

# Beleuchtung und Schattierung

Informatik

**Prof. Dr. Thomas Koller**  
Dozent

T direkt +41 41 349 35 38  
thomas.koller@hslu.ch



# Materialeigenschaften

- Wodurch unterscheiden sich die Materialeigenschaften von Objekten?
- An was erkennen wir, dass ein Objekt auch Plastik, Glas, Metall, Holz etc. besteht?





**The bright line along the edge of the bookshelf results from the glossy reflection of sunlight.**



**Brushed metal generates stretched-out highlights.**



**Caustics cast by a glass of water in sunlight.**

# Photo oder CG?



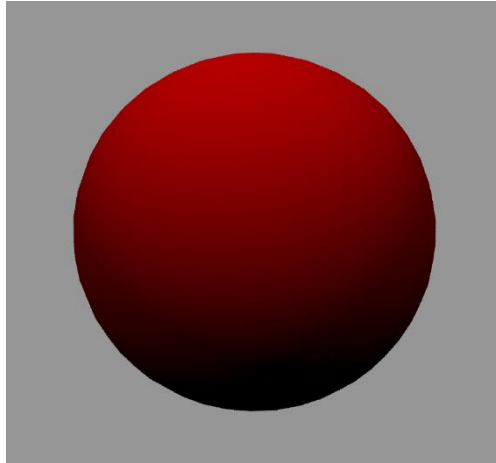


# Photo oder CG ?

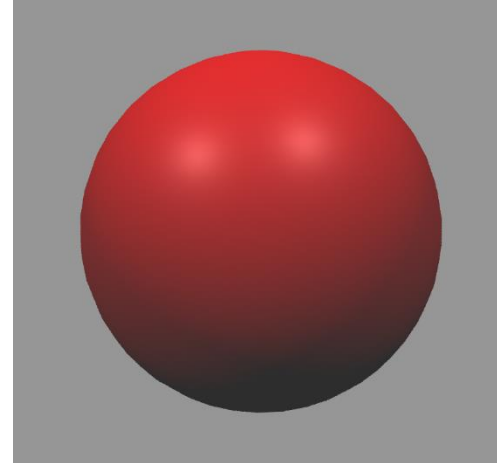


# Verschiedene Beleuchtungsmodelle

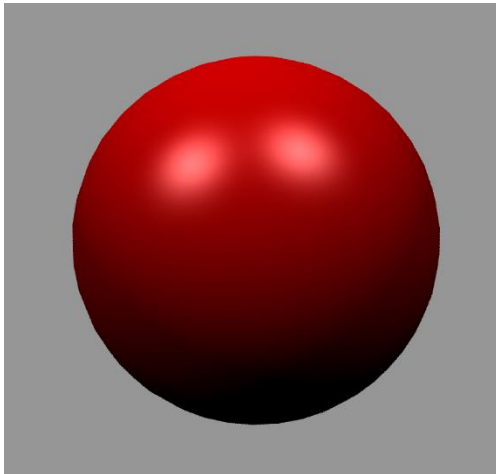
Lambert



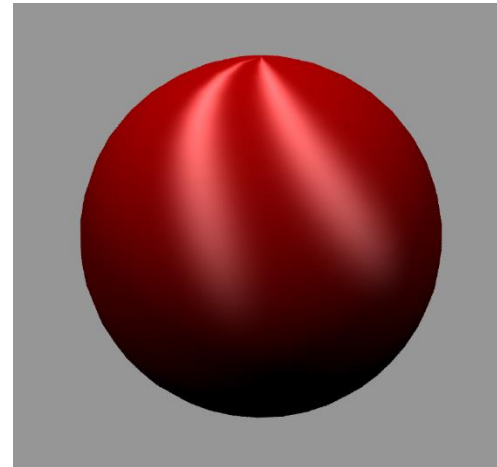
Blinn



Phong



Anisotropic

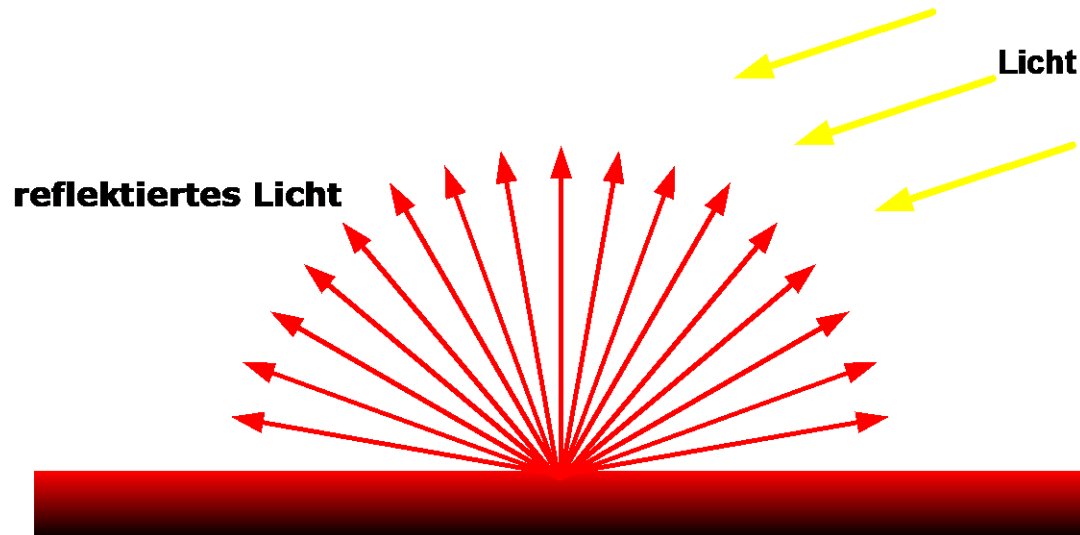




# Standardbeleuchtungsmodell

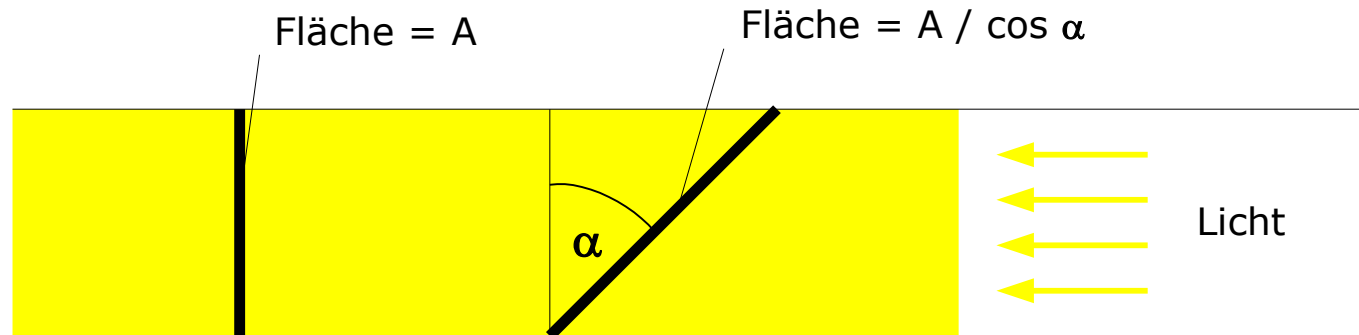
- Ein physikalisch korrektes Beleuchtungsmodell ist relativ aufwendig zu berechnen (ausschlaggebend sind die sogenannten Fresnel-Gleichungen aus der Physik)
- Üblicherweise wird deshalb - vor allem für interaktive Programme - ein vereinfachtes Beleuchtungsmodell verwendet
- Das Modell simuliert diffuse und spiegelnde Reflektion
- Raytracing und Radiosity verwenden zum Teil aufwendigere Beleuchtungsmodelle

# Diffuse Reflektion (Lambert Modell)



- Gleichmässige Abstrahlung des Lichts in alle Richtungen
- Eigenschaften eines matten, nicht glänzenden Materials

# Energie



- die Energie einer beleuchteten Fläche ist proportional zum Cosinus zwischen Lichtrichtung und Flächennormalen

# Berechnung der diffusen Reflektion

Term für die diffuse Reflektion:

$$I_d = I_L \cdot k_d \cdot \cos \varphi$$

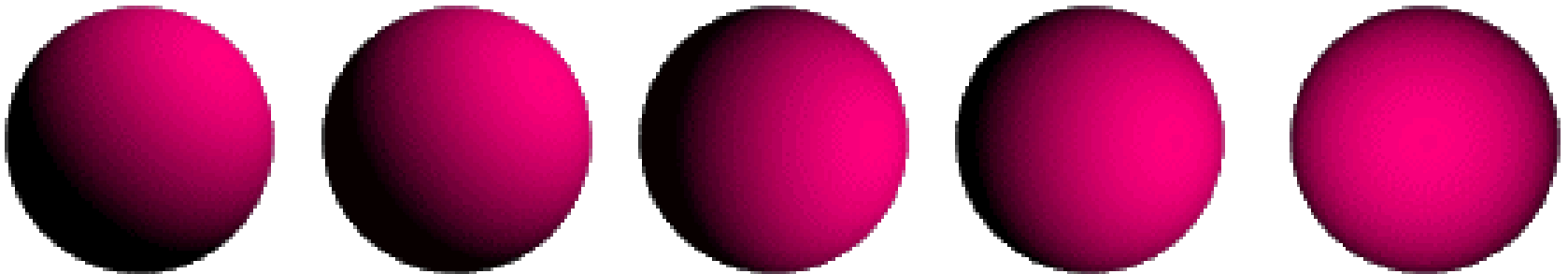
mit

$$\cos \varphi = \vec{N} \cdot \vec{L}$$

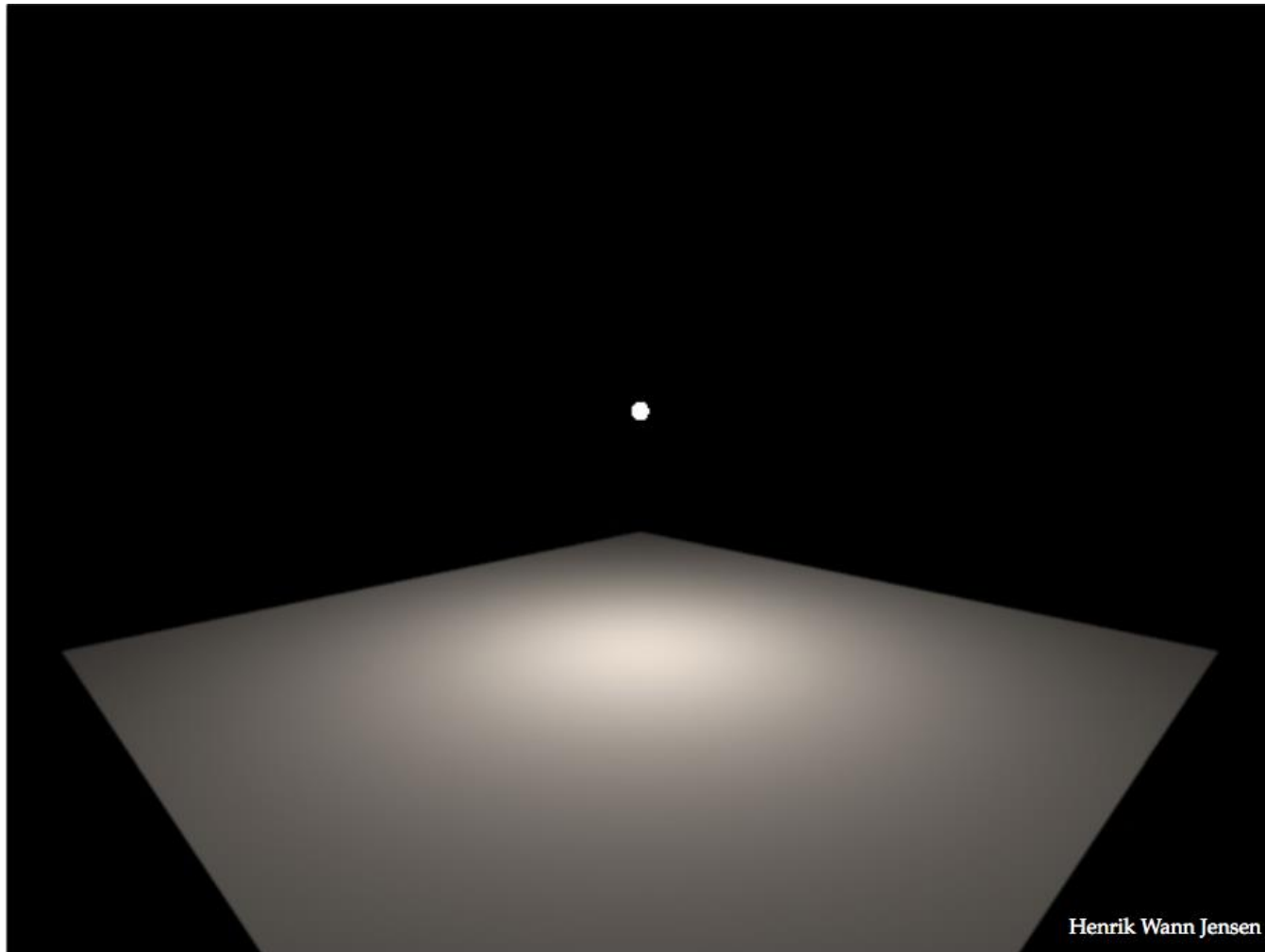
wobei $N$	die Flächennormale,
$L$	die Richtung zur Lichtquelle,
$I_d$	die reflektierte Intensität und
$I_L$	die Intensität der Lichtquelle bezeichnet

