

# Formelsammlung Einführung in Visual Computing

## Vektoren

### Vektornorm:

$$\mathbb{R}^2 : \vec{v} = (x, y), |\vec{v}| = \sqrt{x^2 + y^2}$$

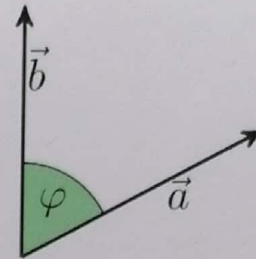
$$\mathbb{R}^3 : \vec{v} = (x, y, z), |\vec{v}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

### Skalarprodukt:

$$\mathbb{R}^2 : \vec{a} = (a_1, a_2), \vec{b} = (b_1, b_2), \vec{a} \cdot \vec{b} = a_1 b_1 + a_2 b_2$$

$$\mathbb{R}^3 : \vec{a} = (a_1, a_2, a_3), \vec{b} = (b_1, b_2, b_3), \vec{a} \cdot \vec{b} = a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3$$

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos \varphi$$



### Kreuzprodukt:

$$\vec{a} \times \vec{b} = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_2 b_3 - a_3 b_2 \\ a_3 b_1 - a_1 b_3 \\ a_1 b_2 - a_2 b_1 \end{pmatrix}$$

## Matrizen

Die Matrix  $A = (a_{ij}) \in \mathbb{R}^{m \times n}$  hat  $m$  Zeilen mit Index  $i$  und  $n$  Spalten mit Index  $j$ .

**Multiplikation:**  $C = A \cdot B$ . Die Spaltenzahl  $m$  der Matrix  $A$  muss mit der Zeilenzahl der Matrix  $B$  übereinstimmen. Die Zeilenzahl  $l$  der Ergebnismatrix  $C$  entspricht dann derjenigen der Matrix  $A$  und ihre Spaltenzahl  $n$  derjenigen der Matrix  $B$ . Jeder Eintrag  $c_{ik}$  des Matrizenprodukts berechnet sich dabei über

$$c_{ik} = \sum_{j=1}^m a_{ij} \cdot b_{jk}$$

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \\ b_{31} & b_{32} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \\ b_{31} & b_{32} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \\ b_{31} & b_{32} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{pmatrix}$$

## Transformationen: Homogene Rotationsmatrizen

2D (gegen Uhrzeigersinn):

$$R(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) & 0 \\ \sin(\alpha) & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

3D um x-Achse:

$$R_X(\alpha) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) & 0 \\ 0 & \sin(\alpha) & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

3D um y-Achse:

$$R_Y(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & 0 & \sin(\alpha) & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin(\alpha) & 0 & \cos(\alpha) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

3D um z-Achse:

$$R_Z(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) & 0 & 0 \\ \sin(\alpha) & \cos(\alpha) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

## Binomische Formeln

$$(a + b)^2 = a^2 + 2 \cdot a \cdot b + b^2$$

$$(a - b)^2 = a^2 - 2 \cdot a \cdot b + b^2$$

## Quadratische Gleichungen

$$x^2 + p \cdot x + q = 0$$

$$x_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}$$

$$a \cdot x^2 + b \cdot x + c = 0$$

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

## Fragebogen

Name:	_____
Datum:	_____

### BEWERTUNG

Sie können bei diesem Test 120 Punkte erreichen. Unterlagen und elektronische Hilfsmittel (außer einfacher Taschenrechner) sind nicht erlaubt!

Die folgenden Fragen beinhalten Wahr-Falsch-Aussagen, Single-Choice-Fragen und Multiple-Choice-Fragen. Für Wahr-Falsch-Aussagen und Multiple-Choice-Fragen gilt: Richtig angekreuzte Antworten ergeben Pluspunkte, falsch angekreuzte Antworten ergeben Minuspunkte. Bei Single-Choice-Fragen gibt es bei falscher Auswahl keine Minuspunkte. Für eine Frage, bei der keine Antwortmöglichkeit angekreuzt wurde, bekommt man 0 Punkte. Fragen mit Minuspunkten haben einen Hinweis darauf.

**ACHTUNG:** Minuspunkte sind global. Des Weiteren gilt, wenn man bei einer Aufgabe mit Minuspunkten alles ankreuzt, bekommt man immer 0 Punkte. Bei den Rechenaufgaben müssen **KEINE** Rechengänge auf den Fragebögen angegeben werden und am Ende muss nur der Antwortbogen abgegeben werden.

### AUSFÜLLHILFE FÜR DEN ANTWORTBOGEN

#### Wie markiere ich richtig?

Für diese Prüfung erhalten Sie einen Fragebogen und einen Antwortbogen. Die Antworten sind durch entsprechende Markierungen auf dem Antwortbogen vorzunehmen. Dieser wird maschinell ausgewertet, handschriftliche Anmerkungen werden nicht berücksichtigt. Ankreuzungen auf dem Fragebogen werden nicht ausgewertet! Verwenden Sie für Ihre Markierungen ausschließlich einen schwarzen oder blauen Kugelschreiber von normaler Schriftstärke. Die Markierungen müssen deutlich und positionsgenau durch ein Kreuz erfolgen. Wenn Sie eine Ankreuzung korrigieren möchten, füllen Sie das Kästchen vollkommen aus, dadurch wird diese Markierung wie ein leeres Kästchen gewertet. Eine neuerliche Korrektur ist dann nicht mehr möglich!

#### Ausfüllen der Matrikelnummer:

Tragen Sie zu Beginn der Prüfung Ihre 8-stellige Matrikelnummer auf dem Antwortbogen in das dafür vorgesehene Feld ein. Übertragen Sie dann Ihre Matrikelnummer mit Kreuzen in die darunter befindlichen Kästchen, die von 0 bis 9 nummeriert sind. Die erste Spalte entspricht der 1. Ziffer Ihrer Matrikelnummer, die zweite Spalte entspricht der 2. Ziffer Ihrer Matrikelnummer usw.

