

Flächeninformationssysteme auf Basis virtueller 3D-Stadtmodelle

Lutz ROSS, Birgit KLEINSCHMIT, Jürgen DÖLLNER, Anselm KEGEL

(Lutz ROSS, Prof. Dr. Birgit Kleinschmit, Technische Universität Berlin, Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung, Straße des 17. Juni 145, Berlin, {lutz.rossbirgit.kleinschmit}@tu-berlin.de)

(Prof. Dr. Jürgen Döllner, Anselm Kegel, Hasso-Plattner-Institut an der Universität Potsdam, August-Bebel-Str. 88, Potsdam, {doellneranselm.kegel}@hpi.uni-potsdam.de)

1 EINFÜHRUNG

Die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme ist ein Ziel der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie Deutschlands. Die aktuelle Versiegelungsrate von über 100 Hektar pro Tag soll bis 2020 auf 30 Hektar pro Tag reduziert werden (BUNDESREGIERUNG, WWW) mit der langfristigen Perspektive einer Flächenkreislaufwirtschaft (BBR/BMVBS, 2006). Im Rahmen des Förderschwerpunkts „Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch ein nachhaltiges Flächenmanagement – REFINA“ (www.refina-info.de) fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung Deutschland innovative Lösungsansätze und Strategien für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme durch die Entwicklung, Erprobung und Evaluierung von Instrumenten und Methoden sowie innovativer Informations- und Kommunikationssysteme.

Im Kontext von REFINA werden am Hasso-Plattner-Institut an der Universität Potsdam, dem Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung der Technischen Universität Berlin und der 3D Geo GmbH Potsdam „Flächeninformationssysteme auf Basis virtueller 3D-Stadtmodelle“ (www.refina3d.de) entwickelt. Die Ausgangsidee des Vorhabens ist die Nutzung von 3D-Stadtmodellen als zentrale Integrationsplattform für Informationen im Flächenmanagement. Dazu werden virtuelle 3D-Stadtmodelle mit formellen und informellen Plänen, Fachinformationen (z. B. Altlastenkataster, Schutzgebiete, Realnutzungskartierung), administrativen Daten und 3D-Flächenszenarien erweitert. Die so entstehenden Flächeninformationssysteme können als zentrale Informations- und Kommunikationsplattform für unterschiedlichste Akteure im Flächenmanagement wie beispielsweise Planer, Architekten, Bauträger, kommunale Vertreter, Investoren und die Öffentlichkeit eingesetzt werden. Zur Sicherung und Gewährung problem- und aufgabenbezogener Lösungen kooperiert das Projekt dabei mit der Landeshauptstadt Potsdam und dem Senat von Berlin.

In der ersten Projektphase wurden zunächst Anforderungen unterschiedlicher Nutzergruppen identifiziert und ein prototypisches Flächeninformationssystem für Potsdams Mitte entwickelt.

2 DATENGRUNDLAGEN

Die im Projekt einbezogenen Daten umfassen die Grundlagendaten des 3D-Stadtmodells, formelle und informelle Pläne, beispielhafte Umweltinformationen und Flächeninformationen sowie eine Vielzahl von Zusatzdaten zu den Daten und Plänen (z. B. Verfahrensdaten, Planungseckdaten, Textdokumente, Photos Architekturvisualisierungen, Metadaten, u. a. m.).

2.1 Datengrundlage virtuelles 3D-Stadtmodell

Für das prototypische Flächeninformationssystem wurde ein virtuelles 3D-Stadtmodell einschließlich eines detaillierten 3D-Infrastrukturmodells erstellt, dessen Basis ein Geländemodell (Rasterauflösung 3 m), digitale Orthophotos (Rasterauflösung 25 cm) und Gebäudemodelle im Level-of-Detail (LOD) 2 und 3 bilden. Die Gebäudemodelle liegen flächendeckend im CityGML-Format (OGC 2007) und als aggregierte PolygonZ-Geometrien vor und sind nicht texturiert. Wichtige Einzelgebäude mit besonderer Bedeutung wurden von der Stadt Potsdam benannt und detailliert ausmodelliert und texturiert. Diese liegen im 3D Studio Format (*.3ds) vor. Zusätzlich wurden Bäume und Straßenlampen erfasst und in das Stadtmodell als 3D-Objekte integriert.

