

**Zeitschrift:** Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

**Band:** 99 (2001)

**Heft:** 8

**Artikel:** Projekt ATOMI : automatische Detektion und Rekonstruktion von Gebäuden für das topographische Landschaftsmodell der Schweiz

**Autor:** Niederöst, Markus

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-235805>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 13.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Projekt ATOMI: Automatische Detektion und Rekonstruktion von Gebäuden für das topographische Landschaftsmodell der Schweiz

Die Detektion und Rekonstruktion von Gebäuden ist im Bereich der Photogrammetrie weltweit eines der zentralen Forschungsthemen. Im Rahmen des Projekts ATOMI wird gegenwärtig nach Methoden gesucht, um diese Aufgaben zu automatisieren.

*La détection et la reconstruction de bâtiments sont dans le monde entier un des sujets de recherche centraux dans le secteur de la photogrammétrie. Dans le cadre du projet ATOMI, des méthodes pour automatiser ces tâches sont actuellement recherchées.*

L'identificazione e la ricostruzione di edifici è universalmente uno dei soggetti centrali di ricerca nel campo della fotogrammetria. Nel progetto ATOMI, si ricercano attualmente metodi per automatizzare questi compiti.

M. Niederöst

## Projekt ATOMI

Am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich wird zur Zeit nach geeigneten Verfahren der Bildverarbeitung und Objektextraktion geforscht, um die Daten des digitalen Landschaftsmodells VEKTOR25 automatisch zu aktualisieren und zu verfeinern [2]. Ausserdem soll die dritte Dimension hinzugefügt werden. Dazu läuft eine Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Landestopographie (L+T). Ziel des Projektes ATOMI (Automated reconstruction of topographic

objects from aerial images using vectorized map information) ist es, Werkzeuge zur Verfügung zu stellen, mit welchen Grunddaten für das dreidimensionale Topographische Landschaftsmodell (TLM) der L+T rationeller erstellt werden können (Abb. 1). Das TLM soll weitmöglichst der Realität entsprechen und im Gegensatz zu den Ausgangsdaten nicht generalisiert sein. Als Lagegenauigkeit für Gebäudeumrisse wird 1 m angestrebt. Ausserdem soll die Höhe von Gebäuden mit einer Genauigkeit von 1–2 m ermittelt werden. Die Ergebnisse sind auch im Hinblick auf eine Automatisierung der Kartennachführung interessant, welche als Teilaspekt der ganzen Problematik behandelt

wird. Eine weitere Forschungsarbeit im Rahmen von Projekt ATOMI hat die automatische Aktualisierung der Strassenachsen und die Bestimmung der Strassenhöhe zum Inhalt. Auf sie wird jedoch hier nicht weiter eingegangen.

## Objekte erkennen und messen

Das menschliche Gehirn ist ein Wunder der Natur. Unbewusst werden in unserem Kopf laufend Dinge erfasst, erkannt und interpretiert. Wir sind sogar in der Lage, in einem unvollständigen Bild Lücken zu füllen. So können wir in Abbildung 2 den Buchstaben E erkennen, obwohl sein Umriss nur unvollständig abgebildet wurde. Auch bei Gebäuden leistet unser Gehirn wertvolle Dienste. Anhand eines einzigen Luftbildes können wir diese identifizieren und ihre dreidimensionale Dachform erkennen (Abb. 2).

Das Hauptproblem bei der automatischen Gebäudedetektion ist, dass der Computer in geeigneten Daten diejenigen Informationen sammelt, welche es ihm erlauben, ein Haus von einem Baum oder ei-

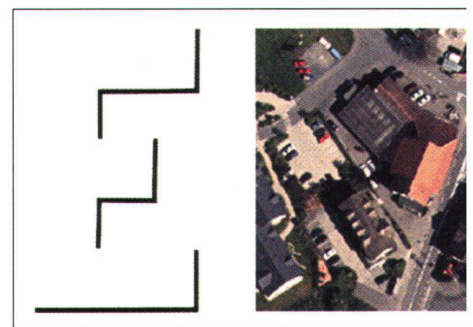


Abb. 2: Bildinterpretation und Objekterkennung.

