

# BEST PRACTICES FÜR EINE MARKTOPTIMIERTE PROZESSKETTE ZUR ERSTELLUNG VON 3D-STADTMODELLEN IN KOMMUNEN

Dr. Rüdiger Göbel

**Einleitung:** Digitale 3D-Stadtmodelle werden aufgrund vielfältiger Verwendungsmöglichkeiten für immer mehr Städte erzeugt. Der Zeit- und Kostenaufwand zur Erstellung und Aktualisierung qualitativ hochwertiger Modelle bleibt jedoch hoch. Um bewährte Praktiken herausstellen zu können, wurden unterschiedliche Herangehensweisen an die 3D-Modellierung untersucht und verglichen.

**Schlüsselwörter:** 3D-Stadtmodell, Benchmarking, Best Practices, Aktualisierung, Qualitätssicherung

**Zusammenfassung:** 3D-Stadtmodelle werden für zahlreiche Großstädte erstellt. Jedoch ist die Prozesskette in vielen Fällen nicht auf die Nachfrage abgestimmt. Zur Bestimmung von Best Practices wurden die Erstellung und Nutzung der 3D-Modelle von zehn Kommunen untersucht sowie deren Marktpotential ermittelt.

## // BEST PRACTICES OF A MARKED-OPTIMIZED PROCESS CHAIN TO CREATE 3D CITY MODELS IN MUNICIPALITIES

**// Introduction:** Digital 3d city models are generated for more and more cities because they can be used for manifold activities. The effort to build and update high-quality models remains on a high level. Different 3d modelling approaches were analyzed and compared to point out best practices.

**Keywords:** 3d city models, benchmarking, best practices, update, quality assurance

**Abstract:** 3d city models are created for many major cities. Yet, in several cases the process chain is not in alignment to the market. Creation and use of 3d models were analyzed in ten cities to identify best practices. Additionally, market potential for 3d models outside of administration was determined.

### Anschrift des Autors

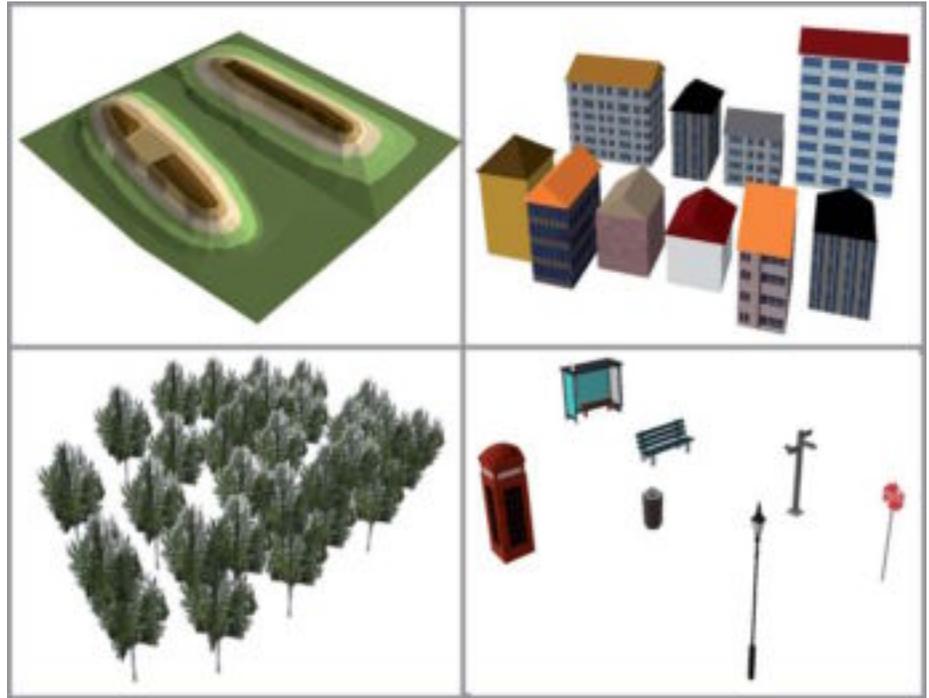
Dr. Rüdiger Göbel  
Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg  
Geographisches Institut  
Berliner Straße 48  
69120 Heidelberg  
E: Ruediger.Goebel@geog.uni-heidelberg.de

## 1 EINFÜHRUNG UND METHODIK

Digitale dreidimensionale Stadtmodelle werden von fast allen Großstädten gewünscht. Zu Beginn der Modellerstellung oder bei Umstrukturierungen stellen sich fast immer die gleichen Fragen: Welche Erstellungsmethode sollte gewählt werden? Wie detailliert soll das Modell sein? Wie kann die langfristige Verwendbarkeit des Modells gewährleistet werden? In einem Forschungsprojekt mit zehn Städten (Berlin, Essen, Frankfurt, Hamburg, Kaiserslautern, Karlsruhe, Köln, München, Stuttgart und Wiesbaden) sowie acht Firmen wurden sowohl die Erstellung und Pflege von 3D-Stadtmodellen als auch ihre Verwendung untersucht.

