



Computergraphik I

Einführung

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



Ziel der Vorlesung

- Praxis: Sei in der Lage, ziemlich komplexe interaktive 3D Graphikprogramme zu schreiben (in OpenGL)
- Theorie: Verstehe den mathematischen Hintergrund und die grundlegenden Algorithmen der modernen 3D Graphiksystemen
- Diese Vorlesung behandelt **nicht** Graphikprogramme wie Maya, Alias, AutoCAD, Blender, 3DStudio Max, ...

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 2

Informatik-Disziplinen "mit Bildern"

- Computergraphik, Maschinelles Sehen und Bildverarbeitung stehen in einem engen Zusammenhang

The diagram consists of two blue circles. The left circle is labeled 'Szenen-Beschreibung' (Scene Description). The right circle is labeled 'Bild' (Image). A horizontal arrow points from 'Szenen-Beschreibung' to 'Bild' and is labeled 'Computergraphik'. A horizontal arrow points from 'Bild' back to 'Szenen-Beschreibung' and is labeled 'Maschinelles Sehen (Computer Vision)'. A curved arrow loops from the top of the 'Bild' circle back to itself and is labeled 'Bild-verarbeitung' (Image Processing).

- Trend: Computergraphik und Maschinelles Sehen wachsen immer stärker zusammen ("ProCams")

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 3

Was ist Computergraphik?

Modelling
(Beschreibung der 3D
Geometrie und Szene)

Rendering
(Erzeugung der Bilder,
inkl. Shading, Lighting, Materials)

➔

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 4

Beispiel einer Szenen-Beschreibung

```

BACKGROUND: ( 0.10, 0.10, 0.30)
AMBIENT: ( 0.40, 0.40, 0.40)

SPHERE_LIGHT: ( 2.00, 2.00, 2.00) 0.25 (1.00, 1.00, 1.00)
SPHERE_LIGHT: ( 2.00, 2.00, -2.00) 0.25 (1.00, 1.00, 1.00)
SPHERE_LIGHT: (-2.00, 2.00, -2.00) 0.25 (1.00, 1.00, 1.00)
SPHERE_LIGHT: (-2.00, 2.00, 2.00) 0.25 (1.00, 1.00, 1.00)

SPHERE_LIGHT: ( 8.50, 0.00, 2.00) 0.50 (1.30, 1.30, 1.30)
SPHERE_LIGHT: ( 8.50, 0.00, -2.00) 0.50 (1.30, 1.30, 1.30)

#Globe
#
# Position Radius Diffuse Color Specular Color Phong Specular Coeff.
SPHERE: ( 7.00, -2.00, 0.00) 1.00 (0.95, 0.95, 0.95) (0.95, 0.95, 0.95) 1.00 0.10 MATTE
TEXTURE: 270 135 ./textures/globe.ppm

#Alcove side walls
RECT: Z 3.00 NEG ( 7.00, -5.00) (10.00, 2.00) (0.30, 0.40, 0.70) (0.95, 0.95, 0.95) 20.00 0.40 MATTE
RECT: Z -3.00 POS ( 7.00, -5.00) (10.00, 2.00) (0.30, 0.40, 0.70) (0.95, 0.95, 0.95) 20.00 0.01 MATTE

#Alcove front wall
RECT : X 10.00 NEG (-5.00, -3.00) ( 3.00, 3.00) (0.10, 0.30, 0.70)
(0.95, 0.95, 0.95) 20.00 0.01 MATTE
MAPPING: (10.00, -5.00, 0.00) (10.00, -5.12) (10.00, -0.24, 0.00)
TEXTURE: 256 238 ./textures/rockface.ppm

#Alcove ceiling
RECT: Y 2.00 NEG (-3.00, 7.00) ( 3.00, 10.00) (0.10, 0.30, 0.70)
(0.95, 0.95, 0.95) 20.00 0.01 MATTE

#Alcove mirror.
RECT: X 9.99 NEG (-3.00, -1.00) ( 1.00, 1.00) (0.05, 0.05, 0.05)
(0.99, 0.99, 0.99) 20.00 0.999 MIRROR

#Alcove lamp posts
CYLINDER: (8.50, -5.00, 2.00) 0.10 (0.00, 1.00, 0.00) 4.50 (0.05, 0.05, 0.05)
(0.99, 0.99, 0.99) 20.00 0.90

CYLINDER: (8.50, -5.00, -2.00) 0.10 (0.00, 1.00, 0.00) 4.50 (0.05, 0.05, 0.05)
(0.99, 0.99, 0.99) 20.00 0.90
.
.
.
WINDOW: 1.0000 1.0000 1.0000
VIEW: (-6.0000, -2.0000, 4.0000) (6.0000, 0.0000, -2.0000) (0.00, 1.00, 0.00)
STOP:

```



G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 5

Teilgebiete der Computergraphik

- Die wichtigsten Gebiete:
 - Modellierung
 - Festlegen der Form und Wirkung des äußeren Erscheinungsbildes
 - Rendering
 - Erzeugung des 2D Bildes aus einem 3D Modell
 - Animation / Simulation
 - Bewegung der Bilder
- Weitere Gebiete:
 - Interaktion mit dem Anwender (*Human-Computer Interaction - HCI*)
 - Virtual Reality (VR)
 - Visualisierung (*scientific / information visualization*)

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 6



Fragestellungen

- Wie beschreibt man ein Objekt einer Szene?
- Wie stellt man diese **schnell** dar?
- Was ist mit Lichtquellen?
- Wie erzeugt man Schatten? ... Verdeckungen? ... Tiefeneindruck?
- Was macht man bei "rauhem" Oberflächen?
- Was ist mit kleinen Partikeln wie Nebel, Rauch, Dunst, ... ?
- Physik?
- Animation?

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 7



Anwendungen der Computergraphik

- Videospiele
- Filme
 - Zeichentrickfilme
 - Computeranimationsfilme
 - Spezialeffekte
- CAD / CAM
- Simulationen
- Medizinische Visualisierung
- Visualisierung von Informationen
- Training (Flug-, Fahr-, Operationssimulator)

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 8

Kinofilme



Pixar: Monster's Inc.



