

Anwendung von Geodaten für die Analyse von Naturgefahren



Johannes Hübl, Susanna Tscherner,
Klaus Schraml, Wien

Kurzfassung

Fernerkundungsdaten sind für die Untersuchungen von Naturgefahrenprozessen unerlässlich. Die Bandbreite reicht von LiDAR bis hin zum Einsatz von UAVs. Durch das „Ausblenden“ der Vegetation werden Oberflächenformen erkennbar, die man in ihrem Zusammenhang vor Ort nicht erfassen kann. Dadurch kann auch eine zeitliche Komponente integriert werden, die Rückschlüsse über die Veränderungen an der Erdoberfläche zulässt. Dieser Artikel zeigt anhand von Praxisbeispielen die Bedeutung von Geodaten für gravitative Massenverlagerungsprozesse.

Schlüsselwörter: Naturgefahren, Gefahrenanalyse, LiDAR, UAV

Abstract

Remote sensing data such as LiDAR and UAV geodata are of high importance in natural hazards analysis. Through the extraction of vegetation, the pure earth surface is visualized in an appropriate manner. In context with temporal information, significant changes of landforms can be evaluated. Within this contribution we underline the relevance of remote sensing data for hydrogeomorphic processes based on practical examples.

Keywords: Natural hazards analysis, LiDAR, UAV

1. Einleitung

Im Gebirgsraum treten zahlreiche Verlagerungsprozesse, wie Hochwasser, Muren, Massenbewegungen und Lawinen auf. Um ihre Auswirkungen auf den Lebens- und Kulturraum hinsichtlich Größe und Häufigkeit quantifizieren zu können, sind fachlich fundierte Analysen gefährlicher Prozesse durchzuführen. Diese folgen einer strukturierten Vorgehensweise, die mit einer Systembeschreibung und -abgrenzung beginnt, gefolgt von einer Identifikation der Prozesse, sowie einer Prozessabschätzung, die das Gefahrenausmaß und die Häufigkeit des potentiellen Schadensprozesses liefert. Die Analysen sind auf unterschiedlichen Maßstabsskalen durchzuführen. Für die Systemabgrenzung (z.B. Gefahrenkarten) können kleinmaßstäbliche kartographische Grundlagen verwendet werden, für die Prozessabschätzung (z.B. Gefahrenzonenplan) sind jedoch großmaßstäbliche Unterlagen erforderlich.

2. Systemabgrenzung und Prozessidentifikation

Als Datengrundlagen werden hierfür topographische und thematische Karten (z.B. Geologie, Landnutzung, Vegetation) verwendet. Vor allem die heute zur Verfügung stehenden LiDAR Daten ermöglichen ein besseres Verständnis der Pro-

zesse, da eine flächige Betrachtung der Systeme, ohne störende Vegetation, möglich ist. Das Höhenmodell an sich, bzw. daraus abgeleitete Karten (Neigung, Exposition, Krümmung), stellt nur die Ist-Situation dar. Durch eine geomorphologische Interpretation lässt sich zusätzlich die zeitliche Entwicklung der Geländeoberfläche nachvollziehen und die rezente Disposition gegenüber gravitativen Verlagerungsprozessen abschätzen. Die hochaufgelösten digitalen Geländemodelle lassen die Grenzen von Geländeänderungen oder Diskontinuitäten sehr gut erkennen und ermöglichen dadurch eine zielgerichtete rasche Verifikation im Gelände (Abbildung 1). Mit dieser Information und entsprechenden Werten aus der Ereignischronik (Ereignisportal des digitalen Wildbach- und Lawinenkatasters) sowie geomorphologischen Kennzahlen lassen sich die maßgeblichen Prozesse identifizieren.

3. Prozessabschätzung – Anwendungsbeispiele

3.1 UAV basiertes Rutschungsmonitoring

In den letzten Jahren wurden vermehrt UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) für Monitoring von Rutschungen eingesetzt. Einzelne, überlappende Fotos werden aus der Luft aufgenommen und anschließend photogrammetrisch ausgewertet.

