

Aufgabe 1: Allgemeine Fragen

(20 P)

Wie viele Dimensionen hat eine Farbvalenz? Woher kommt die Repräsentation? Was sind metamere Farbreize? Welcher Farbraum eignet sich zur Farbabstandsmessung?

Abtasttheorem nach Shannon f_{\max} bandbegrenztetes Signal aus einer Folge von äquidistanten Abtastwerten exakt rekonstruiert werden kann, wenn es mit einer Frequenz von größer gleich $2 \cdot f_{\max}$ abgetastet wurde.

Aufgabe 1.1: Lochkamera

Vorteile

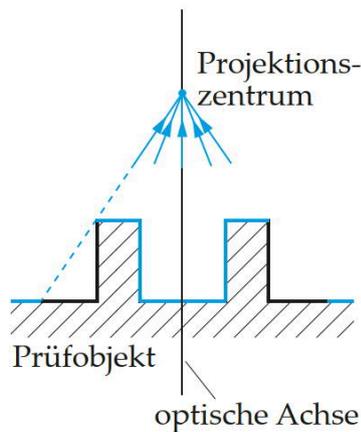
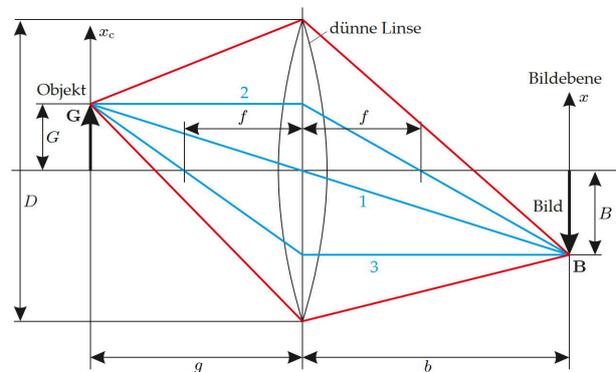
- unendliche Schärfentiefe/dünnes Loch (theoretisch)

Nachteile

- wenig Licht zum Sensor; lange Belichtung
- Loch nicht unendlich dünn → Unschärfescheibchen
- Beugung an Blende

Abbildungsformel $\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$

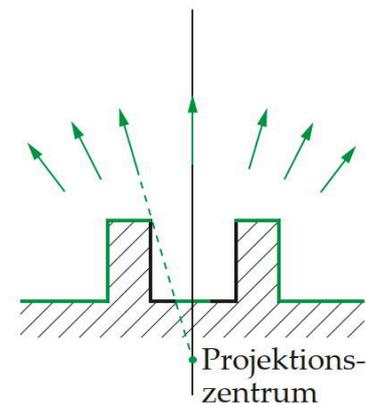
$$\text{Vergrößerung } V = \frac{\text{Bildgröße}}{\text{Objektivgröße}} = -\frac{b}{z_c} = -\frac{b}{g} = -\frac{f}{g-f} = -\frac{1}{\frac{g}{f}-1}$$



entozentrische Perspektive



telezentrische Perspektive



hyperzentrische Perspektive

Chromatische Aberration: unterschiedliche Wellenlängen werden unterschiedlich gebrochen.

- Linsensystem aus zwei/drei Linsen → Brennpunkte der Wellenlängen stimmen überein
- Spiegeloptiken: Reflexionsgesetz gilt unabhängig der Wellenlänge
- Monochromatisches Licht

Photometrie: objektive Größen, Physikalisch

Radiometrie: subjektive Größen; sichtbares Licht

photopisch (Tag): am besten (MAX) bei 555nm

skotopisch (Nacht): am besten (MAX) bei 500nm

Rezeptoren Auge

- L-Zapfen (Rot-Rezeptoren)
- M-Zapfen (Grün-Rezeptoren)
- S-Zapfen (Blau-Rezeptoren)
- Stäbchen (Licht)

Warum keine Rot-Grün Valenz Sinnesreize der Zapfen werden zu kombinierten Nervensignalen kombiniert (Rot-Grün, Blau-Gelb verschmieren)

- R-G Chromanz
- Luminanz
- B-Y Chromanz

Farbvalenz: Beschreibung des Farbeindrucks mit 3 Dimensionen

Metamer: verschiedene Farbreize (Spektren) mit identischer Farbvalenz (Orange = Rot + Gelb)

