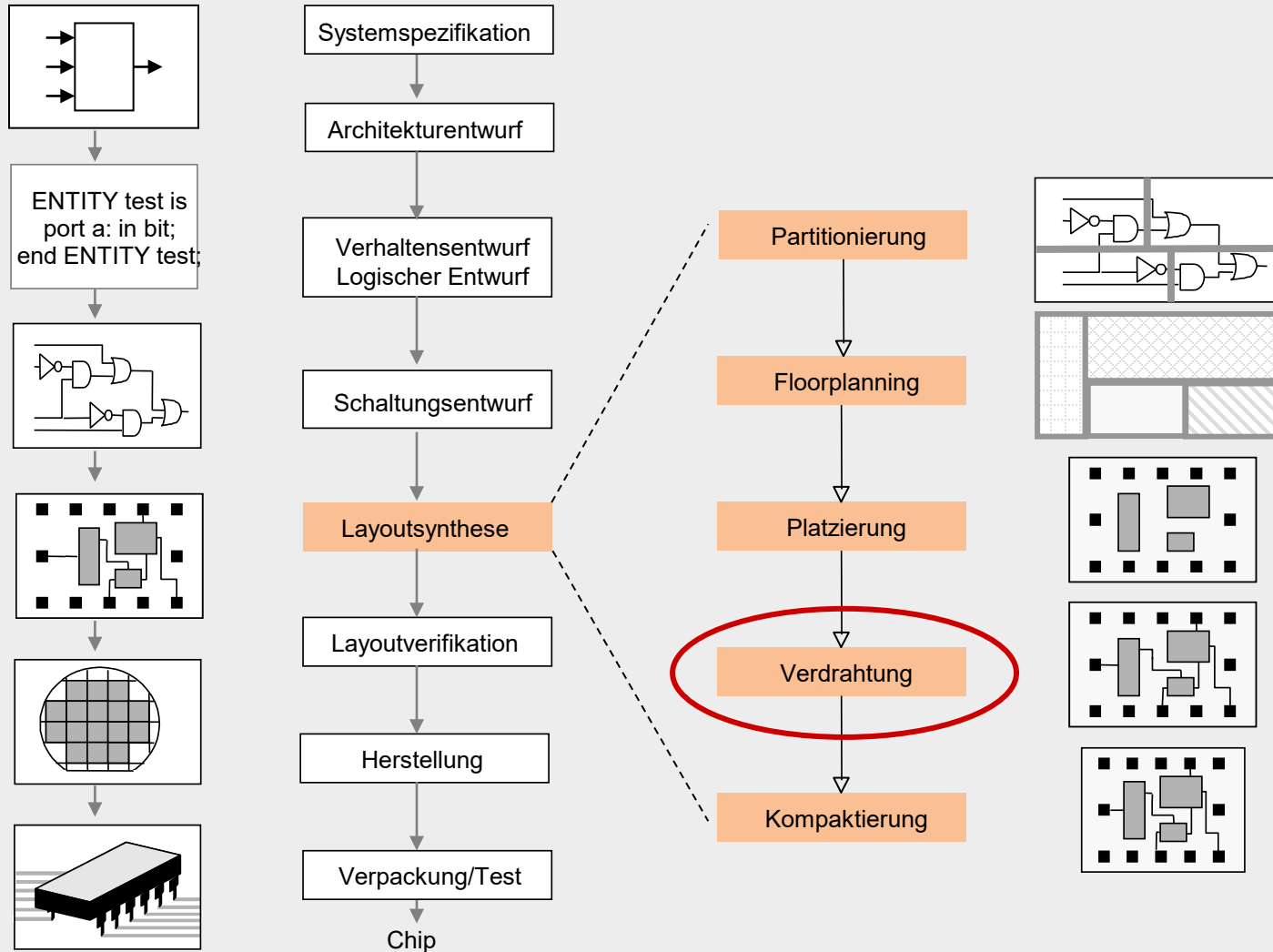


- 5.1 Einführung
 - 5.1.1 Allgemeines Verdrahtungsproblem
 - 5.1.2 Globalverdrahtung
- 5.2 Begriffsbestimmungen
- 5.3 Optimierungsziele
 - 5.3.1 Kundenspezifischer Entwurf
 - 5.3.2 Standardzellen-Entwurf
 - 5.3.3 Gate-Array-Entwurf
- 5.4 Abbildung von Verdrahtungsregionen
- 5.5 Ablauf der Globalverdrahtung
- 5.6 Algorithmen für die Globalverdrahtung
 - 5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung
 - 5.6.2 Globalverdrahtung im Verbindungsgraphen
 - 5.6.3 Wegsuche mit dem Dijkstra-Algorithmus
- 5.7 Aktuelle Globalverdrahter

5.1.1 Allgemeines Verdrahtungsproblem



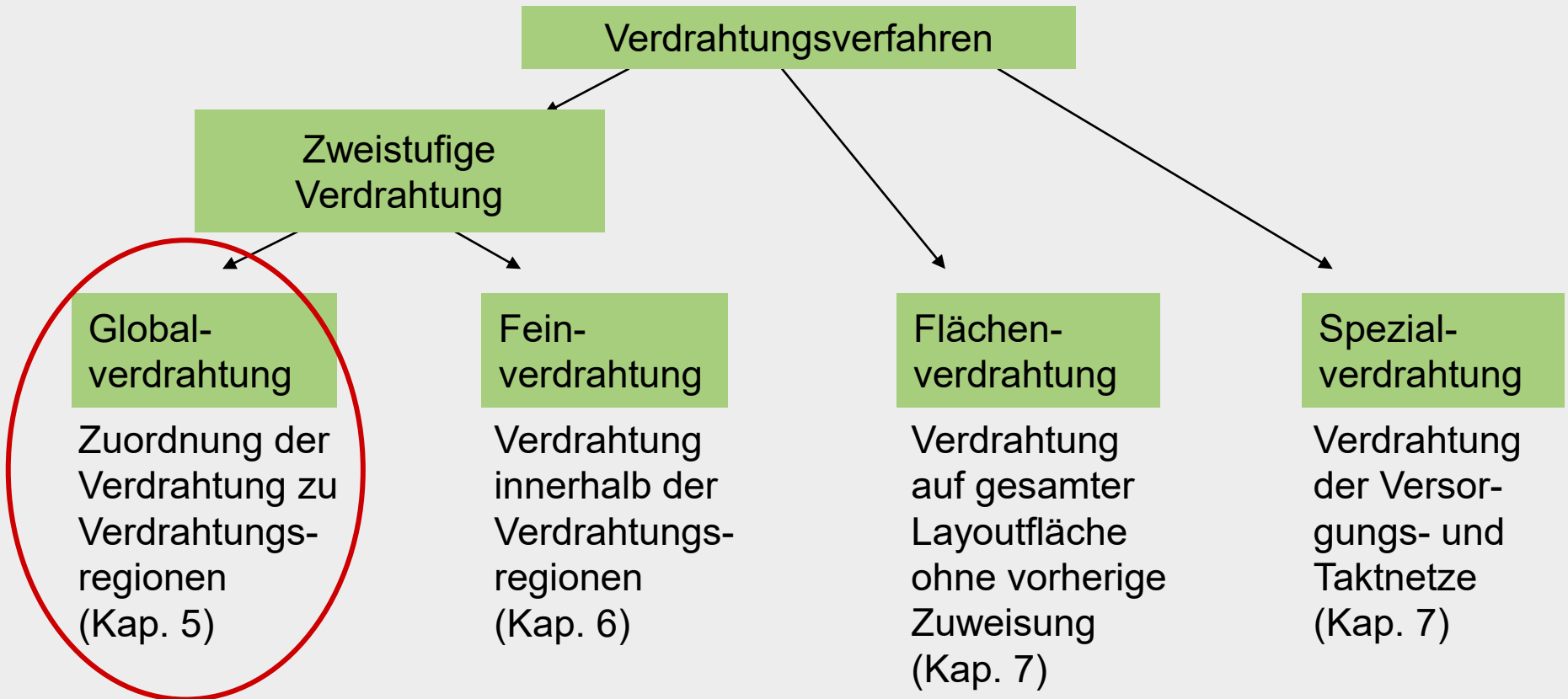
5.1.1 Allgemeines Verdrahtungsproblem

Bei der Verdrahtung sind alle Zellen- bzw. Bauelementeanschlüsse, die zu einem Netz gehören, miteinander zu verbinden.

Dies beinhaltet das **Festlegen von Verdrahtungswegen** sowie die **Zuordnung der Leiterzugsegmente zu Verdrahtungsebenen**.

Dabei sind **Randbedingungen** (z.B. Kreuzungsfreiheit) einzuhalten und **Optimierungsziele** (z.B. minimale Verbindungslänge) anzustreben.

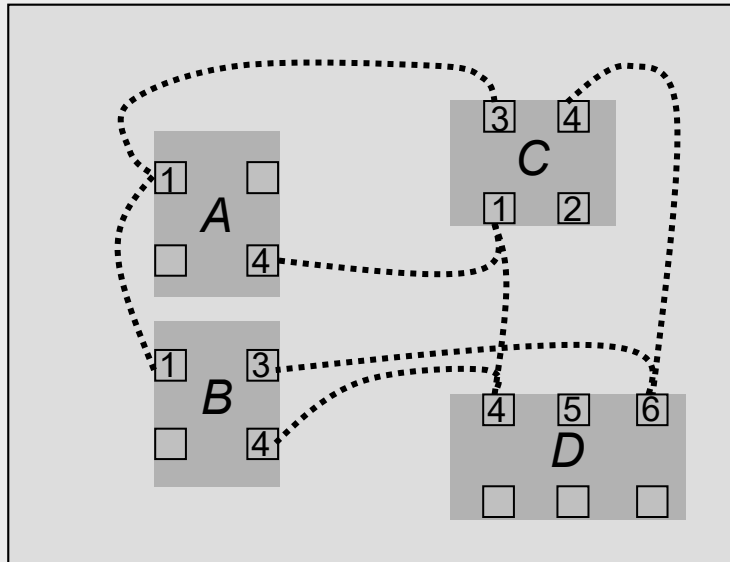
5.1.1 Allgemeines Verdrahtungsproblem



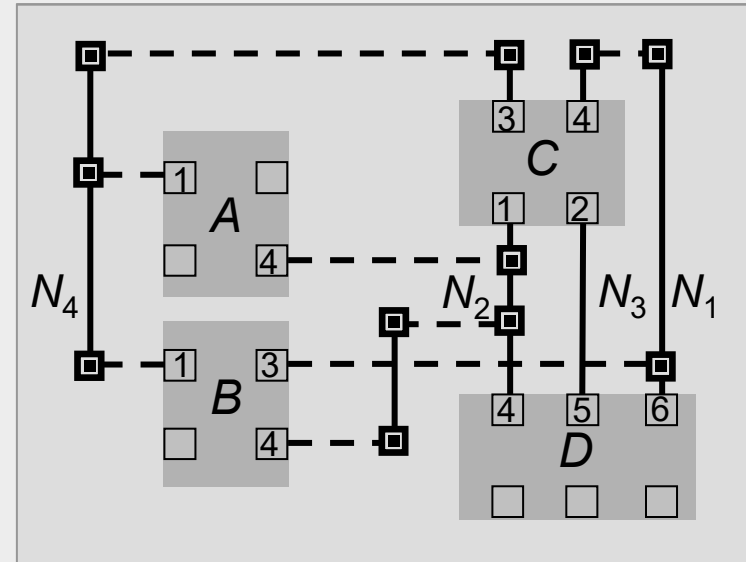
Bei der Globalverdrahtung werden **ungefähre Verbindungswege auf einer Layoutoberfläche** festgelegt.

Dies geschieht meist durch Zuweisung der Netzsegmente in sog. **Verdrahtungsregionen** unter Berücksichtigung der jeweiligen Verdrahtungskapazitäten dieser Regionen.

5.1.2 Globalverdrahtung

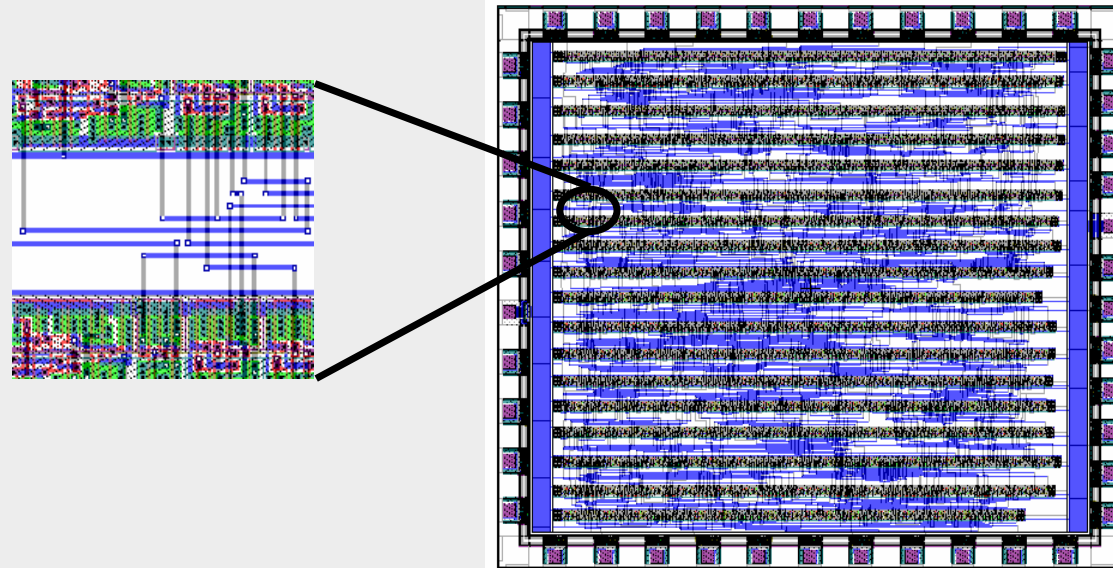


Globalverdrahtung



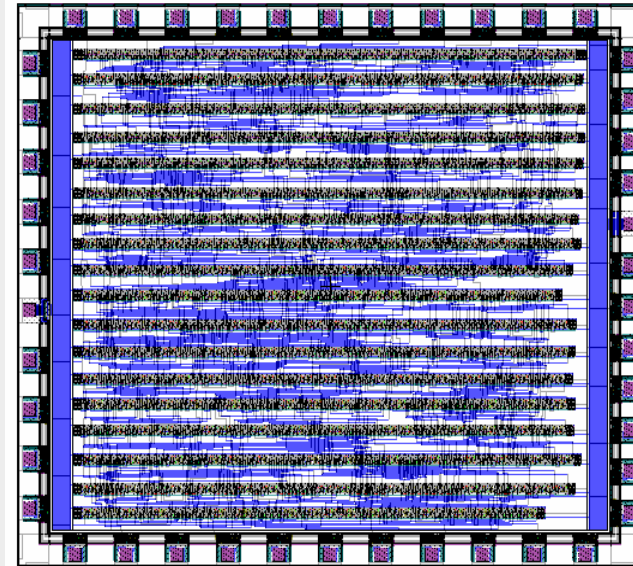
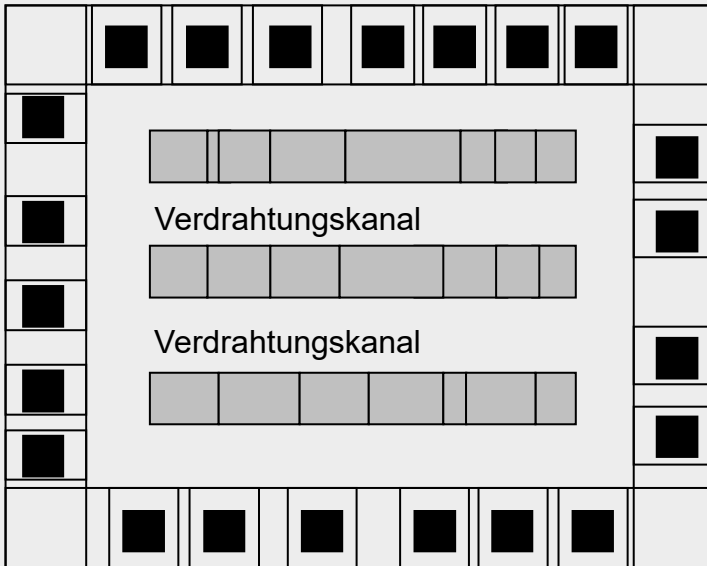
Feinverdrahtung

Kanal (Channel)



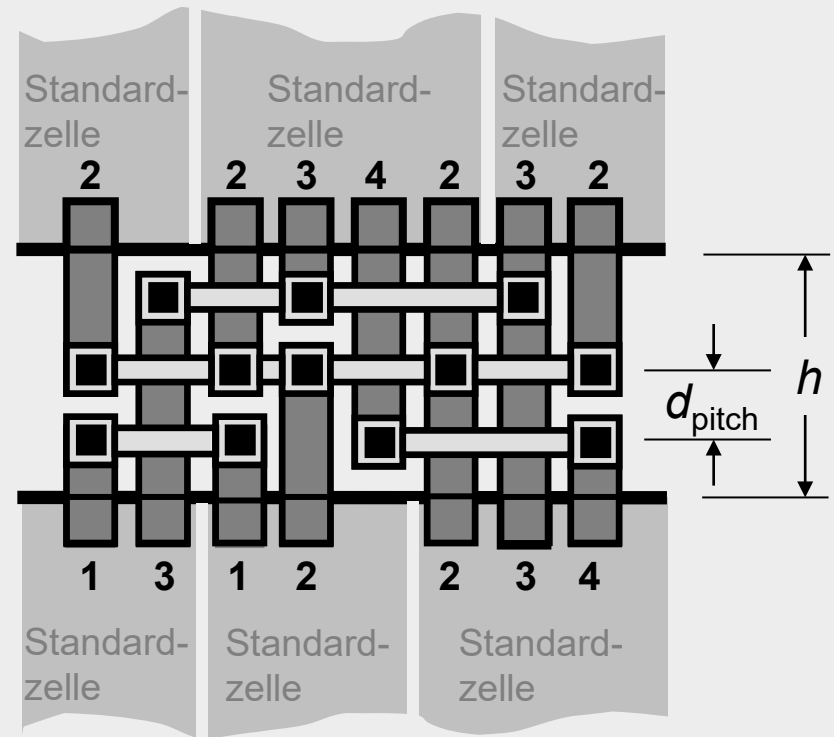
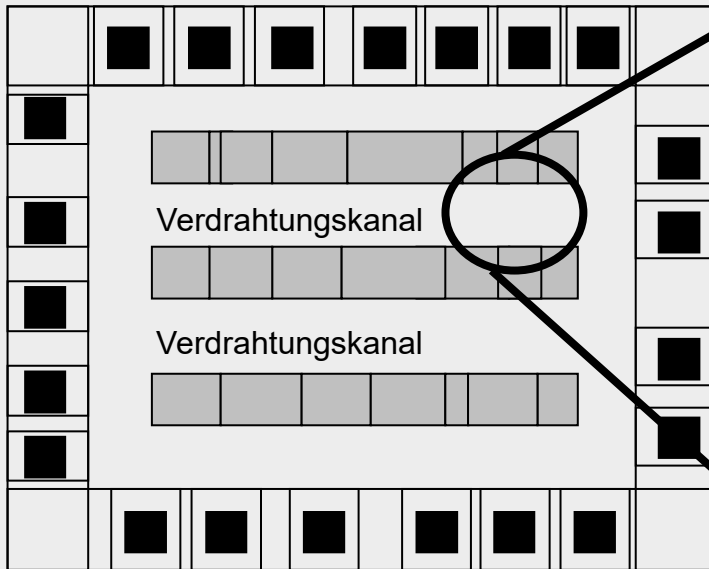
Standardzellenlayout (Zweilag-Verdrahtung)

Kanal (Channel)



Standardzellenlayout (Zweilag-Verdrahtung)

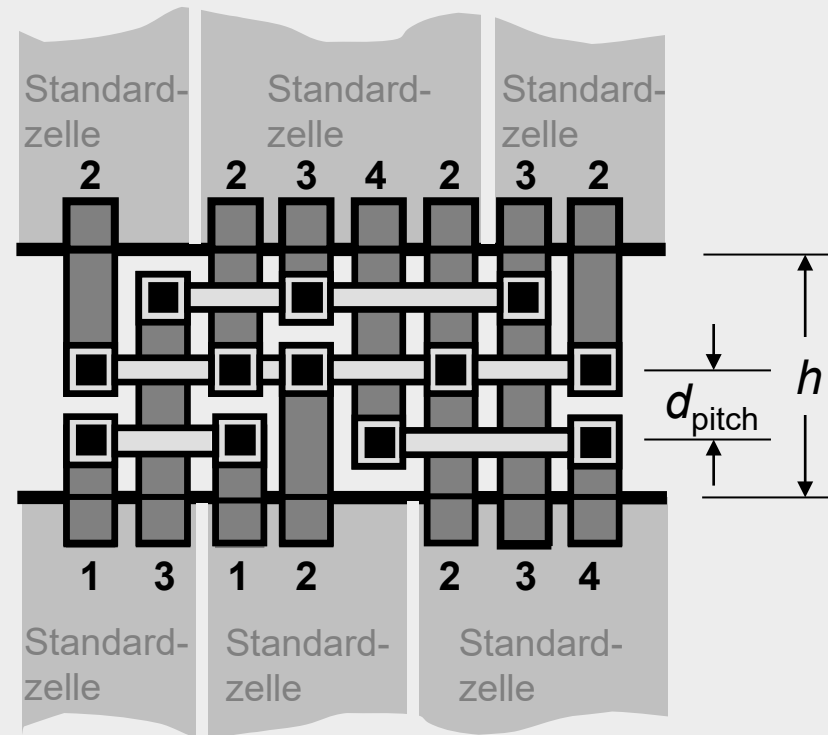
Kapazität (Capacity)



