

Möglichkeiten der 3D-Digitalisierung von Kulturgut an der Bayerischen Staatsbibliothek

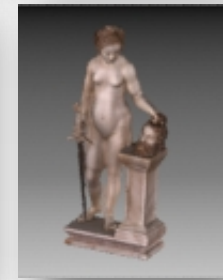
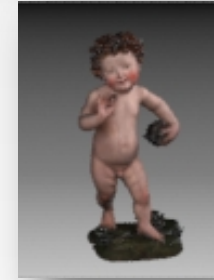
10 Jahre AG Regionalportale



11. Tagung, München
Felix Horn (BSB), DBB/MDZ
17.05.2017

3D-Digitalisierung von Kunst

- ◇ Wertvolle Bücher
- ◇ Globen
- ◇ Münzen
- ◇ Skulpturen
- ◇ Möbel
- ◇ Archäologische Artefakte
- ◇ Waffen
- ◇ Textilien
- ◇ Historische Räume



3-D-Scanner an der BSB

3-D-Streifenlicht-Scanner

- ◇ *Firma:* Polymetric
- ◇ *Modell:* PTM 4c
- ◇ *Messprinzip:* Streifenprojektion mit weißem Licht



3-D-Laser-Scanner

- ◇ *Firma:* Zoller+Fröhlich (Z+F)
- ◇ *Modell:* Imager 5010 X
- ◇ *Messprinzip:* Time of flight (TOF) mit Laserlicht



Wie entsteht fotorealistisches 3-D-Modell für WWW?

- ◇ Vermessung mit einem 3-D-Scanner
- ◇ Durch Aufnahme von farbigen Digitalfotos wird Farbe erfasst.
- ◇ In einem mehrstufigen Postprocessing-Verfahren entsteht ein **niedrig aufgelöstes** Modell, das auch über das **Internet** angezeigt werden kann.

Warum niedrig aufgelöste 3-D-Modelle?

Vorteile

- ◇ kurze Ladezeiten ([Rechner](#), [Netzwerk](#), [Internet](#))
- ◇ auch auf mobilen Geräten nutzbar ([Smartphone](#), [Tablet](#))
- ◇ gutes Verhältnis von Dateigröße und Darstellungsqualität

Nachteile

- ◇ Verlust an Details der Geometrie
- ◇ geringere Darstellungsqualität als hoch aufgelöste Modelle ([Umrisslinie](#))
- ◇ Derivat vom hoch aufgelösten Modell ([Fehlerweitergabe](#))

Workflow: Erstellung niedrig aufgelösten 3-D-Modelle

1. Vorbereitung, Transport und Aufbau
2. 3-D-Scannen
3. Postprocessing „Modell und Farbe“
 - ⇒ Hoch aufgelöstes farbiges 3-D-Modell
4. Postprocessing „WWW“
 - ⇒ Niedrig aufgelöstes farbiges 3-D-Modell
5. Archivierung der Daten

Auswahl und Begutachtung der Kunstobjekte

Klassifizierung der Objekte in hinsichtlich ihrer Eignung für die 3-D-Digitalisierung (mit Drehteller!):

- > „Leicht“
- > „Mittel“
- > „Schwer“

	Leicht	Mittel	Schwer
Geometrie	eben, blockhaft	geschwungen, bewegt	verschlungen, hinterschnitten, streng geometrisch
Glanz	matt, geringer Glanz	glänzend	stark glänzend
Größe	ca. 10 – 50 cm	ca. 60– 150 cm	ca. 160– 300 cm ca. 1-10 cm
Formstabilität	massiv	kaum beweglich	beweglich

Auswahl und Begutachtung der Kunstobjekte

Kunstwerke, die **nicht** 3-D-Vermessen werden können

- ◇ opake oder transparente Materialien
- ◇ elastische oder leicht verformbare Objekte
- ◇ spiegelnde oder stark glänzende Objekte
- ◇ sich selbst zigfach überdeckende Objekte

Probleme:

Starker Glanz



bewegliche Teile



leicht verformbar

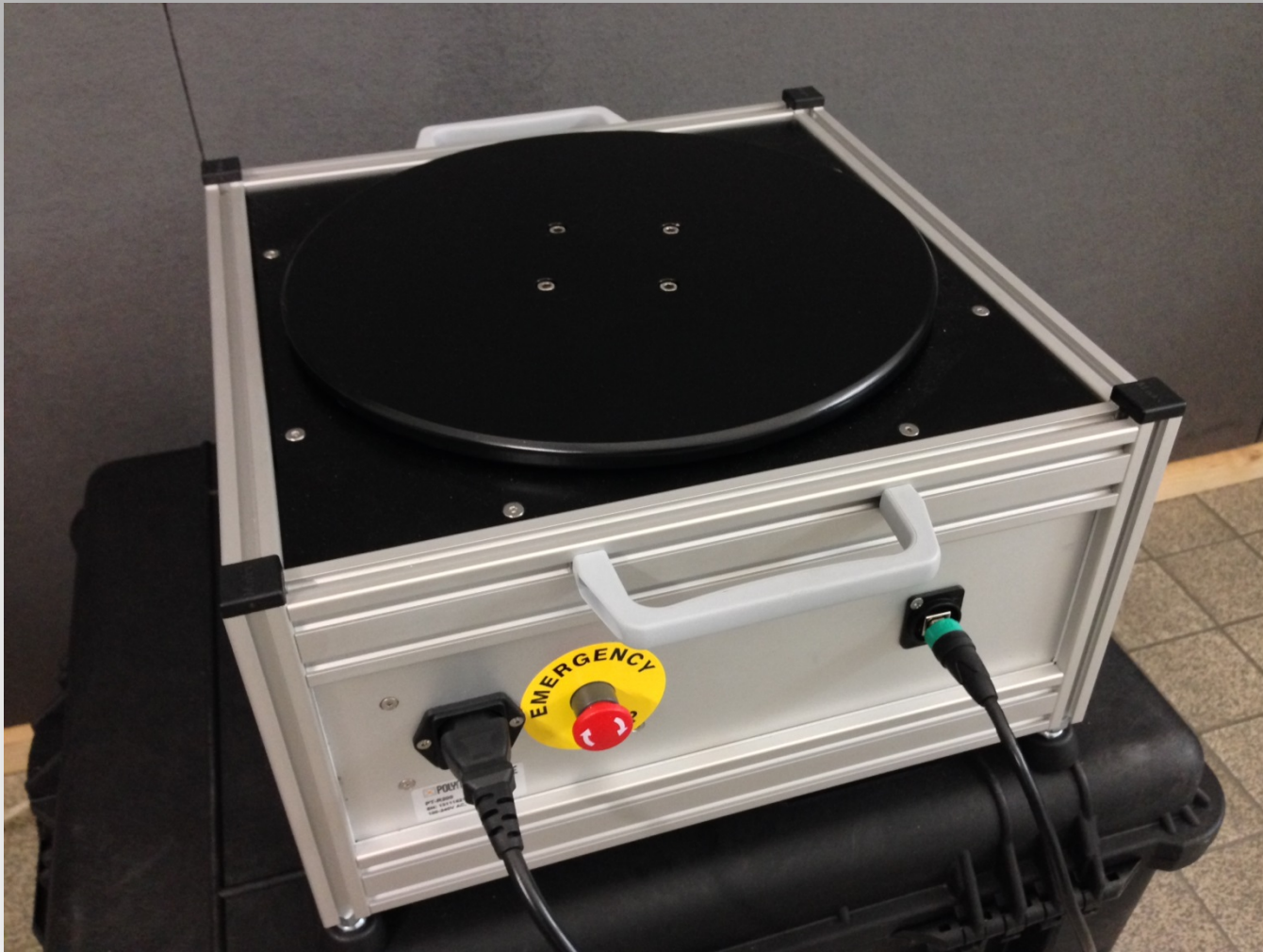




3-D-Streifenlicht-Scanner

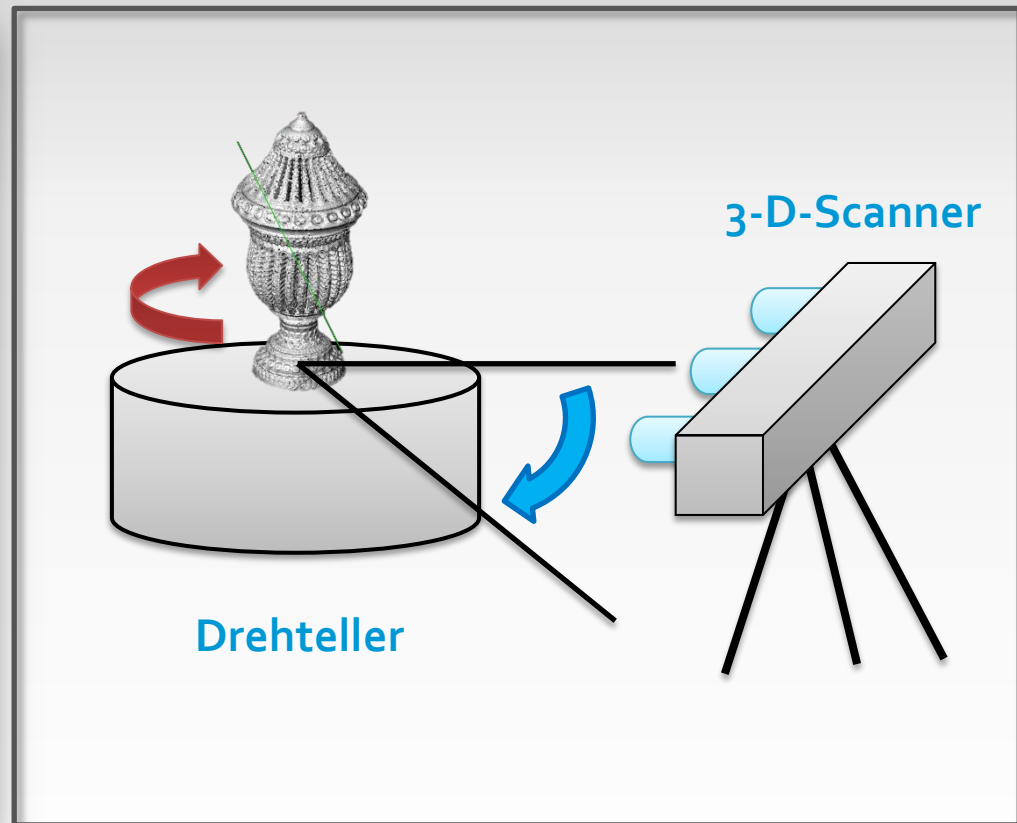
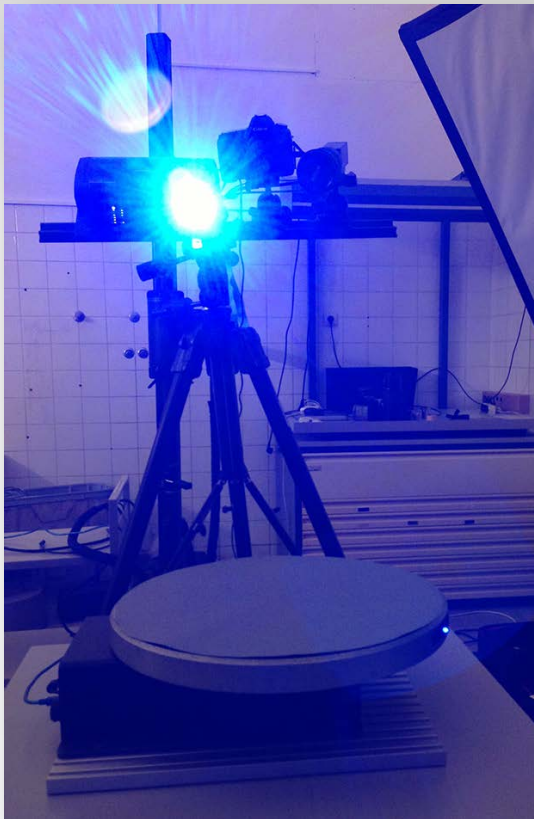


2 x 3-D-Kameras (links u. rechts), 1x Texturkamera



Zur 3-D-Vermessung eingesetzter **Drehteller**.

- ◇ 3D-Erfassung des Kunstwerks durch mehrere Einzelscans (**Tiefenbildern**) aus unterschiedlichen Richtungen.
- ◇ Bei mehreren Umläufen wird das Objekt in verschiedenen Winkelschritten erfasst, z.B. in $6 \times 60^\circ$ Schritten. Der Drehteller wird auf diesen Winkel kalibriert.



