

# Inhaltsverzeichnis

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 Einleitung</b>                                         | <b>1</b>  |
| <b>1.1 Motivation</b>                                       | <b>2</b>  |
| 1.1.1 Visualisierungsfähigkeiten von bisherigen GIS in 3D   | 2         |
| 1.1.2 Analysefähigkeiten von bisherigen GIS in 3D           | 3         |
| 1.1.3 Zu berücksichtigende Aspekte eines 3D-GIS             | 4         |
| 1.1.4 Anforderungen an das Framework                        | 5         |
| <b>1.2 Stand der Technik</b>                                | <b>6</b>  |
| 1.2.1 Emaps                                                 | 6         |
| 1.2.2 Xmap8                                                 | 8         |
| 1.2.3 3D-GIS im Städtebau                                   | 9         |
| 1.2.4 GO-3DM                                                | 11        |
| 1.2.5 UCLA Urban Simulator                                  | 12        |
| 1.2.6 Internetfähiges GIS                                   | 13        |
| 1.2.7 Virtual GIS                                           | 14        |
| 1.2.8 CAS.CADE                                              | 15        |
| <b>1.3 Lösungsansatz</b>                                    | <b>16</b> |
| 1.3.1 Dreidimensionales Datenmodell                         | 16        |
| 1.3.2 Modellierungsmöglichkeiten                            | 17        |
| 1.3.3 Datenmodellbeschreibungskonzepte                      | 18        |
| 1.3.4 Visualisierung                                        | 18        |
| 1.3.5 Flexible Architektur / Erweiterbarkeit des Frameworks | 19        |
| 1.3.6 Benutzungsoberfläche                                  | 20        |
| <b>1.4 Gliederung dieser Arbeit</b>                         | <b>20</b> |
| <b>2 Grundlagen</b>                                         | <b>22</b> |
| <b>2.1 Geo-Informationssysteme</b>                          | <b>22</b> |
| 2.1.1 Modell                                                | 22        |
| 2.1.2 Datenarten                                            | 23        |
| 2.1.3 Dimensionen                                           | 23        |
| 2.1.4 Ausprägungen                                          | 24        |
| <b>2.2 Objektorientierung</b>                               | <b>25</b> |
| 2.2.1 Klassen                                               | 25        |
| 2.2.2 Vererbung                                             | 25        |
| 2.2.3 Polymorphie                                           | 26        |
| <b>2.3 Framework</b>                                        | <b>26</b> |
| 2.3.1 Eigenschaften                                         | 26        |
| 2.3.2 Konzeptionelle Umsetzung                              | 27        |

|                                                            |           |
|------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3.3 Komponenten                                          | 27        |
| 2.3.4 Arten von Frameworks                                 | 28        |
| <b>2.4 Kommunikationstechniken</b>                         | <b>28</b> |
| 2.4.1 Common Gateway Interface (CGI)                       | 28        |
| 2.4.2 Java-Applets                                         | 29        |
| 2.4.3 CORBA                                                | 30        |
| 2.4.4 Kombination der Techniken                            | 30        |
| 2.4.4.1 CGI-basiert                                        | 30        |
| 2.4.4.2 Java-ORBs                                          | 31        |
| <b>2.5 3D-Geometriebeschreibungen</b>                      | <b>31</b> |
| 2.5.1 Volumenrepräsentation                                | 32        |
| 2.5.1.1 Enumerationsverfahren                              | 32        |
| 2.5.1.2 Zellenzerlegung                                    | 32        |
| 2.5.2 Begrenzungsrepräsentationen                          | 33        |
| 2.5.2.1 Flächenbegrenzungsdarstellung (B-Rep)              | 33        |
| 2.5.2.2 Parametrisierung                                   | 33        |
| 2.5.2.3 Constructive Solid Modelling (CSG)                 | 34        |
| 2.5.2.4 Sweeping-Technik                                   | 34        |
| <b>2.6 Topologie</b>                                       | <b>34</b> |
| 2.6.1 Ecke (Vertex)                                        | 34        |
| 2.6.2 Kante (Edge)                                         | 34        |
| 2.6.3 Zyklus (Loop)                                        | 35        |
| 2.6.4 Fläche (Face)                                        | 35        |
| 2.6.5 Schale (Shell)                                       | 35        |
| 2.6.6 Mannigfaltigkeit                                     | 35        |
| 2.6.7 Körper (Body)                                        | 36        |
| 2.6.8 Adjazenz, Inzidenz und Inklusion                     | 36        |
| 2.6.9 Simplexe und Zellen                                  | 37        |
| <b>3 Relevante Aspekte von 3D-Geo-Informationssystemen</b> | <b>38</b> |
| <b>3.1 Architektur</b>                                     | <b>39</b> |
| 3.1.1 Identifizierung von Komponenten für das Framework    | 39        |
| 3.1.1.1 Komponenten eines Geo-Informationssystems          | 39        |
| 3.1.1.2 Benutzungsoberfläche                               | 42        |
| 3.1.1.3 Aspekte einer verteilten Applikation               | 42        |
| 3.1.2 Komponenten des Frameworks                           | 46        |
| 3.1.2.1 Interaktion und Visualisierung                     | 46        |
| 3.1.2.2 Dialogablaufsteuerung                              | 47        |
| 3.1.2.3 Kommunikation                                      | 48        |
| 3.1.2.4 Geo-Objekte                                        | 48        |
| 3.1.2.5 Datenverwaltung                                    | 49        |
| 3.1.2.6 Irrelevante Komponenten                            | 49        |
| <b>3.2 Datenmodell</b>                                     | <b>49</b> |
| 3.2.1 Begriffsklärung                                      | 50        |

