

Der neue Blick von oben

AUTOMATISCHE QUALITÄTSSICHERUNG VON GEOINFORMATION MIT HILFE VON LUFTBILDERN

Einleitung

Landschaft verändert sich.
Straßen werden gebaut und
Wohngebiete lassen Acker-
flächen verschwinden.
Doch wer mit Geoinformation
arbeitet, benötigt meist
den aktuellen Stand der Daten.
Bisher war die Aktualisierung
des Datenbestandes sehr
zeitaufwändig.
Zwei Institute der
Universität Hannover, das
Institut für Photogrammetrie
und Geoinformation und das
Institut für Theoretische
Nachrichtentechnik und
Informationsverarbeitung
arbeiten gemeinsam an einer
Methode, um den Aufwand
für solche Aktualisierungen
möglichst gering zu halten.

Geoinformationen, also Informationen mit einem räumlichen Bezug, wie zum Beispiel Straßen, Gebäude oder Parkanlagen, stellen den langlebigen und kostbarsten Teil eines jeden Geo-Informationssystems dar.

Da die in den zugehörigen Daten abgebildete Landschaft fortwährenden Änderungen unterliegt und die Anforderungen an die Qualität der Daten aufgrund neuer Anwendungen steigen, müssen Geoinformationen einer ständigen Überprüfung unterzogen werden. Bei dieser allgemein als »Qualitätssicherung« bezeichneten Überprüfung sind neben Änderungen in der Landschaft auch Erfassungsfehler beziehungsweise -ungenauigkeiten in den Datenbeständen aufzudecken und zu beheben.

Allgemein umfassen Kriterien zur Beurteilung der Qualität von Geoinformationen die logische Konsistenz der Daten bezüglich des vorgegebenen Datenmodells sowie den Grad der Übereinstimmung der Daten mit der tatsächlichen Landschaft. Die Übereinstimmung kann in geometrische Genauigkeit, thematische Richtigkeit, Vollständigkeit und zeitliche Richtigkeit unterteilt werden.

In diesem Beitrag werden die Ergebnisse eines seit etwa drei Jahren laufenden Projekts beschrieben, in dem in Zusammenarbeit zwischen zwei Instituten der Universität Hannover und dem Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) ein automatisiertes Verfahren entwickelt wurde, mit dem die Daten des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) einem Vergleich mit der tatsächlichen Landschaft unterzogen werden können.

ATKIS-Daten sind topographische Basisdaten mit Raumbezug, die als Referenz für andere Daten verwendet werden können.

Der Vergleich umfasst sowohl die Verifikation der vorhandenen Daten in Hinsicht auf geometrische Genauigkeit und thematische Richtigkeit als auch eine Überprüfung auf Vollständigkeit und gegebenenfalls die Erfassung von noch nicht in der Datenbank enthaltenen Objekten.

Als Datenquellen werden primär aktuelle Luftbilder genutzt.

Das Verfahren ist derzeit in der Lage, Straßen- und Siedlungsflächen zu bearbeiten. Die dazu entwickelte Software wurde am BKG installiert und länger als ein Jahr getestet. Die erzielten Ergebnisse erfüllen die Erwartungen in vollem Umfang.

Systemarchitektur

Die Systemarchitektur ist als modulare Kombination einer interaktiven GIS-Komponente und einer automatischen, wissensbasierten Bildanalyse-Komponente entwickelt worden. Soweit wie möglich wurde auf kommerzielle Software aufgesetzt, die an verschiedenen Stellen geeignet erweitert wurde.

Als GIS-Komponente wird ArcGIS der Firma ESRI eingesetzt. Damit werden die zu überprüfenden Daten automatisch aus der Datenbank selektiert und für die nachfolgende Bildanalyse aufbereitet. Nach der Analyse werden die Ergebnisse visualisiert, und es stehen Hilfsmittel zur interaktiven Nachbearbeitung zur Verfügung.

Mit Hilfe der Bildanalyse-Komponente werden die Luftbilder interpretiert und die Ergebnisse mit den zu überprüfenden Daten verglichen. Dazu wird das System GeoAIDA genutzt (LIETKE ET AL. 2001), eine Entwicklung des Instituts für Theoretische Nachrichtentechnik und Informationsverarbeitung der Universität Hannover (TNT). GeoAIDA kann aus Bildern symbolische Beschreibungen generieren, die für den Vergleich den Objekten aus ATKIS entsprechen.



Straßen und Wege

Wie bereits erwähnt, stellen Straßen und Wege äußerst wichtige Geoinformationen dar, die darüber hinaus relativ häufigen Änderungen unterworfen sind.

