



Markscheidewesen im Wandel – Moderne Vermessungsmethoden über und unter Tage

Markscheider Dipl.-Ing. Gustav Kuhn
Markscheider Christos Potsis, M.Sc.

Agenda

1. Einleitung

2. Teil 1: Drohnenvermessung (UAS)

1. Verbesserungen in der Drohnentechnik
2. Verbesserungen bei der Auswertung der Daten
3. Weiterentwicklung der Drohnenvermessung

3. Teil 2: 3D-Scannertechnik / LiDAR

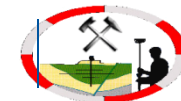
1. Grundlagen der LiDAR-Technologie
2. LiDAR-Systeme
3. Anwendungen im Bergbau

4. Ausblick

1. Einleitung

- Gründe für markscheiderische Vermessung :
 - Sicherheit, Planung, Dokumentation, Rechtssicherheit, WirtschaftlichkeitMarkscheidewesen gehört zu den ältesten Ingenieurdisziplinen seit den Anfängen des Bergbaus
- Messverfahren früher:
 - Kompass, Bandmaß, Theodolit, Nivelliergerät; Messverfahren führten zu **Einzelpunktaufnahmen**
- Heute:
 - GNSS, Laserscanner, Drohnen ; Messverfahren erzeugen **Punktwolken**

„Die Anforderungen sind gleich geblieben – die Werkzeuge haben sich grundlegend verändert.“



2. Drohnenvermessung (UAS= Unmanned Aerial Survey)

Drohnenphotogrammetrie

- **Vorteile**

- Schnelle Erfassung großer Flächen
 - *Beispiel 10 ha Steinbruch*
 - *Klassisch: 1 Tag Außendienst*
 - *Drohne: 20 Minuten Flug, Auswertung im Büro*
- Sicherheit
- Hohe Aktualität

- **Nachteile**

- Passpunkte erforderlich
- Bewuchs
- Wetterabhängigkeit (Nebel, Schnee, Regen)
- Lange Rechenzeiten
- Fluggenehmigungen

2. Drohnenvermessung (UAS)

Neuerungen in der Drohnentechnik:

Bessere Akkutechnik ->	Längere Flugzeiten
Bessere Kameras ->	Höhere Bildqualität -> höhere Genauigkeit
Bessere Hinderniserkennung ->	Sichere Flüge, näheres Heranfliegen an Objekte, autonomes Fliegen
Verbesserte Steuerung->	genauere Flugkontrolle, Anzeige der Genauigkeit, Vollständige Überfliegung; Fliegen anhand eines DGMs
RTK-Anwendung ->	höhere Genauigkeit, weniger Passpunkte, schnellere Auswertung

2. Drohnenvermessung (UAS)

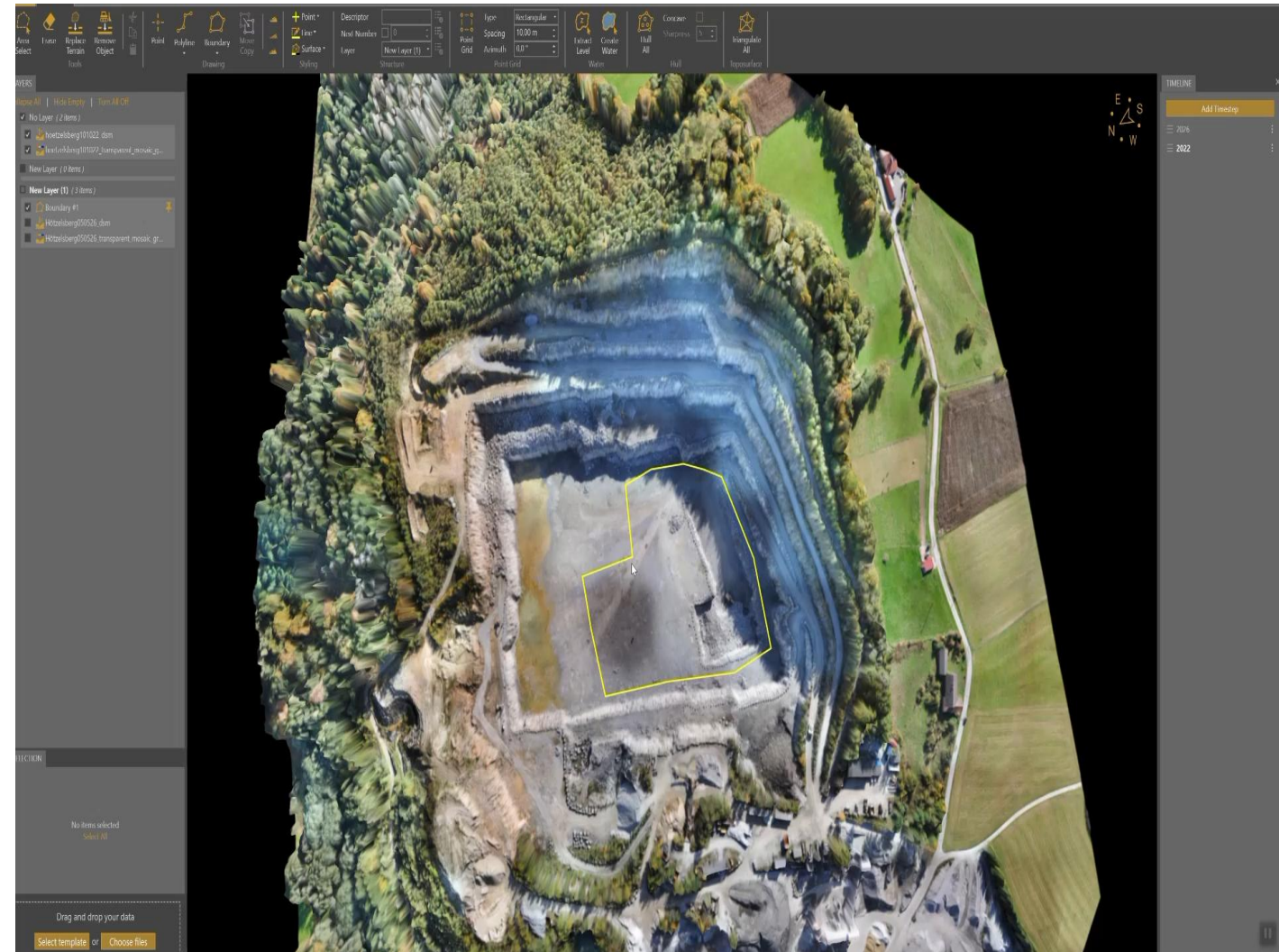
Verbesserungen bei der Auswertung der Daten

