

Detektion und Modellierung von 3D-Objekten aus flugzeuggetragenen Laserscannerdaten

THOMAS VÖGTLE & EBERHARD STEINLE, Karlsruhe

Keywords: geoinformatics, laserscanning, object detection, object classification, 3D building modelling, 3D vegetation modelling

Zusammenfassung: In diesem Beitrag sollen zwei Schwerpunkte behandelt werden: zum einen die automatische Detektion und Klassifizierung von 3D-Objekten aus Daten flugzeuggetragener Laserscanner, zum anderen deren automatisierte geometrische Modellierung. Als Objekte werden hier Vegetation (Bäume, Büsche), Gebäude und Gelände behandelt. Bei der geometrischen Modellierung soll in diesem Artikel insbesondere auf die Vegetationsobjekte eingegangen werden, nachdem die Modellierung von Gebäuden bereits mehrfach detailliert dargestellt wurde (z. B. STEINLE & VÖGTLE 2001, VÖGTLE & STEINLE 2003). Ein spezieller Flächenwachstumsalgorithmus segmentiert zunächst 3D-Objekte auf der Geländeoberfläche. Für diese Segmente werden nun objektspezifische Merkmale extrahiert, wie z. B. Form, Höhentextur oder Randgradienten, anhand derer eine Klassifizierung mittels *fuzzy logic* durchgeführt wird. Anschließend kann nun die geometrische Modellierung dieser 3D-Objekte erfolgen, die für die beiden relevanten Klassen *Gebäude* und *Vegetation* jeweils auf spezifischen Ansätzen basiert. Vegetationsobjekte werden hierbei durch generalisierte Rotationsellipsoide beschrieben.

Summary: *Detection and modelling of 3-D objects from airborne laserscanning data.* In this paper, two main aspects of analysing airborne laserscanning data are presented: automatic detection and classification of 3-D objects and their automated geometric modelling. The detection method refers to vegetation, building and terrain objects (e. g. rocks etc.). Concerning geometric modelling, this article will concentrate on vegetation objects; the methodology of modelling buildings has already been presented in detail (e. g. STEINLE & VÖGTLE 2001, VÖGTLE & STEINLE 2003). In a first step a specific region growing algorithm determines 3-D objects on the terrain. For these segments object-specific features (e. g. shape, height texture, border gradients etc.) are extracted and used in a subsequent fuzzy logic classification. Afterwards, the geometry of these 3-D objects is modelled. Trees and bushes will be approximated in this approach by generalized rotational ellipsoids.

1 Einleitung

Flugzeuggetragenes Laserscanning hat als Erfassungsmethode für Geländeoberflächen und der darauf befindlichen 3D-Objekte – aufgrund der hohen Punktdichte und Genauigkeit – sehr stark an Bedeutung gewonnen (z. B. WEHR & LOHR 1999, ACKERMANN 1999). Die Extraktion und Modellierung

solcher 3D-Objekte aus Laserscannerdaten ist eine aktuelle Problemstellung. Dabei ist für viele – insbesondere großflächige – Anwendungen eine weitgehende Automatisierung der Analyseprozesse von ausschlaggebender Bedeutung.

Die hier vorgestellten Verfahren wurden im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 461 „Starkbeben“ entwickelt. Ein Ziel ist

hierbei, Grobschäden an Gebäuden zu erkennen. Als Basis dienen flugzeuggetragene Laserscannerdaten, die auch bei Nacht und ungünstigeren Witterungsverhältnissen erfasst werden können. Daher müssen alle benötigten Informationen ausschließlich aus den Laserscannerdaten selbst abgeleitet werden. Entsprechende Laserdaten wurden uns freundlicherweise von der Fa. TopoSys bereitgestellt.

