

# 3D Vision – Dokumentation

## Einleitung

Ziel dieser Übung ist es, ein 3D Modell eines realen Objektes zu generieren. Dabei werden zwei Ansätze verfolgt. Zum einen wird mit Hilfe eines Laserscanners das Objekt gescannt und zum anderen wird mit der Software 123D Catch und einer handelsüblichen Digitalkamera ein Modell automatisiert erzeugt. Diese beiden Modelle werden miteinander verglichen und das - mit dem Laserscanner erstellte - 3D Modell wird anschließend noch durch Abstands- und Volumenmessungen verifiziert.

## Modell – Fischer

### Laserscanner

Der erste Schritt bei der Aufnahme des Modells war eine Rundum-Aufnahme mittels 12 Scans des Objektes. Dazu wurde eine Linse mit 14mm Brennweite verwendet, das Objekt aufrecht und zentriert auf der mechanischen Drehscheibe gestellt und der Drehgrad des Tellers auf 30° pro Scan eingestellt. In Abbildung 1 ist das Objekt und die Drehscheibe abgebildet. Durch die 12 Scans wurde der Großteil des Objektes erfasst und für die spätere Nachbearbeitung schon korrekt ausgerichtet.



Abbildung 1: Objekt auf Drehscheibe

Zusätzlich wurden Aufnahmen des Kopfes, vor allem im Bereich zwischen den Ohren, und eine Aufnahme der Unterseite erstellt, Abbildung 3. Diese Aufnahmen waren ausreichend um ein wasserdichtes Modell erstellen zu können. Der Bereich mit den Blumen (siehe Abbildung 1) wurde im Detail nochmals aufgenommen um die Genauigkeit im Bereich der kleinen Strukturen zu erhöhen. Dazu wurde eine Tele Linse mit 25mm Brennweite verwendet um die maximale Genauigkeit zu erzielen.

### Bearbeitung in Geomagic Wrap

Ausgangspunkt der Bearbeitung waren die 12 korrekt ausgerichteten Scans des Rundumscans (siehe Abbildung 2). Der Rundumscan hat zwei große Löcher am unteren Ende des Objektes (siehe untere Markierungen von Abbildung 2) und fehlerhafte Elemente im Bereich zwischen den Ohren. Die Löcher auf der Unterseite wurden durch einen weiteren Scan, Abbildung 3 unten, zum Großteil geschlossen. Die fehlerhaften Elemente im Bereich zwischen den Ohren wurden im ersten Schritt gelöscht und das entstehende Loch mit dem Scan aus Abbildung 3 oben geschlossen.

Nach dem Zusammenführen von dem Rundumscan und den zwei zusätzlichen Scans blieb ein Problem bestehen, Abbildung 4. Zwischen dem Rundumscan und dem Scan von unten gab es einen Bereich der nicht aufgenommen wurde. Dieses Loch musste mit dem Ausfüllen-Werkzeug

geschlossen werden. Das Ergebnis ist optisch ansprechend und ist in Abbildung 5 dargestellt. Ab diesem Schritt ist das Modell wasserdicht.

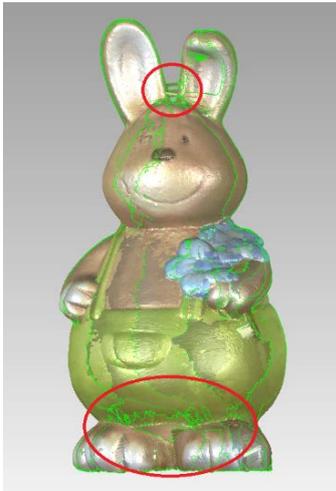


Abbildung 2: Rundumscan

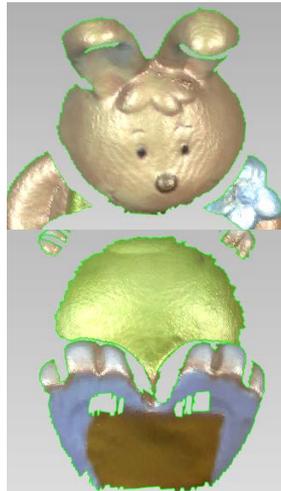


Abbildung 3: Zusatzscan

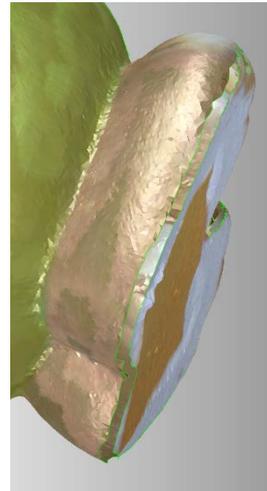


Abbildung 4: Problem Beine

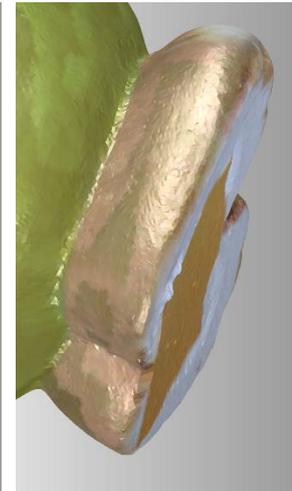


Abbildung 5: Problem behoben

Als nächster Schritt wurde die Detailaufnahme der Blume in das Modell integriert. Dazu wurde der Bereich mit der Blume ausgeschnitten und durch die Aufnahme mit der Tele-Linse ersetzt. Ein Vergleich des Bereichs mit wenig Details und mit viel Details ist in Abbildung 6 und Abbildung 7 zu sehen.

