

# Einführung in die Computergraphik

SS 2017

Professur für Computergraphik und  
Visualisierung (CGV)

Prof. Dr. Stefan Gumhold



# Inhalt

- ◆ [Organisation](#)
- ◆ Motivation
- ◆ Geschichte der Computergraphik
- ◆ Einordnung und Begriffsbestimmung
- ◆ Ausblick Vorlesung



# MOTIVATION

# Motivation

## Computerspiele



- Seit ihrer Erfindung faszinieren Computerspiele durch die Möglichkeit der Interaktion mit virtuellen Welten in Echtzeit
- Ihr kommerzieller Erfolg hat die Entwicklung der Graphikhardware maßgeblich vorangetrieben
- Die komplexen Simulationen heutiger Spiele basieren auf leistungsfähigen Game Engines
- *Äußerst kritisch ist die Gefahr der Computerspielesucht und die Entwicklung Gewalt verherrlichender Spiele*



(CryEngine 3)

# Motivation

## Filmindustrie



- ◆ Rapunzel neu verhöhnt
- ◆ 5 Jahre Produktionszeit
- ◆ Ausgaben 260 Millionen \$
- ◆ Einnahmen 591 Millionen \$
- ◆ Tool-Chain
  - ◆ 3D Modellierung
  - ◆ Bemalen der 3D Modelle
  - ◆ Beleuchtungsdesign
  - ◆ Simulation
    - ◆ Pflanzenbewuchs
    - ◆ Flüssigkeiten, Haare, ...
  - ◆ Animation
  - ◆ Rendering
  - ◆ Stereocinematographie
  - ◆ Bildverarbeitung





# Motivation Betriebssysteme

- Ältere Graphikkarten hatten sehr unterschiedliche Grundfunktionalität und ihre Treiber waren oft fehlerbehaftet
- Erst unter Betriebssystemen wie Windows 7 wurden Modi für die Benutzeroberfläche integriert, die vorwiegend die Graphikkarte für die Darstellung nutzen
- Echtzeitfähige Animationen, transparente Überlagerung sowie Schatten und Beleuchtungseffekte bereichern heutige graphische Benutzerschnittstellen



MAC OS BumpTop



Windows 8 Wind Oberfläche

# Motivation

## Konstruktion & Planung



- ◆ In der Architektur und in den Ingenieurwissenschaften hilft die Computergraphik neu entworfene Designs zu visualisieren, ohne dass diese gebaut werden müssen.
- ◆ Für eine photorealistische Darstellungen wird die Beleuchtung simuliert, so dass die verwendeten Materialien ersichtlich werden.
- ◆ Nicht photorealistische Darstellungen sind oft linienbasiert und geben einen sehr guten Eindruck der geometrischen Form wieder.

siehe auch

**Zaha Hadid**



<http://www.bestarchitecturaldesigns.com>



<http://www.loscabosquerencia.com>



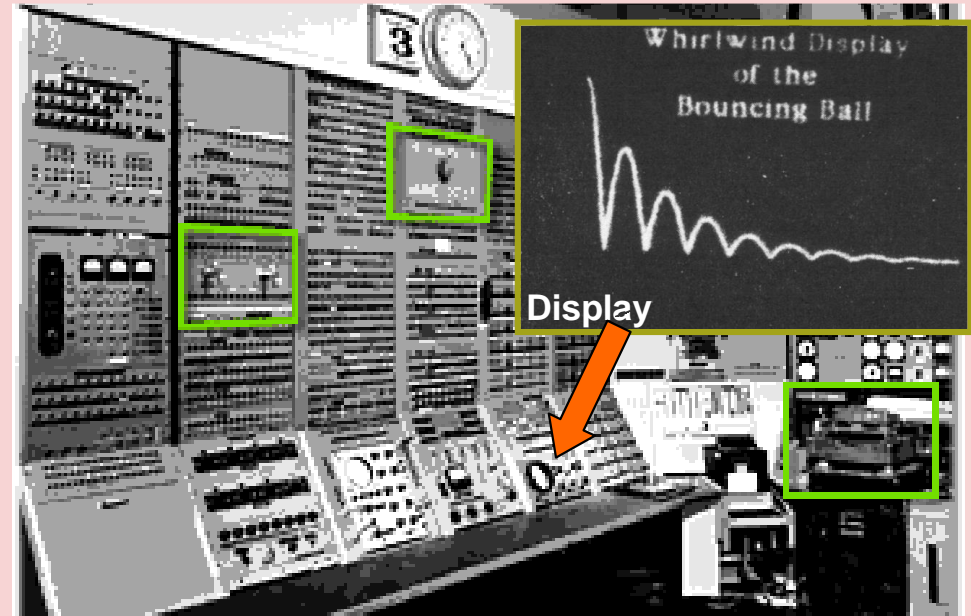
# **GESCHICHTE DER CG**



# Geschichte

## Militärisch Motiviert

- ◆ **1949:** Erste Computergraphik auf dem Whirlwind (bouncing Ball Program von C. Adams)



