

---

**Projektbeschreibung des RealGIS  
ein Entwicklungsprojekt des Deutschen Forschungszent-  
rums für Künstliche Intelligenz und der CAIGOS GmbH  
(12/2010)**

Gefördert durch ZIM („Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand“ des Bundes-Ministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi))

**Projektpartner:** CAIGOS GmbH, DFKI GmbH

**Projekt:** RealGIS

## Übersicht

<b>1 Projektziele .....</b>	<b>2</b>
<b>2 Geplante Funktionalität von RealGIS .....</b>	<b>3</b>
<b>3 Stand der Technik GIS-Systeme .....</b>	<b>4</b>
<b>4 Stand der Technik Visualisierung .....</b>	<b>6</b>
<b>5 Der Innovative Kern des Projektes .....</b>	<b>8</b>
<b>6 Neue Technologiegebiete für CAIGOS .....</b>	<b>10</b>
<b>7 Projektpartner DFKI .....</b>	<b>10</b>

## Projektbeschreibung des Projekts „RealGIS“

### 1 Projektziele

Ziel des Projektes "RealGIS" ist die Entwicklung einer Schnittstelle zur Anknüpfung des Geoinformationssystems CAIGOS-GIS der CAIGOS GmbH an die Echtzeit-Visualisierungsplattform "ISReal" der Arbeitsgruppe "Agenten und Simulierte Realität" von Prof. Slusallek am Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz. Weiterhin soll ein gemeinsames Datenmodell entwickelt werden, das die gemeinsame Nutzung von GIS und Visualisierungsmethoden einheitlich unterstützt.

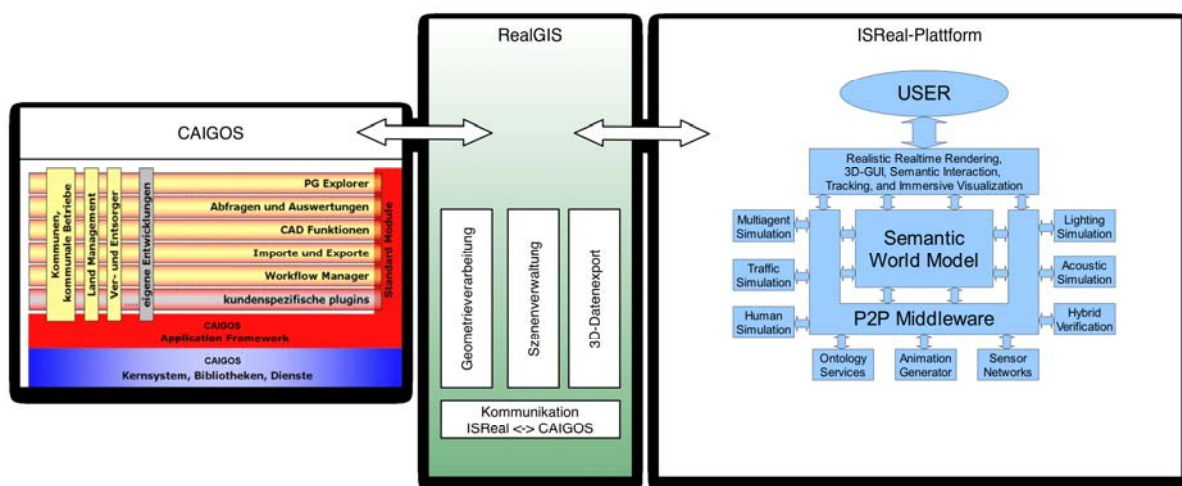


Abbildung 1 - Aufbau des Systems

Diese Verknüpfung macht es möglich, die in CAIGOS vorliegenden, z. T. hochkomplexen Geoinformationen in einer neuen, dreidimensionalen Art und Weise darzustellen, die bisherige Darstellungsmöglichkeiten von GIS Systemen in Bezug auf die Größe und Komplexität der virtuellen 3D-Modelle, den erreichbaren Realismus, sowie die Bildqualität weit überschreitet.

