

Interactive Visual Computing (IVC)
bzw.
Computergrafik und Bildsynthese (CGB)
(Wintersemester 2011/12)

Werner Hansmann

Photometrisches Modellieren

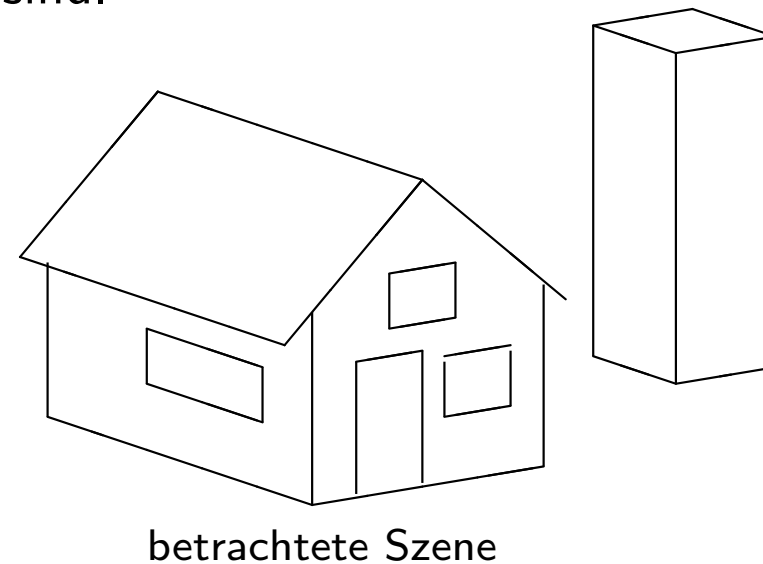
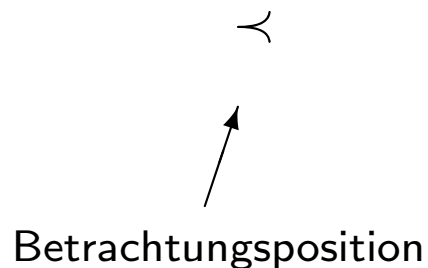
Photometrisches Modellieren

- Berücksichtigung verdeckter Kanten bzw. Flächen
- Ein Experiment
- Photometrische Modelle
- Schattierung - lokale Beleuchtungsmodelle
- Fotorealismus - globale Beleuchtungsmodelle
- Nicht-Fotorealismus – Rückkehr der Kunst

Berücksichtigung verdeckter Kanten bzw. Flächen

Hidden Line bzw. Hidden Surface Removal-Techniken (HLR / HSR)

Die entsprechenden Algorithmen untersuchen, welche Teile (Kanten bzw. Flächen) eines darzustellenden modellierten Gegenstandes von der Betrachtungsposition her sichtbar sind.



Verdeckte Kanten bzw. Flächen (Forts.)

Die existierenden Algorithmen können klassifiziert werden in

- Objektraum-Algorithmen
 - Kantenorientierte Algorithmen
 - Flächenorientierte Algorithmen
- Prioritätslisten-Algorithmen
 - A-Priori-Algorithmen
 - Dynamische Algorithmen
- Bildraum-Algorithmen
 - Flächenorientierte Algorithmen
 - Punktorientierte Algorithmen

Verdeckte Kanten bzw. Flächen (Forts.)

Die Auswahl eines Algorithmus sollte abhängig sein von:

- der Art der Anwendung
 - Animation
 - Einzelbilderstellung
 - etc.
- der Komplexität der Szene
- den Eigenschaften der Ausgabegeräte
 - Vektordisplay
 - Rasterdisplay

Verdeckte Kanten bzw. Flächen (Forts.)

Merkmale und Eigenschaften der Algorithmen

- Objektraum-Algorithmen
 - sind so genau, wie es die Maschinengenauigkeit des verwendeten Computers zuläßt
 - Ausschnittsvergrößerungen sind mit hoher Genauigkeit möglich
 - der Rechenaufwand steigt mit der Anzahl der darzustellenden Objekte

Verdeckte Kanten bzw. Flächen (Forts.)

Merkmale und Eigenschaften der Algorithmen

- Prioritätslisten-Algorithmen
 - dienen der Beschleunigung von Bildfolgenerstellungen
 - Potentielle gegenseitige Verdeckungen werden vorab (im Objektraum) ermittelt (hohe Genauigkeit, großer Rechenaufwand)
 - Abbildungsberechnungen erfolgen im Bildraum (schnell)

Verdeckte Kanten bzw. Flächen (Forts.)

Merkmale und Eigenschaften der Algorithmen

- Bildraum-Algorithmen
 - sind so genau, wie die Rasterauflösung des Ausgabegerätes
 - Vergrößerungen sind unbefriedigend
 - der Rechenaufwand ist abhängig von der Bildauflösung

Verdeckte Kanten bzw. Flächen (Forts.)

Berechnungsaufwand der Algorithmen

- Objektraum-Algorithmen $O(n^2)$
- Bildraum-Algorithmen $O(np)$
(kann durch Ausnutzung von Kohärenzeigenschaften reduziert werden)

n : Anzahl der Objekte in der Szene

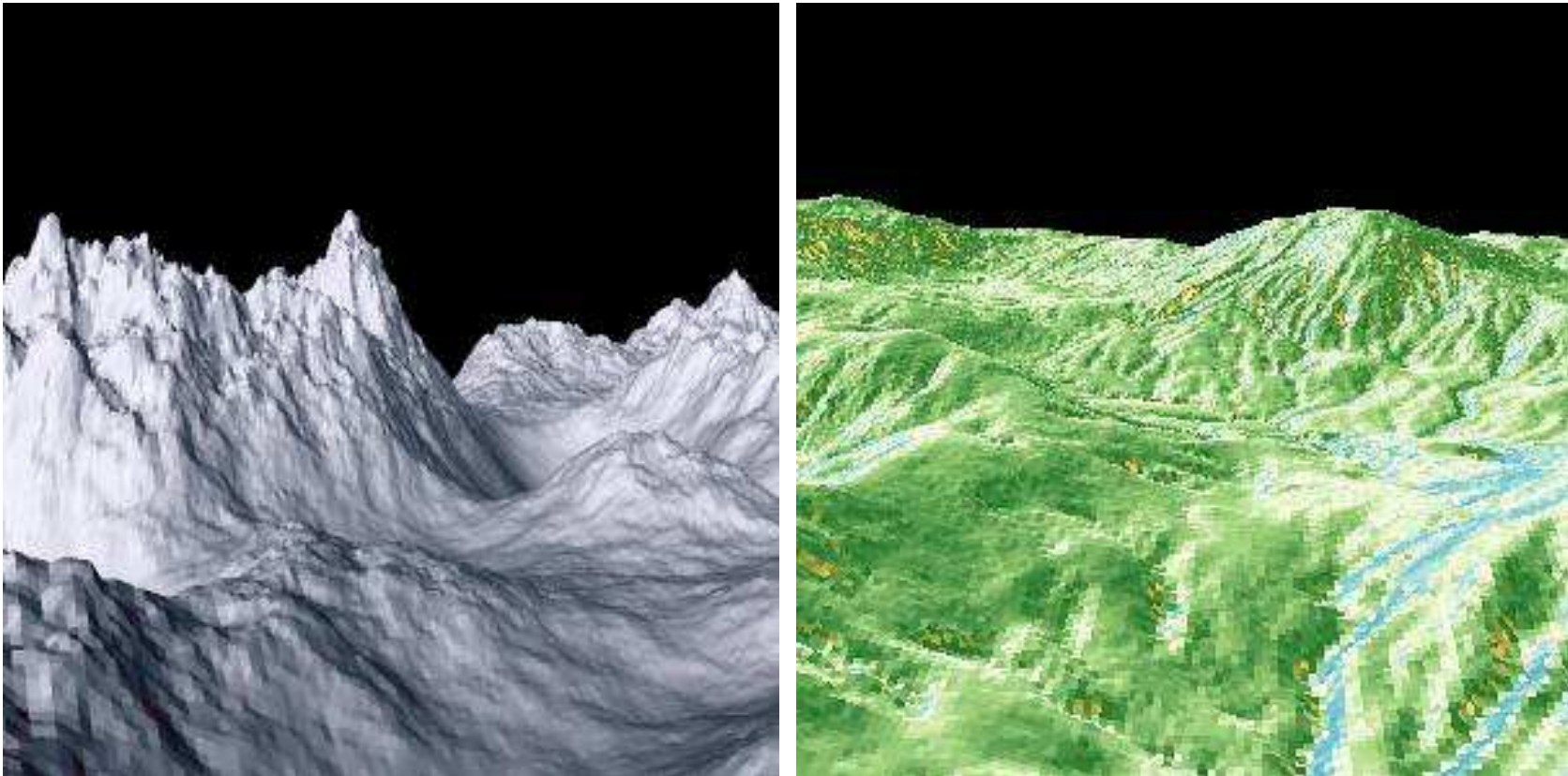
p : Anzahl der Bildpixel

Verdeckte Kanten bzw. Flächen (Forts.)

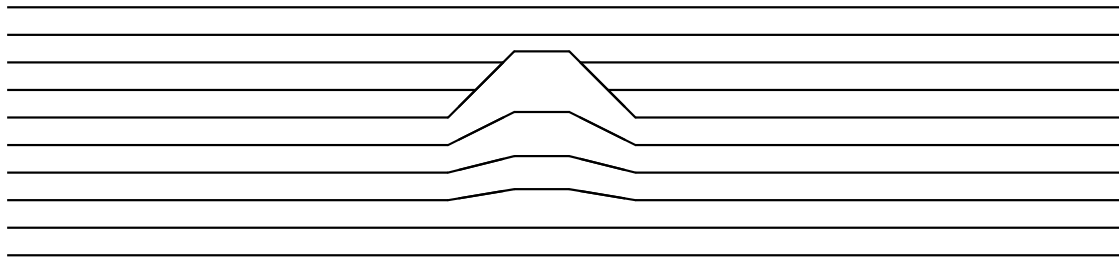
Exemplarische Algorithmen

- Methode des gleitenden Horizonts (floating horizon)
- Entfernen abgewandter Flächen (backface culling)
- Tiefenpuffer-Algorithmus (Z-buffer algorithm)
- Bildschirmzeilen-Algorithmus (scan-line algorithm)
- Maler-Algorithmus (painter's algorithm)

Methode des gleitenden Horizonts (floating horizon)



Methode des gleitenden Horizonts (floating horizon)



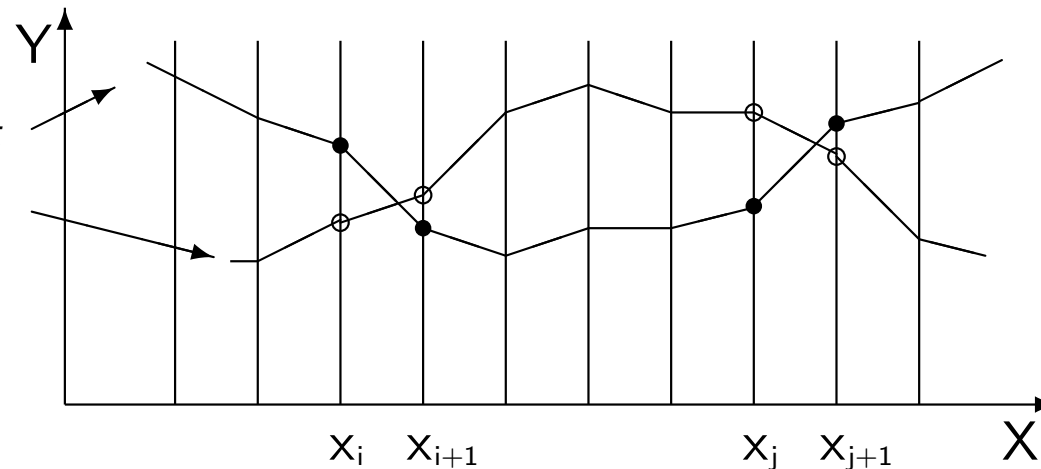
- das Verfahren dient der einfachen Darstellung von Flächen, die in der Form $F(x, y, z) = 0$ gegeben sind
- dargestellt werden Schnittlinien dieser Fläche mit parallelen Ebenen, z.B. mit äquidistanten Parallelen zur xy-Ebene mit den Abständen z_i
- sei also $F(x, y, z) = 0$ sowie $y = f(x, z_i)$ und $x = g(y, z_i)$ dann kann folgender Algorithmus verwendet werden:

Methode des gleitenden Horizonts (Forts.)

