

## 3D-Stadtmodell- Generierung aus kommunalen Geodaten und benutzerspezifische Echtzeitvisualisierung mithilfe von Game- Engine- Techniken

*Peter ZEILE, Ralph SCHILDWÄCHTER, Tony POESCH*

(Dipl.-Ing. Peter Zeile, cand.-Ing. Tony Poesch, Universität Kaiserslautern, Lehr- und Forschungsgebiet für Computergestützte Planungs- und Entwurfsmethoden in Architektur und Raum- und Umweltplanung (CPE), Pfaffenbergstraße 95, D-67663 Kaiserslautern, Stadtplaner  
Dipl.-Ing. Ralph Schildwächter, Schildwächter Ingenieure, Mehlweiherkopf 9, 67691 Hochspeyer

Mail: [peter@zeile.net](mailto:peter@zeile.net), [ingenieure@schildwaechter.name](mailto:ingenieure@schildwaechter.name), [tony@poesch.net](mailto:tony@poesch.net)  
home: <http://cpe.arubi.uni-kl.de> | [www.schildwaechter.name](http://www.schildwaechter.name)

### ABSTRACT / ZUSAMMENFASSUNG

In den, dem Paper zugrunde liegenden Projekten, werden neben den Standardtechniken zur Erstellung von 3D-Stadtmodellen erstmals Ansätze aus der Unterhaltungsbranche aufgegriffen - insbesondere aus der Computerspieleindustrie unter Unterstützung der DirectX- Fähigkeiten - moderner Grafikkarten - die eine bis dato nicht gekannte Darstellungsqualität mit den Möglichkeiten einer selbstständigen Navigation und Interaktion in Echtzeit kombinieren. Der virtuelle Spaziergang durch ein 3D-Stadtmodell wird somit auch vom heimischen PC zum Erlebnis.

Eine der wichtigsten Fragen im Rahmen der Erstellung eines 3D-Stadtmodells lautet: Wofür kann ein 3D-Stadtmodell nützlich sein? Die Erwartungen sind je nach Anwender, Auftraggeber und „Modellbauer“ sehr verschieden. Wesentlich erscheint, dass ein 3D-Stadtmodell nicht nur nach dem „l'art pour l'art“- Prinzip erstellt wird, sondern universell in verschiedenen Bereichen der Kommune eingesetzt werden kann, zur Unterstützung der Diskussion verschiedener Planungsszenarien. Weiterhin kann für Kommunen der externe Gebrauch von 3D-Stadtmodellen interessant sein. Durch die Weitergabe bzw. durch die Verwertung der Nutzungsrechte des Modells z.B. zu Marketingzwecken oder im Immobilienentwicklungsbereich könnten hierbei Mehrwert-Effekte erzielt werden. Über die Koordinierung verschiedener Anwendungsbereiche und unter Hinweis auf Synergie- Effekte, kann vor allem in den Kommunen die Zurückhaltung bezüglich dieser neuen Art der Planungsgrundlage wohl zumindest verringert werden. Offensichtlich werden zurzeit die günstigen Potenziale für die tägliche Praxis (noch) verkannt.

Die in der Praxis erprobten Einsatzfelder wie Beleuchtungssimulationen, Integration von Architekturentwürfen, Hochwasser- und Stoffausbreitungssimulationen sowie die generelle Integration der Stadtmodelle in einen Echtzeit- Viewer werden in diesem Paper ausführlich diskutiert und die daraus gewonnenen Erkenntnisse abschließend beurteilt.

### 1 WORKFLOW 3D-STADTMODELL GENERIERUNG

In den Kommunen Deutschlands schlummert weitestgehend ungenutzt ein großer Schatz: GEODATEN! Denn fast 80% aller kommunalen Daten weisen einen Raumbezug auf.

Vor diesem Hintergrund entstand die Idee, 3D- Stadtmodell aus kommunalen Geodaten zu generieren, Datenbestände zusammenzufassen, zu aggregieren und im gesamtstädtischen Kontext zu einem Workflow- Modell zu entwickeln.

Besonders in dem kleinmaßstäblichen Architekturbereich, der Darstellung gesamtstädtischer Situationen gewinnt das Thema 3D-Stadtmodelle zunehmend an Bedeutung. Experten gehen davon aus, dass es zukünftig als unumgänglich erachtet werden kann, universell einsetzbare Stadtmodelle für die unterschiedlichsten Anwendungsfelder (Sicherheit, Katastrophenschutz, Tourismus, Infrastruktur etc.) vorzuhalten. Neben den vielfältigen Möglichkeiten im Planungsprozess selbst, werden vor allem Potenziale in der Darstellung räumlicher Zusammenhänge städtebaulicher Strukturen gesehen, die in planaren 2D- Darstellung oftmals nicht wahrgenommen werden. Die ästhetische Attraktivität sowie der hohe Detaillierungsgrad lässt überdies virtuelle Welten entstehen, die Dynamik und auch Spaß bei Auseinandersetzung mit dem Thema Stadt mit sich bringen.

Neue Ansätze zum Umgang mit großen Zeichnungen kommen zurzeit aus der Unterhaltungsbranche, da besonders im Bereich der Computerspiele große Mengen an dreidimensionalen Daten anfallen und in Echtzeit verarbeitet werden müssen. Es ist nahe liegend diese Entwicklungen mit den Aufgaben der Verarbeitung von Stadtstrukturen zu verbinden und von der Geschwindigkeit und den maximalen Datenmengen dieser Game- Engines zu profitieren.

