# Aufgabe 1

## Teilaufgabe 1a

Der Gamut ist der Raum aller vom Monitor darstellbaren Farben.

## Teilaufgabe 1b

| **Aussage** | **RGB** | **CMY** | **HSV** | **CIE xyY** |
|---|---|---|---|---|
| Der Farbraum ist additiv. | ☑ | ☐ | ☐ | ☐ |
| Der Farbraum ist subtraktiv. | ☐ | ☑ | ☐ | ☐ |
| Der Farbraum trennt Helligkeit von Farbe. | ☐ | ☐ | ☑ | ☑ |
| Der Farbraum kann alle für den Menschen sichtbaren Farben repräsentieren. | ☐ | ☐ | ☐ | ☑ |
| Der Farbraum wird nativ auf Peripheriegeräten verwendet. | ☑ | ☑ | ☐ | ☐ |

## Teilaufgabe 1c

Nein (negative Energieabstrahlung nicht möglich)

# Aufgabe 2

## Teilaufgabe 2a

TODO

## Teilaufgabe 2b

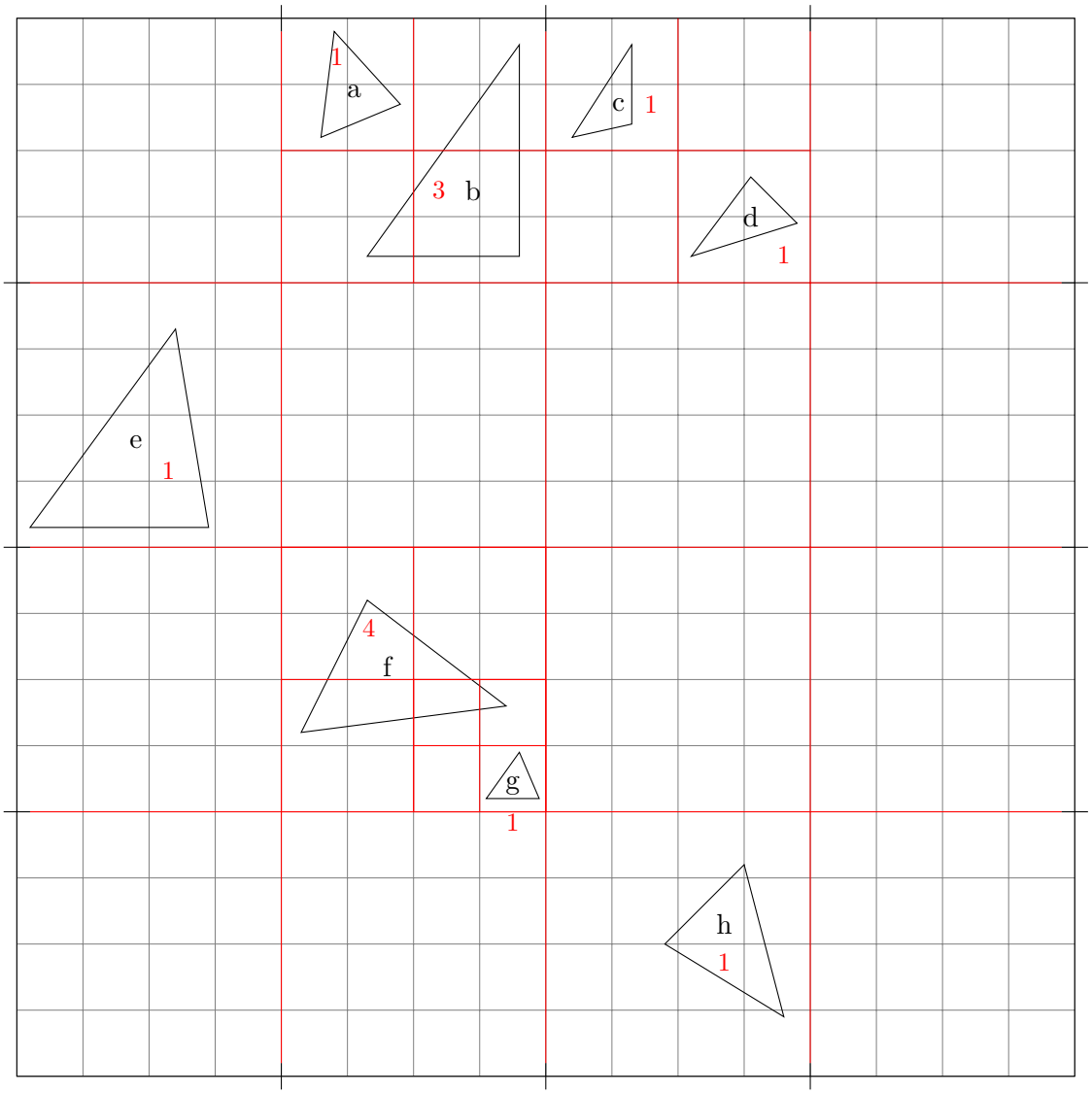
TODO

## Teilaufgabe 2c

| | Aussage | Wahr | Falsch |
|---|---|---|---|
| 1 | Wenn ein Lichtstrahl aus einem optisch dichteren Medium in ein optisch dünneres Medium übergeht, kann Totalreflexion auftreten. | ☑ | ☐ |
| 2 | Die Zeitkomplexität von Whitted-style Raytracing ist polynomial in der Rekursionstiefe. | ☐ | ☑ |
| 3 | Es gibt eine Klasse von Materialien, die beim Whitted-style Raytracing mehrere Sekundärstrahlen per Schnittpunkt erzeugen. | ☑ | ☐ |
| 4 | Der Whitted-style Raytracer überprüft die direkte Beleuchtung eines Oberflächenpunktes mithilfe von Schattenstrahlen. | ☑ | ☐ |
| 5 | Whitted-style Raytracing konvergiert immer zum physikalisch korrekten Ergebnis. | ☐ | ☑ |
| 6 | Whitted-style Raytracing ist das Bildsyntheseverfahren, das auf der GPU in Hardware implementiert ist. | ☐ | ☑ |

