

# Geodatenhaltung mit objektorientierten Techniken

**Wolf-Fritz Riekert**

Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (FAW)  
Postfach 2060, D-89010 Ulm, Tel.: (0731) 501-500  
Internet: riekert@faw.uni-ulm.de

Februar 1994

## Kurzfassung

Am Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (FAW) an der Universität Ulm wird seit Anfang 1992 ein Forschungsprojekt zu dem Thema „Geodatenhaltung mit objektorientierten Techniken“ (GODOT) durchgeführt. Auftraggeber des Projekts sind die Siemens Nixdorf Informationssysteme AG, die Siemens AG und das Land Baden-Württemberg.

In GODOT wird der Prototyp eines Geographischen Informationssystems (GIS) entwickelt, das direkt auf einem der neuen objektorientierten Datenbanksysteme aufsetzt, die seit einiger Zeit am Markt angeboten werden. Die objektorientierte Technologie begünstigt die Modellierung schwieriger Sachverhalte (z.B. im Umweltbereich) mittels komplexer Geoobjekte und erlaubt eine flexible Erweiterung des Systems um anwendungsspezifische Datentypen und Verarbeitungsmethoden.

Der vorliegende Text ist die aktualisierte Fassung eines Beitrags zum 3. Internationalen Anwenderforum Geoinformationssysteme, das im März 1993 in Duisburg stattfand [6].

## Abstract

The research project “Geographic Data Management by Using Object-oriented Techniques” (GODOT) is conducted by the FAW Research Institute for Applied Knowledge Processing at the University of Ulm. The project is commissioned by Siemens Nixdorf Informationssysteme AG, by Siemens AG, and by the State of Baden-Württemberg.

GODOT concerns the exploration and the development of object-oriented techniques for the management of geographic data. A software prototype is being built on top of one of the new object-oriented database systems that have recently entered the market. This approach facilitates the storage of complex geographic and environmental information and leads to an extensible system architecture.

# 1 Einführung

Geographische Informationssysteme (GIS) zeichnen sich dadurch aus, daß sie auf äußerst komplexen Geometrie- und Sachdatenstrukturen operieren. Solche Datenstrukturen lassen sich nur schwer in den heutzutage gängigen relationalen Datenbanksystemen modellieren, da diese als einziges Strukturierungskonzept „flache“ Tabellen zur Verfügung stellen. Die Entwickler von Geographischen Informationssystemen konnten daher bei der Datenhaltung bislang nicht auf Standardlösungen zurückgreifen und waren zu Speziallösungen gezwungen.

Eine zeitgemäße Alternative zu diesen traditionellen Lösungsansätzen wird seit Anfang 1992 mit dem Forschungsprojekt GODOT („Geodatenhaltung mit objektorientierten Techniken“) verfolgt, das am Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung (FAW) durchgeführt wird. Das Projekt ist auf eine Laufzeit von drei Jahren angelegt. Auftraggeber des Projekts sind die Siemens Nixdorf Informationssysteme AG (vertreten durch das Fachzentrum Geoinformationssysteme), die Siemens AG (Zentralbereich Forschung und Entwicklung) und das Land Baden-Württemberg (vertreten durch das Umweltministerium mit Beteiligung des Innenministeriums).

In GODOT wird der Prototyp eines GIS entwickelt, das direkt auf einem objektorientierten Datenbanksystem aufsetzt. Solche Datenbanksysteme zeichnen sich durch ein objektorientiertes Datenmodell aus; sie lassen sich im wesentlichen dadurch charakterisieren, daß sie Eigenschaften einer objektorientierten Programmiersprache mit denen eines Datenbanksystems kombinieren. Die objektorientierte Technologie begünstigt die Modellierung schwieriger Sachverhalte (z.B. im Umweltbereich) mittels komplexer Geoobjekte und erlaubt eine flexible Erweiterung des Systems um anwendungsspezifische Datentypen und Verarbeitungsmethoden.

