

Automatisierte Qualitätskontrolle von Geobasisdaten auf der Grundlage digitaler Luftbilder

Markus Gerke, Felicitas Willrich, Christian Heipke
Institut für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI), Universität Hannover

Abstract

We present our developments of a system for automated quality control and updating of the German national topographic information system ATKIS BasisDLM based on digital orthophotos. The system is composed of 1) a GIS component for automatic GIS data access and if necessary for interactive post-processing by an operator and 2) an image analysis component which performs the fully automatic object extraction and quality description of the GIS data. At present we focus on the object classes road network and settlement area. First test studies show the suitability of the procedure for operational applications.

1 Motivation

Die Verwendung digitaler Geodaten in einem GIS zu Planungs- und Analysezwecken ist in vielen Anwendungsbereichen selbstverständlich geworden, weshalb in den vergangenen Jahre verstärkte Investitionen in die Erfassung digitaler Daten und den Aufbau großer Datenbanken getätigt wurden. Eine initiale Datenerfassung ist langfristig gesehen jedoch nicht ausreichend, den Wert der Daten zu erhalten, weshalb eine Qualitätskontrolle sowie die Erhaltung der Aktualität der Daten zunehmend von Interesse sind. Dies gilt auch für die Digitalen Landschaftsmodelle (DLM) des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) der deutschen Vermessungsverwaltungen, die vom Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) im Geodatenzentrum in Leipzig zusammengeführt und gepflegt werden.

Das Institut für Photogrammetrie und GeoInformation (IPI) entwickelt in Kooperation mit dem Institut für Theoretische Nachrichtentechnik und Informationsverarbeitung (TNT) an der Universität Hannover in einem durch das BKG geförderten Projekt ein operationelles Verfahren zur Qualitätskontrolle des ATKIS Basis-DLM. Die Qualitätsanalyse der Daten erfolgt dabei durch Vergleich des Datenbestandes mit aktuellen Luftbildern, die als Abbild der tatsächlichen Landschaft dienen. Um die in der Praxis erforderliche Effizienz zu erreichen, wird dabei ein möglichst hoher Automatisierungsgrad angestrebt, der durch Verfahren der automatischen Bildanalyse erreichbar ist. Zur Sicherstellung der erforderlichen Zuverlässigkeit ist nach derzeitigem Stand der Technik jedoch eine abschließende manuelle Kontrolle vorgesehen (*Busch und Willrich 2002*).

5 Systemaufbau und Vorgehensweise

Der modular gestaltete Systemaufbau verbindet eine interaktiven GIS-Komponente mit einer automatischen, wissensbasierten Bildanalyse-Komponente. Als GIS-Komponente dient dabei ArcGIS der Firma ESRI Redlands, USA. Hier werden die zu überprüfenden Geodaten aus der Datenbank selektiert und für die nachfolgende Bildanalyse aufbereitet. Ferner werden die Ergebnisse der Bildanalyse geeignet visualisiert und Hilfsmittel zur interaktiven Nachbearbeitung zur Verfügung gestellt. Die GIS-Komponente übernimmt damit auch die Funktion einer Benutzerschnittstelle für den menschlichen Operateur. Die Bildanalyse-Komponente führt vollautomatisch die Extraktion relevanter Objekte sowie deren Vergleich mit den zu überprüfenden Geodaten durch und ist somit aus Sicht des Benutzers als „Black Box“ konzipiert. Die Bildanalyse ist dabei eingebettet in das System GeoAIDA, einer Entwicklung des Instituts für Theoretische Nachrichtentechnik der Universität Hannover (*Liedtke et al. 2001*), welches geeignete Steuermechanismen bei der Verarbeitung symbolischer und struktureller Information mit Schnittstellen zu Bildverarbeitungsoperatoren bereitstellt. Die entwickelten Bildverarbeitungsoperatoren, die mittels GeoAIDA angesteuert werden, setzen auf dem Softwarepaket Halcon von MVTec, München, auf.

Der Schwerpunkt der Entwicklungen liegt derzeit auf der Objektgruppe Straßenverkehr (IPI) sowie der Objektgruppe Siedlung (TNT), da sie für viele GIS-Anwendungen von besonderer Relevanz sind und zudem i.a. stärkeren Veränderungen als andere Objektgruppen unterliegen. Im folgenden soll die automatische Analyse am Beispiel Straßen und Wege erläutert werden, und es werden Ergebnisse aufgezeigt. Bzgl. der Qualitätskontrolle von Siedlungen sei auf die Literatur verwiesen (vgl. Müller et al. 2003, Liedtke et al. 2001).