1. Verbesserte Rechenalgorithmen-> schnellere Auswertung
2. Volumenberechnungen anhand der photogrammetrisch erzeugten Punktwolken



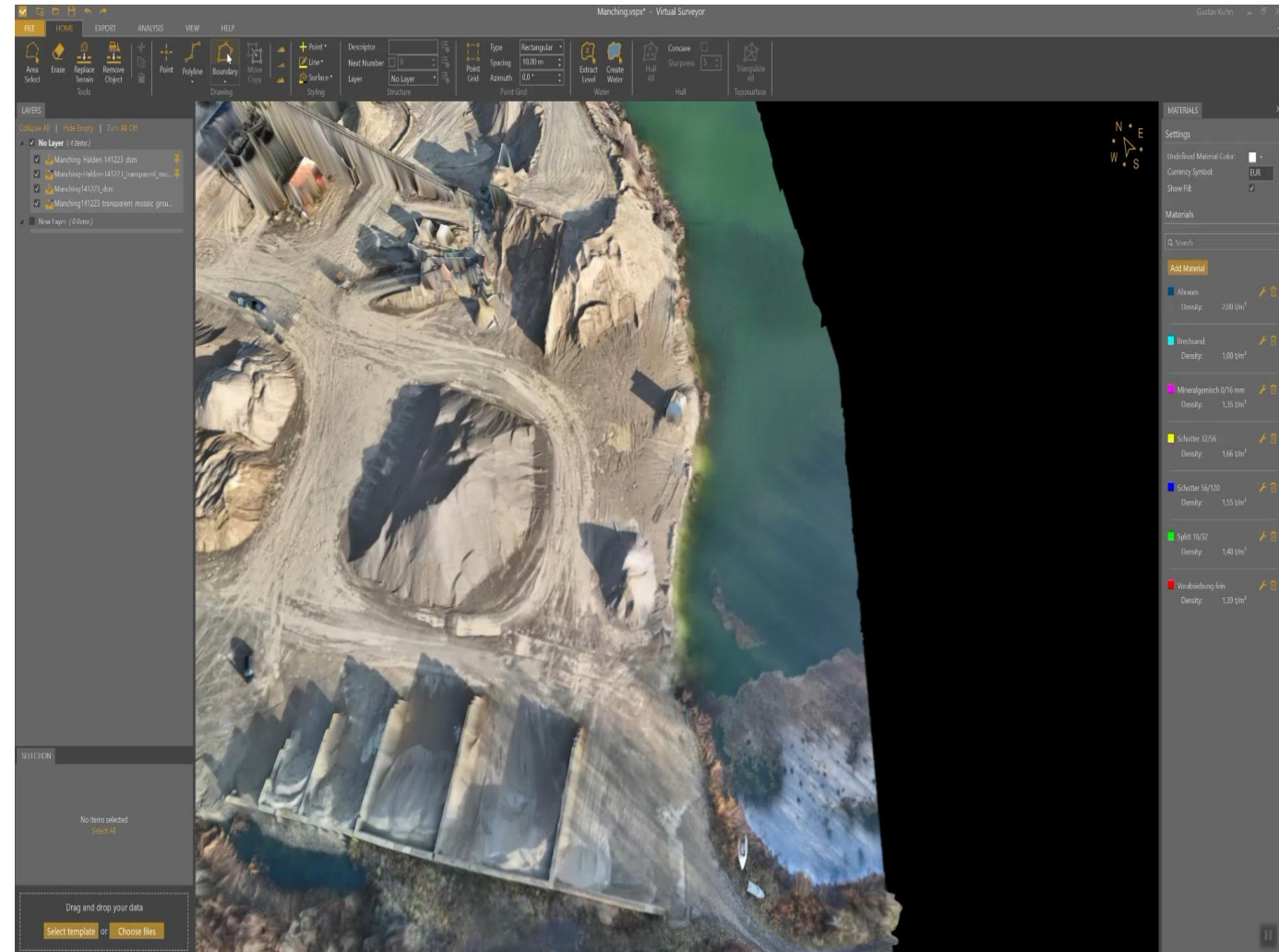
2. Drohnenvermessung (UAS)

