Photogrammetric Computer Vision

LEITFRAGE

Wie werden aus Bildern nachvollziehbare 3D-Produkte für Kulturgut und Umweltbeobachtung?

METHODEN DIESER VERANSTALTUNG

VGGT · 3D / 2D Gaussian Splatting · MILo · Heritage BIM
EOGS · 4D Gaussian Splatting · SAR–Optik-Registrierung

Wichtige Zukunftsfragen für Gesellschaft und Geomatik
Methoden verstehen · Ergebnisse prüfen · Messungen verbinden

Ballenberg und Umweltbeobachtung: zwei Anwendungen, ein klarer Methodenvergleich.

Welche Methode übernimmt welche Aufgabe?

METHODE	BEDEUTUNG / ERGEBNIS	PAPER / BELEG
VGGT	Kameras, Tiefen und 3D-Punkte gemeinsam schätzen	Wang et al. 2025 Visual Geometry Grounded Transformer
3D Gaussian Splatting	Neue Ansichten aus räumlichen Farbträgern erzeugen	Kerbl et al. 2023 Real-Time Radiance Field Rendering
2D-GS / MILo	Gaussian-Modelle mit Oberflächen verbinden	Huang et al. 2024 Guédon et al. 2025
Heritage BIM	Historische Bauteile mit Wissen verknüpfen	Suwardhi et al. 2026 Heritage Building Documentation
EOGS	Optische Satellitenbilder zu Höhen auswerten	Savant Aira et al. 2025 Satellite Image Photogrammetry
4D Gaussian Splatting	Räumliche Darstellung über die Zeit verändern	Wu et al. 2024 Dynamic Scene Rendering
SAR–Optik-Registrierung	Radar- und optische Bilder räumlich zuordnen	Corley et al. 2026 SAR-Optical Satellite Registration

Die Methoden ergänzen sich: Sie lösen unterschiedliche Teilaufgaben.

VGGT schätzt Kameras und 3D-Form gemeinsam

Wang et al. · CVPR 2025 · VGGT: Visual Geometry Grounded Transformer



Wang et al. 2025, Abb. 1. Originalabbildung aus dem bereitgestellten Dossier, S. 9; unverändert. © Autoren. Paper und Bildrechte siehe Quellenverzeichnis.

1 Fotos gemeinsam lesen

Informationen zwischen den Ansichten austauschen

2 Kameras + Geometrie

Aufnahmepositionen, Tiefen und 3D-Punkte schätzen

3 Im Gelände verankern

Massstab, Raumbezug und Kontrolle ergänzen

Aha: Das Modell schätzt gleichzeitig, wo die Kameras standen und was sie gesehen haben.

Die schnelle Schätzung lässt sich gezielt verbessern

Wang et al. · CVPR 2025 · VGGT: Visual Geometry Grounded Transformer

Kameraposen: höher ist besser

85,3 → 93,5

AUC@30 auf Re10K · vor / nach Bündelausgleichung

Zeit des Kameratests

0,2 → 1,8 s

Ca.-Werte · 10 Bilder · H100-Grafikkarte

Bündelausgleichung: Kameras und Punkte gemeinsam an die Bildbeobachtungen anpassen

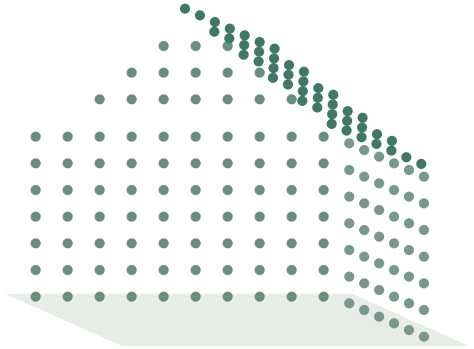
Bewertung: AUC@30 fasst die Güte der Kameraposen bis 30° zusammen

Einordnung: Winkelbezogener Testwert; metrische Kontrolle im Gelände separat

Gelernte Ausgangslösung und geometrische Optimierung arbeiten zusammen.

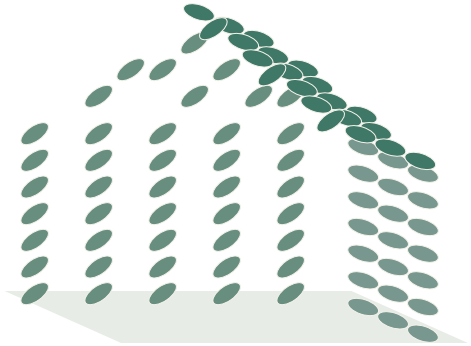
Punktwolke, Gaussian-Modell und Mesh

Punktwolke



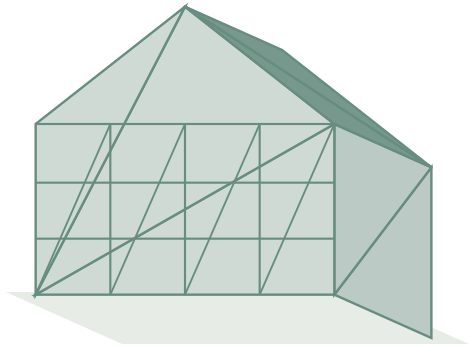
Räumliche Stichproben: Position, oft Farbe und Qualitätsangaben.

