

# Aktualisierung des Digitalen Geländemodells in Sachsen-Anhalt

OLF WIEßNER

Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt, Otto-von-Guericke-Straße 15, 39104 Magdeburg

Schlüsselwörter: Digitale Geländemodelle, DGM1, Fortführung, Sachsen-Anhalt

Keywords: Digital Terrain Model, DTM1, Updating, Saxony-Anhalt

## Kurzfassung

Mit dem Digitalen Geländemodell Gitterweite 1m, kurz DGM1, liegt ein hochgenauer Datenbestand – basierend auf einer Laserscanbefliegung aus dem Jahr 2009 – flächendeckend für das Land Sachsen-Anhalt vor. In diesem Artikel wird dargelegt wie das DGM1 im Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt (LVerGeo) im Zweijahreszyklus aktualisiert wird. Dabei werden die Vorgaben der AdV zur Höhengenaugigkeit eingehalten.

## Abstract

A Digital Terrain Model (DTM) with a high accuracy exists for the whole state of Saxony-Anhalt, based on airborne laser scanner data from 2009. The article describes the up-dating process for this DTM. In a two-year-cycle, the mapping and surveying authority is analysing DTM concerned changes of landscape. In the result of this process a better fit DTM build up, according to AdV-standard.

## 1. Rückblick

In den frühen 1990er Jahren wurde im Landesamt für Vermessung und Datenverarbeitung Sachsen-Anhalt (LVerMD) mit dem Aufbau eines Digitalen Geländemodells (DGM) begonnen. Grundlage dafür bildeten die Reliefinformationen der Topographischen Karte im Maßstab 1:10000, die wiederum ihre Ursprünge in der Neuaufnahme des Geländes in den 1950er und 1960er Jahren hatte. Aktualisierungen des Reliefs wurden nur partiell vorgenommen, und zwar immer dann, wenn es in Verbindung mit der Fortführung anderer topographischer Objekte (Straßen, Tagebaue, etc.) Veränderungen in der Örtlichkeit gab.

Nach Abschluss der Digitalisierung wurde das neu abgeleitete DGM weiter qualifiziert

(Aussparungsflächen gefüllt, Abgrenzung zum Gewässer überprüft etc.) und lag dann 2002 – nun komplett – als Produkt DGM10 (DGM mit 10 Meter Gitterweite) vor. Dieser Datenbestand bildete die Grundlage für die Ableitung des Höhenlinienbildes in den Digitalen Topographischen Karten (DTK10 bis DTK100). Nüchtern gesehen, wurden so weitestgehend immer noch die Ergebnisse der topographischen Erstaufnahme von vor 60 Jahren repräsentiert.

Nach dem verheerenden Elbehochwasser 2002 wurden in gemeinsamen Projekten des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt (LHW), der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und dem Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt (LVerGeo) Laserscanbefliegungen vorwiegend in hochwassergefährdeten Gebieten durchgeführt. Bis 2008 wurden so ca. 15% der Landesfläche von Sachsen-Anhalt neu aufgenommen (Abb. 1) und konnten in höher aufgelösten Geländemodellen weiterverarbeitet werden.

Der eigentliche Durchbruch für die Ableitung eines hochgenauen DGM gelang mit der landesweiten Laserscanbefliegung im Winter 2008/2009 als gemeinsames Projekt des LHW und des LVerGeo (VON WNUCK & PATZSCHKE 2010). Das LVerGeo stellte für dieses Projekt landesweit aktuelle Digitale Orthophotos (DOP20) und für die Georeferenzierung SAPOS®-HEPS (Hochpräziser Echtzeit Positionierungs-Service) bereit. Einen Schwerpunkt bildete die Qualitätssicherung. So wurden ca. 100 Referenzlinien und -flächen und ca. 200 Kontrollflächen

