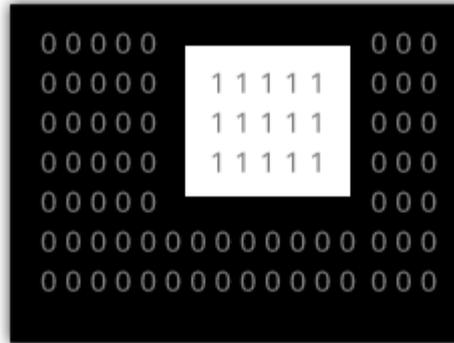


Stencil Buffer

- = Schablonenspeicher: Erlaubt pixelweise Zuweisung von Eigenschaften



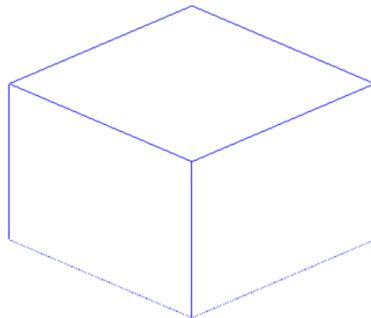
Color buffer without stencil test



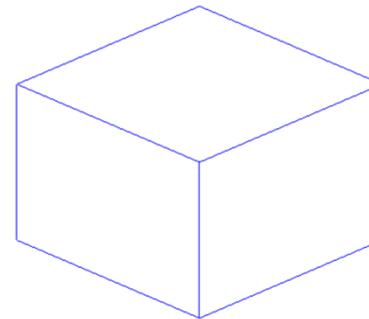
Stencil buffer



Color buffer with stencil test



*Hidden Line mit
Polygonoffset*



*Hidden Line mit
Stencil Buffer*

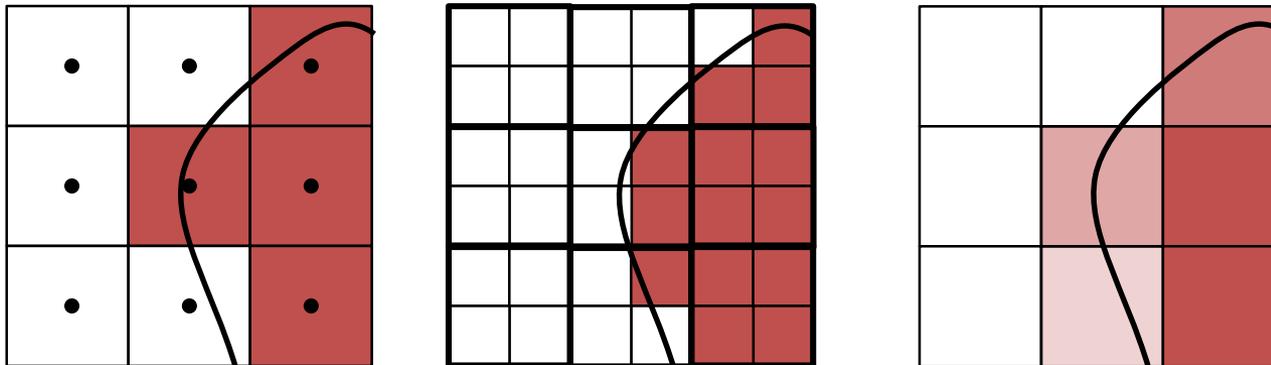
Accumulation Buffer

- Vervielfältigung des Color Buffers:
 - Sammeln von Frames
 - Definierte Aktion zum Zusammenfassen der Frames und Übergabe an Color Buffer
- Nutzung indem Durchschnitt mehrerer Bilder mit unterschiedlichen Einstellungen berechnet wird, z.B. für:
 - Tiefenunschärfe: Änderung des Fokus der virtuellen Kamera
 - Antialiasing komplexer Szenen: leichtes Verschieben der Kamera
 - Bewegungsunschärfe: unterschiedliche Zeitpunkte
 - weiche Schatten: durch unterschiedliche Interpretation der Position der Lichtquelle.