- Beispiel
Abbauvolumen
mit dem Programm
Virtual Surveyor



2. Drohnenvermessung (UAS)

- Beispiel
Haldenberechnung
mit Virtual Surveyor



2. Drohnenvermessung (UAS)

– Haldenreport

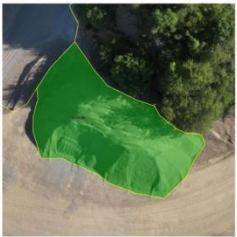
Site Overview



	Volume (m³)	Density (t/m³)	Tonnage (t)
MF1	1 109	1,10	1 220
Ofenabrieb	207	1,52	315
Schotter 0/32	3 450	1,64	5 657
Vorabsiebung	2 493	1,24	3 091
0/5	103	1,55	159
0/8	148	1,41	209
0/22	473	1,59	753
0/45	22	1,63	36
5/16	532	1,40	744
8/45	5 171	1,40	7 239
16/22 A2	338	1,37	463
22/32	548	1,44	788
32/45	693	1,41	977
42/60	12 674	1,43	18 124
60/120	14 204	1,42	20 170
60/120 ZK	1 965	1,43	2 810
TOTAL	44 128		62 755



Halde #1	
Compare to	Haldenbasis
Material	Schotter 0/32
Volume	3 449,63 m³
Density	1,64 t/m³
Tonnage	5 657,39 t
2D Area	1 743,44 m²
Height	3,99 m



Halde #2	
Compare to	Haldenbasis
Material	5/16
Volume	531,50 m³
Density	1,40 t/m³
Tonnage	744,11 t
2D Area	326,69 m²
Height	3,84 m



Halde #3	
Compare to	Haldenbasis
Material	32/45
Volume	693,07 m³
Density	1,41 t/m³
Tonnage	977,22 t
2D Area	448,48 m²
Height	3,72 m

Quelle: (INGK 2026)



2. Drohnenvermessung (UAS)

Weiterentwicklung der Drohnenvermessung

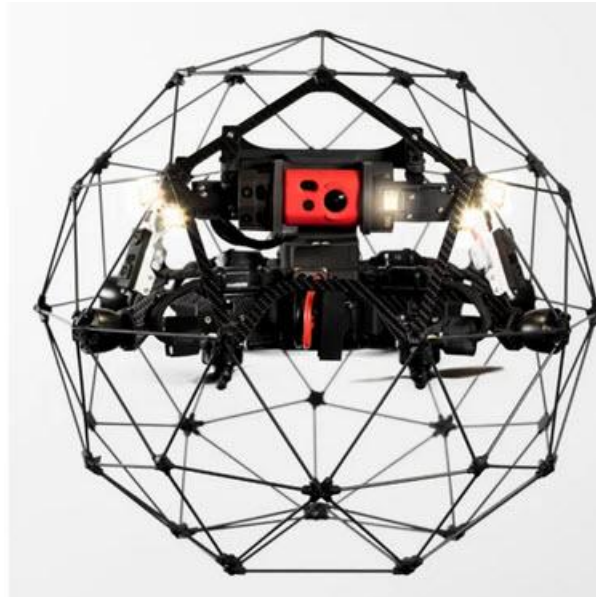
- Drohnen werden leichter-> einfache Fluggenehmigung, längere Flugzeiten
- Einsatz von mobilen Scannern (LiDAR) statt Kamera
 - Punktwolke wird sofort erzeugt, keine lange Rechenzeit
 - Hohe Genauigkeit
 - Messung in bewaldeten Gebieten, Bodenpunkte unter Baumbewuchs
 - Höhere Punktdichte
 - Geringere Wetterabhängigkeit
- Autonomes Fliegen (mobile Mapping)
- Kombination LiDAR mit Photogrammetrie

