

# Grundlagen der Computergrafik

## 2D/ 3D Grafik

Institut für Medieninformatik, LMU München

Seminar: Medientechnik, SoSe 2003

Prof. Hussmann

Referentin: Radostina Ruseva

## Entwicklung der Computergrafik



Die erste Computergrafik:

### ASCII-Art Grafik

- keine realistischen Bilder
- bis vor kurzem einzige Möglichkeit für Grafiken auf z.B. Handys [22]



1950er: erste Animation:

Darstellung eines „springenden Balles“  
mittels einen Oszylographen auf einem  
schwarzen Brett

Entwickler: Jay Wright Forrester, einer der  
ersten Entwickler der Computergrafik.[18]

## noch mehr an MIT ...

- **das erste Videospiel "Spacewar"** von Steve Russel in 1961 [18]
- die Dissertation von **Ivan Sutherland** 1963
  - Das sogenannte „Sketchpad“, das er entwickelt hat, und das von seinen Kollegen für „elektronischen Unsinn“ gehalten worden ist, gilt als eine der ersten interaktiven Grafikanwendungen.[18]

- 1964: Anfänge von **CAD/CAM** im Automobilentwurf
- Algorithmen und Verfahren zur ständigen Verbesserung der Darstellung:
  - **Algorithmus für Hidden Surface Elimination** von John Warnok in 1969
  - **Anti-Aliasing** Verfahren zur Kantenglättung von Frank Crow in 1973
  - **Raytracing** bei den Bell Labs und der Cornell University in 1980

- erster rein mit Hilfe von Computergrafik **animierter Film** „Tron“ in 1982.
- Grafische Benutzeroberflächen, Grafikbibliotheken
  - **X-Windows** von MIT in 198
  - **GKS** (Graphics Kernel System): „ein internationaler Standard für 2D-Grafik, im wesentlichen bestehend aus einer Reihe von Bibliotheksfunktionen zum Zeichnen von Linien, Markierung und Text.“ Peter A. Henning „Taschenbuch Multimedia“ S.121

- **PHIGS** (Programmer's Hierarchical Interactive Graphics System) in 1988: “ein auf GKS basierender Standard mit Datenstrukturen und Funktionen zum Rendering und zur Manipulation von grafischen Darstellungen in 3D.” Peter A. Henning „Taschenbuch Multimedia“ S.121
- **PEX** (PHIGS Extension to X) in 1989;
- **OpenGL** in 1983: Standard für 2D- und 3D-Computergrafik

- Heute:
  - **Lifestreaming,**
  - **Teleconferencing,**
  - **MMS-Nachrichten**

## Definition der Computergrafik

Nach dem Duden ist das „*der Bereich der Datenverarbeitung, der sich mit der Erfassung, (Digitalisierung), Speicherung (Codierung: bitmap- und vektororientierte Verfahren), Verarbeitung (z.B. Filtern von Bildern) und Ausgabe (Bildschirm, Drucker, CAM-Fräse etc.) graphischer Darstellungen befasst.*“

## Aufgaben der Computergrafik

- *die Beschreibung von Bildern,*
- *die Ein- und Ausgabe der Beschreibung,*
- *sowie die Manipulation der Beschreibung des zugehörigen Bildes. [23]*

## Anwendungsbereiche

- Entwicklung von grafischen Benutzeroberflächen,
- Print, electronic Publishing,
- Kartografie,
- CAD (Computer Aided Design),
- Echtzeitsimulation und –Animation,
- Überwachungs- und Steuerungssysteme,
- Medizin,
- Visualisierung im Forschungsbereich,
- Unterhaltung, und auch nicht an letzter Stelle
- Computergrafik als Kunst. [23]

