

13. Jenaer GeoMessdiskurs 2023

Kollaborative Datenerfassung und Qualitätsanalyse von TLS- und UAV-Daten

29. Juni 2023 in Jena

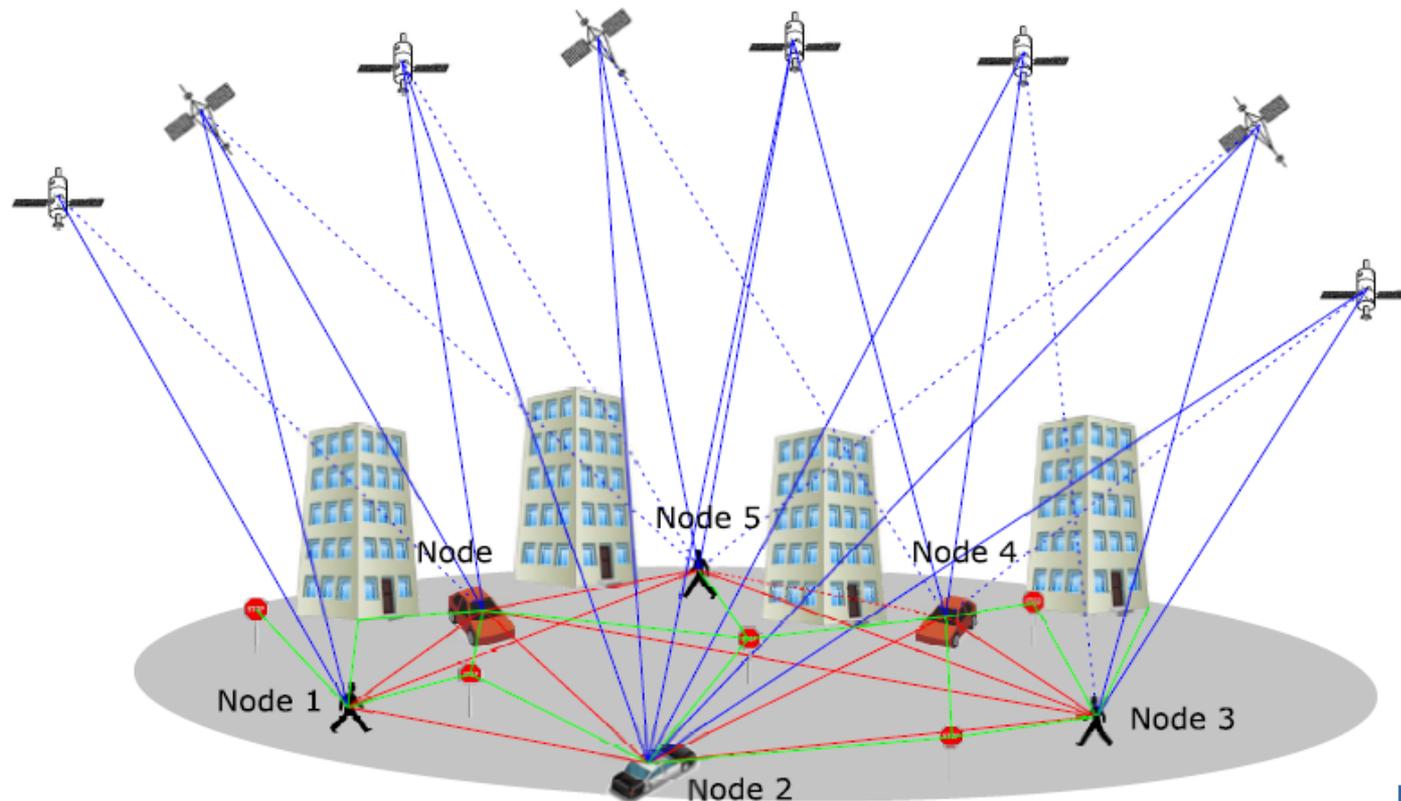
Ingo Neumann und Ulrich Stenz | Uwe Krause | Torsten Genz

LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER, GEODÄTISCHES INSTITUT

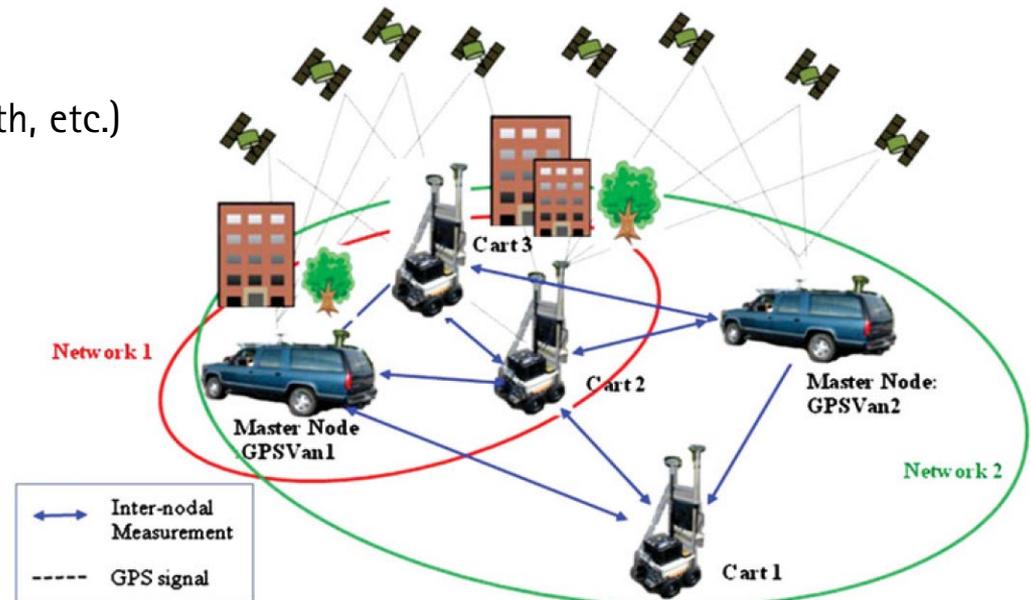
GEO-OFFICE – GESELLSCHAFT FÜR GRAPHISCHE DATENVERARBEITUNG UND VERMESSUNG MBH

Aktuelle Herausforderungen im Bereich Datenerfassung

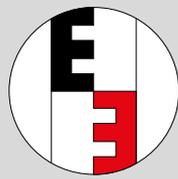
- Schwierige Umgebung für die Georeferenzierung
- Verbesserung der Effizienz und Zuverlässigkeit



- Verschiedene Nutzer arbeiten als Knoten in einem Geosensornetz zusammen
- Alle Systeme/Nutzer sind mit Messsensoren ausgestattet und zeitlich untereinander synchronisiert:
 - Einige mit hochgenauen Sensoren
 - Andere mit kostengünstigen (low cost) Sensoren
- Austausch von Information zwischen den Knoten / Sensoren für die Georeferenzierung, Objektaufnahme etc. → Kollaboration
- Anwendungsfelder:
 - GNSS-abgeschirmte Gebiete (Multipath, etc.)
 - Indoor Umgebungen
 - Steigerung Effizienz / Vollständigkeit
- Herausforderungen:
 - Hochgenaue Zeitsynchronisation
 - Kommunikation zwischen den Knoten
 - Genügend Rechkapazität pro Knoten
 - Komplexe Algorithmik