Die Konzeption dieses Ansatzes sieht vor, zunächst alle wesentlichen 3D-Objekte auf der Geländeoberfläche – dies sind in erster Linie Gebäude und Vegetation – zu segmentieren. Nach der Extraktion objektspezifischer Merkmale (wie z. B. Höhentextur, Form oder Randgradienten) innerhalb der gefundenen Segmentbereiche können diese 3D-Objekte klassifiziert werden. Eine solche Klassifizierung ist für eine Vielzahl von Aufgaben von großer Bedeutung. Nur mit dem Wissen, um welche Objekte es sich handelt, kann eine geeignete geometrische Modellierung, wie sie hier vorgestellt wird, vorgenommen werden. Andererseits läßt sich auch die Extraktion der Punkte auf der Geländeoberfläche (Filterung), z. B. zur Generierung eines DGM, wesentlich verbessern.

2 Detektion und Klassifizierung von 3D-Objekten

Zur Detektion der 3D-Objekte wird zunächst aus den Original-Laserdaten (= *digitales Oberflächenmodell*, DOM) ein *digitales Geländemodell* (DGM) mit Hilfe speziell entwickelter Filtertechniken abgeleitet. Danach wird ein sog. *normalisiertes Oberflächenmodell* (nDOM) berechnet (vgl. z. B. SCHIEWE 2001), in dem nur noch die 3D-Objekte auf der Erdoberfläche abgebildet sind. Diese lassen sich nun mit Hilfe eines speziellen Flächenwachstumsverfahrens segmentieren.

2.1 Extraktion eines DGM aus den Laserscannerdaten

Zur Extraktion eines DGM aus dem Original-DOM (Abb. 1) müssen alle Laserpunkte, die nicht die Geländeoberfläche reprä-

sentieren (z. B. Laserpunkte auf Gebäuden und Vegetation), erkannt und eliminiert werden. Dazu existiert eine ganze Reihe unterschiedlicher Ansätze, wie z. B. in SITHOLE & VOSSELMANN (2003) zusammengestellt. In dieser Arbeit wurde das Verfahren der *konvex-konkaven Hülle* eingesetzt (VON HANSEN & VÖGTLE 1999), eine Methode basierend auf einem TIN (*triangulated irregular network*); ein ähnlicher Ansatz findet sich z. B. auch in AXELSSON (1999). Dieses Verfahren bietet den Vorteil einer extrem kurzen Laufzeit und einer robusten Extraktion der Geländepunkte. Ein so extrahiertes DGM ist in Abb. 2 wiedergegeben.

2.2 Segmentierung von 3D-Objekten im nDOM

Aus dem Original-DOM (Abb. 1) und dem daraus abgeleiteten DGM (Abb. 2) kann nun leicht ein sog. *normalisiertes Oberflächenmodell* (nDOM) berechnet werden (Abb. 3):

$$nDOM = DOM - DGM \quad (1)$$

Darin sind nur noch 3D-Objekte enthalten, die aus der Geländeoberfläche (DGM) herausragen, z. B. Bäume und Gebäude, aber auch extreme Geländeformationen, wie z. B. Felsen, schroffe Geländekanten oder Steilabbrüche, wie sie im rechten und oberen Teil der Abb. 3 zu sehen sind. Die Dimension dieser DGM-Fehler (hier: bis zu 25 m Höhenabweichung vom realen Gelände) hängt von der Geländekrümmung ab; diese Fehler können jedoch nach der Klassifizierung beseitigt werden.

Als Startelement (Kristallisationsbereich) des speziellen Flächenwachstumsverfahrens zur Objektsegmentation dient eine Punktumgebung, innerhalb derer alle Punkte eine bestimmte Höhe im nDOM übersteigen müssen. Es werden nun alle Nachbarpunkte in die bereits detektierte Segmentfläche integriert, deren Höhendifferenz hierzu kleiner als ein maximal zulässiger Wert ist (Homogenitätskriterium). Abb. 4 zeigt die hiermit gebildeten Segmente.

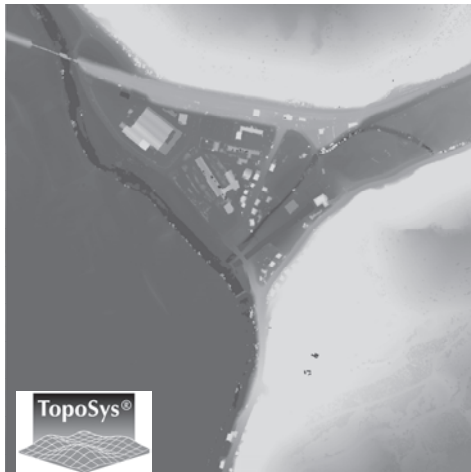


Abb. 1: Original-Laserscannerdaten Testgebiet 'Fridingen', Ausschnitt: ca. 1 km × 1 km (Höhen grauwert-kodiert).

