Photogrammetrie und Laser Scanning in der Geotechnik
-Ableitung von Trennflächengefügen, Volumina, Designblock-

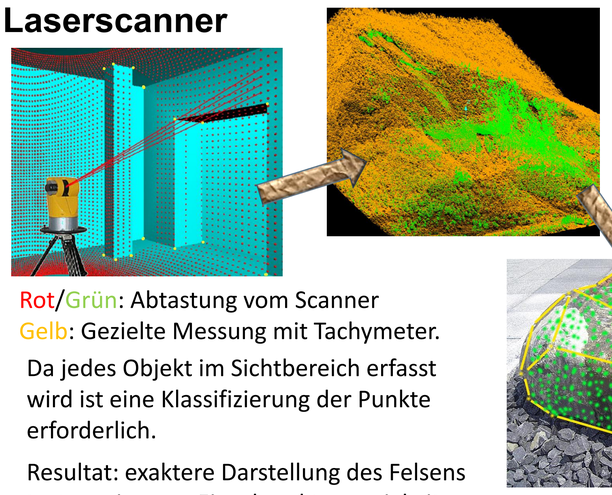
Gregor Schiller (1) und Sandra Melzner (2, 3)
(1) Vermessung Schmid ZT GmbH, Klosterneuburg, (2) BOKU University, Wien, (3) GEOCHANGE Consulting e.U., Wien

Einleitung

Das Laserscanning und die Photogrammmetrie haben sich in den letzten 20 Jahren einen festen Platz im Vermessungswesen erarbeitet. Obwohl das zu Grunde liegende technologische und geometrische Prinzip den heute üblichen Tachymetern teilweise sehr ähnlich ist, unterscheidet sich die grundsätzliche Aufnahme und Datencharakteristik sehr deutlich von der klassischen Vermessung. Dies eröffnet Anwendungsbereiche in der Geotechnik, in denen eine derartig detaillierte geodätische 3D Datenerfassung bisher nicht oder nur unter großen Umständen möglich war. Die scheinbare Leichtigkeit der Aufnahme kann aber auch dazu führen, dass durch ungenügend geschultes Personal wesentliche geodätische Grundsätze außer Acht gelassen werden, was im schlimmsten Fall zu einer völligen Unbrauchbarkeit der Daten führen kann. Anhand einiger Anwendungsbeispiele werden die Chancen und Herausforderungen einer Vermessung mittels Laserscanning und Photogrammmetrie aufgezeigt.

Theoretische Grundlagen

Messcharakteristik: Tachymeter vs. Laserscanner



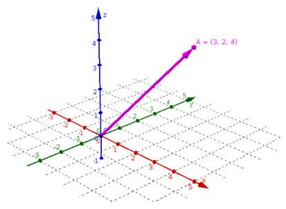
Rot/Grün: Abtastung vom Scanner
Gelb: Gezielte Messung mit Tachymeter.

Da jedes Objekt im Sichtbereich erfasst wird ist eine Klassifizierung der Punkte erforderlich.

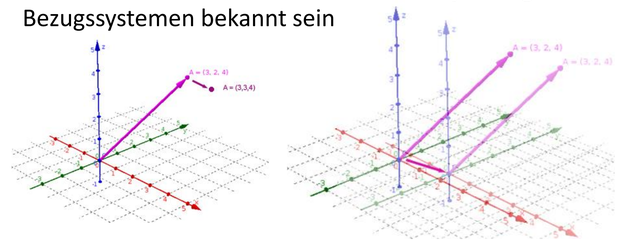
Resultat: exaktere Darstellung des Felsens trotz geringerer Einzelpunktgenauigkeit

Für Analysen über einen Zeitraum entscheidend: Das Geodätische Bezugssystem

Jede geodätische Messung benötigt ein Bezugskoordinatensystem. Um verschiedene Messungen vergleichen zu können muss:

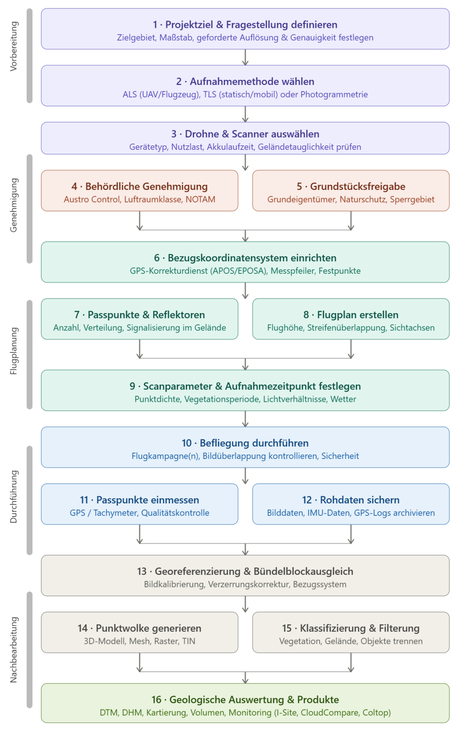


- Im selben Bezugskoordinatensystem gemessen sein,
- Oder: eine Transformation zwischen den jeweiligen Bezugssystemen bekannt sein



Planung Vermessung

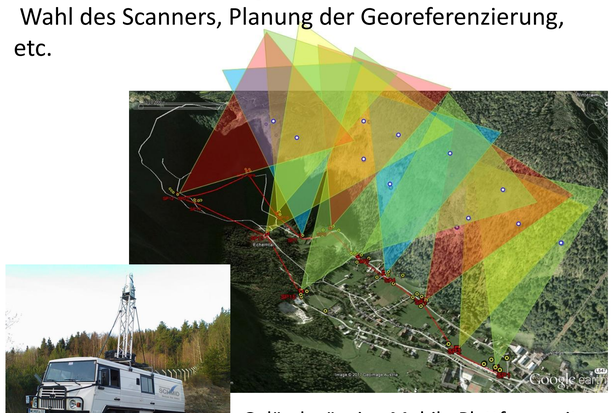
Ökonomischer Einsatz: Wahl der Methodik



Flow-chart Vorgehensweise Vermessung

Vermessunsg-Kampagnen lassen sich in zwei Kategorien gliedern: statische Messungen (inkl. Stop and Go) und kinematische Messungen (Mobile Scanning inkl. SLAM, ALS von UAV oder bemannten Fluggeräten). Die Einsetzbarkeit einer Methode ist abhängig von der Zielsetzung, den gebietsspezifischen Eigenschaften (Geologie, Topographie, Vegetationsbedeckung, etc.) Folgende Punkte sind u.a. bei der Planung einer TLS Vermessung zu beachten:

- Einrichtung eines übergeordneten Bezugsystems,
- Wahl der Aufnahmemethodik (statisch, stop and go, kinematisch),
- Festlegung der Scanparameter (Punktdichte, Sichtachsen, Redundante Abdeckung),
- Wahl des Scanners, Planung der Georeferenzierung,
- etc.



Geländegängige Mobile Plattform mit Scanner und D-GPS Ausrüstung

Kinematische Methoden

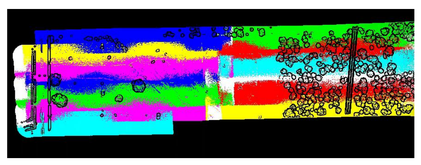
Gemessen wird von einer bewegten Plattform mit IMU und Echtzeitpositionierung (z. B. DGPS). Über Zeitsynchronisation wird jede Messung einer Position auf der Trajektorie zugeordnet. Der Bezugsrahmen ergibt sich aus zwei Modellrechnungen: der Bewegung des Messsystems und der Lage des Gerätesystems im Referenzsystem. Die Zuverlässigkeit der Einzelmessung ist daher deutlich geringer. Flugstreifen sind in sich nicht stabil, und Abschattungen lassen sich vor Ort kaum prüfen. *Vorteil:* große Flexibilität und einfache Handhabung, v. a. bei UAV.



