Übung 5 – Bildsegmentierung
Teil 1

Kapitel 4.3

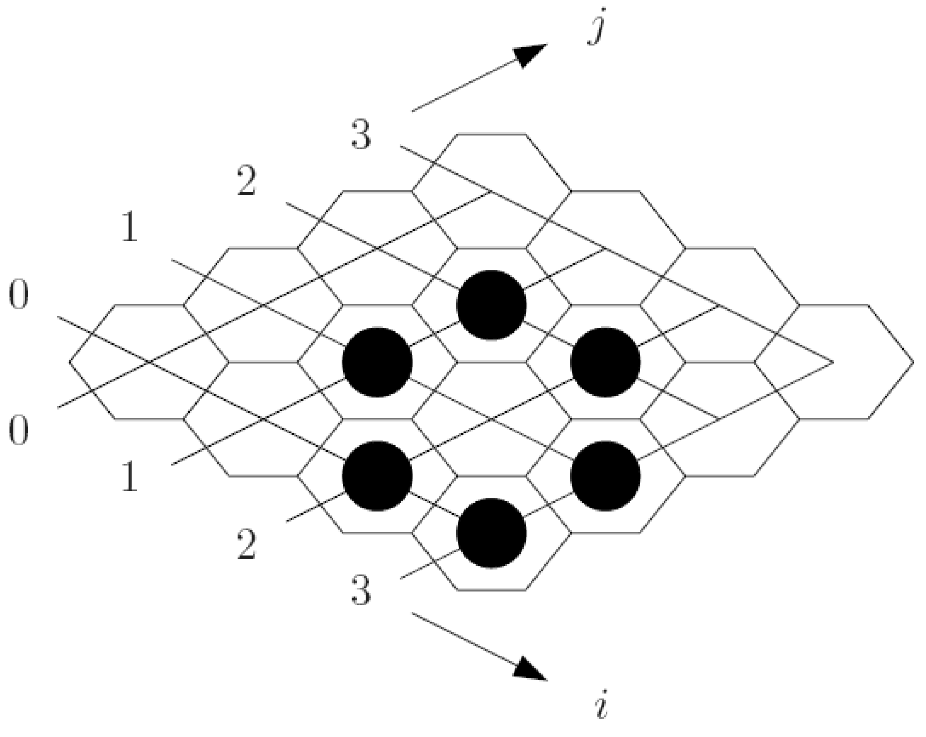
Mathematische Grundlagen

Aufgabe 1

Interpretieren Sie die 6 – Nachbarschaft für normale quadratische Bildraster.

Aufgabe 1

$$N = N_6 = \{[(i_1, j_1), (i_2, j_2)] : \quad | i_1 - i_2 | + | j_1 - j_2 | = 1 \quad \text{oder}$$
$$(| i_1 - i_2 | + | j_1 - j_2 | = 2 \quad \text{und} \quad i_1 + j_1 = i_2 + j_2)\}$$



Aufgabe 1

$$N = N_6 = \{[(i_1, j_1), (i_2, j_2)] : \quad |\, i_1 - i_2 \,| + |\, j_1 - j_2 \,| = 1 \quad \text{oder}$$
$$(|\, i_1 - i_2 \,| + |\, j_1 - j_2 \,| = 2 \quad \text{und} \quad i_1 + j_1 = i_2 + j_2)\}$$

Nachbarn von (*i,j*): $|i - i_n| + |j - j_n| = 1 \Rightarrow$

$$\boxed{\{(i-1, j), (i+1, j), (i, j-1), (i, j+1)\} = N_4((i, j)) \subseteq N_6((i, j))}$$

$$|i - i_n| + |j - j_n| = 2 \qquad i + j = i_n + j_n \qquad \Rightarrow$$

$$i = i_n \rightarrow j = j_n \rightarrow |i - i_n| + |j - j_n| = 0 \qquad j = j_n \rightarrow i = i_n \rightarrow |i - i_n| + |j - j_n| = 0$$

