

Algorithmen zur Visualisierung von Graphen

Einführung

Vorlesung im Wintersemester 2011/2012
Marcus Krug — Ignaz Rutter — Thomas Bläsius

Basierend auf Folien von Martin Nöllenburg (2009)

Organisatorisches

Dozenten

- » Marcus Krug <marcus.krug@kit.edu> R 317
- » Ignaz Rutter <rutter@kit.edu> R 316
- » Thomas Bläsius <thomas.blaesius@kit.edu> R 307
- » Sprechzeiten: nach Vereinbarung per Mail

Termine

- » Vorlesung: ???
- » Übung: 14tägig (erstmal 02. oder 03.11.) ???

Organisatorisches

Vorlesungshomepage

» i11www.iti.kit.edu/teaching/winter2011/graphdrawing/index

- » aktuelle Informationen
- » Übungsblätter (in der Woche vor der Übung)
- » Folien
- » Skript
- » Literaturhinweise
- » Zusatzmaterial

Organisatorisches

Vertiefungsfächer / Leistungspunkte

- Theoretische Grundlagen
- Algorithmentechnik
- Prüfung ca. 20 Minuten / 5 ECTS Punkte (Master)

weitere Veranstaltungen am Lehrstuhl

Praktikum Algorithm Engineering - Routenplanung

- Vorbesprechung Mittwoch, 02.11, 11:30 Uhr (Raum 301)

Seminar Algorithmentechnik

- Vorbesprechung Montag, 24.10, 14:00 Uhr (Raum 236)

Algorithmische Methoden der Netzwerkanalyse

- Mittwoch, 15:45-17:15 (Raum 236)

Nützliche Vorkenntnisse

Basiswissen Graphentheorie

- » Graph, Knoten, Kanten
- » Knotengrad, Nachbarschaft, adjazent, inzident
- » Zusammenhang, Baum, Kreis, Pfad

Basiswissen Algorithmik

- » Laufzeit, O -Kalkül
- » Komplexität, NP-Vollständigkeit
- » Netzwerkflüsse
- » Lineare Programmierung

Ansonsten: **Nachfragen!**

Vorlesungsaufbau

Medien

- » Tafel & Folien
- » Übungsblätter zur Vertiefung des Stoffs
- » (vorläufiges) Skript

Inhalte

- » Reduzierung der Visualisierung auf **algorithmischen** Kern
- » Modellierung, Algorithmen, Beweise
 - » kräftebasierte Verfahren
 - » kombinatorische Optimierung (Flüsse, ILPs)
 - » Algorithmen für spezielle Graphen (z.B. Bäume)

Einführung Graphenvisualisierung

Graphen und ihre Darstellung

Was ist ein Graph?

Graphen und ihre Darstellung

Was ist ein Graph?

Tupel $G = (V, E)$

Knotenmenge $V = \{v_1, \dots, v_n\}$

Kantenmenge $E = \{e_1, \dots, e_m\}$

Graphen und ihre Darstellung

Was ist ein Graph?

Tupel $G = (V, E)$

Knotenmenge $V = \{v_1, \dots, v_n\}$

Kantenmenge $E = \{e_1, \dots, e_m\}$

Darstellungsformen?

Graphen und ihre Darstellung

Was ist ein Graph?

Tupel $G = (V, E)$

Knotenmenge $V = \{v_1, \dots, v_n\}$

Kantenmenge $E = \{e_1, \dots, e_m\}$

Darstellungsformen?

Mengenschreibweise

$$\begin{aligned} V &= \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8, v_9, v_{10}\} \\ E &= \{\{v_1, v_2\}, \{v_1, v_8\}, \{v_2, v_3\}, \{v_3, v_5\}, \{v_3, v_9\}, \\ &\quad \{v_3, v_{10}\}, \{v_4, v_5\}, \{v_4, v_6\}, \{v_4, v_9\}, \{v_5, v_8\}, \\ &\quad \{v_6, v_8\}, \{v_6, v_9\}, \{v_7, v_8\}, \{v_7, v_9\}, \{v_8, v_{10}\}, \\ &\quad \{v_9, v_{10}\}\} \end{aligned}$$

Graphen und ihre Darstellung

Was ist ein Graph?

Tupel $G = (V, E)$

Knotenmenge $V = \{v_1, \dots, v_n\}$

Kantenmenge $E = \{e_1, \dots, e_m\}$

Darstellungsformen?

Mengenschreibweise

Adjazenzliste

```
v1 : v2, v8
v2 : v1, v3
v3 : v2, v5, v9, v10
v4 : v5, v6, v9
v5 : v3, v4, v8
v6 : v4, v8, v9
v7 : v8, v9
v8 : v1, v5, v6, v7, v9, v10
v9 : v3, v4, v6, v7, v8, v10
v10 : v3, v8, v9
```

Graphen und ihre Darstellung

Was ist ein Graph?

Tupel $G = (V, E)$

Knotenmenge $V = \{v_1, \dots, v_n\}$

Kantenmenge $E = \{e_1, \dots, e_m\}$

Darstellungsformen?

Mengenschreibweise

Adjazenzliste

Adjazenzmatrix

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Graphen und ihre Darstellung

Was ist ein Graph?

