



UNIVERSITÄT
LEIPZIG

Informationsvisualisierung

Sommersemester 2025

Dirk Zeckzer

Institut für Informatik



Teil VIII

Darstellung von Bäumen

Übersicht

8. Darstellung von Bäumen

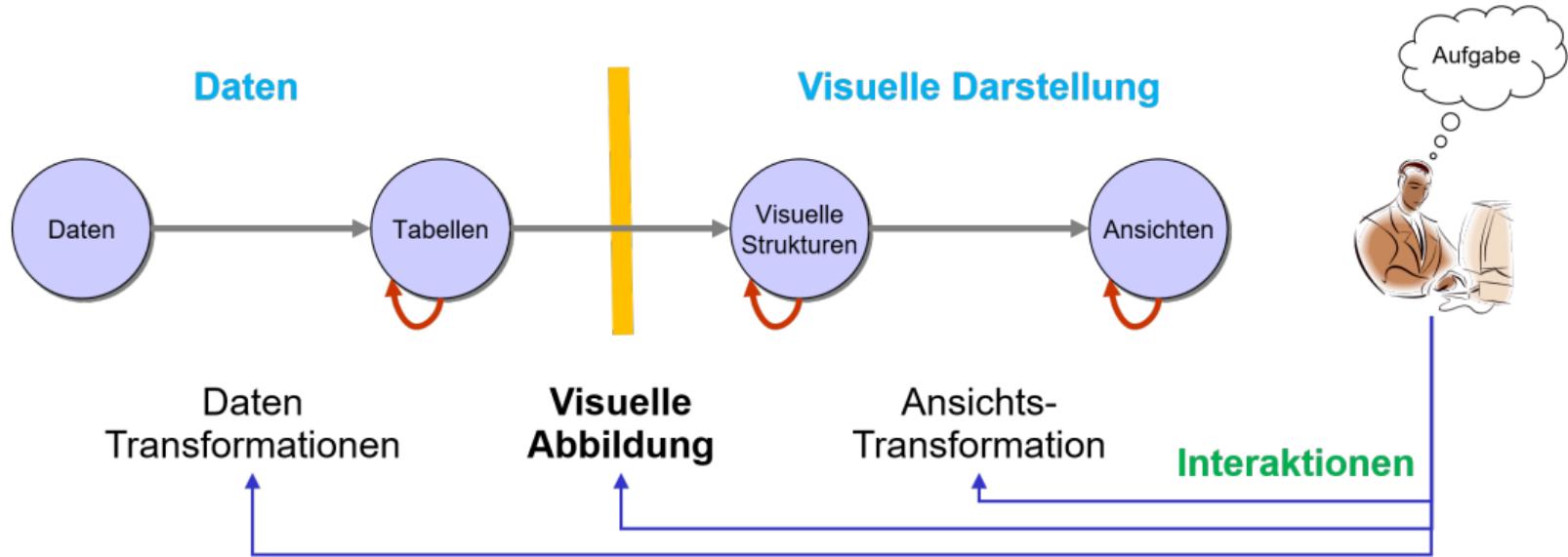
8.1 Definitionen

8.2 Knoten-Kanten Darstellungen 2D

8.3 Platzfüllende Darstellungen

8.4 Alternative Darstellungen

Visuelle Abbildung



Definitionen

Bäume

- ▶ Werden auch als Hierarchien bezeichnet
- ▶ Spezielle Beziehungen
 - ▶ Eltern-Kind Beziehung
 - ▶ Geschwisterbeziehung
- ▶ Eigenschaften:
 - ▶ Ohne Zyklen
 - ▶ Ausgezeichneter Knoten: Wurzel
 - ▶ Knoten mit Grad 1: Blatt
 - ▶ Alle anderen Knoten: innere Knoten

Definitionen

Ungerichtete Bäume

- ▶ müssen zusammenhängend sein
- ▶ sind azyklisch
- ▶ Es gibt immer **genau** einen Weg von einem Knoten u zu einem anderen Knoten v .

Gerichtete Bäume

- ▶ müssen schwach zusammenhängend sein
- ▶ sind azyklisch
- ▶ Es gibt immer **maximal** einen Weg von einem Knoten u zu einem anderen Knoten v .

Definitionen

Gerichtete Bäume

- ▶ müssen schwach zusammenhängend sein
 - ▶ sind azyklisch
 - ▶ Es gibt immer **maximal** einen Weg von einem Knoten u zu einem anderen Knoten v .
 - ▶ Die Kanten sind immer
 - ▶ von der Wurzel zu den Blättern oder
 - ▶ von den Blättern zur Wurzel gerichtet
-
- Es gibt immer genau einen Weg
- ▶ von der Wurzel zu jedem Blatt oder
 - ▶ von jedem Blatt zur Wurzel

Definitionen

- ▶ Eigenschaften von Knoten
 - ▶ Typ
 - ▶ Zusätzliche Informationen
- ▶ Eigenschaften von Kanten
 - ▶ Typ
 - ▶ Gerichtet (Richtung), ungerichtet
 - ▶ Gewichte
 - ▶ Zusätzliche Informationen

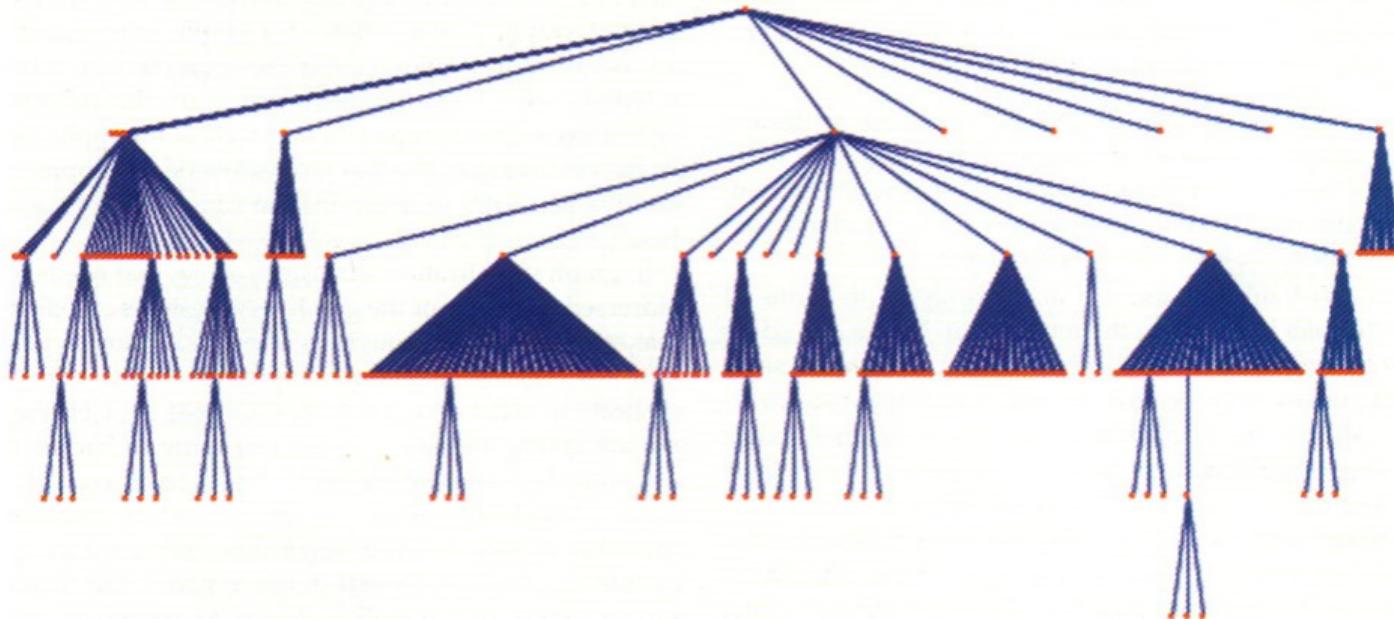
Definitionen

- ▶ Beispiele von Bäumen
 - ▶ Taxonomie von biologischen Arten
 - ▶ Phylogenetische Bäume (Evolution)
 - ▶ Stammbaum
 - ▶ Software Engineering
 - ▶ Vererbungs-Hierarchien (manchmal auch DAGs)
 - ▶ Datenflussgraphen
 - ▶ Aufrufgraphen
- ▶ Organigramm einer Firma

Definitionen

- ▶ Graphische Darstellung
 - ▶ Node-Link-Diagramm
 - ▶ Platzfüllendes Diagramm
- ▶ Kriterien
 - ▶ Platzeffizienz
 - ▶ Abstraktion von Information
 - ▶ Einfachheit
 - ▶ Navigation

Knoten-Kanten-Darstellungen 2D



A tree layout for a moderately large graph.