Szenen-Anti-Aliasing

Supersampling Anti-Aliasing (SSAA)

- Rastern in 2-fach (4-fach, 8-fach) höherer Auflösung als für Viewport erforderlich
 - Pro Pixel: 2x2 / 4x4 / 8x8 / ... Subpixel, die voll gerendert werden
 - End-Intensität eines Pixels im Viewport ergibt sich aus Mittelwert der Subpixel



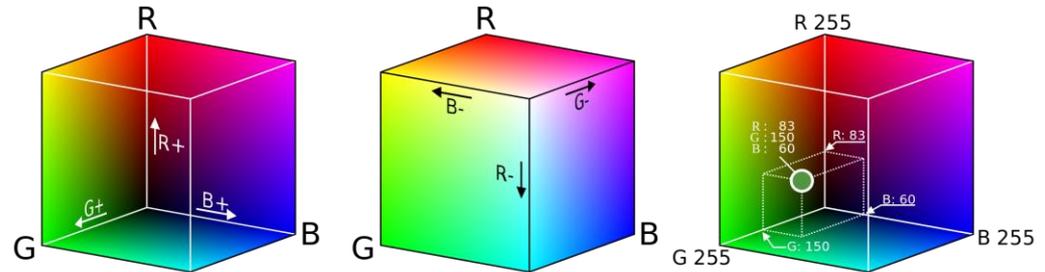
Multisample Anti-Aliasing (MSAA)

- Pixel-basierte Berechnungen (z.B. Verdeckung) wird nur einmal für das Pixel berechnet.
- Zusätzlich kann Kantendetektion eingesetzt werden um Verfeinerung zu Subpixeln auf Kantenpixel zu reduzieren.

Farbmodelle

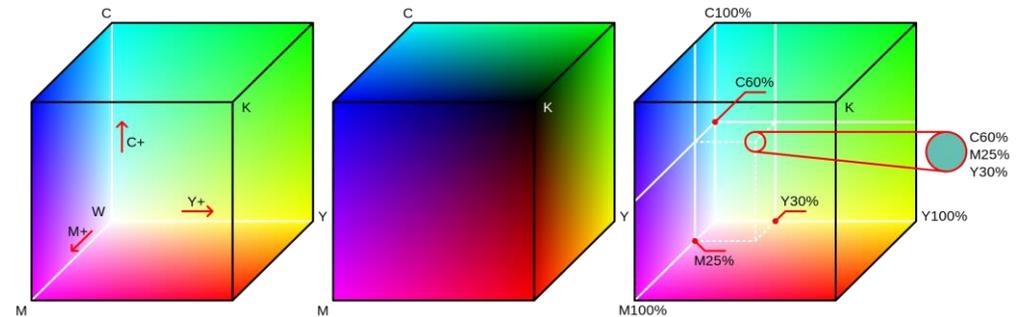
- RGB

- Additives Mischen



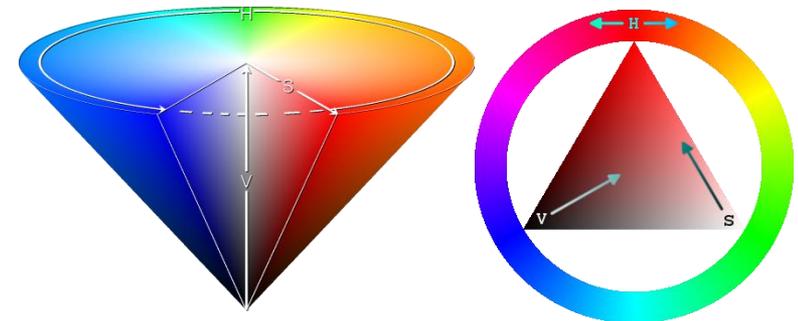
- CMY(K)