Kapazität (Capacity)

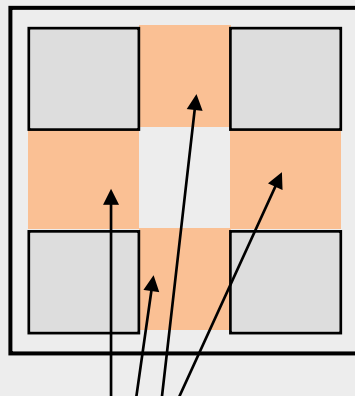
- Aufnahmefähigkeit einer Verdrahtungsregion bezüglich der Verdrahtung
- Ergibt sich aus der Ebenenanzahl in der Kanalverdrahtungsrichtung n_{layer} , der Kanalhöhe h und dem Leiterzugmittenabstand (Pitch) d_{pitch}

$$C_{\text{tracks}} = \frac{n_{\text{layer}} \cdot h}{d_{\text{pitch}}}$$

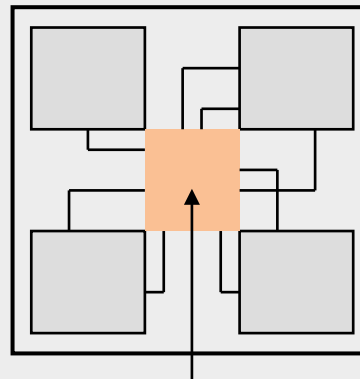


Switchbox (Zweilagigen-Verdrahtung)

- Kreuzungsbereich von vertikalen und horizontalen Kanälen
- Anschlüsse an allen vier Seiten
- Abmessungen fixiert

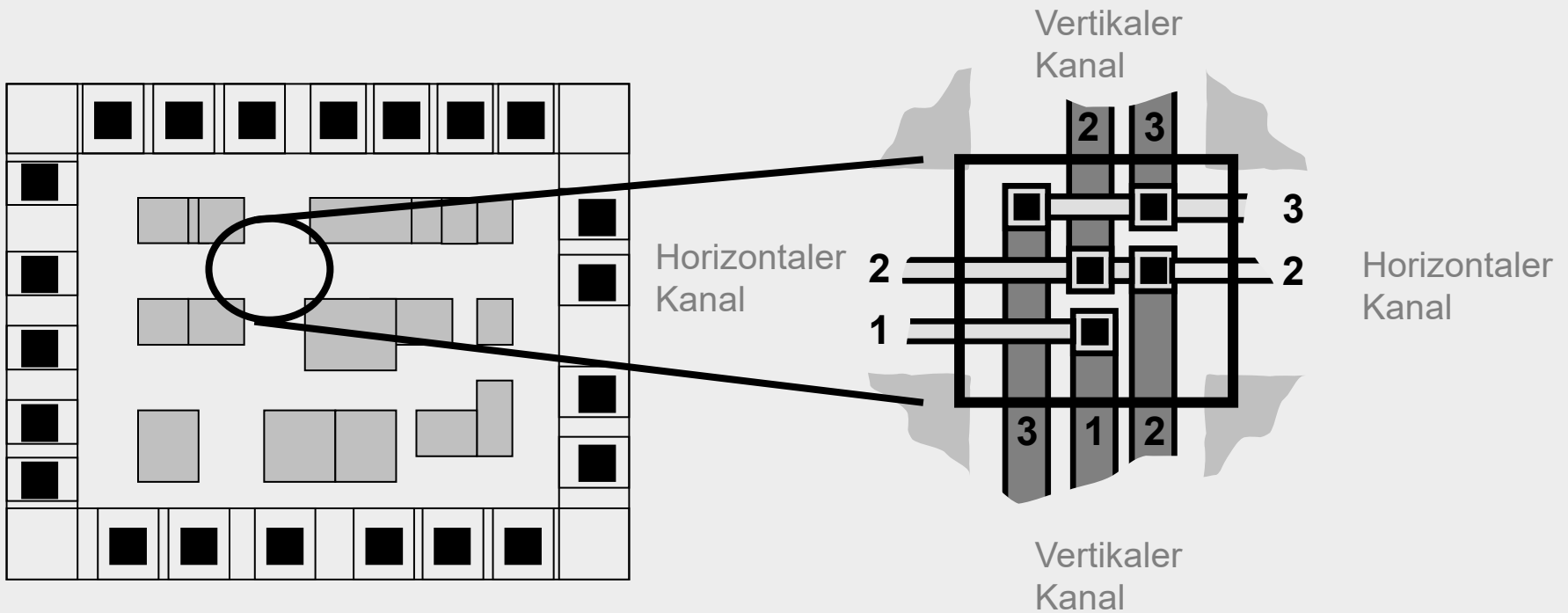


Kanäle

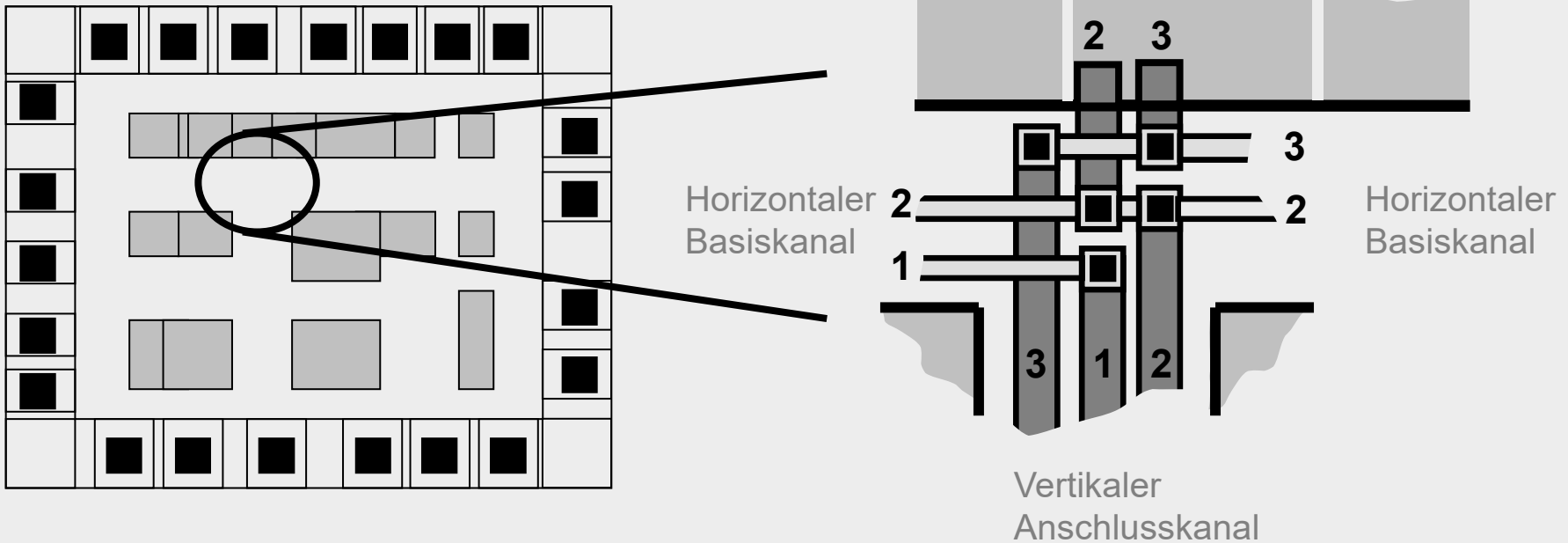


Switchbox
(Verdrahtung im Anschluss
an die Kanalverdrahtung)

Switchbox (Zweilag-Verdrahtung)

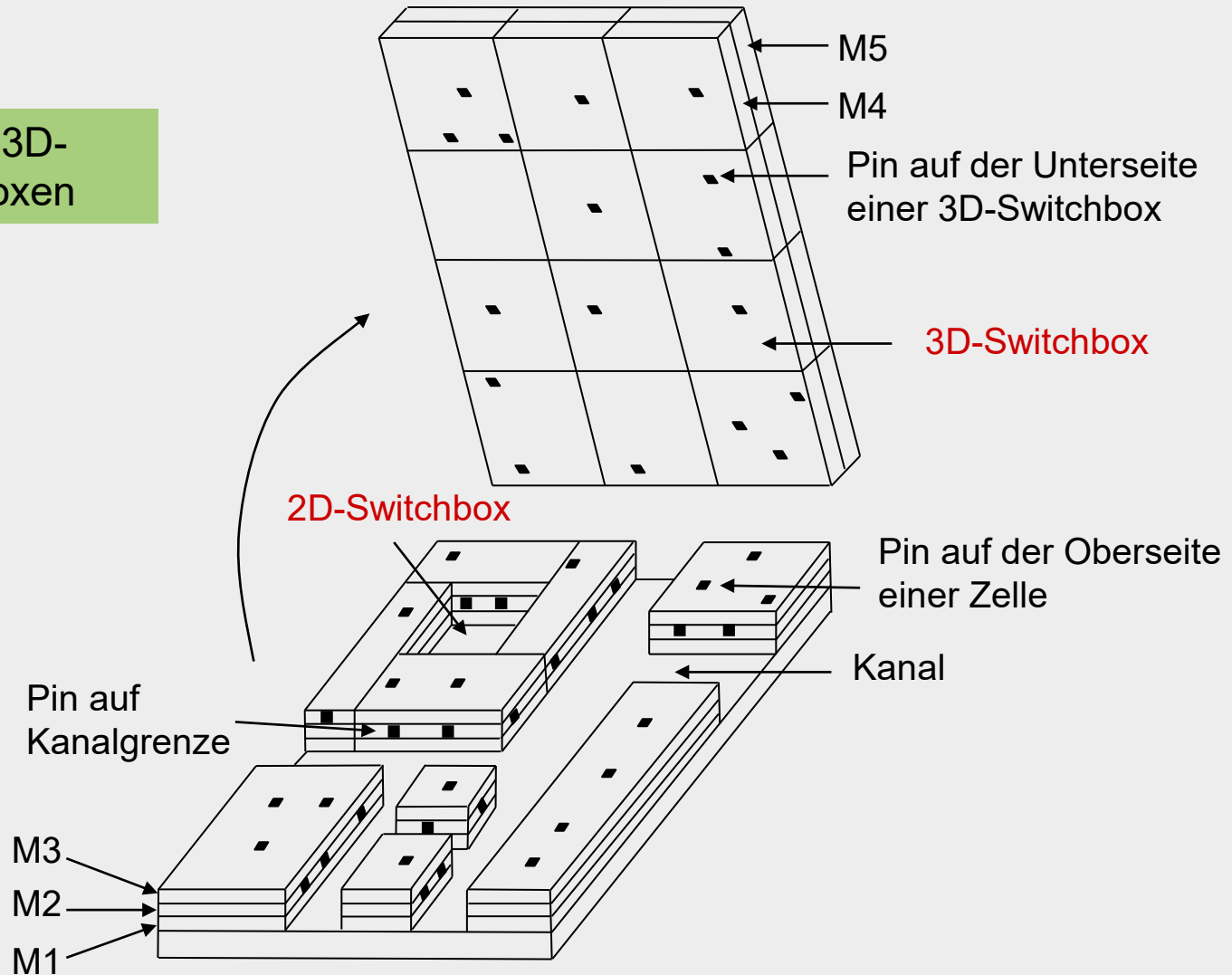


T-Kreuzung (T-Junction, Zweilag-Verdrahtung)

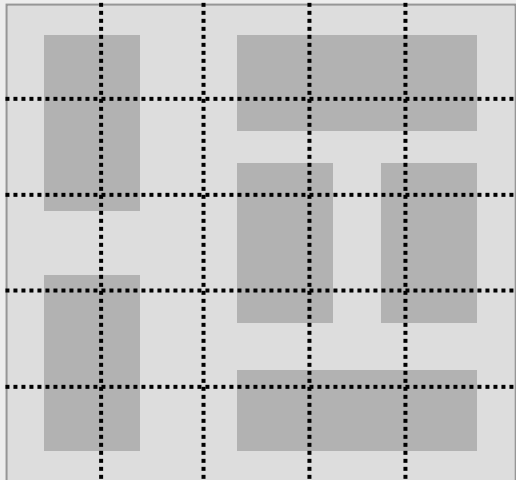


5.2 Begriffsbestimmungen

2D- und 3D-Switchboxen



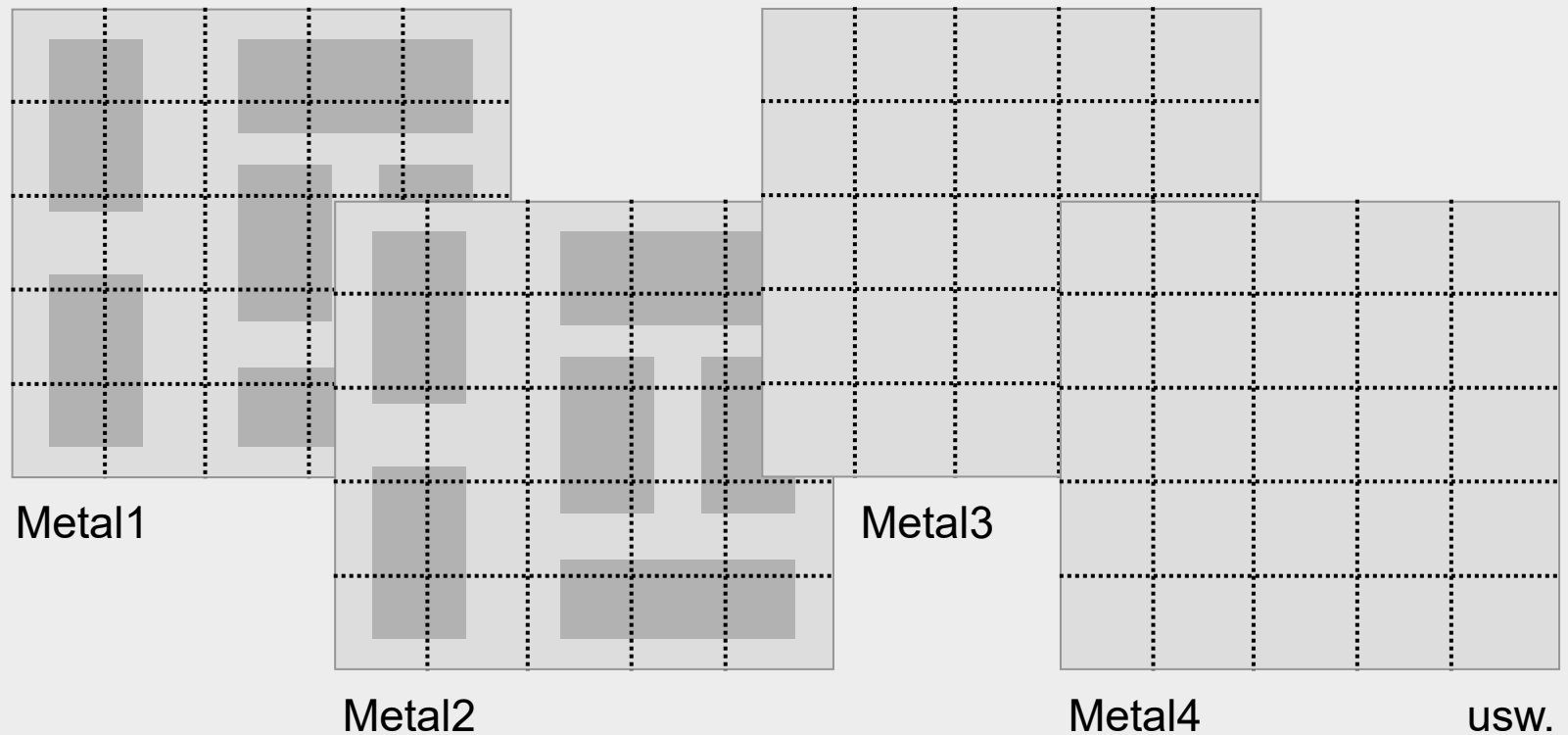
Verdrahtungsregion (Tile, Box)



- Kanal- und klassische Switchboxdefinition nur bei Zweilagigen-Verdrahtung sinnvoll
- Mehrlagen-Verdrahtung oftmals mit zellenunabhängigen Verdrahtungsbereichen (Verdrahtungsregion, Tile, Box usw.) auf allen Ebenen zur Netzzuweisung

