

## Kapitel 24

# Hardwarebeschleunigung

Trotz aller Optimierungen reicht die Rechenkapazität heutiger CPUs nicht aus, um komplexe Szenen in hoher Auflösung bei hohen Frameraten darzustellen. Deswegen wurden Grafikprozessoren (GPU) entwickelt, die für diese Aufgabe spezialisiert sind. Die Geschwindigkeit dieser GPUs verdoppelt sich zur Zeit etwa alle 6 Monate, was einerseits Moore's Law unterbietet (Verdoppelung der Rechengeschwindigkeit alle 18 Monate) und andererseits dazu führt, daß es keine Software gibt, die die Fähigkeiten der Grafikchips ausnutzt.

Das aktuelle Top-Modell GeForce 7950 GX2 des Marktführers Nvidia für den heimischen PC kann pro Sekunde 2 Milliarden Vertices verarbeiten. Die sogenannte *fill rate* beträgt 24 Milliarden Texel pro Sekunde. Diese Geschwindigkeiten werden unter anderem durch eine Gleitkommaleistung der beiden GPUs von insgesamt 384 GFlops und eine 24-fache Parallelisierung der Viewing Pipeline erreicht.

Ein 3D-Grafiksystem besteht aus drei konzeptuellen Stufen, die nacheinander bei der Berechnung eines Frames durchlaufen werden:

- Applikation: Hier wird die Szene definiert; d.h. die Geometrie wird festgelegt. Dies geschieht durch Auswertung einer hierarchischen Struktur unter Berücksichtigung von Dynamik in der Szene:
  - Objekte kommen hinzu oder werden entfernt,
  - Objekte bewegen sich (insbesondere die Kamera),
  - Objekte kollidieren,
  - Objekte erhalten ein anderes Aussehen,
  - die Beleuchtung ändert sich,
  - die Sichtverhältnisse (Nebel etc.) ändern sich
  - usw.

Ggf. wird hier die Sichtbarkeit geregelt (z.B. mit BSP-Tree).

- Geometriestufe: Hier werden die meisten pro-Polygon- und pro-Vertex-Operationen durchgeführt. Die Polygone durchlaufen die beschriebene Viewing Pipeline:
  - Model Transform

- BFC
  - Clipping
  - Lighting
  - View Orientation
  - View Mapping
  - Device Mapping
- Rasterung: Hier werden die sichtbaren Polygone (bzw. Polygoneile) auf Basis ihrer korrekt transformierten, beleuchteten und mit Texturkoordinaten versehenen Vertices auf den Bildschirm gebracht. Dazu muß jedes Polygon in Dreiecke zerlegt (Tessellation) und für jedes Pixel im Bereich eines solchen Dreiecks die Farbe bestimmt werden. Ggf. sind Spezialeffekte wie Nebel, Partikelsysteme und Lens Flares einzublenden. Hier wird ggf. auch die Sichtbarkeit geregelt (Z-Buffer oder Span-Buffer). Damit der Wechsel zwischen zwei Frames nicht störend wirkt, sollte DoubleBuffering benutzt werden.

Grafik Hardware wurde ursprünglich entwickelt, um die letzte Stufe, die Rasterung, zu beschleunigen. Die Interpolation der  $x$ -,  $y$ -,  $z$ -Werte und der Texturkoordinaten und Beleuchtungsparameter entlang der Dreieckskanten bzw. der Scanline lassen sich in Form von Hardware wesentlich schneller realisieren. Auch der  $z$ -Buffer wird durch Hardwareinsatz beschleunigt.

Im Laufe der Zeit wurden die GPUs so leistungsfähig, daß sie immer mehr Aufgaben eines 3D-Systems übernehmen konnten. Die mittlere Stufe, in der sich alles um pro-Polygon-Operationen dreht, wird durch heutige Hardware bereits praktisch komplett ersetzt.

Die Applikationsstufe wird nicht durch Hardware ersetzt werden, denn die Abläufe in dieser Stufe sind zu vielfältig, um sie in Hardware umwandeln zu können.

Heutige Hardware beinhaltet (in alphabetischer Reihenfolge)

- 2D- und 3D-Texturing,
- Antialiasing,
- Alpha Blending/Mapping
- API (OpenGL, DirectX)
- Bump Mapping
- Clipping
- Displacement Mapping
- Double und Triple Buffering
- Environment Mapping
- Filterung (bi-, trilinear und (an)isotropisch)
- Lighting

- Light und Shadow Mapping
- Matrixtransformationen
- Mip Mapping
- Multitexturing
- Nebel
- Pixel Shader (programmierbar)
- Schattenberechnung
- Tessellation
- Vertex Shader (programmierbar)
- z-Buffer