Auf der einen Seite wurde ein Benchmarking mit den Städten zur Erstellung und dem Umgang mit 3D-Stadtmodellen durchgeführt, um bewährte Methoden (Best Practices) identifizieren zu können. Auf der anderen Seite wurden die unterschiedlichen Ansprüche bestehender und potentieller Nutzergruppen für dreidimensionale städtische Raumdaten erfasst und auf Gemeinsamkeiten hin analysiert. Innerhalb der Stadtverwaltungen der untersuchten Städte wurden alle Ämter, die mit dem Stadtmodell arbeiten, zu ihrem Datenbedarf befragt, außer wenn die Erzeuger des Modells zugleich auch die Nutzer darstellten. Dies waren die Stadtplanung, Umweltämter, Freiraum- und Landschaftsplanung, Feuerwehr und die Wirtschaftsförderung. Außerhalb der Verwaltungen wurde jeweils eine Firma aus den Bereichen Navigation, Funknetzplanung, Lärmberechnung, Immobilienvermittlung, Außenwerbung sowie Stadtplanung und Architektur befragt, um einen Überblick über weitere Vermarktungsmöglichkeiten zu erhalten. Dabei wurde auch auf den Datenbedarf in unterschiedlichen Bereichen des Stadtgebietes eingegangen. Neben der üblichen Level of Detail (LOD) Klassifizierung für Gebäude (LOD1: Blöcke, LOD2: Gebäude mit Dachform, LOD3: detaillierte Fassaden, LOD4: Innenraummodellierung) wurde der Datenbedarf unter anderem hinsichtlich Textur, Genauigkeit und Attribute differenziert untersucht.

Auf die Elemente Geländemodell, Vegetation und Stadtmobiliar (siehe Abbildung 1) sowie weitere mögliche Bestandteile des 3D-Stadtmodells, wie Straßen und weitere Infrastruktur wurde detailliert



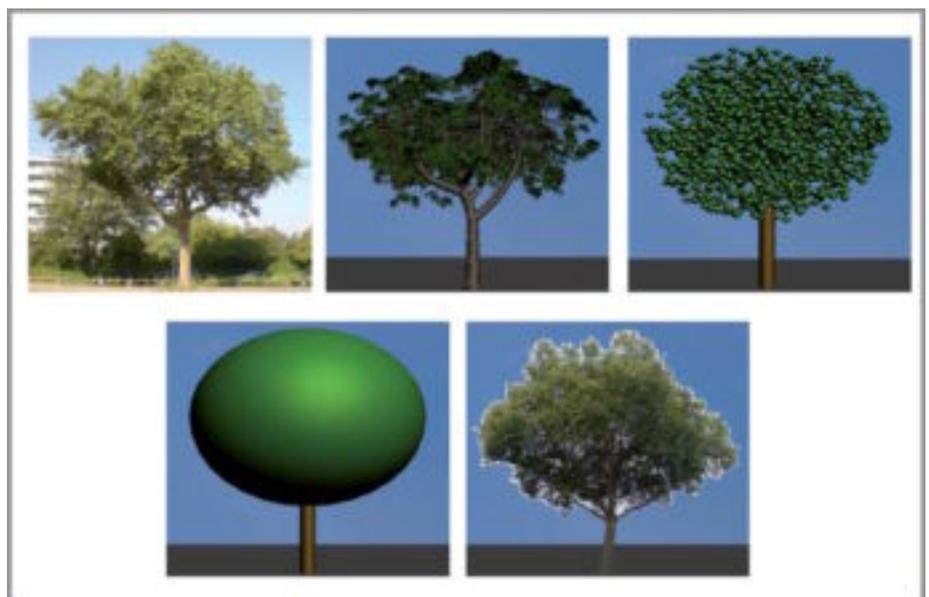
**Abbildung 1:** Mögliche Elemente eines 3D-Stadtmodells: Oben links: Geländemodell, Oben rechts: Gebäudemodelle, Unten links: Bäume, Unten rechts: Stadtmobiliar

eingegangen. Bei der Vegetation wurden beispielsweise unterschiedliche Möglichkeiten der Integration in das Modell analysiert (siehe Abbildung 2). Diskrepanzen zwischen der Datenbereitstellung und der Nachfrage sowie Möglichkeiten zu deren Beseitigung wurden ausgearbeitet.

Im Benchmarking wurden unterschiedliche Herangehensweisen der 3D-Stadtmodellierung miteinander verglichen, um bewährte Methoden zu identifizieren. Zur

Datenerhebung wurden mit Verantwortlichen der städtischen Ämter ein- bis zweistündige Leitfadeninterviews durchgeführt, um eine einheitliche, aktuelle und umfassende Datenbasis zu erhalten. Zur Erfassung des Marktpotentials und um Lücken im Datenangebot aufzudecken, wurden außerdem mit bestehenden sowie potentiellen Nutzern von dreidimensionalen Stadtmodellen Leitfadeninterviews geführt. Die Interviews wurden digital aufge-

**Abbildung 2:** Möglichkeiten der objektbasierten Vegetationsdarstellung: Von oben links nach unten rechts: Foto des Baums, konstruierter Baum, Blattdarstellung durch Punkte, Baumdarstellung durch Primitive, Baumdarstellung durch Billboard



zeichnet, transkribiert und mit Hilfe von Auswertungssoftware für qualitative Daten (Maxqda 2) sowie thematischen Matrizen ausgewertet. Die Ergebnisse der Analysen wurden in der Synthese zusammengeführt, um zu analysieren, welchen Detailstufen welche potentiellen Abnehmer gegenüber stehen. Neben der Identifizierung von Best Practices wurden für Bereiche, in denen bewährte Praktiken nicht identifiziert werden konnten, Methoden auf die Erstellung von 3D-Stadtmodellen angepasst. Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen wurde ein integrierter Gesamtansatz entwickelt, der zum Abschluss vorgestellt wird.

