

## Aufgabe 1: Raytracing

### Teilaufgabe 1a

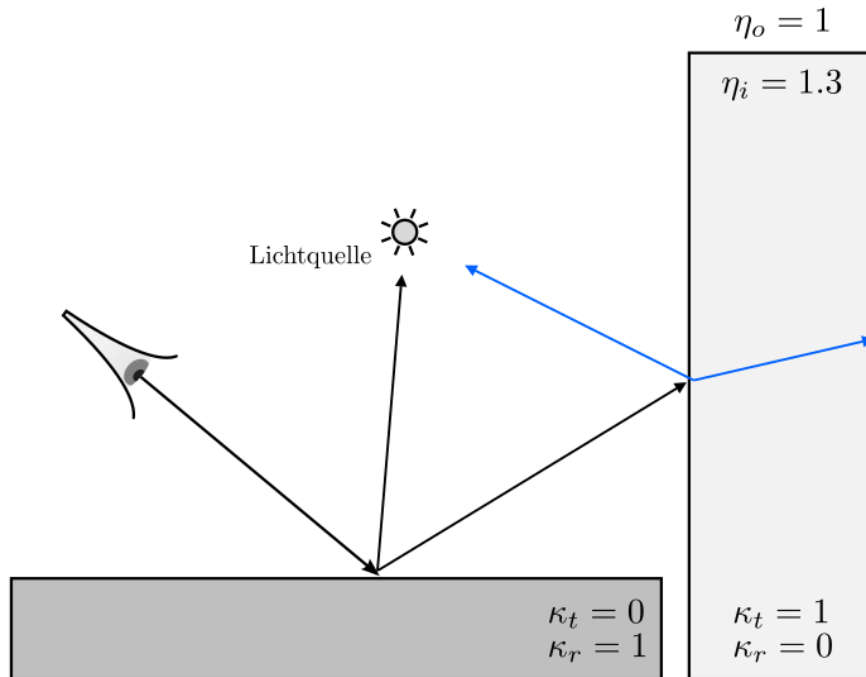


Abbildung 1: Reflexionsstrahl, Schattenstrahlen und Transmissionstrahl

### Teilaufgabe 1b

Wie nennt man das physikalische Gesetz oder Prinzip, welches die Richtungsänderung eines Lichtstrahls beim Übergang in ein anderes Medium beschreibt?

Snellsches Gesetz ( $\eta_0 \cdot \sin \theta_0 = \eta_1 \cdot \sin \delta_1$ )

### Teilaufgabe 1c

Welche Bedingung muss gelten, damit beim Übergang eines Lichtstrahls von einem Medium mit Brechungsindex  $\eta_0$  in ein Medium mit Brechungsindex  $\eta_1$  Totalreflexion auftreten kann?

Der Einfallswinkel muss einen Grenzwinkel  $\theta = \arcsin \frac{\eta_1}{\eta_0}$  überschreiten (also besonders flach auf das Material sein).

## Aufgabe 2: Beleuchtung und Wahrnehmung

### Teilaufgabe 2a

- Bild 1: Nicht mögliche Kombination aus Bild 2 und Bild 3.
- Bild 2: Komplett spekulär
- Bild 3: Entspricht einem Glanzlicht in Richtung  $N$ , aber das ist nur in Richtung  $R_L$  möglich.
- Bild 4: Komplett diffus.

### Teilaufgabe 2b

Aussage	Wahr	Falsch
Von den drei Grundfarben der additiven Farbmischung sind Menschen gegenüber blau in der Regel am unempfindlichsten.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es gibt keine zwei unterschiedlichen Lichtspektren im sichtbaren Bereich, die der Mensch als dieselbe Farbe wahrnimmt.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Genau drei Grundgrößen reichen (nach Graßmann) aus, um einen menschlichen Farbeindruck zu beschreiben.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Es entspricht nicht der menschlichen Farbempfindlichkeit, wenn die Helligkeit (Luminanz) einer Farbe als das arithmetische Mittel der RGB-Anteile berechnet wird.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gammakorrektur mit dem Parameter $\gamma$ wird üblicherweise durch die Abbildung $L' = \gamma^L$ beschrieben.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

## Aufgabe 3: Transformationen

### Teilaufgabe 3a

Homogene Koordinaten

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 0 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

### Teilaufgabe 3b

*Geben Sie zeichnerisch ein einfaches Beispiel an, das deutlich zeigt, dass man die Normalen eines Primitivs im Allgemeinen nicht mit derselben Matrix transformieren kann wie die Vertices. Um was für eine Art Transformation handelt es sich dabei?*

Normale auf Kreis; Skalierung in  $x$ -Richtung.

