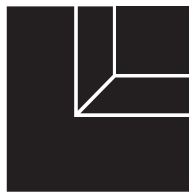




DAS IMAGINÄRE MUSEUM





DAS IMAGINÄRE MUSEUM



Virtuelle Realität im Museum

Das imaginäre Museum 4.0

Anwenderbericht 3D-Scanner

Masterarbeit am Fachbereich Design der
Fachhochschule Dortmund
Wintersemester 2016/17

Anwenderbericht zur Digitalisierung von Museumsstücken
mit Hilfe des 3D-Scanners Artec Eva

Alexander Philippi
Castroper Straße 70
44791 Bochum
alexander.philippi002@stud.fh-dortmund.de

Partner:
Laserscanning Europe

Zielsetzung

Ziel des Projekts war eine 3D-Anwendung mit 3D-Repliken von Kunstwerken aus verschiedenen Museen, die Personen über ein HMD zugänglich gemacht wird.

Dazu wurden die Kunstwerke vor Ort in den Museen eingescannt und die gesammelten Daten am Computer aufbereitet. Im Anschluss wurden die 3D-Modelle der Kunstwerke in einer virtuellen Umgebung ausgestellt und anderen 3D-Modellen von 3D-Künstlern sowie aus Online-Angeboten wie Sketchfab vergleichend gegenübergestellt. Damit soll der Grundgedanke von Malraux' imaginärem Museum aufgegriffen und weiterentwickelt werden.

Ziel war es, die VR-Erfahrung so zu konzipieren und umzusetzen, dass der Besucher von der Realität in die virtuelle Realität geführt wird und dort die Möglichkeit hat, die Ausstellungsstücke in einer virtuellen Umgebung zu betrachten, zu vergleichen und sich dabei frei durch den virtuellen Ausstellungsraum zu bewegen.

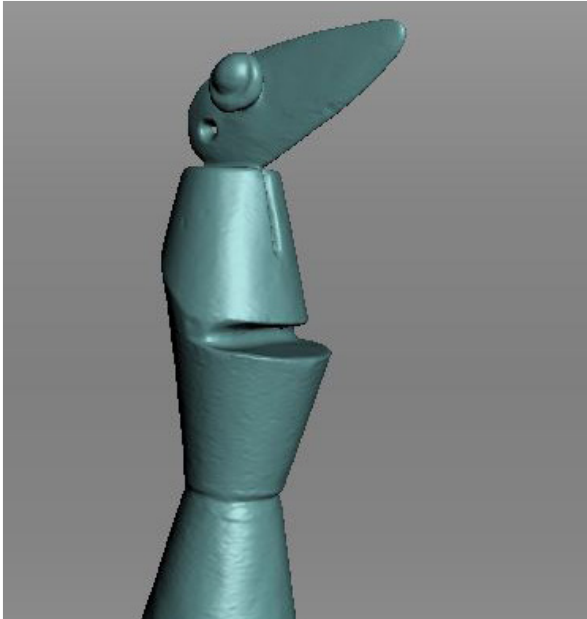


Abb. 0.1 Max Ernst, Habakuk 3D-Modell

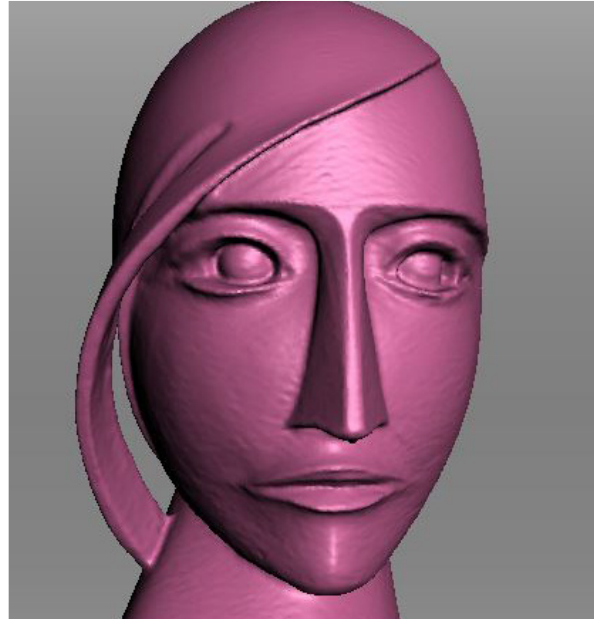


Abb. 0.2 Rudolf Belling, Kopf in Messin 3D-Modell



Abb. 0.3 Renée Sintenis, Fußballspieler 3D-Modell

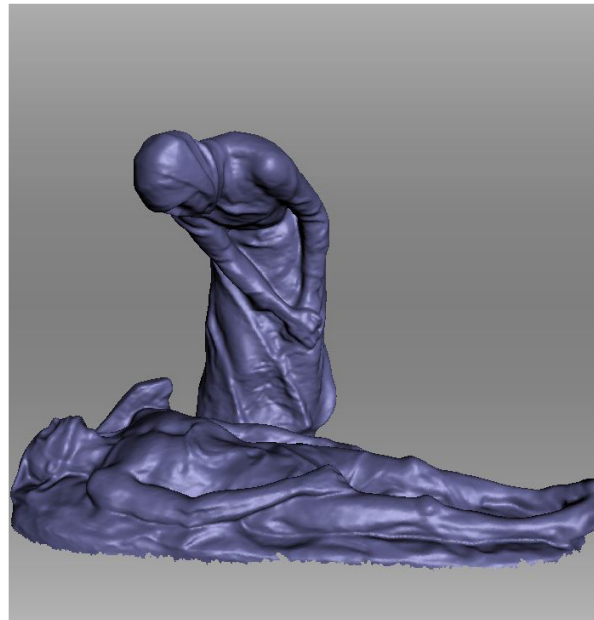


Abb. 0.4 Constantin Meunier, Schlagende Wetter 3D-Modell

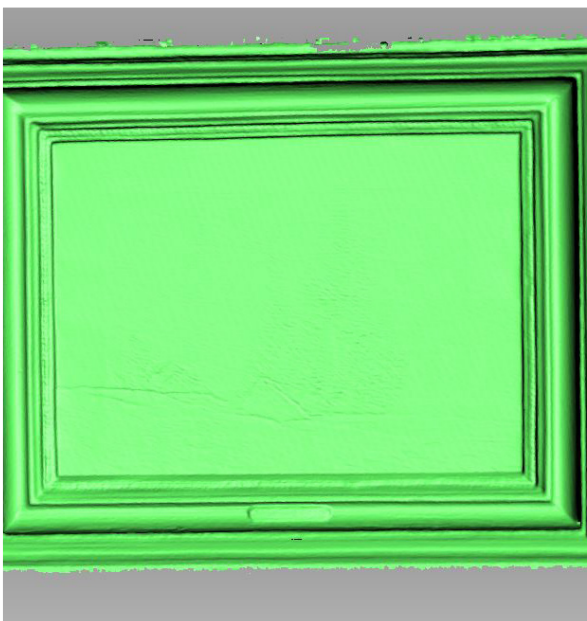


Abb. 0.5 Caspar David Friedrich, Winterlandschaft mit Kirche 3D-Modell



Abb. 0.6 Heiliger Reinoldus, Holzschnitzerei 3D-Modell



Abb. 1.1 3D-Scanner Artec Eva, Set

3D-Scanner

Das Set des 3D-Scanners Artec Eva, das mir von Laserscanning Europe zur Verfügung gestellt wurde, bestehend aus Laptop und Scanner samt aller dazugehörigen Kabel befand sich in einer großen Hartplastikbox, die mit Schaumstoff ausgekleidet war, um die Hardware vor Schäden zu schützen.

In dem Koffer waren enthalten:

Artec Eva Scanner

USB-Kabel

Stromkabel mit Netzteil

Laptop Schenker XMG mit der Software Artec Studio

Netzteil und Stromkabel für das Netzteil

USB-Maus



Abb. 1.2 3D-Scanner Artec Eva, Zubehör



Abb. 1.3 Artec Eva 3D-Scanner

Bedienung des Scanners

Der Scanner verfügt über zwei Knöpfe und mehrere Anschlüsse für diverse Kabel. Für meinen Aufbau benötigte ich ein USB-Kabel, das den Scanner mit dem Laptop verband und ein Kabel für die Stromversorgung des Scanners. Frei blieben die Steckplätze für Ethernetkabel, da ich diese nicht benötigte. Das USB-Kabel des Scanners ist abgewinkelt und passt in den vertieften Steckplatz und die Kabelführung daneben, sodass sich das Kabel beim Scannen nicht aus Versehen lösen kann. Auch das Stromkabel ist am Gerät besonders gesichert. Es wird an der Rückseite eingesteckt und festgeschraubt. Während der Arbeit mit dem Artec Eva hat sich kein Kabel gelöst. Ich hätte mir gewünscht, dass beide Kabel in einem zusammengefasst sind. So musste man ständig aufpassen, wo gerade welches Kabel war und zwischendurch verknöteten sich die Kabel immer wieder.

Die zwei Knöpfe an der Rückseite des Scanners sind so angebracht, dass man sie, wenn man das Gerät in der Hand hält, leicht erreichen kann. Der obere Knopf startet bei einmaligem Drücken die Vorschau. Man sieht auf dem Computerbildschirm, was im Fokus des Scanners liegt. Beim zweiten Drücken startet der Scanvorgang mit den zuvor in der Software festgelegten Voreinstellungen. Drückt man ein drittes Mal, wird der Scanvorgang pausiert. Der untere Knopf wird zur Beendigung des Scanvorgangs benutzt. Die verschiedenen Modi, in denen sich der Scanner gerade befindet, werden außerdem über LEDs neben den Knöpfen angezeigt. Ist der Scanner bereit, leuchtet eine grüne LED, befindet sich das Gerät im Vorschaumodus, blinkt eine rote LED und während des Scannenvorgangs leuchtet diese konstant.



Abb. 1.4 & 1.5 Scanprozess Skulpturenmuseum Marl

Scanning

Der Aufbau für den Digitalisierungsprozess selbst war sehr reduziert. Ich benötigte nur den Laptop mit der Scan-Software, den 3D-Scanner, eine Kabeltrommel und eine Mehrfachsteckdose. Mit diesem Setup machte ich mich auf den Weg in die Museen, um die Skulpturen und Gemälde dort einzuscannen. Da die Hardware nicht umfangreich war, ging der Aufbau vor Ort sehr schnell und das System war innerhalb von wenigen Minuten einsatzbereit. Die Box, in der Scanner und Laptop aufbewahrt wurden, ließ sich außerdem sehr leicht transportieren.

Skulpturenmuseum Glaskasten Marl

Meine erste Station für die Digitalisierung von Skulpturen und Gemälden war das Skulpturenmuseum in Marl.

Mir wurde ein eigener Arbeitsbereich im Keller des Gebäudes zur Verfügung gestellt und die zu scannende Skulpturen so platziert, dass ich mit dem Scanner um sie herum gehen konnte, um sie von allen Seiten aufzunehmen. Gleich die erste zu scannende Skulptur, *Bürger mit Schlüssel* von Auguste Rodin, stellte eine Herausforderung dar. Sie ist sehr dunkel und reflektierend, was mit den richtigen Scaneinstellungen aber recht gut ausgeglichen werden konnte. Eine andere Skulptur war sehr ineinander verschachtelt und viele Teile überlagerten sich, sodass die Scanaufnahme zwar gut funktionierte, aber die spätere Nachbearbeitung fast unmöglich war. Zu viele Stellen glichen einander oder sahen sich ähnlich, dadurch konnten die verschiedenen Scans später nicht zueinander ausgerichtet werden.

Als ich genügend Material für die ersten vier Skulpturen gesammelt hatte, bat mich ein Mitarbeiter, noch zwei Skulpturen zusätzlich einzuscannen. Innerhalb von kürzester Zeit war das Set-up abgebaut und an einer anderen Stelle im Museum wieder aufgebaut.

Nach ein paar Stunden hatte ich genügend 3D-Daten für die Rekonstruktion der 3D-Modelle der insgesamt sechs Skulpturen gesammelt.



Abb. 1.6 & 1.7 & 1.8 & 1.9 Scanprozess MKK Dortmund

Die zweite Station war das Museum für Kunst und Kulturgeschichte Dortmund.

Man bat mich, zuerst Objekte zu scannen, die dem Museum besonders wichtig waren. Dies war ein *Reiterbildnis Kaiser Maximilians II.* von Jan de Vos aus Silber in einem Ebenholzrahmen aus dem 16. Jahrhundert. Da stark reflektierende Oberflächen und besonders dunkle Oberflächen sich nur schlecht scannen lassen – obwohl Artec damit wirbt, dass diese Oberflächen für den Scanner Eva kein Problem darstellen – rechnete ich nicht mit besonders guten Ergebnissen, gab mir aber größte Mühe, das Objekt so gut es ging zu scannen. Tatsächlich stellte sich in der Nachbearbeitung heraus, dass der Scan überraschend gut gelungen war.

Ein *Pokal aus Silber und Muschel* von Cornelius Link aus dem 17. Jahrhundert, den ich als nächstes scannte, war aber zu viel für den Scanner. Die gesammelten Daten konnten leider kaum zu einem guten Modell zusammengesetzt werden. Auch mit dem Bild *Gesellschaft* von Wolfgang Heimbach aus dem 17. Jahrhundert in einem schwarzen Rahmen hatte der Scanner Probleme. Die Scandaten konnten jedoch anders als die des Pokals noch benutzt werden.

Das nächste Objekt war eine Eichenholzskulptur des *Heiligen Reinoldus* aus dem 15. Jahrhundert. Die Figur ließ sich problemlos einscannen und bis auf wenige nicht erfasste Stellen waren die gesammelten Daten sehr gut.

Der *Lyrasekretär* von Ludwig Beissner von 1829, den ich anschließend scannte, war das größte Objekt im gesamten Digitalisierungsprozess. Er ließ sich sehr gut einscannen. Bis auf wenige Stellen, die ich mit dem Scanner leider nicht erreichen konnte, war der gesammelte Datensatz von guter Qualität.