Abbildung: Baum, horizontales Layout [Kerren1997]; Algorithmen [Walker1990,BJL2002]; Komplexität: $O(n)$

Knoten-Kanten-Darstellungen 2D

Horizontales Layout

- ▶ Vorteile der Methode
 - ▶ Knoten mit gleichem Abstand zur Wurzel befinden sich auf der gleichen horizontalen Ebene
 - ▶ Einfach
 - ▶ Symmetrie
- ▶ Nachteile (im Allgemeinen)
 - ▶ Hoher Platzbedarf
 - ▶ Große Bäume werden sehr breit
 - ▶ Viel ungenutzte Zeichenfläche
 - ▶ Kein Platz für Bezeichner
 - ▶ Blätter sind auf unterschiedlichen Ebenen

Knoten-Kanten-Darstellungen 2D

Radiales Layout

- ▶ Ebenen bilden konzentrische Kreise
- ▶ Kinder gleicher Entfernung von der Wurzel liegen auf dem selben Kreis
- ▶ Prinzipiell gleiche Kriterien wie horizontales Layout

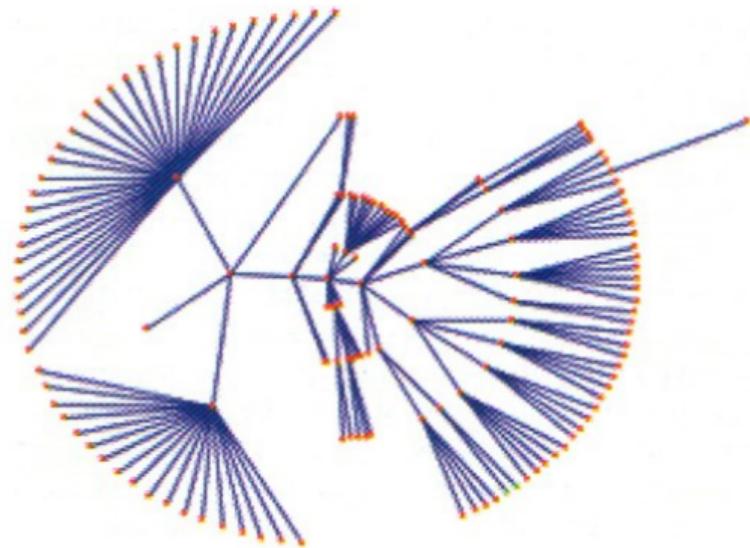
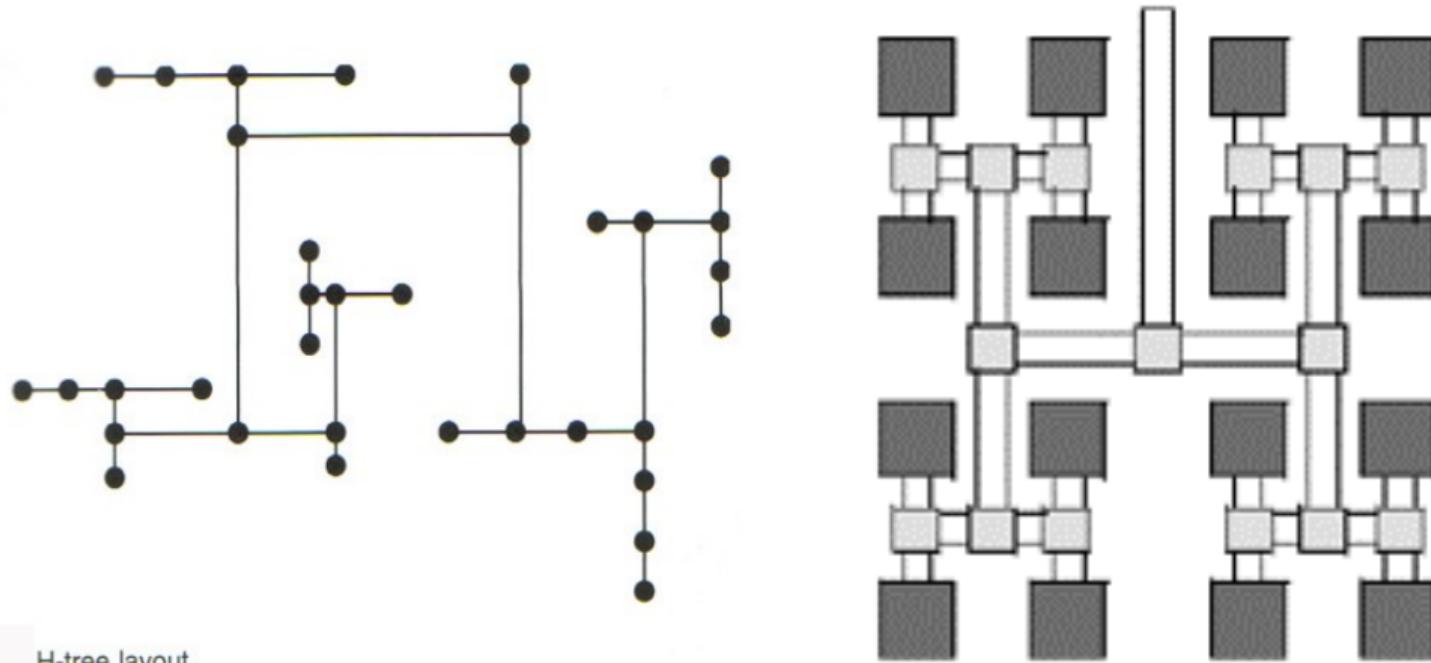


Abbildung: Baum, radiales Layout [HMDeRD1999]

Knoten-Kanten-Darstellungen 2D



H-tree layout.

Abbildung: H-Layout für binäre Bäume [Eades1992]

