

Die Digitalisierung des Arbeitswagens 5233



Wir kennen es alle, wenn einmal wieder ein Dokument archiviert werden muss: Scanner einschalten, warten bis dieser sich sortiert hat, Dokument einlegen, Start-Button zum Scannen drücken, warten bis der Scan erstellt und zur Verfügung gestellt wird, Dokument öffnen, die Qualität checken, „Speichern unter ...“, fertig. Manchmal geht das schneller, manchmal dauert es etwas länger, aber am Ende hat man einfach – ohne groß nachzudenken – einen digitalen Zwilling erstellt.

Wenn man ein Objekt, wie zum Beispiel den Arbeitswagen 5233, digital ablegen möchte, ist die erste Idee ein hübsches Foto bei Sonnenschein zu machen gut, aber alle Details lassen sich natürlich nicht mit einem oder auch hundert Fotos wiedergeben. Deswegen wurden im November 2022, im Rahmen meiner Bachelorarbeit „Photogrammetrische Aufnahme historischer Straßenbahnen“ zwei Methoden zur äußeren Digitalisierung des Wagens 5233 durchgeführt.

Für die erste Methode wurde der Wagen mit dem terrestrischen Laserscanner „Z+F Imager 5016“ gescannt, der von der Hochschule Bochum (Fachbereich Geodäsie, Labor für optische 3D-Messtechnik, Laborleiter Dipl.-Ing. Rai-

ner Brechtken, wissenschaftlicher Leiter Prof. Dr. rer. nat. Ansgar Greiwe) gestellt wurde.

Der Scanner erfasst bis zu 1 Millionen Punkte pro Sekunde, indem ein Laser auf ein sich drehendes Prisma im Zentrum geworfen wird und sich der Scanner um die eigene Achse dreht. Durch die von

Abb. 1: Aufbau des Laserscanners mitsamt dem Wagen 5233 – die Fenster wurden zur Erfassung mit Kreppband beklebt – und den davor ausgelegten schwarz-weißen Targets zur Ergänzung der eindeutig identifizierbaren Punkte für die spätere Auswertung. (alle Fotos: Lena Mannebach)

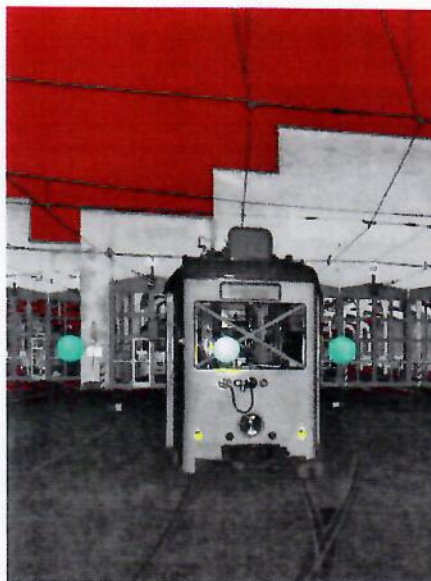
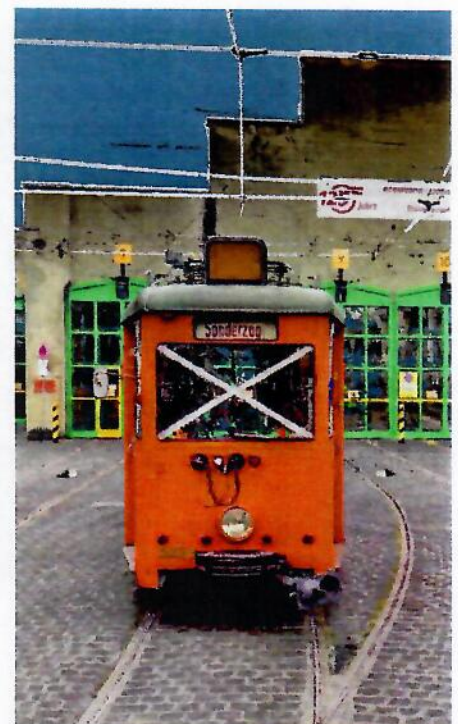


Abb. 2 (oben): Scannerpunktvolke vor der Colorierung (blaue Kugeln = Scannerstandpunkte)

