

Die Fusion von ALS-Daten und Digitalen Bilddaten zur Analyse von Geländeänderungen

Roland WÜRLÄNDER und Maria ATTWENGER

Zusammenfassung

Die Aktualisierung der derzeit mit hohem Aufwand landesweit erstellten Höhenmodelle aus Laserdaten wird aus Kostengründen in der Zukunft nicht mehr flächendeckend durchgeführt werden können. Andererseits werden regelmäßig flächendeckende Bildflüge zur Erstellung von Orthophotos durchgeführt.

Auf der Grundlage von Datensätzen des Landes Tirol und Berechnungen und Analysen des Büros DI Wenger-Oehn ZT GmbH wird eine Methode vorgestellt, welche die aus den digitalen Bildern ableitbaren digitalen Oberflächenmodelle nutzt, um Kenntnisse über den Umfang der Veränderungen des Geländes und der darauf befindlichen Objekte zu erlangen.

1 Einführung

1.1 Motivation

Derzeit werden im Bundesland Tirol – wie auch in den meisten Bundesländern Österreichs und vielen anderen Ländern Europas – flächendeckend hochgenaue Gelände- und Oberflächenmodelle aus kostenintensiven Laserscan-Befliegungen erstellt. Regelmäßige, komplette Neubefliegungen sind sowohl wirtschaftlich als auch vom Aufwand nicht sinnvoll, da große Teile des Geländes keiner Veränderung unterliegen.

Zusätzlich liegen durch die regelmäßig notwendigen Orthophotobefliegungen laufend aktualisierte Bilddaten vor. Durch den Vergleich dieser Bilddaten mit den Daten aus den Laserscan-Befliegungen könnten diese Flüge neben der reinen Orthophotoproduktion für die Erkennung von unterschiedlichsten Änderungen im Gelände nutzbar gemacht werden.

Die Kenntnis über Veränderungen des Geländes könnte folgende Aspekte umfassen:

- (A) Anthropogene Gelände- oder Oberflächenveränderungen
- Veränderungen an Gebäuden (Neubauten, Aufstockungen, Abriss etc.)
 - Veränderungen im Gelände wegen Infrastrukturmaßnahmen (Straßen, Eisenbahnlinien, Brücken)
 - Veränderungen im Gelände durch Tagebau (Steinbrüche, Kiesgruben etc.)
 - Veränderungen im Gelände durch Schutzmaßnahmen (Fluss- und Lawinengebäude)
 - Veränderungen im Gelände durch Neuanlage oder Veränderung von Liftanlagen und Skipisten
 - Änderungen in Waldgebieten durch forstliche Maßnahmen

(B) Natürliche Gelände- oder Oberflächenveränderungen

- Veränderungen an Wildbächen und Flüssen durch Geschiebetransport und Hochwassererosion
- Geologische Ursachen (Bergstürze, Muren etc.)
- Glaziologische Ursachen (Gletscherveränderungen)
- Windwurf in Waldgebieten

Gerade in einem Hochgebirgsland wie Tirol sind all diese potenziellen Geländeänderungen häufig anzutreffen und deren detaillierte Kenntnis von hohem Interesse sowohl in der Wissenschaft, der Wirtschaft und bei vielen Landesbehörden.

1.2 Ausgangslage

Die Qualität der automatisch mittels „image matching“ aus digitalen Bilddaten abgeleiteten Höhenmodelle hat sich in jüngster Zeit deutlich verbessert. Wie bereits in WÜRLÄNDER & PREGESBAUER (2008) aufgezeigt wurde, ist eine überwiegend fehlerfreie Erstellung von digitalen Höhenmodellen möglich auf der Grundlage von digitalen Bildflügen mit hoher Querüberdeckung (mind. 60%) und der Erweiterung der matching-Software zu „multi image matching“. Die Erfahrungen beruhen auf einem Bildflug mit der Digitalkamera Ultra-CamX im ländlichen Raum.