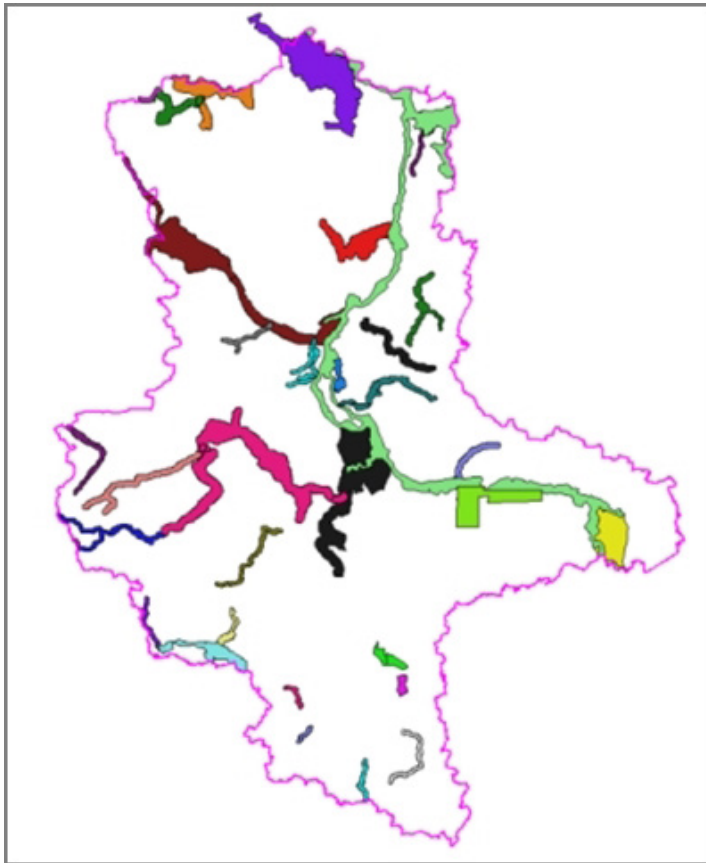


Abb. 1 Laserscangebiete bis 2008

eingemessen, um einerseits die Ergebnisse der Befliegung in das aktuelle Bezugssystem einzubinden und andererseits die Ergebnisse hinsichtlich der geforderten Genauigkeit zu bewerten und abzunehmen. Letzteres geschah Ende 2009.

Zu den eigentlichen Laserscandaten („Punktwolken“) wurde von den beteiligten Firmen auch ein abgeleitetes DGM1 geliefert. Dies wurde anschließend im LVerGeo überarbeitet und weiter qualifiziert (Einrechnung von Bruchkanten, Anpassung an Gewässerumringe, Fehlklassifizierungen finden und beheben etc.). Mit dem Abschluss dieser Arbeiten im März 2012 erfüllte das DGM1 die im AdV-Produktstandard definierten Qualitätsparameter.

## 2. AdV-Produktstandard ATKIS®-DGM

Die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder (AdV) hat mit dem ATKIS®-Produktkatalog festgelegt, welche Produkte der Geotopographie bundesweit vorgehalten werden können. Für diese Produkte wurden Produktstandards fest-

gelegt. Der AdV-Produktstandard für das DGM kann über die Adresse [www.AdV-online.de/Veroeffentlichungen/Veroeffentlichungen-Geotopographie/Standards](http://www.AdV-online.de/Veroeffentlichungen/Veroeffentlichungen-Geotopographie/Standards) bezogen werden.

Im Produktstandard wird das DGM definiert als

- regelmäßiges Gitter,
- mit ergänzenden Angaben wie Geländekanten, markanten Geländepunkten etc.,
- ohne Information über Bauwerke (z. B. Brücken) und Vegetation und
- es wird nach ihrer Gitterweite strukturiert.

Als am höchsten aufgelöstes DGM wird das DGM1 geführt, welches auch in Sachsen-Anhalt verfügbar ist. Länderübergreifende bzw. bundesweite Abgaben können ab dem DGM10 über das Dienstleistungszentrum beim Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) bezogen werden. Dafür stellen die Länder – an den Landesgrenzen abgeglichen – Datenbestände bereit.