Abb. 3 (rechts): Scannerpunktvolke nach der Colorierung



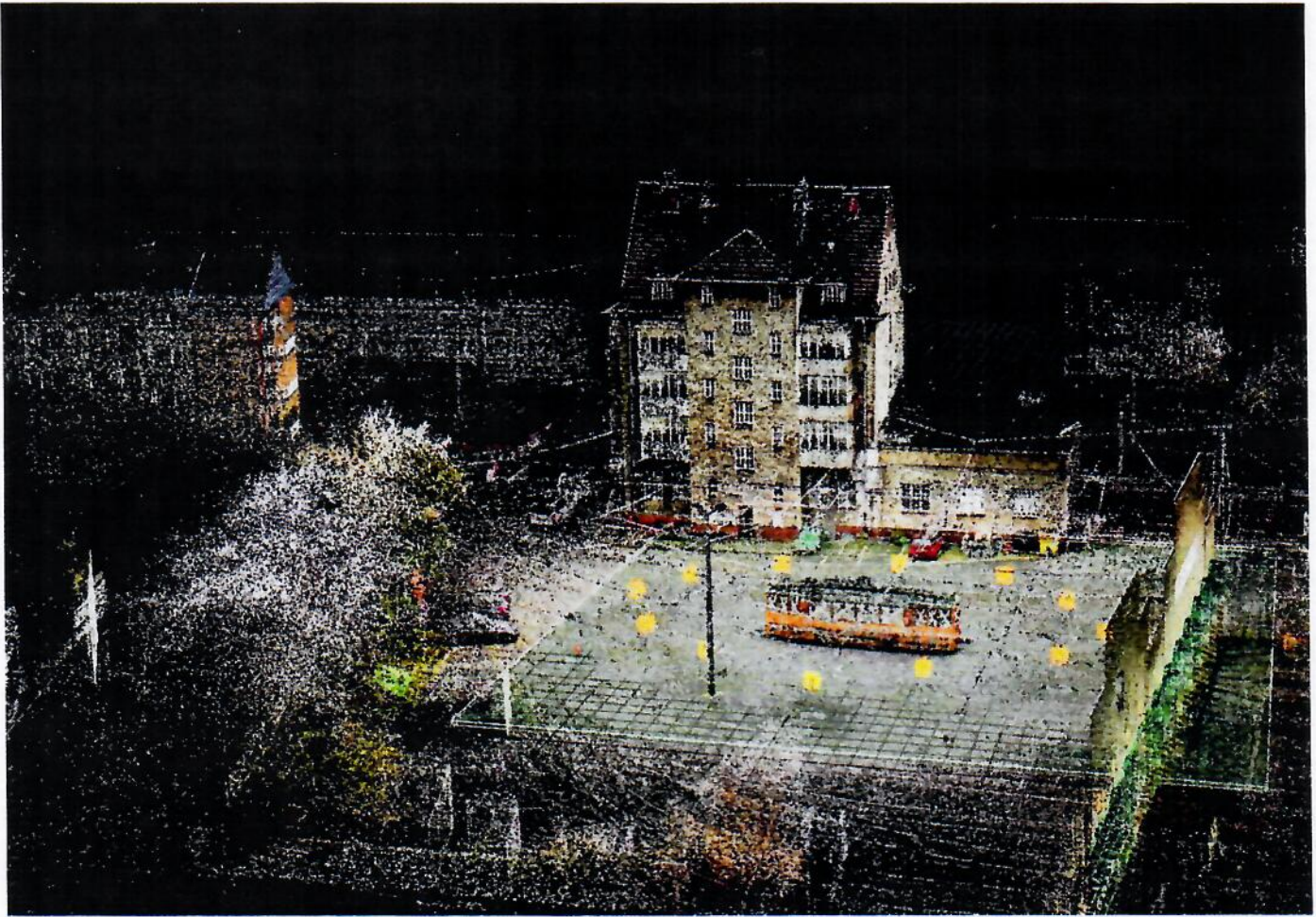


Abb. 4: kombinierte Punktwolke aus dem Laserscan (orangene Boxen = Scannerstandpunkte)

den Objektflächen zurückgeworfenen Laserstrahlen kann der Scanner Punkte im 3-dimensionalen Raum berechnen. Zusätzlich ist im System eine HDR-Kamera verbaut, sodass durch den Scanner auch optimal belichtete Fotos von der Umgebung aufgenommen werden, die später zum Einfärben der Punktwolke und des 3D-Modells genutzt werden können. Der zeitliche Aufwand zur Erfassung des Fahrzeugs mit dem oben genannten Laserscanner betrug etwa zwei Stunden (siehe Abb. 2 und 3).