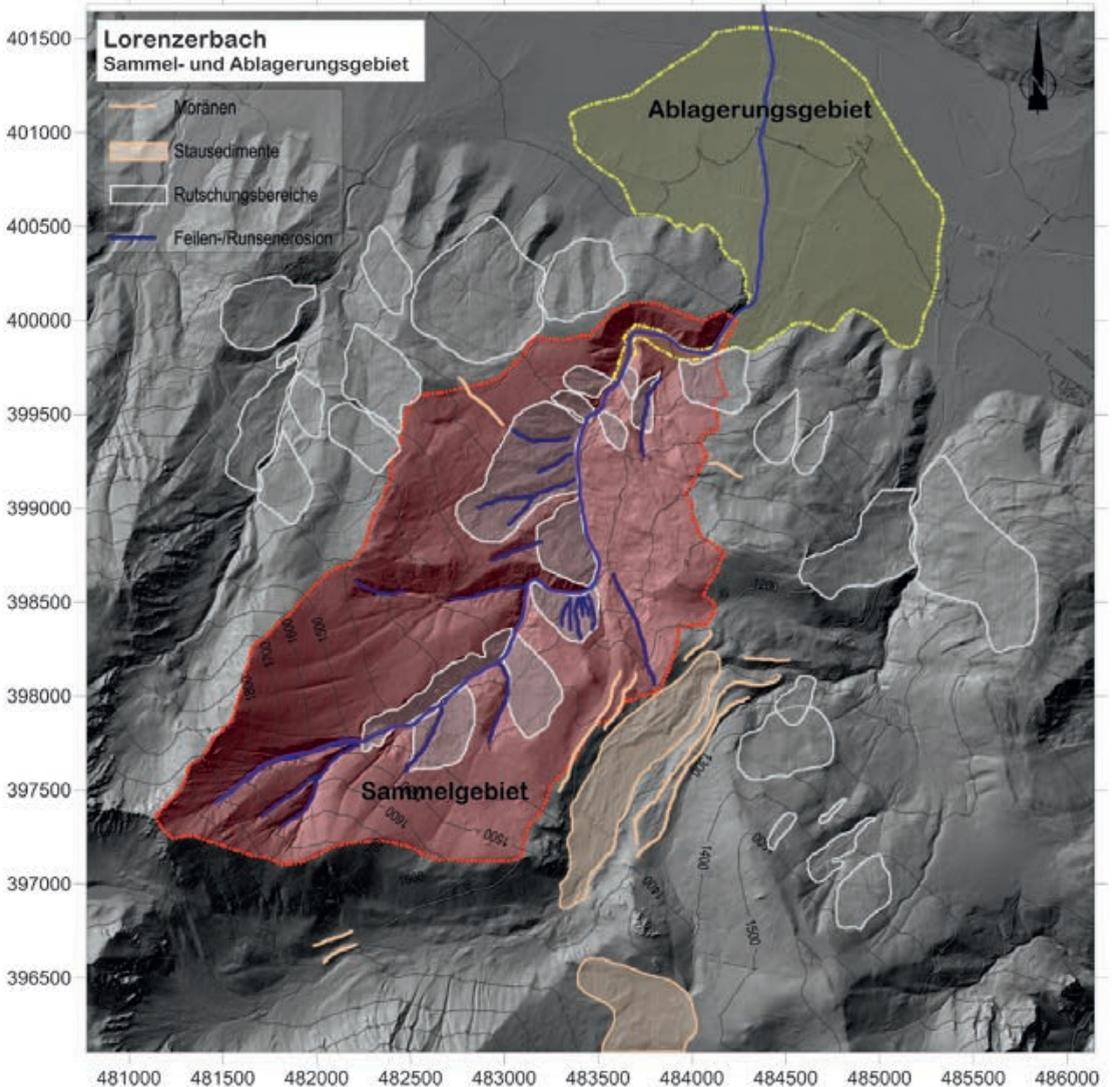


Abb. 1: Karte als Grundlage für Hinweise zur Systemabgrenzung und Prozessidentifikation

Tiefeninformationen lassen sich extrahieren, welche im Falle von UAV-Befliegungen großflächige Gebiete in Zentimeter-Auflösung abdecken können [1]. Endprodukte der photogrammetrischen Auswertung sind u.a. digitale Oberflächenmodelle (DOM) und entzerrte Orthofotos. Im Vergleich zur konventionellen Luftbildbefliegung können bei optimaler Flugplanung innerhalb von Stunden hochaufgelöste Geodaten produziert werden.

Im Juni 2013 wurde ein UAV vom Institut für Alpine Naturgefahren (IAN) der BOKU Wien zum Monitoring einer Großhangbewegung in Großraming/OÖ eingesetzt. Zu dem Ereignis

kam es, als sich nach langanhaltenden Niederschlägen eine großflächige Hangrutschung in Bewegung setzte und mehrere Millionen Kubikmeter Lockermaterial in Richtung Siedlungsgebiet strömten. Sofortmaßnahmen seitens der WLW (Forsttechnischer Dienst für Wildbach und Lawinenverbauung) Gebietsbauleitung OÖ Ost wurden eingeleitet und ein umfangreiches Monitoringsystem (Geophysikalische Methoden, GNSS-Punktmessungen, ALS- und UAV-Befliegungen) aufgesetzt [2]. Ein derzeit aktiver Teilbereich der Rutschung wurde regelmäßig in Abständen von vier bis sechs Wochen mit dem UAV befliegen, um Oberflächenänderungen