|                                                                           |            |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.2.2 Aspekte des logischen Datenmodells .....                            | 50         |
| 3.2.2.1 Integrationsformen .....                                          | 51         |
| 3.2.2.2 Verwendung der Objektorientierung .....                           | 52         |
| 3.2.3 Aspekte des konzeptionellen Datenmodells .....                      | 53         |
| 3.2.3.1 Raster- und Vektorwelt .....                                      | 54         |
| 3.2.3.2 Konzepte zur Datenmodellbeschreibung .....                        | 56         |
| 3.2.4 Fazit .....                                                         | 58         |
| <b>3.3 Geo-Objekte .....</b>                                              | <b>59</b>  |
| 3.3.1 Thematische Daten .....                                             | 61         |
| 3.3.2 Topologie .....                                                     | 61         |
| 3.3.2.1 Topologische Relationen .....                                     | 62         |
| 3.3.2.2 Partiiell geordnete Mengen .....                                  | 64         |
| 3.3.2.3 Favorisiertes topologisches Modell .....                          | 66         |
| 3.3.3 Geometrie .....                                                     | 70         |
| 3.3.3.1 Modellierung .....                                                | 71         |
| 3.3.3.2 Digitales Höhenmodell .....                                       | 73         |
| 3.3.3.3 Rasterdaten .....                                                 | 77         |
| 3.3.4 Visualisierung .....                                                | 77         |
| 3.3.4.1 Einflußfaktor: Dimension .....                                    | 78         |
| 3.3.4.2 Einflußfaktor: Anwender .....                                     | 82         |
| 3.3.4.3 Einflußfaktor: Skalierbarkeit und Darstellungsgeschwindigkeit ..  | 83         |
| 3.3.5 Das View-Konzept .....                                              | 87         |
| 3.3.5.1 Anforderungen .....                                               | 87         |
| 3.3.5.2 Aufbau des View-Konzepts .....                                    | 88         |
| 3.3.5.3 Dimension der Objekt-Visualisierung und -Repräsentation .....     | 94         |
| 3.3.5.4 Anwendungen für das View-Konzept .....                            | 97         |
| 3.3.6 Geo-Objekte als Basis des Frameworks .....                          | 97         |
| <b>3.4 Benutzungsoberfläche .....</b>                                     | <b>99</b>  |
| 3.4.1 Anforderungen für eine Berücksichtigung innerhalb des Frameworks .. | 100        |
| 3.4.2 Modell-Klassifikation .....                                         | 101        |
| 3.4.2.1 Interaktionsmodell .....                                          | 102        |
| 3.4.2.2 Einfache Zustandsübergangsdiagramme (ZÜD) .....                   | 103        |
| 3.4.2.3 Rekursive Zustandsübergangsdiagramme (RTN) .....                  | 104        |
| 3.4.2.4 Augmented Transition Network (ATN) .....                          | 104        |
| 3.4.2.5 Zustandsübergangsdiagramm nach Jacobs .....                       | 105        |
| 3.4.2.6 Petri-Netze .....                                                 | 107        |
| 3.4.2.7 Statecharts .....                                                 | 111        |
| 3.4.3 Kritische Bewertung der Dialogbeschreibungsmodele .....             | 117        |
| 3.4.3.1 Interaktionsmodell .....                                          | 118        |
| 3.4.3.2 Zustandsübergangsdiagramme .....                                  | 119        |
| 3.4.3.3 Petri-Netze .....                                                 | 123        |
| 3.4.3.4 Statecharts .....                                                 | 125        |
| 3.4.4 Zusammenfassung .....                                               | 126        |
| <b>3.5 Konzeption des Frameworks .....</b>                                | <b>127</b> |
| 3.5.1 Funktionelle Beschreibung .....                                     | 127        |
| 3.5.2 Technische Beschreibung .....                                       | 128        |

|                                                          |            |
|----------------------------------------------------------|------------|
| <b>4 Praktische Umsetzung</b>                            | <b>131</b> |
| 4.1 Objektverwaltung                                     | 133        |
| 4.2 Geo-Objekte                                          | 135        |
| 4.2.1 Datenrepräsentation                                | 136        |
| 4.2.1.1 GIS-Schnittstelle                                | 136        |
| 4.2.1.2 Einbettung des View-Konzepts                     | 139        |
| 4.2.2 Visualisierungs-Komponenten                        | 141        |
| 4.2.2.1 Visualisierung mit OpenGL                        | 141        |
| 4.2.2.2 Visualisierung mit VRML                          | 144        |
| 4.3 Unterstützung der Benutzungsoberfläche (GUI)         | 145        |
| 4.3.1 Benutzungsoberfläche mittels X/Motif (stand-alone) | 146        |
| 4.3.2 Benutzungsoberfläche mittels JAVA (client/server)  | 147        |
| 4.3.3 Kommandos                                          | 147        |
| 4.4 Realisierung eines 3D-Geo-Informationssystems        | 149        |
| 4.4.1 Stand-Alone-Applikation                            | 149        |
| 4.4.1.1 Automatisierte Unterstützung der Textur          | 149        |
| 4.4.1.2 Levels of Detail                                 | 150        |
| 4.4.2 Verteilte Applikation                              | 151        |
| <b>5 Bewertung der Ergebnisse</b>                        | <b>153</b> |
| 5.1 Qualitative Bewertung                                | 153        |
| 5.1.1 Vergleich der Systeme/Tools                        | 153        |
| 5.1.2 Bewertung der Anforderungen                        | 159        |
| 5.2 Quantitative Bewertung                               | 161        |
| <b>6 Zusammenfassung</b>                                 | <b>164</b> |
| <b>7 Ausblick</b>                                        | <b>169</b> |
| <b>8 Literatur</b>                                       | <b>171</b> |