

Einleitung

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Gefahrenmodellierung von Sturzprozessen in Niederösterreich“ (NoeTALUS) wurden verschiedene Fernerkundungstechniken (Abb.1) für die strukturelle Kartierung eingesetzt und miteinander verglichen. Um eine möglichst hohe Qualität der Fernerkundungsdaten zu gewährleisten, erfolgte die Datenerhebung in Zusammenarbeit mit zwei spezialisierten Firmen (3GSM & Riegl) und der Landesgeodäsie. Das Projektgebiet Dürnstein liegt im südöstlichen Teil des Moldanubikums der Böhmisches Masse im Bereich des Gföhler Deckensystems. Aus struktureller Sicht sind für die Geodisposition gegenüber Steinschlag/Felssturz die jungen Scherflächen der Moldanubischen Überschiebung und jene Trennflächen, die im Zuge der späteren spröde-tektonischen Überprägung entstanden sind, bedeutend.



Methoden



Abb. 1: Übersicht unterschiedlicher Datenerhebungsmethoden. (A) stop-and-go, TLS Vermessung mit einem Stativ, (B) stop-and-go, TLS Vermessung mit einem Fahrzeug (C) hochauflösende photogrammetrische Vermessung unter Verwendung eines ShapeMetriX-UAV (Kamera Sony A7R, Foto A. Gaich), (D) Mobile TLS Vermessung mit einem RiCOPTER, der mit einem Laserscanner VUX-SYS AP20 ausgestattet ist.

Strukturelle Analyse der Fernerkundungsdaten

Die strukturelle Analyse erfolgte mithilfe des ShapeMetriX3D-Systems (3G Software & Measurement GmbH, Abb. 3) und mithilfe der Software Coltop3D (Terranum Geosciences and software solutions, Jaboyedoff et al. 2007). ShapeMetriX3D basiert auf der Photogrammetrie, erweitert um Erkenntnisse aus der Computer-Vision (Faugeras, 1993). Coltop3D ist eine Software zur interaktiven Analyse von geologischen Strukturen aus hochauflösenden 3D-Punktwolken.

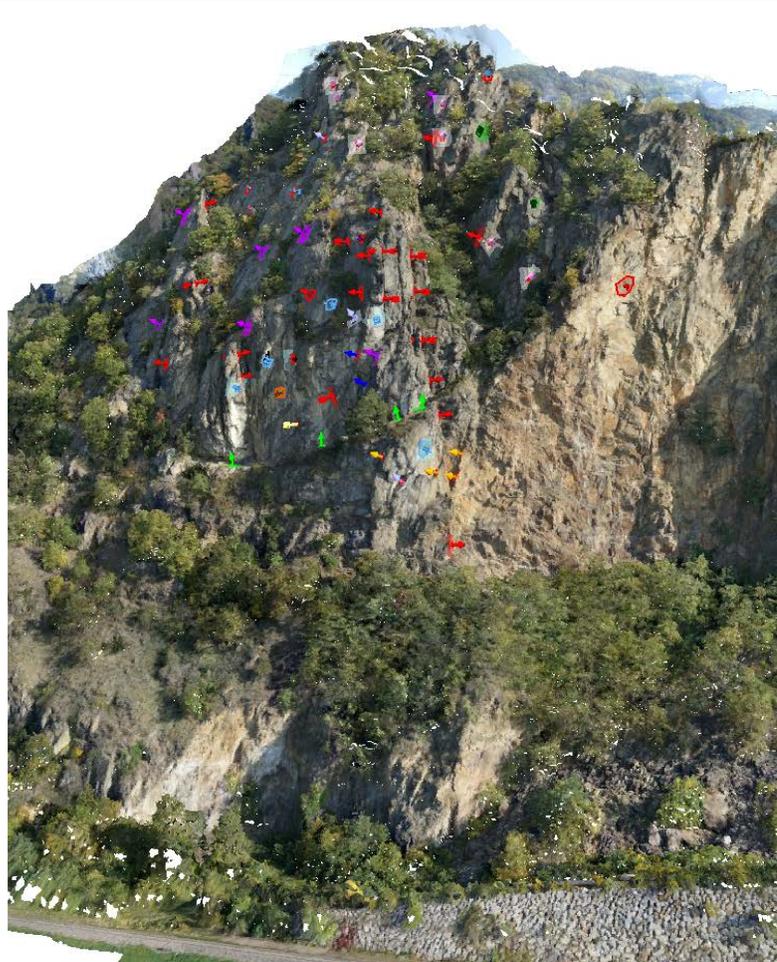


Abb. 3: Anwendungsbeispiel für die Erhebung struktureller Parameter mittels photogrammetrischer 3D Bilder (ShapeMetriX3D).

