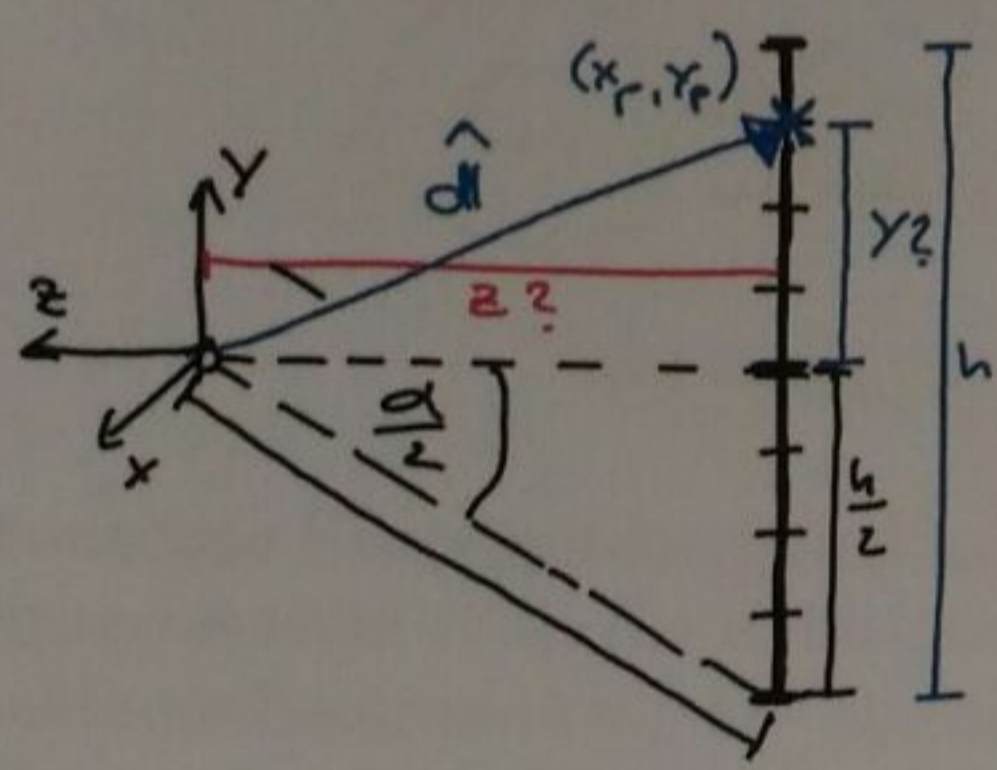


DR. J. P. F. ...
 P. F. ...
 F. ...
 S. ...

Aufgabe 9: Strahlerzeugung in der Kamera 5

Die Abbildung zeigt die Herleitung der Strahlerzeugung für eine perspektivische Kamera im Ursprung mit einem rechtshändigen Koordinatensystem, in dem die X-Achse nach *rechts*, die Y-Achse nach *oben* und die Z-Achse nach *hinten* zeigt.



$$y = \frac{h}{2} - y_r$$

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{h/2}{z}$$

$$z = -\frac{h/2}{\tan \frac{\alpha}{2}}$$

$$x = x_r - \frac{w}{2}$$

Abbildung 58: Strahlerzeugung in perspektivischer Kamera

Wie lautet der noch nicht normalisierte Richtungsvektor \vec{d} eines Strahls durch das Pixel mit den Koordinaten $(4, 3)$, der von der oben gezeigten Kamera mit einem Öffnungswinkel von $\frac{\pi}{3}$ (60°) für ein Bild der Größe 8×6 Pixel (Breite \times Höhe) erzeugt wird?

$$x = 4 - \frac{8}{2} = 0$$

$$y = \frac{6}{2} - 3 = 0$$

$$z = -\frac{3}{\tan \frac{\pi}{3}} = -5,196$$

$$\vec{d} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -5,196 \end{pmatrix} \quad \checkmark$$