Algorithmus:

aktueller Horizont

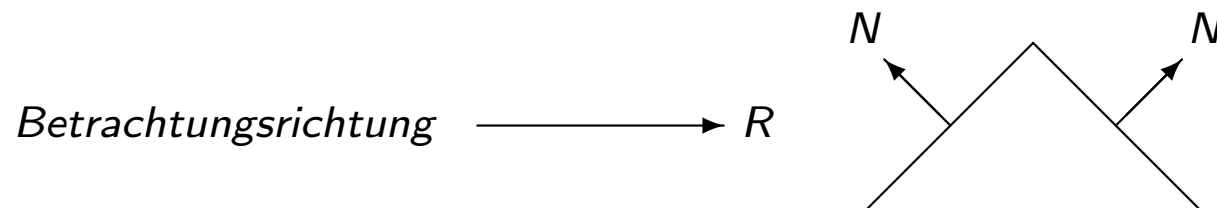
berechnete Kurve



- die z_i werden nach dem Abstand vom Betrachtungspunkt aufsteigend sortiert
- beginnend mit dem ersten z_i -Wert wird für jede x-Koordinate im Bildraum der zugehörige $y(x, z_i)$ -Wert berechnet
- ist $y(x, z_i)$ größer als alle bisherigen y-Werte für diesen x-Wert, dann ist $y(x, z_i)$ sichtbar und wird dargestellt

Entfernen abgewandter Flächen (backface culling)

Grundidee: wenn die Betrachtungsrichtung R und die Flächennormale N in denselben Halbraum weisen, ist die Fläche nicht sichtbar.



Test: das Skalarprodukt aus Flächennormale N und Betrachtungsrichtung ist für „abgewandte“ (d.h. nicht sichtbare) Flächen positiv.

Hinweis: „Selbstverdeckung“ wird nicht berücksichtigt!

Entfernen abgewandter Flächen (Forts.)

Sonderfall: konvexe Polyeder

- konvexe Polyeder können sich nicht selbst verdecken und haben keine Löcher
- Hidden Surface Removal ist durch Backface Culling gelöst
- Backface Culling reduziert die Anzahl der darzustellenden Flächenelemente im Durchschnitt auf die Hälfte der vorhandenen Elemente

Resultat: hoher Effizienzgewinn für Objektraumverfahren

Tiefenpuffer-Algorithmus (Z-buffer algorithm)

Ein Bildraum-Verfahren

- **Datenstruktur:** ein 2D-Array, das für jedes Pixel des Viewports (Bildausschnitt) den Z-Wert des darzustellenden Oberflächenpunktes (d.h. seine Tiefe bzw. Entfernung von der Bildebene) enthält; es wird **Z-buffer** genannt; das Array enthält schließlich die Z-Werte der dem Betrachtungspunkt nächsten Oberflächenpunkte; die Größe des Arrays entspricht der des Viewports
- **Algorithmus:**
 - Löschen des Bildausschnitts (füllen mit der Hintergrundfarbe)
 - Initialisieren des Z-Buffers mit $-\infty$

Tiefenpuffer-Algorithmus (Forts.)

- **Algorithmus:** (Forts.)

- für jede Fläche F_i und für jedes Pixel $(x, y) \in F_i$

- Berechnung der Farbe C und der Tiefe Z

- ist $Z > Tiefe(x, y)$, dann

- setze $Tiefe(x, y) = Z$ und

- setze $Farbe(x, y) = C$

- andernfalls ist dieser Teil des Flächenelements verdeckt

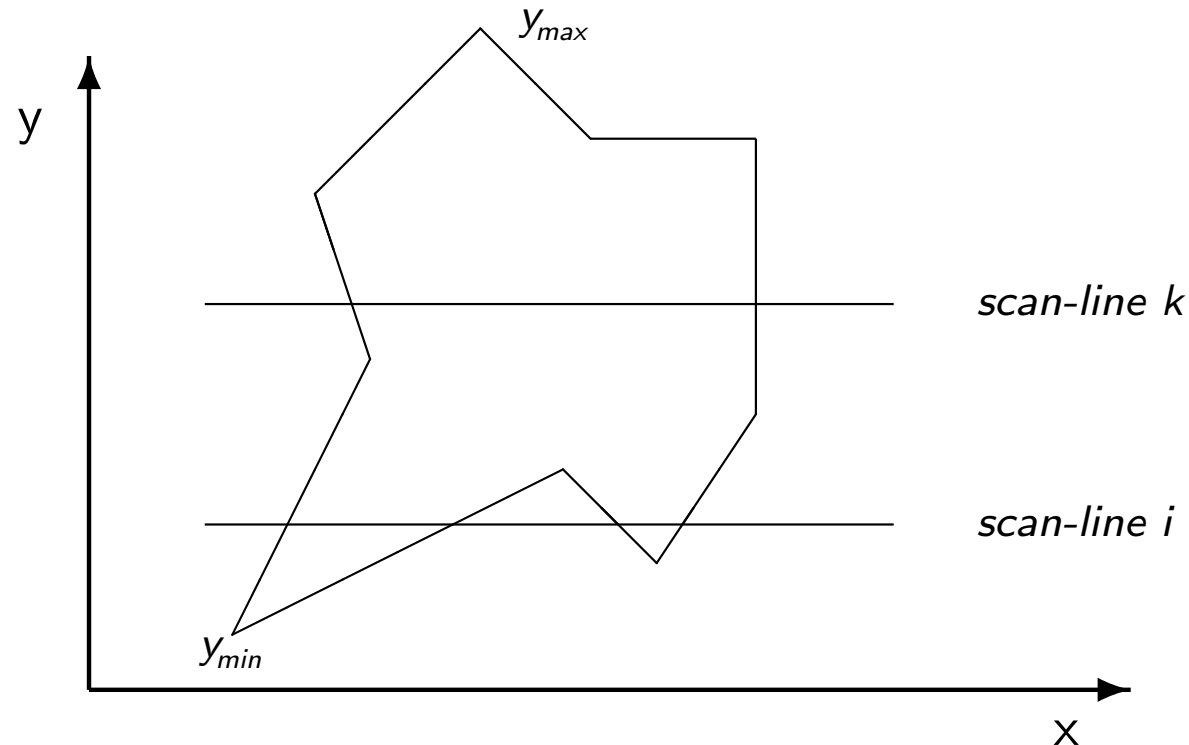
Berechnung von Z :

die Oberfläche setzt sich aus ebenen Elementen zusammen;

d.h. Z variiert linear entlang einer Bildschirmzeile (Scanline);

ΔZ ist konstant

Bildschirmzeilen-Algorithmus (scan-line algorithm)



Scan-Line-Algorithmen sind einfache Flächenfüll-Algorithmen, die dem gleichen Grundprinzip folgen, wie die Schraffur-Algorithmen. Dadurch daß sie aber im Bildraum arbeiten, sind sie noch erheblich einfacher.

Bildschirmzeilen-Algorithmus (Forts.)

Algorithmus:

sortieren der Liste der Polygonkanten nach größten y -Werten

1. ermitteln der extremen Polygon-Ordinaten y_{min} und y_{max}
2. beginnend bei y_{min} :
 - (a) Aktualisierung der Liste der zu betrachtenden Polygonkanten
 - (b) Ermittlung der Schnittpunkte der Scan-Line mit diesen Polygonkanten und Sortierung nach aufsteigendem x
 - (c) Darstellung der Scan-Line-Punkte
 - (d) Inkrementierung der Scan-Line
 - (e) Fortsetzung bei (a) bis y_{max} erreicht

Bildschirmzeilen-Algorithmus (Forts.)

Algorithmus (Forts.)

zu (c)

- die Elemente des Scan-Line-Puffers erhalten die Farbwerte der ursprünglichen Bildpunkte der Scan-Line (Initialisierung)
- für alle ungeraden $i > 0$:
beginnend bei dem Element, das den i -ten Schnittpunkt der Scan-Line mit einer Polygonkante repräsentiert, erhalten alle nachfolgenden Elemente bis zum $(i + 1)$ -ten den Farbwert der durchquerten Polygonfläche
- der modifizierte Scan-Line-Puffer wird ausgegeben

Maler-Algorithmus (painter's algorithm)

(Objekt- und Bildraumalgorithmus)

- alle Polygonflächen werden nach dem kleinsten z-Wert der Fläche bzgl. ihrer Entfernung vom Betrachtungspunkt sortiert
- beginnend mit der entferntesten Fläche wird für jede noch nicht bearbeitete Fläche untersucht, ob sie sich mit einer anderen in der Tiefe überlappt
- ist dies nicht der Fall, kann das Polygon angezeigt werden
- andernfalls ist zu prüfen, welches der beiden näher zum Betrachtungspunkt liegt – evtl. muß umsortiert werden

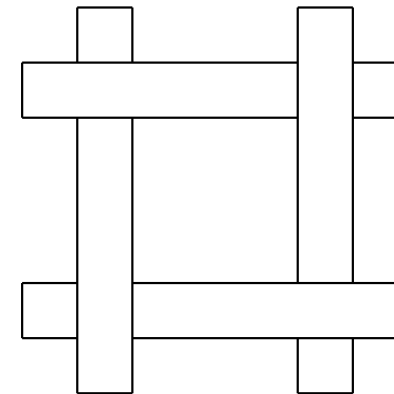
Maler-Algorithmus (Forts.)

Merkmale des Algorithmus:

- alle Polygone werden gezeichnet, aber von hinten nach vorne – sichtbare Polygone bzw. Polygonteile überschreiben automatisch verdeckte
- beim Test auf Verdeckung müssen zyklische Überlappungen erkannt werden.

