

Partielle Fortführung eines Digitalen Geländemodells aus Laserscanning mittels bildbasierter Digitaler Oberflächenmodelle

Thomas Krey



Peter Märkl



Karin Möst



Robert Roschlaub



Zusammenfassung

Ziel ist es, die Aktualisierung des Digitalen Geländemodells (DGM) zu beschleunigen. Die partielle Fortführung soll vermehrt vom Außendienst in den Innendienst verlagert werden. Zur halbautomatischen Bearbeitung der Fortführungsfälle wird eine GIS-Software eingesetzt. Mit einer weiteren Software wird ein bildbasiertes Oberflächenmodell (bDOM) abgeleitet. Dieses dient dazu, zweidimensionalen Strukturdaten eine Höhe zuzuweisen.

Zur DGM-Fortführung digitalisiert der Bearbeiter 2D-Strukturlinien auf der Grundlage eines Digitalen Orthophotos (DOP). Den Stützpunkten der 2D-Strukturlinien werden anschließend aus den bDOM-Daten Höhen zugewiesen. Hierdurch entstehen 3D-Strukturlinien. Für die weitere Berechnung des DGM werden in einem ca. 20 m breiten Saum die

vorhandenen Laserscanning-Daten zur Berechnung des neuen DGM1 verwendet.

Das beschriebene Verfahren ist entwickelt und durch Tests verifiziert. Der Workflow reicht von der Erfassung möglicher Fortführungsfälle bis zur Speicherung der neuen DGM-Daten in einer Datenbank. Seit Januar 2016 ist die DGM-Fortführung mit Hilfe des bDOM von der Testphase in den Regelbetrieb übergegangen.

1. Ausgangssituation

Die Erkundung von neuen, für die DGM-Berechnung relevanten, lokalen Gelände­veränderungen erfolgt in Bayern derzeit über ein Topographisches Informations-Management (TIM-Online) oder über Vororterkundungen durch einen Gebietstopographen. Die Hinweise auf relevante Gelände­veränderungen werden in einer Übersicht eingetragen. Bisher werden die gemeldeten kleinräumigen Gelände­veränderungen (Fortführungs­fälle) nur durch Außendiensttrupps erfasst. Diese messen in den Fort­führungs­gebieten die bedeutsamen Struktur­linien des Geländes in Form von Kan­ten und Form­linien terrestrisch mit einem Tachymeter und GPS dreidimensional auf. Großräumige Gelände­veränderungen werden hingegen durch neue Befliegungen mittels Laserscanning erfasst.

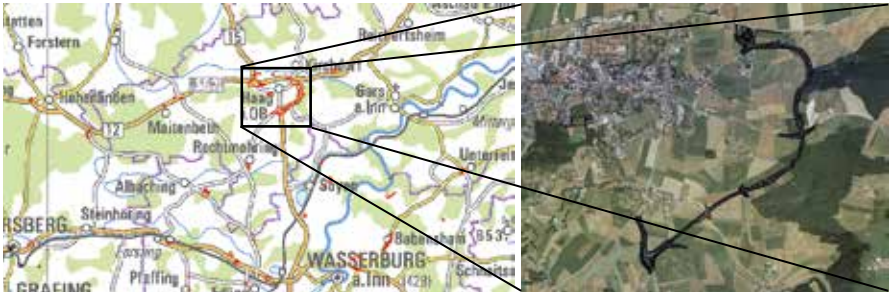


Bild 1: Übersicht gemeldeter Fortführungs­fälle (links); terrestrische Fortführungs­mes­sung durch den Außendienst (rechts)

In Bayern wurden seit 1996 Laserscanning-Befliegungen zur Ableitung eines hochge­nauen Digitalen Geländemodells (DGM) durchgeführt. Ein flächendeckendes DGM mit einer Gitterweite von 1 m wurde bereits im Jahr 2013 fertiggestellt. Beim Laser­scanning können prinzipiell zwei Pulse (First- und Last-Pulse) zur Auswertung ver­wendet werden.

Während das DGM ausschließlich aus den gefilterten Last-Pulse-Laserscanning-Da­ten abgeleitet wird, um die tatsächliche Form der Erdoberfläche ohne Vegetation und künstliche Bauwerke zu erhalten, können prinzipiell aus den First-Pulse-Laser­scanning-Daten Digitale Oberflächenmodelle (DOM) erstellt werden. In Bayern sind die First-Pulse-Daten jedoch nicht durchgehend qualitätsgesichert (Qualitätssiche­rung erst seit 2011) und daher nur beschränkt geeignet zur Berechnung eines DOM. Beispielhaft wurde ein bayernweites DOM aus First-Pulse-Daten für den Viewer „Ter­raTrace3D“ von Prof. Westermann (TU München) in einer Rasterweite von 80 cm im­portiert. In Bayern wird das DOM daher ausschließlich aus orientierten Luftbildern mittels Image-Matching als bildbasiertes Digitales Oberflächenmodell (bDOM) flächendeckend berechnet.

Die Berechnung bildbasierter Oberflächenmodelle erfolgt mit dem Programm „SURE (SURface REconstruction)“ von der Fa. nFrames. Grundlage der Berechnung bilden die orientierten digitalen Luftbilder der Bayernbefliegung [Stolz 2013]. Die digitale Luftbildbefliegung erfolgt in Bayern jeweils von Mai bis August für $\frac{1}{3}$ der Landesfläche mit einer Bodenauflösung von 20 cm. Seit 2012 wurde die Längs- und Querüberdeckung der digitalen Luftbildbefliegung in einer Tiefe von 16 bit mit einem zusätzlichen PAN-Kanal als 5-Kanal-Bild (RGBI + PAN) sukzessive erhöht mit dem Ziel, Orthophotos ohne Umklappeffekte – als sogenanntes TrueDOP – zu berechnen.

