

3D in der Informationsvisualisierung

Heidrun Schumann

Universität Rostock
Institut für Informatik
Albert-Einstein-Str. 22
D-18051 Rostock, Deutschland
schumann@informatik.uni-rostock.de

Abstract: Ziel der Informationsvisualisierung ist es, abstrakte Daten graphisch so zu repräsentieren, dass strukturelle Zusammenhänge und relevante Eigenschaften intuitiv erfasst werden können. Traditionell werden hierfür 2-dimensionale Repräsentationen eingesetzt. Dieser Beitrag diskutiert die Verwendung von 3-dimensionalen Darstellungen in der Informationsvisualisierung. Ausgehend von Studien zum Einsatz von 2D- oder 3D-Techniken sowie der Beschreibung einer 2,5D-Darstellung werden verschiedene Formen von 3D-Darstellungen eingeführt. Dabei wird zwischen der Darstellung der Daten selbst sowie der Darstellung des Bezugsraums, in dem die Daten erhoben werden, unterschieden.

1 Informationsvisualisierung – Was ist das?

Die Informationsvisualisierung ist seit den 90er Jahren als eigenständiges Wissensgebiet etabliert. Sie untersucht die graphische Repräsentation abstrakter Daten. Ziel ist es, die große Leistungsfähigkeit des menschlichen visuellen Systems auszunutzen, um die charakteristischen Eigenschaften einer Datenmenge zu erfassen. Um diesem Anspruch zu genügen, müssen 3 Kriterien eingehalten werden: Expressivität, Effektivität und Angemessenheit [SM00].

- Die Expressivität garantiert, dass die in den Daten enthaltenen Informationen, und nur diese, dargestellt werden.
- Die Effektivität berücksichtigt die visuellen Fähigkeiten und Ziele eines Betrachters.
- Die Angemessenheit setzt Kosten und Nutzen des Visualisierungsprozesses ins Verhältnis.

Die grundlegende Herausforderung besteht nun darin, visuelle Repräsentationen zu generieren und einzusetzen, welche die Einhaltung dieser Kriterien unterstützen. Das soll an einem einfachen Beispiel verdeutlicht werden. Gehen wir davon aus, dass die Daten auf die visuelle Variable Größe abgebildet werden. Dann verlangt das Expressivitätskriterium, dass die Größe der Datenwerte auch der Größe der zugehörigen graphischen Elemente entspricht. Tufte führt hierfür den so-bezeichneten *liefactor* ein und fordert, dass er 1 sein sollte [Tu01]:

$$liefactor = \frac{effect_{visual}}{effect_{data}}$$

Die Diagramme in Abbildung 1 haben alle einen unterschiedlichen *liefactor*, aber nur beim ersten Bild ist dieser auch 1. Heißt das jetzt aber, man sollte die anderen beiden Darstellungen nicht verwenden? Kommuniziert nicht vielleicht auch das 3D-Diagramm die Daten effektiv, insbesondere dann, wenn es darum geht, das Maximum in einer Datenmenge zu lokalisieren?

Die Beantwortung dieser Frage ist nicht einfach, aber von großer Bedeutung. Ein Zitat von Pat Hanrahan soll das belegen [Ha11]:

„Human problem solving and decision making performance varies enormously (100:1) with different representations”

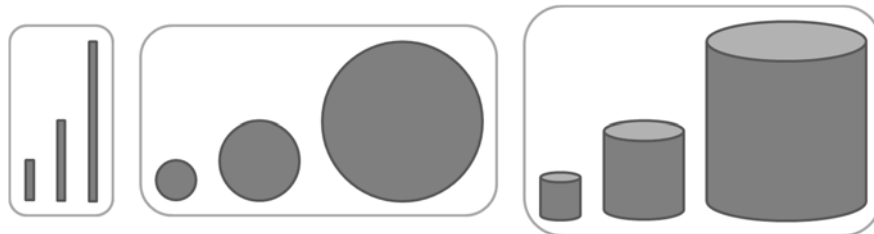


Abbildung 1: Unterschiedliche Repräsentation derselben Daten mit einem *liefactor* von 1, 5 und 21 von links nach rechts

Welche visuelle Repräsentation ist also am besten geeignet, ein gegebenes Problem zu unterstützen? Dies hängt von mehreren Faktoren ab, vor allem von den Eigenschaften der darzustellenden Daten. Daneben spielen aber auch weitere Aspekte eine wichtige Rolle, wie z.B. Ziele, Aufgaben und Vorkenntnisse des Anwenders sowie die Charakteristika des Ausgabemediums. Bisher werden in der Informationsvisualisierung überwiegend 2D-Darstellungen eingesetzt. Aber zunehmend werden auch 3D-Repräsentationen verwendet. Und es gibt erste Untersuchungen, die systematisch den Einsatz von 2D- und 3D-Techniken vergleichen.