tos vom 5233 gemacht, sehr viele Fotos. Damit das Auswerteprogramm die Fotos problemlos zusammenfügen kann, um eine Punktwolke aus den Pixeln der Fotos zu extrahieren, muss eine hohe Bildüberdeckung (Bildüberlappung) vorliegen. Aus diesem Grund sind 776 Fotos entstanden (bei einem zeitlichen Aufwand von etwa fünf Stunden), die ausschließlich die Außenflächen wiedergeben sollen (ohne Dachaufbauten, da keine Fotos aus der Vogelperspektive aufgenommen werden konnten).

Bei der zweiten Methode wurden mit einer „Sigma DP2 Merrill“ Kamera Fo-

Um später mit der Software „Reality Capture“ (Epic Games/Capturing Rea-

lity) aus der Punktwolke des Scanners ein Modell erstellen zu können, mussten die Punktwolken der zwölf Standpunkte erst einmal zueinander orientiert werden. Dazu wurde die Software „Z+F Laser Control“ genutzt. Mithilfe dieser wurde eine „Cloud-to-Cloud“ Registrierung durchgeführt. Dahinter steckt die Idee, dass die sich überschneidenden Bereiche der Punktwolke genutzt werden, um die Punktwolken korrekt zueinander zu orientieren. Der Vorteil gegenüber der



links: Abb. 5: texturiertes 3D-Modell (Laserscan und HDR-Fotos)

oben: Abb. 6: 3D-Modell auf photogrammetrischer Grundlage (ohne Textur)

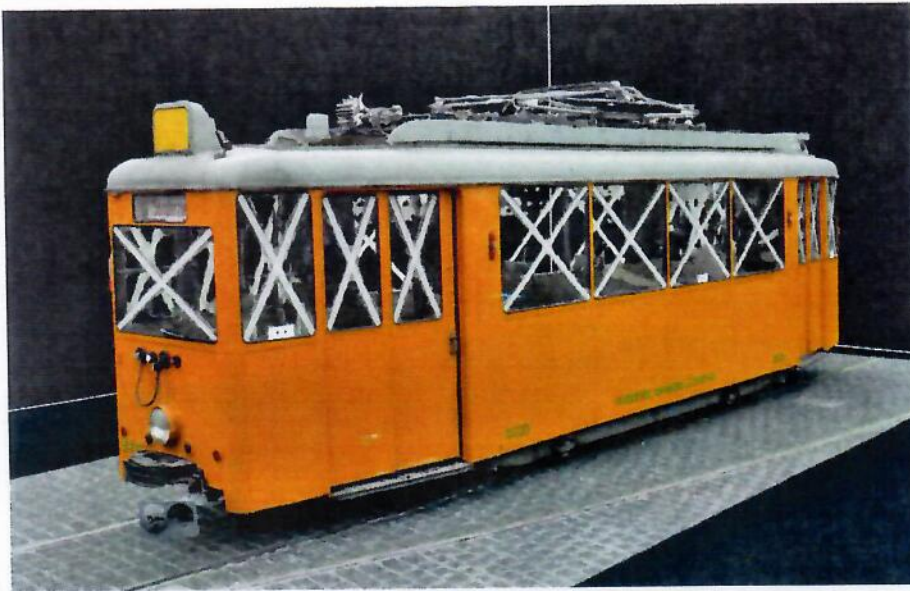


Abb. 7: 3D-Modell auf photogrammetrischer Grundlage (mit Texturen der Sigma-Kamera)

ausschließlichen Nutzung von einzelnen und händisch verteilten Zielzeichen ist, dass ein Vielfaches an identischen Punkten zur Verfügung steht. (vgl. Kuhlmann & Holst, 2017, S. 184f.) So entstand aus 12 kleinen einzelnen Punktwolken eine große kombinierte Punktwolke (siehe Abb. 4).

