

Über Moderne Geodatenerfassung sowie deren Anwendungen im Ingenieurwesen und in der Informations-/Technologie- gesellschaft

Felix Norman Teferle
(norman.teferle@uni.lu)

*Geodesy and Geospatial Engineering (GGE)
Institute of Civil and Environmental Engineering (INCEEN)
Research Unit of Engineering Sciences (RUES)
University of Luxembourg*

Unser Team

■ Wissenschaftliche Mitarbeiter der Gruppe Geodäsie und Raumbezogenen Ingenieurwesen (Geodesy and Geospatial Engineering)

- Dr Addisu Hunegnaw (GNSS, Schweremessungen)
- Herr Dietmar Backes (Laserscannen, Photogrammetrie, Fernerkundung)
- Frau Arghavan Akbarieh (Building Information Modelling)

■ Externe Kollegen

- Dr Jan Böhm, University College London
- Herr Bernard Reisch, Administration du cadastre et de la topographie

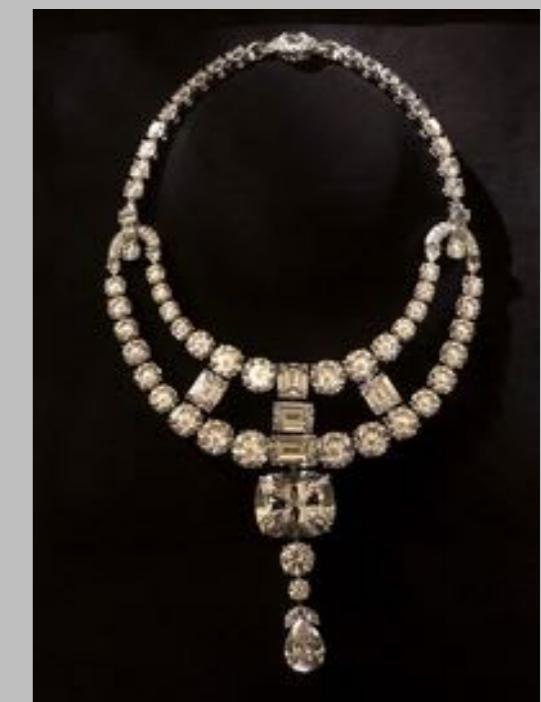


- Einführung
- GNSS, Geodaten und Bereiche der Geodatenerfassung
- Branchen- und Marktentwicklung der raumbezogenen Technologien
- Ausgewählte Anwendungen im Ingenieurbereich
 - „As-built“ Dokumentation von Gebäuden
 - Fusion von unterschiedlichen Geodatensätzen und deren Genauigkeitsevaluierung
 - 3D Städtemodelle (Belval Campus der Uni.lu)
 - Überwachungsmessungen (Tristan da Cunha; Hangrutschungen und Überschwemmungen)
 - Automatische Kratererfassung auf dem Mond
- Zusammenfassung

Sie kennen diese Situation?



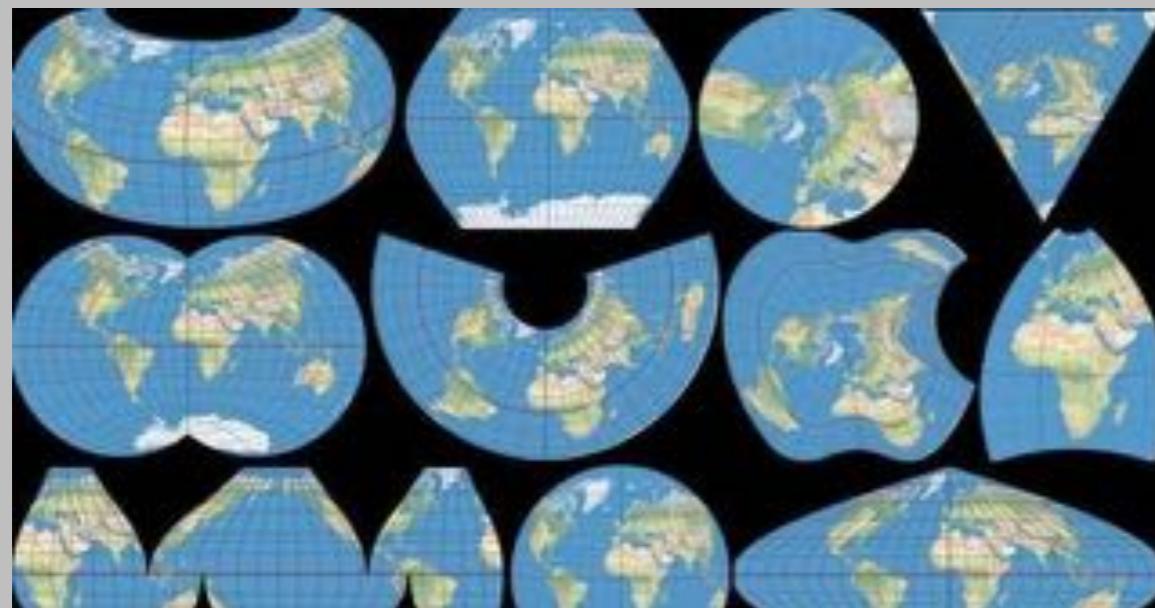
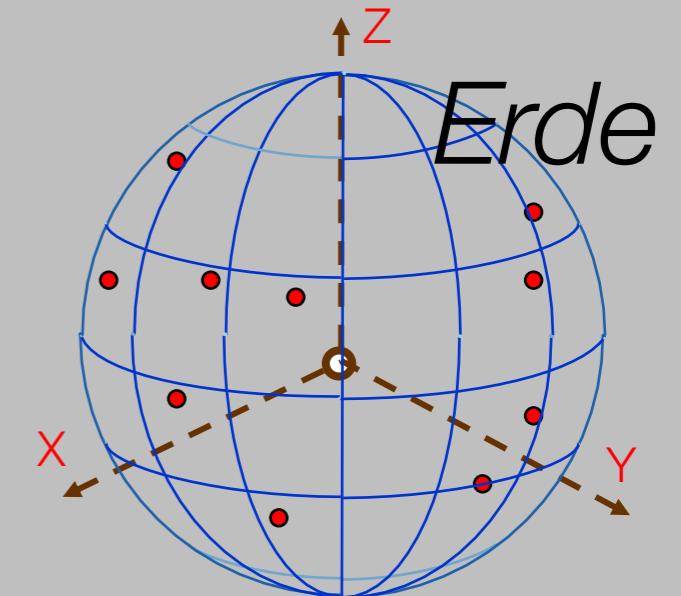
Sind Ocean's 8 „Scannerbrillen“ Wirklichkeit?



Was sind Geodaten?

■ Definitionen:

- Man könnte sagen, was der Vermessungsingenieur/Geometer liefert!
- Geodaten oder auch **raumbezogene Daten** sind Informationen über physische Objekte welche als numerische Werte in einem **geographischen Koordinatensystem** beschrieben werden können



- Heute: Geodaten sind viel mehr!
- 80% aller Daten haben einen Raumbezug
- **GNSS** spielt dabei die zentrale Rolle
- Enormer Wert in unserer Informations-/Technologiegesellschaft

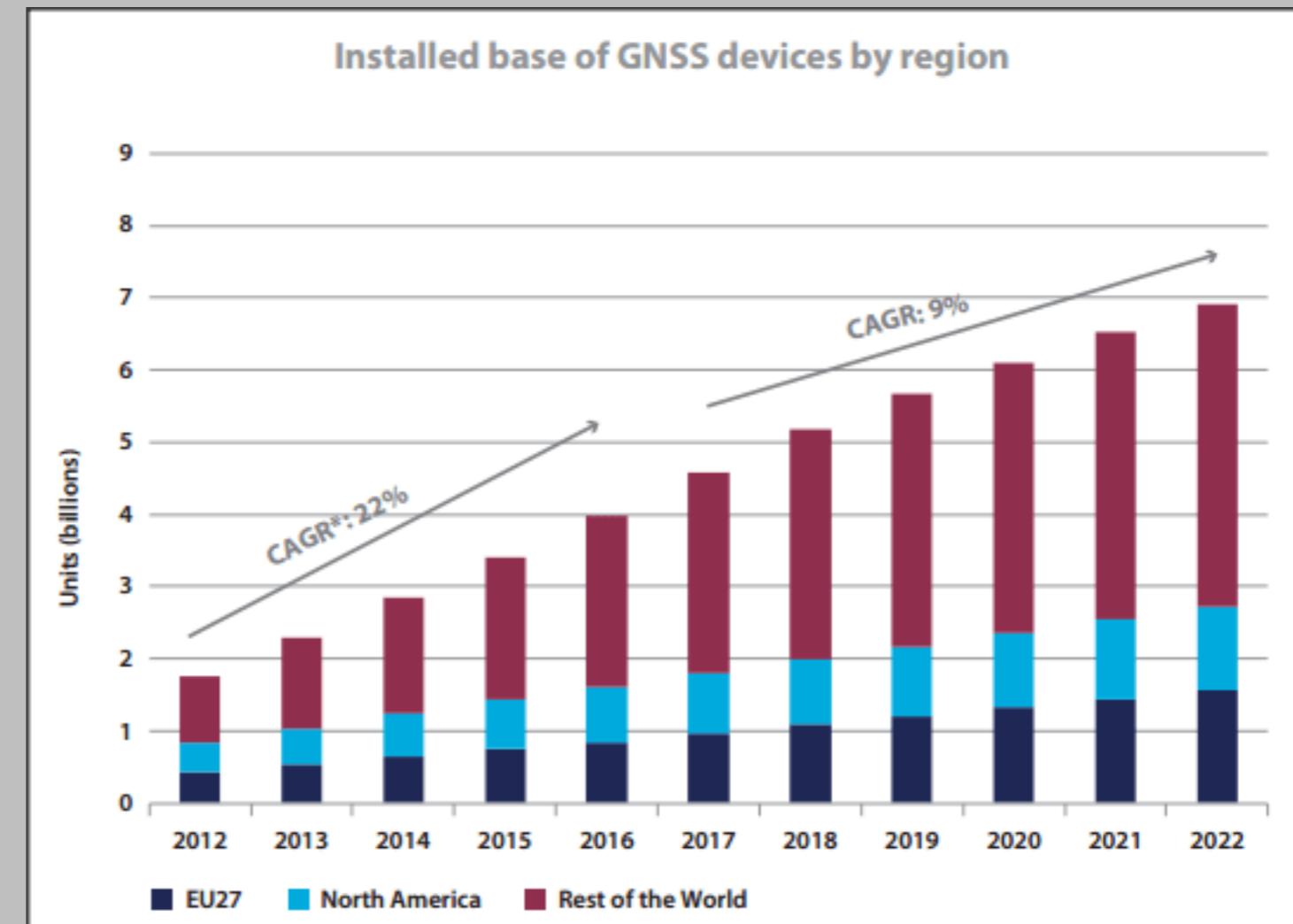
Der Aufstieg der GNSS

■ „Positionshungrige“ Technologiegesellschaft

■ Im Mittelpunkt stehen die Globalen Navigationssatelliten-systeme (GNSS)

- Z.B. das U.S. Global Positioning System (GPS) oder das EU Galileo

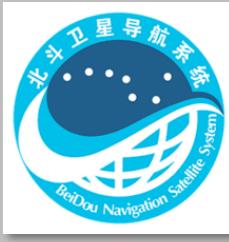
- 2018 verwendeten schätzungsweise >5 Milliarden Devices GNSS, davon >1 Milliarde in der EU



(Geoawareness, 2019)

GNSS Konstellationen 2019

- GPS (Global Positioning System)
 - US, in Operation seit 1980
 - weitverbreitet und allgegenwärtig



- GLONASS

- Russland

- Galileo

- Europa

- Derzeit 26 Satelliten
Testsatelliten

- BeiDou

- China, Taiwan

- Derzeit 38 Satelliten (16. Jänner 2019; 33 verwendbar, 5 nicht verwendbar)

- Andere (QZSS, IRNSS,...)

**GNSS wird als „befähigende“
Technologie angesehen.**

**3 Billionen US\$ der Weltwirtschaft sind
direkt oder indirekt von GNSS
abhängig.**

Geodaten im Ingenieurwesen

Geodaten liefern **“As-built”-Geometrie** von Gebäuden und Infrastruktur

SmartBuilding- und **SmartCity-Konzepte** benötigen den Raumbezug in Form von genauen 3D Modellen

Hochauflösende und hochgenaue Geodaten ermöglichen **autonomes Fahren**

Geodaten sind fundamental für
Building Information Modelling (BIM)

Der **digitale Zwilling** der **Industrie 4.0** benötigt **Geometrie**
Verkehrs- und **Flottenmanagement** sowie die **Ortung**
basieren auf Geodaten

Geodaten und die Informationsgesellschaft

80% aller Daten haben einen Raumbezug

Geodaten sind **Big Data**

Raumbezogene Information ist die **DNA der Digitalisierung**

Künstliche Intelligenz erfordert große Geodatamengen

Geodaten sind der Schlüssel zu **Deep Learning** und
künstliche neurale Netze

Die Analyse von Geodaten verwendet **Cloud-Technologien**
und **Methoden** basierend auf **künstlicher Intelligenz**

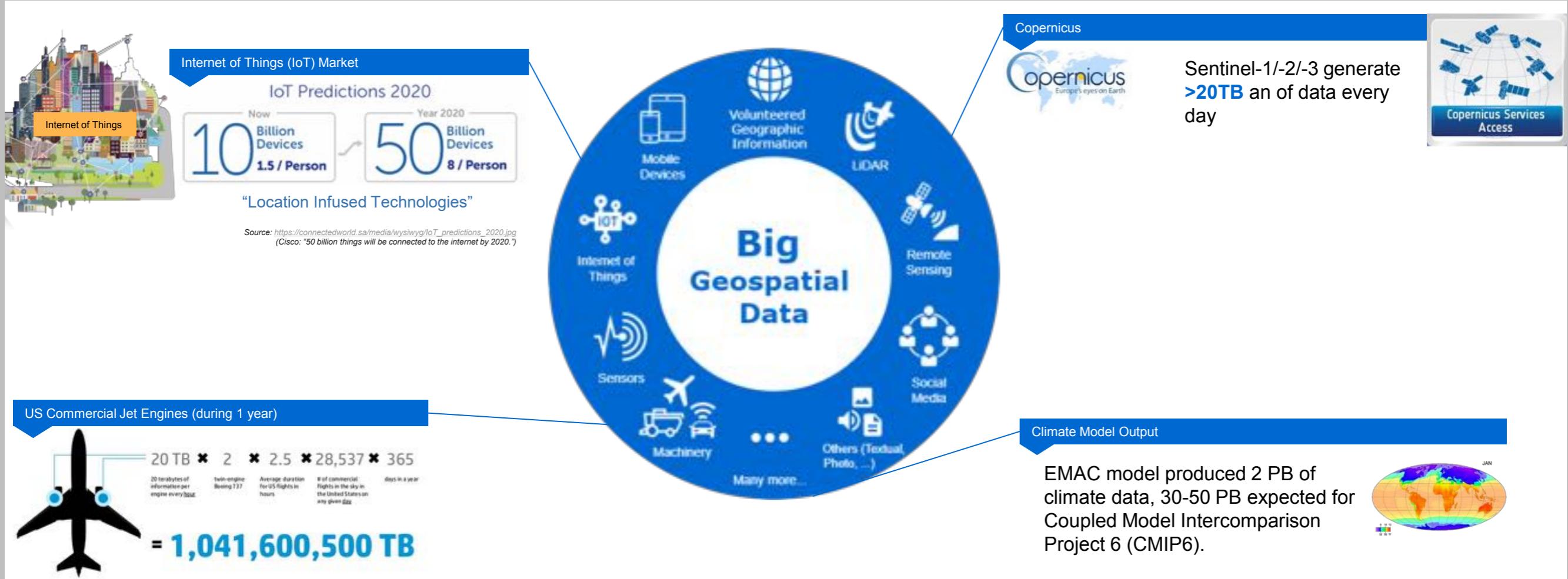
(Hintergrundbild: Appen, 2019)

Geodaten und Geoinformation sind ...