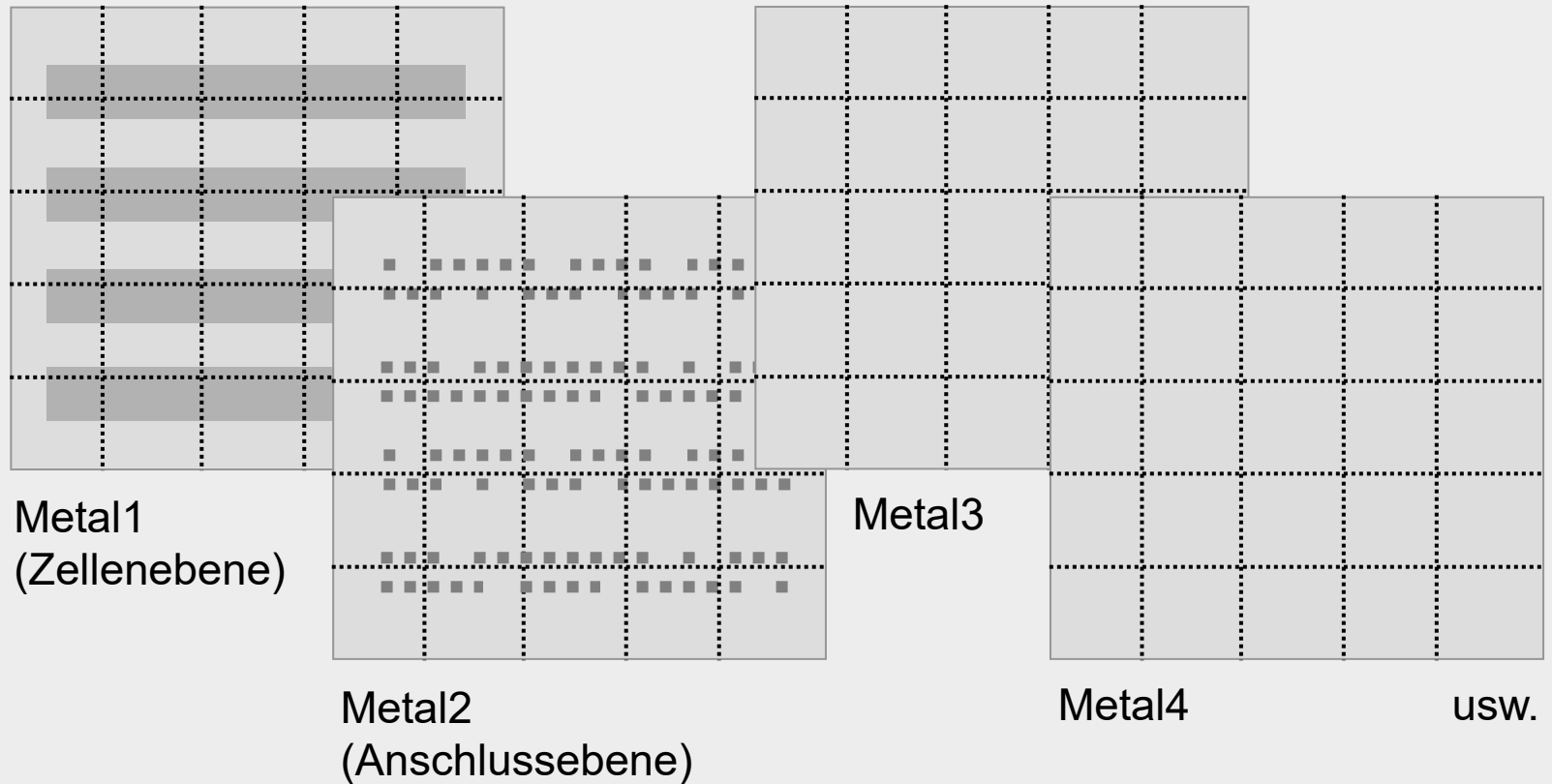
5.2 Begriffsbestimmungen

Verdrahtungsregion (Tile, Box)
bei Makrozellen

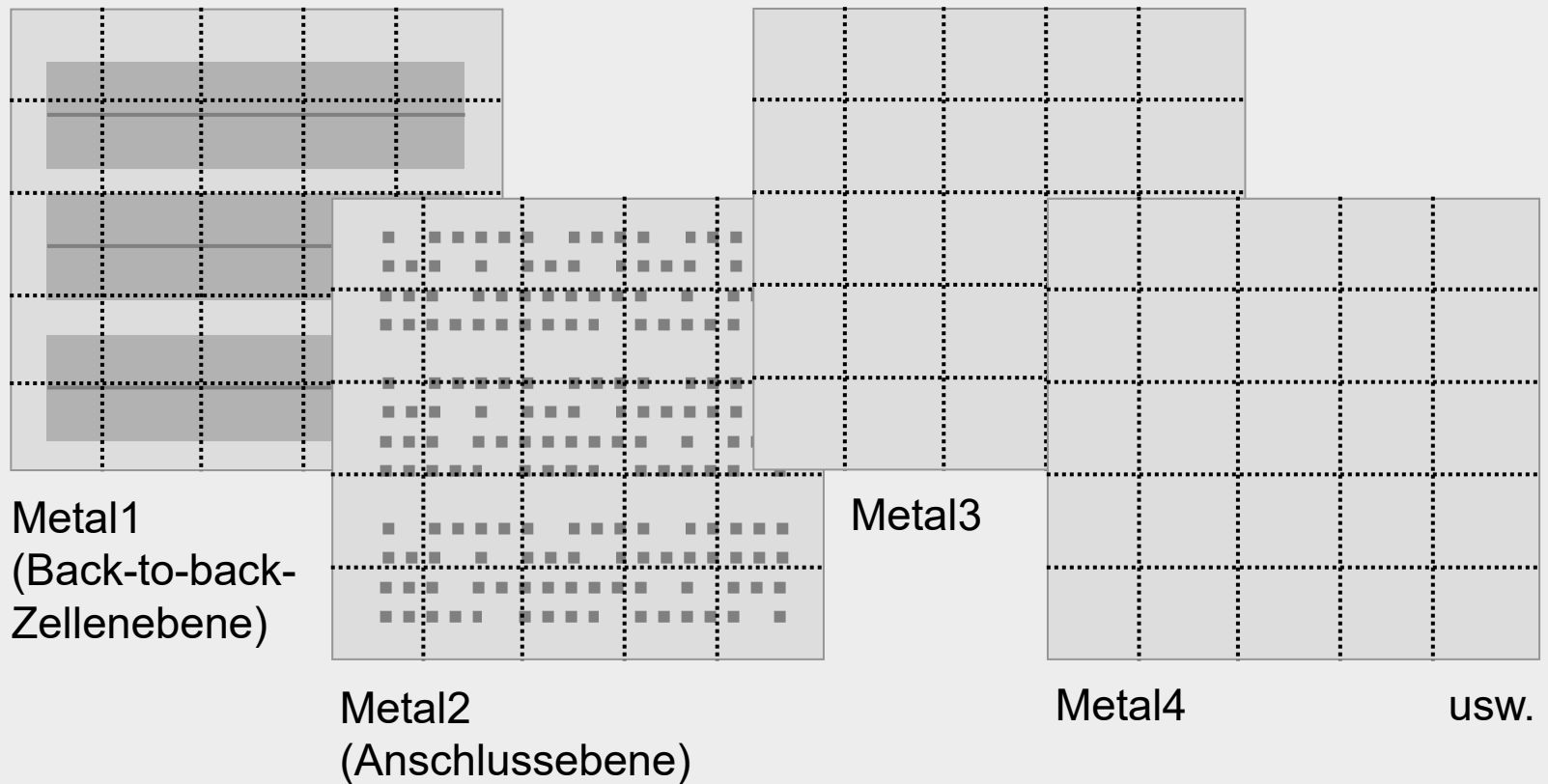



5.2 Begriffsbestimmungen

Verdrahtungsregion (Tile, Box)
bei Standardzellen



Verdrahtungsregion (Tile, Box)
bei Back-to-back-Standardzellen

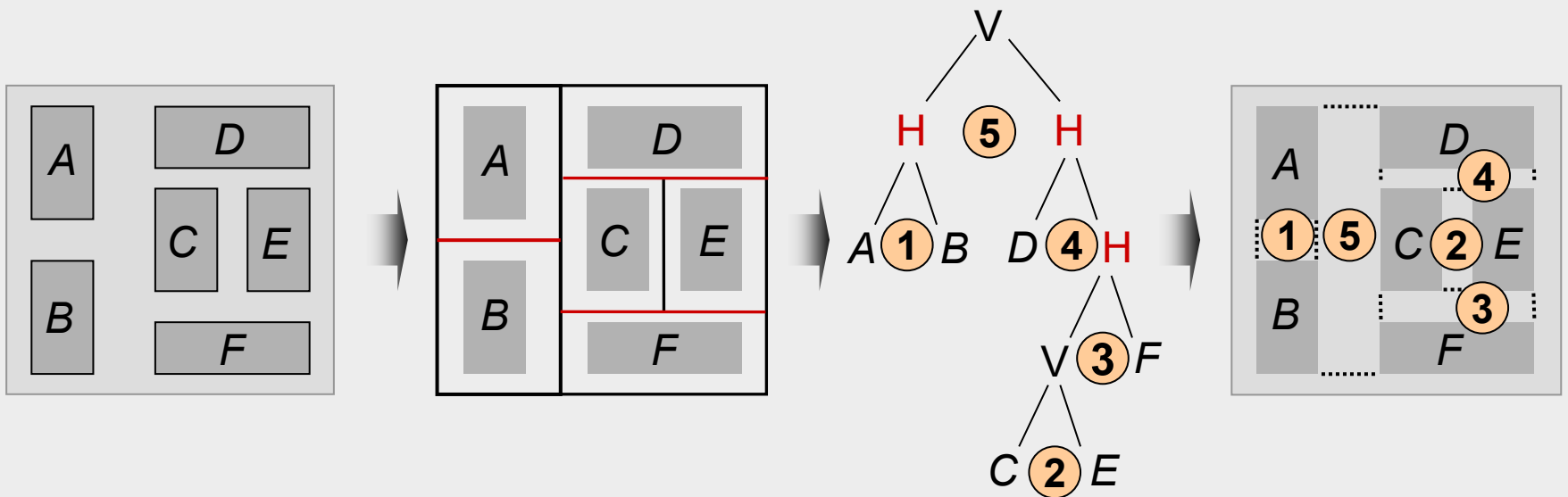


- 5.1 Einführung
 - 5.1.1 Allgemeines Verdrahtungsproblem
 - 5.1.2 Globalverdrahtung
- 5.2 Begriffsbestimmungen
-  5.3 **Optimierungsziele**
 - 5.3.1 Kundenspezifischer Entwurf
 - 5.3.2 Standardzellen-Entwurf
 - 5.3.3 Gate-Array-Entwurf
- 5.4 Abbildung von Verdrahtungsregionen
- 5.5 Ablauf der Globalverdrahtung
- 5.6 Algorithmen für die Globalverdrahtung
 - 5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung
 - 5.6.2 Globalverdrahtung im Verbindungsgraphen
 - 5.6.3 Wegsuche mit dem Dijkstra-Algorithmus
- 5.7 Aktuelle Globalverdrahter

Globalverdrahtung hat zwei wesentliche Ziele:

- Zuordnung von Netzen zu den Verdrahtungsregionen unter Berücksichtigung deren Kapazität,
- Ermittlung, ob eine bestimmte Platzierung verdrahtbar ist.

Festlegen der Verdrahtungsreihenfolge

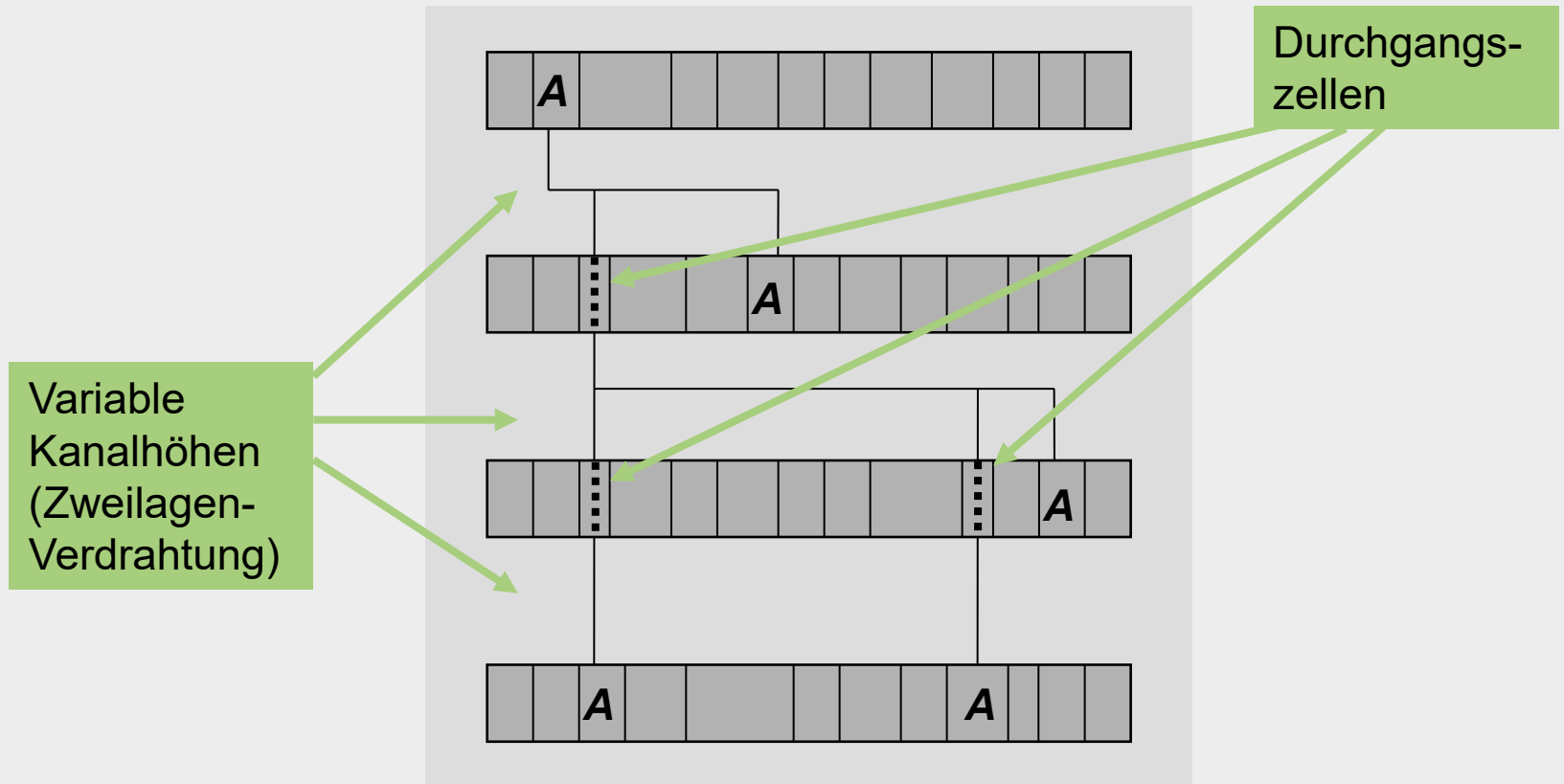


1. Depth-First-Durchgang durch Schnittbaum
2. Reihenfolge-Zuweisung im „Rückwärtsgang“

Optimierungsziele:

- Minimierung der Gesamtverbindungslänge bzw. der Netzlänge des längsten Netzes
- Gleichverteilung der Verdrahtungsdichte
- Sollten aufgrund von Platzierungsrestriktionen die Verdrahtungsregionen feste Kapazitätsgrenzen haben, so wird als ein weiteres Ziel die Feststellung der Verdrahtbarkeit angestrebt.

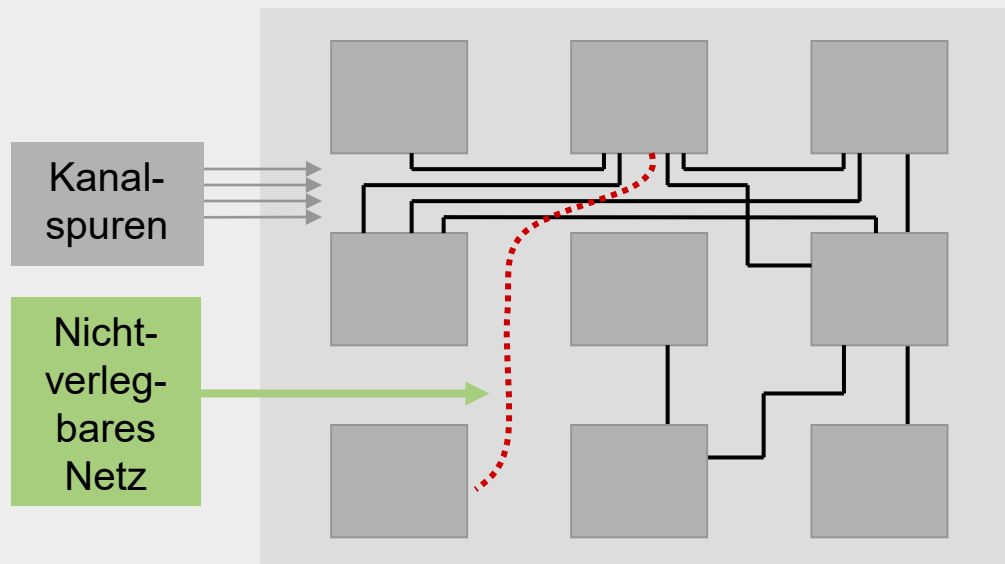
5.3.2 Optimierungsziele beim Standardzellen-Entwurf



Optimierungsziele:


- Minimierung der Kanalhöhen (Zweilagigen-Verdrahtung)
- Minimierung der Gesamtverbindungslänge bzw. der Netzlänge des längsten Netzes
- Sind bei Zweilagigen-Verdrahtung Durchquerungsmöglichkeiten der Standardzellenreihen in ihrer Anzahl fest vorgegeben, so ist die Feststellung der Verdrahtbarkeit ein Zielkriterium

5.3.3 Optimierungsziele beim Gate-Array-Entwurf



Optimierungsziele:

- Feststellung der Verdrahtbarkeit
- Minimierung der Gesamtverbindungslänge bzw. der Netzlänge des längsten Netzes

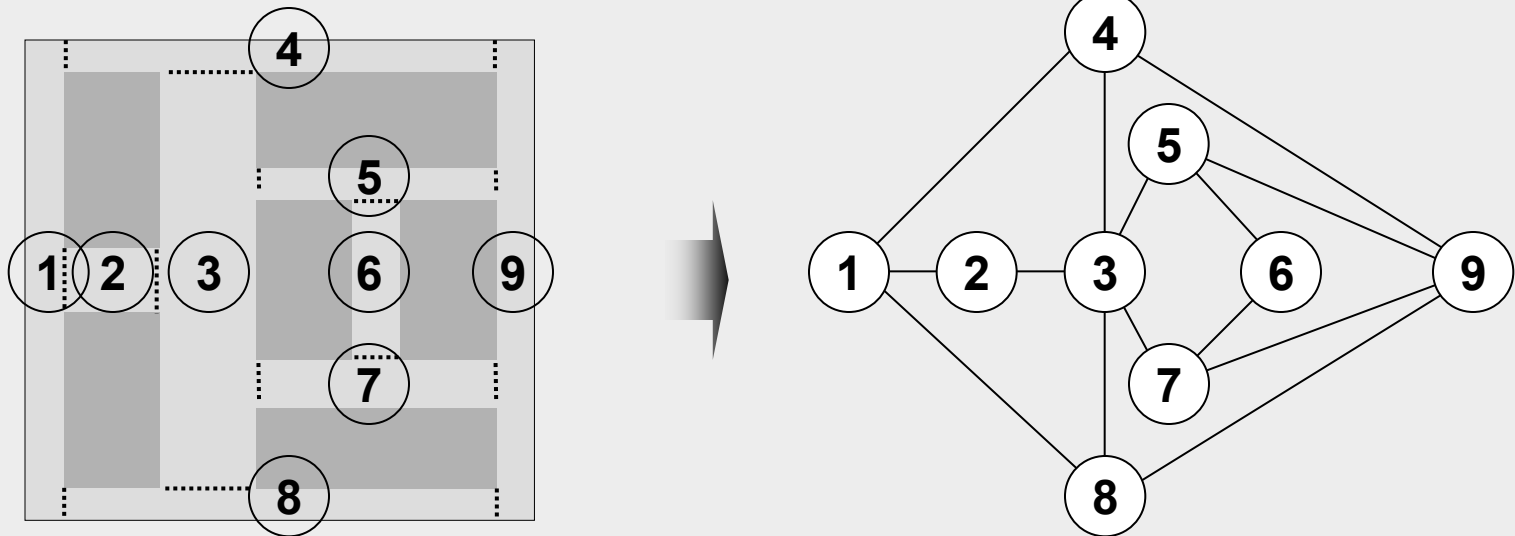
- 5.1 Einführung
 - 5.1.1 Allgemeines Verdrahtungsproblem
 - 5.1.2 Globalverdrahtung
- 5.2 Begriffsbestimmungen
- 5.3 Optimierungsziele
 - 5.3.1 Kundenspezifischer Entwurf
 - 5.3.2 Standardzellen-Entwurf
 - 5.3.3 Gate-Array-Entwurf
-  **5.4 Abbildung von Verdrahtungsregionen**
- 5.5 Ablauf der Globalverdrahtung
- 5.6 Algorithmen für die Globalverdrahtung
 - 5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung
 - 5.6.2 Globalverdrahtung im Verbindungsgraphen
 - 5.6.3 Wegsuche mit dem Dijkstra-Algorithmus
- 5.7 Aktuelle Globalverdrahter

5.4 Abbildung von Verdrahtungsregionen

- Um die Globalverdrahtung rechentechnisch effektiv durchführen zu können, werden Verdrahtungsregionen (Tiles, Kanäle, Switchboxen) oft in einem Graphen abgebildet:
 - Knoten → Verdrahtungsregionen (mit Kapazitätsangaben),
 - Kanten → Nachbarschaftsbeziehungen der Verdrahtungsregionen.
- Verdrahtungsaufgabe: Ermittlung eines gültigen Pfades im Graphen unter Berücksichtigung der Kapazitätsangaben

5.4 Abbildung von Verdrahtungsregionen

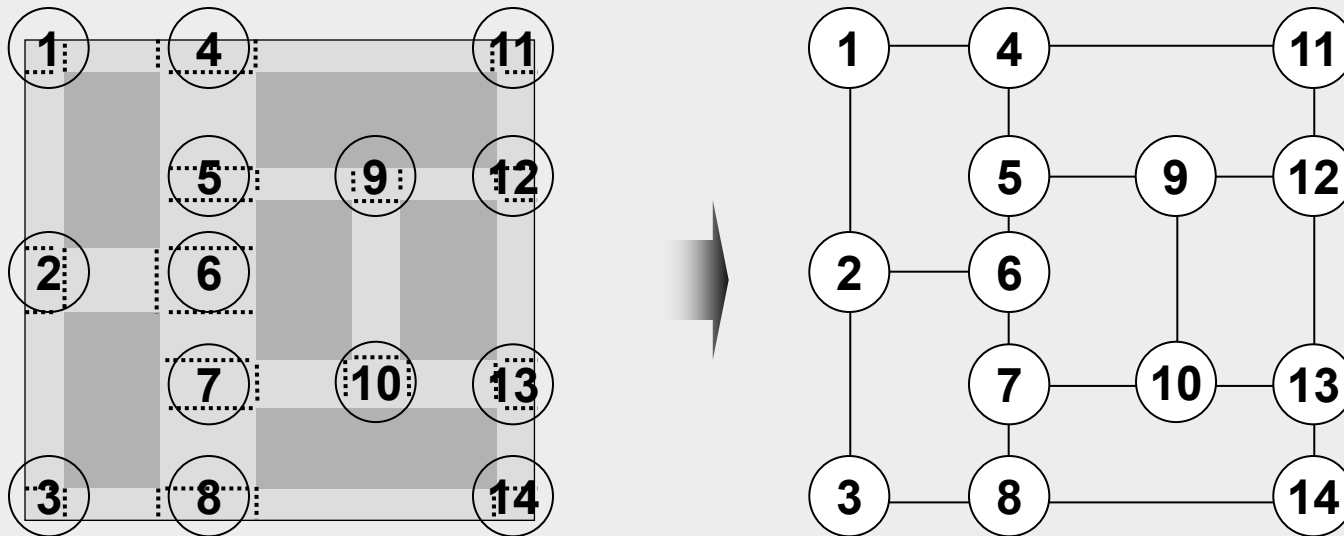
Kanal-Verbindungsgraph (Channel Connectivity Graph)



Graph $G = (V, E)$, wobei jeder **Kanal** durch einen Knoten V repräsentiert wird. Eine Kante E zwischen zwei Knoten modelliert die Nachbarschaft der durch die Knoten repräsentierten Kanäle.