- Subtraktives Mischen

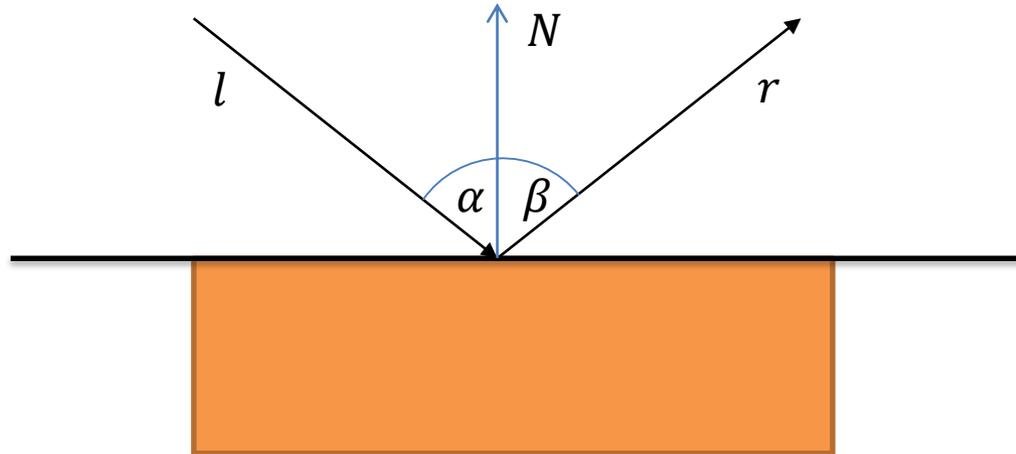


- HSV

- Definition durch Farbton, Sättigung und Helligkeitswert



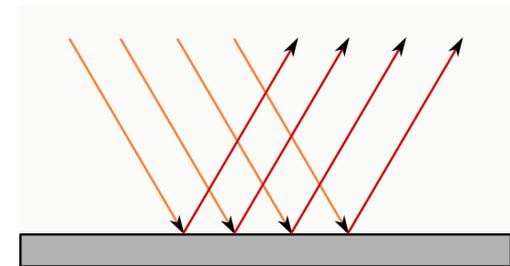
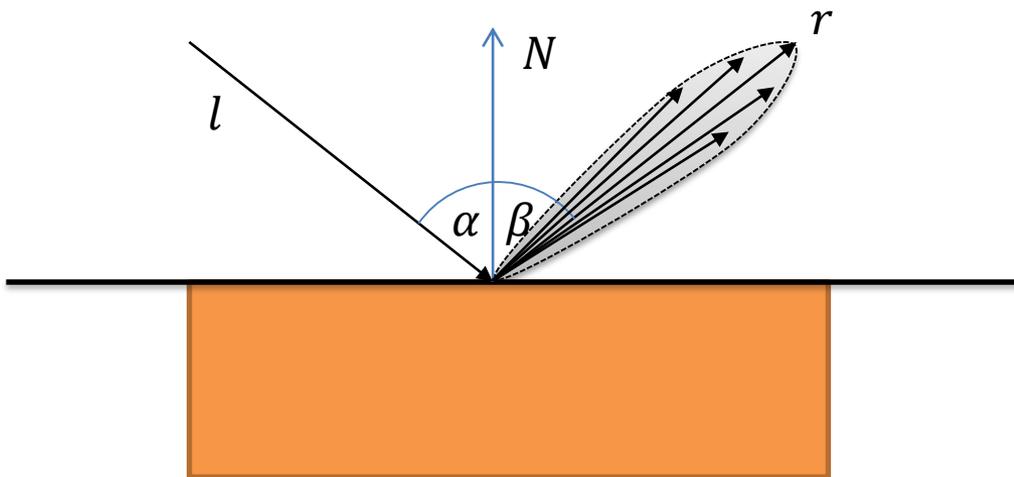
Reflexionsgesetz