Knoten-Kanten-Darstellungen 2D

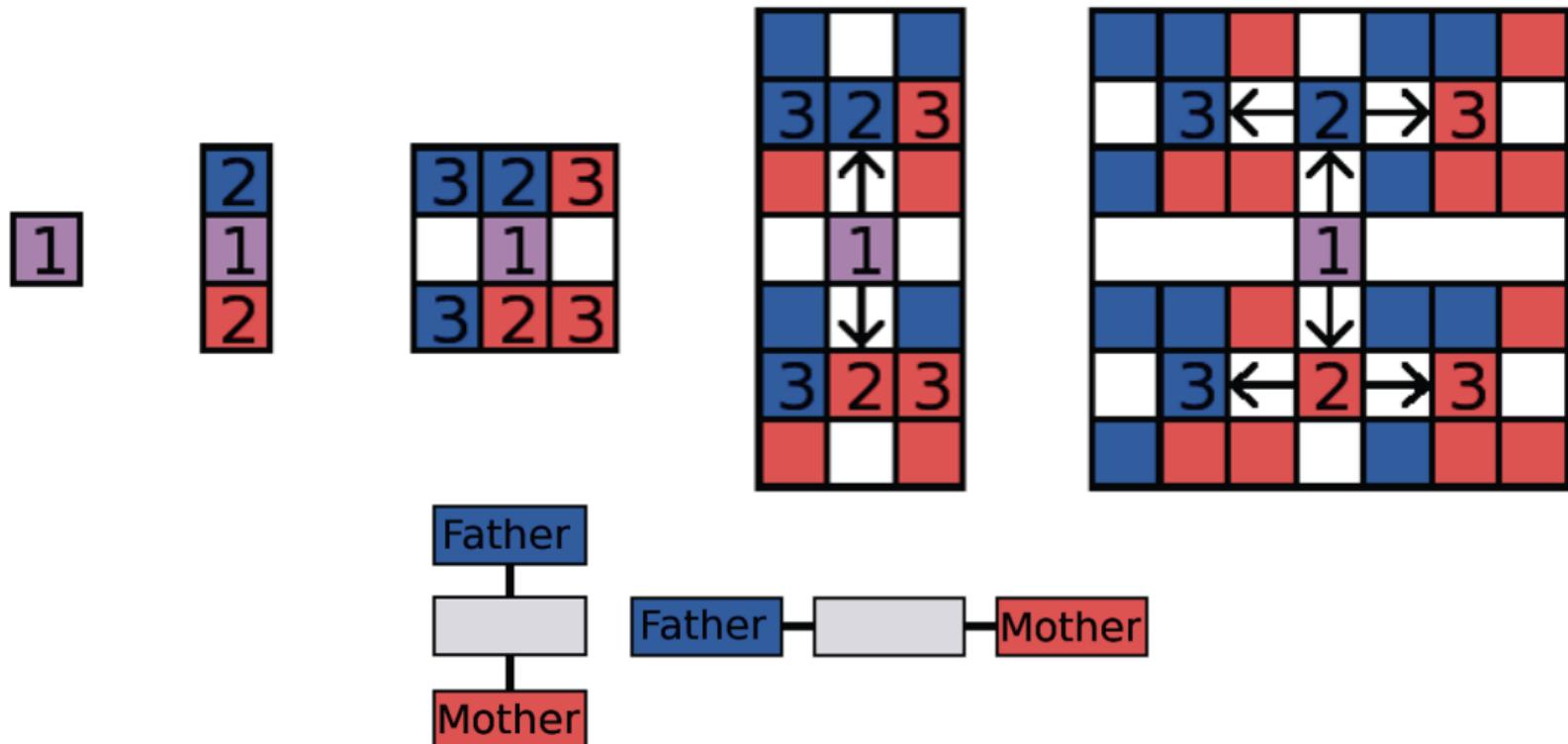


Abbildung: H-Layout für binäre Bäume [T*2010]

Knoten-Kanten-Darstellungen 2D

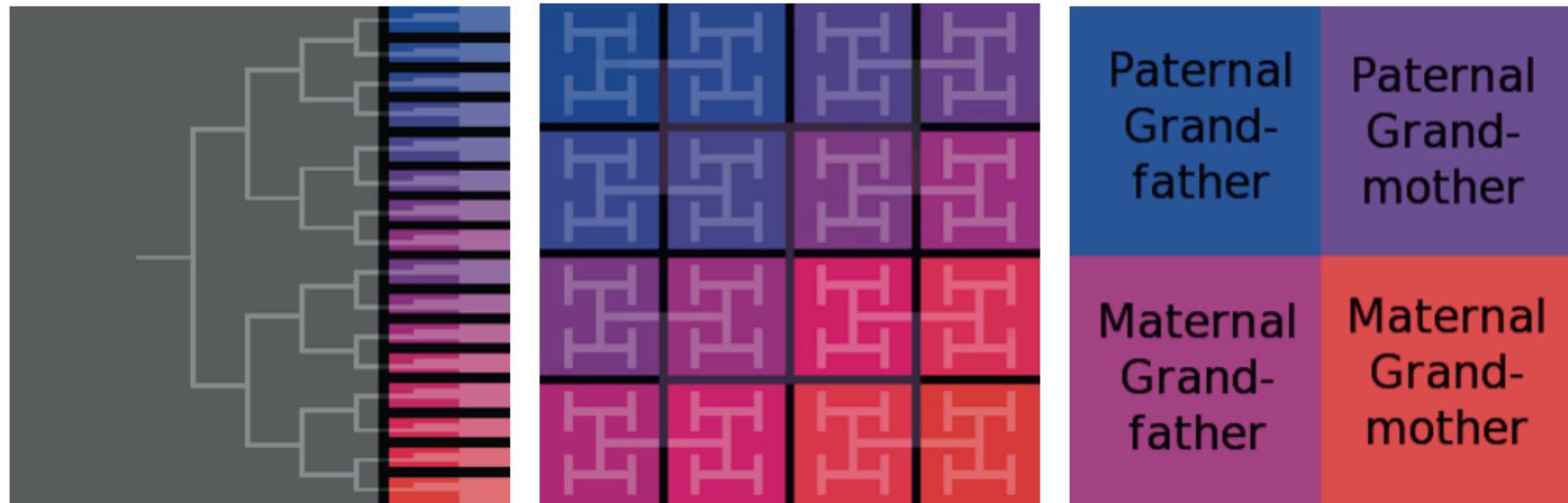


Abbildung: H-Layout für binäre Bäume [T*2010]

Knoten-Kanten-Darstellungen 2D

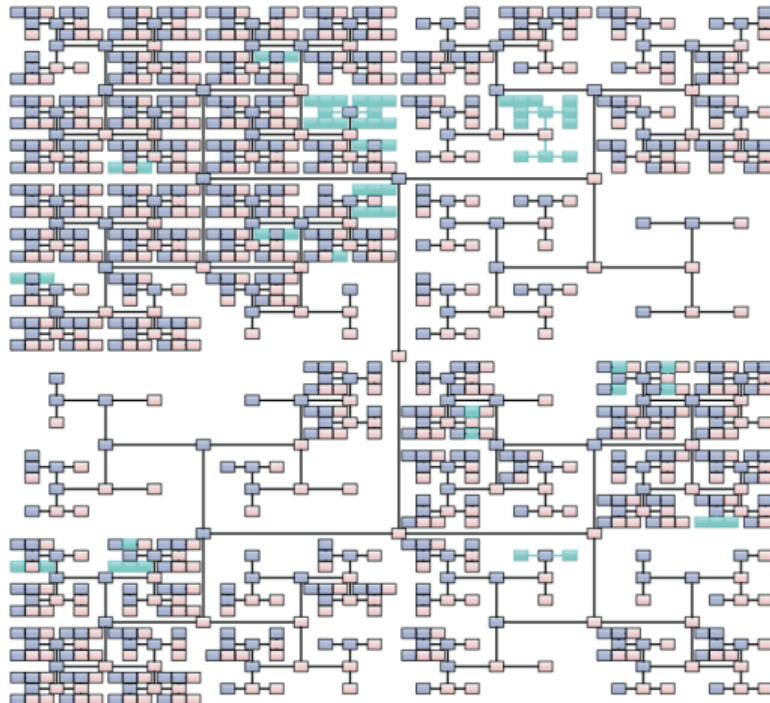
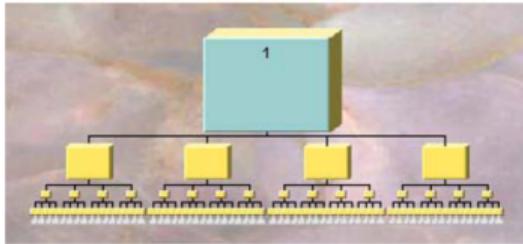
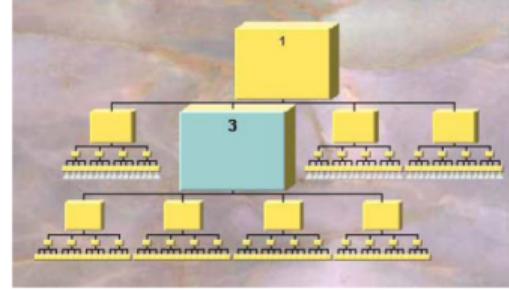


Abbildung: H-Layout für binäre Bäume [T*2010]