Modell	ARF-MikroKopter OktoXL
Antrieb	8 einzeln angesteuerte Brushless Elektromotoren
Gewichte	Kopter (ohne Akku und Nutzlast): 2050 g Akku: 4S/5000: 520 g Max. Nutzlast: 2.500 g Zulässiges Gesamtgewicht: 5.000 g
Abmessungen in cm	73 × 73 × 36 (B × L × H)
Flugzeit	8–25 Minuten (je nach Beladung und Akku)
Temperaturbereich	–5°C bis +35°C (kalte Temperaturen verringern die Akkuleistung enorm)
Reichweite	Gesetzlich (Novelle LfG, 2014) und laut Lizenz-File auf 500 m Radius begrenzt, Reichweite der Graupner Fernsteuerung theoretisch 4 km (lt. Hersteller).
Positionierung	GPS-Modul ublox LEA-6S
Höhenbestimmung	Barometrisch
Lagebestimmung im Raum	Inertialsysteme (Gyroskope, Beschleunigungssensor, Kompass)

Table 1: Kenndaten des Oktokopters „MikroKopter OktoXL“

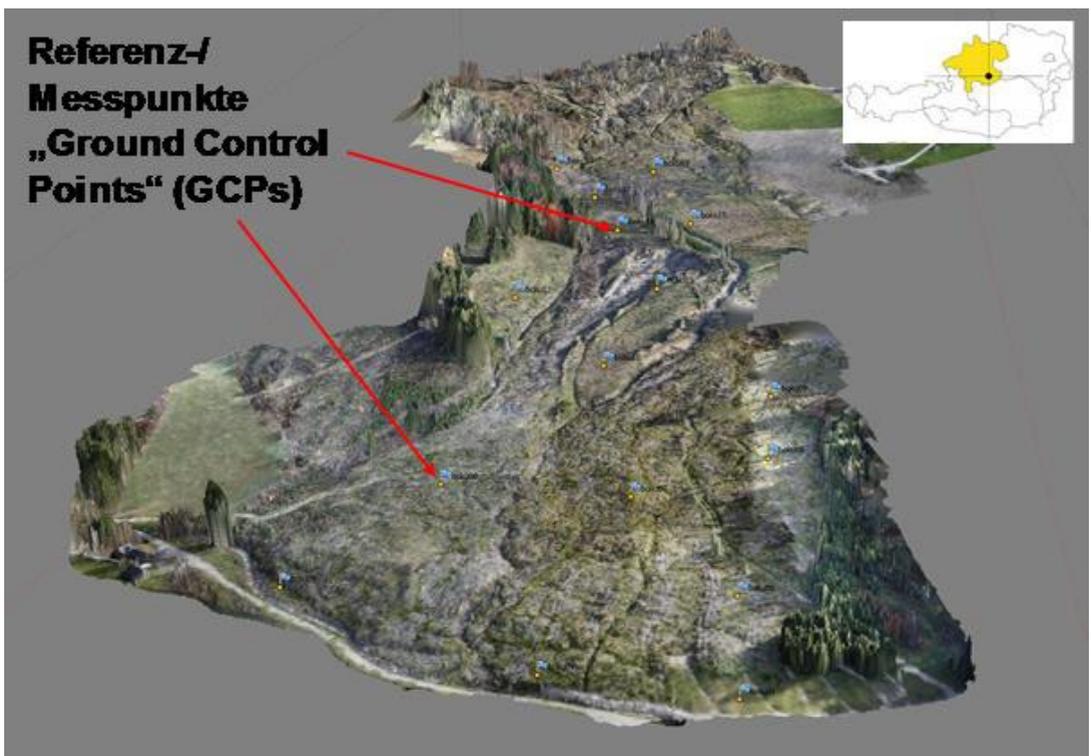


Abb. 2: Geländemodellierung des aktiven Teilbereichs der Hangrutschung in Großraming (OÖ) in der Software „Agisoft Photoscan“. Die eingemessenen Referenzpunkte, sogenannte Ground Control Points (GCPs), sind gelb mit blauen Flaggen dargestellt.