## 2 ERSTELLUNG VON 3D-STADTMODELLEN

Zum Zeitpunkt der Befragung bezüglich der Erstellung von 3D-Stadtmodellen im Februar und März 2007 lag in allen Städten außer in Berlin und Kaiserslautern zumindest ein flächendeckendes LOD1-Gebäudemodell vor. Die Höhenableitung der Gebäude erfolgte in der Hälfte der Städte über Messungen mit Hilfe von Photogrammetrie sowie Laserscanning und in der anderen Hälfte mit Hilfe von Schätzungen, unter anderem auf Grundlage von Geschosshöhe und Nutzung der Gebäude. Bezüglich der Abdeckung mit LOD2-Modellen bestehen erhebliche Unterschiede. So werden in einigen Städten (Hamburg, München und Stuttgart) Abdeckungsgrade um 90% erreicht, während in anderen Städten nur ein Innenstadtmmodell vorliegt. Der Ausbau des LOD2-Modells wurde aber in allen Städten vorangetrieben. Ein flächendeckendes LOD2-Modell mit spezifischen Texturen existierte in keiner der untersuchten Städte. Ein solches wurde bisher auch, vor allem aufgrund der hohen Kosten, von keiner Kommune angestrebt. Heute erlauben Verfahren, die auf Schrägluftbildern beruhen, eine kostengünstige Texturierung ganzer 3D-Modelle. Die Auflösung der Schrägluftbilder, die bei ca. 15 bis 20 Zentimetern pro Pixel liegt, genügt jedoch nicht für eine Darstellung, die für eine Betrachtung aus Fußgängerperspektive geeignet ist (Göbel und Freiwald, 2008).

Zur Erfassung der Geländemodelle wurden überwiegend terrestrische Daten und Laserscans eingesetzt; lediglich das Geländemodell von München beruht größtenteils auf photogrammetrischen Auswertungen. Bei der Erstellung der Gebäude-

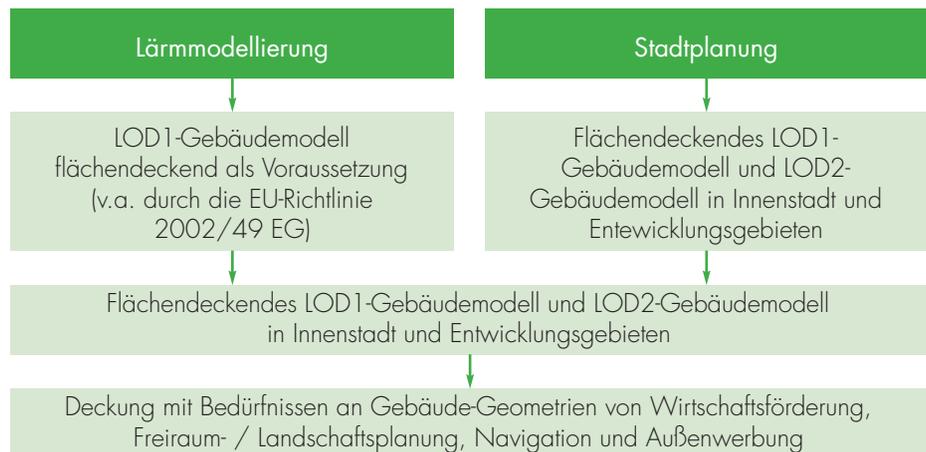


Abbildung 3: 3D-Gebäudemodelle als notwendiges Arbeitsmittel der Verwaltung

modelle werden sowohl Laserscandaten als auch photogrammetrische Auswertungen eingesetzt. Dies spiegelt die Ergebnisse einer internationalen Vergleichsstudie wider, welche kein Verfahren als das durchgängig bessere identifizieren konnte (Kaartinen und Hyypä, 2006). Durch Laserscans mit sieben und mehr Punkten pro Quadratmeter und angepassten Algorithmen konnten die Kosten der Modellerstellung in den letzten Jahren jedoch erheblich reduziert werden (McKinley und Jung, 2008).

Die Aktualisierung der 3D-Stadtmodelle stellt eine der größten Herausforderungen dar. Die Kosten für die Erstellung stadtweiter LOD2-Gebäudemodelle belaufen sich auf mindestens fünfstelligen Beträge und ein nicht aktualisiertes Modell wird für die meisten Anwender nach einem bis zwei Jahren wertlos. Dennoch wird bisher in keiner der untersuchten Städte eine systematische Aktualisierung der LOD2-Modelle durchgeführt. Die LOD1-Gebäudemodelle werden dagegen in der Hälfte der Städte regelmäßig neu erstellt oder aktualisiert.

Eine weitere Herausforderung für die 3D-Modellierung stellt die Objektbildung für Gebäude dar. Gerade LOD2-Gebäude werden häufig in CAD-Systemen konstruiert und können nicht als einzelne Objekte angesprochen werden. Auch der Export in Formate, die in der Lage sind die Gebäude als einzelne Objekte abzuspeichern, ist selten möglich. Dadurch können unter anderem die Geometriedaten nicht mit den Attributdaten verknüpft werden, was die Möglichkeiten der Aktualisierung und Analyse erheblich einschränkt.

Im Bereich Qualitätssicherung muss zwischen zugekauften und selbst erstellten Da-

ten unterschieden werden. Während zugekaufte Daten stichprobenartig, mit Hilfe von Referenzflächen und statistischen Tests geprüft werden, unterliegen selbst erstellte Daten höchstens einer visuellen Kontrolle.

## 3 MARKTPOTENTIAL

Die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten deuten auf ein hohes Marktpotential für 3D-Stadtmodelle hin. Für die Untersuchung muss zwischen einem kommuneninternen und einem externen, d.h. freien Markt unterschieden werden. Zunächst muss der interne Datenbedarf entweder durch eigene Erstellung oder durch Zukauf von Daten gedeckt werden. Daneben besteht auch die Möglichkeit die Daten zu verkaufen bzw. abzugeben. Die Befragungen bezüglich der Verwendung von 3D-Stadtmodellen wurden Ende 2007 und zu Beginn 2008 durchgeführt. Mit fortschreitender Entwicklung der Technologie und einem sich entwickelnden Markt für 3D-Daten ist im Vergleich zum Befragungszeitpunkt mit steigenden Ansprüchen der Nutzer zu rechnen.

