

# Rahmenbedingungen beim Einsatz von Geovisualisierungsmethoden und –techniken

Liqiu Meng, Technische Universität München

## Zusammenfassung

Ausgehend von der Natur der Geovisualisierung versucht die Autorin, die modernen Geovisualisierungsmethoden und –techniken im Verhältnis zu Geodaten und darauf verwendbaren Handlungen, zu Betrachtern und zu Nutzeraufgaben zu kategorisieren. Daraus werden semiotische, wahrnehmungs- und kognitionstheoretische sowie handlungstheoretische Rahmenbedingungen abgeleitet. Als Schwerpunkt analysiert dieser Beitrag vier Brauchbarkeitsstufen der Geovisualisierung und stellt in Anlehnung an die AIDA-Formel aus der Werbebranche die entsprechenden Anforderungen an die Gestaltung, nämlich die Geovisualisierung (1) zum Sehen, wo die Sichtbarkeit eine entscheidende Rolle spielt, (2) zum Bewundern, wo die Lesbarkeit im Vordergrund steht, (3) zur Übertragung gespeicherter Informationen, wo die Kartographik als Fenster einer Geodatenbank fungiert und daher die interaktiven Zugriffsverfahren zur Verfügung gestellt werden sollen, und (4) zur Unterstützung der Nutzerhandlungen, wo Explorationswerkzeuge, kollaborative Arbeitsumgebungen sowie adaptive Visualisierungsmethoden erforderlich sind.

## 1. Die Natur der Geovisualisierung

Die modernen Sensoren und Auswertemethoden erlauben uns mittlerweile, Geoobjekte innerhalb und außerhalb des menschlichen visuellen Bereiches schnell, flächendeckend und mit hoher Genauigkeit zu erfassen. Die Verfügbarkeit der ständig expandierenden Geodatenmenge eröffnet einerseits einen großen Geomarkt, andererseits erregt sie jedoch unter den Endnutzern eine steigende Angst vor der Datenflut. Um die Kluft zwischen Anbietern und Verbrauchern von Geodaten zu überbrücken bietet die Geovisualisierung ihre hervorragende Dienstleistung an.

Unter der Geovisualisierung versteht man im engeren Sinne einen kognitiven Prozess zur graphischen Abbildung von Geoobjekten samt dem Geowissen, das man beim Umgang mit dem Georaum erworben hat, auf einer Projektionsoberfläche. Was der Nutzer in einer derartigen Abbildung sieht ist keine objektive Beschreibung der realen Umwelt, sondern die Wiedergabe eines vom Darsteller (oft dem Kartographen) interpretierten und für bestimmte Zwecke und Zielgruppen konstruierten Modells. Dieses subjektive Modell muss erst gelernt werden, bevor es als verständlich gelten kann. Bei der Gestaltung der Geovisualisierung muss der Kartograph stetig versuchen, eine Kompromisslösung unter verschiedenen technischen Zwängen zu finden.

Erstens muss der 3D-Georaum sowie die Zeitdimension auf der üblicherweise 2D-Projektionsoberfläche zusammengeklappt werden. Abgesehen von den unvermeidlichen Projektionsverzerrungen oder dem absichtlichen Weglassen der einen oder der anderen Dimension, kommt oft eine mehrfache Bedeutung auf ein und dieselbe Dimension zu. Ebenfalls ist es üblich, räumliche Dimensionen als Metapher zur Visualisierung nicht-räumlicher Informationen zu verwenden.

Zweitens muss die blattschnittfreie räumliche Ausdehnung gefaltet, geschichtet und skaliert werden, um die Darstellungsinhalte in eine beliebige Fenstergröße einzupassen. Die ausgewählten Geoobjekte sind oft zugunsten der Lesbarkeit unmaßstäblich darzustellen, zu beschriften und in maßstäblich verkleinertem Georaum ohne Konflikte unterzubringen.

Drittens müssen die inhärenten Wahrnehmungsmodalitäten der Geoobjekte weitergehend auf den Sichtsinn (ggf. ergänzt durch den Hörsinn oder den Tastsinn) eingeschränkt werden. Während sich ein sichtbares Objekt relativ einfach in eine ebenfalls visuelle Signatur konvertieren lässt, ist eine viel anspruchsvollere Kognition erforderlich, um für die Geoobjekte, die entweder durch andere sensorische Kanäle wahrnehmbar sind oder überhaupt nur als Vorstellungen existieren, eine angebrachte visuelle Ausdrucksform zu finden.

