



## **Fotogrammetrie:**

### **Erfassung kleinerer Objekte unter Laborbedingungen**

Marek Pršín

Universität Passau  
Lehrstuhl für Digital Humanities  
Dr.-Hans-Kapfinger-Straße 14 d  
94032 Passau

27.06.2018

**Inhalt**

Objektauswahl.....	3
Methoden zur fotogrammetrischen Erfassung von kleineren Objekten.....	5
Klassische Methode.....	5
Drehteller.....	5
Vergleich der ‚klassischen‘ und der Drehtellermethode.....	6
Beispielprojekte: Fotogrammetrie mit Drehteller.....	8
Kerzenleuchter XI, 91/136.....	8
Flachdeckel (III 162).....	14
Wurf-/Handgranate (15154).....	18
Holzteller X 134.....	20
Eignung der aufgenommenen Objekte für Fotogrammetrie bzw. Schwierigkeitsgrad.....	22

## Objektauswahl

Bevor über die konkrete Herangehensweise („klassische“ Methode vs. Drehtellermethode) entschieden werden kann, muss festgestellt werden, ob und inwieweit sich das konkrete Objekt bzw. Museumsexponat zur fotogrammetrischen Erfassung eignet. Die folgende Tabelle bietet eine Übersicht über die Eigenschaften der Objektoberfläche in Bezug auf die Durchführbarkeit der fotogrammetrischen Rekonstruktion.

### Eignung der Objekte zur fotogrammetrischen Erfassung

Objekt-eigenschaften			Beispiele
Farbe	Hell	Gut / evtl. Problematisch <sup>1</sup>	Grobe helle Keramik, Keramik aus Ausgrabungen
	Dunkel	Gut	Grobe dunkle Keramik, steinerne Objekte ...
Texturdetails	Wenige <sup>2</sup>	Evtl. Problematisch	Einfarbige feine Keramik
	Viele	Gut	Grobe Keramik, steinerne Objekte, Holz,
Reflexionen	Matt <sup>3</sup>	Gut	Grobe Keramik
	Normal <sup>4</sup>	Evtl. problematisch	Lackiertes Holz
	Spiegelnd <sup>5</sup>	Problematisch	Metallische Oberflächen, Glass, Keramik mit Glasur
Selbstverdeckungen	Keine <sup>6</sup>	Gut	Steine, regelmäßige geometrische Formen (Kugel, Würfel, Polyeder ...), steinerne Instrumente, grobe Keramik (Vasen, Amphoren) Statuetten mit einfachen Körperkonturen
	Leichte <sup>7</sup>	Aufwändig	Schlösse, keramischen Kerzenständer, Modelle von einfachen, Maschinen (z. B. Druckpresse), tellerförmige Objekte
	Tiefe <sup>8</sup>	Problematisch	Statuetten von griechischen Göttern, Discobolos usw. .. kleinteilige/zerklüftete Reliefstrukturen (altes Holz)

### Konkrete Beispiele von geeigneten und ungeeigneten Objekten

- 1 Siehe Textureigenschaften – Matrix (S. 3)
- 2 Siehe Beispielobjekt 5
- 3 Siehe Beispielobjekte 1 und 2
- 4 Siehe Beispielobjekt 3
- 5 Siehe Beispielobjekt 4
- 6 Siehe Beispielobjekte 1 und 2
- 7 Siehe Beispielobjekt 3
- 8 Siehe Beispielobjekt 4 und 5

# ViSIT Fotogrammetrie: Erfassung kleinerer Objekte unter Laborbedingungen

Geeignet – Drehteller- und Handmethode



Beispielobjekt 1



Beispielobjekt 2

Geeignet – nur Handmethode (kompliziert)



Beispielobjekt 3

Ungeeignet:



Beispielobjekt 4



Beispielobjekt 5



Beispielobjekt 6

### Textureigenschaften – Matrix

Die Durchführbarkeit von fotogrammetrischer Erfassung ist stark von den Gegebenheiten der Textur des Objekts abhängig. Es ist jedoch auch wichtig einen Blick auf die konkrete Kombination von Textureigenschaften zu werfen. Diese Matrix soll die Identifizierung von geeigneten und ungeeigneten Objektflächen erleichtern. Sie bezieht sich auf die Helligkeit und die Detailmenge der Objektfläche und ihre Kombinationen.

Viele Details <sup>9</sup>	Gut	Gut
Wenige Details	Evtl. Problematisch	Problematisch <sup>10</sup>
	Dunkel	Hell

Helle Texturen mit wenigen Details sind besonders problematisch.

<sup>9</sup> Siehe Beispielobjekte 1 und 2

<sup>10</sup> Siehe Beispielobjekt 5;

### Ungeeignete Objekte

Die Objekte können entweder aufgrund von ihrer Textur (Farbe, Struktur und Glanz der Oberfläche) oder aufgrund von Form für fotogrammetrische Erfassung ungeeignet sein. Im Folgenden wird auf diese problematische Objekteigenschaften und ihre Kombinationen eingegangen.

#### A) Aufgrund von Textur

Wie aus der oben angeführten Tabelle ersichtlich, sind Objekte aus einem glänzenden Material für fotogrammetrische Erfassung nicht geeignet. Das gilt ebenfalls für Objekte mit einer Textur mit wenigen Details bzw. mit einer zu homogenen Textur. Dies liegt daran, dass die Fotogrammetriesoftware entweder aufgrund von Widerspiegelungen oder aufgrund von mangelnden Texturdetails keine oder nur ungenaue Punktwolken erstellen kann. Dies ergibt sich aus dem Prinzip der Fotogrammetrie. Bei einer Kombination dieser Eigenschaften ergibt sich die faktische Unmöglichkeit einer fotogrammetrischen Rekonstruktion, dies ist teilweise beim Objekt 5 (Merkur) der Fall.

Eine leicht spiegelnde Textur (Objekt 3: Druckpresse) verursacht leichte Widerspiegelungen, die bei einem wechselnden Lichteinfallwinkel die Erstellung einer Punktwolke verhindern. Wechselnde Lichteinfallwinkel sind mit dem Einsatz vom Drehteller verbunden. Die Handmethode verspricht bei solchen leicht spiegelnden Objekten eine höhere Erfolgswahrscheinlichkeit.

Ähnliche Probleme, wie spiegelnde Texturen verursachen helle und weiße Texturen (meistens zugleich homogen), der wechselnde Schattenwurf, der beim Drehtellereinsatz zustande kommt, hat in Kombination mit solchen hellen bzw. weißen Texturen eine ähnliche Auswirkung, wie Widerspiegelungen und verhindert die Erstellung von Punktwolken (Objekt 5: Merkur). Dies könnte durch den Verzicht auf den Drehteller eventuell kompensiert werden.