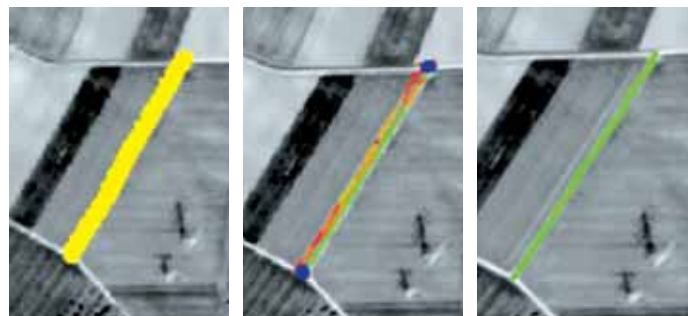
Im Rahmen dieses Projekts sind zwei Aufgaben zu bewältigen: Die Verifikation der im ATKIS-Bestand vorhandenen Straßen und Wege sowie die Erfassung von im Bestand fehlenden Objekten (für Details siehe WILLRICH 2002). Dabei wurde auf Arbeiten der Technischen Universität München (WIEDEMANN 2002) aufgesetzt.

Als Grundlage werden aktuelle, schwarzweiße Orthophotos mit einer Auflösung von circa 0.4 Meter am Boden verwendet. Orthophotos sind Luftbilder, die auf Kartengeometrie entzerrt wurden. Zur Verifikation der vorhandenen Straßen und Wege extrahiert der verwendete Algorithmus zuerst Linien in einer durch die ATKIS-Daten vorgegebenen Bildregion (siehe Abbildung 1). Dabei entstehen bisweilen Lücken zwischen Linienstücken. Gründe sind unter anderen Schattenwurf und Verdeckungen durch nahe stehende Objekte wie Gebäude und Vegetation. Nun stellen Straßen jedoch Verbindungen zwischen verschiedenen Orten und der Landschaft dar. Aus dieser Überlegung heraus kann mit Hilfe mathematischer Methoden aus Topologie und Graphentheorie ein Suchverfahren formuliert werden, mit dessen Hilfe viele der Lücken überbrückt werden können.

Die vervollständigten Linien werden dann mit den vorhandenen ATKIS-Daten verglichen. Als Ergebnis werden die Straßen dem Luftbild farbig kodiert überlagert. Die Farbgebung orientiert sich an den Farben der Fußgängerampel: Grün eingefärbte Straßen wurden durch die automatische Bildanalyse verifiziert, das heißt die ATKIS-Daten können als korrekt angesehen werden,

rot dargestellte Straßen wurden nicht gefunden – dies kann an fehlerhaften ATKIS-Daten oder an einer fehlgeschlagenen automatischen Extraktion liegen. Daneben wird als quantitative Aussage das Verhältnis der grün und rot eingefärbten Straßenkilometer zur Gesamtlänge des Straßennetzes angegeben (siehe auch HEIPKE ET AL. 1998).

In einem größeren Test wurde ein ländliches Gebiet von



10 x 12 Quadratkilometer in der Umgebung von Frankfurt am Main bearbeitet.

Die verwendeten ATKIS- und Bilddaten wurden ungefähr zum selben Zeitpunkt erstellt, um Unterschiede zwischen ATKIS und den automatisch extrahierten Ergebnissen aufgrund von Veränderungen in der Landschaft weitgehend auszuschließen und den Extraktionsalgorithmus selber testen zu können. Im Ergebnis konnten 79 Prozent der Straßenkilometer verifiziert werden, 21 Prozent wurden zurückgewiesen.

Eine Zurückweisung der ATKIS-Daten erfolgte vor allem aus zwei Gründen: Entweder bestand zwischen der Straße und den benachbarten Flächen sehr wenig Kontrast, oder die Straße wurde an der einen Seite durch eine dunklere und an der anderen Seite durch eine hellere Fläche begrenzt (dieser Fall wird von dem verwendeten Linienextraktionsalgorithmus nicht berücksichtigt).

Abbildung 2 zeigt für einen Bildausschnitt exemplarisch das Ergebnis der automatischen Qualitätsüberprüfung. Die blau dargestellten Bereiche sind ausmaskierte Siedlungsflächen. Es wird deutlich, dass sich der Operateur auf die manuelle Überprüfung der rot eingefärbten Straßen konzentrieren kann, die grün eingefärbten Straßen können nach den durchgeführten Untersuchungen als korrekt angesehen werden.

Abbildung 1
Straßenextraktion auf der Grundlage von Linien: links, die zu untersuchende Region in gelb; Mitte, die verschiedenen extrahierten Linien; rechts, die verifizierten Straße in grün

■ ■ ■
Mit speziell entwickelter GIS-Software werden neue Luftbilder mit den bestehenden Informationen verglichen und dann automatisch aktualisiert.

Derzeit arbeiten wir an der Erfassung der im ATKIS-Bestand fehlenden Straßen und Wege. Dabei werden im Augenblick zwei unterschiedliche Ansätze verfolgt.

