

Kinematische TLS Messungen auf dem Vermessungsboot Level-A

M. Sc. Friedrich Keller, dhp:i

Dr.-Ing. Christian Hesse, dhp:i

Prof. Dr.-Ing. Volker Böder, HCU

Dipl.-Ing. Arne Sauer, NIAH

Inhalt

- Einleitung
- Hydrographische Vermessungen mit der Level-A
- Kinematisches Laserscanning
- Realisierung eines Prototypen
- Ergebnisse der Testmessungen
- Fazit und Ausblick

Vermessungsbüro Dr. Hesse und Partner Ingenieure

- Gegründet 2008
- Sitz: Hamburg
- 20+ Mitarbeiter
- Geschäftsbereiche:



Bauvermessung



Industrie-
vermessung



Laserscanning

Inhalt

- Einleitung
- Hydrographische Vermessungen mit der Level-A
- Kinematisches Laserscanning
- Realisierung eines Prototypen
- Ergebnisse der Testmessungen
- Fazit und Ausblick

Hydrographie

United Nations Economic and Social Council:

„...Wissenschaft und Praxis der Messung und Darstellung der Parameter, die notwendig sind, um die Beschaffenheit und Gestalt des Bodens der Gewässer, ihre Beziehung zum festen Land und den Zustand und die Dynamik der Gewässer zu beschreiben.“

Aufgaben der Hydrographie [Böder 2010]

- Seevermessung
- Nautische Kartographie
- Umweltüberwachung (Proben, Analyse)
- Ozeanographie (Gezeiten, Strömungen)
- Angewandte Geophysik (Magnetik, Seismik, Gravimetrie)
- Planung und Überwachung (Bohrinseln, Pipelines)
- Erschließung von Ressourcen (Rohstoffe, Fischgründe)

→ Ganzheitliche Sichtweise notwendig

Peilboot Level-A

- Länge: 8 m
- Breite: 3.5 m
- Tiefgang 0.35 m



Optimiert für den Einsatz in Flachwasserbereichen

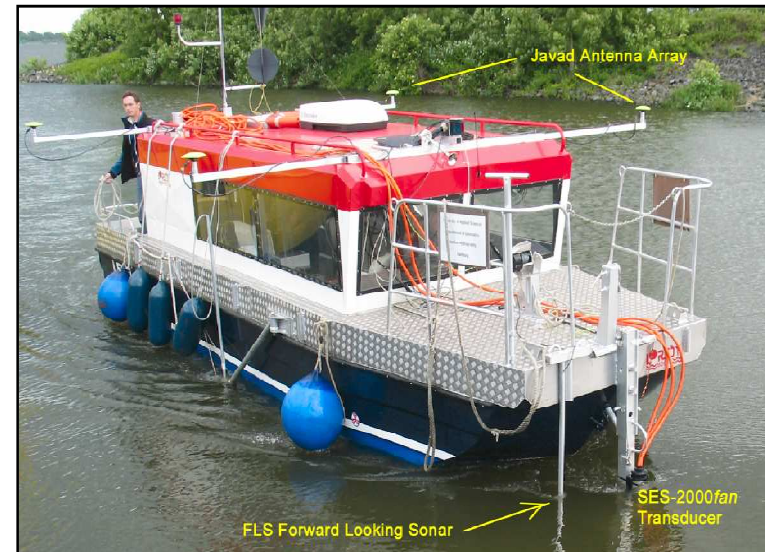
Echolote [Böder 2010]

- Innomar SES-2000 FAN parametric sediment echo sounder
- Fahrentholz: LituGraph (Single Beam)
- RESON: Multibeam Echosounder SeaBat 8101
 - 140 Beams, insges. Öffnungswinkel 210°
 - Datenrate max. 40 Hz
 - Genauigkeit 10 cm
 - Tiefen bis 300 m



Navigationssensoren

- Leica: System 500 (RTK)
- Javad: JAVAD 4 Gyro (GNSS Mehrantennenarray)
- Trimble: NavBeacon (DGPS)
- IXSEA: OCTANS III (Faseroptische Kreisel)
 - Heading: $0.1^\circ \rightarrow 17 \text{ cm @ } 100 \text{ m}$
 - Pitch/Roll: $0.01^\circ \rightarrow 1,7 \text{ cm @ } 100 \text{ m}$
 - Datenrate 5 Hz



Auswertesoftware „QINSy“ von QPS

- Erfassung + Auswertung → Echtzeitfähig

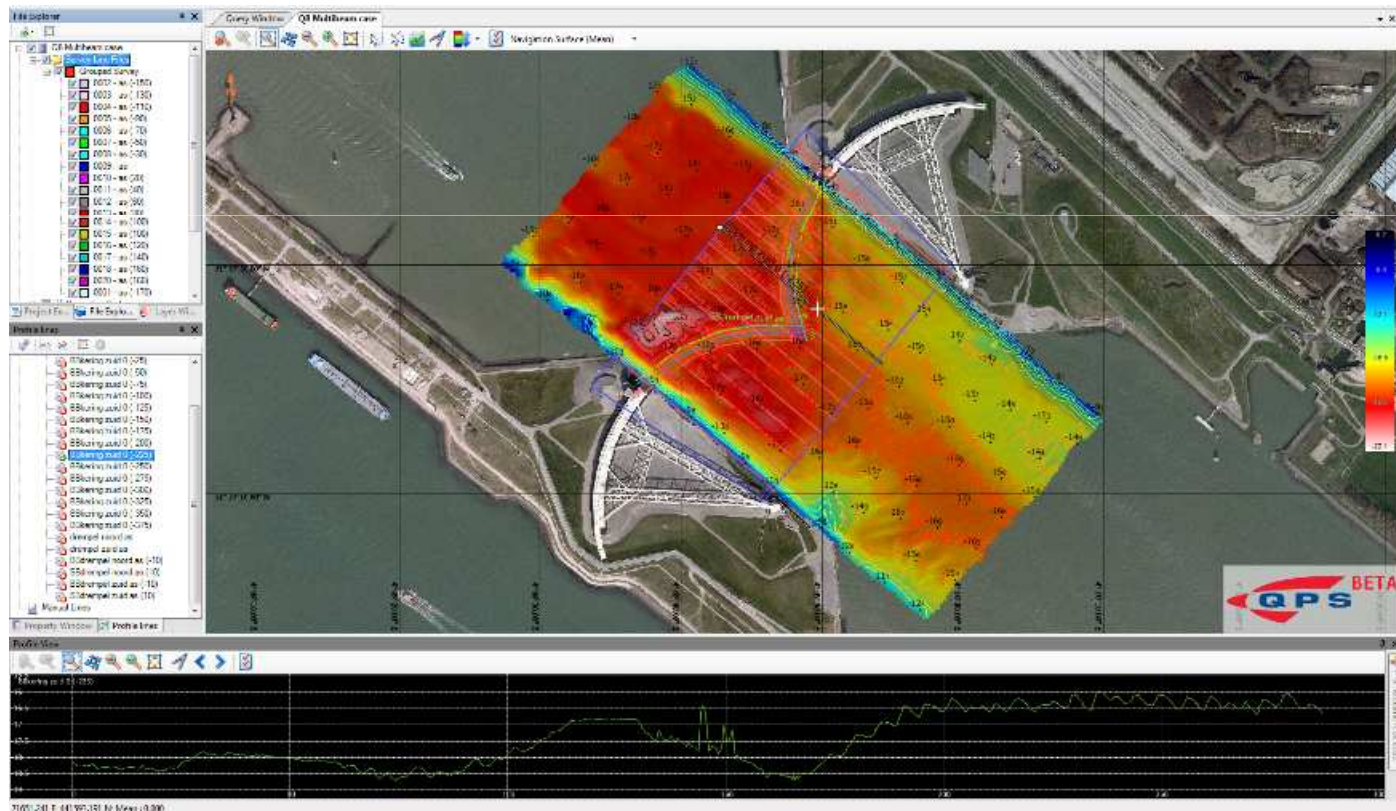
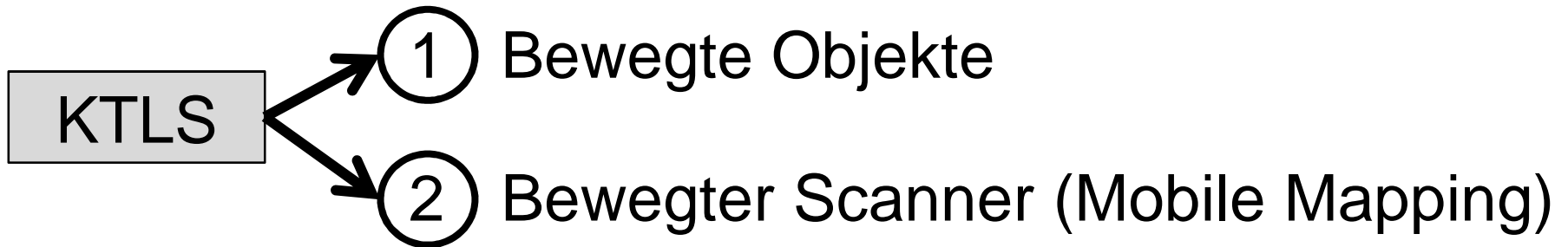