Die weiteren Punkte im Produktstandard

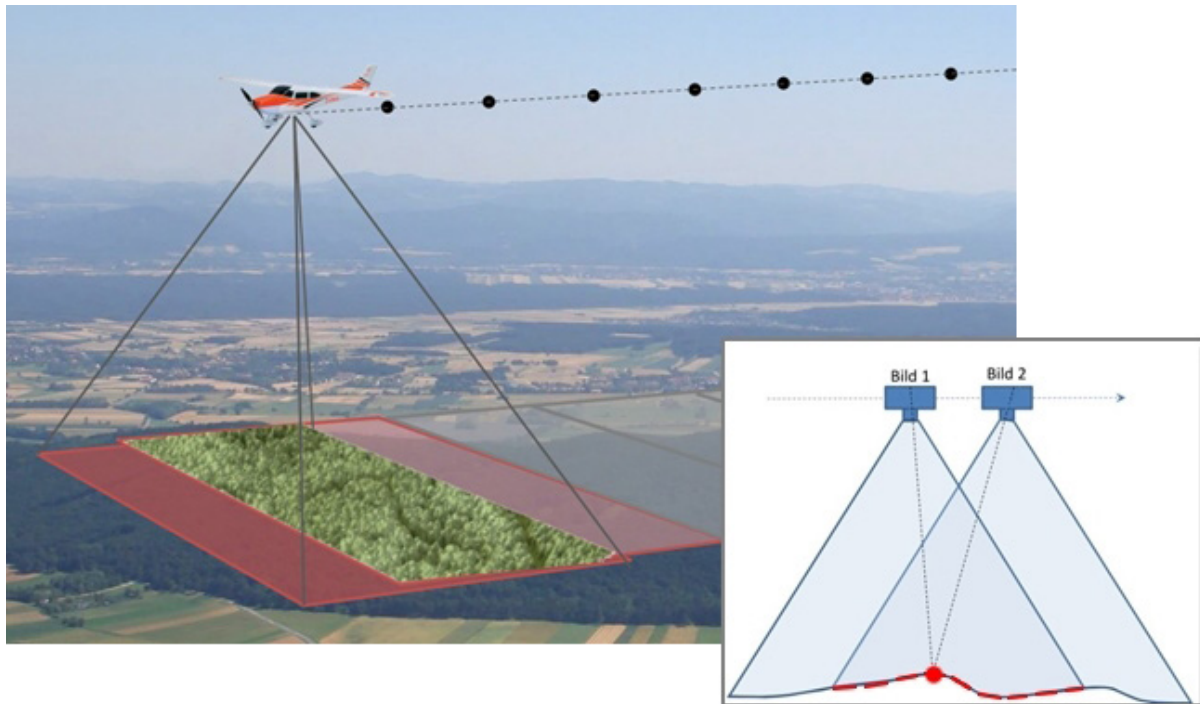


Abb. 2 Bildmatching - DOM aus Luftbildern (KOUKAL 2013)

geben Vorgaben zur Qualität (siehe Punkt 5), zum Datenformat, zur Namensgebung, zur Georeferenzierung und zu den Metadaten.

### 3. Fortführung des DGM1 im LVerGeo

Frei nach dem Motto „nach der Ersterfassung ist vor der ersten Fortführung“ begann bereits im Jahr 2012 die Fortführung des DGM1 im LVerGeo. Da eine erneute Laserscanbefliegung nicht absehbar war und ist, musste ein anderer Weg gefunden werden, um

eine neue Punktwolke der Geländeoberfläche gewinnen zu können. Mit dem geotopographischen Bildflug stehen im Zweijahreszyklus aktuelle Luftbilder für die Landesfläche Sachsen-Anhalts zur Verfügung.

Auf Grund der vorgegebenen Parameter wie Bodenauflösung (20cm) und Quer-/Längsüberdeckung (60%/40%) eignen sich die Luftbilder für sogenannte Matchingverfahren. Dabei werden benachbarte Luftbilder (und mehrere im Block) in einem automa-