- ◆ **1952:** Einsatz der Computergraphik zur Kennzeichnung von Flugobjekten auf Radarbildschirmen



Whirlwind

SAGE Computer mit 82 Graphikkonsolen zur Luftüberwachung, erster Einsatz eines Lichtgriffels

# Geschichte

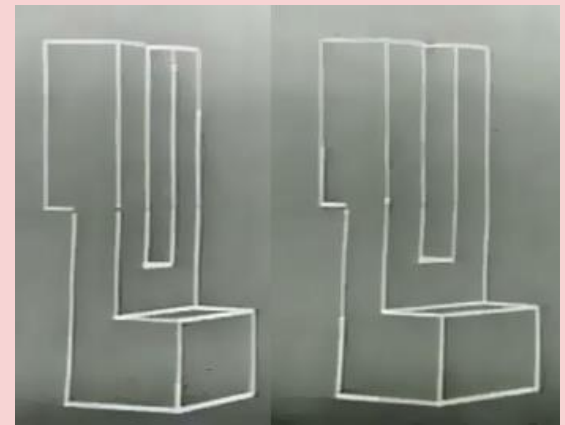
## Militärisch Motiviert



- ◆ **1962:** Sketchpad - erstes interaktives Computergraphiksystem von Sutherland mit
  - ◆ Bildkomposition aus graphischen Standardelementen,
  - ◆ Interaktion mit Tastatur und Lichtgriffel zur Arbeit mit Menüs,
  - ◆ entsprechenden Datenstrukturen zur Verwaltung graphischer Daten
- ◆ **1963:** Erste 3D Computergraphiken von L.G. Roberts auf dem TX2 des MIT



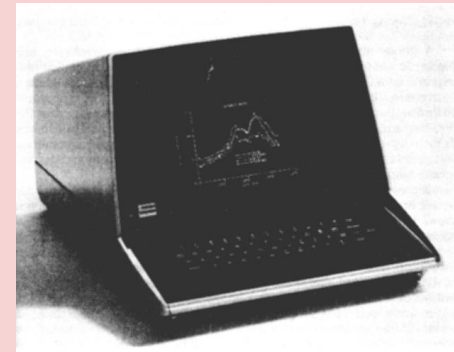
*Ivan Sutherland an der  
Konsole des TX-2 Computers*



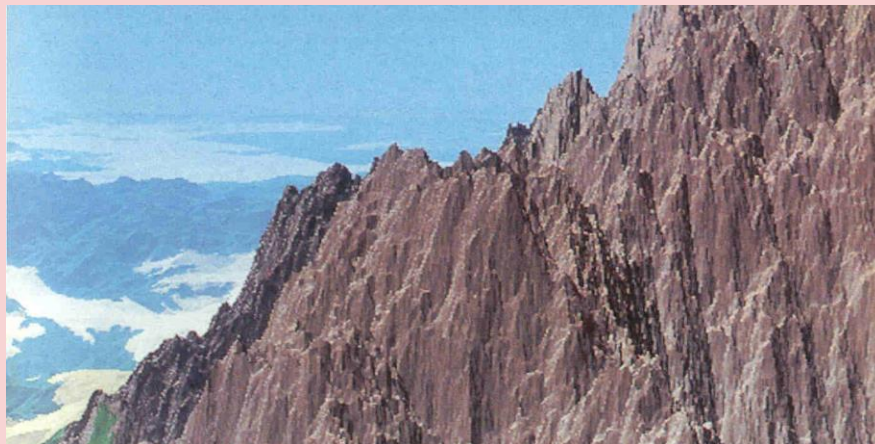
*Stereopaar mit hidden line  
removal Algorithmus*



