

Bachelorarbeit

Analyse des messtechnischen Potentials von Instant-NGP zur Erstellung eines 3D-Modells anhand eines repräsentativen Messobjekts

Bearbeiter: Aron Lenz

Betreuer: Prof. Danilo Schneider, B.Eng. Fabian Ettelt

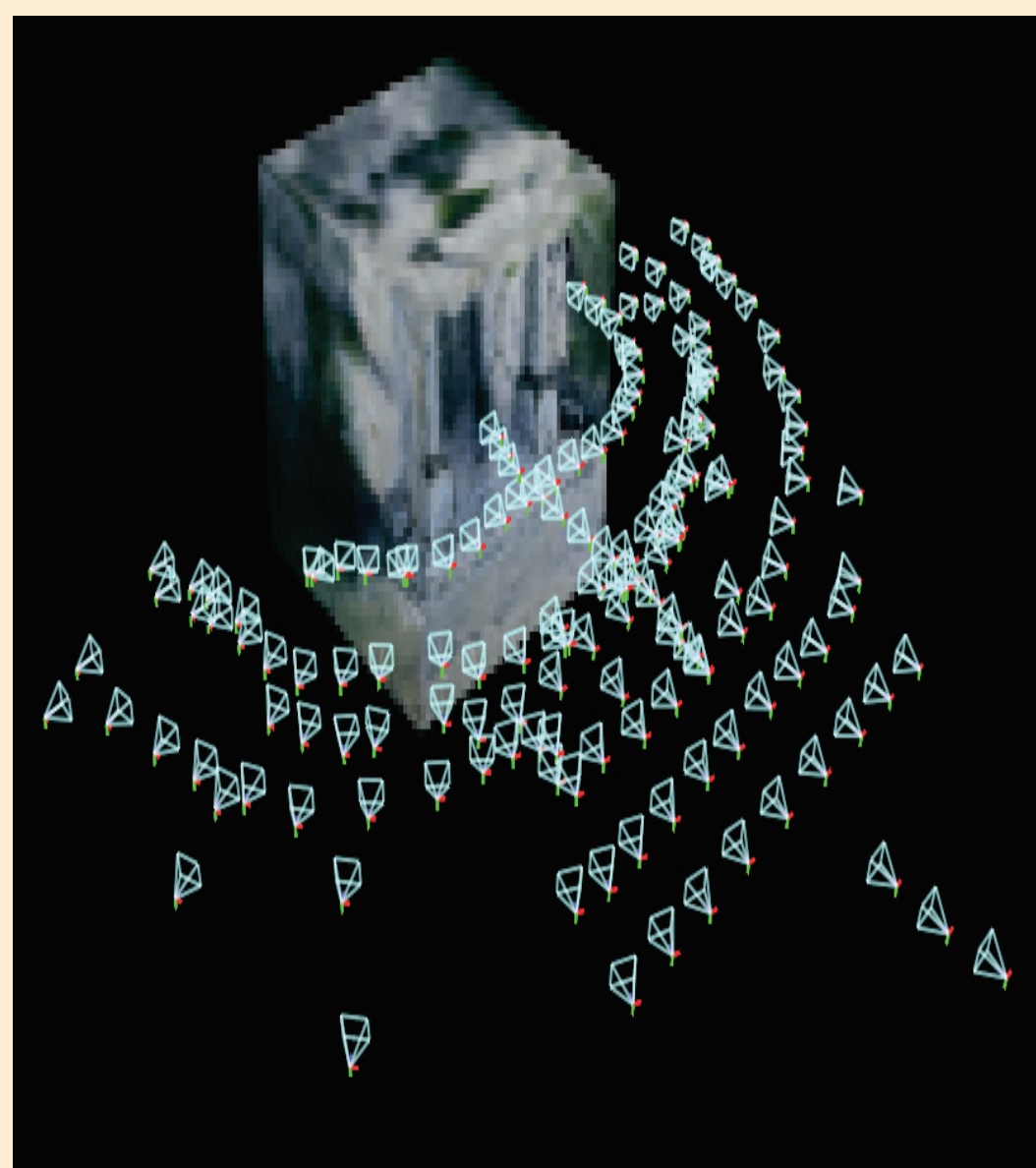
HERAUSFORDERUNG

Schnell rekonstruieren – aber wie genau ist das?