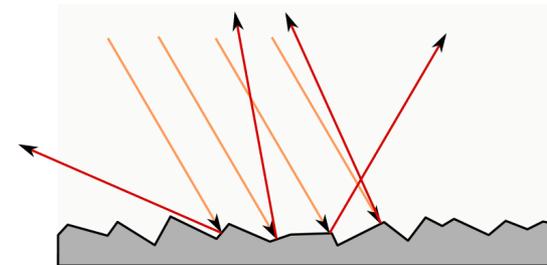
- Reflexion erfolgt an Oberflächen bzw. an Mediengrenzen
- Einfallswinkel α = Reflexionswinkel β
- Hier: Ideale Reflexion

Diffuse Reflexion

- Rauigkeit einer Oberfläche spaltet Lichtstrahl auf (\rightarrow Leuchtkörper)



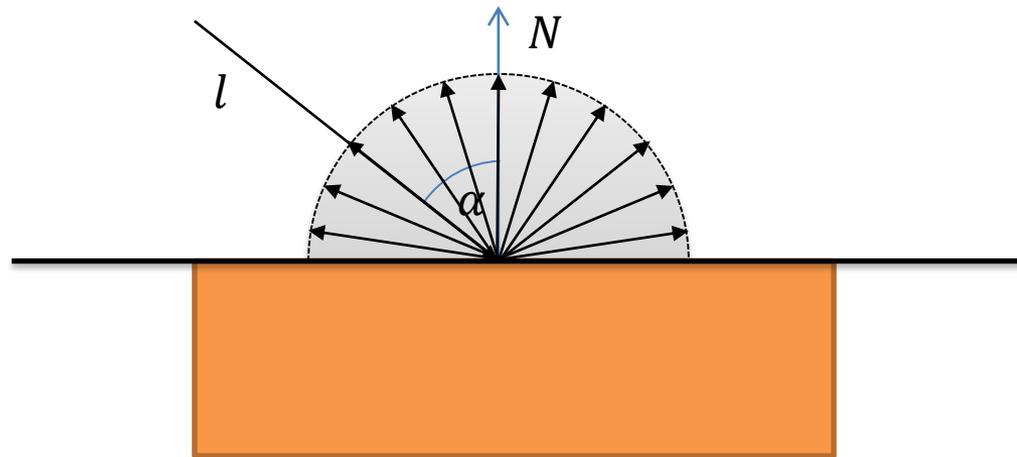
Glatter Spiegel
Direkte Reflexion



Rauher Spiegel
Diffuse Reflexion

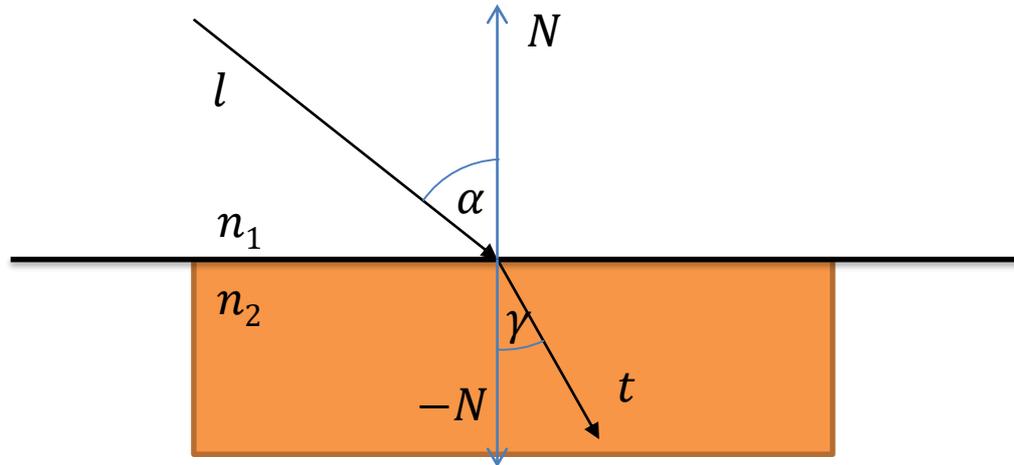
Ideal Diffuse Reflexion

- Rauigkeit einer Oberfläche spaltet Lichtstrahl auf (\rightarrow Leuchtkörper)



- Lambert'sches Beleuchtungsmodell: gleichmäßige Streuung des einfallenden Lichtes in alle Richtungen (ideal diffus streuend)
- Allgemein: beliebig geformte Leuchtkörper, Anisotropie etc.