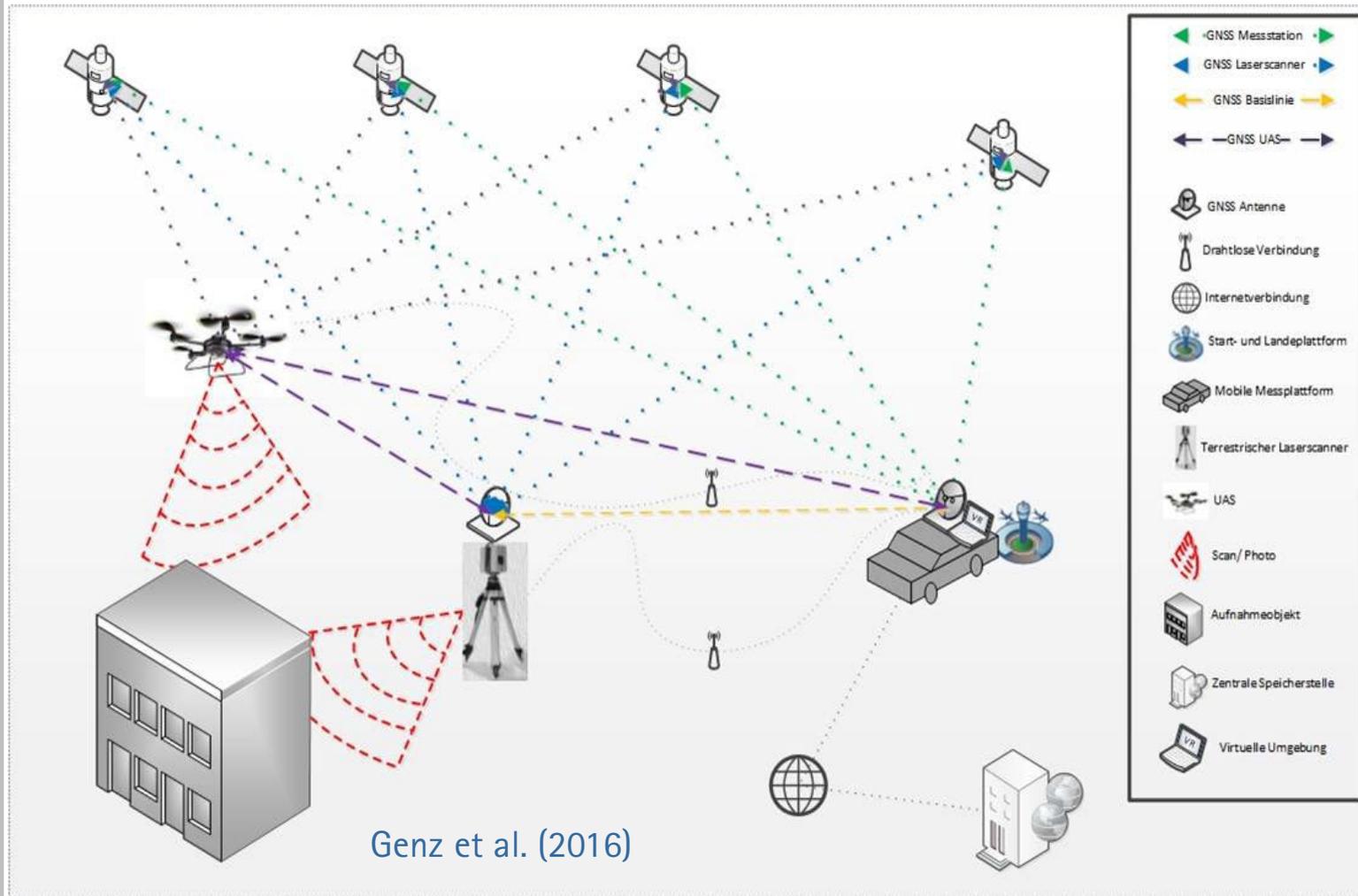
1. Motivation
2. Das Projekt MoVEQuaD
 - Grundidee
 - Systemaufbau
 - Testmessungen
 - Qualitätsanalyse
3. Zusammenfassung



Kollaborative Datenerfassung und Qualitätsanalyse von TLS und UAV-Daten

Das Projekt MoVEQuaD

Agenda



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Rahmenbedingungen

- Kollaboration:
 - GNSS Referenzinformation für UAV durch QUAD (Passpunkte + DGNSS)
 - Gegenseitige Stützung durch überlappende Erfassungsbereiche
- Effizienz / Produktivität:
 - Objekte mit bis zu mehreren hundert Metern aufnehmbar
 - Flexibel gegenüber komplexen Objektstrukturen
 - Steigerung der Aufnahmegeschwindigkeit
- Qualität:
 - Kontrolle vor Ort auf Vollständigkeit / Genauigkeit

 **Hier im Projekt: Aufnahme für Lärmschutzmaßnahmen**

Systemaufbau

Quad als Trägerplattform:

- TLS- und Bilddaten werden erfasst
- TLS mit automatischer Horizontierung
- TLS auch als externe Lösung möglich
- Auch für schwer zugängliche Bereiche



Systemaufbau bzw. Komponenten



Genz und Krause (2017)

Beispielprojekt

- Altes verlassenes Bahnhofsgelände mit zentralem Bauwerk (s.u.)