### Teilaufgabe 3c

Um Normalen korrekt von Objekt- in Kamerakoordinaten zu transformieren, verwendet man die...

- ☒ invers transponierte Model-View-Matrix.
- ☐ dehomogenisierte Model-View-Matrix.
- ☐ inverse Projektionsmatrix.

Die Matrix  $\begin{pmatrix} 1 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$  ist eine...

- ☒ Translationsmatrix in homogenen 2D-Koordinaten.
- ☐ Translationsmatrix in homogenen 3D-Koordinaten.
- ☐ Rotationsmatrix in  $\mathbb{R}^{3 \times 3}$ .

Die Matrix  $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$  beschreibt eine...

- ☐ Rotation.
- ☒ Spiegelung an der ersten Winkelhalbierenden.
- ☐ nichtlineare Abbildung.

Matrixmultiplikation ist stets kommutativ, wenn...

- ☒ nur Skalierungsmatrizen multipliziert werden.
- ☐ nur Scherungsmatrizen multipliziert werden.
- ☒ nur Rotationsmatrizen multipliziert werden.

Beweis für 2D-Rotationsmatrizen:

$$\begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos \beta & -\sin \beta \\ \sin \beta & \cos \beta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta & -\cos \alpha \sin \beta - \sin \alpha \cos \beta \\ \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta & -\sin \alpha \sin \beta + \cos \alpha \cos \beta \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$= \begin{pmatrix} \cos \beta & -\sin \beta \\ \sin \beta & \cos \beta \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \quad (2)$$

## Aufgabe 4: Texturen und Texture-Mapping

### Teilaufgabe 4a

Skizzieren Sie hier die Ausgabe

Wie Beispiellösung, nur anstelle von „C“ kommt B und anstelle von „A“ kommt D.

### Teilaufgabe 4b

*Wann und wofür wird die bilineare Interpolation beim Texture-Mapping verwendet?*

Bei Magnification um Unschärfe zu kompensieren.

### Teilaufgabe 4c

*Was ist die Grundidee von vorgefilterten Environment Maps?*

Die Grundidee ist die Darstellung einer Umgebung mit nur geringem Aufwand.

*Nennen Sie zwei Beispiele für Beleuchtungseffekte, die damit erzielt werden können!*

- Diffuse Beleuchtung
- Spekulare Beleuchtung

*Welche grundlegende Annahme wird dabei gemacht?*

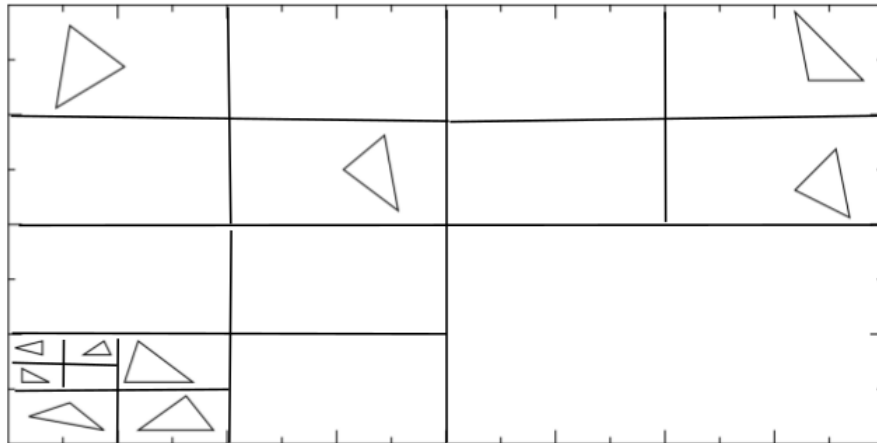
Die Umgebung ist weit genug entfernt, sodass die Position keine Rolle spielt und nur die Richtung genommen werden muss.

## Aufgabe 5: Räumliche Datenstrukturen

### Teilaufgabe 5a

Aussage	BVH	Octree	kD-Baum	Gitter
Die Raumunterteilung kann mit Hilfe der Surface Area Heuristic durchgeführt werden.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Anzahl der Schnittpunkte mit Primitiven kann durch Mailboxing weiter reduziert werden.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Die Raumunterteilung ist geeignet für Szenen mit einer Geometrie, die dem sogenannten Teapot-in-a-Stadium-Problem ähnelt.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Datenstruktur liegt ein Binärbaum zugrunde.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Teilaufgabe 5b



### Teilaufgabe 5c

Sie wollen in der obigen Szene Raytracing durchführen und dies mit einer räumlichen Datenstruktur beschleunigen. Ist dafür ein regelmäßiges Gitter oder ein *kD*-Baum besser geeignet? Begründen Sie Ihre Entscheidung!