#### B) Aufgrund von Form

Wie aus der Tabelle „Eignung der Objekte zur fotogrammetrischen Erfassung“ ersichtlich, sind Objekte mit Selbstverdeckungen für fotogrammetrische Rekonstruktion ungeeignet, dies gilt vor allem in dem Fall, wenn das Objekt vollständig erfasst werden soll, also samt der sich überlappenden Teile bzw. Ebenen. Durch das Prinzip der Fotogrammetrie bedingt resultieren die Selbstverdeckungen in inkompletten oder ungenauen Punktwolken bzw. Drahtgittermodellen. Teilweise kann dies durch eine kreative Anpassung der Kamerapositionen gelöst werden, diese Herangehensweise stößt jedoch bald an Grenzen. Dies war teilweise beim Beispielobjekt 3 (Druckpresse) möglich. Beim Objekt 6 (Holzklotz) konnte die Aussparung sowie die Oberflächendetails aufgrund von Selbstverdeckungen nicht rekonstruiert werden. Bei Objekten 4 und 5 wurde die

## ViSIT Fotogrammetrie: Erfassung kleinerer Objekte unter Laborbedingungen

Durchführbarkeit einer einigermaßen genauen fotogrammetrischen Rekonstruktion aufgrund der Selbstverdeckungen und der Texturbeschaffenheit als unmöglich eingeschätzt.

### **Kombination von ungünstigen Objekteigenschaften**

Eine Kombination aus Selbstverdeckungen und problematischen Textureigenschaften bedeutet sehr schlechte Erfolgsaussichten (Beispielobjekte 4 und 5, Burgfräulein und Merkur). Treten diese Eigenschaften allerdings nur zu einem relativ geringen Grad auf, können solche Objekte mittels der Handmethode aufgenommen werden (Beispielobjekt 3, Druckpresse).

### **Methoden zur fotogrammetrischen Erfassung von kleineren Objekten**

Die fotogrammetrische Erfassung von Objekten in Laborbedingungen kann grundsätzlich aufgrund von zwei unterschiedlichen Methoden erfolgen. Die sogenannte Drehtellermethode verspricht relativ schnelle Ergebnisse, sie eignet sich allerdings nur für bestimmte Objekttypen. Deswegen gilt es den Blick auch auf die in der Regel zeit- bzw. kostenintensivere sogenannte ‚klassische Methode‘ zu richten.

### **Klassische Methode**

Als klassische Methode wird hier eine Herangehensweise bezeichnet, bei der sich die Position der Kamera zwischen den einzelnen Aufnahmen ändert. Anders gesagt wandert die Kamera rund um das Objekt herum. Obwohl diese Methode unter Tageslichtbedingungen als die am verbreitetsten ist, unterliegt sie unter Laborbedingungen einigen Einschränkungen. Vor allem das Licht ist ein limitierender Faktor. Bei fotogrammetrischen Aufnahmen empfiehlt es sich mit niedrigen ISO-Werten zu arbeiten, oft ist es auch nötig, um eine genügende Tiefenschärfe der Fotos zu gewährleisten, mit einer kleinen Blendeöffnung (hohe Blendenzahl c.a. F/8–16) zu arbeiten. Die Belichtungszeiten hängen folglich von der Leistungsstärke der verwendeten Lichtquellen ab. Nur extrem leistungsstarken Lichtquellen ermöglichen es, die Objekte unter Laborbedingungen und bei Einhaltung der oben Genannten Maximen (niedrige ISO-Werte, kleine Blendenöffnung) ohne Einsatz eines Kamerastativs zu fotografieren.<sup>11</sup> Die Notwendigkeit, entweder extrem starke Lichtquellen oder ein Kamerastativ einzusetzen ist auch das limitierende Faktor der ‚klassischen Methode‘ unter Laborbedingungen. Starke Lichtquellen, die diffuses Licht<sup>12</sup> produzieren, sind extrem kostenintensiv, die Aufnahme von größeren Fotosätzen mit einer auf einem Stativ befestigten Kamera sehr Zeitintensiv. Diese Methode ist also vor allem für Institutionen interessant, die bereits über leistungsvolle

<sup>11</sup> Alternativ könnte ein Ringblitz bzw. ein LED-Ring dieses Problem lösen. Dies wurde allerdings noch nicht getestet.

<sup>12</sup> Diffuses Licht ist für die erfolgreiche fotogrammetrische Rekonstruktion von Objekten sehr wichtig, denn Schattenwurf und Widerspiegelungen verzerren die Geometrie von erzeugten Gitternetzen, oder sogar ihre Generierung verhindern.

## ViSIT Fotogrammetrie: Erfassung kleinerer Objekte unter Laborbedingungen

Lichtquellen verfügen, die die Szene mit einem starken und zugleich diffusen Licht belichten können.

### Drehteller

Die Drehtellermethode setzt keine besonders leistungsstarken Lichtquellen voraus und ermöglicht trotzdem eine relativ wenig zeitaufwendige Herangehensweise, weil die Position der auf einem Stativ befestigten Kamera während des gesamten Aufnahmeprozesses nur einige Male geändert werden muss. Die virtuellen Kamerapositionen auf der horizontalen Ebene werden geändert, indem das Objekt auf dem Drehteller zwischen einzelnen Aufnahmen um einen konkreten Winkelgrad gedreht wird (z.B.  $30^\circ$ )<sup>13</sup>. Die vertikalen Kamerapositionen werden durch die Höher- bzw. Niedrigerstellung des Stativs geändert. In der Regel setzt sich folglich der ganze mittels eines Drehtellers aufgenommene Fotosatz aus mehreren (virtuellen) ‚Umrundungen‘ des Objekts mit der Kamera. Folglich erinnern die virtuellen Kamerapositionen insgesamt an eine Kuppel. Daraus lässt sich ableiten, dass sich diese Herangehensweise vor allem für Objekte mit regelmäßigen Formen eignet. Die feste Kameraposition ermöglicht wenig Flexibilität bei der Anpassung des Kamerawinkels und des Kameraabstands. Außerdem müssen manche Objekte zum Drehteller befestigt oder gegen unerwünschte Bewegungen gesichert werden. Dafür eignet sich z. B. eine **Knetgummi** oder ein aus Karton speziell für das Objekt gefertigter Ständer (siehe Objektberichte).