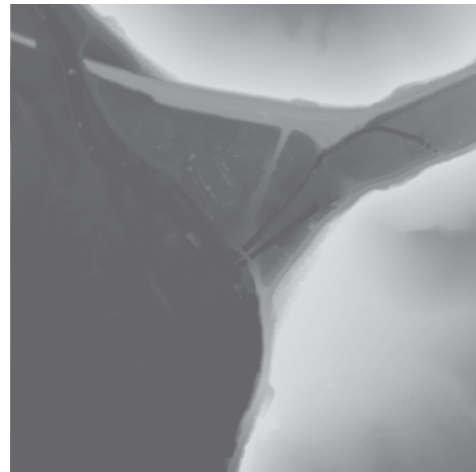


Abb. 2: DGM mittels Filterung (Testgebiet 'Fridingen').

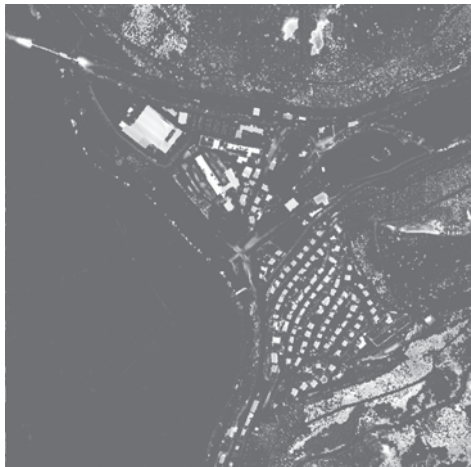


Abb. 3: Normalisiertes DOM (nDOM).

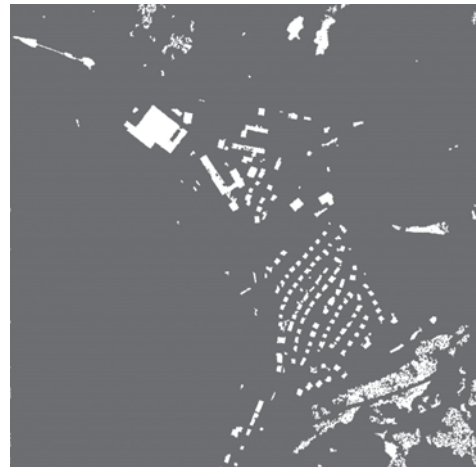


Abb. 4: Segmentierte 3D-Objekte.

2.3 Klassifizierung der 3D-Objekte

Der Klassifizierungsprozess beginnt mit der Extraktion objektspezifischer Merkmale innerhalb der segmentierten 3D-Objekte. Als Merkmale dienen Parameter wie *Höhentextur*, *Objektrandgradienten*, *Form* oder *First-/Last-Pulse-Differenz* (STEINLE & VÖGTLE 2001).

Geht man – wie in dem hier vorgestellten Ansatz – davon aus, dass sich Gebäude durch ebene Flächen approximieren lassen

(Kap. 3.3), kommen somit als Parameter für die *Höhentextur*, die wesentlich zur Unterscheidung zwischen Gebäude und Vegetation beitragen soll, nur solche in Betracht, welche die Höhenabweichungen gegenüber beliebig orientierten Ebenen im Raum erfassen. Hierzu haben sich der Laplace-Operator (z. B. MAAS 1999) bzw. die lokale Krümmung (STEINLE & VÖGTLE 2001) bewährt. Die prozentuale Anzahl signifikanter *Objektrand-Gradienten* dient in erster Linie der Differenzierung zwischen den Gebäuden

bzw. Vegetationsobjekten einerseits, und den Geländeobjekten andererseits. Ebenso besitzen Gebäude i.a. eine spezifische Charakteristik bzgl. ihrer *Form*, z. B. die Parallelität bzw. Rechtwinkligkeit ihrer längsten Seiten. Schließlich zeichnen sich Vegetationsobjekte i.a. durch eine signifikante Differenz zwischen den *First- und Last-Pulse-Höhenwerten* aus. Beispielhaft sind die Höhentextur/Objektrandgradienten (Abb. 5) und die Objektkonturlinien (Abb. 6) zur Bestimmung der Form dargestellt.



