

Der Übergang von Bodenbedeckung über urbane Struktur zu urbaner Funktion – ein integrativer Ansatz von Fernerkundung und GIS

Christoph AUBRECHT, Klaus STEINNOCHER

Christoph Aubrecht, Universität Wien, Institut für Geographie & Regionalforschung, Kartographie & Geoinformation, Universitätsstraße 7, 1010 Wien / Austrian Research Centers - ARC, Systems Research, Donau-City-Str. 1, 1220 Wien; aubrecht@atlas.gis.univie.ac.at

DI. Dr. Klaus Steinnocher, Austrian Research Centers - ARC, Systems Research, Donau-City-Str. 1, 1220 Wien; klaus.steinnocher@arcs.ac.at

1 KURZFASSUNG

Die integrative Analyse von Fernerkundungsdaten und sozioökonomischer Information ermöglicht den Übergang von Bodenbedeckung, und in weiterer Folge urbaner Struktur, zu detaillierter urbaner Funktion. Dies birgt vor allem für Raumplaner und Entscheidungsträger im städtischen Raum großes Potential in sich.

In dieser Arbeit wird gezeigt, wie zunächst mittels objekt-orientierter Analyse von Fernerkundungsdaten eine erste Klassifikation urbaner Strukturen erfolgt. Durch Einsatz von LiDAR (engl.: Light Detection And Ranging) kann die Klassifizierung von optischen Bilddaten sowohl hinsichtlich Genauigkeit, als auch hinsichtlich Automatisierung wesentlich verbessert werden. Landbedeckungstypen werden anhand ihrer relativen Höhe über Grund zusätzlich differenziert, nach Herausfiltern der Gebäude ist das Resultat ein 3D-Gebäudemodell.

Dieses Modell bildet die Basis für die Integration von sozioökonomischen Daten (Flächenwidmungsdaten, geokodierte Adressdaten, Firmendaten und Bevölkerungsdaten) mit dem Ziel urbane Funktion auszuweisen. Eine erste funktionale Gliederung der Gebäude erfolgt durch Verschneidung mit aggregierten Flächenwidmungsdaten. Mittels geokodierter Adress-Punktdateien werden die Gebäude durch Bildung von Thiessen-Polygonen in Gebäudeteile zerlegt. Im nächsten Schritt können diese durch ihre Adressinformation mit Firmendaten verknüpft werden, was einer wesentlichen Verbesserung und Verfeinerung der funktionalen Gliederung bzw. einer ersten detaillierten Anzeige der Gebäudenutzung entspricht.

Als letzter Schritt wird eine Methode der räumlichen Disaggregation von Bevölkerung präsentiert, wobei mit steigender Komplexität die Ergebnisse einen dementsprechend höheren Genauigkeitsgrad aufweisen. Auf Rasterbasis vorliegende Volkszählungsdaten werden insofern verfeinert, dass Bevölkerung auf potentielle Wohngebäude verteilt wird. Zur Abschätzung der Einwohner pro Gebäude bzw. Gebäudeteil wird nicht die zweidimensionale Grundfläche als Referenz angenommen, sondern unter Miteinbeziehung der Höheninformation aus den Laser-Scanning-Daten das Gebäudevolumen. Der relevante potentielle Wohnraum wird durch Gewichtung des Volumens unter Berücksichtigung der Nutzung ausgewiesen. Diese zusätzlichen Informationen garantieren einen hohen Genauigkeitsgrad der Disaggregation und resultieren in einer zusätzlichen Aufwertung des funktionellen 3D-Gebäudemodells.

2 EINLEITUNG

Modellierung von Städten als komplexe Systeme erfordert Informationen unterschiedlichster Art, wie sozioökonomische und demographische Daten, als auch Realdaten. Letzteres steht für die Darstellung physischer Objekte wie Gebäude, Infrastruktur und Vegetation – allgemein Landbedeckung – Information, die meist durch Fernerkundungsanalysen oder terrestrische Erhebungen gewonnen und in raumbezogenen Datenbanken gespeichert wird. Sozioökonomische Daten andererseits entstammen statistischen Quellen wie der Volkszählung und beziehen sich, vor der Aggregation auf räumliche Basiseinheiten, auf einzelne Darsteller wie Personen oder Firmen.

Obwohl sich viele Komponenten des Fernerkundungs- und des GIS-Bereichs in den letzten Jahren separat voneinander entwickelt haben, ist ein Zusammenspiel im Rahmen von integrierten Ansätzen ein idealer Weg, um fortschrittliche räumliche Informationsprodukte für den urbanen Raum zu erstellen. Einerseits kann durch die Kombination der unterschiedlichen Daten statistische Information durch räumliche Disaggregation aufgewertet werden (Steinnocher et al. 2006). Andererseits kann durch die Integration von sozioökonomischen Daten bei der Bildauswertung ein Übergang von reiner Landbedeckung zu Landnutzung vollzogen werden (Mesev 2005). Dieser Ansatz wird in der vorliegenden Arbeit noch ausgeweitet, mit dem Ziel detaillierte urbane Funktion auszuweisen.

3 UNTERSUCHUNGSGEBIET UND DATEN

Das Untersuchungsgebiet (UG) liegt in Linz-Urfahr in Oberösterreich, unmittelbar nördlich der Donau, und hat eine Fläche von etwa 3,7 x 3,5 km. Vor allem im nördlichen Teil des UG, am Stadtrand, sind weite Teile von Wald und Feldern bedeckt. Das beginnende Stadtgebiet ist im Süden großteils von gemischtem Wohngebiet und Geschäftsvierteln, sowie vom Schul- und Universitätskomplex im Osten geprägt.

