

Computergrafik 1

Beleuchtung

Kai Köchy

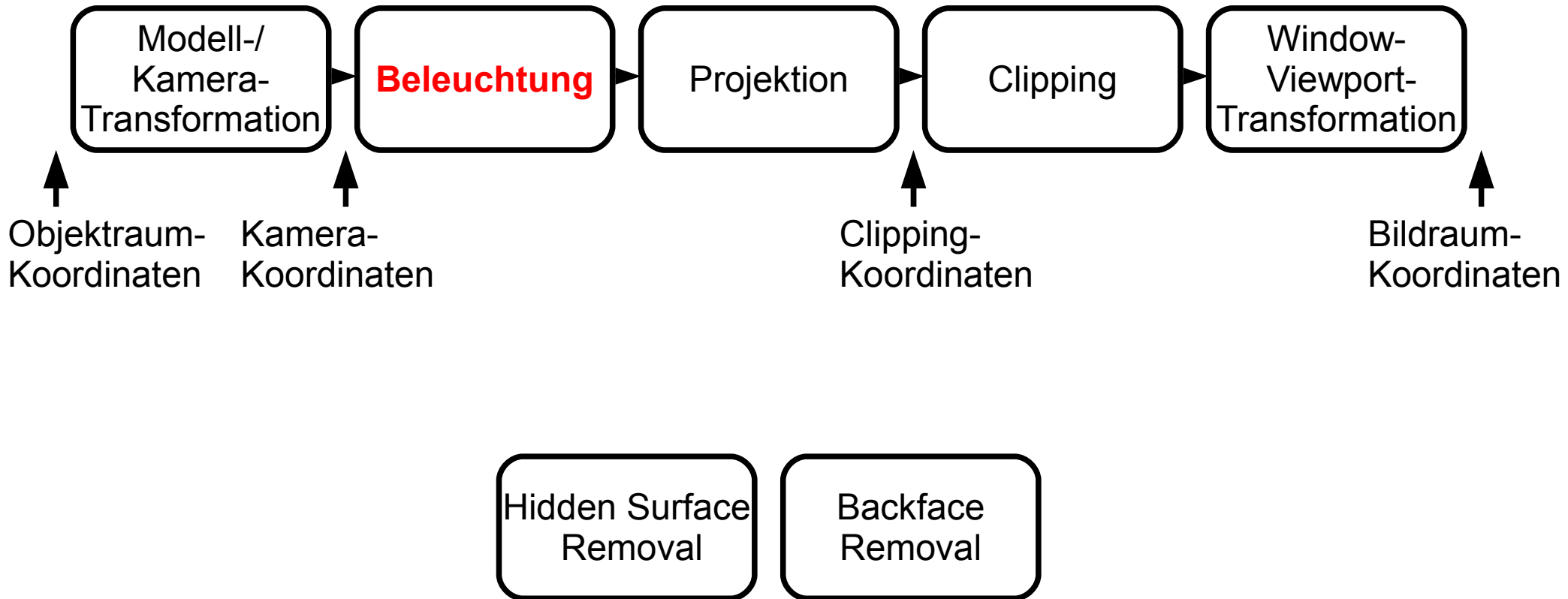
Sommersemester 2010

Beuth Hochschule für Technik Berlin

Überblick

- Lokale Beleuchtungsmodelle
 - Ambiente Beleuchtung
 - Diffuse Beleuchtung (Lambert)
 - Spiegelnde Beleuchtung (Phong)
- Rasterung
 - Scanline Konvertierung
 - Gouraud-Schattierung
- Z-Buffer
- Painters-Algorithmus