<https://seobrien.com>

Was sind die Quellen der raumbez. Big Data?



(De Wall et al, 2017)

Geodaten/Geodatenerfassung im 21. Jahrhundert

■ Klassisch: in der Vermessung gab es eine Trennung von Lage und Höhe

- Man sprach/spricht von 2+1 oder 2.5 Dimensionen

■ Moderne Geodaten sind 3D!

- Erfassungssysteme erfassen alle 3 Dimensionen gleichzeitig



■ Geodatenerfassung mittels hoch-technologisierten Instrumenten

- Elektronische Tachymeter
- GNSS
- Inertiale Messsysteme
- Laserscanner und LIDAR (Light Detection and Ranging)
- Digitale Photogrammetrie und Fernerkundung
- Usw.



Methoden zur Punktwolkenerfassung

- Werkzeuge und Plattformen zur 3D-Geodatenerfassung:
2 Hauptmethoden der Punktwolken-Generierung

Digitale Photogrammetrie



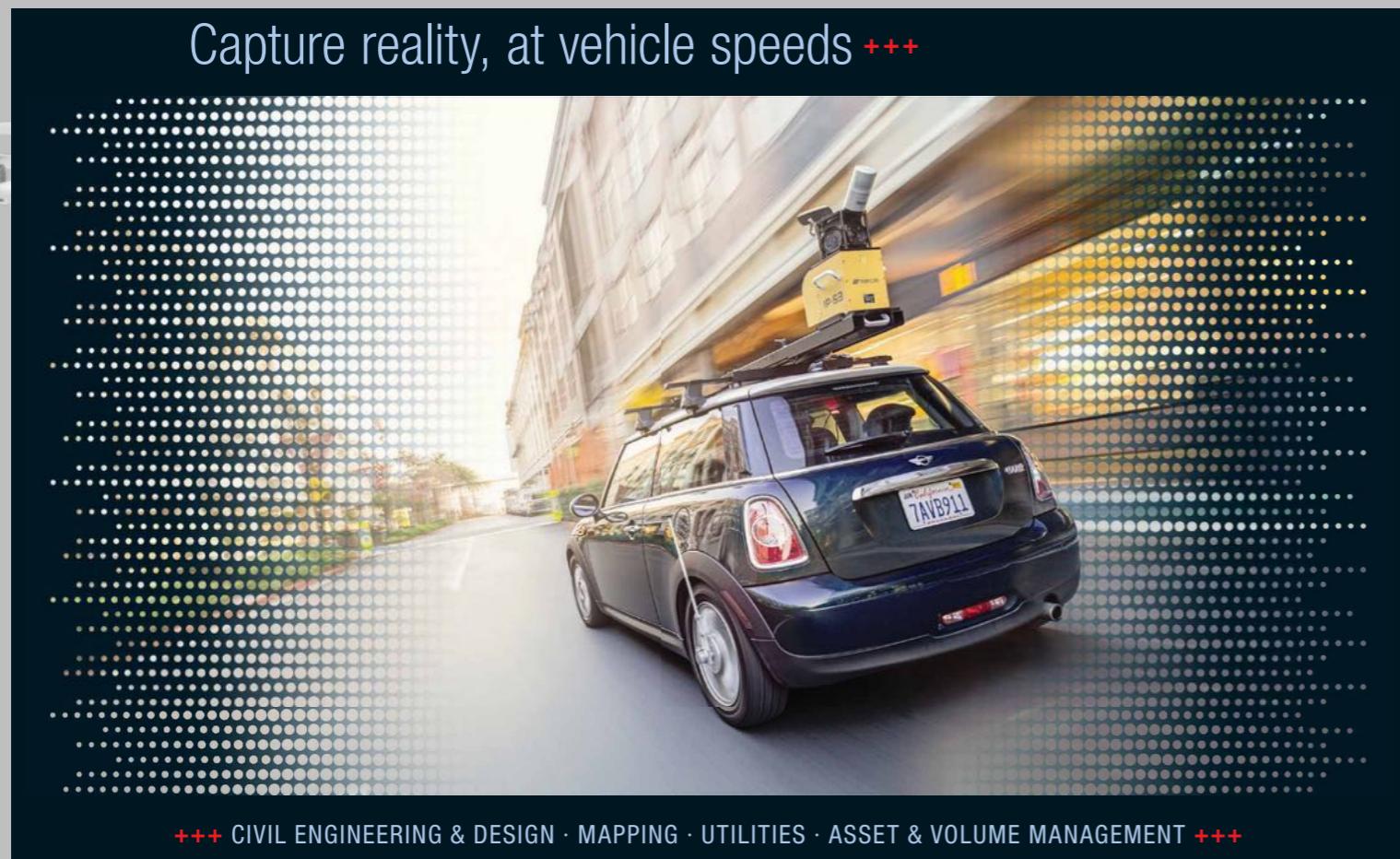
Laserscannen



Methoden zur Punktwolkenerfassung

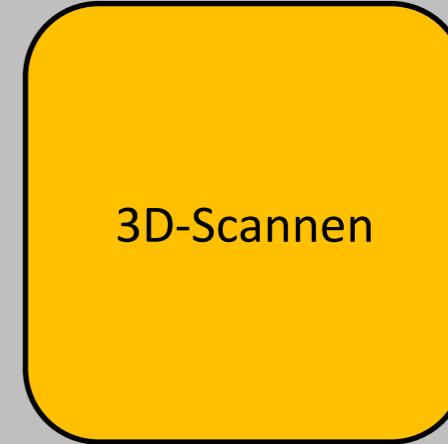
■ Werkzeuge und Plattformen zur 3D-Geodatenerfassung: 2 Hauptmethoden der Punktwolken-Generierung

Digitale Photogrammetrie



Bereiche der Geodatenerfassung

(Geospatial Media and Communications Report 2018)



GNSS
Vermessung
Indoor mapping

Software
Dienstleistungen
Lösungen
Interpretation

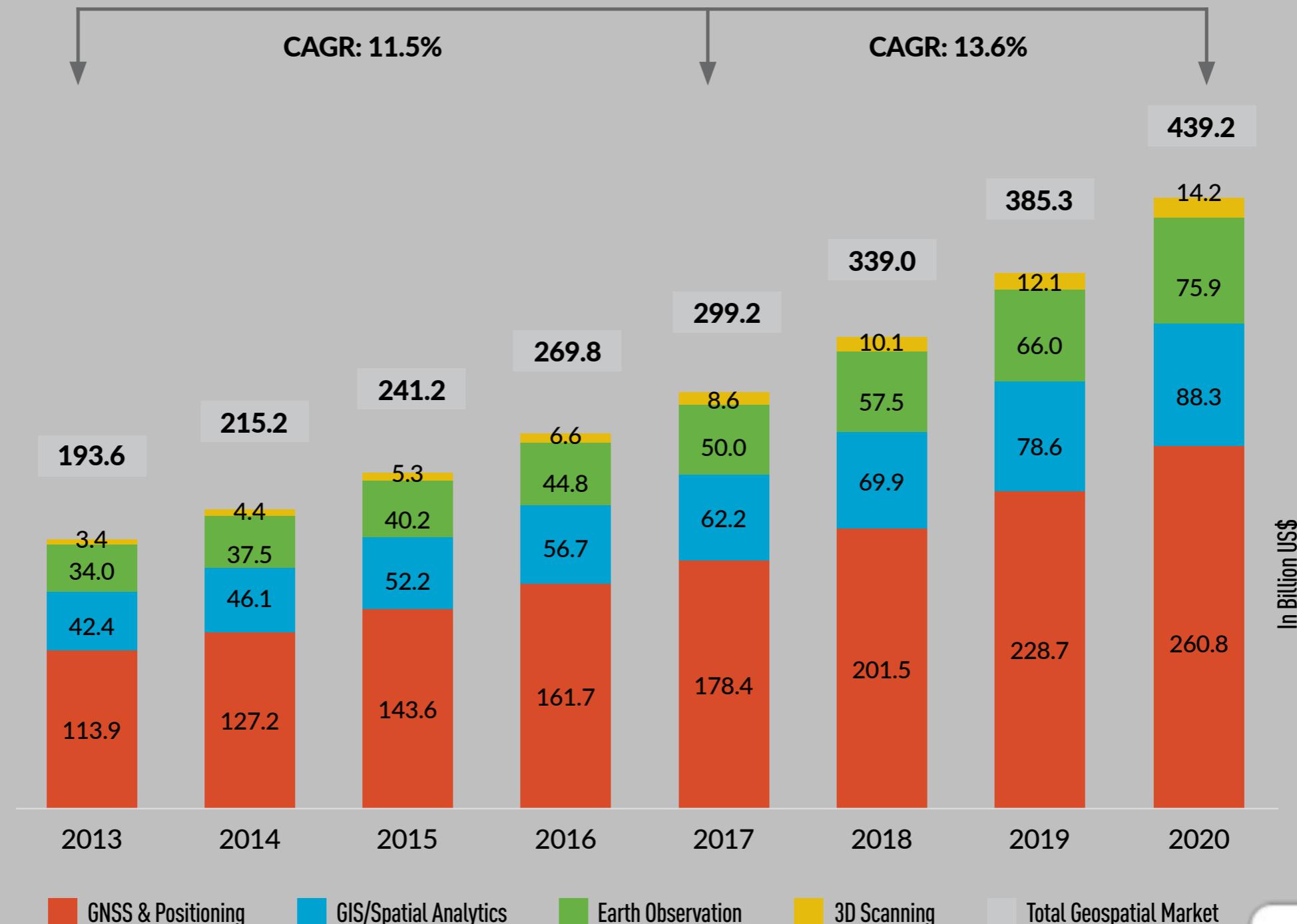
Satelliten-Upstream
Downstream
Kartierung

Hardware
Software
Dienstleistungen

- Auch „raumbezogenen Technologien“
- Die Integration von Business-Prozessen mit den raumbezogenen Daten wird die Zukunft der Branche vorantreiben und wachsen lassen.

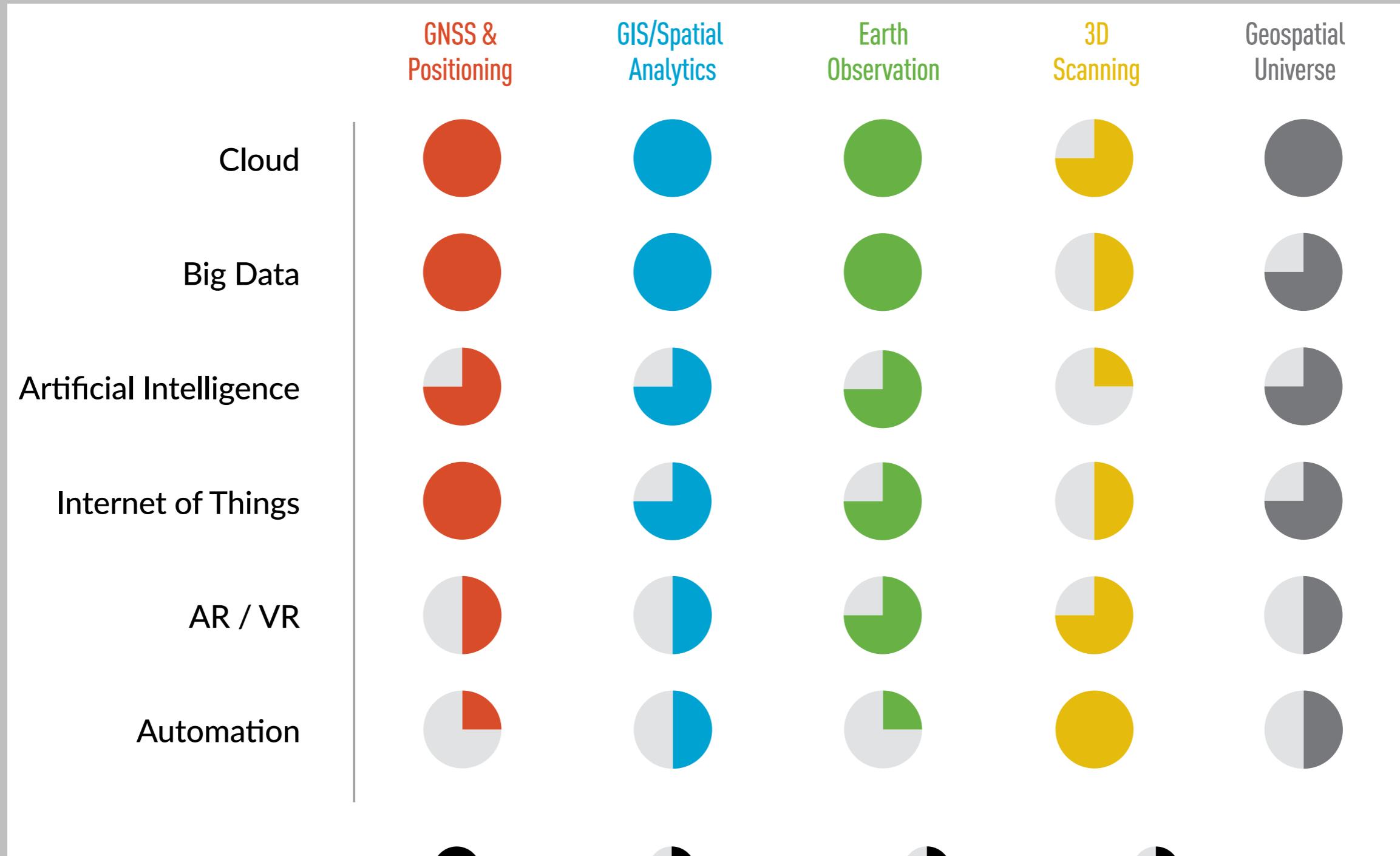
Wie verhält sich die Marktgröße der Branche?

Jährliche Wachstumsrate = Compound annual growth rate (CAGR)



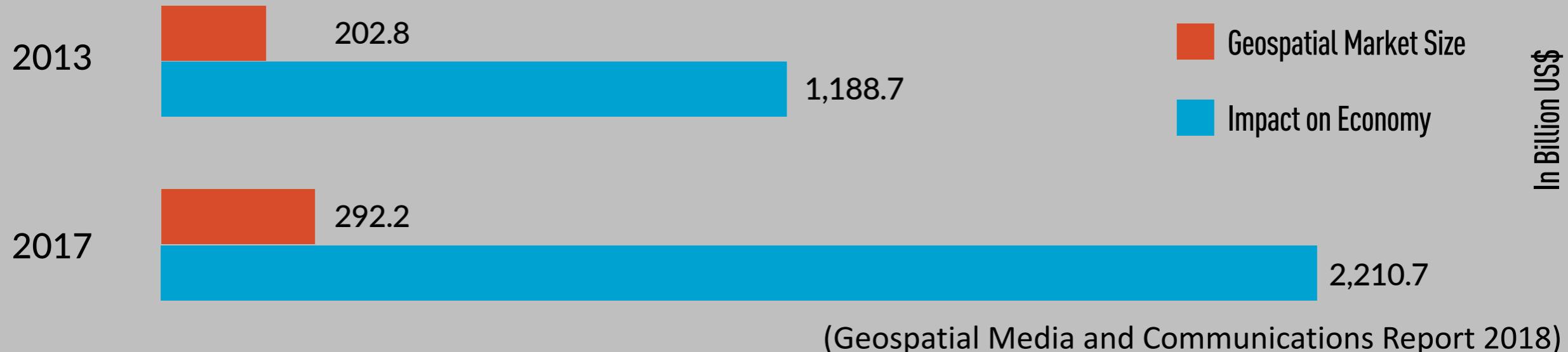
(Geospatial Media and Communications Report 2018)

Welche Technologien beeinflussen die Geo-Bereiche?