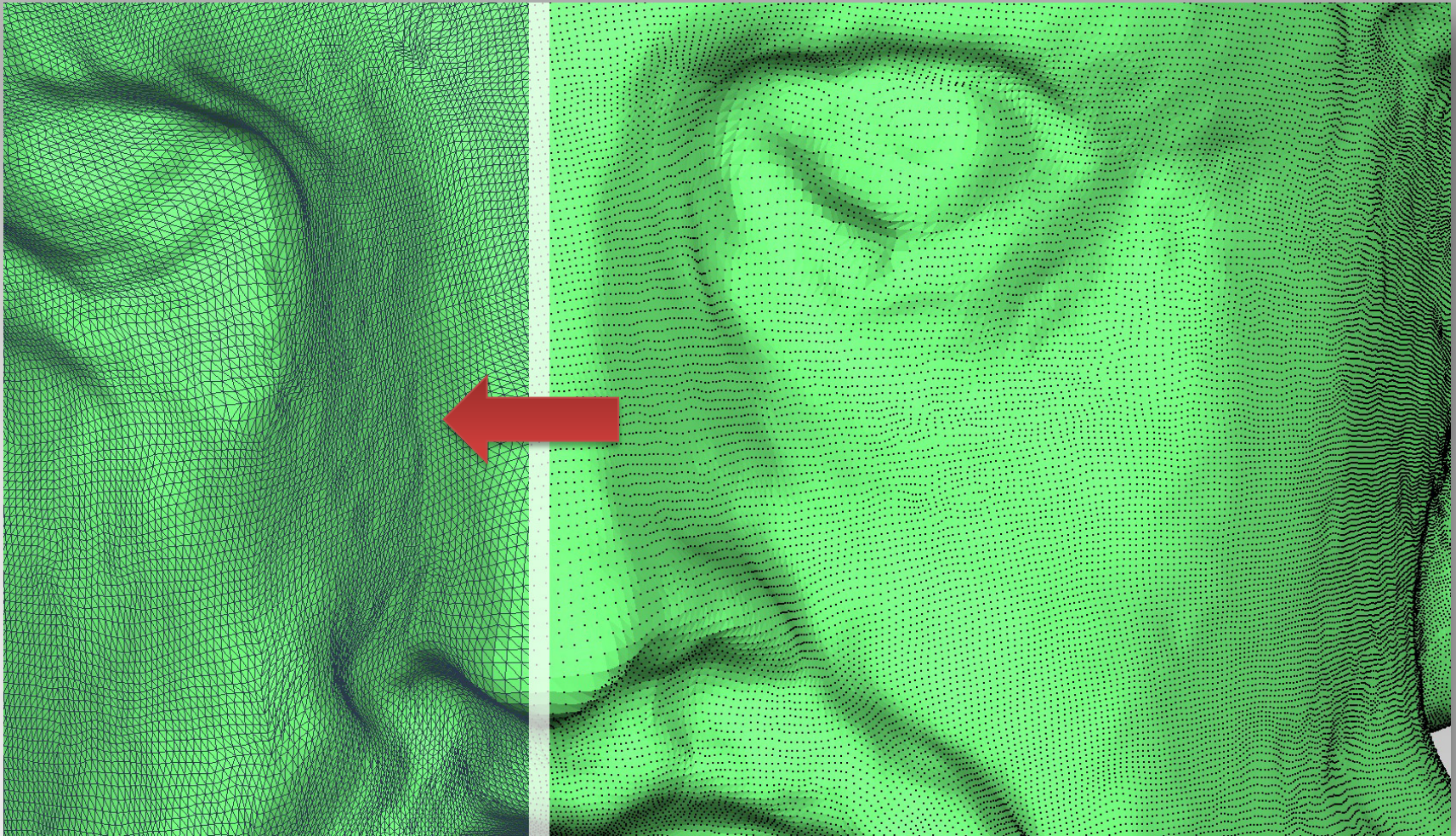




Aufnahmesituation bei der 3-D-Vermessung:

- ♦ Ausrichten des 3-D-Streifenlicht-Scanner mit Drehteller
- ♦ Positionieren von zwei Lichtquellen zur Ausleuchtung der Szene
- ♦ Nachjustieren des Setups





Wie ist ein 3-D-Modell aufgebaut?

Durch Digitalisierung entsteht Messpunkte auf der Oberfläche, die **Punktwolke**. Das Gitternetz des Modells wird durch Vermaschen der **Punktwolke** gebildet. 3-D-Modelle sind in der Regel aus Dreiecken aufgebaut.

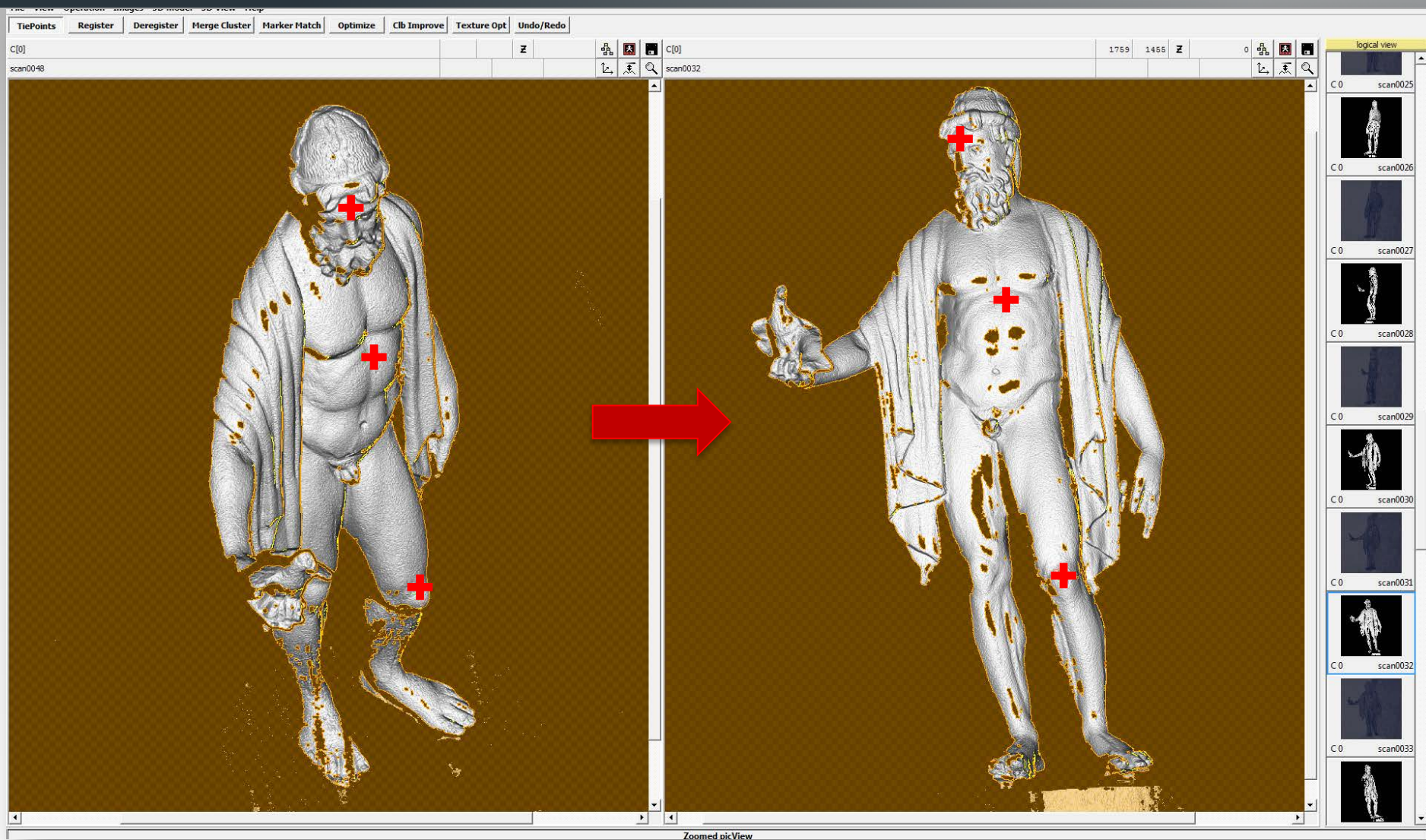
FALLBEISPIEL: Jupiter

- ◇ Bronzestatuetten
- ◇ Schatzfund Weißenburg
- ◇ 170-180 n. Chr.
- ◇ Höhe ca. 15,7 cm
- ◇ aus: Archäologischen Staatssammlung München

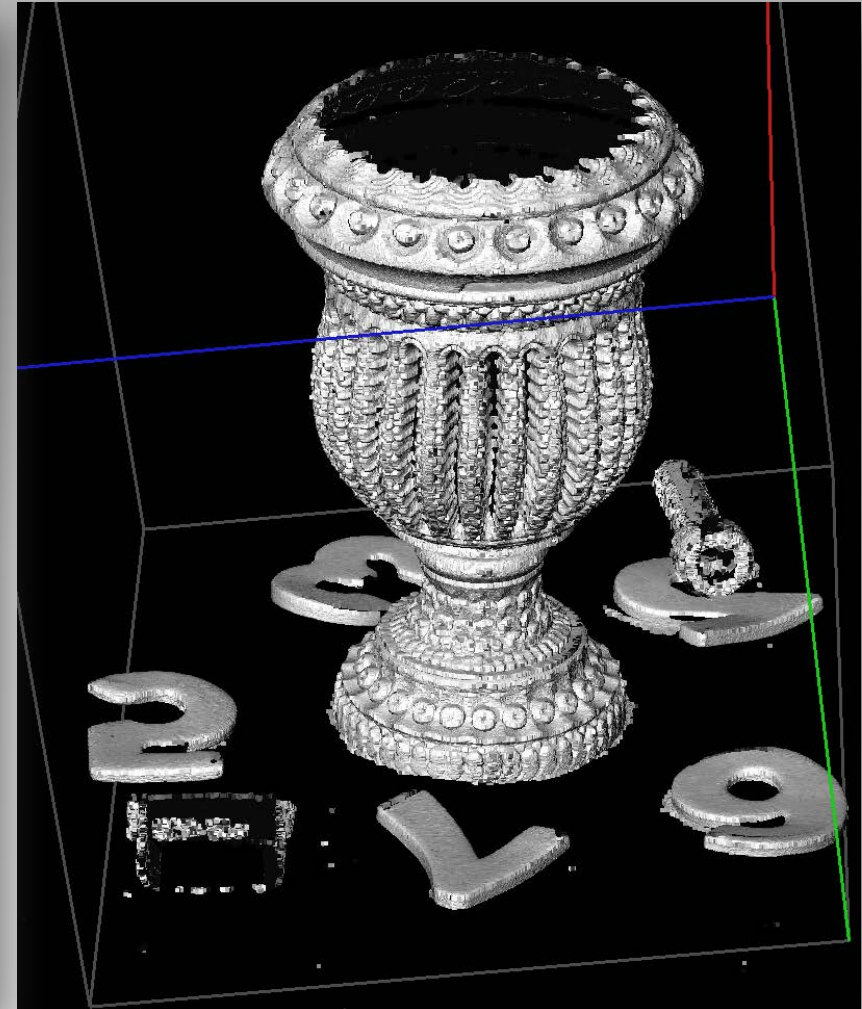
Aussehen wird bestimmt durch:

- ◇ Glattes, leicht korrodiertes Metall
- ◇ Reflexionen auf der Oberfläche
- ◇ Glanzlichter durch Lichtquelle