Dabei sind folgende Aspekte zu beachten:

- Integration vorhandener kommunaler Geodaten
- Ergänzung um aktuelle Messdaten (Laserscans etc.)
- Modifizierbarkeit / Aktualisierbarkeit in einem gesicherten Workflow
- Lage- und Höhengenaugigkeit der zu erzeugenden Modelle
- Offene Datenschnittstellen / Datenformate (Datenbankanbindungen etc.)
- Kompatibilität zu gängigen Softwareapplikationen (DXF, 3DS, Direct X)
- Integration der Stadtmodellldaten in kommunale Anwendungen
- Weiterbearbeitbarkeit der neu erzeugten Geodaten (intern)
- Sicherheit durch Verschlüsselung der Stadtmodellldaten (extern)
- Einfache Handhabung und Navigation - auch für Laien
- Finanzierbarkeit durch Nutzung von Bestandsdaten
- Refinanzierbarkeit (Tourismus, Automobilindustrie, Versorger, Sicherheit etc.)

Das hieraus entwickelte, idealtypische Workflow- Modell erfüllt die Anforderungen an Genauigkeit, einfache Erstellung, rasche Aktualisierung und Modifizierbarkeit, offene Datenschnittstellen und kostengünstiges Arbeiten im vollen Umfang erfüllen. Mithilfe einer eigens entwickelten Software „Architectural Space“ ist es möglich, vergleichsweise einfach ein Level- of- Detail 1 (LOD)-Modell zu erstellen. Hierzu benötigt man lediglich Grundriss- (ALK-) Polygone der Gebäude (2D-Polygone) und ein digitales Höhenmodell. Für das Level- of- Detail 2 bis 3- Modell werden zusätzlich stereoskopisch ausgewertete Dachstrukturen benötigt, sowie Fassadenmappings, die mit einer Digitalkamera aufgenommen werden können. Ebenfalls sind Laserscandaten integrierbar.

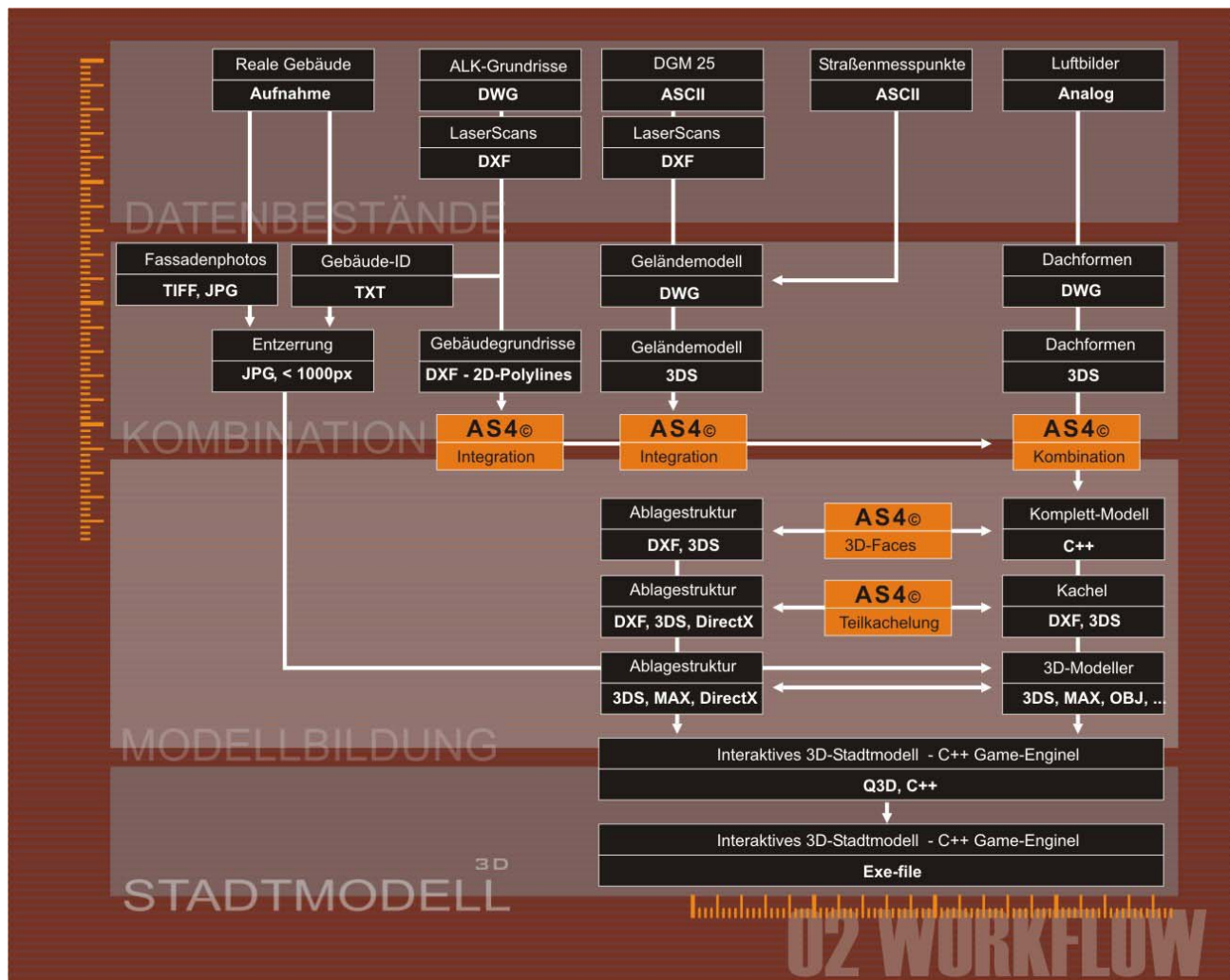


Abbildung: Workflow zur Erstellung eines 3D-Stadtmodells aus kommunalen Geodaten [eigene Darstellung]

## 2 EXTRAPOLATION UND EXPORT DURCH ARCHITECTURAL SPACE AS4©

AS4© ArchitecturalSpace stellt eine Softwarelösung dar, die eine bestehende Lücke zwischen 2D-CAD-Zeichnung und 3D- Face-Modellen schließt und dies insbesondere im Bereich kleinmaßstäblicher, gesamtstädtischer Planungen.

