

# Algorithmen zur Visualisierung von Graphen

## Einführung

INSTITUT FÜR THEORETISCHE INFORMATIK · FAKULTÄT FÜR INFORMATIK

Tamara Mchedlidze · **Martin Nöllenburg**  
22.10.2013



## Dozenten



- Tamara Mchedlidze
- `mched@iti.uka.de`
- Raum 307
- Sprechzeiten: nach Vereinbarung



- Martin Nöllenburg
- `noellenburg@kit.edu`
- Raum 319
- Sprechzeiten: nach Vereinbarung

## Dozenten



- Tamara Mchedlidze
- `mched@iti.uka.de`
- Raum 307
- Sprechzeiten: nach Vereinbarung



- Martin Nöllenburg
- `noellenburg@kit.edu`
- Raum 319
- Sprechzeiten: nach Vereinbarung

## Termine

- Vorlesung: Di 9:45 – 11:15 Uhr, Raum 301
- Übung: Mi 14:00 – 15:30 Uhr, Raum 236 (ab 6.11.)

## Webseite

`i11www.iti.kit.edu/teaching/winter2013/graphdrawing/`

- aktuelle Informationen
- Vorlesungsfolien
- Übungsblätter
- Literatur & Zusatzmaterial
- Skript

## Webseite

`i11www.iti.kit.edu/teaching/winter2013/graphdrawing/`


- aktuelle Informationen
- Vorlesungsfolien
- Übungsblätter
- Literatur & Zusatzmaterial
- Skript

## Graphenvisualisierung im Master-Studium

Bachelor

Master

Algorithmen 1 & 2  
Theoretische Grundlagen  
Algorithmen für planare Graphen



Algorithmen zur  
Visualisierung von  
Graphen

⋮

VF Algorithmentechnik,  
Theoretische Grundlagen

**Lernziele:** Am Ende der Vorlesung können Sie

- Begriffe, Strukturen und Problemdefinitionen erklären
- behandelte Algorithmen ausführen, erklären und analysieren
- geeignete Algorithmen und Datenstrukturen auswählen und anpassen
- neue Graphenvisualisierungsprobleme analysieren und eigene effiziente Lösungen entwerfen

# Algorithmen zur Visualisierung von Graphen

**Lernziele:** Am Ende der Vorlesung können Sie

- Begriffe, Strukturen und Problemdefinitionen erklären
- behandelte Algorithmen ausführen, erklären und analysieren
- geeignete Algorithmen und Datenstrukturen auswählen und anpassen
- neue Graphenvisualisierungsprobleme analysieren und eigene effiziente Lösungen entwerfen

**Vorkenntnisse:** Algorithmen 1 & 2, Theoretische Grundlagen

**hilfreich:** Algorithmen für planare Graphen

**Lernziele:** Am Ende der Vorlesung können Sie

- Begriffe, Strukturen und Problemdefinitionen erklären
- behandelte Algorithmen ausführen, erklären und analysieren
- geeignete Algorithmen und Datenstrukturen auswählen und anpassen
- neue Graphenvisualisierungsprobleme analysieren und eigene effiziente Lösungen entwerfen

**Vorkenntnisse:** Algorithmen 1 & 2, Theoretische Grundlagen

**hilfreich:** Algorithmen für planare Graphen

**Anforderungen/Zeitbedarf:** 5LP = 150h

- Besuch von Vorlesung und Übung ca. 35h
- Vor-/Nachbereitung ca. 25h
- Bearbeiten der Übungsblätter ca. 20h
- Projektarbeit ca. 40h
- Prüfungsvorbereitung ca. 30h



## Master Informatik

- Algorithm Engineering und Anwendungen (IN4INAEA)
- Design und Analyse von Algorithmen (IN4INDAA)
- Netzwerkalgorithmen (IN4INNWA)
- Algorithmen zur Visualisierung von Graphen (IN4INALGVG)

## Master Informatik

- Algorithm Engineering und Anwendungen (IN4INAEA)
- Design und Analyse von Algorithmen (IN4INDAA)
- Netzwerkalgorithmen (IN4INNWA)
- Algorithmen zur Visualisierung von Graphen (IN4INALGVG)

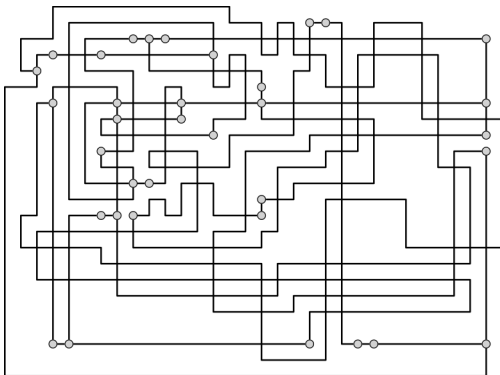
## Prüfungsmodalitäten

- semesterbegleitende Projektarbeit in kleinen Teams und Präsentation der Ergebnisse am Semesterende  
→ 20% der Note
- mündliche Einzelprüfung (ca. 20 Minuten)  
→ 80% der Note

# Projektarbeit: Graph Drawing Challenge

- Start voraussichtlich im Dezember
- Bearbeitung in kleinen Teams (3–5 Personen)
- angelehnt an die aktuelle Aufgabe der jährlichen Graph Drawing Challenge

*Flächenminimierung auf orthogonalem Gitter (Kreuzungen und Knicke erlaubt)*



Fläche  $24 \times 32$



21st International Symposium on  
**Graph Drawing**  
23–25 September 2013  
Bordeaux France

gd13

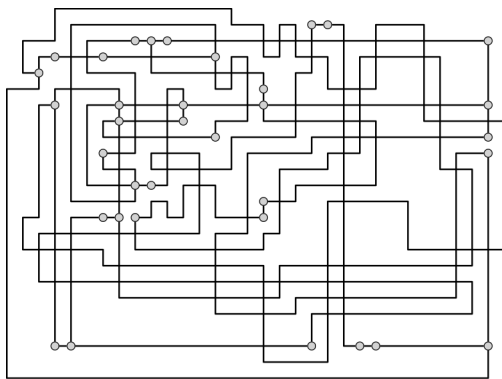
Program Committee  
Invited Speakers  
Important Dates  
Committee  
Organizing Committee

The poster features a large, intricate graph drawing in the center, with nodes of various sizes and colors (purple, orange, blue) and edges of varying thicknesses. The text is arranged in columns around the graph, providing details about the symposium's organization and schedule.

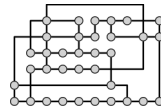
# Projektarbeit: Graph Drawing Challenge

- Start voraussichtlich im Dezember
- Bearbeitung in kleinen Teams (3–5 Personen)
- angelehnt an die aktuelle Aufgabe der jährlichen Graph Drawing Challenge

*Flächenminimierung auf orthogonalem Gitter (Kreuzungen und Knicke erlaubt)*



Fläche  $24 \times 32$



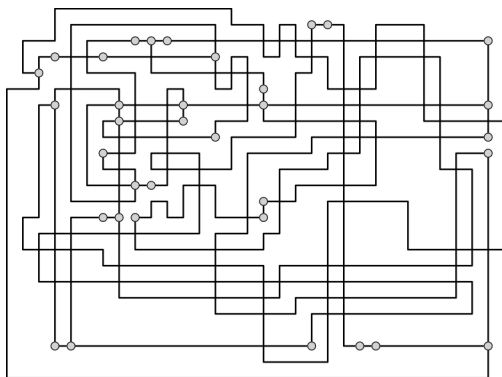
Fläche  $10 \times 7$



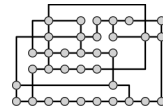
# Projektarbeit: Graph Drawing Challenge

- Start voraussichtlich im Dezember
- Bearbeitung in kleinen Teams (3–5 Personen)
- angelehnt an die aktuelle Aufgabe der jährlichen Graph Drawing Challenge

*Flächenminimierung auf orthogonalem Gitter (Kreuzungen und Knicke erlaubt)*



Fläche  $24 \times 32$



Fläche  $10 \times 7$

- Ziel:**
- Entwicklung von automatischen Verfahren zur Flächenminimierung
  - interner Wettbewerb
  - Teilnahme am GD Contest 2014?



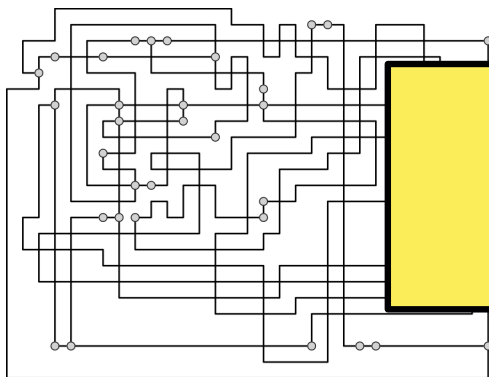
# Projektarbeit: Graph Drawing Challenge

- Start voraussichtlich im Dezember
- Bearbeitung in kleinen Teams (3–5 Personen)
- angelehnt an die aktuelle Aufgabe der jährlichen Graph Drawing Challenge

*Flächenminimierung auf orthogonalem Gitter (Kreuzungen und Knicke erlaubt)*

21st International Symposium on  
**Graph Drawing**  
23–25 September 2013  
Bordeaux France

gd  
13



Fläche  $24 \times 32$

Nähere Infos folgen!

- Ziel:**
- Entwicklung von automatischen Verfahren zur Flächenminimierung
  - interner Wettbewerb
  - Teilnahme am GD Contest 2014?



**Program Committee**  
Chair: David Ruedinger  
Members: ...

**Invited Speakers**  
Chair: ...  
Members: ...

**Important Dates**  
Paper submission: ...  
Final program: ...

**Committee**  
Chair: ...  
Members: ...

**Organizing Committee**  
Chair: ...  
Members: ...



## Medien:

- Folien & Tafel
- Übungsblätter zur Vertiefung und Anwendung
- (vorläufiges) Skript
- Literatur

## Medien:

- Folien & Tafel
- Übungsblätter zur Vertiefung und Anwendung
- (vorläufiges) Skript
- Literatur

## Inhalte:

- Reduzierung der Visualisierung auf **algorithmischen Kern**
- Modellierung, Algorithmen, formale Analyse
  - Divide & Conquer / Rekursion
  - kombinatorische Optimierung (Flüsse, ILP, ...)
  - kräftebasierte Verfahren
  - inkrementelle Algorithmen
  - Algorithmen für spezielle Graphenklassen



## Basiswissen Graphentheorie:

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

## Basiswissen Graphentheorie:

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

## Basiswissen Algorithmik:

- asymptotische Laufzeit,  $O$ -Kalkül
- Komplexität, NP-Vollständigkeit
- Netzwerkflüsse
- Lineare Programmierung
- Rekursion
- Divide & Conquer
- Approximation
- ...

## Basiswissen Graphentheorie:

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

## Basiswissen Algorithmik:

- asymptotische Laufzeit,  $O$ -Kalkül
- Komplexität, NP-Vollständigkeit
- Netzwerkflüsse
- Lineare Programmierung
- Rekursion
- Divide & Conquer
- Approximation
- ...

**generell gilt:**  
bei Unklarheiten nachfragen

# Einführung Graphenvisualisierung

Was ist ein Graph?

## Was ist ein Graph?

Tupel  $G = (V, E)$

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

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

Was ist ein Graph?

Tupel  $G = (V, E)$

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

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

Darstellungsformen?