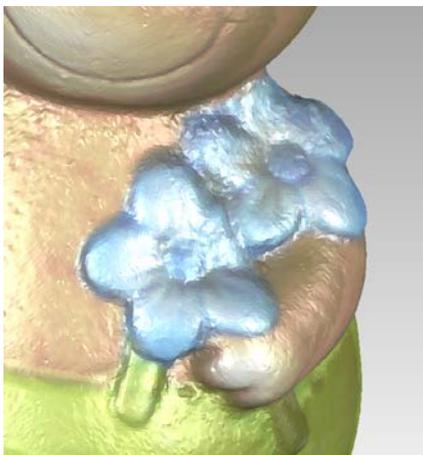


Abbildung 7: Blume, wenig Details

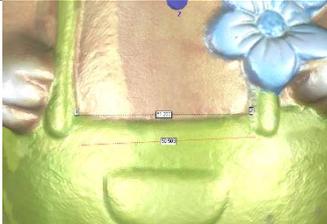
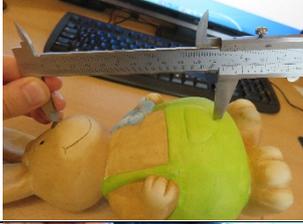
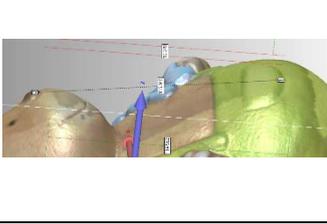
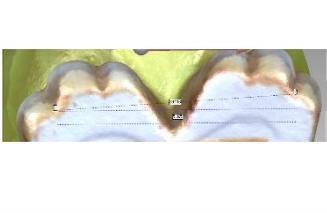


Abbildung 6: Blume, viel Details

Im letzten Schritt wurde ein Glättungsfilter auf das Objekt angewendet um die Oberfläche zu glätten. Das vollständige Modell ist in Abbildung 9 und Abbildung 10 dargestellt.

### Evaluierung der Genauigkeit

Um die Genauigkeit des digitalen Modells zum realen Objekt zu untersuchen wurden 3 repräsentative Längen gemessen und miteinander verglichen. Zusätzlich wurde das Volumen des realen Objekts gemessen und mit dem berechneten Volumen des Modells in Relation gestellt. Die gemessenen Längen sind in der gleichen Größenordnung. Die Messgenauigkeit ist stark davon abhängig wie exakt die gleichen Punkte getroffen werden. Obwohl charakteristische Punkte verwendet wurden ist es nicht ausgeschlossen, dass die tatsächliche Position leicht variiert und dadurch das Messergebnis verändert.

Länge real	Länge digital		
50,5mm	51,22mm		
116,7mm	116,946mm		
89,55mm	89,118mm		

Das Volumen des originalen Objekts wurde mittels verdrängen von Wasser gemessen. Da jedoch das Objekt relativ groß ist musste ein ungenau beschrifteter Kübel verwendet werden. Die Messung des Volumens ist deshalb sicherlich mit einem Fehler behaftet. Das gemessene Volumen des Objektes beträgt **1,7 Liter** und ist im Vergleich zum berechneten Volumen des Modells von **1,368 Liter** deutlich größer.

### 123D Catch

Für das Modell, das mit 123D Catch erstellt wurde, wurden 45 Bilder mit einer Digitalkamera (Canon PowerShot SX700 HS, 12 Megapixel) aus unterschiedlichen Richtungen und Winkeln aufgenommen um das Objekt von allen Seiten zu erfassen, Abbildung 8. Die Qualität des Modells wurde auf die maximale Genauigkeit eingestellt und die Aufnahmen wurden von 123D Catch automatisch positioniert und zu einem 3D Modell der gesamten Szene zusammengefügt.

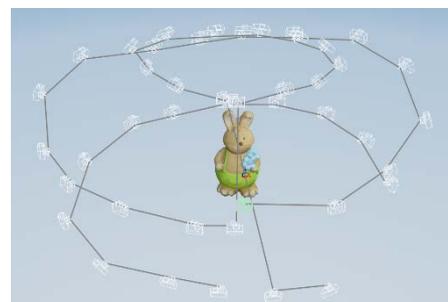


Abbildung 8: 123D Catch. Ausgerichtete Kameraaufnahmen.

Im nächsten Schritt wurde das Objekt grob ausgeschnitten und als \*.obj Datei exportiert um mit Geomagic Wrap bearbeitet werden zu können. In Geomagic Wrap wurde das Objekt genauer ausgeschnitten und es wurden kleinere Löcher gefüllt. Ein Problem bei der Verwendung von 123D Catch ist, dass man die Unterseite auf dem das Objekt steht nicht mitmodellieren kann. Somit wurde die Unterseite mit dem Ausfüllen-Werkzeug geschlossen um ein wasserdichtes Modell zu erzeugen.