Die Drehtellermethode eignet sich, wie schon angedeutet, für fotogrammetrische Erfassung nur von bestimmten Objekten. Wie aus der ersten Tabelle ersichtlich, können die Größe und das Gewicht des Objekts limitierend sein. Ebenfalls verursachen manche Objekttexturen in Verbindung mit der Drehtellermethode Probleme bei der Umwandlung der Aufnahmen in Punktwolken durch die Fotogrammetriesoftware (z.B. Agisoft fotoscan): Objekte mit einer sehr **hellen Textur** können problematisch sein, auch **leicht reflektierende** Objekte (z.B. lackiertes Holz) können auf diese Art und Weise in der Regel nicht fotogrammetrisch rekonstruiert werden. Objekte mit matten Oberflächen sind hingegen im Normalfall unproblematisch. Selbst mit Objekten mit leichten Selbstverdeckungen können auf einem Drehteller keine überzeugenden Ergebnisse erzielt werden. Obwohl diese Methode einige Nachteile hat und sich nicht für fotogrammetrische Erfassung von allen Typen von Exponaten eignet, ist sie doch die kosten- und zeiteffektivste. Sie ermöglicht den Einsatz von herkömmlicher und in der Anschaffung günstiger Ausstattung und Technik.<sup>14</sup>

<sup>13</sup> Zu beachten ist, dass die Abstände zwischen einzelnen Aufnahmen nicht größer als  $30^\circ$  sein sollen.

<sup>14</sup> Für die Drehtellermethode empfiehlt sich auch der Einsatz vom Lichtwürfel, um ein diffuses Licht zu erzeugen und das aufgenommene Objekt gleichmäßig auszuleuchten. Lichtwürfel schafft auch einen gleichmäßigen Hintergrund, der beim Postprocessing der Drehtelleraufnahmen sehr wichtig ist.

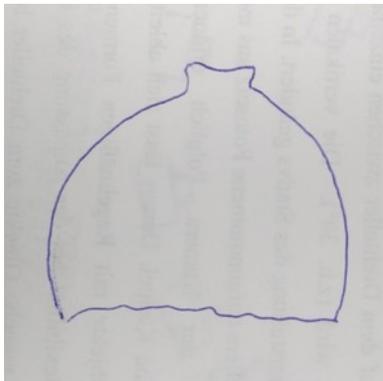
### Vergleich der ‚klassischen‘ und der Drehtellermethode

Vorteile der ‚klassischen Methode‘ sind der unten beigefügten Tabelle zu entnehmen. Die Meisten Objekte können mittels der ‚klassischen Methode‘ erfolgreich fotogrammetrisch rekonstruiert werden. Leicht glänzende Oberflächen (z.B. lackiertes Holz; Beispielobjekt 3 - Druckpresse) stellen für die ‚klassische Methode‘ kaum Probleme dar. Die Erfolgswahrscheinlichkeit bei Objekten mit relativ wenigen Texturdetails oder einer hellen Oberfläche ist auch größer als beim Einsatz vom Drehteller. Bei der Handmethode wandert tatsächlich die Kamera rund um das Objekt herum und die Position und der Abstand des Objekts zur Lichtquelle bleibt konstant. Dadurch werden unerwünschte von Bildaufnahme zu Bildaufnahme variierende Lichtreflexionen bzw. Schatten auf der Objektoberfläche verhindert. Auch Objekte mit leichten Selbstverdeckungen können auf diese Art und Weise aufgenommen werden. Intensive Selbstverdeckung ist allerdings generell für fotogrammetrie problematisch. Die Drehtellermethode eignet sich hingegen vor allem für Objekte aus den Ausgrabungen, wie grobe Keramik mit regelmäßigen Formen. Generell sind metallische Objekte, Glas, Keramik mit Glasur, weiße Keramik usw. für fotogrammetrische Erfassung ungeeignet (siehe weiter oben).

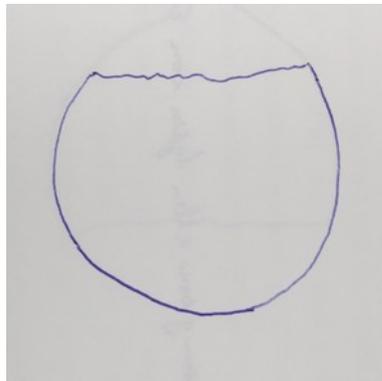
### Beispielprojekte ViSIT: Fotogrammetrie mit Drehteller

Bei den folgenden Beispielprojekten wurde versucht, die Objekte fotogrammetrisch möglichst vollständig abzubilden. Darum bestehen die Projekte aus zumindest zwei Bildergruppen, die jeweils das Oberteil und das Unterteil des Exponats abbilden. Die Bilder wurden also in jedem Projekt mit dem Ziel aufgenommen, zunächst zwei Punktwolken, die jeweils die obere und untere Objekthälfte darstellen, zu erstellen. Wie aus den Dokumentationen ersichtlich, muss besonders darauf geachtet werden, dass zwischen beiden Punktwolken genügend gemeinsame Punkte bestehen, um eine Zusammenführung der partikularen Punktwolken in eine das komplette Objekt darstellende Punktwolke zu ermöglichen. Dies muss bereits beim Aufnahmeprozess berücksichtigt werden.

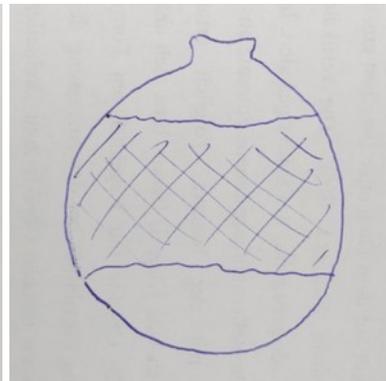
### Beispieldarstellung (Wurf-/Handgranate)



Modellhälfte 1  
(Punktwolke 1)



Modellhälfte 2  
(Punktwolke 2)



Zusammengeführtes Modell  
bzw. Punktwolke; Darstellung  
der Überlappung bzw. Der  
gemeinsamen Punkte in  
beiden Modellhälften

**Kerzenleuchter XI, 91/136**

Versuch 1  
Datum: 16. 11. 2017

**Ausstattung und Parameter der Fotoaufnahmen:**

Kamera: Canon 100D  
Objektiv: EF-S 18-55mm  
Aufnahmemethode: Drehteller  
Aufbau: Aufnahmetisch  
Licht-Setup: 3x Walimex 250 mit Diffusoren  
Kamera-Objekt Entfernung: c.a. 20cm  
Dateientyp: JPEG + RAW  
Stativ: JA (Ministativ)  
Kamera-Modus: M  
Fokus: AF (zur erstmaligen Scharfstellung bei jedem Foto-Set) + MF (Fokuspjustierung + Fokusfixierung)  
Weißabgleich: automatisch  
Belichtungswerte: konstant; f16; 1/2S