Bild: QPS

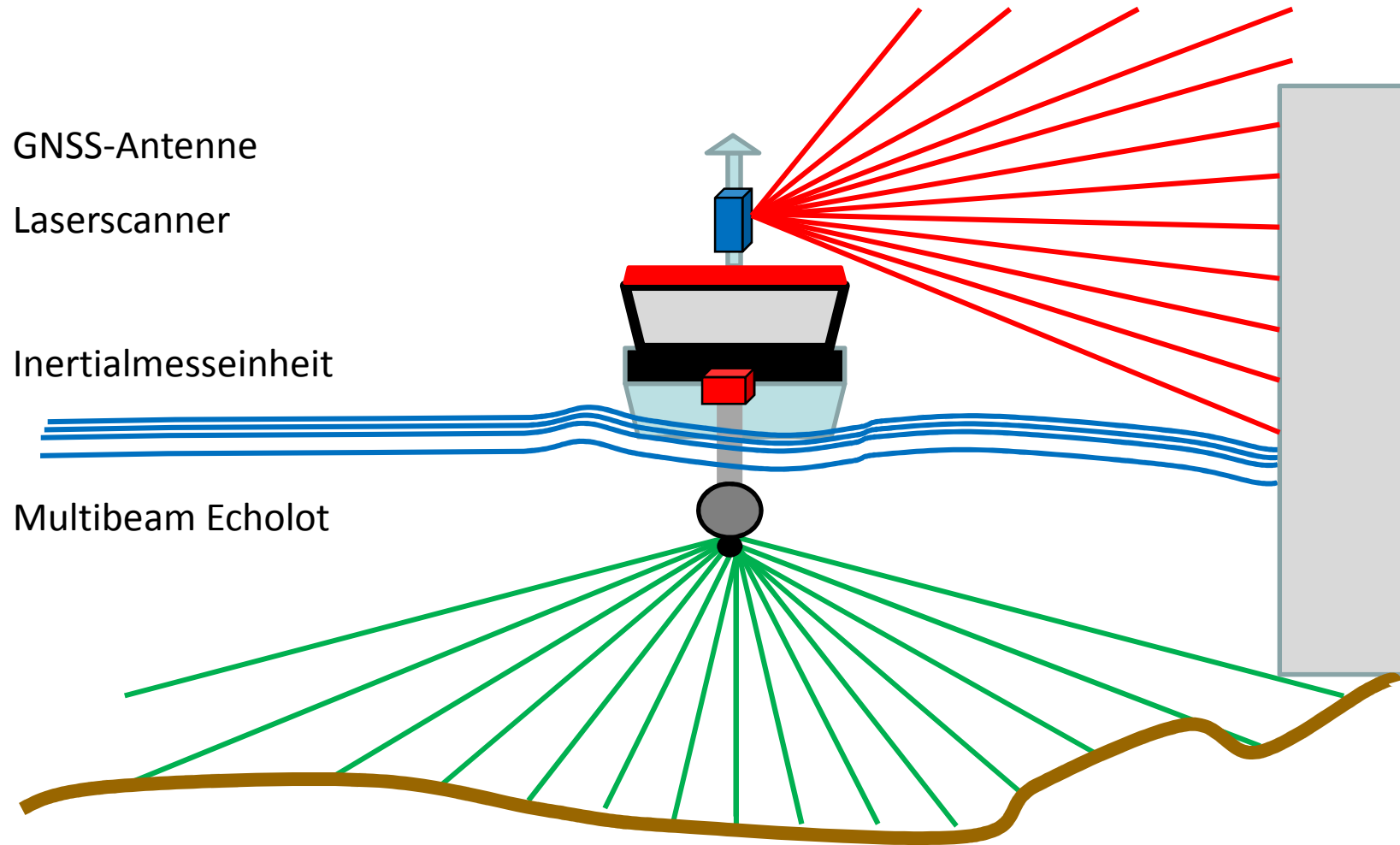
Inhalt

- Einleitung
- Hydrographische Vermessungen mit der Level-A
- Kinematisches Laserscanning
- Realisierung eines Prototypen
- Ergebnisse der Testmessungen
- Fazit und Ausblick

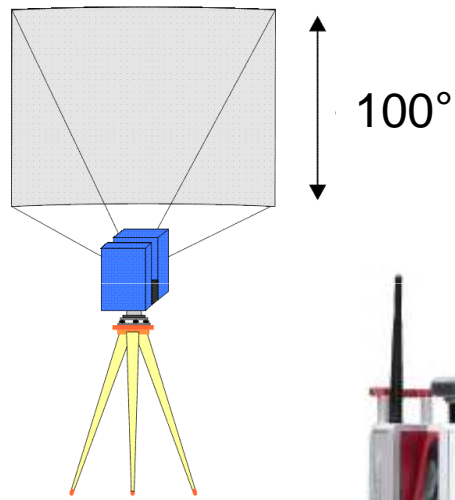
Kinematisches Terrestrisches Laserscanning



Kinematisches hydrographisches Laserscanning



Scannertypen für Mobile Mapping Systeme

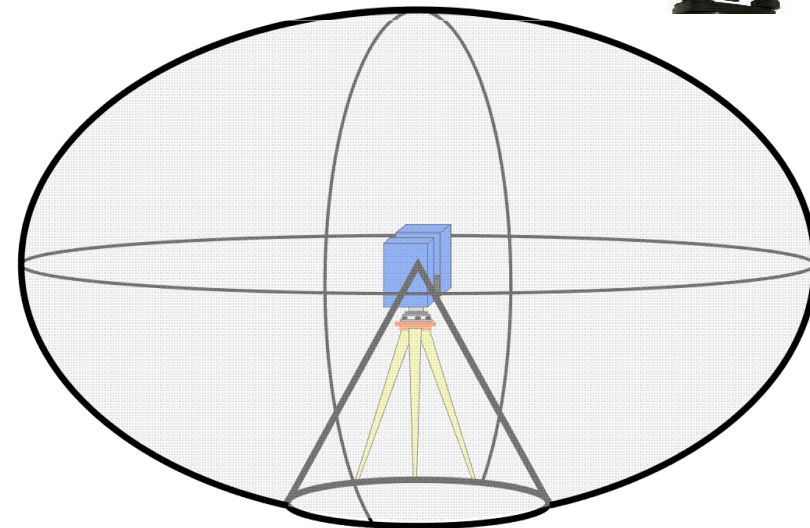


Camera-View

Riegl VZ400
(Bild: Riegl)



Z+F Imager 5006h
Leica HDS 6200
(Bild: Z+F)



Panorama

Kinematisches Terrestrisches Laserscanning

Voraussetzung für Mobile Mapping:

- Betrieb des Scanners im Profilmodus
- Schnelle Messung
→ hohe Profilfrequenzen
- 50 Hz bei 10 km/h
→ 5,5 cm Profilabstand