Das geplante RealGIS System erweitert als umfangreiches Zusatzmodul den Funktionsumfang von **CAIGOS mit den hochstehenden Visualisierungsfunktionalitäten** des ISReal Systems. Es ermöglicht die automatisierte Erzeugung und Darstellung großflächiger, komplexer, dreidimensionaler Modelle, welche auf real vorliegenden, aktuellen Geodaten basieren. RealGIS erlaubt es Planern und Entscheidungsträgern ihre Vorhaben in einem größeren Zusammenhang darzustellen, mehr Information gleichzeitig visuell in Beziehung zu setzen und somit die Wirkungen von Planungen und Entscheidungen im Zusammenhang besser zu beurteilen.

Die neuen Visualisierungsmöglichkeiten werden die Zukunftsfähigkeit und **Marktfähigkeit des CAIGOS Systems** verbessern und **neue Anwendungsgebiete** erschließen, die auf qualitativ hochwertige Visualisierungen angewiesen sind. CAIGOS wird sich dadurch deutlich von anderen GIS Systemen abheben. Die Integration der neuen, hochparallelen Visualisierungsverfahren des DFKI wird CAIGOS zusätzlich wertvolles Know-How für die optimale Nutzung der nächsten und übernächsten Hardwaregeneration von hochparallelen Multi- und Manycore-Prozessoren bringen, so dass sich auch daraus ein Wettbewerbsvorteil ergibt.

## 2 Geplante Funktionalität von RealGIS

Mit dem ISReal System hat das DFKI einen leistungsstarken Visualisierungskern, mit dem es möglich ist, Szenen darzustellen, deren Komplexität heute übliche Szenen weit übersteigt. Diese Leistung soll in RealGIS zum einen dazu genutzt werden, Szenen in hoher Qualität und/oder mit großer Ausdehnung darzustellen. Kommunale Gebiete erstrecken sich über mehrere Quadratkilometer. Selbst ein relativ grobes Geländemodell von 1m Auflösung hat also schon 1 Million Punkte pro Quadratkilometer. Hinzu kommen noch Gebäude, Verkehrswege, Brücken und Bewuchs. Bisher können solche Modelle nur stark vereinfacht großräumig dargestellt werden. RealGIS soll neue Ansätze beinhalten, die solch große Modelle visualisierbar machen.