## 2. Auswirkungen technischer Entwicklungen auf die Geovisualisierung

Trotz der oben genannten Zwänge ist dem Kartographen bisher immer gelungen, digital erfasste Geoobjekte graphisch umzusetzen. Die Verbreitung der Multimediatechnik, der Telekommunikation sowie der Internetverbindung in den letzten Jahren hat den Gestaltungsspielraum noch erheblich vergrößert. Die Zeitdimension wird z.B. mittels der Animationstechnik zur Abbildung temporaler Prozesse oder als Metapher zur Darstellung nichttemporaler Ereignisse eingesetzt. Die Graphik lässt sich nicht unbedingt auf einmal, sondern sukzessiv am Bildschirm aufbauen. Die Erweiterung der graphischen Variablen durch akustische Variablen erlaubt dem Kartographen, eine größere Bandbreite an Geodaten und Metadaten sowohl lebendig als auch klangvoll wiederzugeben. Der Raumbezug einer Darstellung kann mehrere stark variierende Maßstäbe statt nur einen einheitlichen aufweisen, damit die ausgewählten Fokusbereiche mit dem Lupeneffekt betrachtet werden können. Ferner lassen sich die invarianten Strukturen aus einer Abfolge mehrerer Darstellungen derselben Geoobjekte einfach detektieren.

Noch entscheidender ist die einzigartige Möglichkeit, die sog. **zugängliche Karte** mithilfe der Interaktivität zu generieren. Theoretisch kann die Ausdruckskraft einer zugänglichen Karte ins unendliche erweitert werden. Die Interaktivität überwindet im wesentlichen die Schwierigkeiten, die durch immer kleiner werdende Bildschirmgröße einerseits und die noch unzufriedene Bildschirmauflösung andererseits verursacht werden. Bei zugänglichen Karten lassen sich die Geoinformationen nach dem Prinzip des „Klappmessers“ beliebig schichten und abrufen. Die Technik des *rapid prototyping* erlaubt dem Gestalter virtuelle Modelle von materiellen oder immateriellen Geoobjekten kostengünstig zu konstruieren (Rase 2002). Mithilfe fortgeschrittener VR-Verfahren (*virtual reality*) lassen sich auch multimodale Interaktionen in diese Modelle integrieren, somit kann der Nutzer die Modellobjekte nicht nur aus einem beliebigen Blickwinkel betrachten, sondern auch anfassen und bewegen (Fuhrmann & MacEachren 2001, Berlin & Merten 2003). Indem man unter Verwendung der AR-Technik (*augmented reality*) einer gedruckten Karte virtuelle Themenschichten hinzufügt, gewinnt sogar die analoge Karte interaktive Funktionalität (Bobrich 2003). Darüber hinaus erlaubt die Netzverbindung mehreren räumlich getrennten Nutzern, gleichzeitig mit derselben Darstellung und miteinander zu kommunizieren. Geht ein vernetzter Nutzer in eine Webkarte hinein, so erhält er im Prinzip den Zugang zu einer unerschöpflichen Informationsquelle.

Der Zeichenschlüssel und die interaktiven Funktionen müssen nicht wegen Platzmangels immer versteckt bleiben oder räumlich getrennt vom Hauptfeld platziert werden, sondern können durch Integration in die jeweiligen Zeichen (z.B. in Form eines abrufbaren und aufblasbaren Fensters) gezielt die Schwächen der Graphik kompensieren. Eine derartige **Info-Dienst-Graphik** fungiert als ein in sich abgeschlossenes Informations- und Handlungspaket aus deklarativem und prozeduralem Wissen ist oft in der Lage, komplexe raum-zeitliche Zusammenhänge selbsterklärend und kontextadaptiv zu verbalisieren, visualisieren und bearbeiten.

Gegenwärtig sind zwei Trends zu beobachten. Auf der einen Seite neigen viele GIS dazu, sämtliche Geoobjekte, ob abstrakt oder konkret, diskret oder kontinuierlich, statisch oder dynamisch, durch einfache 1D, 2D oder 3D-Signaturen aus einer oft sehr begrenzten Zeichenbibliothek zu visualisieren (Comenetz 2002). Auch die interaktiven Funktionen sind überwiegend durch die Maus-Menü-Kombination zu aktivieren, wobei die Menüschaltflächen meist aus den nicht standardisierten 2D-Icons bestehen. Diese durch sog. „*graphische Integer*“ bezeichneten Visualisierungslösungen nehmen keine oder nur wenig Rücksicht auf die charakteristischen Eigenschaften von Geoobjekten und Handlungen. Sie sind deshalb mit vielen Problemen hinsichtlich der Datenanalyse, der Systembedienung und der mentalen Modellbildung behaftet.

Auf der anderen Seite versuchen viele aktuelle Geovisualisierungssysteme, mit wenig Rücksicht auf den Kosten/Nutzen-Effekt durch das Ausschöpfen modernster Technologien eine große Palette an alternativen Visualisierungsformen samt deren einstellbaren Parametern und interaktiven Werkzeugen anzubieten. Allerdings führt der steigende Freiheitsgrad bei der Gestaltung nicht unbedingt zu einem sinkenden Nutzungsaufwand. Eine übermäßige Verwendung audio-visueller Gestaltungsmittel könnte nicht nur die Sinnesorgane des Nutzers überfordern, sondern auch sein Arbeitsumfeld unnötig stören. Die geschichteten Themen sowie die damit verknüpften Informationen sind oft nicht gleichzeitig zu sehen, daher besteht immer das potentielle Problem, dass der Nutzer im Informationsraum verläuft

und gewisse wichtige Botschaften nie entdeckt. In Abb.1 wird ein typisches Problem mit der Navigationsfunktion „Zurück“ gezeigt (Bürger & Neumann 2001). Außerdem sind nicht alle interaktiven Funktionen garantiert effizient zu bedienen. Der Computer erkennt meist weder die Aufgabe, noch das Ziel des Nutzers, sondern lediglich die isolierten Handlungsbefehle. Er liefert daher nur Standardlösungen zu Standardfragen oder eine selbstbedienbare Toolbox.