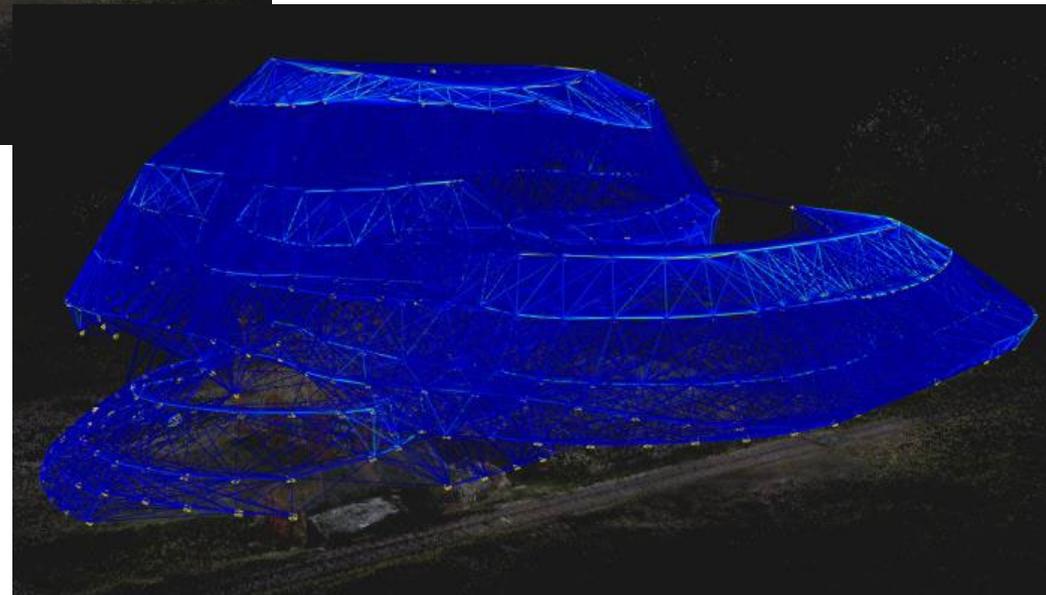


Beispielprojekt

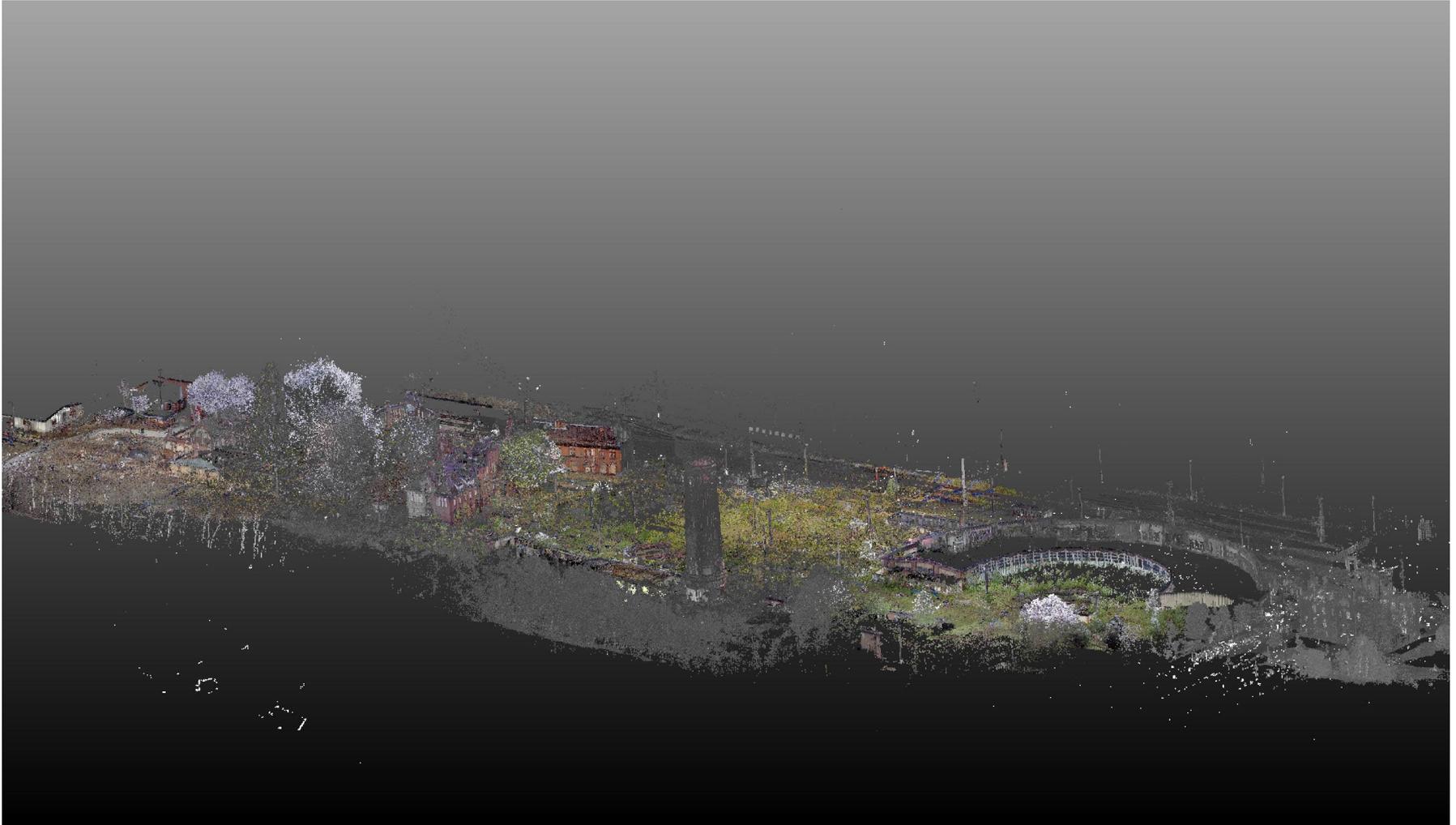


- Automatische Flugplanung
- Basis: Grobes 3D-Modell
- Abdeckung (unten)

Cefalu et al. (2017)



Beispielprojekt: 3D-Punktwolke (TLS)



Beispielprojekt: 3D-Punktwolke (Bilder)