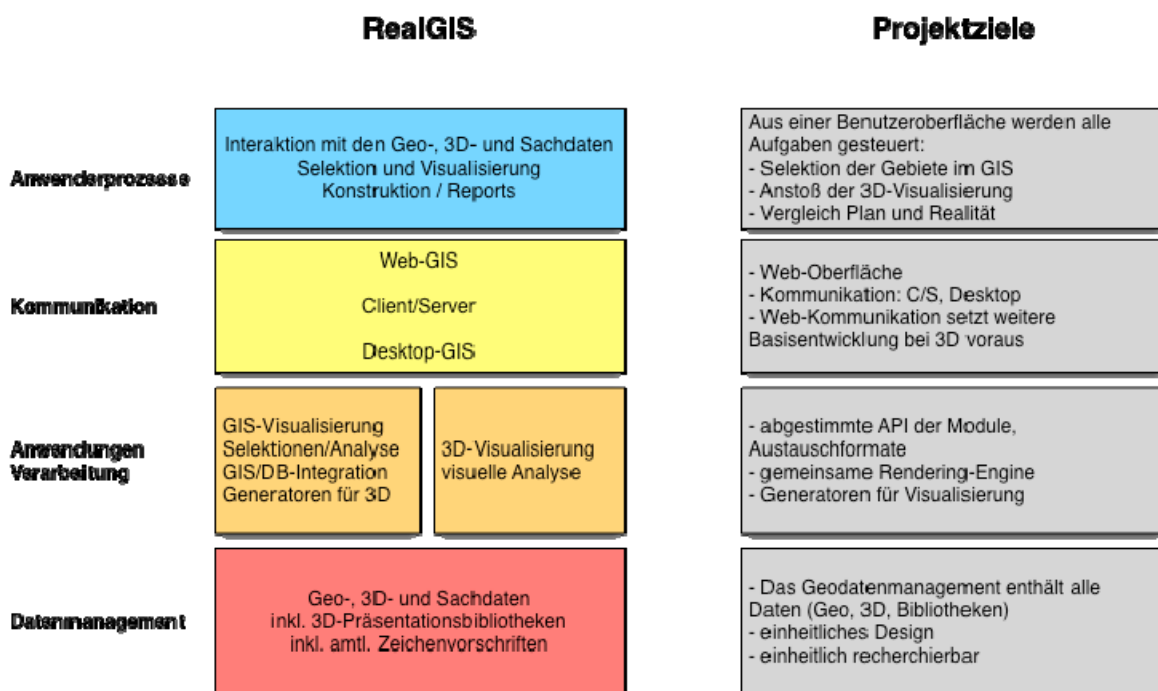


Abbildung 2 - Zielstruktur des Produktes

**RealGIS Basismodul:** Die beiden Plattformen CAIGOS und ISReal sind heute schon ausgereifte Softwaresysteme auf deren Basis RealGIS als Modul entwickelt werden soll (Abbildung 1). Dabei wird RealGIS kein integraler Bestandteil der Basissysteme werden, sondern durch die Verwendung von XML-basierten Standardformaten (z.B. XML3D, CityGML) ein eigenständiges Modul welches einen flexiblen Einsatz und eine unabhängige Weiterentwicklung gewährleistet.

**Beschleunigungsdatenstrukturen:** Der Grund für den Leistungsvorteil in Bezug auf die Visualisierung der ISReal-Plattform liegt in den ausgeklügelten Beschleunigungsdatenstrukturen, auf denen das Ray-Tracing-Verfahren aufbaut. Da deren Erzeugung aber sehr zeitaufwändig ist, sollen Möglichkeiten entwickelt werden, um diese in CAIGOS ablegen zu können. Dies erfordert entsprechende Datenstrukturen im Visualisierungskern. Die grundlegenden Datenstrukturen und Algorithmen sind in ISReal zwar schon vorhanden, müssen aber an die Bedürfnisse der Geodatenvisualisierung angepasst werden.

**Instanziierung:** Weitere Leistungssteigerungen lassen sich durch die sogenannte Instanziierung erreichen. Die aus CAIGOS gelieferte Information über Lage und Ausdehnung

## Projektbeschreibung

### RealGIS

## Entwicklungen eines interaktiven 3D-GIS

z.B. eines Waldgebietes soll in RealGIS in ein dreidimensionales Modell umgesetzt werden, welches dieses Gebiet durch Referenzierung auf wenige Baummodelle mit hunderten oder tausenden Einzelpflanzen besiedelt. Dadurch lässt sich die visuelle Komplexität gemessen in der Anzahl der Polygone erheblich steigern, ohne den Nachteil, dass alle diese Objekte einzeln gespeichert werden müssen.

**Manipulation von 3D-Objekten:** RealGIS soll die Möglichkeit der Manipulation von 3D-Objekten bieten, so dass z. B. deren Lage verändert und angepasst werden kann und die Überlagerung von Geoinformationsebenen und dem passenden 3D-Modell möglich werden.

**Speicherung und Verwaltung großer 3D-Modelle:**

**CAIGOS soll in RealGIS zur Speicherung und Verwaltung aller 3D-Informationen** (Lage, Ausprägung, Visualisierungsoptionen, Visualisierungsmethoden, Bibliotheken von vorgefertigten zu parametrisierenden „Filmen“, VRML, CityGML ea) verwendet werden. Dies wird RealGIS von bisherigen GIS-Systemen abheben, in denen eine Speicherung von 3D-Daten und damit deren kontinuierliche Pflege und Weiterentwicklung nicht möglich sind. Es müssen Schnittstellen entwickelt werden, die es erlauben, große 3D-Modelle und ihre Beschleunigungsdatenstrukturen mit CAIGOS zu verwalten. Zusätzliche Informationen über die 3D-Szene wie Beleuchtung, Betrachterposition, Tageszeit etc. werden ebenso gespeichert und durch entsprechende APIs nach außen verfügbar gemacht werden.