- ◆ Beginn einer Vielzahl von CG-Forschungsprojekten (am MIT, General Motors, Bell Telephone Lab., Lockheed Aircraft usw.)
- ◆ **1965:** Erstes kommerzielles Vektor-Display von IBM (Preis ca. 100.000 US\$);
- ◆ **1967:** Erster Bildspeicher-Display von Tektronix (bietet einem breiten Interessentenkreis Zugang zur Computergraphik, Preis ~10.000 USD)
- ◆ **1971:** Raster-Scan-Prinzip von M. Noll (Bell Lab.) vorgeschlagen
- ◆ **1972:** Erster Flugsimulator (General Electronics) (heute [online Version](#) in GoogleEarth)
- ◆ **1973:** erste Konferenz der **SIGGRAPH** (**S**pecial **I**nterest **G**roup on Computer **G**raphics) der ACM (Association of Computing Machinery), die sich ausschließlich mit Computer Graphik beschäftigt (bis fast 50.000 Teilnehmer 1997)



- ◆ **1979:** Gründung der Computer Graphik Abteilung von **LucasFilm** durch George Lucas (die Abteilung wird der „Special Effects“-Abteilung **ILM** – Industrial Light and Magic – zugeordnet)
- ◆ **1980:** Vorführung des Films **Vol Libre** (von L. Carpenter, Boeing) auf der SIGGRAPH'80 (in dem Film wird der Flug durch eine **fraktale Landschaft** gezeigt)



Carpenter's Kunst-Gebirge wurde bei der Prämierung von der SIGGRAPH-Jury mit der Begründung ausgeschlossen, weil

*„... es nicht wie eine Computer Graphik aussieht!“*



# Geschichte

## Animationsfilm – Morphing



- ◆ **1980:** ~30 Min. Computeranimationen im Film [Tron](#), (Film floppt, große Hollywood Filmstudios reagieren mit Zurückhaltung gegenüber Computer Graphik)
- ◆ **1982:** Erste Filmsequenz, in der sich Frau in Luchs verwandelt (T.Brigham, SIGGRAPH'82);



- ◆ Diese Technik wird später **Morphing** genannt – (wurde bis 1987 nicht weiter beachtet, bis LucasFilm sie in dem Film „[Willow](#)“ einsetzt)

- ◆ **1984:** Gründung **Wavefront** Technologies für Animations-Software
- ◆ **1986:** Gründung der Firma **Pixar** durch Ed Catmull und A.R. Smith nach Abspaltung von Lucas Film
- ◆ Pixar's **RenderMan** wird Industrie-Standard
- ◆ **1988:** Film **The Abyss**, James Cameron  
(ILM stellt dabei die Szene mit der Wasser-Kreatur her, die die Gesichter der Mannschaft imitiert)



aus J.D. Foley, et al  
Computer Graphics –  
Principles and Practice

- ◆ **1989:** Einführung von Motion Capture, Nutzung mechanischer Eingabegeräte für Computeranimation
- ◆ **1992:** Neue Maßstäbe bei computergenerierten Spezialeffekten (Animationen des „T1000“-Roboters in J. Cameron's Film Terminator 2)
- ◆ **1993:** Steven Spielberg's Film Jurassic Park (anstelle der ursprünglich geplanten Puppenanimationen werden Computeranimationen für die Dinosaurierszenen eingesetzt)



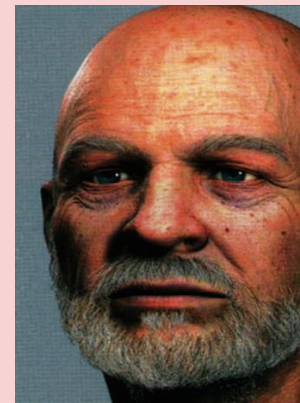
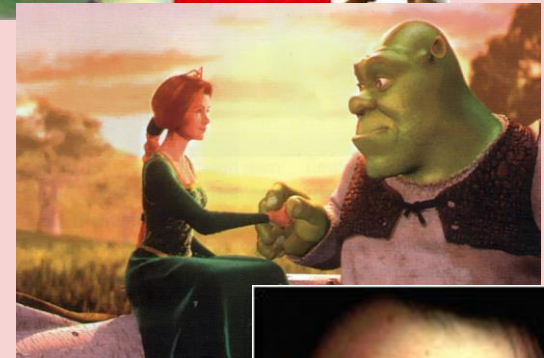


# Geschichte

## Animationsfilm - Charaktere



- ◆ **1995:** Toy Story kommt in die Kinos; erster vollständig computeranimierte Film von Pixar
  - ◆ Rendering: 800 000 Std. Berechnungszeit für 70 min. Film auf 177 Sun Sparc 20
  - ◆ Der Film ist ein großer Kassenerfolg, wird für drei Oskars nominiert, erhält jedoch keinen davon ...
- ◆ **2001:** sehr gute Gesichtsanimationen virtueller Charakteren im Film Shrek
- ◆ **Final Fantasy**, erster komplett computeranimierter Spielfilm mit realistischen virtuellen Charakteren
  - ◆ die Produktion des Films dauerte ~4 Jahre; etwa 170 Computeranimatoren waren tätig

