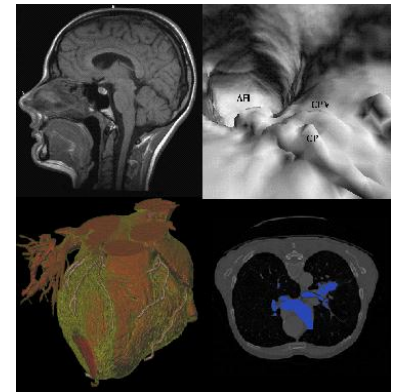
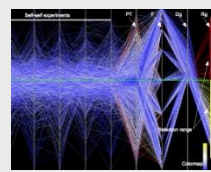


Informations- visualisierung

Thema:	1. Einführung
Dozent:	Prof. Dr. Geric Scheuermann scheuermann@informatik.uni-leipzig.de
Sprechstunde:	nach Vereinbarung
Umfang:	2
Prüfungsfach:	Modul Fortgeschrittene Computergrafik Medizininformatik, Angewandte Informatik

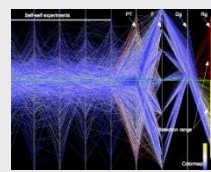




Übersicht

1. Einführung

2. Wahrnehmung von Grafik
3. Statistische Grundlagen
4. Darstellung von Tabellen
5. Darstellung von Graphen
6. Darstellung von Metadaten und Prozessen
7. Interaktion
8. Spezifische Verfahren
9. Visual Analytics
10. Beispielanwendungen

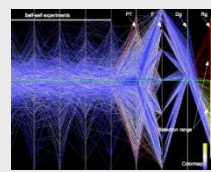


1.1. Ziele von Informationsvisualisierung

Definitionen

- **Information:** **Datenmenge**, der eine **bestimmte Bedeutung** zugeordnet werden kann.
- **Visualisierung:** Vorgang etwas in **sichtbare Beziehungen** zu setzen oder in sichtbare Form zu überführen.
- **Informationsvisualisierung:** Konzepte, Methoden und Tools zur **visuellen Darstellung von Informationen aus Datenbanken**, digitalen Bibliotheken oder anderen großen Dokumentensammlungen (Däßler / Plam, 1998).

Abgegrenzt wird dies zur wissenschaftlichen Visualisierung durch die **fehlende Struktur der Daten** (räumliche Daten bei der wiss. Visualisierung)



1.1. Ziele von Informationsvisualisierung

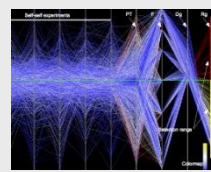
- **Visual Thinking:**

„What information visualization is really about is **external cognition**, that is, how resources outside the mind can be used **to boost cognitive capabilities** of the mind.“

[Stuard Card im Vorwort zu Colin Ware's Buch „Information Visualization“.]

- **Computergestützte Informationsvisualisierung:**

- Erzeugen von Darstellungen in **Echtzeit**
- **Dynamische** Darstellungen
- Integration in den Prozess des Verstehens und des Findens

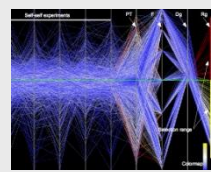


1.1. Ziele von Informationsvisualisierung

In Bezug auf **numerische Daten** fordert Tufte: [Tufte, 2001, S.13]

Graphische Darstellungen sollten

- die Daten zeigen.
- den Betrachter zum **Nachdenken über die Substanz**, statt der Methode, des Designs, der Graphiktechnologie etc. bringen.
- **vermeiden** die Aussagen der Daten zu **verzerren**.
- **viele Zahlen** auf kleinem Raum präsentieren.
- große Datenmengen **zusammenhängend** darlegen.
- das Auge zum **Vergleich verschiedener Teile** der Daten anregen.
- die Daten auf **mehreren Detailebenen** zeigen, vom breiten Überblick zur Feinstruktur.
- ein **klares Ziel** verfolgen: Beschreibung, Untersuchung, tabellarische Aufstellung oder Ausschmückung.
- **eng** mit statistischen und verbalen Ausführungen verknüpft sein.



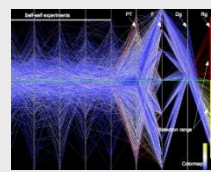
1.1. Ziele von Informationsvisualisierung

I		II		III		IV	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
10.0	8.04	10.0	9.14	10.0	7.46	8.0	6.58
8.0	6.95	8.0	8.14	8.0	6.77	8.0	5.76
13.0	7.58	13.0	8.74	13.0	12.74	8.0	7.71
9.0	8.81	9.0	8.77	9.0	7.11	8.0	8.84
11.0	8.33	11.0	9.26	11.0	7.81	8.0	8.47
14.0	9.96	14.0	8.10	14.0	8.84	8.0	7.04
6.0	7.24	6.0	6.13	6.0	6.08	8.0	5.25
4.0	4.26	4.0	3.10	4.0	5.39	19.0	12.50
12.0	10.84	12.0	9.13	12.0	8.15	8.0	5.56
7.0	4.82	7.0	7.26	7.0	6.42	8.0	7.91
5.0	5.68	5.0	4.74	5.0	5.73	8.0	6.89

Vier Datensätze mit gleichen statistischen Eigenschaften.

[F.J. Anscombe. Graphics in Statistical Analysis. American Statistician 27, 17-21, 1973]

[Tufte 1983]



1.1. Ziele von Informationsvisualisierung

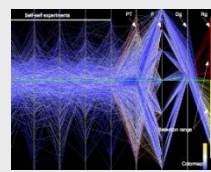
I		II		III		IV	
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
10.0	8.04	10.0	9.14	10.0	7.46	8.0	6.58
8.0	6.95	8.0	8.14	8.0	6.77	8.0	5.76
13.0	7.58	13.0	8.74	13.0	12.74	8.0	7.71
9.0	8.81	9.0	8.77	9.0	7.11	8.0	8.84
11.0	8.33	11.0	9.26	11.0	7.81	8.0	8.47
14.0	9.96	14.0	8.10	14.0	8.84	8.0	7.04
6.0	7.24	6.0	6.13	6.0	6.08	8.0	5.25
4.0	4.26	4.0	3.10	4.0	5.39	19.0	12.50
12.0	10.84	12.0	9.13	12.0	8.15	8.0	5.56
7.0	4.82	7.0	7.26	7.0	6.42	8.0	7.91
5.0	5.68	5.0	4.74	5.0	5.73	8.0	6.89

N = 11
mean of X's = 9.0
mean of Y's = 7.5
equation of regression line: $Y = 3 + 0.5X$
standard error of estimate of slope = 0.118
 $t = 4.24$
sum of squares $X - \bar{X} = 110.0$
regression sum of squares = 27.50
residual sum of squares of Y = 13.75
correlation coefficient = .82
 $r^2 = .67$

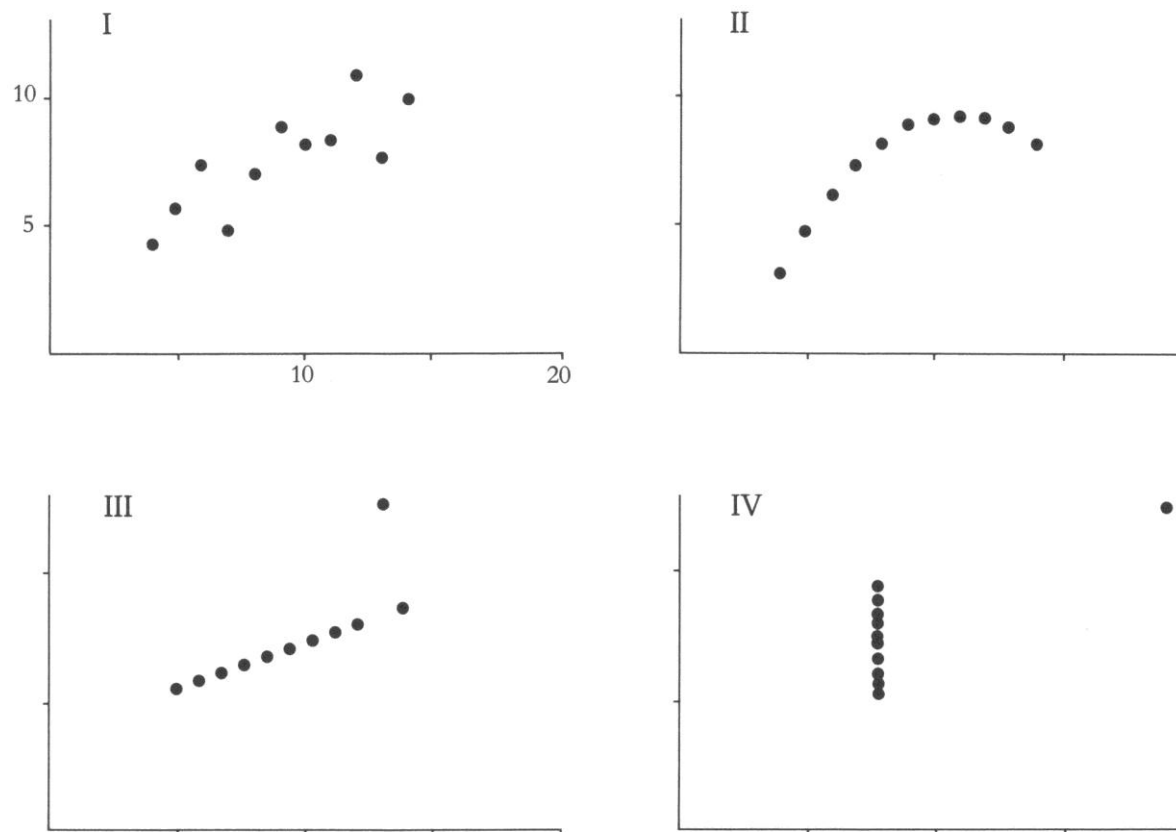
Vier Datensätze mit gleichen statistischen Eigenschaften.

[F.J. Anscombe. Graphics in Statistical Analysis. American Statistician 27, 17-21, 1973]

[Tufte 1983]

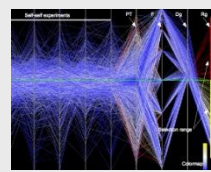


1.1. Ziele von Informationsvisualisierung



Einfache kartesische Darstellung der vier Datensätze.

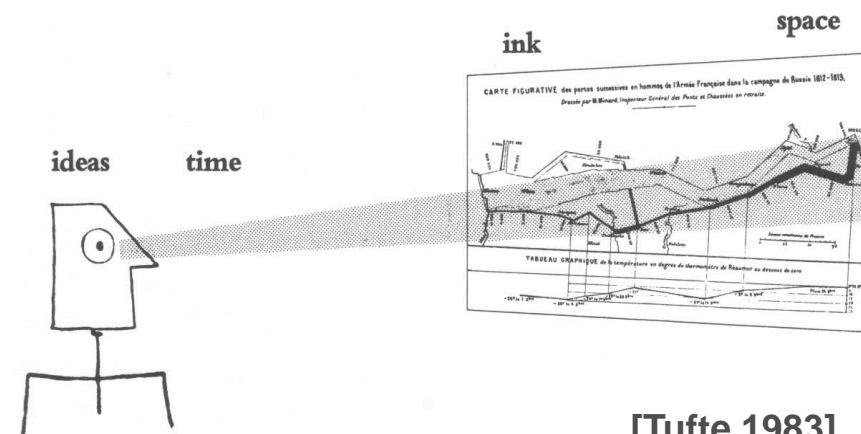
[Tufte 1983]



1.1. Ziele von Informationsvisualisierung

Graphische Exzellenz nach Tufte

- **Wohlgestaltete Präsentation** interessanter Daten - eine Frage der
 - Substanz, Statistik und Gestaltung.
- besteht aus **komplexen Ideen**
 - werden mit **Klarheit** und **Präzision effizient** mitgeteilt.
- liefert dem Betrachter die
 - **größte Anzahl** an Ideen,
 - in der **kürzesten Zeit**,
 - mit der **wenigsten Tinte**,
 - auf **kleinstem Raum**
- fast immer ein **multivariates** Problem
- erfordert die **Wahrheit** über die Daten zu erzählen.



[Tufte 1983]

1.1. Ziele von Informationsvisualisierung

Charles Joseph Minard (1781-1870): französischer Ingenieur; **graphischen Darstellung des Russland-feldzuges** von Napoleon von 1812-1813; graphische Darstellung **multivariater Daten**

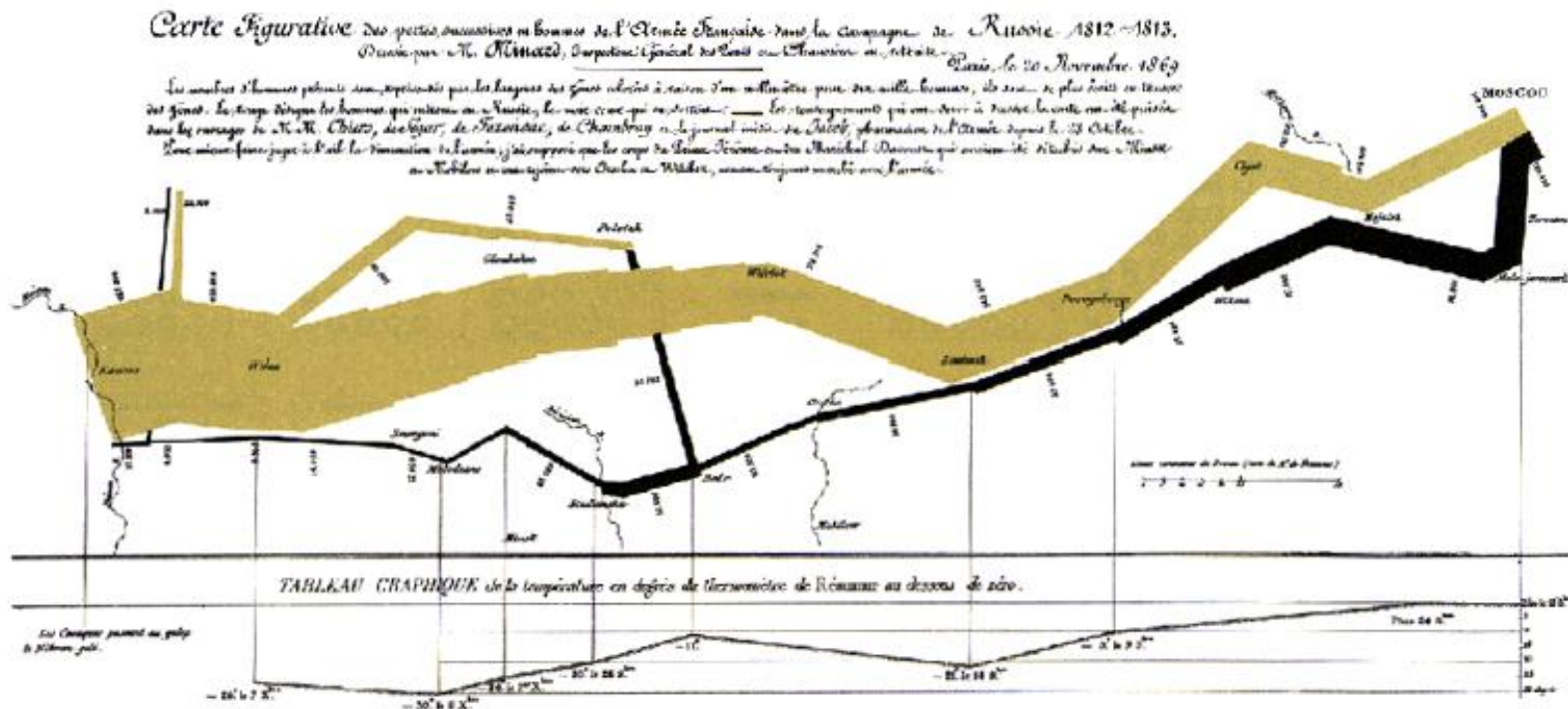
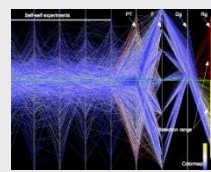


Bild 1. Joseph Minard: Karte des Rußlandfeldzuges von Napoleon von 1812-1813.

[Tufte 1983]

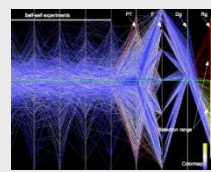


1.1. Ziele von Informationsvisualisierung

Der Mensch nimmt zu 75% seine Umgebung **visuell wahr** und erhält daraus die notwendigen Informationen.

Ableiten von **vier grundlegenden Aufgaben** der Visualisierung:

- Symbole, Diagramme und Animationen **wirken unterstützend** bei Vereinfachung komplexer Prozessabläufe und Objektbeziehungen in der Realwelt.
- Visualisierung gestattet einen **vereinfachten Zugang** zu Massendaten, z. B. durch Klassifikation und Datenstrukturierung.
- Visualisierung hilft bei der **Analyse und Interpretation** von Daten, bei der Sichtbarmachung verborgener Trends, sowie bei der Mustererkennung.
- Visualisierung unterstützt die angeborene menschliche Fähigkeit, die Umwelt zu erfassen und zu verstehen.



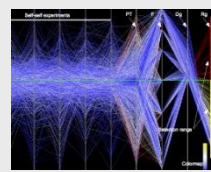
1.1. Ziele von Informationsvisualisierung

- **„The purpose of computing is insight, not numbers.“**

Richard Hamming, 1962

- **„The purpose of computing is not yet in sight.“**

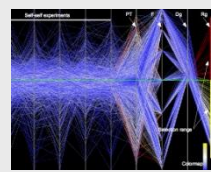
Richard Hamming, 1972



1.1. Ziele von Informationsvisualisierung

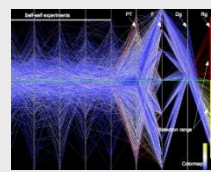
Wurzeln der Informationsvisualisierung

- Wissenschaftliche (räumliche) Visualisierung
- Datenbanken / Data Mining
- Graph-Drawing



1.1. Ziele von Informationsvisualisierung

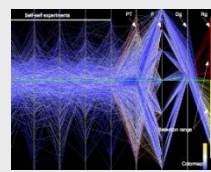
- ... ist die **Suche** und **Analyse** von Daten, um implizit enthaltene Information zu extrahieren.
- **Identifizieren** von Mustern, Strukturen, Trends, Beziehungen, Abnormalitäten.
- **Entdecken** von neuen Informationen.



1.1. Ziele von Informationsvisualisierung

Data Mining

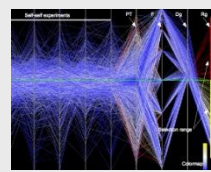
- Auch: Knowledge Discovery in Databases (KDD)
- Extraktion von Datenbesonderheiten in Datenbanken
- Statistik
- Maschine-Learning
- Informationswissenschaften
- ...



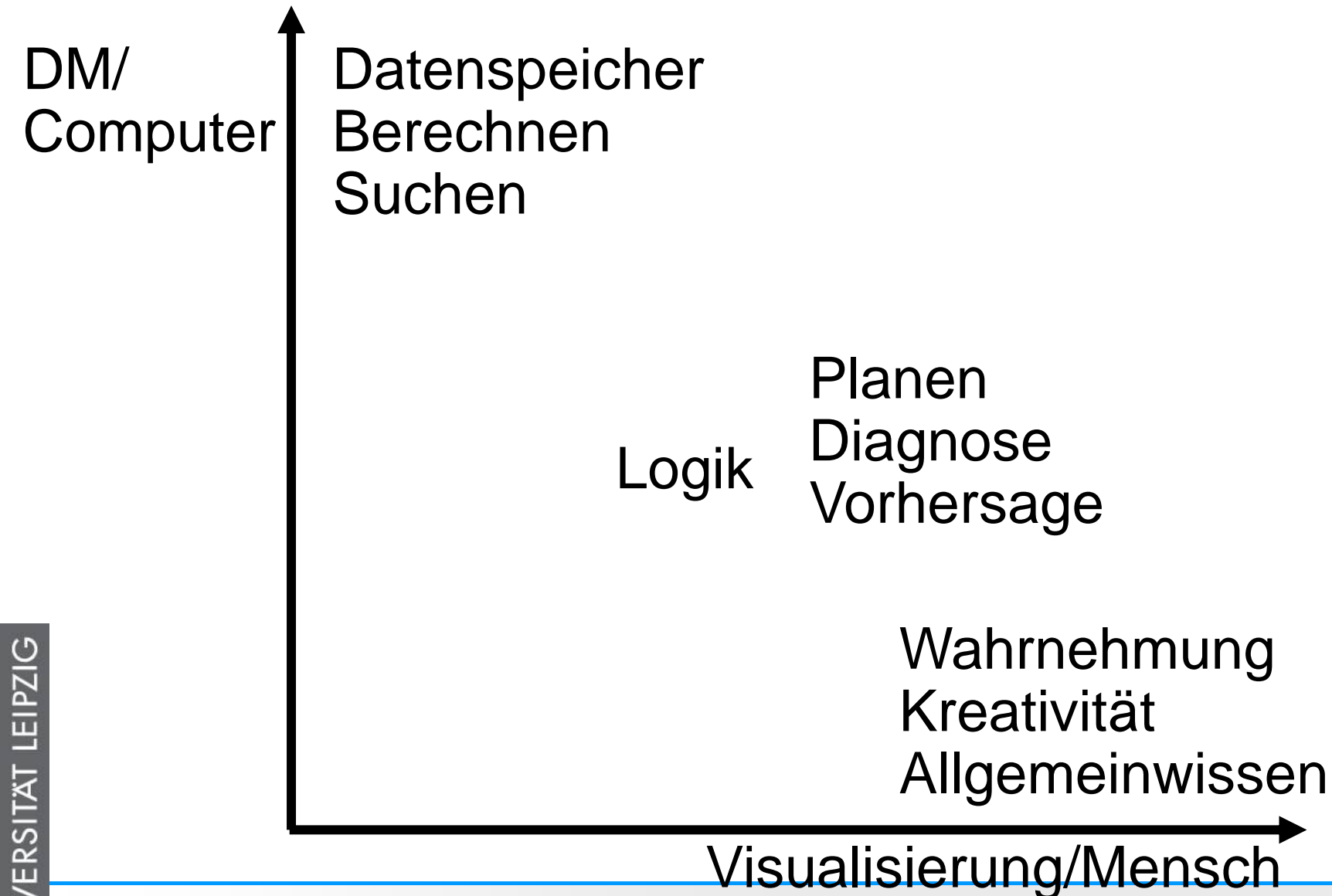
1.1. Ziele von Informationsvisualisierung

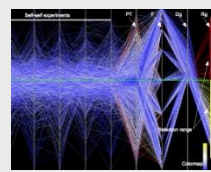
Visualisierung

- **Interaktive** Exploration von hochdimensionalen Daten
- **Flexible** Exploration
- **Visuelle** Exploration
- Bestätigende Analyse (einer Hypothese)
- Explorierende Analyse (Finden einer Hypothese)



1.1. Ziele von Informationsvisualisierung





1.1. Ziele von Informationsvisualisierung

Hauptziele

- Zusammenfassen
- Verknüpfen
- Klassifizieren
- Vorhersagen
- Gruppieren
- Analysen des zeitlichen Verhaltens

verwendet



Wichtige Techniken

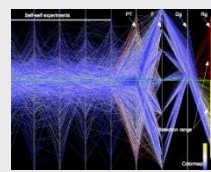
- Lineare Regression
- Nicht-lineare Regression
- Naïve Bayes
- K-Mittel, K-Median
- Neuronale Netze/Heuristische Methoden
- Verknüpfungsregeln
- Entscheidungsbäume
- Hauptkomponentenanalyse (PCA)
- Dimensionsreduktion

Statistische Methoden

- Normalisierung
- Fehler- und Abweichungsanalyse
- Stat. Sicherheit

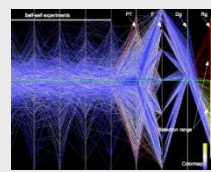


beruht auf



1.2 Datenquellen

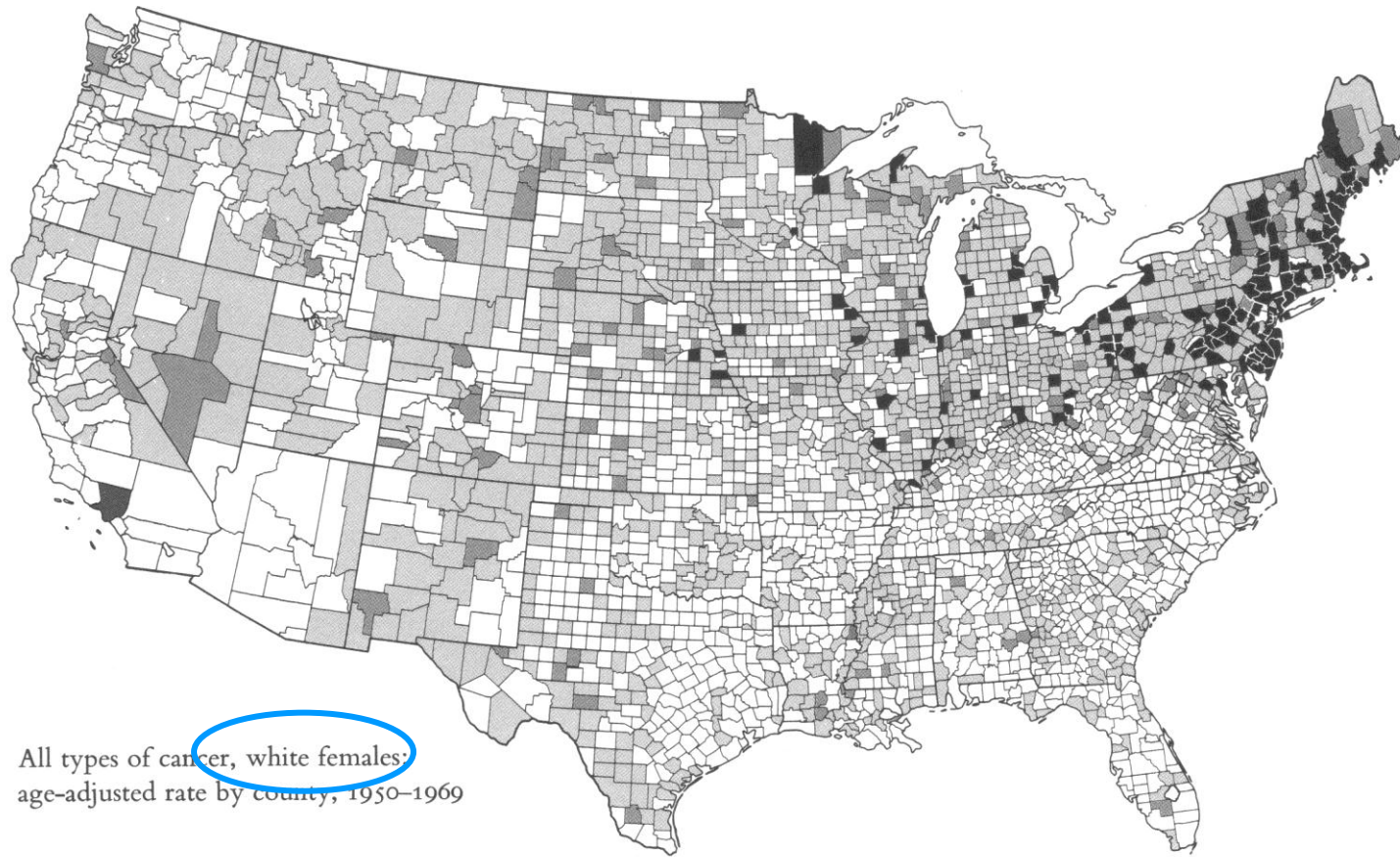
- Statistiken öffentlicher und privater Quellen
- Verknüpfungen von Internetseiten
- Genexpressionsdaten (BSV)
- Patientenmodelle (ICCAS)
- Dokumentensammlungen (BSV und ASV)
- Softwarecode (BIS, Wirtschaftsinformatik und BSV)
- Gen- und Proteinsequenzen, einschließlich ihrer räumlichen Struktur (Bioinformatik und IMISE)
- Zug- oder Flugpläne
- Wetter-, Klima- und astronomische Daten
- Finanzielle Transaktionen



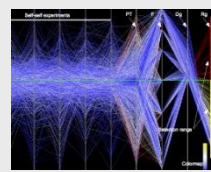
1.3 Klassische Beispiele

Datenkarten

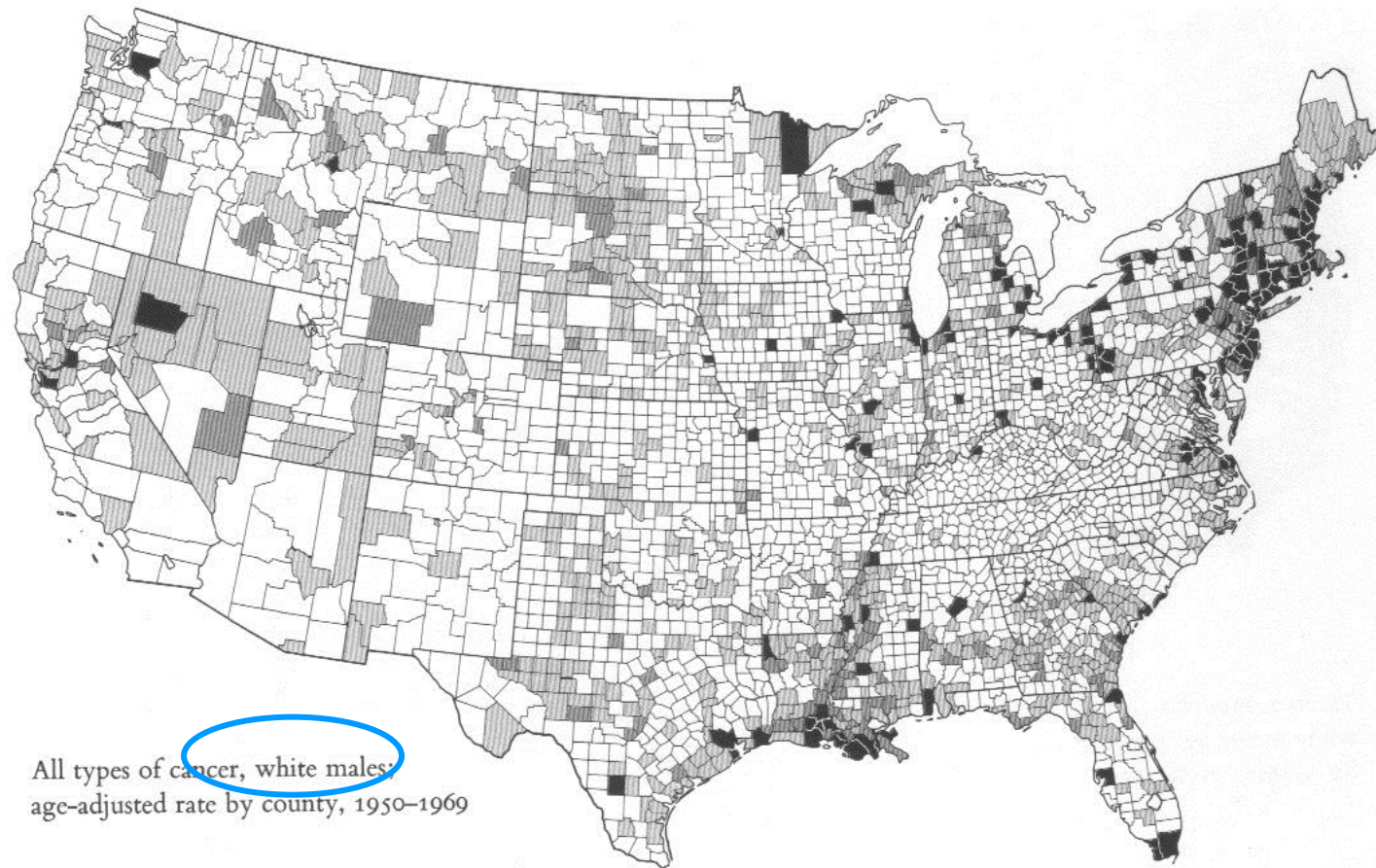
3056 **Werte** (Counties): **2D** Position, mindestens **vier** Werte bezeichnen die Lage des Counties (Rand) => **7x3056=21392** Werte in einem Bild



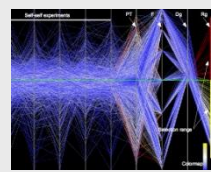
[Tufte 1983]



1.3 Klassische Beispiele



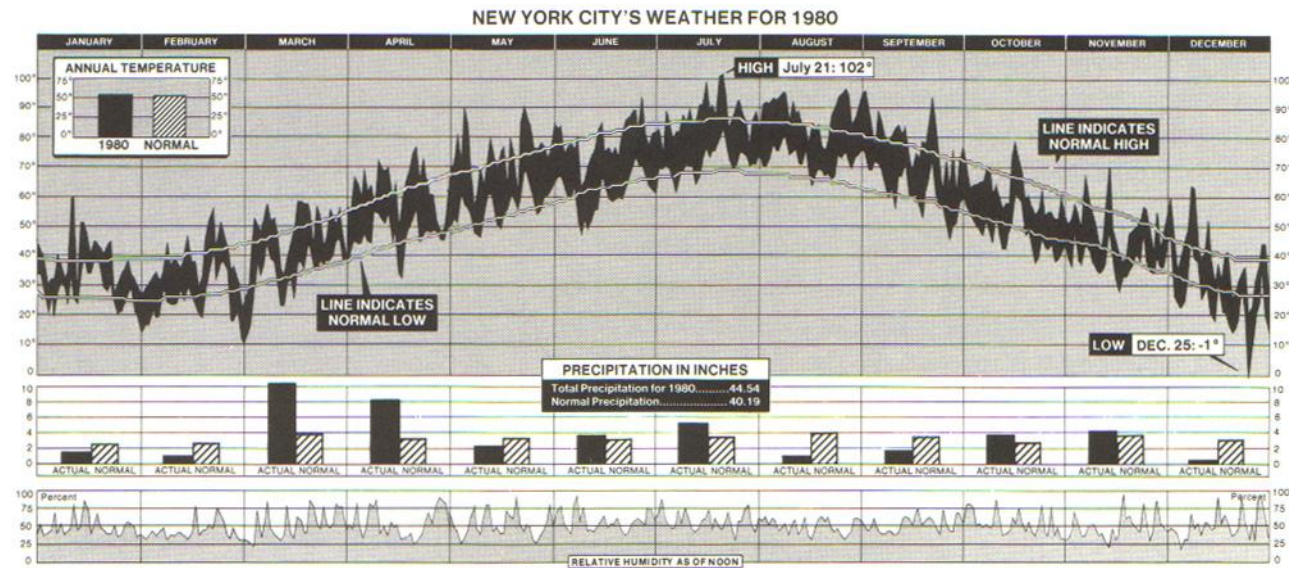
[Tufte 1983]



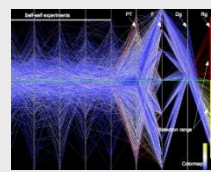
1.3 Klassische Beispiele

Zeitreihe

Z.B. Wetter und Klimadaten

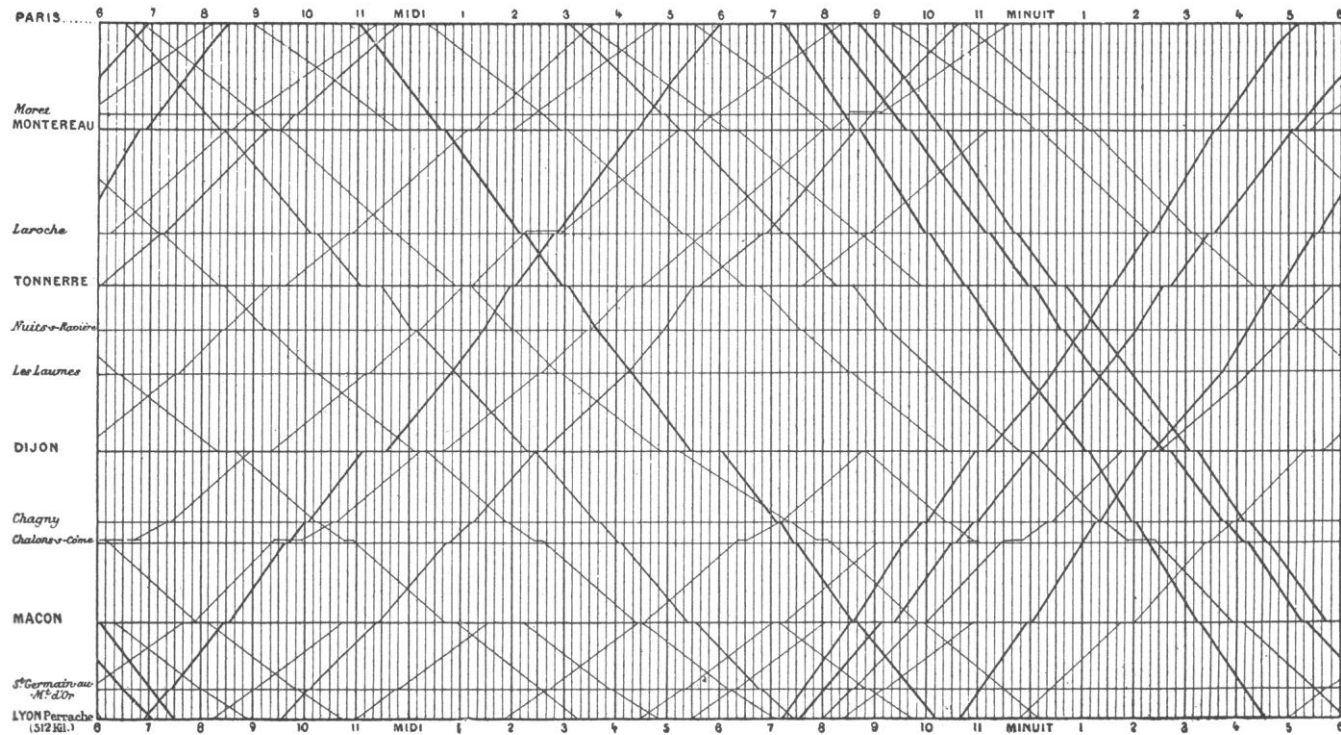


[Tufte 1983]



1.3 Klassische Beispiele

Fahrpläne als **Zeitreihe mit 1D-Ortsinformation**

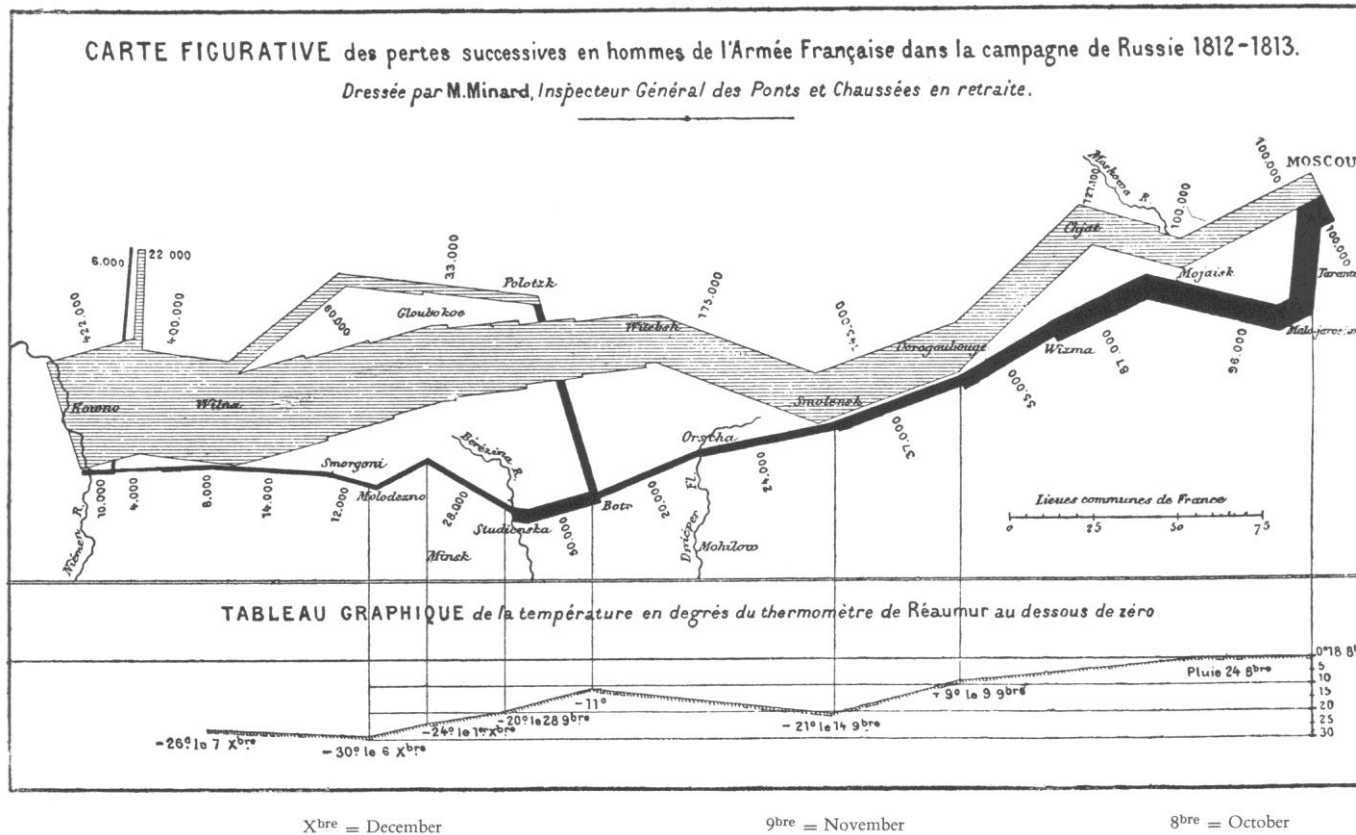


E. J. Marey, *La Méthode Graphique* (Paris, 1885), p. 20. The method is attributed to the French engineer, Ibry.

[Tufte 1983]

1.3 Klassische Beispiele

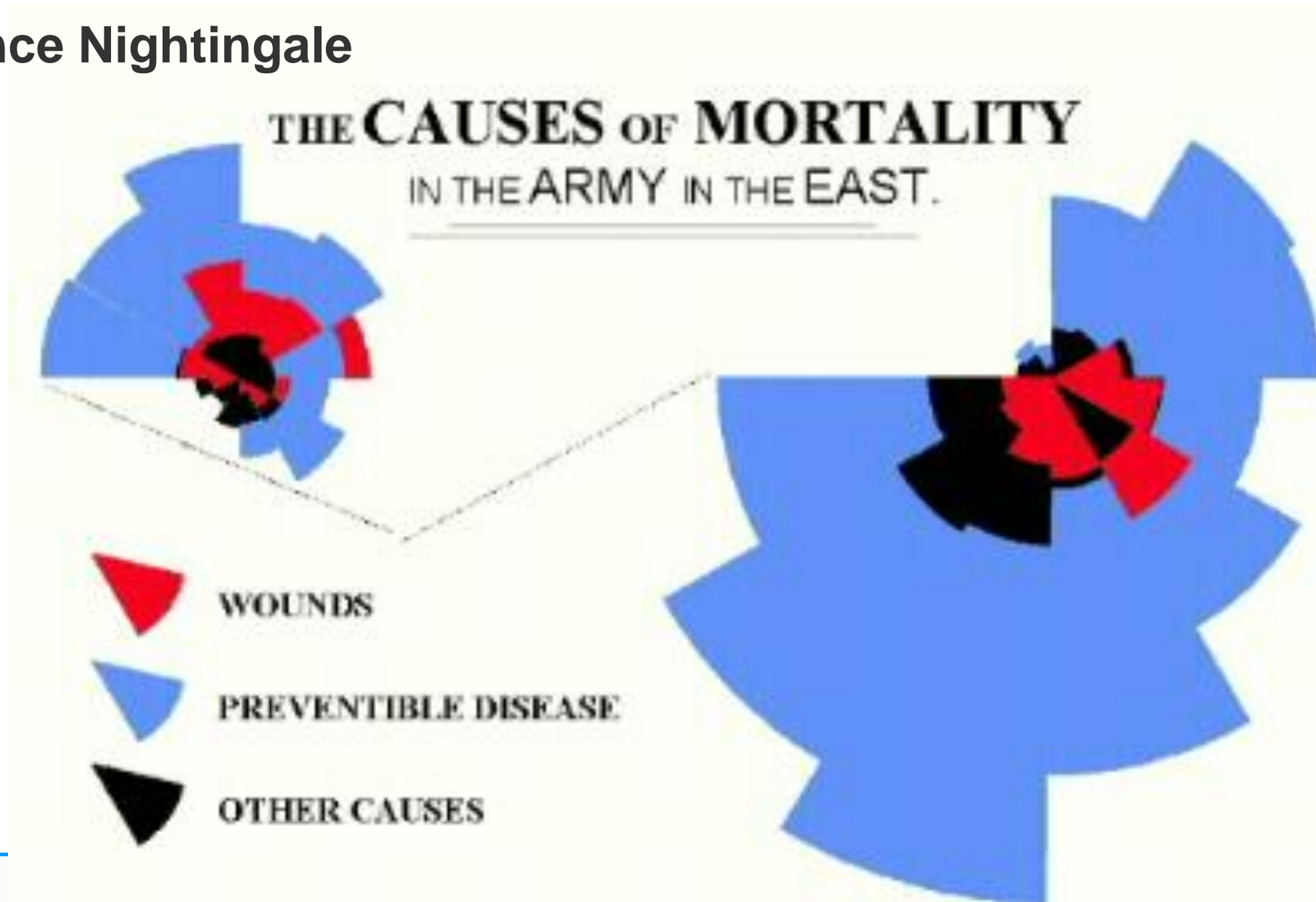
Erzählende Graphik



[Tufte 1983]

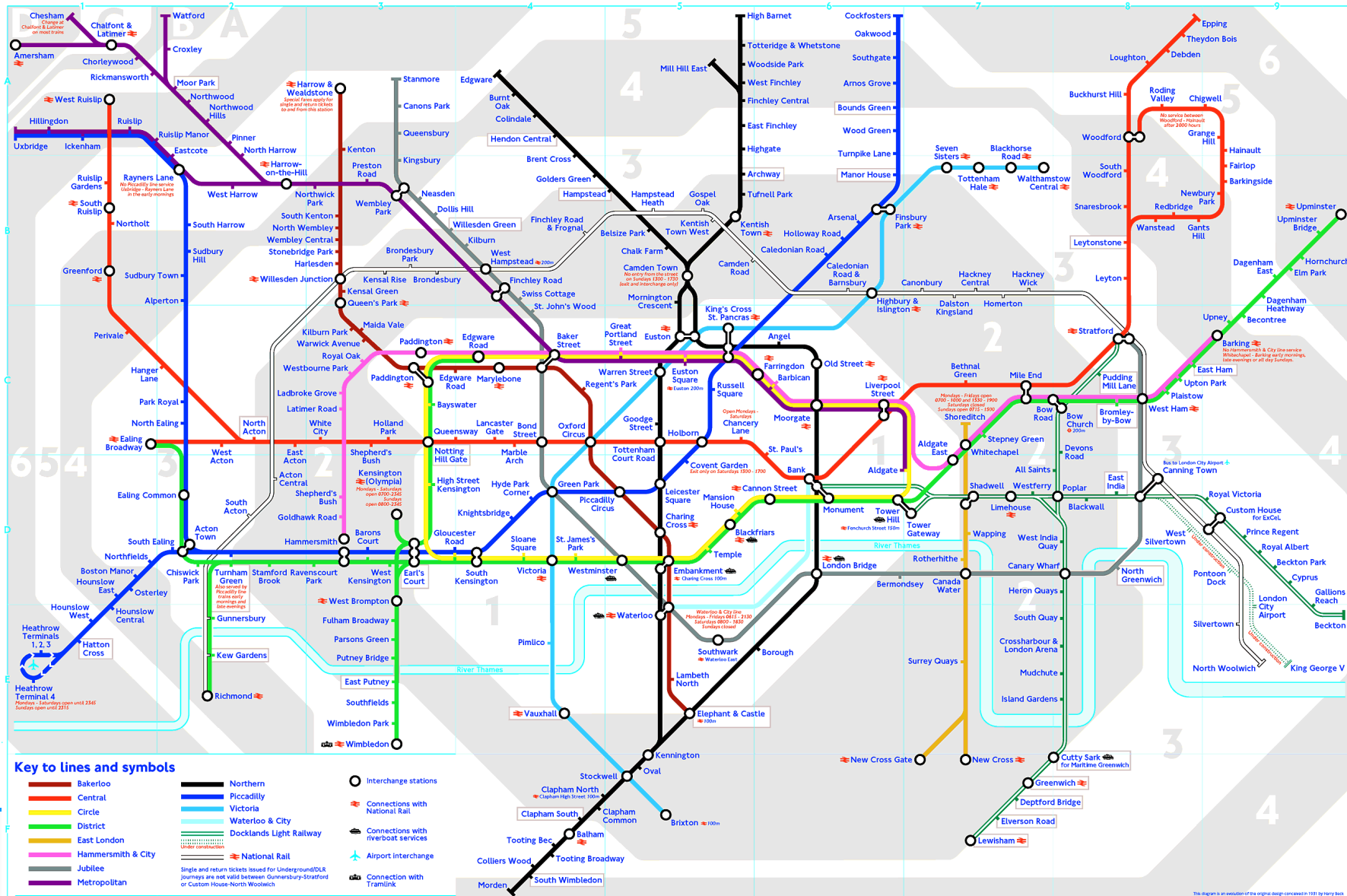
1.3 Klassische Beispiele

Florence Nightingale

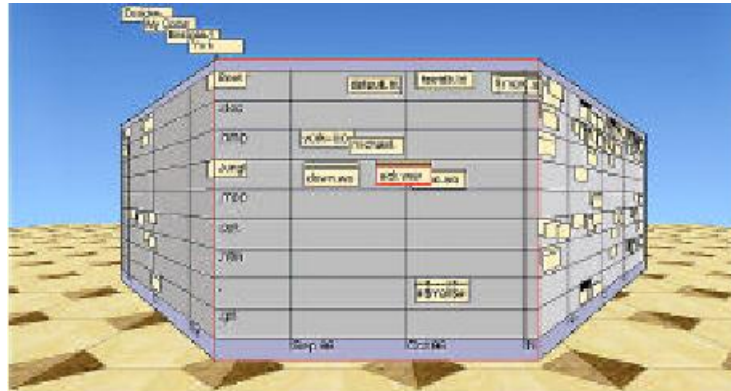


1.3 Klassische Beispiele

London Underground



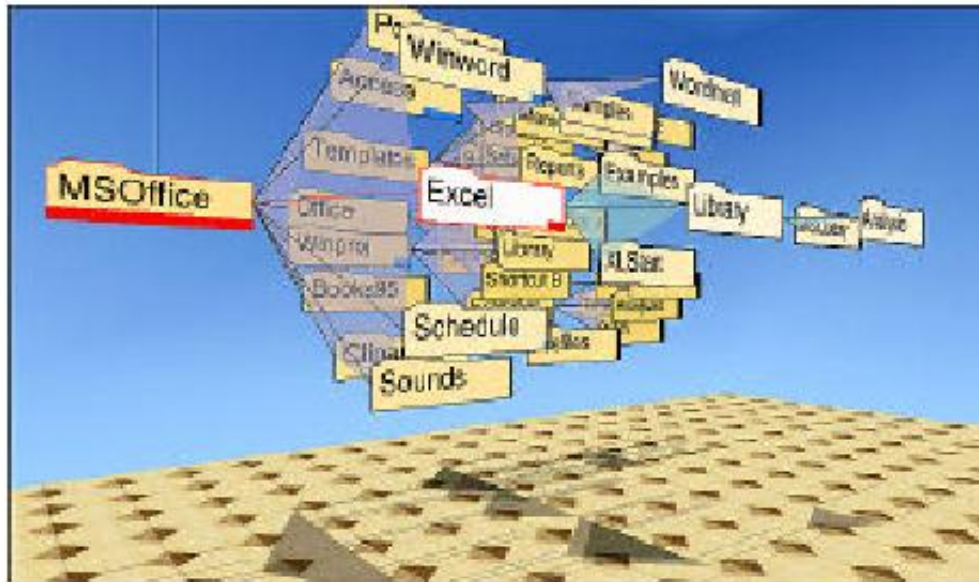
1.4 Moderne Beispiele



Perspective Wall (XEROX PARC)

- **Sequentielle Darstellung** von Dateien **über eine Zeitachse**
- Nutzt die **räumliche Metapher**, um Dateien zu einem bestimmten Zeitpunkt im **Vordergrund** darzustellen
- Gleichzeitig sind Dateien älteren und neueren Datums **im Überblick** zu sehen
- Die Wand kann interaktiv verschoben werden, so dass jeweils andere Zeitabschnitte in den Vordergrund gelangen

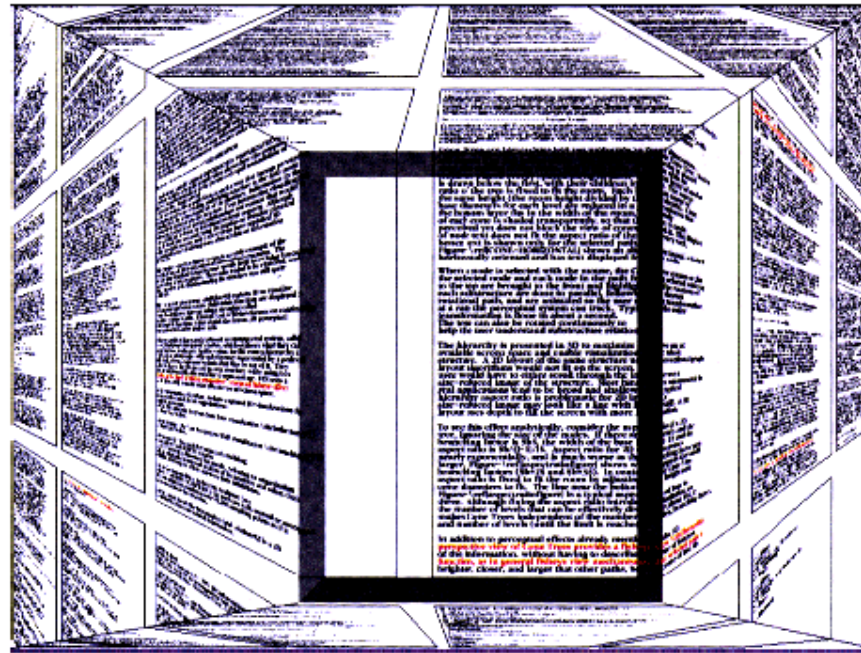
1.4 Moderne Beispiele



Cone Tree/Kegelbaum (XEROX PARC)

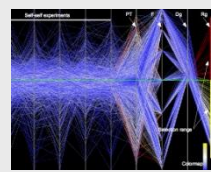
- **Hierarchisch** aufgebauten Verzeichnisstruktur
- Die einzelnen Kegel lassen sich interaktiv drehen
- Verdeckte Elemente werden damit in den **Vordergrund geholt**

1.4 Moderne Beispiele

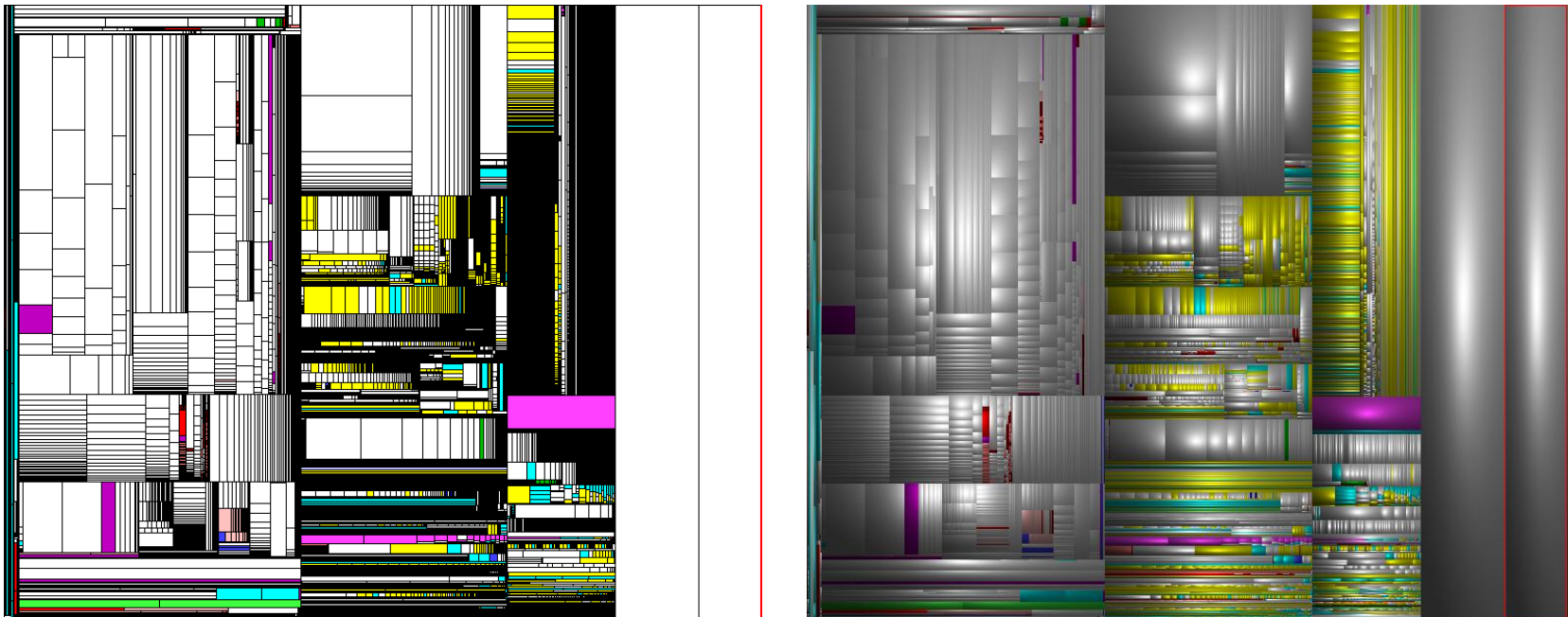


Dokumentlinse/Document Lens (XEROX PARC)

- zeigt ein Textdokument, das aus mehreren Textseiten besteht
- Der gesamte Text kann interaktiv durch das **Sichtfenster geschoben** werden
- Er wird nicht verzerrt und erscheint lesbar erscheint
- Einzelne Textbausteine werden im **Kontext** einer Gesamtdokumentation visuell darzustellen



1.4 Moderne Beispiele



Treemap-Visualisierung

- eines kompletten Dateisystems.
- Jedes Verzeichnis und jede Datei erscheint als farbiges Rechteck
- **Größe ist proportional** zur Verzeichnis- bzw. Dateigröße
- Die Farbfüllung der Rechtecke symbolisiert unterschiedliche Dateitypen: Text, Bild, Programm etc.

[SequoiaView 2000]

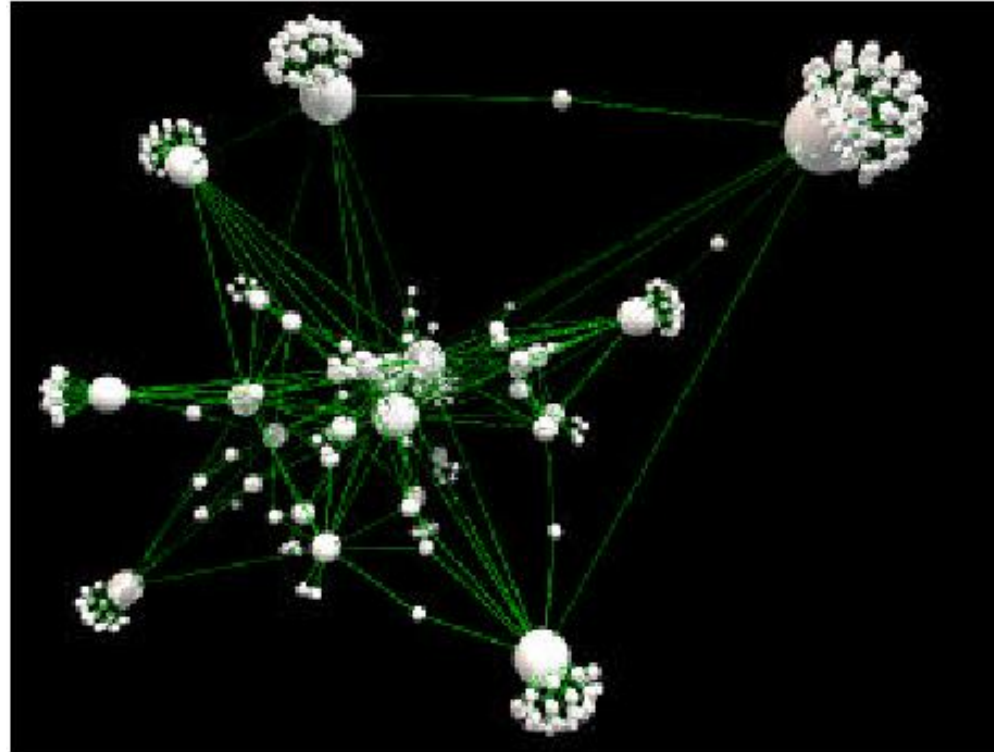
1.4 Moderne Beispiele



Hyperbolic Tree

- Visualisierung des Dateibaums einer Festplatte
- Durch die einfache Bewegung der Maus wird der Dateibaum wie auf einer **Kugeloberfläche entfaltet**
- Ermöglicht **guten Überblick** und schnellen Zugriff auf einzelne Verzeichnisse und Dateien des Verzeichnisbaumes

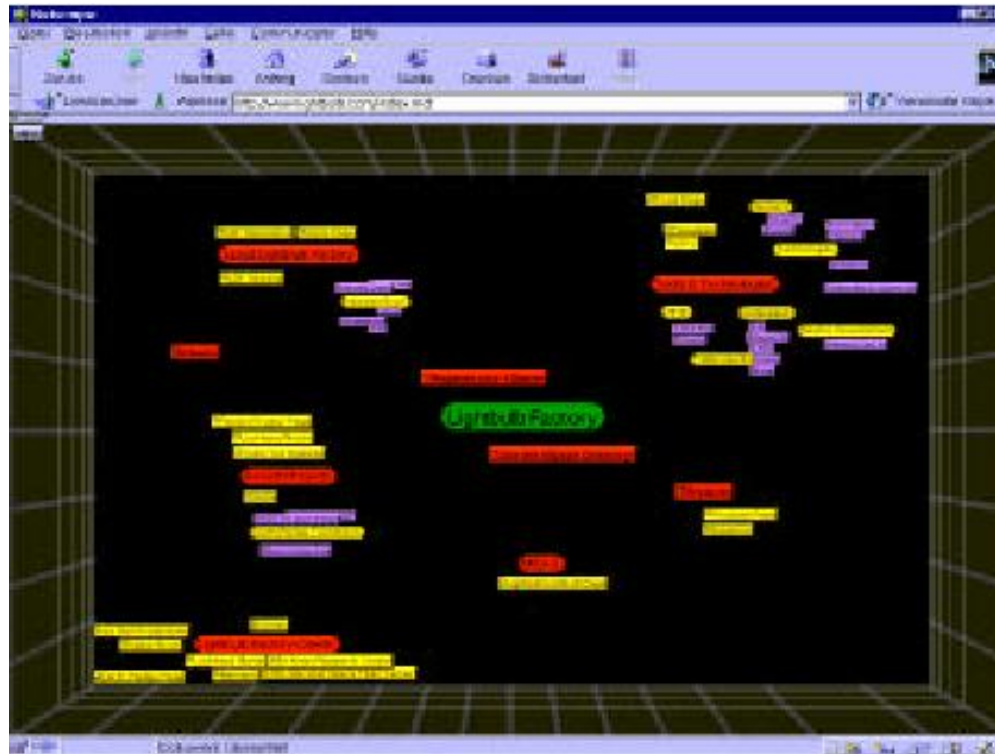
1.4 Moderne Beispiele



Hyperspace - Selbstorganisation eines Hyperraumes

- Kugeln symbolisieren **Webseiten**, Verbindungslinien **Hyperlinks**
- **Größe einer Kugel** repräsentiert **Anzahl von Hyperlinks**, die von dieser Seite ausgehen
- Hyperlinks werden als **einfache Verbindungslinien** dargestellt

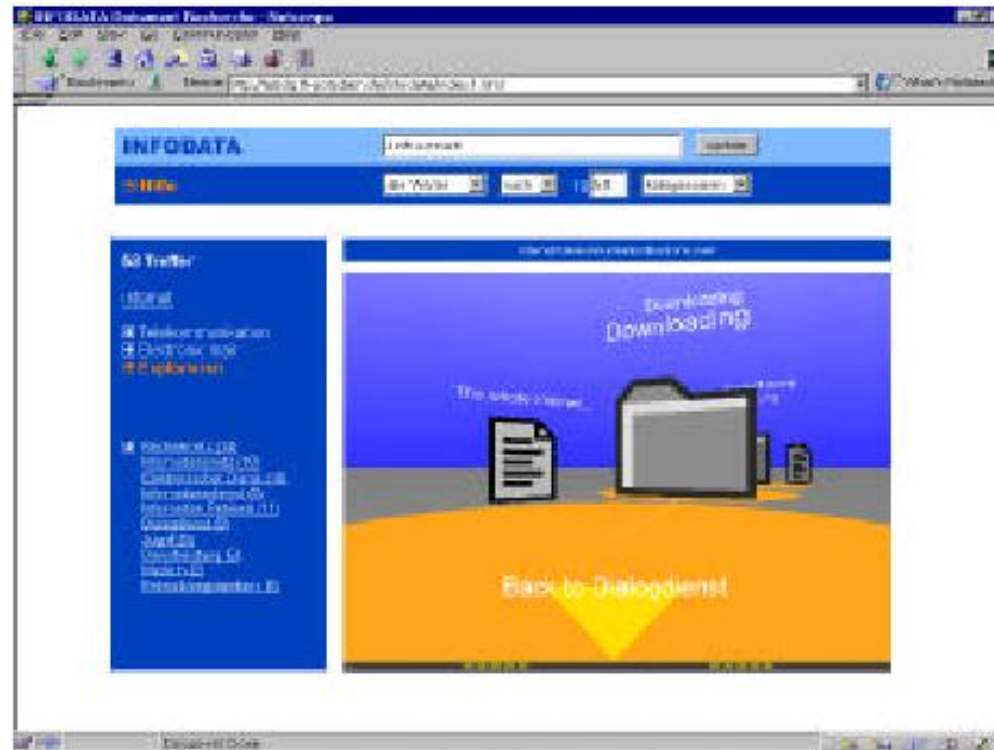
1.4 Moderne Beispiele



Hotsauce

- Visuelle Benutzerschnittstelle zur Exploration des **Verlinkungsschemas** von Webseiten
- Einfache **fly-through-Navigation** zum Eindringen in das Hyperlinkschema
- **Neue Unterkategorien** durch Zoomen sichtbar, während andere Kategorien aus dem Sichtfeld verschwinden

1.4 Moderne Beispiele



Retrievalinterface Document Finder4

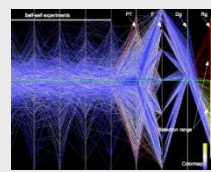
- Retrievalinterface für Datenbank für Informationswissenschaften [Infodata]
- Dokumente können sowohl **textbasiert als auch visuell-explorativ** recherchiert werden
- Informationsraum zeigt hierarchisch angeordnete Dokumentcluster als Ergebnis einer **automatischen Strukturierung der Treffermenge** einer Suchanfrage

1.4 Moderne Beispiele



Newsmap – Nachrichtenbrowser

- Visuelle Oberfläche zur Nachrichtensuche
- Einzelne Nachrichten werden **kategorisiert** und anschließend als **Themenbereiche** in eine Dokumentkarte abgebildet
- Berge repräsentieren **erhöhte Dokumentkonzentrationen** in einem thematischen Umfeld
- Höhenlinien verbinden bestimmte **zusammengehörige Begriffsdomänen**

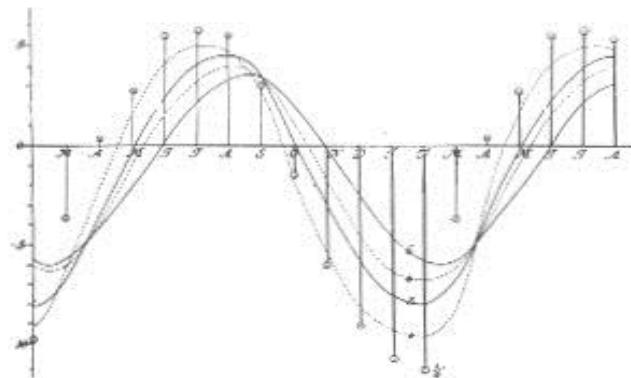


18. Jahrhundert

Nach Tufte beginnt das Studium graphischer Darstellung von Informationen mit

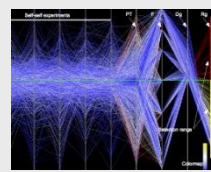
- Johann Heinrich **Lambert** (1728-1777)
- William **Playfair** (1759-1823).

- **Lambert** benutzte als **Erster Zeitreihen** für wissenschaftliche Darstellungen
- Z. B. die Bodentemperatur in Abhängigkeit der Tiefe und des Monats:



J. H. Lambert, *Pyrometrie* (Berlin, 1779).

[Tufte 1983]



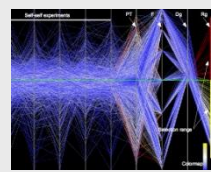
1.5 Historie

Johann H. Lambert

- nutzte **kartesische Koordinatensystem** bewusst so, wie in den modernen Natur- und Ingenieurwissenschaften

We have in general two variable quantities, x , y , which will be collated with one another by observation, so that we can determine for each value of x , which may be considered as an **abscissa, the corresponding ordinate y** . Were the experiments or observations completely accurate, these ordinates would give a number of points through which a straight or curved line should be drawn. But as this is not so, the line deviates to a greater or lesser extent from the observational points. It must therefore be drawn in such a way that it comes as near as possible to its true position and goes, as it were, through the middle of the given points.¹³

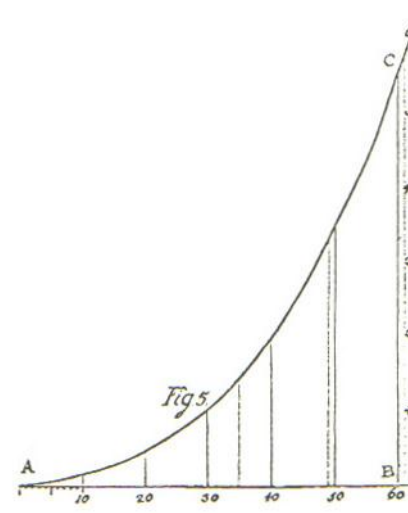
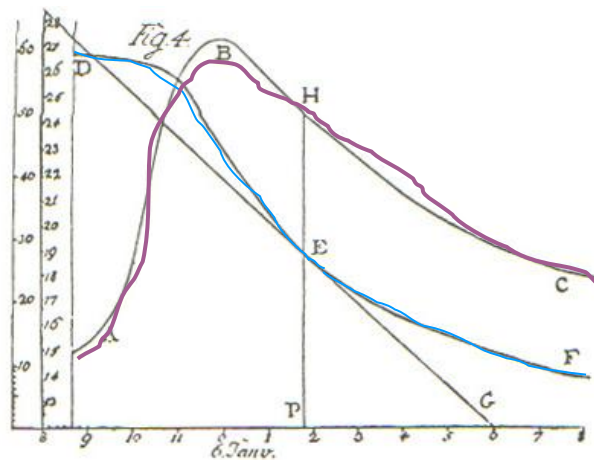
¹³Johann Heinrich Lambert, *Beyträge zum Gebrauche der Mathematik und deren Anwendung* (Berlin, 1765), as quoted in Laura Tilling, "Early Experimental Graphs," *British Journal for the History of Science*, 8 (1975), 204–205.



1.5 Historie

Johann H. Lambert

- Beispiel: Beschreibung der **Höhe einer Wassersäule** (DEF) in einem Rohr als
 - **Funktion der Zeit** mit
 - gleichzeitiger Darstellung der **Temperatur** (ABC), die die **Verdampfungsrate** untersucht und in einer **zweiten Graphik** darlegt.



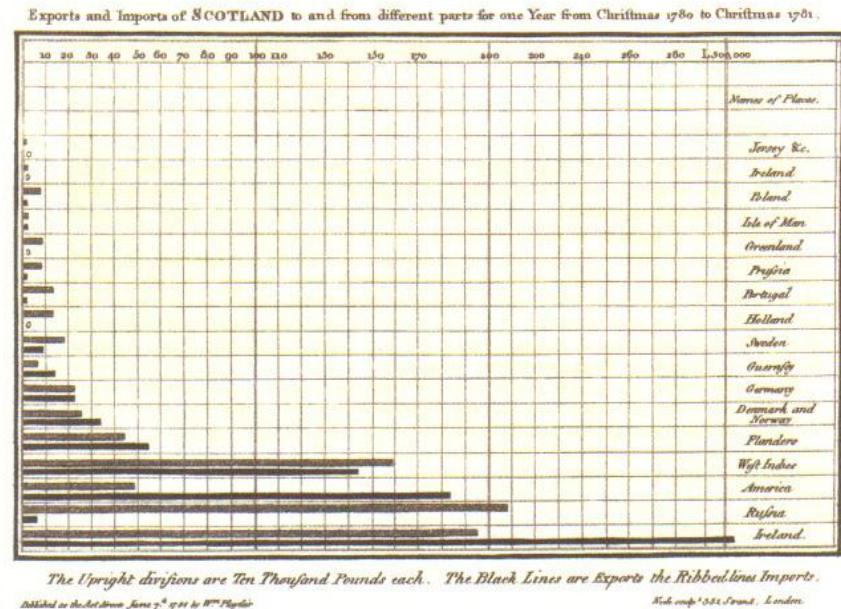
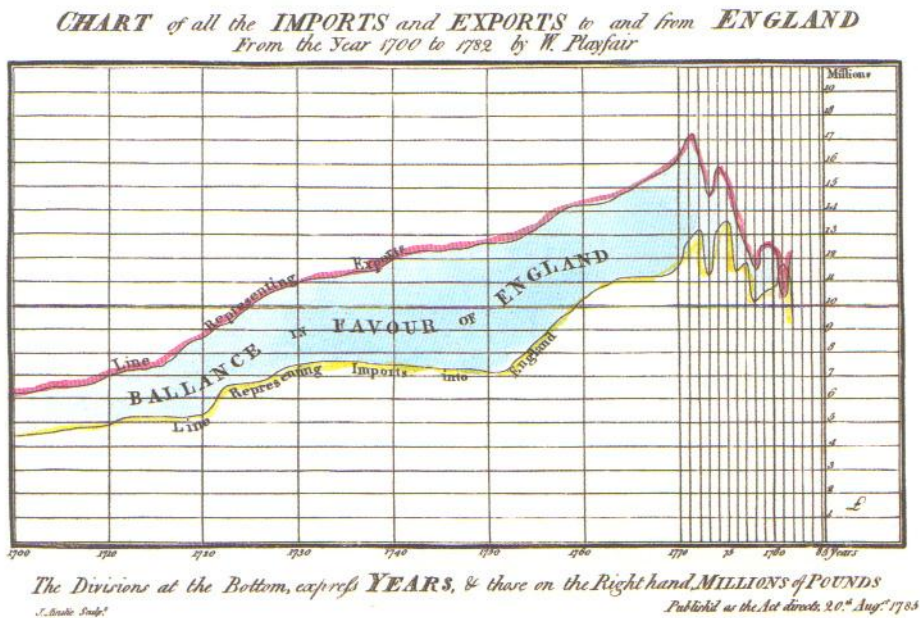
J. H. Lambert, "Essai d'hygrométrie ou sur la mesure de l'humidité," *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres* . . . 1769 (Berlin, 1771), plate 1, facing p. 126; from Tilling's article.

[Tufte 1983]

1.5 Historie

William Playfair: The Commercial and Political Atlas

- untersuchte die **Zeitreihen**
- benutzte die ersten **Balkendiagramme**



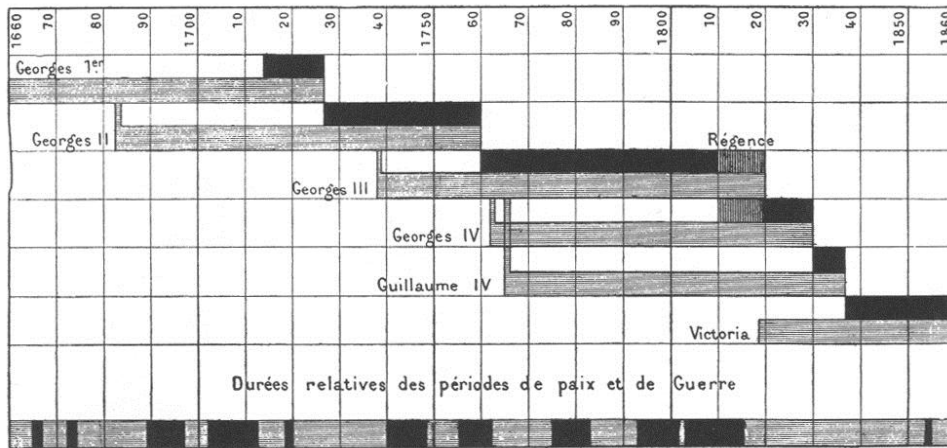
Vermutlich zeichnete er mit der linken Hand, da er die vertikale Achse rechts mit Bezeichnungen versah.

[Tufte 1983]

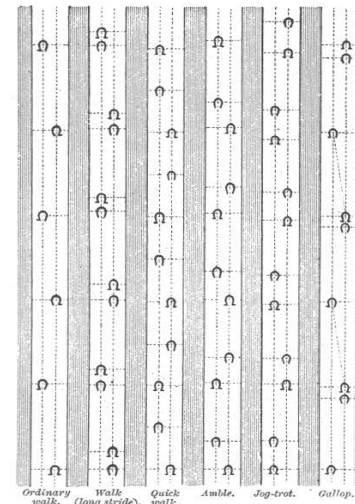
1.5 Historie

19. Jahrhundert

- E.J. Marey (1830-1904) nutzte Zeitreihen
- visualisierte Daten von Mensch und Tier

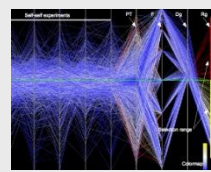


E. J. Marey, *La Méthode Graphique* (Paris, 1885), p. 6.



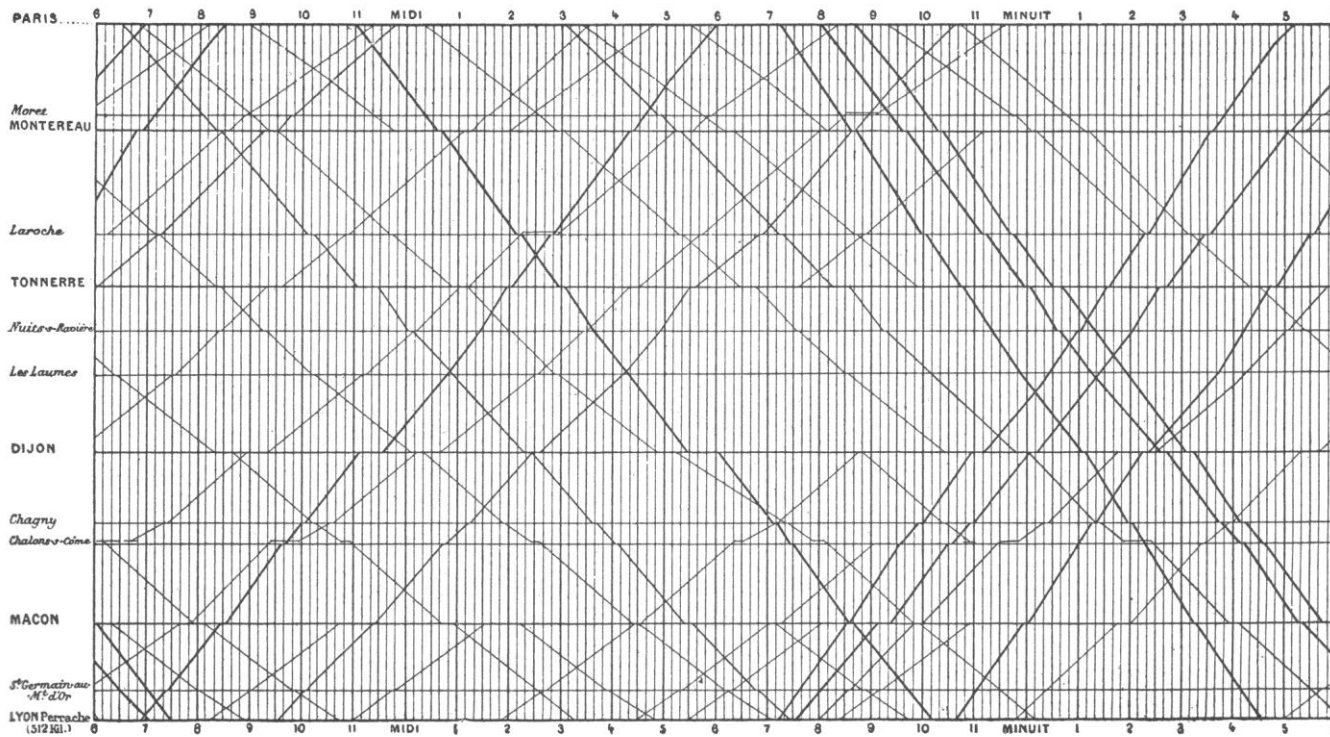
E. J. Marey, *Movement* (London, 1895). Beginning with the tracks of the horse, the time-series are from pages 191, 224, 222, 265, 60, and 61.

[Tufte 1983]



1.5 Historie

E.J. Marey - Ankunfts-/Abfahrtszeiten



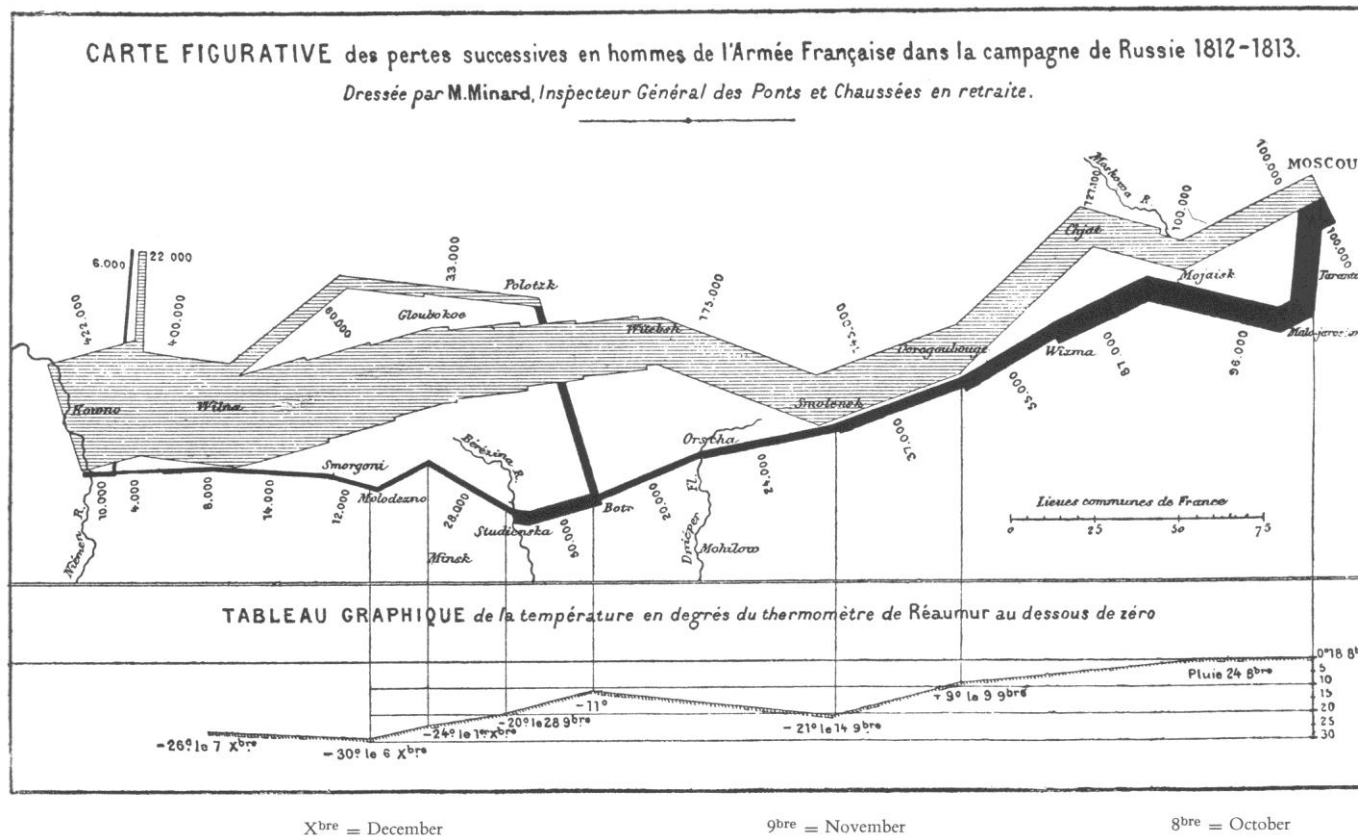
E. J. Marey, *La Méthode Graphique* (Paris, 1885), p. 20. The method is attributed to the French engineer, Ibry.

[Tufte 1983]

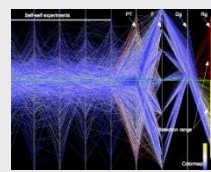
1.5 Historie

Charles Joseph Minard (1781-1870)

- Erfand die erzählende Graphik durch seine Darstellung der **Verluste bei Napoleons Russlandfeldzug**.



[Tufte 1983]



1.5 Historie

Historischer Überblick

- Die moderne, computergestützte Informationsvisualisierung begann **vor knapp 20 Jahren**.

Mitte der 80er Jahre

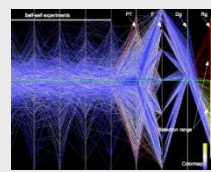
- Erste Überlegungen an der **Universität von Singapur**
- Einsatz von **VR-Techniken** zum Aufbau von Informationsräumen
- Benutzer kann in einem **Netz von abstrakten Objekten und Relationen** frei navigieren

1988

- Kim Fairchild entwickelt das erste **Visualisierungssystem für Informationen (SamNet)**.

Anfang der 90er Jahre

- XEROX PARC (Palo Alto Research Center) entwickelt eine ganze Palette neuer **visueller Metaphern**.
- Am bekanntesten sind die **Perspektivische Wand** und der **Rotierende Kegelbaum**.



1.5 Historie

Anfang der 90er Jahre

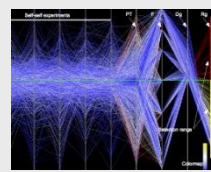
- Begriff **Informationsvisualisierung** bei Forschern am XEROX PARC: Konzepte zur Visualisierung **abstrakter Daten**
- Joe Tesler (SGI) entwickelt die visuelle Metapher der Informationslandschaft
- **File System Navigator** (FSN), zum ersten Mal im Kinofilm Jurassic Park

1991

- *GopherVR*, **visuelle Oberfläche für den Informationsdienst Gopher** (University of Minnesota)

1995

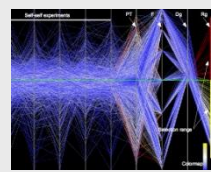
- Silicon Graphics: kommerzielle Data-Mining-Software **MineSet**



1.5 Historie

1994

- Neues Anwendungsgebiet: **Webvisualisierung**
- Viele Applikationen beschäftigen sich mit **Navigationsoberflächen** oder **Hyperlinkschematas** für Informationsdomänen im Netz: **Hyperspace**, **Navigational View Builder** (Georgia Tech)
- WebViz: Nutzeroberflächen zum Austausch von 3D-Objekten im Web (University of Minnesota).
 - Die Informationsstrukturen werden auf Oberfläche einer Kugel projiziert: *Hyperbolischen Bäume* (Hyperbolic Trees).
 - Daraus kommerzieller Nutzeroberflächen für **hierarchische Klassifikationsschema**: z.B. *Hyperbolic Tree* der Firma Inxight.

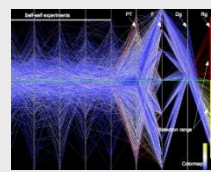


1.5 Historie

- Interaktive Nutzerschnittellen (fly through-Navigation) wurden erstmals 1995 von Apple (**Hotsauce**) entwickelt.
- 1997 in modifizierter Form kommerziell im Browser **Perspecta View** (Fa. Perspecta)

Mitte der 90er Jahre:

- neues Teilgebiet: visuelle Repräsentation von **Textdokumenten**
- Entwicklung grafischen Textretrievaloberflächen
- Eine häufig benutzte visuelle Metapher ist dabei eine **Dokumentkarte**, die Dokument-Dokument-Relationen als Cluster darstellt, zB.
 - Punktwolkendarstellung (*Galaxy*, PNL, 1994)
 - als thematische Karte (*Mapdisplay*, University of Kentucky, 1997) und *WebSOM* (Technische Universität Helsinki, 1996)



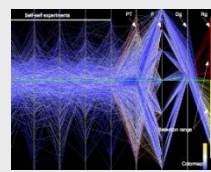
1.5 Historie

1995

- Erstes **IEEE Symposium on Information Visualization**
- Entwicklung von VRML (Virtual Reality Modeling Language) und neue Richtung der Informationsvisualisierung: **Web-basierte Visualisierung** von Information.

Entwicklung in Deutschland

- Beginn der 90er Jahre Projekte mit dem Ziel, den **kognitiven Zugang zu Datenbanken und anderen Informationsressourcen** im Internet mittels neuer grafischer Nutzeroberflächen zu verbessern.
 - Projekt **Lyberworld** (GMD): 3D UI für Volltext-Retrieval
 - Projekt *KOAN* (SIEMENS AG): 3D Benutzerinformation



1.5 Historie

Bedeutende **Entwicklungen** und **prototypische Tools** auf dem Gebiet der Informationsvisualisierung:

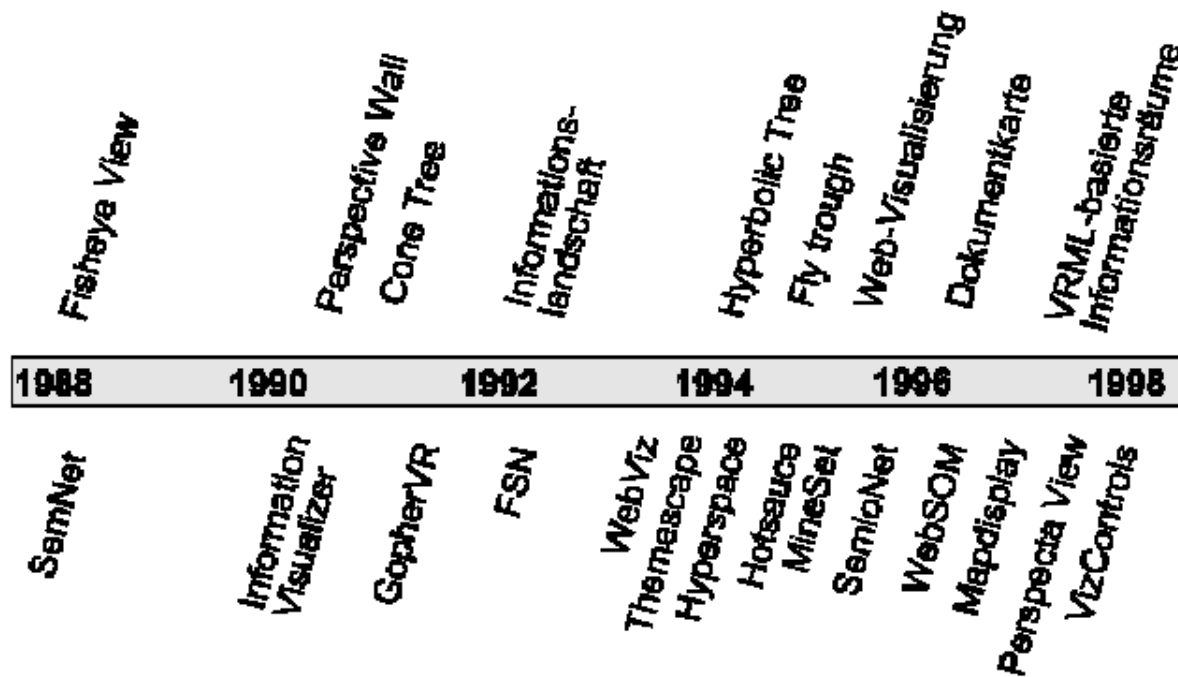
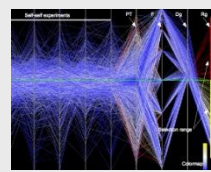


Bild 5. Ausgewählte Tools (unterhalb der Zeitachse) und Methoden (oberhalb der Zeitachse) der Informationsvisualisierung.



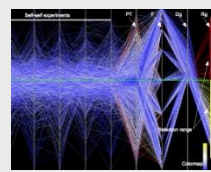
1.6 Literatur

Klassische Lehrbücher:

- E.R. Tufte. The Visual Display of Quantitative Information. 2. Auflage, Graphics Press, Cheshire, CT, USA, 1983, 2001.
- E.R. Tufte. Visual Explanations. Graphics Press, Cheshire, CT, USA, 1997.
- E.R. Tufte. Envisioning Information. Graphics Press, Cheshire, CT, USA, 1990.
- E.R. Tufte. Beautiful Evidence, Graphics Press, Cheshire, CT, USA, 2006
- J. Bertin. Graphische Darstellungen. De Gruyter, Berlin, 1982.

Moderne Lehrbücher:

- **C. Ware. Information Visualization – Perception for Design. 2. Auflage, Elsevier, Amsterdam, NL, 2004.**
- **R. Spence. Information Visualization. Addison-Wesley, Reading, MA, USA, 2001.**
- S. Few. Show Me the Numbers, Designing Tables and Graphics to Enlighten, Analytics Press, 2004.
- S. Few. Information Dashboard Design: The Effective Visual Communication of Data, O'Reilly Media, 2006.



1.6 Literatur

Sammlungen wichtiger Artikel:

- S.K. Card, J.D. Mackinlay, B. Shneiderman (Hrsg.). Readings in Information Visualization: Using Vision to Think. Morgan Kaufman Publishers, San Francisco, 1999.

Wichtige Konferenzen:

- IEEE Symposium on Information Visualization, jährlich seit 1995
inzwischen IEEE Conference on Information Visualization
- EuroVis, jährlich seit 2005 (2000-2004 VisSym und 1990-1999 EG VISC)
- IEEE Symposium on Visual Analytics in Science and Technology (IEEE VAST)
inzwischen IEEE Conference on Visual Analytics in Science and Technology
- International Conference Information Visualization, jährlich seit 1997

Wichtige Journale:

- Information Visualization Journal, seit 2002
- IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, seit 1995