Große Fassaden oder Bauwerksausschnitte schnell in 3D zu erfassen, ist für Planung, Bestandsaufnahme und Kommunikation enorm hilfreich. Klassische bildbasierte Photogrammetrie (SfM) liefert sehr genaue Modelle, verlangt aber eine Reihe aufwendiger Schritte und mehr Rechenzeit. Instant-NGP verspricht dasselbe Ziel über die Erstellung von Neural Radiance Fields (NeRFs). Aus Fotos wird ein lernbasiertes Szenenmodell, aus dem neue Ansichten und ein 3D-Mesh entstehen in Minuten statt Stunden. Die zentrale Frage der Arbeit: Reicht die Genauigkeit für vermessungstaugliche Aussagen oder eignet sich Instant-NGP vor allem für schnelle, fotorealistische Visualisierung? Außerdem wird die Skala und Georeferenzierung betrachtet, um Ergebnisse absolut bewerten zu können.

Messkonzept

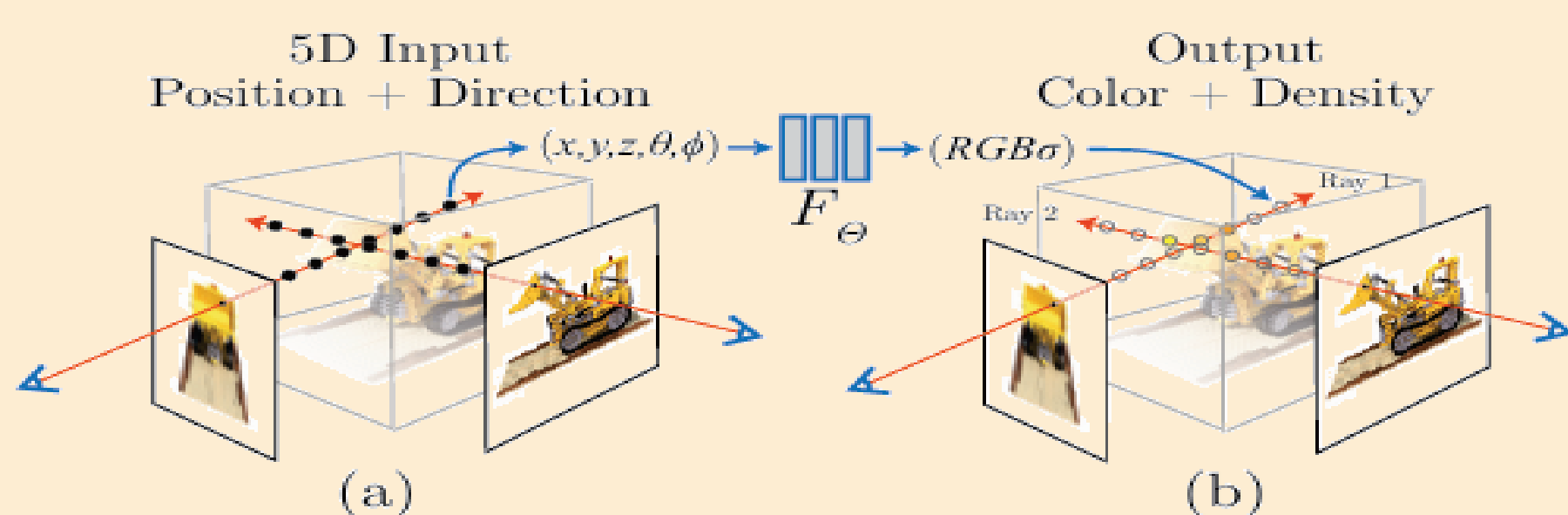
Die Bildakquisition folgte einem systematischen Messkonzept mit $\geq 80\%$ horizontaler und vertikaler Überlappung. Es wurden drei Abstandsebenen (ca. 2 m, 6 m, 9 m) und zwei Höhen (ca. 0,5 m, 1,5 m) aufgenommen; der Kamerapfad verlief halbkreisförmig um das Objekt, die Bilder waren frontal ausgerichtet. Ergänzend entstanden zwei frontale Linien in 12 m und 15 m sowie eine Mittelreihe im Objektzentrum mit ca. 50 cm Schrittmaß.