## Pixelbild ?

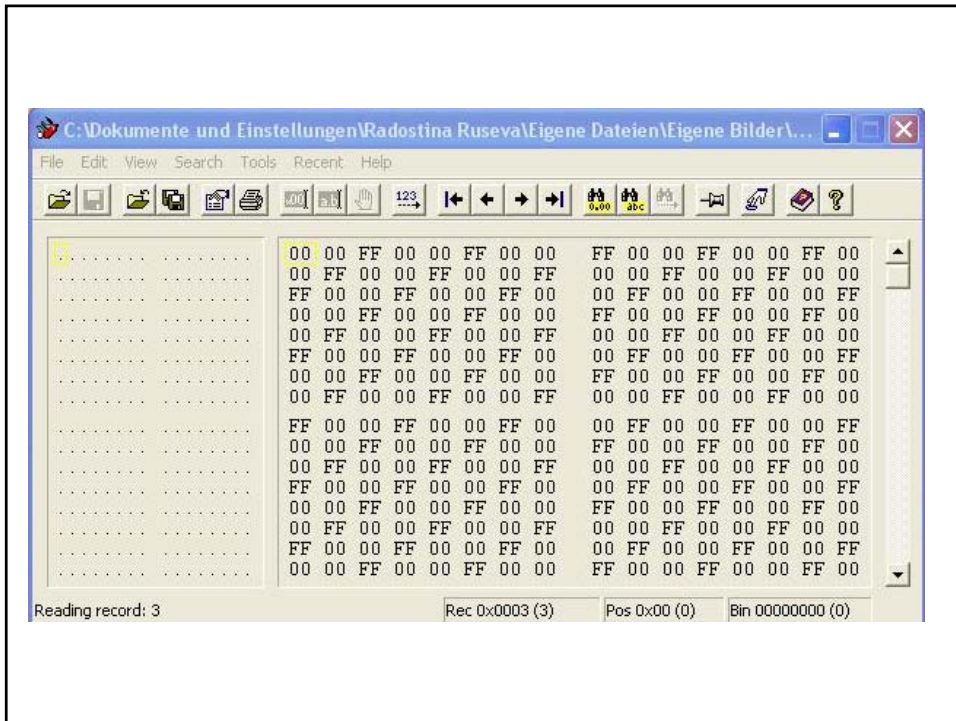
„Ein Pixelbild besteht aus einer Menge quadratischer Flächen, die einfarbig, flächig gefüllt sind. Also: ein Raster, wo jedes Feld (Pixel) eine Farbinformation in Bits speichert, daher auch der Name Bitmap.“  
[25]

## Pixelbild

- Bildschirm stellt Bild mit höchstens so vielen Pixeln wie seinen eigenen dar
- „Größenabhängigkeit“ der Rastergrafiken
- viele optische Details - das Bild realistisch
- die meist benutzte Grafik heute
- viel Speicherplatz nötig
- nur schwer korrigierbar

## Darstellung eines \*.bmp

- Im Beispiel: die Darstellung eines roten \*.bmp Bildes im Hexeditor File Editor 3.1.
- Freedownload: <http://download.com.com/3001-2352-4930559.html>
- Wir haben ein Bild, das nur rot präsentiert, damit demonstrierbar ist, wie die Darstellung davon im Computer aussieht.
- **00 00 FF** stehen für Blau Grün und Rot, also: je 6 Hexziffern beschreiben ein Pixel.



## Vektorgrafik

- Design von mehrteiligen Objekten, Schriftarten oder Spielen
- Objekte durch mathematische Funktionen beschrieben
- Unabhängige Ausgabe am Bildschirm
- Kein Verlust an Qualität bei Vergrößerung

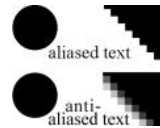


## Vor- und Nachteile

- ganz wenig Speicherplatz
- sehr leicht korrigierbar
- schnell zu berechnen
- Details fast nicht möglich
- Problem mit dem maschinellen Einscannen und Ausgabe von Dateien, da der Bildschirm als Ausgabe nur die Rastergrafik kennt

## Begriffe der Computergrafik

- **Rendering** ist (in der Computergrafik) die Berechnung einer Rastergrafik, wie das Umwandeln einer Vektorgrafik in ein Rasterbild.



