OpenGL–Transformationen: Modeling

- Punkt-Trfn = Matrizen-Multiplikationen von links (s.o.):
  $\underline{v}_{neu} = \underline{T}_n \bullet (\dots) \bullet \underline{T}_2 \bullet \underline{T}_1 \bullet \underline{v}_{alt} = \underline{T}_{gesamt} \bullet \underline{v}_{alt}$
- OpenGL: Laden **`mat[16]`**: **`glLoadMatrix{fd}(mat)`**
  Matrizen-Multiplikation: **`glMultMatrix{fd}(mat)`**

  ⇨ eigene Matrizen (z.B.: OpenGL bietet keine Scherung)

  trans-poniert!

  Aber: OpenGL multipliziert von rechts (engl.: *postmultiply*)

  ⇨ Aufbau von $\underline{T}^T_{gesamt}$ in umgekehrter Reihenfolge:

$\underline{C}_0 = \underline{I}$

$\underline{C}_1 = \underline{C}_0 \bullet \underline{T}^T_n$

(...)

$\underline{C}_i = \underline{C}_{i-1} \bullet \underline{T}^T_{n-i+1}$

(...)

```
/*Betr.: Matrix Modell-Trf.:*/
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);

glLoadIdentity();

glMultMatrixf(TN); /*...*/
glMultMatrixf(T1);
```

$\underline{C}_n = \underline{C}_{n-1} \bullet \underline{T}^T_1 = \underline{T}^T_n \bullet (\dots) \bullet \underline{T}^T_2 \bullet \underline{T}^T_1 = \underline{T}^T_{gesamt}$

$\underline{C}$: aktuelle (engl. *current*) Positionierungsmatrix; $\underline{I}$: Einheitsmatrix

OpenGL–Transformationen: Modeling

Bequemer (oft: schneller) als **`glLoadMatrix`***(),**`glMultMatrix`***():

- Translation eines Objektes (bzw. lokalen Koord.Systems):

  `void glTranslate{fd}(TYPE x,TYPE y,TYPE z);`

  (Keine Änderung für **`(0.,0.,0.)`**)
- Rotation eines Objektes (bzw. lokalen Koord.Systems) um d. Winkel **`angle`** (in Grad) um eine Achse vom Koord.-Ursprung zum Punkt (**`x, y, z`**) gegen den Uhrzeigersinn:

  `void glRotate{fd}(TYPE angle,TYPE x,TYPE y,TYPE z);`

  (Abstand von Achse = Radius „Umlaufbahn“; Keine Änderg für **`(0.,*,*,*)`**; **`(0.,0.,0.,0.)`** zulässig/wirkungslos)
- Skalierungsfaktoren entlang d. Achsen d. Koord.Systems:

  `void glScale{fd}(TYPE x,TYPE y,TYPE z);`

  (Keine Änderung für **`(1.,1.,1.)`**; Skalierung mit 0. meist problematisch ⇨ stattdessen: Projektion!)
- Alle OpenGL-Trfn sind Multiplikationen von <u>rechts</u>!

Code-Beispiele:

Vor Viewing & Modeling: Modell-Bezug (wieder-)herstellen:

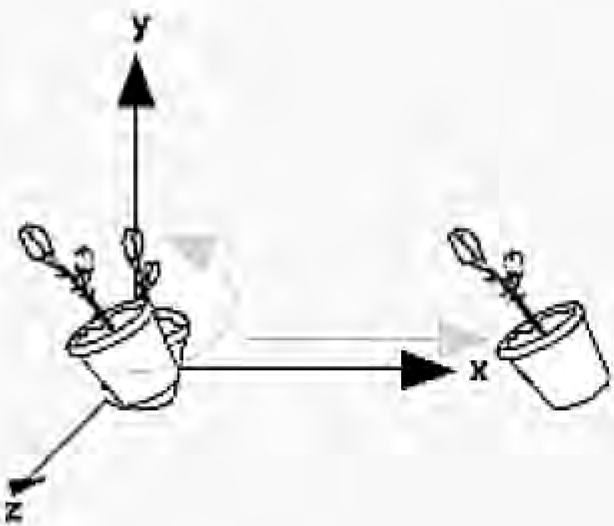
Betr.: Modell

Neuer Start

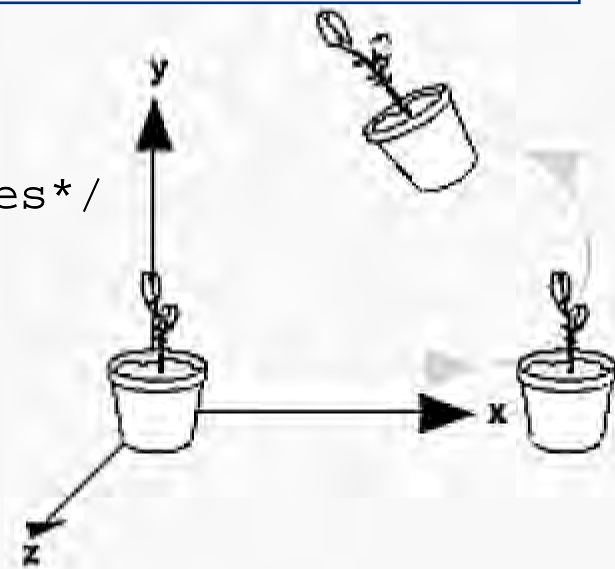
```
glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
glLoadIdentity();
```

Multiplikationen von rechts mit der Transponierten

`glTranslatef (x, 0.,0.);` `glRotatef(angle[Z],0.,0.,1.);`	`glRotatef(angle[Z],0.,0.,1.);` `glTranslatef (x, 0.,0.);`




```
glBegin(GL_POLYGON);
/*(...) */
/*transformed vertices*/
glVertex3fv(v1);
/*(...) */
glEnd();
```



Bilder: OpenGL Programming Guide (Addison-Wesley Publishing Company) First Printing, 1997

OpenGL–Transformationen: Viewing

- Sicht-Transformation bestimmt Lage und Orientierung des Sichtvolumens („Augenpunkt“, „Blickrichtung“); sie wirkt in entgegengesetzter Weise wie die Modellierung: „Virtual* Walkthrough“ als Objekt-Trf. in umgekehrter Richtung.
- GLU-Funktion definiert Matrix und multipliziert von rechts:

```
void gluLookAt(
GLdouble eyex,  GLdouble eyey,  GLdouble eyez,
GLdouble centx, GLdouble centy, GLdouble centz,
GLdouble upx,   GLdouble upy,   GLdouble upz);
```

mit: **eyex/y/z**: Augenpunkt
centx/y/z: bel. Punkt auf Sichtvolumen-Mittelachse
upx/y/z: Vektor v. unterer zu oberer Sichtvol.-Kante

OpenGL-Voreinst.: Augenpunkt am Ursprung, Blick entlang neg. z-Achse – äquivalent zu (**centz** beliebig):

```
gluLookAt (0.,0.,0., 0.,0.,-100., 0.,1.,0.);
```

*engl. *virtual*: „eigentlich“ (vgl.: das Eigentliche)

OpenGL–Transformationen: Projection

- Projektions-Transformation legt Sichtvolumen-Form fest:
  - Art der Projektion (perspektivisch / orthographisch)
  - Objekte (bzw. O.-Teile), die ins Ergebnis-Bild kommen
- Vor Projektions-Transformation sicherstellen:

```
glMatrixMode(GL_PROJECTION);
glLoadIdentity();
```

Betr.: Sichtvolumen

- Festlegung d. Pyramidenstumpfs für die persp. Projektion und Multiplikation mit der aktuellen Positionierungsmatrix:

```
void glFrustum(GLdouble left  , GLdouble right,
               GLdouble bottom, GLdouble top  ,
               GLdouble near  , GLdouble far );
```

Eckpunkte der Deckfläche: **(left, bottom, -near)** und **(right, top, -near)**; **far**: Abstand d.Augenpunkts zur Grundfläche des Pyramidenstumpfs. Alle Größen >0.

Tip: Irreal großes Sichtvolumen (z.B. $10^{-3}...10^{6}$) kann vorläufig helfen, „verlorene“ Objekte („black screen“) wieder zu finden.

OpenGL–Transformationen: Viewport

- OpenGL-Parallelprojektion (Matrix-Def., -Multiplikation):

```
void glOrtho (GLdouble left, GLdouble right,
              GLdouble bottom, GLdouble top,
              GLdouble near, GLdouble far);
```

  Sicht-Quader mit Eckpunkten: **(left, bottom, -near)**, **(right, top, -near)**, **(left, bottom, -far)**, **(right, top, -far)**; alle Größen >0, **near** ≠ **far**.

- Viewport-Festlegung:

```
void glViewport (GLint x,GLint y,GLsizei width,
                 GLsizei height);
```

  mit: **x,y**: linke, untere Fenster-Ecke (def.: 0,0)
  width, **height**: Breite, Höhe des generierten Bildes (def.: Breite, Höhe des Fensters)

  Verzerrungen, falls **width** : **height** ≠ Breite : Höhe!

