

Information Retrieval und Informationsvisualisierung

Schwerpunkt : Informationsvisualisierung

Alexander Hinneburg

Lehrstuhl Datenbanken
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

SS 2020

Gliederung: Einführung

Informationsvisualisierung Einführung

Ziele und Anwendungen von Visualisierung

Qualität von Visualisierungen

Visualisierung und Wissenschaft

Der Visualisierungsprozess

Visualisierungs-Software

Historische Entwicklung von Visualisierungen

Gliederung

Informationsvisualisierung Einführung

Ziele und Anwendungen von Visualisierung

Qualität von Visualisierungen

Visualisierung und Wissenschaft

Der Visualisierungsprozess

Visualisierungs-Software

Historische Entwicklung von Visualisierungen

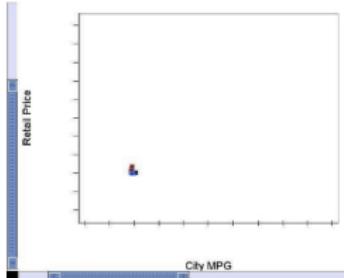
Was ist Visualisierung?

- ▶ Visualisieren bedeutet wörtlich:
etwas präsent machen, etwas sichtbar machen
- ▶ Visualisierungen dienen zur Kommunikation von Inhalten
- ▶ Visualisieren ist die Transformation von symbolischen Inhalten
in geometrische Inhalte [MFB87]
- ▶ „The medium is the message“ [McL64]
- ▶ Visualisierung in der Informatik:
 - ▶ Präsentation von Daten
 - ▶ Übersetzung von Daten in darstellbare Information
 - ▶ Analyse, Extraktion, Transformation
 - ▶ Entdecken von versteckten Zusammenhängen
 - ▶ Vermeiden von falschen Zusammenhängen

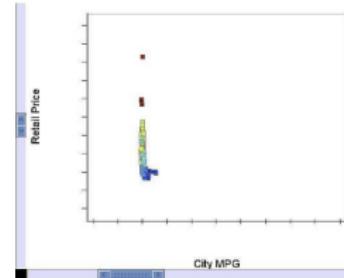
Warum ist Visualisierung heute wichtig?

- ▶ Sehen ist einer der wichtigsten Sinne der Informationsaufnahme
- ▶ Visualisierungen beeinflussen bewusst/unbewusst Entscheidungen
- ▶ Beispiele
 - ▶ Verschiedene Darstellung der gleichen Daten
 - ▶ Verzerrung von Diagrammen
 - ▶ Darstellung medizinischer Daten
 - ▶ Sehen des nicht Vorhandenden
 - ▶ Journalismus / Kunst
 - ▶ Veröffentlichen / Unterdrücken von medizinischen Studien

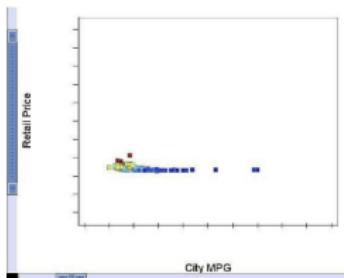
Gleiche Daten verschieden dargestellt



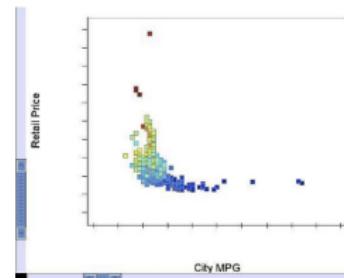
X- und Y-Achse gleicher, großer Wertebereich



Nur Y hat großen Wertebereich



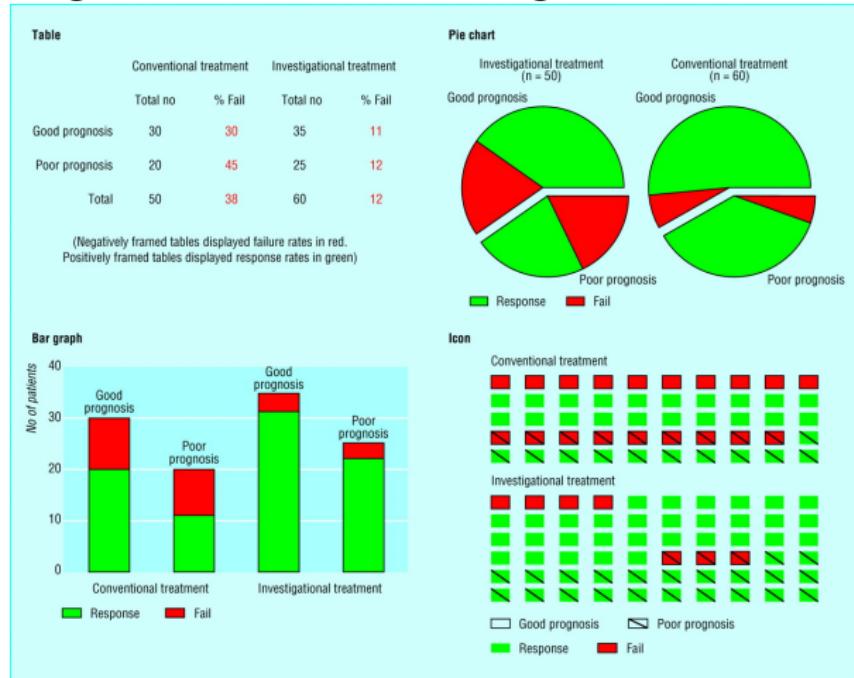
Nur X hat großen Wertebereich



Wertebereich in X und Y durch Daten bestimmt

Zwischenergebnisse einer klinischen Studie [EMCR99]

Frage an Ärzte: Soll Studie abgebrochen werden? Richtig ist ja.



Prozent der richtigen Antworten von Ärzten in Abhängigkeit der Darstellung als Tabelle: 68%, Kreis- oder Balkendiagramm: 56%, Icons: 82%.

Wie kann man das Nichtvorhandensein zeigen?

Wie kann man das Nichtvorhandensein zeigen?

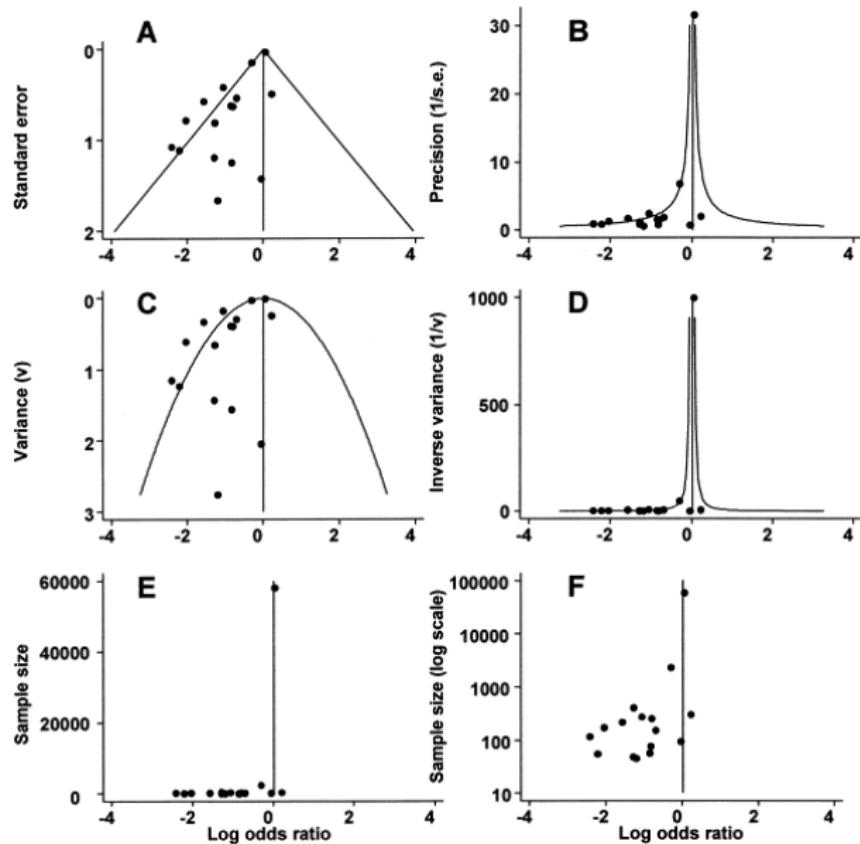


„The urge to see“, Joseph Koudelka, Prag, 22.8.1968

Publikations-Bias bei klinischen Studien

- ▶ Klinische Studien mit negativem Ergebnis werden oft nicht veröffentlicht ⇒ durch falsche Riskoeinschätzung bei der Medikation.
- ▶ Funnel-Plot [SE01]
 - ▶ Meta-Analyse vieler veröffentlichter Studien für ein Medikament
 - ▶ Jede Studie ist ein Punkt in 2D-Koordinatensystem
 - ▶ X-Achse: beobachtete Effektstärke (Log-Odds-Ratio) gegenüber Kontrolle
 - ▶ Y-Achse: Genauigkeit des beobachteten Effekts (Standardabweichung)
 - ▶ Annahme: Studien mit kleinen Fallzahlen (kleine Genauigkeit) streuen positiv und negativ um Mittelwert
 - ▶ Senkrechte Linie bei gewichtetem, mittlerem Effekt
 - ▶ Asymmetrischer Funnel-Plot deutet auf Publikations-Bias hin