Tupel $G = (V, E)$

Knotenmenge $V = \{v_1, \dots, v_n\}$

Kantenmenge $E = \{e_1, \dots, e_m\}$

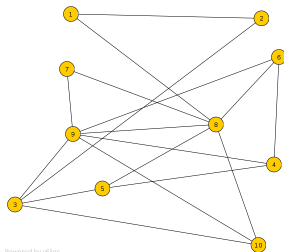
Darstellungsformen?

Mengenschreibweise

Adjazenzliste

Adjazenzmatrix

Zeichnung



Graphen und ihre Darstellung

Was ist ein Graph?

Tupel $G = (V, E)$

Knotenmenge $V = \{v_1, \dots, v_n\}$

Kantenmenge $E = \{e_1, \dots, e_m\}$

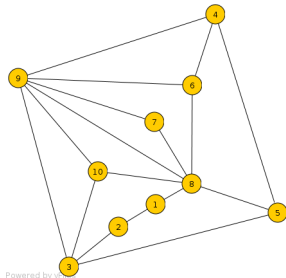
Darstellungsformen?

Mengenschreibweise

Adjazenzliste

Adjazenzmatrix

Zeichnung

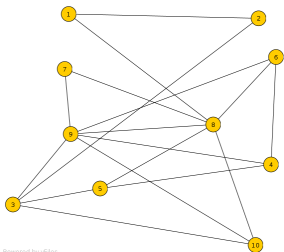
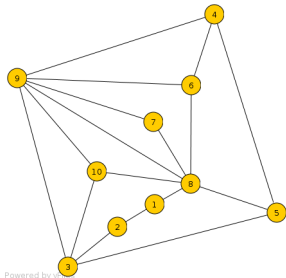


Powered by y

Graphen und ihre Darstellung

$$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6, v_7, v_8, v_9, v_{10}\}$$
$$E = \{\{v_1, v_2\}, \{v_1, v_8\}, \{v_2, v_3\}, \{v_3, v_5\}, \{v_3, v_9\}, \{v_3, v_{10}\}, \{v_4, v_5\}, \{v_4, v_6\}, \{v_4, v_9\}, \{v_5, v_8\}, \{v_6, v_8\}, \{v_6, v_9\}, \{v_7, v_8\}, \{v_7, v_9\}, \{v_8, v_{10}\}, \{v_9, v_{10}\}\}$$

v_1 : v_2, v_8
 v_2 : v_1, v_3
 v_3 : v_2, v_5, v_9, v_{10}
 v_4 : v_5, v_6, v_9
 v_5 : v_3, v_4, v_8
 v_6 : v_4, v_8, v_9
 v_7 : v_8, v_9
 v_8 : $v_1, v_5, v_6, v_7, v_9, v_{10}$
 v_9 : $v_3, v_4, v_6, v_7, v_8, v_{10}$
 v_{10} : v_3, v_8, v_9


$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$


Powered by yFiles

Powered by yFiles

Wozu Graphen zeichnen?

- » Graphen sind mathematische Repräsentationen von Netzwerken
- » Netzwerke tauchen in der Realität an den verschiedensten Stellen auf

abstrakte Netzwerke

- » soziale Netze
- » Kommunikationsnetze
- » phylogenetische Netze
- » Stoffwechselnetze
- » Klassenbeziehungen (UML)
- » ...

physische Netzwerke

- » Verkehrsnetze
- » Straßennetze
- » Versorgungsnetze
- » Rechnernetze
- » integrierte Schaltkreise
- » ...

Wozu Graphen zeichnen?

- » Graphen sind mathematische Repräsentationen von Netzwerken
- » Netzwerke tauchen in der Realität an den verschiedensten Stellen auf
- » ohne geeignete Visualisierung können wir (als Menschen) Netzwerke kaum verstehen
- » Visualisierungen sind nötig zur Kommunikation von bekannten und zur Exploration von unbekanntem Netzen

Wozu Graphen zeichnen?

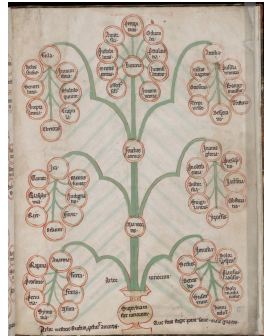
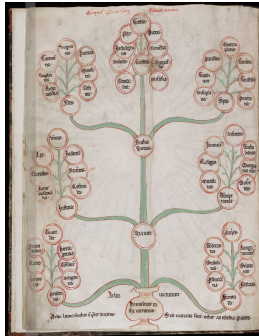
- » Graphen sind mathematische Repräsentationen von Netzwerken
- » Netzwerke tauchen in der Realität an den verschiedensten Stellen auf
- » ohne geeignete Visualisierung können wir (als Menschen) Netzwerke kaum verstehen
- » Visualisierungen sind nötig zur Kommunikation von bekannten und zur Exploration von unbekanntem Netzen

Es geht also darum Algorithmen zu entwerfen um Graphen automatisch zu zeichnen. Und zwar möglichst lesbar!

