

Mittwoch, den 28.01.2009

Prof. Dr.-Ing. Andreas Meisel

Klausur "Robot Vision"

Name

Matrikel-Nummer

Hinweise:

- 1.) Tragen Sie in obige Felder Ihren Namen und Ihre Matrikelnummer ein.
- 2.) Zusätzliche Lösungsblätter versehen Sie bitte mit **Namen und Matrikelnummer**.
Nehmen Sie zur Bearbeitung einer Aufgabe jeweils ein neues Blatt.
- 3.) Vermerken Sie in den vorgesehenen Lösungsfeldern der Aufgabenblätter, falls ein Zusatzblatt existiert.
- 4.) Zur Bearbeitung stehen **150 Minuten** zur Verfügung.
- 5.) **Erlaubte Hilfsmittel:**
Bücher, Vorlesungsskript und eigene Aufzeichnungen.
Einfacher Taschenrechner.
Sonst keine weiteren Hilfsmittel (keine Notebooks, Handy's,).

Übersicht zur Bewertung der Aufgaben.

Aufgabe	Punkte	
01	10	
02	10	
03	8	
04	10	
05	7	
06	7	
07	8	
Punkte \cong	60	

Aufgabe 1 (Bildvorverarbeitung, Bildeigenschaften)

[10 Punkte]

a) Geben Sie für die 2 hellen Felder das Ergebnis der 3x3-Median-Filterung an.

2	9	1	3
5	9	3	2
1	1	9	2
2	1	1	0

Quellbild

■	■	■	■
■	□	■	■
■	■	□	■
■	■	■	■

Zielbild

b) Geben Sie für die 2 hellen Felder das Ergebnis des angegebenen Faltungs-Operators an.

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

Quellbild

■	■	■	■
■	□	■	■
■	■	□	■
■	■	■	■

Zielbild

0	-1	0
-1	5	-1
0	-1	0

*Operator*c) Geben Sie für das helle Feld den Betrag und die Richtung des 3x3-Sobel-Operators an.

6	5	4	3
5	4	3	2
4	4	3	1
3	3	2	0

Quellbild

■	■	■	■
■	■	■	■
■	□	■	■
■	■	■	■

Zielbild

Faltungsmasken:

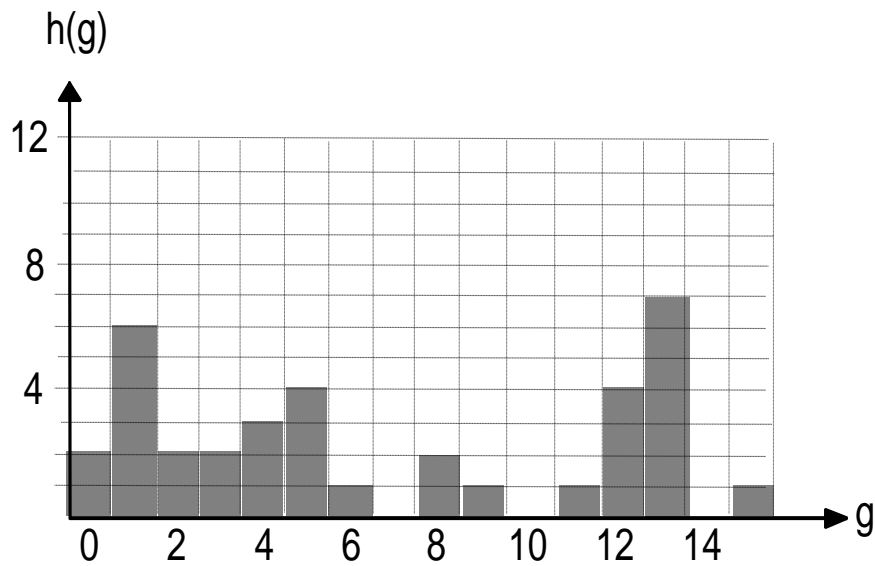
-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

 G_x

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

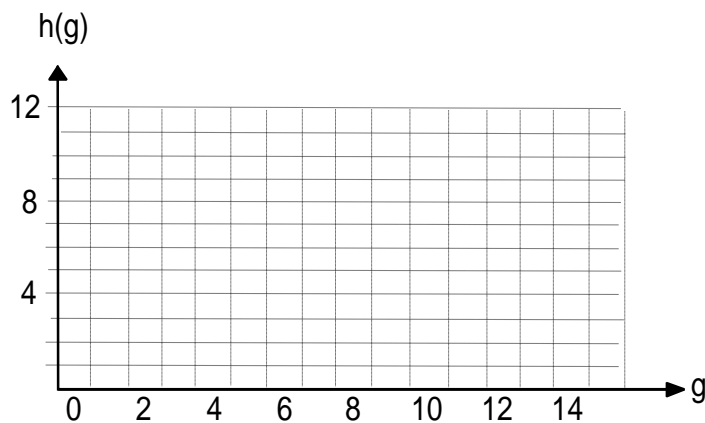
 G_y

d) Gegeben ist das Histogramm eines Bildes (4-Bit pro Bildpunkt).