Das entscheidende Ergebnis zum internen Datenbedarf ist, dass innerhalb der Stadtverwaltungen von Großstädten ein dringender Bedarf an einem flächendeckenden LOD1-Gebäudemodell für die Lärmmodellierung sowie zusätzlich einem LOD2-Gebäudemodell von Innenstadt und Entwicklungsbereichen für die Stadtplanung besteht (siehe Abbildung 3). Entsprechende Daten können nicht problemlos zugekauft werden, da die Modelle aufgrund benötigter Amtlichkeit auf der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) beruhen müssen. Damit lässt sich in den meisten Fällen auch die Anforderung an die Lage-

genauigkeit, die für fast alle Nutzer zwischen 10 Zentimetern und einem Meter liegt, erfüllen.

Der kombinierte Bedarf an Gebäudegeometriedaten von Lärmmodellierung und Stadtplanung deckt sich mit dem von Wirtschaftsförderung, Freiraum- und Landschaftsplanung sowie von Navigation und Außenwerbung. Um die Nachfrage bezüglich der Gebäudegeometriedaten von vorbeugendem Brandschutz, Funknetzplanung und Immobilienvermittlung decken zu können, müsste das LOD2-Gebäudemodell jeweils für das gesamte Stadtgebiet vorliegen. Die Geometriedaten alleine genügen jedoch für die meisten Anwender nicht. Darüber hinaus werden zu den Gebäuden die dazugehörigen Attributdaten benötigt. Die Minimalanforderung ist die Möglichkeit der Identifikation der einzelnen Gebäude, also Angabe von Straße und Hausnummer, sowie für überregionale Datennachfrage die Postleitzahl. Eine Texturierung der Gebäude wird innerhalb der Stadtverwaltung vor allem in der Stadtplanung benötigt. Die geforderte Auflösung verlangt jedoch terrestrische Aufnahmen, die bisher mit hohem Aufwand verbunden sind. Da entsprechend texturierte Gebäude nur für jeweils kleine Gebiete erforderlich sind, lohnt sich aufgrund des hohen Arbeitsaufwandes eine flächendeckende Texturierung nicht. Damit fällt jedoch die Immobilienvermittlung als möglicher Käufer der Daten weg, da dort eine flächendeckende Texturierung gewünscht wird. Hier könnten sich jedoch Möglichkeiten durch eine kostengünstige Texturierung mit Schrägluftbildern ergeben. Neben dem aktuellen Stadtmodell besteht von vielen Nutzern auch potentiell Interesse an vergangenen Bebauungszuständen. Diese sind zwar keine zwingende Voraussetzung zum Erwerb eines 3D-Stadtmodells, das prinzipielle Interesse kann jedoch genutzt werden, wenn einmal erstellte Daten nicht gelöscht, sondern archiviert werden. Das auf die Speicherung von 3D-Stadtmodellen ausgerichtete Format CityGML (siehe unter anderem Gröger et al., 2005) ermöglicht auch eine Speicherung von nicht mehr aktuellen Gebäudedaten, ohne dass das komplette Stadtmodell für jeden Bebauungszustand vollständig gespeichert werden muss.

Die Anforderungen an die Auflösung des Geländemodells differieren sehr stark von Nutzer zu Nutzer, aber auch von Stadt

zu Stadt. Vor allem in Gelände mit höherer Reliefenergie wird ein besser aufgelöstes Geländemodell benötigt. Mit einem Punktabstand von 0,5 Metern, zum Teil mit zusätzlichen Bruchkanten, könnte der Bedarf für alle befragten Nutzer gedeckt werden.

Außer für die Landschaftsplanung sind weitere Objekte, wie Vegetation und Stadtmobiliar, für die befragten Datennutzer für die Arbeit mit dem 3D-Modell nicht zwingend erforderlich. Sie stellen somit keine Voraussetzung dar, damit die Daten erworben und genutzt werden können. Die Grundlegenden Daten liegen jedoch in vielen Städten als 2D-Daten vor und entsprechende Objekte könnten mit Hilfe von Primitiven oder Billboards (siehe Abbildung 2) kostengünstig in die 3D-Stadtmodelle integriert und damit ein zusätzlicher Mehrwert generiert werden. Eine Rekonstruktion von Einzelbäumen wurde von keinem Datennutzer gewünscht.

Die in den Ämtern selbst erstellten Daten unterliegen keiner systematischen Qualitätssicherung. Diese wird von den Nutzern innerhalb der Verwaltung auch nicht verlangt. Viele Firmen verlangen jedoch, dass die Daten durchgehend vordefinierte Eigenschaften aufweisen, was durch eine Qualitätssicherung gewährleistet werden muss. Hinsichtlich der geforderten Aktualität der Daten schwanken die Anforderungen zwischen wenigen Wochen und bis zu fünf Jahren. Für die meisten Nutzer wird allerdings eine Aktualität unter einem Jahr verlangt.

Zu den größten Hemmnissen zur breiteren Verwendung der 3D-Daten in Ämtern sind das Fehlen geeigneter Programme bzw. geschulte Bearbeiter. Auf Seiten der Firmen werden vor allem mangelnde Abdeckung, zu geringer Detailgrad und zu hohe Kosten, beziehungsweise unflexible Abrechnungsmodelle als Haupthemmnisse aufgeführt.

## 4 GESAMTANSATZ

In Bezug auf die Prozesskette für 3D-Stadtmodelle können eine Reihe von Best Practices identifiziert werden und durch zusätzliche Methoden die Qualität und langfristige Nutzbarkeit der 3D-Stadtmodelle gefördert werden. Die wichtigsten werden im Folgenden ausführlich erläutert, während weitere bewährte Praktiken kurz dargelegt werden.