Square: Final Fantasy

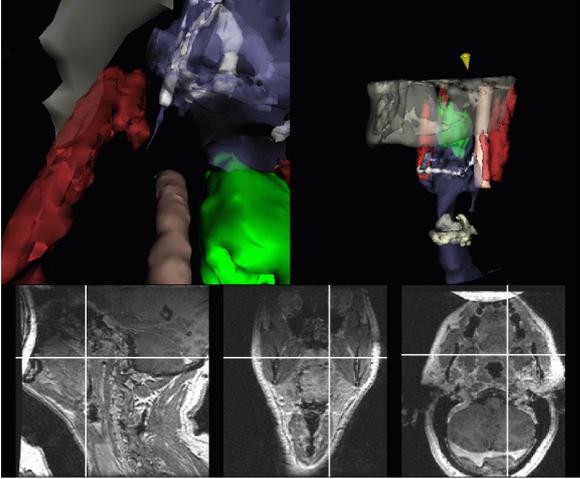
G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 9

Spiele

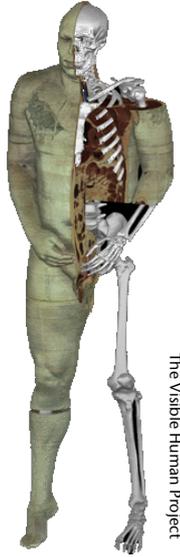


G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 10

Medizinische Darstellungen



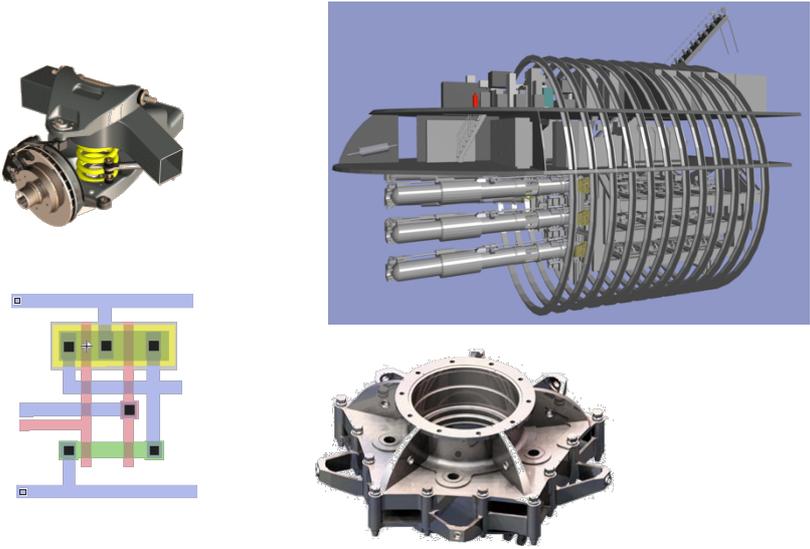
MIT: Image-Guided Surgery Project



The Visible Human Project

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 12

Computer Aided Design (CAD)



G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 13

Visualisierung wissenschaftlicher Daten

The slide displays three distinct scientific data visualizations. On the left is a 3D ribbon diagram of a protein structure, with pink ribbons and a central cluster of atoms shown as spheres in orange, green, and red. On the right is a 2x2 grid of satellite images showing cloud patterns at 12, 24, 36, and 48 hours. At the bottom center is a weather map of North America with isobars and a color-coded temperature overlay, labeled '05/12/2007 (12:00) 12hr forecast K * 10'.

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 14

Kurze Historie der Computergraphik

The slide features a black and white photograph of the Manchester Mark I computer room, showing rows of tall, rack-mounted electronic equipment and a complex network of cables. Below the photo is the caption 'Manchester Mark I'.

- Am Anfang: noch nicht einmal Text-Displays

An arrow points from the text 'Am Anfang: noch nicht einmal Text-Displays' to a photograph of a dot-matrix text display, which shows a grid of characters on a dark background.

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 15

Sketchpad (1963) & "The Mother of all Demos" (1968)

- Ivan Sutherland's Sketchpad
 - MIT, 1963
 - Der Beginn der modernen interaktiven Graphik
 - Sehr teuer!
 - Viele Konzepte findet man in heutigen Zeichensystemen wieder
 - Pop up Menü
 - Hierarchisches Modellieren
- Doug Engelbart
 - Maus
 - Hyperlinks / Hypertext
 - Email, CSCW
 - Telekonferenz, ...

Sketchpad System
1964 MIT Archive Footage

"The Mother of all Demos"

Engelbart, 1968

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 16

Von Text zu GUIs

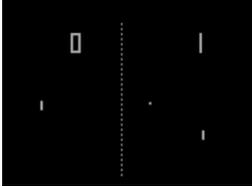
- Ausgedacht für Xerox PARC etwa 1975
- 1981: "Echtzeit" Vektor-Displays, erste bezahlbare Rastergraphik (Apple II)
- "GUI / Desktop" zuerst kommerziell eingesetzt auf Apple Macintosh
- Mitte/Ende 80er: C64, IBM PC
 - PCs mit eingebautem Raster-Display
 - Bezahlbare Rastergraphik

Windows 1.0

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 17

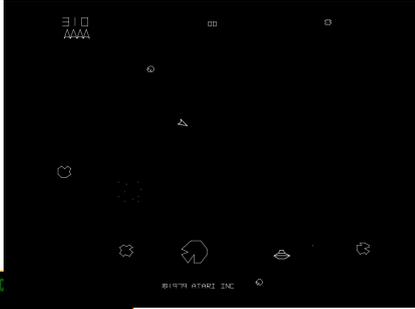
Die Computergraphik verläßt die "Big Iron"-Rechenzentren

- Pong
- Space Invaders
- Atari 2600
- Pac Man
- Star Wars (Vektorgrafik)




G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10
Einführung 18

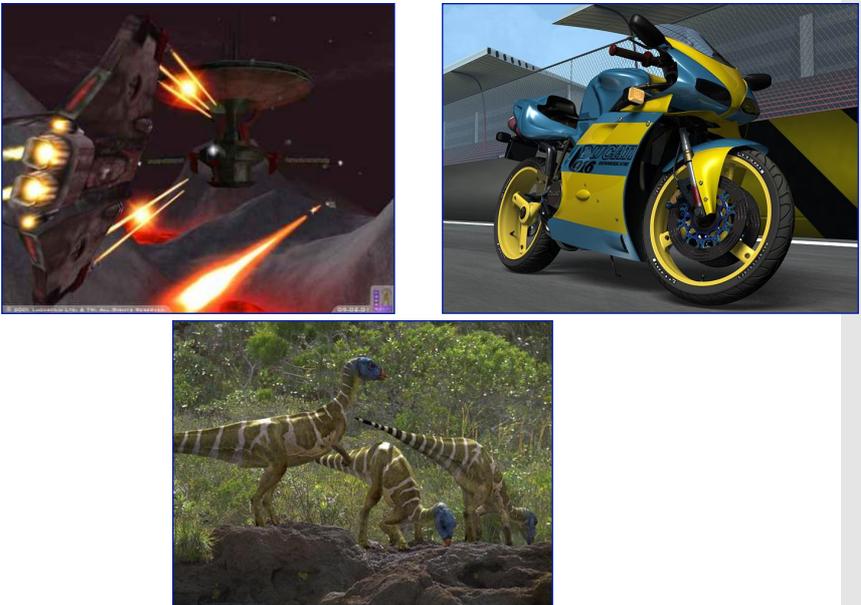
Damals ...