Der Begriff Qualitätskontrolle umfasst die Verifikation der im ATKIS-Bestand vorhandenen Straßen und Wege sowie die Erfassung der im Geodatenatz fehlenden Objekte (für Details siehe Willrich 2002). In beiden Fällen wird bei der zugrunde liegenden automatischen Extraktion von Straßen und Wegen aus Luftbildern auf Arbeiten der Technischen Universität München (Wiedemann 2002) aufgesetzt. Der dort vorgeschlagene Algorithmus zur Straßenextraktion umfasst im wesentlichen die drei Schritte 1.) Linienextraktion, 2.) Bewertung der extrahierten Linien im Hinblick auf ein geeignetes Straßenmodell und 3.) Gruppierung der Linien zu einem optimalen Pfad nach einem auf der Graphentheorie beruhenden Suchverfahren. Der Algorithmus wurde im Rahmen des Projektes für die hier vorliegende Fragestellung der Qualitätskontrolle angepasst.

Bei der Verifikation erfolgt die Extraktion von Straßen objektweise innerhalb einer durch das jeweils zu verifizierende ATKIS-Objekt vorgegebenen Bildregion. Dabei erfolgt die Extraktion in 2 Phasen: In Phase 1 wird die Extraktion der Straße als optimaler Pfad von Anfangs- bis Endpunkt des betrachteten Objektes bei strenger Parameterwahl durchgeführt, sodass fehlerhafte Extraktionen möglichst ausgeschlossen werden.

In Phase 2 erfolgt eine Auswahl erneut zu prüfender Straßenstücke auf der Basis einer Topologieanalyse, die die Verbindungsfunktion von Straßen zu einem Netzwerk ausnutzt. Für diejenigen Straßenstücke, die zwar im ersten Schritt verworfen wurden, jedoch einen Beitrag zu einer effizienten Verbindung (bezogen auf die Weglänge) von in der ersten Phase akzeptierten Straßen leisten, kann nun eine erneute Extraktion mittels toleranter Parameterwahl angesetzt werden.

Im Anschluß an die Extraktion der Straßen werden die Ergebnisse mit den vorhandenen ATKIS-Daten verglichen, und daraus wird eine Qualitätsbeschreibung abgeleitet. Als Ergebnis der Qualitätskontrolle werden die Straßen dem Luftbild farbig kodiert überlagert, wobei neben dem Verifikationsergebnis (akzeptiert, verworfen) auch eine Information bezüglich der Stufe, in der die Akzeptanz erreicht wurde, angegeben wird.

Neben der Verifikation der Straßen und Wege des Basis-DLM arbeiten wir auch an der Erfassung der im ATKIS-Bestand fehlenden Straßen und Wege und verfolgen dabei zwei alternative Ansätze: a) Die Objektextraktion im gesamten Luftbild unter Anbindung an die verifizierten Objekte, b) eine Neuerfassung als Verifikation vorhandener Planungsdaten. Welches Verfahren im Projekt zum Einsatz kommen wird, ist derzeit noch offen.

5 Ergebnisse und Ausblick

In einem größeren Test wurde ein ländliches Gebiet vom 10 x 4 km² (ca. 2300 Straßen- und Wegeobjekte mit einer Gesamtlänge von 374km) in der Umgebung von Frankfurt am Main bearbeitet. Als Datengrundlage wurden schwarzweiße Orthophotos mit einer Auflösung von ca. 0.4m im Objektraum verwendet. Um die Leistungsfähigkeit des Ansatzes zu untersuchen, wurde ein Referenzdatensatz erstellt, mit Hilfe dessen sowohl falsch-positive als auch falsch-negative Entscheidungen identifiziert wurden. Das Ergebnis der Analyse besagt, dass über 70% der vom System getroffenen Entscheidungen richtig sind. Weitere 27% der Objekte wurde aufgrund schlechten Kontrastes oder eines ungeeigneten Straßenmodells verworfen, obwohl sie korrekt sind (falsch-negative Entscheidung). Derartige Fehlentscheidungen des automatischen Systems sind jedoch nicht sehr kritisch, da die verworfenen Objekte im Nachhinein innerhalb der GIS-Komponente dem Operateur zur Überprüfung vorgelegt und somit korrigiert werden können. Weitere 1,5% der ATKIS-Objekte wurden vom System akzeptiert, obwohl sie entweder nicht der vorgeschriebenen ATKIS-Genauigkeit entsprachen oder überhaupt nicht vorhanden waren (falsch-positive Entscheidung). Diese Fehler sind im Gesamtablauf der automatisierten Qualitätskontrolle in der Regel nicht identifizierbar, werden aber aufgrund ihrer prozentual geringen Anzahl als tolerierbar erachtet.

Eine ausführliche Beschreibung und Analyse des Tests findet sich in Gerke et al. 2004.

Die entwickelte Methode liefert insbesondere im offenen Gelände ansprechende Ergebnisse. Für städtische Gebiete ist das dem Algorithmus zugrunde liegende Straßenmodell dagegen nicht ausreichend, weshalb diese Gebiete derzeit interaktiv bearbeitet werden.