## Was ist ein Graph?

Tupel  $G = (V, E)$

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

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

## Darstellungsformen?

**Mengenschreibweise**

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



## 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
```

## 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

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

## Was ist ein Graph?

Tupel  $G = (V, E)$

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

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

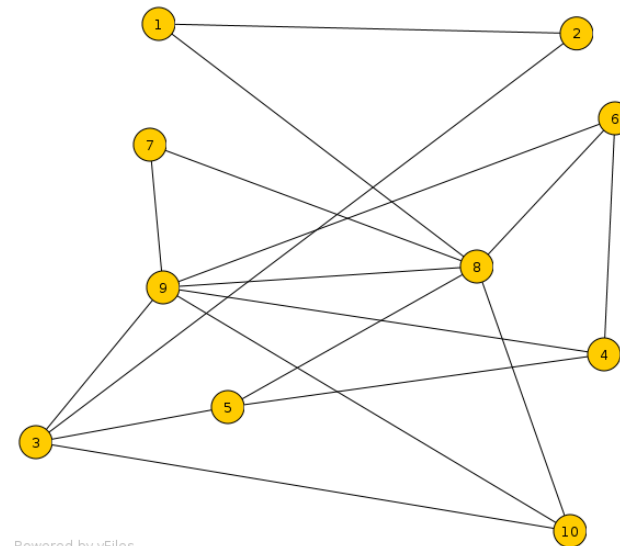
## Darstellungsformen?

Mengenschreibweise

Adjazenzliste

Adjazenzmatrix

**Zeichnung**



Powered by yFiles

## Was ist ein Graph?

Tupel  $G = (V, E)$

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

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

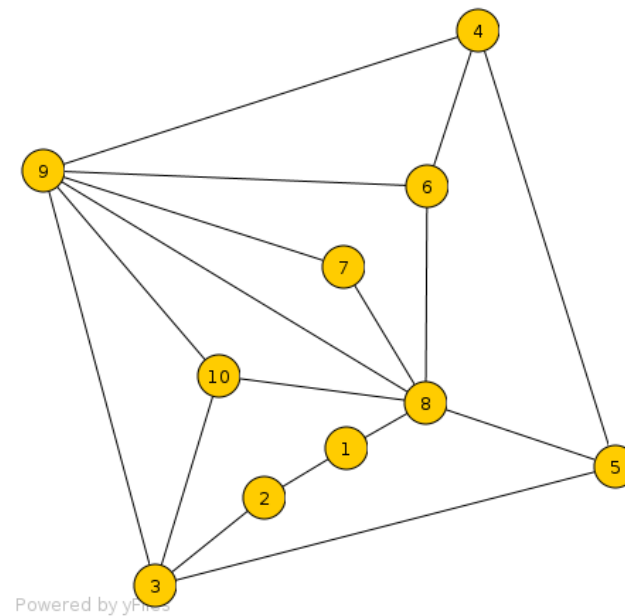
## Darstellungsformen?

Mengenschreibweise

Adjazenzliste

Adjazenzmatrix

**Zeichnung**

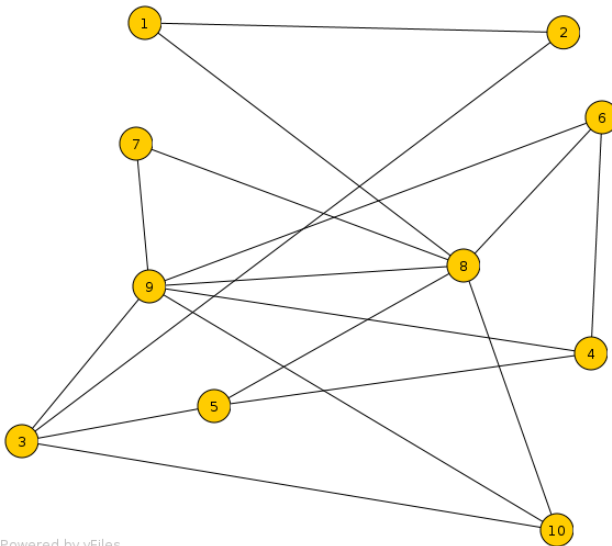


# Graphen und ihre Darstellung

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

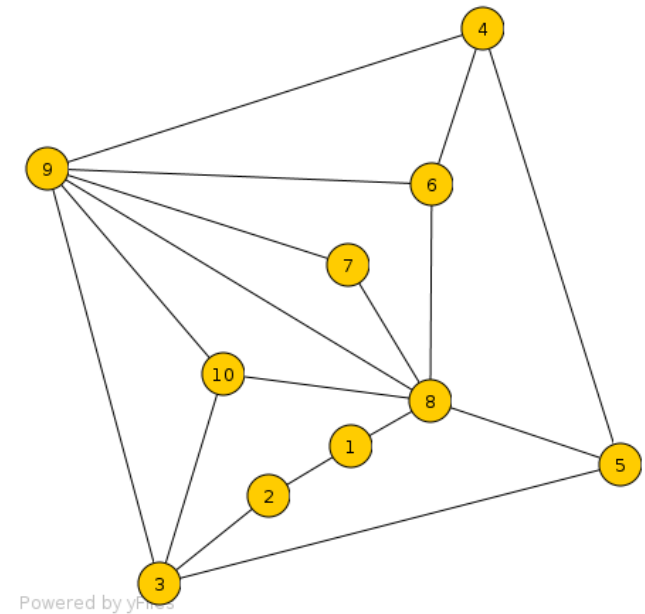
$$E = \{\{v_1, v_2\}, \{v_1, v_8\}, \{v_2, v_3\}, \{v_3, v_5\}, \{v_3, v_9\}, \{v_3, v_{10}\}, \{v_4, v_5\}, \{v_4, v_6\}, \{v_4, v_9\}, \{v_5, v_8\}, \{v_6, v_8\}, \{v_6, v_9\}, \{v_7, v_8\}, \{v_7, v_9\}, \{v_8, v_{10}\}, \{v_9, v_{10}\}\}$$

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



Powered by yFiles

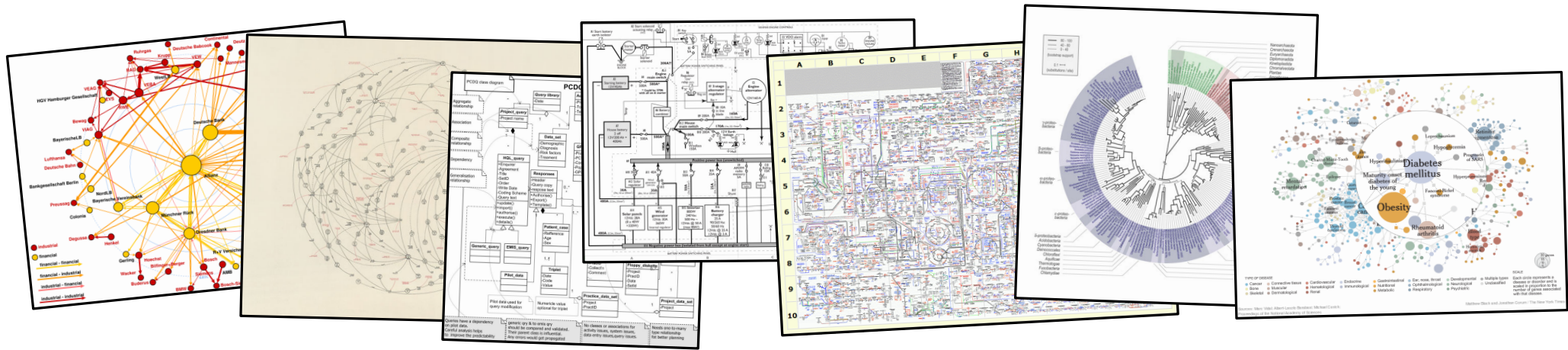
$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0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



Powered by yFiles

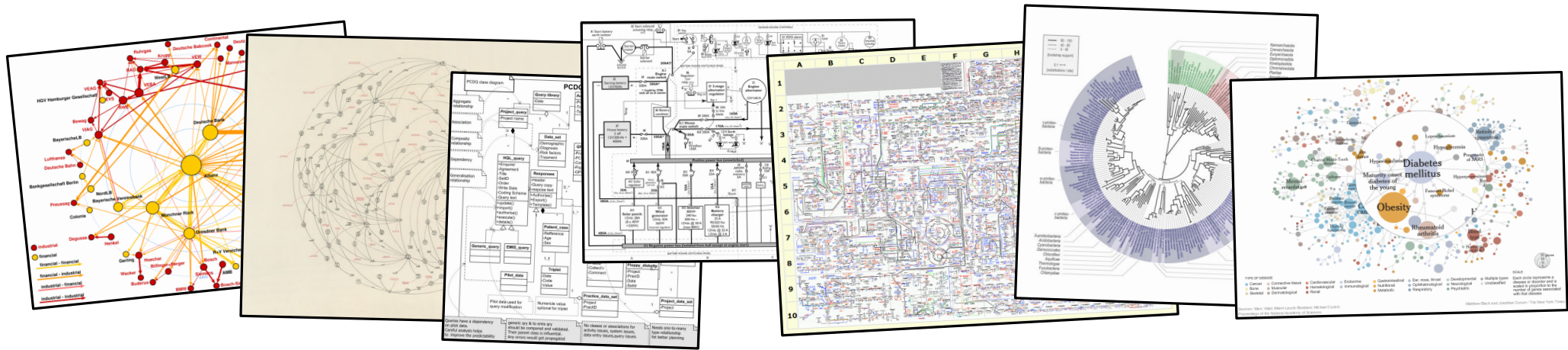
# Wozu Graphen zeichnen?

Graphen sind mathematische Modelle realer physischer und abstrakter Netzwerke (soziale Netze, metabolische Netze, VLSI-Layout, UML Diagramme, Infrastrukturnetze, ...)