G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10
Einführung 19

Heute ...



G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 20

The slide titled "Heute ..." (Today ...) features three distinct computer-generated images. The top-left image shows a futuristic space station or orbital platform in a dark, starry space, with bright orange and red laser beams or energy discharges emanating from it. The top-right image is a high-quality render of a blue and yellow sport motorcycle, shown from a three-quarter front view against a simple outdoor background. The bottom-center image depicts a green and brown striped dinosaur standing on a rocky outcrop in a lush, green jungle environment. The slide footer contains the text "G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10" on the left and "Einführung 20" on the right.



G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 21

The slide features a single computer-generated image of a woman with dark hair and pointed ears, resembling an elf or a character from a fantasy game. She is shown from the chest up, looking slightly to the side. The background is a sun-dappled forest. The image has a small "BYTIDA" logo in the bottom right corner. The slide footer contains the text "G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10" on the left and "Einführung 21" on the right.

Modellierung

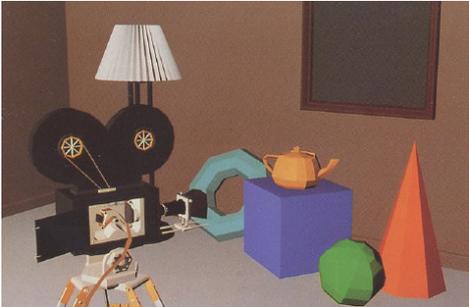
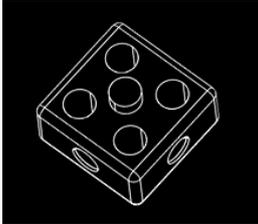
- Spline Kurven, Oberflächen: 70er – 80er
- Utah Teapot: Bekanntes 3D Modell
 - Von Hand modelliert von Newell
 - Zur "Folklore":
<http://www.sjbaker.org/teapot/>
- Erst kürzlich: Erstellung von Dreiecksnetzen von realen Objekten




G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 22

Rendering: 1960 (Sichtbarkeit)

- Roberts (1963), Appel (1967): verdeckte Linien
- Warnock (1969), Watkins (1970): verdeckte Flächen
- Sutherland (1974): Sichtbarkeit = Sortierung

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 23

Rendering: 1970 (Beleuchtung)

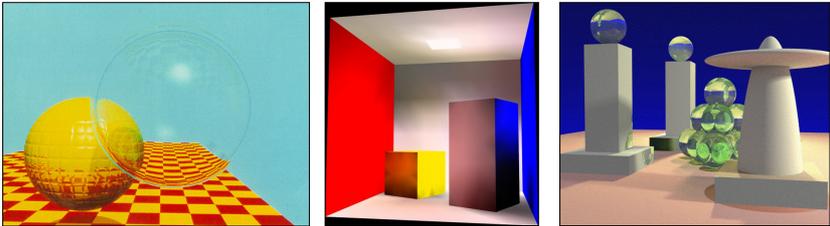
- Raster Graphiken:
 - Gouraud (1971) – diffuse Beleuchtung
 - Phong (1974) - spiegelnde Beleuchtung
 - Blinn (1974) – gewölbte Oberflächen, Texturen
 - Catmull (1974) – verdeckte Flächen mittels Z-Buffer



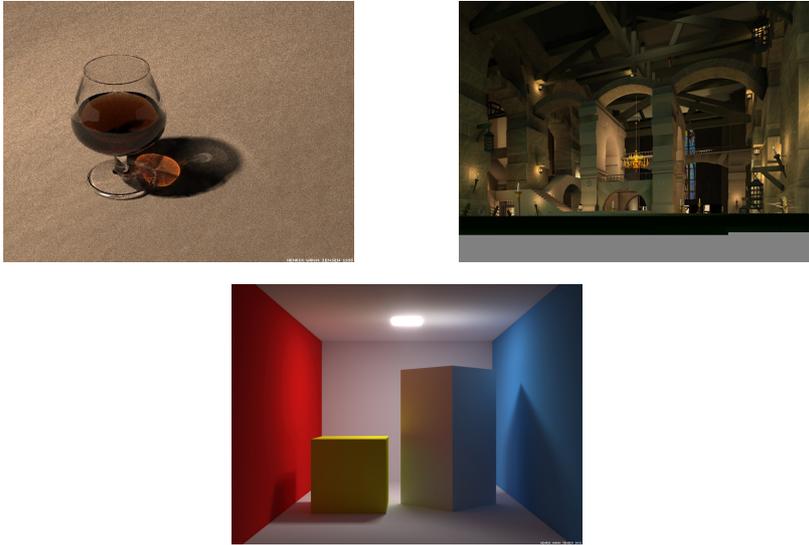
G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 24

Rendering: 1980, 1990 (Globale Beleuchtung)