Das Land Tirol verfügt demnächst über einen landesweiten ALS-Datensatz und aktuell auch über Testflüge mit digitalen Kamerasystemen, z.B. einen Flug (durchgeführt von der Blom Deutschland GmbH) mit der digitalen Zeilenkamera ADS40 über der Stadt Innsbruck und östlich davon. Aus diesen im August 2008 aufgenommenen digitalen Zeilenbildern wurde mit der Methode „multi-image matching“ ein digitales Oberflächenmodell gerechnet. Der für diesen Bereich bereits vorliegende Laserdatensatz wurde im November 2006 von der Firma BSF Swissphoto aufgenommen und ist somit knapp zwei Jahre älter als die Bilddaten. Somit stehen geeignete Daten für die Analyse von Geländeänderungen zur Verfügung.

2 Methodik

Für die gemeinsame Analyse (Fusion) der mittels Laserscan und Luftbildbefliegungen gewonnenen Datensätze sind verschiedene Herangehensweisen denkbar:

- Fusion auf Basis der radiometrischen Information, d.h. die Bildinformation des Orthofotos wird gemeinsam mit den aus den ALS-Daten berechneten Intensitätsbildern analysiert
- Fusion auf Basis der geometrischen Information, d.h. die aus den Laserscandaten abgeleiteten Höhenmodelle (DGM und DOM) werden gemeinsam mit den aus den Bilddaten über die Methode des „image matching“ abgeleiteten Höhenmodellen (DGM und DOM) analysiert.

Schlussendlich könnte auch die radiometrische und die geometrische Information gemeinsam verwendet werden, um eine höhere Sicherheit und Genauigkeit der Analysen zu erzielen.

Bei den weiteren Untersuchungen wurde vorerst eine Beschränkung auf den geometrischen Aspekt vorgenommen, da das primäre Untersuchungsziel die Erkennung von geometrischen Geländeänderungen ist (keine Änderung in der Landnutzung).

2.1 Grundlagen

Eine einfache und effiziente Methode, um die Unterschiede in der Geländerepräsentation von verschiedenen Datensätzen darzustellen, ist die Bildung von Höhendifferenzen zwischen den aus den verschiedenen Ursprungsdaten abgeleiteten Höhenmodellen in Rasterform. Das Digitale Oberflächenmodell (DOM) stellt neben dem Gelände auch die 3D-Objekte auf dem Gelände (Gebäude, Vegetation, etc.) dar und ist deshalb am besten geeignet.

Die rasterförmigen Höhenmodelle sind jedoch bereits aus den ursprünglichen Daten (ALS-Daten, digitale Bilder) abgeleitete Produkte. Eine fachlich fundierte Kenntnis der Unterschiede in der Erfassung und Verarbeitung der ursprünglichen Daten sowie der damit verbundenen Eigenschaften ist notwendig für eine korrekte Beurteilung der Differenzanalysen. Einige wesentliche Aspekte sind unter anderem:

- Im Gegensatz zu den ALS-Daten, bei denen eine ziemlich gleichmäßige Abtastung des Bodens erzielt wird (aktives Messsystem), hängt die Punktdichte und -verteilung beim image matching stark von der Textur des digitalen Bildes ab und ist deshalb sehr ungleichmäßig (siehe Abbildung 1).



Abb. 1: Resultierende Punktdichte aus multi-image matching

- Der Laserscanner blickt zumeist nahezu senkrecht auf den Boden; es gibt deshalb kaum größere Bereiche, die durch 3D-Objekte verdeckt sind. Für des image matching aus den digitalen Bildern benötigt man jedoch zumindest zwei (besser mehrere) unter-

schiedliche Blickrichtungen auf das Gelände. Dies ist selbst bei der Verwendung von hohen Überdeckungen (60% oder mehr) zwischen den Bildstreifen nicht immer gewährleistet, vor allem in dicht bebauten Stadtkernen.