Um die ständig erneuten Geovisualisierungsmethoden und –techniken nutzbringend einzusetzen, müssen deren Eignungseigenschaften systematisch untersucht werden. Dafür sind zunächst die Verhältnisse der Geovisualisierung zu Geodaten / Handlungen, zu Betrachtern, und zu Nutzeraufgaben näher zu betrachten.



Mögliche Interpretationen:

- Die letzte Aktion wird rückgängig gemacht
- Rückkehr zur vorherigen Seite
- Rückkehr zum Anfang der Seite
- Rückkehr zum Hauptmenü

Abb. 1 Eine Navigationshilfe, die nicht hilft

### 3. Semiotische Rahmenbedingungen

Methodische und Technische Fortschritte in der Geovisualisierung haben die Grenze zwischen Karten und anderen geo-räumlichen Darstellungen zunehmend verwischt. Eine einheitliche Typologie verschiedener Geovisualisierungsformen besteht derzeit jedoch noch nicht. Im weiteren Sinne umfassen die Karten, generell auch Geovisualisierungsprodukte genannt, alle kartenverwandten Darstellungen.

Anders als „view only“-Karten, die als Trägermedium für die Graphik und zugleich als Speichermedium für die Geodatenbank fungieren, wird eine zugängliche Karte eher als Fenster zu einem digitalen Objektmodell behandelt. Denn der begrenzte Darstellungsplatz erlaubt dem Gestalter nur eine kleine Auswahl aus sämtlichen seienden und handelnden Informationen des Objektmodells gleichzeitig sichtbar zu machen. Die entsprechende Geovisualisierung kann so „realitätsnah“ sein, dass jeder Nutzer mit gesundem Menschenverstand eine unmittelbare Verbindung zu den abgebildeten Objekten findet, oder so „realitätsfern“ sein, dass der Nutzer nur durch zusätzliches Lernen den Zusammenhang mit den abgebildeten Objekten entdecken kann. Der Übergang von realitätsnahen und realitätsfernen Darstellungen lässt sich durch naturalistische, zeichnerische und funktionale Darstellungsstile gut kennzeichnen (Meng 2002).

#### Naturalistische Darstellung:

Darunter wird allgemein eine Art bildlicher Darstellungen verstanden, bei der möglichst genau der visuelle Eindruck beim Betrachten der abgebildeten Szene reproduziert wird (Abb.2a). Das heißt, die Darstellung, ob photorealistisch, cartorealistisch oder illustrativ, soll die abgebildete Szene in visueller Hinsicht vortäuschen. Der Umgang mit einer naturalistischen Darstellung, ob monomodal oder multimodal, ist mehr oder weniger immersiv, weil die Darstellung und das Dargestellte durch die maßgebliche visuelle Ähnlichkeit zu einer Einheit verschmelzen. Die Abwesenheit des kognitiven „Abstands“ zwischen der Darstellung und dem Dargestellten führt dazu, dass der Betrachter nur die Gegenwart des Dargestellten empfindet und in die Darstellung eintaucht. In den naturalistischen Darstellungen sind bekannte konkrete Objekte am ehesten verständlich (Shirra. & Scholz 2000). Zur Kommunikation anderer Aspekte oder nichtvisueller Szenen ist dieser Darstellungsstil wenig geeignet. Denn gerade weil er die Aufmerksamkeit des Betrachters auf die visuelle Erscheinung zieht, lenkt er von den eigentlichen mitzuteilenden Aspekten ab und schränkt damit die Flexibilität zur Abstraktion ein. Auch die relativ langsame Aufbaugeschwindigkeit einer naturalistischen Graphik ist ein Nachteil.

#### Zeichnerische Darstellung:

Zu den zeichnerischen Darstellungen gehören die meisten Standardkarten (Abb.2b). Der Zeichenprozess neigt dazu, nur die charakteristischen und nicht unbedingt visuellen Aspekte eines Geobjektes zum Ausdruck zu bringen. Es genügt dem Betrachter unter Umständen schon die Entdeckung eines charakteristischen Bruchteils, um eine Bedeutung gänzlich zu konstruieren. Der kognitive „Abstand“

zwischen dem Zeichen und dem Gezeichneten nimmt von bildhaften Piktogrammen, Icons bis abstrakten geometrischen Zeichen zu. Da ein Zeichen mit dem Gezeichneten nicht zu verwechseln ist, erlaubt es dem Nutzer, über das visuelle Erscheinungsbild hinaus zu gehen und nach den wesentlichen Aspekten zu erkunden. Aus diesem Grund sind zeichnerische Darstellungen hervorragend geeignet zur Kommunikation und Exploration nicht visueller Aspekte und abstrakter Konzepte.

