

## 13. Jenaer GeoMessdiskurs 2023

# Kollaborative Datenerfassung und Qualitätsanalyse von TLS- und UAV-Daten

29. Juni 2023 in Jena

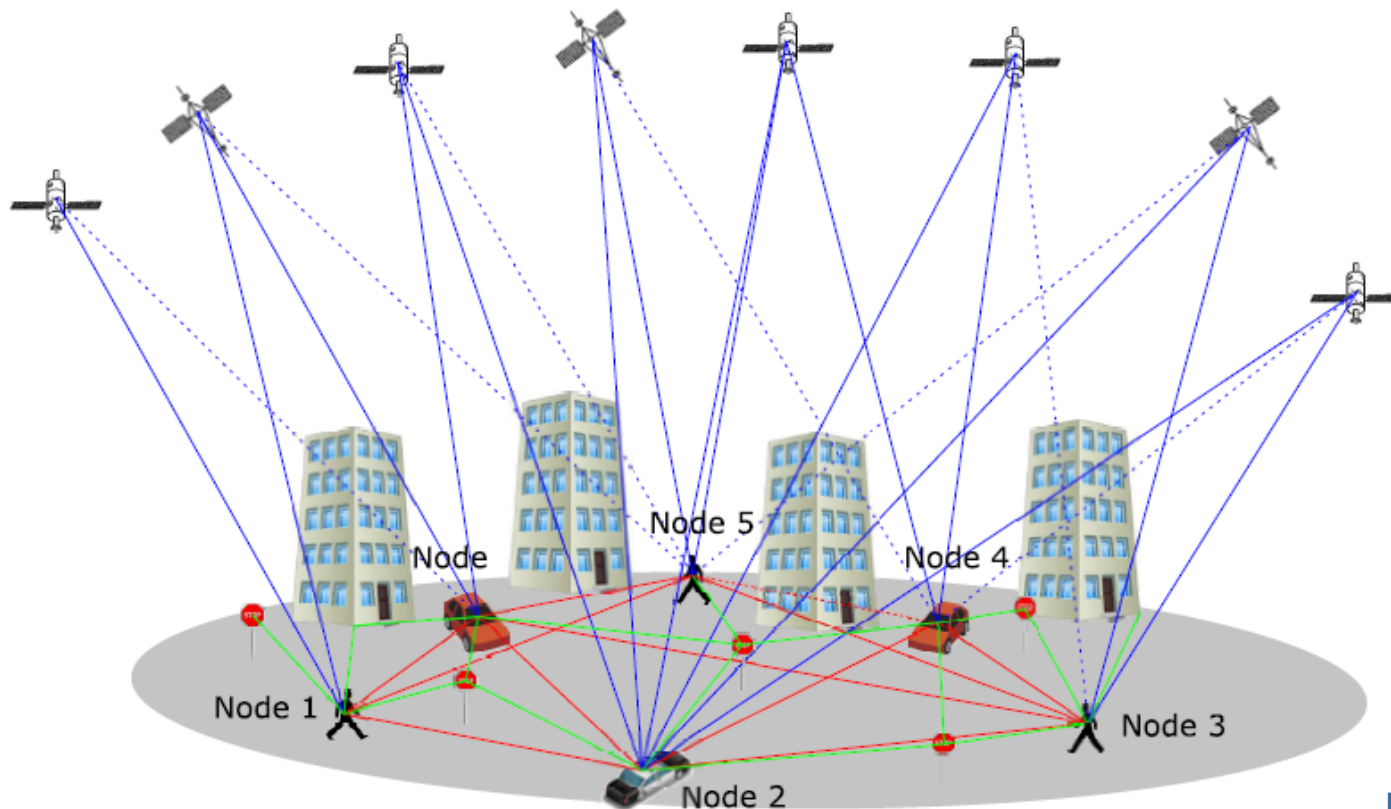
Ingo Neumann und Ulrich Stenz | Uwe Krause | Torsten Genz

LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER, GEODÄTISCHES INSTITUT

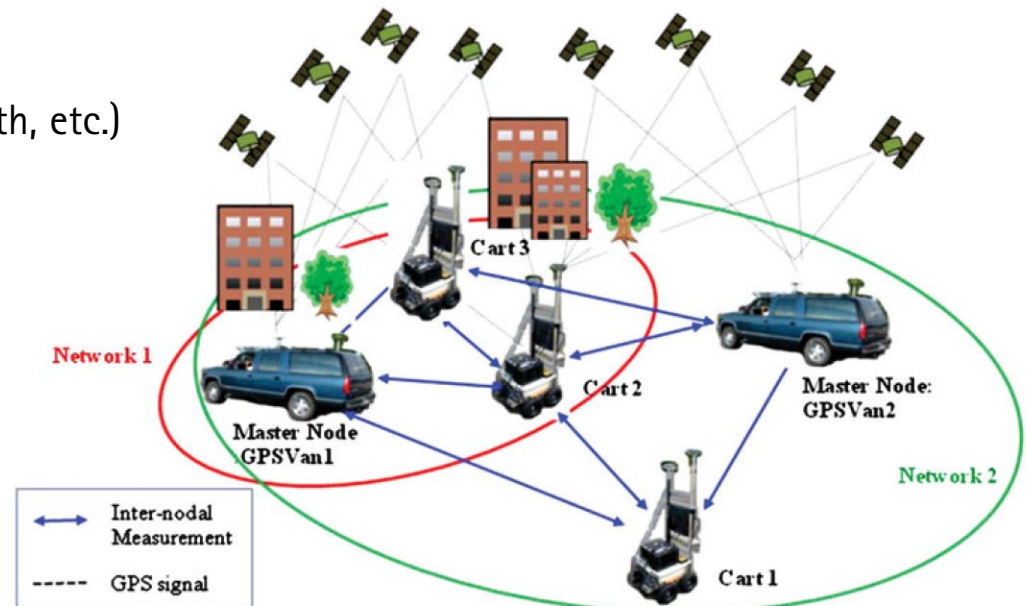
GEO-OFFICE – GESELLSCHAFT FÜR GRAPHISCHE DATENVERARBEITUNG UND VERMESSUNG MBH

## Aktuelle Herausforderungen im Bereich Datenerfassung

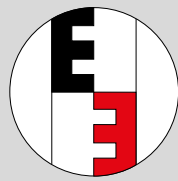
- Schwierige Umgebung für die Georeferenzierung
- Verbesserung der Effizienz und Zuverlässigkeit