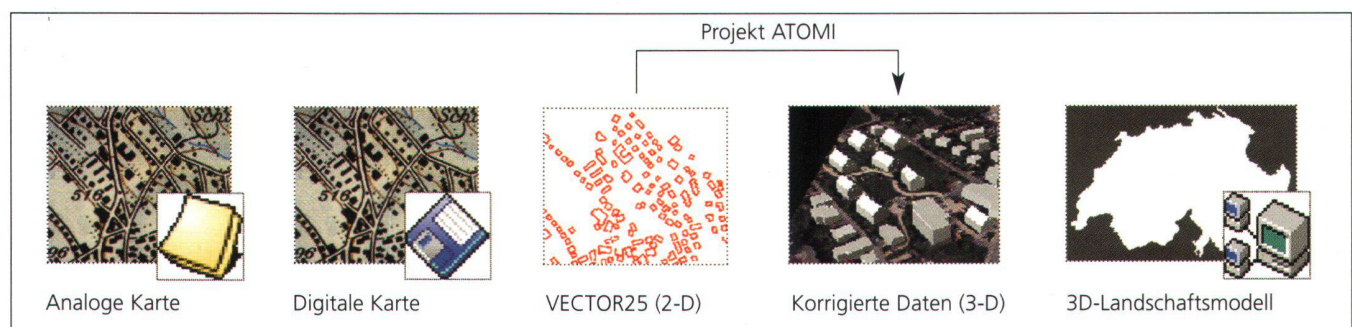


Abb. 1: Projekt ATOMI und das Topographische Landschaftsmodell.



ner Strasse zu unterscheiden. Für die Rekonstruktion ist es anschliessend notwendig, dass die Kanten und Flächen, welche die dreidimensionale Form des Objektes definieren, bestimmt werden können. Die Werkzeuge, welche das automatische Erkennen und Messen von Objekten mit dem Computer ermöglichen, sind die Methoden der digitalen Bildanalyse und der digitalen Photogrammetrie. Einen Überblick über verschiedene Methoden zur Detektion und Rekonstruktion von Gebäuden geben [1], [3] und [4].

### Die verwendeten Daten

Für die Untersuchungen wurden digitale Farbluftbilder der Ortschaften Hedingen und Horgen (Kanton Zürich) im Massstab 1:15 800 verwendet. Bei einer Flughöhe von ungefähr 4800 m über Grund und einer Scanauflösung von 14 mm entspricht ein Pixel der Fläche von 22 x 22 cm<sup>2</sup>. Aus ökonomischen Gründen wird eine zweifache Überdeckung (Stereomodell) angestrebt.

Auf einer digitalen photogrammetrischen Station wurden die Stereomodelle orientiert. Dazu wurden die natürlichen Passpunkte der L+T verwendet, welche mit GPS gemessen worden waren. Danach erfolgte die automatische Generierung von Oberflächenmodellen.

Ebenfalls zur Anwendung kam das DHM25, welches für die ganze Schweiz mit einer Rasterweite von 25 m vorliegt. Die Genauigkeit beträgt im Mittelland ca. 1.5 m und in den Alpen 5–8 m.

Um eine möglichst robuste Detektion und Rekonstruktion zu gewährleisten, werden verschiedene Informationen über die Objekte automatisch gesammelt und verarbeitet. Häufig verwendet werden Farbe, Textur, Grauwertkanten, ein digitales Oberflächenmodell (DOM), ein digitales Terrainmodell (DTM, z.B. DHM25), ein normalisiertes DOM (nDOM = DOM-DTM) und Schatten.

Das Vorhandensein von VECTOR25 als Näherungsdaten scheint ein grosser Vorteil zu sein. Es müssen jedoch zwei Aspekte berücksichtigt werden: Der Dateninhalt

ist *generalisiert*, und der Datensatz ist *nicht aktuell*. VECTOR25 wird an der L+T halbautomatisch aus der Landeskarte 1:25 000 digitalisiert, welche eine Lagegenauigkeit von 3–8 m hat. Der Inhalt dieser Karten wird bei der Herstellung von Kartographen generalisiert. Der graphischen Darstellung wird im Hinblick auf eine gute Lesbarkeit eine hohe Priorität gegeben, wogegen Geometrie und Semantik manchmal vernachlässigt werden müssen [5]. Obwohl Regeln für die Generalisierung existieren, hängt das Resultat sehr stark vom bearbeitenden Kartographen ab (Abb. 3).

