



## VirScan3D

### Virtueller Laserscanner-Simulator zur Digitalisierung der Unterrichtsumgebung



Abb. 1: Logo des VirScan3D-Projektes [Gorkovchuk 2020].

Leitung (KDWT): Prof. Dr. Mona Hess

Projektleitung: Prof. Dr. Thomas Luhmann

Bearbeitung: Dr.-Ing. Maria Chizhova

Partner: Institut für Angewandte Photogrammetrie und Geoinformatik (IAPG), Jade Hochschule Oldenburg, Kiewer Nationale Universität für Bau und Architektur (KNUCA), Fakultät für Geodäsie und Landmanagement

Laufzeit: 2019-2021

Finanzierung: DAAD-Programm "Digitale Zukunft gemeinsam gestalten", Deutsch-Ukrainische Hochschulkooperationen

3D-Daten, standortbasierte Daten und Geoinformationen im Allgemeinen sind heute ein Schlüsselfaktor in der Wirtschaft wie Bauwesen, Geodäsie, Denkmalpflege, Logistik, Energie,

Kommunikation oder Internethandel. Insbesondere werden in diesen Anwendungsbereichen neue digitale Instrumente und Verarbeitungswerkzeuge etabliert. Dies gilt auch für die Ukraine. Neue Technologien in diesen Bereichen (z.B. 3D-Laserscanning, Photogrammetrie, Drohnen) erzeugen große Mengen an digitalen Daten über die erfassten Objekte, die komplex zu verarbeiten, zu analysieren und in nützliche Informationen zu verwandeln sind. Die dazu erforderliche Ausstattung und Ausbildung ist in vielen ukrainischen Universitäten nicht oder nur unzureichend vorhanden. Die aufgrund dieser Digitalisierungsentwicklungen bestehende Situation behindert eine adäquate Ausbildung genauso wie eine zeitgemäße und notwendige Anwendung in Wirtschaft, Kultur und Industrie.

Die Leitidee dieses Projekts besteht darin, die Digitalisierung in den Ingenieur- und Geowissenschaften in zwei großen Projektteilen zu fördern:

1. Entwicklung einer virtuellen Umgebung zur Erstellung und Verarbeitung digitaler 3D-Daten.
2. Digitales Lehr- und E-Learning-Material mit interaktiven Tools und praktischen Beispielen.

**Teil 1 wird durch die Entwicklung eines virtuellen Systems gelöst**, das es den Anwendern ermöglicht, realistische Daten in Abwesenheit eines realen (kostspieligen) Messgerätes zu erstellen. So gibt es beispielsweise in der Ukraine nur sehr wenige teure terrestrische Laserscanner. Da der Einsatz solcher Geräte und die anschließende Datenverarbeitung nicht trivial ist, sollen die Studierenden zukünftig auf virtuellen Systemen geschult werden, die sehr kostengünstig (Open-Source-Umgebungen), flexibel, ortsunabhängig und zukunftsorientiert sind.

Der virtuelle 3D-Scanner emuliert handelsübliche Instrumente mit realistischen Benutzeroberflächen und erzeugt in einer virtuellen Simulation 3D-Punktwolken nach individuellen Vorgaben und Einstellungen. Als Trainingsobjekte kann jede Art von digitalem 3D-Modell (z.B. aus dem Kulturerbe oder dem Hochbau) verwendet werden. Mit dem virtuellen System können sowohl Lehrende als auch Studierende lernen und sich auf den Einsatz dieser Systeme vorbereiten, realitäts-

nahe große Datensätze erzeugen und die gesamte Kette der Datenverarbeitung durchführen. Der technische Aufbau des virtuellen Scanners und eine mögliche Realisierung sind in Teil 2 dargestellt. Der Laserscanner-Simulator wird Teil eines neuen E-Learning-Konzepts sein, das sowohl an ukrainischen als auch an deutschen Partneruniversitäten umgesetzt wird. Damit trägt dieses Vorhaben zur nachhaltigen Modernisierung der Lehre und Forschung bei und kann darüber hinaus hochschulübergreifend zur Verfügung gestellt werden.