**Aufnahmezahl:** 76 (40+36) □ 2 „Chunks“ im fotoscan

Obere Perspektive: 40

1. Foto-Set – 12 Aufnahmen (0° - 30° - 60° - 90° ..)
2. Foto-Set –Kameraposition um c.a 10cm erhöht 12 Aufnahmen (10° - 40° - 70° ...)
3. Foto-Set – Kameraposition um c.a 10cm erhöht 12 Aufnahmen, um 10 Grad versetzt (20° - 50° - 80° - ..)
4. Foto-Set - Kameraposition um c.a 10cm erhöht 4 Aufnahmen (0° - 90° - 180° - 270°)

Untere Perspektive:<sup>15</sup> 36  
3 Foto-Sets je 12 Aufnahmen, jeweils um 10 Grad versetzt

**Bearbeitungsprozess:**

Dateikonversion: NEIN (JPEG Dateien wurden benutzt)

**Bearbeitung-fotoscan:**

Verwendung von Masken: NEIN (Bei Nahaufnahmen trotz Drehtellermethode nicht nötig)  
Chunks: 2  
Parameter: Standard Parameter, hohe Qualität  
Chunks-Ausrichtung: punktbasiert (fehlgeschlagen, wenig Überlappung zwischen beiden Modellhälften)  
Export: –

<sup>15</sup> Kerzenleuchter mit dem Fuß nach oben auf einem Kartonsochel platziert (siehe Fotodokumentation)

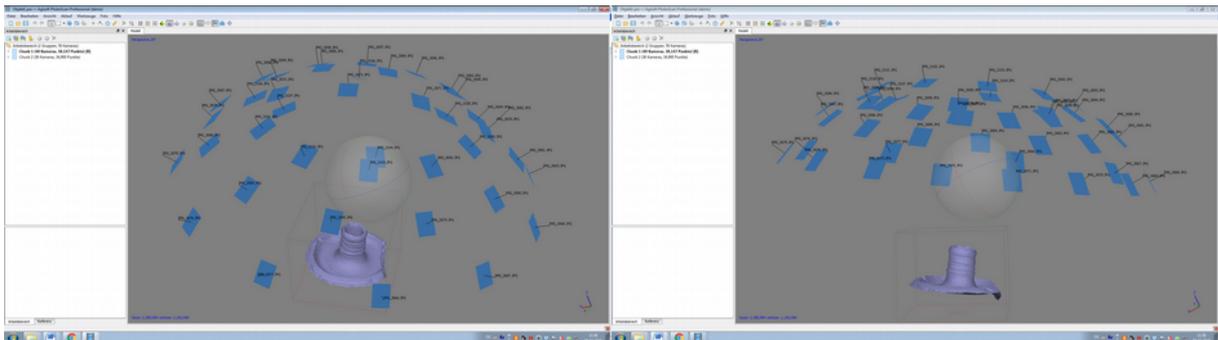
## ViSIT Fotogrammetrie: Erfassung kleinerer Objekte unter Laborbedingungen

### Beschreibung der Probleme:

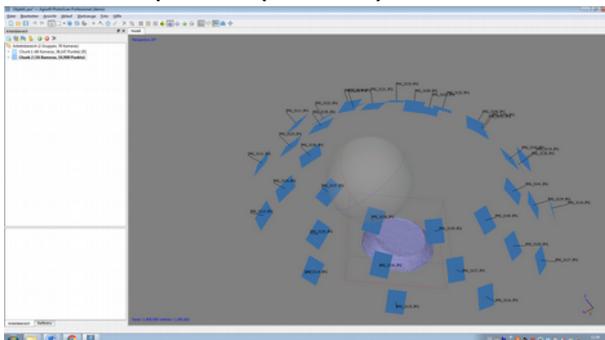
Der Aufnahmetisch erwies sich als ungünstig für die fotogrammetrischen Aufnahmen. Aufgrund vom Einsatz des Aufnahmetischs musste ein Ministativ verwendet werden (um einen geringen Kameraabstand zu ermöglichen). Dieser schränkt jedoch die möglichen Aufnahmewinkel ein. Seitlichen Aufnahmen des Objekts wurden deswegen nicht möglich, woraus auch die Unmöglichkeit der Verknüpfung von beiden Modellhälften resultierte (wenig Überlappung zwischen beiden Modellhälften).

**Lösungsvorschlag:** Anderer Aufbau, der seitliche Aufnahmen des Objekts auf dem Drehteller ermöglicht (umgesetzt beim 2. Versuch am 19.12.2017).

### fotoscan: Abbildung der Kamerapositionen



Obere Perspektive (Chunk 1)



Untere Perspektive (Chunk 2)

Fotodokumentation – Aufbau



## ViSIT Fotogrammetrie: Erfassung kleinerer Objekte unter Laborbedingungen

Versuch 2  
Datum: 19.12.2017

### **Ausstattung und Parameter der Fotoaufnahmen:**

Kamera: EOS 6D  
Objektiv: Canon 100mm Macro  
Aufnahmemethode: Drehteller  
Aufbau: Lichtwürfel  
Licht-Setup: 1x Spitzlicht (Walimex 5 Glühbirnen) / 2x Seitenlicht Walimex  
LED Flächenleuchte 1000 + 2x Vorderlicht Walimex 250 mit Diffusoren  
Kamera-Objekt Entfernung: +-35cm  
Dateientyp: JPEG / RAW  
Stativ: JA (Standard)  
Kamera-Modus: M  
Fokus: AF (zur erstmaligen Scharfstellung bei jedem Foto-Set) + MF (Fokuspjustierung + Fokusfixierung)  
Weißabgleich: automatisch  
Belichtungswerte: konstant; (Blendezahl: F/16; Belichtungszeit: 1 Sek.)