5.4 Abbildung von Verdrahtungsregionen

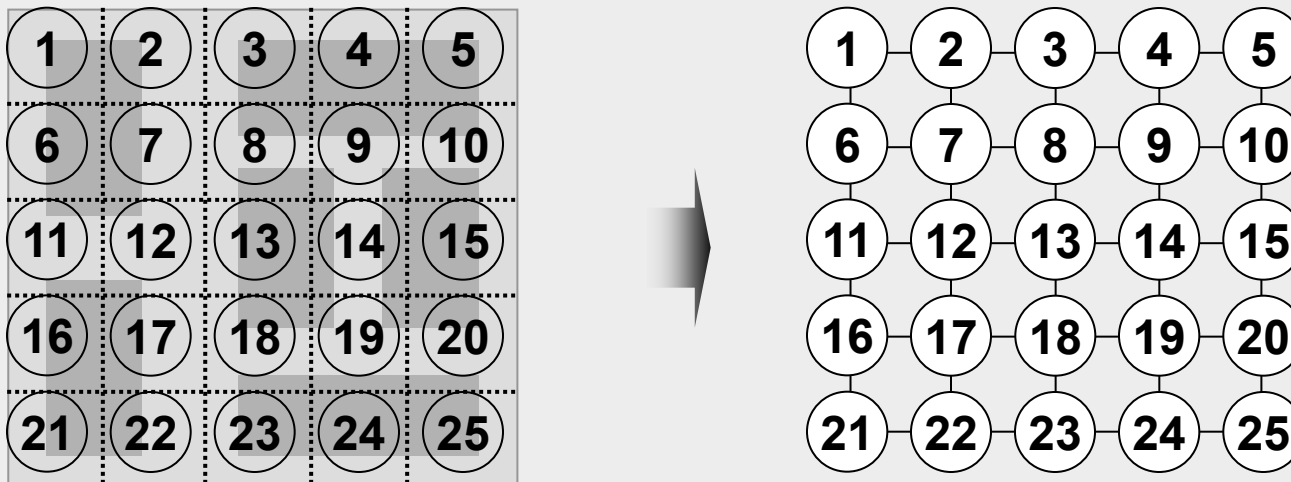
Switchbox-Verbindungsgraph (Channel Intersection Graph)



Graph $G = (V, E)$, wobei die **Switchboxen** als Knoten V modelliert werden. Zwischen den Knoten befindet sich eine Kante E , wenn die Switchboxen durch einen Kanal direkt miteinander verbunden sind.


5.4 Abbildung von Verdrahtungsregionen

Gittergraph (Grid Graph Model)



Graph $G = (V, E)$, wobei sog. globale Zellen, welche **gleichverteilte Layoutbereiche** darstellen, durch Knoten V und ihre Nachbarschaft durch Kanten E modelliert werden.

1. Festlegung der Verdrahtungsregionen (Region definition)
2. Zuordnung der Netze zu den Verdrahtungsregionen (Region assignment)
3. Anschluss-Zuweisung (Pin assignment)

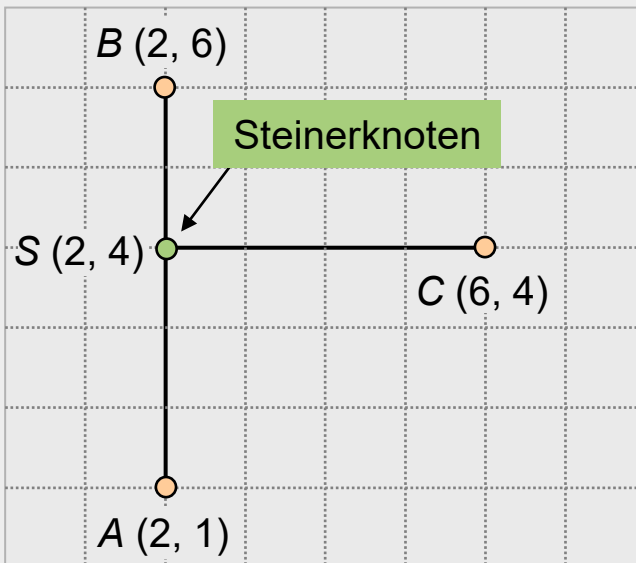
- 5.1 Einführung
 - 5.1.1 Allgemeines Verdrahtungsproblem
 - 5.1.2 Globalverdrahtung
- 5.2 Begriffsbestimmungen
- 5.3 Optimierungsziele
 - 5.3.1 Kundenspezifischer Entwurf
 - 5.3.2 Standardzellen-Entwurf
 - 5.3.3 Gate-Array-Entwurf
- 5.4 Abbildung von Verdrahtungsregionen
- 5.5 Ablauf der Globalverdrahtung
-  5.6 Algorithmen für die Globalverdrahtung
 - 5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung
 - 5.6.2 Globalverdrahtung im Verbindungsgraphen
 - 5.6.3 Wegsuche mit dem Dijkstra-Algorithmus
- 5.7 Aktuelle Globalverdrahter

- **Sequentielle Netzbetrachtung**, wie z.B. Steinerbaum-Verdrahtung, Globalverdrahtung im Verbindungsgraphen und mittels des Dijkstra-Algorithmus, bei denen die Netze nacheinander verdrahtet werden.
- **Parallele Netzbetrachtung** durch hierarchische Aufteilung (Hierarchical decomposition) des Layouts in sukzessive immer kleinere „Quadranten“. In jedem Schritt erfolgt eine Zuweisung der Netze auf diese Regionen (Parallelbearbeitung von Netzen).
- **Numerische Methoden**, bei denen das Globalverdrahtungsproblem in Form eines Gleichungssystems abgebildet wird. Damit lassen sich jeweils sämtliche Verdrahtungswege eines Netzes betrachten.
- **Stochastische Wegsuche-Algorithmen**, wie z.B. Simulated Annealing und evolutionäre Algorithmen.

- Sequentielle Netzbetrachtung, wie z.B. **Steinerbaum-Verdrahtung**, **Globalverdrahtung im Verbindungsgraphen** und mittels des **Dijkstra-Algorithmus**, bei denen die Netze nacheinander verdrahtet werden.

Vorbemerkungen

- Gegeben seien die p Pins eines Netzes auf einem HV-Raster. Ein Rasterbaum heißt **rektilinearer Steinerbaum (RST)**, wenn er alle p Pins und beliebig viele Rasterpunkte als Knoten enthält. Knoten des RST, die nicht Pins des Netzes sind, heißen **Steinerknoten**.



○ Pinknoten

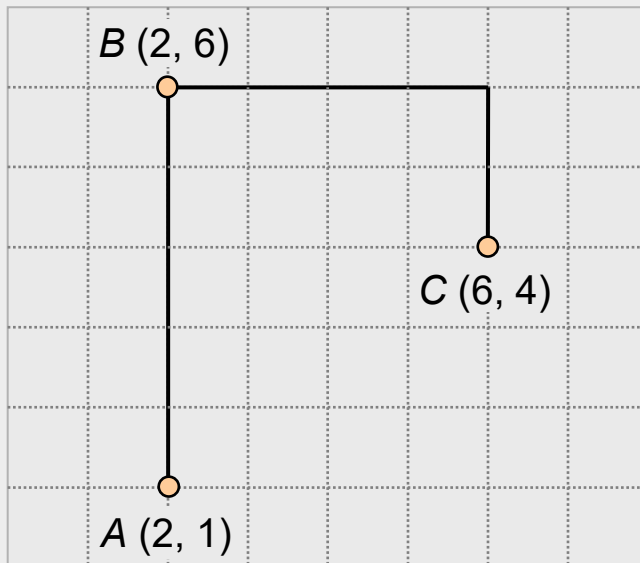
Vorbemerkungen

- Gegeben seien die p Pins eines Netzes auf einem HV-Raster. Ein Rasterbaum heißt **rektilinearer Steinerbaum (RST)**, wenn er alle p Pins und beliebig viele Rasterpunkte als Knoten enthält. Knoten des RST, die nicht Pins des Netzes sind, heißen **Steinerknoten**.

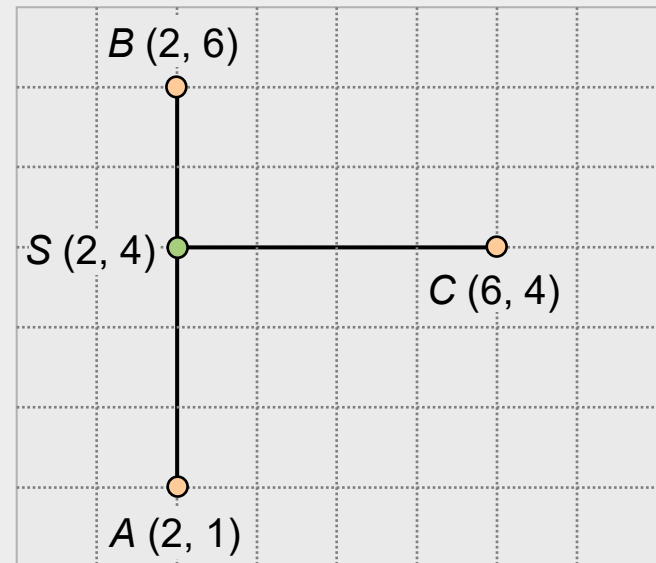
Eigenschaften des minimalen rektilinearen Steinerbaums (MRST):

- Die Zahl s der Steinerknoten ist $0 \leq s \leq p-2$ (p ... Anzahl der Pinknoten)
- Der Knotengrad von Pinknoten ist 1, 2, 3 oder 4, der Knotengrad von Steinerknoten 3 oder 4
- Der MRST eines Netzes liegt stets innerhalb des umschließenden Rechtecks (MR) aller Pins dieses Netzes
- Für die Länge gilt $L_{\text{MRST}} \geq L_{\text{MR}}$ (L_{MR} ... halber Umfang des umschließenden Rechtecks)

5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung

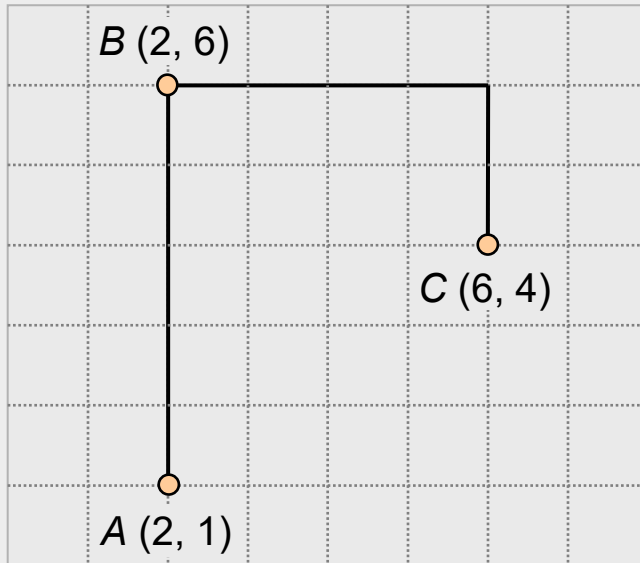


Minimaler rektilinearer
Spannbaum

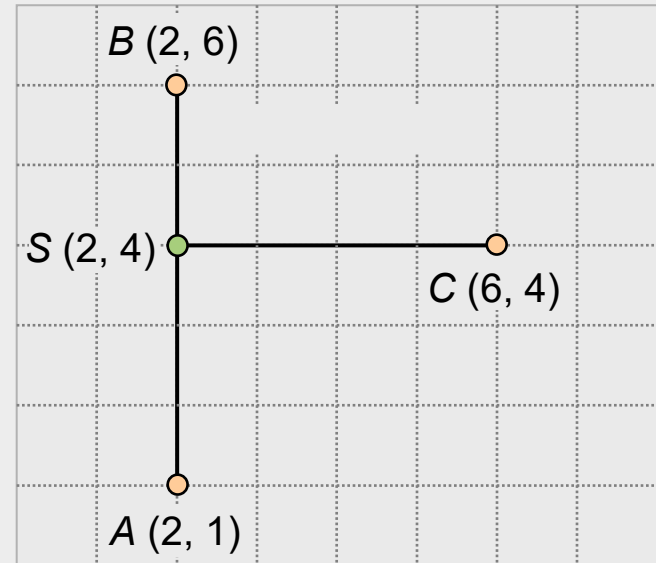


Minimaler rektilinearer
Steinerbaum (MRST)

5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung



Minimaler rektilinearer
Spannbaum

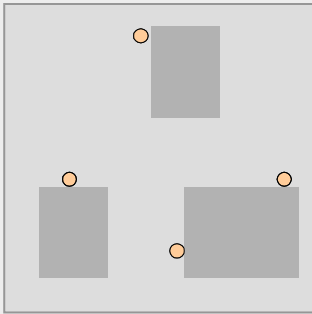


Minimaler rektilinearer
Steinerbaum (MRST)

Hanan-Punkte (Hanan Points)

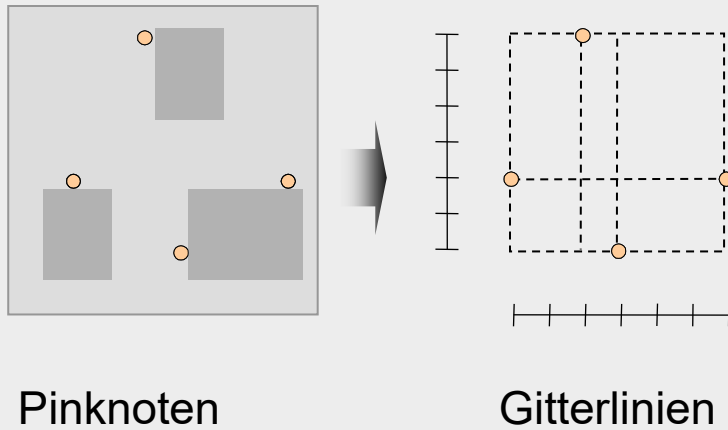
- Zur Erzeugung eines minimalen Steinerbaums aus einem Spannbaum sind Steinerknoten einzuführen, welche die Gesamtverbindungslänge verkürzen
- M. Hanan zeigte 1966, dass sämtliche Steinerknoten eines minimalen rektilinearen Steinerbaumes auf den Kreuzungspunkten der Gitterlinien liegen, die von den Pinknoten gebildet werden
- Diese Punkte werden als **Hanan-Punkte** bezeichnet
- Damit können alle weiteren Punkte ignoriert werden, was den Suchraum stark einschränkt

5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung

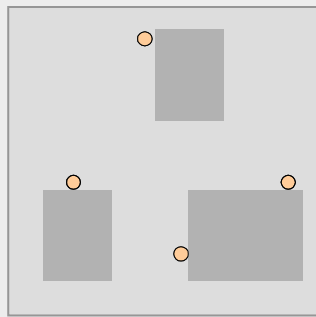


Pinknoten

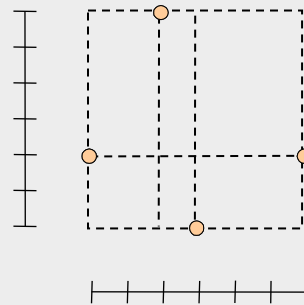
5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung



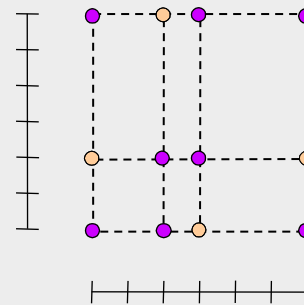
5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung



Pinknoten

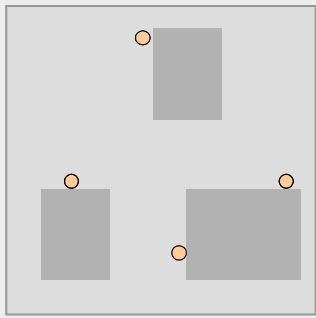


Gitterlinien

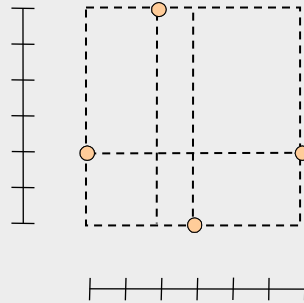


Hanan-Punkte (•)

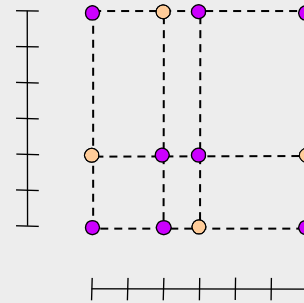
5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung



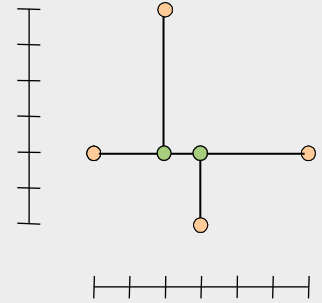
Pinknoten



Gitterlinien

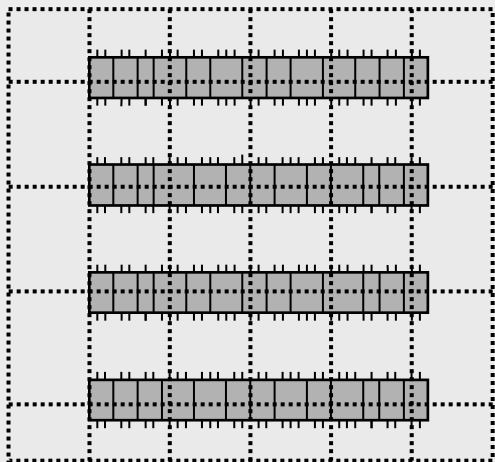


Hanan-Punkte (●)

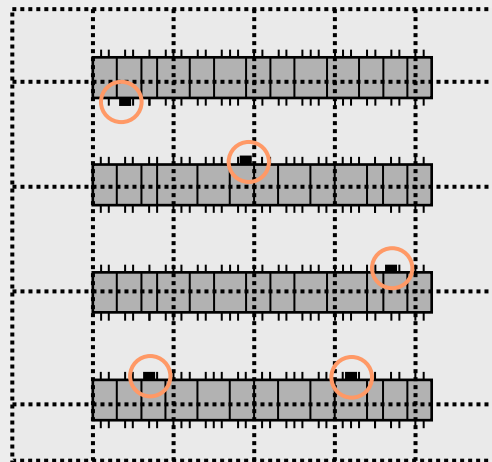


Minimaler rektilinearer Steinerbaum

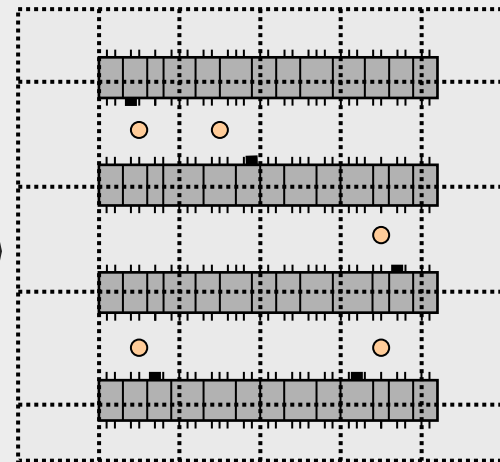
5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung



Globale Zellen

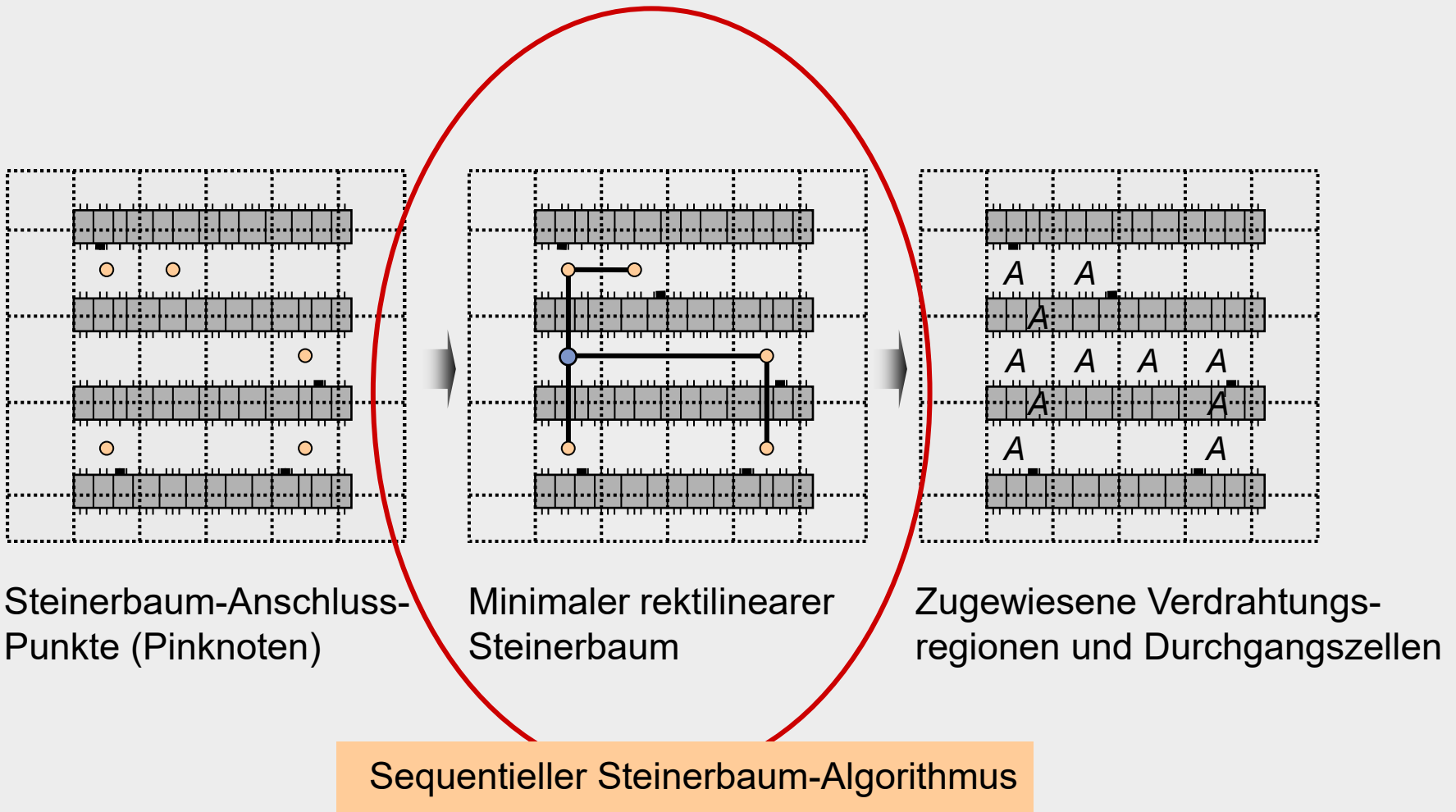


Netzanschlüsse



Netzanschlüsse im Zellenmittelpunkt

5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung



Sequentieller Steinerbaum-Algorithmus

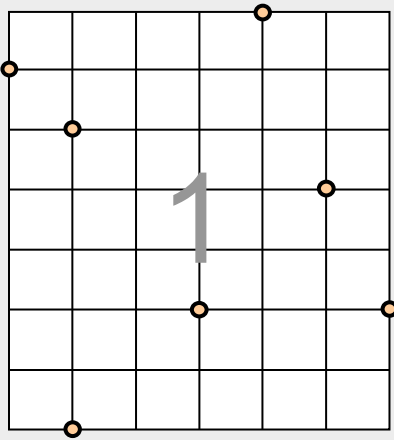
- Sequentielle Einbeziehung von Pin- und Hanan-Punkten in den Baumaufbau
- Optimaler Steinerbaum bei bis zu vier Pinanschlüssen

Sequentieller Steinerbaum-Algorithmus

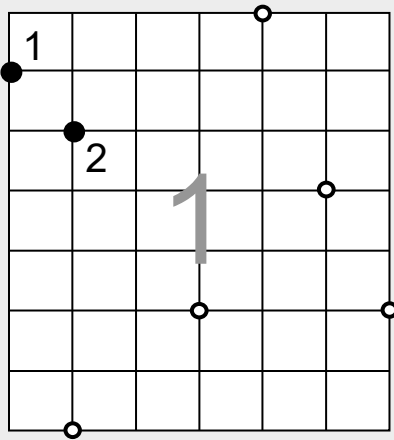
1. Ermitteln des Anschlusspaars mit minimalem Manhattan (M)-Abstand und Erzeugung des minimal umschreibenden Rechtecks (MR), d.h. Generierung von (höchstens) zwei alternativen minimalen rektilinearen Steinerbäumen (MRST).
2. Bestimmen des Anschlusses mit minimalem M-Abstand zur aktuellen MRST-Menge, Verbinden dieses Anschlusses durch minimale M-Pfade auf dem MR (es gibt höchstens zwei).
3. Falls der in Schritt 2 erzeugte M-Pfad im Steinerknoten einer von zwei MRST-Alternativen endet, Löschen der anderen (Eliminierung einer Masche im Graphen der MRST-Menge).
4. Falls noch nicht alle Anschlüsse abgearbeitet sind: Wenn mehr als zwei Maschen existieren, Löschen von willkürlich einer MRST-Alternative und weiter mit Schritt 2.
Andernfalls (alle Anschlüsse abgearbeitet): Eliminieren aller noch vorhandenen Maschen durch Löschen je einer MRST-Alternative. ENDE.



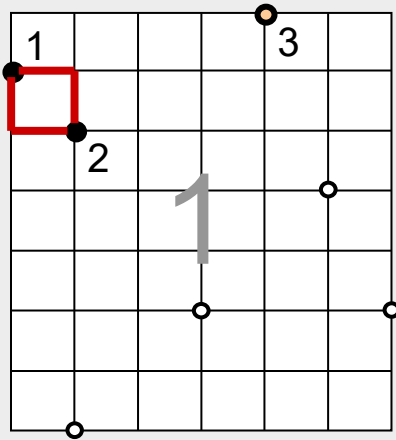
5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung: Beispiel



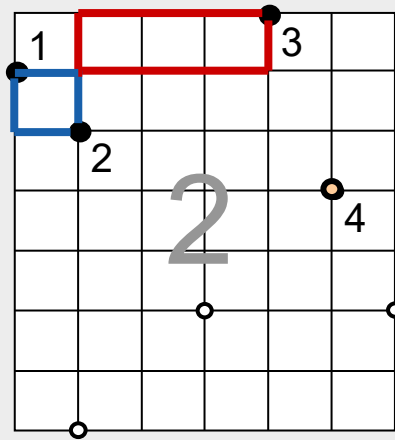
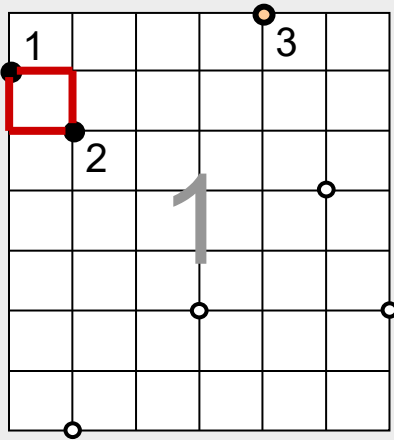
5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung: Beispiel



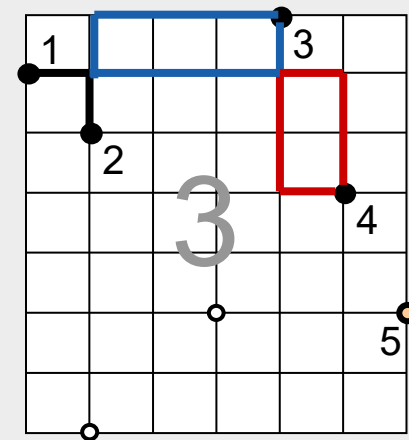
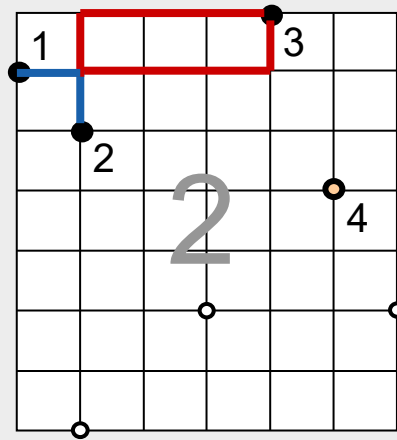
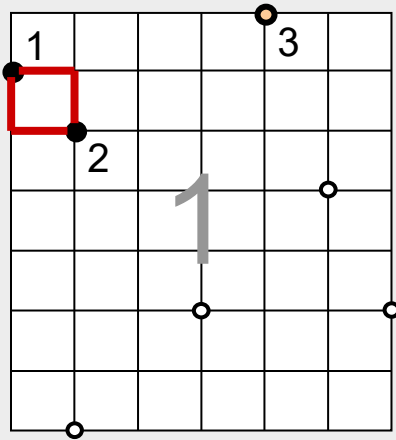
5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung: Beispiel



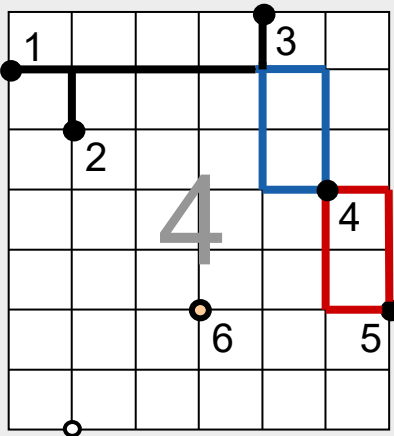
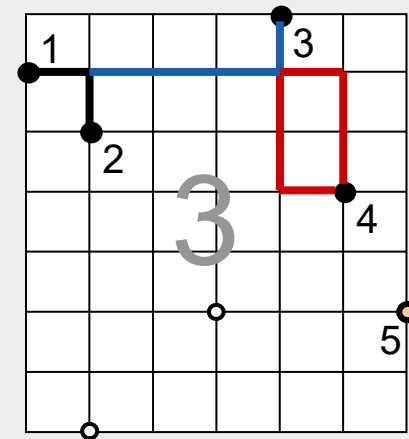
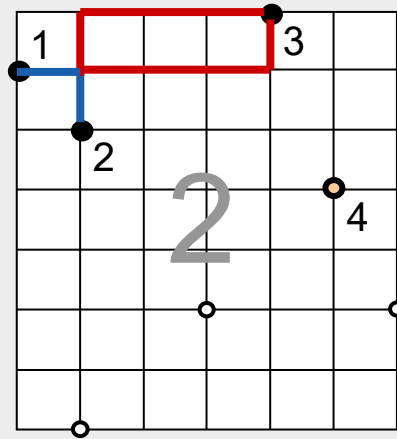
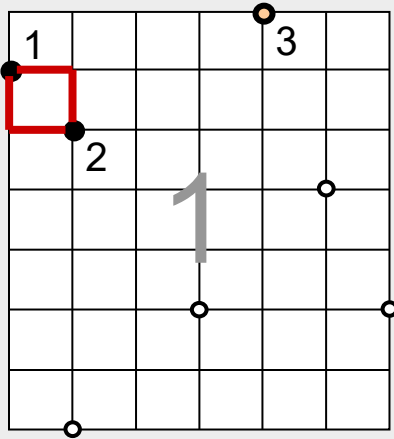
5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung: Beispiel



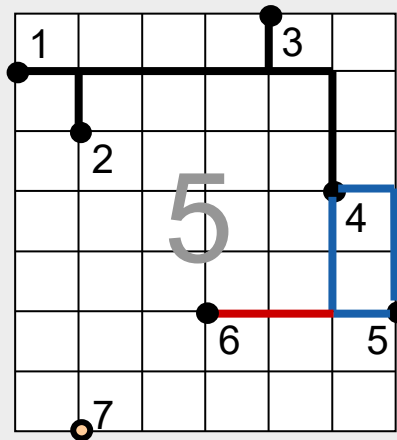
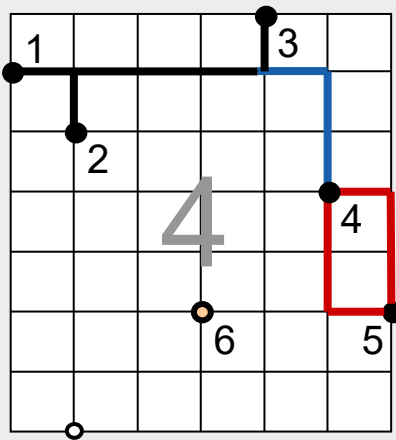
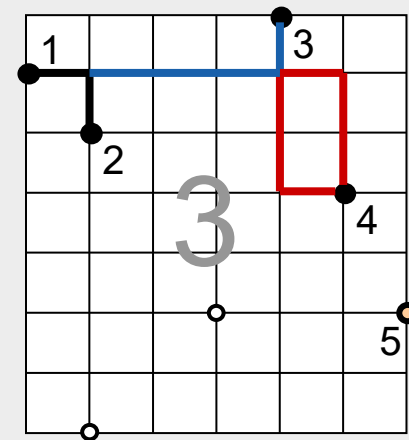
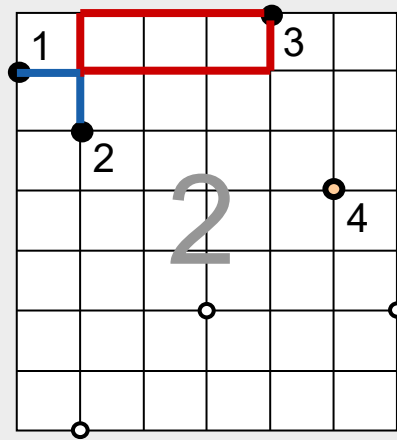
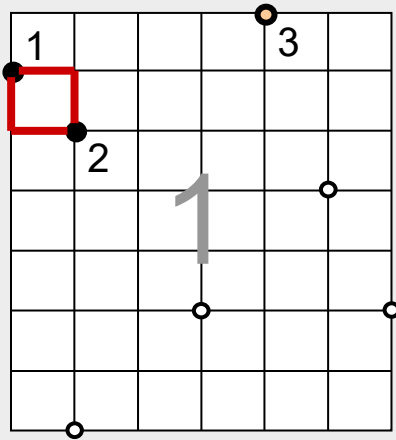
5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung: Beispiel



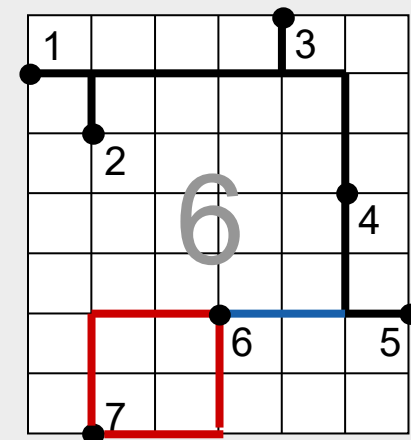
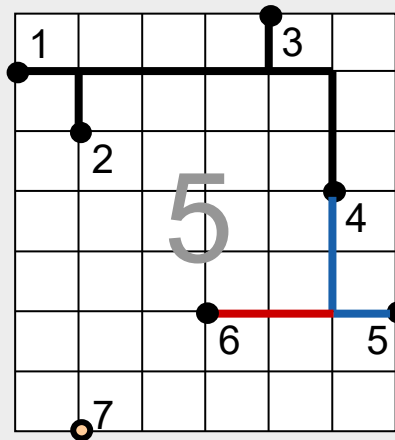
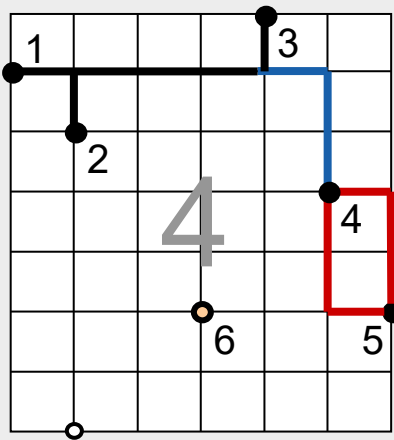
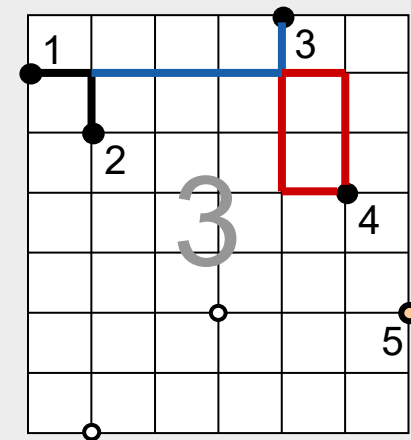
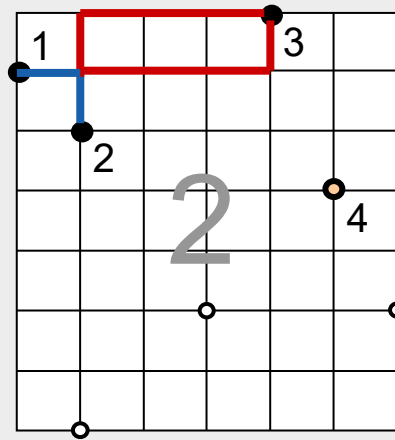
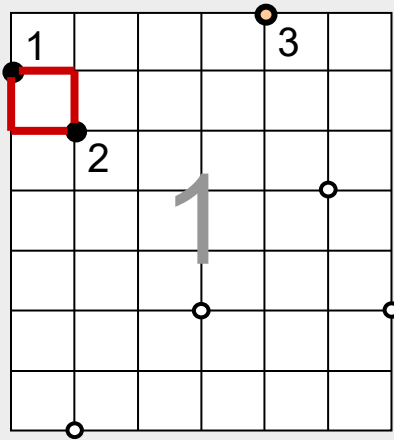
5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung: Beispiel



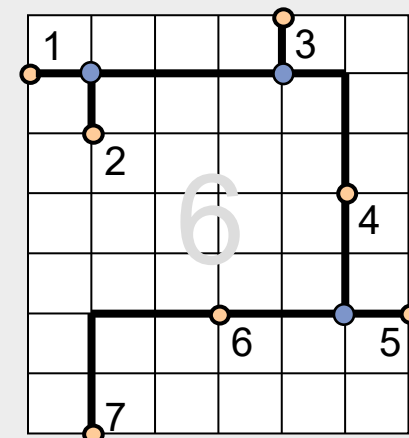
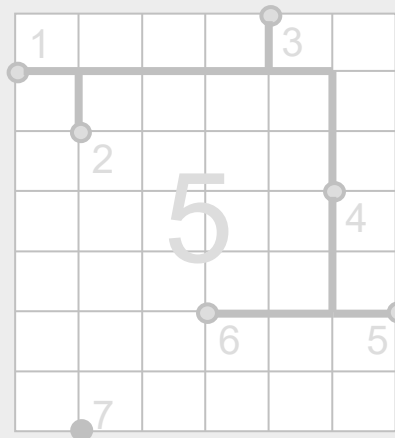
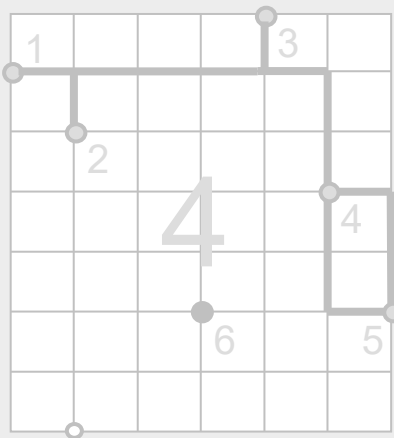
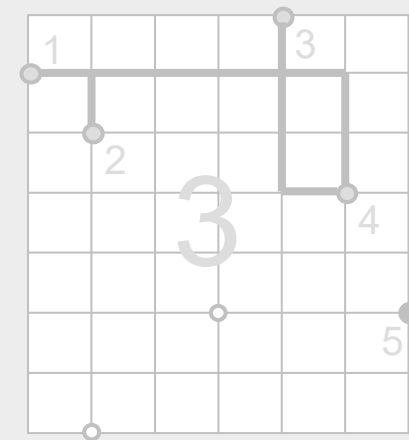
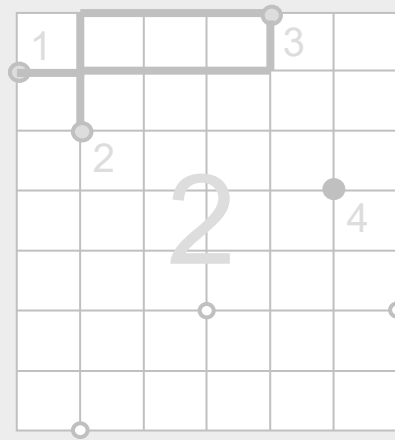
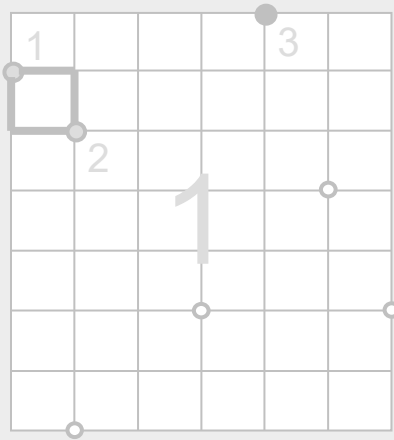
5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung: Beispiel