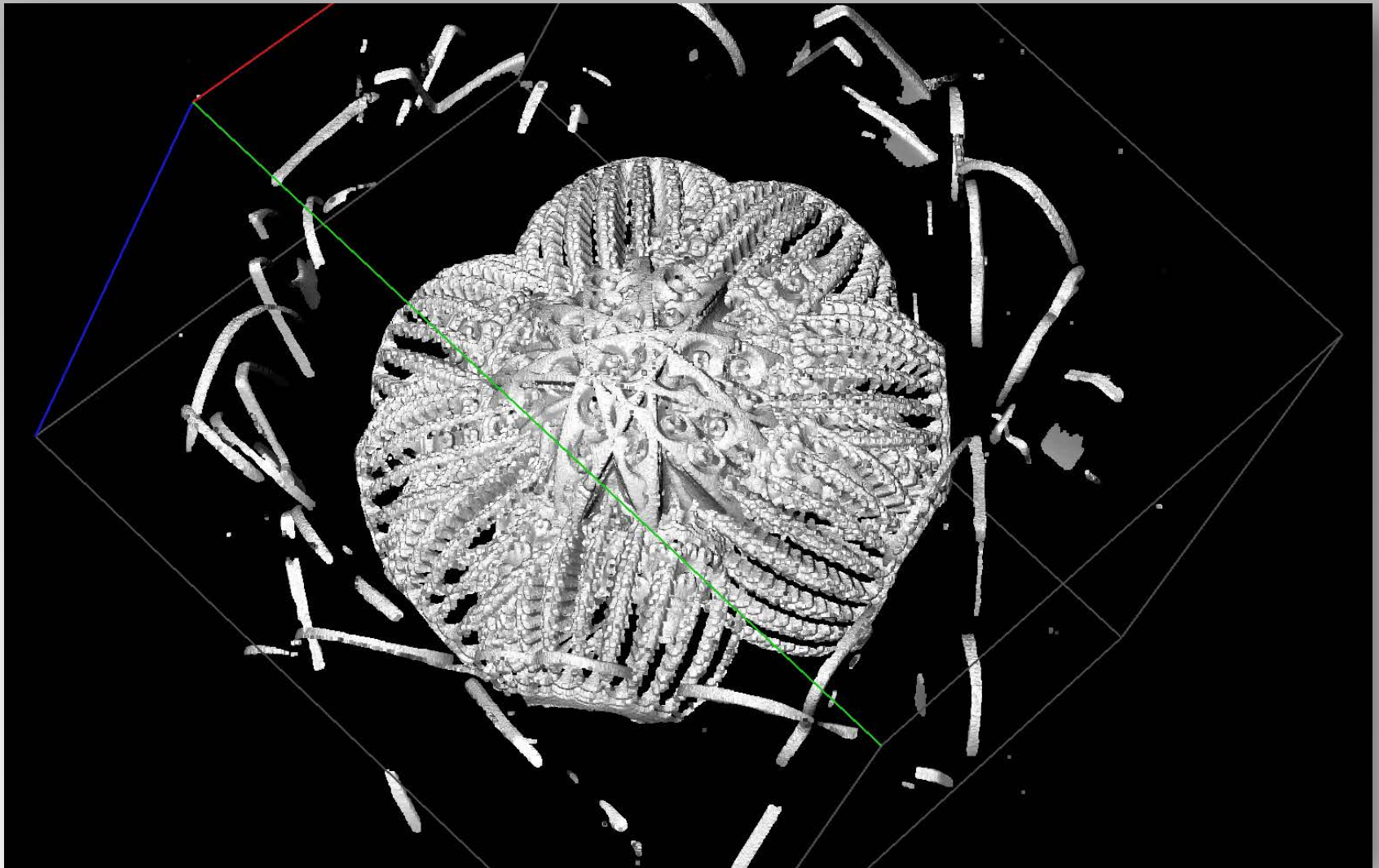




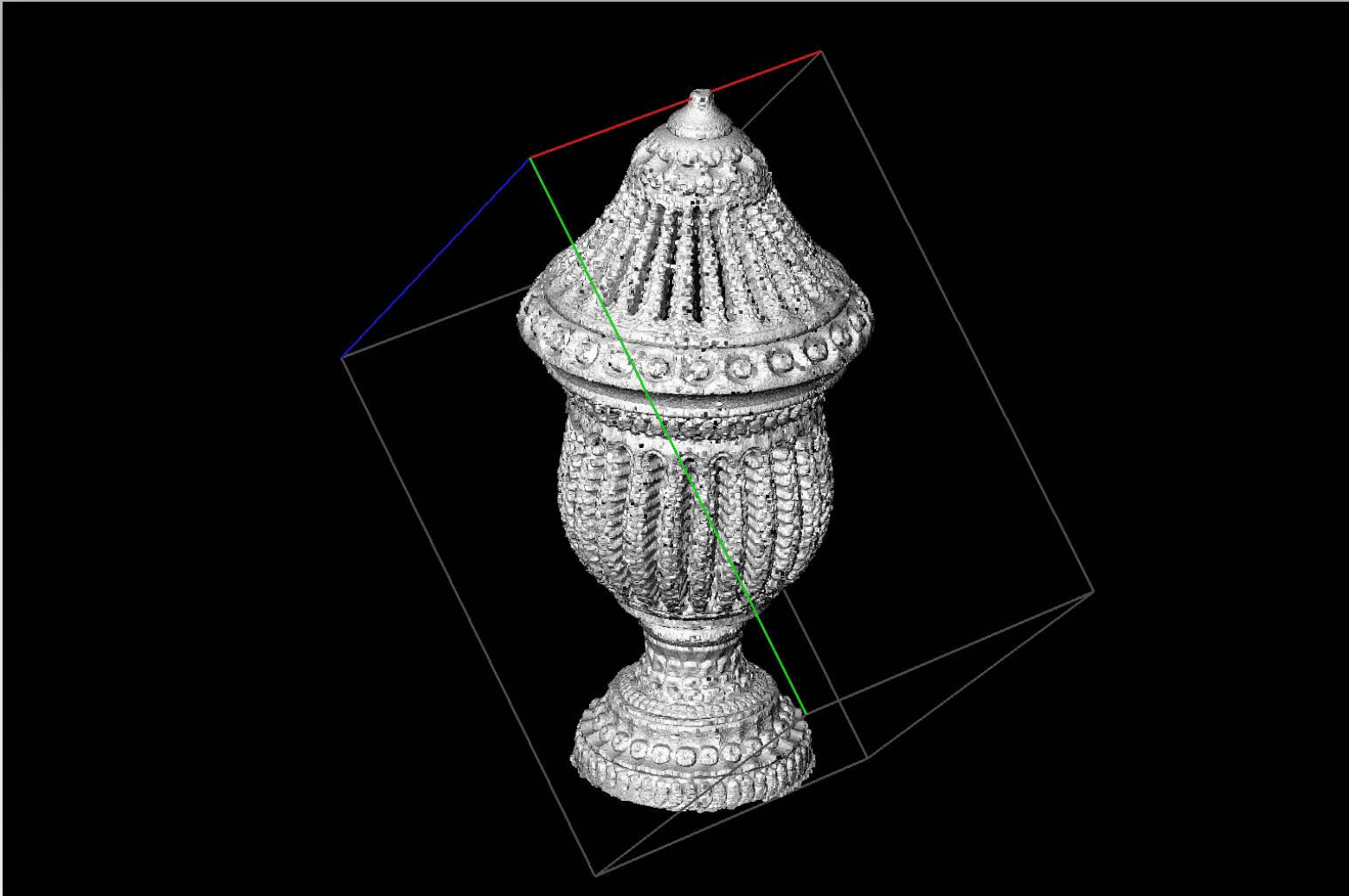
Zusammensetzen von zwei Einzel-Scans durch **Registrieren** mit Hilfe von Ankerpunkten und anschließender Anwendung des „Best fit“ Algorithmus.
Ohne Drehteller muss jeder Scan per Hand manuell vorregistriert werden.



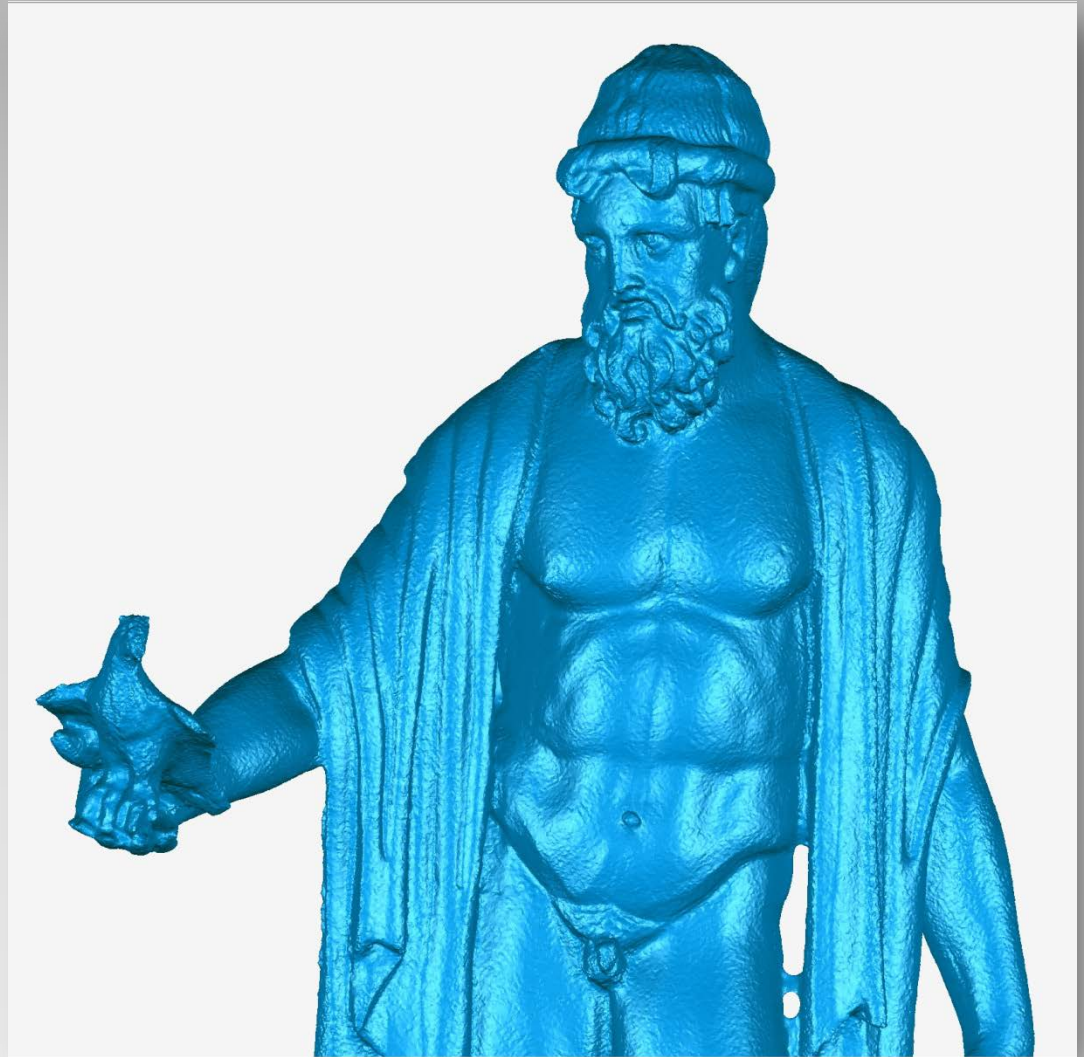
Bei **geometrischen** Körpern ist es wichtig zusätzliche Hilfsobjekte mit aufzunehmen, um die Registrierung zu verbessern.



Erkennt die Software die Drehteller-Kalibrierung nicht, müssen die Einzel-Scans manuell zusammen gesetzt werden (Zeit!).



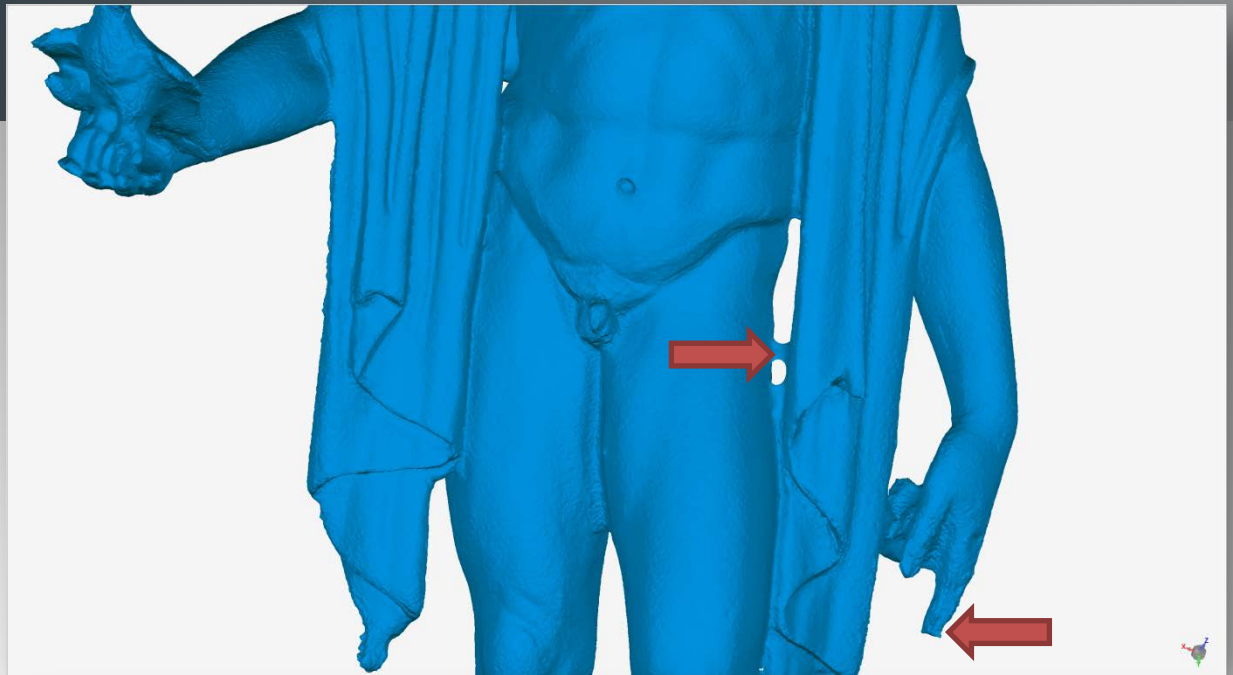
Bei erfolgreicher **Registrierung** fügen sich die Teile zu einem Gesamtmodell zusammen.