Aufgabe 3: Kompositum Entwurfsmuster



Das Kompositum-Entwurfsmuster beschreibt einen Baum als *rekursive* Datenstruktur. Betrachten Sie die folgende Anwendung des Patterns zur Repräsentation einer Baumstruktur, die ganze Zahlen enthält. Die einzig unterstützte Operation ist die Bildung des Maximums über alle Zahlenwerte im Baum.

```
interface Numbers {
    int max();
}

class Single implements Numbers {
    int n;
    int max() {
        return n;
    }
}

class Group implements Numbers {
    Numbers[] numbers;
    int max() { ... }
}
```

Geben Sie die noch fehlende Implementierung der Methode `Group.max()` an.

```
int max() {
    int m = -∞;
    for (Number n: numbers) {
        m m = Math.max(m, n.max());
    }
    return m;
}
```



Aufgabe 5: Speicherung von Rasterbildern T

Ein RGB Bild wird mit 8 Bit pro Komponente in einem Array von Bytes gespeichert. Das Bild hat eine Auflösung von 12×10 (Breite \times Höhe) Pixeln. Die Komponenten eines Pixels sind in der Reihenfolge rot, grün, blau abgelegt.

Welchen Index i in das Speicherarray hat die *blaue* Komponente des Pixels mit den Koordinaten $(4, 3)$?

- 111
- 110
- 42
- ✓ • 122
- 123
- 43

$$i = \overset{8}{\underset{1}{\frac{8}{8}}} \cdot 3 \cdot (3 \cdot 12 + 4) + 2 = 122$$

Aufgabe 8: Lineare Interpolation

6

Die Funktion $f(x)$ interpoliert linear zwischen zwei Punkten \mathbf{a} und \mathbf{b} . Dabei gilt

$$f(x_0) = \mathbf{b}, \quad f(x_1) = \mathbf{a}$$

Welchen Wert hat dann $f(0)$, wenn $x_0 = -2$ und $x_1 = 1$ ist?

- $f(0) = \frac{1}{3}\mathbf{a} - \frac{1}{6}\mathbf{b}$
- $f(0) = -2\mathbf{a} + \mathbf{b}$
- $f(0) = \frac{1}{2}(3\mathbf{a} + \mathbf{b})$
- $f(0) = \frac{1}{3}(2\mathbf{a} + \mathbf{b})$
- $f(0) = \frac{1}{3}\mathbf{a} + \frac{2}{3}\mathbf{b}$

Aufgabe 15: Eigenschaften der Transmission 0

Das *Snelliussche Brechungsgesetz* und die *Schlick Approximation* werden in der Computergrafik oft verwendet, um das Verhalten eines Strahls beim Übergang von einem transparenten Medium in ein Anderes zu beschreiben. Welche der folgenden Aussagen über diesen Prozess treffen zu?

- Beim Übergang in ein optisch weniger dichtes Medium (kleinerer Brechungsindex) kann *Totalreflexion* auftreten.
- Beim Übergang zwischen zwei transparenten Medien tritt immer auch Reflexion auf.
- Beim Übergang in ein optisch dichteres Medium (größerer Brechungsindex) kann *Totalreflexion* auftreten.
- Beim Übergang in ein optisch dichteres Medium (größerer Brechungsindex) wird der Strahl *zum Lot der Oberfläche hin* gebrochen.
- Beim Übergang in ein optisch dichteres Medium (größerer Brechungsindex) wird der Strahl *vom Lot der Oberfläche weg* gebrochen.

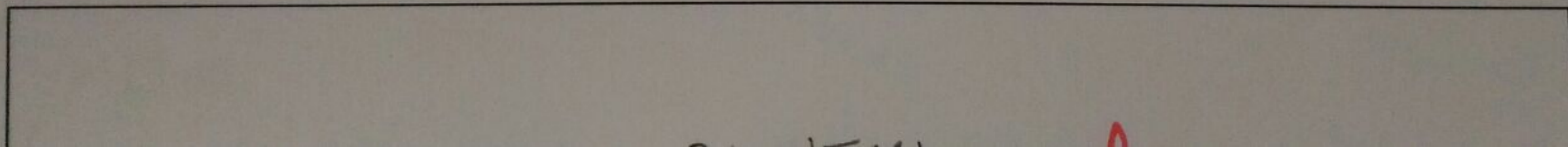
Aufgabe 4: Zusammengesetzte Transformation



Gegeben seien ein Punkt $\mathbf{a} = (0, 1, 0)$ und eine Richtung $\mathbf{d} = (-1, 1, 0)$, und deren Bildvektoren $\mathbf{a}' = (1, 1, 0)$ und $\mathbf{d}' = (1, -1, 0)$.

