

DMT Pilot 3D

Mobile Mapping mit dem DMT Pilot 3D unter Tage

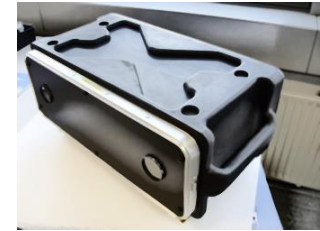
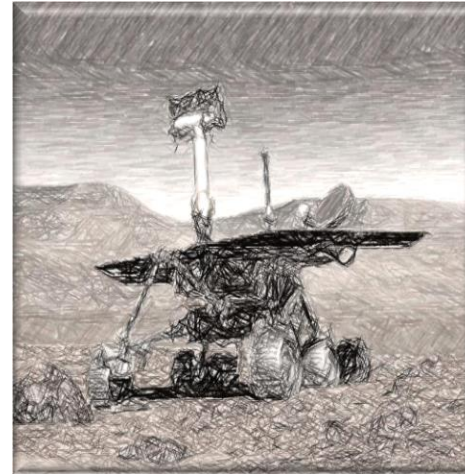
M.Sc. Daniel Schröder



DMT Pilot 3D

Idee

- 3-in-1 System zur präzisen Positions- und Lagebestimmung, Navigation und 3D-Dokumentation
- Technologie des DLR für die autonome Navigation eines Mars-Rovers
- 3D-Positionierung in Echtzeit ohne Vorkenntnis der zu messenden Umgebung und ohne externe Referenz
- Kooperation mit DMT zur Weiterentwicklung für kommerzielle Anwendungen im Bergbau



DMT Pilot 3D

Hard- und Software

Multisensorsystem

- Inertialmesseinheit (IMU - Trägheitsnavigation aus Beschleunigung und Drehraten)
- Stereokamerasystem (kalibrierte Schneider-Kreuznach Objektive - Monochrom und Infrarot) für 3D-Punkwolke
- Inspektionskamera (RGB-Farben) für referenziertes 2D-Bild
- LED und Laserpointer (Infrarot für Stereokamerasystem, LED und Laserpointer für Inspektionskamera)

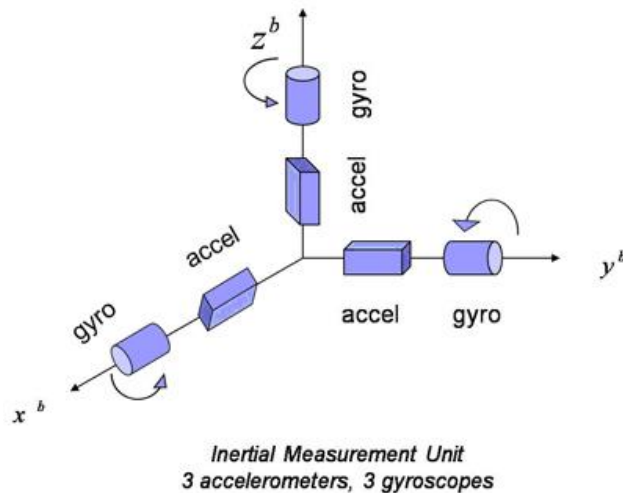


DMT Pilot 3D

Hard- und Software

Warum Multisensorsystem?

- **RTS: Referenzpfad**
- **IMU: Pfad aus Trägheitsnavigation**

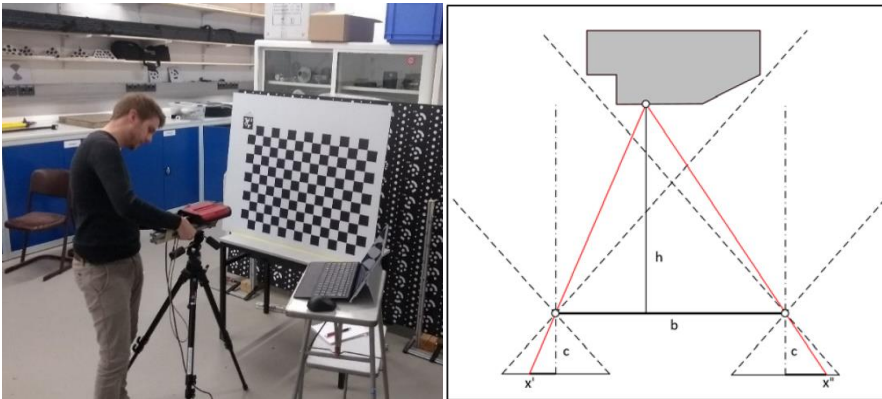


DMT Pilot 3D

Hard- und Software

Warum Multisensorsystem?

