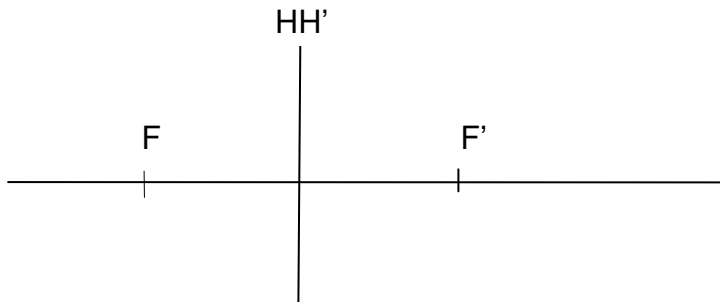
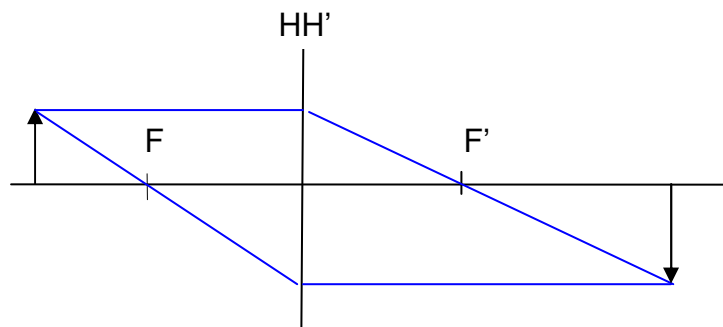


DBV 1: Übungsaufgaben und Lösungen

1. In der folgenden Abbildung ist ein optisches System (Annahme: dünne Linse) im Maßstab 1:1 gegeben. Konstruieren Sie die Abbildungsverhältnisse für ein Objekt, welches sich 15 mm vor dem objektseitigen Brennpunkt befindet. Nutzen Sie hierfür gleich die vorgegebene Abbildung. Wählen Sie eine geeignete Objektgröße. Ermitteln Sie anschließend den Abbildungsmaßstab aus der Zeichnung.



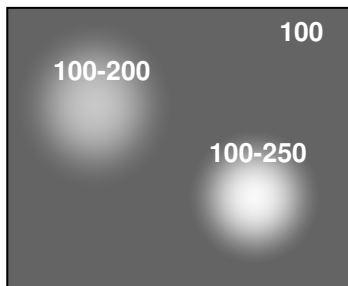
Weitere Variante dieser Aufgabe: z.B. Ermittlung der Brennpunkte aus vorgegebenen Objekt- und Bildweiten bzw. -größen.

Lösung**Lösungsweg**

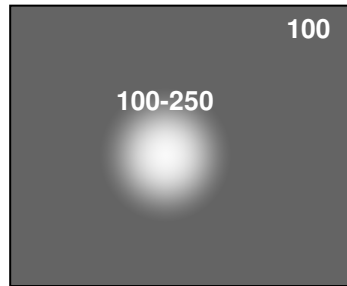
- Objekt geeigneter Größe 15 mm links vor HH' einzeichnen (hier $y = 1\text{cm}$),
- Vom Objekt ausgehenden Parallel- und Brennpunktstrahl einzeichnen,
- An HH' wird Parallel- zum Brennpunktstrahl und umgekehrt,
- Bildseitiger Schnittpunkt beider Strahlen ergibt Objektpunkt,
- Die Koordinaten des Objektpunktes sind der Objektabstand a' und die Objektgröße y' (negativ),
- $\beta = y'/y$,
- Man liest aus der Zeichnung ab: $y' = -1,3\text{cm}$; $a' = 4,9\text{cm}$,
Daraus ergibt sich ein Abbildungsmaßstab von $\beta = -1,3 / 1 = -1,3$.
- Zur Konstruktion kann auch der Mittelpunktstrahl verwendet werden.

2. Zeichnen Sie die Grauwertistogramme der nachfolgend dargestellten Bilder. Zeichnen Sie, wenn es möglich ist, maßstäblich entlang der horizontalen Achse (Grauwerte) und qualitativ entlang der vertikalen Achse (Häufigkeitsdichte). Gehen Sie von unendlicher Grauwertaufösung, also von nicht quantisierten, Grauwerten aus (kontinuierliche Grauwertverläufe enthalten demzufolge keine quantisierungsbedingten Sprünge).

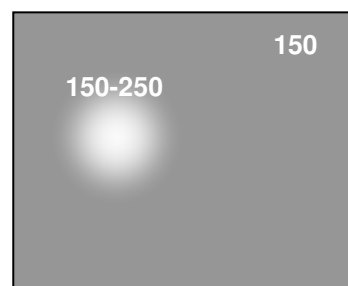
Bei allen Grauwertverläufen handelt es sich um gleichmäßige (also linear verlaufende) Hell-Dunkel- bzw. Dunkel-Hell-Übergänge. Bei den eingerahmten Zahlen handelt es sich um die Grauwerte bzw. um Grauwertbereiche (bei Verläufen). Anm.: die dünnen schwarzen Linien dienen lediglich der Markierung des Bildrandes und gehören nicht zu den Bildern; sie sind folglich, wie die eingerahmten Zahlen auch, bei der Histogrammmittlung zu ignorieren. Welcher Art sind die Histogramme (monomodal, bimodal, multimodal)?



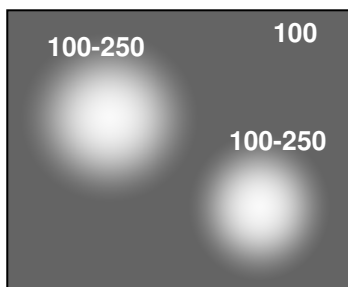
a)



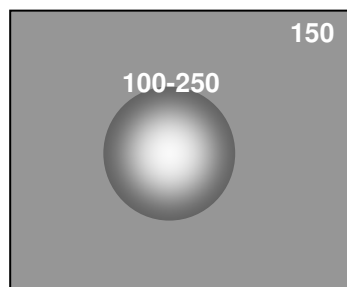
b)



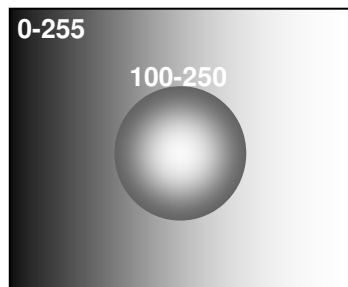
c)



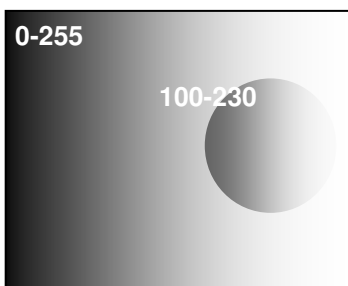
d)