$$\Rightarrow \quad |i - i_n| = 1 \wedge |j - j_n| = 1$$

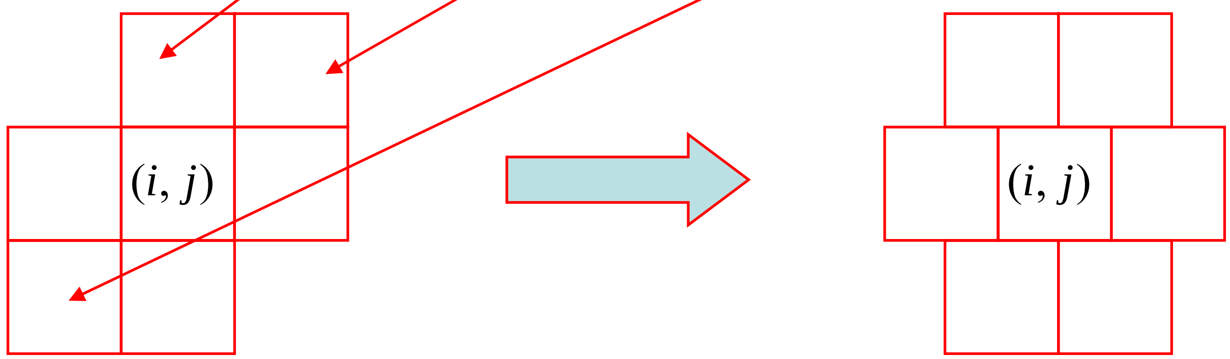
$$|i - i_n| = 1 \quad \Rightarrow \quad \begin{array}{l} i_n = i - 1 \\ i_n = i + 1 \end{array} \quad \Rightarrow \quad \begin{array}{l} j_n = j + 1 \\ j_n = j - 1 \end{array}$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{(i-1, j+1), (i+1, j-1) \in N_6((i, j))}$$

Aufgabe 1

$$N_6((i,j)) = \{(i-1,j),(i+1,j),(i,j-1),(i,j+1),(i-1,j+1),(i+1,j-1)\}$$

$$N_6((i,j)) = N_4((i,j)) \cup \{(i-1,j+1),(i+1,j-1)\}$$



Aufgabe 2

Zeigen Sie, dass jeder Weg in der 4 – Nachbarschaft auch ein Weg in der 8 – Nachbarschaft ist.

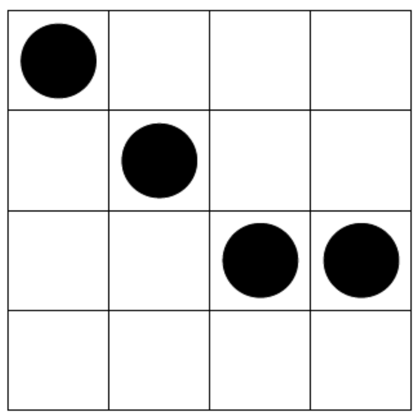
Zeigen Sie, dass nicht jeder Weg in der 8 – Nachbarschaft auch ein Weg in der 4 – Nachbarschaft ist.

Aufgabe 2

$N_4 \subset N_8$ $\Rightarrow$ Jeder Weg in der 4 – Nachbarschaft ist auch ein Weg in der 8 – Nachbarschaft.

Nicht jeder Weg in der 8 – Nachbarschaft ist auch ein Weg in der 4 – Nachbarschaft.

Beispiel:



Aufgabe 3

$$V_M = \left\{ (p,q) \in P \times P : p \text{ und } q \text{ sind bezüglich } M \text{ verbunden} \right\}$$

$$\exists \text{ Weg } (p,\ldots,q) \text{ in } M \text{ oder } \exists \text{ Weg } (p,\ldots,q) \text{ in } \overline{M} = P \setminus M$$

Zeigen Sie folgende Eigenschaften der Verbundenheitsrelation V_M.

$$V_M \subseteq (M \times M) \cup (\overline{M} \times \overline{M}) \qquad \overline{M} = P \setminus M$$

$$(p,p) \in V_M$$

$$(p,q) \in V_M \Rightarrow (q,p) \in V_M$$

$$((p,q) \in V_M \wedge (q,r) \in V_M) \Rightarrow (p,r) \in V_M$$

Aufgabe 3

$$V_M \subseteq (M \times M) \cup (\overline{M} \times \overline{M}) \qquad \overline{M} = P \setminus M$$

