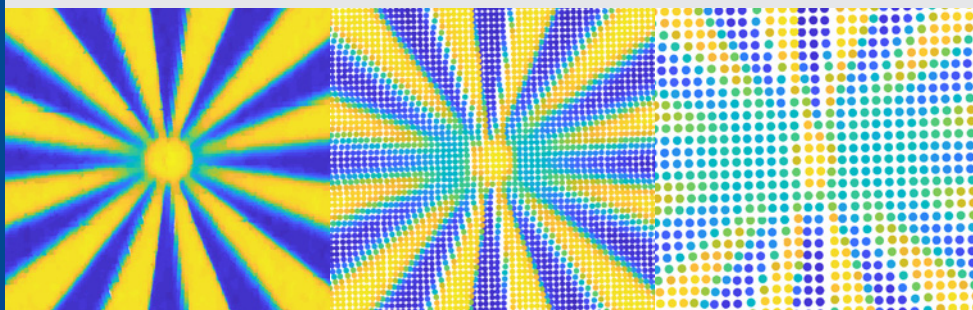


Arbeitskreis 4 „Ingenieurgeodäsie“
Arbeitskreis 3 „Messmethoden und Systeme“

Terrestrisches Laserscanning 2020 (TLS 2020)

Beiträge zum 194. DVW-Seminar am
4. Dezember 2020

**Online-
seminar**



Arbeitskreis 4 „Ingenieurgeodäsie“
Arbeitskreis 3 „Messmethoden und Systeme“

Terrestrisches Laserscanning 2020 (TLS 2020)

Beiträge zum 194. DVW-Seminar am
4. Dezember 2020 – Onlineseminar

Redaktion:
Christoph Holst

Herausgeber:
DVW e.V. – Gesellschaft für Geodäsie,
Geoinformation und Landmanagement



Schriftenreihe des DVW
Band 98
Wißner-Verlag

Herausgeber:
DVW e. V. – Gesellschaft für Geodäsie,
Geoinformation und Landmanagement

www.dvw.de
INTERGEO®

Schriftenreihe des DVW
Band 98

Tipps zur Navigation in der PDF-Datei:

Die PDF enthält zur Navigation Lesezeichen und Hyperlinks.
Der Mausklick auf ein Lesezeichen führt zur ersten Seite des angewählten Beitrags.
Der Mausklick auf einen dunkelblau markierten Abbildungs- oder Tabellenverweis im Text führt zur verknüpften Abbildung oder Tabelle. Zurück zur ursprünglichen Stelle im Text gelangt man mit dem Klick auf den dunkelblau markierten Verweis in der Abbildungsunterschrift oder Tabellenüberschrift.
Internetadressen und E-Mail-Adressen sind ebenfalls mit Hyperlinks hinterlegt.
Kostenfreier PDF-Download unter www.geodaesie.info.

Zitierhinweis:

[Nachname, Vorname]: [Titel des Beitrags]. In: DVW e.V. (Hrsg.):
Terrestrisches Laserscanning 2020 (TLS 2020). DVW-Schriftenreihe,
Band 98, Augsburg, 2021, S. x–y.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind
im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

ISBN: 978-3-95786-286-0
ISSN 0940-4260

© Wißner-Verlag, Augsburg 2021
www.geodaesie.info

Herstellung: Wißner-Verlag, Augsburg
Bildnachweis Cover: Berit Schmitz, Universität Bonn

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede
Verwertung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen
bedarf deshalb der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlags.

Inhalt

Vorwort	5
---------------	---

Session 1: Aktuelles

Ulrich Völter Laserscanning bei Ingenieurprojekten	9
---	---

Kay Weltzien Trimble X7 – neue Perspektive vs. neue Herausforderung	35
--	----

Berit Schmitz Daniel Coopmann Heiner Kuhlmann Christoph Holst Welche Objektdetails „sieht“ mein Laserscanner?	49
--	----

Session 2: Punktwolken: Auswertung und Darstellung

Rico Richter 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch Künstliche Intelligenz ____	65
---	----

Peter Bauer Werner Lienhart Virtual Reality in der Geodäsie – Ein neuer Blickwinkel auf geodätische Messdaten	91
---	----

Thomas P. Kersten Visualisierung von 3D-Punktwolken als immersives Erlebnis in Virtual Reality	113
--	-----

Session 3: Monitoring in der Praxis

C. Hesse N. Krause M. Frenz I. Neumann F. Hake J.-A. Paffenholz Monitoring von Brücken (mit Laserscannern) _____	139
Florian Schill Andreas Eichhorn Monitoring mit Profilsclannern _____	157
Nikolaus Studnicka Daniel Schröder Der permanente Einsatz von Long Range Laser Scannern im Monitoring – Speziallösungen mittels offener Python-Schnittstellen _____	179

Session 4: Mobile Mapping

Lasse Klingbeil Isabel Gelfort Heiner Kuhlmann Mobile Mapping: Technologien und Marktübersicht _____	195
Brigitte Husen Zum Einsatz von Punktwolken in der Straßenbauvermessung _____	215
Gunnar Gräfe Prüfverfahren für die Qualität von Mobile Mapping Scannerdaten _____	229

Vorwort

Das terrestrische Laserscanning (TLS) ist inzwischen ein voll etabliertes Messverfahren. Es besitzt ein enormes Leistungsspektrum und eröffnet vielfältige Anwendungsmöglichkeiten sowohl innerhalb der klassischen Berufsfelder der Geodäsie als auch in angrenzenden Bereichen. Nach den großen Erfolgen der vergangenen Jahre bietet der DVW auch in 2020 eine Weiterbildungsveranstaltung zum Thema „Terrestrisches Laserscanning“ an.

Wie in den Vorjahren ist die Veranstaltung in aktuelle Themenfelder unterteilt. Die Sessionen sind gegliedert in Aktuelles, Punktwolkenauswertung und -darstellung, Monitoring in der Praxis und Mobile Mapping.

Es ist auch dieses Jahr wieder gelungen, aktuelle Trends aufzunehmen sowie kompetente Vortragende für die einzelnen Themen zu gewinnen.

Zielgruppe sind Kolleginnen und Kollegen in der Praxis, Forschung oder Ausbildung aus den Bereichen der Geodäsie, der Geoinformation und aus Nachbardisziplinen, die sich über dieses hochaktuelle Teilgebiet der elektrooptischen Messtechnik umfassend und unabhängig von Anbietern informieren wollen.

Die DVW-Arbeitskreise 4 „Ingenieurgeodäsie“ und 3 „Messmethoden und Systeme“ freuen sich darauf, mit Ihnen Anregungen und Gedanken zu diesem weiterhin zukunftsorientierten, innovativen Thema auszutauschen.

Christoph Holst und Heiner Kuhlmann,
Universität Bonn

Nachtrag:

Aufgrund der COVID-19-Pandemie konnte das Seminar im Dezember 2020 nicht als Präsenzveranstaltung durchgeführt werden, sondern hat vollständig online stattgefunden. Es setzte sich zusammen aus vorab aufgezeichneten Videos der einzelnen Vorträge sowie Interaktionsmöglichkeiten mit den Vortragenden und Live-Diskussionen am Veranstaltungstag.

Somit gibt auch dieser Band nicht wie gewohnt die einzelnen Vorträge in Textform wieder, sondern bildet lediglich die digitalen Vortragsunterlagen ab.

Session 1: Aktuelles



194. DVW-Seminar
Terrestrisches Laserscanning 2020
Online / Freitag 04.12.2020

Laserscanning bei Ingenieurprojekten

Ulrich Völter
intermetric GmbH

Ulrich Völter - intermetric GmbH

DAS BAUWERK – DIE REZENSION



Es gehört zu dem Besten, was Architekten je geschaffen haben
Alfred Dürr, Süddeutsche Zeitung, 2013

Anmutige Vertiefungen, kühne Kurven und die aufregendsten Perspektiven
David Binder, New York Times, 1972

Der wichtigste Beitrag Deutschlands zur Weltbaukultur des 20. Jahrhunderts
Gottfried Knapp, Süddeutsche Zeitung

Ulrich Völter - intermetric GmbH



TRAGWERKSPLANUNG

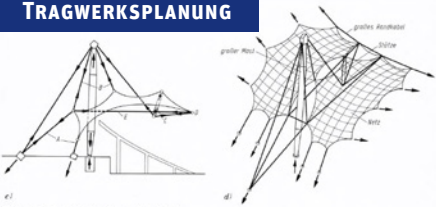


Fig. 15. Die Tragwerk des Daches über die Westtribüne des Stadions.
a) Trichter, Stützstruktur, Netz aus Stützstrahlen, Stützstrahlen, Stützstrahlen.
b) Anordnung der Stützstrahlen über der Tribüne, die Anordnungsstruktur in Eingangsform ist zu sehen.
c) Anordnung der Stützstrahlen und Stützstrahlen in der Stützstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur.
d) Stützstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur.

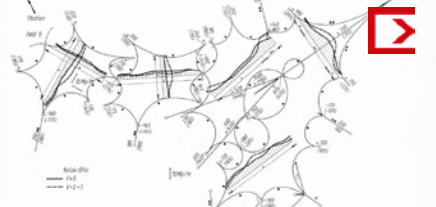


Fig. 16. Die Tragwerk des Daches über die Westtribüne des Stadions.
a) Trichter, Stützstruktur, Netz aus Stützstrahlen, Stützstrahlen, Stützstrahlen.
b) Anordnung der Stützstrahlen über der Tribüne, die Anordnungsstruktur in Eingangsform ist zu sehen.
c) Anordnung der Stützstrahlen und Stützstrahlen in der Stützstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur.
d) Stützstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur.




Fig. 17. Die Tragwerk des Daches über die Westtribüne des Stadions.
a) Trichter, Stützstruktur, Netz aus Stützstrahlen, Stützstrahlen, Stützstrahlen.
b) Anordnung der Stützstrahlen über der Tribüne, die Anordnungsstruktur in Eingangsform ist zu sehen.
c) Anordnung der Stützstrahlen und Stützstrahlen in der Stützstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur.
d) Stützstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur.

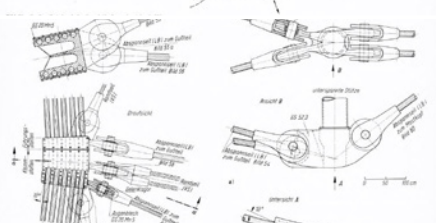


Fig. 18. Die Tragwerk des Daches über die Westtribüne des Stadions.
a) Trichter, Stützstruktur, Netz aus Stützstrahlen, Stützstrahlen, Stützstrahlen.
b) Anordnung der Stützstrahlen über der Tribüne, die Anordnungsstruktur in Eingangsform ist zu sehen.
c) Anordnung der Stützstrahlen und Stützstrahlen in der Stützstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur.
d) Stützstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur.




Fig. 19. Die Tragwerk des Daches über die Westtribüne des Stadions.
a) Trichter, Stützstruktur, Netz aus Stützstrahlen, Stützstrahlen, Stützstrahlen.
b) Anordnung der Stützstrahlen über der Tribüne, die Anordnungsstruktur in Eingangsform ist zu sehen.
c) Anordnung der Stützstrahlen und Stützstrahlen in der Stützstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur.
d) Stützstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur.




Fig. 20. Die Tragwerk des Daches über die Westtribüne des Stadions.
a) Trichter, Stützstruktur, Netz aus Stützstrahlen, Stützstrahlen, Stützstrahlen.
b) Anordnung der Stützstrahlen über der Tribüne, die Anordnungsstruktur in Eingangsform ist zu sehen.
c) Anordnung der Stützstrahlen und Stützstrahlen in der Stützstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur.
d) Stützstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur, die Anordnungsstruktur.

GEODÄSIE SPART ZEIT UND GELD

nung. Das IAGB übernahm das Plotten der Rechenergebnisse und mit uns die Zuschnittsbearbeitung (Abschnitt 3.3.3). So kam es, daß die Sporthalle als kompliziertestes Dach (vgl. Abschnitt 3.1.2) im Terminplan vorne lag.

Später wurde von Prof. K. Linkwitz und H. J. Schek ein mathematisches Verfahren entwickelt [8], das die Modelldaten unmittelbar ausgleicht und die dem Modell benachbarte Gleichgewichtsfigur berechnet. Es wurde auf die Netzflächen des Stadions und auf



KLAUS LINKWITZ

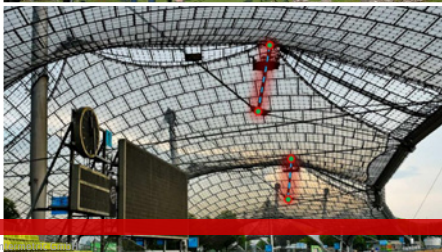
2018

Stadtwerke München



Hält das Dach noch?

Wie lange?



Ulrich Völter - intermetric GmbH

PROJEKT

- Stadtwerke München
- Planungsgesellschaft Olympiazeltdach München aus Schlaich Bergermann und Partner & Dr. Feix Ingenieure



sbp | FEIX ING.
Planungsgesellschaft Olympiazeltdach München

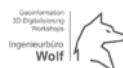
**Eingehende Bestandsuntersuchung und
Erstellung eines 3D-Rechenmodells der Zeltdächer**

- intermetric GmbH
- Ingenieurbüro Wolf



**Räumliche Vermessung der Tragkonstruktion
sowie der Plexiglasscheiben**

UAV-Vermessungen



Ulrich Völter - intermetric GmbH

AUFGABE

- **Vermessen der Zeltdächer**
- **3D-Modell erstellen für die statische Berechnung**
 - die Netze
 - die Girlandenseile
 - die Randseile
 - die Litzenbündel
 - die Abspannpunkte
 - die Masten
 - die Plexiglasplatten



Ulrich Völter - Intermetric GmbH

MESSUNGEN – RAUMBEZUG

- **34 Festpunkte**

Geodätisches Datum
ETRS89 (EPSG 6258)

Koordinatensystem
UTM32 (EPSG 4647)

Höhensystem
DHHN2016 (NHN, EPSG 7837)



Ulrich Völter - Intermetric GmbH

MESSUNGEN – RAUMBEZUG

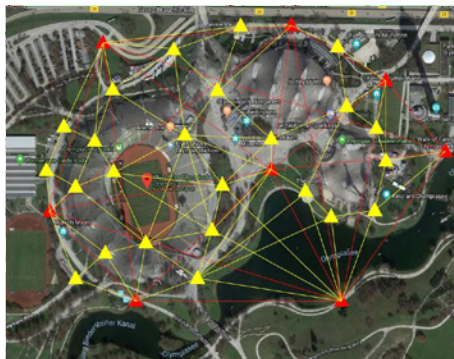


- **34 Festpunkte**

Geodätisches Datum
ETRS89 (EPSG 6258)

Koordinatensystem
UTM32 (EPSG 4647)

Höhensystem
DHHN2016 (NHN, EPSG 7837)

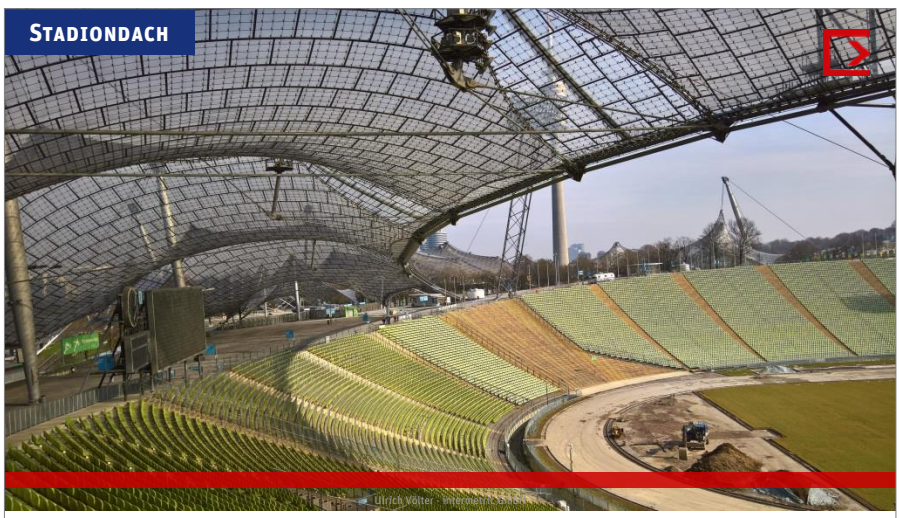


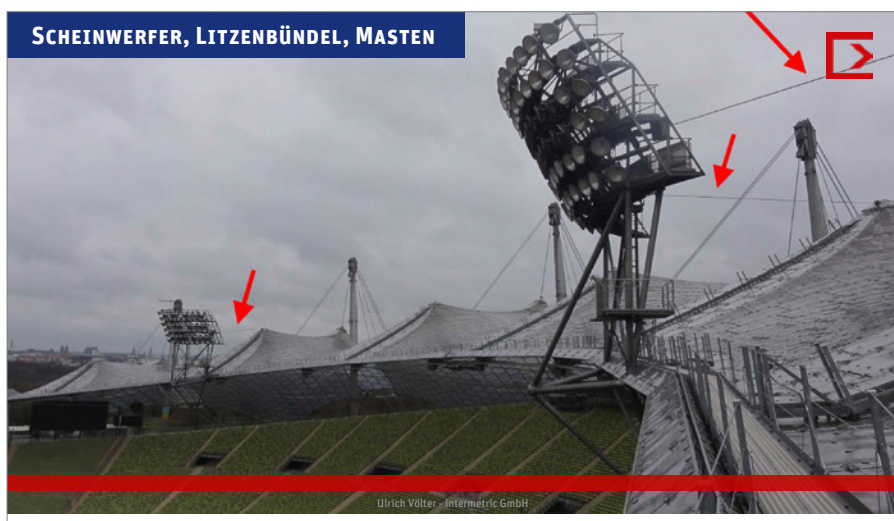
Ulrich Völter - Intermetric GmbH

MESSUNGEN – ERFASSEN DER SEILNETZE



Ulrich Völter - Intermetric GmbH





NUR DIE ACHSEN DER MASTEN



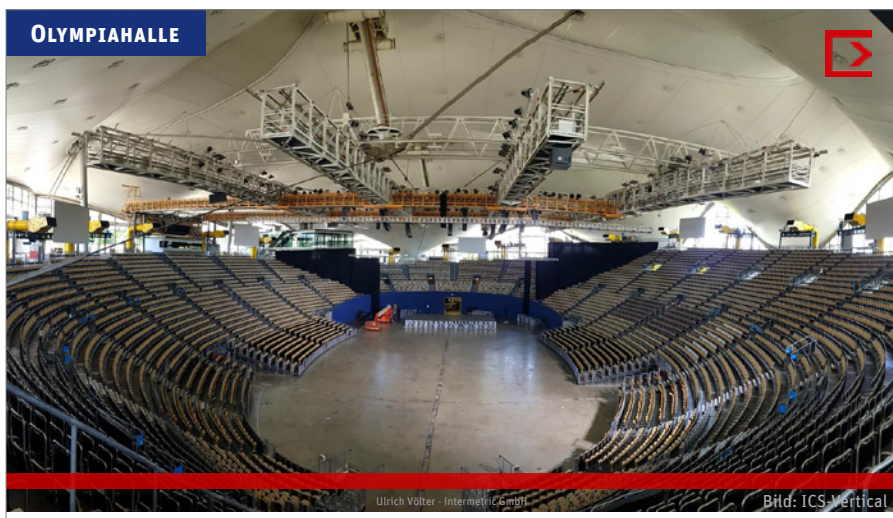
SCHEINWERFER KUBATUR



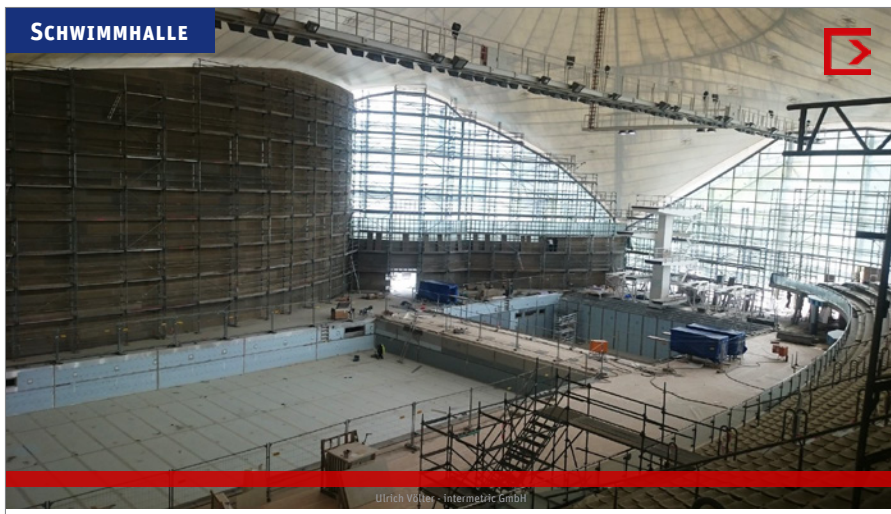
SEILNETZE



OLYMPIAHALLE



SCHWIMMHALLE



HALLENDÄCHER – MEMBRANEN



VON OBEN



INSTRUMENTE AUFGEHÄNGT



REFERENZPUNKTE MIT TACHYMETRIE



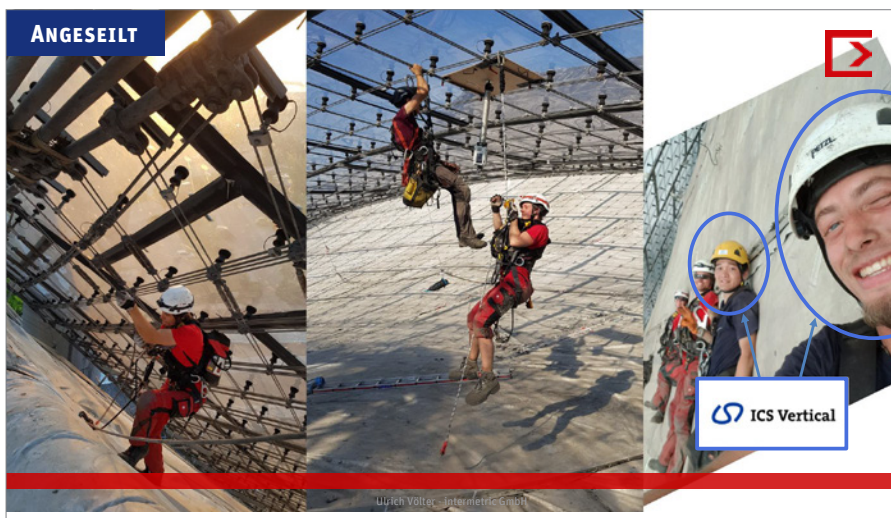
SCANNING



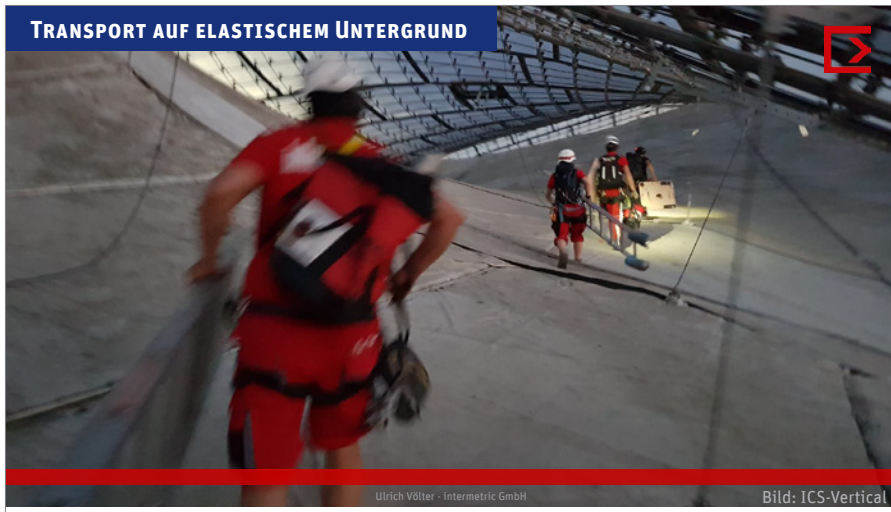
SICHERHEIT



ANGESEILT



TRANSPORT AUF ELASTISCHEM UNTERGRUND



SCANNERAUFBAU



SCANNERAUFBAU



AUSLÖSEN



RUHE BEWAHREN



Ulrich Völter - Intermetric GmbH

Bild: ICS-Vertical

JEDES SEIL MESSEN



Ulrich Völter - Intermetric GmbH

Bild: ICS-Vertical

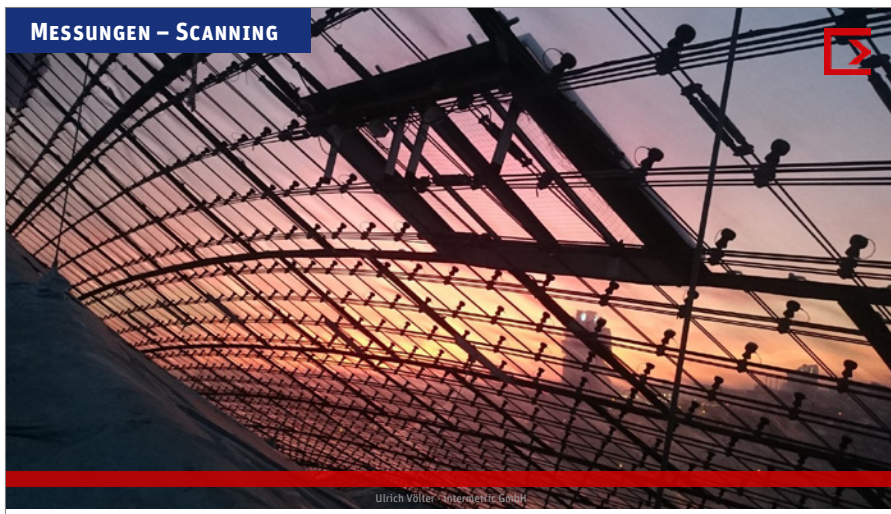
JEDES SEIL MESSEN



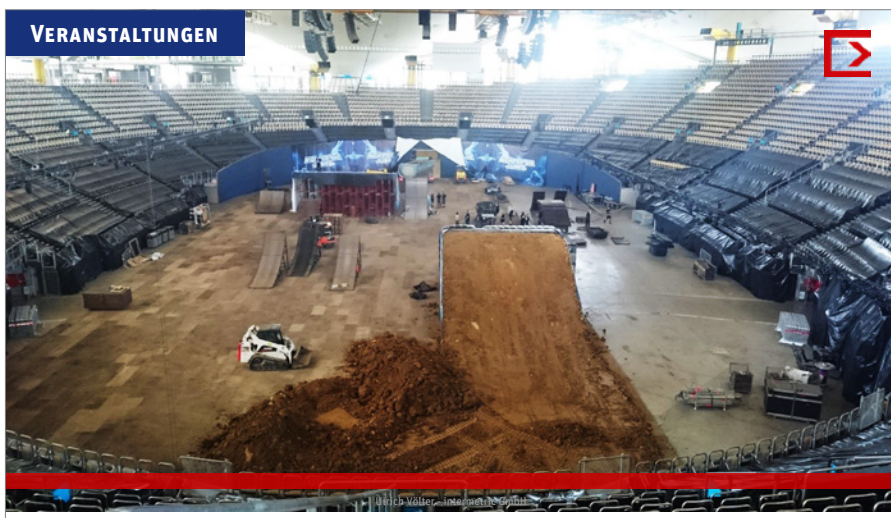
JEDES SEIL MESSEN



MESSUNGEN – SCANNING



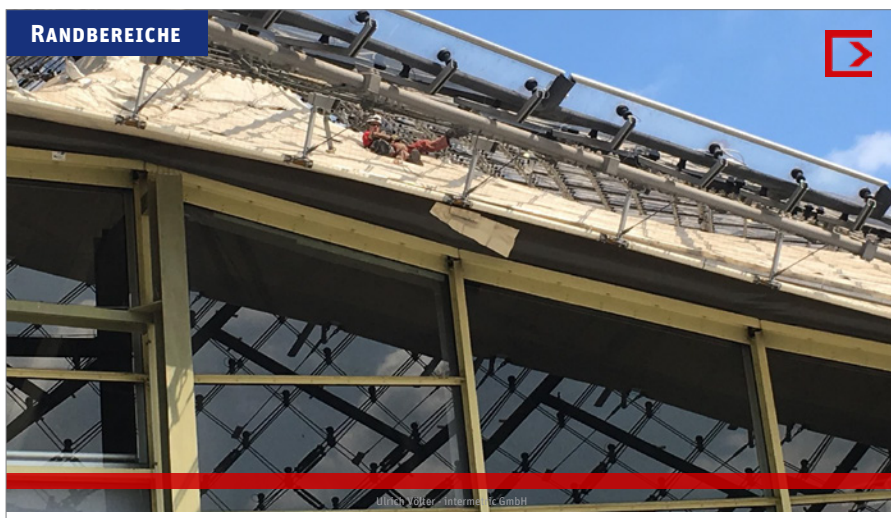
VERANSTALTUNGEN



MESSUNGEN – SCANNING



RANDBEREICHE



INDIREKTE BESTIMMUNG DER KNOTENPUNKTE



MESSUNGEN - UAV



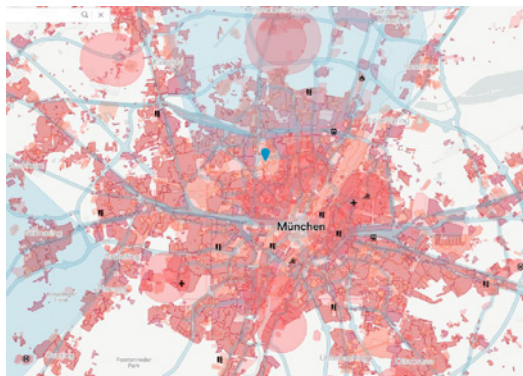
Geoinformation
3D-Digitalisierung
Workshops
Ingenieurbüro
Wolf



Ulrich Völter - Intermetric GmbH

Bild: IB Wolf

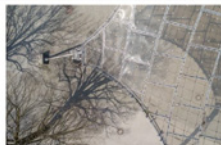
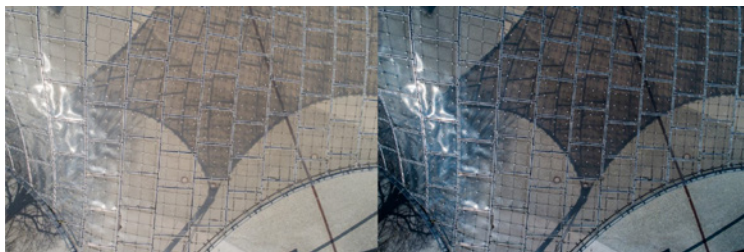
UAV – KOMPLIZIERTE GENEHMIGUNGSLAGE



Ulrich Völter - Intermetric GmbH

Bilder: IB Wolf

UAV – SCHWIERIGE LICHTVERHÄLTNISSE



Ulrich Völter - Intermetric GmbH

Bilder: IB Wolf

AUSWERTUNG



Erläuterung 6.4.1

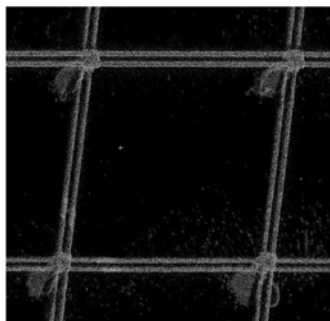
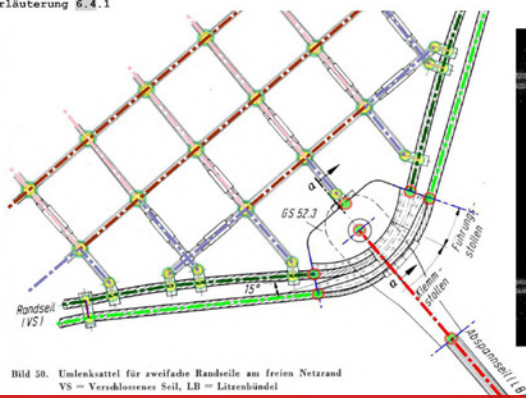
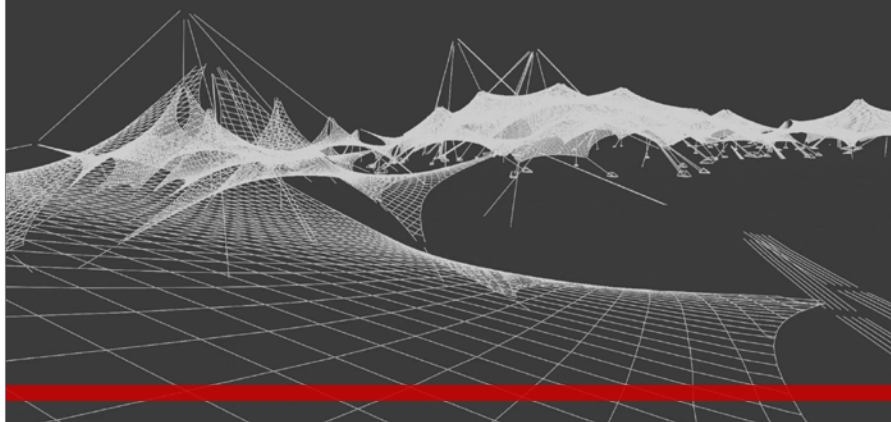
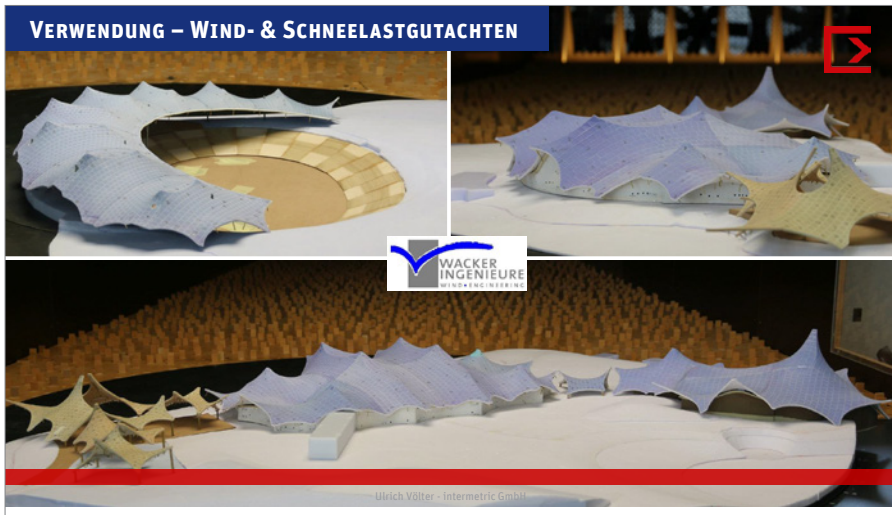


Bild 50. Umlenksattel für zweifache Randseile am freien Netrand
VS = Verschlussenes Seil, LB = Litzenbündel

Ulrich Völter - Intermetric GmbH

AUSWERTUNG





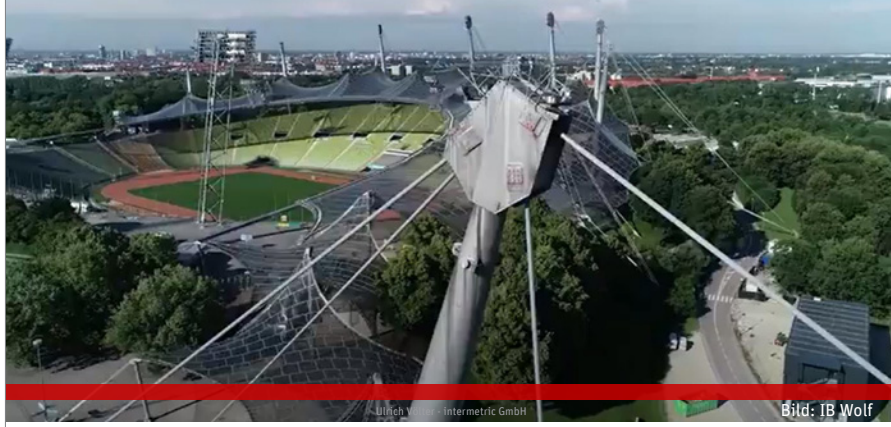
VERWENDUNG

- **Ingenieurbüro Feix** **Bauzustandsdokumentation**
 - Geometriemodell als Basis für 3D-Dokumentation angedacht
- **sbp** **3D-Rechenmodell**
 - Basis ist das Geometriemodell aus Achsen und Flächen

Ulrich Völter - Intermetric GmbH

FAZIT

Es hält. Auch 2020!



Ulrich Völter, Intermetric GmbH

Bild: IB Wolf

Trimble X7 – neue Perspektive vs. neue Herausforderung

Kay Weltzien




Trimble X7 3D Laserscanner



Neue Perspektive vs. Neue Herausforderung
Kay Weltzien – Fa. Allterra


TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS






Agenda

- Anspruch zukünftiger Entwicklung
- Techn. Eigenschaften – X7 + Perspective
- Trimble X-Drive – Selbstkalibrierung
- Automatische Horizontierung
- Georeferenzierung
- Investierungsrückgabe
- Zusammenfassung



TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS



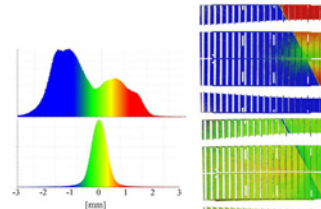
Anspruch zukünftiger Entwicklung

- Erfahrungsberichte zeigen folgende Schwerpunkte im Scanningbereich
 - immer größer werdende Datenmengen
 - zeitintensive Nachbereitung im Innendienst
 - Hohe Kosten in der Wartung / Kalibrierung
 - Zusätzlicher Sensor für die Georeferenzierung notwendig

TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS



Rückblick - TLS 2019



Holst et al.: TLS-Kalibrierung: in-situ und/oder a priori?

- Fragen:
 - Reicht eine Kalibrierung pro Jahr beim Hersteller?
 - Wie oft sollte eine Selbstprüfung stattfinden?
 - ...

TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS



Techn. Eigenschaften – X7 + Perspective

Merkmale

- Automatische Kalibrierung
- Trimble Registration Assist
- Automatische Niveauekompensation in Vermessungsgenauigkeit 3"

Messbereich

- 0.6 m – 80 m

Genauigkeit

- 3D Punktgenuigkeit
 - 3.5 mm @ 20m
- Entfernungsrauschen
 - <2.5 mm @ 60m

Kommunikation

- Dual Band WiFi
- USB Kabel

Geschwindigkeit, Abstand, Dauer, Punkte

- 360° x 282° FOV
- Scan Dauer
 - 1:34 - 14:57 Min:Sek
- Punktabstand
 - 3.5 - 11.4 mm @ 10m
- Anzahl Punkte/Scan
 - 12 - 125 Millionen
- 500 kHz und 166 kHz

Umgebung

- IP55
- Betriebstemperatur
 - 20°C bis +50°C (-4°F bis 122°F)
- 5.8 kg (inklusive Batterie)
- 2-Jahre Garantie

VISION

- 3 integrierte Kameras
- Geschwindigkeit: Schnell 1 min - Qualität 2 min
- Auflösung: Schnell 158 MP - Qualität 316 MP



TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS

Trimble.