Befliegungsjahr	2012	2013	2014	2015
Längs- und Querüberdeckung in %	75/30	75/35	75/40	80/50



Bild 2: Digitales Orthophoto in 20 cm Bodenauflösung (DOP20) in Farbe (RGB) und Color-Infrarot (CIR20)



Bild 3: True Orthophoto (TrueDOP20)

Mittels Image-Matching wird zur Berechnung der bildbasierten Oberflächenmodelle im ersten Schritt eine diffuse dreidimensionale Punktwolke über räumliche Vorwärtsschnitte bestimmt. Hierbei werden verschiedene Luftbildpaare (Stereomodelle) eines Fluglozes genutzt, um über die Korrelation gemeinsame (homologe) Punkte im Raum zu finden. Dabei können innerhalb der diffusen Punktwolke mehrere Punkte übereinander liegen. In sehr hellen oder sehr schattigen Bereichen, in denen die Luftbilder kaum Farb- und Intensitätsunterschiede aufweisen, können Punkte nicht

korreliert werden. Hier entstehen Lücken in der Punktwolke. Jedem korrelierten, dreidimensionalen Punkt wird anschließend über die RGB-Farbinformationen in den Ausgangsbildern ein RGB-Farbwert zugewiesen. In dieser kolorierten Punktwolke schweben Gebäudedächer oder die Belaubung der Vegetation frei im Raum. Erst durch eine geeignete Mittelbildung der Höhen- und Farbwerte (beispielsweise durch den Median) sowie eine Modellierung der diffusen Punktwolke in regelmäßige Gitterzellen ergibt sich ein Oberflächenmodell, bei dem jeder Gitterzelle genau ein Höhen- und ein Farbwert je Farbkanal zugeordnet wird. Die aus Image-Matching entstandenen Lücken werden durch Interpolationen geschlossen. Damit ist dieses bildbasierte Oberflächenmodell ein 2,5-dimensionales, koloriertes regelmäßiges Gitter. Um Rechenzeiten einzusparen, wird das bildbasierte Oberflächenmodell gegenüber der originären Auflösung der digitalen Luftbilder der Bayernbefliegung von 20 cm in einer größeren Rasterweite von 40 cm zu einem bDOM40 berechnet. Damit entspricht das bDOM40 einer Punktdichte von ca. 6 Punkten pro m².



Bild 4: Dreidimensionale, kolorierte Punktwolke (links); 2,5-dimensionales Oberflächenmodell (rechts)

Das bDOM wird noch nicht als Produkt an Kunden abgegeben, steht aber hausintern und für Testkunden zur Verfügung:

- Die orientierten Luftbilder werden bis hinunter auf 40 cm Bodenpixelgröße korreliert.
- Die für die bDOM-Berechnung zugrunde gelegten Stereomodelle müssen eine Mindestüberlappung in Längsrichtung von > 50 % erfüllen; d. h. es werden nur Modelle mit 60 % – 75 % Längsüberdeckung verwendet; Querüberlappende Bilder werden nicht verwendet.
- Die Übergabe von Metadaten aus der bDOM-Produktion erfolgt über eine Shape-Datei, in der die Geometrie der Teilbildflüge mit Attributen (z. B. Flugdatum, Losnummer, Auswertesoftware) versehen sind.

2. Die Realisierung eines Erfassungsverfahrens zur DGM-Fortführung

Die berechneten Höheninformationen des bDOM schließen stets die Vegetations- sowie die Bauwerks- und Gebäudehöhen oder sonstige Objekte ein.

Bis auf verfahrenstechnisch bedingte Höhenunterschiede sollten in vegetationslosen bis vegetationsarmen Bereichen die Höhen des DGM mit den Höhen des bDOM weitestgehend übereinstimmen. Alternativ zu der derzeitigen Messung im Außendienst können nun dreidimensionale Strukturlinien im Innendienst bestimmt werden. Der Bearbeiter digitalisiert hierzu 2D-Strukturlinien auf der Grundlage eines DOP. Anschließend wird jedem Stützpunkt der 2D-Strukturlinie eine Höhe durch Interpolation aus dem bDOM zugewiesen. Im Ergebnis wird die digitalisierte Linie zu einer 3D-Strukturlinie – ähnlich der, wie sie derzeit im Außendienst bestimmt wird.

Zur Aktualisierung des DGM wird ein durch Eigenentwicklung erweitertes GIS eingesetzt, das die DGM-Fortführung programmtechnisch unterstützt. Damit kann weniger geschultes Personal zur DGM-Fortführung eingesetzt werden. Ein gutes räumliches Vorstellungsvermögen oder ein gutes stereoskopisches Sehen sind nicht erforderlich, um beispielsweise 3D-Strukturlinien zu erfassen. Bei diesem Ansatz entfällt die in der Photogrammetrie übliche Vorprozessierung der Daten; er minimiert zugleich den Einsatz unterschiedlicher Software. Die interaktiven Arbeiten eines Bearbeiters beschränken sich auf die Festlegung der Projektgrenzen und die Digitalisierung von 2D-Strukturlinien vor dem Hintergrund eines digitalen Orthophotos oder einer Schummerung.

a) Vorarbeiten

Als Software steht ein GIS zur Verfügung. Die über die Basisfunktionen des GIS hinausgehenden erforderlichen Tools wurden größtenteils durch Eigenentwicklungen programmiert. Die Tools zur Fortführung können im GIS über Schaltflächen aufgerufen und nacheinander ausgeführt werden. In einem ersten Schritt ist ein neues Projekt anzulegen. Dabei werden alle notwendigen Dateien mit Festlegung des Projektnamens angelegt. Diese Festlegung dient später zur Metadatenführung. Zudem ist auf einem digitalen Orthophoto, das über einen WMS-Dienst in das GIS geladen wird, ein sehr grobes Planungspolygon des Bearbeitungsgebietes zu digitalisieren. Anschließend werden aus der bDOM-Datenbank für den Ausschnitt des Planungspolygons die entsprechenden bDOM-Daten als JPG- und ASCII-Files sowie ein Digitales Orthophoto (DOP.tif) für die weitere Bearbeitung geladen.