**Viel Erfolg bei der Prüfung!**

## 1 Kategorie: Aliasing (4 Punkte) A

**Frage: (1)** Durch Aliasing können kleine Flächen nach dem Diskretisieren komplett verschwinden. (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

- (A) Wahr  (B) Falsch

**Frage: (2)** Durch Aliasing können kleine Flächen nach dem Diskretisieren größer erscheinen. (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

- (A) Wahr  (B) Falsch

**Frage: (3)** Laut dem Nyquist-Shannon-Abtasttheorem müsste die Abtastfrequenz mindestens 10kHz sein, wenn die höchste übertragene Basisfrequenz 20kHz ist. (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

- (A) Wahr  (B) Falsch

**Frage: (4)** Aliasing-Effekte bei Linien können durch die Veränderung der Intensitäten einzelner Pixel vermindert werden. (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

- (A) Falsch  (B) Wahr

$||\vec{v}|| = \sqrt{2}$   
 $\vec{v} = \begin{pmatrix} \sqrt{2} \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = 1$   
 $\cos = \frac{1}{\sqrt{2}}$

## 2 Kategorie: Beleuchtung und Schattierung (18 Punkte) A

**Frage: (5)** Gegeben sei ein diffus reflektierendes Dreieck mit einer Oberflächennormale  $n = (\sqrt{2}, 1, 1)$ , Reflexionskoeffizient  $k_d = k_a = \frac{1}{3}$ . Weiters sind zwei Lichtquellen gegeben:  $L_1$  aus Richtung  $(0, 0, 1)$  mit Intensität  $I_{L_1} = 120$  und  $L_2$  aus Richtung  $(\sqrt{8}, -2, -2)$  mit Intensität  $I_{L_2} = 240$ . (12 Punkte, Minuspunkte: ja, mehrere korrekte Antworten möglich)

- (A) Die Gesamtintensität des Lichts, das vom Dreieck reflektiert wird, ist 26.  (E) Der Einfluss von  $L_1$  auf die von der Oberfläche reflektierte Gesamtintensität ist größer als der von  $L_2$ .
- (B) Der Einfallswinkel von  $L_2$  auf die Oberfläche ist  $0^\circ$ .  (F) Der Einfallswinkel von  $L_2$  auf die Oberfläche ist  $90^\circ$ .
- (C) Die Gesamtintensität des Lichts, das vom Dreieck reflektiert wird, ist 32.  (G) Der Einfallswinkel von  $L_2$  auf die Oberfläche ist  $45^\circ$ .
- (D) Die Gesamtintensität des Lichts, das vom Dreieck reflektiert wird, ist 66.

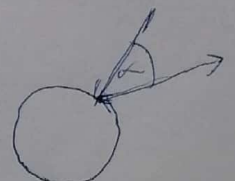
In Abbildung 1 sind drei Objekte gegeben, deren Beleuchtung mit Hilfe des Phong-Beleuchtungsmodells ( $L_{spec} = k_s \cdot I \cdot (v \cdot r)^p$ ) berechnet worden ist.

**Frage: (6)** Welche Werte für  $k_s$  und  $p$  wurden bei Abbildung 1a verwendet? (2 Punkte)

- (A)  $k_s = 0, p = 99$   (C)  $k_s = 1, p = 10$   
 (B)  $k_s = 1, p = 99$   (D)  $k_s = 0.3, p = 99$

**Frage: (7)** Welche Werte für  $k_s$  und  $p$  wurden bei Abbildung 1b verwendet? (2 Punkte)

- (A)  $k_s = 1, p = 99$   (C)  $k_s = 0, p = 99$   
 (B)  $k_s = 1, p = 10$   (D)  $k_s = 0.3, p = 99$



$\angle$  klein  $\Rightarrow \cos^p$  bleibt „groß“

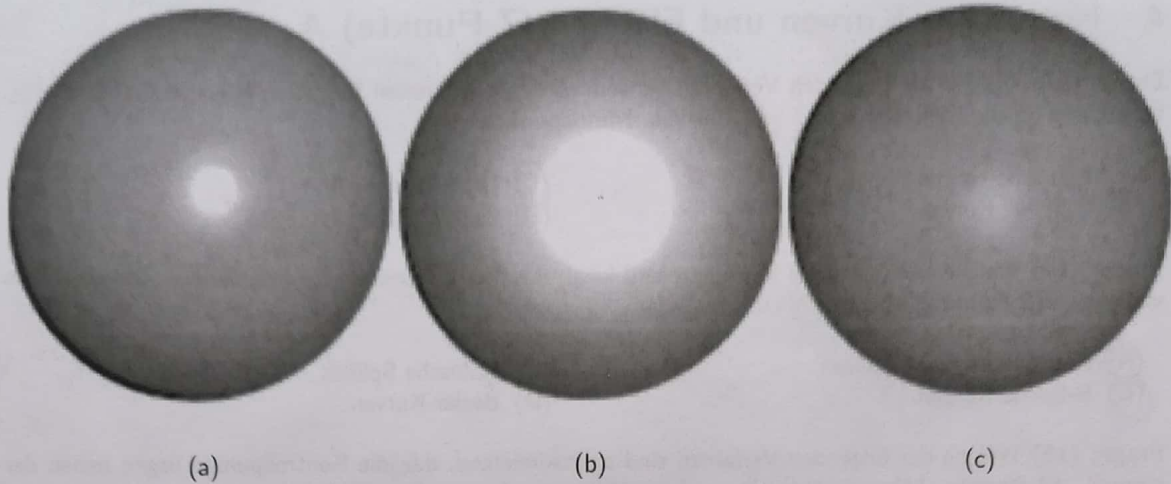


Abbildung 1: Abbildung zu Fragen 6 bis 8.

**Frage: (8)** Welche Werte für  $k_s$  und  $p$  wurden bei Abbildung 1c verwendet? (2 Punkte)

(A)  $k_s = 1, p = 10$

(B)  $k_s = 0, p = 99$

(C)  $k_s = 1, p = 99$

(D)  $k_s = 0.3, p = 99$

### 3 Kategorie: Globale Beleuchtung (4 Punkte) A

**Frage: (9)** Beim Radiosity-Verfahren muss die Kameraposition von Anfang an bekannt sein, um die Lichtausbreitung zu berechnen. (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

(A) Wahr

(B) Falsch

**Frage: (10)** Die Formfaktoren in der Radiosity Gleichung sind weder von Lichtquellen noch Radiosity-Werten abhängig. (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

(A) Wahr

(B) Falsch

**Frage: (11)** Da die Formfaktoren rein von der Geometrie der jeweiligen Patches abhängen, muss die gegenseitige Sichtbarkeit nicht berücksichtigt werden. (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

(A) Wahr

(B) Falsch

**Frage: (12)** Beim Radiosity-Verfahren werden Flächen, die nicht direkt beleuchtet sind nicht berücksichtigt, da sie kein Licht ausstrahlen können. (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

(A) Falsch

(B) Wahr

#### 4 Kategorie: Kurven und Flächen (7 Punkte) A

**Frage: (13)** Welche der folgenden Verfahren verwenden die sogenannten Bernstein-Polynome als Gewichtsfunktionen für die Kontrollpunkte? (2 Punkte, Minuspunkte: ja)

- (A) Kubische Hermite Splines  
 (B) B-Spline-Kurven  
 (C) Bézier-Kurven  
 (D) Kubische Splines

**Frage: (14)** Welche der folgenden Verfahren sind lokal, d.h. die Kontrollpunkte beeinflussen nur nahe Kurventeile? (2 Punkte, Minuspunkte: ja)

- (A) Kubische Hermite Splines  
 (B) B-Spline-Kurven  
 (C) Kubische Splines  
 (D) Bézier-Kurven

**Frage: (15)** Welche der folgenden Verfahren sind approximierend, d.h. die Kontrollpunkte liegen neben der Kurve? (2 Punkte, Minuspunkte: ja, mehrere korrekte Antworten möglich)

- (A) Kubische Hermite Splines  
 (B) Bézier-Kurven  
 (C) B-Spline-Kurven  
 (D) Kubische Splines

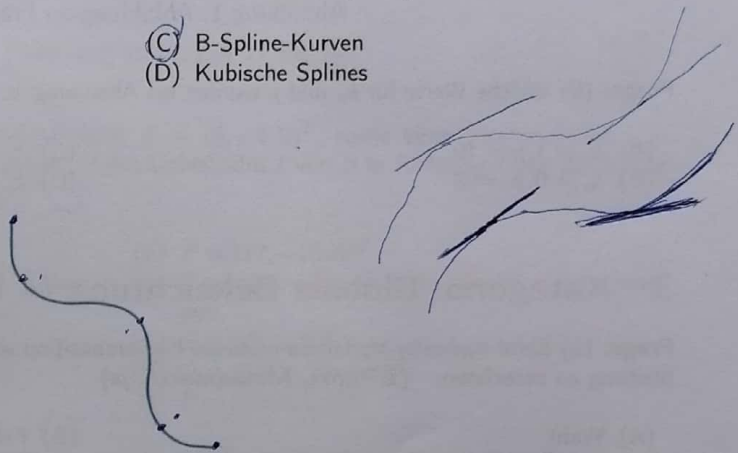


Abbildung 2: Abbildung zu Frage 16.

**Frage: (16)** Wie viele Kontrollpunkte werden mindestens benötigt, um die in Abbildung 2 dargestellte Bézierkurve zu generieren? (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

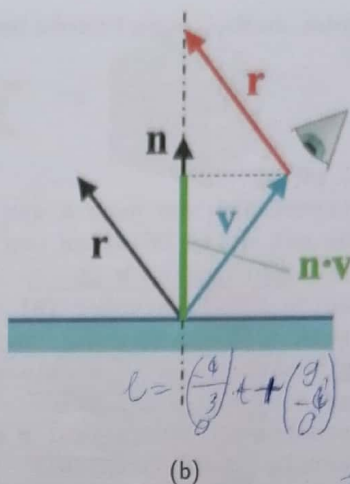
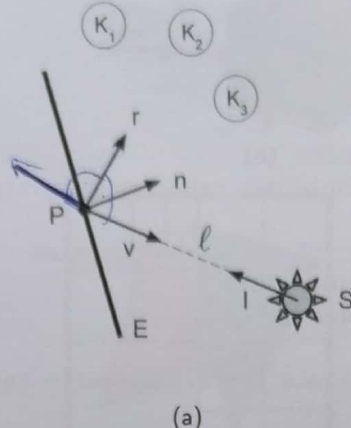
- (A) 4  
 (B) 9  
 (C) 13  
 (D) 5  
 (E) 7  
 (F) 2  
 (G) 3  
 (H) 10

#### 5 Kategorie: Ray-Tracing (16 Punkte) A

Ein Lichtstrahl  $\ell$  wird von einer Lichtquelle  $S$  in Richtung  $l$  in eine 3D Szene geschossen (siehe Abbildung 3a) und von einer perfekt spiegelnden Ebene  $E$  am Punkt  $P$  reflektiert. Die Ebene ist gegeben durch  $2x + y = 4$ . In der Szene befinden sich außerdem drei Kreise an den Positionen  $K_1 = (6, 3, 0)^T$ ,  $K_2 = (3, 2, 0)^T$  und  $K_3 = (6, 1, 0)^T$ , jeweils mit Radius  $r_1 = r_2 = r_3 = 1$ . Diese Daten sowie der skizzierte Szenenaufbau aus Abbildung 3a gelten für die folgenden drei Fragen.

$-4x - 8t + 3t - 4 = 0$   
 $-4x - 5t = 4$   
 $5t = -4x - 4$   
 $t = \frac{-4x - 4}{5}$   
 $p =$

$-4 + 2x + y = 0$   
 $-4t + 9 = x$   
 $3t - 4 = y$



$l = \begin{pmatrix} -4 \\ 3 \\ 0 \end{pmatrix} t + \begin{pmatrix} 9 \\ -4 \\ 0 \end{pmatrix}$

Abbildung 3: Abbildung zu Fragen 17 bis 19.

**Frage: (17)** Unter Annahme einer Lichtquellenposition  $S = (9, -4, 0)^T$ , sowie einer Strahlrichtung  $l = (-4, 3, 0)^T$ , welche Aussage über den Schnittpunkt  $P$  des Lichtstrahls  $l$  von  $S$  in Richtung  $l$  und der Ebene  $E$  trifft zu? (3 Punkte, Minuspunkte: ja)

- (A)  $P = (1, 2, 0)^T$
- (B) Der Lichtstrahl  $l$  liegt in der Ebene  $E$ , sodass unendlich viele Schnittpunkte existieren.
- (C)  $P = (-5.4, 6.8, 0)^T$
- (D)  $P = (5, 1, 0)^T$
- (E)  $P = (17, -10, 0)^T$
- (F)  $P$  existiert nicht, da sich  $l$  und  $E$  nicht schneiden.
- (G)  $P = (17, 2, 0)^T$
- (H)  $P = (23.4, -14.8, 0)^T$
- (I)  $P = (0.6, 2.8, 0)^T$

**Frage: (18)** Unter Annahme einer Blickrichtung von  $v = (1, 0, 0)^T$  ausgehend vom Punkt  $P$  in Richtung  $S$ , welche Aussage über die normalisierte Reflexionsrichtung  $r$  des Lichtstrahls  $l$  am Punkt  $P$  trifft zu? Hinweis: Nehmen Sie Abbildung 3b zur Berechnung von  $r$  zu Hilfe! (3 Punkte, Minuspunkte: ja)

- (A)  $r = (-7, 4, 0)^T$
- (B)  $r = (7, 2, 0)^T$
- (C)  $r = (0.6, 0.8, 0)^T$
- (D)  $r = (7, 4, 0)^T$
- (E)  $r = (3, 4, 0)^T$
- (F) Die Lichtquelle  $L$  liegt hinter der Ebene, sodass der Lichtstrahl nicht reflektiert wird.
- (G)  $r = (-0.6, 0.8, 0)^T$
- (H)  $r = (2.6, 1.8, 0)^T$

**Frage: (19)** Unter Annahme einer nicht normalisierten Reflexionsrichtung  $r = (3, 2, 0)$  ausgehend vom Punkt  $P = (2, 0, 0)^T$ . Welcher der drei Kreise  $K_1, K_2$  und  $K_3$  wird vom reflektierten Lichtstrahl getroffen? (4 Punkte, Minuspunkte: ja)

- (A) Keiner der drei Kreise wird getroffen.
- (B)  $K_2$
- (C)  $K_1$
- (D)  $K_3$

$\begin{pmatrix} 2 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} + t \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6 \\ 4 \\ 3 \end{pmatrix} \Rightarrow 2.6$

$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 9 \\ -4 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -8 \\ 4 \\ 0 \end{pmatrix}$

$\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 9 \\ -4 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -8 \\ 6 \\ 0 \end{pmatrix}$

Gegeben sei der folgende, die Ray-Tracing Prozedur beschreibende Pseudocode mit den zu ergänzenden Lücken A-F in Abbildung 4.

```

FOR alle Pixel p0 DO
  1. Lege Blickstrahl vom Auge e aus durch [A]
     Schneide mit allen Objekten und wähle den nächsten Schnittpunkt p
  2. FOR alle Lichtquellen s DO
     Schneide Schattenfühler [B] -> [C] mit allen Objekten
     IF kein Schnittpunkt zwischen [B], [C]
     THEN Schattierung += Einfluss von [D]
  3. IF Oberfläche von p ist [E]
     THEN berechne Sekundärstrahl r mittels Einfallswinkel = Ausfallswinkel;
     Verfolge Sekundärstrahl;
     Schattierung += Einfluss des Strahls p->r;
  4. IF Oberfläche von p ist [F]
     THEN berechne Sekundärstrahl t mittels Snellius'schen Brechungsgesetz;
     Verfolge Sekundärstrahl;
     Schattierung += Einfluss des Strahls p->t;

```

Abbildung 4: Abbildung zu Fragen 20 bis 25.

Frage: (20) Welche Variable gehört in Lücke A? (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

- (A) e  
(B) s

- (C) p0  
(D) p

Frage: (21) Welche Variable gehört in Lücke B? (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

- (A) s  
(B) p

- (C) e  
(D) p0

Frage: (22) Welche Variable gehört in Lücke C? (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

- (A) e  
(B) p0

- (C) s  
(D) p

Frage: (23) Welche Variable gehört in Lücke D? (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

- (A) p  
(B) p0

- (C) s  
(D) e

Frage: (24) Welcher Begriff gehört in Lücke E? (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

- (A) Emittierend  
(B) Spiegelnd

- (C) Diffus  
(D) Transparent

Frage: (25) Welcher Begriff gehört in Lücke F? (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

- (A) Spiegelnd  
(B) Diffus

- (C) Transparent  
(D) Emittierend

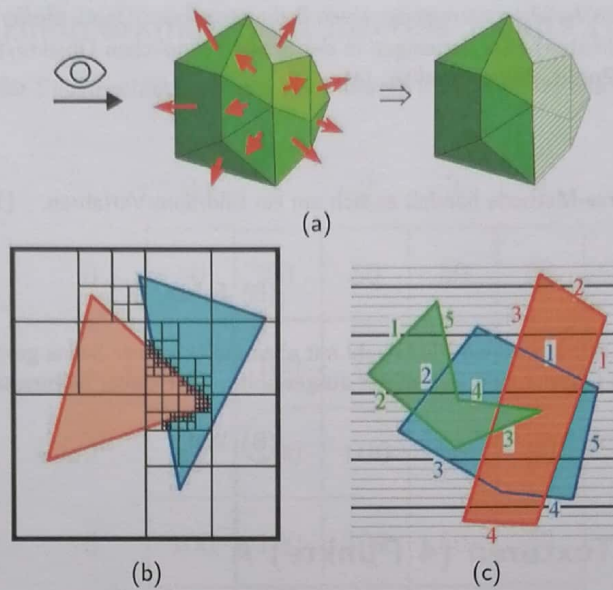


Abbildung 5: Abbildung zu Fragen 26 bis 28.

## 6 Kategorie: Sichtbarkeitsverfahren (7 Punkte) A

**Frage: (26)** Ordnen Sie dem Bild A in Abbildung 5a das damit assoziierte Sichtbarkeitsverfahren zu. **(1 Punkt)**

- |   |   |
|---|---|
| <input checked="" type="radio"/> (A) Backface Culling | <input type="radio"/> (E) Octree-Methode        |
| <input type="radio"/> (B) Area-Subdivision Methode    | <input type="radio"/> (F) Scanline-Methode      |
| <input type="radio"/> (C) Ray-Casting                 | <input type="radio"/> (G) Depth-Sorting-Methode |
| <input type="radio"/> (D) Z-Puffer                    |   |

**Frage: (27)** Ordnen Sie dem Bild B in Abbildung 5b das damit assoziierte Sichtbarkeitsverfahren zu. **(1 Punkt)**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="radio"/> (A) Backface Culling | <input type="radio"/> (E) Ray-Casting                         |
| <input type="radio"/> (B) Z-Puffer         | <input type="radio"/> (F) Depth-Sorting-Methode               |
| <input type="radio"/> (C) Octree-Methode   | <input checked="" type="radio"/> (G) Area-Subdivision Methode |
| <input type="radio"/> (D) Scanline-Methode |   |

**Frage: (28)** Ordnen Sie dem Bild C in Abbildung 5c das damit assoziierte Sichtbarkeitsverfahren zu. **(1 Punkt)**

- |   |  |
|---|--|
| <input checked="" type="radio"/> (A) Scanline-Methode | <input type="radio"/> (E) Area-Subdivision Methode |
| <input type="radio"/> (B) Octree-Methode              | <input type="radio"/> (F) Backface Culling         |
| <input type="radio"/> (C) Ray-Casting                 | <input type="radio"/> (G) Z-Puffer                 |
| <input type="radio"/> (D) Depth-Sorting-Methode       |  |

**Frage: (29)** Mit der Depth-Sorting-Methode (Painter's Algorithm) können Spezialfälle entstehen, die nur durch Zerteilen eines Polygons gelöst werden können. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| <input type="radio"/> (A) Wahr | <input checked="" type="radio"/> (B) Falsch |
|--------------------------------|---|



**Frage: (30)** Das Z-Puffer-Verfahren verwendet einen 3-dimensionalen Depth Buffer, der pro Pixel eine Liste der Tiefenwerte (z-Koordinaten) aller derjenigen in der Szene befindlichen Objekte/Polygone enthält, die auf diesen Pixel fallen. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

(A) Falsch

(B) Wahr

**Frage: (31)** Bei der Octree-Methode handelt es sich um ein Bildraum-Verfahren. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

(A) Wahr

(B) Falsch

**Frage: (32)** Beim Ray-Casting wird ein Blickstrahl mit allen Objekten der Szene geschnitten und der Schnittpunkt mit der geringsten Distanz zum Betrachter ausgewählt. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

(A) Falsch

(B) Wahr

## 7 Kategorie: Texturen (4 Punkte) A

**Frage: (33)** Beim Environment-Mapping werden die Texturen von Objekten in die Umgebung projiziert, damit Spiegelungen besser simuliert werden können. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

(A) Wahr

(B) Falsch

**Frage: (34)** Solid-Textures können mittels mathematischen Funktionen definiert werden, die jedem Punkt auf einer Oberfläche einen Wert aus einem 3-dimensionalen Parameterraum zuweisen. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

(A) Wahr

(B) Falsch

**Frage: (35)** Bei Bump-Mapping werden die Oberflächen von Objekten geometrisch verändert, um leichte Flächenunebenheiten zu simulieren. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

(A) Wahr

(B) Falsch

**Frage: (36)** Displacement-Mapping kann dazu führen, dass die Silhouetten von Objekten geometrisch verändert werden. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

(A) Falsch

(B) Wahr

## 8 Kategorie: Bildmerkmale und Interest Points (8 Punkte) A

Gegeben ist ein 5x5 großer Bildausschnitt, auf den der Moravec Eckendetektor angewendet werden soll.

	0	1	2	3	4
0	50	50	50	50	50
1	100	100	75	50	50
2	100	100	<b>100</b>	50	50
3	100	100	100	50	50
4	50	50	50	50	50

Abbildung 6: Abbildung zu Fragen 37 und 38.

**Frage: (37)** Berechnen Sie die Veränderungen der Intensitäten  $E$  für die markierte Stelle  $(2, 2)$  und die Verschiebung  $(1, 0)$ . Verwenden Sie dazu eine Fenstergröße von  $3 \times 3$  und die Summe der quadrierten Differenzen. **(2 Punkte)**

- (A) 150  
 (B) 6250  
 (C) -5625  
 (D) 195000  
 (E) -150  
 (F) 22500

**Frage: (38)** Angenommen die Intensitäten für die markierte Stelle  $(2, 2)$  und die Verschiebungen  $(1, 0)$ ,  $(1, 1)$ ,  $(0, 1)$  und  $(-1, 1)$  waren:  $E(1, 0) = 600$ ,  $E(1, 1) = 1300$ ,  $E(0, 1) = 300$ ,  $E(-1, 1) = 100$ . Bestimmen Sie aus den Veränderungen der Intensitäten den Interest Value. **(1 Punkt)**

- (A) 600  
 (B) 1300  
 (C) 300  
 (D) 2300  
 (E) 575  
 (F) 100

Die Gradientenbeträge und die Gradientenorientierung für einen (vereinfachten)  $(3 \times 3)$  Interest Point sind in Abbildung 7 gegeben.

**Frage: (39)** Berechnen Sie den korrekten Bucket (von 8 Buckets à 45 Grad) für die dominanteste Orientierung des Keypoints mit einem gewichteten Orientierungshistogramm. (Auf ganze Grad gerundet) **(2 Punkte)**

- (A) 91 - 135  
 (B) 226 - 270  
 (C) 316 - 359  
 (D) 136 - 180 *3,27 + 90°*  
 (E) 181 - 225  
 (F) 0 - 45  
 (G) 46 - 90 *3,18*  
 (H) 271 - 315

	0	1	2
0	0.67	0.03	1.89
1	0.02	0.65	1.35
2	1.76	1.4	0.08

(a) Betrag

	0	1	2
0	42	180	179
1	90	134	179
2	90	90	146

(b) Orientierung in Grad

Abbildung 7: Abbildung zu Fragen 39 und 40.

**Frage: (40)** Bei SIFT kann ein Keypoint mehrere Orientierungen haben (Stichwort: 80% Peak Value). Wieviele Keypoints würden für das vorherige Beispiel erzeugt werden? **(1 Punkt)**

- (A) 2  
(B) 1  
(C) 3  
(D) 4

**Frage: (41)** SIFT ist skalierungs-, aber nicht rotationsinvariant. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

- (A) Wahr  
(B) Falsch

**Frage: (42)** Bei SIFT wird ein Merkmalsvektor durch Grauerthistogramme in 4x4 Fenstern berechnet. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

- (A) Falsch  
(B) Wahr

## 9 Kategorie: Computational Photography (8 Punkte) A

Gegeben ist eine Übersicht der 2D Bildtransformationen in Abbildung 8. Geben Sie den **minimal** notwendigen Transformationstyp an der das Eingangsbild entsprechend warpt.

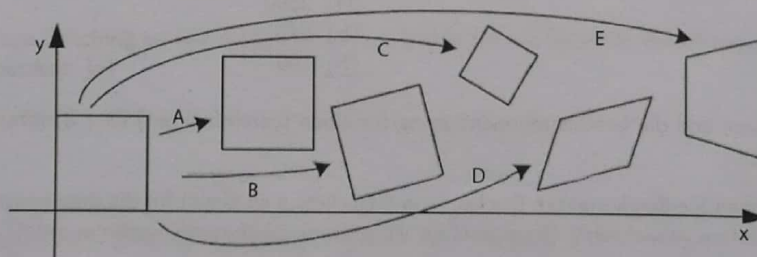


Abbildung 8: Abbildung zu Fragen 43 bis 47.

**Frage: (43)** Geben Sie die korrekte Transformation für A an. **(1 Punkt)**

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| <input type="radio"/> (A) Euclidean              | <input type="radio"/> (D) Projective |
| <input checked="" type="radio"/> (B) Translation | <input type="radio"/> (E) Similarity |
| <input type="radio"/> (C) Morphing               | <input type="radio"/> (F) Affine     |

**Frage: (44)** Geben Sie die korrekte Transformation für B an. **(1 Punkt)**

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| <input type="radio"/> (A) Translation          | <input type="radio"/> (D) Projective |
| <input checked="" type="radio"/> (B) Euclidean | <input type="radio"/> (E) Morphing   |
| <input type="radio"/> (C) Similarity           | <input type="radio"/> (F) Affine     |

**Frage: (45)** Geben Sie die korrekte Transformation für C an. **(1 Punkt)**

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <input type="radio"/> (A) Similarity  | <input checked="" type="radio"/> (D) Euclidean |
| <input type="radio"/> (B) Projective  | <input type="radio"/> (E) Affine               |
| <input type="radio"/> (C) Translation | <input type="radio"/> (F) Morphing             |

**Frage: (46)** Geben Sie die korrekte Transformation für D an. **(1 Punkt)**

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| <input type="radio"/> (A) Projective  | <input checked="" type="radio"/> (D) Affine |
| <input type="radio"/> (B) Translation | <input type="radio"/> (E) Euclidean         |
| <input type="radio"/> (C) Morphing    | <input type="radio"/> (F) Similarity        |

**Frage: (47)** Geben Sie die korrekte Transformation für E an. **(1 Punkt)**

- |   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| <input type="radio"/> (A) Affine                | <input type="radio"/> (D) Euclidean   |
| <input checked="" type="radio"/> (B) Projective | <input type="radio"/> (E) Translation |
| <input type="radio"/> (C) Morphing              | <input type="radio"/> (F) Similarity  |

**Frage: (48)** Eine rigide Transformation hat 3 Freiheitsgrade. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

- |                                  |                                |
|----------------------------------|--------------------------------|
| <input type="radio"/> (A) Falsch | <input type="radio"/> (B) Wahr |
|----------------------------------|--------------------------------|

**Frage: (49)** Bilder, die mit einer Lichtfeldkamera aufgenommen werden, bestehen aus 3 Dimensionen. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| <input checked="" type="radio"/> (A) Falsch | <input type="radio"/> (B) Wahr |
|---|--------------------------------|

**Frage: (50)** Image Stitching ist nur möglich, wenn es überlappende Bereiche zwischen den Bildern gibt. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

- |   |                                  |
|---|----------------------------------|
| <input checked="" type="radio"/> (A) Wahr | <input type="radio"/> (B) Falsch |
|---|----------------------------------|

## 10 Kategorie: Deep Learning (6 Punkte) A

**Frage: (51)** Welche der folgenden maschinellen Lernverfahren werden als unüberwachtes Lernen bezeichnet. **(2 Punkte, Minuspunkte: ja, mehrere korrekte Antworten möglich)**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="radio"/> (A) Regression                 | <input type="radio"/> (D) Assoziierung    |
| <input checked="" type="radio"/> (B) Klassifizierung | <input type="radio"/> (E) Clustering      |
| <input type="radio"/> (C) Bestärkendes Lernen        | <input type="radio"/> (F) Generalisierung |

In Abbildung 9 sind zwei Klassen sowie zwei Trennlinien, welche von einem Modell generiert wurden, zu sehen. Welches der beiden Modelle (A, B) kann besser generalisieren?

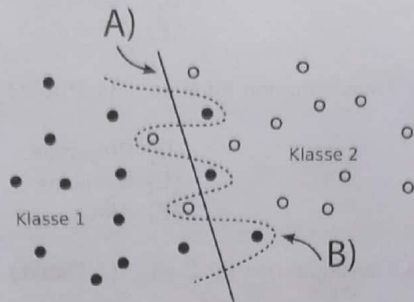


Abbildung 9: Abbildung zu Fragen 52 und 53.

**Frage: (52)** Welches der beiden Modelle (A, B) in Abbildung 9 kann besser generalisieren? **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

(A) A

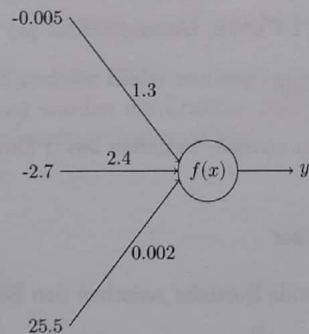
(B) B

**Frage: (53)** Welches der beiden Modelle (A, B) in Abbildung 9 hat eine höhere Komplexität? **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

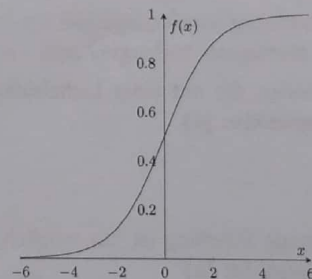
(A) A

(B) B

In der Abbildung 10 ist ein Perceptron abgebildet, welches die Sigmoid-Funktion als Aktivierungsfunktion verwendet.



(a) Perceptron



(b) Sigmoid-Aktivierungsfunktion

Abbildung 10: Abbildung zu Frage 54.

**Frage: (54)** Berechnen Sie  $y$  in Abbildung 10. **(2 Punkte, Minuspunkte: ja)**

(A) 1  
 (B) 0

(C) 0.5  
 (D) 0.75

## 11 Kategorie: Fouriertransformation (10 Punkte) A

Die Fouriertransformierte  $F(\omega)$  eines Signals  $f(x)$  ist gegeben durch:

$$F(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-i\omega x} dx, \quad f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{i\omega x} d\omega. \quad (1)$$

**Frage: (55)** Die Fouriertransformation ist eine lineare Transformation. **(1 Punkt)**

- (A) Wahr (B) Falsch

**Frage: (56)**  $f(x)$  gibt die Zusammensetzung der verschiedenen Frequenzen von  $F(\omega)$  an. **(1 Punkt)**

- (A) Wahr (B) Falsch

**Frage: (57)** Die Basisfunktionen des Spektrums definiert durch 1 sind Sinus- und Cosinusfunktionen. **(1 Punkt)**

- (A) Wahr (B) Falsch

**Frage: (58)** Jedes Signal  $f(x)$  besitzt eine Fouriertransformierte  $F(\omega)$ . **(1 Punkt)**

- (A) Falsch (B) Wahr

**Frage: (59)** Kreuzen Sie die richtigen Aussagen in Bezug auf die Hough-Transformation an. **(2 Punkte, Minuspunkte: ja, mehrere korrekte Antworten möglich)**

- (A) Der Hough-Raum wird zur Bildkompression verwendet. (C) Die Hough-Transformation benötigt binäre Bilder.  
 (B) Der Hough-Raum kann je nach Anwendung auch eine Dimension  $D > 2$  annehmen. (D) Die Bildstrukturen werden im Hough-Raum vor allem durch lokale Minima beschrieben.

In Abbildung 11 sind vier Bilder und in Abbildung 12 vier dazugehörige Betragsspektren gegeben (aus Gründen der Visualisierung wurden die Grafiken invertiert und die Spektren sind vergrößert dargestellt.). Ordnen Sie den Bildern das jeweilige Spektrum zu.

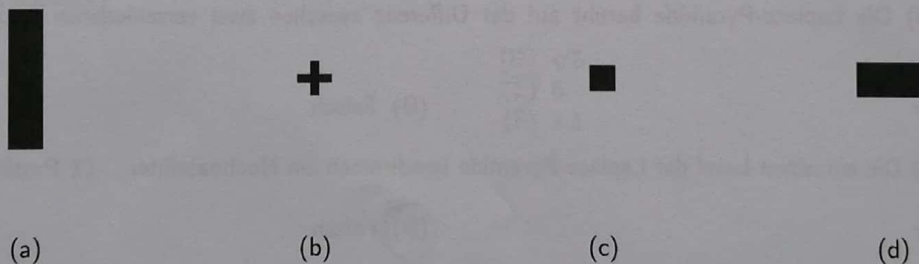


Abbildung 11: Abbildung zu Fragen 60 bis 63: Bilder.

**Frage: (60)** Abbildung 11a gehört zu **(1 Punkt)**

- (A) Abbildung 12a (C) Abbildung 12d  
 (B) Abbildung 12b (D) Abbildung 12c

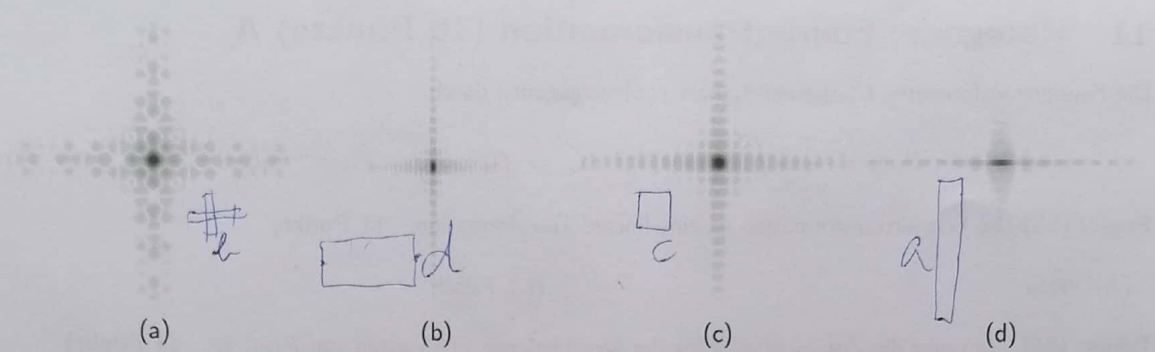


Abbildung 12: Abbildung zu Fragen 60 bis 63: Spektren.

**Frage: (61)** Abbildung 11b gehört zu **(1 Punkt)**

- (A) Abbildung 12c
- (B) Abbildung 12d

- (C) Abbildung 12a
- (D) Abbildung 12b

**Frage: (62)** Abbildung 11c gehört zu **(1 Punkt)**

- (A) Abbildung 12d
- (B) Abbildung 12b

- (C) Abbildung 12a
- (D) Abbildung 12c

**Frage: (63)** Abbildung 11d gehört zu **(1 Punkt)**

- (A) Abbildung 12c
- (B) Abbildung 12d

- (C) Abbildung 12b
- (D) Abbildung 12a

## 12 Kategorie: Multispektralerepräsentationen (8 Punkte) A

**Frage: (64)** Die Gaußpyramide beruht auf der Differenz zwischen einem Gaußfilter und Medianfilter. **(1 Punkt)**

(A) Wahr

(B) Falsch

**Frage: (65)** Die Laplace-Pyramide beruht auf der Differenz zwischen zwei verschiedenen Gaußfilter. **(1 Punkt)**

(A) Wahr

(B) Falsch

**Frage: (66)** Die einzelnen Level der Laplace-Pyramide beschreiben ein Hochpassfilter. **(1 Punkt)**

(A) Wahr

(B) Falsch

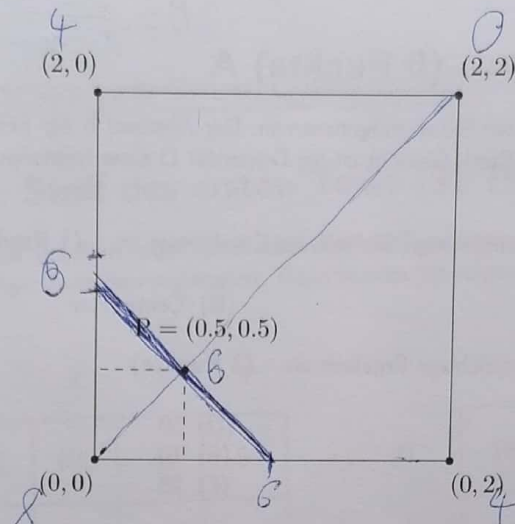


Abbildung 13: Abbildung zu Fragen 67 bis 69.

In Abbildung 13 sind die Eckpunkte  $(x, y)$  eines Rechtecks gegeben, deren Funktionswerte durch  $f(x, y) = (x-2)^2 + (y-2)^2$  definiert sind. Hinweis: Normalisieren Sie die Interpolationskoeffizienten mit der Fläche des Rechtecks.