Techn. Eigenschaften – Update

HDR Bildaufnahmen

- Aufnahme von mehr Detailtiefe in helleren und dunkleren Umgebungen

Instrument LED Beleuchtung - Horizontierung

- Farbliche Hilfestellung für die Ausrichtung des Laserscanners
- Schiefstellung bis zu ± 10°

Instrument LED Beleuchtung

- alle LED's können deaktiviert werden

Diagnosebericht

- Dokumentation über alle Komponenten des X7 nach einem Test

Feldkalibrierungsbericht

- Dokumentation der Kalibrierung

Laserpointer

- erfasst 21 Punkte um die Distanz zu bestimmen
- Roter Laserpointer (aktiviert/deaktiviert)
- Laserklasse 2

Präzisionspunkt

- Erzeugung und Benutzung als Einzelpunkt für die Georeferenzierung

Georeferenzierung

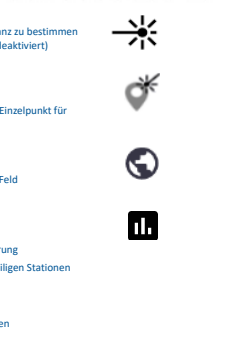
- Lokales Scanprojekt direkt im Feld georeferenzieren (M=1)

Ausgleichsbericht

- Ergebnisse der Georeferenzierung
- Ergebnisse zwischen den jeweiligen Stationen

Projektverwaltung

- Zusammenführen von Projekten
- Löschung von Einzelscans
- Koordinatensystem (X,Y,Z oder N,E,EI)



TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS

Trimble.

Trimble X-Drive

Weltweit erstes „dual vertikales Umlenksystem“ !!!



Vorteile:

- Autokalibrierung
- Neigungsmessung
- Laserpointer

TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS



Trimble X-Drive

- Umlenkantrieb entwickelt aus der Festplattenmotortechnologie
 - geringe Reibung, Vibration und Stromverbrauch
 - so leise, dass Sie den Scanner nicht hören
 - lange Lebensdauer, reduziert die Wartungskosten
 - 2 Jahre Standardgarantie !!!

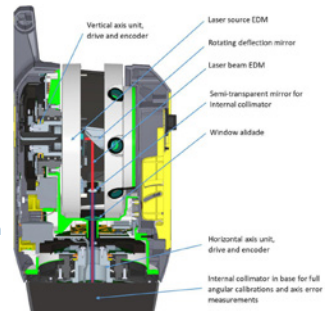
TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS



Trimble X-Drive

Vollautomatische Kalibrierung

- Erstmals in einem optischen Gerät
- Keine Ziele oder Benutzerinteraktionen erforderlich
- Encoder-System von Totalstation übernommen
 - Genauigkeit < 3" (Horizontierung)
- Sicherheit
 - Scannerkopf an jeder einzelnen Encoderposition für horizontale und vertikale Kollimationsfehler ordnungsgemäß kalibriert



TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS



Trimble X-Drive

Vollautomatische Kalibrierung durch einen internen miniaturisierten Kollimator

Folgende Aufgaben:

- Winkelkalibrierung
- Streckenkalibrierung
- Äußere Einflüsse



TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS



Trimble X-Drive



TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS.



Trimble X-Drive



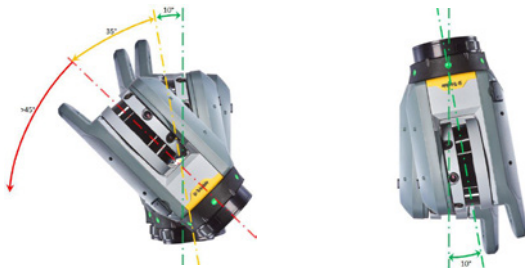
TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS.



Automatische Horizontierung

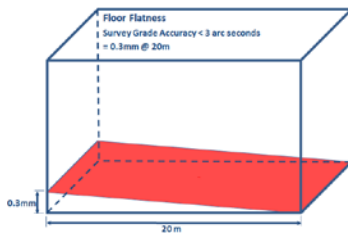
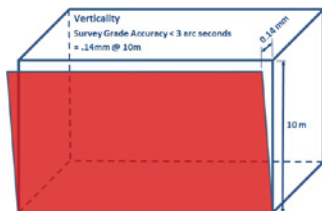


Automatische Horizontierung



- Genauigkeit < 3" (0,3 mm bei 20 m) innerhalb von $\pm 10^\circ$
- Genauigkeit $10^\circ - 45^\circ$ normale Genauigkeit (> 5 mm bei 20 m)

Automatische Horizontierung

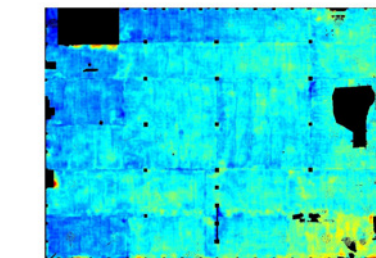


- Ideal für Ebenheitsanalysen, Beweissicherungen, Überwachungen ...

TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS



Automatische Horizontierung



TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS



Georeferenzierung

- Zielmarken / Objektpunkte direkt in der Örtlichkeit für die Registrierung messen
- Hilfe bei der Anzielung durch
 - Laserpointer
 - Live-Kamerabild
 - Feintrieb für exakte Anzielung
- Messungen können im laufenden an verschiedenen Positionen durchgeführt werden

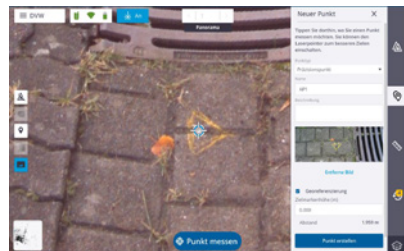


TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS



Georeferenzierung

- Einzelpunktbestimmung über 21 Messungen
- Spezifikation
 - <1 mm @ 30 m bei 80% Reflektivität
 - Messzeit 5 sek.
- Laserpointer
 - Winkelgenauigkeit 7"
 - Laserspotgröße bei 80 m = 14 mm

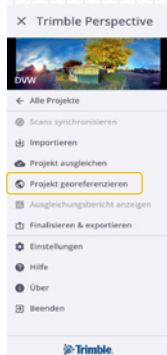


TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS



Georeferenzierung - Arbeitsablauf

Schritt 1: Ausgleichung



TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS



Georeferenzierung - Arbeitsablauf



Projektübersicht



Detaillierte Zusammenfassung

Station	21 Stationen	1 Station	2.3 mm	45.7%
1	2.3 mm	45.7%		
2	2.3 mm	45.7%		
3	2.3 mm	45.7%		
4	2.3 mm	45.7%		
5	2.3 mm	45.7%		
6	2.3 mm	45.7%		
7	2.3 mm	45.7%		
8	2.3 mm	45.7%		
9	2.3 mm	45.7%		
10	2.3 mm	45.7%		
11	2.3 mm	45.7%		
12	2.3 mm	45.7%		
13	2.3 mm	45.7%		
14	2.3 mm	45.7%		
15	2.3 mm	45.7%		
16	2.3 mm	45.7%		
17	2.3 mm	45.7%		
18	2.3 mm	45.7%		
19	2.3 mm	45.7%		
20	2.3 mm	45.7%		
21	2.3 mm	45.7%		

TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS



Georeferenzierung - Arbeitsablauf

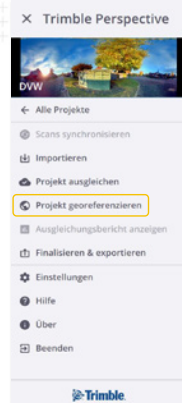
■ Schritt 2: Referenzkoordinaten

Kontrollpunkte importieren
Konfigurieren Sie Ihre Daten so, dass die Kontrollpunkte entsprechend importiert werden:

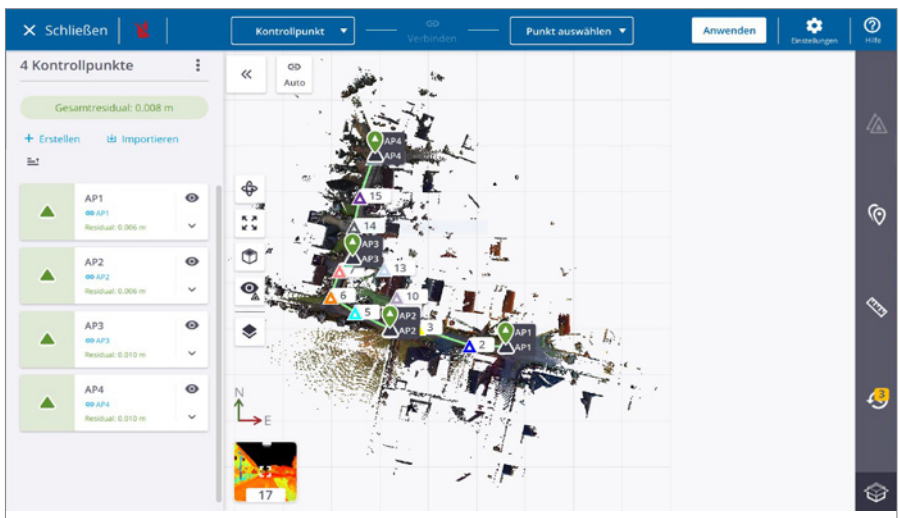
Datenreihenfolge: Nord-Ost-Höhe Separationstyp: Komma Einheiten: Meter Zeilen auslesen: 1,2,3,10 Spalten auslesen: 1,2,3,10

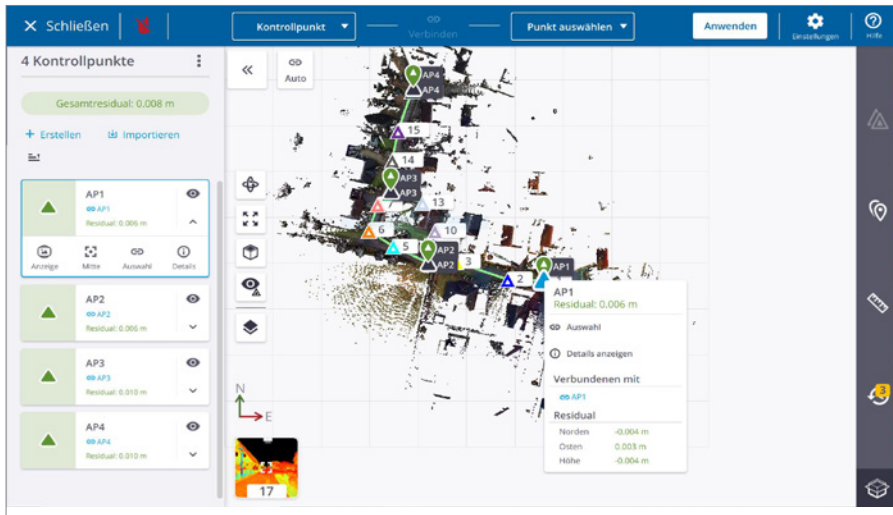
Name	Norden	Osten	Höhe	Code
AP1	529544.051	5911270.042	28.133	
AP2	529565.206	5911270.902	27.347	
AP3	529485.511	5911239.887	26.470	
AP4	529497.518	5911295.198	25.677	

Verwerfen Importieren



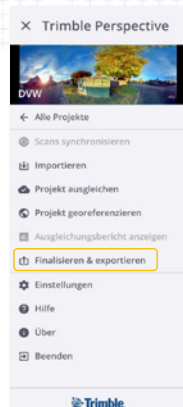
TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS

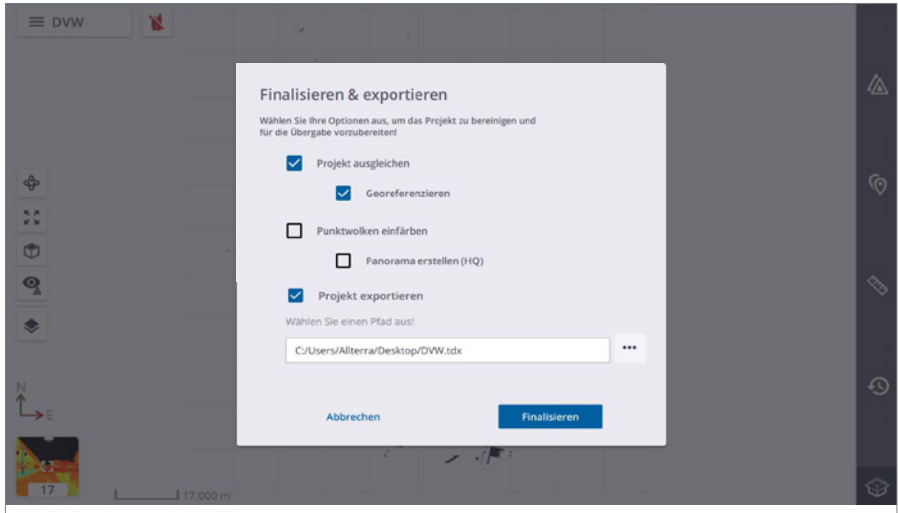




Projektabschluss

- Projekt ausgleichen
 - Georeferenzierung
- Einföhrung
 - Hochauflösende Panoramen
- Projektextport
 - TDX | TZF | E57 Gridded | PTX | RCP
 - LAS Non-Gridded | POD Non-Gridded





Investierungsrückgabe

- **Laufende Kosten für Scanner**
 - Kalibrierkosten 3-5k € / Jahr
 - Garantieverlängerung/Wartung 3-4k € / Jahr
 - *Beispiel: 5 Jahre $((4 \text{ Jahre} \times 4k \text{ €}) + (4 \text{ Jahre} \times 3k \text{ €})) = 28k \text{ €}$*
- **X7 = 2 Jahre Garantie**
 - *Beispiel: 5 Jahre $((4 \text{ Jahre} \times 0 \text{ €}) + (3 \text{ Jahre} \times 3k \text{ €})) = 9k \text{ €}$*
- **Kosten für Ausfallzeiten (1-2 Wochen) bei Kalibrierung ...**

ROI (Return of Invest)

TRANSFORMING THE WAY THE WORLD MOVES

Zusammenfassung

■ *Einfach*

- Intuitive Perspective Software zum Betrieb, Verwalten, Anzeigen und Validieren von Scandaten
- Von der Aufnahme bis zur finalen Punktwolke

■ *Smart*

- Automatisches Horizontieren des Laserscanners
- Kein weiterer Sensor notwendig für die Georeferenzierung

■ *Professionell*

- Interner Kollimator für zuverlässige Ergebnisse, zu jeder Zeit
- Detaillierte Berichte für das QM + AG

TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS



Vielen Dank

TRANSFORMING THE WAY THE WORLD WORKS



Welche Objektdetails „sieht“ mein Laserscanner?

Berit Schmitz | Daniel Coopmann | Heiner Kuhlmann | Christoph Holst



194. DVW-Seminar
Terrestrisches Laserscanning 2020
04.12.2020

Welche Objektdetails “sieht” mein Laserscanner?

Berit Schmitz,
Daniel Coopmann, Heiner Kuhlmann, Christoph Holst



Fragestellung



Welche verschiedenen Werkzeuge nutzten die Römer?



Ausgrabungsstätte: Forumstempel Paestum, Italien

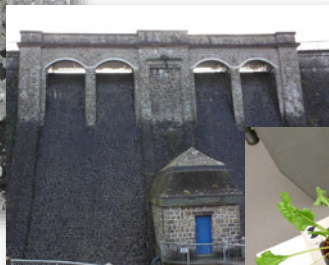
Welche verschiedenen Werkzeuge nutzten die Römer?



Wie und mit **welchem Scanner** müssen wir scannen, damit wir die Werkzeugspuren analysieren können?



Risse detektieren




Fugen der Talsperre
segmentieren


Pflanzen
modellieren

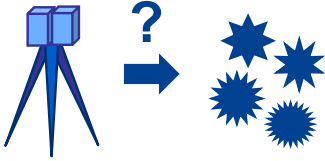


...



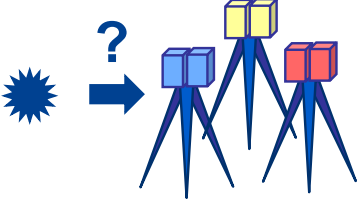
Offene Fragen






Welche Objekte kann ich mit meinem Scanner erkennen?

Mit **welchem Scanner** kann ich ein Objekt erkennen?






Wirtschaftlichkeit?


Berit Schmitz | Welche Details "sieht" mein Scanner? | TLS 2020

04.12.2020

Folie 5

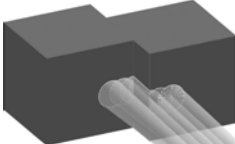


Auflösungsvermögen beim TLS



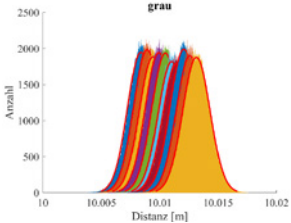
Auflösungsvermögen in Querrichtung:

Fähigkeit des Systems, zwei Objekte in adjazenten Strahlrichtungen zu unterscheiden



Auflösungsvermögen in Längsrichtung:


Fähigkeit eines Systems, zwei Objekte in derselben Strahlrichtung zu unterscheiden




Berit Schmitz | Welche Details "sieht" mein Scanner? | TLS 2020

04.12.2020

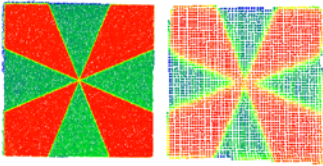
Folie 6



Auflösungsvermögen beim TLS



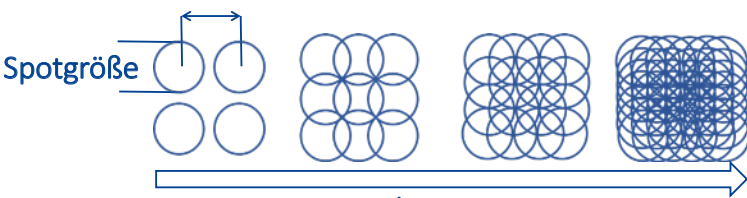
Zielzeichen Scan



10m 70m

Auflösung
≠
Auflösungsvermögen

Punktabstand




Spotgröße

Korrelation steigt


Berit Schmitz | Welche Details "sieht" mein Scanner? | TLS 2020

04.12.2020

Folie 7

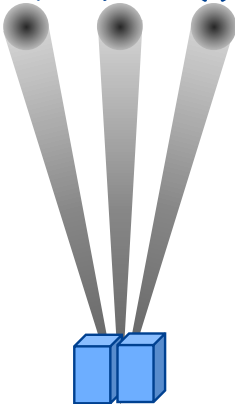



Einflüsse auf das Auflösungsvermögen



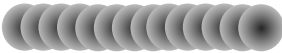
**Punkt-
abstand**

**Spot-
größe**





✗

niedrige Auflösung


✗

hohe Korrelation


✓

→ Hohe Auflösung

→ Kleiner Spot

Berit Schmitz | Welche Details "sieht" mein Scanner? | TLS 2020

04.12.2020

Folie 8

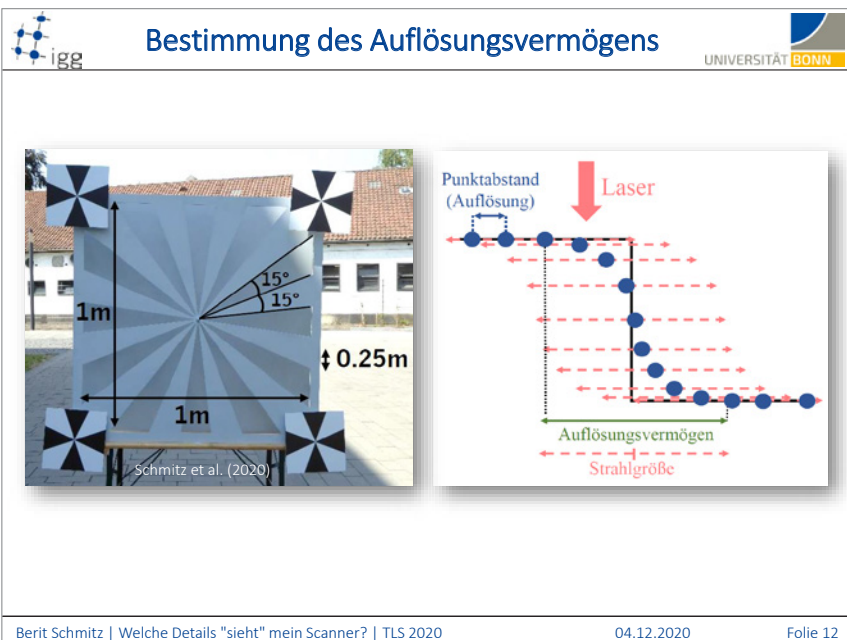
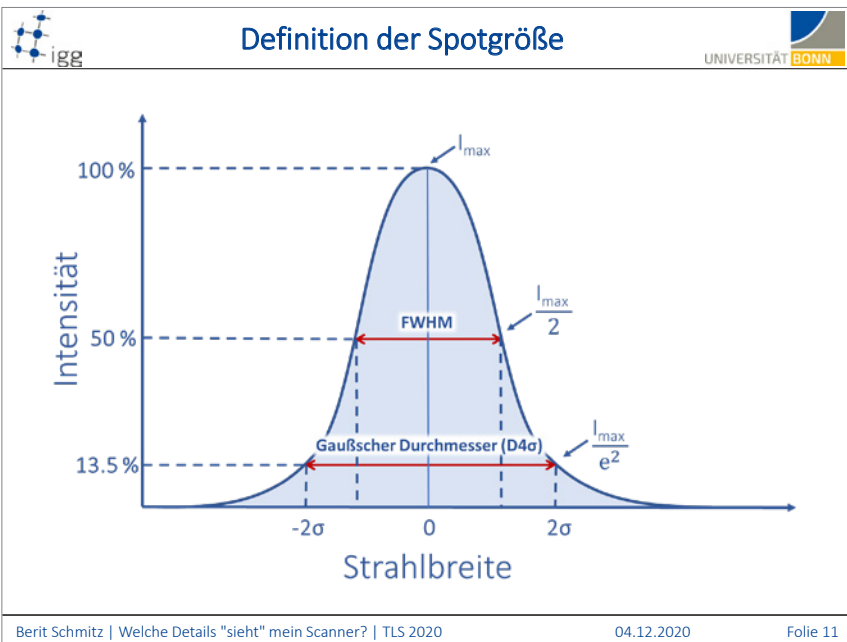


Oben: Leica ScanStation P40 | Leica RTC360 | Leica Nova MS60 | Faro Focus 3D X130 | Leica BLK360

Unten: Leica HDS6100 (Z+F Imager 5006i) | Leica ScanStation P20 | Leica ScanStation P50 | Zoller+Fröhlich Imager 5016

4 Distanzen (10 m – 40 m), 2 Scaneinstellungen (beste, gleiche)

Scanner	Spotgröße beim Austritt [mm]	Divergenz [mrad]	Höchste Auflösung [mm @ 10 m]
P20	2.8	0.2	0.8
P40	3.5 (FWHM)	0.23 (voll)	0.8
P50	3.5 (FWHM)	0.23 (voll)	0.8
RTC360	6 ($1/e^2$)	0.5 (voll)	3.0
BLK360	2.25 (FWHM)	0.4 (voll)	5.0
HDS6100	3	0.22	1.6
MS60	7 x 10 @ 30 m	-	1.0
Focus X130	2.25 ($1/e^2$)	0.19 (halb)	1.6
Imager 5016	3.5 ($1/e^2$)	0.3 (halb)	0.6

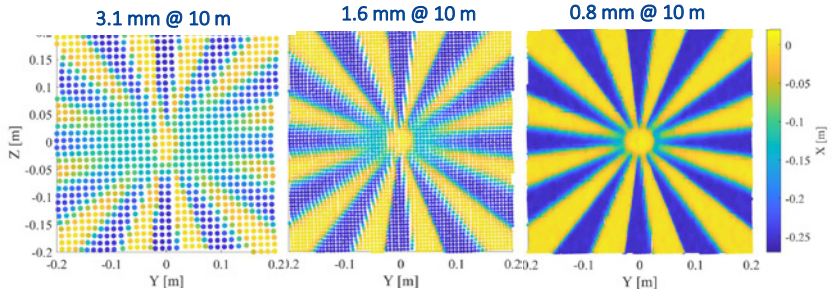




Unterschiede im Auflösungsvermögen



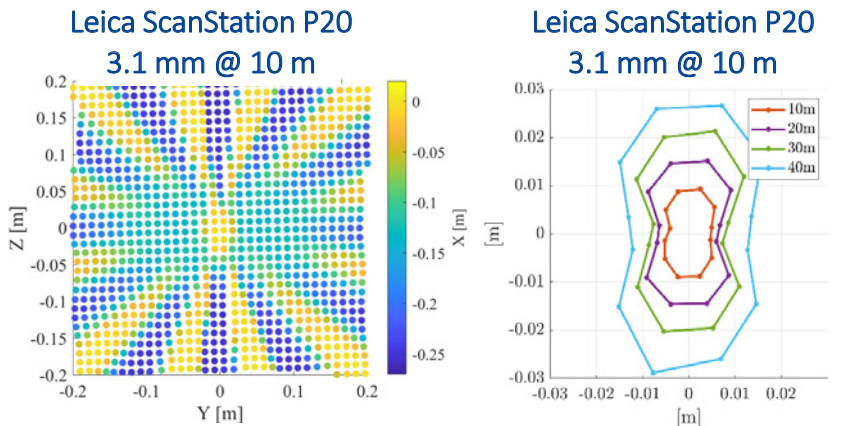
Leica ScanStation P20 auf 40 m



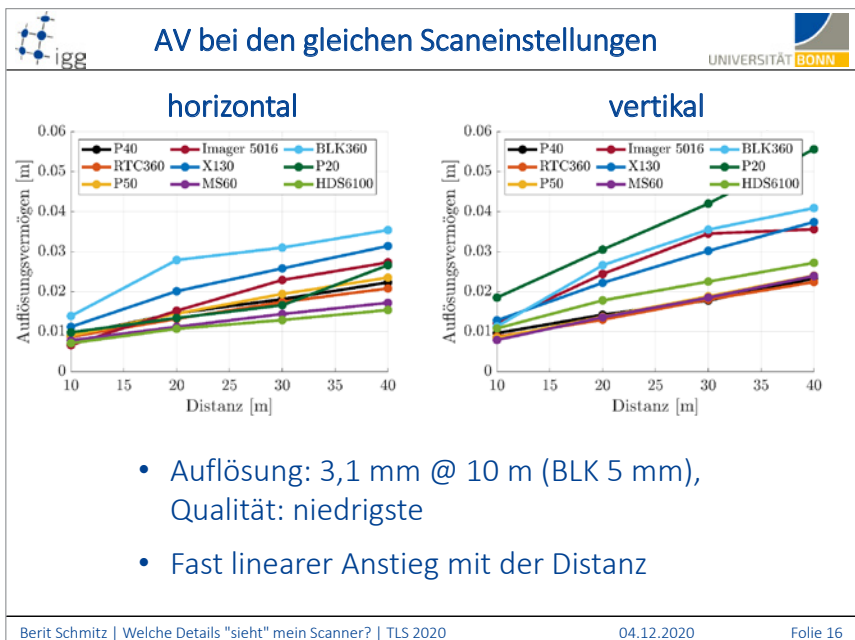
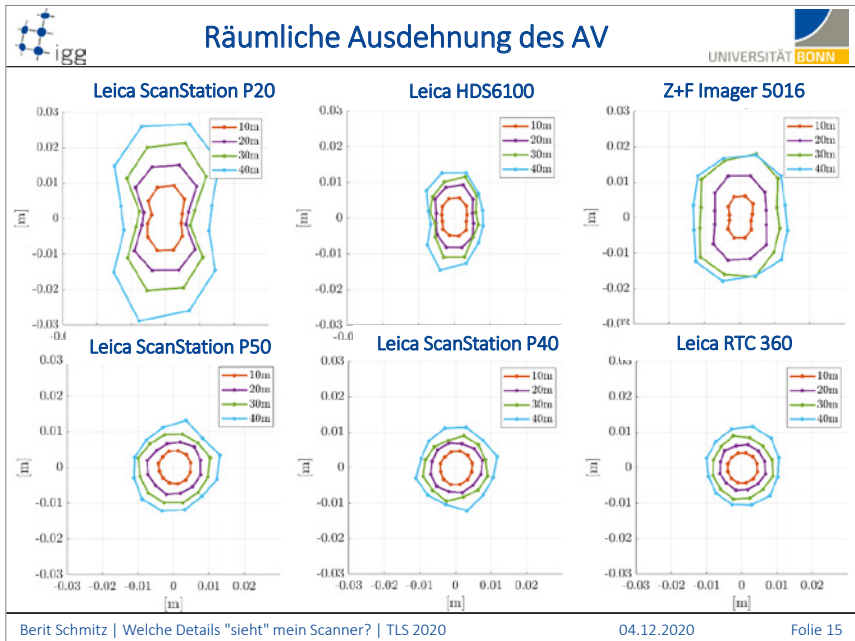
Schmitz et al. (2020)



AV bei verschiedenen Distanzen

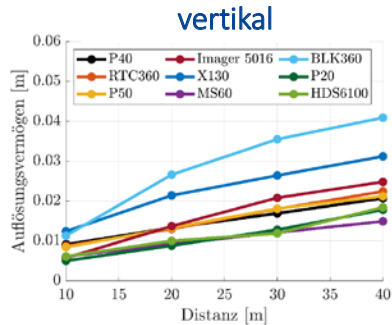
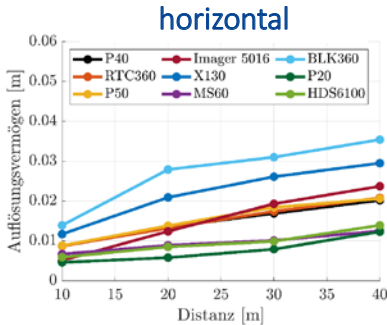


Schmitz et al. (2020)





AV bei den besten Scaneinstellungen



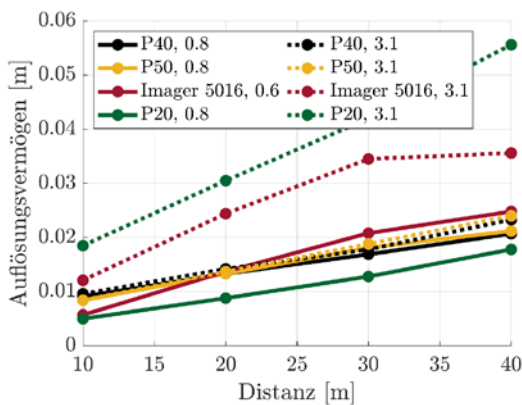
- Auflösung: höchste, Qualität: höchste
- P20, HDS6100 stark durch Rotationsgeschwindigkeit beeinflusst
- P50, P40, RTC360 erzielen dieselben Ergebnisse



Wirtschaftlichkeit



Vertikales AV bei beiden Einstellungen





Wirtschaftlichkeit



Vergleich zwischen Zeitaufwand und Auflösungsvermögen bei einer Distanz von 30 m

Scanner	AV gleiche Einstellung [cm]	Rundumscan gleiche Einstellung [min]	AV beste Einstellung [cm]	Rundumscan beste Einstellung [min]
P20	4.20	03:30	1.28	108:13
P40	1.78	03:30	1.69	216:21
P50	1.88	03:30	1.81	216:21
Imager 5016	3.45	03:03	2.08	122:22

Gleiche: Auflösung: 3.1 mm @ 10 m | Qualität: geringste

Beste: Auflösung: ≤ 0.8 mm @ 10 m | Qualität: höchste



Zusammenfassung



- Größenordnung und Form des Auflösungsvermögens variieren zwischen den Scannern
- Hohe Auflösung \neq hohes Auflösungsvermögen
- Für neue Leica Scanner: mit niedrigerer Auflösung scannen ist wirtschaftlicher
- Herstellerangaben reflektieren nicht unbedingt die Realität



Fazit für die Werkzeugspuren



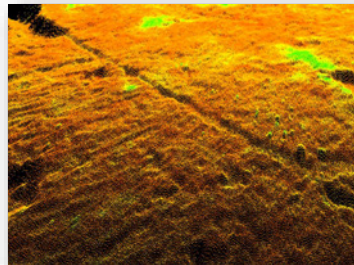
Genügt unser Z+F Imager 5016 den Anforderungen von $<1\text{ cm}$?



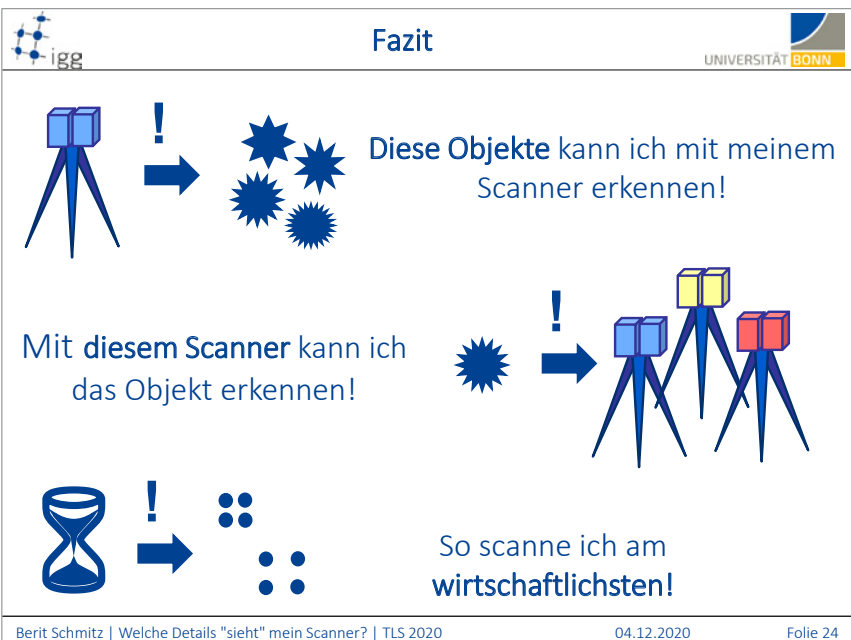
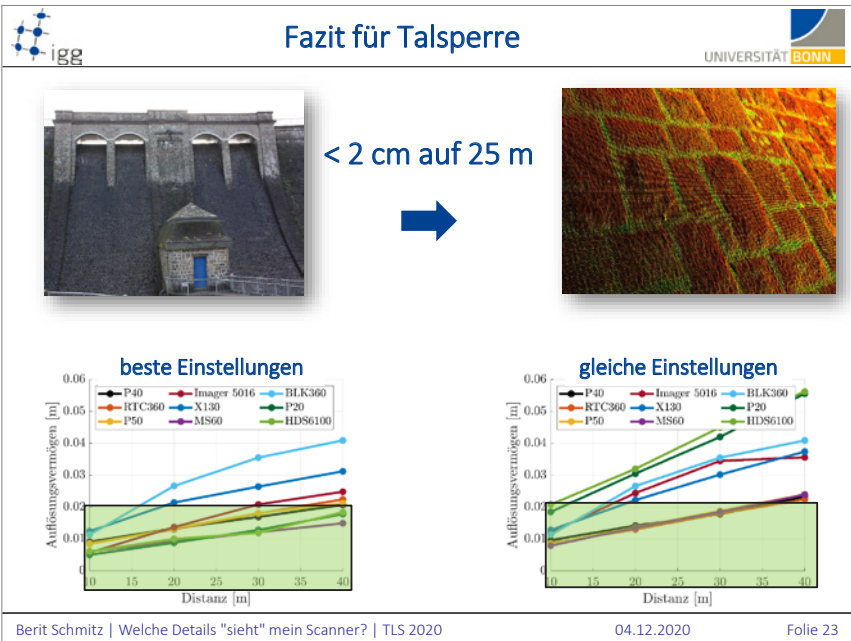
Fazit für die Werkzeugspuren



Genügt unser Z+F Imager 5016 den Anforderungen von $<1\text{ cm}$?



JA, bei einer Distanz $<10\text{ m}$ und der zweithöchsten
Auflösungsstufe





Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Berit Schmitz

Nussallee 17, 53115 Bonn, Germany

schmitz@igg.uni-bonn.de



Referenzen



- Schmitz, B., Kuhlmann, H., Holst, C. (2020) Investigating the resolution capability of terrestrial laser scanners and its impact on the effective number of measurements, ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. (159), 41-52, <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.11.002>
- Schmitz B., Coopmann D., Kuhlmann H., Holst C. (2021) Using the Resolution Capability and the Effective Number of Measurements to Select the “Right” Terrestrial Laser Scanner. In: Kopáček A., Kyrinovič P., Erdélyi J., Paar R., Marendić A. (eds) Contributions to International Conferences on Engineering Surveying. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. Springer, Cham.

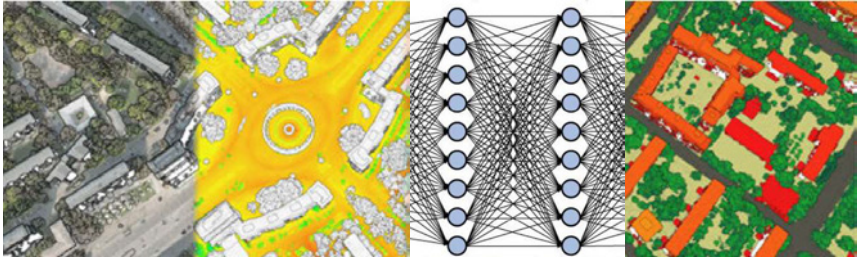
Session 2:

Punktwolken: Auswertung und Darstellung

3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch Künstliche Intelligenz

Rico Richter

3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch Künstliche Intelligenz



Dr. Rico Richter

4. Dezember 2020 – 194. DVW- Seminar Terrestrisches Laserscanning 2020



Agenda



- 3D-Punktwolken
- Machine Learning & Künstliche Intelligenz
- Anwendungen
- Visualisierung und Bereitstellung
- IT-Infrastruktur
- Zusammenfassung

04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

2

Objekte und Infrastrukturen weltweit



1.7 milliarden¹



64 millionen Kilometer⁴



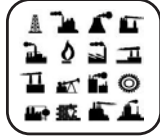
1 millionen Kilometer³



400 milliarden²



100 millionen Kilometer⁵



....und viele mehr

Sources:
¹ Survey Sampling
² NASA
³ The World Bank
⁴ Siemens survey

04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.



3D-Punktwolken – Datenerfassung



LiDAR

Image-based



Aerial



Mobile



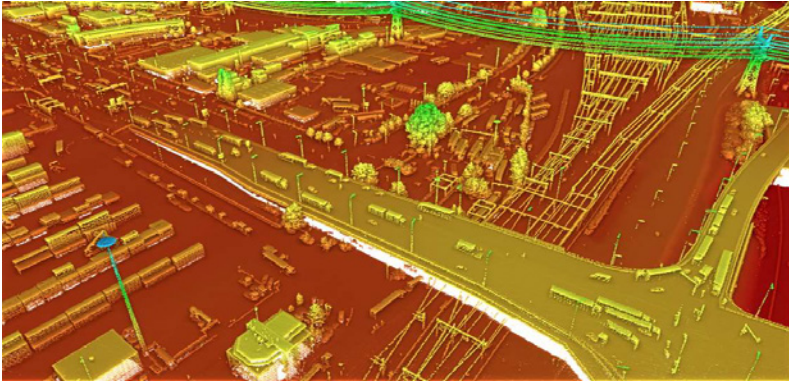
Terrestrial



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.