Zur Analyse von Bodenbedeckung/urbaner Struktur wurden zwei Fernerkundungsdatensätze herangezogen:

- IKONOS 2-Satellitenbild: Pansharpened von 4 m auf 1 m Auflösung, mit vier multispektralen Kanälen inklusive nahem Infrarot (Aufnahme: 15.06.2002) – Abb. 2/1.
- Normalisiertes Digitales Oberflächenmodell (engl.: normalized Digital Surface Model, nDSM): Generiert aus ALS-Daten (engl.: Airborne Laser-Scanning) bei einer Flughöhe über Grund von 1 000 m und einer Punktdichte von 1 Pkt./m², zeigt es Höheninformation über Grund. (Aufnahme: 24.03.2003) – Abb. 2/2.
- Zur weiterführenden Analyse der urbanen Funktion erfolgte eine Integration von statistischen und sozioökonomischen Daten, sowie Adress-Daten. Steinnocher und Köstl (2007) präsentieren eine genaue Beschreibung dieser Daten, auch hinsichtlich Qualität und auftauchender Probleme bei Verschneidungen.
- Flächenwidmung: Für das vorliegende Projekt wurde die Vielzahl von Kategorien und Ebenen des Originaldatensatzes (Flächenwidmungsplan FWP, definiert im Oberösterreichischen Raumordnungs-gesetz) auf die in Abb. 3/1 gezeigten fünf Klassen aggregiert.
- Gebäude-Adressdaten: Die sogenannten ACGeo-Daten bestehen aus Postadressen verknüpft mit genauen Geo-Koordinaten. Die Position des Punktes entspricht entweder dem Gebäude oder dem Eingang des Gebäudes, die dazugehörige Adresse ist als Attribut gespeichert. Die Daten werden von der Post AG aus Orthofotos digitalisiert, von Tele Atlas Austria kommerziell vertrieben und zwei Mal jährlich aktualisiert (vgl. Abb. 3/2).
- Herold-Firmendaten: Basierend auf den „HEROLD Gelben Seiten“, werden diese Daten ebenfalls zwei Mal im Jahr aktualisiert und liefern grundlegende Firmen-Informationen wie Name, Adresse, Branche und wirtschaftlicher Sektor. Die auf der Straßengeometrie basierende Geokodierung ist abhängig von der Verfügbarkeit der Adress-Koordinaten, wobei die Qualität für jeden Eintrag quantitativ klassifiziert ist.
- Statistik Austria-Raster: Die verwendeten Daten beruhen auf dem Zensus 2001 (Volkszählung, Gebäude- und Wohnungszählung, Arbeitsstättenzählung). Zensusdaten sind über die Adresse geokodiert, was bedeutet, dass jede eindeutige Adresse geographisch koordinativ verortet ist. Dieser Adress-Punkt-Datensatz wird vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) erstellt und aktualisiert. Aus Datenschutzgründen erfolgt von Statistik Austria eine Aggregation auf ein regelmäßiges Raster, wobei bei der höchsten verfügbaren Auflösung (nur in Stadtgebieten) die Rastergröße 125 x 125 m beträgt. Das Raster enthält als Information unter anderem die im vorliegenden Projekt als Basis verwendete „Einwohneranzahl pro räumlicher Einheit“.

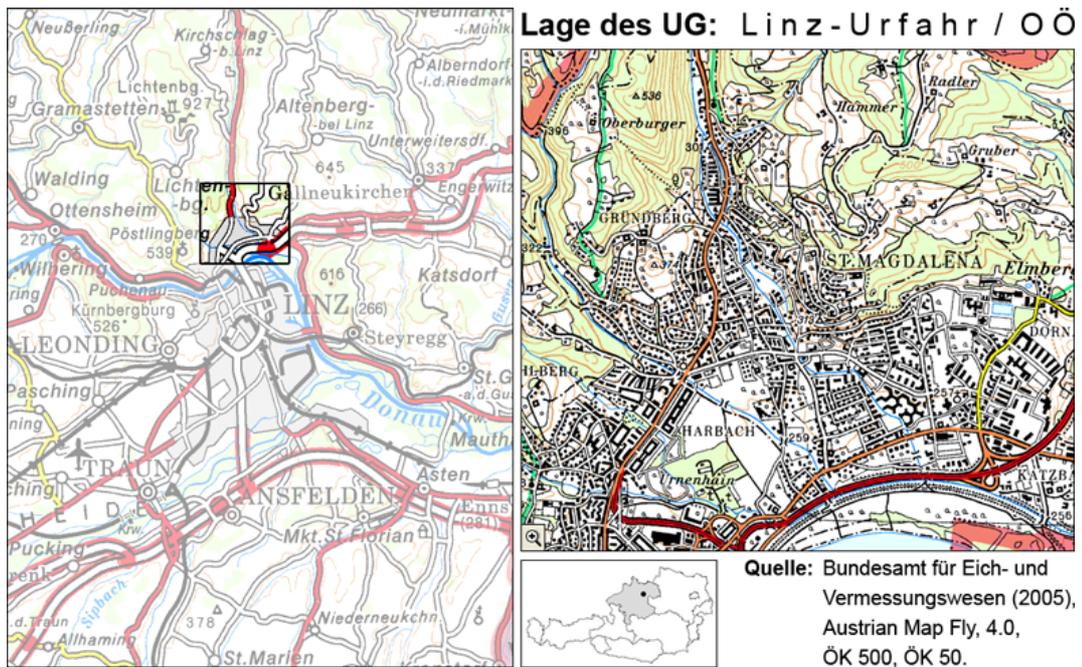


Abb. 1: Lage des Untersuchungsgebiets in Linz-Urfahr, Oberösterreich.