- Beim Laserscanning gibt es wegen spiegelnder Reflektion Punktausfälle auf Wasseroberflächen und Metalldächern, beim multi-image matching gibt es dort Punktausfälle, wo die digitalen Bilder keine oder eine sehr gleichmäßige Textur aufweisen.
- Sowohl bei den ALS-Daten als auch bei den mittels „multi-image matching“ gewonnenen Punkten handelt es sich um Einzelpunkte. Die Rastermodelle entstehen durch Interpolationsmethoden. Diese Interpolationsmethoden sind nicht zwingend gleich (unterschiedliche Softwaresysteme, unterschiedliche Anforderungen je nach Ausgangsdaten) und können deshalb zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Dies ist beim multi-image matching wegen der stark unterschiedlichen Punktverteilung deutlich kritischer als beim Laserscanning.

2.2 Untersuchungsziele

Es gibt bereits einige Veröffentlichungen (siehe z.B. ROTTENSTEINER & JANSKA, 2002; CHEN et al., 2004) die sich mit der Fusion von ALS- und Bilddaten beschäftigen. Deren Ziele liegen jedoch zumeist in der Objektextraktion aus den Datensätzen, nicht in der multi-temporalen Analyse von Objektveränderungen.

Für die Erarbeitung einer effizienten und genauen Methodik zur Analyse der Geländeänderung ist die Klärung folgender Fragestellungen notwendig:

- Genügt die Genauigkeit der Georeferenzierung den Anforderungen oder werden die Analyseergebnisse durch eine schlechte Übereinstimmung der Daten verfälscht.
- Wie beeinflussen Fehler oder Schwächen der beiden Datenerfassungsmethoden (Laserscanning, image matching) die Genauigkeit und Beurteilungsfähigkeit der Ergebnisse.
- Gibt es sinnvolle Möglichkeiten des Einsatzes von Bildverarbeitungsmethoden zur Automatisierung der Erkennung von Geländeänderungen.

3 Praktische Ergebnisse

Eine anschauliche Darstellung der Ergebnisse ist überwiegend auf farbige Abbildungen angewiesen. Im voraus wird deshalb darauf hingewiesen, dass sowohl in der online-Ausgabe des Papers als auch beim Vortrag selbst Abbildungen präsentiert werden, welche die nachfolgenden Aussagen veranschaulichen werden.

Zuerst wurde untersucht, inwieweit systematische Höhen- oder Lagefehler bei der Georeferenzierung der beiden Datensätze vorliegen. Dies könnte eine Beurteilung von vorliegenden Unterschieden zwischen den Datensätzen praktisch unmöglich machen. Bei den untersuchten Datensätzen liegt ein solches Problem nicht vor, die Übereinstimmung liegt im Bereich von wenigen dm.

Daran anschließend wurde aus dem Datensatz der Differenzhöhen zwischen dem DOM aus den digitalen Bildern und dem DOM aus den Laserdaten ein anschauliches Differenzhö-

henbild gerechnet. Dieses Bild wurde detailliert gesichtet und analysiert. Folgende ermutigenden Erkenntnisse konnten gewonnen werden:

- Besonders auffällig im Differenzhöhenbild sind die Bereiche mit Vegetation. Dies hat verschiedene Ursachen
 - Die Jahreszeit für Laser- und Bildflüge ist bewusst unterschiedlich. Die Laserflüge finden üblicherweise im Winterhalbjahr bei möglichst geringer Vegetation statt. Die Bildflüge für Orthofotos finden in der Regel im Sommerhalbjahr statt. Es sind deshalb im Differenzhöhenbild viele Felder deutlich ableitbar und abgrenzbar. Eine weitere Möglichkeit, diese Differenzanalyse zu nutzen, könnte darin bestehen, hochstehende Kulturen (z.B. Mais) zu erkennen, abzugrenzen und deren Flächen zu bestimmen
 - Waldgebiete erscheinen im Datensatz aus image matching häufig höher als im Laserdatensatz. Dies kann an der höheren Laubdicke im Sommerhalbjahr oder an einem tatsächlichen Wuchs innerhalb der zwei Jahre zwischen den beiden Aufnahmen liegen
 - Es gibt einzelne Abholzungen von Baumbeständen, die im Differenzbild sichtbar werden und identifiziert werden können. Zur eindeutigen Bestätigung ist jedoch immer der Vergleich mit dem Orthofoto ratsam, da im DOM aus image matching nicht alle Bäume dargestellt werden.
- Eine neu errichtete Brücke über den Inn konnte erfolgreich detektiert werden, obwohl der Bereich der umliegenden Wasserflächen in beiden Datensätzen nicht korrekt wiedergegeben wird. Auch die im Umfeld dieser Infrastrukturmaßnahme erfolgten Geländeänderungen sind erkennbar.
- Ebenfalls sehr auffällig im Differenzhöhenbild sind die Veränderungen an Gebäuden. Sowohl neu errichtete als auch abgerissene Gebäude sind eindeutig erkennbar. Innerhalb des Untersuchungsgebietes von ca. 15km² konnten 36 neue oder im Bau befindliche Gebäude und 7 abgerissene Gebäude eindeutig erkannt werden.