Behebung:

Aufbrechen / Teilen einer Fläche



Ein Experiment

Formale Beschreibung der Geometrie:

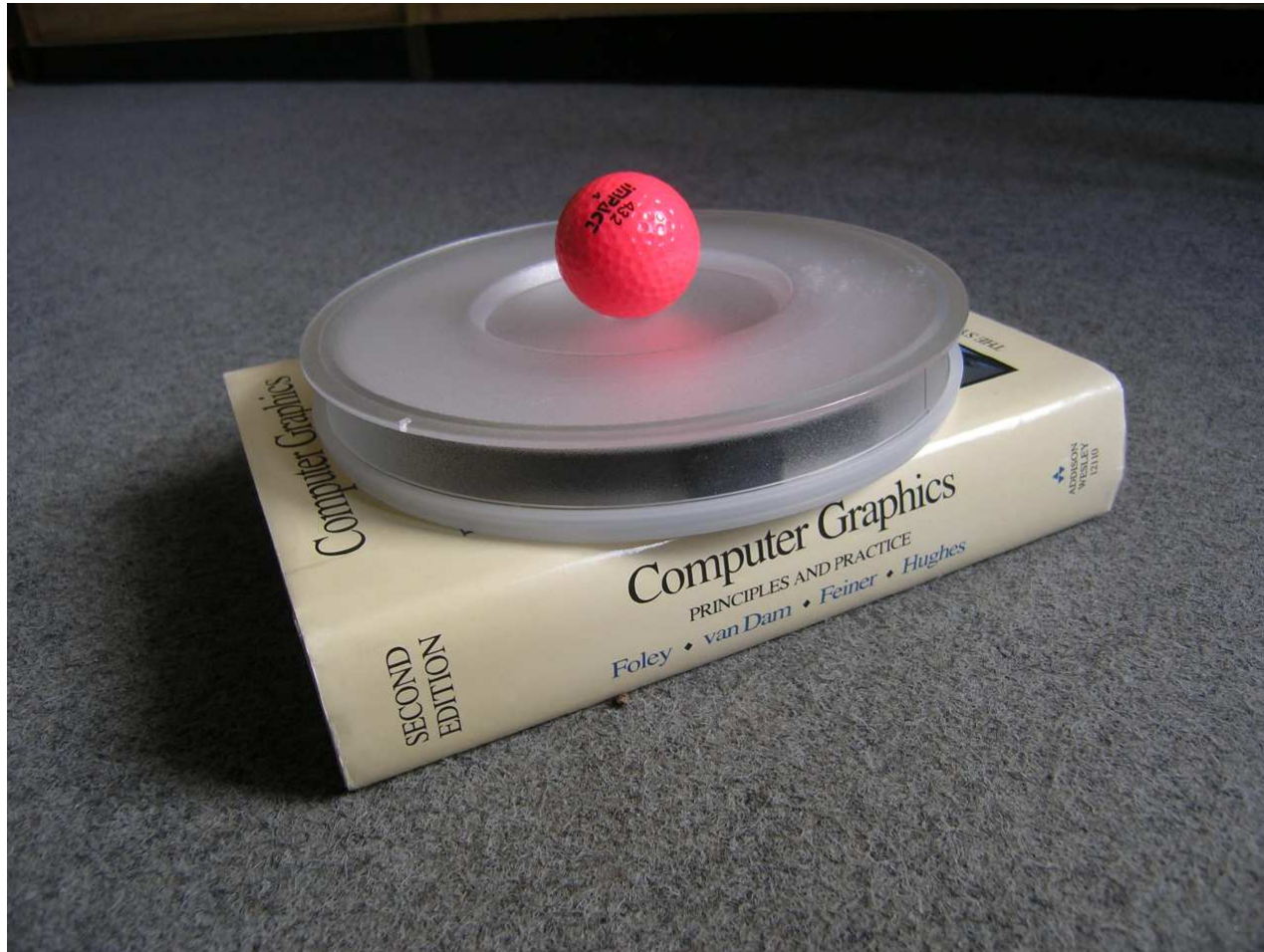
Gegenstand	Formbeschreibende Parameter
Zylinder	Radius = 9,8 cm / Höhe = 2,8 cm
Kugel	Radius = 2,0 cm
Quader	Länge = 24,3 cm / Breite = 17,0 cm / Höhe = 4,8 cm

Beschreibung der Anordnung im Raum:

- der Quader liegt zuunterst auf einer seiner beiden größten Flächen
- der Zylinder steht mittig darauf
- die Kugel liegt mittig auf dem Zylinder

Frage: Wie genau sieht diese Szene aus?

Ein Experiment (Forts.)



Photometrische Modelle

- sind Grundlage für eine möglichst fotorealistische Computergrafik
- dienen der möglichst naturgetreuen grafischen Darstellung modellierter Gegenstände bzw. Szenen
- beschreiben die Objekt- bzw. Szenenbeleuchtung
- Simulieren die einfachen Gesetze der geometrischen Optik bzw. des (Licht-) Energieaustausches
- beruhen auf Modellen der optischen Eigenschaften der darzustellenden Gegenstände (Farbe, Rauigkeit, Reflexions- bzw. Refraktionsverhalten, etc.)

Schattierung - lokale Beleuchtungsmodelle

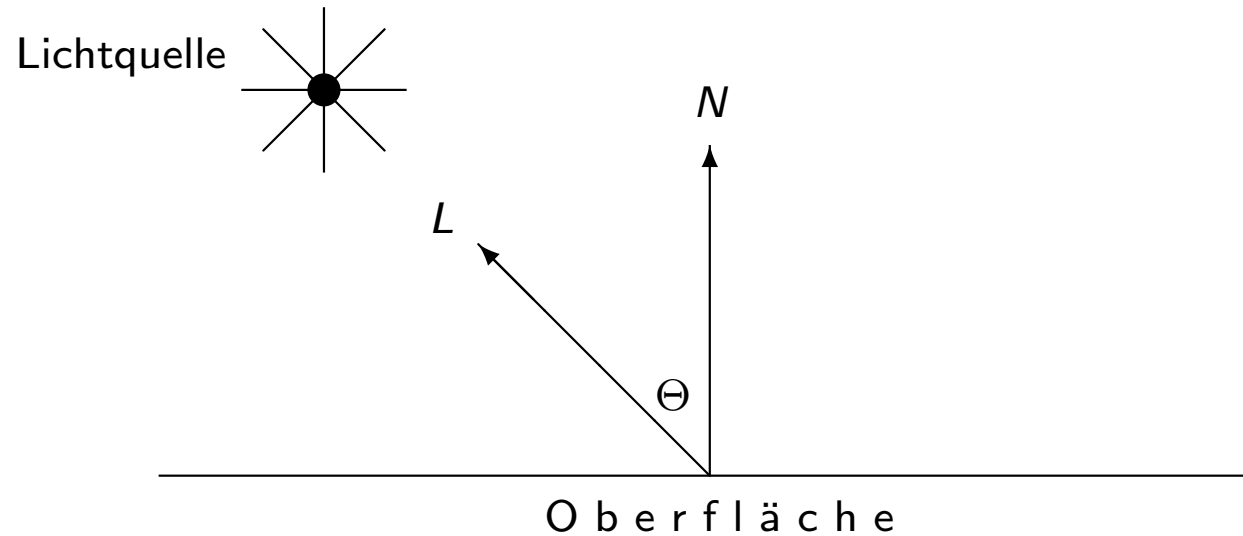
Schattierte Darstellungen berücksichtigen auf relativ einfache Weise die Wechselwirkungen zwischen der Anordnung von Lichtquellen sowie der Betrachtungsposition in Bezug auf die sichtbaren (vgl. HSR) Oberflächenteile (allgemeine Polygone, häufig Dreieckssegmente) darzustellender Gegenstände. Vereinfacht wird gleichmäßige Streuung des einfallenden Lichtes in alle Richtungen angenommen (Lambert-Reflektierer).

Man unterscheidet Verfahren für

- Konstante Schattierung (flat shading)
- Farbwertinterpolation (Gouraud shading)
- Normalenvektorinterpolation (Phong shading)

Einfache Farbwertberechnung

geometrische Zusammenhänge in einem Oberflächenpunkt:



L : Einheitsvektor in Richtung der Lichtquelle

N : Flächennormalen-Einheitsvektor im betrachteten Oberflächenpunkt

Θ : zwischen N und L eingeschlossener Winkel

Einfache Farbwertberechnung (Forts.)

$$I = I_{Lq} \cos(\theta) k_d + I_a k_a$$

I : Strahlungsintensität am betrachteten Oberflächenpunkt

I_{Lq} : Intensität der beleuchtenden Lichtquelle

θ : Winkel zwischen Lichtquelle und Flächennormale
am betrachteten Oberflächenpunkt

k_d : Koeffizient der diffusen Reflexion

I_a : Intensität des ambienten (Hintergrund-) Lichtes

k_a : Koeffizient der ambienten Reflexion

$$0 \leq k_a, k_d \leq 1$$

Konstante Schattierung (flat shading)

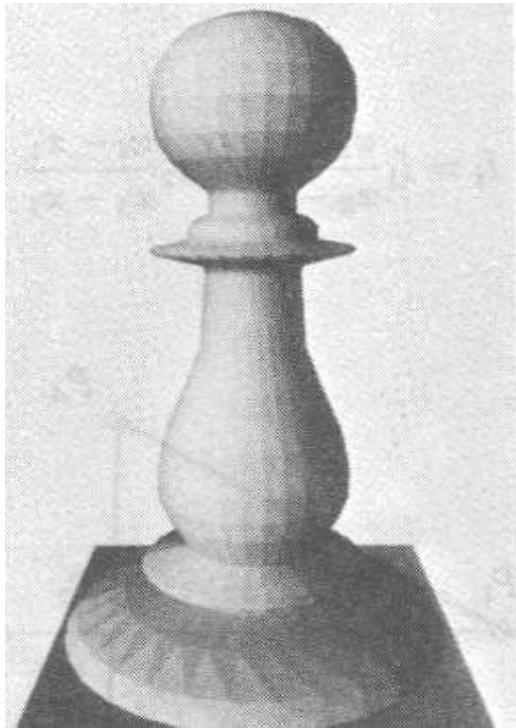
Grundprinzip:

- Berechnung des Farbwertes z.B. am Mittelpunkt des Flächensegmentes
- gleichmäßige Belegung des Flächensegmentes mit dieser Farbe

Nachteil

Gegenstände erscheinen “eckig”

Konstante Schattierung (Forts.)



Algorithmus:

WENN $Z_i > zBuffer[x, y]$, DANN :

$zBuffer[x, y] := Z_i$

$FrameBuffer[x, y] := Farbe\ der\ Fläche$

SONST tue nichts

Farbwertinterpolation (Gouraud shading)

Grundprinzip (von Henri Gouraud, 1971):

- Ermittlung (möglichst) der tatsächlichen Normalenvektoren in den Eckpunkten des Oberflächensegmentes
- Berechnung der Farbwerte in diesen Eckpunkten
- lineare Interpolation dieser Farbwerte über das gesamte Flächensegment

Vorteil:

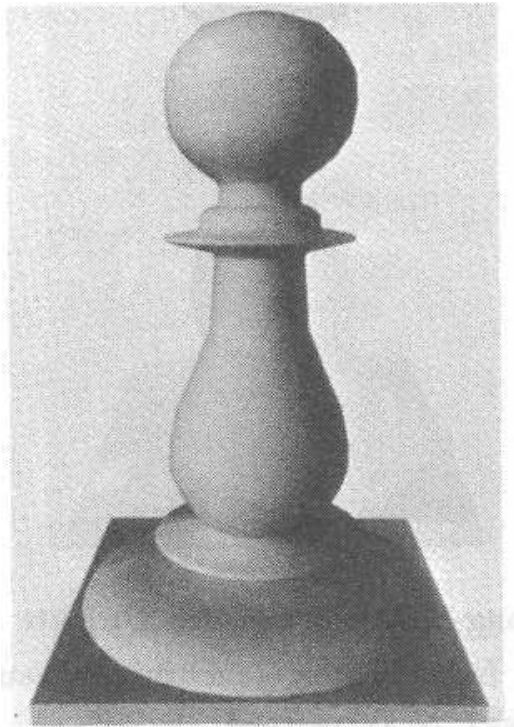
“weicher” Farbübergang zwischen den Flächensegmenten

Nachteil:

auftreten von “Mach-Band-Effekten”

(Farbverlauf zwar stetig, aber nicht stetig differenzierbar)

Farbwertinterpolation (Forts.)