Gaussian-Modell



Position + Form + Deckkraft + Farbe: Beiträge zum gerenderten Bild.

Mesh



Verbundenes Dreiecksnetz: eine definierte Oberfläche.

Schematische Darstellung desselben Hauses · keine Messdaten

Ein Gaussian-Mittelpunkt ist ein Modellparameter; die Oberfläche wird gesondert bestimmt.

3D Gaussian Splatting: schnell neue Ansichten erzeugen

Kerbl et al. · SIGGRAPH 2023 · 3D Gaussian Splatting for Real-Time Radiance Field Rendering



Kerbl et al. 2023, Abb. 1. Zahlen im Bild beziehen sich auf die jeweilige Originalkonfiguration; keine allgemeine Laufzeitgarantie. CC BY 4.0.

1 So entsteht das Modell

Fotos + SfM-Kameras; Farbträger an Bilder anpassen

2 Das ermöglicht es

Freie Blickrichtungen und flüssige virtuelle Rundgänge

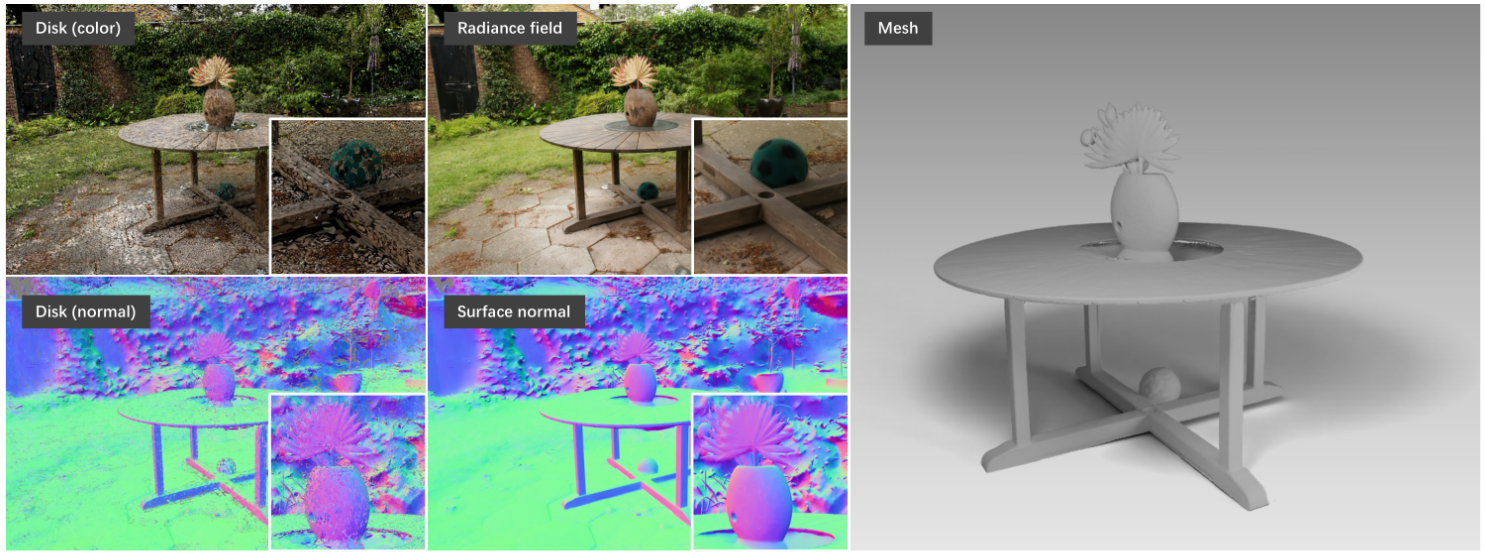
3 Dafür braucht es Kontrolle

Beobachtete Ansichten, Spiegelungen und dünne Details prüfen

Stärke: anschauliche Navigation. Messaufgabe: die Geometrie separat prüfen.

Aktuelle Forschung macht Oberflächen zum Ziel

Huang et al. · SIGGRAPH 2024 · 2D Gaussian Splatting for Geometrically Accurate Radiance Fields



Huang et al. 2024, Abb. 1. Oberflächenorientierte 2D-Gaussians in einer 3D-Szene. CC BY 4.0.

1 2D Gaussian Splatting

Flache, orientierte Scheiben liegen im 3D-Raum

2 MILo: Mesh-In-the-Loop

Ein Dreiecksnetz wirkt in der Optimierung mit

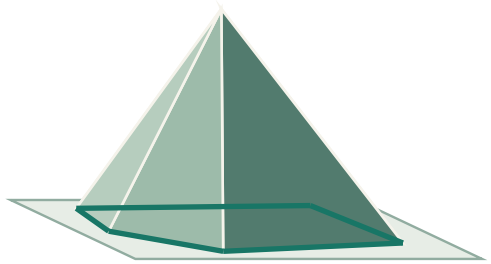
3 Forschungsfrage

Details erhalten, Lücken erfassen, Abstände prüfen

„2D“ bezeichnet die Gaussian-Scheibe. Die rekonstruierte Szene bleibt dreidimensional.