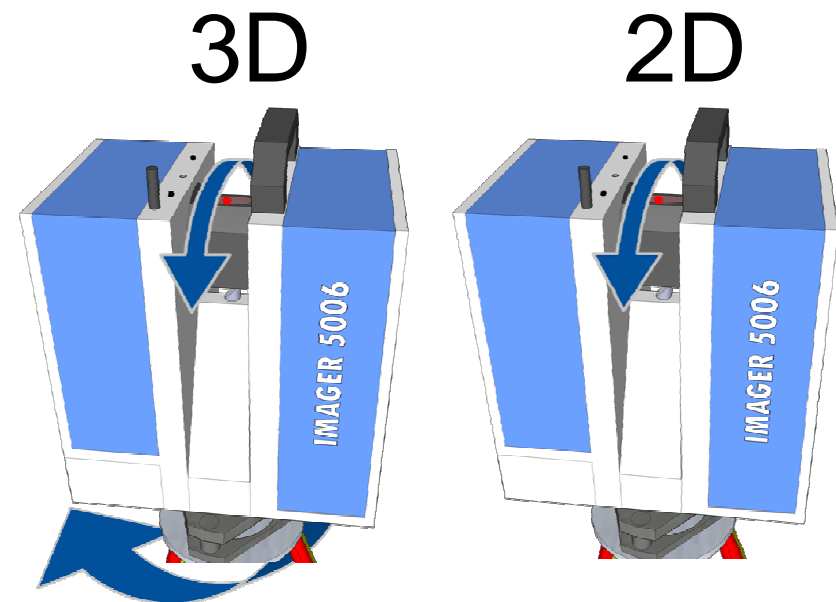
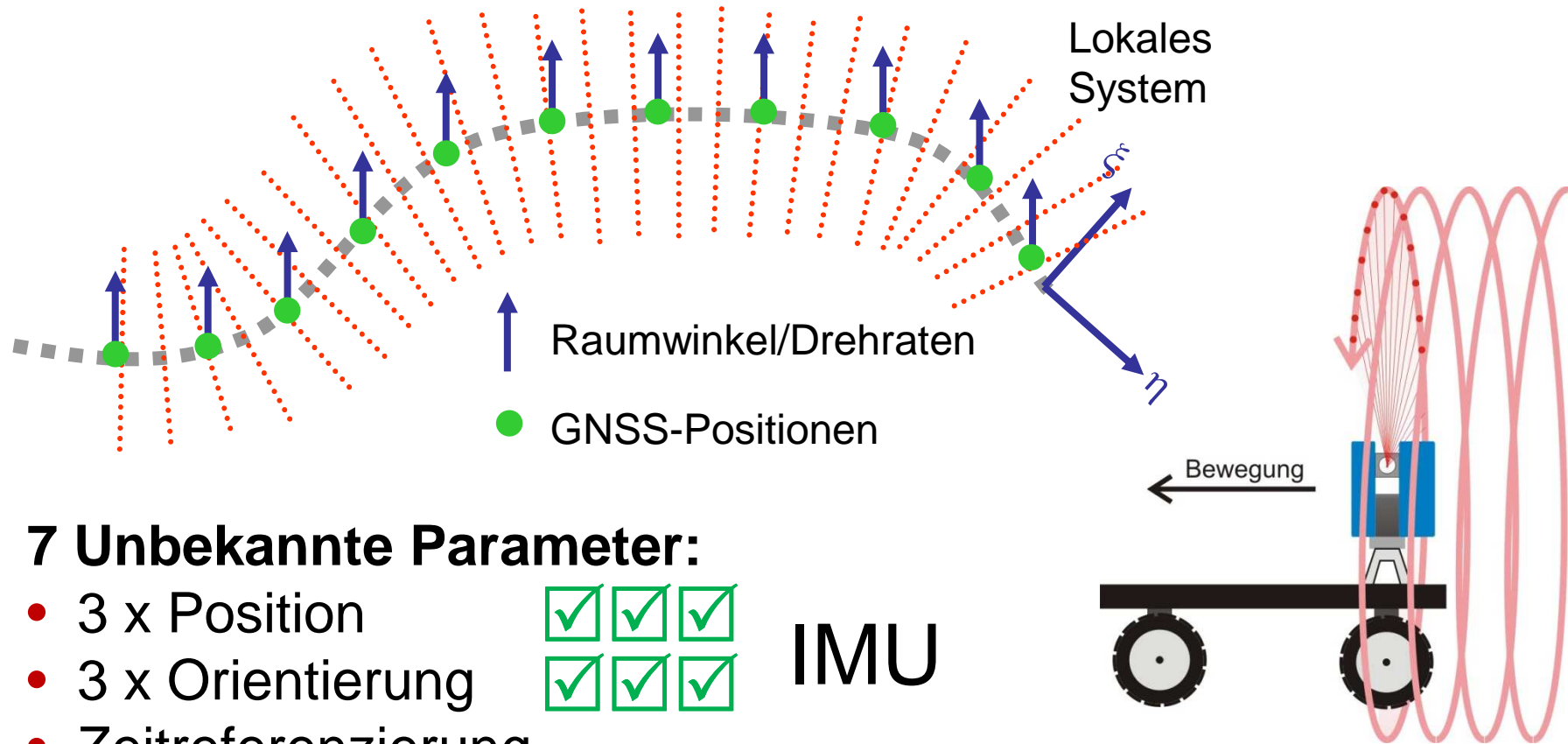


Bild: Paffenholz 2010

Kinematisches Terrestrisches Laserscanning



7 Unbekannte Parameter:

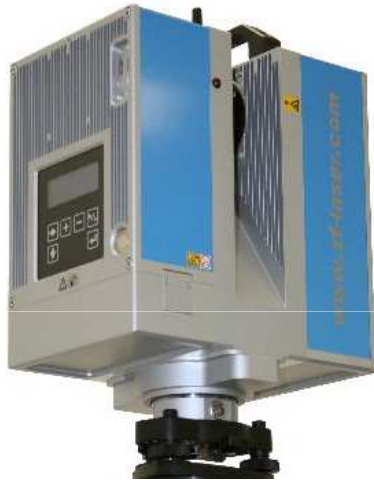
- 3 x Position
- 3 x Orientierung
- Zeitreferenzierung

IMU

Inhalt

- Einleitung
- Hydrographische Vermessungen mit der Level-A
- Kinematisches Laserscanning
- Realisierung eines Prototypen
- Ergebnisse der Testmessungen
- Fazit und Ausblick

Verwendeter Laserscanner Z+F Imager 5006i



Imager 5006i
(Bild: Z+F)

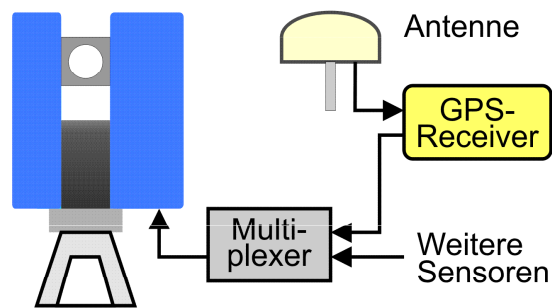
- Profilfrequenz: bis 100 Hz
- Reichweite: 80 m
- Punktabstand Querrichtung
→ 3,1 cm @ 50 m
- Schnittstellen für
 - Eingehendes Sync-Signal
 - Ausgehendes Sync-Signal

Laserscanner auf der Level-A

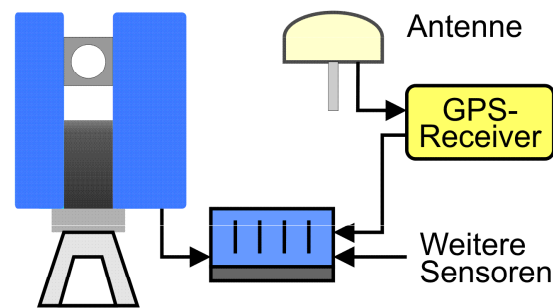


Zeitreferenzierung der Scandaten

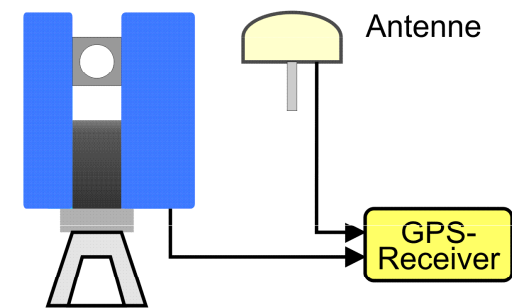
A: Multiplexer



B: Echtzeitrechner



C: Event-Marker



Synchronisierung über Event-Marker

- PPS-Puls der GNSS-Receiver
- Technisch einfach zu realisieren
- IMU-Daten sind bereits gegen UTC referenziert