Es soll nicht verschwiegen werden, dass das mit multi-image matching erstellte DOM noch vereinzelt Fehler aufweist. Diese treten vor allem in Bildbereichen mit schwacher Textur (z.B. Wasserflächen) und in sehr dicht bebauten Gebieten (fehlende Bodensicht) auf.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Qualität der mittels multi-image matching aus digitalen Bildern abgeleiteten DOM ist deutlich besser als die Ergebnisse, die mit der früher üblichen Methode image matching in Stereomodellen erzielt wurden. Dieses mit der aktuellsten Technologie erstellte DOM eröffnet somit neue Möglichkeiten der Datenanalyse wie die hier vorgestellte multitemporale Analyse zwischen ALS-Daten und digitalen Bilddaten.

Sowohl mit den digitalen Bildern der UltraCamXP als auch mit den digitalen Bildern der ADS40 konnten die positiven Erfolgsaussichten dieser Methode bei der DI Wenger-Oehn ZT GmbH nachgewiesen werden. Weiter notwendige Schritte sind nun die Entwicklung einer semi-automatischen Methode zur quantitativen und qualitativen Erfassung der Veränderungen im Gelände, an Gebäuden, Verkehrswegen und beim Baumbestand.

Dies wäre die optimale Entscheidungsgrundlage für die Fragestellung, in welchem Umfang die Aktualisierung der Laserdatensätze durch räumlich begrenzte Nachflüge sinnvoll ist und wo es eventuell genügt, mittels photogrammetrischer Auswertung aus den aktuellen digitalen Bildern eine Aktualisierung des Geländedatenbestandes durchzuführen.

Die bis jetzt untersuchten Daten decken nur besiedelte Tallagen ab. Eine Erweiterung der Untersuchungen auf Gebirgsbereiche wird zu einem zusätzlichen Erkenntnisgewinn in Bezug auf die Methode führen, da Veränderungen der Höhe von Gletschern, in geologisch instabilem Gelände (Muren, Felsstürze), bei Steinbrüchen oder in Wildbachbereichen nur dort auftreten.

Nach den bisherigen Erfahrungen sind mit der vorgestellten Methode auch in den Gebirgsbereichen gute Ergebnisse zu erwarten.

Literatur

- CHEN, L. C., TEO, T. A., SHAO, Y. C., LAI, Y. C. & RAU, J. Y. (2004): Fusion of LIDAR data and optical imagery for building modelling. Proc. of the ISPRS Congress Istanbul 2004, IAPRS, XXXV, 4, S. 732-737.
- ROTTENSTEINER, F. & JANSA, J. (2002): Automatic extraction of buildings from lidar data and aerial images. Proc. of the ISPRS Technical Commission IV Symposium 2002, IAPRS, XXXIV, 4, S. 682-1750.
- WÜRLÄNDER, R. & PREGESBAUER, M. (2008): Die Technologie der digitalen Luftbildkamerasysteme und deren Eignung für Landesaufgaben. In: STROBL, J., BLASCHKE, T. & GRIESEBENER, J. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2008. Heidelberg, Wichmann, S. 84-89,