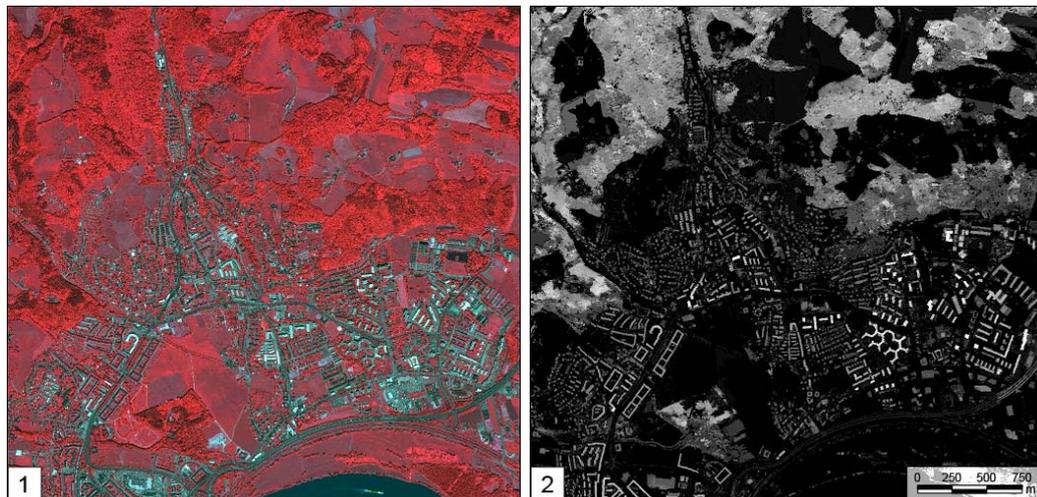


Abb. 2: Falschfarben-Infrarot IKONOS 2-Zusammenstellung (1) und normalisiertes Digitales Oberflächenmodell (2).



Abb. 3: Aggregierte Flächenwidmung (1), ACGeo-Adressdaten (2), Herold-Firmendaten (3), Statistik Austria-Bevölkerungsraster und BEV-Adressdaten (4).

4 METHODIK UND DATEN-ANALYSE

4.1 Detaillierte Landbedeckung und urbane Struktur

Aufgrund der hohen Auflösung der Datensätze und ihrer unterschiedlichen Eigenschaften bietet sich ein objekt-orientierter Ansatz, implementiert im Softwarepaket Definiens Professional 5.0 (früher bekannt als eCognition Professional)⁸⁰, zur gemeinsamen Analyse des Satellitenbildes und der LiDAR-Daten an. Prinzipiell sind dabei drei Bearbeitungsschritte zu unterscheiden: (1) Die Segmentierung der Daten, (2) die Klassifizierung der resultierenden Segmente und (3) eine manuelle Nachbearbeitung. Die ersten beiden Verfahren können wechselweise eingesetzt werden, Klassifizierungsergebnisse dienen dann als Basis für weitere Segmentierungen. Eine detaillierte Beschreibung zu Segmentierung und Klassifizierung liefern Kressler und Steinnocher (2006a,b). Andere Ansätze zur Erstellung von komplexen 3D-Stadtmodellen präsentieren Ulm (2005) und Poli (2006), sowie Kocaman et al. (2006).

Durch die gemeinsame Analyse der VHR (engl.: very high resolution) Satellitenbilddaten und der LiDAR-Daten können Klassifikationen erstellt werden, die über klassische Landbedeckungs-Klassifikationen hinausgehen. Verschiedene räumliche Strukturen suburbaner Zonen sind in hochauflösenden Satellitenbilddaten direkt ersichtlich und können durch die kombinierte Analyse mit Höhendaten berücksichtigt werden. Dieser Prozess stellt einen Schritt von der Ermittlung reiner Landbedeckung in Richtung Landnutzung dar.

Unterschiedliche Landbedeckungstypen, wie Vegetation, Wasser und versiegelte Flächen, können allein aus den Informationen des IKONOS-Bildes unterschieden werden. Anhand der Höheninformation aus den ALS-Daten erfolgt eine weitere Differenzierung der verbauten Gebiete (und auch der Vegetation), unter anderem ist eine exaktere Abgrenzung von Gebäuden und Straßen möglich. Die Zuweisung zu definierten Klassen

⁸⁰ DEFINIENS - The Image Intelligence Company - www.definiens.com (Stand: März 2007)

erfolgt anhand von Merkmalen wie Helligkeit, mittlere spektrale Werte einzelner Bänder und NDVI (engl.: Normalized Difference Vegetation Index), basierend auf unscharfen Zugehörigkeitsfunktionen (engl.: fuzzy membership functions) (vgl. Kressler und Steinnocher 2006a,b). Letztlich werden sechs Klassen unterschieden: Gebäude, Straßen, flaches unbebautes Gebiet, Bäume/Wald, Gebüsch und Wasser. Schatten und eine Klasse für nicht klassifizierbare Segmente werden extra ausgewiesen.

Besonderes Augenmerk wurde in Hinblick auf den weiteren Projektverlauf auf die Auswertung und Beschreibung der Gebäude gelegt. Aus den ALS-Daten kann für jedes Objekt eine durchschnittliche Höhe ermittelt werden. Abb. 4/2 zeigt eine Klassifizierung nach durchschnittlicher Stockwerkshöhe. Resultat des Hinzufügens der dritten Dimension ist der Übergang von Landbedeckung zu urbaner Struktur. In einem zusätzlichen Bearbeitungsschritt wurden die Gebäudeumrisse mittels eines an der TU Wien neu entwickelten halb-automatischen Generalisierungs-Algorithmus vereinfacht. Dadurch wird eine wesentliche Verbesserung der Lesbarkeit und Anschaulichkeit für Visualisierungen in 2D und 3D erreicht (Aubrecht et al. 2007).

