

Ermittlung von Geometrieänderungen mittels terrestrischem Laserscanning

Bachelorarbeit Alfred Köhler, BAU 2014

Zielsetzung

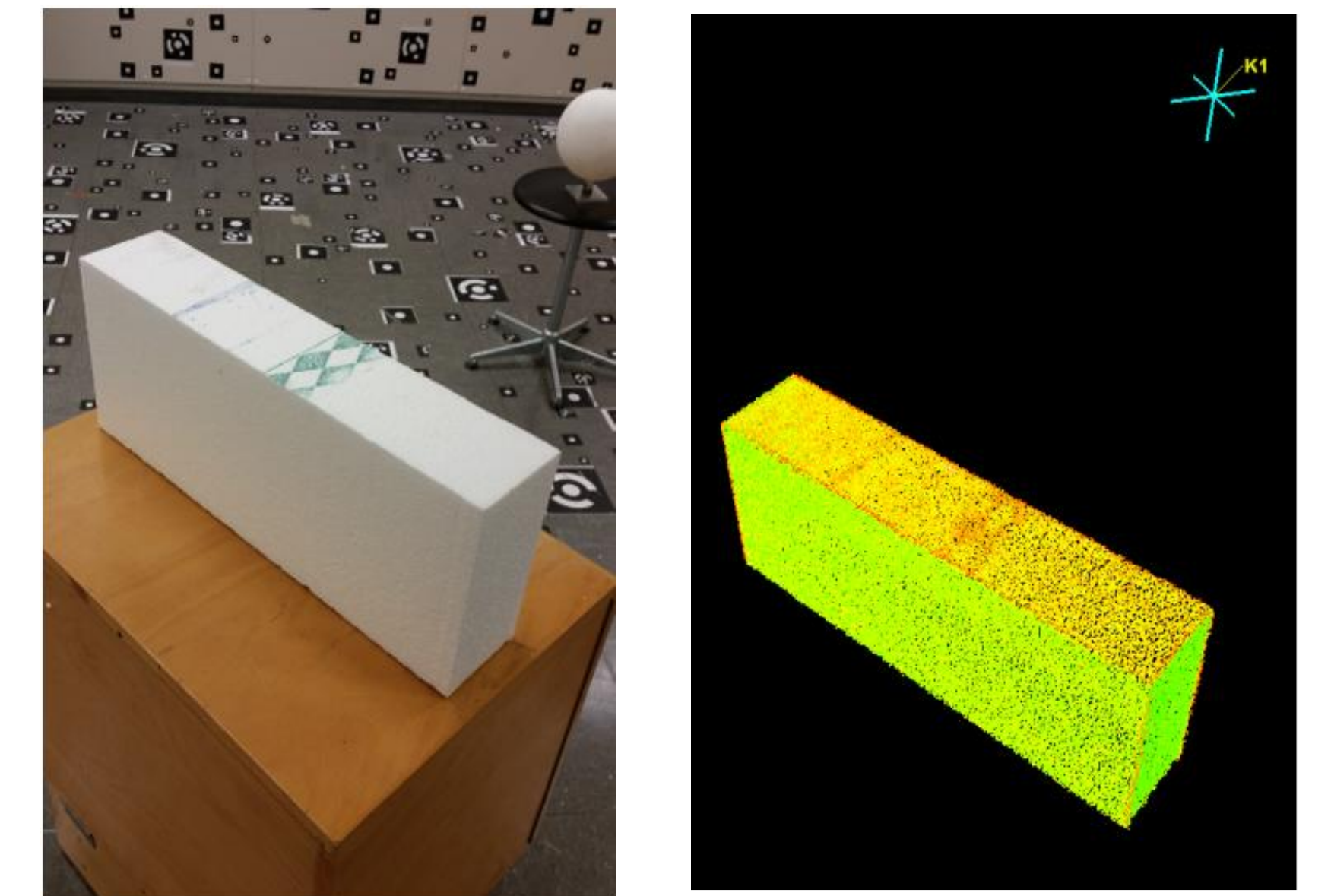
Beschussversuche stellen für die Bundeswehr ein interessantes Forschungsgebiet dar. Dabei ist es anzustreben, Änderungen am Objekt schnell und genau zu erfassen und zu bewerten. Ziel dieser Bachelorarbeit war es, einen Styroporkörper mehrfach zu verformen, um einen Beschuss nachzustellen, die entstandenen Geometrieänderungen aufzunehmen und einen Workflow zur Auswertung der Daten zu entwickeln.