Transformation ins Body-System



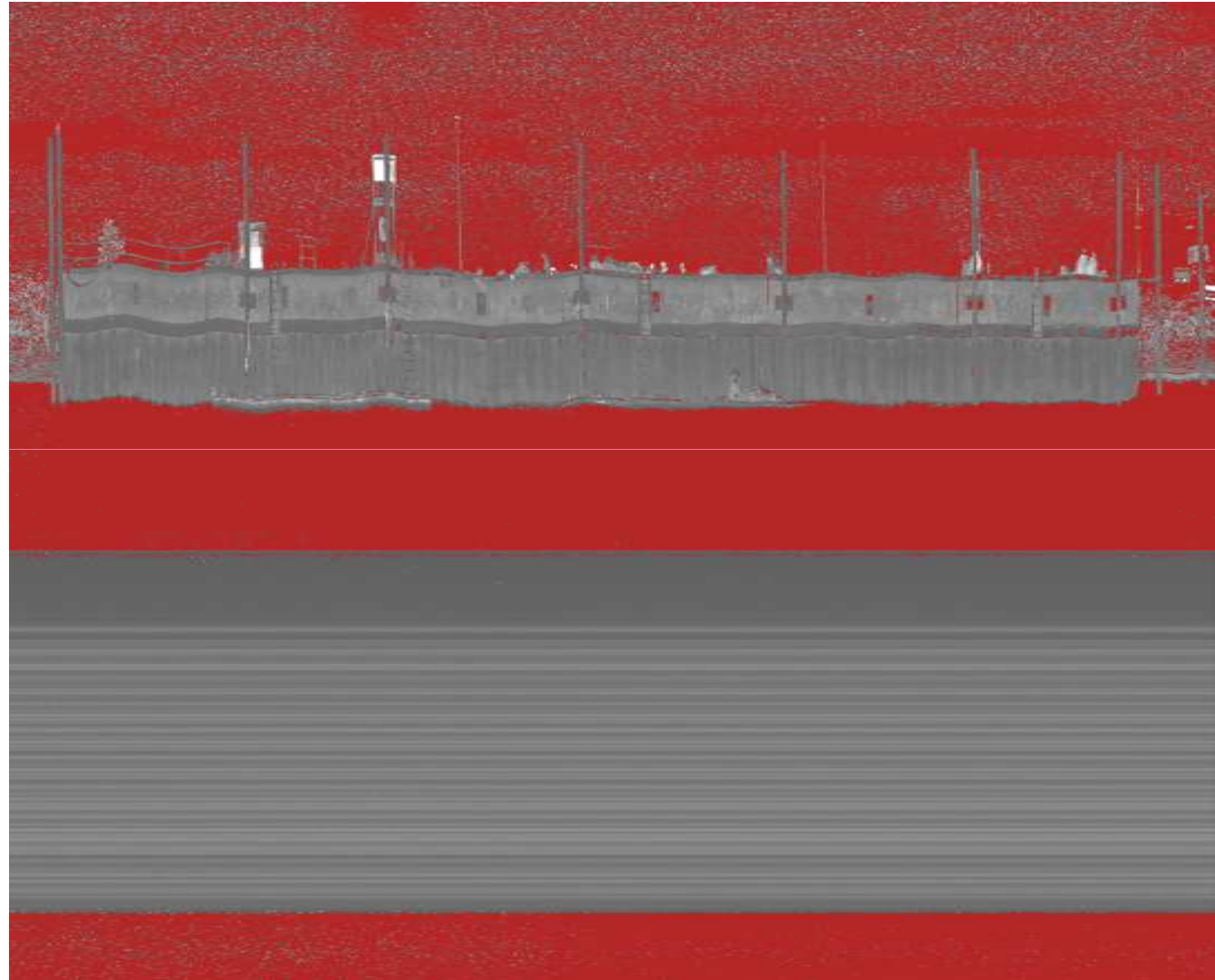
Inhalt

- Einleitung
- Hydrographische Vermessungen mit der Level-A
- Kinematisches Laserscanning
- Realisierung eines Prototypen
- Ergebnisse der Testmessungen
- Fazit und Ausblick

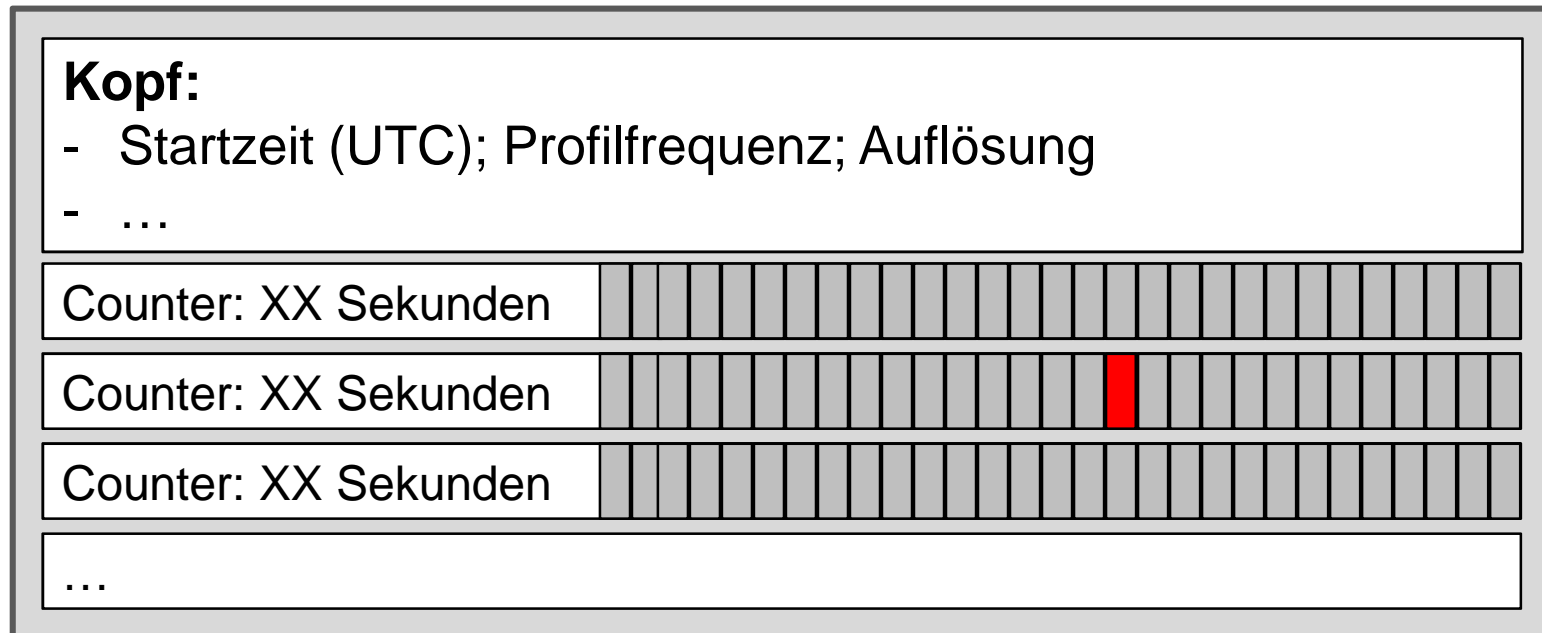
| Rohdaten

Kaimauer

Scanner
+ Schiff



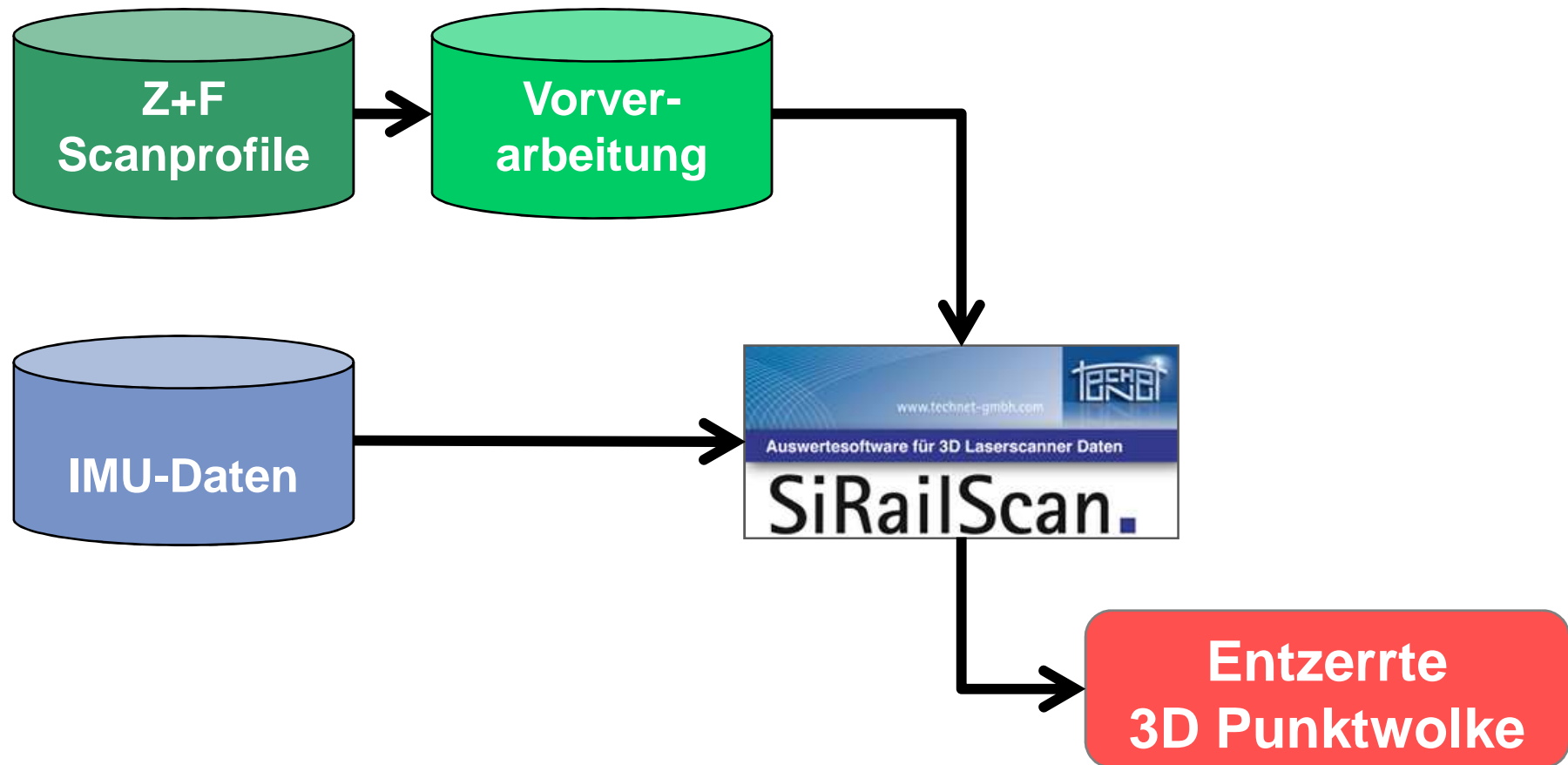
Rohdaten des Scanners (ZFS-Dateien 1 .. n)