# Beispiel

- Kugel aus verschiedenen Richtungen beleuchtet

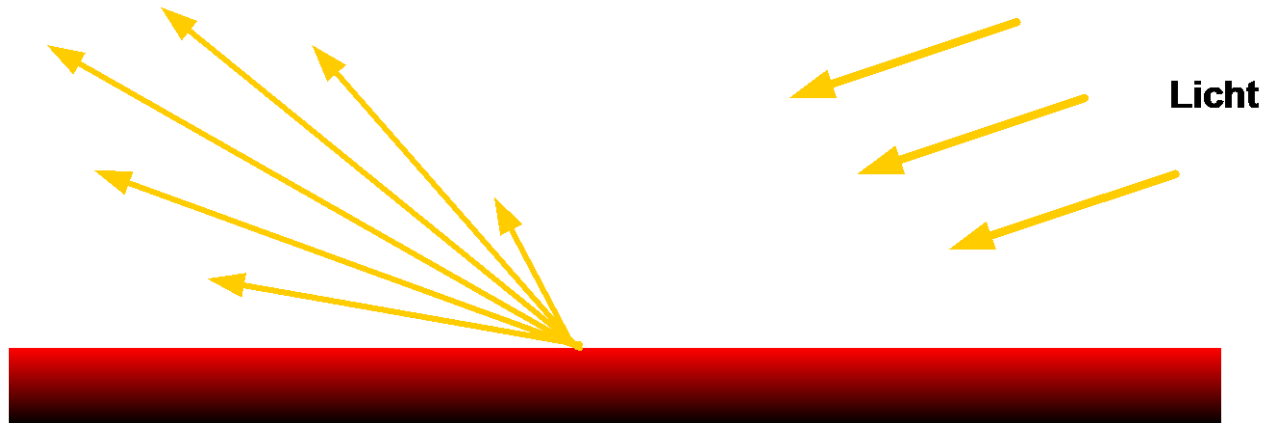


# Beleuchtete Fläche





# Spiegelnde Reflektion

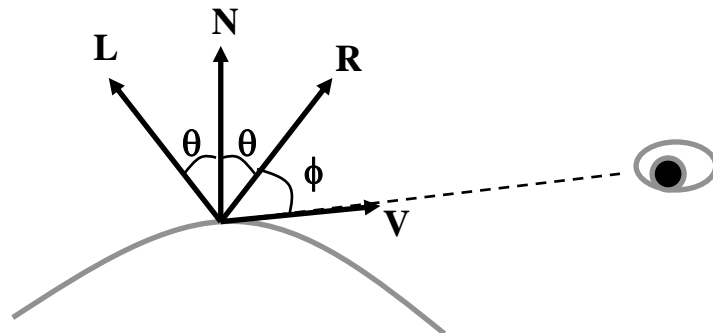


- Simulation der Spiegelung auf glänzenden Oberflächen wie Plastik, Metall oder lackiertes Holz