Zum einen wird die Straßenextraktion im gesamten Bild angesetzt und gefundene Straßenstücke werden im Nachhinein mit den vorab verifizierten Daten kombiniert. Zum anderen werden vorhandene Planungsdaten zur Verifikation verwendet.

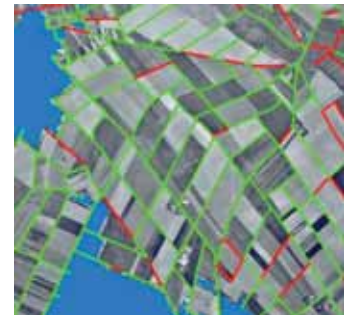


Abbildung 2
Exemplarisches Ergebnis der Straßenverifikation mit Einteilung in die zwei Qualitätsklassen grün (verifiziert) und rot (nicht verifiziert), blau eingefärbte Flächen stellen ausmaskierte Siedlungsgebiete dar. ATKIS-Daten und Bilder © Hessisches Landesvermessungsamt 2002

Siedlungsflächen

Neben Straßen und Wegen stellen Siedlungsflächen einen Bereich dar, der großen Änderungen unterworfen ist und dessen Verifikation von hoher Priorität ist.

Die Möglichkeiten der automatischen Qualitätskontrolle werden gegenwärtig anhand von farbigen, stereoskopischen Luftbildern oder farbigen Orthophotos durchgeführt, wie sie heutzutage aus standardmäßig durchgeführten Befliegungen zur Verfügung stehen.

Der Ansatz kann sowohl dafür verwendet werden, flächenhafte ATKIS-Objekte zu verifizieren als auch Änderungen der Landnutzung gegenüber ATKIS zu erkennen. Das Vorwissen über die Zusammenhänge der ATKIS-Objekte und der für ihre automatische Erkennung relevanten Merkmale sowie das Vorwissen über die aus den Zusammenhängen herleitbaren Bildanalysestrategien wird in GeoAIDA in Form eines so genannten Semantischen Netzes formuliert (siehe Abbildung 3).

Die Bildanalysestrategie besteht darin, dass man zunächst Hypothesen für die in den Knoten definierten Objekte aufstellt und diese dann verifiziert oder verwirft, je nach Auftreten bestimmter Teilregionen. So beschreibt die Unterteilung von »Wohnbaufläche« in »Haus« und »Garten« die Hypothese, dass eine »Wohnbaufläche« durch das Auftreten von Häusern und Gärten charakterisiert werden kann.

Hinter den Knoten des Netzes verbergen sich vollautomatische Verfahren der bildlichen Mustererkennung, die »Häuser« und »Gärten« automatisch zu erkennen gestatten.

Die Auswahl der Objekte, die im semantischen Netz modelliert werden, orientiert sich am Vorwissen über die Landschaftsstruktur, das ein menschlicher Luftbildinterpret verwendet. Zur Identifikation von Objekten werden die aufgestellten Hypothesen »bottom-up« verifiziert. So werden nur die Bereiche als »Wohnbauflächen« erkannt, in denen Häuser und Gärten in ausreichender Zahl gefunden werden.

Die Abbildung 4 zeigt exemplarisch ein Analyseergebnis.

In Abbildung 4 wurden links die vorgegebenen ATKIS-Objekte I-IV als »Vegetationsfläche« und V-VII als »Wohnbaufläche« in einem Luftbild farblich gekennzeichnet. Die Straßen sind hier in Gelb dargestellt. Bis auf das ATKIS-Objekt III konnten alle Regionen verifiziert werden (Abbildung 4 rechts).

Offensichtlich wurde ein Teil der Vegetationsfläche III in eine Wohnbaufläche IIIb umgewandelt, die Vegetationsfläche III wurde dabei auf das Restgebiet IIIa reduziert.