(Geospatial Media and Communications Report 2018)

Wächst der Einfluß der raumbez. Technologien?



Über den Vergleichszeitraum 2013 – 2017 wächst die Rate des wirtschaftlichen Einflusses der raumbezogenen Technologien um fast das 2-fache im Vergleich zur Branchengröße.

Source: Adapted from Indecon International Economic Consultants, ACIL Tasman, BCG, AlphaBeta, Oxera, Natural Resources Canada and Geospatial Media Analysis

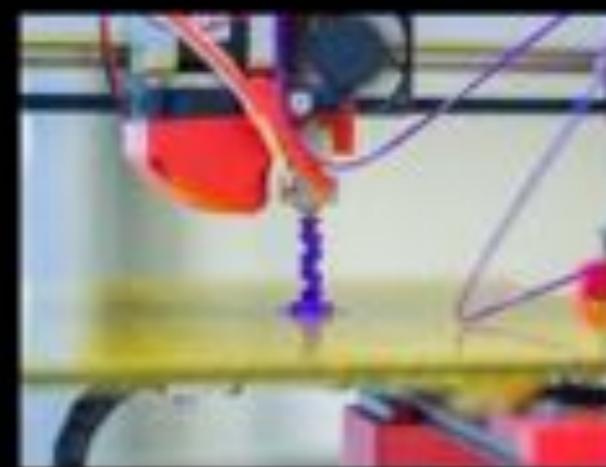
3D LASER SCANNING



What my friends think I do



What my Mom think I do



What society think I do



What my co workers
think I do



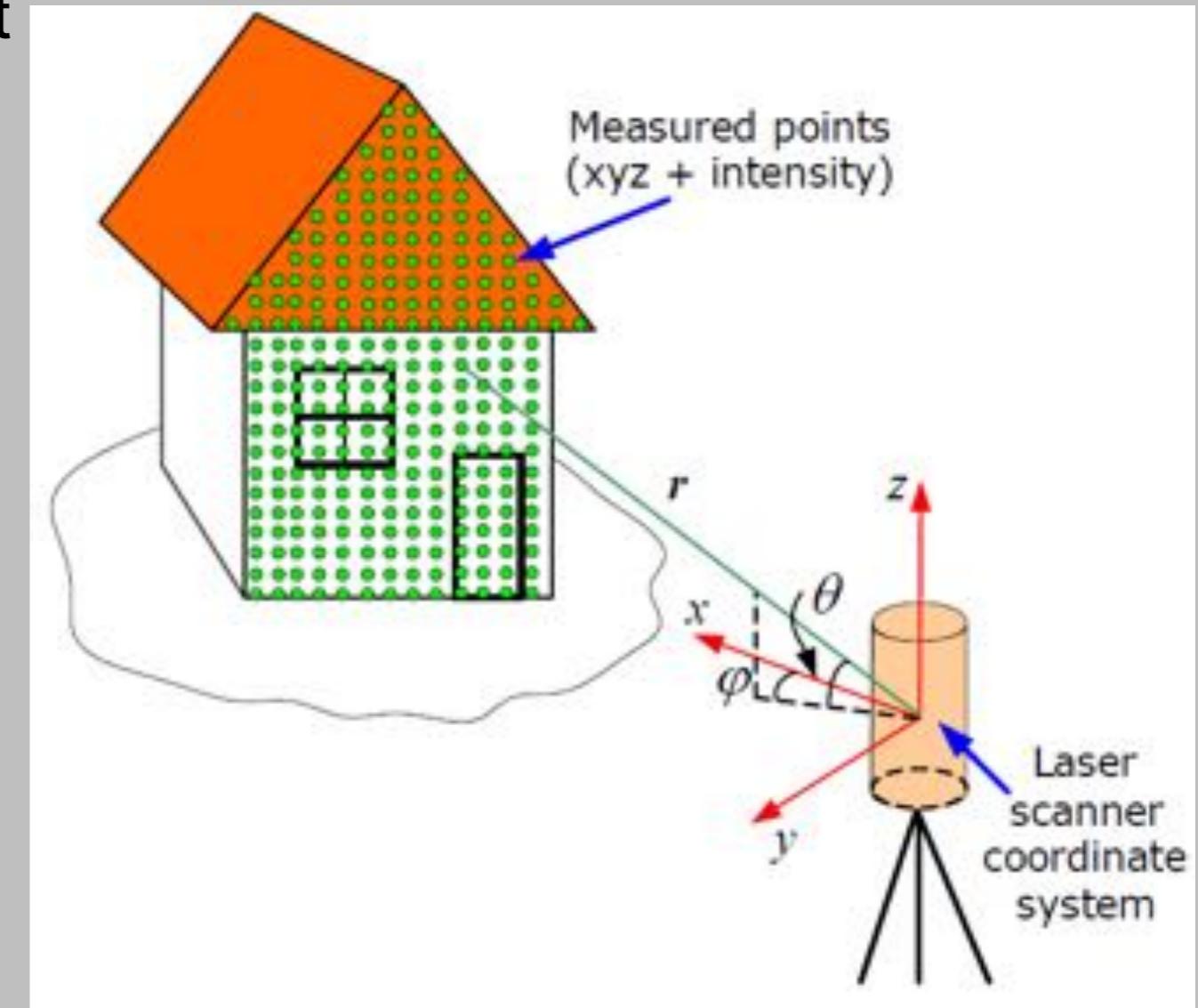
What I think I do



What I actually do

Wie funktioniert Laserscannen?

- Ein Laserstrahl wird über ein Spiegelsystem so abgelenkt, damit ein Objekt mit einer bestimmten Punktdichte abgetastet werden kann.
- Dabei werden meist vier Beobachtungen gespeichert:
 - Distanz
 - Horizontal- und Vertikalwinkelbeobachtungen
 - Intensität des reflektierten Laserstrahls
- Ergebnis ist eine Punktwolke bestehend aus 3D-Koordinaten (X,Y,Z) und der Intensität (wobei die Koordinaten aus den Beobachtungen berechnet werden).



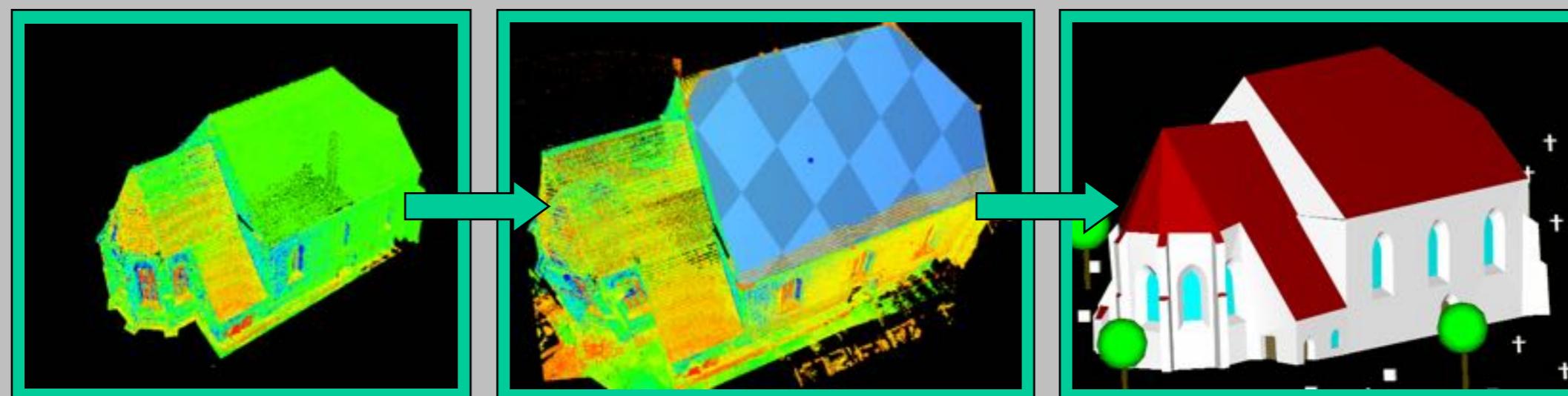
Auswerteverfahren beim Laserscannen

In der Punktwolke lassen sich z.B. direkt Koordinaten und Strecken messen. Meistens jedoch dienen die Aufnahmeergebnisse als Grundlage für die weitere Auswertung oder der Modellierung, z.B. BIM

Linienauswertung eines Laserscans



3D-Visualisierung eines Modells



Anwendungen des Laserscannen

Zu den Anwendungen des Laserscannens im Ingenieurbereich gehören hauptsächlich folgende Aufgabenstellungen:

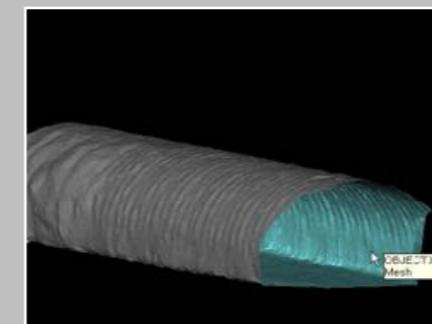
Straßen



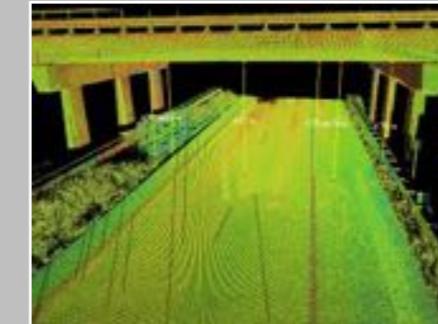
Zugtrassen



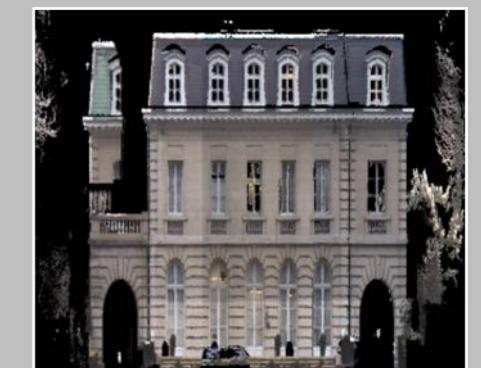
Tunnels



Brücken



Gebäude



Es gibt noch unzählige weitere Anwendungen. Laserscannen wird neben GNSS ebenfalls als befähigende Technologie angesehen!

Studie: Stockwell Gebäude, Univ. Greenwich



Studie: Stockwell Gebäude (2)

Überprüfung des Ist- und Planungszustands:

- Erstellen einer genauen 3D-„As-built“-Dokumentation mit Hilfe eines Laserscanners
- Evaluierung der Abweichungen des Ist-Zustands von der Geometrie der Planung



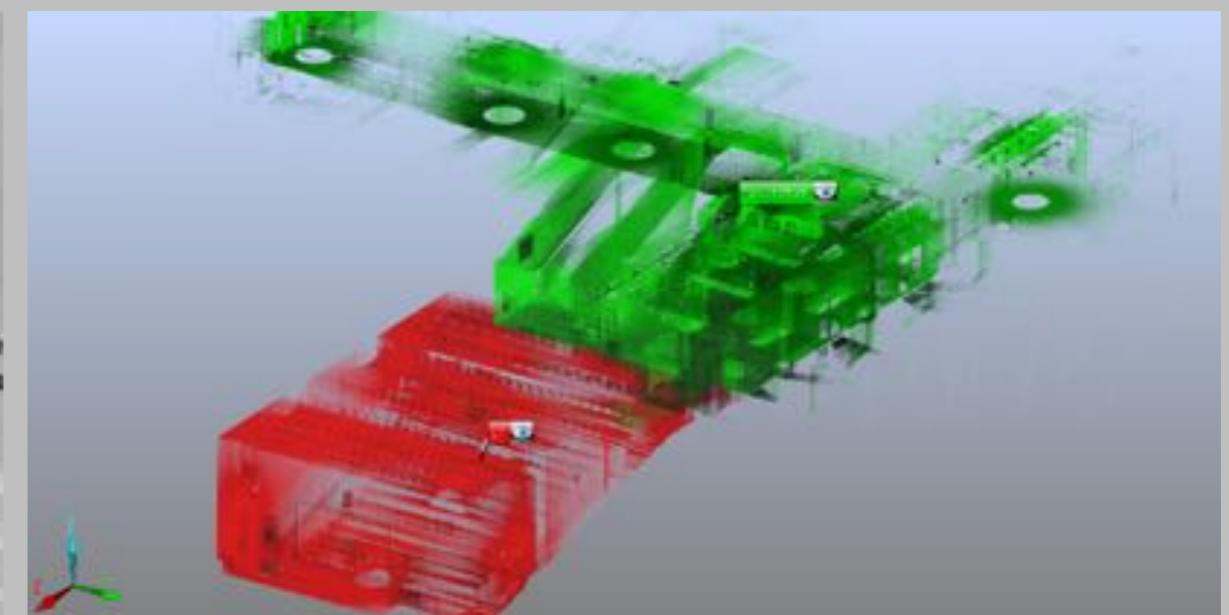
Studie: Stockwell Gebäude

■ Effiziente Aufnahme:

- Stückweises Scannen des Gebäudes von innen und außen
- Punktfolge als Geodatensatz; Model und vektorisierte Informationen als Produkt

■ Test der modernen Aufnahmetechnologien und Aufnahmestrategien:

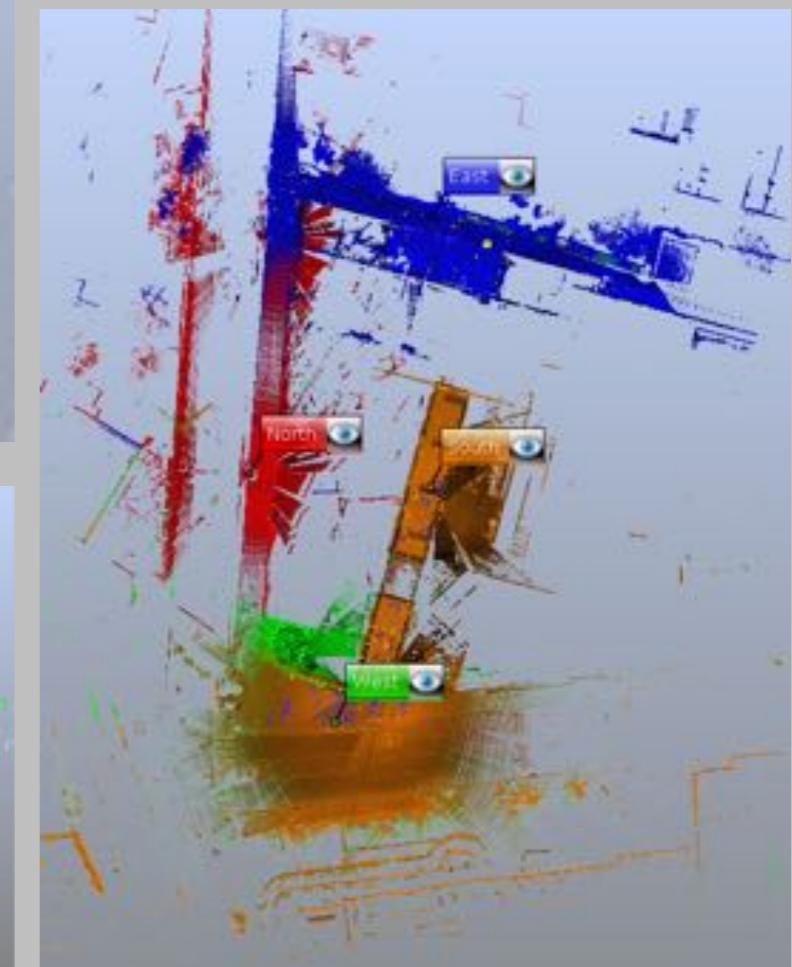
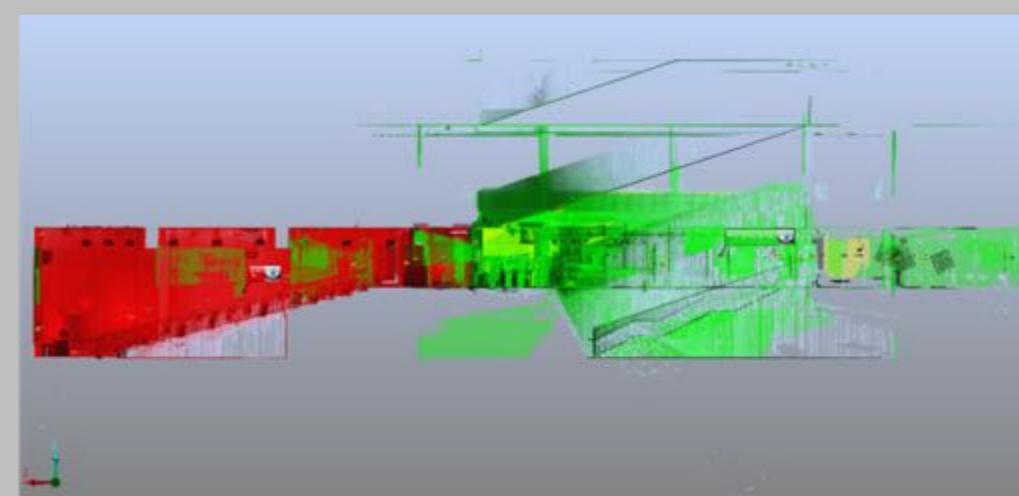
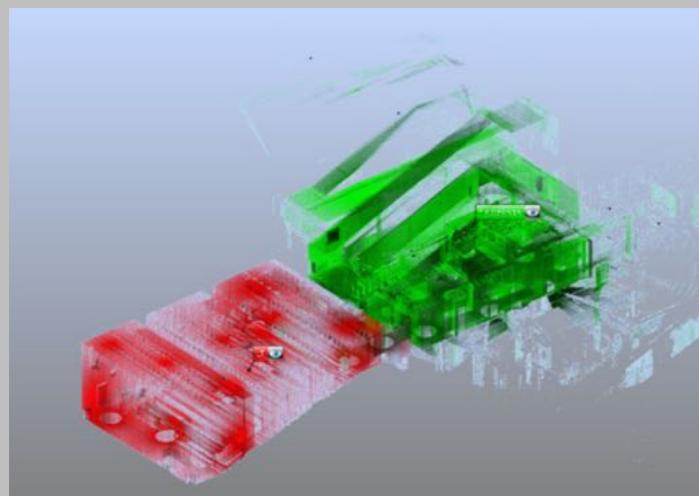
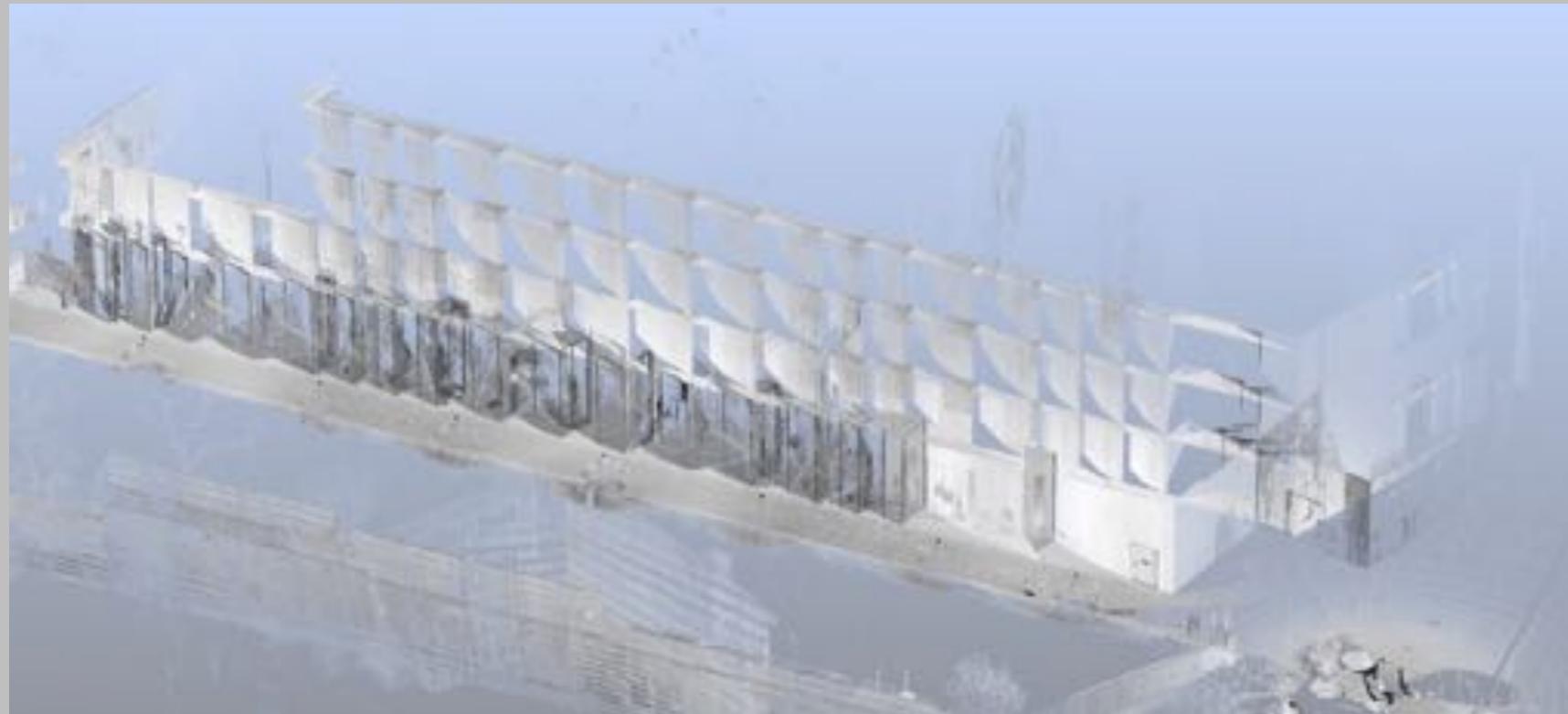
- Mobiles Scannen, Indoor Positionierung, Virtual Reality, unterstütztes Navigieren, usw.



Model nach Planung

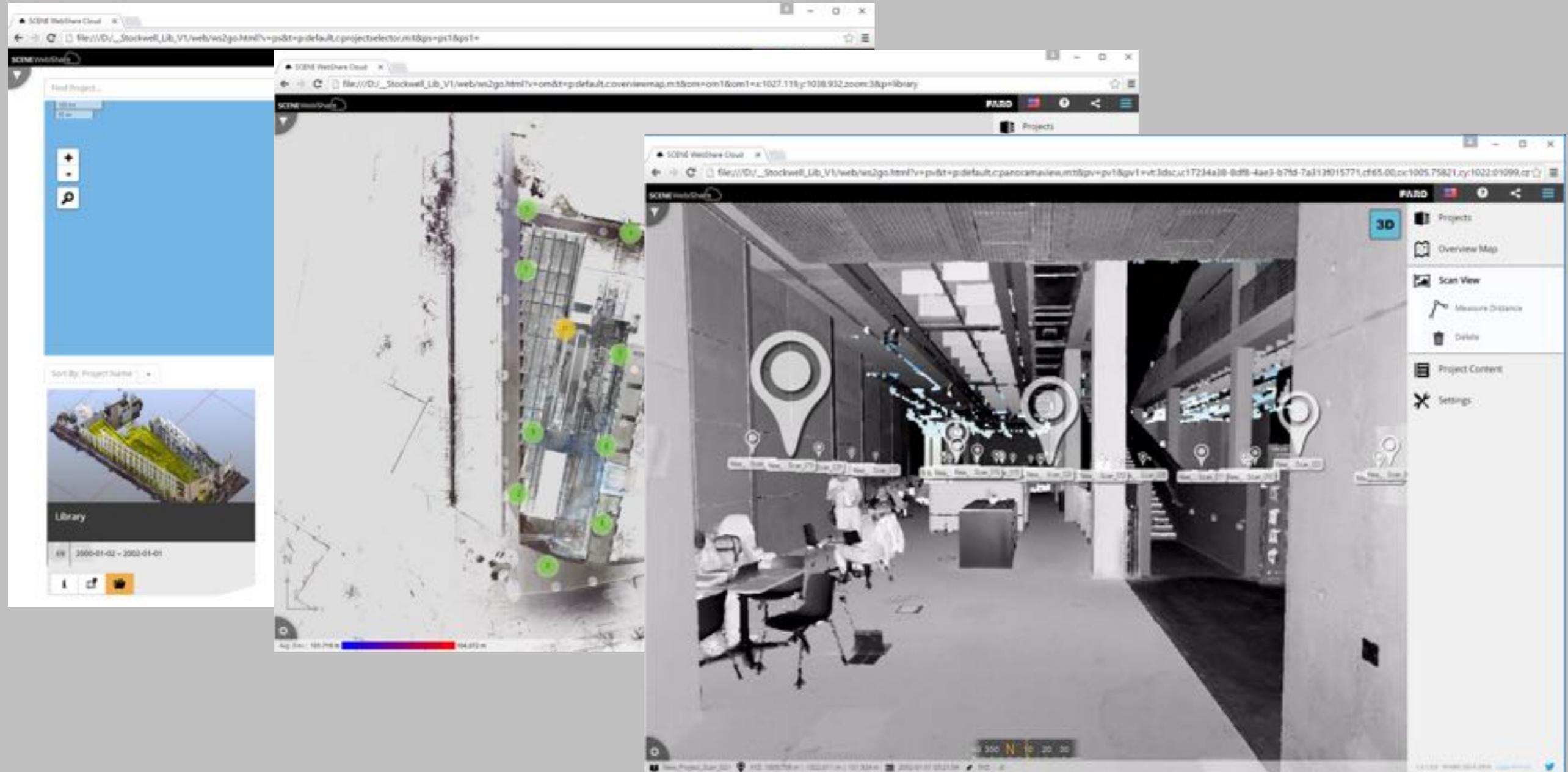


As-Built Model



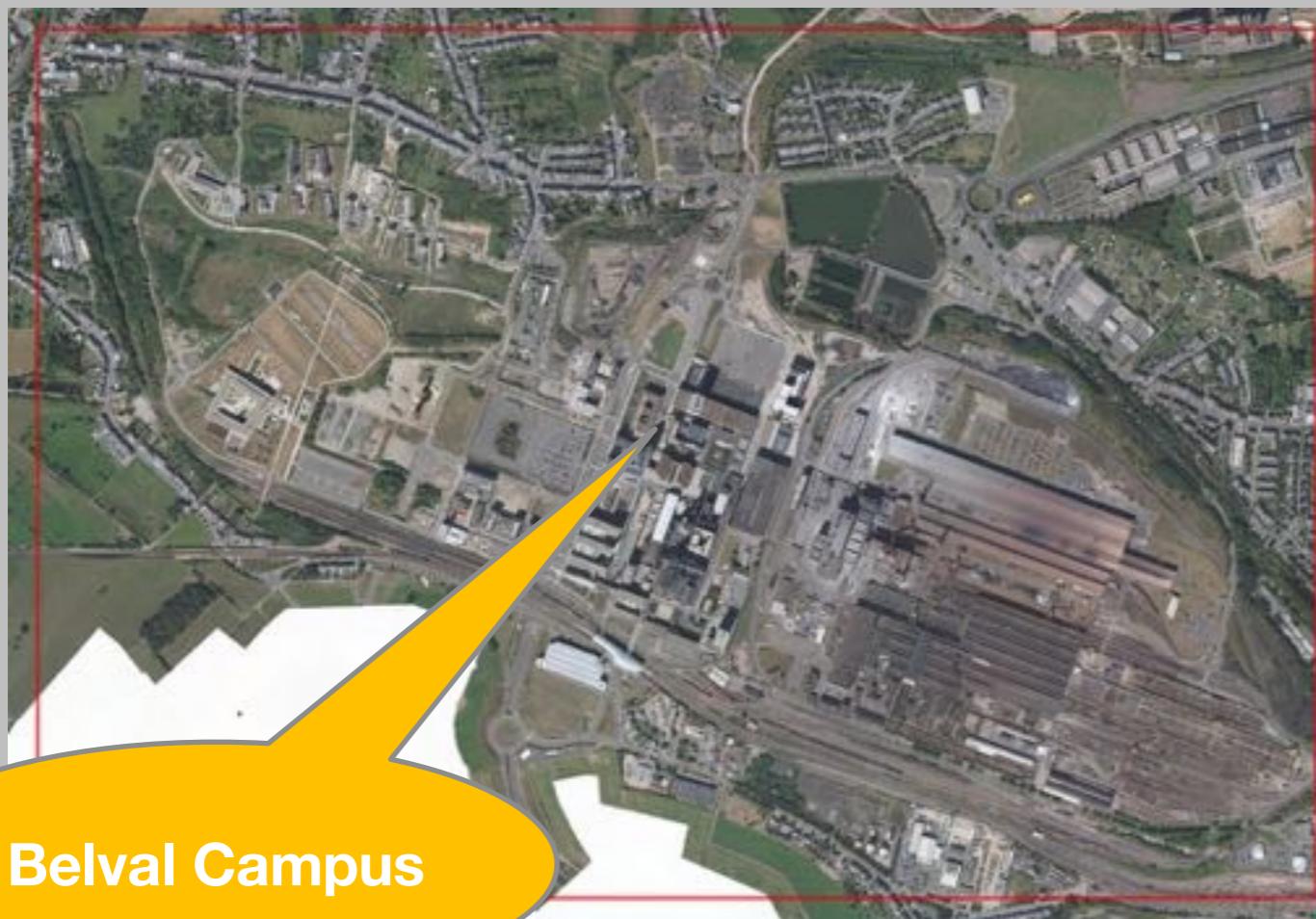
As-Built Model: Data Sharing via Web Share

Die Punktwolken Informationen können über den Internet Browser und Web Share abgerufen werden.