- **RTS: Referenzpfad**
- **IMU: Pfad aus Trägheitsnavigation**
- **VN: Pfad aus Stereokamera**



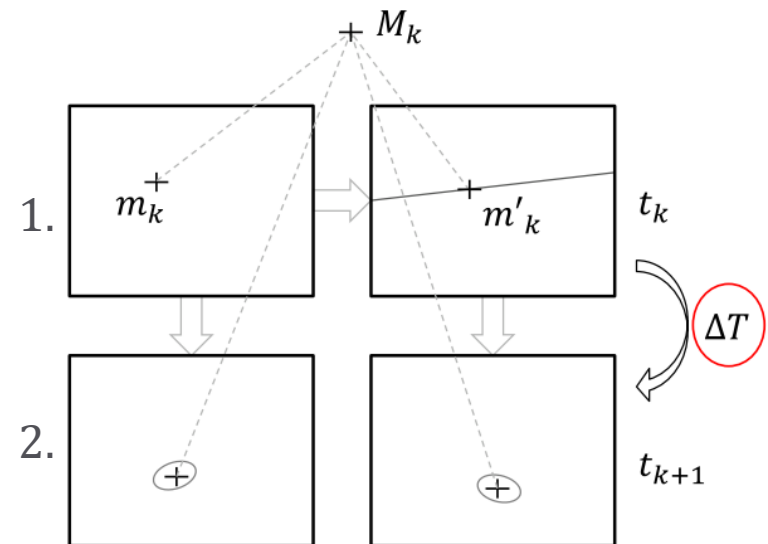
DMT Pilot 3D

Hard- und Software

Warum Multisensorsystem?

- **RTS: Referenzpfad**
- **IMU: Pfad aus Trägheitsnavigation**
- **VN: Pfad aus Stereokamera**
- **VINS: Integrierte Lösung**

- **Initialisierung**
- **Extraktion von Features zum Zeitpunkt t_k**
- **Triangulation zu t_k**
- **Bildmessung: $m_k = P * M_k$**
- **Vorhersage: $m_{k+1} = P * \widehat{\Delta T} * M_k$**
- **Matching und Pose:**
$$\min_{\Delta T} \|m_{k+1} - P * \Delta T * M_k\|^2$$

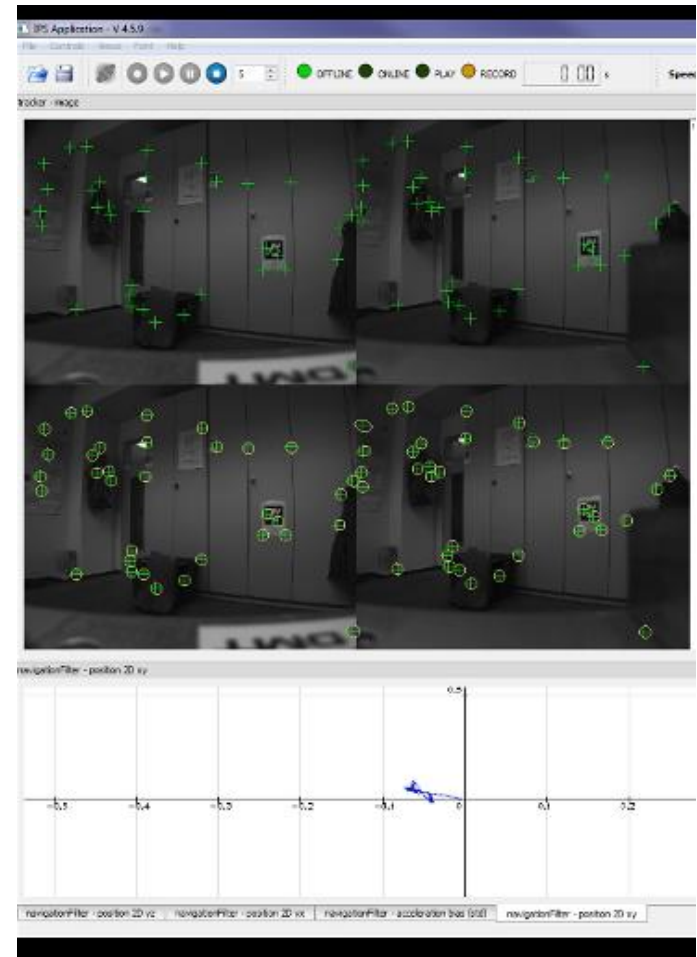


DMT Pilot 3D

Hard- und Software

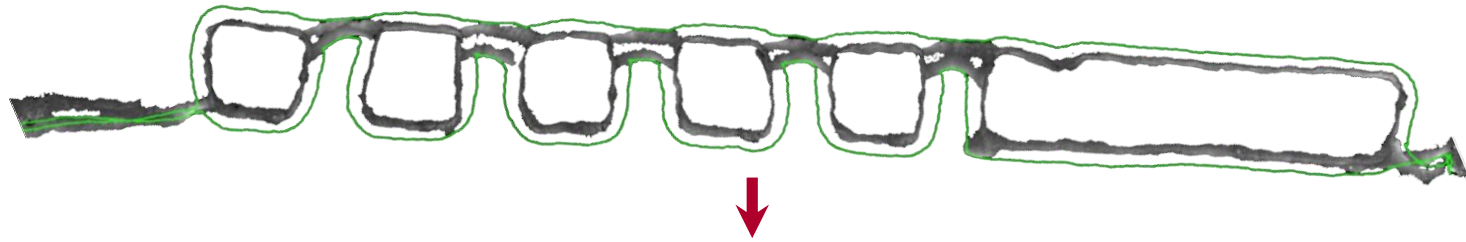
Warum Multisensorsystem?