Aufgabe der Software ist es, drei Datensätze (DGM, 2D-Stadtgrundkarte, Dachflächen) zu verknüpfen und in einer gemeinsamen Darstellung zu vereinen. Das Ziel ist es eine Zeichnung zu erhalten, in der dreidimensionale Gebäude auf dem Geländemodell dargestellt sind.

Die Inspiration bei der Entwicklung dieser Stadtmodellgenerierungssoftware und dem Umgang mit großen Zeichnungen kommt aus der Unterhaltungsbranche, da besonders im Bereich der Computerspiele große Mengen an dreidimensionalen Daten anfallen und in Echtzeit verarbeitet werden müssen. Diese Technologien gilt es nun, zur Erzeugung von dreidimensionalen Architektur- und Stadtmodellen, nutzbar zu machen. Wesentliche Ansätze lagen hierbei in der Handhabung der Grafik, nämlich von DirectX bzw. OpenGL. Mithilfe von Schnittflächenberechnungen durch Kollisionserkennung, Delauny- Triangulation der entstehenden Flächen sowie Tessellation der Dachflächen durch OpenGL-Callback-Funktion entstehen relativ große Stadtmodell- Datensätze [Wettels 2004].

Um dennoch mit diesen großen Dateien arbeiten zu können und keine Informationen beim Speichervorgang zu verlieren, kann das entstandene Modell in einer beliebig wählbaren Größe gerastert werden. Hierbei beziehen sich alle Rasterteile auf denselben, modellinternen Nullpunkt. Die einzelnen Dateien werden nach ihren Entfernungen von dem Nullpunkt benannt und in automatisch erzeugte Verzeichnisse exportiert. Diese Speicherung hat den Vorteil einer einfachen Systematisierung und bietet zudem die Möglichkeit, Informationen zu dem jeweiligen Raster in diesen Ordnern abzulegen. Im Grunde handelt es sich um eine einfache Datenbank, in der eine Verästelung der Unterverzeichnisse ein schnelles Wiederfinden der Daten ermöglicht und in der außerdem noch für jedes Raster Angaben zum Mapping, den jeweiligen Objekten oder der Bearbeitung abgespeichert werden können.

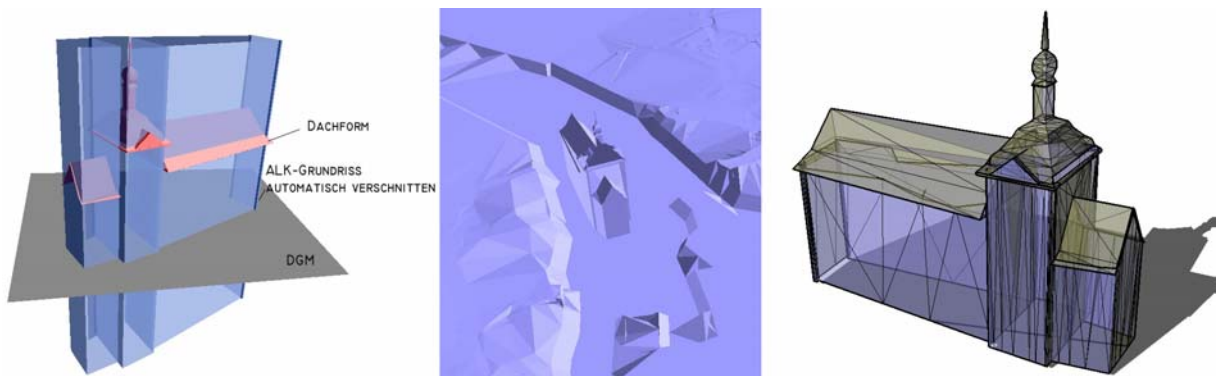


Abbildung: Modellbildung LOD2 mit AS4 [eigene Darstellung]

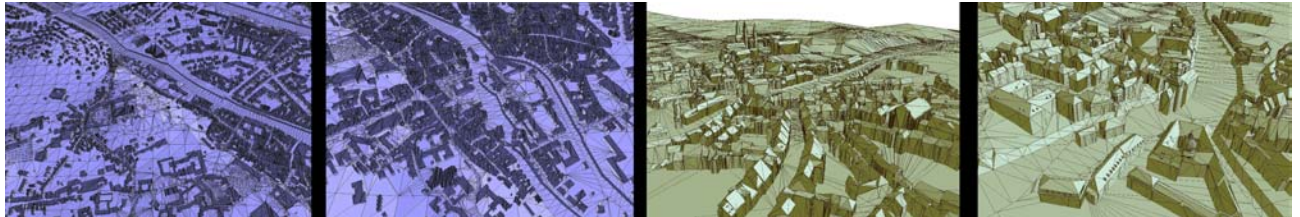


Abbildung: LOD1 und LOD2 Generierung [eigene Darstellung]