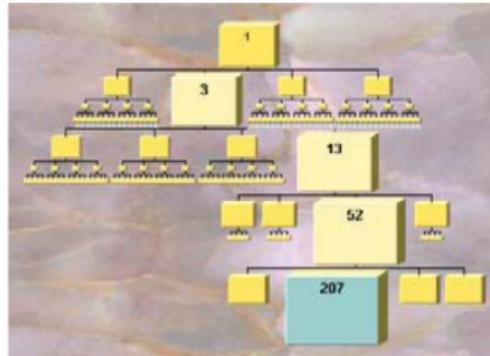
Knoten-Kanten-Darstellungen 2D



1. Display of a uniform tree of 4 levels



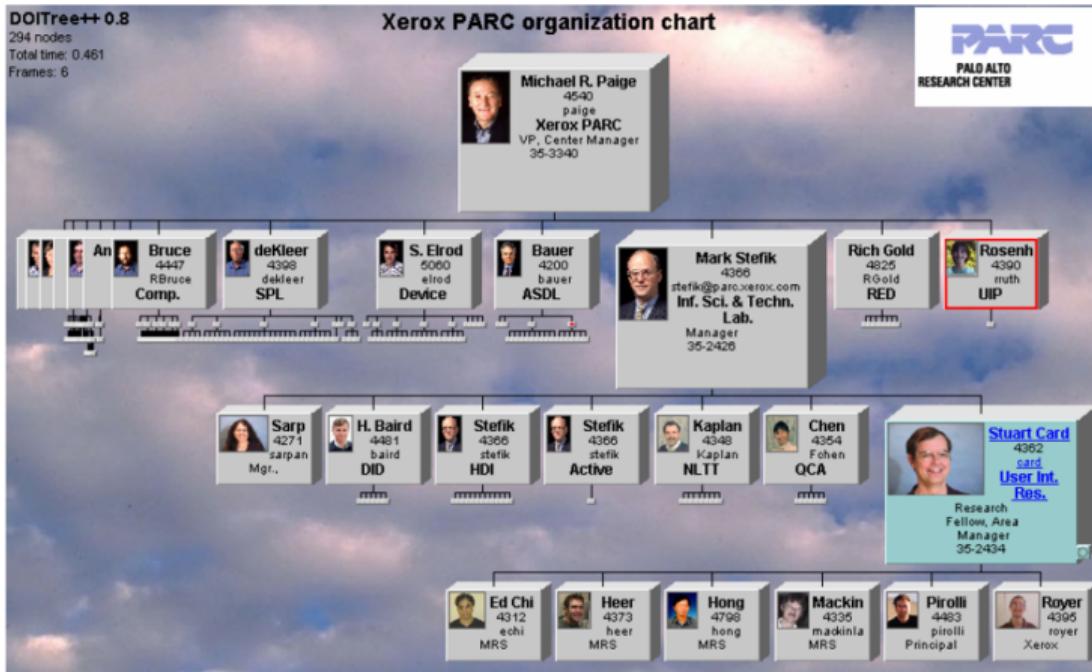
2. Same table with focus on Node 3



3. Same tree expanded down to a leaf node

Abbildung: Degree-of-Interest Trees [CN2002]

Knoten-Kanten-Darstellungen 2D



Organization chart with over 400 nodes accessible over WWW through Web browser

Abbildung: Degree-of-Interest Trees [CN2002]

Platzfüllende Darstellungen

Node-Link Darstellung

- ▶ Vorteile
 - ▶ Leicht zu verstehen
- ▶ Nachteile
 - ▶ Keine optimale Nutzung des Platzes
 - ▶ Anzeigen weiterer Werte mit
 - ▶ Form
 - ▶ Farbe
 - ▶ Größe
 - ▶ nur bedingt möglich

Platzfüllende Darstellung

- ▶ Vorteile
 - ▶ Optimale Nutzung des Platzes
 - ▶ Darstellung weiterer Werte mit
 - ▶ Größe
 - ▶ Farbe
 - ▶ möglich
 - ▶ Sehr guter Überblick
- ▶ Nachteile
 - ▶ In der Regel werden nur die Blätter dargestellt
 - ▶ Schwer(er) zu erkennen
 - ▶ Innere Knoten
 - ▶ Wurzel
 - ▶ Hierarchie

Platzfüllende Darstellungen: TreeMap

Tree-Map [JS1991]

- ▶ Die Hierarchie wird rekursiv auf Rechtecke abgebildet
 - ▶ Jedem Teilbaum wird ein Rechteck zugewiesen
 - ▶ Kinder werden innerhalb ihrer Eltern gezeichnet
 - ▶ In jeder Ebene wird abwechselnd horizontal und vertikal unterteilt
- ▶ Attribute können dargestellt werden durch
 - ▶ Fläche des Rechtecks (z.B. Größe)
 - ▶ Farbe des Rechtecks (z.B. Knotentyp)
 - ▶ Zusätzlichen Text (z.B. Bezeichner)

Platzfüllende Darstellungen

Tree-Map [JS1991]

```
1: function DRAWTREEMAP(Verzeichnis)
2:   Wechsle Orientierung (horizontal/vertikal)
3:   Lese alle Unterverzeichnisse und Dateien des Verzeichnisses
4:   Erzeuge für jedes Element ein Rechteck, skaliert mit seiner Größe
5:   for jede Datei im Verzeichnis do
6:     Zeichne die Rechtecke mit der berechneten Größe und der Farbe
   entsprechend dem Knotentyp
7:   end for
8:   for jedes Unterverzeichnis im Verzeichnis do
9:     drawTreeMap(Unterverzeichnis)
10:  end for
11: end function
```

Platzfüllende Darstellungen

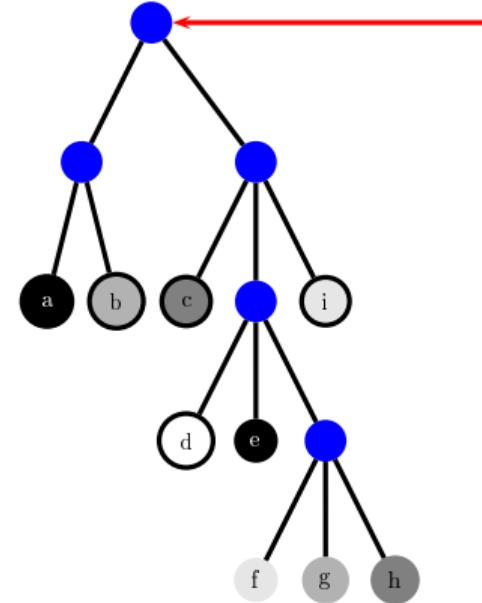
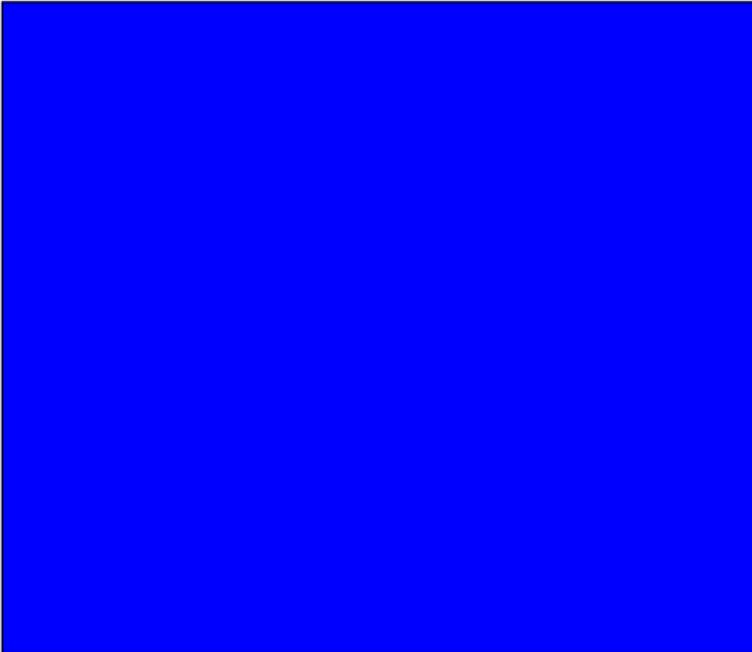


