

# Beweissicherung durch TLS- Analyse geometrischer Veränderungen

Bachelorthesis: Morris Böhm

Referent: Prof. Dr. rer. nat. Ansgar Greiwe

Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Daniel Czerwonka-Schröder

## Untersuchungsgebiet und Zielsetzung

Bauwerke unterliegen im Laufe der Zeit Belastungen durch Umwelt und Nutzung, die zu geometrischen Veränderungen führen können. Bleiben diese unentdeckt, drohen strukturelle Schäden.

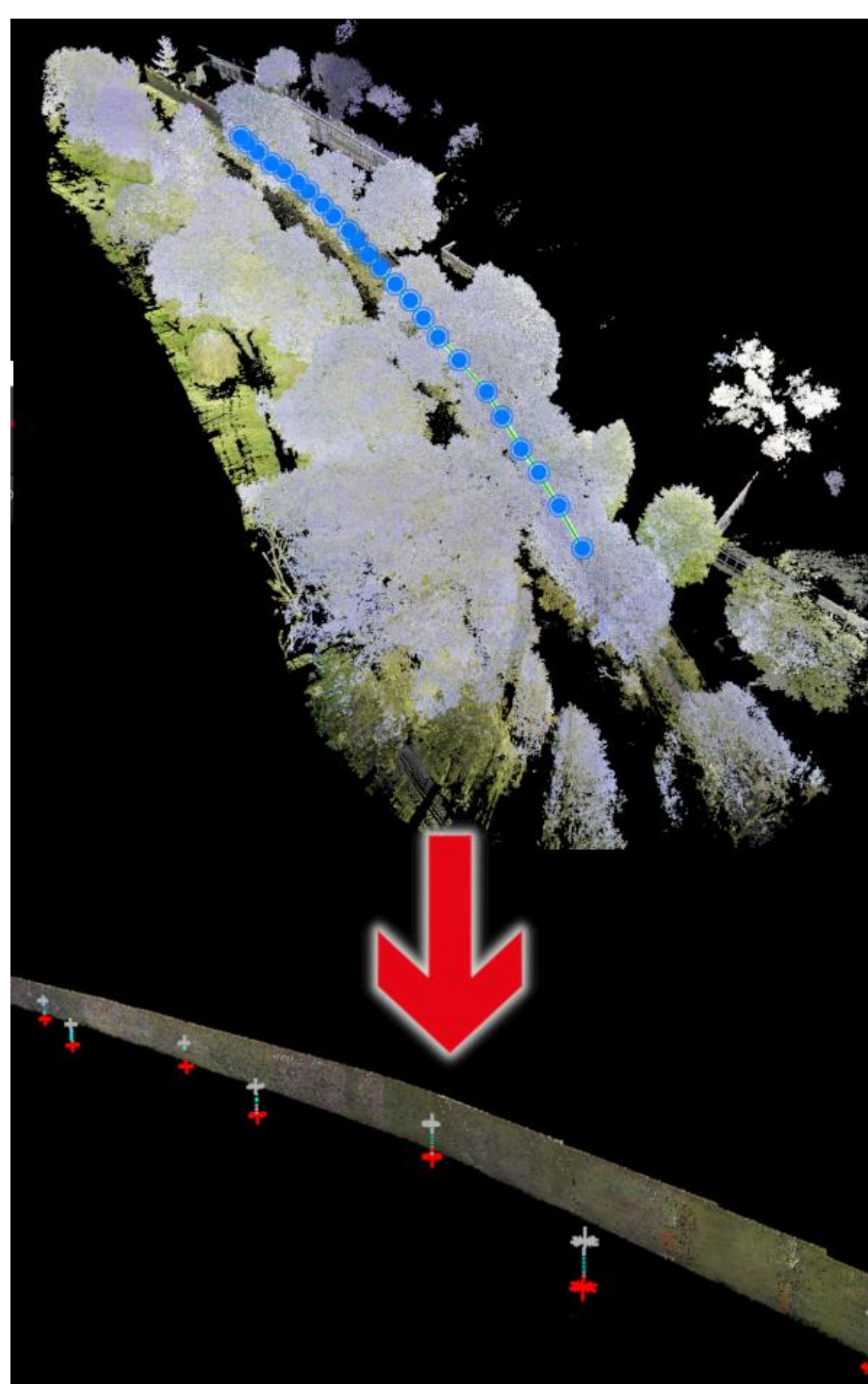
Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Verfahrens zur wiederholbaren Überwachung von Veränderungen mittels terrestrischem Laserscanning (TLS).

