

Die Landkarte im Spannungsfeld von Internet und Multimedia

Professor Dr. Dieter Fritsch
Rektor der Universität Stuttgart
Leiter des Instituts für Photogrammetrie
Keplerstr. 7
70174 Stuttgart
T +49-711-6858-2201
F +49-711-6858-2113
E-Mail: rektor@uni-stuttgart.de
oder dieter.fritsch@ifp.uni-stuttgart.de

Festvortrag anlässlich der Jahresfeier „Dies academicus“ 2005 der Universität Stuttgart,
vorgetragen am 12. November 2005

Die Landkarte im Spannungsfeld von Internet und Multimedia

Professor Dr. Dieter Fritsch, Rektor der Universität Stuttgart, Leiter des Instituts für Photogrammetrie

1. Einleitung

Sehr verehrte Festversammlung,

die gute alte Landkarte ist dramatischen Veränderungen unterworfen. Warum ist das so? Nun, einerseits gibt es das Internet und neue multimediale Möglichkeiten der Unterhaltungsbranche. Andererseits dürfen wir erleben, wie Computerspiele unsere Kinder täglich neu begeistern. Die Geoinformatik, die die Landkarten von heute und morgen bereitstellt, sollte diese Strömungen einfangen, daraus lernen, um auch künftig attraktive Produkte anzubieten.

Wir wissen alle, dass die Nachfrage nach geokodierten, in einem Koordinatensystem festgelegten Daten ansteigt. Diese sogenannten Geodaten sind heutzutage Basisinformationen im eBusiness, Business Intelligence, und eGovernment, um nur drei Schlagworte zu nennen. Hier wird von renommierten Marktforschungsinstituten ein Markt in der Größenordnung von 10 Milliarden Euro jährlich abgeschätzt. Sie alle können sich daher leicht vorstellen, dass viele an diesem Markt partizipieren möchten.

Wieso sind Landkartenprodukte plötzlich so begehrt? Nun, es gibt zwei treibende Kräfte, zwei Motoren, die diese Entwicklungen antreiben: Da ist zum einen das Internet zu nennen. Jeder Winkel der Erde kann heute virtuell besucht werden, falls seine digitalen Daten gespeichert und webzugänglich gemacht worden sind. Zum anderen gibt es einen enormen Fortschritt in der Informations- und Kommunikationstechnologie zu verzeichnen. Wir nutzen WAP Handys, PDAs und Palmtops, die eine mobile Positionserfassung, Navigation im Auto und auch Kommunikation erlauben. Darüber hinaus wollen wir vielfach noch die letzten Meter unseres Fußweges überwinden und wie im Auto navigiert werden.

Die in der Abbildung 1 dargestellte Landkarte ist links als Straßenkarte und rechts als topografische Karte wiedergegeben. Die Anreicherung von multimedialen Möglichkeiten bedingt eine komplette Umstellung in der Dimension, dem kartografischen Layout und der Mensch-Karte-Schnittstelle.

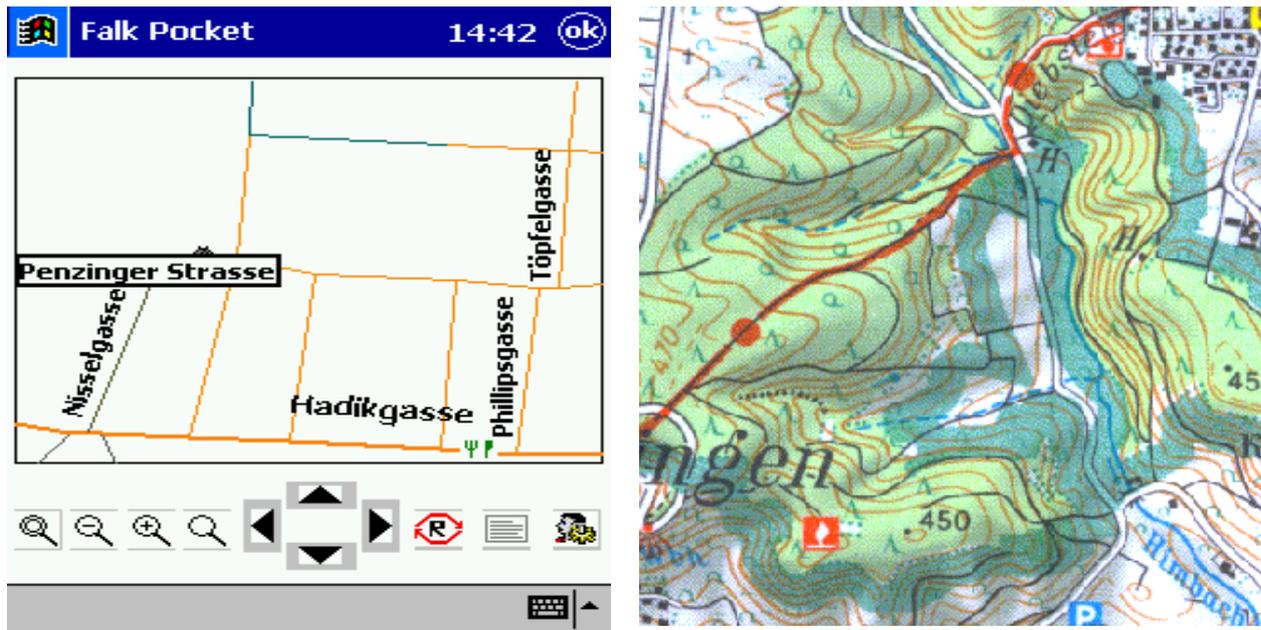


Abb. 1: Straßenkarte in Vektorform und Topographische Karte (Copyright a) Falk 2004, b) Landesvermessungsamt BW 2003)

Sie alle kennen Straßenkarten und topographische Karten (Wanderkarten). Hiermit werden nicht nur Routen geplant, sondern sie dienen auch der Orientierung im Gelände. Es gibt eine Studie aus England, die besagt, dass eigentlich nur 10 % der Bevölkerung solche Karten richtig lesen und interpretieren können. Dies mag ein Grund dafür sein, dass es bei Ehepaaren häufig zu Fehlinterpretationen und Streitigkeiten bei der Autofahrt kommt. Um es gleich vorab zu sagen: gewisse Fehleinschätzungen beim Kartenlesen sind geschlechterunabhängig.

Noch weniger werden thematische Karten verstanden. Hier besagt die Studie, dass nur 1% der Bevölkerung thematische Karten richtig deuten kann. Was versteht man unter thematischen Karten? Dies kann eine geologische Karte oder eine Flächennutzungskarte, ein Bauleitplan oder eine Artenschutzkarte sein. Um es auf den Punkt zu bringen: Karten sind offensichtlich keine leicht verständlichen Orientierungshilfsmittel. Daher sollte ihr Informationsgehalt einfach und leicht lesbar sein. Heutzutage werden solche Vereinfachungen schon vielfach angeboten: als Navigationssystem im Auto oder auf einem Personal Digital Assistant (PDA), deren GPS-Empfänger unsere Position kontinuierlich bestimmen und uns sprachgestützt von A nach B navigieren.

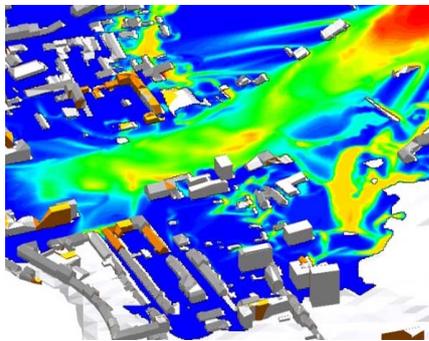
Wir erwarten jedoch häufig noch mehr von einer Landkarte. So sollte in einem gebirgigen Gelände genau festzustellen sein, welcher Höhenunterschied letztlich zu überwinden ist. Diese Information benötigen wir beim Wandern, Bergsteigen, aber auch beim Radfahren.