Algorithmus:

WENN $Z_i > zBuffer[x, y]$, DANN :

$zBuffer[x, y] := Z_i$

$RotAnteilFrameBuffer[x, y] := R_i$

$GrünAnteilFrameBuffer[x, y] := G_i$

$BlauAnteilFrameBuffer[x, y] := B_i$

SONST tue nichts

Normalenvektorinterpolation (Phong shading)

Grundprinzip (von Bui Tong Phong, 1975):

- Ermittlung (möglichst) der tatsächlichen Normalenvektoren in den Eckpunkten des Oberflächensegmentes
- lineare Interpolation der Normalenvektoren über das gesamte Flächensegment
- Berechnung der Farbwerte in jedem Punkt des Oberflächensegmentes

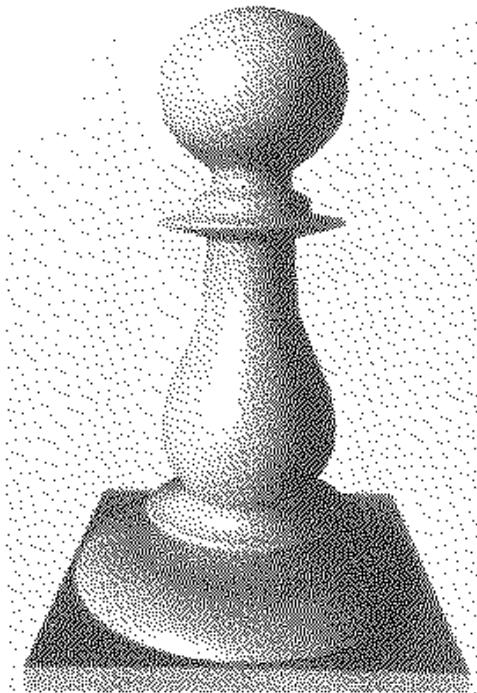
Vorteil:

deutlich bessere Bildqualität als beim Gouraud Shading

Nachteil:

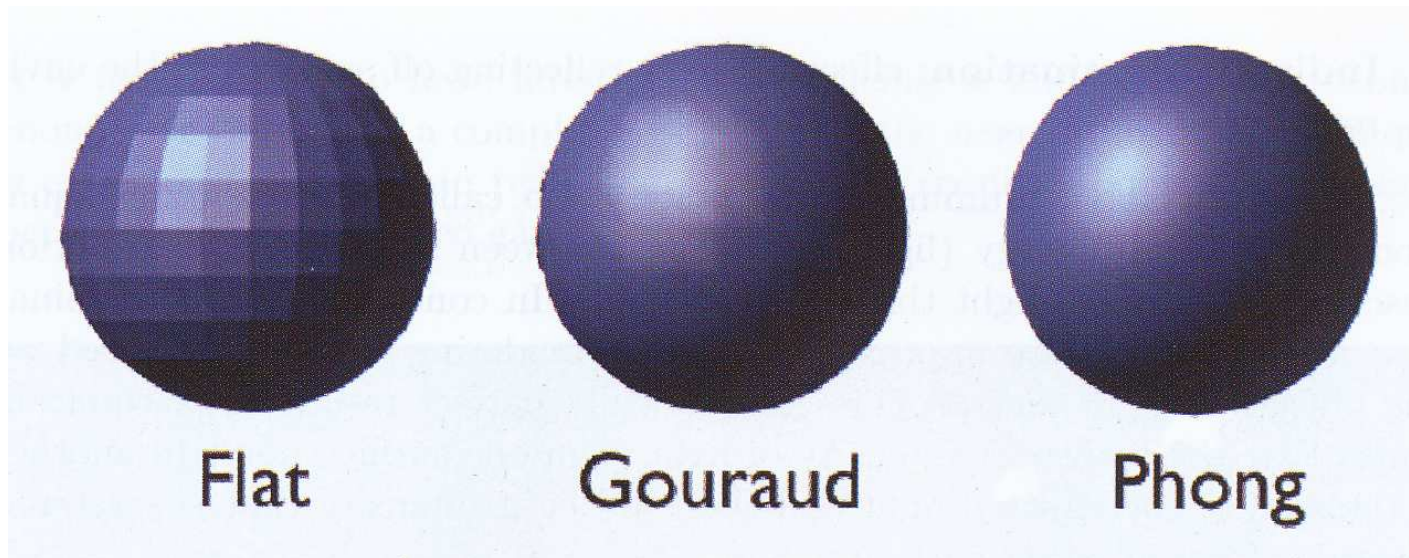
Algorithmus wesentlich aufwendiger als der Gouraud-Algorithmus

Normalenvektorinterpolation (Phong shading)



Auch Glanzlichter
werden realitätsnah
dargestellt.

Shader im Vergleich



Fotorealismus - globale Beleuchtungsmodelle

Fotorealistische Computergrafik dient der nahezu naturgetreuen grafischen Darstellung modellierter Gegenstände bzw. Szenen (wie gute Fotos von materiell existierenden Gegenständen). Sie

- benötigt globale Modelle der Objekt- bzw. Szenenbeleuchtung
- Simuliert die einfachen Gesetze der geometrischen Optik bzw. des (Licht-) Energieaustausches
- beruht auf Modellen der optischen Eigenschaften der darzustellenden Gegenstände (Farbe, Rauigkeit, Reflexions- bzw. Refraktionsverhalten, etc.)
- erfordert hohen Berechnungsaufwand

Fotorealismus (Forts.)

Um Fotorealismus zu erreichen, wurden unterschiedliche Verfahren entwickelt:

- Strahlverfolgung (ray tracing)
- Strahlungsberechnung (radiosity)
- Hybride Verfahren

Alle diese Verfahren basieren auf einer allgemeinen Darstellungsgleichung (rendering equation), die in vereinfachter Form schon von Phong benutzt wurde (s.o.).

Allgemeine Darstellungsgleichung (rendering equation)

$$I(x_1, x_2) = g(x_1, x_2) \left[\varepsilon(x_1, x_2) + \int_S \rho(x_1, x_2, x_3) I(x_2, x_3) dx_3 \right]$$

darin sind

$I(x_1, x_2)$ Strahlungsintensität, die von Punkt x_2 zum Punkt x_1 gelangt

Allgemeine Darstellungsgleichung (Forts.)

$g(x_1, x_2)$	<i>Geometrieterm</i> , gibt an, welcher Anteil der von x_2 in Richtung x_1 abgestrahlten Energie dort ankommt; ($g(x_1, x_2) = 0$, wenn sich die Punkte nicht sehen können, sonst $g(x_1, x_2) = 1/r^2$)
$\varepsilon(x_1, x_2)$	<i>Emissionsterm</i> , gibt an, welche Intensität von x_2 in Richtung x_1 emittiert wird, falls x_2 Punkt einer Lichtquelle
$\rho(x_1, x_2, x_3)$	<i>Streuungsterm</i> , gibt die von x_3 stammende Intensität an, die von x_2 in Richtung x_1 gestreut wird
S	Vereinigung aller Oberflächen in der Szene, $S = \bigcup S_i$

Strahlverfolgung (Ray Tracing)



Von spiegelnden Flächen begeisterter Künstler: Anish Kapoor (Indien),
„Tall Tree and the Eye“ (rostfreier Stahl) am Museo Guggenheim, Bilbao

Strahlverfolgung (Forts.)



Anish Kapoor (Indien), „Tall Tree and the Eye“ (Detail)
am Museo Guggenheim, Bilbao

Strahlverfolgung (Forts.)



Von spiegelnden Flächen begeisterter Künstler: Jeff Koons (USA),
„Tulips“ (rostfreier Stahl mit transparenter Farbbeschichtung)
am Museo Guggenheim, Bilbao

Strahlverfolgung (Forts.)

- Die Grundidee wurde schon zur Zeit der Renaissance entwickelt.
- Leonardo da Vinci (1452-1519) wird die Entdeckung mathematisch berechenbarer Perspektive zugeschrieben.
- Albrecht Dürer (1471-1528) hat sich in seinem Traktat „In der Underweysung der messung mit dem zirckel un richtscheyt in Linien ebenen und gantzen corporen ...“ ebenfalls mit der perspektivischen Darstellung befasst und das Ray-Tracing-Prinzip in seinen Grundzügen bereits erläutert (vgl. nachf. Holzschnitt).

Strahlverfolgung (Forts.)

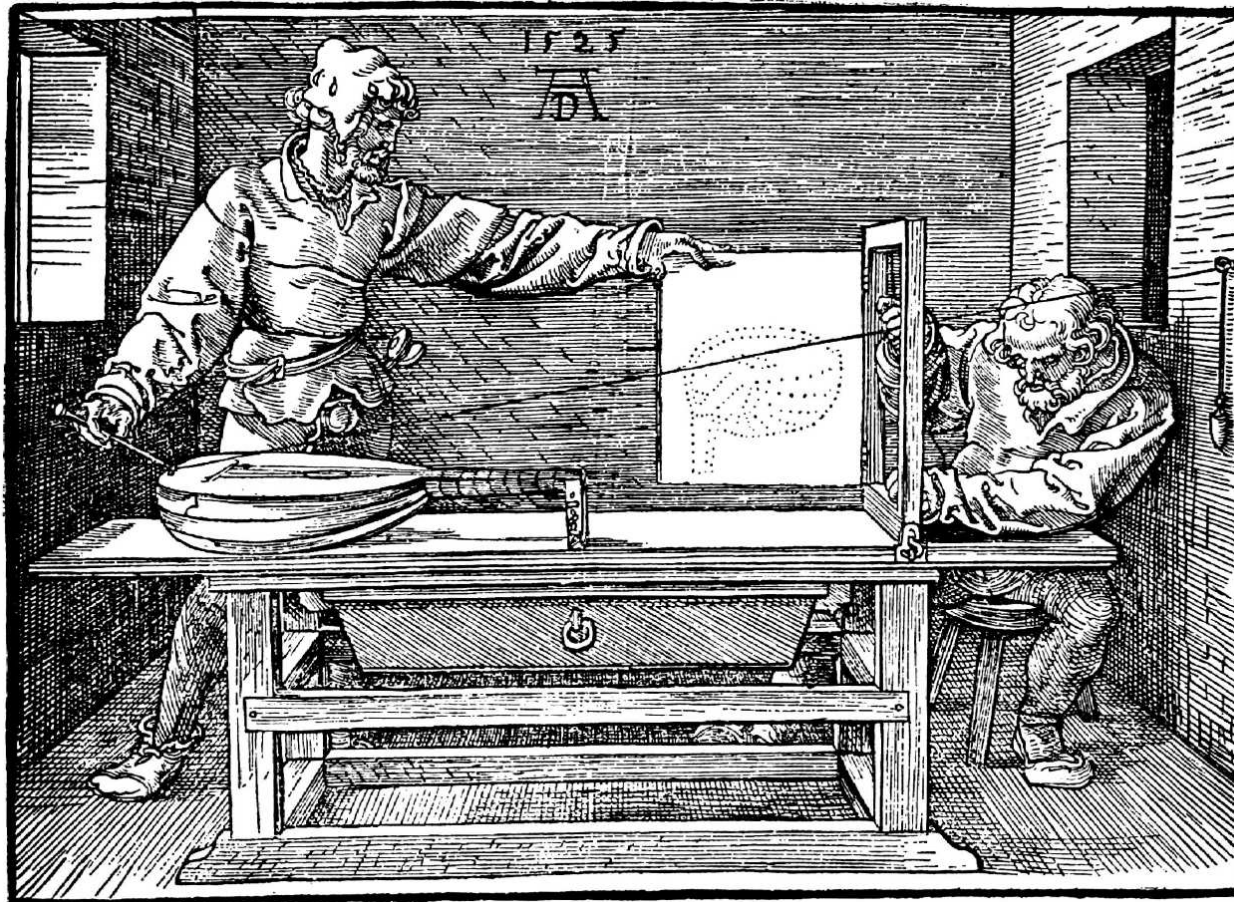


Illustration aus Dürers „... Underweysung der messung ...“

Strahlverfolgung (Forts.)