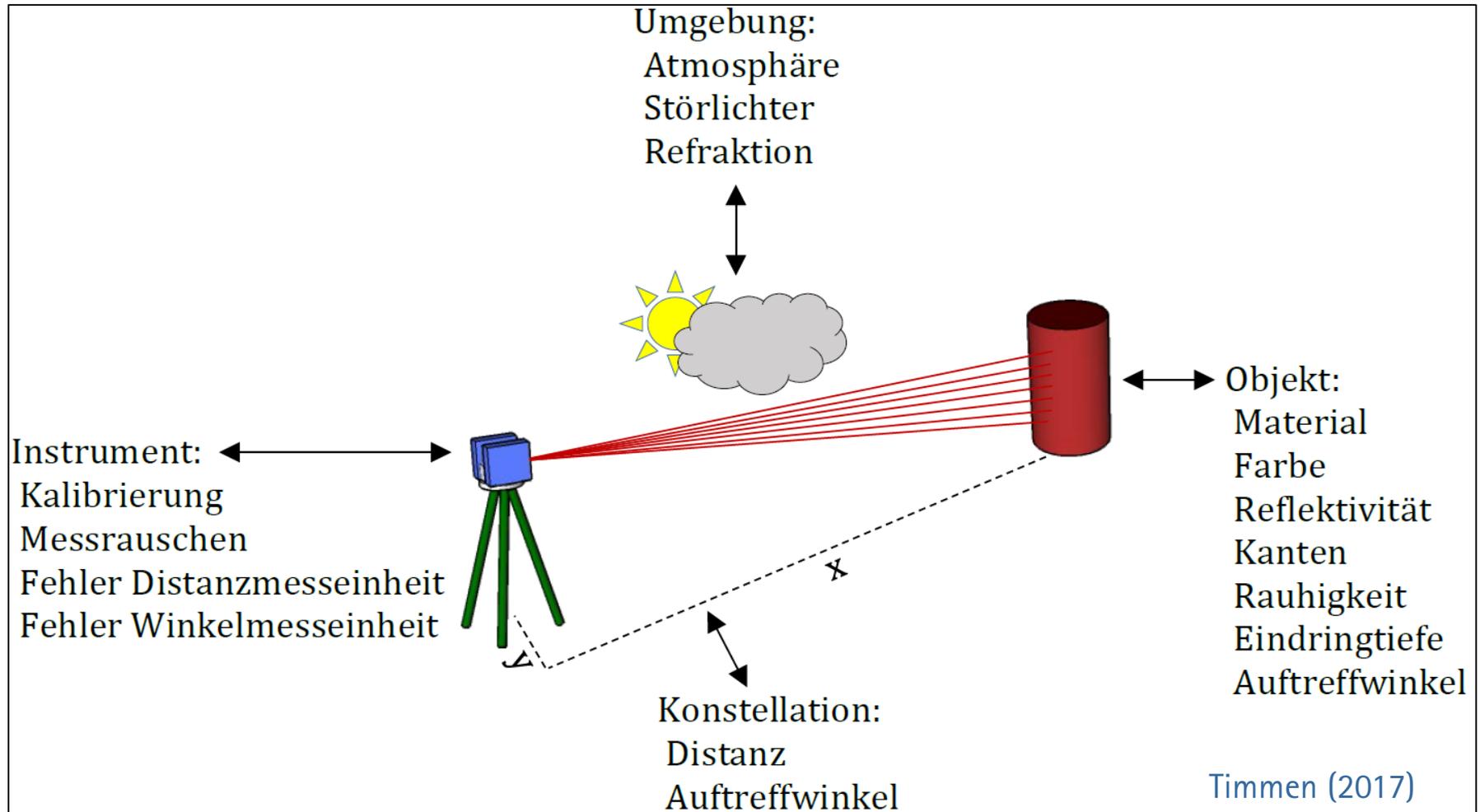


Beispielprojekt: Virtuelle Begehung (vor Ort als Ziel)

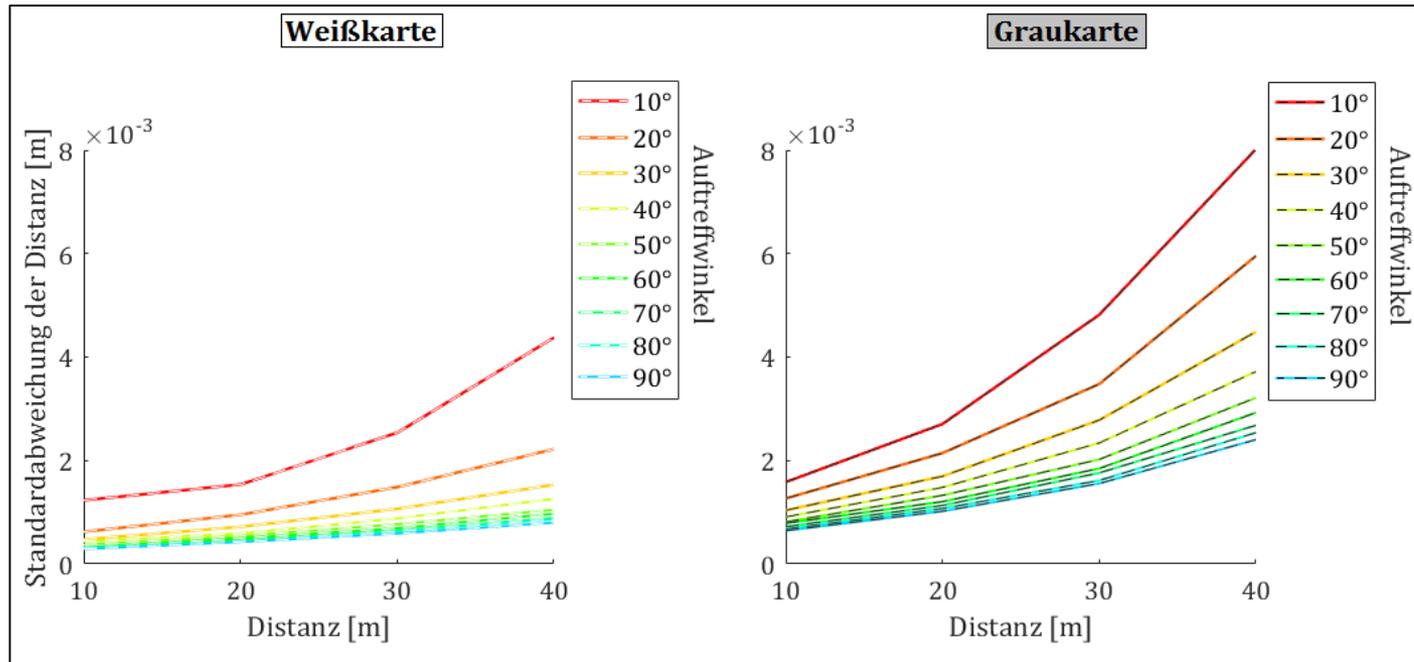


Genz und Krause (2017)