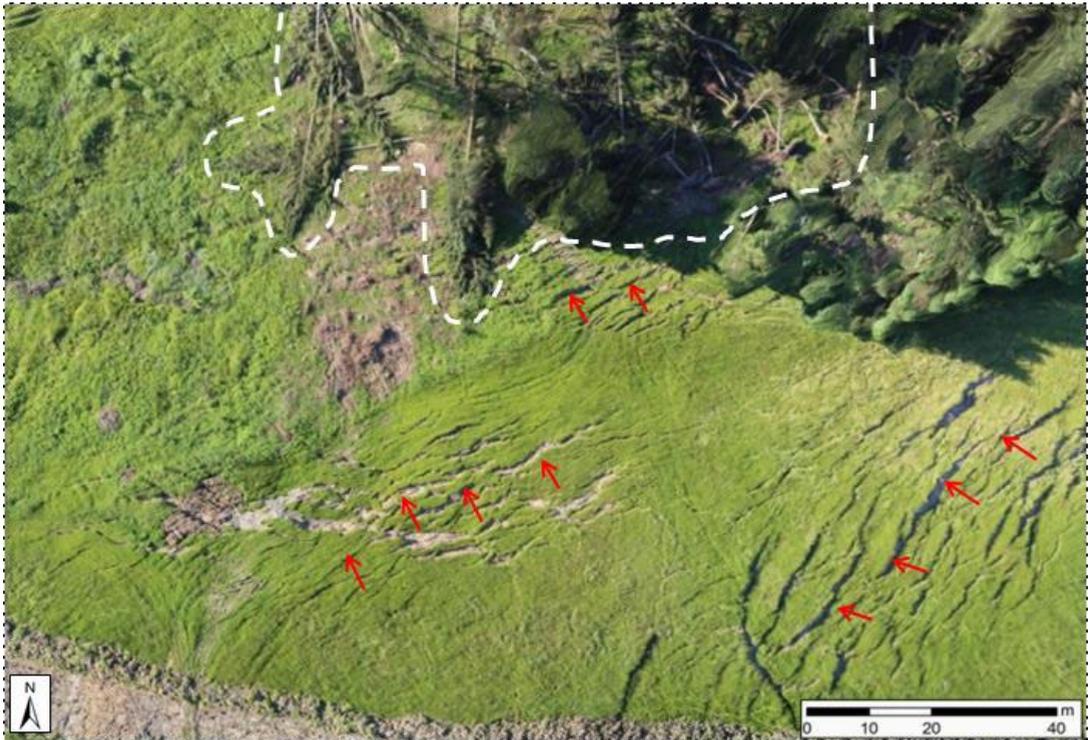


Abb. 3: Hochaufgelöstes UAV-Orthofoto mit Verdeutlichung der Oberflächenzerreißung und Fließrichtung (rote Pfeile). Umgestürzte Bäume aufgrund des Erdstroms als Prozessindikator sind innerhalb der weißen Begrenzung zu erkennen.

detektieren zu können. Bei den Befliegungen wurde ein „ARF-MikroKopter OktoXL“ mit acht einzeln ansteuerbare Elektromotoren, bestückt mit einer digitalen Spiegelreflexkamera (Canon EOS 650D, 20 mm Fixbrennweite), eingesetzt (Kenndaten siehe Tabelle 1). Die Auswertung der Bildflugdaten erfolgte in der photogrammetrischen Software „Agisoft Photoscan“. Durch das Einmessen sogenannter GCPs (Ground Control Points) mittels DGPS-Gerät (Differential Global Positioning System), konnten Orthofotos und DOM referenziert werden. In Abbildung 2 ist beispielhaft eine Geländemodellierung des aktiven Rutschungsbereichs aus der Software „Agisoft Photoscan“ dargestellt. Die DOM werden miteinander verschnitten um Massenauf- bzw. -abtrag sowie Fließgeschwindigkeiten ermitteln zu können. Extrahierte Höhenmodelle aus regelmäßig durchgeführten Befliegungen desselben Bereiches können optimal miteinander verglichen werden und binnen kurzer Zeit können Oberflächenveränderungen ersichtlich gemacht werden. Im Bereich des Rutschungsmonitoring sind Orthofotos und Geländemodelle, mit einer Genauigkeit von 10 cm, wesentliche Instrumente

zur Oberflächenüberwachung. Detaillierte Ergebnisse des UAV-Monitoring der Großhangbewegung Großraming sind in [3] dargestellt.

Durch die Rutschungsbewegung öffneten sich binnen weniger Tage bis zu mehrere Meter tiefe Risse und Klüfte an der Oberfläche. Durch die hohe Auflösung der ausgewerteten, georeferenzierten Orthofotos war es möglich, Risse zu detektieren und ihre horizontale Entwicklung zu verfolgen. In Abbildung 3 ist beispielhaft ein Detailbereich der Oberflächenzerreißung durch die Prozessdynamik dargestellt. Zusätzlich sind einzelne, umgestürzte Bäume (weiße Umrandung) gut zu erkennen, die als „stumme Zeugen“ einer Hangrutschung zu interpretieren sind.

3.2 Einsatz von UAV zur Ereignisdokumentation

Bei Extremereignissen wie z.B. Muren oder Lawinen unterzieht sich die Landschaft einer starken geomorphologischen Veränderung. Ablagerungskegel im unteren Bereich und Gerinneveränderungen im Transportbereiches eines

