



Computergraphik I

Die Graphik-Pipeline

G. Zachmann
 Clausthal University, Germany
zach@in.tu-clausthal.de

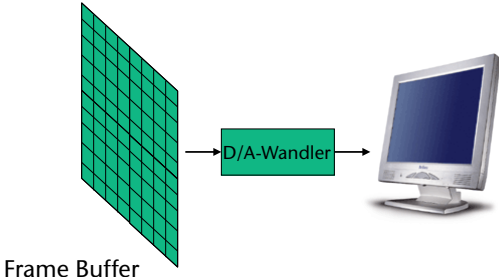
Der Input: Graphische Primitive

- Alle Geometrie wird aus folgenden **graphischen Primitiven** zusammengesetzt:
 - Punkte
 - Einzelne Strecken (= "Geraden" oder "Linien")
 - Linienzug (= Folge von zusammenhängenden Linien)
 - Dreiecke (evtl. konvexe Polygone)
 - Buchstaben (vordefinierte Zeichen)
- Das sind alle!
 - Kurven? → werden aus einer Folge von Linien approximiert
 - Allgemeine Polygone? → werden i.A. in Dreiecke unterteilt
 - Gekrümmte Flächen? → werden i.A. durch Dreiecke approximiert
- Der Trend geht in Richtung einfacher Primitive
 - Einfach, einheitlich, sich oft wiederholend: gut für Parallel-Verarbeitung

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Scan Conversion: Lines & Co 2

Der Output: ein Array von Farbwerten

- Auf der Graphikkarte haben wir einen eigenen Bildspeicher
- Hier schreiben wir letzten Endes einzelne Pixel
- Ein Digital/Analog-Wandler liest diesen periodisch aus und wandelt den Inhalt in das Bildsignal für den Monitor um
- Typisches Format: 3 Byte pro Pixel (r,g,b)



Frame Buffer

D/A-Wandler

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Scan Conversion: Lines & Co 3

Übersicht über die Pipeline

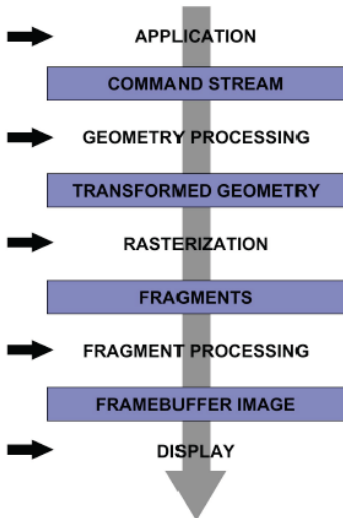
Hier sind wir (Programmierer) → APPLICATION

3D Transformation, Shading → GEOMETRY PROCESSING

Konvertierung der Primitive in Pixel → RASTERIZATION

Blending, Zusammensetzen, Shading → FRAGMENT PROCESSING

Ausgabe auf dem Bildschirm → DISPLAY



APPLICATION
COMMAND STREAM

GEOMETRY PROCESSING
TRANSFORMED GEOMETRY


RASTERIZATION
FRAGMENTS

FRAGMENT PROCESSING
FRAMEBUFFER IMAGE

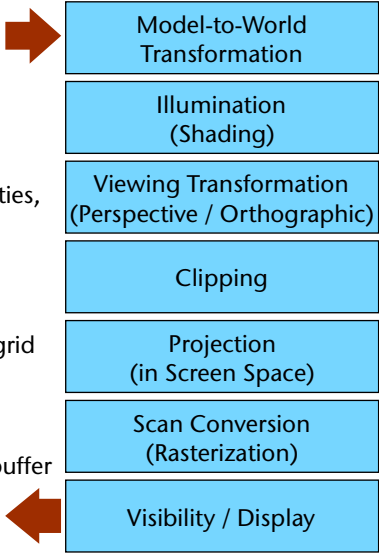
DISPLAY

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Scan Conversion: Lines & Co 4

"A Trip Down the Graphics Pipeline"



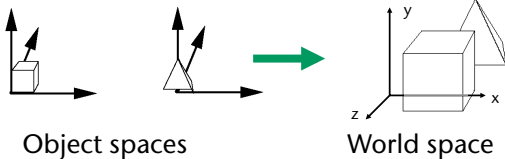
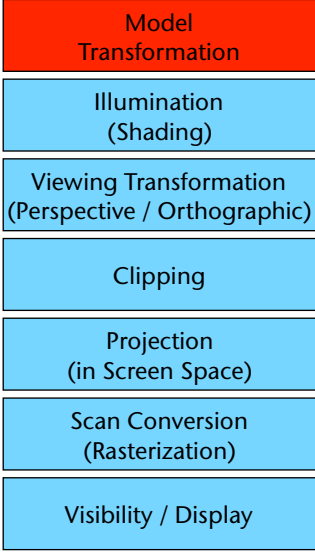
- Input:
 - Geometric model: description of all objects, surface, and light source geometry and transformations
 - Lighting model: Computational description of object and light properties, interaction (reflection)
 - Synthetic Viewpoint (or Camera): Eye position and viewing frustum
 - Raster Viewport (Frame Buffer): Pixel grid onto which image plane is mapped
- Output:
 - Colors / Intensities suitable for framebuffer display (for example, 24 Bits RGB values at each pixel)