# Wozu Graphen zeichnen?

Graphen sind mathematische Modelle realer physischer und abstrakter Netzwerke (soziale Netze, metabolische Netze, VLSI-Layout, UML Diagramme, Infrastrukturnetze, ...)



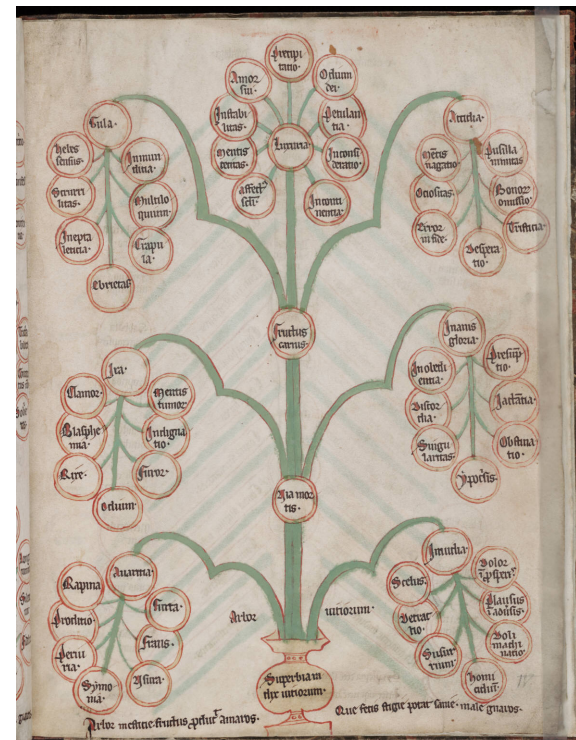
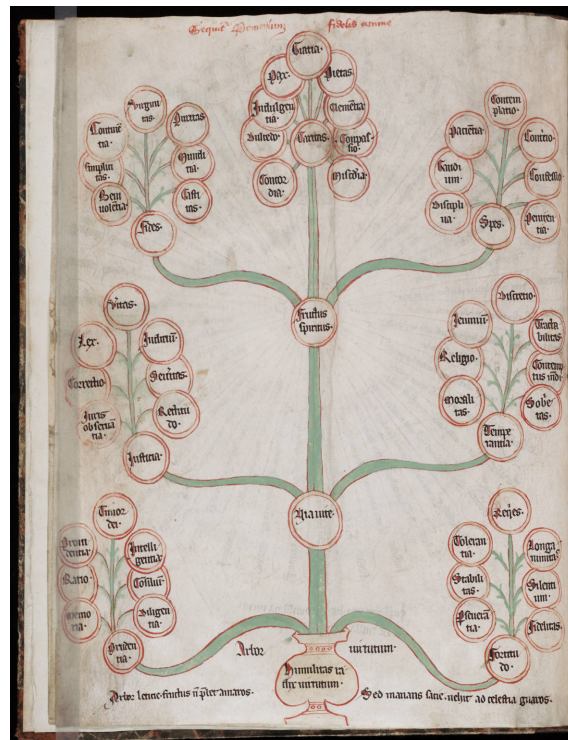
- **Menschen denken visuell** – ohne gute Visualisierung sind komplexe Graphen für uns unverständlich
- Visualisierungen helfen bei der **Kommunikation** und der **Exploration** von Graphen/Netzwerken
- wir brauchen **Algorithmen** zum Zeichnen von Graphen um Netzwerke dem Menschen zugänglich zu machen

# Beispiele

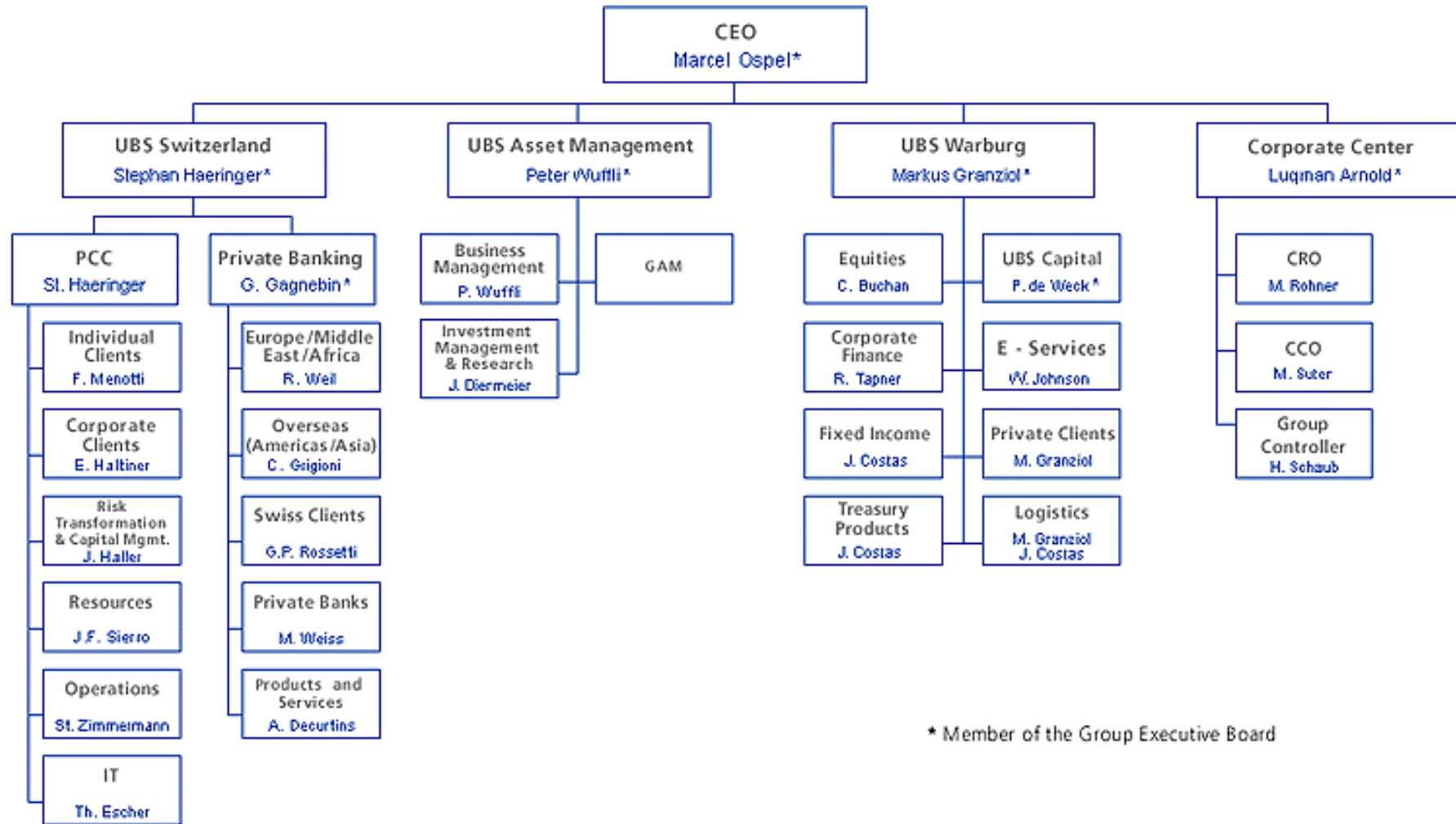
eine kleine Diaschau



# Tugenden und Sünden – Mittelalter

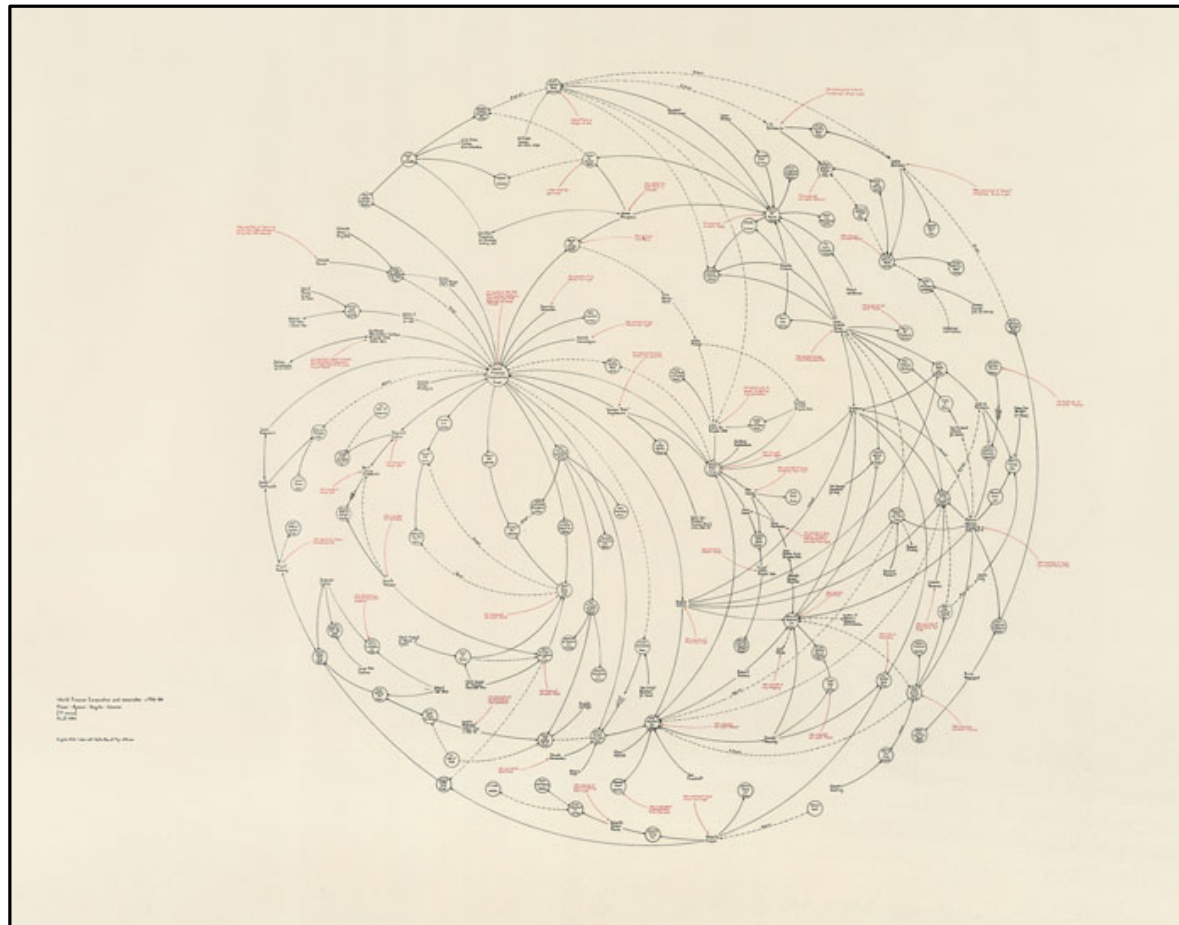


# Soziale Netze – Organigramm UBS



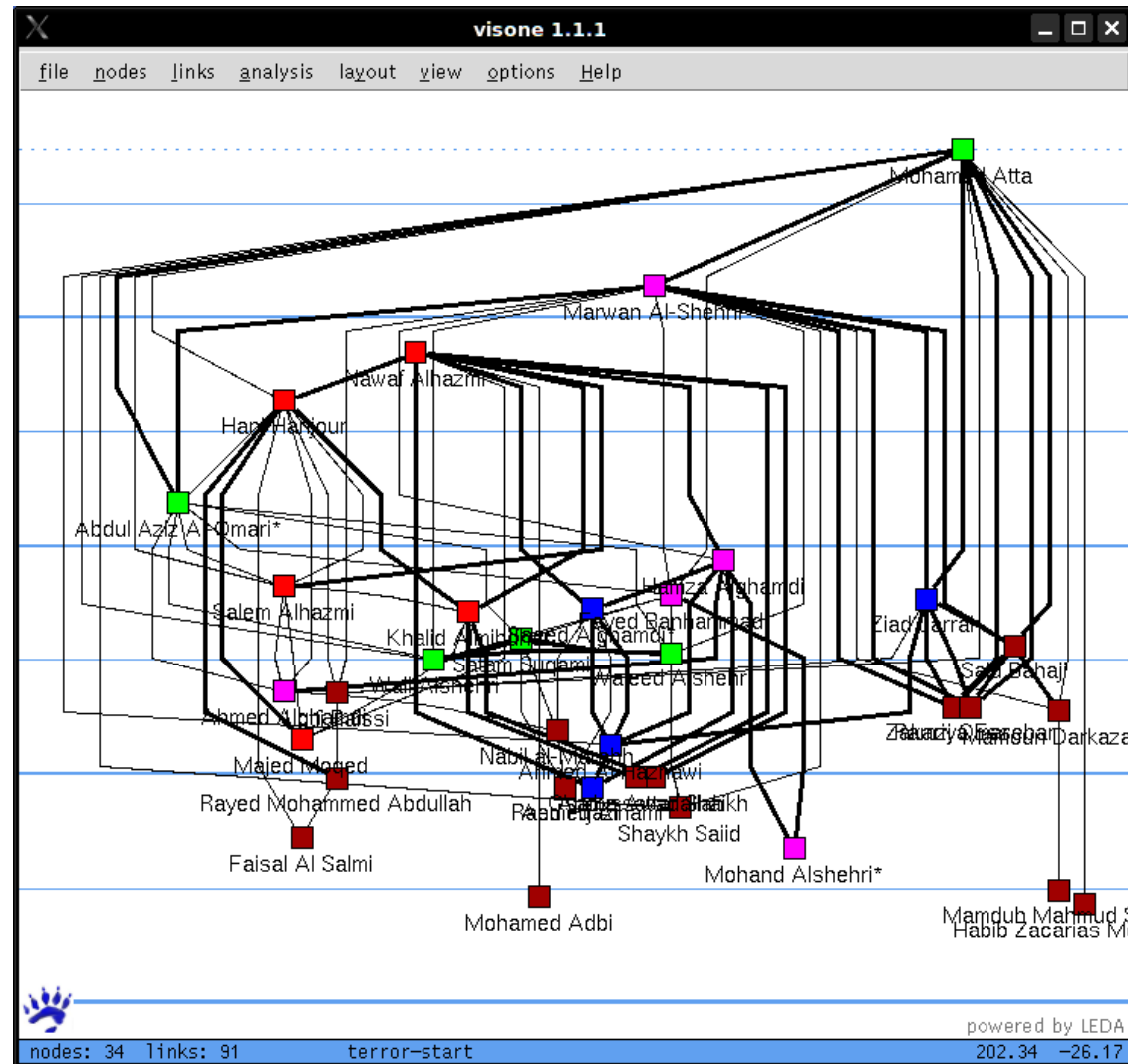
\* Member of the Group Executive Board

# Soziale Netze – Welt-Finanzsystem

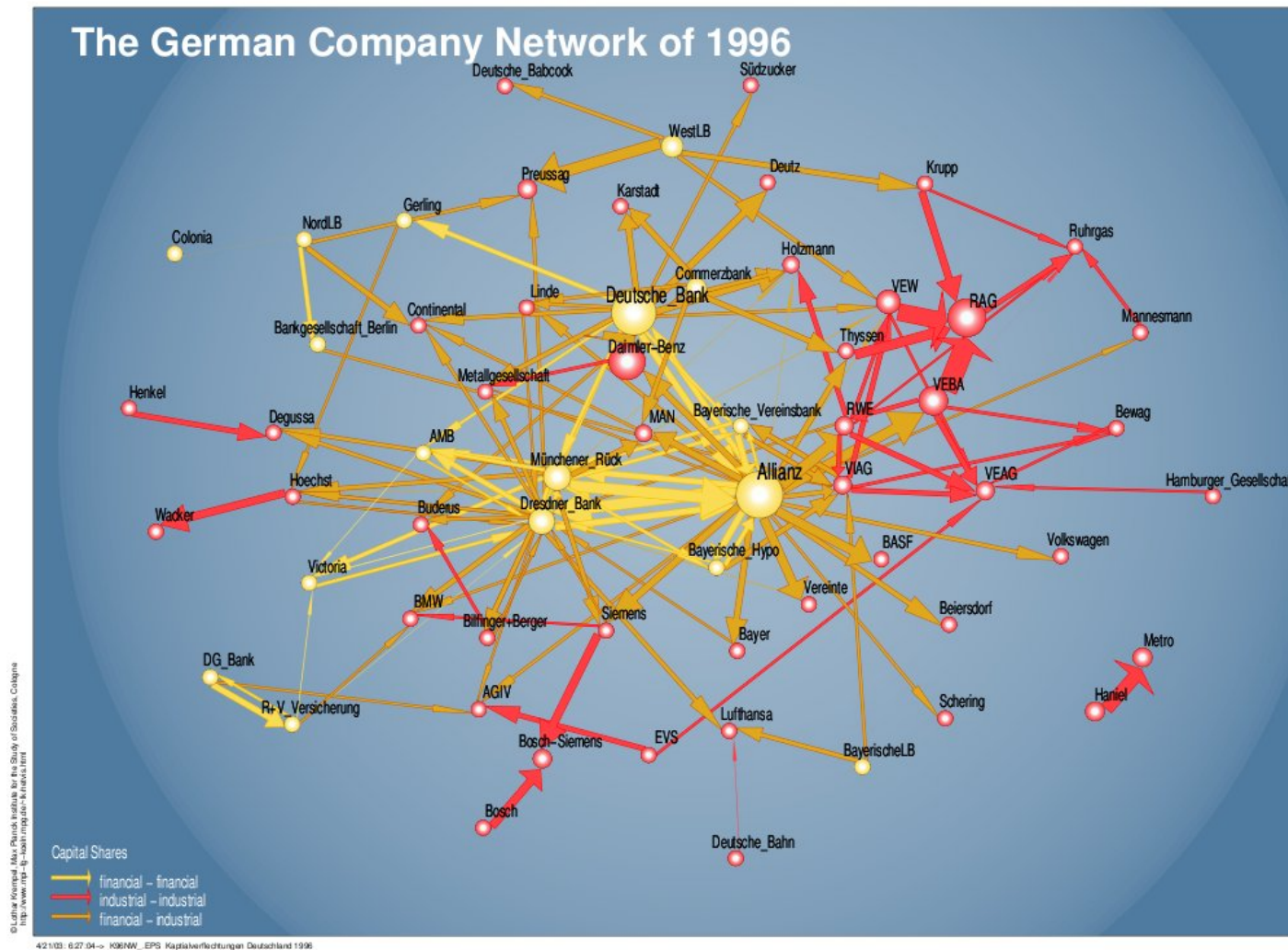


World Finance Corporation  
© Mark Lombardi

# Soziale Netze – Terrorzelle



# Soziale Netze – Firmenbeteiligungen



# Soziale Netze – Staatsfonds

## FOLLOW THE MONEY

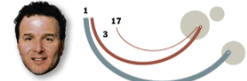
### The New Global Wealth Machine

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 acquirers have been sidelined by the credit crisis. These funds are state-sponsored investment vehicles and have combined assets of \$2 trillion. With that much dry powder, sovereign funds dwarf the formerly booming private 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 deputy chairman, Tony Tan, a major center of gravity. Wall Street veterans always follow the money, so many of the big-name advisers in New York and London have found themselves traveling the globe playing international matchmaker to these funds. But sovereign funds have also learned the downside of deal-making: some of their blockbuster transactions have been big money losers so far. The question is where all that money will go next. **ANDREW ROSS SORKIN**

