

Die dritte Dimension im Kataster – eine neue Herausforderung für das amtliche Vermessungswesen

Von E. Grünbeck, Ansbach



1 Ausgangssituation

Digitale Landschaftsmodelle und 3D-Stadtmodelle gewinnen auf dem Geodatensektor zunehmend an Bedeutung. Vor allem Städte haben damit begonnen, ihre bebauten Gebiete dreidimensional darzustellen und virtuell begebar zu machen. Bei der Realisierung der einzelnen Projekte treten immer wieder die gleichen Schwierigkeiten auf. Erforderliche Daten liegen selten in der gewünschten Struktur und Fülle vor. Wurden aufwändig die Daten erfasst, dann hat man häufig den Aspekt der Fortführung bzw. Aktualisierung des Datenbestands nicht berücksichtigt.

Bei der Modellierung von 3D-Stadtmodellen werden Sachdaten von verschiedenen Objekten wie Verkehr, Vegetation und Gewässer benötigt. Hauptbestandteile sind jedoch die Gebäude. »Die Liegenschaften des Staatsgebietes werden in einem Katasterkartenwerk dargestellt und in Katasterbüchern beschrieben«, so wurde der gesetzliche Auftrag im Artikel 5 des Vermessungs- und Katastergesetzes definiert. Weiter heißt es: »Art und Genauigkeit der Darstellung und Beschreibung sind auf die Anforderungen des Liegenschaftsrechts abgestellt. Die Bedürfnisse von Verwaltung und Wirtschaft werden in angemessener Weise berücksichtigt.«

Diese Bedürfnisse haben sich in den letzten Jahren stark verändert. Das 21. Jahrhundert, so prognostizieren es die Zukunftsforscher, wird als das Informationszeitalter in die Geschichte eingehen. Kommunikations- und Informationstechnologien bestimmen immer mehr unser Leben. Geodaten

spielen hierbei eine entscheidende Rolle. Im Bereich des Liegenschaftskatasters wächst die Nachfrage nach Elementen der dritten Dimension. Die Internet-Technik, aber auch die rasante Entwicklung im EDV-Bereich forcieren diese Begehrlichkeiten.

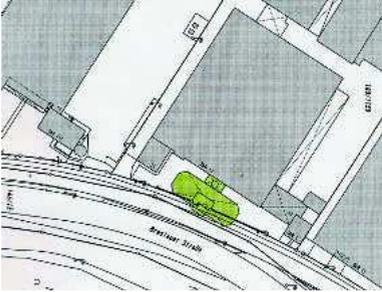


Bild 1: Informationsgewinn durch die dritte Dimension

Die Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) hat dieses Thema aufgegriffen und die Zuständigkeiten festgelegt. Die Leiter der Arbeitskreise Liegenschaftskataster und Geotopographie sehen übereinstimmend

- die Erstellung digitaler Oberflächenmodelle der Landesvermessung
- und den Aufbau von 3D-Stadtmodellen dem Liegenschaftskataster zugeordnet.

In Bayern sind bereits wichtige Voraussetzungen erfüllt. Wir können die Geobasisdaten, den beschreibenden und den darstellenden Teil des Liegenschaftskatasters flächendeckend in digitaler Form bereitstellen. Bevor wir uns jedoch den Daten der dritten Dimension zuwenden, wollen wir untersuchen, welche Anwendungsgebiete derzeit vorliegen.

2 Anwendungsgebiete

Erster Anwendungsbereich ist zur Zeit sicherlich die *Stadt- und Regionalplanung*. Die Visualisierung neu geplanter Baugebiete, das Einfügen neuer Gebäude in das Stadtbild sind Paradebeispiele für 3D-Animationen. Politiker, also die Entscheidungsträger, aber auch die Grundeigentümer, die Investoren sowie die Bürger können sich mit Hilfe dreidimensionaler Modelle ein realistisches Bild der zukünftigen Situation machen. Aufwändig erstellte

Holz- oder Gipsmodelle haben ausgedient. In einigen Städten werden bereits 3D-Modelle als Bestandteil des Geo-Informationssystems geführt.