$(p,q) \in V_M \Rightarrow$

$p,q \in M$ oder $p,q \in \overline{M}$

$$\Rightarrow \quad V_M \subseteq (M \times M) \cup (\overline{M} \times \overline{M})$$

Aufgabe 3

$$(p, p) \in V_M$$

$p \in M \quad \Rightarrow \quad (p)$ ist ein Weg in M

$p \in \overline{M} \quad \Rightarrow \quad (p)$ ist ein Weg in $\overline{M}$

Aufgabe 3

$$(p,q) \in V_M \Rightarrow (q,p) \in V_M$$

$$(p,q) \in V_M \quad \Longrightarrow$$

$$(\exists \text{ Weg } (p,\ldots,q) \text{ in } M) \vee (\exists \text{ Weg } (p,\ldots,q) \text{ in } \overline{M})$$

$$\Longrightarrow \quad ((q,\ldots,p) \text{ Weg in } M) \vee ((q,\ldots,p) \text{ Weg in } \overline{M})$$

$$\Longrightarrow \quad (q,p) \in V_M$$

Aufgabe 3

$$((p,q)\in V_M \wedge (q,r)\in V_M) \Rightarrow (p,r)\in V_M$$

$$(p,q)\in V_M \qquad (q,r)\in V_M$$

$\Rightarrow$ $\exists$ Wege $(p,\ldots,q),(q,\ldots,r)$ in M oder in $\overline{M}$

$\Rightarrow$ $(p,\ldots,r)$ ist ein Weg in M oder in $\overline{M}$

$\Rightarrow$ $(p,r)\in V_M$

Aufgabe 4

$$K_M^i \quad i = 1, \ldots n(V_M)$$

Äquivalenzklassen von P bezüglich der Relation V_M

Zeigen Sie:

$$P = \bigcup_{i=1}^{n(V_M)} K_M^i$$

$$K_M^i \cap K_M^j = \emptyset \quad i \neq j$$

K_M^i ist zusammenhängend

Aufgabe 4

$K_M^i \quad i = 1, \ldots n(V_M)$ $\qquad V_M$ - Äquivalenzrelation

$$P = \bigcup_{i=1}^{n(V_M)} K_M^i \qquad K_M^i \cap K_M^j = \emptyset \quad i \neq j$$

K_M^i ist zusammenhängend

$p, q \in K_M^i \Rightarrow (p, q) \in V_M \Rightarrow$

$\exists$ Weg $(p, \ldots, q)$ in M oder in $\overline{M}$

$\Rightarrow (p, \ldots, q)$ auch Weg in K_M^i

Aufgabe 5

$$K_M^i \quad i = 1, \ldots n(V_M)$$

Äquivalenzklassen von P bezüglich der Relation V_M

Zeigen Sie:

$$K_M^i \subseteq M \vee K_M^i \subseteq \overline{M}$$

Aufgabe 5

$$K_M^i \subseteq M \vee K_M^i \subseteq \overline{M}$$

$$p \in K_M^i, \quad p \in M \quad \Rightarrow$$

$$\forall q \in K_M^i \rightarrow (p,q) \in V_M \subseteq M \times M \quad \Rightarrow \quad q \in M$$

$$\Rightarrow \quad K_M^i \subseteq M$$

$$p \in K_M^i, \quad p \in \overline{M} \quad \Rightarrow$$

$$\forall q \in K_M^i \rightarrow (p,q) \in V_M \subseteq \overline{M} \times \overline{M} \quad \Rightarrow \quad q \in \overline{M}$$

$$\Rightarrow \quad K_M^i \subseteq \overline{M}$$

Aufgabe 6

$$K_M^i \quad i = 1, \ldots n(V_M)$$

Äquivalenzklassen von P bezüglich der Relation V_M

Zeigen Sie:

$$\forall p \in P \;\; \exists i : K_M^i = K_M(p) = \left\{ q \in P : (p, q) \in V_M \right\}$$

Aufgabe 6

$$\forall p \in P \;\; \exists i : K_M^i = K_M(p) = \left\{ q \in P : (p,q) \in V_M \right\}$$

$$p \in P \rightarrow p \in K_M^i$$

$$q \in K_M^i \leftrightarrow (p,q) \in V_M$$

$$\Longrightarrow \qquad K_M^i = K_M(p)$$

Kapitel 4.4

Bestimmung von Komponenten

Aufgabe 1

Wenden Sie das Region Growing Verfahren für die 4-Nachbarschaft und für die 8-Nachbarschaft an.