Geben Sie eine aus einfachen Translationen und Rotationen zusammengesetzte Transformation M an, so dass gilt:

$$\mathbf{a}' = M \cdot \mathbf{a} \quad \mathbf{d}' = M \cdot \mathbf{d}$$



Aufgabe 2: Beschleunigung mit einer Hüllkörperhierarchie



Das Raytracing eines Szenegraphen kann durch die Verwendung einer Hüllkörperhierarchie wesentlich beschleunigt werden. Dazu wird für jeden Knoten des Graphen ein Hüllkörper berechnet, der sämtliche untergeordnete Objekte umschließt. Beim Raytracing eines Knoten, wird der Schnitt mit dem Hüllkörper dann zuerst ausgewertet. Welches Laufzeitverhalten erhält man dadurch im Idealfall? Dabei ist k die Anzahl der Knoten im Szenegraphen, und n die Anzahl der insgesamt verschickten Strahlen.

- $O(k) = n \cdot k$
- $O(k) = k^2$
- $O(k) = k \cdot \log k$
- $O(k) = n \cdot \log k$
- $O(k) = k \cdot \log n$
- $O(k) = n \cdot \log n$

Aufgabe 7: Transformationen im Szenengraphen

2

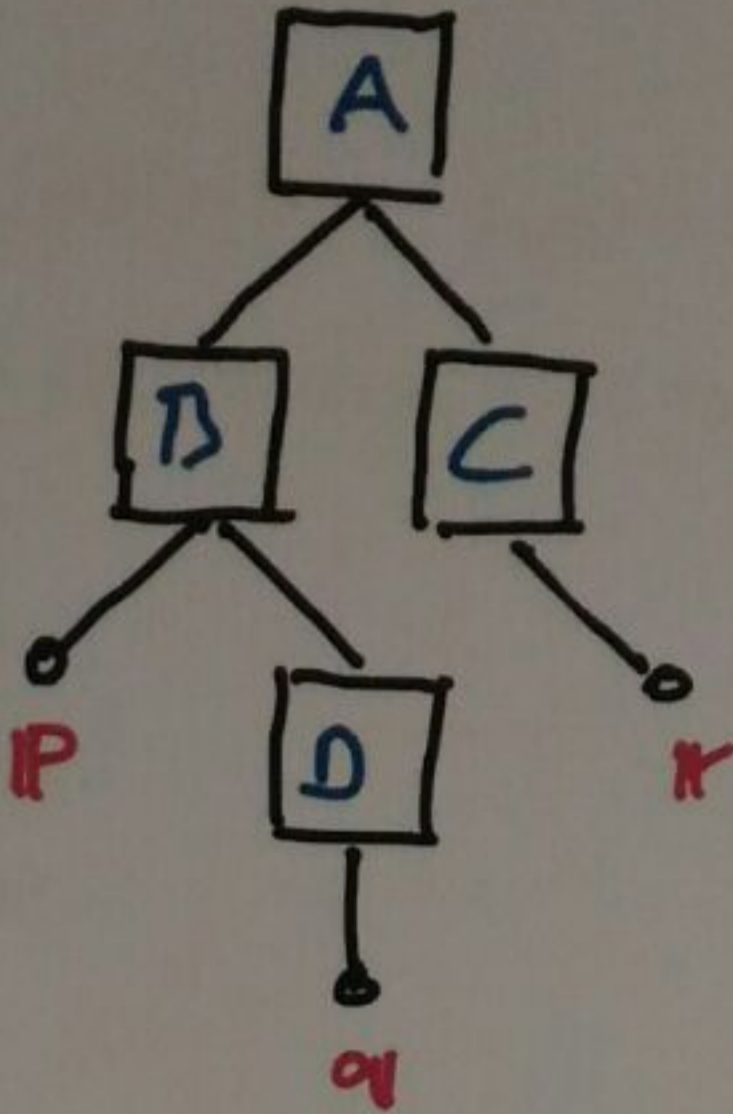


Abbildung 57:

Die Abbildung zeigt einen Szenengraphen mit den vier Transformationen A , B , C und D , sowie den drei Punkten p , q und r .