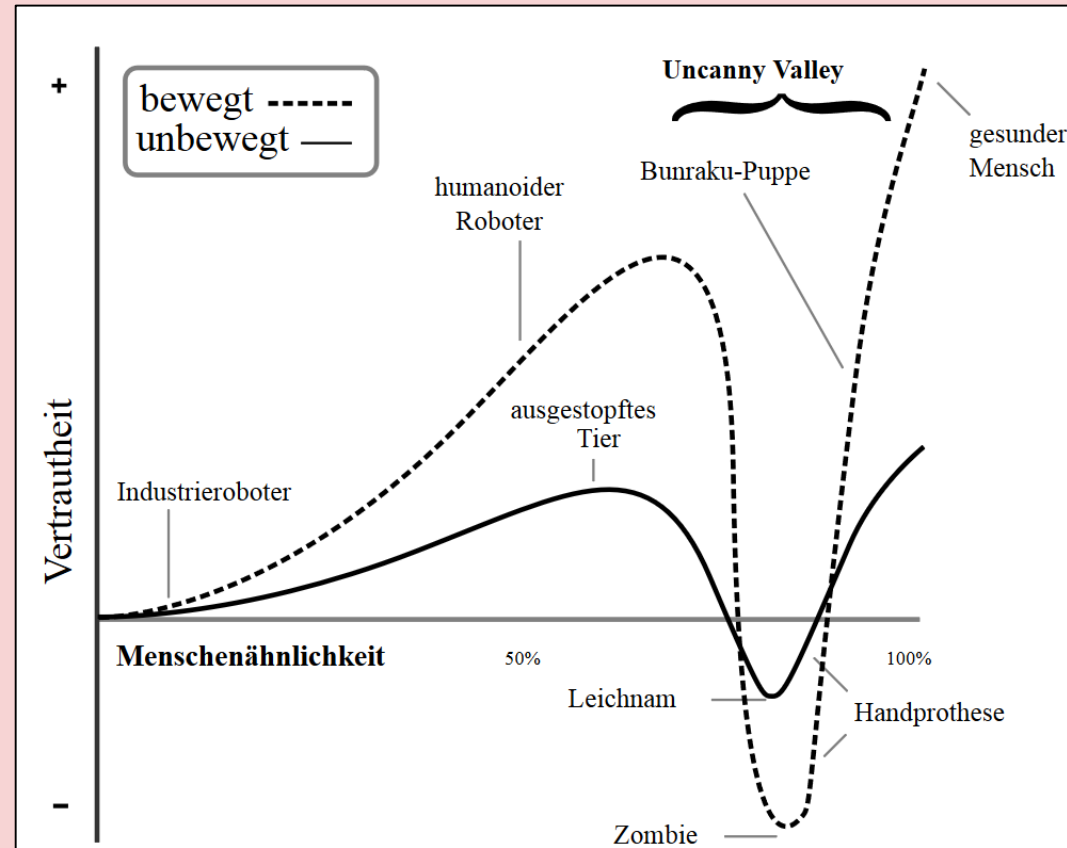


aus: digital  
production, Heft 3/01





- Nicht perfekt animierte Charaktere wirken sehr schnell sehr unnatürlich
- Final Fantasy war deshalb ein Flop
- Besonders schwierig ist die realistische Darstellung von Haut, Gesicht und Haaren
- Mögliche Auswege ist es, nicht menschliche Charaktere wie Golem in Herr der Ringe zu animieren.



© Wikipedia

- ◆ erste Verfahren zur schattierten Objektdarstellung:
  - ◆ Beleuchtungsverfahren (Phong 1975, Blinn 1977),
  - ◆ Schattierungsverfahren (Gouraud 1971, Phong 1975),
  - ◆ Texturierung (Catmull 1974),
  - ◆ Schattenwurf (Crow 1977);



