

# VI. Beleuchtung

## VI. Beleuchtung

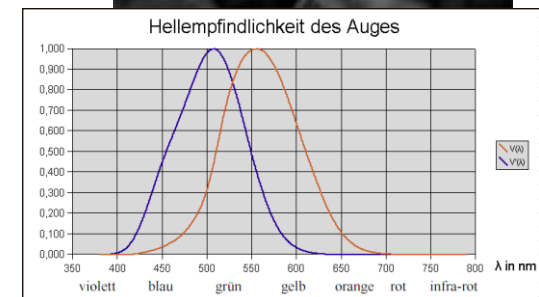
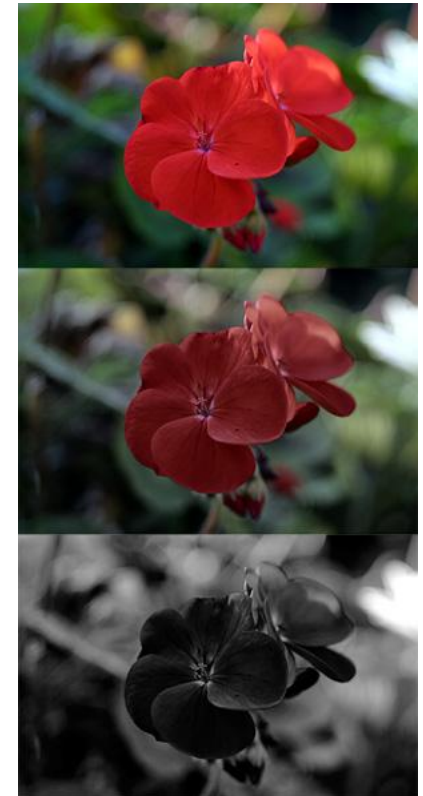
### ▪ Photometrie

- Normale Lichter berücksichtigen keine natürliche Lichteigenschaften. Für glaubwürdige (Tageslicht-) Beleuchtungsmodelle sind photometrische Licht notwendig, um Szenen glaubwürdig ausleuchten zu können.
- Warum?
  - Das menschliche Auge passt sich bei Tageslicht automatisch der Helligkeit der umgebenden Beleuchtung an (V-Lambda-Kurve).
  - Nachts und im Dunkeln verschiebt sich das Wahrnehmungsspektrum des menschlichen Auges („Purkinje-Effekt“).
- Was hat das zur Folge?
  - Nachts und im Dunkeln spielen Helligkeitsunterschiede eine größere Rolle, Farbsättigungen nehmen ab
  - Tags und bei Helligkeit nimmt das Auge mehr Farben wahr, die Helligkeitsunterschiede nehmen ab
  - Bei einem Helligkeitswechsel benötigt das Auge kurze Zeit zur Anpassung an die Beleuchtung (Adaption)
- Photometrische Lichter unterstützen alle physikalischen **Farb- und Helligkeitseigenschaften** des Lichts.

## VI. Beleuchtung

### ■ Photometrie

- Normale Lichter berücksichtigen keine natürliche Lichteigenschaften. Für glaubwürdige (Tageslicht-) Beleuchtungsmodelle sind photometrische Licht notwendig, um Szenen glaubwürdig ausleuchten zu können.
- Warum?
  - Das menschliche Auge passt sich bei Tageslicht automatisch der Helligkeit der umgebenden Beleuchtung an (V-Lambda-Kurve).
  - Nachts und im Dunkeln verschiebt sich das Wahrnehmungsspektrum des menschlichen Auges („Purkinje-Effekt“).
- Was hat das zur Folge?
  - Nachts und im Dunkeln spielen Helligkeitsunterschiede eine größere Rolle, Farbsättigungen nehmen ab
  - Tags und bei Helligkeit nimmt das Auge mehr Farben wahr, die Helligkeitsunterschiede nehmen ab
  - Bei einem Helligkeitswechsel benötigt das Auge kurze Zeit zur Anpassung an die Beleuchtung (Adaption)
- Photometrische Lichter unterstützen alle physikalischen **Farb- und Helligkeitseigenschaften** des Lichts.