Volumen: Wir brauchen eine eindeutige Begrenzung

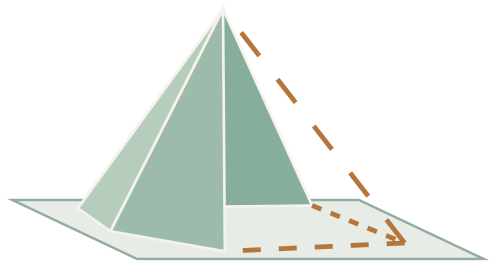
Geschlossene Oberfläche



Referenzfläche + Oberfläche

Der eingeschlossene Raum ist geometrisch definiert.

Offene Rückseite



Weitere Ansichten ergänzen

Die offene Fläche wird erfasst oder als Annahme ausgewiesen.

Schematischer Schutthaufen · gleiche Ausgangsform, unterschiedliche geometrische Vollständigkeit

1 Massstab sichern

Bekannte Strecken oder referenzierte Kontrollmessungen.

2 Begrenzung festlegen

Oberfläche, Unterseite und Rand müssen zusammenpassen.

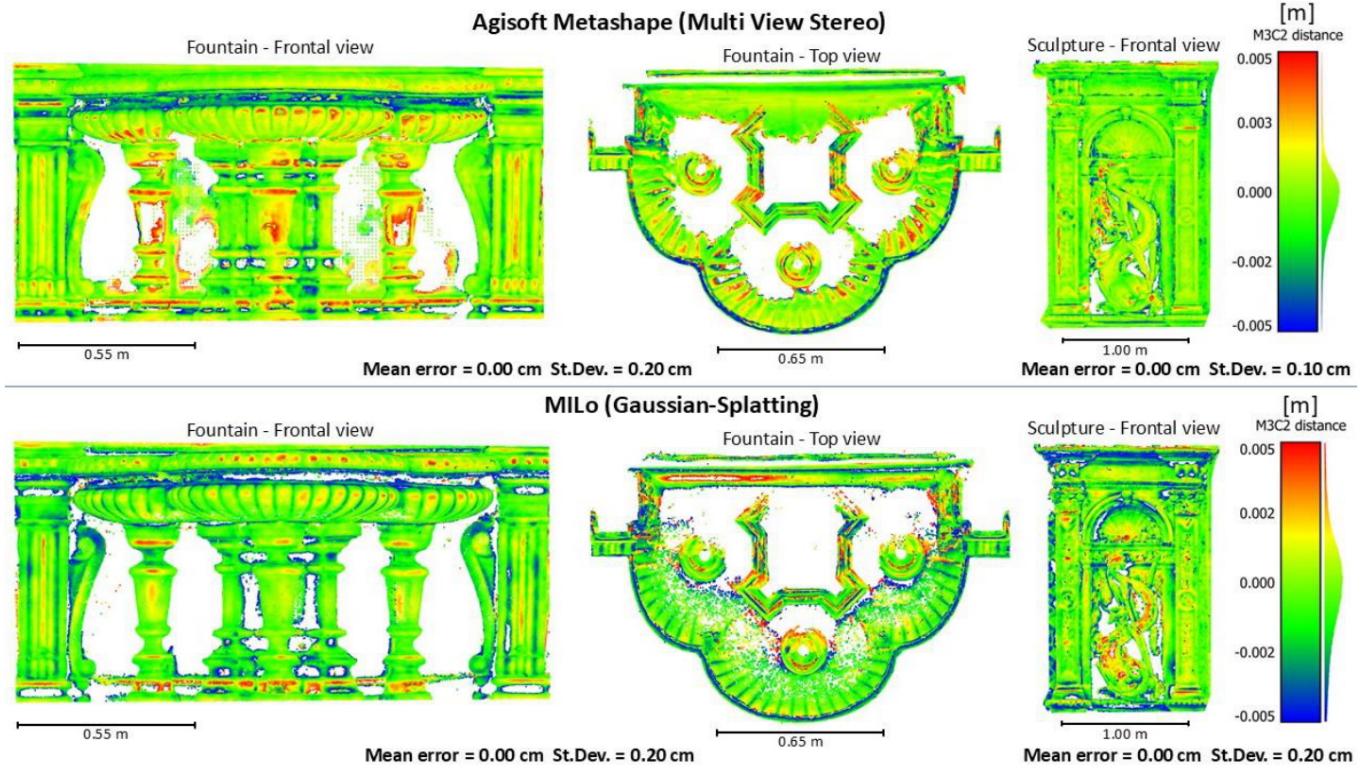
3 Unsicherheit ausdrücken

Lücken und Bezug prüfen; plausible Varianten vergleichen.

