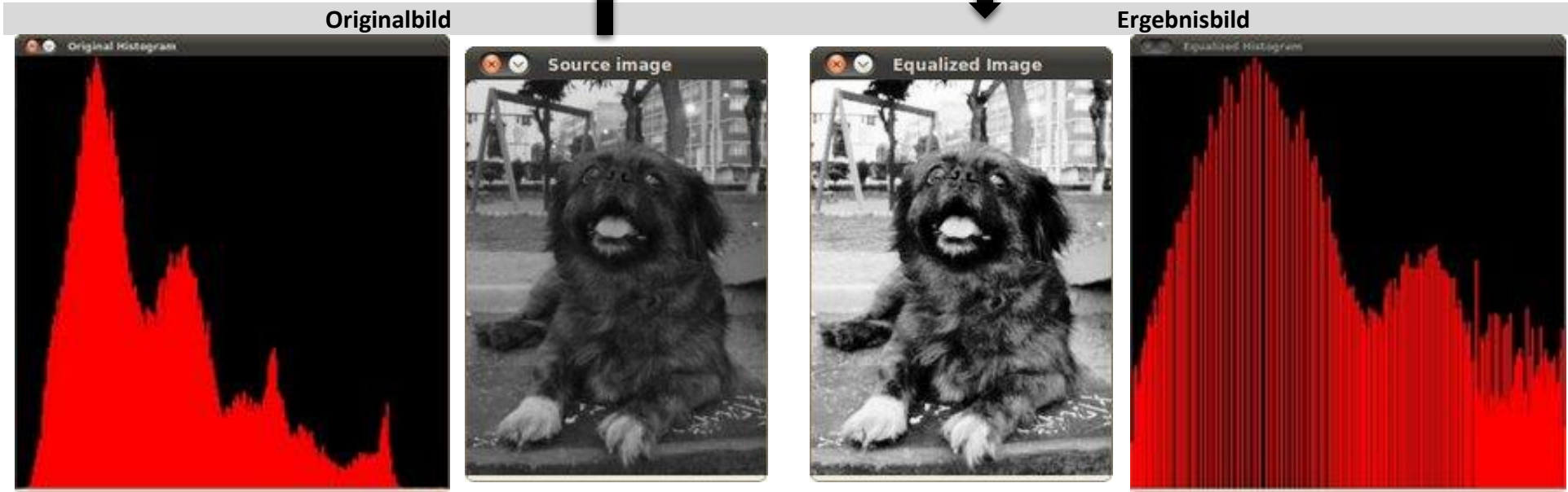


| | | |
|----------------------------|----------------|---|
| Aufgabenstellungen: | Übungen_01 | http://www.uni-forst.gwdg.de/~wkurth/bia_ub01.pdf |
| | Übungsblatt_01 | http://www.uni-forst.gwdg.de/~wkurth/bia22_ue01.pdf |

Aufgabe U2:

Schritt #1: Histogrammeinebnung – Einblick in die Anwendung

Quelle: OpenCV



Effekt = **Bildverbesserung** (Kontrasterhöhung) durch Spreizung von Farbintensitätsbereich

Schritt #2: Spreizung & Einebnung – Punktoperatoren $T(w)$

Beispiele von geeigneten Transformationen:

$$T(w) = \left[\frac{w - W_{min}}{W_{max} - W_{min}} \cdot W_{MAX} \right]$$

Randbemerkung: indirekte quantitative Abhängigkeit

$$T(w) = [H_c(w) \cdot W_{MAX}]$$

$[w_{min}; w_{max}]$ entspricht dem Wertebereich des Bildes, $[w_{MIN}; w_{MAX}]$ – unterstützter Farbtiefe/Helligkeitsabstufungen pro Kanal

Aufgabe U2:

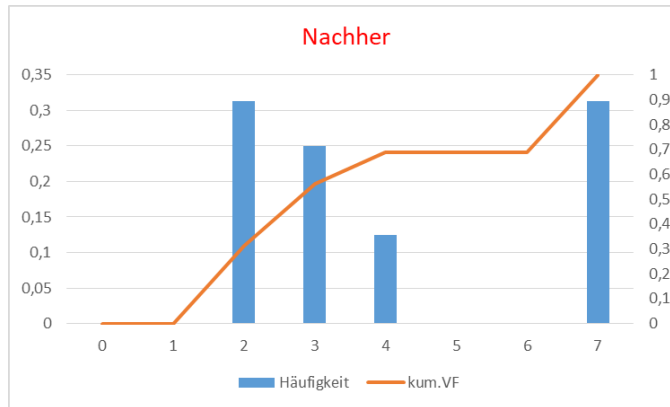
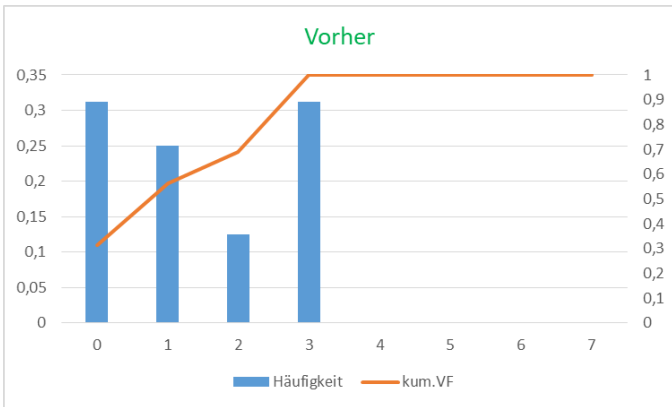
Schritt #3: Einebnung durchführen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0 | 3 | 1 | 3 |
| 2 | 0 | 0 | 3 |
| 3 | 3 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | 1 |



| w | $h_{abs}(w)$ | $h_{rel}(w)$ | $H_c(w)$ | $T(w) = H_c(w) \cdot W_{MAX}$ | $s = \lfloor T(w) \rfloor$ | $h_{abs}(s)$ | $h_{rel}(s)$ |
|---|--------------|----------------|---|---|----------------------------|--------------|----------------|
| 0 | 5 | $\frac{5}{16}$ | $\frac{5}{16} = \frac{5}{16}$ | $\frac{5}{16} \cdot 7 = 2 \frac{3}{16}$ | 2 | 5 = 5 | $\frac{5}{16}$ |
| 1 | 4 | $\frac{4}{16}$ | $\frac{5}{16} + \frac{4}{16} = \frac{9}{16}$ | $\frac{9}{16} \cdot 7 = 3 \frac{15}{16}$ | 3 | 4 = 4 | $\frac{4}{16}$ |
| 2 | 2 | $\frac{2}{16}$ | $\frac{9}{16} + \frac{2}{16} = \frac{11}{16}$ | $\frac{11}{16} \cdot 7 = 4 \frac{13}{16}$ | 4 | 2 = 2 | $\frac{2}{16}$ |
| 3 | 5 | $\frac{5}{16}$ | $\frac{11}{16} + \frac{5}{16} = 1$ | $1 \cdot 7 = 7$ | 7 | 5 = 5 | $\frac{5}{16}$ |

Schritt #4: Histogramme vergleichen



| | | | |
|---|---|---|---|
| 2 | 7 | 3 | 7 |
| 4 | 2 | 2 | 7 |
| 7 | 7 | 2 | 2 |
| 4 | 3 | 3 | 3 |

Hausaufgabe_1_von_3:
wie kann man diese vernünftigerweise (weiter) einebnen?

Schritt #5: einige Zusatzkommentare für Mathe Fans ☺

- im kontinuierlichen Fall erreicht man eine perfekte Histogrammeinebnung, also die Gleichverteilung von transformierten Intensitätswerten über $[w_{MIN}; w_{MAX}]$ (**Hausaufgabe_2_von_3 – beweist es für $S = T(W) = w_{MAX} \cdot \int_0^w p_W(x) dx$, wobei $\int_0^y p_S(x) dx =$ die Wahrscheinlichkeit, dass $0 \leq S \leq y$**)
- beim **adaptiven Histogrammausgleich** sowie bei seiner optimierten Version, **kontrastbegrenztem Histogrammausgleich**, werden mehrere Histogramme für Bilderabschnitte berechnet, um lokalen Kontrast zu verbessern

