

Protokoll der CT-Aufnahme von vier Scherben römischer Keramik.

Ort, Zeit, Personen

Die Aufnahmen wurden bei der Radiologie Sudenburg (Magdeburg, Halberstädter Straße 125-127) durchgeführt. Die Arbeiten fanden am Donnerstag 13.07.2023, zwischen 16.30 und 18 Uhr statt. Es waren beim Termin zugegen Frau (MTRA), Frau Dr. Lehmann, Dr. Kahl.

Vorbereitung

Die vier Proben stammen aus der Original- und Abguss-Sammlung der Universität Trier. Sie wurden von Dr. Stephanus Berke ausgewählt und verpackt. Die Übergabe der Stücke geschah am 10.05.2023. Die Stücke dienen in der Lehre als Anschauungs- und Übungsmaterial. Es fand keine weitere Einwirkung auf die Scherben statt. Ihre Herkunft und Bestimmung sind bekannt.

Verwendete Aufnahmetechnik

Zur Aufnahme der Scherben kam ein medizinischer CT-Scanner zum Einsatz. Die Daten werden im Austauschformat für medizinische CT-Aufnahmen DICOM abgespeichert. Das Gerät wurde vor 11 Jahren (2012) in Betrieb genommen. Die Typ-Bezeichnung lautet: SIEMENS Somatom Emotion 16. Die Dokumentation wurde mit einer Nikon D800 / 50 mm Objektiv angefertigt.

Verwendete Software zur Darstellung

Zur Verarbeitung der DICOM formatierten Daten kam das Programm 3D Slicer zum Einsatz. Hier wurden die Daten visualisiert, die Daten wurden als 3D Meshes exportiert und die Schnitte der Keramik wurden angefertigt.

Ortstermin

Zu jeder Aufnahme wurde ein Tomogramm als Übersicht angefertigt. Außerdem wurden Schichtdaten erhoben, die im DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) Format abgespeichert wurden. Das Tomogramm und das Dokumentationsfoto sind dem Protokoll eingebettet. Bei jeder Aufnahme wurde das Artefakt mit Hilfe eines Laser-Kreuzes ausgerichtet. Die Artefakte liegen auf einer 15 cm Erhöhung im Aufnahmeveld. Die Erhöhung liegt auf dem Patientenbett. Das Tomogramm dient zur genauen Festlegung des Aufnahmebereichs. Die Schichtdicke, die zum Einsatz kommt, beträgt 0,6 mm. Variable Parameter sind der Filter (Folienfilter im Strahlengang), der Faltungskern (Interpolation der Rohbilddaten), der Röhrenstrom, die Röhrenspannung. Die Aufnahmefläche erzeugt ein Bild von 512x512 Pixeln.

Aufnahme 1: Hals



Figure 1: Tomogramm des Halsstücks.

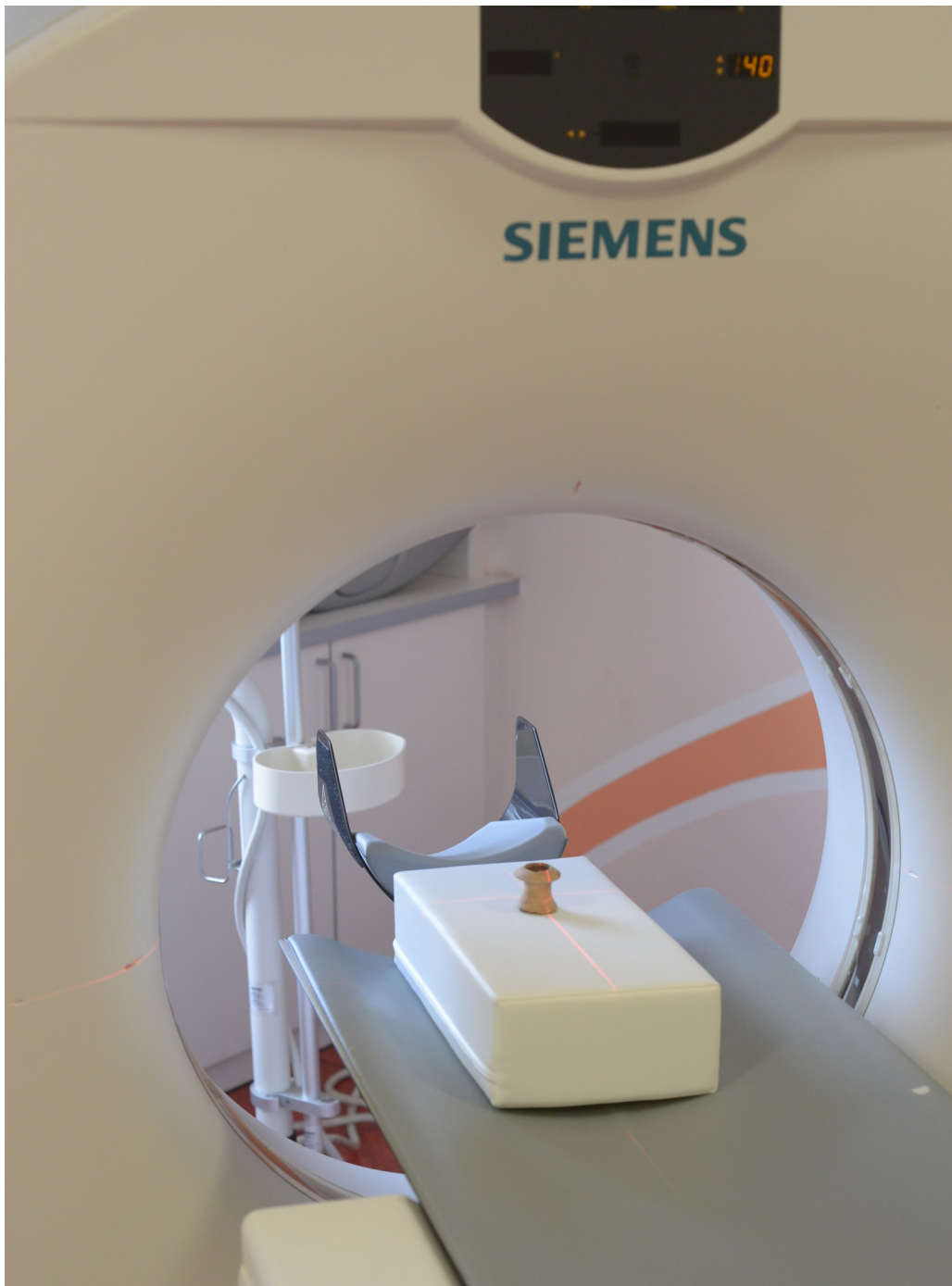


Figure 2: CT-Scanner und Halsstück.

Der Hals eines Keramikgefäßes wurde in zwei Reihen aufgenommen:

1. Hals 0.6 U90s

KVP 110 DS 4

ExposureTime 1000 IS 4

XRayTubeCurrent 20

Exposure 40

FilterType 1

ConvolutionKernel U90s

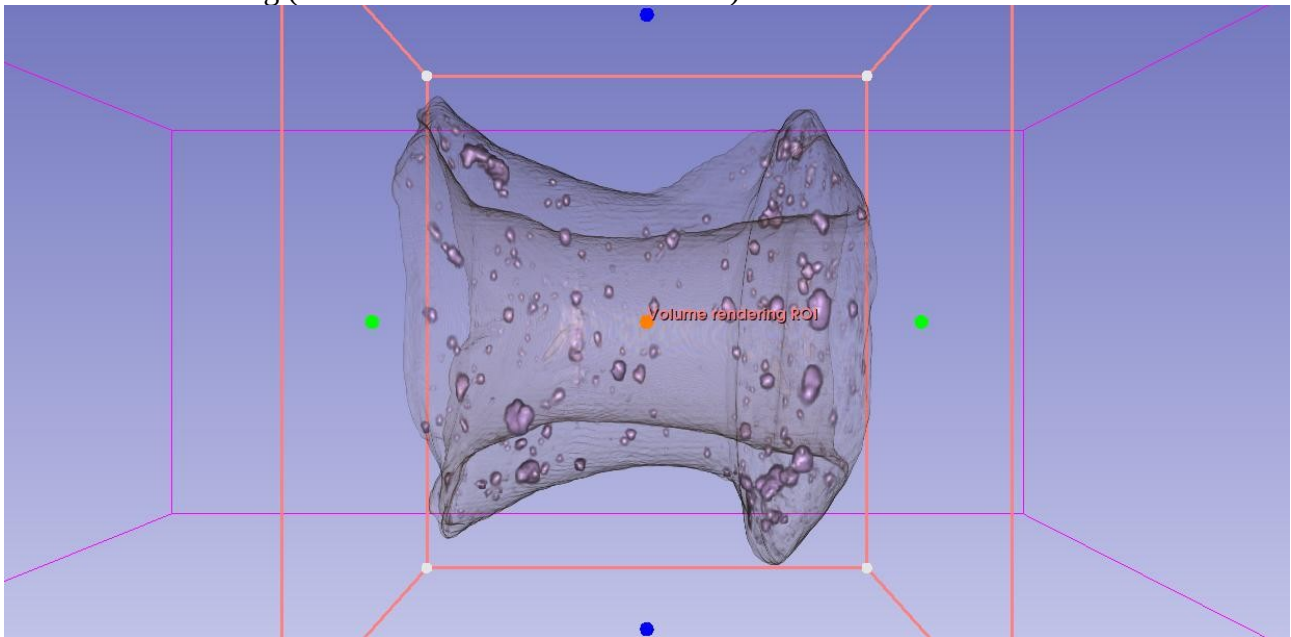
PixelSpacing 0.251953125, 0.251953125 DS 24