Weißpunkt: $x = y = \frac{1}{3}$

Spektralfarbenkurve: Rad

Purpurlinie: untere Linie

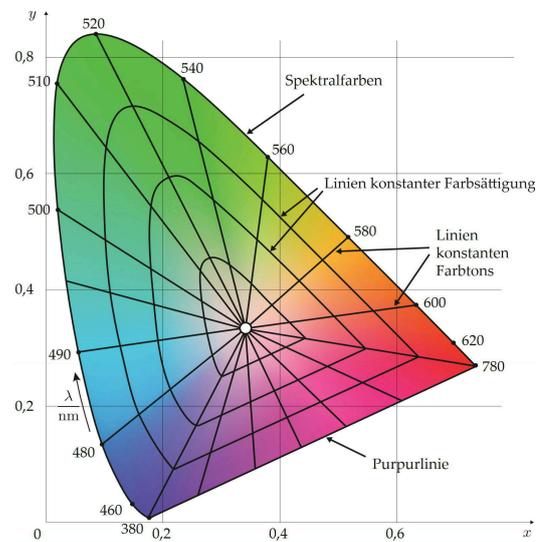
additive Mischung: alle Farben in der konvexen Hülle der zu mischenden Punkte

CIELAB zur Farbabtastung

Helligkeit $L^* = \sqrt[3]{Y}$

a^* : Rot-Grün

b^* : Gelb-Blau

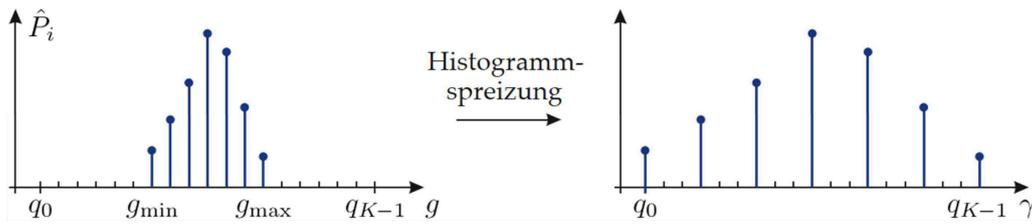


CMOS vs CCD 2 Vorteile + 2 Nachteile

CMOS	CCD
<p>Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> + frei Adressierbar (schnelle Teilbilder) + hoher Dynamikbereich + geringer Energiebedarf + geringe Herstellungskosten + hohe Dichte (geringe Baugröße) 	<p>Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> + lineare Charakteristik + Sättigung
<p>Nachteile</p> <ul style="list-style-type: none"> - Empfindlichkeitsunterschiede in Pixeln (kalibrierbar) - Verstärkungsunterschiede in Pixeln (kalibrierbar) - hoher Dunkelstrom 	<p>Nachteile</p> <ul style="list-style-type: none"> - Blooming: Überlaufen der Ladung in (vertikalen) Nachbarzellen - Smear: Belichtung während des Verschieben der Ladung

Dunkelstrom: falsches Bildsignal durch thermisches Rauschen; durch kühlen beheben

Histogramm-Spreizung



Histogramm ausreichen, zeichnen

$$\hat{P}_i = \frac{1}{MN} \sum_{m=0}^{(M-1)} \sum_{n=0}^{N-1} \delta_{g_{mn}}^{q_i}, i = 0, \dots, K - 1$$

Kronecker-Delta: $\delta_a^b := \begin{cases} 1 & \text{für } a = b \\ 0 & \text{für } a \neq b \end{cases}$

Histogramm-Spreizung Formen $\gamma(g) = (g - g_{\min}) \frac{q_{K-1} - q_0}{g_{\max} - g_{\min}} + q_0, \gamma(g_{\min}) = q_0, \gamma(g_{\max}) = q_{K-1}$

Radon-Transformation (finde geradenhafte Strukturen; Winkel $\varphi = x$, Distanz $u = y$)

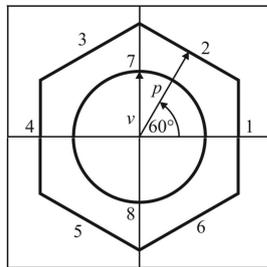


Figure 1: Originalbild

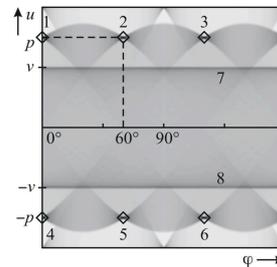


Figure 2: Hough-Transformation

$$g(u, \varphi) = R\{g(x)\} := \iint_{\text{inf}}^{\text{sup}} g(x) \delta(x^T e_\varphi - u) dx, \text{ mit } \varphi \in [0, \pi), u \in R, e_\varphi = \begin{pmatrix} \cos \varphi \\ \sin \varphi \end{pmatrix}$$

Integrationsgerade φ -Gerade: $\delta(x^T e_\varphi - u) = \begin{cases} \text{inf für } x^T e_\varphi - u = 0 \\ 0 \text{ für } x^T e_\varphi - u \neq 0 \end{cases}$ sorgt dafür, dass Bildwerte längs Geraden mit Parametern u (Ursprungsabstand) und φ (Winkel) aufintegriert werden.

Enthält $g(x)$ eine δ -Gerade $\delta(v^T u_{\varphi_0} - u_0)$, so zeigt $g(u, \varphi)$ ein ausgeprägtes Maximum bei $\varphi = \varphi_0, u = u_0$

Hough-Transformation Radon-Transformation für Binärbilder

Für jeden gesetzten Bildpunkt $g(x) = 1$ wird die Geradengleichung $x^T e_\varphi - u = 0$ ausgewertet:

$$u = x^T e_\varphi = x \cos \varphi + y \sin \varphi$$

	2	1	0	0
y	1	0	1	0
	0	0	0	1
		0	1	2
				x

$x \setminus \varphi$	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$
$(2, 0)^T$	2	2	1	0
$(1, 1)^T$	1	1	1	1
$(0, 2)^T$	0	1	2	2

	3	0	0	0	0
	2	1	1	1	1
y	1	1	2	2	1
	0	0	0	0	1
		0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$
					x

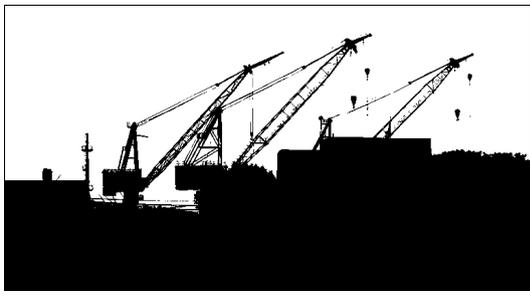
Karhunen-Loève-Transformation

(reduziere Korrelation zwischen Kanälen zu einem mit viel Information)

- Schätzung der Kovarianzmatrix C_{gg} der Farbwerte
- Lösung des Eigenwertproblems
- zeilenweise Anordnung der Eigenvektoren in absteigender Reihenfolge der Eigenwerte A
- Subtraktion des mittleren Farbwertes und Transformation $k = A(g - \mu_g)$

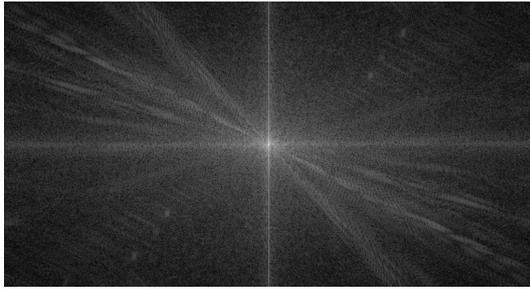
Aufgabe 2: Bilder zuordnen

(20 P)



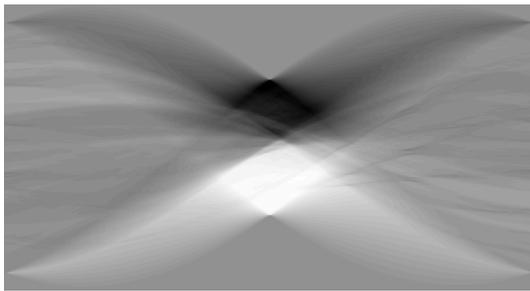
Schwellenwert (Binarisierung)

$$\begin{cases} 1 & \text{für } g(x) > \gamma \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$



Betragsspektrum

$$\left| \iint g(x) e^{-j2\pi f^T x} dx \right|$$



Radon-Transformation

$$\iint g(x) \delta(x^T e_\varphi - u) dx$$



Laplacian-of-Gaussian

$$-\Delta(\text{TP}\{g(x)\})$$



Gradientenbetrag

$$\sqrt{\left(\frac{\partial g(x)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial g(x)}{\partial y}\right)^2}$$