**Frage: (67)** Bestimmen Sie den Funktionswert in Abbildung 13 an der Stelle P mit Hilfe der Funktion  $f$ . (1 Punkt)

- |                   |          |
|-------------------|----------|
| (A) 0             | (D) 4.5  |
| (B) $\sqrt{2}$    | (E) 2    |
| (C) $\sqrt{2.25}$ | (F) 5.23 |

**Frage: (68)** Bestimmen Sie den Funktionswert in Abbildung 13 an der Stelle P mit Hilfe der Nearest-Neighbour Interpolation. (1 Punkt)

- |        |                |
|--------|----------------|
| (A) 2  | (D) 5          |
| (B) -5 | (E) $\sqrt{2}$ |
| (C) 0  | (F) 8          |

**Frage: (69)** Bestimmen Sie den Funktionswert in Abbildung 13 an der Stelle P mit Hilfe der Bilinearinterpolation. (3 Punkte)

- |          |                |
|----------|----------------|
| (A) 8    | (D) $\sqrt{5}$ |
| (B) 5    | (E) 6          |
| (C) 6.25 | (F) 7.1        |



## 13 Kategorie: Stereo (8 Punkte) A

Eine Szene wird mit einem Stereo-Setup aufgenommen. Der Abstand  $b$  der beiden Kameras beträgt 20 cm. Die fokale Länge  $f$  beträgt 250 Pixel. Gesucht ist die Disparität  $D$  eines Szenenpunkts, welcher eine Entfernung  $Z$  von 10 m aufweist.

$$D = \frac{0,2 \text{ m}}{10 \text{ m}} \cdot 250 \text{ px} = \frac{0,2 \text{ m} \cdot 250 \text{ px}}{10 \text{ m}} = \frac{50 \text{ px}}{10} = 5 \text{ px}$$

$$Z = \frac{b \cdot f}{D}$$

**Frage: (70)** Geben Sie zuerst zugehörige **Einheit** des Ergebnisses an. (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

- (A) Pixel (B) Centimeter

**Frage: (71)** Geben Sie nun das richtige Ergebnis an. (2 Punkte)

- (A) 5 (D) 50  
(B) 12500 (E) 10  
(C) 80 (F) 25

**Frage: (72)** Welche 2 Kameraparameter müssen bei einem Stereosystem bekannt sein, um die Tiefenwerte von korrespondierenden Punkten bestimmen zu können? (2 Punkte, Minuspunkte: ja, mehrere korrekte Antworten möglich)

- (A) Abstand der Kameras (D) Disparität  
(B) Fokale Länge (E) Distanz des Szenenpunkts  
(C) Optisches Zentrum (F) Raumentiefe

**Frage: (73)** Bei Structure-from-Motion muss die exakte Bewegung der Kamera im 3D-Raum im Vorhinein bekannt sein. (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

- (A) Falsch (B) Wahr

**Frage: (74)** Beim Feature-Based Matching werden im Gegensatz zum Area-Based Matching die Tiefenwerte aller Pixel im Bild berechnet. (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

- (A) Falsch (B) Wahr

**Frage: (75)** Die Schnittgeraden der Epipolarebene mit den Bildebenen werden als Epipolarlinien bezeichnet. (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

- (A) Wahr (B) Falsch

## 14 Kategorie: Stoff des ersten Tests (12 Punkte) A

In Abbildung 14a ist das Ergebnis einer Diskreten Cosinus-Transformation (DCT) gegeben und in Abbildung 14b die dazugehörige Quantisierungsmatrix. Beantworten Sie folgende Fragen.

	0	1	2	3	4
0	771	99	136	-9	-55
1	311	-145	13	4	-12
2	107	104	-66	38	-15
3	-53	-36	-102	-29	77
4	16	15	15	-37	56

(a) DCT

	0	1	2	3	4
0	16	11	10	24	51
1	22	15	13	34	-12
2	31	14	22	38	35
3	39	36	32	29	77
4	52	60	78	89	145

(b) Quantisierungsmatrix

Abbildung 14: Abbildung zu Fragen 76 bis 80.

Beantworten Sie folgende Fragen.

**Frage: (76)** Wie lautet das Ergebnis der Quantisierung für Pixel (0, 0)? (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

- (A) 48  
(B) 38  
(C) -105  
(D) -25  
(E) 134  
(F) 5

**Frage: (77)** Wie groß ist der relative Fehler der Quantisierung für Pixel (0, 0)? (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

- (A) 0.07%  
(B) 0.04%  
(C) 0.4%  
(D) 0%  
(E) 100%  
(F) 0.27%

**Frage: (78)** Wie lautet das Ergebnis der Quantisierung für Pixel (3, 3)? (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

- (A) 2  
(B) 89  
(C) 23  
(D) -1  
(E) 30  
(F) -34

**Frage: (79)** Wie groß ist der relative Fehler der Quantisierung für Pixel (3, 3)? (1 Punkt, Minuspunkte: ja)

- (A) 0.01%  
(B) 0.23%  
(C) 99%  
(D) 0.12%  
(E) 0%  
(F) 0.43%

**Frage: (80)** Pixel (0,0) der DCT Matrix ist ein Maß für den/die: **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

- (A) Gleichanteil des Bildes.  (C) Median des Bildes.  
 (B) Differenz von Maximal und Minimalwert des Bildes.  (D) Maximalwert des Bildes.

**Frage: (81)** Ein Gaussian Filter verwischt das Bild. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

- (A) Wahr  (B) Falsch

**Frage: (82)** Die Fouriertransformation ist eine lokale Filtermethode. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

- (A) Falsch  (B) Wahr

**Frage: (83)** Die Hough-Transformation ist eine Punktoperation. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

- (A) Falsch  (B) Wahr

**Frage: (84)** White Balancing dient dazu, die Helligkeit im Bild optimal anzupassen. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

- (A) Wahr  (B) Falsch

**Frage: (85)** Der Kompressionsgrad eines JPEG-Bildes hängt unter anderem vom Bildinhalt ab. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

- (A) Wahr  (B) Falsch

**Frage: (86)** Je geringer die Sensorauflösung, desto kleiner ist der Tiefenschärfebereich. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

- (A) Wahr  (B) Falsch

**Frage: (87)** Vektorbildformate wurden speziell für hochauflösende Fotografien entwickelt. **(1 Punkt, Minuspunkte: ja)**

- (A) Falsch  (B) Wahr