Beispielprojekt: Qualitätsanalyse



Beispiel bzgl. der Qualität: Auftreffwinkel

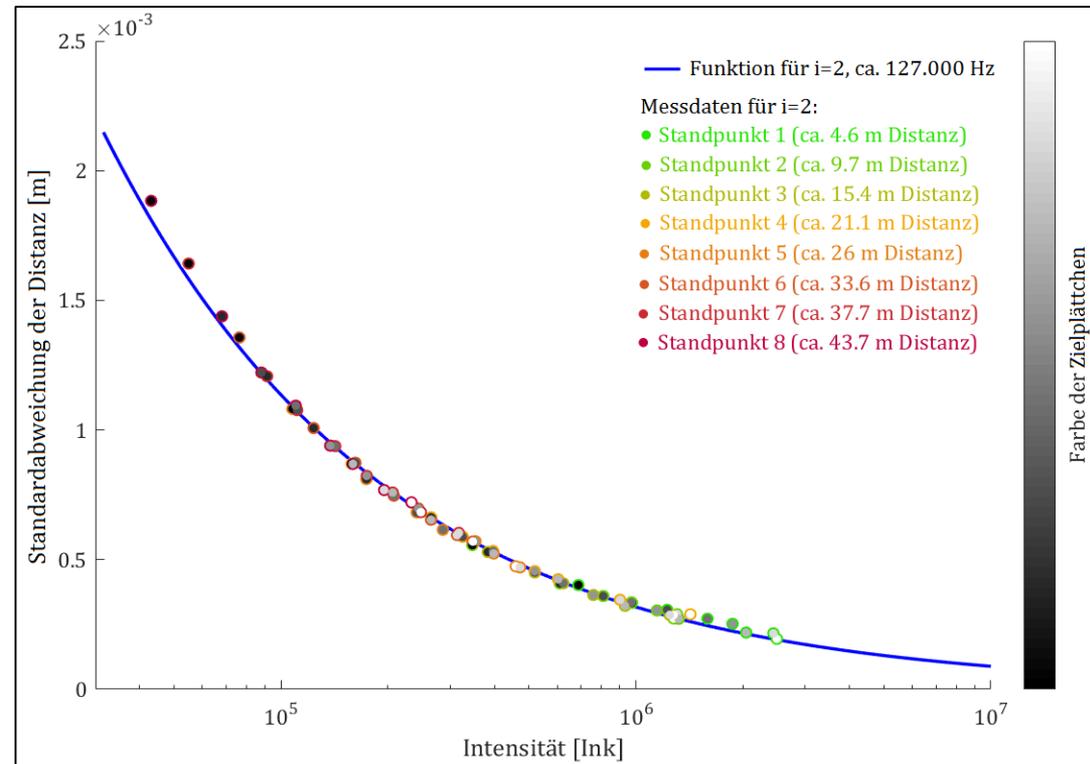


Auswirkung des Auftreffwinkels auf die Präzision der Distanzmessung

Präzision deutlich abhängig von Auftreffwinkel, Distanz und Weiß-/ Graukarte

Intensität als (einzige!?) Einflussgröße auf die Präzision

- Ziel: Zusammenhang Präzision und Intensität
- Messungen im 1D-Modus
- Für große Bandbreite an Intensitätsbeobachtungen:
 - Zielweiten 5 bis 50 m
 - Zieltafeln in 8 Abstufungen von Weiß bis Schwarz
 - Variation Auftreffwinkel
- Modellierung der Präzision auf Basis von Intensitätswerten möglich!



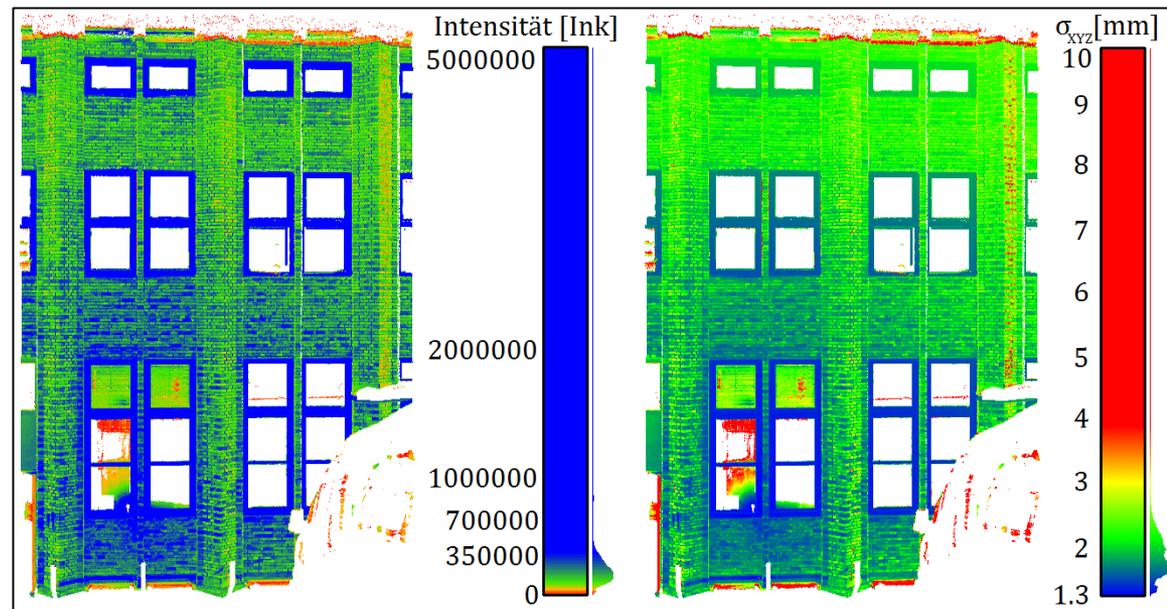
Zusammenhang zwischen Intensität und Präzision:

$$\sigma = a * Intensität^b + c$$

Timmen (2017) nach Wujanz (2016)

Beispiel stochastische Punktwolke

- Annahme: Präzision der Distanzmessung deckt größten Teil der Genauigkeit ab
- Präzision Distanzmessung: → Modell
- Genauigkeit Winkelmesseinheit: → Datenblatt (je $\sigma = 0.007^\circ$)
- Transformation von polaren Messelementen auf 3D-Koordinaten
- Berücksichtigung der Georeferenzierung
- Qualitätsparameter: Punktfehler nach Helmert

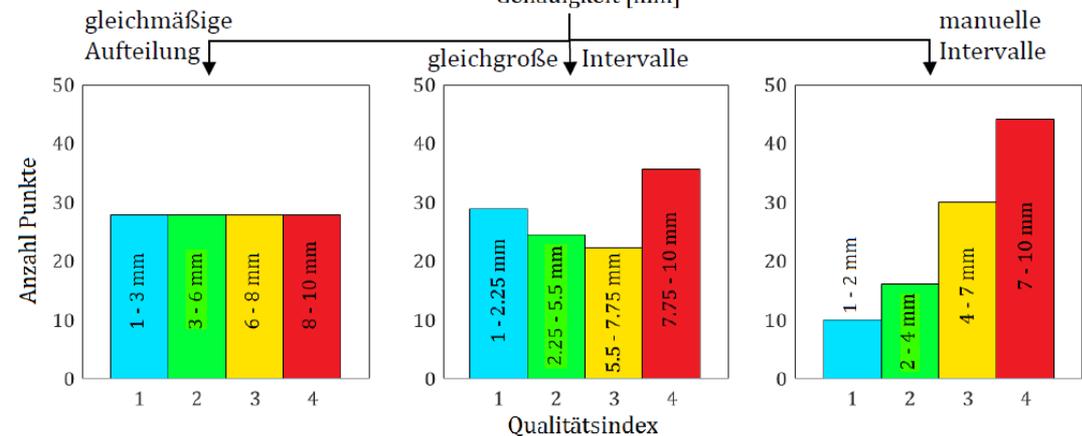
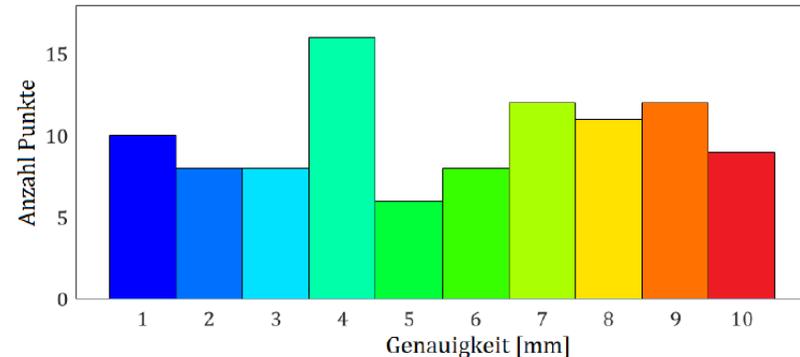