Untersucht wird eine Stützmauer am Hardenbergufer in Essen-Werden. Die hochauflösenden Scandaten werden mithilfe verschiedener Methoden hinsichtlich geometrischer Veränderungen ausgewertet.



TLS-Aufnahme der Stützmauer (rechts) mit „Tilt and Turn“-Targets zur Erfassung der Geometrie

## Ablauf der 3D-Datenverarbeitung



Datenverarbeitung und Filterung der Punktwolke

Die Stützmauer wird von mehreren Standpunkten mit dem terrestrischen Laserscanner Leica RTC360 erfasst. Ein lokales Festpunktfeld mit unterirdisch fixierten Bolzen bildet die Grundlage für die Registrierung und die Georeferenzierung. Die cloudbasierte Registrierung erfolgt in Cyclone REGISTER 360 PLUS und wird durch eine zielzeichenbasierte Registrierung ergänzt. Die mittlere Registrierengenauigkeit der Scan-Gruppe liegt bei 2–3 mm. Zur Georeferenzierung werden „Tilt and Turn“-Targets lotrecht über den Festpunkten positioniert. Die Zielzeichen ermöglichen eine eindeutige Zuordnung zu den Festpunkten und sind notwendig, um die Punktwolken präzise in das lokale Koordinatensystem zu transformieren.