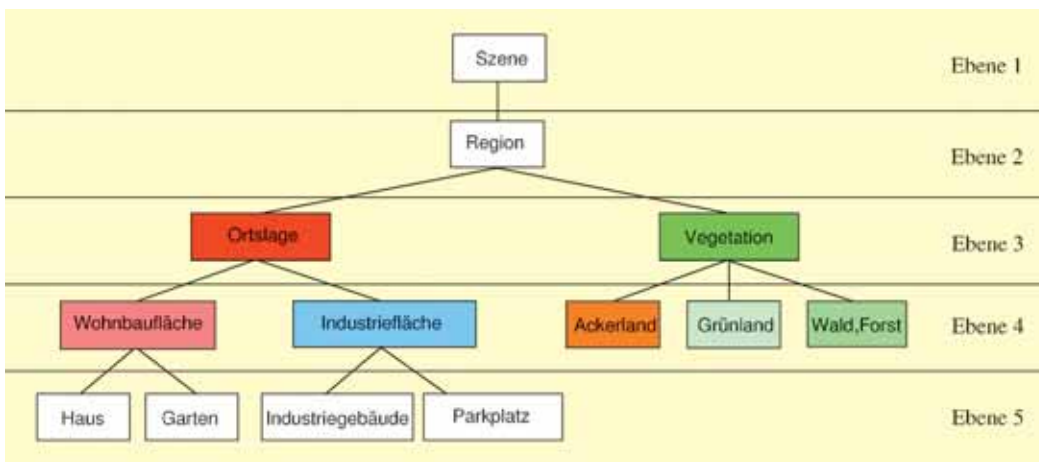


Abbildung 3 Semantisches Netz zur Beschreibung der strukturellen Zusammenhänge im Hinblick auf die Verifikation der flächigen ATKIS-Objekte in Ebene 3 bzw. 4.

Luftbildbereiche, die ATKIS-Objektarten wie »Wohnbaufläche« oder »Industriefläche« entsprechen, sind weder durch einheitliche spektrale noch textuelle Merkmale erfassbar. Sie sind im Wesentlichen durch ihre innere Struktur charakterisiert. So sind Wohngebiete durch ihre Teile, Wohnhäuser und Gärten, charakterisiert.

Das am TNT entwickelte Bildanalyse-System GeoAIDA wird verwendet, um das Wissen über die strukturellen Zusammenhänge zu formulieren und automatisch in eine Bildanalysestrategie umzusetzen.

Ein Semantisches Netz besteht im Wesentlichen aus Knoten und Kanten.

Die Knoten des Netzes sind hochsprachlichen Begriffen zugeordnet und repräsentieren in diesem Fall neben den zu verifizierenden ATKIS-Objekten weitere Objekte, die für die spezifische Aufgabe und den Analyseablauf relevant sind. Die Kanten des Netzes stellen die Beziehungen zwischen den Knoten dar. Im vorliegenden Fall kann man die Beziehungen zwischen den Knoten weitgehend mit dem Begriff »teil-von« charakterisieren.

Dies bedeutet, dass der zu analysierende Luftbildausschnitt, genannt »Szene« aus verschiedenen Teilen, allgemein zunächst flächigen Objekten besteht, die wiederum durch ihre Teile wie zum Beispiel Gebäude und Parkplätze charakterisiert sind.



Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Heipke
 Jahrgang 1961, ist Leiter des Instituts für Photogrammetrie und Geoinformation



Dipl.-Ing. Markus Gerke
 Jahrgang 1974, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Photogrammetrie und Geoinformatik



Prof. Dr.-Ing. Claus-Eberhard Liedtke
 Jahrgang 1942, ist Vorstandsmitglied des Instituts für Theoretische Nachrichtentechnik und Informationsverarbeitung

Abbildung 4
Exemplarische Analyse im Hinblick auf Siedlungsgebiete und Vegetationsflächen: (links) erwartete ATKIS-Objekte (nummeriert) und (rechts) Ergebnis der automatischen Analyse



Dipl.-Ing. Sönke Müller
 Jahrgang 1974, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter, am Institut für Theoretische Nachrichtentechnik und Informationsverarbeitung



Dipl.-Ing. Martin Weis
 Jahrgang 1972, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Theoretische Nachrichtentechnik und Informationsverarbeitung

Ausblick

Die bisherigen Ergebnisse lassen darauf schließen, dass das entwickelte Verfahren in der Praxis eingesetzt werden kann. Daneben werden die bestehenden Verfahren weiterentwickelt, unter anderem um detailliertere Informationen über die derzeit extrahierten Objekte zu erhalten (zum Beispiel Straßenbreiten und die Anzahl Fahrbahnen) und um Straßen auch in besiedelten Gebieten verifizieren zu können. Der modulare Aufbau des Systems wird darüber hinaus dazu genutzt werden um Verfahren, die zusätzliche Objektarten des ATKIS-Kataloges, wie etwa Eisenbahnlinien und Wasserstraßen verifizieren können, zu integrieren.

Literatur

- Busch, A., Willrich, F., 2002: Quality Management of ATKIS Data. Proceedings, OEEPE/ISPRS Joint Workshop on Spatial Data Quality Management, 21–22 March 2002, Istanbul, Turkey, pp. 30–41.
- Heipke C., Mayer H., Wiedemann C., Jarmet O., 1998: External evaluation of automatically extracted road axes, Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation Vol. 2, pp. 81–94.
- 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 (eds.), Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images (III), A.A.Balkema Publishers, Lisse / Abingdon / Exton(PA) / Tokio, pp. 3–12.
- Wiedemann C. (2002): Extraktion von Straßennetzen aus optischen Satellitenbildern, DGK Reihe C, No. 551.
- Willrich F. (2002): Quality control and updating of road data by GIS-driven road extraction from imagery, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 34, No. 4, pp. 761–767.