- 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

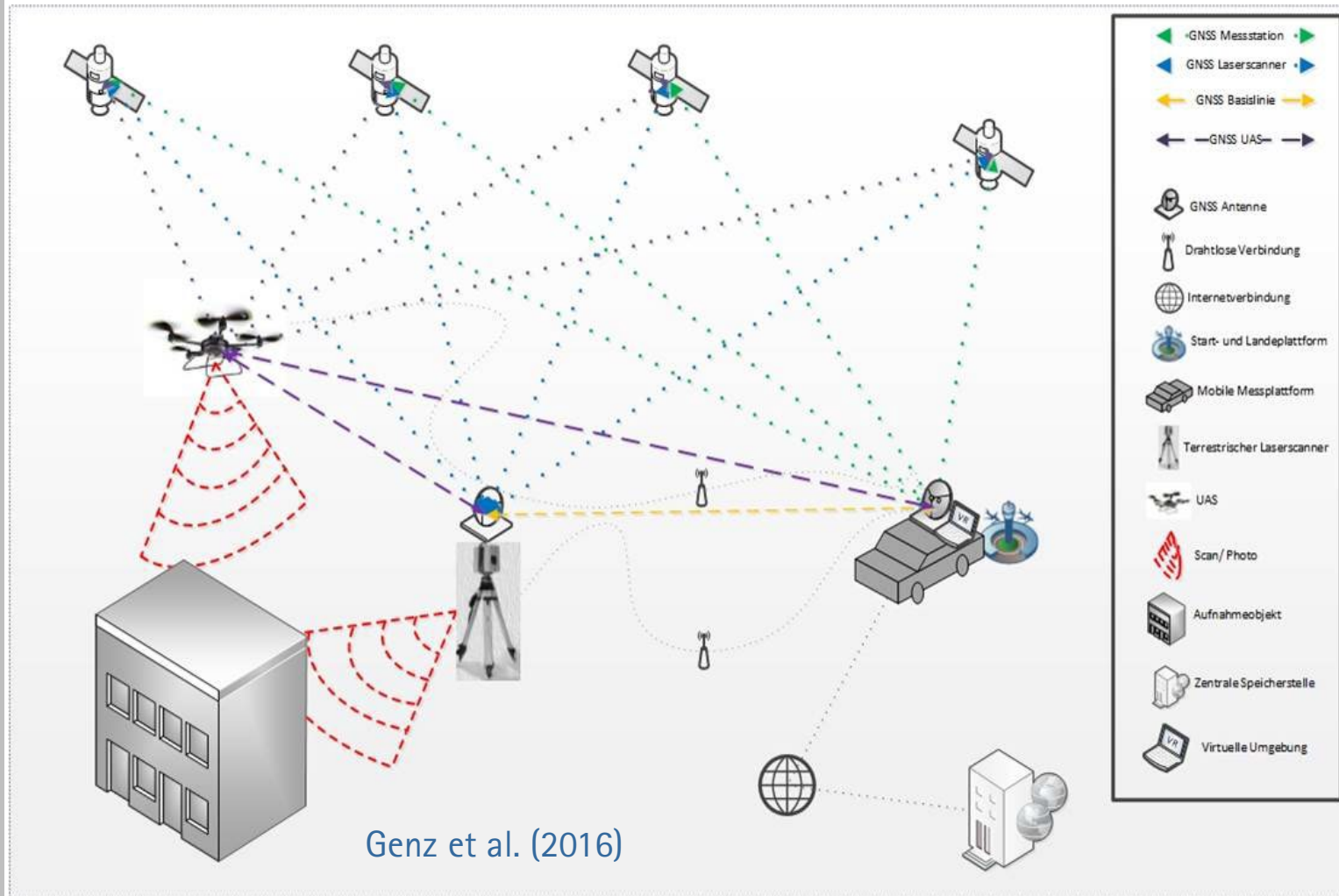
## Agenda

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

## Das Projekt MoVEQuaD



## 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.)

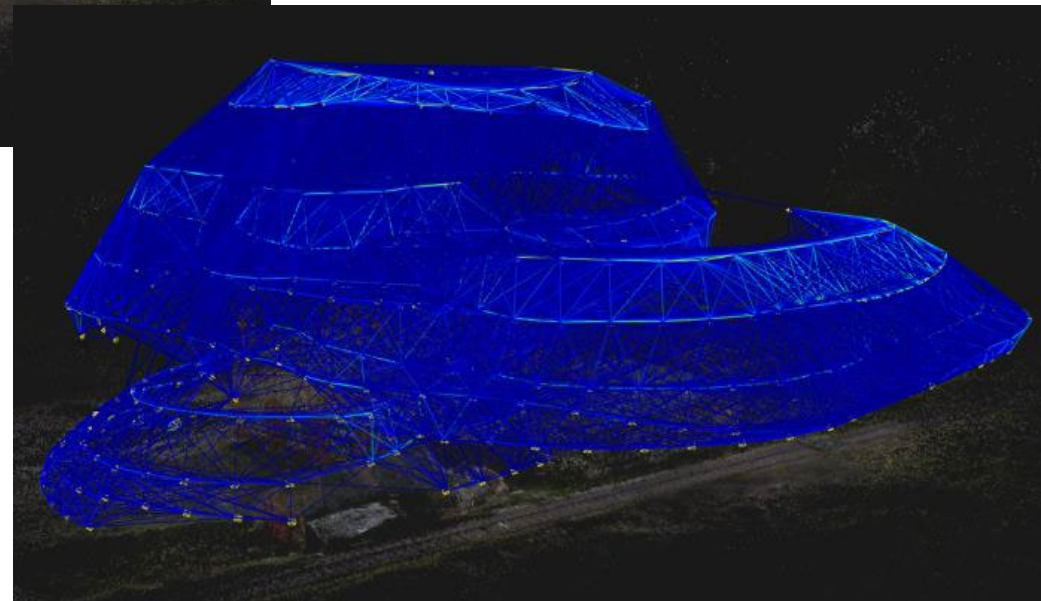


## Beispielprojekt



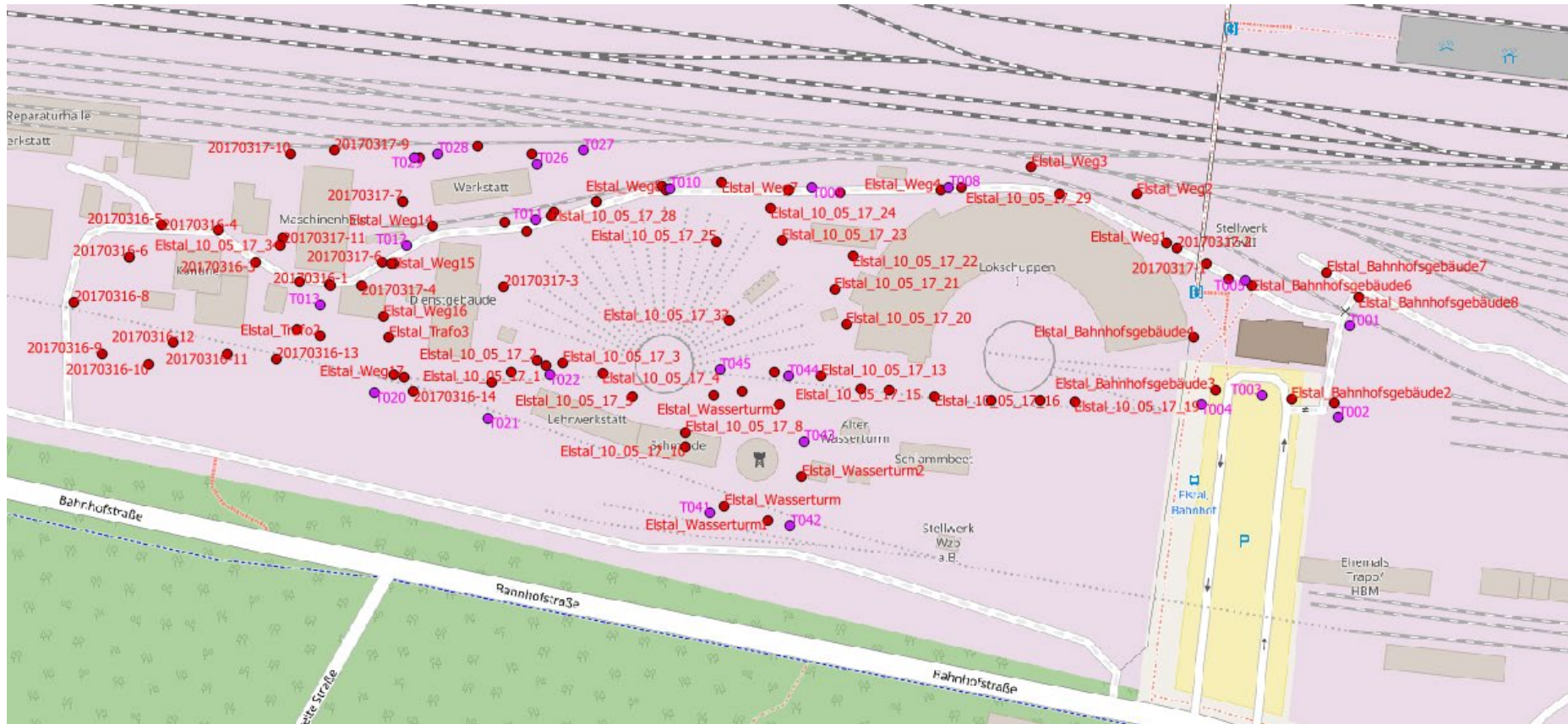
- Automatische Flugplanung
- Basis: Grobes 3D-Modell
- Abdeckung (unten)

Cefalu et al. (2017)