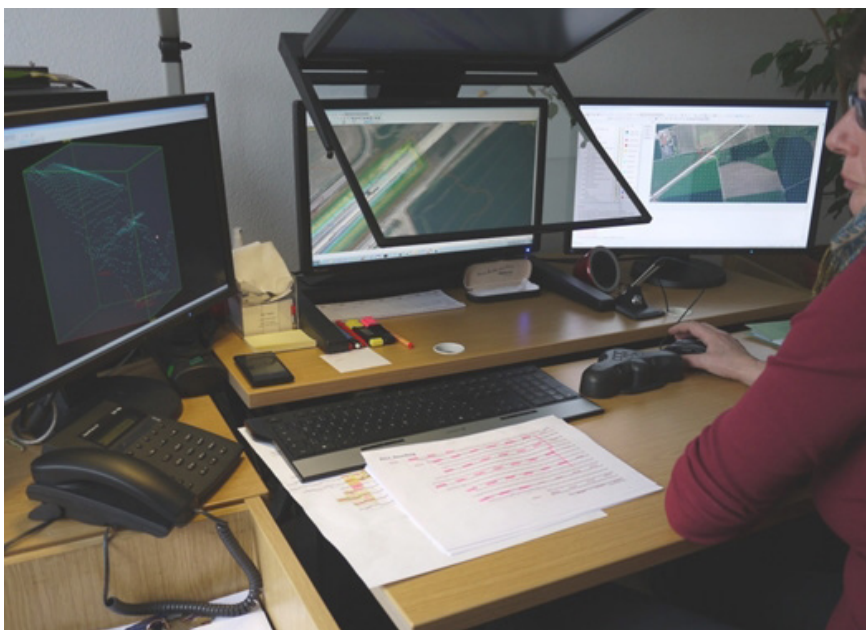


Abb. 3 Photogrammetrischer Arbeitsplatz im LVerGeo



tischen Verfahren mittels Bildkorrelation (Bildmatching) ausgewertet. Es entsteht eine unregelmäßige Punktwolke der Geländeoberfläche, ein sogenanntes Oberflächenmodell (Abb. 2). Im LVerMGeo wird dafür das Programm MatchT verwendet.

Im Rahmen der neu entwickelten Technologie wird mit MatchT zunächst ein Digitales Oberflächenmodell mit 1m-Gitterweite (DOM1) berechnet. Eingesetzt werden diese Daten partiell aber nur da, wo Veränderungen in der Natur ermittelt werden. Die Deduktion (Erkennen der „Fortführungskandidaten“) erfolgt interaktiv durch den Operator am photogrammetrischen Arbeitsplatz (Abb. 3). Mögliche Kandidaten sind Baumaßnahmen an Verkehrs- und Gewässertrassen, Baugebiete, oberirdischer Bergbau und bekannte Senkungsgebiete.

Am Beispiel eines Brückenbauwerkes im Verlauf der neuen ICE-Trasse im Süden von Sachsen-Anhalt soll im Folgenden der Ablauf erläutert werden (Abbildungen 4, 5 und 6). In Abb. 4 Bild 1 ist der Ausgangszustand dargestellt. Die neue Trasse ist im DOP20 sichtbar, das „alte“ DGM1 ist

als Höhenlinienbild symbolisiert. Im Bild 2 (neu berechnetes DOM1 durch Höhenlinien präsentiert) ist zu erkennen, dass neben Bodenpunkten auch natürliche (Vegetation) und künstliche (Gebäude, Autos etc.) Objekte in der Punktwolke enthalten sind. Diese Objekte können in automatischen Prozessen herausgefiltert werden (Bild 3). Bestimmte Objekte z.B. Brücken verlangen ggf. interaktive Nacharbeit. Hier werden im Stereomodell mit Bruchkanten die Übergänge zwischen Gelände und Bauwerk fixiert und die Nichtbodenpunkte entfernt (Bild 4-8). Abschließend werden die fortgeführten Anteile in das DGM1 eingerechnet (Bild 9).

Die Fortführung des DGM1 erfolgt im Nachgang zur DOP-Auswertung und – praktischerweise – auch im Kachelsystem der Orthophotos (2x2km). Bereits ausgewertet wurde der Bildflug 2012 und 50% des Bildfluges 2013. Somit liegen ca.  $\frac{3}{4}$  der Landesfläche aktualisiert vor.

