

Baden-Württemberg vierdimensional – Von der Landschaftsdokumentation zum Landschaftsmonitoring

Manfred Gütlinger und Berthold Klauser

Zusammenfassung

Das Erheben und Bereitstellen aktueller und qualitätsgesicherter Geobasisinformationen sind nach dem Vermessungsgesetz für Baden-Württemberg die wesentlichen Aufgaben der staatlichen Vermessungsverwaltung. Die Geobasisinformationen gilt es laufend zu aktualisieren und bedarfsoorientiert weiterzuentwickeln. Darüber hinaus gewinnt die Nutzung »historischer«, d.h. nicht nur aktueller Geobasisdaten zunehmend an Bedeutung, um darauf in Kombination mit unterschiedlichen Fachinformationen Monitoringverfahren aufzubauen. Die Entwicklung und performante Bereitstellung von Geobasisdaten in Zeitreihen sowie die automatisierte Detektion der Landschaftsobjekte und Landschaftsveränderungen (change detection) sind Zukunftsaufgaben und stellen große Herausforderungen nicht nur für das Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung (LGL), sondern auch für die Soft- und Hardwareentwicklung dar.

Summary

One of the essential tasks of the state surveying authorities according to the surveying laws of Baden Württemberg is to gather and provide current and quality controlled geoinformation. Geoinformation needs to be constantly updated and

developed demand-oriented. Furthermore, the use of »historical« reference data, meaning not only current reference data, becomes more important in order to set up monitoring processes in combination with various specialized information. The development and performant provision of reference data in time series, as well as automated detection of landscape objects and landscape changes are future tasks. These are major challenges not only for the State Office for Spatial Information and Land Development (Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung, LGL), but also for the software and hardware development.

Schlüsselwörter: Geobasisinformationen, Landschaftsmodell, Geländemodell, Gebäudemodell, Monitoring, Zeitreihe

1 Ausgangssituation

Seit rund 200 Jahren werden durch amtliche Vermessungen kontinuierlich die Flurstückseinteilung und die tatsächlichen Verhältnisse am Grund und Boden im Liegenschaftskataster sowie die Erscheinungsformen der

Landschaft nach Gestalt und Nutzung und deren Veränderungen durch die Topographie und Kartographie in einheitlichen Bezugssystemen dokumentiert. Seit Beginn der elektronischen Datenverarbeitung werden diese sogenannten Geobasisinformationen in maschinenverarbeitbaren, digitalen Modellen geführt und den Nutzern zur Verfügung gestellt.

Im Folgenden wird – ausgehend von den aktuell im Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem (ATKIS®) geführten topographischen Modellen – das Entwicklungs- und Nutzungspotenzial der landschaftsbeschreibenden Geobasisinformationen hin zu einer zunehmend automationsgestützten Veränderungsdetektion (change detection) und Bereitstellung von Zeitreihen aufgezeigt.

2 Zweidimensionale Landschaftsmodelle

Digitale Landschaftsmodelle (DLM) beschreiben die Landnutzung sowie die Erscheinungsformen und Sachverhalte

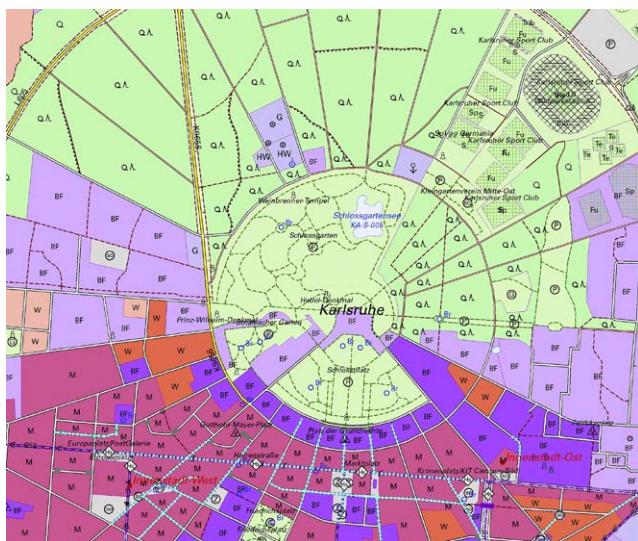


Abb. 1: Basis-DLM, Innenstadt Karlsruhe

der Erdoberfläche durch topographische Grundrissobjekte in zweidimensionalen Situationsmodellen. Die objektstrukturierten Vektoridata beinhalten punktförmige Elemente (z.B. Türme), linienförmige Landschaftsstrukturen (z.B. Verkehrswege) sowie flächenförmige Landschaftselemente (z.B. Siedlungsgebiete, Vegetations- oder Wasserflächen). Die Eigenschaften der Objekte werden durch Attribute (z.B. Straßenklassifizierung, Art der Vegetation), Namen und Relationen noch detaillierter beschrieben. Die Objektarten und deren Eigenschaften sind bundeseinheitlich im ATKIS®-Objektartenkatalog (ATKIS®-OK) festgelegt.