5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung: Beispiel

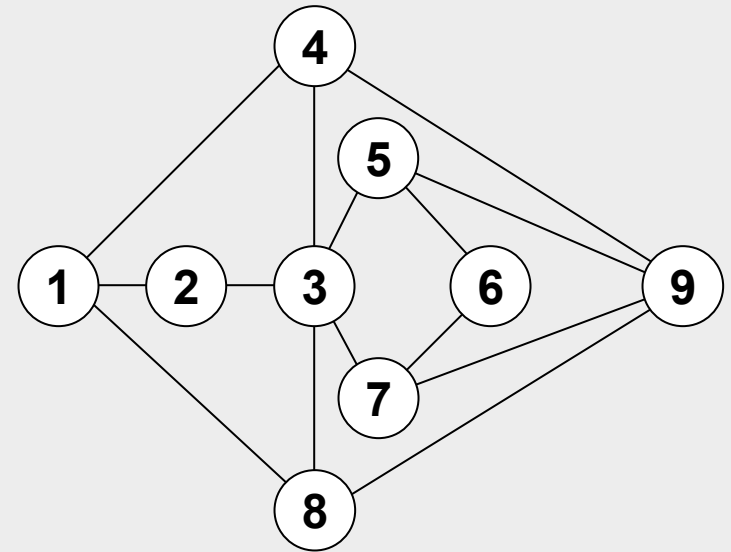
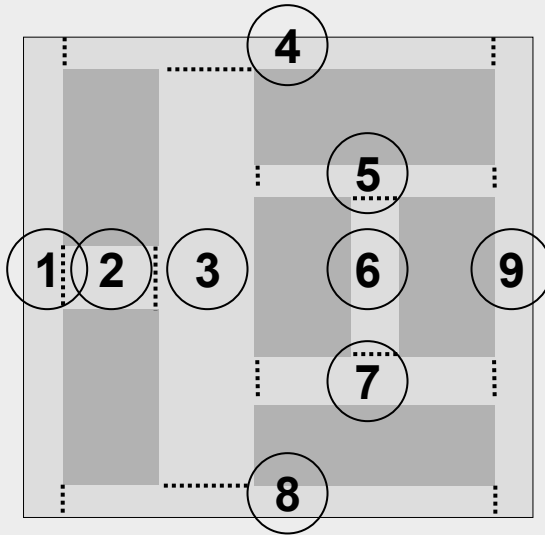


5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung: Beispiel

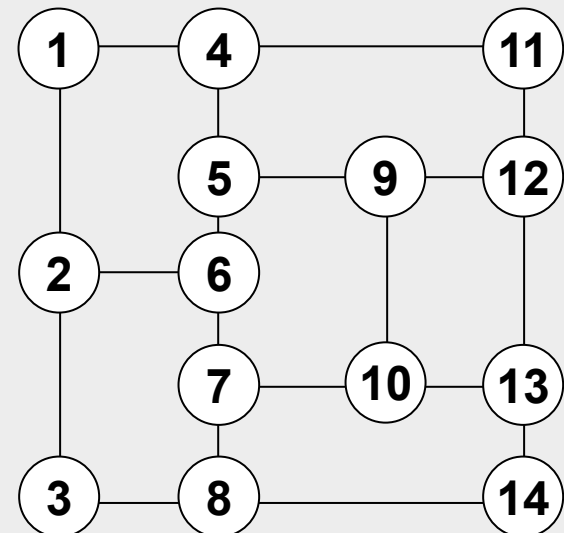
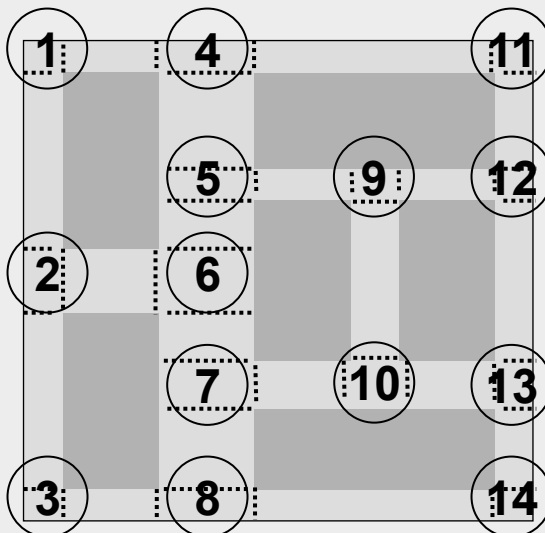


5.6.2 Globalverdrahtung im Verbindungsgraphen

Kanal-
Verbindungs-
graph

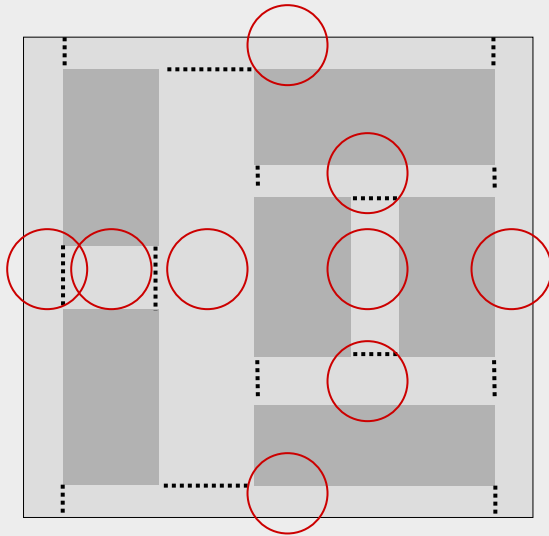


Switchbox-
Verbindungs-
graph

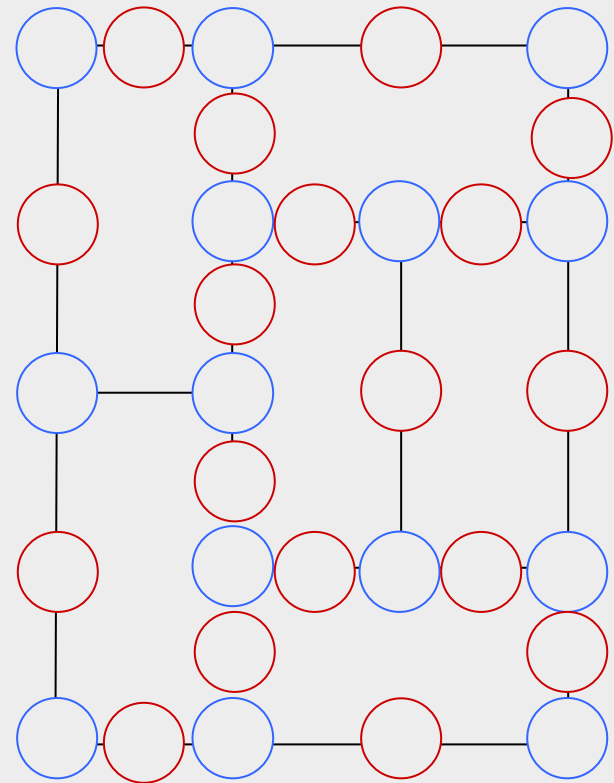
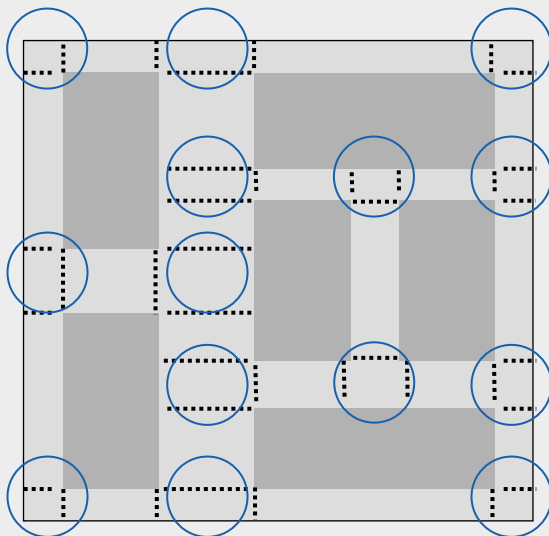


5.6.2 Globalverdrahtung im Verbindungsgraphen

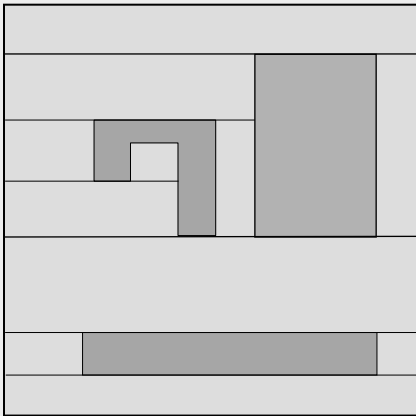
Kanal-
Verbindungs-
graph



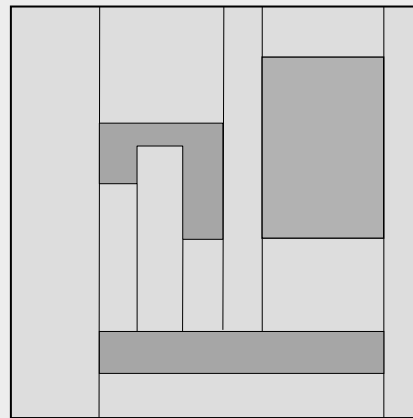
Switchbox-
Verbindungs-
graph



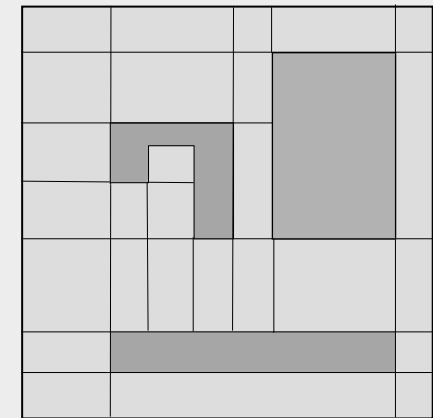
Verdrahtungsregionen



Horizontale Zellenkanten



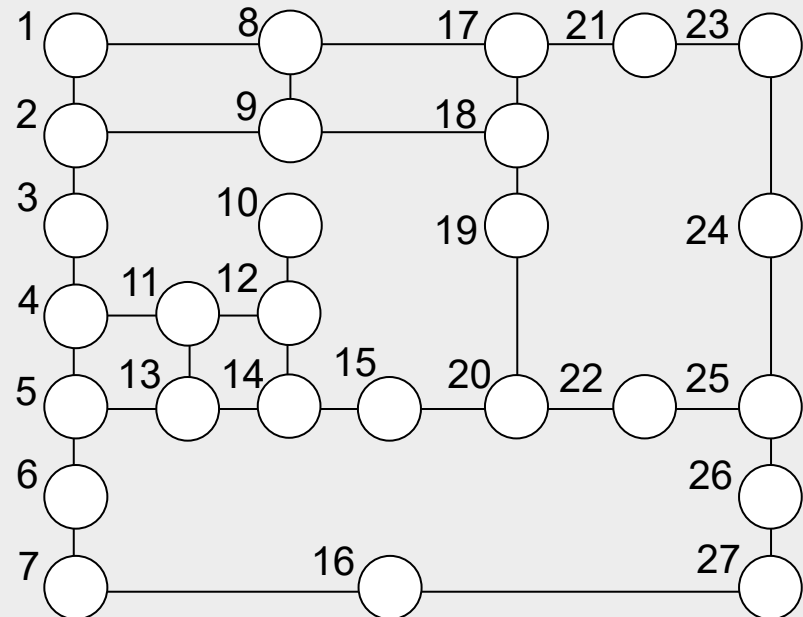
Vertikale Zellenkanten



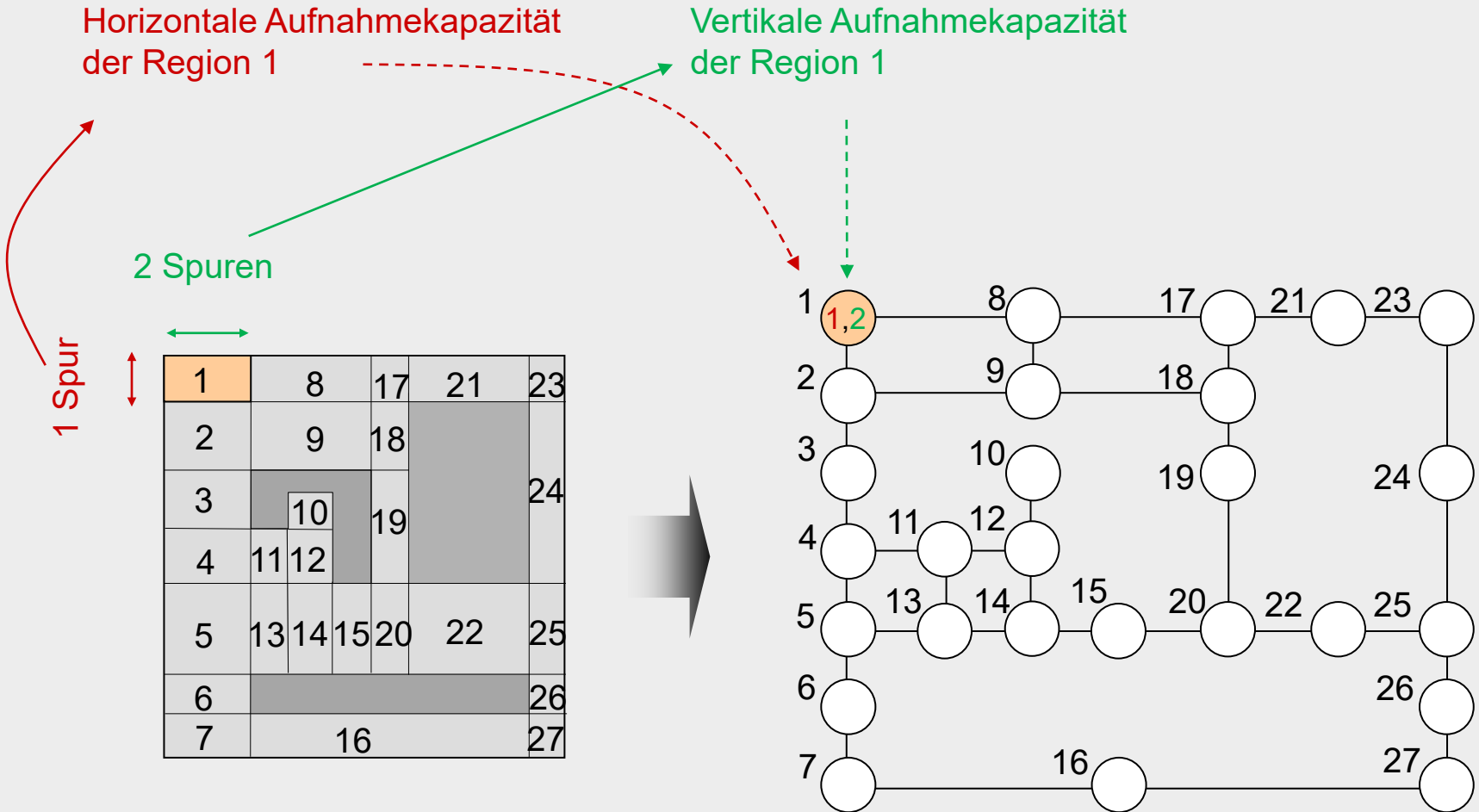
Zweidimensionales Kanalmodell

Graphendarstellung

1	8	17	21	23		
2	9	18				
3	10	19		24		
4	11	12				
5	13	14	15	20	22	25
6						26
7		16				27

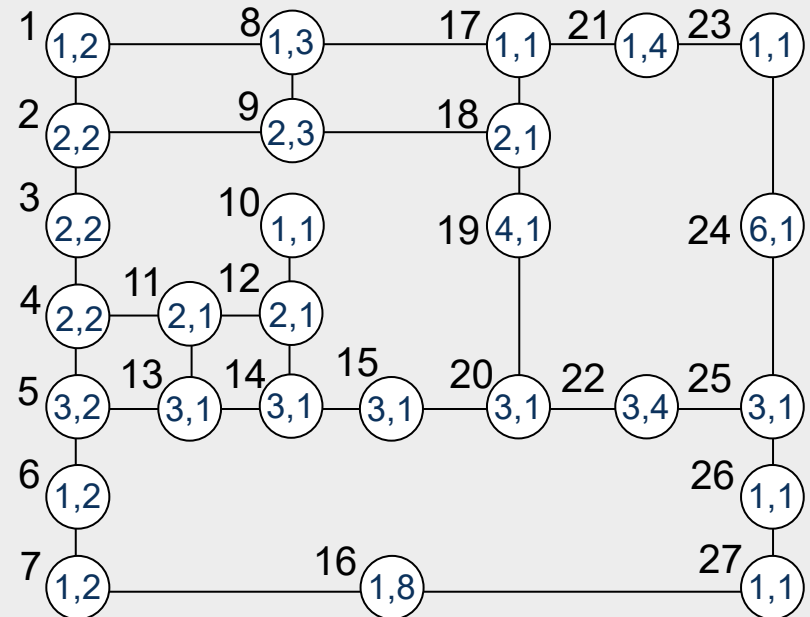


5.6.2 Globalverdrahtung im Verbindungsgraphen



5.6.2 Globalverdrahtung im Verbindungsgraphen

1		8		17		21		23
2		9		18				
3			10					24
4	11	12		19				
5	13	14	15	20		22		25
6								26
7			16					27

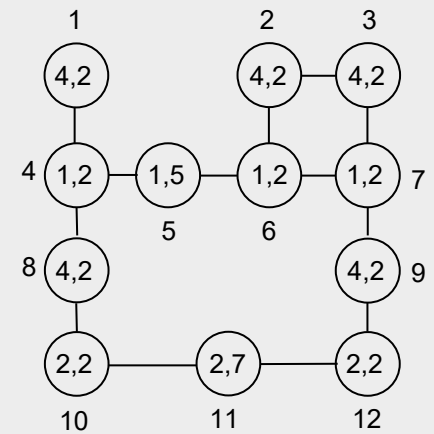
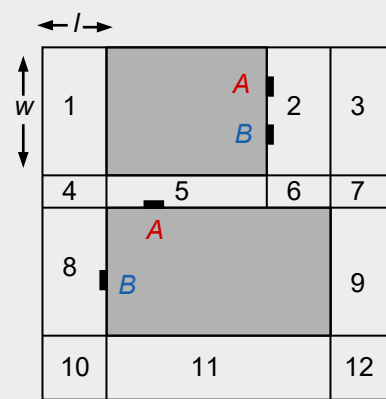


Ablauf

1. Festlegen der Verdrahtungsregionen und Abbildung in einem Verbindungsgraphen
2. Festlegen der Netzreihenfolge
3. Anschluss-Reservierung für alle Netze
4. Netzauswahl und Globalverdrahtung dieses Netzes:
 - a) Aufheben der Anschluss-Reservierungen
 - b) Auswahl einer zu verdrahtenden 2-Punkt-Verbindung
 - c) Suchen des kürzesten Pfads im Verbindungsgraphen.
ABBRUCH, falls kein Weg existiert, sonst weiter mit Schritt d
 - d) Aktualisierung der Verdrahtungskapazitäten entsprechend der durch den Pfad benötigten Ressourcen
 - e) Falls noch nicht alle Pins des Netzes abgearbeitet sind, weiter mit Schritt b
5. Falls noch nicht alle Netze verdrahtet sind, weiter mit Schritt 4, sonst ENDE.