#### The Advisers

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

**CITIGROUP** DEALS THIS ADVISER WAS INVOLVED IN



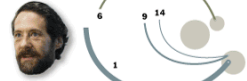
**Michael Klein, Chairman, institutional clients group**  
One of the firm's highest-profile investment bankers, he advised Cayle in its stake sale to Mahadala, as well as Citigroup in both of its deals with sovereign wealth funds.

**GOLDMAN SACHS GROUP**



**Richard Ong, Former managing director**  
Mr. Ong left Goldman early this year after the Chinese government refused to allow the firm to promote him to run its Beijing office. Mr. Ong's brother, Charles, was the chief investment officer of Temasek Holdings until 2006.

**LAZARD**



**Gary Parr, Deputy chairman**  
In addition to becoming the key adviser on many of the biggest sovereign wealth deals, Mr. Parr helped advise Bear Stearns on its distressed sale to JP Morgan Chase.

**MORGAN STANLEY**



**Kate Richdale, Managing director**  
The head of Morgan Stanley's Asian general industries group, based in Hong Kong. She previously held a senior position in the investment bank's Southeast Asia group.

#### The Targets

**UNITED STATES**  
**MORGAN STANLEY**  
John J. Mack, Chairman and C.E.O.

**BLACKSTONE GROUP**  
Stephen A. Schwarzman, Chairman and co-founder

**CITIGROUP**  
Robert E. Rubin, Chairman

**MERRILL LYNCH**  
John A. Trank, Chairman and C.E.O.

**SARILIS GROUP**  
David Rubenstein, Co-founder and managing director

**BRITAIN**  
**J. SAINSBURY**  
Justin King, Chief executive

**LONDON STOCK EXCHANGE**  
Clara Furse, Chief executive

**BARCLAYS**  
John Varley, Chief executive

**STANDARD CHARTERED BANK**  
Peter Sands, Chief executive

**SWITZERLAND**  
**UBS**  
Marcel Rohrab, Chief executive

