

# Aufbereitung und Nutzung von Laserscanning-Daten in der Landeshauptstadt Wiesbaden

Karl-Heinz Gertloff

## Zusammenfassung

Mit den Ergebnissen einer Laserscanner-Befliegung sind in der Stadt Wiesbaden erstmals vielfältige neue fachliche Anwendungen möglich geworden. Die Nutzung der aus den Daten aufbereiteten Gelände-, Gebäude- und Vegetationshöhen wird anhand einiger Beispiele beschrieben und mit Abbildungen verdeutlicht.

## Summary

*In Wiesbaden the results of an urban LIDAR project are used in various manners. Different technical applications now are possible for the first time. Some examples for the use of heights according to terrain, buildings and vegetation are described and illustrated.*

## 1 Motivation

Im Auftrag des städtischen Vermessungsamtes ist im Jahr 2001 eine Laserscanner-Befliegung des Stadtgebiets Wiesbaden durchgeführt worden. Das ursprüngliche Ziel dieses Auftrags war, aktuelle Höheninformationen für das Gelände in digitaler Form zu erhalten, um insbesondere die Digitale Stadtgrundkarte für das gesamte Stadtgebiet mit der Komponente »Geländehöhen« vervollständigen zu können.

Vom Auftragnehmer wurden bei der Befliegung standardmäßig die Datensätze »first pulse« und »last pulse« aufgezeichnet. Das Stadtrelief mit Gelände, Bebauung und Vegetation ist so mit einer mittleren Informationsdichte von 1 Punkt/5 m<sup>2</sup> vollständig in 3D erfasst worden (Abb. 1).

Damit war eine neue Perspektive für eine erweiterte Aufbereitung der Daten gegeben. Beide Datensätze wurden deshalb für eine umfassende Nutzung der Höheninformationen vom Auftragnehmer nach Vorgaben des Vermessungsamtes für das gesamte Stadtgebiet wie folgt aufbereitet (Gertloff 2002):

- Geländehöhen als regelmäßiges 5-m-Höhenraster
- Geländehöhen als 1-m-Höhenlinien
- Gebäudehöhen
- Vegetationshöhen

Diese Endprodukte der Laserscanner-Befliegung liegen seit dem Frühjahr 2002 im Vermessungsamt vor. Sie wurden in denjenigen städtischen Fachämtern vorgestellt und erläutert, die als potenzielle Nutzer der Daten in Frage kommen. In Zusammenarbeit mit diesen Ämtern wurden daraufhin teils Grundgedanken, teils schon konkrete

Anforderungen formuliert, wie die Daten zur Unterstützung der fachlichen Aufgaben der betreffenden Ämter verwendet werden können. Vom Vermessungsamt sind dazu entsprechende Beispiele aufbereitet worden. Nach Zustimmung des jeweiligen Fachamtes wurden diese dann, soweit noch erforderlich, vom städtischen GIS-Entwicklungsteam endgültig DV-technisch umgesetzt.

Die Daten werden mittlerweile konsequent genutzt und in zunehmendem Maß auch von externen Fachbehörden, Ingenieurbüros und Architekten nachgefragt. Die klassischen Anwendungen des 5-m-Höhenrasters und der 1-m-Höhenlinien für vermessungstechnische, stadtplanerische, tiefbautechnische, umweltbezogene und wasserwirtschaftliche Aufgaben bilden einen Schwerpunkt (z.B. Höhenangaben in Planunterlagen, Geländeschnitte, Trassenprofile, Gefälle des Geländes nach Richtung und Betrag). Den besonderen Stellenwert der Daten für die Fachämter und für die politischen Gremien machen jedoch neue, jetzt stadtweit mögliche Anwendungen aus, die bisher entweder nicht möglich oder mit einem erheblichen technischen und finanziellen Aufwand verbunden waren. Allein schon wegen der Bearbeitungsdauer, aber auch wegen der Kosten für die Datenerfassung und Datenaufbereitung sind entsprechende Anwendungen bisher zumeist unterblieben.

Diese neuen Anwendungen werden im Folgenden vorgestellt. Sie beruhen z.T. auf sehr pragmatischen Lö-



Abb. 1: Laserscanner-Befliegung Wiesbaden; 3D-Visualisierung der Rohdaten im Bereich Kurhaus/Staatstheater (© Eurosense GmbH)

sungsansätzen und berücksichtigen auch die personellen, technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen in der Stadtverwaltung Wiesbaden.