Wie lauten die zusammengesetzten Transformationen, die, wie nachfolgend angegeben, den Punkt in das Zielkoordinatensystem transformieren?

W ist dabei das globale Weltkoordinatensystem.

- $q \Rightarrow B$: $B \cdot D \cdot q$ f
- $r \Rightarrow D$: $D^{-1} \cdot r$ f
- $q \Rightarrow W$: ~~$W \cdot A \cdot B \cdot D \cdot q$~~ ✓
- $p \Rightarrow W$: ~~$W \cdot A \cdot B \cdot p$~~ ✓
- $p \Rightarrow D$: $D \cdot p$ f

- Command Design Patter
- Kapselung einer Aktion
- Trennung von aufrufen
- Flexibilität, Dynamik
- Markro-Kommande
- Null-Object-Desig

Kapsle einen Befeh

- Klienten mit v
- Operationer
- ein Logbuc
- Operatio

Invoker

rece

n1

02

Aufgabe 12: Supersampling



Die Verwendung mehrerer Abtastpunkte pro Pixel bei der Bilderzeugung (Supersampling) hilft welche der folgenden, für die Bildqualität abträglichen Effekte zu vermeiden?

- Geringe Farbauflösung in dunklen Bildbereichen
- Nichtlineare Wiedergabe linearer Intensitätsverläufe
- Verschwommene Bilder bei kleiner Auflösung
- ✓ • Treppeneffekte an Silhouette von Objekten
- ✓ • Moiré-Effekte auf fein strukturierten Oberflächen