Volumen entsteht aus begrenzter Geometrie – nicht durch Addieren der Gaussian-Ausdehnungen.

Am Kulturgut: Vollständigkeit und Genauigkeit prüfen

Billi et al. · ISPRS Archives 2026 · 3D Meshing of Challenging Surfaces using Gaussian Splatting



1 Gleicher Bilddatensatz

270 Aufnahmen · gemeinsame Orientierung

2 Unabhängige Messart

Beide Oberflächen gegen TLS vergleichen

3 Zwei Qualitätsfragen

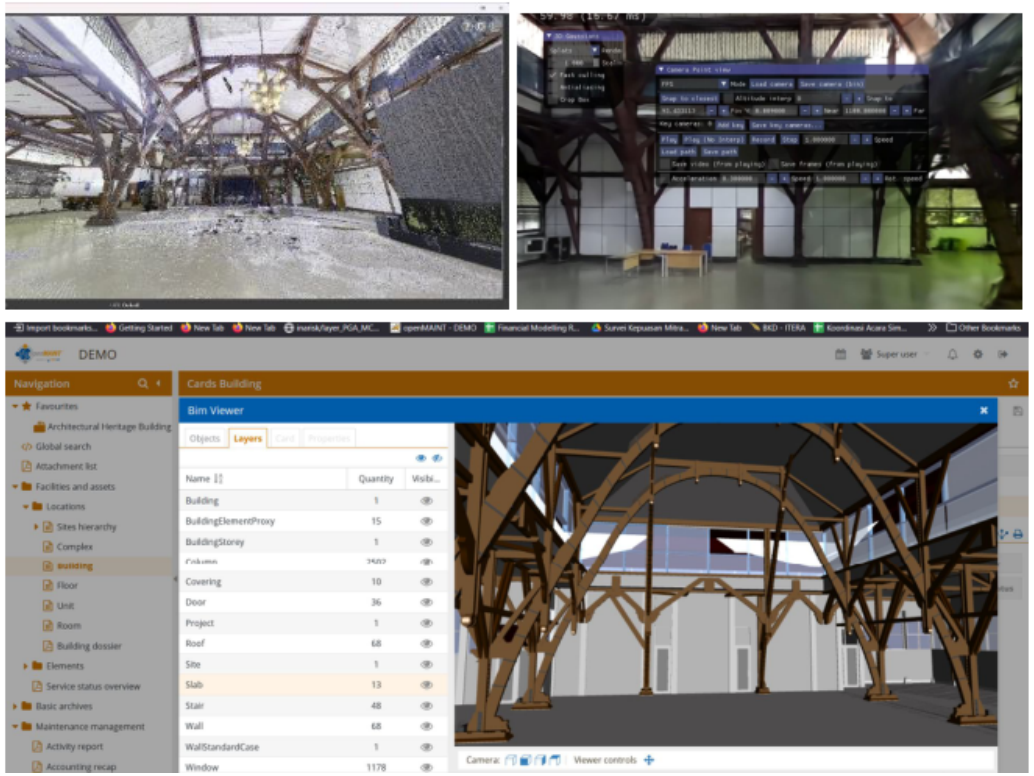
Wie vollständig? Wie gross sind die Abstände?

Billi et al. 2026, Abb. 3: lokale Details gegen TLS. Separate Gesamtstatistik aus Tab. 1: Streuung Metashape 2 mm, MILo 3 mm. 270 Canon-Bilder; kein universeller Genauigkeitsvergleich. CC BY 4.0.

Zwei getrennte Fragen: Ist das Detail vorhanden? Wie gut stimmt seine Lage mit der Referenz überein?

Heritage BIM verbindet Form mit Erhaltungswissen

Suwardhi et al. · ISPRS Archives 2026 · Integrating Terrestrial Laser Scanning and 3D Gaussian Splatting for Heritage Building Documentation and Monitoring



Suwardhi et al. 2026, Abb. 7: Aula Timur, Bandung. Eine Aufnahmeepoche; registrierte Ebenen mit unterschiedlichen Qualitätsnachweisen. CC BY 4.0.