**Teil 2 wird durch ein integriertes Lehrkonzept abgedeckt**, das interaktive Lernmittel (sowohl für Lehrpersonal als auch für Studierende) und praktische Übungen (Projektwochen, Sommerschule) umfasst, bei denen der theoretische und virtuelle Unterricht mit praktischen Erfahrungen an realen Instrumenten und Daten verbunden wird. Die dazu notwendigen Fallbeispiele betreffen denkmalgeschützte Gebäude, die sich hinsichtlich Komplexität, Interdisziplinarität und Datenmengen hervorragend als Übungsobjekte eignen. Die Fallbeispiele werden vom Projektpartner Universität Bamberg beigesteuert (siehe auch Campus 3D Projekt). Ein Resultat der experimentellen Arbeit ist zusätzliches E-Learning-Material, das auf den Erfahrungen und Ergebnissen der Projektarbeit basiert.

Die im Projekt entwickelte Software- und Lehrumgebung stellt ein neuartiges digitales Instrument dar, das zur nachhaltigen Modernisierung der Lehre und Forschung an der Partnerhochschule sowie anderen ukrainischen (und auch deutschen) Hochschulen beiträgt. Kompetenzen in der Digitalisierung durch Erzeugung und Verarbeitung komplexer Massendaten sowie in der Internationalisierung durch intensive Zusammenarbeit bilateraler Projektgruppen werden signifikant gestärkt. Die Projektleitung ist an der Jade Hochschule Oldenburg verankert, mit welcher der Arbeitsbereich Digitale Denkmaltechnologien seit 2017 im engen Kontakt ist. Ein weiterer Projektpartner ist die Kiev National University for Construction and Architecture (KNUCA), Fakultät für Geodäsie und Landmanagement, Ukraine. Zwischen der Jade Hochschule in Oldenburg und der Kiev National University for Construction and Architecture (KNUCA) besteht seit 2012 eine intensive Zusammenarbeit. Die Fachgebiete beider Hochschulen betreffen die Bereiche Geoinformation, 3D-Laserscanning, Photogrammetrie und Informatik. Die Universität Bamberg bringt Fachwissen in digitaler Objekterfassung und in der Denkmalpflege in das Konsortium mit ein.

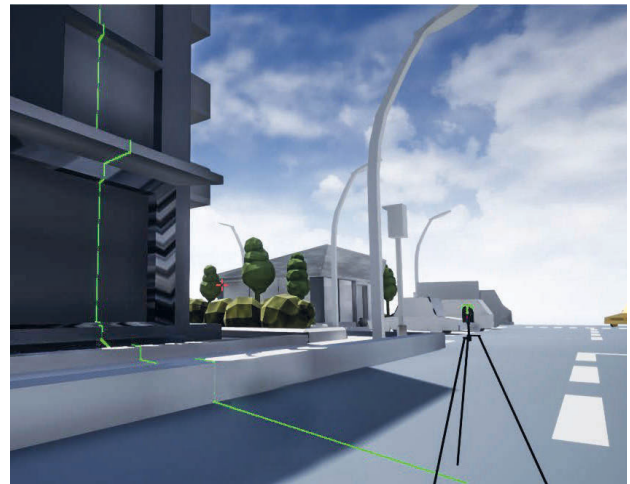


Abb. 2: Prototyp des virtuellen Scanner-Simulationsystems [Chizhova et al. 2020].