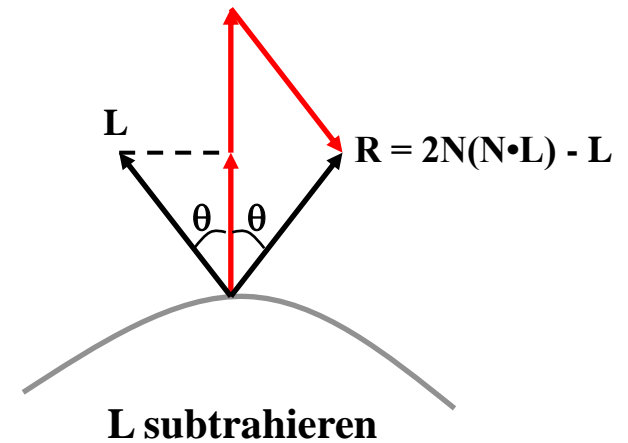
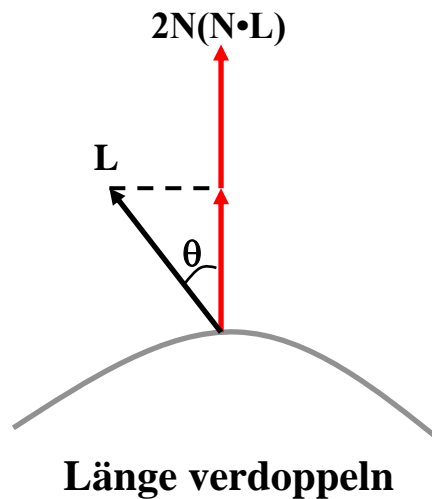
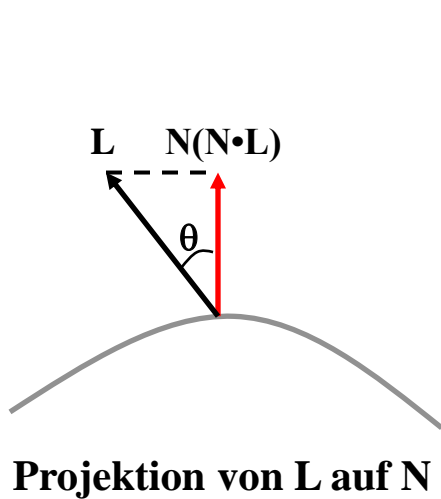
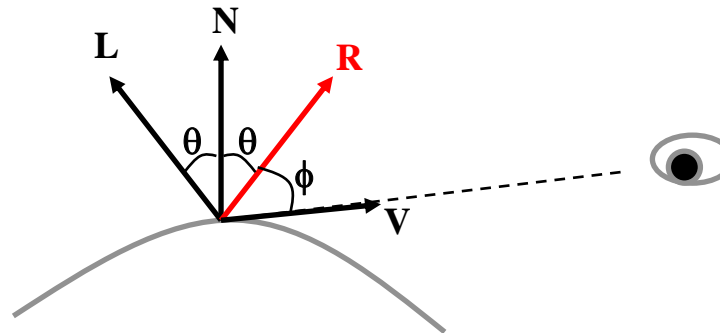
# Phong Modell

- Die Intensität des Lichts nimmt mit  $\cos^n \phi$  ab, wobei  $\phi$  der Winkel zwischen der idealen Reflektionsrichtung und der betrachteten Richtung ist.

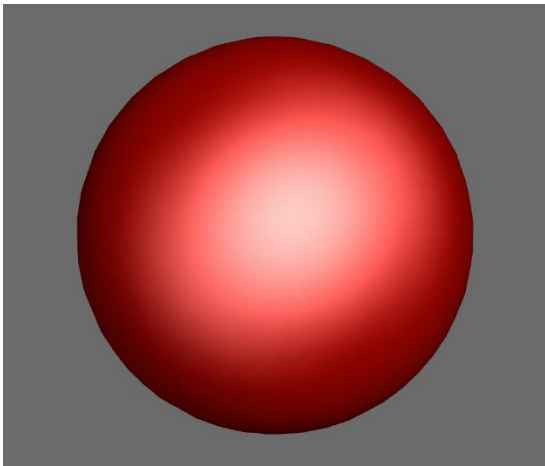
$$I_s = I_L \cdot k_s \cdot \cos^{n_s} \phi$$