Für die Siemens Nixdorf Informationssysteme AG hat das Projekt GODOT entscheidende Bedeutung für die Weiterentwicklung des GIS SICAD<sup>1</sup>. Mit dem im Projekt GODOT zu entwickelnden Prototyp sollen die auf der Grundlage der objektorientierten Technologie erzielbaren Leistungsmerkmale eines GIS erforscht, beispielhaft realisiert und erprobt werden. Wichtige Themen sind in diesem Zusammenhang geeignete Objektklassen zur Repräsentation von Geo- und Umweltinformation, Integration effizienter räumlicher Zugriffsmethoden, kooperatives Arbeiten auf gemeinsamen Datenbeständen, benutzerangepaßte Sichten auf den Datenbestand, Anpaßbarkeit des Systems an anwenderspezifische Anforderungen (Customizing), Überprüfung von Integritätsbedingungen, Raster-Vektor-Integration, räumliche Anfragen sowie die Tauglichkeit des Prototypen für Problemstellungen aus der Umweltverwaltung.

Für das Umweltministerium Baden-Württemberg hat das Projekt GODOT eine wichtige Bedeutung für die Erarbeitung von mittelfristigen Lösungen, insbesondere im Kontext des Räumlichen Informations- und Planungssystem (RIPS), einer übergreifenden Komponente des Umweltinformationssystem Baden-Württemberg (UIS). Hierzu soll GODOT Grundlagen und Vorgaben für die Strukturierung von raumbezogenen Umweltdaten in einer zentralen Datenhaltung liefern. Mit dem Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystem ATKIS [2] wurde im graphischen Gesamtkonzept der Landesverwaltung

---

<sup>1</sup>SICAD<sup>®</sup> ist ein eingetragenes Warenzeichen der Siemens Nixdorf Informationssysteme AG.

Baden-Württemberg ein objektorientiertes Datenmodell als Basis für die Objektklassifizierung im Umweltbereich vorgegeben. Die Verwaltung von geographischen Daten mit Hilfe einer objektorientierten Datenbank schafft hierzu die technischen Voraussetzungen.

Die im ersten Projektjahr erfolgten Arbeiten im Projekt GODOT schlossen eine breit angelegte theoretische und praktische Evaluierung marktgängiger objektorientierter Datenbanksysteme ein. Hierbei wurde ein Kriterienkatalog zugrundegelegt, der aus dem sogenannten „Object-oriented Database Manifesto“ [1] sowie aus den projektspezifischen Anforderungen abgeleitet wurde. Schließlich wurde ein marktgängiges objektorientierte Datenbanksystem für die Entwicklung des GODOT-Prototypen ausgewählt [3].

Das wichtigste Ergebnis des ersten Projektjahres war die Konzeption einer Systemarchitektur und eines Datenmodells für ein Geoinformationssystem auf der Basis objektorientierter Technologie. Über die entwickelte, durchgängig objektorientierte Architektur, welche die Benutzungsschnittstelle, die Programmierung und die Datenhaltung umfaßt und die in einem Ende 1993 den Auftraggebern vorgelegten Software-Prototypen in weiten Teilen beispielhaft verwirklicht ist, wird in den folgenden Abschnitten ein Überblick geboten.

## 2 Die GODOT-Systemarchitektur

Die im folgenden beschriebene Systemarchitektur für ein Geoinformationssystem auf der Basis objektorientierter Technologie stellt das Rahmenkonzept für die Entwicklung des GODOT-Softwareprototypen dar. Das System bietet verschiedene *Schnittstellen* an und gliedert sich auf in unterschiedliche *Komponenten* (Bild 1).

Besondere Merkmale der Systemarchitektur sind die Nutzung einer marktgängigen objektorientierten Datenbank für die Speicherung aller anfallenden thematischen, geometrischen und graphischen Daten, wodurch GODOT am technischen Fortschritt der verwendeten Datenbank partizipiert, sowie eine konsequente Ausrichtung an Standards (insbesondere bzgl. des Betriebssystems UNIX<sup>2</sup>, der objektorientierten Programmiersprache C++ und der Graphikoberfläche X Window<sup>3</sup> - OSF/Motif<sup>4</sup>), womit die erforderlichen Voraussetzungen für die Interoperabilität und die Zukunftssicherheit der GODOT-Konzeption geschaffen werden.

