

Einführung in die Computergraphik

SS 2019

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**
- *Wichtig ist eine **kritische Reflektion** des Einflusses von Computerspielen auf unsere Gesellschaft: siehe z.B.: [Damsel in Distress](#)*



(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

siehe auch

Blender Open Film Projects



Jean-Honoré
Fragonard
(1732–1806) –
Die Schaukel



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.



<http://www.bestarchitecturaldesigns.com>



<http://www.loscabosquerencia.com>

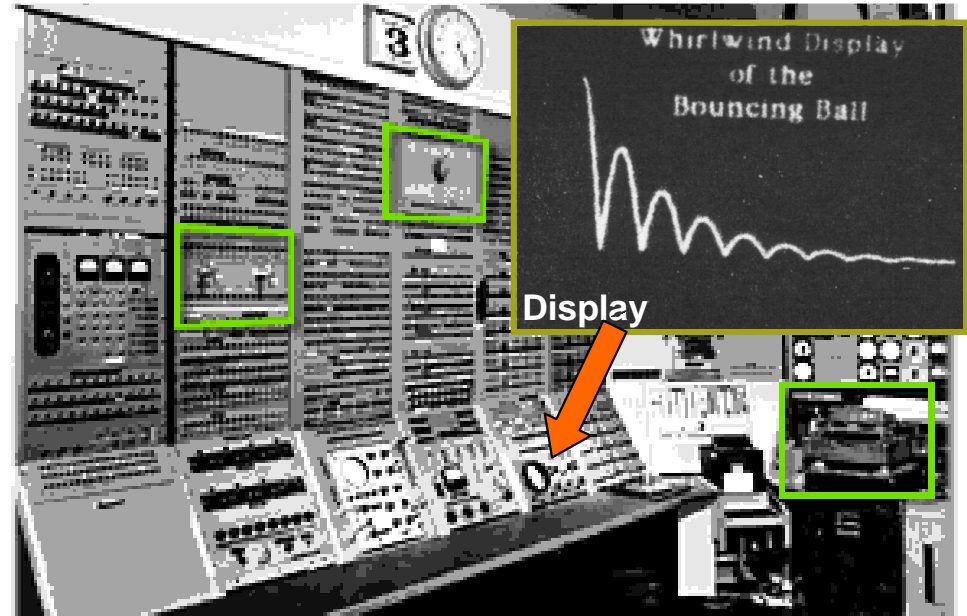


GESCHICHTE DER CG

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

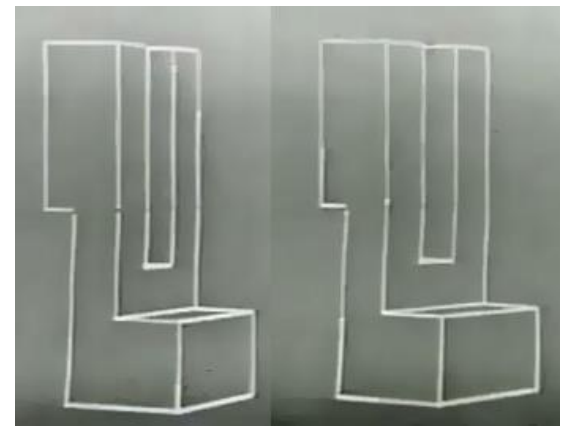
Geschichte

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

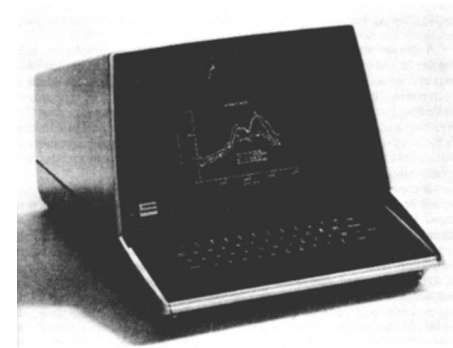


Ivan Sutherland an der Konsole des TX-2 Computers



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) (Beispiele heute: [online simulator](#) in GoogleEarth, [Aerial Informatics and Robotics platform](#))
- **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 Loren 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 (seit 2015 frei)
- ◆ **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)