Die amtlichen digitalen Landschaftsmodelle werden in unterschiedlichen Detaillierungsgraden geführt. Den höchsten Detaillierungsgrad besitzt das Basis-DLM (Abb. 1). Mit automatischen Verfahren, bei denen seman-

tische und geometrische Generalisierungen durchgeführt werden, werden aus dem fein strukturierten Basis-DLM das größer strukturierte DLM50 und weitere DLM abgeleitet.

Die Lagegenauigkeit der DLM beträgt für die wesentlichen linearen Objekte (Straßenachsen, Fahrbahnachsen, Bahnstrecken und Gewässerachsen) ± 3 m. Das Basis-DLM steht in Baden-Württemberg seit 1997 landesweit zur Verfügung und wird seither ständig aktualisiert und inhaltlich erweitert.

Die DLM bilden die Grundlage für Geoinformationssysteme (GIS), für weitere raumbezogene Fachinformationssysteme sowie für die Fertigung analoger und digitaler topographischer Karten (DTK), die zusätzlich das Relief aus dem Digitalen Geländemodell (DGM) in Form von Höhenlinien und singulären Höhenpunkten enthalten.

3 Dreidimensionale Höhenmodelle

Unter digitalen Höhenmodellen versteht man die Menge der digital gespeicherten Höhen von regelmäßig oder unregelmäßig verteilten Punkten, die die Höhenstruktur eines beliebigen Objekts hinreichend präsentieren (DIN 18709-1). Bei digitalen Geländemodellen sind dies in der Regel Gitterstrukturen, die eng genug sind, um das Gelände ausreichend genau zu beschreiben. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird meist der Begriff 3D-Modelle verwendet, obwohl die Landschaftsformen nur in einer 2,5D-Datenstruktur abgebildet werden, d.h. jeder Lagekoordinate wird nur ein Höhenwert zugeordnet.

Digitale Geländemodelle (DGM) modellieren die reine Erdoberfläche ohne Bauwerke und Vegetation. Künstliche Objekte sind nur dann Bestandteil des DGM, wenn sie landschaftsprägend sind und die ursprüngliche Geländeform ersetzen (z.B. Dämme, erddeckte Wasserbehälter oder militärische Anlagen). Digitale Oberflächenmodelle (DOM) modellieren die Landschaft einschließlich Vegetation, Bauwerke und sonstiger Objekte. Beide Höhenmodelle werden entsprechend der jeweiligen konkreten Aufgabenstellung verwendet, das DGM z.B. in der Wasserwirtschaft, beim Verkehrswegebau und für unterschiedlichste Planungsvorhaben, das DOM beispielsweise für Simulationen von Emissionen/Immissionen (z.B. Lärm, Funkausstrahlung) oder der Nutzung regenerativer Energien (Windkraft, Solarenergie, Biomasse u.a.).

3.1 Digitales Höhenmodell 1989

Mit dem digitalen Höhenmodell (DHM BW) des damaligen Landesvermessungsamtes stand in Baden-Württemberg ab 1989 der erste digitale Datenbestand zur Beschreibung der Geländeform in einer Gitterweite von 50 m zur Verfügung (Gütlinger et al. 2001). Als Datengrundlage dienten

Höhenprofile, die aus stereoskopischen Luftbildern der Jahre 1972 bis 1981 ermittelt wurden. Teilweise ist vor allem in dichten Waldgebieten die Vegetationsoberfläche modelliert. Damit repräsentiert das DHM BW zum Teil die Erdoberfläche, zum Teil die Vegetationsoberflächen und stellt weder ein reines DGM noch ein DOM dar. Die Höhengenauigkeit des DHM BW liegt in stetigem Gelände bei ca. 2 bis 3 m. In topographisch schwierigem Gelände sind größere Abweichungen möglich. Eine Fortführung des DHM BW erfolgte nicht.

3.2 Digitales Geländemodell 2008, Digitales Oberflächenmodell 2009

Die qualitativen Mängel des DHM BW führten 1999 zu dem Beschluss, für die gesamte Landesfläche von Baden-

durch Bodenpunkte (LGL). Die Einrichtung des landesweiten Laserscan-DGM wurde 2008 abgeschlossen.