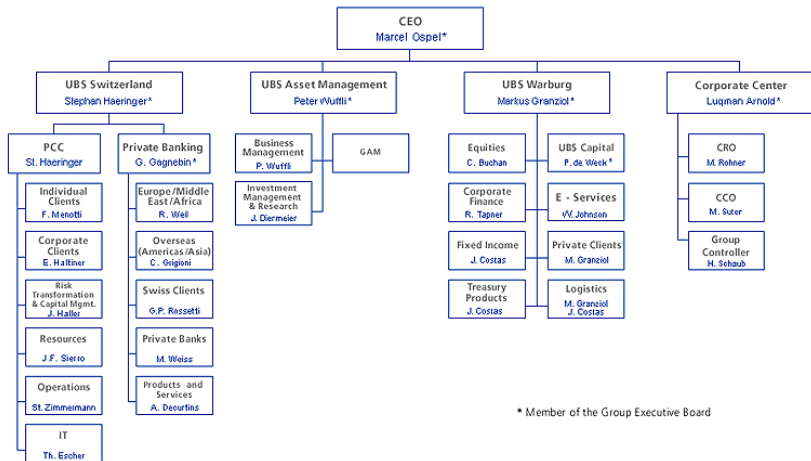
Beispiele

eine kleine Diaschau

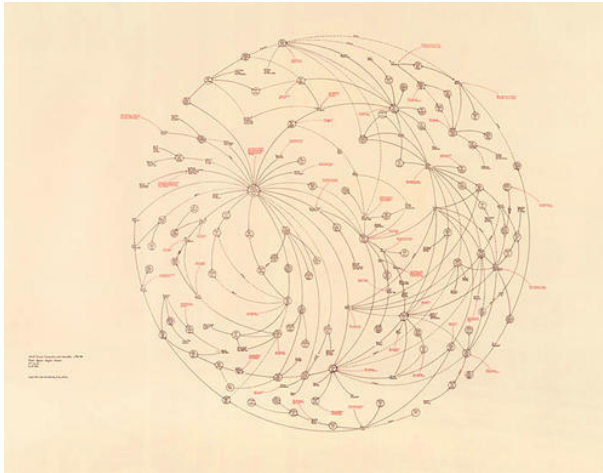
Tugenden und Sünden – Mittelalter



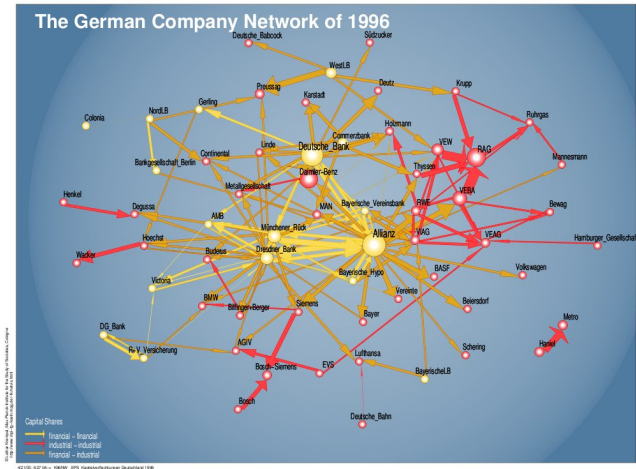
Soziale Netze – Organigramm UBS



Soziale Netze – Welt-Finanzsystem (Mark Lombardi)



Soziale Netze – Firmenbeteiligungen



Soziale Netze – Staatsfonds

FOLLOW THE MONEY

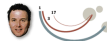
The New Global Wealth Machine

Sovereign wealth funds have emerged in recent months as the world's power brokers. They have used their tremendous wealth to make big cross-border investments and prop up some of Wall Street's best known firms. The increased activity comes as other kinds of investors have been sidelined by the credit crisis. These funds are state-sponsored investment vehicles and have combined assets of \$5 trillion. With that much dry powder, sovereign funds dwarf the formerly towering cross equity industry – and in some cases, compete directly with it. The Government of Singapore Investment Corporation has been the most active among the world's sovereign funds, making its debut as chairman, Teng Teng, a major center of gravity. Wall Street veterans always follow the money, so many of the big-name advisors in New York and London have band together to promote the globe-placing international main banker in these funds. But sovereign funds have also learned the drawbacks of deal-making: some of their Middleast transactions have lost big money flows so far. The question is where all this money will go next. **ADVERTISER: PETER SCHMIDT**

The Advisers

Selected financial advisers who worked on more than one of the top 20 deals.

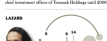
CITIGROUP DEALS THIS ADVISER HAS INCURRED IN



Michael Klein, Chairman, institutional clients group
One of the bank's highest profile investment bankers, he advised Citicorp in its recent sale to Citibank, as well as Goldman Sachs Group.



Michael Ong, Former managing director
Mr. Ong left Goldman early this year after the Chinese government refused to allow the firm to provide loans to its Beijing office. Mr. Ong's brother, Charles, was the chief investment officer of Russia's Miramax fund in 2006.



Clayton Kiser, Deputy chairman
In addition to becoming the first adviser on one of the largest sovereign wealth deals, Mr. Kiser helped advise Bank of America on its investment sale to JP Morgan Chase.