### 3 ANWENDUNGSFELDER

Öffentlich ausgeschriebene Wettbewerbe sind wesentliche Bestandteile der Baukultur und nehmen einen immer bedeutenderen Platz bei der Vergabe von Bauprojekten ein. Sie dienen dem Auslober als Instrument der Entscheidungsfindung, um hochwertige Architekturentwürfe und Realisierungskonzepte für bestimmte, im öffentlichen Raum bestehende Situationen zu diskutieren, und diese baulich neu zu ordnen [Petschek & Lange 2004]. Die Wettbewerbsbeiträge sollen zum einen durch qualitativ hochwertige Architektur bestehen, zum anderen müssen sie auch auf bestehende Baustrukturen reagieren und sich in den Stadtkörper einfügen. Im Zuge der Chancengleichheit, der Kostenreduzierung, der besseren Vergleichsmöglichkeiten sowie einer objektiveren Bewertbarkeit von Architektur – die sich im Übrigen in ihrer Qualität nur schwerlich messen lässt – sind 3D- Stadtmodelle bestens geeignet, um eine ansatzweise wertneutrale Beurteilung zu ermöglichen. Insbesondere im Wettbewerbswesen leistet ein, für alle Teilnehmer gleichwertiges 3D-Stadtmodell, das, von darstellungstechnischen Unterschieden des umgebenen Stadtkörpers befreit, eine vielleicht objektivere Bewertung des eigentlichen Wettbewerbsbeitrages.



Abbildung: triggerbasierter Echtzeit- Vergleich von Planungsalternativen [eigene Darstellung]

Planung allgemein setzt sich aus den einzelnen Verfahrensschritten der Informationsgewinnung, der Ziel- und Problemstrukturierung, der Prognosenformulierung, der Planentwicklung und der dazu gehörigen Alternativenfindung, der Planbewertung und Entscheidung sowie der nachfolgenden Planverwirklichung und Erfolgskontrolle zusammen. Der zielgerichtete Einsatz von 3D-Stadtmodellen zur Wissensvermittlung und Kommunikation kann in den jeweiligen Planungsstufen die Transparenz der Entscheidung maßgeblich erhöhen. Anhand dieser Modelle ist es möglich, Varianten, Planungen und Veränderungen im Stadtgefüge zum Einen zeitlich und räumlich zu analysieren und zu bewerten, und zum Anderen eine Diskussionsgrundlage zu erstellen, um verschiedene Planungsvarianten und – Versionen zu diskutieren [Achleitner, Schmidinger, Voigt 2003].

Wichtig in allen Planungsphasen ist zum einen die verständliche Darstellung des Planungsinhaltes als auch die interaktive Veränderbarkeit im direkten Vergleich von einzelnen Planungsalternativen [Schildwächter, Poesch, Wettels, Zeile 2004]. Als Planungsgrundlage in den Entwurfsphasen ist das "Experimentieren mit Stadträumen" ein wichtiger entwurfsprozessbegleitender Bestandteil, der durch das Zurückgreifen auf eine Grunddatenmenge für den gesamten Planungs-, Entscheidungs- und Kommunikationsprozess in städtebaulichen Fragen sehr gut geeignet ist. Der implementierte Detailreichtum und die Validierung von Simulationstechniken sollten hierbei allerdings mit weiteren Untersuchungen unter Einbeziehung der Umwelt- und Wahrnehmungspsychologie verknüpft werden [Voigt 2001].

Je nach Planungsanlass wird zu entscheiden sein, ob es, vor allem aus Kostengründen, sinnvoll erscheint, die Planung dreidimensional zu visualisieren. Hinsichtlich der Nachvollziehbarkeit und der Transparenz der Entscheidungsfindung sind diese neuen Einsatzmöglichkeiten jedoch ein probates Mittel, um jedem am Planungsprozess beteiligten Akteur auch ohne Kenntnis der jeweiligen fachspezifischen Plandarstellung und des damit verbundenen Fachvokabulars bestmöglichst zu informieren.

Die Ausbreitung von Immissionen kann im virtuellen Modell unter Zuhilfenahme der Klassifizierung der Stoffeigenschaften bzw. durch Benennung der Stoffe selbst, mittels Software in Echtzeit durchgeführt werden. Angefangen von Simulationen über Starkregenereignissen oder Kanalbrüchen bis hin zu Szenarien des Katastrophenschutzes bei Unfällen mit Chemikalien können so detaillierte und dezidierte Aussagen zur Ausbreitung dieser Stoffe, auch über einen längeren Zeitraum hinweg, getroffen werden.

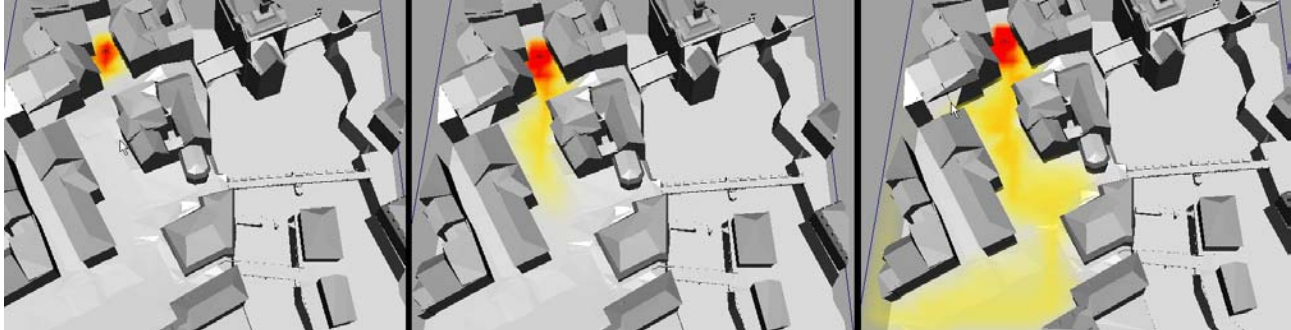


Abbildung: Stoffausbreitungssimulation [eigene Darstellung]

Bei baulichen Veränderungen an Wasserwegen wie Brückenbauten, Durchlässe und Uferbebauungen von Fließgewässern verändern sich die Fließbedingungen und damit das hydraulische Leistungsvermögen des Gewässers. Dennoch muss für die Gefahrenabwehr die schadlose Ableitung eines Jahrhunderthochwasserabflusses gewährleistet sein. Durch Versiegelung geht natürliches Retentionsvolumen verloren, dieses muss an anderer Stelle wieder ausgeglichen werden.