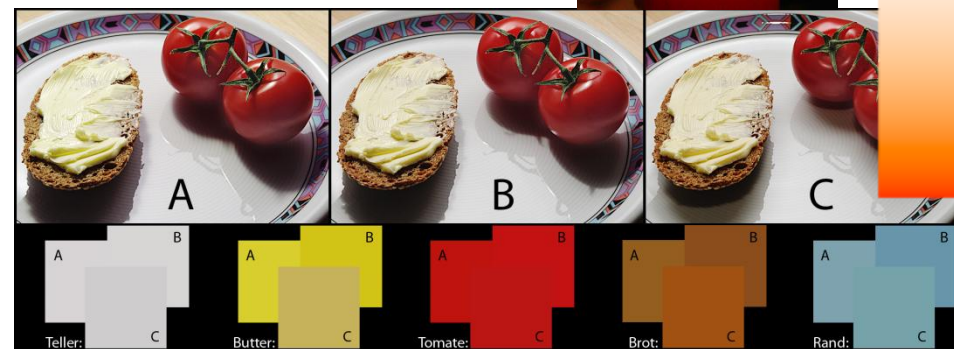
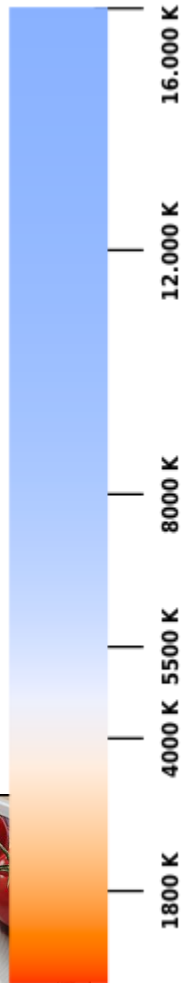


## VI. Beleuchtung

### ▪ Photometrie

#### ▪ Helligkeitseigenschaften des Lichts:

- Lichtstrom (Lumen, lm)  
Strahlungsleistung unter Berücksichtigung der Empfindlichkeitskurve
- Lichtmenge (Lumensekunde, lms)  
Strahlungsmenge unter Berücksichtigung der Empfindlichkeitskurve
- Lichtstärke (Candela, cd)  
Photometrische Einheit, berücksichtigt die Kurve der spektralen Wahrnehmungsfähigkeit d. menschl. Auges
- Beleuchtungsstärke (lux)  
Lichtstrom pro Fläche; gibt an, wie hell eine Fläche beleuchtet wird
- Leuchtdichte (cd / m<sup>2</sup>)  
Lichtstärke pro Fläche, in Amerika bekannt als „Lambert“ (la)
- Farbtemperatur (Kelvin, K)  
Berücksichtigung von metameren Lichtquellen (quasi Weissabgleich)



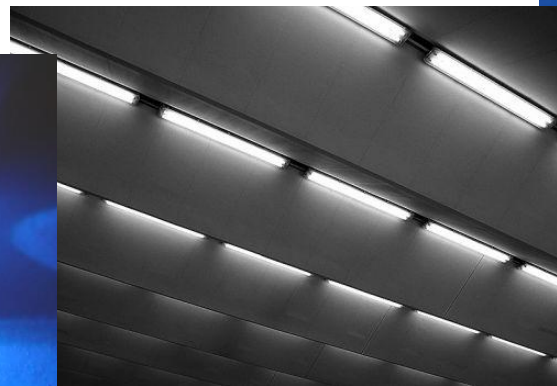
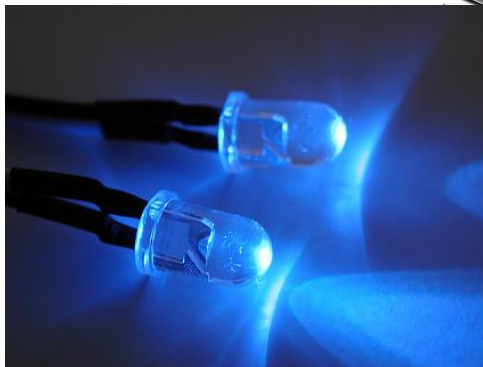
## VI. Beleuchtung