Funnel-Plots mit verschiedenen Achsen [SE01]



Gliederung

Informationsvisualisierung Einführung

Ziele und Anwendungen von Visualisierung

Qualität von Visualisierungen

Visualisierung und Wissenschaft

Der Visualisierungsprozess

Visualisierungs-Software

Historische Entwicklung von Visualisierungen

Ziele von Visualisierung

- ▶ Der Betrachter soll beim Anschauen der Visualisierung ein mentales Modell entwickeln. Die genutzten visuellen Attribute sollen zu den Eigenschaften der Daten auf sinnvolle Art und Weise passen.
- ▶ Mit Hilfe der Visualisierung soll der Betrachter in der Lage sein, den Kontext der Daten in der realen Welt zu rekonstruieren und die erkannten Strukturen mit der realen Welt in Verbindung bringen.
- ▶ Sichtbarmachen von verborgenen Zusammenhängen
- ▶ Visualisierung erleichtert
 - ▶ die Analyse, das Verständnis und die Kommunikation von Modellen, Konzepten und Daten

Anwendungsszenarien von Visualisierung

- ▶ Explorative Analyse
 - ▶ Keine Hypothese, nur die Daten sind die Grundlage
 - ▶ Interaktive, ungerichtete Suche nach Informationen und Strukturen

Anwendungsszenarien von Visualisierung

- ▶ Explorative Analyse
 - ▶ Keine Hypothese, nur die Daten sind die Grundlage
 - ▶ Interaktive, ungerichtete Suche nach Informationen und Strukturen
- ▶ Konfirmative Analysis
 - ▶ zusätzlich zu den Daten ist eine Hypothese verfügbar
 - ▶ Ziel ist es diese Hypothese zu testen

Anwendungsszenarien von Visualisierung

- ▶ Explorative Analyse
 - ▶ Keine Hypothese, nur die Daten sind die Grundlage
 - ▶ Interaktive, ungerichtete Suche nach Informationen und Strukturen
- ▶ Konfirmative Analysis
 - ▶ zusätzlich zu den Daten ist eine Hypothese verfügbar
 - ▶ Ziel ist es diese Hypothese zu testen
- ▶ Präsentation und Kommunikation
 - ▶ Zielgruppe berücksichtigten
 - ▶ Die gezeigten Visualisierungen sollen ohne große Probleme versteh- und interpretierbar sein

Visuelle Ebenen von Informationen [Ber82]

- ▶ Elementare Ebene: alle expliziten Fakten der Daten sind in der Visualisierung repräsentiert
- ▶ Mittlere Ebene: zeigt auch Abstraktionen der Basisinformationen, Ziel: Kommunikation
- ▶ Obere Ebene: zeigt alle expliziten Fakten als auch die versteckten Zusammenhänge im Überblick.
 - ▶ kann als Basis für weitere Entscheidungen dienen
 - ▶ solche Visualisierungen enthalten auch die unteren Ebenen

Gliederung

Informationsvisualisierung Einführung

Ziele und Anwendungen von Visualisierung

Qualität von Visualisierungen

Visualisierung und Wissenschaft

Der Visualisierungsprozess

Visualisierungs-Software

Historische Entwicklung von Visualisierungen

Qualität von Visualisierungen [Rob91]

- ▶ Definiert durch den Grad wie gut das Kommunikationsziel erreicht wurde
- ▶ Vergleich der Informationsmenge, die der Betrachter gesehen und jener, die der Betrachter in dieser Zeit verstanden hat
- ▶ Qualität hängt von den Daten, Arbeitsziel, Eigenschaften der genutzten Medien und den Erfahrungen des Betrachters ab.
- ▶ Welches mentales Modell repräsentiert die verschiedenen Arten an Information am effektivsten und ist am passendsten für Kommunikation?
- ▶ Welche bekannte und wiedererkennbare visuelle Repräsentation ist am geeignetsten um eine spezifische Information zu zeigen?
- ▶ Wie kann das gewählte Modell am effektivsten dem Betrachter vermittelt werden?

Einflussfaktoren

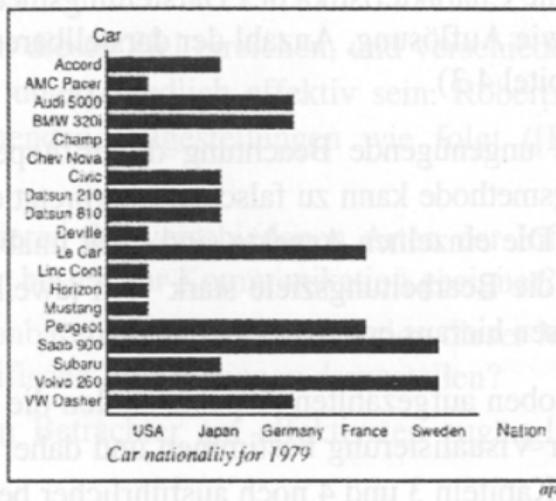
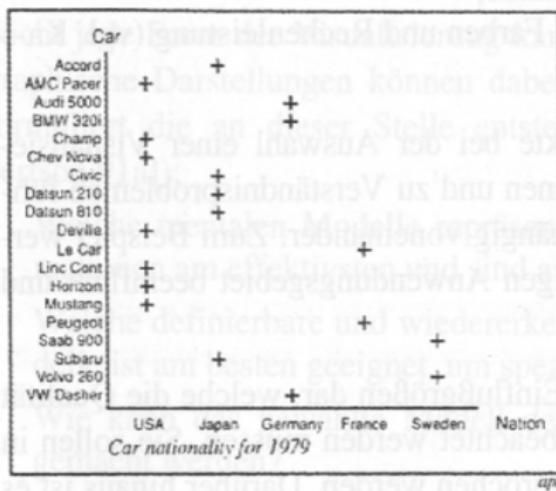
- ▶ Typ und Struktur der Daten
- ▶ Bearbeitungsziel der Visualisierung
- ▶ Vorwissen und Erfahrungen der Anwender
- ▶ Visuelle Fähigkeiten und Vorlieben des Betrachters
- ▶ Allgemeine Metaphern und Konventionen in dem Fachgebiet
- ▶ Eigenschaften der genutzten Medien

Spezifische Kriterien

Eine Visualisierung muss

- ▶ expressiv
- ▶ effektiv und
- ▶ angemessen sein

Expressivität

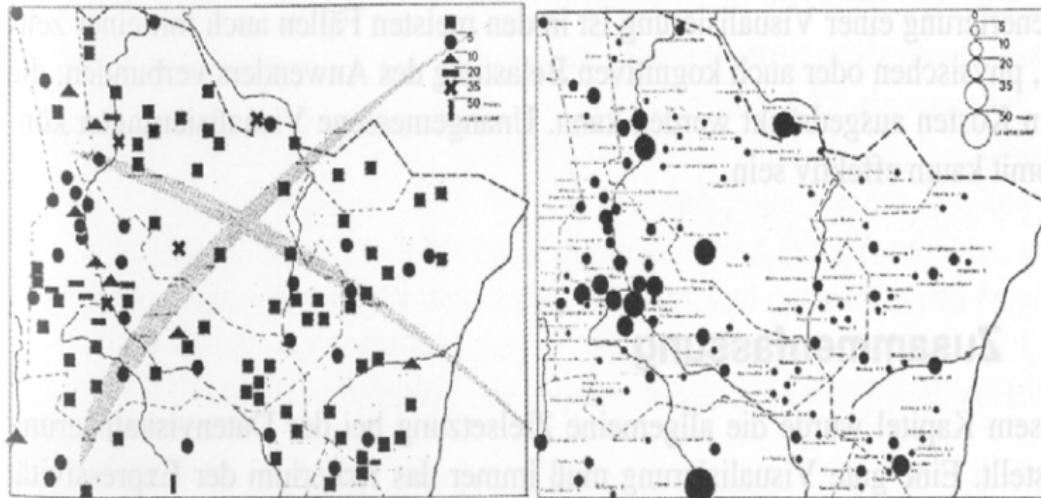


Die zweite Abbildung ist nicht expressiv, weil sie eine qualitative Bewertung der Länder suggeriert, die gar nicht beabsichtigt ist.

