

Anforderungen an 3D-Stadtmodelle am Beispiel Stuttgart 21

- Ein Spannungsfeld zwischen Nutzeranforderungen
und flächendeckender Bereitstellung -

WERNER BAUER, Stuttgart

ZUSAMMENFASSUNG

Im folgenden Beitrag wird auf die Notwendigkeit der Bereitstellung von Geodaten für ein großes Bauprojekt eingegangen. Dabei werden an ein kommunales Vermessungsamt sehr spezielle Anforderungen bezüglich des Umfangs, der Inhalte, der Vollständigkeit und der Qualität von Geodaten gestellt. Hier insbesondere die Anforderungen im Zusammenhang mit der Realisierung von 3D-Stadtmodellen (Gebäudemodelle). Das reine Geländemodell kann ausgeklammert werden, da es bei dieser Fragestellung als gegeben vorausgesetzt werden darf.

Dabei eröffnet sich bei genauer Betrachtung ein Spannungsfeld, das einmal aus der Notwendigkeit besteht, die Nutzer (z. B. Stadtplaner, Architektur- und Planungsbüros, Umweltschutz, Bauherren, ...) mit den Daten zu versorgen, die sie für ihre speziellen Aufgabenstellungen in einem „Sonderinformationssystem“ benötigen, und andererseits gleichzeitig auch alle diese digitalen Daten flächendeckend zur Verfügung stellen zu können.

Daher sind ggf. Anforderungen an neue Technologien zu stellen, die unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zur Lösung der vorgenannten Problematik beitragen können. Also weitgehendste Automatisierung unter Verwendung von benutzerfreundlicher Software und noch handhabbarer Datenmengen. Die Verbindung von 3D-Stadtmodellen und den zugehörigen Sachdaten ist ein zusätzliches Problem, gerade bezüglich der Erhaltung der Aktualität der Sachdaten in einem kommunalen GIS.

1. STUTT GART 21

„Stuttgart 21 ist ein Projekt, das die Neugestaltung des Bahnknotens Stuttgart und des Hauptbahnhofs sowie die städtebauliche Entwicklung eines zentralen Bereichs der Stuttgarter Innenstadt beinhaltet. Besondere Bedeutung erhält dieses Projekt vor dem Hintergrund der geplanten Hochgeschwindigkeitsstrecken im europäischen Schienennetz. Es umfaßt die Umwandlung des Hauptbahnhofs Stuttgart von einem Kopfbahnhof in einen Durchgangsbahnhof, die nachhaltige Verbesserung des Schienenverkehrs in der Region Stuttgart und die städtebauliche Entwicklung einer für den Bahnbetrieb künftig nicht mehr benötigten 100 ha großen Fläche“ (Zitat aus Landeshauptstadt Stuttgart, 1997). Abbildung 1 zeigt einen der zehn Entwürfe von europäischen Architekturbüros zu Stuttgart 21, die u. a. im Zuge der Entwicklung des städtebaulichen Rahmenplanes zu visualisieren sind.

2. GEODATEN IM SONDERINFORMATIONSSYSTEM STUTT GART 21

Bereits in einem sehr frühen Stadium hat das Stadtmessungsamt der Landeshauptstadt Stuttgart eine zentrale Stelle zur Abgabe von Geodaten für das Projekt Stuttgart 21 eingerichtet, das verfügbare Angebot über Geobasisdaten und Fachdaten aus den unterschiedlichsten Quellen in einem Sonderinformationssystem „Stuttgart 21“ zusammengetragen und diese allen am Planungs- und Bauprozeß beteiligten Institutionen und Büros zur Verfügung gestellt und in einer Broschüre veröffentlicht (Stadtmessungsamt Stuttgart, 1997).

Dazu gehören u.a.

- die Digitale Stadtkarte (Gebäude, Grundstücke, Topographie)
- das Automatisierte Liegenschaftsbuch (ALB)

- umfangreiche Gebäudedaten¹
- ein Digitales Höhenmodell und die Kanaldeckelhöhen im Straßenraum samt einem historischen Höhenmodell
- die Punktdaten (Gauß-Krüger-Koordinaten)
- Luftbilder (Senkrecht-, Schräg-, Infrarotaufnahmen)
- Informationen zur Geologie
- Rasterdaten
- Bodenrichtwerte
- u. a.