Abb. 5: Höhentextur (lokale Krümmung).



Abb. 6: Objektkonturen (helle Umrandungen) zur Formbestimmung.

Die Arbeiten von HUG (1997) sowie eigene Untersuchungen zeigen, dass jedoch erst das Zusammenspiel aller Parameter in einem gemeinsamen Klassifizierungsprozess zu befriedigenden Ergebnissen führt. Da die meisten der oben erwähnten objektspezifischen Parameter nicht normal verteilt sind, wurde eine Klassifizierung auf der Basis der *fuzzy logic* (z. B. TILLI 1993) favorisiert. Dazu müssen für jeden Parameter Zugehörigkeitsfunktionen der entsprechenden Klassen aufgestellt werden (Fuzzyfizierung).

Die Untersuchungen mit drei völlig unterschiedlichen Testgebieten (Fridingen: extreme Topographie (z. B. Felsformationen, Dämme), Lissabon: Innenbereich Großstadt, Lindau: ländliches Gebiet, ausgeprägte Waldgebiete) ergaben, dass die Werte der gewählten Bewertungsfunktionen stabil und somit weitgehend unabhängig von den lokalen Gegebenheiten sind. Für jede Klasse müssen diese Einzelbewertungen nun verknüpft werden, um zu einer Gesamtbewertung zu kommen (Inferenz-Prozess). Dazu werden in diesem Projekt zwei unterschiedliche Entscheidungsstrukturen (Inferenzschemata) untersucht, die *gewichtete Summe* und ein *System logischer Operatoren*, da sich andere untersuchte Schemata – wie z. B. der Maximum-Operator aufgrund der mangelnden Berücksichtigung der restlichen Be-

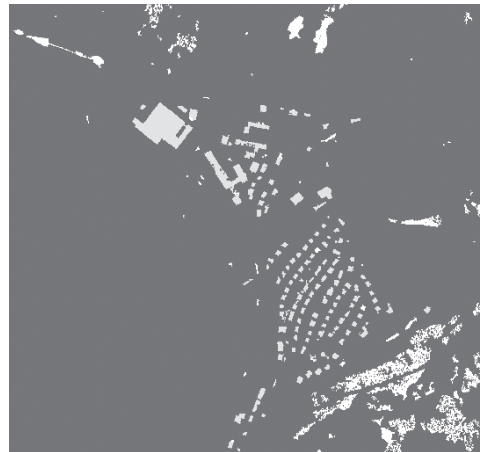


Abb. 7: Klassifizierungsergebnis mittels *fuzzy logic* (dunkelgrau: Gebäude, hellgrau: Vegetation, weiß: Gelände).

wertungen – als nicht geeignet erwiesen haben. Ein erstes Ergebnis einer Klassifizierung mittels gewichteter Addition ist in Abb. 7 wiedergegeben. Die Klassifizierungsrate liegt hier bei ca. 92%. Die Ergebnisse des Systems logischer Operatoren werden zurzeit noch eingehender untersucht.

3 Modellierung der Vegetationsobjekte

Die klassifizierten 3D-Objekte dienen nun als Hypothese für die entsprechende Klasse. Diese Objekte werden dem klassenspezifischen Modellierungsprozess zugeführt und dort erst bestätigt bzw. verworfen. Wie bereits erwähnt, soll hier ausschließlich auf die geometrische Modellierung der Vegetationsobjekte eingegangen werden.