0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1
0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Aufgabe 1

Lösung ist leicht durchzuführen.

Aufgabe 2

Wenden Sie das Zeilenkoizidenz Verfahren
für die 8-Nachbarschaft an.

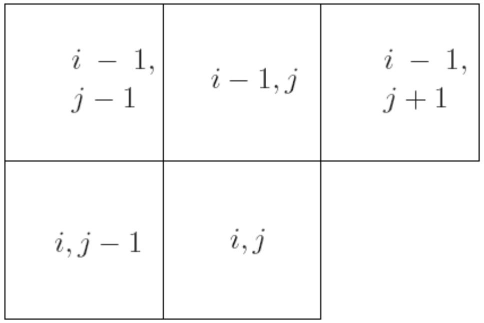
0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	1
0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Aufgabe 2

$$
\begin{matrix}
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\
0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\
0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\
0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\
0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
\end{matrix}
\quad\Longrightarrow\quad
\begin{matrix}
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 2 & 2 & 0 \\
0 & 1 & 1 & 0 & 0 & \boxed{2} & 2 & 0 \\
0 & 1 & 1 & \boxed{1} & 2 & 2 & 2 & 0 \\
0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \boxed{3} & 3 \\
0 & 4 & 4 & 4 & \boxed{4} & 3 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
\end{matrix}
$$

$$1 \equiv 2$$

$$3 \equiv 4$$



Aufgabe 2

$1 \equiv 2 \qquad 3 \equiv 4$

0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	2	2	0
0	1	1	0	0	2	2	0
0	1	1	1	2	2	2	0
0	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	3	3
0	4	4	4	4	3	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

$\Rightarrow$

0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	2	2
0	2	2	2	2	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

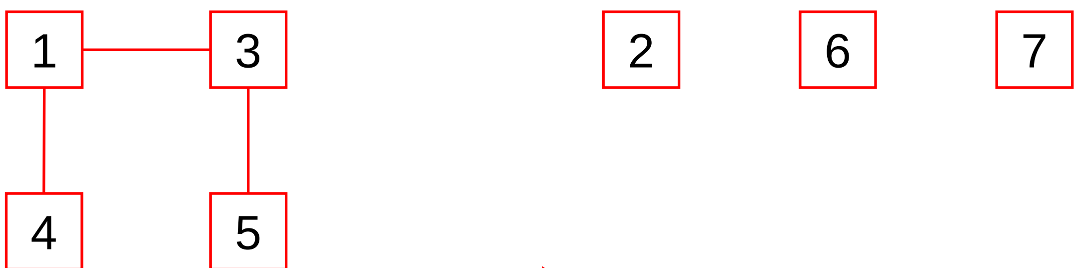
Aufgabe 4

Wie kann man die Neunummerierung der Marken im Zeilenkoizidenz Verfahren algorithmisch lösen.

Aufgabe 4

Graph: Knoten sind die Marken und die Kanten verbinden äquivalente Marken.

Jeder zusammenhängende Teil dieses Graphen bildet dann eine Komponente.



4 Komponenten

Kapitel 4.5

Regionenorientierte
Segmentierung

Aufgabe 1

Segmentieren Sie mit Region Growing:

1	1	1	1	2	2	2	2
1	1	1	1	2	2	2	2
3	3	2	2	2	2	2	2
3	3	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	2	2	2	7
3	3	3	3	2	2	8	7
3	3	3	3	3	3	8	8
3	3	3	3	3	3	8	8

Verwenden Sie verschiedene geeignete Homogenitätsfunktionen.