Wir alle kennen die schönen 3D-Animationen der Tour de France, die uns einen Überblick über die Schwierigkeit der zu überwindenden Routen geben. Wir nutzen Handheld PDAs als Navigationssystem, die nicht mehr viel kosten und mit einer kompletten Landkarte von Deutschland, Österreich und der Schweiz (DACH) ausgeliefert werden. Die Hauptverbindungsstraßen von Europa werden gleich mitgeliefert, damit Sie sich das mühsame Lesen der Papierlandkarte sparen können.

Mittlerweile werden interaktive Landkarten zur Verfügung gestellt, zum Beispiel für Landschaftsplanung, Simulationen, Navigationssysteme, Computerspiele, Flugsimulatoren, aber auch für die Einsatzplanung in Notfällen und für Produktpräsentationen (vergleiche Abbildung 2).



a) Landschaftsplanung



b) Simulation



c) indoors Navigation



d) Computerspiel



e) Einsatzplanung



f) Produktpräsentation

Abb. 2: Anwendungen der (interaktiven) digitalen Landkarte (Copyright: Institut für Photogrammetrie, Univ. Stuttgart)

Kommen wir zur Welt der Computerspiele. Diese haben sich in den vergangenen zwanzig Jahren sehr rasant entwickelt. Häufig werden sie durch ihre eindrucksvollen Graphiken wahrgenommen, die durch 3D Game Engines erzeugt werden. Dieses sind in erster Linie Hard- und Softwaremodule, die Naturgesetze (Physik, Events) abbilden, realitätsnahe und weniger realitätsnahe Landschaften bzw. Umgebungen aufbauen und auch noch

Sound/Audio integrieren. Das jeweilige Computerspiel kann verteilt gespielt werden. Ein Kind in Deutschland kann mit einem Kind in den USA und einem Kind in Südafrika über das Internet ein Team bilden, sie können gemeinsam oder gegeneinander irgendwelche "Bods" jagen, Figuren, die durch das Spiel erzeugt werden. Diese Computerspiele sind aus unserem Alltag kaum mehr wegzudenken – Kinder als auch Erwachsene werden immer wieder aufs Neue davon begeistert. Abbildung 3 demonstriert zwei Beispiele zum Flugsimulator 2004 aus dem Hause Microsoft.



Abb.3: Die digitale Landkarte und der Flugsimulator 2004 von Microsoft (Copyright: Microsoft 2004)

2. Die „Kartenwelt“ von Google

Kommen wir zum nächsten Abschnitt, zur *Google-Familie*. Die Firma Google, uns allen mit ihrer Internet-Suchmaschine ein Begriff, hat die Landkarte neu entdeckt. Es ist allgemein bekannt, dass die Haupteinnahmequelle der Firma Google Anzeigen sind. Hier wird nach dem System „Kosten per Mausklick“ gezahlt. Der Anbieter von Werbebannern muss für jeden Klick der Webpage-Besucher zahlen. Bei Google sind dies jeden Tag mindestens 200 Mio. Anfragen. Auf diese Weise kann man sich leicht vorstellen, dass damit viel Geld zu verdienen und Google nicht umsonst so dominant ist. Mittlerweile ist Google ein Börsenunternehmen und erfolgreicher denn je zuvor.

Google hat vor etwa drei Jahren das erste Kartenprodukt eingeführt, so genannte *Google Maps*. Dies ist ein Landkartenservice mit lokalen Anzeigen und zieht gleich mit weiteren Angeboten wie denen von *Yahoo Maps*, von *Map Quest* oder auch *Map24*. Google Maps bieten jedoch viel mehr Funktionen. Hier werden nicht nur Karten, sondern auch Bildinformationen angeboten, die von hochauflösenden Satelliten oder von Flugzeugen aus aufgenommen

worden und vor allem sehr einfach einzusetzen sind. Die Nutzerschnittstelle von Google Maps basiert auf der Websprache *dynamisches HTML (HyperText Markup Language)* und/oder *Java Applets*. Das Angebot ist leicht in eigene Anwendungen zu integrieren und zeichnet sich durch eine bemerkenswerte Schnelligkeit aus: alles wird in Echtzeit (Real Time) angeboten.

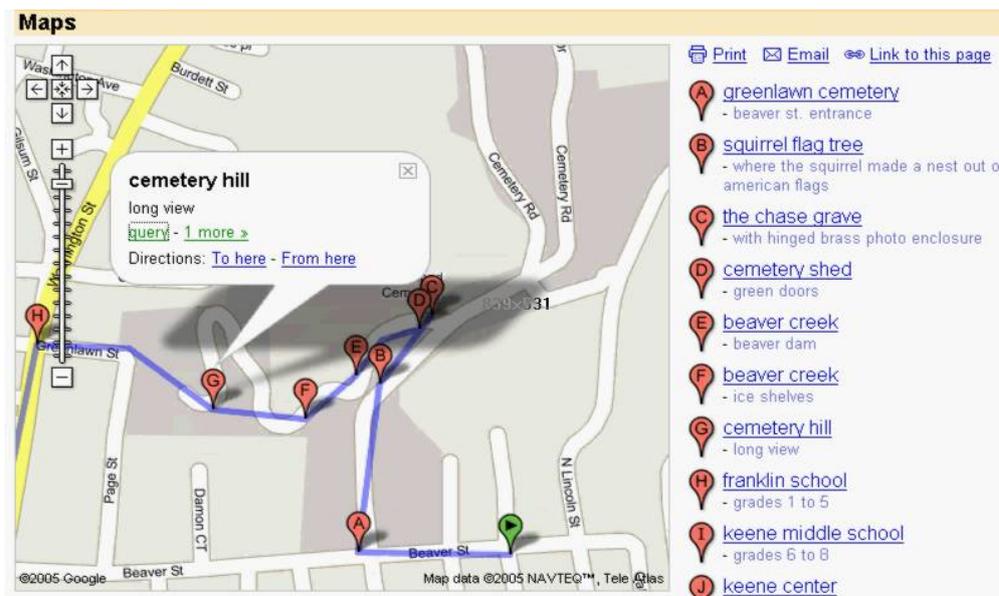


Abb. 4: *GeoPhotoBlogging als Anwendung des interaktiven Kartierens* (Copyright: Google, 2003)

Abbildung 4 zeigt uns die Möglichkeiten des interaktiven Umgangs mit Karten auf. Interaktives Mapping oder Kartierung steht dafür, dass der Nutzer eigene Informationen, wie z. B. Photos, Audios oder Videos mit Karteninformationen verbinden will, d. h. jeder kann sich seine eigene Karte entwerfen, kann sie anreichern mit eigenen Erlebnissen und sie sogar anderen zur Verfügung stellen. Auf diese Weise können wir an der Urlaubsreise unserer Verwandten und Freunde teilhaben und einen geführten virtuellen Spaziergang (GeoPhotoBlogging) unternehmen, so wie in obiger Grafik durch die Ortschaft Keene, New Hampshire angedeutet.

Ein weiteres Beispiel von *Google Maps* ist der *Ride Finder*. Dieser bietet die Möglichkeit, Positionen von Taxis, Limousinen und Shuttles in Echtzeit über Internet zu lokalisieren und in einer Karte anzuzeigen. Ein Klick auf das Symbol eines Taxis und sofort wird die Telefonnummer des Transportunternehmens aufgezeigt. Sie brauchen nur anzurufen und mitzuteilen, wo Sie sich gerade befinden und werden prompt abgeholt. Dieser Service ist derzeit für

11 Städte in den USA verfügbar: Baltimore, Chicago, Cleveland, Dallas, Houston, Milwaukee, New York, Phoenix, San Jose, St. Louis und Washington D.C.

Als weiteres Beispiel möchte ich das Google-Produkt *Housing Maps* aufzeigen. Die *Housing Maps* sind mit dem Immobilienkatalog *Craigslist*s zu kombinieren. Der Anwender wählt eine Stadt und den Betrag aus, den er für eine Monatsmiete aufbringen kann, und erhält dann sofort alle freien Häuser oder Wohnungen, die gemietet werden können, angezeigt.