Abbildung: Beispiel [Ware2004]

Platzfüllende Darstellungen

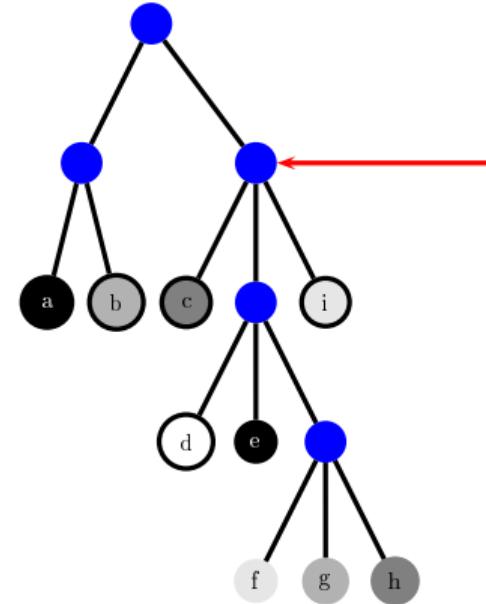
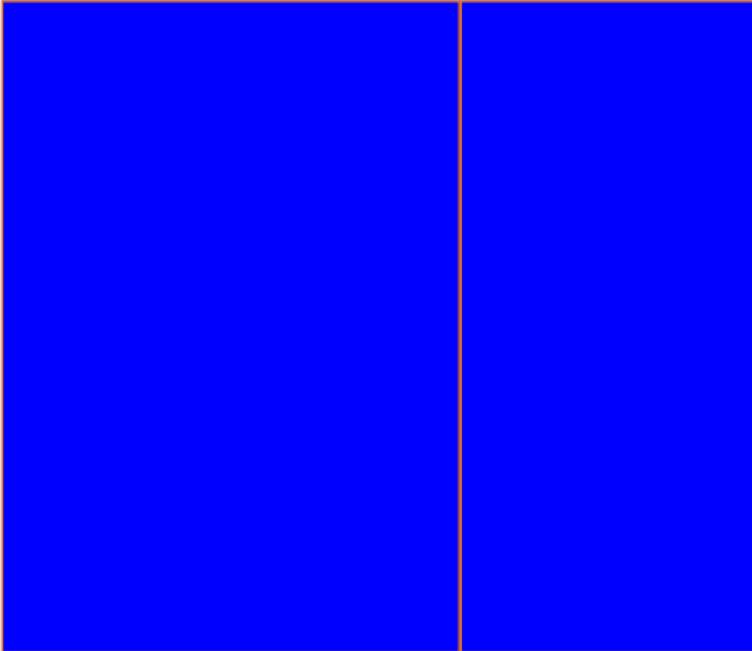


Abbildung: Beispiel [Ware2004]

Platzfüllende Darstellungen

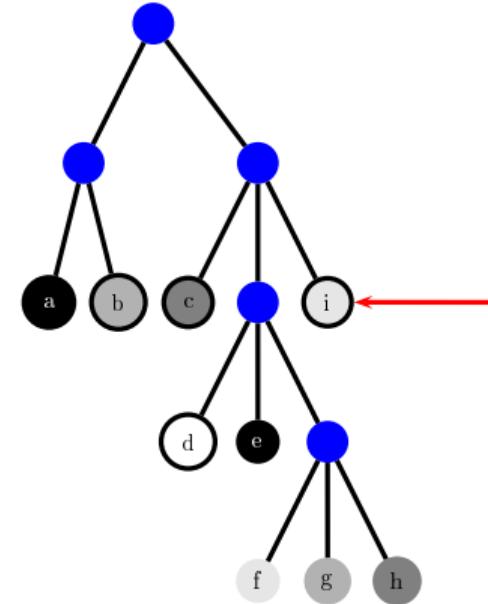
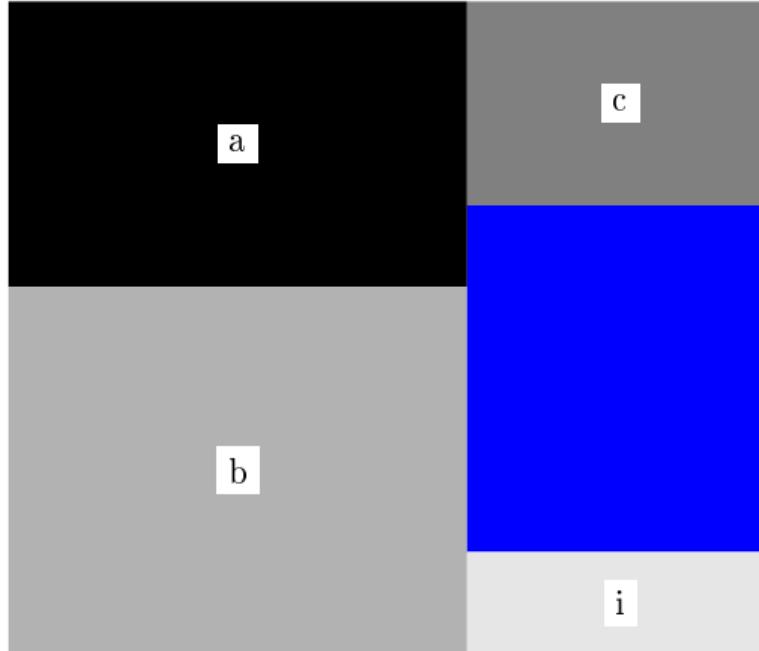


Abbildung: Beispiel [Ware2004]

Platzfüllende Darstellungen

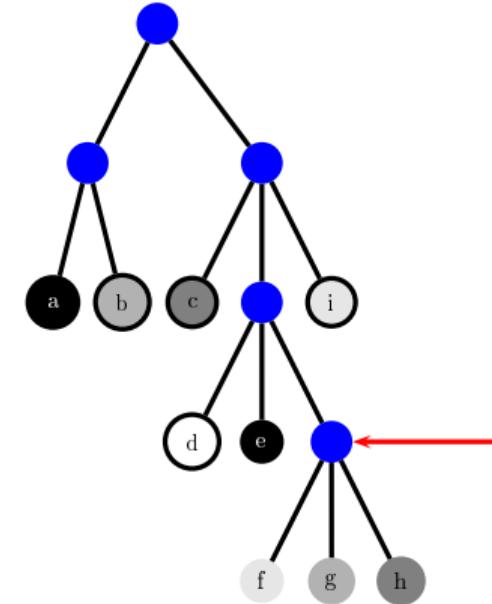
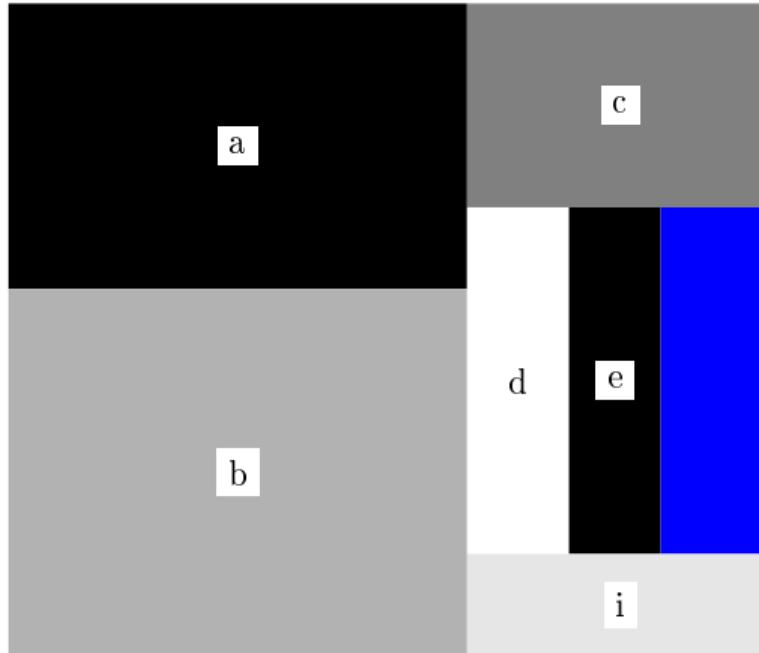