Grafikpipeline Geometrie



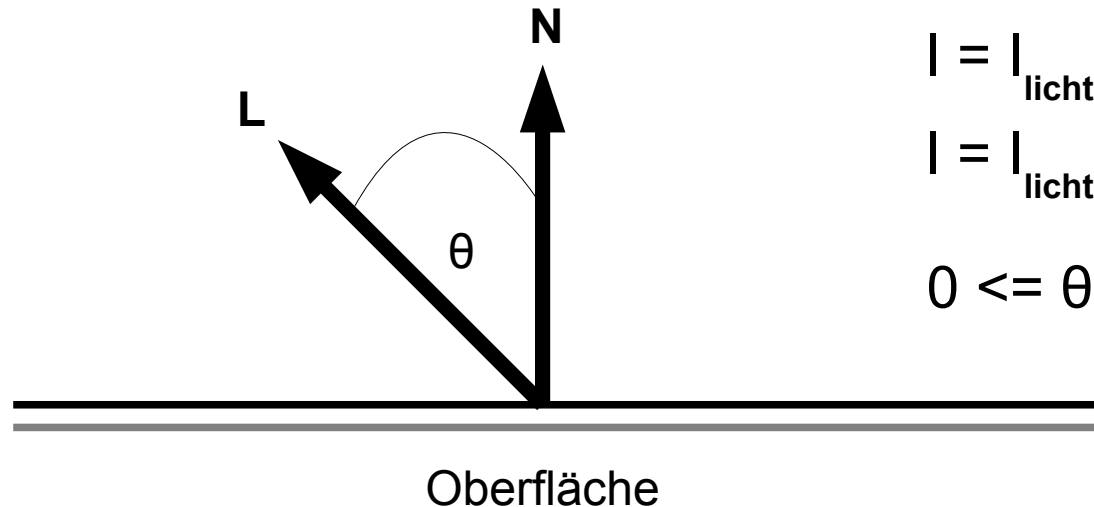
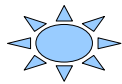
Beleuchtung

Durch das lokale Beleuchtungsmodell wird berechnet, wieviel Licht von der sichtbaren Oberfläche in Richtung der Betrachterposition reflektiert wird

- Modelliert werden die Einflüsse
 - der Lichtquellen (Lage, Größe, Stärke, Spektrum) und
 - der Oberflächenbeschaffenheit (Geometrie, Reflexionseigenschaften) von Objekten.
- Vorgang der Lichtausbreitung wird simuliert
- Echtzeitanforderungen erfordern vereinfachte Modelle

Beleuchtung diffus

- Kosinusetz von Lambert : die Lichtintensität ist proportional zum Skalarprodukt der Oberflächennormalen N und des Vektors L zur Lichtquelle
 - Intensität der Lichtquelle $I_{\text{lichtquelle}}$
 - Einfallswinkel θ
 - Diffuse Reflektionskoeffizient k_d



$$I = I_{\text{lichtquelle}} \cos(\theta) k_d$$

$$I = I_{\text{lichtquelle}} (N \cdot L) k_d$$

$$0 \leq \theta \leq \pi/2$$

Beleuchtung

ambient

- Da durch das Lambertsche Beleuchtungsmodell alle nicht direkt beleuchteten Objekte schwarz dargestellt werden, muß eine indirekte (ambiente) Beleuchtung oder Hintergrundbeleuchtung dem Modell hinzugefügt werden.
- Die Beleuchtungsberechnung kann für jede Farbkomponente (R,G,B) gesondert erfolgen

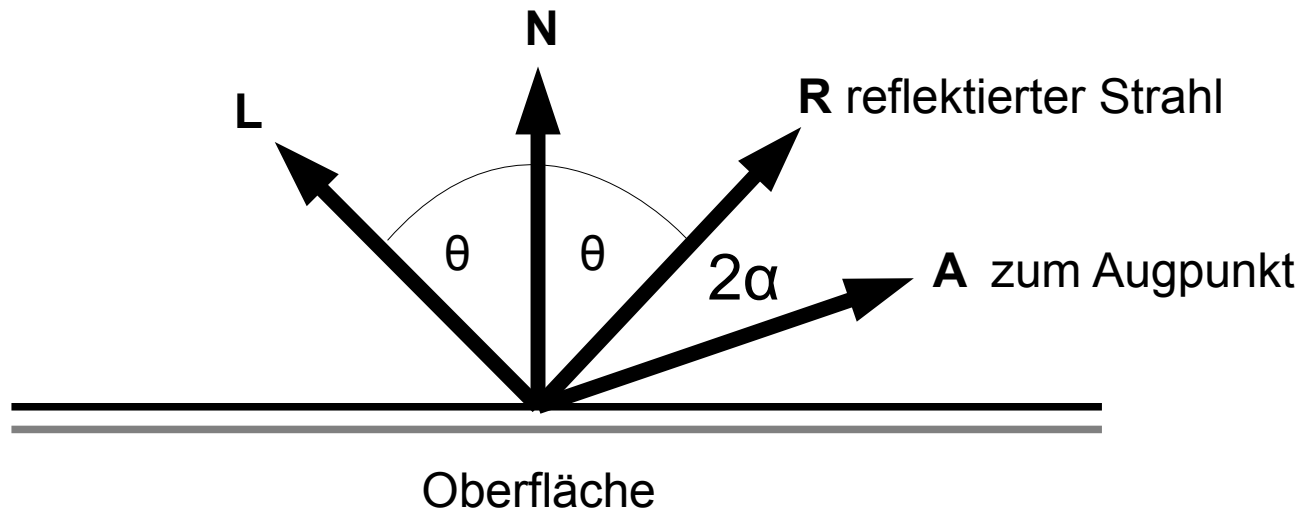
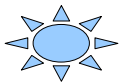
$$I = I_{\text{lichtquelle}} (N \cdot L) k_d + I_H k_a$$