Die Daten der First-pulse-Aufzeichnung bildeten die Grundlage zur Ableitung eines DOM mit einer Gitterweite von 5 m. Diese Punktwolke wurde nur automatisch klassifiziert und nicht manuell nachbearbeitet. Das landesweite DOM steht seit 2009 zur Verfügung.

4 Aktualisierung der topographischen Modelle

Das Basis-DLM und die daraus abgeleiteten weiteren DLM werden kontinuierlich aktualisiert (siehe auch www.lgl-bw.de). Als Datengrundlagen dienen – neben Änderungsinformationen der Veränderungsverursacher (z.B. Kommunen, Straßenbau) und Vor-Ort-Erhebungen

zur spaltenaktuellen Fortführung – vor allem die Digitalen Orthophotos (DOP, maßstäbliche, georeferenzierte Luftbilder), derzeit mit einer Bodenauflösung von 20 cm × 20 cm. Bereits seit dem Jahr 1968 führte das damalige Landesvermessungsamt flächendeckend für Baden-Württemberg Bildflüge im Sommer im 5-Jahres-Turnus durch. Das LGL setzt diese Befliegungen seit dem Jahr 2009 im 3-Jahres-Turnus fort.

Durch die Weiterentwicklung der digitalen Bildverarbeitungsverfahren hat die Nutzung stereoskopischer Luftbilder zur Ableitung von 3D-Informationen eine Renaissance erfahren. Die Datengrundlage zur Aktualisierung des Laser-DGM bilden deshalb überwiegend stereoskopische Luftbilder aus flächendeckenden (unbelaubten) Frühjahrsbefliegungen der Jahre 2011 bis 2014 in einer Bodenauflösung von 10 cm. Ab 2015 finden 10 cm-Frühjahrsbildflüge lokal und bedarfsorientiert statt. Als weitere Datenerfassungsmethoden werden lokal Airborne-Laserscanbefliegungen, Bildflüge mit Unmanned Aerial Systems (UAS) und das terrestrische Laserscanverfahren (TLS) eingesetzt. Die Wahl des jeweiligen Verfahrens orientiert sich vor allem an den örtlichen Gegebenheiten (z.B. Vegetation) sowie an wirtschaftlichen Gesichtspunkten.

Statt einer lokalen Aktualisierung des Laser-DOM plant das LGL, als neues Produkt ein bildbasiertes DOM einzuführen, das aus den dreijährigen zyklischen Sommerbildflügen (s.o.) abgeleitet wird. Die Aktualisierung erfolgt dann großflächig durch Neuberechnung für den gesamten Block einer Jahresbefliegung.

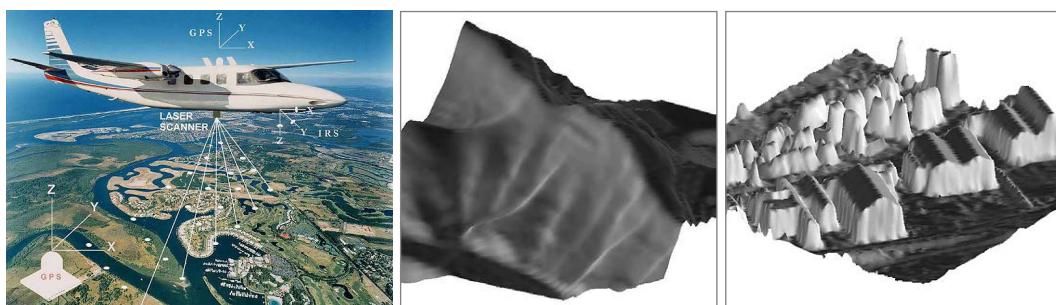


Abb. 2: Laserscanbefliegung, DGM und DOM

Württemberg ein neues DGM einzurichten (Gütlinger et al. 2001, Schleyer 2001). Als erstes Bundesland der Bundesrepublik Deutschland entschied sich Baden-Württemberg für die Datenerfassung der ca. 36.000 km² mit dem Verfahren des Airborne Laserscanning (Abb. 2). Die Befliegungen fanden in den Wintermonaten der Jahre 2000 bis 2005 statt. Die Datenerfassung erfolgte in einer Punktdichte von ca. einem Punkt pro m² und der Aufzeichnung der ersten und letzten Reflexion (first-pulse, last-pulse).