1 Terrestrischer Laserscan

TLS: geometrische Referenz mit Qualitätsangaben

2 Heritage BIM / IFC

Bauteile, Material und Befunde im offenen Datenmodell

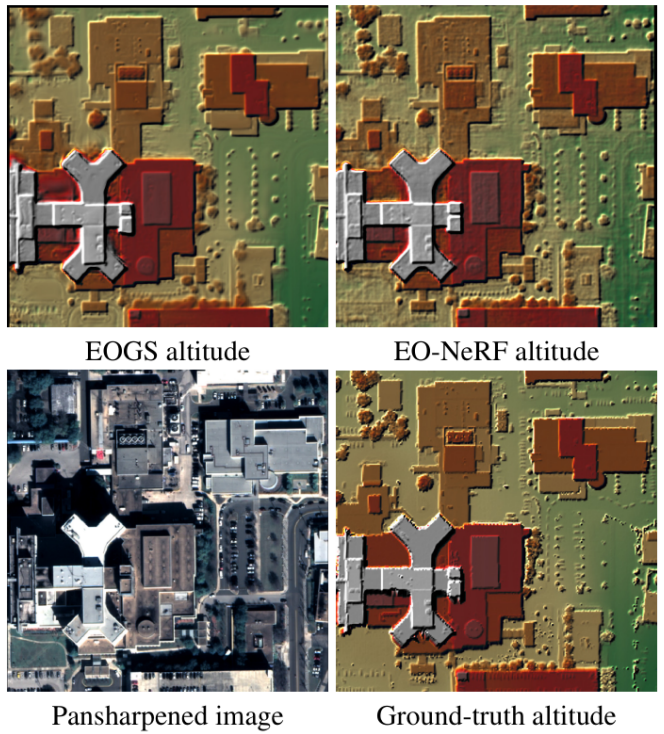
3 3D Gaussian Splatting

Anschaulich navigieren und das Bauteil wiederfinden

Ballenberg: berührungslos dokumentieren, Erhaltung unterstützen und Wissen vermitteln.

EOGS erweitert die Rekonstruktion auf Satellitenbilder

Savant Aira et al. · CVPR 2025 · Gaussian Splatting for Efficient Satellite Image Photogrammetry



Savant Aira et al. 2025, Abb. 1: EOGS, EO-NeRF, optisches Bild und Referenzhöhe. Optische Satellitenbilder; keine SAR-Rekonstruktion. CC BY 4.0.

1 Optische Mehrfachansichten

Satellitenbilder aus mehreren Richtungen und Tagen

2 An den Sensor angepasst

Abbildungsgeometrie, Helligkeit und Schatten berücksichtigen

3 Höhenprodukt

Oberfläche mit Häusern und Vegetation; gegen LiDAR prüfen

Aha: Die Bilddarstellung liefert zugleich ein überprüfbares Höhenprodukt.

EOGS: Aufwand und Höhenqualität gemeinsam lesen

Savant Aira et al. · CVPR 2025 · Gaussian Splatting for Efficient Satellite Image Photogrammetry

Höhenfehler: EOGS / EO-NeRF

1,46 m / 1,35 m

Mittlerer absoluter Fehler · 4 JAX-Gebiete

Berichtete Optimierungszeit

3 min / 15 h

Paper-Tabelle · gleiche Hardware nicht belegt

MAE erklärt: Mittlerer Betrag der Abweichung zur LiDAR-Referenz

Aufgabe entscheidet: Grossräumige Oberflächen beurteilen; lokale Details separat messen

Der konkrete Test zeigt einen Zeit–Qualitäts-Kompromiss; die Anwendung bestimmt die Anforderung.

4D Gaussian Splatting verknüpft Raum und Zeit

Wu et al. · CVPR 2024 · 4D Gaussian Splatting for Real-Time Dynamic Scene Rendering



Wu et al. 2024, Abb. 1 / identischer Teaser der Autoren-Projektseite. Rechte Grafik: FPS und Bildqualität im Originalversuch. Teaser: CC BY-SA 4.0.

1 Raum + Zeit

Gemeinsame 3D-Darstellung mit Zeitparameter

2 Deformationsfeld

Zeitabhängige Änderung der Primitive

3 Prüfung

Kamera- und Objektbewegung getrennt beurteilen

Aha: Eine gemeinsame Szene verändert sich mit der Zeit, statt jeden Zeitpunkt isoliert zu modellieren.

Modellaufbau und Wiedergabe brauchen andere Ressourcen

Wu et al. · CVPR 2024 · 4D Gaussian Splatting for Real-Time Dynamic Scene Rendering

Zuerst: Szenenmodell optimieren

40 Minuten

15–20 stationäre Kameras · RTX 3090

Danach: fertiges Modell ansehen

30 Bilder/s

1352 × 1014 Pixel · gleiche Berichtskonfiguration

Flüssige Wiedergabe ist belegt; Live-Monitoring bewertet die Zeit von der Aufnahme bis zum Befund.

Radar und Optik: dasselbe Gebiet richtig zuordnen

Corley et al. · CVPR Workshop 2026 · Are Pretrained Image Matchers Good Enough for SAR-Optical Satellite Registration?

Zwei Beobachtungen	Optik erfasst das optische Erscheinungsbild; SAR die Mikrowellen-Rückstreuung.
Eine Zuordnungsaufgabe	Ein Matcher findet entsprechende Bildstellen. Ein geometrisches Modell prüft ihre Lage.
Ein konkreter Paper-Befund	XoFTR und RoMa: 3,0 Pixel mittlerer Zuordnungsfehler auf drei annotierten SpaceNet9-Trainingsszenen.

3,0 Pixel bewertet die 2D-Bildzuordnung; Höhe und Veränderung werden separat geprüft.

Die gemeinsame Lage verbindet die Beobachtungen; jede Messart behält ihre eigene Aussage.