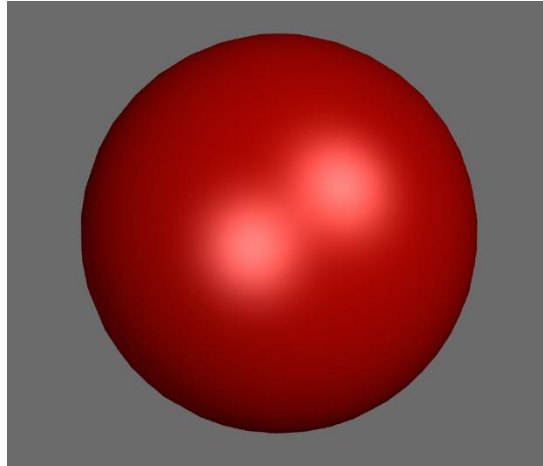
# Berechnung der Reflektionsrichtung



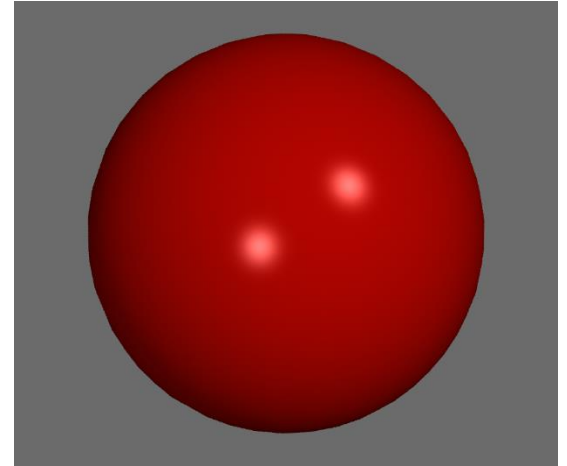
# Phong Koeffizient



$n = 2$



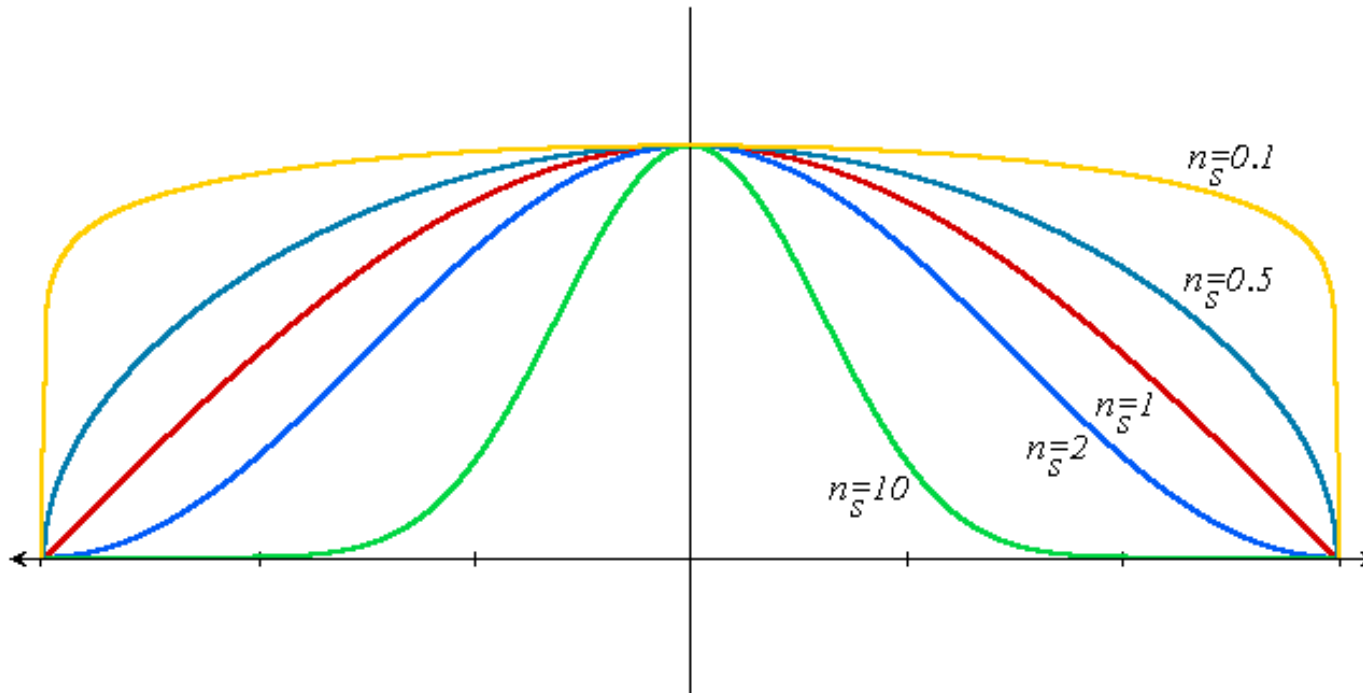
$n = 10$



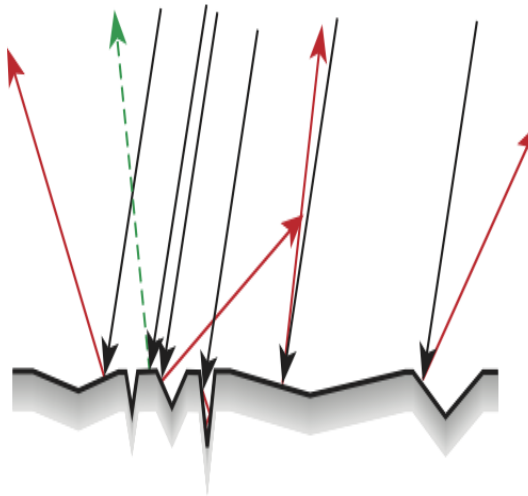
$n = 80$

# Phong Koeffizient

$$I_s = I_L \cdot k_s \cdot \cos^{n_s} \phi$$



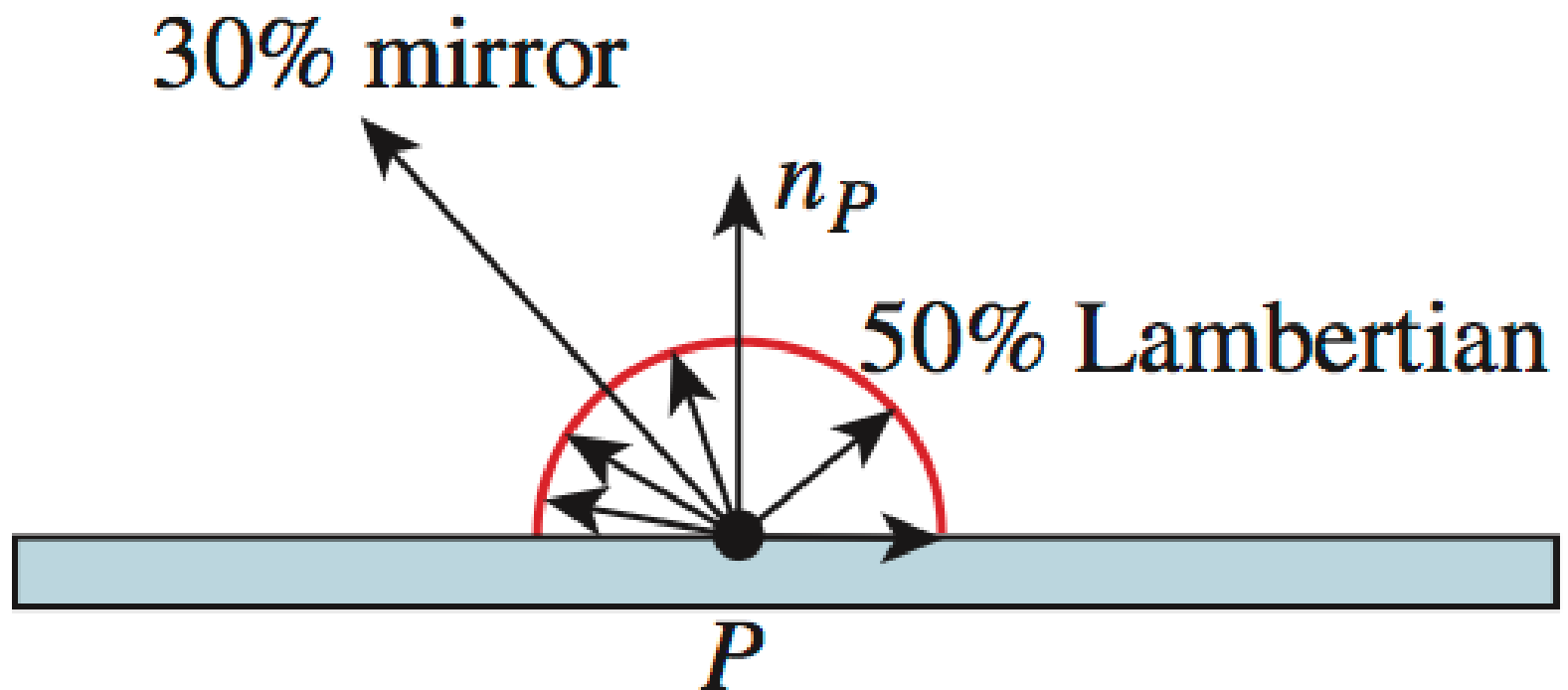
# Scattering



**Figure 27.13** The symmetric grooves all have their tops at the same height. Light arriving at an angle (downward-pointing black arrows) can be reflected in the mirror direction (the dashed green arrow), or reflect back toward the source or in other directions (red).