Vorteil:

- Sehr präzise pixelgenaue Referenzierung
- Voraussetzung: Ausreichend genauer PPS-Puls

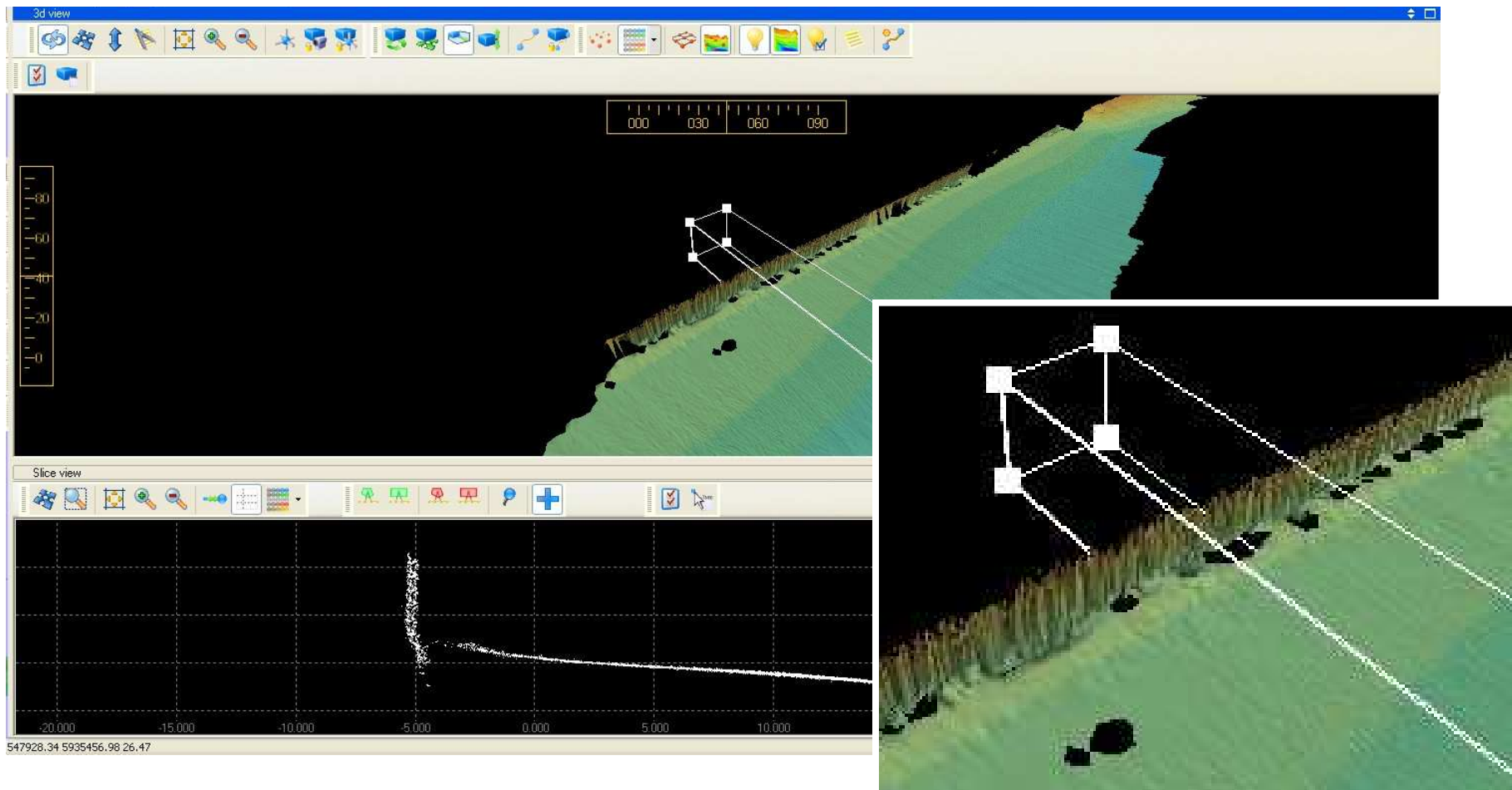
Auswertesoftware SiRailScan (Fa. Technet, Berlin)