**Aufnahmezahl:** 156 + 36

#### Obere Perspektive

1. Foto-Set – Objektebene: (156)
  2. Foto-Set – Kameraposition um c.a 10cm erhöht 12 Aufnahmen (0° - 30° - 60° - 90° ..)
  3. Foto-Set - Kameraposition um c.a 10cm erhöht 12 Aufnahmen, um 10 Grad versetzt (10° - 40° - 70° - 100° ..)
  4. Foto-Set - Kameraposition um c.a 10cm erhöht 12 Aufnahmen, um 10 Grad versetzt (20° - 50° - 80° ...)
- + Detaillierte Aufnahmen vom oberen Teil des Kerzenleuchters  
+ 1 Foto-Set von 12 Aufnahmen zur Erfassung des Innenbereichs des Kerzenleuchters

#### Untere Perspektive (36)

3 Foto-Sets je 12 Aufnahmen, jeweils um 10 Grad versetzt; Vertikale Kameraposition jeweils um c.a. 15cm erhöht

Anmerkungen: Kartonsockel mit Abmessungen von 6x6x6cm wurde benutzt

### **Bearbeitungsprozess:**

Dateikonversion: NEIN (JPEG Dateien wurden benutzt)

### **Bearbeitung-fotoscan:**

Verwendung von Masken: NEIN (Bei Nahaufnahmen trotz Drehtellermethode nicht nötig)

Chunks: 2 (3 – Letzter Foto-Set von 12 Bilder wurde hinzugefügt, um das Innenbereich des Kerzenständers zu erfassen)

Parameter der Arbeitsritte: standard Parameter, hohe Qualität

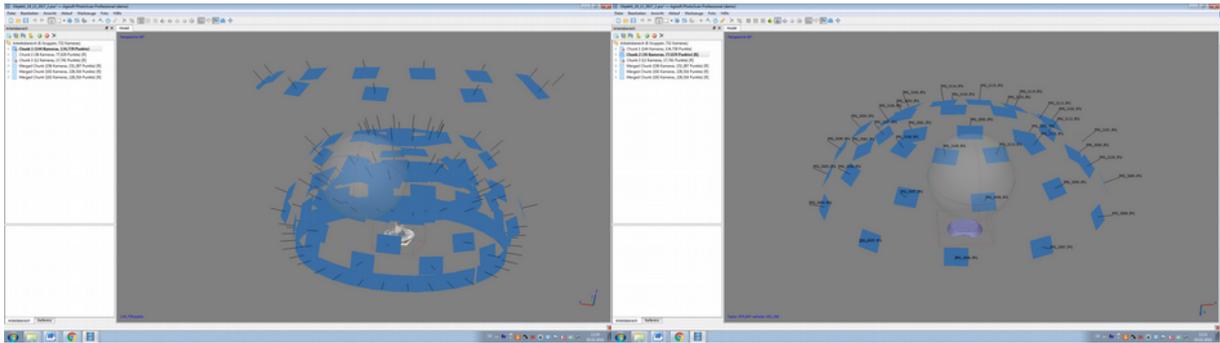
Chunks-Ausrichtung: punktbasiert

Anmerkungen: Die Aufteilung des Projekts in mehrere Chunks war nötig, um das Objekt einschließlich des unteren Bereichs vollständig abzubilden.

Export (Dateientyp): OBJ + JPEG-Textur

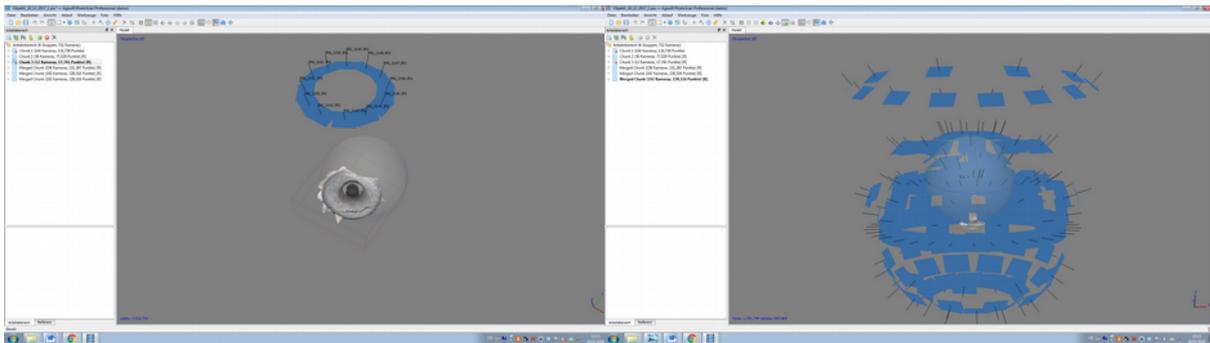
### **fotoscan: Abbildung der Kamerapositionen**

# ViSIT Fotogrammetrie: Erfassung kleinerer Objekte unter Laborbedingungen



obere Perspektive (Chunk 1)

untere Perspektive (Chunk 2)



Innenbereich (Chunk 3)

Zusammengeführt (Merged Chunk)

## Fotodokumentation - Aufbau



Kamera + Stativ + Lichtwürfel

Kartonsocket

### Flachdeckel (III 162)

Versuch 1  
Datum: 16.11.2017

Bilder wurden falsch aufgenommen, es wurde davon ausgegangen, dass die Zusammenführung der beiden Modellhälften gleich, wie beim Objekt 1 vom 16.11.2017, nicht möglich wäre. Aufgenommene Bilder wurden nicht weiter verarbeitet □ Siehe Dokumentation zum Objekt 1 vom 16.11.2017

Versuch 2  
Datum: 9.1.2018

#### **Ausstattung und Parameter der Fotoaufnahmen:**

Kamera: EOS 100D  
Objektiv: EF-S 18-55mm (Brennweite = 55mm)  
Aufnahmemethode: Drehteller  
Aufbau: Lichtwürfel  
Licht-Setup: 1x Spitzlicht (Walimex 5 Glühbirnen) / 2x Seitenlicht Walimex LED Flächenleuchte 1000 + 2x Vorderlicht Walimex 250 mit Diffusoren  
Sonstiges: Selbstgebauter Kartonsockel mit Abmessungen von 6x6cm  
Kamera-Objekt Entfernung: 37cm  
Dateientyp: JPEG  
Stativ: JA (Standard)  
Kamera-Modus: M  
Fokus: AF (zur erstmaligen Scharfstellung bei jedem Foto-Set) + MF (Fokuspjustierung + Fokusfixierung)  
Weißabgleich: automatisch  
Belichtungswerte: konstant (ISO=100; Blendezahl: F=16; Belichtungszeit: 1/13 S)  
**Aufnahmezahl:** 120 (84 + 36)  
Obere Perspektive: 84 Aufnahmen  
36 Aufnahmen der unteren Kante des Objekts  
+ 48 Aufnahmen: 4 Foto-Sets je 12 Aufnahmen, jeweils horizontal um 10 Grad versetzt  
Untere Perspektive: 36 Aufnahmen:  
3 Foto-Sets je 12 Aufnahmen, jeweils um 10 Grad versetzt;  
Vertikale Kameraposition jeweils um c.a. 15cm erhöht  
Anmerkungen: Kartonsockel mit Abmessungen von 6x6cm wurde benutzt

#### **Bearbeitungsprozess:**

Dateikonversion: NEIN (JPEG Dateien wurden benutzt)

#### **Bearbeitung-fotoscan:**

Verwendung von Masken: NEIN (Bei Nahaufnahmen trotz Drehtellermethode nicht nötig)  
Parameter: Standard Parameter, hohe Qualität; Chunks-Ausrichtung: punktbasiert  
Anmerkung: Die Aufteilung des Projekts in 2 Chunks war nötig, um das Objekt einschließlich des unteren Bereichs vollständig abzubilden.