## 2 Geländehöhen

### 2.1 Hochwasserschutz an Rhein und Main

Die Stadtgrenze von Wiesbaden wird auf einer Länge von 13 km vom Rhein und vom Main gebildet. Obwohl hier seit Jahren immer wieder Überschwemmungen auftreten, von denen auch bebaute Gebiete betroffen sind, hat erst das Jahrhundert-Hochwasser der Elbe und ihrer Nebenflüsse im Sommer 2002 die Notwendigkeit für einen vorausschauenden Hochwasserschutz nachhaltig in das Bewusstsein der Kommunalpolitik gerückt und entsprechende Aktivitäten ausgelöst.

Einige Wochen vor diesem Ereignis war im Vermessungsamt das 5-m-Höhenraster verfügbar. Der Katastrophenschutz der Berufsfeuerwehr wurde deshalb sofort über die Möglichkeiten für eine verbesserte Hochwasservorsorge informiert, die mit dieser neuen geometrischen Grundlage gegeben sind, und gebeten, seine fachlichen Anforderungen zu benennen. Danach sollten möglichst folgende Erwartungen erfüllt werden:

- Simulation und Visualisierung von Hochwasser-Szenarien zu beliebigen Wasserständen
- Anwendung auf den gesamten Uferbereich von Rhein und Main im Stadtgebiet
- Navigation in das Zielgebiet über Straße/Hausnummer, Flur/Flurstück oder die Gewässer-Kilometrierung
- Bezug zum Rhein-Pegel Mainz
- großmaßstäbige Aussagen zu besonders interessierenden Grundstücken und Gebäuden
- einfach zu handhabende und transparente Lösung

Die Anforderungen wurden im städtischen Intranet-Auskunftsysteem auf der Basis der Digitalen Stadtgrundkarte realisiert. Auszuwählen bzw. einzugeben sind das Zielgebiet, die Größe des gewünschten Gebietsausschnittes, der Karteninhalt (Bildebenen-Gruppen) und der interessierende Pegelstand des Rhein-Pegels Mainz. Dazu wird automatisch der lokale Korrekturwert zum Pegel Mainz für das betreffende Gebiet ermittelt, der das Fließgefälle von Rhein und Main – mehr als 2 m über die gesamte Uferstrecke von 13 km – berücksichtigt. Der Korrekturwert wird aus den amtlich festgesetzten Wasserspiegel-Höhen des mittleren hundertjährigen Hochwassers (HW100) abgeleitet, die für jeden 200-m-Punkt der Gewässer-Stationierung vorliegen. Die zugehörige überflutete Fläche wird dann in der Weise angezeigt, dass jeder Punkt des 5-m-Höhenrasters, dessen Höhe kleiner als die des berechneten Wasserspiegels ist, mit einer entsprechenden Signatur versehen wird (Abb. 2). Wegen des variablen Korrekturwertes muss diese Anwendung auf Ge-

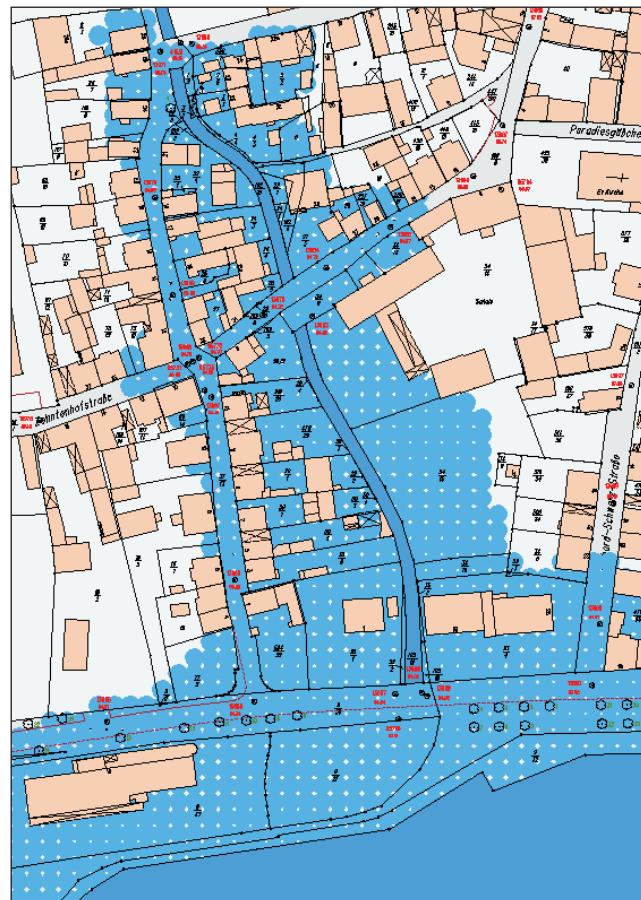


Abb. 2: Hochwasser-Simulation im Intranet-Auskunfts-  
system mit Darstellung des überfluteten Gebietes

bietsausschnitte von max. 500 m Uferlänge begrenzt bleiben.