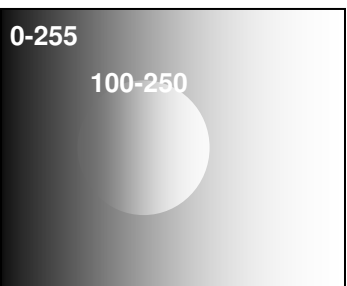
e)



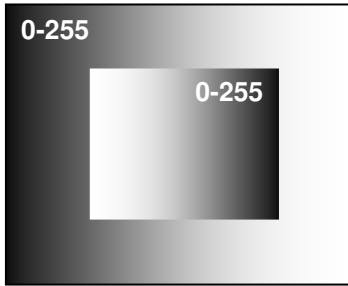
f)



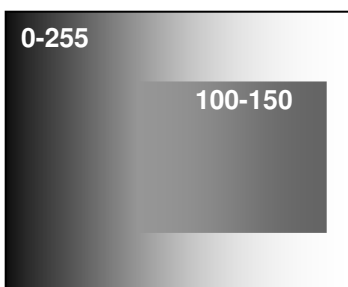
g)



h)



i)

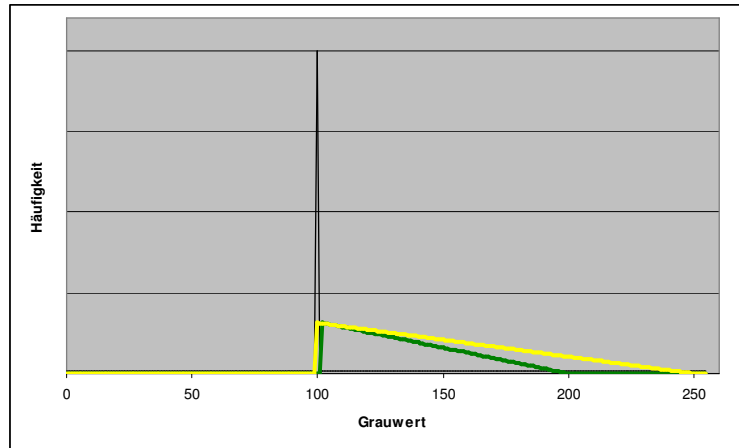
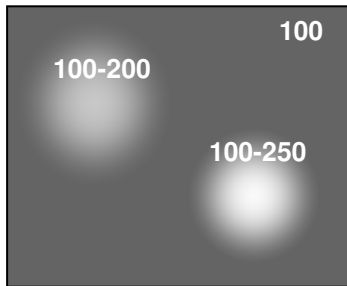


j)

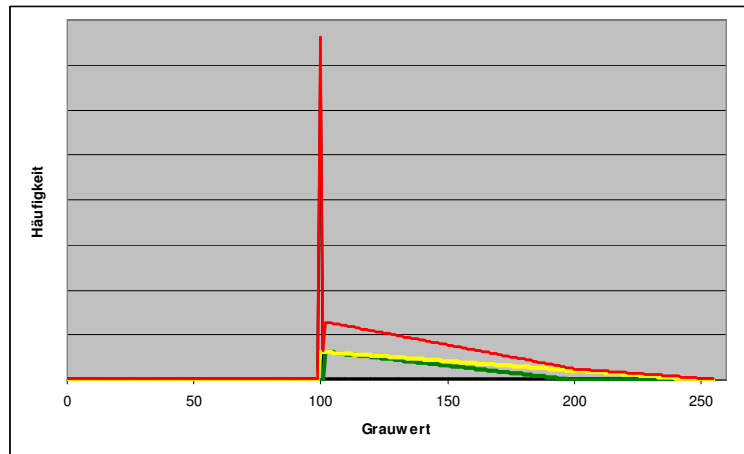
Lösungen

Bei den folgenden Bildern sind die Histogramme des Hintergrundes jeweils schwarz, die des Gesamtverlaufes rot und die der Einzelobjekte in weiteren Farben dargestellt.

Beispiel a)



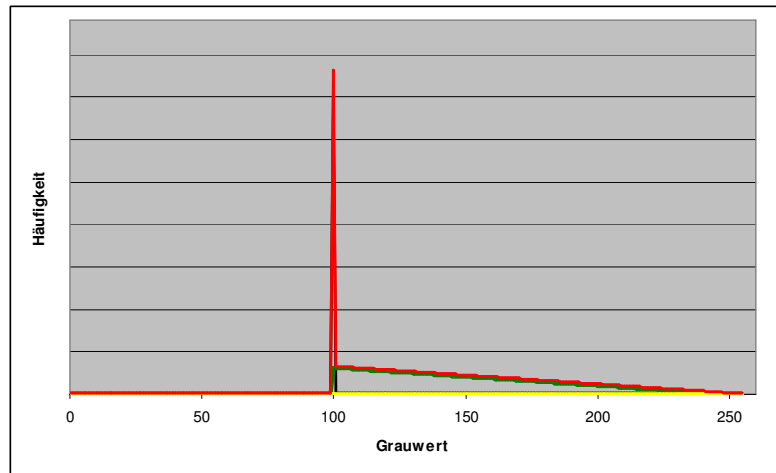
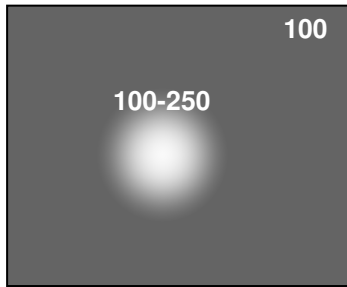
Histogramme Hintergrund und Einzelobjekte



Histogramme einschl. Gesamtverlauf

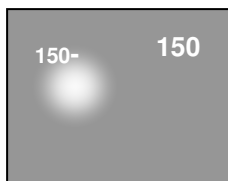
Da beide Kreise in etwa den gleichen Durchmesser aufweisen und der Grauwert am äußeren Rand jeweils 100 ist, berühren sich die beiden Histogramme beim Grauwert 100. Der Gesamtverlauf weist beim Grauwert 100 einen Knick auf, da ab hier der Anteil des dunkleren Kreises (grün) am Gesamtverlauf wegfällt.