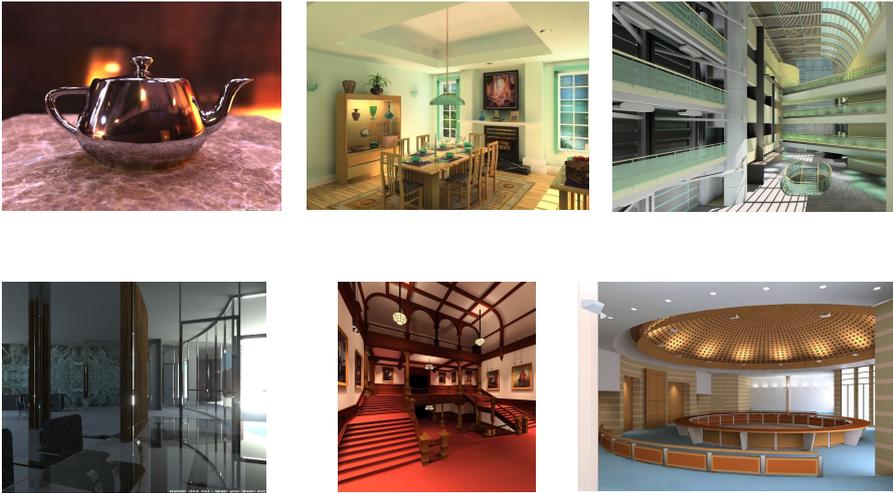
- Whitted (1980) : Ray-Tracing
- Goral, Torrance et al. (1984) : Radiosity
- Kajiya (1986) : Die Rendering-Gleichung



G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 25

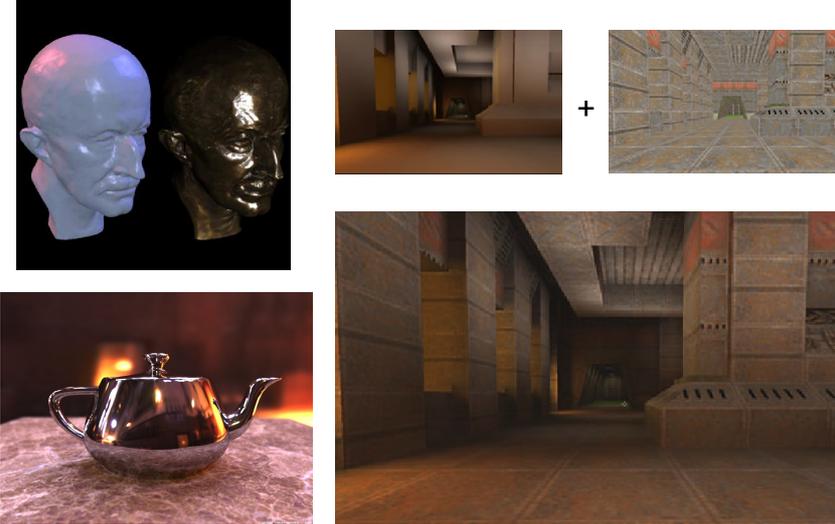


G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 26



G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 27

Beleuchtungseffekte bei Polygonalem Rendering



G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 28

Displays

- CRTs,
- LCDs,
- DMDs,

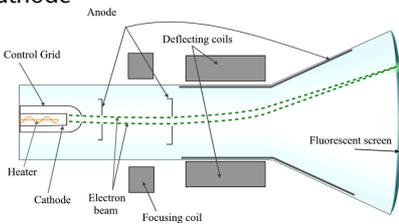
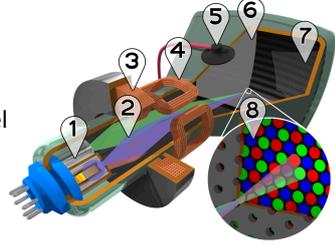


G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 29

Kathodenstrahlröhre (CRT, Braunsche Röhre, 1897)



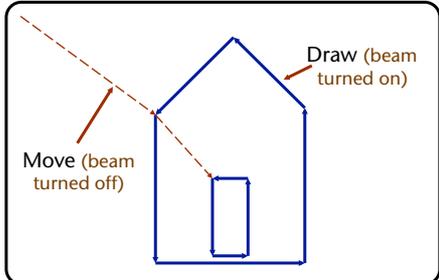
- Elektronen werden
 - erzeugt durch Erhitzung der Glühkathode
 - beschleunigt in Richtung Anode
 - fokussiert
 - Abgelenkt
 - gefiltert durch Lochmaske
 - treffen Phosphorpunkte
- Phosphor
 - Atome werden angeregt
 - bei Rückkehr zu normalem Energiepegel werden Photonen erzeugt
 - 3 Arten (rot, grün, blau) – später

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 30

Vektor Displays / Vektorgrafiken

- Bis Anfang / Mitte der 80er
 - Im Grunde Oszilloskope
 - Steuere X, Y durch die Ladung der vertikalen/horizontalen Ablenkspulen
 - Oft wird Intensität durch Z geregelt





G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 31

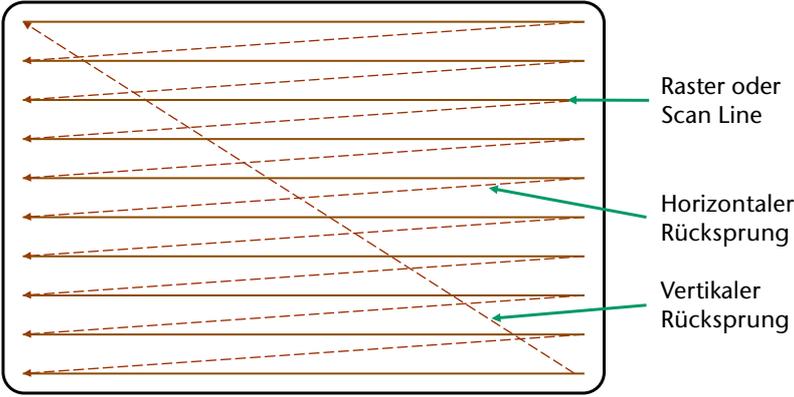
Aktualisieren

- Ein Frame muss aktualisiert werden, um ein neues Bild darzustellen
- Aktiviert der Elektronenstrahl eine Region von Phosphoratomen, so verblasst die vorhergehende
- Elektronenstrahl muss regelmäßig alle Stellen des Bildes treffen, um Flimmern zu vermeiden
- Kritische Frequenz: 25 Hz (Vollbilder!)
- Max. mögliche Refresh-Rate hängt bei Vektordisplays von Anzahl und Länge der Linien ab → beschränkte Komplexität der Szene

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 32

Rastergraphik (Raster / Scanline Displays)