Auf Grund der Höhengenauigkeit des 5-m-Rasters von  $\pm 15$  cm und des Abstands der Rasterpunkte kann dabei zwar der Einfluss mancher topographischer Objekte und Geländeformen auf hydraulische Prozesse und auf den Hochwasserstand nicht im Detail berücksichtigt werden (z.B. bei Stützmauern und kleinen Böschungen). Trotzdem stellt diese Lösung für den städtischen Katastrophenschutz nach dessen eigenem Bekunden und im Vergleich zu den bisherigen Unterlagen und Vorgehensweisen einen enormen Fortschritt für die Hochwasservorsorge und für die Einsatzplanung dar. In der Digitalen Stadtgrundkarte werden auch cm-genaue, terrestrisch gemessene Höhen der Kanaldeckel in Abständen von maximal ca. 50 m geführt; für den öffentlichen Straßenraum sind deshalb entsprechend genauere Aussagen möglich.

### 2.2 Hochwasserschutz in der Innenstadt

Grundlegend anders ist die Ausgangssituation in der Wiesbadener Innenstadt. Hier treffen mehrere aus dem Taunus kommende Talzüge zusammen. Die betreffenden Bachläufe sind im Bereich der Bebauung weitgehend verrohrt. Selbst bei lokal begrenzten, aber besonders starken

Niederschlägen besteht die Gefahr, dass das Fassungsvermögen der Verrohrung nicht ausreicht und/oder dass deren Einlauf durch Treibgut usw. verstopft wird, so dass das Niederschlagswasser ganz oder teilweise oberirdisch abläuft. Entsprechende Ereignisse in den letzten Jahren sind ein Beleg dafür, dass auch hier ein nicht unerhebliches Hochwasser-Potenzial vorhanden ist.

Ein Ingenieurbüro ist deshalb beauftragt worden, mit einer speziellen Fach-Software das Szenario für den Überlauf der Verrohrung an einer besonders kritischen Stelle für ein Hochwasser mit einer statistischen 500-jährigen Wiederkehrwahrscheinlichkeit (HW500) zu simulieren, weil davon u. a. das Kurhaus, das Staatstheater, das Landesmuseum, die Rhein-Main-Hallen und der Hauptbahnhof betroffen wären. Geometrische Grundlagen dieser Berechnung waren das 5-m-Höhenraster und die Gebäudegrundrisse aus der Digitalen Stadtgrundkarte (SGK). Als Ergebnis sind jetzt für dieses Szenario die zu erwartende Ausdehnung des Hochwassers und dessen zeitlicher Verlauf bekannt. Im Katastrophenfall bilden sie die Grundlage für die zu ergreifenden Maßnahmen.

### 3 Gebäudehöhen

#### 3.1 Grafische Aufbereitung

Im Zusammenhang mit der Planung und der Genehmigung von Hochbauprojekten interessieren Dachhöhen des umgebenden Bestands. Dies gilt in besonderem Maß bei geschlossener Bauweise für das Einfügen eines Neubaus nach einem Gebäudeabbruch an gleicher Stelle.

Vor allem in der dicht bebauten Innenstadt ist die Ermittlung von detaillierten Dachhöhen wegen der dort nur schwer zugänglichen Dachlandschaft messungstechnisch mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Hier hilft eine grafische Aufbereitung der Laserscanning-Gebäudehöhen mit der Diagrammfunktion von MS Excel weiter. Sie ermöglicht auf einfache Weise mit Hilfe des unterlegten Orthofotos die Anzeige der Dachhöhen über dem Gelände an den interessierenden Stellen (Abb. 3). Werden Höhenangaben über NN benötigt, z. B. zu First- oder Traufhöhen, sind die Geländehöhen des 5-m-Höhenrasters an den betreffenden Stellen zu den Gebäudehöhen zu addieren.

Für flächenbezogene städtebauliche Analysen der Bauungshöhen lassen sich die Laserscanning-Gebäudehöhen – ebenfalls mit Hilfe der MS Excel-Diagrammfunktion – zu einer zwar groben, jedoch genügend aussagekräftigen »thematischen Karte« der Gebäudehöhen aufbereiten. Je nach Fragestellung im Einzelfall können die Gebäudehöhen dabei zu beliebigen Höhenklassen zusammengefasst werden (Abb. 4).

Diese grafischen Anwendungen setzen weder eine Spezial-Software noch spezielle DV-Kenntnisse voraus; sie können mit den vorhandenen, im GIS direkt verfügbaren oder per E-Mail vom Vermessungsamt kurzfristig übermittelten Daten von jedermann ausgeführt werden.



