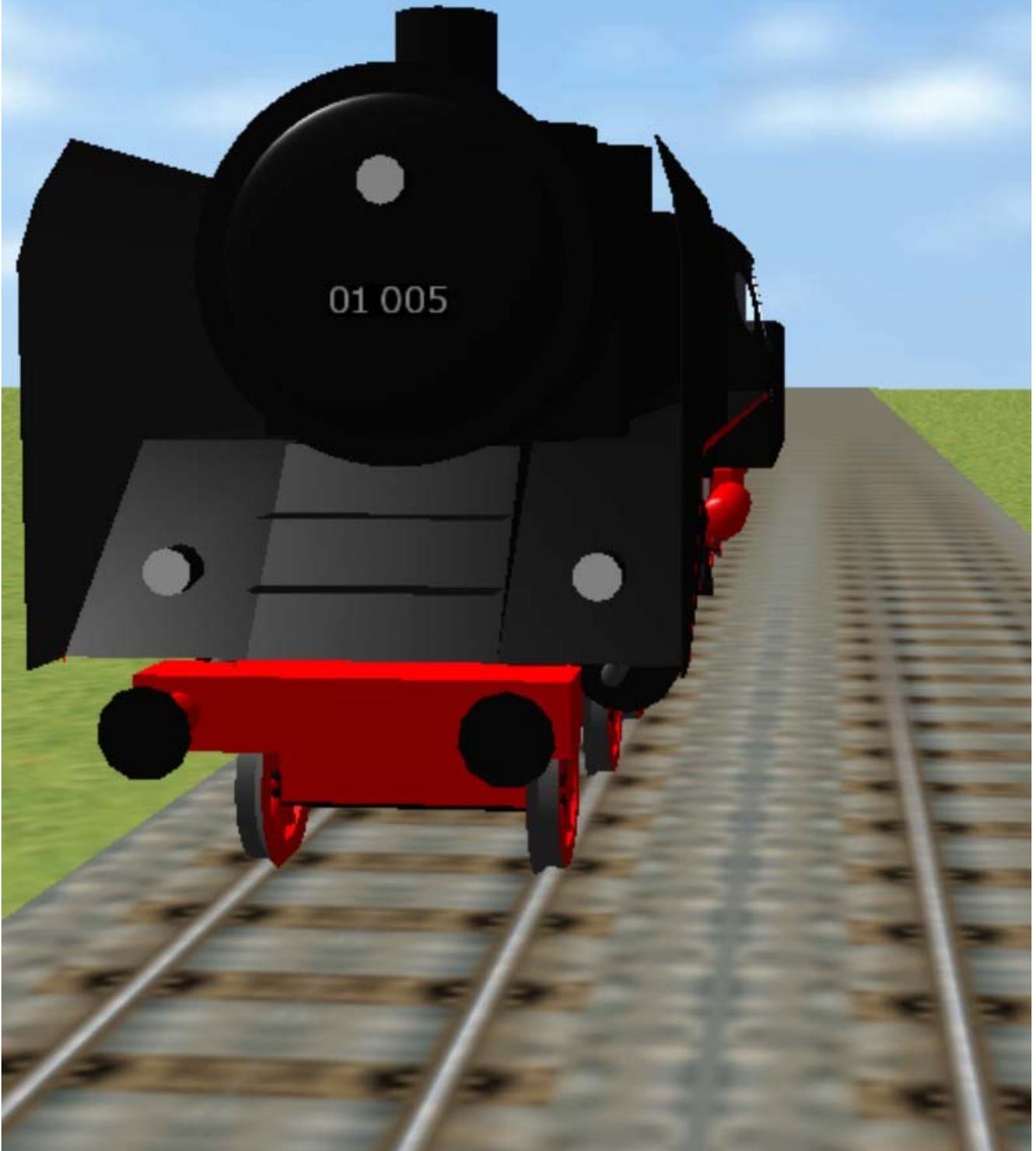


**Computergraphik 2002/2003**  
**OpenGL-Projektdokumentation**  
**Uwe Domaratus**

## **„Baureihe 01“**



<b>1</b>	<b>Projektbeschreibung</b>	<b>3</b>
1.1	Bemerkungen zum Vorbild	4
1.1.1	Entwicklung	4
1.1.2	Die Baureihe 01	4
1.2	Die Lok 01 005	5
1.3	Das Modell	5
<b>2</b>	<b>Koordinatensysteme und Transformationen</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Szenegraph</b>	<b>6</b>
3.1	Die Lok	7
3.1.1	Kessel	7
3.1.2	Führerstand	8
3.1.3	Rahmen	8
3.1.4	Räder und Achsen	9
3.1.5	Zylinder	10
3.1.6	Triebwerk	11
3.1.7	Bleche	13
3.1.8	Fenster	13
3.2	Der Tender	14
3.2.1	Rahmen	14
3.2.2	Räder und Achsen	15
3.2.3	Aufbauten	15
<b>4</b>	<b>Material- und Lichtdefinitionen</b>	<b>16</b>
4.1	Farbdefinitionen	16
4.2	Materialdefinitionen	16
4.3	Lichtdefinitionen	16
4.3.1	Direktionales Licht (Sonne)	16
4.3.2	Spotlights (Beleuchtung der Lok)	17
4.3.3	Punktlicht (Kameralicht)	17
<b>5</b>	<b>Interaktionsmöglichkeiten</b>	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Bemerkungen zu Punkten der Checkliste</b>	<b>18</b>
6.1	Kontrolle der OpenGL	18
6.2	Ausgabepimitive	18
6.3	Manipulation von Attributen	19
6.4	Eingabe	19
6.5	HLHSR	19
6.6	Modellierung	19
6.7	Viewing	20
6.8	Rendering und Beleuchtung	20

# 1 Projektbeschreibung

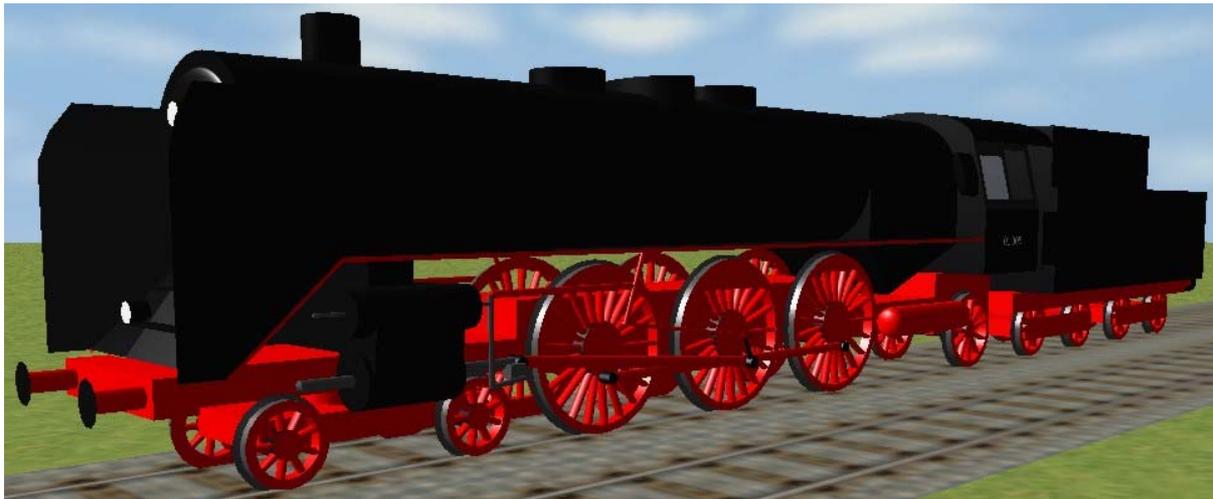


Abbildung 1: Screenshot

Ziel des Projektes war die Darstellung einer 3D-Szene in Echtzeit mittels OpenGL. Dargestellt wird eine Dampflokomotive, deren Steuerung sich vorbildgerecht bewegt. Das Modell der Dampflokomotive befindet sich in einem aus 5 Ebenen gebildeten und nach oben offenen Würfel, der Boden und Himmel darstellt.

Das Hauptaugenmerk bei der Modellierung lag bei der Vorbildtreue, ohne jedoch durch eine übermäßige Detaillierung die Darstellungsgeschwindigkeit zu stark absinken zu lassen. Daher wurden verschiedene Möglichkeiten eingebaut, die Detaillierung den eigenen Wünschen und der Leistungsfähigkeit des Rechners anzupassen.

Folgende Features sind implementiert:

- Acht Lichtquellen: direktionales Licht, Punktlicht und 6 Spotlichter
- Framecounter, Anzeige des Detaillevels und des Animationstempos in der Fenstertitelzeile
- Detailstufe und Animationstempo einstellbar, Objekte einzeln ein-/ausschaltbar
- Aktivieren/Deaktivieren einer Clipplane
- Umschalten der Projektionsart, Wireframe-/Solid-Darstellung und Flat-/Smooth-Shading, Ein- und Ausschalten des Z-Buffer-Tests

Das Programm wurde mit Visual Studio 6 entwickelt (im Pool installiert) und wurde unter Win98, Win2000 und Linux getestet, bei letzterem ist eine Änderung bei den #include-Anweisungen notwendig (Kompilierung mit: "g++ -o br01 -lm -lGL -lGLU -lglut Br01.cpp"). Hardwareseitig wurde auf den Grafikchips nVidia GeForce2 MX und Matrox Parhelia getestet.