#### 4. Bereitstellung

Alle Produkte der Geotopographie im Rasterformat werden im LVerMGeo zentral auf



Abb. 4 Interaktionen bei der Fortführung des DGM am Beispiel eines Brückenbauwerkes

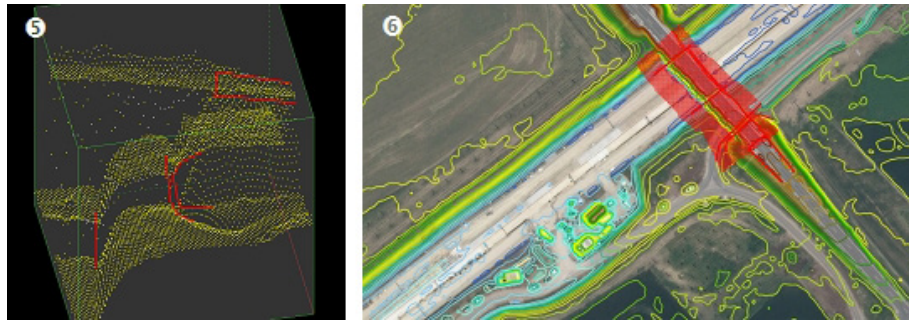


Abb. 5 Interaktionen bei der Fortführung des DGM am Beispiel eines Brückenbauwerkes

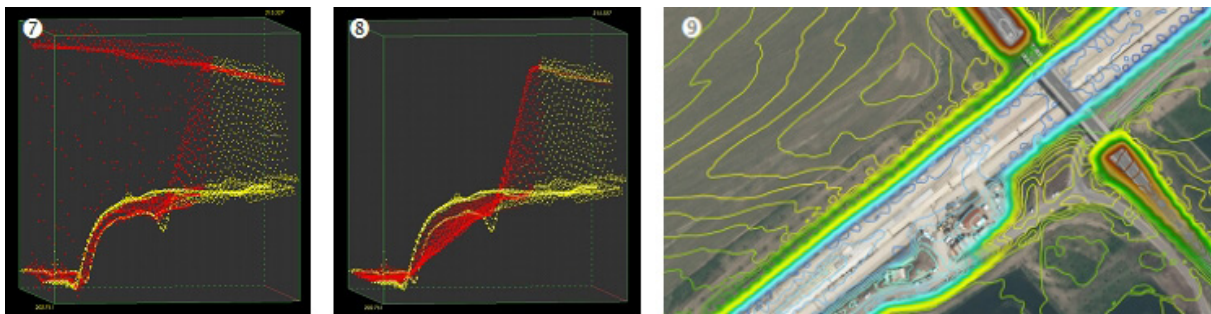


Abb. 6 Interaktionen bei der Fortführung des DGM am Beispiel eines Brückenbauwerkes

einem Rasterdatenserver geführt und für die Abgabe dort bereitgestellt. Neben den Rasterdaten der Digitalen Topographischen Karten (DTK10 bis DTK100) und der Landesluftbildsammlung (DOP20 u.a.) gehören seit 2012 auch die Daten des Digitalen Geländemodells dazu.

Wie auch für die vorgenannten Produkte werden beim DGM1 Zeitreihen gespeichert. Mit dem Stand 2009 ist das bis 2012 qualifizierte DGM1 als Ausgangszustand abgelegt. Die mit den 2012er und 2013er Bildflug jeweils fortgeführten DGM-Kacheln sind in den Layern für diese beiden Jahre einzeln abrufbar. Schlussendlich werden alle Fortführungsergebnisse im „Layer aktuell“ subsumiert. Flächendeckend liegen jetzt DGM1 mit Stand 2009 und 2013 vor. Es ist geplant im Sechsjahreszyklus DGM1 komplett abzuspeichern (2009, dann 2015, 2021 usw.), für die Jahre dazwischen die jeweils fortgeführten Kacheln und das aktuelle DGM1 landesweit als „Layer aktuell“. Für die Beratung der Nutzer wurden die Fortführungslayer auf dem Rasterdatenserver „eingefärbt“. Positive Geländehöhenunterschiede werden in Rottönen, negative in Blautönen dargestellt.

Transparent bleiben die Werte ohne Fortführung. In der Abbildung 7 ist das Beispiel der ICE-Trasse zu sehen (DOP20-Kachel als Hintergrund).