# Modell



# Farbe

- Die Reflektionskonstanten  $k_d$  und  $k_s$  hängen von der Wellenlänge ab.
- Im einfachen Beleuchtungsmodell werden sie durch Konstanten für die Farben rot, grün und blau bestimmt.

- Beispiel: rotes Objekt aus Plastik:

$$k_d = (0.6, 0, 0),$$

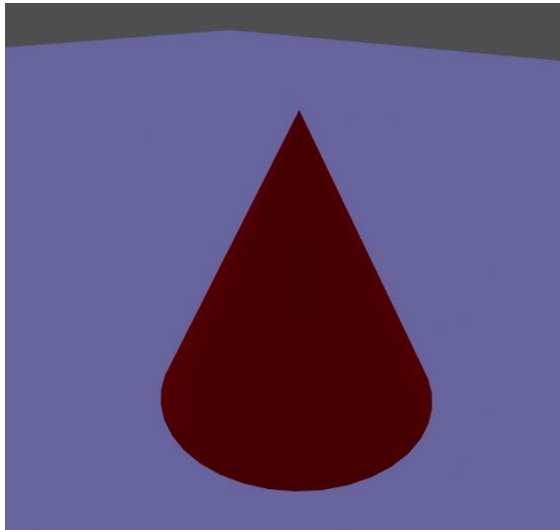
$$k_s = (0.35, 0.35, 0.35)$$

# Abschwächung des Lichts

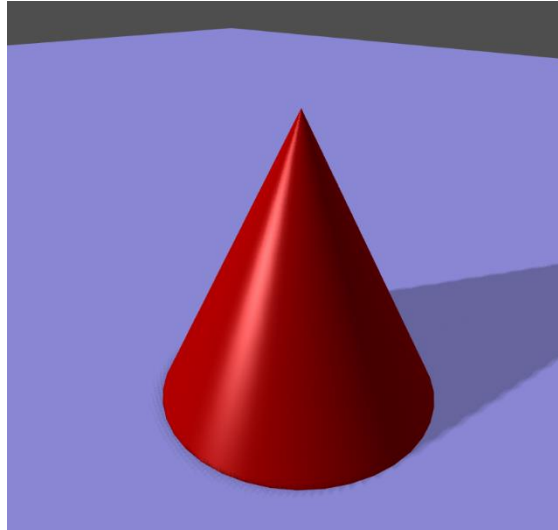
- Die Energie des Lichts nimmt mit dem Quadrat des Abstands ab, dadurch werden die Objekte allerdings schnell zu dunkel
- Häufig findet deshalb das folgende, flexiblere Modell Verwendung