UAV-Photogrammetrie liefert keine gemessenen Punkte, sondern eine aus Bildern rekonstruierte „Haut" über der obersten Oberfläche, ohne Durchdringung von Bewuchs. Sie eignet sich nur für vegetationsfreie Flächen. Für Qualität und Zuverlässigkeit gelten dieselben Grundsätze wie bei kinematischen Messungen.


DJI Mini 3


DJI Mavic 4Pro



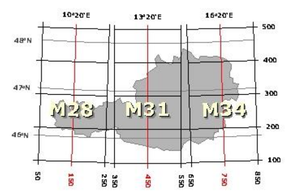
ALS-Punktwolke, eingefärbt nach Flugstreifen. Jeder Streifen ist in sich nicht stabil und muss in den Überlappungsbereichen mit den Nachbarstreifen zu einer homogenen Punktwolke ausgeglichen werden.

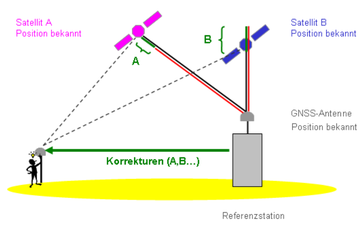
Bezugssystem Realisierung

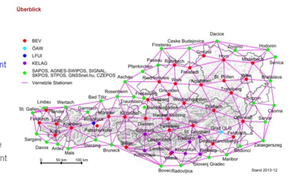




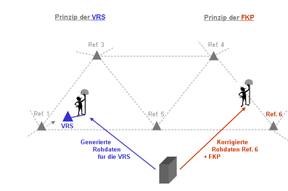
Physisch: Messpfeiler , amtlicher Festpunkt







Virtuell: GPS Korrekturdienst mit virtuellen Referenzstationen (z.B. APOS, EPOSA, etc. und geeigneten Transformationssets)



Statische Methoden

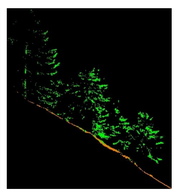
Das Gerätebezugssystem wird gegenüber dem Referenzsystem überbestimmt, kontrolliert und ohne dynamische Einflüsse bestimmt. Genauigkeit und Zuverlässigkeit lassen sich für jeden Standpunkt und Zielpunkt dokumentieren. Aufnahmerichtung und Punktdichte werden gezielt an das Objekt angepasst. Voraussetzung ist ein ausreichend dichtes geodätisches Referenznetz. Im Multi-Station-Ausgleich werden die Scans zu einem homogenen Block verbunden.
Stop and Go: Ergänzungsmessungen erfolgen simultan am Standpunkt, eine Onboard-Video-IMU registriert die Bewegung zwischen den Standpunkten. Point-to-Point-Registrierung reduziert Stützpunktdichte und Messaufwand.

Chancen

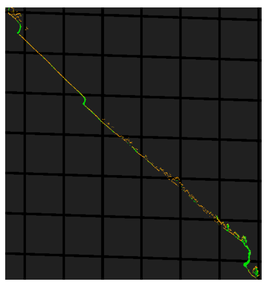
Laserscanning (TLS, ALS, UAV) in der Geotechnik bietet gegenüber der konventionellen Vermessung und/oder geologischen Kartierung viele Möglichkeiten:

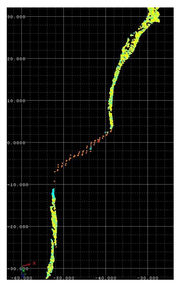
Durchdringung von Wald unterhalb der Kronenabschattung



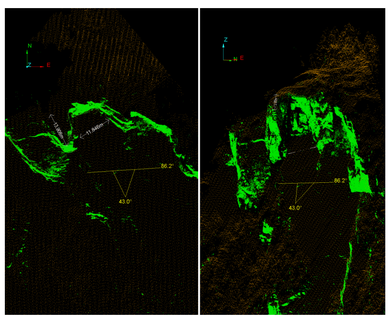


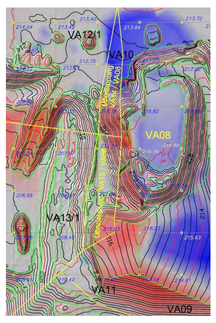
Kombination ALS und TLS

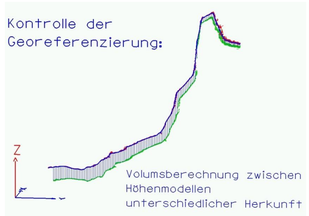


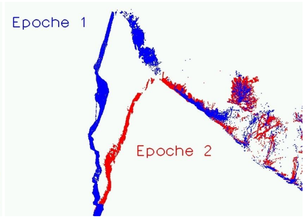


Abgeleitete Größen: Profile Neigungen, Schichtungen, Massenverfrachtungen, etc.