**NOTRE DAME S.C.S.**

**NOTRE DAME S.C.S.**

**NOTRE DAME S.C.S.**

**NOTRE DAME S.C.S.**

**NOTRE DAME S.C.S.**

**PARIS SELECTED ADVISERS (U.S.)**

**PARIS SELECTED ADVISERS (U.S.)**

**PARIS SELECTED ADVISERS (U.S.)**

**PARIS SELECTED ADVISERS (U.S.)**

**PARIS SELECTED ADVISERS (U.S.)**

**PARIS SELECTED ADVISERS (U.S.)**

**PARIS SELECTED ADVISERS (U.S.)**

**PARIS SELECTED ADVISERS (U.S.)**

**PARIS SELECTED ADVISERS (U.S.)**

**PARIS SELECTED ADVISERS (U.S.)**

**PARIS SELECTED ADVISERS (U.S.)**

**PARIS SELECTED ADVISERS (U.S.)**

**PARIS SELECTED ADVISERS (U.S.)**

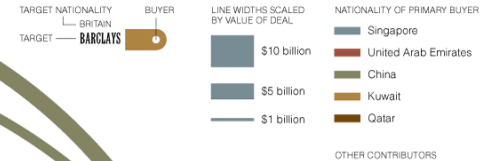
**PARIS SELECTED ADVISERS (U.S.)**

**PARIS SELECTED ADVISERS (U.S.)**

**PARIS SELECTED ADVISERS (U.S.)**

Source: Dealogic, the companies

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



#### The Buyers

**CHINA**  
**CHINA INVESTMENT CORP.**  
Lou Jiwei, Chairman

**CHINA CONSTRUCTION BANK**  
Chang Zhennong, (then president)

**BANK OF CHINA**  
Li Lihu, President and vice chairman

**HONG KONG**  
**HUTCHISON**  
John E. Meredith, Group managing director

**INDIA**  
**BHARTI AIRTEL**  
Sunil Bharti Mittal, Chairman and managing director

**INDONESIA**  
**PT. TELKOM**  
Eric S. Managing director

**THAILAND**  
**SHIN CORP.**  
Boonkiee Plangrui, Director and chairman of the group executive committee

**QATAR**  
**QATAR INVESTMENT AUTHORITY**  
Kenneth Shen, Head of strategic and private equity

**QATAR INVESTMENT AUTHORITY**  
Bader al-Saad, Managing director

**Mahadala Development Co.**  
Khalid bin Khalifa al-Mubarak, C.E.O. and managing director

**Abu Dhabi Investment Authority**  
Sheik Khalifa bin Zayed al-Nahyan, Chairman

**Saudi Arabian Monetary Agency**

**Govt of Singapore Investment Corp.**  
Ho Ching, Executive director and C.E.O.

**Temasek Holdings**  
Ho Ching, Executive director and C.E.O.

**Temasek Holdings**  
Ho Ching, Executive director and C.E.O.

#### The Lawyers

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