2.2 Pläne

Pläne sind ein zentrales Instrument zur Steuerung der Flächennutzung. Durch rechtsgültige und verbindliche Pläne der Bauleitplanung wird die zukünftige Flächennutzung festgelegt. Vorgelagerte informelle Pläne dagegen formulieren Leitideen und Nutzungskonzepte, die Grundlage für eine Konkretisierung der Planungen sind und in der Regel im weiteren Verfahrensprozess zu qualifizierten Bebauungsplänen weiterentwickelt werden. Ihres unterschiedlichen Rechtscharakters wegen werden die unterschiedlichen Pläne hier differenziert.

2.2.1 Rechtsgültige Pläne der Bauleitplanung

Rechtsgültige Pläne der Bauleitplanung sind Bebauungspläne (B-Plan) und Flächennutzungspläne (FNP). Ihre Inhalte und graphische Ausgestaltung sind durch das BauGB, Ländergesetze und die Planzeichenverordnung klar definiert. Innerhalb des Projektgebietes liegen drei rechtsgültige B-Pläne und ein Flächennutzungsplan vor, deren Planzeichnungen als Rasterdaten von der Stadt Potsdam bereitgestellt wurden. Zusätzlich existieren PDF-Dokumente mit den textlichen Festsetzungen zu den Plänen.

2.2.2 Informelle Pläne

Informelle Pläne werden in der Regel in vorgelagerten Verfahren aufgestellt um Ideen und Konzepte für zukünftige Flächennutzungen zu entwickeln. Innerhalb des Testgebietes liegen unterschiedliche Pläne vor. Für die beiden Industriebrachen im Potsdamer Gebiet, die Speicherstadt und das Reichsbahnausbesserungswerk, existieren Strukturkonzepte, die von Architekturbüros entwickelt wurden und innerhalb des Bauausschusses als Diskussionsgrundlage in weiteren Verfahrensschritten verwendet werden.

Für den Bereich um den Alten Markt in Potsdam liegt ein Gestaltungskonzept vor, das aus einer Planungswerkstatt hervorgegangen ist. Dies wurde als CAD-Zeichnung und als Rastergrafik bereitgestellt. Die Inhalte dieses Planes sind auch im Neuordnungskonzept für das Sanierungsgebiet „Potsdamer Mitte“ enthalten, das weitgehende Leitideen für den Bereich der Potsdamer Mitte formuliert, zu denen die Wiederherstellung des historischen Stadtkanals, eine Änderung der Verkehrsführung, die Schaffung neuer Wohnquartiere auf Basis historischer Grundrisse und die Errichtung des neuen Landtages auf dem Grundriss des Potsdamer Stadtschlusses formuliert. Das Neuordnungskonzept wurde ebenfalls als Rastergrafik bereitgestellt. Neben den Planzeichnungen existieren für die Pläne mehr oder weniger gut dokumentierte Informationen zum Verfahrensstand, zu den Planinhalten und Plandetails, Pressemitteilungen, Photos und Architekturvisualisierungen.

2.2.3 Andere Pläne und Daten

Mit Entwurfsfassungen des neuen FNP und des Landschaftsplanes, sowie Verkehrsplanungen liegen weitere Pläne in Raster- und Vektorformaten vor, die mittelfristig in das Flächeninformationssystem integriert werden.

2.3 **Fachinformationen**

Innerhalb der verschiedenen Behörden und Ämter der Verwaltung existiert eine Vielzahl von Fachinformationen, die für Aufgaben des Flächenmanagements relevant sind. Exemplarisch wurden zunächst Daten der Unteren Naturschutzbehörde (Realnutzungskartierung, Schutzgebiete, geschützte Biotope, u. a. m.), der Unteren Bodenschutzbehörde (Altlastenkataster), des Grünflächenamtes (Grünflächeninformationssystem und Baumkataster) sowie administrative Daten (Automatisierte Liegenschaftskarte, Stadtgrundkarte) zur Verfügung gestellt. Die raumbezogene Daten werden innerhalb der Potsdamer Verwaltung in ArcGIS und GeografIS vorgehalten und verwaltet. Im Falle des Baumkatasters fehlt ein direkter Raumbezug, die Verortung erfolgt nur über Orts- und Straßennamen und die Baumnummern.