Vergleich Punktwolke eingefärbt nach Intensitäten (links) und Standardabweichung (rechts)

Timmen (2017)

Einführung eines Qualitätindices

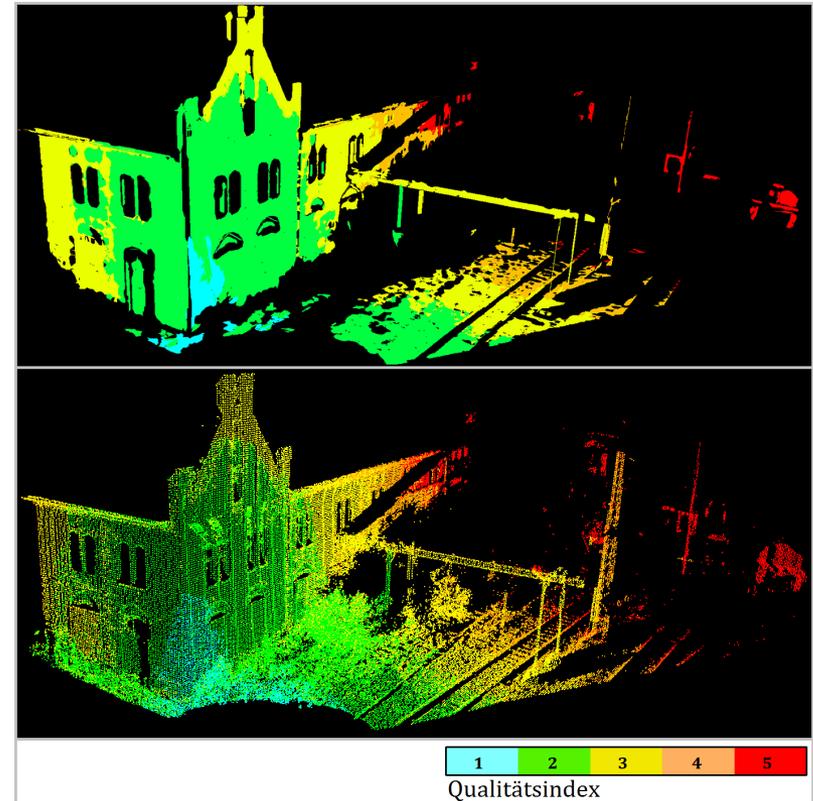
- Definition Qualitätsindex zur Aufteilung der einzelnen Punkte auf Genauigkeitsklassen
- Notwendig zur Gruppierung ähnlich genauer Daten
- Beliebige Einteilung möglich
- Grundsätzlich Orientierung an einer Aufgabenstellung
- Abstimmung Intervalle auf vorliegenden Wertebereich sinnvoll



Aufteilung Punkte auf Qualitätsindizes nach verschiedenen Vorgehensweisen

Flächenhafte Modellierung der Qualität

- Sampling
- Berechnung Qualitätsparameter
- Berechnung Qualitätsindizes
- Region-Growing-Segmentierung
 - Normalendifferenz
 - Krümmung
- Berechnung Umringe um Punktgruppen
- Speichern der Umringe für Polygonflächen in .obj-Dateien mit Materialbibliothek .mtl mit Farbdefinition



Ergebnis der Modellierung einer Punktwolke mit 5 Qualitätsindizes

Software

- Eigenes Programm entwickelt
- Berechnung in nahe Echtzeit
- Dauer: ca. Scanzeit

 Vollständigkeit

 Qualität (Präzision, Genauigkeit)

Timmen (2017)

Stenz (2017)

Stochastische Bewertung von Punktwolken auf Basis von Intensitätsbeobachtungen



Importdatei

Import Punktwolke... <Punktwolke>
Koordinaten in [m], Intensitäten in [lnk]

Formatierung der Punktwolke

global/registriert
 lokal
 Profildaten (ASCII)
 Profildaten (ZFS)

Nötige Formatierung:
[X_global Y_global Z_global X_lokal Y_lokal Z_lokal Intensität]

Sampling

Aktivieren Sampling-Intervall: 5 [cm]

Scanparameter

Scanner
 Z+F Imager 5006
 Z+F Imager 5010X

Messfrequenz, Filter-Index i
 508.000 Hz, i=1
 254.000 Hz, i=2
 127.000 Hz, i=3
 64.000 Hz, i=4

ZFS-Headerinformationen:
Zeile 11002: Filter-Index
Zeile 11015: Messfrequenz

Qualitätsindizes

Berechnen

Absolute Aufteilung auf n Klassen
 Relative Aufteilung auf n Klassen
 Manuelle Klassendefinition
 Millimeterschritte von 0 bis 1 cm

Transformation (Registrierung/ Georeferenzierung)

Durchführen Import Transformationsparameter... <Transformationsparameterdatei>
Textdatei, Parameter in 4x4 Matrix