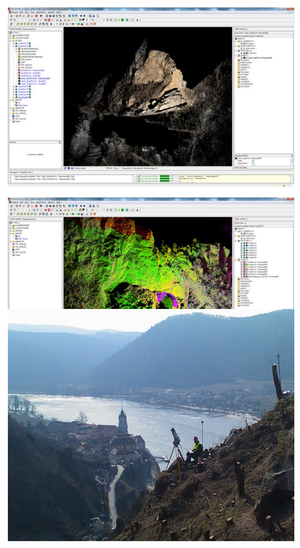




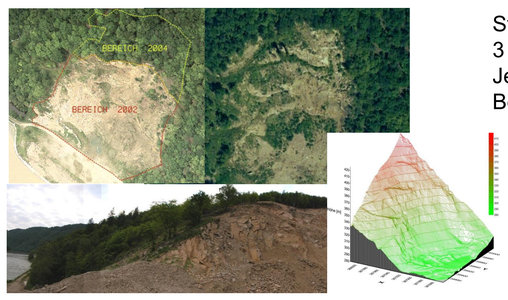




Ökonomischer flexibler Einsatz, außerhalb des Gefahrenbereiches, Vorort- Vorauswertung

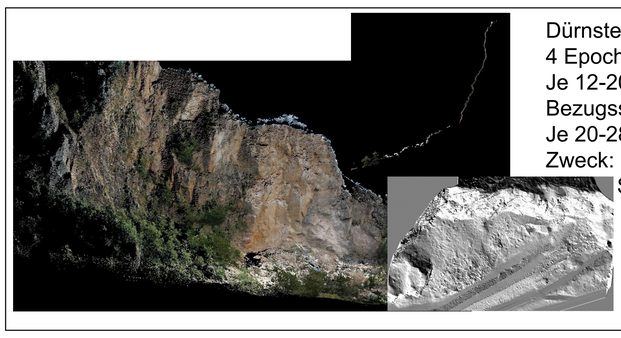


Anwendungsbeispiele



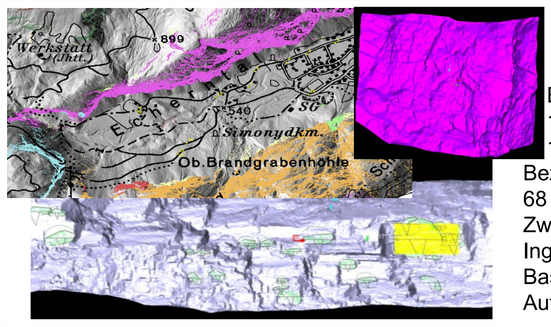
Steinbruch Grafenau
3 Epochen
Je 12 Scanpositionen
Bezugssystem: Strom km
Je 16 Mio Punkte
Zweck:
Tagbaukarte, Prüfung der abgebauten und abbaubaren Volumina

Auftraggeber: VIA Donau



Dürnstein
4 Epochen
Je 12-20 Scanpositionen
Bezugssystem Gauß Krüger
Je 20-28 Mio Punkte
Zweck:
Sanierung der Felsstürze

Auftraggeber:
iC Consulenten



Echerntal
1 Epoche
15 Scanpositionen
Bezugssystem Gauß Krüger
68 Mio Punkte
Zweck:
Ingenieurgeologische Kartierung als Basis für die Gefahrenbewertung
Auftraggeber: GBA

