

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

**Band:** 87 (1996)

**Heft:** 17

**Artikel:** Virgis : Virtual Reality and Geographische Informations-Systeme

**Autor:** Pajarola, Renato / Widmayer, Peter / Stucki, Peter

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-902344>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Die zunehmenden Datenmengen in Geographischen Informations-Systemen (GIS) stellen immer grössere Anforderungen an die Visualisierung von geographischen Daten, an die Ausführung von Operationen auf diesen Daten sowie an deren Verwaltung. Immer leistungsfähigere und schnellere Computer fördern die jetzt schon enormen Grafik- und Multimediainöglichkeiten. Sie ermöglichen neue Applikationen, welche neben der Darstellung von Grafiken auch die Interaktion mit den Raumobjekten erlauben. Der vorliegende Beitrag schildert die Entwicklung des gemeinsamen Projektes Virgis der ETH Zürich und der Universität Zürich in Richtung Virtual Reality.

# Virgis – Virtual Reality und Geographische Informations-Systeme

■ Renato Pajarola, Peter Widmayer,  
Peter Stucki, Kornel Szabo

Die rasche Entwicklung auf dem Gebiet der Computergrafiksysteme ermöglicht neben der Darstellung von Grafiken vermehrt auch die Interaktion mit den dargestellten Objekten. Diese Entwicklung verlangt von den Systementwicklern, dass sie die Effizienz der Zugriffe auf die enormen Datenmengen im Auge behalten, denn ohne eine gute Datenverwaltung und die rasche Verfügbarkeit der Daten sind weder Visualisierung und Interaktion noch Operationen und Berechnungen auf den Daten möglich. Auch im GIS-Bereich tendiert die Benutzerschnittstelle in Richtung Virtual Reality (VR), da diese realitätsnahe Darstellung und intuitive Interaktionsmöglichkeiten bietet. Diese Kopplung der Verwaltung von grossen geographischen Datenmengen und deren Visualisierung und Interaktion verlangen nach flexiblen und effizienten Speichertechniken auf der Datenbankseite und nach dynamischer Szenenverwaltung auf der Visualisierungsseite.

Im Bereich von Virtual Reality existieren bereits heute zahlreiche mächtige Softwarepakete, mit denen man nicht nur dreidimensionale Szenen realitätsnah dar-

stellen kann, sondern die auch erlauben, dass man sich in diesen Szenen bewegt und mit diesen interagiert. Solche Lösungen reichen aber meist nicht aus, um komplexe und grosse Szenen wie Geländemodelle und Texturen effizient darzustellen, muss doch üblicherweise eine zu visualisierende Szene im Hauptspeicher des Rechners gehalten werden. Auch ist die Interaktion mit den Daten oft auf eine vorübergehende Manipulation beschränkt, da keine Schnittstelle zu Datenbanken vorhanden ist, die für eine persistente Modifikation der Daten nötig wäre. Auch die Verwaltung der grossen Datenmengen bereitet Schwierigkeiten, da die Zugriffe auf diese durch die Anforderungen der Echtzeitdarstellung der VR-Visualisierungskomponente sehr effizient geschehen müssen. Die bekannten GIS und Datenbanksysteme bieten viele Operationen auf den geographischen Daten an, aber nicht die gewünschte Effizienz und Flexibilität, um auf die mehrdimensionalen Daten von Echtzeitdarstellungen effizient zugreifen zu können. Überdies stützen sich die meisten GIS noch auf eine zweidimensionale Darstellung ab, im Gegensatz zu VR-Applikationen, bei denen man die Szenen in dreidimensionaler Darstellung «begehen» kann. Das in unserer Arbeitsgruppe entwickelte System Virgis verknüpft die effiziente Verwaltung geographischer Daten mit den Darstellungs- und Interaktionsmöglichkeiten von Virtual Reality. Virgis ist ein Prototyp eines um VR erweiterten GIS, welcher erlaubt, in grossen Gelände-