Studie: Belval Campus der Uni.lu

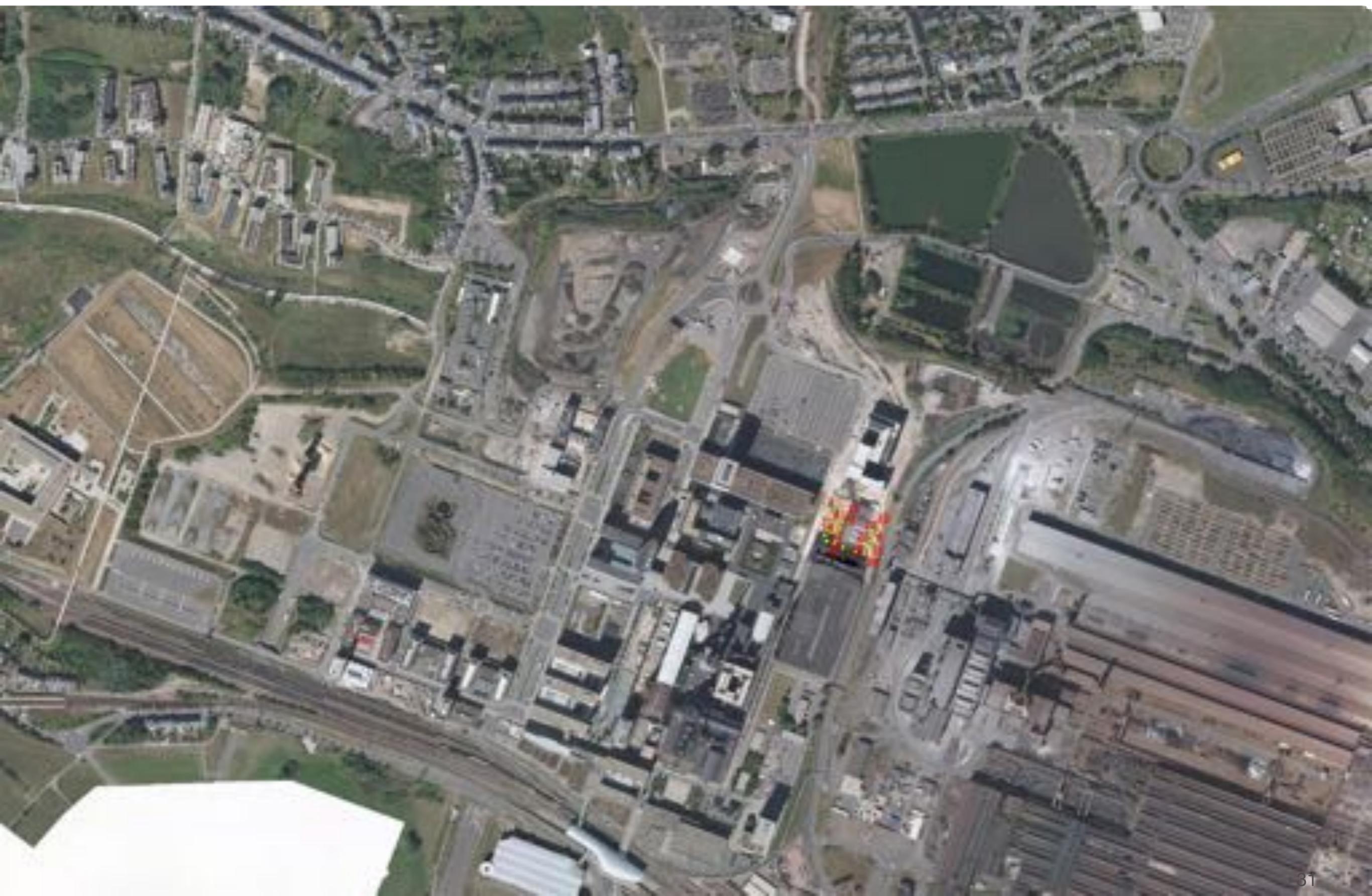
- Wie kann die Fusion verschiedener Geodaten effektiv und korrekt durchgeführt werden?
- Welche Genauigkeiten können erwartet werden und wie können diese evaluiert werden?
- Typische Anwendung für die Erstellung eines 3D-Stadtmodells



Datensätze

- Luftbildaufnahmen (Flugzeug)
- Luftbildaufnahmen (Drohne)
- Terrestrisches Laserscannen
- LIDAR (kommt noch)

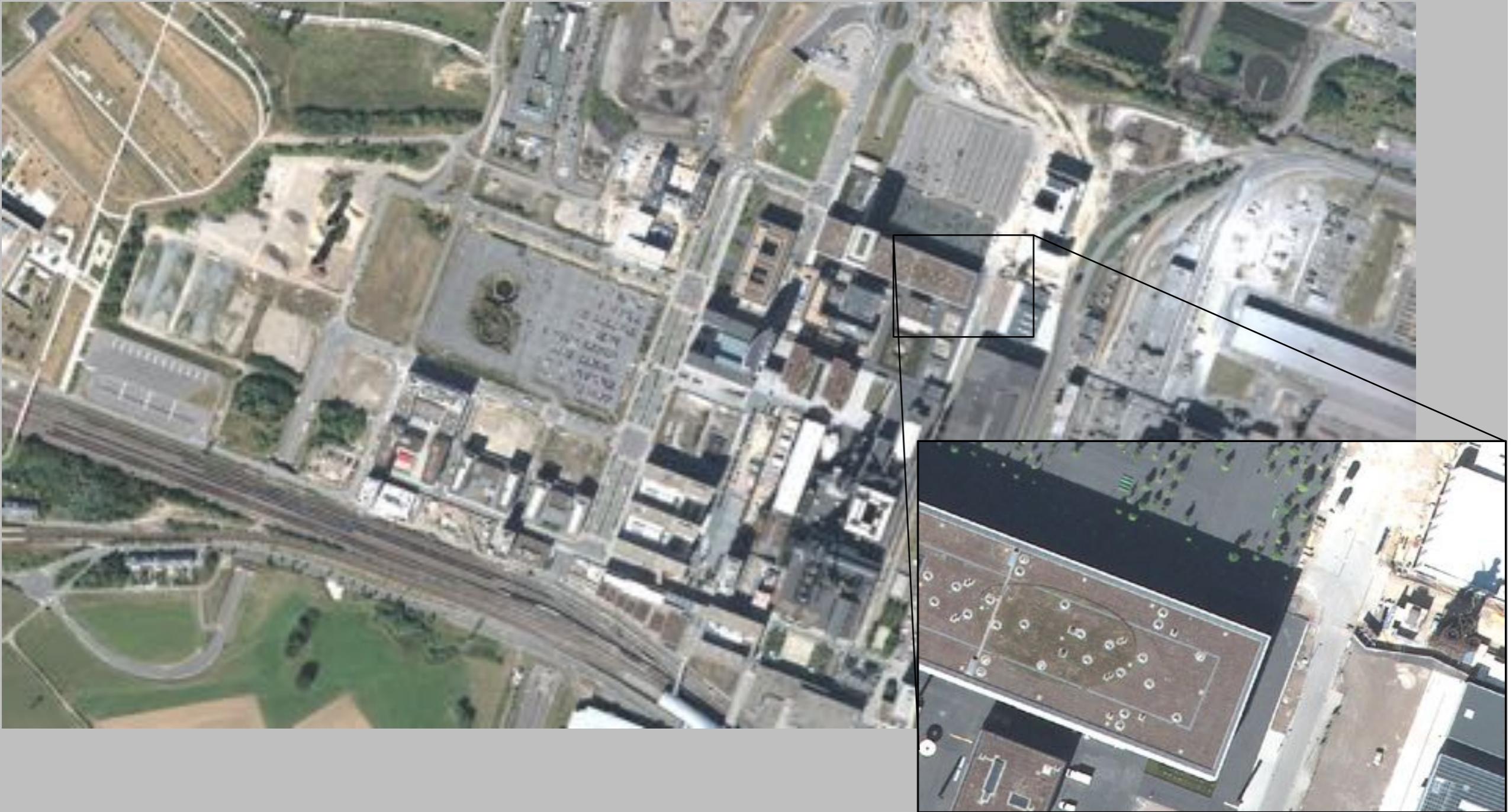
Studie: Belval Campus – GIS und Orthophotos



Studie: Belval Campus - Luftbilder



Luftbilder mit ca. 10cm Auflösung

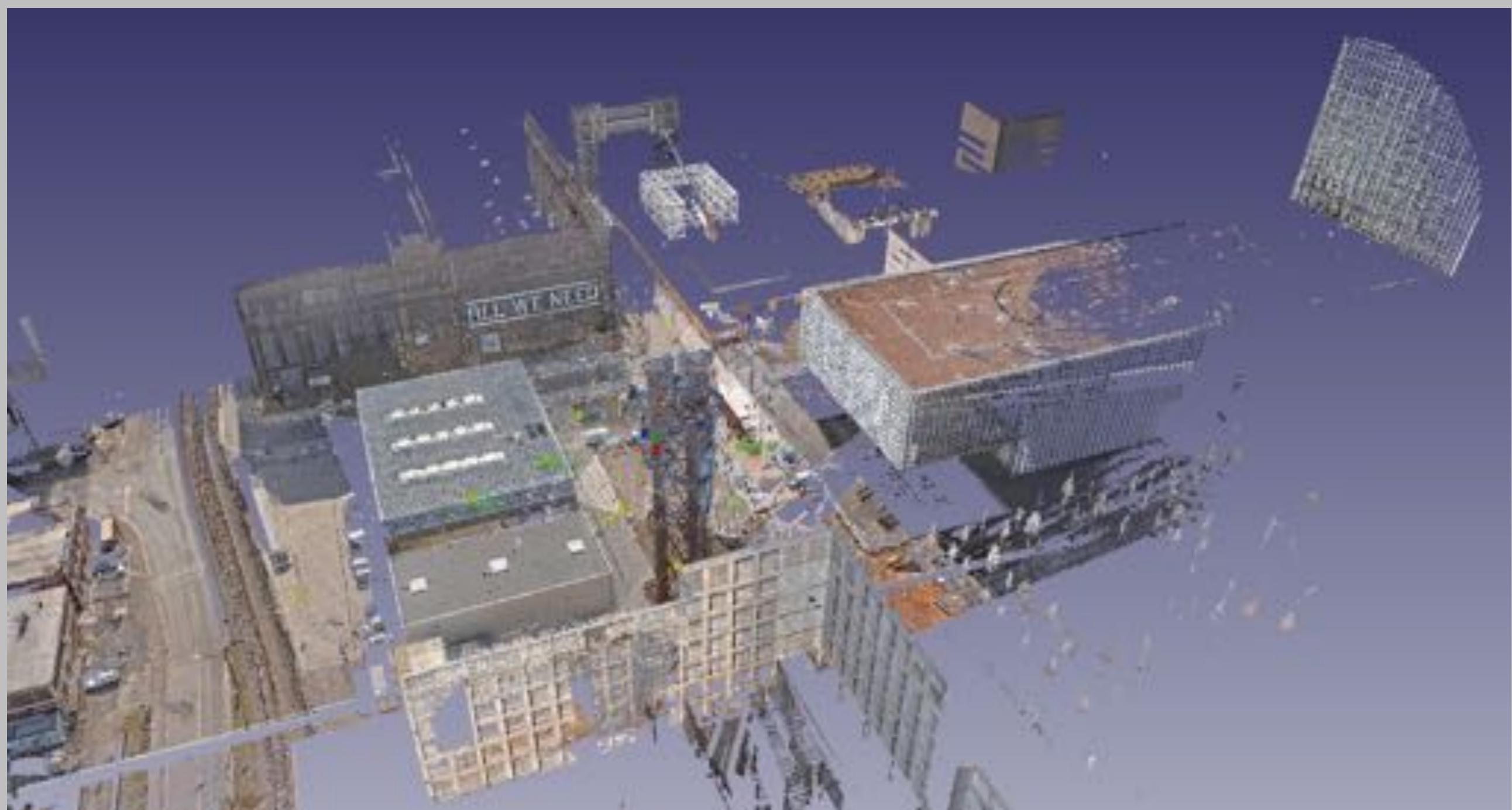


Studie: Belval Campus - Dronendaten

Hochauflösende (1-2cm) digitale Photogrammetrie mit Hilfe von Aufnahmen mit Drohnen