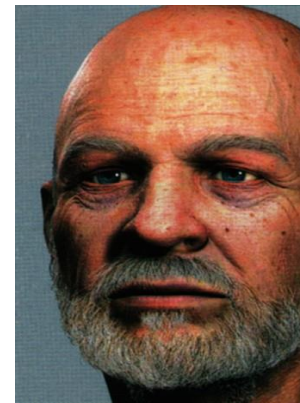
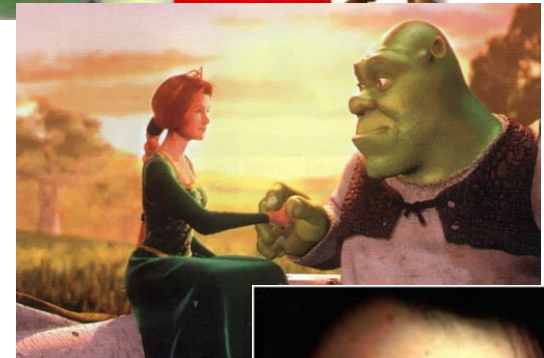


Geschichte

Animationsfilm - Charaktere



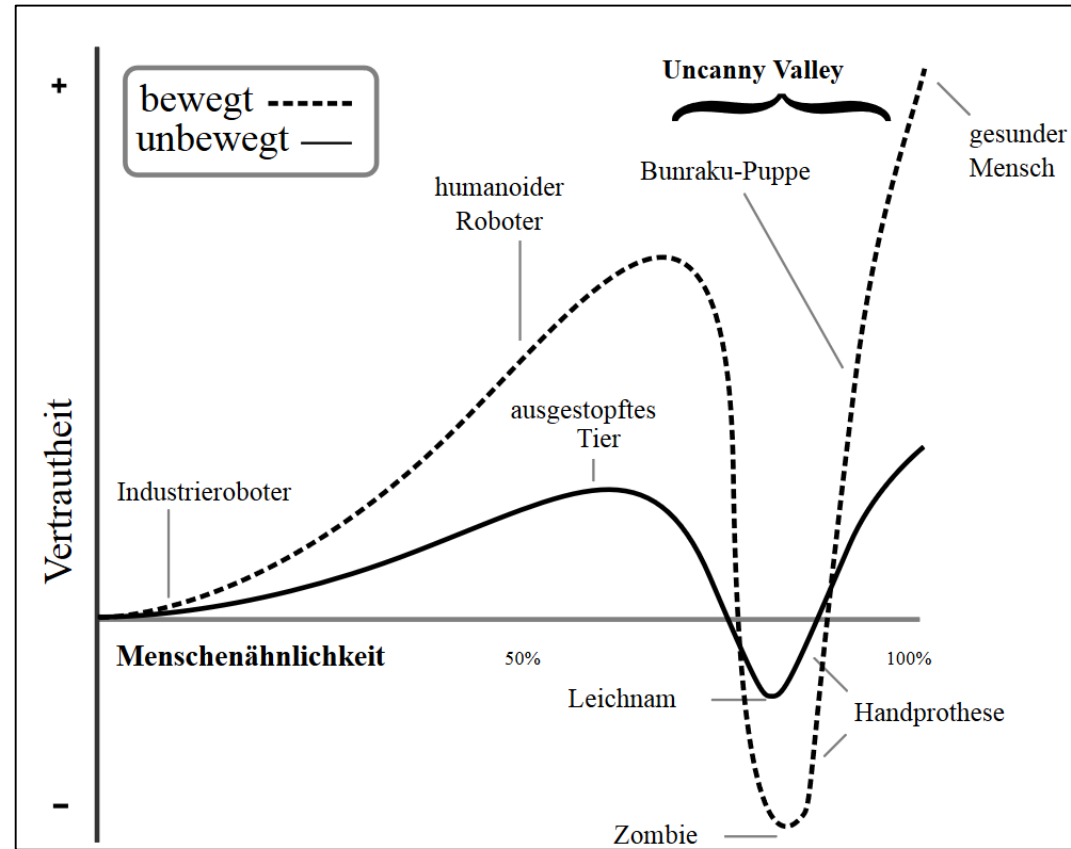
- ◆ **1995:** Toy Story kommt in die Kinos; erster vollständig computeranimierte Film von Pixar
 - ◆ Rendering: 800 000 Std. Berechnungszeit für 70 min. Film auf 177 Sun Sparc 20
 - ◆ Der Film ist ein großer Kassenerfolg, wird für drei Oskars nominiert, erhält jedoch keinen davon ...
- ◆ **2001:** sehr 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 Gollum in Herr der Ringe zu animieren.