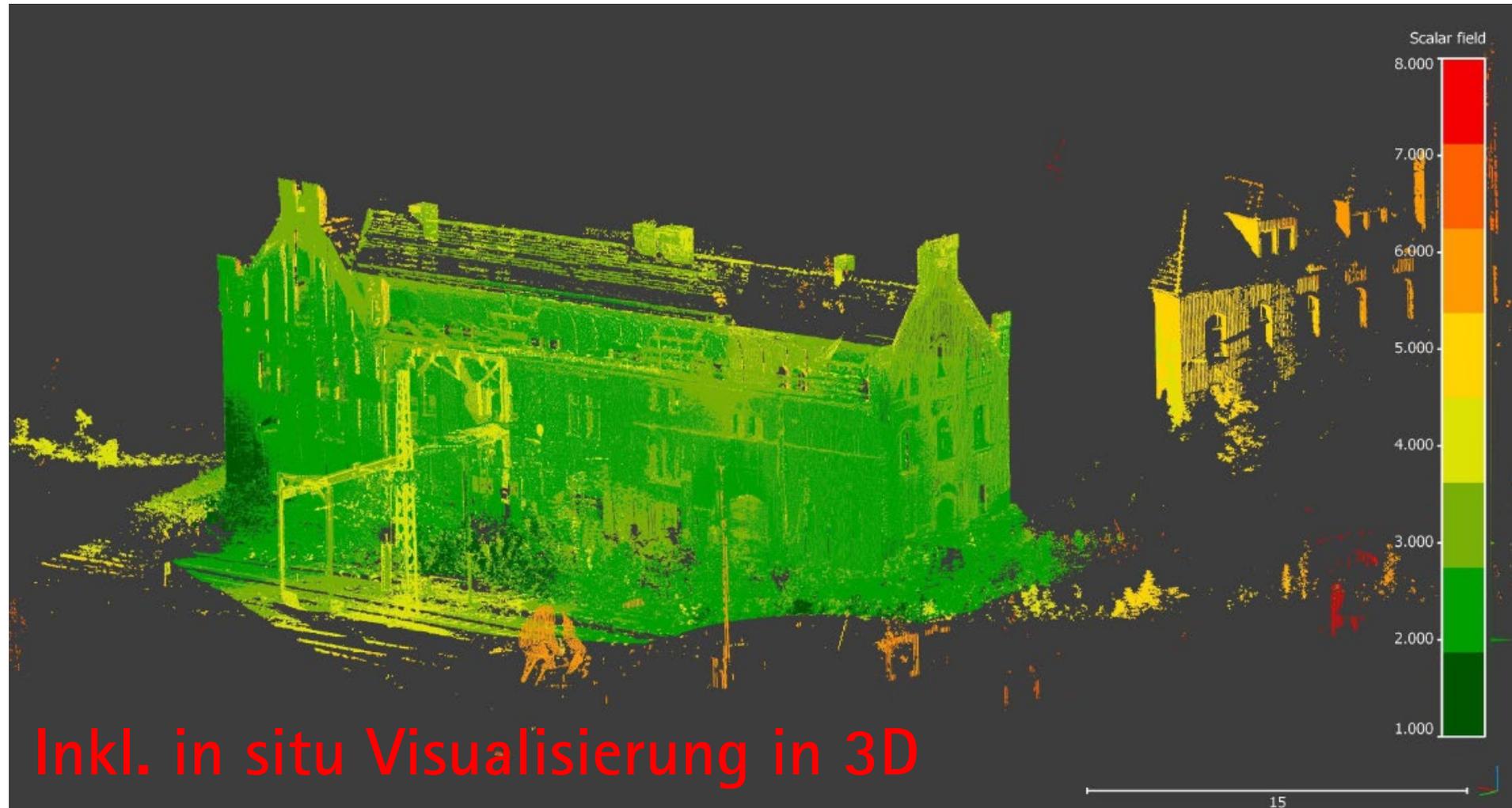
Rechenfortschritt

Konvertiere ZFS zu ASC...
 Import Punktwolke...
 Sampling...
 Stochastische Bewertung...
 Qualitätsindizes...
 Transformation...
 Export...