- Photometrische Helligkeitskorrektur
  - Bei der Verwendung von physikalischen Lichtwerten muss das Bild beim Rendering in das RGB-Wertesystem umgewandelt werden. Dieses Verfahren wird photometrische Helligkeitskorrektur genannt. Es gibt dabei 3 wichtige Verfahren zur Umwandlung:
    - Lineare Helligkeitsanpassung
      - Umwandlung von physikalischen Helligkeitswerten in RGB-Werte unter Verwendung der **durchschnittlichen Helligkeit** eines Bildes (Helligkeit, Kontrast, Weißabgleich)
    - Logarithmische Helligkeitsanpassung
      - Umwandlung von physikalischen Helligkeitswerten (z.B. von Tageslicht) in RGB-Werte unter Verwendung des **Sehempfindens des menschlichen Auges** (Helligkeit, Kontrast, Weißabgleich)
      - Geeignet für HDRI
    - Fotografische Helligkeitsanpassung
      - Umwandlung von physikalischen Helligkeitswerte in RGB unter Verwendung der **Aufnahmeeigenschaften von Filmkameras** (Blende, Belichtungszeiten, ISO)

## VI. Beleuchtung

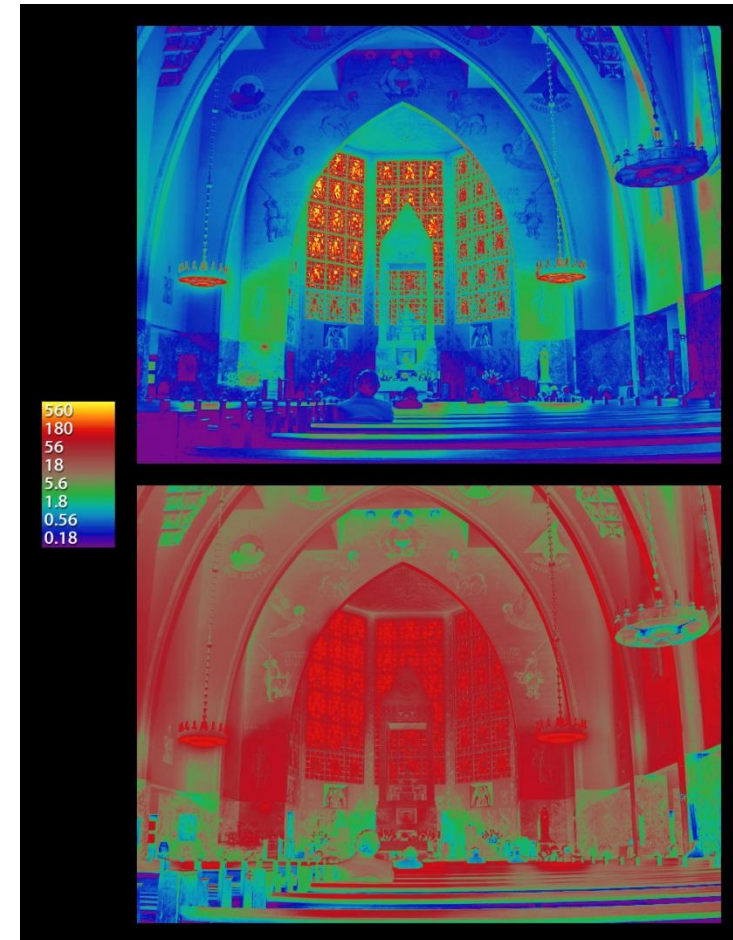
### ▪ Lichttypen

- Zur Berechnung von Lichtern wurden in der Computergrafik verschieden Lichttypen eingeführt
  - Punktlichter (Omni Lights)
  - Scheinwerferlichter (Spot Lights)
  - Richtungslichter (Directional Lights)
  - Flächenlichter (Area Lights)
  - Himmelslicht (Sky Light)
- Gibt es solche Lichter in der realen Welt?



## VI. Beleuchtung

- High Dynamic Range Images (HDRIs)
  - Unterschiede in hellen Bereichen werden vom menschl. Auge weniger gut wahrgenommen
  - Herkömmliche Bilder (LDR) berücksichtigen diese Unterschiede nicht und können auch keine versteckten Details wiedergeben
    - Standard: 256 Helligkeitsunterschiede für jeden Kanal
  - Tatsächliche „Lichtquellen“ können vom restl. Bild nicht unterschieden werden
    - Problem für die CG bisher: keine Lichtquellen
  - HDRIS speichern in 32 Bit bzw. 48 Bit pro Pixel und logarithmisch d.h. unter Berücksichtigung der photometrischen Helligkeit
    - Durch den gewaltigen Farb- und Kontrastumfang können Lichtquellen vom Hintergrund unterschieden werden
    - Die logarithmische Verteilung eines HDRIs kann 1:1 auf ein globales Beleuchtungsmodell übertragen werden, wenn dieses die Szene vollständig umgibt  
IBL (Image Based Lighting)