Die Aufnahme des Körpers erfolgte mittels terrestrischem Laserscanning (TLS), bei welchem ein Raster von Laserimpulsen vom Laserscanner ausgesendet und wieder empfangen wird. Im Ergebnis entsteht eine Punktwolke. Der verwendete Laserscanner Leica C10 ermittelt die Entfernungen zu einer abgetasteten Oberfläche mittels Laufzeitmessung.

Versuchsaufbau

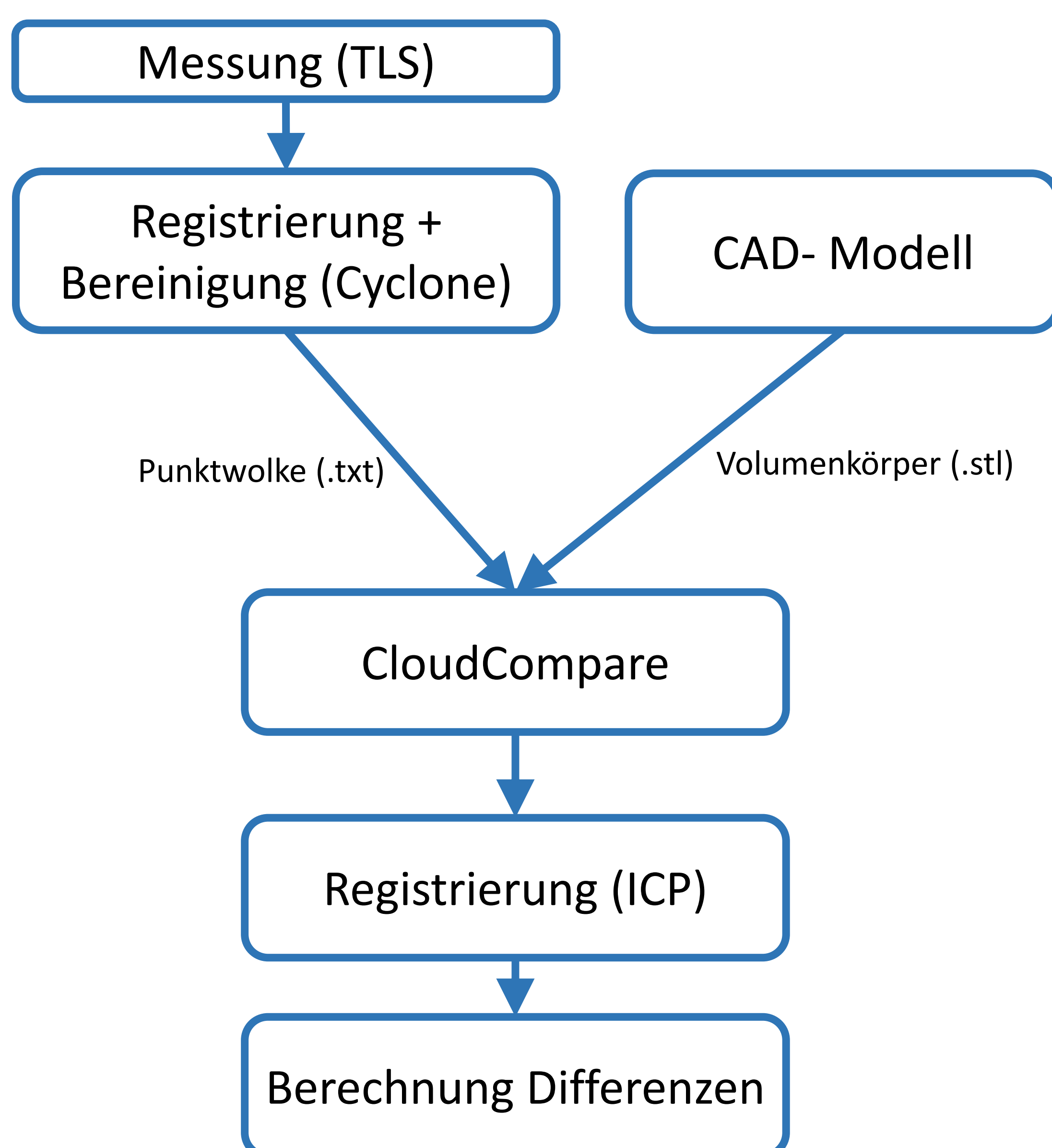
Als Versuchskörper diente ein Styroporquader von 500x100x200 mm. Das Objekt wurde von 3 Standpunkten erfasst, um den Volumenkörper vollständig abbilden zu können.