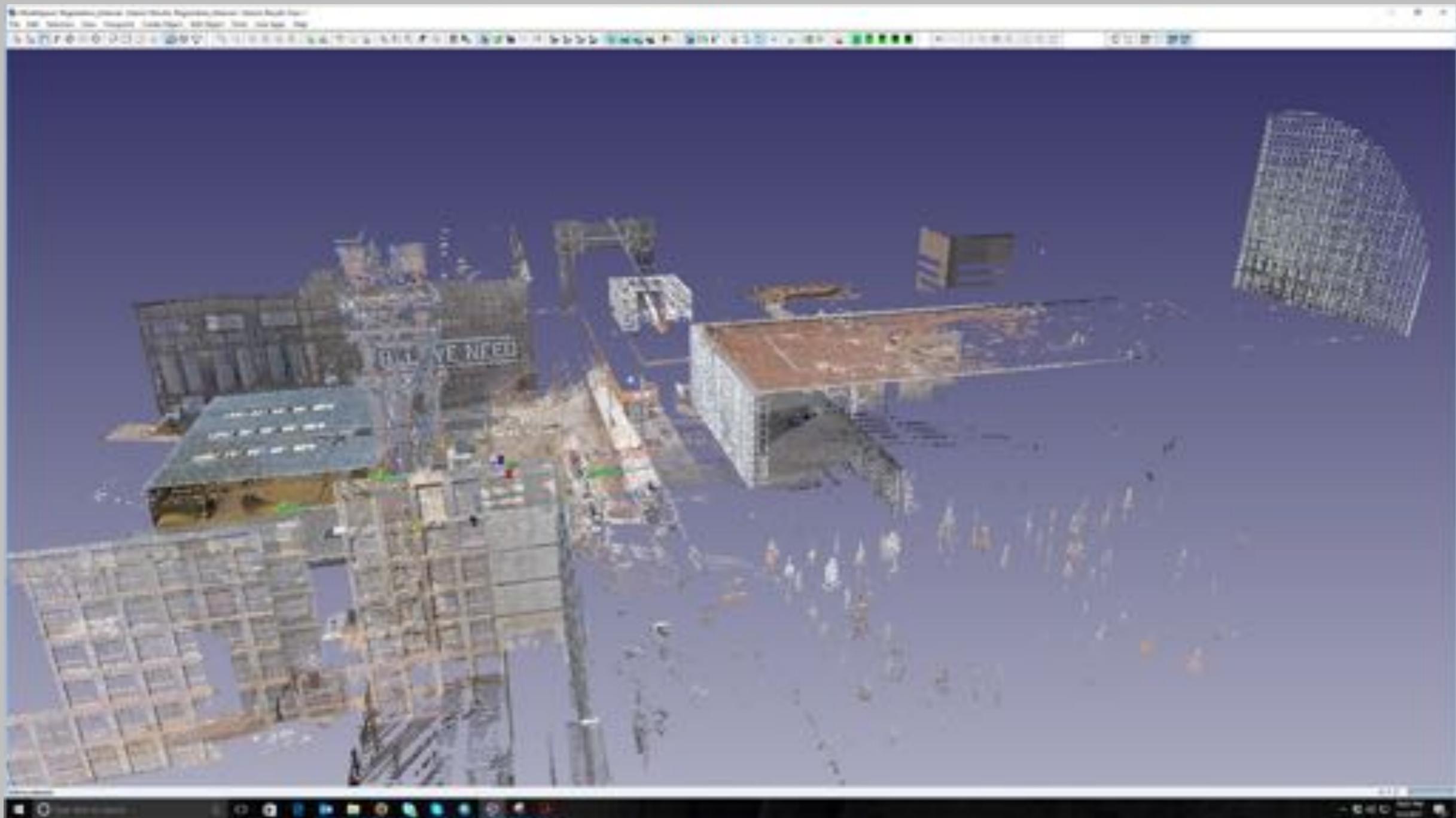
Studie: Belval Campus - Dronnendaten



Studie: Belval Campus - Lasersannen

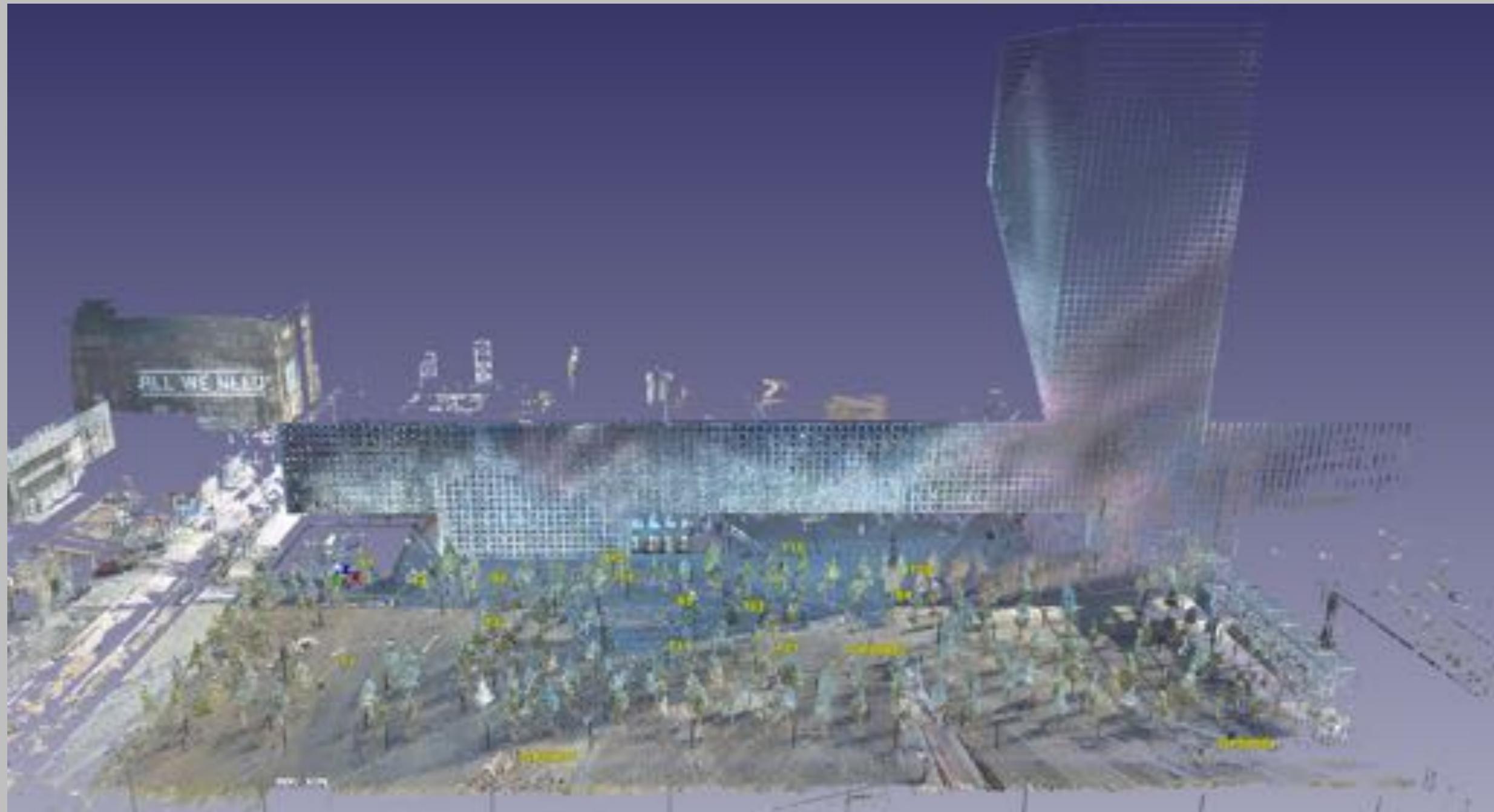


Terrestrisches Laserscannen: Langzeitprojekt mit Studenten



Studie: Belval Campus - Laserscannen

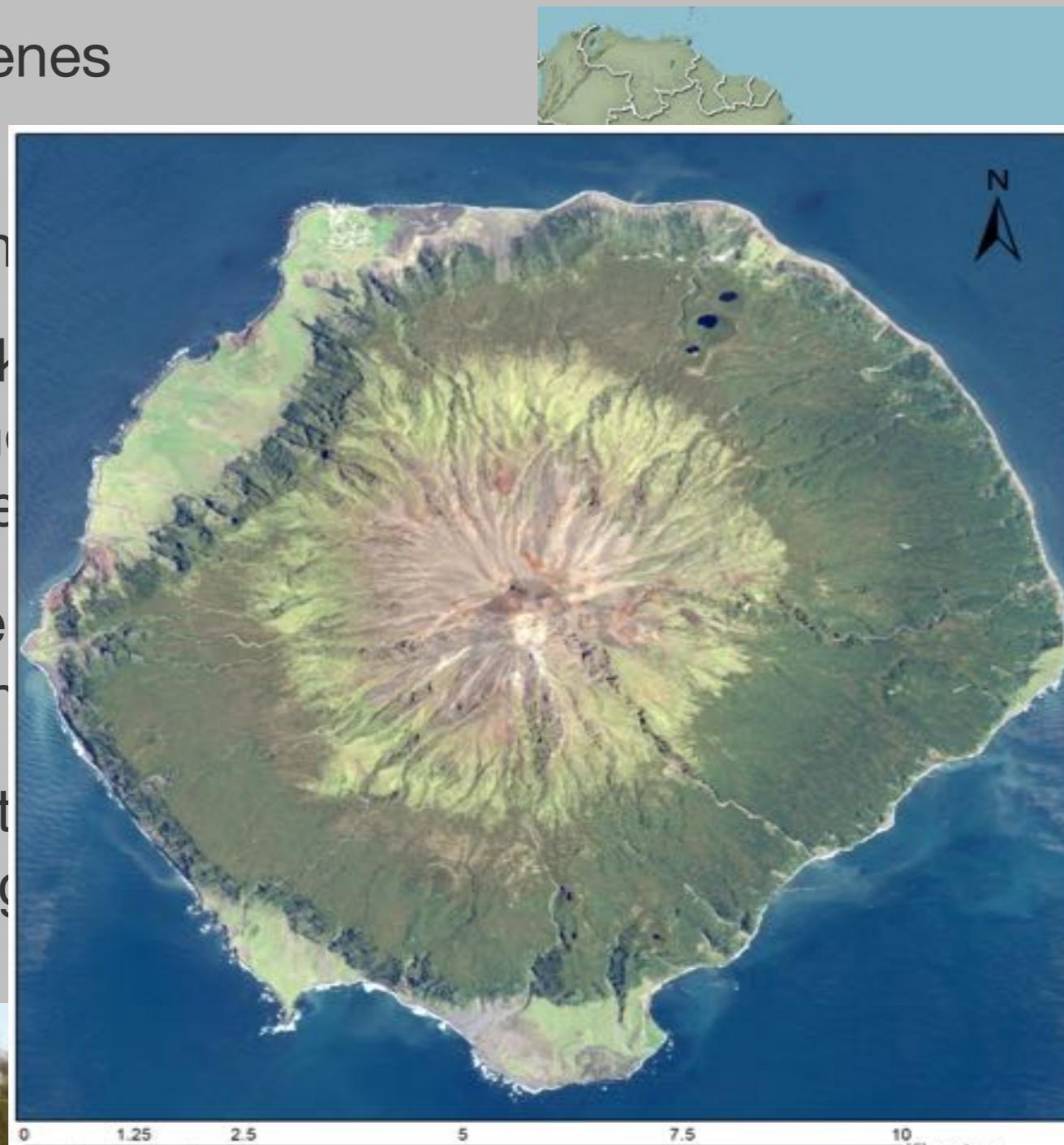
Terrestrisches Laserscannen: Langzeitprojekt mit den Studenten



UNIVERSITÉ DU
LUXEMBOURG

Studie: Tristan da Cunha

- Sehr fernabgelegenes Interessensgebiet
- Harte Wetterbedingungen
- Kaum Geodaten, kein Satellitenaufnahmen, keine Drohnenaufnahmen
- Es gibt eine Reihe von Forschungseinrichtungen
- **Problem:** Hangrutschungen, Überschwemmungen



GNSS Station



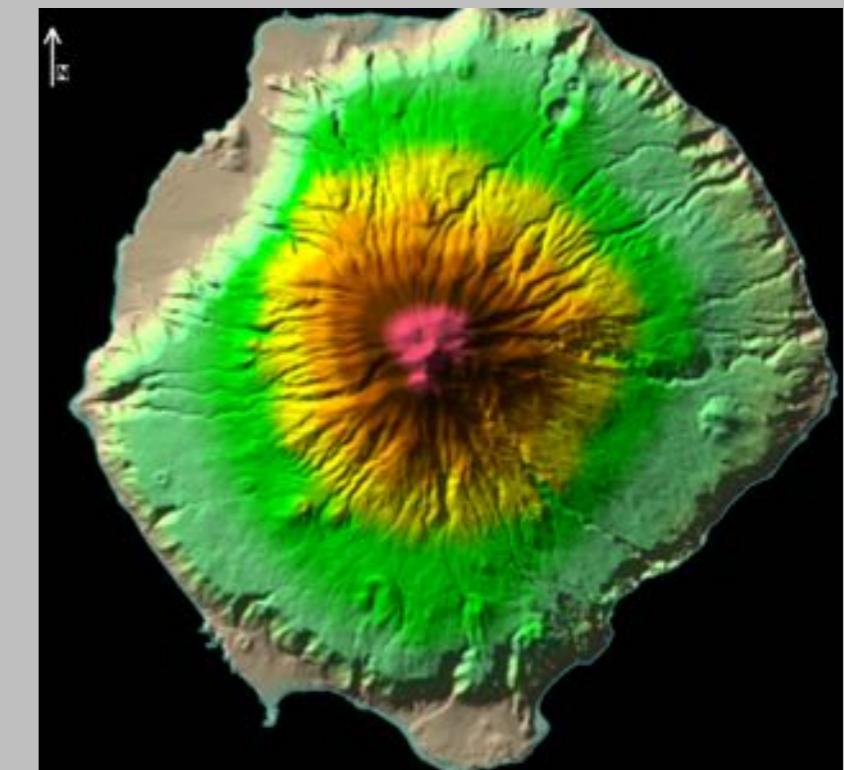
Umsetzung von Messungen und Messungen vor der DORIS Station

Studie: Tristan da Cunha

■ Überwachungsmessungen (Hangrutschungen, Überschwemmungen) benötigen hochgenaue 3D-Geländemodelle um Prozesse besser zu verstehen und zu modellieren.

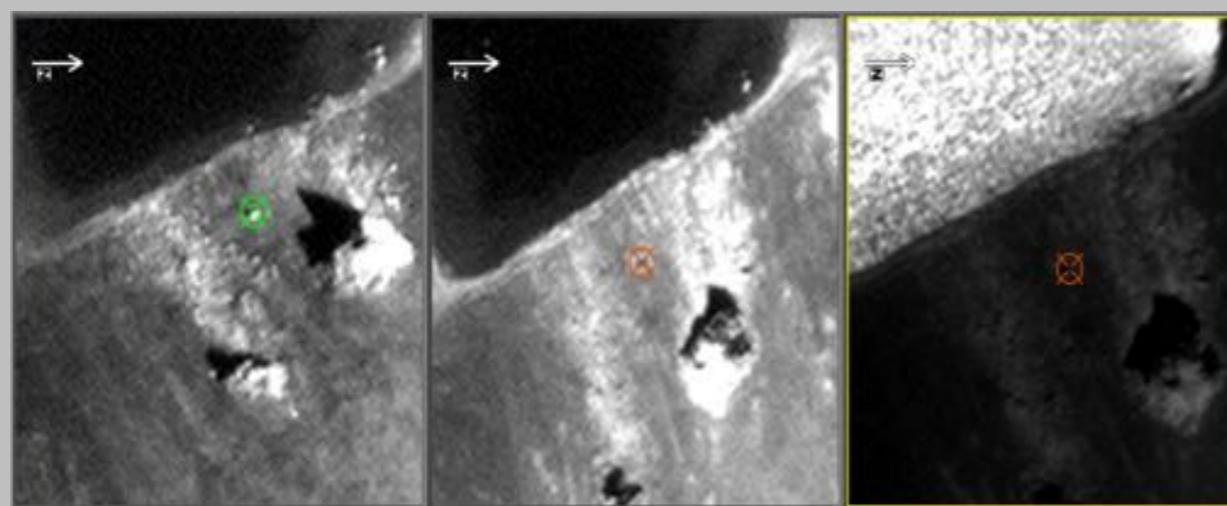
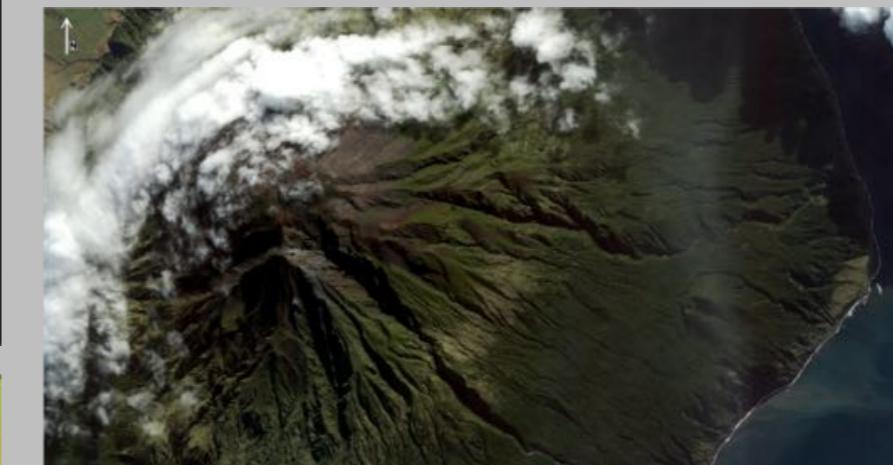
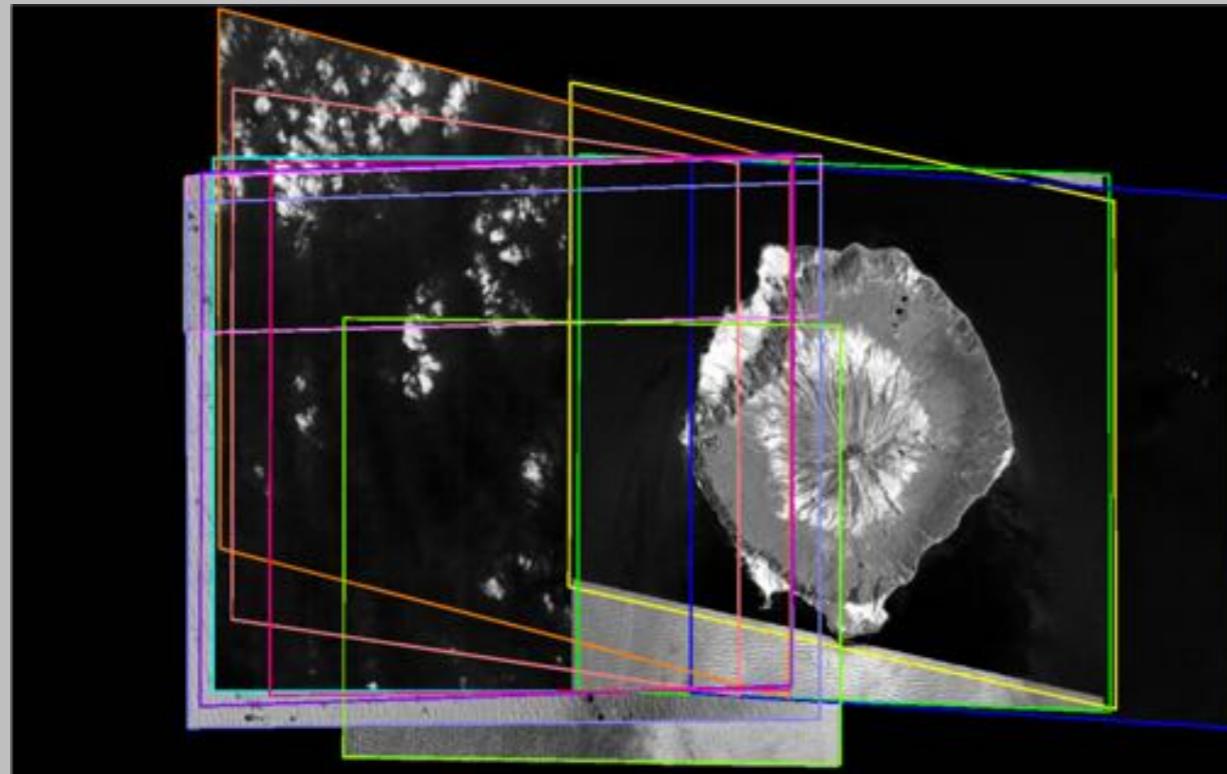
■ Es musste ein Geländemodell aus den verfügbaren Daten erstellt werden:

- Digitales Geländemodell mittlerer Auflösung aus vorhandenen Quellen (SRTM, ASTER)
- Digitales Geländemodell hoher Auflösung aus den optischen Satellitenaufnahmen
- Extrahieren der Punktfolge mit 1m Auflösung
- Digitales Geländemodell höchster Auflösung aus den Dronenaufnahmen
- Integration beider Geländemodelle über Passpunkte
- Evaluierung und Interpretation in Bezug auf die Geo-Applikation



DEM 2m Auflösung

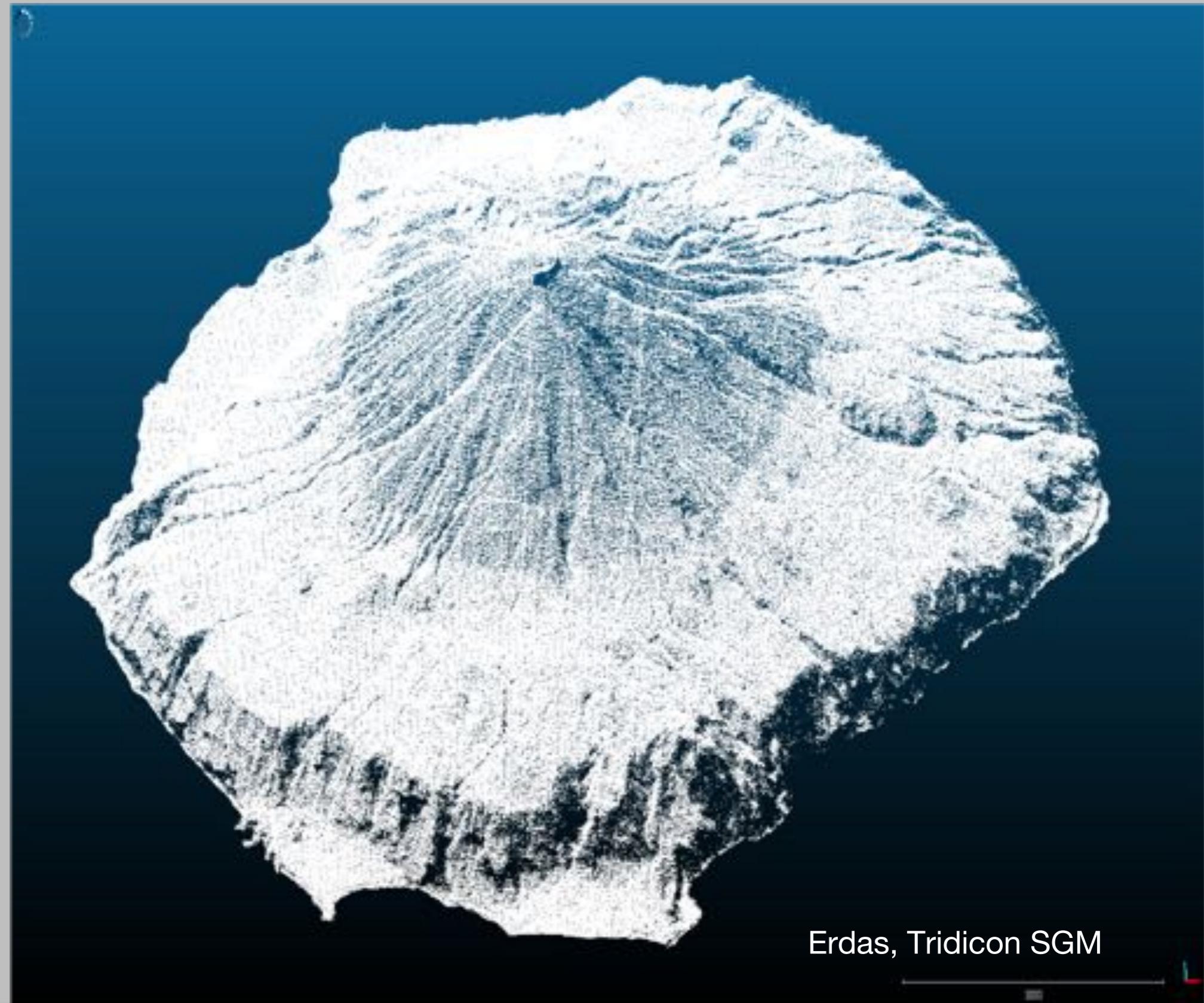
Digital Globe – optische Satellitenbilder



Punktwolke aus den opt. Satellitenbildern

Punktwolke mit
durchschnittlich 1 m
Auflösung, ca. 80
Millionen Punkte

Erstellt mit dem
ERDAS Semi Global
Matching (SGM)
Algorithmus



Drohnen Photogrammetrie

Auswertung mit Pix4D

Ergebnisse de



Orthophoto erstellt aus
Aufnahmen mit
Passpunkten



Ansicht des
des

Integration der Geländemodelle

Mit Hilfe der Referenzmessungen (Passpunkte) wurden die Punktwolken beider Datensätze miteinander integriert.



Integrierte Punktwolken
(SGM 1m mit
hochauflösender Punktwolke
von der Auswertung mit
Pix4D)



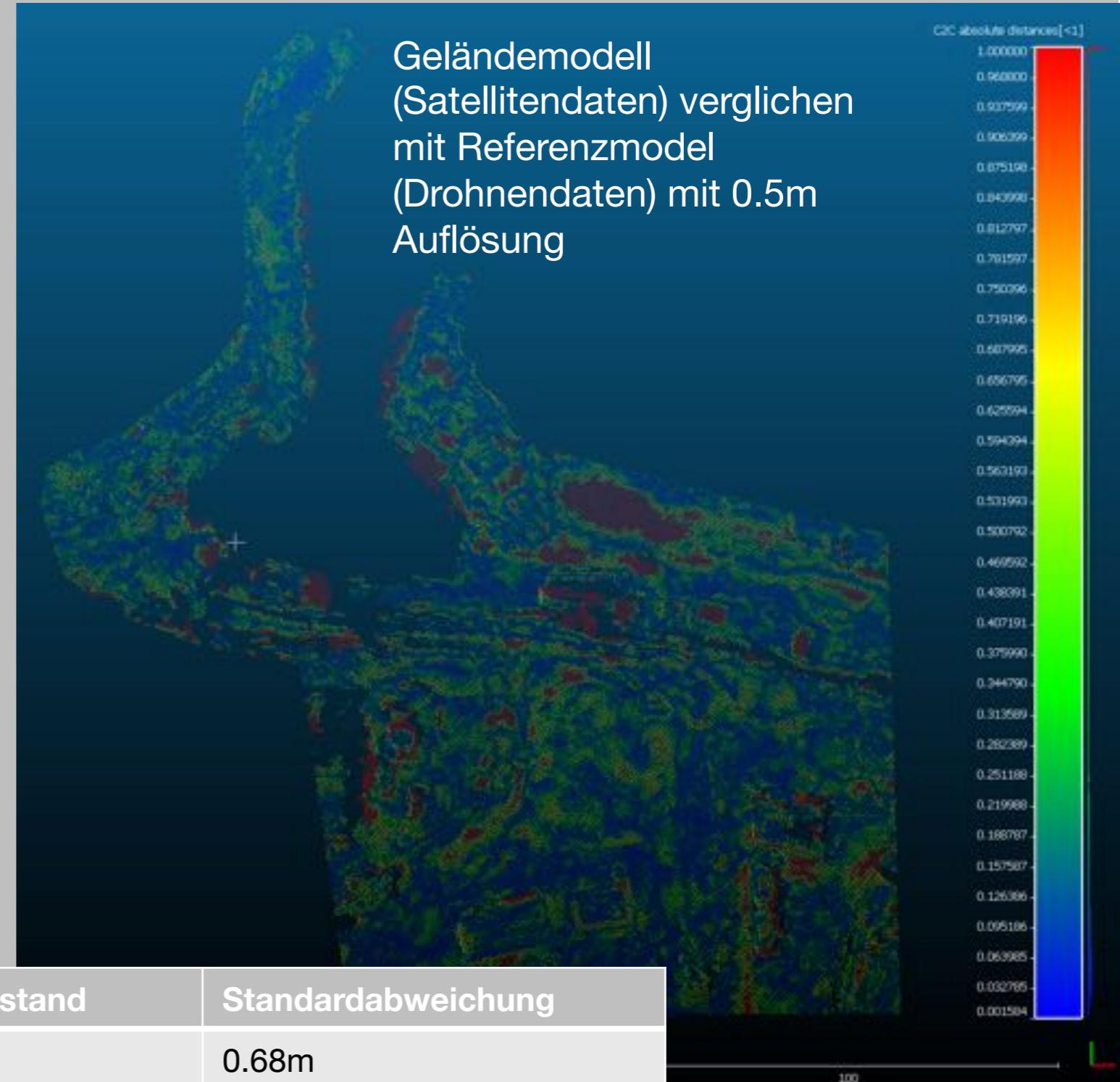
Detailansicht Edinburgh of the Seven Seas

Evaluierung der Geländemodele

Punktwolkenvergleich



Referenzmodell (Drohnenaufnahmen)



Punktwolkenvergleich	Mittlere Abstand	Standardabweichung
vor ICP Registrierung	0.26m	0.68m
nach ICP Registrierung	0.14m	0.53m

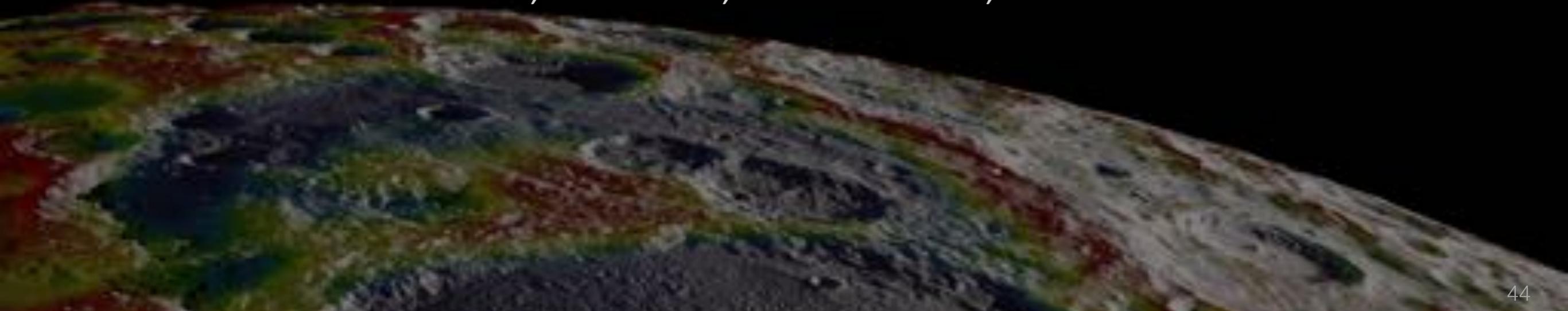
Resultat der ICP: Verschiebungsvektor -0.32 m in X, 0.09 m in Y und 0.25 m in Z, ohne Rotationen



Automated Crater Detection Using Deep Learning

NASA FDL Lunar Volatiles Team

D. Backes, E. Bohacek, A. Dobrovolskis, T. Seabrook

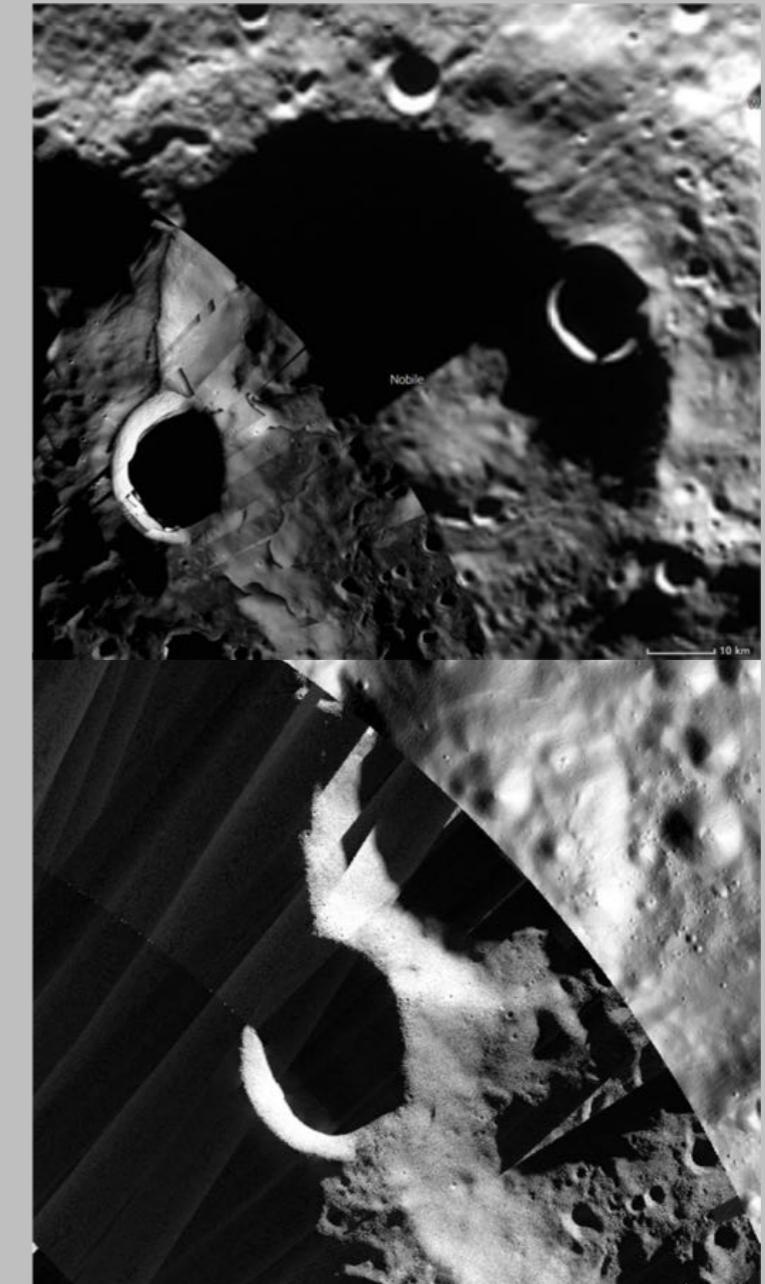


44

Gravity Recovery and Interior Laboratory (GRAIL) mission, NASA Goddard Space Flight Center: <https://svs.gsfc.nasa.gov/vis/a000000/a004100/a004175/>