Abb. 3: Ermittlung von Dachhöhen am Beispiel Kurhaus Wiesbaden; Aufbereitung der Grafik mit MS Excel

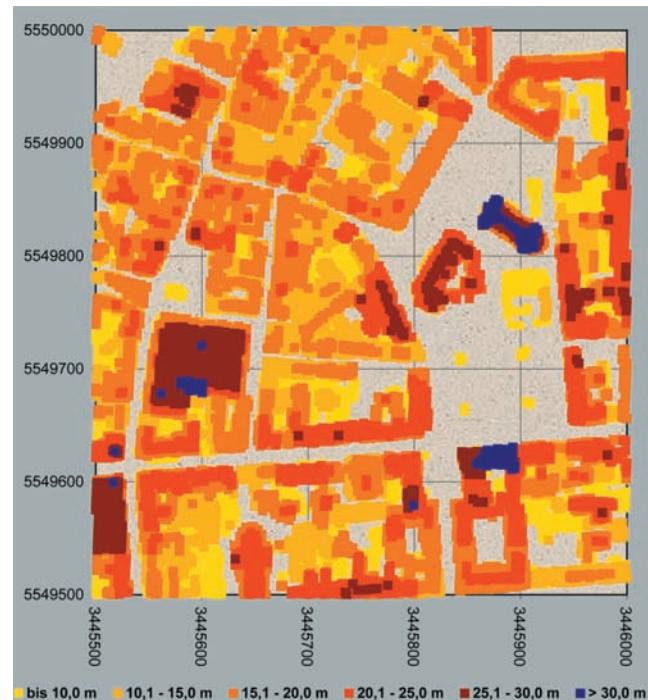


Abb. 4: Höhenstufen der Bebauung in der Wiesbadener Innenstadt; Aufbereitung der Grafik mit MS Excel

Das Vermessungsamt hat den Aufbau eines digitalen 3D-Stadtmodells für das gesamte Stadtgebiet in Auftrag gegeben. Es soll insbesondere für flächenhafte Analysen und Simulationen bei umweltbezogenen Aufgaben, für

#### 3.2 Digitales 3D-Stadtmodell/Grobmodell

Das Vermessungsamt hat den Aufbau eines digitalen 3D-Stadtmodells für das gesamte Stadtgebiet in Auftrag gegeben. Es soll insbesondere für flächenhafte Analysen und Simulationen bei umweltbezogenen Aufgaben, für

projektbezogene Visualisierungen in der Stadtplanung und für die städtische Öffentlichkeitsarbeit eingesetzt werden. Darüber hinaus soll es auch zukünftig zu erwarten den, sich bereits abzeichnenden Anwendungen gerecht werden (Fritsch 2003; siehe dort Beiträge zum Schwerpunktthema »3D-Visualisierung und Animation«). Dazu wird ein 3D-Stadtmodell in zwei Varianten erstellt: als Grobmodell primär für die erstgenannten und als Feinmodell primär für die zweitgenannten Anwendungen.

Für das Grobmodell waren alle benötigten Datengrundlagen in digitaler Form vorhanden:

- Gebäudegrundrisse: SGK-Gebäudegrundrisse, mit Beschränkung auf Grundriss(teil)flächen > 15 m<sup>2</sup>; damit sind Garagen i. d. R. im Grobmodell enthalten, kleine (und entbehrliche) Gartenhäuser dagegen nicht
- Gebäudehöhen: Laserscanning-Gebäudehöhen
- Gelände Höhen: 5-m-Höhenraster
- Geländetextur: digitale Orthofotos der Befliegung 16.4.2003 mit 10 cm Bodenauflösung

Diese Daten konnten vom Auftragnehmer direkt DV-technisch modelliert werden, ohne dass zusätzliche Messungen erforderlich waren. Für die ca. 112.000 Gebäudeobjekte im Stadtgebiet ließ sich damit eine erste Version des Grobmodells in einem Zug realisieren (Abb. 5). Zu jeder einzelnen Grundriss(teil)fläche waren dazu die mittlere Gebäudehöhe als Median der zugeordneten Laserscanning-Gebäudehöhen zu berechnen und ein Kubus mit einem »virtuellen Flachdach« in dieser Höhe über der Grundriss(teil)fläche zu bilden. Die Gebäudeobjekte sind in Baublock-Gebietseinheiten sortiert, einzeln adressiert



Abb. 5: Digitales 3D-Stadtmodell Wiesbaden/Grobmodell; Schrägangsicht (© GTA Geoinformatik GmbH)

und zu jeder Adresse nach Haupt- und Nebengebäuden unternummert.