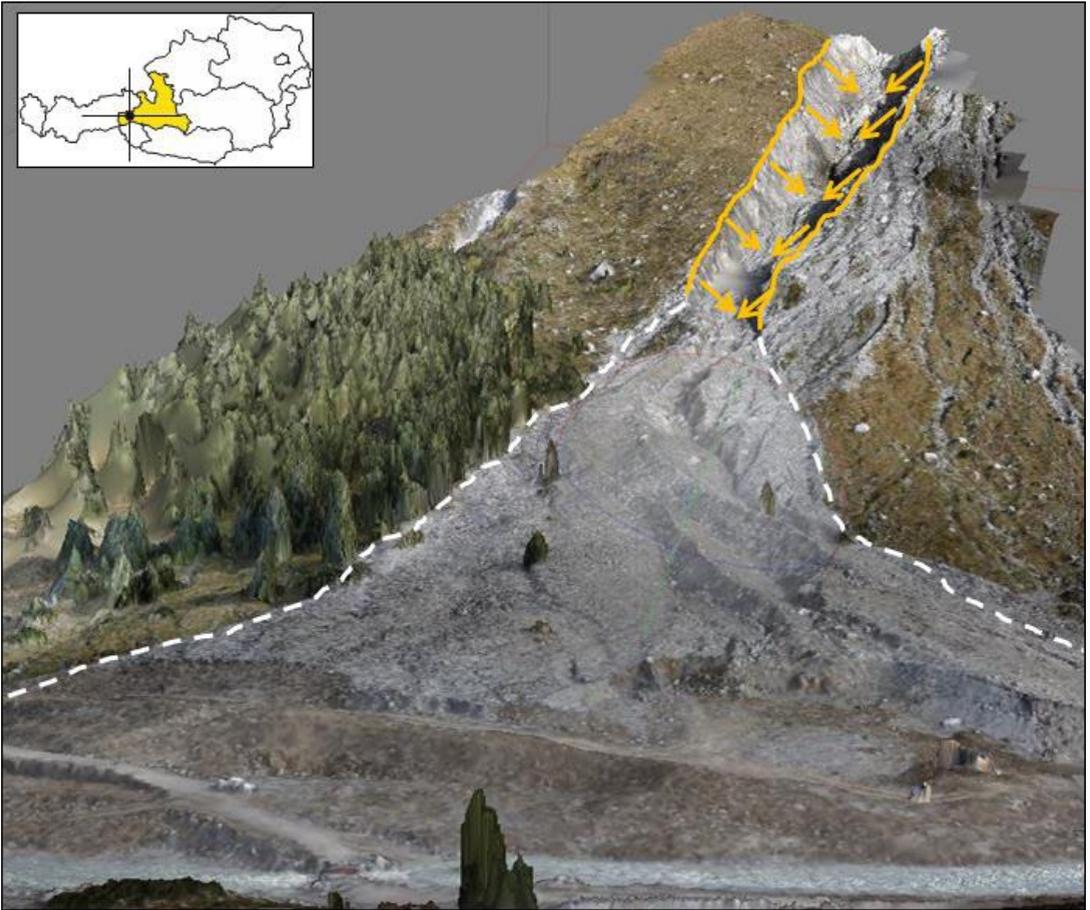


Abb. 4: Geländemodellierung des Murgangs im Obersulzbachtal (Gemeinde Neukirchen am Großvenediger, Salzburg) in der Software „Agisoft Photoscan“. Die erosionsbedingte Gerinneeintiefung (orange), sowie der Ablagebereich (innerhalb der weißen Umrandung) zeugen von der Prozessdynamik des Murgangs.

Lawinen- oder Wildbacheinzugsgebietes geben Rückschlüsse auf Prozessverständnis, Fließdynamik und Magnituden. Oft werden Ereignisse nur rar dokumentiert, da betroffene Bereiche zum Teil nur schwer zugänglich sind oder großflächige Fernerkundung bzw. ALS Befliegungen nicht zur Verfügung stehen. Zu Dokumentationszwecken sind UAV ein hilfreiches Werkzeug um einen unmittelbaren Ist-Zustand zu erhalten. Im Sommer 2014 kam es nach heftigen Regenfällen im Obersulzbachtal (Gemeinde Neukirchen am Großvenediger, Salzburg) zu einem Murgangeignis, das mehr als 150,000 m³ am Talboden ablagerte und den Vorfluter aufstaute. Mit der Drohne des IAN konnte ein Großteil des Murkergels erhoben werden (siehe Geländemodell in Abbildung 4). Die Geodaten der UAV Befliegung lieferten bedeutende Informationen über Ab- und

Auftragsvorgänge. Durch Vergleichen des generierten DOM mit einem ALS vor dem Ereignis konnten 100,000 m³ Erosionsmaterial abgeschätzt werden (oranger Bereich in Abbildung 4). Diese Kubaturen werden als Eingangsgrößen für weiterführende Prozesssimulationen zur Rekonstruktion dieses Ereignisses verwendet.

Limitationen der Verwendung können zumeist im Vorfeld bei der Flugplanung ausfindig gemacht werden. Die Satellitenverfügbarkeit am Einsatzort kann mittels GNSS-Planning abgeklärt werden. Zusätzlich sind Geländegegebenheiten sowie Wetterverhältnisse zu berücksichtigen. Somit ist eine sorgfältige Flugplanung mit ausreichender Reserve-Akkulaufzeit essentiell für eine effiziente Verwendung von UAV in alpinen Bereichen.

