



geoinformation.net

Projektpartner: Westfälische Wilhelms-
Universität Münster -
Institut für Geoinformatik
Datum: 03.07.2003

Lerneinheit 4: „Explorative Visualisierung“

Einleitung

Sehr große und hochdimensionale Datenmengen lassen sich in ihrer Gesamtheit zumeist nicht auf sinnvolle Weise visuell darstellen. Techniken aus dem Umfeld der "Wissenschaftlichen Visualisierung" ("Visualization in Scientific Computing", kurz ViSC) ermöglichen die interaktive Erforschung derartiger Daten. Die ViSC-Grundidee sowie die wichtigsten Techniken sollen in dieser Lerneinheit vermittelt werden.

In dieser Lerneinheit sollen ausgewählte typische Visualisierungstechniken aus dem ViSC-Umfeld beschrieben werden, die in Verbindung mit der Verarbeitung raumbezogener Information eine hohe Anwendungsrelevanz aufweisen.

Inhalt

Lerneinheit 4: „Explorative Visualisierung“	1
Merkmale der "Wissenschaftlichen Visualisierung"	3
Datenfluss-Paradigma	4
Ausgewählte Darstellungstechniken	6
Glyphen-Darstellungen	6
Linking- und Brushing-Techniken	7
Visualisierung skalarer Felder	7
Strömungsvisualisierung	11
Ansätze zur Automatisierung der Visualisierungsaufgabe	12
Literatur	14

Merkmale der "Wissenschaftlichen Visualisierung"

Auf die Idee der Wissenschaftlichen Visualisierung (bzw. der "Visualization in Scientific Computing", ViSC) wurde bereits in der ersten Lerneinheit eingegangen. Als wesentliche Merkmale sind zu nennen:

- Die Visualisierung dient primär der Exploration.
- Es wird ein hoher Interaktionsgrad benötigt.
- ViSC dient der Detektion in den Daten verborgener (in Verbindung mit der Geovisualisierung: räumlich-thematischer) Zusammenhänge.
- Der Anwender arbeitet zumeist monologisch ("private").
- Die Vorgehensweise ist zumeist iterativ. Die Abbildung zeigt den Visualisierungskreislauf.

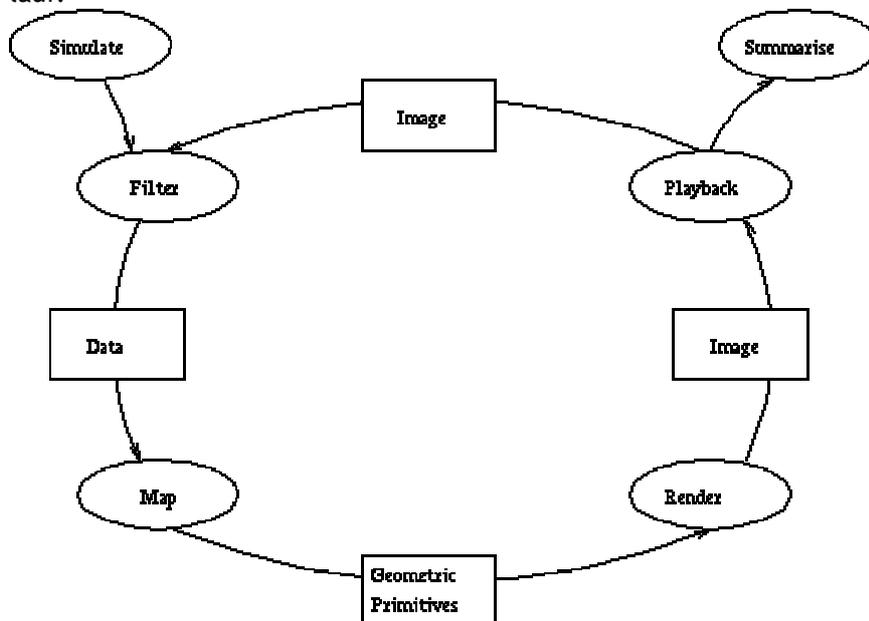


Abbildung 1: Visualisierungskreislauf

- Sie zeichnet sich durch eine Vielzahl verschiedener Visualisierungstechniken (Filter und Mapper) aus, die häufig in Kombination angewendet werden.
- Die explorierten Daten weisen häufig eine hohe Dimensionalität auf (hohe thematische Dimension, räumlich 3D, unter Umständen zeitlich dynamisch).

Datenfluss-Paradigma

Viele der verfügbaren Anwendungen zur Wissenschaftlichen (Geo-) Visualisierung basieren in ihrer Umsetzung auf dem Datenfluss-Paradigma. Datenfluss-orientierte Programmierschnittstellen ermöglichen die Anordnung der zu visualisierenden Daten in strukturierten Netzwerken und sind konzeptuell eng an die Visualisierungs-Pipeline angelehnt. Als prominente Vertreter sind zum Beispiel der Data Explorer, Khoros oder AVS zu nennen.

Abbildung 2 zeigt eine hypsometrisch eingefärbte Relief-Darstellung und zwei Slicer durch ein Temperaturfeld (Lufttemperaturen), die unter Verwendung der Software AVS erstellt wurde.