## Adressen der Autoren

Renato Pajarola, Prof. Peter Widmayer  
Institut für Theoretische Informatik, ETH Zürich  
Prof. Peter Stucki, Kornel Szabo, Multimedia-  
Laboratorium, Institut für Informatik  
der Universität Zürich



modellen unter Echtzeitverhältnissen zu navigieren und jeweils eine Teilszene daraus realitätsnah darzustellen. Dabei ist der Benutzer natürlich nicht auf eine fixe Teilszene beschränkt; diese passt sich vielmehr den Interaktionen des Benutzers laufend an. GIS-typische Daten, wie die demographischen Informationen von Gemeinden in der Schweiz, wurden in Virgis integriert und können ebenfalls in der VR-Umgebung angezeigt werden.

## Systemarchitektur

Virgis ist ein Client-Server-System mit der Datenbank als Server und der Visualisierungskomponente als Client. Ziel bei der Entwicklung von Virgis war, von der GIS-Datenbank aus verschiedene Applikationen mit Online-Daten über ein Netzwerk zu versorgen. Die Applikationen sollten unabhängig voneinander Daten anfordern können, um diese weiterzuverarbeiten. Bild 1 zeigt die beiden Seiten der Virgis-Architektur, wobei der Client nicht auf eine Visualisierungskomponente beschränkt ist. Auf der rechten Seite ist die Datenbankkomponente dargestellt, die verschiedene Ladeschnittstellen für verschiedene Datentypen bietet. Im Zentrum steht die Datenverwaltung, welche die eingelesenen Daten persistent abspeichert und eine Schnittstelle für den räumlichen Zugriff zur Verfügung stellt. Eine Netzwerkansbindung erlaubt den Zugriff auf die Datenbank über Unix-Sockets und ein vorgegebenes Protokoll. Die Client-Seite,

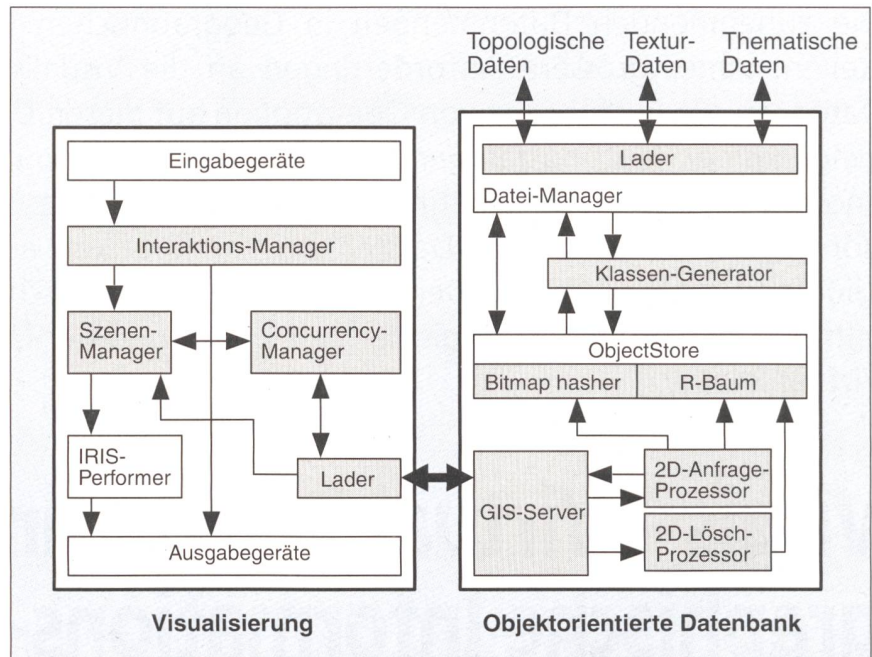


Bild 1 Systemarchitektur

hier eine Visualisierungskomponente, lädt die angeforderten Daten in eine Szenenverwaltung und stellt den aktuellen Szenenausschnitt dar, wobei sich der Benutzer in der Szene bewegen kann.