Beispiel b)



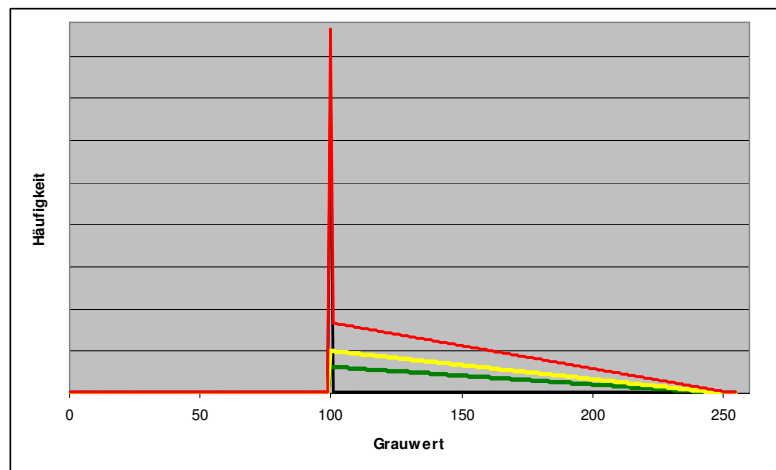
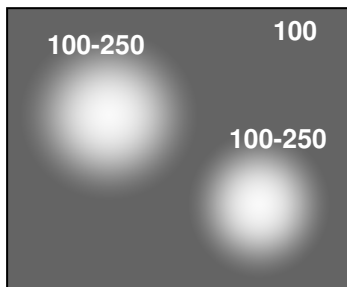
wie Beispiel a) aber nur mit einem Kreisobjekt

Beispiel c)



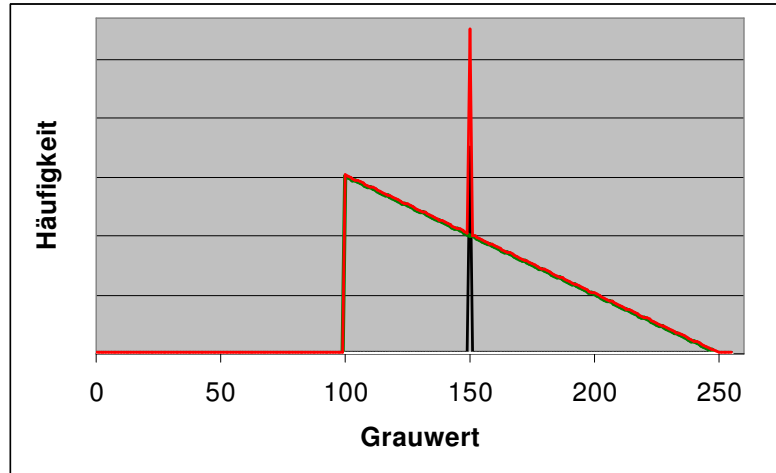
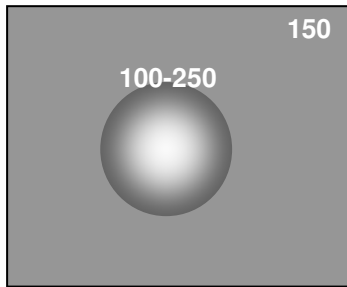
wie Beispiel b) aber Hintergrundpeak und Stufe des Objekthistogramms (Kreis) nach rechts auf den Grauwert 150 verschoben

Beispiel d)



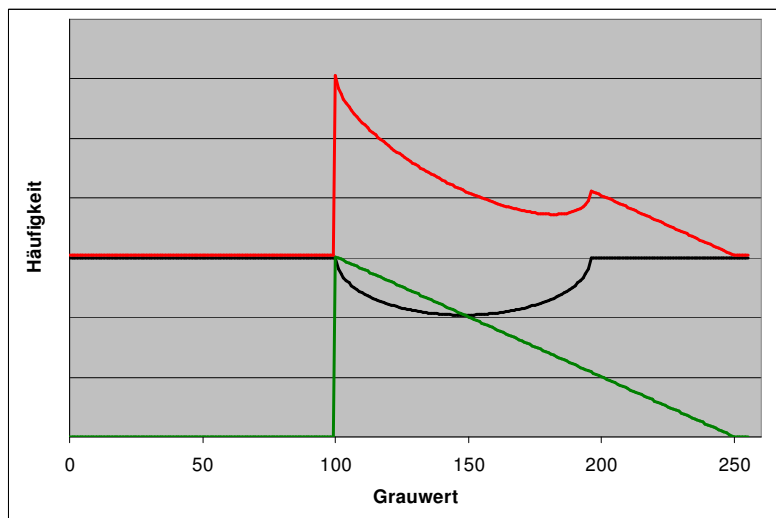
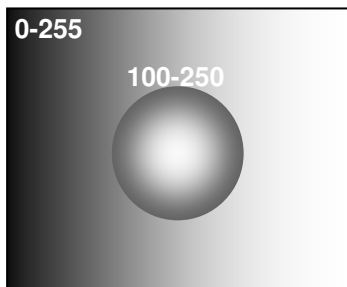
Wegen der zur Kreismitte jeweils linearen Abnahme der Anzahl Grauwerte sind die Einzelhistogramme der beiden Kreisobjekte, wie im Beispiel a), durch fallende Geraden gekennzeichnet. Wegen der unterschiedlichen Radien berühren sie jedoch die Senkrechte durch den Punkt $g = 100$ in unterschiedlichen Höhen. Da beide Objekte im Mittelpunkt den Maximalwert 250 aufweisen, schneiden beide die Ordinate im Punkt $g=250$ und haben demzufolge unterschiedliche (negative) Anstiege.

Beispiel e)



Hierzu bedarf es wahrscheinlich keines Kommentars

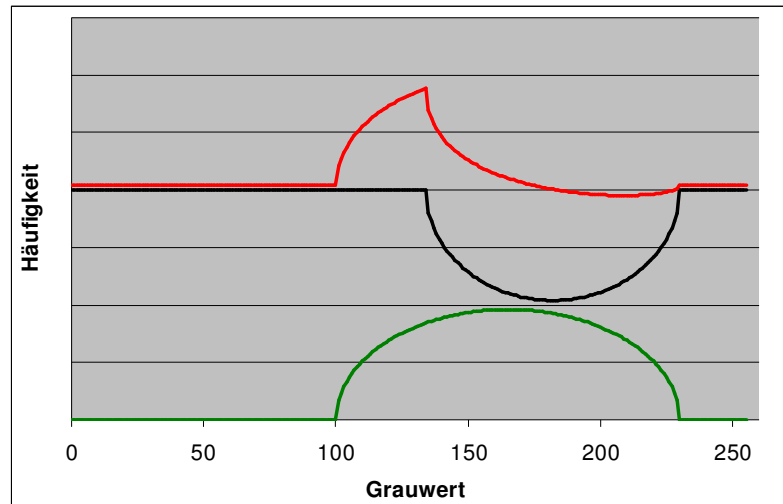
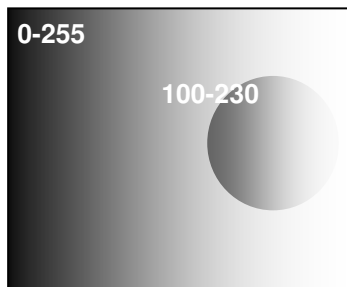
Beispiel f)



Das Hintergrundhistogramm verläuft zunächst konstant bis ca. zum Grauwert 80. Es folgt, wegen der enthaltenen Kreisstruktur, eine halbkreis – bzw. halbellipsenförmige Vertiefung (je nach Maßstab) bis ca. zum Grauwert 175, anschließend folgt wiederum ein konstanter Verlauf bis zum Grauwert 255. Die genannten Werte kann man näherungsweise ermitteln, indem man die Bildbreite und die Abstände innerhalb des Bildes ausmisst und auf den Wert 255 skaliert. Wegen des kontinuierlichen Grauwertverlaufs des Hintergrundes entspricht die Bildbreite dem Grauwertumfang von 255 (der auf diese Weise ermittelte Radius des Kreises beträgt ca. 48).