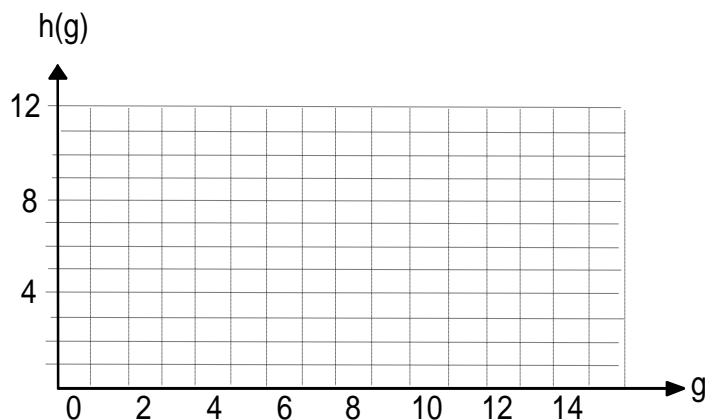


d1) Angenommen das Bild ist quadratisch. Wie groß ist das Bild? ____ x ____

d2) Skizzieren Sie das Histogramm nach einer AND-Verknüpfung der Bildpunkte (4-bit pro Bildpunkt) mit der Hexadezimalzahl C.



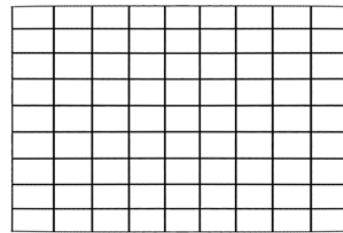
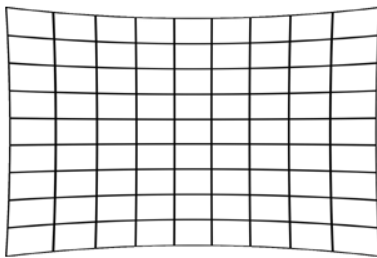
d3) Skizzieren Sie das Histogramm nach einer XOR-Verknüpfung der Bildpunkte mit der Hexadezimalzahl F.



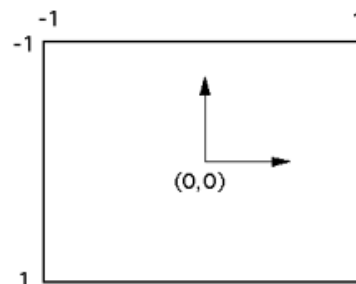
Aufgabe 2 (Bildtransformationen)

[10 Punkte]

Die Linsenverzeichnungen eines Bildes sollen korrigiert werden.



Hierzu wird das Bildkoordinatensystem so unnormiert, dass der Ursprung in der Bildmitte liegt, und die Koordinatenwerte im Zahlenbereich $[-1, +1]$ liegen (s. Bild).



Die Verzeichnung wird beschrieben durch die folgenden Gleichungen:
(Index **k**: korrigiert, Index **v**: verzeichnet)

$$x_v = x_k \cdot (1 + a_1 r_k^2 + a_2 r_k^4) \quad \text{mit} \quad r_k = \sqrt{x_k^2 + y_k^2}$$
$$y_v = y_k \cdot (1 + b_1 r_k^2 + b_2 r_k^4)$$

Die Parameter a_1 und a_2 sollen berechnet werden, so dass die angegebenen korrigierten Punkte auf die folgenden verzeichneten Punkte abgebildet werden (s. Tabelle):

Anm.: Die Parameter b_1 und b_2 müssen nicht berechnet werden.

Nr.	verzeichneter Punkt (Index v: verzeichnet)	korrigierter Punkt (Index k: korrigiert)	r_k^2	r_k^4
1	(0.55, 0.52)	(0.50, 0.50)		
2	(1.20, 0.27)	(1.00, 0.25)		

Anm.: Lösungsblatt auf der nächsten Seite

Anm.: Wird u.a. verwendet in den FAUST-Fahrzeugen der HAW
(ARIA-Roboter mit visueller Navigation und Carolo-Cup-Fahrzeug).

$$x_v = x_k \cdot (1 + a_1 r_k^2 + a_2 r_k^4) \quad \text{mit} \quad r_k = \sqrt{x_k^2 + y_k^2}$$

$$y_v = y_k \cdot (1 + b_1 r_k^2 + b_2 r_k^4)$$

Nr.	verzeichneter Punkt (Index v: verzeichnet)	korrigierter Punkt (Index k: korrigiert)	r_k^2	r_k^4
1	(0.55, 0.52)	(0.50, 0.50)		
2	(1.20, 0.27)	(1.00, 0.25)		

Aufgabe 3 (Geraden, Bildmesstechnik)

[8 Punkte]

Gegeben ist eine Gerade in der Hesseschen Normalform ($r=50$, $\theta=30^\circ$).

- a) Geben Sie die Gerade in der Form $y=ax+b$ an.
- b) Geben Sie die Gerade in der Form $Ax+By=1$ an.
- c) Wie weit ist der Punkt $(15, 30)$ von der Gerade entfernt?

Aufgabe 4 (Dynamische Programmierung)

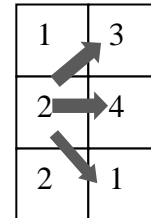
[10 Punkte]

Im folgenden Bild soll vom linken zum rechten Bildrand ein Weg so gefunden werden, dass die Grauwertsumme der Wegpunkte minimal wird. Hierzu soll die dyn. Programmierung eingesetzt werden.

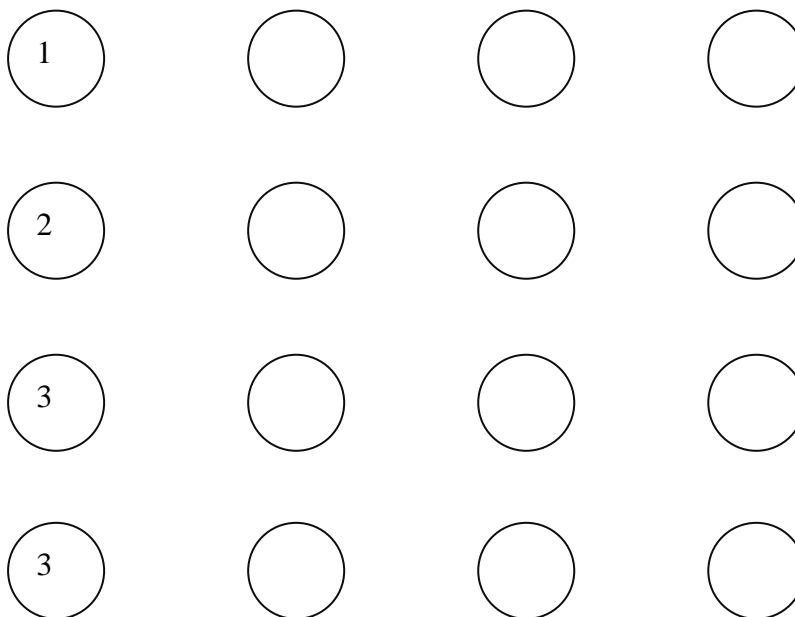
1	2	1	4
2	3	2	3
3	1	9	2
3	1	1	3



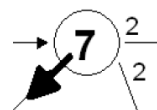
Erlaubt sind nur Wegschritte in horizontaler und diagonaler Richtung um ein Pixel:



- a) Tragen Sie in den Lösungsgraphen (s.u.) die Wegpfeile mit den Gewichten ein.
Anm.: Als Schrittgewicht wird jeweils der Grauwert des Zielpixels eingetragen.
- b) Finden Sie mit der dyn. Programmierung den Weg mit der minimalen Grauwertsumme.



- Zeichnen Sie in den Hypothesengraphen ein:
- die minimale Gewichtssumme der Einzelknoten
 - die Richtung des Rückwegs pro Knoten
 - den optimalen Gesamtweg (dick zeichnen).



Anm.: Die Lösung der Aufgabenstellung wird u.a. verwendet zur autom. Digitalisierung von papiergebundenen Kurvenschriften und zur Bildverkleinerung für Mobilgeräte (Handy, iPhone) durch Rausschneiden unwichtiger Bildteile.

Aufgabe 5 (Bildmesstechnik + Ausgleichsrechnung)

[7 Punkte]

Ein Fahrzeug soll mit einer bildverarbeitungs-
basierten Spurführung versehen werden.