Die meisten Funktionen arbeiten mit zahlreichen Parametern, mit denen man das Aussehen der Lok relativ schnell ändern kann. Somit ist es möglich, ohne große Änderungen im Quelltext eine andere Baureihe darzustellen. Die Grenzen sind hierbei die Zahl der Achsen sowie die Form der Windleitbleche und die Zahl der Zylinder. Ohne Änderungen am Quelltext (außer natürlich bei den Parametern der Funktionen) sollten sich die Einheitsbaureihen mit 2 Zylindern und großen Wagner-Windleitblechen darstellen lassen. Aber auch der Rest lässt sich in diesem Rahmen leicht mittels Copy&Paste einarbeiten ;-)

## 1.1 Bemerkungen zum Vorbild

### 1.1.1 Entwicklung

Die 1924 gegründete Deutsche Reichsbahngesellschaft (DRG) benötigte dringend neue, nach modernen Grundsätzen entwickelte Schnellzuglokomotiven, um den veralteten, durch Kriegseinwirkungen und Reparationsleistungen stark verschlissenen Lokomotivbestand zu ergänzen. Um eine möglichst hohe Effizienz im Betrieb zu erreichen, wurden allgemeine Baugrundsätze beschlossen, die für alle neu zu bauenden Lokomotiven gelten sollten. Dazu zählten unter anderem verschiedene Profile und Maße. Es wurden Typklassen für Güterzug-, Personenzug- und Schnellzugloks definiert, die bestimmten Ansprüchen genügen mußten. Auf dieser Grundlage wurde ab 1925 die Einheitsbaureihe 01 entwickelt.

### 1.1.2 Die Baureihe 01



Abbildung 2: Altbau-01 bei Berlin 1976<sup>1</sup>

Nach der Gründung der Deutschen Reichsbahn wurden von Borsig und Henschel Konstruktionspläne für je eine vierzylindrige Verbundmaschine und eine zweizylindrige Schnellzuglok vorgelegt. Letztere wurde als Baureihe 01 bezeichnet und in einer Vorserie ab Dezember 1925 geliefert. Nach eingehenden Versuchsfahrten begann 1927 die Serienlieferung, die 1938 endete. In dieser Zeit kam es zu einigen

Änderungen, so wurden andere Tender verwendet sowie größere Laufräder und bessere Bremsen eingebaut, wodurch höhere Geschwindigkeiten (130 statt 120 km/h) möglich waren.

Insgesamt wurden 231 Maschinen mit den charakteristischen großen „Ohren“ gebaut, von denen nach dem Zweiten Weltkrieg 65 im Bereich der DR verblieben. Bis in die 60er Jahre waren sie das Rückgrat im schweren D-Zugdienst, auf der Strecke Berlin - Dresden waren sie sogar bis 1977(!) im täglichen Einsatz, vier Jahre länger als bei der Bundesbahn.



Abbildung 3: Reko-01 in Berlin 1979<sup>2</sup>

Zwischen 1962 und 1965 wurden 35 Lokomotiven zur Baureihe 01<sup>5</sup> rekonstruiert und zum Teil mit Ölfeuerung ausgerüstet. Diese als Reko-01 bezeichneten Maschinen stellten den Höhepunkt der deutschen Dampflokontwicklung dar und gelten als die schönsten in Deutschland konstruierten Dampfloks. Erst im Herbst 1981 endete der planmäßige Einsatz dieser eleganten Maschinen, und damit gleichzeitig europaweit der Einsatz von Schnellzugdampfloks überhaupt.

---

<sup>1</sup>Foto von Axel Spille (<http://www.eisenbahnfotograf.de>)

<sup>2</sup>Foto von Gerd Böhmer (<http://www.gerdboehmer-berlinereisenbahnarchiv.de>)

## 1.2 Die Lok 01 005



Abbildung 4: 01 005 in Staßfurt

Die Lok mit der Nummer 01 005 ist die älteste erhaltene deutsche Einheitslokomotive. Sie wurde 1926 von Borsig in Berlin mit der Fabriknummer 11 997 gebaut.

Im Zweiten Weltkrieg war sie in Hof und Erfurt beheimatet. Nach dem Krieg fuhr sie unter Leitung der sowjetischen Besatzer Schnellzüge zwischen Berlin und Brest.

Im Jahr 1955 kam sie zum Bahnbetriebswerk Magdeburg Hbf, wo sie unter anderem die Interzonenzüge zwischen Berlin und Helmstedt bespannte. Nach der Außerdienststellung 1969 wurde sie zur Museumslokomotive aufgearbeitet und in den Bestand des Dresdener Verkehrsmuseums verfügt.

Seit 1987 wird sie von den Traditionseisenbahnern in Staßfurt<sup>3</sup> museal betreut und kann bei den mehrmals jährlich stattfindenden Dampflokfesten bewundert werden.

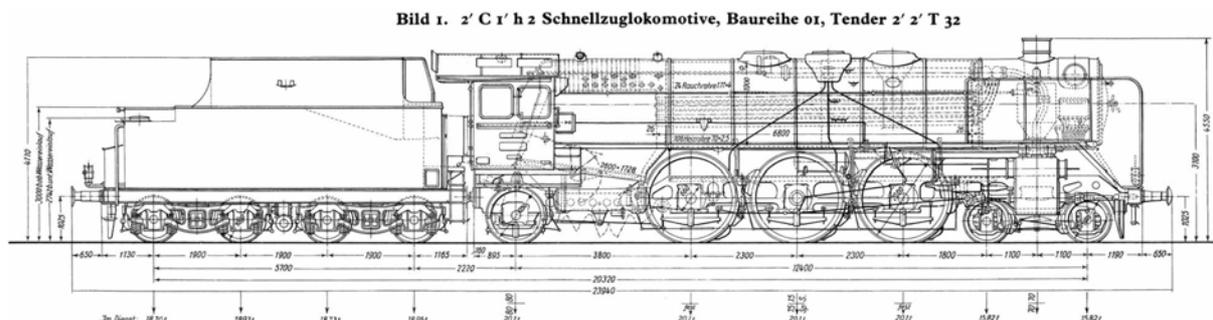


Abbildung 5: Schnittzeichnung der Baureihe 01

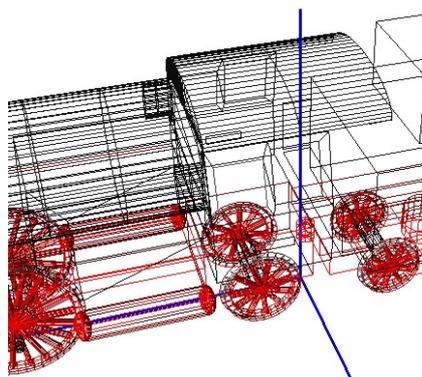
## 1.3 Das Modell

Das Modell der Dampflok entstand anhand dieser Schnittzeichnung<sup>4</sup> und zahlreichen im Internet verfügbaren Fotos. Einzelheiten sind im Szenegraph beschrieben. Abweichungen im Bereich bis 10 cm waren nicht zu vermeiden, da man nicht auf Zehntelmillimeter genau messen kann, jedenfalls nicht mit handelsüblichen Linealen.

<sup>3</sup><http://www.eisenbahnfreunde-stassfurt.de/>

<sup>4</sup><http://www.dlok.de>

## 2 Koordinatensysteme und Transformationen



Der Ursprung des globalen Koordinatensystems liegt genau zwischen Lok und Tender auf Bodenebene. Die Lok befindet sich auf der positiven, der Tender auf der negativen z-Achse. Die positive y-Achse zeigt nach oben, die positive x-Achse zeigt in Vorwärtsrichtung nach links.

Der Ursprung des Koordinatensystems der einzelnen Baugruppen ist im Initialzustand mit dem Globalkoordinatensystem identisch und läßt sich in z-Richtung bis zur Grenze des „Umgebungswürfels“ und in x-Richtung um 3.4 Einheiten verschieben, was einem Umsetzen auf das Nachbargleis entspricht.

Das Betrachter-Koordinatensystem ist mittels gluLookAt um einen Wert zwischen 1 und der Größe des „Umgebungswürfels“ verschoben und um Winkel rotiert, die sich aus der Mausposition berechnen.

Abbildung 6: Koordinatensystem

## 3 Szenegraph

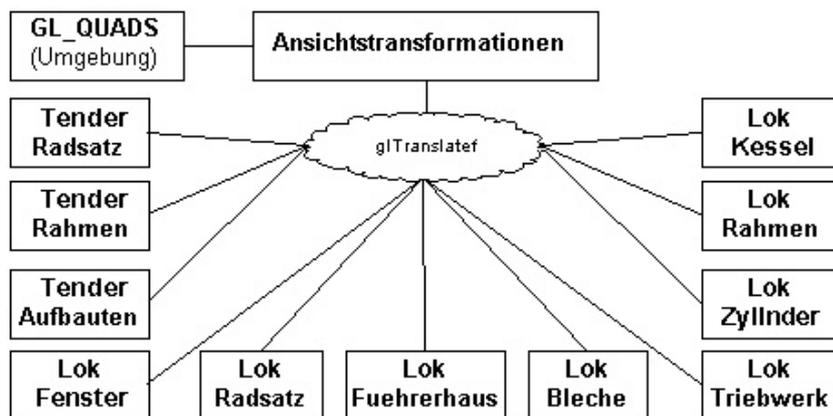


Abbildung 7: Szenegraph der obersten Ebene

Aufgrund der Komplexität ist der Szenegraph in mehrere Teilgraphen unterteilt. Der Grobaufbau der Szene ist aus Abbildung 7 ersichtlich.