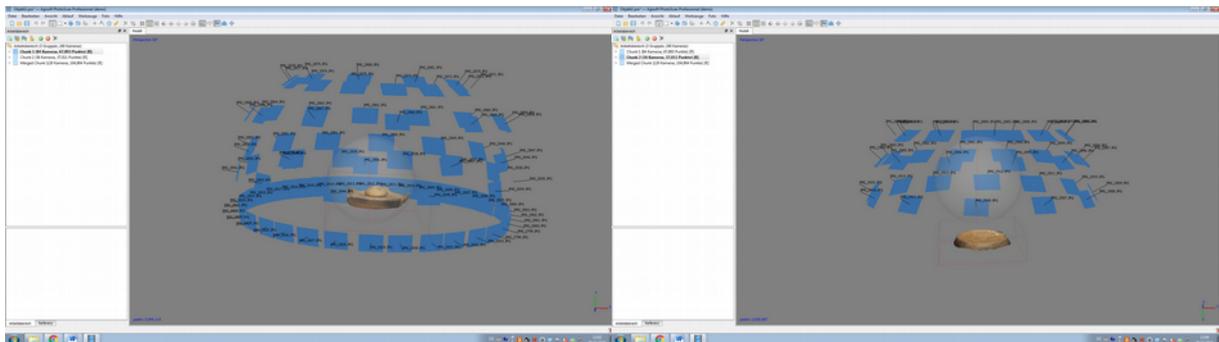
## ViSIT Fotogrammetrie: Erfassung kleinerer Objekte unter Laborbedingungen

Export: OBJ + JPEG-Textur

**Probleme:** leichte Unschärfe aufgrund des Tiefenschärfeproblems.

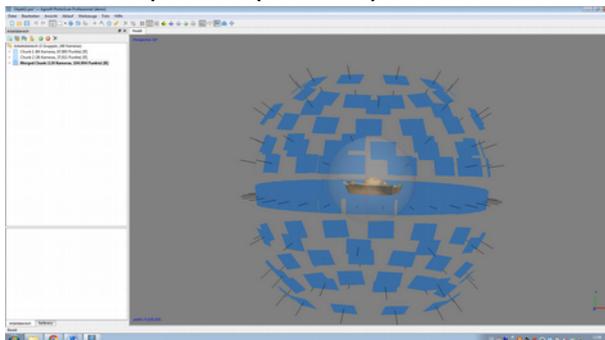
**Vorschläge für Verbesserung:** Die Tiefen-Unschärfe könnte durch die Aufnahme von einer größeren Distanz oder durch Einsatz vom Objektiv mit einer niedrigeren Brennweite reduziert werden, möglicherweise wäre jedoch die Maskierung bei der Bearbeitung in der Agisoft-fotoscan Software nötig. Die Pixel-Ausbeute des Sensors wäre beeinträchtigt, in diesem Fall ist es allerdings davon auszugehen, dass solche Herangehensweise bessere Ergebnisse bringen würde und darum auch sinnvoll wäre.

### fotoscan: Abbildung der Kamerapositionen



obere Perspektive (Chunk 1)

untere Perspektive (Chunk 2)



Zusammengeführt (Merged Chunk)

**Beispielaufnahmen:**

Obere Perspektive (84 Bilder – Chunk 1)



Untere Kante des Objekts (36 Bilder)

1. Foto-Set (12 Bilder)



2. Foto-Set (12 Bilder)

3. Foto-Set (12 Bilder)



4. Foto-Set (12 Bilder)

Untere Perspektive (36 Bilder – Chunk 2)



1. Foto-Set (12 Bilder)

2. Foto-Set (12 Bilder)

## ViSIT Fotogrammetrie: Erfassung kleinerer Objekte unter Laborbedingungen



3. Foto-Set (12 Bilder)

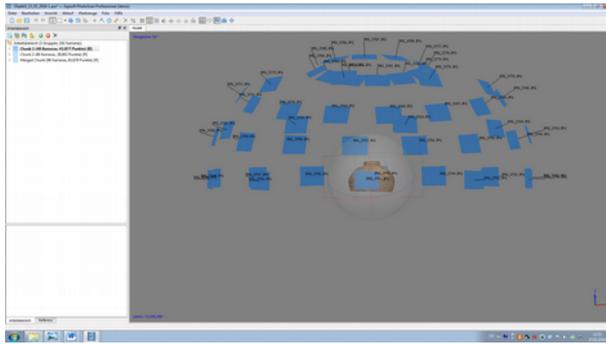
### Wurf-/Handgranate (15154)

Datum: 13.02.2018

#### Ausstattung und Parameter der Fotoaufnahmen:

Kamera:	EOS 100D
Objektiv:	EF-S 18-55mm (Brennweite = 55mm)
Aufnahmemethode:	Drehteller
Aufbau:	Lichtwürfel
Licht-Setup:	1x Spitzlicht (Walimex 5 Glühbirnen) / 2x Seitenlicht Walimex LED Flächenleuchte 1000 + 2x Vorderlicht Walimex 250 mit Diffusoren
Kamera-Objekt Entfernung:	ca. 40cm
Dateientyp:	JPEG
Stativ:	JA (Standard)
Kamera-Modus:	M
Fokus:	AF
Weißabgleich:	automatisch
Belichtungswerte:	konstant (ISO=100, Blendezahl: F/18; Belichtungszeit: 1/5)
Sonstiges:	Selbstgebauter Sockel (Aus Karton und Klebeband)
<b>Aufnahmenzahl:</b>	48+48
Untere Perspektive:	48 4 Foto-Sets je 12 Aufnahmen, jeweils um 10 Grad versetzt (4. Set: Fokus auf die Öffnung im oberen Bereich)
Obere Perspektive:	48 4 Foto-Sets je 12 Aufnahmen, jeweils um 10 Grad versetzt
Anmerkung:	Kartonsockel wurde als Ständer bei der Aufnahme des unteren Objektbereichs benutzt (siehe Abbildung 2)
<b>Bearbeitungsprozess:</b>	
Dateikonversion:	NEIN (JPEG Dateien wurden benutzt)
<b>Bearbeitung-fotoscan:</b>	
Verwendung von Masken:	NEIN (Bei Nahaufnahmen trotz Drehtellermethode nicht nötig)
Chunks:	2
Parameter der Arbeitsritte:	Standard Parameter, hohe Qualität; Chunks-Ausrichtung: punktbasiert
Anmerkungen:	Die Aufteilung des Projekts in mehrere Chunks war nötig, um das Objekt einschließlich des unteren Bereichs vollständig abzubilden.
Export:	OBJ + JPEG Textur