3 **METHODEN**

Die kurze und nicht abschließende Übersicht der verschiedenen Inhalte, die in das System einfließen, zeigt die Vielfalt und die damit verbundene Heterogenität der vorhandenen Daten. Es sind sowohl klassische Geodaten in Vektor- und Rasterdatenformaten als auch 3D-Geodaten, Rastergrafiken, Texte und Photos in einer Anwendung zu integrieren. Das zentrale Frontend zur Präsentation und zum Zugriff auf die Inhalte bildet dabei ein virtuelles 3D-Stadtmodell, das aber auch den Zugriff auf Sekundärinformationen, wie z. B. Texte, Photos und Datentabellen ermöglicht. Es stellen sich somit drei zentrale Fragen: (1) „Wie können bestehende Geodaten und Pläne technisch in das Stadtmodell integriert werden?“ und (2) „Wie werden die Zusatzdaten wie Texte und Fotos eingebunden?“ sowie (3) „Welche Systemkomponenten werden benötigt?“

3.1 **Systemdesign**

Die technologische Grundlage für die Entwicklung von Flächeninformationssystemen im Vorhaben ist die 3D-Geovisualisierungssoftware LandXplorer Studio Professional (3D GEO GMBH). Auf Basis der

LandXplorer Technologie werden die Einzelkomponenten zu einem virtuellen 3D-Stadtmodell zusammengestellt, in das im weiteren Projektverlauf Fachdaten und 3D-Planrepräsentationen eingespielt werden. Die Integration von Geo-Fachdaten und georeferenzierten Plänen in Rasterformaten erfolgt dabei direkt über bestehende Schnittstellen. Die Darstellung von Flächenutzungsszenarien durch die Integration von 3D-Planrepräsentationen erfolgt durch eine manuelle Aufbereitung exemplarischer Pläne. Weitere digitale Inhalte wie Texte, Photos und Datentabellen werden in Standardformaten abgelegt und direkt referenziert oder über Internetseiten verfügbar gemacht. Abbildung 1 stellt das System und seine Komponenten graphisch dar. Sie zeigt auch, dass die Ergebnisse der Datenintegration über verschiedene Medien bereitgestellt werden können, die von Bildern über Animationen hin zu ausführbaren 3D-Geodokumenten und interaktive Anwendungen reichen.