Effektivität

- ▶ Effektivität hängt nicht nur von den Daten ab, sondern auch von:
 - ▶ dem Bearbeitungsziel und
 - ▶ den Fähigkeiten des Betrachters
- ▶ Eine effektive Visualisierung versucht die Inhalte auf intuitiven Wegen zu präsentieren

Effektivität



Beide Abbildungen zeigen Hauspreise, jedoch nur die rechte ist leicht zu lesen, weil die Preise an verschiedenen Orten direkt verglichen werden können ohne auf die Legende zu sehen.

Angemessenheit

- ▶ Expressivität und Effektivität sind notwendige Bedingungen für eine Visualisierung, die den Betrachter berücksichtigen. Diese Kriterien beachten jedoch nicht die Kosten zur Erstellung der Visualisierung.
- ▶ Angemessenheit beschreibt den Verbrauch an Ressourcen zur Erzeugung der Visualisierung.
- ▶ Effektivität und Angemessenheit sind in der Praxis stark gekoppelt.

Gliederung

Informationsvisualisierung Einführung

Ziele und Anwendungen von Visualisierung

Qualität von Visualisierungen

Visualisierung und Wissenschaft

Der Visualisierungsprozess

Visualisierungs-Software

Historische Entwicklung von Visualisierungen

Visualisierung und Wissenschaft

- ▶ Zu dem Thema lesen Sie bitte in dem Buch “Information visualization : perception for design” von Colin Ware ab Kapitel “Experimental Semiotics”, auf Seite 5 bis zum Ende von “The Study of Conventional Symbols” auf Seite 17.
- ▶ Volltext aus Uni-Halle-Netz (von zu Hause per VPN)
<http://site.ebrary.com/lib/ulbhalle/Doc?id=10547255>
- ▶ Erarbeiten sie sich schriftlich und im Gespräch Antworten auf folgende Fragen
 - ▶ Ist Visualisierung Wissenschaft? Welche Standpunkte lassen sich mit welchen Argumenten vertreten?
 - ▶ Was sind die Definitionen von sensorische (sensory) und künstliche (arbitrary) Codes / Repräsentationen / Symbole für Visualisierung, die C. Ware vorschlägt? Erklären Sie den Unterschied an selbstgewählten Beispielen.

Gliederung

Informationsvisualisierung Einführung

Ziele und Anwendungen von Visualisierung

Qualität von Visualisierungen

Visualisierung und Wissenschaft

Der Visualisierungsprozess

Visualisierungs-Software

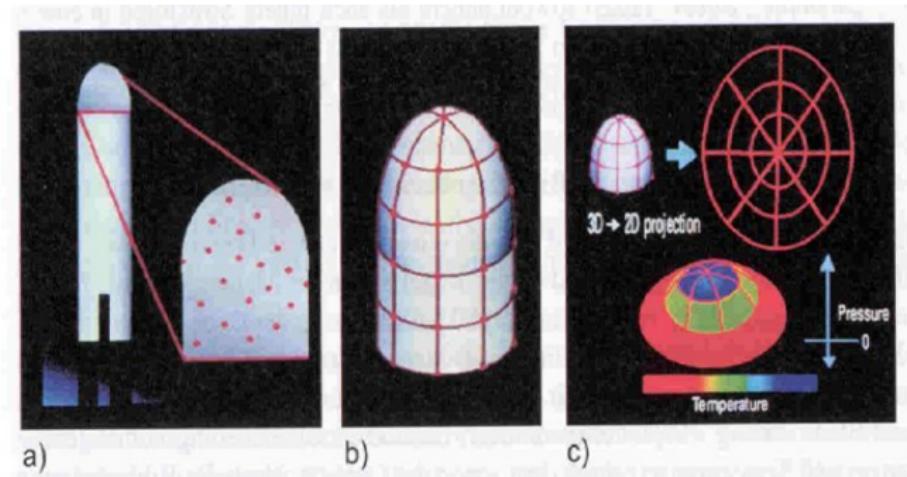
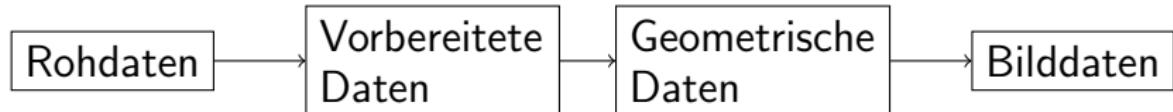
Historische Entwicklung von Visualisierungen

Visualisierungs-Pipeline

- ▶ Datenvorverarbeitung (Filtern)
- ▶ Transformation in geometrische Information (Abilden)
- ▶ Bilderzeugung (Rendering)



Beispiel für Visualisierungs-Pipeline



- (a) Messpunkte, (b) Interpolation auf ein Gitter,
- (c) Erzeugung eines geometrischen Modells und eines Bildes

Datenvorverarbeitung

- ▶ Realisiert eine Daten-zu-Daten-Abbildung
- ▶ Mögliche Operationen:
 - ▶ Vervollständigung, Interpolation
 - ▶ Projektion (Reduzierung der Variablen)
 - ▶ Selektion (Anwendung von Filterkriterien, Glättung, Ausreißereliminierung)
 - ▶ Berechnung impliziter Eigenschaften (z.B. Maximum, Gradient)
 - ▶ Konvertierung

Abbildung

- ▶ Die vorbereiteten Daten werden in ein geometrisches Modell transformiert
- ▶ Auswahl von geometrischen Grundbausteinen und Zuweisung der Attribute
- ▶ Expressivität und Effektivität beachten
- ▶ Verschiedene Software-Pakete unterstützen diesen Schritt
 - ▶ TIKZ, PDF-Latex
 - ▶ R, Python
 - ▶ Web: D3js, elm-visualization

Rendering

- ▶ Geometrische Daten in Bilder transformieren
- ▶ Verschiedene Software-Pakete unterstützen diesen Schritt
 - ▶ TIKZ, PDF-Latex
 - ▶ PSTricks, Latex
 - ▶ R
 - ▶ Gnuplot, Octave
 - ▶ Web: D3js, elm-visualization, raphaeljs, processingjs, SVG- und Canvas-Module des Browsers
- ▶ Verschiede Arten des Rendering:
 - ▶ Realitätsnahe Bilder
 - ▶ Abstrakte Bilder
 - ▶ „Mentale“ Bilder
 - ▶ Animationen

Verteilte Abarbeitung der Pipeline

- ▶ Autor erzeugt ein Bild oder Bildsequenz
 - ▶ Autor führt alle Schritte der Pipeline durch
 - ▶ Betrachter hat keine/wenig Möglichkeiten für Interaktion
 - ▶ Autor schickt das Bild zu allen Betrachtern, erfordert u.U. gute Netzanbindung
 - ▶ Konsistenz mit den Daten kann ein Problem sein

Verteilte Abarbeitung der Pipeline

- ▶ Autor erzeugt ein Bild oder Bildsequenz
 - ▶ Autor führt alle Schritte der Pipeline durch
 - ▶ Betrachter hat keine/wenig Möglichkeiten für Interaktion
 - ▶ Autor schickt das Bild zu allen Betrachtern, erfordert u.U. gute Netzanbindung
 - ▶ Konsistenz mit den Daten kann ein Problem sein
- ▶ Autor erzeugt ein geometrisches Modell
 - ▶ Betrachter rendert das Bild selbst
 - ▶ Betrachter hat einige Möglichkeiten für Interaktion, z.B. Kamera, Perspektive, Durchlaufen
 - ▶ Beispiel: Java-Script D3js, elm-visualization