Eine zweite Eigenschaft von VECTOR25 ist, dass der Datensatz nicht aktuell ist. Es sind nur diejenigen Gebäude enthalten, welche bei der letzten Kartennachführung bereits berücksichtigt worden waren. Die rasche urbane Entwicklung sollte dabei nicht unterschätzt werden, waren doch in den Testgebieten Hedingen und Horgen beinahe 20% der zu rekonstruierenden Gebäude nicht in VECTOR25 enthalten. Diese Tatsache macht die Entwicklung einer Methode zur Detektion neuer Gebäude absolut notwendig.

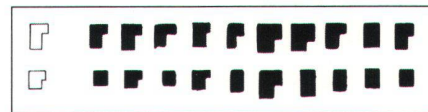


Abb. 3: Generalisierung zweier Gebäude durch verschiedene Kartographen [8].

### Gebäudedetektion

Ein wichtiger Aspekt bei der Detektion von Gebäuden ist die Trennung von anthropogenen und natürlichen Objekten. Sowohl Häuser wie auch Bäume zeichnen sich dadurch aus, dass sie sich in einem DOM vom Terrain abheben. In der Regel kann jedoch nicht davon ausgegangen werden, dass ein Haus allein aufgrund der Form im photogrammetrisch generierten Oberflächenmodell als solches identifiziert werden kann. Abhilfe bei der Unterscheidung von Gebäuden und Bäumen würde die Verwendung von Farbinfrarot- oder Infrarotbildern schaffen, in welchen die Vegetation sich farblich von den anderen Objekten abhebt. Die zusätzliche Befliegung der ganzen Schweiz mit Farbinfrarotfilm wäre jedoch sehr kostspielig.

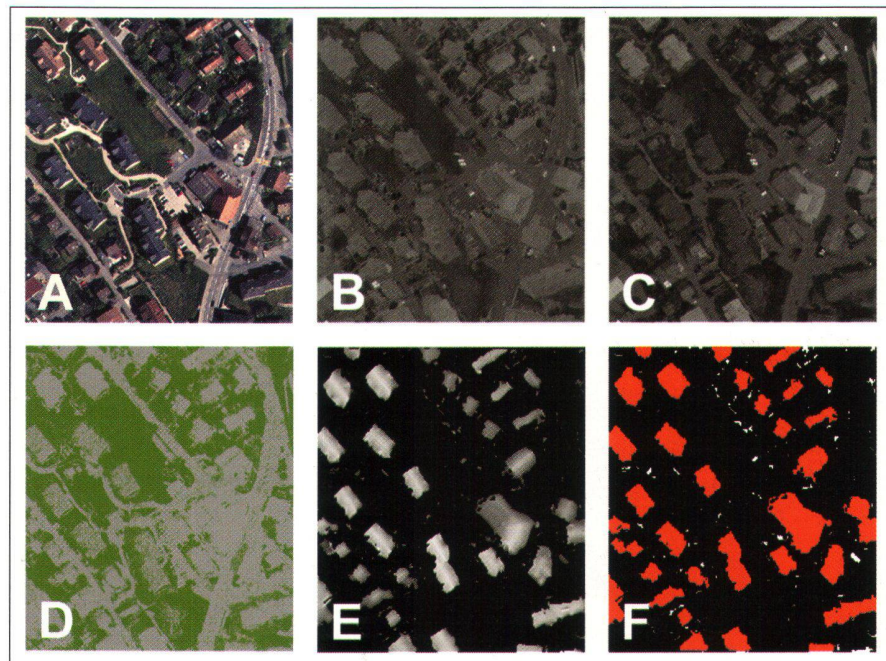


Abb. 4: Gebäudedetektion aus Farbluftbild und Oberflächenmodell; A) Originalbild, B) rotgrün-Kanal a\* des CIELAB Farbraums, C) arithmetische Kombination  $gr = (g-r) / (g+r)$ , D) Klassifizierungsergebnis, E) normalisiertes Oberflächenmodell ohne Vegetation, F) detektierte Gebäude.



Darum müssen andere Möglichkeiten gefunden werden, um die Häuser von der Vegetation zu trennen.

Ein Forschungsschwerpunkt im Projekt ATOMI ist die Detektion von Vegetation aus Farbluftbildern mit Klassifizierungsmethoden, wie sie auch in der Fernerkundung zur Unterscheidung verschiedener Bodenbedeckungen verwendet werden. Oberflächen, welche sich farblich ähnlich sind, werden dabei derselben Klasse zugeteilt. Man unterscheidet zwischen überwachter Klassifizierung, bei welcher für jede Klasse vorgängig bestimmt wurde, welche Farbeigenschaften und welche Bedeutung sie hat, und unüberwachter Klassifizierung, bei welcher in Klassen unterteilt wird, ohne dass die Klasseigenschaften und ihre Bedeutung bekannt sind.