Liegt das Planungspolygon vor, so sind vor der Erfassung der erforderlichen Strukturdaten ein Projekt- und ein Kernpolygon festzulegen bzw. zu digitalisieren. Das Kernpolygon umschließt die veränderte, zu aktualisierende Geländefläche als

enge Umrandungslinie. Das Kernpolygon ist zugleich eine Strukturlinie. Bei Böschungen, die neben einer Fahrbahn liegen, muss das Kernpolygon beispielsweise auf der äußeren Böschungskante liegen. Das dazugehörige Projektpolygon erweitert die Fläche des Kernpolygons um ca. 150 m nach außen.

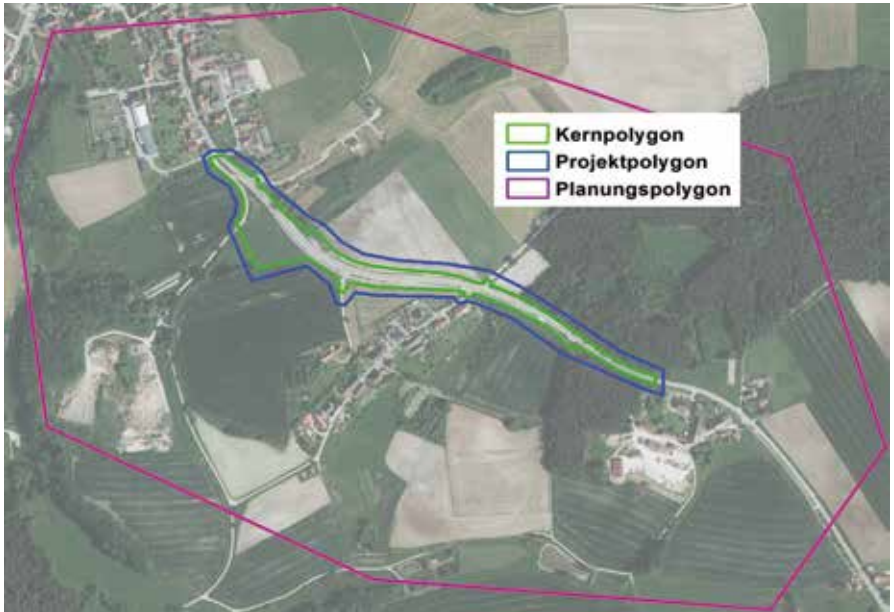


Bild 5: Zu digitalisierende Polygone

b) Digitalisieren der 2D-Strukturlinien

Bei der Erfassung von Strukturlinien ist darauf zu achten, dass die digitalisierten 2D-Strukturlinien stets innerhalb des Kernpolygons liegen. Diese ausschließliche Verwendung der 2D-Strukturlinien innerhalb des Kernpolygons beschreibt das veränderte Gelände genau, ohne die Streuung in den bDOM-Daten darzustellen.

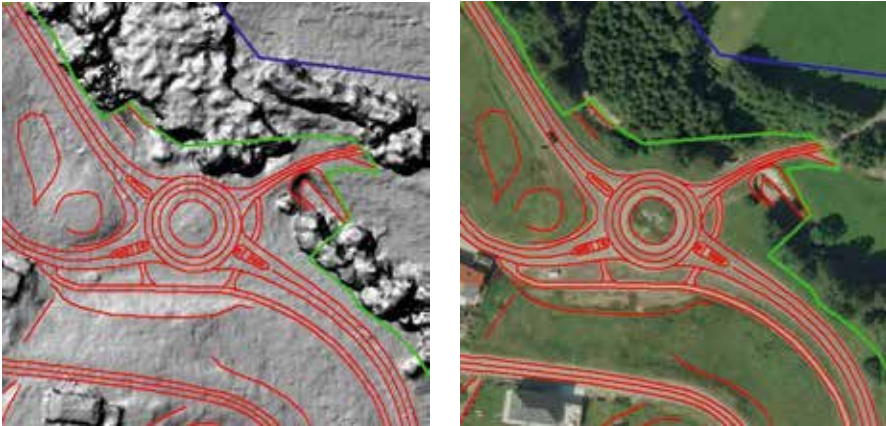


Bild 6: In rot digitalisierte 2D-Strukturlinien vor dem Hintergrund eines geschummerten bDOM bzw. eines Orthophotos innerhalb des Kernpolygons (grün) und des Projektpolygons (blau).

Auf dem DOP digitalisiert der Bearbeiter alle sichtbaren Strukturlinien, wie z. B. Straßenränder, Böschungsober- und -unterkanten. Unter Umständen kann es geeigneter sein, ein aus dem Matching abgeleitetes TrueDOP zu verwenden. Das Erkennen dieser Strukturlinien wird unterstützt durch eine 2D-Schummerung der bDOM-Daten. Über diese Schummerung kann der Bearbeiter den Verlauf der digitalisierten 2D-Strukturlinien kontrollieren bzw. den beim Digitalisieren der 2D-Strukturlinie evtl. vorkommenden starken Streuungen in den bDOM-Daten ausweichen.

