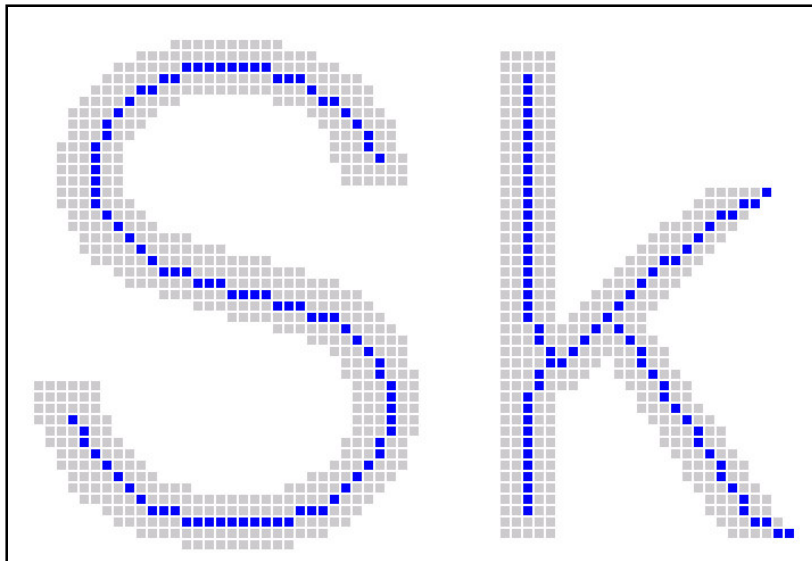


Was ist Skelettierung?

Skelettierungs- oder Thinning-Verfahren sind Methoden, um flächenhafte, binäre Objekte auf lineare Skelettlinien zu reduzieren.



Geforderte Eigenschaften sind:

- Skelettlinie nur ein Pixel breit
- Skelettlinie in der Mitte des Objektes
- Widerspiegelung der Ursprungsform
- Linien werden nicht verkürzt
- Robustheit gegenüber Störungen

Welche Pixel dürfen gelöscht werden?

Kriterium 1: Erhaltung des Zusammenhangs

Pixel **P** darf nur dann gelöscht werden, wenn die Verbindung zwischen den **1**-Pixeln in der 3x3-Umgebung von **P** nicht zerstört wird.

Beispiele:

0	0	0
0	P	1
1	1	0

0	0	0
0	P	1
1	1	0

0	0	1
0	P	0
1	1	0

0	0	1
0	P	0
1	1	0

P darf gelöscht werden

P darf **nicht** gelöscht werden

Welche Pixel dürfen gelöscht werden?

Kriterium 2: Erhaltung von Endpunkten

Pixel P darf nur dann gelöscht werden, wenn P nicht Endpunkt einer Skelettlinie ist.

Beispiele:

0	0	0
0	P	1
0	0	0

P darf **nicht** gelöscht werden

0	0	1
0	P	1
0	0	0

P darf **nicht** gelöscht werden

Welche Pixel dürfen gelöscht werden?

Kriterium 3: Konturpixel-Bedingung

Nur Konturpixel dürfen gelöscht werden.

Konturpixel haben mindestens einen **direkten 0**-Nachbarn.

Beispiele:

1	1	1
0	P	1
1	1	1

P darf gelöscht werden

3	2	1
4	P	0
5	6	7

Direkte Nachbarn:

0, 2, 4, 6

Indirekte Nachbarn:

1, 3, 5, 7

0	1	0
1	P	1
0	1	0

P darf **nicht** gelöscht werden

Was für Algorithmen gibt es?

- Einfaches Skelettieren mit 3x3-Masken
- Zhang/Sue-Algorithmus
- Mittelachsenberechnung
- Euler'sche Skelettierung
- Kontur-Folge-Verfahren (z.B. Ji-Verfahren)

Allgemeine Bedingungen der Algorithmen

- Binärbilder (z.B. Vordergrund schwarz, Hintergrund weiss)
 - Mindestens einen ein Pixel breiten Randbereich aus Hintergrundpixeln
-

Einfaches Skelettieren mit 3x3-Masken

Algorithmus

Markiere alle Konturpixel

Solange neue Konturpixel gefunden werden

Überprüfe alle Konturpixel in Richtung von oben links nach unten links.

Prüfe die 3x3-Umgebung des Konturpixels mit den 9 Vergleichsmasken, die gedreht und gespiegelt werden (ergibt total 72 Möglichkeiten)

Pixel, bei denen keine Maske passt, werden als zu löschende Pixel markiert.

Lösche die markierten Pixel.

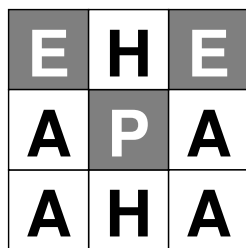
Suche neue Konturpixel.