© Wikipedia

[Repliee](#)

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



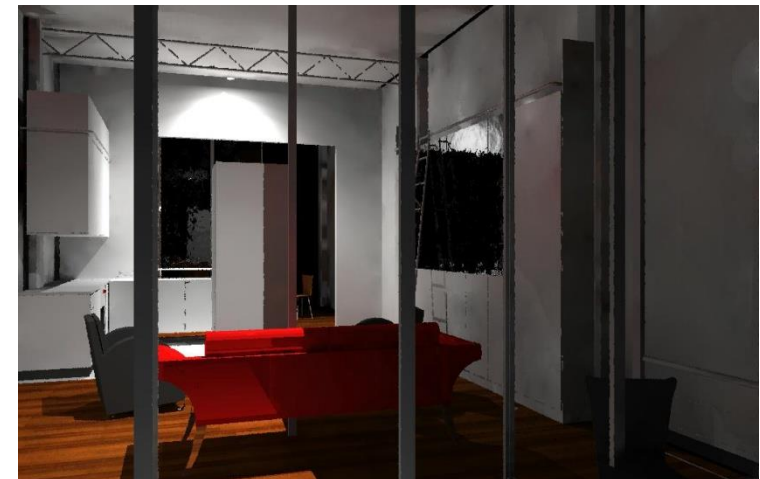
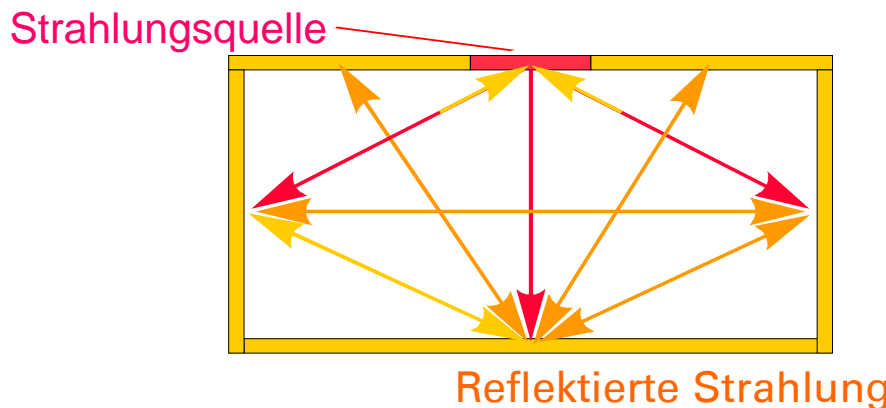
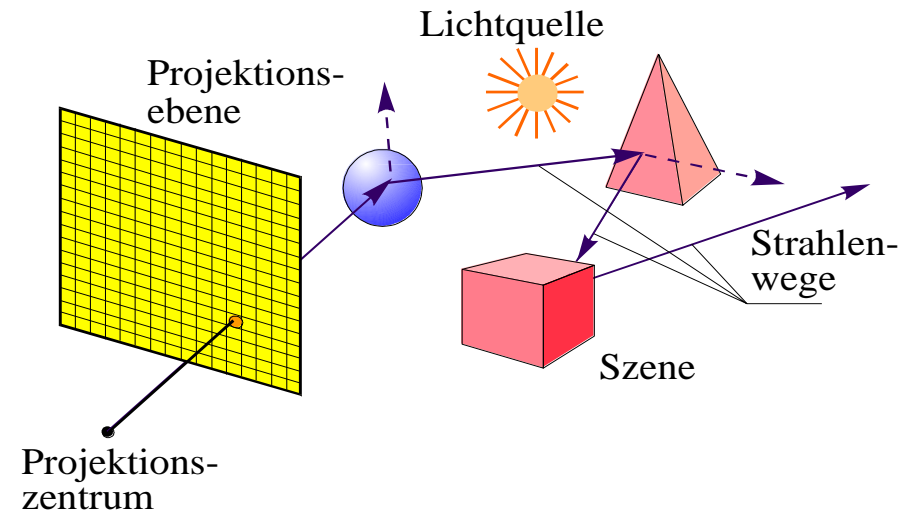
M. Newell (Univ. of Utah) modelliert
1975 den **Utah Teapot** –
eine Ikone der Computer Graphik.