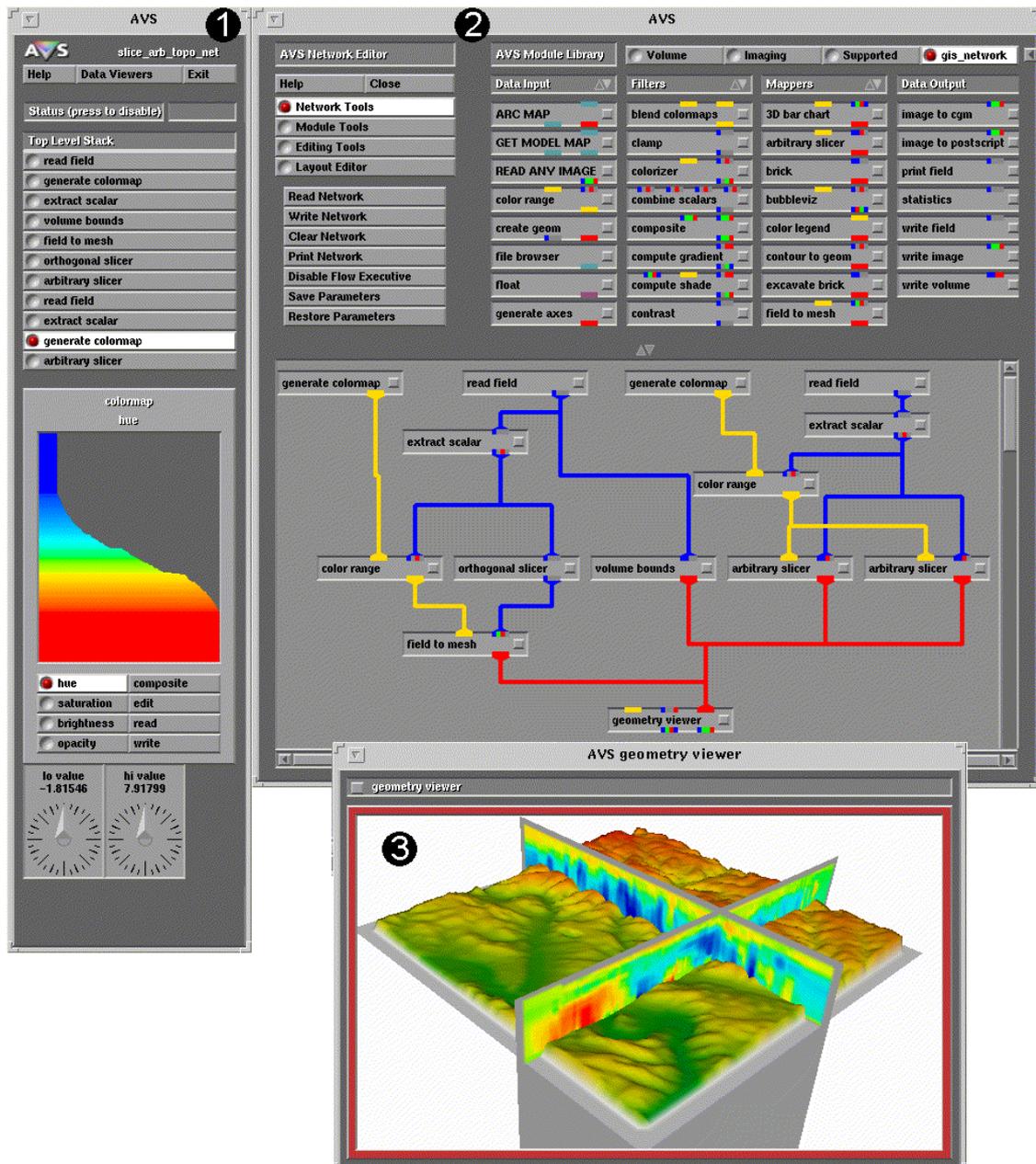


Abbildung 2: Relief-Darstellung und Slicer unter Verwendung von AVS

- In Fenster (1) finden sich die instanziierten Verarbeitungseinheiten (Module), welche die Daten transformieren, wieder. Bei diesen Modulen kann es sich um Dateneinlese-Module, Filter, Mapper oder Viewer für die Anzeige von Visualisierungsobjekten handeln.
- Fenster (2) zeigt das aufgebaute Netzwerk. Im vorliegenden Fall werden das Gelände-modell und das 3D-Feld mit den Lufttemperaturen eingelesen (jeweils über ein "read_field"-Modul) und Farbkeile für die Umsetzung der Höhen- und Temperaturwerte in Farben festgelegt (zwei "generate_colormap"-Module). Da die eingelesenen Felder verschiedene thematische Größen enthalten, sind Filter-Einheiten zur Extraktion der benötigten Größen in das Netzwerk eingebaut ("extract_scalar"-Module). Als Mapper fungieren im Beispiel verschiedene Slicer-Module. Um die generierten Visualisierungsobjekte darzustellen, werden die transformierten Daten zuletzt an einen Viewer übergeben ("geometry_viewer").
- Fenster (3) ist eine Instanz des Viewers.