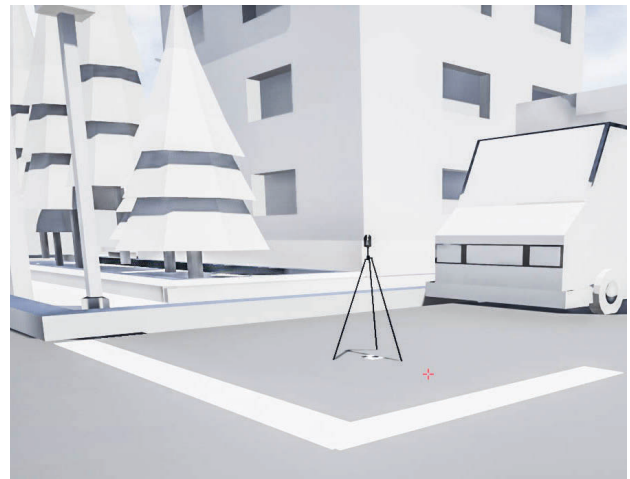


Abb. 3: Platzierung von Zielmarken und Positionierung des Laserscanners in der VirScan3D-Software [Chizhova et al. 2020].

Aufgrund der Covid-Pandemie wurde die gesamte Hochschullehre weltweit auf Online-Learning umgestellt. Dies hat sich jedoch auf die Kurse ausgewirkt, die die Arbeit mit Geräten beinhalten und - demzufolge - die Anwesenheit von Studierenden und Geräten erfordern. In diesem Projekt wird mit der Entwicklung eines solchen Gerätesimulators eine Lösung vorgeschlagen, die eine ungestörte Fortsetzung des Unterrichts ermöglicht. Die ersten Ergebnisse, die Konzept und Realisierung eines terrestrischen Laserscanner-Simulators präsentieren, wurden von Chizhova et al. 2020 publiziert.

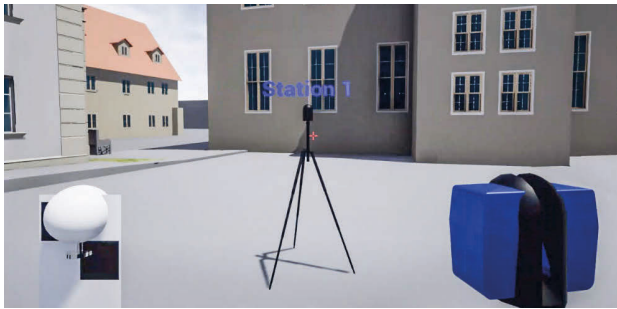


Abb. 4: Grafische Simulation des Scanvorgangs [Chizhova et al. 2020].

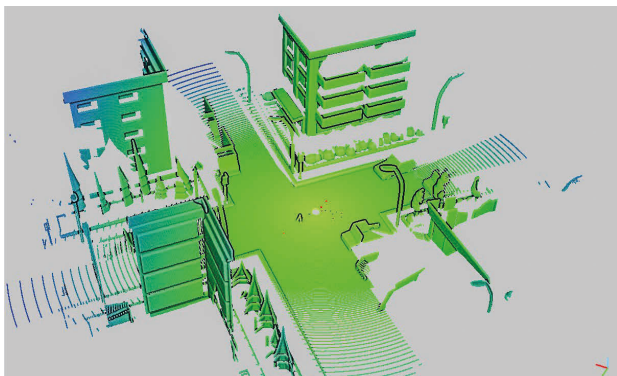


Abb. 5: Grafische Simulation des Scanvorgangs [Chizhova et al. 2020].

## Funktionen des Laserscanner-Simulators

Wie bereits erwähnt, wurde VirScan3D für Studierende aus dem Bereich Geodäsie und Messtechnik mit eingeschränktem Zugang zu Laserscannern entwickelt. Im Projekt werden neue Ressourcen und Werkzeuge entwickelt. Zur Erstellung der virtuellen Umgebung wird ein 3D-Umfeld erstellt. Entweder wird dieses direkt in der Software digital modelliert oder eine reale Umgebung 3D-gescannt und nachmodelliert. Diese wird dann in den Simulator integriert (es wird ein neues Level/neue Version kompiliert).