Diese Geodaten bildeten die Grundlagen für die ersten Planungen zu Stuttgart 21. Sie zeigten aber auch auf, daß trotz der vielfältigen Inhalte 3D-Stadtmodelle daraus nicht ohne zusätzliche Informationen zu gewinnen waren. Schnittstellenprobleme und Datenkonsistenzfragen erschwerten zudem ihre leichte Handhabung.

Dies war der Ansatz zur Nachfrage bei den Kunden, welche Geodaten zu welcher Zeit und mit welcher Qualität aus Kundensicht zur Verfügung stehen müssen. Nun kann dies für ein abgegrenztes Planungsgebiet mit zusätzlichem Aufwand geleistet werden. Daraus ergibt sich aber auch die Frage, welcher Standard von einem kommunalen Vermessungsamt flächendeckend vorgehalten werden kann oder gar muß. Insbesondere dann, wenn es sich als der Lieferant von Geobasisdaten, als ein Amt für Geoinformationen, versteht.



Abbildung 1: Modell zu Stuttgart 21.
(Entwurf des Architekturbüros Klein + Breucha, Stuttgart)

¹ Zu den 175.000 Gebäudeteilen in der Stadt Stuttgart sind flächendeckend Grundfläche, Zahl der Obergeschosse, Zahl der genutzten Untergeschosse, Baujahr, Jahr der letzten Veränderung am Gebäude, umbauter Raum in m³, Geschoßflächensumme in m², Anzahl der Stellplätze im Gebäude, Anzahl der Wohnungen im Sondereigentum, Anzahl der Wohnungen nach Zimmerzahlen, Heizungsart, Brennstoffe, Dachform, Hinweis auf Dachausbauten und die Gebäudenutzungen in den Geschossen nach ALB erfaßt. Die Erdgeschoßfußbodenhöhe, Traufhöhe, Firsthöhe, Firstrichtung und Firstseite liegen in speziellen Planungsgebieten, z. B. für Stuttgart 21 vor. Diese Sachdaten aktuell zu halten, stellt eine besondere Herausforderung dar, die jedoch auch im Zusammenhang mit 3D-Stadtmodellen zu sehen ist.

3. ANFORDERUNGEN ZU STUTTGART 21

Aus den zahlreichen Anforderungen zum Planungsgebiet Stuttgart 21 sollen hier beispielhaft zwei Bereiche näher betrachtet werden. Es sind dies die Stadtplanung und der Umweltschutz. Generell führt die Nachfrage bei den Stadtplanern zur Forderung, „alles“ möglichst detailliert zur Verfügung haben zu sollen, während für die Belange des Umweltschutzes weniger strenge Anforderungen zu erfüllen sind.

3.1 Stadtplanung

Aus der Sicht der Stadtplanung sind für konkrete Planungsgebiete zunächst sehr detaillierte und umfassende Informationen notwendig. Dies gilt einmal für die Topographie, aber auch für die Bestandsgebäude.

Planung ist Grundlage für das anschließende Bauen, also den Bebauungsplan, und damit ergeben sich sehr präzise Anforderungen in Bezug auf die Lage- und Höhengenaugigkeit von Geodaten. Bezüglich der Bestandsgebäude sind in einer ersten Stufe die o.g. alphanumerischen Daten von großer Bedeutung, aber mindestens jedoch auch zusätzlich so viele Details, daß sogenannte „Klötzchenmodelle“ in Rechnern abgebildet werden können, die den Kubus des Gebäudes exakt wiedergeben und zusätzlich sauber erkennbare Dachlandschaften abbilden können. In dieser ersten Anforderungsstufe sind z. B. extreme Dachlandschaften lediglich generalisiert darzustellen.

In einer zweiten Stufe sollten jedoch bereits Fassaden, Erker, Balkone in detaillierten Darstellungen präsentiert werden können. Fotos von Fassaden sind hier bereits erwünscht, ebenso die möglichst genaue Wiedergabe der Dachlandschaften. Erweitert wird diese Forderung dann durch fotorealistische Wiedergaben ganzer Straßenzüge, Quartiere und letztlich des gesamten Planungsbereiches.