# Aufgabe 3

## Teilaufgabe 3ab




## Teilaufgabe 3c

e, f, f, f, h

### Teilaufgabe 3d

| Aussage | BVH | kD-Baum | Gitter | Keine |
|---|---|---|---|---|
| Primitive können in mehr als einem Blattknoten/einer Gitterzelle vorhanden sein. | ☑ | ☑ | ☑ | ☐ |
| Die Datenstruktur kann zur Beschleunigung von Nachbarschaftssuchen verwendet werden. | ☐ | ☐ | ☑ | ☐ |
| Die Datenstruktur eignet sich besonders für Szenen, in denen die Geometrie gleichmäßig verteilt ist. | ☐ | ☐ | ☑ | ☐ |
| Der Aufbau-Algorithmus passt die Datenstruktur an die Normalen der Geometrie an. | ☐ | ☐ | ☐ | ☑ |

### Teilaufgabe 3e

| | Aussage | Wahr | Falsch |
|---|---|---|---|
| 1 | Die Surface Area Heuristic minimiert die Anzahl der Primitive, die sich in der Beschleunigungsstruktur befinden. | ☐ | ☑ |
| 2 | Der Aufbau einer BVH mithilfe der Surface Area Heuristic ist im Allgemeinen aufwändiger als der Aufbau mittels Objektmittel-Methode (object median). | ☑ | ☐ |
| 3 | BSP-Bäume sind kD-Bäume mit achsparallelen Unterteilungsebenen. | ☐ | ☑ |
| 4 | Die Objektmittel-Methode (object median) kann beim Erstellen von BVH und kD-Baum verwendet werden. | ☑ | ☐ |
| 5 | Die Raummittel-Methode (spatial median) kann beim Erstellen von BVH und kD-Baum verwendet werden. | ☑ | ☐ |
| 6 | Eine optimale objektorientierte Box (OOBBs) hat höchstens das Volumen der entsprechenden achsenparallelen Box (AABB). | ☑ | ☐ |

## Aufgabe 4

### Teilaufgabe 4a

$$c = \lambda_1 c_1 + \lambda_2 c_2 + \lambda_3 c_3$$

### Teilaufgabe 4b

Die interpolierte Normale muss erneut normalisiert werden.

### Teilaufgabe 4c

- $\lambda_1 = \frac{2}{3}$
- $\lambda_2 = 0$
- $\lambda_3 = \frac{1}{3}$

### Teilaufgabe 4d

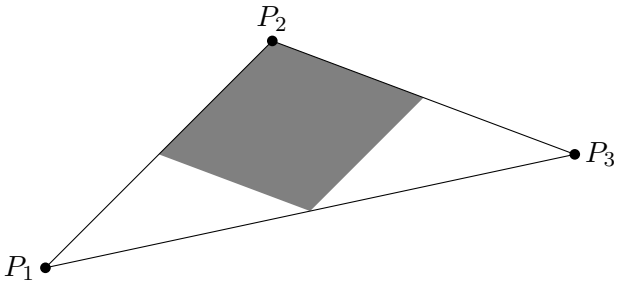
Das Phong-Beleuchtungsmodell kann für alle Verfahren eingesetzt werden.

## Aufgabe 5

### Teilaufgabe 5a

$$c_{BL}(T_p) = 0.4 \cdot (100 \cdot 0.1) + 0.8 \cdot (100 \cdot 0.9) = 4 + 72 = 76$$

### Teilaufgabe 5b




### Teilaufgabe 5c (i)

Stufe 1 (1 Texel): $\frac{1}{4} \cdot 0 + \frac{1}{4} \cdot 100 + \frac{1}{4} \cdot 0 + \frac{1}{4} \cdot 100 = 50$

### Teilaufgabe 5c (ii)

$$c_{MM}(T_p) = \frac{1}{2} \cdot 50 + \frac{1}{2} \cdot 76 = 25 + 38 = 63$$

### Teilaufgabe 5c (iii)

| Fall | Nearest | Bilinear | Mip-Map-Nearest | Mip-Map-Trilinear |
|---|---|---|---|---|
| Minification | ☐ | ☐ | ☐ | ☑ |
| Magnification | ☐ | ☑ | ☐ | ☐ |

## Aufgabe 6

### Teilaufgabe 6a

| | |
|---|---|
| `GL_TRIANGLES` | 0,1,3,0,2,3,1,2,3 |
| `GL_TRIANGLE_STRIP` | 0,1,3,2,0 |
| `GL_TRIANGLE_FAN` | 3,1,0,2,1 |

### Teilaufgabe 6b

Vertex-Shader → Geometry-Shader → Fragment-Shader

## Aufgabe 7

### Teilaufgabe 7a

shader7a.frag

```
uniform int W;   // Breite des Bildes in Pixeln
uniform int H;   // Höhe des Bildes in Pixeln
uniform vec2 C0; // Zentrum der 1. Kreisscheibe in Pixeln in [0,W) × [0,H)
uniform vec2 C1; // Zentrum der 2. Kreisscheibe in Pixeln in [0,W) × [0,H)
uniform float R; // Radius der Kreisscheiben in Pixeln

in vec2 uv; // interpolierte Texturkoordinaten des Fragments in [0,1) × [0,1)

in vec3 inColor;   // Eingabefarbe des Fragments
out vec3 outColor; // Ausgabefarbe des Fragments

void main()
{
    vec2 P = vec2(W, H) * uv;

    if (distance(C0, P) > R && distance(C1, P) > R)
        discard;
```

```
18
19      outColor = color;
20  }
```

### Teilaufgabe 7b

TODO

## Aufgabe 8

### Teilaufgabe 8a

TODO

### Teilaufgabe 8b

blending.cpp

```
1  void renderScene()
2  {
3      glClear( GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL_DEPTH_BUFFER_BIT );
4      // Initialisieren Sie hier den OpenGL-Zustand!
5      glDepthMask( GL_TRUE );     /* (1) */
6      glEnable( GL_DEPTH_TEST ); /* (3) */
7      glDisable( GL_BLEND );      /* (6) */
8
9      // Zeichnen Sie die Szene ab hier!
10     drawOpaque();               /* (12) */
11     glDepthMask( GL_FALSE );    /* (2) */
12     glEnable( GL_BLEND );       /* (5) */
13     sortTransBackToFront();     /* (7) */
14     drawTrans();                /* (9) */
15 }
```