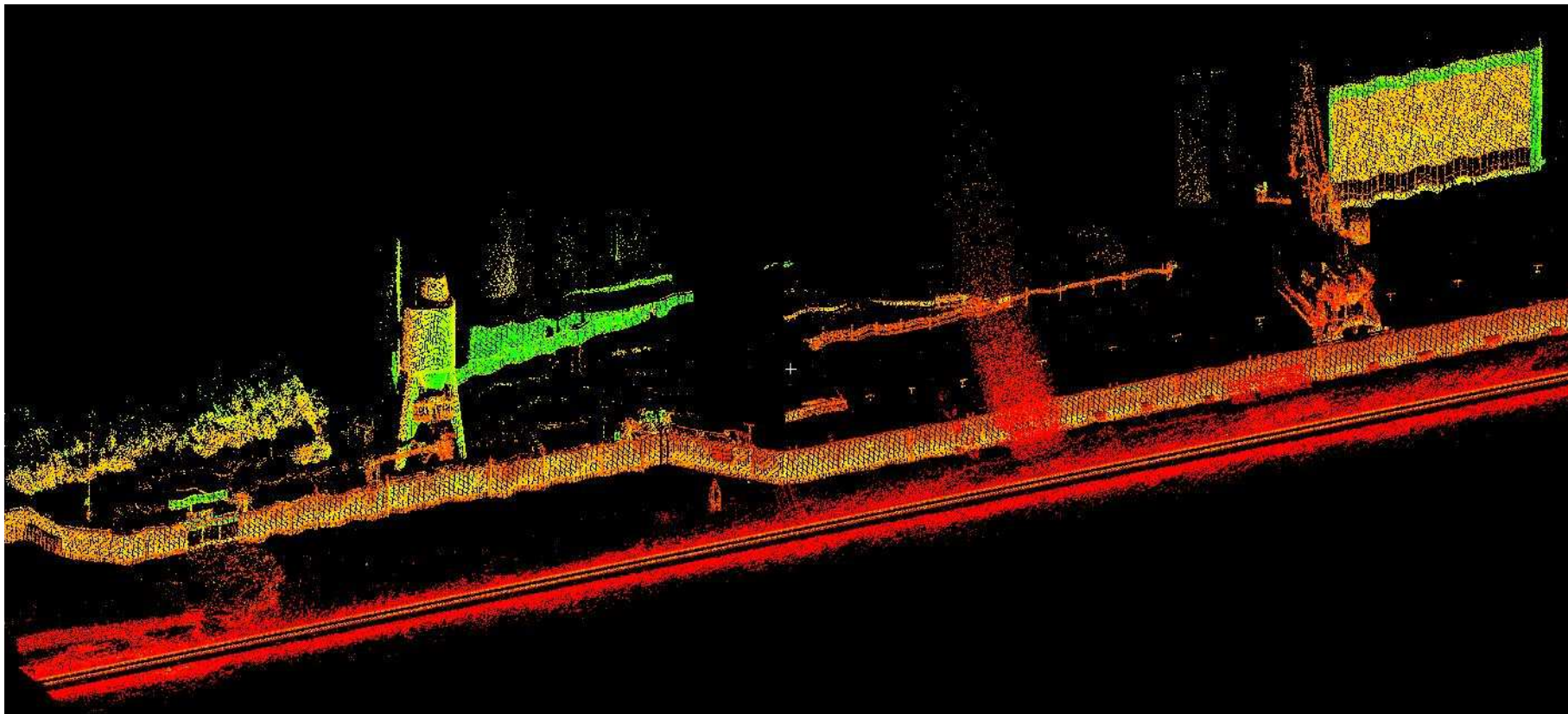
Wasserseitige Ansicht



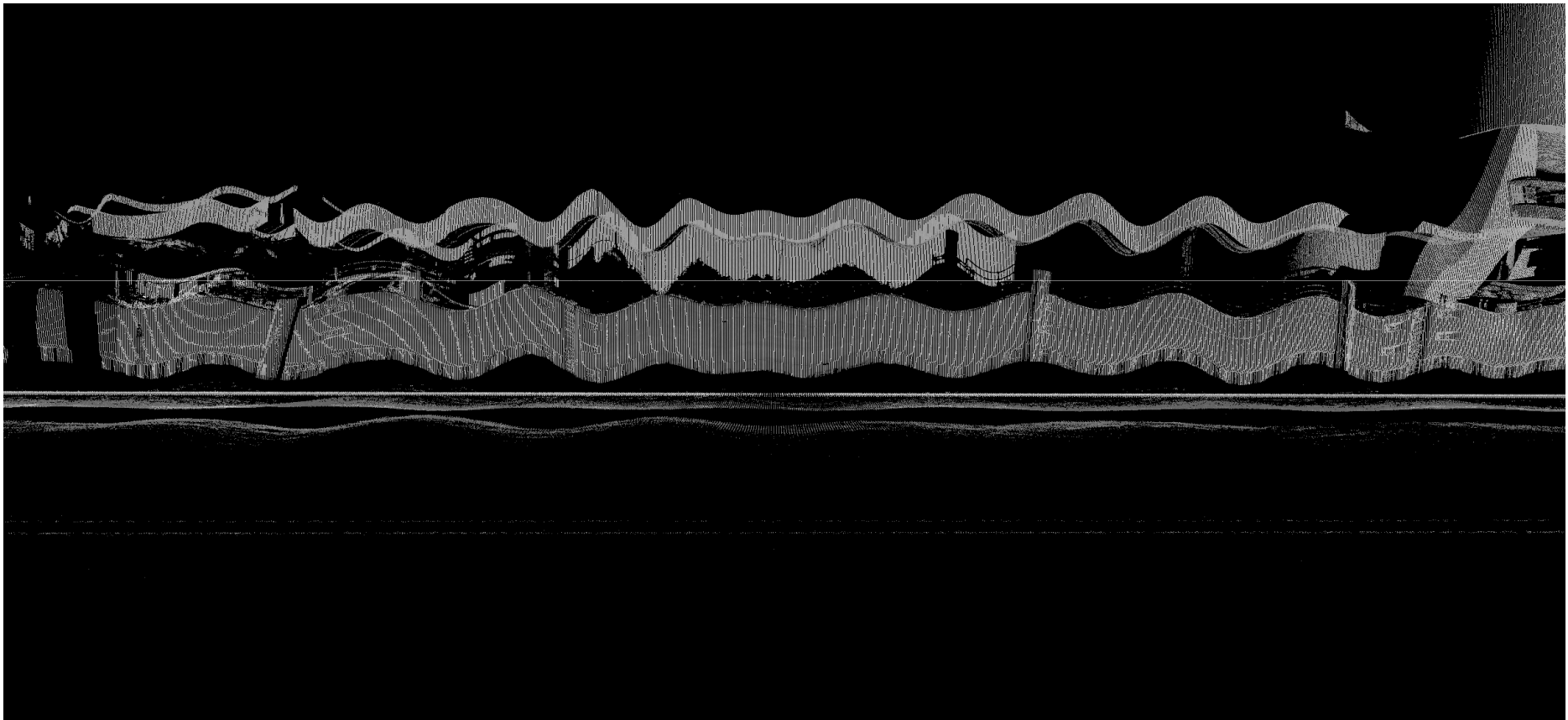
Multibeam Echolotdaten (QINSy)