Über das konkrete Planungsgebiet hinaus, sollten die Sichtbeziehungen zur Umgebung, wichtige Bezugsachsen, für Stuttgart 21 z. B. die typische Talkessellage mit wichtigen Fixpunkten (Grabkapelle Rotenberg, Fernsehturm, ...), deutlich als Hintergrund erkennbar sein. Sie bilden die interne Orientierung.

Dieses Ziel der Visualisierung ist überdies mit der Forderung nach möglichst wenig Handarbeit, also einem Maximum an Automatisierung, belastet.

Damit soll auch der klassische Modellbau aus Gips oder Holz ersetzt werden. Abbildung 2 zeigt das heutige Modell der Stuttgarter Innenstadt im Maßstab 1:500. Die daraus abgeleitete Forderung an 3D-Modelle lautet dann allerdings, daß das digitale Modell mindestens so viel Informationen bieten muß, wie bislang der herkömmliche Modellbau.

3.2 Umweltschutz

Für den Planungsbereich Stuttgart 21 sind umfangreiche Untersuchungen zu verkehrsbedingten Immissionen (Lärm und Luftschadstoffe) durchgeführt worden. Datengrundlagen waren die digitalen Daten des Stadtmessungsamtes, des Amtes für Umweltschutz und des Stadtplanungsamtes, ergänzt um zusätzliche Erhebungen. Als Modell diente ein digitales 3D-Modell mit der Software LIMA². Das Ergebnis war eine farbige Karte³, die Lärm- und Luftschadstoff-immissionen sichtbar machte und eine übersichtliche Entscheidungshilfe für die frühzeitige Berücksichtigung verkehrsbedingter Immissionen in der Raumordnung und der Bauleitplanung lieferte.

² Elementanzahl Topographie >> 100000, Gebäude >> 40000 und Emittenten >> 10000. Berechnung der Lärmimmissionen gemäß den Richtlinien RLS-90, Schall 03 und Akustik 04 mit der Software LIMA; Berechnung der Luftschadstoffimmissionen mit der Software ABC.

³ Landeshauptstadt Stuttgart, Amt für Umweltschutz, Ausstellung im Stadtplanungsamt April/Mai 1997.

Dabei wird an die Qualität der Geodaten vor allem der Anspruch der Verknüpfbarkeit, der Vollständigkeit und der Aktualität gestellt. Die Genauigkeitsanforderungen sind geringer als in der Stadtplanung, sie liegen im „Meterbereich“.



Abbildung 2: Modellbau Stuttgart 1:500 (Innenstadt).

3.3 Weitere Kundenwünsche

Spezielle Anforderungen kamen u. a. auch aus den Bereichen Tiefbau, Versorgungsunternehmen und von den Verkehrsbetrieben. Dabei wurde speziell der Wunsch laut, alle für die Planung benötigten Daten, auch die 3D-Stadtmodelle, zentral in einem Datenpool zur Verfügung gestellt zu bekommen. Dieser Datenpool soll die Geobasisdaten, die Fachdaten und künftig auch die während der Planung entstehenden Daten enthalten und für einen zentralen Zugriff zur Verfügung stehen. Dies wird zur Zeit von der Stadt Stuttgart für ihren Bereich auf der Basis der Internet-Technologie vorbereitet und bis Jahresende 1997 realisiert sein.

Die besondere Notwendigkeit des Datenpools wird auch mit der Vielzahl der Daten für die ober- und unterirdischen Verkehrsbauwerke begründet, die nach der Erstellung aufgrund der 3D-Planungs- und Bauausführungsdaten an ein Facilitymanagementsystem zu übergeben sind.

Stuttgart 21 ist ein Projekt der Deutschen Bahn AG, aber auch ein Projekt der Landeshauptstadt Stuttgart, dessen vollständige Realisierung 10 bis 15 Jahre in Anspruch nehmen dürfte. In diesem Zusammenhang sind die Geobasisdaten, die Planungsdaten und die während der Realisierung entstehenden Daten zu sehen. Dies auch vor dem Hintergrund der immer kürzer werdenden Innovationszyklen.