Das Zeichenverstehen erfordert neben einem Zeichenschlüssel auch ein Training, denn jedes Zeichen trägt die Konventionen seiner Herkunftskultur und Gegenwartskultur mit sich. Dies betrifft nicht nur die Interpretation der sog. „seienden“ Informationen (z.B. Objektattribute), sondern viel mehr die Dekodierung der „handelnden“ Informationen (z.B. Objektbezogener Funktionen). Das Verstehen einer gegenständlichen Abbildung reicht für das Erkennen der Handlungsaufforderung in einem Zeichen oftmals nicht aus. Ob bei der zeichnerischen Darstellung einer Handlung bevorzugt der Handlungsgegenstand (z.B. eine Objektklasse), der Handlungsprozess (z.B. das Suchen) oder das Handlungsergebnis (z.B. die Vergrößerung) abgebildet werden soll, hängt von mehreren und unterschiedlich gewichteten Einflussfaktoren ab, wie z.B. dem Wissensstand des Nutzers, seiner Zu- bzw. Abneigung, der in seiner Kultur geltenden Konvention usw. Dennoch erwies sich ein Zeichen als schnell erfassbar für die Nutzer, die ihren Sinn kennen; für andere fungiert es als ein Blickfangender Platzhalter für etwas Interessantes oder Besonderes.

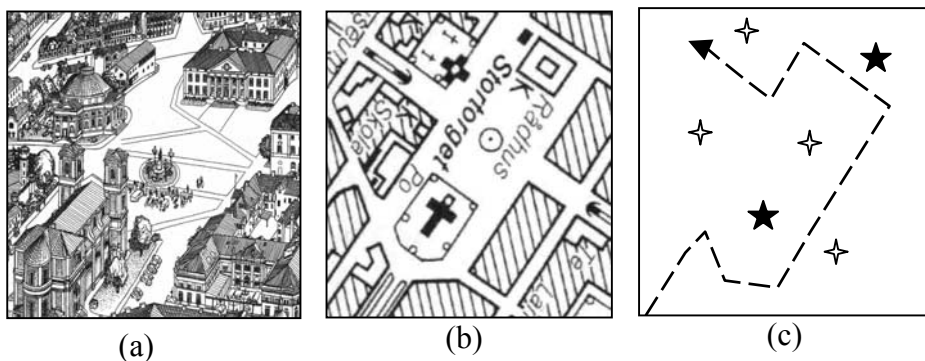


Abb. 2 (a) Naturalistische Darstellung, (b) Zeichnerische Darstellung, (c) Funktionale Darstellung

Funktionale Darstellung:

Die funktionalen Kontexte setzen eine schnelle und sichere Interpretation der Geovisualisierung voraus. Dafür ist eine möglichst eindeutige und Platzschonende Kodierung unter Verzicht auf alle redundanten und dem Selbstzweck dienenden Gestaltungsmittel erforderlich (Abb.2c), denn zielbewusste Benutzer empfinden nur Ärger, wenn sie unter Zeitdruck eine wesentliche Botschaft aus der Darstellung erst nach mühsamen Auseinandersetzungen verstehen können.

Bei einer funktionalen Darstellung kann es sich sowohl um eine „rohe“ graphische Umsetzung digitaler Geobjekte (z.B. ein aus Mittelebenen bestehendes Wegenetz) als auch um eine raffinierte Gestaltung (z.B. multifokale Präsentation) handeln. Der Raumbezug wird oft als Metapher zur Kommunikation nichtgegenständlicher, nichtvisueller oder nichträumlicher Informationen (z.B. der Navigationsrichtung, raum-zeitlicher Relationen, der Datenbankstruktur) ausgenutzt. Zum Einsatz kommen Techniken wie die Schematisierung (Hake et al. 2002) und die Anamorphose (Rase 2001). Dabei verliert sowohl die Maßstäblichkeit als auch die Dimensionalität ihre eigentliche räumliche Bedeutung.

Die funktionale Darstellung dient einem speziellen Zweck oft sehr effizient. Das Topogramm an kleinen Displays für den Zweck der Navigation ist ein gutes Beispiel dafür (Brunner 2002). Die realitätsfremde Natur dieses Darstellungsstils macht jedoch einen Zeichenschlüssel und einen Lernprozess unabdingbar. Außerdem könnte eine „unästhetische“ funktionale Darstellung Abneigungen unter den Lesern verursachen.