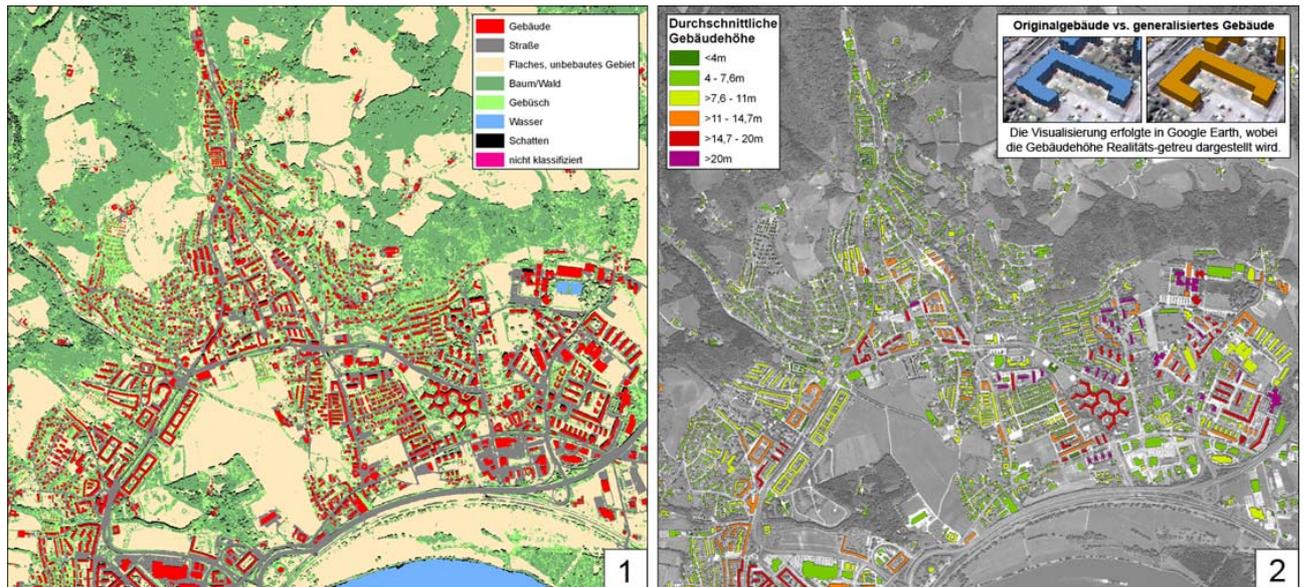


Abb. 4: Landbedeckung (1) und urbane Struktur/generalisiertes Gebäudemodell (2).

4.2 Urbane Funktion

Um den Übergang von urbaner Struktur zu urbaner Funktion vollziehen zu können, erfolgt eine Integration des Resultats aus der Analyse der Fernerkundungsdatensätze (3D-Gebäude-Modell) mit diversen statistisch-demographischen und sozioökonomischen Daten, sowie mit Adress- und Firmendaten (vgl. Kap. 3). Bis zu diesem Punkt ist nur Information über Lage, Größe und Höhe der einzelnen Gebäude verfügbar. Unter Einbeziehung der aggregierten Flächenwidmungsinformation (vgl. Kap. 3, Abb. 3/1) und nach Kontrolle und Überarbeitung mittels eines digitalen Stadtplans⁸¹ wurde jedem der 2 254 Objekte eine der folgenden potentiellen Nutzungsarten zugewiesen (vgl. Abb. 5):

- Wohngebäude (1 722)
- Gemischte Nutzung (209)
- Kleingartenhaus (44)
- Öffentliche Nutzung (241)
- Sonstige Nutzung (38)

Nach der Verschneidung des Gebäudemodells mit dem FWP wurde die Zusatzinformation aus dem digitalen Stadtplan integriert. Erstens wurden Industrie- und Gewerbegebiete zur Klasse „Sonstige Nutzung“ zusammengefasst. Weiters wurden Gebäude mit öffentlicher Nutzung aus der im FWP ausgewiesenen „Gemischten Nutzung“ ausgenommen (vgl. Abb. 5). Aus der Klasse „Grünland“ wurden Erholungsgebiete und Sportstätten zur Klasse „Sonstige Nutzung“ hinzugefügt, Kleingartensiedlungen wurden extra klassifiziert. Wohngebiet wurde als solches übernommen. Gebäude außerhalb des im FWP definierten

⁸¹ Digitaler Kommunalfinder der Stadt Linz - www.gisdat.at/website/linz (Stand: März 2007)

Bereichs wurden vorläufig als Wohngebäude klassifiziert. Meist sind dies freistehende landwirtschaftliche Höfe mit diversen Nebengebäuden (vor allem im Nordosten des UG), oder Gebäude deren Zentrum bei der Verschneidung auf Straßen liegt.

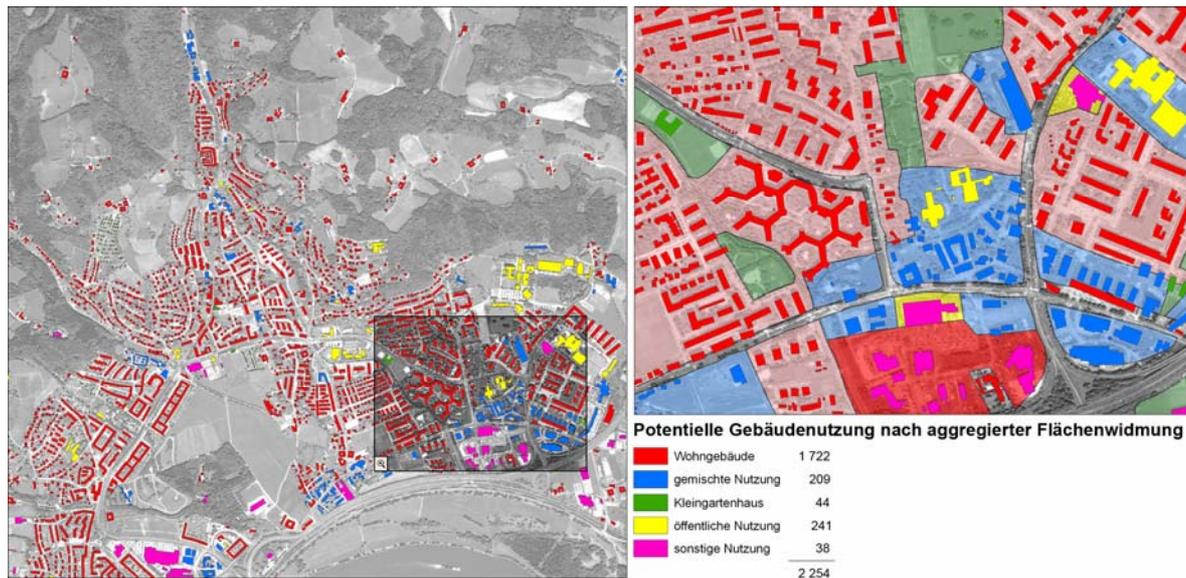


Abb. 5: Ausweisung einer potentiellen Gebäudenutzung durch Verschneidung mit aggregierter Flächenwidmungsinformation.