Die Verknüpfungen lassen sich zur Systemlaufzeit (d. h., während das Programm ausgeführt wird) ändern. Die Module können prinzipiell in eigenen Prozessen ablaufen, wodurch sich Möglichkeiten zur parallelen Auswertung des Netzwerkes ergeben. Bei einer Änderung des Netzwerkes oder von Modul-Parametern (Eingabedateien, Farbkeile, Schwellwerte) oder der Netzwerk-Topologie werden nur diejenigen Netzwerk-Teile neu berechnet, in denen Änderungen stattgefunden haben.

Da für AVS weltweit eine Vielzahl von Modulen für die unterschiedlichsten Anwendungsdisziplinen und -zwecke verfügbar ist, bietet eine derartige Umgebung eine Möglichkeit, sehr schnell Daten und 3D-Visualisierungen umzusetzen und Daten zu explorieren. Die Visualisierungstechniken spiegeln sich dabei primär in den Mapper-Modulen wider.

Ausgewählte Darstellungstechniken

Glyphen-Darstellungen

Glyphen-Darstellungen ermöglichen die gleichzeitige Darstellung von mehr als 20 thematischen Werten.

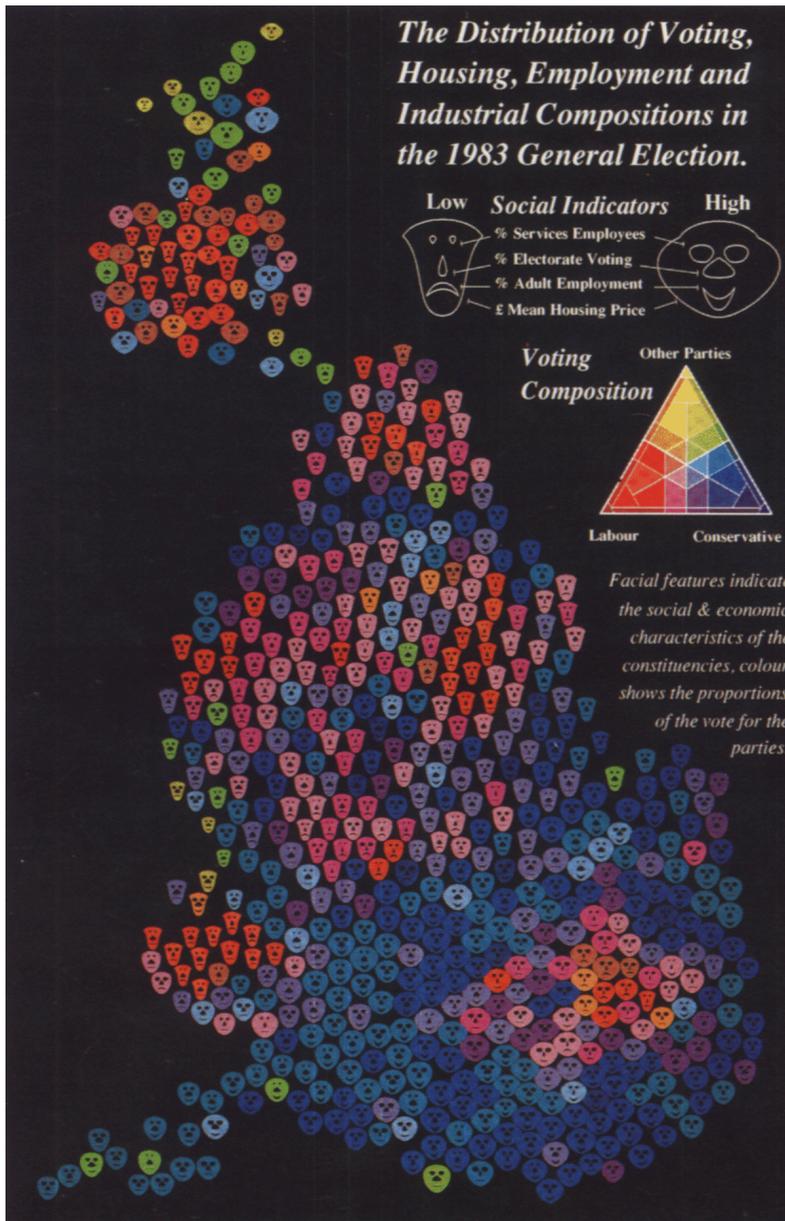


Abbildung 3: 2D-Glyphendarstellung (Dorling, 1996)

In Abbildung 3 werden die verschiedenen thematischen Parameter auf die Parameter eines Gesichtes abgebildet (Tschernoff-Gesichter).

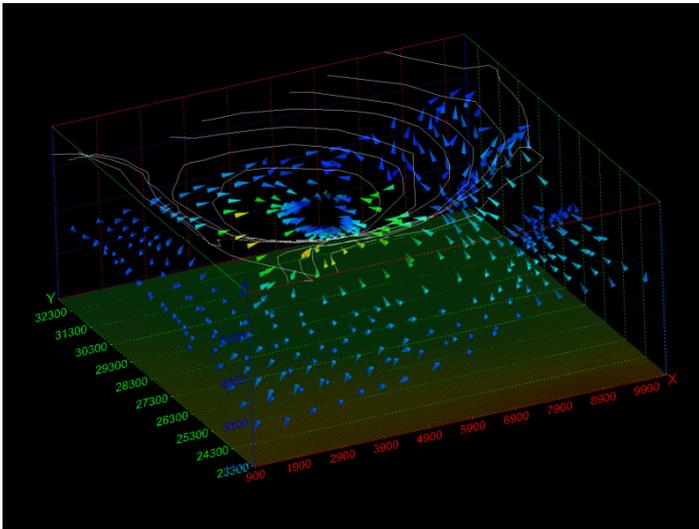


Abbildung 4: 3D-Glyphendarstellung

Abbildung 4 zeigt die Verwendung von Glyphen zur Visualisierung von Strömungsdaten. Die Parameter der Pfeil-Glyphen sind Richtung, Größe, Farbe.