4. REALISIERUNG DER ANFORDERUNGEN

Die vorgenannten Anforderungen konnten für das Planungsgebiet Stuttgart 21 nur durch zusätzlichen Aufwand realisiert werden. Sei es durch Nachkonstruktion von Gebäuden aus Akten der Baugenehmigungsbehörde oder durch die Auswertung von Videos der Straßenzüge.

Damit war der Punkt erreicht, wo sich ein kommunales Vermessungsamt zwingend überlegen muß, was außer den o.g. projektorientierten Daten kurzfristig, flächendeckend im gesamten Stadtgebiet, und dabei auf hohem Qualitätsniveau vorgehalten werden muß bzw. vorgehalten werden kann. Allein mit den herkömmlichen Verfahren können selbst spezielle Planungsbereiche nicht wirtschaftlich versorgt werden.

Daraus erwächst der Wunsch, wirtschaftlich vernünftige Verfahren an der Hand zu haben, die die speziellen Bedürfnisse solcher Planungen unterstützen zu können.

5. ANFORDERUNGEN ALLGEMEIN

Außerhalb der speziellen Anforderungen für Stuttgart 21 sind noch folgende allgemeine Forderungen an 3D-Stadtmodelle von den Fachbereichen in einer Großstadtverwaltung erhoben worden. Hier einige Hinweise dazu:

5.1 Stadtplanung (speziell)

Im Rechner ist beim Sachbearbeiter nach Möglichkeit ein Abbild der Örtlichkeit vorzuhalten. Es soll ihm ermöglichen, den Kunden (z. B. Bauherrn, Architekten, ...) sofort während der Sprechzeiten und ohne zusätzliche Ortsbesichtigung beraten zu können. Zwar kennen die lokalen Planer ihren Planungsbereich, sie möchten aber auch diesen, wenn notwendig, im Büro vor sich sehen können. Die Anforderungen reichen dann allerdings bis zur realen Fassadenabbildung, den Farben in der Örtlichkeit, den Wirkungen von Glasflächen oder Lichteinfallswirkungen. Konkret soll die Beratung des Kunden, z. B. beim Schließen einer Baulücke, möglichst ohne zusätzliche und zeitaufwendige Ortsbesichtigungen direkt vom Büro aus erfolgen können.

5.2 Stadtplanung (Verkehrsplanung)

Im Bereich der Visualisierung von Entwürfen zur Verkehrsplanung sind weit geringere Anforderungen angemeldet worden. Hier reichen in der Regel Klötzchenmodelle (Gebäudekubus und Dach) aus. Die Modelle werden, basierend auf dem Oberflächenmodell des Geländes, in den Maßstäben 1:1000 und kleiner gefertigt. Details sind hier nicht notwendig.

Die Abbildung 3 zeigt einen im klassischen Modellbau gefertigten Ausschnitt eines Stadtgebietes von Stuttgart zum Zwecke der Visualisierung von Verkehrsplanungen. Gerade dieses Modell veranschaulicht die Notwendigkeit eines hohen Grades an Automatisierung bei Erstellung von flächendeckenden 3D-Stadtmodellen.



Abbildung 3: Modell für Zwecke der Verkehrsplanung.

5.3 Umweltschutz

Das Abbild der Stadt muß nicht mit hoher Genauigkeit vorliegen. Es muß jedoch vollständig und aktuell sein.

5.4 Stadtarchiv

In der Vorbereitung zu diesem Beitrag ergab sich noch ein weiterer Gesichtspunkt. Die Stadtarchivare kümmern sich um die Dokumentation der Stadtgeschichte und haben somit ein großes Interesse an der Archivierung von Beständen in unterschiedlichen Epochen. Für sie ist die Zeit eine nicht unerhebliche Komponente, und sie fordern gar die Ausweitung der 3D-Modelle um die Historie, also in Richtung von 4D. Hierzu sollten alte Stiche, Fotos und Skizzen verwendet werden können. Dies macht nun die Aufgabenstellung nicht gerade einfacher.