- **RTS: Referenzpfad**
- **IMU: Pfad aus Trägheitsnavigation**
- **VN: Pfad aus Stereokamera**
- **VINS: Integrierte Lösung**
 - Initialisierung
 - Extraktion von Features zum Zeitpunkt t_k
 - Triangulation zu t_k
 - Bildmessung: $m_k = P * M_k$
 - Vorhersage: $m_{k+1} = P * \widehat{\Delta T} * M_k$
 - Matching und Pose:
$$\min_{\Delta T} \|m_{k+1} - P * \Delta T * M_k\|^2$$



DMT Pilot 3D Workflow

1. Navigationslösung und vororientierte Fotos / Inspektionsfotos



2. Berechnung 3D-Punktwolken



3. Modellierung und Visualisierung

DMT Pilot 3D

Auswertung der Navigationslösung

- **Genauigkeit der Navigationslösung: 0,1% bis 0,2% der Wegstrecke**

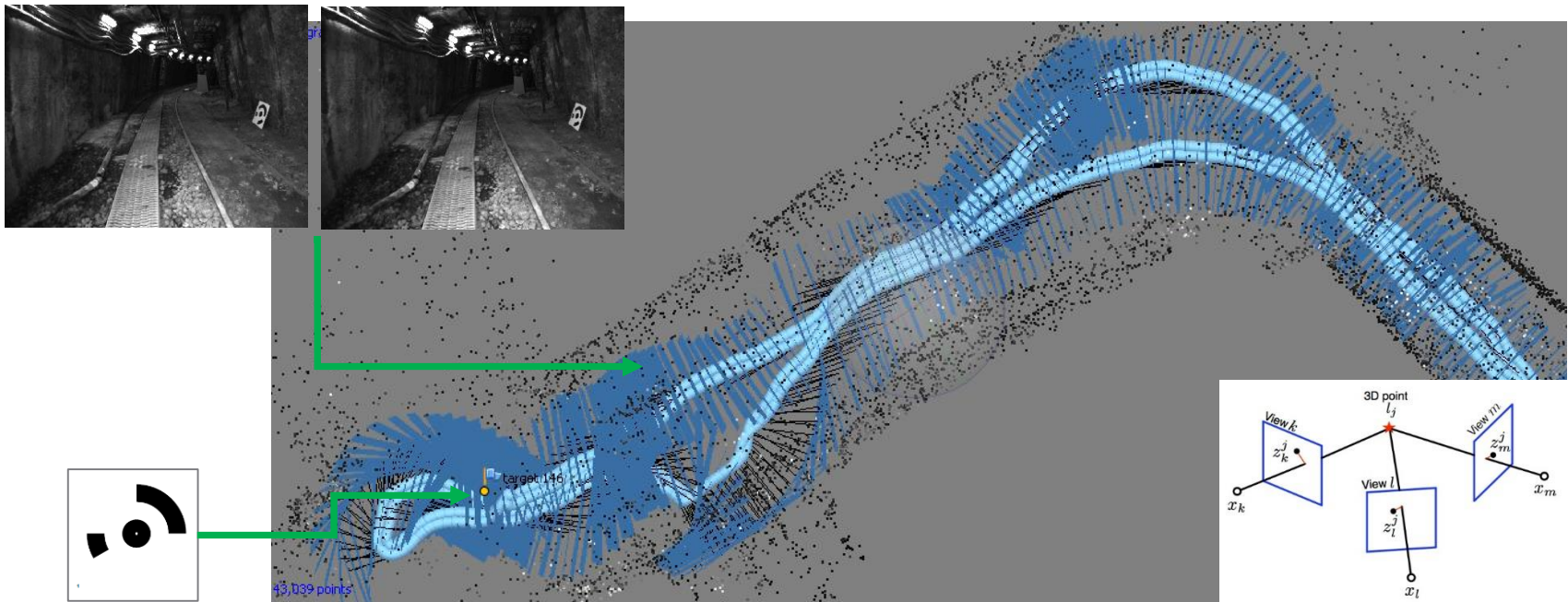
Einflussgrößen:

- **Wegstrecke**
 - **Geschwindigkeit**
 - **Feature-Punkte**
 - **Belichtung**
 - **IMU-Messung**
 - **Kalibrierung des Kamerasystems**
-
- **Genauigkeit der 3D-Punktwolke: 1 cm bis 10 cm**
 - **Abhängig von der Aufnahmegeometrie (vgl. Bildflug)**

DMT Pilot 3D

Auswertung im Postprocessing

- 3D-Rekonstruktion aus 2D-Bildinformationen unterschiedlicher Perspektiven
- Trajektorie dient als Vorinformation für den Algorithmus
- Zielmarken beschleunigen den Prozess und dienen als Zielmarken



DMT Pilot 3D

Anwendungsbeispiel - Kaolinsandabbau

Auftrag des Thüringer Landesbergamtes

Aufgabenstellung

- Georeferenzierte 3D-Dokumentation eines Stollensystems
- Lageplan, Schnitte und Profilachsen als Ergebnis



DMT Pilot 3D

Anwendungsbeispiele - Kaolinsandabbau

Schritt 1

Herstellung der Georeferenzierung

- Einmessung von 4 Tafeln mittels Tachymetrie mit GNSS-Anbindung Übertage
- Nutzung weiterer codierter Zielmarken vereinfacht die Nachbearbeitung (Zwangspunkte)



DMT Pilot 3D

Anwendungsbeispiele - Kaolinsandabbau

Schritt 2

Durchführung der Vermessung

- **Ablaufen und Beobachtung des Objektes in mehreren Ebenen**
- **Messzeit vor Ort: ca. 60 Minuten**