2. Drohnenvermessung (UAS)

LiDAR – Drohnen



Emesent Hovermap



Flyability ELIOS3

DJI M400 LiDAR Zenmuse L3



Quellen: (DJI 2026), (Flyability 2026), (Emesent 2026)

2. Drohnenvermessung (UAS)

Autonomes Fliegen unter Tage

Drohne fliegt ohne GPS und Funkverbindung durch das Bergwerk

Mit Hilfe des Scanners werden Hindernisse erfasst und umflogen

Beispiel Verbruchvermessung in einem nicht mehr zugänglichen Bereich

2. Drohnenvermessung (UAS)

Autonomes Fliegen unter Tage

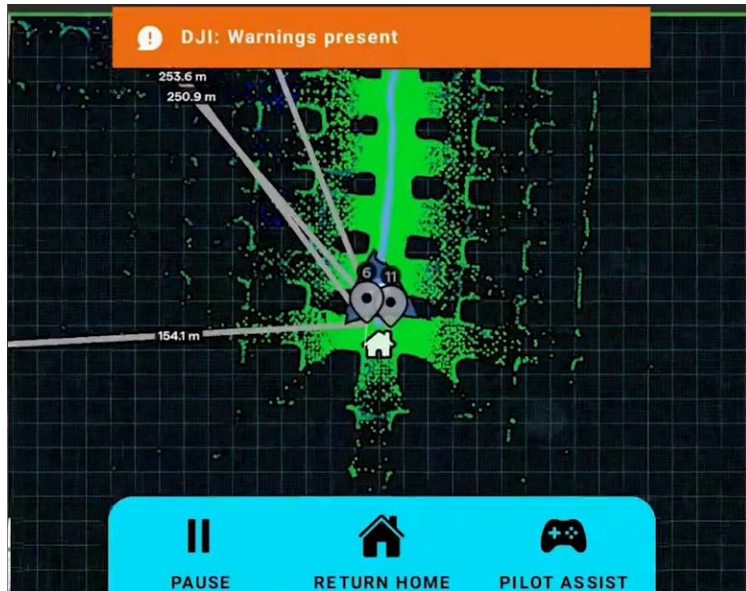


Abbildung: Autonome Kartierung unter Tage (Emesent 2026)



2. Drohnenvermessung (UAS)

Kombination Photogrammetrie und LiDAR



Quelle: (INGK 2026)

3. 3D- Scannertechnik / LiDAR

3. 3D-Scannertechnik / LiDAR

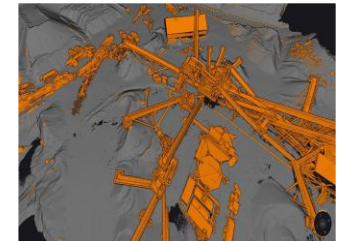
Warum LiDAR überhaupt?



Drohnen nicht immer möglich



GNSS nicht überall verfügbar



Vollständige 3D-Erfassung
komplexer Geometrie

3. 3D-Scannertechnik / LiDAR

Grundlagen der LiDAR-Technologie

- LiDAR= Light Detection and Ranging
- Aktives optisches Messverfahren
- Laserbasierte Distanzmessung
- Direkte 3D-Datenerfassung
- Erzeugen von Punktwolken



Abbildung: TX 6 Trimble
(Trimble 2026)



Abbildung: Eagle MAX RTK
(3DMeakerPro 2026)



LiDAR-Scanner

Abbildung: LiDAR – Sensor des iPhones 14
Pro (Apple (DE) 2026)