Vor wenigen Wochen wurde mit Hilfe einer Endoskopie-Kamera ein Spaziergang durch das historische Stuttgart-Modell der Jahre 1760 bis 1790 (Abbildung 4) auf Video aufgezeichnet⁴. Das Ergebnis vermittelt einen Eindruck vom alten Stuttgart, wie es sich Johann Wolfgang von Goethe bei seinem Besuch vor genau 200 Jahren⁵ dargestellt haben muß.



Abbildung 4: Historisches Stadtmodell Stuttgarts im Maßstab 1:250.
(Stuttgart in der Zeit zwischen 1760 und 1790;
Schillerplatz, altes Schloß, Stiftskirche)

6. ANFORDERUNGEN AN DIE DATENBEREITSTELLUNG

Im Rahmen der Nutzerbefragung waren wirtschaftliche Datenbereitstellung, einfache Handhabung und kurzfristige Lieferung der Daten immer wieder erhobene Forderungen. Daneben spielte die Begrenzung der Datenmengen eine weitere wichtige Rolle.

6.1 Kosten und Aufwand

Alle befragten Nutzer gaben an, daß sich die Kosten für die Gewinnung der Informationen in Grenzen zu halten hätten, was dies im einzelnen auch immer bedeuten mag. Diese Forderung wurde zwar immer

⁴ Landeshauptstadt Stuttgart - Stadtarchiv - und W. Horny AVP, Stuttgart; Video-Kassette.

⁵ Vom 29.8. bis 7.10.1797 stattete Goethe Stuttgart einen Besuch ab.

erhoben, konnte aber selten konkretisiert werden. Sicherlich waren dabei, neben den Kosten für die Datenbeschaffung, auch immer die Kosten für die notwendige Hardware und die Anwendungssoftware gemeint. An letztere wird zusätzlich noch die Forderung der Benutzerfreundlichkeit gestellt. Allein aus den vorgetragenen Gründen muß ein möglichst hoher Grad an Automatisierung erreicht werden. Erst die Mehrfachnutzung der Daten in einem kommunalen GIS kann auf Dauer zu wirtschaftlichen Ergebnissen führen.

6.2 Kurzfristige Datenbereitstellung

Die Forderung nach kurzfristiger Lieferung, i. d. R. innerhalb von vier bis acht Wochen, stellen für ein kommunales Vermessungsamt bei den immer geringeren Personalressourcen ein Problem dar. Sofern die geforderten Daten nicht vorrätig sind, und dies ist wohl die Regel, müssen Verfahren zur Verfügung stehen, die es erlauben, auf diese Forderungen angemessen zu reagieren.

Daten aus den Akten der Baugenehmigungsbehörde (Baugesuche) zu erheben ist sehr zeitaufwendig und damit teuer. Es kann nur für sehr kleine Bereiche (z. B. einige Quartiere) in Frage kommen und muß die Ausnahme sein. Höheninformationen bezüglich NN⁶ liegen bei älteren Gebäuden dort nicht vor; sie müßten neu aufgemessen werden, also noch ein zusätzlicher Kostenfaktor.

7. FOLGERUNGEN

Aus den vorgenannten Darlegungen können nun Anforderungen abgeleitet werden, die z. B. ein kommunales Vermessungsamt in die Lage versetzen, kurzfristig und - je nach geforderten Details - 3D-Stadtmodelle wirtschaftlich erzeugen und aktuell halten zu können. Ein Anforderungsschema ist in Abbildung 5 in Abhängigkeit von den Aufgabenstellungen zusammengetragen.

Dabei erscheint mir eine Trennung in die zwei wesentlichsten Aufgabenstellungen sinnvoll. Einmal die Modelle im Sinne einer möglichst großen flächenhaften Darstellung für großräumige Verkehrsplanungen oder Klimasimulationen und zum anderen, die mehr kleinräumigen Aufgaben im Rahmen der Bebauungsplanung.

Der Grad der Automatisierung sollte bei geringem Detaillierungsgrad (Klötzchenmodell und „standardisierten“ Dachlandschaften) ein Niveau erreichen, das allenfalls bei ca. 5% der Gebäude manuelle Nachbearbeitungen notwendig macht.