Der Simulator hat folgende Funktionen (Auswahl des Scannertyps, der simuliert werden soll):

- Laserscanning-Prozesssimulation mit Generierung von Punktwolken mit Intensitäts- und Rauschwerten entsprechend den Scanner-Spezifikationen;
- Verwaltung der Scan-Stationen, um Einstellungen für jede Scan-Station festzulegen, Stationen zu erstellen und zu löschen;
- Aktionen mit Zielmarken, was Platzieren und Entfernen von Targets verschiedener Typen ermöglicht;
- Projektverwaltung mit Möglichkeit, das Projekt als Benutzer zu speichern und später weiter zu verarbeiten;
- Scannen im Batch-Modus;

- Echtzeit-Visualisierung der erzeugten Punktwolken;
- Export von Punktwolken.

Der Simulator bietet zwei Arbeitsszenarien:

1. Der Benutzer navigiert innerhalb der virtuellen Umgebung und wählt die Zielpositionen aus. Dann werden Scanner-Position und Scan-Einstellungen festgelegt und das Scannen wird gestartet. Der Scanvorgang wird in Echtzeit visualisiert. Wenn das Scannen beendet ist, ‚geht‘ der Benutzer-Avatar zur nächsten Station.
2. Der Benutzer navigiert innerhalb der virtuellen Umgebung und wählt Positionen für alle Ziele und alle Scan-Stationen aus. Anschließend werden die Scan-Einstellungen für alle Stationen oder für jede Station einzeln festgelegt. Schließlich wird die Scan-Simulation für alle Stationen nacheinander gestartet.

Szenario 1 ist empfehlenswert für Einsteiger, die nur grundlegende Kenntnisse in der Laserscan-Technologie haben, während sich Szenario 2 für die Anwender eignet, die bereits einige Erfahrungen im Laserscanning aufweisen und ihre Fähigkeiten durch das Testen verschiedener Scanning-Konfigurationen verbessern möchten.

Das Simulationsergebnis ist eine strukturierte 3D-Punktwolke im ASCII-Format zum Import in spezialisierte Punktwolken-Software. Für jede Scanstation wird eine einzelne Punktwolke erzeugt, daher ist im Simulator selbst keine Registrierung vorgesehen. Es ist auch möglich, Zielkoordinaten zu exportieren, um sie in einer Registrierungssoftware für die Referenzierung von Punktwolken zu verwenden.

VirScan3D wird mit *Unreal Engine* (einer bekannten Spiele-Engine) entwickelt; daher sollten die Rechner Mindestvoraussetzungen erfüllen. Die Geschwindigkeit der Scan-Simulation hängt jedoch direkt von der Rechnerleistung ab. Um die Simulationsgeschwindigkeit nicht langsamer als das Scannen in der realen Welt zu erreichen, sind die minimalen Hardware-Anforderungen von VirScan3D eine 2,0 GHz CPU und 4 GB RAM. Da VirScan3D für die Visualisierung eine OpenGL-3D-Engine verwendet, ist außerdem eine kompatible Grafikkarte erforderlich.

Die Hauptfunktionen werden mit dem Blueprint Visual Scripting-System von *Unreal Engine* programmiert. Dadurch ist es möglich, das System

sehr flexibel zu gestalten und Softwaremodule zu modifizieren, ohne den gesamten Code neu kompilieren zu müssen. Einige spezifische Module wurden aufgrund von Blueprint-Beschränkungen mit der Sprache C++ programmiert.

Die Implementierung fortgeschrittener Funktionen in zukünftigen Softwareversionen erfordert möglicherweise die Verwendung zusätzlicher externer Software, z.B. Blender.

Der Prototyp der virtuellen Scannersimulation ist in Abbildung 2 dargestellt.

Positionierung des Laserscanners (s. Abb. 3): Die Abbildung zeigt den virtuellen Scanner im Einsatz, d.h. es wird ein sequentiell abtastender Laserstrahl erzeugt, der auf die Oberfläche des 3D-Modells trifft, um eine 3D-Koordinate dieses Punktes zu erzeugen. Für die Prozesssimulation wurden Standardeinstellungen des Geräts für Auflösung, Scanqualität (1x Strahlaufnahme pro Punkt) und Zeit (ca. 15 Minuten pro Scan-Station) bei klarem Himmel verwendet.