Aufgabe 14: Reflexionsrichtung

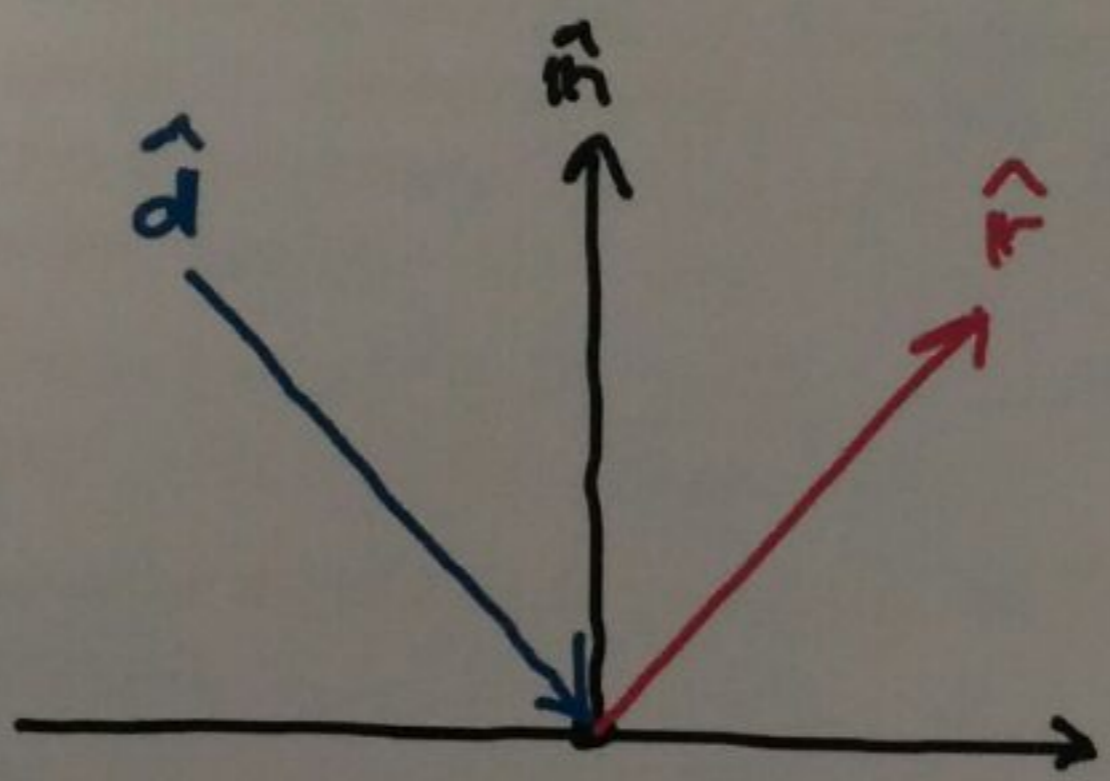


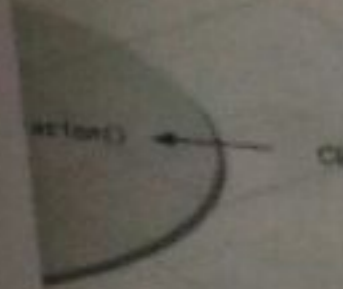
Abbildung 60:

Welche der folgenden Gleichungen beschreiben die Reflexionsrichtung \hat{r} eines einfallenden Strahls \hat{d} , der auf eine perfekt spiegelnde Oberfläche mit dem Normalenvektor \hat{n} trifft.

- $\hat{r} = \hat{d} - 2b\hat{n}, b = -\hat{n} \cdot \hat{d}$
- ✓ • $\hat{r} = \hat{d} + 2b\hat{n}, b = -\hat{n} \cdot \hat{d}$
- $\hat{r} = \hat{n} - 2(\hat{d} \cdot \hat{n})\hat{d}$
- ↻ • $\hat{r} = \hat{d} - 2(\hat{n} \cdot \hat{d})\hat{n}$
- $\hat{r} = \hat{d} + 2(\hat{n} \cdot \hat{d})\hat{n}$
- $\hat{r} = \hat{n} + 2(\hat{d} \cdot \hat{n})\hat{d}$

Das Co
• Obj
• das Au
von Ak
will,

TERN
um Zuständigkeiten
ernative zur
ionalität einer Klasse



...Decompose()

... (Funktion)

...decorator, benut

...funktionalität

...chne

...enrock mit Kn

Aufgabe 6: Kreuzprodukt



Welche der folgenden Zusammenhänge beschreiben das Kreuzprodukt $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$ zwischen zwei Vektoren \mathbf{a} und \mathbf{b} korrekt?

- $|\mathbf{a} \times \mathbf{b}| = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z$
- $|\mathbf{a} \times \mathbf{b}| = \sin \theta$
- $|\mathbf{a} \times \mathbf{b}|$ ist die Flächenmaßzahl des aufgespannten Parallelograms

✓ $\mathbf{a} \times \mathbf{b} = \begin{pmatrix} a_y b_z - a_z b_y \\ a_z b_x - a_x b_z \\ a_x b_y - a_y b_x \end{pmatrix}$

✓ $|\mathbf{a} \times \mathbf{b}| = |\mathbf{a}| |\mathbf{b}| \sin \theta$

✗ $\mathbf{a} \times \mathbf{b}$ ist parallel zur aufgespannten Ebene

✗ $|\mathbf{a} \times \mathbf{b}| = |\mathbf{a}| |\mathbf{b}| \cos \theta$

ARMELN	Small	1	16,00	16,00	1,18	14,82
BLACK	Small	1	3,99	3,99	0,29	3,70
BRAUNGRAU	S	1	5,60	5,60	0,29	5,31
WEIN	S	1	11,00	11,00	0,29	10,71
Zwischensumme (inkl. MwSt.)						
Rabatt & Sale (inkl. MwSt.)						
Versand						

die
om/au

Aufgabe 16: Homogene Koordinaten

Bei der Betrachtung eines 3D-Vektors in homogenen Koordinaten wird diesem eine 4. Koordinate w hinzugefügt. Welche Aussagen über die Homogenisierende w treffen bezüglich der Anwendung von affinen Koordinaten zu?