- Heutzutage sind fast alle Displays Raster-basiert



Raster oder Scan Line

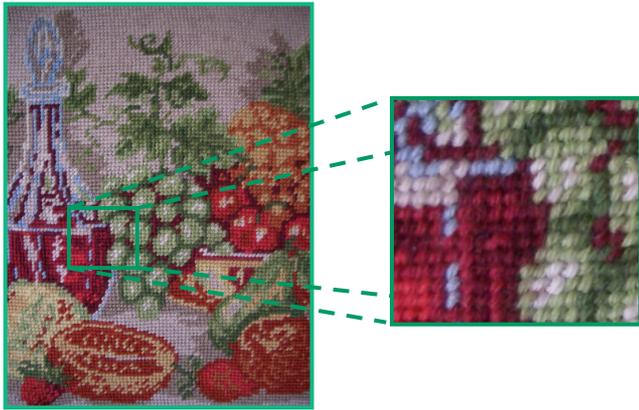
Horizontaler Rücksprung

Vertikaler Rücksprung

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 33

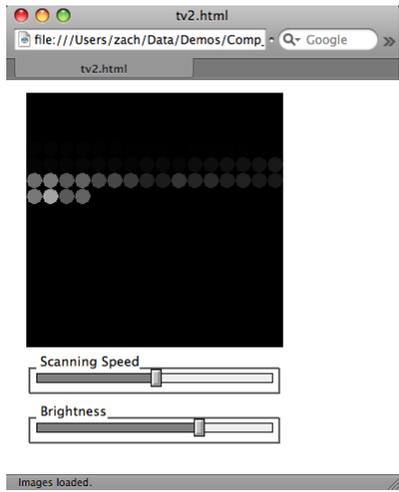
Bildraster

- Speicherung von Bildern als Bildpunktmatrix
 - Feste Informationsmenge pro Bildpunkt
 - Kompatibel zu Fernsehbildern



G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 34

Demo



G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 35

Die Pointillisten

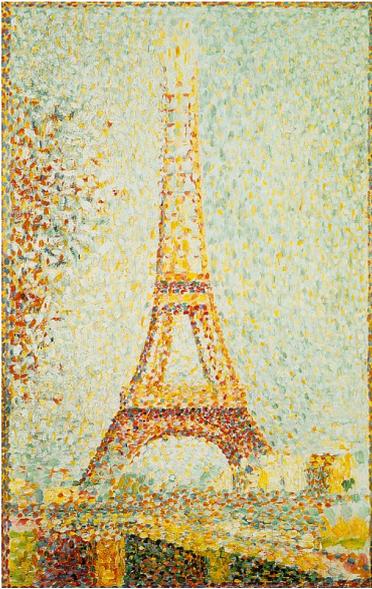


Seurat, *A Sunday Afternoon on the Island of La Grande Jatte*, 1884-86

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

Einführung 36

The painting 'A Sunday Afternoon on the Island of La Grande Jatte' by Georges Seurat is a masterpiece of Pointillism. It depicts a group of people in late 19th-century attire enjoying a day on a grassy island. The scene is filled with numerous small, distinct dots of color that, when viewed together, create a vibrant and textured effect. The composition is carefully balanced, with figures engaged in various leisure activities like sitting on the grass, playing with dogs, and walking. The background shows a river with a sailboat and a bridge in the distance, all rendered in the same pointillist style.



Seurat,
The Eiffel Tower,
1889

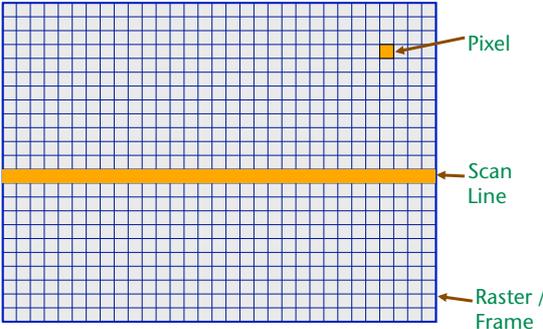
G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10

Einführung 37

The painting 'The Eiffel Tower' by Georges Seurat is a vertical composition that uses the Pointillist technique to depict the iconic Parisian landmark. The tower is the central focus, constructed from a dense array of small, colorful dots in shades of yellow, orange, and brown. The surrounding sky and landscape are also composed of these dots, creating a shimmering, atmospheric effect. The overall composition is highly structured and balanced, reflecting Seurat's scientific approach to art.

Fachbegriffe

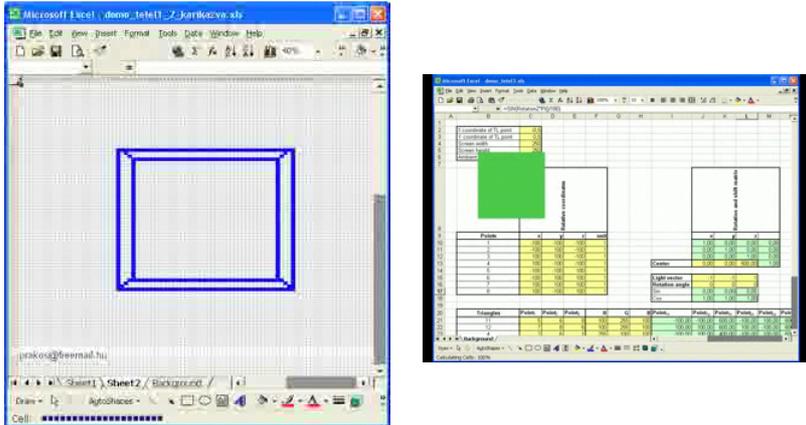
- Raster: ein rechteckiges Feld von Punkten oder Rasterpunkt
- **Frame**: Einzelbild das auf dem CRT dargestellt wird



- **Pixel**: ein einzelnes Bildelement oder Rasterpunkt
- **Scanline**: eine Reihe von Pixel
- **Auflösung**: eigentlich Pixel pro Zoll; hier Größenbeschreibung von Bildern (640x480)
- **Aspect ratio** = Breite : Höhe (früher 4:3, jetzt immer mehr 16:9)