### Vergleich zwischen Laserscanner und 123D Catch

In Abbildung 9 und Abbildung 10 ist das Endergebnis des nachbearbeiteten Laserscans zu sehen. Abbildung 11 und Abbildung 12 zeigen das Ergebnis nach der Nachbearbeitung des Modells erstellt mit 123D-Catch. Wie zu erwarten war ist das lasergescannte Modell wesentlich genauer und erfasst mehr Details, z.B. im Bereich der Blume, als die Rekonstruktion aus einfachen RGB-Bildern. Ein deutlicher Unterschied ist am Boden zu sehen. Da, für das Modell aus 123D Catch, keine Aufnahme von der Unterseite des Objekts gemacht wurde ist für diesen Bereich auch keine Information vorhanden. Dennoch ist anzumerken, dass das Ergebnis mittels 123D Catch, vor allem aufgrund der hochauflösenden Texturen, überraschend gut ist. Jedoch stimmen die Abmessungen des Modells von 123D-Catch nicht mit der Realität überein. Dazu müssten die genauen intrinsischen Kameraparameter zur Verfügung stehen.



Abbildung 9: Laserscan - Vorderseite



Abbildung 10: Laserscan - Rückseite



Abbildung 11: 123D Catch - Vorderseite



Abbildung 12: 123D Catch: Rückseite

## Modell – Frager

### Laserscanner

Als Objekt wurde eine elektrische Zahnbürste verwendet (siehe Abbildung 13). Aufgrund der länglichen Form des Objekts und der teilweise kleinen Geometrien, sowie der Beschaffenheit der Oberfläche, mussten mehrere Aufnahmen mit unterschiedlichen Einstellungen und Linsen vorgenommen werden.

Ein besonderes Problem war die reflektierende, texturlose weiße Oberfläche des Objekts, sowie die blanken, spiegelnden Metallflächen. Selbst mit geringster eingestellter Laser-Intensität, konnten diese Oberflächen nicht zufriedenstellend erfasst werden. Die spiegelnden Oberflächen wurden nicht (Löcher im Scan) oder ungenau (starke Welligkeit) vermessen. Um dieses Problem zu lösen bzw. zu verringern, wurde die Zahnbürste mit Kalkspray mattiert.

### Aufnahme des Objekts

Zuerst wurde das Objekt aufrecht auf einer Drehscheibe platziert und in 30° Schritten unter Verwendung der Linse mit 14 mm Brennweite, mit geringer Laser-Intensität gescannt und automatisch durch die zur Verfügung gestellte Software zusammengefügt. Die Laser-Intensität wurde reduziert, um die weißen Oberflächen genauer zu vermessen (siehe Abbildung 14).

Anschließend wurde das Objekt nochmals auf der Drehscheibe in 60° Schritten und mit 14 mm Linse sowie erhöhter Laser-Intensität gescannt, um auch die dunklen Oberflächen genau zu erfassen (siehe Abbildung 15).



Abbildung 15:  
Elektrische Zahnbürste  
als Objekt



Abbildung 13:  
30° Aufnahmen mit  
geringer Laser-Intensität

Abbildung 14:  
60° Aufnahmen mit  
hoher Laser-Intensität

Im nächsten Schritt wurde der Boden des Objekts, weiterhin unter Verwendung der 14 mm Linse, gescannt. Da dieser eine stark konkave Stelle hat und diese somit nicht vom Laserscanner (Triangulation) erfasst werden kann, wurde diese Stelle mittels Klebeband abgedeckt, um Löcher im Scan zu verhindern. Vom Boden wurden die Scans so angefertigt, dass auch noch Teile der Mantelfläche der Zahnbürste erfasst wurden. Dies hat den Zweck, das nachträgliche Zusammenfügen der einzelnen Scans in Geomagic zu erleichtern.

Im letzten Schritt wurde der Kopf der Zahnbürste, also der Ansteckmechanismus, gescannt. Da dieser relativ kleine Abmessungen und viele Details hat, wurde die Tele Linse mit 25 mm Brennweite verwendet. Diese Detailaufnahmen wurden wiederum mithilfe der Drehscheibe, in 60° Schritten, aufgenommen (siehe Abbildung 16).



Abbildung 16: Detail-Scan  
des Zahnbürsten Kopfes

### Bearbeitung in Geomagic

Mithilfe der Software Geomagic, wurde dann aus den einzelnen Scans, ein 3D Modell erstellt.

Ausgangspunkt war der erste Scan, der in 30° Schritten und mit geringer Laser-Intensität aufgenommen wurde. Dieser Scan wurde vorerst von allen, nicht zum Modell gehörenden Punkten, befreit (siehe Abbildung 14).

Anschließend wurden die dunklen Oberflächen aus dem ersten Scan verworfen und durch die dunklen Texturen des zweiten Scans ersetzt (siehe Abbildung 18).

Im nächsten Schritt wurden die einzelnen Scans des Bodens zu einem vollständigen Boden-Scan zusammengefügt (siehe Abbildung 17) und anschließend mit dem Schaft der Zahnbürste vereint (siehe Abbildung 19).

Danach wurde noch der schlecht vermessene, Kopf-Teil des Modells gelöscht und durch den Detail-Scan des Zahnbürsten Kopfes ersetzt (siehe Abbildung 20). Zuvor musste aber noch der Detail-Scan des Kopfes (siehe Abbildung 16), der eigentlich mit der Drehscheibe aufgenommen wurde, richtig zusammengesetzt werden, da die einzelnen Scans nicht perfekt zusammengefügt wurden. Hier wurde der Scan-Aufbau wohl während des Scannens bewegt.