Kate Stohrman, Managing Director
The head of Morgan Stanley's Asian regional investment group, based in Hong Kong, Mr. Stohrman held a senior position in the investment bank's financial bank group.

The Targets

MORGAN STANLEY
Investment Bank
New York, NY

BLACKSTONE GROUP
Real Estate
New York, NY

CITIGROUP
Bank
New York, NY

MERRILL LYNCH
Investment Bank
New York, NY

STANDARD CHARTERED BANK
Bank
London, UK

UBS
Bank
Zurich, Switzerland

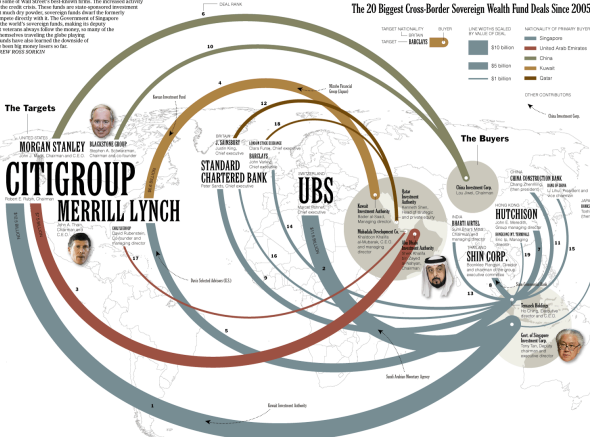
The Buyers

China Construction Bank
Bank
Beijing, China

HUTCHISON
Investment Bank
Hong Kong, China

SHIN CORP.
Investment Bank
Seoul, South Korea

The 20 Biggest Cross-Border Sovereign Wealth Fund Deals Since 2005



The Lawyers

Selected lawyers who worked on more than one of the top 20 deals.

CLIFORD CHANCE DEALS THIS ADVISER HAS INCURRED IN



James Baker, Partner and global head of corporate equity
Mr. Baker has worked in London, was one of the world's most active lawyers, and has worked on deals before some of the world's largest sovereign wealth funds.



David Polk & Wardwell
Law Firm
New York, NY

Ronald G. Opler, Partner
As head of the firm's financial institutions group, he has advised on many international deals in Europe and Asia. He also worked on the issue that advised Miramax Funding in a \$5 billion sale only to Citigroup sovereign wealth fund.



Linklaters
Law Firm
London, UK

Richard Good, Partner
Based in Singapore, Mr. Good is the first non-UK lawyer to work on deals in Asia. He has worked for Linklaters in Asia since 2005.



Shearman & Sterling
Law Firm
New York, NY

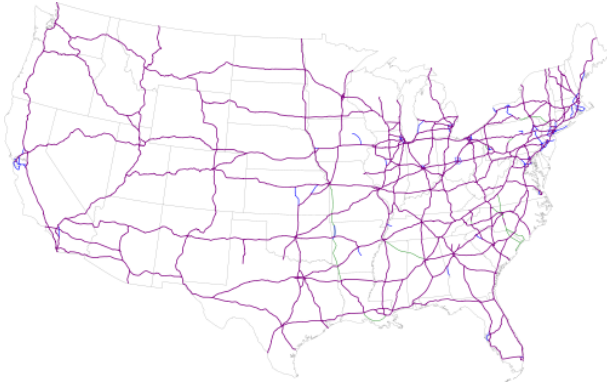
Stephen M. Beeson, Partner
A longtime bank lawyer in the Middle East, Mr. Beeson's deep relationships have helped him focus on one of the strongest markets in the region.



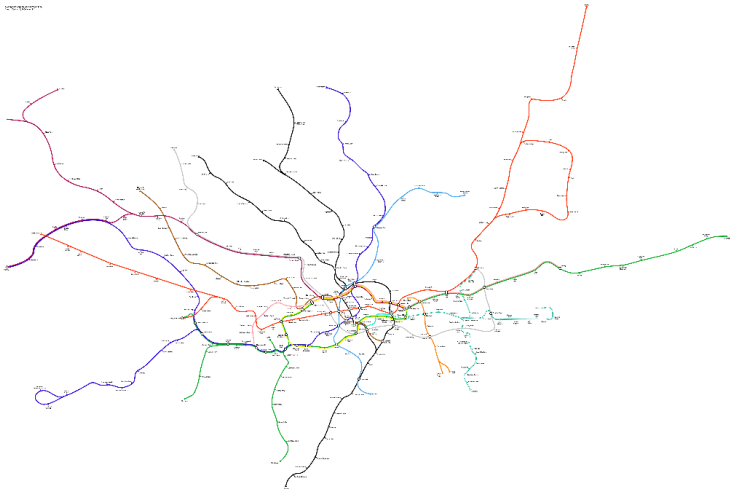
Sullivan & Crawford
Law Firm
New York, NY

H. Frazier Carter, Chairman
The world's top lawyer for the sovereign wealth investments in financial services firms. He worked on more than a dozen sovereign wealth related deals from one of the world's largest law firms.