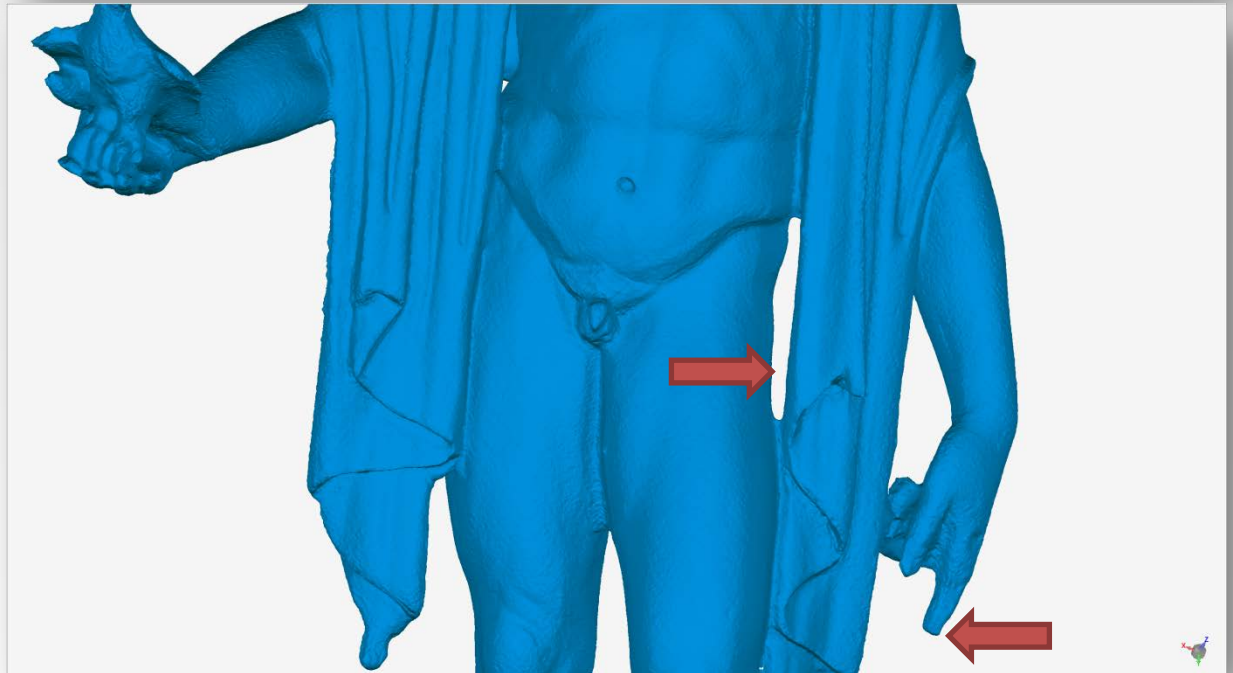
Ergebnis der **Registrierung** und der anschließenden Modellberechnung.
Die Gesamtpunktwolke wird in ein Gitternetz umgewandelt.

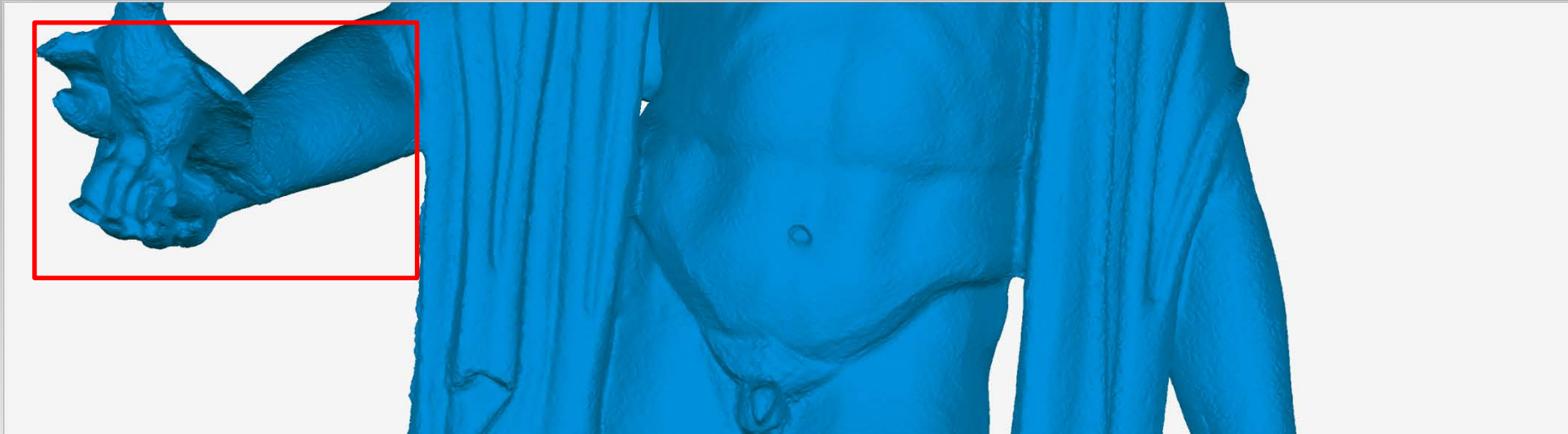


Das 3D-Modell
enthält nach der
Berechnung i. d. R.
Fehler und **Löcher**,
hier z. B. an Hüfte
und Füßen.

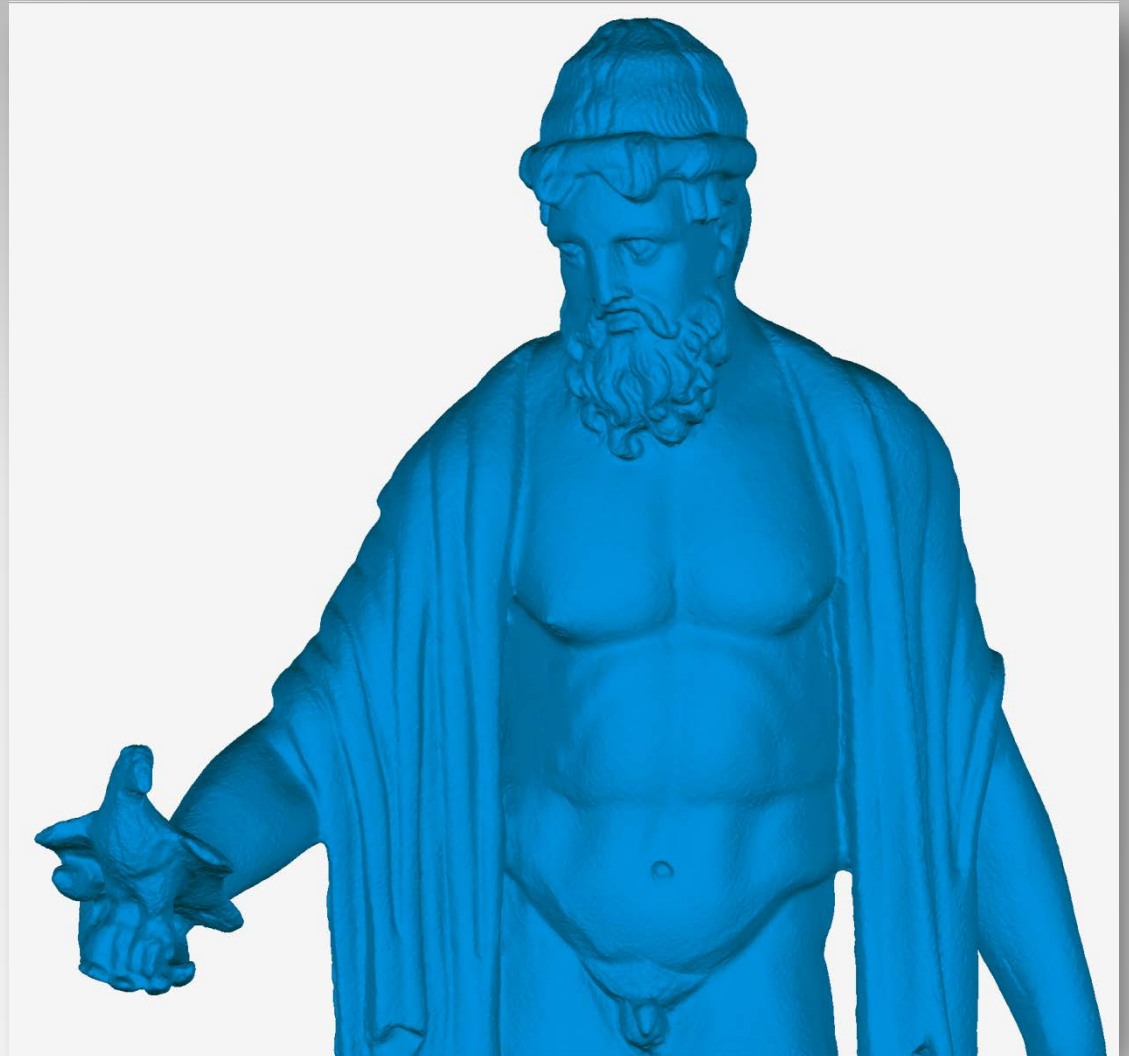


Fehler:
Löcher werden
fehlerhaft ergänzt, nicht
zusammenhängende
Flächen verbunden.





Fehler: Starke Rauigkeit des Modells (*rechter Arm*) aufgrund von Reflexionen.



Fehler korrigiertes 3-D-Modell, noch ohne **Textur**.

Texturierung oder Texture Mapping

Die Geometrie wird mit Farbe in Form eines Digitalfotos versehen.