DGM-Daten können über die Vertriebswege des LVerGeo erworben werden. Die Gebühren berechnen sich nach der Kostenverordnung für das amtliche Vermessungs- und Geoinformationswesen (VermKostVO). Für Behörden der Landesverwaltung und der Kommunen wird nur der Bereitstellungsaufwand in Höhe von 20 v.H. berechnet. Bei Bezug über ein Geoleistungspaket reduzieren sich die Gebühren nochmals um 20%.

Digitale Geländemodelle ab einer Auflösung von 100 Metern (DGM100) gelten als OpenData und werden kostenfrei abgegeben.

## 5. Genauigkeitsbetrachtungen

Im AdV-Produktstandard wird insbesondere die geforderte Höhengenaugigkeit der Gitterpunkte der DGM festgelegt. Dabei wird unterschieden in

- (1) flach bis wenig geneigtes, offenes Gelände und
- (2) stark geneigtes Gelände mit dichter Ve-



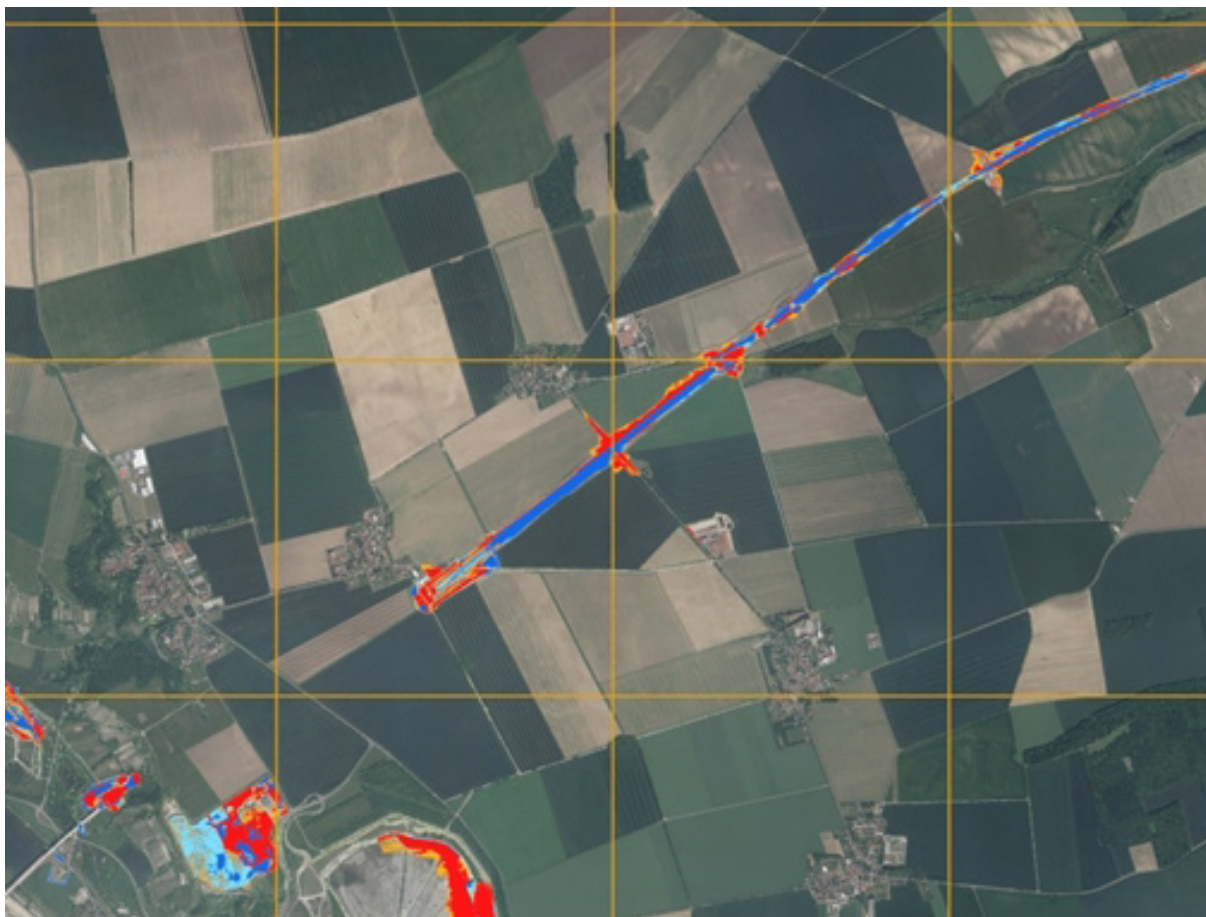


Abb. 7 Darstellung des Fortführungslayers

getation.