Die Aufnahmepunktwolke wurde in Punkte, welche die Geländeoberfläche repräsentieren (Bodenpunkte), und in übrige Punkte (Nichtbodenpunkte) unterschieden. Die Klassifizierung erfolgte in einem ersten Schritt automatisch durch die Befliegungsfirma, in einem zweiten Schritt wurde diese manuell beim LGL überprüft und korrigiert. Für die manuelle Korrektion wurden aus den automatisiert abgeleiteten Bodenpunkten Schummerungsbilder und Höhenliniendarstellungen erzeugt. Mittels Profilen über die Punktwolke und unter Zuhilfenahme der Schummerungsbilder und Höhenliniendarstellungen konnten fehlerhaft klassifizierte Punkte der jeweils anderen Klasse zugeordnet werden. Das Ergebnis war eine »bereinigte Bodenpunktwolke«, aus der das endgültige DGM-Gitter mit einer Gitterweite von 1 m interpoliert wurde. Die Höhengenauigkeit liegt im Durchschnitt bei 0,1 bis 0,2 m in Gebieten mit ausreichender Abdeckung

5 Objektstrukturierte 3D-Modelle

Die existierenden 3D-Modelle DGM und DOM modellieren die Landschaft nur undifferenziert mittels Rasterpunkten. Für eine realitätsnahe Darstellung der Landschaft und für eine automationsgestützte Weiterverarbeitung der dreidimensionalen Informationen ist jedoch eine strukturierte, differenzierte und klassifizierte Modellierung der Landschaftsobjekte erforderlich. Die Entwicklung automatisierter Verfahren der Objekterkennung aus Geobasisinformationen unterschiedlicher Formate (Raster-, Vektordaten) und die Überführung in neue semantische, attributierte Vektordaten ist in Ansätzen bereits realisiert, stellt aber eine große Herausforderung an künftige Softwareentwicklungen dar.

5.1 3D-Gebäudemodelle

Mit der Einrichtung landesweiter dreidimensionaler Gebäudemodelle begann das LGL mit dem Aufbau der objektstrukturierten dreidimensionalen Landschaftsmodel-

tung der Gebäudeformen und das (aktualisierte) DGM als Geländebezug. Defizite im Gebäudebestand des Liegenschaftskatasters sollen durch automatisierte Verfahren der Veränderungsdetektion erkannt und durch zeitnahe Gebäudeaufnahmen für das Liegenschaftskataster beseitigt werden.

Die Produktion landesweiter 3D-Gebäudemodelle LoD2 für ca. 6 Millionen Gebäude erfolgt nach einem dreigliedrigen Stufenplan, wobei sukzessive die Qualität und Aktualität gesteigert wird. Seit Ende 2013 stehen automatisch produzierte, »vorläufige« 3D-Gebäudemodelle mit noch reduzierter Aktualität und Qualität zur Verfügung. Daraus können landesweit LoD1-Gebäudemodelle abgeleitet und die Forderungen der AdV erfüllt werden. Seit 2014 wird, ebenfalls durch automatisierte Verfahren und unter Verwendung aktueller Befliegungsergebnissen, die Aktualität und Qualität deutlich verbessert. Die abschließende interaktive Nachbearbeitung, mit dem Ziel eines endgültigen, vollständigen LoD2-Datenbestands, erfolgt sukzessive nach Bedarf. Bereits existierende, kommunale 3D-Gebäudedaten sollen, soweit sie die erforderlichen Standards erfüllen, in den Datenbestand des LGL

integriert werden, um so den Nutzern flächendeckend einen einheitlichen, aktuellen und qualitativ hochwertigen 3D-Gebäudedatenbestand bereitzustellen zu können.

3D-Gebäudemodelle bilden die Grundlage für eine Vielzahl von Anwendungen, von denen hier nur einige exemplarisch erwähnt werden sollen (InGeoForum, www.ingeforum.de):

- 3D-Visualisierung, Sichtbarkeitsanalysen,
- Anschauliche, realitätsnahe Grundlage für Bürgerpartizipation und politische Entscheidungen,
- Stadt- und Bauleitplanung,
- Baugenehmigungsverfahren (digitaler Bauantrag in 3D),
- Energiepotenzial- und Energiebedarfsanalysen,
- Ausbreitungsanalysen für Schadstoffe, Lärm, Funkwellen,
- Sozioökonomische Untersuchungen,
- Versicherungs-, Immobilien- und Finanzwesen,
- Innere Sicherheit, Risikovorsorge, Katastrophenmanagement,
- Tourismus.