Linking- und Brushing-Techniken

Insbesondere im Umfeld der explorativen Visualisierung sind Linking- und Brushing-Techniken oft nutzbringend einsetzbar, um Hinweise auf räumliche, thematische und/oder zeitliche Objektbeziehungen zu gewinnen. Unter Linking wird dabei die Verknüpfung visueller Darstellungen ausgewählter ("fokussierter") Teile einer Datenmenge verstanden. Brushing (engl. to brush = leicht berühren, streifen) bezeichnet eine Methode der direkt-manipulativen Interaktion mit dem Dargestellten. Hierbei führt die Auswahl eines Visualisierungsobjekts zur visuellen Hervorhebung korrespondierender Elemente in anderen Ansichten. Unterscheiden lassen sich dabei "cartographic brushing" (der Anwender klickt in die grafische Darstellung), "attribute brushing" (Klicken auf ein Diagramm oder eine Tabelle, in der thematische Attribute angezeigt werden) und "temporal brushing" (zum Beispiel Klicken auf eine Zeitachse).

Visualisierung skalarer Felder

Für die Visualisierung von Feldern mit reell-zahligen thematischen Werten sind zahlreiche Visualisierungstechniken verfügbar. Die Slicing-Techniken wurden bereits in Lerneinheit 1 vorgestellt. Das nachfolgende Beispiel aus dem Umfeld der klimatologischen Forschung zeigt einen horizontalen Slicer durch ein 3D-Temperaturfeld. Kalte Temperaturen werden in Blau, warme Temperaturen in Rot angezeigt. Für explorative Visualisierungszwecke ist es wesentlich, dass die Temperatur- bzw. Farbwerte in den Vertices des dem Slicer zugrunde liegenden Shapes in Echtzeit ermittelt werden können. Dies erfordert in der Regel den Einsatz von 3D-Interpolationsverfahren (z. B. eine trilineare Interpolation).

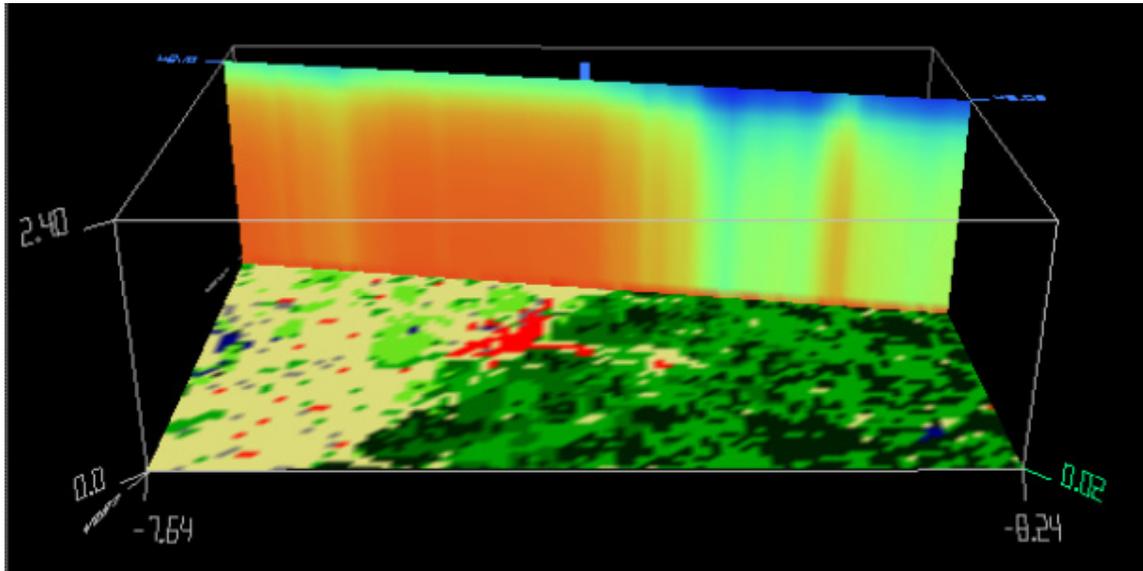


Abbildung 5: Slicer durch 3D-Temperaturfeld

Eine weitere Visualisierungsmöglichkeit bietet das sogenannte Volumen-Rending. Hierbei wird jedes Voxel (Kurzwort für "volume element", entsprechend dem Begriff des Pixels für den 3D-Fall) unter Verwendung eines Farbwertes mit Alpha-Wert dargestellt. Abbildung 6 zeigt für das oben stehende Beispiel eine Visualisierung für $a = 1$. Jedes Voxel wird dabei durch einen voll-opaken Quader dargestellt.