Durch die Miteinbeziehung der Flächenwidmung ergibt sich ein Indikator für die vorrangige Nutzung eines Gebäudes, lokale Unterschiede werden jedoch nicht berücksichtigt. Zur genaueren funktionellen Gliederung werden Firmendaten (auf Adress-Ebene) in die Analyse integriert. Mittels der geokodierten ACGeo-Adressen wird die Verbindung zu den Gebäuden hergestellt. Aufgrund der teils schlechten Lagegenauigkeit musste ein Teil dieser Punktdaten geometrisch korrigiert werden, wonach jeder Adresspunkt eindeutig einem Gebäude zuzuordnen war. Durch die Generierung von Thiessen-Polygonen und anschließender Verschneidung mit den Gebäudepolygonen konnten Gebäude mit mehreren Adressen (z. B. Wohnblöcke mit mehreren Eingängen oder Reihenhäuser) in Gebäudeteile mit eindeutiger Adresse zerschnitten werden. Somit bezieht sich jeder Herold-Eintrag über den Konnex der Adresse eindeutig auf einen spezifischen Gebäudeteil.

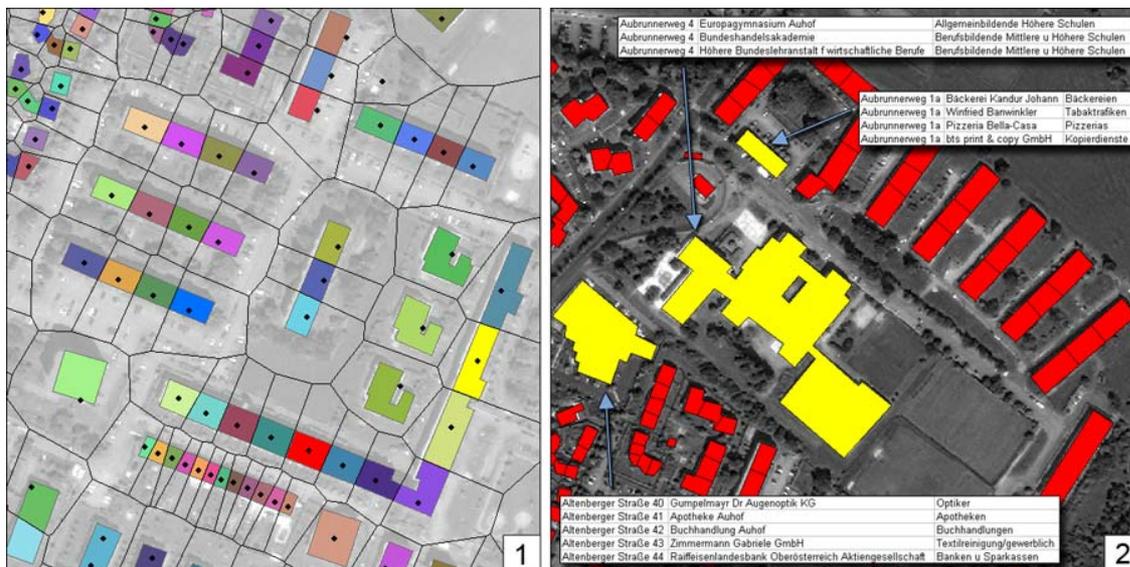


Abb. 6: Generierung des Gebäudeteilmodells mittels Thiessen-Polygonen aus den ACGeo-Punktdaten(1) und Beispiel für die Verbindung von Herold-Firmendaten mit dem Gebäudemodell (2).

604 der 642 Herold-Einträge konnten mit 497 der insgesamt 3 630 Gebäudeteile verbunden werden. Das heißt also, dass 94 % der Firmendaten eine verwertbare Information zur Generierung eines detaillierten funktionellen Gebäudemodells darstellen. Bei der Betrachtung ganzer Gebäude werden 415 Objekte (18.4 % von 2 254) zumindest zum Teil für wirtschaftliche Tätigkeiten genutzt. Auf 86 % der betroffenen Gebäude entfällt nur ein einziger Herold-Eintrag, nur ein Mal kommen mehr als vier Einträge in einem Gebäude vor.

Dies ist mit der Biesenfeldsiedlung auch das bei weitem größte Gebäude im UG und setzt sich aus einer Vielzahl von Gebäudeteilen zusammen. Die Mehrheit der Einträge findet sich in Wohngebäuden. Das war vielleicht zuvor nicht erwartet worden, ist aber durch die Vielzahl an kleinen Dienstleistungsanbietern einfach zu erklären.

Mittels eines hierarchischen Ansatzes, auf den hier nicht näher eingegangen wird, wurde die umfassende und sehr heterogene Information zur Gebäudenutzung aus den Herold-Daten auf 12 Klassen aggregiert. Diese Klassen werden in Bezug auf die jeweils dominante Nutzung auf Gebäudeteilebene zugewiesen, was ein funktionelles Gebäudemodell auf Adressebene als Resultat hat.

Abb. 5 zeigt einen Ausschnitt des UG, der eine große Heterogenität an Nutzungsklassen aufweist.