Beleuchtung spiegelnd / reflektierend

- Wird ein Spiegel oder vollkommener Reflektierer verwendet, so bilden einfallender Strahl und reflektierter Strahl mit der Oberflächennormale denselben Winkel
- ω ist eine Funktion des Einfallswinkels θ und der Wellenlänge λ
- c ist der Materialkoeffizient

$$I_{\text{spiegelnd}} = I_{Lq} \omega(\theta, \lambda) \cos^c(2\alpha)$$

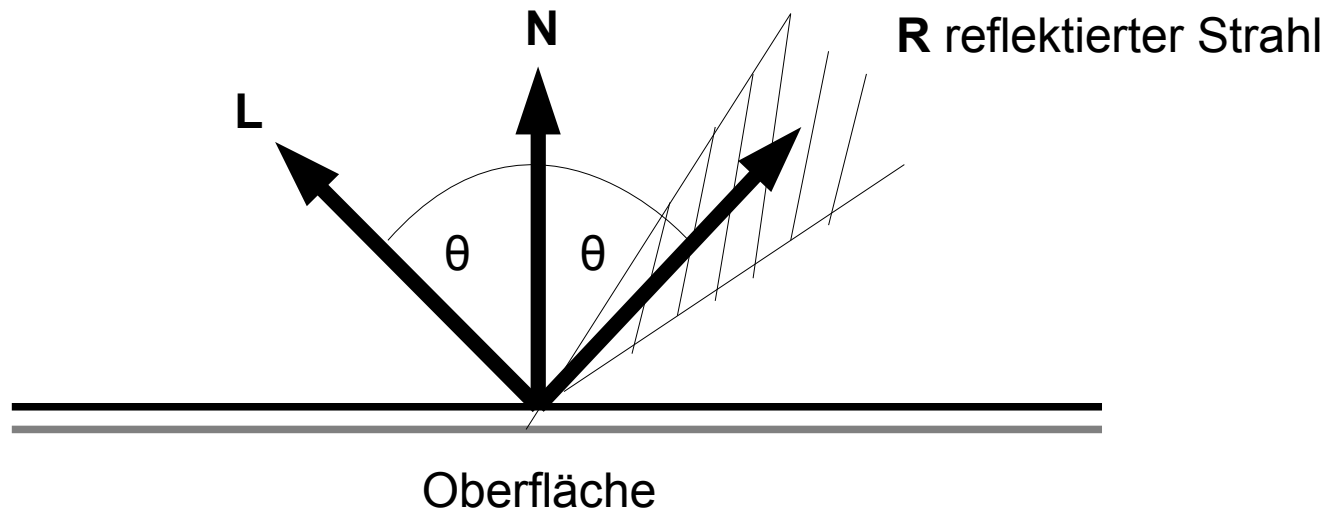
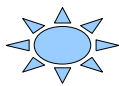
$$I_{\text{spiegelnd}} = I_{Lq} \omega(\theta, \lambda) (A^*R)^c$$



Beleuchtung

spiegelnd / reflektierend

- Der Term $\cos^c(2\alpha)$ nähert heuristisch die Streuung des reflektierten Lichts an.
- Ein großer Wert für c bewirkt einen schmalen Reflektionskegel und kleines c bewirkt einen weiten Reflektionskegel.