Als Beispiel soll das Prinzip der überwachten Klassifizierung erläutert werden. Aus den drei Farbkanälen rot, grün und blau eines Bildes (Abb. 4A) können verschiedene andere Kanäle berechnet werden, in welchen im Idealfall gleichartige Objekte die gleiche Helligkeit aufweisen. Im sogenannten CIELAB-Farbraum zum Beispiel enthalten die drei Kanäle die Helligkeit, die rotgrün- beziehungsweise die gelbblau-Information. Der rotgrün-Kanal  $a^*$  (Abb. 4B) zeichnet sich dadurch aus, dass anthropogene Objekte heller abge-

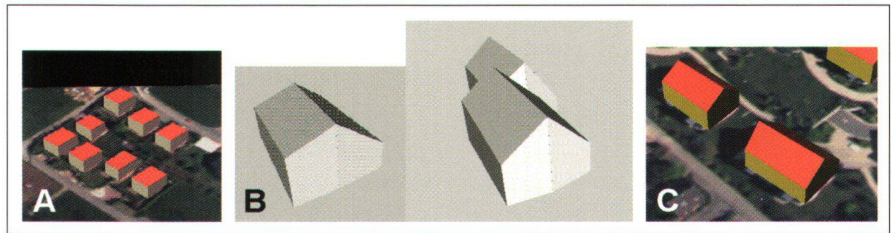


Abb. 6: Resultate der automatischen Rekonstruktionsverfahren; A) orthophotobasiert, B) Rekonstruktion der Haupt-Dachflächen, C) basierend auf DOM und 3D-Kanten.

bildet werden als die Vegetation. Ähnlich verhält es sich mit der arithmetischen Kombination  $gr = (g-r) / (g+r)$  der RGB-Farbkanäle grün und rot (Abb. 4C). Wenn nun für wenige Gebäude im Bild die durchschnittlichen Grauwerte in den beiden Eingangskanälen rotgrün und gr durch manuelle Messungen bestimmt werden, kann anschliessend für jedes Pixel im Bild berechnet werden, ob es zur Klasse Gebäude oder zur Klasse Vegetation gehört (Abb. 4D). Werden im nDOM alle Höhenwerte eliminiert, welche durch Vegetation verursacht wurden, bleiben die Gebäude als einzige grössere Objekte übrig, welche sich vom Boden abheben (Abb. 4E). Diese können durch Verwendung eines Schwellwertes für die minimale Gebäudehöhe (z.B. 2 m) detektiert werden (Abb. 4F).

Die beschriebene Methode ist nur eine von mehreren Möglichkeiten, die unge-

fähre Lage von Gebäuden zu bestimmen. Eine anderer Ansatz wurde ebenfalls im Verlauf des Projekts ATOMI entwickelt. Das DOM wird dabei horizontal in Scheiben geschnitten. Ein Objekt ist dann detektiert, wenn in mehreren aufeinanderfolgenden Höhenstufen jeweils an der selben Stelle Höhenwerte der betreffenden Stufe vorkommen (Abb. 5). Der Vorteil des Verfahrens ist, dass ausschliesslich ein DOM benötigt wird, ein DHM muss nicht vorhanden sein [6].

## Automatische Rekonstruktion

Bei der Rekonstruktion von Gebäuden aus einem Stereomodell mit Bildern des Massstabs 1:15 800 ist zu berücksichtigen, dass Dachdetails nicht modelliert werden können. Daher ist das Ziel, die grobe Gebäudeform möglichst exakt wiederzugeben. Im Verlauf des Projekts wurden verschiedene Varianten entwickelt und getestet.

### Verfahren A:

Es wurde ein Orthophoto des Testgebietes verwendet, um die Stärke und Orientierung von Grauwertkanten sowie eine arithmetische Kombination des roten und des grünen RGB-Kanals zu berechnen. Zusätzlich kam das normalisierte DOM zur Anwendung. Basierend auf diesen Daten wurden Schritt für Schritt die Lage, die Orientierung und die Grösse der Approximation aus VECTOR25 verbessert und im DOM eine Gebäudehöhe ermittelt [6]. Die Gebäuderepräsentation mit nur einer Höhe und basierend auf dem Orthophoto bedeutet eine starke Vereinfachung (Abb. 6A).