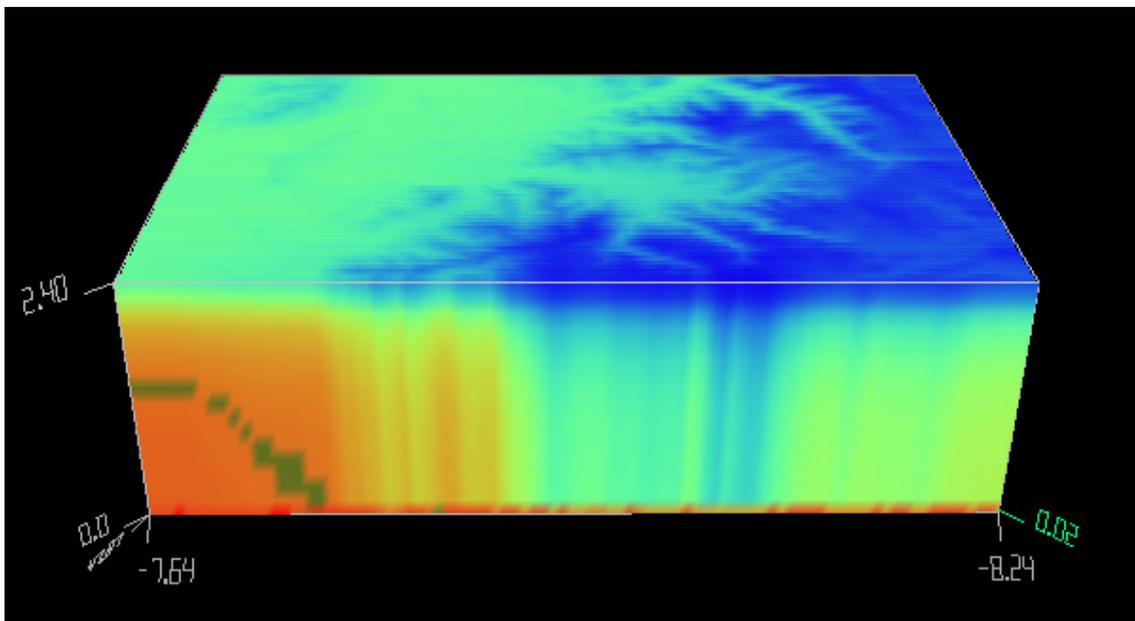


Abbildung 6: Volumenrendering

In Abbildung 7 wurden Alpha-Werte < 1 verwendet. Nicht allen thematischen Werten wurde dabei ein einheitliches a zugewiesen (sehr kleines a für die gelblich und dunkelblau dargestellten Temperaturen).

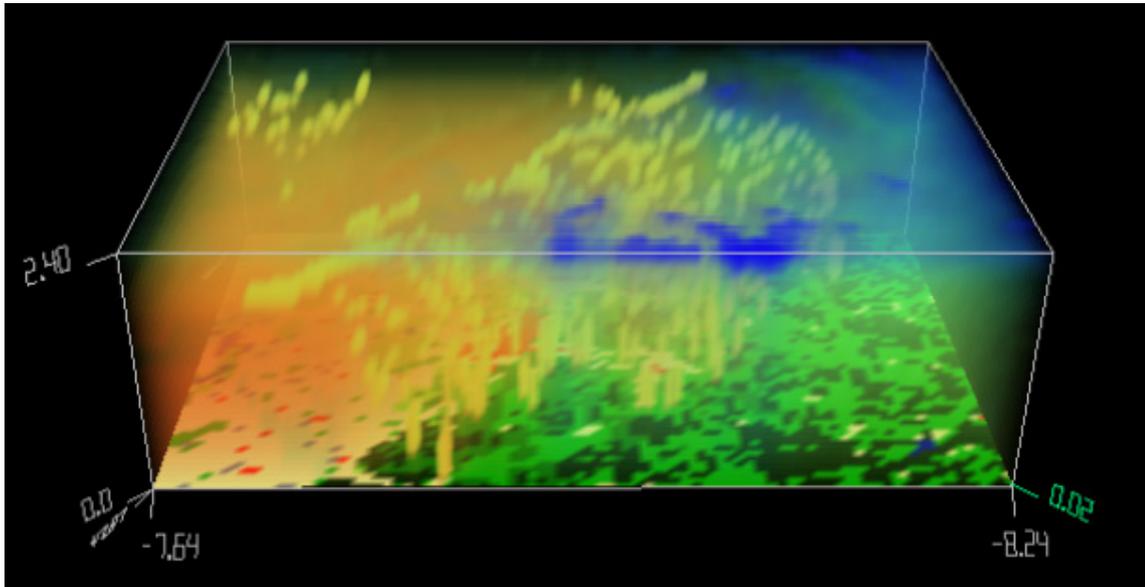


Abbildung 7: Semiopake Volumendarstellung

Häufig nutzbringend einsetzbar sind Isoflächen-Darstellungen ("Isolinien-Äquivalent für den 3D-Fall"). Die folgende Abbildung zeigt orange dargestellt eine Isofläche für die Luftdruckwerte (im Hintergrund ist ein vertikaler Slicer mit einer Darstellung des Windfeldes zu sehen).