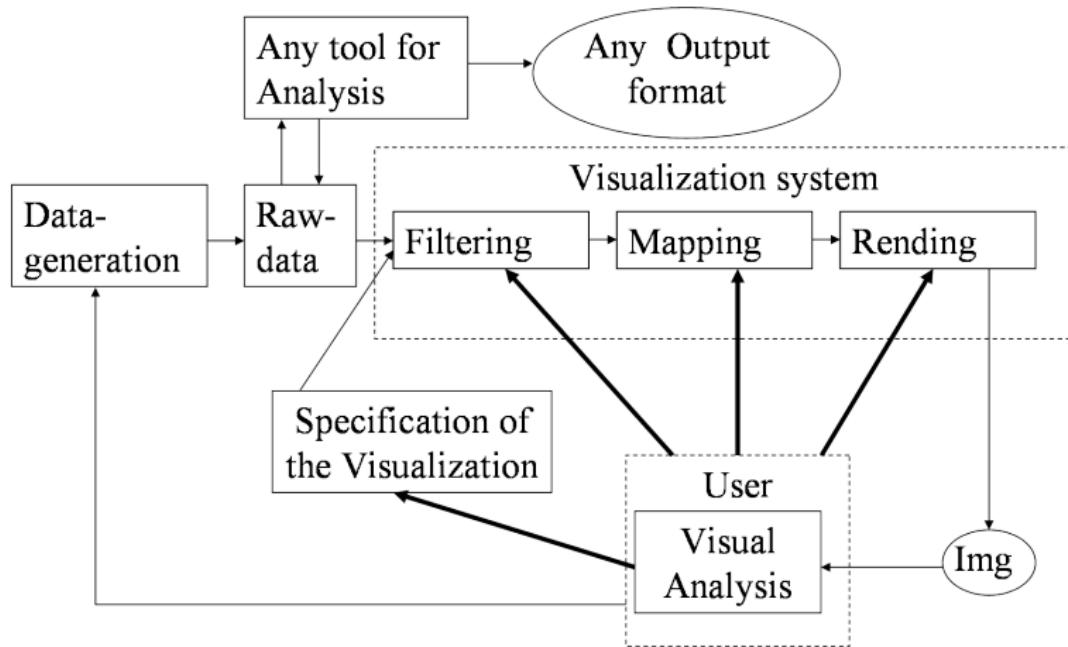
Verteilte Abarbeitung der Pipeline (2)

- ▶ Autor liefert Rohdaten und Betrachter erzeugt Visualisierung selbst
 - ▶ Betrachter hat viele Freiheit
 - ▶ Expertise und Werkzeuge sind auf der Seite des Betrachters notwendig
 - ▶ Datenformate können ein Problem sein

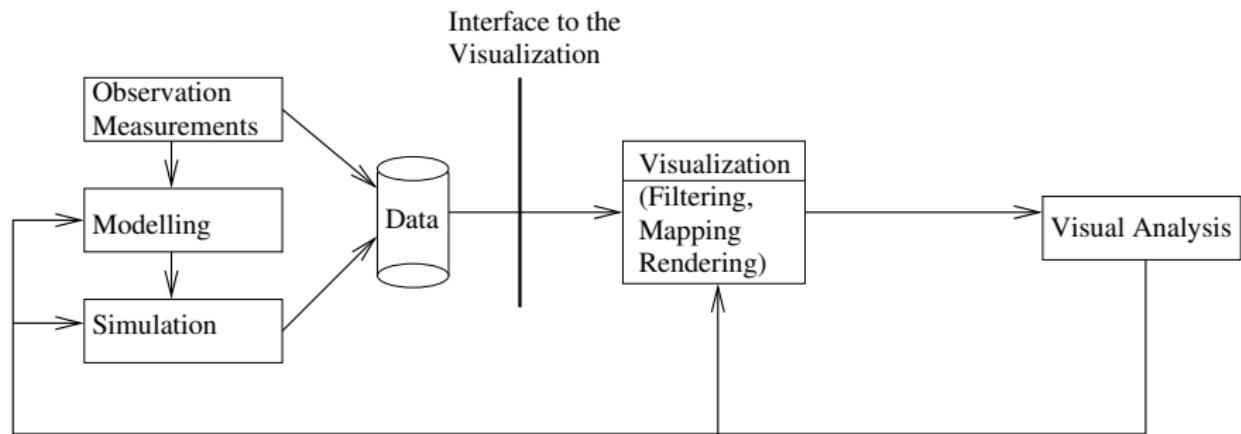
Verteilte Abarbeitung der Pipeline (2)

- ▶ Autor liefert Rohdaten und Betrachter erzeugt Visualisierung selbst
 - ▶ Betrachter hat viele Freiheit
 - ▶ Expertise und Werkzeuge sind auf der Seite des Betrachters notwendig
 - ▶ Datenformate können ein Problem sein
- ▶ Autor erzeugt ein geometrisches Modell unter der Kontrolle des Betrachters; Betrachter übernimmt den Rest der Aufgaben in der Pipeline
 - ▶ Kompromiss um die Nachteile der vorherigen Szenarien zu eliminieren
 - ▶ Spezielle Schnittstellen für die Kommunikation zwischen Betrachter und Autor werden gebraucht

Referenzmodell [RF94]



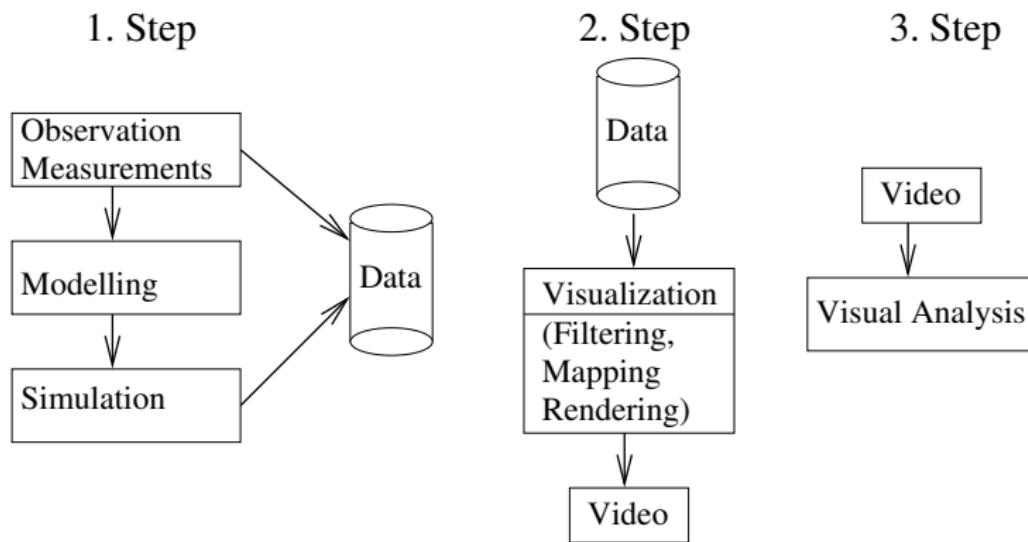
Zyklus der visuellen Analyse



Visualisierungsszenarien:

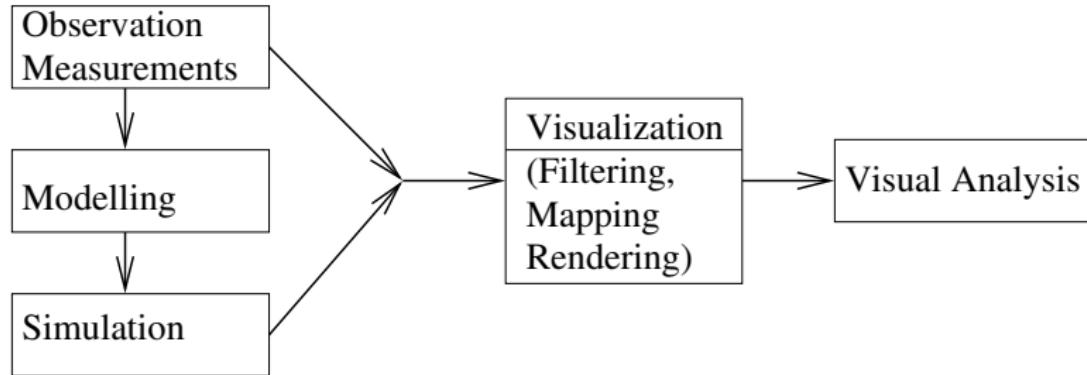
- ▶ Bewegungsmodus
- ▶ Tracking
- ▶ Interaktives Postprocessing
- ▶ Interaktive Kontrolle

Bewegungsmodus



- ▶ Positiv: kein Zeitlimit für die Erzeugung
- ▶ Negativ: keine Interaktion möglich
- ▶ Passt gut für Molekülsimulationen, Fluss- und Strömungsberechnungen, ...