Ein System verbundener Messungen

BEOBACHTUNGEN	METHODEN UND BEITRÄGE	
Optische Satelliten	**EOGS** Regionale Geometrie und Ansichten	
SAR + Optik	**SAR–Optik-Registrierung** Beobachtungen räumlich zuordnen	
Bilder am Boden	**VGGT · 3DGS / 2DGS / MILo · 4DGS** Kameras · Oberfläche · Ansicht · Zeit	
TLS + Kontrollpunkte	**Unabhängige Prüfung** Referenz, Massstab und Abweichung	

GEMEINSAMER BEZUG

Ort

Zeit

Massstab

Qualität

PRÜFBARE PRODUKTE

Kulturgut / HBIM

Dokumentation, Bauteile, Erhalt

Monitoring

Zustand, Veränderung, Unsicherheit

Software verbindet Daten und Prüfungen. Sprachmodelle (LLM) unterstützen Recherche und Berichte.

Gemeinsamer Bezug und unabhängige Prüfung machen verschiedene Produkte zusammen nutzbar.

Welche Infrastruktur braucht dieses System?

ORT / EBENE	BENÖTIGT	BETRIEBSGRENZE
Aufnahme / Zugang	Bodenbilder + Massstab; Satellitenbilder + Sensorgeometrie; bei Bewegung Zeitabgleich.	Bildlizenzen, Aufnahmetermin, Sichtbarkeit und Referenzqualität bestimmen die nutzbaren Daten.
Am Rechenplatz	GPU-Arbeitsplatz, passende Software und Bildspeicher; vorhandene Modellgewichte nutzen; Szenen auswerten und prüfen.	Grafikspeicher und Laufzeit hängen von Bildzahl, Auflösung, Modell und Software ab.
Im Betrieb	Versionierte Modelle; georeferenzierte Datenablage; Webdarstellung; verantwortliche Qualitätsfreigabe.	Übertragung, Aktualisierungsrate und Endgeräte begrenzen den nutzbaren Durchsatz.

Pilot zuerst messen: Speicherbedarf, Zeit bis zum Befund und Qualität am eigenen Bildsatz.

Skalierung: mehr Bilder, mehr Fläche, mehr Zeit

Mehr Bilder: FlashVGGT	Komprimierter Informationsaustausch senkt den Aufwand im Geometrie-Transformer.
Mehr Fläche: CityGaussianV2	Grossräumige Szenen in Teilgebieten bearbeiten und ihre Geometrie prüfen.
Mehr Aktualität: Betrieb messen	Änderungen gezielt nachführen; Überlappungen, Datenübertragung und gesamte Verzögerung kontrollieren.

Paper-Details zu FlashVGGT und CityGaussianV2 stehen im optionalen Anhang.

Skalierbarkeit ist eine überprüfte Eigenschaft des Gesamtablaufs – nicht allein eine hohe Bildrate.

FHNW: ein überschaubarer, vergleichbarer Versuch

4050 · Photogrammetrie, Computer Vision & English	Ein freigegebenes Bauteil berührungslos aufnehmen; denselben Bildsatz für beide Verfahren verwenden.
3030 · 3D-Datenauswertung	Klassisches Mehrbild-Stereo mit einer neuen Oberflächenmethode vergleichen: Abweichungen, Lücken und Aufwand.
4030 · 3D-Modellierung / 4210 · GeoBIM & Infrastruktur I	Geprüfte Geometrie mit Bauteilwissen verbinden und für Erhaltung und Vermittlung aufbereiten.

Ein Objekt, gleiche Eingangsdaten, unabhängige Kontrolle – eine begründete Methodenwahl.

Alle Beiträge auf einen Blick

METHODE	BEDEUTUNG / ERGEBNIS	PRÜFUNG / ANSCHLUSS
VGGT / SfM	Kameras und lokale Geometrie erschliessen	Massstab + Kontrolle
3D-GS · 2D-GS · MILo	Ansichten erzeugen beziehungsweise Oberflächen ableiten	Bildqualität ≠ Messqualität
Heritage BIM	Bauteile mit Herkunft und Erhaltungswissen verbinden	Fachlich geprüfte Bedeutung
EOGS · SAR-Registrierung	Grossräumige Höhen und Radar räumlich zusammenführen	Ort + Zeitpunkt + Sensorprinzip
4D-GS	Zeitliche Darstellung verknüpfen	Bewegung + Gesamtverzögerung
FlashVGGT / CityGaussianV2	Viele Bilder beziehungsweise grosse Gebiete bearbeiten	Speicher, Aufwand + Übergänge

Zusammenwirken heisst: passende Teilprodukte verbinden und jede Aussage nachvollziehbar prüfen.

Die Methode folgt der Aufgabe

1. **Produkt festlegen**
   Ansicht, Oberfläche, Bauteilwissen oder Zeitverlauf

2. **Bezug und Qualität sichern**
   Massstab, Raum und Zeit nachvollziehbar prüfen

3. **Passend verbinden**
   Methoden und Infrastruktur am Pilotversuch auswählen

Weiterführendes Lernmaterial

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Auswahl: verbreitete Grundlagen, gezielte neue Beiträge

3DGS · Kerbl et al. 2023

7.244 Zitationen

ACM TOG / SIGGRAPH · Bilddarstellung

VGGT · Wang et al. 2025

780 Zitationen

CVPR · gemeinsame Geometrieschätzung

4D-GS · Wu et al. 2024

1.173 Zitationen

CVPR · dynamische Szenendarstellung

Weiterer Bezug: DUSt3R (2024): 890 Zitationen; wichtige Vorarbeit zur gelernten 3D-Geometrie.