Ein *kD*-Baum eignet sich für das genannte Szenario besser, da bei Verwendung eines Gitters mehr als die Hälfte des raumes leer ist. Der Großteil der Geometrie befindet sich links unten.

## Aufgabe 6: Rauschen und Turbulenz

### Teilaufgabe 6a

Welche der Funktionen ist eine Rauschfunktion (value noise)?  $\gamma(t)$

### Teilaufgabe 6b

Welche der Funktionen ist eine Turbulenzfunktion? Wie kann man eine Turbulenzfunktion aus einer Rauschfunktion wie der aus Aufgabe a) erzeugen? Geben Sie eine Formel an!

$\delta(t)$  wird erzeugt durch spektrale Synthese (vgl. Folie 14):

$$\text{turbulence}(x) = \sum k^n (1/2)^k \cdot n(2^k \cdot x)$$

### Teilaufgabe 6c

Welche zwei der Funktionen sind weder Rausch- noch Turbulenzfunktionen? Nennen Sie jeweils eine Eigenschaft von Rauschfunktionen, die nicht erfüllt wird.

$\alpha$  Eine Rauschfunktion darf nicht sichtbar periodisch sein

$\beta$  Räumliche Korrelation ist verletzt

## Aufgabe 7: Interpolation

### Teilaufgabe 7a

Wie berechnet man die baryzentrische Koordinate  $\lambda_2$  des Punktes  $\mathbf{x}$  bezüglich des abgebildeten Rechtecks?

$$\lambda_2 = \frac{\square(\mathbf{x}, \mathbf{x}_4)}{\square(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_3)}$$

### Teilaufgabe 7b

Berechnen Sie anhand der in der Zeichnung angegebenen Längen die 4 baryzentrischen Koordinaten des Punktes  $\mathbf{x}$  mit der Formel aus Aufgabenteil a). Nutzen Sie dann die baryzentrischen Koordinaten, um anzugeben, wie der interpolierte Farbwert  $\mathbf{c}$  am Punkt  $\mathbf{x}$  berechnet wird.

$$\lambda_1 = 2/9 \qquad \lambda_2 = 1/9 \qquad (3)$$

$$\lambda_3 = 2/9 \qquad \lambda_4 = 4/9 \qquad (4)$$

$$c = 2/9 \cdot c_1 + 1/9 \cdot c_2 + 2/9 \cdot c_3 + 4/9 \cdot c_4$$

### Teilaufgabe 7c

$$\lambda_1^\Delta = 1/3 \qquad \lambda_3^\Delta = 1/3 \qquad (5)$$

$$\lambda_4^\Delta = 1/3 \qquad (6)$$

$$c' = 1/3 \cdot c_1 + 1/3 \cdot c_3 + 1/3 \cdot c_4 \neq c$$

## Aufgabe 8: OpenGL und OpenGL-Shader

	Aussage	Wahr	Falsch
1	Beleuchtung mit Schattenberechnung kann bei OpenGL mit Hilfe von <code>glEnable(GL_LIGHTING   GL_SHADOWS)</code> aktiviert werden.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Der Vertex-Cache funktioniert nicht mit indizierten Vertices.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Im Fragment-Shader kann auf benachbarte Fragmente zugegriffen werden.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Im Fragment-Shader kann man die Tiefe eines Fragments verändern.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Die Fixed-Function-Pipeline berechnet Beleuchtung in normalisierten Gerätekoordinaten.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	OpenGL führt Clipping in normalisierten Gerätekoordinaten durch.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	Der Maler-Algorithmus benutzt einen Tiefenpuffer, um das Sichtbarkeitsproblem zu lösen.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Im Vertex-Shader kann man durch Erzeugung zusätzlicher Vertices Primitive unterteilen.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Der Fragment-Shader ist in der OpenGL-Pipeline vor den Fragment-Operationen und nach dem Geometrie-Shader.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Beim Tiefenpuffer-Verfahren ist die Reihenfolge des Zeichnens auch bei opaken Primitiven wichtig für die Korrektheit.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

## Aufgabe 9

TODO

## Aufgabe 10

TODO

## Aufgabe 11

```
_____ shader.frag _____  
1 whatever
```

## Aufgabe 12

TODO