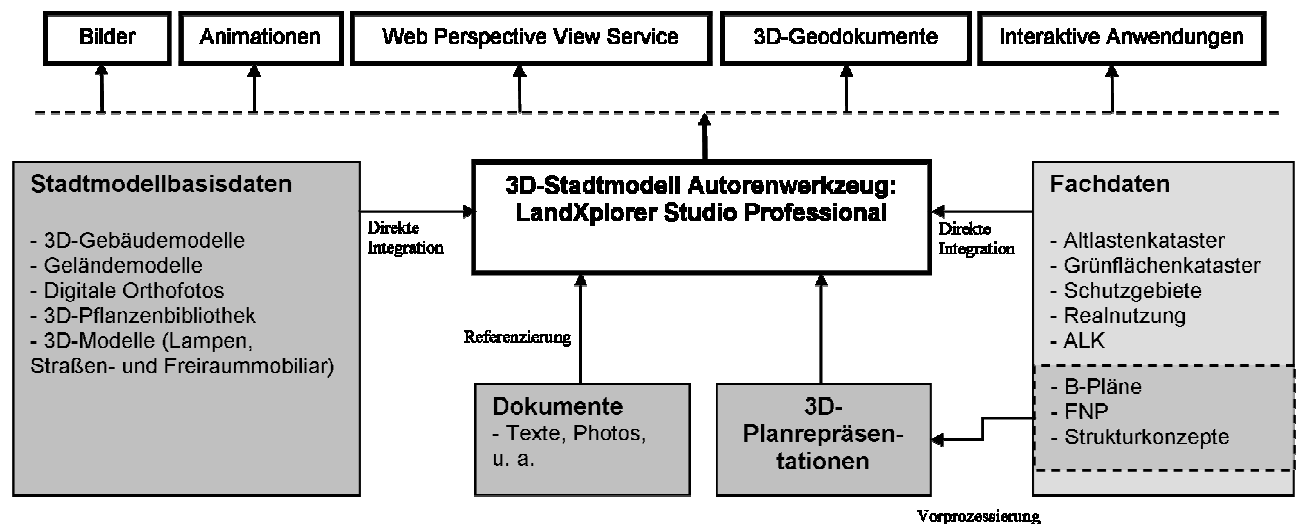


Abbildung 1: Systemdesign für das vorgestellte Flächeninformationssystem für Potsdams Mitte

3.2 Direkte Integration von Geodaten und Plänen als Geländetexturen

Die Integration von georeferenzierten Rasterdaten in das virtuelle 3D-Stadtmodell erfolgt über Geländetexturen. Es handelt sich dabei um eine Technologie, die durch heutige Computergrafik-Hardware effizient unterstützt wird und regelmäßig Verwendung findet. Einen Überblick über computergraphischen Anforderungen, Lösungsansätze und Explorationswerkzeuge auf Basis von Geländetexturen geben DÖLLNER & BAUMANN (2005). Zur Visualisierung von Geovektordaten können diese ebenfalls auf das Gelände gelegt werden. Zur Vermeidung von visuellen Artefakten werden die Vektorlayer dabei in LandXplorer Studio auf das Gelände projiziert, so dass keine Unter- und Überschneidungen mit diesem auftreten. Die Sachdaten der Geobjekte bleiben bei diesem Verfahren im vollen Umfang erhalten und können für Abfragen und zur thematischen Einfärbung genutzt werden und die Geometrien sind interaktiv editierbar (DÖLLNER ET AL., 2005). LandXplorer-spezifisch ist, dass die Texturdaten in der Menge nahezu unbeschränkt sein können, da ein entsprechender Multiresolutionsansatz die Visualisierung in Echtzeit ermöglicht und dass Raster- und Vektordaten in beliebiger Lage, Ausdehnung und Überlappung kombiniert werden können.

Gegenüber den Geodaten sind die bereitgestellten Pläne nicht georeferenziert, so dass hier zunächst eine Vorprozessierung nötig war. Die Integration der referenzierten Pläne erfolgte dann wiederum als Geländetextur. Weitere Datenaufbereitungsschritte sind für die Integration von Legenden nötig, weil diese in LandXplorer nicht direkt bearbeitet werden können. Deshalb werden die Legenden in einem GIS oder einem Grafikprogramm als Rastergrafiken angelegt und dann als ein- und ausblendbares Wasserzeichen in die Visualisierung integriert.

3.3 Integration von Plänen durch Transformation in 3D-Planrepräsentationen

Um eine Visualisierung der räumlichen Veränderungen einer Planung zu ermöglichen, wurden ausgewählte Pläne exemplarisch in 3D-Planrepräsentationen transformiert und in das Modell integriert. Dazu wurden zunächst die im Plan eingetragenen Gebäudegrundrisse mit den ebenfalls angegebenen Höhen extrudiert. In einem zweiten Schritt erfolgte die Zuweisung einer abstrahierten Fassadentextur, damit die Geschossigkeit

der geplanten Bauwerke visuell erkennbar wird. Zuletzt wurden die Gebäude mit einem globalen Illuminationsmodell beleuchtet, damit die Darstellung Tiefe gewinnt.

Zur Integration der 3D-Planrepräsentationen in das 3D-Stadtmodell müssen bestehenden Gebäudemodelle und 3D-Objekte innerhalb der Plangebiete entfernt werden um Artefakte durch überlappende Stadtmodellobjekte zu vermeiden. Da aber ein interaktives Umschalten zwischen Plan und Bestand möglich sein soll, ist es nicht zweckdinglich Bestandsgebäude zu löschen. Stattdessen wurden die Gebäudemodelle in Gruppen unterteilt, die durch die räumliche Ausdehnung der einzelnen Plangebiete definiert sind, so dass Bestand und Planung angezeigt werden können.