Als zum Beispiel der Hurrikan *Katrina* Ende August 2005 über den Süden der USA hinweggezogen ist, hatte man kurze Zeit später schon Angaben darüber, welche Teile überflutet waren und welche nicht. Auf diese Weise konnten sich die Betroffenen individuell informieren, ob ihr Haus überflutet war oder nicht.

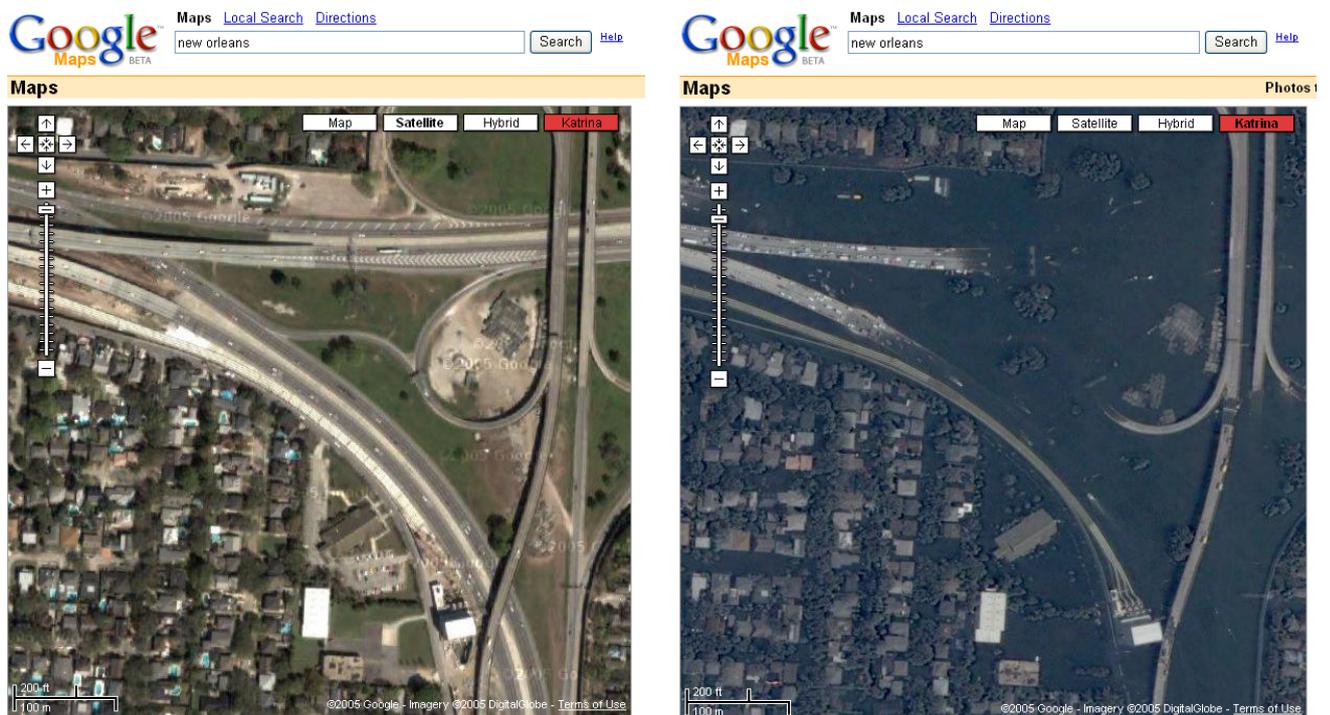


Abb. 5: Sofortauskunft nach dem Abzug von Hurrikan Katrina, New Orleans (Copyright: Google, 2005)

Kommen wir nun zu *Google Earth*. Viele von Ihnen haben bereits von dieser neuen Entwicklung gehört und nutzen sie bereits auf Ihrem Rechner. *Google Earth* ist eine Visualisierungsschnittstelle mit vielen, vielen Funktionen. Hier laufen die *Google Maps* im Hintergrund - diese sind mit einem dreidimensionalen Satelliten-Viewer überlagert. Das Produkt ist browser-unabhängig und läuft unter verschiedenen Betriebssystemen (z.B. Windows XP, Mac OS). Die ursprüngliche Windows-Software wurde originär von der Fa. Keyhole entwickelt, offensichtlich der Grund für die Übernahme von Keyhole durch Google. *Google Earth* stellt mittlerweile einen leistungsfähigen *Applikationsprovider* dar und damit einen Service zum Down-

load von Satellitenbildern, Luftbildern und weiteren Geodaten/Kartendaten. Die Datenbank umfasst ca. 12 Terra Byte an Bilddaten und bietet für 39 Städte in USA dreidimensionale Gebäudestrukturen in Form von *Schuhkartonmodellen* (Detaillierungsgrad 1) an.

Ich werde jetzt versuchen, Google Earth hier im Tiefenhörsaal aufzurufen. Hierzu ist eine Internetverbindung notwendig, da der Datendownload in Streaming-Technologie angeboten wird. Mit Google Earth kann jeder Punkt der Erde besucht werden. Man kann sich auf diese Weise einen Überblick vom nächsten Urlaubsort, von geeigneten Hotels und Restaurants verschaffen, um von zu Hause aus die Urlaubsplanung umfassend vorzubereiten.

Wir besuchen jetzt einmal den Grand Canyon in Arizona. Sie erkennen, dass die Geodaten auf meinem Display anfänglich grob aufgelöst, mit der Zeit jedoch auch die Details sichtbar werden. Der Grund hierfür ist ein entsprechender Download-Modus, welches als *Streaming* bezeichnet wird. Wir können das dreidimensionale und texturierte Geländemodell des Grand Canyon neigen, drehen, vergrößern und verkleinern (zoomen). Sie nehmen jetzt an einem interaktiven Spaziergang durch dieses Geländemodell hindurch teil (Panning). Sie sehen, ich kann Ihnen jetzt hier mit meiner Maus wunderschöne Visualisierungen vom Grand Canyon anbieten, auf bestimmte Informationspunkte klicken und auf diese Weise beeindruckende Plastiken des Grand Canyon erzeugen. Na, wie wäre es mit der kommenden Urlaubsreise dorthin?

Oder vielleicht nach New York? Lassen Sie uns New York einen virtuellen Besuch abstatten und hier speziell einen Blick auf die Hochhäuser in Manhattan werfen. Wir können die 3D-Modelle sehr gut erkennen, von weitem ergibt sich eine beeindruckende Visualisierung. Bei näherem Hinsehen erkennt man jedoch auch, dass die Häuser von Manhattan sehr, sehr grob modelliert sind. Wir Fachleute bezeichnen diese 3D-Modellierung als *Schuhkartonmodell* (Level of Detail (LoD) 1, Detaillierung 1). Dies ist die gröbste Modellierungsstrategie - mittlerweile wird in bis zu vier Detailgraden unterschieden (LoD 0: Luftbild, LoD 1: Schuhkartonmodell ... LoD 4: Innenraumdarstellung in 3D). Immerhin, diese Modelle bieten einen ersten Anhalt, wie eine Stadt in 3D aussehen kann. Wir können jetzt beliebig durch New York hindurchgehen. Sie sehen, dass sich überall Schuhkartonmodelle aufbauen und einen Überblick über die gigantischen Ausmaße dieser Metropole vermitteln.

Lassen Sie uns zum Schluss nach Berlin fliegen oder nach Rom, es ist kinderleicht, jeder Ort der Welt kann besucht werden. Also, besuchen wir Rom, gehen wir zum Petersplatz. Die ewige Stadt wird jetzt *angefahren* und präsentiert sich in sehr hoch aufgelösten Satellitenbildern. Ich kann hier beliebig zoomen und pannen, und Sie können beurteilen, in wel-

cher Qualität die Bilddaten erfasst sind. Sie merken jedoch auch, dass diese Bilder noch nicht mit 3D-Modellen angereichert wurden - hier ist die Welt noch zweidimensional.