Ein großer Vorteil der Gebäudemodelldaten besteht in der Flexibilität für den Anwender, der die Daten des LGL als »Grundgerüst« nutzen und, z.B. durch die Erweiterung mit eigenen fachlichen Attributen, auf seine spezielle Nutzung anpassen kann.

Zur Markteinführung des neuen Produkts stellt das LGL seinen festen Vertragspartnern des öffentlichen Bereichs die 3D-Gebäudemodelle LoD2 in der ersten Qua-



Abb. 3: 3D-Gebäudemodelle LoD1 und LoD2

lierung. Die 3D-Gebäudemodelle beschreiben jedes einzelne Gebäude eindeutig nach Lage und Form und können bedarfsgerecht durch weitere fachliche Attribute ergänzt werden. Die Special Interest Group 3D (SIG 3D, www.sig3d.org) unterscheidet zwischen fünf Detaillierungsgraden (Level of Detail – LoD).

Die Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV, www.adv-online.de) haben sich darauf verständigt, möglichst ab dem Jahr 2013 bundesweit einheitlich 3D-Gebäudemodelle im Detaillierungsgrad LoD1 (Klotzchenmodell) bereitzustellen. Die Einrichtung dreidimensionaler Gebäudemodelle im Detaillierungsgrad LoD2 (Standarddachformen) ist mittelfristig vorgesehen.

Das LGL hat sich aufgrund der flächendeckend vorliegenden dreidimensionalen Basisinformationen primär die Erzeugung von LoD2-Gebäudemodellen zum Ziel gesetzt. Gebäudemodelle im Standard LoD1 können daraus bei Bedarf abgeleitet werden (Abb. 3). Als Datengrundlage dienen die Gebäudegrundrisse des Liegenschaftskatasters, die 3D-Punktwolken der landesweiten Laserscanbefliegung der Jahre 2000 bis 2005 und der seit 2011 erfassten stereoskopischen 10 cm-Luftbilder für die Ablei-

litätsstufe für die interne Nutzung kostenlos zur Verfügung. Rückmeldungen über Erfahrungen im Umgang mit den Daten, Kritik und Verbesserungsvorschläge der Anwender sind erwünscht und werden, soweit realisierbar, in die Weiterentwicklung der Produkte einfließen. Einige Städte und Landkreise nutzen die Daten bereits (neben den typischen Anwendungsbereichen einer Stadtverwaltung) für die Entwicklung von Energiebedarfsanalysen. Es ist geplant, die Gebäudemodelle für die nächste Stufe der europaweiten Lärmkartierung zu nutzen.

Die landesweite Aktualisierung der 3D-Gebäudemodelle erfolgt aufgrund von Veränderungen im Gebäudebestand des Liegenschaftskatasters über Differenzdatenbestände. Zur Aktualisierung der 3D-Informationen dienen in erster Linie die hochauflösten stereoskopischen Luftbilder und Laserscanbefliegungen des LGL. Alternative und ergänzende Erfassungsmethoden, wie terrestrisches Laserscanning, Befliegungen mit UAS oder die Ableitung aus Bauakten, werden untersucht. Bei UAS-Befliegungen führen insbesondere die flugrechtlichen Bestimmungen für besiedelte Gebiete derzeit noch zu Einschränkungen beim Einsatz dieses Verfahrens. Dreidimensionale Gebäudeaufnahmen für das Liegenschaftskataster sind in Baden-Württemberg kurzfristig nicht zu erwarten.

5.2 3D-Landschaftsmodelle

Die dreidimensionale Klassifizierung der Landschaft in ähnlicher Weise wie die zweidimensionale Objektstrukturierung der Landnutzung in den DLM und eine weitgehende Integration der derzeit getrennt geführten zweidimensionalen und dreidimensionalen Modelle stellen die Zukunft der Landschaftsmodellierung und -präsentation dar.

Mit der Einrichtung der 3D-Gebäudemodelle begann das LGL mit der objektstrukturierten dreidimensionalen Modellierung der Landschaft (Klauser 2013, Gütlinger 2014). Als weitere Landschaftselemente sollen beispielsweise die Vegetation in unterschiedlichen Höhenstufen und Vegetationsarten, Bauwerke wie Brücken oder wasserwirtschaftlich relevante Objekte aber auch Infrastruktureinrichtungen der Energiewirtschaft dreidimensional modelliert werden (Abb. 4). Darüber hinaus bedarf auch die reine Geländeoberfläche einer Differenzierung durch dreidimensionale Strukturelemente wie Kanten, Rücken- oder Muldenlinien zur Modellierung von Böschungen, Dämmen, Bachläufen u. a.

