

Praktikum Augmented Reality

Abgabetermin:

Die Lösung zu diesem Übungsblatt ist bis zum 18.05.2004 abzugeben.

Aufgabe 11 (P) OpenGL

Steve Baker beschreibt auf seiner Homepage die Entstehungsgeschichte der Teekanne aus der `glut`-Library, die Sie bereits auf Blatt 1 benutzt haben. Martin Newell hat seine eigene Teekanne von Melitta vermessen und implementiert. Um die Serie zu vervollständigen modellierte er zusätzlich eine Teetasse, eine Untertasse und einen Teelöffel. Die räumliche Lage der Grenzpunkte dieser Objekte und deren Verknüpfung werden auf <http://www.sjbaker.org/teapot/> zur Verfügung gestellt.

Auf der Praktikumshomepage wird ein Programm bereitgestellt, das die Punkte der Teetasse einliest, die Flächen berechnet und die beiden Befehle `glutSolidTeacup` und `glutWireTeacup` implementiert. Diese Klasse wurde auf Basis der `glut-teapot`-Klasse in der `glut`-Library erstellt.

- a) Laden Sie sich dieses Programm herunter und ersetzen Sie eines der zwei Objekte, das über den Marker projiziert wird, in Ihrem Programm aus Aufgabe 6 durch die Teetasse.
- b) Laden Sie sich die Datei mit den Grenzpunkten zu dem Teelöffel von der oben genannten Homepage herunter. Implementieren Sie nach diesem Beispiel die zwei Funktionen `glutSolidTeaspoon` und `glutWireTeaspoon`. Ersetzen Sie das Objekt des zweiten Markers in Ihrem Programm durch den Teelöffel.

Aufgabe 12 (P) Der Szenengraph

Ein Szenengraph beschreibt den hierarchischen Aufbau einer Szene, d.h. die Beziehungen zwischen den einzelnen Elementen und ihre räumliche Lage in Form von Transformationen. Der Szenengraph ist eine Baumstruktur und man unterscheidet folgende Knotentypen:

- **Gruppenknoten** Gruppierende Struktur mit beliebiger Kinderanzahl. Damit werden die hierarchischen Beziehungen zwischen Elementen dargestellt.
- **Transformationsknoten** Kollektion von Standardtransformationen, die ein neues Koordinatensystem relativ zu dem übergeordneten Knoten definieren. Diese Transformation wird auf jeden Kindknoten des aktuellen Knoten angewendet.
- **geometrische Knoten** Beinhalten geometrische Strukturen, wie beispielsweise Körper, Punkte und Linien.

Abbildung 1 und 2 zeigen beispielhaft, wie ein solcher Szenengraph aussehen kann.

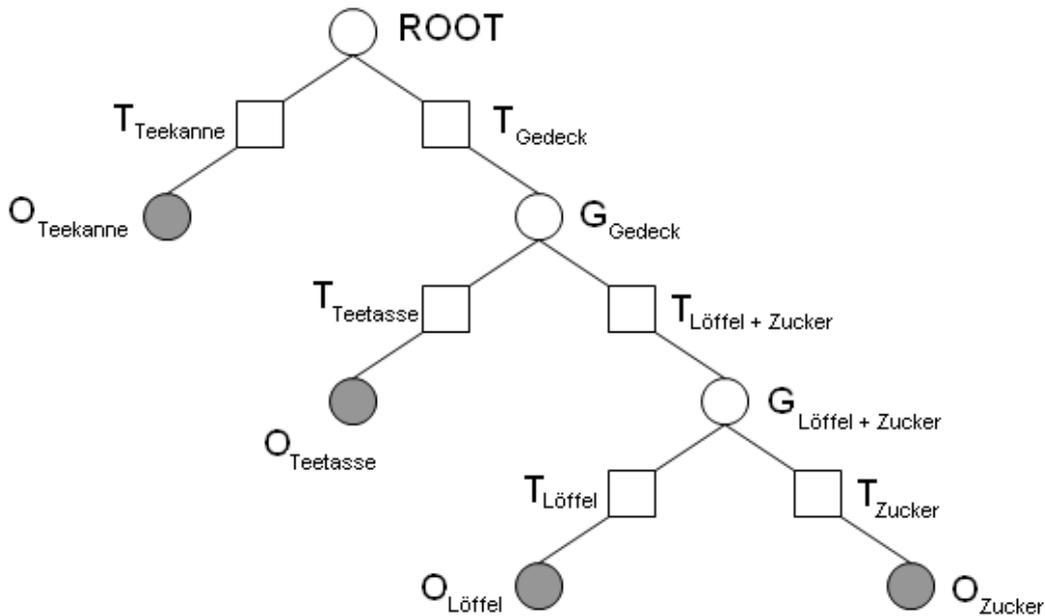


Abbildung 1:

- a) Verwenden Sie als Basis das Programm aus Aufgabe 9 und ändern Sie es, indem die Objekte des einen Markers durch die Teekanne und die des anderen Markers durch die Teetasse, den Teelöffel und ein Zuckerstückchen ersetzt werden. Dabei soll der Löffel auf der Untertasse liegen und auf dem Löffel das Zuckerstückchen. Die hierarchischen Beziehungen der virtuellen Objekte sollen entsprechend dem Szenengraph in Abbildung 1 implementiert werden. Benutzen Sie dabei die Befehle `glPopMatrix` und `glPushMatrix`, die Sie aus Aufgabe 4 kennen.