Die Formeln zur Berechnung der Höhengenaugkeit lauten:

$\pm 10 \text{ cm} + 5\%$  der Gitterweite für (1) und  
 $\pm 10 \text{ cm} + 20\%$  der Gitterweite für (2).

Für das DGM1 sind somit im flachen Gelände Höhengenaugkeiten von  $\pm 15 \text{ cm}$  und im stark geneigtem Gelände bis zu  $\pm 30 \text{ cm}$  maßgebend. Mit einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95% liegen die Höhenpunkte in einer DGM1-Kachel in diesen Bereichen. Es muss beachtet werden, dass sich hierbei auf die absolute Höhengenaugkeit bezogen wird. Die relative Höhengenaugkeit (Beziehung benachbarter Punkte) ist als wesentlich höher einzuschätzen.

Wie bereits unter 1.) erläutert, wurde das Ergebnis der Laserscanbefliegung anhand von Kontrollflächen bezüglich der Höhengenaugkeit untersucht und im Sinne der Vorgaben der AdV abgenommen. Um belastbare Aussagen für die mittels

Matchingverfahren fortgeführten Gebiete zu erlangen, wurden 2013 in 15 Untersuchungsgebieten Messungen – unabhängig von den 2009 bestimmten Referenz- und Kontrollflächen – durchgeführt. Die Messpunkte wurden so gewählt, dass die o. g. Geländetypen beurteilt werden können. Als Messverfahren kam wie 2008/2009 eine satellitengestützte Höhenbestimmung (GNSS-Empfänger) unter Nutzung des Dienstes SAPOS®-HEPS zum Einsatz. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass das Verfahren selbst eine Höhengenaugkeit von  $\pm 2$  bis  $6 \text{ cm}$  ermöglicht.

Wie zu erwarten war, konnte das Ergebnis für die Laserscandaten bestätigt werden. Die Werte lagen deutlich unter den Vorgaben der AdV. Aber auch für die Matchingdaten kann bis auf wenige Ausreißer festgehalten werden, dass die Qualitätsparameter eingehalten werden.