### 4.1 AKTUALISIERUNG

Bei der Aktualisierung der Gebäudedaten kann prinzipiell nach Methoden unterschieden werden, die über eine Identifikationsnummer (ID) eine Verbindung zur ALK aufbauen und Methoden die unabhängig von der ALK arbeiten (siehe Abbildung 4). Bei Methoden mit Verbindung zur ALK können die Veränderungen im 3D-Stadtmodell parallel zur ALK nachvollzogen werden.

Wird ein LOD1-Gebäudemodell rein aus Daten der ALK aufgebaut kann das Modell entweder automatisch regelmäßig neu erstellt werden, oder über einen Differenzabgleich aktualisiert werden. Bei einer Modellerstellung mit zusätzlichen Daten wie Laserscans oder Luftbildern, kann über den Differenzabgleich lediglich festgestellt werden, wie sich die 2D-Geometrie verändert hat. Zur Aktualisierung der Gebäude sind dann entweder zusätzlich neue Fernerkundungsdaten, Daten aus dem Bauantrag oder einer Vermessung vor Ort notwendig.

Ist eine Verbindung der einzelnen Gebäude zur ALK nicht möglich steigt der Aufwand für die Aktualisierung an. Es bleiben nur die Möglichkeiten das Modell komplett neu zu erstellen, bzw. jedes Gebäude auf Veränderungen zu prüfen und neue Gebäude gebietsweise zu erfassen. Es ist auch möglich mit so genannten „Change Detection“ Verfahren Veränderungen in Fernerkun-

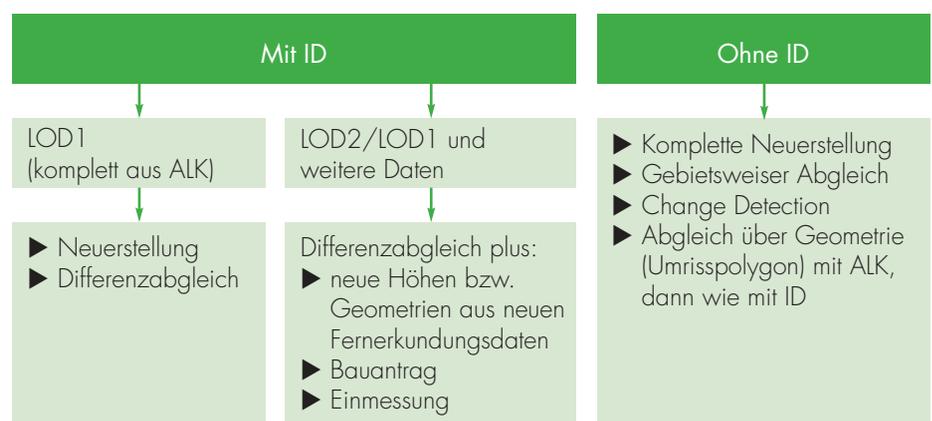


Abbildung 4: Aktualisierungsmöglichkeiten für Gebäude

ungsdaten aufzudecken und einzelne Gebäude zu verändern. Allerdings sind die Fehlerquoten hoch und die Aktualisierungszeiträume liegen aufgrund der hohen Kosten für Fernerkundungsdaten zwischen einem und fünf Jahren. Mit Hilfe eines Abgleichs über den Umriss des Gebäudes mit seinem Pendant in der ALK kann versucht werden, das 3D-Modell im Nachhinein mit der ALK zu synchronisieren. Auch hier muss allerdings mit hohen Fehlerquoten gerechnet werden, da sich der Grundriss und die Einteilung am Boden von der Dachlandschaft unterscheiden.

Ein ideales Aktualisierungsverfahren ist in der Lage, Veränderungen der Stadtlandschaft möglichst zeitnah nachzuvollziehen und zwar sowohl den Bau neuer Gebäude als auch die Veränderung und den Abriss bestehender Bausubstanz. Die Veränderungen müssen mit hoher Sicherheit erfolgen, den gleichen Qualitätsansprüchen genügen wie die Ersterfassung und sollen möglichst geringe Kosten verursachen.

Aus der Literatur zur Erstellung und Aktualisierung von 3D-Stadtmodellen sowie den Ergebnissen aus den Interviews konnte ein zweistufiges Aktualisierungsverfahren als Best Practice identifiziert werden (siehe Abbildung 5): Nach der Erteilung der Baugenehmigung wird eine LOD1-Repräsentation der Gebäude abgeleitet, welche als zukünftiges Gebäude markiert wird. Nach erfolgtem Bau werden die Gebäude basierend auf den Bauakten und der erfolgten Einmessung als LOD2-Gebäude modelliert. Dieses Verfahren erlaubt eine größtmögliche Aktualität. Bei digitaler Datenhaltung in interoperablen Systemen kann die Aktualisierung

nahezu automatisch ablaufen und verursacht somit nur sehr geringe Kosten.

Werden entsprechende Daten in analoger Form, also auf Plänen, gehalten, ist diese Aktualisierungsmethode jedoch mit hohem manuellem Aufwand verbunden. Ein weiterer Nachteil dieser Aktualisierungsmethode ist die unterschiedliche Datengrundlage für die Modellierung. So beruhen die Höhenwerte in den 3D-Stadtmodellen der befragten Städte auf Auswertungen von Stereoluftbildern oder Laserscans. Die neuen oder umgebauten Gebäude würden auf Planangaben oder terrestrischen Einmessungen beruhen. Hieraus ergeben sich Unterschiede in der Qualität zum Beispiel im Hinblick auf die Positionsgenauigkeit. Die Qualität der Ausgangsdaten kann bei der Aktualisierung besser sein als die der Ersterhebung. Es sollte allerdings dokumentiert werden, welche Gebäude mit Hilfe welcher Daten erstellt wurden.