Beleuchtung

- Nimmt man alle drei Beleuchtungsanteile zusammen so erhält man folgendes

$$I_{\text{gesamt}} = I_{\text{ambient}} + f(d) (I_{\text{diffus}} + I_{\text{spiegelnd}})$$

mit $f(d)$ als Abstandsfunktion, die die Intensität in Abhängigkeit zur Entfernung des Objekts abschwächt.

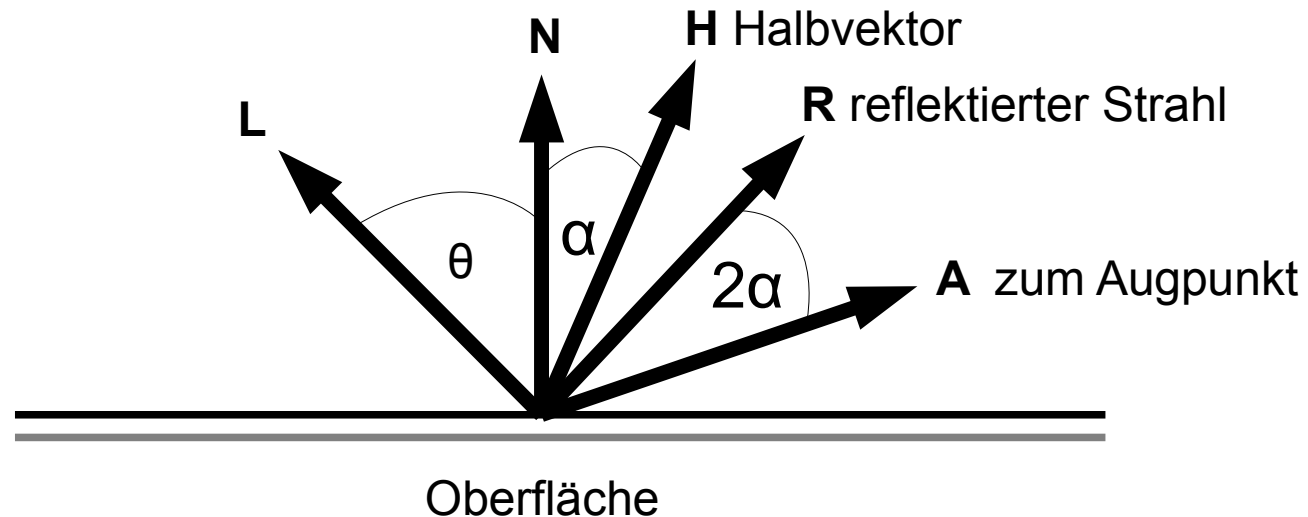
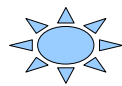
$$I = k_a I_H + f(d) I_{Lq} (k_d(N*L) + k_s(A*R)^c)$$

mit dem spiegelnden Reflexionskoeffizienten $k_s = \omega(\theta, \lambda)$, der für viele Materialien konstant gesetzt werden kann.

Beleuchtung

spiegelnd / reflektierend

- Bei der Auswertung der Schattierungsfunktion kann die explizite Berechnung des Vektors R durch Verwendung des Terms $N \cdot H$ umgangen werden.
- aus $\cos(2\alpha) = 2 \cos^2(\alpha) - 1$ folgt $A \cdot R = 2(N \cdot H)^2 - 1$

