

## Aufgabe 1: Wahrnehmung und Farbräume

### Teilaufgabe 1a

*Welche Eigenschaft der menschlichen Wahrnehmung wird durch das Weber-Fechner-Gesetz beschrieben?*

Das Weber-Fechner-Gesetz macht eine Aussage über die subjektiv empfundene Stärke von Sinneseindrücken in Abhängigkeit von der Intensität des Helligkeitsunterschiedes.

Es wird die Eigenschaft, dass die Stärke des Sinneseindrucks von der Intensität logarithmisch abhängt, beschrieben.

### Teilaufgabe 1b

*Was ist der Gamut eines Monitors?*

Der Gamut eines Monitors entspricht dem Spektrum der darauf darstellbaren Farben.

### Teilaufgabe 1c

Aussage	RGB	CMY	HSV	CIE $xyY$
Der Farbraum ist additiv.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Farbraum ist subtraktiv.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Farbraum ist multiplikativ.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Farbraum trennt Luminanz von Chrominanz.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Der Farbraum kann alle sichtbaren Farben repräsentieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Der Farbraum wird nativ auf Peripheriegeräten verwendet.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Aufgabe 2: Prozedurale Modellierung

### Teilaufgabe 2a

*Nennen Sie einen Vorteil und einen Nachteil prozeduraler Beschreibungen! Nennen Sie zwei Beispiele für deren Modellierung prozedurale Modelle gut geeignet sind!*

- **Vorteil:** Wenig Speicherplatz wird benötigt
- **Nachteil:** Komplexe Beschreibung
- **Beispiele**
  - Bäume, Gebirge, Vegetation
  - Hypertextures (Wolken)
  - Landschaften

### Teilaufgabe 2b

*Was versteht man unter Rauschtexturen nach Perlin?*

Überlagerung verschiedener Frequenzbereiche (spektrale Synthese) zur Erzeugung von Rauschfunktionen für Texturen.

*Was sind wichtige Eigenschaften dieser Rauschtexturen?*

(1) Reproduzierbarkeit (2) Keine sichtbare Periodizität

*Geben Sie eine einfache Möglichkeit an, um 2D-Rauschtexturen zu berechnen.*

Rauschtexturen können anhand eines 2D-Gitters mit Zufallswerten und interpolation berechnet werden.

## Aufgabe 3: Ray-Tracing

### Teilaufgabe 3a

*Nennen Sie die vier Arten von Strahlen, die beim Whitted-Style-Ray-Tracing auftreten können. Welche dieser Strahlen benötigen zur Berechnung Rekursion?*

(1) Primärstrahlen (2) Reflektionsstrahlen (rekursiv) (3) Transmissionsstrahlen (rekursiv)  
(4) Schattenstrahlen

### Teilaufgabe 3b

*Nennen Sie die zwei Abbruchkriterien für die Rekursion, die Sie in der Vorlesung kennengelernt haben! Welchen Vorteil haben die Kriterien jeweils?*

- (1) **Maximale Rekursionstiefe:** Ist einfach zu implementieren
- (2) **Schwellwertunterschreitung** (der Zusätzliche Beitrag unterschreitet einen vorgegebenen Schwellwert): Ist adaptiv

### Teilaufgabe 3c

*In welchem Fall ist keine (weitere) Rekursion notwendig, nachdem ein Schnittpunkt gefunden wurde?*

- (1) Schnittpunkt mit einer Lichtquelle
- (2) Rekursionsabbruchbedingung erreicht
- (3) Schnittpunkt hinter Kamera
- (4) Näherer Schnittpunkt existiert

## Aufgabe 4: Texturen

### Teilaufgabe 4a

*Was versteht man unter Magnification und Minification bei der Texturierung? Nennen und erläutern Sie kurz je eine Möglichkeit, wie Sie den hierbei auftretenden Artefakten begegnen können.*

- **Magnification:** Wenige Texel werden auf viele Pixel abgebildet.
  - Problem: Bild ist unscharf
  - Lösung: Bilineare Interpolation
- **Minification:** Viele Texel werden auf wenige Pixel abgebildet.
  - Problem: Aliasing durch Unterabtastung
  - Lösung: Supersampling oder Vorfilterung (z.B. Mipmaps, ripemaps)

### Teilaufgabe 4b

*Nennen Sie zwei Parametrisierungen für Environment Maps und für jede angegebene Parametrisierung einen Vorteil oder Nachteil.*

- **Sphere-Map**
  - Singularität am Rand
  - + Mit Kamera, Chromkugel und Photoshop kann sie recht einfach aufgenommen / erstellt werden
- **Cube-Map** hat den Vorteil, sie bei korrekter Filterung Nahtlos ist.

- **LatLong-Map** hat den Nachteil, dass die Pole ungleichmäßig abgetastet werden.

## Aufgabe 5: Räumliche Datenstrukturen

### Teilaufgabe 5a

*Begründen Sie, warum und wofür räumliche Datenstrukturen für Ray-Tracing von komplexen Szenen besonders wichtig sind!*

Zur Beschleunigung der Schnittpunktberechnung bei Szenen mit vielen Objekten / Primitiven.