#### 4. Wahrnehmungs- und Kognitionstheoretische Rahmenbedingungen

Die Wahrnehmung einer Graphik ist durch das Überfliegen gekennzeichnet. Aus einer Überfülle visueller Reizen gelangt in der Regel nur ein sehr kleiner Teil (bis 7 Informationseinheiten) ans Kurzzeitgedächtnis des Wahrnehmers (Buziek 2001). Die Betrachtung einer Bildschirmkarte aus emittierendem Licht erwies sich anstrengender und langsamer als das Lesen vom Papier aus reflektiertem Licht. Das Flimmern des Monitors wirkt auf die Augen auch ermüdend. Zudem neigen die Betrachter einer stationären Bildschirmdarstellung dazu, eine steife Sitzhaltung einzunehmen und den Monitor anzustarren, was oft zu einer schnellen Frustration führt. Das Scrollen wird von vielen Nutzern eher vermieden, wohl aus der Befürchtung, dass die geforderten Informationen nicht schnell genug am Bildschirm gezeigt werden können. Ein Durchschnittsleser duldet nicht mehr als dreimal Mausclicken. Auf detailreiche Darstellungen kann er sich jedoch schwer konzentrieren. Außerdem tendiert er, die Legende zu ignorieren, die räumlich getrennt von der Darstellung platziert ist. Das veränderte Nutzerverhalten sowie die veränderten Nutzererwartungen beim Umgang mit Bildschirmdarstellungen stellt eine Reihe neue Rahmenbedingungen an die Gestaltung.

Der Aufbau einer Kartengraphik am Bildschirm kann auf unterschiedlichsten Weisen erfolgen, z.B. (1) als eine fertige graphische Datei im Raster- oder Vektorformat auf einem Server oder dem Client; (2) als mehrere fertige graphische Dateien im Raster- oder Vektorformat auf einem oder mehreren verteilten Servern, die zum Client übertragen und dort zusammengefügt werden; oder (3) als Objektmodell auf einem oder mehreren verteilten Servern, das dann serverseitig oder nach der Übertragung clientseitig generalisiert und visualisiert wird (Abb.3). Diese diversen Techniken zur Kartengenerierung dürfen jedoch keine spürbaren Unterschiede auf die Augen des Endnutzers machen, d.h. eine abgerufene Kartengraphik soll möglichst echtzeitig am Bildschirm gezeigt werden. Denn die meisten Endnutzer erwarten, dass ein System unverzüglich auf die Nutzeraktion, wie z.B. eine Anfrage oder ein Mausclicken, reagiert. Wenn die aufwendige Berechnung oder die Übertragung großer Datenmengen unvermeidbar sind, sollen Techniken wie Standanzeiger mit vorausgesagter Bearbeitungszeit, sukzessive Wiedergabe (*successive rendering*) von groben zu feinen Auflösungen, von unscharfen zu scharfen Bildern, von einem Teil zur Ganzheit usw. eingesetzt werden.

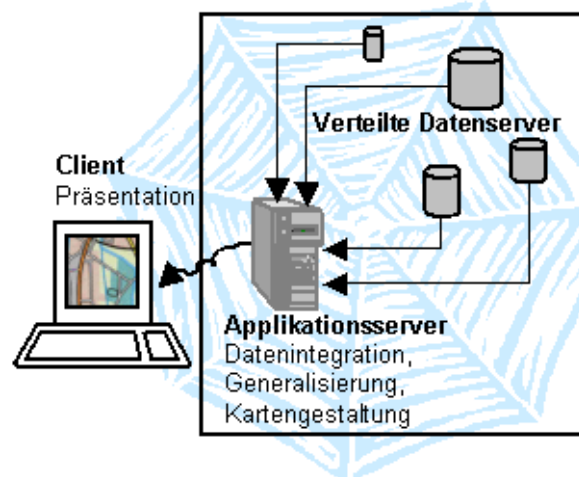


Abb. 3 Eine Möglichkeit zum Aufbau der Kartengraphik: der durch die dicke Linie markierte Bereich ist für Endnutzer undurchsichtig

Die Gestaltung der Kartengraphik am Bildschirm soll sich nach der **AIDA-Formel** (*Attention Interest Desire Action*) aus der Werbebranche richten (Thissen 2001), die aus vier aufeinander aufbauenden Stufen besteht:

*Attention*: Nutzer, insbesondere die Internetnutzer, sind oft weder bewusst für eine bestimmte Geovisualisierung noch stark motiviert, ausgerechnet diese zu betrachten, daher soll die Kartengraphik in der Lage sein, durch Spektakuläres und Unerwartetes die Aufmerksamkeit des flüchtigen Betrachters zu erregen und fesseln. Dabei ist nicht nur eine gute Sichtbarkeit, sondern auch ein einladender erster Eindruck erforderlich. Zu diesem Zweck kommt vor allem das Prägnanzprinzip zum Einsatz. Die ein-

zelen graphischen Elemente sollen in wenige kompakte und vereinfachte Informationspakete (*chunks*) gebündelt und plakativ dargeboten werden. Ebenfalls soll ein dem Nutzer bekannter Bezug verfügbar sein und konsistent bleiben.