Aufgabe 1:

Schritt #1: Funktionsweise in groben Zügen verstehen

Quelle: aroundoffice.de

| Vorlage – Dia(positiv) | (Lineare) CCD Scanner |
|------------------------|-----------------------|
| | |

Schritt #2: Längeneinheiten vereinheitlichen – Millimeter in Mikrometer umrechnen

1 mm = 1000 µm

| Dia | | Rasterelement aka Bildpunkt aka Pixel | |
|------------------------|---|--|------------------------|
| Höhe | $24 \text{ mm} = 24 \cdot 10^3 \mu\text{m} = \frac{24 \cdot 4}{4} \cdot 10^3 \mu\text{m}$ | 25 µm = $\frac{1}{4} \cdot 10^{-1} \cdot 10^3 \mu\text{m}$ | Höhe |
| Breite | $36 \text{ mm} = 36 \cdot 10^3 \mu\text{m} = \frac{36 \cdot 4}{4} \cdot 10^3 \mu\text{m}$ | 25 µm = $\frac{1}{4} \cdot 10^{-1} \cdot 10^3 \mu\text{m}$ | Breite |
| Höhe x Breite = Fläche | $\frac{24 \cdot 4}{4} \cdot 10^3 \times \frac{36 \cdot 4}{4} \cdot 10^3 \mu\text{m}^2$ | $\frac{1}{4} \cdot 10^{-1} \cdot 10^3 \times \frac{1}{4} \cdot 10^{-1} \cdot 10^3 \mu\text{m}^2$ | Fläche = Höhe x Breite |

1 Dia = $\frac{24 \cdot 4}{4} \cdot 10^3 \times \frac{36 \cdot 4}{4} \cdot 10^3 = 960 \times 1440 = 1\,382\,400$ Rasterelemente
= $960 \times 1\,440 + 960 \times 1\,440 + 960 \times 1\,440$ Bildmatrixelemente
R G B Kanäle

Schritt #3: Speicherparameter des Rasterbildes ausrechnen

Farbtiefe:

- gibt an, **wie viele** unterschiedliche **Farbabstufungen** **jedem** Bildpunkt (**Pixel**) zugeordnet werden können
- **standardmäßig: RGB-Farbraum** mit 8 Bit pro Farbkanal ⇒ $2^8 = 256$ Farbabstufungen pro Farbkanal (insgesamt ca. 17 Millionen [256^3] Farben)



| |
|---|
| 1 Bit = 2 Abstufungen |
| 2 Bits = 4 Abstufungen |
| 4 Bits = 16 Abstufungen |
| 8 Bits = 256 Abstufungen (8 Bits = 1 Byte) |

$$1 \text{ Bildpunkt} = 8 \text{ Bits} + 8 \text{ Bits} + 8 \text{ Bits} = 3 \text{ Bytes}$$

Bitmap-Speicherung [RAW-Bilder]:

$$\text{Dateigröße} = \text{Bildhöhe} \cdot \text{Bildbreite} \cdot \text{Farbtiefe} = 960 \cdot 1\,440 \cdot 3 = 4\,147\,200 \text{ B} = \begin{cases} \text{Dezimalpräfix: } 4\,147 \text{ KB} \\ \text{Binärpräfix: } 4\,050 \text{ KiB} \end{cases}$$

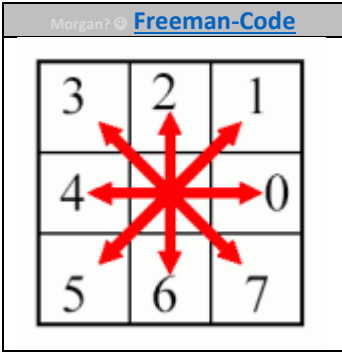
FunFact:

- KB = Kilobyte ['kɪlobaɪt] = $10^3 = 1000 \text{ B}$
- KiB = Kibibyte ['kɪbaɪt] = $2^{10} = 1024 \text{ B}$

Aufgabe 2:

Schritt #1: Binärbildausschnitt [gesetzt in einem **vorgegebenen** Koordinatensystem] und Format unseres Kettencodes

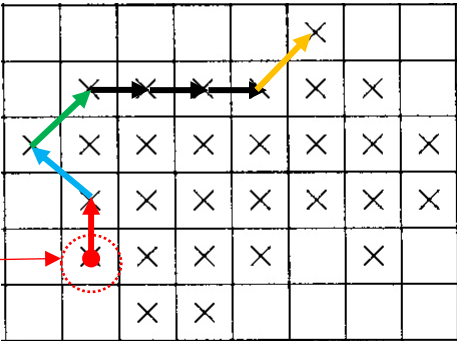
| Z\S | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | | | | | × | | |
| 1 | | × | × | × | × | × | × | |
| 2 | × | × | × | × | × | × | × | × |
| 3 | | × | × | × | × | × | × | × |
| 4 | | × | × | × | × | | × | |
| 5 | | | × | × | | | | |



(a): umschließender Kettencode

$$C_8(\text{Kontur}) = 2\ 3\ 1\ 0\ 0\ 0\ 1\ 7\ 7\ 6\ 5\ 3\ 5\ 5\ 4\ 3$$

Hier: Punkte, die mindestens eine Kante mit dem Hintergrund teilen



ergänzt's zu Hause ☺

möglicher Startpunkt

$$\text{Startpixel}(\text{Koordinaten}) = (Z; S) = (4; 1)$$

(b): Euklidische Länge eines Kettencodes

| | |
|--|---|
| Schritt #1: Kettencode | $C_8(\text{Region}) = 2\ 2\ 3\ 3\ 2\ 2\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 7\ 7$ |
| Schritt #2: Codelänge = Gesamtzahl der Liniensegmente | $ C_8(\text{Region}) = \{2, 2, 3, 3, 2, 2, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 7, 7\} = 15$ |
| Schritt #3: euklidische Länge einzelner Segmente | <ul style="list-style-type: none"> • 1,3,5,7 [diagonal]: Euklidische Distanz $D_E = \sqrt{2}$ • 0,2,4,6 [längs, quer]: Euklidische Distanz $D_E = \sqrt{1} = 1$ |
| Schritt #4: euklidische Gesamtlänge | $L_E(C_8(\text{Region})) = \{\text{diagonal}\} \cdot \sqrt{2} + (C_8(\text{Region}) - \{\text{diagonal}\}) \cdot 1 = 4 \cdot \sqrt{2} + (15 - 4) \cdot 1 = \dots$ |

Hausaufgabe_3_von_3: wann liefert diese Formel falsche Länge?

In anderen Worten: was soll vorausgesetzt werden, um die Allgemeingültigkeit dieser Formel zu gewährleisten?