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

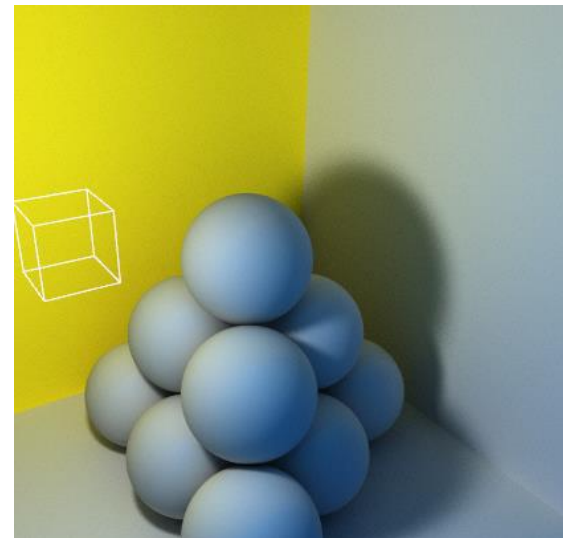
Forschung – neuere Entwicklungen



- ◆ **2009:** Globale 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 (latest version^{2.2.19} is 4.6)
- ◆ **1996:** Direct3D as part of DirectX 2.0 (lastest version is 12 and introduced low level access to GPU)
- ◆ **2009-2011:** Entwicklung von WebGL und XML3D (example: [open-3d-viewer](#))
- ◆ **2016:** Vulkan 1.0 (latest version ^{7.3.18} is 1.1): low level parallel programming of GPU for less CPU usage

- ◆ **1982:** Gründung **Silicon Graphics Inc. (SGI)**, Jim Clark, (Entwicklung von Hochleistungsrechnern für graphische Anwendungen)
- ◆ **1983:** [Jaron Lanier](#) (Atari Research Center) entwickelt **Datenhandschuh**
- ◆ **1985:** Gründung der Firma **VLP (Virtual Programming Languages)** 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** Head Mounted Displays
 - ◆ Oculus Rift: $2 \times 1080 \times 1200 \times 90\text{Hz}$ 110°
 - ◆ VIVE: $2 \times 1080 \times 1200 \times 90\text{Hz}$ 110°
 - ◆ HoloLens: $2 \times 1268 \times 720 \times 60\text{Hz}$ 35° seethrough
- ◆ **2018/9**
 - ◆ VIVE Pro: $2 \times 1440 \times 1600 \times 90\text{Hz}$ 110°
 - ◆ HoloLens 2: $2 \times 2\text{K} \times 60\text{Hz}$ 70° seethrough
 - ◆ Oculus Rift S: $2 \times 1280 \times 1440 \times 80\text{Hz}$ 110°