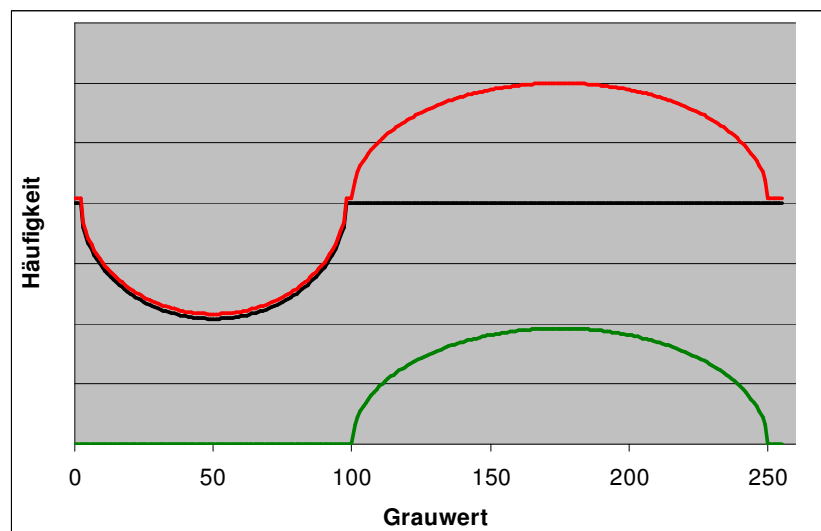
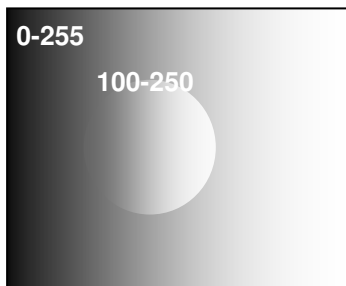
Das Histogramm der Kreisstruktur hat wieder einen gleichen bzw. ähnlichen Verlauf wie in den Beispielen a) .. e) und kann wegen der bekannten Eckdaten in horizontaler Richtung maßstäblich im Bezug zum Hintergrund bzw. diesem überlagert dargestellt werden.

Beispiel g)



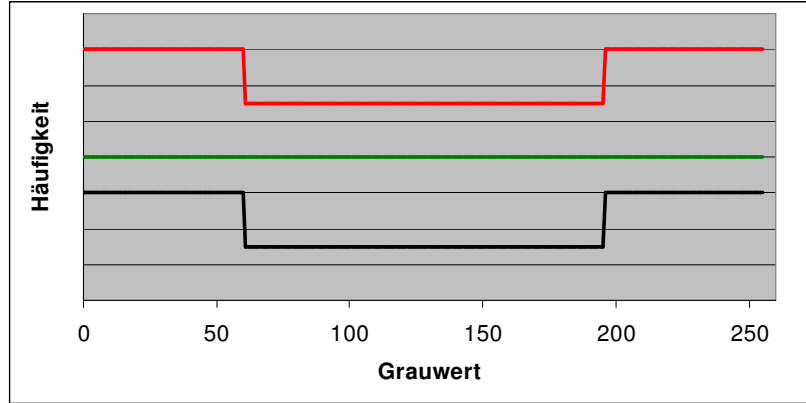
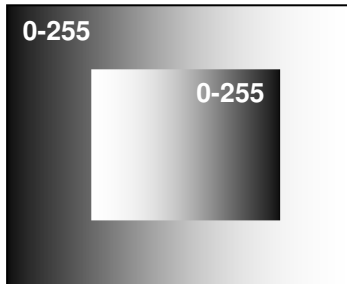
Ähnlich wie Beispiel f) weist der Hintergrund im Bereich der Kreisstruktur eine halbellenförmige Vertiefung auf. Die Kreisstruktur besitzt allerdings jetzt zwischen den Grauwerten 100 und 230 ebenfalls ein halbkreis- bzw. halbellenförmiges Histogramm (grün), da der Grauwert vom äußersten linken Punkt des Kreises beginnend entsprechend der Formel für den Kreis (doppelter Wert, da obere und untere Hälfte eingehen!) bis zur Kreismitte hin zunimmt und ab Kreismitte wieder abnimmt. Der rechte Rand der Vertiefung des Hintergrundprofils und der rechte Rand des Histogramme des Kreises (grün) fallen – zumindest näherungsweise – zusammen, da das Grauwertprofil des Kreises rechtsseitig fließend in das Hintergrundprofil übergeht und – jedenfalls visuell – keine Stufe erkennbar ist.

Beispiel h)

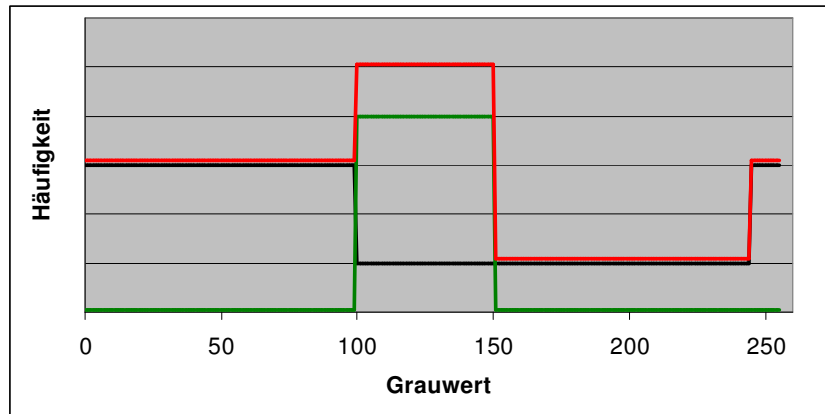
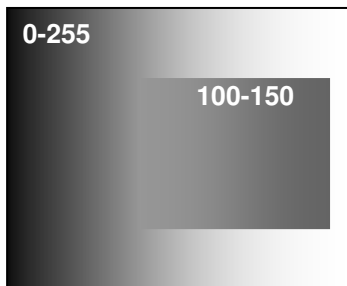