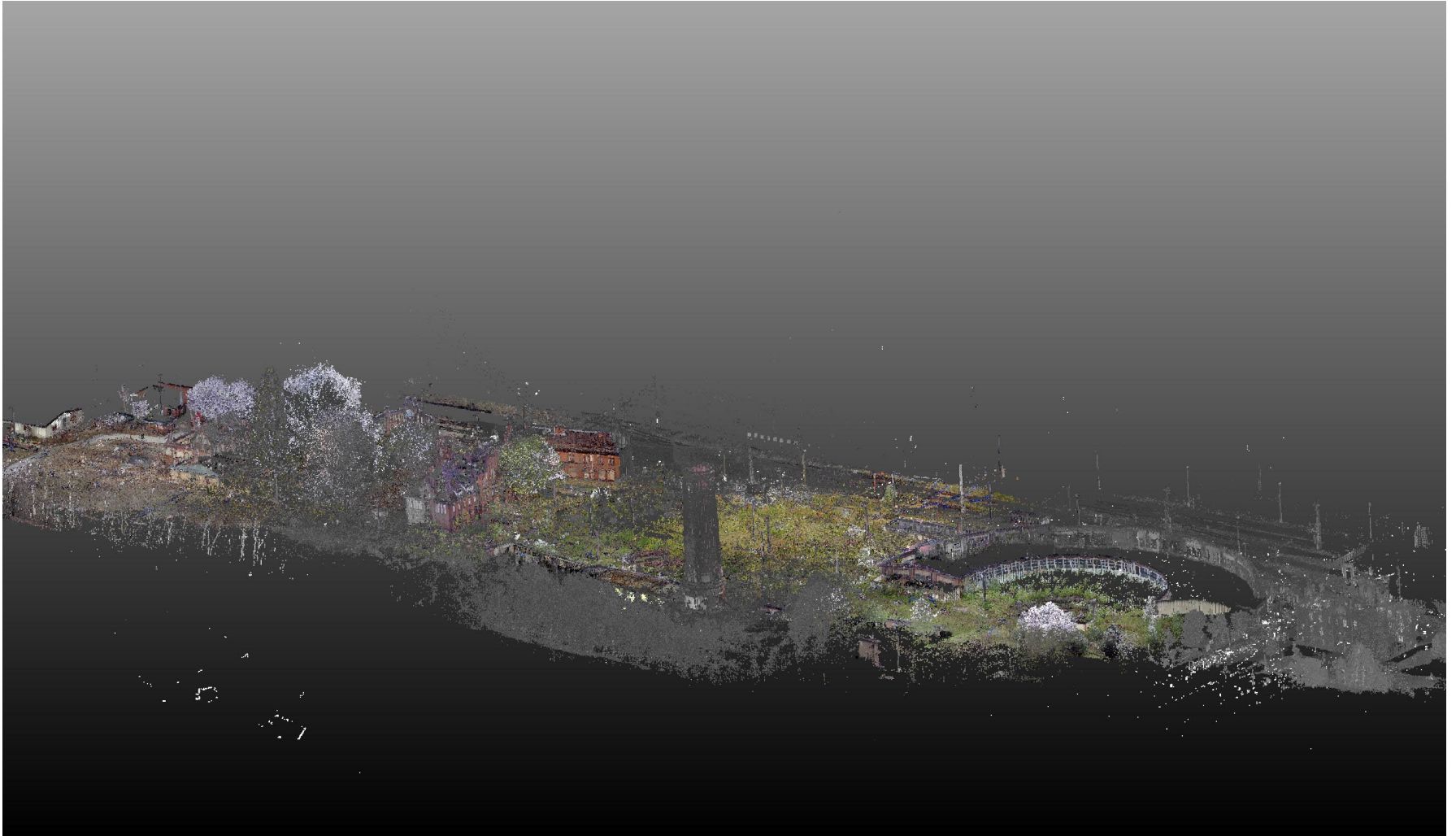


## Beispielprojekt: 3D-Punktwolke (TLS)



Standpunkte der terrestrischen Plattform

## Beispielprojekt: 3D-Punktwolke (TLS)





## Beispielprojekt: 