2 2D vs. 3D – Was ist besser?

Diese Frage wird unter den Wissenschaftlern kontrovers diskutiert, denn beide Varianten haben Vor- und Nachteile. 2-dimensionale Repräsentationen werden aus 2-dimensionalen graphischen Primitiven aufgebaut. Komplexe Sichtbarkeitsberechnungen sind deshalb nicht notwendig, und perspektivische Verzerrungen treten nicht auf. Die Datenwerte lassen sich i. Allg. einfacher ablesen. Dagegen werden 3-dimensionale Repräsentationen aus 3-dimensionalen graphischen Primitiven aufgebaut, so dass Projektionen und Sichtbarkeitsberechnungen durchgeführt werden müssen. Allerdings lässt sich die zusätzliche Dimension des Darstellungsraums zur Separierung oder Verschlüsselung weiterer Datenwerte einsetzen. Untersuchungen aus der Literatur belegen, dass die Entscheidung über 2D vs. 3D von verschiedenen Faktoren abhängt, wie i) Umfang und Komplexität der Daten, ii) eingesetzte Displaytechnologie, iii) durchzuführende Aufgabe oder iv) Anwendungskontext. Dazu 2 Beispiele: In [VS94] wird der Einsatz von 2D- und 3D-Repräsentationen zur Visualisierung objekt-orientierter Systeme auf Basis der Kontextwahrnehmung analysiert. Diese beschreibt das Verhältnis zwischen dargestellten und wahrgenommenen Objekten. Bei einer Ausgabefläche von 400x400 Pixeln wurde ein Grenzwert von 250 ermittelt. Bei einer kleineren Anzahl von Objekten war die Kontextwahrnehmung in 2D besser, bei mehr als 250 Objekten dagegen in 3D. In [TK+06] wird der Einfluss von Aufgaben diskutiert. Die durchgeführten Experimente zeigen, dass 3D-Darstellungen für Navigations- und relative Positionierungsaufgaben besser geeignet sind, dass aber präzise Messungen besser in 2D unterstützt werden, und dass eine Kombination von 2D und 3D am effektivsten ist. Diese Beispiele zeigen, dass die Entscheidung zwischen 2D- und 3D-Darstellungen nicht einfach ist, sie zeigen aber auch, dass 3D-Darstellungen durchaus ihre Berechtigung in der Informationsvisualisierung haben. Dies ist auch das Fazit eines Workshops speziell zu dieser Thematik 3DVis@IEEEVIS2014: Does 3D really make sense for Data Visualization? [DK+14].

3 2,5D – eine Alternative?

Der Tiefeneindruck in einer 3D-Repräsentation kann verlorengehen, wenn 0D, 1D oder sehr kleine graphische Primitive verwendet werden. Dann lassen sich teilweise Abstände, Größenverhältnisse und Gruppierungen nicht mehr richtig einschätzen. Bei großen Netzwerken, die durch node-link-Diagramme repräsentiert werden, oder bei Linienplots wie Parallele Koordinatendarstellungen kann das beispielsweise der Fall sein. Aber sollte man deshalb kein 3D einsetzen? An dieser Stelle bieten sich auch 2,5D-Darstellungen an.

Das bedeutet, die graphischen Primitive werden bezogen auf 2D-Ebenen und nicht beliebig im 3D-Raum positioniert. Abbildung 2 veranschaulicht diese Vorgehensweise.

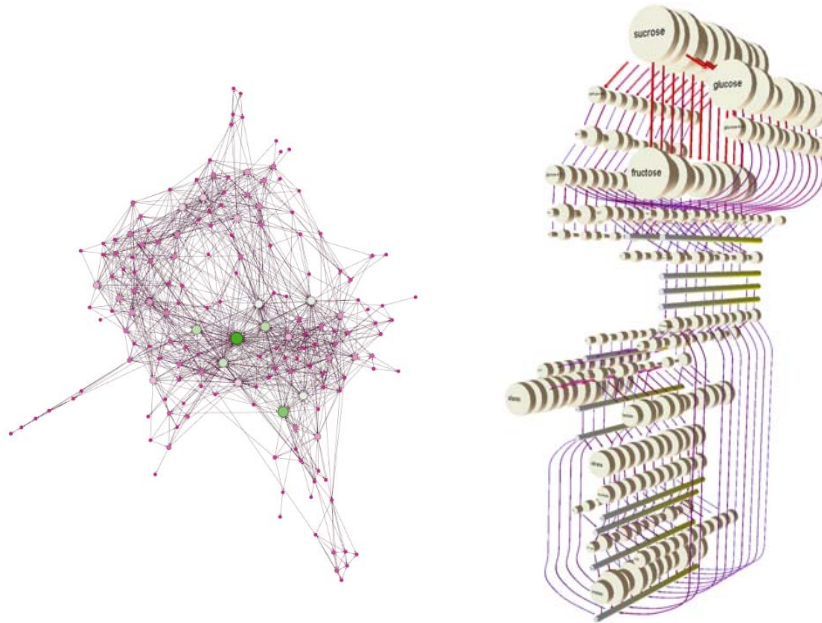


Abbildung 2: Zwei Varianten eines Node-link-Diagramms; links: 3D-Layout [Ge15] und rechts: 2,5D-Darstellung aus [Dw04].