Das letzte Objekt meines ersten Tages im Museum für Kunst und Kulturgeschichte in Dortmund war der Bronzeguss *Schlagende Wetter* von Constantin Meunier. Zwar war die Oberfläche recht dunkel und reflektierte etwas, aber der Scanner leistete an diesem Objekt gute Arbeit; der Scan ließ sich in der Nachbearbeitung leicht zusammensetzen und angleichen.

Ein paar Tage später hatte ich einen weiteren Termin in dem Museum. Bei meinem zweiten Termin in dem Museum bekam ich die Gelegenheit, nicht erfasste Stellen und Löcher in dem Modell durch zusätzliche Scans zu füllen. An diesem Tag konnte ich über sieben Stunden alles, was ich wollte, einscannen, auch Gemälde und Skulpturen aus dem Depot des Museums.

Das erste Gemälde an diesem Tag war *Winterlandschaft mit Kirche* von Caspar David Friedrich

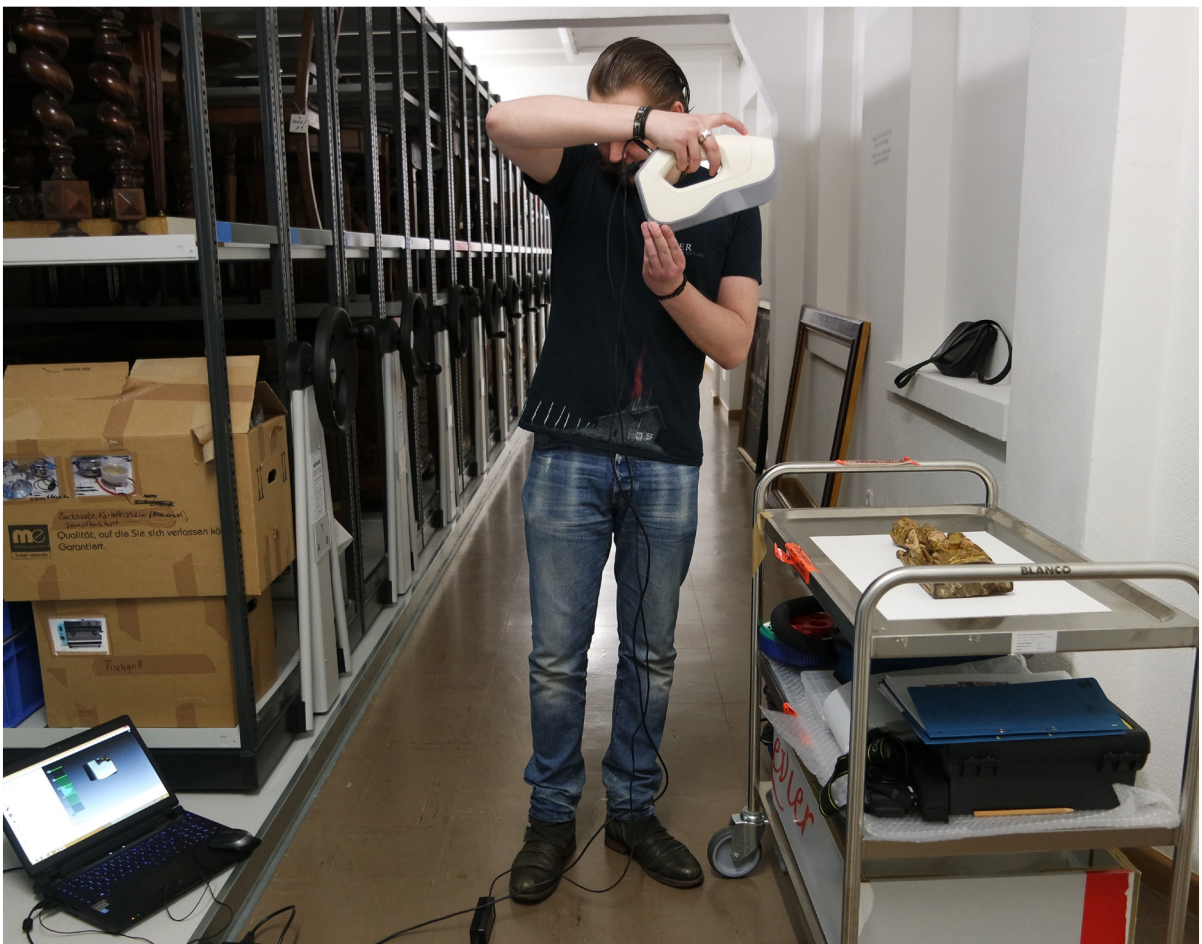



Abb.



von 1811. Das Bild ließ sich gut einscannen und die Vorschau der Scans zeigte, dass viele der Details in dem Bild von dem Scanner erkannt wurden. Es folgten die Gemälde *Ländliches Glück* (1830) von Johann Gottlieb Hantzsch, *Bildnis einer Italienerin* (1837) von Theobald von Oer und *Grotta di Madre auf Capri* (1833) von Thomas Fearnley.

Nachdem alle gewünschten Gemälde im ersten Teil der Gemäldegalerie gescannt waren, ging es im dritten Obergeschoss, dem zweiten Teil der Gemäldegalerie weiter. Hier scannte ich zunächst ein Bild von Wilhelm Busch, *Brustbild eines jungen Mannes in barocker Tracht* von 1893, während Frau Langenbahn das Gemälde *Ostsee* (1902) von Lovis Corinth für den Digitalisierungsprozess aus dem verglasten Rahmen nahm. Das letzte Bild in diesem Bereich des Museums war *Breege auf Rügen* (1888) von Walter Leistikow. Danach bekam ich die Gelegenheit die noch fehlenden Scans der Eichenholzkulptur des heiligen Reinoldus nachzuholen und das 3D-Modell damit zu vervollständigen.

Im Anschluss durfte ich Scans im Depot des Museums durchführen. Zunächst sammelte ich 3D-Datensätze der Gemälde *Goldschmied Heinrich Frisse* (1934) von Moritz Coschell und *Häuserzeile in Hörde* von Lutz Dittberner und zum Schluss wurde noch eine kleine Madonnen-Skulptur aus Holz eingescannt. Insgesamt konnte ich im Museum für Kunst und Kulturgeschichte in Dortmund 16 Objekte einscannen.



Abb. 1.12 & 1.13 Scanprozess Kunstmuseum Gelsenkirchen

Kunstmuseum Gelsenkirchen

Die letzte Station war das Kunstmuseum Gelsenkirchen

Innerhalb von anderthalb Stunden scannte ich vier Objekte in dem Museum: zwei Gemälde, Maxime Maufra, *Oase von Biskra* von 1913 und von Ludvig Munthe *Winterabend* von 1896 und zwei Skulpturen von René Sintenis, *Fußballspieler* von 1927 und Georg Kolbe, *Kniende* von 1926.

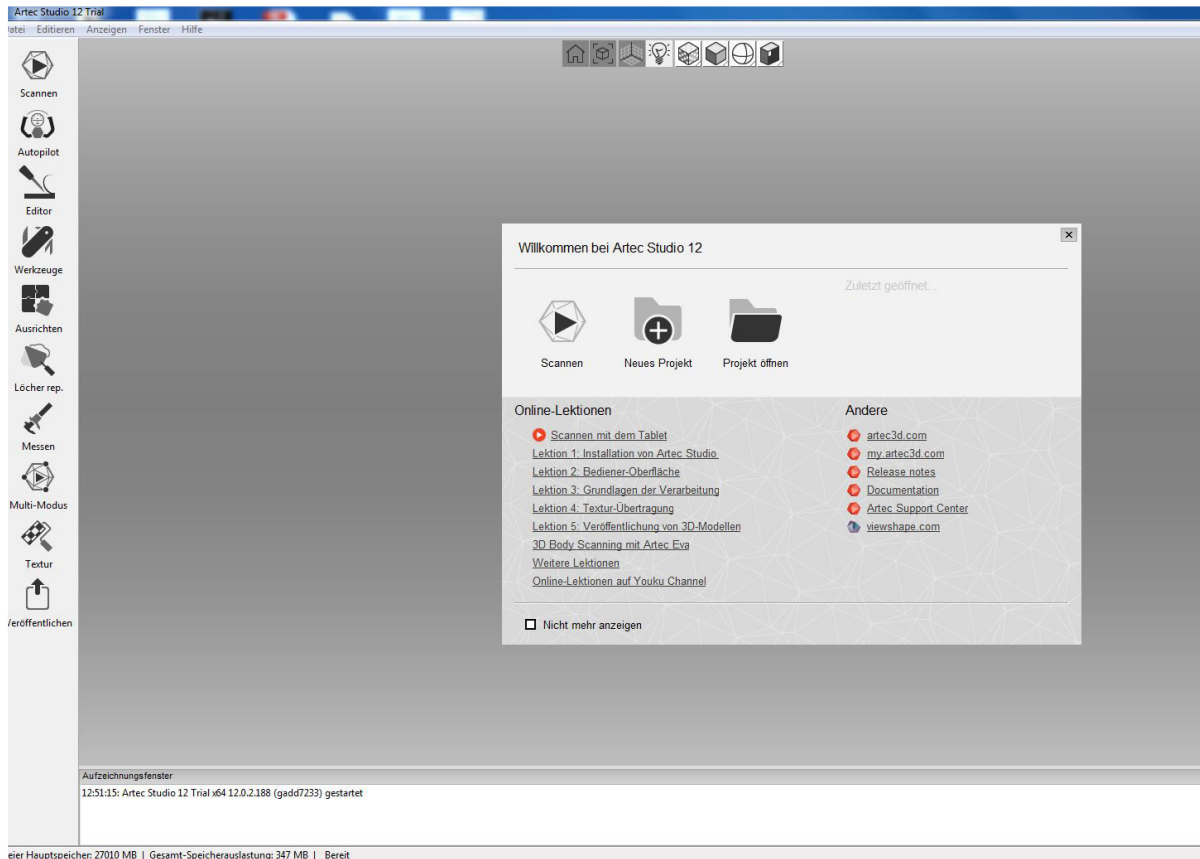


Abb. 2.1 Artec Studio, neues Projekt

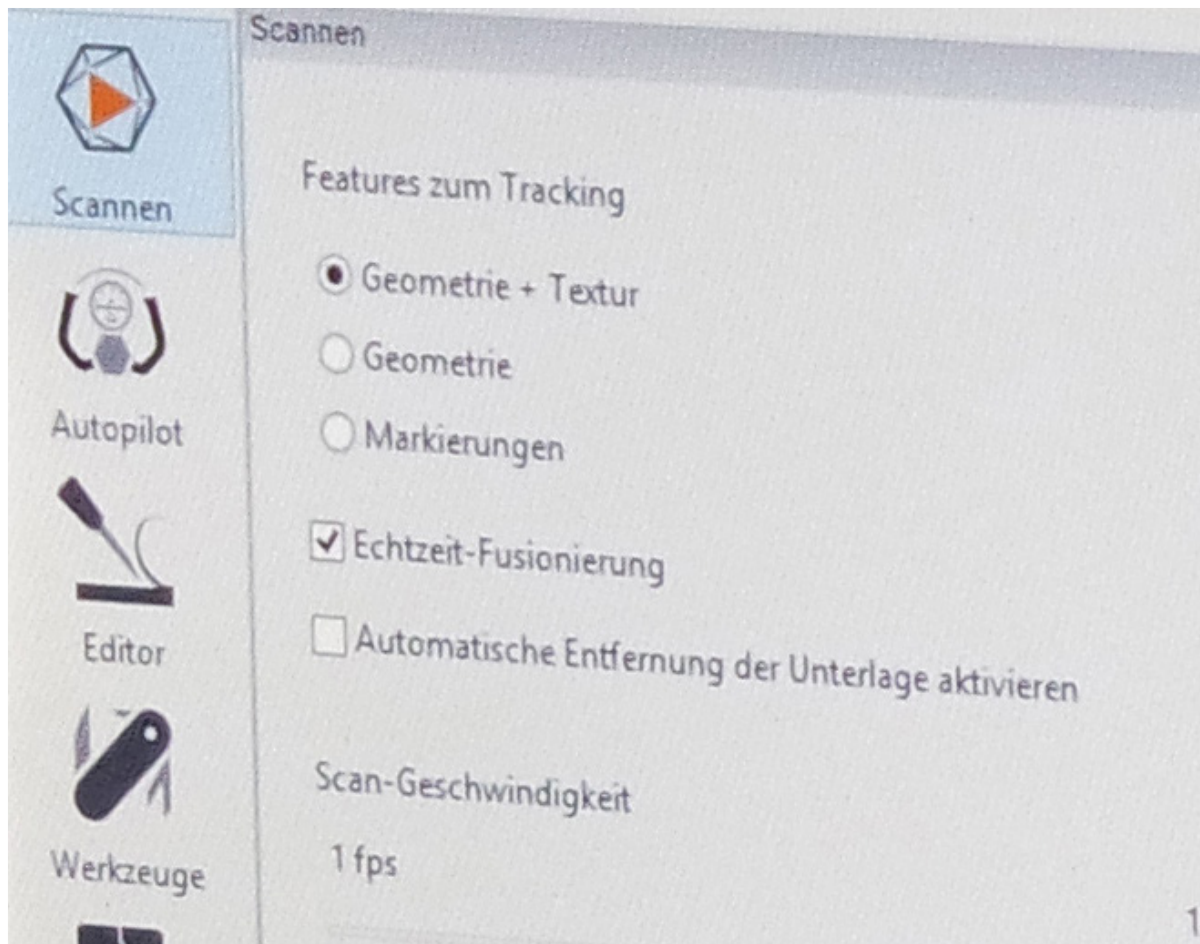


Abb. 2.2 Artec Studio, Scanmethoden

Nachbearbeitung

Im Folgenden ist kurz die Bedienung und die Einstellungsmöglichkeiten in der verwendeten Software Artec Studio 11/12 erklärt, um im Anschluss daran zu zeigen, wie ich in der Vor- und Nachbearbeitung vorgegangen bin.

Artec Studio 11/12 Bedienung

Neues Projekt und Vorschau

Nach dem Starten der Software kann man unter dem Reiter *Datei* auf *neues Projekt* gehen, dieses benennen und starten oder man fängt direkt an zu scannen, speichert zu einem späteren Zeitpunkt über den Reiter *Datei* und wählt dann *Projekt speichern unter* und kann währenddessen das Projekt auch benennen.