Zuletzt wurden noch kleine Löcher geschlossen, Spitzen entfernt und das Modell geglättet (siehe Abbildung 21).

### Abmessungen

Das Volumen des digitalen Modells beträgt laut Geomagic  $82,674 \text{ cm}^3$  was  $0,0827 \text{ dm}^3$  entspricht. Das reale Objekt verdrängt Wasser mit dem Gewicht von etwa 80 g was in etwa 80 ml und somit  $0,08 \text{ dm}^3$  entspricht. Die Volumina zwischen realem und digitalem Modell stimmen also sehr gut überein. Auch die anderen Maße, wie die Länge des Schaftes mit 148,5 mm (siehe Abbildung 22), der Breite des Bodens mit 30,8 mm (siehe Abbildung 23) oder der Breite des Schalters mit 14 mm (siehe Abbildung 24) stimmen mit dem realen Modell überein. Mögliche Unterschiede im Sub-Millimeter-Bereich, konnten aufgrund von fehlendem Messwerkzeug nicht festgestellt werden.



Abbildung 17:  
Vereinte Bode-Scans

Abbildung 19:  
Kombination der ersten  
beiden Scans, mit  
schwacher und starker  
Laser-Intensität

Abbildung 18:  
Vereinigung von  
Schaft und Boden



Abbildung 21: Vereinigung  
von Schaft mit Kopf

Abbildung 20: Fertiges 3D  
Modell

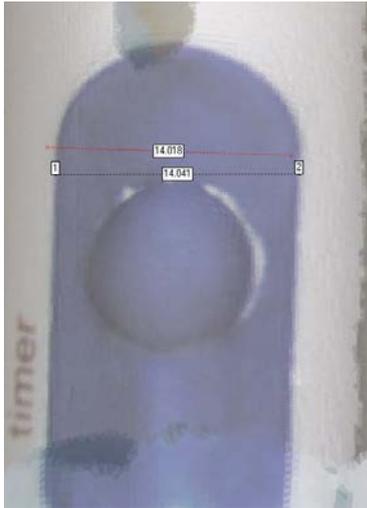


Abbildung 23: Breite des Schalters beträgt 14 mm

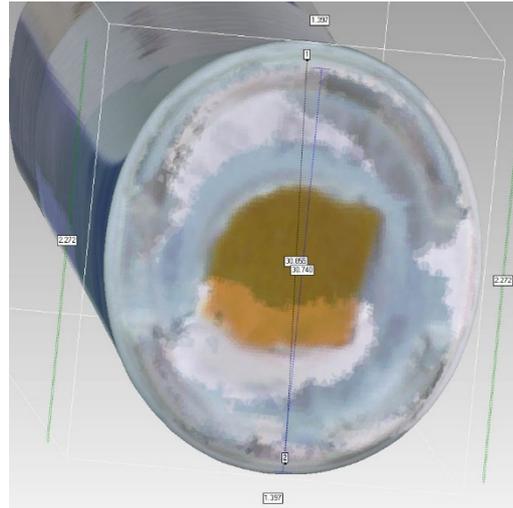


Abbildung 22: Breite des Bodens beträgt 30,8 mm

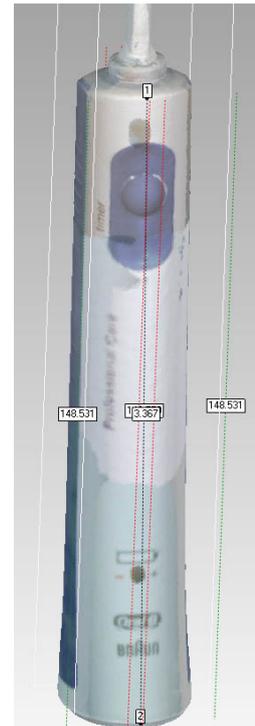


Abbildung 24: Länge des Schaftes beträgt 148,5 mm

### 123D Catch

Um das digitale Modell aus 2D Digitalbildern zu erstellen, wurde die Zahnbürste auf einem gut texturierten Untergrund so aufgestellt, dass die Beleuchtung rundherum möglichst homogen ist.

Es wurden insgesamt 27 Bilder aufgenommen, welche 360° des Schaftes und den oberen Bereich des Objekts abbilden (siehe Abbildung 25).

