v.l.: Arne Döpke, Prof. Dr. Christoph Schäfer, Michael Hoffmann, Markus Wagner, Wolfgang Ewen, Jens Eberhard