Drückt man den oberen Knopf an dem Scanner oder die Taste *F7* am Computer, mit dem der Scanner verbunden ist, startet die Vorschau in dem mittleren Fenster im Interface.

Sind mehrere Scanner an den gleichen Computer angeschlossen, muss zuerst der Scanner, den man benutzen möchte, ausgewählt werden.

Scanmethoden

Die voreingestellte Scanmethode ist *Geometrie und Textur*. Benutzt man ein bereits älteres Computermodell oder steht nicht genügend RAM zur Verfügung, so eignet sich die Scanmethode *Geometrie*, um Problemen vorzubeugen. Außerdem gibt es noch die Scanmethode *Marker*, welche benutzt werden kann, wenn Marker verwendet werden. Eine weitere Auswahlmöglichkeit bei den Scanmethoden ist die *Echtzeit-Fusionierung*. Hierbei wird in Echtzeit ein 3D-Modell erzeugt und die Nachbearbeitung fällt weniger umfangreich aus. Um Echtzeit-Fusionierung als Scanmethode auszuwählen, muss die Vorschau zunächst gestoppt werden. Dann kann man den Haken bei *Echtzeit-Fusionierung* setzen und eine neue Vorschau starten. Befindet man sich bereits im Vorschaumodus, genügt ein Druck auf den oberen Knopf am Scanner und das Gerät beginnt den Scanprozess. Um den Prozess zu stoppen, drückt man ein Mal den unteren Knopf. Um den laufenden Scanvorgang zu pausieren, drückt man den oberen Knopf ein drittes Mal.

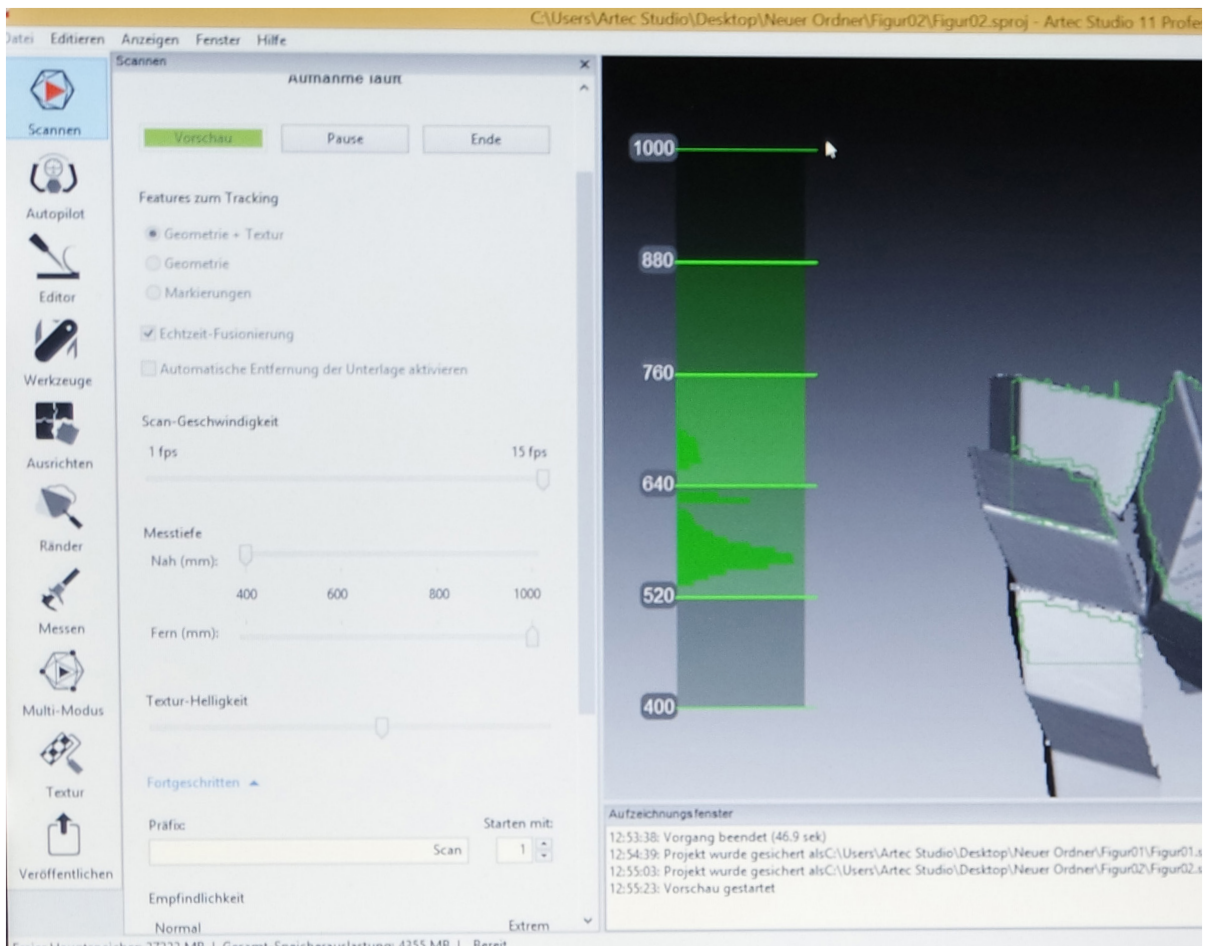


Abb. 2.3 Artec Studio, während des Scannens

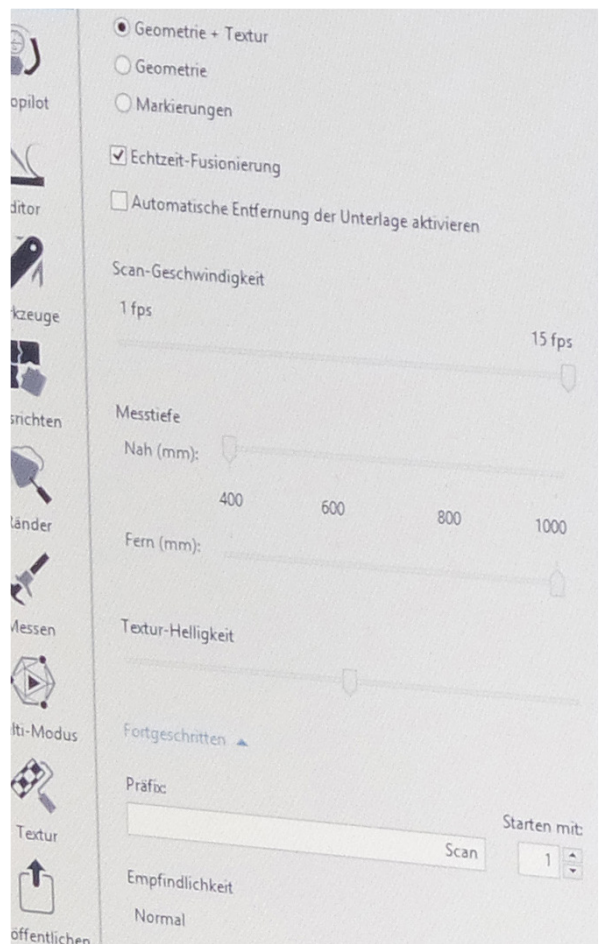
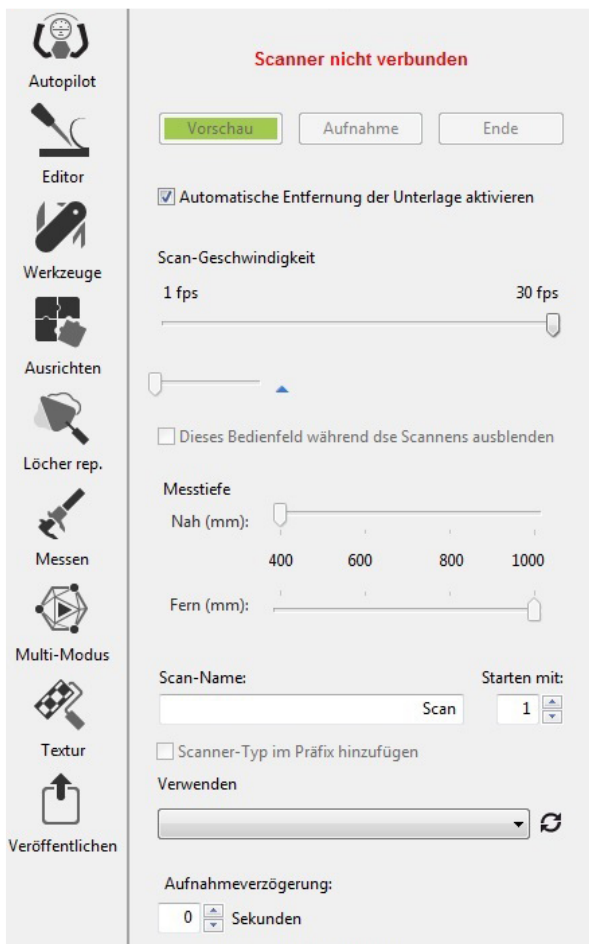


Abb. 2.4 & 2.5 Artec Studio, Einstellungsmöglichkeiten

Einstellungsmöglichkeiten

Automatische Untergrundentfernung Mit der Aktivierung dieser Einstellung wird der Untergrund, auf dem die zu scannenden Objekte stehen direkt entfernt. Da dies nicht immer gut funktioniert, wurde von diesem Algorithmus während des Projekts kein Gebrauch gemacht.

Scangeschwindigkeit Der Scanner Eva scannt mit bis zu 15 Frames pro Sekunde. Auf diesen Wert sind auch die Voreinstellungen ausgelegt. Laut Artec sollte man die Scangeschwindigkeit nur dann ändern, wenn dies absolut nötig ist, da es sonst schnell zu Problemen beim Scannen führen kann.

Messtiefe Nah/Fern Über diese Einstellung kann die maximale und minimale Entfernung zu dem zu scannenden Objekt eingestellt werden. Die Grundeinstellungen bei dem Scanner Artec EVA sind 400 mm für minimale Entfernung und 1000 mm für die maximale Entfernung. Die besten Scannergebnisse konnten in diesem Projekt mit diesen Einstellungen erzielt werden.

Texturhelligkeit Hierüber kann die Lichtempfindlichkeit des Scanners eingestellt werden. Bei besonders dunklen oder schwarzen Objekten sollte man sie erhöhen, bei besonders hellen oder weißen Objekten verringern. Ist diese Einstellung nicht auf das Objekt abgestimmt, leidet die Scanqualität. Stellt man die Empfindlichkeit zu hoch oder zu niedrig ein, kann es auch vorkommen, dass man öfter das Tracking verliert und die Texturqualität schlecht ist. Diese Einstellung kann nur im Vorschaumodus verändert werden. Im Verlauf des Digitalisierungsprozesses wurden einige silberne und schwarze Objekte gescannt und die Texturhelligkeit angepasst.

Empfindlichkeit Mit diesem Regler lässt sich die Empfindlichkeit des Scanners justieren. Kommt es zu Problemen bei der Erfassung von bestimmten Oberflächen, wie z. B. Haaren, durchsichtigen oder reflektierenden Oberflächen, kann man die Empfindlichkeit erhöhen und das Scannergebnis so optimieren. Je höher die Empfindlichkeit eingestellt ist, desto eher kommt es zu Rauschen in den Aufnahmen. Während des Projekts wurde diese Einstellung nur einmal verändert, um eine silberne Oberfläche zu erfassen. Das Ergebnis war zufriedenstellend.

Auch die *Belichtungszeit* für die Texturerfassung kann eingestellt werden. Artec empfiehlt, diese Einstellung nur zusammen mit der Texturhelligkeit einzustellen und nur dann wenn nötig. Andernfalls kann es zu verschwommenen Texturaufnahmen führen. Aus diesem Grund wurde im Digitalisierungsprozess darauf verzichtet, die Belichtungszeit zu verändern.



Abb. 2.6 Artec Studio, Tracking verloren

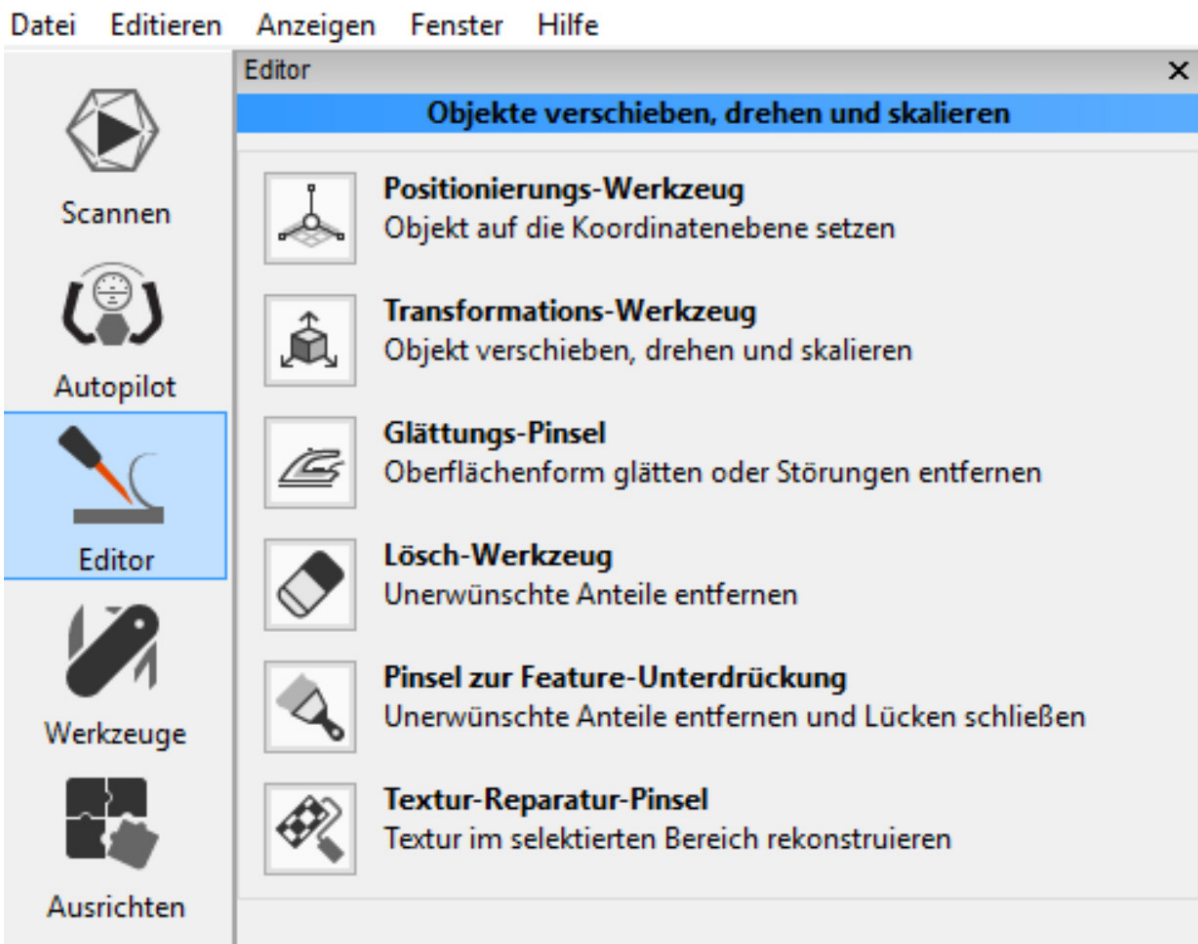


Abb. 2.7 Artec Studio, Editor

Blitzlampe Über diese Auswahl wird die Blitzlampe für die Texturerfassung ein- oder ausgeschaltet. Es sollte in dem Fall, dass die Blitzlampe deaktiviert wird, für ausreichende Ausleuchtung des zu scannenden Objekts gesorgt sein, sonst werden die Scanergebnisse der Textur sehr dunkel. In wenigen Fällen wurde die Blitzlampe beim Digitalisierungsprozess deaktiviert, die Ergebnisse waren leider sehr dunkel, aber brauchbar.