Über selbstentwickelte, erweiterte Digitalisierwerkzeuge besteht bei Straßenabschnitten die Möglichkeit, eine Mittellinie zu digitalisieren, um anschließend die parallel verlaufenden Straßenränder programmtechnisch zu ergänzen. Lediglich der Abstand zur Fahrbahnkante ist festzulegen. Dies führt zu einer beschleunigten Erfassung der Fahrbahnkanten. Die Mittellinie geht in die spätere partielle DGM-Berechnung nicht ein und wird gelöscht.

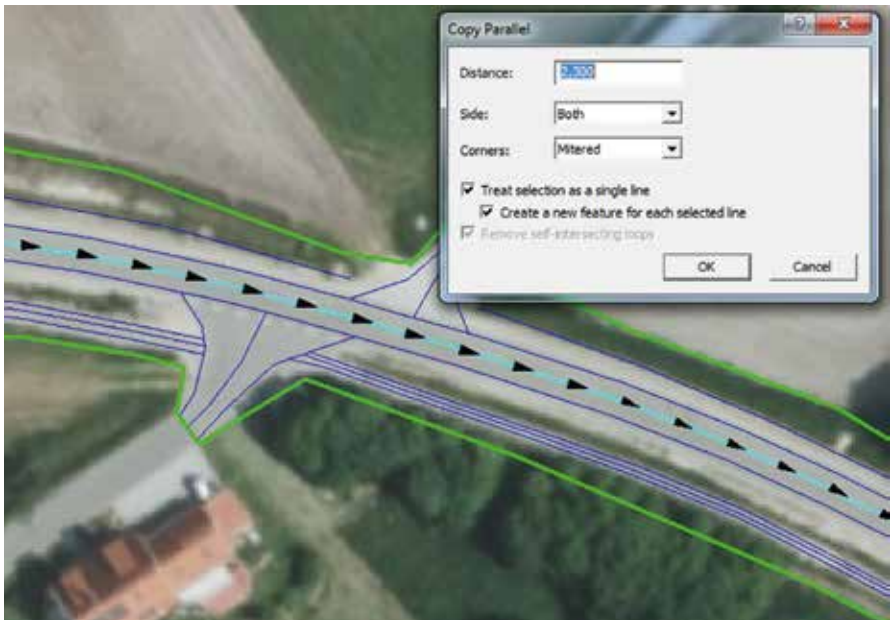


Bild 7: Digitalisierte Straßenachse und Festlegung der parallel verlaufenden Straßenränder

c) Automatisierte bDOM-Filterung und DGM-Aktualisierung

Sind alle 2D-Strukturlinien gemessen, können den Stützpunkten der 2D-Strukturlinien Höhen aus den bDOM-Daten zugewiesen werden, um für die weitere Bearbeitung 3D-Strukturlinien zu erhalten. Um die Datenmenge für die Berechnungen klein zu halten und diese zu beschleunigen, werden für die Fläche des zuvor digitalisierten Projektpolygons die bDOM-Daten erneut von der bDOM-Datenbank geladen.

Über automatisierte Batchprogramme wird das Rauschen der bDOM-Daten durch das Löschen einzelner bDOM-Gitterpunkte automatisch geglättet. Anschließend werden aus den geglätteten bDOM-Daten die Bodenpunkte gefiltert. Das Ergebnis ist ein automatisiert geglättetes und nur aus Bodenpunkten bestehendes bDOM-Gitter (mit einzelnen Lücken).

Im nächsten Schritt verschneidet das Tool die digitalisierten 2D-Strukturlinien im Kernpolygon mit den automatisiert geglätteten und gefilterten bDOM-Daten, so dass genaue 3D-Strukturlinien zur DGM-Aktualisierung zur Verfügung stehen.

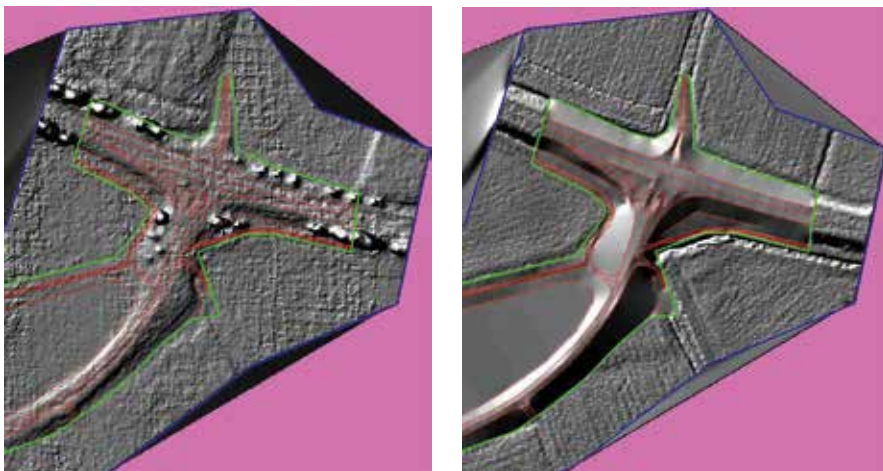


Bild 8: 3D-Strukturlinien auf bDOM-Daten (links), partiell fortgeführtes DGM mit 3D-Strukturlinien und umgebenden Laserscanning-Daten (rechts)

Abschließend erfolgen die Berechnung der Ersatzgitterpunkte und die partielle Aktualisierung des DGM. Zunächst wird für das Projektpolygon ein Ersatzgitter in einer Gitterweite von 0,5 m berechnet. Innerhalb des Kernpolygons werden nur die 3D-Strukturlinien zur Ableitung des Ersatzgitters verwendet. Für die zwischen dem äußeren Projektpolygon und dem inneren Kernpolygon liegende Fläche (die sogenannte Umgriff-Fläche) werden nur die Bodenpunkte der Laserscanning-Daten genutzt.