#### 4.2 QUALITÄTSSICHERUNG

Die Qualität eines 3D-Stadtmodells kann daran bemessen werden, ob es die von Nutzern definierten Ansprüche erfüllen kann. Um dies sicher zu stellen müssen zunächst die Anforderungen, wie z.B. die Lagegenauigkeit, festgelegt werden. Dann muss über den kompletten Erstellungszyklus wie auch bei der Aktualisierung eine Qualitätssicherung durchgeführt werden. Zur Festlegung von Qualitätsgrundsätzen, -maßstäben und -evaluierungsmethoden existieren unter anderem die ISO Normen 19113, 19114 und 19138. Diese orientieren sich nicht zuletzt an den bestehenden Qualitätsmerkmalen des Spatial Data Transfer Stan-

dard und der International Cartographic Association (Aalders, 2002). Zur Orientierung des Nutzers können so genannte qualitative Qualitätsmerkmale angegeben werden. Diese bestimmen nicht die Qualität des Datensatzes, geben dem Nutzer aber Hinweise darauf, ob der Datensatz für eine bestimmte Anwendung in Frage kommt. Zu den qualitativen Qualitätsmerkmalen zählen insbesondere die Angabe der Datenquelle, Angaben zur Entstehung und Prozessierung der Daten und die Verwendung der Daten. In Bezug auf Gebäudedaten ist auch eine Angabe des LODs für Nutzer für eine einfache Bewertung wichtig.

Für Gebäude im Detailgrad LOD1 und LOD2 können die in Tabelle 1 aufgeführten Qualitätsmerkmale mit konkreten Anforderungen und Prüfmethode festgelegt werden:

Tabelle 1: Qualitätsmerkmale und Prüfmethode für Gebäudedaten siehe rechts.

Die Qualitätsprüfungen sollten möglichst vom verwendeten Programm automatisch durchgeführt werden oder den Bearbeiter bei der Qualitätskontrolle und Dokumentation unterstützen, um den zusätzlichen Arbeitsaufwand möglichst gering zu halten.

#### 4.3 DOKUMENTATION

Neben der Qualitätssicherung fehlt es einer Reihe von 3D-Stadtmodellen an einer Dokumentation der Entstehung und Veränderung des Modells. Dies ist unter anderem darin begründet, dass zumeist nur wenige Mitarbeiter mit der Modellerstellung beauftragt sind und die Ämter Daten auch ohne Dokumentation annehmen. Eine Dokumentation würde jedoch nicht nur die Mehrfachverwendung und Langlebigkeit des Modells erhöhen, sondern auch die Möglichkeiten der Verwertung. Die Dokumentation kann in den Metadaten erfolgen und sollte auch die Ergebnisse der Qualitätsprüfungen mit einschließen. In Bezug auf Metadaten wurde der ISO Standard 19115 entwickelt. Dessen 22 Hauptelemente, welche insbesondere Herkunft und Inhalt des Datensatzes sowie die Art der Metadaten selbst beschreiben, können als Orientierung für die Anlage des Metadatensatzes für 3D-Stadtmodelle dienen. Darüber hinaus können für 3D-Stadtmodelle zusätzliche spezifische Elemente aufgenommen werden (siehe hierzu Dietze; Nonn und Zipf 2007). Wie bei der Qualitätsprüfung ist insbesondere wich-