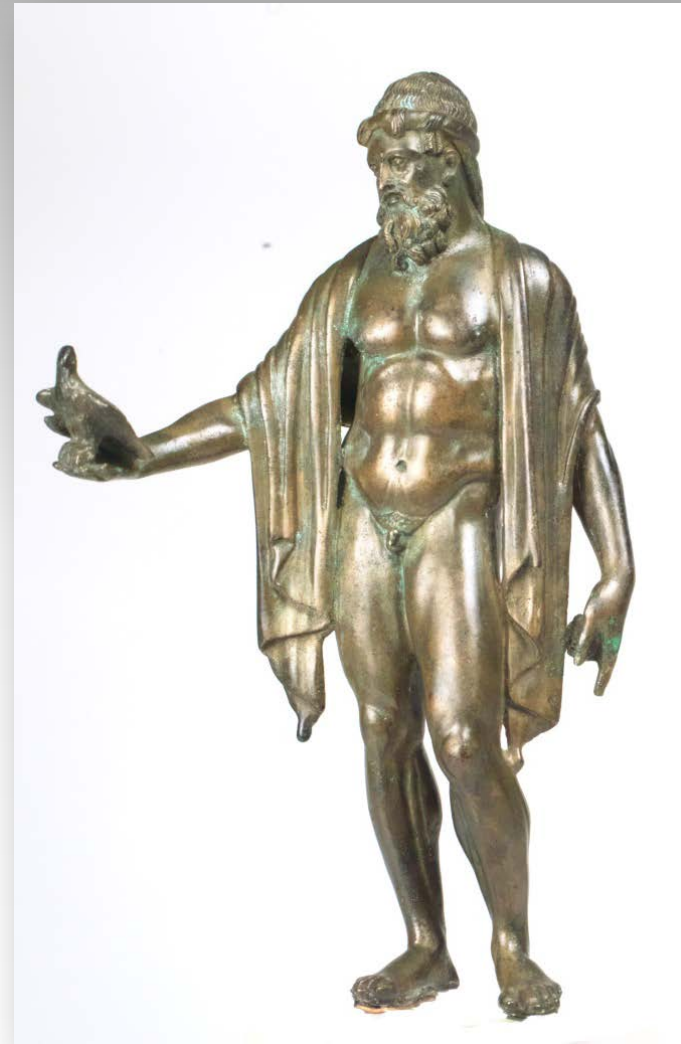


Farbiges Texturbild

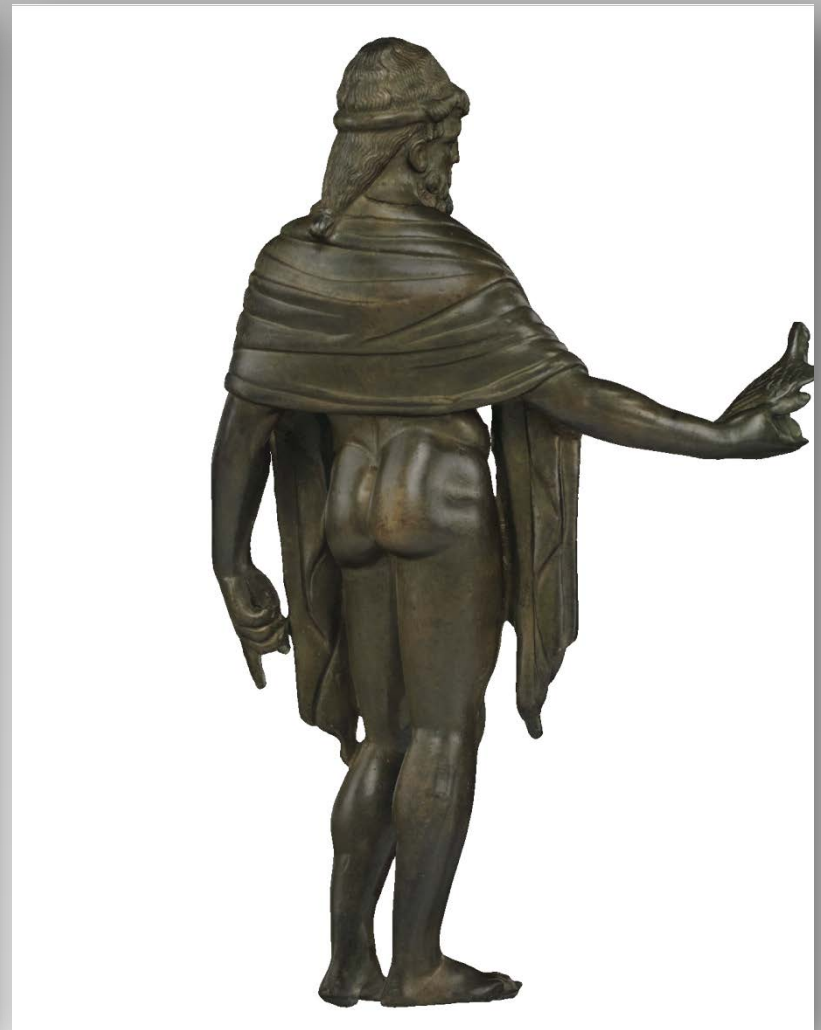
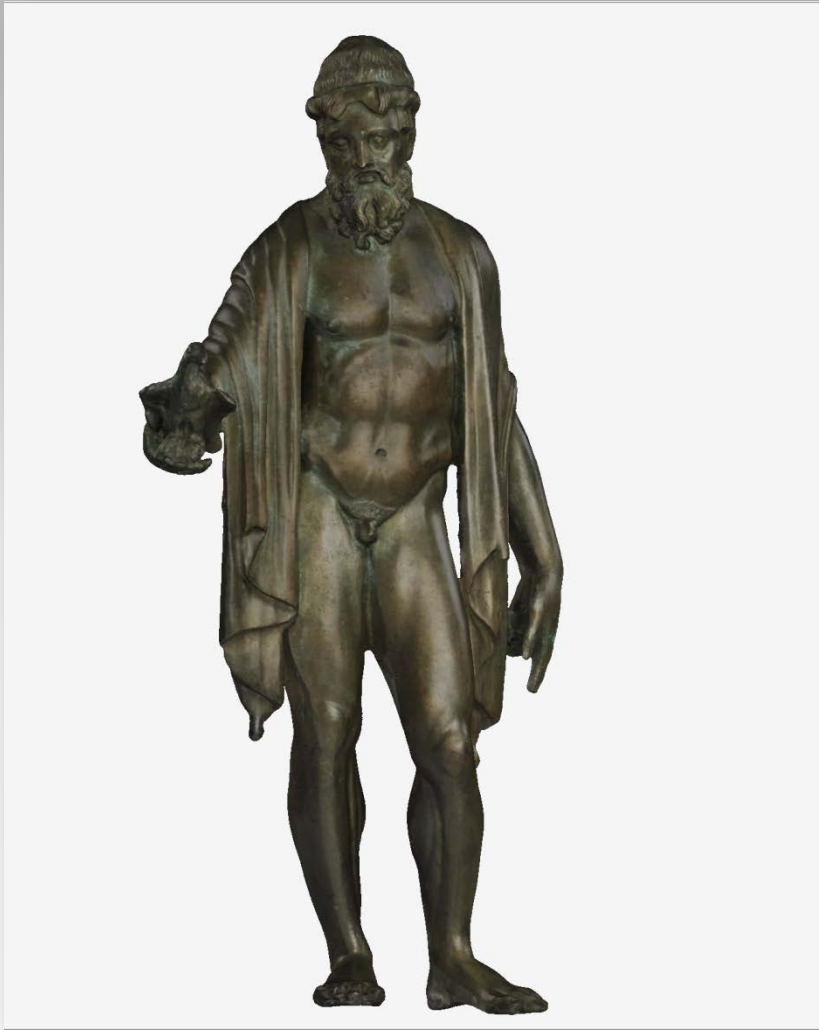
Farbig texturiertes 3D-Modell



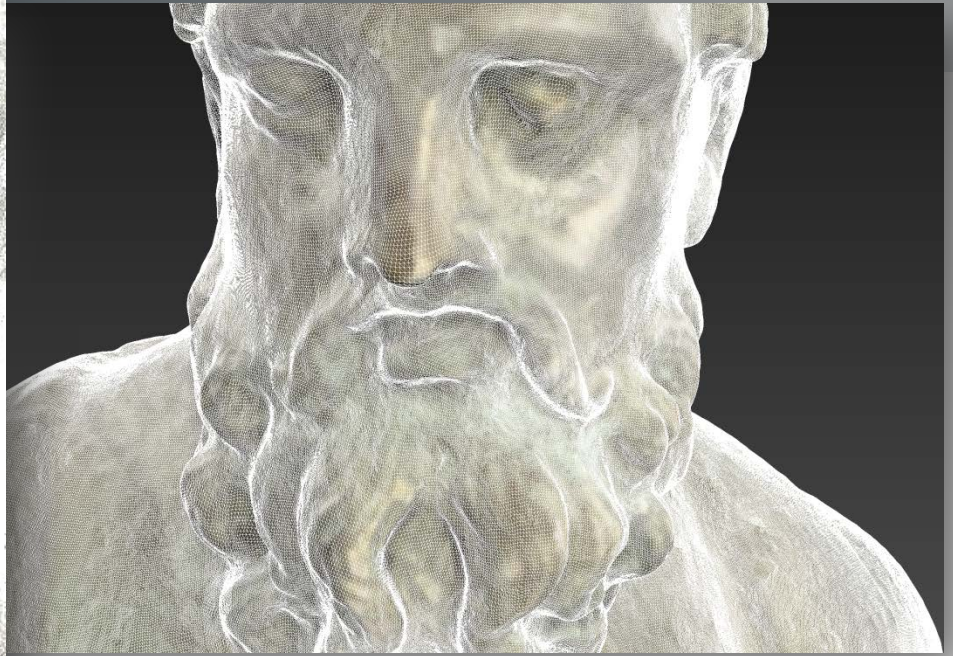
Texture Mapping des 3-D-Modells:
(links) Modell ohne Fehler



(rechts) Digitalfoto für die Texturierung



Jupiter, hoch aufgelöstes 3D-Modell, **Vorder-** und **Rückansicht**.



Vergleich:

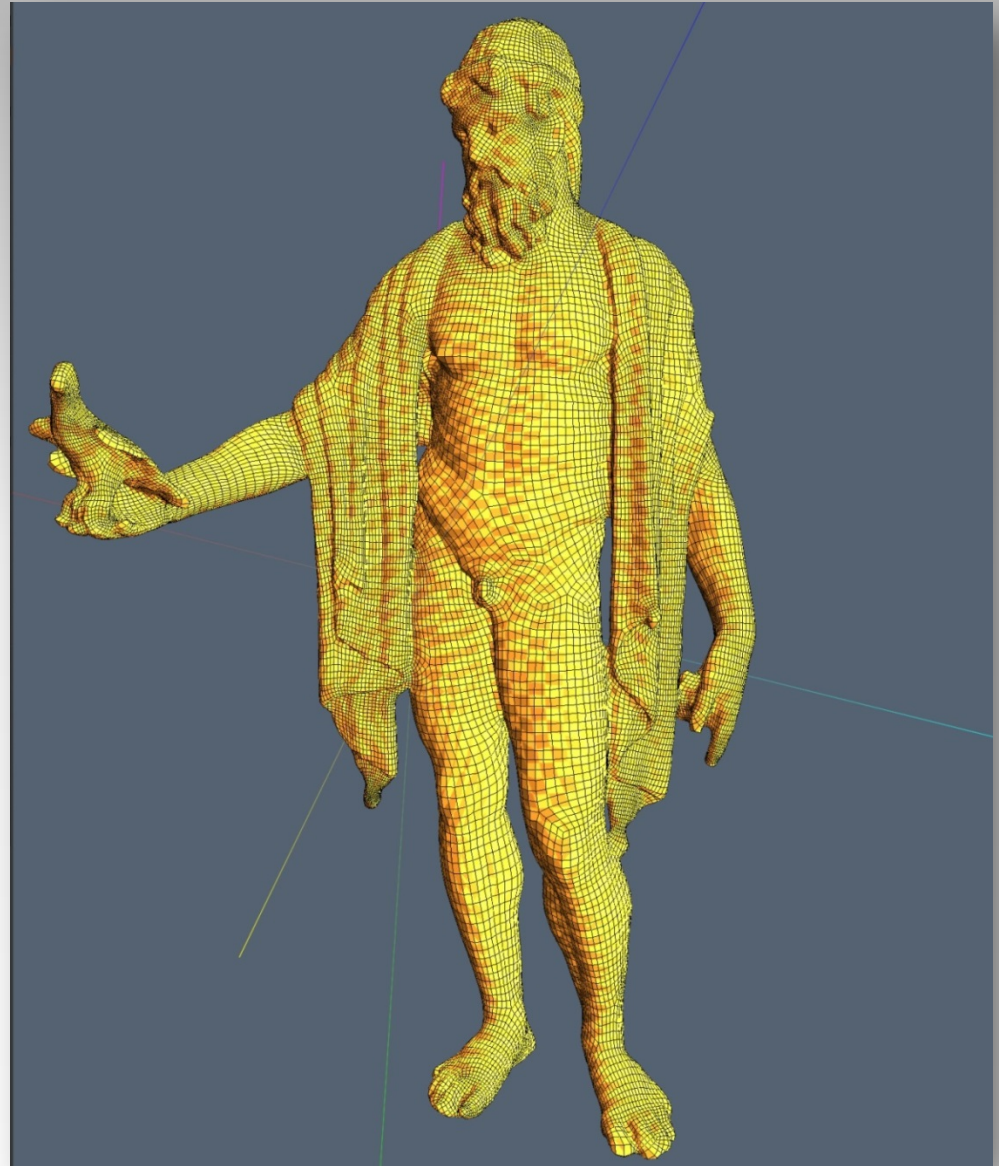
Hoch aufgelöstes (*oben*)
und niedrig aufgelöstes
3D-Modell (*unten*) bzw. *links*.

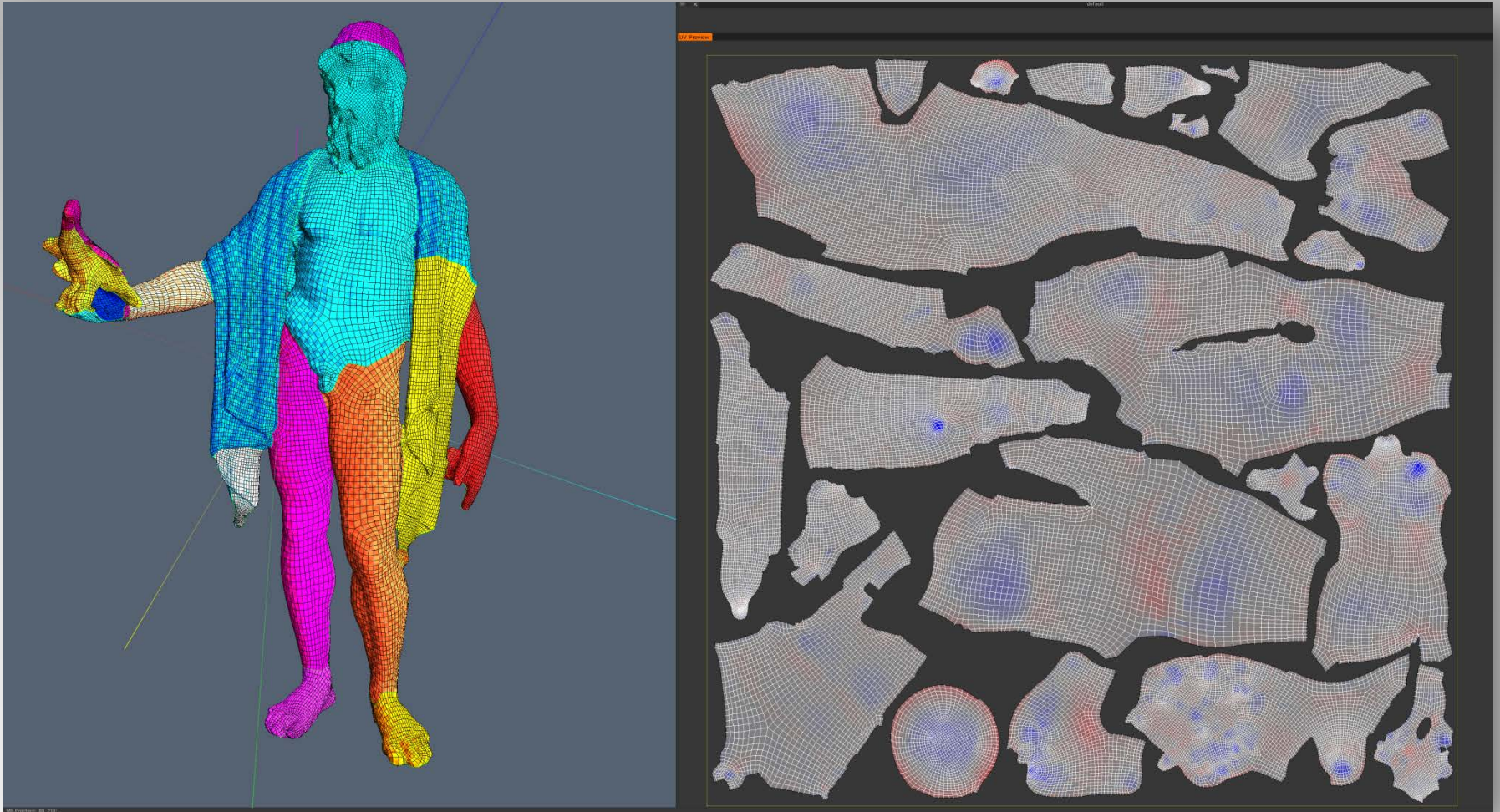


Nachbildung des hoch aufgelösten 3-D-Modells (**Retopology**) durch wenige Vierecke.