4 3D – eine sinnvolle Ergänzung!

Bisher haben wir die Problematik 2D, 2,5D und 3D allgemein, d.h. auf die gesamte Datenmenge bezogen, betrachtet. Das reicht aber nicht aus. 60 - 80% Prozent der heutigen Daten weisen einen geographischen Bezug auf [HB13]. Das bedeutet, die Datenmenge setzt sich zusammen aus Attributwerten und räumlichen Referenzwerten. Deshalb muss sowohl für den Attributraum \mathcal{A} als auch für den Referenzraum \mathcal{R} entschieden werden, ob die Darstellung in 2D oder 3D erfolgen soll. Daraus ergeben sich vier Optionen ($\mathcal{A}^2 \oplus \mathcal{R}^2$, $\mathcal{A}^2 \oplus \mathcal{R}^3$, $\mathcal{A}^3 \oplus \mathcal{R}^2$ bzw. $\mathcal{A}^3 \oplus \mathcal{R}^3$), die in [DR+14] ausführlich diskutiert sind. Am häufigsten werden $\mathcal{A}^2 \oplus \mathcal{R}^2$ - Repräsentationen eingesetzt, d.h. sowohl die Darstellung der Attributwerte als auch die Darstellung des räumlichen Bezugssystems erfolgt in 2D.

Alle thematischen Kartendarstellungen lassen sich hier einordnen. Das linke Bild von Abbildung 3 veranschaulicht diese Option. Gezeigt werden Schlechtwetterzonen über einem Gelände. Die Wetterdaten sind durch 2-dimensionale texturierte Polygone kodiert. Die Pfeile zeigen die Windrichtung an, mit den Farben werden verschiedene Stufen einer Gewitterzone unterschieden. Das 3-dimensionale Gelände wird als Draufsicht gezeigt. Um die Struktur des Geländes zu veranschaulichen, wird die Beleuchtung der Geländepunkte aufwändig berechnet. Allerdings sind damit keine echten Höhenwerte dargestellt. Das rechte Bild von Abbildung 3 zeigt dieselben Daten mit einer 3D-Geländedarstellung, und demonstriert damit die Option $\mathcal{A}^2 \oplus \mathcal{R}^3$. Nun kann man im Gelände navigieren und bekommt pro Bild auch die entsprechenden Höhenwerte angezeigt.

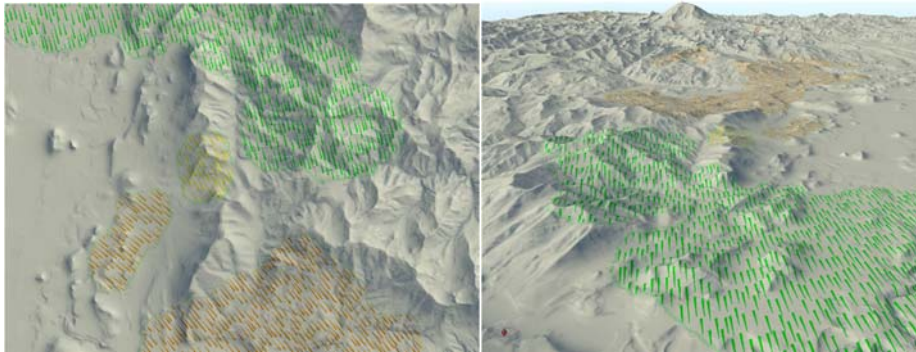


Abbildung 3: Darstellung von Wetterdaten über einem 3-dimensionalen Gelände: als $\mathcal{A}^2 \oplus \mathcal{R}^2$ Bild (links) und als $\mathcal{A}^2 \oplus \mathcal{R}^3$ Bild (rechts). Die Bilder sind mit dem Tool TeVis von Steve Dübel erzeugt.

Abbildung 4 demonstriert die Option $\mathcal{A}^3 \oplus \mathcal{R}^2$. Es zeigt die Flugbahn eines Flugzeugs als 3D-Trajektorie. Flug- und Windgeschwindigkeit sind über Blau- und Rottöne entlang der Trajektorie kodiert. Das Gelände ist als 2D-Draufsicht mit entsprechend schattierten Pixeln dargestellt. Damit wird die Struktur des Geländes zwar visuell kommuniziert, aber es werden keine geometrischen Höhenwerte repräsentiert, so dass ein Wechseln der Ansicht zu Artefakten führt.