Der aus GL\_QUADS gebildete „Umgebungswürfel“ läßt sich in der Größe variieren und besteht aus dem gekachelten Boden und den aus einfachen Quadraten gebildeten „Wänden“.

Die Skalierung der Bodenkacheln hat erheblichen Einfluß auf die Darstellungsgeschwindigkeit, da sich die Anzahl in x- und y-Richtung nur verdoppeln/halbieren läßt, was insgesamt den vierfachen/geviertelten Wert ergibt (siehe Abbildung 9 und 10).

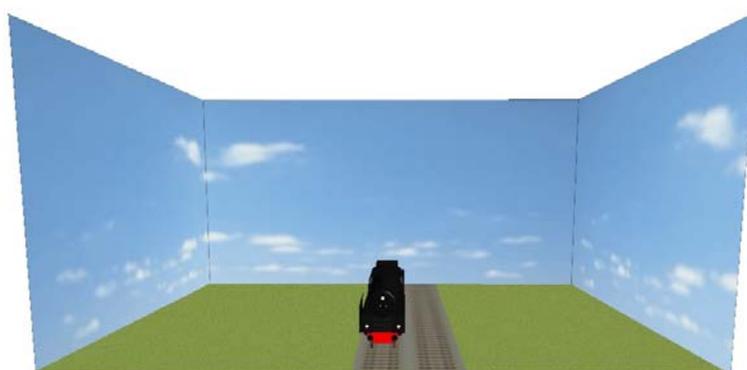


Abbildung 8: Umgebungswürfel

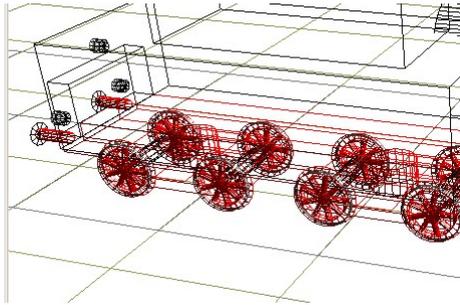


Abbildung 10: normale Skalierung, 43 fps

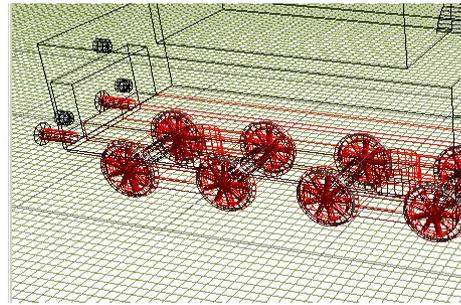


Abbildung 9: 4fache Skalierung, <<1 fps

### 3.1 Die Lok

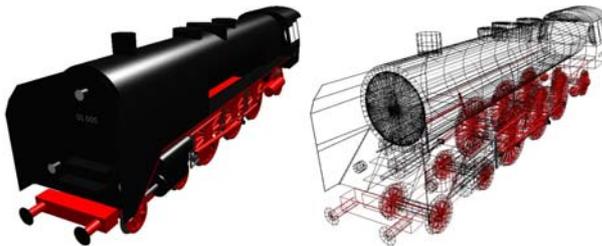


Abbildung 11: alle zur Lok gehörenden Objekte

Die Lok besteht aus den in den in Abbildung 7 genannten Objekten. Die Anzeige dieser Objekte kann getrennt voneinander (de)aktiviert werden.

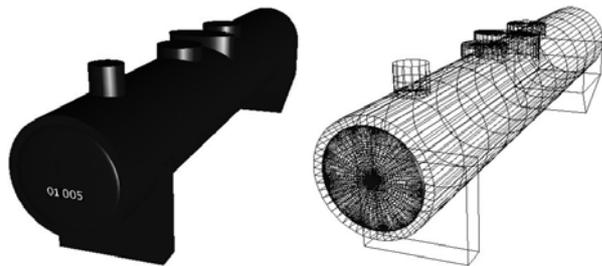


Abbildung 12: Kessel mit Anbauteilen

#### 3.1.1 Kessel

Der Kessel der Lok besteht aus dem eigentlichen Langkessel, dem Stehkessel mit Aschkasten sowie aus zahlreichen Anbauteilen wie Schornstein und Sandkasten.

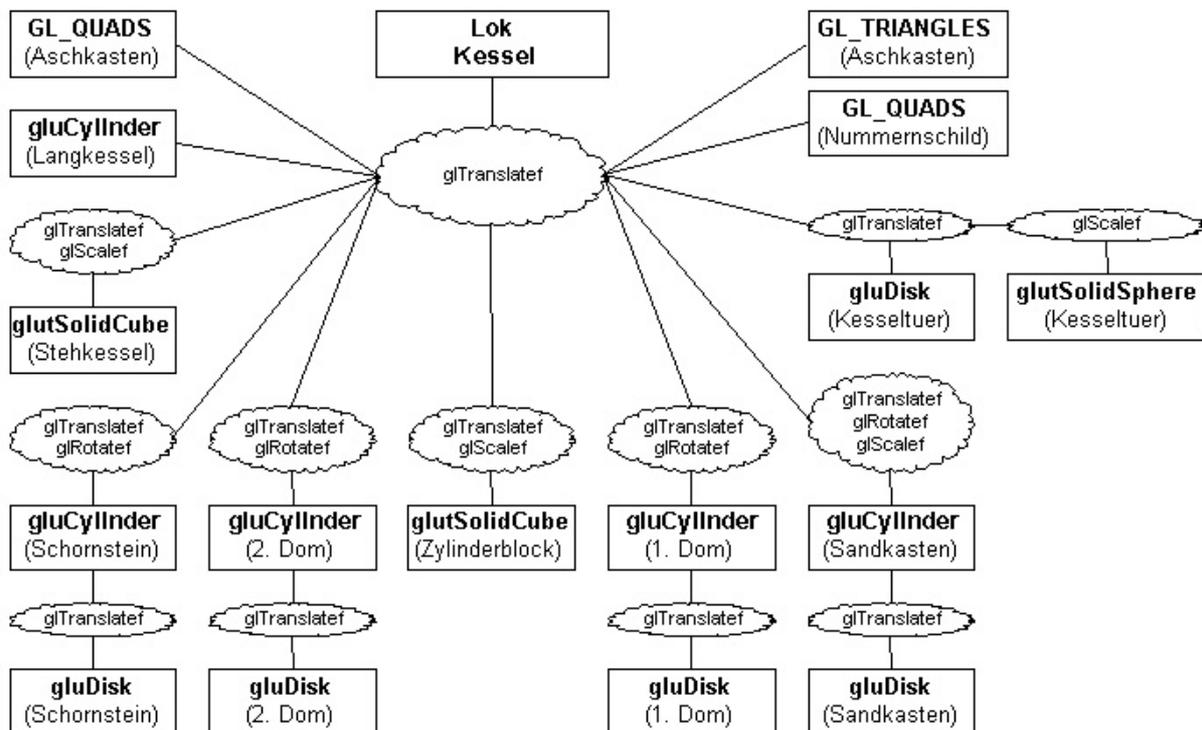


Abbildung 13: Szenegraph für den Kessel der Lok

### 3.1.2 Führerstand

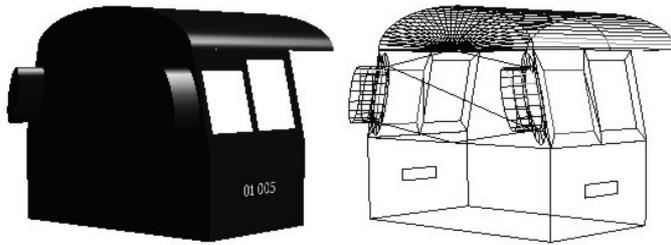


Abbildung 14: Führerstand

Der Führerstand besteht aus zahlreichen GL\_QUADS sowie mehreren Zylindern, die das Dach und den Sichtschutz bilden. Der Zylinder für das Dach ist mittels einer Clipping-Plane aufgeschnitten. Die Seitenwände mit den Fenstern werden durch GL\_QUAD\_STRIP gebildet, ebenso die Stirnwand. Zusätzlich werden die „Löcher“ in der

Stirnwand durch eine gestauchte gluDisk in eine ovale Form gebracht. Ebenfalls zum Führerstand gehören damit vier Fenster, die jedoch erst ganz zum Schluß gezeichnet werden können (siehe 3.1.8).