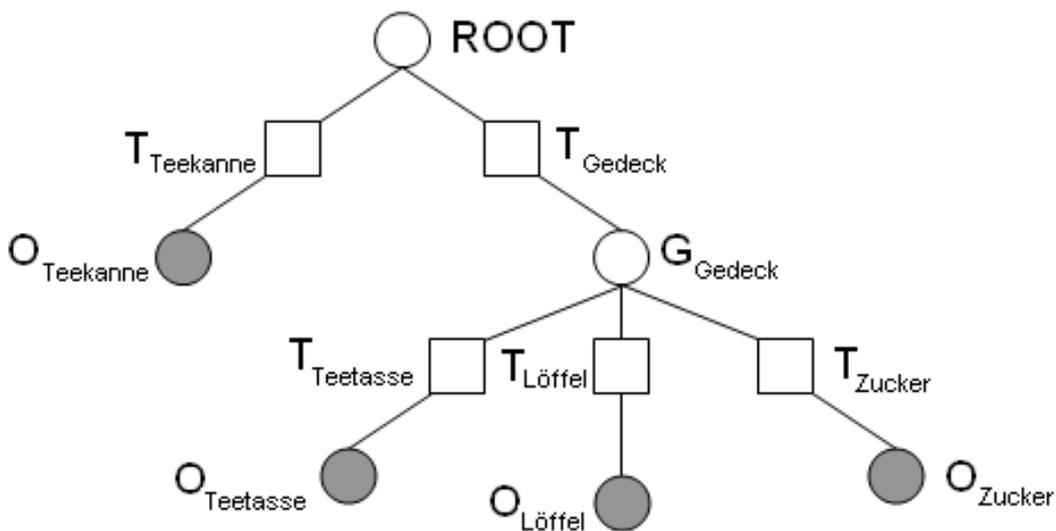


Abbildung 2:

- b) Organisieren Sie die hierarchischen Beziehungen Ihres Programms entsprechend Abbildung 2 neu. Die räumliche Position des Löffels und des Zuckers ändern sich dabei nicht. Berechnen Sie die neuen Transformationen $T_{Löffel}$ und T_{Zucker} und fügen Sie diese in Ihr Programm aus Aufgabe 10 a) ein.

Aufgabe 13 (P) Beziehungen im Szenengraph

Mithilfe des Szenengraphen lassen sich Beziehungen zwischen den Objekten einer Szene berechnen, die nicht in einer hierarchischen Beziehung stehen. Implementieren Sie die folgenden Beziehungen in Ihrem Programm aus Aufgabe 10, wobei alle virtuellen Objekte anfangs weiss sind.

- Auf Druck der Taste „L“ wird eine Linie zwischen der Tasse und der Teekanne gezeichnet. Diese Linie lässt sich durch das Drücken der Taste „A“ ausblenden.
- Die Farbe der Teetasse hängt von der Entfernung der Teekanne ab. Die Farbe der Tasse ändert sich bei Nähe der Teekanne in blau, bei Entfernung wieder in weiss.
- Der Winkel zwischen zwei Markern entspricht dem Winkel zwischen den z-Achsen der Marker. Ist dieser Winkel kleiner als 90 Grad färbt sich die Teekanne von weiss in blau, ist er grösser als 90 Grad, ändert er sich die Farbe der Teekanne wieder in weiss.
- Wenn der Schnabel der Teekanne auf die Teetasse zeigt, verändert sich die Farbe der Tasse in rot. Richten Sie, falls noch nicht geschehen, den Schnabel der Teekanne in Richtung der y-Achse aus und drücken Sie die Koordinaten des Markers $M_{Teetasse}$ durch das relative Koordinatensystem des anderen Markers $M_{Teekanne}$ aus. Überprüfen Sie, ob der Schnittpunkt der y-Achse von $M_{Teekanne}$ mit der räumlichen Position von $M_{Teetasse}$ in einem festzulegenden Intervall ε in y- und z-Richtung liegt. Legen Sie zusätzlich eine sinnvolle Entfernung fest.
- Zeichnen Sie auf einem der Marker einen auf der Spitze stehenden Löffel, dessen Ende stets in die Mitte des anderen Markers zeigt.

Aufgabe 14 (H) Quaternionen und Rotationsmatrizen

Die auf Blatt 1 behandelte Darstellung von räumlichen Transformationen durch homogene 4×4 Matrizen ist besonders für die Verwendung in einem Szenengraphen geeignet, da der Graph i.w. durch einfache Matrixmultiplikationen traversiert werden kann. In dieser Aufgabe sollen Sie nun zu den jeweiligen Matrixoperationen äquivalente Berechnungsvorschriften mit einer Quaternionendarstellung des Rotationsanteils herleiten und dadurch sehen, dass die Quaternionendarstellung auch nicht komplizierter ist.

Geben Sie hierzu für die folgenden Aufgaben jeweils an, wie die resultierende Transformation mittels eines Translationsvektors \mathbf{t} und eines Einheitsquaternions \mathbf{q} dargestellt werden kann. Diese Werte sollen jeweils aus den gegebenen Transformationen in Quaternionendarstellung hergeleitet werden.

Beispiel:

Die orthonormale 4×4 Matrix

$$M_x = \begin{pmatrix} \mathbf{R}_x & \mathbf{t}_x \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

wird durch das Paar $(\mathbf{q}_x, \mathbf{t}_x)$ äquivalent dargestellt.

- Stellen Sie die Transformationsmultiplikation dar:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{R}_{xy} & \mathbf{t}_{xy} \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mathbf{R}_x & \mathbf{t}_x \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \mathbf{R}_y & \mathbf{t}_y \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

b) Stellen Sie das Inverse einer Matrix dar:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{R}_x & t_x \\ 0 & 1 \end{pmatrix}^{-1}$$