$$f_{\text{Att}} = \frac{1}{(c_1 + c_2 d + c_3 d^2)}$$

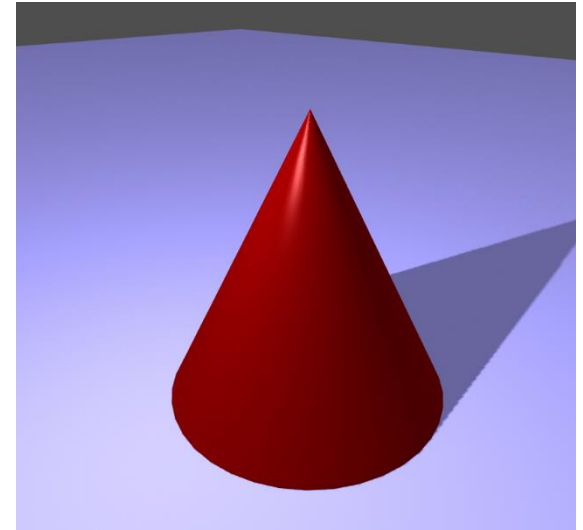
# Lichtquellen



Ambiente  
Lichtquelle

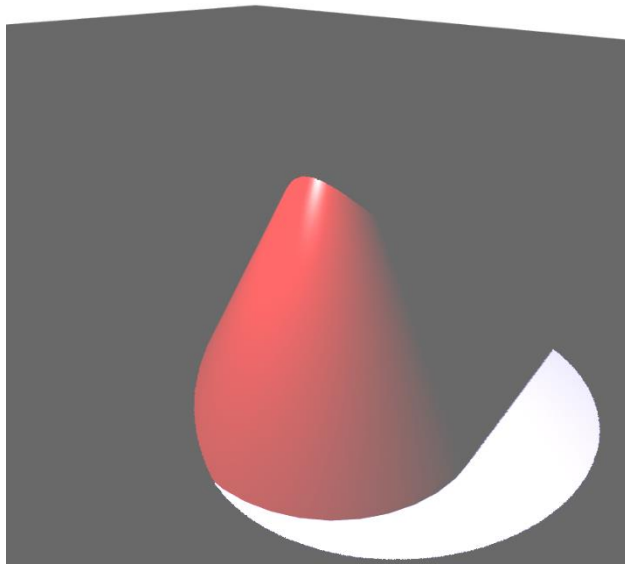


Direktionale  
Lichtquelle

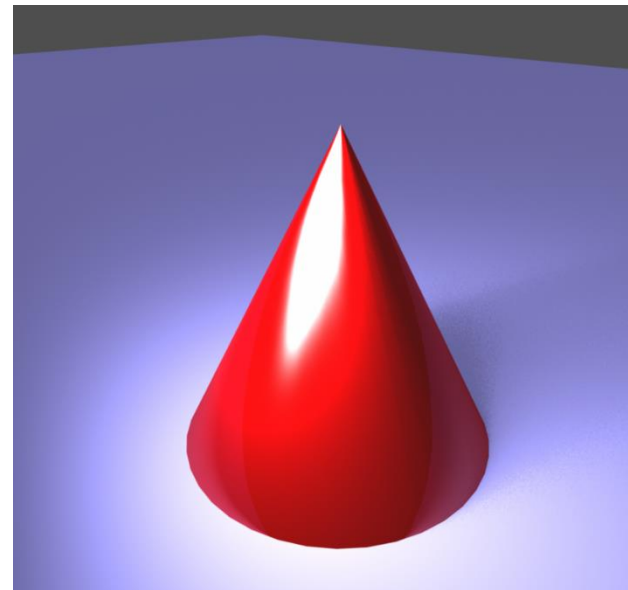


Punkt  
Lichtquelle

# Lichtquellen



Spot  
Lichtquelle



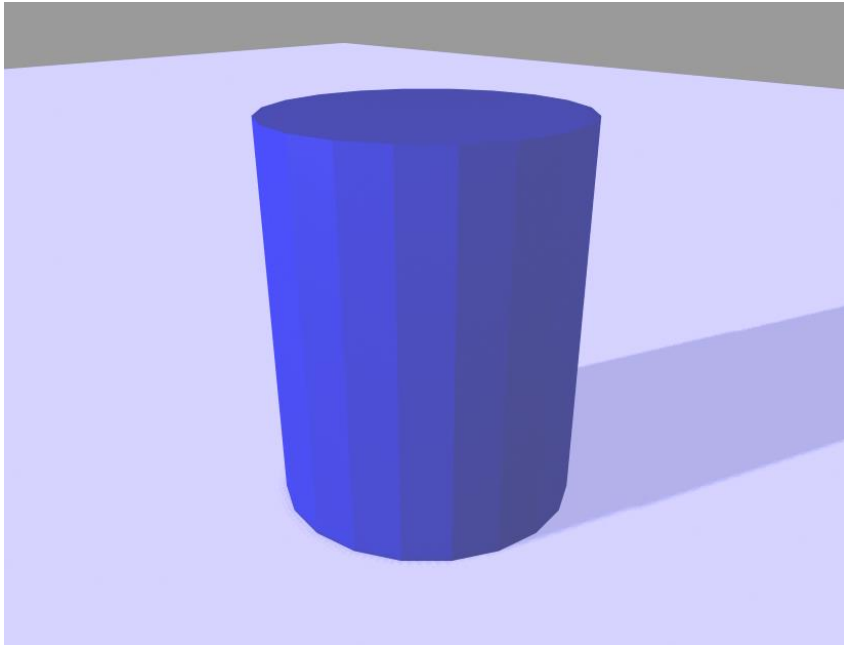
Verteilte  
Lichtquelle

# Schattierung

- Die Schattierung bestimmt an welchen Orten die Beleuchtung berechnet wird
- Man unterscheidet zwischen
  - Konstanter Schattierung
