

# Computergrafik

Prof. Dr.-Ing. Kerstin Müller



Einführung

# Was ist Computergrafik?

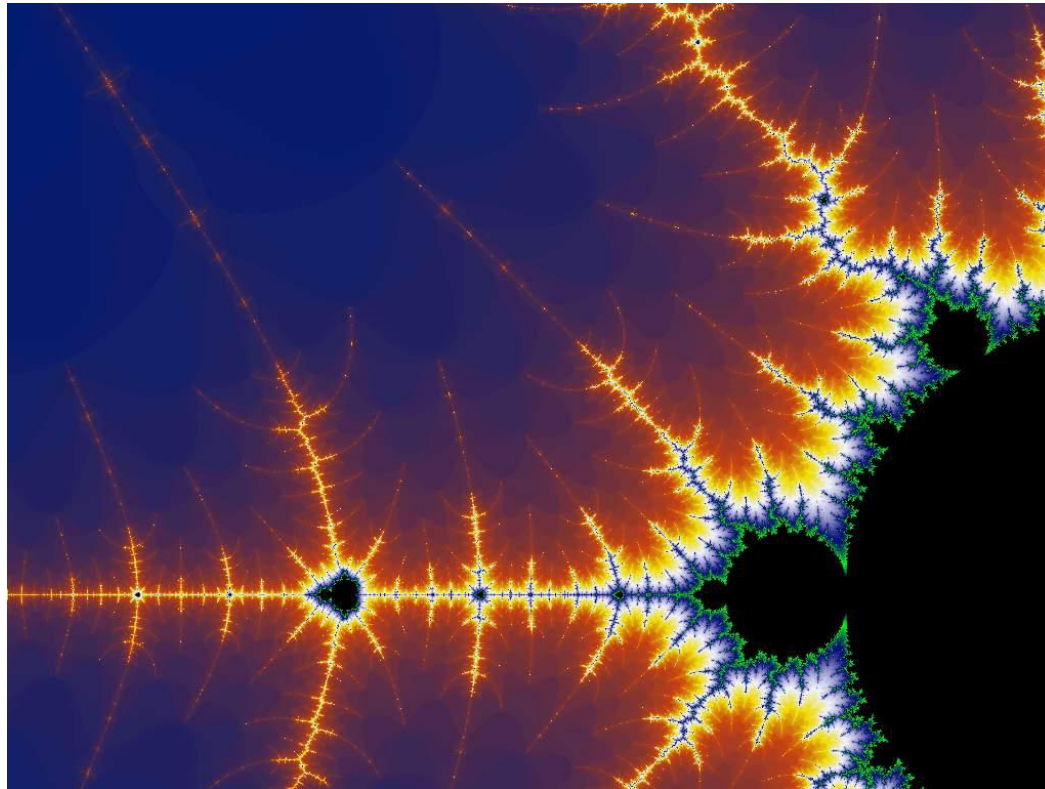
- Computergrafik beschäftigt sich mit mathematischen und algorithmischen Ansätzen, die der Erzeugung von Bildern am Rechner dienen.



Photorealistische Darstellung von Modellen

# Was ist Computergrafik?

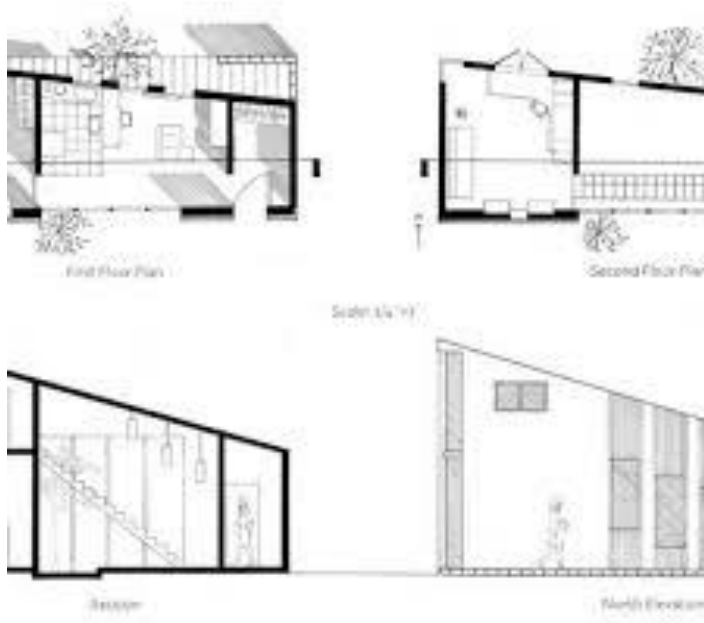
- Computergrafik beschäftigt sich mit mathematischen und algorithmischen Ansätzen, die der Erzeugung von Bildern am Rechner dienen.



Darstellung von Fraktalen

# Was ist Computergrafik?

- Computergrafik beschäftigt sich mit mathematischen und algorithmischen Ansätzen, die der Erzeugung von Bildern am Rechner dienen.



Vektorgrafik

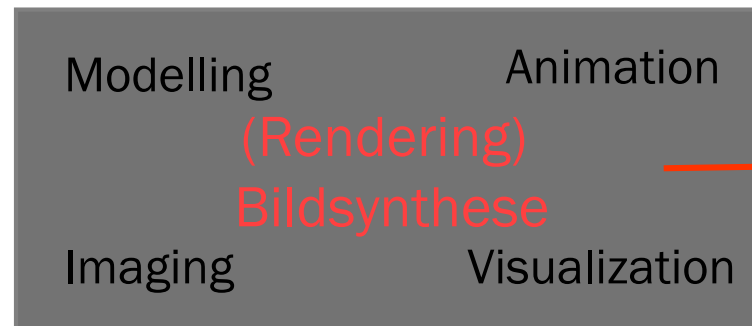
# Computergrafik: Methodischer Kern

## Geometric Modelling

Datenstrukturen zur Repräsentation und effiziente algorithmische Verarbeitung von geometrischen Formen.