Ein Thema, das seit den katastrophalen Überschwemmungen an Donau und Elbe im Sommer 2002 aktuell ist, ist die *Katastrophenvorsorge*. Aus den Erfahrungen und Fehlern der Vergangenheit sind nun Konsequenzen zu ziehen. Dreidimensionale Geobasisdaten können hierbei entscheidende Hilfestellung geben. In den einzelnen Bundesländern existierten digitale Geländemodelle unterschiedlicher Genauigkeit. In einem ersten Schritt wurden diese zu einem homogenen DGM für die Fläche der Bundesrepublik Deutschland mit einer Höhengenaugigkeit von ± 2 m zusammengefasst (DGM25). Um verlässliche Hochwassersimulationen bereitstellen zu können, reicht diese Genauigkeit jedoch nicht aus. In überflutungsgefährdeten Bereichen sind Höhendaten mit einer Standardabweichung mindestens im Dezimeterbereich erforderlich. Ein zweites Augenmerk ist auf den Gebäudebestand zu richten. Für eine effiziente Unterstützung des Katastrophenmanagements müssen 3D-Gebäudemodelle mit absolutem Höhenbezug zur Verfügung gestellt werden. In einem Pilotprojekt wurden im Gemeindegebiet Blaibach 3D-Informationen modellhaft erfasst.



Bild 2: Vorbeugender Hochwasserschutz mit Hilfe von dreidimensionalen Geobasisdaten

Auch die *Versicherungswirtschaft* hat bereits Interesse an 3D-Stadt- und Landschaftsmodellen bekundet. Karten mit Gefährdungszonierungen werden flächendeckend erstellt. Diese ermöglichen eine fundierte und praxisnahe Einschätzung des Schadenrisikos.

Die *Besteuerung der Immobilien* in Deutschland befindet sich in einer Phase des Umbruchs. Die Reformüberlegungen konzentrieren sich derzeit auf die

Neuregelung der Grundsteuer. In der steuerlichen Diskussion ist u.a. auch das Modell einer pauschalen, wertunabhängigen Grundsteuer, die nach den physikalischen Größen »Grundstücksfläche« und »Wohn- bzw. Nutzfläche« bemessen wird. Auch hier würden Daten der dritten Dimension benötigt werden.

In der *Fremdenverkehrsbranche* ist nicht zuletzt durch den Internet-Boom eine starke Nachfrage nach 3D-Stadtmodellen entstanden. Virtuelle und interaktive Stadtbesichtigungen befinden sich auf dem Vormarsch. Sehenswürdigkeiten und touristische Angebote werden mit dem neuen Medium werbewirksam dargestellt.

Weiter Zielgruppen bzw. Anwendungsbereiche sind:

- Mobilkommunikation (Funknetzplanung)
- Facility Management (Planungsgrundlage für Instandsetzungsmaßnahmen)
- Navigationssysteme (Fahrzeugsteuerung, mobile Endgeräte)
- Rettungsdienste / Innere Sicherheit (Planung von Einsätzen, Infosystem für Feuerwehr)
- Geschichte, Kultur (Rekonstruktion historischer Stadtbilder)
- Denkmalschutz (Bestandsdokumentation)
- Computerspiele (realistische Spielumgebungen, Datenbasis für Flugsimulationen)
- Energieversorgung (Solar-GIS, Planung von Windkraftanlagen)
- Immobilienwirtschaft (Standortmarketing, virtuelles Exposé)
- Umweltschutz (Berechnung von Schadstoff- und Lärmbelastungen)

Die Liste ist nicht abschließend. Die Rechner werden leistungsstärker, die Programme komfortabler. Die Nachfrage nach 3D und der Anwenderkreis wachsen stetig. Bereits der jetzige Nutzerkreis ist schon groß und vielschichtig. Wir müssen daher neben der marktorientierten Bereitstellung der 3D-Daten einen weiteren Gesichtspunkt berücksichtigen, nämlich unseren gesetzlichen Auftrag: »Wir liefern unseren Kunden die Basisdaten über Grund und Boden flächendeckend«, so steht es auch in unserem Leitbild.