- Ein Vektor mit $w = 1$ repräsentiert eine Normale.
- Ein Vektor mit $w = 1$ repräsentiert eine Richtung.
- ✓ • Der Wert von w verändert sich bei Anwendung einer affinen Abbildung nicht.
- ✓ • Ein Vektor mit $w = 1$ repräsentiert einen Punkt.
- ✗ • Ein Vektor mit $w = 0$ repräsentiert eine Richtung.
- Ein Vektor mit $w = 0$ repräsentiert einen Punkt.
- Ein Vektor mit $w = 0$ repräsentiert eine Normale.

COMMAND DESIGN PA

- Command Design Pattern
- Kapselung einer Aktion für ein O
- Trennung von aufrufender und a
- Flexibilität, Dynamik und Wied
- Makro-Kommandos & Undo-
- Null-Object-Design-Pattern

Kapsle einen Befehl als ein C

- Klienten mit verschiedene
- Operationen in eine Qur
- ein Logbuch zu führen u
- Operationen rückgängi

Invoker command

Receiver receiver

test1()
test2()

Akteure

mand

interface

ariert eine Schnittstell

eteCommand

iert eine Bindung zwisc

hert ggf. für das Undo d

mentiert die Aktion, Ind

receiver aufruft

(Aufrufer)

Aufgabe 13: Spiegelung an einer Geraden 6

Gegeben sei eine Gerade G durch die Punkte $\mathbf{a} = (0, 1, 0)$ und $\mathbf{b} = (1, 0, 0)$ und der Punkt $\mathbf{p} = (-1, 0, 0)$. Gesucht ist die Transformation S_G , die alle Punkte der Ebene $z = 0$ an der Geraden G spiegelt.

Überlegen Sie zunächst, welche Koordinaten der an der Geraden G in der Ebene $z = 0$ gespiegelte Punkt $\mathbf{p}' = S_G \cdot \mathbf{p}$ hat? Eine Zeichnung hilft dabei.

Die Transformation S_G lässt sich aus den grundlegenden Transformationen *Translation*, *Skalierung* und *Rotation* zusammensetzen. Welche der folgenden Transformationen gibt die Spiegelung S_G korrekt wieder?

- $S_G = T(-\mathbf{b}) \cdot S(-1, 1, 1) \cdot R_z(\pi/2) \cdot T(\mathbf{b})$
- $S_G = T(\mathbf{b}) \cdot S(-1, 1, 1) \cdot R_z(-\pi/2) \cdot T(-\mathbf{b})$
- $S_G = R_z(\pi/2) \cdot S(1, -1, 1) \cdot R_z(-\pi/2)$
- $S_G = T(\mathbf{a}) \cdot R_z(\pi/2) \cdot S(-1, 1, 1) \cdot R_z(-\pi/2) \cdot T(-\mathbf{a})$
- $S_G = T(\mathbf{a}) \cdot S(-1, -1, 1) \cdot T(-\mathbf{a})$
- $S_G = R_z(-\pi/2) \cdot S(1, -1, 1) \cdot R_z(\pi/2)$

Aufgabe 1: Ersatztransformation



Die Hardware eines fiktiven Prozessors stellt folgende diskrete Operationen für die Transformation von 3D Vektoren zur Verfügung:

Translation	Rotation	Skalierung
$T_x(x)$	$R_x(\alpha)$	$S_x(x)$
$T_y(y)$	$R_y(\alpha)$	$S_y(y)$
$T_z(z)$	<u>$R_z(\alpha)$</u>	$S_z(z)$

Nehmen Sie an, dass die Hardwareeinheit für die Operation $R_z(\alpha)$ ausfällt. Wie lässt sich diese Transformation durch eine Kombination aus den verbleibenden Operationen ersetzen? Wie lautet also $R_z^{\text{Ersatz}}(\alpha)$?