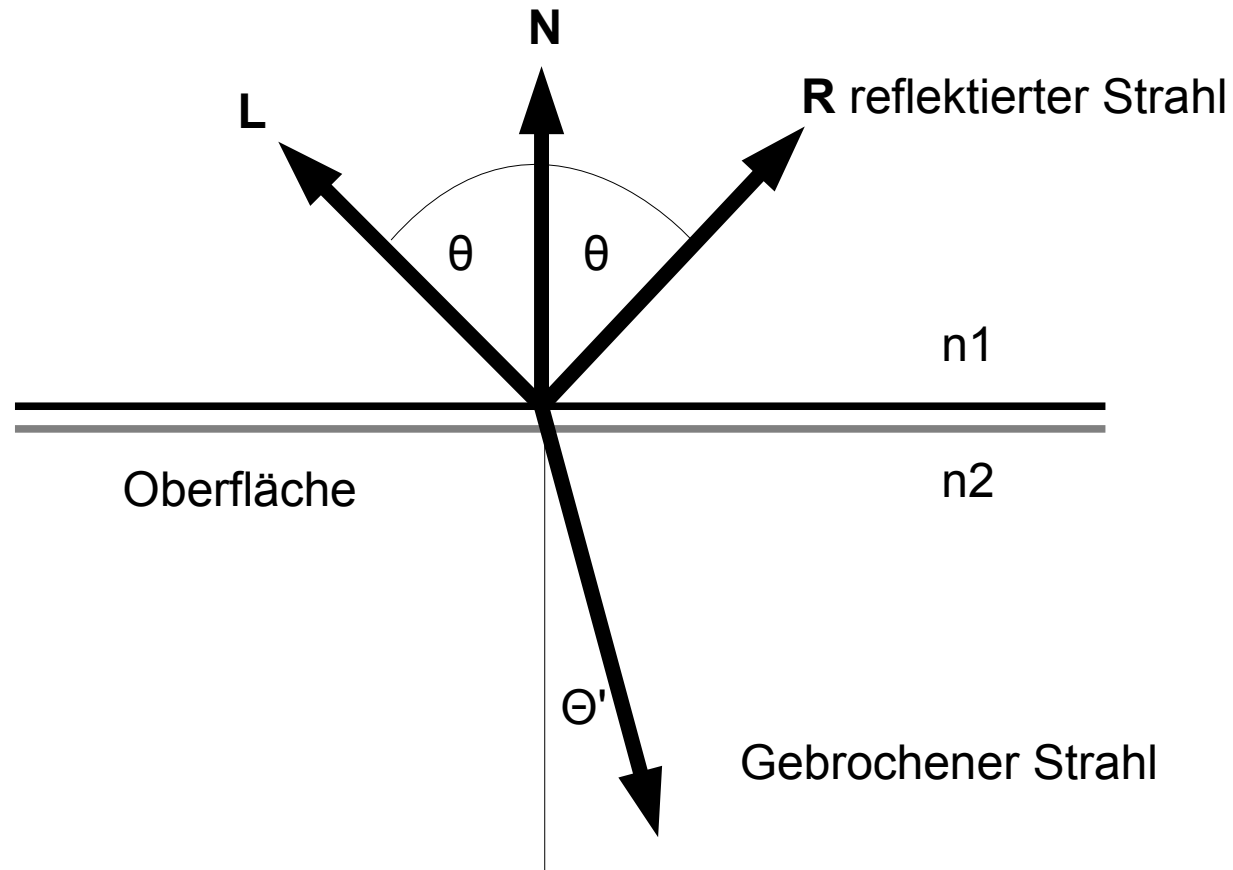
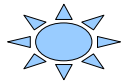


Transmission

- Von Transmission spricht man, wenn ein Teil des Lichts einen transparenten Körper durchdringt und nur der restliche Teil reflektiert wird.
- Dabei wird die Richtungsänderung des Lichts beim Übergang zwischen Medien unterschiedlicher optischer Dichte als Brechung bezeichnet.

Transmission

- Die gerichtete Transmission basiert auf dem Brechungsgesetz von Snellius



Grafikpipeline

Rasterung

Abbildung der sichtbaren Oberfläche auf die Rasterpunkte des Ausgabemediums (z.B. Bildschirm)