**CLIFFORD CHANCE**



**James Baird, Partner and global head of private equity**  
Mr. Baird's firm, based in London, was one of the early firms to make a bet on Asia by staffing up there before some of the traditional white-shoe Wall Street firms ventured there.

**DAVIS POLK & WARDWELL**



**Randall D. Guynn, 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 team that advised Morgan Stanley in its \$5.5 billion stake sale to China's sovereign wealth fund.

**LINKLATERS**



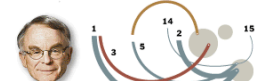
**Richard Good, Partner**  
Based in Singapore, Mr. Good is the firm's man-on-the-ground in Asia. He has worked for Linklaters in Asia since 2000.

**SHEARMAN & STERLING**



**Stephen M. Besen, Partner**  
A longtime hand in the Middle East, Mr. Besen's deep relationships have helped his firm carve out one of the strongest niches in the region.

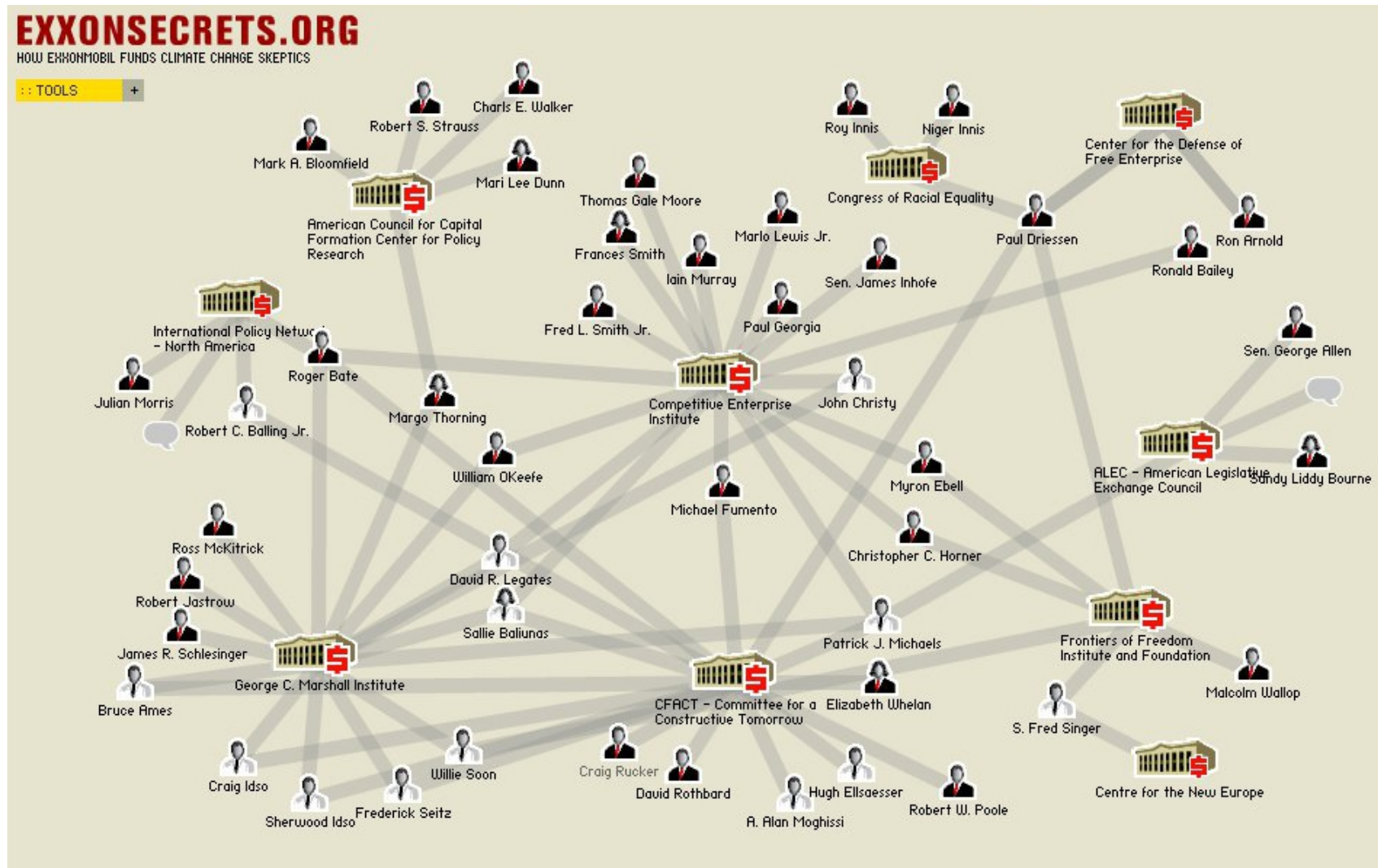
**SULLIVAN & CROMWELL**



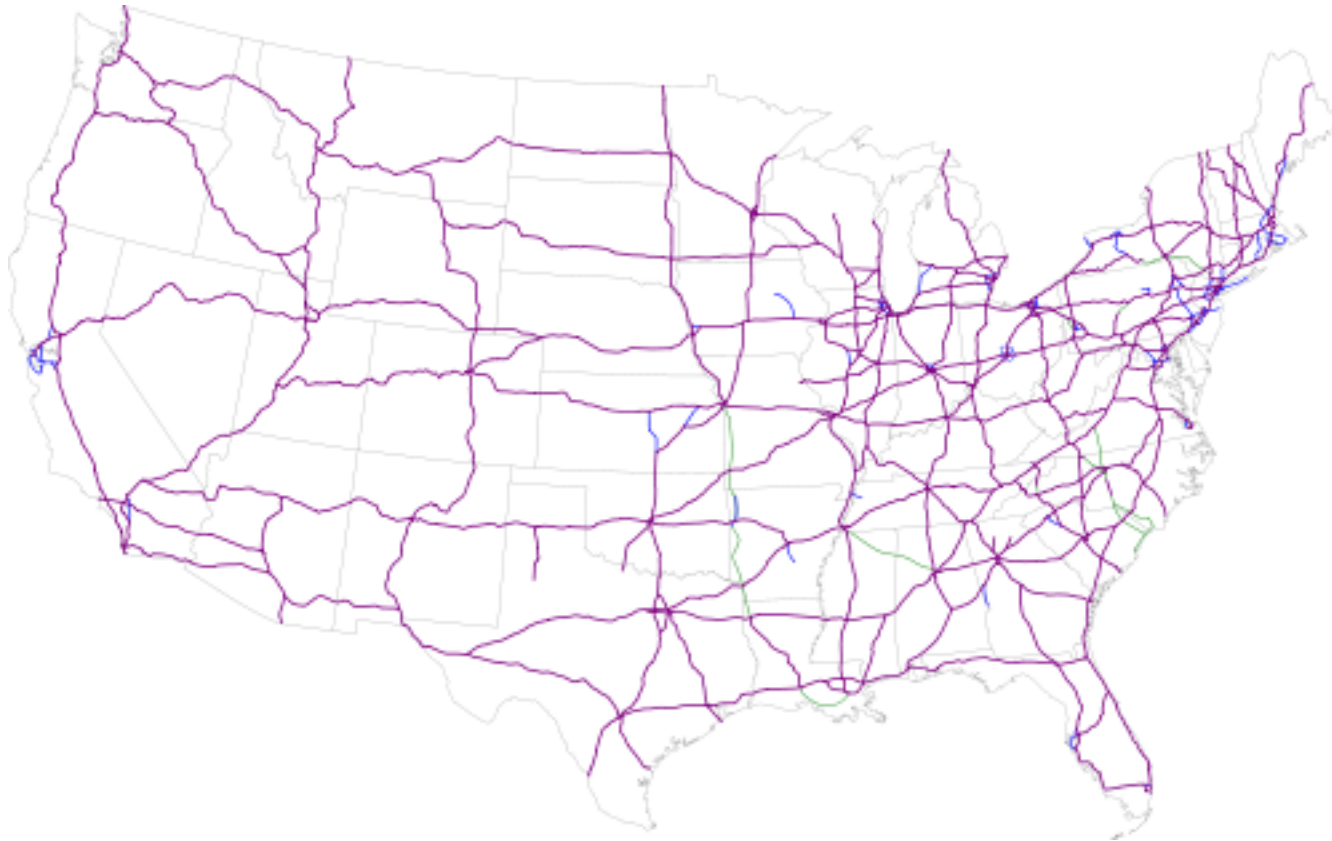
**H. Rodgin Cohen, Chairman**  
The world's go-to lawyer for sovereign wealth investments in financial services firms. He worked on twice as many sovereign wealth related deals than any other individual.

RESEARCH BY MICHAEL DE LA MERCEZ, GRAPHIC BY GILBERT GATES FOR THE NEW YORK TIMES

# Soziale Netze – Exxon Fördergelder

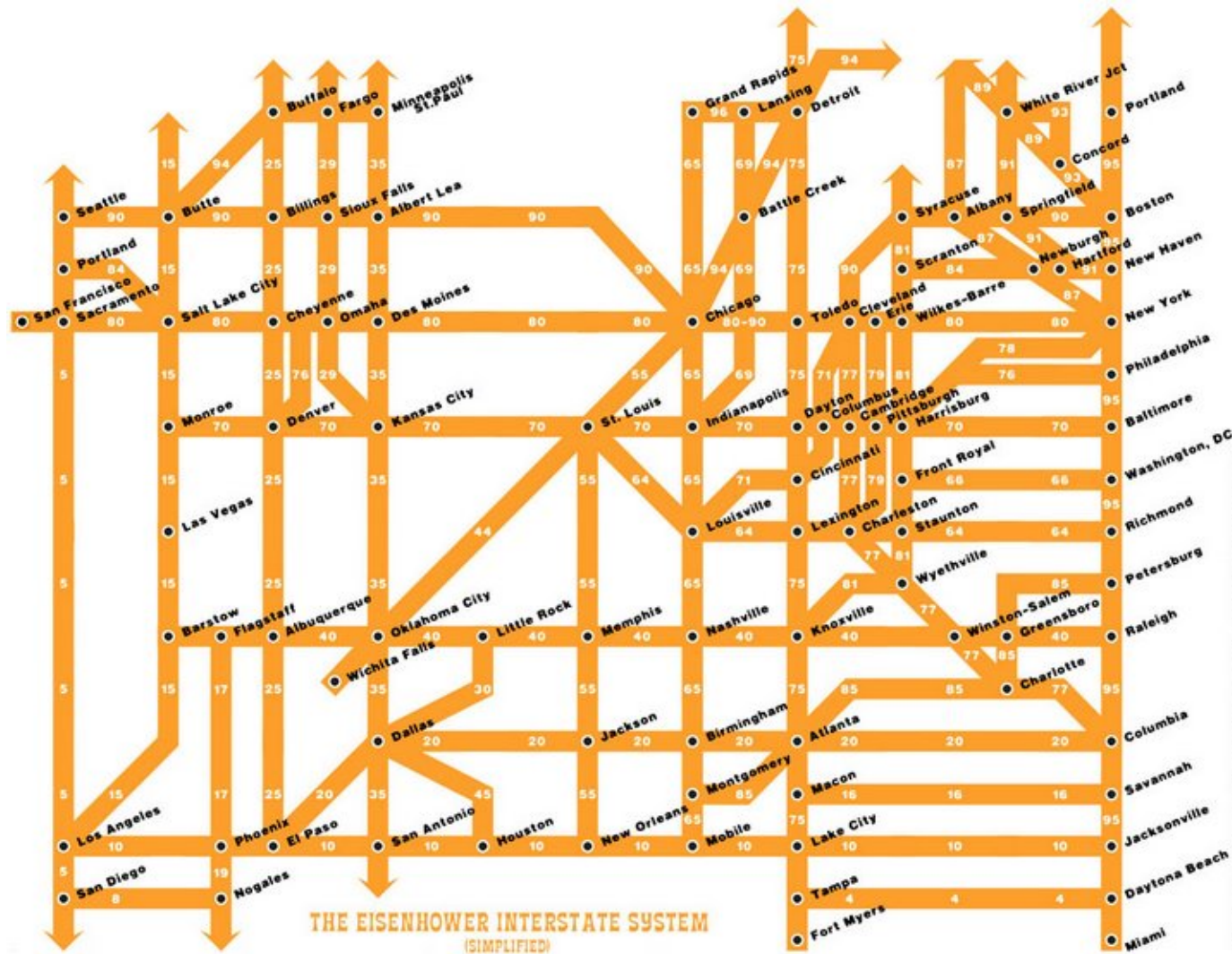


# Verkehrsnetze – Highways USA





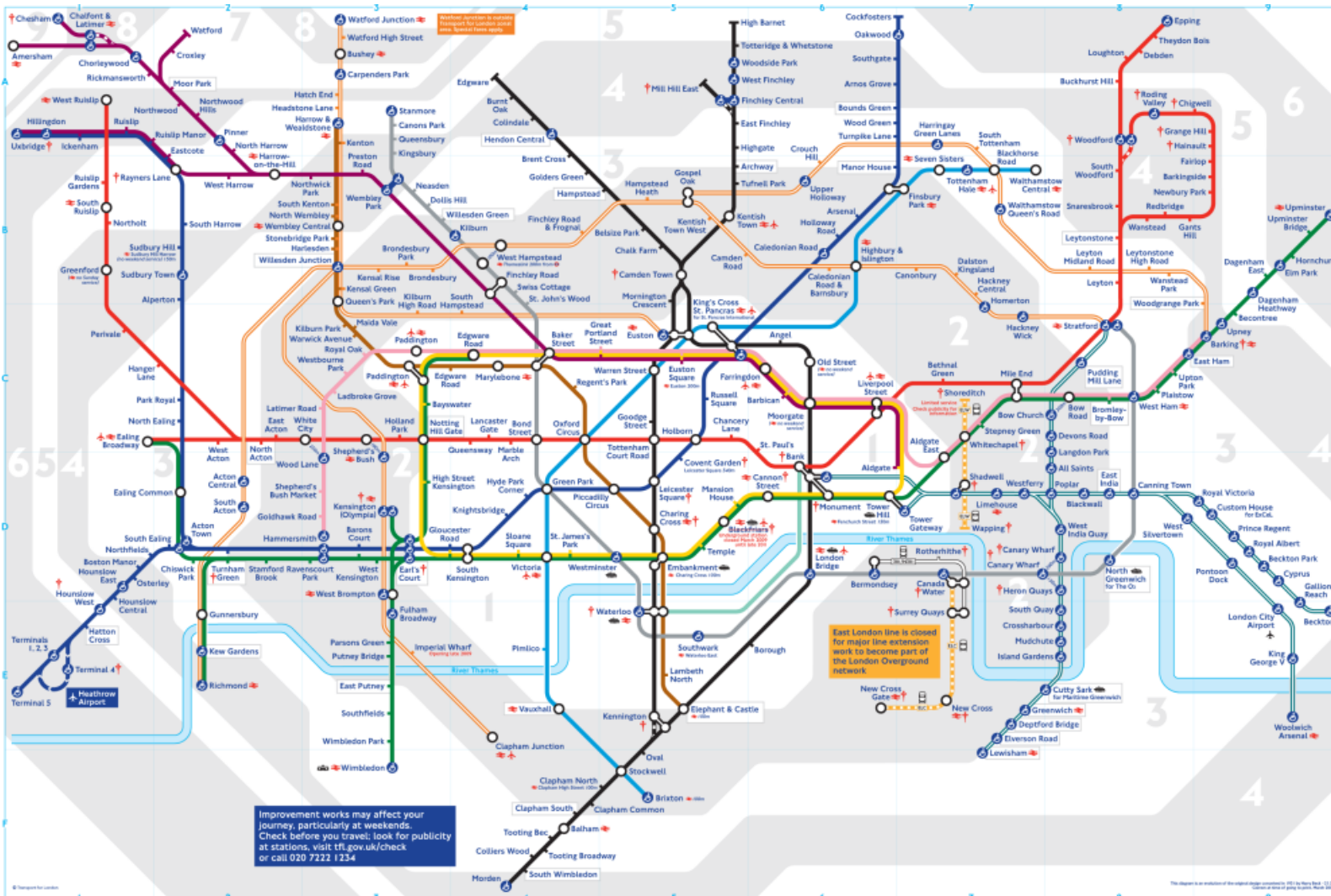
# Verkehrsnetze – Highways USA



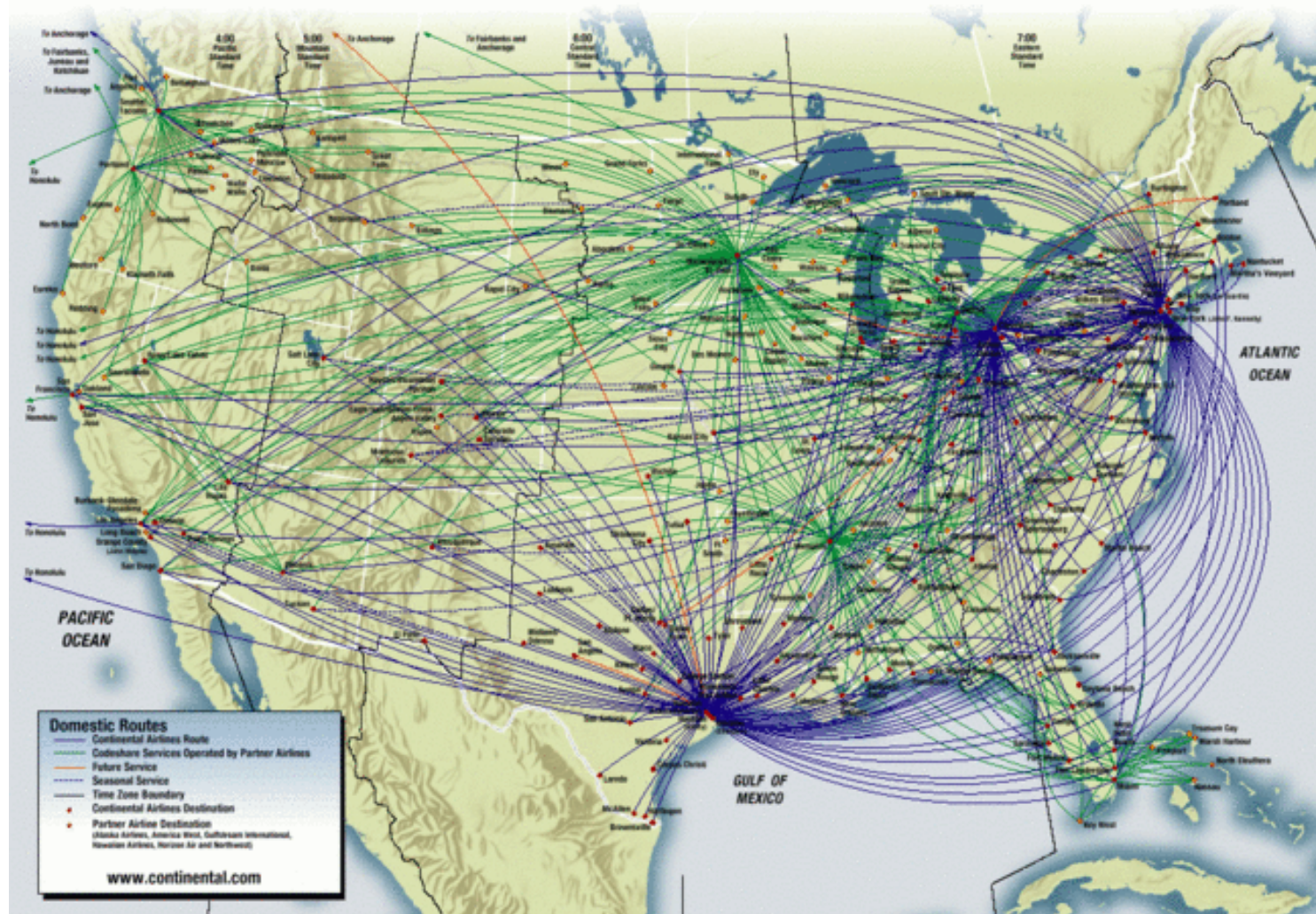
# Verkehrsnetze – U-Bahnen London

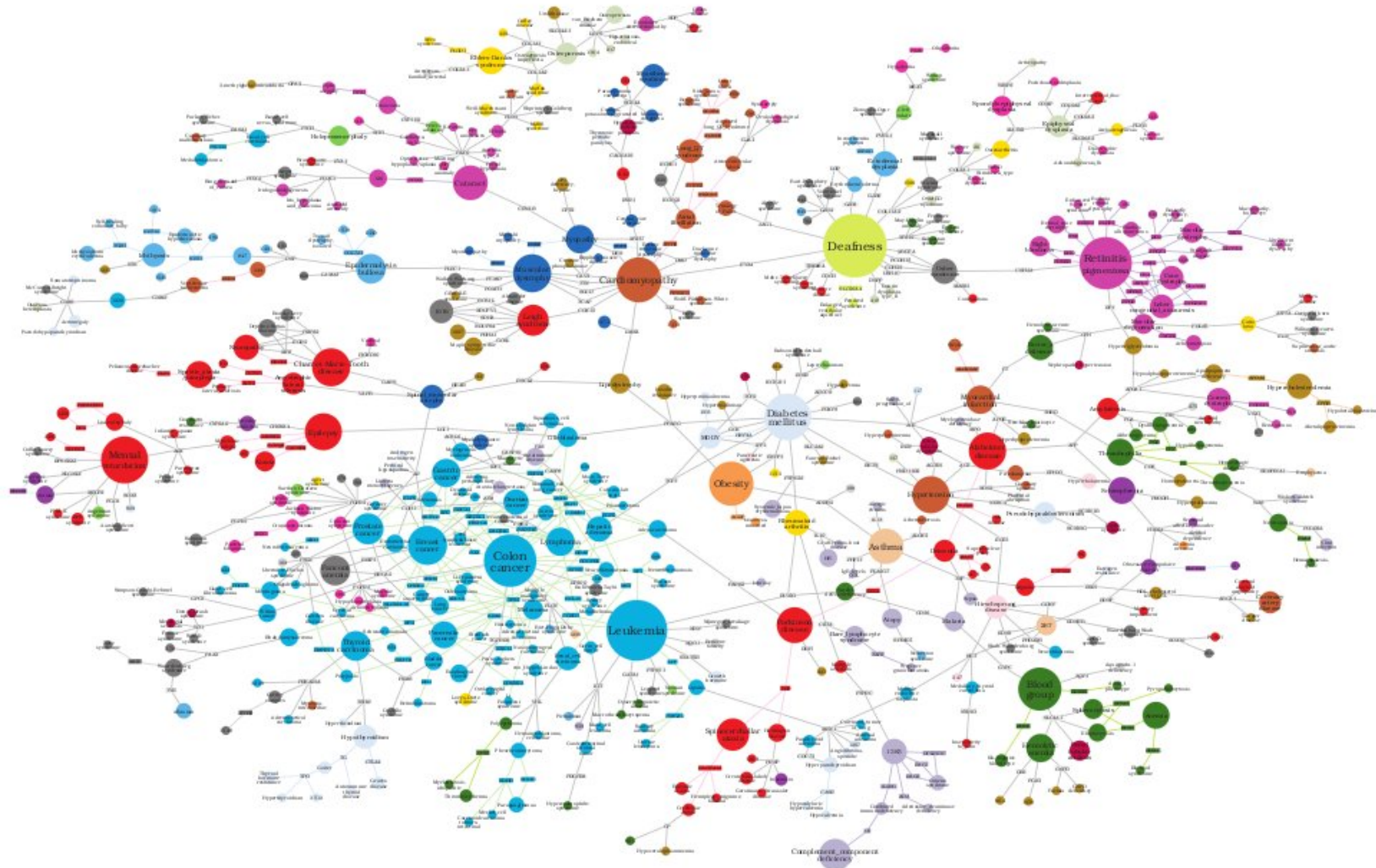


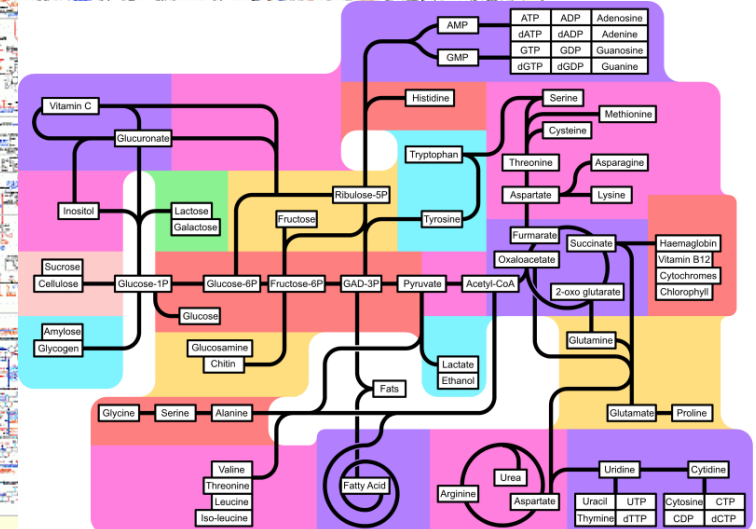
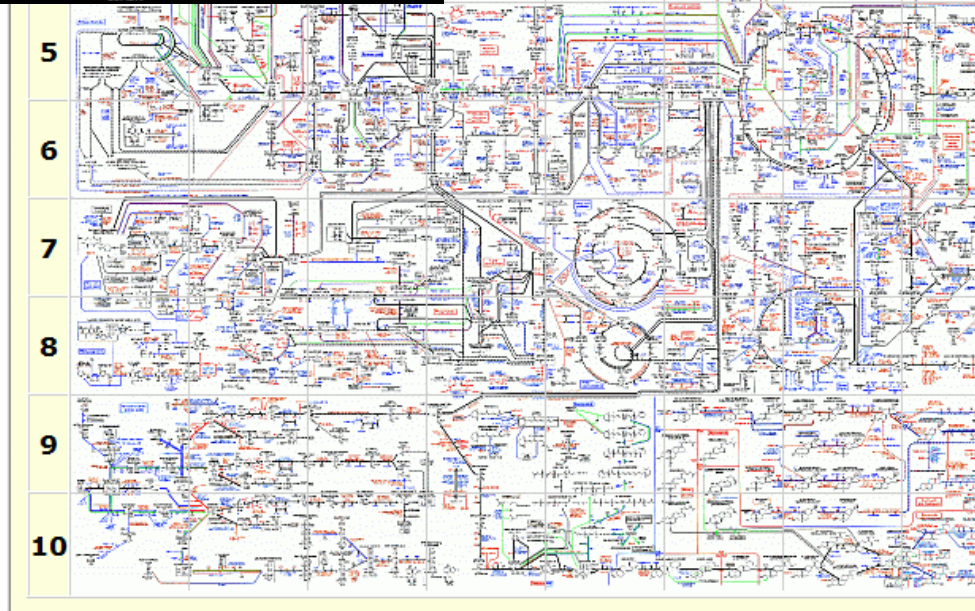
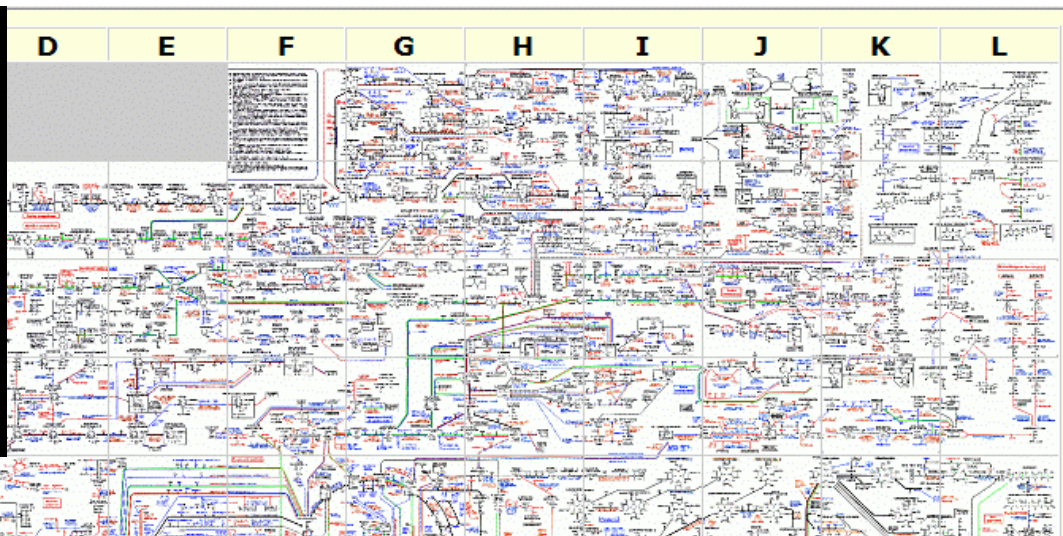
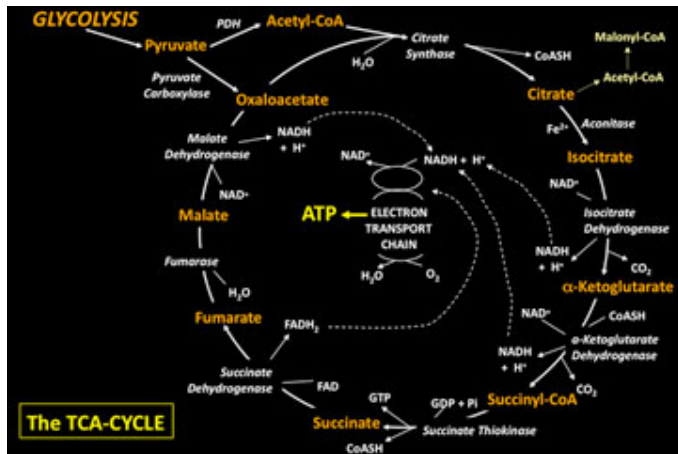
# Verkehrsnetze – U-Bahnen London

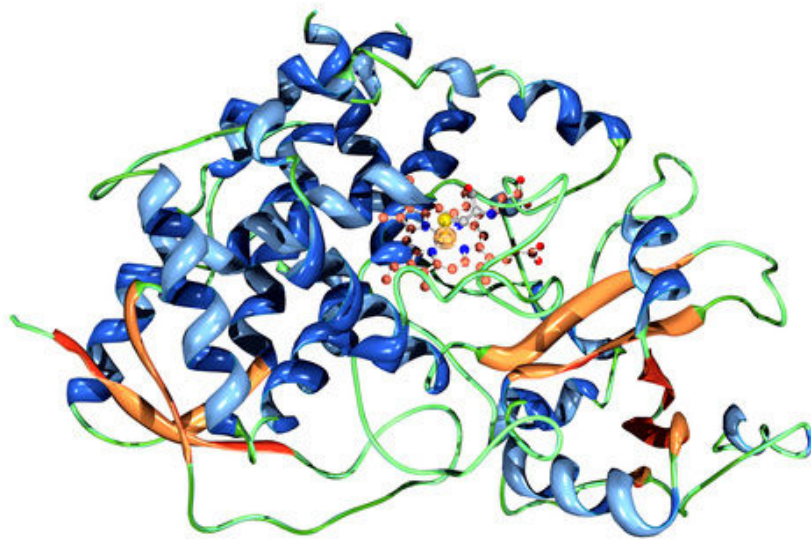


# Verkehrsnetze – Flugverbindungen Continental

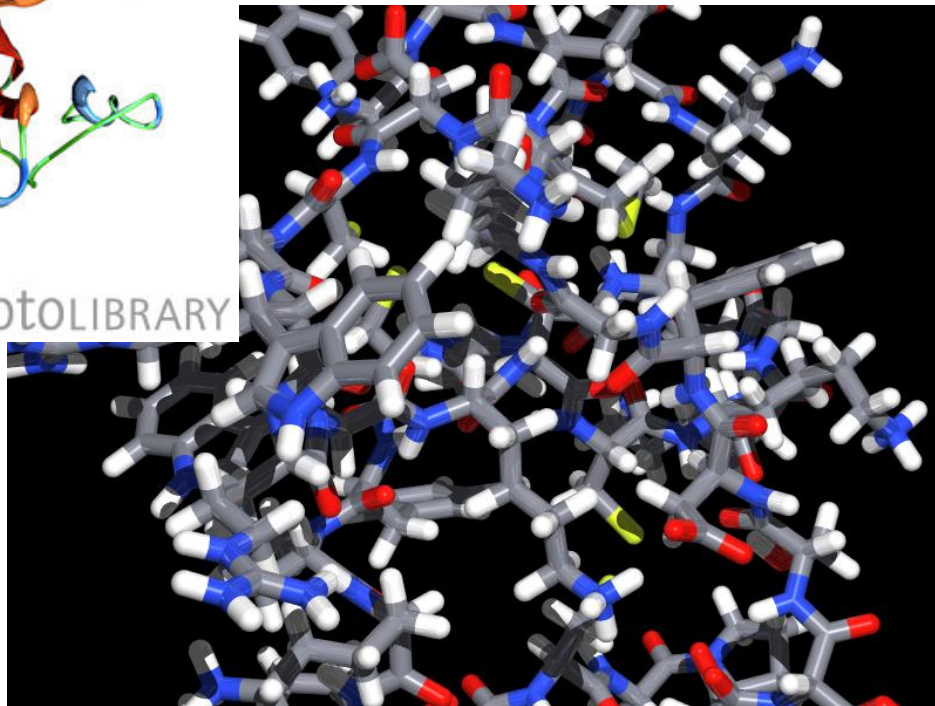