Alle verbleibenden Pixel ergeben das Skelettbild.

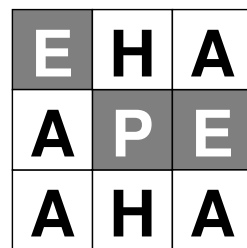
Einfaches Skelettieren mit 3x3-Masken

Kriterium 1: Erhaltung des Zusammenhangs

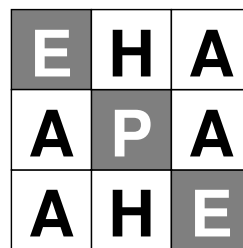
Stimmt die 3x3-Umgebung mit einer dieser Masken (inkl. gedrehte und gespiegelte Masken) überein, so darf **P** nicht gelöscht werden.



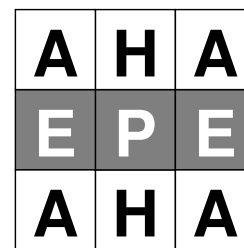
1



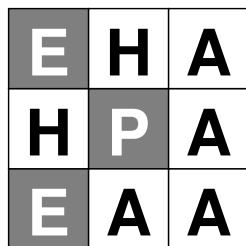
2



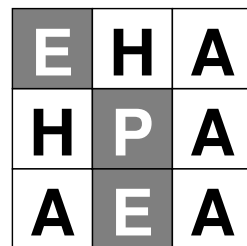
3



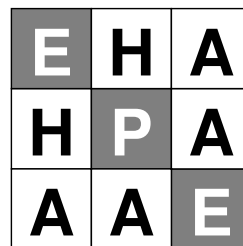
4



5



6



7

- E** Zu Beginn der Iteration **1**-Pixel
- H** **0**-Pixel oder zum Löschen markierter Pixel
- A** Beliebiger Pixel

Einfaches Skelettieren mit 3x3-Masken

Kriterium 2: Erhaltung von Endpunkten

Stimmt die 3x3-Umgebung mit einer dieser Masken (inkl. gedrehte und gespiegelte Masken) überein, so darf **P** nicht gelöscht werden.

0	0	A
0	P	A
0	0	0

8

Wenn beide **A 0**-Pixel sind, dann ist **P** ein isolierter Punkt.

Wenn ein oder beide **A 1**-Pixel sind, dann ist **P** das Ende einer Linie.

L	L	0
L	P	0
0	0	0

9

Sonderfall: Verhindert dass eine 2x2 Pixel umfassende Fläche ganz gelöscht wird.

L-Pixel sind Pixel, die zum Löschen markiert sind.

Einfaches Skelettieren mit 3x3-Masken

Kriterium 3: Konturpixel-Bedingung

Diese Bedingung wird eingehalten, indem vor jeder Iteration die Konturpixel bestimmt und nur diese geprüft werden.

0	0	0	0	0
0	0	K	0	0
0	K	1	K	0
0	0	K	0	0
0	0	0	0	0

Die mit **K** bezeichneten Pixel sind Kontur- oder Randpixel. Der **1**-Pixel hat keine direkten **0**-Nachbarn und wird deshalb in diesem Iterationsschritt nicht geprüft.

Skelettierung nach Zhang und Suen

Kennzeichnung der 8-Nachbarschaft wie folgt:

P_9	P_2	P_3
P_8	P_1	P_4
P_7	P_6	P_5

$N(P_1)$ ist die Anzahl der **1**-Pixel in der Nachbarschaft von P_1 .

$S(P_1)$ ist die Anzahl der **0-1**-Übergänge in der geordneten Reihenfolge $P_2 P_3 P_4 P_5 P_6 P_7 P_8 P_9 P_2$.

Der Zhang/Suen-Algorithmus

Durchlauf 1 von links oben nach unten rechts.

Ein Punkt wird markiert wenn folgende Bedingungen erfüllt:

- a) $2 \leq N(P_1) \leq 6$
- b) $S(P_1) = 1$
- c) $P_2 P_4 P_6 = 0$
- d) $P_4 P_6 P_8 = 0$

Löschen aller markieren Punkte

Durchlauf 2 von unten rechts nach links oben

Ein Punkt wird markiert wenn folgende Bedingungen erfüllt:

- a) $2 \leq N(P_1) \leq 6$
- b) $S(P_1) = 1$
- c) $P_2 P_4 P_8 = 0$
- d) $P_2 P_6 P_8 = 0$

Löschen aller markieren Punkte

Wiederholen bis keine Punkte mehr markiert werden.

Vor- und Nachteile des Zhang/Suen-Verfahrens gegenüber dem einfachen Skelettieren mit 3x3-Masken

Vorteile

- Geschwindigkeit

Nachteile

- Starke Verkürzung von Strecken
 - Grosse Empfindlichkeit gegenüber Störungen im Ausgangsbild
-