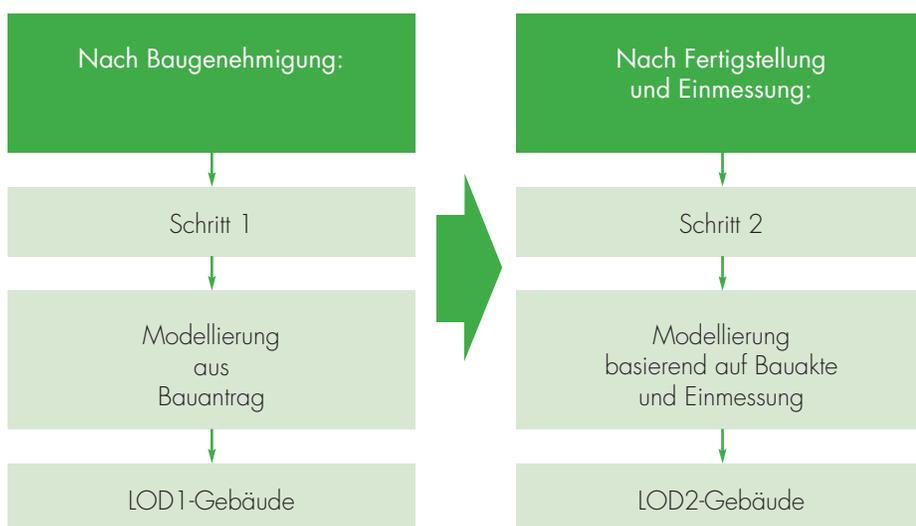


Abbildung 5: Zweistufiges Aktualisierungsverfahren

Qualitätsmerkmal	Anforderung	Prüfmethode
Positionsgenauigkeit	Horizontale Positionsgenauigkeit: max. 10 cm absolute Abweichung für 95% der Gebäude	Visuelle Prüfung mit Luftbildern  Prüfung mit terrestrisch erhobenen Daten in Testgebieten
	Vertikale Positionsgenauigkeit: max. 1 m absolute Abweichung für 95% der Gebäude bei LOD2 / 2 m bei LOD1	Vergleich von Modellen Abgleich mit dem digitalen Oberflächenmodell
Vollständigkeit	Gebäude aus ALK übernommen, keine überzähligen Objekte, maximal 1% fehlende bzw. überzählige Objekte	Automatischer Abgleich der IDs sowie Grundrissabgleich  Visuelle Kontrolle in Testgebiet
	Attribute aus ALK übernommen, alle geforderten Attribute vorhanden, max. 5% fehlende Attribute	Automatischer Abgleich der Attribute  Prüfung auf fehlende Attribute
Thematische Genauigkeit	Übernommene Attribute korrekt	Abgleich mit weiterem Datensatz (automatisch und durch Bearbeiter)
	Korrekte Klassifizierung von Objekten	Automatisch mit weiterem Datensatz Visuell mit Luftbild
Logische Konsistenz	Topologieprüfung der Geometrie	Automatische Prüfung auf Orientierung der Flächen, Löcher in Geometrie, Überschneidungen von Geometrie
	Konsistenz des Wertebereichs von Geometrie	Plausibilitätsprüfung mit Minimal- und Maximalwerten
	Konsistenz des Wertebereichs von Attributen	Abgleich mit weiterer Datenbank auf vorhandene Werte
Zeitliche Konsistenz	Aktualität der Daten im LOD1: Tagesaktuell, im LOD2: halbes Jahr	Automatischer Abgleich mit Bauanträgen und ALK  Visueller Vergleich in Luftbildern

Tabelle 1: Qualitätsmerkmale und Prüfmethode für Gebäudedaten

tig, dass die Dokumentation nicht zu umfangreich und damit zu arbeitsaufwändig wird, denn ansonsten steigt aufgrund des Zeitaufwandes die Gefahr, dass die Dokumentation nicht oder nur lückenhaft durchgeführt wird.

#### 4.4 BEST PRACTICES

Bei der Erstellung eines 3D-Stadtmodells können folgende Best Practices und deren Weiterentwicklung als Vorgaben für Bestandteile der Prozesskette dienen:

- ▶ Ein zweistufiges Aktualisierungsverfahren für Gebäudedaten (siehe Kapitel 4.1), welches eine hohe und gesicherte Aktualität zu geringen Kosten ermöglicht.
- ▶ Datenhaltung in einer Datenbank, welche Vorzüge wie Vermeidung von Datenredundanz, Steuerung des Zugriffs und Netzfähigkeit bietet. Von erfahre-

nen Modellbearbeitern wurde herausgehoben, dass eine Datenhaltung in einer Datenbank einer dateibasierten Speicherung trotz der höheren Kosten vorzuziehen ist und sich langfristig auszahlt.

- ▶ Die Datenabgabe in gängigen Austauschformaten (DXF, VRML, SHP, KML, IFC und CityGML) ermöglicht es, die vorhandenen Daten allen Ämtern und Firmen verfügbar zu machen und somit die Mehrfachverwendung zu fördern. Damit steigt der Nutzen des 3D-Stadtmodells ohne die Kosten maßgeblich zu erhöhen.
- ▶ Eine Kombination aus aktueller Hardware, Software und geschultem Personal ermöglicht die Erstellung von Geländemodellen in benötigten Auflösungen.
- ▶ Zugangsmöglichkeiten über ein Online-Auskunftssystem, welches eine interaktive Visualisierung des 3D-Stadtmodells

gestattet, an den Arbeitsplätzen innerhalb der Stadtverwaltung sowie deren Eigenbetrieben. Somit kann ein barrierefreier Zugang zu den Daten gewährleistet und das Modell an den benötigten Stellen eingesetzt werden.

- ▶ Schulungen zu Möglichkeiten der Verwendung des 3D-Stadtmodells innerhalb der Stadtverwaltung fördern dessen Nutzung in allen Ämtern, die durch die Datennutzung Vorteile haben. Dies ermöglicht die Mehrfachnutzung innerhalb der Verwaltung und generiert damit einen erheblichen Mehrwert gegenüber der Einzelnutzung.
- ▶ Eine aktive Verkaufsförderung trägt zur Entwicklung eines 3D-Geodatenmarktes bei. Somit wird die Mehrfachverwendung nicht nur innerhalb der Verwaltungen, sondern auch durch privatwirtschaftliche Firmen befördert.

Daneben stehen zusätzliche Methoden in Bereichen in denen bisher kein Best Practice identifiziert wurde:

- ▶ Anwendung von Qualitätssicherungsmethoden in Anlehnung an bestehende Standards wie der ISO Normen 19113, 19114 und 19138 sowie aus dem Spatial Data Transfer Standard und von der International Cartographic Association (siehe Alders, 2002). Dies sichert zum einen die Qualität des 3D-Modells für die eigene Verwaltung, beugt Nacharbeit sowie Fehlentscheidungen vor und ermöglicht zum anderen den Verkauf des Modells.
- ▶ Einhaltung der Definition von Mindestanforderungen für die Dokumentation in Metadaten aufbauend auf Standards wie der ISO Norm 19115. Hiermit wird nicht nur sichergestellt, dass das 3D-Stadtmodell von unterschiedlichen Stellen genutzt werden kann, sondern die Weiterbearbeitung durch neue Sachbearbeiter überhaupt erst ermöglicht wird.

In Abbildung 6 werden die Elemente der Prozesskette in Zusammenhang gebracht und der Geodatenfluss aufgezeigt. Der Fokus der Modellerstellung liegt nicht mehr auf der Bearbeitung von Geodaten, sondern die übergreifenden Elemente Qualitätsmanagement und Dokumentation werden herausgehoben. Die Modellerstellung sollte nicht mehr mit einer Ad-hoc-Erstellung von Geometrien beginnen, sondern zunächst die Anforderungen an das 3D-Stadtmodell festgelegt und dann evaluiert werden wie diese erfüllt werden können.