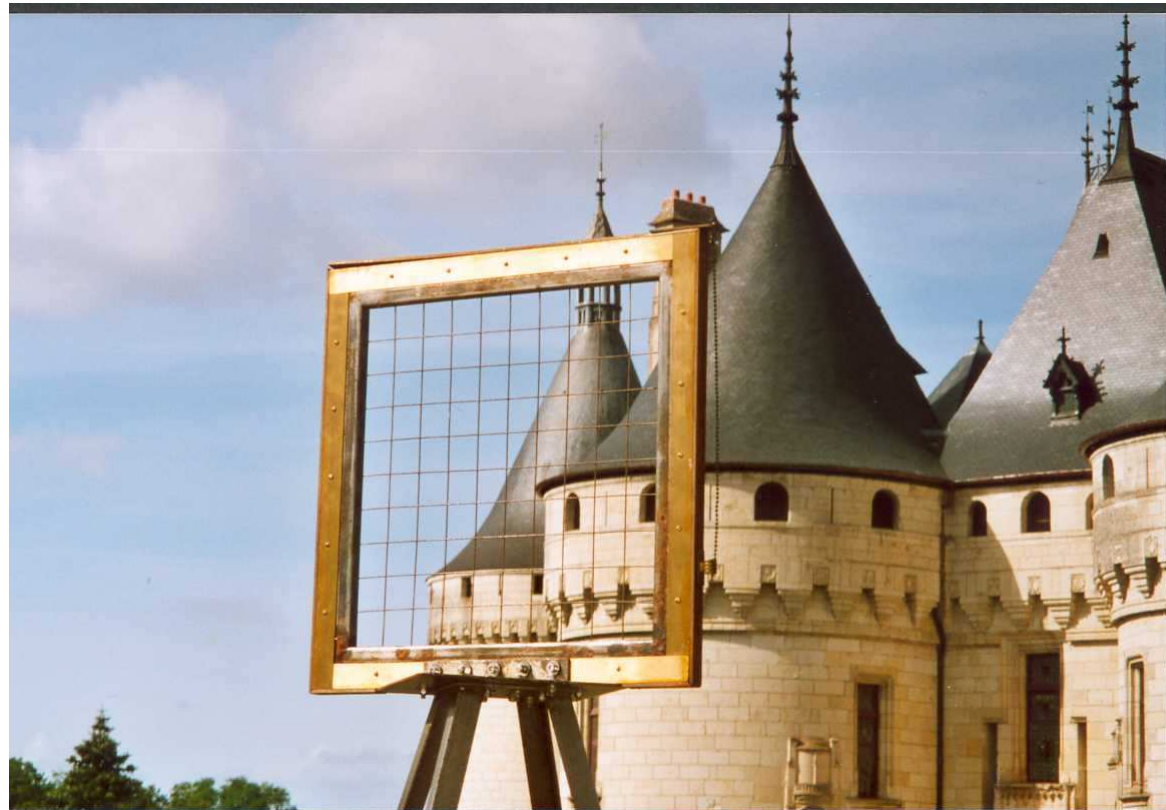
Renaissance-Instrumente für die perspektivische Darstellung
im Museo degli Uffizi, Florenz

Strahlverfolgung (Forts.)



„Gerasterte Bildebene“ am Schloss Chaumont-sur-Loire

Strahlverfolgung (Forts.)

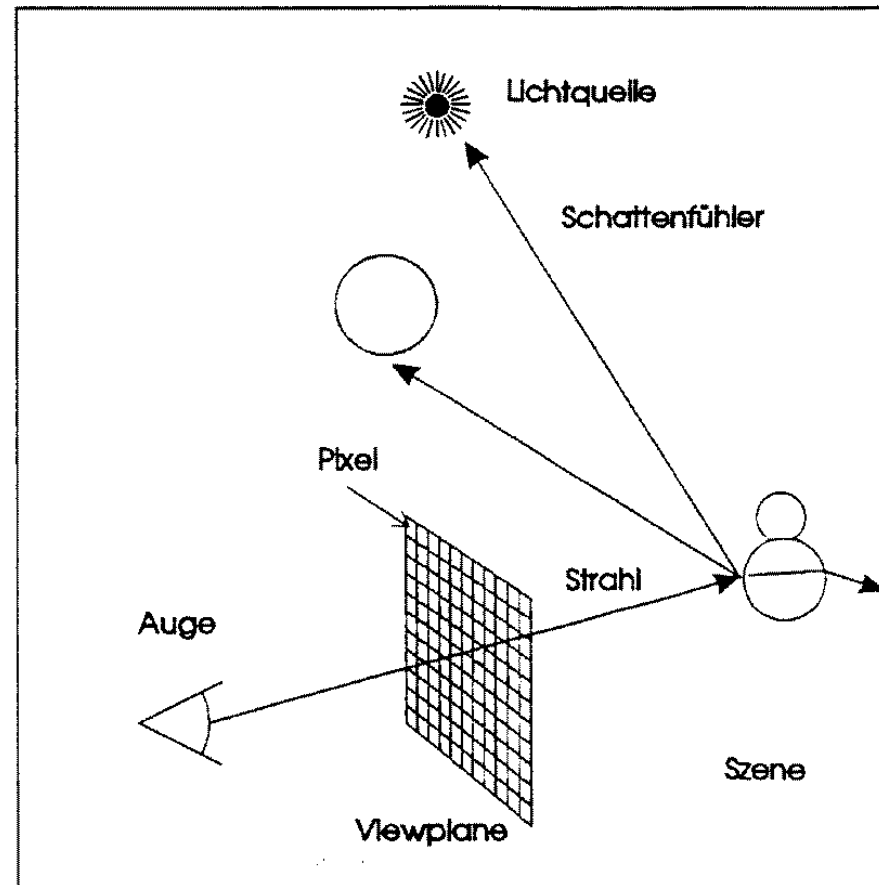


„Gerasterte Bildebene“ am Schloss Chaumont-sur-Loire

Strahlverfolgung (Forts.)

Grundprinzip

in der
Computergrafik



Strahlverfolgung (Forts.)

Grundprinzip:

Die Strahlen werden nicht von den Lichtquellen über die reflektierenden Oberflächen der Szene zum betrachtenden Auge verfolgt, sondern

- vom Augpunkt (Kamera) wird durch jeden Bildpunkt (Pixel) ein Strahl in die Szene verlängert
(d.h. ca. 1,5 Mio. Strahlen bei 1280×1024 Auflösung)
- es werden alle Schnittpunkte dieses Strahls mit
Oberflächenelementen der Objekte in der Szene ermittelt
- die Schnittpunkte werden sortiert
- für den Oberflächenpunkt, der dem Augpunkt am nächsten liegt,
wird zur Ermittlung der Lichtintensität der Standard -
Reflexionsoperator (s.u.) ausgewertet

- ist die Oberfläche im betrachteten Punkt spiegelnd, wird nach den Gesetzen der geometrischen Optik ein reflektierter Strahl von diesem Punkt in die Szene verlängert und wie der erste behandelt (Schnittpunktermittlung, etc. \rightarrow *Rekursion*)
- ist das Material im betrachteten Punkt durchsichtig, wird nach den Gesetzen der geometrischen Optik ein gebrochener Strahl von diesem Punkt durch das Objekt verlängert und wie der erste behandelt (Schnittpunktermittlung, etc. \rightarrow *Rekursion*)
- die bei einer Rekursion ermittelten individuellen Lichtintensitäten werden akkumuliert

hoher Berechnungsaufwand allein durch die Schnittpunktermittlungen!!!

Strahlverfolgung (Forts.)

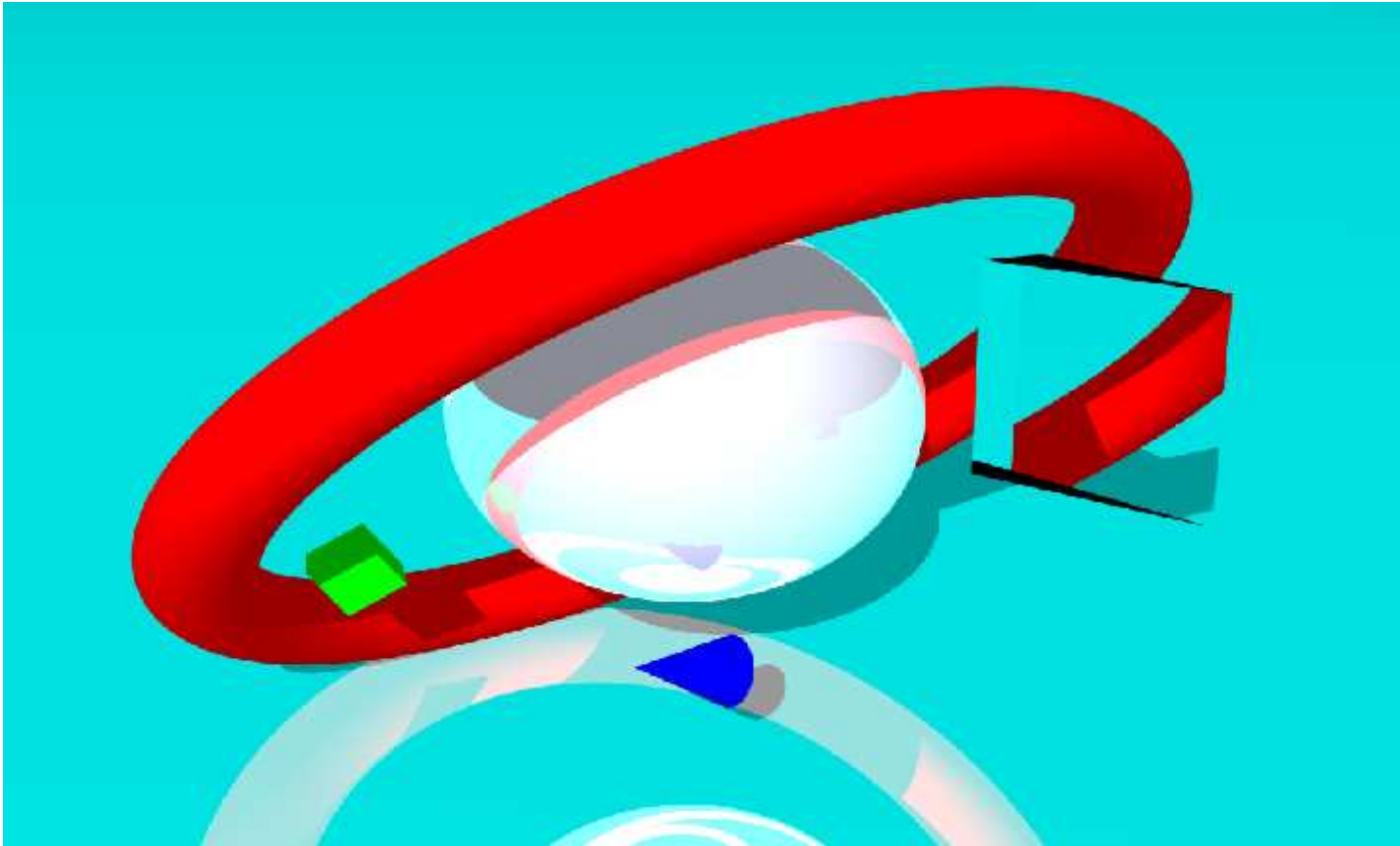
Standard-Reflexionsoperator (Turner Whitted, 1980):