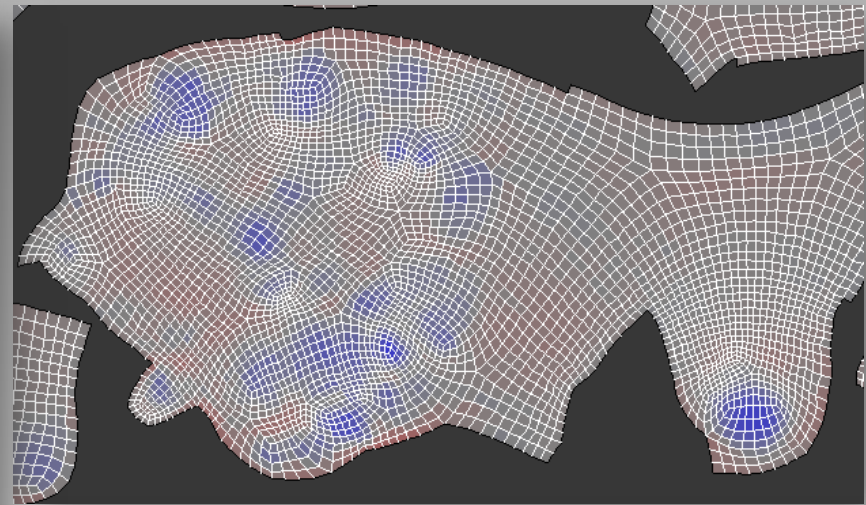
- ◇ Abwicklung der Oberfläche (UVW-Koordinaten)
- ◇ Übertragen der Farbigkeit
- ◇ Berechnung einer Normal Map

Oberfläche der Figur noch **ohne Abwicklung** und Schnittkanten (**seams**).

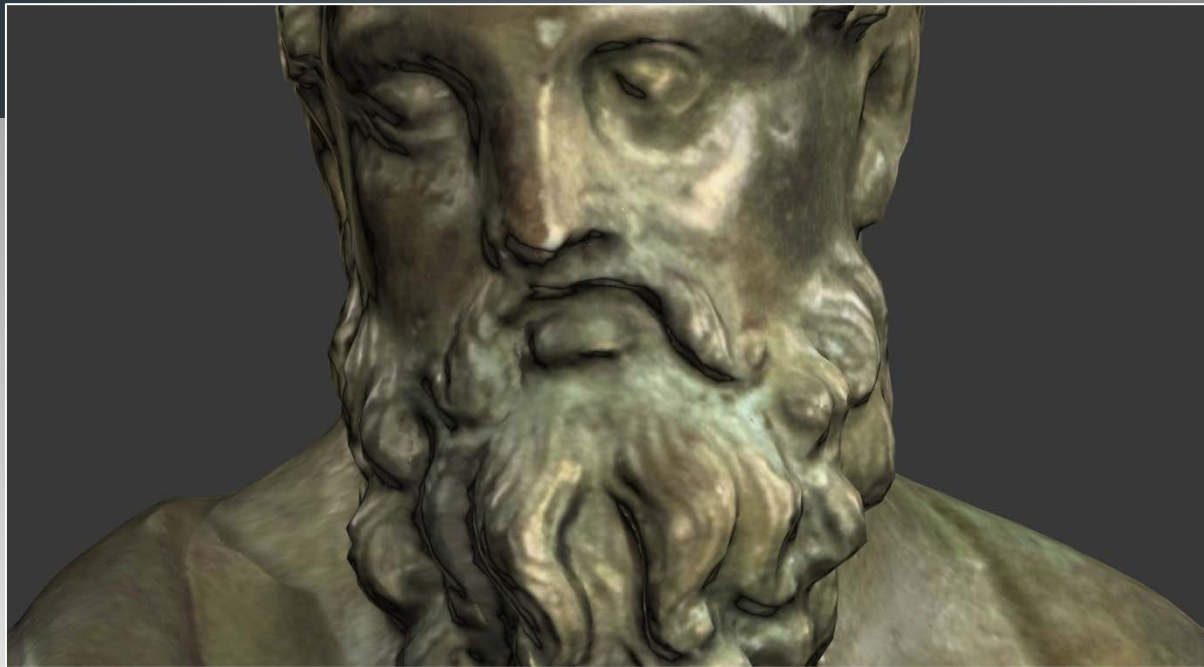




Manuelle Abwicklung der Oberfläche. Schnitte an Stellen mit starker Krümmung oder logischen Verläufen. Es entstehen überwiegend zusammenhängende Stücke.

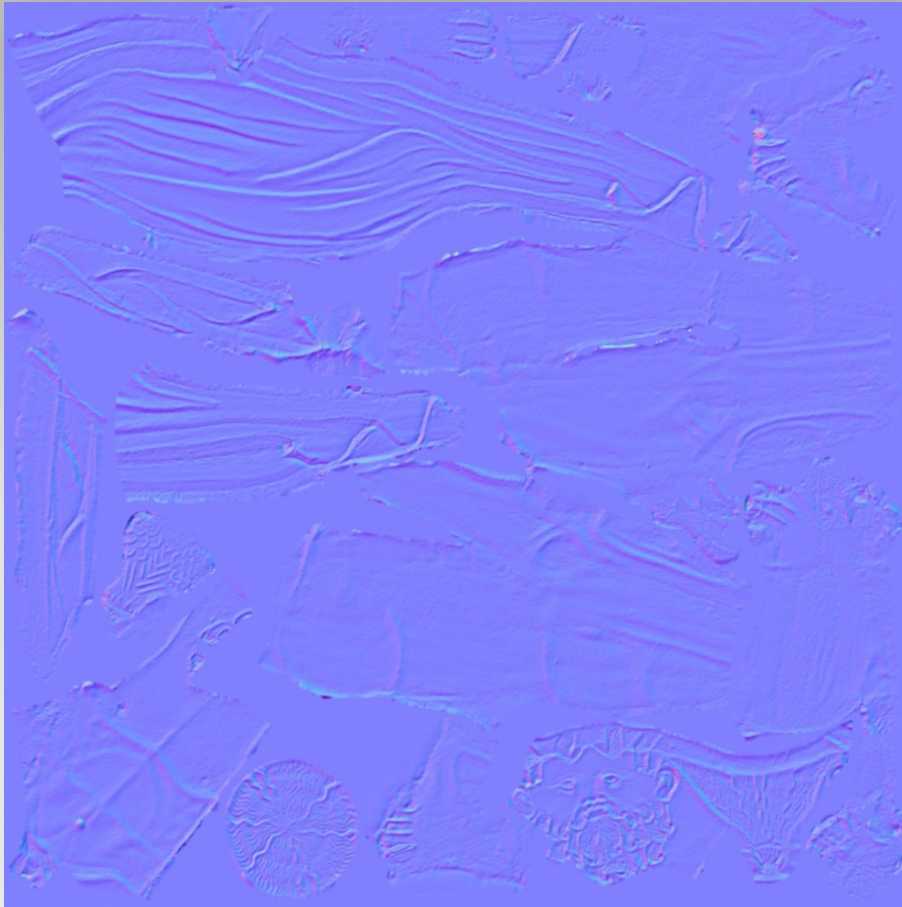


Abwicklung am Beispiel des Gesichts.



3D-Modell : farbig
texturiertes niedrig
aufgelöstes Modell, aus
Vierecken (quads)
aufgebaut

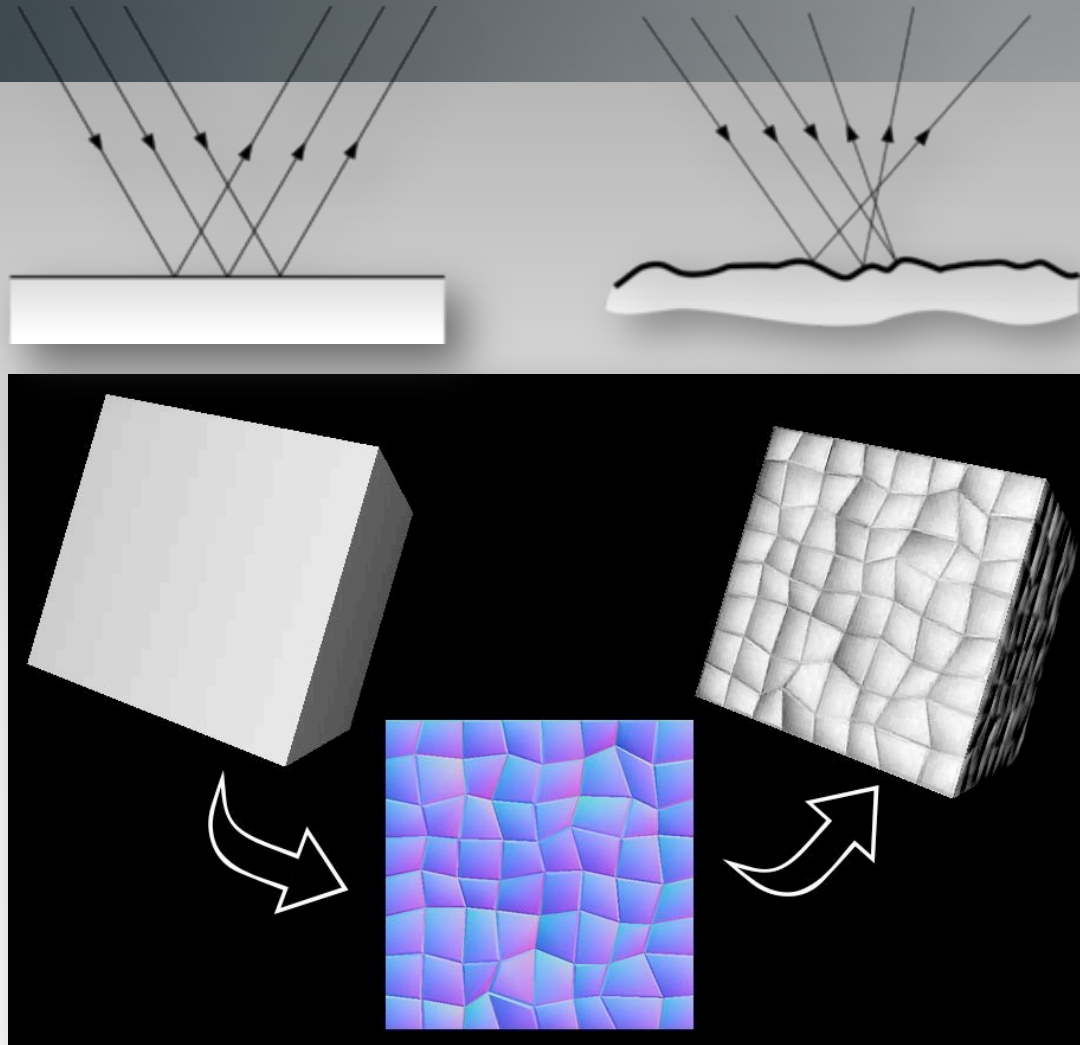




Normal Map: ausgehend von den Details des hoch aufgelösten Modells berechnet.

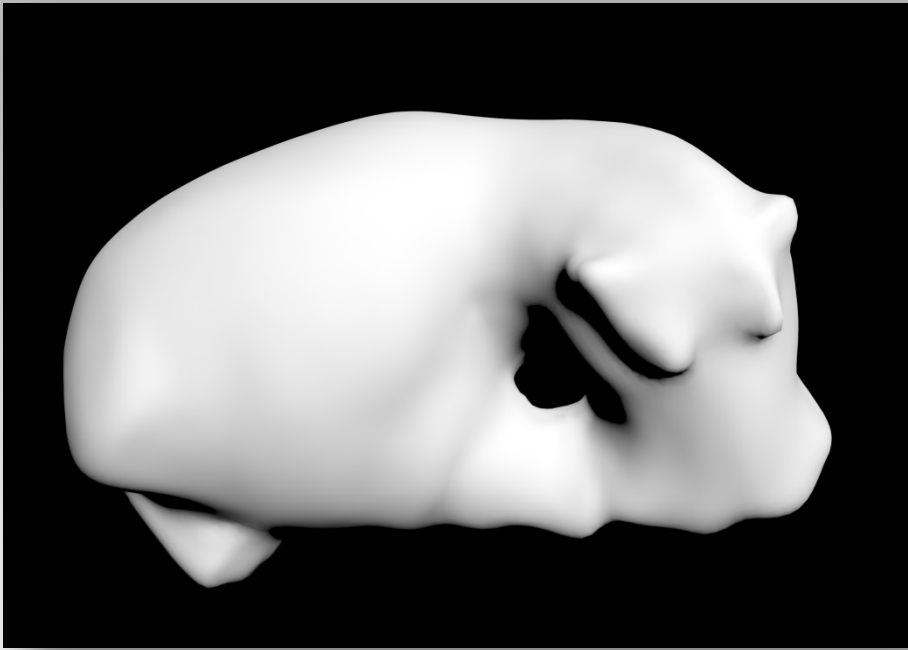


Farb Map: ausgehend von Farbigkeit des hoch aufgelösten Modells errechnet.