Region Growing

Eingabe: P, N, h

while $P <> \emptyset$ do begin

  wähle $p \in P$;

  $P := P \setminus \{p\}$;

  $X := \{p\}; \quad T := \{p\}$;

  while $T <> \emptyset$ do begin

    wähle $q \in T$;

    $T := T \setminus \{q\}$;

    bestimme $N(q)$;

    wähle $S \subseteq N(q)$ mit $h(X \cup S) = true$;

    $X := X \cup S$;

    $T := T \cup S$;

    $P := P \setminus S$;

  end;

  Ausgabe: X als ein Objekt der Segmentierung

end;

Aufgabe 1

$M_k = \{(i,j) : g_E(i,j) = k\} \quad k = 1,2,3,7,8$ $\qquad N = N_4$

$$h(M) = \begin{cases} true & \text{falls} \quad M \subseteq M_1 \vee M \subseteq M_2 \vee M \subseteq M_3 \vee M \subseteq M_7 \vee M \subseteq M_8 \\ false & \text{sonst} \end{cases}$$

1	1	1	1	2	2	2	2
1	1	1	1	2	2	2	2
3	3	2	2	2	2	2	2
3	3	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	2	2	2	7
3	3	3	3	2	2	8	7
3	3	3	3	3	3	8	8
3	3	3	3	3	3	8	8

$\Rightarrow$

1	1	1	1	2	2	2	2
1	1	1	1	2	2	2	2
3	3	2	2	2	2	2	2
3	3	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	2	2	2	4
3	3	3	3	2	2	5	4
3	3	3	3	3	3	5	5
3	3	3	3	3	3	5	5

Aufgabe 1

$M_k = \{(i,j) : g_E(i,j) = k\} \quad k = 1,2,3,7,8$

$N = N_4$

$$h(M) = \begin{cases} true & \text{falls} \quad (M \subseteq M_1 \cup M_2) \vee (M \subseteq M_2 \cup M_3) \vee M \subseteq M_7 \cup M_8 \\ false & \text{sonst} \end{cases}$$

1	1	1	1	2	2	2	2
1	1	1	1	2	2	2	2
3	3	2	2	2	2	2	2
3	3	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	2	2	2	7
3	3	3	3	2	2	8	7
3	3	3	3	3	3	8	8
3	3	3	3	3	3	8	8

Beginn

$\Rightarrow$

1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	1	1	1	1	1	1
2	2	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	1	1	1	3
2	2	2	2	1	1	3	3
2	2	2	2	2	2	3	3
2	2	2	2	2	2	3	3

Aufgabe 1

$$M_k = \{(i,j) : g_E(i,j) = k\} \quad k = 1,2,3,7,8 \qquad\qquad N = N_4$$

$$h(M) = \begin{cases} true & \text{falls} \quad (M \subseteq M_1 \cup M_2) \vee (M \subseteq M_2 \cup M_3) \vee M \subseteq M_7 \cup M_8 \\ false & \text{sonst} \end{cases}$$

$$\boxed{\begin{matrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 2 & 2 & 2 & 7 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 2 & 2 & 8 & 7 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 8 & 8 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 8 & 8 \end{matrix}} \quad \Longrightarrow \quad \boxed{\begin{matrix} 2 & 2 & 2 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 3 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 3 & 3 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 3 & 3 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 3 & 3 \end{matrix}}$$

Beginn

Kapitel 4.6

Kantenorientierte Segmentierung

Aufgabe 1 (Lü Wang)

Wird der Punkt P entfernt?

0	0	0
0	P	1
1	1	1

Algorithmus von Lü und Wang

3 x 3 Maske:

P_1	P_2	P_3
P_8	P	P_4
P_7	P_6	P_5

$$P_i \in \{0,1\}$$

P gehört immer zum Segment (alle Einsen) und hat den Wert 1 (Binärbilder)

0	0	1
1	1	0
1	0	0

A(P)=2
B(P)=3

A(P) – Anzahl der Übergänge von $0 \rightarrow 1$, wenn die Punkte $P_1,\ldots, P_8, P_1$ einmal durchlaufen werden.

1	0	1
0	1	1
0	1	0

A(P)=3
B(P)=4

B(P) – Anzahl der 1 unter den Punkten $P_1,\ldots, P_8$.

Algorithmus von Lü und Wang

Wir schieben die Maske in mehreren Iterationen über das Bild.

P wird im Segment gelöscht, wenn:

$$3 \leq B(P) \leq 6$$

$$A(P) = 1$$

$$P_4 \wedge P_6 \wedge (P_2 \vee P_8) = \mathit{false}$$ bei gerader Iteration (2.,4.,…)

$$P_2 \wedge P_8 \wedge (P_4 \vee P_6) = \mathit{false}$$ bei ungerader Iteration (1.,3.,…)

Bei den letzten 2 Bedingungen betrachten wir P_i
als logische Variable mit den Werten true und false.