G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Scan Conversion: Lines & Co 5

Model Transformation

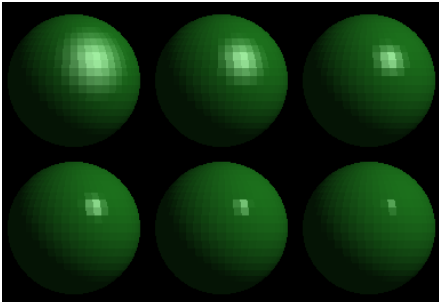
- 3D Modell wird im eigenen Koordinatensystem definiert (**object space**)
- Model Transformation** positioniert die Objekte in einem allg. Koordinatensystem (**world space**)

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Scan Conversion: Lines & Co 6

Illumination (Beleuchtung, Schattierung)

- Beleuchten von Dreiecken (für Schattierung und Highlights) gemäß der Material-Eigenschaften, Oberflächeneigenschaften und Lichtquellen
- Lokale Beleuchtungsmodelle (Diffuse, Ambient, Phong, etc.)

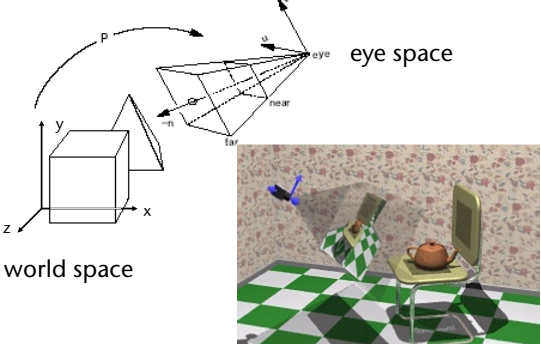


Modell Transformation
Illumination (Shading)
Viewing Transformation (Perspective / Orthographic)
Clipping
Projektion (in Screen Space)
Scan Conversion (Rasterization)
Visibility / Display

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10
Scan Conversion: Lines & Co 7

Viewing Transformation

- Umwandeln von Welt-Koord nach Kamera-Koord
- Bestimme Transformation für komplette Szene so, daß Betrachter-Position in den Ursprung verschoben wird und Blickrichtung entlang Z-Achse ist



Model Transformation
Illumination (Shading)
Viewing Transformation (Perspective / Orthographic)
Clipping
Projection (in Screen Space)
Scan Conversion (Rasterization)
Visibility / Display

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10
Scan Conversion: Lines & Co 8

Clipping

- Abschneiden der Objekte, die außerhalb des sichtbaren Bereiches liegen (*view frustum*)
- Transformiere Szene in **normalisierte Koordinaten (NDC)**

The diagram illustrates the clipping process. On the left, a purple cow is shown within a 3D view frustum. A green arrow points to the right, where the cow is shown within a normalized coordinate system (NDC) box. Below the NDC box, the axes are labeled x, y, and z.

Modell Transformation

Illumination (Shading)

Viewing Transformation (Perspective / Orthographic)

Clipping

Projektion (in Screen Space)

Scan Conversion (Rasterization)

Visibility / Display

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10

Scan Conversion: Lines & Co 9

Projektion

- Das Objekt wird in ein 2D Bild (*space*) projiziert

The diagram illustrates the projection process. On the left, a purple cow is shown within a 3D NDC box. A red arrow points to the right, where the cow is shown within a 2D screen space grid. The grid is labeled with 'width' and 'height' axes. Below the screen space grid, the axes are labeled x, y, and z.

Modell Transformation

Illumination (Shading)

Viewing Transformation (Perspective / Orthographic)

Clipping

Projection (in Screen Space)

Scan Conversion (Rasterization)

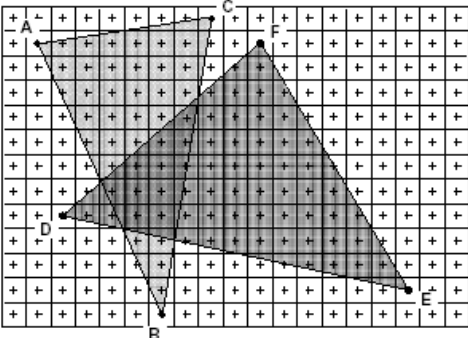
Visibility / Display

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10

Scan Conversion: Lines & Co 10

Scan Conversion (Rasterisierung)

- Rasterisierung der Objekte in Pixel
- Ecken-Werte interpolieren (Farbe, Tiefenwert, ...)



Modell Transformation

Illumination (Shading)

Viewing Transformation (Perspective / Orthographic)

Clipping

Projektion (in Screen Space)

Scan Conversion (Rasterization)

Visibility / Display

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Scan Conversion: Lines & Co 11

Visibility (Sichtbarkeit) u.a. Tests

- Verdeckungen bestimmen
- Evtl. weitere Pixel-Operationen:
 - Blending mit vorhandenem Frame-Buffer-Inhalt
 - Maskierung (z.B. wegen Verdeckung durch andere Fenster)
 - Farb-Transfer

Modell Transformation

Illumination (Shading)

Viewing Transformation (Perspective / Orthographic)

Clipping

Projektion (in Screen Space)

Scan Conversion (Rasterization)

Visibility / Display

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Scan Conversion: Lines & Co 12