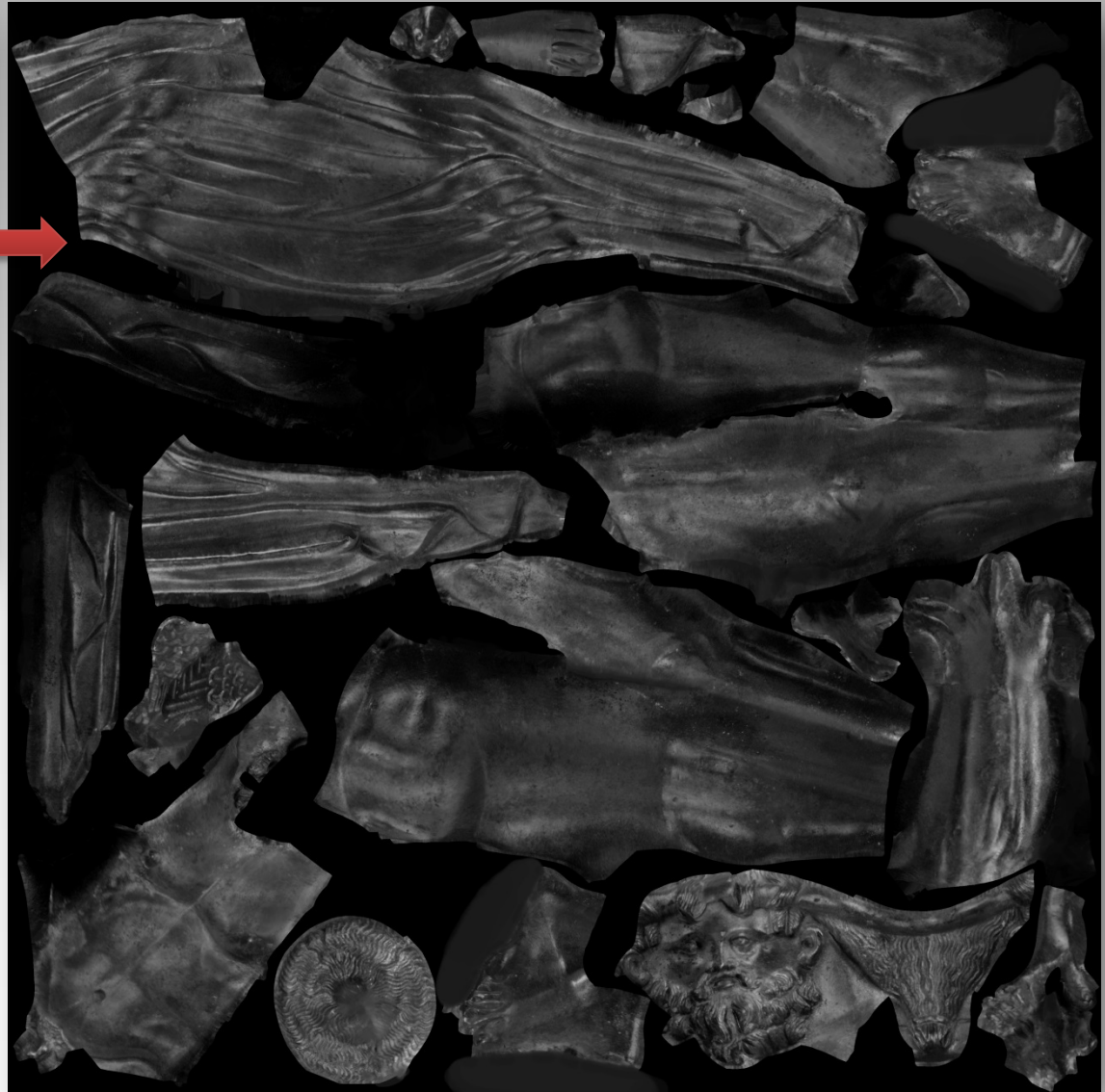
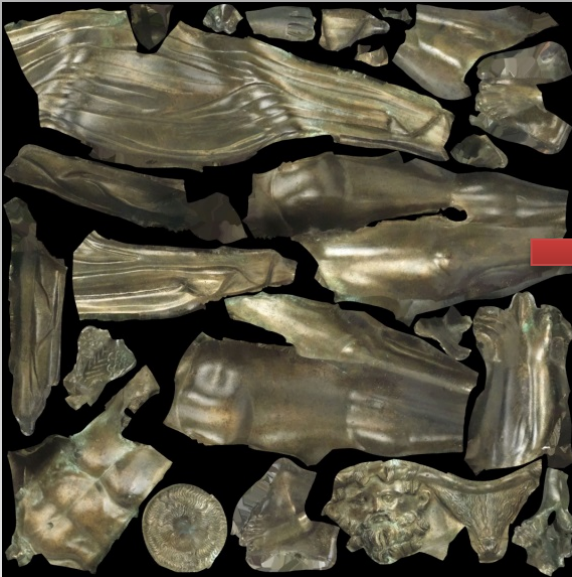
Funktion: Normal Map

Die **Normal Map** (= Texturbild) lässt den Würfel, bestehend aus 6 Flächen (**links**) so aussehen bestünde die Oberfläche aus vielen Dreiecken (**rechts**).



Niedrig aufgelöstes 3D-Modell [Nilpferd](#)

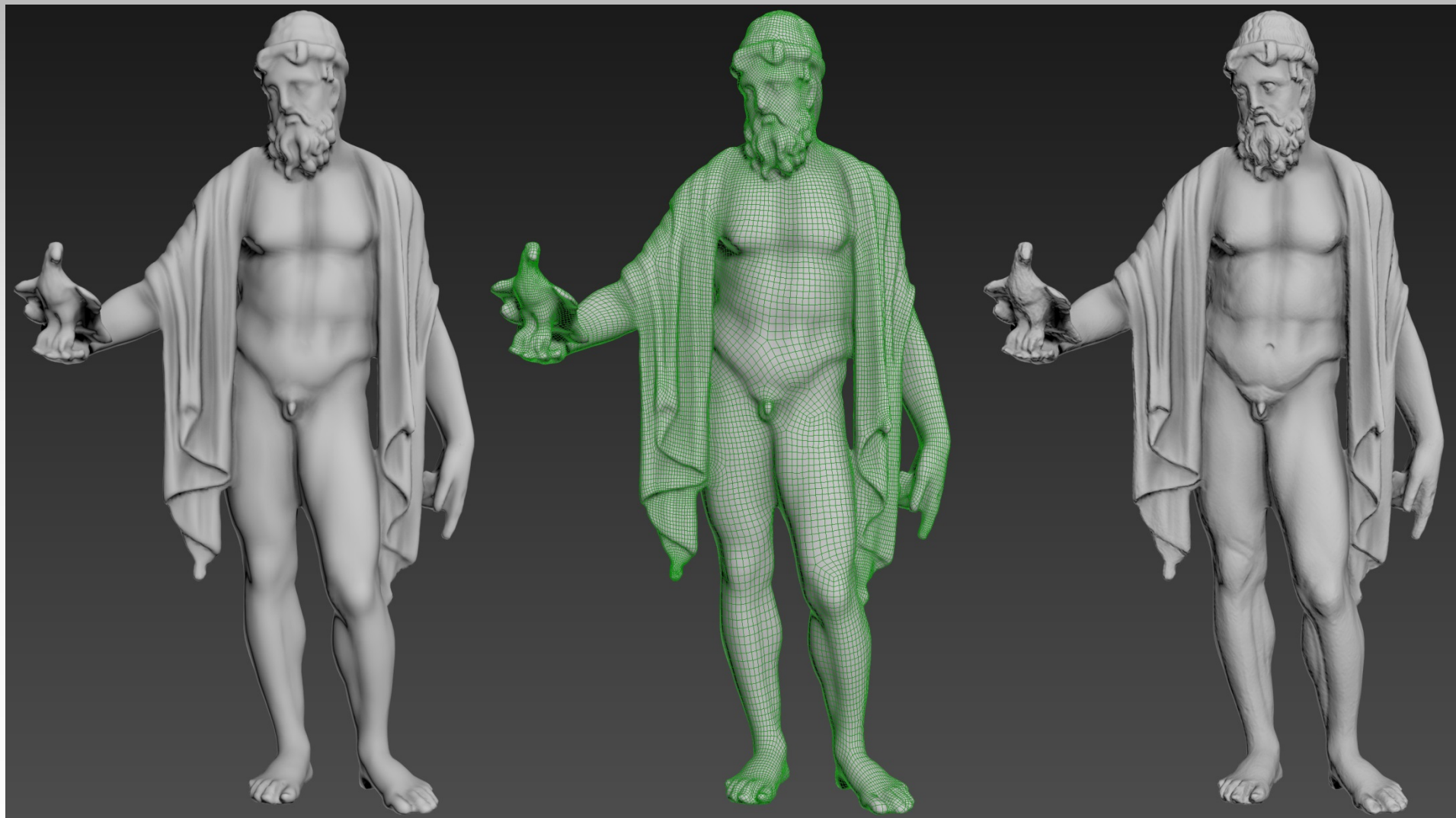
Die [Normal Map](#) lässt das niedrig aufgelöste Modell ([links](#)) nahezu so detailliert erscheinen wie ein hoch aufgelöste ([rechts](#)).



Die Glanz Map ([specular map](#)) steuert den Glanz auf dem 3-D-Modell. Sie entsteht auf Grundlage der Farb-Textur und ist ein s/w-Bild.



Sakramentar Heinrichs II., <http://bavarikon.de/object/bav:BSB-DDD-0000000000HSS001#>



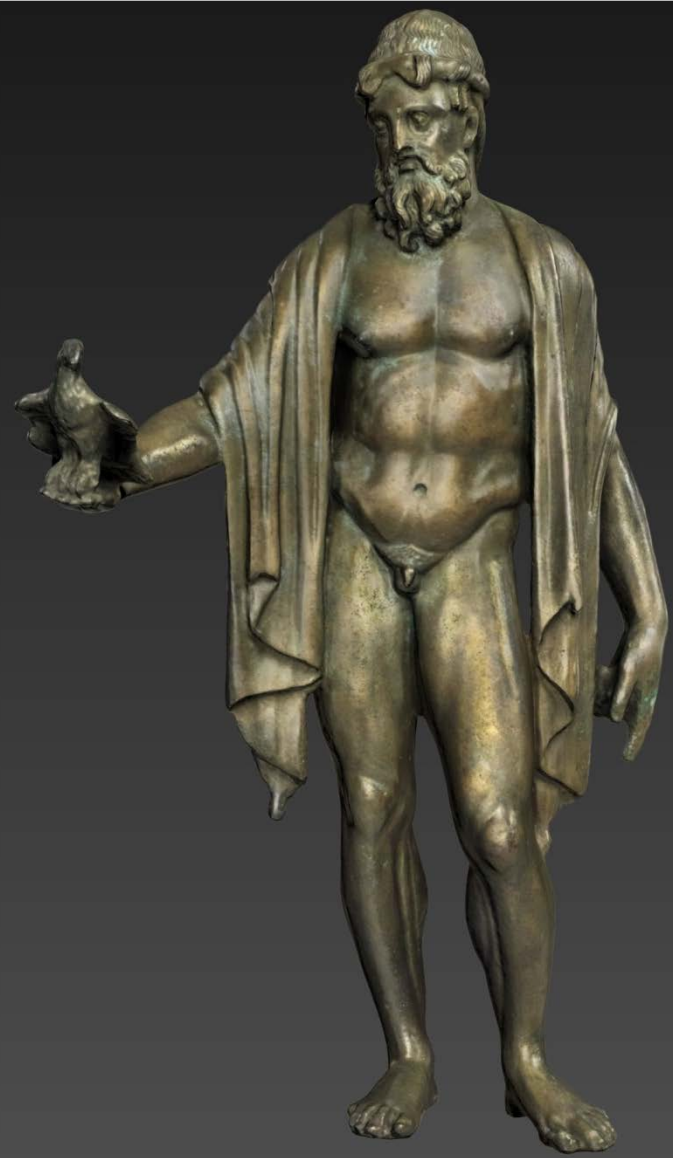
Niedrig aufgelöstes 3D-Modell

Drahtgitteransicht

Modell mit **Normal Map**



Niedrig aufgelöstes 3D-Modell ohne Farbtextrur



Modell mit Farbtextrur.