Brechungsgesetz



- Verhältnis zwischen dem Sinus des Einfallswinkels α und dem Sinus des Brechungswinkels γ entspricht dem Verhältnis der Brechungsindizes n_1 und n_2 der beiden Medien:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1}$$

- Dispersion: Brechungsindex ist abhängig von Wellenlänge des Lichtes
 - D.h. dreifacher Berechnungsaufwand für die Brechungsindex bei Rot, Grün, Blau
- Fresnel-Effekt: Je größer (flacher) der Einfallswinkel
 - desto größer wird der Anteil des reflektierten Lichts
 - desto geringer der Anteil des gebrochenen Lichts

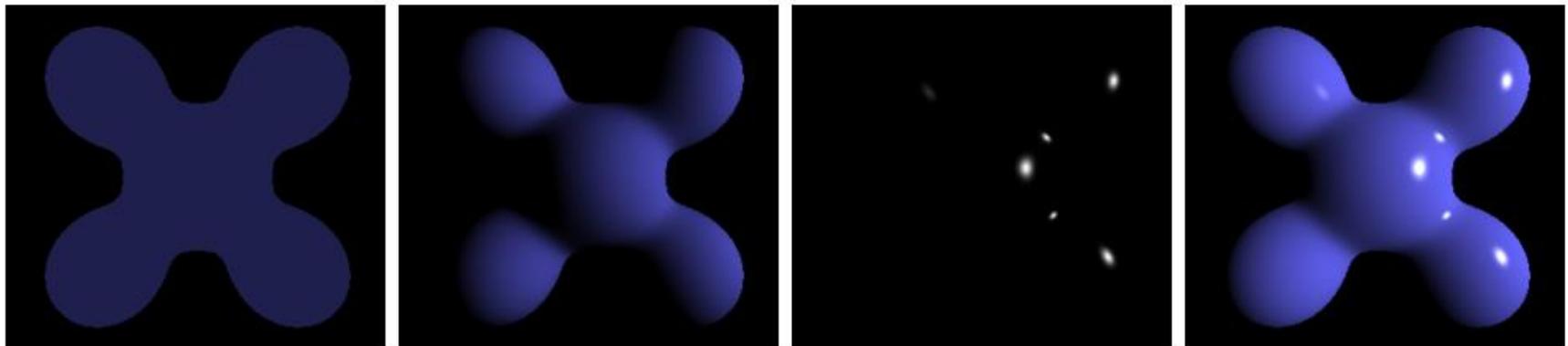
Lokale und globale Beleuchtung

- Lokale Beleuchtung:
 - punktförmige Lichtquellen, nur direktes Licht.
 - Berechnung der Reflexion anhand z.B. BRDF
 - Interaktive Computergrafik
- Globale Beleuchtung:
 - Berechnet auch Licht das vom Punkt einer Oberfläche ausgestrahlt wird (indirekte Beleuchtung)
 - Integralformel! → sehr aufwändig.
 - Raytracing, Radiosity.