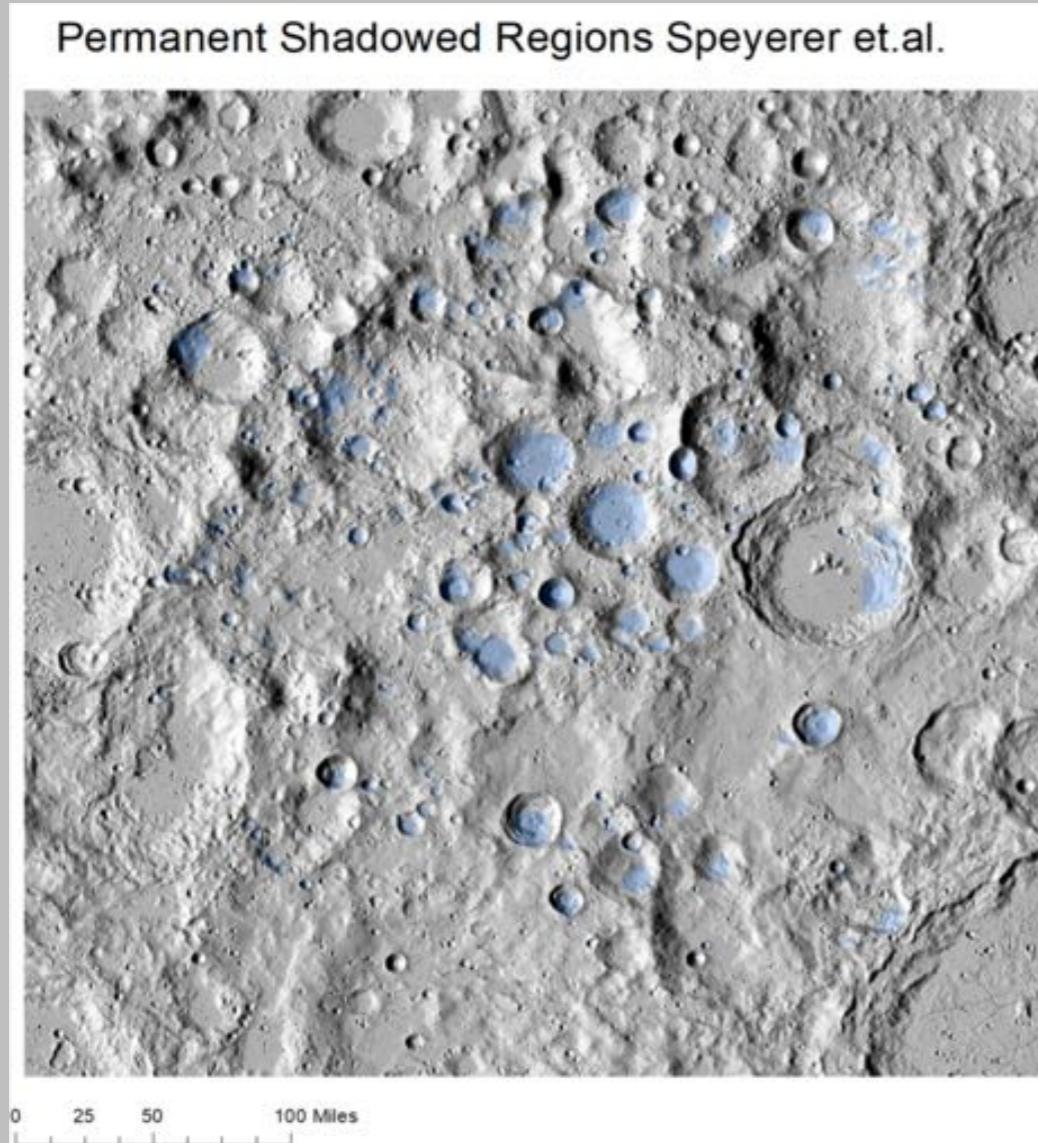
Problemstellung

- Wasser wird in den permanent abgeschatteten polaren Regionen/Krater vermutet.
- Kartierung der Polargebiete ist sehr schwierig
 - Bildregistrierungsprobleme
 - Artifakte
 - Bildausleuchtung/Kontraste
- Dies fordert eine sehr intensive Datenvorbereitung vor der Analyse und vor der Planung von Mondmissionen



Nobile Crater: optical image mosaic overlaid over DEM

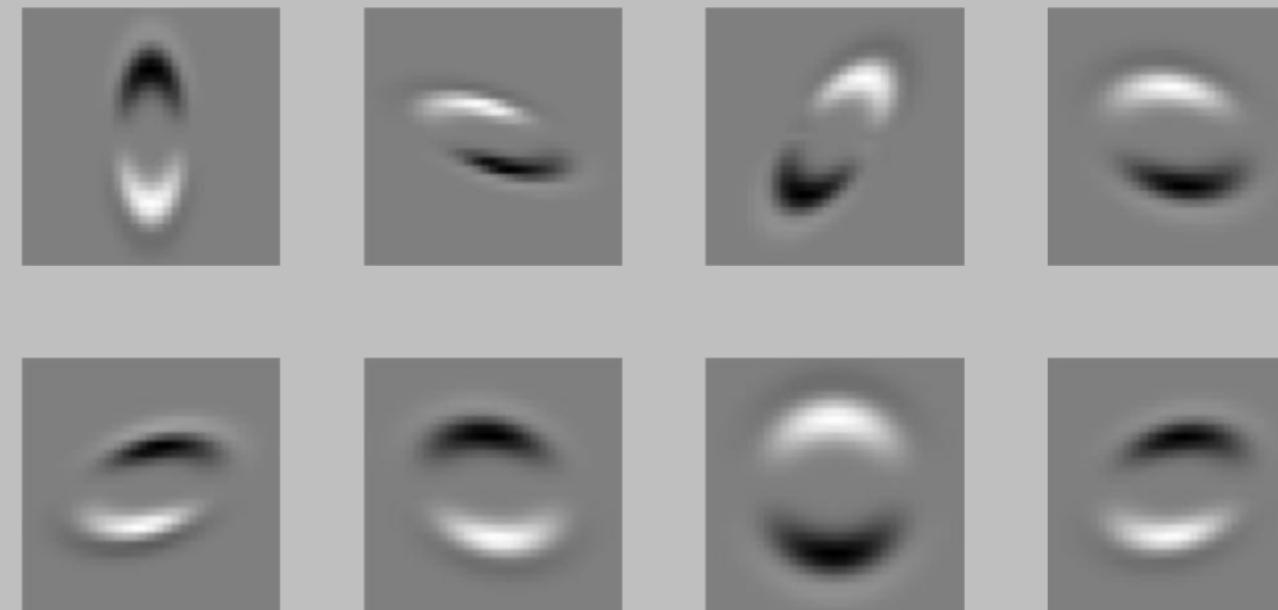
Permanent abgeschattete Regionen



Speyerer E. J., S. J. Lawrence, J. D. Stopar, P. Gläser, M. S. Robinson, B. L. Jolliff (2016)
via <http://lroc.sese.asu.edu>

Algorithmus

- Automatische Crater-Identifizierung mittels Deep Learning
Klassifizierung aufgrund eines anpassungsfähigen
Convolutional-neural-networks-Filters (CNN-Filter)



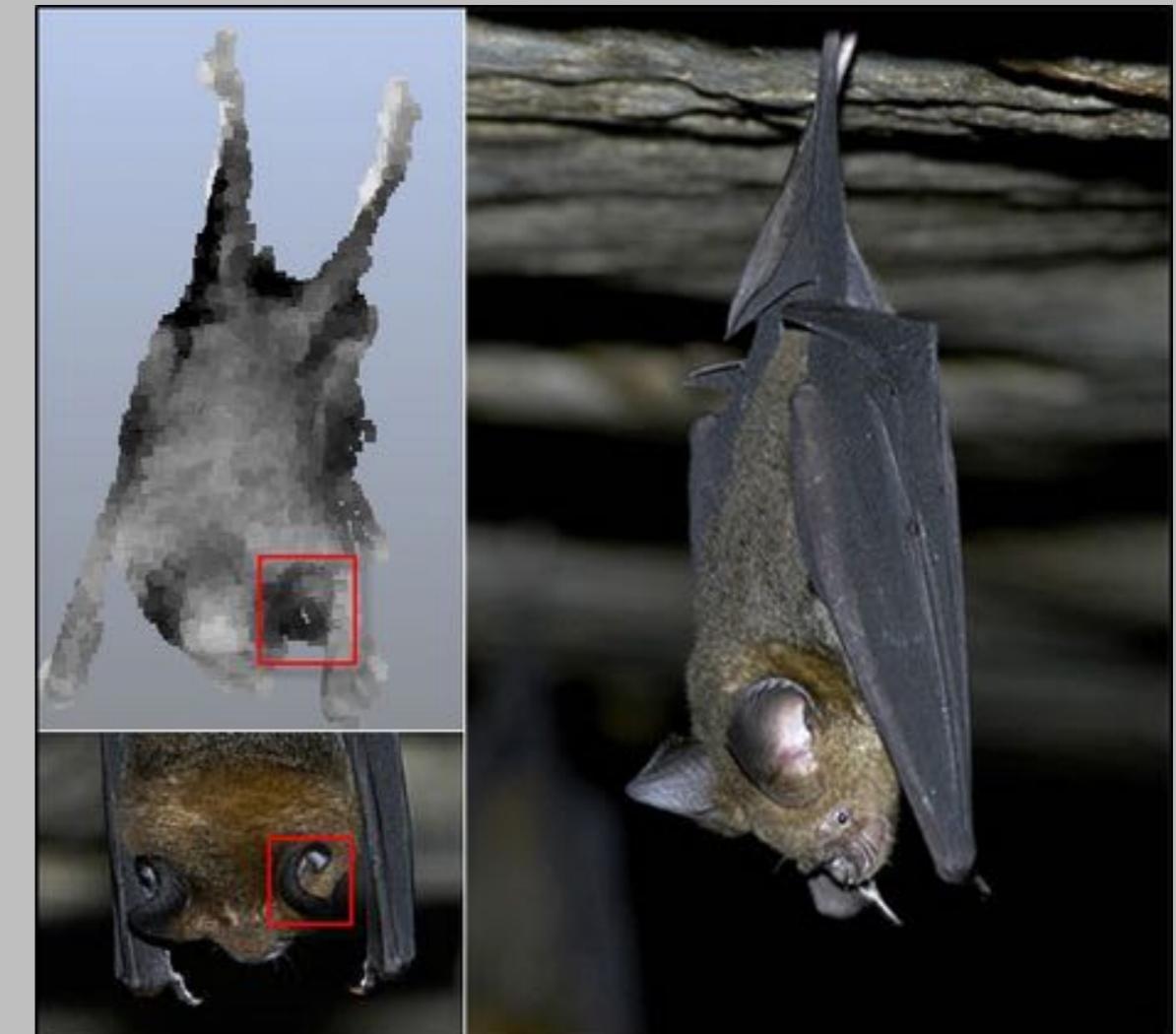
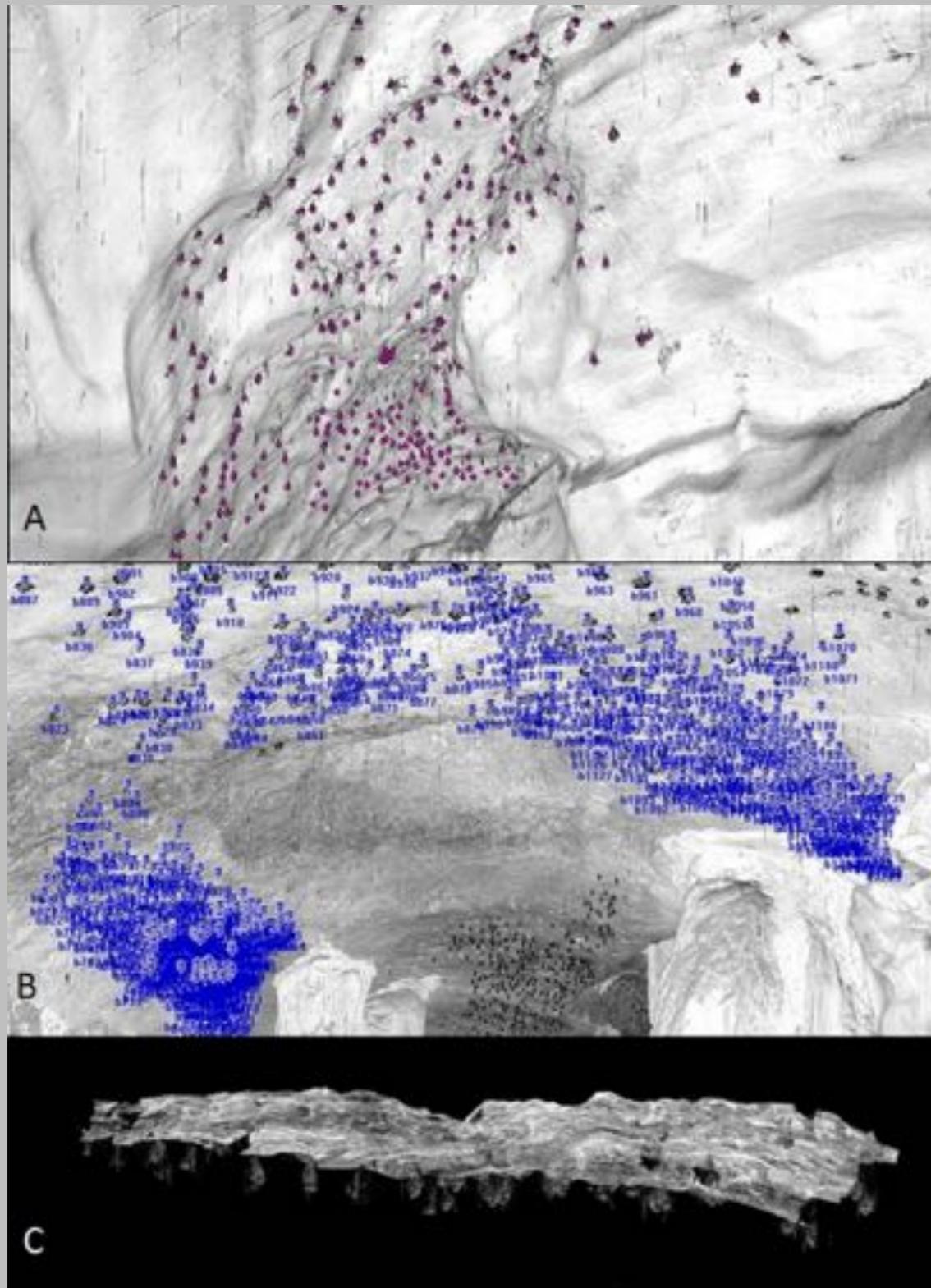
Genauigkeitsvergleich mit publizierten Studien

Gruppe	Vijayan et al.	Di et al.	Emani et al.	FDL
Jahr	2013	2014	2015	2017
Methode	Pattern recognition	Pattern recognition	CNN	CNN
Präzision (%) (Genauigkeit)	91	87	86	98
Fehlerrate (%)	9	13	14	2

Zeitaufwand der Methoden im Vergleich

Gruppe	Person	Single-Layer	CNN
Genauigkeit	-	schlecht	98.4%
Zeitaufwand (1000 Bilder)	1-3 Stunden	10 Stunden	1 Minute
Personal- stunden	1-3 Stunden	-	-

Scannen zur Zählung/Identifikation von Spezien?



Azmy et al. (2012) Nature Scientific Reports, 2(512).

Zusammenfassung

- Die Zeit für Geodaten ist so gut wie noch nie zuvor! Aufgrund der raschen Tech-Entwicklung (Cloud, künstliche Intelligenz, usw.) kann man noch einiges erwarten.
- GNSS, Lasersennen, und Erdbeobachtungen werden als befähigende Technologien angesehen und sind fundamental für viele Anwendungen
- Speziell Lasersennen und Erdbeobachtungen liefern “Geospatial Big Data”
- Der Beitrag zum Ingenieurwesen, zur Wissenschaft und Gesellschaft ist enorm und wächst rasch.
- Geodaten sind fundamental für die Digitalisierung!

Sind Ocean's 8 Scannerbrillen Wirklichkeit?



Der Leo ist ein „handheld“ 3D-Scanner von [Artec3D](#)

(3DPI, 2019)

Fundamental for monitoring climate change

Dr. Rajendra Pachauri, Chairman of the Intergovernmental Panel on Climate Change, commented about geodesy at a recent climate symposium in Ny-Ålesund, Svalbard.



ARCTIC: IPCC Chairman Dr. Rajendra Pachauri supports the work on a draft UN resolution on global geodesy

"Geodetic Earth observation contributes significantly to strengthen the study of our changing planet and provides valuable information to policy makers who are exploring ways to address climate change," Dr. Pachauri said.

The geodesists around the globe measure and define the Earth's shape, rotation and gravitation and changes to these. Geodetic Earth observation provides a coordinate reference frame for the whole planet, which is fundamental for monitoring changes to the Earth.

Dr. Pachauri said UN-GGIM and the Global Geodetic Reference Frame Working Group are making important contributions to scientific understanding.

"I was gratified to learn about their work on a draft UN resolution on global geodesy," he said. "Their work is making a vital contribution to our understanding of climate change."

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!