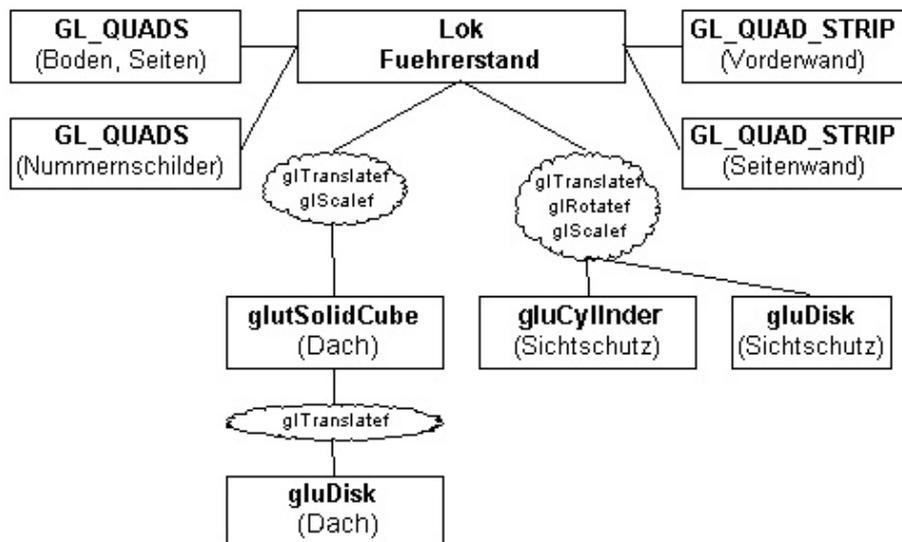


Abbildung 15: Szenegraph für den Führerstand

### 3.1.3 Rahmen

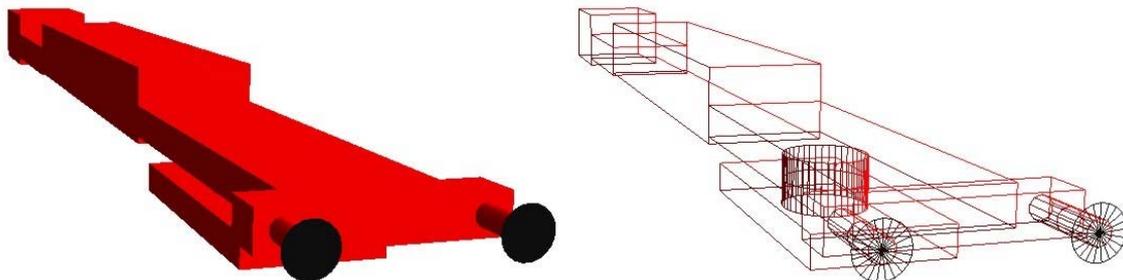


Abbildung 16: Rahmen

Der Rahmen besteht komplett aus glu- und glut-Primitiven, im wesentlichen aus gestauchten bzw. gestreckten Cubes. Dazu kommen die Puffer, die natürlich aus gluCylinder und gluDisk bestehen.

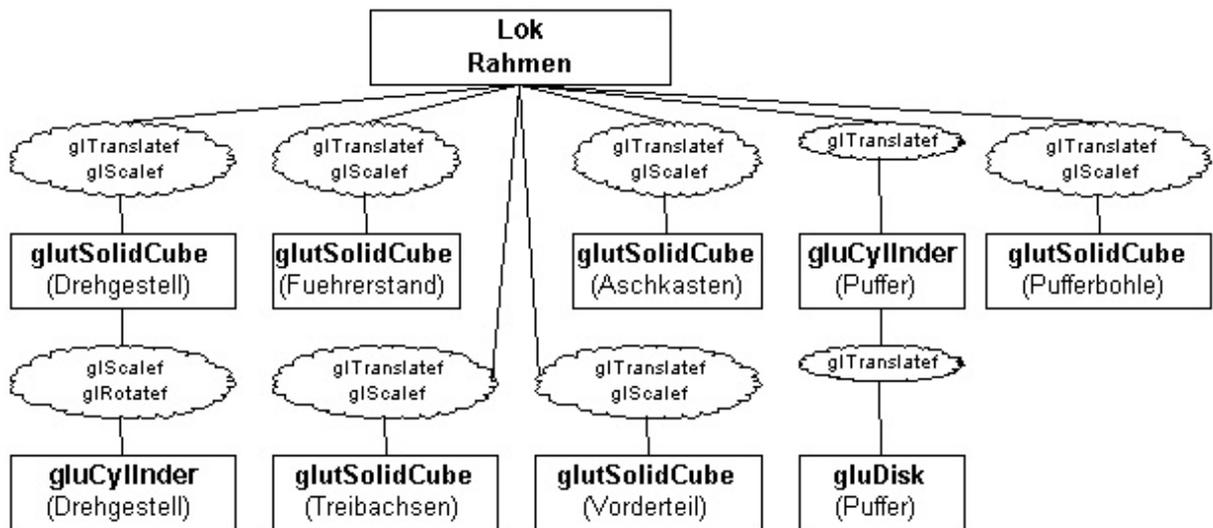


Abbildung 17: Szenegraph für den Lokrahmen

### 3.1.4 Räder und Achsen

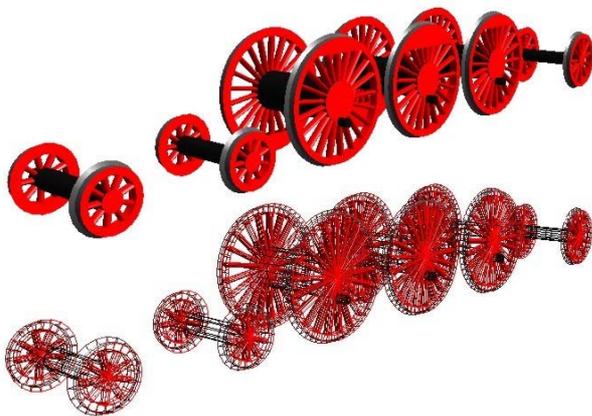


Abbildung 18: Radsatz der Lok

Die Räder und Achsen der Lok (und auch des Tenders) werden jeweils durch 2 Halbachsen gebildet, von denen eine um 180° um die x-Achse rotiert ist. Die konsequente Benutzung von Parametern zur Beschreibung der Räder erlaubt eine schnelle Änderung des gesamten Radsatzes.

Bei Dampfloks wird zwischen 4 Arten von Achsen unterschieden (von vorn nach hinten): Laufachsen, Kuppel- und Treibachsen sowie Schleppachsen. Das Programm erlaubt eine beliebige Zuordnung von Achsen mit der Begrenzung auf 6 Stück, was für fast alle

Einheitsbaureihen reicht. Wichtig für Kuppel- und Treibachsen ist, dass sie einen Bolzen für die Kuppel- und Treibstangen sowie passende Gegengewichte besitzen.