Tracking verloren

Es kann vorkommen, dass während des Scanvorgangs der Hintergrund im Vorschaufenster in der Software rot wird und ein Alarmsignal ertönt. Dies bedeutet, der Scanner hat das Tracking verloren. Um dies zu beheben, bewegt man den Scanner langsam auf die vorherige Position zurück.

Gründe dafür, dass der Scanner das Tracking verliert, können sein, dass die geometrische Form des zu scannenden Objekts zu einfach ist, der zu scannende Bereich zu klein ist oder aber die Person, die den Scanner bedient, ihn zu schnell bewegt.

Registrierung

Scannt man in dem *Geometrie und Textur* oder *Geometrie Modus*, führt die Software nach Beendigung des Scanprozesses automatisch eine *grobe serielle Registrierung* durch. Im Modus *Echtzeit-Fusionierung* entfällt dieser Schritt.

Editor

Möchte man nach dem Scannen Objekte oder Teile eines Objekts aus dem Scan entfernen, z. B. die Unterlage, auf der das zu scannende Objekt steht, öffnet man den Editor. Hier finden sich Tools wie das *Positionierungs-Werkzeug*, mit dem man die Objekte auf die Koordinatenebene setzen kann, das *Transformations-Werkzeug*, mit dem man Objekte drehen, verschieben und skalieren kann, der *Glättungspinsel*, mit dem man Oberflächenformen glätten und Störungen entfernen kann, das *Lösch-Werkzeug*, mit dem man unerwünschte Teile im Scan entfernen kann, z. B. den Untergrund, auf dem ein Objekt steht, der *Pinsel zur Feature-Unterdrückung*, mit dem man unerwünschte Teile des Scans entfernen und gleichzeitig Lücken schließen kann und der *Textur-Reparatur-Pinsel*, mit dem man ausgewählte Teile der Textur verändern, reparieren und ergänzen kann.

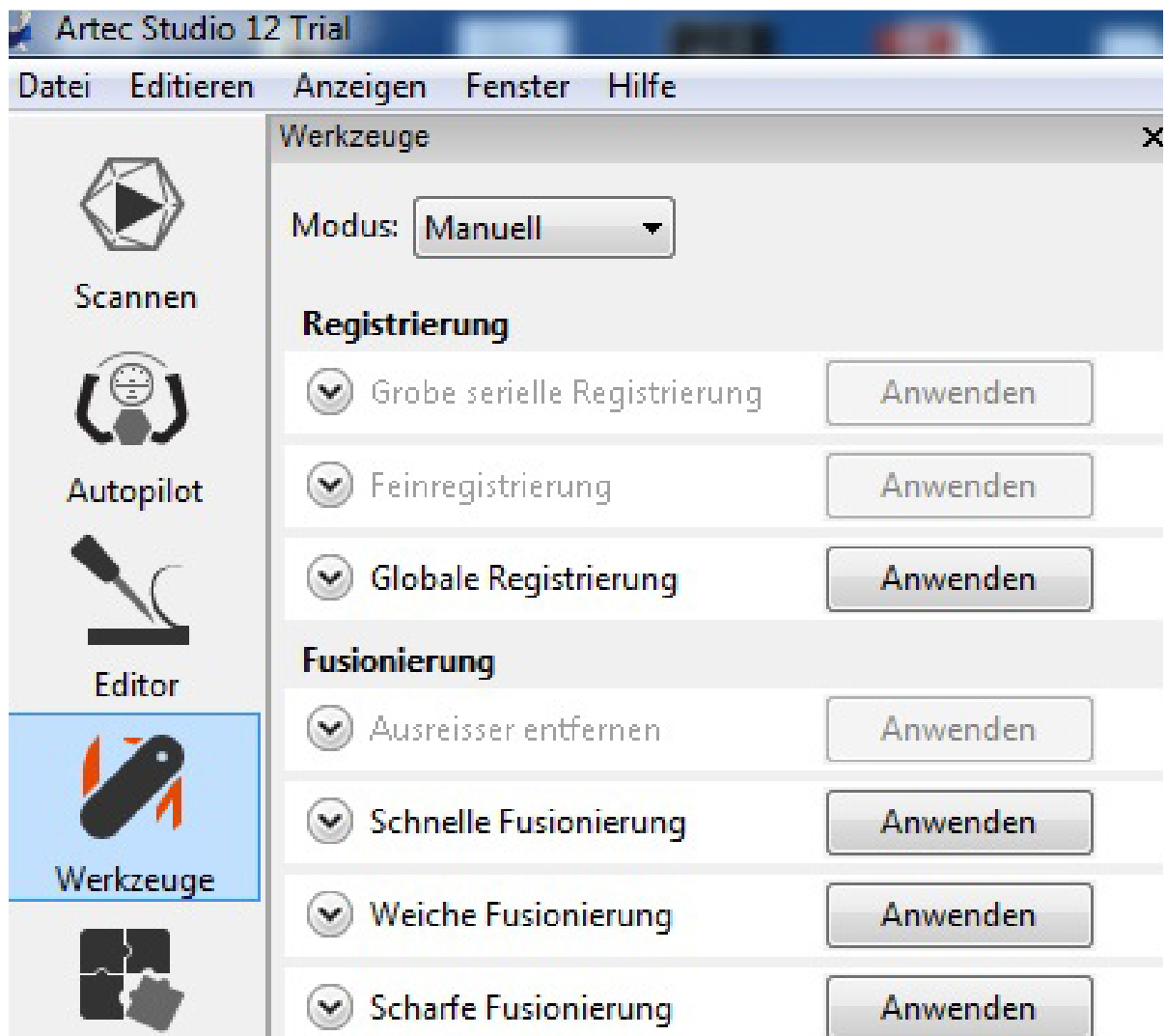


Abb. 2.8 Artec Studio, Werkzeuge

Werkzeuge

Unter diesem Menüpunkt stehen dem Benutzer verschiedene Tools zur Verfügung, um ein optimales 3D-Modell aus den gesammelten Scandaten zu erstellen.

Registrierung

Die *grobe serielle Registrierung* wird nach dem Scannen automatisch durchgeführt, außer man benutzt die *Echtzeit-Fusionierung*. Dann entfällt dieser Schritt.

Feinregistrierung ist ein weiterer Algorithmus für die Registrierung der Scans.

Globale Registrierung wird durchgeführt, nachdem alle Scans zueinander ausgerichtet wurden. Durch diesen Algorithmus werden alle Scans in einem einheitlichen Koordinatensystem zusammengefasst. Man hat vor dem Start des Algorithmus noch die Möglichkeit, kleinere Einstellungen vorzunehmen. Für das Projekt wurden diese jedoch nicht verändert.

Fusionierung

Bei der *Fusionierung* werden die gesammelten, zueinander ausgerichteten Scandaten zu einem 3D-Modell verschmolzen. Bevor jedoch eine *Fusionierung* durchgeführt wird, ist es ratsam, die Ausreißer zu entfernen.

Ausreißer entfernen Dieser Algorithmus kann erst nach der *globalen Registrierung* durchgeführt werden. Während des Prozesses werden Scanartefakte und Störungen entfernt. Bei manchen Scans kann die Ausführung dieses Algorithmus sehr lange dauern. Bei einem der im Projekt bearbeiteten Scans dauerte es fast 45 Minuten, bis der Prozess abgeschlossen war.

Schnelle Fusionierung Hierüber erhält man, wie der Name es bereits verrät, schnelle Resultate. Die *weiche Fusionierung* eignet sich besonders für das Scannen von Menschen, da diese Art der Fusionierung kleinere Bewegungen im Modell ausgleicht. Auch große Scandateien mit viel Rauschen und fehlenden Stellen verarbeitet diese Fusion gut.

Die *scharfe Fusionierung* rekonstruiert das Objekt mit all den aufgenommenen Details und liefert die besten Ergebnisse.

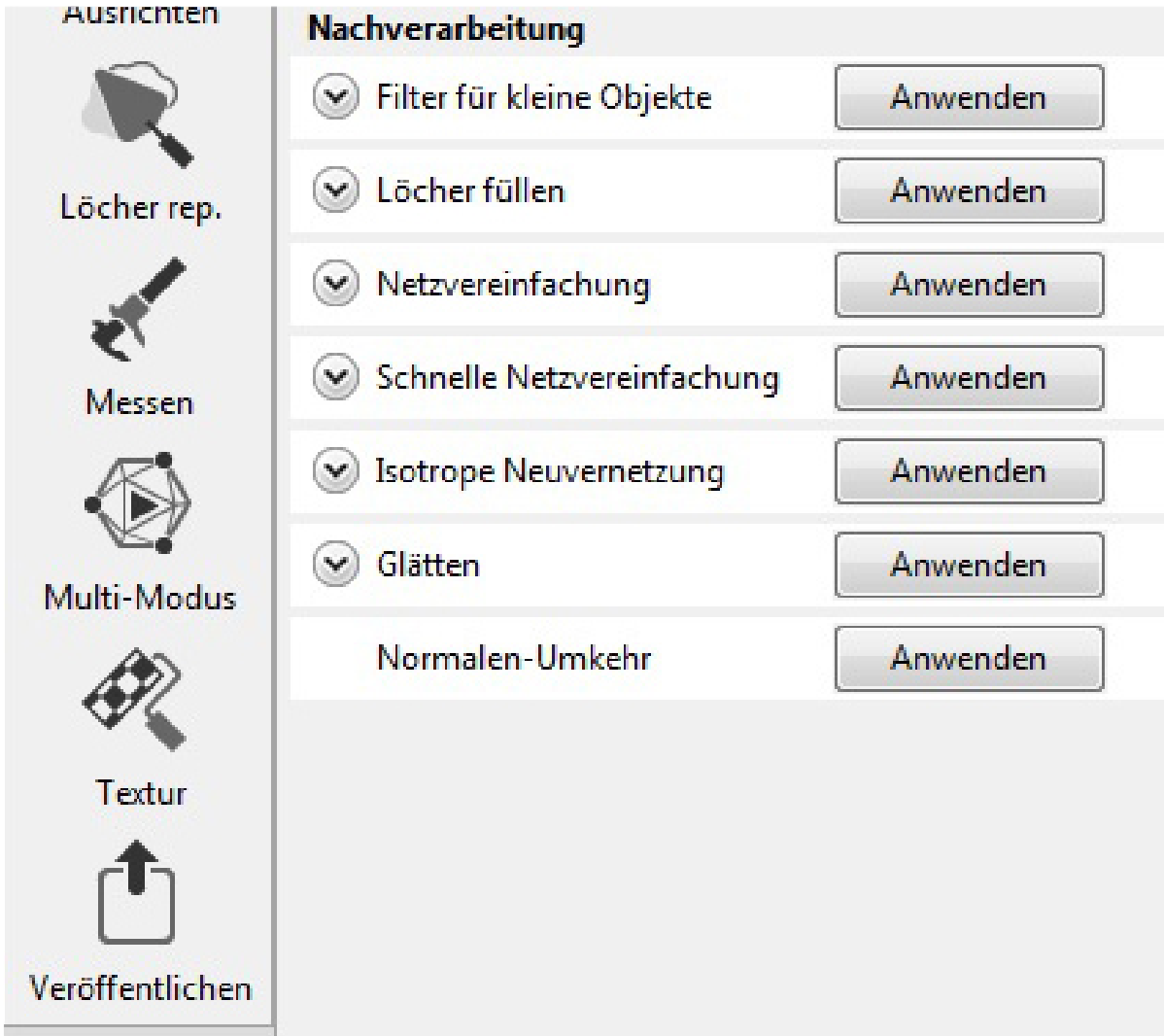


Abb. 2.9 Artec Studio, Werkzeuge, Nachverarbeitung

Nachverarbeitung

Filter für kleine Objekte Falls vor der Fusion die Ausreißer noch nicht entfernt wurden, kann dies mit diesem Algorithmus nach der Fusionierung nachgeholt werden.

Löcher füllen In einigen Fällen können kleinere Löcher in dem 3D-Modell auftauchen. Dies kann u. a. daran liegen, dass diese Stellen beim Scanvorgang nicht richtig erfasst wurden. Der Algorithmus hilft, Löcher zu erkennen und sie zu verfüllen, um ein „wasserdichtes“ 3D-Modell zu erhalten.

Netzvereinfachung Nachdem das Modell fusioniert wurde, besteht es meist aus sehr vielen Polygonen. Dementsprechend viel Rechenleistung verlangt das Modell dem Computer ab. Möchte man das Modell exportieren und später in einem anderen Programm weiterverarbeiten oder es mit Hilfe einer Spieleengine in einem Spiel platzieren, ist es ratsam, das Modell zu vereinfachen. Durch den Algorithmus wird die Zahl der Polygone und damit auch die Rechenleistung, die das Modell dem Computer abverlangt, reduziert, ohne Details zu verlieren.