Nach Erkenntnissen des LGL finden objektstrukturierte 3D-Landschaftsmodelle als Basisdatenbestand zunehmend Interesse in der Forst- und Landwirtschaft, z.B. für die Ermittlung von Biomasse, bei der Wertermittlung in Flurneuordnungsverfahren, bei landwirtschaftlichen Subventionskontrollen, für Streuobstkartierungen, aber auch für Sichtbarkeitsanalysen, Verschattungssimulationen, Freiraumüberwachung oberirdischer Stromleitungen,

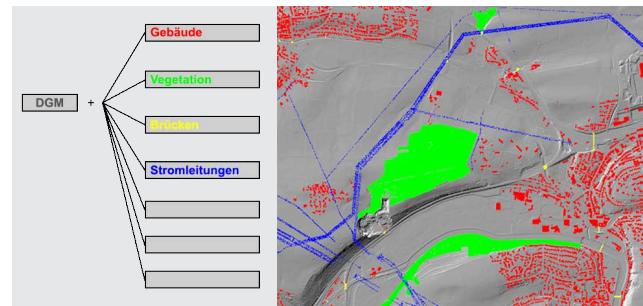


Abb. 4: Dreidimensionale Objektklassifizierung

Analysen unterschiedlicher Emissionen und Immissionen, im Tourismus und vieles mehr. Ergänzt durch eigene Fachinformationen der Anwender entstehen damit Datengrundlagen für völlig neue Methoden der Analyse, Simulation, Planung und Durchführung sowie der Visualisierung von Projekten mit der notwendigen Öffentlichkeitsarbeit, Bürgerbeteiligung und Präsentation in politischen Gremien.

Die Kompatibilität bzw. Integration der zwei- und dreidimensionalen Geobasisdaten ist anzustreben. Aufgrund unterschiedlicher Modellierungsansätze wird kurzfristig eine vollständige Zusammenführung der Datenbestände nicht möglich sein (linien- und punktförmige Objekte im DLM versus Volumenkörper in den 3D-Modellen).

6 Vierdimensionale Modelle

»Wer die Vergangenheit nicht kennt, ist dazu verurteilt, sie zu wiederholen.«

Dieses Zitat des spanischen Philosophen George Santayana (1863–1952) macht im übertragenen Sinne deutlich, dass für zukunftsweisende Planungen und Vorhaben die Kenntnis der historischen Entwicklung unverzichtbar ist. Dies gilt in besonderem Maße auch für sämtliche Veränderungen in der Landschaft und Natur durch anthropogene Einflüsse und natürliche Ereignisse.

Zur Dokumentation von Veränderungen der Landschaft im Zusammenhang mit natürlichen, ökonomischen, ökologischen und soziologischen Veränderungen ist deshalb die Entwicklung und Bereitstellung multitemporaler Geobasisinformationen in Zeitreihen notwendig. Darauf aufbauend sind künftige Entwicklungen zielorientiert, nachhaltig und umweltschonend zu planen und zu realisieren. Auch hier lässt sich eine Fülle potenzieller Anwendungen prognostizieren:

- Natürliche Landschaftsveränderungen durch Erosion, Wasserlaufveränderungen, Vegetationswandel, Klimaveränderungen,
- Entwicklung von Ballungszentren mit Auswirkungen auf die Siedlungsstrukturen,
- Entwicklung des ländlichen Raums,
- Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur,
- Veränderungen in der Land- und Forstwirtschaft,

- Monitoring von Flurneuordnungsverfahren, insbesondere bezüglich Erhaltung des ökologischen Mehrwerts,
- Energiewirtschaft, Nutzung alternativer Energien,
- Naturschutz,
- Tourismus,
- Dorf- und Stadtentwicklung unter Berücksichtigung der allgemeinen Bevölkerungsentwicklung und des demografischen Wandels, Stadt- bzw. Landflucht,
- Forschung und Wissenschaft,
- Rechtsgutachten, Wertermittlung, Finanz- und Immobilienwirtschaft,
- Deformationsanalysen,
- Kampfmittelbeseitigung, Katastrophenschutz
- u. v. m.