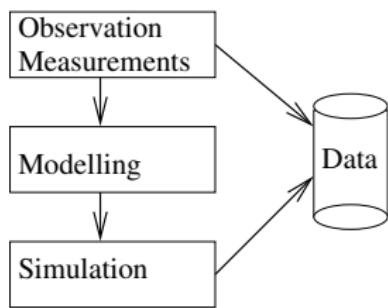
Tracking



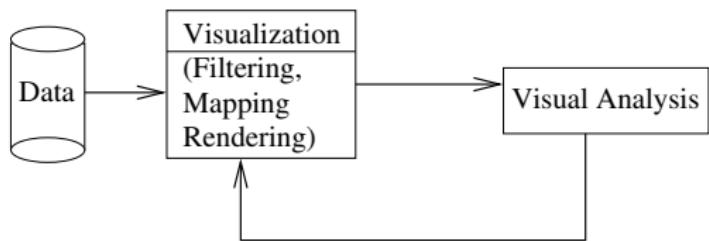
- ▶ Direkte Koppelung der Visualisierung mit dem Datenerzeugungsprozess
- ▶ Positiv: Teilschritte können gut nachvollzogen werden
- ▶ Negativ: hohe Anforderungen an die Hardware, keine Interaktion

Interaktives Postprocessing

1. Step

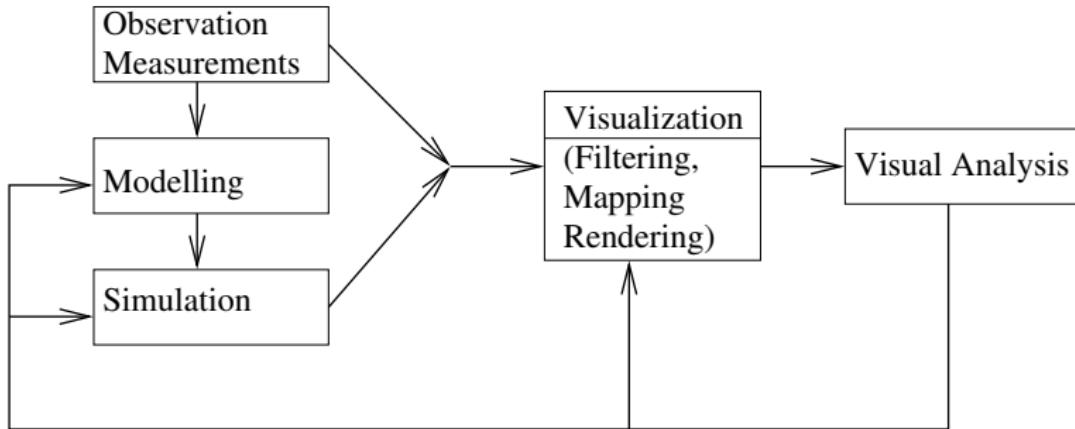


2. Step



- ▶ Oft in der Praxis genutzt
- ▶ Aufteilung der Datenerzeugung und Visualisierung
- ▶ Nachbearbeitung der Daten ist oft sehr hilfreich

Interaktive Kontrolle



- ▶ Integration der Visualisierungs-Pipeline und des Datenerzeugungsprozess
- ▶ Der Anwender kann die Visualisierung als auch die Modellierung und Simulation beeinflussen

Unterscheidung Informationsvisualisierung und wissenschaftliche Visualisierung

- ▶ Beide Gebiete überlappen stark und nutzen gleiche Methoden
- ▶ wissenschaftliche Visualisierung
 - ▶ erweitert den Wahrnehmungsapparat des Menschen
 - ▶ Beispiele
 - ▶ Molekülformen
 - ▶ Astrophysik
 - ▶ Röntgen
 - ▶ hat in der Regel einen Raumbezug
 - ▶ oft Volumendaten
- ▶ Informationsvisualisierung
 - ▶ Abstrakte Bilder und Informationsräume
 - ▶ Beispiele und Anwendungen
 - ▶ Visuelle Datenmodellierung (ER, UML, ...)
 - ▶ Visuelle Sprachen
 - ▶ Visuelle Datenanalyse
 - ▶ Beziehungen zwischen Visualisierung und Daten ist komplex
 - ▶ Spielraum zum Gestalten ist größer

Gliederung

Informationsvisualisierung Einführung

Ziele und Anwendungen von Visualisierung

Qualität von Visualisierungen

Visualisierung und Wissenschaft

Der Visualisierungsprozess

Visualisierungs-Software

Historische Entwicklung von Visualisierungen

Software zum Visualisieren

- ▶ R, <http://www.r-project.org>
- ▶ Web
 - ▶ ELM, Architektur für interaktive Web-Applikationen
<http://elm-lang.org>
 - ▶ Elm Visualization, <https://package.elm-lang.org/packages/gamleman/elm-visualization/latest/>
 - ▶ D3js, <http://d3js.org/>
 - ▶ processingjs, <http://processingjs.org>
 - ▶ raphaeljs, [http://raphaeljs.com/](http://raphaeljs.com)
 - ▶ Flare, <http://prefuse.org/>
- ▶ Java
 - ▶ processing, <http://processing.org/>
 - ▶ prefuse, <http://prefuse.org/>
- ▶ Weitere Software-Pakete: http://www.infovis-wiki.net/index.php?title=Toolkit_Links

R, <http://www.r-project.org/>

- ▶ Interpretierte Sprache für Statistik
- ▶ Einführung: Data Analysis and Graphics Using R - An Example-Based Approach, John Maindonald and John Braun, 3rd edn, Cambridge University Press, <http://www.maths.anu.edu.au/~johnm/r-book/daagur3.html>
- ▶ Weiteres Material:
<http://cran.r-project.org/other-docs.html>
- ▶ A (very) short Introduction to R by Paul Torfs and Claudia Brauer (PDF, 2012-04-18) <http://cran.r-project.org/doc/contrib/Torfs+Brauer-Short-R-Intro.pdf>

Vergleich der Info-Vis-Ansätze mit JavaScript

- ▶ Raphaeljs
 - ▶ SVG basierte JS-Bibliothek
 - ▶ Fähigkeiten von SVG werden mit Klassen und Funktionen gekapselt
 - ▶ Basis-Funktionen für Animationen
 - ▶ Interaktivität durch JS-Event-Handlers
 - ▶ InfoVis-Algorithmen werden durch Ergänzungsbibliotheken bereitgestellt:
 - ▶ Graphen-Visualisierung: JavaScript InfoVis Toolkit
<http://thejit.org/>
 - ▶ 3D: PhiloGL <http://www.senchalabs.org/philocg/>

Vergleich der Info-Vis-Ansätze mit JavaScript

- ▶ Processingjs
 - ▶ Graphik-Programmiersprache, ursprünglich als für Aufsatz für Java entwickelt
 - ▶ Bibliothek ist ein Complier für die Übersetzung von Processing nach JavaSkript
 - ▶ Precompiling ist möglich
 - ▶ Nutzt die Canvas-Technik von HTML um Graphiken zu erzeugen
 - ▶ Zeichenbefehle werden als Funktionen bereitgestellt.
 - ▶ Basis-Funktionen für Animationen
 - ▶ Tricks sind notwendig, um synchronen I/O in Asynchroner JavaSkript-Umgebung zu simulieren
 - ▶ Namesgebung ist im Gegensatz zu Processing eingeschränkt, d.h. keine Namen von ProcessingJs-Funktionen verwenden

Vergleich der Info-Vis-Ansätze mit JavaScript

- ▶ D3js
 - ▶ Nutzt JavaScript-Callback-Functions
 - ▶ Tutorial: <http://recurial.com/programming/understanding-callback-functions-in-javascript/>
 - ▶ Deklarative Selektion von graphischen Elementen aus dem DOM-Objekt des Browser (JavaScript, XPath) und Änderungen der Element, ähnlich zu jQuery <http://jquery.com/> und Prototype <http://www.prototypejs.org/>.
 - ▶ Bindung von Daten an graphische Elemente und dynamische datenabhängige Änderung der grafischen Attribute.
 - ▶ Synchronisation der Bindung zwischen Daten und Grafikelementen
 - ▶ Animationen
 - ▶ Unteranfragen bei der Selektion von grafischen Elementen
 - ▶ Details: <http://mbostock.github.com/d3/>

Vergleich der Info-Vis-Ansätze mit JavaScript

- ▶ D3js
 - ▶ Nutzt JavaScript-Callback-Functions
 - ▶ Tutorial: <http://recurial.com/programming/understanding-callback-functions-in-javascript/>
 - ▶ Deklarative Selektion von graphischen Elementen aus dem DOM-Objekt des Browser (JavaScript, XPath) und Änderungen der Element, ähnlich zu jQuery <http://jquery.com/> und Prototype <http://www.prototypejs.org/>.
 - ▶ Bindung von Daten an graphische Elemente und dynamische datenabhängige Änderung der grafischen Attribute.
 - ▶ Synchronisation der Bindung zwischen Daten und Grafikelementen
 - ▶ Animationen
 - ▶ Unteranfragen bei der Selektion von grafischen Elementen
 - ▶ Details: <http://mbostock.github.com/d3/>

Vergleich der Info-Vis-Ansätze mit JavaScript

- ▶ Vega und Vega-Lite
 - ▶ Visualisierung wird als JavaScript-Object beschrieben
 - ▶ Interaktive Visualisierung wird durch Vega-Runtime-Engine erstellt
 - ▶ Viele Details werden automatisch nach Design-Prinzipien festgelegt
z.B. Anzahl und Position der Tics in ScatterPlot
 - ▶ Interaktive Grafiken durch Spezifikation von JS-Funktionen
 - ▶ Details: <https://vega.github.io/vega-lite/> und <https://vega.github.io/vega/>