Ähnlich wie Beispiel g), nur dass der kontinuierliche Übergang zwischen den Grauwertprofilen jetzt auf der linken Seite des Kreises stattfindet. Der äußerste linke Punkt des Kreises besitzt lt. Angabe den Grauwert 100. Er befindet sich wegen des (zumindest visuell wahrzunehmenden) fließenden Übergangs zwischen den beiden Grauwertprofilen an der Position befinden muss, wo der Hintergrund ebenfalls den Grauwert 100 aufweist. Deshalb fallen der rechte Rand der Hintergrundvertiefung und der linke Rand des Grauwert-Histogramms des Kreises, zumindest näherungsweise, zusammen und überschneiden sich so gut wie nicht. Dies schlägt sich im Gesamtverlauf nieder, der aus den hintereinander angeordneten Einzelhistogrammen besteht, ohne dass diese sich summarisch überlagern.

Beispiel i)

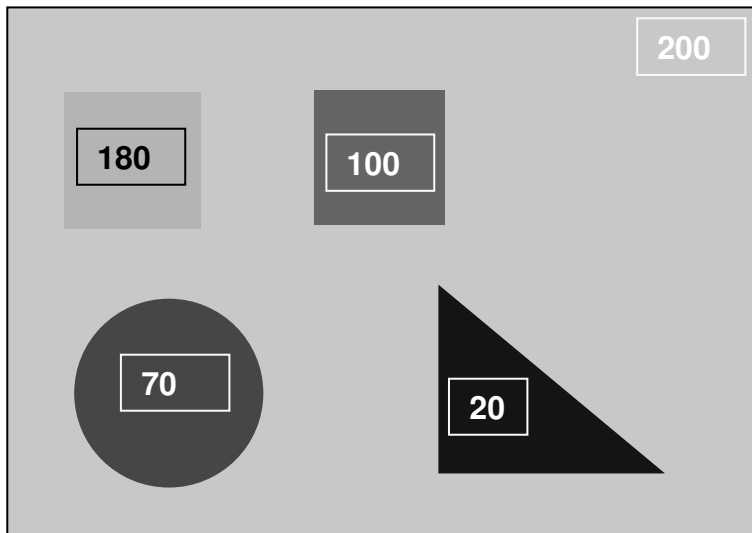


Beispiel j)



Hier fällt wieder der linke Rand der Vertiefung des Hintergrundprofils mit dem linken Rand des Rechteckobjektes wegen des (nahezu) fließenden Übergangs zwischen dem Grauwertprofil des Rechtecks und des Hintergrundes am linken Rand des Rechtecks zusammen, ähnlich wie im Beispiel h). Allerdings verläuft das Grauwertprofil hier, im Gegensatz zum Beispiel h) zum rechten Rand hin von hell nach dunkel, sodass sich hier das Hintergrundhistogramm und das Rechteckhistogramm überschneiden und somit summarisch überlagern.

3. Stellen Sie die kumulative Häufigkeitsverteilung der Grauwerte des unten stehenden Bildes unter Berücksichtigung der Grauwerte und der Flächenanteile (näherungsweise Ermittlung durch Ausmessen) der einzelnen Bildbestandteile dar. Die eingerahmten Zahlen markieren die Grauwerte und gehören, ebenso wie der äußere Rahmen, nicht zum Bild!



Führen Sie anschließend eine Histogrammebnung durch und normieren Sie die neuen Helligkeitswerte auf einen Maximalwert von 200. Stellen Sie anschließend das normierte Histogramm in einem geeigneten Koordinatensystem maßstäblich dar.

Lösung

Aufstellen der Häufigkeitstabelle und Ermitteln der kum. Häufigkeiten

Austausch Grauwerte gegen kum. Häufigkeit; ursprüngl. Häufigkeit bleibt erhalten

Grauwert	Häufigkeit	Kum. Häufigkeit
20	375	375
70	491	866
100	324	1190
180	342	1532
200	5468	7000

Grauwert g_a	Häufigkeit
375	375
866	491
1190	324
1532	342
7000	5468

Ergebnis (geebnetes Histogramm)

Norm. Grauwert g_n	Häufigkeit h_e
11	375
25	491
34	324
44	342
200	5468

Normieren der geebneten Grauwerte auf den Maximalwert (wenn nicht anders angegeben); in diesem Falle auf 7000:

→ 7000 auf 200

$$g_n = (200/7000) * g_a = 1/3,5 * g_a \approx 0,29 * g_a$$

Hinweis: Entwerfen Sie eigene Beispiele zur Histogrammebnung mit anderen Grauwertverteilungen (z.B. mit stärkeren dunklen Anteilen). Beurteilen Sie die Ergebnisse der Histogrammebnungen (z.B. Kontraständerung) in Abhängigkeit von den ursprünglichen Histogrammen. Begründen Sie ggf. auftretende Ergebnisunterschiede in Abhängigkeit von der Struktur der ursprünglichen Histogramme.

4. Gegeben ist das untenstehende Bild links (Grauwertprofil in Tabellenform). Hierfür ist eine Coocurrence-Matrix zu entwickeln. Wie viele Zeilen und Spalten besitzt diese? Ergänzen Sie die Zeilen- und Spaltenbezeichnung in der vorgegebenen Coocurrence-Matrix daneben. Entwickeln Sie die Coocurrence-Matrix des Bildes für den rechten unteren Nachbarn (siehe Schema der Nachbarschaft).

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

Grauwertprofil

x	
	y

	0	1			x
0					
1					
Y					

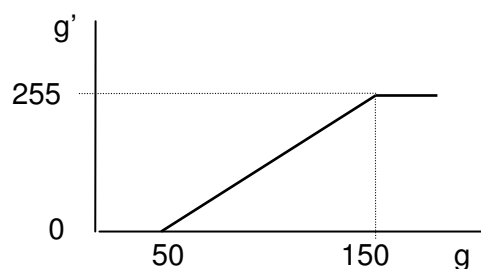
Coocurrence-Matrix

Lösung

					x
	0	1	3	4	
0	1	1	1	0	
1	0	2	2	1	
3	2	1	0	0	
4	1	0	0	0	
y					

5. Wenden Sie auf das folgende Bild (Zahlenwerte in Tabellenform) die daneben dargestellte LUT an und tragen Sie die Ergebnisse in die Tabelle darunter ein. Runden Sie jeweils auf ganze Zahlen. Geben Sie die Gleichung der LUT für den linear ansteigenden Teil an.