Des Weiteren gibt es noch die Möglichkeit der *schnellen Netzvereinfachung* und der *Isotropen Neuvernetzung*. Beide kamen bei dem Projekt jedoch nicht zum Einsatz.

Glätten Mit dieser Funktion kann man u. a. die Stellen, an denen Löcher gefüllt wurden, nachglätten, um scharfe Kanten, Dellen oder Ähnliches auszugleichen.

Die *Normalenumkehr* kam bei dem Projekt nicht zum Einsatz. Angaben zu den Funktionen, die sich hinter diesem Algorithmus verbergen, können nicht gemacht werden.

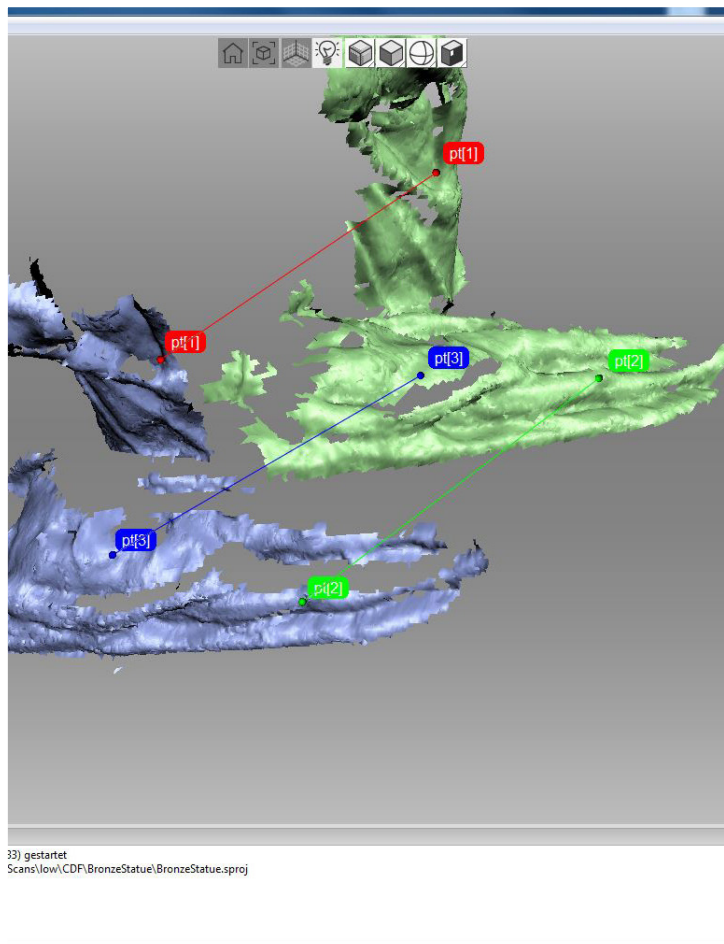
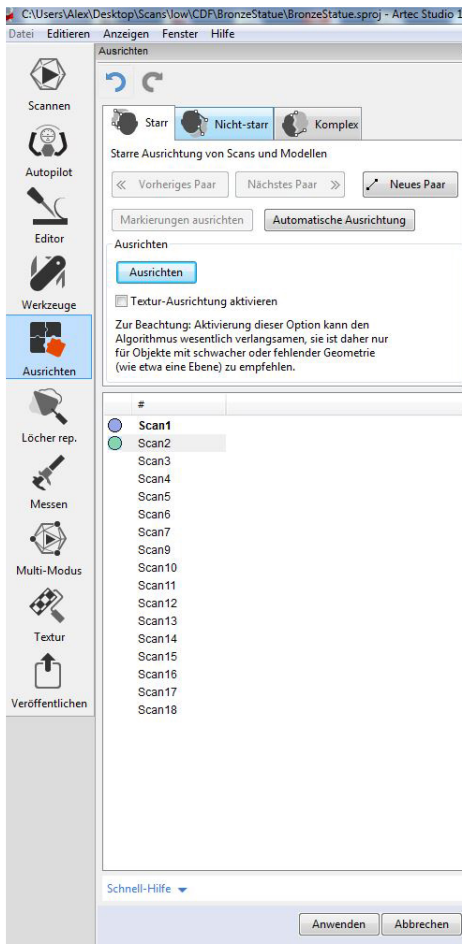
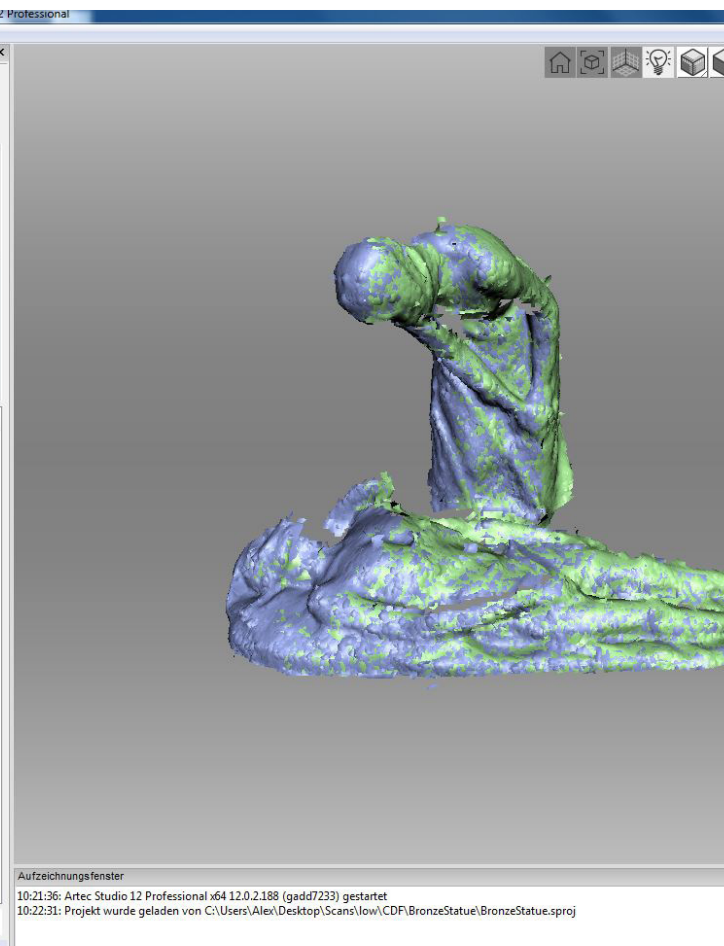
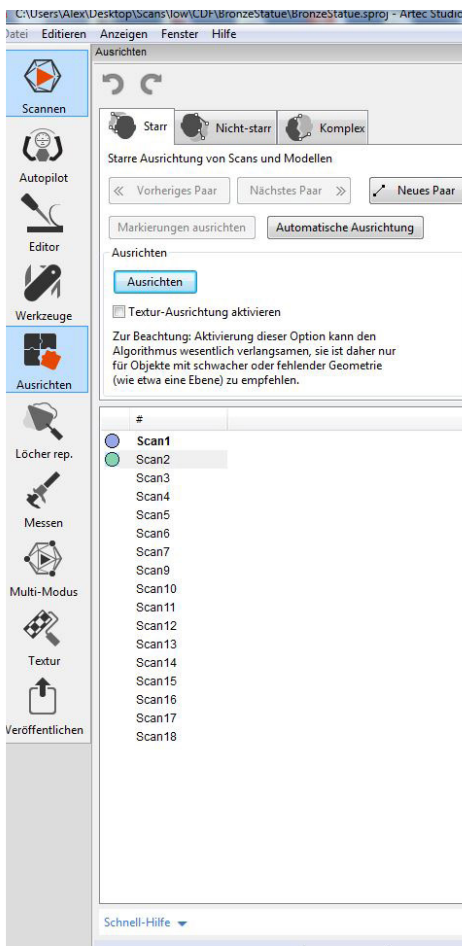


Abb. 2.10 Artec Studio, Ausrichten der Scans



Aufzeichnungsfenster
 10:21:36: Artec Studio 12 Professional x64 12.0.2.188 (gadd7233) gestartet
 10:22:31: Projekt wurde geladen von C:\Users\Alex\Desktop\Scans\low\CDF\BronzeStatue\BronzeStatue.sproj

Abb. 2.11 Artec Studio, Ausrichten der Scans angewendet

Ausrichten von mehreren Scans

Die gesammelten 3D-Daten müssen zunächst in der Software zueinander ausgerichtet werden. In einem ersten Schritt muss die *grobe serielle Registrierung* der Daten durchgeführt werden. Danach werden die verschiedenen Scans zueinander ausgerichtet, damit der Computer ein vollständiges 3D-Modell aus den Daten errechnen kann.

In Artec Studio werden die Scans in verschiedenen Farben dargestellt, sodass man die Scans voneinander unterscheiden kann.

Um die Bruchstücke der Modelle auszurichten, verschiebt man in einem ersten Schritt den Scan, den man an den Hauptscan angliedern möchte. Im Anschluss daran sucht man sich auf Grund der Textur oder der Topografie des Scans Fixpunkte, die sowohl auf dem Hauptscan als auch auf dem anzugliedernden Scan zu finden sind. Je mehr dieser Punktpaare man findet, desto genauer werden die Scans zueinander ausgerichtet. Hat man genügend Punktpaare ausgewählt, klickt man auf *ausrichten* und die Scans werden miteinander verbunden, zueinander ausgerichtet und registriert. Je nachdem, wie viele Scans man für das Modell gemacht hat, dauert dieser Schritt entsprechend lange.

Löcher reparieren

Hier werden die Löcher im Scan aufgelistet. Man kann direkt alle Löcher auswählen und sie automatisch füllen und glätten lassen. Dafür muss man lediglich *Alle auswählen* anklicken, dann einen Haken in dem Feld vor *Löcher nach dem Füllen glätten* setzen und am Schluss mit dem *Löcher-füllen*-Button bestätigen. Am Ende klickt man am unteren Rand des Löcher füllen Fensters auf *Anwenden* und die Änderungen werden in das Modell übernommen.

Auch die Ränder lassen sich mit der Löcher füllen Funktion glätten. Hierbei hat man u. a. die Einstellungsmöglichkeit der Glättungsstärke.

Messung

Mit dieser Funktion lassen sich Modelle *Linear* und *Geodätisch messen*. Weitere Auswahlmöglichkeiten sind *Schnitte*, *Oberflächen-Abstandskarte* und *Anmerkung*. Während des Projekts wurden keine Messungen vorgenommen.

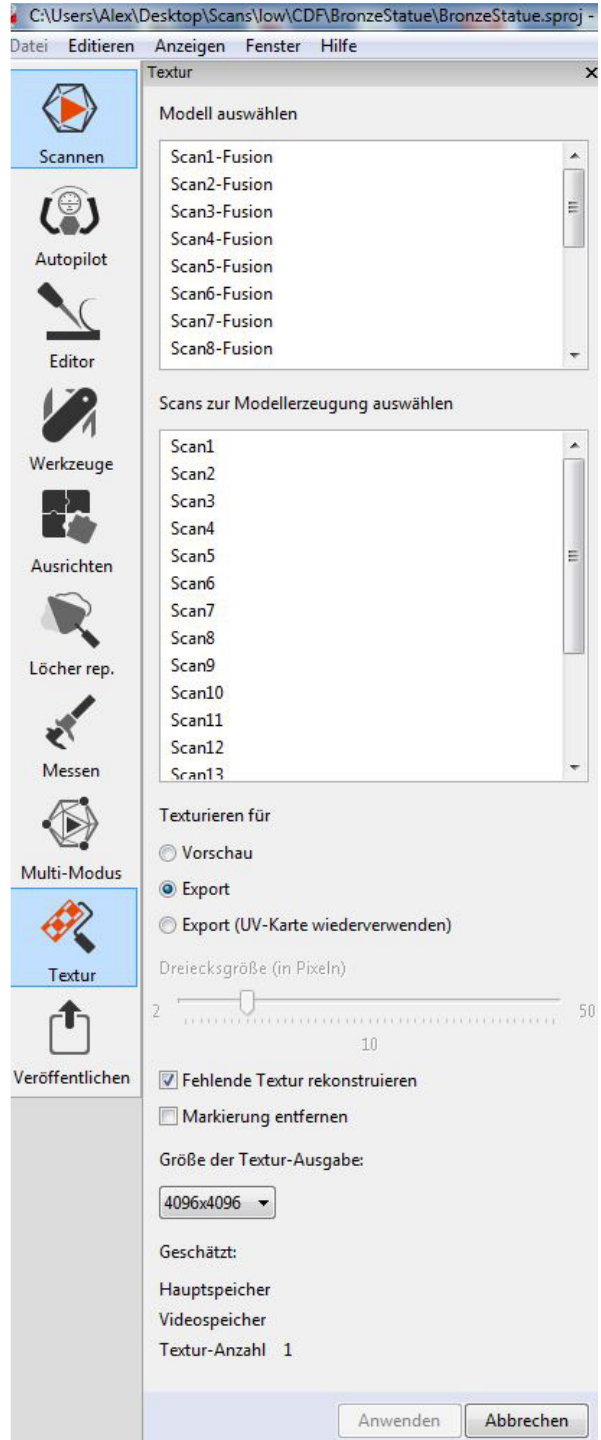
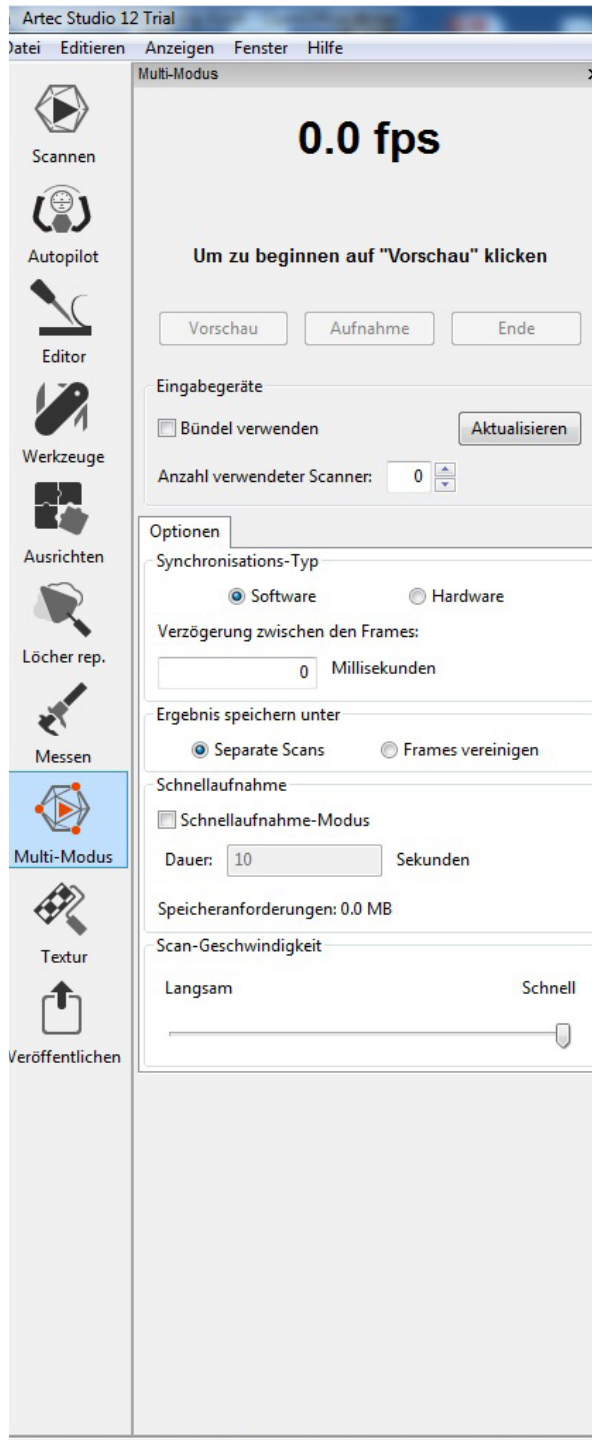