## VI. Beleuchtung

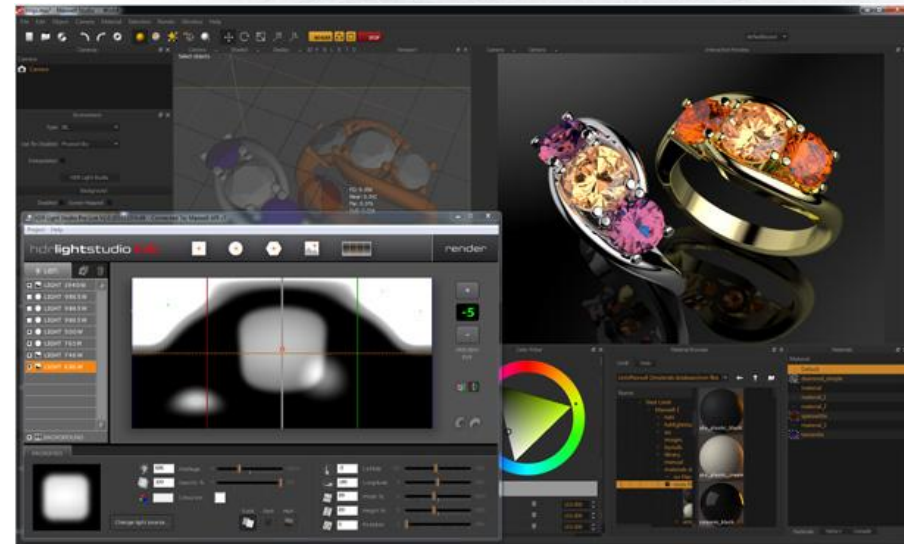
- HDRIs
  - Panorama HDRIs können in der CG zur realistischen Ausleuchtung und für Reflexionen verwendet werden!
  - Problem: Hohe Auflösung nötig, wenn der Hintergrund mit angezeigt werden soll  
10.000x4.000 Pixel in 32bit, komprimiert: 400mb
  - Hoher Aufwand!





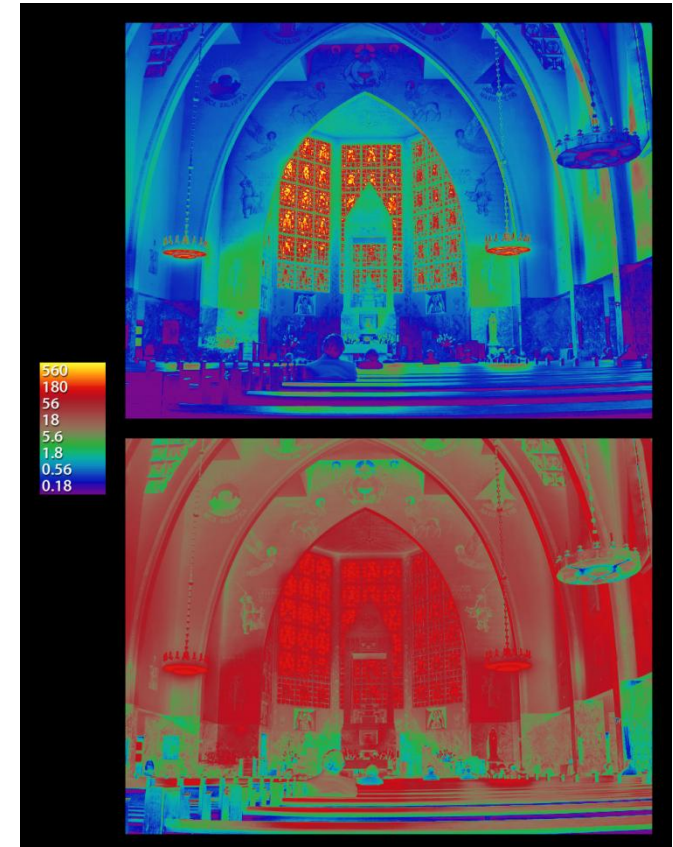
## VI. Beleuchtung

- HDRI Studios
  - Zur Minimierung des hohen Aufwands:
    - Programme zum Zeichnen von HDRIS