Aufgabe 1

0	0	0
0	P	1
1	1	1

A(P)=1
B(P)=4

bei gerader Iteration:

$$P_4 \wedge P_6 \wedge (P_2 \vee P_8) = true \wedge true \wedge (false \vee false) = false$$

bei ungerader Iteration:

$$P_2 \wedge P_8 \wedge (P_4 \vee P_6) = false \wedge false \wedge (true \vee true) = false$$

P wird also immer entfernt.

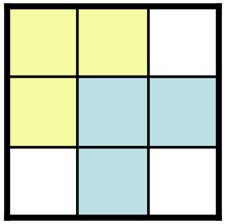
Aufgabe 2 (Lü Wang)

Wird der Punkt P entfernt?

0	0	.
0	P	1
.	1	.

Für . kann dabei 0 oder 1 stehen.

Vergleichen Sie das Ergebnis mit der Wirkung des Strukturelementes B^1 aus 3.4.



Aufgabe 2

0	0	.
0	P	1
.	1	.

$$1 \leq A(P) \leq 2$$

$$2 \leq B(P) \leq 5$$

bei gerader Iteration:

$$P_4 \wedge P_6 \wedge (P_2 \vee P_8) = true \wedge true \wedge (false \vee false) = false$$

bei ungerader Iteration:

$$P_2 \wedge P_8 \wedge (P_4 \vee P_6) = false \wedge false \wedge (true \vee true) = false$$

Aufgabe 2

0	0	.
0	P	1
.	1	.

0	0	.
0	P	1
.	1	1

$$A(P) = 1$$

$$3 \leq B(P) \leq 5$$

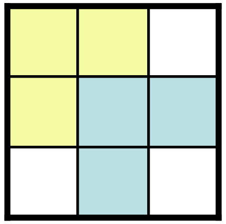
P wird entfernt

0	0	.
0	P	1
.	1	0

$$A(P) = 2$$

$$2 \leq B(P) \leq 5$$

P wird nicht entfernt



P wird immer entfernt

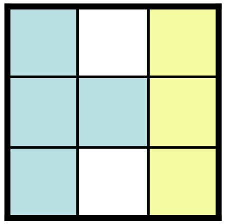
Aufgabe 3 (Lü Wang)

Wird der Punkt P entfernt?

1	.	0
1	P	0
1	.	0

Für . kann dabei 0 oder 1 stehen.

Vergleichen Sie das Ergebnis mit der Wirkung des Strukturelementes B^2 aus 3.4.



Aufgabe 3

1	.	0
1	P	0
1	.	0

$$A(P) = 1$$

$$3 \leq B(P) \leq 5$$

bei gerader Iteration:

$$P_4 \wedge P_6 \wedge (P_2 \vee P_8) = \mathit{false} \wedge . \wedge (. \vee \mathit{true}) = \mathit{false}$$

bei ungerader Iteration:

$$P_2 \wedge P_8 \wedge (P_4 \vee P_6) = . \wedge \mathit{true} \wedge (\mathit{false} \vee .) = .$$

noch offen

Aufgabe 3

1	.	0
1	P	0
1	.	0

$$P_2 \wedge P_8 \wedge (P_4 \vee P_6) = . \wedge true \wedge (false \vee .) = .$$

1	0	0
1	P	0
1	0	0

$$P_2 \wedge P_8 \wedge (P_4 \vee P_6) = false \wedge true \wedge (false \vee false) = false$$

$\Rightarrow$ P wird entfernt

1	0	0
1	P	0
1	1	0

$$P_2 \wedge P_8 \wedge (P_4 \vee P_6) = false \wedge true \wedge (false \vee true) = false$$

$\Rightarrow$ P wird entfernt

Aufgabe 3

1	.	0
1	P	0
1	.	0

$$P_2 \wedge P_8 \wedge (P_4 \vee P_6) = . \wedge true \wedge (false \vee .) = .$$

1	1	0
1	P	0
1	0	0

$$P_2 \wedge P_8 \wedge (P_4 \vee P_6) = true \wedge true \wedge (false \vee false) = false$$