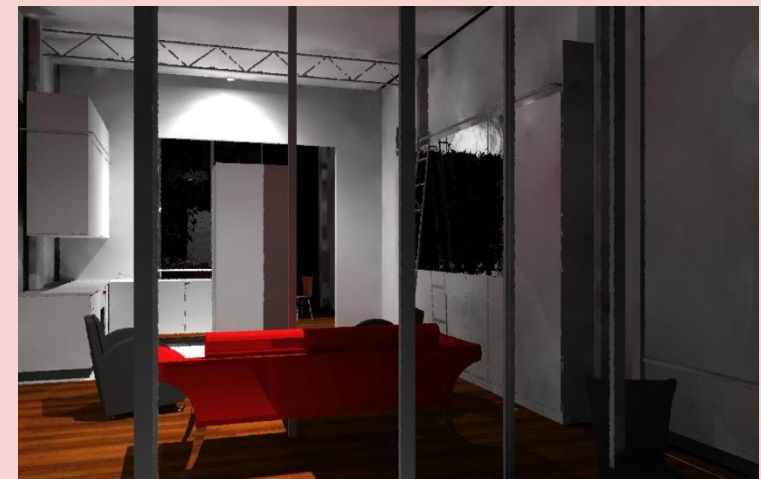
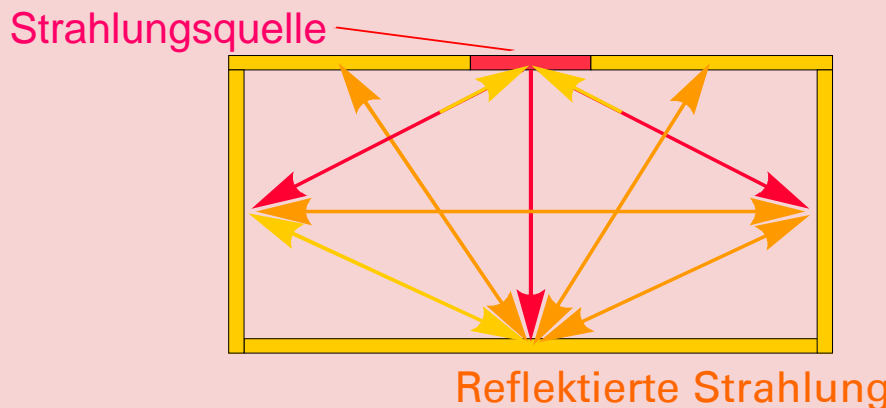
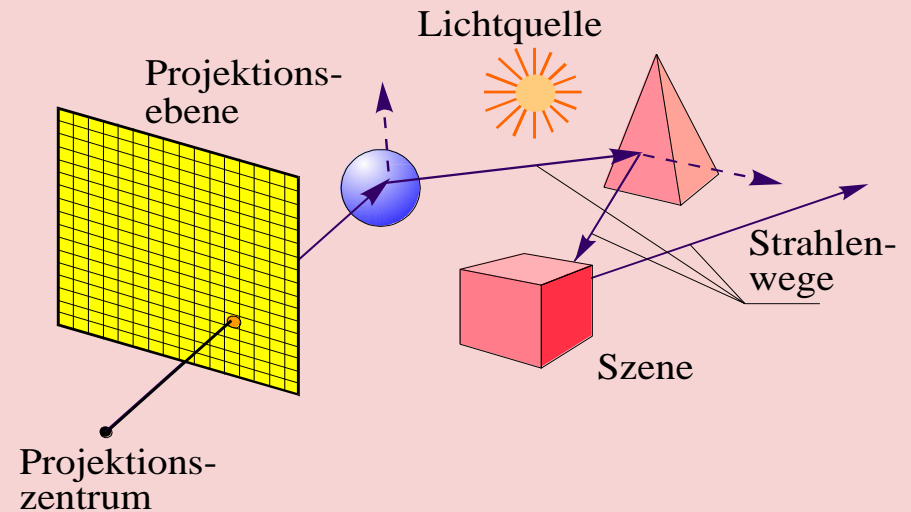
M. Newell (Univ. of Utah) modelliert  
1975 den **Utah Teapot** –  
eine Ikone der Computer Graphik.

# Geschichte

## Forschung – Raytracing / Radiosity



- **1979:** erstmalige Darstellung von spiegelnder Reflexion und Transparenz mit Hilfe des Raytracing (Kay)
- Anfang 80iger Jahre: Entwicklung des Volume-Rendering
- **1984:** Globale Beleuchtungs-Simulation mit **Radiosity** (Goral u.a., Nishita)