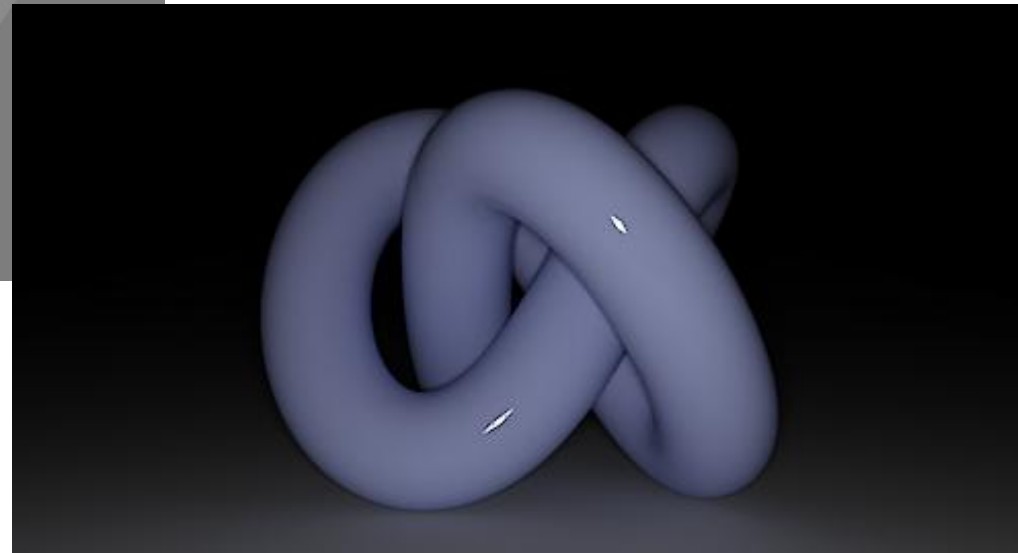
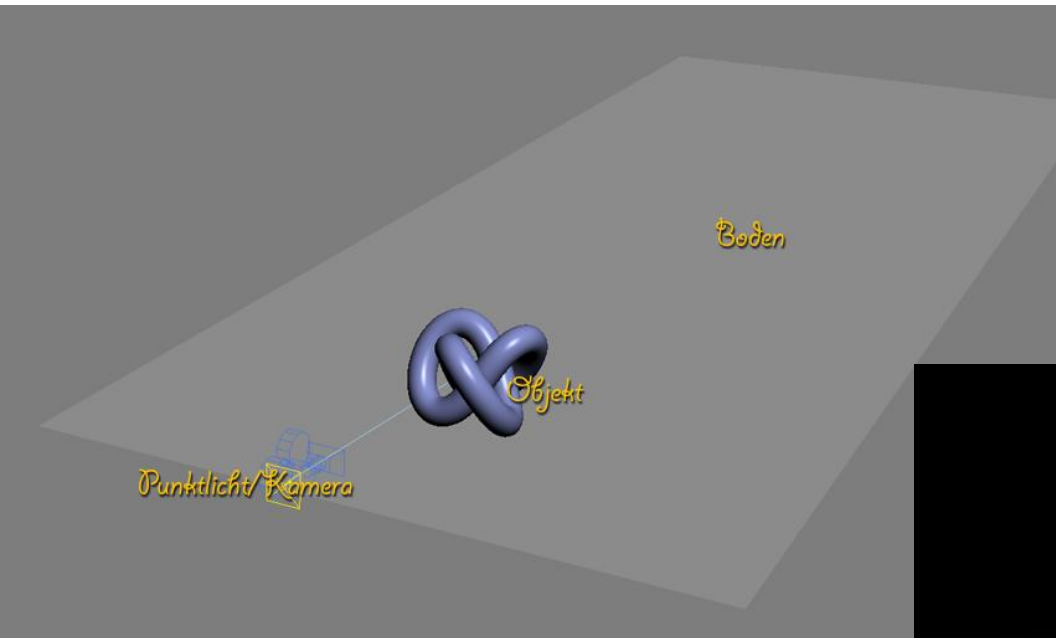
## VI. Beleuchtung