## Simulation & Animation

The generation and representation of dynamic imagery on a computer



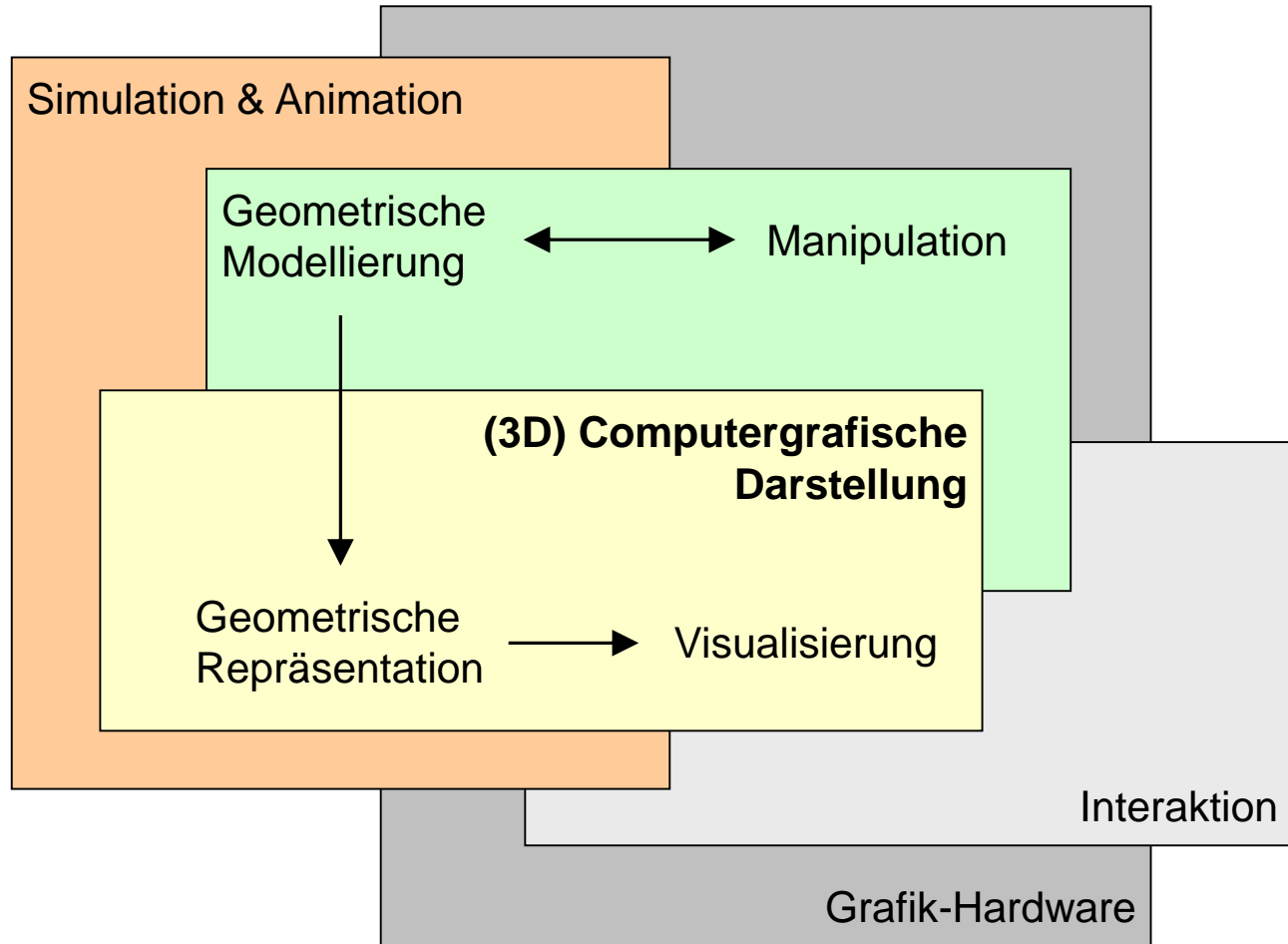
## Bildaufnahme, -verarbeitung und Computer Vision

Manipulation von Bildern und  
Extraktion von Objekten aus Bildern

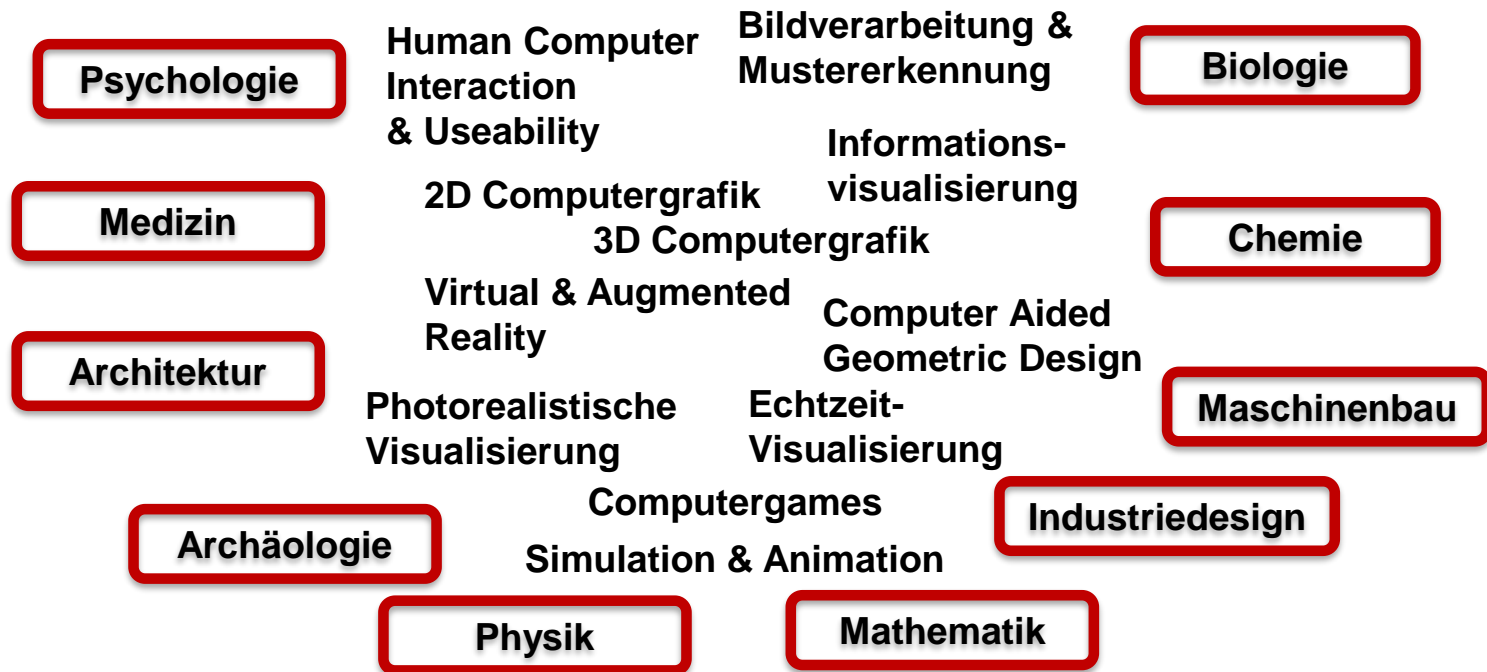
## Visualisierung

Visuelle Repräsentation von Informationen und oft großen, mehrdimensionalen und/oder multi-modalen Daten.