Auch kurzfristig vor Ort gewonnene Informationen müssen verarbeitbar sein (z. B. auch Informationen aus einem digitalen Foto oder einem Video von vor Ort über Telefonleitung zur Auswertung im 3D-Modell rasch einbringen zu können). Mit einer anwenderfreundlichen Software sollten zur manuellen Nachbearbeitung aus den Quellinformationen heraus (Luftbildern, Scanndaten, Fotos, Videos, ...) der Gebäudeumring, ein einfaches 3D-Gebäude und die erkennbaren Sachdaten zusammen ableitbar sein. Gerade auch die Gewinnung der Sachdaten (z. B. umbauter Raum, Anzahl der Geschosse, Dachform, Hinweise auf Nutzungen, ...) ist unter dem Gesichtspunkt der Fortführung und Aktualität der unter Ziff. 3 beschriebenen Gebäudedaten in Stuttgart besonders wichtig, denn diese werden von der Stadtentwicklungsplanung und vom Statistischen Amt intensiv genutzt. In jüngster Zeit dienen sie auch als Grundstock für das Immobilienmanagement der stadt-eigenen Liegenschaften. Auch hier liegt der Schwerpunkt wieder auf der Mehrfachnutzung der Geodaten.

Bei hohem Detaillierungsgrad und für spezielle Planungsvorhaben entlang von Straßen sollten Fotos von Fassaden oder ganzen Straßenabschnitten (Bau-blockseiten, Abbildung 6) direkt in ein klassisches 3D-Modell umgesetzt werden können. Für die verdeckten, bzw. seitlichen und rückwärtigen Fassaden wäre eine vereinfachte flächenhafte Darstellung ausreichend. So etwa die Zuordnung der Baublockseite

⁶ Die Erdgeschoßfußbodenhöhe aus den Bauakten ist besonders in stark geneigtem Gelände nur sehr beschränkt aussagefähig und wird eigentlich nur zur Bestimmung der First- und Traufhöhen verwendet.

über die Ordnungsmerkmale der Kleinräumigen Gliederung⁷ in Verbindung mit den vorhandenen Geobasisdaten (Gebäudeumringe bzw. den der Straßenfront zugewandten Gebäudelini- en).