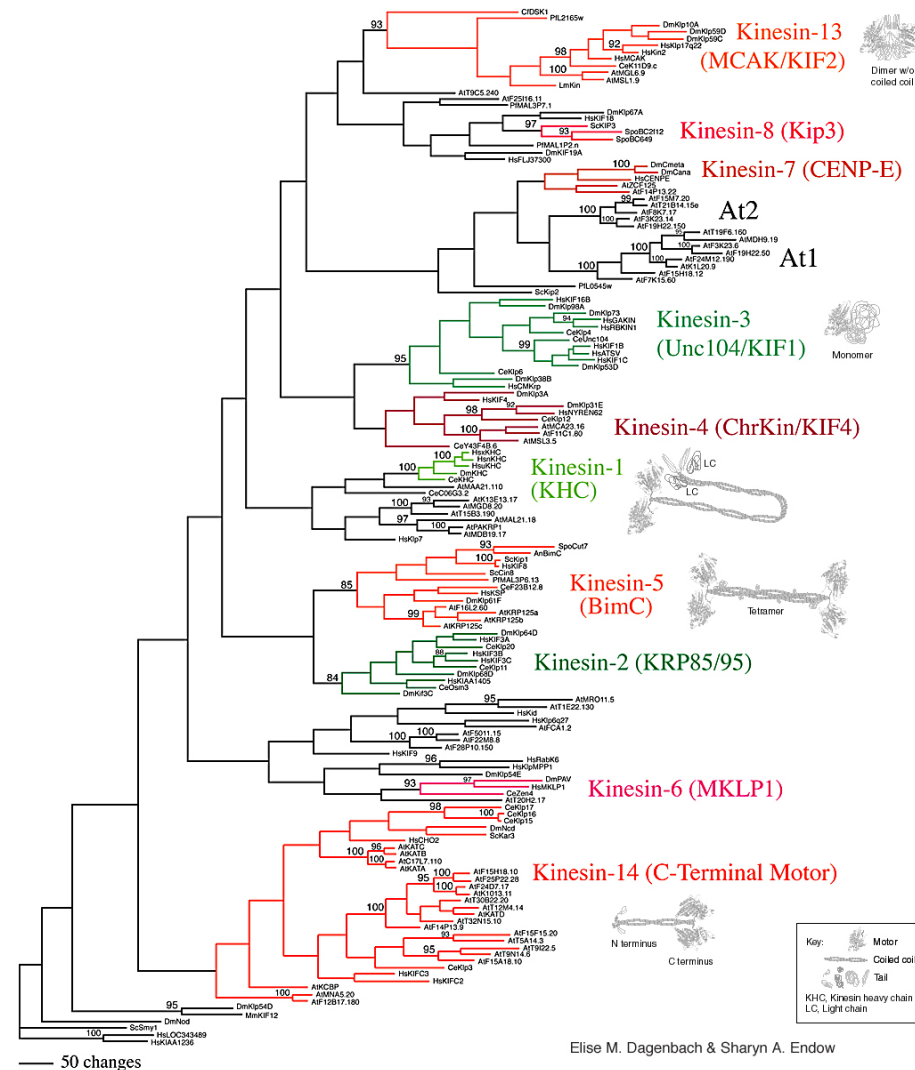




SCIENCEPHOTOLIBRARY



# Biomedizin – phylogenetische Bäume

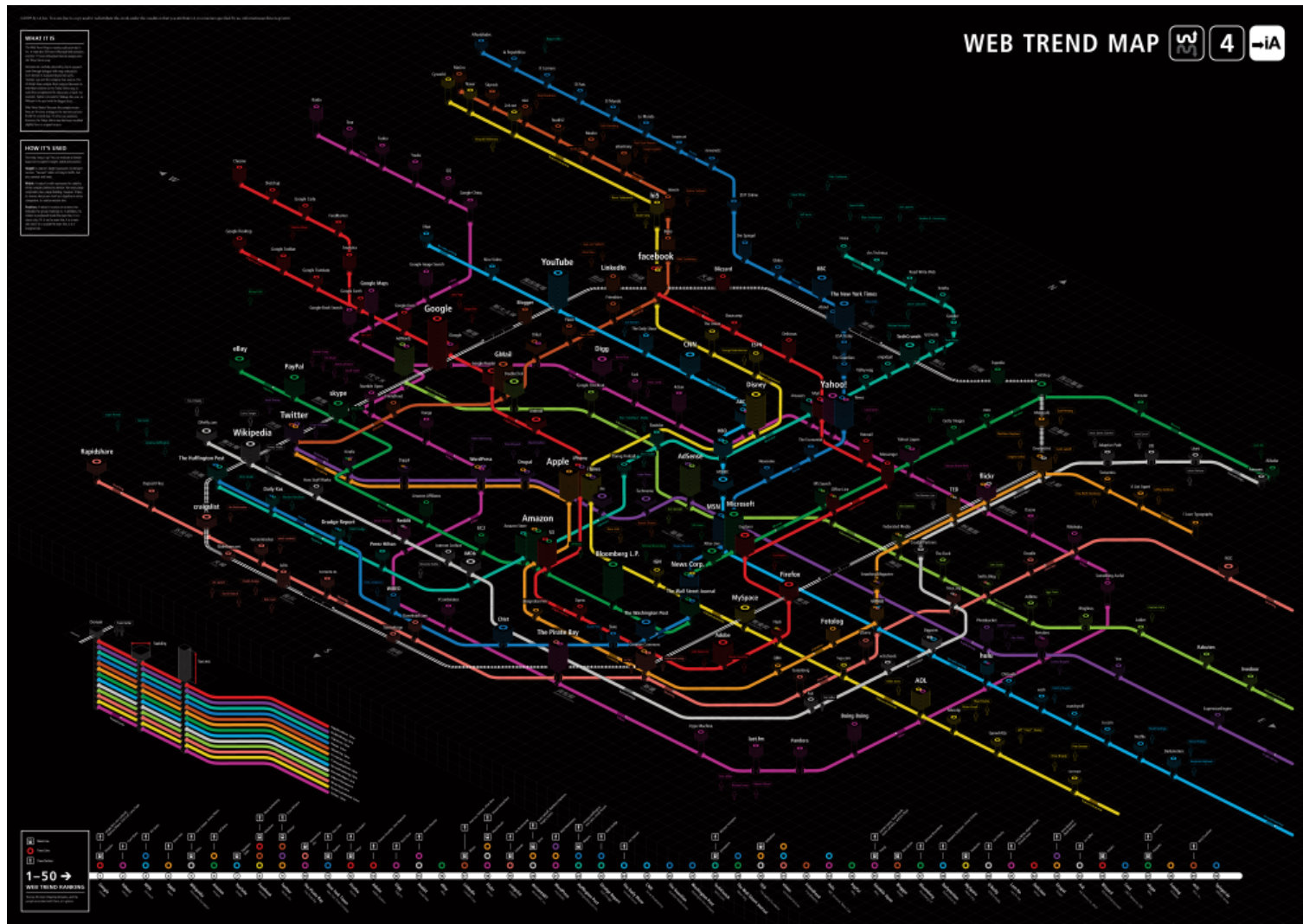


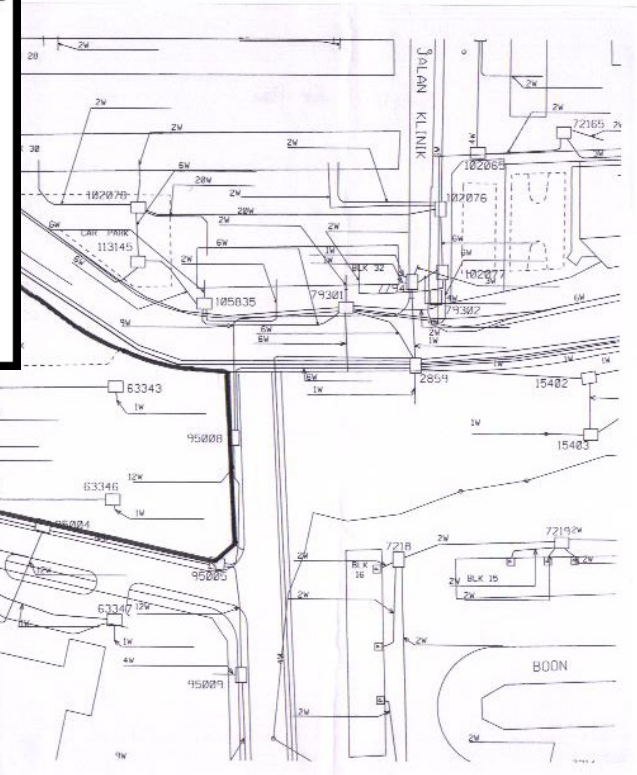
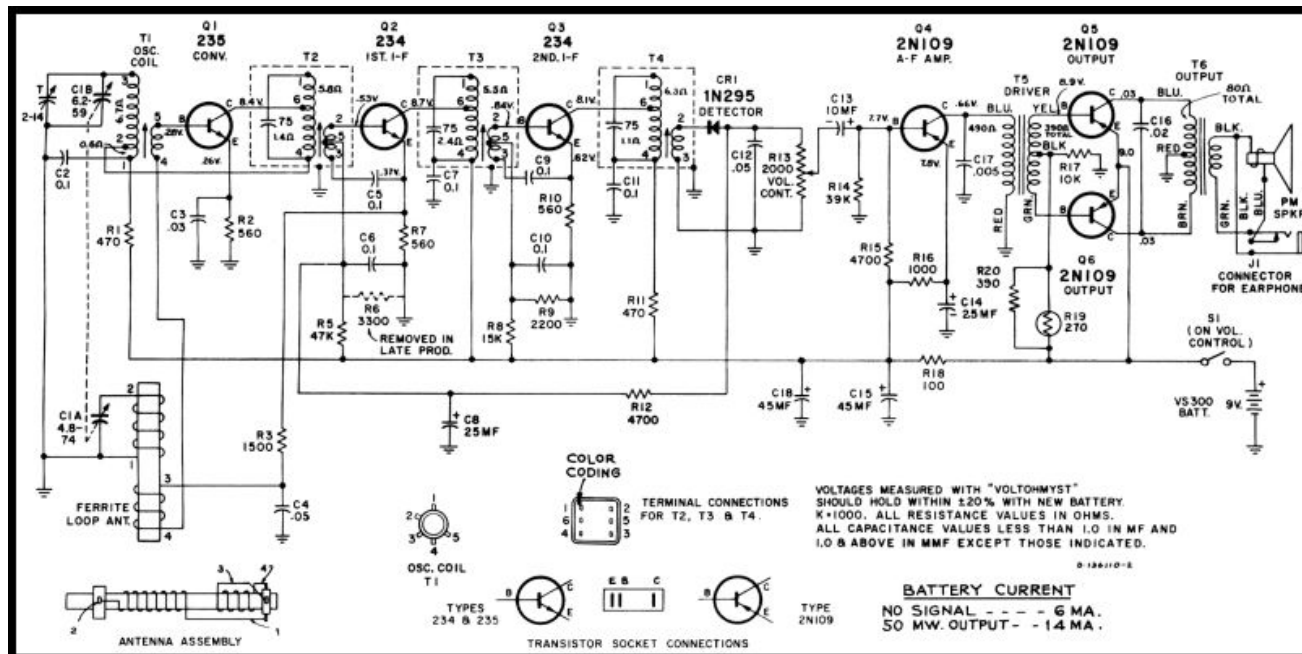


# Technische Netze – Internet USA

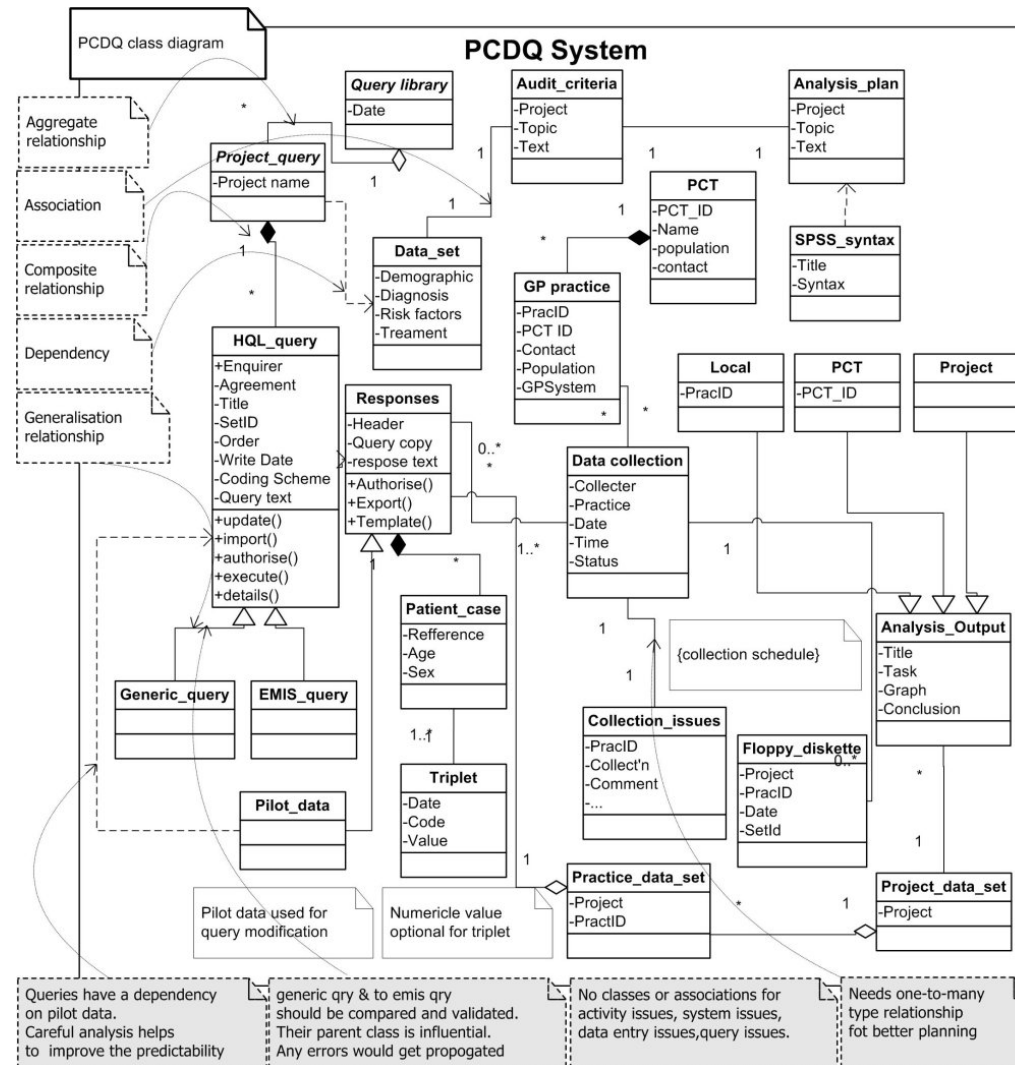


# Technische Netze – Webtrends

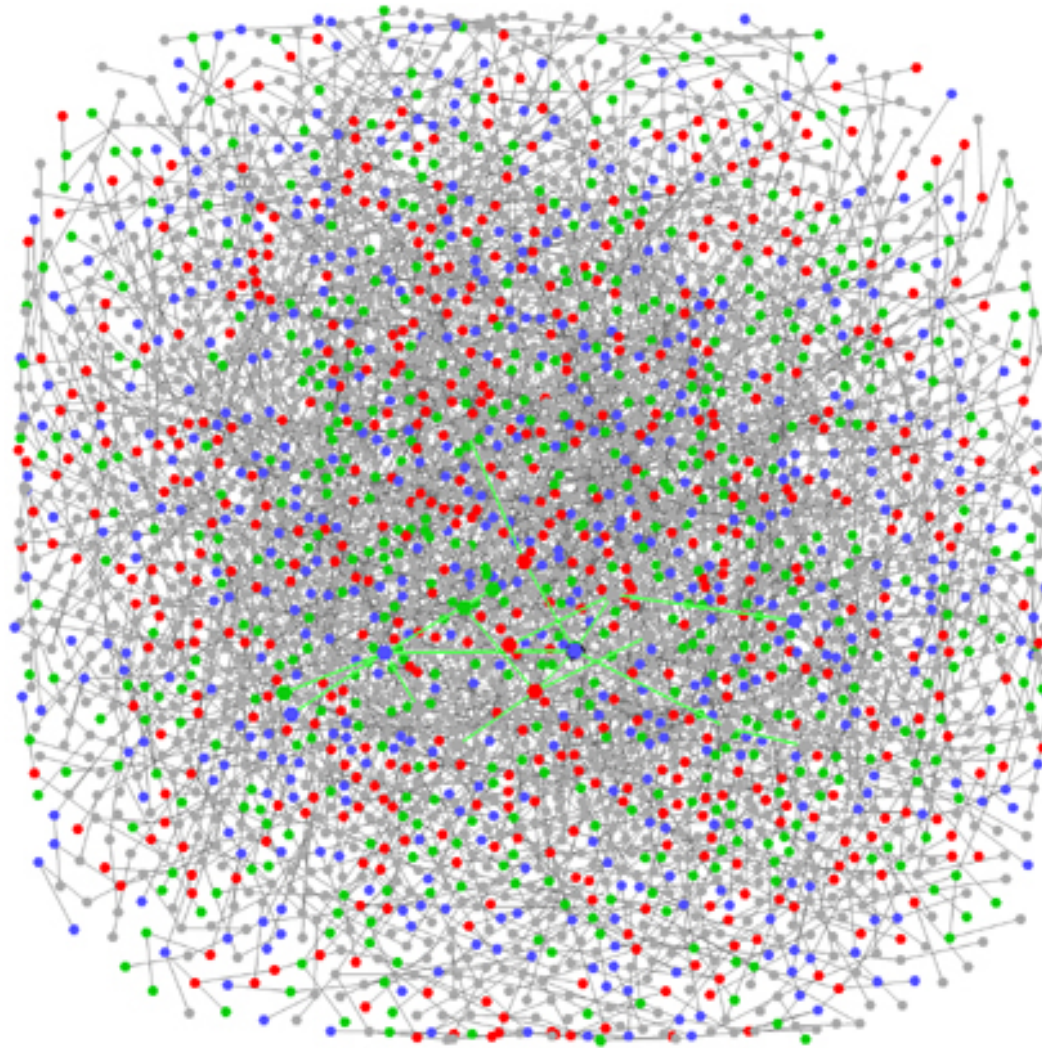




# Technische Netze – UML Diagramme



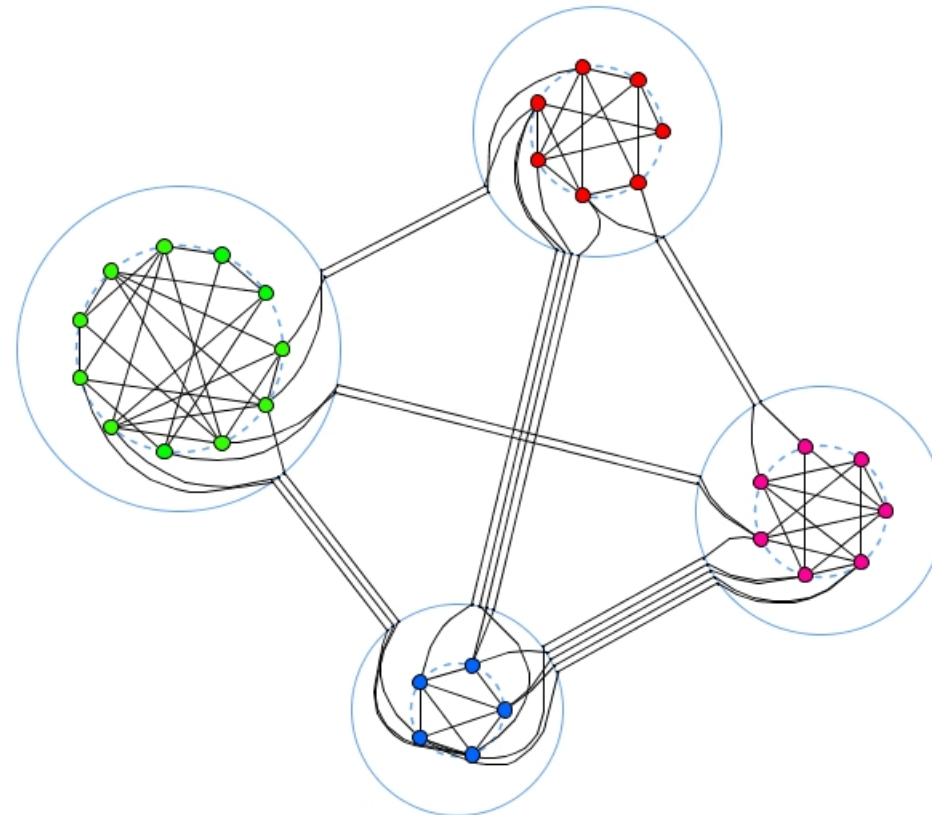
# Allgemeine Graphen – große Graphen



# Allgemeine Graphen – große Graphen



# Allgemeine Graphen – Mikro-Makro Layout



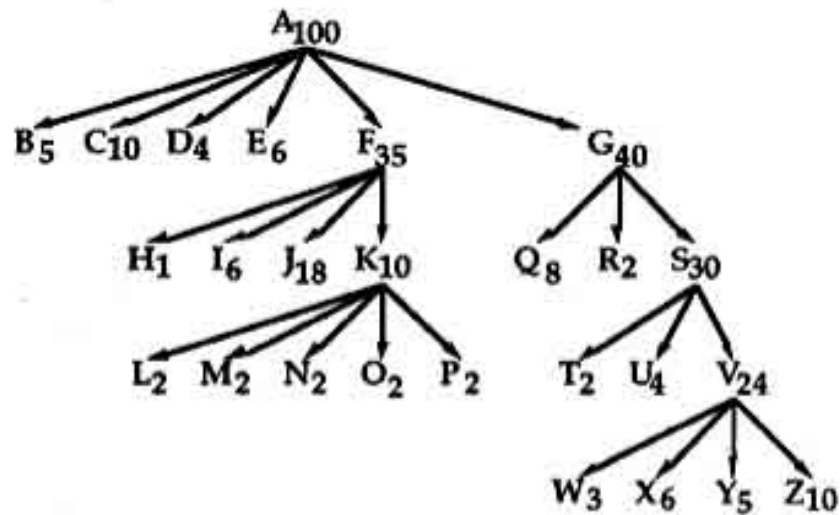


Figure 1: Traditional Tree Diagram Representation.

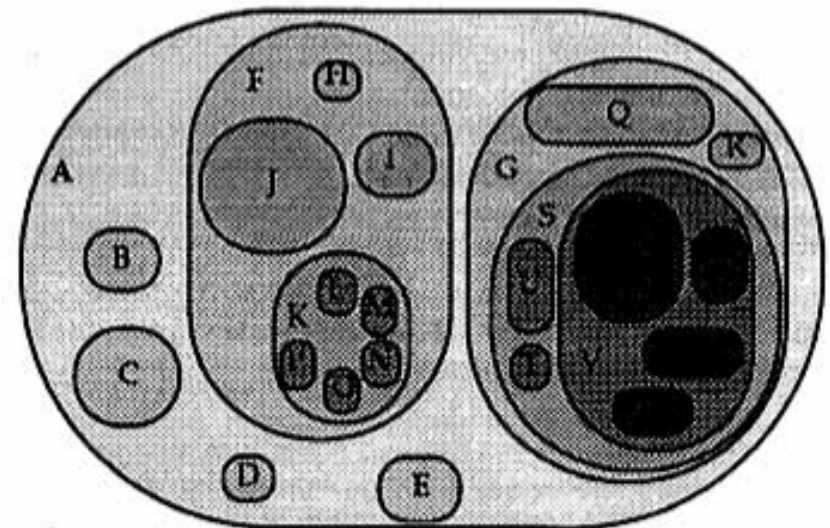
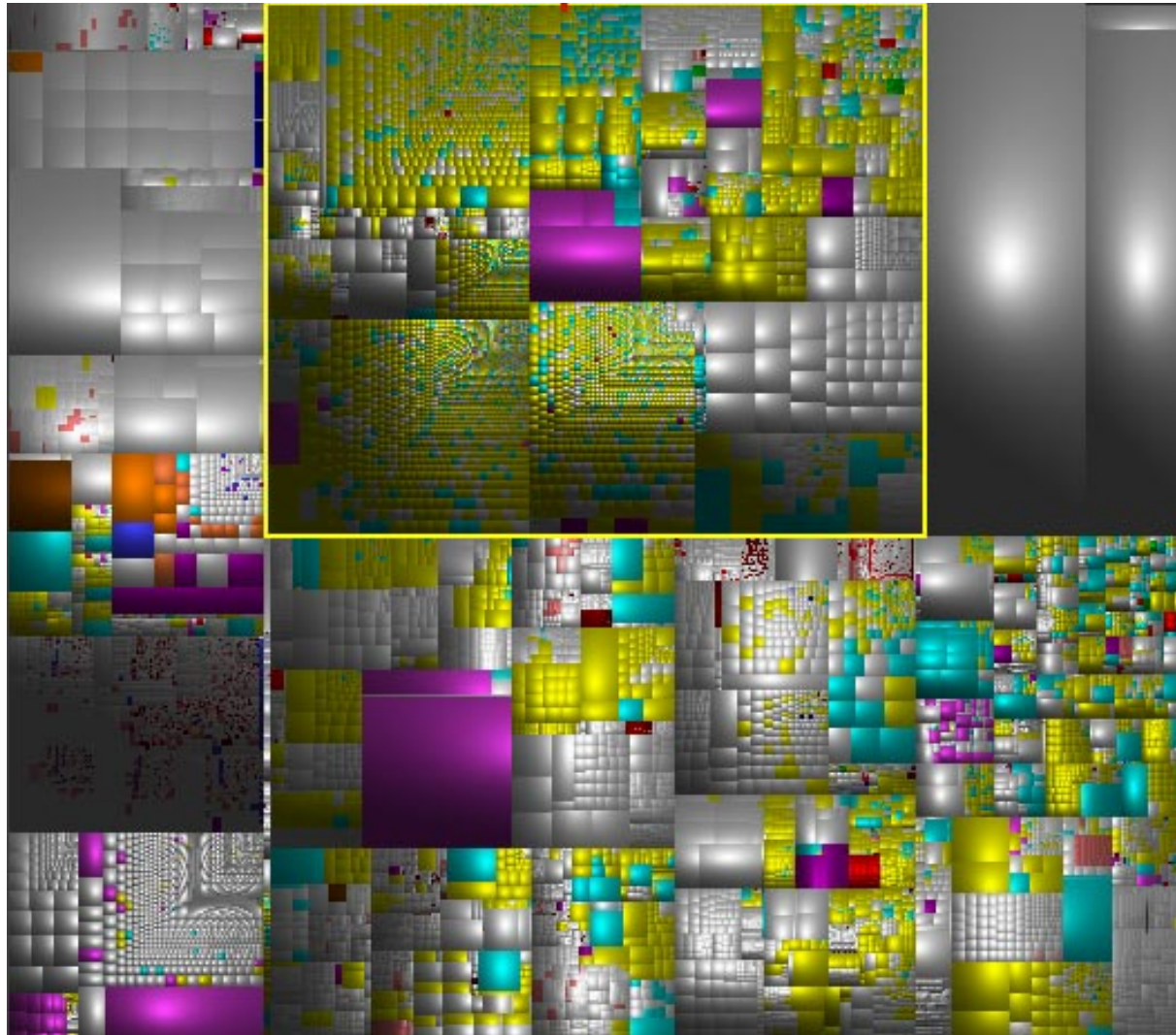


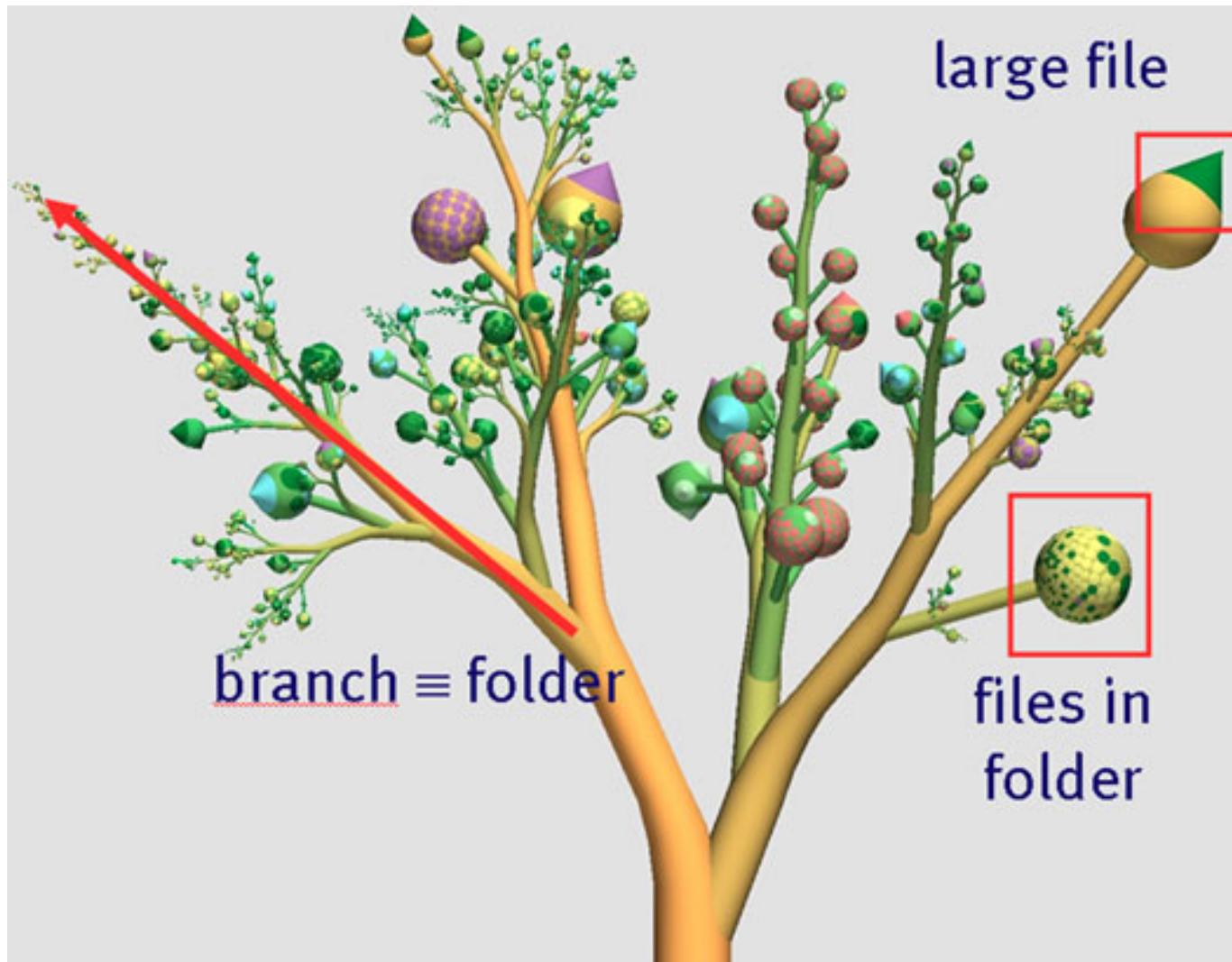
Figure 2: Venn Diagram Representation.  
Node size is proportional to weight.

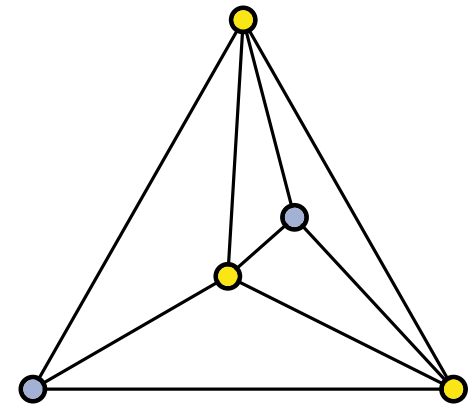
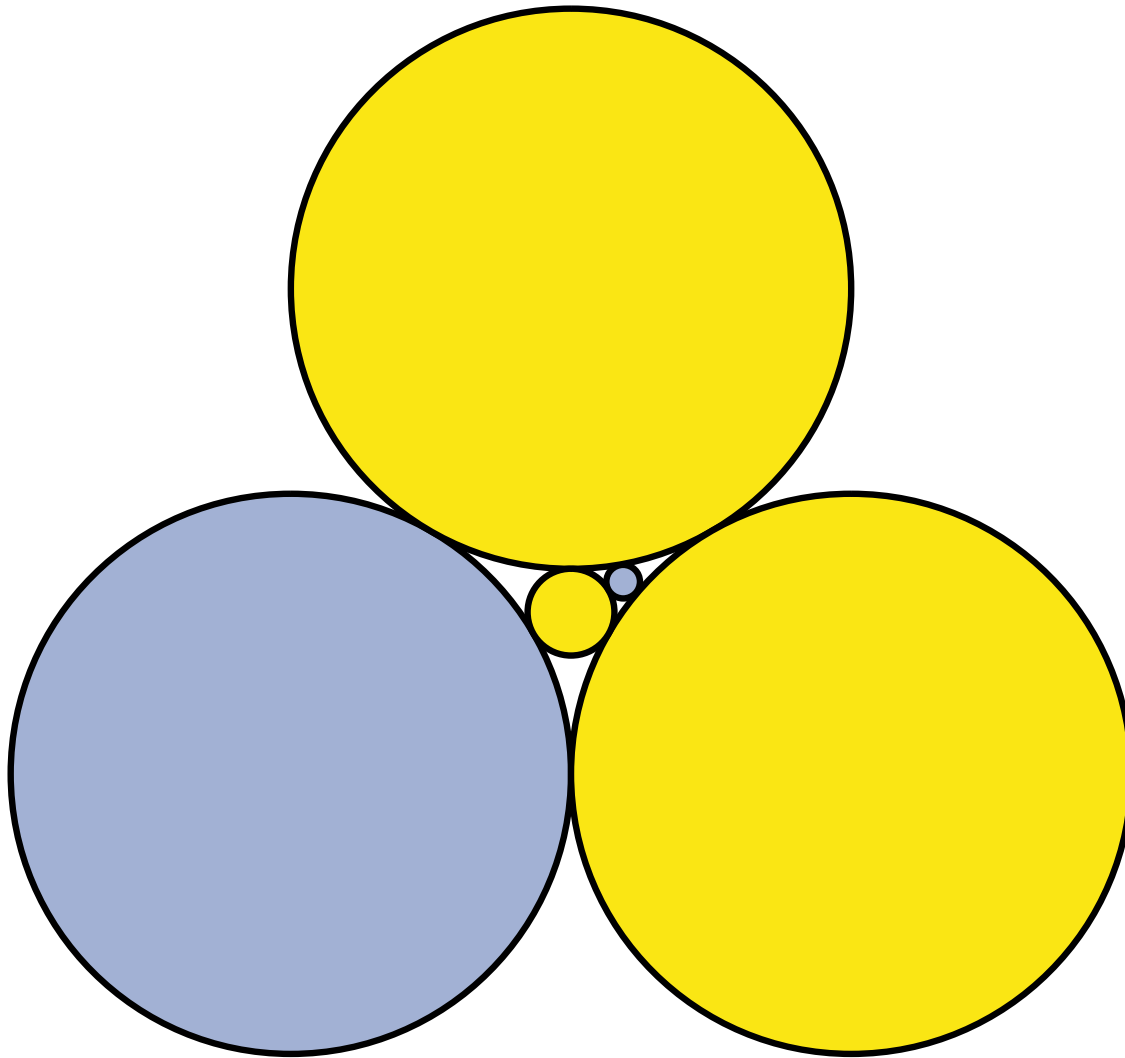


# Alternative Darstellungen – Treemap



# Alternative Darstellungen – Baum 3D





## Bibliotheken zur Graphvisualisierung

- JUNG [jung.sourceforge.net](http://jung.sourceforge.net) (Java)
- OGDF [www.ogdf.net](http://www.ogdf.net) (C++)

## Visualisierungs-Tools

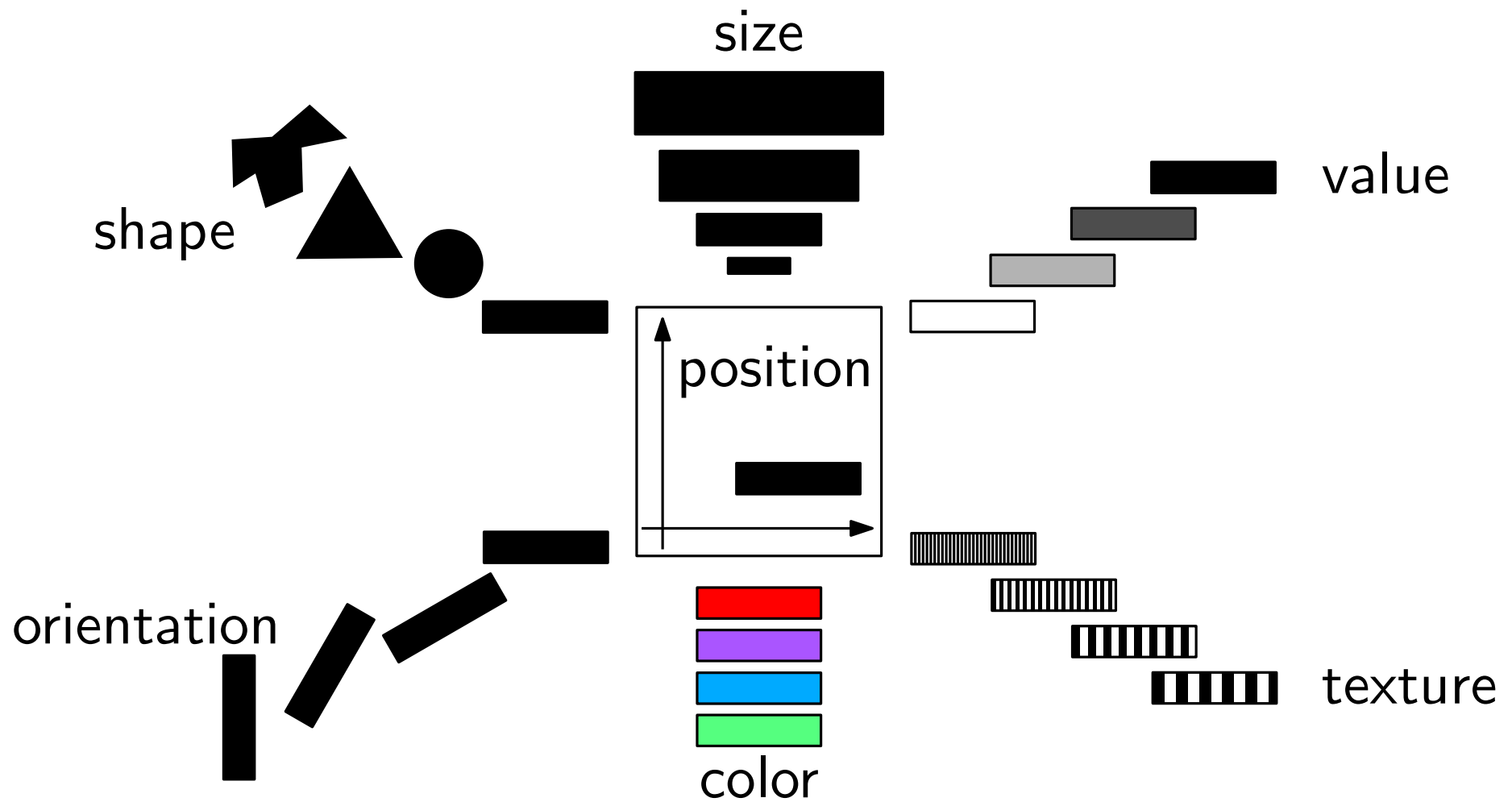
- visone [visone.info](http://visone.info)
- graphviz [www.graphviz.org](http://www.graphviz.org)
- yEd [www.yworks.com](http://www.yworks.com)
- Gephi [www.gephi.org](http://www.gephi.org)

## Nützlich

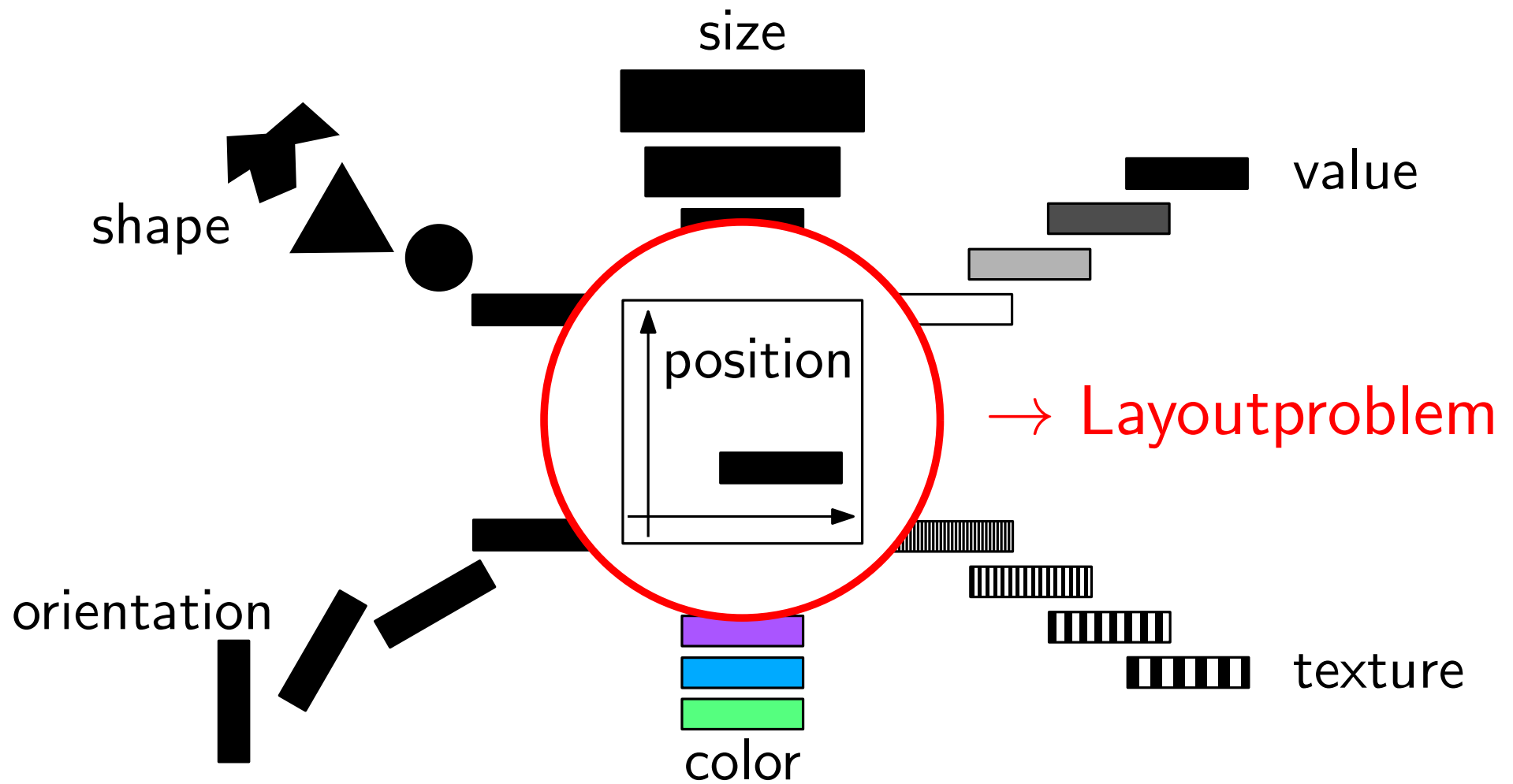
- cairo [cairographics.org](http://cairographics.org)

# Grundlegende Definitionen

# Visuelle Variablen nach Bertin (1967)



# Visuelle Variablen nach Bertin (1967)



# Das Layoutproblem

*hier:* Beschränkung auf die sog. **Standardrepräsentation**  
(node-link diagram)

## Graphvisualisierungsproblem

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