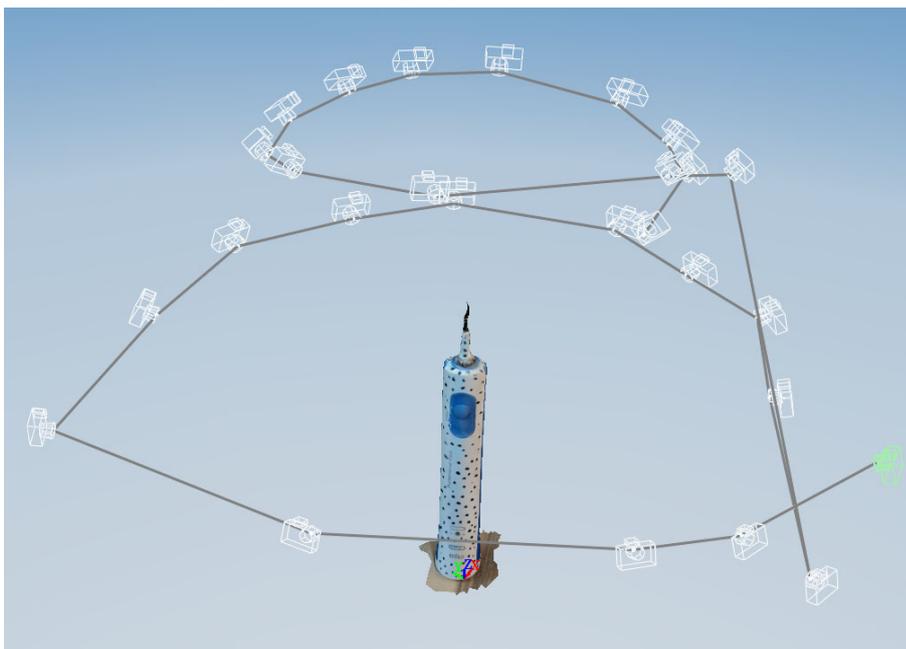


Abbildung 25: Kamerapositionen



Abbildung 26: Fertiges 3D Modell, generiert mit 123D Catch und bearbeitet mit Geomagic

Probleme gab es bei dieser Methode vor allem mit den untexturierten weißen Flächen. Auch der sehr detaillierte Bürstenkopf konnte nicht vollkommen richtig modelliert werden. Gibt es zu wenig Textur, kann die Software in diesem Gebiet keine Tiefeninformation generieren und das Modell hat große Fehler. Aus diesem Grund wurde selbst eine Textur in Form von schwarzen Punkten aufgebracht. Diese Maßnahme hat das Modell deutlich verbessert. An die Qualität des Laser-Scans kommt dieses Verfahren, bei diesem Objekt, allerdings nicht heran. Der Bürstenkopf ließ sich nicht korrekt rekonstruieren, da die verwendete Digitalkamera bei einer Detailaufnahme des Kopfes, zu wenig Tiefenschärfe hatte und somit der Untergrund zu wenig Details für eine korrekte Ausrichtung aufwies. Mit einer hochwertigeren Kamera und besseren Lichtbedingungen ließe sich das Modell eventuell verbessern.

Ein weiteres Problem ist, dass der Boden des Objekts nicht aufgenommen werden kann, weil sich das Objekt relativ zum Untergrund, nicht bewegen darf. Es entsteht somit ein Loch im 3D Modell.

Das Modell aus 123D Catch wurde in Geomagic importiert und etwas nachbearbeitet. Es wurden nicht zum Modell gehörende Polygone gelöscht, Löcher geschlossen, Spitzen entfernt und das Modell etwas geglättet (siehe Abbildung 26).

Die Abmessungen des digitalen Modells weichen äußerst stark vom realen Modell ab. Das ist wahrscheinlich der Fall, da die Software keine Informationen über die Brennweite der Linse hat und somit auch keinen Größenbezug zur Realität herstellen kann.

### Vergleich 123D Catch vs. Laserscanner

Beim verwendeten Objekt ist die Qualität des Laser-Modells weitaus besser (siehe Abbildung 27). Vor allem bei kleinen Details wie dem Kopf oder den seitlich am Schaft angebrachten, erhobenen Streifen, gibt es Ungenauigkeiten (siehe Abbildung 28). Bei genauerer Betrachtung sieht man auch, dass die nun texturierte, vormals texturlose weiße Oberfläche, einen sehr ungleichmäßigen Verlauf hat. Die Textur müsste wahrscheinlich noch mehr von der weißen Oberfläche bedecken, um ein besseres Ergebnis zu erzielen.

Der Vorteil von 123D Catch ist allerdings, dass man mit geringem finanziellem Aufwand und innerhalb kürzester Zeit, ein 3D Modell mit passender Textur generieren kann.

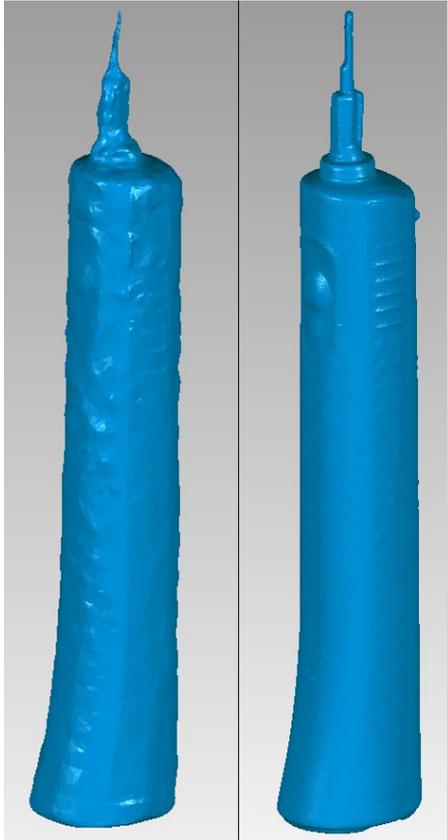


Abbildung 27: Gegenüberstellung der 3D Modelle: Erstellt mittels Digitalkamera und 123D Catch (links) und erstellt mittels Laserscanner und Geomagic (rechts)