Lassen Sie mich nach Beendigung des Programms Google Earth die Frage beantworten: wie kommen diese Daten in die Google-Datenbank? Die Erfassung von Geodaten – auch als raumbezogene Daten bezeichnet - ist von drei verschiedenen Positionen aus durchzuführen (terrestrisch, vom Flugzeug, vom Satelliten). Es ist offensichtlich, dass hier ein enormer Aufwand betrieben werden muss. Daher sind wir, sprich die Photogrammetrie als Fachdisziplin, dabei, für ausgewählte Städte dreidimensionale und volltexturierte Modelle anzubieten. Diese virtuellen Stadtmodelle werden auf texturierten Landschaften (digitalen Geländemodellen) aufgesetzt. Wir gehen sogar noch einen Schritt weiter und erfassen Gebäudeinnenräume in 3D wie auch ihre Textur. Somit kann man virtuell in Gebäude eintreten, einen Rundgang machen oder gezielt Räume besichtigen.

3. Datenerfassung zur Erstellung virtueller 3D-Modelle

Die effiziente Erfassung der Daten erfordert natürlich geeignete Werkzeuge, die wir mittlerweile durch Satellitennavigation, hochauflösende optische Erdbeobachtungssysteme,

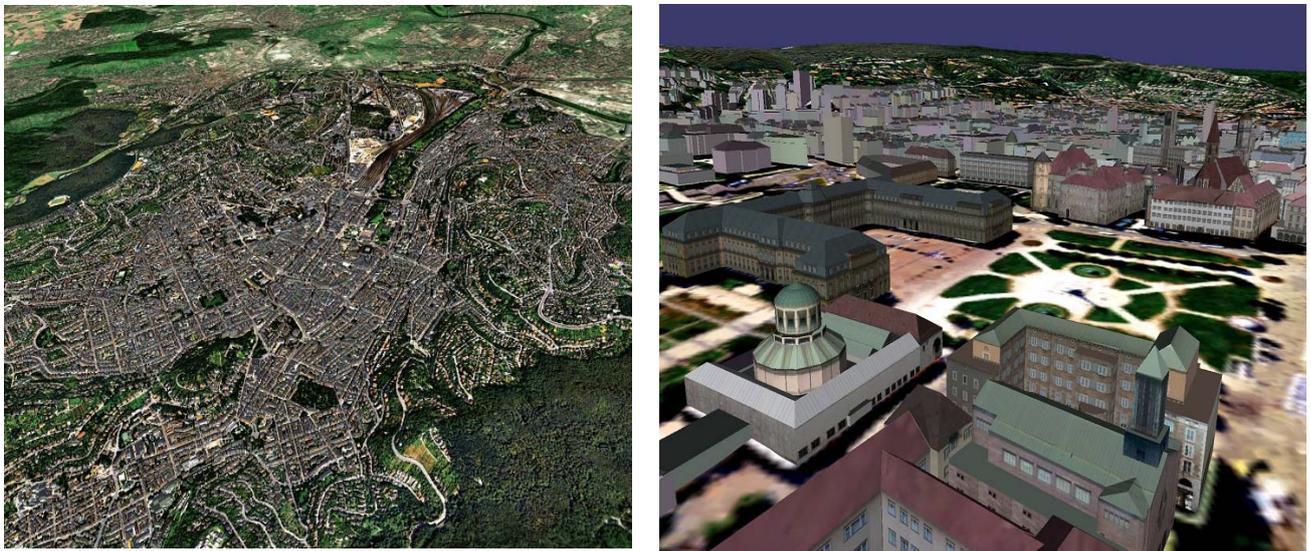


Abb. 6: 3D-Stadtmodell von Stuttgart (Copyright: Institut für Photogrammetrie, Univ. Stuttgart, in Kooperation mit dem Stadtmessungsamt Stuttgart)

Geodäsie und Geoinformatik sowie Informatik und Computergrafik zur Verfügung gestellt bekommen haben. Die eingesetzten Sensoren arbeiten von verschiedenen Plattformen aus, sind satellitengestützt, flugzeuggestützt oder terrestrisch einzusetzen. Einerseits werden hochqualitative Bilddaten erfasst, andererseits entstehen hochaufgelöste 3D-

Oberflächenmodelle durch das Laser-Scanning-Verfahren. Abbildung 6 zeigt einen Blick aus der Vogelperspektive sowie eine Detailansicht von Stuttgart. Mein Institut, das Institut für Photogrammetrie der Universität Stuttgart ist dabei, in Zusammenarbeit mit dem Stadtmessungsamt das gesamte Stadtgebiet von Stuttgart virtuell nachzubilden. Dabei sind mehr als 30.000 Gebäude nicht nur in 3D zu erfassen, sondern auch mit ihren Fassadenstrukturen darzustellen. Während wir für die Erstellung von 3D-Stadtsilhouetten ein automatisiertes Verfahren zur Interpretation von Laser-Scanning-Oberflächenmodellen entwickelt haben, ist die Fassadentexturierung nach wie vor extrem arbeitsintensiv. Die Gebäude werden daher nach und nach texturiert, bisher sind etwa 2000 Gebäude komplett erfasst. Den derzeitigen Stand der Nachbildung werden Sie gleich in Form eines virtuellen Flugs beurteilen können.

Woher erhalten wir Luftbilddaten? Da gibt es zum einen hochaufgelöste Satellitensysteme – beispielhaft sei hier das Erdbeobachtungssystem *IKONOS 2* der Fa. Space Imaging dargestellt. Der Satellit *IKONOS 2* wurde im September 1999 in eine nahe Erdumlaufbahn gestartet, fliegt auf einer Höhe von 680 km und hat eine Auflösung im panchromatischen Modus – sprich Schwarz-Weiß-Fotografie – von etwa 0,8 m. Das bedeutet, dass wir aus 680 km Entfernung Gegenstände auf der Erdoberfläche von der Größe 0,8 m erkennen können, die Farbauflösung beträgt ca. 3,4 m. Das zweite Erdbeobachtungssystem mit dem Namen *QuickBird 3* (von der Fa. DigitalGlobe) fliegt in 470 km, ein drittes namens *OrbView 3* (von der Fa. Orbital Sciences) wurde im Juni 2003 gestartet und fliegt ebenso auf etwa 470 km Höhe.

Neben den Kenndaten soll die Leistungsfähigkeit dieser hochauflösenden Erdbeobachtungssysteme anhand der Abbildungen 7, 8 und 9 demonstriert werden. *Quickbird 2* löst im panchromatischen Modus ca. 60 cm auf und multispektral 2,4 m – bei *OrbView 3* sind es wieder 1 m S/W und 4 m multispektral. Die spektrale Bilddatenaufzeichnung bewegt sich ausschließlich im sichtbaren Bereich, findet statt mit Wellenlängen von 450 Nanometern bis hin zum nahen Infrarot von etwa 900 Nanometern. Abbildung 7 gibt Manhattan zum Zeitpunkt 30. Juni 2000 wieder – links erkennt man sehr gut die beiden Türme des *World Trade Centers*. Wir erinnern uns alle an den 11. September 2001, wo diese beiden Türme durch zwei Flugzeugangriffe zerstört worden sind und mehr als 3000 Opfer zu beklagen waren. Abbildung 8 ist am 12. September 2001 wiederum von *IKONOS 2* aufgenommen worden. Es ist erschütternd, die Rauchwolken über *Ground Zero* wahrnehmen zu müssen. Noch mehr bewegend ist der Blick auf das geräumte Gebiet des *Ground Zero*, aufgenommen durch *QuickBird 3* (siehe Abbildung 9).