3D-Punktwolke (Bilder)

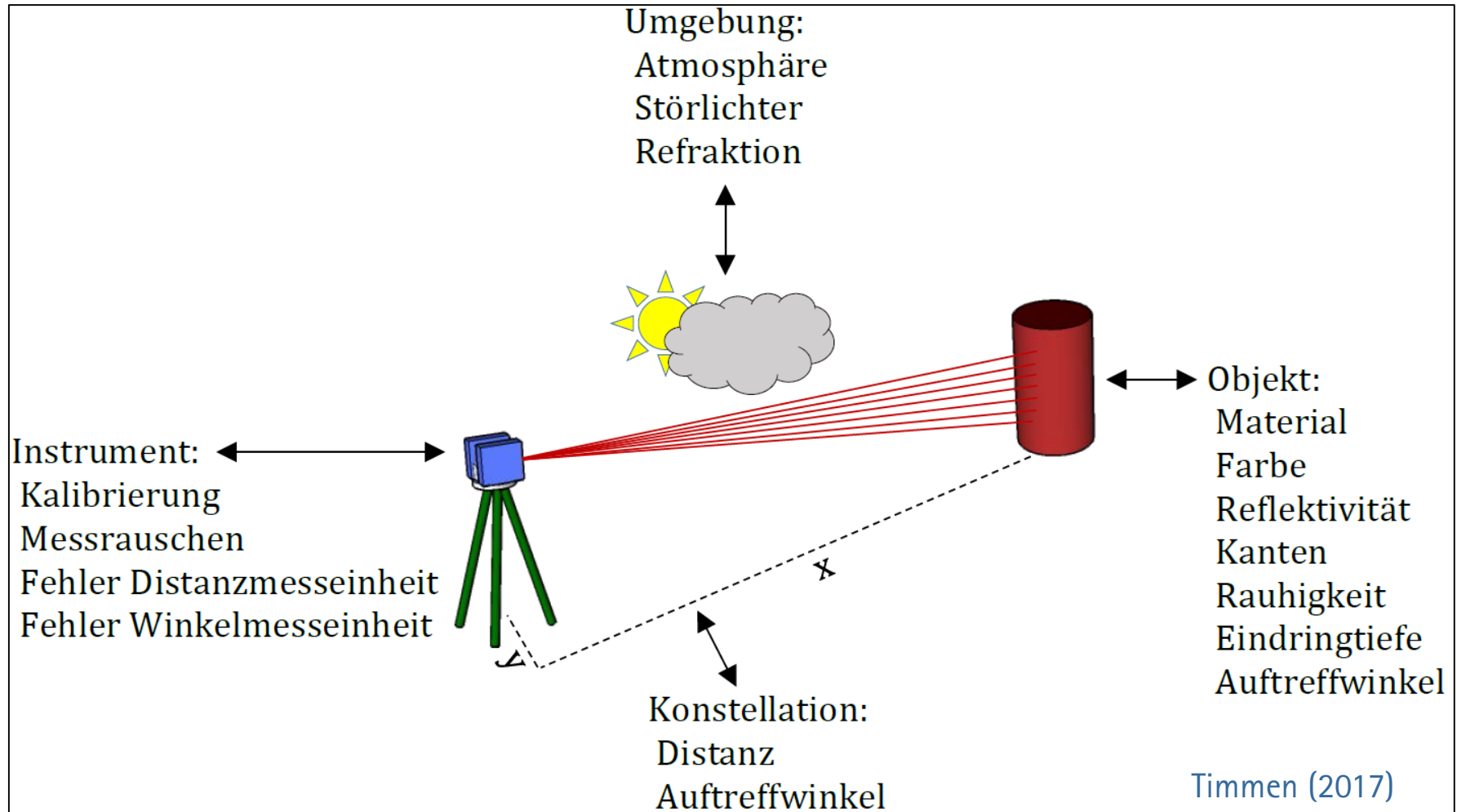


## Beispielprojekt: Virtuelle Begehung (vor Ort als Ziel)

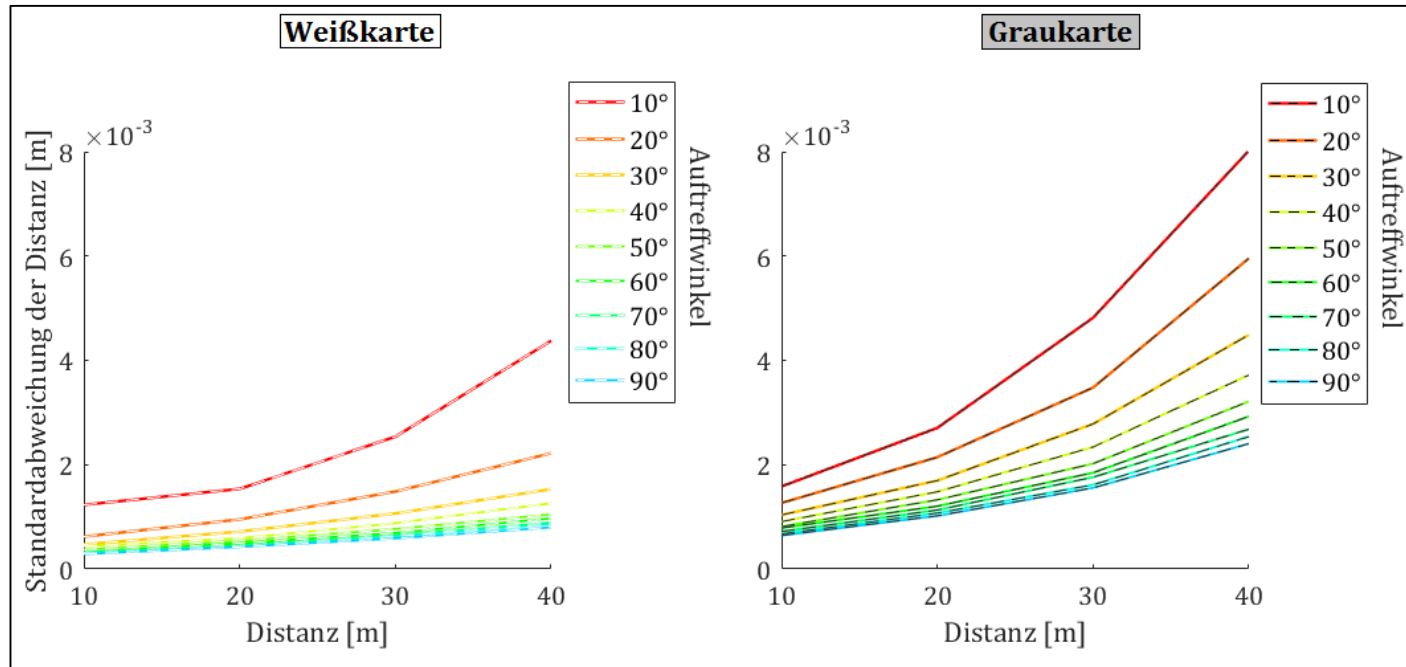


Genz und Krause (2017)