Für diese erforderlichen Untersuchungen wird ein digitales Geländemodell benötigt. Nur auf dessen Datengrundlage können Nachweise sinnvoll und wirtschaftlich erbracht werden, das heißt über ein DGM, Abflussmengen und Volumina von Retentionsräumen sowie von Stauzielen einfach und kurzfristig berechnet werden, wobei Wasserspiegelveränderungen im Zentimeterbereich ermittelbar sind [Endres 2003].

Idealerweise sollte ein DGM aber auch noch Zusatzinformationen über die bauliche Situation vor Ort enthalten. So kann das Abflussverhalten des Wassers exakter simuliert werden, insbesondere wenn sich durch bauliche Kubaturen die Fließrichtungen ändern.

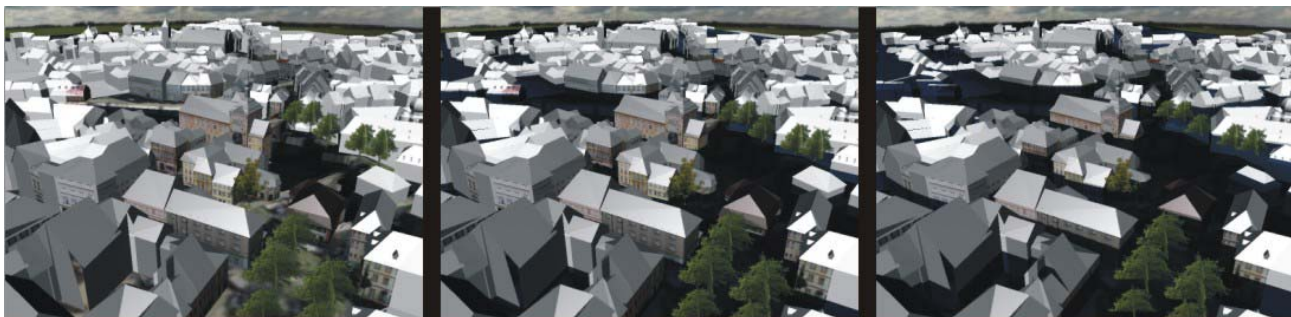


Abbildung: Hochwassersimulation [eigene Darstellung]

Für Lärmmodellrechnungen werden schon jetzt bereits abstrahierte 3D-Stadtmodelle eingesetzt. Dabei werden in ein LOD1-Modell Lärmquellen integriert und deren Schallausbreitung im Bestand als Isolinien oder mithilfe von Farbverläufen visualisiert. Hierbei kann man auch die Lärmbelastung über den Tagesverlauf mit sich ändernden Lärmemissionen simulieren. Eine grobe Berechnung der Schallausbreitung gelingt mit dem reinen Volumenmodell. Benötigt man dagegen genauere Messwerte, so müssen den einzelnen Objekten differenzierte Reflexionseigenschaften zugewiesen werden. Kleinere Objekte, die eine geringere Oberfläche als 8-9qm aufweisen, sind für die Berechnungen weitestgehend unerheblich. Grundsätzlich nimmt die Schallenergie mit zunehmender Entfernung vom Emittenten ab.

Wichtig ist die exakte Erfassung der Schallintensität an der Emissionsquelle; je weiter die Emissionsquelle entfernt ist, desto ungenauer darf die Datengrundlage sein. Neben der Reflexion des Schalls muss auch die Schallabschirmung berücksichtigt werden. Durch die Abschirmung verlängert sich der Weg des Schalls vom Emittenten bis zur Immissionsstelle. Jede Verlängerung des Schallweges führt hierbei zu einer allerdings nur geringen Schallreduktion. Die Schallberechnungen werden in der Praxis für die Lärminderungsplanung eingesetzt. Durch steigende Hardwareleistungskapazitäten sind solche Berechnungen sehr detailliert durchführbar. Sofern schon eine Stadtmodellgrundlage vorliegt, sind die vorhandenen Daten schnell zu modifizieren und die Lärmrechnung kann problemlos durchgeführt werden. Allerdings haben einige Systeme bei komplexen geometrischen Strukturen Probleme mit der Datenverarbeitung. Mit einfachen Volumenmodellen (LOD1) erreicht man dennoch relativ verlässliche Ergebnisse.