3.1 Segmentation in einzelne Vegetationsobjekte

Da eng zusammenstehende Bäume, deren Kronen sich teilweise durchdringen, zumeist als ein einziges, größeres Vegetationsobjekt segmentiert werden, muss – je nach Anwendung – ggf. noch ein Verarbeitungsschritt zur Separierung in einzelne Baumobjekte implementiert werden. Hierzu werden zurzeit unterschiedliche Verfahren untersucht,

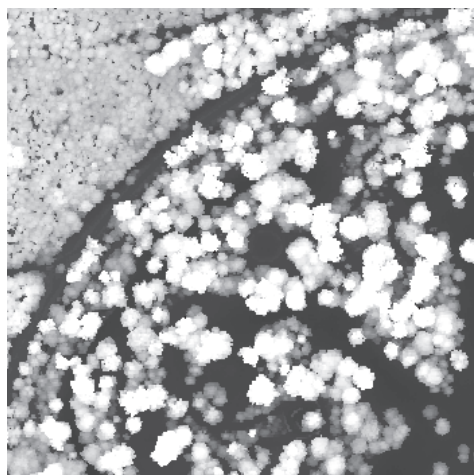


Abb. 8: Original-Laserscandaten (first pulse), Ausschnitt Testgebiet Karlsruhe (350 m × 350 m).

z. B. der in der Literatur mehrfach vorgeschlagene Wasserscheidenalgorithmus (z. B. STRAUB 2003).

Abb. 8 zeigt einen Ausschnitt der Originalhöhendaten des Testgebietes Karlsruhe, während in Abb. 9 beispielhaft die einzelnen Baumsegmente dargestellt sind, wie sie mittels Wasserscheidenalgorithmus extrahiert wurden. Die Qualität dieser Segmentation wird z. Zt. in einer Studie untersucht. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Vergleich mit den Ergebnissen einer visuellen Interpretation zur Abgrenzung der Kronen eine befriedigende Übereinstimmung (ca. 80–85%) zeigt, während der Vergleich der Anzahl der Bäume mit den geodätisch eingemessenen Positionen nur ca. 50–60% liefert. Der Umfang der untersuchten Waldflächen und Baumgruppen ist jedoch noch zu gering, um gesicherte Resultate vorlegen zu können.

3.2 Geometrische Modellierung der Vegetationsobjekte

Die als Hypothese für die Klasse *Vegetation* gefundenen und separierten 3D-Objekte werden nun geometrisch modelliert. Gelingt dies innerhalb der nutzerdefinierten zulässigen Abweichungen, wird das betrachtete Objekt als *Vegetation* bestätigt. Die geometrische

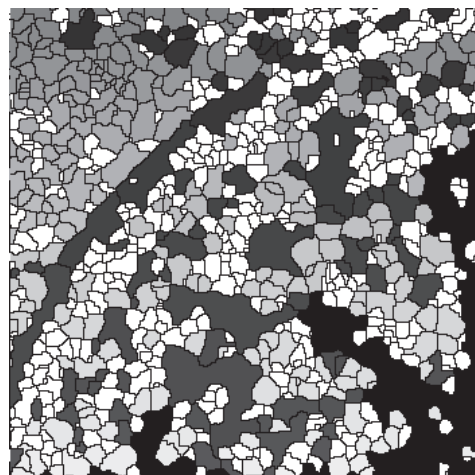


Abb. 9: Segmentierung der Einzelbäume mittels Wasserscheidenalgorithmus, Ausschnitt Testgebiet Karlsruhe (350 m × 350 m).

rische Modellierung dieser Einzelobjekte basiert auf dem Ansatz von POLLOCK (1996), der Bäume durch generalisierte Rotationsellipsoide approximiert:

$$\frac{z^n}{a^n} + \frac{(x^2 + y^2)^{\frac{n}{2}}}{b^n} = 1 \quad (2)$$

a, b Ellipsoidhalbmesser

Dabei bestimmt die Potenz n , die nicht ganzzahlig sein muss, die Form des Ellipsoides (Abb. 10). Dieses wird nun in einem *best fit* an die Laserdaten angepasst, d. h. die innerhalb einer Segmentfläche liegenden 3D-Punkte dienen als Beobachtungen in einer Ausgleichung der Ellipsoidparameter a , b und n , wozu Gl. (2) linearisiert werden muss. Während sich Näherungswerte für a und b relativ leicht aus den Laserdaten und der Segmentierung ableiten lassen, ist dies für n schwieriger. Es zeigt sich jedoch, dass mit einem einheitlichen Näherungswert von $n_0 = 1.5$ für alle Kronenformen ein ausrei-