Abb. 2.12 & 2.13 Artec Studio, Multimodus & Textur

Multimodus

Im Multimodus kann man mit mehreren Scanner und mehreren Scanprojekten zusammenarbeiten. Da mir nur ein Scanner zur Verfügung stand, habe ich von dieser Funktion keinen Gebrauch machen können und kann keine Angaben zu der genauen Funktionalität machen.

Textur

Unter Textur kann man sowohl das *Modell auswählen*, auf dem die Textur angewendet werden soll, als auch die *Scans zur Modellerzeugung auswählen*. Der Benutzer hat hier die Möglichkeit, die Scans mit den besten Texturscans auszuwählen, um eine qualitativ hochwertige Textur zu erreichen. Hat man das Modell für die Texturierung und auch die dafür zu verwendenden Scans ausgewählt, kann man unter *Texturieren für* zwischen *Vorschau*, *Export* und *Export (UV-Karte wiederverwenden)* wählen. Danach kann man noch Haken vor *Fehlende Textur rekonstruieren* und, sofern man mit Markierungen gescannt hat, *Markierungen entfernen* setzen. Bevor der Nutzer zum Bestätigen dieser Einstellungen *Anwenden* klickt, kann auch noch die *Größe der Texturausgabe* angepasst werden. Die Einstellungsmöglichkeiten reichen von 512 x 512 Pixel bis 8192 x 8192 Pixel.

Export

Artec Studio 11 und 12 können die fertigen Modelle in verschiedenen Dateiformaten exportieren. Aus einer Liste von zwölf Dateiformaten kann man das geeignetste für die Weiterverarbeitung in anderen Programmen auswählen. Die Auswahl an Dateiformaten umfasst u. a. *.obj*, *.stl* und *.ply*.

Nachbearbeitung in Artec Studio

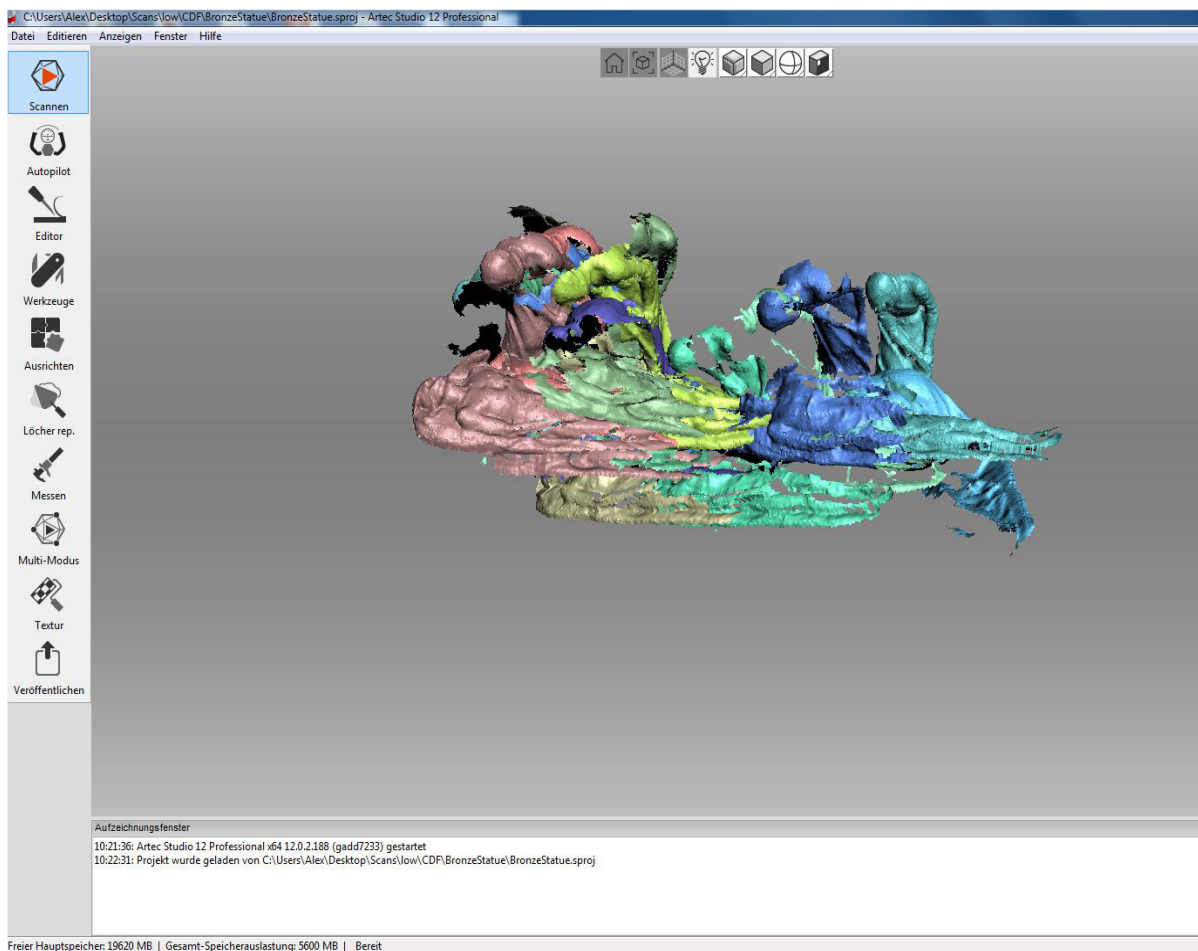
Nachdem die 3D-Daten in den Museen vor Ort gesammelt wurden und möglichst viele unterschiedliche Objekte eingescannt waren, mussten die Scans am Computer nachbearbeitet werden. Insgesamt habe ich in den drei Museen 26 Skulpturen und Gemälde eingescannt. Die gesammelten 3D-Daten hatten am Ende einen Umfang von ca. 150 GB.

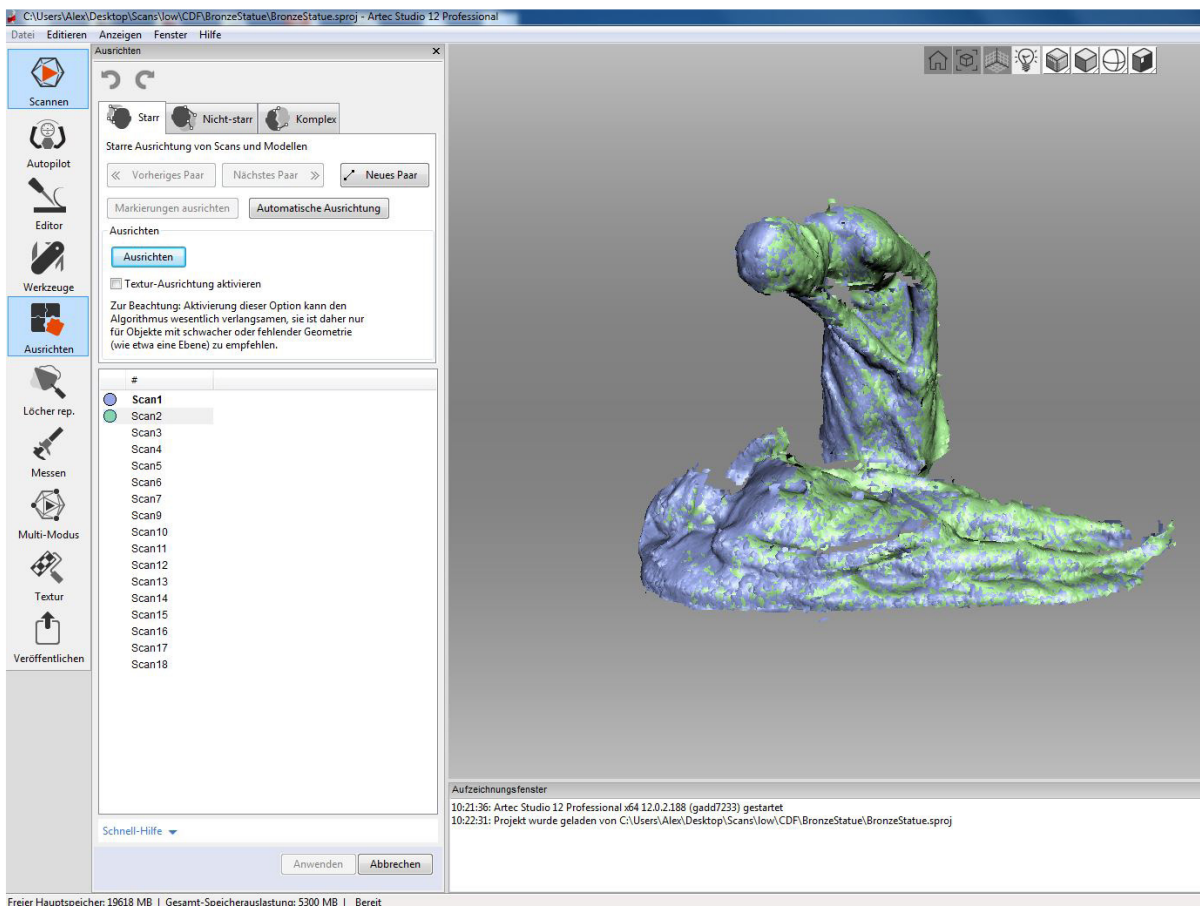
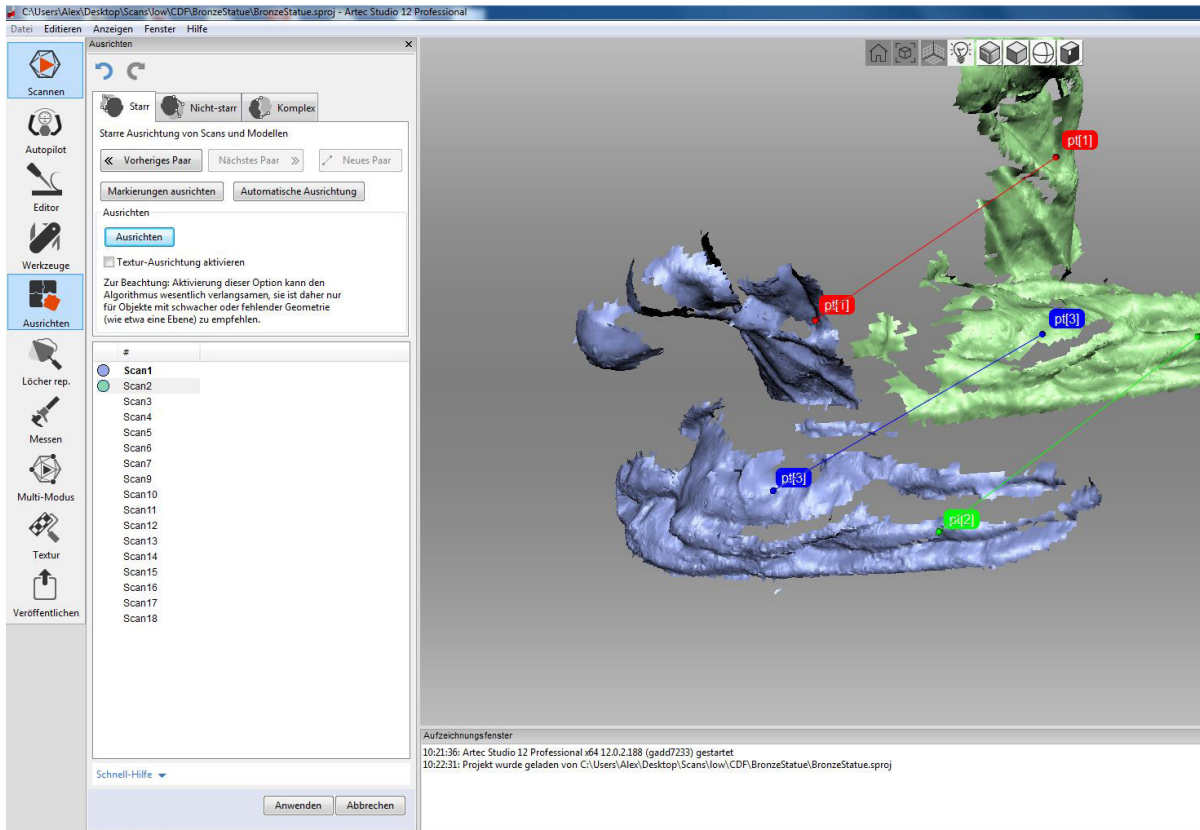
Im Kapitel „Bedienung und Funktionen“ in Artec Studio11/12 habe ich die nötigen Schritte und verschiedenen Einstellungsmöglichkeiten genauer erklärt. Dies ist nur eine kurze Übersicht, wie ich bei der Nachbearbeitung der Scans vorgegangen bin.