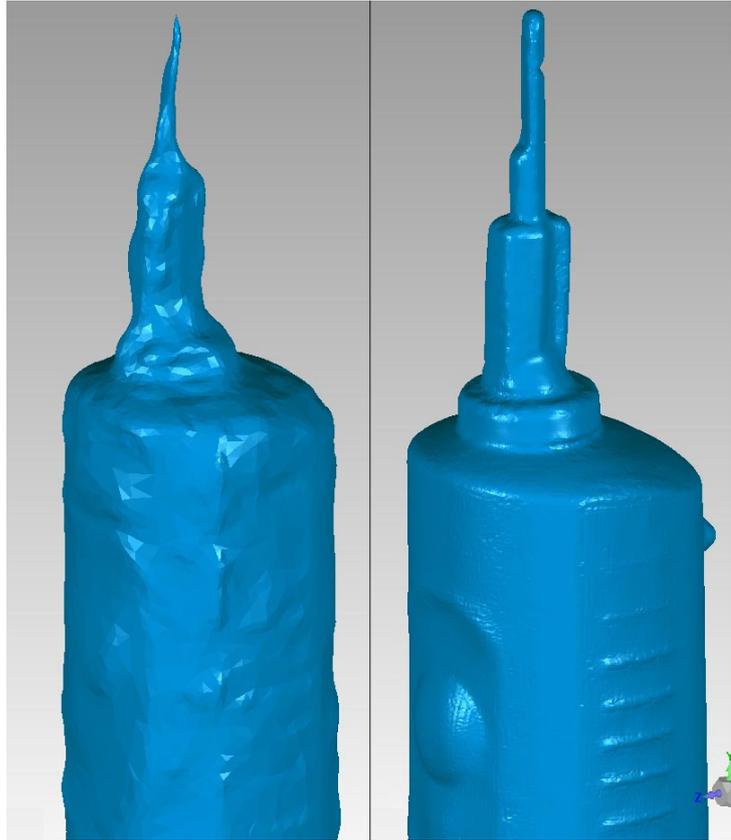


Abbildung 28: Vergleich der Details der 3D Modelle: Modell aus Digitalbildern (links), Modell aus Laser-Scans (rechts)

## Modell – Schlachter

### Laserscanner

Als Objekt wurde eine Keramikfigur gewählt (siehe Abbildung 29). Um zunächst alle Bereiche grob zu erfassen, wurden drei Rundumscans mit einer Schrittweite von 60° unter Verwendung der 14 mm Linse durchgeführt. Der erste Scandurchlauf diente zum Erfassen des rosa Körpers und wurde mit einer mittleren Laser-Intensität durchgeführt. Beim zweiten Durchlauf wurde die Laser-Intensität erhöht, um die Erfassung des dunkelgrünen Bodens zu ermöglichen. Um die Unterseite des Bodens zu scannen, wurde das Keramik Schwein auf den Rücken gelegt und mit Knetmasse fixiert. Auch hier wurde ein Rundumscan durchgeführt, um ein späteres Registrieren leichter zu ermöglichen (siehe Abbildung 30).



Abbildung 29: Ausgewähltes Objekt zur Übungsdurchführung

Die Blume auf der Vorderseite des Objektes wurde anschließend noch mit 3 Einzelscans aus unterschiedlichen Richtungen mit einem Winkelversatz von zirka 15° erfasst. Auch diese Scans wurden mit der 14 mm Linse durchgeführt.

### Bearbeitung in Geomagic Studio

Zunächst wurden die drei Rundumscans mit Hilfe des Manuel Registration Tool (im n-Point Registration Mode) untereinander registriert und anschließend die Bereiche der Rundumscans weggeschnitten, die mit dem jeweiligen Scan nicht abgebildet werden sollten. So wurde vom ersten Scan der Boden, vom zweiten Scan der Körper und vom dritten Scan ebenfalls der Körper entfernt.

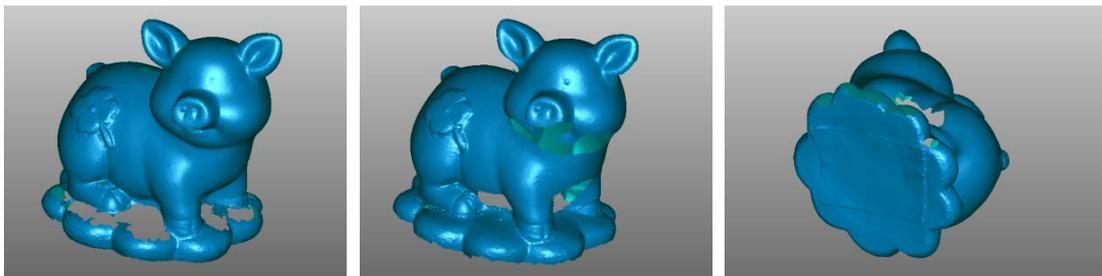


Abbildung 30: Die drei durchgeführten Rundumscans. **Links:** Aufnahme mit mittlerer Laser-Intensität zur Modellierung des Körpers. **Mitte:** Aufnahme mit hoher Laser-Intensität zur Modellierung des dunklen Bodens. **Rechts:** Rundumscan zur Erfassung der Unterseite des Bodens.

Als zweiten Schritt wurden die drei Einzelscans der Blume untereinander registriert und vereinigt. Der Bereich der Blume der vereinigten Rundumscans wurde anschließend durch die Detailaufnahme ersetzt.