	0	1	2	3
0	20	25	30	40
1	30	45	60	80
2	40	60	100	120
3	80	125	150	225
4	170	170	200	215



	0	1	2	3
0				
1				
2				
3				
4				

Lösung

$$m = (150-50)/255 = 2,55$$

$$c = 0-50*2,55 = -127,5$$

$$\rightarrow g' = 2,55*g - 127,5$$

	0	1	2	3
0	0	0	0	0
1	0	0	26	77
2	0	26	128	179
3	77	191	255	255
4	255	255	255	255

6. Gegeben sind untenstehendes Bild (links) und das mit einer LUT $g'=f(g)$ bearbeitete (unvollständige) Bild (rechts). Die LUT verläuft zwischen g_{\min} und g_{\max} linear, Werte oberhalb von g_{\max} werden auf $g'_{\max} = 255$ gesetzt; Werte unterhalb von g_{\min} auf 0. Ermitteln Sie rechnerisch und zeichnerisch die Geradengleichung von g' im linearen Abschnitt und stellen Sie die LUT grafisch dar (möglichst untenst. Vorlage verwenden). Geben Sie g_{\min} und g_{\max} an und tragen Sie die fehlenden Werte in das Bild rechts ein. Runden Sie jeweils auf ganze Zahlen.

4	25	60	120
40	140	225	230
85	140	90	230
40	70	60	190

0		60	180
20	220	255	255
110	220	120	
20		60	

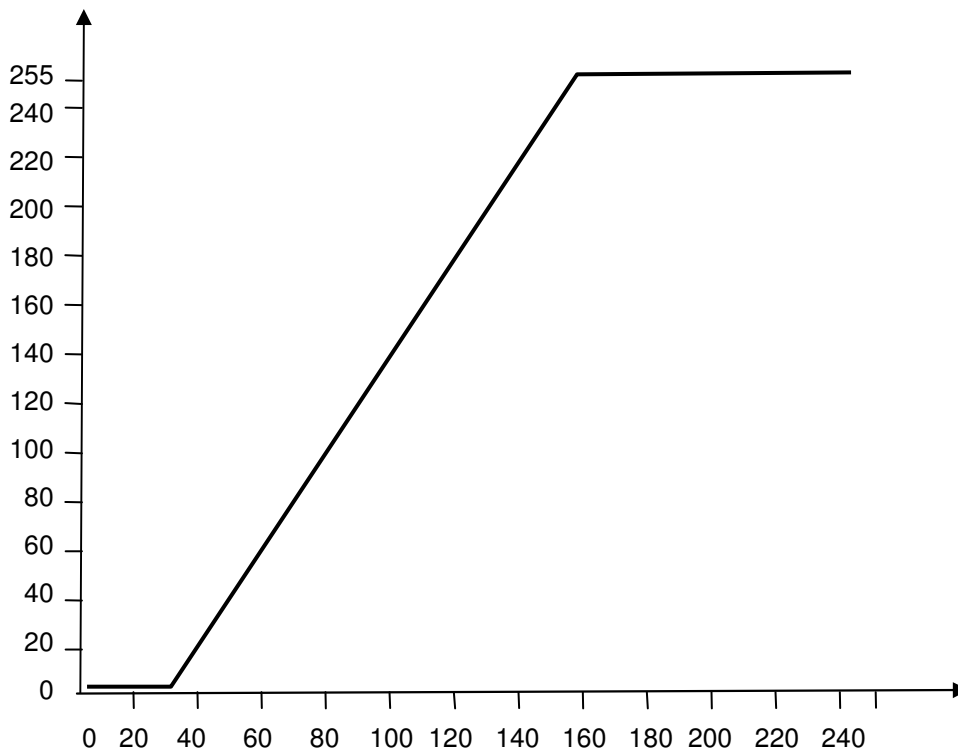
Lösung: 2 Wertepaare hernehmen (mit $g' > 0$ und $g' < g_{\max}$)

und mittels Zweipunktgleichung oder Punkttrichtungsgleichung die Geradengleichung ermitteln, z.B.: P1 (85;110) und P2 (140; 220):

$$m = \frac{g'_2 - g'_1}{g_2 - g_1} = \frac{220 - 110}{140 - 85} = 2$$

$$c = g'_1 - g_1 \cdot m = 110 - 85 \cdot 2 = -60$$

$$\rightarrow g' = 2 \cdot g - 60$$



Weitere Varianten zu den Aufg. 5 u. 6: andere LUT's (z.B. Gamma-LUT, lineare LUT's mit negativem Anstieg usw.)

7. Gegeben ist das untenstehende 2-dimensionale Grauwertprofil. Wie viele Schichten besitzt der Bildausschnitt, wenn als Kriterium für die Zugehörigkeit zu einer Schicht in binärer Darstellung der Grauwerte das höchste besetzte Bit dient. Ergänzen Sie die daneben stehende Tabelle entsprechend um die erforderliche Anzahl an Bits. Stellen Sie die Bitmuster der Grauwerte der Zeile Nr. 2 (durch Pfeil markiert) in der Tabelle dar und markieren Sie jeweils den Wert des Bits, welcher für die Schichtzugehörigkeit ausschlaggebend ist.

	0	1	2	3
0	1	2	6	2
1	3	4	20	25
→ 2	0	20	35	18
3	23	16	34	30
4	15	17	24	19

	0	1	2	3
Bit0				

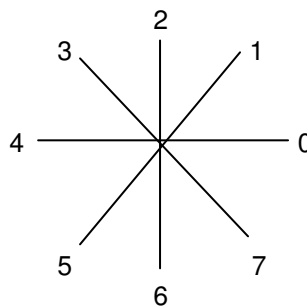
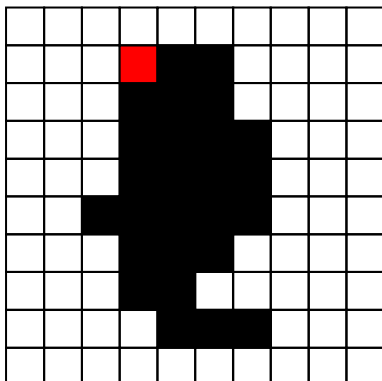
Lösung

Höchster Wert ist 35; die größte hierin enthaltene Zweierpotenz ist 2^5 . Also enthält das Bild 6 Schichten.

Bitmuster und Schichtzugehörigkeiten (rot markierte Stellen) dritte Zeile:

	0	1	2	3
Bit 0	0	0	1	0
1	0	0	1	1
2	0	1	0	0
3	0	0	0	0
4	0	1	0	1
5	0	0	1	0

8. Beschreiben Sie die Kontur des untenstehend dargestellten Objektes mit Hilfe des Freeman Rand Codes. Nutzen Sie die daneben dargestellte Orientierung und beginnen Sie beim rot markierten Punkt.



Lösung

Der Code lautet: 0067665570443231222

9. Vom Code der vorigen Aufgabe ist der Differenzcode zu ermitteln.

Lösung

DC = 0 2 (-1) 1 0 1 0 (-2) (-1) 4 0 1 1 (-1) 2 (-1) 0 0

Weitere Varianten zu den Aufg. 8 u. 9: umgekehrte Vorgehensweise → Ermitteln Randcodes aus dem Differenzcode, des Bildes aus dem Differenzcode bei gegebenen Startwerten usw..

10. Wenden Sie auf das unten stehende Bild das Roberts-Kreuz der Form

$$\begin{array}{cc} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{array}$$

an.

Tragen Sie die Ergebnisse in das Bildraster darunter ein. Berücksichtigen Sie hierbei nur die Felder, bei welchen kein Randproblem auftritt. Tragen Sie an diesen Stellen im gefilterten Bild die ursprünglichen Werte ein. Charakterisieren Sie das Filter bezüglich seiner Wirkung.

30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
30	30	30	30	30	30	30	30	90	90
30	30	30	30	30	30	80	80	110	110
30	30	30	30	90	90	110	110	110	110
30	30	30	90	110	110	110	110	110	110
30	30	80	110	110	110	110	110	110	110
30	30	110	110	110	110	110	110	110	110
30	80	110	110	110	110	110	110	110	110
30	110	110	110	110	110	110	110	110	110

Lösung

30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
30	0	0	0	0	0	0	0	60	60
30	0	0	0	0	0	50	50	80	20
30	0	0	0	60	60	80	30	30	0
30	0	0	60	80	20	20	0	0	0
30	0	50	80	20	0	0	0	0	0
30	0	80	30	0	0	0	0	0	0
30	50	80	0	0	0	0	0	0	0
30	80	30	0	0	0	0	0	0	0

Es ist ein Kantensfilter, welches vorzugsweise positive und negative Kanten in der Richtung Südwest hervorhebt. Exakt in Richtung Südost verlaufende Kanten werden nicht hervorgehoben. Begründung: Es handelt sich wegen der Differenzbildung um einen Hochpassfilter, welcher Kanten hervorhebt. Der Gradient ist in Richtung Südost ausgerichtet. Dazu senkrecht verlaufende Kanten werden am stärksten hervorgehoben.

11. Aufgaben zu Gauß-, Mittelwert-, Min-, Max- und Medianfiltern (trivial), siehe Beispiele im Vorlesungskomplex 6

12. Wenden Sie auf untenstehendes Bild einen Prewitt-Operator der Form

$$\begin{array}{ccc} -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{array}$$

an und tragen Sie die Ergebnisse in das Raster rechts daneben ein. Berechnen Sie die gefilterten Werte nur in den nicht durchkreuzten Feldern (Randproblem). Interpretieren Sie das Ergebnis.

110	110	110	110	110	110
110	110	110	110	110	110
110	110	110	110	110	110
110	110	110	110	110	110
110	110	110	110	110	110
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	5	0	0	0
0	0	0	0	0	0

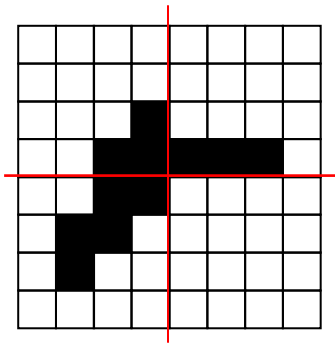
x	x	x	x	x	x
x					x
x					x
x					x
x					x
x					x
x					x
x					x
x	x	x	x	x	x

Lösung

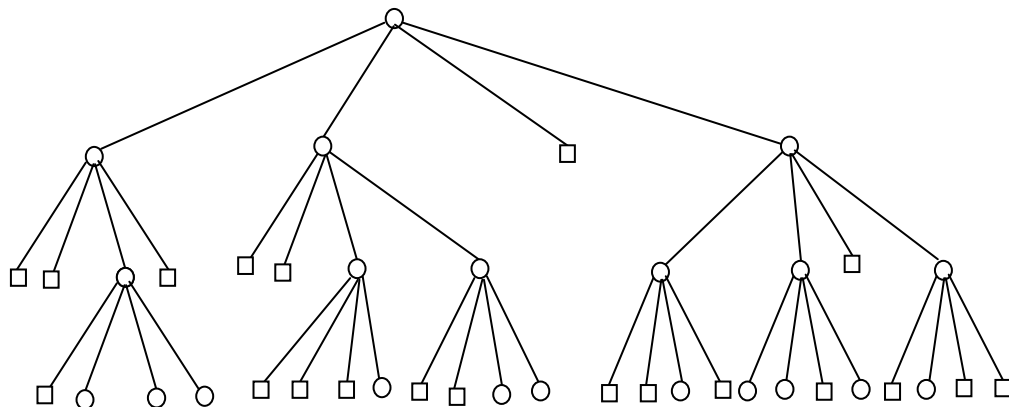
x	x	x	x	x	x
x	0	0	0	0	x
x	0	0	0	0	x
x	0	0	0	0	x
x	0	0	0	0	x
x	-330	-330	-330	-330	x
x	0	0	0	0	x
x	0	5	5	5	x
x	x	x	x	x	x

Der hier dargestellte Prewitt-Operator wirkt in Nord-Süd-Richtung als Gradienten- bzw. Kantenfilter. Deshalb wird der Übergang von 100 auf 0 bzw. von 0 auf 5 hier hervorgehoben. In Ost-West-Richtung wirkt er als Tiefpass-Filter, weshalb das punktförmige Signal (Wert 5) hier gestreckt wird.

13. Entwickeln Sie für das folgende Bild den Code-Baum des Quad-Tree-Codes, jeweils im Uhrzeigersinn, beginnend mit dem Quadranten in NW. Kennzeichnen Sie leere Quadranten einem Quadrat, gefüllte Quadranten mit einem Kreis.



Lösung



14. Der Formfaktor von Objekten ist gekennzeichnet durch das Umfangsquadrat, dividiert durch den Flächeninhalt. Üblicherweise wird der Formfaktor noch durch einen weiteren Faktor so normiert, dass ein Kreis einen Formfaktor von 1 hat (größte Kompaktheit). Ermitteln Sie diesen Normierungsfaktor, hier mit k bezeichnet.