Da RealGIS ein möglichst **flexibles und offenes Modul** sein muss, muss es über **standardisierte Schnittstellen** verfügen. In beiden Basisplattformen kommen XML basierte Formate zum Einsatz. Zur Beschreibung und Speicherung von 3D Objekten und ganzen Modellen soll das ebenfalls vom Forschungsbereich ASR entwickelte Format XML3D verwendet werden. Verwandte Standards wie X3D, CityGML oder Collada werden ebenfalls untersucht und gegebenenfalls unterstützt.

Neben diesen formatbedingten Betrachtungen sollen für eine **direkte Verbindung zwischen CAIGOS und ISReal Aspekte des Streamings der geometrischen und geographischen Daten** analysiert werden. Die Implementierungsmethode muss werden des Projektes erarbeitet werden.

### 3 Stand der Technik GIS-Systeme

Geoinformationssysteme werden seit langem im kommunalen Umfeld zur Verwaltung georeferenzierter Objekte eingesetzt. Einige Beispiele sind

- das digitale Liegenschaftskataster, welches als Teil des Grundbuchs als Verzeichnis aller Grundstücke dient
- die Planung von Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen für Wasser, Gas oder Strom, eng verknüpft mit der Planung von Neuansiedlungen privater oder gewerblicher Nutzer
- die Verkehrswegeplanung
- Bebauungs-, Flächennutzungs- und Regionalplanungen
- die Pflege der Landschaft und der kommunalen Begrünung

- 
- die Bestimmung der Oberflächenversiegelung durch Bebauung
  - die Dokumentation von Nutzungsarten und Erträgen landwirtschaftlich genutzter Gebiete Angaben über Natur- oder Wasserschutzgebiete.

Selbst bei kleinen Kommunen sind diese Datenbestände sehr umfangreich und komplex. Bei kleinen Kommunen kann man sich wegen der vermutlich hohen Investitionskosten vorstellen, **RealGIS als Dienstleistung direkt oder über Dienstleistungspartner** anzubieten

Derzeit sind die üblichen **Präsentationen jedoch fast ausschließlich in zweidimensionaler Form** in den entsprechenden Systemen vorhanden, obwohl wie etwa bei CAIGOS die Daten in 3D geführt werden können. Derartige Kartendarstellungen sind jedoch nicht für alle Anwendungszwecke ausreichend. Heutige Planungsverfahren werden zunehmend durch dreidimensionale Darstellungen unterstützt und architektonische Entwürfe als 3D-Modell ausgeführt. Auch ist für viele Anwendungsfälle (Räumliche Lage verschiedener Objekte zueinander, Sonnenstandberechnungen, etc.) eine dreidimensionale Ansicht der Daten notwendig. Viele Kommunen, so z.B. die Stadt Saarbrücken, zeigen bereits ein Bestreben aus diesen Gründen dreidimensionale Stadtmodelle aufzubauen.

Die Idee der Integration von GIS und Architektur erhält durch die neuerlichen Entwicklungen und Vereinbarungen rund um die GDI-DE (Geo-Daten Infrastruktur Deutschland) - einer Vereinbarung zwischen den Ländern und intendiert durch die EU Gesetzgebung (kurz INSPIRE) – weiteren Nachdruck. Die Verwaltungen sollen ein System aufbauen, in dem der **Austausch und die Bereitstellung von Geobasisdaten** geregelt möglich sind. Wir erwarten insbesondere bei den Kommunen, Kreisen und Ländern den höchsten Bedarf. Hier wird zwischen den Beteiligten gefordert, Verfahrensdaten (Flächennutzungsplanung, Bebauungsplanung) auszutauschen. Insofern tangieren wir mit diesem Projekt unmittelbar das Thema E-Government.