  - Gouraud Schattierung
  - Phong Schattierung

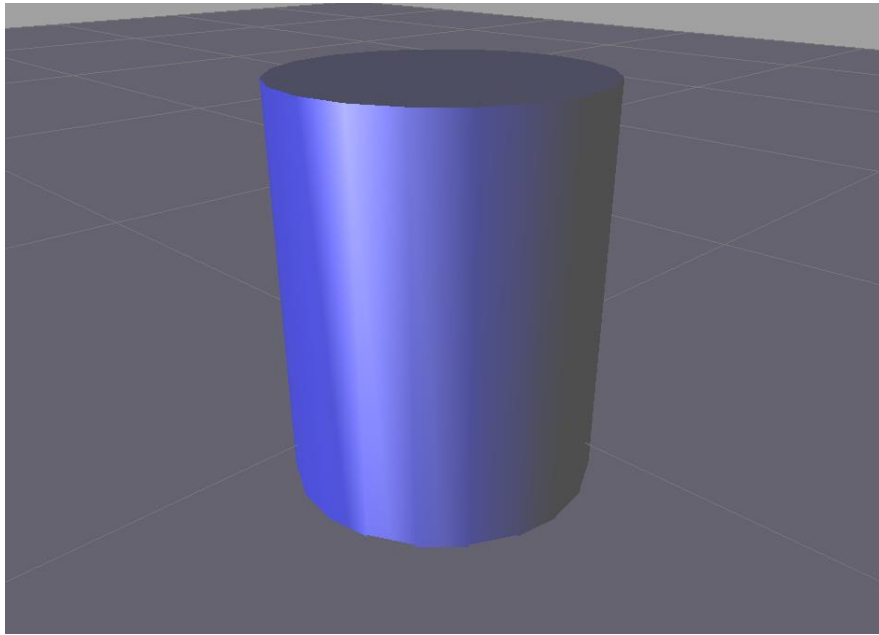


# Konstante Schattierung



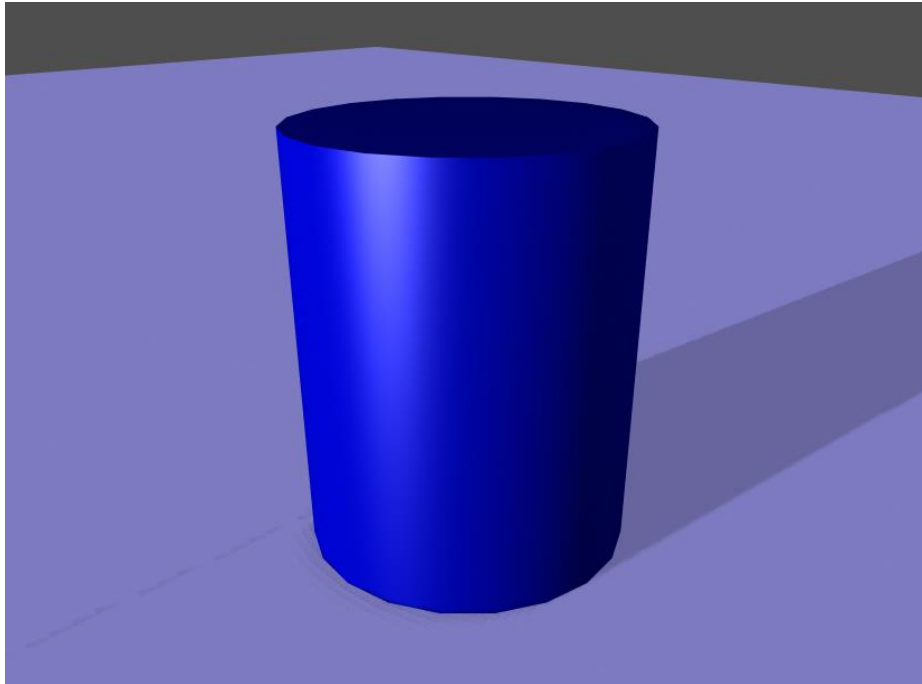
- pro Polygon wird nur eine Farbe berechnet
- Eignet sich nicht für gekrümmte Objekte

# Gouraud Schattierung



- Berechnung der Farbe an jedem Eckpunkt des Polygons
- Lineare Interpolation der Farbe im Innern des Polygons

# Phong Schattierung



- Interpolation des Normalenvektors im Innern des Polygons
- Beleuchtungsberechnung für jeden Pixel