Vergleich der Info-Vis-Ansätze mit JavaScript

- ▶ Elm, <http://elm-lang.org>
 - ▶ The elm architecture (TEA)
 - ▶ Überblick: <https://dennisreimann.de/articles/elm-architecture-overview.html>
 - ▶ Compiliert nach JavaScript
 - ▶ Statische typisierte unveränderliche Variablen
 - ▶ Programmiersprache ähnlich wie Haskell aber ohne Typklassen und Monaden
 - ▶ Keine Laufzeitfehler
 - ▶ Gute Option als Rahmenprogramm für interaktive Grafiken
 - ▶ Kommunikation mit JavaScript über Ports
- ▶ Elm Visualization stellt Schnittstellen und Funktionen bereit, um komplexe Visualisierungen zusammenzusetzen.
<https://package.elm-lang.org/packages/gampleman/elm-visualization/latest/>
- ▶ Packages Elm-Vega und Elm-Vega-Lite ermöglichen Typ-sichere Konstruktion der Spezifikation für Vega bzw. Vega-Lite.
<https://package.elm-lang.org/packages/gicentre/>

Gliederung

Informationsvisualisierung Einführung

Ziele und Anwendungen von Visualisierung

Qualität von Visualisierungen

Visualisierung und Wissenschaft

Der Visualisierungsprozess

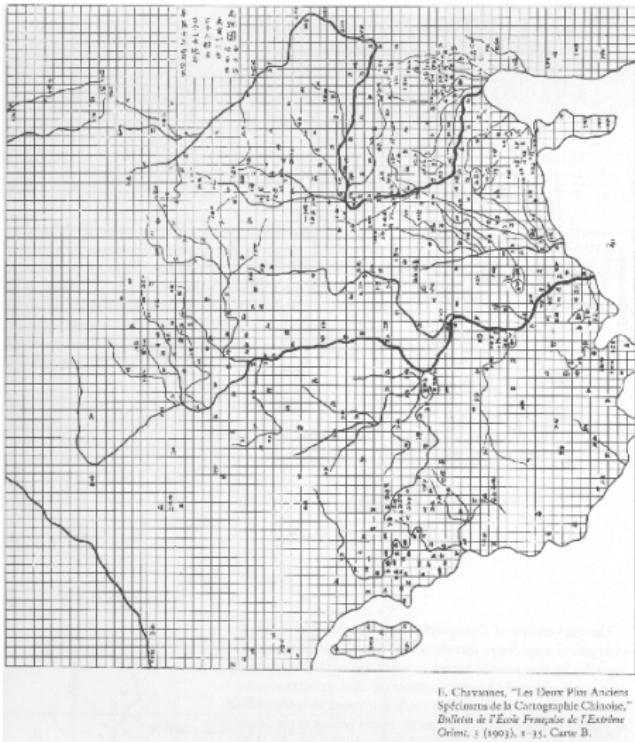
Visualisierungs-Software

Historische Entwicklung von Visualisierungen

Historische Entwicklung von Visualisierungen

- ▶ Visualisierung ist eines der ältesten Kommunikationsmedien
- ▶ Angewandt in :
 - ▶ Kunst, z.B. Gemälde mit religiösen und säkularen Motiven
 - ▶ Astronomie, Meteorologie, Kartografie

Chinesische Karte, 11.Jh.



E. Chavannes, "Les Deux Plus Anciens
Spécimens de la Cartographie Chinoise,"
*Bulletin de l'École Française de l'Extrême
Orient*, 1 (1903), 1-35, Carte B.

Herford Karte, 1280



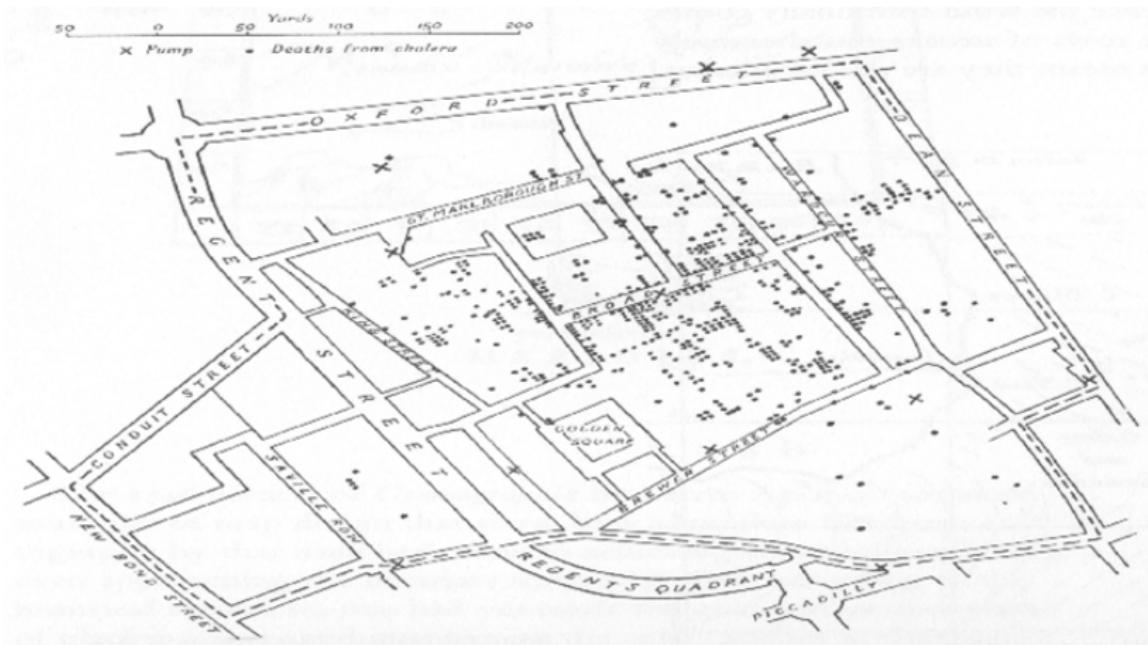
größte Übersichtskarte des Mittelalters

Europäische Karte, 1546

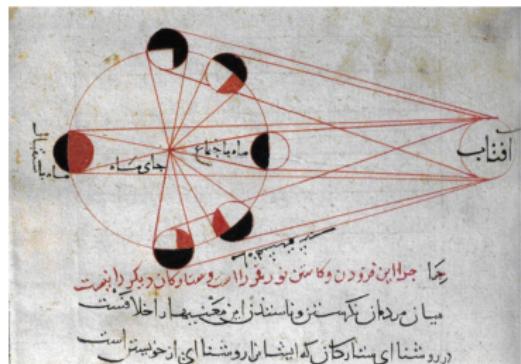


Cholera Epidemie, London, John Snow, 1854

Cholera Epidemie, London, John Snow, 1854



Frühe Zeitreihen-Visualisierung



Erste zirkuläre Repräsentation der Mondphasen von al-Burani um 1030.

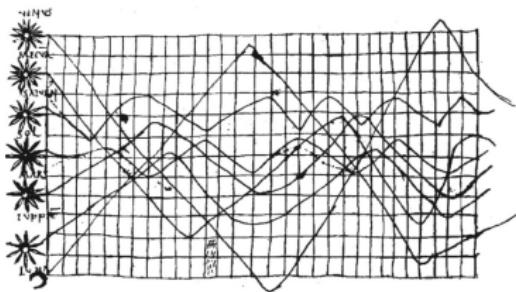
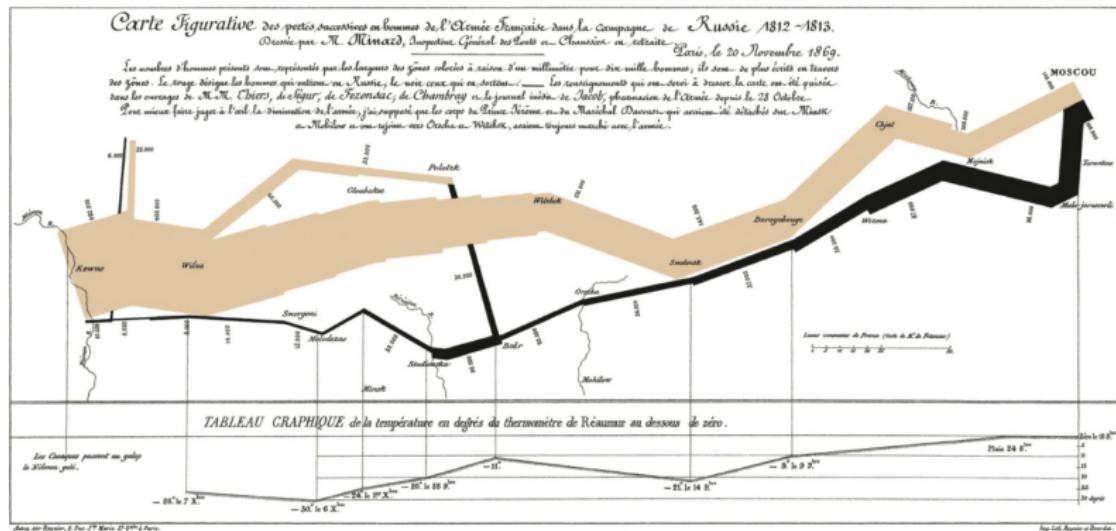