Phong Reflexionsmodell

- Beleuchtungsberechnung über drei Beleuchtungskomponenten
 - *Ambiente*: ungerichtetes Streulicht, Ersatz für globale Beleuchtung
 - *Diffuse*: gerichtetes Licht - Lambert'sches Beleuchtungsmodell – ideal diffuse Oberfläche
 - *Spekulare*: gerichtetes Licht - spiegelnde Oberfläche
- Summe der Beleuchtungskomponenten ergibt Vertexfarbe

$$I = I_a k_a + I_{in} (k_d (l \cdot N) + k_s (ra)^S)$$



Ambient

+

Diffuse

+

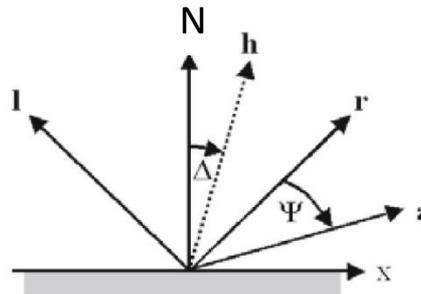
Specular

=

Phong Reflection

Blinn-Reflexionsmodell

- Vereinfachung des Phong-Reflexionsmodells:
 - Statt r (aufwendig) zu berechnen ermittelt man einen Vektor h : $h = \frac{l+a}{|l+a|}$ der sich proportional zum r -Vektor verhält.
 - Der spiegelnde Anteil wird also wie folgt berechnet:
$$I_s = I_{in} \cdot k_s \cdot (h \cdot N)^S$$
 - Exponent der spiegelnden Komponente muss erhöht werden um gleiches Ergebnis wie Phong zu erzielen



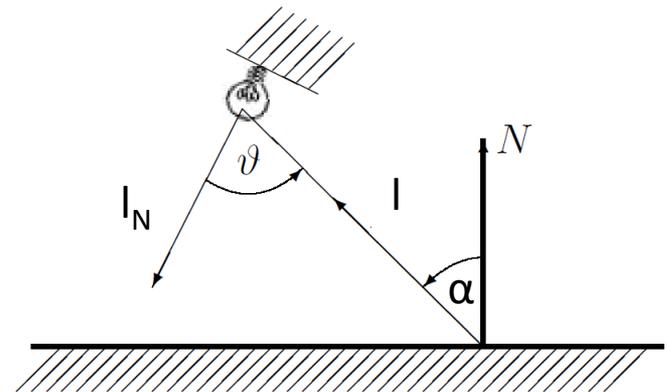
Erweiterungen des Phong bzw. Blinn-Modells

Modellierung der Streuung des Lichts in Abhängigkeit von der Entfernung c des Objektes zum Betrachter:

$$I = I_a k_a + \frac{I_{in}(k_d (l \cdot N) + k_s (ra)^S)}{c + \varepsilon}$$

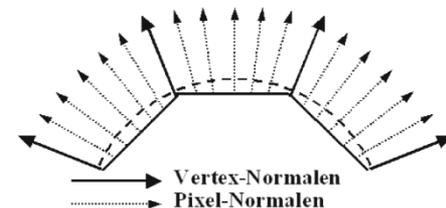
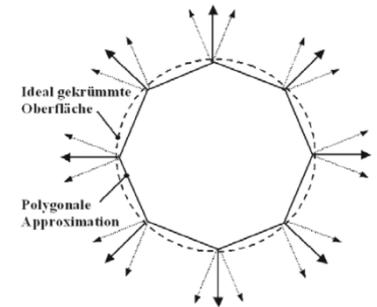
Gerichtete Lichtquellen: Beachtung der Normalen der Lichtquelle