Aufgabe 1: Ersatztransformation



Die Hardware eines fiktiven Prozessors stellt folgende diskrete Operationen für die Transformation von 3D Vektoren zur Verfügung:

Translation	Rotation	Skalierung
$T_x(x)$	$R_x(\alpha)$	$S_x(x)$
$T_y(y)$	$R_y(\alpha)$	$S_y(y)$
$T_z(z)$	<u>$R_z(\alpha)$</u>	$S_z(z)$

Nehmen Sie an, dass die Hardwareeinheit für die Operation $R_z(\alpha)$ ausfällt. Wie lässt sich diese Transformation durch eine Kombination aus den verbleibenden Operationen ersetzen? Wie lautet also $R_z^{\text{Ersatz}}(\alpha)$?

Aufgabe 11: Texturen und Gammakorrektur 9

Wenn Rasterbilder zur Texturierung von Oberflächen verwendet werden sollen, muss man sich über Gammakorrektur Gedanken machen, um korrekte Ergebnisse zu erzielen. Welche der folgenden Überlegungen treffen zu?

- Gammakorrigierte Bilder müssen linearisiert werden.
- Bilder mit einem Gamma kleiner als 2.2 müssen erneut gamma-korrigiert werden.
- Die eventuell vorhandene Gammakorrektur eines Bildes muss rückgängig gemacht werden.
- Die Bilder können direkt als Texturen verwendet werden.
- Die Bilder müssen auf jeden Fall mit einem Gamma von 2.2 korrigiert werden.

Aufgabe 10: Koordinatensysteme

5

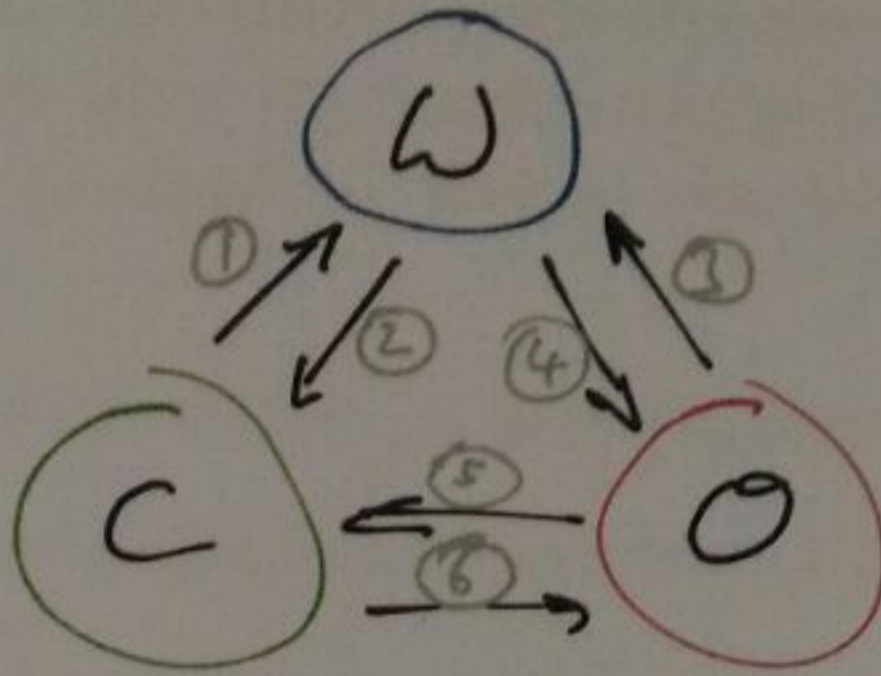


Abbildung 59:

Häufig verwendete Koordinatensysteme in der Computergrafik sind das Weltkoordinatensystem (\mathcal{W}), das Kamerakoordinatensystem (\mathcal{C}) und das lokale Objektkoordinatensystem (\mathcal{O}). Die Kameratransformation (V) und die Modellierungstransformation (M) werden verwendet, um Punkte und Richtungen zwischen diesen System hin und her zu transformieren.

Wie lauten die durch die Pfeile symbolisierten Transformation in der Grafik?

- 6: ~~$M^{-1}V$~~ ✓
- 5: $V^{-1}M$ ✓
- 3: M ✓
- 1: V ✓
- 2: V^{-1} ✓
- 4: M^{-1} ✓