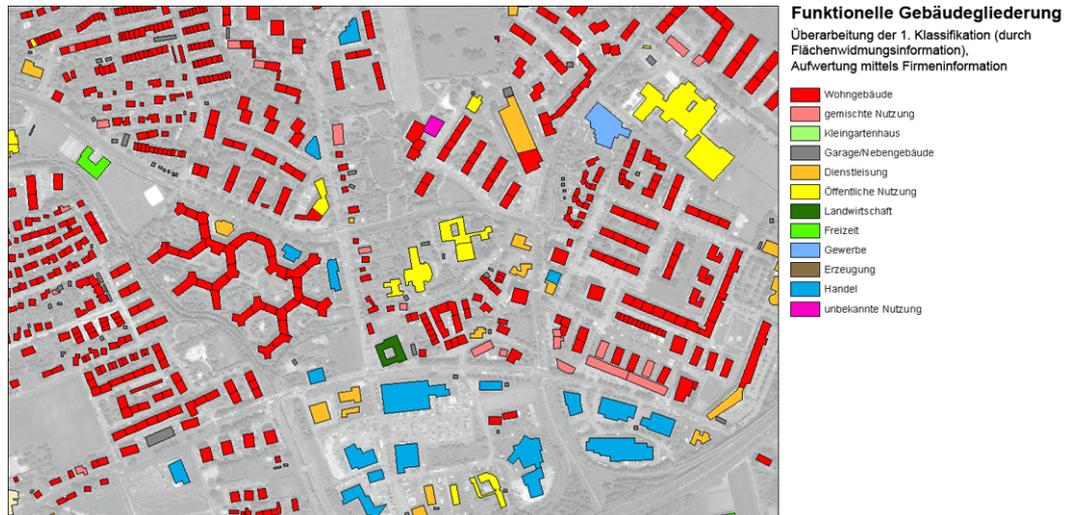


Abb. 7: Funktionelle Gebäudegliederung nach Aufwertung mittels Firmeninformation.

4.2.1 Räumliche Disaggregation von Bevölkerung

Um zusätzliche Information in das funktionelle Gebäudemodell zu integrieren, wird eine möglichst realitätsgetreue Bevölkerungsverteilung angestrebt. Als Basis fungiert der Bevölkerungs-Raster von Statistik Austria, der Information über die Einwohnerzahl in einer Auflösung von 125 x 125 m liefert.

Räumliche Disaggregation basiert auf der Annahme, dass regional vorhandene Daten mittels lokaler Parameter innerhalb der Region verteilt werden können. Die räumliche Aufteilung erfolgt dabei normalerweise durch eine gewichtete Summe. Eine Voraussetzung für diesen Ansatz ist ein klarer Zusammenhang zwischen den regionalen und den lokalen Parametern. Regionaler Parameter ist bei vorliegendem Projekt die Gesamtbevölkerung einer Region (in diesem Fall einer Rasterzelle), lokaler Parameter ist die aus der Fernerkundung abgeleitete Gebäudedichte innerhalb dieser Region. Die Verwendung der Gebäudedichte als Annäherung für die Bevölkerungsdichte erlaubt eine Abschätzung der lokalen Bevölkerungsverteilung (nach Steinnocher et al. 2006).

Die im vorliegenden Projekt angewandte Methode basiert auf der Größe der Einzelgebäude bzw. Gebäudeteile. Aufgrund der Höheninformation aus den LiDAR-Daten ist die Gebäudegröße nicht auf die Grundfläche beschränkt, stattdessen wird das Gebäudevolumen herangezogen. Unter der Annahme, dass sich die Anzahl der Einwohner nicht nur mit der Grundfläche sondern auch mit der Höhe eines Gebäudes erhöht, ist anzunehmen, dass dies eine wesentlich genauere Methode zur Bevölkerungsverteilung darstellt.

Um Bevölkerung aus dem Raster auf Gebäude oder Gebäudeteile zu verteilen, muss jedes Objekt eindeutig einer Rasterzelle zuweisbar sein. Je kleiner die Rasterzellen (also je höher die Auflösung), desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich Gebäude über mehrere Zellen erstrecken und nicht mehr eindeutig zuzuordnen sind. Gebäude müssen also auf einen eindeutig koordinativ bestimmbar Punkt reduziert werden. Dafür gibt es mehrere Möglichkeiten, wobei es in erster Linie auf die zur Verfügung stehenden Daten ankommt:

- Es sind keine geokodierten Adress-Punktdateien vorhanden, es gibt also keine Möglichkeit Gebäude in Subteile aufzuspalten:
 - Die Objekte können auf ihren Schwerpunkt reduziert werden.

- Im Vergleich dazu gibt es sogenannte Labelpunkte. Sie haben den Vorteil, dass sie auf jeden Fall innerhalb des jeweiligen Polygons platziert werden. Ein Labelpunkt entspricht grundsätzlich dem Schwerpunkt. Liegt dieser jedoch außerhalb des Objekts, wird er über die kürzest nötige Distanz ins Polygon verschoben.
- Mittels vorhandener Adress-Punktdata können Gebäudeteile spezifisch unterschieden werden:
 - Die ACGeo-Adresspunkte können als eindeutiger Bezugspunkt herangezogen werden. Ihre geometrische Qualität ist relativ hoch, wodurch sie sich sehr gut eignen, um Gebäudeteile zu bilden. Der einzige Nachteil hinsichtlich der Disaggregation ist, dass sie nicht die eigentliche Basis im Bottom-Up-Verfahren der Statistik Austria für die Erstellung des Bevölkerungsrasters darstellen. Diese Tatsache kann zu ungewollten falschen Beziehungen führen.
 - Wie in Kap. 3 beschrieben, basiert der Bevölkerungsraster auf dem Zensus-Adress-Punktdatensatz des BEV. Bevölkerung, die bei der Volkszählung über ihre Adresse diesen Punkten zugewiesen wurde, wird später aus Datenschutzgründen auf Rasterebene aggregiert. Es ist also auf jeden Fall die genaueste Methode für die Disaggregation, wieder auf diese BEV-Punkte zurückzugreifen, um die Gebäudeteile eindeutig zuzuordnen. Die Verbindung erfolgt über die ACGeo-Adressinformation, da diese Daten eine höhere geometrische Genauigkeit als die BEV-Punkte aufweisen.

Für die Disaggregation von Bevölkerung auf Gebäudeteile wurden zunächst die gewichteten Volumina aller Gebäude innerhalb einer Rasterzelle aufsummiert. Die Gewichtung war zuvor bei jedem Gebäude hinsichtlich seiner Relevanz als Wohngebäude erfolgt, abhängig unter anderem von der Anzahl und Art an Firmeneinträgen pro Gebäudeteil. Als nächstes wurde die mittlere gewichtete Volumendichte für das Raster berechnet, indem die gesamte Bevölkerung einer Rasterzelle auf das aufsummierte Einwohner-relevante Gebäudeteilvolumen dieser Zelle bezogen wurde. Die berechnete Einwohnerzahl pro Gebäudeteil ergibt sich demnach aus der Multiplikation der mittleren gewichteten Volumendichte mit dem gewichteten Einwohner-relevanten Volumen eines Gebäudeteils (vgl. Abb. 6).