3. 3D-Scannertechnik / LiDAR

Grundlagen der LiDAR-Technologie

- Prinzip

- Laserimpuls aussenden

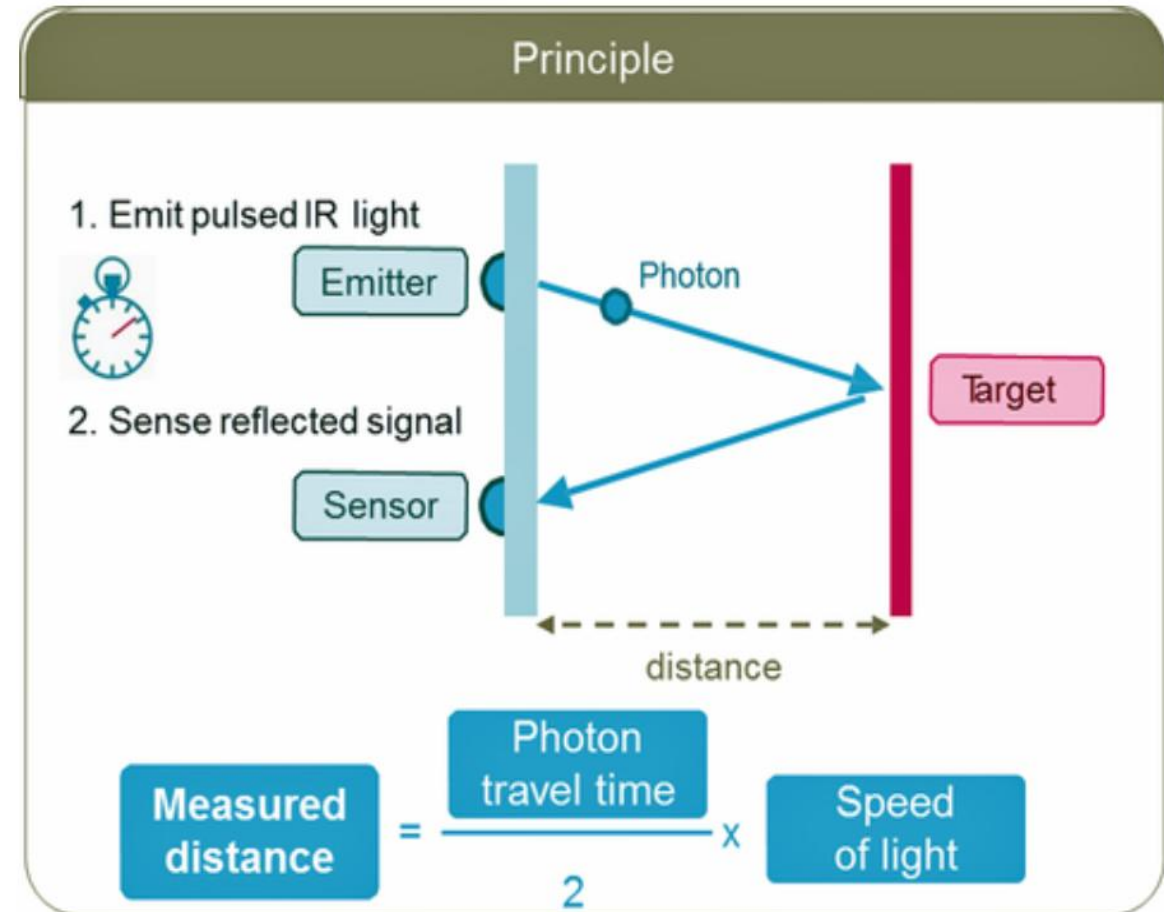
- Reflexion empfangen

- Laufzeit messen

- Entfernung berechnen

- Position bestimmen

- Punktwolke erzeugen



Quelle: (DJI 2026)

3. 3D-Scannertechnik / LiDAR

LiDAR-Systeme im Überblick

 Smartphone-LiDAR einfache, schnelle 3D-Erfassung

 Handgeführte LiDAR-Systeme flexibel für kleine und mittlere Objekte

 Terrestrische Laserscanner (TLS) hohe Genauigkeit und Punktdichte

 UAV-LiDAR-Systeme großflächige Erfassung aus der Luft

 → Auswahl je nach Aufgabe, Genauigkeit und Einsatzgebiet

3. 3D-Scannertechnik / LiDAR

LiDAR-Systeme im Vergleich

Orientierende Einordnung nach Systemklasse – Genauigkeiten sind anwendungsabhängig

	iPhone Pro (LiDAR)	Mobiles SLAM-LiDAR (z. B. Livox / Hawk)	Terrestrischer Laserscanner (TLS)	UAV-LiDAR System
SYSTEM				
PRINZIP	LiDAR + Kamera + App/SLAM	360°-LiDAR + IMU/SLAM	Stativscanner Phase / Impuls	LiDAR + GNSS/IMU auf Drohne
REICHWEITE	kurze Reichweite (ca. 0,5–5 m)	typ. 40–140 m (systemabhängig)	ca. 0,6–150 m (z. B. X9)	bis 250–450 m (z. B. DJI L2)
GENAUIGKEIT (typ.)	cm-Bereich (praxisabhängig)	cm-Bereich (systemabhängig)	mm-Bereich z. B. ± 2 mm	ca. 4 cm vert. 5 cm horiz.
PUNKTDICHTE	mittel	hoch ca. 200k–480k Pkt/s	sehr hoch bis 1 Mio Pkt/s	flächig hoch bis 1,2 Mio Pkt/s