Aufnahmeconfiguration

Funktionsweise

NeRF nimmt viele Fotos mit bekannten Kamerapositionen und lernt daraus ein virtuelles 3D-Modell der Szene. Zum Rendern werden von der Kamera Strahlen durch die Szene geschickt. Das Netzwerk schätzt an vielen Punkten entlang jedes Strahls Dichte und Farbe. Diese Beiträge werden pro Strahl aufsummiert und ergeben den Pixel. Wiederholt für alle Strahlen entsteht ein neues Bild aus beliebigem Blickwinkel.



Funktionsweise NeRF

VORGEHEN

Datensatz, Workflows und Validierung

Verglichen werden zwei Workflows auf demselben Fassadendatensatz. Workflow A (SfM/Agisoft): Bildausrichtung, dichte Punktwolke, Meshing und Georeferenzierung über Passpunkte. Workflow B (Instant-NGP): Fotos mit Kameraparametern, schnelles Hash-Grid-Training, Rendering und anschließender Mesh-Export. Die Validierung erfolgt über Abstandsberechnungen zwischen NGP-Ergebnis und SfM-Referenz (Cloud-to-Mesh). Zusätzlich erfolgt ein Abgleich mit Originalmaßen (Passpunkte) und einem Laserscan-Modell derselben Fassade. Parallel werden Laufzeit, VRAM-Peak und die Rauschcharakteristik der rekonstruierten Oberfläche erfasst.

