

Skelettierung mit Rangordnungsoperatoren

Dieses Verfahren kann man für Ziffernerkennung, z. B. Postleitzahlen verwenden. Dazu findet eine Vorverarbeitung statt, wobei der Hintergrund entfernt wird, die Ziffern auf gleiche Größe skaliert werden und das Bild mit einem Tiefpaßfilter geglättet wird. Dadurch ist im Linienquerschnitt der Ziffer nur noch ein Grauwert-Maximum vorhanden.

Das Ergebnis sind Linien, die in der Regel nur noch ein Maximum haben, aber noch recht breit sind. Ein Rangordnungsoperator betrachtet nun eine 3 x 3-Umgebung, um für den Zentralpixel zu entscheiden, ob er zu dem Skelett gehört oder nicht. Es wird gezählt, wieviele Nachbarpixel einen mindestens genauso großen Grauwert haben wie der Zentralpixel.

Ist diese Anzahl kleiner oder gleich zwei und hat der Zentralpixel einen Wert größer als null, so gehört er zum Skelett. Wenn die 3 dunkelsten Pixel (incl. Zentralpixel) von einander verschiedene Grauwerte haben, gibt es mehrere Möglichkeiten für den Zentralpixel (im folgenden ZP):

Wenn der Grauwert des ZP am höchsten ist, ist er der Gipfel. Wenn der ZP den zweit- oder dritthöchsten Grauwert hat, gehört er zum Kamm. Wenn der ZP an einem Hang liegt, so dass die drei höchsten Grauwerte an einer Seite oder einer Ecke liegen, dann gehört der Zentralpixel nicht zum Skelett.

x	x	x
x	0	x
x	x	x

⇒ Zentralpixel null ⇒ kein Skelettpunkt (Hintergrund)

127	254	127
128	255	128
127	254	127

○	○	○
○	●	○
○	○	○

⇒ Gipfelpunkt

128	255	128
127	254	127
126	253	126

○	●	○
○	●	○
○	○	○

⇒ Kammpunkt (Anstieg zum Gipfel)

128	255	128
127	254	255
127	127	128

○	●	○
○	●	●
○	○	○

⇒ Kammpunkt (Richtungswechsel des Kamms)

128	255	255
127	254	128
127	127	127

○	●	●
○	●	○
○	○	○

⇒ Kammpunkt (Ende des Kamms)

128	255	255
127	128	255
126	127	128

○	●	●
○	○	●
○	○	○

⇒ kein Skelettpunkt (Hanglage)

128	128	128
128	128	128
128	128	128

●	●	●
●	●	●
●	●	●

⇒ kein Skelettpunkt (Hochplateau)

(a)

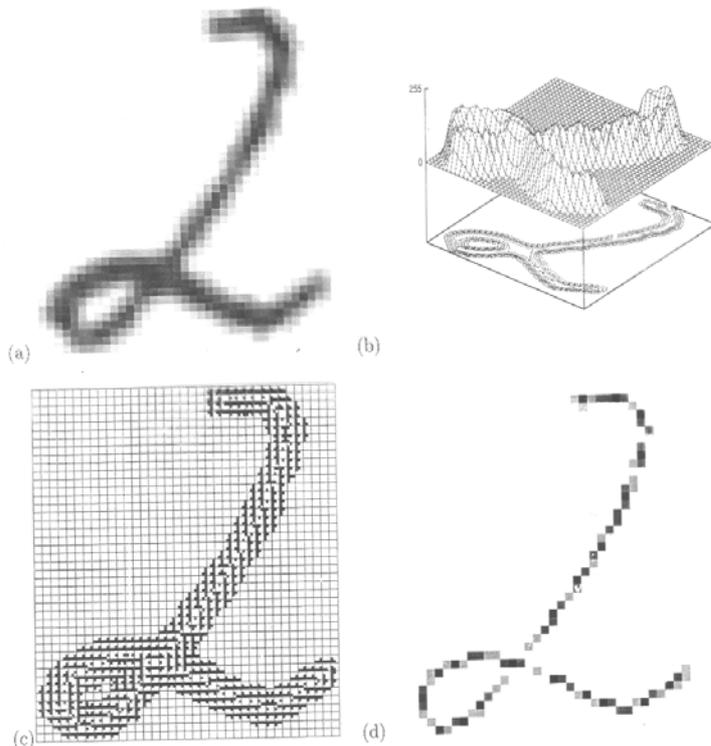
(b)

(c)

Beispiele für Nachbarkonstellationen bei Skelettierung mit einem Rangordnungsoperator:

- Grauwerte der 3 x 3-Umgebung des Zentralpixels, wobei die drei höchsten Grauwerte fett sind.
- Nachbarn des Zentralpixels mit gleichem oder höherem Grauwert sind durch \square markiert.
- Klassifizierung des Zentralpixels nach der Anzahl der nicht kleineren Nachbarn.

Jetzt folgt noch ein abschließendes Beispiel, das die einzelnen Schritte der Skelettierung einer Ziffer zeigt.



Skelettierung einer Ziffer:

- geglättetes Pixelbild
- Grauwertgebirge
- 3 x 3 Umgebungen: Nachbarn mit gleichem oder höherem Grauwert sind markiert
- Skelett: Gipfel sind schwarz, Hänge sind grau

Die entstandene Skelettlinie hat eine Breite von einem Pixel und liegt in der Mitte der Zifferlinie. An Kreuzungen und Gabeln ist sie unterbrochen, was aber die Lesbarkeit der Ziffer meist nicht beeinträchtigt. Jetzt folgt die Nachverarbeitung des Skelettes mit Algorithmen, die im Endeffekt bestimmen, um welche Ziffer oder Ziffernfolge es sich handelt.