Abbildung 5 zeigt dieselben Daten wie Abbildung 4 mit der Option $\mathcal{A}^3 \oplus \mathcal{R}^3$. Hierbei wird neben der Trajektorie jetzt auch das Gelände in 3D repräsentiert. Das heißt, die Höhenwerte der Trajektorie lassen sich zu den Höhenwerten des Geländes in Beziehung setzen.



Abbildung 4: Darstellung einer Trajektorie im Gelände als $\mathcal{A}^3 \oplus \mathcal{R}^2$ Bild, erzeugt mit dem Tool TeVis von Steve Dübel.

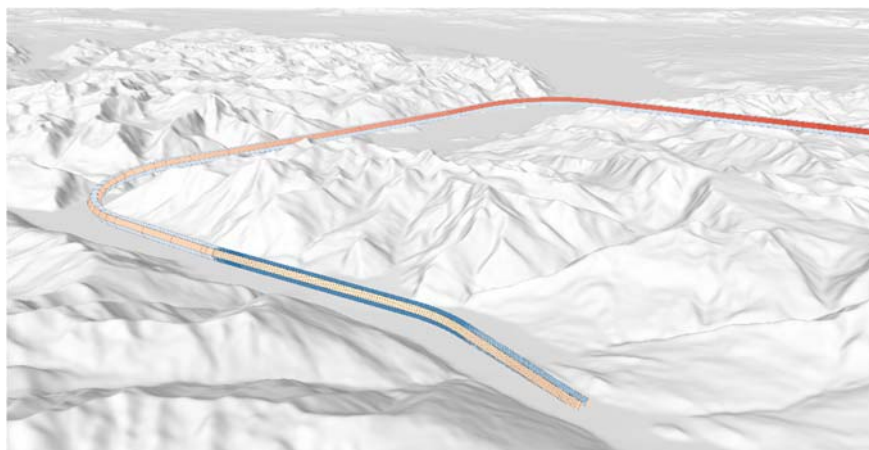


Abbildung 5: Darstellung einer Trajektorie im Gelände als $\mathcal{A}^3 \oplus \mathcal{R}^3$ Bild, erzeugt mit dem Tool TeVis von Steve Dübel.

Abschließend lässt sich feststellen, dass alle Optionen in verschiedenen Szenarien zur Anwendung kommen. Bilder der Kategorie $\mathcal{A}^2 \oplus \mathcal{R}^2$ werden am häufigsten eingesetzt. Die Erzeugung von Bildern der Kategorie $\mathcal{A}^3 \oplus \mathcal{R}^3$ ist zwar am aufwändigsten, liefert aber die besten Bilder und ist mit heutigen Graphikkarten auch in Echtzeit machbar.

Literatur

- [DR+14] Duval, T.; Kuntz, P.; Royan, J.; Stuerzlinger, W.; Venturini, G.: Organizers, Workshop 3DVis@IEEEVIS2014: Does 3D really make sense for Data Visualization? Paris, 2014, Proc. to be published by IEEE.
- [DR+14] Dübel, S.; Röhlig, M.; Schumann, H.; Trapp, M.: 2D and 3D Presentation of Spatial Data: A Systematic Review. In Proc. Workshop 3DVis@IEEEVIS2014: Does 3D really make sense for Data Visualization? Paris, 2014.
- [Dw04] Dwyer, T.: Two-and-a-half-dimensional visualisation of relational networks. PhD thesis, University of Sydney, 2004.
- [Ge15] Homepage des Graph Visualization Systems Gephi:
<http://gephi.github.io/screenshots/>
- [Ha11] Hanrahan, P.: The Future of Visual Analytics. Vortrag auf dem Symposium. In Proc. “Visual Computing Trends 2011”, Wien, 2011.
<http://www.vrvis.at/about/events/vct/2011/visual-computing-trends-2011-program>
- [HB13] Hahmann, S.; Burghardt, D.: How much information is geospatially referenced? Networks and cognition. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(6):1171–1189, 2013.
- [SM00] Schumann, H.; Müller, W.: *Visualisierung: Grundlagen und allgemeine Methoden*. Springer, 2000.
- [TK+06] Tory, M., Kirkpatrick, A. E.; Atkins, M. S.; Moller, T.: Visualization task performance with 2d, 3d, and combination displays. *IEEE TVCG*, 12(1):2–13, 2006.
- [Tu01] Tufte, E.: *The Visual Display of Quantitative Information*. Graphics Press; 2. Auflage, 2001.
- [VS94] Vion-Dury, J.-Y.; Santana, M.: Virtual Images: Interactive visualization of distributed object-oriented systems. *OOPSLA’94, ACM SIGPLAN Notices*, Vol. 29 (10), 1994, S. 65 -84.