3.4 Indirekte Integration von Fachinformationen, Texten, Fotos und weiteren digitalen Inhalten

Neben den raumbezogenen Daten, die sich als 3D-Objekte oder Texturen direkt in das 3D-Stadtmodell integrieren lassen, existiert eine Vielzahl von Sekundärdaten. Dazu zählen beispielsweise Begründungen und textliche Festsetzungen zu B-Plänen oder Texte, Photos und Architekturzeichnungen zu den Strukturkonzepten, allgemeine Verfahrensdaten und andere Informationen mehr. Diese werden in das System eingebunden, indem sie mit Objekten im Stadtmodell verbunden werden. Dazu können entweder 3D-Objekte im Modell direkt mit Aktionen verbunden werden, die bei einem Klick auf das Objekt Dateien aufrufen oder es werden Textlabel, Buttons oder Symbole in das Modell eingefügt, an die dann die Aktionen gebunden werden. In der derzeitigen Implementierung verweisen die integrierten Aktionen direkt auf einzelne Dateien, zukünftig soll aber ein Content Management System aufgebaut werden, um die Administration und Fortführung der digitalen Inhalte zu erleichtern.

3.5 Erprobung und Evaluierung des Flächeninformationssystems

Der aktuelle Stand des Flächeninformationssystems wurde innerhalb einer Projektberatungsitzung von Vertretern der Stadt und der Wirtschaft sowie in Arbeitssitzungen mit Mitarbeitern der Stadtverwaltung und Vertretern der Immobilienwirtschaft begutachtet. Dabei wurden die Erwartungen, Verbesserungsvorschläge und Anforderungen protokolliert, so dass praxisnahe Anforderungen und Werkzeuge identifiziert werden konnten.

Für 2008 ist weiterhin die Realisierung eines Web Perspective View Services (WPVS) geplant, der in den Internetauftritt der Stadt Potsdam integriert werden soll. Über den Dienst ist eine Auslieferung von Bildern des 3D-Stadtmodells möglich, wobei der Nutzer mittels Kameraparametern die Blickrichtung und den Blickwinkel steuern kann. Damit lässt sich ein Zugang zu einem 3D-Stadtmodell für breite Nutzerschichten realisieren ohne das clientseitig ein Browser-PlugIn oder zusätzliche Software benötigt wird.

4 ERGEBNISSE

Mit bestehenden Methoden lassen sich heterogene raumbezogene Datenbestände zu komplexen Informationssystemen auf Basis virtueller 3D-Stadtmodelle systematisch und effizient aggregieren. Die Abbildung 2 a) bis d) zeigen exemplarische Ergebnisse der Datenintegration. In Abbildung 2a) ist der B-Plan für den neuen Landtagsstandort als Geländetextur dargestellt. Durch die visuelle Darstellung im räumlichen Umfeld ist eine schnelle Kognition der räumlichen Auswirkungen möglich, die insbesondere eine Neugestaltung der Verkehrsführung nötig machen. Gleichzeitig können Fachanwender, die mit den Planzeichenvorschriften vertraut sind, diese direkt im Modell erkennen und interpretieren. Abbildung 2b) verdeutlicht exemplarisch die direkte Integration von Geo-Fachdaten anhand eines Layers des Altlastenkatasters. Die Attributdaten der Geoobjekte können manuell oder über Attributabfragen abgerufen und interaktiv im Modell editiert werden. In 2c) sind weitere Planungsdaten durch Label und Symbole in das Modell integriert worden, die durch einen Mausklick abgerufen werden können. Abbildung 2d) enthält eine 3D-Planrepräsentation des Strukturkonzeptes zur Speicherstadt, die aus vorliegenden Plänen abgeleitet wurde. Dazu werden der Grundriss, die Stockwerkszahl und die absolute Höhe der Gebäude sowie eine abstrakte Fassadentextur benötigt. Aus dem Flächeninformationssystem wurden Ansichten für Beratungen in der Stadtverwaltung und Animationen erstellt und es wurde ein 3D-Geodokument erzeugt, dass in Verbindung mit einer Viewer-Anwendung auf DVD ausgeliefert und betrachtet werden kann.