$$I = I_a k_a + I_{in}(l_n \cdot (-l))^t (k_d (l \cdot N) + k_s (ra)^S)$$

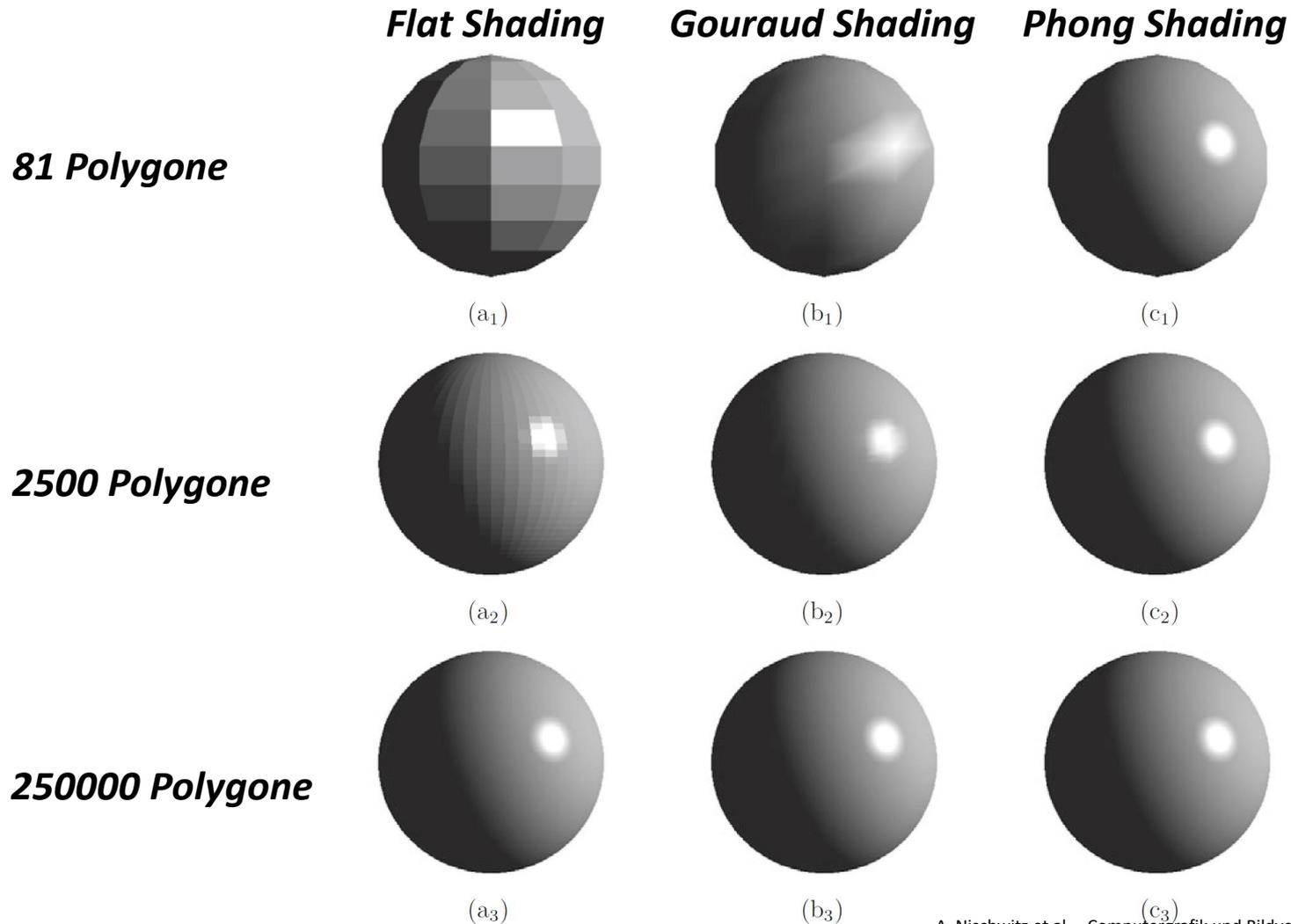


Schattierungsverfahren

- Flat Shading
 - Auswertung des Beleuchtungsmodells an einem Vertex eines Polygons (Flächennormale)
 - Alle Pixel des Polygons erhalten diesen Farbwert
- Gouraud Shading
 - Berechnung der Vertexnormalen als Mittelwert der angrenzenden Flächennormalen
 - Beleuchtungsberechnung für jeden Vertex
 - Farbwerte der Pixel einer Fläche durch lineare Interpolation
- Phong Shading
 - Interpolation der Normalen an jedem Pixel
 - Beleuchtungsberechnung pro Pixel



Vergleich Flat/Gouraud/Phong Shading



A. Nischwitz et al. „Computergrafik und Bildverarbeitung“, Band 1: Computergrafik“