Abb. 7: *IKONOS 2 Bilddatenaufzeichnung von Manhattan am 30. Juni 2000 (Copyright Space Imaging 2000)*

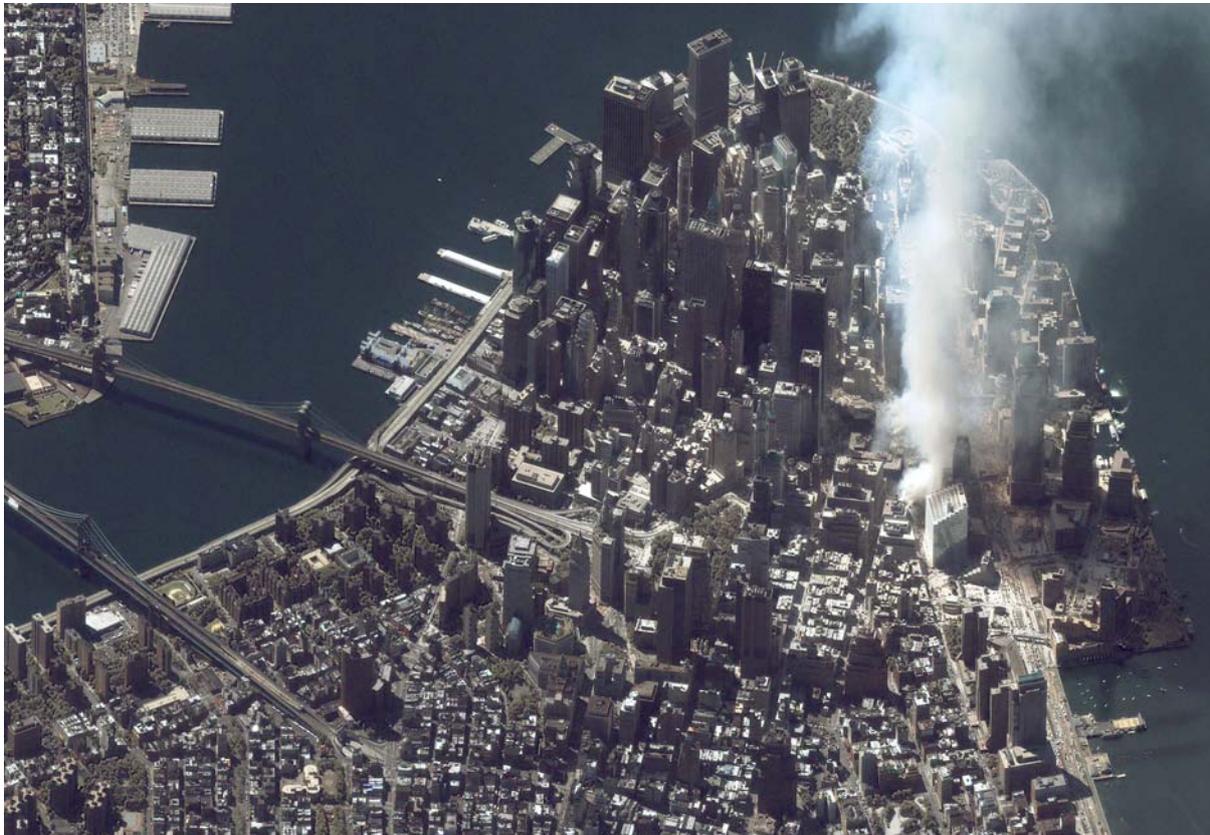


Abb. 8: *IKONOS 2 Bilddatenaufzeichnung von Manhattan am 12. September 2001 (Copyright Space Imaging 2001)*



Abb. 9: QuickBird 3 Bilddatenaufzeichnung von Ground Zero, Manhattan (Copyright: Digital Globe 2003)

Neben hochauflösten Satellitenbildern steht uns die Luftbildphotographie dort zur Verfügung, wo die Satelliten infolge Bewölkung nicht hinsehen können. Da viele Bereiche der Erdoberfläche bewölkt sind, benötigen wir weitere Technologien wie die Luftbildphotogrammetrie, das Laser-Scanning sowie Radarverfahren. Bei der Luftbildphotogrammetrie bedienen wir uns großflächiger photogrammetrischer Kammer in Flugzeugen, die über eine Stadt, über eine Landschaft hinwegfliegen und damit sich überlappende Bilder zur Verfügung stellen. Aus diesen überlappenden Bildern kann durch das *Stereoprinzip* zum Beispiel die 3D-Silhouette der Stadt Stuttgart abgeleitet werden, wie in Abbildung 10 angedeutet. Mittlerweile werden großformatige Luftbilder ebenso digital erfasst. Die heute am Markt erhältlichen digitalen Bildaufzeichnungssysteme werden alle an meinem Institut getestet. Hierzu betreiben wir in Vaihingen an der Enz schon seit 1995 ein 40 qkm großes und gut signalisiertes Testfeld, über das jeder digitale Bildsensor hinweggeflogen wird, um letztlich Leistungsvergleiche anzustellen, aber auch Genauigkeitstests zu machen.

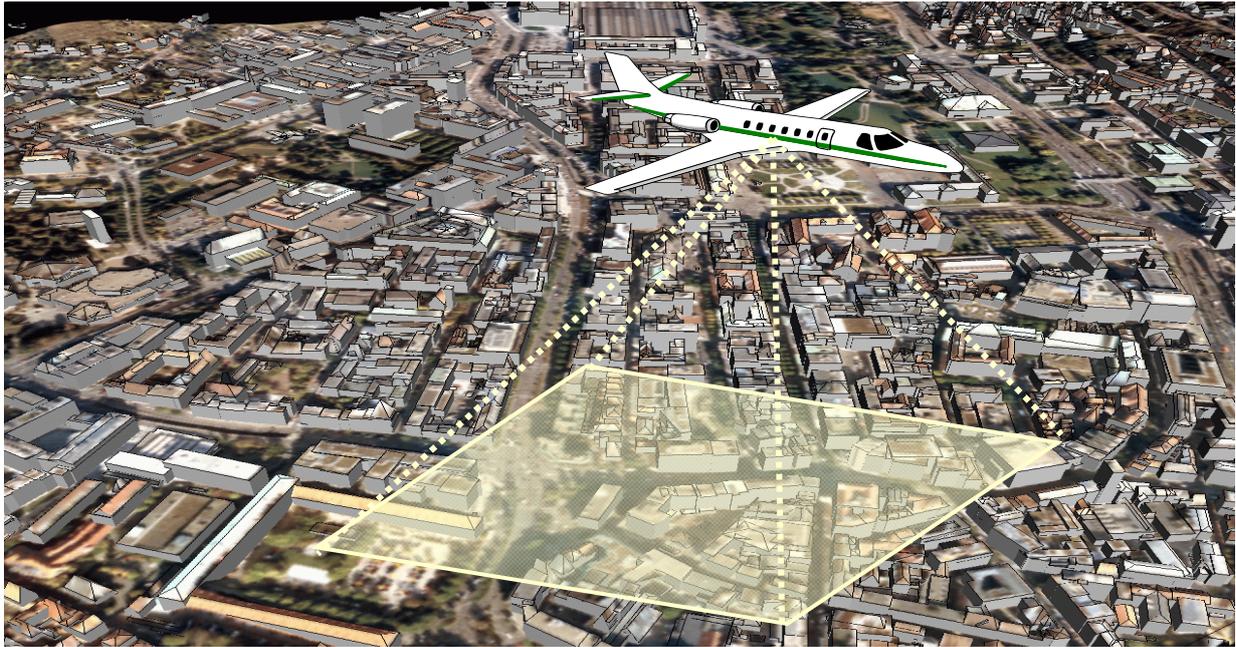


Abb. 10: *Photogrammetrische Bildaufzeichnung vom Flugzeug aus (Copyright: Institut für Photogrammetrie Univ. Stuttgart)*

Die digitalen Luftbildsysteme bieten simultan hochaufgelöste Schwarz-Weiß-Photographien wie auch niederaufgelöste Farbphotographien zur Auswertung an. Da das menschliche Auge bekannterweise bei der Auflösung im farblichen Bereich bei weitem nicht so empfindlich reagiert wie auf eine Auflösung bei Schwarz-Weiß-Aufnahmen, kann man sich eines Tricks bedienen und Schwarz-Weiß- und Farbaufnahmen zusammenzuführen. Sie sehen diese Verschmelzung in der Abbildung 11 angedeutet, wo aus einem weniger scharfen Farbbild plötzlich durch die Fusion (Scharfzeichnen, pan-sharpening) mit dem hochaufgelösten Schwarz-Weiß-Bild ein hochaufgelöstes Farbbild erzeugt werden konnte. Das macht man übrigens nicht nur für Luftbilder, sondern genauso für die hochaufgelösten Satellitenbilder. Das ist der Grund dafür, dass alle hochauflösenden optischen Erdbeobachtungssatelliten einen hochaufgelösten panchromatischen Kanal (0,6 m - 1 m Bodenauflösung) und weitere Farbkanäle mit einer Auflösung von 2,4 m - 4 m an Bord haben. In Zukunft wird es noch höhere Auflösungen geben, was zu Bilddaten höchster Qualität führen wird.