Auf Grund der topographischen Situation im Stadtgebiet Wiesbaden ist es erforderlich, dass bereits das Grobmodell auf einem digitalen Geländemodell »steht«. Dies unterscheidet sich von Vorgehensweisen andernorts, z. B. von der in Hamburg praktizierten, in vielen Aspekten beispielhaften Lösung (Cieslik 2003). Das Geländemodell wurde dazu vom Auftragnehmer automatisch als Dreiecksnetz aus dem 5-m-Höhenraster generiert, wobei die Größe der Dreiecksmaschen je nach Bewegtheit der Geländeoberfläche variiert. Zusätzlich werden ca. 50 Autobahn-, Straßen- und Eisenbahnbrücken im Stadtgebiet photogrammetrisch gemessen und in das digitale Geländemodell einbezogen.

Der Gebäudenachweis des Grobmodells beinhaltet neben den »virtuellen Flachdächern« noch andere geometrische Vereinfachungen. Sie entstehen dort, wo Höhenversprünge in Gebäuden nicht automatisch modelliert werden können, weil für die Gebäudeteile mit unterschiedlichen Gebäudehöhen nicht die entsprechenden Grundrisssteiflächen in der SGK nachgewiesen sind. Dies betrifft v. a. Kirchen und größere Gebäudekomplexe. Hier werden die Gebäudehöhen über den gesamten Gebäudegrundriss gemittelt; die Modellierung der Gebäude ist dadurch zwangsläufig entsprechend, z. T. sogar extrem verfälscht.

Diese Nachteile werden mit dem Aufbau des Feinmodells behoben. Für das Feinmodell werden in einem über mehrere Jahre laufenden Programm die tatsächlichen Dachformen und Dachhöhen photogrammetrisch gemessen. Die Bearbeitung des Feinmodells begann für die Innenstadt und für ausgewählte Baublöcke im restlichen Stadtgebiet, in denen wichtige, im Grobmodell ungenügend modellierte Gebäude liegen. Die betreffenden Gebäude im Grobmodell werden dann durch die Gebäude des Feinmodells ersetzt. Der weitere Ausbau des Feinmodells erfolgt in Gebietseinheiten von zusammenhängenden Baublöcken und richtet sich nach Prioritäten der Stadtentwicklung.

Das so bezüglich Gelände und Gebäudebestand überarbeitete Grobmodell erfüllt die Voraussetzungen für die o. g. Anwendungen im Umweltbereich und bereits für einen Teil der stadtplanerischen Anwendungen. Für Industrie- und Gewerbegebiete ist das Grobmodell wegen der dort vorherrschenden Flachdächer in geometrischer Hinsicht ohnehin weitgehend mit dem Feinmodell identisch. Für Gebiete mit offener und niedriger Bebauung, z. B. Einfamilien- und Reihenhäuser, reicht i. d. R. bereits das Grobmodell zur Visualisierung und Beurteilung der allgemeinen städtebaulichen Situation aus.

Das digitale 3D-Stadtmodell soll auch den Bau herkömmlicher Modelle bei größeren städtebaulichen Vorhaben ersetzen. Gegenüber dem physischen Modell, das üblicherweise nur aus der Vogelperspektive betrachtet werden kann, liegt ein großer Vorteil des digitalen Modells in der freien Wahl von Betrachtungspositionen.

Visualisierungen aus der Fußgängerperspektive von verschiedenen Positionen aus sind hier besonders überzeugend, um z.B. die Raumwirkung eines Projektes darzustellen und dessen sonst individuell sehr unterschiedliche Wahrnehmung zu objektivieren – ein wichtiger Aspekt gerade bei kontrovers diskutierten städtebaulichen Projekten.

Damit dabei möglichst realitätsnahe Eindrücke erzielt werden, ist die Aufnahme des Baumbestands in das digitale 3D-Stadtmodell unerlässlich – wenigstens im öffentlichen Straßenraum (siehe hierzu auch Abschnitt 4.2). Für die optische Beurteilung einer städtebaulichen Situation aus der Fußgängerperspektive reicht es häufig schon aus, wenn ein Projekt in das Grobmodell mit Straßenbäumen integriert wird, zumal insbesondere bei einer mehrgeschossigen geschlossenen Bauweise die Dachformen aus der Fußgängerperspektive ohnehin nicht zu sehen sind (Abb. 6).