Radiosity-Bild

# Geschichte

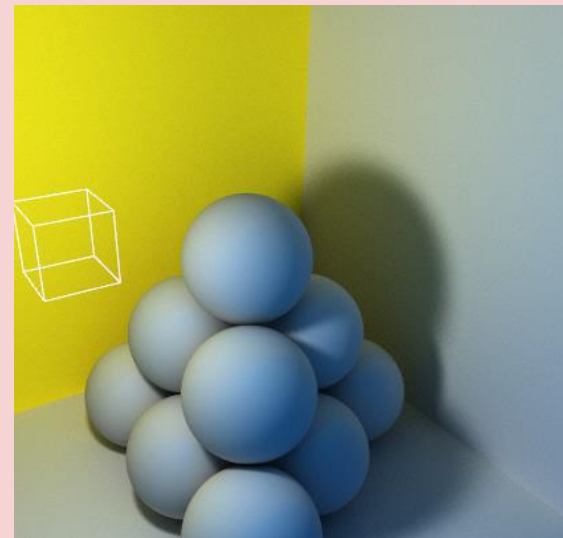
## Forschung – neuere Entwicklungen



- ◆ **2009:** Globalen Beleuchtung in Echtzeit (Screen space techniques, voxelization)



- ◆ **2012:** real time path tracing demos (also in WebGL)



<http://madebyevan.com/webgl-path-tracing>





- ◆ **Mitte der 70iger:**
  - ◆ graphische Unterprogrammpakete (PLOT10, CAL-Comp)
  - ◆ graphische Programmiersprachen (DIGRA 73)
- ◆ **1977:** erste Vorschläge zur Standardisierung von Graphiksoftware – CORE
- ◆ **1981:** erstes „Rendering“-System **REYES** („Rendering everything you ever saw“, von L. Carpenter für LucasFilm – wird später zu Renderman weiterentwickelt)
- ◆ **1988:** **G**raphical**K**ernel**S**ystem **3D** - erster ISO-Standard
- ◆ **1992:** [OpenGL](#) 1.0 released
- ◆ **1996:** Direct3D as part of DirectX 2.0 released
- ◆ **2009-2011:** Entwicklung von WebGL und XML3D (example: [open-3d-viewer](#))

- ◆ **1982:** Gründung **Silicon Graphics Inc. (SGI)**, J. Clark, (Entwicklung von Hochleistungsrechnern für graphische Anwendungen)
- ◆ **1983:** J. Lanier (Atari Research Center) entwickelt **Datenhandschuh**
- ◆ **1985:** Gründung der Fa. VLP durch J. Lanier, um die ersten kommerziellen Virtual Reality Produkte zu entwickeln



# Geschichte

## Erweiterte Realität



- ◆ **2010:** MS Kinect bietet lowcost Echtzeit-3D-Scanning für Interaktion
- ◆ **2013:** Leap Motion ermöglicht das Tracking von 10 Fingern für neue interaktive Anwendungen
- ◆ **2016:** Oculus Rift Brille mit 2x1080x1200 Pixel über 90° Sichtfeld für Juli bestellbar bietet VR für \$600.
- ◆ **2016:** MS Hololens startet Developer-Programm mit \$3000 pro Gerät