6.1 Zeitreihen, Veränderungsdetektion, Monitoring

Geoinformationen in Zeitreihen existieren derzeit überwiegend in Form analoger historischer Kartenwerke und Luftbilder (Abb. 5). Digitale Karten und Luftbilder in Zeit-

mige und langfristige Entwicklungen nutzbar sein. Die zwei- und dreidimensionalen Geobasisinformationen – in Form von Rasterdaten (z.B. DOP, DTK), Gitterstrukturen (z.B. DGM, DOM) und objektstrukturierten Vektordaten (z.B. DLM, 3D-Gebäudemodelle), ergänzt durch Metadaten – sind so aufzubereiten und bereitzustellen, dass daraus mit automatisierten Verfahren Veränderungen detektiert werden können (change detection). Diese Veränderungsdetektion ist wiederum Voraussetzung für die Entwicklung mittel- und langfristiger Monitoringverfahren. Für den konkreten Fall der Erkennung von Defiziten im Gebäudebestand des Liegenschaftskatasters zur Produktion der 3D-Gebäudemodelle sind kurzfristig automatisierte Verfahren zur Veränderungsdetektion einzurichten.

Letztlich sind aber sämtliche Entwicklungen am Bedarf der Nutzer zu orientieren. Geobasisinformationen in Zeitreihen und die Ergebnisse der Veränderungsdetektion eröffnen den Nutzern die Möglichkeit, sich die für den konkreten Bedarf notwendigen Daten individuell selbst zusammenzustellen, frei nach dem Motto: 4DoD = 4D-Modelle on demand.

Als einige wenige Beispiele für bereits existierende Anwendungen seien hier die Dorf- und Stadtentwicklung, der Nachweis der landwirtschaftlichen Nutzung, die Abgrenzung sogenannter Hebungsglocken nach Geothermiebohrungen, die Überwachung von Geländeänderungen bei Baumaßnahmen (Abb. 6), die Entwicklung des landschaftsprägenden Streuobstbestands, die Kampfmittelbeseitigung oder der Aufbau eines Monitoringverfahrens für den Nationalpark Schwarzwald genannt.



Abb. 5: Schwarzwald bei Baden-Baden: 1995, 2000 (nach Sturm »Lothar«) und 2014



Abb. 6: Relief der Schnellbahnstrecke »Rheintal«: vor Ausbau, nach Ausbau, Veränderung

reihen werden nur vereinzelt lokal, auch über Web-Anwendungen (z.B. in sogenannte »BürgerGIS«), präsentiert.

Dreidimensionale Landschaftsveränderungen werden fast nur in konkreten Einzelfällen dokumentiert, z.B. bei Baumaßnahmen, Erdmassenberechnungen in Flurneuordnungsverfahren oder Volumenberechnungen für Deponieanlagen.

Die Einrichtung von Zeitreihen darf jedoch nicht lokal beschränkt bleiben, sondern muss auch für großräu-

6.2 Ressourcen, Infrastruktur

Die Einrichtung von Zeitreihen, Veränderungsdetektionen und Monitoringverfahren erfordert die Nutzung aller vorhandenen Ressourcen, die Erschließung weiterer Datenquellen und den Aufbau einer performanten Infrastruktur. Dazu sind intelligente Verfahren für das gesamte Datenmanagement (Datenerhebung, Produktion, Daten-

haltung und -bereitstellung) zu entwickeln. Als Datengrundlage sind alle existierenden digitalen Geobasisinformationen zu nutzen, sowohl rasterbasierte Bilddaten als auch gitterstrukturierte 3D-Modelle und semantische Vektordaten. Die Methoden der Datenerfassung werden beim LGL nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten laufend weiterentwickelt. Etablierte Verfahren, wie großflächige Bild- und Laserscanbefliegungen, werden durch weitere Erfassungsmethoden, wie terrestrisches Laserscanning und UAS-Befliegungen, für kleinräumige Gebiete ergänzt.

Es ist zu erwarten, dass die Nutzung unterschiedlicher Satellitensysteme, sowohl optische als auch Radarsysteme, an Bedeutung deutlich zunehmen wird. Die Daten des Copernicussystems (Copernicus 2015) werden, u. a. für die Detektion von Veränderungen, eine wesentliche Rolle spielen. Hochauflöste, multispektrale und multitemporale Satellitenbilddaten werden sich langfristig in den Vermessungsverwaltungen etablieren.

In seiner Rolle als Kompetenzzentrum für Fernerkundung und für photogrammetrische Dienstleistungen erhebt und bündelt das LGL den Bedarf an Fernerkundungs- und Photogrammetrieprodukten für den öffentlichen Bereich in Baden-Württemberg. Dazu zählt auch das Bemühen um die Übernahme vorhandener, qualitätsgesicherter Daten öffentlicher Institutionen in den Datenbestand des LGL. Dadurch werden kostenintensive Mehrfachbefliegungen und -auswertungen reduziert. Zusätzlich zu der kontinuierlichen Erfassung aktueller, digitaler Daten wird die Digitalisierung historischer, analoger Vorlagen, wie z. B. der Luftbilder zur Kampfmittelbeseitung, notwendig werden.