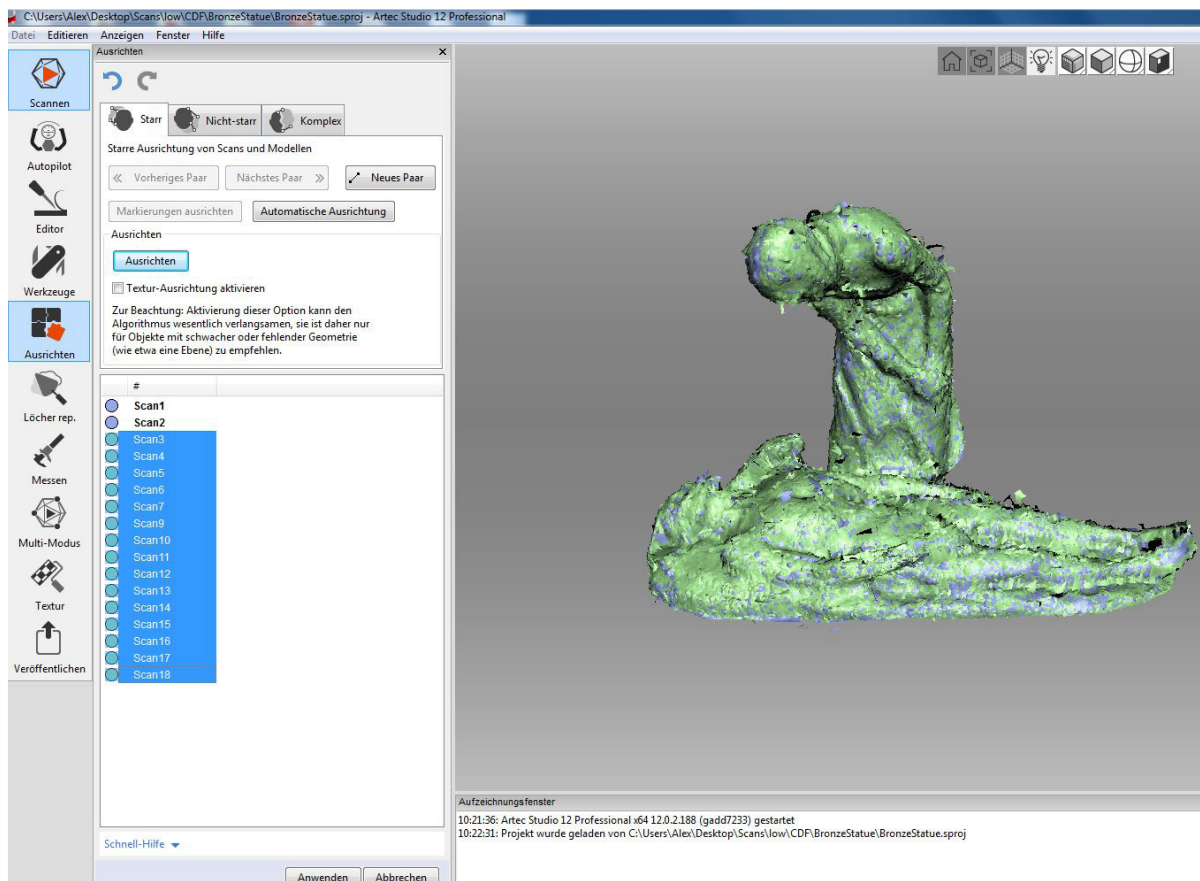
Da ich die meisten Objekte im Echtzeit-Fusionierung-Modus aufgenommen hatte, konnte die Nachbearbeitung auf ein Minimum begrenzt werden.

Schritt 1

Die bereits fusionierten Scans mussten zueinander ausgerichtet werden, ebenso die Scans, die die Texturdaten enthielten.

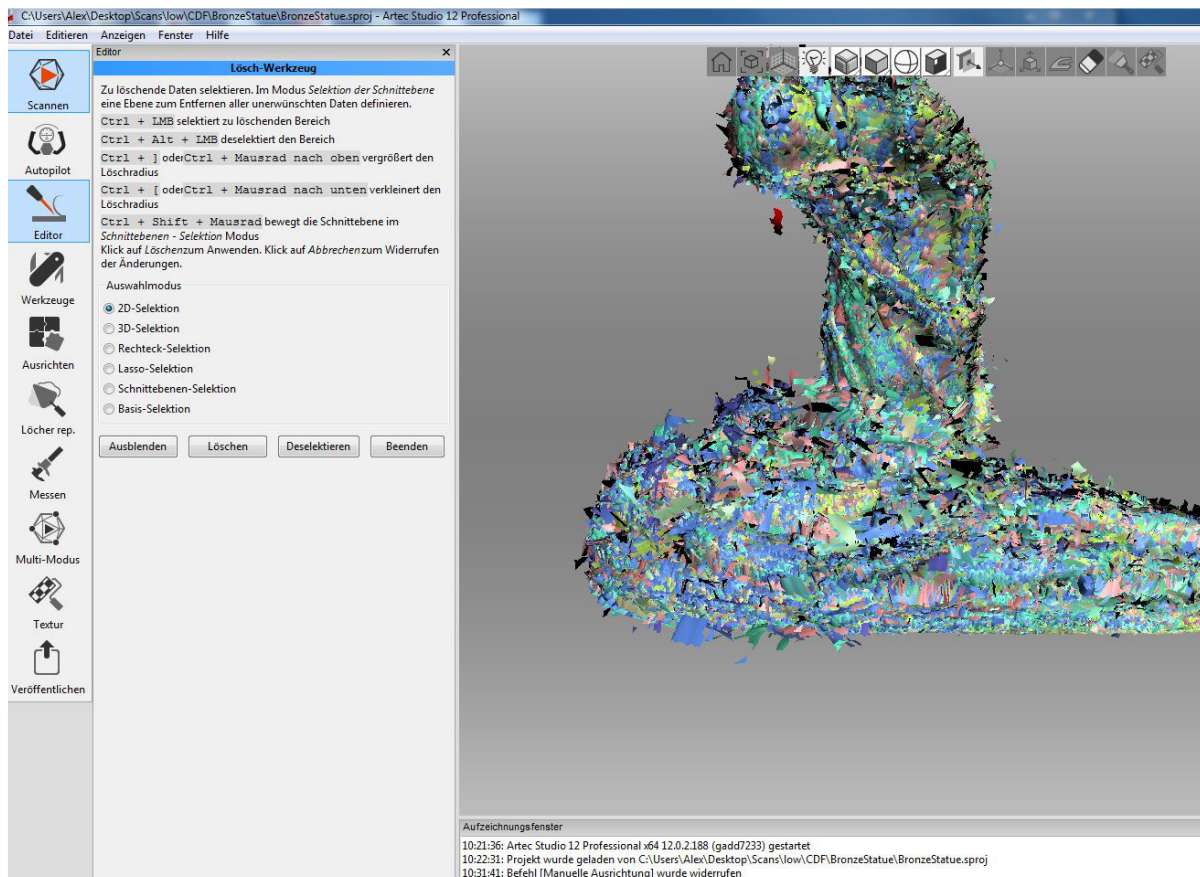






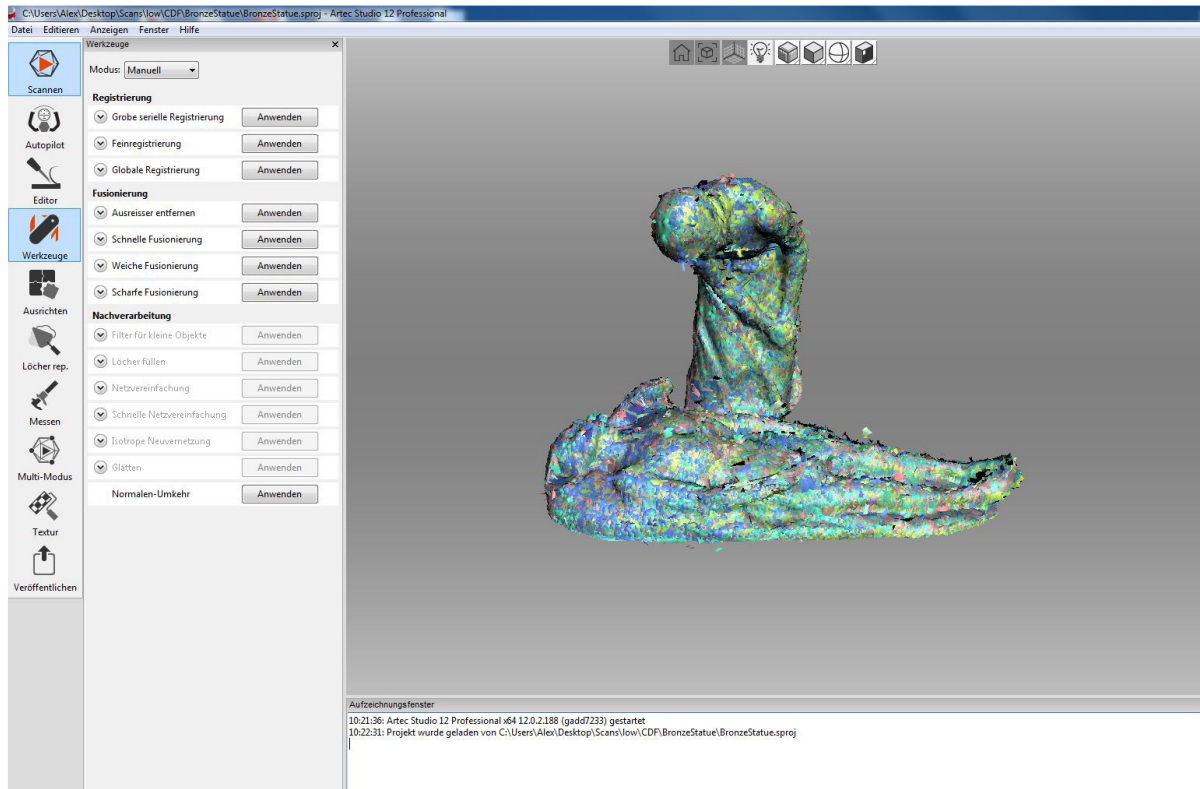
Schritt 2

Für bereits fusionierte Scans entfiel der Schritt der Ausreißerentfernung. Für die Texturscans musste er durchgeführt werden.