Für die Registrierung wurden sechs Passmarken aufgestellt und die erzeugten Punktwolken wurden in Cyclone importiert, registriert und bereinigt. Die Abbildung zeigt den unverformten Styroporquader als Fotografie und als Punktwolke in Cyclone.



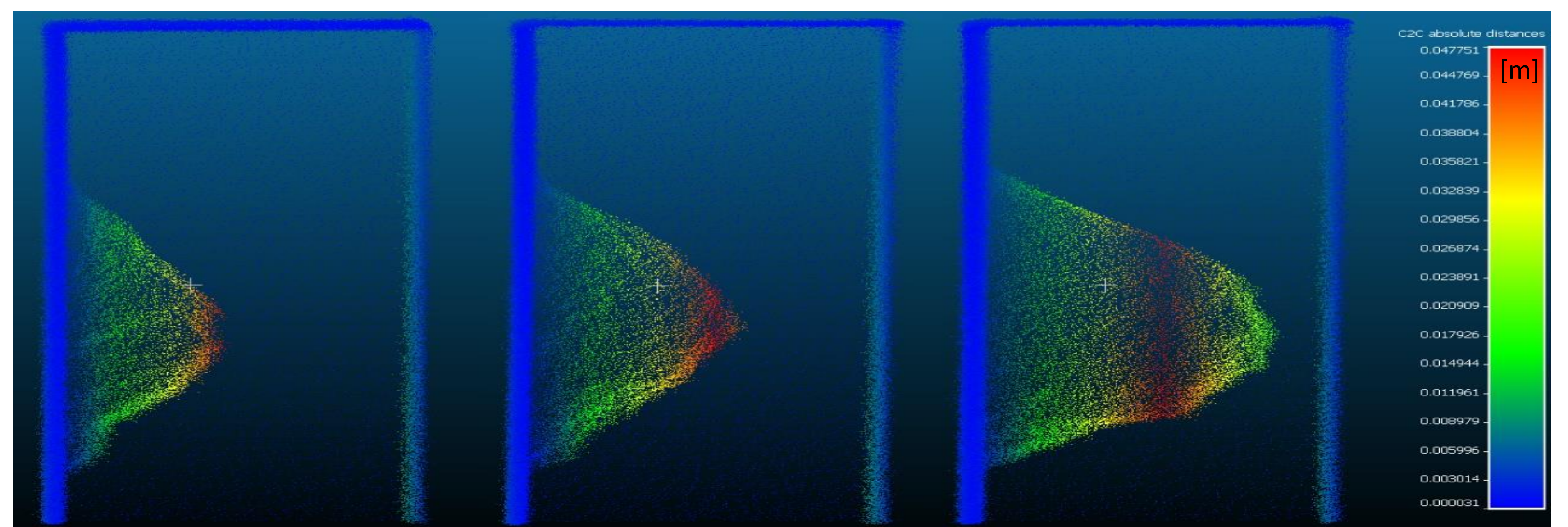
Aufbereitung und Auswertung

Für einen Workflow werden das CAD-Modell des Körpers und die gemessenen Punktwolken in der Software CloudCompare mittels ICP registriert. Anschließend erfolgt eine Vermaschung der jeweiligen Punktwolken, welche die Berechnung der Volumina ermöglicht.