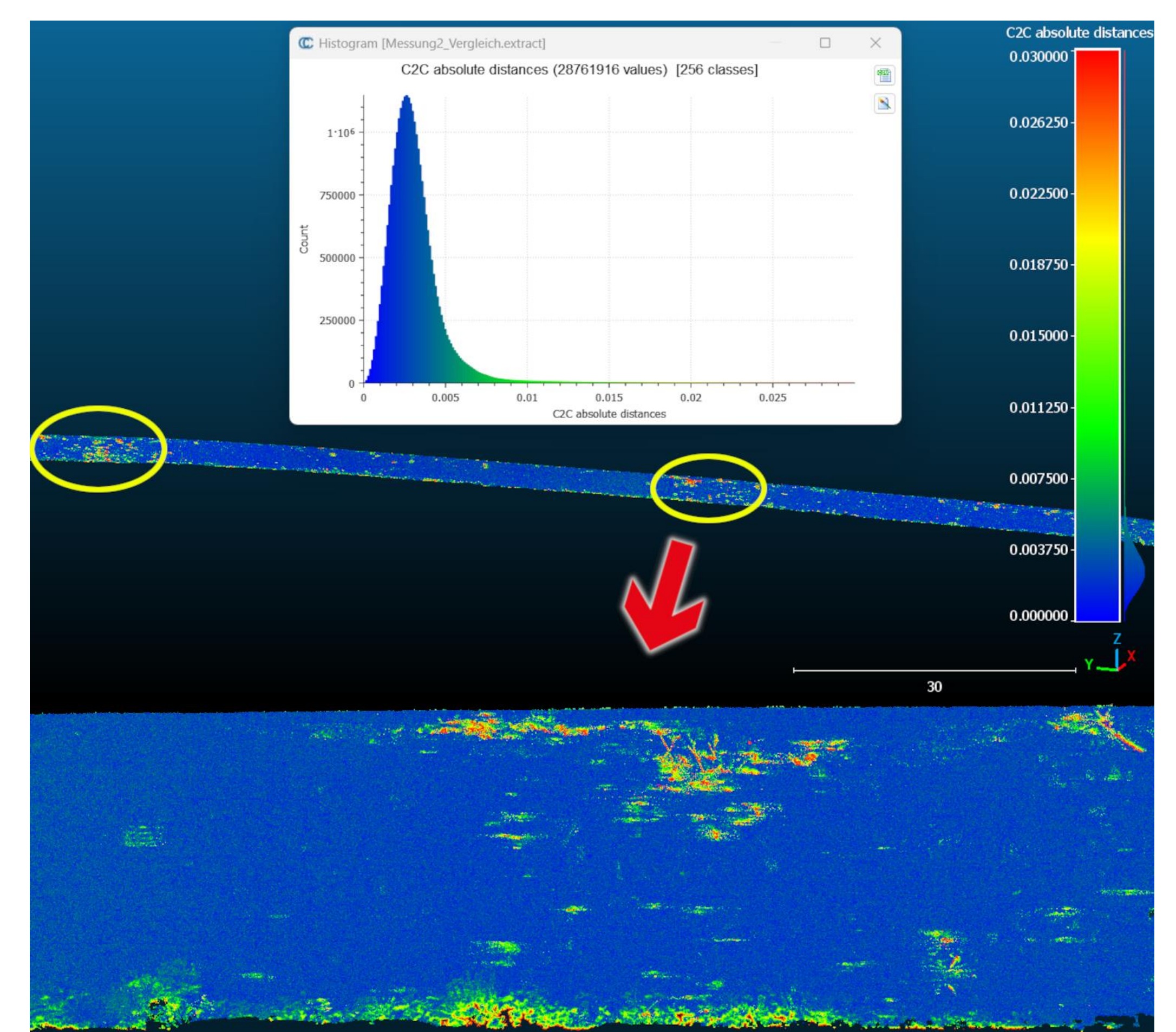
Vor der Analyse erfolgt eine Filterung der Punktwolken, bei der ausschließlich der Bereich der Stützmauer erhalten bleibt. Anschließend wird die bereinigte Punktwolke stufenweise auf 2, 5, 10 und 20 mm ausgedünnt, um die Weiterverarbeitung zu optimieren, Speicherbedarf zu reduzieren und die Auswirkungen unterschiedlicher Punktdichten auf die Auswertung gezielt zu untersuchen. Die Analyse geometrischer Veränderungen erfolgt mit den punktwolkenbasierten C2C- und M3C2-Verfahren in CloudCompare und mittels des oberflächenbasierten M2M-Verfahrens in MeshLab.

## Punktdichte beeinflusst Ergebnisqualität

Mit zunehmender Punktdichte steigt die Detaillierbarkeit in der Veränderungsanalyse. C2C reagiert hierbei besonders sensibel auf kleinräumige Abweichungen, erfordert aber eine feinere Auflösung zur Vermeidung von Fehlinterpretationen. M3C2 liefert robustere Ergebnisse bei geringerer Punktdichte, dämpft durch den Algorithmus jedoch lokale Extremwerte. Punktabstände von 5 mm stellen einen geeigneten Kompromiss zwischen Genauigkeit und Verarbeitbarkeit dar.

Das M2M-Verfahren weist Einschränkungen auf. Die Erstellung der Meshes ist rechenintensiv, und bei größeren Objekten gelingt die Auswertung stabil nur mit Punktabständen von 10 mm und 20 mm.

Terrestrisches Laserscanning ermöglicht eine präzise und wiederholbare Analyse im Millimeterbereich, wenn Punktdichte, Auswertemethode und Referenzsystem gezielt aufeinander abgestimmt sind.



Das C2C-Verfahren mit einem Punktabstand von 5mm liefert für dieses Projekt die besten Ergebnisse