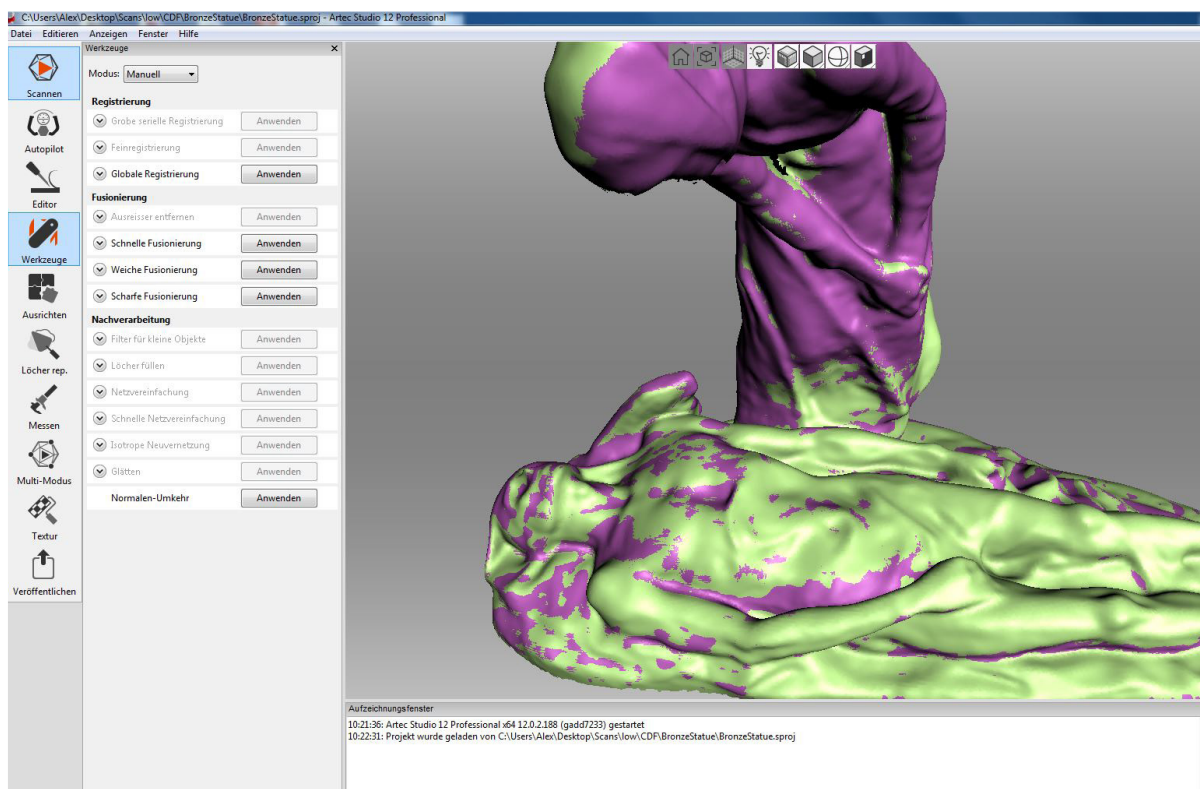
Schritt 3

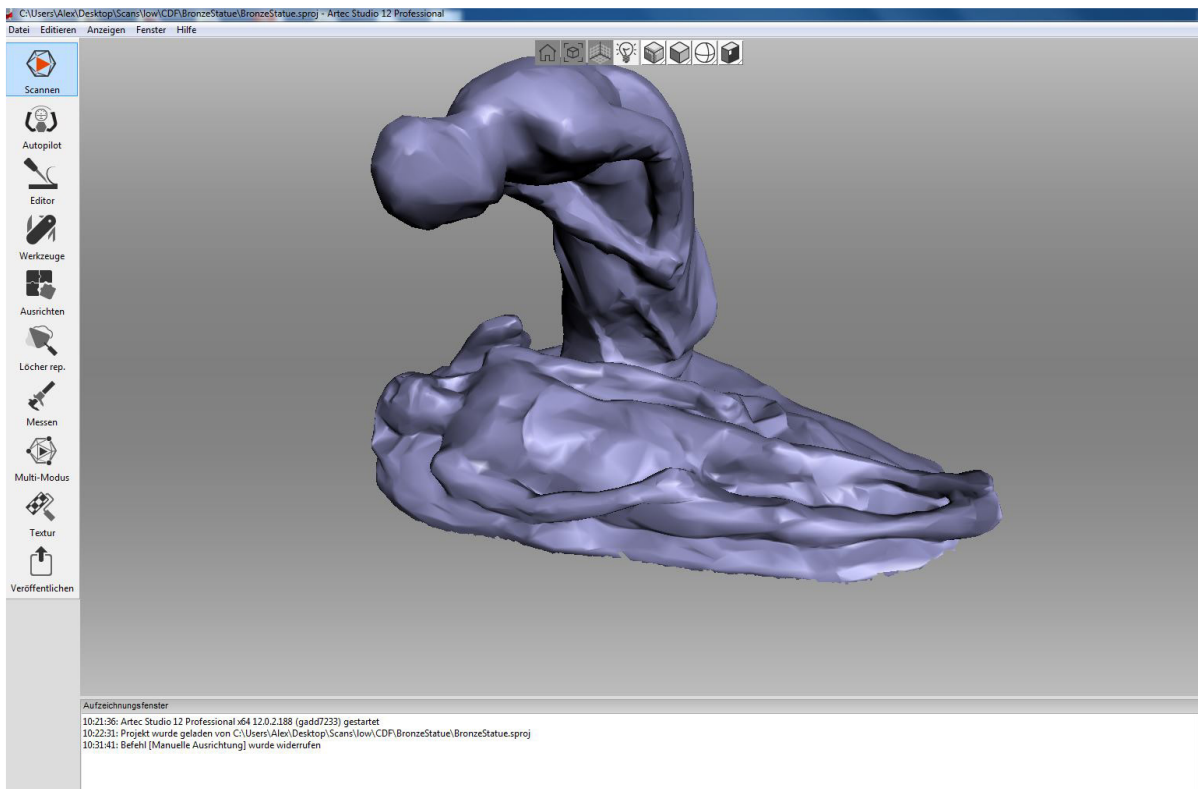
Waren alle Ausreißer entfernt und sowohl die echtzeit-fusionierten als auch die Texturscans zueinander ausgerichtet, konnten überschüssige Scandaten, wie z. B. vom Untergrund, auf dem die Objekte standen, oder Teile der Wand im Hintergrund, aus den Datensätzen entfernt werden.



Schritt 4

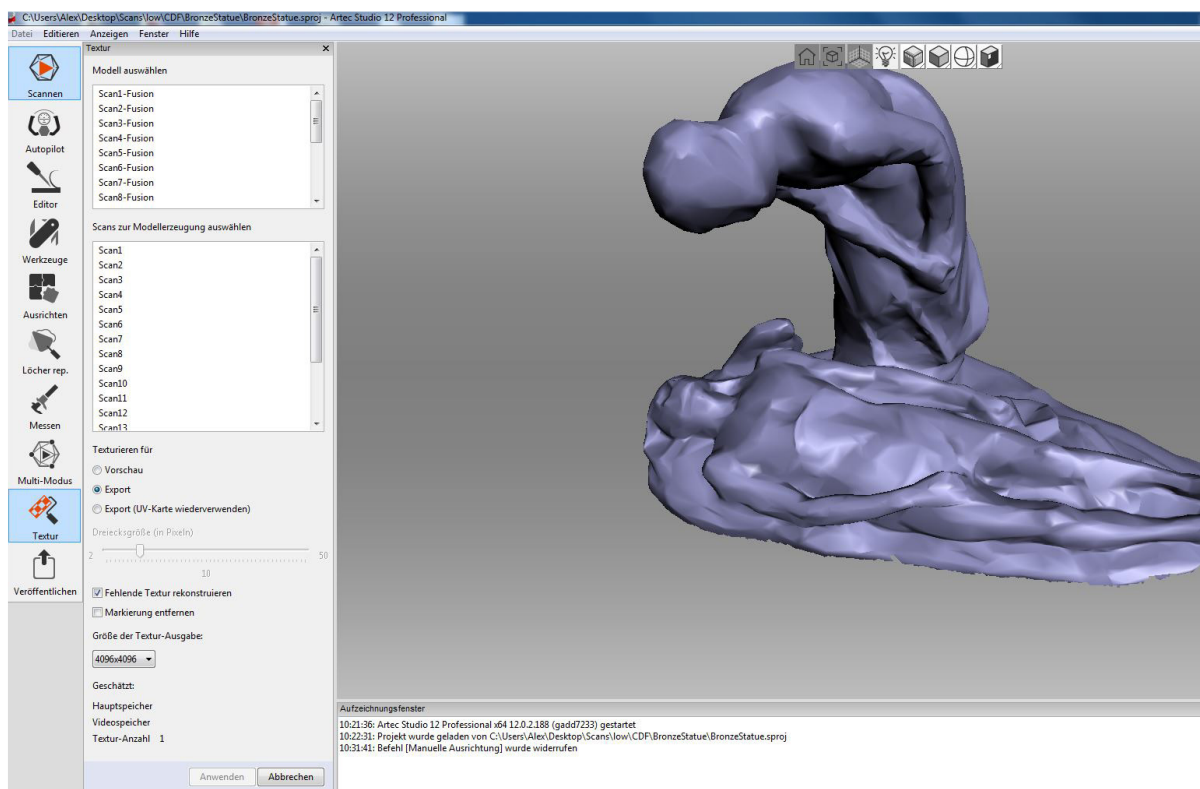
Im Anschluss daran wurden die Daten miteinander zu einem Modell verschmolzen, fusioniert.



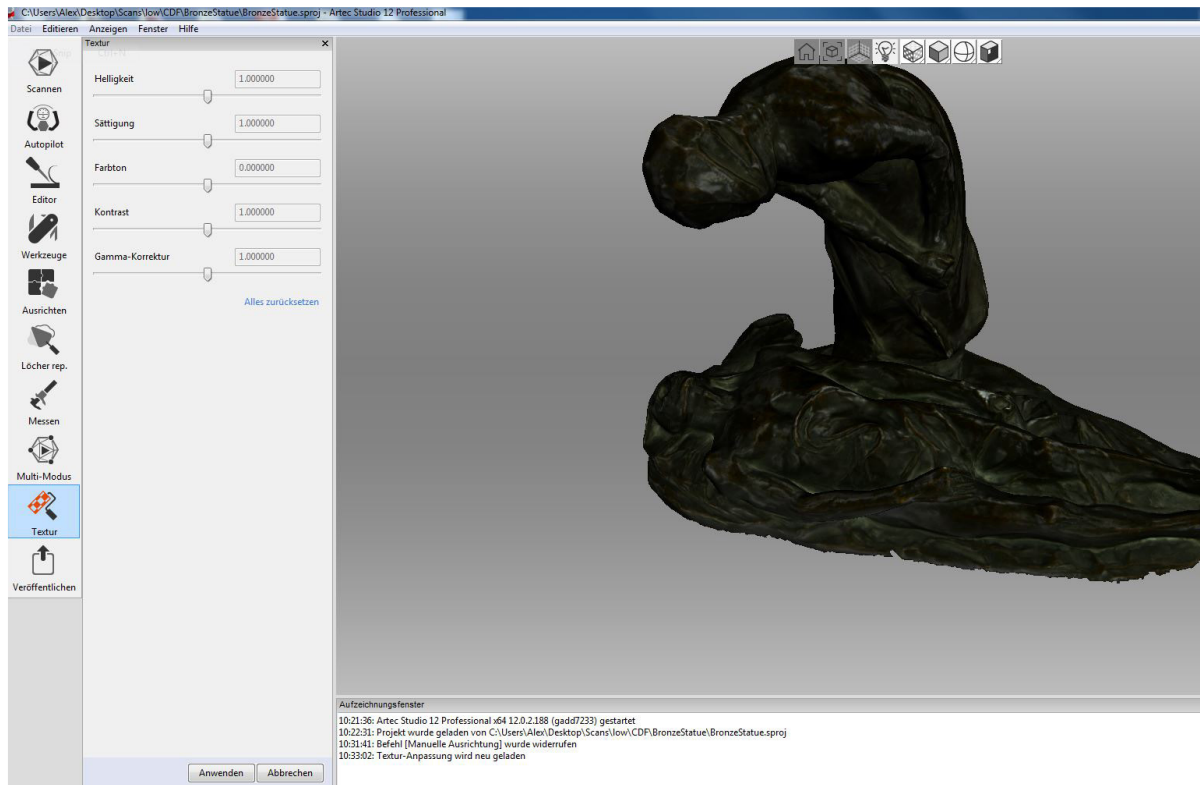


Schritt 5

Danach blieb nur noch die Textur hinzuzufügen und die Darstellungswerte so anzupassen, dass die Objekte aussahen wie das Original.



Für Skulpturen funktionierte diese Anpassung der Textur ohne Probleme. Für Gemälde jedoch war die Farbdarstellung nicht überzeugend. Glücklicherweise hatte ich bei meinen Scanaufnahmen mehrere Detailaufnahmen der meisten Gemälde mit der DSLR gemacht, sodass ich diese zu einem sehr hoch auflösenden Gesamtbild in Photoshop zusammenfügen konnte.



Max Ernst, Habakuk/Skulpturenmuseum Marl



Scanprozess



© VG Bild-Kunst, Bonn 2017

Original

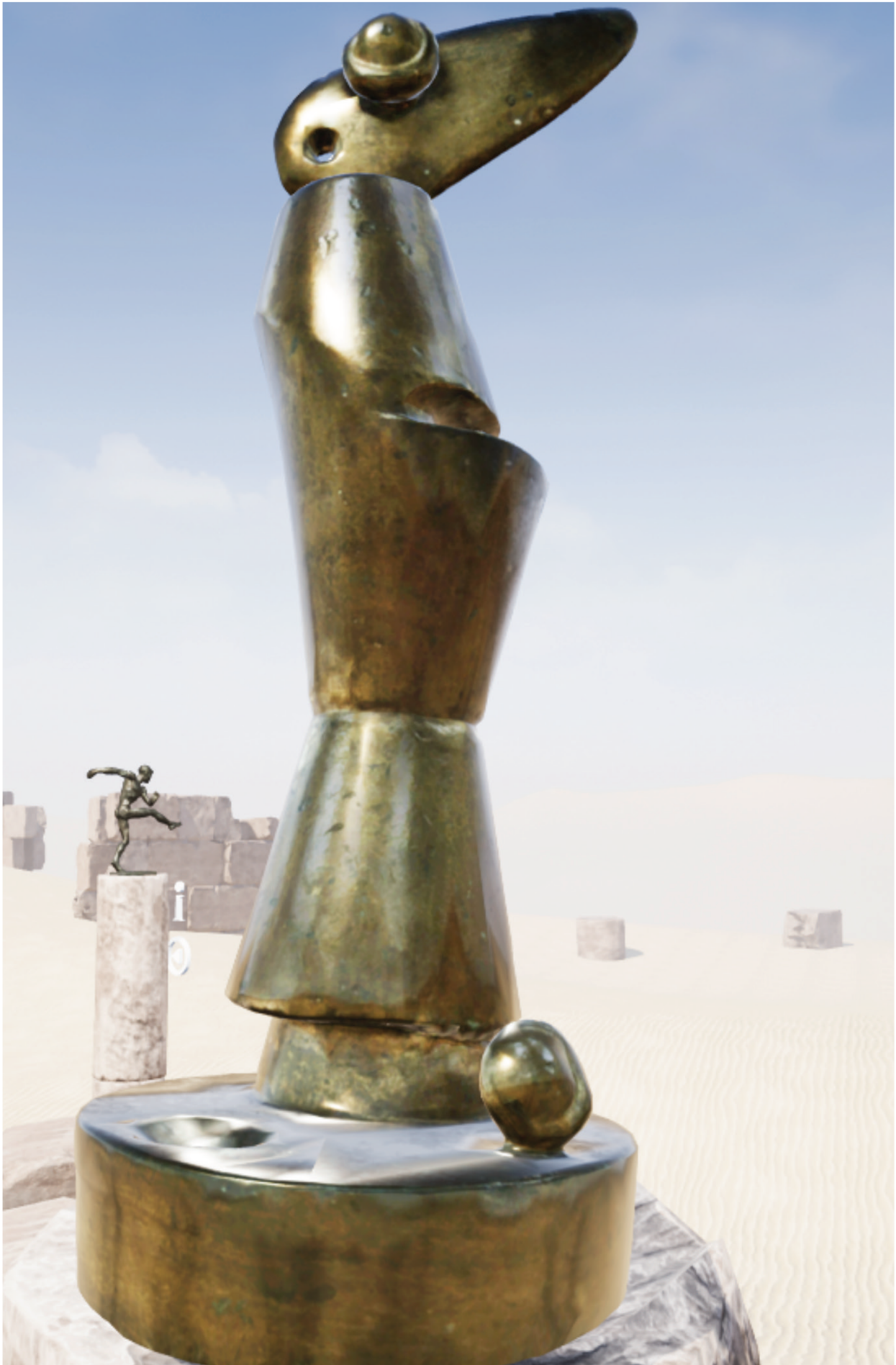


3D-Modell



© VG Bild-Kunst, Bonn 2017

3D-Modell mit Textur



3D-Modell mit Textur in der VR-Anwendung

Caspar David Friedrich, Winterlandschaft mit Kirche/MKK Dortmund



Scanprozess



Original



3D-Modell



3D-Modell mit Textur



3D-Modell mit Textur in der VR-Anwendung

Heiliger Reinoldus/MKK Dortmund



Scanprozess



Original



3D-Modell



3D-Modell mit Textur



3D-Modell mit Textur in der VR-Anwendung

Die fertige VR-Erfahrung