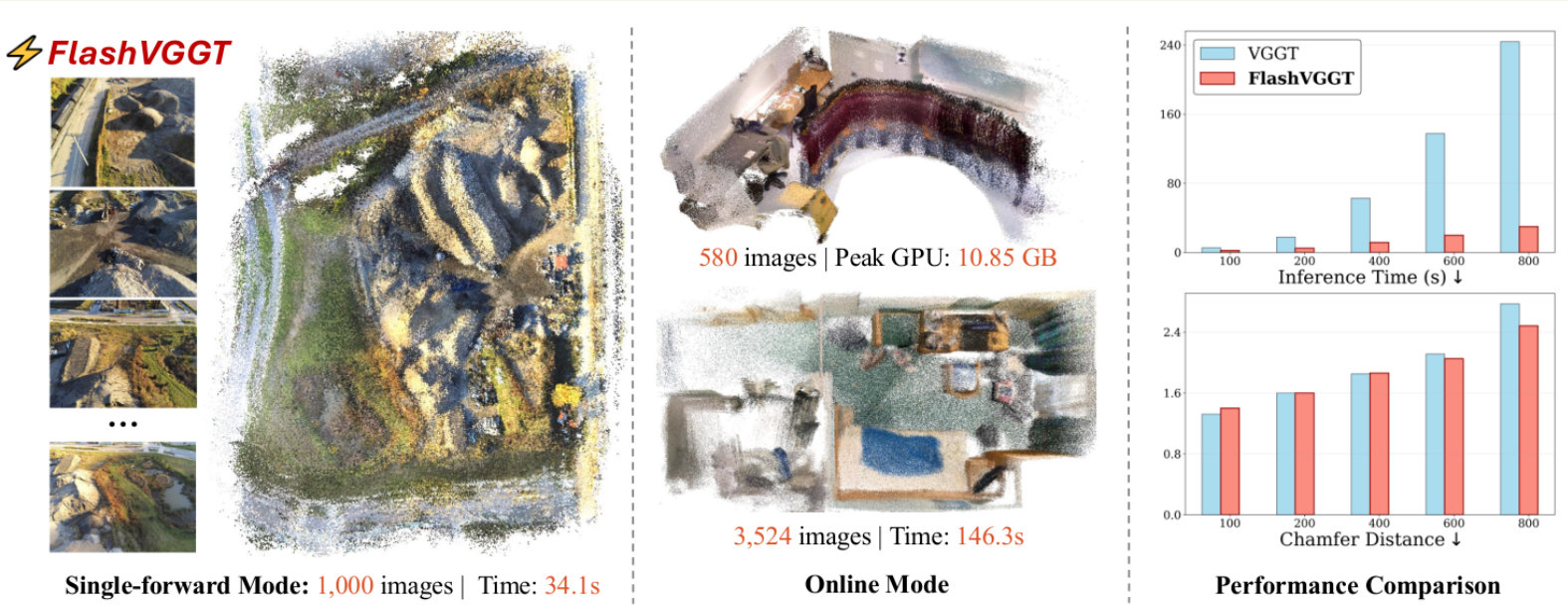
Datenbasis: OpenAlex, abgerufen am 10.11.2026; Zählweise und Publikationsalter beachten.

Auswahlgrund: Zusammen zeigen sie Geometrie, Darstellung und Zeit – mit konkreten Prüfaufgaben.

Zitationszahlen zeigen Rezeption; die konkrete Aufgabe bestimmt die fachliche Eignung.

FlashVGGT: lange Bildfolgen gezielt verdichten

Wang & Xu · CVPR 2026 · FlashVGGT: Efficient and Scalable Visual Geometry Transformers with Compressed Descriptor Attention



Wang und Xu 2026, Abb. 1. Originalabbildung unverändert aus dem bereitgestellten Dossier. Die 34,1 s der Abbildung sind nicht der Mittelwert 35,32 s aus Tabelle 3.

1 Gemeinsam verarbeiten

Kompakte Beschreibungen verbinden viele Ansichten.

2 Tabelle 3

1.000 Bilder · 107 Szenen · eine H800-GPU.

3 Getrennt lesen

Abbildungsbeispiel, Mittelwert und Online-Betrieb unterscheiden.

Skalierbarkeit entsteht durch die Organisation des Informationsaustauschs.