BitsAllocated 16 US 2

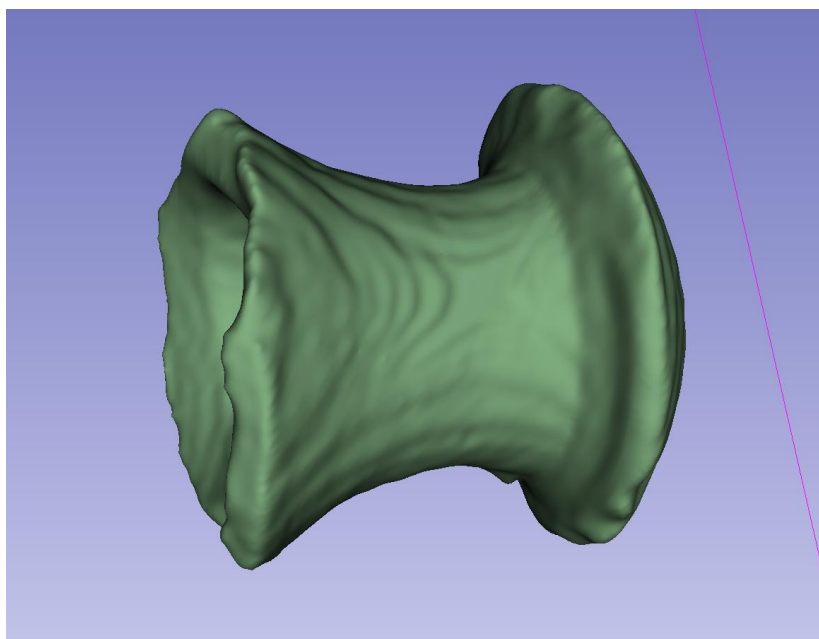
BitsStored 12 US 2

Aufnahmen: 116

Volumen-Darstellung (Außenmaterial und Innenmaterial)



3D Modell



2. Hals 0.6 cor. weich

KVP	110	DS	4		
ExposureTime	1000	IS	4		
XRayTubeCurrent	20	IS	2		
Exposure	40	IS	2		
FilterType	1	SH	2		
ConvolutionKernel	U90s	SH	4		
BitsAllocated	16	US	2		
BitsStored	12	US	2		

Aufnahmen: 78

Aufnahme 2: Wandscherbe



Figure 3: Tomogramm der Wandscherbe.

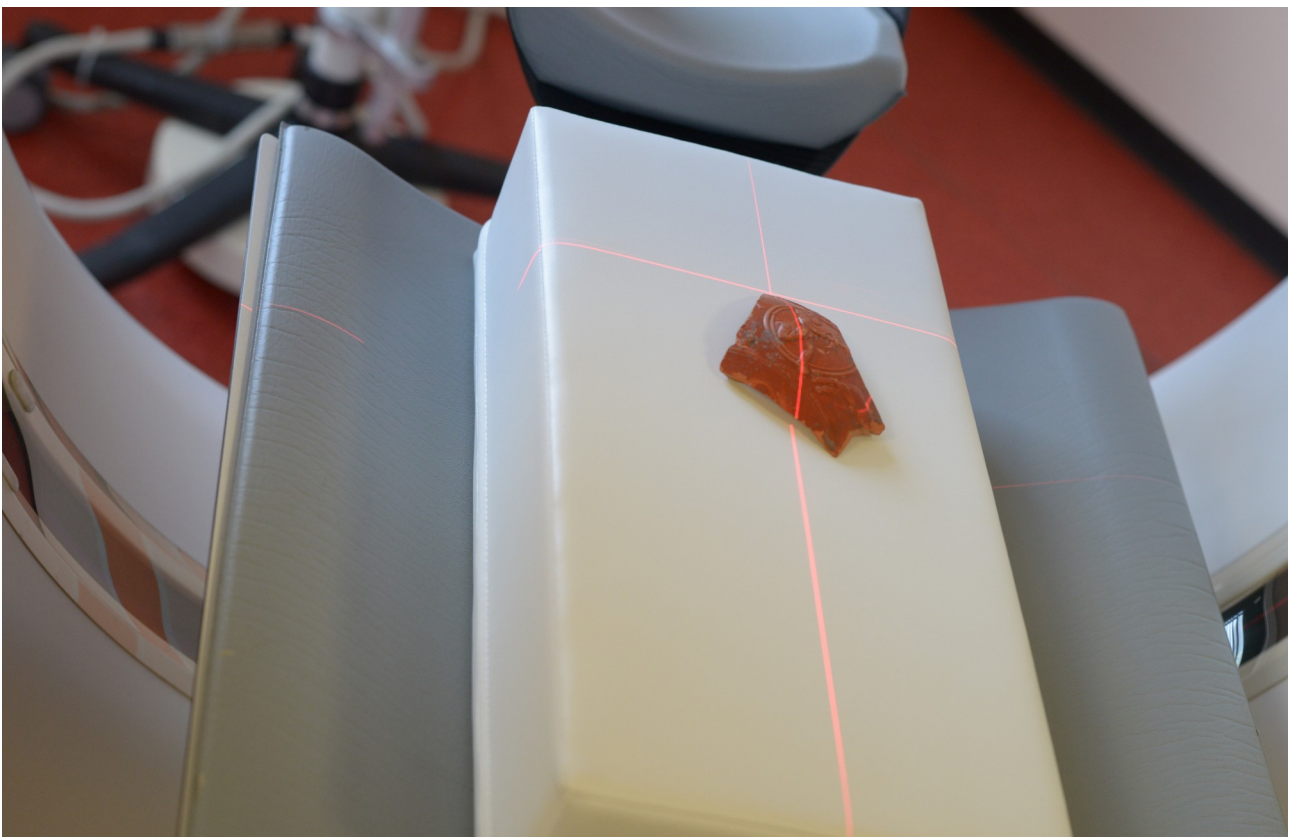


Figure 4: Positionierung der Wandscherbe.

Die Wandscherbe wurde in sechs Reihen aufgenommen:

1. Wandscherbe 80kV 0.6 U90s

KVP 80 DS 2

ExposureTime 1000 IS 4

XRayTubeCurrent 20 IS 2

Exposure 40 IS 2

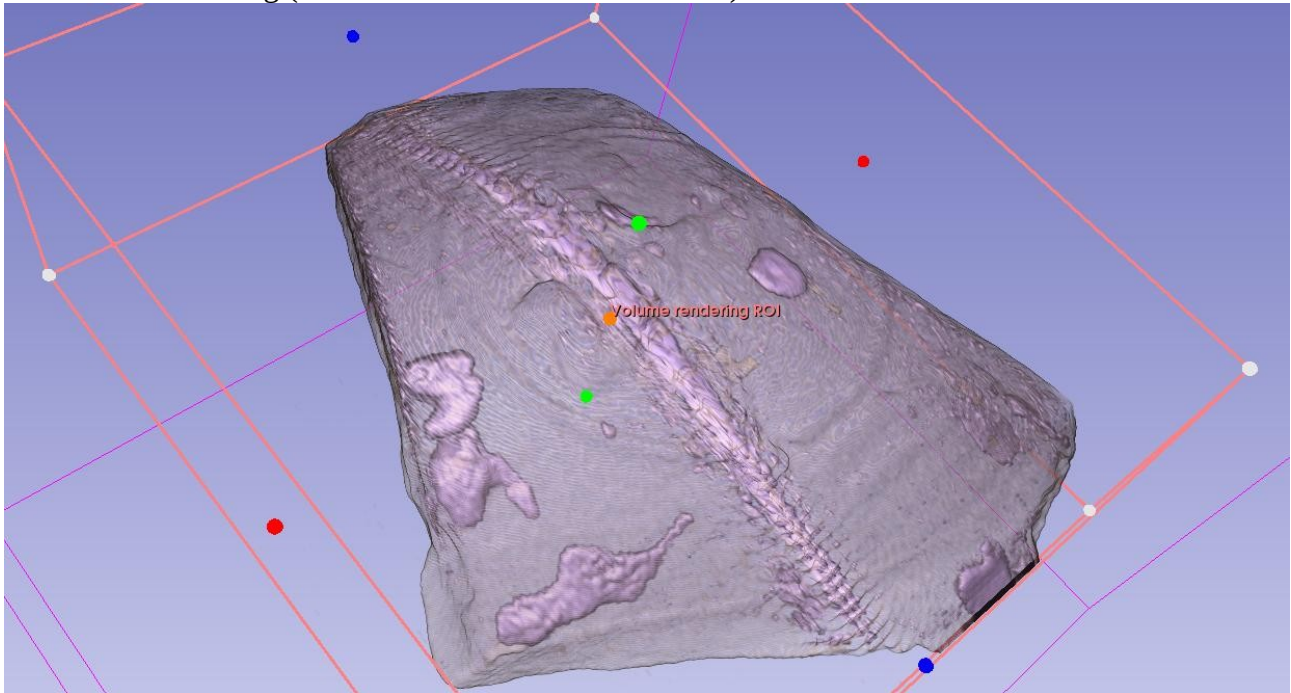
FilterType 1 SH 2

ConvolutionKernel U90s SH 4

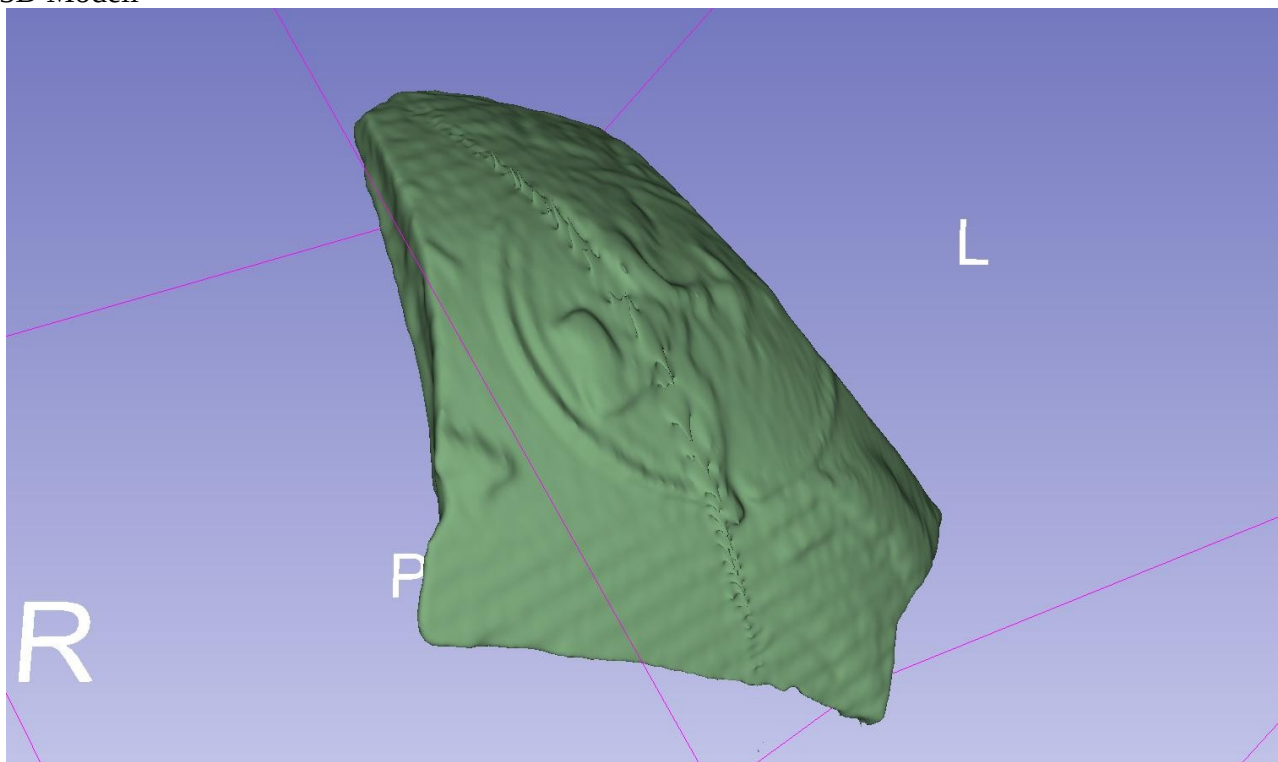
PixelSpacing [2] 0.21875, 0.21875 DS 16

Aufnahmen: 192

Volumen-Darstellung (Außenmaterial und Innenmaterial)

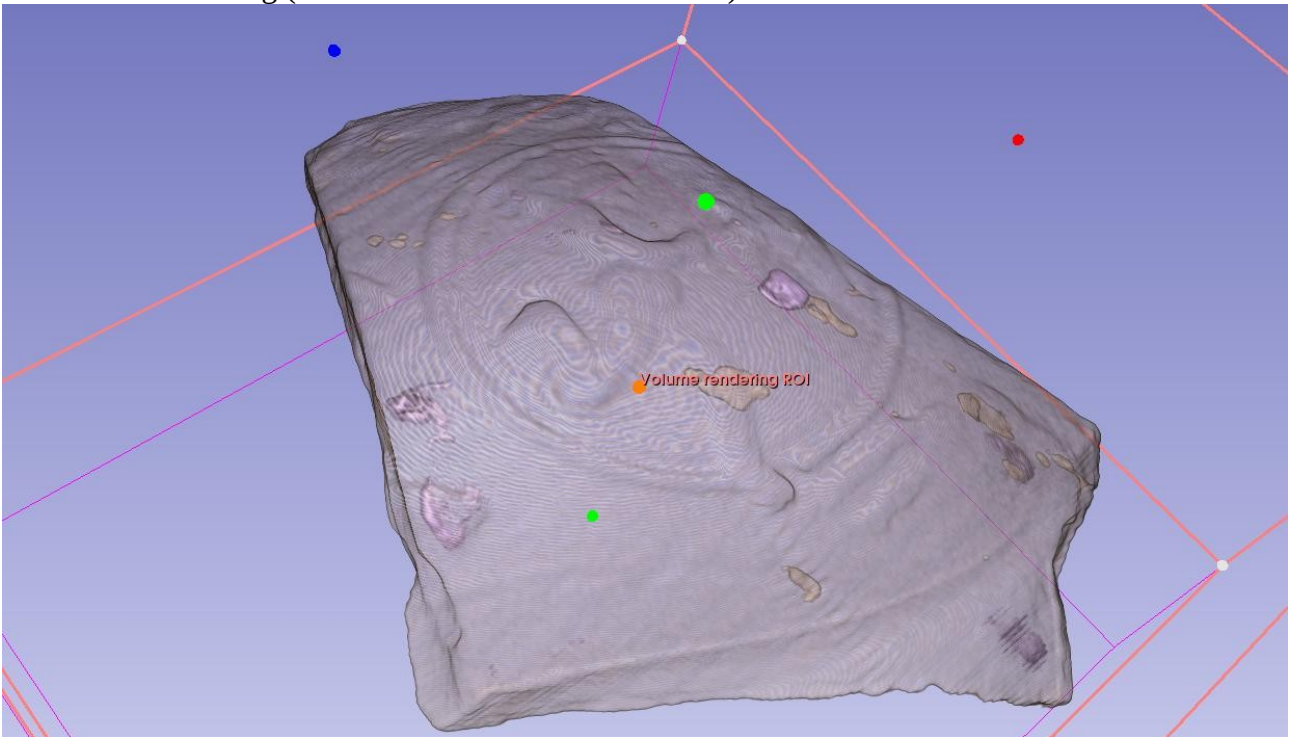


3D Modell

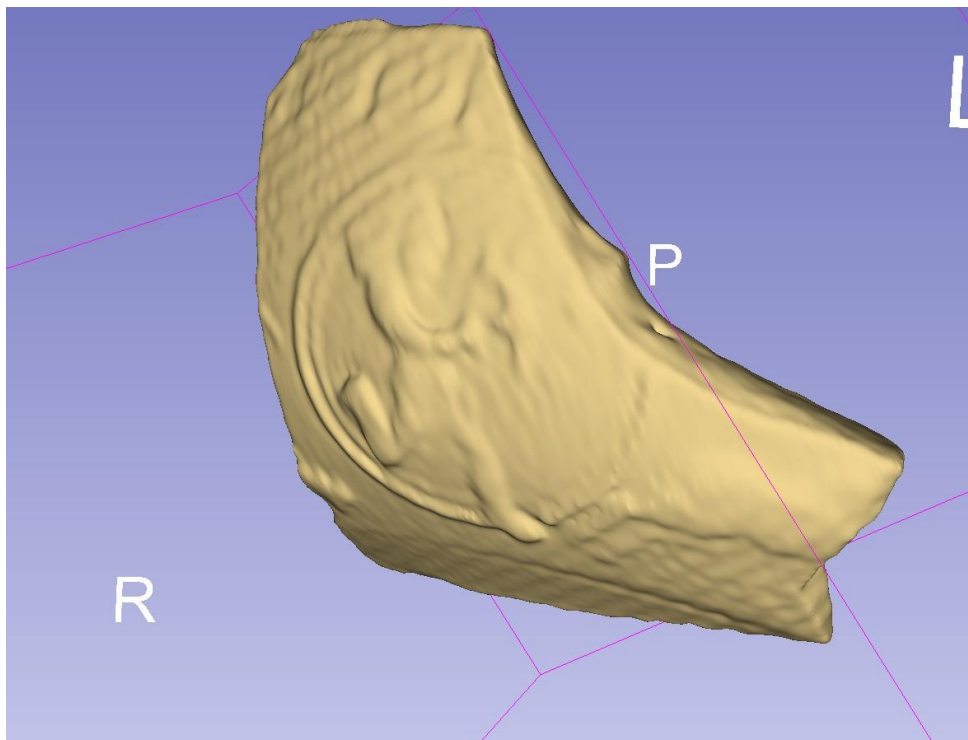


2. Wandscherbe 130kV 0.6 U90s
KVP 130 DS 4
ExposureTime1000 IS 4
XRayTubeCurrent 20 IS 2
Exposure 40 IS 2
FilterType 1 SH 2
ConvolutionKernel U90s SH 4
PixelSpacing [2] 0.21875, 0.21875 DS 16
Aufnahmen: 192