**ges.:** gute Zeichnung  $\Gamma$  von  $G$

- $\Gamma : V \rightarrow \mathbb{R}^2$ , Knoten  $v \mapsto$  Punkt  $\Gamma(v)$
- $\Gamma : E \rightarrow$  Kurven in  $\mathbb{R}^2$ , Kante  $\{u, v\} \mapsto$  einfache offene Kurve  $\Gamma(\{u, v\})$  mit Endpunkten  $\Gamma(u)$  und  $\Gamma(v)$



# Das Layoutproblem

*hier:* Beschränkung auf die sog. **Standardrepräsentation**  
(node-link diagram)

## Graphvisualisierungsproblem

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

**ges.:** gute Zeichnung  $\Gamma$  von  $G$

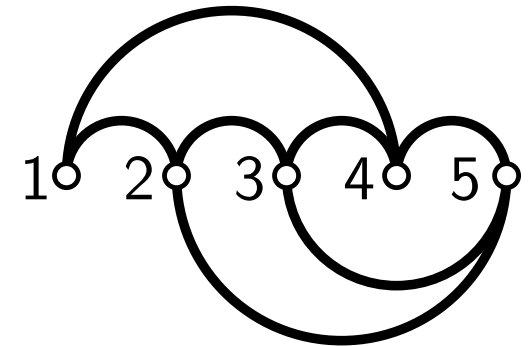
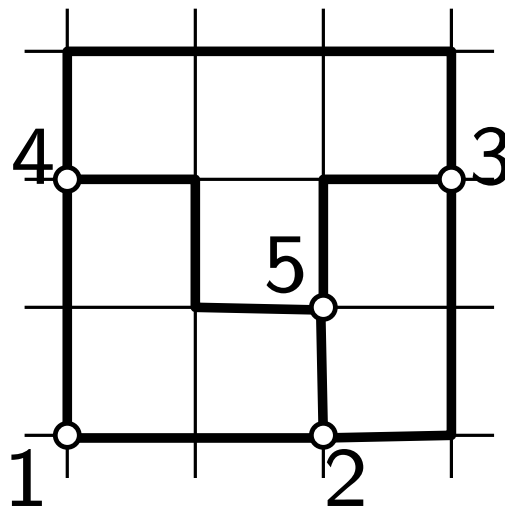
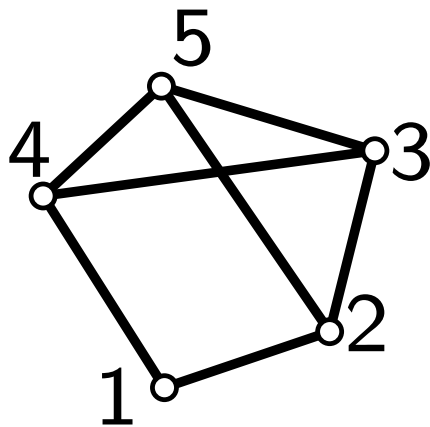
- $\Gamma : V \rightarrow \mathbb{R}^2$ , Knoten  $v \mapsto$  Punkt  $\Gamma(v)$
- $\Gamma : E \rightarrow$  Kurven in  $\mathbb{R}^2$ , Kante  $\{u, v\} \mapsto$  einfache offene Kurve  $\Gamma(\{u, v\})$  mit Endpunkten  $\Gamma(u)$  und  $\Gamma(v)$

Aber was ist eine gute 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

## Graphvisualisierungsproblem

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

ges.: Zeichnung  $\Gamma$  von  $G$ , die

- **Zeichenkonventionen** erfüllt
- **Ästhetikkriterien** optimiert
- ggf. weitere **Nebenbedingungen** erfüllt

## Graphvisualisierungsproblem

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

ges.: Zeichnung  $\Gamma$  von  $G$ , die

- **Zeichenkonventionen** erfüllt
- **Ästhetikkriterien** optimiert
- ggf. weitere **Nebenbedingungen** erfüllt

- führt zu algorithmisch interessanten Fragestellungen
- nachgelagertes Renderingproblem bleibt außen vor

- **Zeichnen von Bäumen und weiteren rekursiv definierten Graphklassen**
- geradliniges Zeichnen planarer Graphen
- inkrementelle Layoutverfahren
- orthogonale Gitterzeichnungen
- Kontaktrepräsentationen planarer Graphen
- hierarchische Lagenlayouts gerichteter Graphen
- kräftebasiertes Graphenzeichnen
- ...