Lösung

$$V_{UF} = k \cdot U^2 / A$$

Für einen Kreis gilt:

$$V_{UF} = k \cdot (2\pi r)^2 / (\pi r^2) = k \cdot 4\pi$$

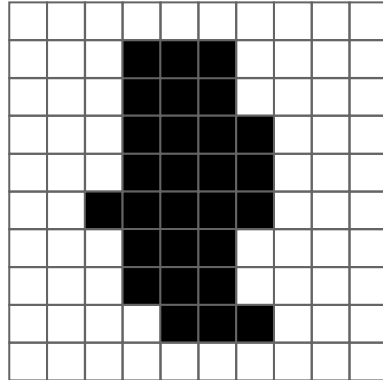
$$\rightarrow 1 = k \cdot 4\pi \quad \rightarrow \underline{k = 1 / 4\pi}$$

oder:

$$F = k \cdot \frac{4\pi^2 r^2}{\pi r^2} = k \cdot 4\pi$$

$$F = 1 \Rightarrow k = \frac{1}{4\pi}$$

15. Ermitteln Sie den Formfaktor des Objektes im dargestellten Bild nach der einfachsten Methode.



Lösung

Die Fläche ergibt sich aus der Anzahl der zum Objekt gehörenden Pixel: **A = 28**

Der Umfang errechnet sich nach der einfachsten Methode aus der Summe der Randpixel:

U = 18.

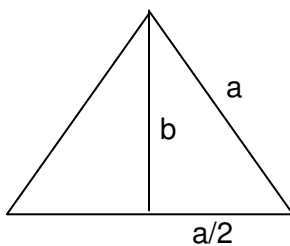
$$V_U = 18^2 / (4 \cdot \pi \cdot 28) = \underline{0,92} \quad \text{interessanterweise} < 1!$$

Dies resultiert aus der Ungenauigkeit der Umfangsermittlung.
Tatsächlicher Umfang ist 28!

Das Ergebnis wird nach dieser einfachen Methode umso genauer, je größer die Objektfläche gegenüber der Pixelfläche ist.

16. Ermitteln Sie den Formfaktor eines gleichschenkligen Dreiecks der Seitenlänge a unter Berücksichtigung des Normierungsfaktors, welcher beim Kreis den Formfaktor 1 ergibt. des Kreises

Lösung



$$F = k \frac{U^2}{A} = k \frac{(3a)^2}{b \cdot \frac{a}{2}} = \frac{9a^2}{b \cdot \frac{a}{2}}$$

$$\text{Phytagoras: } b = \sqrt{a^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2} = a \sqrt{\frac{3}{4}}$$

$$F = k \frac{18a^2}{b \cdot a} = k \frac{18a^2}{a^2 \cdot \sqrt{\frac{3}{4}}} = \frac{9}{\pi \cdot \sqrt{3}} \approx \underline{\underline{1,7}}$$

17. Es sind Bilder mit einem Grauwertbereich von 0..7 abzuspeichern. Um Speicherplatz zu sparen, sind diese im Huffman-Code codiert. Die nachfolgende Tabelle gibt die Werte, die zugehörigen Wahrscheinlichkeiten sowie die zugehörigen codierten Werte an. Ermitteln Sie den durchschnittlichen Kompressionsfaktor der Huffman-Codierung gegenüber einer Binärcodierung. Es ist davon auszugehen, dass der Binärcode für alle Grauwerte einen Datenumfang von 4 Bit besitzt.

GW	p(G)	Huffmancode
0	0,35	0
1	0,02	011
2	0,02	101
3	0,05	01
4	0,03	11
5	0,2	00
6	0,3	1
7	0,03	10

Lösung

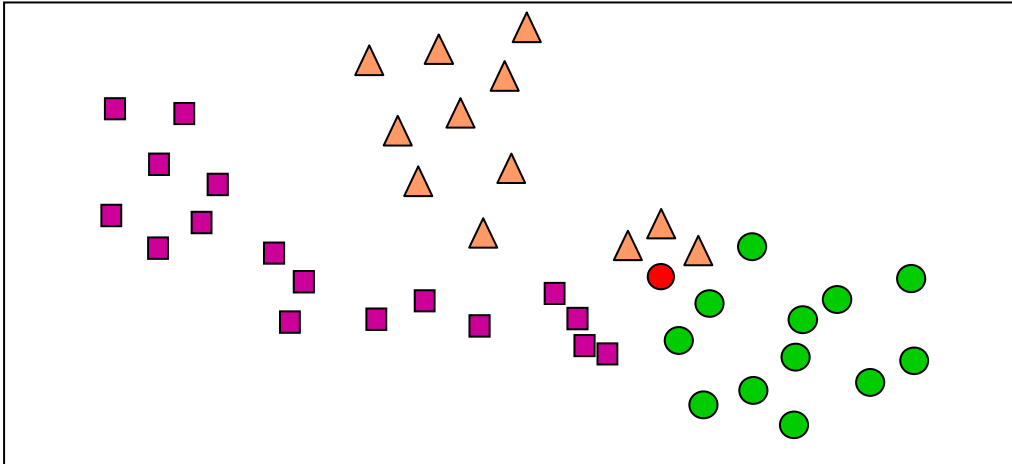
Das Produkt aus der Länge des Huffman-Codes in Bit und der Wahrscheinlichkeit ergibt für ein Zeichen jeweils den durchschnittlichen Anteil dieses Zeichens an der Gesamtinformationsmenge. Die Summe dieser durchschnittlichen Anteile ist gleich der durchschnittlichen Informationsmenge in Bit. Zur Lösung kann gleich die Tabelle aus der Aufgabenstellung erweitert und mit verwendet werden.

GW	p(G)	Huffmancode	p(G)*Codelänge
0	0,35	0	0,35
1	0,02	011	0,06
2	0,02	101	0,06
3	0,05	01	0,1
4	0,03	11	0,06
5	0,2	00	0,4
6	0,3	1	0,3
7	0,03	10	0,06

Summe **1,39**

Bei einer durchschnittlichen Informationsmenge von 1,39 Bit beim Huffman-Code und grundsätzlich 4 Bit bei Binärcodierung beträgt der Kompressionsfaktor somit $1,39/4 \approx \underline{\underline{0,35}}$

18. Ordnen Sie in unten stehendem Bild das rote Objekt einer der Klassen Rechteck, Dreieck oder Kreis zu. Verwenden Sie hierfür den k-Nearest-Neighbor-Klassifikator mit $k = 10$. Begründen Sie Ihre Zuordnung.



Lösung

Unter den 10 am nächsten liegenden Objekten handelt es sich jeweils dreimal um Objekte der Klassen Dreieck und Kreis, und 4 x um Objekte der Klasse Rechteck. Also ist das Objekt der Klasse Rechteck zuzuordnen.

19. Aufgaben zur Klassifikation mittels statistischer Methoden, siehe Beispiel im Vorlesungskomplex 9 (auch mit mehr als 2 Klassen!).