### 2.1 Schnittstellen

Die Funktionalität von GODOT ist in erster Näherung die eines GIS-Daten-Servers. Die von GODOT angebotenen Schnittstellen orientieren sich daher am Client-Server-Modell.

Eine **interaktive Schnittstelle** erlaubt die interaktive Nutzung von GODOT-Funktionalitäten über eine Benutzeroberfläche auf der Basis von X Window - OSF/Motif. Dies

---

<sup>2</sup>UNIX<sup>®</sup> ist ein eingetragenes Warenzeichen von UNIX System Laboratories, Inc.

<sup>3</sup>X Window System<sup>(TM)</sup> ist ein Warenzeichen des Massachusetts Institute of Technology (MIT).

<sup>4</sup>OSF/Motif<sup>(TM)</sup> ist ein Warenzeichen der Open Software Foundation.

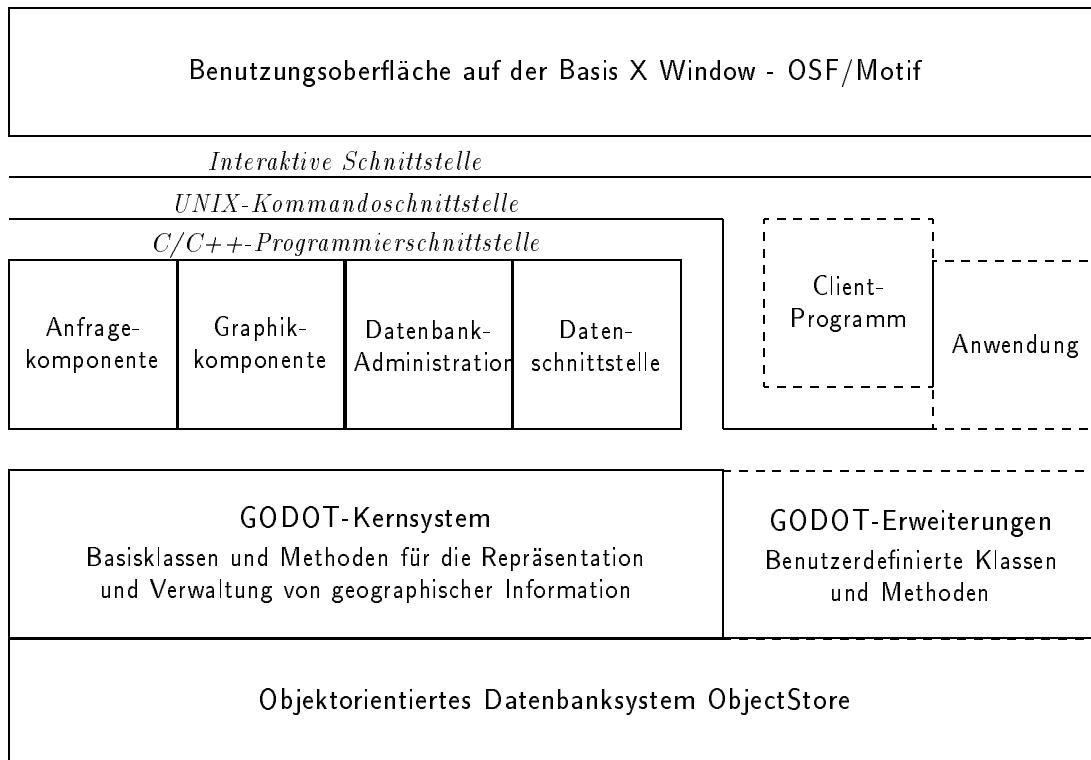


Bild 1: GODOT-Systemarchitektur

unterstützt das bildschirmorientierte Arbeiten mit GODOT in einer offenen Systemumgebung über LAN<sup>5</sup> und mit Einschränkungen sogar über WAN<sup>6</sup> (z.B. Internet-Verbindung).