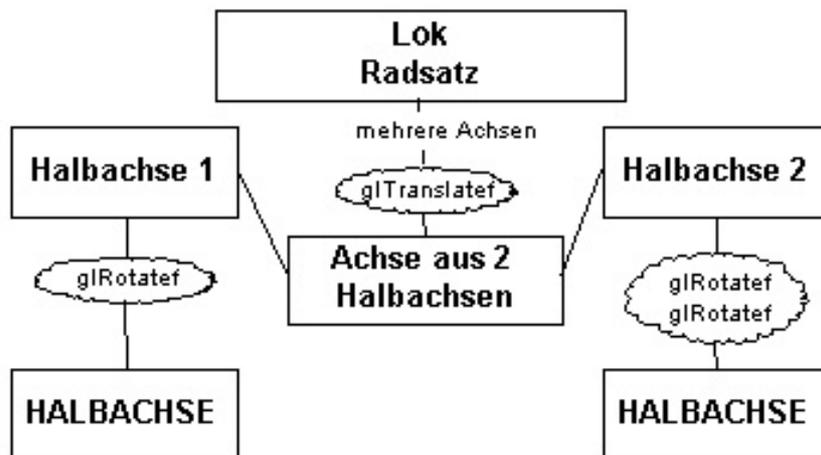


Abbildung 19: Szenegraph des Radsatzes

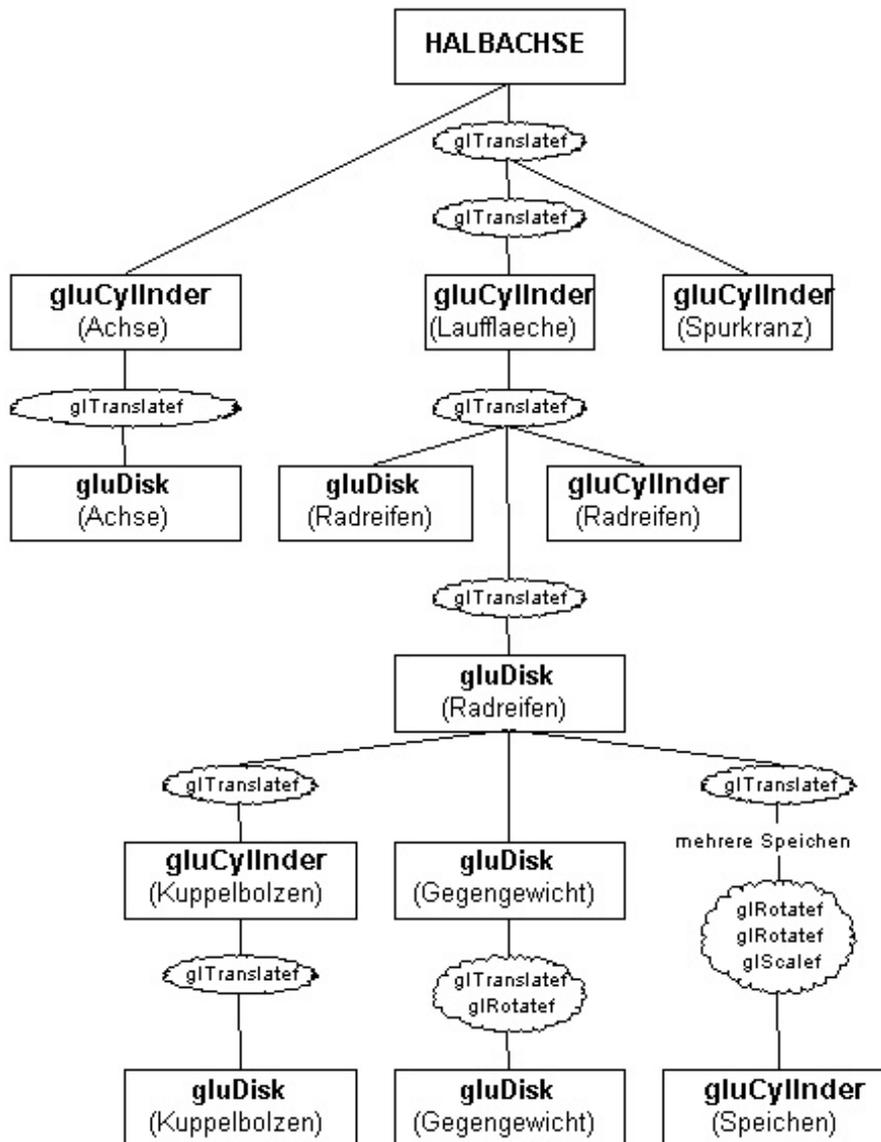


Abbildung 20: Szenegraph der Halbachse

Die gluDisks des Gegengewichtes und die Quadriken des Kupplungsbolzens werden nur gezeichnet, wenn es eine Kuppelachse oder die Treibachse ist, Lauf- und Schleppachsen besitzen weder das eine noch das andere.

Konkret für die Baureihe 01 bedeutet das nun: 2 Laufachsen, 1 Kuppelachse, die Treibachse, noch eine Kuppelachse und die Schleppachse (siehe Abbildung 18). Dies entspricht der Anordnung 2'C1 (Kuppel- und Treibachsen werden zusammengezählt und mit dem entsprechenden Buchstaben des Alphabets bezeichnet, das ' steht für das Drehgestell).

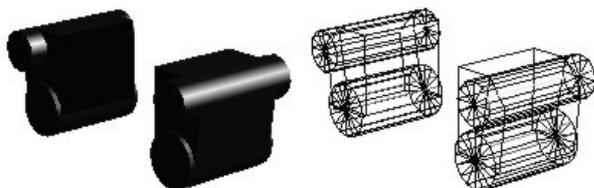


Abbildung 21: Zylinder

### 3.1.5 Zylinder

Die Zylinder auf beiden Seiten bestehen aus dem unteren Hauptzylinder und dem darüber liegenden Steuerzylinder. Ersterer wirkt wie jede Dampfmaschine auf den Kolben, letzterer steuert die Dampfmenge, die in den Hauptzylinder strömt.

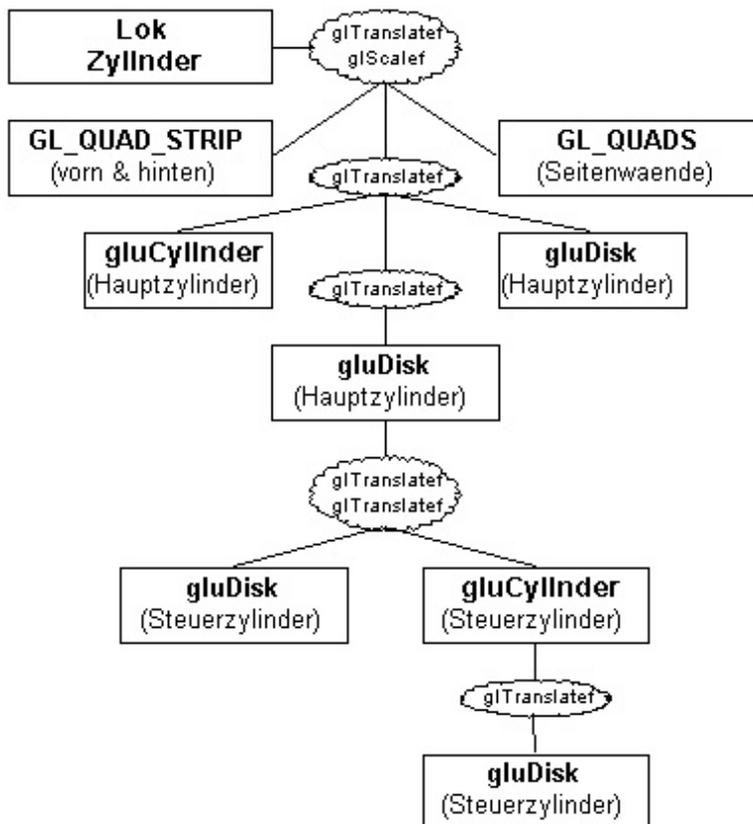


Abbildung 22: Szenegraph der Zylinder

Resultat. Aus Gründen der Vereinfachung kann die Position der Steuerstange nicht verändert werden, sie bleibt in „Leerlaufposition“.

Wie in Abbildung 23 zu sehen, arbeiten die Triebwerke um 180° versetzt, was die Laufruhe fördert. Es gibt auch zahlreiche Baureihen mit drei Zylindern und dementsprechend drei Triebwerken, eines befindet sich dann in der Mitte der Achsen. Bei diesen Baureihen werden die einzelnen Triebwerksteile nicht so stark beansprucht und die Laufruhe ist auch besser. Da die Modellierung damit aber noch komplizierter geworden wäre (und die Baureihe 01 sowieso nur 2 Zylinder hat) wurde auf die Möglichkeit der Modellierung eines dritten Zylinders mit Triebwerk verzichtet.



Abbildung 23: Triebwerk

### 3.1.6 Triebwerk

Das Triebwerk ist das Herzstück der Lokomotive. Hier werden die Bewegungen des Kolbens in eine Kreisbewegung umgesetzt, die dann die Räder antreibt.

Die Stangen des Triebwerks müssen darüber hinaus auch die Fahrtrichtung (vorwärts / rückwärts) und die Geschwindigkeit regulieren.

Diese komplexe Aufgabe wurde bereits um 1850 in Form der Heusinger-Steuerung<sup>5</sup> gelöst. Ab etwa 1890 hatten alle neu gebauten Lokomotiven diese Steuerung.

Die Umsetzung der Steuerung in OpenGL gestaltete sich recht schwierig, da die Bewegungen auf recht komplizierten Bahnen verlaufen. Eine Annäherung durch sinus- und cosinus-Schwingungen brachte hier ein brauchbares

<sup>5</sup>Informationen zur Funktion und zu den Bezeichnungen unter <http://www.dlok.de>