3D-Punktwolken – Flugzeuggestütztes Scanning



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.



5

3D-Punktwolken – Dense Image Matching

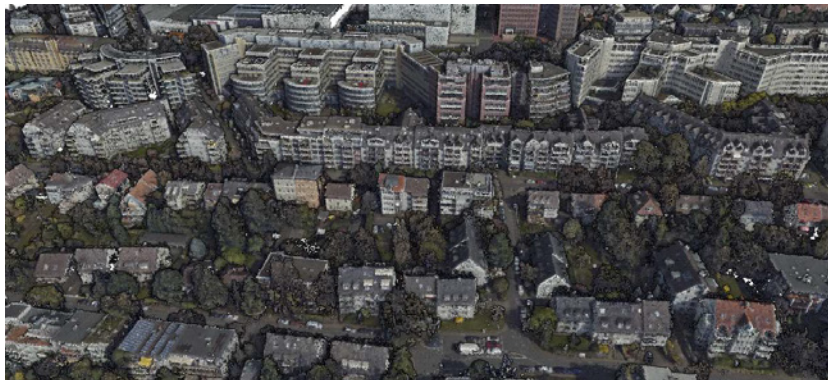


04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.



6

Aerial Photogrammetry (3D) – Frankfurt



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.



7

3D-Punktwolken – UAV Scan (Bildbasiert)



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.



8

UAV – Castle Neuschwanstein



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.



3D-Punktwolken – Terrestrisches Scanning



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.



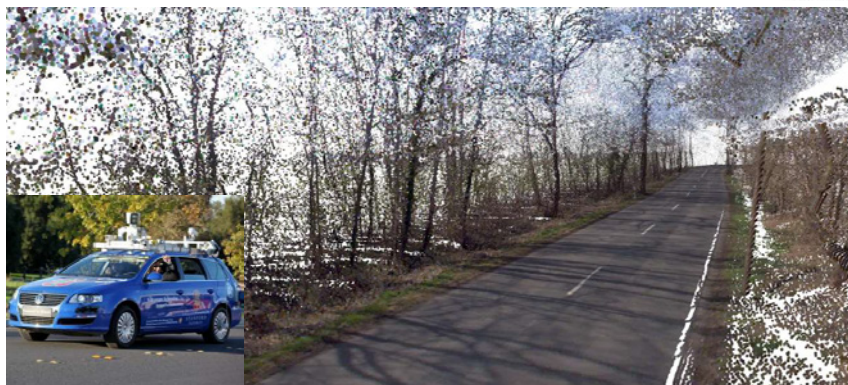
3D-Punktwolken – Terrestrisches Scanning



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.



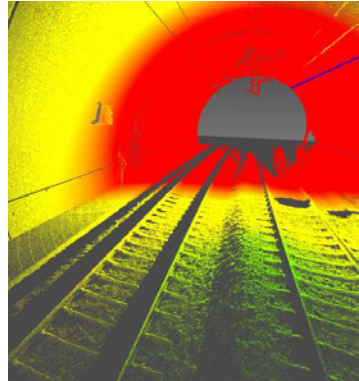
3D-Punktwolken – Mobile Mapping (LiDAR)



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.



3D-Punktwolken – Mobile Mapping (LiDAR)



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

13

3D-Punktwolken als BIG DATA



“Data is the new oil. Data is just like crude. It’s valuable, but if unrefined it cannot really be used.” Clive Humby

04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

14

3D-Punktwolken – Herausforderungen



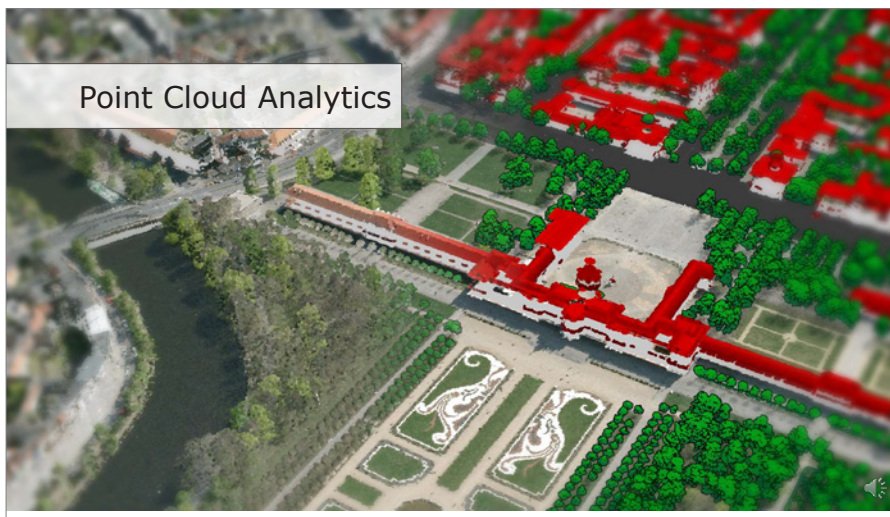
1. Bereitstellung, Verfügbarkeit und Visualisierung
 - Direkte Bereitstellung ohne 3D-Modelle abzuleiten
 - Interaktive Visualisierung, Exploration und Inspektion für viele Nutzer (z.B. Mobilgeräte, Desktop, Web)
2. Effiziente Verarbeitung und Analyse von 3D-Punktwolken
 - Ableitung von Objekten und Oberflächenkategorien
 - Veränderungsanalyse, Fortführung und Updates
 - KI-Verfahren für Automatisierung
3. Skalierbare und leistungsfähige Systeme für die Speicherung und das Management
 - Heterogene Eingangsdaten
 - Homogenes Datenmodell

04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

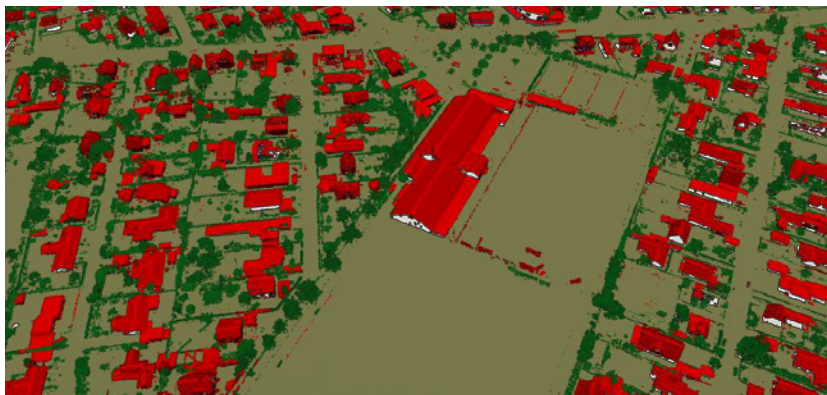


15

Point Cloud Analytics

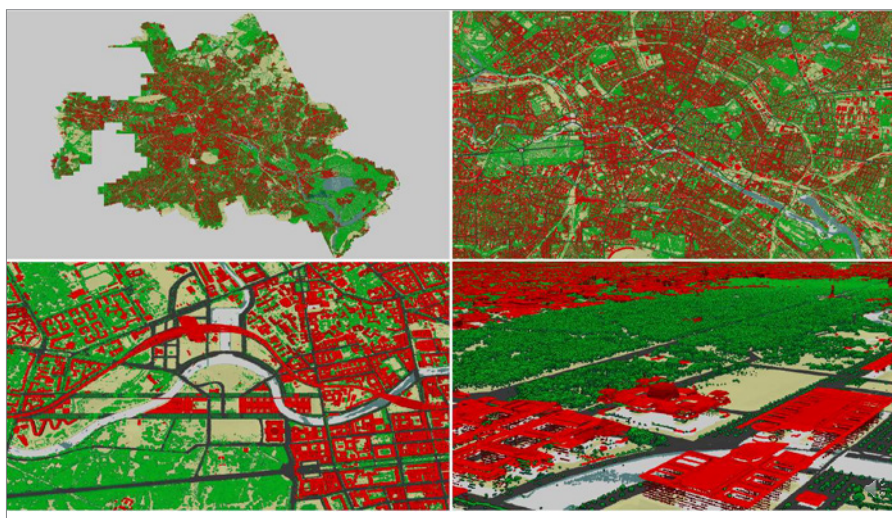


Klassische Klassifikation von 3D-Punktwolken

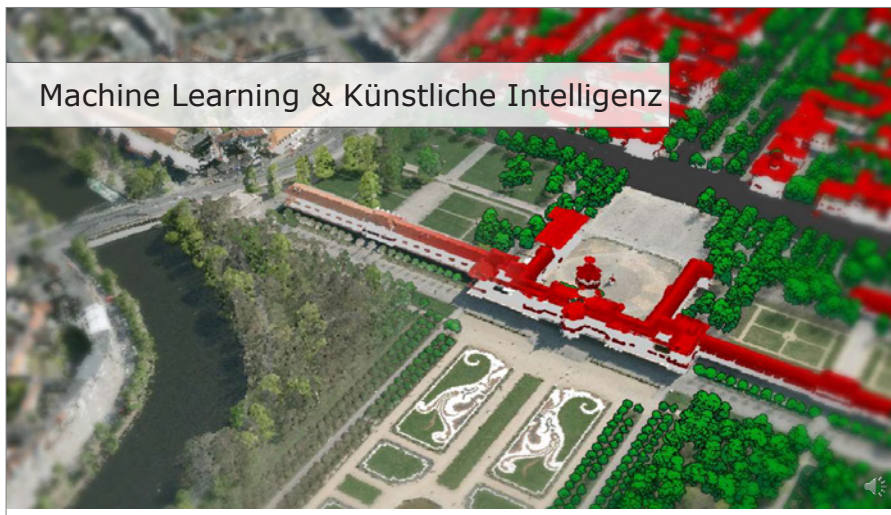


04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

17



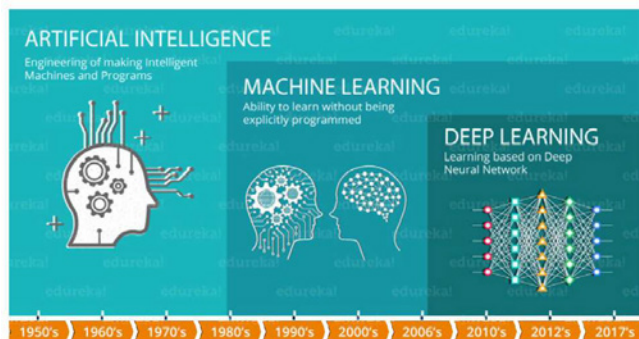
Machine Learning & Künstliche Intelligenz



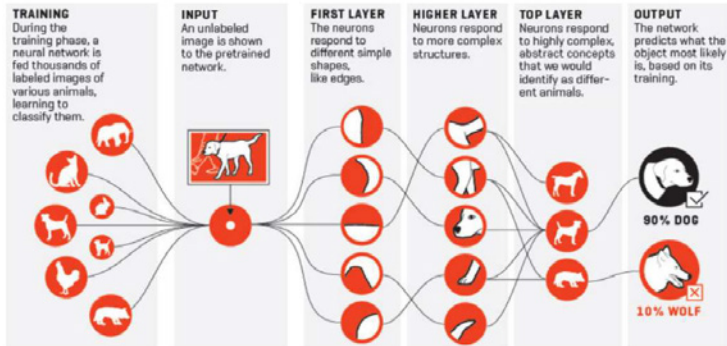
Grundlagen Machine Learning & Künstliche Intelligenz



Künstliche Intelligenz, Machine Learning und Deep Learning



Klassifizierung mit Machine Learning



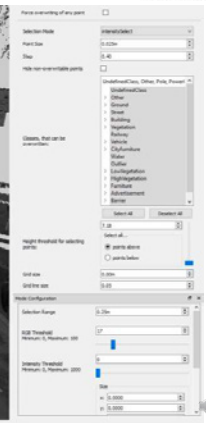
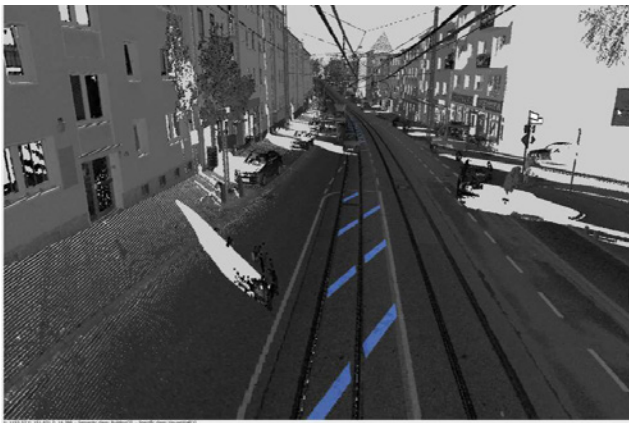
Example: How neural networks recognize a dog in a photo.

<http://fortune.com/ai-artificial-intelligence-deep-machine-learning/>

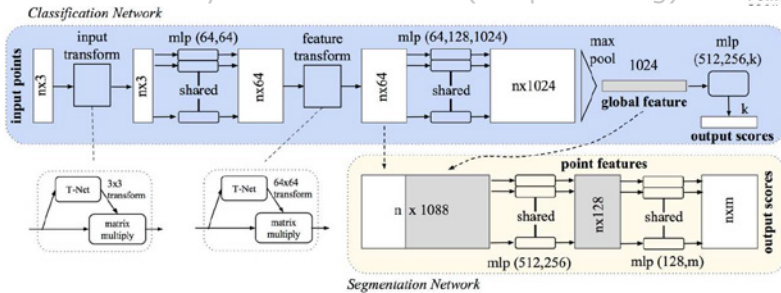
04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.



Erstellen von Trainingsdaten



Point Cloud Analytics: Klassifikation (Deep Learning)

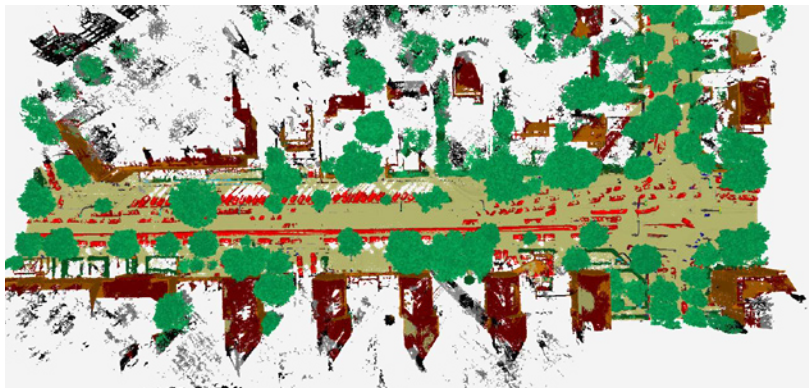


- Deep Learning auf Grundlage der 3D-Punktwolke selbst...
- Typischer Ablauf: Training – Sampling – **Klassifikation (Predicting)**
- **Beispiel PointNet(++)**: Identifikation kritischer Punkte, invariant gegenüber affinen Transformationen und Eingabe-Permutationen

04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

23

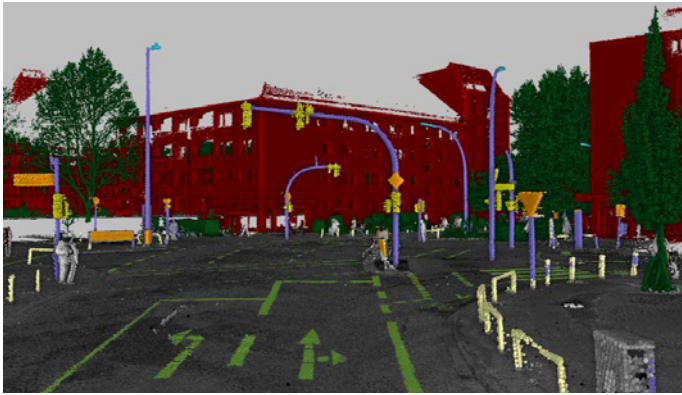
Classification Results – Hamburg, Germany



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

24

Mobile Mapping Hamburg – Klassifikation

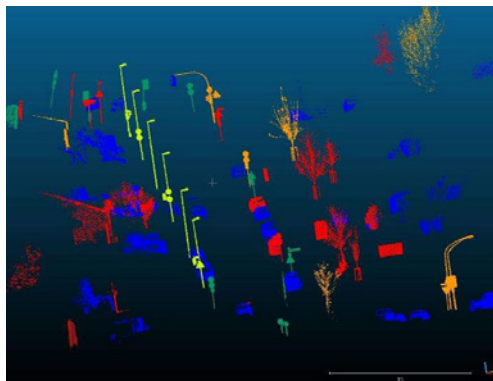


04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.



25

Mobile Mapping Hamburg – Klassifikation



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.



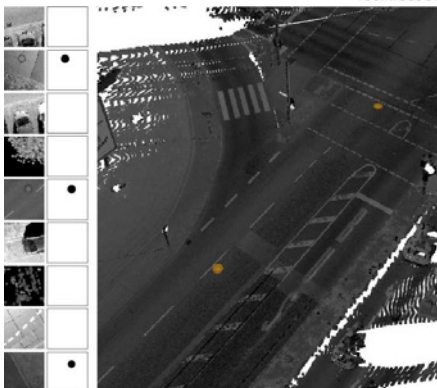
26

Point Cloud Analytics: Klassifikation (Deep Learning)



Deep Learning angewendet auf Screenshots von Teilen der Punktwolke...

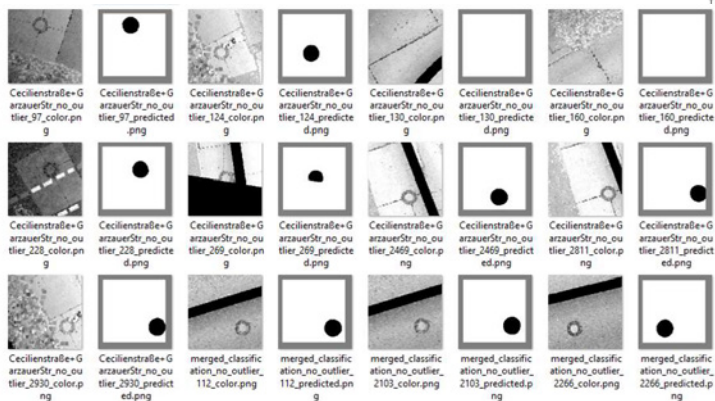
- Sinnvoll bei Objekten von primär zweidimensionaler Natur, z.B.:
 - Fahrbahnmarkierungen
 - Schachtdeckel
 - Schäden
- Neuronalen Netze für Bilddaten etabliert und technisch ausgereift
- Re-Mapping der Ergebnisse auf die Punktwolke erforderlich



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

27

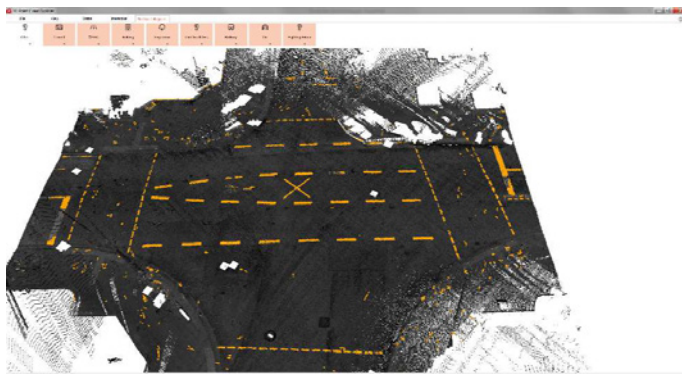
Klassifizierung mit Machine Learning



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

28

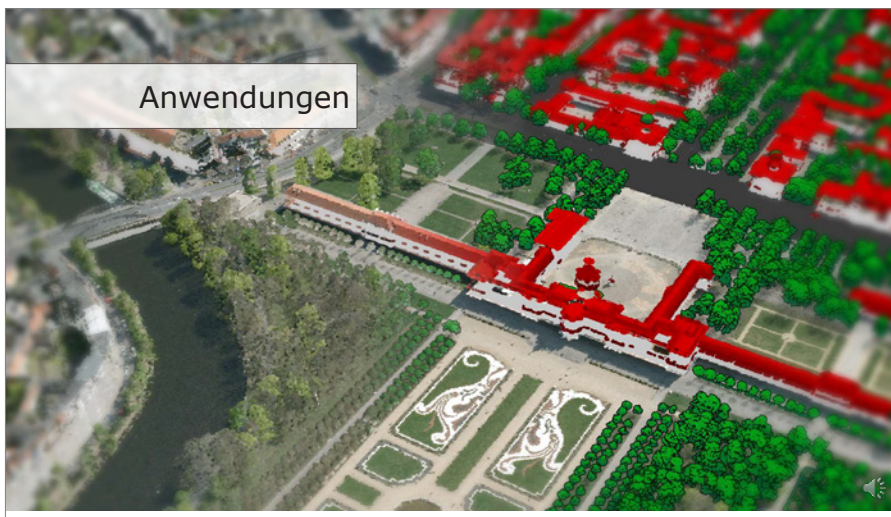
Mobile Mapping Hamburg – Klassifikation



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

29

Anwendungen



Veränderungsanalyse

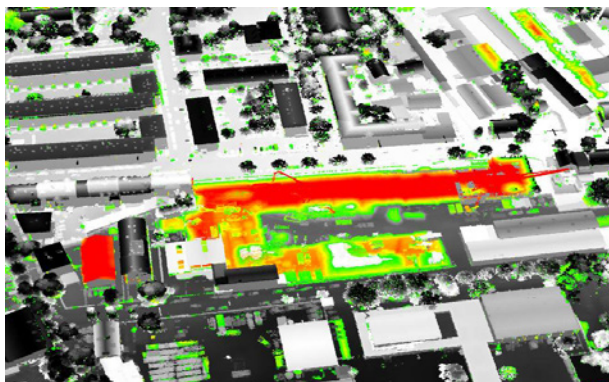


04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.



31

Veränderungsanalyse

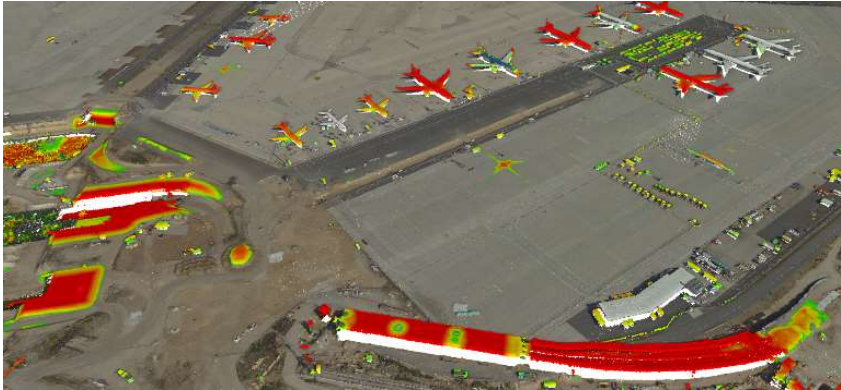


04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.



32

Veränderungsanalyse 2017 zu 2018



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

33

Beispiel Vegetationsanalyse Berlin



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

34

Beispiel Vegetationsanalyse Berlin



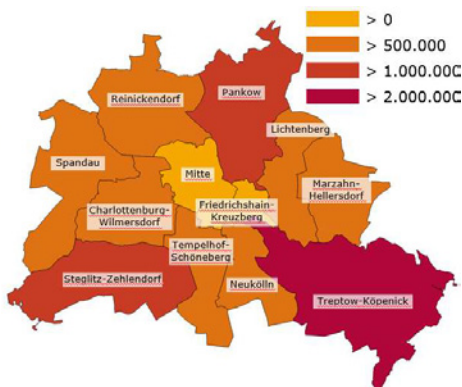
04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.



Beispiel Vegetationsanalyse Berlin



Bezirk	#Bäume
CW	696.268
FK	148.720
L	540.297
M	250.959
MH	987.706
N	623.435
P	1.167.105
R	935.695
S	852.723
SZ	1.182.741
TK	2.056.971
TS	653.024
Berlin	10.095.644



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.



Mobile Mapping Bahninfrastruktur



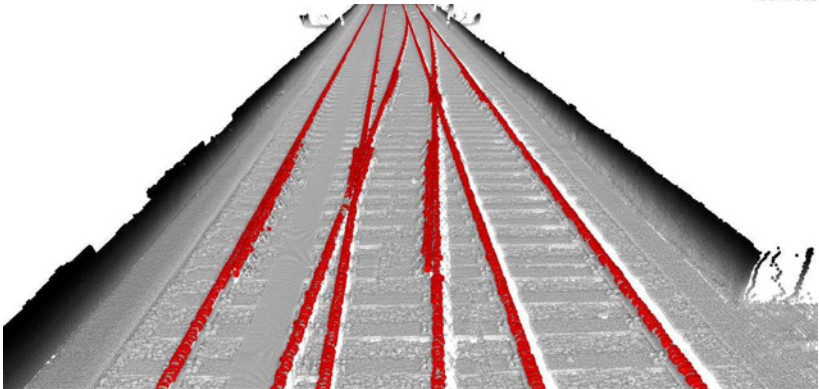
04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI

Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

37



Mobile Mapping Bahninfrastruktur



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI

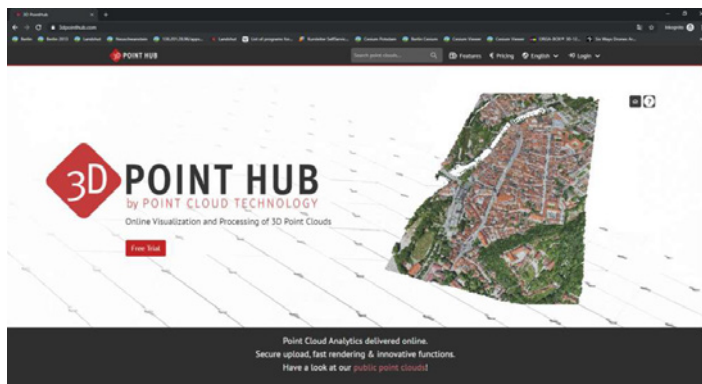
Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

38





Visualisierung von 3D-Punktwolken



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

40

Visualisierung von 3D-Punktwolken



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

41



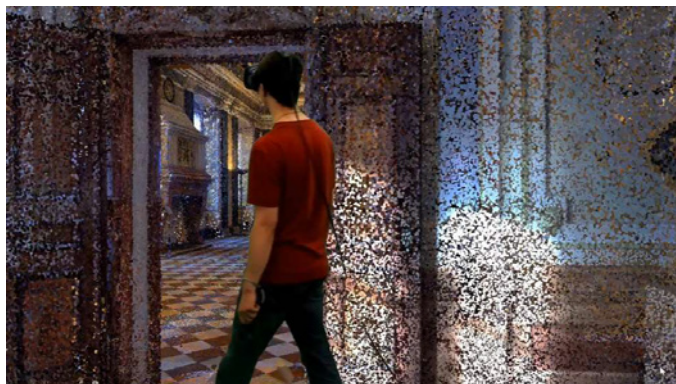
3D-Punktwolken in Virtual Reality



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

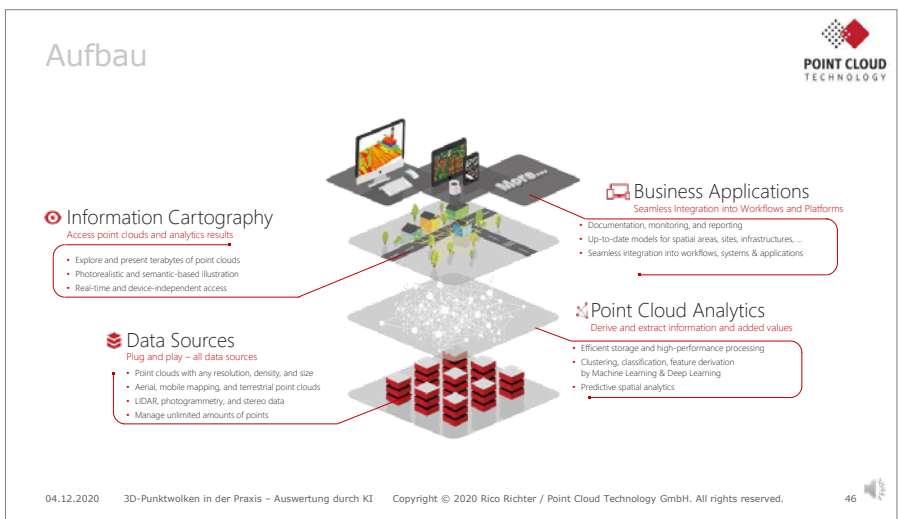
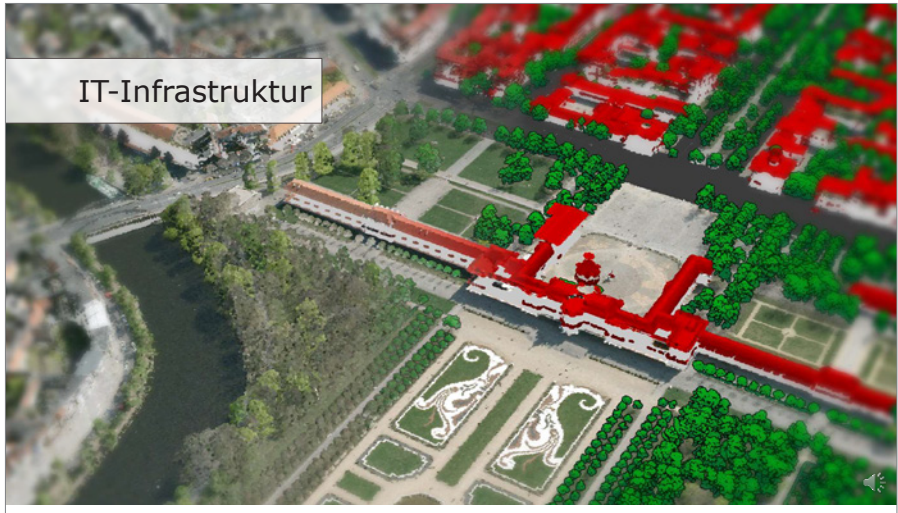


3D-Punktwolken in Virtual Reality

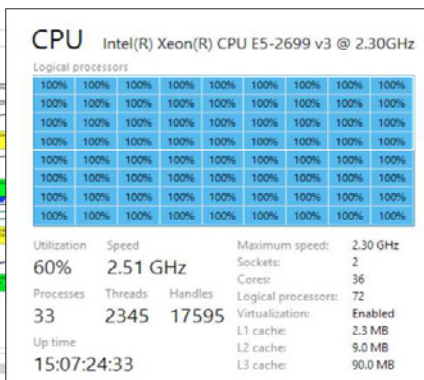


04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.





Modulare Systeminfrastruktur



04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

47

Fazit



Aktuelle Situation

- Flächendeckende Verfügbarkeit von 3D-Punktwolken (z.B. über Landesvermessungsämter)
- Kostengünstige Hardware und regelmäßige Befliegungen (z.B. alle 2-3 Jahre)
- Mobile Mapping und UAV Daten mit hoher Datendichte und Datenqualität

IT-Systeme und Anwendungen werden mit Daten einer **ubiquitären Erfassung** konfrontiert, die ein **kontinuierliches, redundantes** und **flächendeckendes** Abbild der Realität darstellen.

Nutzen "intelligenter" Punktwolken für wirtschaftliche Anwendungen:

- **Point Cloud Analytics** ist wichtig für domainspezifische Anwendungen
- **4D-Punktwolken** ermöglichen Updates und erzeugen Einsichten
- **Skalierbare Infrastrukturen, GPU-basierte Algorithmen** und **Out-of-core Verarbeitung** sind erforderlich um massive, dichte und großflächige Punktwolken zu verarbeiten
- **On-demand Verarbeitung** und **Analyse** sind durch Cloud-Lösungen möglich
- Enormes Potential für **Automatisierung** von zeitaufwendigen und kostenintensiven Prozessen durch **KI**

04.12.2020 3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

48



Kontakt:

rico.richter@pointcloudtechnology.com

Demos:

www.pointcloudtechnology.com/demos

www.3dpointhub.com

Hasso Plattner Institute:

www.hpi3d.de

Daten (u.a.) bereitgestellt von:



Hochschule KOBLENZ
University of Applied Sciences

04.12.2020

3D-Punktwolken in der Praxis – Auswertung durch KI

Copyright © 2020 Rico Richter / Point Cloud Technology GmbH. All rights reserved.

49



Virtual Reality in der Geodäsie – Ein neuer Blickwinkel auf geodätische Messdaten

Peter Bauer | Werner Lienhart



Virtual Reality in der Geodäsie

Ein neuer Blickwinkel auf geodätische Messdaten



Peter Bauer



Werner Lienhart



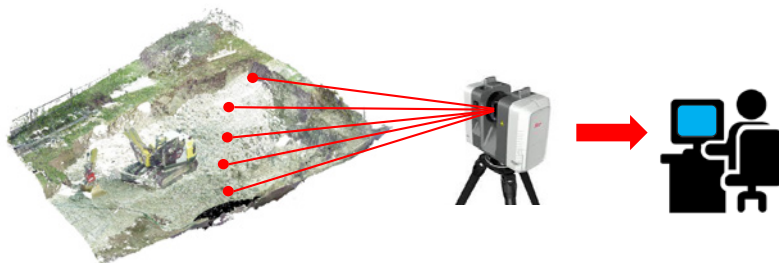
Institut für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme (IGMS)



Standardaufgabe

Szenario: Baugrube

- Terrestrisches Laserscanning zur Vermessung



Technische Universität Graz

04.12.2020

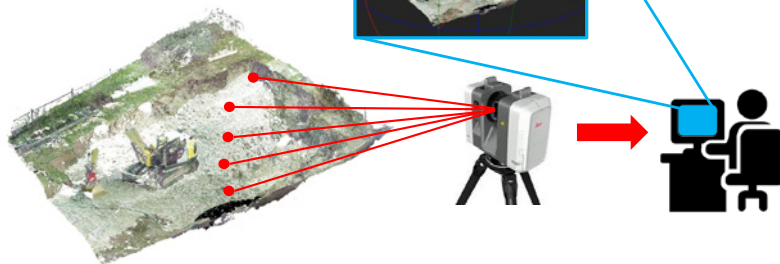
Terrestrisches Laserscanning 2020

2

Standardaufgabe

Szenario: Baugrube

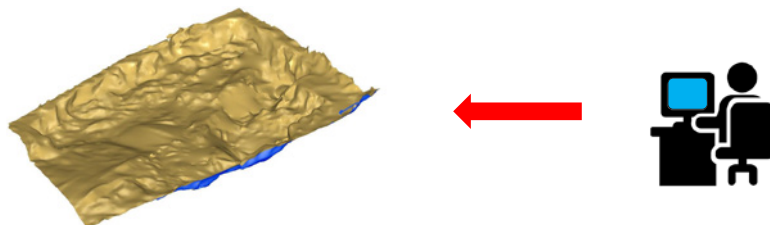
- Punktwolke kann am Bildschirm rotiert/ verschoben/ skaliert werden



Einsatz von Standard-Software

Szenario: Baugrube

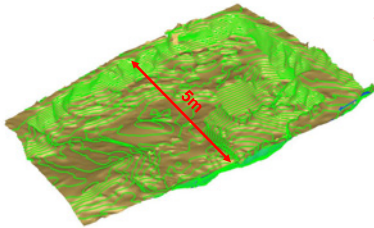
- Punktwolke wird vermascht



Einsatz von Standard-Software

Szenario: Baugrube

- Punktwolke wird vermascht => Kubatur bzw. Höhenlinien



Standard-Workflow liefert in einfachen Szenarien zufriedenstellendes Ergebnis




Komplexe 3D Datensätze

Szenario: Gebäude

- Überlappende Strukturen und Fokus auf Innenraum

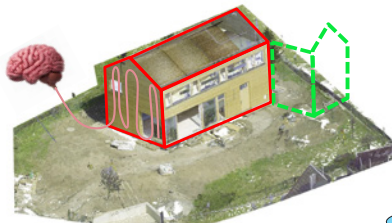



Institut für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme (IGMS)


Komplexe 3D Datensätze

Szenario: Gebäude

- Überlappende Strukturen und Fokus auf Innenraum






Planung

SmartBuilding


BIM/ Digital Twin

Vermessung



Technische Universität Graz
04.12.2020
Terrestrisches Laserscanning 2020


7


Institut für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme (IGMS)




Komplexe 3D Datensätze

Szenario: Gebäude

- Handling komplexer 3D Daten über Schnitte





Technische Universität Graz
04.12.2020
Terrestrisches Laserscanning 2020

8

Komplexe 3D Datensätze

Szenario: Gebäude

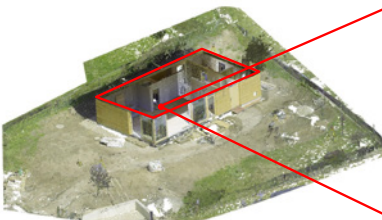
- Schnitte erlauben nur Blickrichtung orthogonal zur Ebene



Einsatz von Standard Software

Szenario: Gebäude

- Eingeschränkte Repräsentation des 3D Datensatzes durch Schnitte



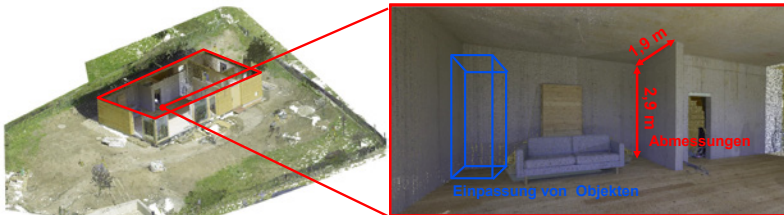
3D Ansicht aus der Ego Perspektive



Einsatz von Standard Software

Szenario: Gebäude

- Durchführung der Aufgaben direkt in den 3D Daten

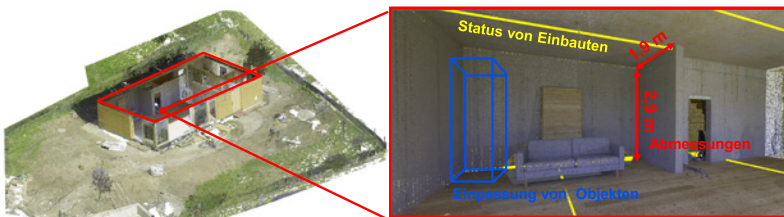


3D Ansicht aus der Ego Perspektive

Einsatz von Standard Software

Szenario: Gebäude

- Durchführung der Aufgaben direkt in den 3D Daten



3D Ansicht aus der Ego Perspektive

Virtual Reality

Prinzip

- 2D Monitor wird ersetzt durch Head Mounted Display (HMD)