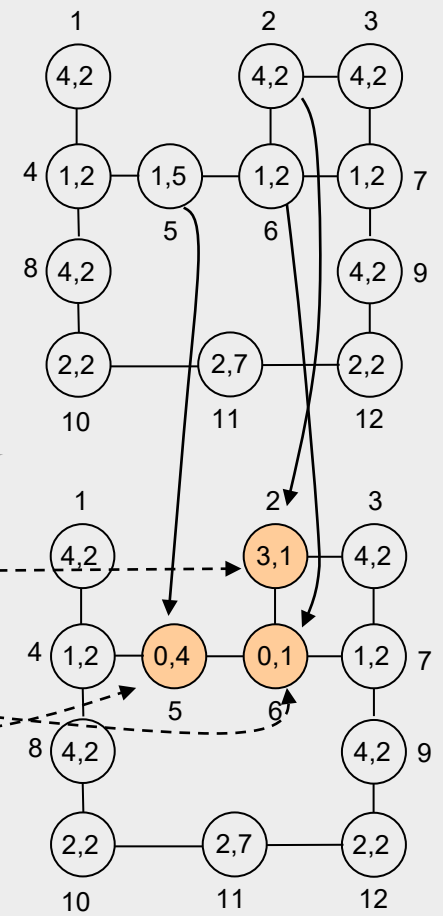
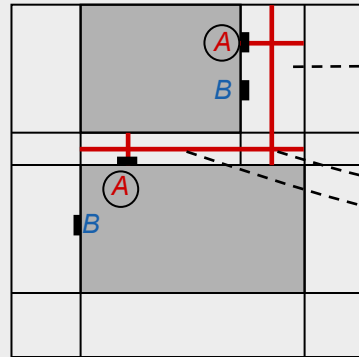
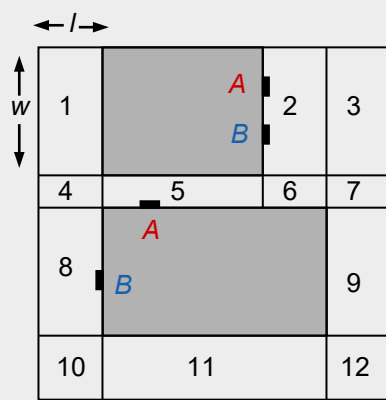
Beispiel

Globalverdrahtung der Netze A-A und B-B



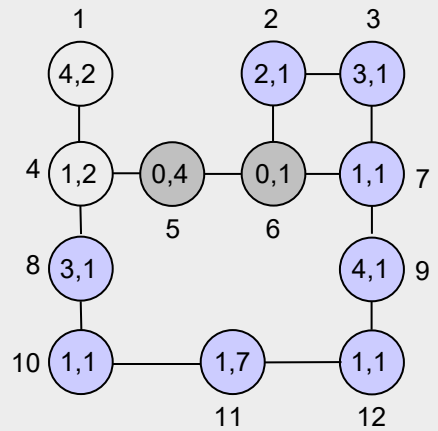
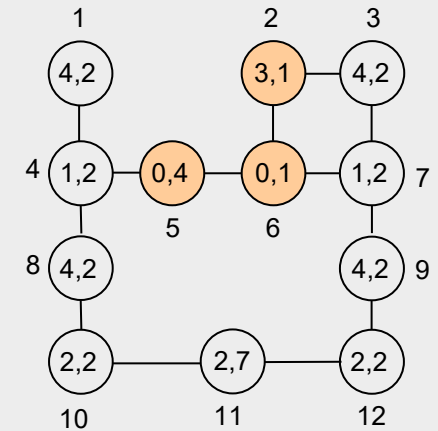
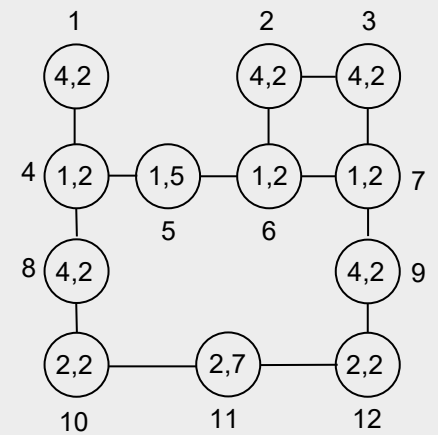
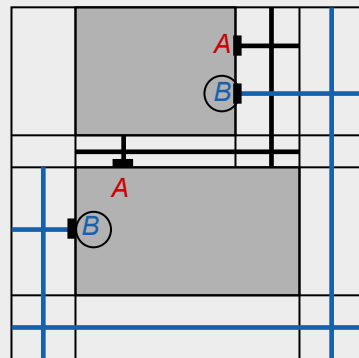
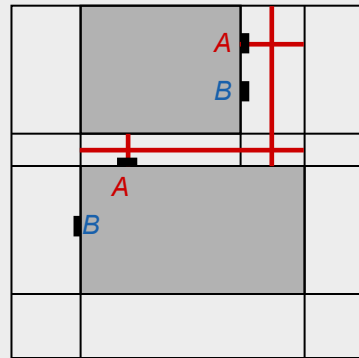
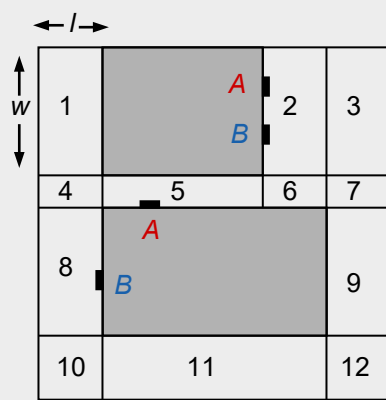
Beispiel

Globalverdrahtung der Netze A-A und B-B



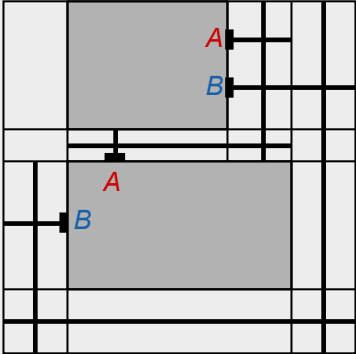
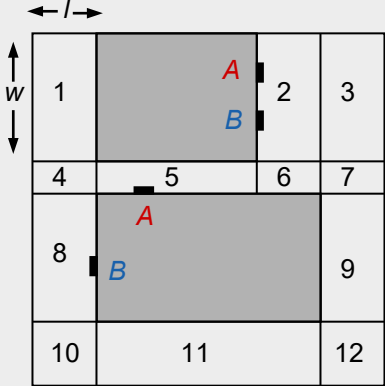
Beispiel

Globalverdrahtung der Netze A-A und B-B



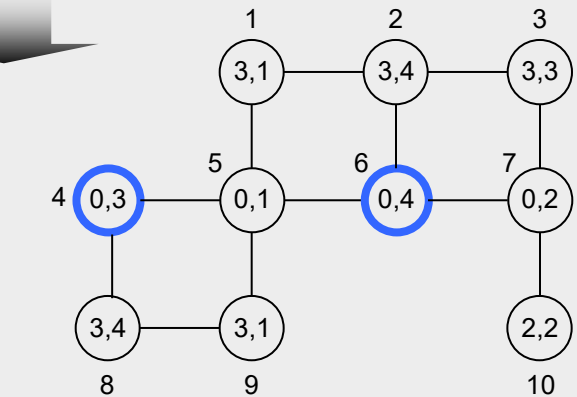
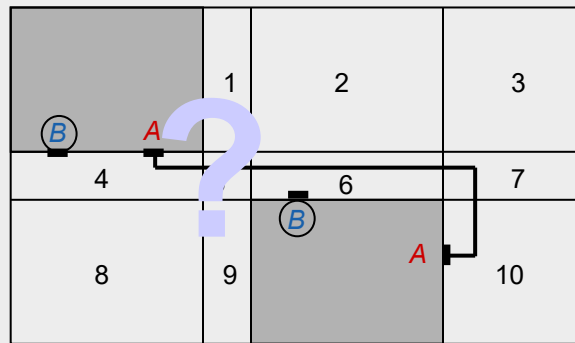
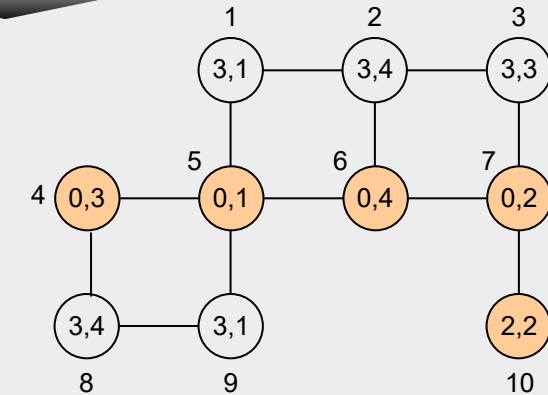
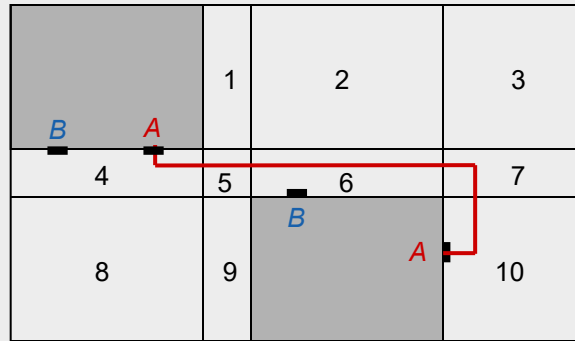
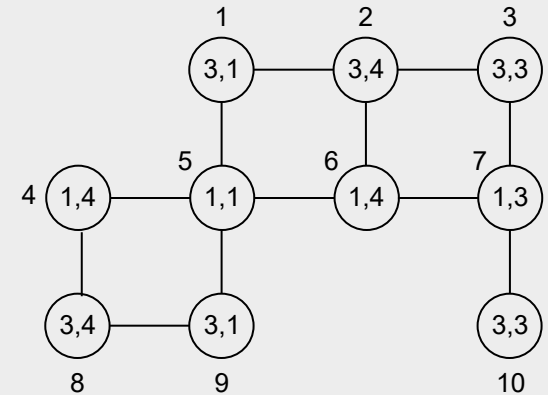
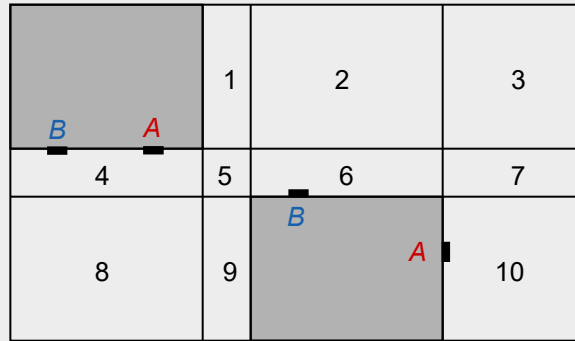
Beispiel

Globalverdrahtung der Netze A-A und B-B



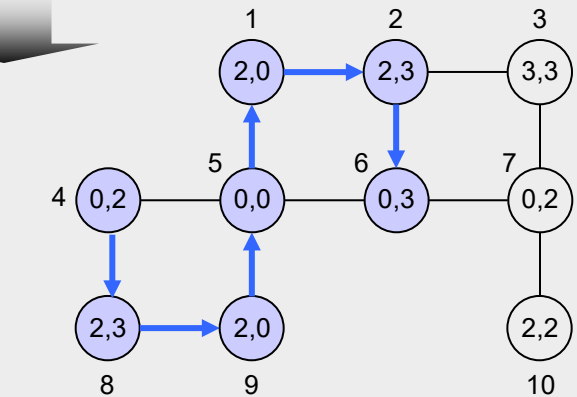
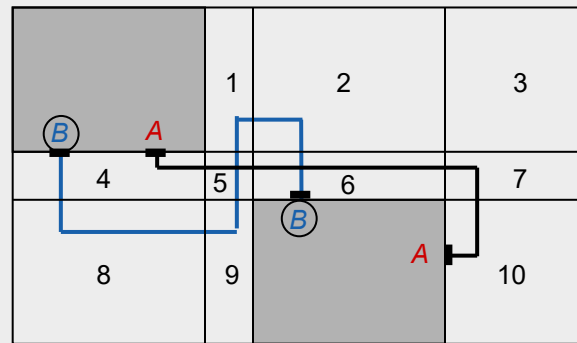
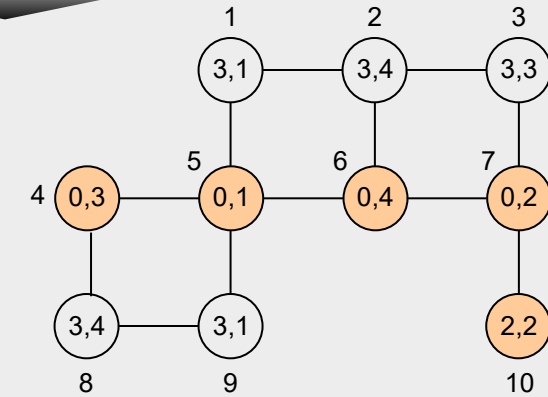
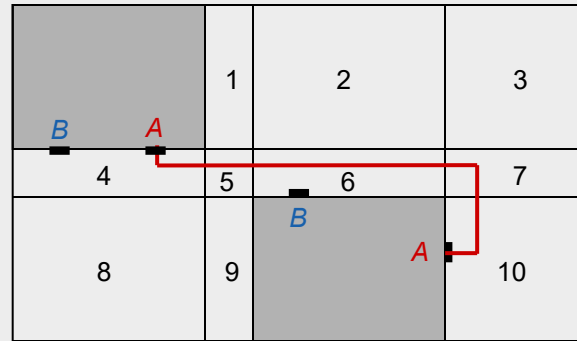
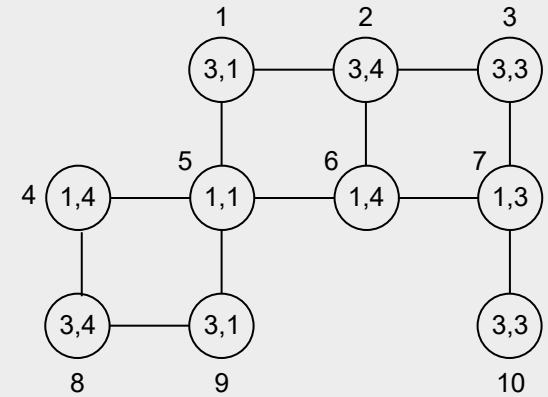
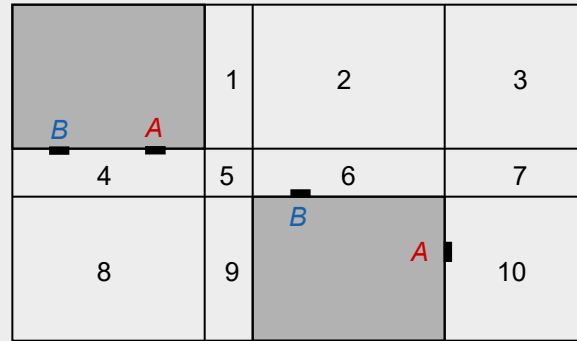
Beispiel

Feststellung der Verdrahtbarkeit einer Platzierung

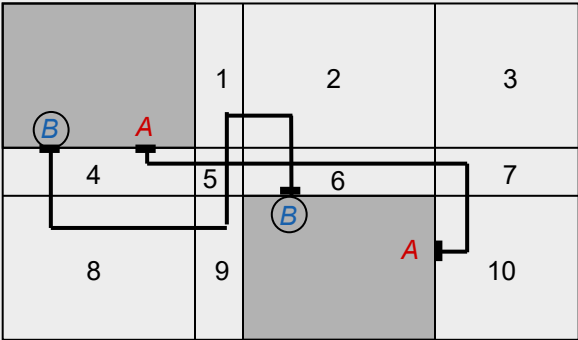
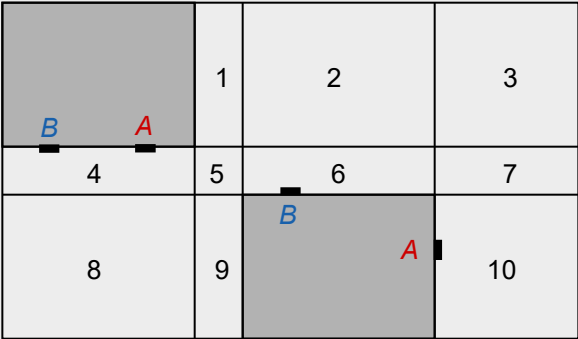


Beispiel

Feststellung der Verdrahtbarkeit einer Platzierung



Beispiel
Feststellung der
Verdrahtbarkeit
einer
Platzierung



5.6.3 Wegsuche mit dem Dijkstra-Algorithmus

- Suche im Graphen nach einem optimalen Weg gemäß beliebiger Wichtungskriterien
- Wesentliches Merkmal: eingeschränkte Einbeziehung der Knoten
 - ⇒ Knoten wird nur dann indiziert, wenn er kostenoptimal vom Startknoten erreicht wurde (optimaler Weg)
 - ⇒ Best-First-Search (informierter Suchalgorithmus)

5.6.3 Wegsuche mit dem Dijkstra-Algorithmus

- Gegeben sei ein Graph mit den Wichtungskriterien w_1, w_2, \dots als **Kantenkosten** sowie ein Start- und ein Zielknoten
- Die **Wegkosten** seien die Summe der Kantenkosten eines Pfades
- Drei Mengen:
 - **Menge 1** enthält alle Knoten des Graphen, die im Verlauf des Wegsucheprozesses noch nicht untersucht wurden
 - **Menge 2** enthält die Knoten, die zwar schon untersucht wurden, aber es steht noch aus, ob die mit ihnen verbundenen Wegkosten vom Startknoten aus optimal sind
 - **Menge 3** enthält die Knoten, bei denen der optimale Weg vom Startknoten aus bereits ermittelt wurde
- Ziel erreicht, wenn Zielknoten in Menge 3 auftaucht, anschließend Rückverfolgung

5.6.3 Wegsuche mit dem Dijkstra-Algorithmus

- Wesentliches Merkmal: eingeschränkte Indizierung der Knoten, da Knoten nicht von allen Vorgängerknoten, sondern nur von Knoten mit besten Wegkosten (optimaler Weg) indiziert werden
- Vorteil: aus einer Menge von Wegen wird immer der bezüglich beliebig vieler Optimierungskriterien optimale Weg gefunden

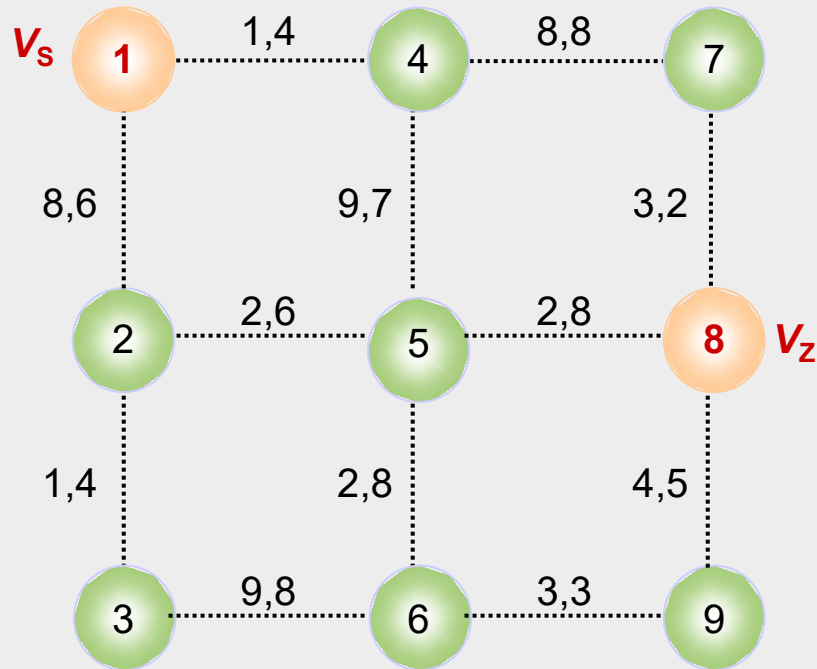
Ablauf

1. Der Startknoten wird in die Menge 3 eingeordnet und ist damit der aktuelle Knoten.
2. Ermittlung eines Nachfolgers (Nachbarn) des aktuellen Knotens.
3. Gehört der Nachfolgerknoten schon zur Menge 3, dann weiter mit Schritt 7.
4. Bestimmung der Wegkosten (z.B. w_1 und w_2) bis zum Nachfolgerknoten (Addition mit denen des aktuellen Knotens).
5. Ist der Nachfolgerknoten Element der Menge 1, Überführung desselben in die Menge 2 und weiter mit Schritt 7.
6. Der Nachfolgerknoten befindet sich bereits in der Menge 2 (Wegkosten zum Nachfolgerknoten bekannt). Falls die neuen Wegkosten besser als die alten sind, werden die alten durch die neuen Wegkosten ersetzt; sonst sind die neuen wieder zu streichen.

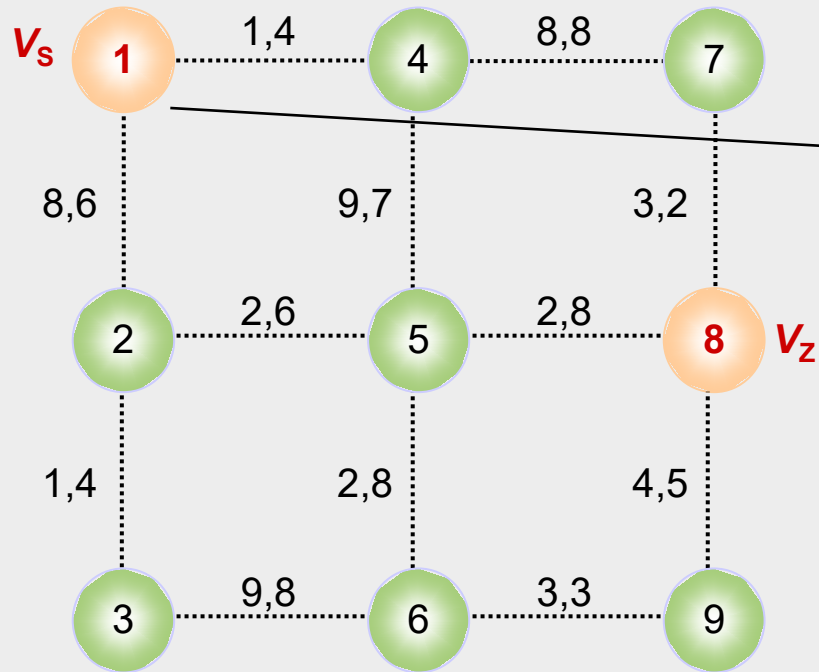
Ablauf (2)

7. Wenn noch weitere Nachfolger (Nachbarn) des aktuellen Knotens existieren, weiter mit Schritt 2.
8. Bestimmung eines Knotens aus der Menge 2, der die besten Wegkosten (z.B. w_1 und w_2) besitzt. Dieser Knoten geht in die Menge 3 über und stellt den neuen aktuellen Knoten dar.
9. Wenn der aktuelle Knoten nicht der Zielknoten ist, weiter mit Schritt 2; ansonsten ist der Zielknoten auf optimalem Weg (laut z.B. w_1 und w_2) erreicht.
10. Vom Zielknoten ausgehend, ist die Wegfindung innerhalb der Menge 3 mittels Rückverfolgungsindex durchzuführen. ENDE.