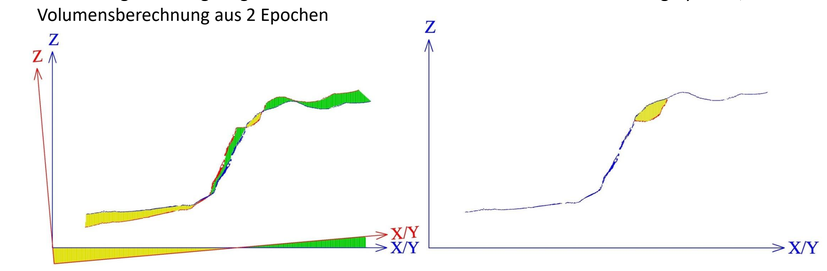
Herausforderungen

Bezugssystem:
- Die Aufnahmekonfiguration oft fehlertheoretisch ungünstig, daher zusätzliche Messungen erforderlich (GPS, Tachymeter);

Kalibrierung der Geräte:
- entfernungsabhängig, daher an die Aufnahmesituation anzupassen;

Gebietseigenschaften:
- beeinflussen die Qualität des Messergebnisses (Feuchteverhältnisse der Oberflächen, Sonneneinstrahlung, Bewuchs, Topologie).

Auswirkung eines ungenügend stabilisierten oder fehlenden einheitlichen Bezugssystems, bei einer Volumensberechnung aus 2 Epochen



scheinbarer Massenabgang
scheinbarere Massezuwachs
tatsächlicher Masseabgang

- **Prozessierung inkl. Klassifizierung:** Punktwolke in Landnutzungsklassen ist erforderlich. Speziell in Steilwänden sind hier spezielle (z.T. manuelle) Methoden notwendig;
- **Kinematische Methoden:** Zuverlässigkeit hängt von der Trajektorie und vom Streifenausgleich ab. Fehler sind in der fertigen Punktwolke für Laien kaum erkennbar;
- **Grenzen der Punktwolken:** Für manche Fragestellungen, z. B. die Bewegungsrichtung signalisierter Einzelpunkte, liefern klassische Messmethoden zuverlässigere Ergebnisse.

Fazit

Bei statischen Methoden braucht schon die Datenerfassung geodätisches Fachwissen. Dafür liefern sie mit hoher Sicherheit eine belastbare Grundlage. Bei kinematischen Methoden entstehen ohne dieses Fachwissen leicht ungeeignete Daten, was Laien kaum erkennen. Die vermeintlich einfache Datenbeschaffung kann zu Fehlentscheidungen führen. Punktwolken für geologische Beurteilungen sollten daher, unabhängig von der Methode, von befugten geodätischen Fachkräften erstellt werden.

Melzner, S. & Schiller, G. (2022): Laserscanning und Photogrammetrie in der Geologie- Chancen und Herausforderungen. Journal des Vereins der Diplomingenieure der Wildbach- und Lawinenverbauung. 86. Jahrgang, August 2022, Heft Nr. 189, Salzburg, Österreich. https://www.geochange-consulting.com/wp-content/uploads/2023/08/Melzner_Schiller_2022.pdf
Melzner, S., Preh, A., Schwarz, L., Fleris, E., Schweigl, J., & Bertagnoli, M. (2019): Strukturelle Kartierung mittels Fernerkundung- eine kritische Gegenüberstellung von Photogrammetrie, TLS und ALS, In: Griesmeier, G. & Igelseder, C. (2019): Arbeitstagung 2019 der Geologischen Bundesanstalt- Geologie, des Kartenblatts GK 25 Radenthein-Ost, Murau 24.-27. Juni 2019, Tagungsband: 203- 2010, Geol.- B.A., Wien, Österreich. https://www.geochange-consulting.com/wp-content/uploads/2023/08/poster_2019_ata_melzner_etal.pdf

Geoforum Umhausen, Niederthai, Tirol
15.-16.10. 2026

Erstautor: Gregor Schiller
Vermessung Schmid ZT GmbH
Inkustraße 1-7/3, A-3400 Klosterneuburg
Telefon: +43-2243-25520-0 Fax: +43-2243-25520-50
g.schiller@geoserve.co.at www.geoserve.co.at