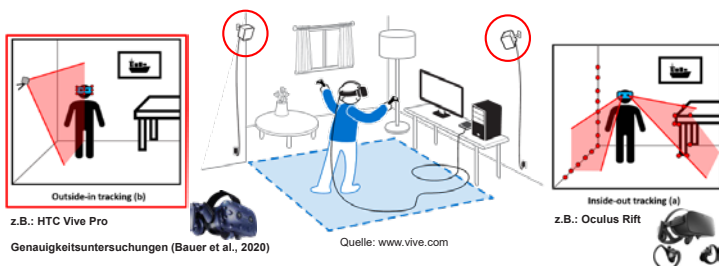


Quelle: www.vive.com

Virtual Reality

Prinzip

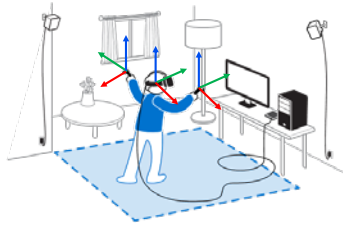
- Die Position und Orientierung aller Komponenten wird von einem Positionierungssystem bestimmt



Virtual Reality

Prinzip

- Die Position und Orientierung aller Komponenten wird von einem Positionierungssystem bestimmt



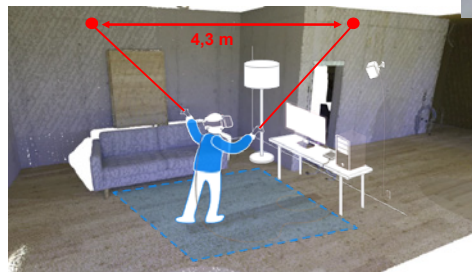
Quelle: www.vive.com



Virtual Reality

Verwendung

- Handhabung von 3D Inhalten aus der Ego Perspektive



Institut für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme (IGMS)



Virtual Reality



Technische Universität Graz

04.12.2020

Terrestrisches Laserscanning 2020

17

Institut für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme (IGMS)



Virtual Reality



Technische Universität Graz

04.12.2020

Terrestrisches Laserscanning 2020

18

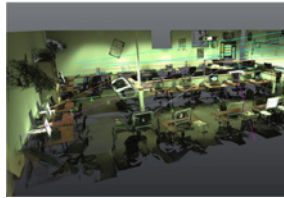
State of the Art

Verwendung von VR Technologie in anderen Disziplinen

- Cultural Heritage
- Forensik



www.cyark.com



New Mexico State Police, HxGN live 2019

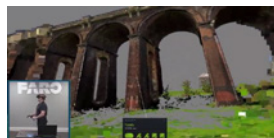
State of the Art

Verwendung in der Geodäsie

- Überwiegender Einsatz auf Messen und Konferenzen
- Kommerzielle Produkte vorhanden

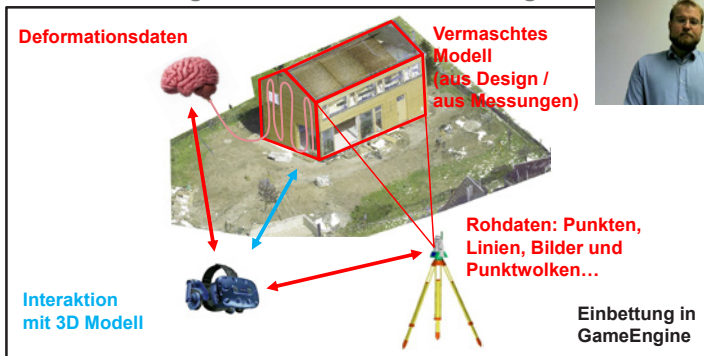


Quelle: <https://leica-geosystems.com>



Quelle: <https://de-knowledge.faro.com>

Maßgeschneiderte VR Anwendungen



Verwendung von GameEngines

GameEngines

- 3D Entwicklungsumgebung aus der Unterhaltungsindustrie
- Einbinden von Scripts, 3D Objekten und VR Technologie



Gängige Vertreter:



UNREAL
ENGINE



Verwendung von GameEngines

Maßgeschneiderte VR Anwendungen mit GameEngines

- Unity als 3D Entwicklungsumgebung
- Adaptierung von frei zugänglichem Source Code der TU Wien (S. Fraiss, 2017)
- Anwendung beliebig erweiterbar



Implementierung
eigener Routinen
in C#

Portal für frei
zugänglichen
Source code



Gamification

Use of video gaming elements in a non video gaming context

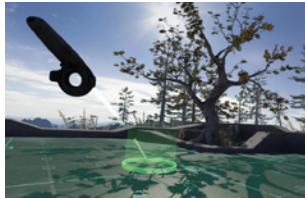
- Unterhaltungssektor: Jahrzehnte alte Erfahrungswerte mit 3D Inhalten



Gamification

Use of video gaming elements in a non video gaming context

- Unterhaltungssektor: Jahrzehnte alte Erfahrungswerte mit 3D Inhalten
- Mit einem technischen Hintergrund können diese Erfahrungswerte auch auf Geodätischen 3D Inhalten angewendet werden
 - Navigation in 3D Daten

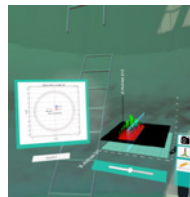


Quelle: SteamVR Home

Gamification

Use of video gaming elements in a non video gaming context

- Unterhaltungssektor: Jahrzehnte alte Erfahrungswerte mit 3D Inhalten
- Mit einem technischen Hintergrund können diese Erfahrungswerte auch auf Geodätischen 3D Inhalten angewendet werden
 - Navigation in 3D Daten
 - "In-Game" Menüführung



Tunnelschacht: IGMS, TU Graz

Gamification

Use of video gaming elements in a non video gaming context

- Unterhaltungssektor: Jahrzehnte alte Erfahrungswerte mit 3D Inhalten
- Mit einem technischen Hintergrund können diese Erfahrungswerte auch auf Geodätischen 3D Inhalten angewendet werden
 - Navigation in 3D Daten
 - "In-Game" Menüführung
 - Ansprechendes Design durch moderne Renderer

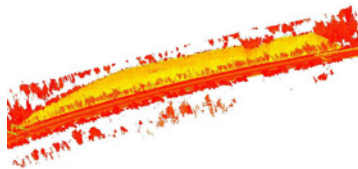


Kirche: IGMS, TU Graz

Anwendungsbeispiel

SIBS Projekt (Kalenjuk et al., 2019)

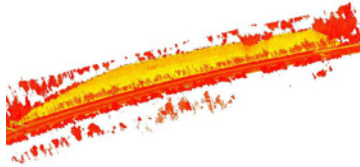
- Monitoring von Stützbauwerken mit Mobile Mapping
- Entwicklung eines Workflows zur automatisierten Auswertung



Anwendungsbeispiel

Aufbereitung der Ergebnisse?

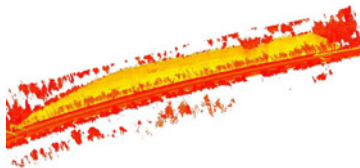
- Einbindung der Daten in eine VR Anwendung



Anwendungsbeispiel

Rolle der Punktwolke

- Liefert Deformationsdaten
- Dient aber hier in der VR Anwendung als "Spielwelt"



Anwendungsbeispiel

Rolle der Punktwolke

- Liefert Deformationsdaten
- Dient aber hier in der VR Anwendung als “Spielwelt”
- Übergang auf ein vermashtes Modell (leichterer Umgang in Unity)



Anwendungsbeispiel

Rolle der Punktwolke

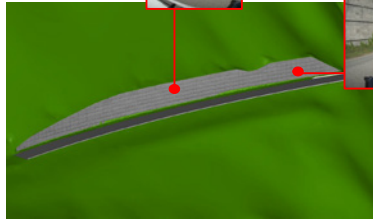
- Liefert Deformationsdaten
- Dient aber hier in der VR Anwendung als “Spielwelt”
- Übergang auf ein vermashtes Modell (leichterer Umgang in Unity)
- Erweiterung um DGM



Anwendungsbeispiel

Einbindung von Daten in die VR Anwendung

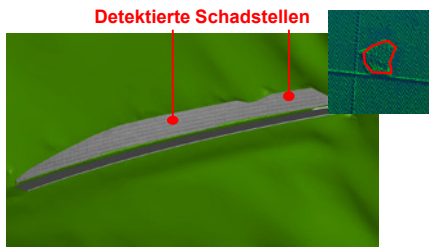
- Bilder mit Ortsbezug können ins Modell eingebettet werden



Anwendungsbeispiel

Einbindung von Daten in die VR Anwendung

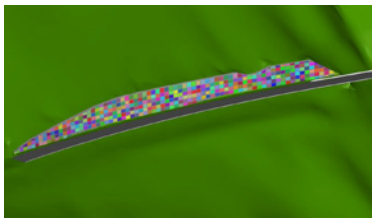
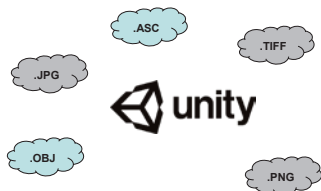
- Detektierte Schadstellen mit Metainformation können eingebunden werden



Anwendungsbeispiel

Einbindung von Daten in die VR Anwendung

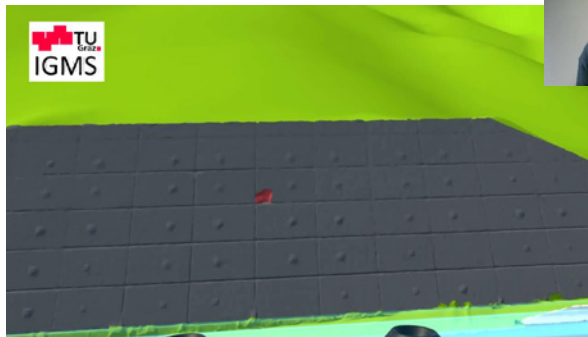
- Segmentierte Bauteile mit Metainformation können eingebunden werden



Aufbereitete Daten als VR Simulation



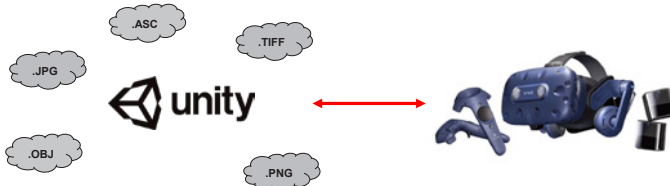
Aufbereitete Daten als VR Simulation



Erprobung der VR Technologie

VR System als Datenschnittstelle

- Daten können geladen, manipuliert und exportiert werden
- Die Erstellung der VR Anwendung lässt sich in Unity weitgehend automatisieren
- Keine Limitierung durch Komplexität der Daten



Handhabung von 2.5D Daten

Konventionelle Software

- Optimiert für 2.5D Daten
- Maus und Keyboard haben sich über Jahrzehnte bewährt
- Großer Komfort (Langzeitnutzung)



Quelle: www.wikipedia.com



Handhabung von 3D Daten

Konventionelle Software

- Limitierungen bei steigender Komplexität



Quelle: <http://www.dkepro.com>



Handhabung von 3D Daten

VR Anwendung

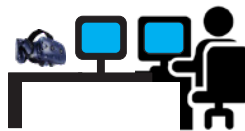
- Platzierung des Users direkt in dem Datensatz



Quelle: <http://www.dkepro.com>



Fazit und Ausblick



Aufgrund der Vorteile von VR und der Vorteile von konventioneller Software muss VR im Bereich Geodäsie als sinnvolles Add-on zu bestehender Software verstanden werden und nicht als Ersatz

Referenzen

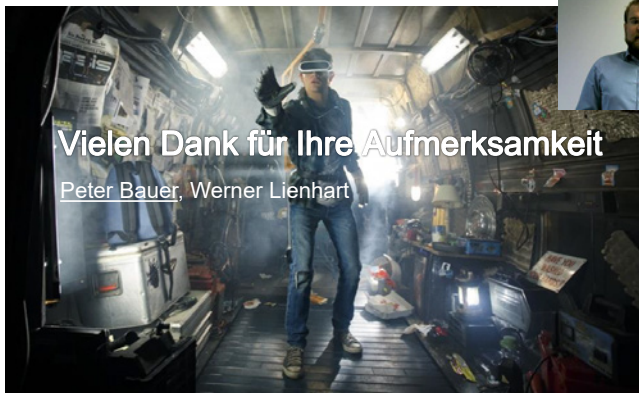


Bauer P, Jost S, Lienhart W, (2020) Beurteilung der Eignung eines VR-Systems als 3D-Koordinatenmesssystem, Beiträge zum 19. Internationalen Ingenieurvermessungskurs München, Wichmann Verlag, ISBN 978-3-87907-672-7, S.15-25

Kalenjuk S, Lienhart W, Rebhan MJ, Marte R (2019) Large-scale monitoring of retaining structures: new approaches on the safety assessment of retaining structures using mobile mapping, Proceedings Volume 10970, Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems 2019; 109700T



INSTITUT FÜR
INGENIEURGEODÄSIE UND MESSSYSTEME



Quelle: Ready Player One, Warner Bros. GmbH

Visualisierung von 3D-Punktwolken als immersives Erlebnis in Virtual Reality


Thomas P. Kersten



194. DVW-Seminar "Terrestrisches Laserscanning 2020 (TLS 2020)", Digitale Live-Diskussion, 4. Dezember 2020

Inhalt der Präsentation

- Einführung
- Virtuelle Realität & Immersion
- Visualisierung von Punktwolken
- Workflow
- Game Engine & Virtual Reality System
- Performance einer VR-Applikation
- Punktwolken in Virtual Reality
- Fazit & Ausblick



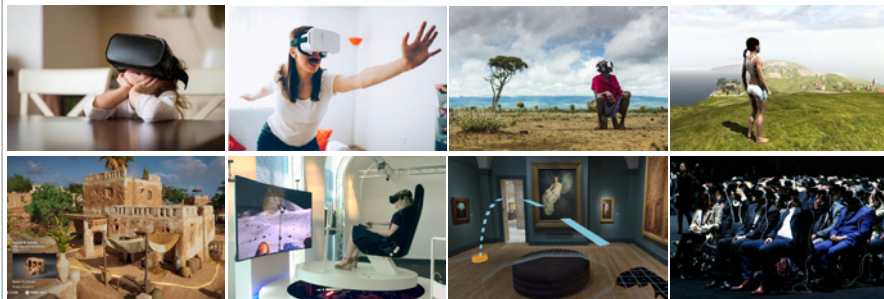
Labor für Photogrammetrie & Laserscanning

© www.koerperchen-illustration.de



1. Einführung

- Die neue Realität – Virtual Reality (VR) hat das Potenzial, die Art zu verändern, wie wir die Welt wahrnehmen – überall und für jeden



Labor für Photogrammetrie & Laserscanning



- Zeitreise in die Vergangenheit mit VR!





1. Einführung

- Virtual Reality – zunehmende Bedeutung in zahlreichen Fachdisziplinen
- VR – starke Verbreitung im Konsumermarkt durch preisgünstige Systeme
- 3D-Welten für Jedermann/-frau
- Aufgaben für Geodäsie, Photogrammetrie und benachbarte Fächer?
- Virtual Reality – neue Visualisierungstechnologie für 3D-Geodaten?
- Was brauchen wir für immersive VR-Erlebnisse?

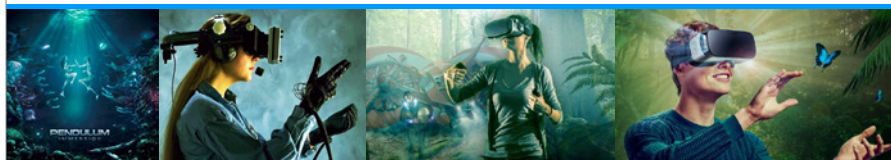


Labor für Photogrammetrie & Laserscanning



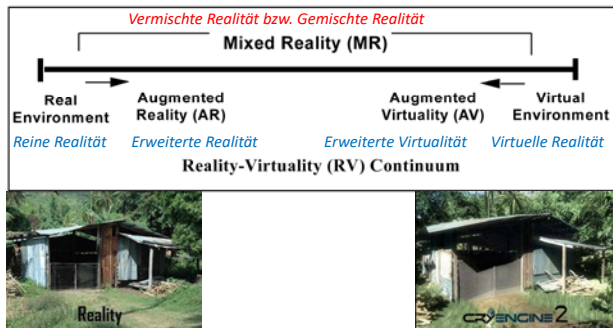
2. Virtuelle Realität & Immersion

- Als **virtuelle Realität (VR)** wird die Darstellung und gleichzeitige Wahrnehmung der Wirklichkeit und ihrer physikalischen Eigenschaften in einer in Echtzeit computer-generierten, interaktiven virtuellen Umgebung bezeichnet.
- **Immersion** (fachsprachlich „Eintauchen“) beschreibt den durch eine Umgebung der **Virtuellen Realität** (VR) hervorgerufenen Effekt, der das Bewusstsein des Nutzers, illusorischen Stimuli ausgesetzt zu sein, so weit in den Hintergrund treten lässt, dass die virtuelle Umgebung als real empfunden wird.
- Man spricht von einer **immersiven virtuellen Umgebung** („immersive virtual environment“), wenn es dem Benutzer ermöglicht wird, direkt mit dieser zu **interagieren**.



2. Virtuelle Realität & Immersion

- Mixed Reality Continuum
- Paul Milgram (1994): Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays



Labor für Photogrammetrie & Laserscanning

3. Visualisierung von Punktwolken

- **Leica TruView**

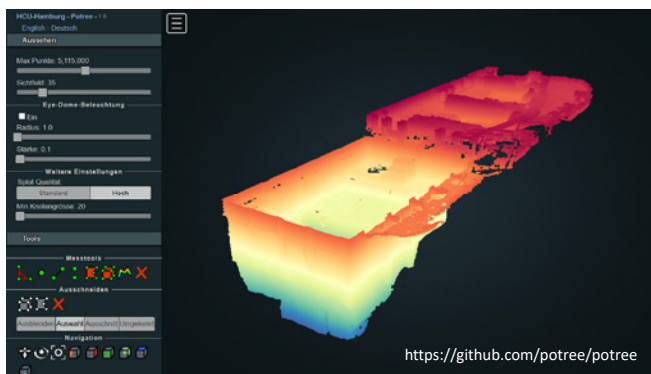


Labor für Photogrammetrie & Laserscanning



3. Visualisierung von Punktwolken

- Potree is a free open-source WebGL based point cloud renderer for large point clouds

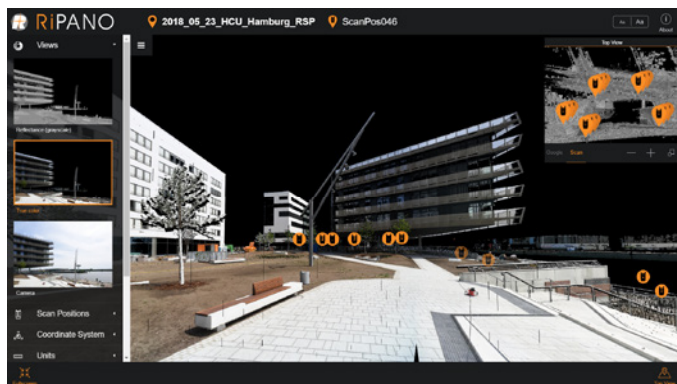


Labor für Photogrammetrie & Laserscanning

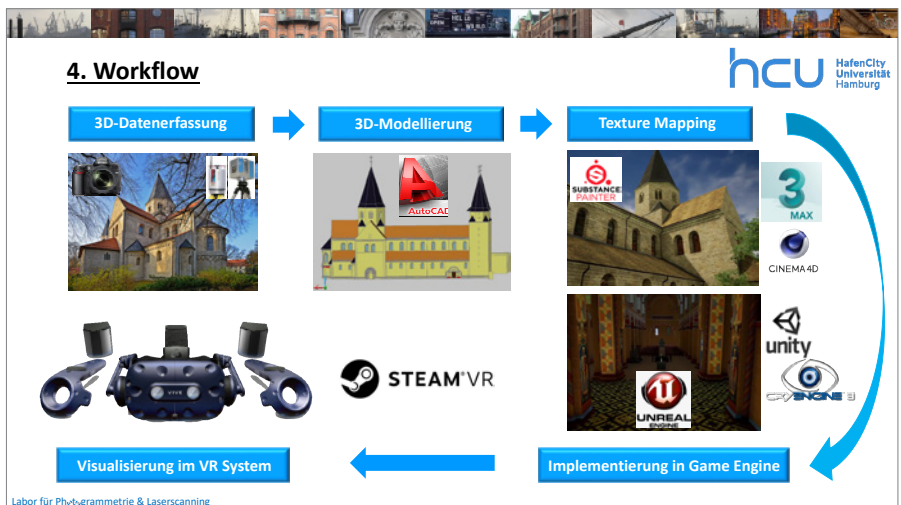
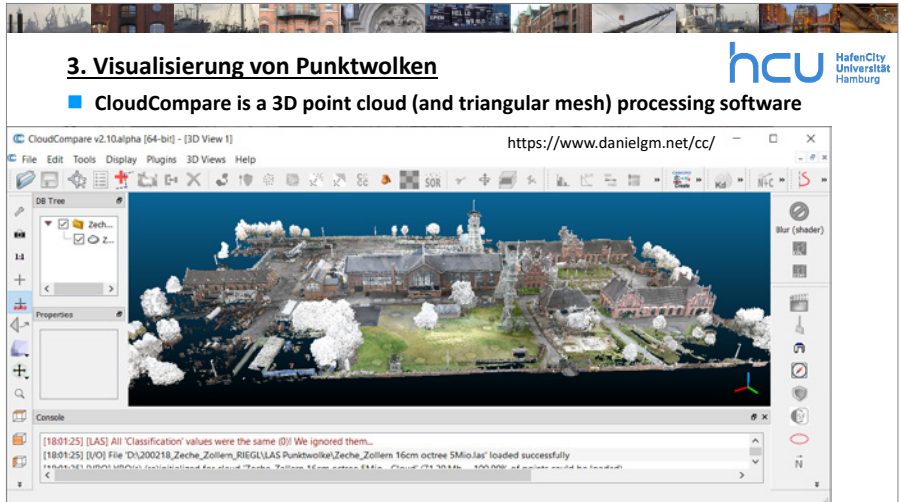


3. Visualisierung von Punktwolken

- Riegl RiPANO



Labor für Photogrammetrie & Laserscanning



4. Workflow

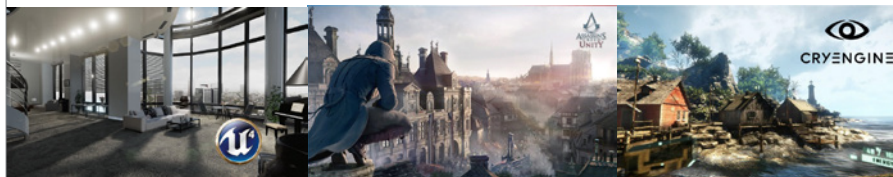
- Ein vereinfachter Workflow von der Erfassung bis zur immersiven Visualisierung



Labor für Photogrammetrie & Laserscanning

5. Game Engine & Virtual Reality System

- Game Engine – Plattform für Erstellung von 2D-/ 3D-Spielen (Echtzeit-Rendering)
- Übersicht → https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Spiel-Engines



5. Game Engine & Virtual Reality System

- HTC Vive = Virtual-Reality-Headset (2016)
- Entwickelt durch HTC und Valve Corporation
- Markteinführung am 5. April 2016



5. Game Engine & Virtual Reality System

- Game Engine – Unreal von Epic Games (visuelle Programmierung mit Blueprints)
- STEAM VR – Schnittstelle zwischen Game Engine & HTC Vive
- VR-System HTC Vive Pro (seit 2018)
- Tracking der Controller & Brille durch IR-Laser der Basisstationen
- Freie Bewegung im definierten Tracking-Raum – max. 4.6 × 4.6 m
- Interaktionen mit VR-Umgebung durch Controller



Steam VR



htc VIVE



Labor für Photogrammetrie & Laserscanning

5. Game Engine & Virtual Reality System

- Game Engine – Unreal (visuelle Programmierung mit Blueprints)

Segel der Peking

6. Performance einer VR-Applikation

- Ziel – Prozessorleistung für VR-System mit 90 FPS (ideal)
- Vergleich verschiedener Rechner

Ansicht	Labor	Helava	Heimrechner
Ansicht 1	~140	~130	~120
Ansicht 2	~190	~170	~150
Ansicht 3	~110	~100	~90
Ansicht 4	~170	~160	~150
Ansicht 5	~190	~180	~170

Labor für Photogrammetrie & Laserscanning

Ansicht 1

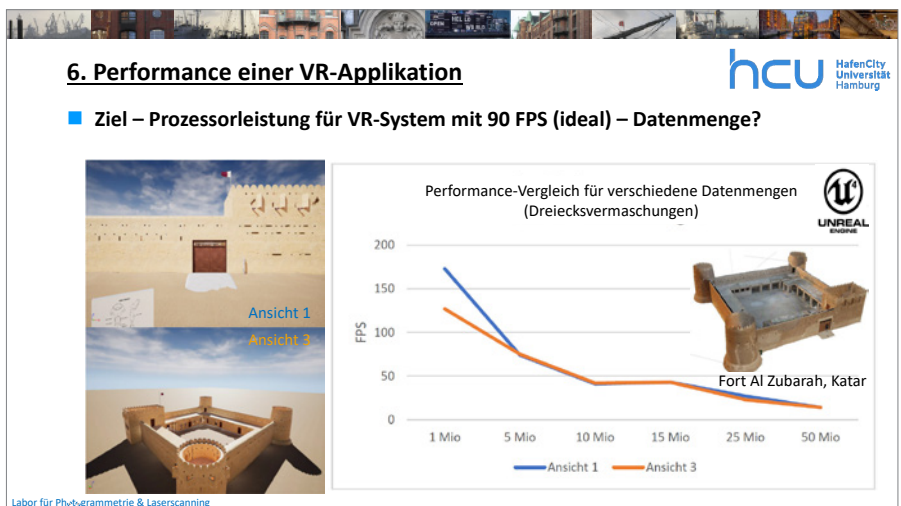
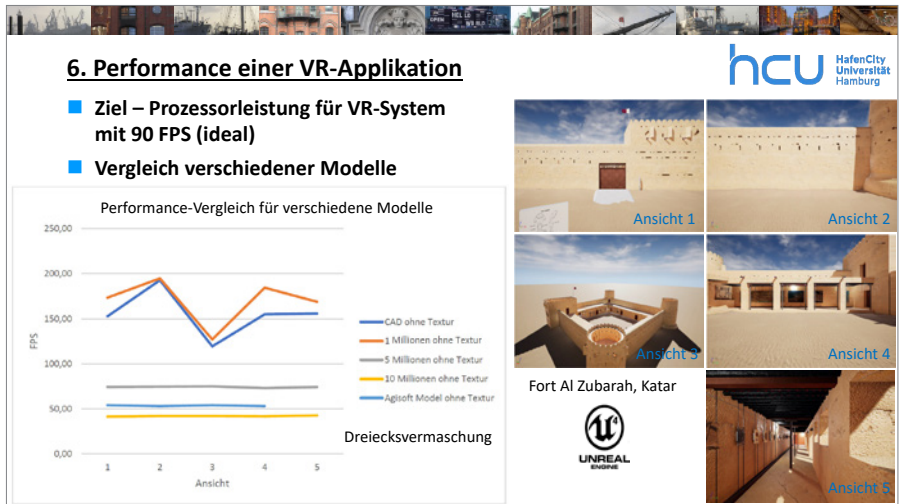
Ansicht 2

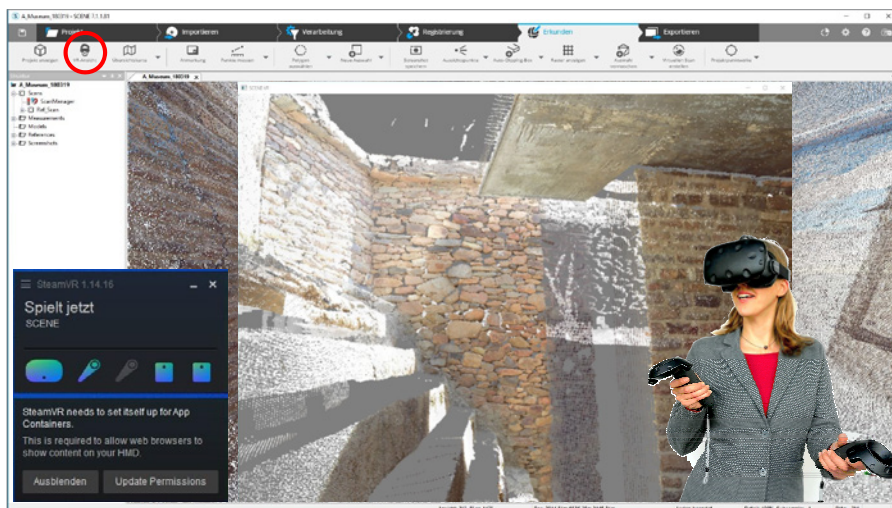
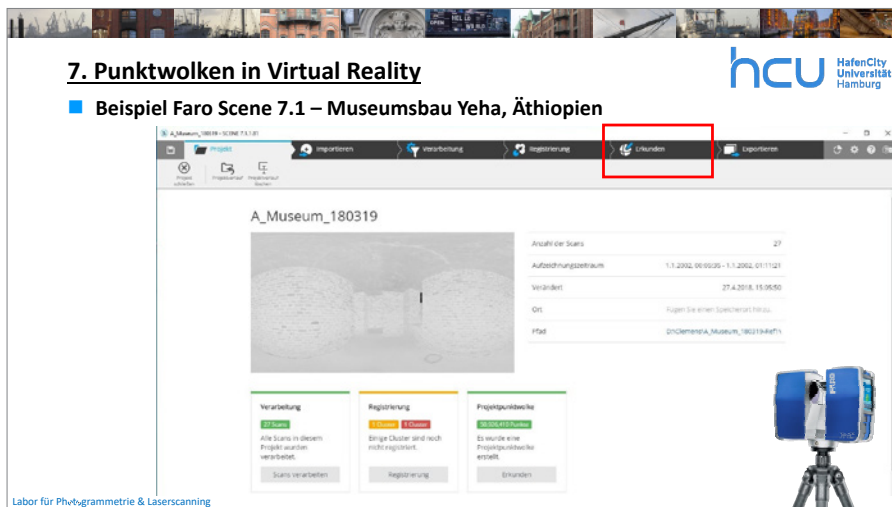
Ansicht 3

Ansicht 4

Fort Al Zubarah, Katar

Ansicht 5







7. Punktwolken in Virtual Reality



7. Punktwolken in Virtual Reality

hcu HafenCity Universität Hamburg

- Beispiel UAV-Punktwolke in der Game Engine Unreal 4.25 – Zeche Zollern Dortmund
- UAV Coptersystems Multicopter, Kamera Phase One IXU1000 (100 MPix) – 295 Fotos
- LAS-Format 2,1 GB – 82,5 Mio. Punkte



Labor für Photogrammetrie & Laserscanning

Grüne Punkte =
definierte Navigationsfläche

7. Punktwolken in Virtual Reality

■ Beispiel UAV-Punktwolke in der Game Engine Unreal 4.25 – Zeche Zollern Dortmund



■ Navigationsoptionen – Gehen in der Interaktionsfläche, Teleportation und Fliegen

■ Variable Pixelgröße in UE4 – 0,0 = Original, 0,4 etwas vergrößert

■ Skalierung der gesamten Punktwolke durch Knopf am Controller

■ Optionen – Streckenmessungen, Modellierung, Multi-User, ... (z.Z. nicht programmiert)





7. Punktwolken in Virtual Reality

hcu HafenCity Universität Hamburg

- Beispiel TLS-Punktwolke in der Game Engine Unreal 4.25 – Zeche Zollern Dortmund
- Scanner Riegl VZ-2000i – 143 Standpunkte in 4 Stunden
- Auflösung 1 cm – LAS-Format 15,7 GB – 574 Mio. Punkte (möglich → 2 Bill. Punkte)



Grüne Punkte = definierte Navigationsfläche

Labor für Photogrammetrie & Laserscanning

7. Punktwolken in Virtual Reality

- Beispiel TLS-Punktwolke in der Game Engine Unreal 4.25 – Zeche Zollern Dortmund
- Navigationsoptionen – Gehen in der Interaktionsfläche, Teleportation und Fliegen
- Variable Pixelgröße in UE4 – 0,0 = Original, 0,4 etwas vergrößert
- Skalierung der gesamten Punktwolke durch Knopf am Controller
- Optionen – Streckenmessungen, Modellierung, Multi-User, ... (z.Z. nicht programmiert)





7. Punktwolken in Virtual Reality

- Datenvergleich in der Game Engine Unreal 4.25 – Bürgerhaus Bad Segeberg
- Digitale Spiegelreflexkameras Nikon D70/D90 – 224 Fotos in Agisoft Metashape





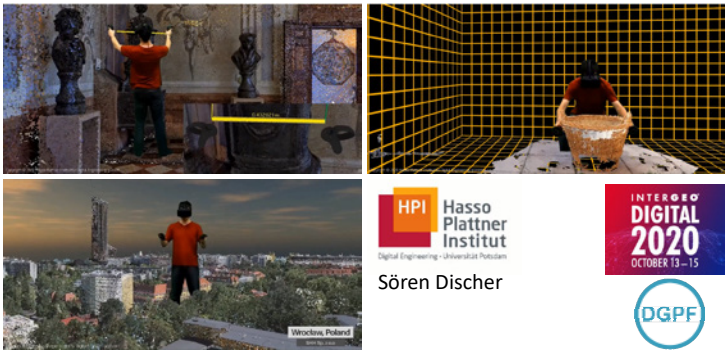
7. Punktwolken in Virtual Reality

Pixelgröße 0,8
in UE4



7. Punktwolken in Virtual Reality

Vortrag: 3D Punktwolken – Analyse und Visualisierung massiver 3D Punktwolken



hcu HafenCity Universität Hamburg

HPI Hasso Plattner Institut
Digital Engineering - Universität Potsdam

Sören Discher


INTERGEO DIGITAL 2020
OCTOBER 13 - 15

DGPF

Labor für Photogrammetrie & Laserscanning

7. Punktwolken in Virtual Reality

Kommerzielle Software von Veesus (England)






hcu HafenCity Universität Hamburg

Oculus Rift **VIVE** htc STEAM


Veesus Point Clouds

We specialise in unique and powerful solutions, that provide the laser scanning industry with the capability to visualise massive point cloud data from any source and combine it with any other data.

<http://veesus.com/>

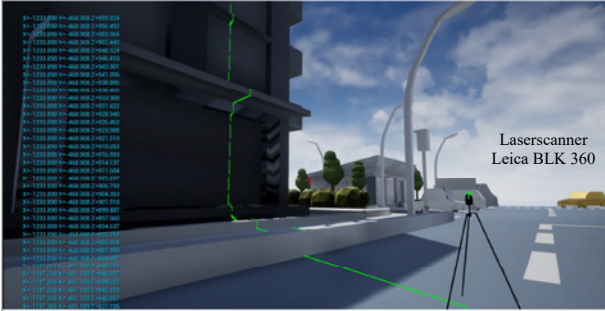




7. Punktwolken in Virtual Reality

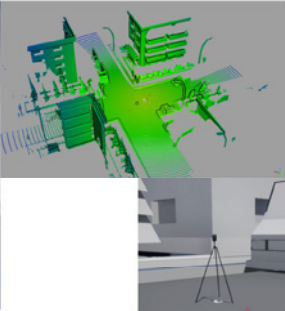


HafenCity
Universität
Hamburg

■ **Projekt VirScan3D: Simulator für einen terrestrischen Laserscanner – ein Ausbildungswerkzeug für Studenten der Geomatik und Ingenieurwissenschaften**

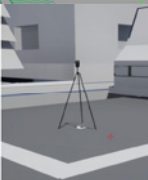


Laserscanner
Leica BLK 360




Chizhova, M., Popovs, D., Gorkovchuk, D., Gorkovchuk, J., Hess, M., & Luhmann, T. (2020). Virtual Terrestrial Laser Scanner Simulator for Digitalisation of Teaching Environment: Concept and First Results. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 91-97.