## Räumlicher Zugriff

Die meisten GIS sind auf eine effiziente Verwaltung von mehrdimensionalen Objekten angewiesen. Normalerweise werden

diese durch ihre Bounding box, das kleinste das Objekt umschliessende achsenparallele Rechteck, identifiziert. Räumliche Datenstrukturen, wie zum Beispiel der R-Baum in Bild 2, teilen den mehrdimensionalen Raum in Rechteckregionen auf und speichern alle Objekte einer Region in einen Speicherblock auf dem Sekundärspeicher (Disk).

Diese Speicherblöcke sind die kleinsten Einheiten, auf welche zugegriffen werden kann. Eine Indexstruktur erlaubt, anhand

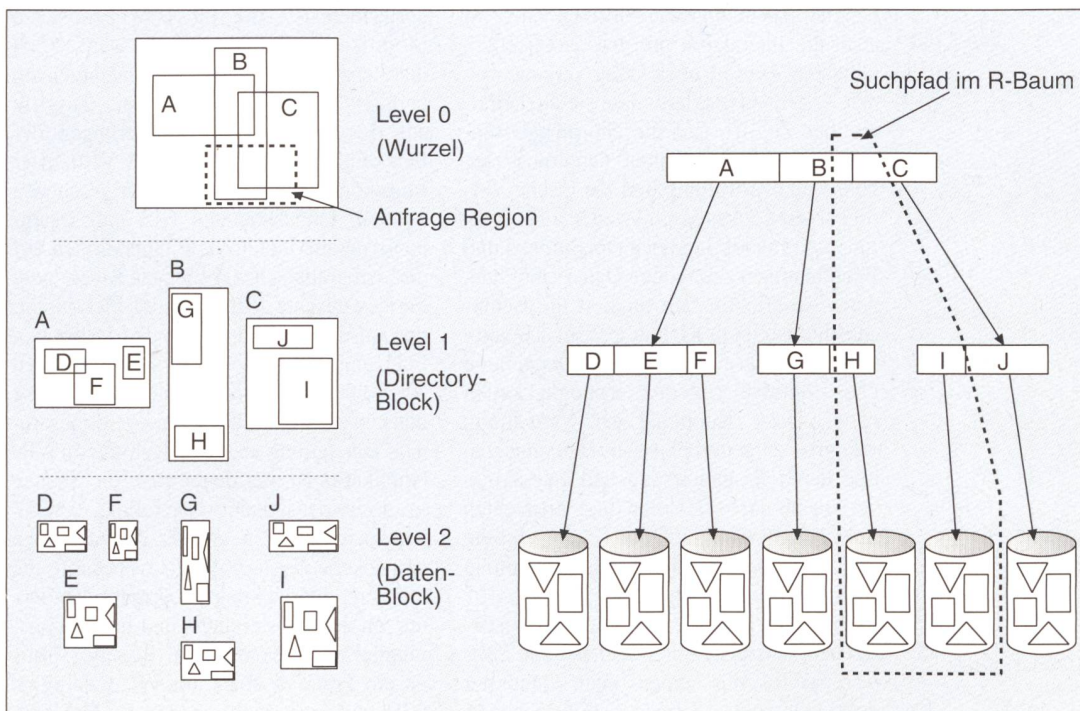


Bild 2 R-Baum-Datenstruktur



von geometrischen Attributen auf die richtigen Speicherblöcke zuzugreifen. Der R-Baum ist dabei eine B-Baum-artige Struktur, wobei anstelle von Zahlen mehrdimensionale Rechtecke den Zugriff steuern. Effizient wird diese Art der Verwaltung erst durch die räumliche Selektivität der Datenblöcke. Damit ist gemeint, dass in einem Speicherblock nur Objekte gespeichert werden, welche auch im Raum nahe beieinander liegen. Bei einer räumlichen Anfrage werden über die Indexstruktur diejenigen Speicherblöcke identifiziert, welche die Anfragerregion schneiden (d. h. dieser zugeordnet sind). Wegen der räumlichen Selektivität ist gewährleistet, dass nur Objekte genauer untersucht werden müssen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit die Anfragerregion schneiden.