- **Anti-Aliasing** benutzt man, um „Treppenstufen“ bei schrägen Linien auszugleichen. Das gelingt durch Interpolation, also: „farbliche Angleichung benachbarter Bildpunkte“, dabei entstehen normalerweise auch negative Effekte: i.B. das interpolierte Bild wirkt dicker. [21]

## Clipping

- **Clipping** ist das Ausschneiden bestimmter unsichtbarer Teile eines geometrischen Objekts für die Darstellung am Bildschirm. Diese Teile werden aber mittels Clipping nicht gelöscht, sondern einfach nur verborgen. Deshalb können sie immer wieder nach Wunsch neu angezeigt werden.
- **3D-Clipping** ist das Clipping von 3D-Objekten, wo das versteckte Element nicht ein Polygon, sondern ein Körper ist.

# Transformationen

- drei Grundarten von Transformationen:

- Translation
- Skalierung
- Rotation

Beim Ausführen der drei Transformationen ist die Reihenfolge entscheidend.

- **Translation** ist die Verschiebung eines Objektes in eine gerade Richtung.
- **Skalierung** ist die Vergrößerung bzw. Verkleinerung von Objekten. Eine proportionale Skalierung nennt man auch **unär**.
- **Rotation** ist das Drehen eines Objektes um einen Winkel. Rotationen sind nicht kommutativ, also verschiedene Reihenfolgen der Rotationen ergeben verschieden Bilder im Raum.

## Begriffe der 2D-Grafik

**Koordinatensystem** der 2D-Grafik ist das kartesische Koordinatensystem, mit den Achsen  $x$  und  $y$ , wobei es öfters der Fall ist, dass die beiden Achsen vertauschte Richtungen haben.

## Bresenham-Algorithmus zum Zeichnen einer Linie

```
void bresenham_linie(Point P, Point q)           // zeichnet Linie von
  P nach q
{
  Point p = new Point(P);
  int error, delta, schwelle, dx, dy, inc_x, inc_y;

  dx = q.x - p.x;
  dy = q.y - p.y;

  if (dx>0) inc_x= 1; else inc_x=-1;
  if (dy>0) inc_y= 1; else inc_y=-1;
```

```

if ( Math.abs (dy) < Math.abs (dx)) { // flach
    nach oben oder flach nach unten

    error = -Math.abs(dx);
    delta = 2*Math.abs(dy);
    schwelle = 2*error;
    while (p.x != q.x) {
        set_pixel(p);
        p.x+=inc_x;
        error = error + delta;
        if (error >0) { p.y+=inc_y; error = error +
schwelle;}
    }
}

```

```

else // steil nach oben oder steil
    nach unten
    {
        error = -Math.abs(dy);
        delta = 2*Math.abs(dx);
        schwelle = 2*error;
        while (p.y != q.y) {
            set_pixel(p);
            p.y+=inc_y;
            error = error + delta;
            if (error >0) { p.x+=inc_x; error = error + schwelle;}
        }
    }
    set_pixel(q);
}

```

- **Splines:** „durch Stützpunkten definierte Freiformkurven (Bezierkurve), die durch zwei off points geführt werden.“ [10]
- **Polygon:**
  - planare, nach einer Seite orientierte Flächen
  - komplexe Szenen und Objekte werden einfach in Polygone zerlegt, da bestimmte Operationen auf Polygonen schneller ausgeführt werden können [10]
- **Solid Modelling** ist die Zusammensetzung verschiedener einfacher Körpern mittels boolescher Operatoren zu komplexen Objekten. [10]

## 3D-Grundlagen

- **Koordinatensystem** in der 3D-Grafik sind die Modelle der linken oder der rechten Hand, wobei als Achsen x, y und die z-Koordinate genommen werden.
- **Elementarobjekte** der 3D-Grafik sind die gut bekannten Polyeder (z.B. Würfel), oder die 3D-Figuren aus gekrümmten Polygonen (z.B. Zylinder, Kugel)

- Die anderen Arten von **Repräsentationen** von 3D-Objekten sind das **Drahtmodell** (z.B. Drahtmodell mit Kantenliste) oder durch das **Flächenmodell** (z.B. Flächenmodell mit Flächenliste, Flächenmodell mit Halbkantendarstellung, Flächenmodell mit Schattierung, ohne abgewandte Flächen, Flächenmodell mit Berechnung von Lichtreflektion, ohne verdeckte Teile von Flächen).