Diese konnte dann in das Programm „Reality Capture“ geladen werden. Dort wurde aus einer „einfachen“ Punktwolke ein 3D-Modell berechnet. Dessen Oberflächen wurden noch mithilfe der HDR-Fotos texturiert, sodass ein maßstabsgetreues 3D-Modell exportiert wurde (siehe Abb. 5).

Das zweite Modell wurde auf Grundlage von photogrammetrischen Methoden erstellt. Die Photogrammetrie ist eine

Methode zur Informationsgewinnung über Objekte, die in einem oder mehreren Bildern abgebildet sind. Eines der primären Ziele der Photogrammetrie ist es die abgebildeten Objekte als 3D-Modell zu rekonstruieren (vgl. Luhmann, 2018, S. 24). Deswegen wurden alle 776 Fotos in das Programm „Reality Capture“ geladen, im nächsten Schritt wurden diese automatisiert („Structure-from-Motion“-Verfahren) zueinander orientiert und auf diese Weise eine Punktwolke berechnet. Diese Punktwolke wurde auch vermascht, sodass ein 3D-Modell entstand (siehe Abb. 6).

Aus den Fotos konnten auch wieder die Texturen generiert werden, sodass das entstandene 3D-Modell nur noch skaliert werden musste. Das ist allerdings unkompliziert, denn es muss z. B. nur



Abb. 8: Fehlerhaftes 3D-Modell des Wagens 3101 aus dem Programm „Meshroom“ (Freeware). Die Fahrköpfe wurden ohne das Mittelteil aneinander gerechnet, weitere Fahrzeugteile wurden nicht berücksichtigt.

der Achsabstand bekannt sein und schon kann man das Modell auf die gewünschte Größe skalieren. Da die Relationen im Modell stimmig sind, reicht schon eine Maßangabe aus (siehe Abb. 7).

Abschließend lässt sich festhalten, dass das Modell auf Grundlage der Scannerpunktwolke augenscheinlich sehr viel ebener ist als das photogrammetrische Modell.

Die Kosten eines Scanners in dieser Genauigkeitsklasse sind sehr hoch. Das etwas unebenere, photogrammetrische Modell dagegen ist erschwinglicher. Denn zur Erstellung müssen nur einfache Gegebenheiten beachtet (z. B. Beleuchtung, Abstand zum Objekt, Schärfentiefe) werden, um mit einer angemessenen Anzahl an Fotos ein Modell berechnen zu lassen.

Abseits vom genannten „Reality Capture“ gibt es Freeware-Programme zur Auswertung, die allerdings in vorangegangenen Tests an verschiedenen Bahnen nur sehr schlechte Ergebnisse geliefert haben (siehe Abb. 8).

Aus diesem Grund ist das Programm „Reality Capture“ in seiner „Pay-Per-Input“ Variante – die Einstellmöglichkeiten werden hier allerdings etwas eingeschränkt – außerordentlich gut geeignet. Denn die Kosten sind pro Export sehr niedrig. So kostet z. B. der Export eines 3D-Modells auf Basis von etwa 300 Fotos, welches auf etwa 19,1 Millionen Punkten basiert, etwa 5 EUR. Natürlich muss man bei der Nutzung solcher Programme immer die Hardwarevoraussetzungen prüfen, denn diese übersteigen in der Regel die eines handelsüblichen Laptops.

Alles in allem eröffnen sich mit den photogrammetrischen Verfahren einfachere und kostengünstigere Wege digitale 3D-Modelle zu erstellen, die sich dann im nächsten Schritt digital archivieren lassen. So lässt sich ein realistischer dreidimensionaler Eindruck von Fahrzeugen bewahren, wenn sie schon längst der Vergangenheit angehören. Es könnten (nach weiteren Modifikationen) 3D-Modelle auf dieser Grundlage gedruckt oder für Instandhaltungsmaßnahmen genutzt werden, da sich anhand des digitalen 3D-Modells Maße für Ersatzteile o. ä. abgreifen lassen.