HoloLens HMD



VIVE HMD



Oculus Rift HMD



HoloLens 2 HMD



VIVE Pro HMD



Oculus Rift S HMD



EINORDNUNG UND BEGRIFFSBESTIMMUNG



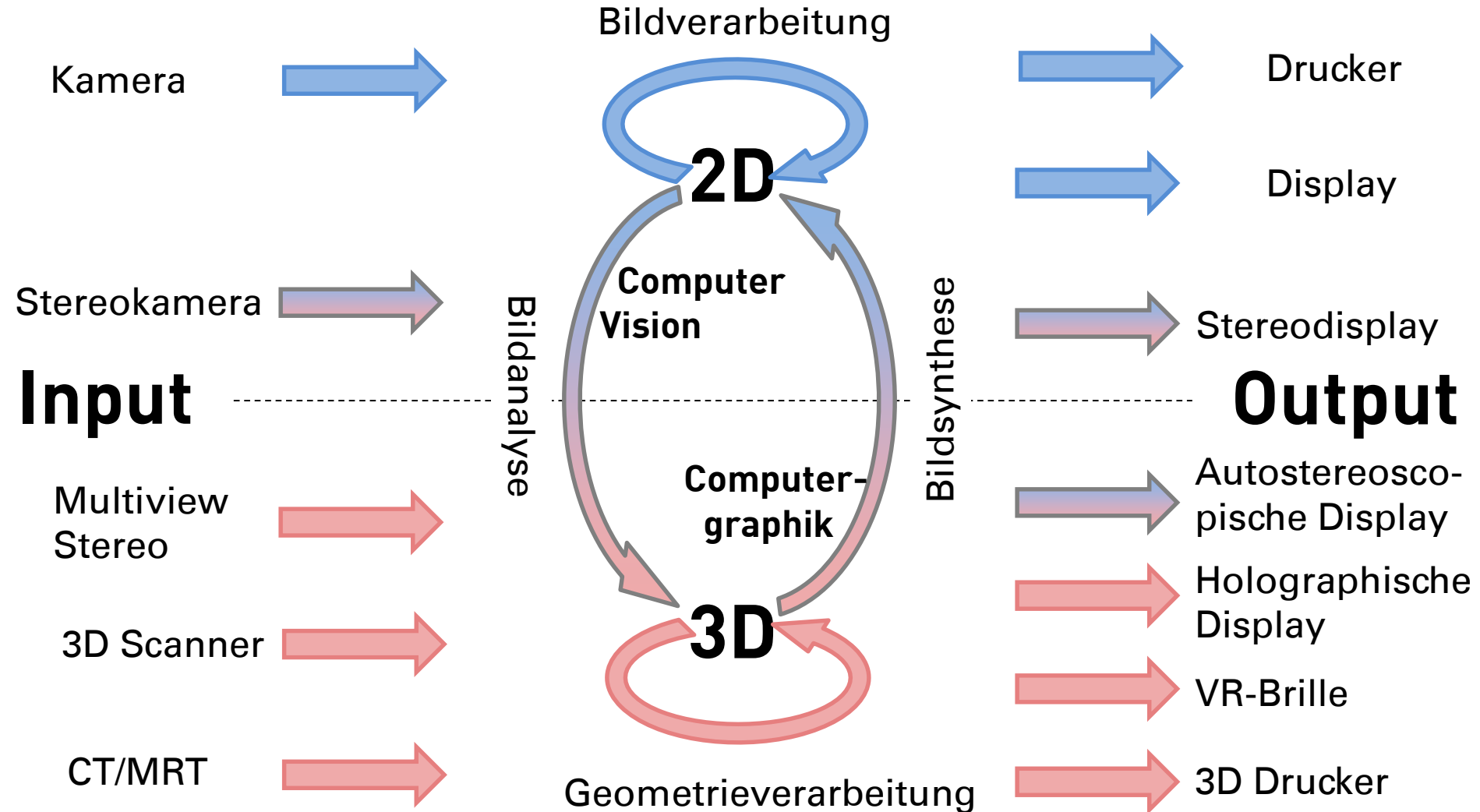
- Die **graphische Datenverarbeitung** ist in der ISO-Norm wie folgt definiert (ISO DIS 2382/13, 1982):

“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)