Eine **UNIX-Kommandoschnittstelle** stellt einen großen Teil der GODOT-Funktionalität in Form von unter UNIX ausführbaren Programmen bereit. Dies betrifft insbesondere die Anfragekomponente von GODOT. Dem Anwender wird so die Formulierung von Anfragen mit Hilfe der UNIX-Kommandosprache (der *Shell*) ermöglicht. GODOT-Kommandoprozeduren können in Form von Shell-Scripts realisiert werden und dadurch auch die Möglichkeiten von UNIX-Tools nutzen. Diese Schnittstelle erlaubt auch die Nutzung von GODOT als Daten-Server für Clientprogramme über eine lose Anbindung mit Hilfe von UNIX-Shell-Aufrufen. Diese Schnittstelle ist durch die unter UNIX angebotenen Remote-Shell-Aufrufe auch in einer heterogenen Rechnerumgebung über LAN und WAN nutzbar.

Eine **C/C++-Programmierschnittstelle** stellt die Funktionalität der in GODOT implementierten Module in Form einer Programmbibliothek zur Verfügung. Diese Programmierschnittstelle kann für die Realisierung von GODOT-Applikationen genutzt werden; sie wird intern auch durch die Erweiterungskomponenten des GODOT-Prototypen genutzt. Gegebenenfalls kann auch diese Schnittstelle fernen Clientprogrammen über Remote-Procedure-Call (RPC) verfügbar gemacht werden. Bei der Realisierung der Programmierschnittstelle

<sup>5</sup>LAN = *local area network* (englisch: lokales Datenübertragungsnetz).

<sup>6</sup>WAN = *wide area network* (englisch: Datenfernübertragungsnetz).

werden die Normungsbestrebungen der in der Object Management Group zusammengeschlossenen Hersteller für einen „Object Request Broker“ mit in Betracht gezogen [5].

**Datenschnittstellen:** Konverterprogramme realisieren Datenschnittstellen zu anderen Systemen wie z.B. SICAD oder ATKIS. Dadurch lassen sich in GODOT gespeicherte Daten in ein externes Datenformat konvertieren und umgekehrt.

## 2.2 Komponenten

Der GODOT-Prototyp ist als offenes System erweiterbar angelegt. Er besteht aus dem GODOT-Kernsystem sowie aus verschiedenen Erweiterungskomponenten. Durch auf GODOT aufsetzende Kommandoprozeduren, Applikationen und Clientprogramme sind verschiedene Formen von anwendungsspezifischen Erweiterungen der GODOT-Funktionalität möglich.

**Das GODOT-Kernsystem:** Das GODOT-Kernsystem baut direkt auf dem verwendeten objektorientierten Datenbanksystem ObjectStore<sup>7</sup> auf und ist wie auch die übrigen GODOT-Komponenten in der objektorientierten Programmiersprache C++ implementiert. Das GODOT-Kernsystem enthält die Definition der Basisklassen und Methoden zur Repräsentation und Verarbeitung von geographischer Information. Weitere Funktionalitäten, die das GODOT-Kernsystem vorsieht, beziehen sich auf das Transaktionskonzept sowie die räumliche Clusterung und Indizierung von Daten.

**Anfragekomponente:** Die GODOT-Anfragekomponente ist als Aufsatzpaket realisiert. Durch dieses wird die Abfragesprache von ObjectStore um GIS-spezifische (im wesentlichen geometrische und topologische) Prädikate erweitert. Die Anfragekomponente wird in der endgültige Ausbaustufe des GODOT-systems sowohl über eine interaktive Schnittstelle, als auch über eine UNIX-Kommandoschnittstelle und über die Programmierschnittstelle (als *embedded query language*) zur Verfügung gestellt werden.

**Graphikkomponente:** Die Graphikkomponente dient zur graphischen Darstellung der gespeicherten geographischen Information. Zugleich erlaubt sie eine Interaktion mit dem System durch direkte Manipulation graphischer Objekte auf dem Bildschirm.

Zwischen der Anfragekomponente und der Graphikkomponente gibt es wesentliche Querverbindungen: Einerseits kann die Graphikkomponente dazu verwendet werden, die Ergebnisse von Anfragen anzuzeigen. Andererseits erlaubt die Graphikkomponente die Selektion von Geoobjekten mittels eines Zeigeelements. Dadurch können Teile einer Anfrage durch graphische Interaktion spezifiziert werden.