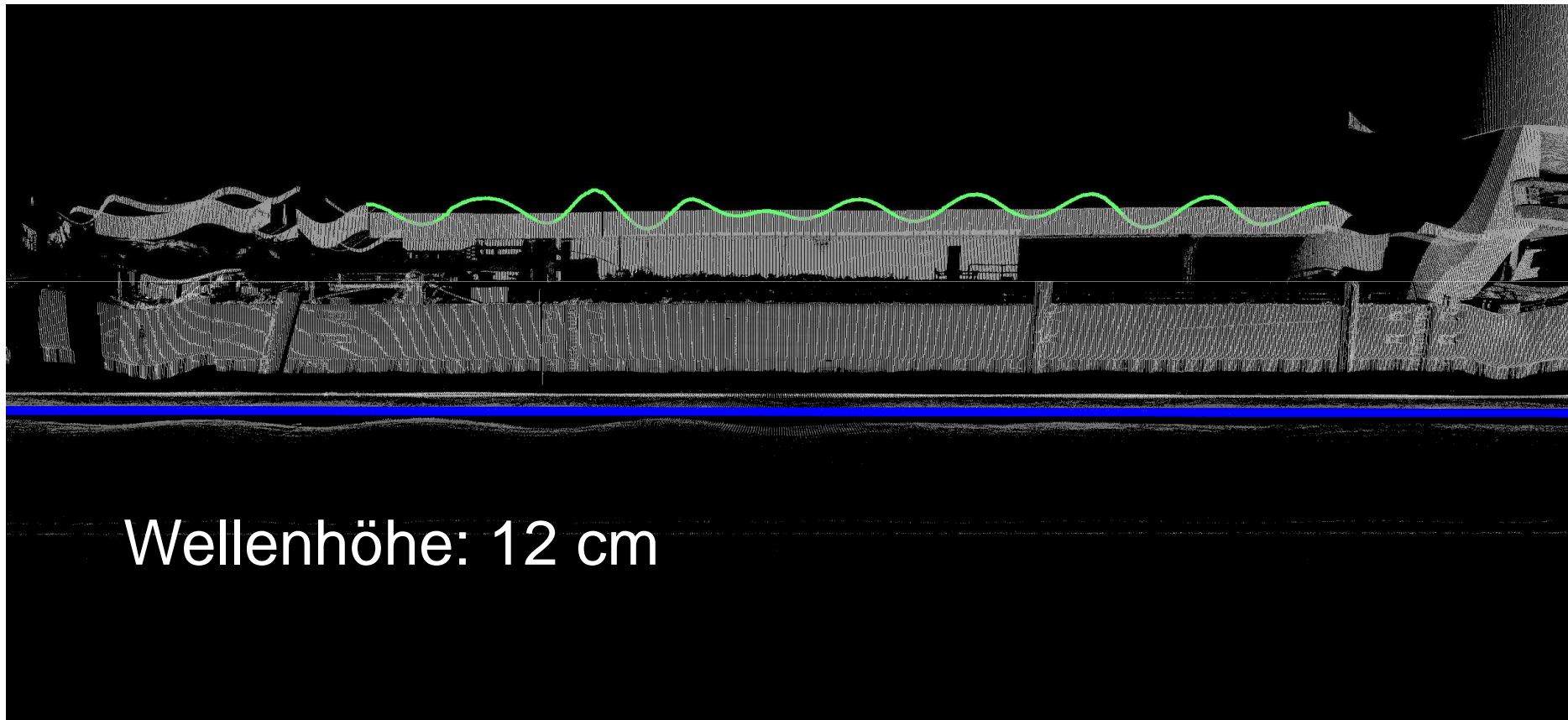
Kinematischer 3D Scan



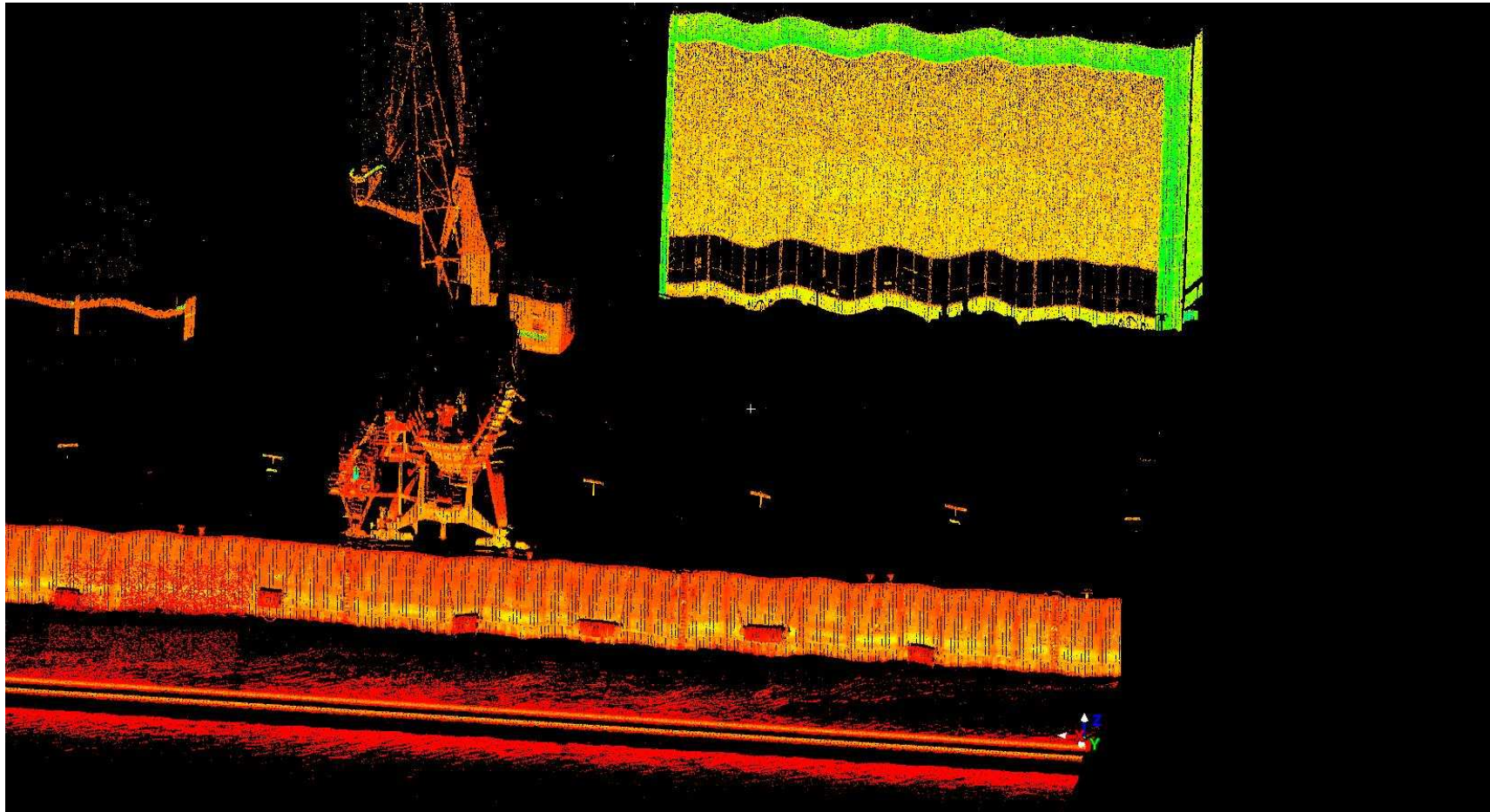
| Rohdaten NICHT synchronisiert



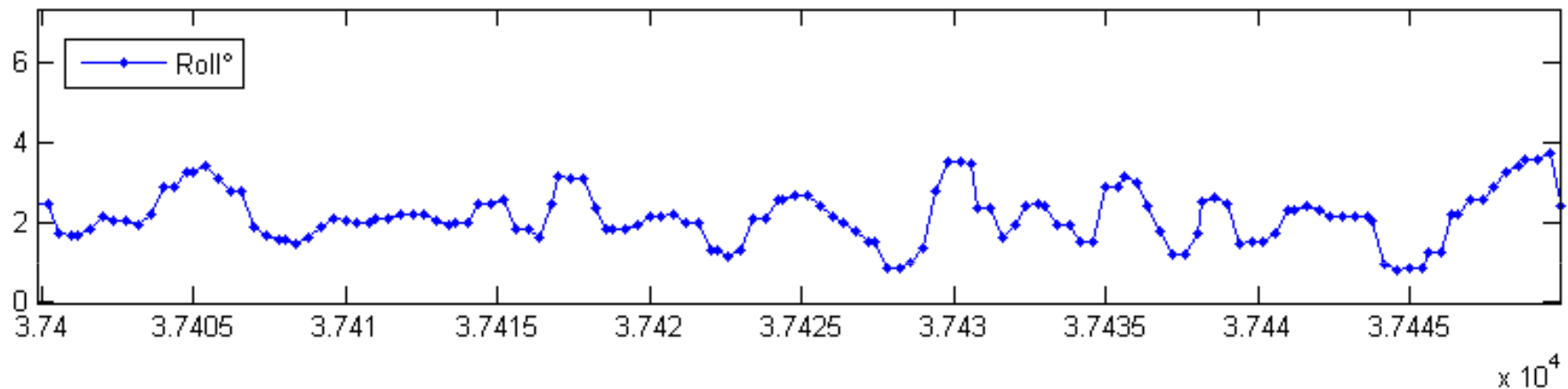
Rohdaten synchronisiert



Profil-Rohdaten (nur Translation berücksichtigt)