Sind nach einer Plausibilitätsprüfung Änderungen von Höhenwerten an den Stützpunkten der 3D-Strukturlinien nötig, so können die Höhen editiert werden. Bei Änderungen der Höhenwerte wird das 0,5 m Ersatzgitter neu berechnet.



Bild 9: Editierbare Höhen an den digitalisierten Strukturlinien (links); Schummerung des mittels 3D-Strukturlinien abgeleiteten Ersatzgitters zur partiellen DGM-Fortführung

Für die endgültige Berechnung des partiell zu aktualisierenden DGM dienen das 0,5 m Ersatzgitter im Kernpolygon und die Laserscanning-Daten der Umgriff-Fläche. Das aktualisierte DGM im Kernpolygon ersetzt das veraltete DGM in der Datenbank.

3. Verfahren zur Qualitätssicherung

a) Globale Qualitätssicherungsmaßnahmen

Untersuchungen zeigten, dass unterschiedliche Einstellungen der Matching-Software SURE (wie z. B. das Matchen mit/ohne Refinement) zu stark unterschiedlichen Ergebnissen führen. An den Losgrenzen der Bildflüge zeigten sich signifikante Höhensprünge zwischen den abgeleiteten bildbasierten Oberflächenmodellen. Die Visualisierung dieser Differenzen erfolgte über die Berechnung eines Differenzmodells – des nDOM, das aus den Höhendifferenzen zwischen den beiden regelmäßigen Gittern des bDOM und des DGM1 bestimmt wird.

Um fundierte Genauigkeitsangaben zu den bDOM-Daten abgeben zu können, wurde entlang des bayerischen Autobahnnetzes ein Differenzmodell (nDOM) zwischen

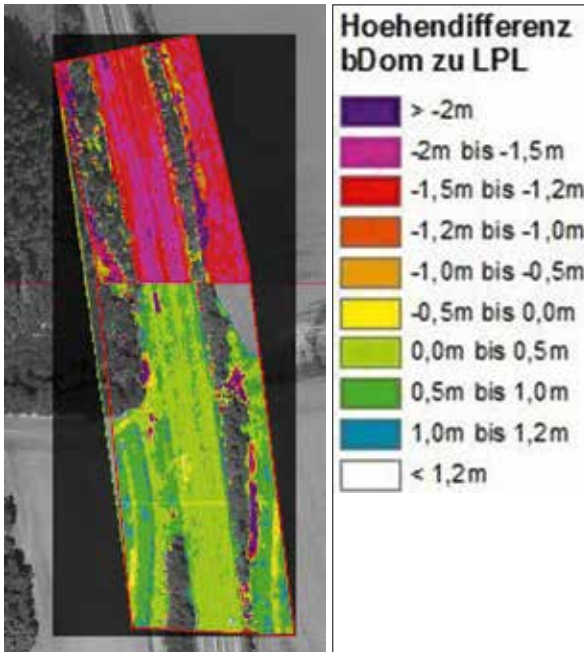


Bild 10: Höhenunterschiede zwischen bDOM und DGM1 an einer Bildflug-Losgrenze

dem DGM1 und bDOM als 5 m Gitter berechnet. Dabei wurden die Straßenachsen der Autobahnen aus ATKIS entnommen, ein 2,5 m breiter Saum links und rechts der Achse gebildet und anschließend für diese Flächen das nDOM berechnet. Ab einer Höhendifferenz von $\pm 0,5$ m wurden die errechneten Differenzen eingefärbt.

Auf diesem Weg werden sowohl die Sprünge an Losgrenzen als auch die Unterschiede beim Matching mit bzw. ohne Refinement deutlich sichtbar. Weitere Systematiken konnten jedoch nicht identifiziert werden. Eine allgemeine Aussage über

die erzielbare Genauigkeit kann damit nicht gegeben werden. Derzeit laufen weitere Untersuchungen zur Verbesserung der Korrelationsergebnisse: Es wird erwartet, dass Passpunkte am Boden durch Interpolation von Höheninformationen aus dem DGM1 die terrestrischen Messungen ergänzen und die Genauigkeit verbessern. Zudem wird durch die Erhöhung der Längs- und Querüberdeckung sowie der Erweiterung der Losgrenzen eine weitere Steigerung der Genauigkeit der Korrelation bzw. des bDOM erwartet.

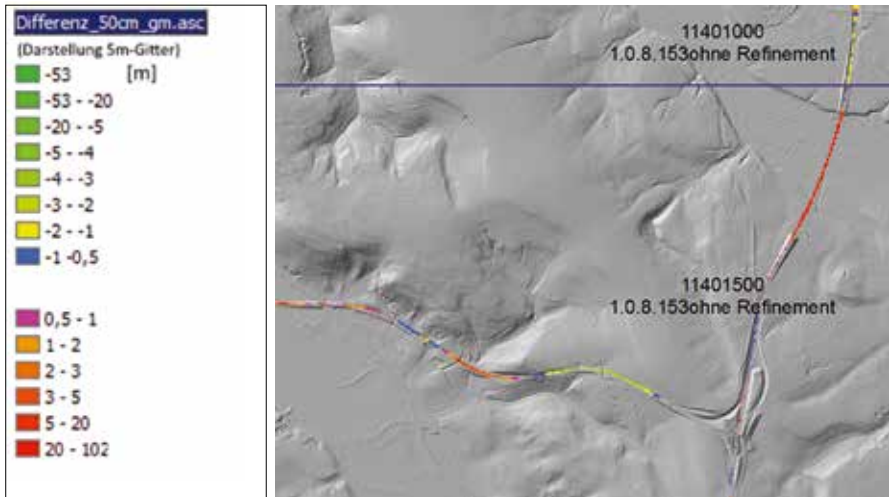
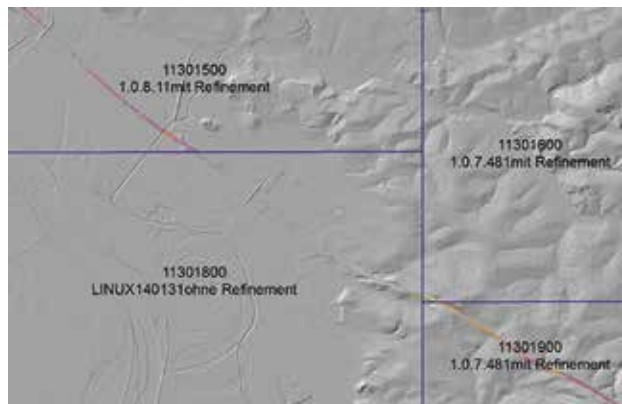