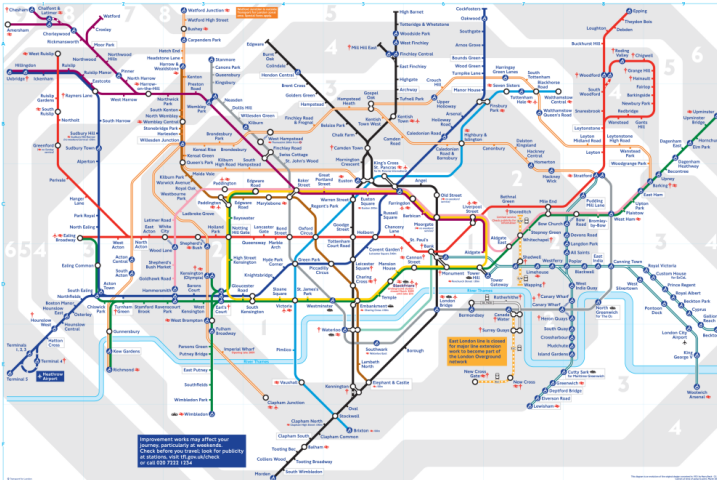
Verkehrsnetze – Highways USA



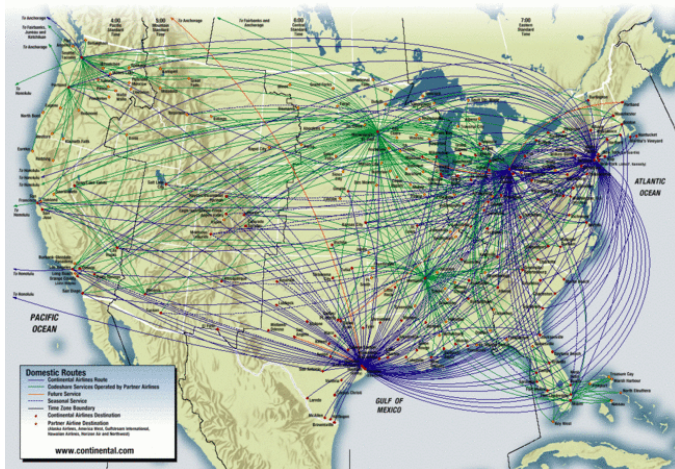
Verkehrsnetze – U-Bahnen London



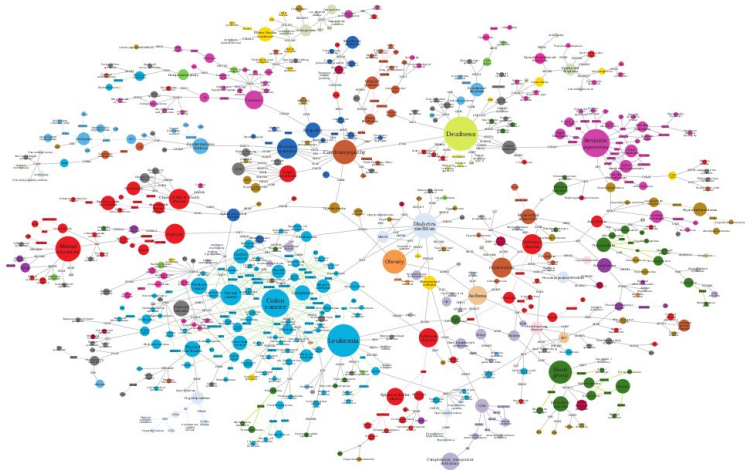
Verkehrsnetze – U-Bahnen London



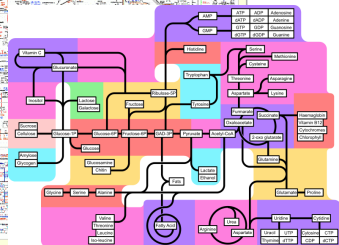
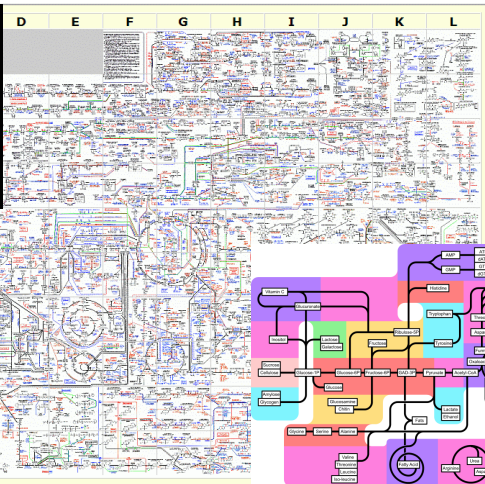
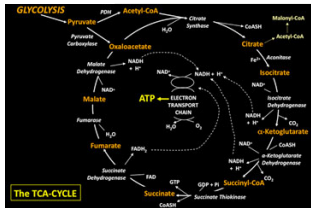
Verkehrsnetze – Flugverbindungen Continental