Eine mit Beginn der 1990er Jahre eingesetzte Datenerfassungsmethode ist das Laser-Scanning. Dabei befindet sich ein gepulster Laser als *Distanzmesser* im Flugzeug eingebaut, z.B. ein 10 kW Laser. Dieser Laser sendet Lichtblitze (Pulse) an die Erdoberfläche. Die Pulse werden bei einem Bodenecho von etwa 30 cm am Boden (abhängig von der Flughöhe) reflektiert. Man misst die Laufzeit des ausgesandten und des reflektierten Pulses und kann auf diese Weise exakt die Distanz ausrechnen. Der Laser wird mittels differentiell

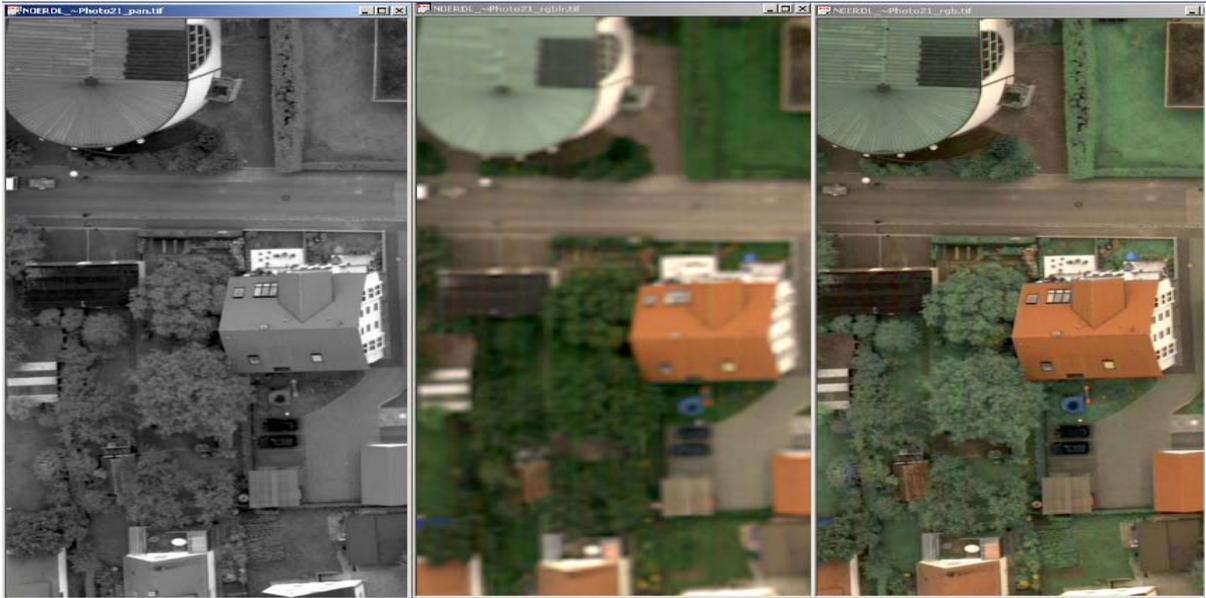


Abb. 11: Pan-sharpening (Scharfzeichnen) von digitalen Luftbildern (Copyright: Z/I Imaging, Aalen)

GPS genau positioniert (Genauigkeit ca. 0,1 bis 0,2 m) und seine Blickrichtung durch inertielle Navigationssysteme festgelegt (in Bogensekunden). Die 3D-Punktbestimmung ist dann nur noch ein Kinderspiel. Hierzu bedient man sich des polaren Anhängens im dreidimensionalen Raum und erhält eine 3D-Punktwolke mit Millionen von Punkten, alle durch x-,y- und z-Koordinaten festgelegt. Man kann auf diese Weise sehr schnell ein hochaufgelöstes digitales Oberflächenmodell erzeugen. Abbildung 12 gibt einen Ausschnitt aus einer Laser-Scanning-Befliegung des Stadtgebiets von Stuttgart aus dem Jahre 1999 wieder – man erkennt das Neue Schloss genauso wie den Landtag und das Staatstheater. Die Horizontalauflösung des Oberflächenmodells beträgt 1 m, die vertikale liegt bei 0,1m - 0,5 m.

Auf den ersten Blick scheinen die Gebäude vom Ehepaar Christo verhüllt worden zu sein, so wie seinerzeit das Reichstagsgebäude in Berlin. Daher besteht die Aufgabe, die Gebäude möglichst vollautomatisch so *auszupacken*, damit eine 3D-Silhouette entstehen kann.

Ergänzend zu den flugzeuggetragenen Scannern gibt es seit wenigen Jahren terrestrische Laserscanner-Vermessungssysteme, die komplementär zur Bilddatenerfassung aus der Luft weitere Objektdetails sehr präzise erfassen können. Diese Geräte erfassen Millionen von Punkten in einem Sichtfenster von etwa 270° nach oben und 360° horizontal, mit einer Genauigkeit von 1-2 mm bei einer Objektpunktdichte von bis zu 2 mm. Die Reichweite der Geräte liegt etwa zwischen 1 m bis 100 m und die Datenerfassungsrate beträgt bis zu 2.000 Punkte pro Sekunde.

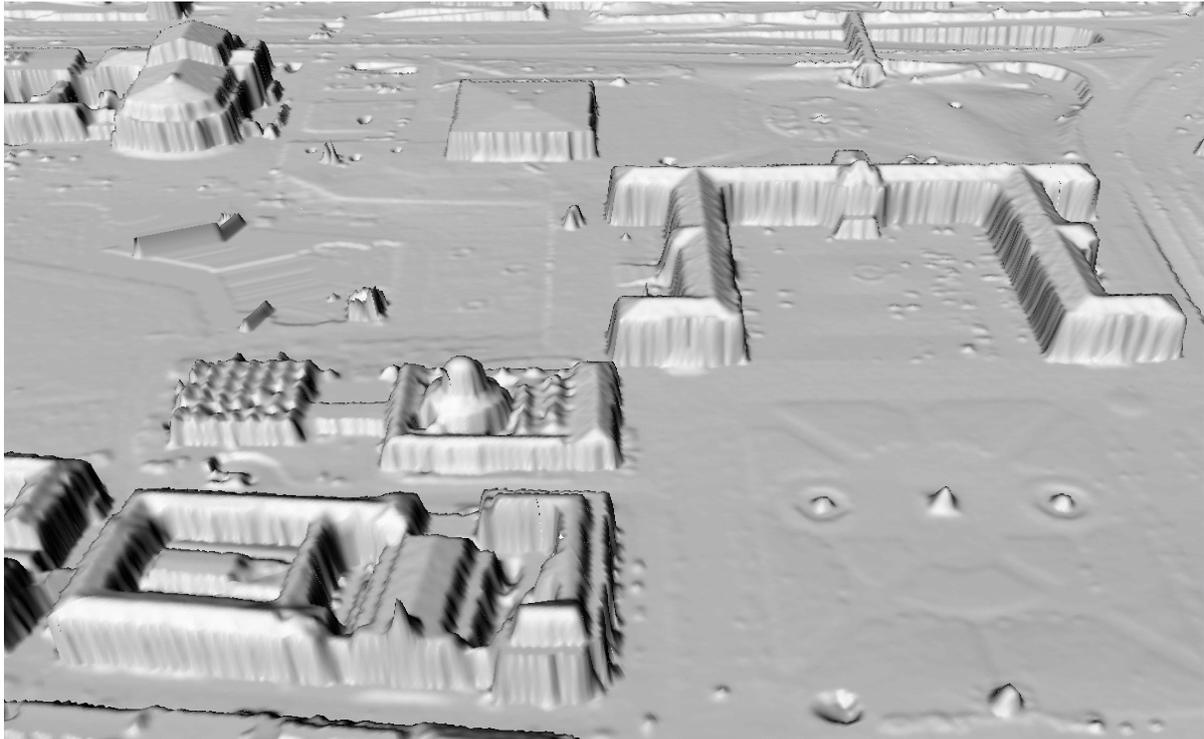


Abb. 12: Ausschnitt der Laserscan-Befliegung Stadt Stuttgart (Copyright: Institut für Photogrammetrie, Univ. Stuttgart)