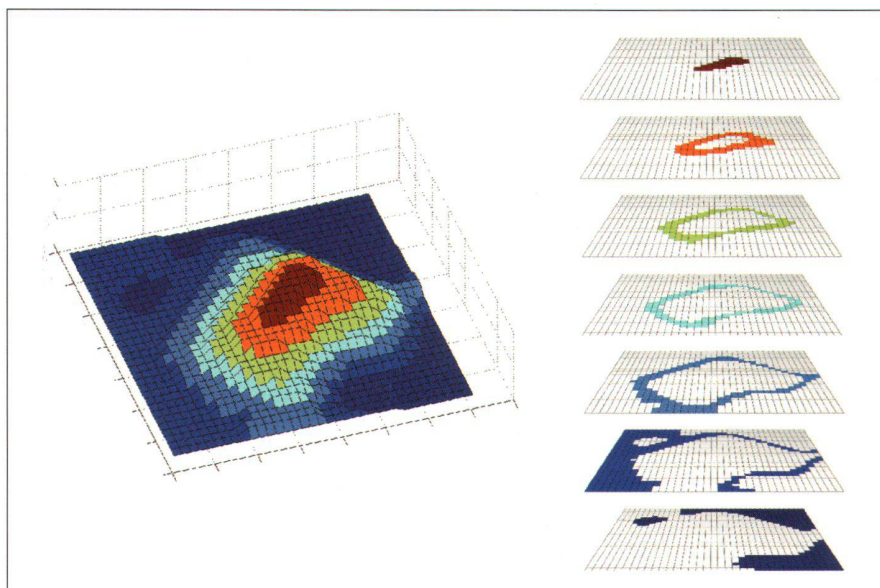


Abb. 5: Gebäude in aufeinanderfolgenden Scheiben des Oberflächenmodells.



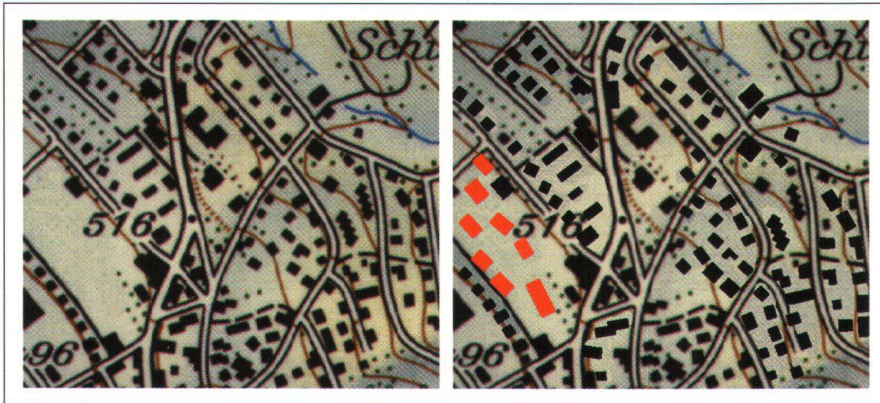


Abb. 7: Nachführung der Karte 1:25000; die roten Gebäude waren in VECTOR25 nicht enthalten.

### Verfahren B:

Für jeweils ein detektiertes Gebäude wurden mittels unüberwachter Klassifizierung Dachregionen mit konstanten radiometrischen Eigenschaften bestimmt [7]. Für jede Dach-Hauptfläche wurden vorgängig rekonstruierte 3D-Kanten sowie Höhenwerte aus dem DOM verwendet, um die dreidimensionale Ebenengleichung und die vereinfachte Form der Dachfläche zu bestimmen. Durch Projektion aller Eckpunkte auf das DHM25 wurden die Wände hinzugefügt und somit das Gebäudemodell generiert (Abb. 6B). Die Rekonstruktion einzelner Dach-Hauptflächen ist sehr stark von den radiometrischen Eigenschaften der Luftbilder und insbesondere der Dächer abhängig.

### Verfahren C:

Schliesslich wurden die Erfahrungen aus den Methoden A und B kombiniert, um genauere Resultate mit grösserer Zuverlässigkeit erzielen zu können. Der Ansatz basiert auf der Verwendung des digitalen Oberflächenmodells und – falls vorhanden – von rekonstruierten 3D-Kanten. Die Näherung aus VECTOR25 wird in mehreren Einzelschritten an die Gebäudeumrisse im DOM und die 3D-Kanten angepasst (Verschiebung, Rotation, Massstab und Korrektur jeder einzelnen Gebäudeseite). Gegebenenfalls wird mit Hilfe der Gradientenrichtungen im DOM ein Satteldach rekonstruiert (Abb. 6C).