Abb. 6: Digitales 3D-Stadtmodell Wiesbaden/Grobmodell; Straßenraum mit Straßenbäumen aus der Fußgänger-perspektive (© GTA Geoinformatik GmbH)

Bis zum Erreichen einer bestimmten Gebietsausdehnung des Feinmodells und einer regelmäßigen Nachfrage für interne und externe Anwendungen verbleibt die Datenhaltung des 3D-Stadtmodells zunächst beim Auftragnehmer. Im Vermessungsamt wird vorerst nur dessen Viewer-Software eingesetzt; dazu wird der Datenbestand entsprechend aufbereitet und geliefert. Damit ist gewährleistet, dass bei Bedarf individuelle 3D-Ansichten von Gebietsausschnitten insbesondere für stadtplanerische Zwecke, für die politischen Gremien und für die Öffentlichkeitsarbeit kurzfristig erstellt werden können. Für weitergehende Anwendungen und für eine Abgabe an Dritte sollen die Daten bis auf weiteres durch den Auftragnehmer fallweise gesondert aufbereitet werden.

Zusätzlich ist vorgesehen, für das gesamte Stadtgebiet einschließlich Feldlagen und Stadtwald einen kompletten Satz Standard-Perspektivansichten auf das 3D-Stadtmodell im »Blattschnitt« von jeweils einem km-Quadrat zu fertigen und für die städtischen Fachämter bereitzu-

stellen. In diesen Ansichten werden das Grobmodell und das Feinmodell, soweit schon vorhanden, kombiniert. Mit diesem Schritt werden verschiedene Ziele verfolgt:

- Bewusstseinsbildung für die Existenz des digitalen 3D-Stadtmodells
- Nutzung der Standard-Ansichten für Besprechungen, Vorlagen, Broschüren, usw.
- Initierung weiterer und v.a. anspruchsvoller fachlicher Anwendungen
- Erzeugung von Nachfrage für eine konsequente Erweiterung des Feinmodells

Darüber hinaus können die Standard-Ansichten in geeigneten Fällen auch veraltete, aber immer noch nachgefragte Reihen-Schrägaufnahmen ersetzen.

## 4 Vegetationshöhen

### 4.1 Bildebene »Baumkronen« zur Digitalen Stadtgrundkarte

Ebenso wie Gebäude sind auch Bäume stadtbildprägende Objekte. Dies trifft besonders für Wiesbaden zu, wo sich rund 17.000 Straßenbäume, rund 9.000 Bäume auf städtischen Grünflächen (ohne Friedhöfe) sowie ein überdurchschnittlich dichter und alter Baumbestand auf Privatgrundstücken und nicht-städtischen Parkanlagen – u.a. Schlosspark Biebrich mit rund 2.000 Bäumen – auf einem Drittel des Stadtgebiets von 204 km<sup>2</sup> konzentrieren. Hinzu kommen der zusammenhängende Stadtwald, der ein weiteres Drittel des Stadtgebiets bedeckt, und zahlreiche großflächige Streuobstbestände in den Feldlagen.

Dieser Baumbestand ist für die Stadt- und Umweltplanzung relevant und auch Gegenstand von Einzelentscheidungen der Verwaltung. Der bisherige Baumnachweis in der Digitalen Stadtgrundkarte kann dem nicht gerecht werden, weil er auf die städtischen Straßen- und Grünflächenbäume in bebauten Gebieten beschränkt ist, keine Angaben zur Größe dieser Bäume enthält und für den Stadtwald und die Feldlage völlig fehlt. Das Orthofoto als Komponente der Digitalen Stadtgrundkarte hilft hier nur begrenzt weiter. Es ermöglicht keine Aussagen zu Baumhöhen und lässt insbesondere bei kleineren Laubbäumen den Bestand mitunter schwer erkennen.

Für eine generalisierte Darstellung des gesamten Baumbestands im Stadtgebiet in einer neuen Bildebene »Baumkronen« zur Digitalen Stadtgrundkarte wurden deshalb die Laserscanning-Vegetationshöhen wie folgt aufbereitet:

- Baumhöhen > 2,5 m
- Kronenflächen > ca. 10 m<sup>2</sup> (je nach Lage der Vegetationspunkte tlw. auch kleiner)
- Zusammenfassung der Baumhöhen zu 5-m-Höhenklassen

- Signatur für jeden Vegetationshöhen-Punkt
- Signatur gegenüber der tatsächlichen Fläche des Laser-Spots ca. 10-fach vergrößert
- farbliche Abstufung der Signaturen entsprechend den Baumhöhen-Klassen
- numerische Angabe der Baumhöhe innerhalb der Signatur-Fläche und in deren Farbe
- Durchmusterung des Bestands mit Hilfe des Orthofotos und Elimination von Signaturen, die keine Baumhöhen repräsentieren (Leitungsmasten, Schilderbrücken, Baukräne, ...)