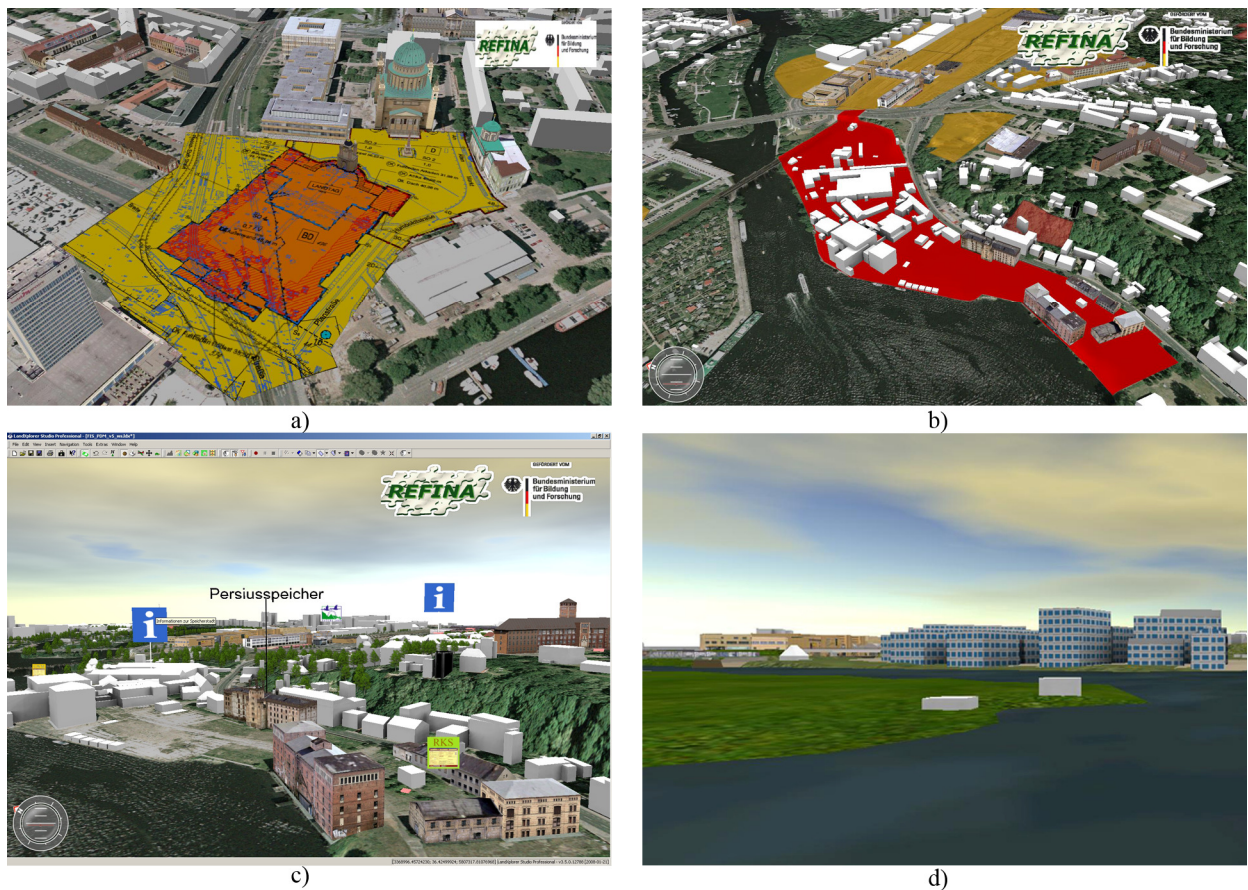


Abbildung 2: Unterschiedliche Integrationsformen für a) Rasterdaten (B-Plan als Geländetextur), b) Vektordaten (Altlastenverdachtsflächen als Geländetextur), c) Zusatzinformationen (Hintergrundinformationen zu Objekten und Flächen durch Label, die mit weiterführenden digitalen Dokumenten verbunden sind) und d) 3D-Planrepräsentationen (3D-Darstellung eines Strukturkonzeptes durch abstrakte Gebäudemodelle)