**Datenbankadministration:** Spezielle Funktionalitäten dienen der Datenbankadministration, d.h. insbesondere der Benutzerverwaltung und der Pflege des Datenbankschemas.

**Datenkonverter:** Wie bereits oben bei den Schnittstellen beschrieben, unterstützt GODOT externe Datenformate. Dazu dienen Konvertierungsprogramme zum Aus- und Einlagern geographischer Daten, die sowohl interaktiv, als auch über UNIX-Kommandos und Unterprogrammaufrufe aktiviert werden können.

---

<sup>7</sup>ObjectStore<sup>(TM)</sup> ist ein Warenzeichen von Object Design Inc.

**Applikationen und Clientprogramme:** Über die UNIX-Kommando- und die C++-Programmierschnittstelle lassen sich Applikationen und Clientprogramme mit dem GODOT-System koppeln. Dadurch sind anwenderspezifische Erweiterungen am System möglich. Es ist beabsichtigt, eine beispielhafte Applikation zu einer konkreten Problemstellung aus der Umweltverwaltung zu implementieren, die die Verwendbarkeit und Erweiterbarkeit von GODOT für derartige Zwecke demonstriert.

### 3 Das GODOT-Datenmodell

GODOT basiert auf einem dreiteiligen objektorientierten Datenmodell. Im einzelnen werden die folgenden drei Arten von Datenobjekten unterschieden:

1. *Thematische Objekte*, wobei die wichtigste Gruppe von thematischen Objekten die sogenannten geographischen Objekte bilden, die kurz auch *Geoobjekte* genannt werden;
2. Geometrische Objekte, kurz auch *Geometrien* genannt;
3. *Darstellungsobjekte*, wobei die wichtigste Gruppe von Darstellungsobjekten die sogenannten *kartographischen Objekte* bilden, die für die kartographische Darstellung von Geoobjekten benötigt werden.

In Bild 2 werden die Beziehungen, die zwischen den verschiedenen Arten von Datenobjekten bestehen können, an einem Beispiel dargestellt.

#### 3.1 Thematische Objekte und Geoobjekte

Im GODOT-Datenmodell wird geographische und umweltbezogene Information in Form von sogenannten *thematischen Objekten* repräsentiert. Thematische Objekte sind einfache oder komplexe (d.h. mit Hilfe anderer Objekte definierte) Objekte, in deren Attributen geographische und umweltbezogene Sachinformation repräsentiert wird.

Thematische Objekte können unterschiedliche Arten von Attributen besitzen:

- Attribute, die elementare Werte besitzen (z.B. Textstrings oder numerische Werte);
- Attribute, die komplexe Werte besitzen (in C++ z.B. realisiert durch eingebettete Klassen oder durch Listen „anonymer“ Objekte, deren Objektidentität nicht von außen bekannt ist);
- Attribute, die Referenzen auf einzelne oder mehrere andere Datenobjekte (insbesondere andere thematische Objekte) als Werte besitzen.

Die wichtigste Kategorie von thematischen Objekten sind die sogenannten Geoobjekte. Gegenüber einem gewöhnlichen thematischen Objekt (z.B. einer Tierart) zeichnet sich ein Geoobjekt (z.B. das Geoobjekt *Ulm* in Bild 2) dadurch aus, daß es neben den oben genannten Arten von Attributen noch eine sogenannte Geometrie (siehe nächster Abschnitt) besitzt, durch die eine geographische Lage und Ausdehnung repräsentiert ist.

Geoobjekte können sich aus anderen Geoobjekten zusammensetzen. Zwischen zusammengesetzten Objekten und ihren Bestandteilen besteht eine sogenannte Partonomiebeziehung.