Abbildung: Beispiel [Ware2004]

Platzfüllende Darstellungen

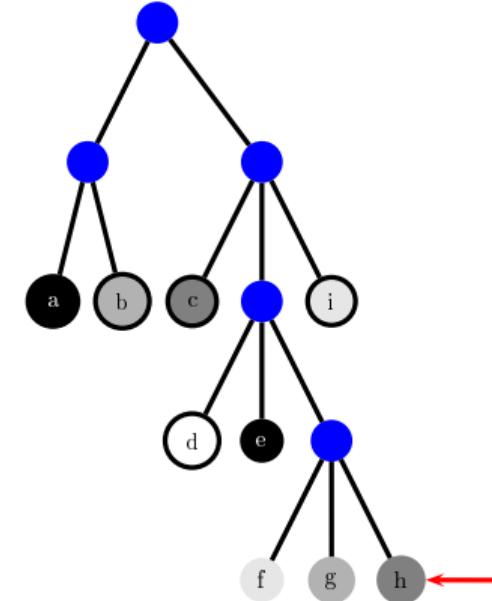
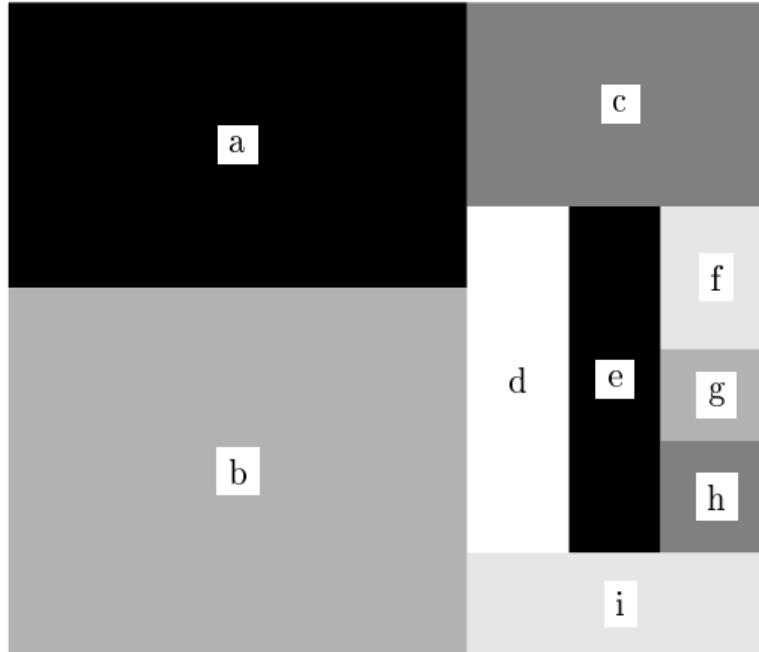


Abbildung: Beispiel [Ware2004]

Platzfüllende Darstellungen

- ▶ Vorteile
 - ▶ Gut geeignet für Hierarchien
 - ▶ Platzeffizienter als Knoten-Kanten-Diagramme
 - ▶ Große Elemente sind leicht erkennbar
 - ▶ Blattstruktur ist gut erkennbar
 - ▶ Blatt ausreichend groß
→ Anzeige zusätzlicher Information möglich
 - ▶ Text
 - ▶ Farbe
 - ▶ ...
- ▶ Nachteile
 - ▶ Hierarchie selbst ist nicht gut erkennbar
 - ▶ Innere Knoten
 - ▶ Werden nicht dargestellt (es gibt Ausnahmen)
 - ▶ Darstellung und Attribute benötigen Platz
 - ▶ Rechtecke der Blätter können
 - ▶ sehr schmal werden
 - ▶ sehr klein werden

Platzfüllende Darstellungen: TreeMap

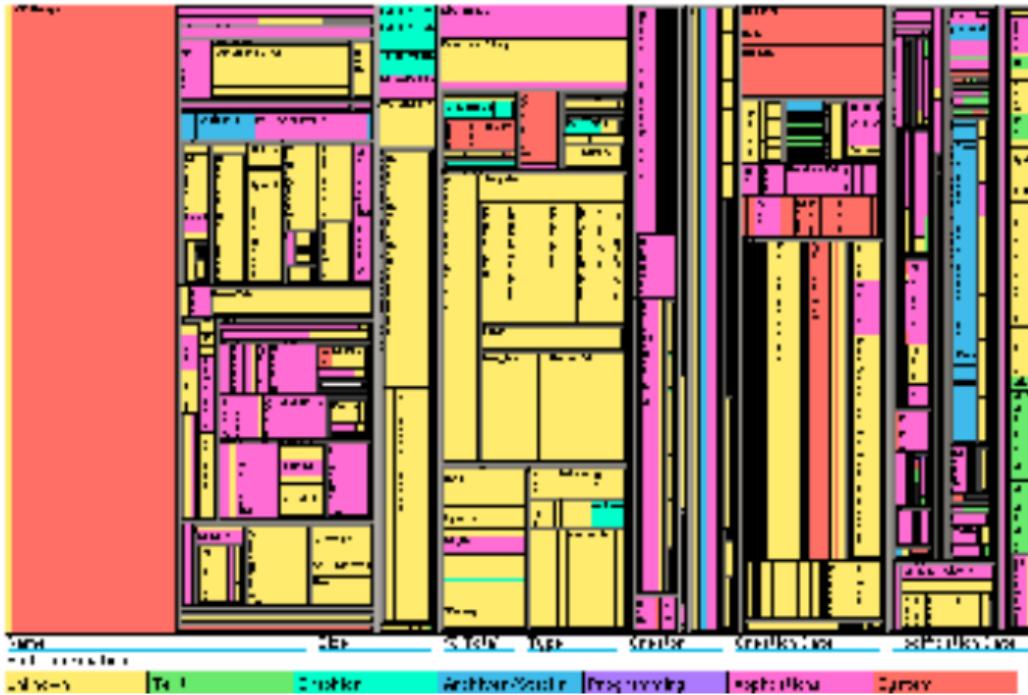


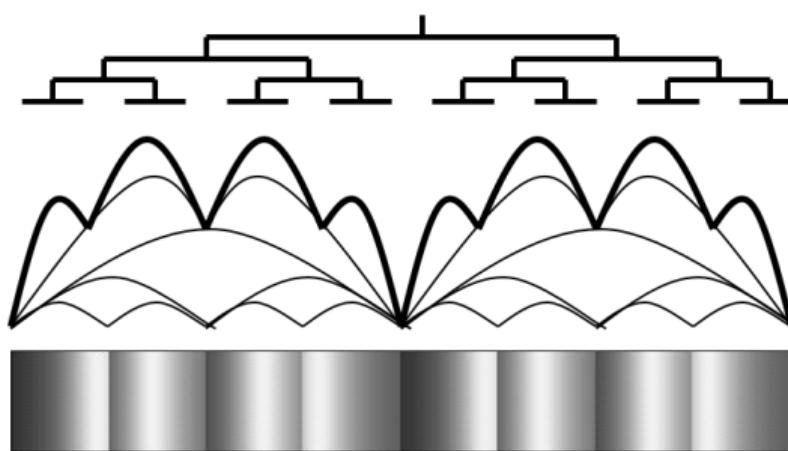
Abbildung: Platznutzung: Rand plus Fläche begrenzen die Elementgröße;
Kleine Elemente sind schwierig zu unterscheiden. Bild [JS1991]