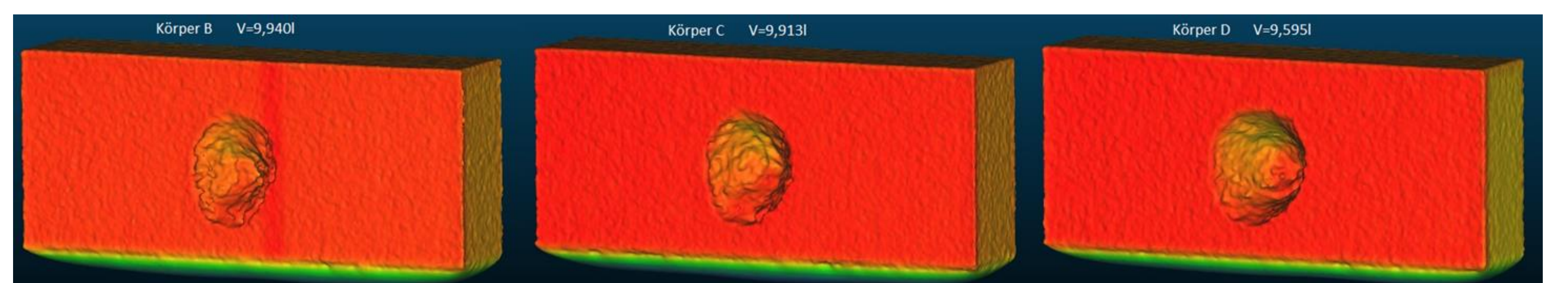


Die Punktwolken der verformten Zustände werden nacheinander mit dem Referenzobjekt in der Software CloudCompare registriert, um anschließend die Distanzen zwischen den Punktwolken zu ermitteln.

Die Abbildung zeigt den Versuchskörper im Querschnitt sowie die farbig codierten Distanzen. Es fällt auf, dass das tiefste Loch abnehmende Punktdistanzen aufweist, was dadurch zu erklären ist, dass standardmäßig die kürzeste Distanz jeden Punktes zum nächstliegenden Punkt des Referenzobjektes berechnet wird.



Anschließend wird aus jeder Punktwolke ein Mesh erzeugt. Dazu werden die Normalen mit der Methode *plane (octree depth = 8)* bestimmt und mit dem Plugin *Poisson Surface Reconstruction* ein Mesh modelliert. Dieser geschlossene Körper stellt bis auf seine verdeckte Unterkante ein genaues Abbild des echten Körpers da. Mit den Meshes kann die Software das ausgebrochene Volumen bestimmen.