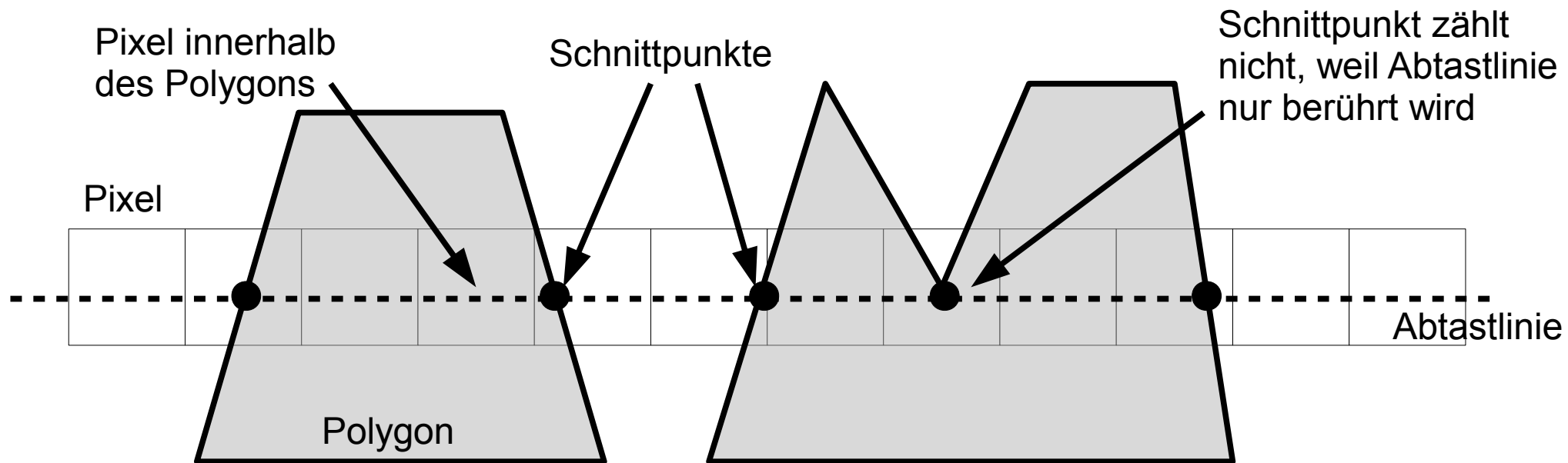
Dieser Vorgang findet im Bildraum statt.

Als Koordinaten liegen x und y für die Höhe und Breite vor. Die z -Koordinate gibt die Tiefe im Raum an.

Rasterung

Scan-Konvertierung

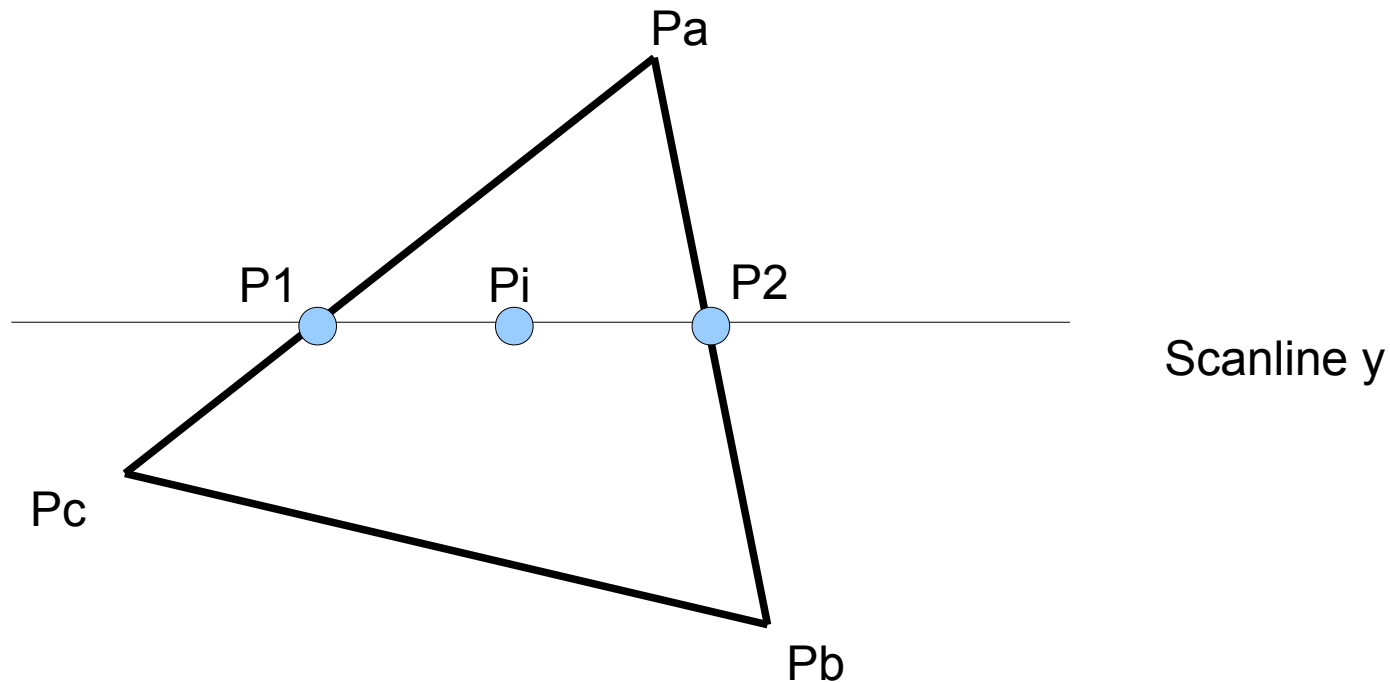
- Durch Scan-Konvertierung von Polygonen wird festgestellt, welche Pixel durch das Polygon überdeckt werden