Abb. 7 verdeutlicht, dass damit den mit dem Baumbestand befassten Fachämtern über das Intranet-Auskunftssystem eine aussagekräftige Information zur Verfügung steht. Aktuell von Bedeutung ist dies z.B. für die anstehende Bestandsaufnahme zur Forsteinrichtung für den städtischen Waldbesitz (Gertloff 2002). Wird die Flächenfüllung aus- und das Orthofoto zugeschaltet und zusätzlich der Bildausschnitt stark vergrößert, kann mit den in den Signaturen enthaltenen numerischen Höhenangaben gezielt die Höhe einzelner Bäume ermittelt werden.

Die Daten geben den Aktualitätsstand zum Befliegungszeitpunkt 2.4.2001 wieder. Wegen der insgesamt vergleichsweise geringen jährlichen Veränderungen durch Neupflanzungen und Baumfällungen und wegen des langsamem Wachstums v. a. des hohen Baumbestands werden diese Daten von den betreffenden Fachämtern für die nächsten fünf Jahre als ausreichend aktuell angesehen.

#### 4.2 Baumbestand für 3D-Stadtmodell

Gemäß Abschnitt 3.2 sind die Straßenbäume und die Bäume in den städtischen Grünanlagen für eine Aufnahme in das 3D-Stadtmodell zu modellieren. Für beide Kategorien sind die Standorte vollständig in der Digitalen Stadtgrundkarte enthalten. Die Baumhöhen werden dazu aus den Laserscanning-Daten wie folgt generiert (siehe auch Abb. 6):

- Selektion aller Laserscanning-Vegetationshöhen in einem Fangkreis mit 5 m Radius um den Baumstandort
- Ermittlung der größten Baumhöhe im Fangkreis
- Aufrundung der so ermittelten Baumhöhe auf runden m-Wert
- bei Baumstandorten ohne Laserscanning-Vegetationshöhe im 5-m-Radius Festsetzung der Baumhöhe auf 4 m
- Zusammenfassung der Baumhöhen zu 5-m-Höhenklassen
- endgültige Baumhöhe für 3D-Modell = Klassenmitte der betreffenden Höhenklasse
- Abbildung als Standard-Baumart »Ahorn« mit dieser endgültigen Baumhöhe

Ursachen für vereinzelt vorkommende Baumstandorte ohne zugeordnete Laserscanning-Vegetationshöhe im



Abb. 7: Digitale Stadtgrundkarte mit Bildebene »Baumkronen« und mit automatischer Selektion von Bäumen auf Grundstücken ab 10 m Höhe

5-m-Fangkreis können ein Baumstandort nahe an einem Gebäude, eine (zu) kleine Baumkrone ohne »first-pulse«-Reflexion des Laserimpulses oder eine Baumpflanzung erst nach der Laserscanner-Befliegung sein (Beispiele siehe in Abb. 7).

Für anspruchsvolle großmaßstäbige Anwendungen kann die Modellierung und Abbildung der Bäume darüber hinaus entsprechend der in der Baumzustandsdatei nachgewiesenen tatsächlichen Baumart mit Hilfe einer Modellbibliothek erfolgen.

#### 4.3 Ergänzung des Baumkatasters

Die nach den ersten drei Schritten gemäß Abschnitt 4.2 ermittelten Baumhöhen werden auch zur Ergänzung des städtischen Baumkatasters verwendet, in dem bisher keine Angaben über Baumhöhen enthalten sind. Eine Abschätzung der mit diesem Verfahren erreichbaren Genauigkeit hat gezeigt, dass den Bäumen in ca. 95 % der Fälle eine Höhe zugeordnet werden kann und dass diese Höhe zu ca. 95 % mit einer Genauigkeit von  $\pm 1$  m richtig ist. Fehlerhafte Baumhöhen ergeben sich i. d. R. nur für dicht an Gebäuden stehende Bäume und bei eng beieinander stehenden Bäumen in Grünanlagen für die jeweils kleineren Bäume. Trotz dieser Einschränkungen wird die Er-

gänzung des Baumkatasters mit automatisch ermittelten, insgesamt zu mehr als 90% richtigen Baumhöhen vom zuständigen Fachamt als ausgesprochen hilfreich für die Baumpflegearbeiten beurteilt.

#### 4.4 Baumbestand auf Privatgrundstücken

Wegen des dichten und alten Baumbestands in einem Teil der Ortslagen hat der Baumschutz in Wiesbaden einen besonderen Stellenwert. Deshalb interessieren hier auch Standorte, Höhen und Stammdurchmesser größer, für den Baumschutz relevanter Bäume auf Privatgrundstücken. Dazu haben Untersuchungen des Autors ergeben, dass diese Bäume und ihre Höhen mit einer entsprechenden Strategie weitgehend vollständig aus den vorhandenen Laserscanning-Vegetationshöhen automatisch selektiert werden können. Aus den Baumhöhen sind dann Rückschlüsse auf die Stammdurchmesser möglich.