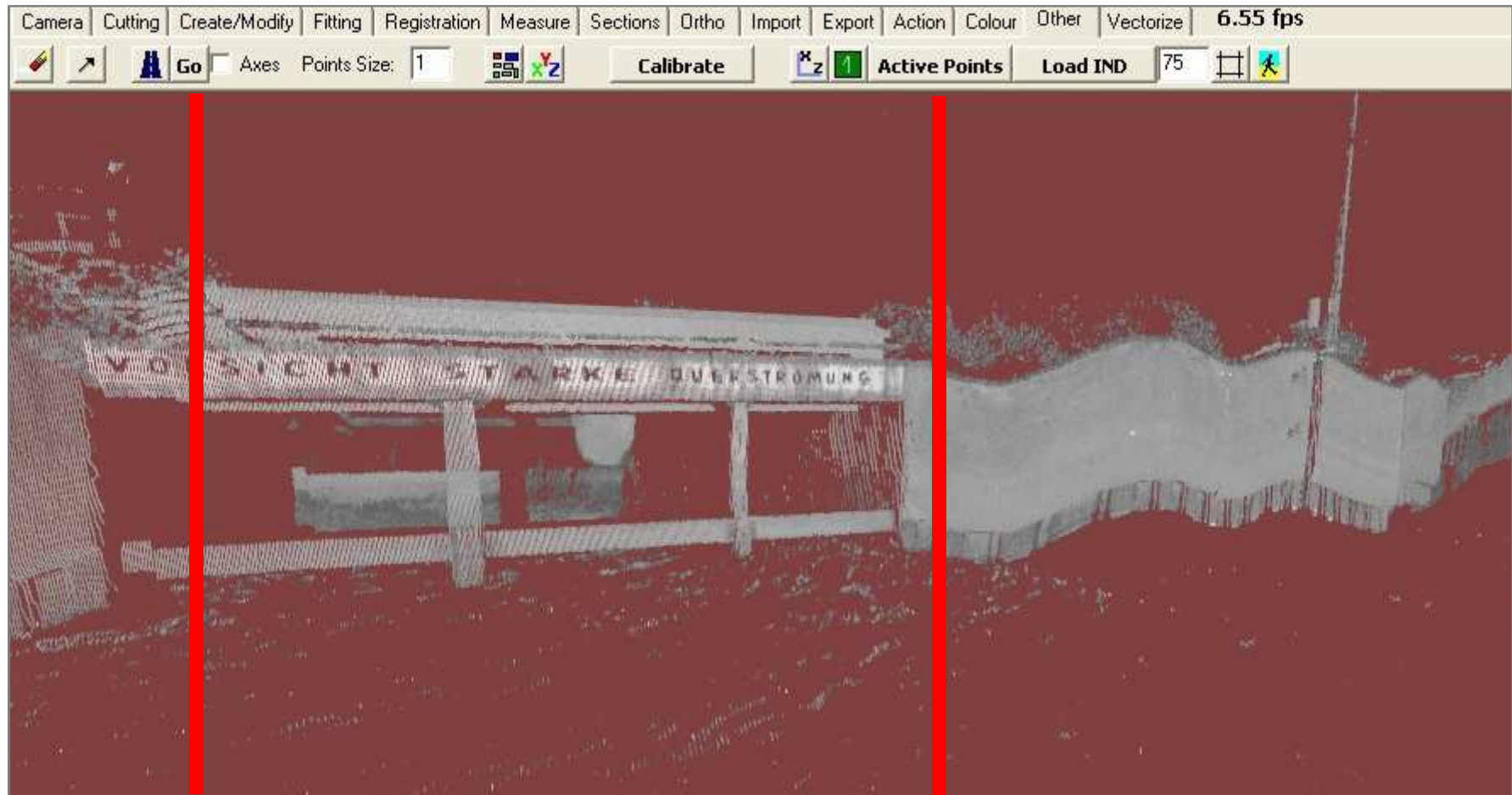
Verbleibender Resteffekt in den Daten



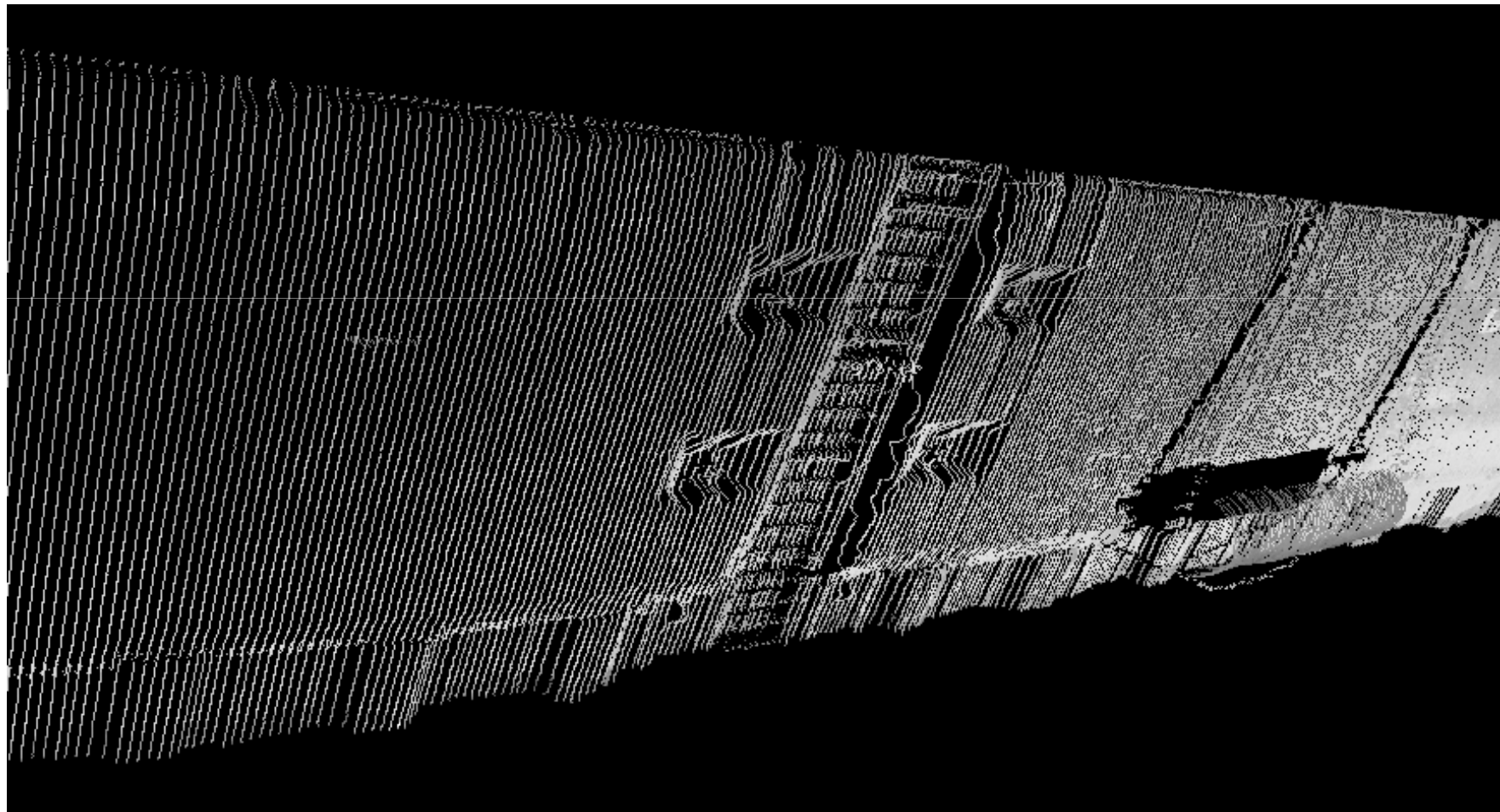
Abtast-Theorem:

- 2 Abtastungen pro Periodenlänge
- Hier: Höchste Frequenz \ll 2 x Abtastrate
→ Ausrundungen führen zu Verzerrungen

Vergleich: Mit IMU-Lösung und ohne IMU



Vollständig entzerrte Punktwolke



Inhalt

- Einleitung
- Hydrographische Vermessungen mit der Level-A
- Kinematisches Laserscanning
- Realisierung eines Prototypen
- Ergebnisse der Testmessungen
- Fazit und Ausblick

Fazit

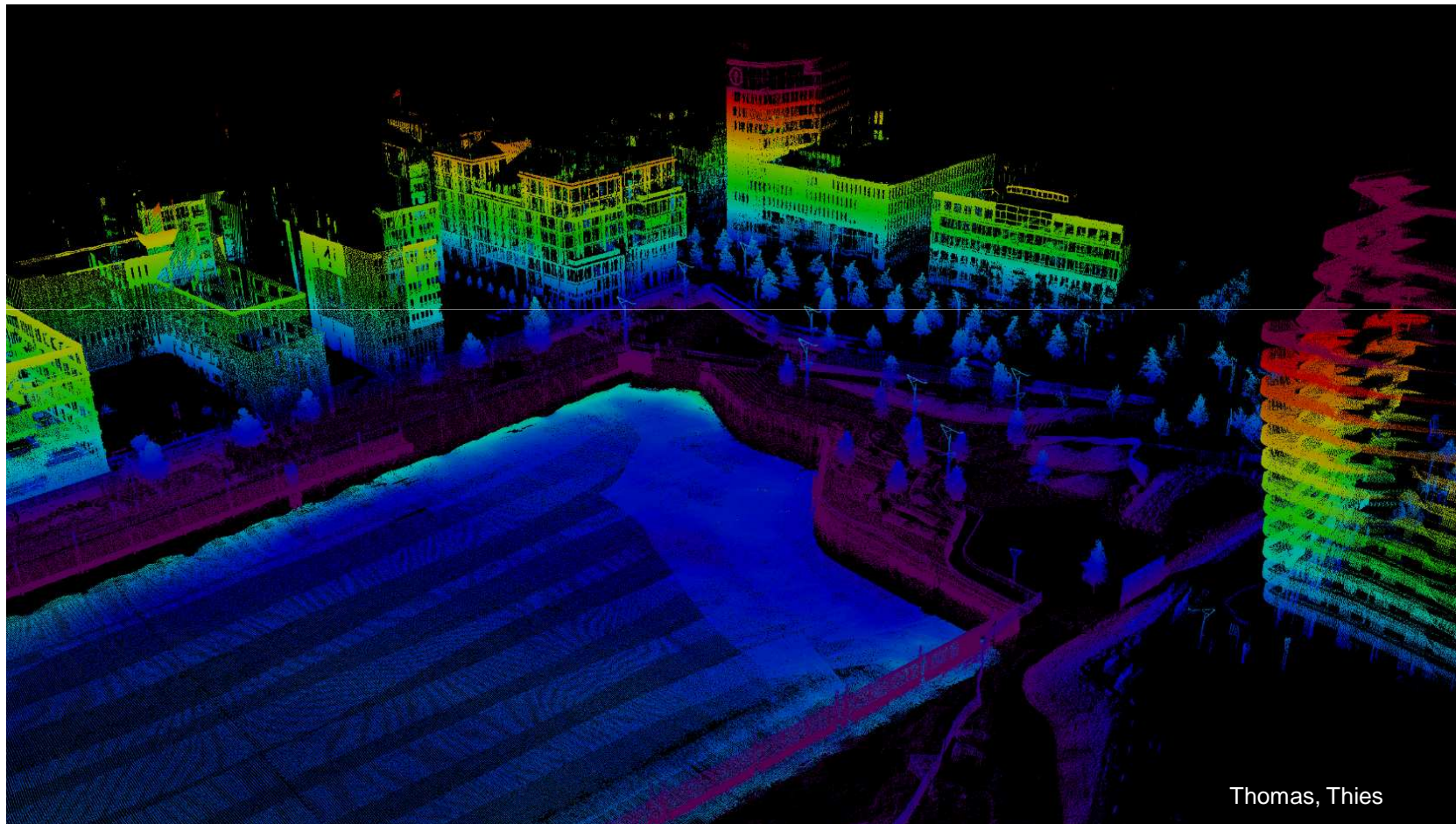
- Kinematisches Hydrographisches Laserscanning technisch realisiert
- Ergänzung zu Echolotmessungen im Hafенbereich
- Vergrößerung der Scanreichweite zwingend notwendig
- Qualität ist momentan durch IMU begrenzt
- Genauigkeiten
 - Lokal: wenige Zentimeter (Nahbereich)
 - Global: Subdezimeter

Ausblick

- Genauigkeitssteigerung des Systems durch neu IMU
- IXSEA: OCTANS III
(Faseroptische Kreisel)
 - Heading: 0.1°
 - Pitch/Roll: 0.01°
 - Datenrate 5 Hz
- iMAR: iNav RQH - 1003
 - Heading: 0.008°
 - Pitch/Roll: 0.005°
 - Datenrate 300 Hz
 - Randomwalk $<0.0021 \text{ deg}/\sqrt{h}$



Ausblick





Vielen Dank