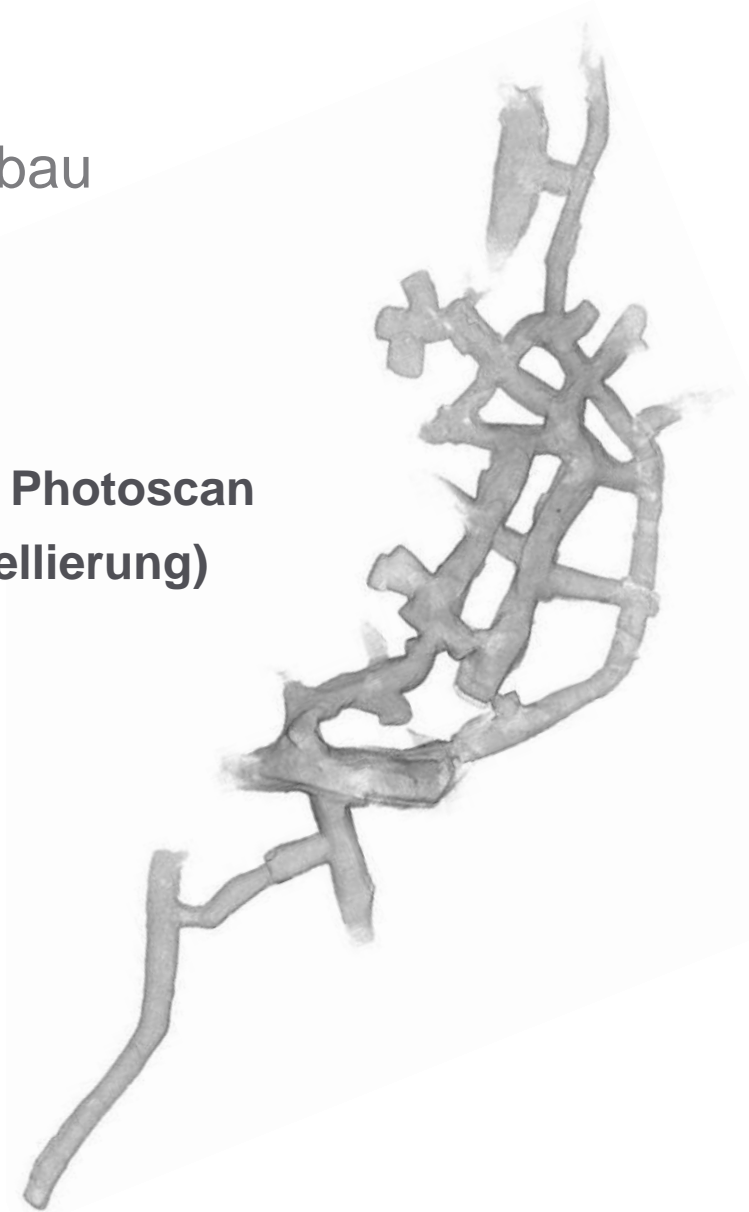
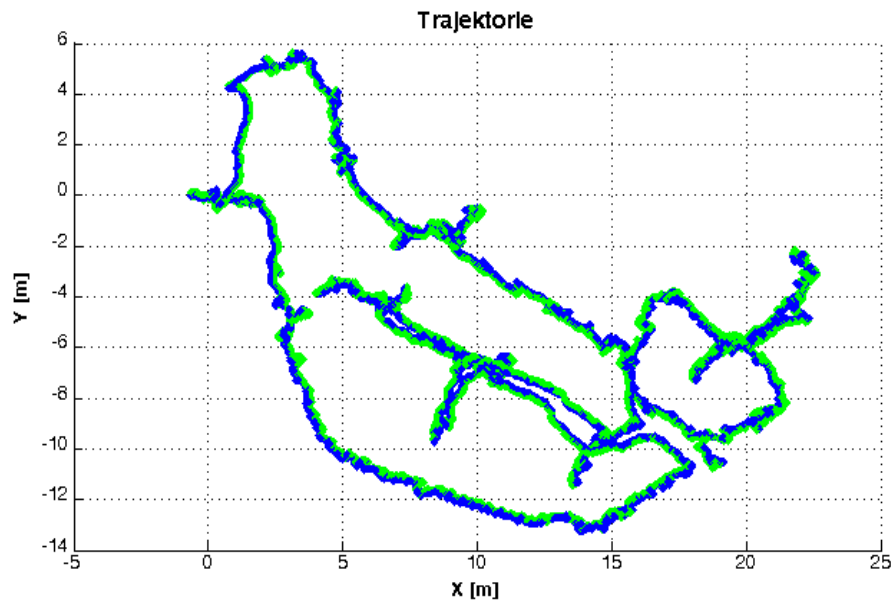
DMT Pilot 3D