3 3D-Modellierung

Bei der Generierung von 3D-Stadtmodellen unterscheidet man hauptsächlich zwischen zwei Methoden: Die Erstellung »von oben« unter Zuhilfenahme von photogrammetrischen Aufnahmen bzw. Laser-Scanning-Daten sowie die Modellierung »von unten«, die auf die digitale Flurkarte und geeignete Sachdaten zurückgreift. Unter Umständen können auch beide Methoden gemeinsam zum Einsatz kommen. Modelliert werden vorrangig Gebäude, aber auch Vegetationsobjekte, Straßen, Gewässer sowie sonstige Bauwerke.

3.1 Detaillierungsgrade

Entsprechend dem Verwendungszweck bzw. den Anforderungen der Nutzer werden die einzelnen Objekte in einem bestimmten Detaillierungsgrad dargestellt. Dieser Detaillierungsgrad wird auch als Level of Detail (LoD) bezeichnet. Für die Erstellung von 3D-Stadtmodellen ist der Level of Detail ein entscheidender Faktor. Von der Detaillierungsstufe hängt die Erfassungsarbeit, die Datenvielfalt, die Datenmenge sowie die notwendige Hard- und Software ab. Weiter hat sie Auswirkungen auf die unterschiedlichen Schritte der Projektrealisierung. Je größer der Detaillierungsgrad, desto geringer ist derzeit eine automatisierte Generierung von 3D-Stadtmodellen möglich.

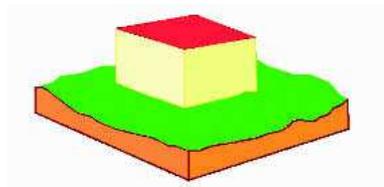
Überwiegend wird in der Fachliteratur zwischen 3 Stufen unterschieden:

LoD1: Blockmodell bzw. Klötzchenmodell

Die Gebäude werden aus Grundriss und Höhe konstruiert, wobei die Gebäudehöhe hier häufig aus der Kenntnis der durchschnittlichen Stockwerkshöhen abgeleitet wird. Dachformen werden nicht berücksichtigt, d.h. die Gebäude erhalten einheitlich ein Flachdach (Klötzchenmodell). Der Straßenverlauf in einfacher Form ergänzt das Modell. Punktgenauigkeit (Lage/Höhe): 5 m / 5 m

Bild 3:

LoD1: Block- oder Klötzchenmodell



LoD2: Erweitertes Blockmodell

Den Gebäuden aus Stufe 1 werden zusätzlich die Dachformen (Standarddächer) zugeordnet und entsprechend dem tatsächlichen Firstverlauf ausgerichtet. Die Gebäudefassaden können mit Standardtexturen belegt werden. Zusätzliche Möblierungen (Schilder, Ampeln, Bäume...) im Straßen- und Grünbereich sind möglich. Punktgenauigkeit (Lage/Höhe): 2 m / 1 m.

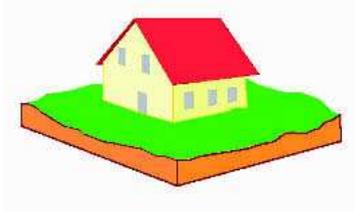


Bild 4:
LoD2: Erweitertes Blockmodell

LoD3: Detailmodell

In dieser Stufe werden die Gebäude realitätsnah dargestellt. Die Fassaden werden mit Phototexturen versehen. Markante Gebäudeausbauten (Erker, Kamine, Fenster,...) werden ergänzt. Die Dachlandschaften werden detailgetreu mit Hilfe photogrammetrischer Auswertungen erzeugt. Differenzierte Darstellungen von Straßeneinrichtungen und Vegetationszonen vervollständigen das Modell. Punktgenauigkeit (Lage/Höhe): 0,5 m / 0,5 m.



Bild 5:
LoD3: Detailmodell

Entsprechend dem Anforderungsprofil können auch Mischformen aus verschiedenen Detailstufen auftreten. In einigen Publikationen findet man auch eine Unterteilung in 5 Auflösungsstufen (LoD0 bis LoD4). Im LoD0 wird ein Regionalmodell dargestellt, das bis auf 3D-Landmarks nur ein 2,5D DGM beinhaltet. Im Stadtmodell der Kategorie LoD4 dagegen werden zusätzlich zur Stufe 3 die Gebäude »begehbar« gestaltet (Innenraummodell).