Zwar gibt es bereits für das Erstellen von realistischen 3D-Modellen verschiedene Spezialsoftware, jedoch ist diese im Falle von klassischer 3D-Modellierungssoftware (Cinema4D, 3D-StudioMax, Maya, etc.) **bisher nicht mit einem GIS gekoppelt**. Hingegen ist bei Softwarelösungen, die in der Lage sind aus Geodaten 3D-Stadtmodelle zu erzeugen, der erreichbare Realismusgrad als eher gering zu bewerten. Interaktive, großräumige und realistische Stadt- bzw. Landschaftsmodelle sind mit diesen Produkten derzeit nicht möglich (Autodesk LandXPlorer, Bentley 3D-GIS, etc.). Anwendungen wie Google Earth oder Microsoft Bing Maps stellen zwar Landschaftsmodelle dar, basieren aber nicht auf den exakten und aktuellen Daten eines GIS und bieten nur eine begrenzte Qualität in der Darstellung.

Hinzu kommt, dass mit der Verbesserung der Erfassungsmethoden (Laser-Range-Scanning, hochauflösende Orthofotos) und der Weiterentwicklung der Entwurfswerkzeuge die Datenmenge stetig ansteigt. Detaillierte großräumige 3D-Darstellungen in hoher Qualität sind daher heute entweder gar nicht oder nur nach aufwendigen und damit teuren Offline-Berechnungen verfügbar.

Die Prozessübergänge in die Welt der Architektur sind heute nicht automatisiert. Das liegt zum einen an noch nicht ausreichenden Normen und Standards, zum anderen an einer universellen Sicht auf die datenführenden Systeme. Ein universelles Design einer Datenhaltung, die der GIS-Welt und der Architektur dient, ist nicht existent. Die Bedürfnisse

---

hinsichtlich der Datenhaltung sind bislang nicht abgestimmt. Erforderliche Schnittstellen, welche die 3D-Welt der Architektur bedient, gibt es nicht.

Weiterhin sind die Visualisierungstechniken und Verarbeitungsalgorithmen in beiden Welten nicht aufeinander abgestimmt, so dass keine direkte Kommunikation möglich ist. Hier sollen offene Schnittstellen auf der Basis der sich entwickelnden Industrie-Standards implementiert werden.

Bisher existieren keinerlei kommerziell verfügbare GIS-Komponenten, die einen mit RealGIS vergleichbaren Funktionsumfang bieten. RealGIS wird hier einen entscheidenden Qualitätsvorteil durch eine interaktive großräumige Visualisierung der komplexen Datenbestände bringen.

Im Bereich der Geoinformationssysteme gibt es bereits Standardisierungsversuche für 3D-Dateiformate, wie beispielsweise CityGML [Id07] welches sich mit den Problematiken bei der Überführung von 2D-GIS-Daten in 3D-Geometrie befasst. Bezüglich der Darstellung von weiträumigen Landschaften gibt es bereits verschiedene Ansätze (Abbildung 4), die zwar teilweise recht realistische Darstellungen ermöglichen aber ihre Daten nicht aus einem GIS beziehen.

#### 4 Stand der Technik Visualisierung

Das in ISReal eingesetzte Verfahren zur Visualisierung basiert auf dem hochparallelen Ray-Tracing Algorithmus. Im Gegensatz zu dem auf heutigen Graphikkarten eingesetzten Verfahren der Rasterisierung hat Ray-Tracing einige entscheidende Vorteile die es gerade für den professionellen Einsatz interessant werden lässt.