Im Katastrophenschutz werden bislang zu Übungszwecken haptische 3D-Modelle aus Kunststoff oder Holz eingesetzt. Diese sind jedoch nicht an eine reale Situation gebunden, sondern stellen immer nur einen Ausschnitt aus einer fiktiven Stadt oder ländlichen Gegend mit den dazugehörigen Infrastrukturen dar. Die Gebäude werden mit aufklappbaren Fensteröffnungen und Türen

ausgearbeitet. Mit Zubehör wie Autos, Zügen und Flugzeugen teilen diese oftmals sehr kostenaufwendigen Modelle die Grundlage für die Simulation von Katastrophenszenarien. Nachteilig wirkt sich hierbei der mangelnde Realitätsbezug aus. Dementsprechend erachten es Brandschutzexperten als sinnvoll, die Übungen in realen Strukturen durchzuführen, in denen z.B. auch Fahrtzeiten und Verkehrsaufkommen simuliert werden können [Schildwächter, Zeile, Poesch et al. 2004]. In der Praxis dienen 3D-Daten dem Katastrophenschutz nur unterstützend, da eigenständige 3D- GIS -Systeme noch nicht verfügbar sind. Allerdings werden derzeit schon 2,5D-Modelle (Geländemodelle) für Ausbreitungsberechnungen auf der Oberfläche genutzt, wobei störende Volumina in Form von Gebäuden oder Stützmauern noch nicht berücksichtigt werden. Zur genaueren Berechnung sind zumindest die Gebäudekubaturen ein sinnvolles ergänzendes Detail. Grundsätzlich bedeutet die bislang unbekannte Einbeziehung der dritten Dimension in Analysen nicht nur für den Katastrophenschutz einen enormen Vorteil für die Geodatenstruktur vor Ort. Jeder Benutzer kann die räumliche Situation vielmehr besser erfassen und aufgrund dieser Basis viel intuitiver und schneller Entscheidungen treffen. Auch lassen sich im präventiven Bereich die Trainingsszenarien eindringlicher darstellen.

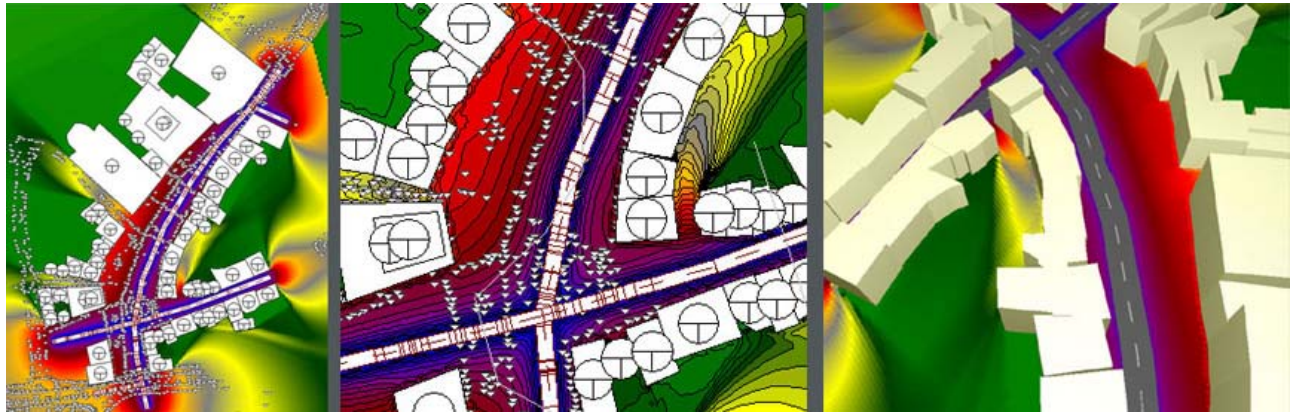


Abbildung: Schallausbreitungssimulation [eigene Darstellung]

Bei der Planung von Funknetzen, etwa für die Aufstellung neuer UMTS- Sendemasten oder auch für die Gestaltung der Netzausbreitung von WLAN, ist es wichtig, ein 3D-Modell der Umgebung zu besitzen, in der die bereits aufgestellten Sender registriert sind. Durch die Stellung von Gebäuden, in engen Straßenschluchten oder durch bewegte Topografie kann es zu sogenannten Funklöchern kommen, die für den Anwender zum Ausfall des Netzes bzw. des Dienstes, auf den er angewiesen ist, führen.

Weiterhin ist es möglich, die CAD- Datengrundlage für die Erstellung von CNC-gefrästen Modellen zu verwenden. Die Potenziale und die damit verbundene Anwendung des computergestützten Modellbaus in der Architektur und Raumplanung haben vor allem Streich und Weisgerber 1996 erstmalig umfassend beleuchtet. Insbesondere die Vision des Modellbaus auf Knopfdruck für Stadtplaner und Architekten wurde hierbei hervorgehoben [Streich, Weisgerber 1996]. Durch den Einsatz von CAD/ CAAD- Systemen können mithilfe geeigneter Schnittstellen und verschiedensten Verfahrensweisen wie 2D-Schneidverfahren, 3D-Fräsverfahren, Stereolithografie, Lasersintering und vieles mehr, großartige physische Modelle hergestellt werden [Streich Weisgerber 1996].

Allerdings stellt sich hier nun die Frage: warum wird überhaupt noch ein haptisches Modell erstellt, wenn schon das virtuelle Modell vorliegt? Zumal die Kosten für die Erstellung immer noch verhältnismäßig hoch sind! Um die Tragweite der Problematik in der Auswahl konkurrierender Modelltypen besser zu verstehen, sei zunächst eine kleine Episode geschildert. Im Laufe des Projekts Bamberg-3D wurde am Lehrgebiet cpe ein erstes kleines Modell von Bamberg gefräst. Bei einer Präsentation wurde zum einen das virtuelle LOD2-Modell präsentiert, zum anderen das gefräste Modell mit den Maßen 125x125x80 mm. Das Modell wurde angefasst, gedreht, man diskutierte darüber. Das haptische Erlebnis, das in die Mitte nehmen und begreifen löst kommunikative Prozesse aus. Streich bemerkte schon 1996, dass die reine Substitution eines Modells durch eingesetzte Virtual Reality Verfahren nicht die kommunikative Funktion eines physisch realen Modells ersetzt [Streich Weisgerber 1996]. Demzufolge ist es logisch, dass man versucht, nachdem das virtuelle 3D-Modell nun schon besteht, durch vergleichsweise kostengünstige Verfahren haptische Modelle zu erzeugen.