Bild 6:
Wellingsbüttel:
Mischform aus
LoD2 und LoD3



3.2 Sachdaten

Detailierungsgrad und erforderliche Sachdaten für die Modellerstellung stehen in einem engen Zusammenhang. Je realitätsnäher das Produkt werden soll, desto vielschichtiger und umfangreicher werden auch die eingesetzten Daten sein. Die Datenerfassung ist relativ kostspielig. Einmal erfasste Daten sollten daher einem breiten Kundenkreis zugänglich gemacht werden. Strukturiert vorliegende Daten, die den Normen von OGC entsprechen, sind deshalb Voraussetzung. Im ALKIS-Objektartenkatalog, der zur Zeit für alle Länder in der Bundesrepublik Deutschland verbindlich aufgestellt wird, sind Elemente berücksichtigt, die für die Modellierung von 3D-Stadtmodellen verwendet werden können.

Folgende Sachdaten wurden im ALKIS-Objektartenkatalog u. a. klassifiziert:

Gebäudefunktion

Definition: »Gebäudefunktion« ist die zum Zeitpunkt der Erhebung vorherrschend funktionale Bedeutung des Gebäudes (Dominanzprinzip).

Mit Hilfe der erfassten Bezeichnungen und Werte (z. B. Rathaus, 1112) können damit den Gebäuden im 3D-Modell unterschiedliche Farbcodes oder Texturen zugeordnet werden.

Anzahl der oberirdischen Geschosse

Mit Stockwerkszahlen und festgelegten Standardgeschosshöhen (z. B. Wohnhäuser 2,75 m, Gewerbe 3,50 m) können die Gebäudehöhen abgeleitet wer-

den. Die Realisierung eines 3D-Stadtmodells mit niedrigem Detaillierungsgrad ist somit schnell möglich.

Objekthöhe

Definition: »Objekthöhe« ist die Höhendifferenz in [m] zwischen dem höchsten Punkt der Dachkonstruktion und der festgelegten Geländeoberfläche des Gebäudes.

Unter Objekthöhe können damit die gemessenen Firsthöhen abgespeichert werden. Da es sich hierbei um eine relative Höhe handelt (Ausgangsebene ist die Geländeoberfläche), ergibt sich ein Klärungsbedarf bei Gebäuden in der Hanglage. In der derzeitigen Form ist dieses Attribut für eine 3D-Modellierung somit nur bedingt geeignet. Die gemessene Gebäudehöhe lässt sich allerdings durch einen »besonderen Gebäudepunkt« örtlich lokalisieren. Dieser trägt in seinem Attribut »sonstige Eigenschaft« einen Verweis auf die Objekthöhe.

Dachform

Definition: »Dachform« ist die charakteristische Form des Daches.

Im ALKIS-Objektartenkatalog wurden 13 Standarddächer aufgenommen (s. Tabelle 1). Damit wurde die Vielfalt der Dachformen in der Bundesrepublik Deutschland zu ca. 99 % abgedeckt. Bei der Verwendung von Dachformen im 3D-Modell kann ein höherer Wiedererkennungswert erzielt werden als beim Klötzchenmodell.

Firstlinie

Definition: »Firstlinie« kennzeichnet den Verlauf des Dachfirstes eines Gebäudes.

Wenn der Verlauf des Dachfirstes bekannt ist, können auch die Standarddächer korrekt ausgerichtet werden. Von den 13 Standarddachformen ist lediglich beim Zelt- und Flachdach sowie beim Kegel-, Kuppel- und Turmdach keine Firstlinie vorhanden. Die Firstlinie kann darüber hinaus in ihrer Geometrie dreidimensional geführt werden (z. B. UTM-Koordinaten und NN-Höhe).

Lage zur Erdoberfläche

Definition: »Lage zur Erdoberfläche« ist die Angabe der relativen Lage des

Gebäudes zur Erdoberfläche. Diese Attributart wird nur bei nicht ebenerdigen Gebäuden geführt.