Die betreffenden Baumstandorte lassen sich mit diesem Verfahren und auch wegen der begrenzten Punkt-dichte zwar nur mit einer Lageunsicherheit von bis zu ca.  $\pm 5$  m ermitteln, was für Bäume an Grundstücksgrenzen eine falsche Grundstückszuordnung zur Folge haben kann. Für die Aufgabe »Baumschutz« ist dies jedoch zunächst nachrangig, weil hier primär die Frage interessiert, ob bzw. wo entsprechende Bäume überhaupt vorhanden sind.

Abb. 7 enthält eine derartige Selektion von Bäumen auf Privatgrundstücken für eine vorgegebene Mindest-Baumhöhe von 10 m, die den fachlichen Erfordernissen des Baumschutzes gerecht wird. Die Signaturen können bei Bedarf interaktiv auf den Stammfuß bzw. die Kronenmitte der zugehörigen Bäume im Orthofoto verschoben werden, um so die geometrische Qualität dieses Baumnachweises zu verbessern. Es ist vorgesehen, auf diese Weise speziell für die Zwecke des Baumschutzes eine neue Bildecke für die Digitale Stadtgrundkarte mit Signaturen entsprechend Abb. 7 einzurichten.

Mit diesem Verfahren wird es außerdem möglich, auch den Baumbestand auf Privatgrundstücken – zumindest bezüglich seiner typischen Struktur – für eine Visualisierung im digitalen 3D-Stadtmodell aufzubereiten.

### 5 Resümee

Die Bereitstellung von Geobasisdaten gehört zu den klassischen Aufgaben des Vermessungswesens. Die aktuelle Nachfrage belegt, dass die Bedeutung von Daten zur dritten Dimension enorm gestiegen ist (Bauer 2000, Lohr 2001). Dazu können die vorhandenen 2D-Geobasisdaten mit den aus einer Laserscanner-Befliegung gewonnenen Daten um hochwertige und bedarfsgerechte 3D-Informationen vervollständigt werden. Für die vielfältigen städtischen Zwecke sind dabei einfache, verständliche und

kurzfristig verfügbare Informationen, z.B. über das städtische Intranet, besonders wichtig.

Gegenüber dem Nutzungswert der Daten sind die Kosten der Datengewinnung vergleichsweise gering. Bei einer gesamtstädtischen Bewertung der Synergien aus allen Anwendungen refinanziert sich der Aufwand für eine Laserscanner-Befliegung in den Folgejahren bereits über die dann entbehrlichen, andernfalls wiederholt entstehenden Kosten für projektbezogene Datenerfassungen und -aufbereitungen. Hinzu kommen weitere, monetär schwer zu beziffernde Vorteile für die Effizienz von Arbeitsprozessen, für die Qualität von Arbeitsergebnissen und für einen verbesserten Kunden- und Bürgerservice.

Die Laserscanner-Befliegung des Stadtgebietes mit einer umfassenden Aufbereitung der Daten hat sich deshalb schon nach einer kurzen Zeit der Datennutzung als ein besonders erfolgreiches Projekt des Vermessungsamtes erwiesen.

### Danksagung

Am Zustandekommen der vorgestellten Anwendungen haben die Kolleginnen und Kollegen des städtischen GIS-Entwicklungsteams einen großen Anteil. Sie waren für neue Ideen und Anregungen stets aufgeschlossen und haben diese mit eigenen Vorschlägen bereichert und so entscheidend mit vorangebracht. Deshalb gilt ihnen auch an dieser Stelle der besondere Dank des Autors.

### Literatur

- Bauer, W.: 3D-Stadtmodelle – eine Herausforderung an das Vermessungswesen. Mitteilungen des DVW-Landesvereins Baden-Württemberg, Heft 1/2000, S. 64–72.
- Cieslik, B.: Hamburg in der dritten Dimension. zfv 128, S. 254–260, 2003.
- Fritsch, D. (Hrsg.): Photogrammetric Week '03. Wichmann, Heidelberg 2003.
- Gertloff, K.-H.: Digitale 3D-Daten der Landeshauptstadt Wiesbaden. zfv 127, S. 232–238, 2002.
- Lohr, U.: LIDAR-Höhenmodelle und digitale Bilder für unterschiedliche Anwendungen. Mitteilungen des DVW-Landesvereins Baden-Württemberg, Heft 2/2001, S. 52–62.

### Anschrift des Autors

Dipl.-Ing. K.-H. Gertloff  
Vermessungsamt der Landeshauptstadt Wiesbaden  
Gustav-Stresemann-Ring 15  
65189 Wiesbaden  
Tel.: 0611 31-6336  
Fax: 0611 31-3980  
karl-heinz.gertloff@wiesbaden.de