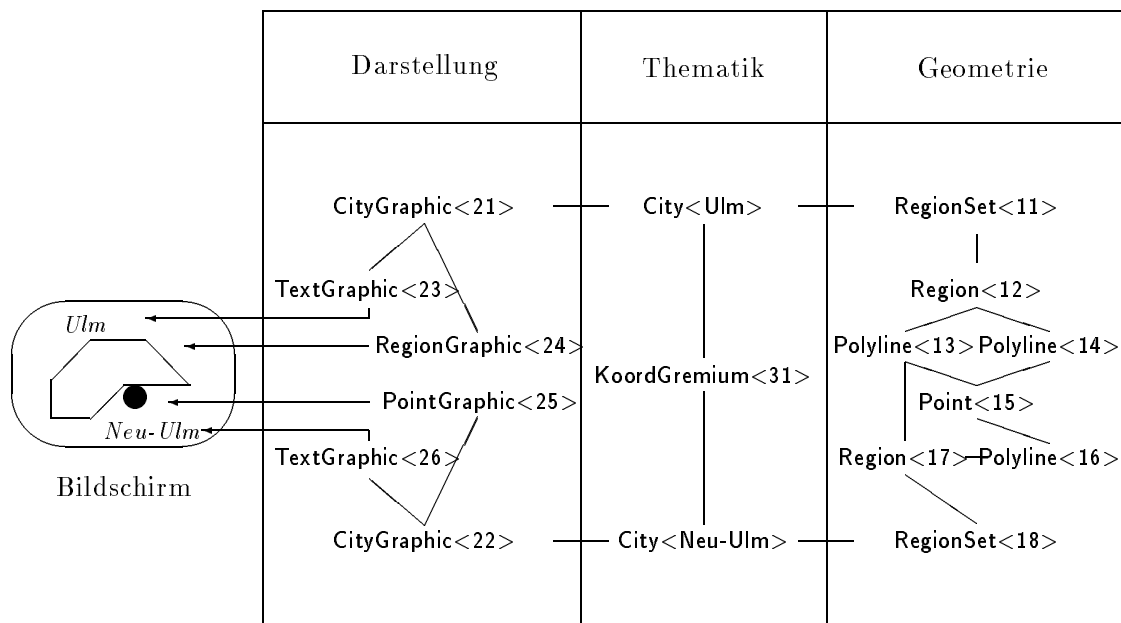


Bild 2: Das dreiteilige Datenmodell an einem Beispiel: In der Mitte erkennt man drei thematische Objekte, nämlich die Geobjekte `City<Ulm>` und `City<Neu-Ulm>` sowie ein mit diesen Objekten über Objektreferenzen verbundenes „Koordinationsgremium“ (ein einfaches thematisches Objekt). Die Städte besitzen flächenhafte Geometrien, die durch Geometrieobjekte vom Typ `RegionSet` repräsentiert sind; diese sind wiederum durch Objekte vom Typ `Region`, `Polyline` und `Point` definiert (rechter Teil des Bilds). Beide Städte besitzen komplexe Darstellungsobjekte (kartographische Objekte) vom Typ `CityGraphic`, die sich aus verschiedenen elementaren Darstellungsobjekten (vom Typ `TextGraphic`, `RegionGraphic` und `PointGraphic`) zusammensetzen (linker Teil des Bilds).

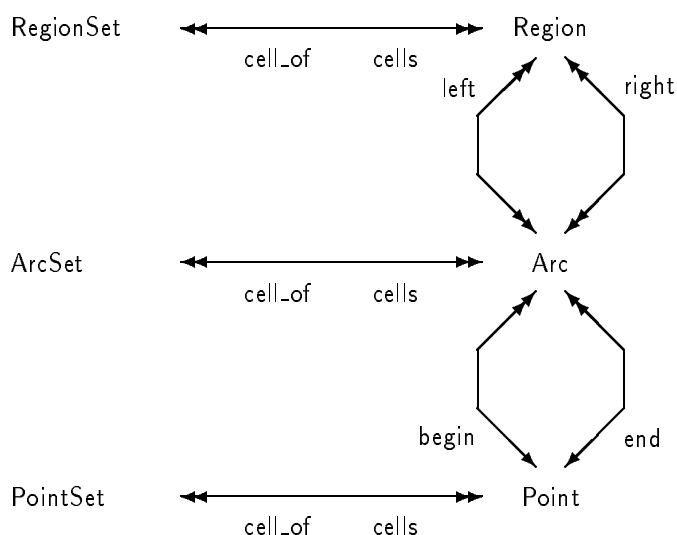
Eine solche Partonomiebeziehung begründet besondere Integritätsbedingungen, die durch das System automatisch aufrechterhalten werden müssen. So etwa ergibt sich die Geometrie eines zusammengesetzten Geobjekts als Vereinigung der Geometrien der Teilobjekte. In ähnlicher Weise errechnet sich beispielsweise die Einwohnerzahl eines Verwaltungsgebiets (z.B. eines Landkreises) als Summe der Einwohnerzahlen der Untergliederungen (z.B. Gemeinden).