(c): Euklidischer Abstand in einem Kettencode

| Schritt #1: Kettencode | $C_8(\text{Region}) = 2\ 2\ 3\ 3\ 2\ 2\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 7\ 7$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---------------|---------------|--------|-------------------|--------------|---------------|-------------------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|--------------|------------------------|---------------|---------------|------------------|--------------|---------------|-------------------------|---------------|---------------|------------------|---------------|--------------|--------------------------|---------------|---------------|
| Schritt #2: Inkrement pro Koordinate je Richtung | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Richtung</th> <th>Zeile</th> <th>Spalte</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$r=0$ [rechts: E]</td> <td>$I_Z(0) = 0$</td> <td>$I_S(0) = +1$</td> </tr> <tr> <td>$r=1$ [oben rechts: NE]</td> <td>$I_Z(1) = -1$</td> <td>$I_S(1) = +1$</td> </tr> <tr> <td>$r=2$ [oben: N]</td> <td>$I_Z(2) = -1$</td> <td>$I_S(2) = 0$</td> </tr> <tr> <td>$r=3$ [oben links: NW]</td> <td>$I_Z(3) = -1$</td> <td>$I_S(3) = -1$</td> </tr> <tr> <td>$r=4$ [links: W]</td> <td>$I_Z(4) = 0$</td> <td>$I_S(4) = -1$</td> </tr> <tr> <td>$r=5$ [unten links: SW]</td> <td>$I_Z(5) = +1$</td> <td>$I_S(5) = -1$</td> </tr> <tr> <td>$r=6$ [unten: S]</td> <td>$I_Z(6) = +1$</td> <td>$I_S(6) = 0$</td> </tr> <tr> <td>$r=7$ [unten rechts: SE]</td> <td>$I_Z(7) = +1$</td> <td>$I_S(7) = +1$</td> </tr> </tbody> </table> | Richtung | Zeile | Spalte | $r=0$ [rechts: E] | $I_Z(0) = 0$ | $I_S(0) = +1$ | $r=1$ [oben rechts: NE] | $I_Z(1) = -1$ | $I_S(1) = +1$ | $r=2$ [oben: N] | $I_Z(2) = -1$ | $I_S(2) = 0$ | $r=3$ [oben links: NW] | $I_Z(3) = -1$ | $I_S(3) = -1$ | $r=4$ [links: W] | $I_Z(4) = 0$ | $I_S(4) = -1$ | $r=5$ [unten links: SW] | $I_Z(5) = +1$ | $I_S(5) = -1$ | $r=6$ [unten: S] | $I_Z(6) = +1$ | $I_S(6) = 0$ | $r=7$ [unten rechts: SE] | $I_Z(7) = +1$ | $I_S(7) = +1$ |
| | Richtung | Zeile | Spalte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $r=0$ [rechts: E] | $I_Z(0) = 0$ | $I_S(0) = +1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $r=1$ [oben rechts: NE] | $I_Z(1) = -1$ | $I_S(1) = +1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $r=2$ [oben: N] | $I_Z(2) = -1$ | $I_S(2) = 0$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $r=3$ [oben links: NW] | $I_Z(3) = -1$ | $I_S(3) = -1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $r=4$ [links: W] | $I_Z(4) = 0$ | $I_S(4) = -1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $r=5$ [unten links: SW] | $I_Z(5) = +1$ | $I_S(5) = -1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $r=6$ [unten: S] | $I_Z(6) = +1$ | $I_S(6) = 0$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| $r=7$ [unten rechts: SE] | $I_Z(7) = +1$ | $I_S(7) = +1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Schritt #3: Euklidischer Abstand zwischen Start & End | $D_E[\text{Start}(Z_s; S_s), \text{End}(Z_e; S_e)] = \sqrt{(Z_{st} - Z_{end})^2 + (S_{st} - S_{end})^2} = \sqrt{(Z_{st} - (Z_{st} + I_{Z_{st}}))^2 + (S_{st} - (S_{st} + I_{S_{st}}))^2} =$ $\sqrt{I_{Z_{st}}^2 + I_{S_{st}}^2} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{ C_8(\text{Region}) } I_Z(r_i)\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{ C_8(\text{Region}) } I_S(r_i)\right)^2} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^{15} I_Z(r_i)\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^{15} I_S(r_i)\right)^2} =$ $\sqrt{(I_Z(r_1) + I_Z(r_2) + \dots + I_Z(r_{15}))^2 + (I_S(r_1) + I_S(r_2) + \dots + I_S(r_{15}))^2} =$ $\sqrt{(I_Z(2) + I_Z(2) + \dots + I_Z(7))^2 + (I_S(2) + I_S(2) + \dots + I_S(7))^2} = \sqrt{(-1 - 1 + \dots + 1)^2 + (0 + 0 + \dots + 1)^2} =$ $\sqrt{(-4)^2 + (7)^2} = \sqrt{16 + 49} = \sqrt{65} \approx 8$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Hausaufgabe_4_von_4: hängt dieses Ergebnis von den gewählten Achsenrichtungen des Koordinatenraums ab?