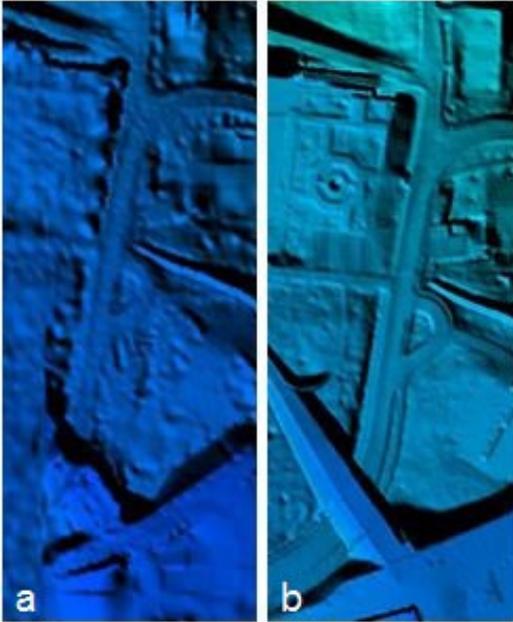


Abb. 5: Vergleich der Geländemodelle mit 1m (a) und 0,5 m (b) Rasterabstand

3.3 Anwendung von Geodaten in hydraulischen und hydrologischen Modellen

Zweidimensionale hydraulisch-numerische Modelle zur Untersuchung von Überflutungsflächen und Fließrichtungen entsprechen mittlerweile auch in Wildbacheinzugsgebieten dem Stand der Technik. Grundlage für die Modellerstellung bilden Laserscandaten die durch terrestrische Vermessungen ergänzt werden müssen, vor allem bei kleinen, verbauten Gerinnegeometrien mit steilen Böschungen. Geländemodelle aus Airborne Laserscans mit einer Genauigkeit von 1–2 Punkten pro m² werden für die Erstellung der Modellnetze verwendet [4]. Die große Datenmenge kann meist von den gängigen Abflussmodellen nicht umgesetzt werden und eine qualitative Ausdünnung von Rasterpunkten ist notwendig. Die Qualität der Eingangsdaten spielt eine große Rolle bei der Vermaschung des Netzes. In Abbildung 5 ist der Vergleich eines Oberflächenmodells mit der Rasterweite von 1 m (links) und dem gleichen Bereich mit einer Rasterweite von 0,5 m (rechts) erkennbar. Der

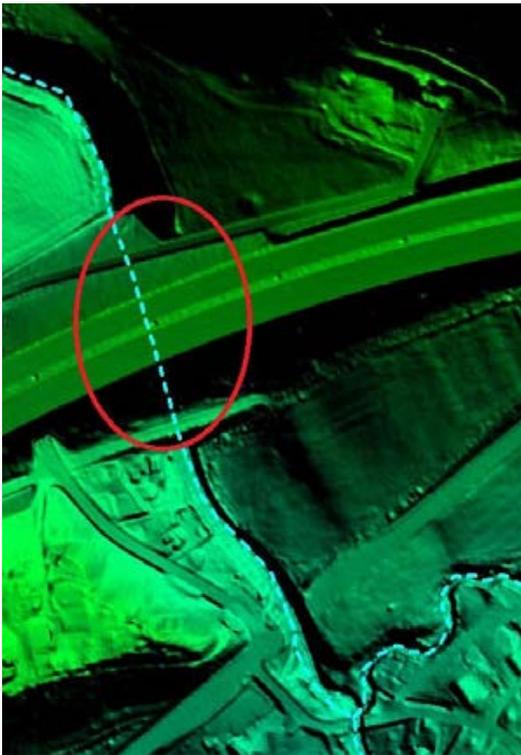


Abb. 6: Unterbrochener Gerinnelauf (rot) durch die Erfassung der Autobahnbrücke im Geländemodell. Der reale Flusslauf befindet sich unterhalb der Brücke (blau).

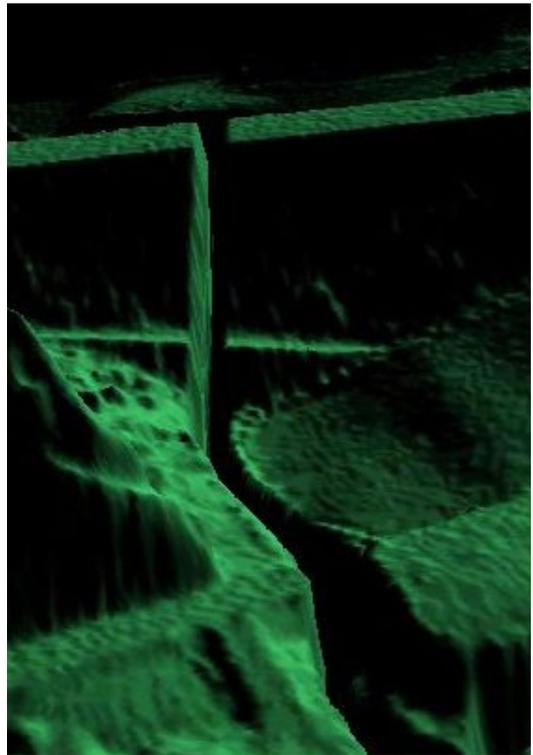


Abb. 7: Korrektur des Geländemodells durch „Burning In“ des Flusschlauchs

Laserscan der aktuelleren Befliegung mit einer Genauigkeit von 0,5 m zeigt wesentlich genauer Strukturen und das Modellnetz ist demzufolge detaillierter.