Die größten Schwierigkeiten ergaben sich durch die dunkle Farbe des Bodens. Auch nach mehrmaliger Anpassung der Laser-Intensität, blieb das Rauschen der Messungen deutlich größer als bei der Vermessung des rosa Körpers. Weiters blieben kleine Löcher vorhanden. Spitzen wurden hier sowohl von Hand als auch mit dem Tool *Spitzen entfernen* entfernt. Die kleinen noch vorhandenen Löcher wurden händisch gefüllt.

Das Modell wurde anschließend noch mit den Geomagic Funktionen *Sandpapier*, *Glätten* und *Spitzen entfernen* bearbeitet. Das Endergebnis ist in Abbildung 31 dargestellt.

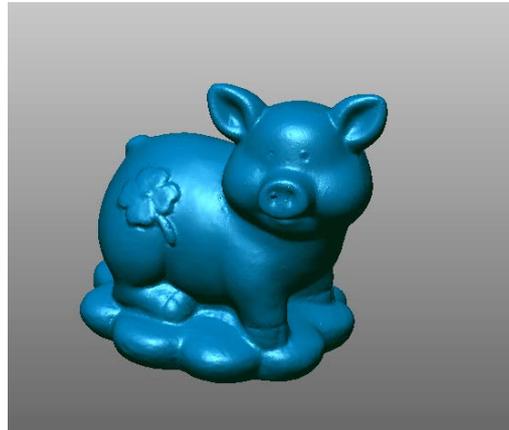


Abbildung 31: Endergebnis des mittels Laserscanner erstellte 3D Modell

### Evaluierung des Modells

Für die Auswertung wurden drei Längen in Geomagic Studio und mit Hilfe eines Messschiebers am echten Objekt gemessen. Dabei wurde darauf geachtet möglichst große Distanzen zwischen möglichst markanten Punkten zu messen. Die drei gemessenen Längen sind in Abbildung 32, 33 und 34 dargestellt. Weiters wurde das Volumen in Geomagic und durch Wasserverdrängung in einem Behälter bestimmt. Dabei wurde darauf geachtet einen Behälter mit einem möglichst kleinen Querschnitt zu verwenden, um eine maximalen Unterschied des Wasserstands zu erhalten. Aufgrund der Schwierigkeit der genauen Messung des Volumens wurde diese Messung zwei Mal durchgeführt.

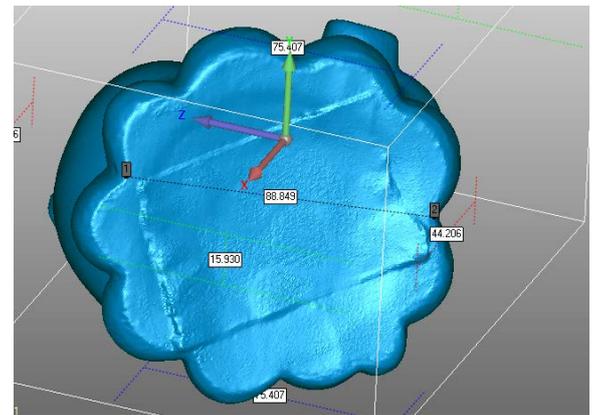


Abbildung 32: Gemessene Länge an der Unterseite des Bodens

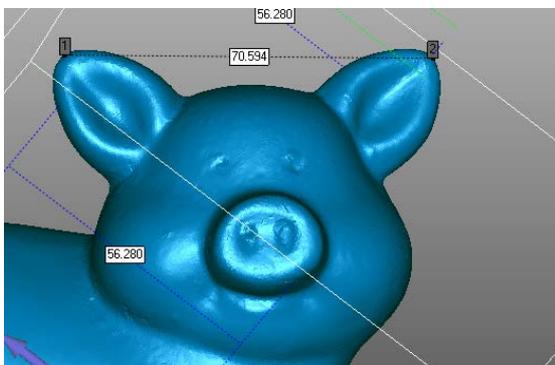


Abbildung 33: Messung des Ohrabstands

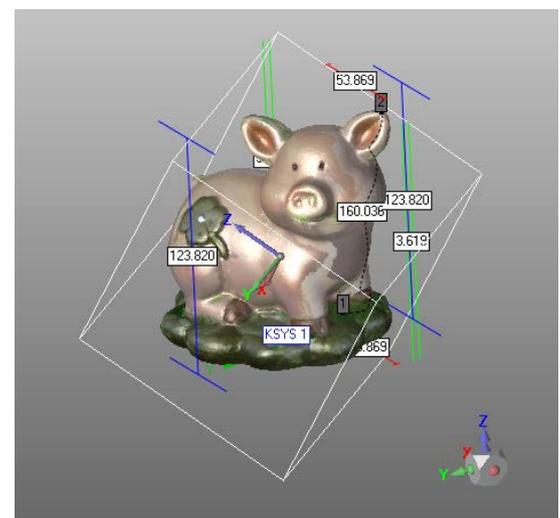


Abbildung 34: Messung der Höhe der Keramikfigur

Die Ergebnisse sind in nachstehender Tabelle zusammengefasst:

	Messungen in Geomagic	Messungen am Objekt
Abstand Unterseite	88.8 mm	89 mm
Abstand Ohren	70.6 mm	71 mm
Höhe	123.8 mm	124.5 mm
Volumen	527 876 mm <sup>3</sup>	570 000 mm <sup>3</sup> , 489 000 mm <sup>3</sup>

Die Eckpunkte des Abstands an der Unterseite des Bodens waren die markantesten und daher am zuverlässigsten zu messen. Bei der Messung der Höhe wurde in Geomagic eine Ebene durch drei Punkte an der Unterseite des Bodens definiert. Da die Unterseite aber nicht eben ist ergeben sich hier Messfehler. Die Messungen in Geomagic und am echten Objekt weichen weniger als einen Millimeter ab (entspricht einer Abweichung von ca. 0.5%). Die Genauigkeit der Volumenmessung ist aufgrund der Art der Durchführung der Messung begrenzt, konnte jedoch mit deutlich unter 10% Streuung durchgeführt werden.