4. Visualisierung von 3D-Stadt und -Gebäudemodellen

Ich hatte zuvor angedeutet, dass wir am Institut für Photogrammetrie die Stadt Stuttgart vollkommen in 3D rekonstruiert haben und möchte Ihnen jetzt einmal zeigen, wie man sich einen virtuellen Flug über Stuttgart vorstellen kann. Die heutigen Entwicklungen gehen sogar so weit, dass wir *subjektive* Karten erzeugen - individuelle Karten, die sich am persönlichen Geschmack des Nutzers orientieren. Hierunter fallen virtuelle Rundflüge und individuelle Besichtigungstrips von Städten genauso wie die Visualisierung von Gebäudeinnenräumen. Meine Damen und Herren, das sind die Landkarten von heute.

Wie zuvor erwähnt, können terrestrische Laserscanner die 3D-Silhouetten, abgeleitet aus vom Flugzeug erfassten digitalen Oberflächenmodellen, komplettieren. Dies liefert letztlich die 3D-Geometrie, es fehlt jedoch noch eine weitere wichtige Information: die Textur, sprich die Beschaffenheit der Gebäudefassaden wie auch der Dächer. Hierzu werden einerseits im Luftbild vorhandene Texturinformationen automatisch auf die Geometrielemente der 3D-Silhouette orthographisch projiziert. Jedoch gibt es – aus der Vogelperspektive betrachtet – auch viele Texturlücken, z.B. bei allen aufrechten Wänden. Diese müssen derzeit noch ma-

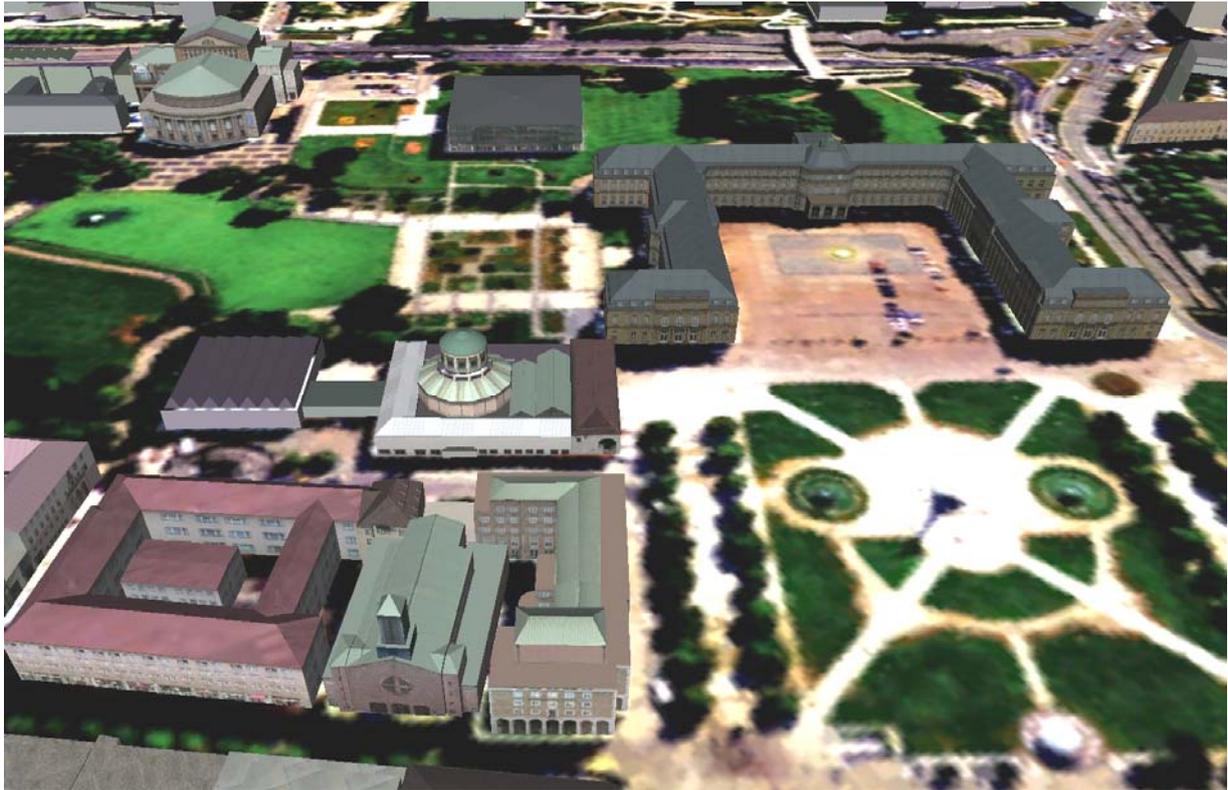


Abb. 13: Auszug aus dem volltexturierten 3D-Stadtmodell von Stuttgart (Copyright: Institut für Photogrammetrie, Univ. Stuttgart)

nuell aufgenommen, entzerrt und dann auf das 3D-Modell aufgebracht werden, was sehr zeitintensiv ist. Jedoch ist das volltexturierte 3D-Stadt- oder -Gebäudemodell das Ziel (siehe Abbildung 13). Für den Fall, dass ein 3D-Modell zur Verfügung steht, können beliebige Schnittebenen durch diese Modelle gelegt und somit wiederum 2D-Karten erzeugt werden. Damit ist das 3D-Modell der *Allgemeinfall* und das 2D-Modell der *Spezialfall*, d.h. wenn ein 3D-Modell vorhanden ist, kann man leicht nach 2D transformieren, jedoch ist der Weg von 2D nach 3D unendlich schwer und nicht umkehrbar eindeutig.

Wie sieht es denn mit der Innenraumkartierung aus? Auch hier hatte ich vor vielen, vielen Jahren schon die Idee, die Institute der Universität Stuttgart komplett mit ihren Innenräumen (Büros, Labore und Werkstätten) in 3D abzubilden. Wir haben mit herkömmlicher Software von Geo-Informationssystemen (GIS) begonnen, mussten jedoch auch deren Grenzen kennenlernen. Damit war der Weg frei für die Einführung eines Computer Aided Facility Management-Systems, ein spezielles Informationssystem für die Verwaltung von Immobilien (Gebäuden und Industriebetrieben). Dieses wurde flächendeckend für die gesamte Universität Stuttgart eingeführt und befindet sich im Aufbau (Projekt CAFMUS). In diesem Zusammenhang konnte das gesamte Gebäude des Studiengangs Geodäsie und Geoinformatik digitalisiert werden (Geschwister-Scholl-Str. 24D).



Abb. 14: CAD-Graphik von Büros des Instituts für Photogrammetrie (Copyright: Institut für Photogrammetrie, Univ. Stuttgart)

Abbildung 14 liefert einen Blick in mein Institut, das Institut für Photogrammetrie, welches in diesem Gebäude untergebracht ist. Alle Büroräume wurden in 3D rekonstruiert und texturiert.