Das GODO-T-Datenmodell sieht einen Grundbestand von thematischen Objektklassen und Geobjektklassen zur Repräsentation von Geo- und Umweltinformation vor. Diese Klassen bilden eine Hierarchie, die für anwenderspezifische Zwecke um Subklassen erweitert werden kann.

### 3.2 Geometrien

Geometrische Objekte oder kurz auch *Geometrien* dienen zur Repräsentation der Definitionsgeometrien und der topologischen Beziehungen von Geoobjekten.

Jedem Geoobjekt ist eine Menge von geometrischen Elementen zugeordnet. Eine solche Menge, wie auch die einzelnen geometrischen Elemente selbst sind in Form von Datenobjekten repräsentiert. Es gibt drei Arten von geometrischen Elementen, nämlich *Regions* (zweidimensionale, d.h. flächenhafte Elemente), *Arcs* (eindimensionale, d.h. linienhafte Elemente) und *Points* (nulldimensionale, d.h. punktförmige Element). Dadurch, daß jedem Geoobjekt eine Menge von geometrischen Elementen zugeordnet ist, ist es grundsätzlich möglich, Geoobjekte mit *topologisch nicht zusammenhängenden, heterogenen* Geometrien zu definieren. Heterogen heißt in diesem Zusammenhang, daß dem Geoobjekt flächenhafte, linienhafte oder punktförmige Geometrien in gemischter Zusammensetzung zugeordnet sind.



*Bild 3: Relationen zwischen Klassen von Geometrieobjekten: Doppelte Pfeilspitzen weisen auf mehrwertige Beziehungen, einfache Pfeilspitzen auf maximal einwertige Beziehungen hin.*

Die Geometrieobjekte sind untereinander durch bidirektionale Verzeigerungen verknüpft (3). Die hierdurch verwirklichte Struktur von topologischen Beziehungen zwischen Geometriedaten entspricht einer Verallgemeinerung der von M. Molenaar konzipierten Formalen Datenstruktur (FDS) [4]. Im Unterschied zum Molenaarschen Modell besteht eine Einschränkung auf sogenannte „single-valued maps“ nicht; als Spezialfall sind aber derartige „single-valued maps“ möglich.



### 3.3 Darstellungsobjekte und kartographische Objekte

*Darstellungsobjekte* dienen zur graphischen Darstellung von thematischen Objekten, insbesondere von Geoobjekten. Diese graphische Darstellung kann grundsätzlich von ganz allgemeiner Art sein, z.B. kann eine Businessgraphik, eine Tabelle oder eine Videosequenz, die ein thematisches Objekt darstellt, durch ein Darstellungsobjekt repräsentiert sein. Außer zur graphischen Darstellung von thematischen Objekten dienen Darstellungsobjekte auch als Interaktionsmedium. Durch direkte Manipulation können über die Darstellungsobjekte Veränderungen an den dargestellten thematischen Objekten vorgenommen werden.

Die wichtigste Art von Darstellungsobjekten in GODOT sind die *kartographischen Objekte*. Diese dienen zur Darstellung von Geoobjekten in kartographischer Form. Hierfür werden verschiedene Klassen von kartographischen Objekten vorgesehen, die zur graphischen Darstellung der verschiedenen in GODOT vorhandenen Klassen von Geoobjekten dienen. Somit ist in GODOT eine Trennung zwischen geographischer und kartographischer Information vorgesehen. Dies entspricht der in ATKIS vorgenommenen Unterscheidung eines Digitalen Landschaftsmodells (DLM) und eines Digitalen Kartographischen Modells (DKM).