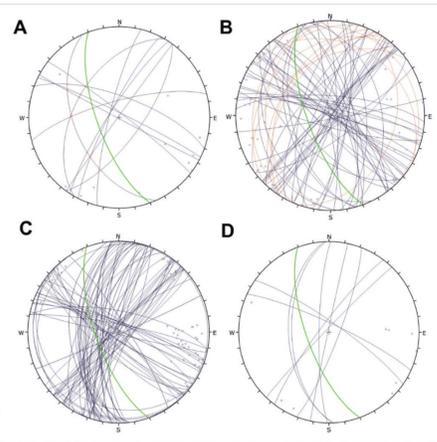


Abb. 4: Vergleich der räumlichen Orientierung relevanter Trennflächen in einem Bereich mit Steinschlag-/Felssturzpotential (A-C) und in einem rezenten Felssturzgebiet (D), erhoben mittels Geländekartierung (A+B) und photogrammetrischer Auswertung (C+D). Ersichtlich wird, dass die gleichen Trennflächenscharen im Bereich mit Steinschlag-/Felssturzpotential (A-C) zum Versagen führen könnten.

Qualität der Daten

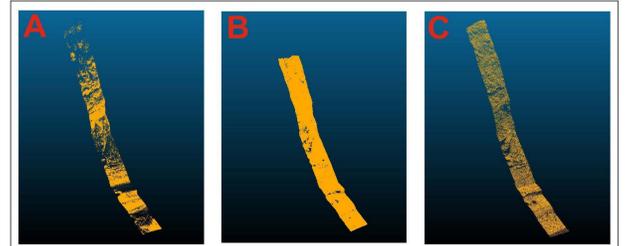


Abb. 2: Definition von Qualitätskriterien von Fernerkundungsdaten. Abdeckungsgrad der gefilterten LIDAR-Daten von (A) TLS (statisch), (B) ALS (UAV) und (C) ALS Daten.

Verwendete Qualitätskriterien zur Beurteilung der LIDAR Punktwolken:

- Durchschnittliche Punktdichte
- Vollständigkeit der Abdeckung
- Räumliche Verteilung der Punkte (Homogenität der Punktdichte)

Deutlich ist die höhere Datenqualität im stationären TLS (A) gegenüber dem ALS (C) hinsichtlich der Punktdichte zu erkennen. Hinsichtlich der räumlichen Verteilung und des „Abdeckungsgrades“ erweist sich jedoch die ALS-Punktwolke als homogener und somit qualitativ höher (Abb. 2). Dies zeigt gut auf, dass zur Beurteilung der Punktwolkenqualität mehrere Qualitätskriterien notwendig sind und die Punktdichte alleine hierfür bei Weitem nicht ausreicht. Der UAV (B) schneidet schließlich in allen 3 Qualitätskriterien am besten ab.

Einsatzmöglichkeiten und Grenzen der Anwendung

Die photogrammetrischen 3D Bilder eignen sich besonders gut, um einen raschen Überblick über die Geodisposition eines Gebietes zu bekommen und ein Gebiet in (strukturelle) Homogenbereiche zu unterteilen. Die strukturelle Analyse mit der Software ShapeMetriX3D ist sehr benutzerfreundlich und Trennflächenscharen lassen sich schnell identifizieren und abgreifen. Besonders in exponierten Felswandbereichen (Abb. 3 und 4) erweist sich diese Methode in Kombination mit der Geländekartierung als sehr zeiteffizient und sicher.