- **Culling**, auch unter „Removal“ bekannt, ist das Unterdrücken von überflüssigen Flächen. Bei der **Back-Face Removal** (links) unterdrückt man die Rückflächen, und bei dem **Hidden Surface Removal** (rechts) - entfernt man die nicht sichtbaren Flächen einfach durch Löschen. [08]

# Licht und Schatten

Durch **Schattierungsalgorithmen** berechnet man die Grau- und die Farbanteile der Schattierungswerte für die Darstellung eines Körpers. Es gibt im Wesentlichen drei wichtige Schattierungsalgorithmen (lokale Schattierungsverfahren).

## Konstante Schattierung

1. Lichtquelle im Unendlichen
2. unabhängig von der Entfernung zum Objekt
3. nur diffuse oder ambiente Beleuchtung möglich
4. unrealistische Darstellung



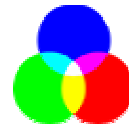
- Die **Gouraud-Schattierung** berechnet die Schattierung an den Kanten des Polygons und interpoliert im Inneren.
- Die **Phong-Schattierung** „interpoliert die Oberflächennormalen für jeden Punkt im Inneren des Polygons, und berechnet explizit die Schattierungswerte für jedes Pixel.“ [26]



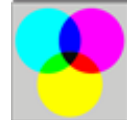
- **Caustics** nennt man der Algorithmus zur realistischen Abbrechung von hellen Lichtstrahlen im Medium Glas (siehe Beispiel rechts) oder Wasser, und ihre wahrhafte Projektion auf eine unmittelbare Fläche. [20]

# Farbmodelle

- Definition: Ein Farbmodell ist ein „Koordinatensystem, das alle sichtbaren Farben eines Farbbereichs umfasst.“ [13]
- **Hardware-orientierte Farbmodelle** sind z.B. das RGB (Rot/Grün/Blau-Modell) und das CMY/CMYK (Cyan/Magenta/Yellow/Black-Modell). [13]



- Das **RGB** Modell ist für die Ausgabe an Bildschirme entwickelt worden. Es ist ein additives Farbmodell, was bedeutet, dass Schwarz genau dann entsteht, wenn man keinen Anteil aller drei Farben hat. Und umgekehrt, wenn man den maximalen Anteil aller drei Farben mischt - Weiß. [13]



- Da das **CMY** ein subtraktives Modell ist, sollte man bei Maximumanteilen aller Farben Schwarz bekommen. Dieses Modell wird aber meistens bei Druckern benutzt und beim Mischen von den drei Farben erzeugt man kein reines Schwarz. Deshalb wurde zu **CMYK (+Black)** vervollständigt. [13]

## YUV-Modell

- Das **YUV** Modell wird meistens beim Pal Fernsehen benutzt, bei dem steht die Y-Koordinate für die **Luminanz** (Helligkeit der Farben). [13]



## Radiosity



- **Radiosity** ist ein Beleuchtungsmodell, bei dem Lichtenergie auf Flächen projiziert wird, wobei eine besonders realistische Darstellung gelingt. [10]
  - Radiosity Effekt [19] links oben
  - ohne Anwendung von Radiosity [19] rechts oben

## Raytracer

Raytracer verfolgen vom Auge ausgehend zur Lichtquelle jeden Lichtstrahl und berechnen für jedes Pixel die Farbe abhängig von seiner Beleuchtung. [10]

# Texturen

- bestimmen den Farbwert der darzustellenden Pixel eines Polygons
- **Texel (Textur-Pixel)**
- Jedes Texel hat als Parameter zwei Texturkoordinaten
- Der Algorithmus füllt ein Polygon mit einer Textur auf, indem den Eckpunkten Texturkoordinaten zugewiesen werden, welche dann im Inneren interpoliert werden.[10]

# VRML

- **Virtual Reality Markup Language** ist eine Beschreibungssprache für VR-Szenen, die durch ein *VRML*-Browser umgesetzt wird. Eine VRML-Szene ist eine ASCII-Datei. Sie besteht aus einem Dateikopf und einem strukturierten Szenen-Graphen. Der Szenen-Graph enthält die ganze Information über die Animation und hat eine baumförmige Struktur.