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 38

Microsoft Excel: Revolutionary 3D Game Engine? ☺

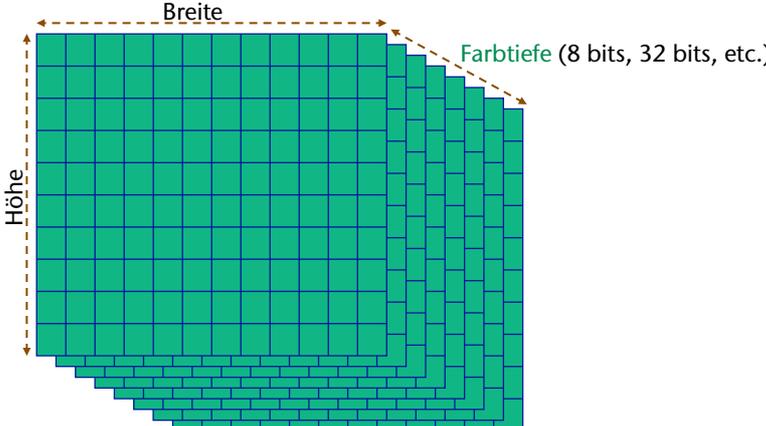


http://zach.in.tu-clausthal.de/teaching/cg_literatur/excel_3d_engine/

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 39

Frame Buffer

- Muss jetzt viele Bits pro Pixel spendieren (später noch mehr)



Memory (Bits) = Breite * Höhe * Farbtiefe

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 40

Farbtiefen

- Schwarz und Weiß: 1 Bit/Pixel
- Grauskala: 8 Bit/Pixel
- 8-bit Farbe: spart Speicherplatz, 3-2-2 oder Farbkarte
- 24-bit (RGB) Farbe: 8 Bit pro Farbkanal – rot, grün, blau
- Wie groß muss der Frame Buffer für ein 1600x1200 Pixel großes Bild in true color (RGB) sein?
 - 8 Bit für jeden RGB Farbkanal
 - Das sind 24 Bit/Pixel
 - Das ergibt $1600 \cdot 1200 \cdot 24 \text{ Bit} = 5.76 \text{ MBytes}$
 - Die meisten Graphikkarten reservieren 32 Bit/Pixel bei true color = 7.68 MBytes
- Datenrate bei 30 Hz Framerate: 230 Mbytes / sec

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 41

Standardauflösungen

VGA = 640x480
SVGA = 800x600
XGA = 1024x768
SXGA = 1280x1024
UXGA = 1600x1200
QXGA = 2048x1536

WXGA = 1366x768 = 1.78:1
WSXGA = 1680x1050 = 1.6:1
WUXGA = 1920x1200 = 1.6:1
HDTV = 1920x1080

Standardauflösungen:
Diese haben ein Seitenverhältnis (*aspect ratio*) von 4:3 = 1.33:1, außer SXGA mit 1.25:1

Wide-screen-Auflösungen:
Aspect ratio ≈ 16:9 ≈ 1.78:1.
(Viele Kinofilme sind in 1.85:1 oder 2.35:1 ≈ 7:3 gedreht.)

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10
Einführung 43

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10
Einführung 44

Bilddarstellung (Video-Controller)

- Aufgaben des Video-Controllers
 - Erzeugen der horizontalen (HSYNC) und vertikalen (VSYNC) Synchronimpulse für das entsprechende Bildformat
 - Adressierung und Auslesen des Bildspeichers
 - Ansteuern des Monitors mit entsprechenden Intensitäts-/ Farbwerten, mit Dunkelsignal für H/V-Austastlücke und Digital-Analog-Wandlung (DAC).

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 45

Farbtabelle (Color Lookup Table, Pseudo-Color)

- Idee, um Datenrate und Speicheraufwand zu senken:
 - Erstelle eine **Color Map** (Color Lookup Table, CLUT), welche alle im Bild benötigten Mischfarben enthält
 - Speichere pro Pixels nur einen Index (kleine Anzahl Bits) in die Color Map
 - Gibt keine direkte Abbildung vom Pixelwert auf den Farbwert der Color Map, aber Aufgrund der geringeren Anzahl an Bits pro Pixel spart man Speicherplatz & Datenrate

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 46



- Beispiel:
 - 8 Bit Farbe pro Pixel
 - 12 Bit breite Color Map
 - Das ergibt $2^{12} = 4096$ unterschiedliche Farben
 - Jeder Pixel durch 8 Bit dargestellt, kann nur $2^8 = 256$ Farben verwenden
 - Nehme 256 verschiedene Farben aus den möglichen 4096 und speichere sie in der Color Map
 - 8 Bit Farbwert eines Pixels indiziert einen Eintrag der Color Map
 - Die gespeicherte 12 Bit Farbe wird letztendlich angezeigt
- Wird heute nur noch selten gemacht, aber an anderer Stelle (in Algorithmen) taucht dieses Verfahren wieder auf ...

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 47



Das Zitat der Woche

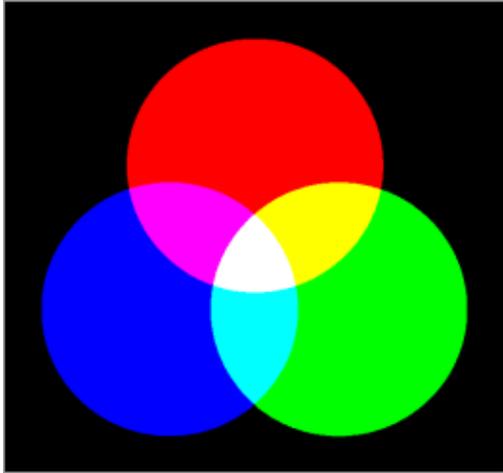
"640 Kilobyte ought to be enough for anybody."

Bill Gates, 1981

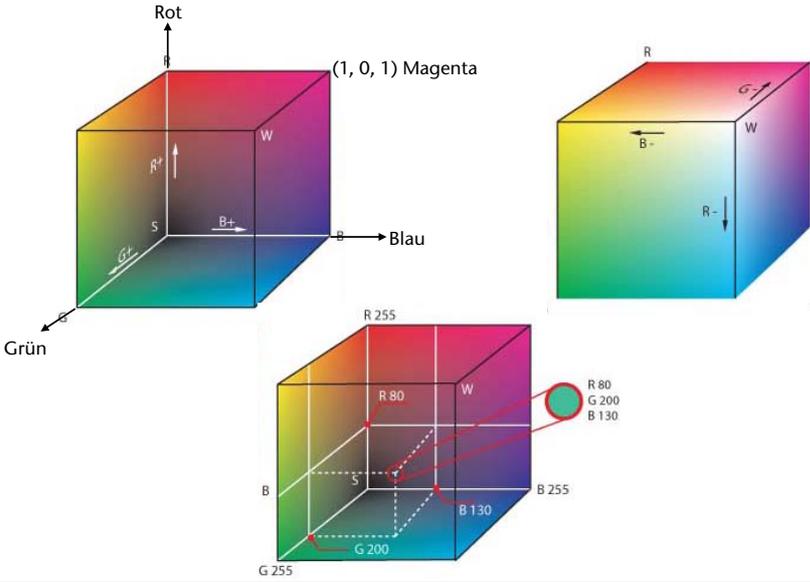
G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 48