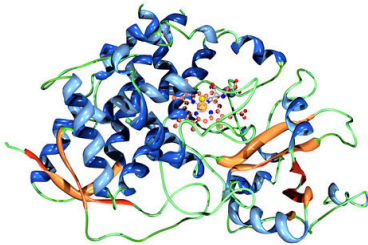
Biomedizin – Diseasesome



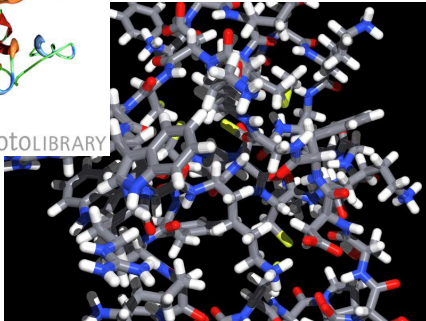
Biomedizin – molekularer Stoffwechsel



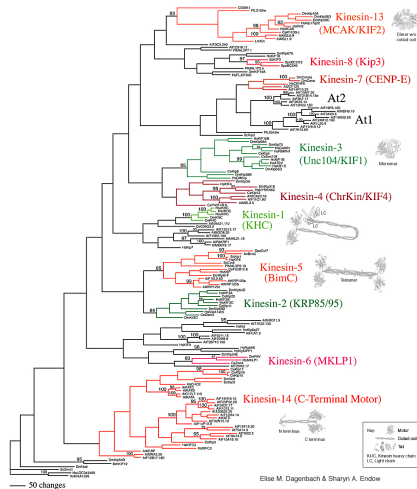
Biomedizin – Proteine



SCIENCEPHOTOLIBRARY



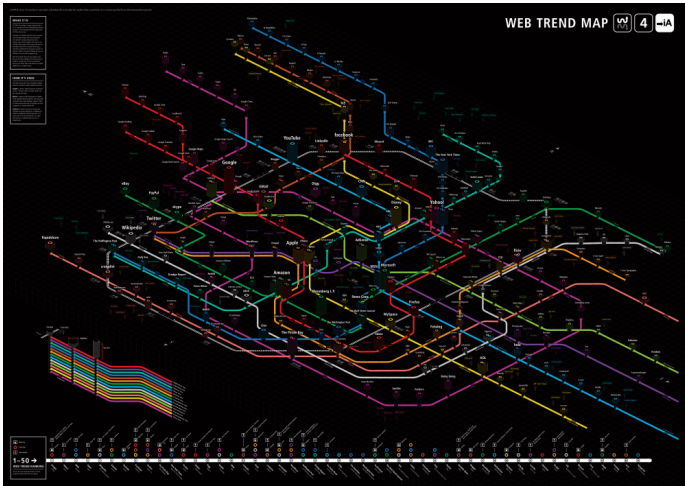
Biomedizin – phylogenetische Bäume



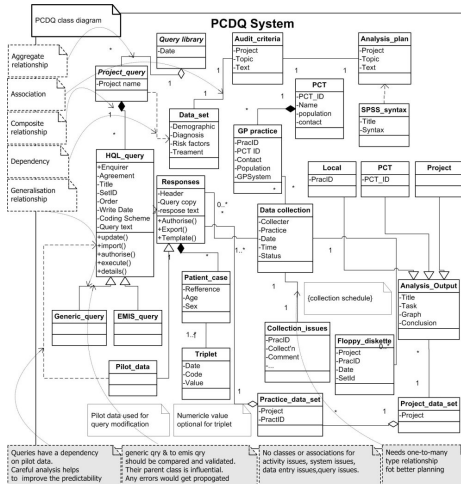
Technische Netze – Internet USA



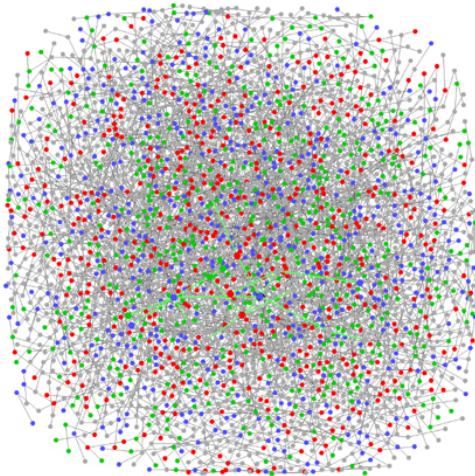
Technische Netze – Webtrends



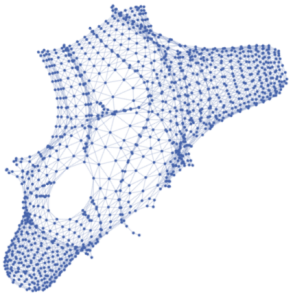
Technische Netze – UML Diagramme



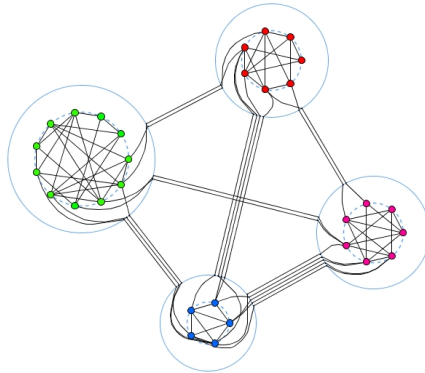
Allgemeine Graphen – große Graphen



Allgemeine Graphen – große Graphen



Allgemeine Graphen – Mikro-Makro Layout



Alternative Darstellungen – Inklusionsdiagramm

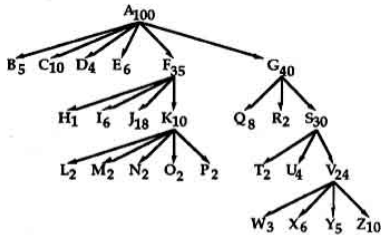


Figure 1: Traditional Tree Diagram Representation.