# Computergrafik: Zusammenspiel von Teilgebieten



# Inhalte Computergraphik & Friends:



## ■ Bildverarbeitung

- „Verbesserung“ gegebener Bilder
- Erkennen von Mustern (pattern) in digitalen Bildern (bitmap)
- Anwendungen: automatische Qualitätskontrolle, Sicherheitstechnik, etc.

## ■ Computer Vision

- „Verstehen“ von Bildern mit Hilfe des Rechners
- Wahrnehmungs- und Interpretationsprozess des Gehirns wird in Software ab- und nachgebildet
- Teilgebiet der KI
- Anwendung: z.B. Suche in Mediendatenbanken



- Mensch-Maschine-Interaktion / Human-Computer Interaction (MMI / HCI)
  - Aufgaben- und benutzerorientierte Software
  - Interaktionskonzepte
- Visualisierung
  - Nutzung der Methoden der Computergrafik
  - Wahrnehmungs- und aufgabenorientierte Darstellung von abstrakten, gemessenen oder simulierten Daten
- Computer Aided Geometric Design
  - Repräsentation (Datenstrukturen) und Verarbeitung (Algorithmen) beliebig geformter Objekte beliebiger Topologie (Freiformgeometrie)

# (Photorealistische) Bildsynthese

- Algorithmen zur Bildsynthese (*rendering algorithms*):

Welche Operationen müssen vorgenommen werden um ein photorealistisches Bild eines gegebenen Modells zu erzeugen?

- Ein photorealistisches Bild ist eines das nicht von einer Fotografie des **echten Objekts** unterschieden werden kann.



# Real oder Computergrafik?

- <http://area.autodesk.com/fakeorfoto>

- [https://www.youtube.com/watch?v=DRqMbHgBly\\_Y](https://www.youtube.com/watch?v=DRqMbHgBly_Y)

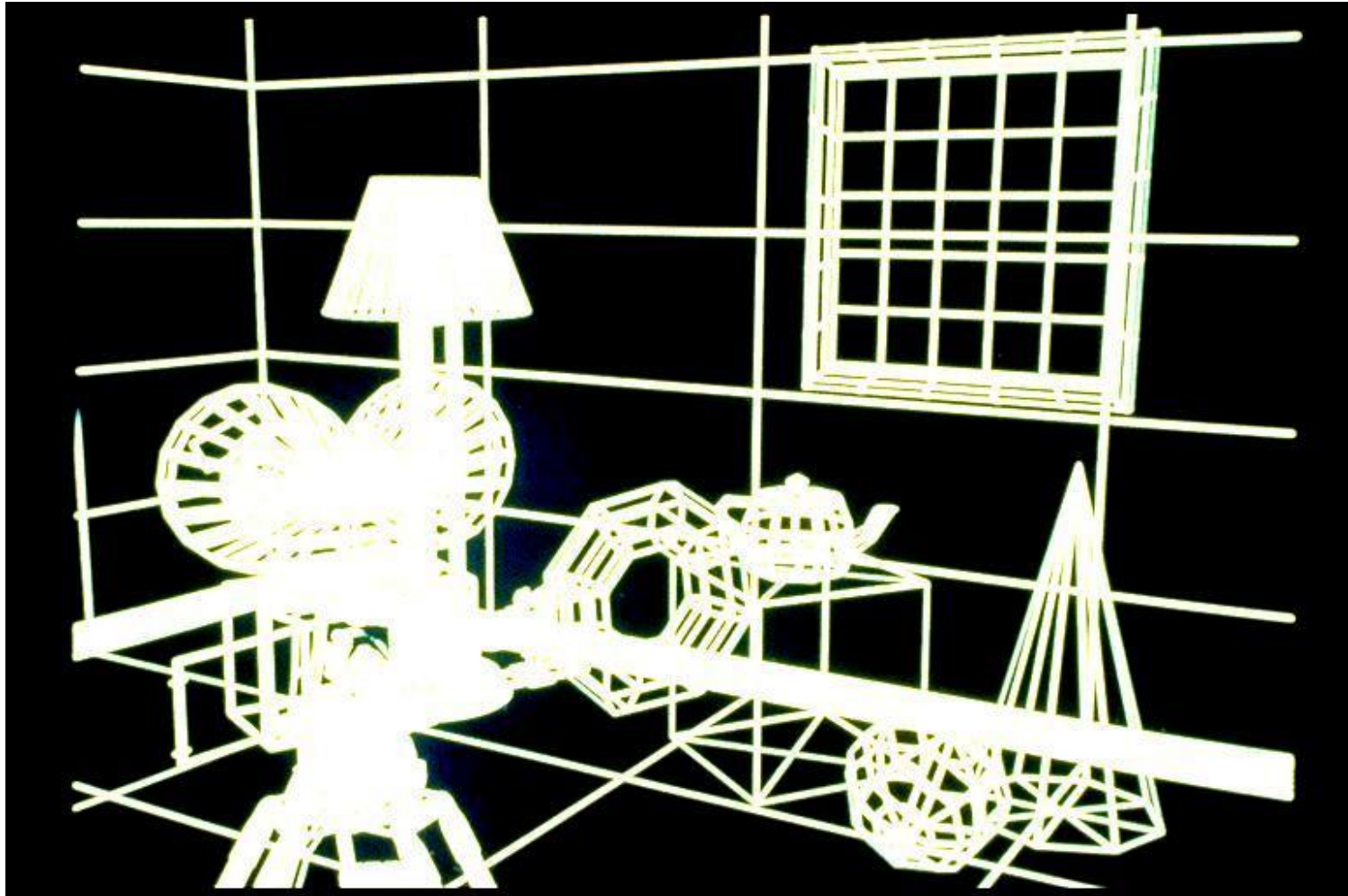
# Photorealistische Bildsynthese

- Voraussetzungen und Bestandteile der Bildsynthese:
  - Szenenbeschreibung
    - Objektform
    - Erscheinungsbild
      - Farbe und Textur
      - Reflektions-eigenschaften
    - Lichtquellen
      - Intensität
      - Farbe
      - Richtung
  - Physik der Lichtausbreitung