Während die Verfahren A und C für Gebäude mit einfachem Grundriss gut funktionieren, stellte sich heraus, dass der Ansatz B zu empfindlich auf die radiometrischen Eigenschaften der einzelnen Dachflächen reagiert.

## Analyse und Nutzen der Ergebnisse

Die entwickelten Rekonstruktionsverfahren A und C erlauben, frei stehende Häuser mit einfachen Dachformen automatisch und weitgehend korrekt zu rekonstruieren. Im Verlauf dieser Forschungsarbeit stellten sich allerdings die folgenden Punkte als besonders kritisch heraus:

- Eine saubere Detektion der Vegetation

ist sehr wichtig. Bäume in der Nähe von Gebäuden wirken sich negativ auf die Resultate aus.

- Die radiometrischen Eigenschaften zwischen verschiedenen Luftbildern variieren stark. Es ist sehr schwierig, allgemein gültige auf den Farbeigenschaften der Bilder basierende Informationen zu bestimmen.
- Je genauer die verwendete Höheninformation im DOM ist, desto zuverlässiger wird die Rekonstruktion.
- Alle entwickelten Verfahren wurden für Einzelhäuser ausgelegt. In Dorfkernen oder gar in Städten müssen andere Methoden zur 3D-Rekonstruktion gefunden werden.

Die Kombination eines Kartenausschnittes 1:25 000 mit den automatisch generierten Daten zeigt, dass die automatische Nachführung auf der Basis eines einzelnen Stereomodells (zwei Farbbilder 1:15 800) durchaus möglich ist (Abb. 7).

## Ausblick in die Zukunft

Ein Versuch mit einem sehr präzisen Oberflächenmodell (Rasterweite 0.5 m) zeigt Verbesserungsmöglichkeiten, welche die Verwendung von genaueren und zuverlässigeren Höhendaten birgt (Abb. 8). Diese Daten können mittels Laserscanning erfasst werden.

Interessant wäre auch, einen Laser zu verwenden, welcher Mehrfachreflexionen

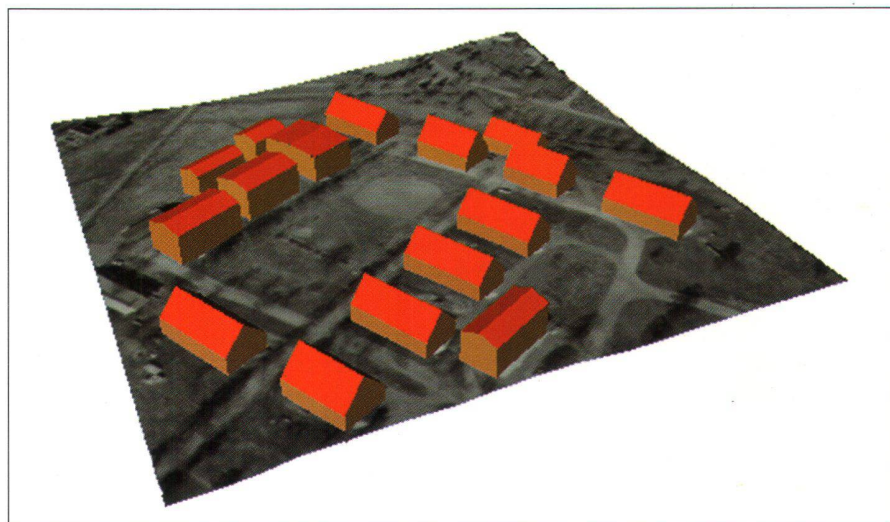


Abb. 8: Gebäuderekonstruktion aus einem genauen Oberflächenmodell.



verarbeiten kann. Die Messung der jeweils ersten Reflexion ergibt – ähnlich dem optischen DOM – die Oberfläche inklusive Gebäude und Bäume. Messungen mit der jeweils letzten Reflexion geben das Gelände und alle anthropogenen Objekte wieder [9]. Nur im Fall der Vegetation unterscheiden sich die Höhe aus der ersten bzw. letzten Reflexion wesentlich. Bäume könnten also mit Hilfe der Laserdaten eliminiert werden.