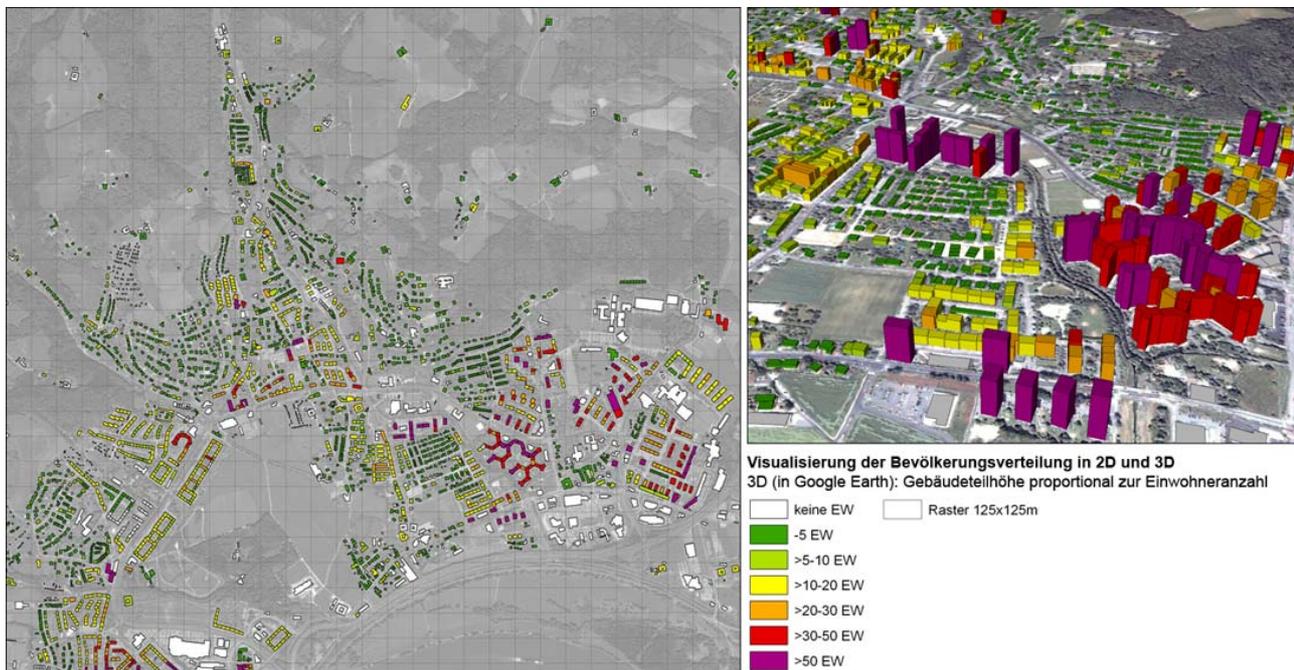


Abb. 8: Bevölkerungsverteilung nach der räumlichen Disaggregation.

4.2.2 Resultate mit unterschiedlichem Genauigkeitsgrad

Bei der Disaggregation von Bevölkerung können die Resultate einen unterschiedlichen Genauigkeitsgrad aufweisen, je nachdem welche Methode angewandt wird bzw. welche Basisdaten für die Berechnung zur Verfügung stehen. Im Folgenden werden drei Möglichkeiten mit steigender Komplexität kurz angesprochen. Für das vorliegende Projekt wurde aufgrund der Verfügbarkeit aller benötigten Daten die letzte Methode, mit dem höchsten zu erwartenden Genauigkeitsgrad (LOD, engl.: level of detail), angewandt.

- LOD 1: Gebäude (Fläche) – Nutzung: FWP – Schwerpunkte

Es ist keine Gebäudehöheninformation verfügbar, sowie keine Firmendaten zur detaillierten Ausweisung der Gebäudenutzung. Geokodierte Adresspunktdaten sind ebenfalls nicht vorhanden.

Für die eindeutige Zuweisung der Gebäude zu einer Rasterzelle werden Gebäudeschwerpunkte gebildet (vgl. Kap. 4.2.1). Die Nutzungsinformation kommt rein aus aggregierten Flächenwidmungsdaten. Für die Einwohnerverteilung wird nur die potentielle Wohnfläche von Wohngebäuden und Gebäuden gemischter Nutzung in die Berechnung miteinbezogen.

- LOD 2: Gebäude (Volumen) – Nutzung: FWP, digitaler Stadtplan – Labelpunkte

Für die eindeutige Identifikation von Gebäuden werden die, im Vergleich zu den Schwerpunkten theoretisch genaueren bzw. aussagekräftigeren, Labelpunkte erzeugt (vgl. Kap. 4.2.1). Die Gebäudenutzung aus der Flächenwidmung wird mit Hilfe eines digitalen Stadtplans grob überarbeitet, wodurch vor allem Objekte der vage definierten Klasse „gemischte Nutzung“ reduziert werden können. Außerdem stehen Gebäudehöheninformationen zur Verfügung, wodurch das potentielle Wohnvolumen bei der Disaggregation berücksichtigt werden kann.

- LOD 3: Gebäudeteile (Volumen) – Nutzung: FWP, digitaler Stadtplan, Firmendaten – BEV Punkte

Mittels geokodierter Adressdaten können Gebäudeteile gebildet werden, die sich über BEV-Punkte eindeutig einzelnen Rasterzellen zuweisen lassen. Die mittels Stadtplan überarbeitete Nutzung aus der Flächenwidmung wird mit Firmendaten aufgewertet. Das unter Berücksichtigung der dominanten Nutzung gewichtete Gebäudeteilvolumen wird als potentieller Wohnraum herangezogen. Mittels geokodierter Adressdaten können Gebäudeteile gebildet werden, die sich über BEV-Punkte eindeutig einzelnen Rasterzellen zuweisen lassen. Die mittels Stadtplan überarbeitete Nutzung aus der Flächenwidmung wird mit Firmendaten aufgewertet. Das unter Berücksichtigung der dominanten Nutzung gewichtete Gebäudeteilvolumen wird als potentieller Wohnraum herangezogen.