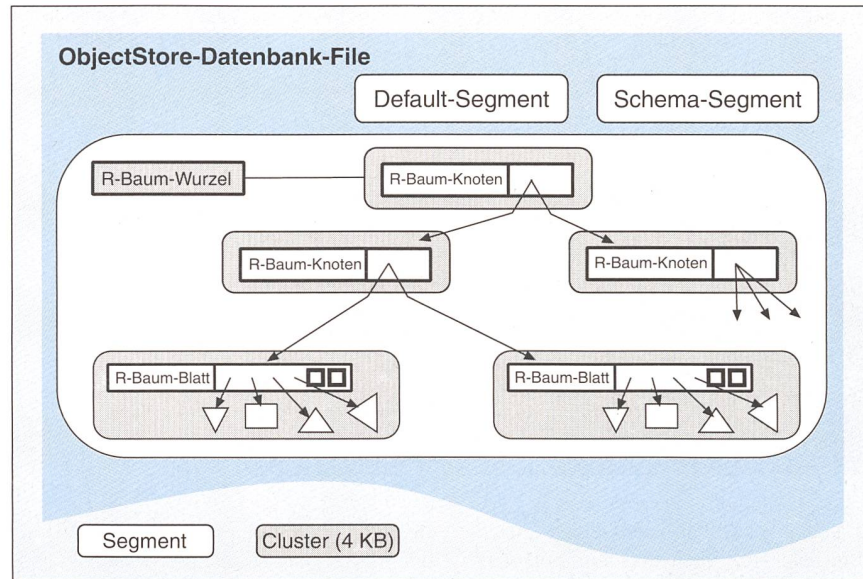


Bild 3 R-Baum in ObjectStore

## Implementation in ObjectStore

In Virgis werden die topographischen Geländedaten – auch digitales Höhenmodell genannt – und Satellitenbilder als Texturen der Erdoberfläche in einer kommerziell verfügbaren, objektorientierten Datenbank verwaltet, welche durch eine integrierte räumliche Datenstruktur erweitert wurde. Verwendet wurde das Datenbanksystem ObjectStore von Object Design Inc., welches die persistente Speicherung und Verwaltung von C++-Objekten gewährleistet und die datenbanküblichen Funktionalitäten wie Mehrbenutzerkontrolle, Fehlerbehandlung und Transaktionsverwaltung zur Verfügung stellt. Des weiteren erlaubt ObjectStore eine effiziente, benutzergesteuerte Gruppierung von Objekten auf dem physikalischen Speicher (Harddisk). Dies ist für die Implementation von räumlichen Datenstrukturen unerlässlich, da eine effiziente räumliche Suche nur dadurch zu erreichen ist, dass räumlich nahe beieinander liegende Objekte möglichst auch im Speicher gemeinsam abgelegt werden. Als Datenstruktur wurde der R-Baum gewählt, welcher wie oben erwähnt über ein hierarchisches, baumartiges Verzeichnis den räumlichen Zugriff auf mehrdimensionale Daten gewährleistet. Diese Datenstruktur unterstützt einerseits die Verwaltung eines regulären Rasters von Höhendaten, wie es das vorliegende Geländemodell darstellt, und ist andererseits universell und effizient auch für andere räumlich ausgedehnte oder auch punktförmige Objekte, wie dies die demographischen Zusatzinformationen der Gemeinden in Virgis darstellen. Eine Erweiterung dieser R-Baum-Struktur auf drei Dimensionen erlaubt auch die Verwaltung und den räumlichen Zugriff auf