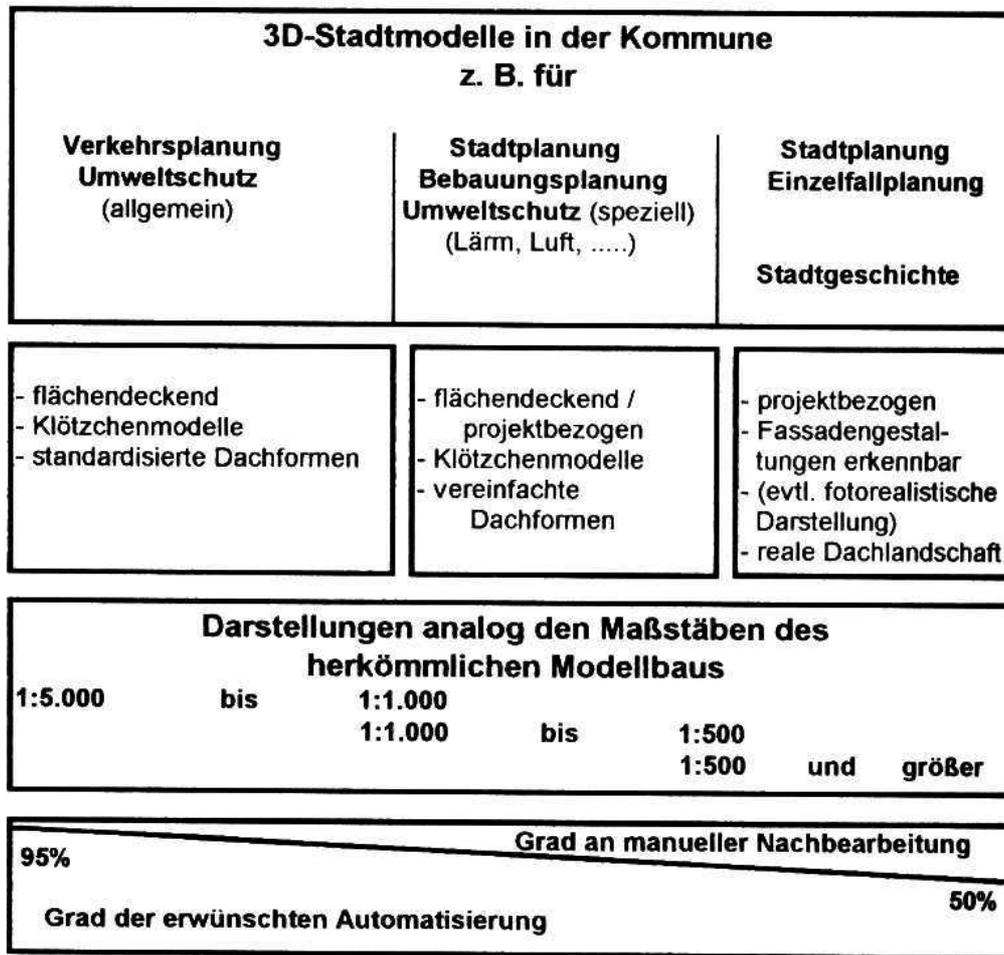


Abbildung 5: Anforderungsschema für 3D-Stadtmodelle.

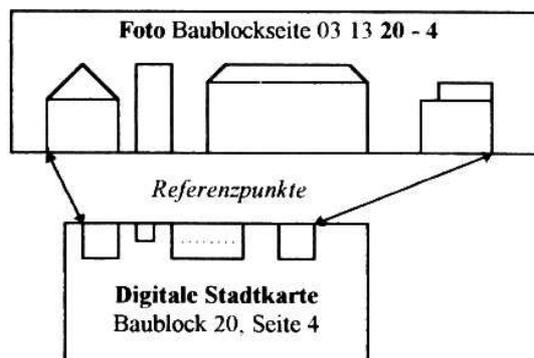


Abbildung 6: Nutzung von weiteren Bildinformationen.

⁷ Die Kleinräumige Gliederung ist ein statistisches Ordnungsmerkmal, das sich aus Gemarkung, Stadtteil, Stadtviertel, Baublocknummer und Baublockseite zusammensetzt.

Soweit möglich, sollten verschiedenartigste Informationsquellen integrierbar sein. So könnten z. B. die in sehr guter Qualität vorliegenden Schrägaufnahmen Verwendung finden (Abbildung 7). Gerade in Stuttgart liegen solche Aufnahmen vor, die Gebäude in der Kesselrandlage zeigen und die aufgrund der Topographie sehr viele Informationen zu den Fassaden und Dachlandschaften vermitteln. Diese bei Bedarf auch mitbenutzen zu können, wäre ein großer Vorteil.



Abbildung 7: Schrägaufnahme mit hohem Informationswert.

8. SCHLUBBEMERKUNG

Ich habe in meinem Beitrag bewußt nicht die bereits vorhandenen Möglichkeiten der Photogrammetrie, des Laserscannings oder anderer Verfahren in meine Überlegungen mit einbezogen. Es ging mir darum, die Anforderungen der Kunden an ein kommunales Vermessungsamt aufzuzeigen, das für die Bereitstellung von Geobasisdaten zuständig ist. Kann das Vermessungsamt dies nicht leisten, so werden die Daten nach meiner Erfahrung projektbezogen und im Rahmen der dann dort vielfach gegebenen finanziellen Mittel von Aushilfskräften erhoben, es werden dieselben Daten mehrfach erhoben, sie bleiben Insellösungen, und gehen auch so wieder verloren. Dies können wir nicht wollen und uns schon gar nicht leisten!

9. LITERATUR

Landeshauptstadt Stuttgart (1997): Rahmenplan Stuttgart 21/Entwurf Stuttgart 21 Städtebau, Stadtplanungsamt Stuttgart, Projektgruppe Stuttgart 21, 4. Auflage, Stuttgart 1997.

Stadtmessungsamt Stuttgart (1997): Broschüre zum Sonderinformationssystem Stuttgart 21, 2. Auflage 1997.

10. BILDNACHWEIS

Fotos: Landeshauptstadt Stuttgart, Stadtarchiv (1), Stadtplanungsamt (3) und Stadtmessungsamt (1).