5.6.3 Wegsuche mit dem Dijkstra-Algorithmus: Beispiel



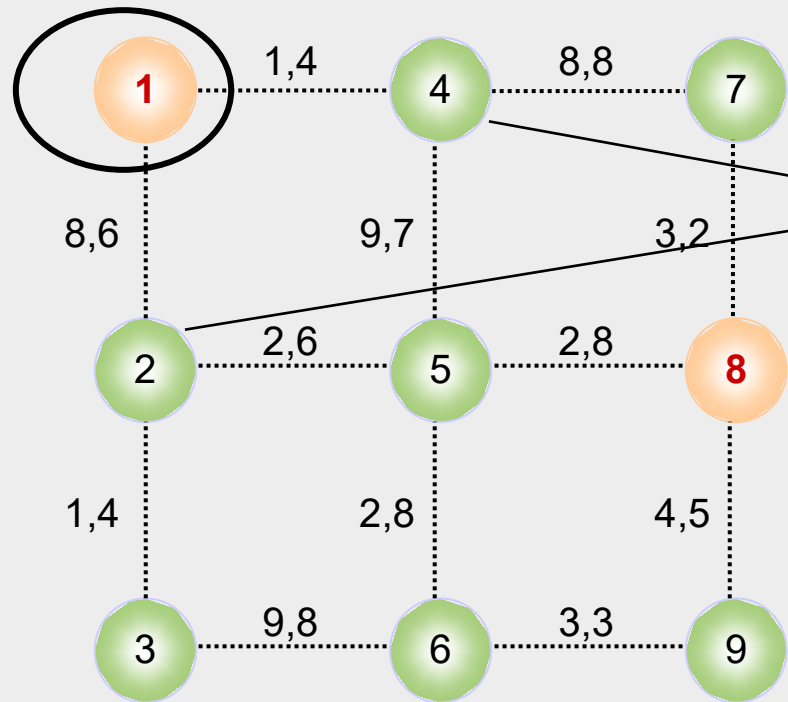
Gesucht ist der kostenminimale Weg (Wegkosten ($\sum w_1 + \sum w_2$) \rightarrow min.) von V_s (Knoten 1) zu V_z (Knoten 8).



Menge 2	Menge 3
---------	---------

(1)

Aktueller Knoten: 1



Menge 2	Menge 3
---------	---------

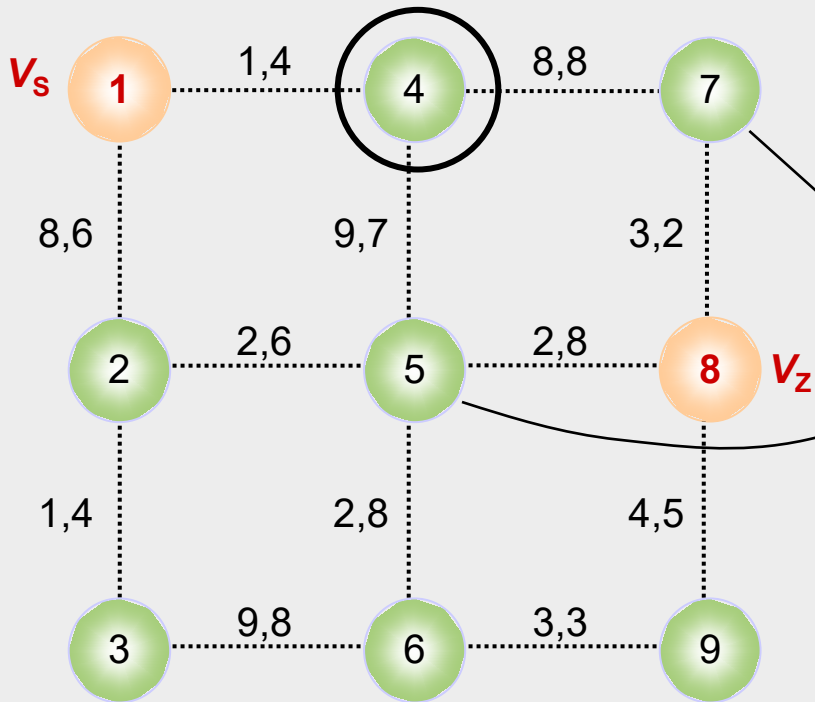
$N(2) 8,6$
 $W(4) 1,4$

(1)

$W(4) 1,4$

Angabe von Rückverfolgungsindex (Knoten) $\sum w_1, \sum w_2$

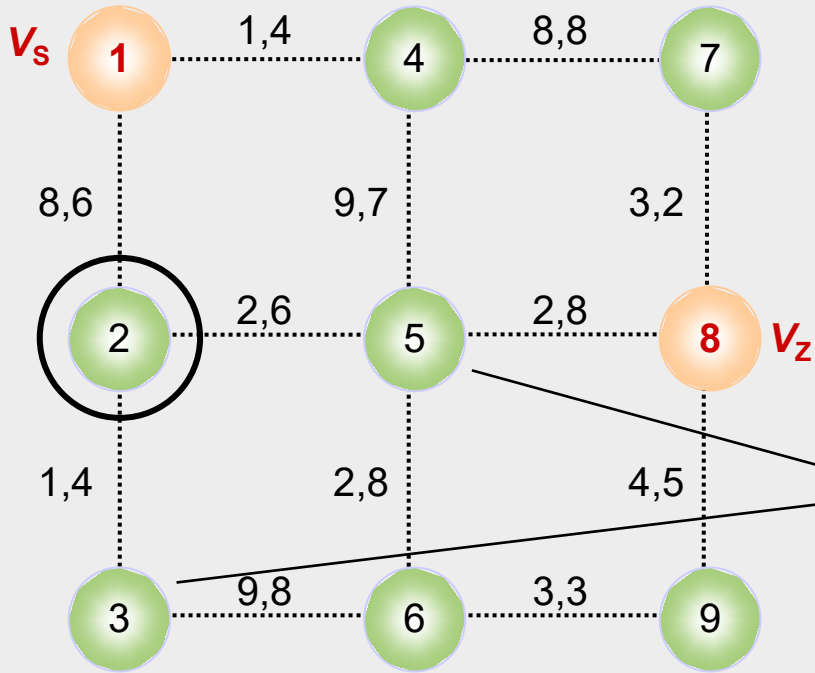
Aktueller Knoten: 1
 Nachbarknoten: 2, 4
 Beste Wegkosten in Menge 2: Knoten 4



Menge 2	Menge 3
$N(2) 8,6$ $W(4) 1,4$	(1)
$N(5) 10,11$ $W(7) 9,12$	$W(4) 1,4$
	$N(2) 8,6$

Angabe von Rückverfolgungsindex (Knoten) $\Sigma w_1, \Sigma w_2$

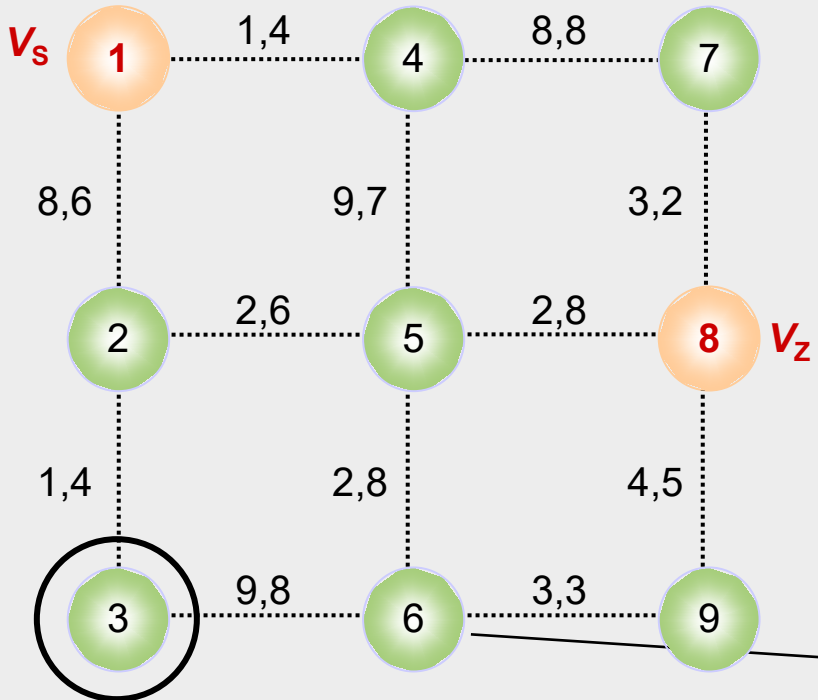
Aktueller Knoten: 4
 Nachbarknoten: 1, 5, 7
 Beste Wegkosten in Menge 2: Knoten 2



Menge 2	Menge 3
$N(2) 8,6$ $W(4) 1,4$	(1)
$N(5) 10,11$ $W(7) 9,12$	$W(4) 1,4$
$N(3) 9,10$ $W(5) 10,12$	$N(2) 8,6$
	$N(3) 9,10$

Aktueller Knoten: 2
 Nachbarknoten: 1, 3, 5
 Beste Wegkosten in Menge 2: Knoten 3

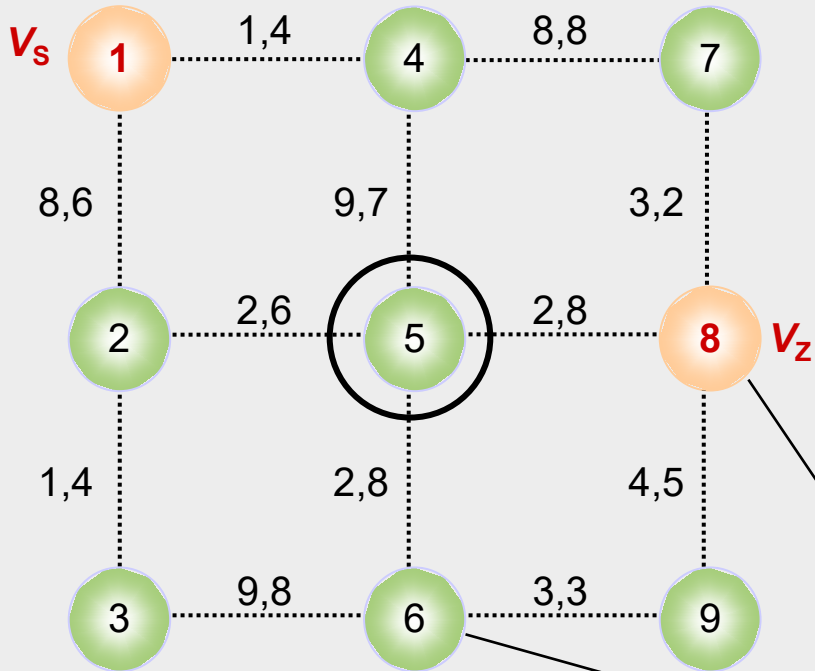
Angabe von Rückverfolgungsindex (Knoten) $\sum w_1, \sum w_2$



Aktueller Knoten: 3
 Nachbarknoten: 2, 6
 Beste Wegkosten in Menge 2: Knoten 5

Menge 2	Menge 3
<i>N</i> (2) 8,6 <i>W</i> (4) 1,4	(1)
<i>N</i> (5) 10,11 <i>W</i> (7) 9,12	<i>W</i> (4) 1,4
<i>N</i> (3) 9,10 <i>W</i>(5) 10,12	<i>N</i> (2) 8,6
<i>W</i> (6) 18,18	<i>N</i> (3) 9,10
	<i>N</i> (5) 10,11

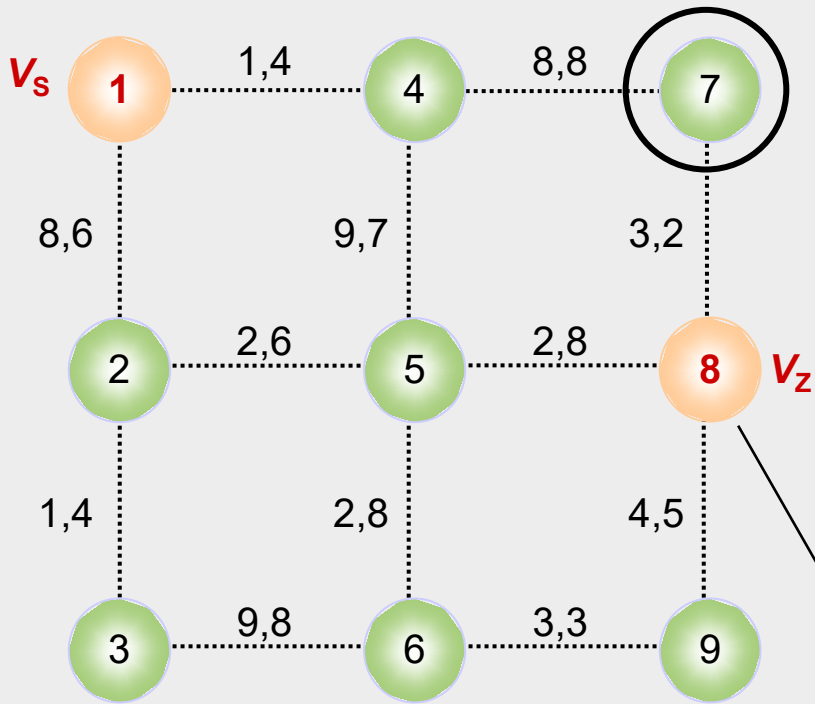
Angabe von Rückverfolgungsindex (Knoten) $\sum w_1, \sum w_2$



Aktueller Knoten: 5
 Nachbarknoten: 2, 4, 6, 8
 Beste Wegkosten in Menge 2: Knoten 7

Menge 2	Menge 3
$N(2) 8,6$ $W(4) 1,4$	(1)
$N(5) 10,11$ $W(7) 9,12$	$W(4) 1,4$
$N(3) 9,10$ $W(5) 10,12$	$N(2) 8,6$
$W(6) 18,18$	$N(3) 9,10$
$N(6) 12,19$ $W(8) 12,19$	$N(5) 10,11$
	$W(7) 9,12$

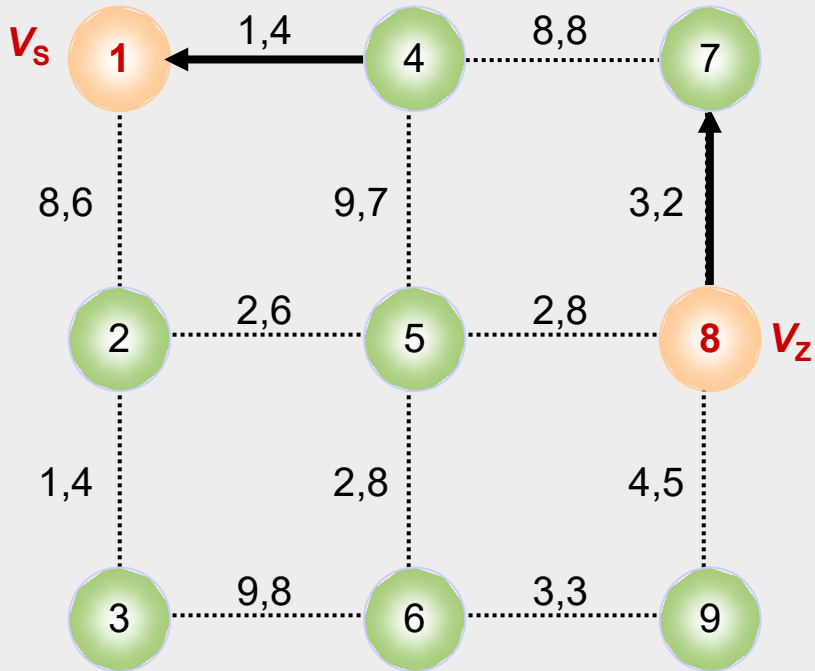
Angabe von Rückverfolgungsindex (Knoten) $\sum w_1, \sum w_2$



Aktueller Knoten: 7
 Nachbarknoten: 4, 8
 Beste Wegkosten in Menge 2: Knoten 8

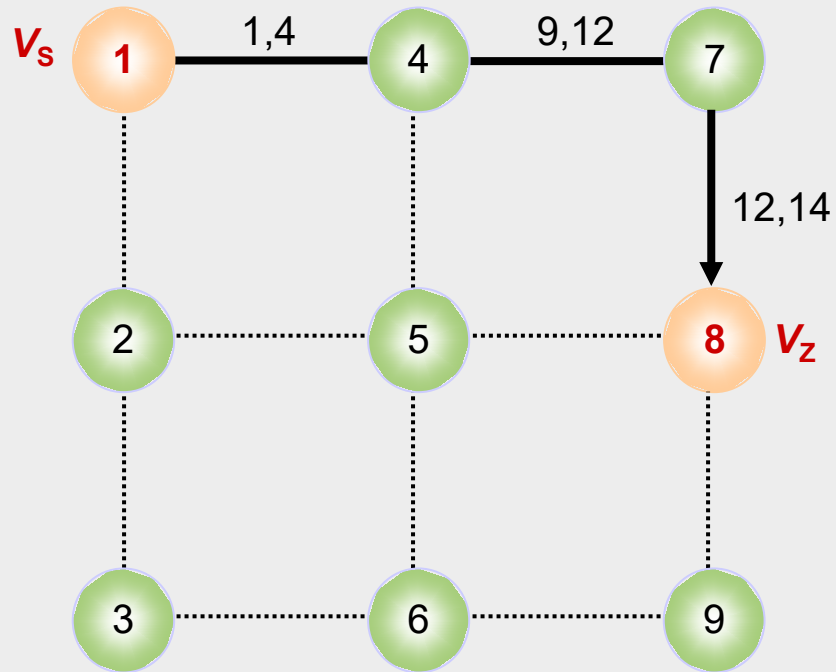
Menge 2	Menge 3
N (2) 8,6 W (4) 1,4	(1)
N (5) 10,11 W (7) 9,12	W (4) 1,4
N (3) 9,10 W (5) 10,12	N (2) 8,6
W (6) 18,18	N (3) 9,10
N (6) 12,19 W (8) 12,19	N (5) 10,11
N (8) 12,14	W (7) 9,12
	N (8) 12,14

Angabe von Rückverfolgungsindex (Knoten) $\sum w_1, \sum w_2$



Rückverfolgung

Menge 2	Menge 3
<i>N</i> (2) 8,6 <i>W</i> (4) 1,4	(1)
<i>N</i> (5) 10,11 <i>W</i> (7) 9,12	<i>W</i> (4) 1,4
<i>N</i> (3) 9,10 <i>W</i> (5) 10,12	<i>N</i> (2) 8,6
<i>W</i> (6) 18,18	<i>N</i> (3) 9,10
<i>N</i> (6) 12,19 <i>W</i> (8) 12,19	<i>N</i> (5) 10,11
<i>N</i> (8) 12,14	<i>W</i> (7) 9,12
	<i>N</i> (8) 12,14



Kostenminimaler Weg $V_S - V_Z$ mit
Wegkosten (12, 14) über die Knoten
1 – 4 – 7 – 8.

- 5.1 Einführung
 - 5.1.1 Allgemeines Verdrahtungsproblem
 - 5.1.2 Globalverdrahtung
- 5.2 Begriffsbestimmungen
- 5.3 Optimierungsziele
 - 5.3.1 Kundenspezifischer Entwurf
 - 5.3.2 Standardzellen-Entwurf
 - 5.3.3 Gate-Array-Entwurf
- 5.4 Abbildung von Verdrahtungsregionen
- 5.5 Ablauf der Globalverdrahtung
- 5.6 Algorithmen für die Globalverdrahtung
 - 5.6.1 Steinerbaum-Verdrahtung
 - 5.6.2 Globalverdrahtung im Verbindungsgraphen
 - 5.6.3 Wegsuche mit dem Dijkstra-Algorithmus
- 5.7 Aktuelle Globalverdrahter