Volumen-Darstellung (Außenmaterial und Innenmaterial)



3D Modell



3. Wandscherbe 80kV 0.6 coronar

KVP 80 DS 2
ExposureTime1000 IS 4
XRayTubeCurrent 20 IS 2
Exposure 40 IS 2
FilterType 1 SH 2
ConvolutionKernel U90s SH 4
PixelSpacing [2] 0.302734375, 0.302734375 DS 24
Aufnahmen: 47

4. Wandscherbe 130kV 0.6 coronar

KVP 130 DS 4
ExposureTime1000 IS 4
XRayTubeCurrent 20 IS 2
Exposure 40 IS 2
FilterType 1 SH 2
ConvolutionKernel U90s SH 4
PixelSpacing [2] 0.263671875, 0.263671875 DS 24
Aufnahmen: 62

5. Wandscherbe 130kV 0.6 U90s weich

KVP 130 DS 4
ExposureTime1000 IS 4
XRayTubeCurrent 20 IS 2
Exposure 40 IS 2
FilterType 1 SH 2
ConvolutionKernel U90s SH 4
PixelSpacing [2] 0.21875, 0.21875 DS 16
Aufnahme: 192

6. Wandscherbe 80kV 0.6 U90s weich

KVP 80 DS 2
ExposureTime1000 IS 4
XRayTubeCurrent 20 IS 2
Exposure 40 IS 2
FilterType 1 SH 2
ConvolutionKernel U90s SH 4
PixelSpacing [2] 0.21875, 0.21875 DS 16
Aufnahmen: 192

Aufnahme 3: Fuß

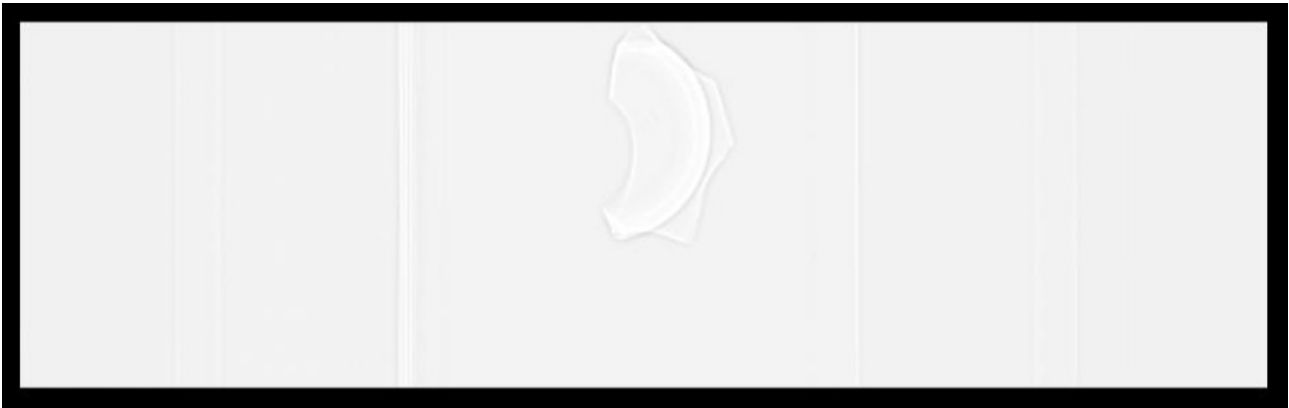


Figure 5: Tomogramm der Fußscherbe.



Figure 6: Positionierung der Fußscherbe.

Die Fußscherbe wurde in sechs Reihen aufgenommen:

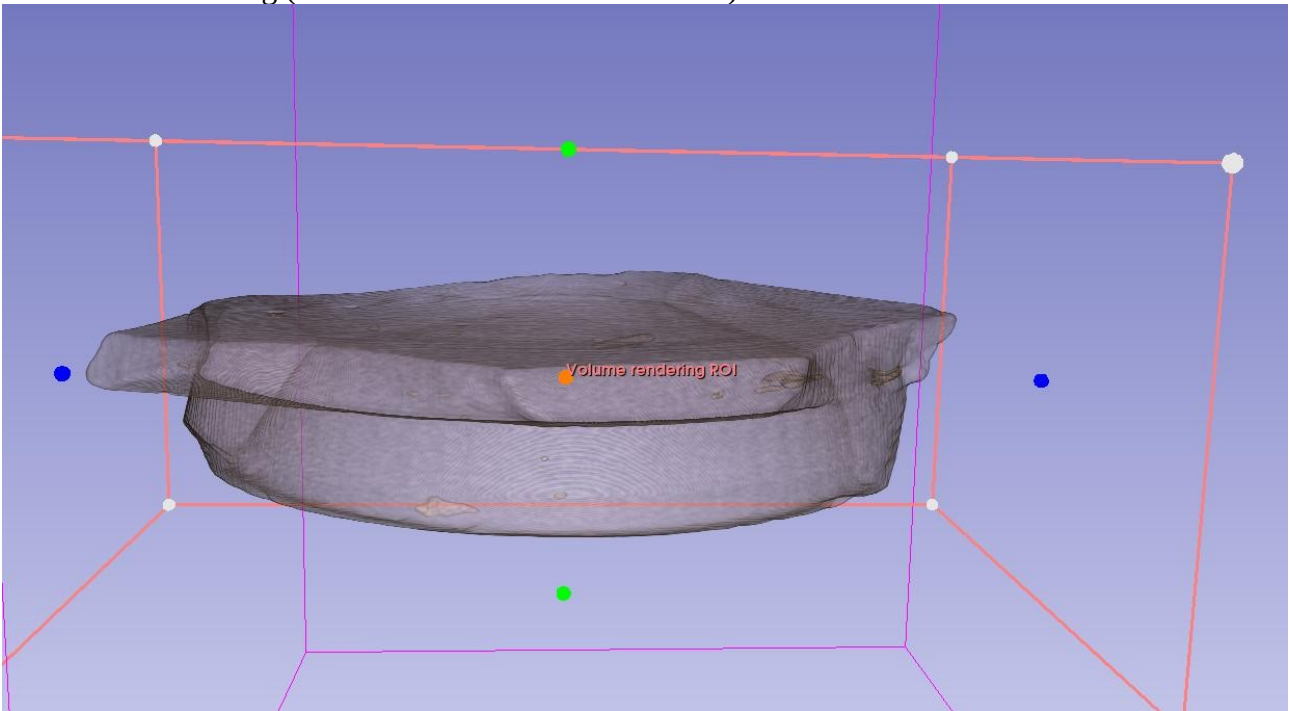
1. Fuß 0.6 U90s

KVP	130	DS	4		
ExposureTime	1000	IS	4		
XRayTubeCurrent	20	IS	2		
Exposure	40	IS	2		
FilterType	1	SH	2		
ConvolutionKernel	U90s	SH	4		