5 DISKUSSION UND AUSBLICK

Die bisher erfolgte Evaluierung des Systems durch Vertreter der Stadt und der Immobilienwirtschaft zeigt das große Interesse unterschiedlicher Nutzergruppen an der entwickelten prototypischen Anwendung. Als Anwendungsszenarien werden u. a. die Optimierung von Plänen durch visuelle Überprüfung und interaktive Editierung der Höhenkonzepte, die Nutzung als Planinformationssystem für die Öffentlichkeit und der Vermarktung von Bauflächen und Immobilien gesehen. Darüber hinaus wurden weitergehende Fachfunktion identifiziert, die u. a. eine Funktion zur Ermittlung von geeigneten Dachflächen für Photovoltaikanlagen, die Erstellung von 3D-Lärmkarten oder die Prüfung der Auswirkung von Plänen auf das Mikroklima (Kaltluftbahnen, Wind) umfassen.

Gleichzeitig wurde deutlich formuliert, dass an das System hohe Anforderungen bezüglich der visuellen Qualität, der Inhalte, der Aktualität und der Benutzerfreundlichkeit gestellt werden. Neben einer inhomogenen Darstellung der Gebäudemodelle wurde insbesondere die stark vereinfachte Darstellung der Vegetation und der Flächeninfrastruktur als Herausforderungen genannt. Dem gegenüber wurde aber auch darauf hingewiesen, dass für analytische Anwendungen eine Reduzierung der Details möglich sein sollte. Eine zentrale Aufgabe über die Laufzeit des Projektes ist daher die weitere Detaillierung und Qualifizierung des virtuellen 3D-Stadtmodells. Dazu wird nach Prüfung der Aktualität und Genauigkeit der Gebäudedaten eine automatisierte Texturierung der LOD-2 Gebäude aus Schrägluftbildern erfolgen (3D GEO GMBH, 2008), so dass je nach Fragestellung ein flächendeckend texturiertes oder ein abstraktes Modell genutzt werden kann. Darüber hinaus soll eine detaillierte Vegetationsdarstellung auf Basis hochwertiger 3D-Pflanzenmodelle der Firma Lenné3D GmbH (www.lenne3d.com) erfolgen und Transformations- und Bearbeitungskonzepte für eine 3D-Flächeninfrastruktur entwickelt werden.

Aus Sicht eines Fachnutzers, der Flächeninformationssysteme auf Basis virtueller 3D-Stadtmodelle aufbauen und unterhalten soll, können weitere Anforderungen definiert werden. Die aktuelle Konzeption des Systems, bei der Stadtmodelldaten und Fachdaten als Dateien vorliegen und über das Autorensystem

zusammengestellt werden, kann nicht als nachhaltig beurteilt werden, da die Aktualisierungen von Daten durch Neubeschaffung und ggf. manuelle Aufbereitung ein fehleranfälliger und zugleich zeit- und arbeitsintensiver Prozess ist. Deshalb sind zukünftig automatisierte Lösungen auf der Basis von Diensten und Transformationsfunktionen aufzubauen. Grundlegende Bausteine hierfür sind die Umstellung des Prototypen auf den LandXplorer 3D Geo Server, der Aufbau eines Content Management Systems für Sekundärdaten und die Spezifikation und Implementation einer neuen Objektklasse für Pläne.

Die Umstellung auf den LandXplorer 3D Geo Server macht es möglich Geo-Fachdaten direkt über OGC-Web-Services einzubinden, wodurch die Datenaktualisierung wesentlich vereinfacht wird. Gleichzeitig bietet der Server Erweiterungen mit denen Inhalte des Flächeninformationssystem über WPVS oder Google Earth bereitgestellt werden können, wodurch breitere Zielgruppe angesprochen werden können.