Bild 11: Eingefärbtes Differenzmodell (nDOM) entlang der Autobahnachsen zwischen dem bDOM und DGM1 auf dem Hintergrund eines geschummerten DGM1 mit unterschiedlichen Parametern der Software SURE (mit/ohne Refinement)



b) Lokale Qualitätssicherung

Im Rahmen der Digitalisierung von Strukturlinien sollten wahlweise ein DOP oder eine Schummerung hinzugeladen werden können.

Ferner sind Fehler in den zugrunde liegenden Ausgangsdaten bei der DGM-Fortführung zu berücksichtigen: Die Ableitung des bDOM ist in einigen Bereichen problematisch. Fehler im bDOM können durch bewegte Objekte wie Fahrzeuge oder durch Schattenänderungen zwischen den Stereomodellen entstehen. Die betroffenen Bereiche werden farbig markiert und liegen dem Auswerter für eine Berücksichtigung bei der Digitalisierung vor. Damit wird verhindert, dass fehlerhafte Bereiche für die Strukturliniendigitalisierung innerhalb des Kernpolygons verwendet werden.

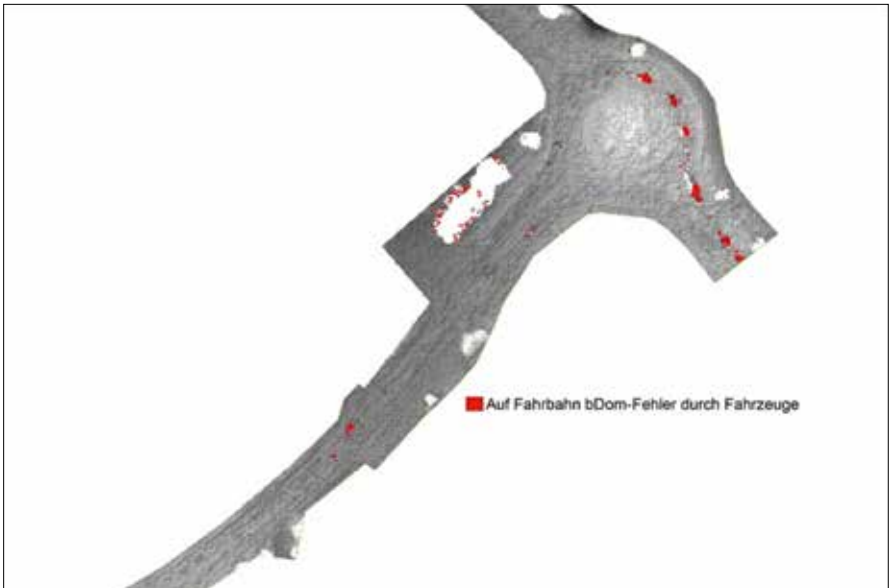


Bild 12: Fahrzeuge sind als Fehler in der Schummerung des bDOM zu erkennen und können bei der Digitalisierung umgangen werden.

c) Genauigkeiten an Brücken, Bauwerken und in Neubaugebieten

Im Bereich von Unterführungen und Brücken verbleiben auch nach einer abschließenden Bearbeitung des DGM1 Abweichungen, die mehr als $\pm 0,3$ m betragen – sie sind aber lediglich punktuell. Im Bereich von Bauwerken entstehen vor allem an steileren Böschungen Probleme beim Matchen, ebenso im Bereich von Tunnelportalen durch Verschattungen oder durch Bewuchs. Die Qualität der bDOM-Daten ist hier für die automatische Ableitung ungenügend. Fehler lassen sich aber in den meisten Fällen mit teils aufwendigen Nacharbeiten beheben und die Qualität verbessern.



Bild 13: Differenzmodell zwischen einem aus 3D-Strukturlinien fortgeführten DGM und dem aus Laserscanning berechneten DGM1 in einem Wohngebiet

Vom Außendienst wurden Geländeänderungen in Wohngebieten bislang nicht eingemessen, auch dann nicht, wenn es sich um Neubaugebiete handelte. Zukünftig können Neubaugebiete auch im Innendienst über die Erfassung von 3D-Strukturlinien fortgeführt werden. Bild 13 zeigt ein Differenzmodell in einem Wohngebiet, das zwischen einem aus 3D-Strukturlinien fortgeführten DGM1 und dem ursprünglichen, aus Laserscanning-Daten erzeugten DGM1 berechnet wurde. Die Abweichungen liegen im Bereich von $\pm 0,5$ m. Lediglich die Lärmschutzwälle neben der Straße weisen größere Abweichungen auf. Die identifizierten Lärmschutzwälle sind in der Regel stark bewachsen. Daher werden entsprechende Lärmschutzwälle nicht in die partielle DGM-Fortführung übernommen. Sie wären als künstliche Objekte ohnehin nicht Bestandteil des DGM und wären damit nicht in die partielle DGM-Fortführung zu übernehmen. Die Lärmschutzwälle lassen sich hingegen bei jungem Bewuchs erfassen und im Rahmen der partiellen Fortführung ins DGM1 übernehmen.