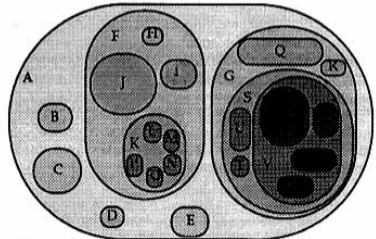
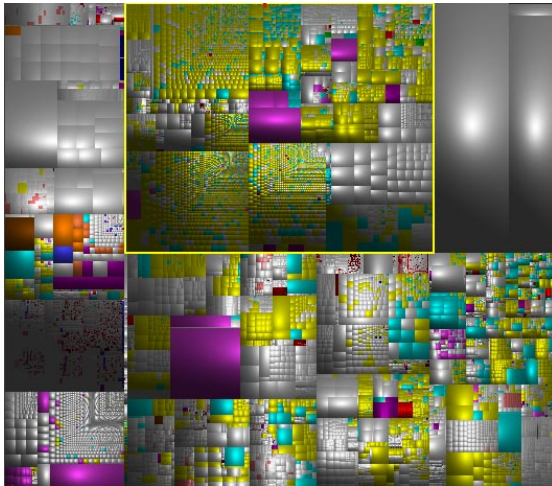
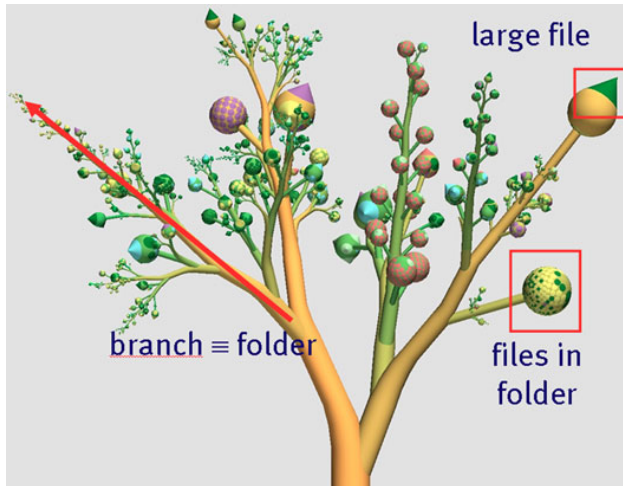


Figure 2: Venn Diagram Representation.
Node size is proportional to weight.

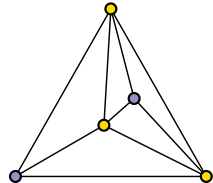
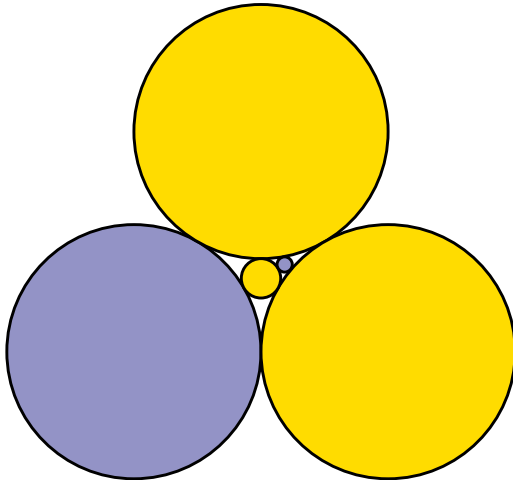
Alternative Darstellungen – Inklusionsdiagramm



Alternative Darstellungen – Baum 3D



Alternative Darstellungen – Berührgraph



Tools

Graph-Bibliotheken

- » JUNG jung.sourceforge.net (Java)
- » OGDF www.ogdf.net (C++)

Visualisierungs-Tools

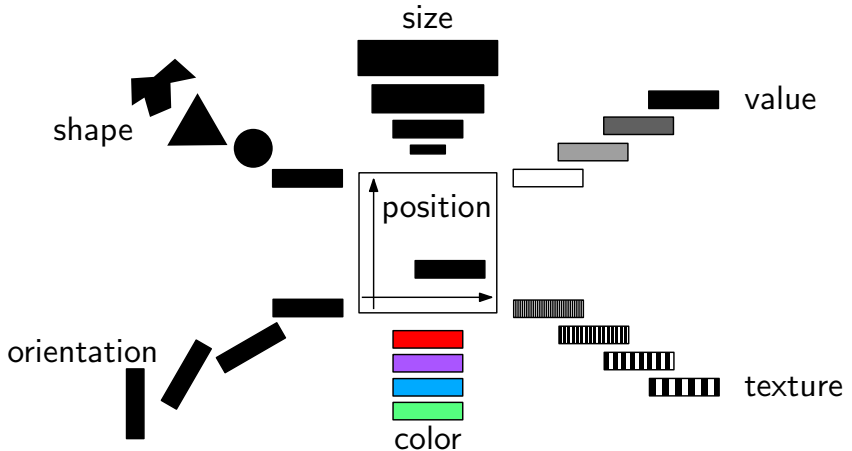
- » visone visone.info
- » graphviz www.graphviz.org
- » yEd www.yworks.com