Der Scanvorgang wird grafisch simuliert, so dass die Anwender den Vorgang in Echtzeit verfolgen können (s. Abb. 4). Nach Abschluss des simulierten Scanvorganges wird die erzeugte 3D-Punktwolke zur Weiterverarbeitung durch Standard-Softwarepakete über Import-/Exportfunktionen exportiert.

Nach dem Scannen wird eine 3D-Punktwolke in kartesischen Koordinaten (X,Y,Z) berechnet. Entsprechend den Stationseinstellungen wird ein winkelförmiges Strahlengitter vom Stationspunkt aus projiziert. Ein Schnittpunkt des Strahls mit der ersten Oberfläche ergibt einen diskreten Punkt, dessen XYZ-Koordinaten in einer Textdatei gespeichert werden. Der Ursprung des Koordinatensystems wurde auf den Stationspunkt gesetzt. Durch die Auswahl eines Punktes auf dem 3D-Modell legt der Benutzer eine Scan-Position fest. Dann prüft das System, ob die Station korrekt ist, und speichert sie.

Es sind einige funktionelle Anforderungen zu beachten:

- Eine Station ist nicht korrekt, wenn sie sich zu nahe (20 cm) an anderen Objekten oder innerhalb anderer Objekte befindet;
- Eine Station ist nicht korrekt, wenn sie sich auf einer senkrechten ( $\pm 30^\circ$ ) Fläche befindet.

Während des Scanvorgangs werden XYZ-Koordinaten, Abstand sowie horizontale und vertikale

Winkel gespeichert. Die maximale Reichweite der Oberflächensuche ist auf die Scannerspezifikation beschränkt. Eine .txt-Datei ist im Software-Verzeichnis zu finden. Abbildung 5 stellt ein Beispiel für eine einzelne Punktwolke dar, die vom Simulator erzeugt wurde.

### Zukünftige Arbeiten am Simulator

In der Zukunft sollen auch die anderen marktüblichen Laserscanner-Marken (Faro X330, Leica Scanstation P40) simuliert werden, um die Trainingsvielfalt zu erweitern. Es wird erwartet, dass in den Release-Versionen der Software mehrere Scanner-Modelle implementiert werden und die Möglichkeit besteht, kundenspezifische Scanner zu konfigurieren. Ein hochdetailliertes, präzises 3D-Modell der realen Umgebung der Universität Bamberg, das auf realen Laserscannerdaten basiert, wird in einer neuen Beta-Version als Referenzumgebung verwendet. Die Funktionalität zur Platzierung von Zielmarken ist bereits in einer Prototyp-Version implementiert, die es den Anwendern erlaubt, resultierende Punktwolken mit einem Target-to-Target-Ansatz zu registrieren. Die zukünftigen Versionen des Simulators werden in der Lage sein, die Intensität und das Rauschen zu simulieren.

Der Realdatenvergleich wird in Zukunft während der im Projektzeitraum (2019 - 2021) geplanten Anwendungswochen und Sommerschulen erfolgen. Eine Verlängerung des Projektes aufgrund der Corona-Pandemie in das Jahr 2022 wird im Moment mit dem DAAD abgestimmt.

(Maria Chizhova)

---

CHIZHOVA M. / POPOVAS D. / GORKOVCHUK D. / GORKOVCHUK J. / HESS M. / LUHMANN T.: *Virtual terrestrial laser scanner simulator for digitalization of teaching environment: concept and first results*. In: The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLIII-B5-2020, S. 91–97, 2020 (doi 10.5194/isprs-archives-XLIII-B5-2020-91-2020).

---

CHIZHOVA M. / POPOVAS D. / GORKOVCHUK D. / GORKOVCHUK J. / HESS M. / LUHMANN T.: *Virtual Terrestrial Laser Scanner simulator in digital twin environment*, Proceedings of the joint international event 9th ARQUEOLÓGICA 2.0 & 3rd GEORES, Valencia (Spain) 26.04.–28.04.2021.