Keramik: lokale Details und Gesamtstatistik trennen

Gesamtdatensatz · Streuung

2 mm / 3 mm

Metashape / MILo · Tabelle 1 · Abstände zur TLS-Referenz

Berichtete Rechenzeit

4,50 / 163,34 min

Metashape / MILo · RTX 4090 · gleiche Versuchshardware

Lokaler Brunnenausschnitt

2 mm / 2 mm

Abbildung 3 · beide Verfahren; anderes Auswertungsgebiet

Gemeinsamer Eingang: 270 Canon-Bilder und dieselbe Orientierung; zwei Oberflächenverfahren.

Lokaler Befund: MILo zeigt an den Säulen weniger Lücken; das ist eine qualitative Beobachtung.

Einheit: Standardabweichung der Abstände, kein Maximalfehler oder Unsicherheitsbudget.

Eine Zahl ist nur zusammen mit Referenz, Auswertungsgebiet und Verfahren aussagekräftig.

Gemeinsamer Bezug: Welche Genauigkeit wurde geprüft?

Anpassung der Bildgeometrie

12,5 cm RMS

TLS-abgeleitete Punkte, die in die Ausgleichung eingingen

TLS ↔ 3DGS-Vergleich

15,2 cm

Mittlerer Abstand der verglichenen Punktmengen

Globaler Höhenbezug

20,7 cm RMS

Kontrollpunkte der ursprünglichen UAV-LiDAR-Basiskarte

Drei Aussagen: Anpassungsrest, Modellvergleich und absolute Lagequalität getrennt benennen.

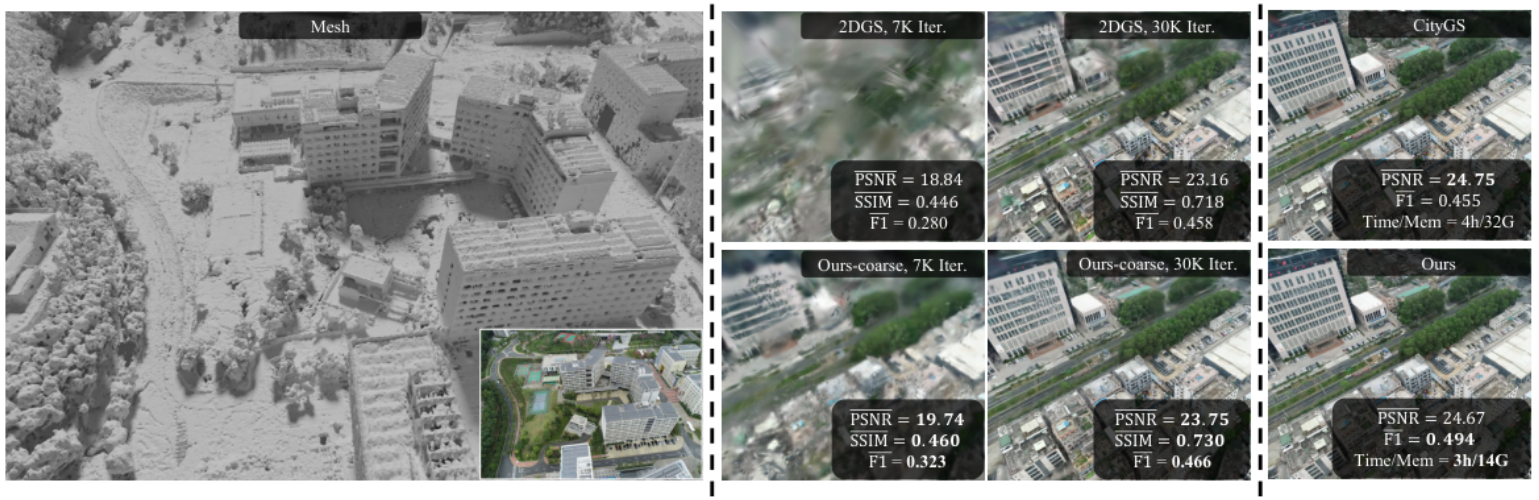
Eine Epoche: Langzeitmonitoring ist im Artikel eine Erweiterung, kein geprüfter Zeitverlauf.

Unser Anschluss: Bodengebundene Referenz + Bauteilwissen + anschauliche Ansicht.

Die Genauigkeit des Sensors ist nicht automatisch die Genauigkeit des Gesamtsystems.

CityGaussianV2: Stadtmassstab blockweise erschliessen

Liu et al. · ICLR 2025 · CityGaussianV2: Efficient and Geometrically Accurate Reconstruction for Large-Scale Scenes



Liu et al. 2025, Abb. 1. Publizierter GauU-Scene-Vergleich; Originalgrafik unverändert aus dem bereitgestellten Dossier. Projekt: dekuliutesla.github.io/CityGaussianV2/.

1 Aufteilen + parallelisieren

2D-Gaussians · Blockoptimierung
Experimente: 8 × A100

2 Berichteter Vergleich

CityGS → CityGaussianV2
4 h / 32 GB → 3 h / 14 GB

3 F1: Schwelle beachten

Präzision + Vollständigkeit
Schwellen: 0,3–0,6 m

Stadtmassstab verlangt eine passende Aufteilung, Ressourcenplanung und Oberflächenprüfung.