# Algorithmen für Chip-Entwurfswerkzeuge

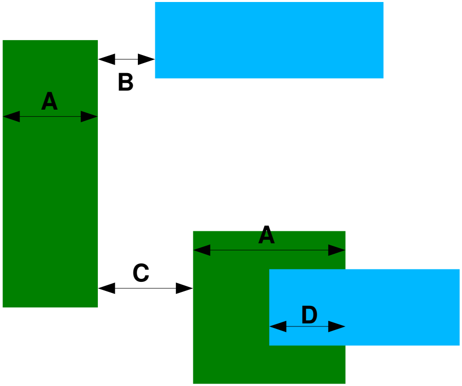
## Kompaktierung

Vorlesung
WS 2014/2015

Andreas Koch

Eingebette Systeme und Anwendungen
Technische Universität Darmstadt

# Entwurfsregeln




- Bei ASIC-Layouts
  - Grundlage für erfolgreiche Fertigbarkeit
  - Von *Technologen* erarbeitet
- Üblicherweise:
  - Minimale Breite (A)
  - Minimaler Abstand (B,C)
  - Minimale Überlappung (D)
  - Werte vielfaches von $\lambda$

# Kompaktierung
# Motivation

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

- Komprimieren/Expandieren von Layouts
  - Unter Beachtung der Designregeln!
- Anwendungsgebiete:

  Layout-Compilierung von symbolischen in geometrische Layouts
  Flächenminimierung von bestehenden Layouts
  Korrektur von Entwurfsregelverletzungen
  Skalierung der Technologie

# Kompaktierung
# Vorgehensweise

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

## Eindimensional (1D)

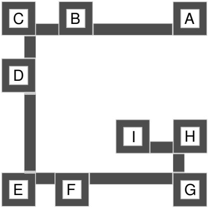
- Nur eine Richtung bearbeiten

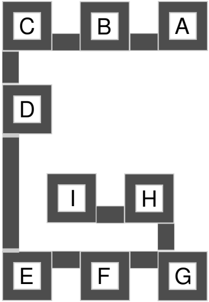
  Operationen: Bewegen, Stauchen
- Oft abwechselnd in X, Y Richtungen
- Problem: Effizent, aber suboptimal

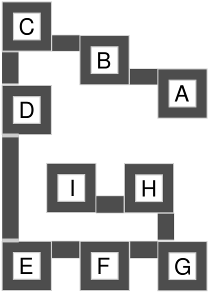
## Zweidimensional (2D)

- Beide Richtungen simultan bearbeiten
- Problem: Optimal, aber NP-hart

# Kompaktierung
# Graphisches Beispiel

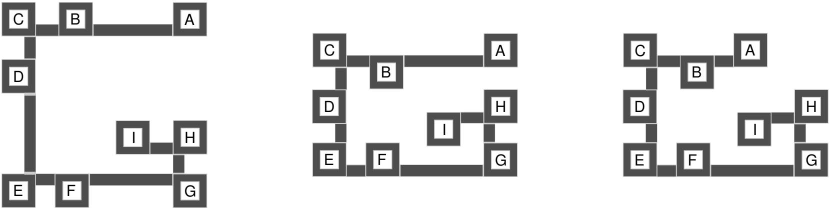


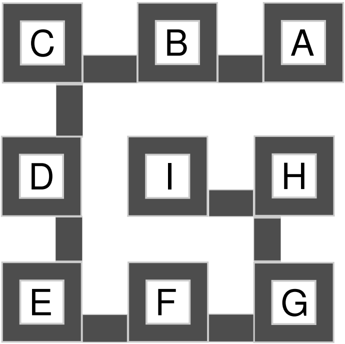

Original $\Rightarrow$ Horizontal kompaktiert $\Rightarrow$ Vertikal kompaktiert

# Kompaktierung
# Graphisches Beispiel




Original ⇒ Vertikal kompaktiert ⇒ Horizonal kompaktiert

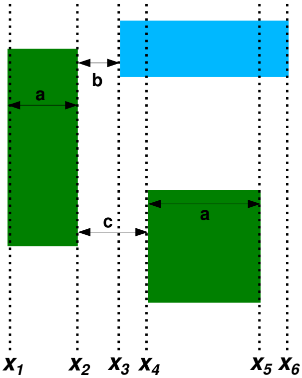
# Kompaktierung
# Optimum




Optimum

- 2D-Kompaktierung
  - Findet optimale Lösung
  - Problem: NP-Vollständig
- Tatsächliche Vorgehensweise
  - Mehrfache 1D-Kompaktierung
  - Abwechselnd horizontal, vertikal
  - Problem: Nicht optimal

# Modellierung
# Abstände $\mapsto$ Ungleichungen

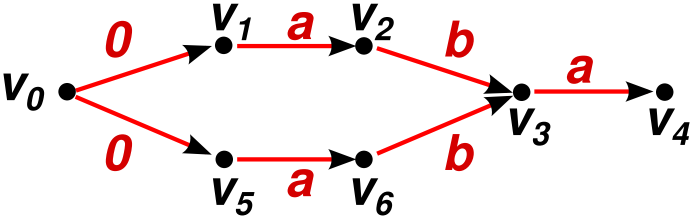



$$x_2 - x_1 \geq a$$
$$x_3 - x_2 \geq b$$
$$x_5 - x_4 \geq a$$
$$x_j - x_i \geq d_{ij}$$

# Modellierung
# Einschränkungsgraph

Eingschrängungsgraph $G(V, E)$

- Gerichtet von $(v_i, v_j)$
- Zyklenfrei
- Längster Pfad von $v_0$ zu $v_j$ = Minimale Koordinate von $x_i$
- Modelliere $x_n$ durch $v_n$

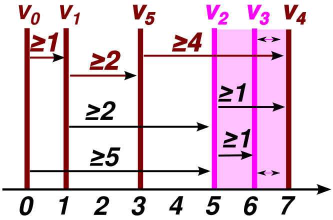


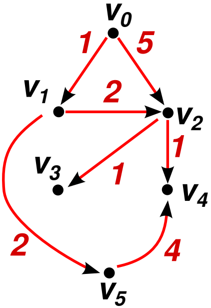
# Modellierung
# Maximale Abstände

- Bisher nur miminmale Abstände
- Maximale Abstände mathematisch: $|x_c - x_w| \leq d$
- $x_j - x_i \leq c_{ij}$ und $x_i - x_j \leq c_{ij}$, $c_{ij} \geq 0$
- Passende Form für unseren Einschränkungsgraph
  Achtung: Jetzt sind aber Zyklen möglich
- Lösung: Berechnung des Längesten Pfades in Graphen mit Zyklen
  Genauer: Einfacher Pfad (d.h. jede Kante max. einmal)

# Kompaktierung
# Kritische vs. Unkritische Element

- *Kritische Elemente* sind die Knoten entläng des Längsten Pfades
- Unkritisch alle anderen
- Layout-Breite hängt nur von kritischen Elementen ab
- Unkritische Elemente, verschiebbar
  Beeinflussen aber weitere Iterationen



# Kompaktierung
# Weitergehende Details



- Freie Layoutelemente
  Optimale Lösung ist 2D-Kompaktierung
- Einfügen von Jogs
  Knicke in den Leitungen
- Berechnen der Einschränkungen
  Einfacher $n^2$-Ansatz: Redundanzen enthalten
- Hierarchisches Vorgehen

# Zusammenfassung



- Kompaktierung
- Berechnung der Längsten Pfade
  - Mit und ohne Zyklen
- Modellierung von Schaltungen
  - Graphbasiert
  - Hierarchisch