$$I = I_a + k_d \sum_{j=1}^{l_s} I_{L_j}(\mathbf{N}\mathbf{L}_j) + k_s S + k_t T$$

darin sind

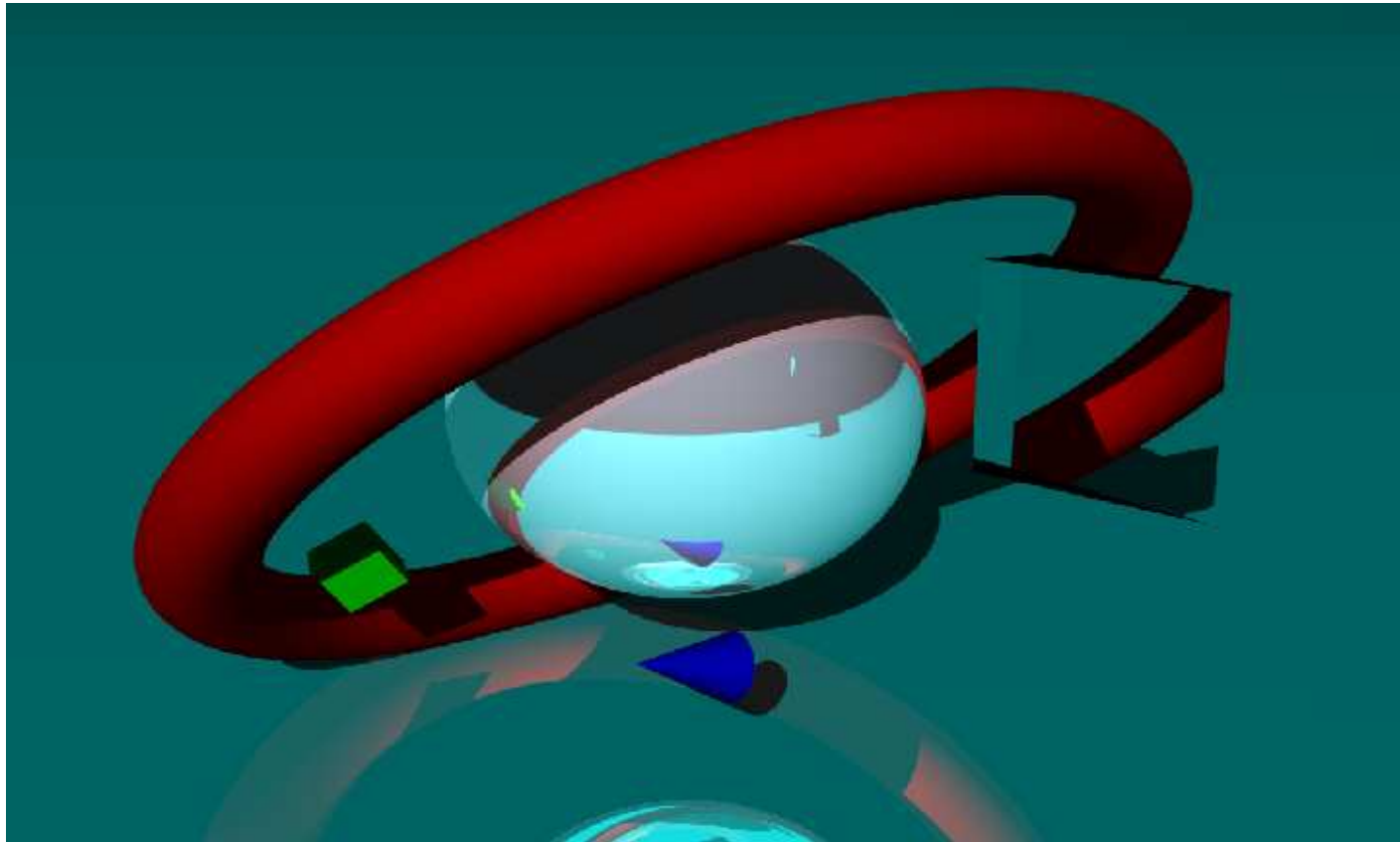
- I : Strahlungsintensität am betrachteten Oberflächenpunkt
- I_a : reflektiertes ambientes Licht
- k_d : Koeffizient der diffusen Reflexion
- I_{L_j} : Strahlungsintensität der Lichtquelle j
- \mathbf{N} : Normaleneinheitsvektor im betrachteten Oberflächenpunkt
- \mathbf{L}_j : Vektor in Richtung der j -ten Lichtquelle
- k_s : Koeffizient der spiegelnden Reflexion
- S : Intensität des spiegelnd reflektierten Lichtes
- k_t : Koeffizient der spekulären Transmission
- T : Intensität des spekulär transmittierten Lichtes
- l_s : Anzahl der Lichtquellen

Strahlverfolgung (Forts.)



besondere Eigenschaften: klare Schatten, Spiegelung und Brechung des Lichts

Strahlverfolgung (Forts.)



dieselbe Szene, jetzt aber ohne ambientes Licht

Strahlungsberechnung (Radiosity)

Das Verfahren

- stammt aus der Wärmetechnik
- basiert auf dem Grundsatz der Energieerhaltung in einem abgeschlossenen Raum
- wurde 1984 in die Computergrafik übernommen und
- dient hier der Modellierung des Energieaustausches zwischen den Oberflächensegmenten der Gegenstände in einer geschlossenen Szene
- läßt jedes Flächensegment als Lichtquelle zu

Strahlungsberechnung (Forts.)

Die von dem Oberflächensegment j abgestrahlte Energie wird bestimmt m.H. der Energiegleichung:

$$B_j = E_j + \rho_j H_j$$

darin sind

B_j : die vom betrachteten Oberflächenpunkt ausgehende Energie

E_j : die vom betrachteten Oberflächenpunkt emittierte Energie

ρ_j : der diffuse Reflexionskoeffizient

H_j : die am betrachteten Oberflächenpunkt einfallende Energie
(die von allen anderen Oberflächensegmenten abgestrahlt wird)

Strahlungsberechnung (Forts.)

Die am betrachteten Oberflächenpunkt einfallende Energie läßt sich beschreiben als:

$$H_j = \sum_{i=0}^N F_{ij} B_i$$

darin sind

B_i : die vom Oberflächensegment A_i einfallende Energie

F_{ij} : Formfaktoren

Strahlungsberechnung (Forts.)

Die Formfaktoren F_{ij}

- geben an, welcher Anteil der von einem Oberflächensegment A_i abgestrahlten Energie beim Oberflächensegment A_j ankommt
- hängen nur von der Geometrie der Szene ab

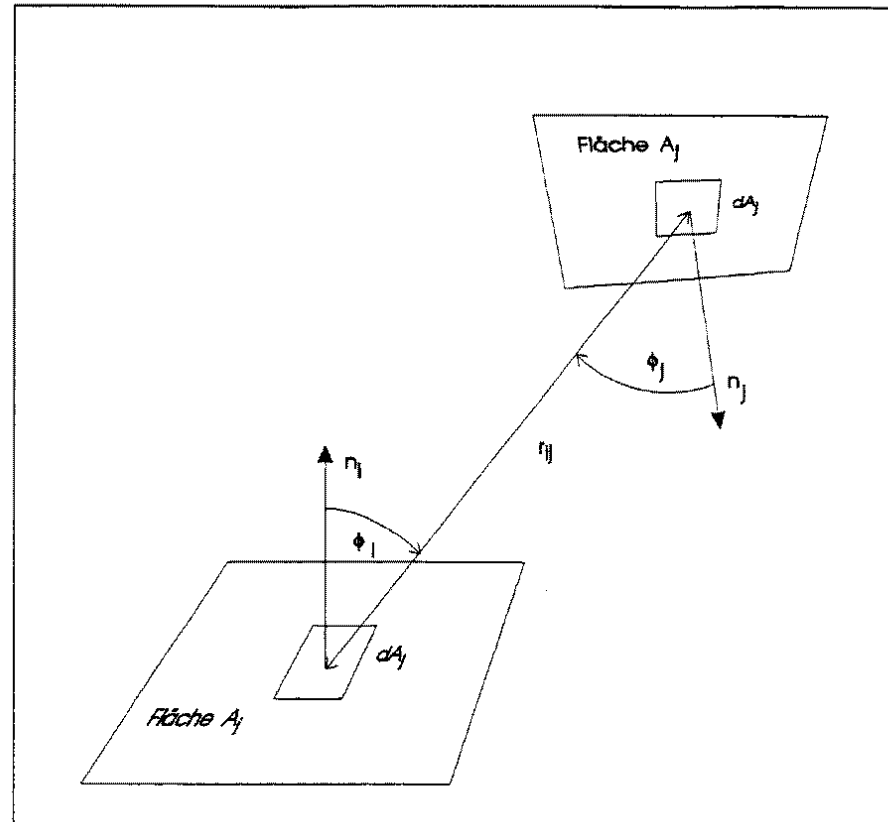
Sie haben die Eigenschaften:

$$\begin{aligned}F_{ii} &= 0, & \forall i \\ \sum_{i=1}^N F_{ij} &= 1, & \forall j \\ A_i F_{ij} &= A_j F_{ji}, & \forall i, j\end{aligned}$$

wobei A_i die Fläche eines Oberflächensegmentes i ist

Strahlungsberechnung (Forts.)