Labor für Photogrammetrie & Laserscanning








8. Fazit & Ausblick




HafenCity
Universität
Hamburg

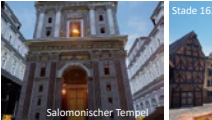
■ **HCU-Projekte in Virtual Reality**



Selimiye Moschee Edirne



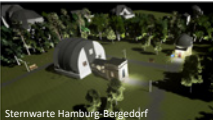
Duisburg 1566



Salomonischer Tempel



Stade 1620



Sternwarte Hamburg Bergedorf



Arctic Clyde Inlet Canada




Westerturm Duderstadt



Fort Rumeli Hisari Istanbul, Türkei




VM Alt-Segeberger Bürgerhaus



Grati Be'al Gebri Yeha

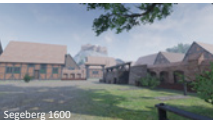


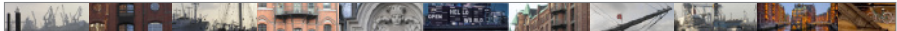
Almagah-Tempel Yeha



Segeberg 1600

Labor für Photogrammetrie & Laserscanning





8. Fazit & Ausblick

- Punktwolken in VR → immersives Erlebnis
- Große Datenmenge → kein Performance-Problem (max. 2 Bill. Punkte in UE4)
- Anforderung → Gaming Computer mit guter Graphikkarte & viel RAM (> 32 GB)
- Verschiedene Game Engines verfügbar (verbreitet → Unity | Unreal)
- Punktwolken in VR → kein Ersatz für texturierte 3D-Modelle in VR
- Einfacher Workflow → Navigation & Interaktionen programmierbar
- Anwendungen → reine immersive Visualisierung, Kollisionsprüfung, ...
- Zukunft → Massive Datenmenge, Echtzeit-Dreiecksvermaschung & Texturierung?
- Zukunft → Echtzeit-Visualisierung von Punktwolken autonomer Systeme?



hcu HafenCity
Universität
Hamburg

Dank: M.Sc. Simon Deggim
M.Sc. Alexander Walmsley
Dipl.-Ing. Maren Lindstaedt

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt – Prof. Dr.-Ing. Thomas P. Kersten
HafenCity Universität Hamburg, Labor für Photogrammetrie & Laserscanning, Überseeallee 16, D-20457 Hamburg, Thomas.Kersten@hcu-hamburg.de

Session 3:

Monitoring in der Praxis

Monitoring von Brücken (mit Laserscannern)

C. Hesse | N. Krause | M. Frenz | I. Neumann | F. Hake | J.-A. Paffenholz

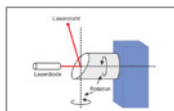


Monitoring von Brücken (mit Laserscannern)

C. Hesse, N. Krause, M. Frenz, I. Neumann, F. Hake, J.-A. Paffenholz



panta:ingenieure



Monitoring von Brücken

Anforderungen an die Messtechnik

Monitoring von Brücken

Anforderungen

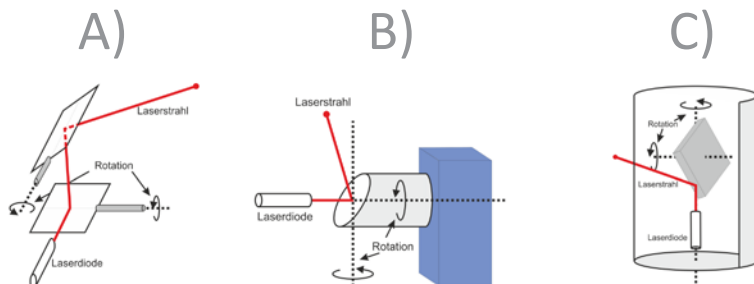
- Messposition häufig schwer zugänglich
- Typische Linienbauwerke
- Große Entfernungen
- Schnelle ablaufende Deformationen
- Möglichst ganzheitliche Messung des Bauwerkes

16.11.2020

Monitoring von Brücken

3

Akquisitionsprinzip bei Laserscannern



16.11.2020

Monitoring von Brücken

4

Erste Versuche 2006

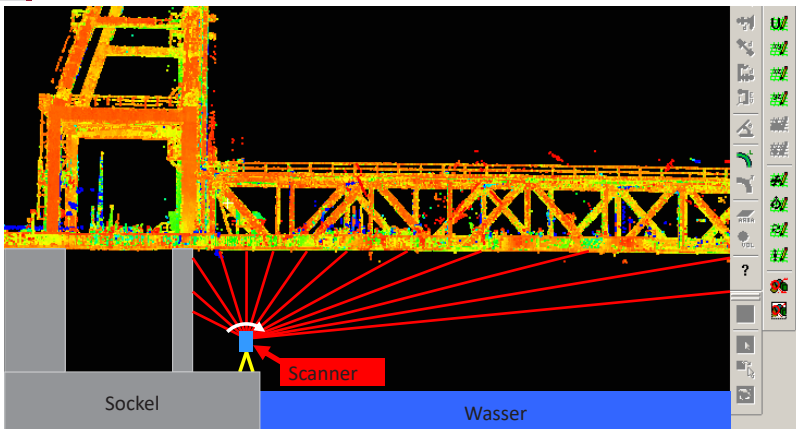


16.11.2020

Monitoring von Brücken

5

Erste Versuche 2006



16.11.2020

Monitoring von Brücken

6



Messaufgabe

Deformationsmessung Norderelbbrücke

16.11.2020

Monitoring von Brücken

7

Die Norderelbbrücke



16.11.2020

Monitoring von Brücken

8

Die Norderelbbrücke

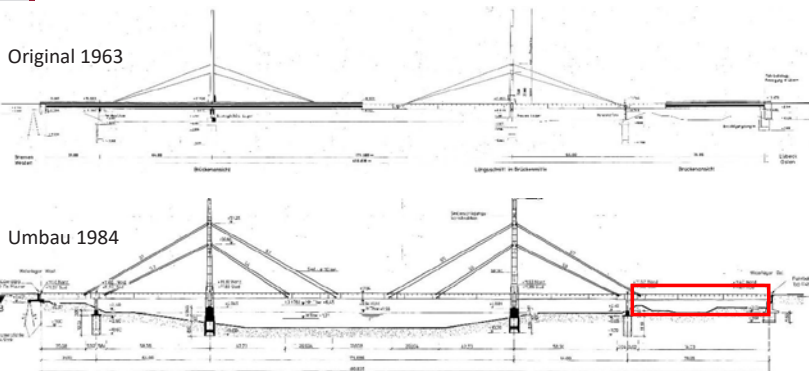
- 5-feldrige Schrägseilbrücke
| 31 m | 64 m | 172 m | 64 m | 80 m |
- Baujahr 1963
- Eine der beiden zentralen Elbquerungen in Hamburg
- Herausragende Bedeutung für Fernverkehr
- 6 Fahrspuren + 2 Standstreifen
- Nachrechnungen werden durchgeführt
-> Möglichst präzises Modell unterstützt durch Messungen

16.11.2020

Monitoring von Brücken

9

Die Norderelbbrücke



16.11.2020

Monitoring von Brücken

10

Schwertransport #3



16.11.2020

Monitoring von Brücken

11

Belastungsversuch durch Schwertransport

- Großraum und Schwertransport (GST)
- Mehrere Lastversuche
 - 28.03.2019: 5 GST
- 117 t Gewicht durch Schiffsschraube / 184 t Gesamtgewicht
- Vollsperrung der Brücke angeordnet durch LSBG
- Transport von Ost (MV) nach West (HH)
- Fahrt in der Mitte der Richtungsfahrbahnen

16.11.2020

Monitoring von Brücken

12

Schwertransport #5



16.11.2020

Monitoring von Brücken

13



Messung

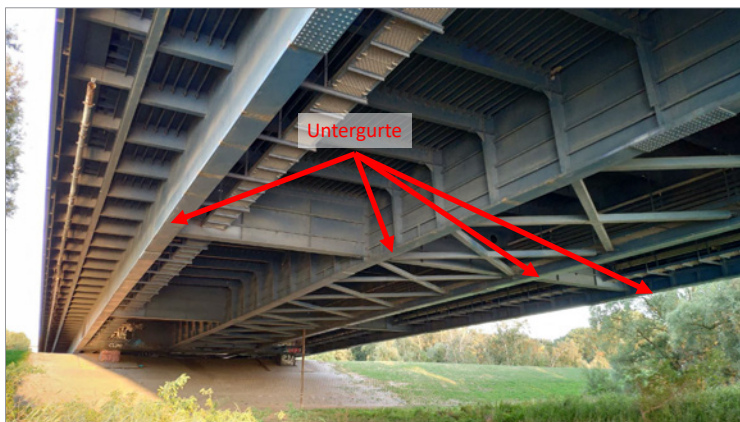
2D Profil-Laserscanning

16.11.2020

Monitoring von Brücken

14

Brückenunterseite



16.11.2020

Monitoring von Brücken

15

Messung Vertikaldeformation

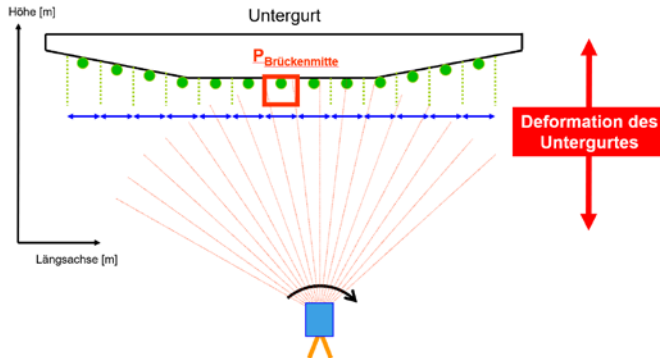


16.11.2020

Monitoring von Brücken

16

Messanordnung



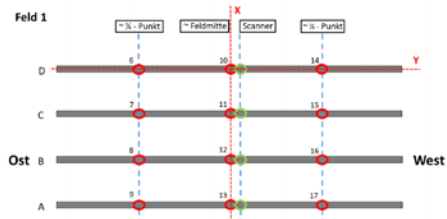
16.11.2020

Monitoring von Brücken

17

Messkonfiguration

- Schwertransport mit 213 t
- Brückenfeld ist etwa 78 m lang
- Feld hat
 - 4 Achsen (2 je Richtungsfahrbahn)
 - 3 Querschnitte
- Überfahrt: 45 s

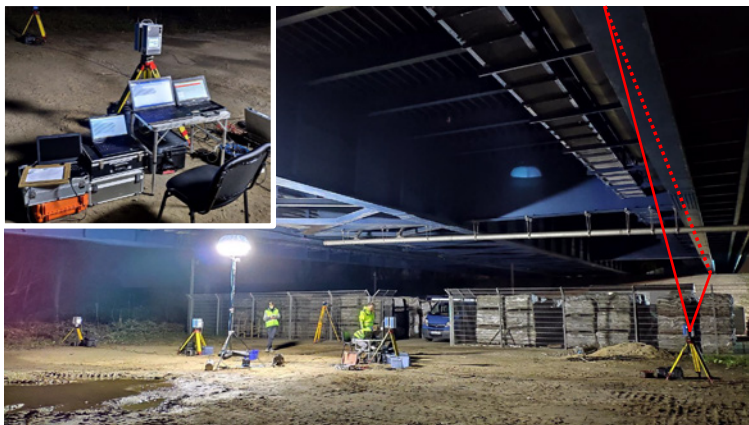


16.11.2020

Monitoring von Brücken

18

Synchrones 2D Laserscanning



16.11.2020

Monitoring von Brücken

19

Invar-Draht-Extensometer

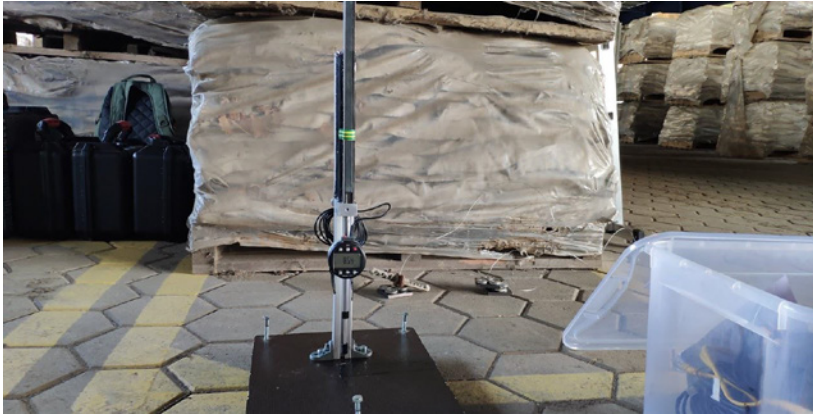


16.11.2020

Monitoring von Brücken

20

Invar-Draht-Extensometer



16.11.2020

Monitoring von Brücken

21

Herausforderungen



16.11.2020

Monitoring von Brücken

22

Herausforderungen

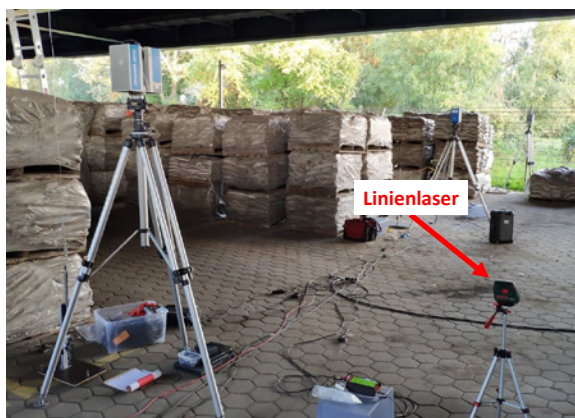


16.11.2020

Monitoring von Brücken

23

Herausforderung: Ausrichtung



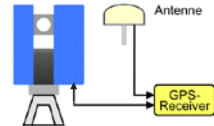
16.11.2020

Monitoring von Brücken

24

Synchronisierung der Scanner

- 4 Scanner (Z+F)
- 2 GNSS Receiver
 - PPS out
 - Trigger input
- Genauigkeit: 0.01 s
- Datenvolumen 32 GB
 - Binäre Profildaten
 - „Triggerdatei“

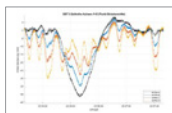


1	Bruecke_ZHFI_96_part1.stx	04.09.2018 23:05	25% Data	256.876 KB
2	Bruecke_ZHFI_96_part2.stx	04.09.2018 23:06	25% Data	256.873 KB
3	Bruecke_ZHFI_96_part3.stx	04.09.2018 23:08	25% Data	256.948 KB
4	Bruecke_ZHFI_96_part4.stx	04.09.2018 23:09	25% Data	256.945 KB
5	Bruecke_ZHFI_96_part5.stx	04.09.2018 23:11	25% Data	256.873 KB
6	Bruecke_ZHFI_96_part7.stx	04.09.2018 23:12	25% Data	256.907 KB
7	Bruecke_ZHFI_96_part8.stx	04.09.2018 23:14	25% Data	256.948 KB
8	Bruecke_ZHFI_96_part9.stx	04.09.2018 23:15	25% Data	256.883 KB
9	Bruecke_ZHFI_96_part10.stx	04.09.2018 23:17	25% Data	256.872 KB
10	Bruecke_ZHFI_96_part11.stx	04.09.2018 23:18	25% Data	256.909 KB
11	Bruecke_ZHFI_96_part12.stx	04.09.2018 23:20	25% Data	256.838 KB
12	Bruecke_ZHFI_96_part13.stx	04.09.2018 23:21	25% Data	256.853 KB
13	Bruecke_ZHFI_96_part14.stx	04.09.2018 23:23	25% Data	256.948 KB
14	Bruecke_ZHFI_96_part15.stx	04.09.2018 23:24	25% Data	256.871 KB
15	Bruecke_ZHFI_96_part16.stx	04.09.2018 23:26	25% Data	256.948 KB
16	Bruecke_ZHFI_96_part17.stx	04.09.2018 23:27	25% Data	256.888 KB
17	Bruecke_ZHFI_96_part18.stx	04.09.2018 23:28	25% Data	118.788 KB
18	Bruecke_ZHFI_96.stx	04.09.2018 23:28	25% Data	256.888 KB

16.11.2020

Monitoring von Brücken

25



Auswertung

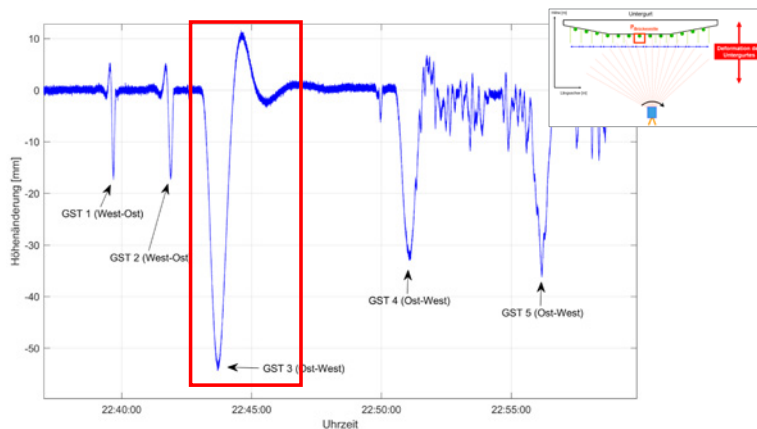
Zeitreihen und statische Nachrechnung

16.11.2020

Monitoring von Brücken

26

GST3 Achse B - Brückenmitte

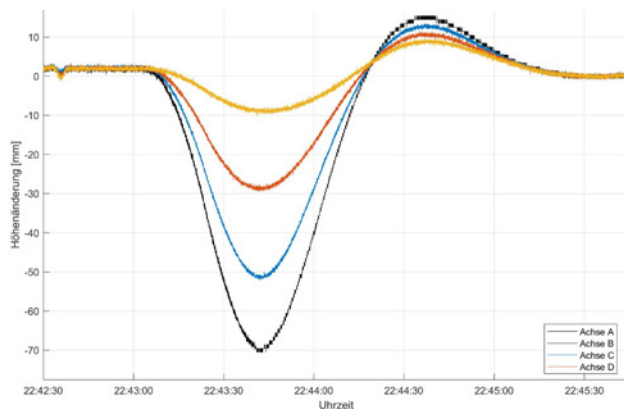


16.11.2020

Monitoring von Brücken

27

GST3 Brückenmitte – Achsen A bis D

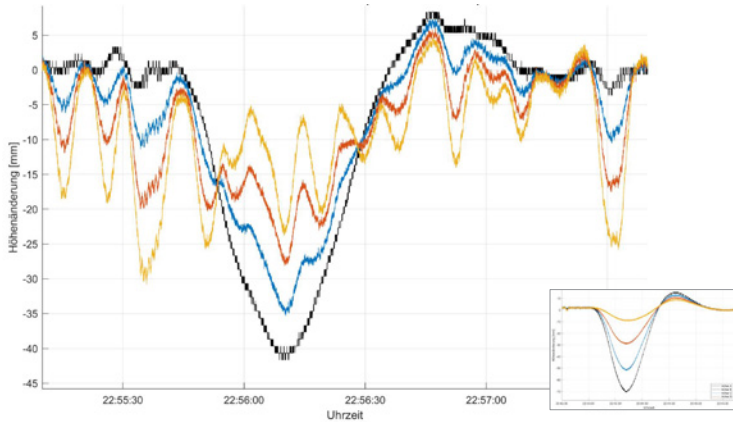


16.11.2020

Monitoring von Brücken

28

GST5 Brückenmitte – Unter Verkehr

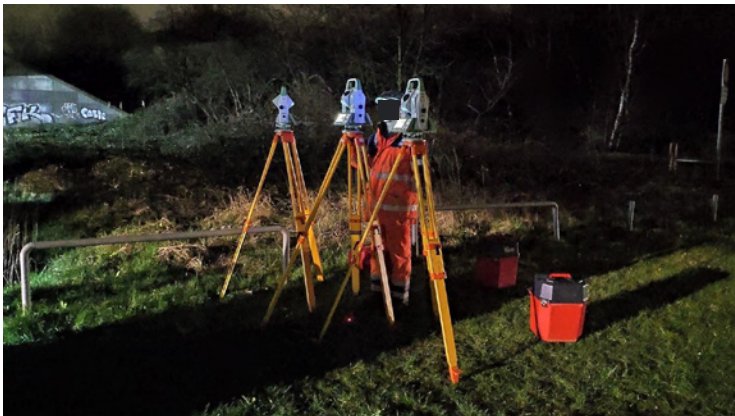


16.11.2020

Monitoring von Brücken

29

Parallele Messung mit Leica MS60

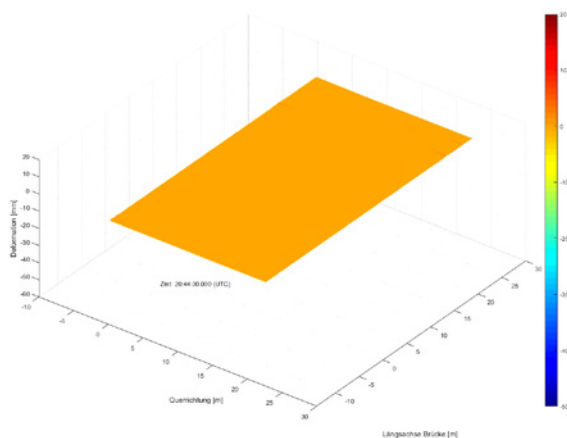


16.11.2020

Monitoring von Brücken

30

Überfahrt des GST

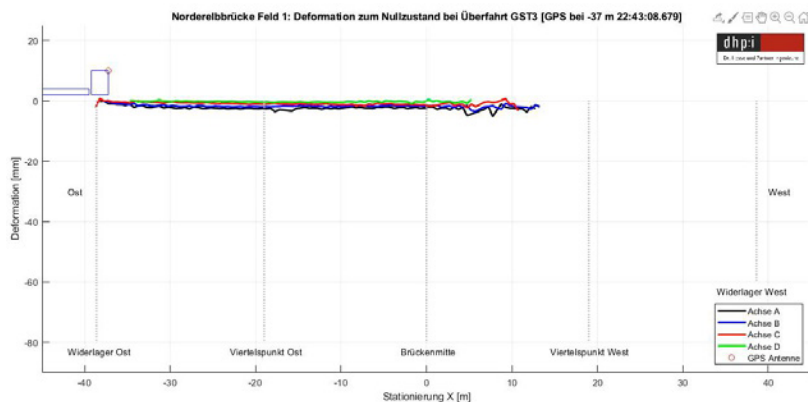


16.11.2020

Monitoring von Brücken

31

Überfahrt GST3 mit Deformation

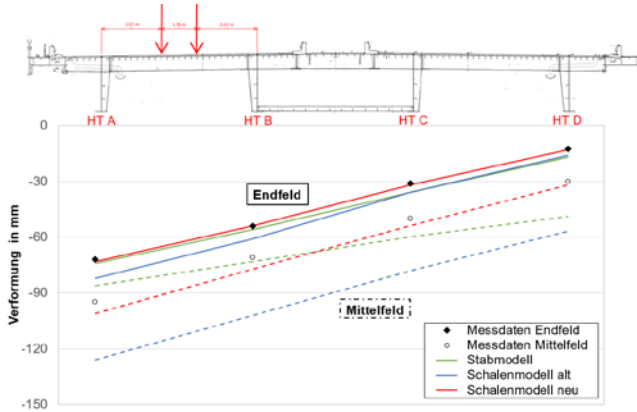


16.11.2020

Monitoring von Brücken

32

Querschnittsverformung Feldmitte

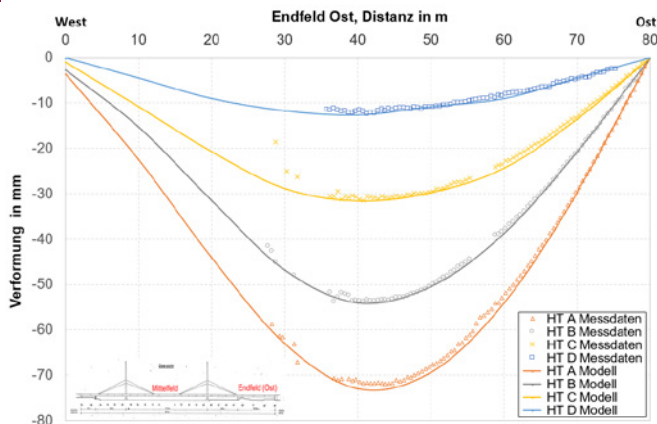


16.11.2020

Monitoring von Brücken

33

Messung – kalibriertes Schalenmodell



16.11.2020

Monitoring von Brücken

34



panta:ingenieure



Vielen Dank!

Dr. Hesse und Partner Ingenieure

Veritaskai 6, 21079 Hamburg

ch@dhpi.com

Tel: 040 5229919-020

www.dhpi.com

16.11.2020

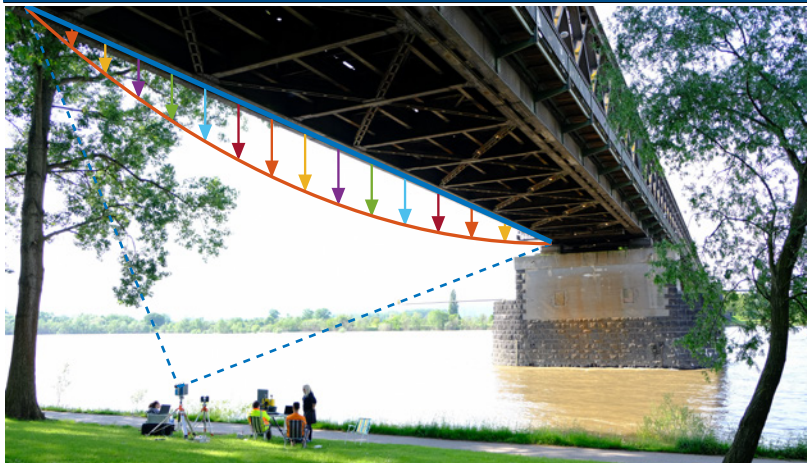
Monitoring von Brücken

35

Monitoring mit Profilsclannern



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 1

Gliederung



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

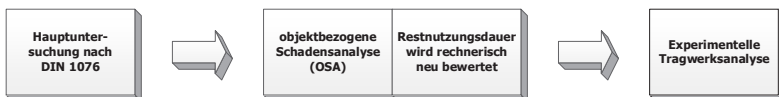
- ▶ Crashkurs: Überwachung von Tragwerken
- ▶ Monitoring mit Profilsclannern
 - ▶ Eisenbahnbrücke: Urmitz
 - ▶ Autobahnbrücke: Siegtal
 - ▶ Eisenbahnbrücke: Schmutter
- ▶ Zusammenfassung

04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 2

Crashkurs: Überwachung von Tragwerken am Beispiel von Brücken



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 3

Crashkurs: Überwachung von Tragwerken am Beispiel von Brücken

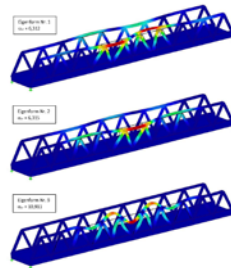


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 3

Crashkurs: Überwachung von Tragwerken am Beispiel von Brücken

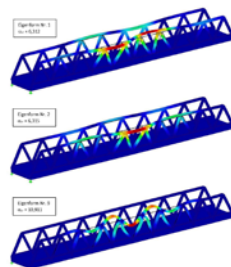


- Digitaler Zwilling:
- Geometrie
 - Materialparameter
 - Sicherheitsbeiwerte

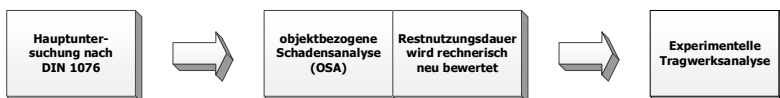


04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 3

Crashkurs: Überwachung von Tragwerken am Beispiel von Brücken



- Digitaler Zwilling:
- Geometrie
 - Materialparameter
 - Sicherheitsbeiwerte
- Komplexe oder unklare Schäden?
- Unstimmigkeiten bei Restnutzungsdauerberechnung



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 3

Crashkurs: Überwachung von Tragwerken Sensorinstallation



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



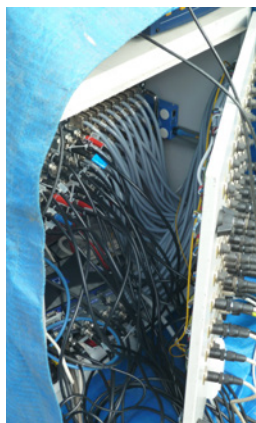
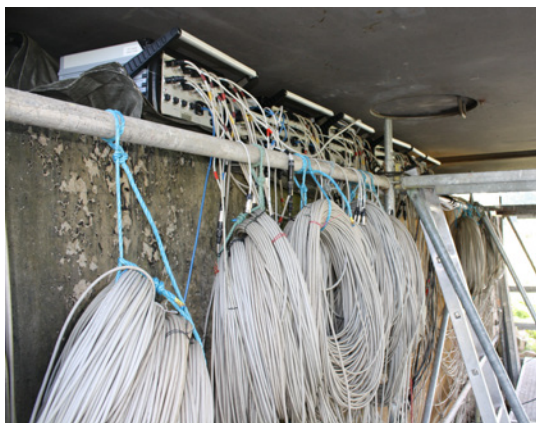
- Sperrung/Sicherheit?
- Sensoranzahl und Position?
- Beschädigung notwendig?

04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 4

Crashkurs: Überwachung von Tragwerken Verkabelung



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 4

Crashkurs: Überwachung von Tragwerken

Herausforderung: Verschiebungsmessungen (taktil)



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 4

Monitoring mit Profilsclannern

Eisenbahnbrücke Urmitz



- ▶ **Lasermessung**
 - ▶ Berührungslos
 - ▶ Zerstörungsfrei
 - ▶ Unabhängig von Umgebungsbedingungen
 - ▶ Augensicher
- ▶ Messgeschwindigkeit: bis zu **200 Hz**
- ▶ Messentfernung: bis zu **350 m**
- ▶ hochgenaue **GPS-Zeit**

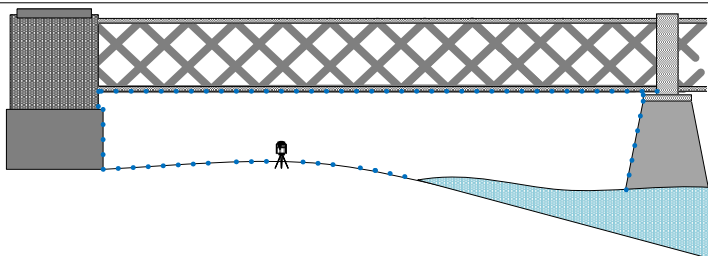
04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 5

Monitoring mit Profilsclannern Eisenbahnbrücke Urmitz



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 5

Monitoring mit Profilsclannern Eisenbahnbrücke Urmitz: Längsprofil



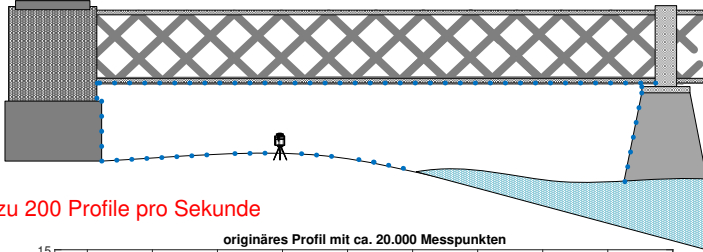
04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 6

Monitoring mit Profilsclannern

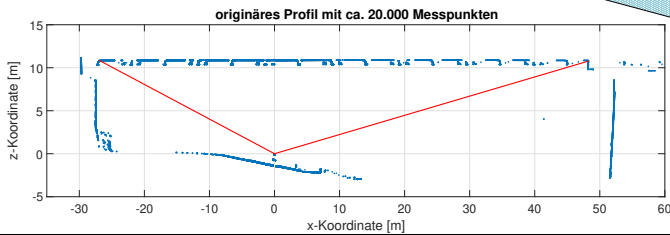
Eisenbahnbrücke Urmitz: Längsprofil



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



bis zu 200 Profile pro Sekunde



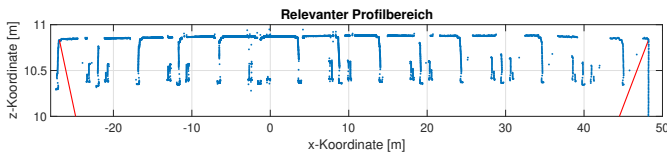
04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 6

Monitoring mit Profilsclannern

Eisenbahnbrücke Urmitz: Automatische Analyse



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



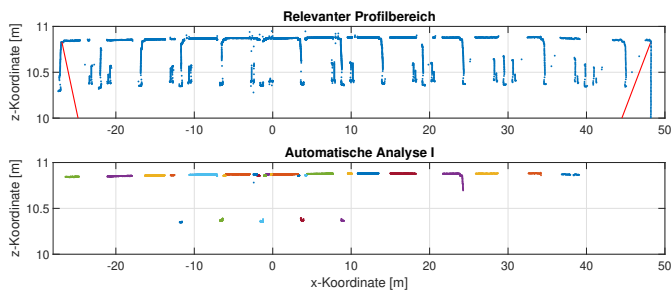
04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 7

Monitoring mit Profilsclannern

Eisenbahnbrücke Urmitz: Automatische Analyse



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



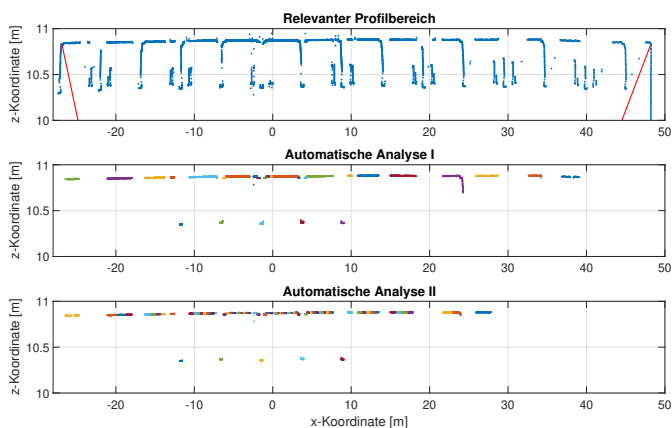
04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 7

Monitoring mit Profilsclannern

Eisenbahnbrücke Urmitz: Automatische Analyse



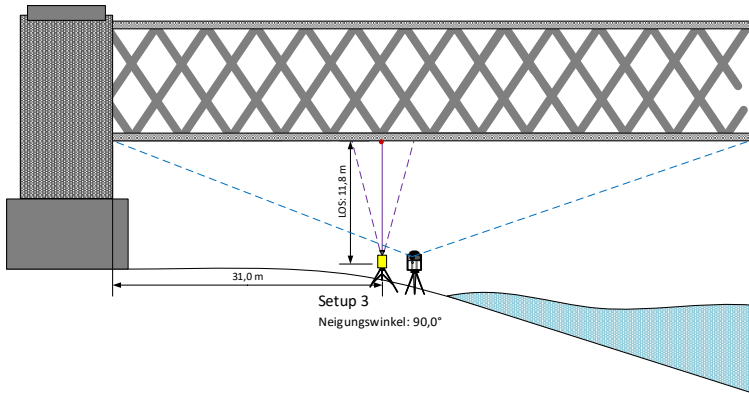
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 7

Monitoring mit Profilsclannern

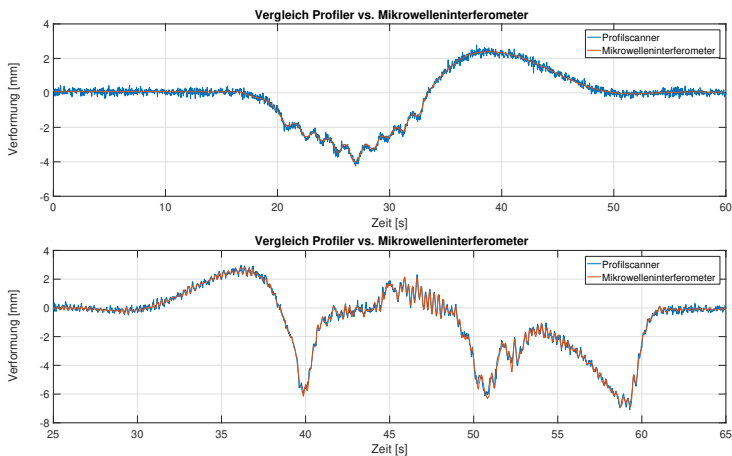
Eisenbahnbrücke Urmitz: Vergleich mit IBIS-S



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 8

Monitoring mit Profilsclannern

Eisenbahnbrücke Urmitz: Vergleich mit IBIS-S



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 8

Monitoring mit Profilsclannern

Autobahnbrücke Siegtal



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 9

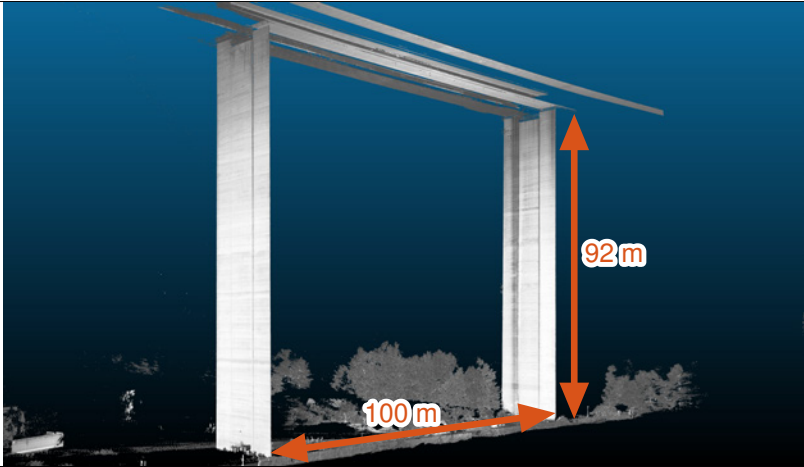
Monitoring mit Profilsclannern

Autobahnbrücke Siegtal



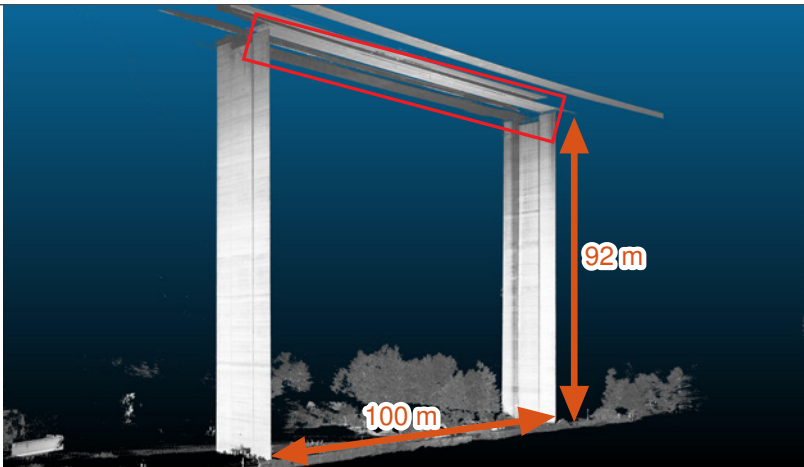
04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 9

Monitoring mit Profilsclannern Autobahnbrücke Siegtal



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 9

Monitoring mit Profilsclannern Autobahnbrücke Siegtal



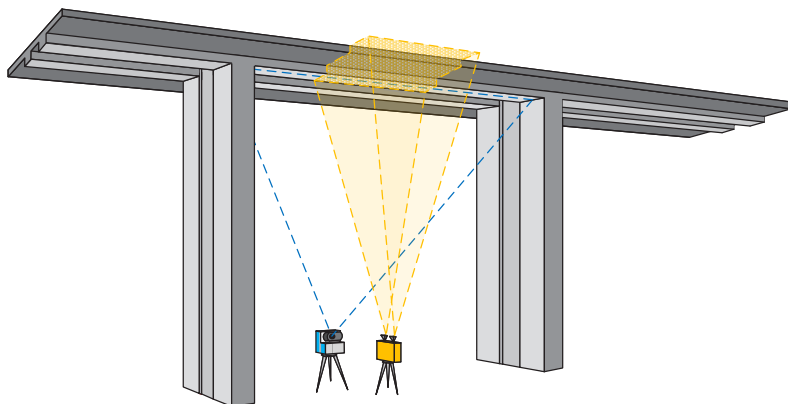
04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 9

Monitoring mit Profilsclannern

Autobahnbrücke Siegtal: **Profilsclanner** vs. **IBIS-S**



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



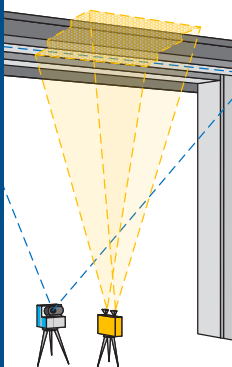
04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 10

Monitoring mit Profilsclannern

Autobahnbrücke Siegtal: **Profilsclanner** vs. **IBIS-S**



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



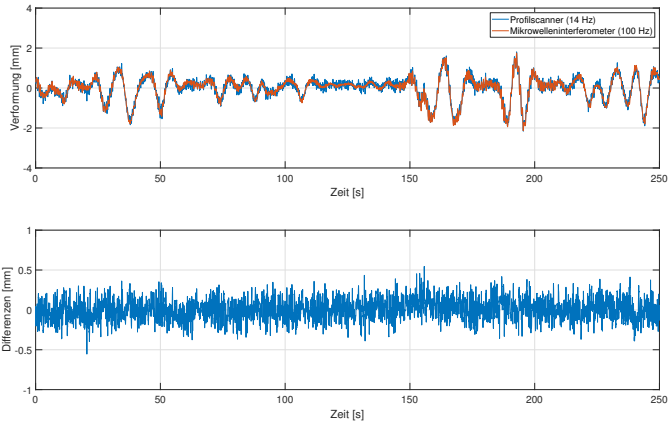
04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 10

Monitoring mit Profilsclannern

Autobahnbrücke Siegtal: **Profilsclanner** vs. **IBIS-S**



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



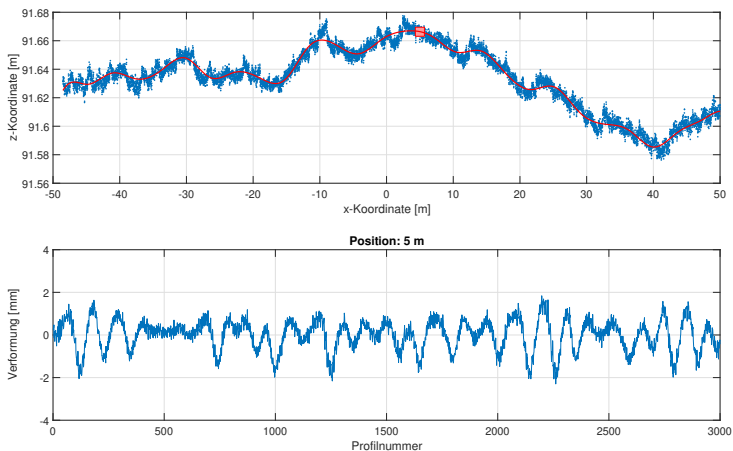
04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 10