ERGEBNISSE

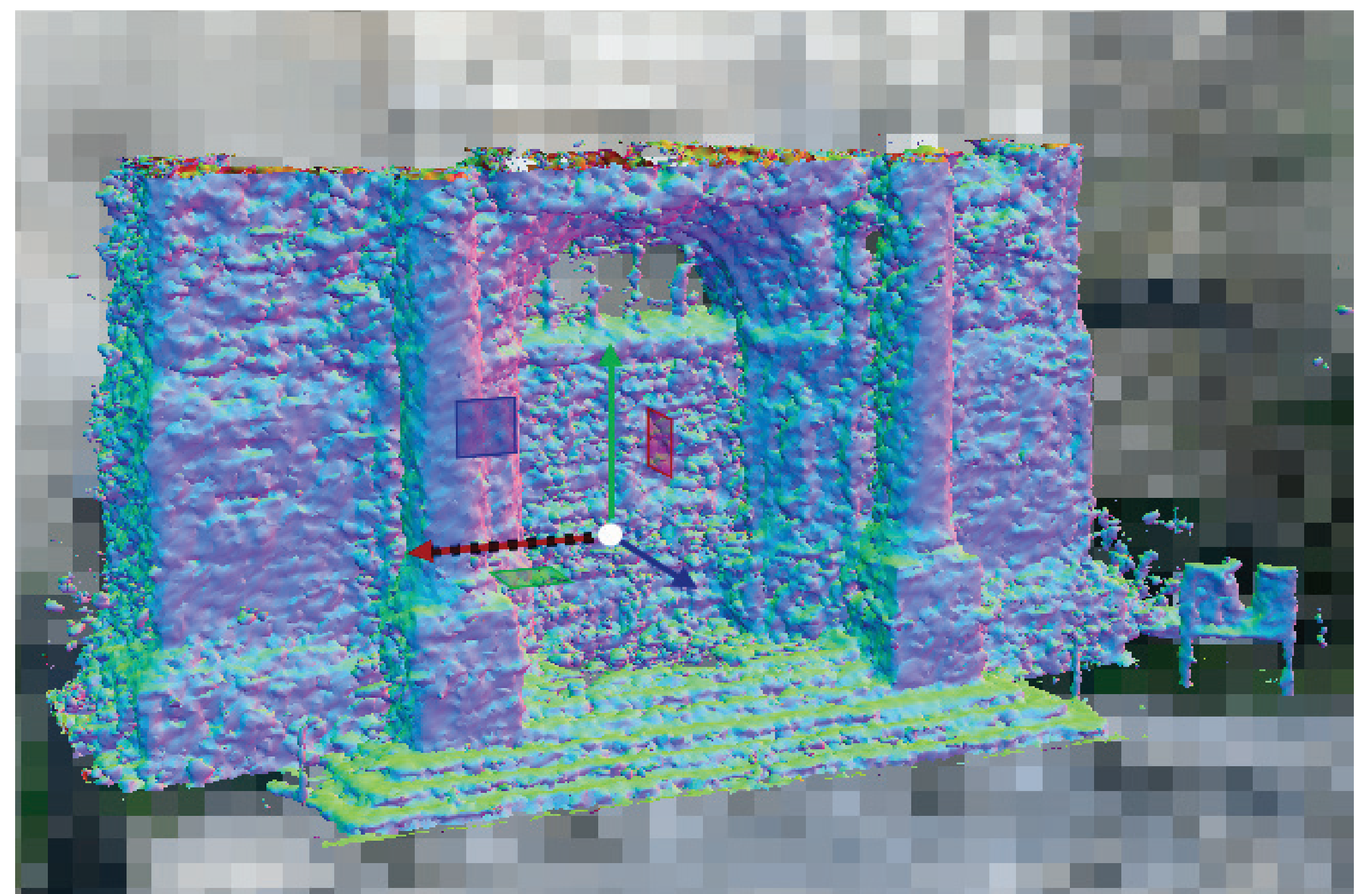
Genauigkeit, Detailgrad und Rechenzeit

Zeit: Instant-NGP liefert ein vollflächiges 3D-Mesh in < 30 Minuten, der SfM-Workflow benötigt rund ~ 60 Minuten. Ressourcen: Training ca. ~ 27 Min. auf RTX A2000, VRAM-Peak ~ 6 GB. Genauigkeit: Gegenüber dem SfM-Referenzmodell liegt die mittlere Abweichung bei ca. 0,4 m, etwa 20 % der Punkte fallen in die ≤ 10 cm-Toleranz. Das Instant-NGP-Ergebnis zeigt hohe lokale Detailauflösung, zugleich ein sichtbares Rauschen in texturarmen Bereichen und an Kanten. Diese Werte untermauern, wo Instant-NGP heute stark ist – und wo klassische Verfahren präziser bleiben.

NUTZEN

Mesh-Export

Das aus Instant-NGP exportierte Mesh zeigt in gut texturierten Bereichen eine hohe Detailtreue und weitgehend geschlossene Flächen. In texturarmen oder spiegelnden Zonen treten jedoch sichtbares Rauschen/Körnigkeit auf; dünne Strukturen und scharfe Kanten wirken teils aufgeweicht oder gezackt. Großflächige, homogene Oberflächen können leicht wellig erscheinen. Über die Exportparameter lässt sich der Trade-off steuern.



Erzeugtes Mesh in Instant-NGP

FAZIT

Instant-NGP ist ein schnelles, visuell starkes Verfahren für 3D-Rekonstruktionen aus Fotos. Es überzeugt, wenn Zeit-zu-Ergebnis und Darstellungsqualität im Vordergrund stehen – etwa für Visualisierung, Kommunikation und schnelle Lagebilder. Für hohe Genauigkeitsanforderungen braucht es weiterhin klassische Photogrammetrie bzw. Georeferenzierung + Validierung.

Der Mesh-Export wird systematisch variiert (Iso-Schwelle, Voxelauflösung, Marching Cubes vs. TetGen, Glättung/Remeshing). Ziel ist weniger Rauschen, saubere Kanten und stabilere Maße. Statt nachträglicher Ausrichtung sollen Passpunkte und ggf. Kameraposen direkt in die Pipeline einfließen können. Zudem wird die Reproduzierbarkeit gezielt erhöht, indem Konfigurationen und Zufalls-Seeds fixiert, Software-/Datenstände versioniert und standardisierte QC-Berichte (z. B. Loss/PSNR, RMSE/P95) mit identischen Viewports und Farbskalen erzeugt werden.