## Beispielprojekt: Qualitätsanalyse



## Beispiel bzgl. der Qualität: Auftreffwinkel



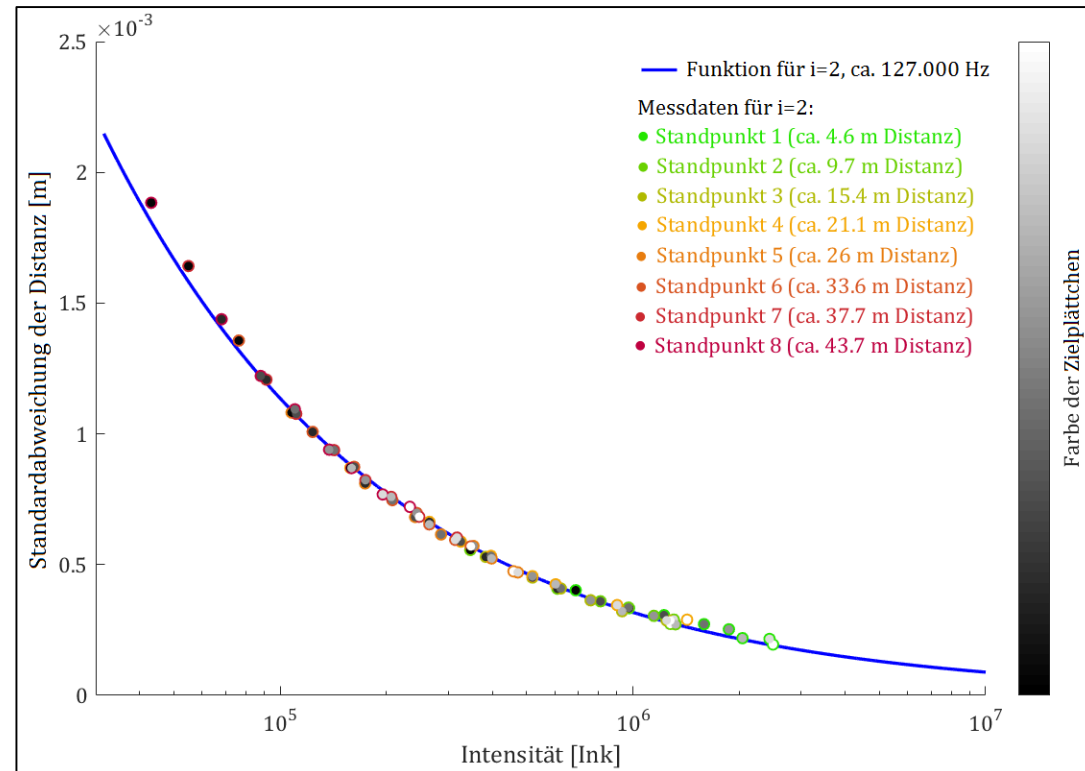
Auswirkung des Auftreffwinkels auf die Präzision der Distanzmessung

**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!



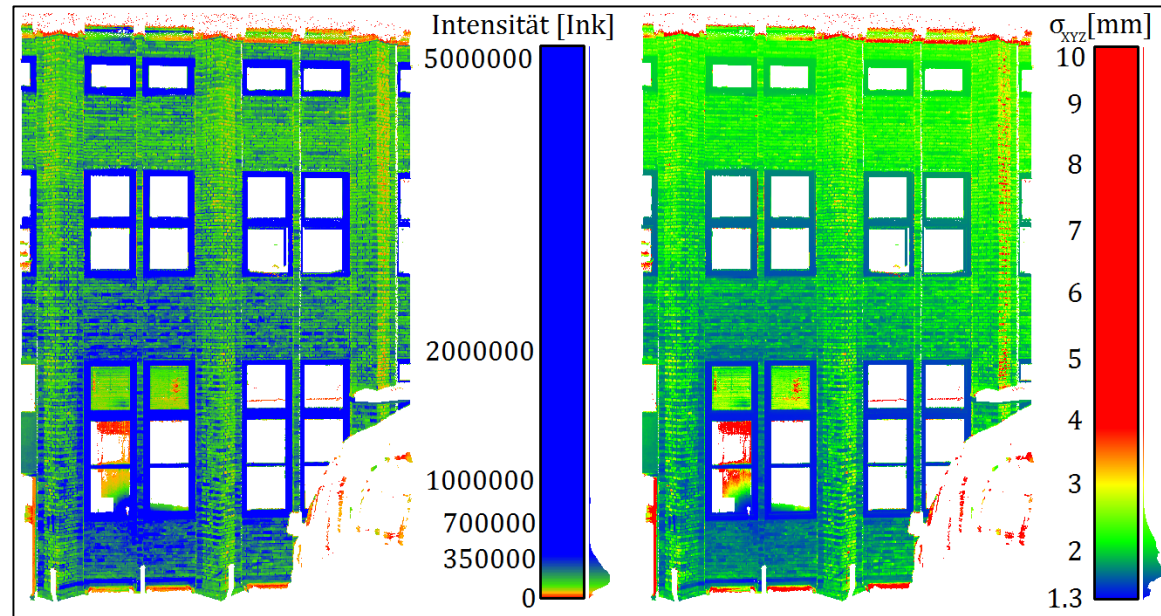
Zusammenhang zwischen Intensität und Präzision:

$$\sigma = a * Intensität^b + c$$

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

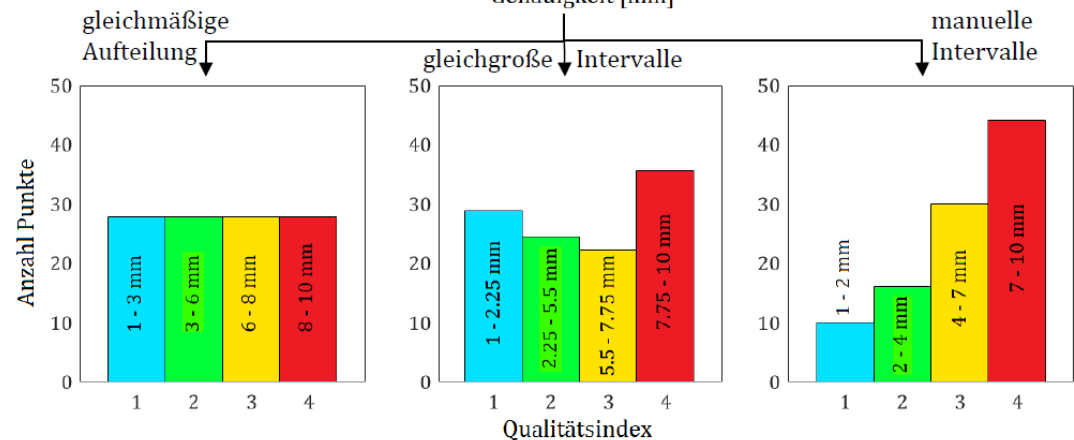
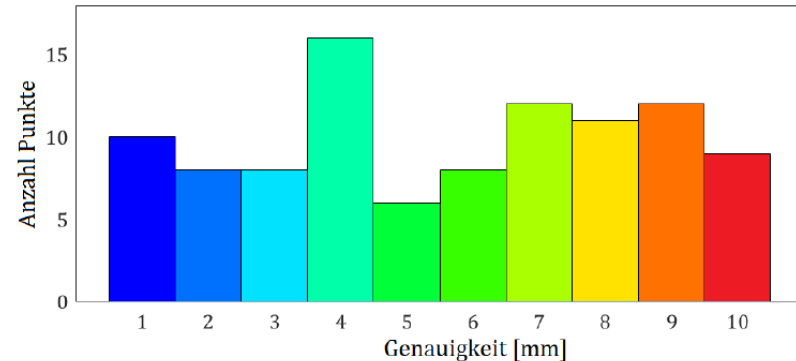


Vergleich Punktwolke eingefärbt nach Intensitäten (links) und Standardabweichung (rechts)

Timmen (2017)

## Einführung eines Qualitätsindex

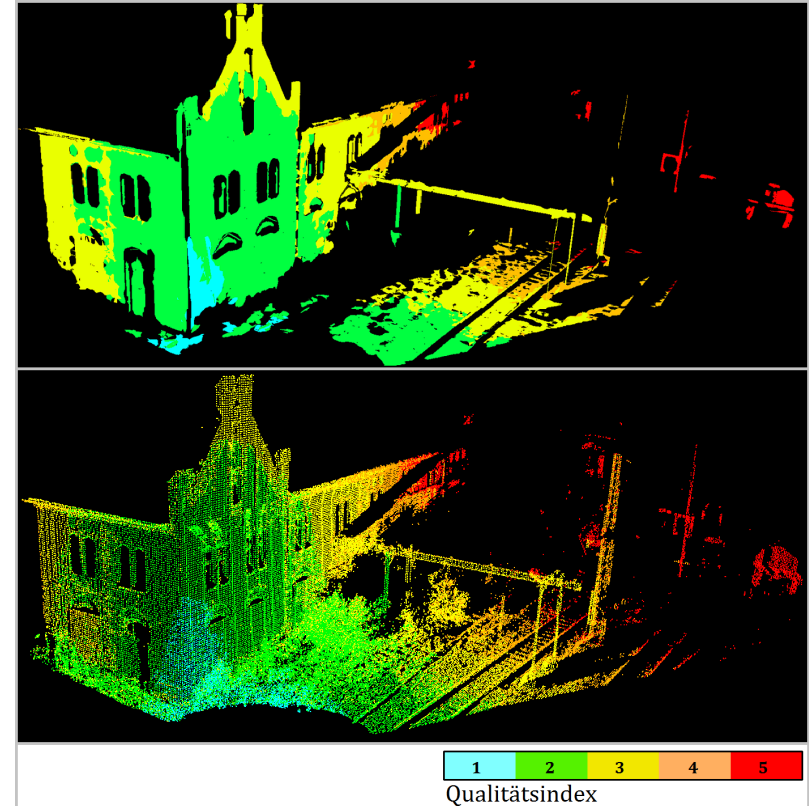
- Definition Qualitätsindex zur Aufteilung der einzelnen Punkte auf Genauigkeitsklassen
- Notwendig zur Gruppierung ähnlich genauer Daten
- Beliebige Einteilung möglich
- Grundsätzlich Orientierung an einer Aufgabenstellung
- Abstimmung Intervalle auf vorliegenden Wertebereich sinnvoll



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	Messfrequenz, Filter-Index i
Z+F Imager 5006	508.000 Hz, i=1
Z+F Imager 5010X	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...