Formfaktorgeometrie

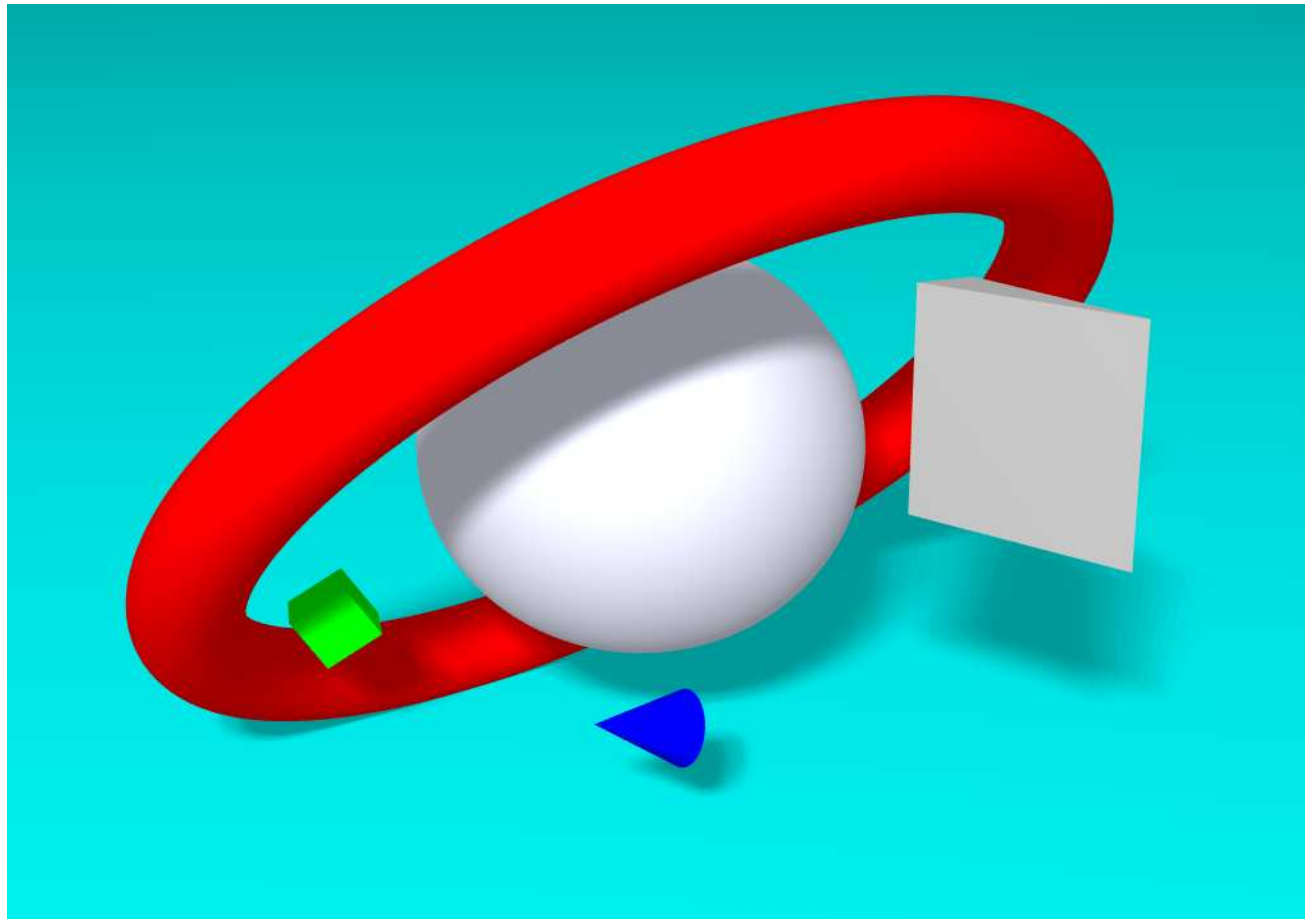


Strahlungsberechnung (Forts.)

Nach der Ermittlung der Formfaktoren können die abgestrahlten Energien aller Oberflächensegmente aus folgendem Gleichungssystem ermittelt werden:

$$\begin{bmatrix} 1 - \rho_1 F_{11} & -\rho_1 F_{12} & \dots & -\rho_1 F_{1N} \\ -\rho_2 F_{21} & 1 - \rho_2 F_{22} & \dots & -\rho_2 F_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\rho_N F_{N1} & -\rho_N F_{N2} & \dots & 1 - \rho_N F_{NN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ \vdots \\ B_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \\ \vdots \\ E_N \end{bmatrix}$$

Strahlungsberechnung (Forts.)



Merkmale: realistische diffuse Lichtausbreitung und flächige Lichtquellen

Vergleich der Verfahren

Strahlverfolgung (ray tracing) und Strahlungsberechnung (radiosity) haben jeweils ihre individuellen Stärken und Schwächen:

Verfahren	Ray Tracing	Radiosity
Vorteil	sehr gutes Modell für Spiegelung und Brechung	sehr gutes Modell für diffuse Lichtausbreitung sowie flächige Lichtquellen
Nachteil	diffuse Lichtausbreitung nur grob angenähert, Lichtquellen nur punktförmig	Spiegelung und Brechung nicht berücksichtigt

Hybride Verfahren

Eine Kombination aus beiden Verfahren, bei dem die diffuse Reflexion aus der Strahlungsberechnung in den Reflexions-Operator für die Strahlverfolgung eingesetzt wird; ein ambienter Term und ein Schattenfühler erübrigen sich:

$$I = B + k_s S + k_t T$$

I : abgestrahlte Intensität

B : Radiosität am Oberflächenpunkt (aus der Strahlungsberechnung)

k_s : Koeffizient der spiegelnden Reflexion

S : Intensität des spiegelnd reflektierten Lichtes

k_t : Koeffizient der spekulären Transmission

T : Intensität des spekulär transmittierten Lichtes

Nicht-Fotorealistische Computergrafik



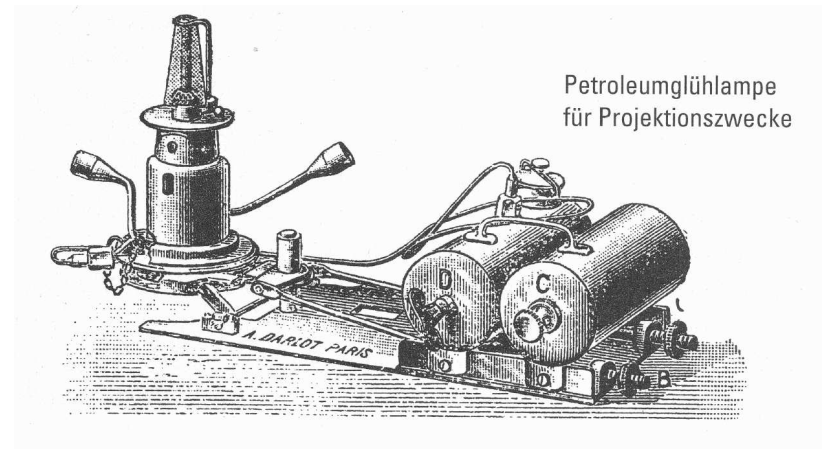
ANSICHT VON HAMBURG - UM 1818

Nicht-Fotorealistische Computergrafik (Forts.)

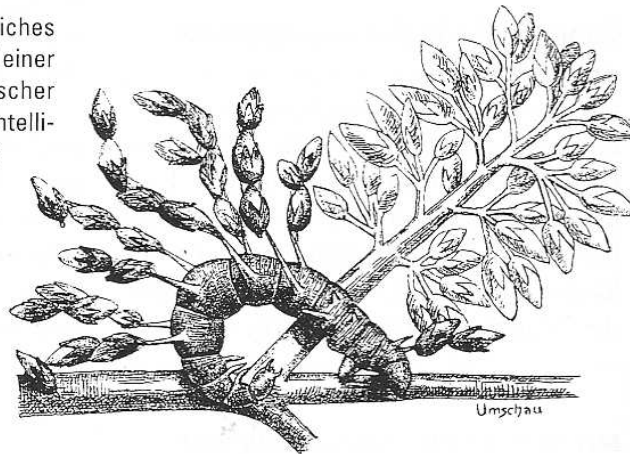
Non-photorealistic rendering

- fotorealistische Detailtreue ist nicht immer erforderlich bzw. wünschenswert (z.B. Zeichentrickfilm, Cartoon, techn. Illustration)
- traditionelle Abstraktionsformen bei der grafischen Darstellung sind für manche Anwendungen weitaus geeigneter, die Aufmerksamkeit betrachtender Personen auf das Wesentliche zu lenken
- nicht-fotorealistische Computergrafik versucht (u.a. auf der Basis geometrischer Eigenschaften bzw. der Darstellungsgleichung), Techniken zu simulieren, die in der Kunst seit dem 15. Jahrhundert angewandt und bis ins 19. Jahrhundert stetig verfeinert wurden, und die bis weit in das Zeitalter der Fotografie hinein auch der Illustration in technischen und naturwissenschaftlichen Gebieten dienen

Nicht-Fotorealistische Computergrafik (Forts.)



► Ungewöhnliches
Versteckspiel einer
Raupe. Forscher
vermuteten Intelli-
genz dahinter.



Nicht-Fotorealistische Computergrafik (Forts.)

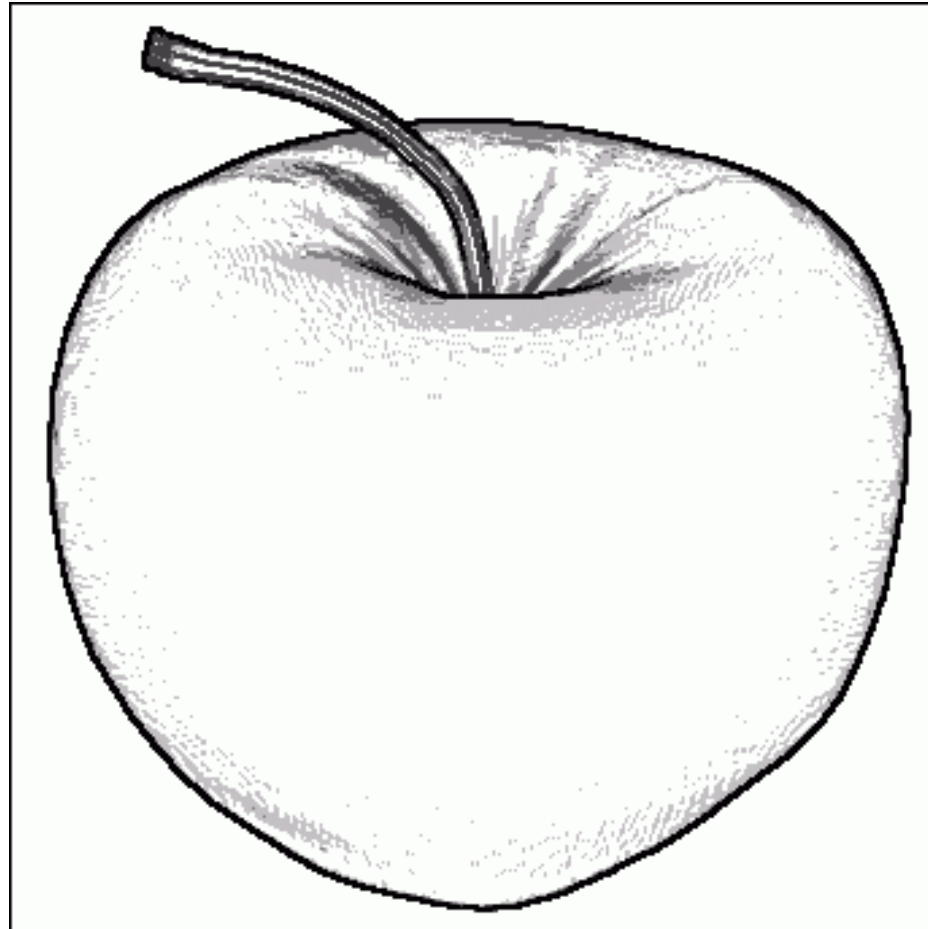


Ansicht von Hamburg um 1818 – historischer Stich von Anton Radl, Detail



Nicht-Fotorealistische Computergrafik (Forts.)