4. Erfassung möglicher DGM-Fortführungsfälle

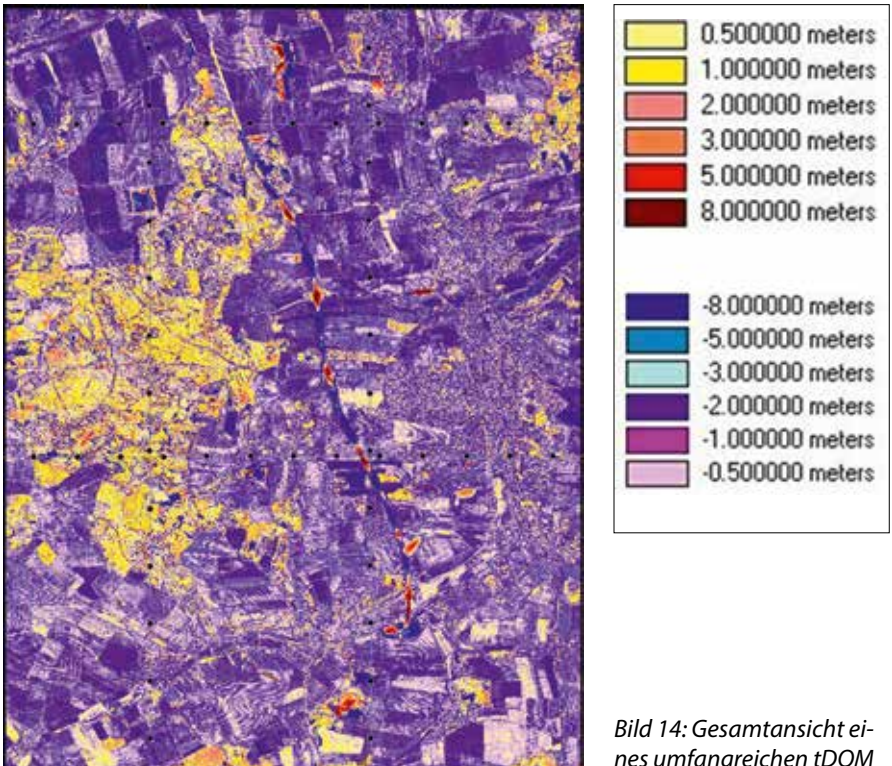
Mit dem bDOM stehen, neben den in TIM-Online gemeldeten Fortführungsfällen, oder den der Gebietstopographen, nunmehr zwei weitere Hilfsmittel zur Verfügung, um mögliche DGM-Fortführungsfälle zu identifizieren und zu lokalisieren.

Einerseits ist es möglich, ein Differenzmodell zwischen den vorhandenen Laserdaten und den aktuellen bDOM-Daten zu berechnen. Dieses als nDOM bezeichnete

Differenzmodell kann zur Detektion von Bodenbedeckungsinformationen zwischen Bauwerken und versiegelten Böden oder aber zwischen Waldflächen und niederer Vegetation dienen.

Andererseits können Differenzmodelle zwischen verschiedenen bDOM-Daten zeitlich versetzter Bildflüge berechnet werden. Diese Differenzmodelle werden als tDOM bezeichnet und zeigen die Höhenveränderungen zwischen zwei Epochen; beispielsweise zwischen den Bildflügen aus den Jahren 2010 und 2013. Das tDOM kann auch zur Detektion von Gebäudeveränderungen bzw. zur Erkundung von Neubaufällen dienen oder zur Berechnung von Biomasse im Rahmen regelmäßiger Inventuren.

Die derartig über ein nDOM bzw. tDOM bestimmten Höhenunterschiede lassen sich farbig darstellen und veranschaulichen in einfacher Weise höhenrelevante Veränderungen und deren Ausdehnungen.

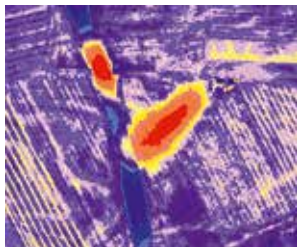




Verfüllung eines Grabens
2010



2013



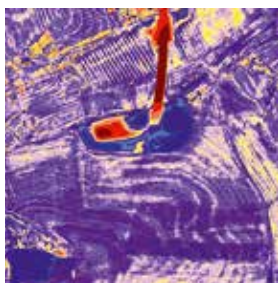
tDOM



Bau eines Rückhaltebeckens
2010



2013



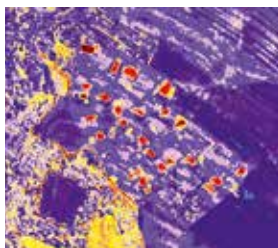
tDOM



Gebäudeneubauten
2010



2013



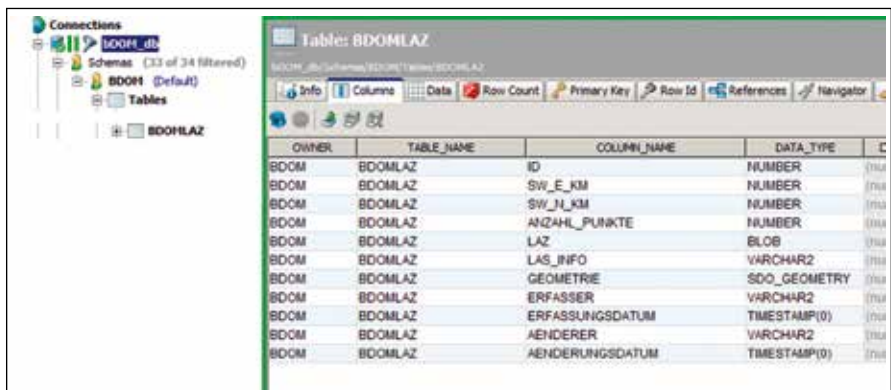
tDOM

Bild 15: Identifizierung verschiedener Fortführungsfälle mittels eines tDOM

5. Das Datenhaltungs- und Datenabgabekonzept

Ausgehend vom ISO-standardisierten LAS-Format werden die Laserscanning-Daten und die bDOM-Daten in ein Binärformat als LAZ-Dateien komprimiert und anschließend in einer relationalen Standarddatenbank als BLOB (binary large object) gespeichert. Die Organisationseinheit bildet die km²-Kachel.