- GLU-Alternative (definiert Matrix u. multipliziert v. rechts) für perspektivische Projektion:

```
void gluPerspective (GLdouble fovy,
  GLdouble aspect, GLdouble near, GLdouble far);
```

mit: **`fovy`**: Sichtfeld (*field of view*) Sichtwinkel in y-Richtg: 0. ≤ **`fovy`** ≤ 180.

`aspect`: Seitenverhältnis d. Sichtfensters (Breite:Höhe)

`near`, **`far`**: Augenpunkt-Abstände (>0) zu Deck- / Grund-Flächen des Sichtvolumens (*clipping planes*).

`glu`-Sichtfeld symmetrisch um Sichtvolumen-Mittelachse!

OpenGL: Matrix-Stack

- Modular-hierarchische Modellierung / Animation erfordern mehrfache Zwischenablage v.Matrizen (In eigenen Koord. Systemen modellierte/animierte Roboter-Hand /-Unterarm /-Oberarm – jeweils an linker / rechter R.-Schulter).
- Matrizen-Stapelspeicher für ≥32 (**`GL_MODELVIEW`**) bzw. ≥2 (**`GL_PROJECTION`**, **`GL_TEXTURE`**, **`GL_COLOR`**) 4x4-Matrizen.
- Ablage einer Kopie der aktuellen **`glMatrixMode()`**-Matrix als 2.im Stapel (Verschiebung gespeicherter Mat. um eine Position; kein Einfluß auf darauffolgende Berechnungen):

```
void glPushMatrix(void);          /*“Merke Dir!“*/
```

- Aufgeben der aktuellen Matrix (der 1. im Stapel), weitere Verwendung der bisher 2. Stapel-Matrix (Rück-Verschiebung der anderen Matrizen im Stapel):

```
void glPopMatrix(void);       /*“Erinnere Dich!“*/
```

(Fehlermeldungen, falls keine Speicherung mehr möglich bzw. noch keine Ablage erhältlich)

OpenGL: Farbe u. Schattierung

- Grundsätzlich: gleiche Farbdarstellg. für alle Geräte-Pixel; Farbdaten auf mehreren (Hw-)„Bitebenen“ (*bitplanes*) = Teilspeicher in Bildspeicher-Dimension mit je 1 Bit / Pixel; Bildspeicher (*framebuffer*) mit 8 Bitebenen können 2^8, mit 24 (meist: 8R, 8G, 8B) 2^{24}=16.777.216 Farben darstellen.
- **(Color) Index Mode**: Einmalig (je Fenster) einstellbare Farb-Palette (-Tabelle: engl. *look up table* bzw. *color map*)

  Bildspeicher (*color buffer*), meist für 256 Farben/Grautöne („*8-bit buffer*“), jeweils wählbar über Farb-/Grauton-Index
- **RGBA Mode**: Individuelle Pixel-Farbgebung durch R/G/B-Farbwerte, Alpha (1.=opak, def.) für Transparenz u./o. Farbmischung (*blending*) / lineare Berechnung, ggf. Gamma-Korrektur/ RGBA aufwendiger, aber verbreiteter
- Farbmodus nur beim Start (Initialisierung) einmal wählbar
- Farben werden Eckpunkten (*vertices*) zugewiesen

OpenGL: Farbe u. Schattierung

- Farbwerte meist als **`float`** [0. bis 1.] Interne Umrechnung auf System-Ressourcen – z.B. bei 8 Bitplanes für jede Farbe: 0.=0/255; ... ; 1.0=255/255
- Systemabhängig möglich: Bitplane-Aufteilung bei Double Buffering (2x4 Bitplanes je Farbe); OpenGL vorsorglich: Halbton-Darstellung (engl. *dithering*); abstellbar mit:

  ```
  glDisable(GL_DITHER);//def.:glEnable(GL_DITHER)
  ```

  (Denkbare Anwendung: Bilder/Grafiken mit 24 Bitplanes, flimmerfreie Fenster-Verlegung mit Double-Buffering –evtl. in 2 Synchron-Fenstern)
- Wahl des Schattierungsmodells:

  ```
  void glShadeModel (GLenum mode);
  ```

  Zulässige Werte für **`mode`**:

  `GL_FLAT` (Flat – Farbwert einheitlich für ganze Fläche),

  `GL_SMOOTH` (Gouraud – def.: Interpolation zwischen individuell berechneten Eckpkt-Farbwerten)