Die Ausbreitung von Hochwasserabflüssen ist besonders in flachen, anthropogen stark beeinflussten Bereichen schwer abzuschätzen. Im Zuge eines Projektes im Auftrag der WLV setzte das IAN sowohl hydraulische wie hydrologische Modelle zur Bestimmung des Abflussgeschehens im dicht bebauten Gebiet von Linz-Urfahr ein. Topographische Vermessungsdaten bildeten die wichtigste Grundlage der Analyse.

Die Hauptanforderung an ein Geländemodell zur Prozessabschätzung ist es, die Tiefenlinien ableiten zu können. Eine Fehlersuche und Korrektur ist sehr zeitaufwendig. Dies gilt sowohl für die hydraulische als auch die hydrologische Simulation. Bei Zweiterem werden Teileinzugsgebiete automatisch abgegrenzt und dies ist nur möglich, wenn z.B. Brücken im Geländemodell nicht enthalten sind. In den Geländedaten für das Projekt Linz-Urfahr wurde ein Gewässer nicht durchgehend abgebildet (Abbildung 6). Der Verlauf des Gerinnes wurde durch die, in der Realität darüber liegenden, Autobahn unterbrochen und somit entstand eine falsche Tiefenlinie. Es wurde mittels der „Burning In“-Methode das Bachbett in das Geländemodell „eingebraut“ (Abbildung 7), sodass bei der Niederschlags-Abflussuntersuchung eine korrekte Fließrichtung entstand.

Meistens bekommt der Anwender das Geländemodell ohne Brücken über Flussschläuchen (Abbildung 8), da diese im Zuge der Filterung der Laserscandaten entfernt werden und somit

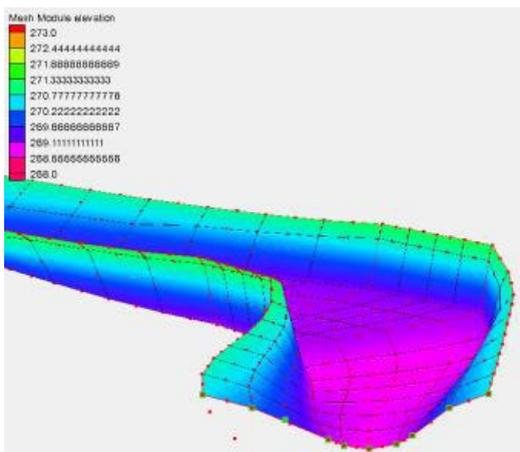


Abb. 8: Flusslauf im Brückenbereich nach Filterung der Laserdaten

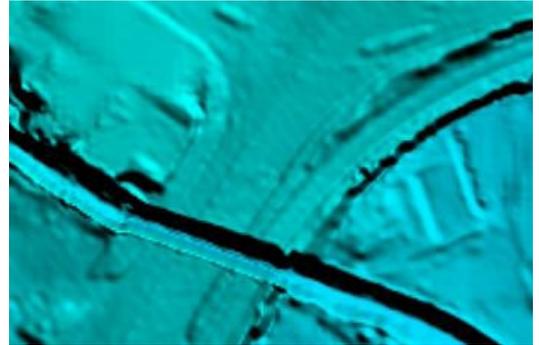


Abb. 9: Geländemodell im Bereich einer Unterführung. Ein fehlendes Brückenbauwerk wurde über Randbedingungen in das hydraulische Modellnetz implementiert.

ist die Durchgängigkeit des Geländemodells für das hydraulische Modellnetz gegeben.

Allerdings gibt es auch den Fall, dass die Tiefenlinie in einer Unterführung (Abbildung 9) liegt. Wenn der Abfluss in der Realität über die darüber liegende Straße fließt, muss diese im Modellnetz ergänzt werden, da ansonsten das Wasser nicht der Straße folgen kann. Eine ge-

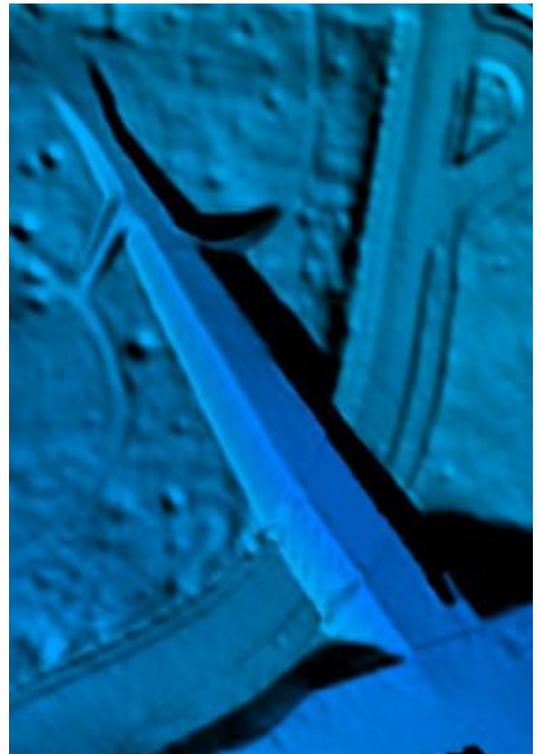


Abb. 10: Mittels terrestrisch vermessenen Querprofilen generiertes Fluss Schlauchnetz

naue Betrachtung der Geodaten im Preprocessing und die Überprüfung der Gegebenheiten vor Ort sind ausschlaggebend für realitätsnahe Simulationsergebnisse.