chend genauer Startwert zur Verfügung steht, um die Konvergenz der Ausgleichung zu gewährleisten. Unsere Untersuchungen haben jedoch ergeben, dass bei Verwendung der Original-Laserhöhenwerte der horizontale Ellipsoidhalbmesser b (Kronenhalbmesser) deutlich zu groß geschätzt wird, da die Messwerte an den Kronenflanken zahlenmäßig unterrepräsentiert sind (BARTH 2000).

Erst durch entsprechende Gewichtung bzw. nach Glättung der Höhenwerte mittels Filterung (z. B. Median-Filterung) werden geeignete Anpassungen (*best fit*) erzielt (Abb. 11).

Ein grundsätzliches Problem ergibt sich bei diesem Ansatz jedoch dadurch, dass bei flugzeuggetragenen Laserscanning nur die obere Hälfte der Baumkrone (Lichtkrone) beobachtet werden kann. Bei der Schätzung der Ellipsoidparameter im Rahmen der Ausgleichung wird zumeist der Halbmesser in Richtung der Rotationsachse signifikant zu groß geschätzt, wodurch das Ellipsoid oft

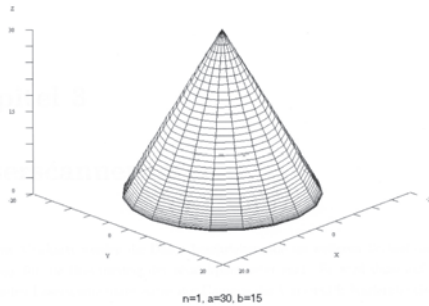


Abb 10a: Form generalisierter Rotationsellipsoide für $n = 1$ (aus: MAYR et al. 1999).

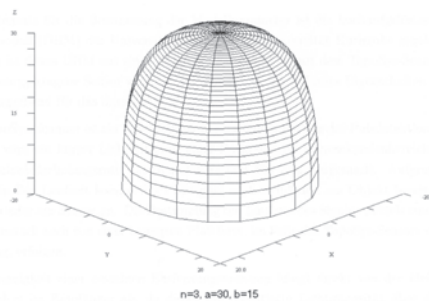


Abb. 10b: Form generalisierter Rotationsellipsoide für $n = 3$ (aus: MAYR et al. 1999).

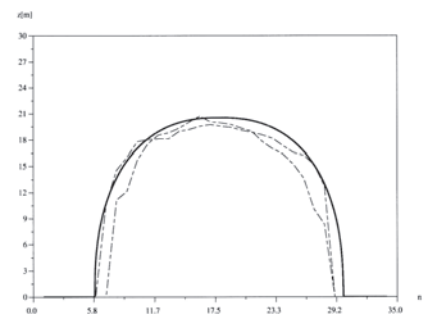
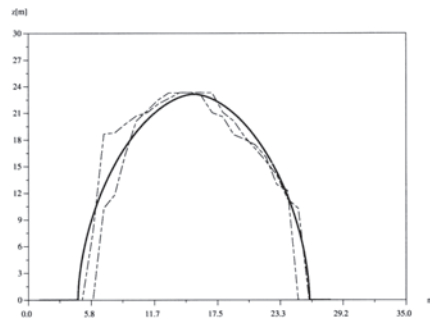


Abb. 11: Ausgleichende generalisierte Rotationsellipsoide (durchgezogene Linien) und repräsentative Baumkronen-Profile (gestrichelte Linien).