3. 3D-Scannertechnik / LiDAR

LiDAR-Systeme im Vergleich

Orientierende Einordnung nach Systemklasse – Genauigkeiten sind anwendungsabhängig

	iPhone Pro (LiDAR)	Mobiles SLAM-LiDAR (z. B. Livox / Hawk)	Terrestrischer Laserscanner (TLS)	UAV-LiDAR System
SYSTEM				
EINSATZGEBIET	Innenräume, kleine Objekte, Bestandsaufnahme	Hallen, Silos, Anlagen, Hohlräume	Bauwerke, Strecken, technische Anlagen, Kontrollmessungen	Tagebau, Halden, Vegetation, Großflächen
VORTEILE	schnell · mobil einfache Bedienung kostengünstig	hohe Punktdichte flexibel einsetzbar kein Stativ nötig	höchste Genauigkeit stabile Referenzierung sehr gute Kontrolle	flächendeckend effizient und schnell Vegetationsdurchdringung
GRENZEN	nicht amtlich kleine Bereiche Referenzierung nötig	SLAM-Drift möglich Kontrollpunkte sinnvoll Registrierung prüfen	mehr Standpunkte Sichtlinien nötig höherer Zeitaufwand	Wetter / Flugrecht GNSS/IMU nötig Flugplanung

3. 3D-Scannertechnik / LiDAR

LiDAR und Photogrammetrie – Prozess und Unterschiede

- LiDAR
 - Direkte Distanzmessung
 - Punktwolke unmittelbar aus Messung
 - Georeferenzierung der Scans
- Photogrammetrie
 - Geometrie aus Bildern
 - Bündelblockausgleichung
 - Punktwolke wird berechnet
- Ergebnis
 - Punktwolke
 - Mesh, Digitaler Zwilling

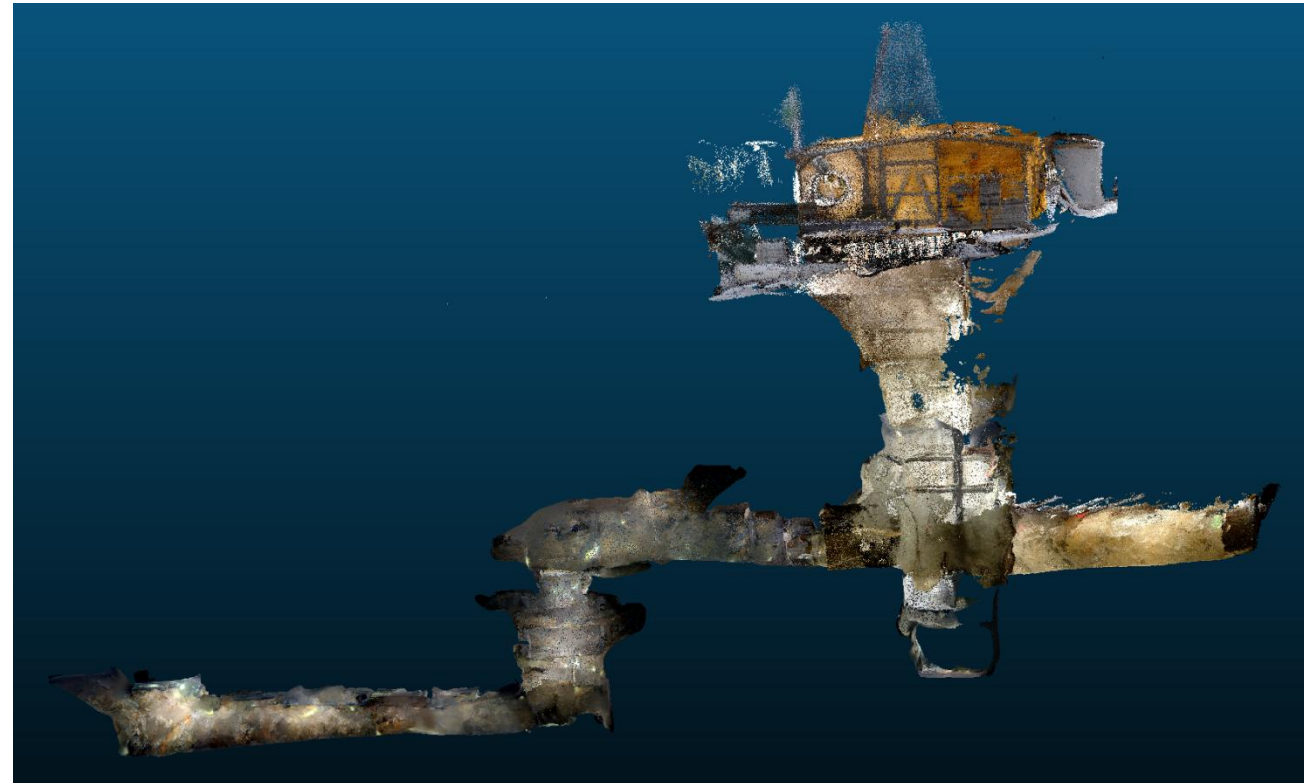


Abbildung: LiDAR – 3D-Modell Bleierzgrube Manteuffel (INGK 2026)