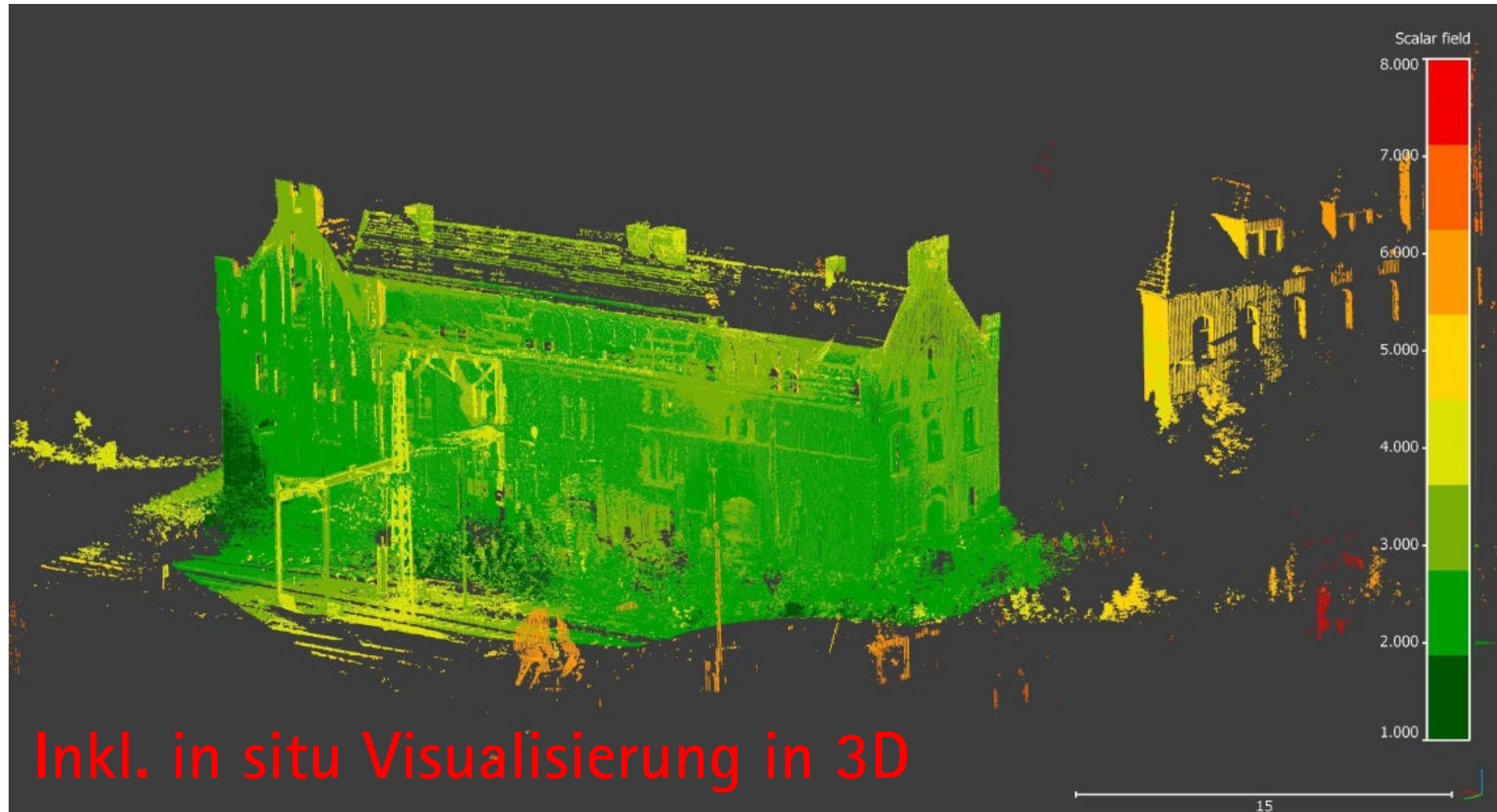



Start

Beenden

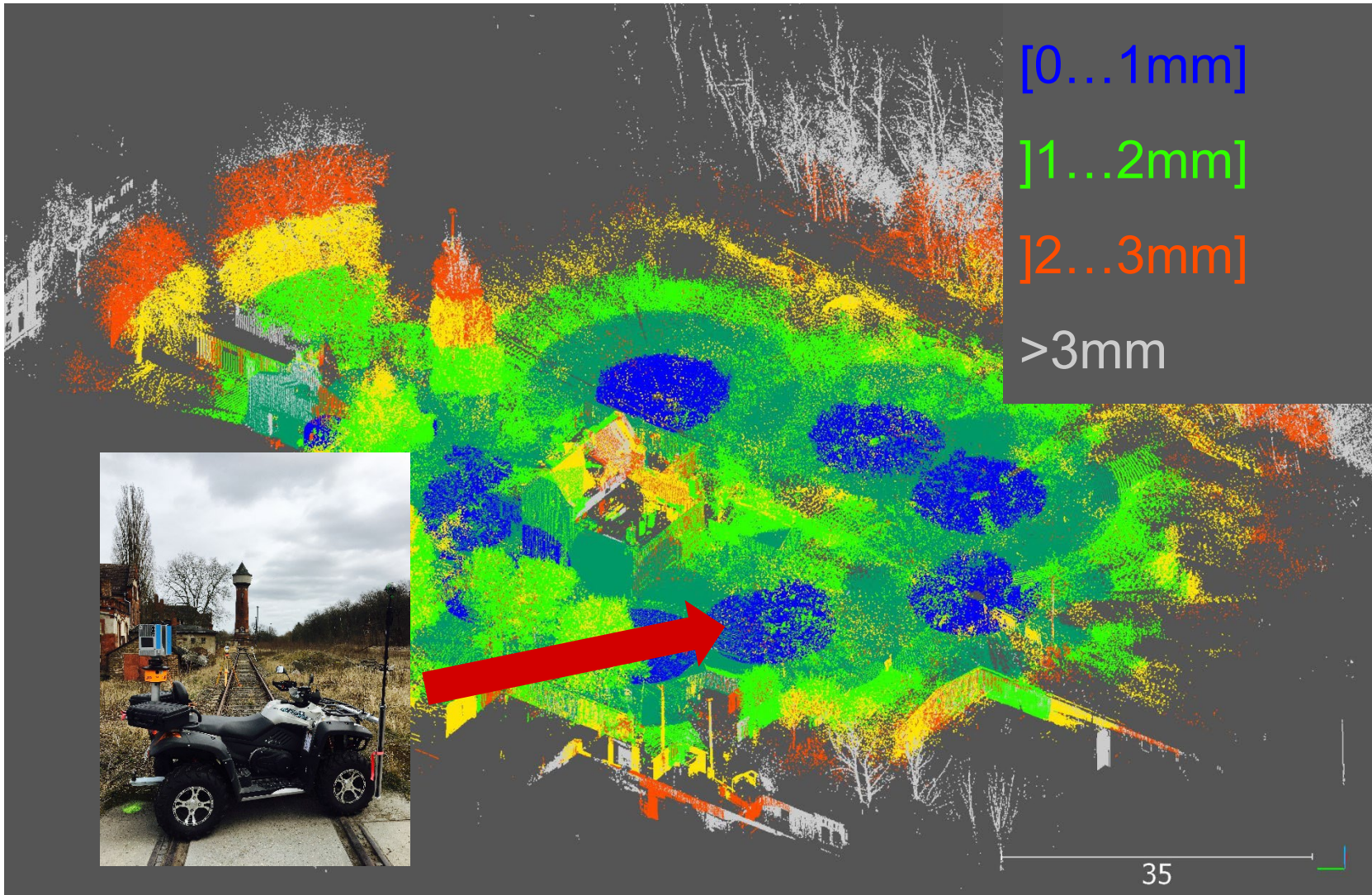
Stand 27.07.2017  
Autor: Axel Timmen, M. Sc.  
Geodätisches Institut Hannover