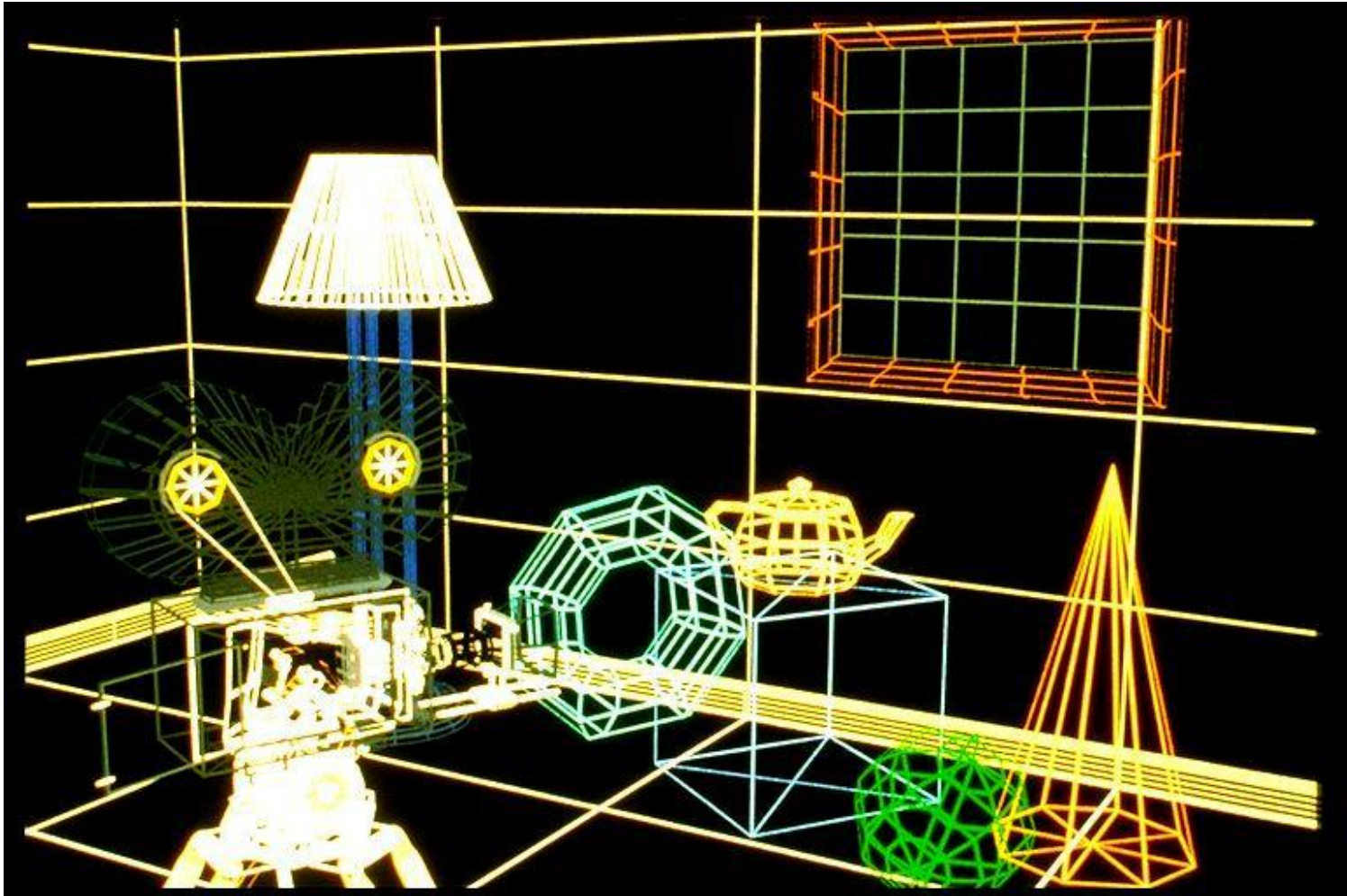




# Bildsynthese – wireframe

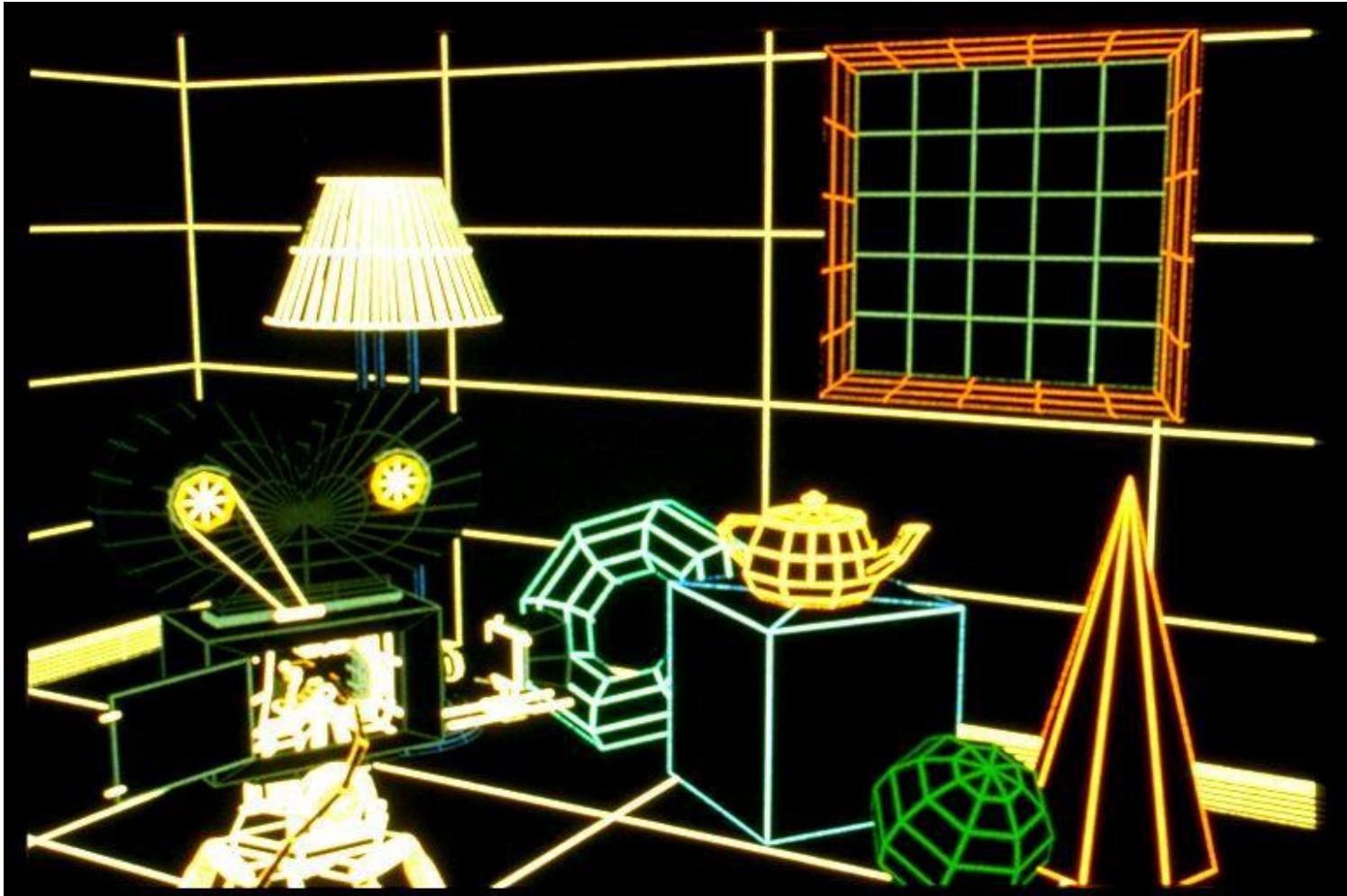


# Bildsynthese – color

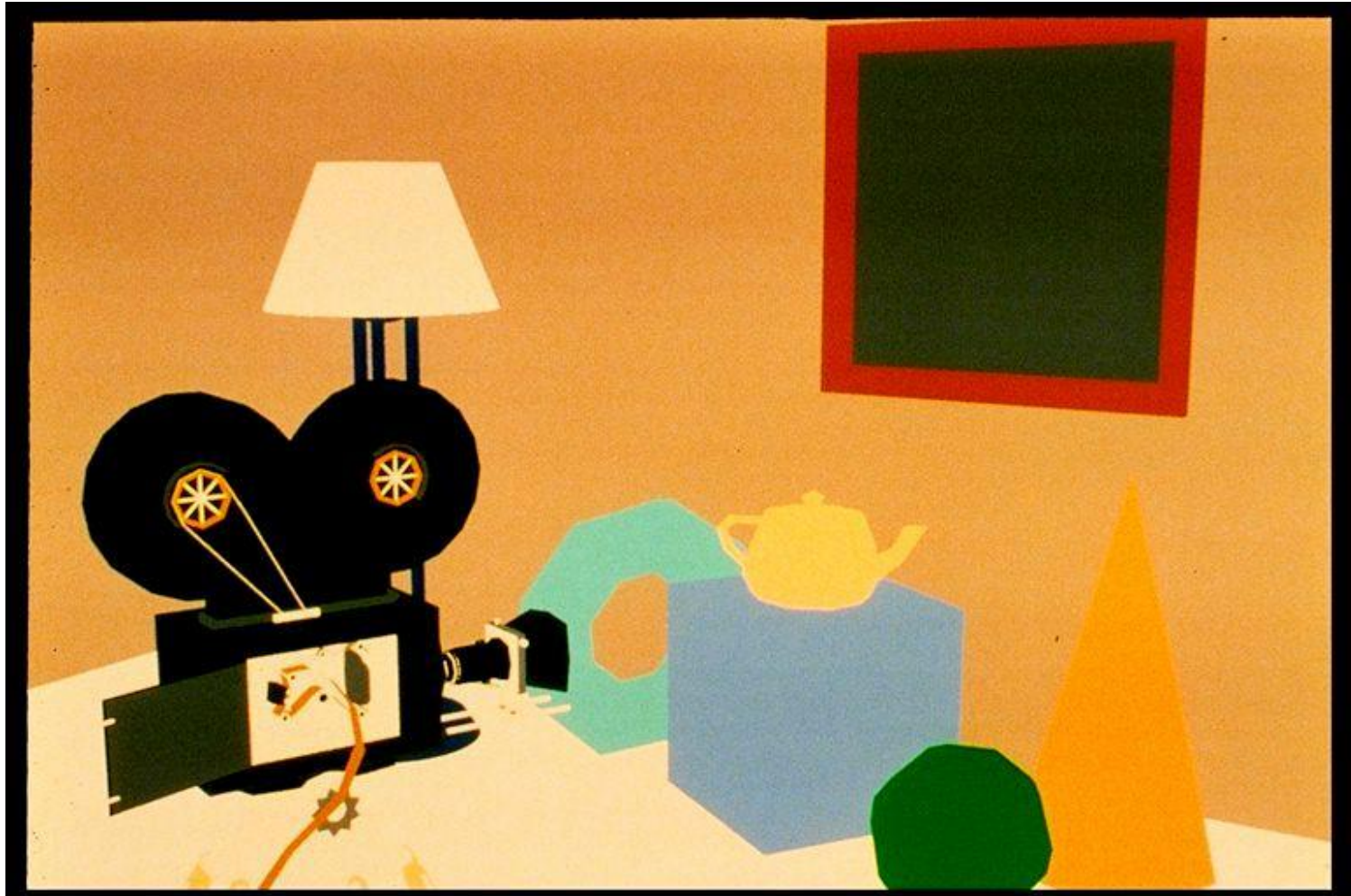




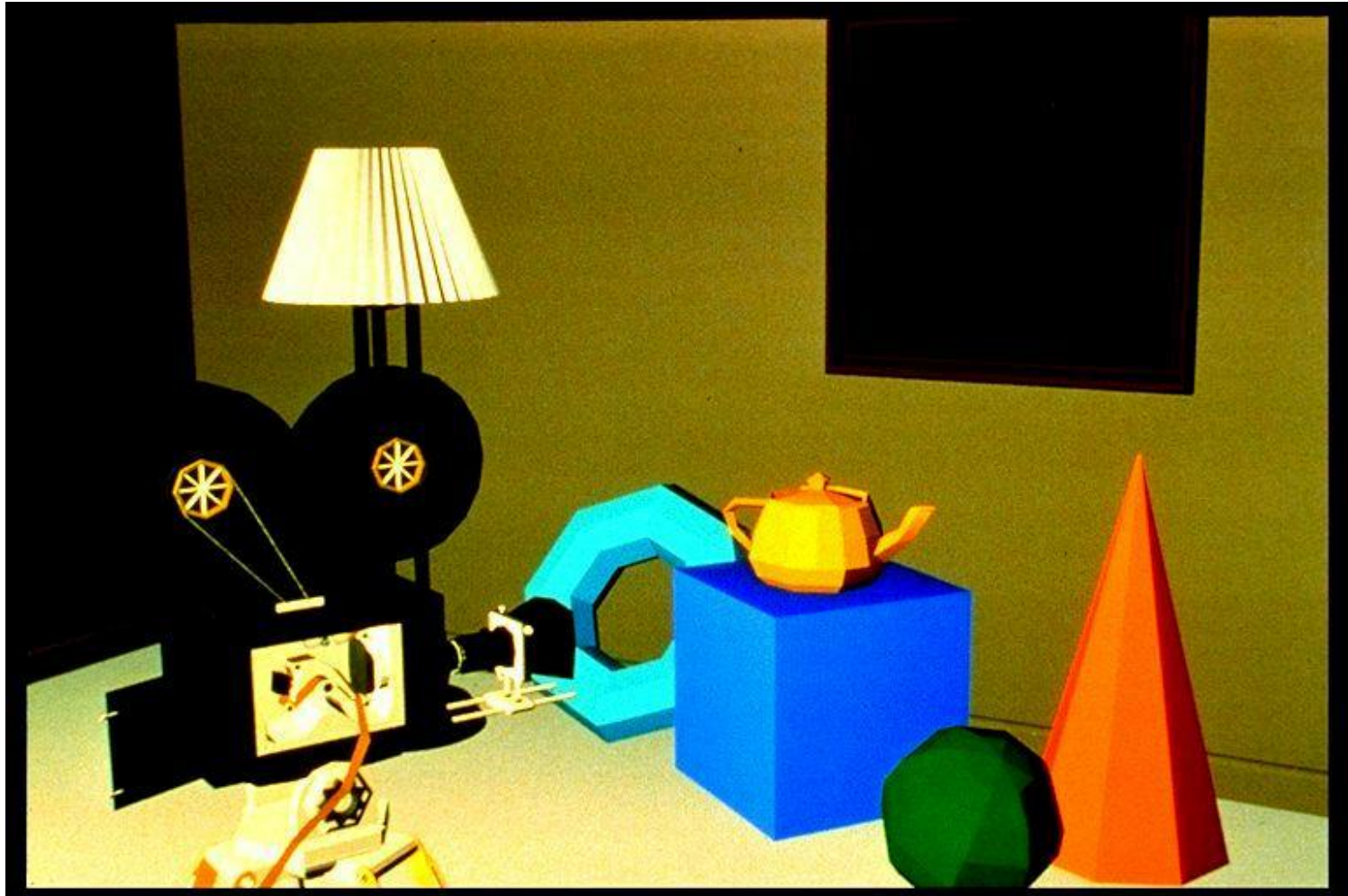
# Bildsynthese – hidden line removal



# Bildsynthese – constant shading

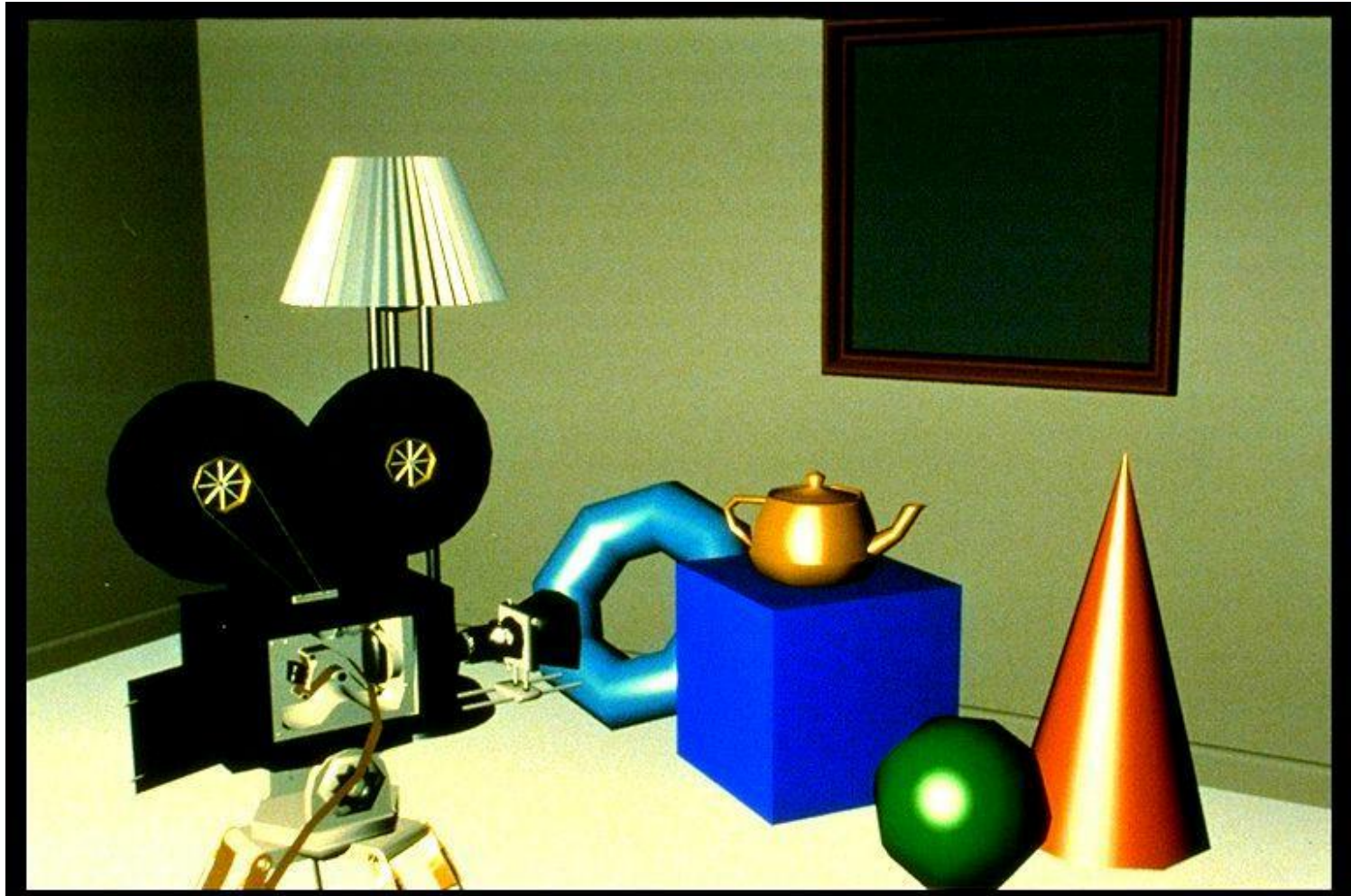


# Bildsynthese – flat shading

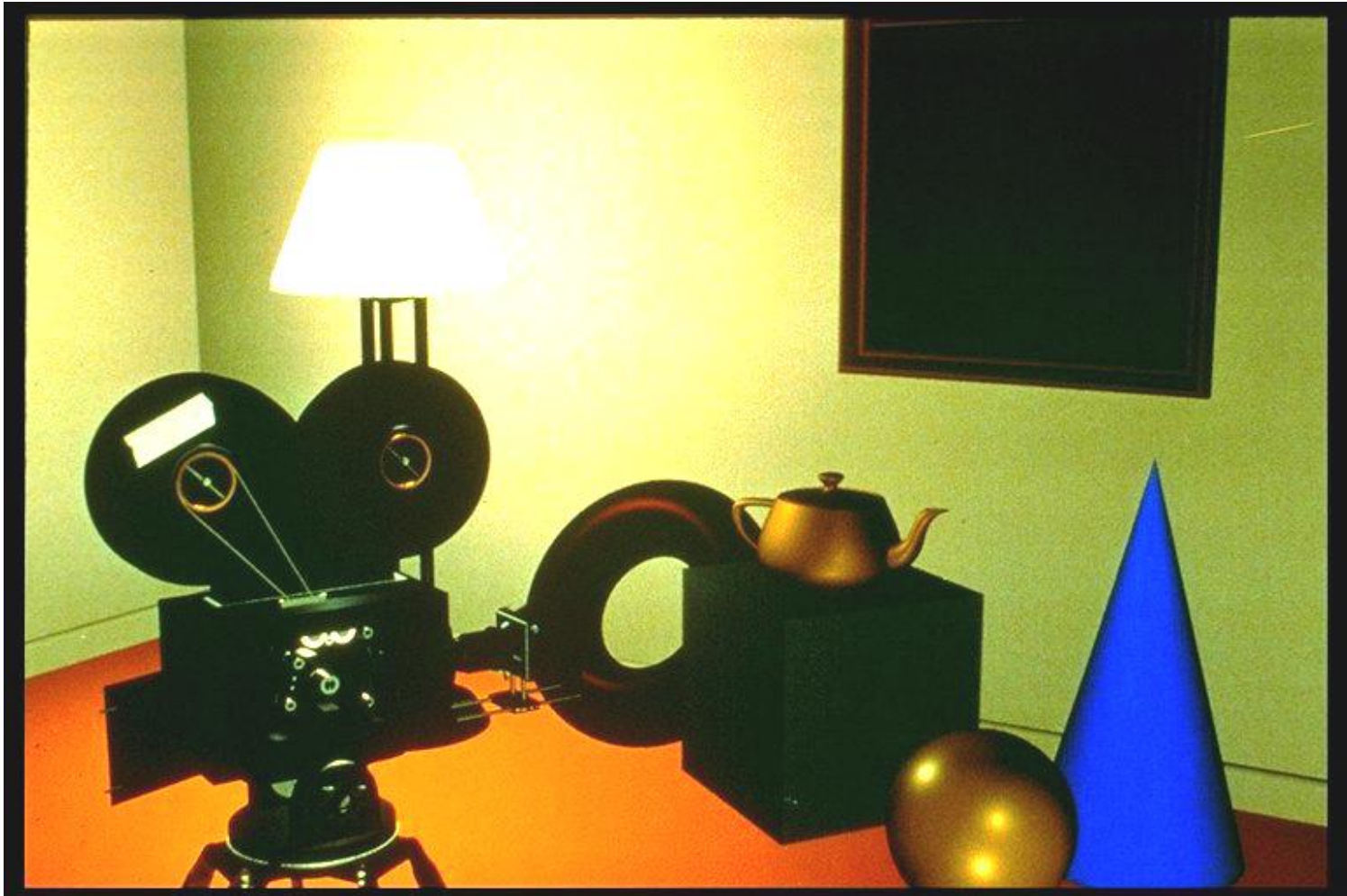




# Bildsynthese – Phong shading



# Bildsynthese – bicubic models, advanced illumination





# Bildsynthese – texture mapping

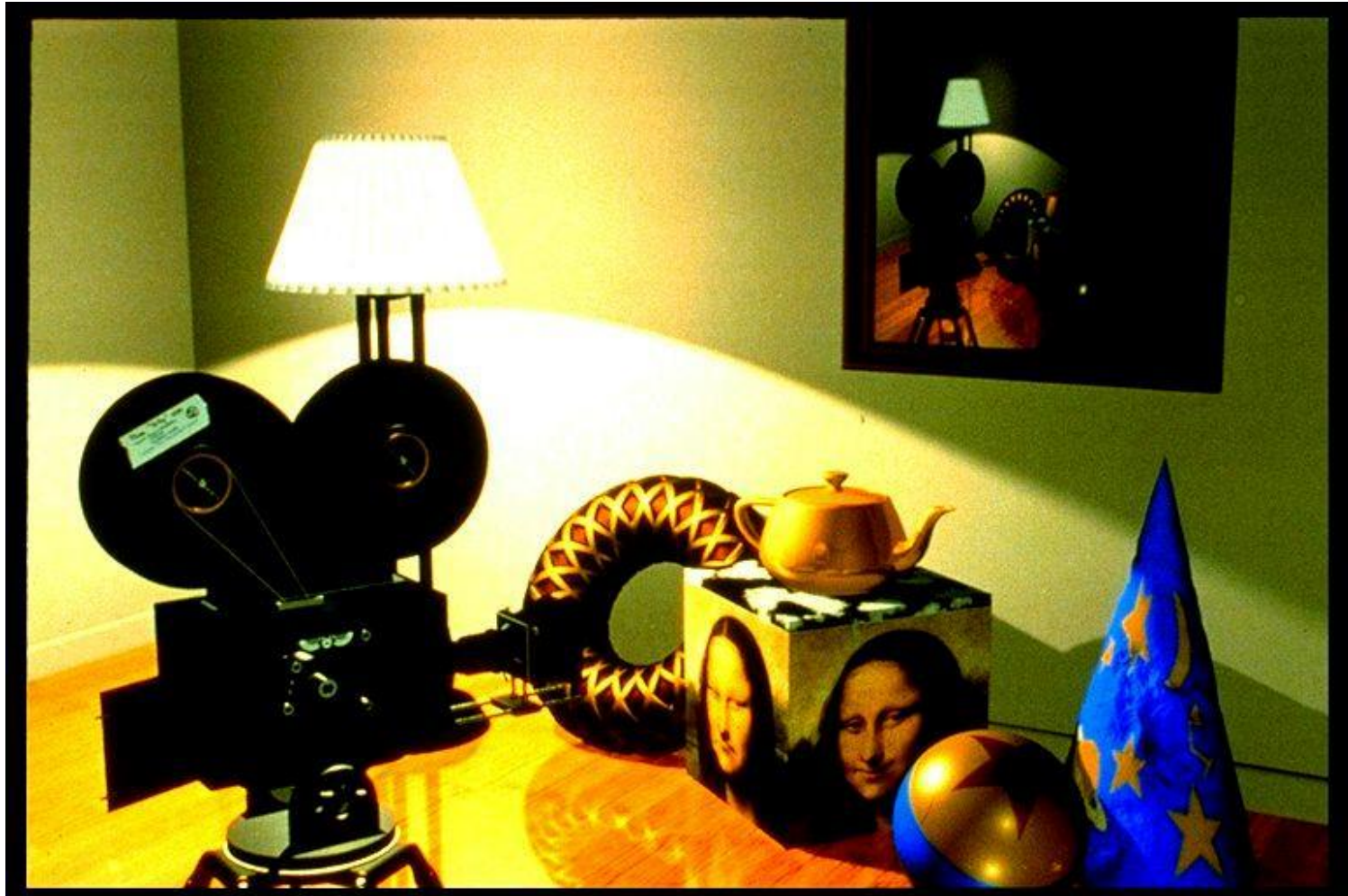


# Bildsynthese – bump mapping





# Bildsynthese – reflection mapping





- Grundlagen-Ära der Computergrafik
  - Start Anfang siebziger Jahre, bis Mitte achtziger Jahre
  - Basierend auf technologischer Entwicklung der Rastergrafik-Hardware