dreidimensionale Flugbahnen, An- und Abflugrouten von Flugplätzen, die über eine Schnittstelle der Visualisierungskomponente zur Verfügung gestellt werden. Der R-Baum ist dabei in der Belegung des physikalischen Speichers an ObjectStore angepasst worden; er benützt nun dessen Speicherseiten anstelle von Diskblöcken. Das Bild 3 zeigt die Verwendung von Segmenten und Object-Clustern innerhalb von ObjectStore. Segmente sind flexibel wachsende Speicherbereiche; deshalb wurde ein R-Baum in ein Segment gelegt. Innerhalb eines ObjectStore-Segmentes kann man sogenannte Object-Cluster von fester Grösse, das heisst mit einer festen Anzahl von ObjectStore-Speicherseiten, erstellen. Die Knoten des R-Baumes wurden auf solche Object-Cluster fester Grösse abgebildet. Die Transfereinheit innerhalb der ObjectStore-Applikation wurde ebenfalls der Grösse dieser Object-Cluster angepasst, womit eine weitgehende Ähnlichkeit zu einer Implementation auf Diskblöcken erreicht wird.

## Texturverwaltung

Die Satellitenbilder, welche bei der Visualisierung als Texturen auf die Geländeoberfläche projiziert werden, sind ebenfalls in einer ObjectStore-Datenbank abgelegt. Der Zugriff kann entweder über eine Hashing-Struktur oder über eine adaptive räumliche Datenstruktur (R-Baum) erfolgen. Eine adaptive Struktur unterstützt den Zugriff auf eine komprimierte Version des Satellitenbildes. Dabei sollen nicht nur die Bilddaten komprimiert abgelegt werden, um Speicherplatz zu sparen,

sondern es sollen auch die Operationen, in erster Linie der räumliche Zugriff, auf die komprimierten Daten erfolgen (ohne vorhergehenden Dekompressionsprozess). Beim Hashing werden auf eine Gebietsanfrage hin die entsprechenden Nummern der Teile des Satellitenbildes gemäss der Hash-Funktion berechnet. Dann wird der gesuchte Bildausschnitt aus der Datenbank geladen und zusammengesetzt. In der komprimierten Version wird eine Gebietsanfrage zuerst annäherungsweise auf den komprimierten Rasterdaten durchgeführt. Die Anfrage an einen zweidimensionalen R-Baum liefert komprimierte Bildregionen des gesuchten Ausschnittes. Erst dann wird das Endresultat durch Dekomprimieren und Zusammensetzen der Teilgebiete erreicht.

## Visualisierung

Die Integration einer räumlichen Zugriffsstruktur für zwei- und dreidimensionale Objekte sowie die Verwaltung der Rasterdaten durch Hashing oder Kompression sowie R-Baum in der ObjectStore-Umgebung gewährleistet einen effizienten Zugriff auf persistente räumliche Geländedaten und Satellitentexturen. Die Visualisierungskomponente von Virgis kann nun, den Leistungen der Grafikhardware angepasst, eine Teilszene des ganzen Datensatzes realitätsnah darstellen. Da der Hauptspeicher des Grafikrechners nicht ausreicht, um das ganze Geländemodell mit Texturen darzustellen, wird nur eine Teilszene geladen. Dieser sichtbare Bereich wird den Bewegungen des Benutzers durch dynamisches Aktualisieren der Da-



Bild 4 Virgis Urnerland  
(Grauwertumwandlung  
von RGB)



ten angepasst, wobei neue Gebiete gleichzeitig, eventuell auch über ein Netzwerk, aus der Datenbank nachgeladen werden. Die in der Visualisierungskomponente dargestellte Teilszene ist ihrerseits im Hauptspeicher wiederum in Rechteck-Patches aufgeteilt, deren Daten – wie bereits erwähnt – je nach Interaktion von der Datenbank geladen werden, wobei noch ein Patch-Caching zum Zuge kommt, welches das Nachladen von kürzlich benutzten Patches verhindert. Das Bild 4 zeigt einen Beispielausschnitt aus Virgis.