- High Dynamic Range Images (HDRIs)
  - Unterschiede in hellen Bereichen werden vom menschl. Auge weniger gut wahrgenommen
  - Herkömmliche Bilder (LDR) berücksichtigen diese Unterschiede nicht und können auch keine versteckten Details wiedergeben
    - Standard: 256 Helligkeitsunterschiede für jeden Kanal
  - Tatsächliche „Lichtquellen“ können vom restl. Bild nicht unterschieden werden
    - Problem für die CG bisher: keine Lichtquellen
  - HDRIs speichern in 32 Bit bzw. 48 Bit pro Pixel und logarithmisch d.h. unter Berücksichtigung der photometrischen Helligkeit
    - Durch den gewaltigen Farb- und Kontrastumfang können Lichtquellen vom Hintergrund unterschieden werden
    - Die logarithmische Verteilung eines HDRIs kann 1:1 auf ein globales Beleuchtungsmodell übertragen werden, wenn dieses die Szene vollständig umgibt



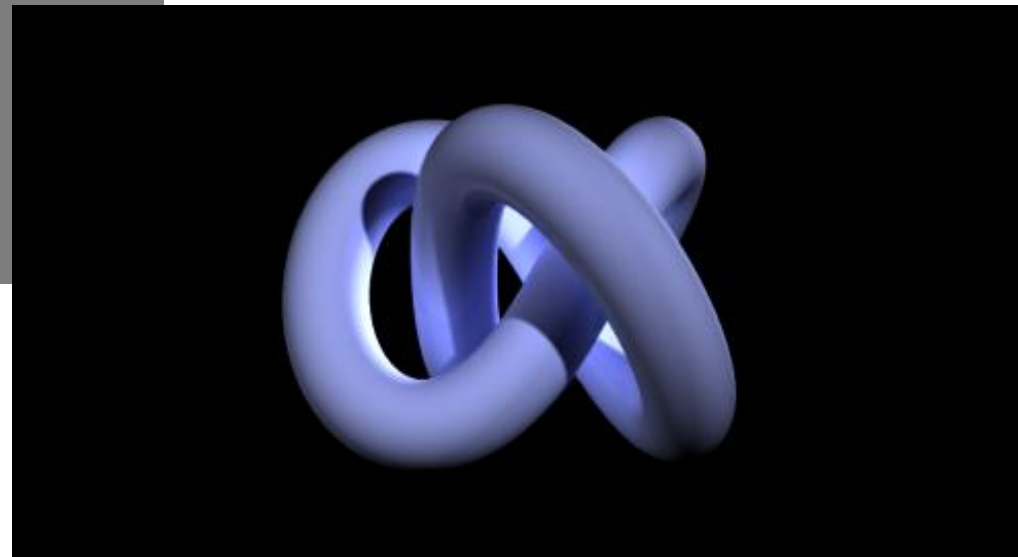
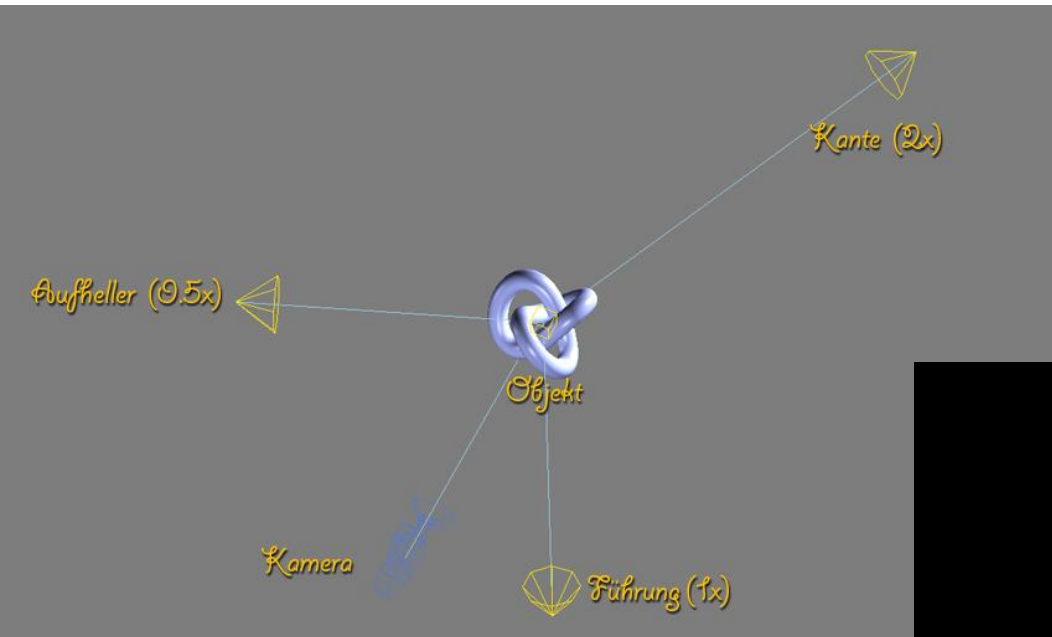
## VI. Beleuchtung