Abbildung der Planetenbewegungen, etwa um die gleiche Zeit

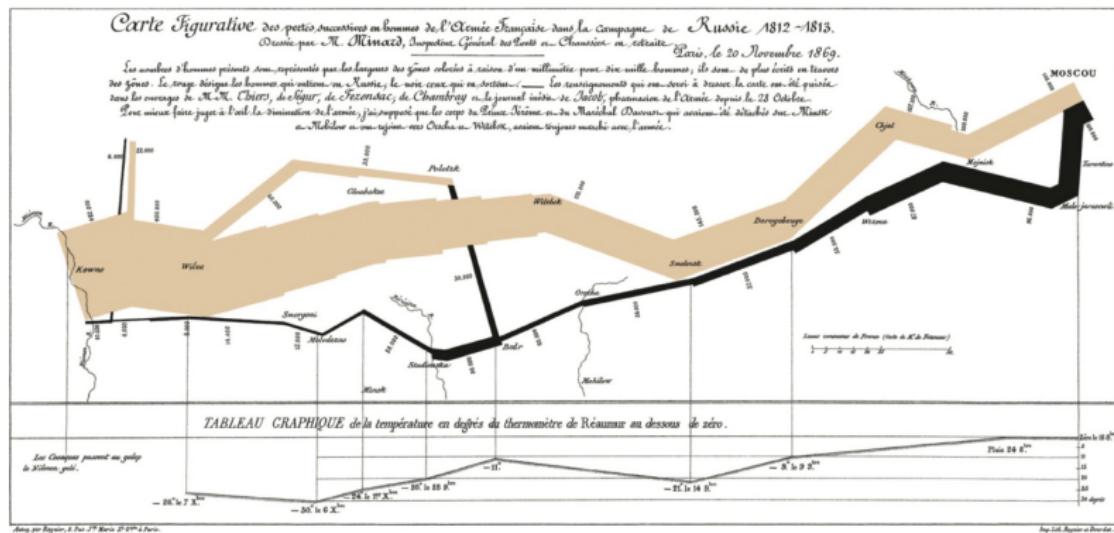
Napoleons Russland-Feldzug

Charles Joseph Minard [1781-1870]



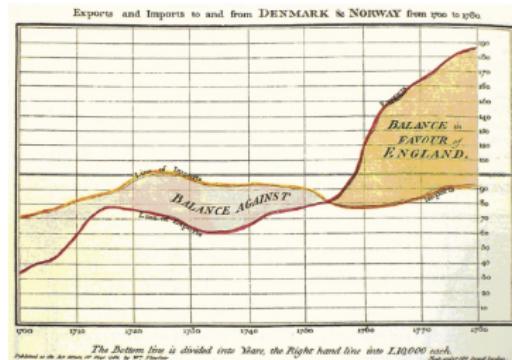
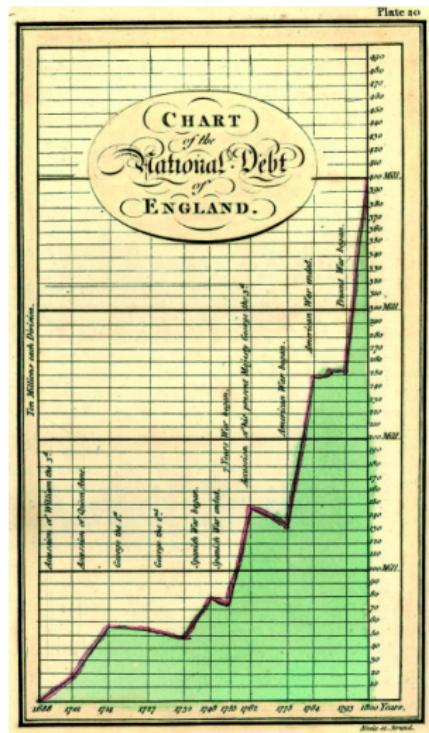
Napoleons Russland-Feldzug

Charles Joseph Minard [1781-1870]



Wie viele Variablen werden gezeigt?

Zeitreihen-Visualisierung, W. Playfair, 1786



Handelsbilanz England /
Dänemark

Verschuldung Englands

Statistische Diagramme: 2D-Scatter-Plot

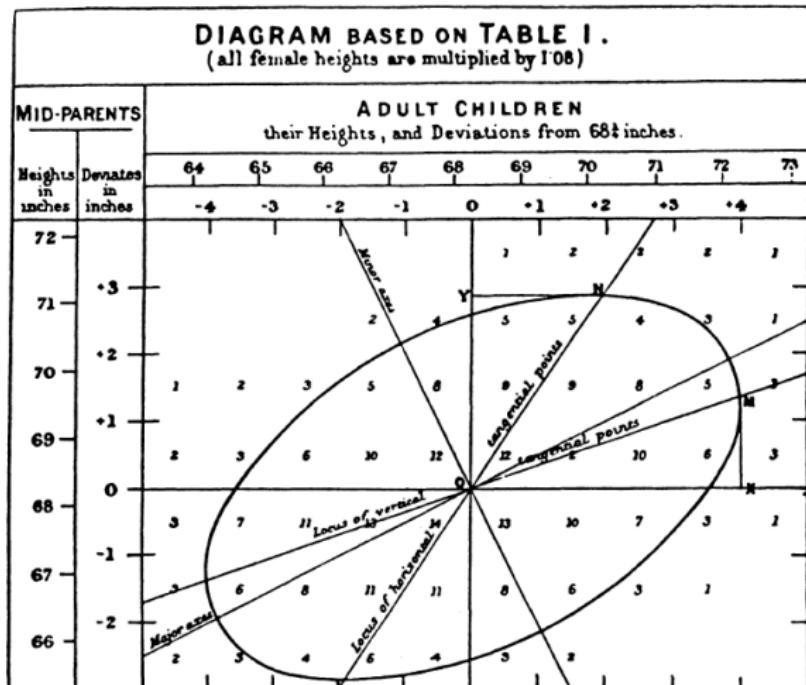
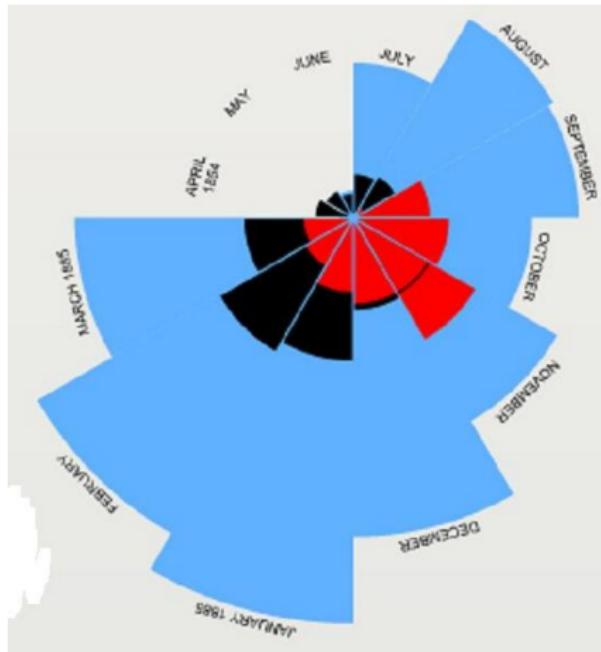


Figure 1. The First Bivariate Scatterplot (from Galton 1885).

Galton zeigte 1885 den Zusammenhang zwischen Größen von Eltern und Kindern. [Gal86]

Florence Nightingale's coxcomb chart



Grafik zeigt die monatlichen Todesfälle durch Kämpfe und andere Ursachen während des Krimkrieges. Todesursachen werden durch Farben repräsentiert: Blau = Krankheit, Rot = Verwundung, Schwarz = andere Ursachen.



Almir Olivette Artero, Maria Cristina Ferreira de Oliveira, and Haim Levkowitz.

Uncovering clusters in crowded parallel coordinates visualizations.

In *INFOVIS*, pages 81–88, 2004.



Eric Alexander, Joe Kohlmann, Robin Valenza, Michael Witmore, and Michael Gleicher.

Serendip: Topic model-driven visual exploration of text corpora.

In *Visual Analytics Science and Technology (VAST), 2014 IEEE Conference on*, pages 173–182, Oct 2014.



J. Bertin.

Graphical Presentations and the graphical processing of information.

de Gruyter, New York, 1982.



J. Bertin.

Semiology of Graphics.

The University of Wisconsin Press, 1983.



Clifford Beshers and Steven Feiner.

Automated design of virtual worlds for visualizing multivariate relations.

In Arie E. Kaufman and Gregory M. Nielson, editors, *IEEE Visualization*, pages 283–290. IEEE Computer Society, 1992.

 Roman Chernobelskiy, Kathryn I. Cunningham, Michael T. Goodrich, Stephen G. Kobourov, and Lowell Trott.

Force-directed lombardi-style graph drawing.

In *Graph Drawing*, pages 320–331, 2011.

 Jason Chuang, Spence Green, Marti Hearst, Jeffrey Heer, and Philipp Koehn, editors.

Proceedings of the Workshop on Interactive Language Learning, Visualization, and Interfaces.

Association for Computational Linguistics, Baltimore, Maryland, USA, June 2014.

 Weiwei Cui, Shixia Liu, Zhuofeng Wu, and Hao Wei.

How hierarchical topics evolve in large text corpora.

Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on, 20(12):2281–2290, Dec 2014.



Jason Chuang, Christopher D. Manning, and Jeffrey Heer.

Termite: Visualization techniques for assessing textual topic models.

In *Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces*, AVI '12, pages 74–77, New York, NY, USA, 2012. ACM.



Christian A. Duncan, David Eppstein, Michael T. Goodrich, Stephen G. Kobourov, and Martin Nöllenburg.

Drawing trees with perfect angular resolution and polynomial area.

In *Graph Drawing*, pages 183–194, 2010.



Christian A. Duncan, David Eppstein, Michael T. Goodrich, Stephen G. Kobourov, and Martin Nöllenburg.

Lombardi drawings of graphs.

In *Graph Drawing*, pages 195–207, 2010.



Michael Derntl, Nikou Günnemann, Alexander Tillmann, Ralf Klamma, and Matthias Jarke.

Building and exploring dynamic topic models on the web.

In *Proceedings of the 23rd ACM International Conference on Conference on Information and Knowledge Management, CIKM '14*, pages 2012–2014, New York, NY, USA, 2014. ACM.

 Wenwen Dou, Li Yu, Xiaoyu Wang, Zhiqiang Ma, and W. Ribarsky.

Hierarchicaltopics: Visually exploring large text collections using topic hierarchies.

Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on, 19(12):2002–2011, Dec 2013.

 Linda S Elting, Charles G Martin, Scott B Cantor, and Edward B Rubenstein.

Influence of data display formats on physician investigators' decisions to stop clinical trials: prospective trial with repeated measures.

BMJ, 318(7197):1527–1531, 6 1999.

 P. Eades, B. D. McKay, and N. C. Wormald.

On an edge crossing problem.

In *Proceedings of 9th. Australian Computer Science Conference, Canberra*, pages 327–334, 1986.



Francis Galton.

Regression towards mediocrity in hereditary stature.

Journal of the Anthropological Institute, 15:246–263, 1886.



Michael R. Garey and David S. Johnson.

Computers and Intractability.

W.H. Freeman, San Francisco, 1979.



Martin Graham and Jessie Kennedy.

Using curves to enhance parallel coordinate visualisations.

Information Visualisation, International Conference on, 0:10, 2003.



Emden R. Gansner, Eleftherios Koutsofios, Stephen C. North, and Kiem-Phong Vo.

A technique for drawing directed graphs.

IEEE TRANSACTIONS ON SOFTWARE ENGINEERING,
19(3):214–230, 1993.



Andrew V. Goldberg and Robert E. Tarjan.

Finding minimum-cost circulations by successive approximation.

Mathematics of Operations Research, 15(3):430–466, 1990.



Alexander Hinneburg, Rico Preiss, and René Schröder.

Topicexplorer: Exploring document collections with topic models.

In *Proceedings of the 2012 European Conference on Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases - Volume Part II*, ECML PKDD'12, pages 838–841, Berlin, Heidelberg, 2012. Springer-Verlag.



Alexander Hinneburg, Frank Rosner, Stefan Pessler, and Christian Oberländer.

Exploring document collections with topic frames.

In *Proceedings of the 23rd ACM International Conference on Conference on Information and Knowledge Management*, CIKM '14, pages 2084–2086, New York, NY, USA, 2014. ACM.



Danny Holten and Jarke J. Van Wijk.

Evaluation of cluster identification performance for different pcp variants.

Computer Graphics Forum, 29(3):793–802, 2010.



Alfred Inselberg and Tova Avidan.

Classification and visualization for high-dimensional data.

In *KDD*, pages 370–374, 2000.

 Alfred Inselberg and B. Dimsdale.

Parallel coordinates: A tool for visualizing multi-dimensional geometry.

In *IEEE Visualization*, pages 361–378, 1990.

 E. Isaacs, K. Damico, S. Ahern, E. Bart, and M. Singhal.

Footprints: A visual search tool that supports discovery and coverage tracking.

Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on,
20(12):1793–1802, Dec 2014.

 N. Jojic, A. Perina, and D. Kim.

Hierarchical learning of grids of microtopics.

ArXiv e-prints, March 2015.

 Marc Kupietz and Noah Bubenhofer.

Herrenhäuser symposium, visuelle linguistik – theorie und anwendung von visualisierungen in der sprachwissenschaft.

Schloss Herrenhausen, Hannover, 19. bis 21. November 2014.



Shixia Liu, Xiting Wang, Jianfei Chen, Jun Zhu, and Baining Guo.

Topicpanorama: A full picture of relevant topics.

In *Visual Analytics Science and Technology (VAST), 2014 IEEE Conference on*, pages 183–192, Oct 2014.



Shixia Liu, Michelle X. Zhou, Shimei Pan, Weihong Qian, Weijia Cai, and Xiaoxiao Lian.

Interactive, topic-based visual text summarization and analysis.

In *Proceedings of the 18th ACM Conference on Information and Knowledge Management, CIKM '09*, pages 543–552, New York, NY, USA, 2009. ACM.



Jaimie Murdock and Colin Allen.

Visualization techniques for topic model checking.

In *29th AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-15)*, pages 4284–4285, 2015.



Herbert Marshall McLuhan.

Understanding media, the extension of man.

MIT Press, 1964.

-  B. H. McCormick, T. A. De Fanti, and M. D. Brown.
Visualizations in scientific computing.
Computer Graphics, 21(6):1–14, 1987.
-  Shimei Pan, Michelle X. Zhou, Yangqiu Song, Weihong Qian, Fei Wang, and Shixia Liu.
Optimizing temporal topic segmentation for intelligent text visualization.
In *Proceedings of the 2013 International Conference on Intelligent User Interfaces*, IUI '13, pages 339–350, New York, NY, USA, 2013. ACM.
-  G. Robertson and L. De Ferrari.
Systematic approaches to visualization: is a reference model needed.
In *Scientific Visualization*, pages 287–305. Academic Press, 1994.
-  P. K. Robertson.
A methodology for choosing data representations.
IEEE Computer Graphics and Applications, 11:56–57, 1991.
-  Jonathan A.C Sterne and Matthias Egger.

Funnel plots for detecting bias in meta-analysis: Guidelines on choice of axis.

Journal of Clinical Epidemiology, 54(10):1046 – 1055, 2001.

 Heidrun Schumann and Wolfgang Müller.

Visualisierung - Grundlagen und allgemeine Methoden.
Springer, 2000.

 Carson Sievert and Kenneth Shirley.

Ldavis: A method for visualizing and interpreting topics.

In *Proceedings of the Workshop on Interactive Language Learning, Visualization, and Interfaces*, pages 63–70, Baltimore, Maryland, USA, June 2014. Association for Computational Linguistics.

 Kozo Sugiyama, Shojiro Tagawa, and Mitsuhiko Toda.

Methods for visual understanding of hierarchical system structures.
Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on,
11(2):109–125, 1981.

 Guodao Sun, Yingcai Wu, Shixia Liu, Tai-Quan Peng, J.J.H. Zhu, and Ronghua Liang.

Evoriver: Visual analysis of topic competition on social media.

Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on,
20(12):1753–1762, Dec 2014.



Edward Rolf Tufte.

The Visual Display of Quantitative Information.
Graphics Press, 1983.



Edward J. Wegman and Qiang Luo.

High dimensional clustering using parallel coordinates and the grand tour.

COMPUTING SCIENCE AND STATISTICS, 28:361–368, 1996.