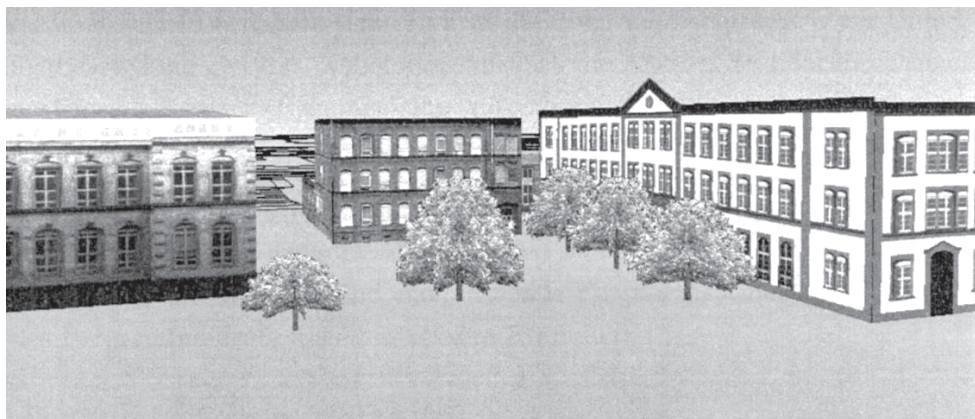


Abb. 12: Visualisierung der Baumobjekte aufgrund der ermittelten Baumhöhe und Kronendurchmesser (Ausschnitt des Campus-Informationssystems CISKA, Univ. Karlsruhe).

bis unter die Erdoberfläche reicht und der Kronendurchmesser leicht verfälscht wird.

3.3 Visualisierung der 3D-Objekte

Zur Visualisierung werden nun die so bestimmten Baumhöhen und Kronendurchmesser zur Bildung eines entsprechenden Körpers verwendet, der dann mit einer Blatt-Textur überlagert wird. Als Anwendung kommen neben der Visualisierung von Stadtmodellen (z. B. LANDES 1999) insbesondere forstwirtschaftliche (Bestand, Baumhöhen, Biomasse etc.) und planerische Aufgaben (Grünordnungspläne, Baumkataster etc.) in Betracht.

Die Gebäude, deren 3D-Modellierung auf einem generischen Ansatz zur Approximation mittels Verknüpfung ebener Flächen basiert (z. B. VÖGTLE & STEINLE 2003), lassen sich ebenfalls durch Texturmapping realitätsnah darstellen. Als Beispiel sei ein Ausschnitt des Campus-Informationssystems CISKA (Univ. Karlsruhe) mit den entsprechend detektierten, modellierten und texturierten Vegetations- und Gebäudeobjekten wiedergegeben (Abb. 12).

4 Ausblick

Obwohl die vorgestellten Verfahren zur Detektion, Klassifizierung und Modellierung von 3D-Objekten aus Laserscannerdaten

bereits gute Ergebnisse zeigen, ist sicherlich noch Verbesserungspotential vorhanden. Zur Optimierung der Klassifizierungsergebnisse lassen sich einerseits geeignetere Formparameter – speziell zur trennschärferen Unterscheidung dieser Objekte – entwickeln, andererseits können zukünftig auch die Intensitätswerte einbezogen werden, wie sie moderne Laserscanner liefern. Auch der noch recht einfach strukturierte Inferenzprozess kann zur Steigerung der Klassifizierungsrate durch stärkere Integration von Expertenwissen verfeinert werden. Alternativ zur Fuzzy-Logic-Methode sollen zukünftig auch statistische Klassifizierungsverfahren auf ihre Eignung für diese Anwendung untersucht werden.

Bei der Modellierung der Vegetation scheint die Approximation mittels generalisierter Rotationsellipsoide für die Ableitung numerischer Größen (z. B. Biomasse, Stammdurchmesser etc.) zu grob und zu aufwändig, zumal die oberen und unteren Kronenhälften (Licht- und Schattenkrone) in aller Regel nicht symmetrisch sind. Generische Verfahren, die ein artenspezifisches Wachstum simulieren, könnten hier versuchsweise getestet werden.

5 Dank

Ein Großteil dieser Forschungsarbeiten entstand im Rahmen des Sonderforschungsbe-

reiches SFB 461 „Starkbeben“ der DFG. Weiterhin sei der Fa. TopoSys (Ravensburg) für die Bereitstellung von Laserscannerdaten gedankt.