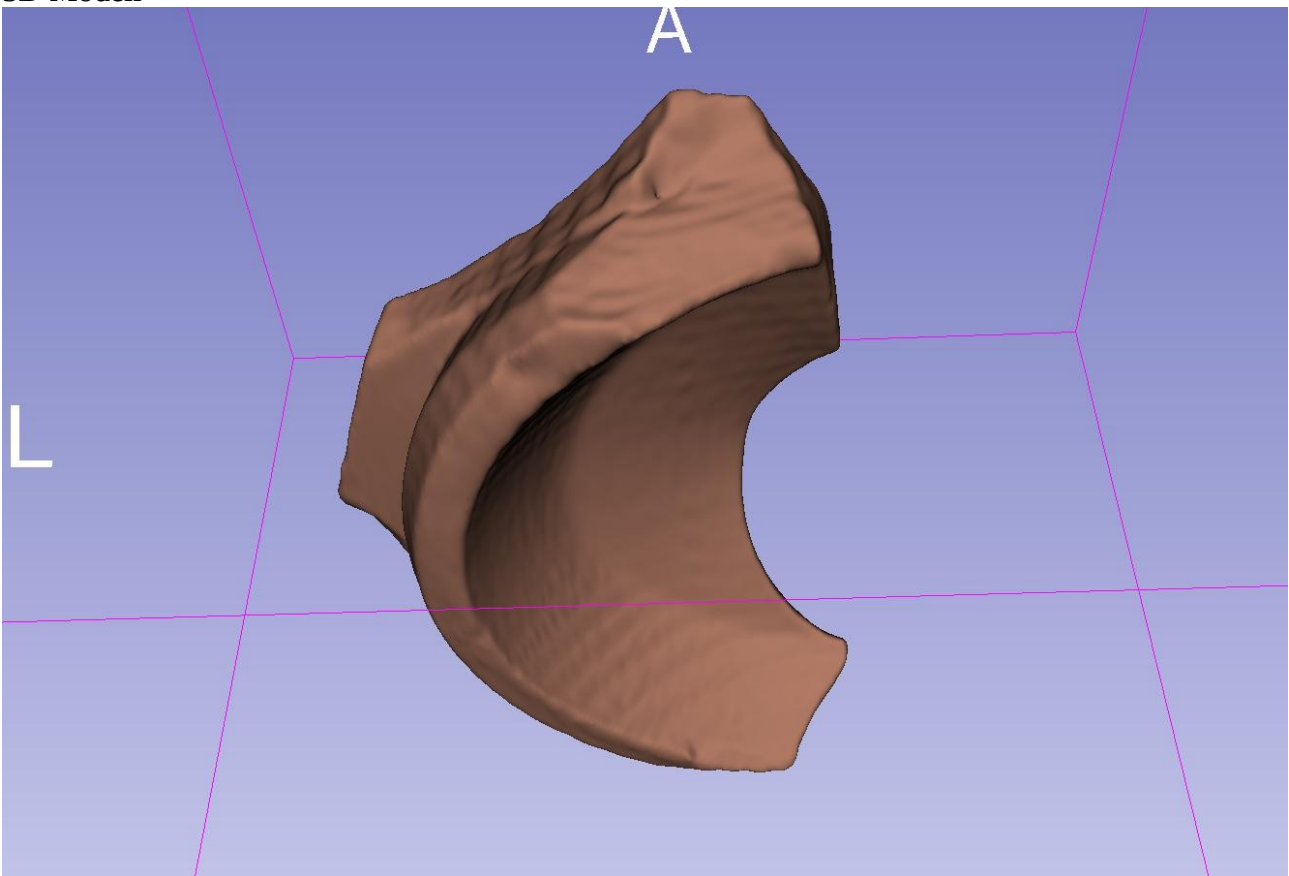
PixelSpacing [2] 0.21875, 0.21875 DS 16

Aufnahmen: 200

Volumen-Darstellung (Außenmaterial und Innenmaterial)

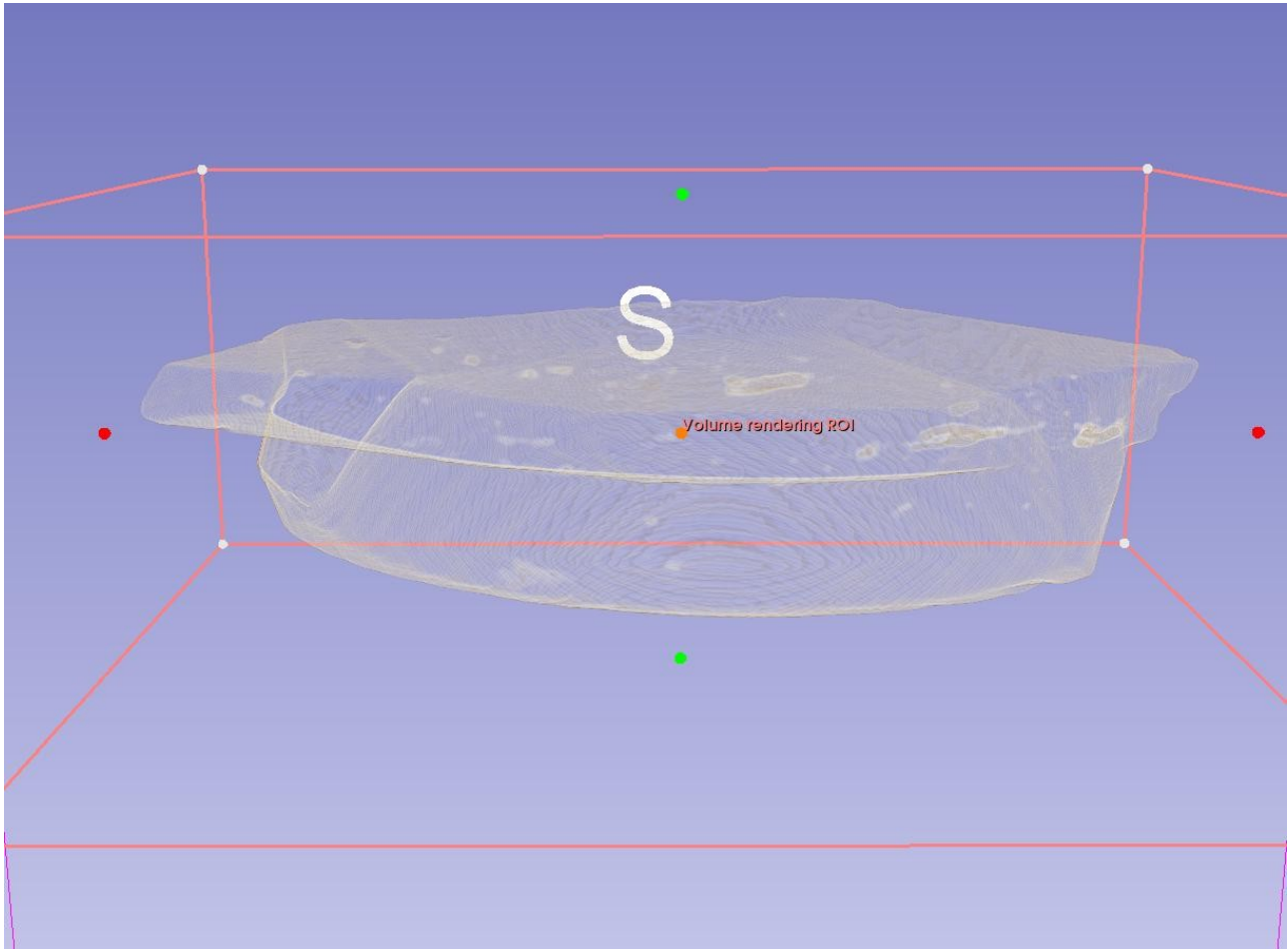


3D Modell

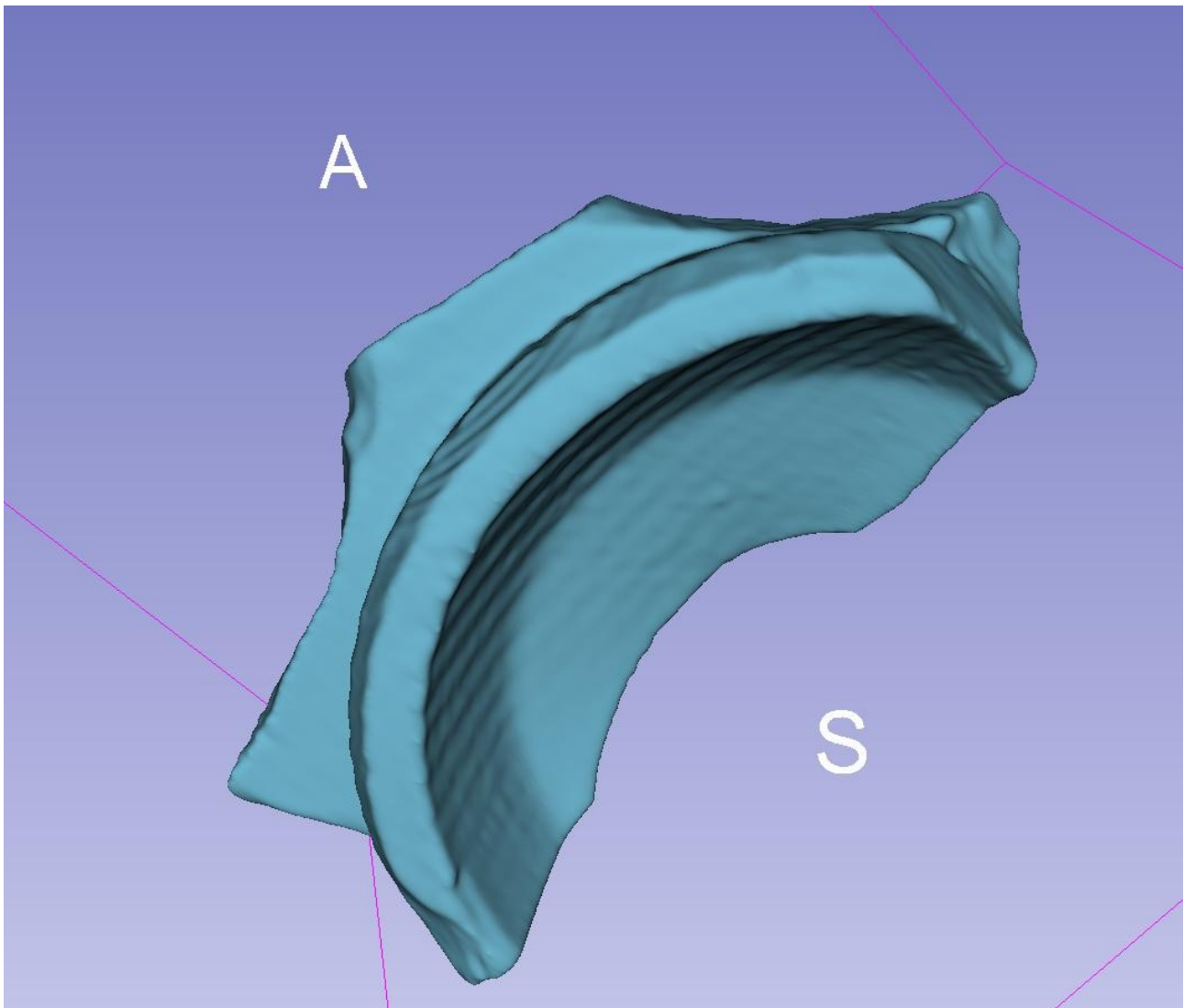


2. Fuß quer 0.6 U90s
KVP 130 DS 4
ExposureTime1000 IS 4
XRayTubeCurrent 20 IS 2
Exposure 40 IS 2
FilterType 1 SH 2
ConvolutionKernel U90s SH 4
PixelSpacing [2] 0.21875, 0.21875 DS 16
Aufnahmen: 120