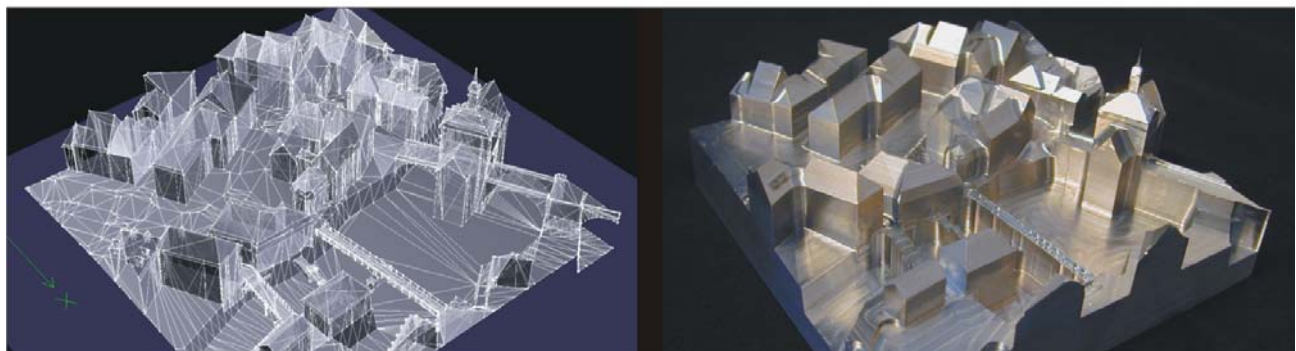


Abbildung: digitales und daraus per Rapid Prototyping erstelltes physisches Modell [eigene Darstellung]

Die Beschäftigung mit Lichtmasterplanungen zur Kostenreduktion in Kommunen sowie die Inszenierung von Plätzen durch den effektvollen Einsatz von Licht ist momentan sehr en vogue. Mithilfe eines dreidimensionalen Stadtmodells und einem geeigneten

Rendering- Programm lassen sich im Vorfeld einer sehr aufwendigen und teuren Lichtplanung erste Planungsziele verhältnismäßig einfach und vor allem auch für den Laien verständnisvoll visualisieren. Teure Prototypenerstellung zu Testzwecken in der realen Umgebung lassen sich zwar nicht komplett vermeiden, jedoch lassen sich im Vorfeld zumindest sehr in sich differierende Zielvorstellungen ausschließen. Alle für die Lichtplanung wichtigen Parameter wie die verwendete Lumenzahl, die auf die Oberfläche auftreffenden Candela- Werte, die Farbtemperatur in Kelvin, die Integration von IES- Dateien zur exakten Wiedergabe der Leuchteigenschaften eines im Handel erhältlichen Glühmittels bis hin zur Fotonenreflexion von auf die Oberfläche aufprallender Lichtpartikel sind möglich. Durch den gezielten Einsatz digitaler Simulationsmethoden kann schon im Vorfeld einer Lichtplanung die Kommunikation zwischen Fachleuten und Laien erheblich verbessert und Zielvorstellungen exakt formuliert werden.



Abbildung: Lichtsimulation [eigene Darstellung]

#### 4 AUSBLICK/ IN ENTWICKLUNG BEFINDLICHE FEATURES

Primär gilt es, die fehlenden additiven Informationen bezüglich der einzelnen Gebäude, in das Modell zu integrieren. Ähnlich dem Verfahren auf einer HTML- Seite soll der Benutzer, sofern er Informationen zu einem Objekt benötigt, diese durch Anklicken bekommen. Um diese Daten aktuell zu halten muss eine Datenbankanbindungschnittstelle, sei es über ODBC, MySQL, Oracle Spatial oder ähnliche, geschaffen und nach Bedarf oder tagesaktuell neu eingelesen werden.

Die 3D-Stadtmodell- Datei, eine Exe- Datei von ca. 20 mb ist vom User einmalig herunterzuladen und auf seinem Rechner zu installieren. Alle Daten, die veränderbar sind, wie Öffnungszeiten, oder die Veränderung in der Baustruktur, können als Art Update installiert werden. Der Benutzerkomfort und auch der Komfort für die Content- Anbieter erhöht sich mithilfe dieser Vorgehensweise enorm. Zudem ist eine Web- Streaming – Lösung zur Übermittlung des Modells angedacht; je nach Aufenthalt im Modell werden Gebäude und Inhalte client- server- seitig nachgeladen.

Durch diese Lösung kann das fertige Stadtmodell als Rohfassung auf CD oder per Internet vertrieben und verteilt und gleichzeitig auch aktuell gehalten werden. Da die Distribution als "geschlossene" exe-Datei erfolgt, ist zudem die Datensicherheit der kommunalen Datenbestände im Gegensatz zur Veröffentlichung als VRML- Datei gegeben.