Anwendungsbeispiele - Kaolinsandabbau

Schritt 3

Auswertung

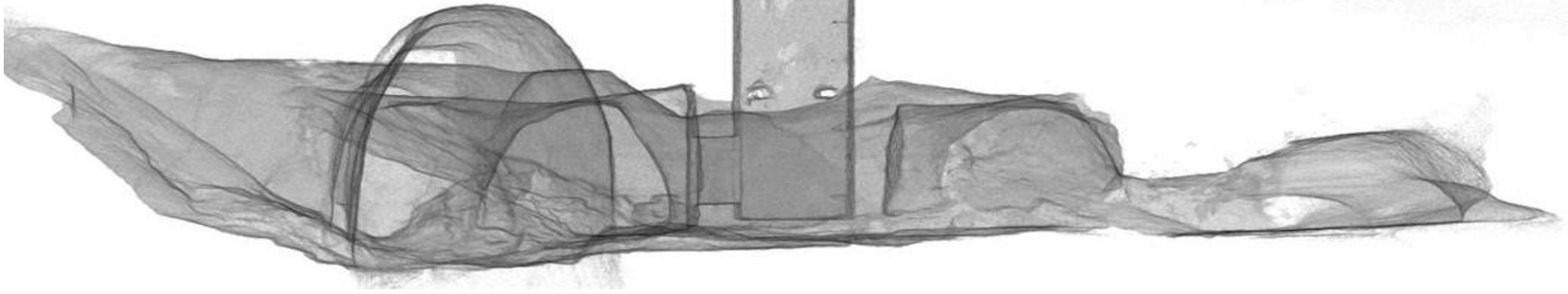
- Punktwolkenberechnung mittels AgiSoft Photoscan
- Nachbearbeitung (Bereinigung und Modellierung)