Volumen-Darstellung (Außenmaterial und Innenmaterial)



3D Modell



3. Fuß 0.6 coronar

KVP 130 DS 4
 ExposureTime 1000 IS 4
 XRayTubeCurrent 20 IS 2
 Exposure 40 IS 2
 FilterType 1 SH 2
 ConvolutionKernel U90s SH 4
 PixelSpacing [2] 0.34375, 0.34375 DS 16
 Aufnahmen: 61

4. Fuß 0.6 U90s weich

KVP 130 DS 4
 ExposureTime 1000 IS 4
 XRayTubeCurrent 20 IS 2
 Exposure 40 IS 2
 FilterType 1 SH 2
 ConvolutionKernel U90s SH 4
 PixelSpacing [2] 0.21875, 0.21875 DS 16
 Aufnahmen: 200

5. Fuß quer 0.6 coronar

KVP 130 DS 4
ExposureTime1000 IS 4
XRayTubeCurrent 20 IS 2
Exposure 40 IS 2
FilterType 1 SH 2
ConvolutionKernel U90s SH 4
PixelSpacing [2] 0.279296875, 0.279296875 DS 24
Aufnahmen: 61

6. Fuß quer 0.6 U90s weich

KVP 130 DS 4
ExposureTime1000 IS 4
XRayTubeCurrent 20 IS 2
Exposure 40 IS 2
FilterType 1 SH 2
ConvolutionKernel U90s SH 4
Aufnahmen: 120

Die veränderte Positionierung des Artefakts verweist auf Methoden der Vermeidung von Streustrahlung.

Aufnahme 4: Rand



Figure 7: Tomogramm der Randscherbe.

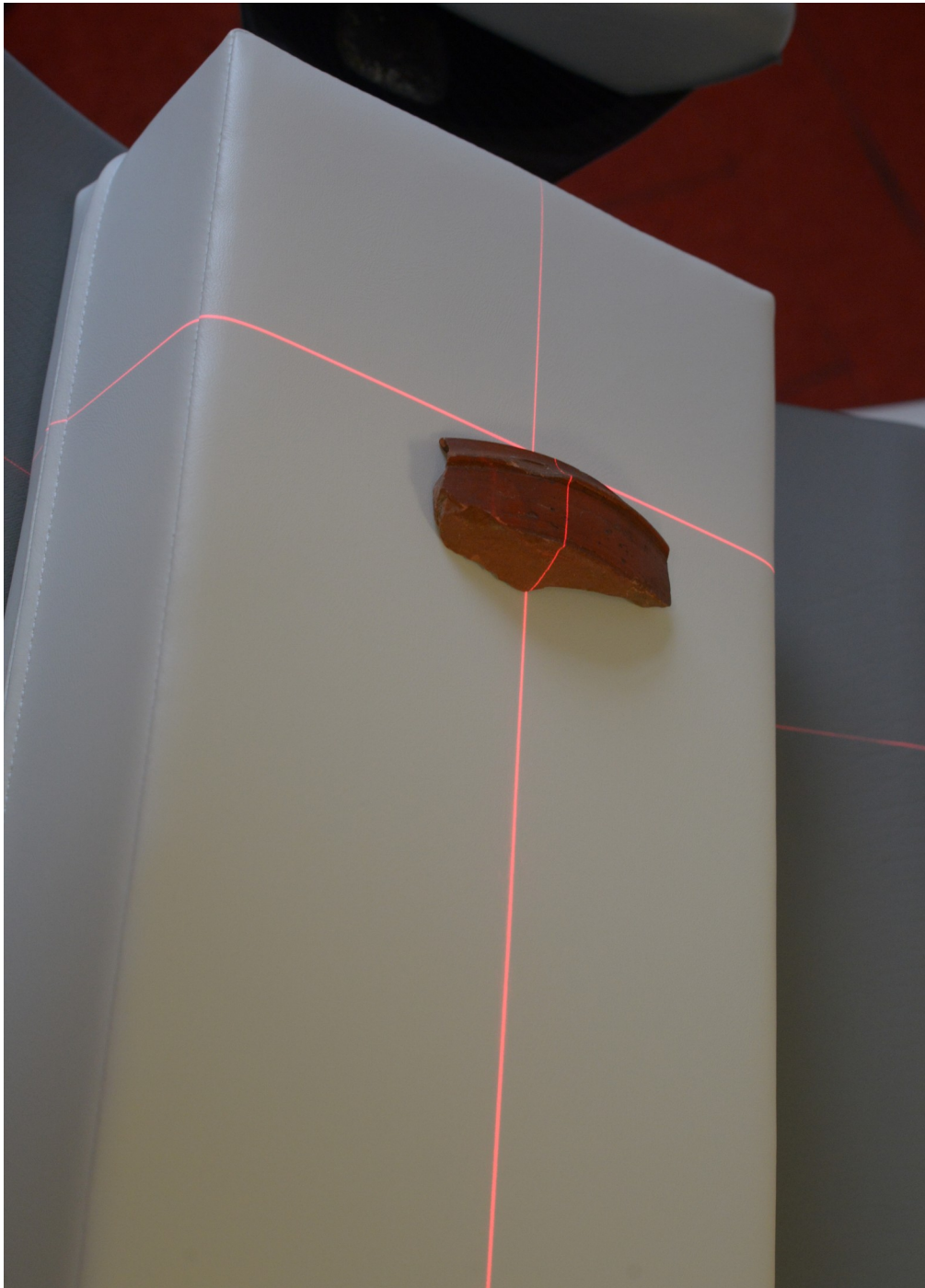


Figure 8: Positionierung der Wandscherbe.

Die Randscherbe wurde in sechs Reihen aufgenommen:

1. Rand 0.6 U90s

KVP 130 DS 4

ExposureTime 1000 IS 4

XRayTubeCurrent 20 IS 2

Exposure 40 IS 2

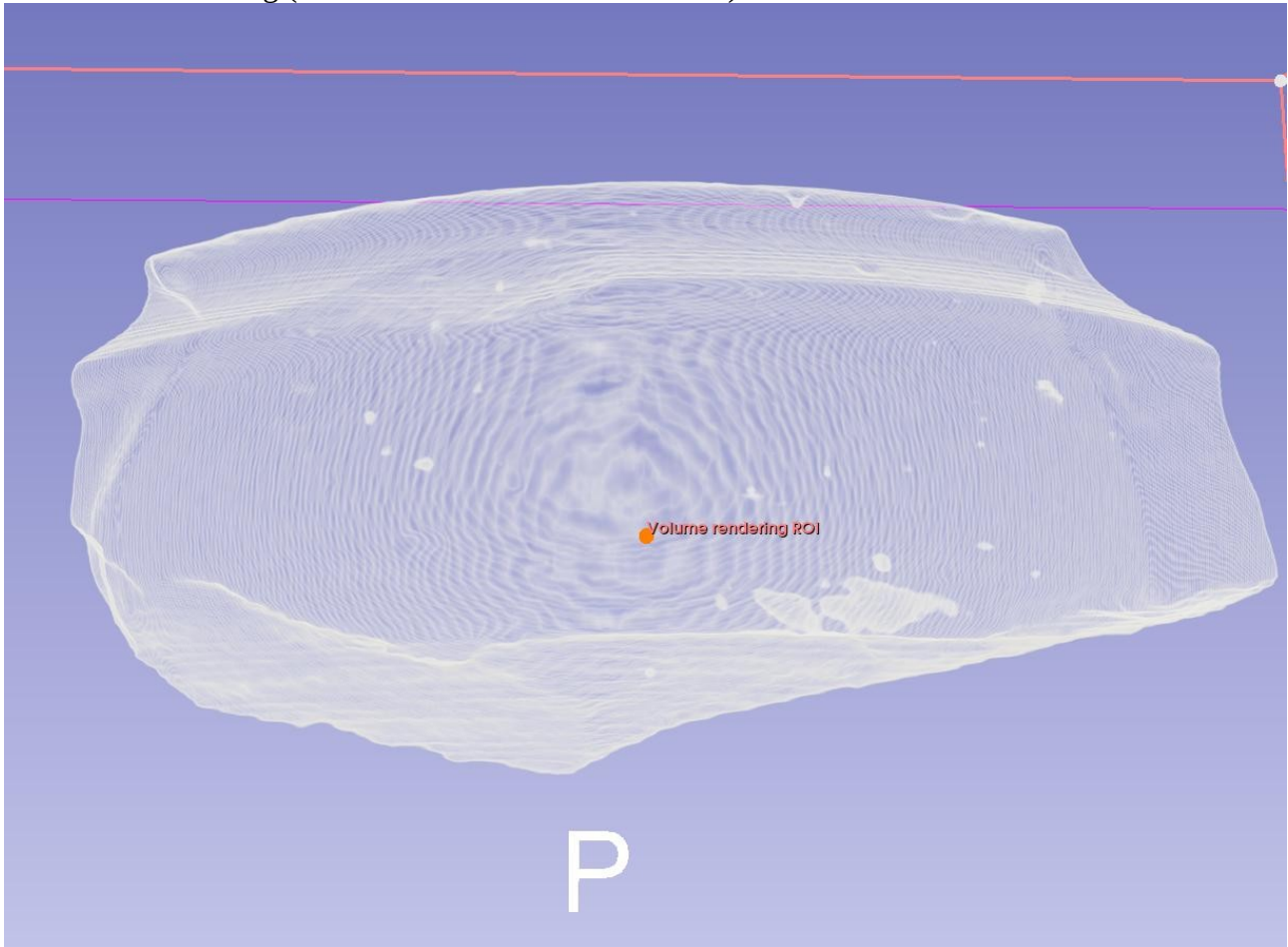
FilterType 1 SH 2

ConvolutionKernel U90s SH 4

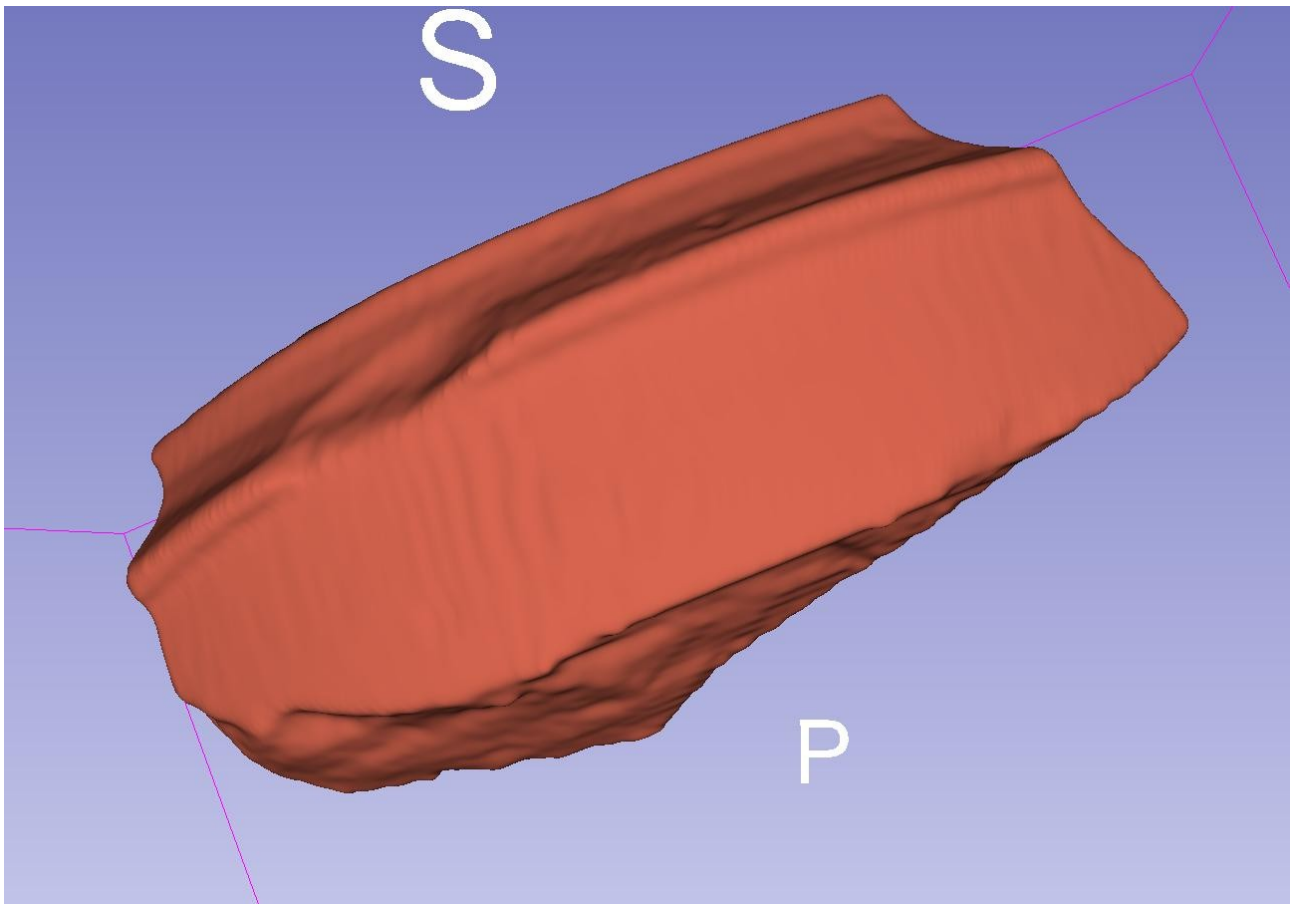
PixelSpacing [2] 0.26953125, 0.26953125 DS 22

Aufnahmen: 92

Volumen-Darstellung (Außenmaterial und Innenmaterial)