Der Datenzugriff bzw. Datenaustausch auf die in der Datenbank gespeicherten bDOM- bzw. Laserscanning-Daten erfolgt über menügesteuerte Batch-Programme unter Verwendung eines GIS und datenbankspezifischen Prozeduren sowie den LAStools (der Fa. Rapidlasso). Die Datenbankschemata sind für Laserscanning- und bDOM-Daten identisch (vgl. Bild 16).



OWNER	TABLE_NAME	COLUMN_NAME	DATA_TYPE	C
BDOM	BDOMLAZ	ID	NUMBER	(10)
BDOM	BDOMLAZ	SW_E_KM	NUMBER	(10)
BDOM	BDOMLAZ	SW_L_KM	NUMBER	(10)
BDOM	BDOMLAZ	ANZAHL_PUNKTE	NUMBER	(10)
BDOM	BDOMLAZ	LAZ	BLOB	(10)
BDOM	BDOMLAZ	LAS_INFO	VARCHAR2	(10)
BDOM	BDOMLAZ	GEOMETRIE	SDO_GEOMETRY	(10)
BDOM	BDOMLAZ	ERFASSTER	VARCHAR2	(10)
BDOM	BDOMLAZ	ERFASSUNGSDATUM	TIMESTAMP(0)	(10)
BDOM	BDOMLAZ	AENDERER	VARCHAR2	(10)
BDOM	BDOMLAZ	AENDERUNGSDATUM	TIMESTAMP(0)	(10)

Bild 16: DGM-Datenbankschema für bDOM-Daten

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten, um Datenbankschemata programmgesteuert in einer Datenbank anzulegen bzw. Daten zu speichern oder auszuspielen. Die eine Möglichkeit ist die Verwendung von Prozeduren. Die andere Möglichkeit besteht in der Verwendung der JDBC/ODBC-Schnittstelle in Java-Programmen zur Steuerung und Kommunikation mit der Datenbank.

Im prozeduralen Ansatz werden mit einem SQL-Standardprogramm die entsprechenden Datenbank-Tabellen mit SQL-Befehlen erzeugt. Sämtliche Prozeduren laufen als „stored procedures“. Die Prozeduren werden in PL/SQL geschrieben, kompiliert und direkt in der Datenbank gesichert. Um die Prozeduren starten zu können, ist entweder ein direkter Zugriff auf die Datenbank mit einem Datenbankspezifischen Programm notwendig (z. B. mit dem SQL Developer von Oracle) oder ein entsprechendes Programm muss diese Prozeduren über Batch-Dateien starten. In komplexeren IT-Infrastrukturen ist es häufig notwendig, bedingt durch unterschiedliche Rechte, die Daten via FTP auf unterschiedliche Rechner zu kopieren – beispielsweise mit einem batch-

fähigen SFTP- und FTP-Client für Windows. Er ermöglicht einen geschützten Daten- und Dateitransfer zwischen verschiedenen Rechnern.

Der JDBC/ODBC basierte Ansatz, via plattformunabhängiger Java-Programme direkt auf die Datenbank zuzugreifen, ermöglicht einen deutlich effektiveren Datenbankzugriff, ohne dass ein aufwendiges Kopieren von Daten mittels FTP notwendig ist. In Bayern haben wir uns für diesen Java-basierten Ansatz entschieden, da bei großen Datenmengen ein performanter Datenzugriff im Vordergrund steht.

Mit einem GIS-Frontend wie ArcGIS werden die Zugriffsrechte von unterschiedlichen Nutzern auf die Datenbank organisiert und verwaltet. Über die Oberfläche werden die dahinterliegenden Java-Programme angestoßen und Daten exportiert und aktualisiert. Beim Export der Daten ist eine Umwandlung in verschiedene Grid-Formate möglich wie ESRIGrid_ascii, ESRIGrid_ascii/ESRIGrid_bin und ASCII_XYZ.



Bild 17: Eingabemaske über ein GIS-Frontend

6. Fazit mit Beurteilung der Produktqualität

- Eine Aktualisierung des DGM1 ist auf Basis von bDOM-Daten in lokalen Projekten, wie z. B. neu gebauten Umgehungsstraßen, Autobahnen oder größeren Neubaugebieten möglich.
- Für eine flächenhafte Aktualisierung des DGM1 sind die bDOM-Daten jedoch wenig geeignet.
- Eine projektbezogene DGM-Aktualisierung zur Steigerung der Aktualität des DGM1 kann aus bDOM-Daten mit einer Rasterweite von 40 cm erfolgen.
- Die Erfassung von 3D-Strukturlinien in einem GIS kann auf eine zweidimensionale Erfassung von 2D-Strukturlinien reduziert werden.
- Die vorgestellte Methode minimiert den Einsatz unterschiedlicher Softwareprogramme durch die menügesteuerte Integration von Programmen in ein GIS. Damit wird zugleich die DGM-Aktualisierung beschleunigt. Eine DGM-Fortführung kann auch im Innendienst erfolgen.

Literatur

Stolz, M.: Digitale Oberflächenmodelle aus Bildkorrelation, Mitteilungen des DVW-Bayern, Heft 2, S. 139-150, 2013. 