DMT Pilot 3D

Anwendungsbeispiele

- Kaolinsandabbau



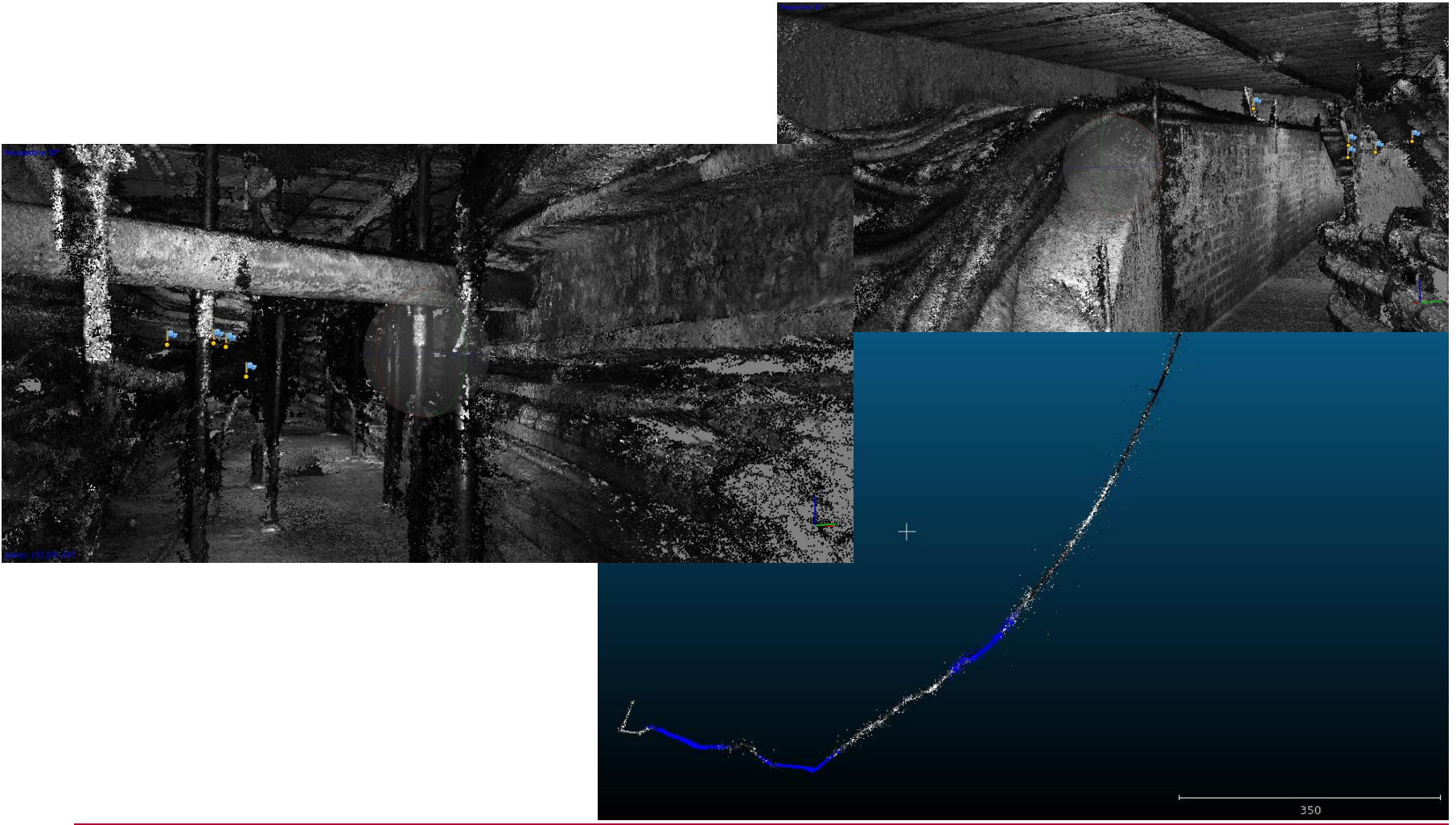
DMT Pilot 3D

Anwendungsbeispiel - Versorgungstunnel



DMT Pilot 3D

Anwendungsbeispiel - Versorgungstunnel



DMT Pilot 3D

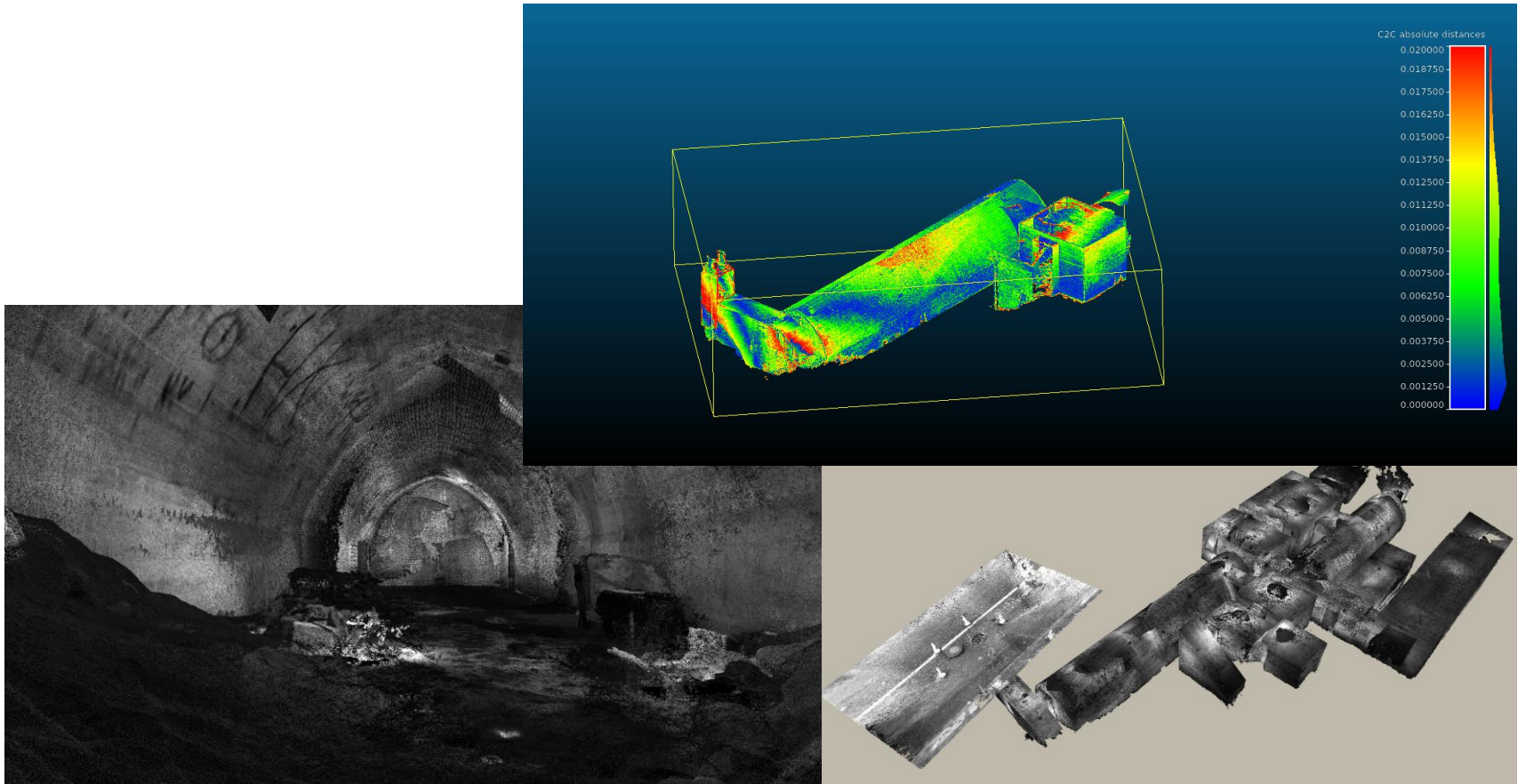
Anwendungsbeispiel - Versorgungstunnel

Zusammenfassung

- **Messdauer: 12 Stunden**
- **Auswertung: ca. 2 Wochen**
- **Absolute Genauigkeit:
ca. 30 cm (Anforderung 50 cm)**
- **Länge: ca. 1,2 km**
- **Daten: 410 Gigabyte**