- Viewportlight / „Blitzlicht“



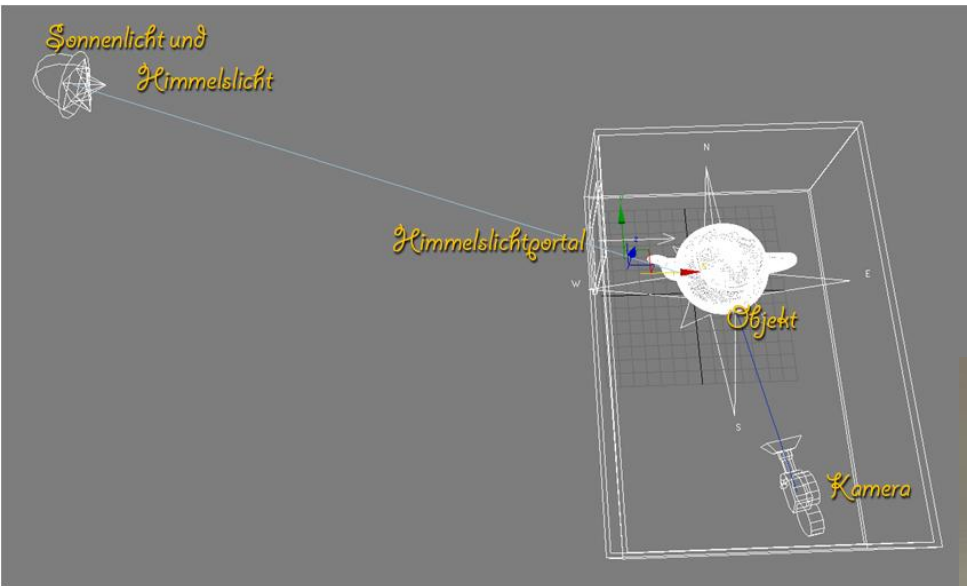
## VI. Beleuchtung

- 3-Punkt-Beleuchtung



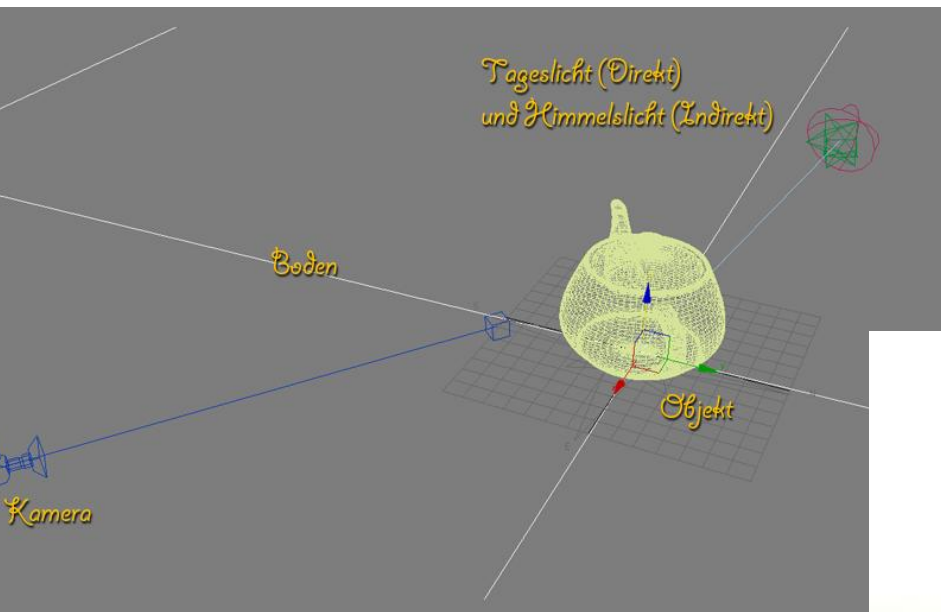
## VI. Beleuchtung

- Innenraum mit Globaler Beleuchtung