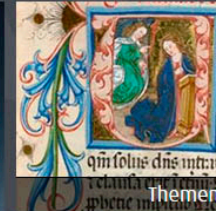
Suche



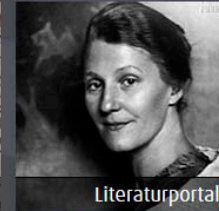
Orte



Glanzlichter



Themen



Literaturportal



Literatur zu Bayern

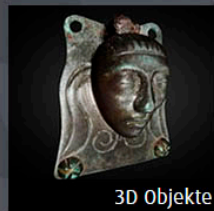


Bildähnlichkeitssuche

bavarikon
Kultur und Wissensschätze Bayerns



Karten



3D Objekte



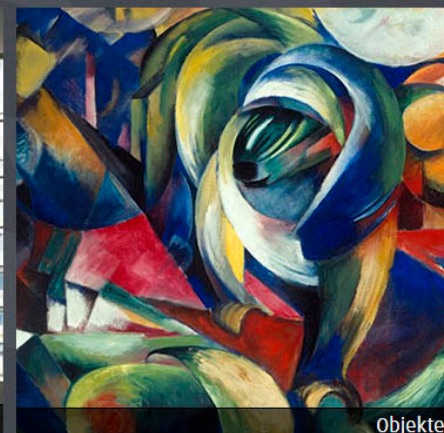
Historisches Lexikon



Personen



Institutionen




Objekte


bavarikon
Glossar
Objekte
Orte
Karten
Personen
Themen
DE | EN

3D Objekte

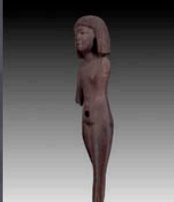
Bayrische Kulturstiftungen präsentieren herausragende Objekte ihrer Sammlungen als 3D-Digitalisate. Skulpturen, Plastiken, historische Geben und Kunstgegenstände lassen sich hin und her wandern, drehen und in alle Richtungen bewegen.



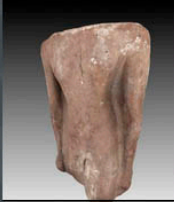
Fragment eines verzierten Salzblechels




Glaskelch mit Königsnamen



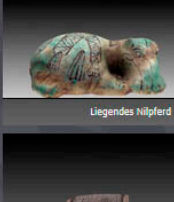
Statuette eines Mädchens




Antiker Abguss eines Kouros




Pyxis



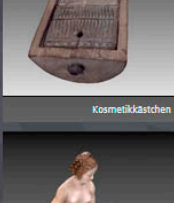
Liegendes Hiltperd



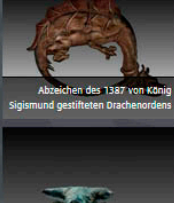
Gefäß in Gestalt eines Steinbocks



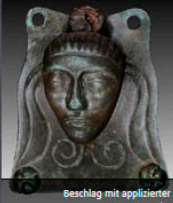
Stabaufratz




Kosmetikästchen




Abzeichen des 1387 von König Sigismund gestifteten Drachennordens




Beschlag mit applizierter Bronzemaske



Werk, Conrad
Judith mit dem Haupt des Holofernes





Heinrich (Römisch-Deutsches Reich, Kaiser II.): Sakramentar Heinrichs II.

Heinrich (Römisch-Deutsches Reich, Kaiser, II.): Sakramentar Heinrichs II. - BSB Clm 4456

Über das Objekt



<http://bavarikon.de/object/BSB-DDD-000000000HSS001>

H Heinrich (Römisch-Deutsches Reich, Kaiser, II.): Sakramentar Heinrichs II. - BSB Clm 4456

I Heinrich (Römisch-Deutsches Reich, Kaiser, II.): Heinrich II. Römisch-Deutsches Reich, Kaiser: Sakramentar Heinrichs II. - BSB Clm 4456 Regensburg (St. Emmeram) 1002: BSB Handschriften.

E Erweiterte Beschreibung

F Faksimile-Verlag

G Gütersloh München

C ca. 1002 (Reproduktion vom Faksimile 2010)

P 360 Bl. - 30 x 24 cm - Pergament

L Latein

B Bayerische Staatsbibliothek

B Bayerische Staatsbibliothek

B Bayerische Staatsbibliothek - Signatur: Clm 4456

C CC0

F Free access - no re-use

D 2014-07-22

Bayerische Staatsbibliothek

Sakramentar Heinrichs II., BSB Clm 4456, Regensburg (St. Emmeram) 1002, BSB Handschriften.

Erstellung 3-D-Modelle: Stand Mai 2017

	3-D-Vermessung	Fertige 3-D-Modelle	WebGL-Modelle	Rückfall-lösung
Staatliches Museum Ägyptischer Kunst	10 Kunstwerke	9 Modelle	☑	☑
Archäologische Staatssammlung	21 Kunstwerke	20 Modelle	☑	☑
Medizinhistorisches Museum	7 Kunstwerke	3 Modelle	☒	☒
Staatliche Münzsammlung	9 Münzen	9 Modelle	☑	☑
Glyptothek	5 Kunstwerke	2 Modelle	☒	☒
Bayrische Schlösser- und Seeverwaltung	4 Kunstwerke	--	☒	☒
BSB	6 Kunstwerke & 1 Prachttreppe	5 Modelle & Punktwolke	☑	☑, Video
Bay. Landesamt für Vermessung	1 Lithographie-stein	1 Modell	☑	☑
Bay. Nationalmuseum	5 Kunstwerke	5 Modell	☑	☑

Erstellung von 3D-Modellen

	3D Digitalisierung	Post processing	Fertige 3D Modelle	Internet 3D Modelle
Kunstwerke	72 Modelle	20 Modelle	54 Modelle	49 Modelle

[Stand Mai 2017]

3D-Laserscanner



3D-Scanning der „[Prachttreppe](#)“, Bayerische Staatsbibliothek

3D-Laserscanning



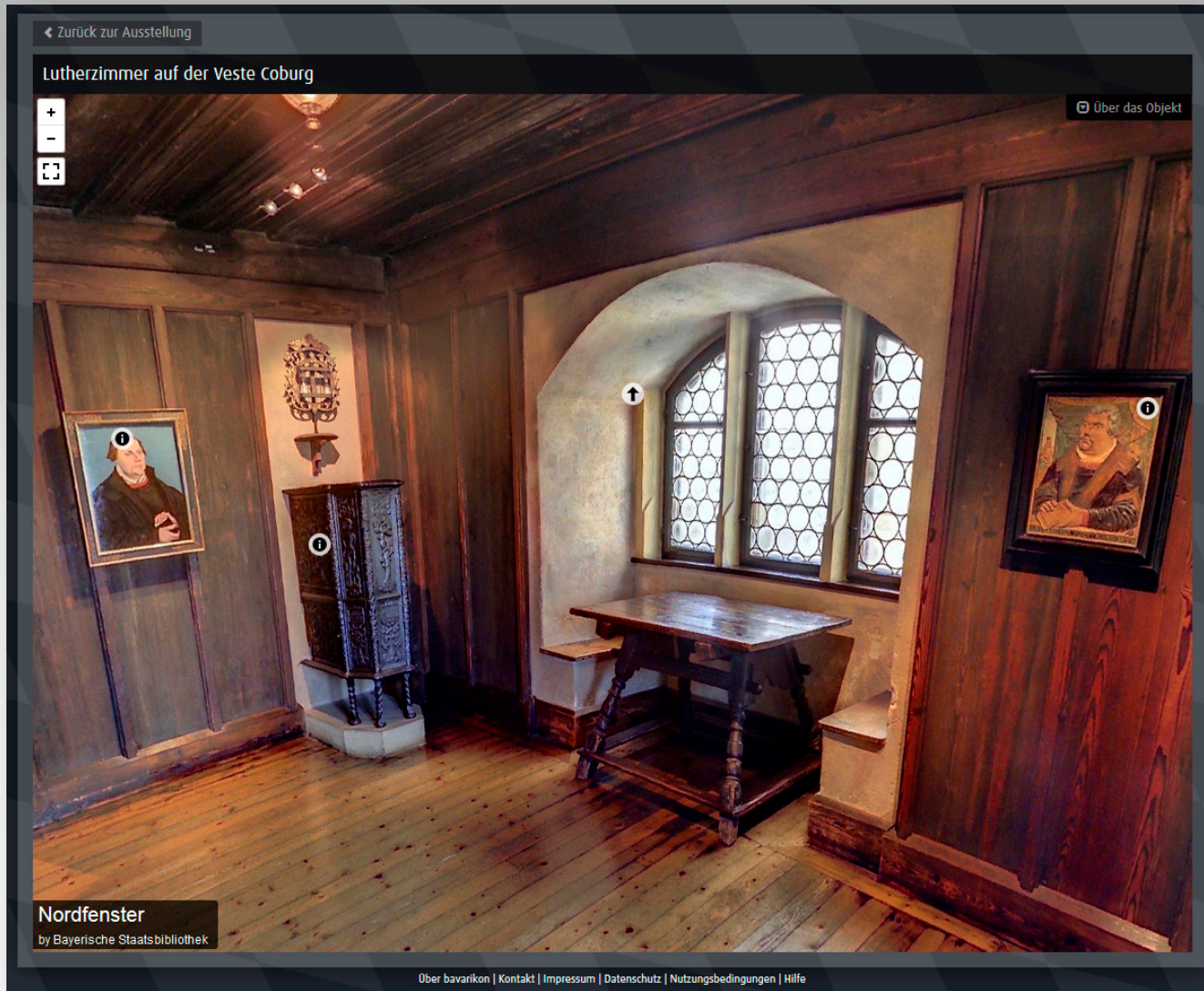
3D-Vermessung „Prachttreppe“ (Treppenhaus), Teilansicht der farbigen Punktwolke.



3D- Vermessung der „**Lutherstube**“,
historisches Zimmer auf der Veste
Coburg, Bayern.



3D-Vermessung der „Lutherstube“, Veste Coburg, 13 verschiedene Standpunkte.
Ansicht der finalen farbigen **Gesamtpunktwolke** der Vermessung.



Lutherzimmer auf der [Veste Coburg](#), aus Scans erzeugtes 3D-Panorama;
in: Martin Luther und die frühe Reformation in Bayern, virtuelle Ausstellung, [bavarikon](#).



3D Model

Fundort: Manching, keltisch

Material: Bronze

Dimension: L 9,7cm; H 5,1 cm

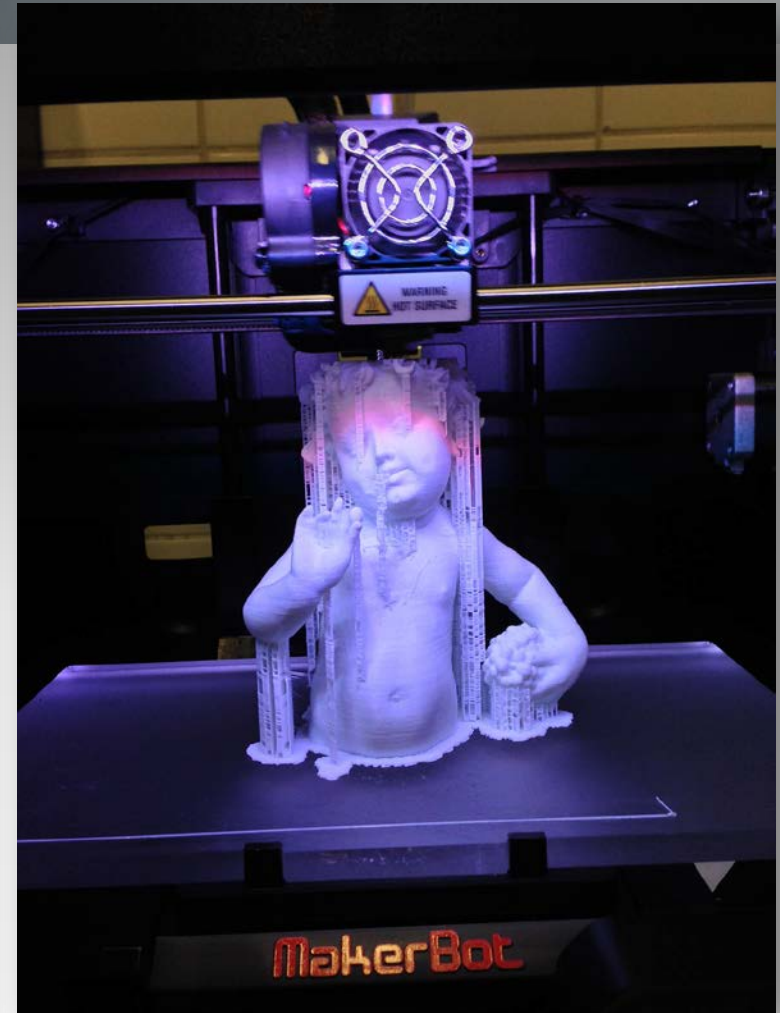
3D Druck

Printer: Makerbot Replicator 2

Schichtdicke: 0,1 mm, besteht aus ca. 550 Schichten

Material: PLA weiß (Polyactide)

Druckzeit: 2 h 59 m



„**Jesuskind mit Weintraube**“, Bayerisches Nationalmuseum

Dauer des 3D-Drucks: 9 h (links) + 8 h (rechts) = 17 h

Veröffentlichungen:

- ◇ Markus Brantl, Felix Horn: **Vom Prachteinband bis zur Lutherstube: Fotorealistische 3D-Digitalisierung für bavarikon**, In: Bibliotheksmagazin 3/2016,
https://www.bsb-muenchen.de/fileadmin/pdf/publikationen/bibliotheksmagazin/BM2016_3_neu.pdf
- ◇ Felix Horn, Markus Brantl: **Hochauflösende 3D-Digitalisierung von Kulturerbe**, in: Bibliotheken: Innovation aus Tradition: Rolf Griebel zum 65. Geburtstag, S. 300-321.