3. 3D-Scannertechnik / LiDAR

Anwendungen im Bergbau

über Tage

- Halden unter Dächern
- Silos

unter Tage

- Strecken
- Schächte
- Altbergbau
- Nicht begehbare Verbruchzonen

3. 3D-Scannertechnik / LiDAR

Anwendungen im Bergbau – Kombination Photogrammetrie und LiDAR

- Erfassung großer Flächen mit der Drohne
- Ergänzung von Bauwerken und Anlagen durch LiDAR
- Geschlossene 3D-Modelle aus beiden Datensätzen
- Effiziente Bestandsaufnahme
- Grundlage für digitale Zwillinge

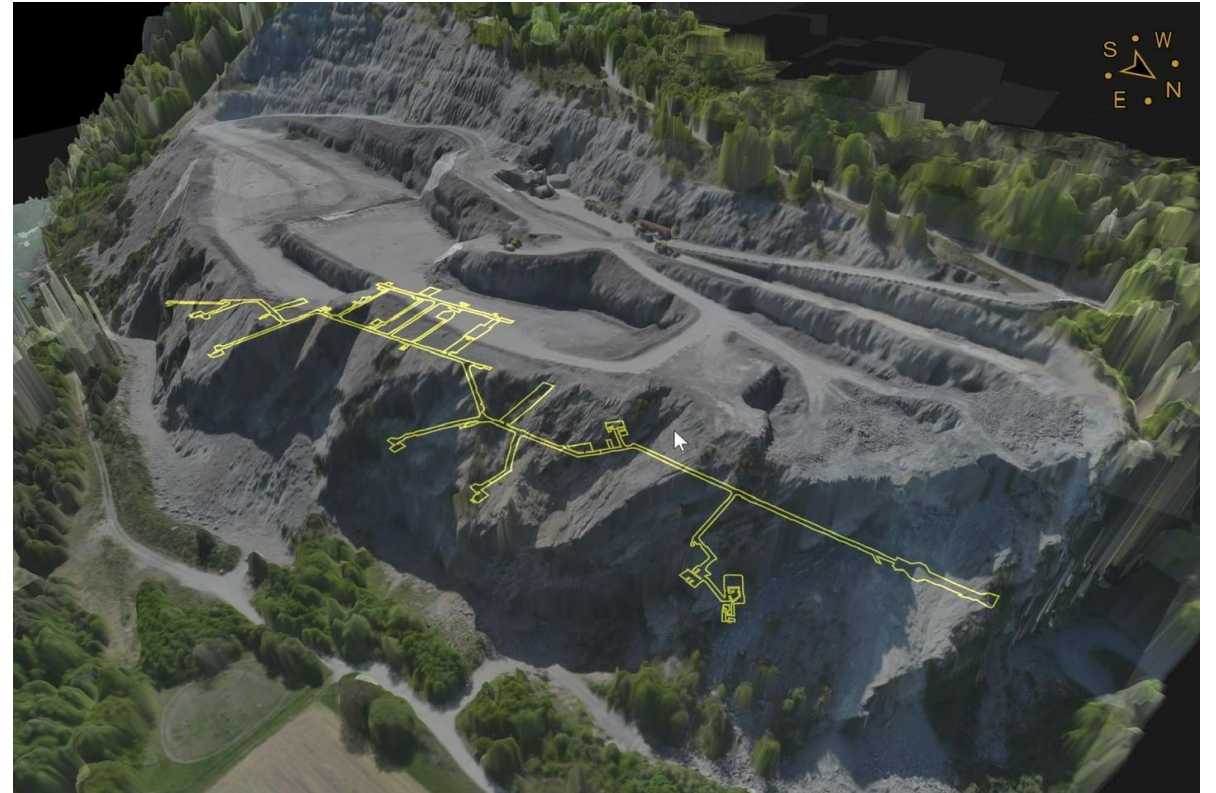


Abbildung: 3D-Modell Kombination aus UAS und TLS (INGK 2026)

3. 3D-Scannertechnik / LiDAR

Anwendungen im Bergbau – Halde unter einem Dach

- Mobile 3D Erfassung
 - Höhere Punktdichte
 - Georeferenzierung
- Texturiertes Modell



Abbildung: 3D-Modell aus LiDAR – (INGK 2026)