Ray-Tracing modelliert die Lichtausbreitung mithilfe von Strahlen, die üblicherweise vom Betrachterstandpunkt in die virtuelle Szene gesandt werden und dort Geometrie schneiden. An diesem Schnittpunkt können die Beleuchtung und die Oberflächeneigenschaften bestimmt werden und, in Abhängigkeit der Oberflächeneigenschaften und Beleuchtungsberechnung, können weitere Strahlen in die Szene geschossen werden, um z.B. Verschattung oder Spiegelung berechnen zu können.

Da sich der Ray-Tracing-Algorithmus dabei eng an den physikalischen Modellen der linearen Lichtausbreitung orientiert, weisen die Ergebnisse eine hohe Realitätstreue und Verlässlichkeit auf. Aufgrund der physikalisch korrekten Berechnung von Beleuchtung, Schattenwurf, Reflexion, Brechung etc. erlaubt Ray-Tracing fundierte Beobachtungen, verlässliche Aussagen und präzise Vorhersagen.

Eine der wichtigsten Eigenschaften des Ray-Tracing-Verfahrens ist der logarithmische Zuwachs an Leistungsanforderung in Bezug auf die Szenengröße bei einer üblichen Struktur der Szene. Anders als bei der Rasterisierung, welche einen linearen Leistungszuwachs fordert, können mit Ray-Tracing große Szenen besser verarbeitet werden.

Darüber hinaus lässt sich Ray-Tracing gut parallelisieren. Da die in die Szene gesandten Strahlen aus Sicht der Beleuchtungsberechnung unabhängig voneinander sind, können diese auch unabhängig voneinander berechnet werden. Dies macht Ray-Tracing gerade für eine Implementierung auf Many-Core-Prozessoren, Mehrprozessorsystemen oder gar Rechner-Clustern interessant.

Da das in Saarbrücken entwickelte Ray-Tracing ein reines Software-Verfahren ist, beschränken auch die in der Regel engen Grenzen der Graphikhardware nicht die Leistungsfähigkeit. Während bei der Rasterisierung die Graphikkarte enge Schranken in Bezug auf Szenen- oder Texturgrößen vorgibt, sind die Grenzen für eine Softwareimplementierung, die auf handelsüblichen Rechnern läuft, viel weiter gesteckt.



Abbildung 3 -  
Visualisierung eines 80x80km großen Datensatzes mit 134 Millionen  
Dreiecken



Abbildung 4 - Real-time rendering and editing of vector-based terrains

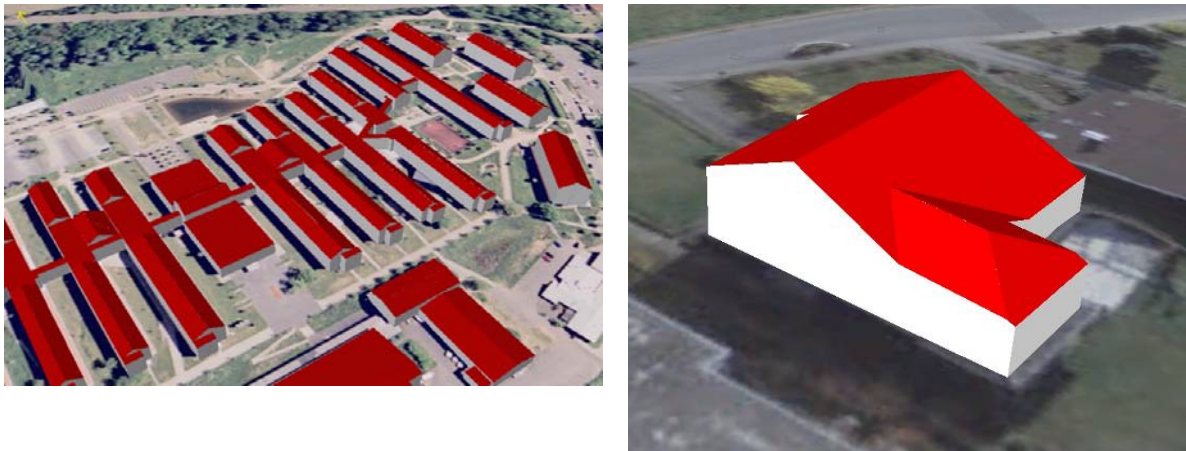


Abbildung 5 – Visualisierungen erzeugt aus dem GIS, eingepasst in Orthophotos, maßstäblich, ohne Landschaft und Texturen, nicht bewegungsaktiv, keine Expositionen (Licht)