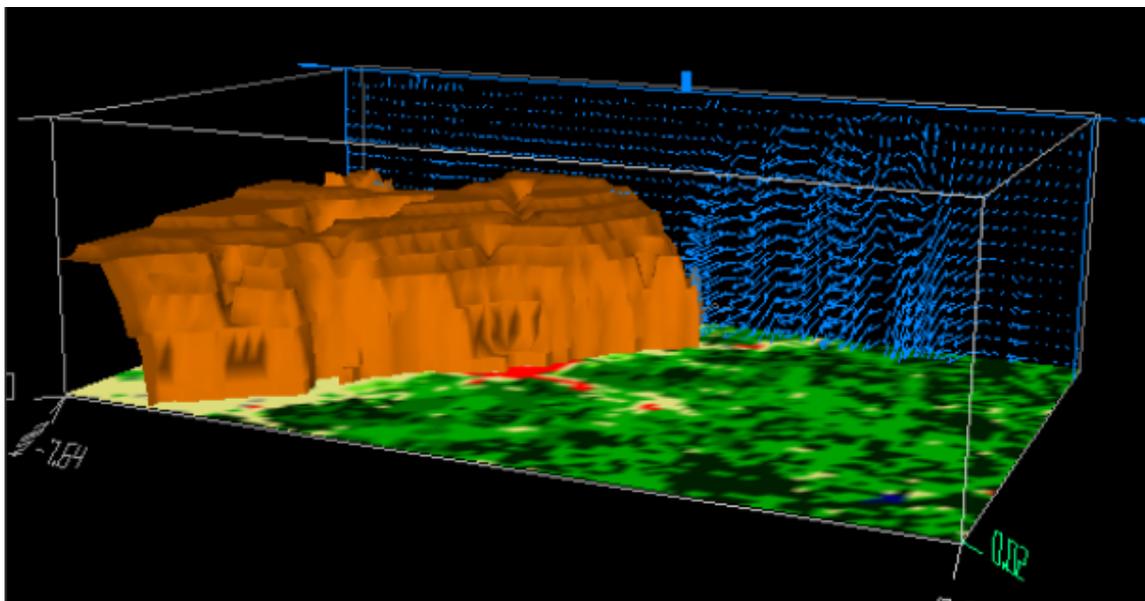


Abbildung 8: Isoflächendarstellung für Luftdruckwerte

Für die Isoflächen-Berechnung lässt sich der Marching-Cubes-Algorithmus verwenden. Grundlage dieses Algorithmus ist eine Unterscheidung der 15 Fälle, die für die Lage der Isoflächen-Elemente innerhalb eines Voxels auftreten können:

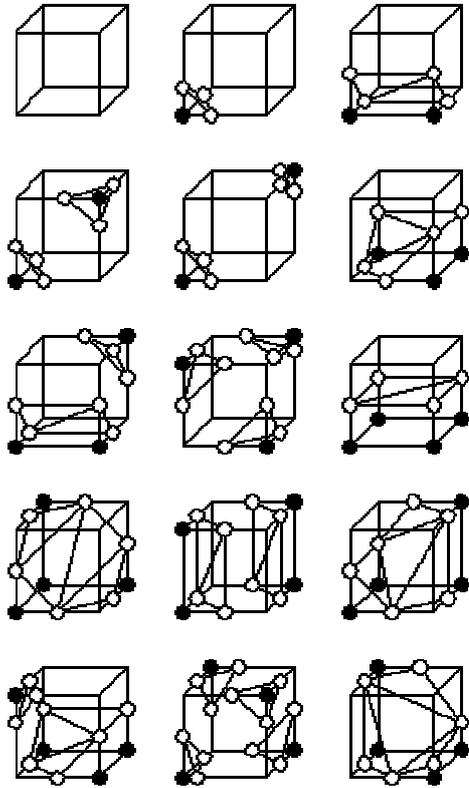


Abbildung 9: Lage der Isoflächen innerhalb eines Voxels

Strömungsvisualisierung

Für die Visualisierung von Strömungsfeldern (z. B. Wasser- oder Luftströmungen) sind zahlreiche spezielle Techniken verfügbar. Weitesten Verbreitung dürften Pfeil-Darstellungen haben. Ein Pfeil lässt sich dabei als spezieller Glyph auffassen, der stets die räumliche Position (im Regelfall belegt durch die Geokoordinate) und Orientierung (Richtung) als Parameter beinhaltet. Optional treten die Parameter Länge, Farbe, Breite etc. hinzu, die sich für die Darstellung weiterer an der Position vorliegender thematischer Werte verwenden lassen. Abbildung 10 zeigt einen Slicer mit Windpfeilen:

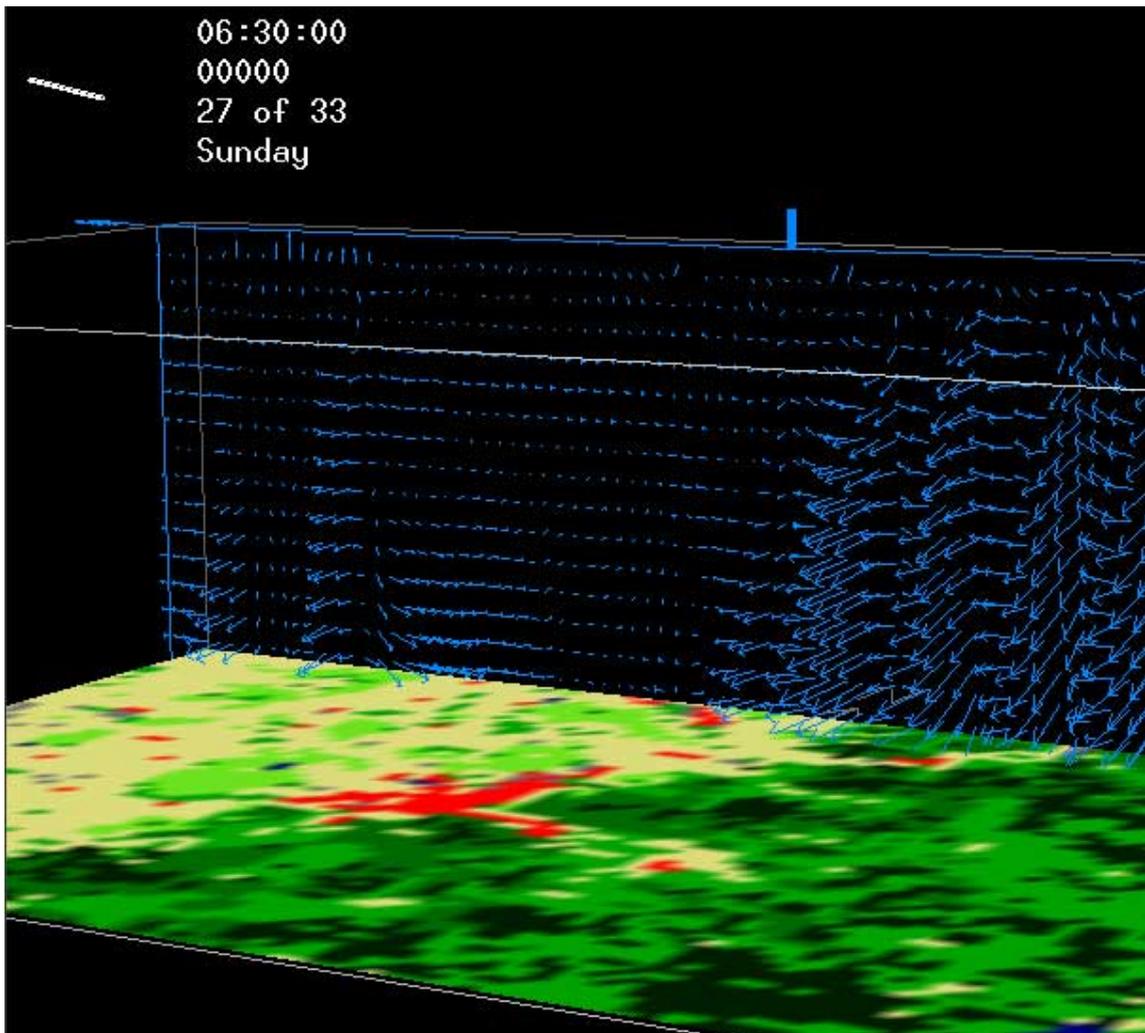


Abbildung 10: Slicer mit Windpfeilen

Eine weitere wichtige Technik ist die Partikelverfolgung (Aussetzen von "Tracern"). Vielfach ist hierbei die Zeit-Abhängigkeit des Ausbreitungsprozesses zu beachten.

