

(English Version below)

Bachelor's thesis / Master's thesis **Nutzbarmachung von 360° Medien zur Rekonstruktion von 3D-Szenen**



Ausgangslage

In den letzten Jahren hat 3D Gaussian Splatting (3DGS) den Prozess der Erzeugung von Modellen und virtuellen Umgebungen aus Bildern und Videos revolutioniert, indem es neuronale Rendering-Techniken mit gaußschen Punktwolken für eine effiziente Visualisierung und Rekonstruktion kombiniert. Das Projekt Just Scan It 3D zielt unter anderem darauf ab, eine offene und modulare Pipeline für die Rekonstruktion von 3D-Umgebungen aus Videos und Bilddaten zu schaffen.

Eine zentrale Herausforderung in diesem Prozess ist die Erfassung hochwertiger, konsistenter Daten, die eine dichte und genaue Szenenrekonstruktion ermöglichen. 360°-Medien (ob aus Panoramabildern oder sphärischen Videos) bieten einen vielversprechenden Weg, um die Abdeckung und räumliche Konsistenz bei Rekonstruktionsaufgaben zu verbessern. Ihre Integration in gaußbasierte Pipelines ist jedoch noch nicht vollständig erforscht.

Problemstellung

Die meisten aktuellen Trainingsmethoden verarbeiten Eingabebilder unter der Annahme, dass diese mit idealisierten Pinhole Cameras aufgezeichnet wurden und sind nicht für 360°-Aufnahmegeräte oder Mehrkamera-Setups optimiert. Die Integration von Panoramadaten bringt einzigartige Herausforderungen in Bezug auf Projektion, Kalibrierung und Konsistenz der Merkmale über hemisphärische Bilder hinweg mit sich.

Darüber hinaus schlagen neue Konzepte wie 3D Gaussian Ray Tracing (3DGRT) und 3D Gaussian Unscented Transform (3DGUT) neuartige Strategien vor, um die Genauigkeit rekonstruierter Splats zu verfeinern und die globale Kohärenz der Szene zu verbessern.

Methoden und erwartete Ergebnisse

Die Arbeit beginnt mit einer umfassenden Literaturrecherche zu bestehenden Methoden für die 3D-Rekonstruktion aus Panorama-Bildern und -Videos, wobei der Schwerpunkt auf 3D-Gaussian-Splatting und 3D-Gaussian-Ray-Tracing liegt.

Contact Person

Christian Dominic Fehling | **Tel.:** +49 202 439 1306 | **E-Mail:** fehling@uni-wuppertal.de

Die nächste Phase umfasst den Entwurf und die Implementierung einer Prototyp-Pipeline in einem bestehenden Framework, das 360°-Medieneingaben für die 3DGS-Rekonstruktion verarbeiten kann. Je nach Schwerpunkt und Art der Arbeit (Bachelor oder Master) können folgende Aufgaben anfallen:

- Entwicklung eines Konvertierungsmoduls für 360°-Bild-/Videoeingaben (z. B. Sampling von equirektangulären zu perspektivischen Ansichten) unter Verwendung von Python.
- Erweiterung der bestehenden Python-basierten 3DGS-Pipeline des Projekts „Just Scan It 3D“ hin zur Kompatibilität mit 360°-Medien.
- Experimentieren mit 3DGRT-/3DGUT-Konzepten zur Verbesserung der Qualität oder Stabilität der Panoramarekonstruktion.
- Durchführung von Benchmarking und Bewertung hinsichtlich Szenenabdeckung, Rendering-Qualität und Rekonstruktionsgenauigkeit.

Das erwartete Ergebnis ist ein funktionsfähiger Prototyp und eine technische Bewertung der Machbarkeit und Qualitätsverbesserungen, die durch 360°-Medien in gaußbasierten Pipelines, geschrieben in Python, erzielt werden.

Projektplan

Je nach Art und Umfang der Abschlussarbeit können folgende Teilprojekte definiert werden:

1. Literaturrecherche und Benchmarking
 - Analyse modernster Ansätze in der panoramabasierten 3D-Rekonstruktion und Gaußschen Methoden.
 - Benchmarking verfügbarer 3DGS-Toolkits und Datenverarbeitungs-Pipelines hinsichtlich ihrer Integrationsfähigkeit.
2. Prototypentwicklung und -bewertung
 - Implementierung und Test eines Pipeline-Moduls für die Integration von 360°-Medien in 3DGS-Workflows.
 - Bewertung der Auswirkungen von 3DGRT- oder 3DGUT-Konzepten auf die Rekonstruktionsgenauigkeit.
3. Pipeline-Integration
 - Integration des entwickelten Moduls in das Just Scan It 3D-Ökosystem.
 - Bereitstellung einer strukturierten Dokumentation und eines Demonstrationssetups.