Nützlich

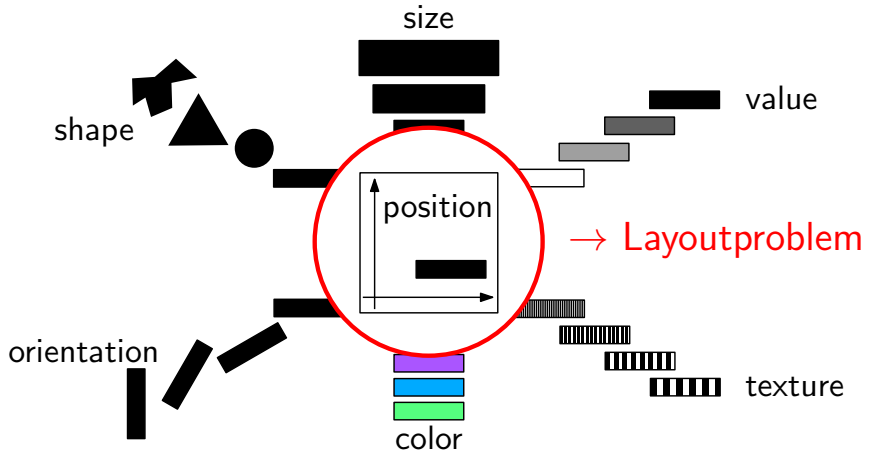
- » cairo cairographics.org

Grundlegende Definitionen

Visuelle Variablen nach Bertin (1967)



Visuelle Variablen nach Bertin (1967)



Definition Layoutproblem

Beschränkung auf sog. Punkt-Linien-Diagramme
(*Standardrepräsentation*)

Problem: Graphlayout

geg: Graph $G = (V, E)$

ges: *schöne* Zeichnung $\Gamma : V \cup E \rightarrow \mathbb{R}^2$

» Knoten $v \mapsto$ Punkt $\Gamma(v)$

» Kante $uv \mapsto$ einfache, offene Kurve $\Gamma(uv)$ mit Endpunkten $\Gamma(u)$ und $\Gamma(v)$

Definition Layoutproblem

Beschränkung auf sog. Punkt-Linien-Diagramme
(*Standardrepräsentation*)

Problem: Graphlayout

geg: Graph $G = (V, E)$

ges: *schöne* Zeichnung $\Gamma : V \cup E \rightarrow \mathbb{R}^2$

» Knoten $v \mapsto$ Punkt $\Gamma(v)$

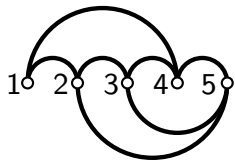
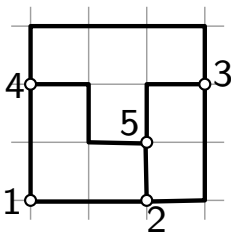
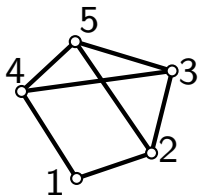
» Kante $uv \mapsto$ einfache, offene Kurve $\Gamma(uv)$ mit Endpunkten $\Gamma(u)$ und $\Gamma(v)$

Aber was ist eine *schöne* Zeichnung?

Anforderungen an ein Graphlayout

1) Zeichenkonventionen, erforderliche Eigenschaften, z.B.

- geradlinige Kanten mit $\Gamma(uv) = \overline{\Gamma(u)\Gamma(v)}$
- orthogonale Kanten (i.A. mit Knicken)
- Gitterzeichnungen
- kreuzungsfrei



Anforderungen an ein Graphlayout

- 1) Zeichenkonventionen, erforderliche Eigenschaften
 - 2) Ästhetikkriterien (zu optimieren), z.B.
 - » Kreuzungsminimierung
 - » Knickminimierung
 - » gleichmäßige Kantenlängen
 - » minimale Gesamtlänge/Fläche
 - » Winkelauflösung
 - » Symmetrie / Struktur
- führen häufig zu NP-schweren Optimierungsproblemen!
- oft mehrere konkurrierende Kriterien

Anforderungen an ein Graphlayout

- 1) Zeichenkonventionen, erforderliche Eigenschaften
- 2) Ästhetikkriterien (zu optimieren)
- 3) Lokale Nebenbedingungen, z.B.
 - Positionseinschränkungen für Nachbarknoten
 - Einschränkungen für Gruppen von Knoten/Kanten

Layoutproblem zweiter Versuch

Problem: Graphlayout

geg: Graph $G = (V, E)$

ges: Zeichnung $\Gamma : V \cup E \rightarrow \mathbb{R}^2$, die

- » die Zeichenkonventionen erfüllt
- » die Ästhetikkriterien optimiert
- » ggf. weitere Nebenbedingungen erfüllt

» führt zu algorithmisch interessanten Fragestellungen

» nachgelagertes Renderingproblem bleibt außen vor