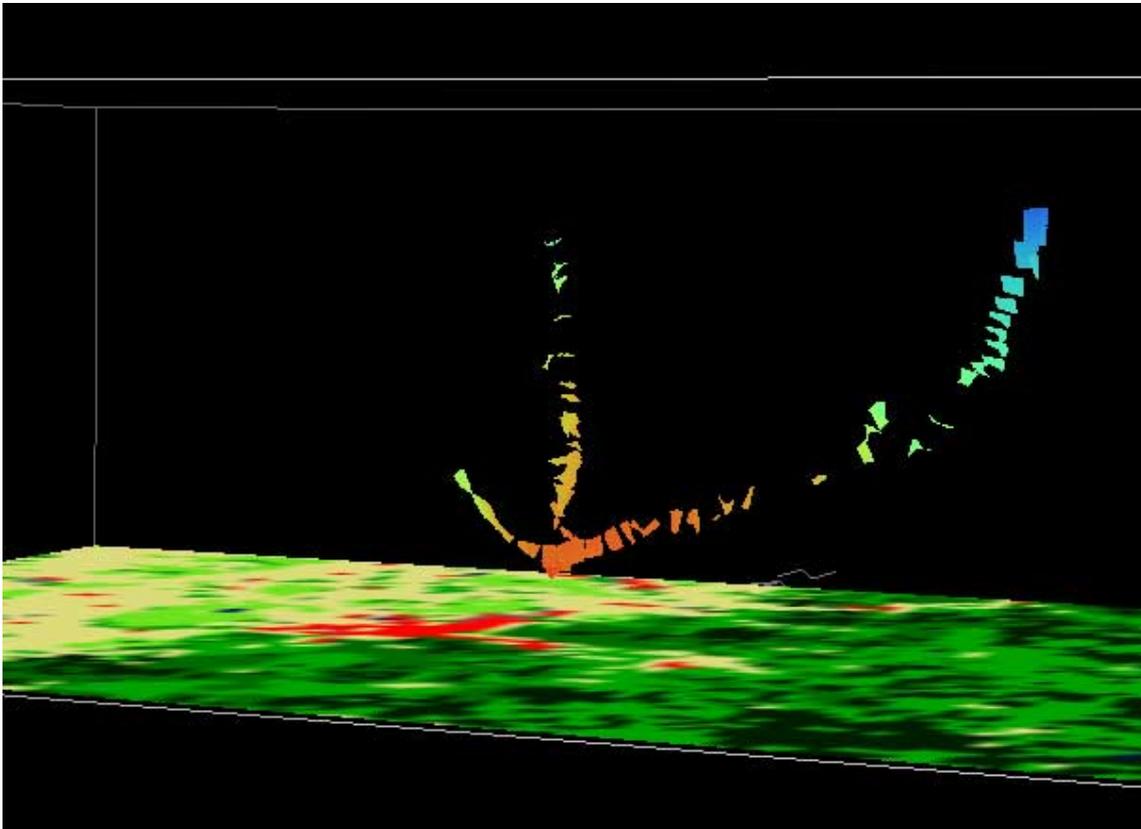


Abbildung 11: Tracer

Die Berechnung erfolgt zumeist durch numerische Integrationsverfahren. Die Stabilität der verwendeten Verfahren hängt dabei häufig von der Charakteristik des zugrunde liegenden Strömungsfeldes und der räumlichen (und ggf. zeitlichen) Integrationsschrittweiten ab. Die eingesetzten Verfahren sind insofern auf diese Eigenschaften hin zu prüfen. Zur Darstellung zeitlicher Abläufe eignen sich insbesondere Animationstechniken.

Stellvertretend für die zahlreichen weiteren verfügbaren Visualisierungstechniken sollen an dieser Stelle nur Stromlinien bzw. Stromflächen und Feature-Extraction-Techniken zur Extraktion von Extrema, Zirkulationssystemen, Wirbeln etc. in den Daten genannt werden.

Ansätze zur Automatisierung der Visualisierungsaufgabe

Eine der zentralen Aufgaben der Geovisualisierung (die sich neben dreidimensionalen auch mit zweidimensionalen Darstellungen befasst) besteht in der Umsetzung der Geodaten in Visualisierungsobjekte. Innerhalb der Visualisierungspipeline wird dieser Schritt zumeist einfach als Abbildungsschritt ("mapping") bezeichnet. Bedingt durch die hohe Zahl verschiedener Geometrie- und Attributtypen und sich zuordnen lassender Visualisierungen wächst der Lösungsraum hierbei zunächst kombinatorisch an. Praktisch ist allerdings eine Begrenzung des Lösungsraums gegeben, da viele der Kombinationen zu nicht-sinnvollen Visualisierungen führen würden.

Die generierten Visualisierungen sollten ausdrucksfähig ("expressiv") und effektiv sein. Eine nicht-expressive Darstellung liegt zum Beispiel dann vor, wenn den visuell wahrnehmbaren Objekten und Relationen wichtige Eigenschaften des Repräsentierten fehlen.

Weitergehend können Visualisierungen auch regelrecht "falsch" sein, zum Beispiel, wenn durch die Visualisierung Eigenschaften kommuniziert werden, welche die repräsentierten Daten nicht aufweisen. Effektivität kann als Maß dafür aufgefasst werden, wie gut die Visualisierung ihre Aufgabenstellung erfüllt. Quantitative Effektivitätsmaße lassen sich zum Beispiel aus Messungen, wie gut Testaufgaben durch verschiedene Nutzergruppen bearbeitet werden können, ableiten.

Verschiedene Forscher haben während der letzten Jahre diskutiert, auf welche Art und Weise sich ausgehend von der Charakteristik der zu visualisierenden Geodaten für den jeweils vorliegenden Einsatzzweck geeignete Visualisierungen generieren lassen. Festgestellt wurde, dass der Abbildungsschritt sich durchaus automatisieren lässt und dem Anwender intelligente Visualisierungshilfen

an die Hand gegeben werden können. Die Möglichkeit des Zugriffs auf Metadaten zur Datencharakteristik stellt hierbei ein wesentliches Hilfsmittel dar. Das Thema adäquater visueller Repräsentation ist allerdings weiterhin ein zentrales Forschungsthema der Geovisualisierung: Beispielsweise sind fotorealistische Darstellungen, immersive Visualisierungen aus dem VR-Umfeld oder multimodale Umsetzungen noch nicht hinreichend untersucht. Darüber hinaus wird eine weitere Automatisierung des Abbildungsschrittes angestrebt.

Literatur

- (1) Schumann, H. & W. Müller (2000): Visualisierung : Grundlagen und allgemeine Methoden. Berlin: Springer
- (2) Nielson, G. M., H. Hagen & H. Müller (1997): Scientific Visualization : Overviews, Methodologies, and Techniques. IEEE Computer Society
- (3) Schmidt, B. & C. Uhlenkücken, Hrsg.: Visualisierung raumbezogener Daten : Methoden und Anwendungen, Bd. 1 und 2. IfGIprints Münster: Institut für Geoinformatik