## VI. Beleuchtung

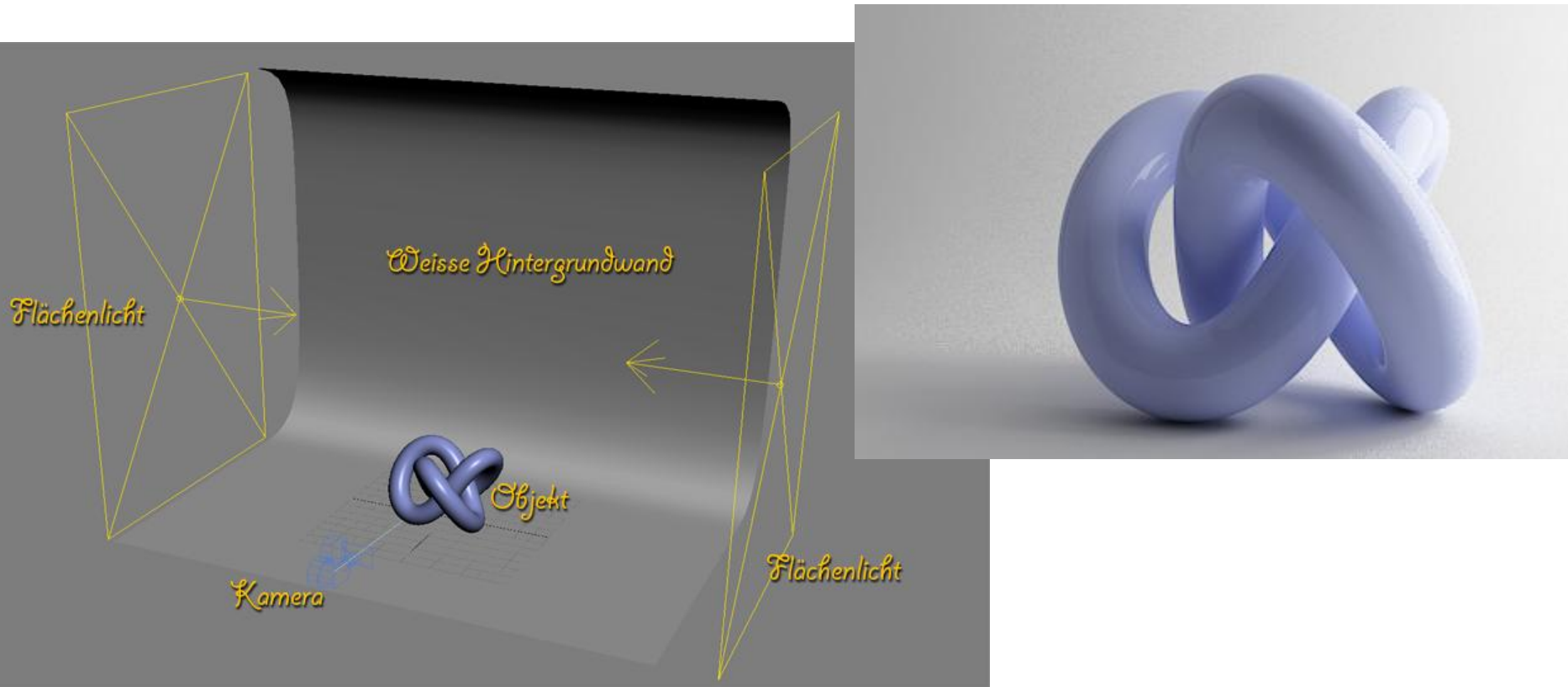
- Tageslicht mit Globaler Beleuchtung





## VI. Beleuchtung

- Studiosetup mit Globaler Beleuchtung



## VI. Beleuchtung

- Studiosetup mit Globaler Beleuchtung