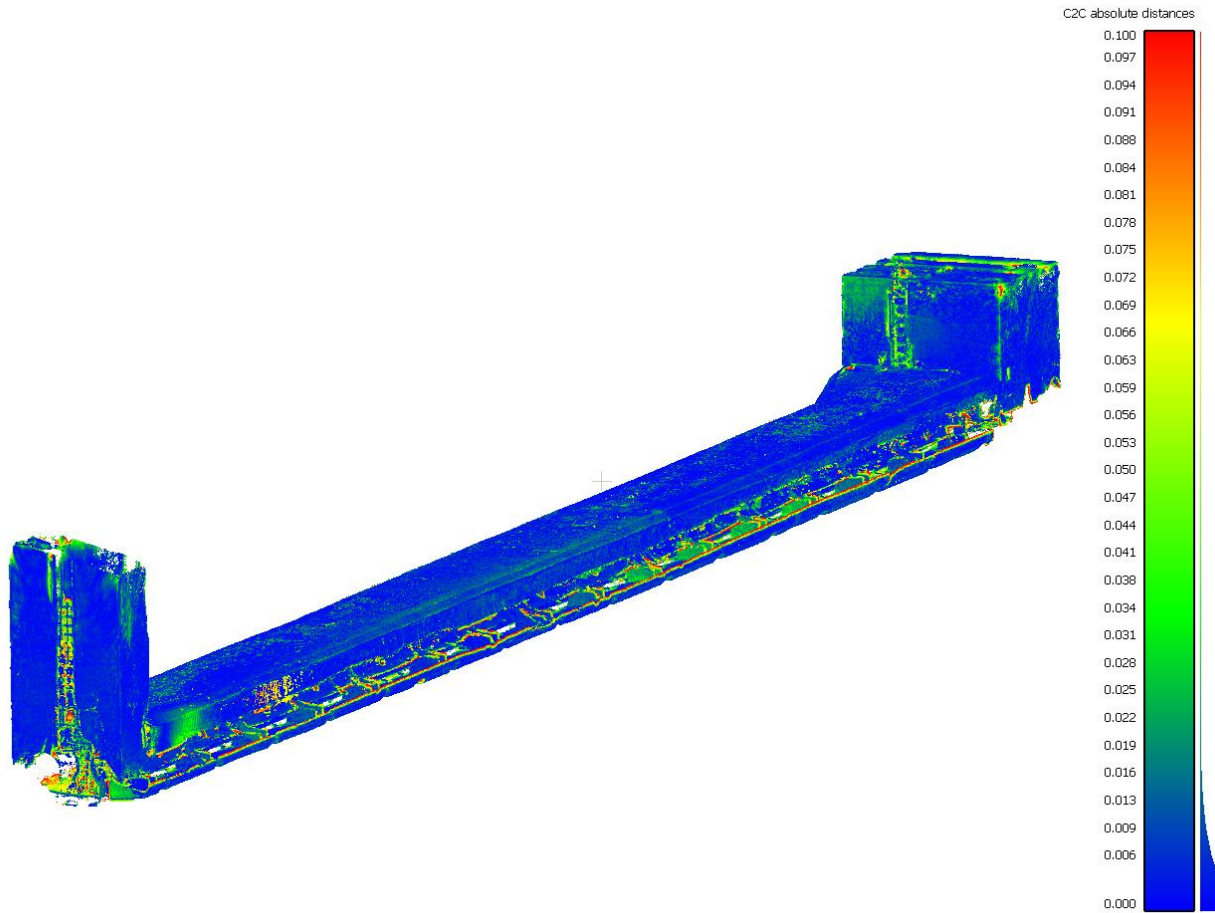
DMT Pilot 3D

Anwendungsbeispiele - Bunkeranlage



DMT Pilot 3D

Anwendungsbeispiele - Rohrtunnel



DMT Pilot 3D

Fazit

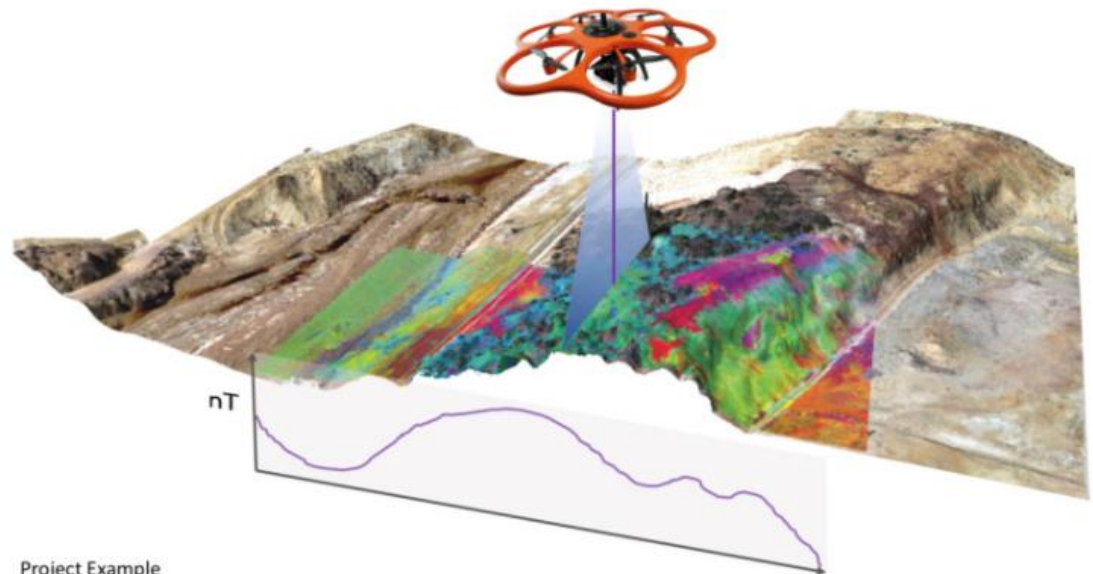
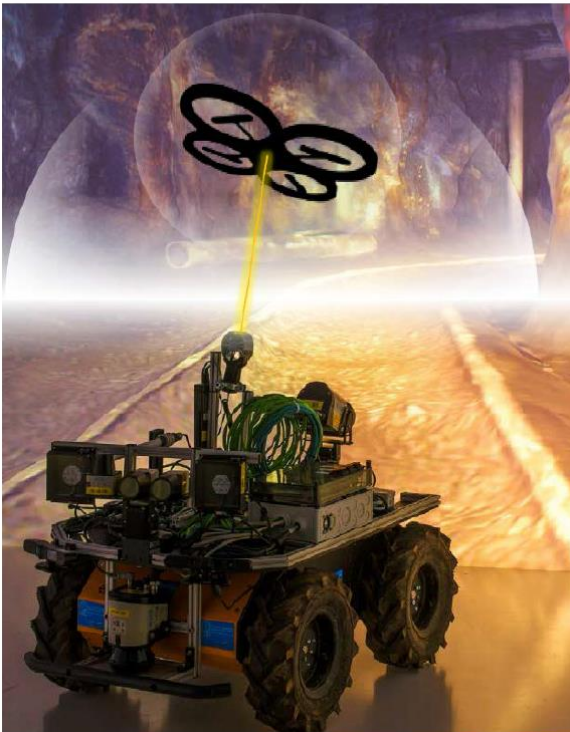
- **Erfolgreiche Umsetzung der Prototypenentwicklung in ein operationelles System und verkaufsfähige Dienstleistung**
- **Weiterentwicklung und Optimierung in Partnerschaft mit dem DLR**
- **Echtzeitnavigation und Inspektion u.a. für Altbergbau, Infrastrukturanlagen – Versorgung/Frisch- und Abwassertunnel und Spezialaufgaben wie die Schiffsinspektion**
- **3D-Dokumentation u.a. im Altbergbau, oftmals Erstvermessung von Hohlräumen wo bspw. Laserscanning nicht wirtschaftlich ist**
- **Teilweiser Ersatz, gute Ergänzung zu anderen Vermessungsverfahren**
- **Genau, wenig Aufwand vor Ort, schnell, funktioniert im Dunkeln**
- **Weiterentwicklung über Innovationsprojekte für den Einsatz auf Drohnen, Robotern, Bergbaumaschinen**