Betonung
von Konturen,
Schattierung
durch Punktmuster



Nicht-Fotorealistische Computergrafik (Forts.)

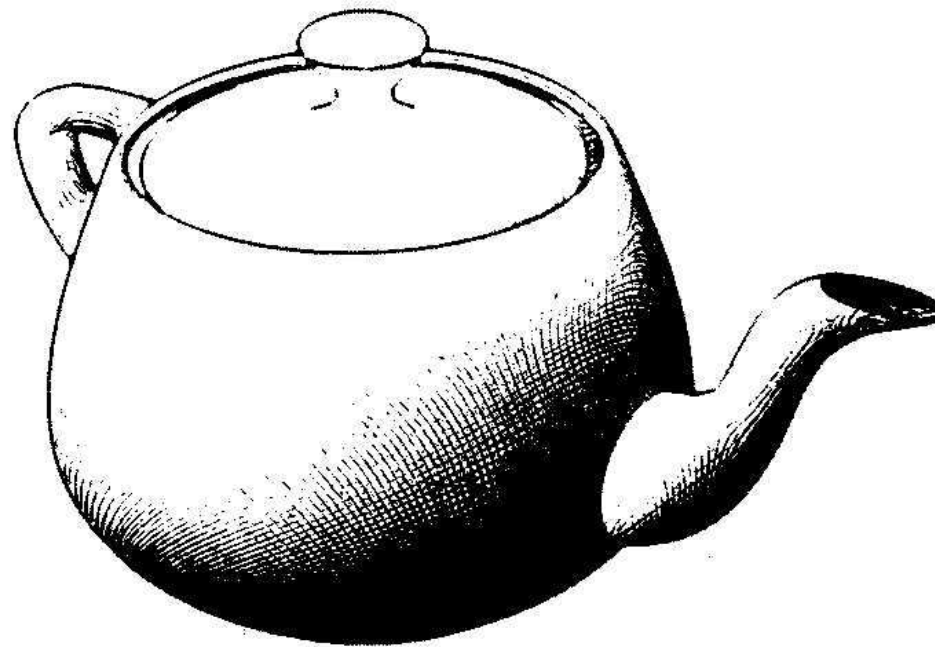
Betonung
von Konturen,
und Schatten



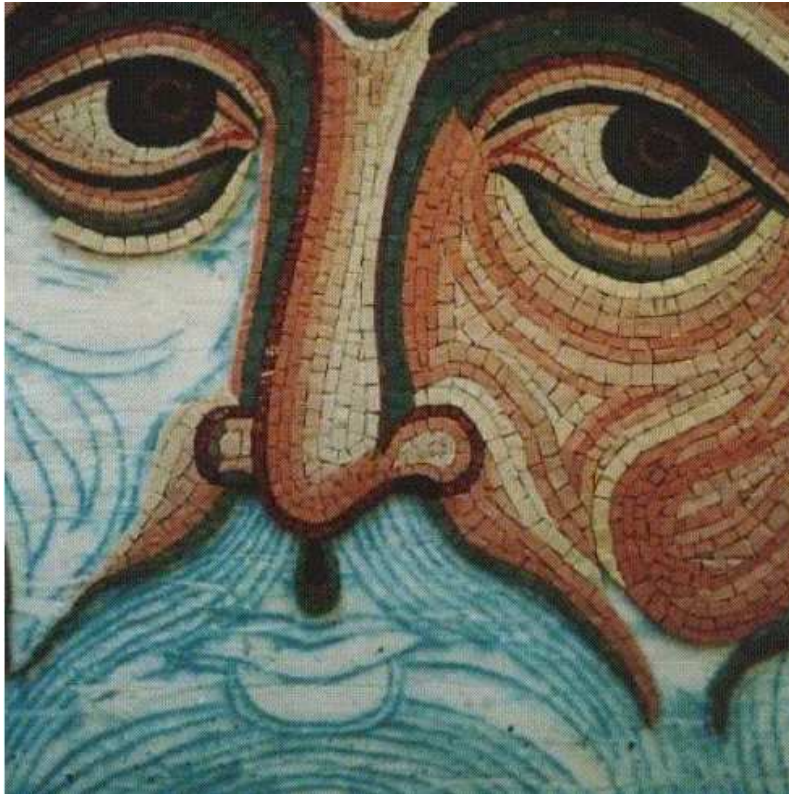
Nicht-Fotorealistische Computergrafik (Forts.)

.

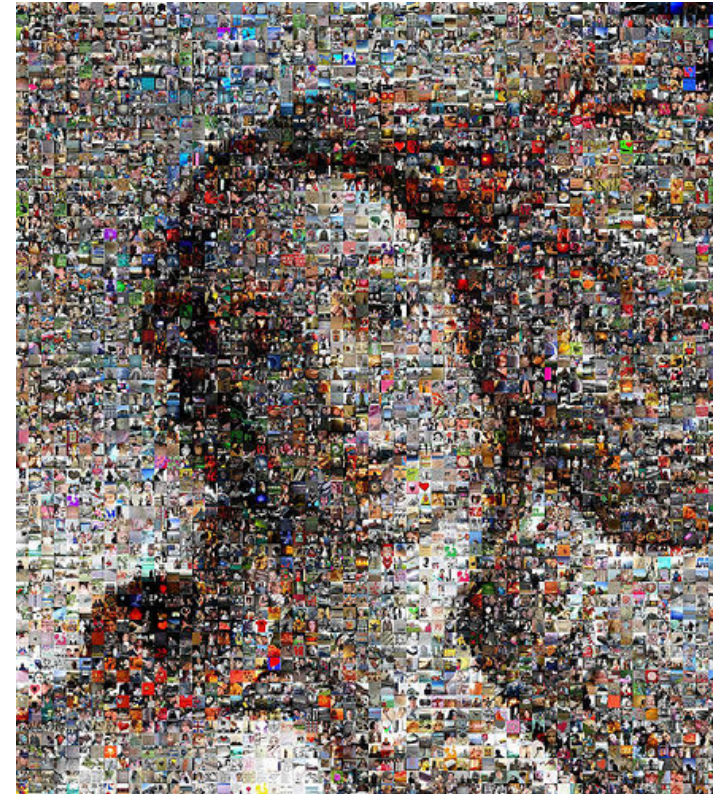
Betonung
von Konturen,
Schattierung
durch kreuzweise
Schraffur



Nicht-Fotorealistische Computergrafik (Forts.)



traditionelles Mosaik: betonte
Konturlinien, Flächenfüllung



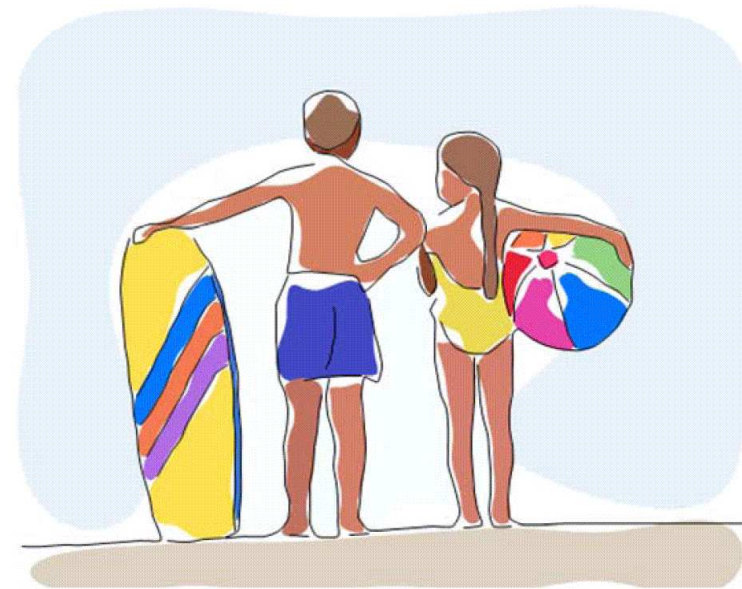
Fotomosaik: zusammengesetzt aus
„Kacheln“ geeignetfarbiger Fotos (*)

(*) nach Sandro Botticelli: *La nascita di Venere* (1485) (aus: Flickr Group Mosaics, www.flickr.com)

Nicht-Fotorealistische Computergrafik (Forts.)



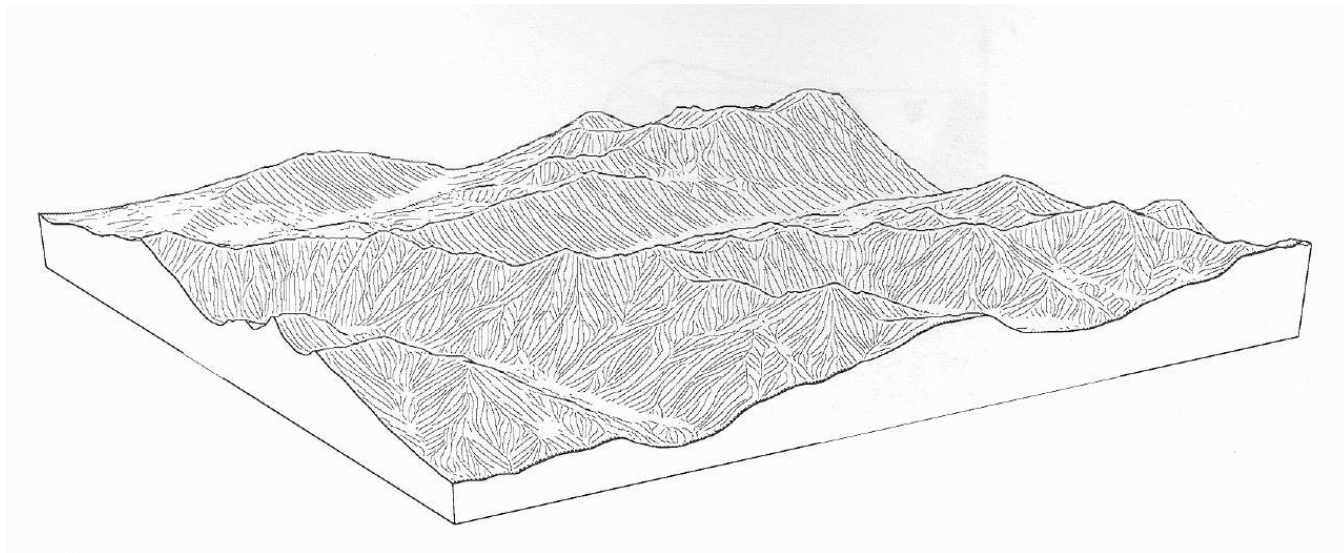
Vorlage: Fotografie



daraus generierte Farbskizze
in Aquarelltechnik (*)

(*) Fang Wen et al: Color Sketch Generation, vorgestellt bei der NPAR 2006, Annecy, Frankreich

Nicht-Fotorealistische Computergrafik (Forts.)



Blockmodell eines Geländes; Strukturierung durch Falllinien

Nicht-Fotorealistische Computergrafik (Forts.)

Gelände in
Draufsicht,
Strukturie-
rung durch
Konturlinien