*Interest:* Sobald die Aufmerksamkeit des Nutzers auf die Kartengraphik gelenkt ist, sollen nach der Regel der sog. „*thin design*“ die wesentlichen Karteninhalte übersichtlich dargestellt werden, um das Interesse des Nutzers zu wecken. Die Bereitschaft des Nutzers, den ganzen Informationsgehalt einer Bildschirmkarte wahrzunehmen, ist relativ gering, selbst wenn der Monitor über eine hinreichend feine Auflösung verfügt. Daher soll eine Bildschirmkarte generell größere Minimaldimensionen für die Symbolgestaltung und einen größeren Generalisierungsgrad aufweisen als die entsprechende Papierkarte. Außerdem sollen die Karteninhalte am Bildschirm möglichst flach strukturiert werden (z.B. in maximal drei Ebenen), um die unnötigen Mausklicks zu ersparen. Zu diesem Zweck finden z.B. die sog. sensitiven Signaturen, die beim Überfliegen der Maus versteckte Informationen zeigen, ihren praktischen Nutzen. Ferner soll die graphische Qualität von Kartensignaturen und -schriften durch die Verwendung von Antialiasingstechniken erhöht werden, denn die Lesbarkeit lässt sich oft mit der Zuverlässigkeit der Karteninhalte assoziieren.

*Desire:* interessierte Nutzer sind besonders neugierig und haben oft die Wünsche, von der Kartengraphik etwas zu haben. Um diese Wünsche zu verstärken, ist einerseits das Bewusstsein des Nutzers für die mit der Kartengraphik verknüpften tiefgreifenden bzw. weiterführenden Informationen zu fördern, andererseits die Suchaktion des Nutzers durch die Orientierungs- und Navigationshilfe zu unterstützen. Zur Identifizierung des aktuellen Informationsbedarfs des Nutzers und Modellierung seines Suchverhaltens können Techniken, wie z.B. Online-Umfrage, Erfassung und Analyse der Augenbewegungsmuster (Brodersen et al. 2002), Häufigkeitsuntersuchung abgerufener Funktionen bzw. Interaktionsmodalitäten und autonome Agenten, kombiniert eingesetzt werden. Außerdem sind die allgemeinen physiologischen Eigenschaften des Nutzers zu beachten. Hyperlinks, Schichtverwaltungsfunktionen, sensitive Signaturen usw. sollen durch Gewohnheitsansprechende Metapher deutlich sichtbar gemacht werden und selbsterklärend den Nutzer zum Klicken oder zum Überfliegen auffordern. Indem die semantisch sinnvoll gruppierten Informationselemente sequentiell dargeboten oder durch eine gleitende Lupe beleuchtet werden (Döllner 2000), lassen sich die Kenntnisse des Kartographen und bekannte Tatsachen effizient kommunizieren. Die Darstellung samt abrufbaren Informationen sollen erwartungsgemäß druckbar, speicherbar und weiterbearbeitbar sein (Dickmann 2001). Sämtliche Dialoge sollen konsistent sein und den Benutzer nicht dazu zwingen, sich immer wieder neu darauf einzustellen (Thissen 2000). Interaktive Funktionen sollen nach deren gemeinsamen Eigenschaften strukturiert, nach der Abrufhäufigkeit sortiert, und in Form von z.B. Isotypen-Schaltflächen dargestellt werden (Abb.4). Die Platzierung interaktiver Funktionen soll ergonomisch günstig und leicht auffindbar sein und darf die Wahrnehmung der eigentlichen Darstellung nicht stören. Bei multimodalen Schaltflächen ist besonders darauf zu achten, dass deren Platzierung und Darstellung die Modalitätsfehler minimieren soll.



Abb. 4 Die durch vier Eckpunkte gekennzeichneten Isotypen-Schaltflächen in ArcView

*Action:* Der Informationsbedarf eines Nutzers ist nicht immer, jedoch oft eng gekoppelt mit seinem Handlungsbedarf. Hat ein Nutzer der Kartengraphik relevante Geoinformationen entnommen, so kann er diese Informationen bei der Erfüllung seiner Aufgaben unmittelbar verwenden, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Zielbewusste Nutzer sind sogar bereit, etwas unangenehmes zu tun, denn sie sind stark motiviert, unabhängig davon, ob es sich um eine intrinsische Motivation oder eine während der Interaktion mit der Kartengraphik extrinsisch erzeugte Motivation handelt. Bei der Entwicklung von Geovisualisierungssystemen für handlungsbedürftige Nutzer gelten daher zusätzlich die handlungstheoretischen Rahmenbedingungen. Eine ausführliche Darstellung über die Mensch-Computer-Interaktion auf Grundlage der Handlungstheorie findet sich u.a. in (Dransch 2002).

## 5. Handlungstheoretische Rahmenbedingungen

Handlungen mit oder durch die Geovisualisierung können verschiedensten Zwecken dienen. Am häufigsten verwendet man die Geovisualisierung als Handlungswerkzeug zur Unterstützung der Wissensbildung, der raumplanerischen Entscheidung und der Mobilität im Georaum.