Additive Farbmischung

- RGB Farbmodell:
 - (0, 0, 0) schwarz
 - (1, 0, 0) rot
 - (0, 1, 0) grün
 - (0, 0, 1) blau
 - (1, 1, 0) gelb
 - (1, 0, 1) Magenta
 - (0, 1, 1) cyan
 - (1, 1, 1) weiß



G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 49



Rot

(1, 0, 1) Magenta

Blau

Grün

R

G

B

R 255

R 80

G 200

B 130

B 255

G 255

R 80

G 200

B 130

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 50

Farb-Displays

The diagram illustrates the internal structure of a color display. It shows a grid of subpixels (red, green, and blue) and a magnified view of a Delta arrangement of phosphor dots. The Delta arrangement consists of three phosphor dots (red, green, and blue) arranged in a triangle, with a central electron gun. The diagram also shows a grid of subpixels and a magnified view of a Delta arrangement of phosphor dots.

- Lochmaske mit Delta-Anordnung des Elektronenstrahlensystems und punktförmigem Phosphor

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 51

Demo

The screenshot shows the 'Merging Color' application interface. It features three color dials (red, green, and blue) and a zoom slider. The dials are used to adjust the color values, and the slider is used to zoom in and out of the color display.

Spin the dials to add or subtract a color.
Move the slider to zoom in and out.

Display a menu

http://www.colorado.edu/physics/2000/tv/merging_color.html

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 52

Liquid Crystal Displays (LCDs)

- LCDs lassen das Licht hindurch bzw. nicht und sind somit auf eine externe Lichtquelle angewiesen
- Laptop Bildschirme: von hinten beleuchtet, durchlässige Displays
- PDAs/ Handy: reflektierende Displays (+ Lichtquelle)

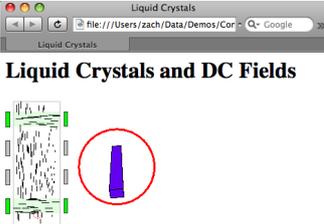
G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 53

TFT-LCD-Displays

- Bildpunkt besteht aus drei Pixeln mit R/G/B-Farbfilter
 - Jedes Primärpixel ist ein Transistor
- Leuchtmittel bei transmissiven LCDs
 - schmale Leuchtstofflampe oder LEDs an der Seite
 - Licht wird verteilt durch flachen Lichtleiter + Diffuser-Scheibe
 - Liefert etwas sichtbares Licht, vor allem UV-Spektrum
 - Beschichtung an Innenseite des Glaspanels erzeugt daraus sichtbares Licht
 - Desktop-Displays an jeder Seite eine Röhre, Notebook-Displays nur zwei, um Strom zu sparen
- Reflektive LCDs schalten Hintergrund nur bei Bedarf an

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 54

Demos

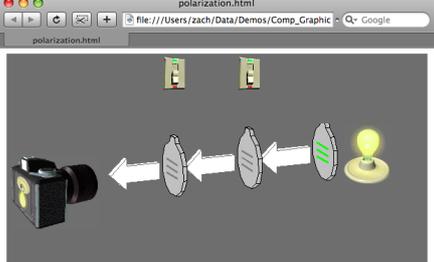


Liquid Crystals and DC Fields

This is a slice of a liquid crystal display. The gray rectangles are "electrodes" that you can turn on and off by clicking on them. When they are on, their "field" is shown in green.

The blue box is a macro view of one of the molecules...the one marked by a red circle. You can choose other molecules by clicking on them. You can also drag the selected molecule around to see how its position affects its orientation.

Display a menu



Display a menu

<http://www.colorado.edu/physics/2000/applets/dishsoap.html>

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 55

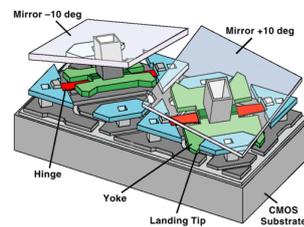
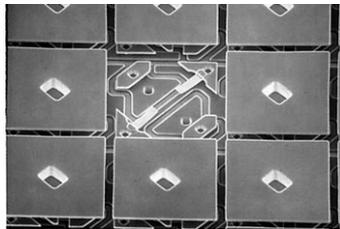
- Das Licht durchdringt den vertikalen Polarisator
- Strom auf den vertikalen Gitterleitungen führt zu einer Drehung der Flüssigkristalle
- Aktivierte Flüssigkristalle ändern Polarität des Lichtes um 90°
 - Licht passiert horizontalen Polarisator, wird von reflektierenden Hintergrundsicht zurück geworfen und wir sehen das Resultat
- Nichtaktivierte Flüssigkristalle ändern nicht ihr Polarisierung
 - Licht gelangt nicht durch horizontalen Polarisator, somit bleibt diese Stelle schwarz
- Das Display wird Zeile für Zeile nach dem Scan-Line-Verfahren aktualisiert
- Die Kristalle müssen eine gewisse Zeit ausgerichtet bleiben, um Flimmern zwischen der Aktualisierung zu verhindern

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 56

Digital Light Processing

■ DMD-Chip (Digital Micromirror Device)

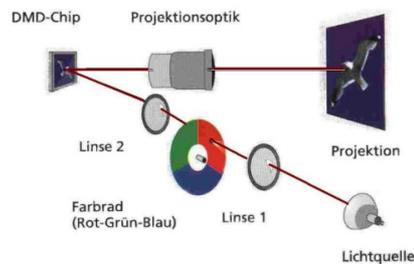
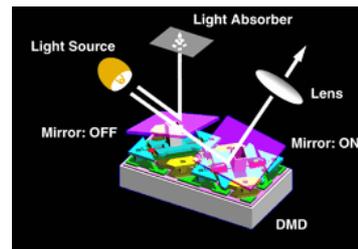
- Kernstück eines DLP-Projektors
- **Microelectromechanical** (MEM) Geräte werden mit VLSI Technik gefertigt
- Auf 2 cm² über 508.000 reflektierende Mikro-Spiegel, jeder für sich um bis zu 10° kippbar
- Jeder Spiegel kann einzeln elektrostatisch bewegt werden und schaltet genau ein Pixel hell oder dunkel