Monitoring mit Profilsclannern

Räumliche Auswertung mittels B-Splines



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



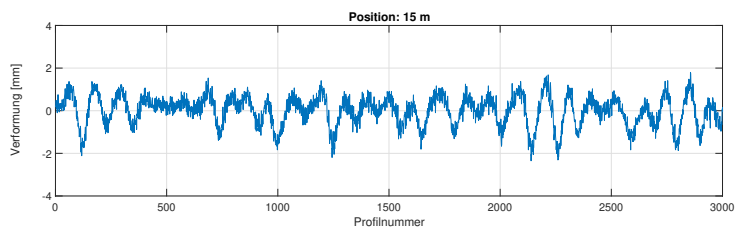
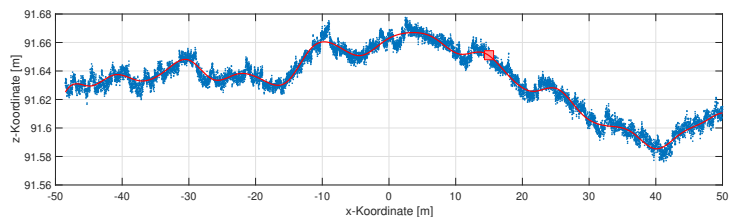
04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 11

Monitoring mit Profilsclannern

Räumliche Auswertung mittels B-Splines



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



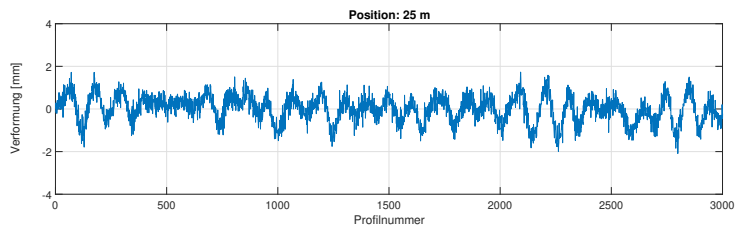
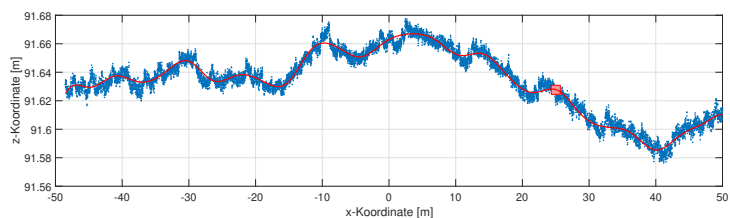
04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 11

Monitoring mit Profilsclannern

Räumliche Auswertung mittels B-Splines



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 11

Monitoring mit Profilsclannern

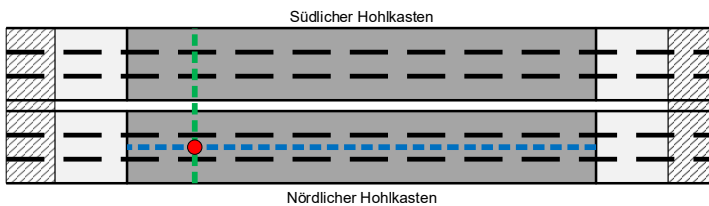
Eisenbahnbrücke Schmutter



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 12

Monitoring mit Profilsclannern

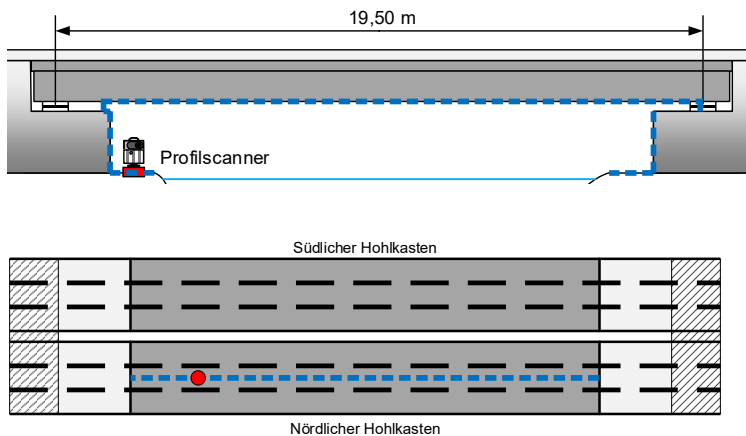
Messkonfiguration 1 und Messkonfiguration 2



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 12

Monitoring mit Profilsclannern

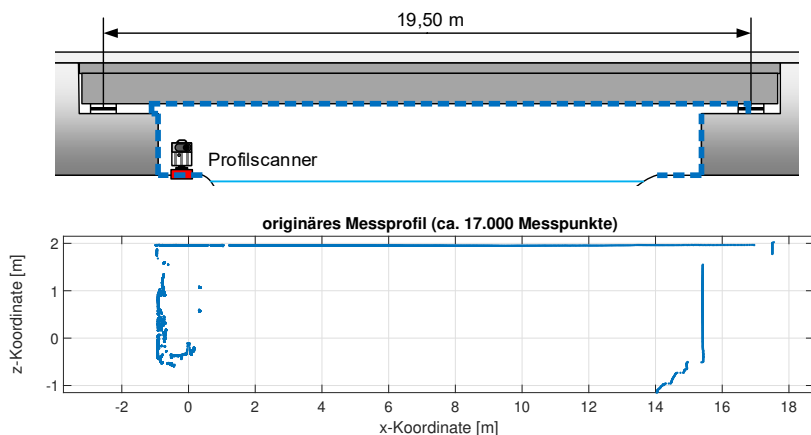
Originäres Messprofil in Konfiguration 1



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 12

Monitoring mit Profilsclannern

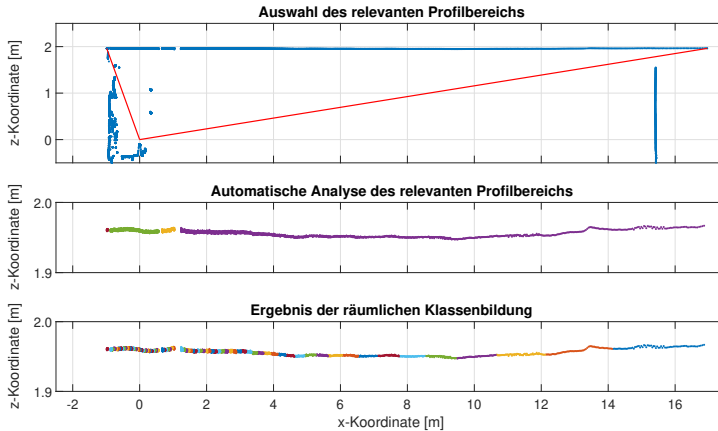
Originäres Messprofil in Konfiguration 1



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 12

Monitoring mit Profilschnern

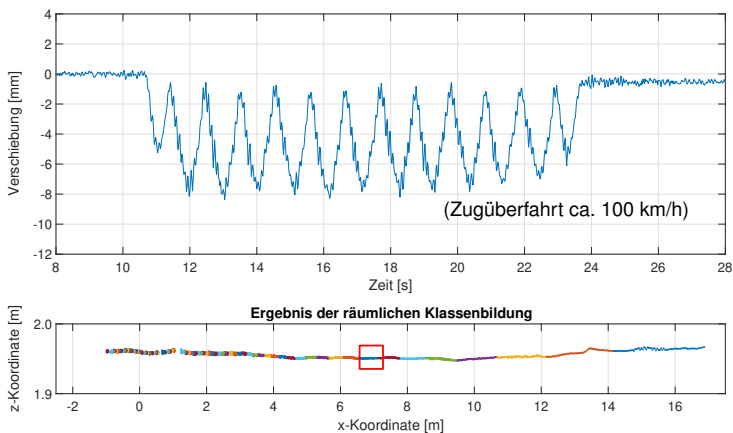
Räumliche Prozessierung



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 12

Monitoring mit Profilschnern

Dynamische Verschiebung und statische Deformation in Klasse 8



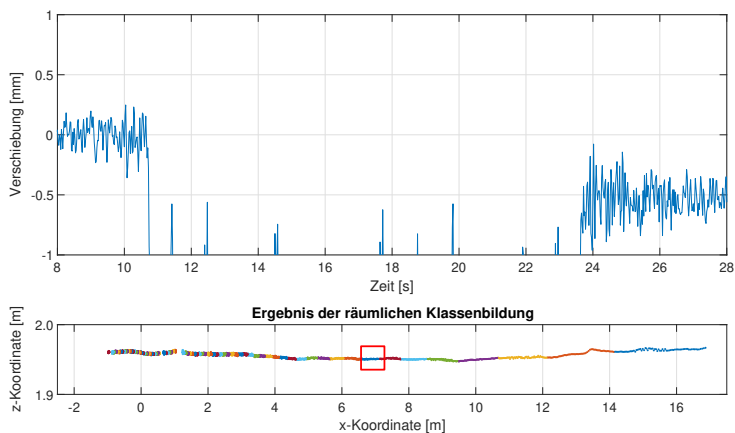
04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 13

Monitoring mit Profilsclannern

Statische Deformation in Klasse 8



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



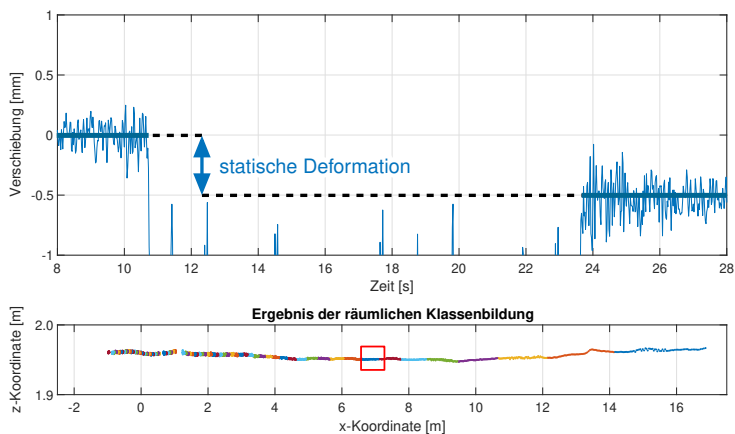
04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 13

Monitoring mit Profilsclannern

Statische Deformation in Klasse 8



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



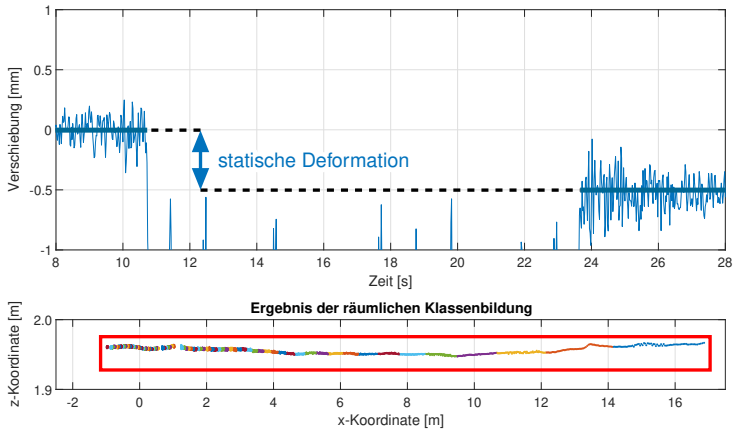
04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 13

Monitoring mit Profilsclannern

Statische Deformation infolge einer Zugüberfahrt



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



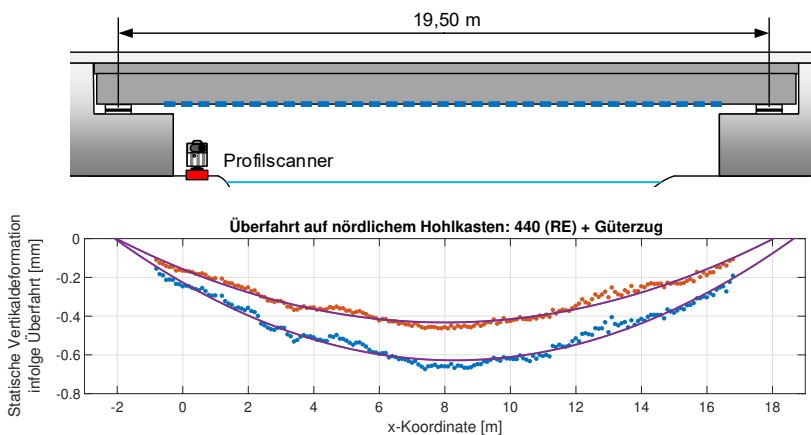
04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 13

Monitoring mit Profilsclannern

Statische Deformation infolge einer Zugüberfahrt



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



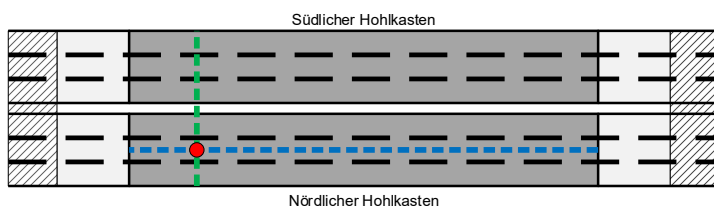
04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 13

Monitoring mit Profilsclannern

Statische Deformation im Querprofil



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



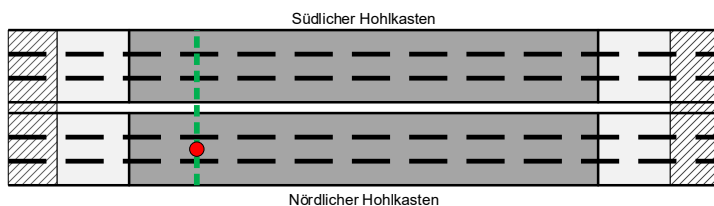
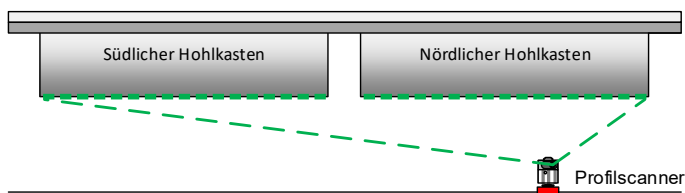
04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 14

Monitoring mit Profilsclannern

Statische Deformation im Querprofil



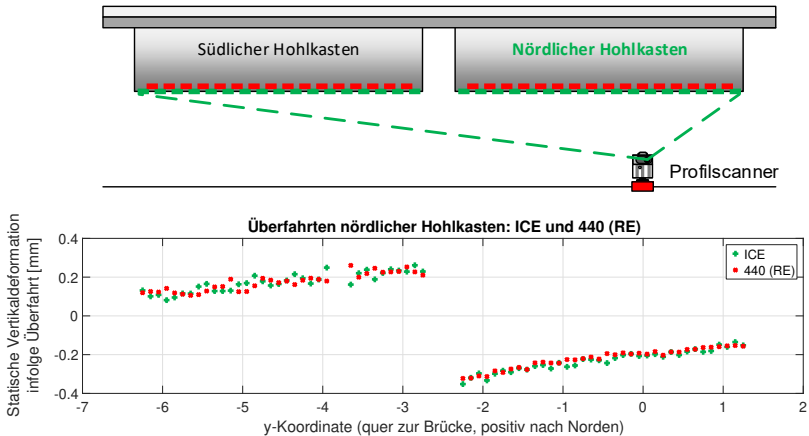
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 14

Monitoring mit Profilsclannern

Statische Deformation infolge von 2 unabhängigen Zugüberfahrten (nördlicher Hohlkasten)



04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 14

Zusammenfassung



- ▶ Verringerung der Messdauer
- ▶ Senkung des Mess- und Instrumentierungsaufwands bei der Tragwerksüberwachung
- ▶ Detaillierte Erfassung von Biegelinien am Tragwerk
- ▶ Umfassendere Validierung von Tragwerksmodellierungen

04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 15

Monitoring mit Profilsclannern



Dr.-Ing. Florian Schill
Prof. Andreas Eichhorn
**Institut für Geodäsie -
FG Geodätische Messsysteme und Sensorik**
Technische Universität Darmstadt
phone: +49 6151 16 21915
mail: schill@geod.tu-darmstadt.de

04.12.2020 | Florian Schill, Andreas Eichhorn | 16

Der permanente Einsatz von Long Range Laser Scannern im Monitoring – Speziallösungen mittels offener Python-Schnittstellen

Nikolaus Studnicka | Daniel Schröder



Der permanente Einsatz von Long Range Laser Scannern im Monitoring

Speziallösungen mittels offener Python-Schnittstellen

Nikolaus Studnicka (RIEGL) und Daniel Schröder (DMT)

TUV NORD GROUP

Agenda



01	DMT: INGENIEURDIENSTLEISTER IM BERGBAU UND INFRASTRUKTURBEREICH
02	DEFINITION DES MONITORINGS
03	TLS-MONITORING (STATE OF THE ART – CHANCEN – HERAUSFORDERUNGEN)
04	DMT SAFEGUARD
05	RIEGL: TERRESTRISCHER LASER SCANNER MIT PYTHON PROGRAMMIERSCHNITTSTELLE
06	DMT SAFEGUARD TLS-MONITORING UND ANWENDUNGSBEISPIELE
07	FAZIT UND AUSBLICK

Engineering. Insight. Values.

01 DMT: INGENIEURDIENSTLEISTER IM BERGBAU UND INFRASTRUKTURBEREICH

DMT als Teil der TÜV NORD GROUP



TÜV NORD GROUP

Zentrale in Hannover, Deutschland



Industrieservice,
Mobilität, Bildung



Engineering und Rohstoffe



Aerospace



Informationstechnik

Engineering. Insight. Values.

01 DMT: INGENIEURDIENSTLEISTER IM BERGBAU UND INFRASTRUKTURBEREICH

Historie und Hintergrund



Die Wurzeln der DMT reichen zurück
bis in das Jahr **1737**



Ca. **1.100 Mitarbeiter**, vorwiegend
mit akademischem Hintergrund



Die DMT Group umfasst **14**
Gesellschaften und **mehr als 30**
Niederlassungen weltweit



Kompetenz, Innovation und **Sicherheit**
sind Leitthemen der DMT

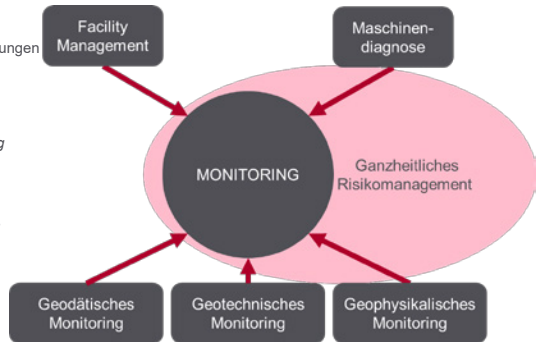
Engineering. Insight. Values.

02 DEFINITION DES MONITORINGS

Was bedeutet Monitoring?



- Das Erkennen aller systematischen Veränderungen an einem zu beobachtenden Objekt (HEUNECKE, 2003)
- ISO DIN 16484: „...Beobachtung des Ist-Zustandes einer Einheit und Signalisierung einer definierten Abweichung vom Normalzustand...“
- Teil eines ganzheitlichen Risikomanagements
 - Unternehmerische Risiken
 - Infrastrukturelle Risiken
 - Risiken gilt es zu minimieren und zu überwachen



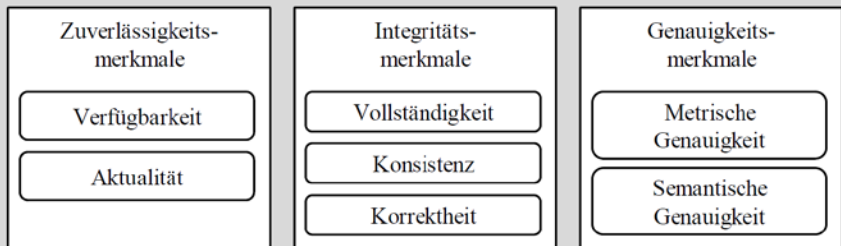
Engineering. Insight. Values.

02 DEFINITION DES MONITORINGS

“Aus Daten werden Informationen”



Qualitätsmerkmale für Informationen



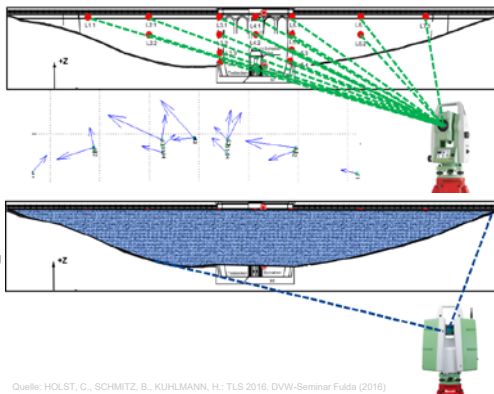
Quelle: HEUNECKE, O., KUHLMANN, H., WELSCH, W., EICHORN, A. & NEUNER, H.: Handbuch Ingenieurgeodäsie – Auswertung geodätischer Überwachungsmessungen. Wichmann Verlag, Heidelberg (2013)

Engineering. Insight. Values.

03 TLS-MONITORING (STATE OF THE ART – CHANCEN – HERAUSFORDERUNGEN)

State of the Art

- Aufgaben innerhalb eines geodätischen Monitorings
 - Wahl von Aufnahmestandpunkten
 - Daten in mindestens 2 Epochen messen
 - Georeferenzierung der Sensorik
- Diskretisierung des Objektes durch Zielmarken
 - Zeit- und Kostenaufwendige Installation
 - Vorinformation zum Bewegungsverhalten ist notwendig
 - Qualität der Vorinformation ist essentiell für weitere Entscheidung
 - Bewegungen bleiben u.U. unerkannt



Quelle: HOLST, C., SCHMITZ, B., KUHLMANN, H.: TLS 2016. DVW-Seminar Fulda (2016)

Engineering. Insight. Values.

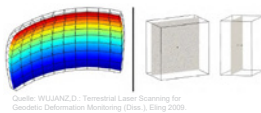
03 TLS-MONITORING (STATE OF THE ART – CHANCEN – HERAUSFORDERUNGEN)

Chancen

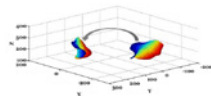
- Paradigmenwechsel in der Ingenieurgeodäsie
 - Einsatz von flächenhaft messenden Sensoren nimmt zu
- Räumliche Diskretisierung nicht mehr vorab notwendig
 - Quasi-Flächenhafte Vermessung
- Reflektorlose Messtechnik
 - Vermarktung und Notwendigkeit von Vorwissen entfällt
- Reichweiten von bis zu wenigen Kilometern
 - Gefährdete Bereiche müssen nicht betreten werden
- **ABER:** Neue Methoden werden nötig um das funktionale Modell einer Deformationsanalyse basierend auf Laser Scannern aufzubauen



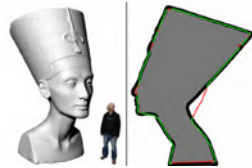
Quelle: WUJANZ, D.: Terrestrial Laser Scanning for Geodetic Deformation Monitoring (Diss.), Universität zu Köln, Februar 2012



Quelle: WUJANZ, D.: Terrestrial Laser Scanning for Geodetic Deformation Monitoring (Diss.), Erlang 2009



Quelle: HARMENING, B., NEUBER, H.: Detecting Rigid Body Movements from TLS-Based Aerial Deformation Measurements, FIG Working Week 2016

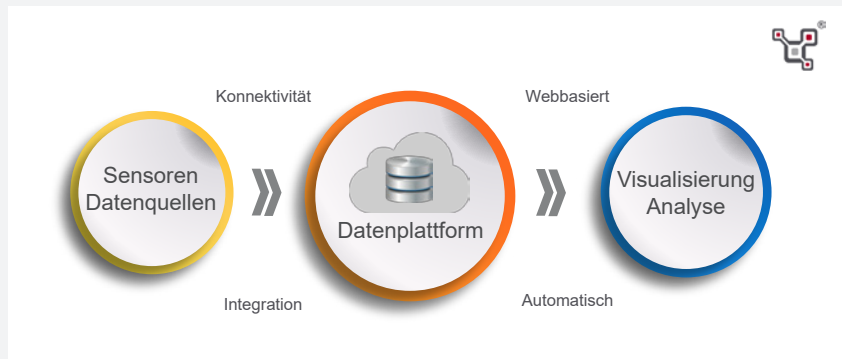


Quelle: WUJANZ, D.: Terrestrial Laser Scanning for Geodetic Deformation Monitoring (Diss.)

Engineering. Insight. Values.

04 DMT SAFEGUARD

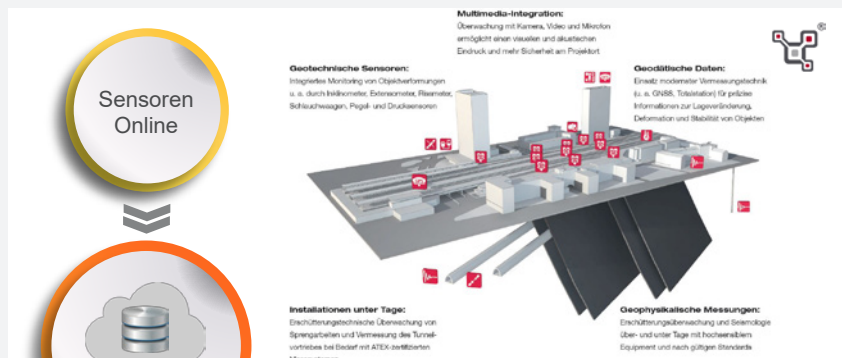
DMT SAFEGUARD - Monitoring Plattform



Engineering. Insight. Values.

04 DMT SAFEGUARD

DMT SAFEGUARD - Monitoring Plattform



Engineering. Insight. Values.

04 DMT SAFEGUARD

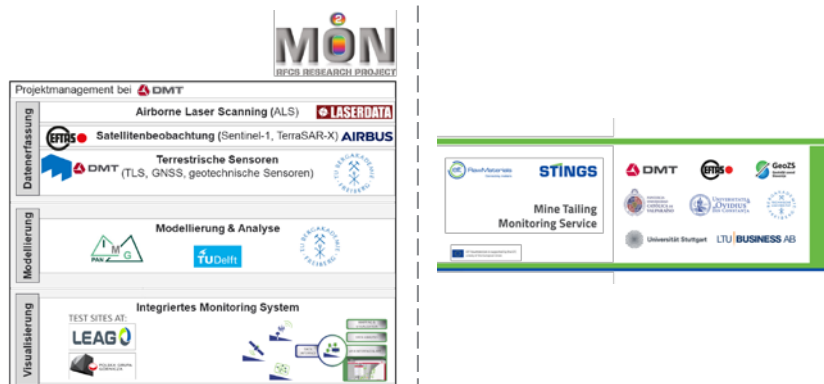
DMT SAFEGUARD - Monitoring Plattform



Engineering. Insight. Values.

04 DMT SAFEGUARD

Forschung und Weiterentwicklung der Monitoring Plattform



Engineering. Insight. Values.

05 TERRESTRISCHER LASER SCANNER MIT PYTHON PROGRAMMIERSCHNITTSTELLE

3D Terrestrial Laser Scanning System



RIEGL



DMT

	RIEGL VZ-400i	RIEGL VZ-2000i
Reichweite	0.5 bis 800 m	1 bis 2500 m
Präzision	3 mm	3 mm
Genauigkeit	5 mm	5 mm
Strahldivergenz	0.35 mrad	0.27 mrad
Gesichtsfeld	360°x100°	
Standard Scanmuster	„Panorama40“ (40mdeg = 7mm@10m) max. 50 Scanpositionen / h (Scans & Fotos)	kurze Entfernungen: „Panorama40“ große Entfernungen: hoch aufgelöste Detailscans

Ein RIEGL Laserscanner arbeitet grundsätzlich nach dem Impuls-Laufzeit Verfahren. Er ist mehrzielfähig, analysiert den Empfangsimpuls und kann so Werte wie Reflectance oder Deviation liefern.



Engineering. Insight. Values.

05 TERRESTRISCHER LASER SCANNER MIT PYTHON PROGRAMMIERSCHNITTSTELLE

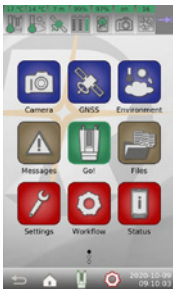
Python Apps



RIEGL



DMT



“Home Screen”:
Standard Apps



weitere “Screens”:
Python Apps
zum Teil adaptierbar

Eine Beschreibung der Python Programmier-Befehle ist am Scanner hinterlegt.

Eine App besteht aus:

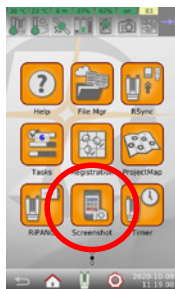
- einem Python Skript
- einem Logo
- einer Kurzbeschreibung



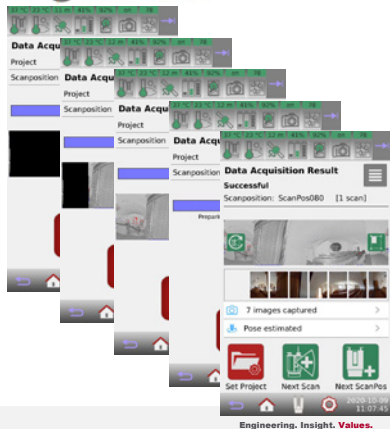
Engineering. Insight. Values.

05 TERRESTRISSCHER LASER SCANNER MIT PYTHON PROGRAMMIERSCHNITTSTELLE

Python App: "Screenshot"



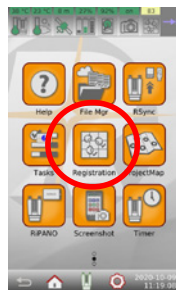
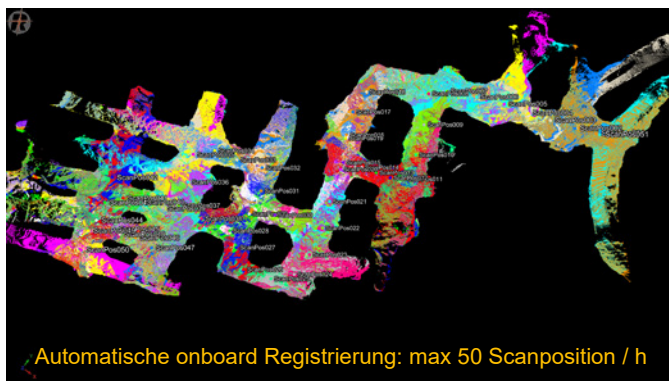
Die Python App „Screenshot“ generiert automatisch (zum Beispiel jede Sekunde) eine Bildschirmkopie des Scanners. Maximal 5 Tage werden diese am Scanner gespeichert.



Engineering. Insight. Values.

05 TERRESTRISSCHER LASER SCANNER MIT PYTHON PROGRAMMIERSCHNITTSTELLE

Python App: "Registration"



Engineering. Insight. Values.

05 TERRESTRISSCHER LASER SCANNER MIT PYTHON PROGRAMMIERSCHNITTSTELLE

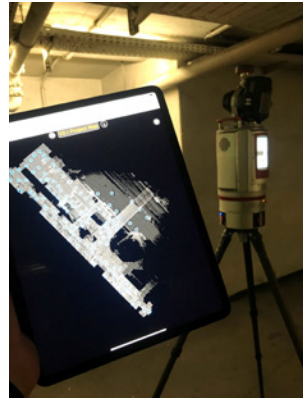
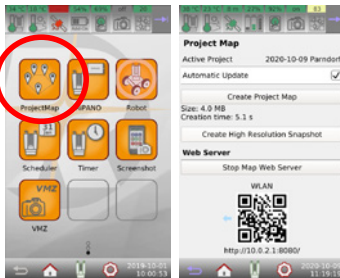
Python App: "Project Map"



RIEGL®



DMT



Die Python App „Project Map“ erzeugt in Echtzeit eine Karte der bereits registrierten Scanpositionen. Die sogenannten „Project Voxel“ werden ebenfalls von oben angezeigt. Die dabei entstehende Karte wird in den Browser eines mobilen Gerätes via WLAN übertragen.

Engineering. Insight. Values.

05 TERRESTRISSCHER LASER SCANNER MIT PYTHON PROGRAMMIERSCHNITTSTELLE

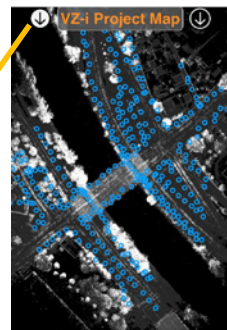
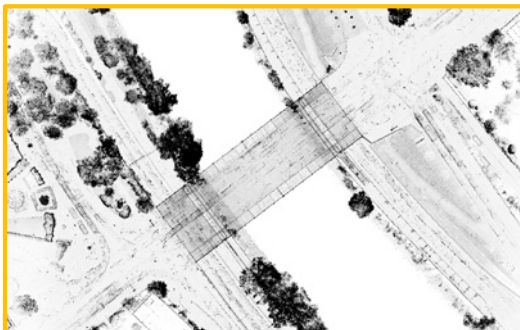
Python App: "Project Map"



RIEGL®



DMT



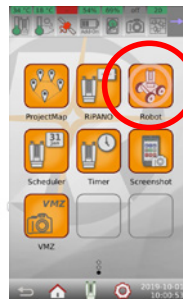
Am Ende eines Scanprojektes kann man am Scanner ein hochauflösendes Bild erstellen, auf das mobile Gerät übertragen und bei Bedarf verschicken.

Engineering. Insight. Values.

05 TERRESTRISCHER LASER SCANNER MIT PYTHON PROGRAMMIERSCHNITTSTELLE

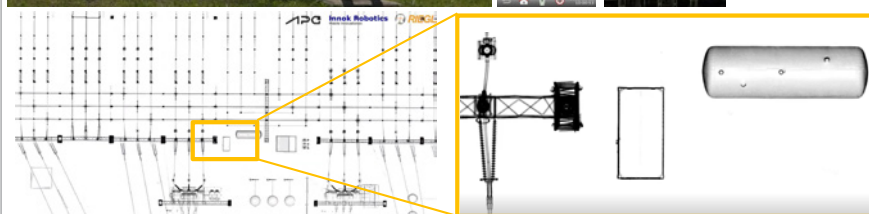
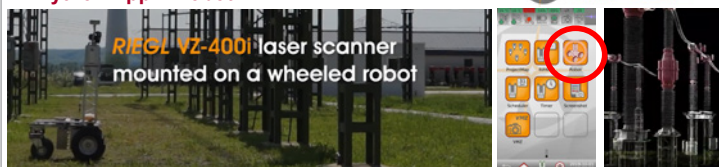


Die Python App „Robot“ ermöglicht den Vermessungsvorgang zu automatisieren. Nach einer registrierten Scanposition wird ein Fahrbefehl an einen Radroboter gesendet (Drehung und Distanz zum nächsten Wegpunkt). Dieser Innok Heros Roboter arbeitet mit einem **RIEGL VZ-400i** Laserscanner.

[illegible]

Engineering. Insight. **Values.**

05 TERRESTRISCHER LASER SCANNER MIT PYTHON PROGRAMMIERSCHNITTSTELLE



Die erzielbare Genauigkeit liegt unter einem Zentimeter, auch bei Hunderten Scanpositionen.

Engineering. Insight. **Values.**

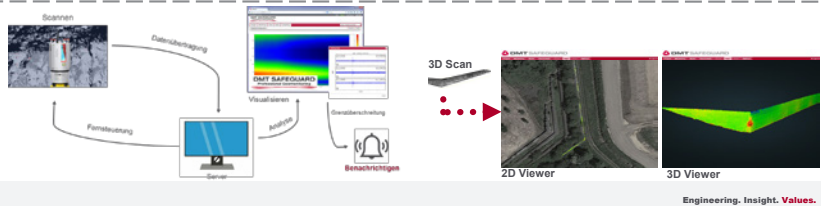
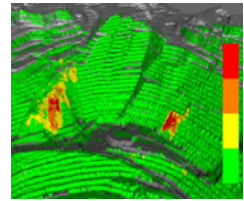
06 DMT SAFEGUARD TLS-MONITORING UND ANWENDUNGSBEISPIELE

DMT SAFEGUARD - One-Stop Service for Monitoring



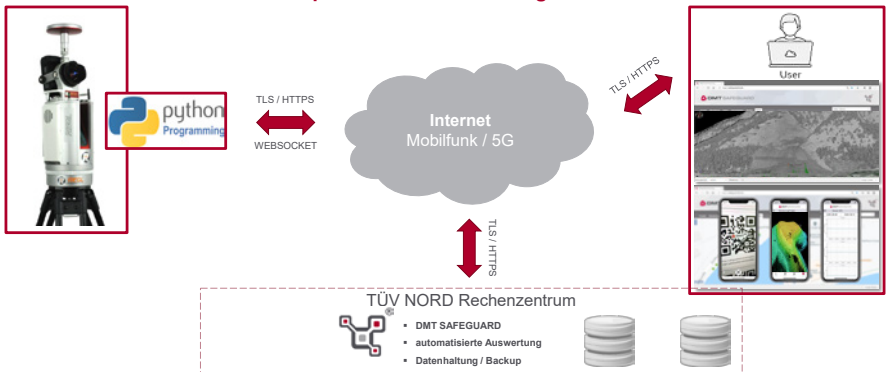
TLS-Monitoring

- RIEGL liefert Hard- und Softwarearchitektur
- Einrichtung einer permanenten Station
- 3D-Scan eines Gefahrenbereichs in bestimmten Zeitintervallen (z.B. alle 30 Minuten)
- Neigungsberechnungen
- Böschungs- und Hangstabilität
- Berechnung von Volumen



06 DMT SAFEGUARD TLS-MONITORING UND ANWENDUNGSBEISPIELE

DMT SAFEGUARD - One-Stop Service for Monitoring



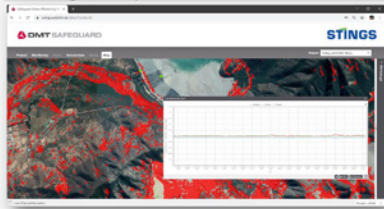
Engineering. Insight. Values.

Anwendungsbeispiel I+II



CHILE – Tailing Monitoring

- EIT STINGS – Supervision of Tailings
- Satellitenradar + Low Cost GNSS seit Oktober 2019
- Testkampagne 2021: Kontinuierliches Laserscanning + Erschütterungsmesstechnik → Zustandsüberwachung nach Erdbeben
- Dam: 2,5 km Länge und 125 m hoch (80 km nördlich von Santiago de Chile)



LEAG – Flutung Cottbuser Ostsee

- Testgebiet innerhalb von I'MON
- Alter Tagebau in der Nähe von Cottbus
- Wird in den nächsten Jahren kontrolliert geflutet
- Rutschung an den Böschungen ist gewollt und wird stattfinden
- Kontinuierliche Messstation (RIEGL VZ-2000i) ab November 2020



Engineering. Insight. Values.