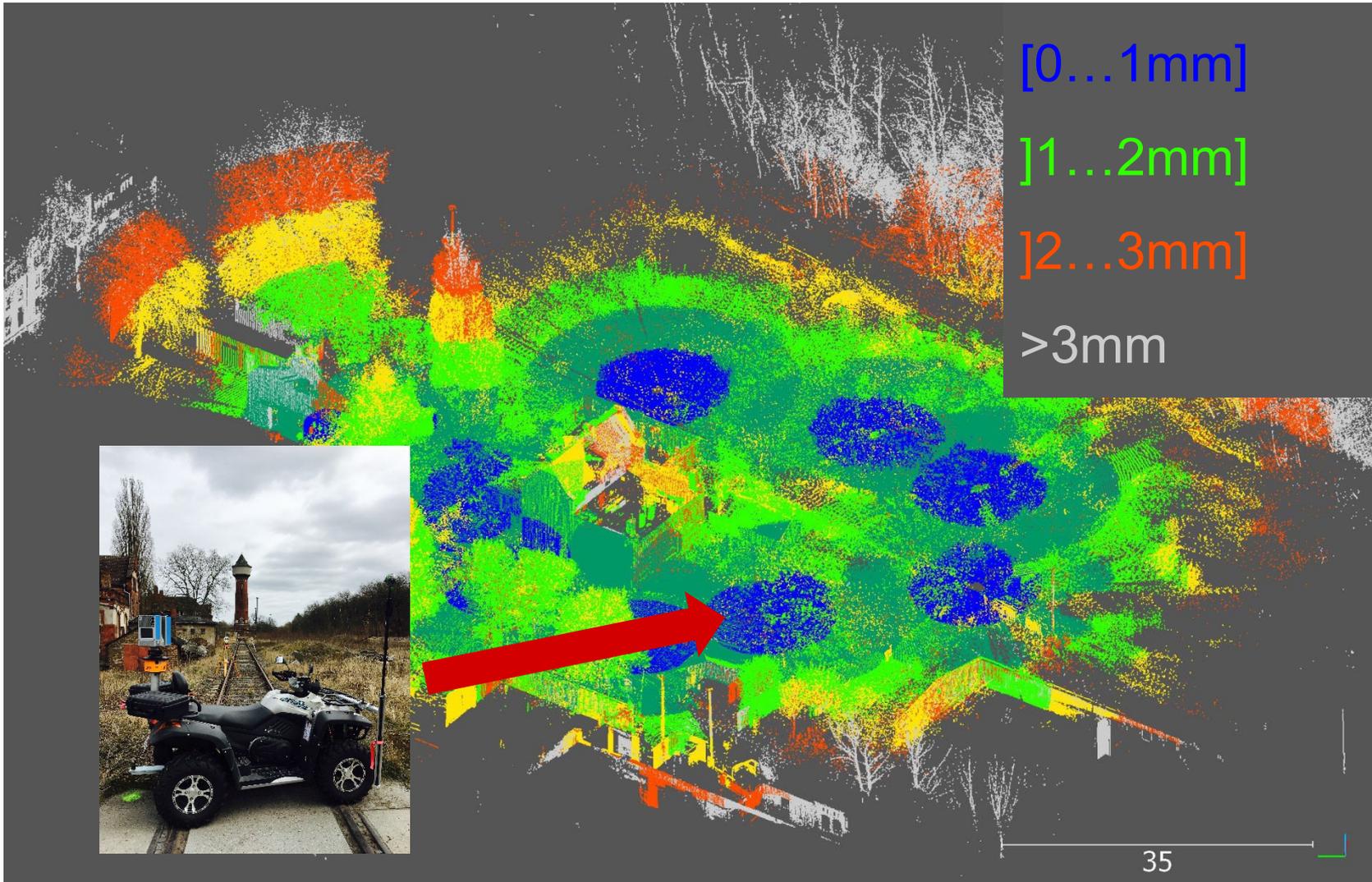
Start
Beenden

Stand 27.07.2017
 Autor: Axel Timmen, M. Sc.
 Geodätisches Institut Hannover

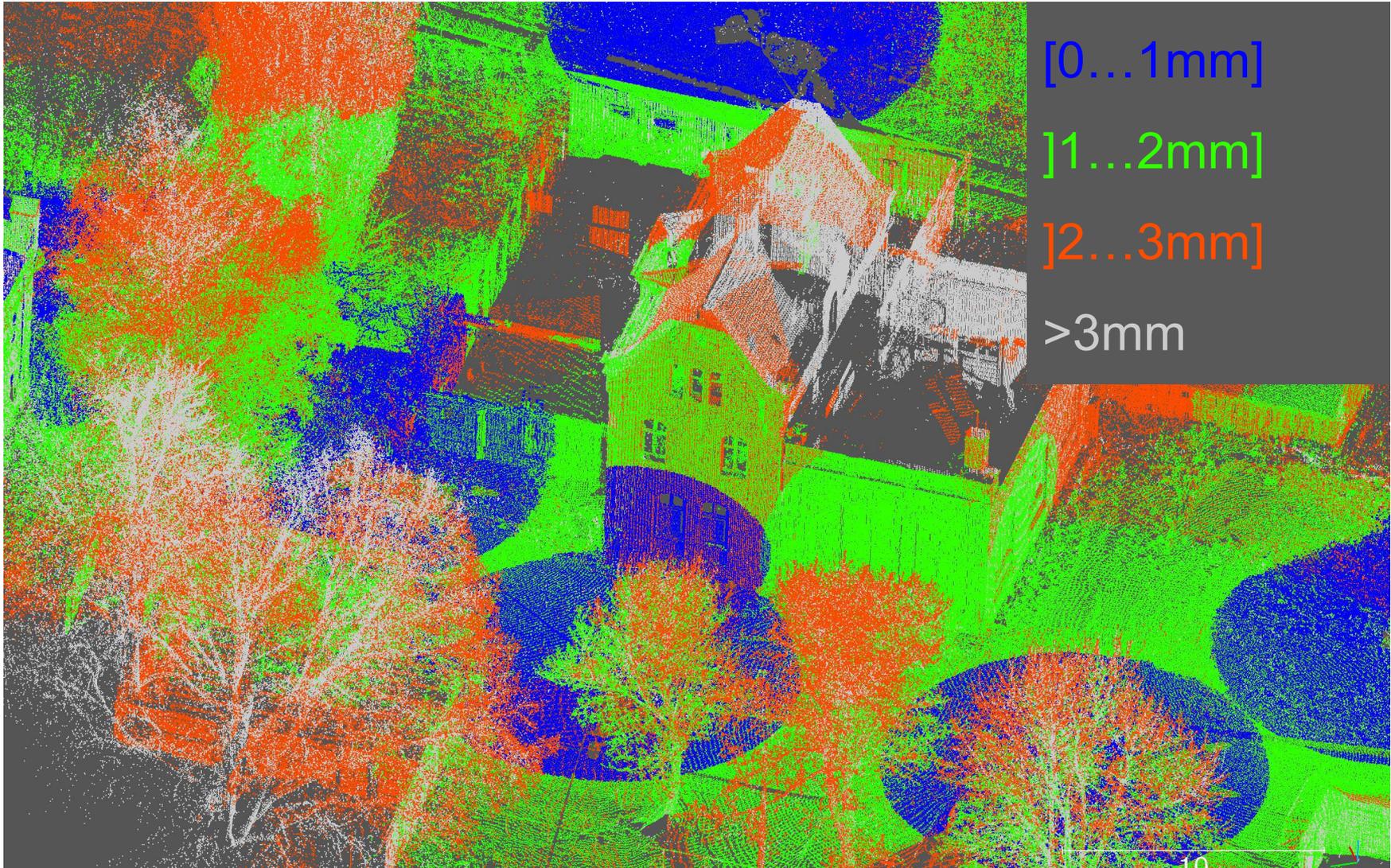
- Qualitätsparameter für die 3D Punktwolke



Exemplarische Ergebnisse



Exemplarische Ergebnisse



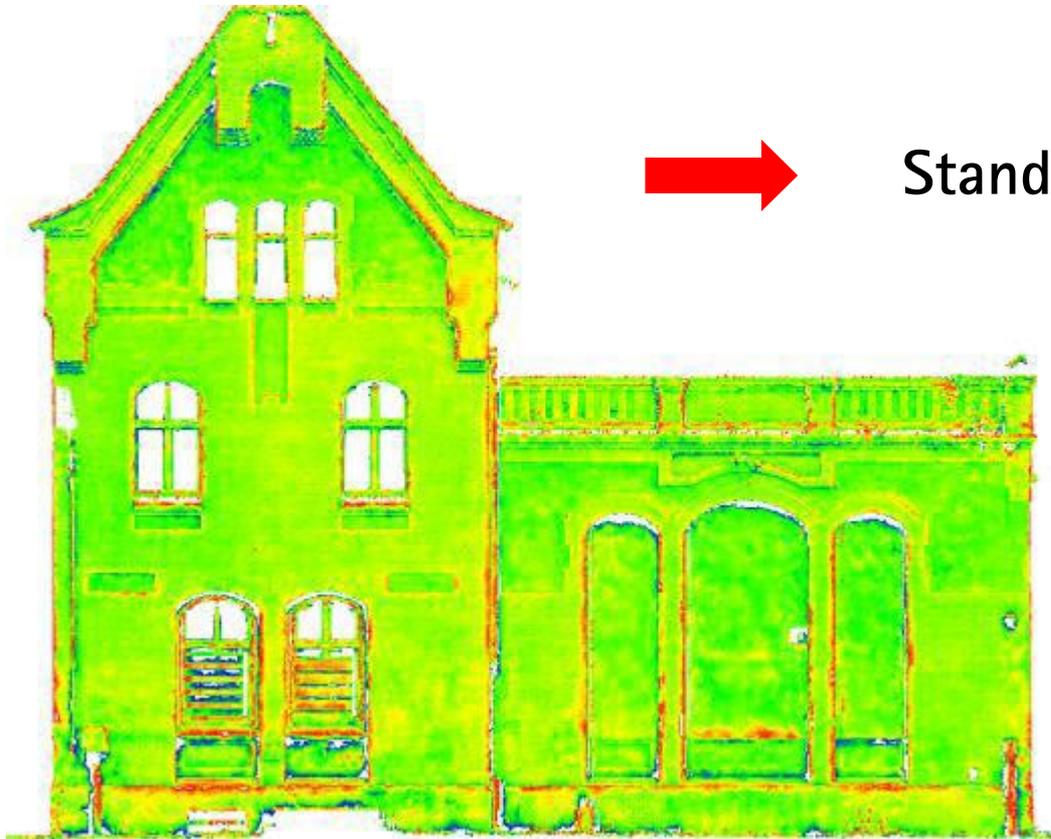
[0...1mm]

]1...2mm]

]2...3mm]

>3mm

Vergleich von TLS- und UAV-Daten zur Qualitätssicherung



Standardabweichung 6 mm

Cefalu et al. (2017)

3D-Abweichungen zwischen dem UAV-Mesh und der TLS Punktwolke nach einem ICP-Fitting (rot/blau entspricht +/-2cm).

Kollaborative
Datenerfassung
und
Qualitätsanalyse
von TLS und
UAV-Daten

Agenda

Zusammenfassung

Kollaboration

- Kollaboration eröffnet neue Möglichkeiten der Datenerfassung
- Steigerung von Effizienz / Produktivität
 - Schnellere Aufnahme
 - Einsatz von Low-Cost tlw. möglich
- Beispiel MoVEQuaD zeigt die generelle Machbarkeit
- Besonderer Dank an Prof. Norbert Haala und Alessandro Cefalu

Danke

Qualitätssicherung

- Performanter Berechnungsablauf umgesetzt
- Weg zur Genauigkeit noch weit
- Virtuelle Realität als interessante Möglichkeit zur Visualisierung (schon tlw. im Außendienst möglich)



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