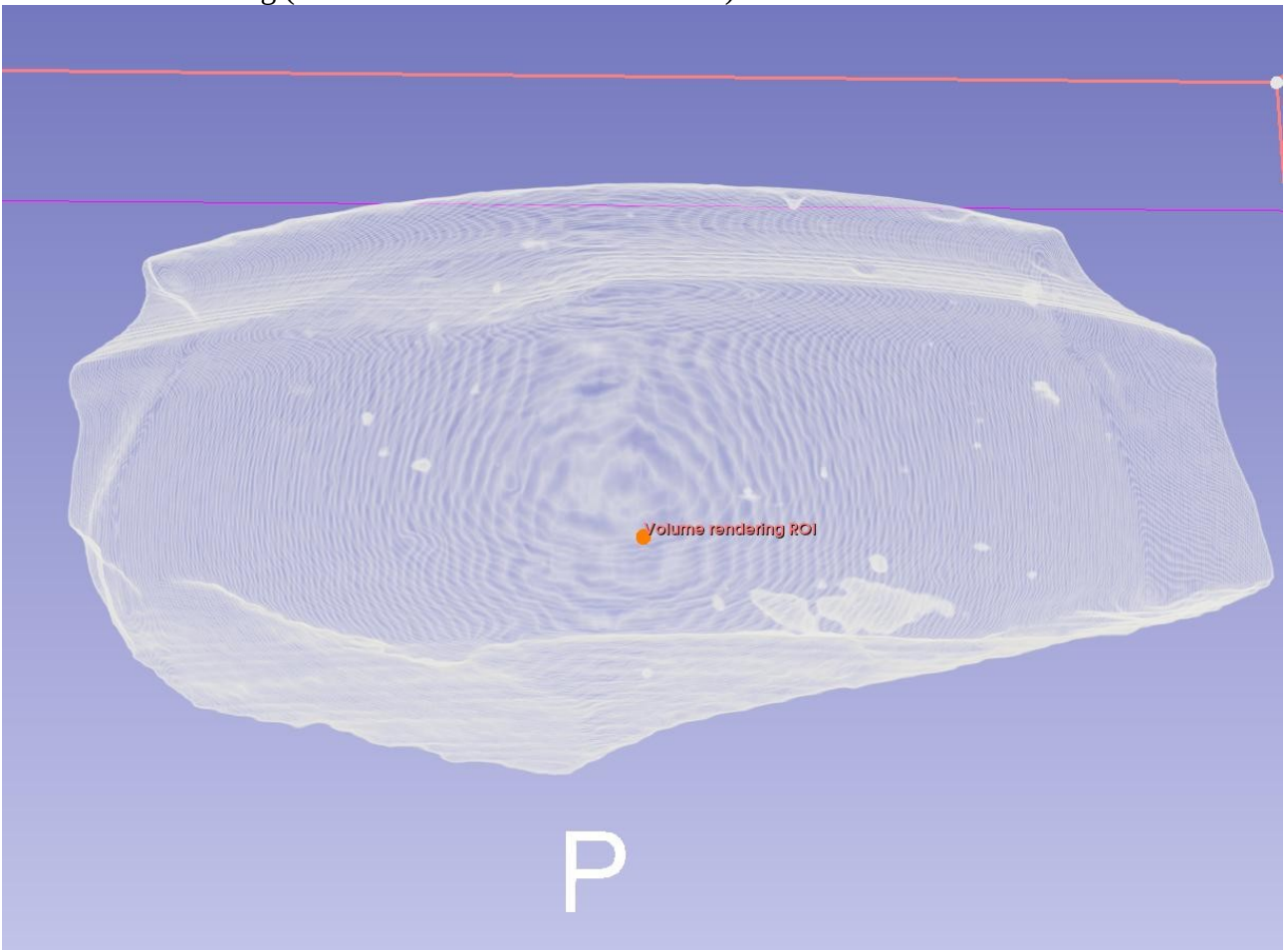
3D Modell



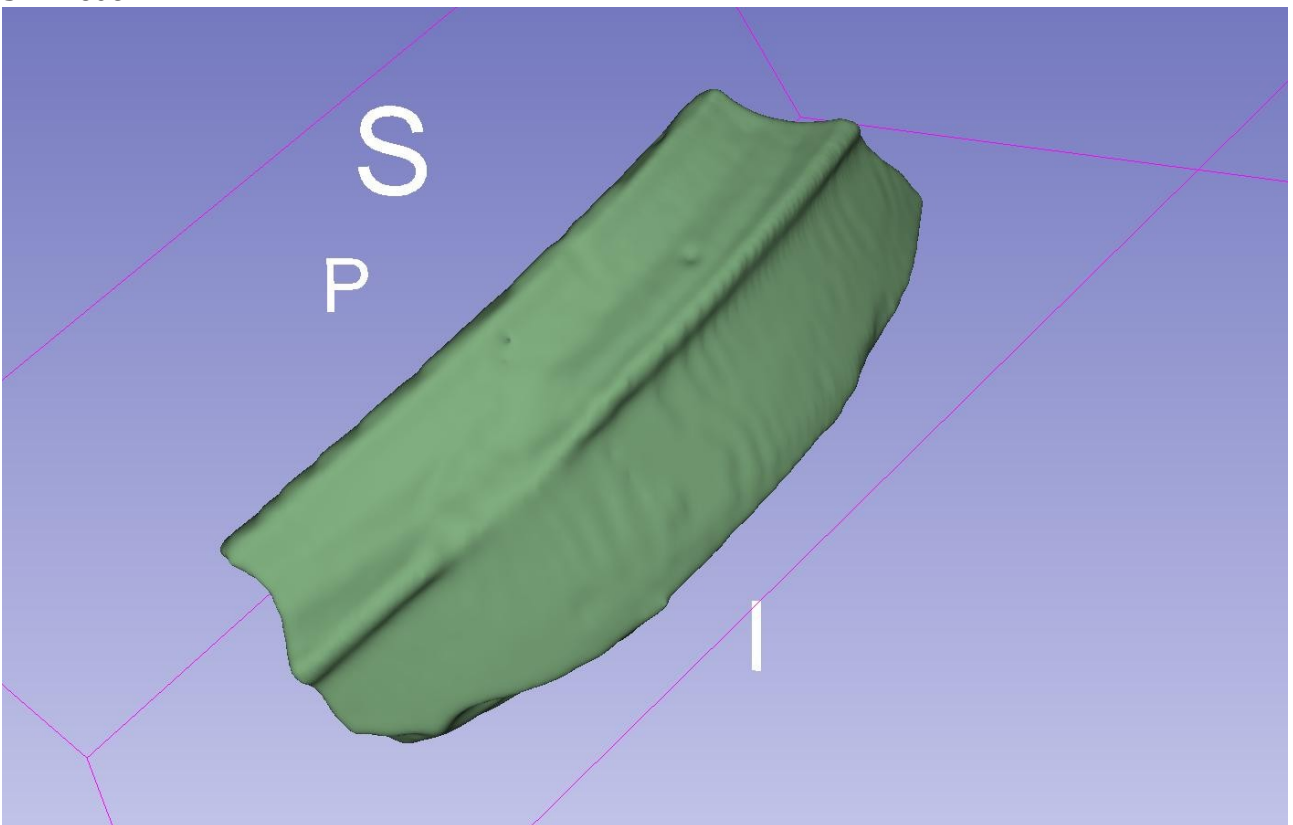
2. Rand 130kV 0.6 U90s weich

KVP	130	DS	4		
ExposureTime	1000	IS	4		
XRyTubeCurrent	20	IS	2		
Exposure	40	IS	2		
FilterType	1	SH	2		
ConvolutionKernel	U90s	SH	4		
PixelSpacing	[2] 0.26953125, 0.26953125	DS	22		
Aufnahmen:	92				

Volumen-Darstellung (Außenmaterial und Innenmaterial)



3D Modell



3. Rand 80kV 0.6 U90s

KVP 80 DS 2
ExposureTime1000 IS 4
XRayTubeCurrent 20 IS 2
Exposure 40 IS 2
FilterType 1 SH 2
ConvolutionKernel U90s SH 4
PixelSpacing [2] 0.26953125, 0.26953125 DS 22
Aufnahmen: 92

4. Rand 80kV 0.6 U90s weich

KVP 80 DS 2
ExposureTime1000 IS 4
XRayTubeCurrent 20 IS 2
Exposure 40 IS 2
FilterType 1 SH 2
ConvolutionKernel U90s SH 4
PixelSpacing [2] 0.26953125, 0.26953125 DS 22
Aufnahmen: 92

5. Rand 130kV 0.6 coronar

KVP 130 DS 4
ExposureTime1000 IS 4
XRayTubeCurrent 20 IS 2
Exposure 40 IS 2
FilterType 1 SH 2
ConvolutionKernel U90s SH 4
PixelSpacing [2] 0.26953125, 0.26953125 DS 22
Aufnahmen: 41

6. Rand 80kV 0.6 coronar

KVP 80 DS 2
ExposureTime1000 IS 4
XRayTubeCurrent 20 IS 2
Exposure 40 IS 2
FilterType 1 SH 2
ConvolutionKernel U90s SH 4
PixelSpacing [2] 0.26953125, 0.26953125 DS 22
Aufnahmen: 60

Gespräch vor Ort

Im Gespräch kamen folgende Punkte zur Sprache:

- Im *volume rendering* / den Schichtaufnahmen wird deutlich, dass die unsichtbare Materialbeschaffenheit, wahrscheinlich in Hinsicht auf Materialfehler und Zuschläge, sichtbar wird.
- Es ist möglich mehrere Artefakte gleichzeitig (nebeneinander) zu verarbeiten. Die Frage ist nur, wie stark sich Reflexionsartefakte (Streustrahlung) auswirken. Hier kann verschiedene Positionierung helfen.
- Es kann recht schnell gearbeitet werden, da die absolute Dosis an Strahlung für Scherben unerheblich ist.
- Nach 80 Sekunden Scann-Zeit erfolgt eine kurze Abkühlphase.
- Je mehr Material durchdrungen werden muss, desto geringer die Bildqualität.
- Ein größerer Röhrenstrom führt zu weniger Streustrahlungsartefakten.
- Im Röhrenzentrum finden sich meist weniger Artefakte.

Weitere Fragen

Hounsfield-Skala (Abschwächung der Röntgenstrahlung, die durch verschiedene Gewebe verursacht wird) könnte auch auf andere Materialien ausgedehnt werden?

Beantwortung der Frage für welche wissenschaftlichen Fragen können Resultate erzielt werden: Formanalyse, Strukturanalyse (Wandstärken, Verbindungen, Fehler) und Materialzusammensetzung. Zerstörungsfreie Untersuchung von für Innen- und Außenbereichen. Ausarbeitung eines Metadatenschemas für die Anbindung an digitale Fundzettel. Presets / Skripte für 3D Slicer, wenn es um Einstellungen für ein Volumen-rendering / die Segmentierung geht? Skripte für OpenSCAD und Gigamesh, wenn es um die Weiterverarbeitung geht.

Anhang

3D Slice (Version 5.2.2 2023) Kurzanleitungen

A1 Volumen Rendering

Lade die Daten, mit "Add DICOM DATA" aus dem Pull-Downmenü. Rechts unten den "Advanced" Button anhängen. Datensatz zuerst mit "Examine" untersuchen und mit "Load" anschließend laden. Datensatz aus der Liste links auswählen. Dann aus dem Pulldown-Menü "Volume Rendering" auswählen. Anschließend den Datensatz im Pulldown (links) anwählen. Display-preset auswählen. ROI anpassen (Haken "Display ROI"). Auge neben der Pulldown-Menü zum Datensatz öffnen und Volumen anzeigen. Unter "Advanced", Reiter "Volume Properties" das Volumenrendering anpassen. Zum Beispiel ein Peak für das Außenmaterial und einen für Einschlüsse. Zum Speichern als Abbildung kann die Screenshot-Funktion genutzt werden. Diese befindet sich in der Menüleiste (rechte Hälfte). Darin kann die Region, die zur Abbildung kommt, gewählt werden. Es ist darauf zu achten, dass die Dateierweiterung entweder .jpg oder .png angegeben ist, sonst wird der Screenshot nicht abgespeichert. Mit "Save As" kann dieser gespeichert werden. Die Auswahl OK lässt das Fenster verschwinden, erstellt allerdings keinen Screenshot.

A2 Segmentierung / 3D Modell

Zunächst den Kontrast zwischen den Materialien verbessern, indem man das Volumes-Menü aufsucht und eine der Kontrast-Methoden (kleine Preview-Bilder) auswählt. Man kann anschließend die Parameter für Lookup-Table und Schwellwerte, sowie Grauwert-Verteilung anpassen.

Anschließend wechselt man in den Segment-Editor (Pull-down-Menü). Mit "Add" wird ein Segment hinzugefügt. Man kann nun durch die Threshold-Methode und die Verschiebung der Threshold-range die einzelnen Materialien in eigene Segmente gliedern. Anschließend wird Segmentations im Pull-down-Menü ausgewählt. Dort kann man mittels "Export Files" eine .stl Datei, also eine Repräsentation des Meshes, exportieren.

OpenSCAD

A3 OpenSCAD

OpenSCAD ist ein Programm um "solid 3D CAD" durchzuführen. Eine Besonderheit an diesem Programm ist, dass es sich lediglich über Code steuern lässt. Um die Beispiele für die .stl Dateien zu betrachten, muss man die .scad Datei in OpenSCAD öffnen. Anschließend muss man unterhalb des 3D-Darstellungsfensters den Button "Vorschau" anklicken (erstes Icon; sofern die Vorschau nicht gleich berechnet wurde / Änderungen am Code vorgenommen wurden).