### Wissensbildung:

Unsere Umwelt besteht aus diversen Objekten, die unterschiedliches Verhalten im Maßstabsraum aufweisen. Jedes individuelle Objekt lässt sich nur auf einer bestimmten Abstraktionsstufe am besten erkennen, durch seinen charakteristischen Teil, sein grobes Gerüst, seine Beziehung zu anderen Objekten oder seinen Prozess. Der Kartograph ist offenbar nicht in der Lage, alles umfassende raumzeitliche Zusammenhänge allein durchzublicken. Genauso unmöglich ist für den Nutzer, mithilfe einer einzigen Karte alle verborgenen Geoinformationen zu entziffern. Damit der Nutzer durch eigene Handlungen und unter Verwendung seines Domänenwissens und seiner Erfahrungen die Unkenntnisse des Kartographen überwinden und unbekannte Tatsachen selbständig entdecken kann, sollen Explorationswerkzeuge in die Geovisualisierung integriert werden.

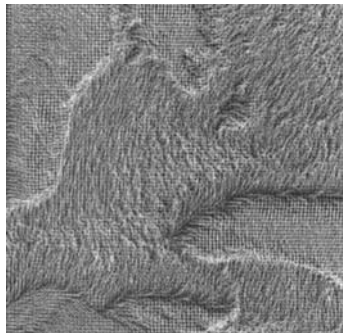


Abb. 5 Räumliche Strukturen, die durch die MV-Technik (*multivariate visualization*) hervorgehoben sind (Wong & Bergeron 1997)

Multiple Darstellungsformen, die z.B. multiple Variablen in multiplen Maßstäben visualisieren, sollen in Kombination mit analytischen Funktionen dem Nutzer erlauben, verschiedene Aspekte der Geodaten zu betrachten, identifizieren, berechnen und verstehen. In Abb.5 wird ein Beispiel zur Identifizierung räumlicher Struktur gezeigt. Durch die Explorationshandlungen lassen sich aus erworbenen Geoinformationen Hypothesen erstellen oder bestätigen. Dem Nutzer soll der maximale Gestaltungsspielraum gegeben werden, seine persönliche Darstellung zu generieren oder mit innovativen Geovisualisierungsmethoden und -techniken zu experimentieren.

### Raumplanerische Entscheidungen:

Raumplanerische Entscheidungen sind oft Angelegenheiten der Arbeitsgruppen. Dabei spielt die Geovisualisierung eine Mehrfachrolle als Arbeitssprache, als Denkinstrument, und als Darstellungsmedium für Zwischen- und Endergebnisse. Die ständigen Fortschritte der Displays- und Schnittstellentechnologien sowie die Verbreitung der Telekommunikation haben die Entwicklung von Multinutzergeovisualisierungssystemen ermöglicht (MacEachren & Kraak 2001). In einem solchen System wirken die Visualisierungsformen, die Nutzerschnittstelle, die Datenbank(en), die Netzverbindung, die computeranalytischen Funktionen, das Domänenwissen und die Erfahrungen jedes Beteiligten zusammen. Eine reibungslose und konstruktive Kommunikation mit der Kartographik und zwischen mehreren Beteiligten an demselben Ort und verschiedenen Orten erfordert eine gemeinsame Dialogbasis, eine Typologie der kollaborativen Nutzeraufgaben sowie deren Koordinierungsregeln in synchronischer oder asynchronischer Art, und ein sich regenerierendes gemeinsames Gedächtnis (Gruppennotiz). Um die Generierung unsinniger personalisierter Darstellungen und die Durchführung ungültiger Aktionen zu vermeiden, sollen sinnvolle Wertebereiche für die einstellbaren Parameter in der jeweiligen Darstellungsmethode und analytischen Funktion in Abhängigkeit von den ontologischen Strukturen, den Verteilungseigenschaften sowie der räumlichen Ausdehnung der darzustellenden Geobjekte und von der Fenstergröße am Bildschirm dynamisch definiert werden. Durch eine derartige Einschränkung

wird nämlich der gemeinsame Spielraum für die kollaborative Geovisualisierungsumgebung festgelegt. Eine konsistente Schnittstelle mit einer einheitlichen Platzierung und Darstellung interaktiver Funktionen ist ebenfalls wichtig, um den Daten- und Meinungs austausch unter den Beteiligten zu erleichtern.