Bei dieser Information sind für die 3D-Modellierung nur die aufgeständerten Gebäude interessant. Aufgeständert bedeutet, dass die Gebäude auf Stützen oder Säulen errichtet wurden. Unterirdische Gebäude (z. B. Tiefgaragen) bleiben zunächst genauso wie die Angaben über die Anzahl der unterirdischen Geschosse unberücksichtigt.

Bauteil

Definition: »Bauteil« ist ein charakteristisches Merkmal eines Gebäudes mit gegenüber dem jeweiligen Objekt »Gebäude« abweichenden bzw. besonderen Eigenschaften.

Mit der Unterteilung eines Gebäudes in Bauteilen kann ein höherer Detaillierungsgrad erzielt werden. So können z. B. einem Gebäude verschiedene Höhen, Dachformen und Firstlinien zugewiesen werden. Das Bauteil ist folgendermaßen modelliert: Das Bauteil muss geometrisch immer innerhalb des Gebäudes liegen, gemeinsame Grenzen sind zulässig. Es muss immer ein Gebäude geben, das die vorwiegenden charakteristischen Eigenschaften besitzt. Besteht ein Gebäude z. B. je zur Hälfte aus 2 und 3 Geschossen, so kann aus jetziger Sicht ein Gebäude mit 2 Geschossen und ein Bauteil (der sich auf eine Hälfte des Gebäudes erstreckt) mit 3 Geschossen gebildet werden. Die Modellierung des Bauteils im Verhältnis zum Gebäude ist innerhalb der AdV noch nicht abschließend geklärt.

Besondere Gebäudelinie

Definition: »Besondere Gebäudelinie« ist der Teil der Geometrie des Objekts »Gebäude« oder des Objekts »Bauteil«, der besondere Eigenschaften besitzt.

Die besondere Gebäudelinie kann mit der Attributart »Beschaffenheit« belegt werden. Eigenschaften bzw. Werte wie »unverputzt, verputzt, verklinkert, Holz, Sichtbeton, Naturstein, Glas oder offene Gebäudelinie« können hier abgelegt werden. Im 3D-Modell könnte man damit den Gebäuden automatisiert die entsprechenden Gebäudefassaden (Standard-Texturen) zuweisen. Die Information über offene Gebäudelinien ist z. B. bei der Generierung von Carports wichtig. Die Führung des Attributes Beschaffenheit ist in Bayern nach dem gegenwärtigen Sachstand aus Aktualisierungsgründen auf den Wert »offen« beschränkt.

Besonderer Gebäudepunkt

Definition: »Besonderer Gebäudepunkt« ist ein Punkt eines »Gebäudes« oder eines »Bauteils«.

Der besondere Gebäudepunkt kann mit der Attributart »Sonstige Eigenschaft« belegt werden. Der besondere Gebäudepunkt muss allerdings im Gebäude liegen. Von der AdV ist eine Katalogisierung (z. B. First, Eingang etc.) geplant, da es sich hier eigentlich um einen »Migrationscontainer« handelt. Die Führung einer Höhenangabe ist somit den Ländern überlassen. Anbieten würde sich die Führung der Höhe statt als Zusatzangabe im Attribut »sonstige Eigenschaft« im geometrischen Bezugssystem (UTM-Koord. + NN-Höhe).

3.3 Beitrag des amtlichen Vermessungswesens

Bei folgenden Sachdaten könnte das amtliche Vermessungswesen für eine flächendeckende Grundausrüstung sorgen:

- Gebäudehöhen
- Firstrichtungen
- Dachformen

Die Gebäudehöhen werden in einer ersten Stufe aus den zu erfassenden Stockwerkszahlen und den Standardgeschosshöhen abgeleitet. Nach und

	Satteldach	0 00	
	Wohndach	0200	
	Kuppelwohndach	0300	
	Weisendach	0100	
	Pultdach	2 00	
	Versetztes Pultdach	2200	
	Zeltdach	0600	