6 Literatur

- ACKERMANN, F., 1999: Airborne Laser Scanning – Present Status and future expectations. – *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* **1999** (54): 64–67.
- AXELSSON, P., 1999: Processing of laser scanner data – algorithms and applications. – *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* **1999** (54): 138–147.
- BARTH, H.P., 2000: 3D-Modellierung von Vegetation und deren Visualisierung in virtuellen Stadtmodellen. – Unveröff. Diplomarbeit am Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung, Universität Karlsruhe, 80 S.
- BRENNER, C. & HAALA, N., 2000: Erfassung von 3D Stadtmodellen. – *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation (PFG)* **2000** (2): 109–118.
- VON HANSEN, W. & VÖGTLE, T., 1999: Extraktion der Geländeoberfläche aus flugzeuggetragenen Laserscanner-Aufnahmen. – *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation (PFG)* **1999** (4): 229–236.
- HUG, C., 1997: Extracting Artificial Surface Objects from Airborne Laser Scanner Data. – In: *Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images (II)*, Monte Verita. – pp. 203–212, Birkhäuser Verlag, Basel.
- LANDES, S., 1999: Funktionalität des internetbasierten 3D-CampusInformationssystems der Universität Karlsruhe (CISKA). – *Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Heft Nr. 513*, München.
- MAAS, H.-G., 1999: The potential of height texture measures for the segmentation of airborne laserscanner data. – *Fourth International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition/21st Canadian Symposium on Remote Sensing*, Ottawa, Ontario, Canada, 21–24 June 1999.
- MAYR, W., MAYER, H., BACHER, U. & EBNER, H., 1999: Automatic Extraction of Trees from Aerial Imagery. – In: FÖRSTNER, W., LIEDTKE, C.-E. & BÜCKNER, J. (eds.), „SMATI 99“. – pp. 155–166, München.
- POLLOCK, R., 1996: The Automatic Recognition of Individual Trees in Aerial Images of Forests Based on a Synthetic Tree Crown Image Model. – PhD Thesis, Faculty of Computer Science, University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- SCHIEWE, J., 2001: Ein regionenbasiertes Verfahren zur Extraktion der Geländeoberfläche aus Digitalen Oberflächen-Modellen. – *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation (PFG)*, **2001** (2): 81–90.
- SITHOLE, G. & VOSSELMAN, G., 2003: Comparison of Filtering Algorithms. – *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **XXXIV** (3/W13), Oct. 2003: 71–78, Dresden.
- STEINLE, E. & VÖGTLE, T., 2001: Automated extraction and reconstruction of buildings in laserscanning data for disaster management. – In: BALTSAVIAS, E. et al. (eds.), *Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images (III)*. – pp. 309–318, Swets & Zeitlinger, Lisse, The Netherlands. ISBN 90 5809 252 6.
- STRAUB, B., 2003: A Top-Down Operator for the Automatic Extraction of Trees – Concept and Performance Evaluation. – *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, **XXXIV** (3/W13), Oct. 2003: 34–39, Dresden.
- TILLI, T., 1993: Mustererkennung mit Fuzzy-Logik. – 336 S., Franzis Verlag, München.
- VÖGTLE, T. & STEINLE, E., 2000: 3D-Modelling of Buildings using Laser Scanning and Spectral Information. – *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Amsterdam, The Netherlands, **XXXII** (B3): 927–934.
- VÖGTLE, T. & STEINLE, E., 2003: On the Quality of Object Classification and Automated Building Modelling Based on Laserscanning Data. – *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* **XXXIV** (3/W13), Oct. 2003: 149–155, Dresden.
- WEHR, A. & LOHR, U., 1999: Airborne laser scanning – an introduction and overview. – *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* **1999** (54): 68–82.

Anschrift der Autoren:

Dr.-Ing. THOMAS VÖGTLE
Dipl.-Ing. EBERHARD STEINLE
Universität Karlsruhe, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung
Englerstr. 7, D-76128 Karlsruhe
voegtle, steinle@ipf.uni-karlsruhe.de

Manuskript eingereicht: Februar 2004
Angenommen: April 2004