Für die hydraulische Abflussmodellierung wurde das Vorlandnetz mittels der ausgedünnten Laserscans erstellt. Die Flussschläuche (Abbildung 10) wurden auf Basis terrestrisch vermessener Querprofile separat generiert, da im Bereich der Gerinnesohle Fehler in den Laserscandaten durch stark bewachsene Abschnitte auftreten können. Die im kommerziellen Bereich verwendeten Lasergeräte arbeiten mit Wellenlängen im nahen Infrarotbereich, wobei der Impuls an der Wasseroberfläche absorbiert oder reflektiert wird und die Gewässersohlen nicht korrekt bestimmt werden kann [5].

Die Lage der terrestrisch vermessenen Böschungsoberkanten und jener im Laserscan stimmte meist überein. Abweichungen von 0,2 m – 1 m konnten jedoch im Sohlbereich festgestellt werden.

Ergebnisse der Modelle sind Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten. Hier stellt sich die Frage, inwieweit Ungenauigkeiten des Laserscans, in Höhe und Lage, zu Unsicherheiten in den Ergebnissen führen und wie der Anwender damit umzugehen hat. Im Projekt Linz-Urfahr wurden Energiehöhen unter 0,20 m separat farblich gekennzeichnet, um auf diesen Unsicherheitsbereich hinzuweisen.

4. Schlussfolgerung

Durch die rasante Entwicklung im Geodatenbereich sind die Weitergabe von Metadaten und die Kommunikation zwischen Geodäten und Anwender von großer Bedeutung. Die Information über die Aktualität und Genauigkeit der Fernerkundungsdaten ist ausschlaggebend für den Naturgefahrenexperten. Die Prozessabschätzung und Darstellung der Auswirkungen von Wildbächen können durch den Einsatz von detaillierten Geländemodellen flächig und im großen Maßstab erfolgen. Zweidimensionale

Betrachtungen ermöglichen eine detailliertere Gefahrenzonenplanung und verdeutlichen der betroffenen Bevölkerung die möglichen Ereignisse. Für eine rasche Situationsanalyse, Dokumentation und Monitoring von Naturgefahren wie Rutschungen, Muren und Lawinen, eignen sich UAV hervorragend.

Danksagung

Ein herzliches Dankeschön gilt der WLW Oberösterreich und Salzburg, sowie den Projektmitarbeitern Friedrich Zott, Gerald Lindner, Georg Nagl und Georgios Kyriazis.

Referenzen

- [1] Kraus, K. (2004): Photogrammetrie. 1. Geometrische Informationen aus Photographien und Laserscanner-aufnahmen, Walter de Gruyter, Berlin, 516 S.
- [2] Lindner, G., Schraml, K., Ottowitz, D., Jochum, B., Gruber, H., Tartarotti, T. (2014): Monitoring im Bereich des Erdschuttstroms Pechgraben (Oberösterreich): Methodik und Ergebnisse. Zeitschrift für Wildbach-, Lawinen-, Erosions- und Steinschlagschutz 173, 210–226.
- [3] Lindner, G., Schraml, K., Mansberger, R., Hübl, J. (in review): UAV monitoring and documentation of a large landslide. Applied Geomatics.
- [4] Habersack, H., Hengl, M., Knoblauch, H., Reichel, G., Rutschmann, P., Sackl, B., Tritthart, M. (2003): Fließgewässermodellierung – Arbeitsbehelf Hydrodynamik; Grundlagen, Anwendungen und Modelle für die Praxis. Wien: BMLFUW; ÖWAV.
- [5] Mandelburg, G., Höfle, B., Briese, C., Ressel, C., Otepka, J., Hollaus, M., Pfeifer, N. (2009): Topographische Daten aus Laserscanning als Grundlage für Hydrologie und Wasserwirtschaft. TU Wien, Springer Verlag.

Anschrift der Autoren

Univ. Prof. DI Dr. Johannes Hübl, Universität für Bodenkultur, Institut für Alpine Naturgefahren, Peter-Jordanstraße 82, 1190 Wien.

E-Mail: johannes.huebl@boku.ac.at

DI Susanna Tscharner, Universität für Bodenkultur, Institut für Alpine Naturgefahren, Peter-Jordanstraße 82, 1190 Wien.

E-Mail: susanna.tscharner@boku.ac.at

DI Klaus Schraml, Universität für Bodenkultur, Institut für Alpine Naturgefahren, Peter-Jordanstraße 82, 1190 Wien.

E-Mail: klaus.schraml@boku.ac.at