Abb. 5: Der Gföhl Granitgneis ist durch eine große Heterogenität in der Textur gekennzeichnet. Gneis kann grobkörnig, feinkörnig (A), über stark geschiefert (B), zu feinkörnig (C) ausgeprägt sein. Der unter dem Gföhl Gneis aufgeschlossene (Granat-) Amphibolit (D) weist innerhalb weniger Meter eine hohe texturale Heterogenität auf.

Die Software eignet sich sehr gut, um großräumige Strukturen abzugreifen und zu vermessen. In Bereichen ungenügender 3D-Rekonstruktion mit falscher Interpolation des Geländes (Verzerrungen) oder zu niedriger Auflösung können engständige Trennflächenscharen oder kleinräumige lithologische Wechsel (Abb. 5 und 6), Klufkörper, Kluftrauhigkeiten nicht abgegriffen werden. Bei Sichtlücken oder in stark bewaldete Bereichen können



Abb. 6: Boudinage-Strukturen aus Amphibolit sind im Granitgneis am Wandfuß der Nasenwand parallel zu einer dominanten Störungszone unterhalb und oberhalb angeordnet. Teilweise sind die Boudins schon heraus gewittert, was am Hohlraum ersichtlich wird.

keine geologischen Parameter erhoben werden. Der große Vorteil von LIDAR Daten gegenüber der Photogrammetrie ist, dass auch unterhalb der Vegetation Daten erfasst werden können. Die strukturelle Kartierung mittels der Software Coltop (Jaboyedoff et al. 2007) ist anhand der ungefilterten Punktwolke in vegetationsfreien Felswandbereichen möglich (Tabelle 1). Für die Analyse der Punktwolken sind Geländekenntnisse von den Felswandbereichen notwendig, um die Punkte der entsprechenden Trennflächen zu erfassen.

Die Kombination mit dem fotorealistischen 3D Modell hat sich auch als sehr hilfreich bei der Analyse erwiesen. In der Software Coltop ist es möglich, mehrere Punktwolken gleichzeitig einzuladen, wodurch exakt die gleichen Punkte (von einer Trennflächenschar) selektiert werden können. Die Kartierung von Trennflächen hat gezeigt, dass in vertikalen und überhängenden Felspartien der TLS für die Coltop Analyse sehr gut abschneidet. In flacheren Bereichen weist ALS ähnliche Ergebnisse auf wie UAV. UAV weist teilweise einen „noise“ in den Daten auf, aufgrund der hohen Punktdichte kann man viele Details erkennen.

Tabelle 1: Vergleich der unterschiedlichen Punktwolken (TLS, ALS-UAV, ALS) hinsichtlich der strukturellen Auswertung mit der Software Coltop3D. Die räumliche Orientierung unterschiedlicher Trennflächenscharen wird mit den verschiedenen Methoden verglichen.

	ALS		ALS- UAV		TLS		Photo-grammetrie
	mean	median	mean	median	mean	median	
K1	77/215	78/213	81/213	81/213	80/213	80/213	77/206
K2	Keine Daten	Keine Daten	81/302	80/305	85/302	87/302	85/299
K3	58/206	56/204	53/207	52/206	73/205	73/206	70/190
K4	84/000	86/358	77/009	77/004	81/003	81/005	73/002
K5	Keine Daten	Keine Daten	86/320	85/320	80/317	80/316	77/337
K6	Keine Daten	Keine Daten	71/280	71/279	78/278	78/278	75/278
K7	82/142	85/142	83/121	83/121	85/129	86/129	84/127
K8	Keine Daten	Keine Daten	84/109	85/107	83/114	83/112	83/107
K9	74/196	76/191	77/201	77/201	81/201	81/201	77/206
K10	Keine Daten	Keine Daten	87/285	87/288	Keine Daten	Keine Daten	87/284
K11	71/227	74/228	75/216	76/216	78/216	79/216	67/217