Um diese Genauigkeit zu erreichen, wurde

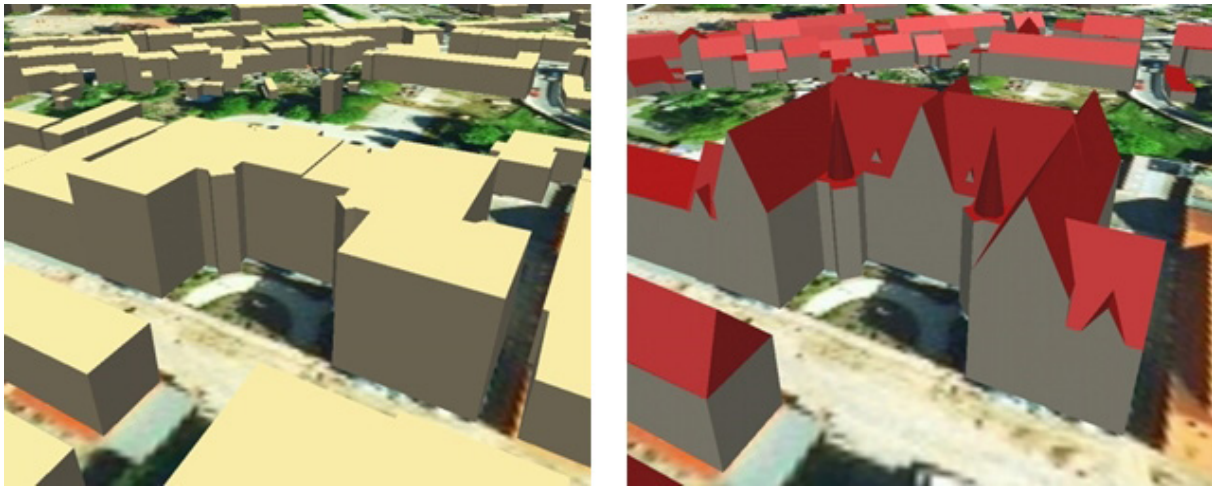


Abb. 8 3D-Gebäudemodell im Detaillierungsgrad LoD1 und LoD2



Abb. 9 Neuableitung der Reliefelemente der Topographischen Karten

in der Fortführungsstrategie ein entscheidender Schritt eingebaut. Die partiell fortgeführten Flächen sind stringent auf die in der Realwelt geänderten Geländebereiche begrenzt. Für diese Bereiche erfolgt eine logische und nachbarschaftstreue Einbindung in das umschließende (aus Laserscandaten abgeleitete) DGM1. Dabei wird eine lokale Korrektur berücksichtigt und eingerechnet. Im Ergebnis sind die neuen DGM1-Daten „harmonisch“ in die nicht fortgeführten Daten des DGM1 eingebunden.

## 6. Fazit und Ausblick

Die Anwendungsmöglichkeiten der nun landesweit vorliegenden Laserscandaten und des daraus abgeleiteten DGM1 sind sehr vielschichtig. Im Rahmen des Kolloquiums „Nutzung von Laserscanhöhendaten für angewandte Umwelt- und geowissenschaftliche

Fragen in Sachsen-Anhalt“ am 27. Februar 2014 wurde das deutlich vermittelt.

Auch im LVerGeo konnten auf dieser Grundlage diverse Projekte angeschoben und z.T. schon umgesetzt werden. So wurde landesweit ein 3D-Gebäudemodell im Detaillierungsgrad (engl.: level of detail) LoD1 produziert und für die Umsetzung der EU-Umgebungslärmrichtlinie (RL 2002/49/EG) bereitgestellt. Das Folgeprojekt – die Ableitung eines 3D-Gebäudemodells nach LoD2 – hat begonnen (Abb. 8).

Ein weiteres Projekt hat jetzt historische Ausmaße. Nach fast 60 Jahren werden ab 2014 die Reliefelemente der Topographischen Karten auf der Grundlage des DGM1 neu ermittelt und sukzessive erneuert. Insbesondere betrifft das die Höhenlinien, Höhenpunkte und Böschungen. Entsprechende Datenbestände wurden bereits generiert

und werden nun bei der Neuauflage der einzelnen Topographischen Karten verwendet (Abb. 9).

Implizit gewinnen fast alle im LVerGeo erzeugten Produkte der Geotopographie, da die Wertschöpfungskette mit der Auswertung von Luftbildern beginnt. Die Qualität der Digitalen Orthophotos ist im hohen Maß von dem für die Entzerrung eingesetzten DGM abhängig. Mit dem hochgenauen DGM1 steht jetzt dafür eine exzellente Grundlage zur Verfügung.

Es ist festzustellen, dass bei der Erfassung, Speicherung, Fortführung und Nutzung von Reliefinformationen ein Paradigmenwechsel stattgefunden hat. Bis in die 1990er Jahre hinein stellten die Topographischen Karten (TK) das alleinige Medium dafür dar. Heute übernehmen Digitale Geländemodelle – in Sachsen-Anhalt das DGM1 – diese Rolle. „Eine“ Anwendung ist die Ableitung von Höhenlinien und anderen Reliefelementen der Topographischen Karten.

## **7. Literatur**

- VON WNUCK, A. & PATZSCHKE, S. (2010): Aufbau eines hochauflösenden Digitalen Geländemodells in Sachsen-Anhalt. Zeitschrift für das öffentliche Vermessungswesen des Landes Sachsen-Anhalt (LSA VERM), 16. Jahrgang, Heft 1, Seite 35-48
- KOUKAL, T. (2013): Abbildung aus dem Vortrag „Oberflächenmodelle aus Luftbildern – Eine Alternative?“ Tagung „Laserscanning - wo stehen wir?“, Wien, 30.04.2013