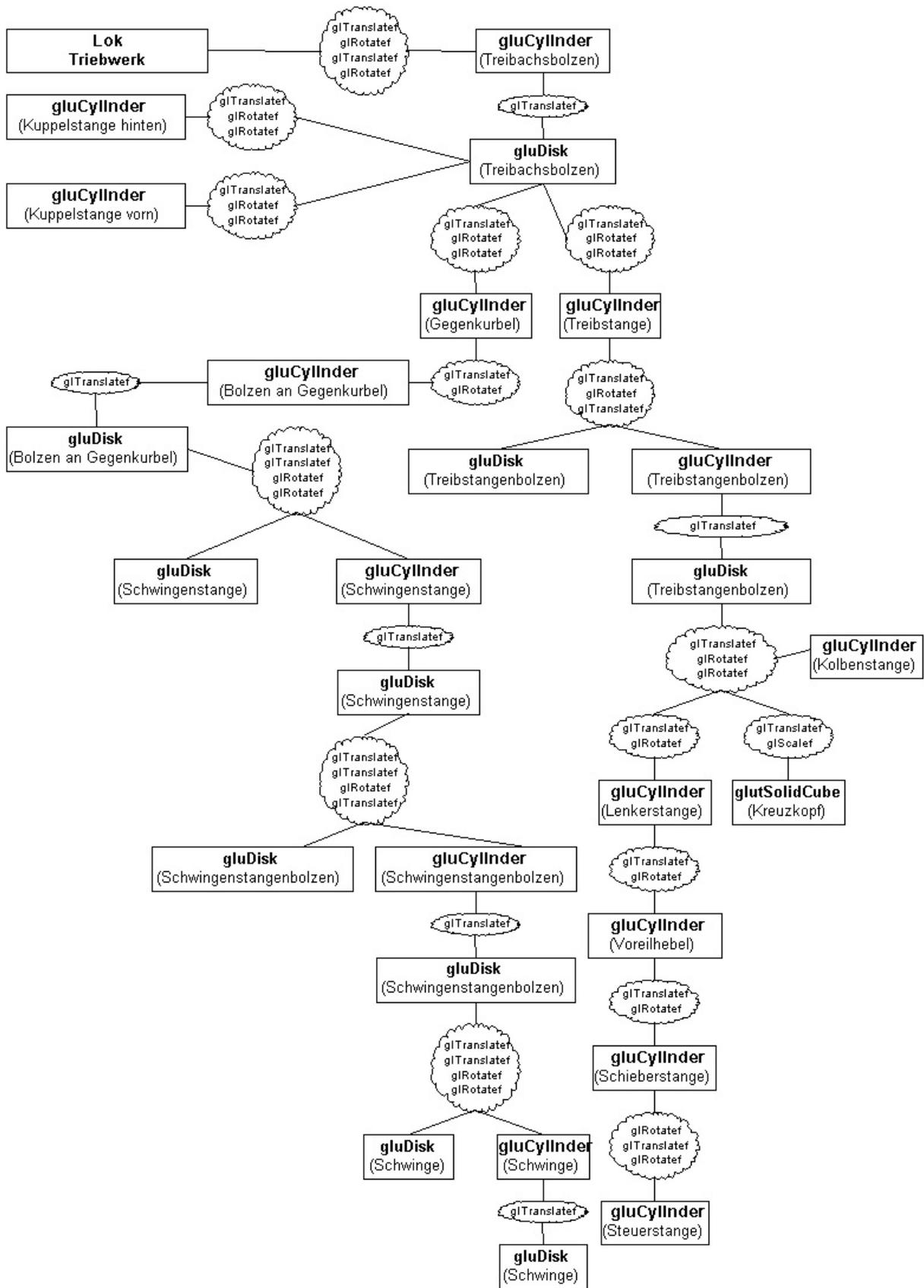


Abbildung 24: Szenegraph des Triebwerks

### 3.1.7 Bleche

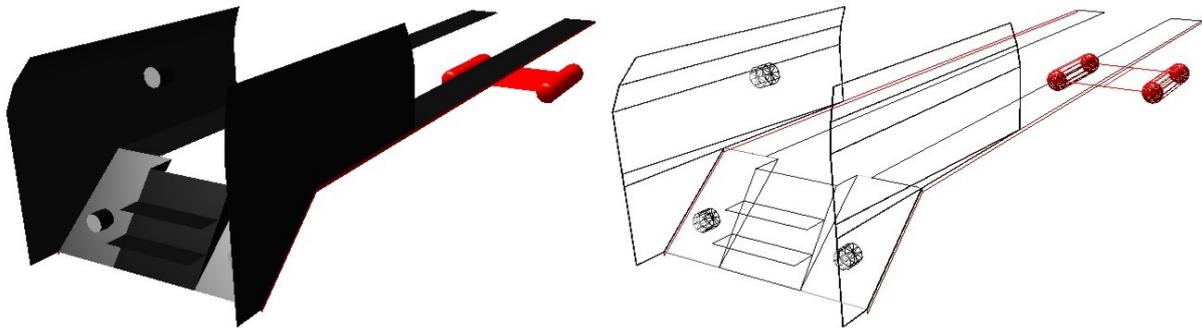


Abbildung 25: Bleche

Hierunter fallen alle Anbauteile der Lok, die Trittbleche seitlich am Kessel, die Frontverkleidung, die Windleitbleche, die Hauptluftbehälter und die Lampen. Die Leitbleche werden hierbei im Abstand von 0.01 Einheiten doppelt gezeichnet. Durch negierte Normalenvektoren lassen sich dadurch realistischere Beleuchtungseffekte erzielen (das ist die einzige Stelle, wo das so ist, bei den restlichen Flächen fällt das kaum auf, da diese meist nur von einer Seite gut erkennbar sind).

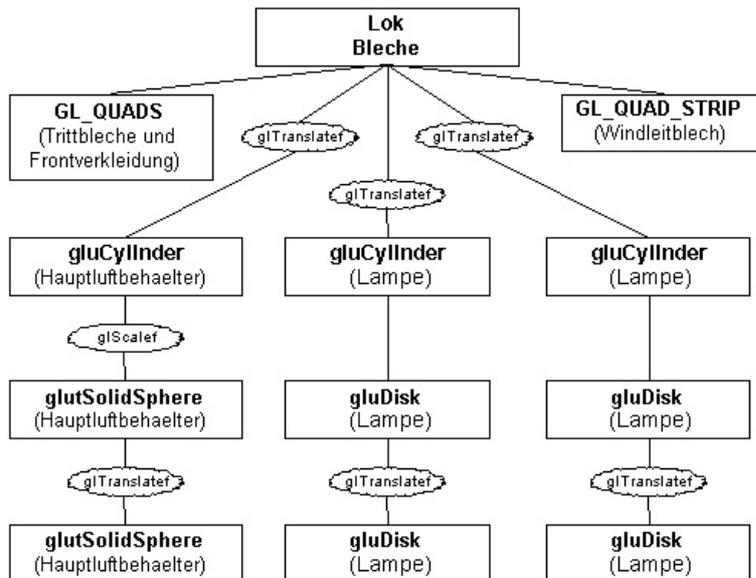


Abbildung 26: Szenegraph für die Bleche

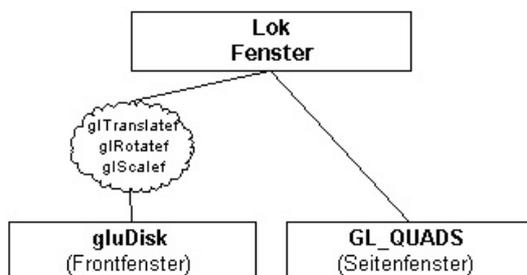


Abbildung 27: Szenegraph der Fenster

### 3.1.8 Fenster

Transparente Objekte waren zwar nicht in der Checkliste enthalten, aber da das Projekt eh schon weit darüber hinaus gediehen war, konnte es auch nicht schaden...

Die Lok besitzt insgesamt 4 Fenster, je Seite eines seitlich und eines in der Stirnwand.

Durch die Transparenz müssen einige Dinge beachtet werden: Zunächst muß das gesamte Modell dargestellt werden, erst dann die transparenten Objekte, und diese in der richtigen Reihenfolge ausgehend von dem am weitesten entfernten Objekt. Dafür wurden die Ansichtstransformationen zu

Hilfe genommen. Diese bestimmen, auf welcher Seite der Lok sich der Betrachter befindet (x entweder negativ oder positiv). Entsprechend dem Wert von x werden dann das entfernte Seitenfenster, die beiden Stirnfenster und das zweite Seitenfenster dargestellt. Diese Näherung paßt in fast allen Fällen, in



Abbildung 28: Fenster

den nicht passenden müßte sich der Betrachter mitten im Kessel der Lok befinden...

### 3.2 Der Tender

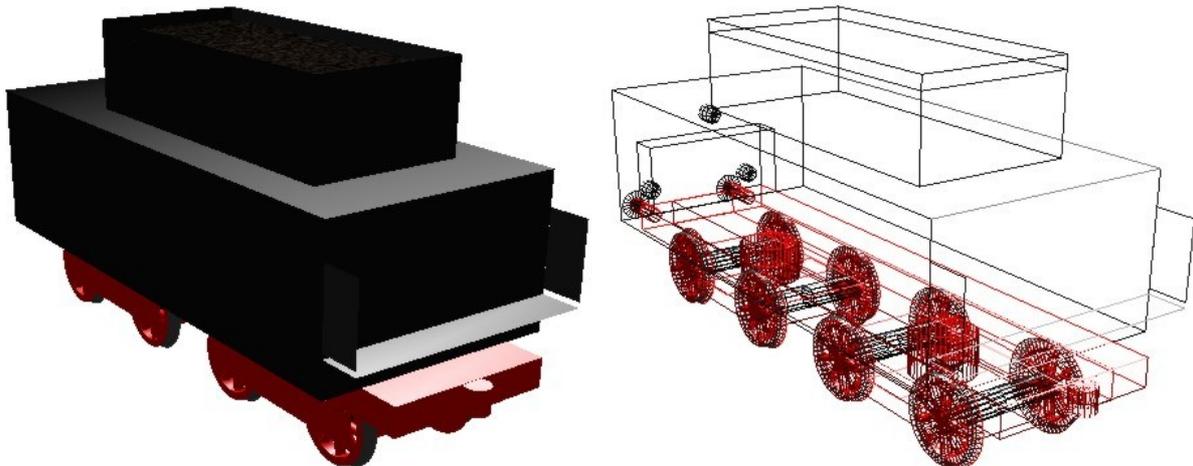


Abbildung 29: Tender

Im Tender befinden sich die Kohle- und Wasservorräte für die Lok. Die dafür notwendigen Behälter nehmen den gesamten Platz ein, dazu kommen noch einige Anbauteile. Im Modell besteht der Tender aus drei Grundobjekten: Rahmen, Räder und Achsen sowie die eigentlichen Aufbauten.

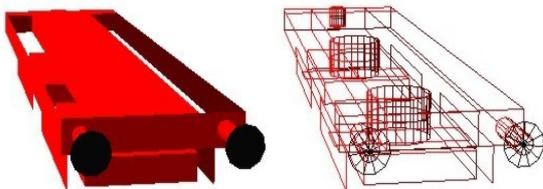


Abbildung 30: Tenderrahmen

#### 3.2.1 Rahmen

Der Rahmen besteht im wesentlichen aus Cubes, dazu kommen die Drehgestelle aus Cubes und Disks und eine Reihe GL\_QUADS.