### fotocan: Abbildung der Kamerapositionen



Obere Perspektive / Chunk 1

### Fotodokumentation - Aufbau



## Holzteller X 134

### 1. Versuch

Datum: 13.02.2018

#### Ausstattung und Parameter der Fotoaufnahmen:

Kamera: EOS 100D  
Objektiv: 18-55mm (Brennweite = 55mm)  
Aufnahmemethode: Drehteller  
Aufbau: Lichtwürfel  
Licht-Setup: 1x Spitzlicht (Walimex 5 Glühbirnen) / 2x Seitenlicht Walimex  
LED Flächenleuchte 1000 + 2x Vorderlicht Walimex 250 mit Diffusoren  
Kamera-Objekt Entfernung: variabel c.a. 30-50cm  
Dateientyp: JPEG  
Stativ: JA (Standard)  
Kamera-Modus: M  
Fokus: AF  
Weißabgleich: automatisch  
Belichtungswerte: konstant (ISO=100, Blendezahl: F/16, Belichtungszeit: 1/6 S)

**Aufnahmezahl:** 72+36  
Obere Perspektive: 72 (Aufnahme des Innenbereichs des Tellers, der äußeren Kante und eines möglichst großen Teils des Unteren Bereichs des Tellers)  
Untere Perspektive: 36 (Aufnahmen des unteren Bereichs zur Komplettierung des Modells)

#### Bearbeitungsprozess:

Dateikonversion: NEIN (JPEG Dateien wurden benutzt)

#### Bearbeitung-fotoscan:

Verwendung von Masken: NEIN (Bei Nahaufnahmen trotz Drehtellermethode nicht nötig)  
Chunks: 2  
Parameter der Arbeitsritte: Standard Parameter, hohe Qualität; Chunks-Ausrichtung: punktbasiert (gescheitert)  
Export: –

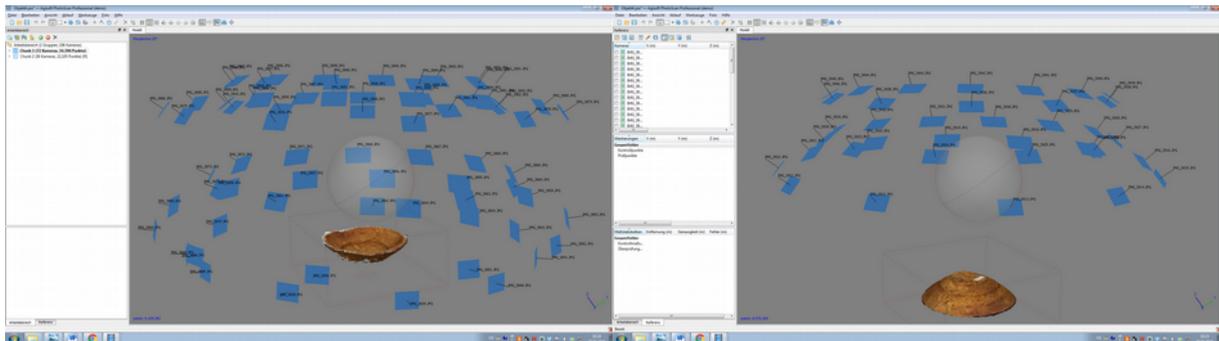
**Ergebnis:** Modellerstellung gescheitert, Zusammenführung von Chunks nicht möglich. Fazit: fotogrammetrische Erfassung von tellerartigen Objekten ist eine Herausforderung.

**Empfehlung:** Mit diesem Exponat könnte weiter experimentiert werden. Z.B. könnte versucht werden, bei der Aufnahme vom ersten Foto-Set (Obere Perspektive) die Form der Kante und des Unteren Bereichs des Tellers mit der Kamera besser zu folgen. Zugleich könnte die Produktion von einer größeren Menge von Aufnahmen die Erfolgswahrscheinlichkeit steigern. Änderungen bei der Aufnahme von Bildern für das untere Chunk (untere Perspektive) wären nicht nötig.

### Fazit zum Holzteller

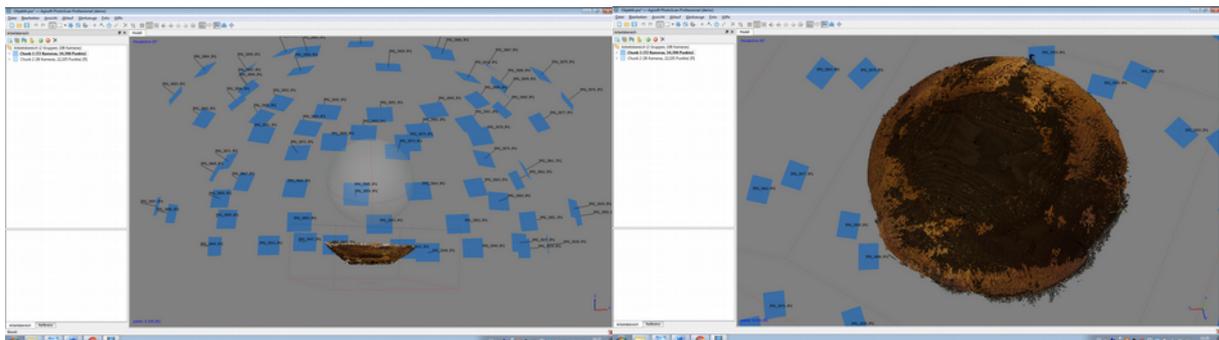
Der Holzteller erscheint als ein Objekt zur fotogrammetrischen Rekonstruktion relativ wenig geeignet zu sein. Für eine komplette Abbildung der Museumsexponate (samt des Unterbodens) ist es notwendig, zunächst eine Rekonstruktion des oberen Teils und des Unterbodens durchzuführen. Die dadurch erzeugten ‚Modellhälften‘ müssen gegenseitig genug überlappende Bereiche aufweisen, um sie zu einem kompletten Modell zusammenführen zu können. Dies erwies sich beim Holzteller als sehr umständlich. Darüber hinaus können die Strukturdetails des Materials (altes Holz) mittels Fotogrammetrie nicht überzeugend rekonstruiert werden (z. B. die Risse und Holzwurmlöcher).