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

Einführung 57

- DMDs haben „digitale“ Pixel →
 - Verschiedene Grauwerte durch Anpassen der Impulslänge
- Drei Grundfarben per rotierende RGB-Farbfiler-Scheibe oder mehrere Chips
- Vorteile:
 - Hochauflösend
 - Sehr Flach
 - Sehr lichtstark
- Problem mit Flimmern



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

Einführung 58

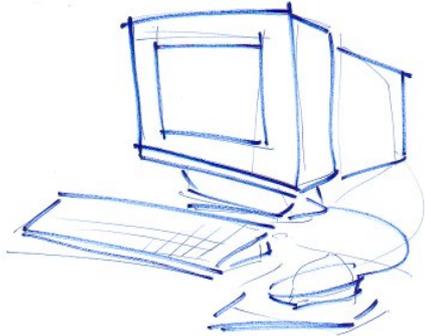
Weitere Displays

- Plasma
- OLEDs
- Laser ...

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 59

Kurzer Exkurs: Der "Bill Buxton Test"

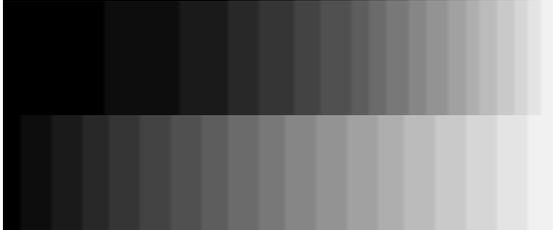
- Zeichnen Sie einen Computer in 15 Sek.
- Ca. 80% der Fälle
 - Monitor
 - Tastatur
 - Maus
- Interessant:
 - kein „Computer“ auf dem Bild
 - Benutzer nehmen „Computer“ hauptsächlich über Ein- und Ausgabe wahr



G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 60

Die Gammakorrektur

- Was ist hier der Unterschied?



G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 65

Nichtlineare Transferfunktionen

- Begriffe:
 - Die **wahrgenommene(!) Helligkeit** = eine **physiologische** Größe
 - Die **Intensität** = eine **physikalische** Größe
 - Dynamikbereich (dynamic range)** = max. / min. Intensität
- Nichtlinearität im Auge:
 - Beobachtung: eine Folge von Intensitäten I_j wird als linear wahrgenommen gdw.

$$\forall j : \frac{I_{j+1}}{I_j} \equiv \text{const.}$$
- Aufgabe: $k+1$ Intensitätsstufen I_j so im Intervall I_{min} bis I_{max} verteilen, dass die wahrgenommenen Helligkeitsstufen **linear** verlaufen

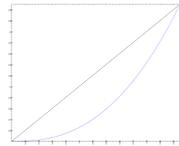
G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 66

- Lösung: geometrische Reihe
 - Annahme: $k+1 = 256$ Stufen werden benötigt
 - $I_0 = I_{\min}$, $I_1 = r \cdot I_0$, \dots , $I_j = r^j \cdot I_0$, \dots , $I_k = r^k \cdot I_0$
 - $I_{\min} : I_{\max}$ kann man messen \rightarrow

$$r = \left(\frac{I_{\min}}{I_{\max}} \right)^{1/k}$$

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 67

- Nichtlinearität im Monitor:
 - Beobachtung: bei Eingangsspannung V liefert ein Monitor eine Ausgangsintensität I (an einem Pixel) von

$$I = I_{\max} \left(\frac{V}{V_{\max}} \right)^\gamma$$


- Gamma-Korrektur:
 - Gegeben: $j = \text{Pixel-Wert im Framebuffer}$
 - Bestimme:

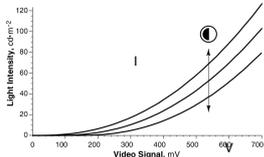
$$I_j = r^j \cdot I_{\min}$$

$$V_j = \left(\frac{I_j}{I_{\max}} \right)^{1/\gamma} \cdot V_{\max}$$

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 68



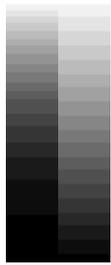

- Bemerkung: "Contrast"-Knopf am Monitor ändert Gamma des Monitors



- Poor man's gamma correction:
 - Korrigiere einfach weniger, als der Monitor eigtl. bräuchte, z.B.
$$\frac{1}{\gamma} = \frac{1}{2.2} \approx 0.45$$
 - Gleicht Nichtlinearität des menschlichen Helligkeitsempfindens ungefähr aus; reduziert den Exponent auf etwa $0.45 \cdot 2.5 = 1.13$

ohne Korrektur

mit Korrektur



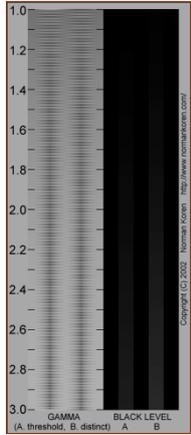
G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10

Einführung 69




Wie bestimmt man das Monitor-Gamma?

- Achtung: LCD screens are poorly suited for critical image editing because gamma is extremely sensitive to viewing angle
- Testbild zur visuellen Bestimmung des aktuellen Gammas des Gesamtsystems
 - Aktuelles Gamma ist dort, wo ein einheitlicher Grau-Level auf einer horizontalen Linie zu sehen ist
 - Die Methode:
 - Schwarze & weiße Pixel werden — **unabhängig von γ** ! — als keine bzw. volle Helligkeit wahrgenommen →
 - die beiden Streifenmuster werden aus der Entfernung als halbe Helligkeit wahrgenommen
 - Finde den Pixel-Grauwert a , so daß $\frac{1}{2} = a^\gamma$ und löse nach γ auf



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

Einführung 70

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 71

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 72

A large, empty white rectangular area representing the main content of slide 73. It is framed by a thin black border. In the top-left corner, there is a small green square icon with a white symbol. In the top-right corner, there is a small vertical grey bar with a white icon. At the bottom, there is a white footer bar with black text.

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 73

A large, empty white rectangular area representing the main content of slide 74. It is framed by a thin black border. In the top-left corner, there is a small green square icon with a white symbol. In the top-right corner, there is a small vertical grey bar with a white icon. At the bottom, there is a white footer bar with black text.

G. Zachmann Computer-Graphik 1 - WS 09/10 Einführung 74