Die in Entwicklung befindliche Objektklasse „Plan“ soll die Integration von 3D-Planrepräsentationen vereinfachen und gleichzeitig Geometrien und Planeckdaten berechnen. Die zentrale Komponente der Klasse ist ein Plangebäude, das durch Grundrisse, Gebäudehöhen und die Anzahl der Stockwerke definiert wird. Aus diesen Angaben soll automatisiert eine abstrakte Planvisualisierung erfolgen. Als zweite Komponente enthält die Klasse ein Plangebiet, das durch ein Polygon definiert wird und den räumlichen Geltungsbereich des Planes beschreibt. Durch Angabe des Plangebietes können Bestandsgebäude automatisch selektiert und ausgeblendet werden und gleichzeitig können Planungseckdaten wie die Gesamtfläche, das Verhältnis von Gesamtfläche zu überbauter Fläche oder das Verhältnis von Bruttogeschossfläche zur Gesamtfläche berechnet werden.

6 FAZIT

Bisher konnte gezeigt werden, dass sich auf Basis aktuellen Stadtmodelltechnologien komplexe urbane Informationsräume systematisch und effizient aufbauen lassen. Im weiteren Projektverlauf wird der Potsdamer Prototyp systematisch auf einen Server-basiertes System übertragen und kontinuierlich fortgeführt, wodurch einerseits ein breiterer Nutzerkreis Zugriff erhält und andererseits die Administration, die Integration von Geo-Fachdaten und die Aktualisierung erleichtert werden.

Aus Sicht eines Fachanwenders wird festgehalten, dass die vorhandenen Fachfunktionen und Schnittstellen sich bedingt eignen um die einzelnen räumlichen Inhalte zu komplexen und photorealistischen städtischen Informationsräumen zusammenzustellen. Während für die Erfassung, Integration und Visualisierung von digitalen Geländemodellen, Gebäudemodellen und 2D-Geoinformationen ein effizientes Instrumentarium verfügbar ist, stellt die Erfassung, Integration und Visualisierung von realistischen Vegetationstrukturen und der Flächeninfrastruktur immer noch eine große Herausforderung dar.

7 FÖRDERVERMERK

Das Projekt “Flächeninformationssysteme auf Basis virtueller 3D-Stadtmodelle“ wird im Rahmen des Förderschwerpunktes REFINA (www.refina-info.de) vom Bundesministerium für Bildung und Forschung der Bundesrepublik Deutschland unter der Projektkennzeichen 0330782 gefördert.

8 QUELLENVERZEICHNIS

- 3D GEO GMBH: LandXplorer Professional Studio. Informationen unter: <http://www.3dgeo.de/ldxstudiopro.aspx>.
- 3D GEO GMBH: Adieu Tristesse. Pressemitteilung vom 3. März 2008. Online unter: <http://3dgeo.de/news.aspx?Article=139>
- BBR/BMVBS, 2006: Perspektive Flächenkreislaufwirtschaft. Kreislaufwirtschaft in der städtischen/stadtreionalen Flächennutzung – Fläche im Kreis. Ein ExWoSt-Forschungsfeld, Band 1 Theoretische Grundlagen und Planspielkonzeption, Bonn.
- BUNDESREGIERUNG: Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Online unter: http://www.bundesregierung.de/Content/DE/___Anlagen/2006-2007/perspektiven-fuer-deutschland-langfassung.html
- DÖLLNER, J. & BAUMANN, K., 2005: Geländetexturen für die Präsentation räumlicher Informationen in 3D-GIS. In: Coors & Zipf (Hrsg.): 3D-Geoinformationssysteme – Grundlagen und Anwendungen. S. 217-230, Wichmann Verlag, Heidelberg.
- DÖLLNER, J., BAUMANN, K. & BUCHHOLZ, H., 2005: Representation and Interactive Editing of Vector Data in Virtual Landscapes. In: Buhmann, Paar, Bishop & Lange (Hrsg.): Trends in Real-Time Landscape Visualization and Participation. Proc. at Anhalt University of Applied Sciences 2005. S. 124-131, Wichmann Verlag, Heidelberg.
- OGC, 2007: Candidate OpenGIS CityGML Implementation Specification (City Geography Markup Language). Open Geospatial Consortium Inc. project document OGC 07-062 – Online abrufbar unter: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=22120.