### Teilaufgabe 5b

Aussage	BVH	Octree	Gitter	BSP
Der Aufbau-Algorithmus ist adaptiv und passt die Datenstruktur deshalb automatisch an die Geometrie an.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Die Datenstruktur wird durch einen Binärbaum repräsentiert.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Objekte werden bei der Traversierung potentiell mehrfach von demselben Strahl geschnitten.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei der Traversierung wird leerer Raum effizient übersprungen.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Der Raum wird durch die Datenstruktur immer achsenparallel unterteilt. <sup>1</sup>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bei der Konstruktion kann die Surface-Area-Heuristik sinnvoll eingesetzt werden.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

<sup>1</sup>Da der BVH hier AABBs verwendet, sind diese natürlich achsenparallel. Die Frage ist, wie „unterteilt“ zu verstehen ist. BVHs und Octrees decken — im Gegensatz zu kD-Bäumen — nicht den gesamten Raum ab. Bzw. nur indirekt.

## Aufgabe 6: Clipping

### Teilaufgabe 6a

Mit welchen Kanten der Clipping-Region wird die Strecke  $\overline{P_1P_2}$  beim Cohen-Sutherland-Clipping-Algorithmus potenziell geschnitten?

1. Outcode( $P_1$ ): 1010; Outcode( $P_2$ ): 0100
2. Outcode( $P_1$ ) | Outcode( $P_2$ ) = 1110  $\neq$  0000  $\Rightarrow$  kein trivial accept.
3. Outcode( $P_1$ ) & Outcode( $P_2$ ) = 0000  $\Rightarrow$  kein trivial reject.
4. Es werden potentiell die linke (10xx), untere (xx10) und rechte (01xx) Kante geschnitten, da die entsprechenden Optcodes gesetzt sind

Wovon hängt es ab, mit welchen Kanten die Strecke tatsächlich geschnitten wird?

Welche Kanten tatsächlich geschnitten werden hängt von der Reihenfolge der Schnitte ab.

### Teilaufgabe 6b

In welchen Fällen kann der Algorithmus ausschließlich anhand der Outcodes eine beliebige Strecke  $\overline{AB}$  eliminieren?

In den *trivial accept* und *trivial reject* Fällen kann der Algorithmus ausschließlich anhand der Outcodes eine Strecke eliminieren.

Welche Bitoperation wird mit den Outcodes hierzu durchgeführt?

Bit-weises und (&) für trivial reject und bit-weises oder (|) für trivial accept.

## Aufgabe 7: Shading

### Teilaufgabe 7a

Aussage	Flat	Gouraud	Phong
Die Normale wird für jeden Pixel aus Normalen der Eckpunkte interpoliert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Der Mach-Band-Effekt (Machsche Streifen) kann sichtbar werden / auftreten.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Beleuchtung wird ausschließlich an den Vertex-Positionen berechnet und anschließend interpoliert.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Für die Berechnung der Beleuchtung wird die Flächennormale des Dreiecks verwendet.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Ebene in Abbildung 1, repräsentiert durch ein Dreiecksnetz, soll diffuse und spekulare Reflexionseigenschaften aufweisen. Dann ändert sich durch eine feinere Unterteilung der Ebene die berechnete Beleuchtung nicht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Wird in der Fixed-Function-Pipeline von OpenGL unterstützt.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Teilaufgabe 7b

*Wie werden Normalenvektoren beim Phong-Shading interpoliert?*

Normalen werden im linear Verhältnis des Abstands zu den Eckpunkten berechnet (Baryzentrische Koordinaten).

*Warum muss im Allgemeinen nach der Interpolation erneut normalisiert werden?*

Die ermittelte normale kann eine Länge  $\neq 1$  aufweisen.

### Teilaufgabe 7c

*Kann man das Blinn-Phong-Beleuchtungsmodell mit Flat-Shading kombinieren?*

Ja. Man kann die Dreiecksnormale für die Berechnung des Diffusanteils pro Pixel verwenden.

## Aufgabe 8: Rasterisierung

Aussage	Wahr	Falsch
Sichtbarkeit wird vor der Rasterisierung berechnet.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Opake Primitive können mit korrekter Verdeckungsberechnung rasterisiert werden, ohne vorher explizit sortiert zu werden.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Tiefenwert (z-Wert) kann mit Hilfe von baryzentrischen Koordinaten korrekt im Bildraum interpoliert werden.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Tiefenwert, der im Tiefenpuffer gespeichert wird, hängt von den Abständen der Near- und Far-Plane zur Kamera ab.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Transparente Oberflächen können ohne vorherige Sortierung korrekt dargestellt werden.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
In OpenGL wird der Tiefentest vor den Alpha- und Stenciltests durchgeführt.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

## Aufgabe 9: OpenGL

### Teilaufgabe 9a

*Welchen Vorteil haben Dreiecksstreifen (`GL_TRIANGLE_STRIP`) im Vergleich zu isolierten Dreiecken (`GL_TRIANGLES`)?*

Beim Triangle-Strip werden die Vertices für mehrere Dreiecke verwendet. Es muss also weniger gespeichert werden.