### Teilaufgabe 8c

```
glBlendFunc(GL_SRC_ALPHA, GL_ONE_MINUS_SRC_ALPHA);
```

### Teilaufgabe 8d

```
glBlendFunc(GL_ONE, GL_ONE);
```

## Aufgabe 9

### Teilaufgabe 9a

shader9a.frag

```
#define TERRAIN 1   // Index des Terrain-Objekts
#define WATER 2     // Index des Wasser-Objekts
#define NOTHING 0   // Kein Objekt

// Berechnet Abstand zwischen p und nächstgelegener Oberfläche ...
float distTerrain(vec3 P) {...}     // ... der Landschaft
float distWater(vec3 P) {...}       // ... der Wasseroberfläche

uniform float tmin; // Minimale Schnittdistanz, ab der gesucht wird
uniform float tmax; // Maximale Schnittdistanz, bis zu der gesucht wird
uniform float eps;  // Oberflächendistanz, ab der Objekt als geschnitten gilt

// Berechne Abstand des nächstgelegenen Schnittes mit Terrain oder Wasser
float intersect(
  in vec3 O,        // Strahlursprung
  in vec3 d,        // Normierte Strahlrichtung
  out int oidx)     // Geschnittenes Objekts (NOTHING, TERRAIN oder WATER)
{
    float t = tmin;

    while (t < tmax) {
        vec3 P = O + t * d;
        float dt = distTerrain(P);
        float dw = distWater(P);

        float d;
        if (dt < dw) {
            d = dt;
            oidx = TERRAIN;
        } else {
            d = dw;
            oidx = WATER;
        }
```

```
34
35          if (d < eps) return t;
36          t += d;
37      }
38
39      // Kein Schnittpunkt
40      oidx = NOTHING;
41      return tmax;
42  }
```

## Teilaufgabe 9b

shader9b.frag

```
1  // Berechnet Oberflächennormale der Distanzfelder
2  vec3 normalAt(vec3 P) {...}
3
4  // Berechnet Farbe ...
5  vec3 skyColor(vec3 viewDir) {...}  // ... des Himmels
6  vec3 terrainColor(                 // ... der Landschaft
7    vec3 P,                            // - Position
8    vec3 normal) {...}                 // - Normale
9  vec3 waterColor(                   // ... des Wassers
10   vec3 normal,                       // - Normale
11   vec3 viewDir,                      // - eingehende Strahlrichtung
12   vec3 reflectionColor,              // - Farbe des Reflexionsstrahls
13   vec3 transmissionColor) {...}      // - Farbe des Refraktionsstrahls
14
15 // Berechne Schnittfarbe
16 vec3 computeColor(
17   in vec3 O, // Strahlursprung
18   in vec3 d) // Strahlrichtung
19 {
20      int oidx;
21      float t = intersect(O, d, oidx);
22
23      if (oidx == NOTHING) {
24          return skyColor(d);
25      }
26
27      vec3 P = O + t * d;
28      vec3 n = normalAt(P);
29      if (oidx == TERRAIN) {
30          return terrainColor(P, n);
```

```
31      }
32
33      vec3 r = 2 * n * dot(-d, n) + d;
34      return waterColor(n, d, skyColor(r), computeColor(P, d));
35  }
```

# Aufgabe 10

## Teilaufgabe 10a

$$
\begin{aligned}
&(1-u^2)\mathbf{b}_0 + 2u(1-u)\mathbf{b}_1 + u^2\mathbf{b}_2 \\
&= (1-2u+u^2)\mathbf{b}_0 + (2u-2u^2)\mathbf{b}_1 + u^2\mathbf{b}_2 \\
&= \mathbf{b}_0u^2 - 2\mathbf{b}_1u^2 + \mathbf{b}_2u^2 - 2\mathbf{b}_0u + 2\mathbf{b}_1u + \mathbf{b}_0 \\
&= (\underbrace{\mathbf{b}_0 - 2\mathbf{b}_1 + \mathbf{b}_2}_{=\mathbf{a}_2})u^2 + (\underbrace{2\mathbf{b}_1 - 2\mathbf{b}_0}_{=\mathbf{a}_1})u + \underbrace{\mathbf{b}_0}_{=\mathbf{a}_0}
\end{aligned}
$$

**Teilaufgabe 10b**