  - Erster Siegeszug der Computergrafik in der wissenschaftlichen und *high-end* Anwendungsbereichen
  - Entwicklung von Algorithmen und Datenstrukturen für fotorealistische Bildsynthese und Modellierung von Objekten
  - Grundlagen heute benutzter Verfahren (z. B. Ray Tracing) und Anwendungen (z. B. CAD-Systeme) aus dieser Zeit

## ■ Grundlagen-Ära der Computergrafik

- nach Basisfundierung ab den späten achtziger Jahren Entwicklung weiterführender Techniken und Anwendungen
- Notwendigkeit der Verwendung leistungsfähiger aber sehr teurer Grafikrechner

## ■ Anwendungs- und Anwender-Ära der Computergrafik

- ab Ende der neunziger Jahre
- basierend auf technologischer (und preislicher) Entwicklung der PC-Hardware und Hochleistungs-3D-Grafikhardware
- zweiter Siegeszug der Computergrafik in der Anwendungs- und Anwenderdomäne (Spiele!)
- Algorithmen und Verfahren aus der Grundlagen-Ära erfahren effiziente Hardware-Unterstützung bzw. Umsetzung

- Anwendungs- und Anwender-Ära der Computergrafik (cont.)
  - Low-level Software-Zugang:
    - Moderne Software-Schichten kapseln in Form von APIs, wie z. B. OpenGL oder Direct3D, zunehmend höhere Funktionalitäten
    - Zugang eines breiten Kreises von Anwendungsprogrammierern zu Computergrafik-Möglichkeiten
  - High-level Software-Zugang:
    - Moderne Werkzeuge, wie z. B. 3D Studio Max oder Maya ermöglichen den komfortablen Umgang mit Computergrafiktechniken für eine breite Anwenderschicht

- Anwendungs- und Anwender-Ära der Computergrafik (cont.)
  - Im Mittelpunkt der wissenschaftlichen Entwicklung stehen die Anwendungen der Computergrafiktechniken, insbesondere in speziellen Teilbereichen, wie z. B.