### fotoscan: Abbildung der Kamerapositionen + Details der Punktwolke



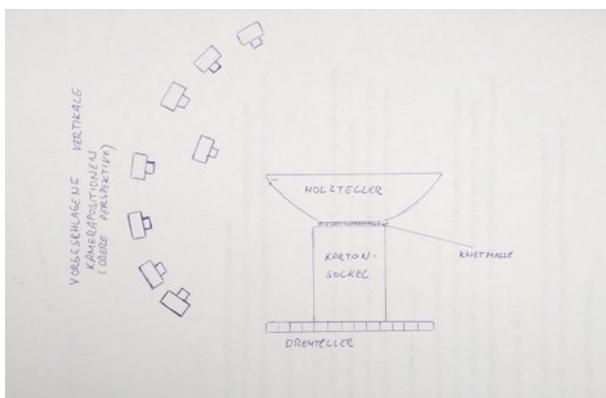
Obere Perspektive (Chunk 1)

Untere Perspektive (Chunk 2)



Obere Perspektive (Chunk 1)

Detailansicht (Chunk 1): wenig Überlappungsfläche zwischen Punktwolke 1 und 2



Verbesserungsvorschlag (Kamerapositionen)

### Eignung der aufgenommenen Objekte für fotogrammetrische Rekonstruktion

Alle vier Objekte verfügen über matte Oberflächen mit vielen Texturdetails und sind somit per se für die Erfassung mittel der DrehtellerFotogrammetrie geeignet.

Absteigend geordnet

#### **Wurf-/Handgranate (15154)**

- Kugelförmige Objekte eignen sich für DrehtellerFotogrammetrie sehr gut, Zusammenführung von mehreren (2) Modellteilen ist unproblematisch.

#### **Flachdeckel (III 162)**

- Bei solchen Objekte muss auf die genügende Überlappung der beiden Modellhälften geachtet werden. Aufgrund der Beschaffenheit des Objekts kann es zu leichter Unschärfe im Innenbereich kommen, dies könnte allerdings durch einen größeren Kamera-Objekt abstand kompensiert werden.

#### **Kerzenleuchter XI, 91/136**

- Generell gilt für dieses Objekt dasselbe, wie für Objekt 2. Lediglich führt hier die Beschaffenheit des Objekts dazu, dass das Unschärfeproblem noch größer ist. Hinzu Kommt, dass die Erfassung des Innenbereichs des Kerzenständers weitere Schwierigkeiten bereitete. □ Fazit: es ist machbar, jedoch relativ aufwändig, eine große Aufnahmezahl ist nötig

#### **Holzteller X 134**

- der scharfe Winkel des unteren Tellerrandes bereitet fundamentale Probleme bei der Zusammenführung der Modellhälften. Eine kreative Herangehensweise beim Aufnahmevorgang könnte dieses Problem lösen.

## Sonstige Objekte - Handmethode

### Druckpresse - Modell

Datum: 8.8.2017

#### Ausstattung und Parameter der Fotoaufnahmen:

Kamera: NIKON D3300  
Objektiv: AF-P 18-55 (Brennweite: 35mm)  
Aufnahmemethode: Handmethode  
Aufbau: Tisch + Spitzlicht  
Licht-Setup: 1x Spitzlicht (Walimex 5 Glühbirnen)  
Kamera-Objekt Entfernung: variabel  
Dateientyp: JPEG  
Stativ: JA (Standard)  
Kamera-Modus: M  
Fokus: AF  
Weißabgleich: automatisch  
Belichtungswerte: konstant (ISO=100, Blendezahl: F/16, Belichtungszeit: 1/2 S)

**Aufnahmezahl:** 140 (59+81)

#### Bearbeitungsprozess:

Dateikonversion: NEIN (JPEG Dateien wurden benutzt)

#### Bearbeitung-fotoscan:

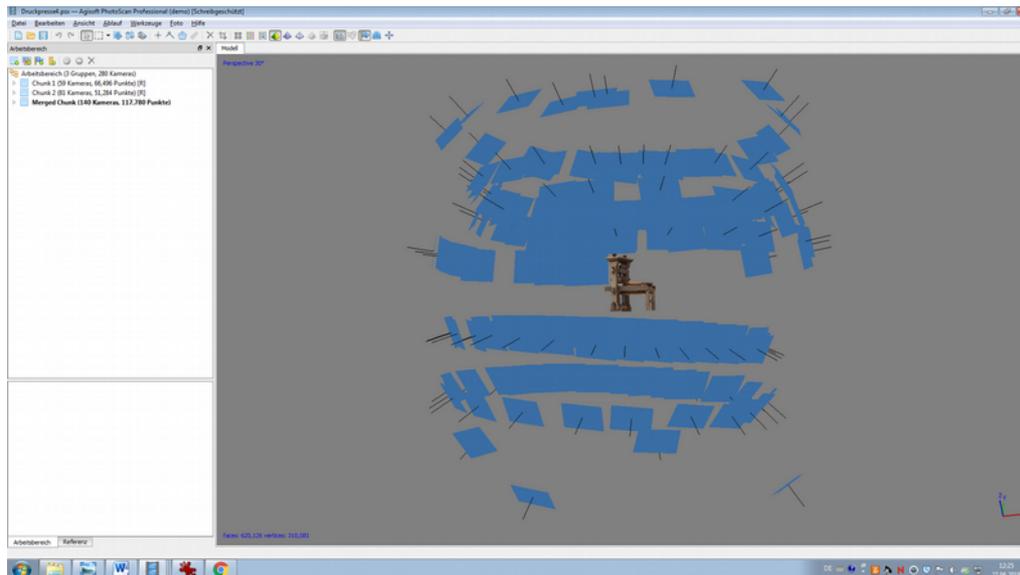
Verwendung von Masken: NEIN  
Chunks: 2  
Parameter der Arbeitsritte: Standard Parameter, hohe Qualität; Chunks-Ausrichtung: punktbasiert  
Export: Ja

**Anmerkung:** Aufgrund der Geometrie und der leicht glänzenden Oberfläche war der Einsatz vom Drehteller nicht möglich, dieses Objekt konnte aber relativ Erfolgreich mit der Handmethode fotogrammetrisch rekonstruiert werden. Bei früheren Versuchen mit dem Drehteller scheiterte jedes Mal die Kameraausrichtung bzw. die Erstellung von einer initialen Punktwolke.

**Ergebnis:** Stellenweiße ungenaue Geometrie, ließe sich durch besser gezielte Aufnahmen bzw. durch Steigerung ihrer Zahl weitgehend beseitigen.

# ViSIT Fotogrammetrie: Erfassung kleinerer Objekte unter Laborbedingungen

## fotoscan: Abbildung der Kamerapositionen



## Beispielaufnahmen:

