

Visualisierung

Winfried Kurth

Lehrstuhl für Praktische Informatik / Grafische Systeme
BTU Cottbus



Vorlesung

2 SWS, 4 cr.

Abschluss des Moduls:

schriftliche (Wissens-) Prüfung (90 Min.)

Literatur: siehe Webseite

http://www-gs.informatik.tu-cottbus.de/~wwwgs/vis_lit.htm

(wird noch weiter ergänzt)

es gibt zahlreiche Bücher und Skripten

dieses Skript folgt in den ersten Kapiteln weitgehend Bartz (2005) und Rezk-Salama (o.J.).

1. Einführung

1.1. Begriffsklärung, Definitionen

Was ist "Visualisierung"?

engl. "visualization"

Definition nach

Oxford English Dictionary

to visualize: form a mental vision, image, or picture of (something not visible or present to sight, or of an abstraction); to make visible to the mind or imagination.

aber: hier wird "Visualisierung" in einem spezielleren Sinne gebraucht!

Definitionen für "Visualisierung" aus der fachspezifischen Literatur:

Definition und Ziele nach

B. McCormick, T. DeFanti, and M. Brown

Visualization is a method of computing. It transforms **the symbolic into the geometric**, enabling researchers to observe their simulations and computations. Visualization offers a method for **seeing the unseen**. It enriches the process of scientific discovery and fosters profound and unexpected insights. In many fields it is already revolutionizing the way scientists do science.

McCormick, B.H., T.A. DeFanti, M.D. Brown, *Visualization in Scientific Computing*, Computer Graphics Vol. 21.6, November 1987

Definition und Ziele nach

R. Friedhoff and T. Kiley

The standard argument to promote scientific visualization is that today's researchers must consume ever higher volumes of numbers that gush, as if from a fire hose, out of supercomputer simulations or high-powered scientific instruments. If researchers try to read the data, usually presented as vast numeric matrices, they will take in the information at snail's pace. If the information is rendered graphically, however, they can **assimilate** it at a **much faster** rate.

R.M. Friedhoff and T. Kiely, *The Eye of the Beholder*, Computer Graphics World, Vol. 13.8, pp. 46-, August 1990

Definition und Ziele nach R.B. Haber und D. A. McNabb

The use of computer imaging technology as a tool for **comprehending data** obtained by simulation or physical measurement by integration of older technologies, including computer graphics, image processing, computer vision, computer-aided design, geometric modeling, approximation theory, perceptual psychology, and user interface studies.

R.B. Haber and D. A. McNabb, *Visualization Idioms: A Conceptual Model for Scientific Visualization Systems*, in *Visualization in Scientific Computing*, IEEE Computer Society Press 1990.

Definition und Ziele nach H. Senay und E. Ignatius

Scientific data visualization supports scientists and relations, prove or disprove **hypotheses**, and discover **new phenomena** using graphical techniques.

The primary objective in data visualization is to gain **insight** into an information space by mapping data onto graphical primitives.”

H. Senay and E. Ignatius, *A Knowledge-Based System for Visualization Design*, IEEE Computer Graphics and Applications, pp. 36-47, November 1994.

Visualisierung

- erlaubt 2D- / 3D- / 4D-Darstellung multidimensionaler Datensätze
- ermöglicht Verarbeitung riesiger Datenmengen
- zielt auf ein schnelles Verstehen von **neuen** Daten (im Gegensatz zur Präsentationsgrafik)
- kann viele Ansätze kombinieren
- kann Expertenwissen einbeziehen.

(Bartz 2005)

- *Visualisieren* = sichtbar machen, bildlich darstellen
- Warum will man Daten/Information visualisieren?
 - Zahlen sind nutzlos ohne Zusammenhänge
 - Daten sind nutzlos ohne Interpretation
 - Information ist nutzlos ohne Verständnis

- ➔ Sichtbar machen von Zusammenhängen
- Erleichtert die Interpretation
 - Verbessert das Verständnis

Motivation

● Wozu brauche **ich** Visualisierung?

„One picture is worth ten thousand words“

Fred R. Barnard

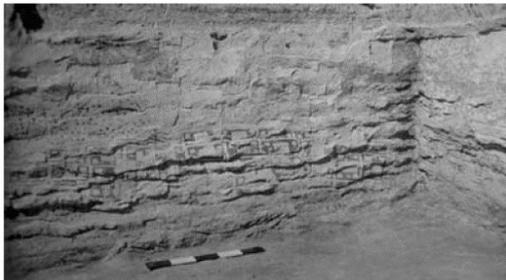
- Grafische Anwendungen sind
 - verständlich
 - intuitiv
 - benutzerfreundlich
 - ästhetisch
- Die Industrie sucht Leute, die Grafische Anwendungen entwickeln können!
- Es macht Spaß!

Gliederung der Vorlesung:

1	Definitionen, Geschichtliches, Datenquellen, Ziele und Qualitätskriterien, Visualisierungspipeline
2	Grundlagen zur visuellen Wahrnehmung
3	Farbe, Tiefensehen, Stereogramme
4	Typen von Datensätzen, Diagramme, Texturen, Glyphen, Piktogramme, Volumengrafik (Übersicht), Animation
5	Gittertypen, Abtastung, Gradienten, Interpolation
6	Filterung, Datenanalyse mit Histogrammen, Fensterung, Segmentierung; Triangulierung
7	2D-Skalarfelder
8	2D-Vektorfelder
9	2D-Strömungsvisualisierung
10	3D-Strömungsvisualisierung
11	Indirekte Volumenvisualisierung
12	Direkte Volumenvisualisierung
13	Texturbasierte Volumenvisualisierung; Tensordaten
14	Informationsvisualisierung

1.2. Geschichte der Visualisierung

älteste Beispiele für Visualisierung: Karten



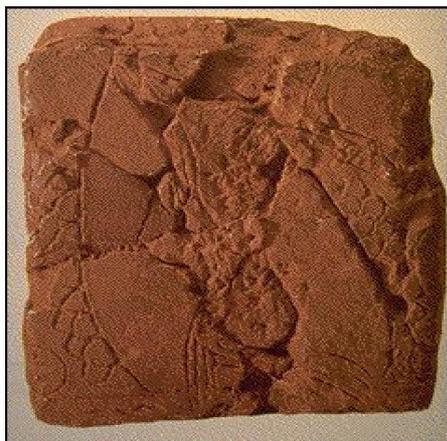
Stadtplan von Catal Hyük

6200 v. Chr.

Ausgrabung

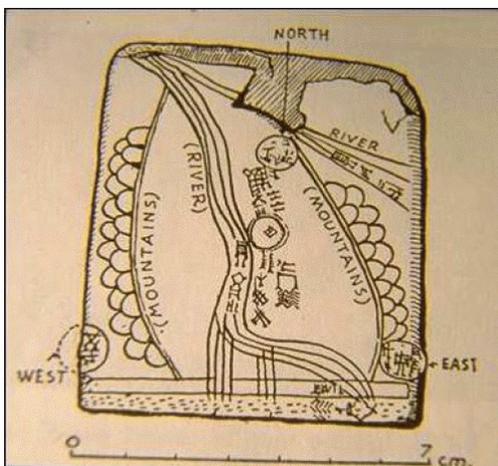


Rekonstruktion



Tontafelkarte von Ga-Sur

2,500 v. Chr.

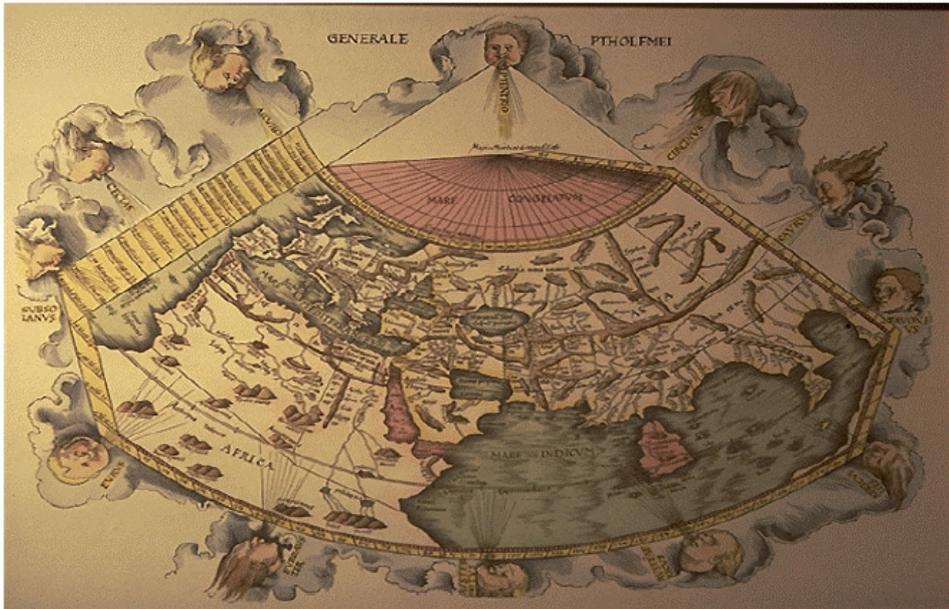


Tontafelkarte von Ga-Sur

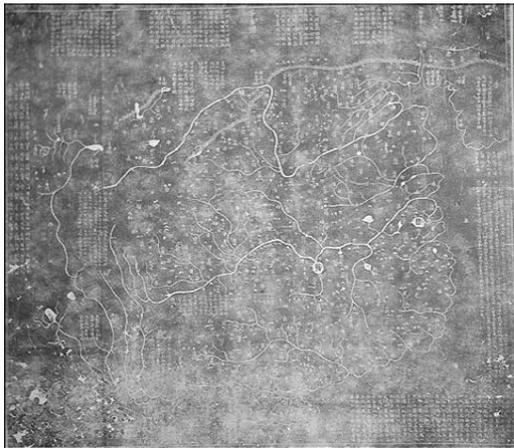
2,500 v. Chr.

Tontafel

Rekonstruktion

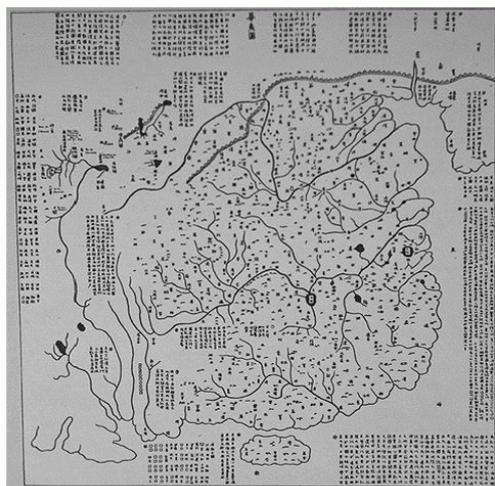


Ptolemäische Weltkarte von Johan Scotus (1505 n. Chr.)



Karte von China und den barbarischen Staaten

ca.1137 n. Chr.

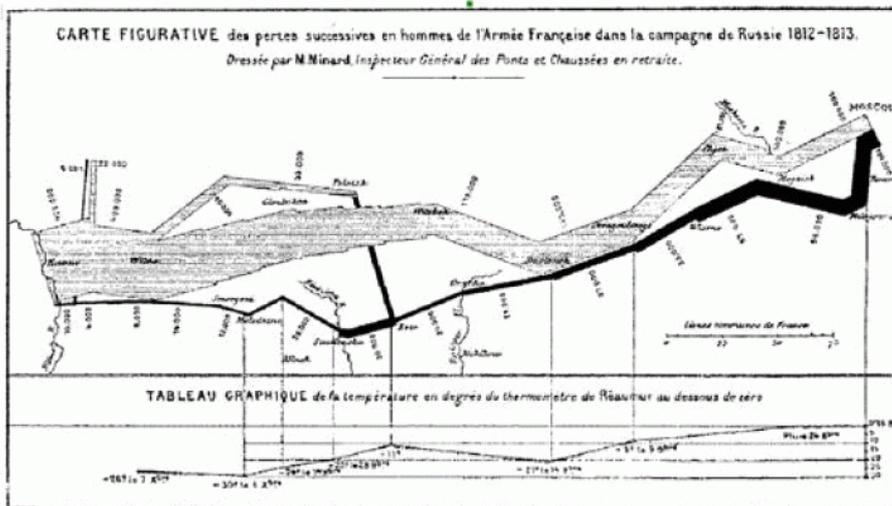
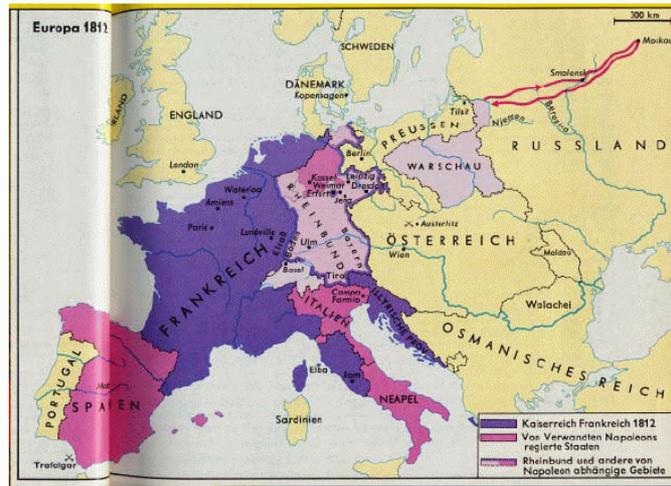


Karte von China und den Barbarischen Staaten

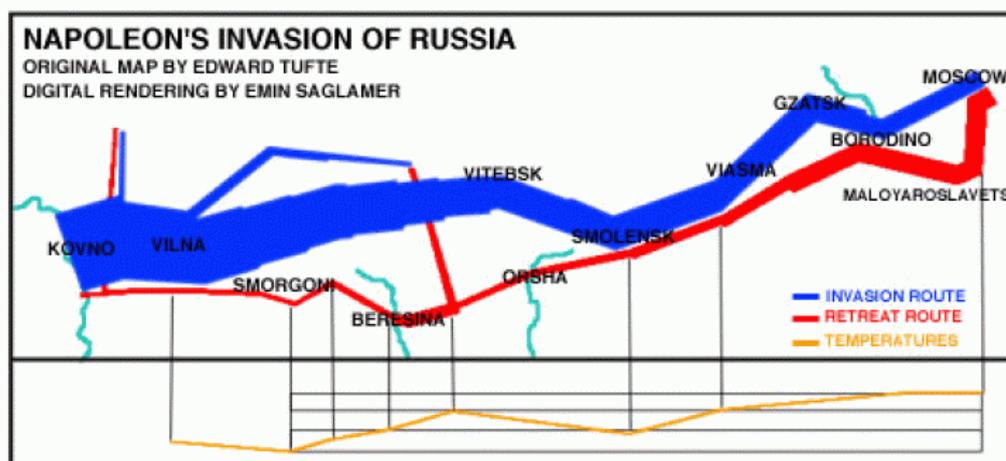
ca.1137 n. Chr.

Radierung von in Stein geritzter Karte

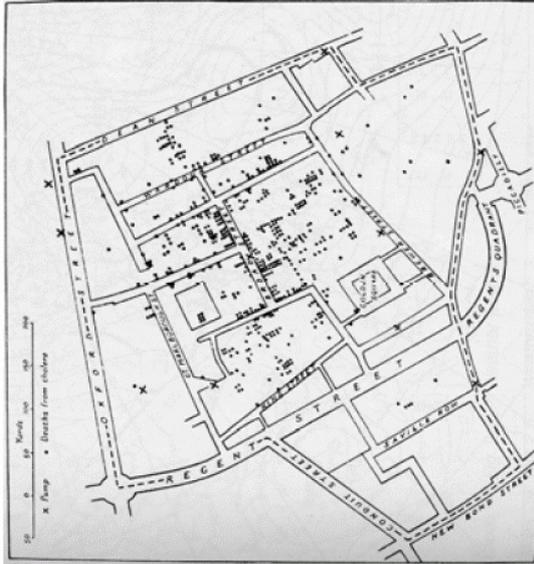
- 1799 Napoleon wird erster Konsul
- 1804 durch Plebiszit Erhebung zum Kaiser
- 1805 englischer Admiral Nelson vernichtet Napoleons Flotte
- 1806 Ende des dt. Reiches, Rheinbund
- 1807 Niederlage Preussens, Kontinental-sperre, Bündnis mit Russland
- 1808 Widerstand in Spanien
- 1809 Erhebung Österreichs
- 1812 Russlandfeldzug



Napoleon's Russlandfeldzug in den Jahren 1812/3. Erstmals kartiert 1861 nach Charles Joseph Minard.



Napoleon's Russlandfeldzug in den Jahren 1812/3. Erstmals kartiert 1861 nach Charles Joseph Minard.

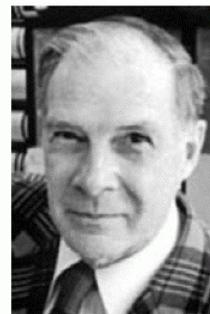


Choleraausbruch in London, Dr. John Snow, 1855

“The purpose of computing is insight not numbers”
(R.W. Hamming 1962)

Hamming, Richard Wesley

US-amerikan. Mathematiker
* 1915 Chicago (Illinois)
+ 1998 Monterey (Calif.)

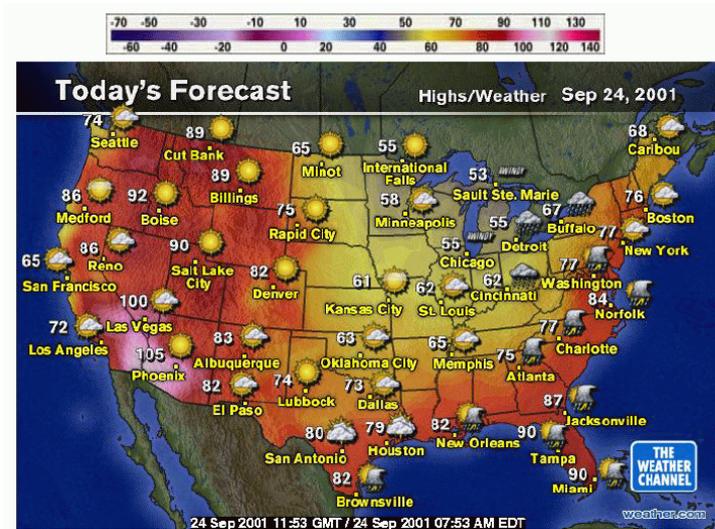


1946-1976 Mitarbeiter der Bell Telephone Laboratories; ab 1976 Professor für "Computer Science" an der Naval Postgraduate School in Monterey (Calif.). Zu seinen Forschungsgebieten zählten u. a. digitale Filter, Programmiersprachen und Probleme der numerischen Mathematik. Vor allem aber wurde er bekannt durch seine grundlegenden Arbeiten über fehlererkennende und fehlerkorrigierende Codes (Hamming-Code).

1987 NSF Advisory Panel on Graphics & Image Processing

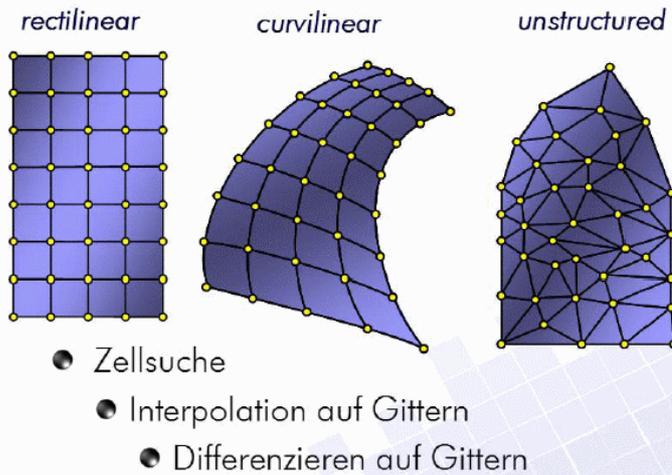
- Neue Welten in Computer Experimenten erforschbar
 - reale Experimente zu teuer, zu gefährlich, usw.
 - beliebige Zeit- und Raumskalen, Dimensionen möglich
- Direkte Schlussfolgerungen
 - Datenflut aus Supercomputer kann nur visuell erfasst werden.
 - Man benötigt Visualisierungsspezialist **und** Anwenderteam
 - Neue Hard- & Software-, Netzwerktechnologien nötig
- Langfristige Vorteile sind
 - Schnelleres Verstehen
 - Schneller Produkt-Entwicklungs-Zyklus
 - Bessere Position im globalen Wettbewerb

1.3. Beispiele, Vorschau



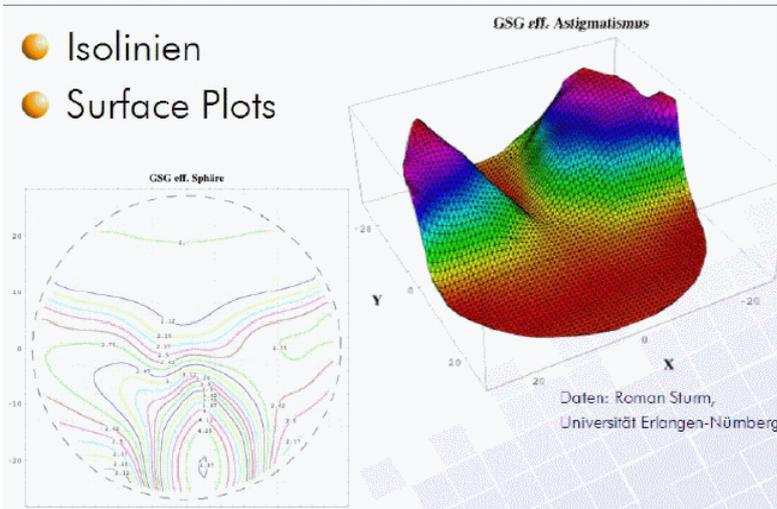
(Bartz 2005)

Gittertypen



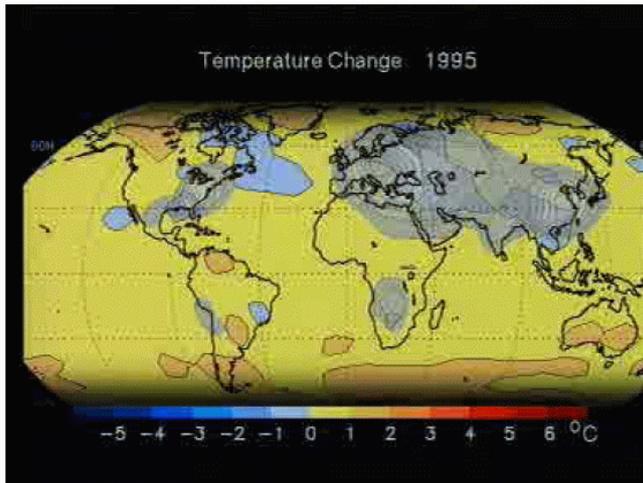
2D Skalarfelder

- Isolinien
- Surface Plots



(Rezk-Salama, o.J.)

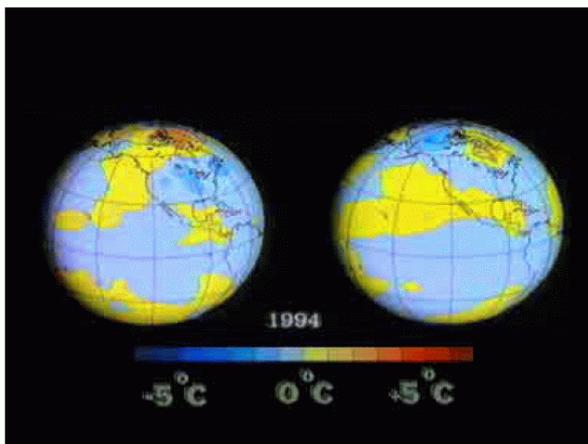
Beispiele: Klima



Deutsches
Klimarechen-
zentrum

DKRZ

Simulation von Klimaphänomenen wie z.B. Vulkanausbrüche, Zirkulation der Atmosphäre und der Ozeane

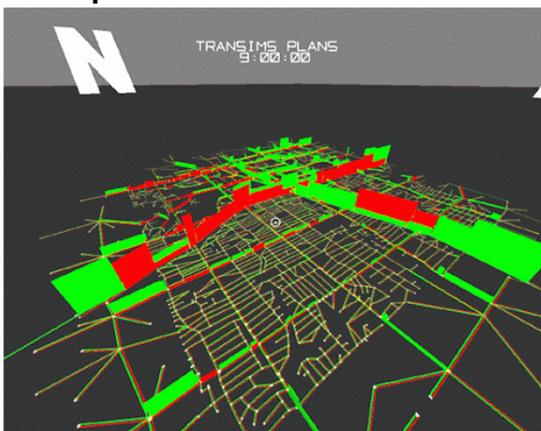


Deutsches
Klimarechen-
zentrum

DKRZ

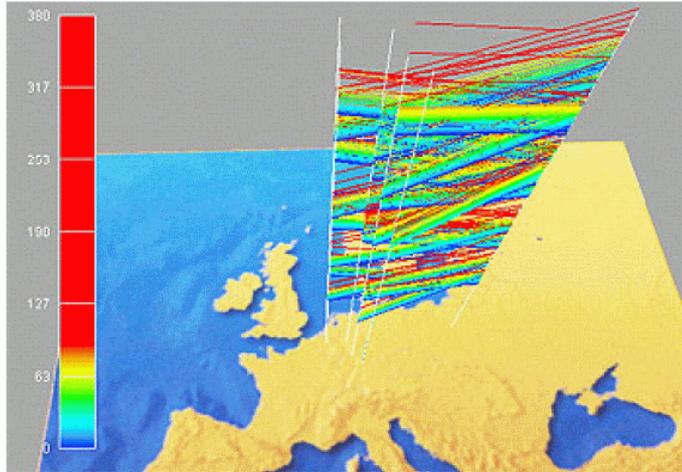
Simulation der globalen Erwärmung durch die Emission von Treibhausgasen. Links der schlimmste Fall und rechts nach drastischen politischen Maßnahmen.

Beispiel: Verkehr



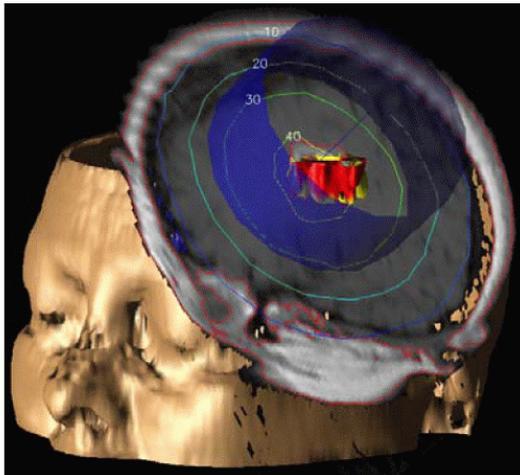
Visualisierung des Verkehrs in Dallas, Texas

Beispiel: Flugverspätungen

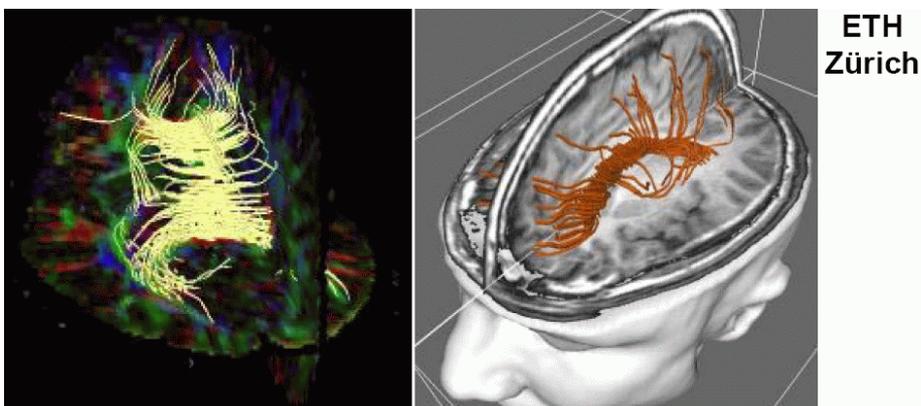


Darstellung der Flugverspätung in Sekunden. Nach oben ist die Tageszeit abgetragen.

Beispiel: Medizin, Behandlungsplanung

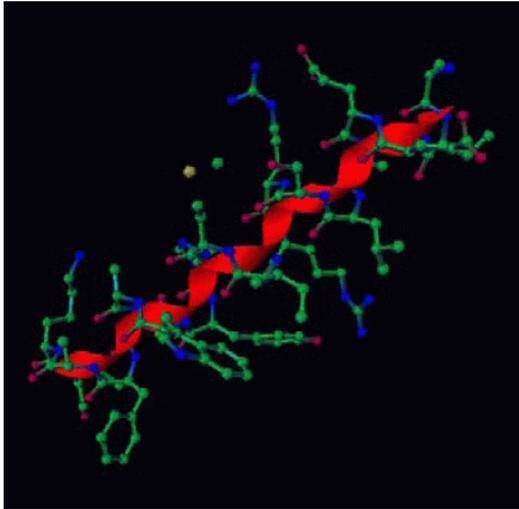


Darstellung der aus einer Monte-Carlo-Simulation stammenden Strahlungs dosis abgebildet auf die MRI Aufnahme des Patienten.



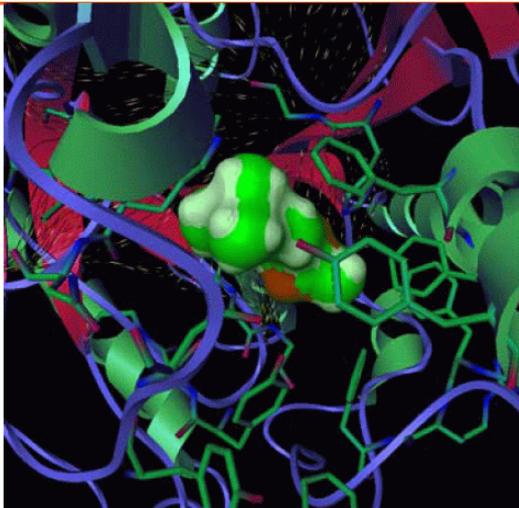
Rekonstruktion der Nervenbahnen mit Hilfe von Diffusion-Tensor-Imaging (DTI).

Beispiel: Strukturbiologie



IDT

Relation of secondary structure (alpha-helix) to primary structure formed by the polypeptide chain of amino acids. The helix is stabilized by Hydrogen bonding.



IDT

Aromatic residues in active site (ball and stick) of AChE enzyme with molecular surface of ACh molecule.

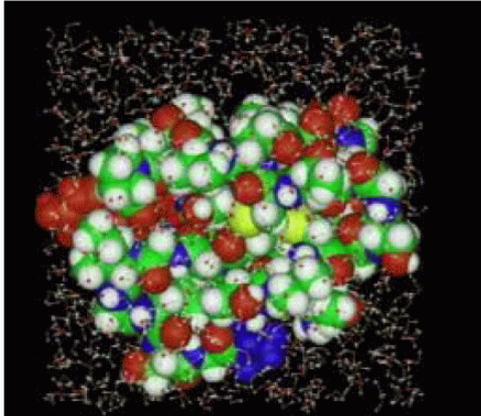
(Bartz 2005)

Beispiel: Agrarwissenschaft



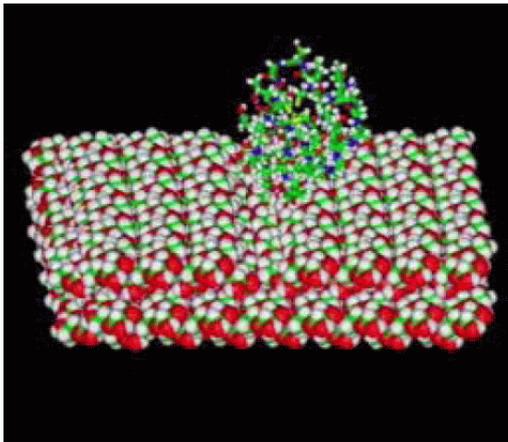
Simulation von Rapspflanzen (Groer 2006, BTU CB)

Beispiel: Chemie



**Visualization
and Animation
Laboratory at
Center of
Scientific
Computing
Finland**

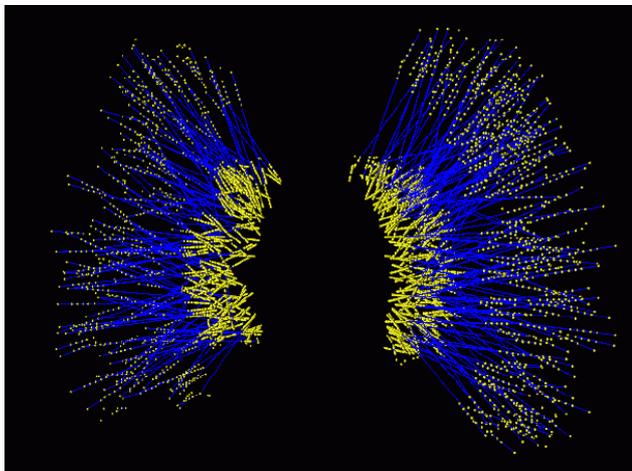
The tail part of the CBH1 enzyme is shown. The water around the protein is slowly "grown" to their right dimensions.



**Visualization
and Animation
Laboratory at
Center of
Scientific
Computing
Finland**

Simulation of the docking of the *CBH1* tail on a cellulose surface.

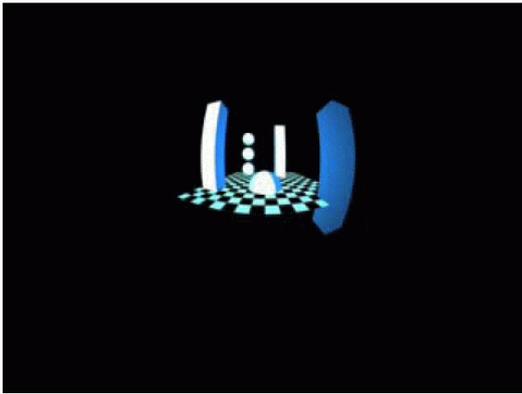
Beispiel: Kernphysik



IDT

Simulated events in the Relativistic Heavy Ion Collider Experiment PHENIX. Hits at the detector appear as yellow glyphs. Blue lines trace the probable tracks of products from the collision. [J. Mitchell]

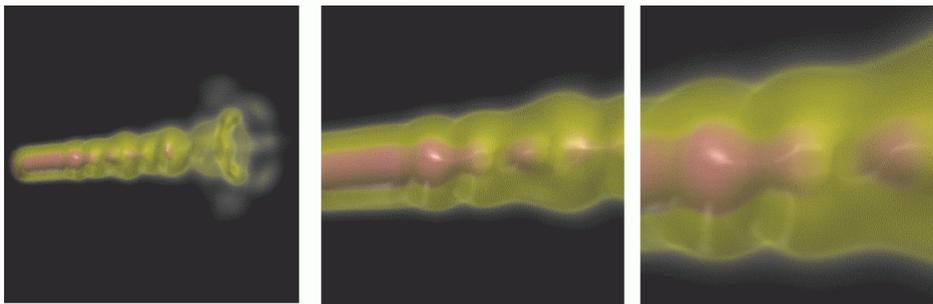
Beispiel: Spezielle Relativitätstheorie



SFB 382
D4
Daniel
Weiskopf

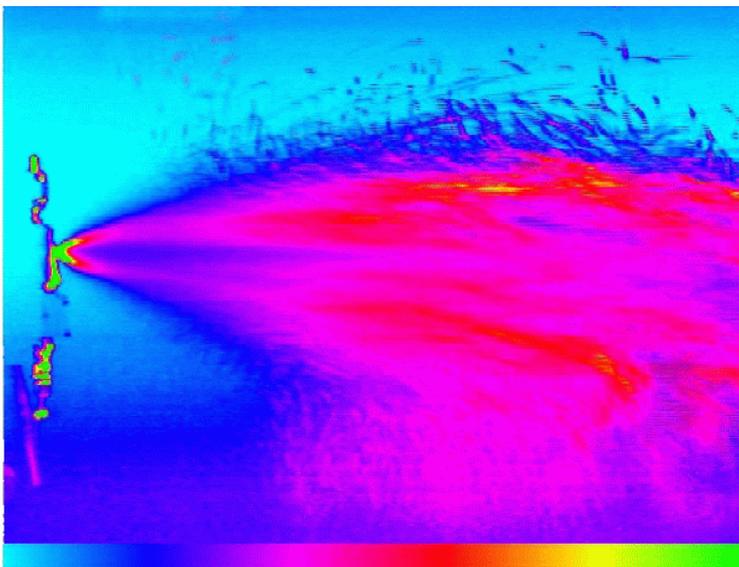
Realistische Beleuchtungssimulation bei 90% Lichtgeschwindigkeit.
Lichtintensität wurde um Faktor 1000 herunterskaliert.

Beispiel: Strömungsvisualisierung



WSI/GRIS

Volume-Rendering einer Dieseleinspritzung. Angezeigt wird die
Dichteverteilung von "Luftabwesenheit".



Flowmetrics

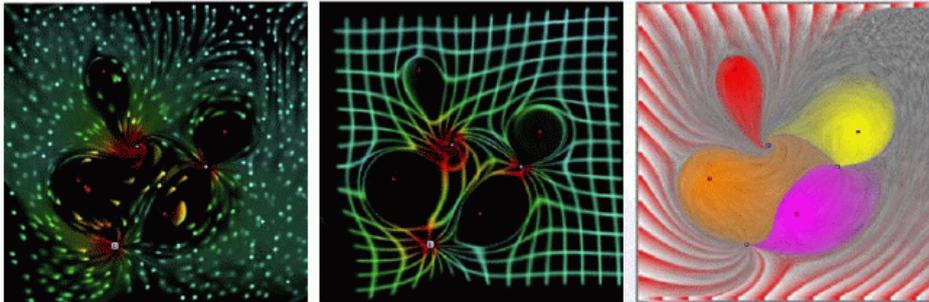
Falschfarbendarstellung der Gasdichteverteilung einer Spraydose.

(Bartz 2005)

2D Vektorfelder

1

- Statische und zeitabhängige Daten
- Integration von Vektorfeldern
- Vektorfeld-Topologie

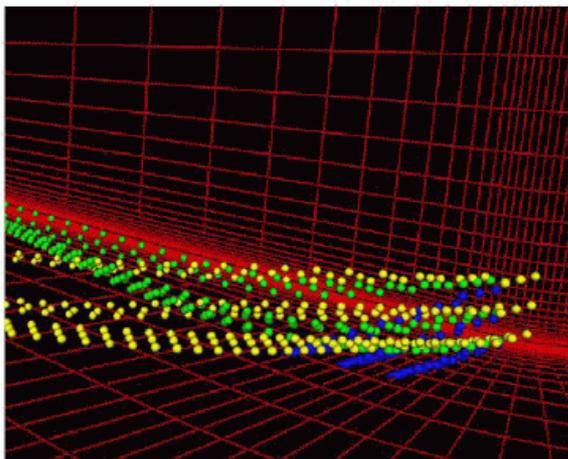


Quelle: Jarke v. Wijk, Technische Universiteit Eindhoven, SIGGRAPH 2003

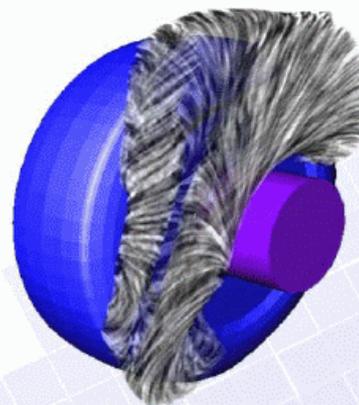
3D Vektorfelder

1

- Particles, Stream Ribbons, Stream Tubes
- Stream Surfaces, Time Surfaces, 3D LIC



Quelle: C. Teitzel, Universität Erlangen-Nürnberg



Daten: BMW, München

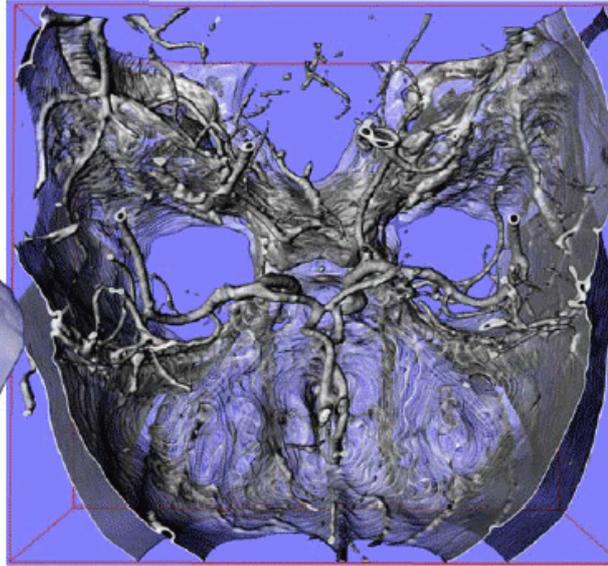
Quelle: Rezk-Salama, IEEE Visualization 99

Volumenvisualisierung

- Indirekte Verfahren (Isoflächen)



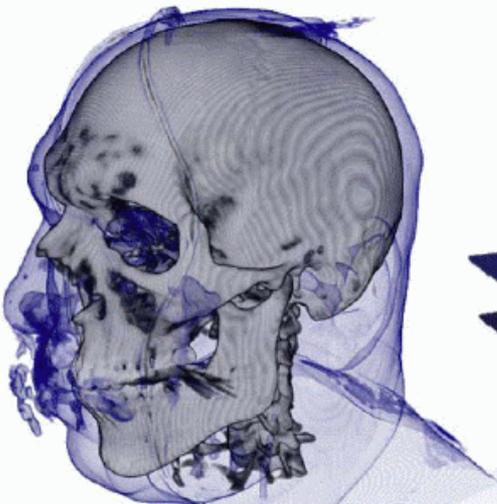
Daten: Antikensammlung,
Universität Erlangen-Nürnberg



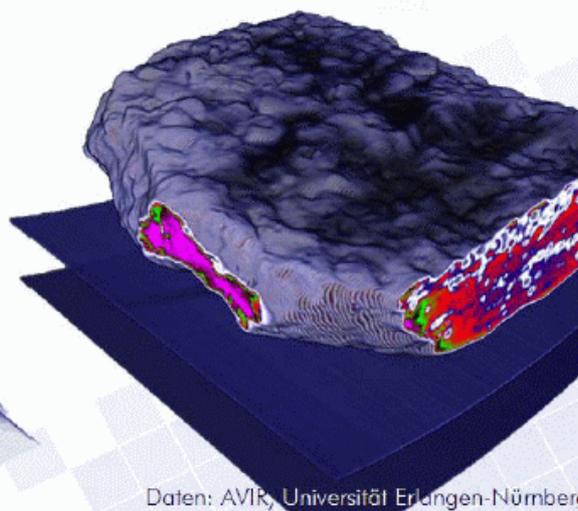
Daten: Abt. f. Neuroradiologie, Kopfklinik Erlangen

Volumenvisualisierung

- Direct Volume Rendering
- Hardware-beschleunigte Verfahren



Daten: Visible Human Project, Nat. Lib of
Medicine, Maryland, USA



Daten: AVIR, Universität Erlangen-Nürnberg

1.4. Datenquellen und Datentypen

Quellen:

- Reale Welt
 - Messungen
 - Beobachtungen
- Theorie
 - Mathematische und technische Modelle
 - Simulation
- Künstliche Welt
 - Daten vom Designer

Einflussfaktoren auf Datenmenge:

- Zahl der Messgrößen
- Zahl der Messungen
- Zahl der Messstellen

Reale Welt

- Medizinische Bildgebung (MRI, CT, PET) **MB**
- Geographische Informationssysteme (GIS)
- Elektronenmikroskopie
- Meteorologie und Umwelt (Satelliten) **GB**
- Seismische Daten
- Kristallographie
- Hochenergiephysik **TB**
- Astronomie
- Militär

Theorie

- Wissenschaft
 - Molekularbewegungen **MB**
 - Quantenchemie
 - Mathematik
 - Molekularmodellierung **GB**
 - Meteorologie
 - Strömungssimulation (CFD)
- Ingenieursbereich
- Kommerzieller Bereich

Theorie

- Wissenschaft
- Ingenieurbereich
 - Navigation in Architektur
 - Konstruktion
 - Anlageplanung
 - Styling (Auto)
- Kommerzieller Bereich
 - Geschäftsgraphik
 - Ökonomiemodelle
 - Finanzmodellierung

Künstliche Welten

- Zeichnen
- Malen
- Publishing
- Fernsehen (Titelfolgen, Werbung)
- Kunst
- Filme (Animationen, Spezialeffekte)

Informationssysteme

- Börse (300 Mio. Transaktionen pro Tag an NYSE)
- Markt- und Verkaufsanalysen
- World Wide Web

(Bartz 2005)

Rohdaten

Rohdaten werden kategorisiert durch:

- **Räumliche Dimension**

(in Bezug auf die Anordnung der Datenpunkte)

1D: z.B. elektro-mechanisches Signal, Schall

2D: Druckverteilung auf einer Oberfläche

3D: Druckverteilung im Raum

- **Dimension der Datenwerte**

(in Bezug auf die Information zu jedem Datenpunkt)

Skalare Daten: z.B. Druck, Dichte, Temperatur

Vektorielle Daten: z.B. Geschwindigkeitsfelder

Tensor Daten: z.B. Stress-Tensor

Multivariate Daten: mehrere skalare und vektorielle Größen

Rohdaten entstehen durch:

- **Messungen und Aufnahmen**

1D: z.B. elektrische Signale,

2D: z.B. Kartographie, Fotografie

3D: z.B. Computer- und Kernspin-Tomographie

- **Simulation:**

Technik: z.B. Flugzeug- und Automobilbau

Naturwissenschaften: z.B. elektrische Felder

Meteorologie: Wettersimulationen

(Rezk-Salama, o.J.)

Was sind Daten?

Beispiele:

- geografische Position der BTU Cottbus
- Farbe Lila
- schöner Frühlingstag?

oft möglich: Darstellung in Zahlen

- (52° Nord, 11° Ost)
- (21853, 1303, 52428)
- ???

wie lassen sich wiederum Zahlen darstellen?

π

3,14159265

332E3134313539323635h	Hexadezimaldarstellung des ASCII strings ``3.14159265''
40490FDBh	single-precision float
400921FB54442D18h	double-precision float
3	integer
11b	Binärdarstellung von 3
„3.14159265“	ASCII string
π	Symbolische Darstellung

Binär- oder ASCII-Darstellung

- Binär
 - ♦ bytes, short, integer, long
 - ♦ float, double
 - ♦ Festgelegte Genauigkeit
 - ♦ kompakte Speicherung
 - ♦ nicht leicht lesbar, modifizierbar
 - ♦ nicht immer kompatibel (big-endian / little endian)
- ASCII
 - ♦ American Standard Code for Information Interchange
 - ♦ Variable Genauigkeit
 - ♦ nicht effizient
 - ♦ lesbar, kompatibel (Dezimal-Punkt/Komma?)

Byte vs. Integer

- Byte = 8 bits
 - ♦ 2^8 Werte, entweder 0...255 oder -128 .. +127
 - ♦ signed oder unsigned
 - ♦ keine Kompatibilitätsprobleme!
- Integer
 - ♦ short 16 bits, int 32 bits, long 64 bits
 - ♦ Overflow beim Rechnen:
 - int -2147483648 ... 2147483647
 - ♦ Genauigkeit ± 1

Fließkommadarstellung

- float, double (IEEE Standard)
 - ♦ $1.1 * 10^{-38} .. 3.4 * 10^{38}$
 - ♦ $2.2 * 10^{-308} .. 1.8 * 10^{308}$
- Genauigkeit:
 - ♦ $2^{-23} \approx 1.1 * 10^{-7}$
 - ♦ $2^{-52} \approx 2.2 * 10^{-16}$
- Probleme beim Rechnen: $1 + 10^{-7} = 1$
- Rundungsfehler beim Ein/Auslesen
 - ♦ $0.1 = \text{binär } 0.00011001100110011001101.....$
 - ♦ $1/8 = \text{binär } 0.001$

Daten aus Datenbanken

- Immer mehr Daten werden in Datenbanken statt in Dateien gepflegt.
- Relationale Datenbanken: SQL, ODBC (Open Database Connectivity), JDBC (Java).
- Beispiele: MySQL, PostgreSQL, Oracle,
- Objekt-orientierte Datenbanken.
- Daten werden extrahiert und direkt visualisiert oder in File-formate gewandelt, die zur Visualisierung geeignet sind.
- Data-Mining (Hochdimensionale Daten, Abhängigkeiten).

XML (eXtensible Modelling Language)

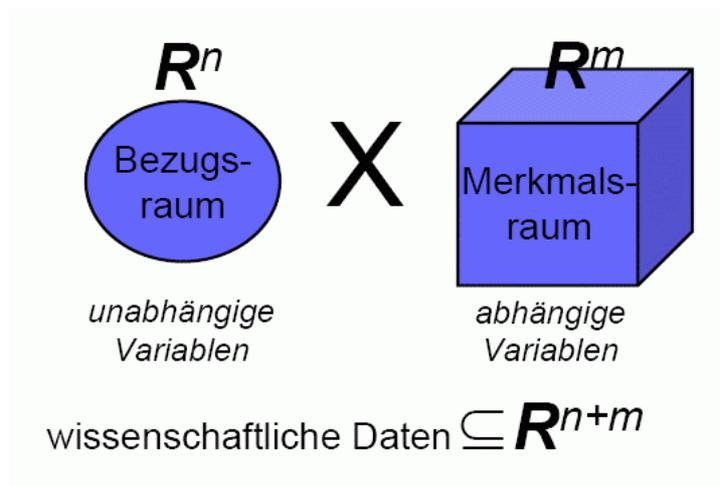
- ASCII-Format mit festgelegter Syntax, aber erweiterbaren Dokumenttypen.
- Hierarchisch (Baum-orientiert).
- Beispiel: SVG Scalable Vector Graphics, MathML, E-Commerce.
- Sehr große Dateien.
- Komprimieren!

Beispiel:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<!DOCTYPE simpca SYSTEM "simpca.dtd" >
<simpca name="parity">
  <initial><divide><random><n>30</n></random>
  <n>30</n></divide></initial>
  <color><rgb>0xff0000</rgb><equals><cell/>
  <n>1</n></equals></color>
  <rule>
  <assign!f> <modulo> <plus> <plus>
    <neighbor><n>0</n> <n>-1</n></neighbor>
    <neighbor><n>0</n> <n>1</n></neighbor>
  </plus><plus>
    <neighbor><n>-1</n> <n>0</n></neighbor>
    <neighbor><n>1</n> <n>0</n></neighbor>
  </plus></plus> <n>2</n></modulo>
  </assign!f>
  </rule>
</simpca>
```

(Weimar 2005)

abstrakte Datenbeschreibung



Beobachtungsraum: Bezugsraum, in dem die Daten erhoben werden. I.A. ist dieser Bezugsraum **diskret** gegeben, beschreibt allerdings oft **kontinuierliche** Phänomene.

Beobachtungs-/Abtast-/oder Datenpunkte: Punkte des Beobachtungsraums, an denen Daten gegeben sind (diskret). Der Wert an diesem Datenpunkt wird als **Datenwert** bezeichnet.

Beobachtungsfall: Merkmalsausprägungen eines k -dimensionalen Schnitts des Beobachtungsraums

Eigenschaften des Beobachtungsraums

- **Dimensionalität:** 0D, 1D, 2D, 3D, 4D, ...
- **Wirkungsbereich** in dem Datenpunkt Auswertung beeinflusst. Überlappt sich i.A. mit dem Wirkungsbereich von benachbarten Datenpunkten
- **Struktur/Verbund** der Bezugspunkte

Wir unterscheiden verschiedene **Wirkungsbereiche**:

Punktbezug:

- Die Datenwerte beziehen sich nur auf einzelne Datenpunkte (zB. Iterationstiefe bei Fraktalen in Abhängigkeit der Position)
- Die Datenwerte dürfen in der graphischen Darstellung auch nur einzelnen Punkten zugeordnet werden.

Lokaler Bezug:

- Die Datenwerte beziehen sich auf lokale Bereiche des Beobachtungsraums (zB. Niederschlagswerte in Abhängigkeit der Position).
- Von einem Datenpunkt kann auf einen gewissen lokalen Bereich (**Zelle**) geschlossen werden. Dieser Bereich wird durch geeignete Methoden interpretiert → **Interpolation**

Globaler Bezug

- Ist der Wirkungskreis global, werden die Datenwerte in der graphischen Darstellung einem globalen Bereich zugeordnet, zB. der Oberfläche eines Werkstücks.
- Die Datenwerte gelten für den gesamten Beobachtungsraum (zB. Hintergrundstrahlung im Weltraum).

(Bartz 2005)

1.5. Ziele und Anforderungen der Visualisierung

Ziele der Visualisierung

- Analyse
- Verständnis
- Kommunikation

von

- Daten
- Modellen
- Konzepten

Dreistufige Visualisierung

- **erforschende** Analyse, **modellfrei**
(Visualisierung aller Daten, Suche nach Hypothesen)
- **bestätigende** Analyse, **modellbasiert**
(spezielle Visualisierung zur Bestätigung der Hypothesen)
- Präsentation
(klare Darstellung der Ergebnisse für Dritte)

Visualisierungsqualität ist abhängig von

- Charakteristika und Eigenschaften der Daten
- Bearbeitungsziel
- Eigenschaften des Darstellungsmediums
- Vorwissen des Betrachters
- Wahrnehmungskapazität und Vorlieben des Betrachters
- übliche Metaphern / Konventionen

Expressivität

Bilder sind expressiv, wenn die in einer Datenmenge enthaltenen Informationen (und nur diese!) präsentiert werden.

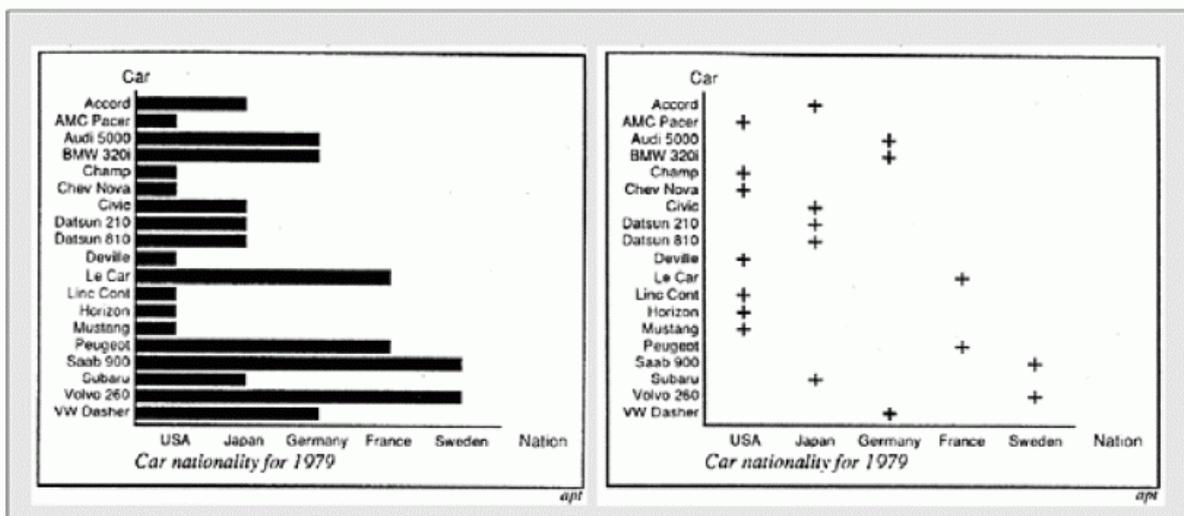
Effektivität

Bilder sind effektiv, wenn sie intuitiv wahrgenommen werden können.

Angemessenheit

Bilder müssen in angemessener Zeit erzeugt und den Ressourcen des Ausgabegeräts angepasst ausgegeben werden.

Expressivität (Beispiel von Mackinlay)



primär abhängig von Struktur der Daten

Effektivität (Computerzeitung 21/1998)

	Profile	Metaphase	Cadim/EDB	Productmanager/ IBM	SAP R/3
Konfiguration	○	●	●	●	●
Klassifikation	●	●	○	○	●
Workflow	○	○	●	○	○
Eingabe/Ausgabe	●	●	●	●	○
Archivierung	○	●	●	●	○
Anpassung	●	○	○	●	○
Schnittstellen	●	○	●	○	●

● = 1 (schlecht) ○ = 2 ● = 3 ○ = 4 ● = 5 ● = 6 (sehr gut)

abhängig von

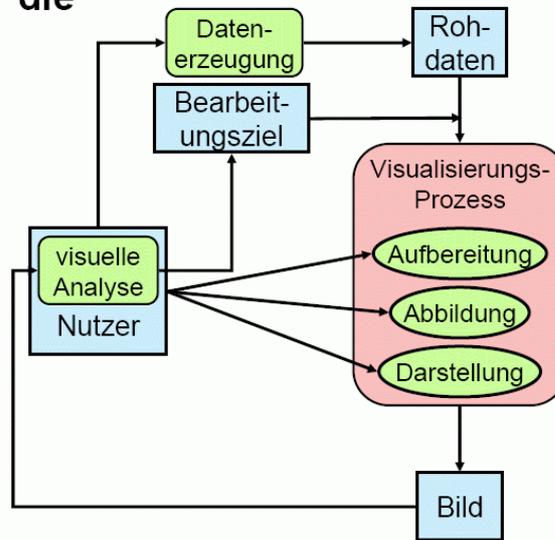
- Struktur der Daten
- Visualisierungsziel



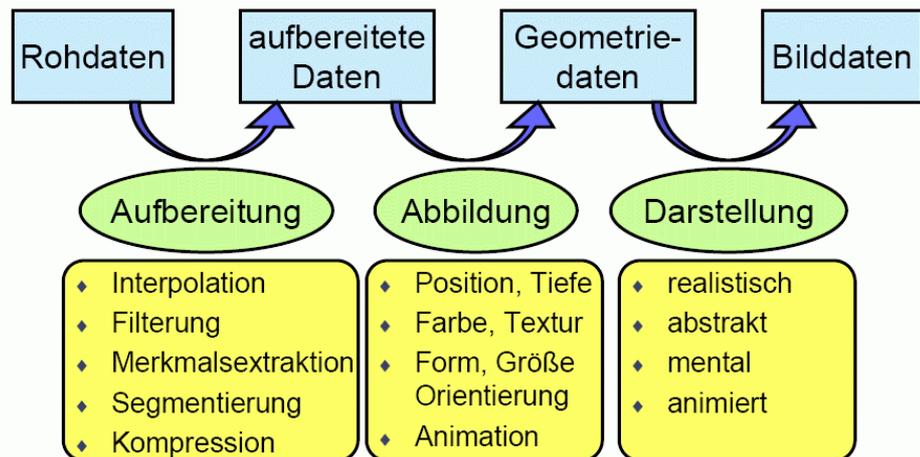
(Bartz 2005)

1.6. Der Visualisierungsprozess

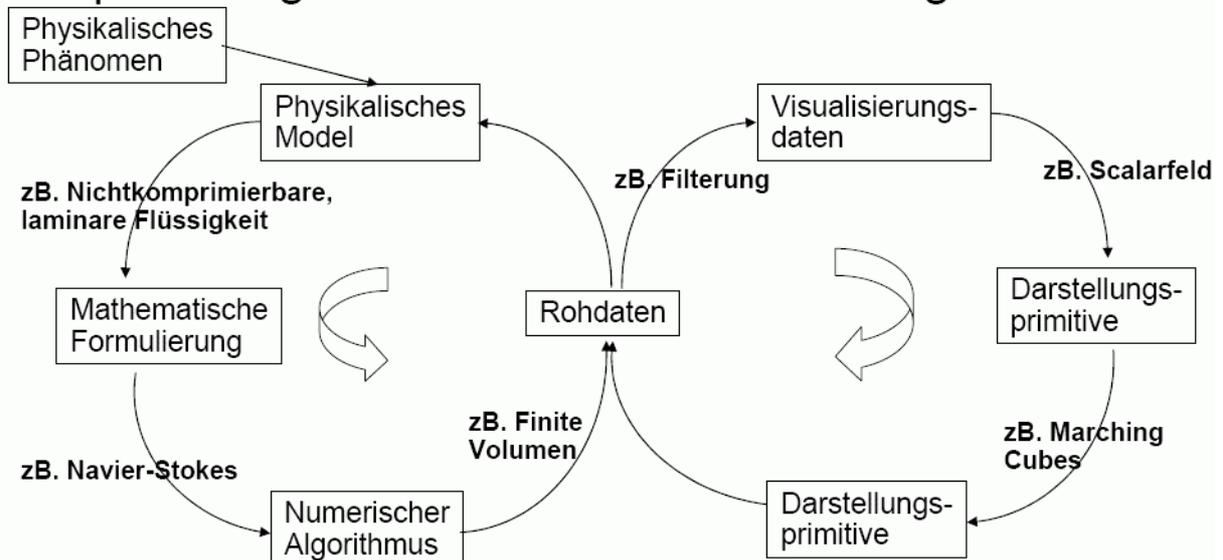
Referenzmodell für die Visualisierung



als "Pipeline":



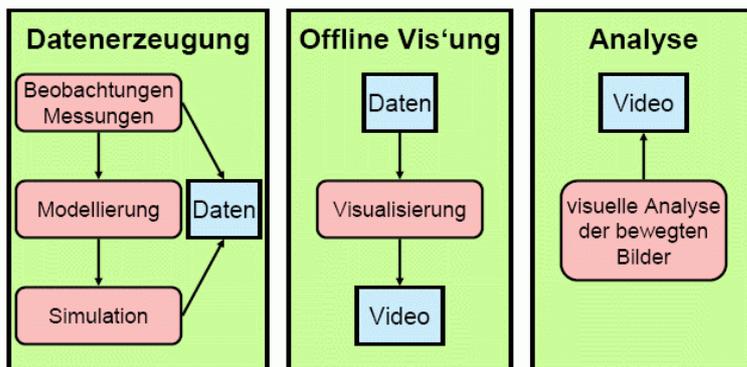
Bsp: Flüssigkeitsstromsimulation um Flügel



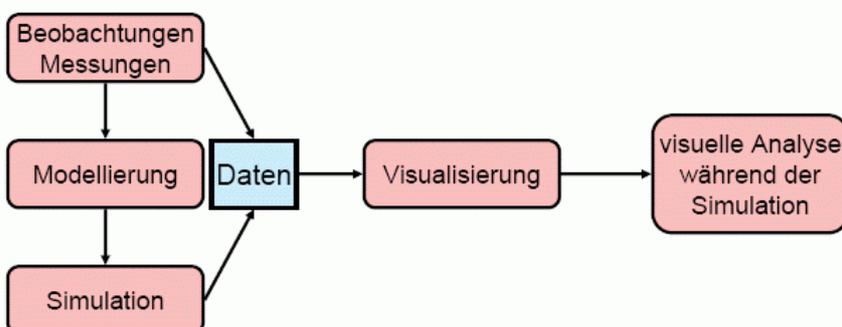
Visualisierungsszenarien

- Bewegungsmodus
- Verfolgungsmodus
- Interaktive Nachbearbeitung
- Interaktive Steuerung

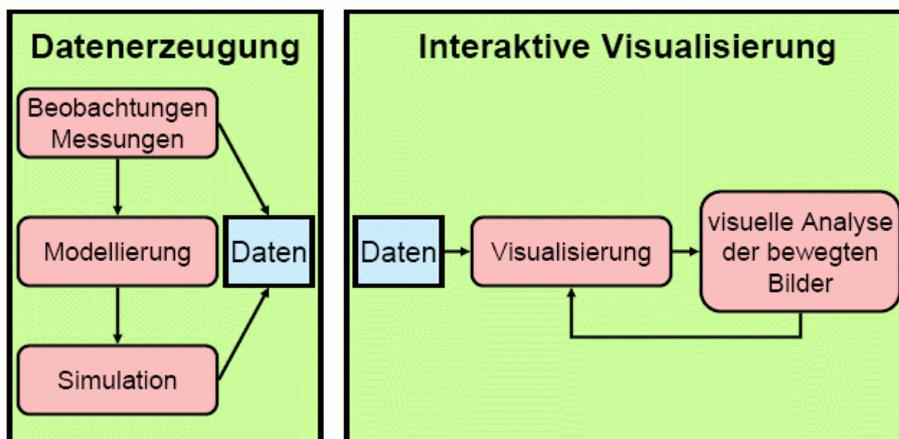
Bewegungsmodus



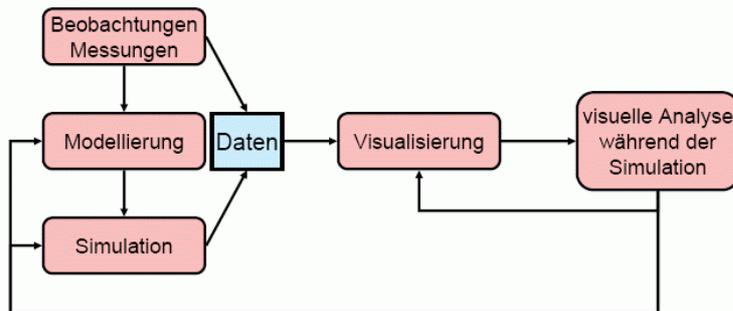
Verfolgungsmodus



Interaktive Nachbearbeitung



Interaktive Steuerung



(Bartz 2005)

Mögliche Fehlerquellen:

Datenakquisition

- **Abtastung** ausreichend?
- **Quantisierung**artefakte?

Filterung

- Werden zuviele **Details** entfernt?
- Wie sollten Filter **aussehen**?

Auswahl der Variablen

- Welche **Größen** repräsentieren interessante **Charakteristika**?
- Beschreiben ausgewählte Variablen **Phänomene** ausreichend?

Eignung:

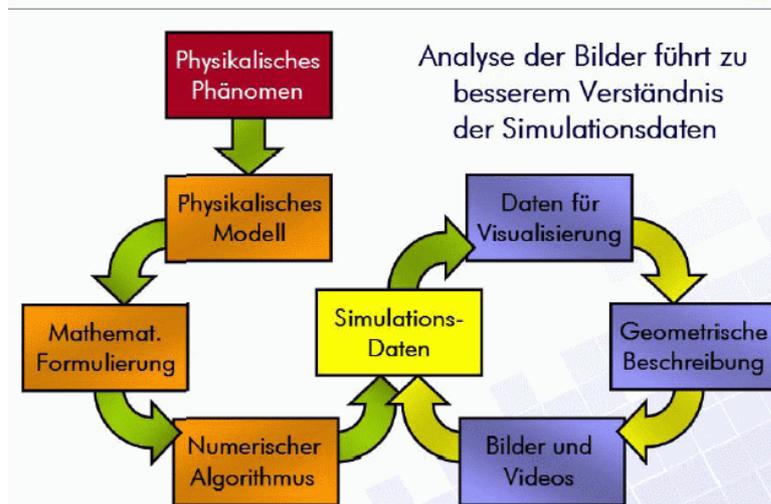
- Entsprechen **Interpolation** und **Approximation** dem Problem?
- Entspricht die **Abbildungsvariante** dem Problem?

Darstellung:

- Ist **Interaktivität** wichtig?
- Ist **Realismus** wichtig?
- Ist **Abstraktion** wichtig?

(Bartz 2005)

Simulation und Visualisierung



(Rezk-Salama, o.J.)