In wenigen Minuten möchte ich Ihnen zeigen, wie die Game Engine eines Computerspiels eingesetzt werden kann, um mit diesen Daten eine Echtzeit-Visualisierung zu erzeugen. Nicht alle Computerspiele liefern ansprechende Landschaftsbilder wie zum Beispiel der Flugsimulator von Microsoft. In vielen Fällen werden *Kampfspiele* angeboten, deren Szenen nicht notwendigerweise attraktiv sein müssen. Eine gewisse Vorliebe für ein Computerspiel mit regelrechten Schlachtszenarien zu entwickeln hat auch bei mir etwas länger gedauert, hier hat mich mein Sohn entsprechend unterstützt. Anfänglich von den Zweikämpfen mit den Computerfiguren (Bods) regelrecht abgestoßen, gelangte ich nach und nach zu der Überzeugung, dass man deren Game Engine für anspruchsvolle Visualisierungen überlisten sollte. Genau das war der Durchbruch! Am Beispiel des Computerspiels Quake 3 von Arena (OpenSource) konnten wir belegen, dass der Austausch von wenigen Datenfiles dessen Engine für eine Echtzeit-Visualisierung von 3D-Raummodellen einsetzen kann.

Bevor wir jetzt einen virtuellen Rundgang durch mein Institut vornehmen, möchte ich zuvor das den Jugendlichen zugängliche Computerspiel Quake 3 aufrufen. Das Ziel des Spiels besteht darin, möglichst alle Feinde (Bods, das sind Computerfiguren) zu eliminieren – dies kann alleine, zu zweit oder sogar über das Internet verteilt gespielt werden. Als Erwachsener fängt man nicht zwangsläufig viel mit den Spielszenarien an, doch offensichtlich sind die Jugendlichen und alle Fans des Spiels davon begeistert, die Bods zu jagen, auf sie zu schießen und sie letztlich zu vernichten.

Computerspiele sind sehr beliebt, der Markt wächst schon seit Jahren kontinuierlich. Daher sollte man sich fragen, wie kann man mittels Computerspielen CAD- und Kartenprodukte nutzen? Wir konnten schließlich herausfinden, dass lediglich drei DLL (Dynamic Link Library) Files von Quake 3 durch reale Texturfiles zu ersetzen waren, um damit eine Echtzeitführung durch das Institut für Photogrammetrie anzubieten.

Die virtuelle Institutsführung beginnt damit, dass Sie aus dem Aufzug im 4. Stock herauskommen und nach links oder rechts abbiegen können. Wir biegen nun nach links ab und zeigen mit der Maus auf ein Schild mit der Nummer 4.306 – dies ist das Zimmer der ifp-Forschungsgruppe *Geo-Informationssysteme*. Diese Information erhalten wir, indem wir mit der Enter-Taste einen *Schuss* auslösen. Danach betreten wir das Zimmer und können nun unseren Rundgang zu verschiedenen Arbeitsplätzen beginnen. Zum Beispiel ergibt ein weiterer Schuss auf diesen Rechner, dass dieses der Arbeitsplatz von Herrn Dr. Volker Walter ist. Nun, wir schauen nach unten und sehen unseren eigenen Schatten abgebildet. Die Tour wird fortgesetzt und bewegt sich jetzt in Richtung Aushangbrett. Sie sehen jetzt an den Flurwänden alle unsere Forschungsposter aufgehängt. Nebenbei nehmen wir den Lärm der Aufzugstüren wahr, die ständig auf und zu gehen, um die Audioeigenschaften der Game Engine zu demonstrieren. Wir können jetzt virtuell vor das blaue Brett (Aushänge) treten und aktuelle Informationen für die Studierenden nachlesen. Das heißt, dass auch Studierende von zu Hause aus über diese Game Engine unser Institut virtuell besuchen könnten. Sie sehen, dass es für mich kein großes Problem darstellt, durch alle Zimmer des Instituts hindurchzugehen. Alles wird in Echtzeit angezeigt, dabei ist nichts simuliert bzw. auf den heutigen Tag hingerechnet. Die Visualisierung wird von der Quake 3 Game Engine geleistet, was bedeutet, dass durch die Veränderung von nur drei Dateien eine sehr realistische Visualisierung einer 3D-Karte erzeugt werden kann. Wir verlassen jetzt das Computerspiel und erleben dieselbe Benutzeroberfläche von vorhin, als ich die Kampfszenen vorgeführt habe.

5. Schluss und Ausblick

So, ich komme jetzt zum Schluss. Wie sieht denn die künftige Karte aus? Die künftige Karte ist eine dreidimensionale *Virtual Reality Karte*. Diese besteht einerseits aus der Geometrie, die in verschiedenen Stufen modelliert wird, also von grob nach fein. Andererseits wird die Geometrie durch die Textur angereichert (gerendert), d.h. man muss für alle Kartenobjekte die gesamte Textur erfassen: durch Satellitenbilder, durch Luftbilder oder gar durch terrestrische Photographien. Die Textur muss entsprechend entzerrt werden, damit sie orthographisch auf die Geometrie projiziert werden kann. Auf diese Weise werden 3D-

Geometriemodelle mit natürlicher Textur zusammengeführt und dann einem Visualisierungs-Interface wie zum Beispiel Google Earth zur Verfügung gestellt. Computerspiele wären – wie zuvor aufgezeigt - ebenso in der Lage, eine ansprechende 3D Virtual Reality Karte zu erzeugen und photorealistische Rundgänge zu ermöglichen.

Wie sieht nun ein Szenario 2005+ für eine 3D Virtual Reality Karte aus? Nun, der Benutzer lädt - natürlich kabellos - Kartendaten in 2D oder 3D aus dem Internet oder einer *Filling Station* (am Bahnhof, Flughafen, Tankstelle) oder an einem hierfür vorgesehenen Info-Terminal auf sein Endgerät. Er kann beliebige virtuelle Rundgänge durch eine Stadt, durch ein Gebäude selbst definieren, auf einfachste Art und Weise per Mausklick. Sein Endgerät (ein PDA oder aber Mobiltelefon) kennt die Position des Benutzers, sendet diese an einen Datenserver, der dann wiederum lokationsbezogen die aktuellen 3D-Ansichten liefert. Diese Entwicklung ist übrigens auch ganz interessant für Ehepartner oder Paare, die immer wissen wollen, wo sich der Partner gerade befindet. Ein Blick ins Internet genügt!

Wird die 3D Virtual Reality Karte mit weiteren Informationen des Internets angereichert, ergeben sich ganz neue Möglichkeiten. Fragen wie: Was gibt es interessantes in der Umgebung? Wie komme ich zu einer Wettkampfveranstaltung? Wo gibt es ein gutes Restaurant in der Umgebung? Wo kann ich kostengünstig und sicher parken? Was sind die aktuellsten Wettkampfergebnisse? Was ist das für ein Gebäude vor mir? usw. können alle leicht beantwortet werden.

Kommen wir zur Zusammenfassung: Interaktive Karten, wie wir sie heute generieren und darstellen können, sind leicht zu erweitern und werden schon jetzt über das Internet angeboten. Ich habe es an Beispielen der Google-Familie aufgezeigt. Voll texturierte 3D-Modelle werden in Kürze den Kartenstandard darstellen, so dass jeder 2D-Schnitt aus einem 3D-Modell abgeleitet werden kann. Auf diese Weise entstehen Karten für vielfältigste Zwecke einfach per Maus-Klick. Wir sprechen hier von sogenannten *Mehrwert-Karten* oder *Mapping on Demand*. Das weitere Ziel ist die Anbindung von 3D-Außenraummodellen mit 3D-Innenraummodellen, um auch noch die letzte Meile in der Navigation zur Verfügung zu stellen. Computerspiele sind sehr leistungsfähige Visualisierungstools, und warum sollten wir nicht von ihnen lernen? Wir wissen alle, die Kinder von heute sind die Benutzer von 3D Virtual Reality Karten von morgen. Das Kind kann mit einer modernen VR-Karte wahrscheinlich viel mehr anfangen als mit einer langweiligen topographischen Karte 1:25 000 im Papierformat. Ganz einfach deshalb, weil es den interaktiven Umgang mit Computerspielen gewohnt ist und daher dieselben Hilfsmittel zur raumbezogenen Orientierung einsetzt. Ganz im Sinne der Aussage: „VR-Karte ein Computerspiel? Wow, ist das cool!“