- Qualitätsparameter für die 3D Punktwolke



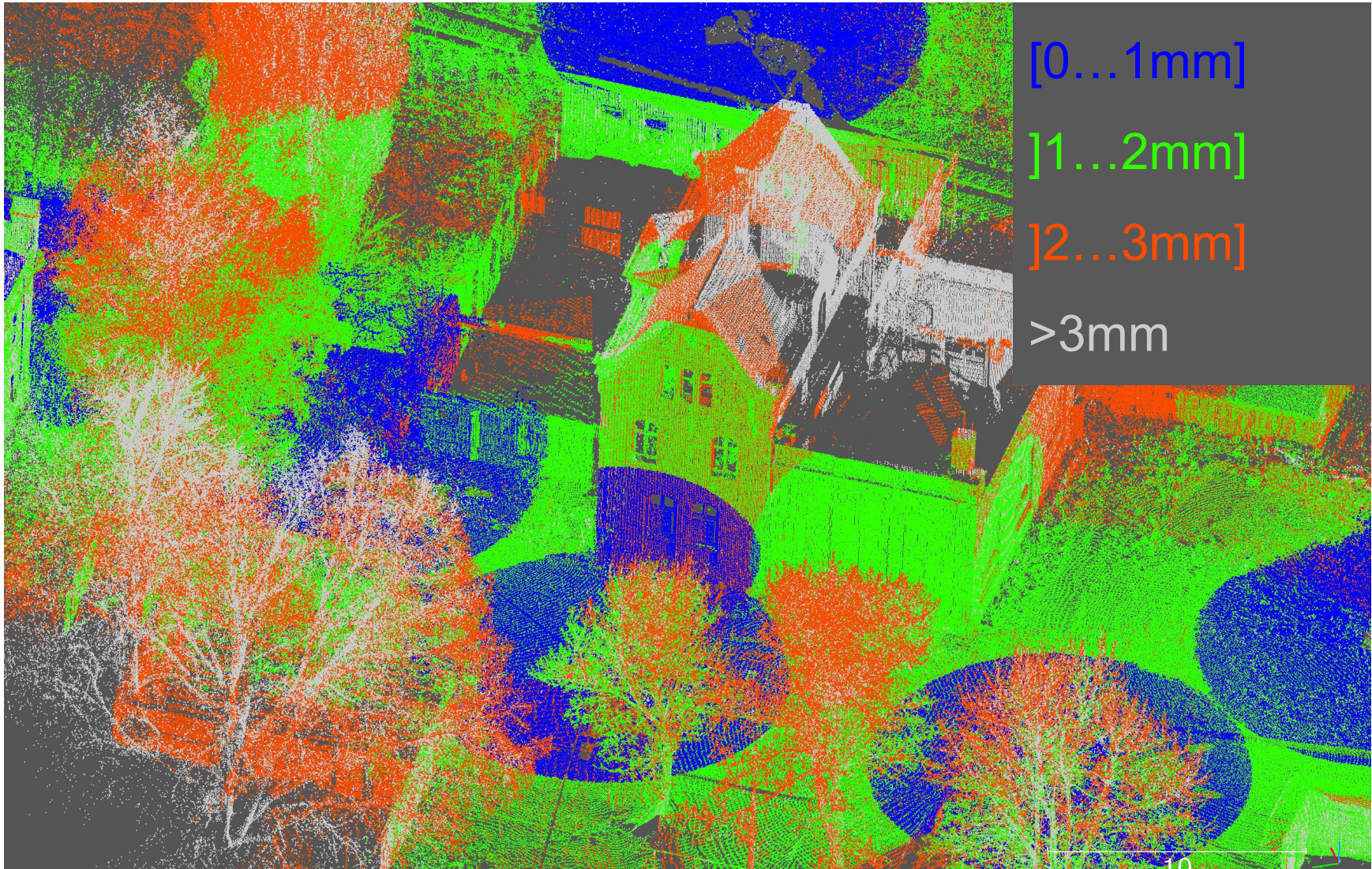


## Exemplarische Ergebnisse



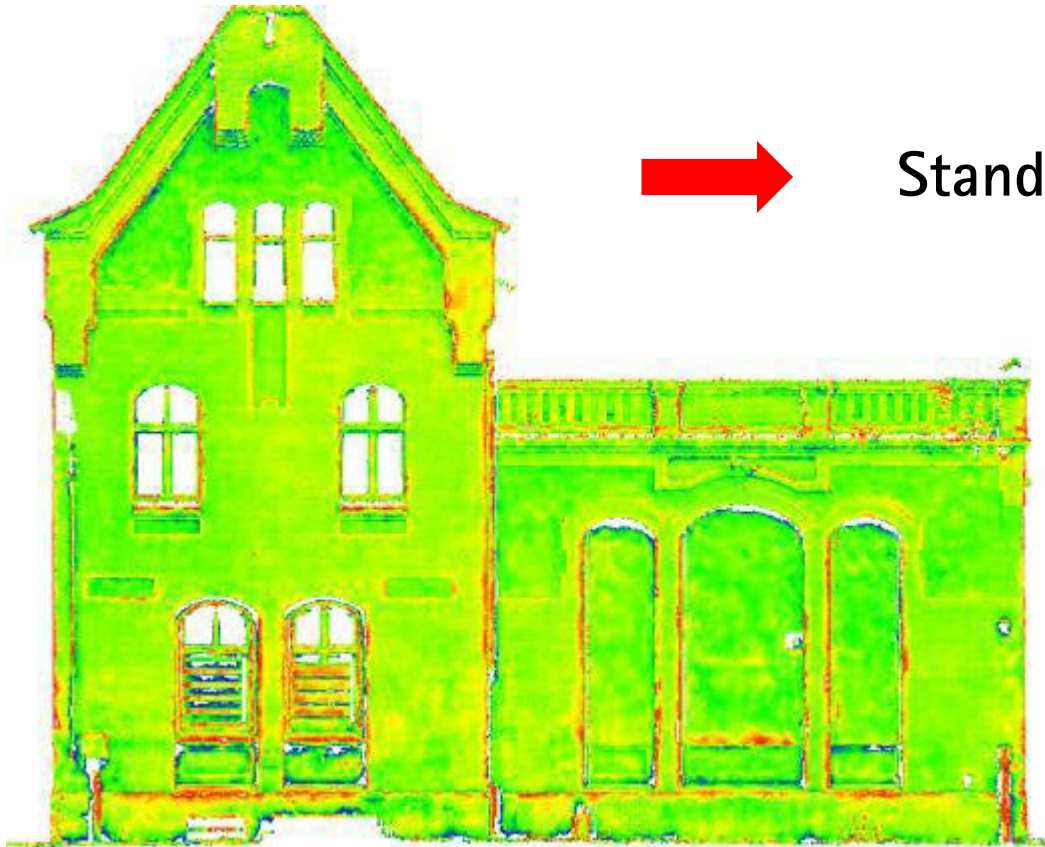


## Exemplarische Ergebnisse





## 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