In der digitalen Bildverarbeitung und der digitalen Photogrammetrie steckt ein grosses Potenzial. Die beschriebenen Methoden sind jedoch nur ein erster Schritt. Es wird weitere Entwicklungen der Verfahren und Daten brauchen, um eine allgemein anwendbare automatische und zuverlässige Gebäuderekonstruktion möglich zu machen.

#### Literatur:

[1] Brenner, C. (2000): Dreidimensionale Ge-

bäuderekonstruktion aus digitalen Oberflächenmodellen und Grundrissen. Doktorarbeit, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen, Universität Stuttgart.

[2] Eidenbenz Ch., Käser, Ch., Baltsavias, E. (2000): ATOMI – Automated reconstruction of Topographic Objects from aerial images using vectorized Map Information. IAPRS, Vol. XXXII, Part B3/1, 462–471.

[3] Grün, A., Kübler, O., Agouris, P. (1995): Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images. Birkhäuser Verlag, Basel.

[4] Grün, A., Baltsavias, E., Henricsson, O. (1997): Automatic Extraction of Man-Made Objects from Aerial and Space Images (II). Birkhäuser Verlag, Basel.

[5] Hake, G., Grünreich, D. (1994): Kartographie. Walter de Gruyter & Co., Berlin.

[6] Niederöst, M. (2000): Reliable reconstruction of buildings for digital map revision. IAPRS, Vol. XXXIII, Part B3/2, 635-642.

[7] Niederöst, M. (2001): 3D-Gebäuderekonstruktion mittels Bildanalyse zur Nach-

führung von topographischen Karten. Tagungsband der 20. Wissenschaftlich-Technischen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Photogrammetrie und Fernerkundung 2000, Berlin.

[8] Spiess, E. (1990): Siedlungsgeneralisierung. Kartographisches Generalisieren, Kartographische Publikationsreihe der Schweizerischen Gesellschaft für Kartographie, Nr. 10, SGK Publikationen c/o Orell Füssli AG, Zürich, 49–55.

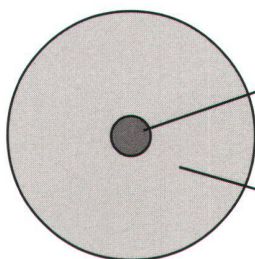
[9] Steinle, E., Vögtle, T. (2000): Effects of different laser scanning modes on the results of building recognition and reconstruction. IAPRS, Vol. XXXIII, Part B3/2, 858–865.

Markus Niederöst  
Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich  
ETH Hönggerberg  
CH-8093 Zürich  
markus@geod.baug.ethz.ch  
www.photogrammetry.ethz.ch

## eRTK - Die neue GPS-Technologie

### Das bietet Ihnen eRTK:

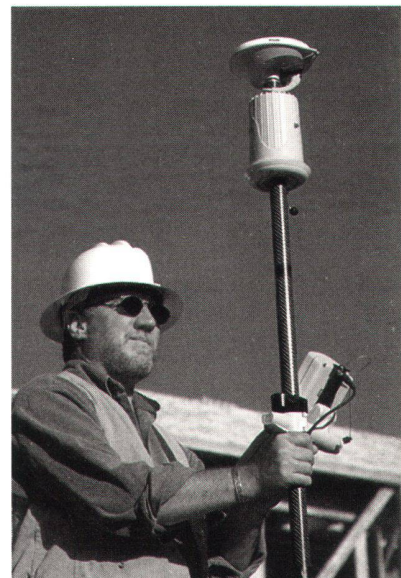
- 36 mal grössere Abdeckung mit einer Referenzstation
- Höchste Präzision in Echtzeit (< 1cm)
- Kurze Initialisierungszeiten
- Zuverlässige Resultate
- Speziell konzipiert für GPS-Netze (z.B. AGNES, Swiss@t)



Arbeitsbereich mit herkömmlichen RTK-Methoden (5km Radius, 79km<sup>2</sup>)

Arbeitsbereich mit eRTK (30km Radius, 2828km<sup>2</sup>)

Rufen Sie uns an und lassen Sie sich unsere Geräte vorführen!



allnav • Obstgartenstrasse 7 • 8035 Zürich • Tel.: 01 363 41 37  
allnav@allnav.com • www.allnav.com  
Baden-Württemberg: 71522 Backnang • Tel.: 07191 734 411