3. 3D-Scannertechnik / LiDAR

Anwendungen im Bergbau – Altbergbau

- Polycam
 - Altbergbau
- Punktwolken
- Mesh
- Dokumentation kleiner Objekte

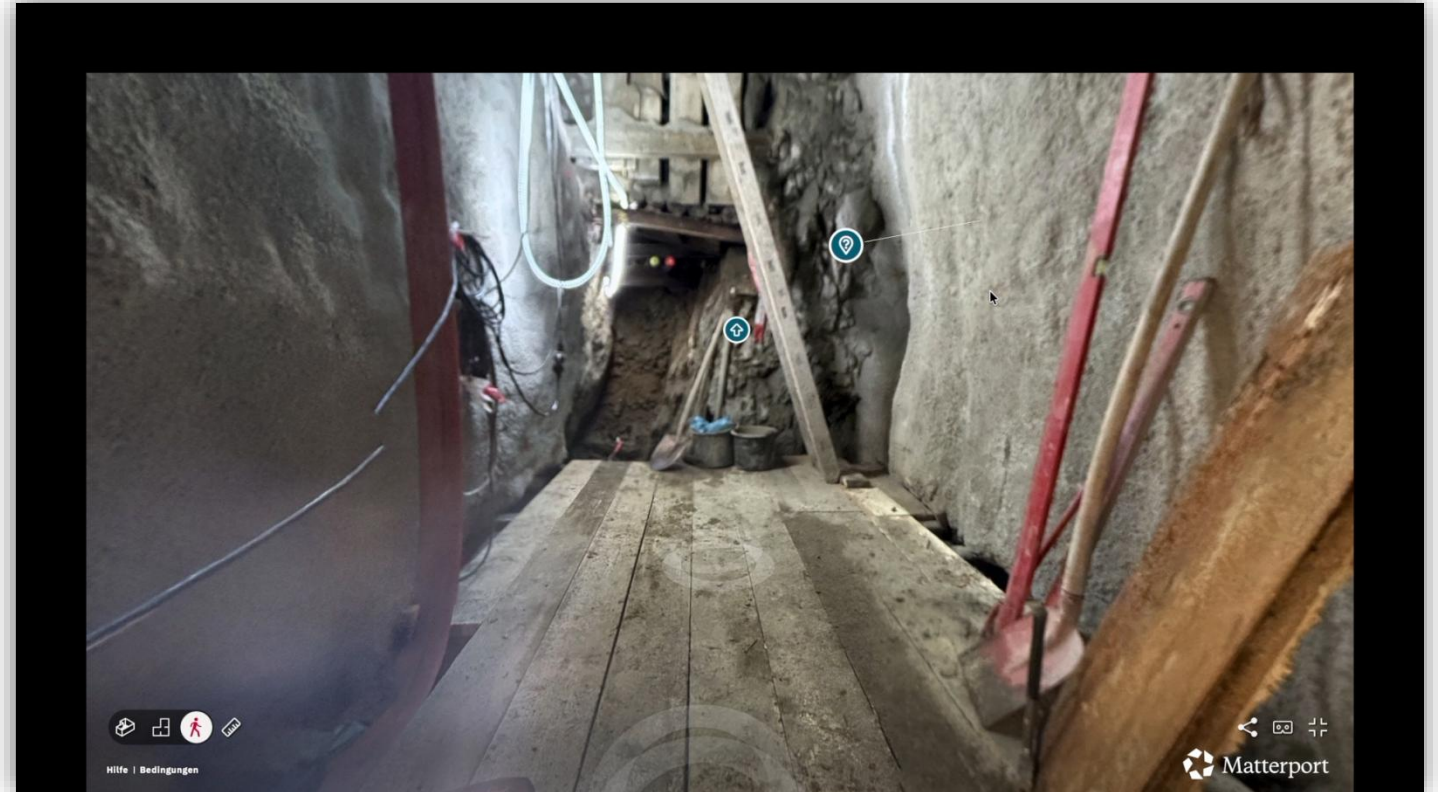


Quelle: (INGK 2026)

3. 3D-Scannertechnik / LiDAR

Von der Aufnahme zur virtuellen Begehung – iPhone LiDAR Praxisbeispiel

- Aufnahme mit iPhone Pro
- Kombination aus Kamera und LiDAR
- Automatische Verknüpfung der Scanpositionen
- Erstellung eines begehbaren 3D-Modells
- Dollhouse-Ansicht und 360° - Rundgang
- Schnelle Dokumentation des Ist-Zustands



Ausblick

- Photogrammetrische Drohnenvermessung wird durch LiDAR-Vermessung ersetzt
- Automatisierung der nachfolgenden Plananfertigung wird durch KI vorangetrieben.
- Genehmigungsverfahren werden durch KI vereinfacht.

So sieht die Zukunft aus:

Frage an den KI-Assistenten:

Die Fa. X braucht im Tagebau Y eine Betriebsplanzulassung für eine 5 ha-Erweiterung nach Norden.

Antwort des KI-Assistenten:

Aufgrund von Überlastung des Luftraumes über dem Tagebau durch eine Vielzahl von Drohnen kann die Genehmigung erst morgen Nachmittag erteilt werden.

**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit**