In der Datenverarbeitung sind die existierenden Prozessketten zur Erzeugung der Standardprodukte um Module zur automatisierten Objekterkennung, Modellierung und Veränderungsdetektion zu erweitern. Zur Steigerung der Effektivität ist der Automationsanteil in der Datenverarbeitung zu erhöhen. Dazu sind die einzelnen Produktionsschritte neu zu strukturieren und in steuerbare, weitgehend automatisiert ablaufende Prozessketten zu integrieren. Die Datenhaltung ist für die Historienverwaltung in Zeitreihen weiterzuentwickeln. Neben der Software ist auch die Hardware den neuen Anforderungen anzupassen.

Eine weitere Herausforderung stellt die Bereitstellung der Produkte für die Nutzer dar. Die neuen Produkte sind in die Vertriebswege zu integrieren und die Bereitstellung der Daten über Web-Anwendungen und die performante Visualisierung und Präsentation der dreidimensionalen Daten und Veränderungen in entsprechenden Online-Viewern zu realisieren.

Zukunftsangaben erfordern nicht nur eine optimale Datengrundlage und eine performante Produktionsinfrastruktur, sondern auch hochqualifiziertes und engagiertes Personal. Hier ist die Politik gefordert, die notwendigen Voraussetzungen zu schaffen und einen zukunftsfähigen Altersaufbau des Personals im LGL zu gewährleisten.

7 Fazit und Ausblick

Der Bedarf an objektstrukturierten dreidimensionalen Landschaftsmodellen, an der Detektion von Landschaftsveränderungen und an Geobasisinformationen in Zeitreihen als Grundlage für vielfältige Monitoringverfahren wird bereits kurzfristig deutlich zunehmen. Dies ist nur durch die Nutzung sämtlicher Methoden der Datenerfassung, durch die Erhöhung des Automationsanteils und die Neustrukturierung der Prozessketten in der Produktion sowie durch eine performante Haltung, Bereitstellung und Präsentation der Produkte erreichbar. Dazu sind weitere Investitionen in die Produktionsinfrastruktur und die Entwicklung intelligenter Verfahren für die Datenproduktion und das gesamte Datenmanagement erforderlich. Das LGL wird als moderner öffentlicher Dienstleister diese Herausforderungen annehmen und die amtlichen Geobasisinformationen entsprechend dem Bedarf der Nutzer und der Gesellschaft weiter entwickeln, stets mit dem Ziel, die Wirtschaftlichkeit im gesamten öffentlichen Bereich des Landes Baden-Württemberg zu steigern.

Literatur

- AdV (2015): www.adv-online.de.
- Copernicus (2015): www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus.
- Gütlinger, M. (2014): Landesweite 3D-Gebäudemodelle für Baden-Württemberg. In: Tagungsband der Hochschule für Technik Stuttgart zum 10. Vermessingenieurtag 2014, Band 138.
- Gütlinger, M., Klauser, B. (2015): Baden-Württemberg vierdimensional. In: Geoinformationssysteme 2015, Beiträge zur 2. Münchener GI-Runde 2015, Wichmann Verlag.
- Gütlinger, M., Schleyer, A., Spohrer, M. (2001): Flächendeckendes, hochgenaues DGM von Baden-Württemberg. In: Mitteilungen des Vereins für Vermessungswesen BW, 48-2. S. 63–77, 2001.
- InGeoForum (2015): 3D-Stadtmodelle, www.ingeoforum.de.
- Klauser, B. (2013): Baden-Württemberg dreidimensional. In: Karlsruher Geowissenschaftliche Schriften, Reihe B, Band 8 »Geomatik aktuell 2013« der Hochschule Karlsruhe Technik und Wirtschaft.
- LGL (2015): www.lgl-bw.de.
- Schleyer, A. (2001): Das Laserscan-DGM von Baden-Württemberg. In: Photogrammetric Week 2001, Wichmann Verlag.
- SIG 3D (2015): Handbuch für die Modellierung von 3D-Objekten, www.sig3d.org.

Anschrift der Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Manfred Gütlinger | Dipl.-Ing. Berthold Klauser
Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL), Abteilung Produktion
Kriegsstraße 103, 76135 Karlsruhe
manfred.gueltlinger@lgl.bwl.de | berthold.klauser@lgl.bwl.de

Dieser Beitrag ist auch digital verfügbar unter www.geodesie.info.