Rasterung

- Gouraud-Schattierung: lineare Intensitätsinterpolation zwischen den Eckpunkten und innerhalb des Polygons entlang der Scanline

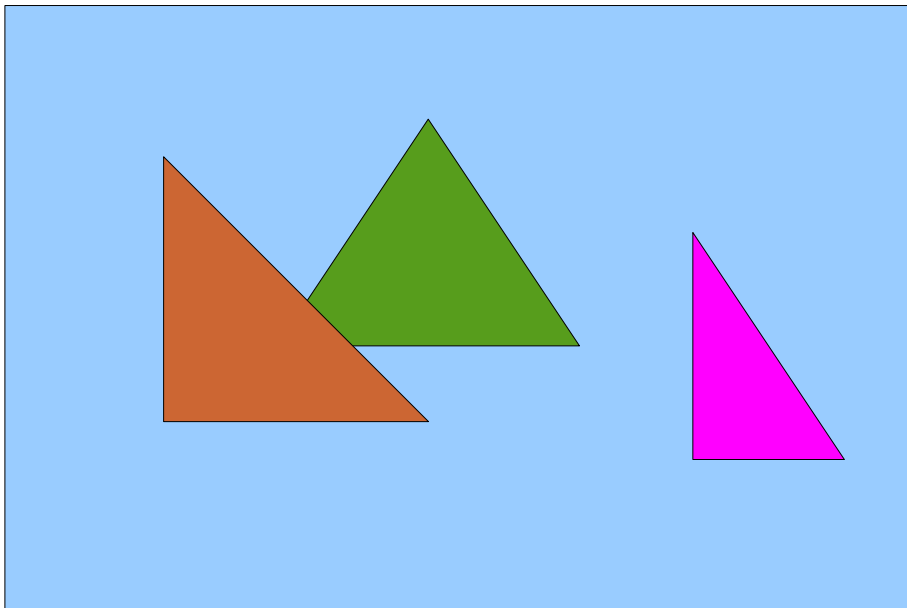
$$Int_i = Int_1 * (x_2 - x_i) / (x_2 - x_1) + Int_2 * (x_i - x_1) / (x_2 - x_1)$$



Z-Buffer

- In einer Tiefenkarte (z-Achse repräsentiert die Tiefe im Linkshändigen Koordinatensystem) wird für jeden Bildpunkt ein Tiefenwert gespeichert.
- Zu Beginn wird dieser Z-Buffer mit einer unendlichen Entfernung initialisiert.
- Bei der Rasterung wird für jeden Bildpunkt der Wert des Z-Buffer mit der z-Koordinate des Punktes verglichen.
- Somit kann festgestellt werden, ob der aktuell zu rasternde Bildpunkt näher am Betrachter liegt als ein bereits gemalter Punkt. Ist der aktuelle Punkt näher, so wird seine Tiefe im z-Buffer eingetragen und der Punkt gemalt.