DMT Pilot 3D

Weiterentwicklung



UNDROMEDA



Project Example

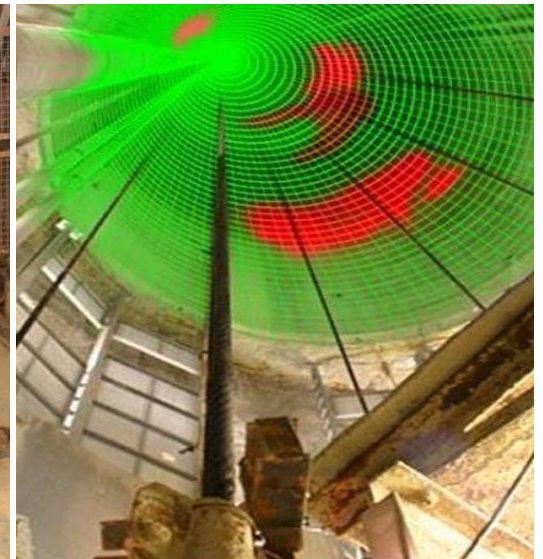
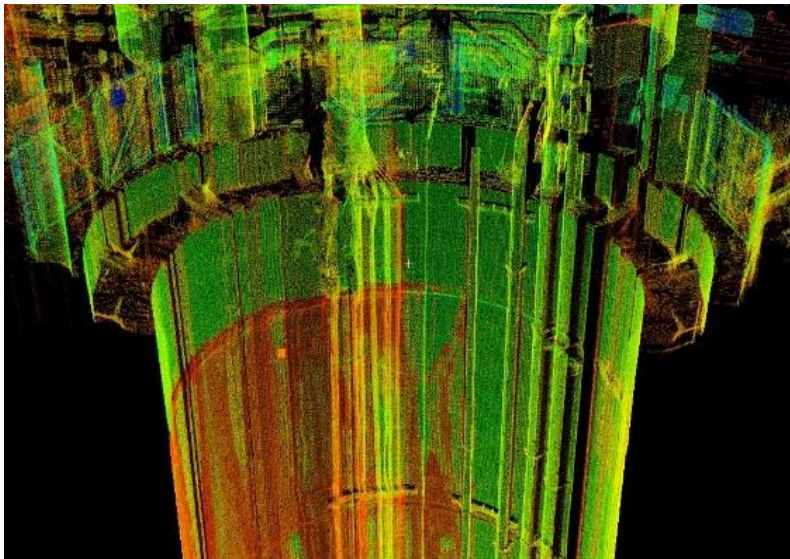
Mulsedro - Multi-sensor Drones for Geology Mapping

(Picture HZDR, EIT Project Consortium, Sandra Lorenz)

DMT Pilot 3D

Weiterentwicklung

 **Automatisiertes Schachtinspektionssystem (iDeepMon)**



Danke für Ihre Aufmerksamkeit

DMT GmbH & Co. KG
Am Technologiepark 1
D-45307 Essen, Germany

Daniel Schröder M.Sc.
E-Mail: daniel.schroeder@dm-tgroup.com
Office: +49 201 172 1856
Mobil: +49 160 888 6966



Follow us on

LinkedIn **DMT Geotechnical Monitoring**
Ensuring your project is in safe hands