Kartographische Objekte sind durch graphische Attribute (wie z.B. Farbe, Strichstärke, Textfonts) gekennzeichnet. In den Methoden der verschiedenen Klassen von kartographischen Objekten sind Vorschriften repräsentiert, welche regeln, wie die Eigenschaften von Geoobjekten in Form derartiger graphischer Attribute umgesetzt werden. Auch die mit Maßstab und Generalisierung zusammenhängenden Funktionalitäten werden über Klassen von Darstellungsobjekten abgehandelt.

GODOT läßt prinzipiell sehr große Freiheiten bei der Definition von Darstellungsobjekten. Insbesondere ist es auch möglich, daß mehrere, durchaus sehr unterschiedliche Darstellungsobjekte ein und dasselbe Geoobjekt auf verschiedenen Bildschirmfenstern graphisch darstellen.

## 4 Zusammenfassung

In GODOT wird die Idee realisiert, ein marktgängiges objektorientiertes Datenbanksystem um geospezifische Datentypen und Operatoren zu erweitern. Durch diesen Ansatz für ein objektorientiertes GIS setzt sich GODOT von anderen Datenhaltungsentwicklungen im Geobereich deutlich ab. Die objektorientierte Datenbank erlaubt dem Anwender die integrierte Ablage sowohl von geographischen Daten als auch von traditionellen Sachdaten ohne besonderen Raumbezug. Das GIS nutzt dabei den technischen Fortschritt auf dem Gebiet der Datenbanken, so z.B. hinsichtlich der Abfragesprache, der graphischen Benutzeroberfläche, der Netzwerkfähigkeit, der Datensicherheit und des Mehrbenutzerbetriebs. Die objektorientierte Technologie begünstigt darüber hinaus die Modellierung schwieriger Sachverhalte (z.B. im Umweltbereich) mittels komplexer Geoobjekte und erlaubt eine flexible Erweiterung des GIS um spezielle Datentypen und Verarbeitungsmethoden, um nur die zwei wichtigsten Vorzüge zu nennen. Eine konsequente Ausrichtung an Standards schafft dabei die erforderlichen Voraussetzungen für die Interoperabilität und die Zukunftssicherheit der GODOT-Konzeption.

## Literatur

- [1] Atkinson, M.; Bancilhon, F.; DeWitt, D.; Dittrich, K.; Maier, D.; Zdonik, S.: The Object-Oriented Database System Manifesto. In: *Proc. First Int. Conf. on Deductive and Object-Oriented Databases*, Kyoto, Japan, 1989.
- [2] Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV): *Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS)*, Landesvermessungsamt NRW, Bonn, 1988.
- [3] Ebbinghaus, J.; Günther, O.; Hess, G.; Lamberts, J.; Riekert, W.-F.: Objektorientierte Datenbanksysteme für Geo- und Umweltsanwendungen - eine Vergleichsstudie. In: *„Geo-Informationssysteme“, 3. Internationales Anwenderforum Duisburg '93*, Siemens Nixdorf Informationssysteme AG, München, 1993.
- [4] Molenaar, M.: Formal Data Structures and Query Spaces. In: Günther, O.; Kuhn, H.; Mayer-Föll, R.; Radermacher, F.J. (Hrsg.): *Konzeption und Einsatz von Umweltinformationssystemen*. Informatik-Fachberichte 301, Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg, 1992.
- [5] Object Management Group: *The Common Object Request Broker: Architecture and Specification*. OMG, Framingham, MA, USA, 1992.
- [6] Riekert, W.-F.: Das Forschungsprojekt GODOT: Geodatenhaltung mit objektorientierten Techniken. In: *„Geo-Informationssysteme“, 3. Internationales Anwenderforum Duisburg '93*, Siemens Nixdorf Informationssysteme AG, München, 1993.