#### Mobilität im Georaum:

In der mobilen Handlungsumgebung hat der Nutzer gleichzeitig mit der virtuellen Realität an (kleinen) Displays und mit der realen Umwelt zu tun. Seine Mobilitätsaufgaben im Georaum sind in der Regel zeitkritisch und seine Handlungskontexte ändern sich stetig. Diese mobilen Eigenschaften, abgesehen von anderen technischen Einschränkungen, erlauben daher viel kürzere Betrachtungsdauer und geringere Interaktionsintensität und erfordern höhere Selbstadaptivität als in der stationären Umgebung. Bei der Gestaltung der Mobilitätsunterstützenden Geovisualisierung sollen sowohl die Darstellungsinhalte als auch die interaktiven Funktionen auf das Wesentliche, z.B. einige wenige Platzschonende POI (*point of interest*) und entsprechende Routenbeschreibungen minimiert werden. Die Symbole bzw. Schaltflächen sollen sofort verständlich und möglichst multimodal (z.B. visuell und akustisch) zugänglich sein. Die Nutzerschnittstelle soll intuitiv oder der Gewohnheit entsprechend bedienbar sein, um den Handelnden nicht von seiner eigentlichen Aufgabe im realen Georaum abzulenken. Es ist u.U. sogar auf die Visualisierung zu verzichten, wenn eine äquivalente Verbalisierung möglich und effizient einsetzbar ist. Zu den aktuellen Forschungsfragen hinsichtlich der adaptiven Geovisualisierung für mobile Nutzer gehören, z.B., Was lässt sich sinnvoll adaptieren (Reichenbacher 2003)? Was für Auswirkungen hat die dynamische Orientierungsadaption auf die Wahrnehmung? Welche Nutzereigenschaften gehen in das Nutzermodell ein? Welche Nutzeraufgaben sind typisch? Wie lassen sich die Nutzungskontexte kategorisieren?

## **6. Schlussbemerkungen**

Der Nutzen der Geovisualisierung besteht nicht in der Fülle verfügbarer Methoden und Techniken, sondern der Auswahl und Kombination. Eine gute Einsicht in (1) die Natur der Geovisualisierung, (2) die Eigenschaften der dargestellten Geodaten, (3) das allgemeine Nutzerverhalten und (4) den aktuellen Nutzerbedarf ist erforderlich, um den Gestaltungsspielraum für die jeweilige Geovisualisierungsaufgabe sinnvoll einzuschränken.

## **7. Literatur**

- Berlin, K & Merten, S. (2003) Verbesserung der Nutzbarkeit geo-virtueller Anwendungen durch Multimodalität und Geo-Constraints. In diesem Band.
- Bobrich, J. (2003) Augmented reality für Geo-Anwendungen. In diesem Band.
- Brodersen, L., Andersen H. und Weber, S. (2002): Applying Eye-Movement Tracking for the Study of Map Perception and Map Design. Kort & Matrikelstyrelsen, Denmark, Publications Series 4, Vol.9.
- Brunner, K. (2002) Topogramme für kleinformatige Displays mobiler Endgeräte. KN 3/2002, 103-106.
- Bürger, M. & Neumann, W. (2001) Screen Design und visuelle Kommunikation – Gestaltung interaktiver Oberflächen. Hüthig Verlag, Heidelberg.
- Buziek, G. (2001) Eine Konzeption der kartographischen Visualisierung. Habilitationsschrift, Univ. Hannover.
- Comenetz, J. (2002) Cognitive geometry for cartography. The Cartographic Journal, Vol. 39, No.1, The British Cartographic Society. 65-76.
- Dickmann, F. (2001) Web-Mapping und Web-GIS. Westermann, Braunschweig, Kap.6.
- Döllner, J. (2000) Objektorientierte kartographische Visualisierung. Kap.5 in: Buziek, Dransch und Rase (Hrsg.) Dynamische Visualisierung. Springer Verlag.
- Dransch, D. (2002) Handlungsorientierte Mensch-Computer-Interaktion für die kartographische Informationsverarbeitung in Geo-Informationssystemen. Habilitationsschrift, FU Berlin.
- Fuhrmann, S. & MacEachren, A. (2001) Navigation in desktop-basierten geo-virtuellen Welten. KN 3/2001, 132-142.
- Hake, G., Grünreich, D. und Meng, L. (2002) Kartographie - Visualisierung raum-zeitlicher Informationen. de Gruyter Lehrbuch, 8.Auflage.
- MacEachren A.-M. & Kraak, M.-J. (2001) Research Challenges in Geovisualization. Cartography and Geographic Information Science, Vol.28, No.1,1/2001.
- Meng, L. (2002) Zur Entwicklung und Nutzung von Geodiensten. Festschrift der Deutschen Geodätischen Kommission.
- Rase, W.-D. (2001) Kartographische Anamorphosen und andere nichtlineare Darstellungen. Kartographische Bausteine, Band 19, TU Dresden.
- Rase, W.-D. (2002) Physical models of GIS by rapid prototyping. ISPRS Symposium Ottawa.



- Reichenbacher, T. (2003) Mobile Kartographie und ihre Nutzer: Szenarien adaptiver Visualisierungsmöglichkeiten für mobile Benutzeraktivitäten. In diesem Band.
- Shirra, J. & Scholz, M. (2000) Zwei Skizzen zum Begriff „Photorealismus“ in der Computergraphik. In: Sachs-Hombach / Rehkämper (Hrsg.) Bild - Bildwahrnehmung – Bildverarbeitung. DUV, 69-79.
- Thissen, F. (2000) Screen Design. Springer Verlag.
- Wong, P.-C. & Bergeron, R.-D. (1997) 30 Years of Multidimensional Multivariate Visualization. In: Nielson, Hagen & Müller (Hrsg.) Scientific Visualization – Overviews, Methodologies, Techniques. IEEE Computer Society, 1-33.