### Teilaufgabe 9b

*Was versteht man unter einem Indexed Face Set? Welche Optimierung bei der Geometrieverarbeitung wird dadurch erst ermöglicht?*

Liste von Indices für die Vertices in einem Polygonmesh. Die Vertices werden also indirekt referenziert. Dadurch wird die Verwendung eines Vertexcache ermöglicht.

### Teilaufgabe 9c

*Was versteht man bei OpenGL unter „Blending“? Nennen Sie eine wichtige Anwendung wofür es eingesetzt werden kann!*

Blending bezeichnet die Farbkombination (z.B. Überlagerung) von erzeugten Fragmenten und Pixeln im Framebuffer. Dadurch lassen sich semi-transparente Objekte darstellen.

### Teilaufgabe 9d

*Geben Sie zwei kommutative Blending-Einstellungen mittels OpenGL-Befehlen an. Gehen Sie dabei davon aus, dass als Blending-Verknüpfungsoperation die Addition eingestellt ist.*

- `glBlendFunc(GL_ONE, GL_ONE)`
- `glBlendFunc(GL_ZERO, GL_ZERO)`

### Teilaufgabe 9e

*Erläutern Sie die Aufgaben eines Vertex-Shaders bzw. Vertex-Programms und welche Ein- und Ausgabedaten zur Verfügung stehen und erzeugt werden müssen bzw. können!*

Ein Vertex-Shader transformiert einen Vertex und verarbeitet dessen Attribute (Position, Normale, Farbe/Texturkoordinate, ...).

- Input: `gl_Vertex`, Matrizen (MVP-Matrix)
- Output: `gl_Position` nach MVP-Transformation, `gl_Normal`

## Aufgabe 10: Bézierkurven

### Teilaufgabe 10a

*Wie nennt man den Algorithmus zur rekursiven Auswertung von Bézierkurven, der auch eine grafische Repräsentation hat?*

Algorithmus von De Casteljau.



### Teilaufgabe 10b

Zählen Sie vier wichtige Eigenschaften von Bézierkurven, die Sie in der Vorlesung kennengelernt haben, auf.

- **Tangentenbedingung:**  $c_0c_1$  ist Tangential an die Bézierkurve am Anfang,  $c_2c_3$  ist Tangential an die Bézierkurve am Ende.
- **Wertebereich:** Bézierkurven liegen innerhalb der konvexen Hülle, die durch die 4 Kontrollpunkte gebildet werden.
- **Endpunktinterpolation:** Bézierkurven beginnen immer beim ersten Kontrollpunkt und enden beim letzten Kontrollpunkt.
- **Variationsreduktion:** Eine Bézierkurve  $F$  wackelt nicht stärker als ihr Kontrollpolygon  $B$  ( $\#(H \cap F) \leq \#(H \cap B)$ ).
- **Affine Invarianz**

### Teilaufgabe 10c

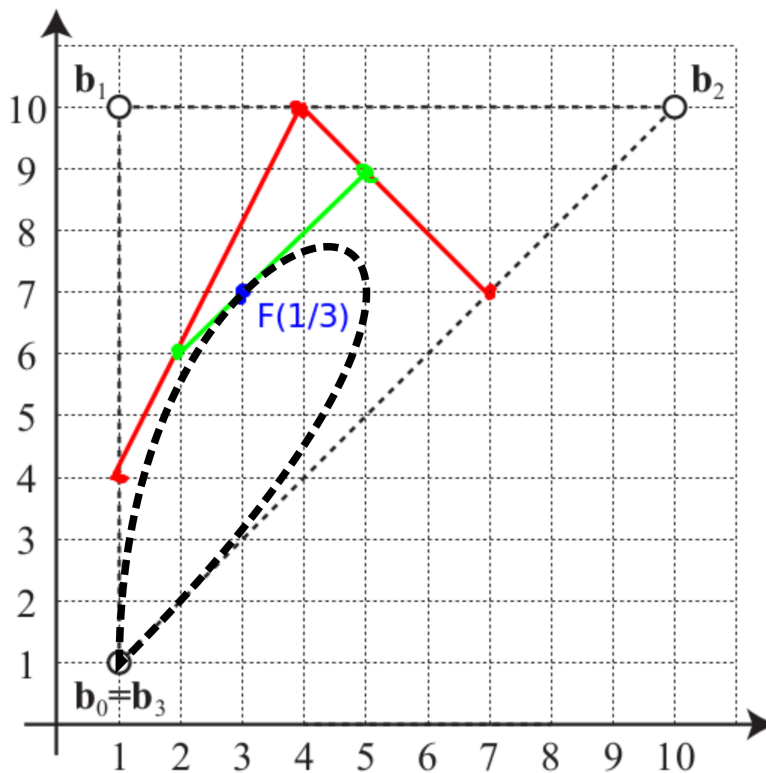


Abbildung 1: Skizze zu Aufgabe 10c