Platzfüllende Darstellungen: TreeMap

Cushioned TreeMaps [vWvdW1999]

- ▶ Beleuchtung der Elementfelder
- ▶ Grate zum Betonen der Grenzen
- ▶ Grate in zwei Orientierungen:
Cushions (Kissen)

$$z = a \cdot x^2 + b \cdot x + c \cdot y^2 + d \cdot y + e$$



Platzfüllende Darstellungen: TreeMap

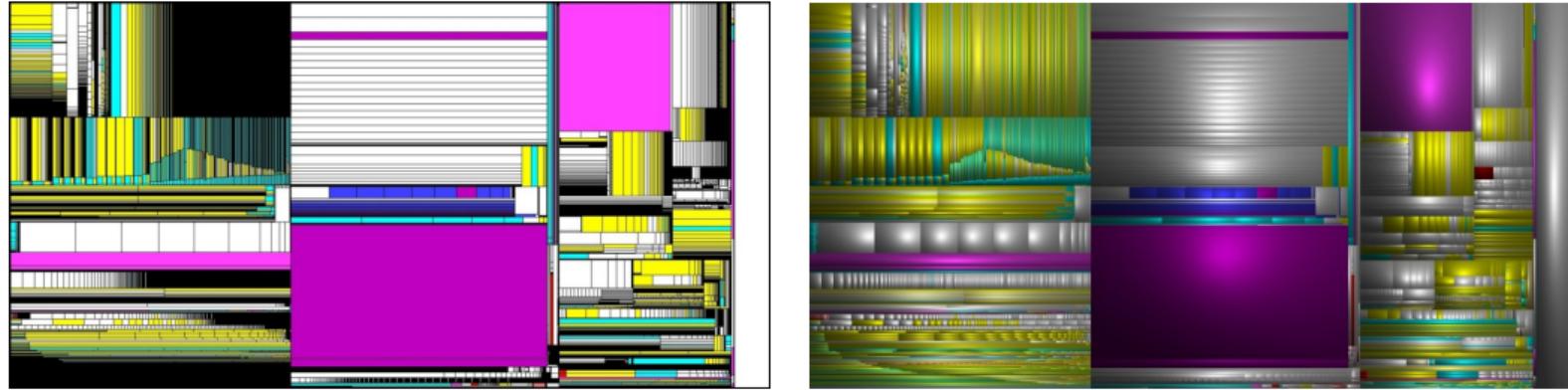


Abbildung: Cushioned TreeMaps [vWvdW1999]

Platzfüllende Darstellungen: TreeMap

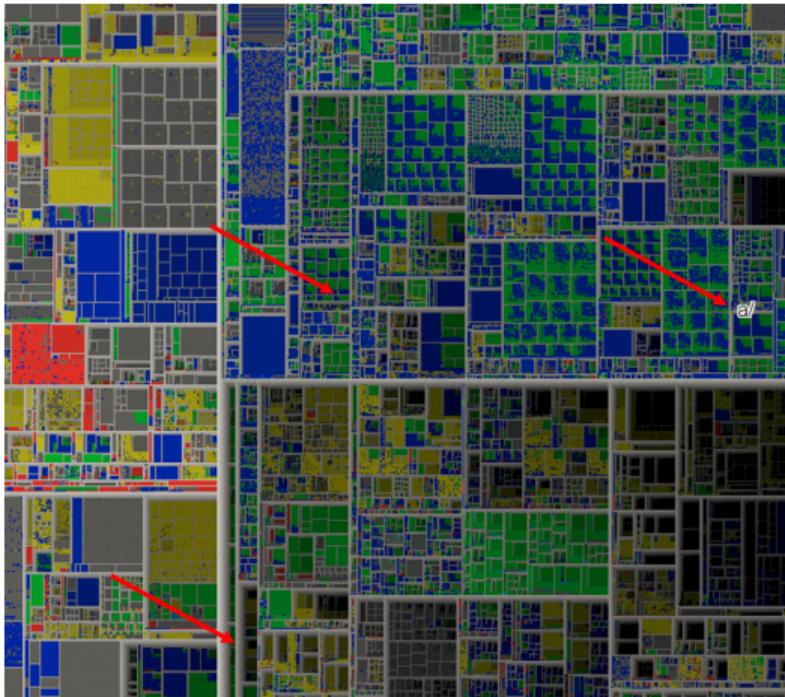


Abbildung: Betonung (Beleuchtung) der Hierarchiegrenzen [FP2002];
verbraucht zusätzlichen Platz

Platzfüllende Darstellungen: TreeMap

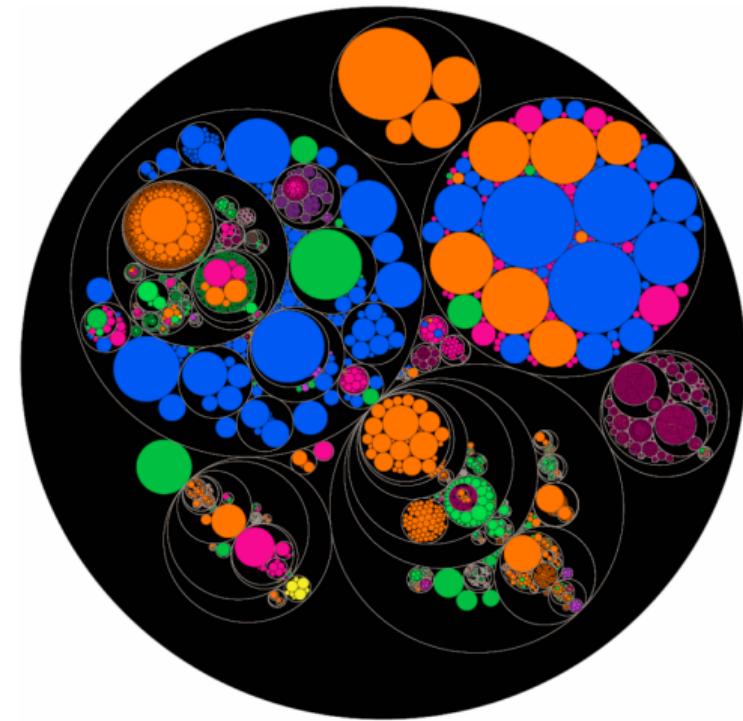
Zusammenfassung

- ▶ TreeMaps sind kompakte, dichte Darstellung
- ▶ Vorteil
 - ▶ Gut für rekursive Baum-/Hierarchiedarstellungen
- ▶ Nachteil
 - ▶ Hierarchie selbst nicht so gut sichtbar
- ▶ Wichtig
 - ▶ Erhaltung von gutem Seitenverhältnis
 - ▶ Erhaltung der Ordnung
 - ▶ Interaktive Darstellung

Platzfüllende Darstellungen

Kreisförmiges Layout [Wetzel]

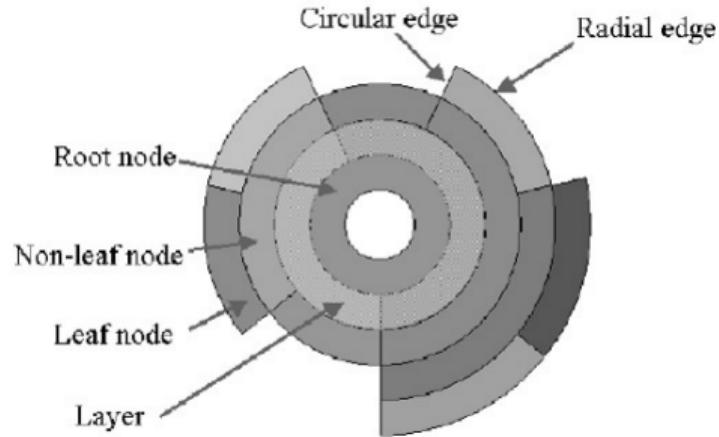
- ▶ Kreise
 - ▶ Eindimensional Maß: Durchmesser
 - ▶ Einfachere Vergleichbarkeit
- ▶ Gute Hierarchiedarstellung
- ▶ Schlechte Platzeffizienz