Das Gesamtsystem zur Straßen- und Flächenverifikation wurde am BKG installiert und befindet sich derzeit in der Testphase. Insgesamt lassen die bisherigen Erfahrungen darauf schließen, dass sich das entwickelte System für die Anwendung in der Praxis eignet. Derzeit werden die bestehenden Verfahren weiterentwickelt, u.a. um detailliertere Informationen über die extrahierten Objekte zu erhalten (z. B. Straßenbreiten und die Anzahl Fahrbahnen) und um Straßen auch in besiedelten Gebieten verifizieren zu können. Für eine ausführliche Darstellung der Entwicklungen möchten die Autoren auf den Beitrag *Heipke et al. 2002* in dieser Schriftenreihe verweisen.

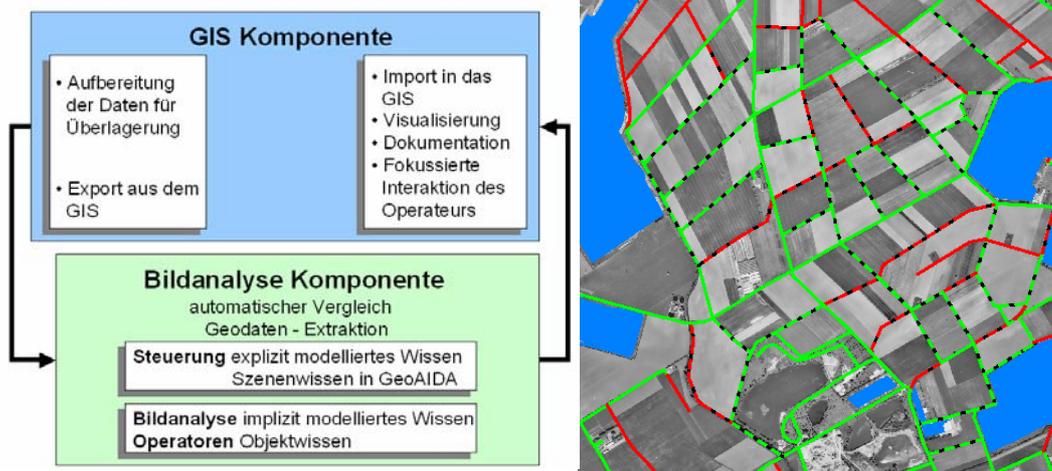


Abbildung 1: Systemaufbau, bestehend aus der GIS-Komponente als Benutzerschnittstelle und Zugang zu den GIS Daten und der Bildanalysekomponente, die aus Sicht des Operateurs als Black-Box die automatische Qualitätskontrolle durchführt.

Abbildung 2: Exemplarisches Ergebnis der Straßenverifikation mit Einteilung in die zwei Qualitätsklassen grün (verifiziert) und rot (nicht verifiziert). Die gestrichelte Signatur weist auf ein Ergebnis aus dem zweiten Untersuchungsschritt hin. Blau eingefärbte Flächen stellen ausmaskierte Siedlungsgebiete dar. ATKIS-Daten und Orthophotos © Hessisches Landesvermessungsamt 2002

6 Literatur

Busch, A., Willrich, F., 2002: Quality Management of ATKIS Data. Proc., OEEPE/ISPRS Joint Workshop on Spatial Data Quality Management, 21.-22. März 2002, Istanbul, Türkei, S. 30-41.

Gerke, M., Butenuth, M., Heipke, C., Willrich, F., 2004: Graph Supported Verification of Road Databases, In: ISPRS J. Photogrammetry & Remote Sensing, Themenheft "Integration of geodata and imagery for automated refinement and update of spatial databases", Bd. 58, Nr. 3-4, S. 152-165.

Heipke, C., Liedtke, C.-E., Willrich, F., Gerke, M., Müller, S., Weis, M., 2002: Automatische Qualitätssicherung objektstrukturierter Digitaler Landschaftsmodelle mit Hilfe von Luftbildern, erscheint in: Festschrift 50 Jahre BKG, Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie.

Liedtke, C.-E., Bückner, J., Pahl, M., Stahlhut, O., 2001: Knowledge based system for the interpretation of complex scenes, In: E. Baltsavias, A. Grün, L., van Gool (Ed.), Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images (III), A.A.Balkema Publishers, S. 3-12.

Müller, S., Weis, M., Liedtke C.-E., Pahl, M., 2003: Automatic Quality Surveillance of GIS Data with GEOAIDA, In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, München, Bd. XXXIV Teil 3/W8, S. 187-192.

Wiedemann C., 2002: Extraktion von Straßennetzen aus optischen Satellitenbildern, DGK Reihe C, Nr. 551.

Willrich, F., 2002: Quality control and updating of road data by GIS-driven road extraction from imagery, In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Bd. XXXIV Teil 4, S. 761-767.

Autoren:

Dipl.-Ing. Markus Gerke, Dr.-Ing. Felicitas Willrich, Prof. Dr.-Ing. Christian Heipke

Institut für Photogrammetrie und GeoInformation

Universität Hannover

Nienburger Str. 1

30167 Hannover

Tel: +49-511-762 2482

Fax: +49-511-762 2483

<mailto:{heipke,gerke}@ipi.uni-hannover.de>