Abbildung 5 zeigt die Möglichkeiten der Visualisierung aus dem GIS heraus. Die Grenzen liegen in der Flexibilität. Bilder werden oft einzeln gerechnet. Eine neue Sicht erfordert eine neue Berechnung. Die Texturen und Objekte sind zu abstrakt. Interaktives Bedienen ist nur eingeschränkt möglich. Dennoch: alles ist maßstabsecht.

## 5 Der Innovative Kern des Projektes

Unserem Wissen und unserer Einschätzung nach handelt sich bei dieser Entwicklung um **das erste interaktive 3D-GIS**. Das Vorhaben reicht weit über die heutigen „State-of-the-Art“-Technologien hinaus. Die folgenden herausragenden Eigenschaften charakterisieren die Innovation:

### 1. Gemeinsame Datenbasis für klassische GIS-Aufgaben und für die 3D-Visualisierung

Bislang werden die Datenhaltungen für GIS und 3D-Visualisierungen getrennt gehalten. Für die Visualisierung werden individuelle und spezifische dateibasierte Datenhaltungen aufgebaut, die im Wesentlichen einem Zweck und nur für ein spezifisches Gebiet gelten. Die Datenhaltungen für die Visualisierungen sind bislang auch nicht Datenbank basiert. Die erbrachte Dienstleistung konnte nur begrenzt auch für andere Szenarien wieder verwendet werden.

Diese Datenhaltungen genügten in aller Regel auch keinem Standard, sondern waren auf die spezifische Visualisierungstechnik ausgerichtet. Hierzu waren bei Modifikationen im GIS Nacharbeiten im Präsentationsbestand erforderlich. Die Arbeiten setzten spezifische Kenntnisse der Visualisierungstechnik voraus, waren nur durch Spezialisten zu erbringen und sehr teuer. Diese Vorgehensweise hat einen eher ver hindernden Charakter.

Im Bereich des GIS gibt es im Hinblick auf die Kodierung von Daten (z. B. ALKIS), Web-Mapping-Techniken (z. B. OGC) und bei der Datenhaltung (z. B. Oracle Spatial) haben Standardisierungen eine längere Tradition. Die Erfahrungen aus diesem Bereich zusammen mit den Empfehlungen des IFC (BIM-Building Information Modeling) wer-

---

den erstmals in ein Daten-Modell gebracht, das den integrierten GIS/3D-Visualisierungs-Client befrieden kann.

## 2. Web- und Browser basierte und integrierte GIS/3D-Anwendung

Visualisierungen galten bisher als Spezialisten-Terrain. Die Anwendungen im Web verfügbar zu machen, ist ebenso Neuland wie Herausforderung. Das Web stellt aber heute Techniken für die Integration zur Verfügung. Hier ist das XML-3D zu nennen. **Diese Technik wird in dem FuE-Projekt für die kombinierte Nutzung von GIS und Visualisierung erstmalig benutzt.**

Unabhängig von der Nutzung der Anwendung (Selektion, Interaktion, Präsentation) im Web werden komplexe Ausgaben wie z. B. auf interaktiven Panoramawänden unterstützt. Der Anwender kann sich im Web das zu visualisierende Gebiet in der Web-Anwendung definieren und es interaktiv auf dem Panoramaschirm erleben.

## 3. Online-Rendering der Szenen für beliebige Bereiche

Bislang basierte die Visualisierung auf vorgerechneten Datenbeständen. Die zu entwickelnde Datenhaltung und die Algorithmen sollen die 3D-Präsentation nun interaktiv aus einem beliebigen Kontinuum von Daten online erzeugen. Die Bibliotheken und Algorithmen müssen von entsprechender Effizienz sein.