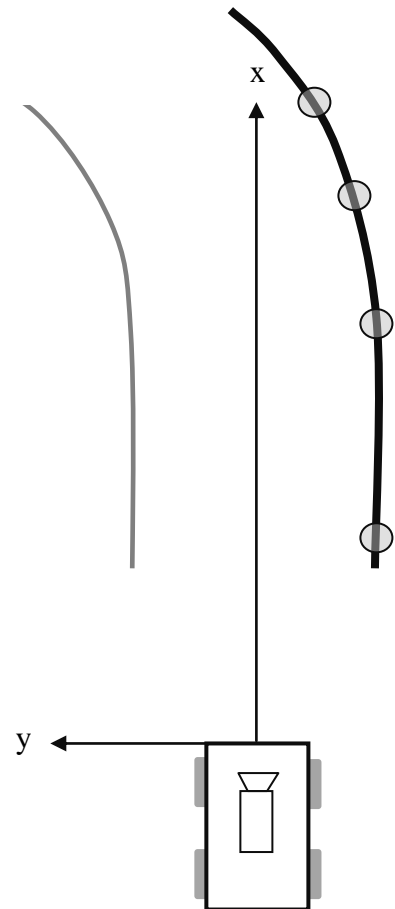
Die von der Kamera gesehene Fahrbahnbegrenzung
wird in die Straßenebene umgerechnet, wobei das
mit dem Fahrzeug mitbewegte Koordinatensystem
gilt (s. nebenstehendes Bild).

Die rechte Fahrbahnbegrenzung (dick gezeichnet) soll durch
das folgende quadratische Polynom approximiert werden.

$$y = ax^2 + bx + c$$

Auf der Fahrbahnbegrenzung
wurden folgende Koordinaten-
werte (in dm) gemessen:

x	y
7	-5
15	-4
20	-3
22	-1



- a) Geben Sie das überbestimmte Lösungs-Gleichungssystem zur Bestimmung von a , b und c in Matrixform an.
- b) Geben Sie das Ausgleichs-Gleichungssystem zur Berechnung von a , b und c an.
Anm.: Nicht ausmultiplizieren und nicht lösen.

Anm.: Lösungsblatt auf der nächsten Seite

Anm.: Wird verwendet im Carolo-Cup-Fahrzeug der HAW (jedoch als kubisches Polynom).


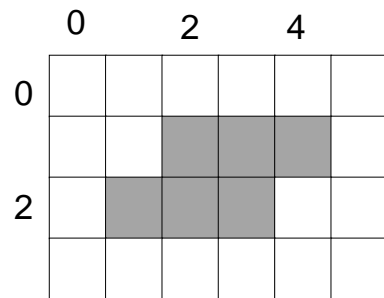

$$y = ax^2 + by^2 + c$$

x	y
7	-5
15	-4
20	-3
22	-1

Aufgabe 6 (Momente)

[7 Punkte]

- a) Berechnen Sie die den Schwerpunkt des Bildobjektes mit der Momentenmethode.

 $f(x,y)=1$  $f(x,y)=0$

- b) Berechnen Sie die Exzentrizität ε (=Unrundheit, Bsp.: Kreis=0, Stab=1) des Objektes.

$$\varepsilon = \frac{[\mu_{20} - \mu_{02}]^2 + 4\mu_{11}^2}{[\mu_{20} + \mu_{02}]^2}$$

Aufgabe 7 (Houghtransformation)

[8 Punkte]

Ein Formularleser benötigt ein Modul, mit dem die Orientierung der gescannten horizontalen Formularlinien bestimmt werden kann.

Dies soll mit Hilfe der Houghtransformation erfolgen.

Das Dokument kann bis zu $\pm 10^\circ$ verkippt auf dem Scanner aufgelegt worden sein.

Die Bildauflösung beträgt 1200x800 Pixel.

Die Winkelauflösung im Houghraum soll 0.5° betragen.

ScanBild

- a) Welcher Bereich des Houghraumes muss berechnet werden.

$$r \in [\quad , \quad]$$

$$\Theta \in [\quad , \quad]$$

- b) Geben Sie den auf die Aufgabenstellung adaptierten Hough-Algorithmus an.

```
for y=0 ..... maxcol-1 do                                // für alle Bildpunkte
    for x=0 ..... maxrow-1 do
        g[x,y]= Invertiere(ScanBild[x,y])    // Invertiere Bildpunkte
        if g[x,y] > Kantenschwelle then

                                endif
                                endfor
                                endfor

Kippwinkel = sucheMaximalwinkelImHoughraum(A)
```