Anwendungsbeispiel III



- RIEGL VZ-2000i
- 7 Meteorologische Sensoren
- 2 Inklinometer
- Router + Smart Steckdose
- 21 Glasprismen

2 Ziele:

- Datensatz für Forschungsarbeiten (10.08. bis 08.09.2020) → Scanregistrierung und zeitlich variable Effekte
- Entwicklung der TLS-Monitoring-Anwendung (09.09. bis 23.10.2020)



Engineering. Insight. Values.

07 FAZIT UND AUSBLICK



- Der Paradigmenwechsel innerhalb der Ingenieurgeodäsie und benachbarten Disziplinen geht unaufhörlich weiter
- Messaufgaben werden immer weiter automatisiert und es können große Mengen an Daten in kürzester Zeit erfasst werden
- Die Welt wird sich im Rahmen von IoT-Themen immer weiter vernetzen
- 5G und beispielsweise Starlink unterstützen die Entwicklung und werden Services auf ein neues Level heben
- **Massendaten und Informationen gilt es qualitativ zu bewerten und nicht einfach hinzunehmen!**

Engineering. Insight. **Values.**



DMT GmbH & Co. KG
Am TÜV 1
45307 Essen, Germany

RIEGL Laser Measurement Systems GmbH
Riedenburgstr. 48
3580 Horn, Austria

Daniel Schröder M.Sc.
Head of Engineering Surveying
daniel.schroeder@dm-group.com
+49 201 172 1856



DI Nikolaus Studnicka
Manager, Business Division TLS
NStudnicka@riegl.com
+43 2982 4212



Connect with us on LinkedIn
DMT CIVIL & MINING ENGINEERING

Engineering. Insight. **Values.**

Session 4: Mobile Mapping



Mobile Mapping Technologien und Marktübersicht

Lasse Klingbeil, Isabel Gelfort, Heiner Kuhlmann

Institut für Geodäsie und Geoinformation
Universität Bonn



Mobile Mapping Technologien und Marktübersicht

Was ist Mobile Mapping?

Wie ist ein Mobile Mapping System aufgebaut?

Wie sind einzelne Systemkomponenten realisiert?

Mobile Mapping Technologien und Marktübersicht

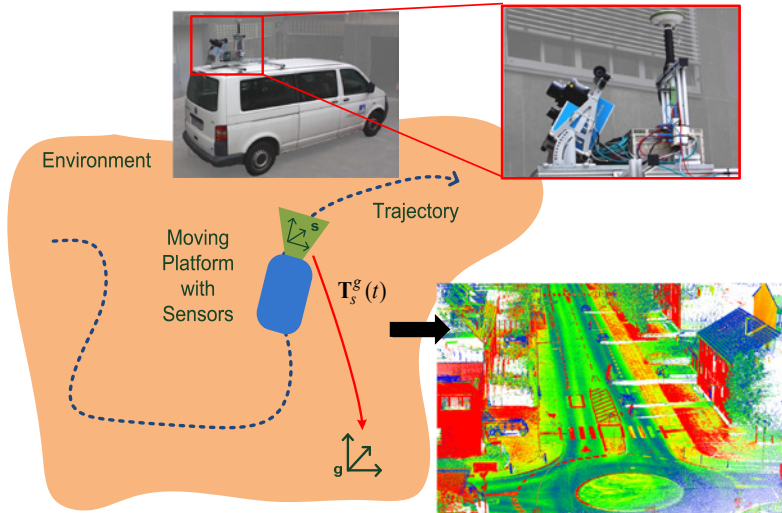
Welche kommerziellen Systeme gibt es?

Wie unterscheiden sie sich?

Wofür werden sie eingesetzt?

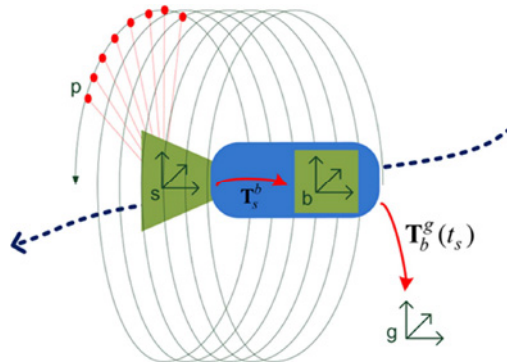
(nicht vollständig, basierend auf Herstellerangaben)

Mobile Mapping



T: Rotation + Translation

$$\mathbf{p}_{object}^{global}(t_s) = \mathbf{T}_{body}^{global}(t_s) \cdot \mathbf{T}_{sensor}^{body} \cdot \mathbf{p}_{object}^{sensor}(t_s)$$



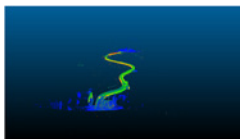
Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020

slide 5

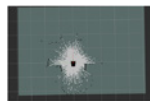
Sensorsynchronisierung

$$\mathbf{p}_{object}^{global}(t_s) = \mathbf{T}_{body}^{global}(t_s) \cdot \mathbf{T}_{sensor}^{body} \cdot \mathbf{p}_{object}^{sensor}(t_s)$$

**Punktwolke/
Produkt/
Anwendung**



**Trajektorien-
bestimmung**



**System-
kalibrierung/
Plattform**



**Objektraum-
sensorik**



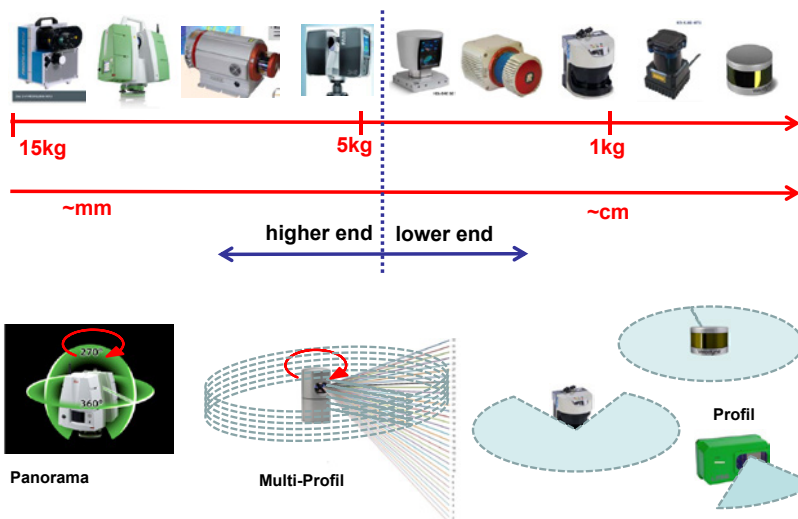
Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020

slide 6

$$\underbrace{p_{object}^{global}(t_s)}_{\text{Punktwolke/ Produkt/ Anwendung}} = \underbrace{T_{body}^{global}(t_s)}_{\text{Trajektorienbestimmung}} \cdot \underbrace{T_{sensor}^{body}}_{\text{Systemkalibrierung/ Plattform}} \cdot \underbrace{p_{object}^{sensor}(t_s)}_{\text{Objektraum-sensorik}}$$



Objektraumsensorik: Laserscanner



$$\underbrace{P_{object}^{global}(t_s)}_{\text{Punktwolke/ Produkt/ Anwendung}} = \underbrace{T_{body}^{global}(t_s)}_{\text{Trajektorienbestimmung}} \cdot \underbrace{T_{sensor}^{body}}_{\text{Systemkalibrierung/ Plattform}} \cdot \underbrace{P_{object}^{sensor}(t_s)}_{\text{Objektraum-sensorik}}$$



Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020

slide 9

Plattformen



Lasse Klingbeil - MST2018

$$\underbrace{p_{object}^{global}(t_s)}_{\text{Punktwolke/ Produkt/ Anwendung}} = \underbrace{T_{body}^{global}(t_s)}_{\text{Trajektorienbestimmung}} \cdot \underbrace{T_{sensor}^{body}}_{\text{Systemkalibrierung/ Plattform}} \cdot \underbrace{p_{object}^{sensor}(t_s)}_{\text{Objektraum-sensorik}}$$



Trajektorienbestimmung

GNSS/IMU Kopplung

• Positions- /Rotationsbestimmung mit Inertialsensoren

- Drehratensensoren
- Beschleunigungssensoren
- Strapdownintegration

• GNSS

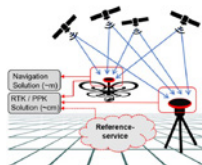
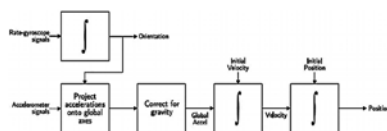
- Differentielle Trägerphasen-basierte Prozessierung (~cm)
- Absolute Code-basierte Prozessierung (~m)

• GNSS/IMU Fusion

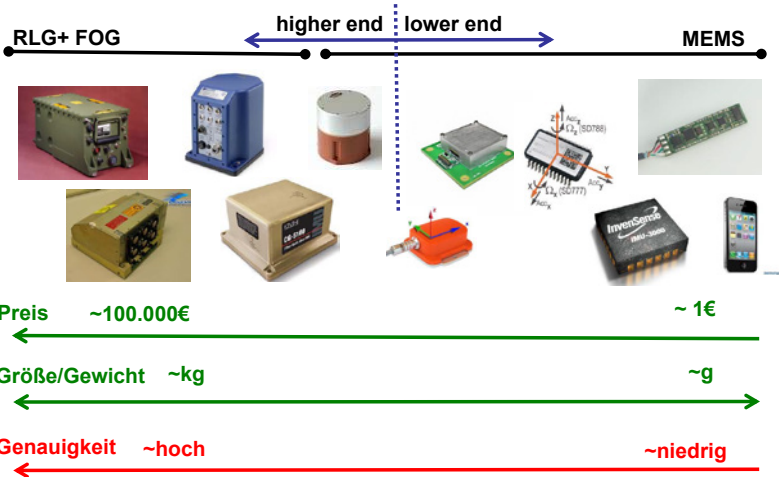
- Kalman Filter /Smoother

• Optionales Postprocessing

- Passpunkte
- Mehrfachmessungen



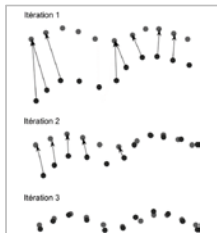
Inertiale Messeinheiten



Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020

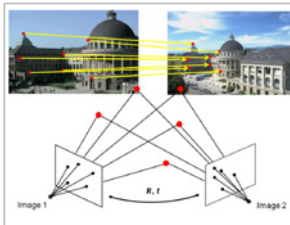
slide 13

Verwendung der Objektraumsensorik



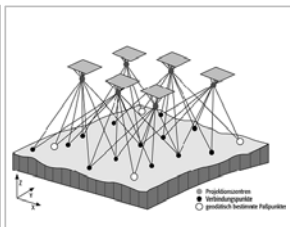
Scan Matching

Transformation zwischen konsekutiven Scan-Profilen mittels ICP



Visuelle Odometrie

Transformation zwischen konsekutiven Bildaufnahmen mittels Keypoint-Matching oder Tracking



Passpunkte, Landmarken

Beobachtung von Objekten/Punkten mit bekannten Koordinaten im Objektraum

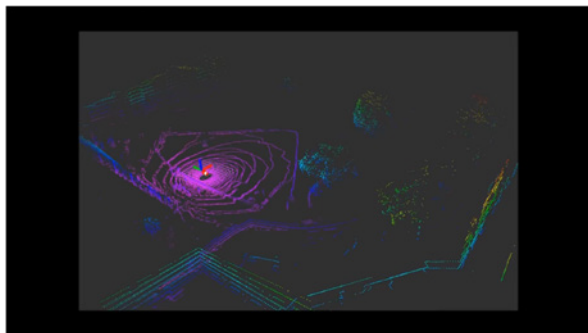
Überlapp nötig!

Lasse Klingbeil - MST2018

slide 14

SLAM – Simultaneous Localization and Mapping

- Globale Optimierung der gesamten Trajektorie mit ALLEN verfügbaren Daten (e.g. Laser/Kameras/GNSS/IMU)
- Integration von GNSS möglich aber nicht nötig



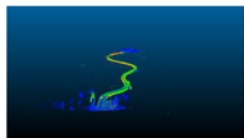
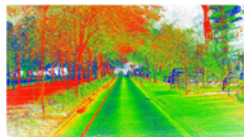
WAVELaboratory

Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020

slide 15

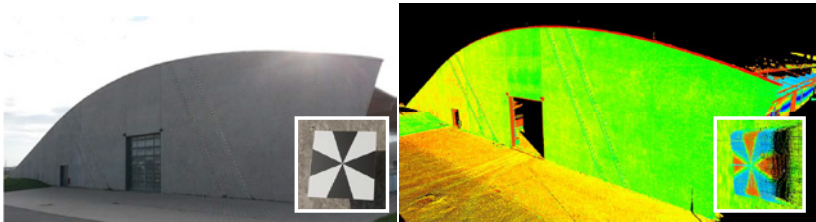
$$\underbrace{\mathbf{p}_{object}^{global}(t_s)}_{\substack{\text{Punktwolke/} \\ \text{Produkt/} \\ \text{Anwendung}}} = \underbrace{\mathbf{T}_{body}^{global}(t_s)}_{\substack{\text{Trajektorien-} \\ \text{bestimmung}}} \cdot \underbrace{\mathbf{T}_{sensor}^{body}}_{\substack{\text{System-} \\ \text{kalibrierung/} \\ \text{Plattform}}} \cdot \underbrace{\mathbf{p}_{object}^{sensor}(t_s)}_{\substack{\text{Objektraum-} \\ \text{sensorik}}}$$

Sensorsynchronisierung



Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020

slide 16



• Qualität der Punktwolke

- relative / absolute Genauigkeit ← **Gesamtsystem**
- Punktdichte / Vollständigkeit ← **Laser / Plattform**
- Spektrale Informationen (z.B. Farbe) ← **Laser / Kamera**
- Sonstige Informationen ← **Laser**
(z.B. reflektierte Intensität, mehrere Echos/Full Waveform)
- Semantische Informationen ← **Postprozessierung**
(z.B. Ebenen, Vegetation, Fassaden, etc ...)

Genauigkeit der Punktwolke

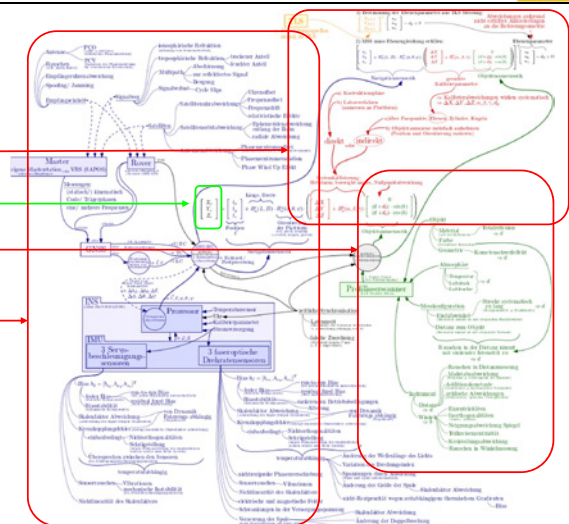
Systemkalibrierung

Punkt

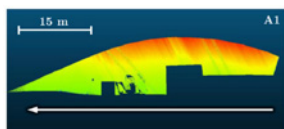
Scanner

Trajektorienbestimmung

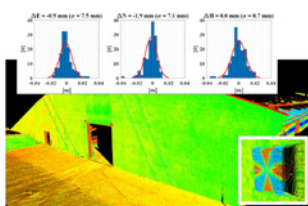
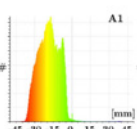
Viele Effekte hängen voneinander ab!



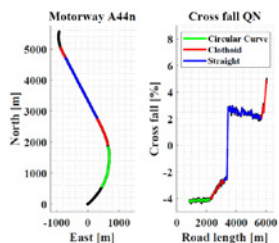
Bestimmung der Genauigkeit



flächenbasierte Verfahren



punktbasierte Verfahren



parameterbasierte Verfahren

- Verschiedene Genauigkeiten hängen unter anderem von der Bewegung ab
- Übertragbarkeit auf unterschiedliche Situationen und Anwendungen ist meist nicht gegeben
- Hersteller gehen da kaum drauf ein

Kategorie 1



Kategorie 2



Kategorie 3



Kategorie 1



„Klassisches“ System

- Higher-end Scanner (evtl. mehrere)
- Hohe Punktdichten (~Mio Pkt/sec)
- ~mm Lasergenauigkeit
- Kameras
- Fahrzeuggebunden
- Higher-end GNSS/IMU
- GNSS/IMU Trajektorie

Kategorie 2



„Lower-cost“ System

- Lower-end Scanner (evtl. mehrere)
- Hohe Punktdichten (~Mio Pkt/sec)
- ~cm Lasergenauigkeit
- Kameras
- Fahrzeuggebunden
- Lower-end GNSS/IMU
- GNSS/IMU Trajektorie

Kategorie 3



Tragbar und Indoor

- Lower-end Scanner (evtl. mehrere)
- niedrigere Punktdichten (~300k Pkt/sec)
- ~cm Lasergenauigkeit
- häufig Kameras
- Tragbar/Trolley
- Lower-end IMU
- SLAM / GNSS optional

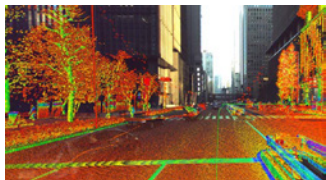
Kategorie 1

MMS	Scanner	Kameras	Trajektorie	Plattform	Einsätze
Leica Pegasus Reihe	•Leica ScanStation P20: 1Mio Pkte/Sek, 3mm@50m •Z+F 9012 Profiler: 1Mio Pkte/Sek, mm-Gen.	•4-8 Kameras: Für Fahrbahn, Seite + ggf. Fisheye-Kameras	•GNSS- IMU Einheit, hochklassig •1-2 Antennen	•PKW •Zug •Boot •Ketten-fahrzeug	•Modellierung (Schienen, Straßen, Brücken) •Lichttraumprofil •Profile erstellen •Smart-City-Anwendungen •Betriebsdauer: 9-13h
Trimble MX-Reihe	•1-2 Scanner •RIEGL VUX-1HA: 1Mio Punkte/Sek, 5mm Gen. •Renishaw SLM-250: 36.000 Pkte/Sek, 1cm@50m •VQ-250/ VQ-450: bis 1Mio Pkte/Sek 8mm/10mm@50m	•0-4 Kameras	•GNSS- IMU Einheit •1-2 Trimble AP20/AP40/A P60 Antennen	•PKW •Beliebige Fahrzeuge •Zug	•Vermessung •Bauwesen •Straßenplanung •Landwirtschaft •Flotten- und Vermögensverwaltung •Kartierung •DTM •Straßeneigen-schaften
RIEGL VM-Reihe	•RIEGL VUX-1HA: 1Mio Pkte/Sek, 5mm Gen.	•0-7 RIEGL Kameras	•GNSS-IMU Einheit: 20-50mm abs. Gen.	•PKW •Beliebige Fahrzeuge •Zug	•Straßeninfra-struktur •Straßenoberfläche •Stadtmodelle •Monitoring •Archäologie
IGI Street Mapper, Rail Mapper	•RIEGL VUX-1HA: 1Mio Pkte/Sek, 5mm Gen. •Z+F 9012 Profiler: 1Mio Pkte/Sek, mm-Gen.	•Panorama kamera	•GNSS-IMU Einheit, hochklassig, Varianten FOG/MEMS •1-2 Antennen	•PKW •Beliebige Fahrzeuge •Zug	•Autobahn Mapping •Infrastruktur •3D Stadtmodelle •Vegetation Mapping •Schienen Mapping

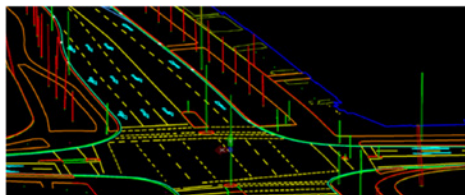
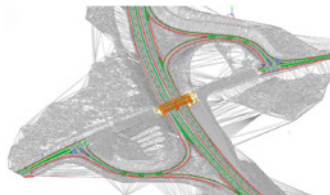


Anwendungsbeispiele

Leica Pegasus Reihe



Trimble MX-Reihe



Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020

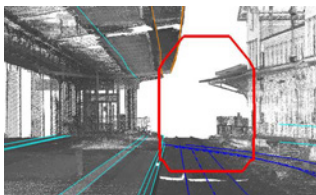
slide 23

Anwendungsbeispiele

RIEGL VM-Reihe







IGI StreetMapper, RailMapper



Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020

slide 24

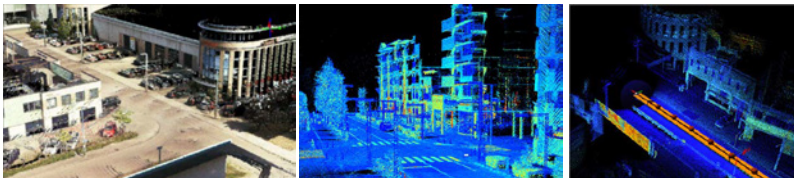
MMS	Scanner	Kameras	Trajektorie	Plattform	Einsätze	
Topcon IP-S3 HD1/RD-M1	•Velodyne HDL-32E: 700.000 Pkte/Sek, 2cm Gen. •285.000 Pkte/Sek, 10mm Gen.	•0-4 Kameras	•GNSS-IMU Einheit	•PKW •Fahrzeuge •Baumaschinen	•Kartierung •Straßenoberfläche •Bestandsaufnahme •Versorgungsleitungen •Überwachungsmessung •Risikomanagement •Automatische Fräs- und Pflastermaschinen führen •Betriebsdauer: 8h	
VEXCEL UltraCam Mustang	•Velodyne HDL-32E: 700.000 Pkte/Sek, 2cm Gen.	•9 Kameras	•GNSS+INS	•Beliebige Fahrzeuge •Züge •Bote	•Straßenszene •3D Rekonstruktion •Vegetation, Wald	
Kaarta Stencil-Reihe	•Velodyne HDL-32E: 700.000 Pkte/Sek, 2cm Gen. •Velodyne VLP-16: 300.000 Pkte/Sek, 3cm Gen. •Velodyne Ultra Puck VLP-32: 600.000 Pkte/Sek, 3cm Gen. •35.000 Pkte/Sek, 3cm Gen.	•0-4 Kameras •Panoramakamera, sphärische Kamera	•GNSS (teilweise optional) •MEMS-basierte IMU	•PKW •Beliebige Fahrzeuge •Züge •Roboter (Hand) •(UAV)	•Indoor, Outdoor •Tempel, Gebäude •BIM Modellierung •Vegetation, Wald kartieren •Bordsteinbelegungsanalyse •Inventarisierung •Überwachung •Betriebsdauer: 2-3h	
Teledyne Optech Maverick	•Velodyne HDL-32E: 700.000 Pkte/Sek, 2cm@25m	•6 Kameras	•GNSS optional	•Fahrzeuge •Quads •Segways •Züge •Rucksäcke	•Transportsicherheit •Bau, Asset-Management •Schienen, Bahnanlagen •Versorgungsunternehmen •3D-Modellierung	

Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020

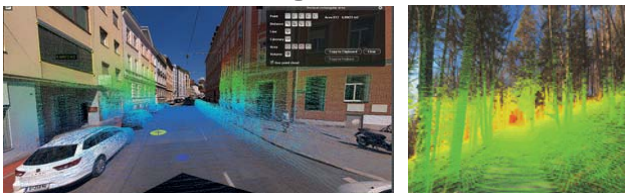
slide 25

Anwendungsbeispiele

Topcon IP-S3 HD1/RD-M1



VEXCEL UltraCam Mustang

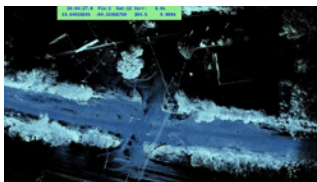


Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020

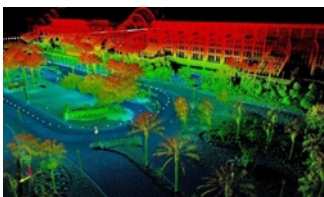
slide 26

Anwendungsbeispiele

Kaarta Stencil-Reihe







Teledyne Optech Maverick




Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020

slide 27


MMS	Scanner	Kameras	Trajektorie	Plattform	Einsätze	
Leica Pegasus: Backpack	•Velodyne VLP-16: jew. 300.000 Pkte/Sek, 3cm Gen.	•5 Kameras	•GNSS optional •SLAM + IMU	•Rucksack	•Indoor, Outdoor •Naturkatastrophengebiet, fundierte Entscheidungen in Notfallsituationen •Betriebszeit: 4h	
Trimble Indoor Mobile Mapping TIMMS	•Scanner variabel: •Trimble TX-5 •FARO Focus X-130, X-330, S-70-A, S- 150-A, S-350-A	•Panorama kamera	•IMU •Kein GNSS nötig	•Trolley	•Indoor •Büros •Flughäfen •Museen •Messen •Einkaufs-, Produktions-, Logistikzentren •Konzerthallen, Theater •Betriebszeit: 4h	
NavVis	•1-3 Scanner •Velodyne VLP-16: jew. 300.000 Pkte/Sek, 3cm Gen. •Hokuyo UTM-30LX: 43.000 Pkte/Sek, 1- 3cm Gen.	•Bis 6 Kameras	•SLAM •IMU •Optional: Bodenpunkte aufmessen	•Trolley •Rucksack	•Indoor •Reality capture •BIM •Innenräume •Modellierung	
VEXCEL UltraCam Panther	•Velodyne VLP-16: jew. 300.000 Pkte/Sek, 3cm Gen.	•26 Kameras	•IMU Applanix APX-15L •Odometer	•Rucksack	•Indoor, Outdoor	

Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020





slide 28



Kategorie 3




MMS	Scanner	Kameras	Trajektorie	Plattform	Einsätze
Gexcel Heron-Reihe	•1-2 Scanner • Velodyne VLP-16: jew. 300.000 Pkte/Sek, 3cm Gen • Velodyne HDL-32E: 700.000 Pkte/Sek, 2cm Gen..	•Panorama-kamera optional	•SLAM •IMU	•Hand •Rucksack •Auto	•Indoor, Outdoor • Betriebszeit: 1,5-3h
ViAmetris MS-Reihe	•1-2 Scanner • Velodyne VLP-16: jew. 300.000 Pkte/Sek, 3cm Gen.	•1-6 Kameras •Panorama-kamera, Fisheye-Kamera	•Optional GNSS (1-2 Antennen) •IMU •SLAM	•Hand •Rucksack •Trolley •Auto	•Indoor, Outdoor •Bauwerke •Industrie •Einkaufszentren •U-Bahnstationen •Büroräume
GeoSLAM ZEB-Reihe	• Velodyne VLP-16: 300.000 Pkte/Sek, 3cm Gen. • Hokuyo UTM-30LX: 43.000 Pkte/Sek, 1-3cm Gen.	•1 Kamera optional	•SLAM	•Hand •Rucksack •Fahrzeug •JAV	•Indoor •Wohnungen •Unterirdisch (Tunnel, Mienen) •Volumenbestimmung
CSIRO Zebedee	•Low-cost Scanner		•MEMS IMU •SLAM	•Hand	•Indoor •Räume •Tunnel •Wälder



Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020

slide 29

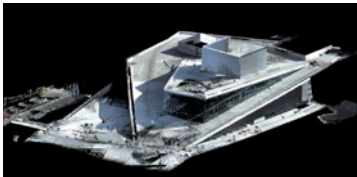


Kategorie 3





Anwendungsbeispiele

Leica Pegasus:Backpack



Trimble Indoor Mobile Mapping TIMMS

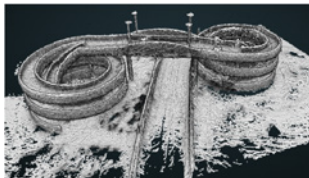


Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020

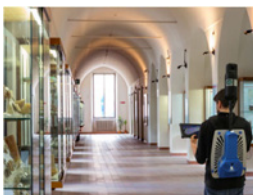
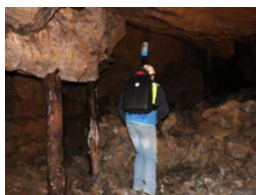
slide 30

Anwendungsbeispiele

GeoSLAM ZEB-Reihe



Gexcel Heron-Reihe



Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020

slide 31





Sonderkategorie: UAV basierte Systeme



- Leicht genug für UAVs
- Lower- oder Higher-end Scanner (meist nur einer)
- ~mm/~cm Lasergenauigkeit
- Kameras
- Lower oder Higher -end GNSS/IMU
- GNSS/IMU Trajektorie


Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020

slide 32

UAV basierte Systeme						
MMS	Scanner	Kameras	Trajektorie	Plattform	Einsätze	
RIEGL Ricopter- Reihe	•1-2 Scanner • RIEGL VUX-1UAV: 500.000 Pkte/Sek, 1cm Gen.	•0-3 Kameras •optional Wärmebild- kameras, Hyper- spektral- kameras	•GNSS-IMU Einheit •Applanix APX- 20 External IMU • FOG	•UAV	•Landwirtschaft •Topographie •Bergregion, Stadtgebiet •Archäologie •Monitoring •Stromleitungen •Eisenbahnschienen •PipelinesGasleck- Erkennung	
Micro- drones mdLIDAR 3000LR aa5	• RIEGL VUX-1UAV: 500.000 Pkte/Sek, 1cm Gen.			•UAV	•Korridor-Mapping •Volumenberechnung •Bergbau •Monitoring •Forstwirtschaft •Archäologie •Stromleitungen Inspektion	
Stormbee Flight System	• Faro Focus Scanner: 967.000 Pkte/Sek, mm-Gen.		•GNSS-IMU Einheit Trimble APX-20 UAV	•UAV	•unbegehbare Orte	
Green- Valley LiAir Reihe	• Riegl VUX-1LR: 750.000 Pkte/Sek, 1,5cm Gen. • Velodyne VLP-16: 300.000 Pkte/Sek, 3cm Gen. •Livox AVIA • RIEGL VUX-1HA: 1Mio Punkte/Sek, 5mm Gen. • Hesai Pandar40P	•optional Kamera	•GNSS-IMU Einheit	•UAV	•Kartierung von Stromleitungen •komplexe Oberflächen •Orte mit geringer Vegetation •Forstwirtschaft, Waldboden •Industrie	

Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020

slide 33

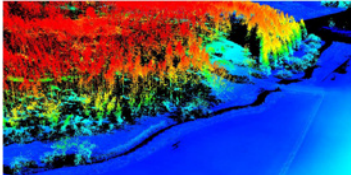


UAV basierte Systeme


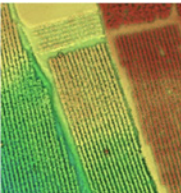
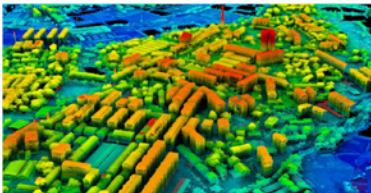
UNIVERSITÄT BONN

Anwendungsbeispiele

Stormbee Flight System



GreenValley LiAir-Reihe



Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020

slide 34



Zusammenfassung



- **Das Angebot kommerzieller Mobile Mapping Systeme ist groß geworden**
- **Die wesentlichen Qualitätsunterschiede liegen in der GNSS/IMU Einheit und dem Laserscanner. Letzterer bestimmt die Punktdichte und notwendige Messzeit.**
- **Es gibt immer mehr Systeme, deren Trajektorienbestimmung nicht auf eine gute GNSS/IMU Einheit angewiesen ist, sondern SLAM Verfahren nutzt.**
- **Letztere Systeme können auch in Innenräumen verwendet werden**
- **Eine Qualitätsbewertung ist sehr schwierig, da sie von vielen Komponenten der Messung und Prozessierung abhängt. Hier ist die Forschung nötig 😊**



Vielen Dank!



Bilder & Literatur



- https://leica-geosystems.com/de-de/products/mobile-sensor-platforms/capture-platforms/leica-pegasus_two
- <https://leica-geosystems.com/de-de/products/mobile-sensor-platforms/capture-platforms/leica-pegasus-backpack>
- https://leica-geosystems.com/de-de/products/mobile-sensor-platforms/capture-platforms/leica-pegasus_two-ultimate
- <https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/trimble-mx2>
- <https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/trimble-mx9>
- <https://geospatial.trimble.com/products-and-solutions/trimble-mx7>
- <https://allterra-dno.de/mobile-mapping-mx-8/>
- <http://www.riegl.com/nc/products/mobile-scanning/>
- <https://www.igi-systems.com/streetmapper.html>
- <https://geo-store.net>
- <http://www.teledyneoptech.com>
- <https://www.topconpositioning.com/de/mass-data-and-volume-collection/mobile-mapping/ip-s3>
- <https://www.topconpositioning.com/de/paving-milling-and-compacting/milling/rd-m1-scanner>
- <https://www.kaart.com/products/stencil-2-for-rapid-long-range-mobile-mapping/>
- <https://www.kaart.com/products/stencil-pro/>
- <https://www.kaart.com/products/contour/>
- <https://www.vexcel-imaging.com/ultracam-mustang/>
- <https://www.vexcel-imaging.com/ultracam-panther/>
- <https://www.applanix.com/>

Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020

slide 37



Bilder & Literatur



- <https://www.navvis.com/>
- <https://gexcel.it/en/solutions/heron-mobile-mapping>
- <https://www.viametris.com/ims3d>
- <https://www.viametris.com/bms3d4cams>
- <https://www.viametris.com/backpackmobilescannerbms3d>
- <https://www.viametris.com/ims2d>
- <https://www.viametris.com/vms3d>
- <https://geoslam.com/solutions/zeb-go/>
- <https://geoslam.com/solutions/zeb-go/#zebgort>
- <https://geoslam.com/solutions/zeb-horizon/>
- <https://geoslam.com/solutions/zeb-pano/>
- <https://research.csiro.au/robotics/zebedee/>
- <http://www.riegl.com/products/unmanned-scanning/ricopter/>
- <http://www.riegl.com/products/unmanned-scanning/ricopter-m/>
- <http://www.riegl.com/products/unmanned-scanning/ricopter-with-vux-sys/>
- <https://www.microdrones.com/de/integrated-systems/mdlidar/mdlidar3000lr-aas/>
- <https://www.stormbee.com/drone-mapping/>
- <https://greenvalleyintl.com/hardware/liair-series/>
- Datenblätter der Sensoren und Mobilen Multisensorsysteme

Lasse Klingbeil - Mobile Mapping - TLS2020

slide 38

Zum Einsatz von Punktwolken in der Straßenbauvermessung

Brigitte Husen



Der Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen

Zum Einsatz von Punktwolken in der Straßenbauvermessung

Punktwolken

- Terrestrisches Laserscanning (TLS) / Mobiles Laserscanning (MLS)
- Luftbildphotogrammetrie / Drohnenvermessung

DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

1. Laserscanning Zur Verfügung stehende Geräte

MLS:
Trimble MX8



Trimble MX9



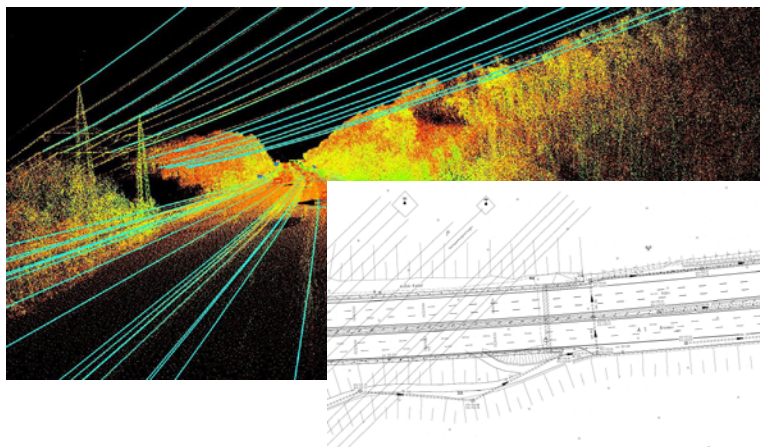
TLS:
Leica P20



Leica P40

DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

**Anwendung MLS:
planungsbegleitende Vermessung A1 Volmarstein**

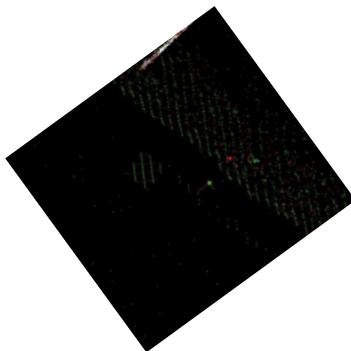


DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

**Markierung der Passpunkte zur Genauigkeitssteigerung der
Georeferenzierung (MLS)**

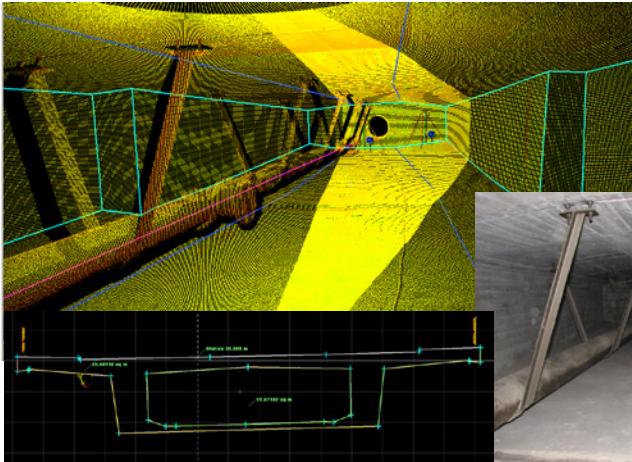


Markierung mit Fassadenfarbe,
tlw. mit eingestreuten Glaskügelchen



DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

Anwendung TLS:
Hohlkastenvermessung AK Köln-Ost (Bestand)



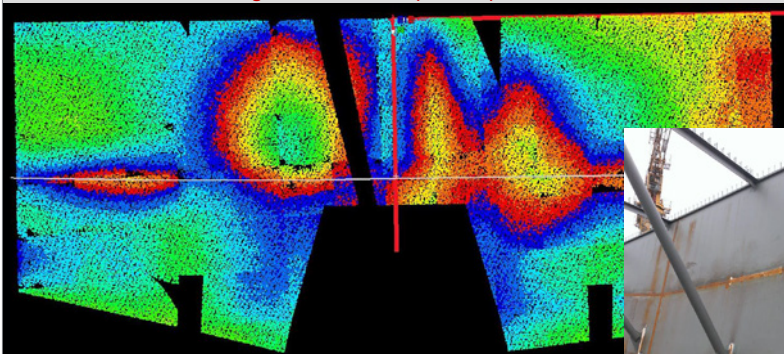
Ziel:

Ermittlung
geometrischer
Eingangsgrößen für
Nachberechnungen
der Statik



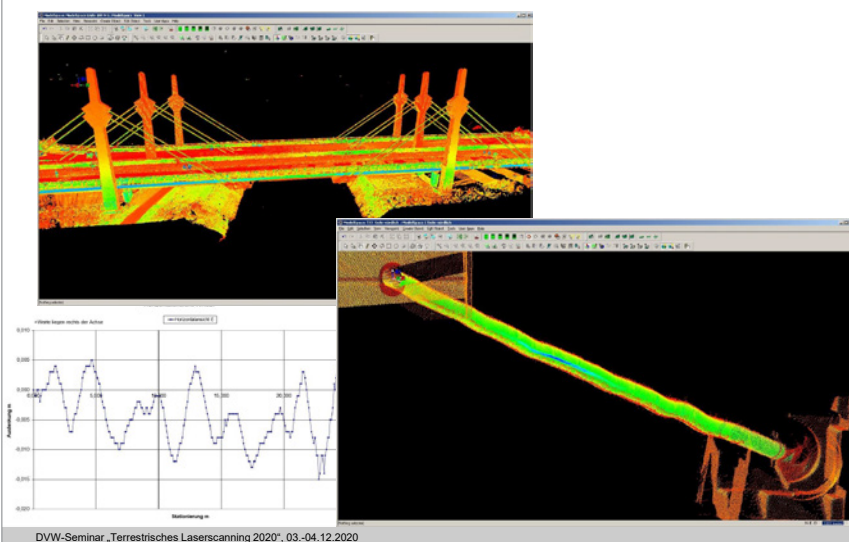
DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

Weitere Anwendung TLS:
Hohlkastenvermessung Lennetalbrücke (Neubau)

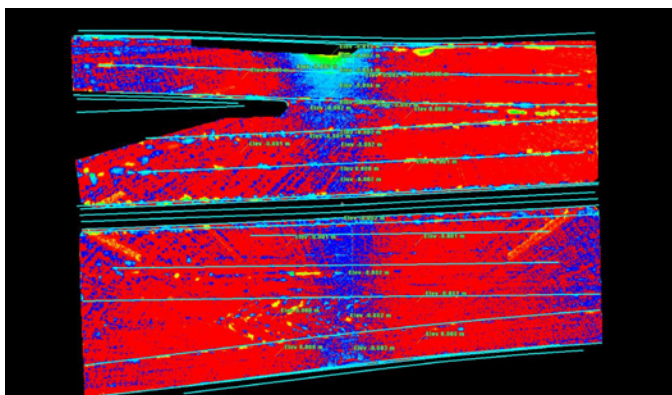


DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

Weitere Anwendung TLS: Verformung von Tragseilen

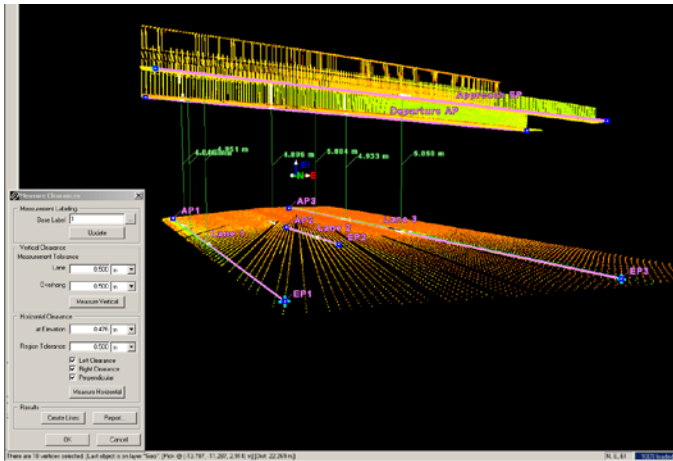


Weitere Anwendungen TLS: Beweissicherungsmessungen (Durchpressung)



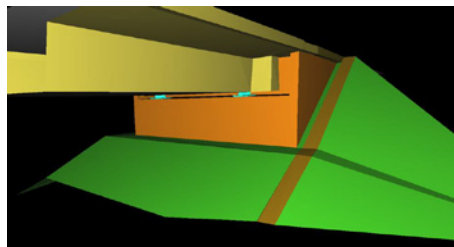
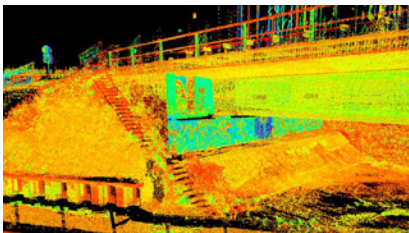
Differenzmodell aus der Nullmessung und der 1. Kontrollmessung

**Weitere Anwendungen TLS und MLS:
Ermittlung von lichten Durchfahrtshöhen**



DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

**Zukünftig verstärkt:
Ableitung von As-Built-Modellen für BIM**



DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

2. Drohnen

DJI Matrice 210 mit Kameras Zenmuse X4S und Zenmuse X5S



DJI Phantom 4 RTK



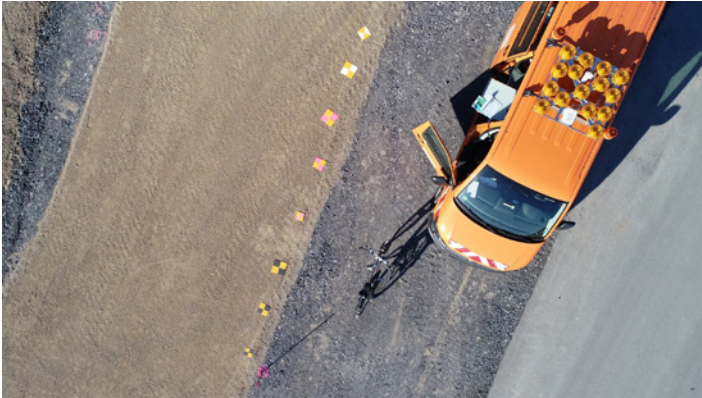
DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

Mögliche Einsatzgebiete der Drohnenvermessung bei Straßen.NRW

- Baufortschrittsdokumentation
- Anfertigung von Fotos für die Öffentlichkeitsarbeit
- Vermessung kleinerer Projekte
- Volumenermittlungen an Baustellen (Erdmassenbewegungen, Mieten etc.)
- Vermessungen im schwer zugänglichen Gelände
- Evtl. Unterstützung der Brückenprüfung an hohen schwer zugänglichen Stellen (Sichtprüfung)

DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

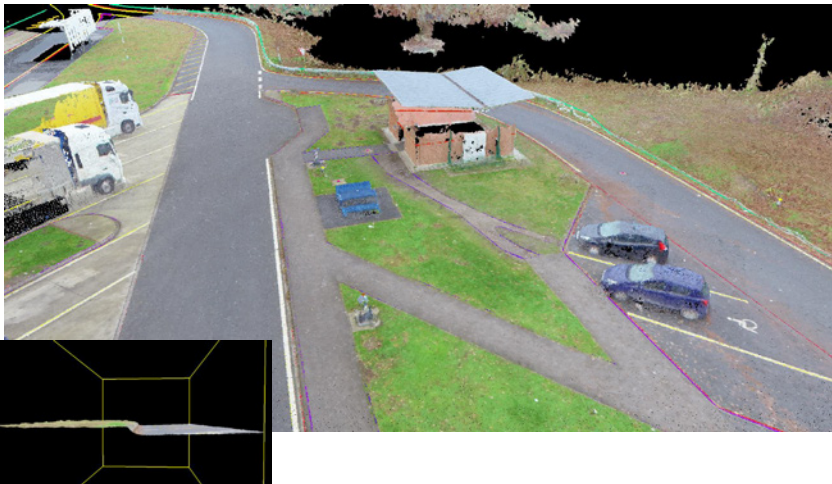
Signalisierung der Passpunkte



DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

Aufnahme eines Rastplatzes

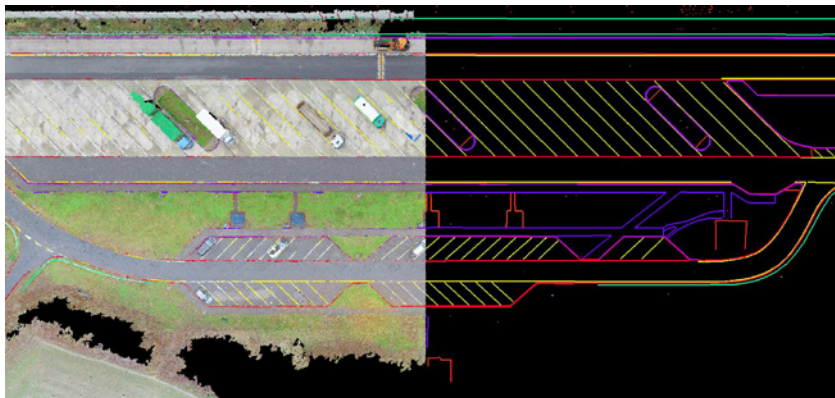
Problemstellen



DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

Aufnahme eines Rastplatzes

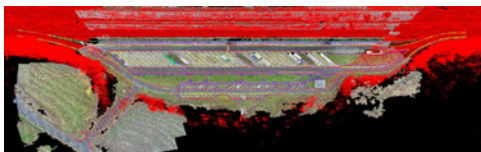
Auswertung der Punktwolke



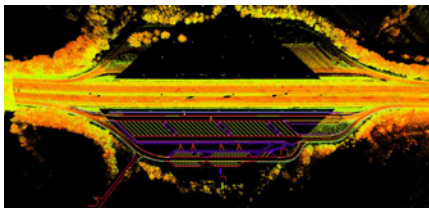
DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

Kombination von Punktwolken

Kombination von Punktwolken aus MLS und Drohne

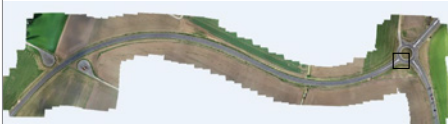
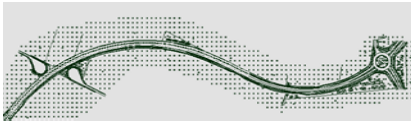


Kombination von MLS-Punktwolke und Vektordaten



DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

Bestandsdokumentation nach Neubau



Ortsumgehung L183 Sinnersdorf Bestandsplan



DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

Massenberechnungen, Vergleich unterschiedlicher Software



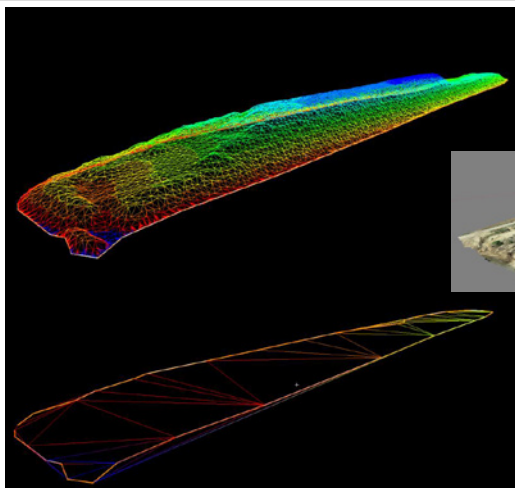
Testprojekt: Neubau der OU B221 Wassenberg



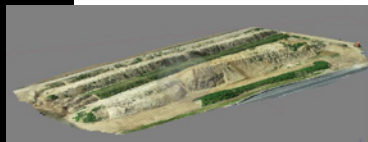
Erdmieten
Länge: 200 m
Höhendifferenz: ca. 4 m

DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

Massenberechnungen: grundsätzliches Vorgehen



Haldenoberfläche



Punktwolke

Geländeoberfläche, angenähert durch ein DGM (Vermaschung des Umrings), soweit kein Urgelände verfügbar

DVV-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

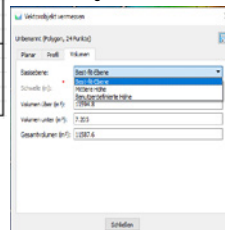
Massenberechnungen, Vergleich unterschiedlicher Software



grün: geneigtes Gelände
beige: horizontale Fläche

	Berechnungsmethode	Halde 1	Halde 2	Halde 3	Halde 4	Halde 5	Einheit	Bemerkungen
Metashape	Best-fit-Ebene	16792,8	2206,8	872,0	188,0	11587,6	m³	
		-1025,1	-412,5	-35,9	-1,8	-557,8	Δ m³	
		-6,5	-24,1	-4,3	-1,0	-5,1	Δ %	Diff. zu Vestra
	feste Höhe	16779,6	2183,0	867,2	155,8	11187,9	m³	
	Höhe	101,5	101,8	101,3	100,0	101,1	m	
Cyclone		-20,8	1,2	-2,4	-1,1	3,8	Δ m³	
		-0,1	0,1	-0,3	-0,2	0,0	Δ %	Diff. zu Vestra
Vestra	DCM aus Umring	15759,1	1786,3	836,2	186,5	11030,0	m³	
		-1,3	0,0	0,0	-0,3	-0,1	Δ m³	
		0,0	0,0	0,0	-0,2	0,0	Δ %	
	DGM aus Umring	15767,8	1788,3	836,2	186,2	11029,8	m³	Soll
	feste Höhe	16758,8	2185,1	864,7	154,8	11191,7	m³	
	Höhe	101,5	101,8	101,3	100,0	101,1	m	

Metashape:
Berechnungsvarianten



Fazit: Keine Massenberechnung mit Metashape im geneigten Gelände!

DVV-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020



19.08.2019



21.10.2019



17.03.2020



08.06.2020

DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

Fotodokumentation

Beispiel: A 45 Lennetalbrücke, Öffentlichkeitsarbeit



DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

Fotodokumentation

Beispiel: Baufortschrittsdokumentation



DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

Beispiele: Anwendungen mit Gyrocopter

Aufnahme der Siegtalbrücke
aus einem Gyrocopter



Schrägaufnahme



Orthophoto-Ausschnitt

DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

Großformat-Photogrammetrie



Beispiel A3: Korridorbreite 600 m, Genauigkeit 3 cm in Lage und Höhe



DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

Noch Fragen?



Kontakt

Dr.-Ing. Brigitte Husen
Zentrale Vermessungsleistungen

Landesbetrieb Straßenbau
Betriebssitz, Referat Technik
Warendorfer Str. 14
48145 Münster

www.strassen.nrw.de
brigitte.husen@strassen.nrw.de

Telefon 0251-1444-416

DVW-Seminar „Terrestrisches Laserscanning 2020“, 03.-04.12.2020

Prüfverfahren für die Qualität von Mobile Mapping Scannerdaten

Gunnar Gräfe



Prüfverfahren für die Qualität von Mobile Mapping Scannerdaten

Dr.-Ing. Gunnar Gräfe



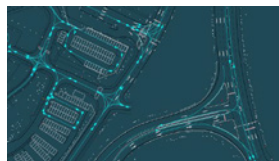
2

3D Mapping Solutions Einführung



3D Mapping Solutions GmbH

- Sitz: Holzkirchen bei München
- Tochterfirma: 3D Mapping Solutions Inc., Pittsburgh, PA, USA
- Gegründet 2007 von Gunnar Gräfe und Martin Lang, beide mit mehr als 20 Jahren Erfahrung in kinematischer Ingenieurvermessung
- 66 Mitarbeiter
- Weltweite Vermessungsdienstleistungen (Europe, USA, China, Japan), z.B. zur hochgenauen Erfassung und Auswertung von
 - Straßen, bzw. Straßennetzen,
 - Bahnstrecken, Tunneln, U-Bahnen,
 - Flughäfen,
 - automobilen Prüfgeländen sowie
 - Test- und Referenzstrecken für das autonome Fahren.



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (This information contained herein is subject to change without notice.)

Prinzip und Anwendungen für die kinematische Vermessung

- Mobile Mapping mit hochauflösenden Messsystemen ist eine geeignete technische Lösung für die Aufnahme langgestreckter Verkehrswege und von Verkehrsnetzen mit hoher Auflösung und Genauigkeit.
- Die Datenaufnahme erfolgt mit Hilfe von Hochleistungs-Laserscannern und digitalen Kameras in Verbindung mit hochgenauer Positions- und Lagewinkelbestimmung zur perfekten Kompensation der Fahrzeugbewegungen.
- Ziel der Vermessung ist allgemein die Erstellung eines exakten digitalen Zwillings der Realität. Dies können Bestandspläne sein, hochauflösende Fahrplanmodelle, Grundlagen für Simulation, virtuelle Darstellungen oder BIM-Anwendungen.



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

Aufbau eines mobilen 3D Mapping Multisensor - Messsystems

- **Modul zur kinematischen Positions- und Orientierungsbestimmung**
 - Inertialsystem (IMU)
 - DGPS
 - Wegsensor
- Ziel: dreidimensionale Erfassung aller Bewegungen des Messfahrzeuges als Voraussetzung für die vollständige Kompensation aller Fahrzeugbewegungen bei der Auswertung der Sensordaten.
- **Modul der Aufnahmesensoren**
- Kalibrierte Mess-Kameras in variabler Anzahl und mit variabler Ausrichtung
 - Im weitesten Sinne zählen auch Panoramakameras hierzu, da diese ebenfalls Einzelkamerabilder aufnehmen, die dann zu 360° Bildern zusammengefügt werden.
- Hochleistungs-Laserscanner:
 - Messrate im Bereich 1 Million Punkte / Sekunde und Reichweite bis zu 100 m
 - Messgenauigkeit pro Einzelpunkt im Nahbereich: < 1 mm
- Mindestens 2 Scanner parallel im Einsatz



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

Beispiele 3D Mapping Multisensor - Messdaten



- Hochauflösende Laserscanner



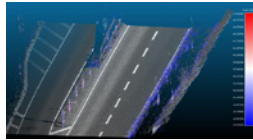
- Kalibrierte Farbkameras



- Kalibrierte, infrarotempfindliche Grauwertkameras



- 360° Panoramakamera



- Zusatzsensoren, z.B. Radar als Georadar oder zur zusätzlichen Erfassung der Materialeigenschaften der Objekte

© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

3D Mapping bildet die Brücke zwischen der Realität und dem perfekten digitalen Zwilling

3D Mapping Solutions digitalisiert Verkehrsanlagen oder Straßennetze weltweit mit Mobile Mapping Systemen.



Die aufgenommenen Laserscanner- und Kameradaten dienen als Grundlage für die Extraktion der Objekte und Attribute.



Ergebnis sind Bestandspläne, intelligente Straßenkarten, BIM Anwendungen oder virtuelle Darstellungen.



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

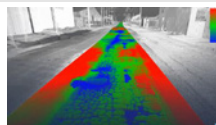
3D Prozesskette am Beispiel von Autobahn-Bestandsdaten



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

Mobile Mapping Qualitätsanforderungen

- Hochgenaue Bestandsdaten
 - Im Post-Processing nach Abschluss der Befahrung kann jede Genauigkeitsklasse erzeugt werden.
 - Häufigste Anforderung der Auftraggeber aus der Ingenieurvermessung, z.B. bei der Bestandsdatenerfassung auf Autobahnen:
 - Stützung auf Passpunkte (3 bis 4 pro km Fahrbahn)
 - Absolute Genauigkeit:
 - Standardabweichung 1-3 cm in der Lage
 - Standardabweichung besser als 0,005 m in der Höhe
 - Relative Genauigkeit der Objekte im Aufnahmekorridor
 - Photogrammetrie (relative Lage) < 0,01 bis 0,03 m
 - Laserscanner (relative Lage) < 0,005 m
- Hochauflösende Oberflächenmodelle im Fahrbahnbereich
 - Relative Genauigkeit im Höhenmodell < 1 mm
- 3D Umgebungsmodell
 - Korrekte Darstellung der Objekte und Attribute



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

Beschreibung der Datenqualität

- **Qualität des Messsystems und der Aufnahmesensoren**
- Qualität der Bestandskartendaten
 - Absolute Genauigkeit
 - Relative Genauigkeit
 - Datenintegrität
 - Trajektorienhomogenisierung
 - Genauigkeit der parametrischen Darstellung
- Bestandskarte: Metadaten, Statistiken und formale Integrität
- Bestandskarte: Nutzbarkeit, z.B. in Bezug auf das Datenformat
- Optional: Validierung des Fahrbahnoberflächenmodells
- Optional: Validierung des 3D Umgebungsmodells



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

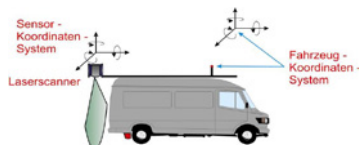
Beschreibung der Qualität des Messsystems

- Leistungsfähiges Kalibrierverfahren
 - Kalibriernachweise für die Sensoren
 - Kalibriernachweis für das Messsystem
- Präzise Synchronisation der Sensoren zum Inertialsystem
 - Beispiel: Faktisch bekommt jeder Scanpunkt der Laserscanner durch eine Auflösung der zeitlichen Synchronisation von 10^{-6} Sekunden oder besser seine eigene äußere Orientierung.
 - Der Nachweis erfolgt hier über die Integrität der Messergebnisse (siehe Folien zur Prüfung der Laserscanner-Datenqualität)



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

Kalibriernachweis für das Messsystem – Gemeinsame Kalibrierung aller Sensoren als Basis für die relative Genauigkeit

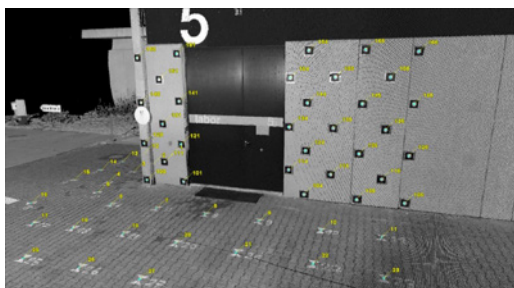


- Multi-Kamera Photogrammetrie
 - Standardabweichung < 1 cm
- Laserscanner Messdaten
 - Koordinatenbestimmung
 - Standardabweichung < 5 mm
 - Standardabweichung für die Höhen des Oberflächenmodells der Fahrbahn < 1 mm



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

Prüfung des Kalibriernachweises



- Beispiel für die Kontrolle der Scannerkalibrierung
 - Messung relative Maße von Bodenpunkten zu 45 Kontrollpunkten mit Höhen zwischen 3,44 und 11,25 m über Grund
 - Standardabweichung der Höhendifferenzen im Vergleich mit den Sollmaßen: 0.0015 m

© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

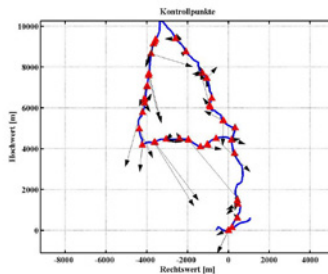
Beschreibung der Datenqualität

- Qualität des Messsystems und der Aufnahmesensoren
- Qualität der Bestandskartendaten
 - **Absolute Genauigkeit**
 - Prüfung durch Vergleich mit Passpunkten
 - Prüfung durch Vergleich mit Referenzmessungen
 - Relative Genauigkeit
 - Datenintegrität
 - Trajektorienhomogenisierung
 - Genauigkeit der parametrischen Darstellung
- Bestandskarte: Metadaten, Statistiken und formale Integrität
- Bestandskarte: Nutzbarkeit, z.B. in Bezug auf das Datenformat
- Optional: Validierung des Fahrbahnoberflächenmodells
- Optional: Validierung des 3D Umgebungsmodells



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

Prüfung der absoluten Genauigkeit durch Vergleich mit Passpunkten



- Kontrolle der absoluten Genauigkeit einer Trajektorie mit Hilfe von 90 Passpunkten entlang von Landstraßen
- Resultat: Standardabweichung 0,3 m (Rechtswert, Hochwert) und 0,35 m für die Höhe

© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

Prüfung der absoluten Genauigkeit durch Vergleich mit Referenzmessungen



Soll – Objekte
Referenzmessung
von 3D Mapping
Solutions

Ist – Objekte
Gemessen von
einem zu prüfenden
Mobile Mapping
Messsystem

© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

Prüfung der absoluten Genauigkeit durch Vergleich mit Referenzmessungen



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

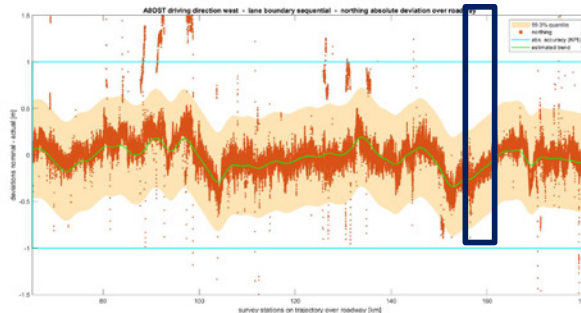
Prüfung der absoluten Genauigkeit durch Vergleich mit Referenzmessungen



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

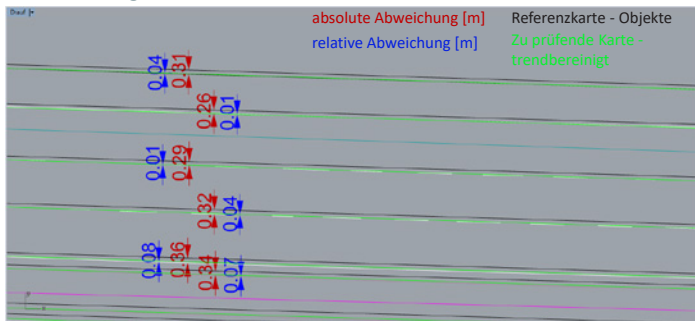
- Der Vergleich der Objekte mit Referenzmessungen liefert einen kontinuierlichen Vergleich der absoluten Lage und Höhe, z.B. über die Fahrbahnmarkierungen.
- Zur Spezifikation der absoluten Lagegenauigkeit wird ein Trend ermittelt.
- Nach Reduktion der Abweichungen um den Trend lässt sich auch die relative Genauigkeit im Vergleich mit den Referenzmessungen analysieren.

Prüfung der absoluten Genauigkeit durch Vergleich mit Referenzmessungen - Trend



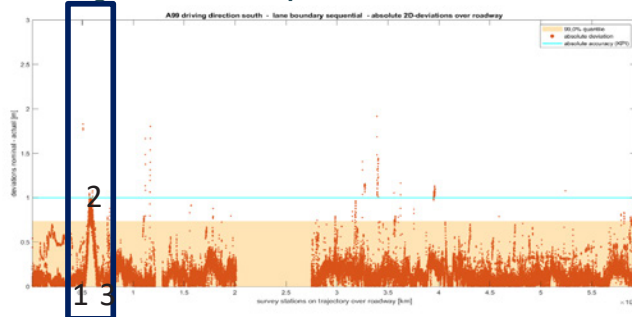
© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

Prüfung der absoluten Genauigkeit durch Vergleich mit Referenzmessungen - Trend



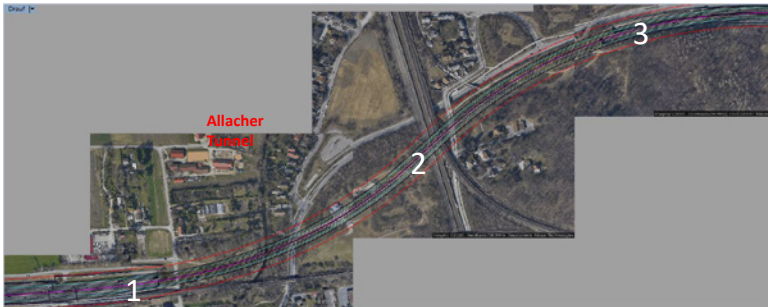
© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

Prüfung der absoluten Genauigkeit durch Vergleich mit Referenzmessungen - Tunnelbeispiel



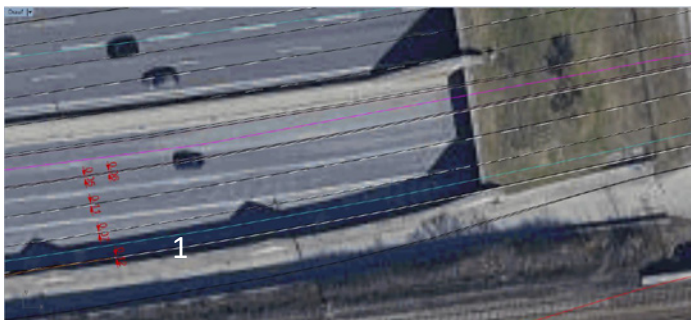
© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

Prüfung der absoluten Genauigkeit durch Vergleich mit Referenzmessungen - Tunnelbeispiel



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

Prüfung der absoluten Genauigkeit durch Vergleich mit Referenzmessungen - Tunnelbeispiel



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

Prüfung der absoluten Genauigkeit durch Vergleich mit Referenzmessungen - Tunnelbeispiel



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

Prüfung der absoluten Genauigkeit durch Vergleich mit Referenzmessungen - Tunnelbeispiel



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

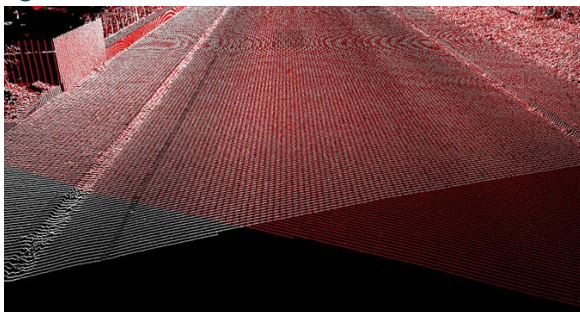
Beschreibung der Datenqualität

- Qualität des Messsystems und der Aufnahmesensoren
- Qualität der Bestandskartendaten
 - Absolute Genauigkeit
 - Relative Genauigkeit
 - **Datenintegrität**
 - **Prüfung der korrekten Abbildung der Realität**
 - **Allgemeingültige Absicherung gegen Systemfehler (Kalibrierfehler, Zeitfehler, Trajektorienfehler)**
 - **Prüfung auf Unstetigkeiten und Sprünge**
 - Trajektorienhomogenisierung
 - Genauigkeit der parametrischen Darstellung
- Bestandskarte: Metadaten, Statistiken und formale Integrität
- Bestandskarte: Nutzbarkeit, z.B. in Bezug auf das Datenformat
- Optional: Validierung des Fahrbahnoberflächenmodells
- Optional: Validierung des 3D Umgebungsmodells



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

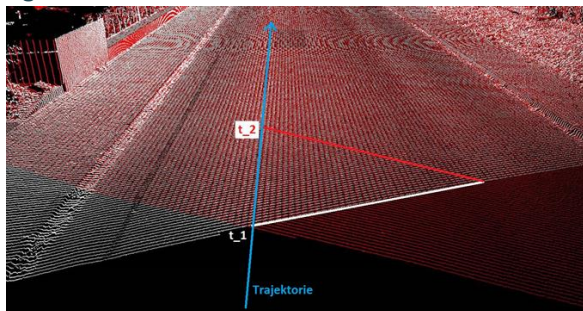
Prüfung der Datenintegrität über den Vergleich redundant aufgenommenen Scannerdaten



- Basis: zwei hochauflösende Laserscanner
- Die Lage der Aufnahmeprofile ist bei beiden Scannern jeweils unterschiedlich gegen die Fahrtrichtung geneigt.

© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

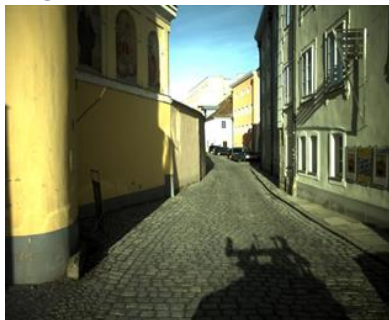
Prüfung der Datenintegrität über den Vergleich redundant aufgenommenener Scannerdaten



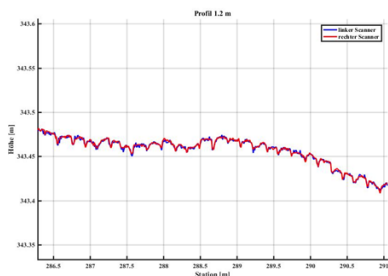
© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

- Basis: zwei hochauflösende Laserscanner
- Die Lage der Aufnahmeprofile ist bei beiden Scannern jeweils unterschiedlich gegen die Fahrtrichtung geneigt.

Prüfung der Datenintegrität über den Vergleich redundant aufgenommenener Scannerdaten



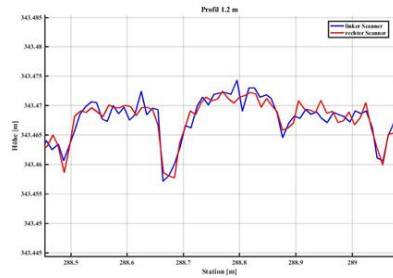
© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)



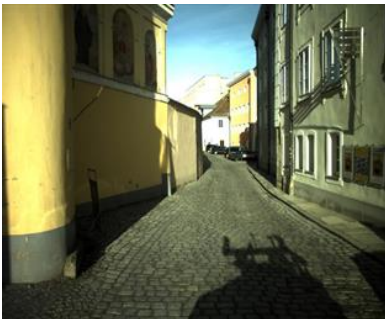
Prüfung der Datenintegrität über den Vergleich redundant aufgenommenener Scannerdaten



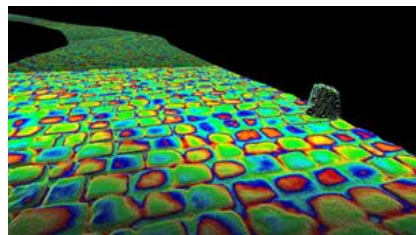
© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)



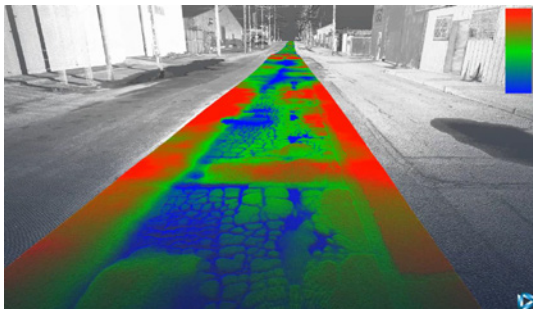
Prüfung der Datenintegrität über den Vergleich redundant aufgenommenener Scannerdaten



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)



Prüfung der Datenintegrität über den Vergleich redundant aufgenommenen Scannerdaten - Anwendung



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

- Innenstadtstraße
- Straßenoberflächenmodell mit 5 x 5 mm
- Höhenauflösung 0.1 mm
- Relative Höhen Genauigkeit < 1 mm

Beschreibung der Datenqualität

- Qualität des Messsystems und der Aufnahmesensoren
- Qualität der Bestandskartendaten
 - Absolute Genauigkeit
 - Relative Genauigkeit
 - Datenintegrität
 - **Trajektorienhomogenisierung**
 - Genauigkeit der parametrischen Darstellung
- Bestandskarte: Metadaten, Statistiken und formale Integrität
- Bestandskarte: Nutzbarkeit, z.B. in Bezug auf das Datenformat
- Optional: Validierung des Fahrbahnoberflächenmodells
- Optional: Validierung des 3D Umgebungsmodells



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

Trajektorienhomogenisierung



- Straßen werden häufig mehrfach befahren, z.B. im Hin- und Rückweg, wobei die Trajektorien jeweils unabhängige Messungen darstellen und sich im Rahmen der absoluten Genauigkeit der Trajektorien unterscheiden.
- Die Trajektorien aller Messfahrten in einem Straßennetz müssen aber im Rahmen der Anforderungen an die **relative Genauigkeit** für das Projekt zueinander passen.
- Unter der Voraussetzung, dass die übrigen Anforderungen an das Messsystem eingehalten werden, ist die Homogenität aller Messfahrten die wesentliche Voraussetzung für einen verlässlichen Bestandsplan.
- Die Homogenisierung erfolgt z.B. durch eine Merkmalsextraktion und einen anschließenden Korrekturprozess.

© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

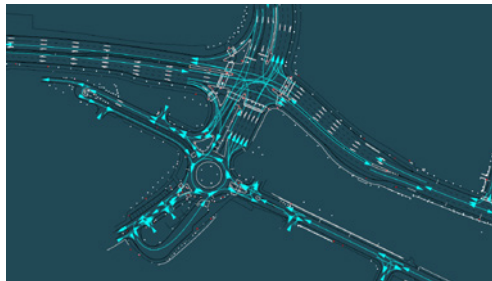
Beschreibung der Datenqualität

- Qualität des Messsystems und der Aufnahmesensoren
- Qualität der Bestandskartendaten
 - Absolute Genauigkeit
 - Relative Genauigkeit
 - Datenintegrität
 - Trajektorienhomogenisierung
 - Genauigkeit der parametrischen Darstellung
- **Bestandskarte: Metadaten, Statistiken und formale Integrität**
- **Bestandskarte: Nutzbarkeit, z.B. in Bezug auf das Datenformat**
- Optional: Validierung des Fahrbahnoberflächenmodells
- Optional: Validierung des 3D Umgebungsmodells



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

Beispiel: Metadaten, Statistiken und formale Integrität



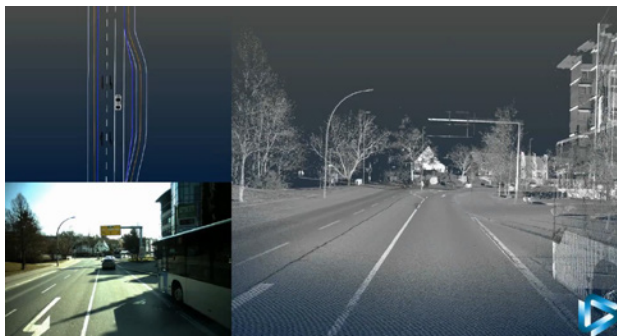
The 3D Mapping as-built Maps contain the complete vectorized as-built plan and object data.

This example of a complex intersection shows:

- 150 lines with a total length of 7 km
- 33 km lane borders (driving, shoulder, green, curbs, sidewalk, biking)
- 500 Traffic signs
- 240 trees
- 208 traffic light bulbs
- 200 vegetation
- 110 streetlamp
- 87 traffic lights
- 14 road marks

© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

Beispiel für Bestandsdaten



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)

Beispiel für Bestandsdaten



© Copyright 2020 3D Mapping Solutions GmbH (The information contained herein is subject to change without notice.)



KONTAKT

3D Mapping Solutions GmbH
Raiffeisenstrasse 16
83607 Holzkirchen
Germany
Tel.: +49 (0)8024 46041-00
Fax: +49 (0)8024 46041-01
info@3d-mapping.de



www.3d-mapping.de

Das terrestrische Laserscanning (TLS) als voll etabliertes Messverfahren besitzt ein enormes Leistungsspektrum und eröffnet vielfältige Anwendungsmöglichkeiten sowohl innerhalb der klassischen Berufsfelder der Geodäsie als auch in angrenzenden Bereichen.

Es ist auch in 2020 wieder gelungen, aktuelle Trends aufzunehmen sowie kompetente Vortragende für die einzelnen Themen zu gewinnen. Die Themenfelder sind gegliedert in Aktuelles, Punktwolkenauswertung und -darstellung, Monitoring in der Praxis und Mobile Mapping.

Aufgrund der COVID-19-Pandemie konnte das Seminar nicht als Präsenzveranstaltung durchgeführt werden, sondern hat vollständig online stattgefunden. Es setzte sich zusammen aus vorab aufgezeichneten Videos der einzelnen Vorträge sowie Interaktionsmöglichkeiten mit den Vortragenden und Live-Diskussionen am Veranstaltungstag.

Somit gibt auch dieser Band nicht wie gewohnt die einzelnen Vorträge in Textform wieder, sondern bildet lediglich die digitalen Vortragsunterlagen ab.



ISBN: 978-3-95786-286-0



9 783957 862860

Schriftenreihe des DVW
Band 98/2021
Printversion: 31,80 Euro
PDF: kostenfrei
www.geodaesie.info