## 4. Plattform für einen interaktiven 3D-GIS-Arbeitsplatz

Schon heute stehen im CAIGOS-GIS Algorithmen für die Berechnungen auf Flächen im 3D zur Verfügung. Eine interaktive Nutzung dieser Algorithmen in Anwendungen ist aber wegen der bislang nicht ausreichenden Visualisierungstechniken nicht umgesetzt worden.

Mit der entstehenden Technik ist aber zugleich **die Grundlage gegeben, Manipulationen an Objekten in der 3D-Darstellung vorzunehmen**.

Beispiel: Visualisiert werden Bäume im 3D.

- Das Objekt Baum wird an eine andere Stelle verschoben. Die Daten in der Datenbank können mit der neuen Position aktualisiert werden.
- Das Objekt Baum (Tanne) wird in einen anderen Typ (Eiche) verwandelt inklusive der Änderung in der Datenbank.

Neue Geometrische Analysen können zum Einsatz kommen.

Beispiel: Messungen von Abständen.

- Im GIS misst man planar. D. h. der Abstand zweier Punkte wird immer auf einer glatten nicht gebogenen Fläche ermittelt.
- Im 3D Modus kann ich die kürzeste Verbindung (Geodätische) auf einer beliebig gebogenen Fläche ermitteln.

Die Ausweitung der Entwicklungen auf das 3D-Gis ist nicht Bestandteil des FuE-Projektes. Sehr wohl aber werden damit die Grundlagen dafür gelegt.

---

## 6 Neue Technologiegebiete für CAIGOS

Mit dem RealGIS-Projekt eröffnet sich für CAIGOS ein neues und innovatives Anwendungsgebiet: Die Visualisierung real existierender großflächiger Stadt-/Landschaftsmodelle anhand existierender Datenbestände.

Dieses Technologiegebiet stellt neue Anforderungen an die bislang existierenden Methoden und Werkzeuge. So hat der Forschungsbereich ASR Erfahrung in Bezug auf die zur Visualisierung großer Datenmengen erforderlichen Algorithmen, die Anwendung dieser auf Architektur- und Landschaftsvisualisierung sowie die Verwendung eines Datenbankgestützten Systems zur Datenhaltung bedeutet Neuland zu betreten.

Durch die geplante Integration der DFKI-Algorithmen und Erfahrungen in die Produktentwicklung von CAIGOS ist eine Umsetzung der in RealGIS erarbeiteten Ergebnisse in zukünftige Produkte von CAIGOS gewährleistet.

## 7 Projektpartner DFKI

Das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz beschäftigt sich mit der Erforschung und Entwicklung anwendungsnaher Lösungen auf unterschiedlichen Gebieten. Der Forschungsbereich "Agenten und Simulierte Realität" am DFKI verfügt über langjährige Forschungs- und Entwicklungserfahrung auf den Gebieten Computergraphik, Echtzeit Ray-Tracing auf modernen Mehrkernprozessoren sowie virtuelle Realität (VR). Aktuelle Arbeiten befassen sich mit der Visualisierung komplexer geografischer Gebäude- und Architektur-Daten. Die Betrachter erhalten mit Hilfe eines VR-Systems ein realistisches Bild von Planungsvorhaben oder des Geländes.

Aktuelle Projekte nutzen die VR-Technologie beispielsweise zur Visualisierung der Neugestaltung der Innenstadt Saarbrückens im Projekt "Stadtmitte am Fluss". Diese Projekte zeigen für die Beteiligten (Planer, Architekten, Verantwortliche aus Kommunen und Politik) einen enormen Nutzen.

Unseren Kenntnissen nach gibt es keine zweite Institution, die auf diesem Gebiet derartige vielversprechende Ergebnisse vorzuweisen hat.