    - Visualization, Scientific Visualization, Information Visualization
    - Computer-Animation
    - Virtual Reality, Virtual Environments, Augmented Reality

- Anwendungs- und Anwender-Ära der Computergrafik (cont.)
  - Spieleentwicklung ist ein wesentlicher Treiber der Innovation von Rendering-Algorithmen
    - optimale Kompromisse zwischen Geschwindigkeit und Realismus
    - Investition in Rendering schlägt sich teilweise unmittelbar im Verkaufserfolg eines Spiels nieder
    - Produktionsbudgets im Multi-Millionen USD-Bereich

- Moderne Grafik wird quasi ausnahmslos hardwarebeschleunigt realisiert, also mithilfe von Grafikkarten.
- Um von der konkreten Hardware einigermaßen unabhängig zu sein, werden oft die APIs **OpenGL** (multi-platform) und **DirectX** (Windows) genutzt. Diese abstrahieren Zugang zur Hardware auf einem relativ niedrigen Level.
- Sogenannte Middleware abstrahiert weiter und vereinfacht häufig wiederkehrende Aufgaben in bestimmten Bereichen (z.B. Spieleentwicklung → z.B. Unreal Engine).
- Oft bieten Programmiersprachen auch auf die Sprache zugeschnittene Bibliotheken an (z.B. Java3D).

- Grundlagen und Algorithmen der Bildsynthese
  - Gegeben ein Modell, welche Algorithmen können benutzt werden, um ein realistisches Bild dieses Modells zu erzeugen?
  - Die besprochenen Probleme reichen von Modellrepräsentation und Datenstrukturen bis hin zu Lichtsimulation und Grafikhardware

- Zwei völlig verschiedene Zugänge zur Bildsynthese:
  - Ray Tracing
  - Rasterisierung
  
- Sonstige mathematische und algorithmische Hilfsmittel.



# Bevor es weitergeht...

- Computergrafik muss nicht unbedingt realistische Ergebnisse zum Ziel haben...