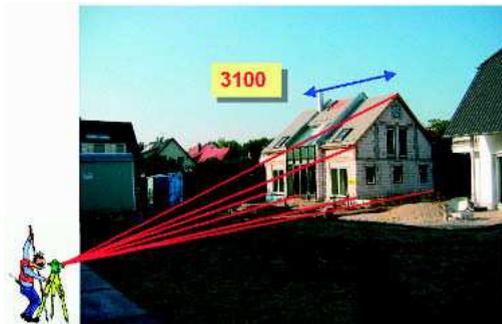
	Schieferdach	0300	
	Flachdach	1000	
	Dachstuhl	0500	
	Kugeldach	0600	
	Kuppeldach	0700	
	Turmdach	4000	

Tabelle 1: 13 Standard-Dachformen aus dem ALKIS-Objektartenkatalog

nach ersetzt man diese Angaben durch die Ergebnisse, die mit dem reflektorlos messenden Tachymeter erzielt werden. Firstrichtungen und Dachformen können mit einem hohen Prozentsatz aus dem Orthophoto entnommen werden. Bei der Aufnahme von Neubauten werden die Firstlinien und Dachformen bereits im Außendienst mit erfasst. Hierbei sollten die 13 Standard-Dachformen aus dem ALKIS-Objektartenkatalog angehalten werden.

Die künftige Gebäudeeinmessung könnte dann wie folgt aussehen. Zum Einsatz kommen nur noch reflektorlos messende Tachymeter. Erfasst werden im Außendienst zusätzlich die Gebäudeeingangshöhe (wichtig vor allem in hochwassergefährdeten Gebieten), die Wandhöhe und die Firsthöhe. Des Weiteren wird die Dachform (Kennzahl) und die Firstrichtung registriert.

Bild 7:
3D-Datenerfassung bei
der Gebäudeeinmessung



4 Zusammenfassung

3D-Landschafts- und Stadtmodelle sind unaufhaltsam auf dem Vormarsch. Die Zeit der großen Experimente ist vorbei. Hard- und Software sind inzwischen so leistungsfähig, dass 3D-Modelle mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand erstellt werden könnten. Eine Voraussetzung ist hierfür vor allem die Einführung herstellerübergreifender Standards. Das amtliche Vermessungswesen kann hierzu seinen Beitrag leisten, in dem sie die Basisdatenerfassung auf geeignete, einheitliche Strukturen aufbaut. Weitergehende Forderungen des Anwenderkreises erfüllen Datenveredler bzw. Hersteller von Folgeprodukten (Value added reseller). Am Ende der Entwicklung werden irgendwann vollständig begehbare 3D-Welten stehen.

Literatur:

- Becker, D., Jha, S.:* Für Planung und Marketing, Erstellung eines 3D-Stadtmodells unter Nutzung vorhandener Daten, GeoBIT 11/2003
- Bertram, O., Kohlhaas, A.:* Nah an der Realität, 3D-Stadtmodelle in Architektur-CAAD-Software, GeoBIT 11/2003
- Gröger, G., Kolbe, T. H.:* Interoperabilität in einer 3D-Geodateninfrastruktur, Universität Bonn
- Koppers, L.:* Generierung von Objekten für 3D-Stadtmodelle, Doktorarbeit, Universität der Bundeswehr München
- Kraus, K.:* Beiträge der Photogrammetrie für 3D-Anwendungen, Fortbildungsseminar Geoinformationssysteme im März 1999 an der TU München
- Pauls, S.:* Eine Stadt wird dreidimensional, GeoBIT 11/2003
- Schilling, A., Zipf, A.:* Dynamische Generierung von VR-Stadtmodellen aus 2D- und 3D-Geodaten für Tourenanimationen, GIS-Geo-Informationssysteme, 2002, Wichmann Verlag
- Schilcher, M.:* 3D-Stadtmodelle: Vom 2D-GIS zum 3D-Stadtinformationssystem, Vorlesung Geoinformatik II
- Schilcher, M., Roschlaub, R.:* Fortführung und Wiederverwendbarkeit von 3D-Stadtmodellen durch Kombination von GIS und Photogrammetrie, Festschrift 1999
- Zipf, A.:* GIS-basierte Stadtinformationssysteme im Internet, [hd.zipf.deepmap-webgis.pdf](#)