Aufgabe 3:

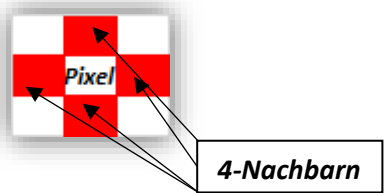
Schritt #1: definierende Kriterien einer Region R

☝ *monochromatische*

- R ist eine **zusammenhängende Menge von Pixeln** einer **Bildmatrix B** (aka *Rasterbild* aka *Digitalbild* aka *Bild* [falls digitales Format aus dem Kontext klar ersichtlich ist])

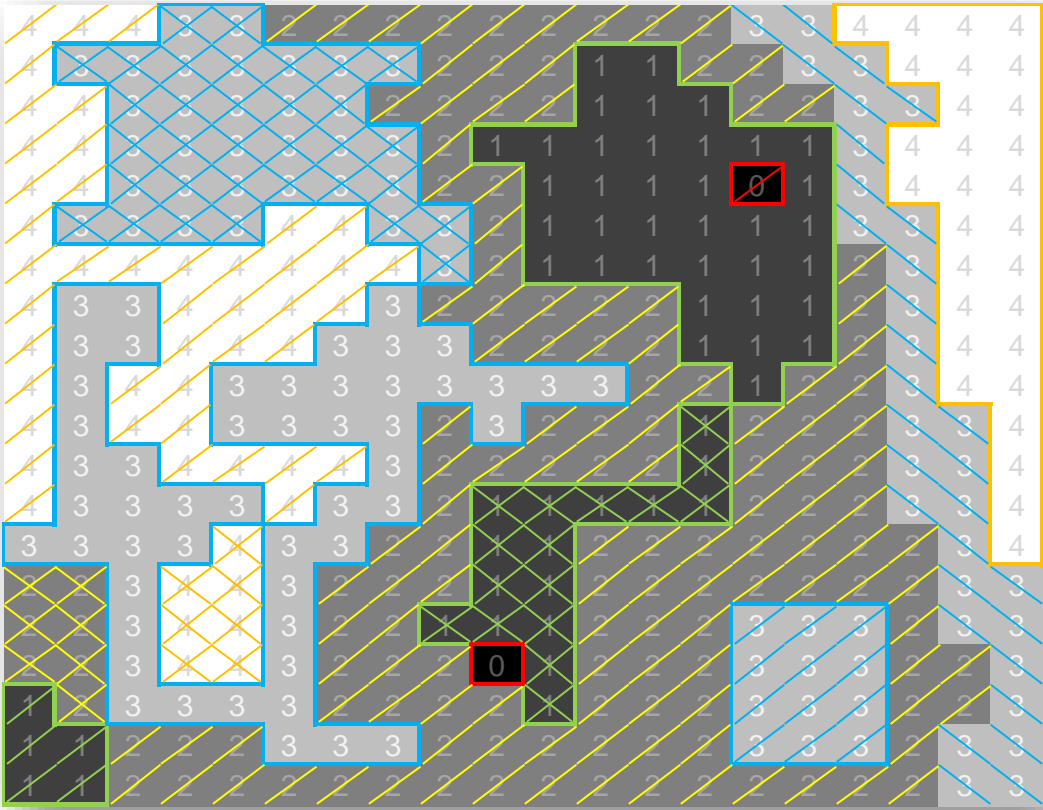


- Zusammenhang** auf Basis der **4-Nachbarschaft**
- alle **Pixel** von R haben einen **gleichen Intensitätswert**



Schritt #2: wir zählen die Anzahl von Regionen in unserem 20x20 Bild

| Intensitätswert | Anzahl von Regionen |
|-----------------|---------------------|
| 0 | 2 |
| 1 | 3 |
| 2 | 2 |
| 3 | 4 |
| 4 | 3 |
| Summe: | 14 |



Aufgabe 3:

Schritt #3: Adjazenzgraph von Regionen – Definition

R_i ist ein 4-Nachbar von R_j

$$G_{adj} = (V_R, E_{4N}): V_R = \{R_i\}_{i=1..14} \wedge E_{4N} = \{\{R_i, R_j\}_{i \neq j} \mid \exists ((z_1; s_1), (z_2; s_2)) \in (R_i, R_j): |z_1 - z_2| + |s_1 - s_2| = 1\}$$

Schritt #4: Adjazenzgraph der Regionen [aka Nachbarschaftsgraph]