Volumenänderung

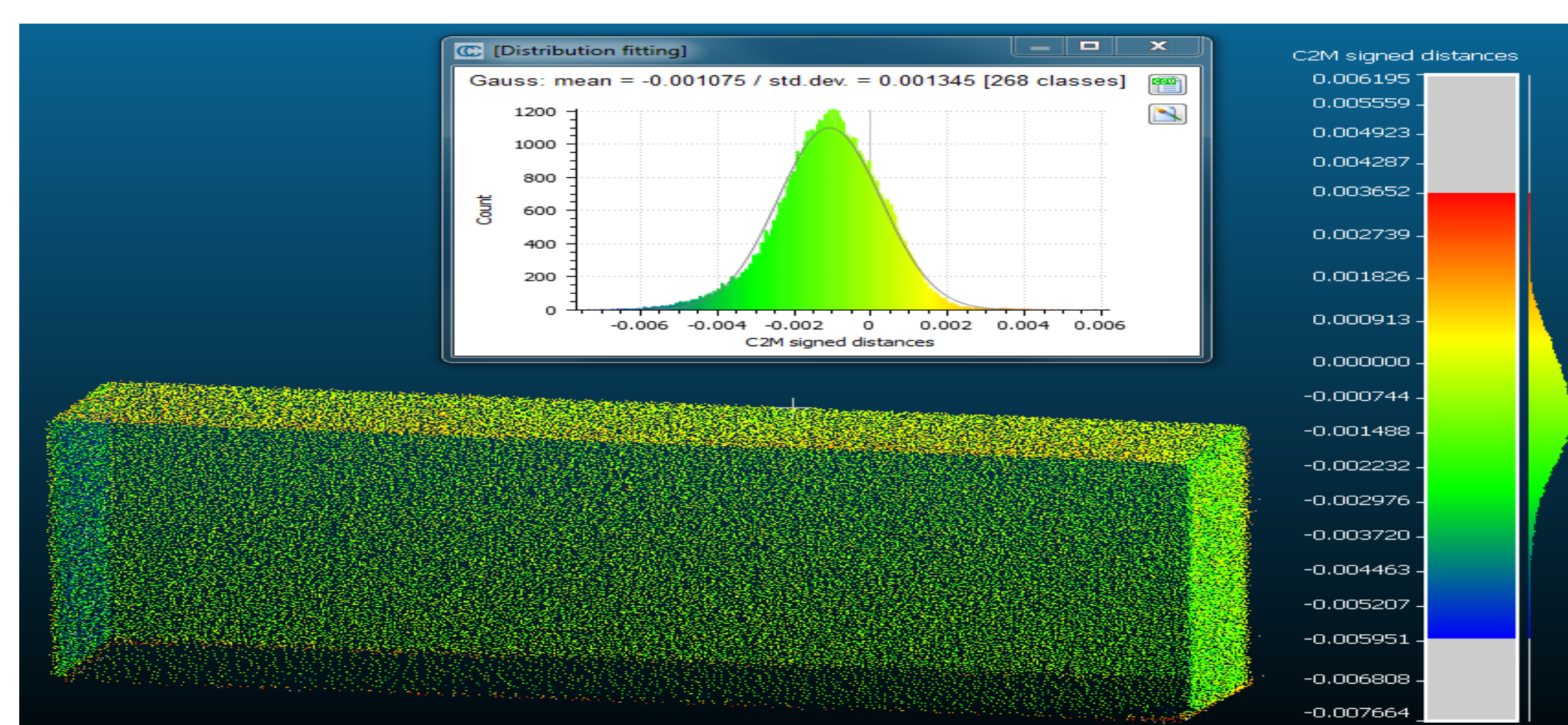
Für die Zustände wurden folgende Volumenänderungen berechnet:

Zustand	Gemessenes Volumen [dm ³]	Berechnetes Volumen [dm ³]	Volumen des Loches [dm ³]
A	10,615	10,000	0,000
B	9,940	9,325	0,675
C	9,913	9,298	0,702
D	9,595	8,980	1,020

Aus dem gemessenen und dem bekannten Volumen des Körpers im Zustand A ergibt sich eine Abweichung, die durch die Wölbung an der Unterseite der Meshes entsteht. Dieser Effekt beeinträchtigt auch die anderen Vergleiche und ermöglichen keine genauen Volumenbestimmungen. Der Workflow ist noch dahingehend zu weiter zu entwickeln, dass die Unterseiten des Körpers in den verschiedenen Zuständen identisch bleiben.

Betrachtungen zu Styropor

Ein Teil der Untersuchungen war es, die Eignung von Styropor zu betrachten. Versuche mit älteren Laserscannern haben Abweichungen von bis zu 15 mm ergeben, da der Laserstrahl in das Material eindringt. Für eigene Betrachtungen wurde ein Idealkörper mit den exakten Maßen erstellt und mit dem unverformten Zustand A verglichen. Die Abweichungen fallen gering aus und sind auf Ungenauigkeiten bei der Bearbeitung des Styroporkörpers zurückzuführen.



Fazit

Die Auswertung der Punktwolken lässt sich mit den beiden verwendeten Softwareprodukten Cyclone und CloudCompare umsetzen.

Da die Tests unter Laborbedingungen prinzipiell erfolgreich waren, kann der Ansatz auch für tatsächliche Beschussversuche verwendet werden. Die Berechnung der Volumenänderungen zeigt noch einen Fehler. Die Modellbildung muss hier noch verfeinert werden, um die Wölbungen an der verdeckten Unterkante des Körpers bei der Vermaschung zu vermeiden.