Platzfüllende Darstellungen

Radial-“Flächenfüllend”

- ▶ Verwende Kreis-Segmente für die Darstellung von Baumknoten
- ▶ Von innen nach außen mehr Platz



Knoten-Kanten & Platzfüllende Darstellungen



Abbildung:
Organization
Chart

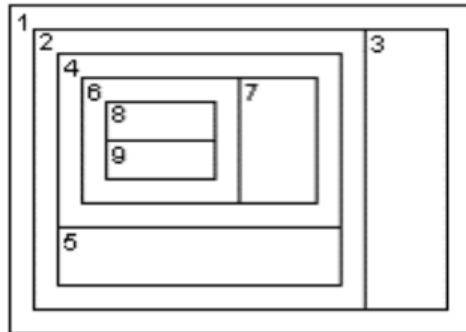


Abbildung: Treemap

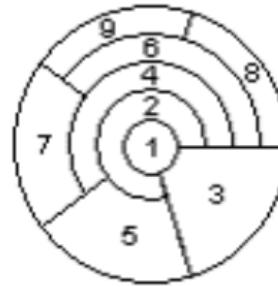


Abbildung: Tree
Ring

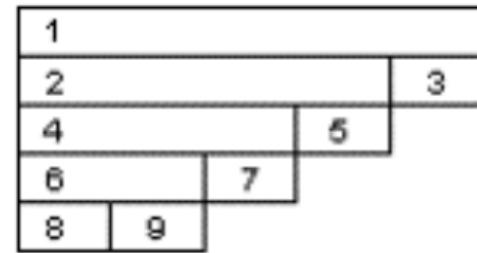


Abbildung: Icicle Plot
(introduced by Kruskal and
Landwehr[KL1983])

Alternative Darstellungen

Botanische Bäume [KvdWvW2001]

- ▶ Botanische Metapher
 - ▶ Bäume werden als “reale” Bäume dargestellt
 - ▶ Attribute der Blätter werden abgebildet auf
 - ▶ Farbe
 - ▶ Geometrie
 - ▶ Keine empirische Evaluation

Alternative Darstellungen

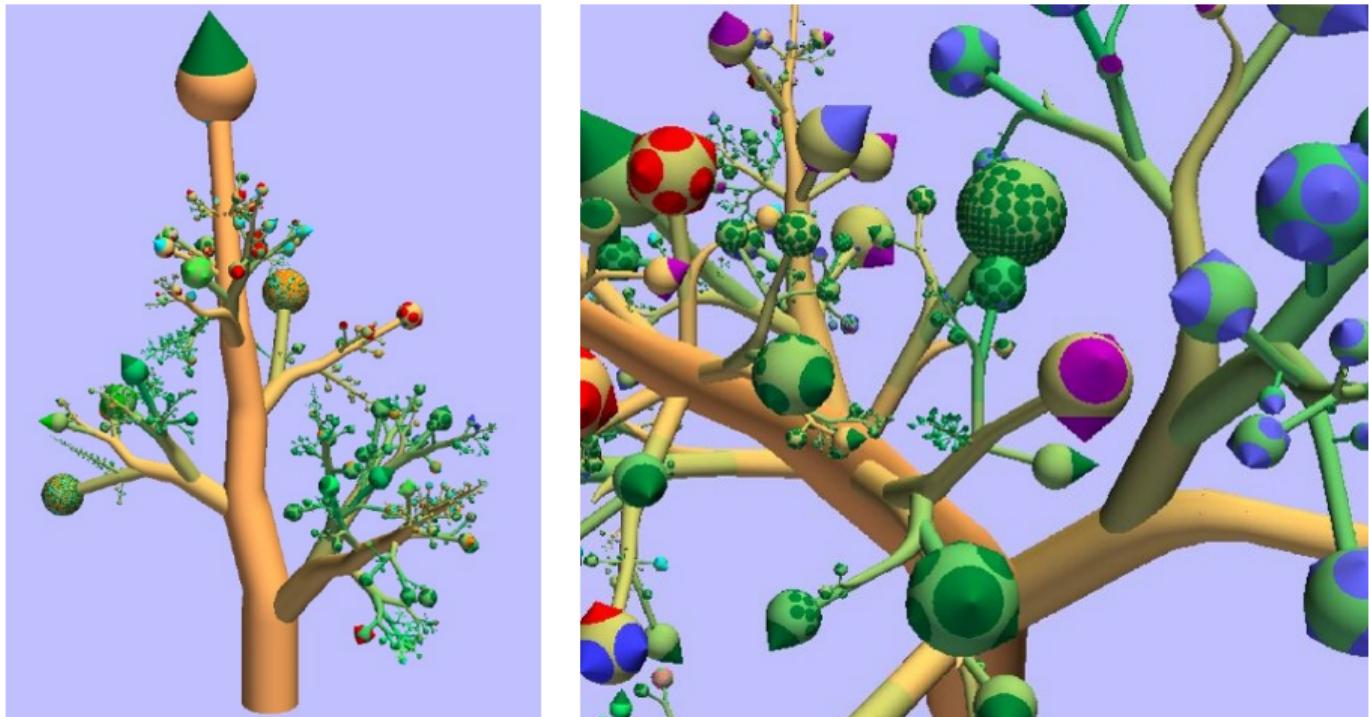


Abbildung: Botanische Bäume [KvdWvW2001]

Literatur

- [Kerren1997] A. Kerren.
Animation der semantischen Analyse.
Master's thesis, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, 1997.
- [Walker1990] J. Walker.
A Node-positioning Algorithm for General Trees.
In Software-Practice and Experience, 20(7). pp. 685–705, 1990.
- [BJL2002] C. Buchheim, M. Jünger, and S. Leipert.
Improving Walker's Algorithm to Run in Linear Time.
In Revised Papers From the 10th international Symposium
on Graph Drawing (August 26 - 28, 2002).
S. G. Kobourov and M. T. Goodrich, Eds.
Lecture Notes In Computer Science, vol. 2528.
Springer-Verlag, London, pp. 344–353, 2002.

Literatur

- [HMDeRD1999] I. Herman, G. Melancon, M. De Ruiter, and M. Delest.
Latour - A Tree Visualization System.
In Proceedings of the Symposium on Graph Drawing, GD'99,
pp. 392–399, 1999.
- [Eades1992] P. Eades.
Drawing Free Trees.
Bulletin of the Institute for the Combinatorics and its Applications,
pp. 10–36, 1992.
- [T*2010] Tutte et al.
PedVis: A structured, space-efficient Technique
for Pedigree Visualization.
InfoVis 2010.

Literatur

- [CN2002] S. K. Card and D. Nation.
Degree-of-interest trees: a component of an
attention-reactive user interface.
Advanced Visual Interfaces (AVI 2002), pp. 22–24.
Trento, Italy, 2002.
- [JS1991] B. Johnson and B. Shneiderman.
Tree-Maps: A Space-Filling Approach to the Visualization
of Hierarchical Information Structures.
Proc. IEEE Visualization '91, pp. 275–282, 1991.
- [vWvdW1999] Jarke J. van Wijk, Huub van de Wetering.
Cushion Treemaps: Visualization of Hierarchical Information.
IEEE Symposium on Information Visualization (INFOVIS'99),
San Francisco, October 25–26, 1999.

Literatur

- [Wetzel] Kai Wetzel.
Circular Treemaps.
<http://lip.sourceforge.net/ctreemap.html>.
- [KL1983] J. B. Kruskal and J. M. Landwehr.
Better Displays for Hierarchical Clustering.
The American Statistician, Volume 37(2), May 1983.
- [KvdWvW2001] E. Kleiberg, H. van der Wetering, and J. J. van Wijk.
Botanical Visualization of Huge Hierarchies.
In Proceedings of the
IEEE Symposium on Information Visualization '01,
pp. 87–94, 2001.