→ P wird entfernt

1	1	0
1	P	0
1	1	0

$$P_2 \wedge P_8 \wedge (P_4 \vee P_6) = true \wedge true \wedge (false \vee true) = true$$

→ P wird nicht entfernt

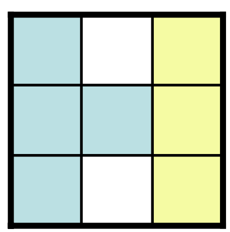
Aufgabe 3

1	.	0
1	P	0
1	.	0

1	1	0
1	P	0
1	1	0

$$P_2 \wedge P_8 \wedge (P_4 \vee P_6) = true \wedge true \wedge (false \vee true) = true$$

P wird nicht entfernt



P wird immer entfernt

Aufgabe 4

Wenden Sie den Skelettierungsalgorithmus von Lü und Wang an.

1	1	1
1	1	1
	1	
	1	
1	1	1
1	1	1

Aufgabe 4 (1.Iteration)

$$\begin{array}{ccc} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ & 1 & \\ & 1 & \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{array}$$

$$A(P) = 2$$

nicht entfernen

Aufgabe 4 (1.iteration)

1	1	1
1	1	1
	1	
	1	
1	1	1
1	1	1

$$B(P) = 6$$

$$P_2 \wedge P_8 \wedge (P_4 \vee P_6) = true$$

⇒ nicht entfernen

Aufgabe 4 (1.iteration)

1	1	1
1	1	1
	1	
	1	
1	1	1
1	1	1

$$A(P) = 1$$

$$3 \leq B(P) \leq 5$$

$$\boxed{P_2} \wedge P_8 \wedge (P_4 \vee P_6) = \mathit{false}$$

entfernen

Aufgabe 4 (1.Iteration)

$$\begin{array}{ccc} 1 & 1 & 1 \\ \boxed{1} & 1 & 1 \\ & 1 & \\ & 1 & \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{array}$$

$$A(P) = 1$$

$$B(P) = 4$$

$$P_2 \wedge \boxed{P_8} \wedge (P_4 \vee P_6) = false$$

entfernen

Aufgabe 4 (1.Iteration)

$$
\begin{array}{ccc}
1 & 1 & 1 \\
1 & 1 & \boxed{1} \\
 & 1 & \\
 & 1 & \\
1 & 1 & 1 \\
1 & 1 & 1
\end{array}
$$

$$A(P) = 1$$

$$B(P) = 4$$

$$P_2 \wedge P_8 \wedge \boxed{(P_4 \vee P_6)} = \mathit{false}$$

entfernen

Aufgabe 4 (1.Iteration)

1	1	1
1	1	1
	1	
	1	
1	1	$\boxed{1}$
1	1	1

$$A(P) = 1$$

$$B(P) = 4$$

$$\boxed{P_2} \wedge P_8 \wedge (P_4 \vee P_6) = \mathit{false}$$

$\Rightarrow$ entfernen

Aufgabe 4 (1.Iteration)

1	1	1
1	1	1
	1	
	1	
1	1	1
1	1	$\boxed{1}$

$$A(P) = 1$$

$$B(P) = 3$$

$$P_2 \wedge P_8 \wedge \boxed{(P_4 \vee P_6)} = \mathit{false}$$

$\Rightarrow$ entfernen

Aufgabe 4 (1.iteration)

$$\begin{array}{ccc} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ & 1 & \\ & 1 & \\ \boxed{1} & 1 & 1 \\ \boxed{1} & 1 & 1 \end{array}$$

$$A(P) = 1$$

$$3 \leq B(P) \leq 4$$

$$P_2 \wedge \boxed{P_8} \wedge (P_4 \vee P_6) = \mathit{false}$$

entfernen

Aufgabe 4

1	1	1
1	1	1
	1	
	1	
1	1	1
1	1	1

1. Iteration

1
1
1
1
1

Aufgabe 4

1	2. Iteration	1
1		1
1		1
1		1
1	$B(P) \leq 2$	1

kein Punkt wird entfernt

weitere Iterationen ergeben keine Veränderung

Aufgabe 5

Kommen der Skelettierungsalgorithmus von Lü und Wang und der in 3.4 betrachtete morphologische Algorithmus zum gleichen Ergebnis?

Aufgabe 5