#### 5 FAZIT

Durch die vorgestellten Einsatzfelder und die nachfolgende Integration der Ergebnisse in die Echtzeitpräsentation werden die Potenziale aufgezeigt, die im aktiven Umgang mit einem 3D-Stadtmodell liegen. Die Generierung des 3D-Wireframe-Modells wirkt trotz der Integration des Geländemodells keine Probleme auf, einfache LOD 1 Modelle können ohne großen Zeitaufwand erstellt werden. Die mit einem höheren Arbeitsaufwand verbundenen LOD- Stufen 2 und 3 machen eine Stadt am Computer virtuell erlebbar. Insgesamt stecken gerade in der Verbindung von klassischen Modellierungstools für Planung und Architektur mit fachfremden Applikation aus der Virtual Reality und Spiele Szene sowie der Kombination von Open- Source Datenbanken herausragende Potenziale, um Städte, deren Strukturen und die damit verbundenen Geodaten zu erfassen, zu visualisieren, zu analysieren und zu pflegen. Durch die bildhaften, in reale Baustrukturen eingebetteten und traditionellen Sehgewohnheiten entsprechenden Darstellungen von Planungszielen, kann ein neues Bewusstsein für den städtischen Raum, dessen Probleme und den anschließenden Lösungsvarianten erzeugt werden.

Gerade in der jetzigen Zeit des Iconic Turns [Maar, Burda 2004], in der Bilder zunehmend Informationen und Inhalte vermitteln und an Macht gewinnen, müssen die für die gebaute Umwelt verantwortlichen planenden Disziplinen, ihre, den Lebensraum der Natur und des Menschen betreffenden Planungen, allgemein verständlich vermitteln. Tendenzen, menscheits- relevante Planungen vermehrt nur textlich zu artikulieren und zu präsentieren, überfordern den Bürger und zunehmend auch politische Entscheidungsträger. Die interaktiv bewegte, bildhafte Präsentation ist, sofern politisch gewünscht, die beste Möglichkeit der allgemein verständlichen Kommunikation aller am Planungsprozess beteiligten Akteure, weil sie mehr als alle übrigen Medien mit Präsentationscharakter die volle Aufmerksamkeit des Beobachters erzwingt.

3D-Stadtmodelle bieten hierfür die unverzichtbare Planungsgrundlage. Der Stadtraum wird neu erlebbar, transformier- und veränderbar. Bürger können sich ihr eigenes Bild über ihre Stadt, deren Probleme und eventuelle Lösungsmöglichkeiten machen. Als positiven Nebeneffekt sind Daten eines 3D-Stadtmodells - wie bereits oben beschrieben - geeignet, um sie in Bereichen wie dem Katastrophenschutz, dem Denkmalschutz, dem Tourismus etc. zu integrieren.

Touristische Angebote werden multimedial in Echtzeit präsentiert und Städte sowie deren Tourismuseinrichtungen erhalten webgestützte oder offline verfügbare neue Marketinginstrumente.

Durch die Generierung von 3D-Stadtmodellen erlangen die vorhandenen kommunalen Geodatenbestände eine ganz neue Wertigkeit. Denn durch den immer noch brach liegenden Geodatenbestand, der oft auch als kommunaler Schatz bezeichnet wird, kann durch relativ einfache Transformation der Daten neue wesentliche Information für den Bürger, Verwaltung und Wirtschaft erzeugt werden.

3D-Stadtmodelle stellen das planungsunterstützende Element der Zukunft dar und werden das Methodenrepertoire der Stadtplaner nachhaltig beeinflussen.

## 6 LITERATUR

- Achleitner, E., Schmidinger, E., Voigt, A.: Dimensionen eines digitalen Stadtmodelles am Beispiel der Stadt Linz, in Schrenk, M. (Hrsg.): 8. Symposium „Computergestützte Raumplanung“ – CORP 2003, Wien, 2003
- Endres, S.: Digitale Geländemodelle im Gewässerbau, auf <http://www.ibmiller.de/fach/gewaesser/DGM.html03> am 5.12.2003
- Maar, C., Burda, H. (Hrsg.): Iconic Turn - Die neue Macht der Bilder, DuMont Literatur und Kunst Verlag, Köln, 2004
- Petschek, P., Lange, E.: Planung des öffentlichen Raumes - der Einsatz von neuen Medien und 3D Visualisierungen am Beispiel des Entwicklungsgebietes Zürich-Leutschenbach, in Schrenk, Manfred (Hrsg.): 9. Symposium „Computergestützte Raumplanung“ – CORP 2004, Wien, 2004
- Poesch, T., Schildwächter, R., Zeile, P.: Eine Stadt wird dreidimensional: 3D Stadtmodell Bamberg, in Schrenk, Manfred (Hrsg.): 9. Symposium „Computergestützte Raumplanung“ – CORP 2004, Wien, 2004
- Schildwächter, R., Zeile, P., Poesch, T. et al: 3D-4D-Stadtmodelle, Lehrgebiet cpe, TU Kaiserslautern, 2004
- Schildwächter, R., Poesch, T., Wettels, P., Zeile, P.: 3D Stadtmodell Bamberg – Visualisierung mit 3D- Game- Engines, Vortrag im Rahmen der OWHC Regional Conference 2004 in Bamberg, Kaiserslautern, 2004
- Streich, B., Weisgerber, W.: Computergestützter Architekturmodellbau: CAAD – Grundlagen, Verfahren Beispiele, Basel, Boston, Berlin, 1996
- Streich, B.: Planungsprozesse und computergestützte Informationssysteme. In: B. Streich (Hrsg.): Kommunale Bauleitplanung durch computergestütztes Projektmanagement. Aachen, 2000
- Voigt, A.: Raumbezogene Simulation und örtliche Raumplanung, Habilitationsschrift TU Wien, 2001
- Wettels, P.: Erläuterungen zur Diplomarbeit, Diplomarbeit, Lehrgebiet cpe, TU Kaiserslautern, 2004
- Zeile, P.: Erstellung und Visualisierung von virtuellen 3D-Stadtmodellen aus kommunalen Geodaten am Beispiel des UNESCO Welterbes Bamberg, Diplomarbeit, Lehrgebiet cpe, TU Kaiserslautern, 2004