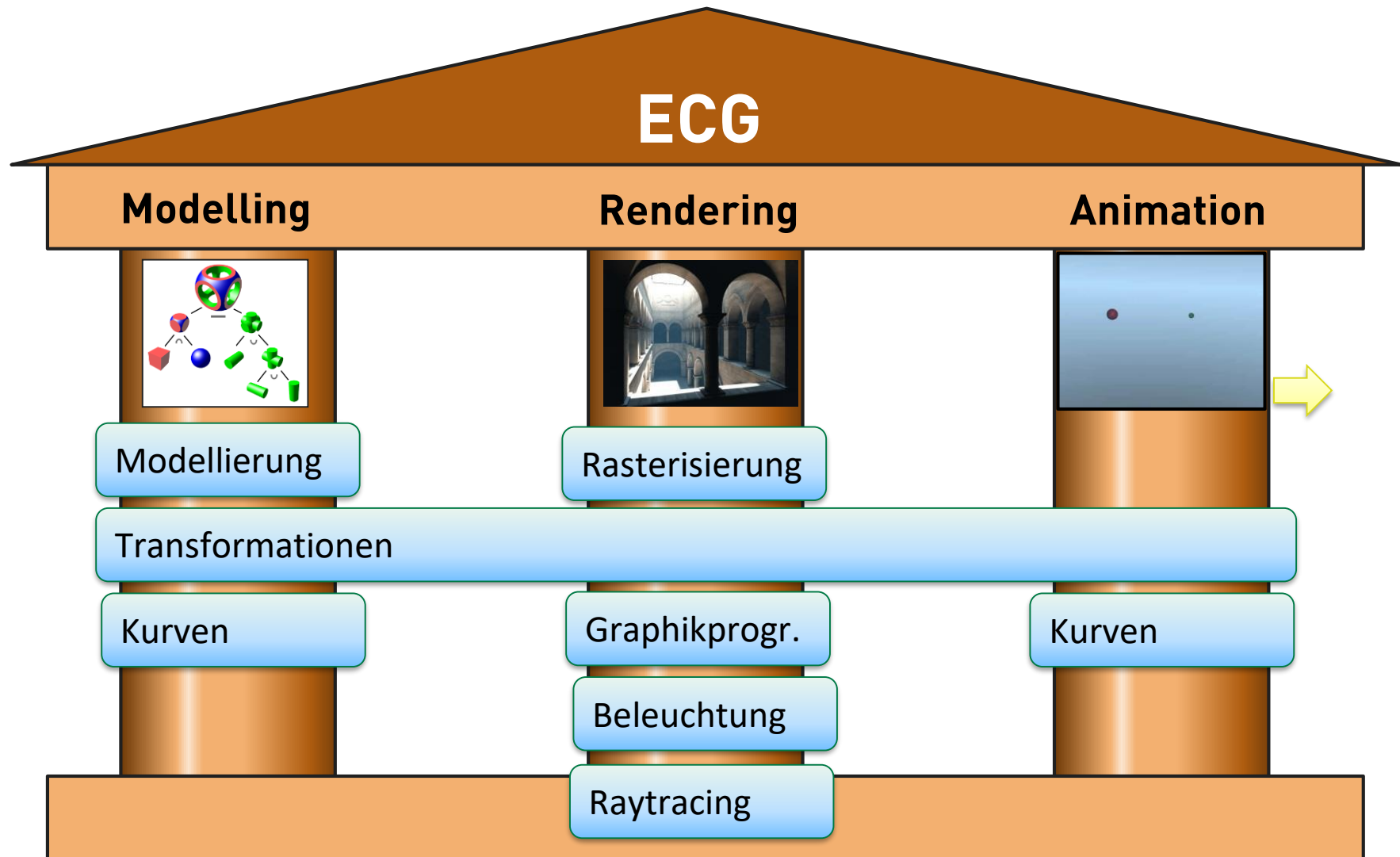
- SceneGraph / GameEngine / Processing / SDL / CGV Framework

- OpenGL, DirectX, Vulkan / OpenCL, DirectCompute , CUDA

- Shader – GLSL, HSL, CG / Kernel



AUSBLICK VORLESUNG






Überblick über die Vorlesung

Vorlesung

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

Übung

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



Wintersemester

- Computer Graphics 1
- Data Visualization
- Computer Graphics 3
- Komplexpraktikum CGV
- KP Medinf. Teil II

Sommersemester

- ECG
- Computer Graphics 2
- Scientific Visualization
- Hauptseminar CGV
- 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