Z-Buffer



Szene

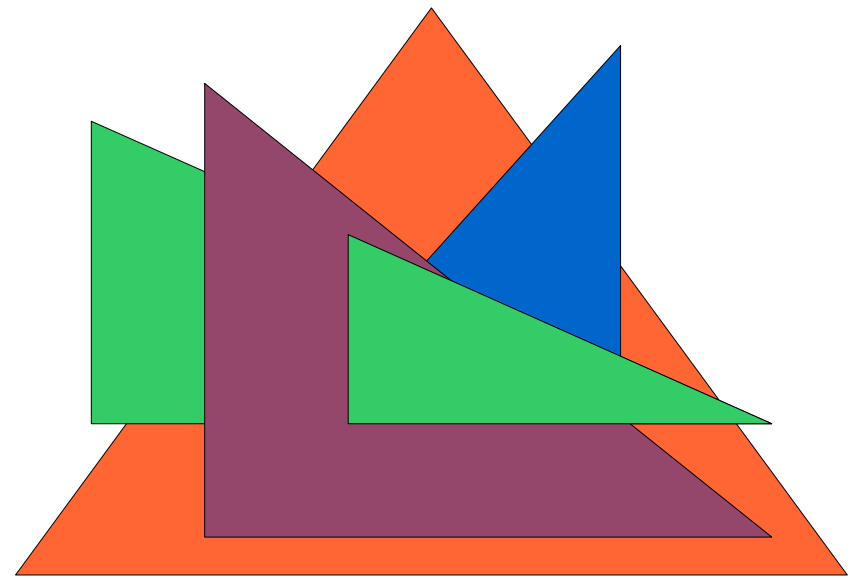
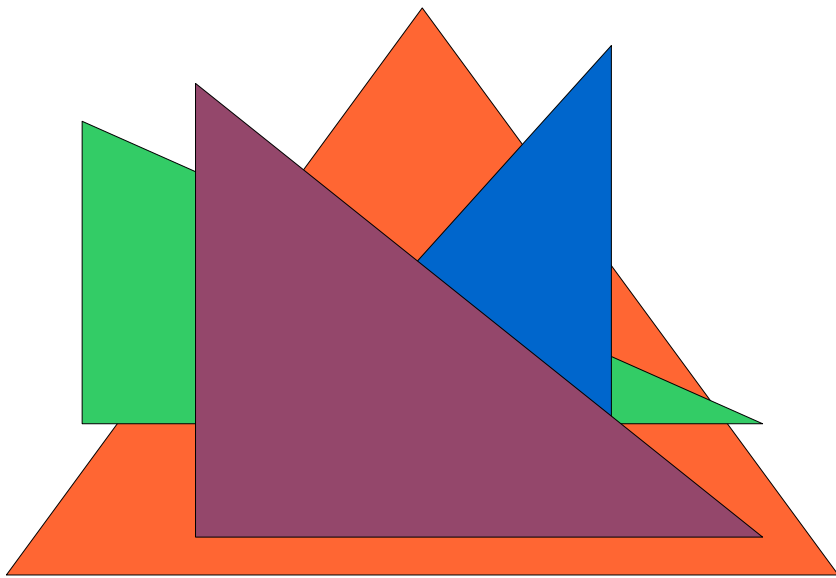
				7							
	5			7	7						
	5	4	7	7	7				10		
	5	4	3	7	7	7			10		
	5	4	3	2					10	10	
	5	4	3	2	1				10	10	
									10	10	

Tiefen-Buffer

Painters-Algorithmus

- Alle Polygone werden nach Ihrer Entfernung in der Tiefe (z-Achse im LHK) sortiert.
- Wie in der Malerei (Painting) werden die am weitesten hinten liegenden Primitiven als erstes gezeichnet und dann gemäß der Sortierung die weiter vorne Liegenden.
- Somit ist gewährleistet, dass weiter hinten liegende Polygone nicht die näher am Betrachter liegenden Polygone überdecken.

Painters-Algorithmus



Probleme bei sich durchdringenden Polygonen

Normalvektoren

- Berechnung des Normalvektors $N_p = (N_1 + N_2 + N_3) / 3$ wobei N_1 , N_2 und N_3 die normierten Normalvektoren der an P grenzenden Flächen sind