# OpenGL

- Graphik-Bibliothek zur Darstellung von 2D- und 3D-Objekten
- besteht aus zwei getrennten Bibliotheken: Die **Basis GL** und eine Erweiterung, der **GLU** (Open GL Utility Library)
- stellt **keine** Funktionen für das Öffnen von Fenstern, Menüs, Import von Bilder, Einlesen oder Auswerten von Dateien zur Verfügung
- existiert unter verschiedenen Implementierungen:
  - GLX (X-Windows),
  - GLUT (plattformenunabhängig),
  - Microsoft OpenGL (Windows),
  - Mesa3D (Software-Implementierung des OpenGL Standard).  
[05]

## Quellen:

- [01] <http://www.sgistuff.org>
- [02] <http://www.jahshaka.com/>
- [03] <http://www.aevermann.com/>
- [04] <http://www.siggraph.org/>
- [05] <http://www.opengl.org/>
- [06] <http://www.cybermonkey.jp/html/game/swron/index.htm>
- [07] [http://www.pixar.com/shorts/gg/theater/short\\_320.html](http://www.pixar.com/shorts/gg/theater/short_320.html)
- [08] [http://www.cc.gatech.edu/classes/AY2001/cs4451\\_summer/hiddensurface.ppt](http://www.cc.gatech.edu/classes/AY2001/cs4451_summer/hiddensurface.ppt)
- [09] <http://www.ii.uam.es/~pedro/graficos/teoria/>
- [10] <http://www.gerndt.net/cg/glossary.html>
- [11] <http://de.wikipedia.org/wiki/>
- [12] <http://www.fractalus.com/ifl/>
- [13] [http://www.uni-regensburg.de/EDV/Misc/CompGrafik/Script\\_5.html](http://www.uni-regensburg.de/EDV/Misc/CompGrafik/Script_5.html)
- [14] <http://ics.www.media.mit.edu/groups/el/projects/spacewar/>
- [15] <http://www.cs.berkeley.edu/~ddgarcia/cs39a/hunger.html>
- [16] [http://www.uni-kl.de/FB-Biologie/AG-Friauf/d31/Projekt\\_SAGE.html](http://www.uni-kl.de/FB-Biologie/AG-Friauf/d31/Projekt_SAGE.html)
- [17] <http://www.cybermonkey.jp/html/game/swron/index.htm>; Online Tron spielen
- [18] <http://weblab.uni-lueneburg.de/archiv/seminare/einfuehrungdv/grafik/ComputerGrafik.htm>
- [19] [http://had.independent.sk/3d\\_gal-cornellbox.php](http://had.independent.sk/3d_gal-cornellbox.php)
- [20] [http://www.glossar.de/glossar/z\\_rendering.htm](http://www.glossar.de/glossar/z_rendering.htm)
- [21] <http://www.its2.uidaho.edu/photoshop/intro/anti-aliasing.htm>
- [22] <http://eserver.org/multimedia/44>
- [23] <http://www-lehre.informatik.uni-osnabrueck.de/~cg/2000/skript/index.html>
- [24] <http://sprott.physics.wisc.edu/fractals/fracday2.gif>
- [25] <http://home.t-online.de/home/320049763453-0001/2dgrafik/2dgrafik.html>
- [26] [http://www.geoit.ethz.ch/education/ris3/RIS\\_III\\_08.pdf](http://www.geoit.ethz.ch/education/ris3/RIS_III_08.pdf)