Zentrales Element der Datenhaltung ist im Idealfall eine Datenbank, die in der Lage ist die Daten CityGML-konform zu speichern. Darauf aufbauend kann zukünftig mit OGC-konformen Programmen auf die Daten zugegriffen werden. Somit kann das 3D-Stadtmodell potentiell der gesamten Verwaltung über Web-Dienste zur Darstellung (z.B. über Web 3D Service / W3DS) und zur Analyse (z.B. mit Hilfe von Web Processing Services / WPS) zur Verfügung gestellt werden (siehe Göbel und Zipf 2008). Daneben ist durch eine Kombination aus hochwertiger Hardware, Software und geschultem Personal auch ein hochwertiges 3D-Modell herstellbar. Durch barrierefreien Zugang lässt sich das Potential des 3D-Modells optimal nutzen. Um externen Datennutzern optimale Voraussetzungen für die Datennutzung bereit zu stellen, ist im Idealfall die Abgabe der Daten

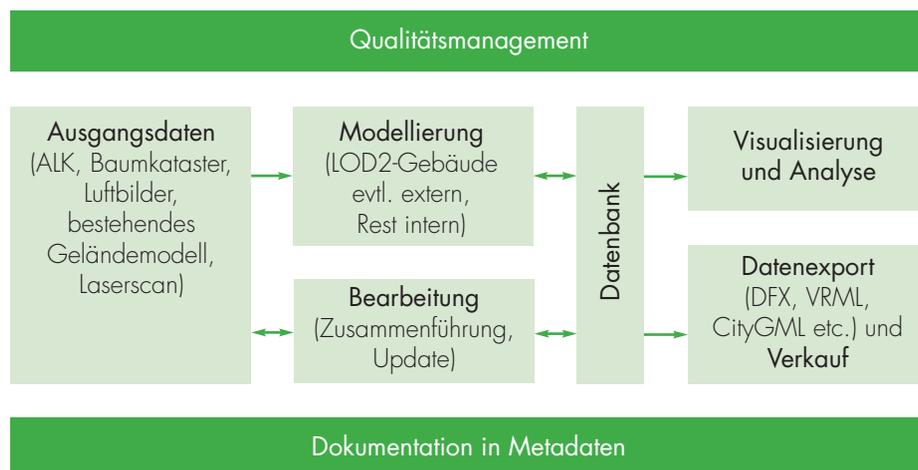


Abbildung 6: Gesamtansatz für 3D-Stadtmodelle: Pfeile zeigen die Richtung des Geodatenflusses

durch Formatierungswerkzeuge in eine Reihe von Standardformaten für dreidimensionale Daten möglich.

### 5 ZUSAMMENFASSUNG

Die Kosten der Erstellung von 3D-Stadtmodellen sind in den letzten Jahren erheblich gesunken. Ohne eine vorhergehende Evaluierung des Datenbedarfs können sich Diskrepanzen zwischen Datenbereitstellung und Datenbedarf ergeben. Insbesondere die Bereiche Aktualität und Qualität der Daten stehen hier im

Fokus. Gerade in diesen Punkten können die Kommunen einen ganz erheblichen Vorteil gegenüber kommerziellen Datenanbietern nutzen: über die Stadtplanung, die Baugenehmigungsbehörde und die ALK liegen Daten, die für eine zuverlässige und zeitnahe Aktualisierung des 3D-Stadtmodells benötigt werden, bereits intern vor. Der hier vorgestellte auf Best Practices basierende Gesamtansatz zeigt Wege auf 3D-Stadtmodelle nachfrageoptimiert zu erstellen und auch über Jahre aktuell und damit nutzbar zu halten. ◀

**Literatur:** Alders, H. J. G. L. (2002): The Registration of Quality in a GIS. In: Shi, W.; Fisher, P. F.; Goodchild, M. F. (Hrsg.): Spatial Data Quality. New York: Routledge, Chapman & Hall, S. 186–199.

.....

Dietze, L.; Nonn, U.; Zipf, A. (2007): Metadata for 3D City Models: Analysis of the Applicability of the ISO 19115 Standard and Possibilities for further Amendments. In: 10th AGILE International Conference on Geographic Information Science 2007. Aalborg. Dänemark, 9 S.

.....

Göbel, R.; Freiwald, N. (2008): Texturen für 3D-Stadtmodelle – Typisierung und Erhebungsmethodik. In: Schrenk, M.; Popovich, V. V.; Engelke, D.; Elisei, P. (Hrsg.): REAL CORP 2008: Mobility Nodes as Innovation Hubs: Verkehrsknoten als Innovations- und Wissensdrehscheiben. Tagungsband. Wien, S. 659–663.

.....

Göbel, R.; Zipf, A. (2008): How to define 3D Geoprocessing Operations for the OGC Web Processing Service (WPS)? Towards a Classification of 3D Operations. In: Gervasi, O.; Murgante, B.; Lagana, A.; Tanar, D.; Mun, Y.; Gavriola, M. (Hrsg.): Computational Science and Its Applications – ICCSA 2008. LNCS 5072. Tagungsband. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 708–723.

.....

Gröger, G.; Benner, J.; Dörschlag, D.; Drees, R.; Gruber, U.; Leinemann, K.; Löwner, M.-O. (2005): Das interoperable 3D-Stadtmodell der SIG 3D. In: Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (ZfV), 130 (6), Augsburg: Wißner, S. 343–353.

.....

Kaartinen, H.; Hyppä, J. (2006): Evaluation of Building Extraction. EuroSDR Projects. 50. Utrecht: Gopher, 286 S.

.....

McKinley, L.; Jung, I. (2008): Three-dimensional building reconstruction: a process for the creation of 3D buildings from airborne LIDAR and 2D building footprints for use in urban planning and environmental scenario building. In: Schrenk, M.; Popovich, V. V.; Engelke, D.; Elisei, P. (Hrsg.): REAL CORP 2008: Mobility Nodes as Innovation Hubs: Verkehrsknoten als Innovations- und Wissensdrehscheiben. Tagungsband. Wien, S. 457–464.