Invertierung

$$\max(g(x)) - g(x)$$



Verrauschung (additiv, normalverteilt)

$$g(x) + e(x), e(x) \sim N(0, \sigma^2)$$



Verschärfung

$$4 \cdot g(x) - 3 \cdot \text{TP}\{g(x)\}$$



homomorphe Filterung

$$\exp(\text{HP}\{\ln(g(x))\})$$



Fensterung (mit Hann-Fenster)

$$g(x) \cdot w_{\text{Hann}}(x)$$

Aufgabe 3: Filterung

(10 P)

Aufgabe 4: Lichtschnittverfahren / Triangulation

(30 P)

Wie muss Oberfläche beschaffen sein, damit Triangulation berechnet werden kann?

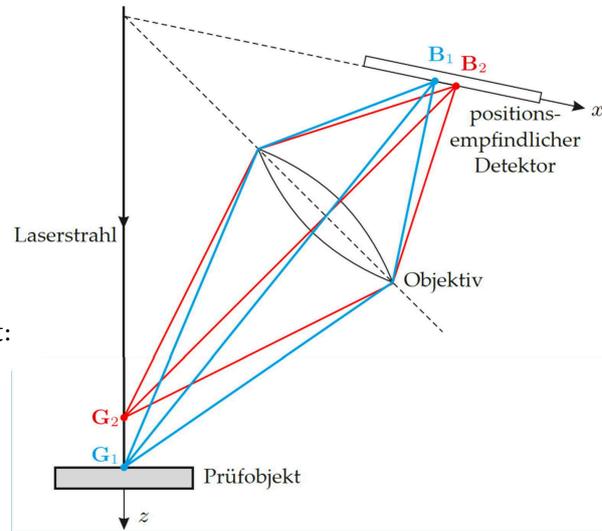
Spiegelnde Oberfläche: Kein Licht gelangt auf den Sensor

Teiltransparentes Objekt (Volumenstreuung)

- Aufweitung des Lichtpunkts
- Messunsicherheit steigt

Abschattung des Beobachtungsstrahls: Kein Licht gelangt auf den Sensor

Mehrfachreflexion bei teilspiegelndem Objekt: Zusätzliche, falsche Messpunkte



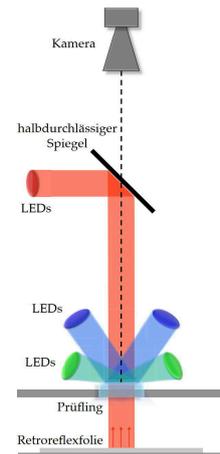
Hellfeld: Gerichtetes Licht, das (bei fehlerfreiem Objekt) direkt in die Kamera gelenkt wird

Dunkelfeld: Gerichtetes Licht, das (bei fehlerfreiem Objekt) an der Kamera vorbei gelenkt wird

Rotkanal: koaxiale Hellfeldbeleuchtung, liefert Transmission

Grünkanal: streifende Beleuchtung in Dunkelfeldanordnung macht streuende Partikel auf der Oberfläche sichtbar

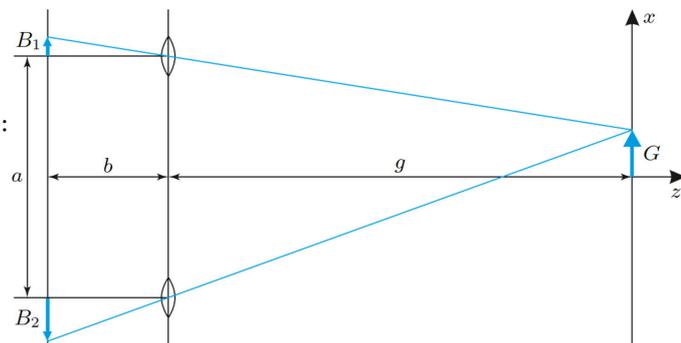
Blaukanal: Dunkelfeld, macht Kratzer, Fusseln und Blasensichtbar



$$\frac{B_1}{b} = \frac{a}{2} - \frac{G}{g}, \quad -\frac{B_2}{b} = \frac{a}{2} + \frac{G}{g}$$

Daraus erhält man die Disparität (Parallaxe):

$$p := B_1 - B_2 = \frac{ab}{g}$$



Zeichne Lichtschnittverfahren

Maßnahmen gegen Störlichtunterdrückung

- Abdunkeln
- Monochromatisches Licht
- Referenzaufnahme des Störlichts