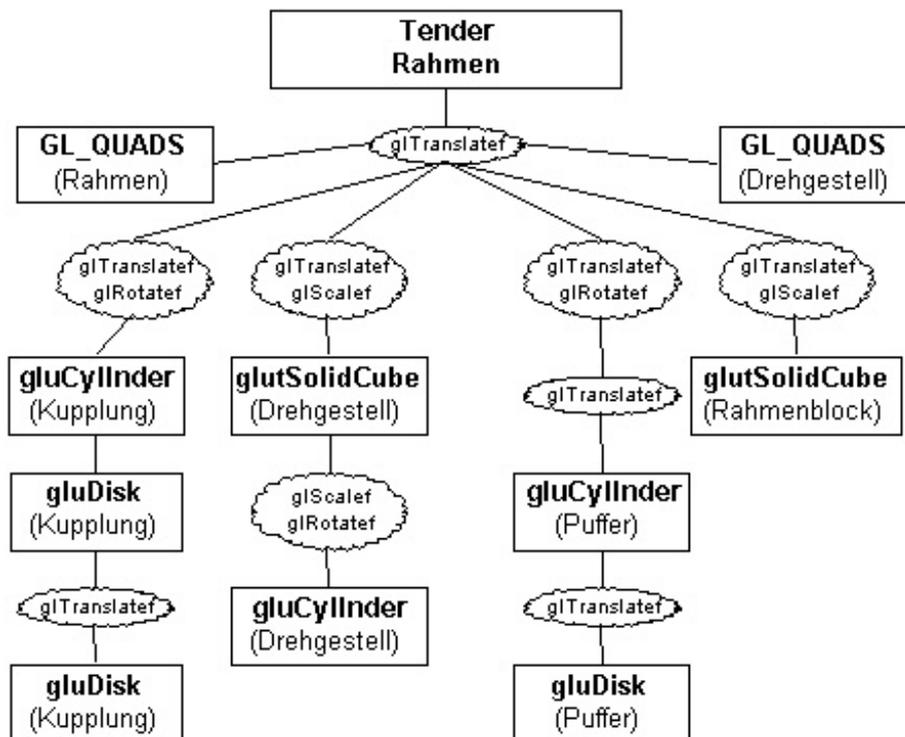


Abbildung 31: Szenegraph des Tenderrahmens

### 3.2.2 Räder und Achsen



Abbildung 33: Tender-Radsatz

Die Räder und Achsen bestehen auch hier aus je 2 Halbachsen (siehe 3.1.4). Beim Tender wird nicht zwischen verschiedenen Typen unterschieden, alle Achsen haben den gleichen Aufbau.

### 3.2.3 Aufbauten

Die Aufbauten umfassen die Wassertanks und den Kohlebunker sowie einige GL\_QUADS für diverse Trittbleche und ähnliches. Als Besonderheit ist die mit einer Kohletextur versehene Fläche vertikal beweglich, so dass verschiedene Füllstände simuliert werden können.

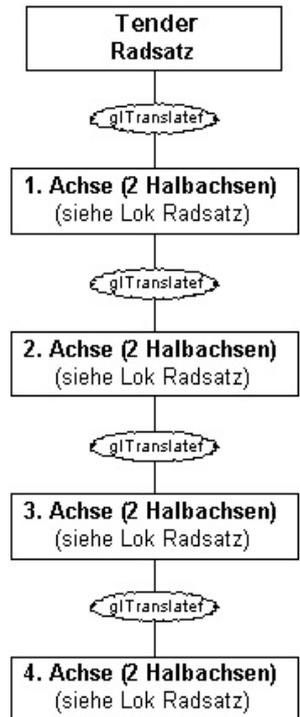


Abbildung 32: Szenegraph Tender-Radsatz

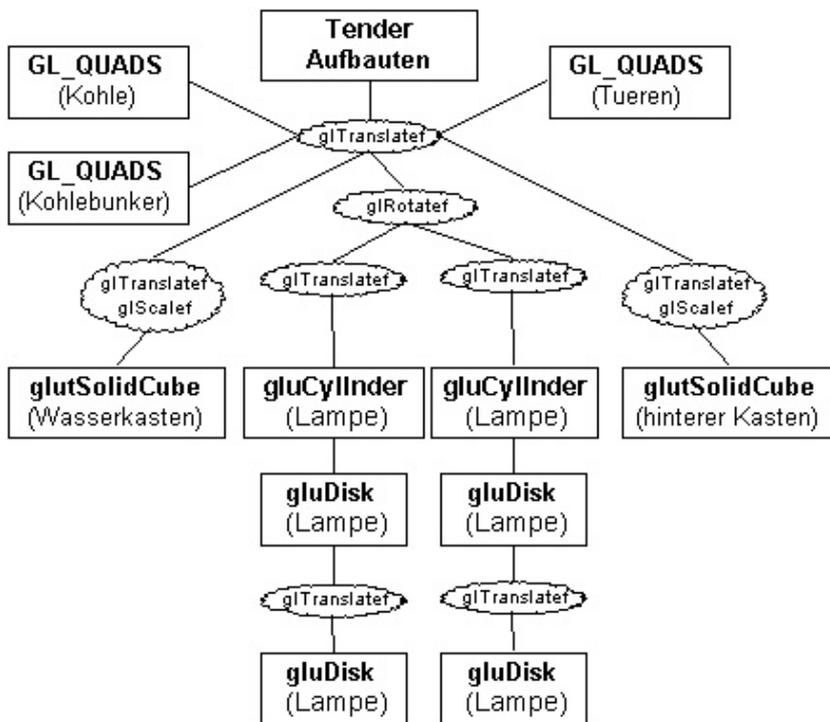


Abbildung 34: Szenegraph der Tenderaufbauten

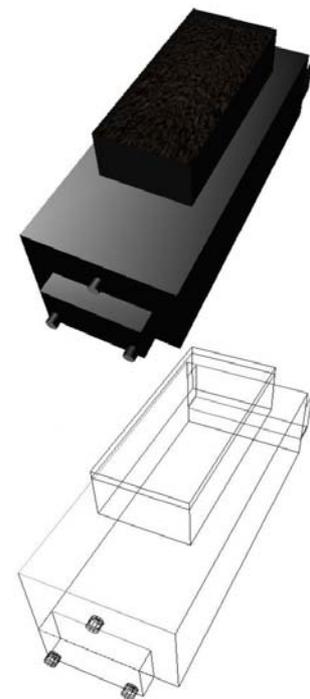


Abbildung 35: Tenderaufbauten

## 4 Material- und Lichtdefinitionen

### 4.1 Farbdefinitionen

```
GLubyte schwarz[] = {15,15,15};
GLubyte rot[]      = {255,0,0};
GLubyte grau[]    = {80,80,80};
GLubyte weiss[]   = {255,255,255};
GLfloat window[]  = {0.3,0.3,0.35,0.8};
```

### 4.2 Materialdefinitionen

```
GLfloat mat_color[]      = {1,1,1,1};
GLfloat mat_emission[]   = {0,0,0,1};
GLfloat mat_shininess[]  = {50};
GLfloat rauch_specular[] = {0,0,0,1};
GLfloat window_ambient[] = {0,0,0,1};
GLfloat window_specular[] = {1,1,1,1};

GLfloat light_emission[] = {light,light,light,0.0};
GLfloat light_red_emission[] = {light,0,0,0.0};
```

Es wird der Modus `GL_COLOR_MATERIAL` verwendet, die Farbwerte werden mittels `glColor` zugewiesen. Die Werte in `mat_color` werden für `AMBIENT/DIFFUSE` (Anwendung von `GL_AMBIENT_AND_DIFFUSE`) und `SPECULAR` verwendet und stellen hierbei die Farbe des Sonnenlichts (also weiß) dar. Alle hier angegebenen Werte beziehen sich sowohl auf die Vorder- als auch auf die Rückseiten.

Die Werte von `light_emission` beziehen sich auf die Spotlights, wenn diese eingeschaltet sind, ist die Variable `light` mit 1 belegt, so dass die Lampen entweder weißes oder rotes Licht emittieren (in Abhängigkeit des Tempos).

### 4.3 Lichtdefinitionen

Zusätzlich zu den verschiedenen Lichtquellen gibt es eine ambiente Beleuchtung von 0.075, die mittels `GL_LIGHT_MODEL_AMBIENT` gesetzt wird. Dadurch ist die Lok selbst ohne sonstige Beleuchtung schemenhaft erkennbar, zugleich lassen sich dadurch realistisch wirkende Nachtszenen nachbilden. Um eine realistische Beleuchtung der Objekte zu erreichen, wird das gesamte Lichtmodell im Modus `GL_LIGHT_MODEL_LOCAL_VIEWER` betrieben.

#### 4.3.1 Direktionales Licht (Sonne)

```
double sunx=1.0;double suny=1.0;double sunz=1.0;
double sun_intensity=1.0;

GLfloat sun_position[] = {sunx,suny,sunz,0};
GLfloat sun_diffuse[]  = {sun_intensity, sun_intensity,
                        sun_intensity,1};
GLfloat sun_specular[] = {sun_intensity, sun_intensity,
                        sun_intensity,1};
GLfloat sun_ambient[]  = {0.3*sun_intensity,0.3*sun_intensity,
                        0.3*sun_intensity,1};
```

Die Parameter können interaktiv geändert werden, somit läßt sich die Position und die Intensität der Sonnenstrahlung beeinflussen. Der ambiente Teil dient der Ausleuchtung der gesamten Szene, so wie auch die echte Sonne Räume auf der Schattenseite erhellt.