### 123D Catch

Für die Modellierung mittels 123d Catch wurden 41 Fotos aufgenommen (Kamera: Sony DSC-WX80, 16 Megapixel). Es wurden Sequenzen bestehend aus 20, 14 und 7 Bildern aufgenommen (siehe Abbildung 34). Wobei von Sequenz zu Sequenz der Winkel der Kamera zur Horizontalen vergrößert wurde. Um eine möglichst gleichbleibende Beleuchtung in allen Fotos zu erhalten, wurden die Aufnahmen in einem Innenhof ohne direkte Sonneneinstrahlung und ohne Blitz aufgenommen. Als Untergrund wurde Zeitungspapier gewählt, um eindeutige Features zu erhalten. Da beim Aufnehmen der Fotos das Objekt in der Scene nicht bewegt werden kann, wurde die Unterseite der Keramikfigur nicht aufgenommen. Allerdings wäre es möglich ein zweites Modell in dem die Unterseite des Objekts sichtbar ist, zu erzeugen und anschließend die zwei Modelle in Geomagic Studio zu vereinen. Das Endergebnis, nach Entfernung des Zeitungspapiers in Geomagic Studio, ist in Abbildung 35 dargestellt.



Abbildung 34: Kamerapositionen



Abbildung 35: Endergebnis des mittels 123d Catch erstellten Modells

### Vergleich der Ergebnisse

In Abbildung 36 sind die Ergebnisse unter Verwendung des Laserscanners (links) und unter Verwendung der 123d Catch Software (rechts) abgebildet. Obwohl aufgrund der Gutmütigkeit des Objektes (viel Kontur, keine Selbstverdeckungen) das Objekt gut abgebildet werden konnte, ist das mit dem Laserscanner erzeugte Modell deutlich Detailreicher. Dies ist am deutlichsten beim Betrachten der Blume erkennbar. Während im linken Bild die Blume scharf abgegrenzt ist, ist das Ergebnis der 123d Catch Software sehr grobmaschig und es ist keine genaue Abgrenzung zwischen Körper und Blume vorhanden. Allgemein erkennt man, dass das Ergebnis des Scanners deutlich feinmaschiger und detailreicher ist.

Neben dem Nachteil eines weniger detailreichen Ergebnisses des durch Fotos erzeugten Modells, ist zu erwähnen das dieses Modell auch keine Messung erlaubt, da keine Kalibrierung der Kamera vorhanden ist. Jedoch ist bei dieser Methode eine durchschnittlich Digitalkamera ausreichend, um bereits visuell ansprechendes Ergebnisse zu erhalten.

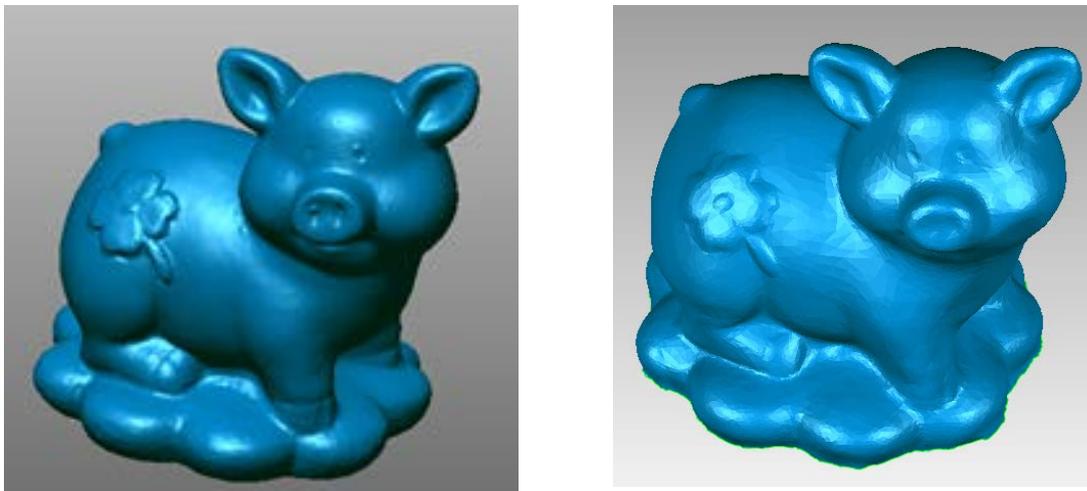


Abbildung 36. Vergleich der Ergebnisse mittels Laserscanner (links) und 123d Catch (rechts). Man erkennt, dass mit Hilfe des Laserscanners ein deutlich detailreicheres und feinmaschigeres Modell erstellt werden konnte.



**Click on the image to activate the 3D Model.**



Click on the image to activate the 3D Model.



Click on the image to activate the 3D Model.