## Ausblick

Derzeit wird das System Virgis um diverse anwendungsspezifische und komplexe Objekte und Operationen ergänzt.

Insbesondere werden Flugbahnen in Virgis integriert. Dies dient der Planung und Manipulation von An- und Abflugbahnen

von Flughäfen, wobei die Flugbahnen jederzeit im dreidimensionalen Raum visuell kontrolliert werden können. Operationen auf diesen Flugbahnen werden insbesondere auch Kollisionsprognosen und Sicherheitsdistanzen zum Geländemodell umfassen.

Schliesslich sollen weitere Operationen auf komprimierten Rasterbilddaten wie die Teilbildsuche, das Zoomen im Bild oder das Finden eines näherungsweisen Auftretens eines Musters im Bild realisiert werden.

Weitere Informationen über Virgis sind im WWW unter <http://www.inf.ethz.ch/personal/pajarola/virgis.html> erhältlich.

## Datenquellen

Satellitenbilder: ESA/Eurimage (c). Datenquelle: NPOC Landestopographie, Dr. K. Seidel.

# Virgis – Virtual Reality et systèmes d'information géographiques

Les quantités croissantes de données véhiculées dans les systèmes d'information géographiques posent des exigences toujours plus grandes à la visualisation des données géographiques, à l'exécution d'opérations sur ces données et à leur gestion. Des ordinateurs toujours plus performants et plus rapides favorisent déjà maintenant les énormes possibilités graphiques et multimédia. Ils permettent de nouvelles applications qui, outre la représentation de graphiques, autorisent l'interaction avec les objets spatiaux. Le présent article décrit le développement du projet commun Virgis de l'EPF Zurich et de l'Université Zurich vers la Virtual Reality.

ANSON liefert



### elektrische Abluftventile

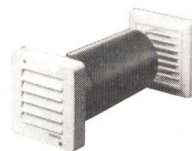
für zentrale Abluftanlage in Mehrfamilienhäusern. Energiesparend. 220 V, nur 10 W. Für Neuanlagen und Sanierungen. – Beratung und Angebot von:

ANSON liefert



### Kleinventilatoren ANSON

Flach ohne Stutzen 156×156 und nur 46 mm tief. Auch für Bad/WC. 220 V, 100 m³/h. Leise und zuverlässig. Ein Qualitätsprodukt der ANSON AG:



### Bad/WC-Ventilatoren für Aussenwand-Einbau

die „Fensteröffnen“ überflüssig machen. ANSOMATIC 220 V/15 W, 100 m³/h, komplett mit Schalter, Futterrohr, Aussengitter. Preisgünstig von:

ANSON liefert



### für die permanente Bad/WC-Entlüftung

ANSON Ventilatoren mit Wärmerückgewinnung. Grosse Heizkostenersparnis in Schulen, Spitälern, öffentl. Gebäuden etc. Selbstamortisierend. Referenzliste, Beratung und Offerte von:



### ANSON-Infrarotstrahler für Badezimmer/WC

für wohlige Sofortwärme. Sparsam, weil Zentralheizung später ein- und früher ausgeschaltet werden kann. Einfach einzubauen. 220 V 2000 W. – Für Ihr Wohlbefinden von ANSON:

ANSON liefert



### Nachlauf-Zeitschalter

in modernster IC-Technik. Zuverlässig. Für Treppenhausbeleuchtung, Bad/WC-Ventilatoren etc. AP- und UP-Modelle. Beste Qualitätsprodukte. Preisgünstig von:

B6g

**ANSON AG 01/4611111**

8055 Zürich  
Friesenbergstr. 108  
Fax 01/463 09 26

**Nr. 1 für Bad/WC-Ventilatoren!**