### 4.3.2 Spotlights (Beleuchtung der Lok)

```
double headlight_intensity=1;
double headlight_attenuation=0.001;
double headlight_cutoff=20;

GLfloat headlight_diffuse[]      = {headlight_intensity,
                                     headlight_intensity,
                                     headlight_intensity,1};
GLfloat headlight_red_diffuse[]  = {headlight_intensity,0,0,1};
GLfloat headlight_specular[]     = {headlight_intensity,
                                     headlight_intensity,
                                     headlight_intensity,1};
GLfloat headlight_red_specular[] = {headlight_intensity,0,0,1};
GLfloat headlight1_direction[]   = {0,0,1};
GLfloat headlight2_direction[]   = {0,0,-1};
GLfloat headlight_position[]     = {0,0,0.1,1};
```

Die Parameter können interaktiv geändert werden. Die Beleuchtung der Lok ist fahrtrichtungsabhängig, in Fahrtrichtung ist das Licht weiß, in Gegenrichtung rot. Bei Stillstand sind alle Lichter weiß.

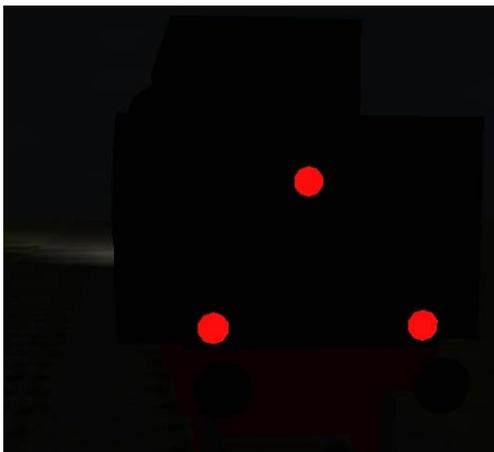


Abbildung 36: Spotlights angeschaltet



Abbildung 37: Punktlicht angeschaltet

### 4.3.3 Punktlicht (Kameralicht)

```
double camera_intensity=0.2;
GLfloat camera_light_diffuse[] = {camera_intensity,
                                   camera_intensity,
                                   camera_intensity,1};
GLfloat camera_light_specular[] = {camera_intensity,
                                   camera_intensity,
                                   camera_intensity,1};
GLfloat camera_light_position[] = {0,0,0,1};
```

Das Licht befindet sich an der „Kameraposition“, also an den Koordinaten des Betrachters, und wird mitbewegt.

## 5 Interaktionsmöglichkeiten

Die Interaktion mit dem Programm erfolgt über Tastatur und Maus. Mit der Maus kann bei gedrückter linker Maustaste die Blickrichtung geändert werden. Diese ist in Y-Richtung auf Werte größer 0 (Blick von der Seite) und kleiner 90° (Blick senkrecht von oben) beschränkt. Bei gedrückter rechter Maustaste wird der Zoomfaktor eingestellt, dieser ist auf Werte kleiner der halben Kantenlänge des „Umgebungswürfels“ beschränkt.

### Tastaturfunktionen

ESC Programm beenden

### Darstellung

F1-F11 Darstellung der einzelnen Objekte an/aus  
a autodetail-Modus an/aus  
g, G „Umgebungswürfel“ kleiner/größer  
, / . Detailgrad für Zylinder und Disks erhöhen/verringern  
\* Bodenskalierung feiner  
/ Bodenskalierung grober

### Features

0 Kamera an die Ausgangsposition zurücksetzen  
1 direktionales Licht (Sonne) an/aus  
2 Punktlicht (Kamera) an/aus  
b, B direktionale Lichtquelle entlang der X-Achse verschieben  
m, M direktionale Lichtquelle entlang der Z-Achse verschieben  
n, N direktionale Lichtquelle entlang der Y-Achse verschieben  
p Clipplane an/aus  
c, C Spotlight-Cutoff kleiner/größer  
h Spotlights an/aus  
u, U Spotlight-Attenuation größer/kleiner  
i, I Intensität des direktionalen Lichts kleiner/größer  
k, K weniger/mehr Kohle im Tender  
t, T Modell vorwärts/rückwärts verschieben  
r Modell links/rechts verschieben  
+ Tempo erhöhen  
- Tempo verringern  
l Lighting-Modus an/aus  
o Umschalten Zentral-/Parallelprojektion  
s Umschalten Smooth-/Flat-Shading  
w Darstellung im wireframe-Modus an/aus  
z Z-Puffer an/aus

## 6 Bemerkungen zu Punkten der Checkliste

### 6.1 Kontrolle der OpenGL

Initialisierung des Ausgabefensters in der Funktion main, verwendet wird der RGBA-Modus mit Double Buffering und Z-Buffering. Die Fenstergröße beträgt 1024\*768 Pixel.

### 6.2 Ausgabepimitive

Folgende Ausgabepimitive wurden verwendet: GL\_QUADS, GL\_QUAD\_STRIP, GL\_TRIANGLES, gluCylinder, gluDisk, glutSolidSphere, glutSolidCube.

### 6.3 Manipulation von Attributen

Standardmäßig ist der autodetail-Modus aktiviert, in dem das Programm anhand der gemessenen Framerate die Auflösung der Quadriken automatisch anpaßt, um eine Mindestframerate von 25 fps nicht zu unterschreiten. Bei Frameraten über 40 fps wird der Detaillevel erhöht. Darüber hinaus ist über die Tastatur die Auflösung der Quadriken unabhängig vom autodetail-Modus einstellbar.

Es werden fünf verschiedene Texturen mit teilweise unterschiedlicher Filterung verwendet. Die angewendeten Materialdefinitionen und Farben sind unter Punkt 4 zu finden. Alle Texturen werden durch `GL_LINEAR` gefiltert, die Schienen durch `GL_LINEAR_MIPMAP_LINEAR`.



Abbildung 38: Textur 1



Abbildung 39: Textur 2



Abbildung 40: Textur 3



Abbildung 41: Textur 4



Abbildung 42: Textur 5

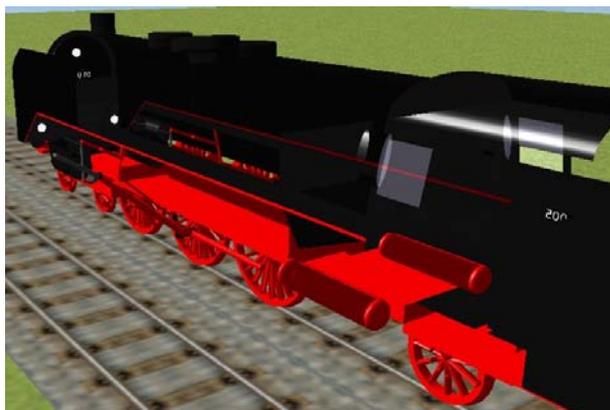


Abbildung 43: Z-Puffer deaktiviert

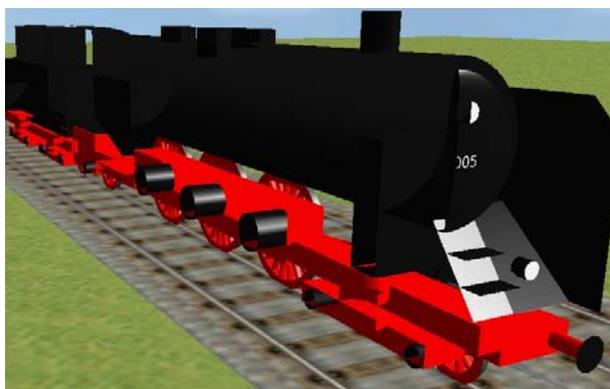


Abbildung 44: Clipping-Plane angeschaltet

### 6.4 Eingabe

Die Interaktion mit dem Programm erfolgt per Maus und Tastatur. Die Maus dient dem Rotieren und dem Zoomen, mit der Tastatur lassen sich zahlreiche Optionen einstellen (siehe Punkt 5).

### 6.5 HLHSR

Die Benutzung des Z-Puffers ist standardmäßig aktiviert, kann jedoch über die Tastatur abgeschaltet werden.

### 6.6 Modellierung

Die Teile des Modells wurden mittels `glTranslatef`, `glRotatef` und `glScalef` „montiert“, Einzelheiten dazu sind im Szenegraph ersichtlich.

Die Transformationstiefe im Szenegraph liegt aufgrund der komplexen Steuerung der Lok deutlich höher als gefordert.



Abbildung 45: Parallelprojektion

### 6.7 Viewing

Durch Interaktion mit der Maus kann das Modell von allen Seiten betrachtet werden. Neben den Clipping-Ebenen im Dach des Führerstands und in den Rädern kann durch die Tastatur eine zusätzliche Clipping-Plane eingeschaltet werden, die das Modell der Länge nach „aufschneidet“.

Die Darstellung kann zwischen Zentral- und Parallelprojektion umgeschaltet werden.



Abbildung 46: Flat-Shading

### 6.8 Rendering und Beleuchtung

Das Modell wird standardmäßig durch globales ambientes Licht und ein direktionales Licht beleuchtet (siehe Punkt 4). An der Lok selbst befinden sich 6 Spotlights, je drei nach vorn und drei nach hinten. An der Kameraposition befindet sich ein Punktlicht. Alle Lichtquellen lassen sich getrennt an- und ausschalten. Zusätzlich lassen sich der cutoff-Winkel und der attenuation-Faktor der Spotlights sowie die Intensität und die Position der direktionalen Lichtquelle beeinflussen.

Zwischen den Shading-Modi GL\_SMOOTH und GL\_FLAT kann umgeschaltet werden.