Bei den drei eben angesprochenen Methoden wurde nicht auf die in unterschiedlicher Auflösung verfügbaren Bevölkerungsbasisdaten eingegangen. Neben der im vorliegenden Projekt zur Anwendung gekommenen, und nur in Stadtgebieten verfügbaren, Auflösung von 125 x 125 m, bietet Statistik Austria die Daten als Raster auf höherem Aggregationsniveau (250 x 250 m, 500 x 500 m), sowie auf Zählsprengel Ebene, für ganz Österreich an.

5 CONCLUSIO

Der vorliegende Beitrag zeigt einen integrativen Ansatz von Fernerkundung und GIS, um den Übergang von reiner Landbedeckung zu Landnutzung und in weiterer Folge über urbane Struktur zu urbaner Funktion zu vollziehen. Durch die gemeinsame Analyse von sozioökonomischer Information, Adress-Daten und Fernerkundungsdaten war es möglich, ein detailliertes funktionelles 3D-Gebäudemodell zu erstellen, wobei die geokodierte Adressinformation den grundlegenden Link zwischen den unterschiedlichen Datensätzen herstellt.

Das Endprodukt zeigt Gebäudeteile auf Adressbasis als Polygone in einer GIS-Datenbank, mit der durchschnittlichen Gebäudehöhe und dem abgeleiteten Gebäudevolumen als physische Attribute. Weiters ist jedem Gebäudeteil eine dominante Nutzungsart zugewiesen bzw. im Fall einer gemischten Nutzung seine potentielle Relevanz als Wohngebäude. Eine direkte Verbindung mit der Herold-Datenbank ermöglicht die Lokalisierung von spezifischen Firmen bzw. von bestimmten Wirtschaftszweigen. Zusätzlich wurde mittels räumlicher Disaggregation, unter Berücksichtigung des im funktionellen Modell ausgewiesenen potentiellen Wohnraums, Bevölkerung auf die Gebäudeteile verteilt, wodurch für jedes Objekt eine geschätzte Einwohneranzahl angegeben werden kann.

Funktionelle 3D-Gebäudemodelle des urbanen Raums stellen in einer GIS-Umgebung eine wertvolle Basis für eine Vielzahl von Anwendungen, wie Risikoanalysen und Katastrophen-Simulationen, sowie für Verkehrsmodellierungen und vor allem auch für Geomarketinganalysen dar. Im Bereich der Stadt- und Umweltplanung wird ihre Bedeutung in Zukunft mit Sicherheit noch zunehmen.

6 LITERATUR/QUELLEN

- Aubrecht C., Dutter M., Hollaus M., Steinnocher K. (2007): Objekt-orientierte Analyse von Fernerkundungsdaten mit anschließender Gebäudegeneralisierung als Basis für 3D-Visualisierungen im urbanen Raum. In: Strobl, Blaschke & Griesebner (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2007. Beiträge zum 19. AGIT-Symposium Salzburg. Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe (in Druck).
- BEV - Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (2005): Austrian Map Fly, Version 4.0. ÖK 500 und ÖK 50.
- DEFINIENS - The Image Intelligence Company (2007): www.definiens.com (Stand: März 2007).
- GISDAT - Geographische Datenservice GmbH (2007): Kommunalfinder Linz. www.gisdat.at/website/linz (Stand: März 2007).
- Kocaman S., Zhang L., Gruen A., Poli D. (2006): 3D city modeling from high-resolution satellite images. ISPRS Workshop on Topographic Mapping from Space, Ankara.
- Kressler F. P. & Steinnocher K. (2006a): Image Data and Lidar – An ideal combination matched by object-oriented analysis. In: Lang, Blaschke & Schöpfer (Hrsg.): Bridging remote sensing and GIS. 1st International Conference on Object-based Image Analysis, Universität Salzburg, 4.-5. Juli 2006. Conference Proceedings. CD-Rom.
- Kressler F. P. & Steinnocher K. (2006b): Image classification with LiDAR and GIS-data – moving from land cover to land use. SPIE Europe Remote Sensing 2006, Stockholm, 11.-14. September. CD-Rom.
- Mesev V. (2005): Identification and characterisation of urban building patterns using IKONOS imagery and point-based postal data. Computers, Environment and Urban Systems, Volume 29, 541-557.
- Poli D. (2006): Reality-based 3D City Models from Aerial and Satellite Data. GEOInformatics, März 2006, Volume 9, 8-11.
- Steinnocher K., Weichselbaum J., Köstl M. (2006): Linking remote sensing and demographic analysis in urbanised areas. In: Hostert, Damm & Schiefer (Hrsg.): First Workshop of the EARSeL SIG on Urban Remote Sensing "Challenges and Solutions", Berlin, 2.-3. März 2006, CD-Rom.
- Steinnocher K. & Köstl M. (2007): Zur Qualität österreichischer Geodatensätze. In: Manfred Schrenk (Hrsg.): CORP2007: 12. Internationale Konferenz zu Stadtplanung und Regionalentwicklung in der Informationsgesellschaft, Tagungsband (in Druck).
- Ulm K. (2005): 3D City Models from Aerial Imagery - Integrating Images and the Landscape. GEOInformatics, Jänner/Februar 2005, Volume 8, 18-21.

7 DANKSAGUNG

Die vorgestellten Arbeiten resultieren zum Teil aus dem Projekt „Austrian Settlement and Alpine Environment Cluster for GMES - Settlement Cluster“, koordiniert durch GeoVille Information Systems, Innsbruck, und gefördert vom FFG im Rahmen des Austrian Space Applications Programme (ASAP). Die IKONOS-Szene wurde von GeoVille Information Systems geokodiert, die ALS-Daten wurden von der Abteilung „Geoinformation und Liegenschaft“ der Oberösterreichischen Landesregierung zur Verfügung gestellt und vom IPF, TU-Wien bearbeitet. Die ACGeo-Adressdaten wurden von Tele Atlas Austria bereitgestellt.