# **EINORDNUNG UND BEGRIFFSBESTIMMUNG**





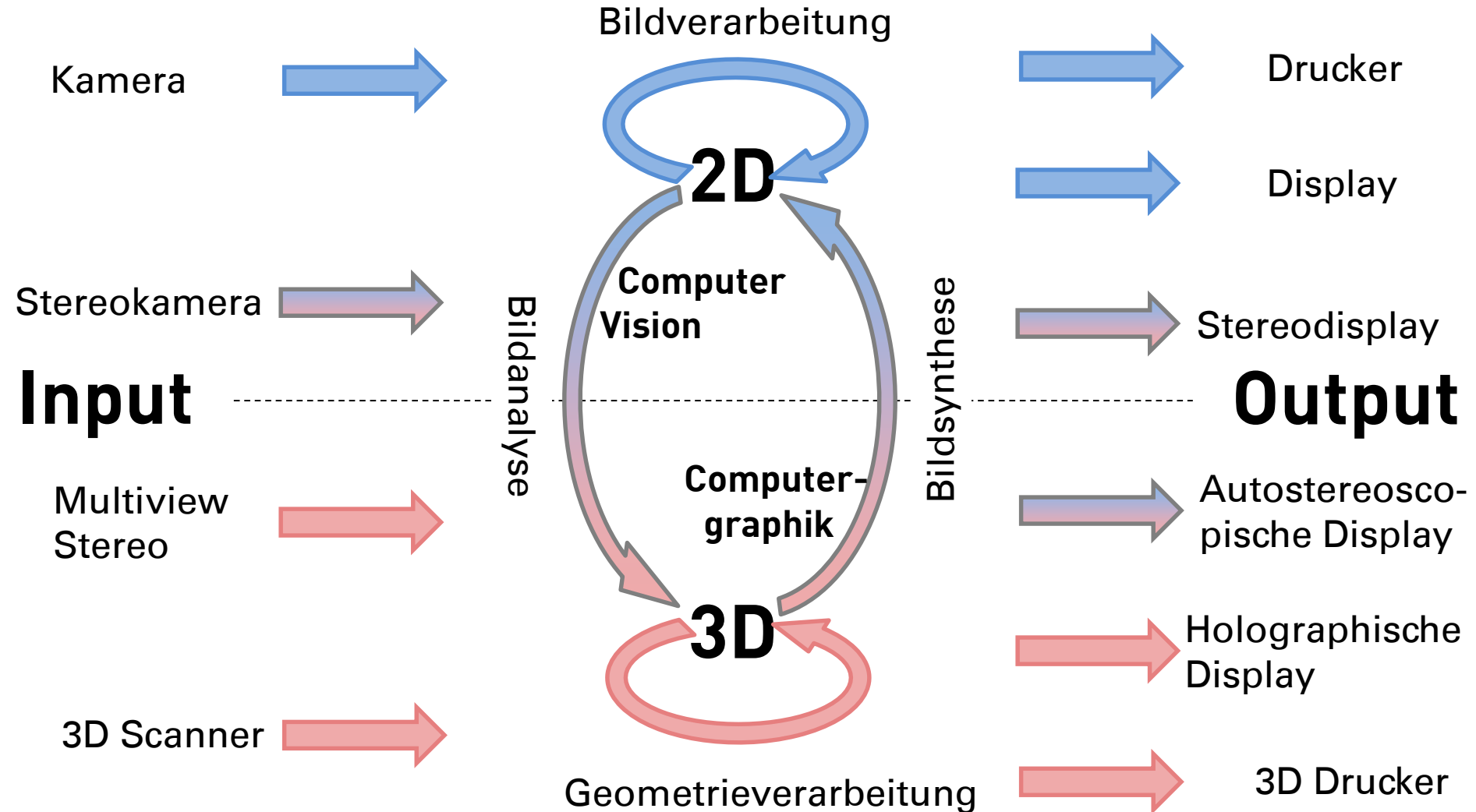
- Die **graphische Datenverarbeitung** ist in der ISO-Norm wie folgt definiert (ISO DIS 2382/13, 1982):

“Methods and techniques for converting data to and from graphics displays via computer”

- Mit “to” und “from” sind zwei Wege aufgezeichnet, einmal
  - von der Beschreibung (Modell) zum Bild und einmal vom
  - Bild zur Beschreibung
- Die graphische Datenverarbeitung kann wie auf der nächsten Folie dargestellt weiter aufgegliedert werden.

# Einordnung und Begriffsbestimmung

## Übersicht der GDV





## Computer Graphics

Modelling

Rendering /  
Image Synthesis

Animation

## Application Domains

**Visualization**

Natural Sciences

Medicine

Geoinformatics

Information

**Engineering**

CAD/CAM

Simulation

Round Trip

3D Scanning

**Interaction**

Operating Systems

User Interaction

virtual Reality

augmented Reality

**Entertainment**

Games

Special Effects

Cartoons

CGV research areas



- Die Programmierung graphischer Anwendung findet typischer Weise in vier Schichten statt

- Anwendung / Graphische Benutzungsschnittstelle (GUI)