Schlussfolgerungen

Am Beispiel der im Rahmen des Projektgebietes Dürnstein untersuchten Hangbereiche hat sich gezeigt, dass durch die Kombination aus ALS- und TLS-Punktwolke viele Bereiche geringer Punktdichten der einen Punktwolke durch höhere Punktdichten der anderen Punktwolke ausgeglichen werden konnten, sodass die Qualität der Punktwolke, sowie der daraus errechneten Geländemodelle, deutlich gesteigert werden konnte. Um eine Felswandbereich hinreichend zu erfassen, könnten zwei Flugkampagnen durchgeführt werden, bei denen einmal der Scanner nach unten und einmal schräg in Richtung der Felswände ausgerichtet wird. Bei der Photogrammetrie könnten ebenfalls Flugkampagnen mit höherer Auflösung geflogen werden, um auch enge Trennflächenabstände erfassen zu können. Für die strukturelle Kartierung stellt die Fernerkundung eher eine konservative Methodik für die Bestimmung eines Bemessungsblocks dar, da kleinräumige lithologische oder strukturelle Wechsel mit dieser Methodik schwer/nicht erfasst werden können und somit Klufkörpergrößen beispielsweise überschätzt werden. Eine Kombination von Fernerkundungsmethoden mit Geländetätigkeit im Rahmen einer effizienten Methodik würde zu einem optimalen Ergebnis führen. Für die Unterstützung der Geländekartierungen eignet sich besonders die photogrammetrische Software ShapeMetriX 3D, da sie leicht anwendbar ist und die 3D Daten einen guten Überblick über die geologische Situation bieten. Das Entfernen der Vegetation aus LIDAR Daten ist schwierig und definitiv kein Standardprozess. So müssen die Ergebnisse der automatisierten Filtertechniken der getesteten Softwareprodukte (Cloud Compare, Opals, LAStools) als nicht zufriedenstellend bezeichnet werden, da stets Fehler bestehen bleiben. Daher ist in jedem Fall eine weitere manuelle, zeitaufwendige Bearbeitung der Punktwolke erforderlich, sodass eine Geländekartierung bevorzugt werden kann.

Literatur

Faugeras, O. (1993): Three-Dimensional Computer Vision. – MIT Press, Boston, MA.
 Jaboyedoff, M., Metzger, R., Oppikofer T., Couture R., Derron, M.-H., Locat, J. & Turmel, D. (2007): New insight techniques to analyze rock-slope relief using DEM and 3D-imaging cloud points: COLTOP-3D software. In: Eberhardt, E., Stead, D and Morrison T. (Eds.): Rock mechanics: Meeting Society's Challenges and Demands (Vol. 1), Taylor & Francis, pp. 61-68.
 Melzner, S. (2019): Ergebnisse der Detailkartierung auf Hangskala – Dürnstein. Projektbericht zum AP.1.2. NoeTALUS. Wien, S.72 (unveröffentlicht).
 Melzner, S. & Preh, A. (2019): The use of different remote sensing methods for structural geologic mapping- advantages and limitations. Geophysical Research Abstracts, Vol. 21, EGU General Assembly 2019, Wien.
 Melzner, S. & Schwarz, L. (2019): Vergleich und Evaluierung unterschiedlicher Fernerkundungsmethoden hinsichtlich der Datenerhebung in der Hangskala – Dürnstein. Projektbericht zum AP.1.2. NoeTALUS. Wien, S.110 (unveröffentlicht).

Danksagung

Die Autoren möchten ganz herzlich folgenden Personen und/oder Institutionen für die Unterstützung des Projektes danken: der Gemeinde Dürnstein und den Anrainern für die Unterstützung der Projektarbeiten, Herrn Gerhard Pfahler und Herrn Boris Stummer (Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Referat Photogrammetrie und technische Vermessung) und Herrn Hannes Polt, Herrn Peter Muschawek und Herrn Phillip Amon (Firma Riegl GmbH) für die LIDAR Vermessungen und inspirierenden Fachdiskussionen, Andreas Gaich (3GSM GmbH) für die photogrammetrische Vermessung und Fachdiskussionen, Gregor Schiller (Vermessung Schmid) für Fachdiskussionen, Abt. Insp. Alfred Michl (Polizeiinspektion Weißkirchen) für die Unterstützung des Projekts und M. Linner von der FA Kristallogenie und M. Lotter und F. Vecchiotti von der FA Ingenieurgeologie der GBA für die Fachdiskussionen.