Voraussetzungen und Betreuung

Der/die ideale(n) Kandidat(en) sollte(n) Folgendes mitbringen:

- Fundierte Kenntnisse in Python
- Idealerweise Vorerfahrungen im Umgang mit Docker
- Interesse an oder Erfahrung mit Computer Vision, 3D-Rekonstruktion oder neuronalen Rendering-Frameworks (z. B. COLMAP, Nerfstudio, gsplat).
- (Optional für fortgeschrittene Themen) Kenntnisse in maschinellem Lernen oder numerischer Optimierung, Vertrautheit mit Bildverarbeitung und Kameraprojektionsmodellen.

Betreuung und technischer Support werden innerhalb des Open-Source-Frameworks Just Scan It 3D angeboten, das Zugang zu bestehenden Pipelines, Datensätzen und GPU-Ressourcen bietet.

Contact Person

Christian Dominic Fehling | **Tel.:** +49 202 439 1306 | **E-Mail:** fehling@uni-wuppertal.de

Bachelor's thesis / Master's thesis

Utilization of 360° media for the reconstruction of 3D scenes



Initial Situation

In recent years 3D Gaussian Splatting (3DGS) has revolutionized the process of generating models and virtual environments from pictures and videos, combining neural rendering techniques with Gaussian-based point clouds for efficient visualization and reconstruction. The open-source project Just Scan It 3D aims to create a fully open and modular pipeline for reconstructing 3D environments from videos and image data.

A central challenge in this process is capturing high-quality, consistent data that allows for dense and accurate scene reconstruction. 360° media (whether from panoramic images or spherical videos) offer a promising path to improve coverage and spatial consistency in reconstruction tasks. However, their integration into Gaussian-based pipelines is not yet fully explored.

Problem Definition

Most current pipelines rely on pinpoint camera inputs and are not optimized for 360° capture devices or multi-camera setups. Integrating panoramic data introduces unique challenges in projection, calibration, and feature consistency across hemispherical images.

In addition, emerging concepts such as 3D Gaussian Ray Tracing (3DGRT) and 3D Gaussian Unscented Transform (3DGUT) propose novel strategies for refining the fidelity of reconstructed splats and improving global scene coherence.

Methods and Expected Results

The thesis will start with a comprehensive literature review of existing methods for 3D reconstruction from panoramic imagery and videos, focusing on 3D Gaussian Splatting and 3D Gaussian Ray Tracing.

The next phase involves the design and implementation of a prototype pipeline in an existing framework capable of processing 360° media input for 3DGS reconstruction. Depending on the focus and thesis level (Bachelor or Master), tasks may include:

Contact Person

Christian Dominic Fehling | **Tel.:** +49 202 439 1306 | **E-Mail:** fehling@uni-wuppertal.de

- Developing a conversion module for 360° image/video input (e.g., equirectangular to perspective view sampling) using python.
- Extension of the python-based open-source 3DGS pipeline of the project “Just Scan It 3D” towards 360° media compatibility.
- Experimenting with 3DGRT / 3DGUT concepts to enhance quality or stability of panoramic reconstruction.
- Performing benchmarking and evaluation on scene coverage, rendering quality, and reconstruction accuracy.

The expected outcome is a functional prototype and a technical evaluation of the feasibility and quality improvements achieved through 360° media in Gaussian-based pipelines written in python.

Project Plan

Depending on the thesis type and scope, the following subprojects can be defined:

1. Literature Review and Benchmarking

- Analyze state-of-the-art approaches in panoramic-based 3D reconstruction and Gaussian methods.
- Benchmark available 3DGS toolkits and data processing pipelines for integration readiness.

2. Prototype Development and Evaluation

- Implement and test a pipeline module for 360° media integration into 3DGS workflows.
- Evaluate the impact of 3DGRT or 3DGUT concepts on reconstruction fidelity.

3. Pipeline Integration

- Integrate the developed module into the Just Scan It 3D ecosystem.
- Provide a structured documentation and demonstration setup.

Knowledge Requirements and Supervision

The ideal candidate(s) should bring:

- Solid skills in Python, ideally in Docker
- Interest in or experience with computer vision, 3D reconstruction, or neural rendering frameworks (e.g., COLMAP, Nerfstudio, gsplat).
- (Optional for advanced topics) Knowledge in machine learning or numerical optimization, Familiarity with image processing and camera projection models.

Supervision and technical support will be provided within the Just Scan It 3D open-source framework, offering access to existing pipelines, datasets, and GPU resources.

Contact Person

Christian Dominic Fehling | **Tel.:** +49 202 439 1306 | **E-Mail:** fehling@uni-wuppertal.de