- SceneGraph / GameEngine / Processing / SDL / CGV Framework

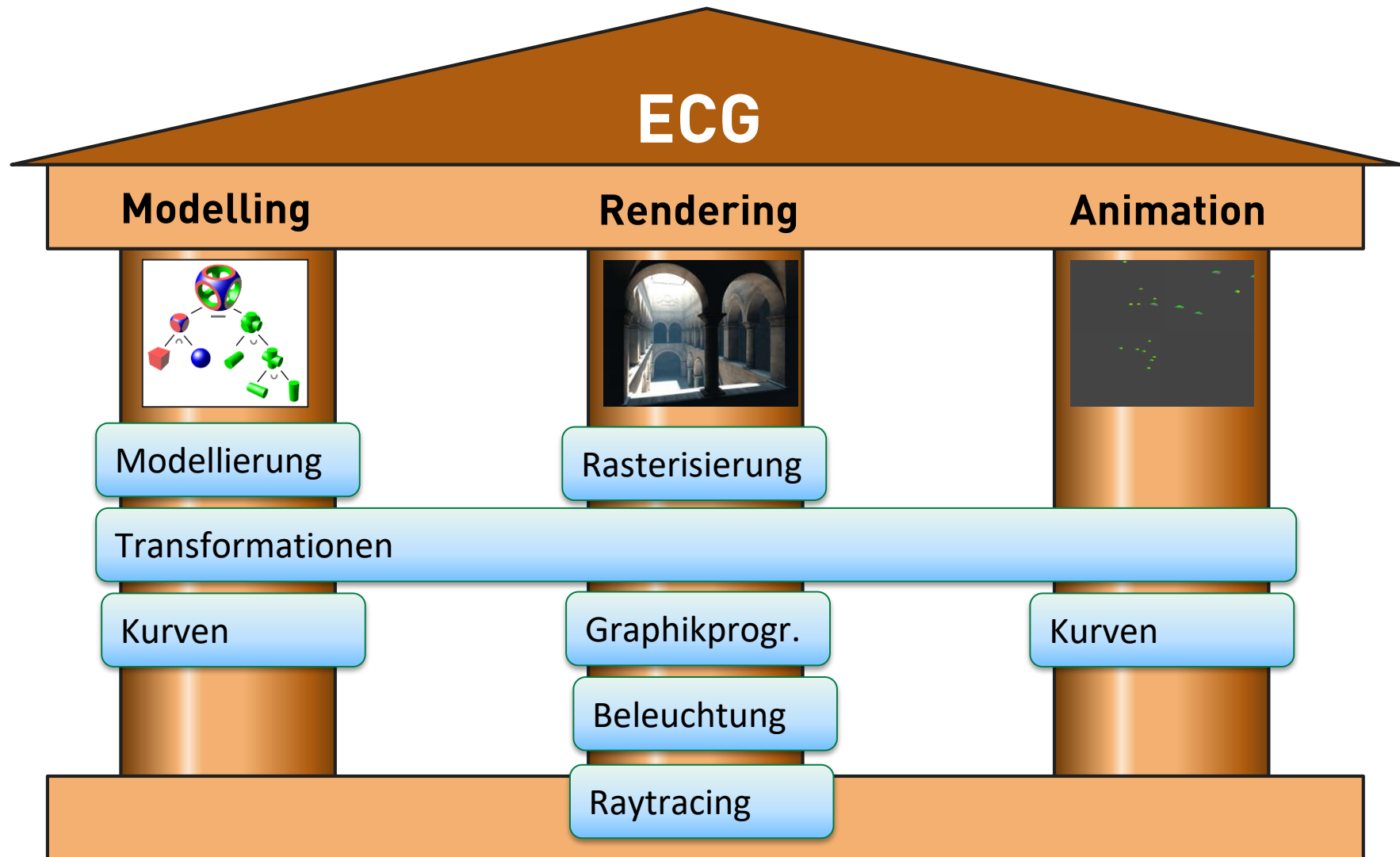
- OpenGL, DirectX / OpenCL, DirectCompute , CUDA

- Shader – GLSL, HSL, CG / Kernel



# AUSBLICK VORLESUNG







## Vorlesung

- Einführung
- Modellierung
- Graphikprogrammierung
- Transformationen
- Rasterisierung
- Kurven
- Beleuchtung
- Raytracing

## Übung

- C- und C++-Tutorials
- Programmierung
- [Graphikprogrammierung](#)
- [Rasterisierung](#)
- [Kurven](#)
- [Raytracing](#)



## Wintersemester

- ◆ Computergraphik I (WS)
- ◆ Wissenschaftliche Visualisierung (WS)
- ◆ Computergraphik III
- ◆ Komplexpraktikum CGV
- ◆ KP Medinf. Teil II

## Sommersemester

- ◆ C++-Programmierung für Computergraphik
- ◆ Hauptseminar CGV
- ◆ Computergraphik II
- ◆ Komplexpraktikum CGV
- ◆ KP Medinf. Teil I



## Webseite

### Bücher

- ◆ P. Shirley, M. Gleicher, S. R. Marschner, E. Reinhard, K. Sung, W. B. Thompson, P. Willemsen: *Fundamentals of Computer Graphics*. Nr. 2, AK Peters, Wellesley 2005.
- ◆ J. D. Foley, A. van Dam, S. K. Feiner, J. F. Hughes: *Computer Graphics - Principles and Practice* (second Edition). Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1996
- ◆ J. Encarnacao, W. Straßer, R. Klein: *Gerätetechnik, Programmierung und Anwendung graphischer Systeme Teil I und II*. Oldenbourg, München, Wien, 1996, 1997

### Zeitschriften

- ◆ ACM Transactions on Graphics (publiziert Siggraph Proceedings)
- ◆ Computer Graphics Forum (publiziert Eurographics Proceedings)
- ◆ IEEE CG & Applications