



hochschule aschaffenburg
university of applied sciences

Repetitorium – Teil 1

Computergrafik

- 360 Grad Panorama

Realitätserfassung

Computergrafik

360 Grad Panorama



Equirektanguläre Projektion („Plattkarte“)

2:1



Raw:

Jedes Pixel auf eine Position im
Processed Image abbilden.

Surjektiv Abbildung, Interpolation.



Processed:

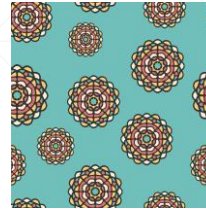
Für jedes Pixel die beste Zuordnung
im Raw Image schätzen.

Injektiv Abbildung.

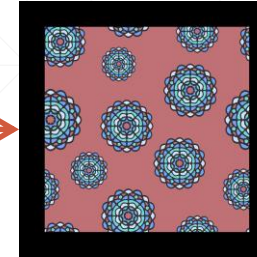
Abbildungen

Injektiv (linkseindeutig)
„Alle Urbilder haben Bilder.“

Urbild



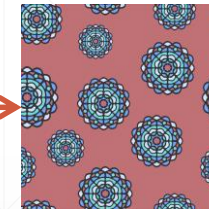
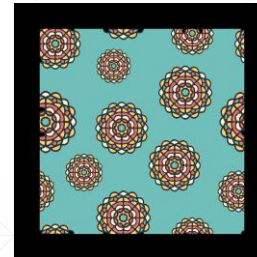
Bild



Beispiel

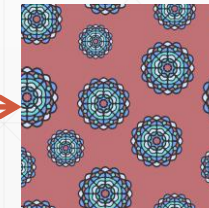
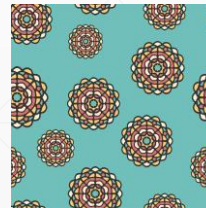
Bildvergrößerung

Surjektiv (rechtseindeutig)
„Alle Bilder haben eines oder mehrere Urbilder.“



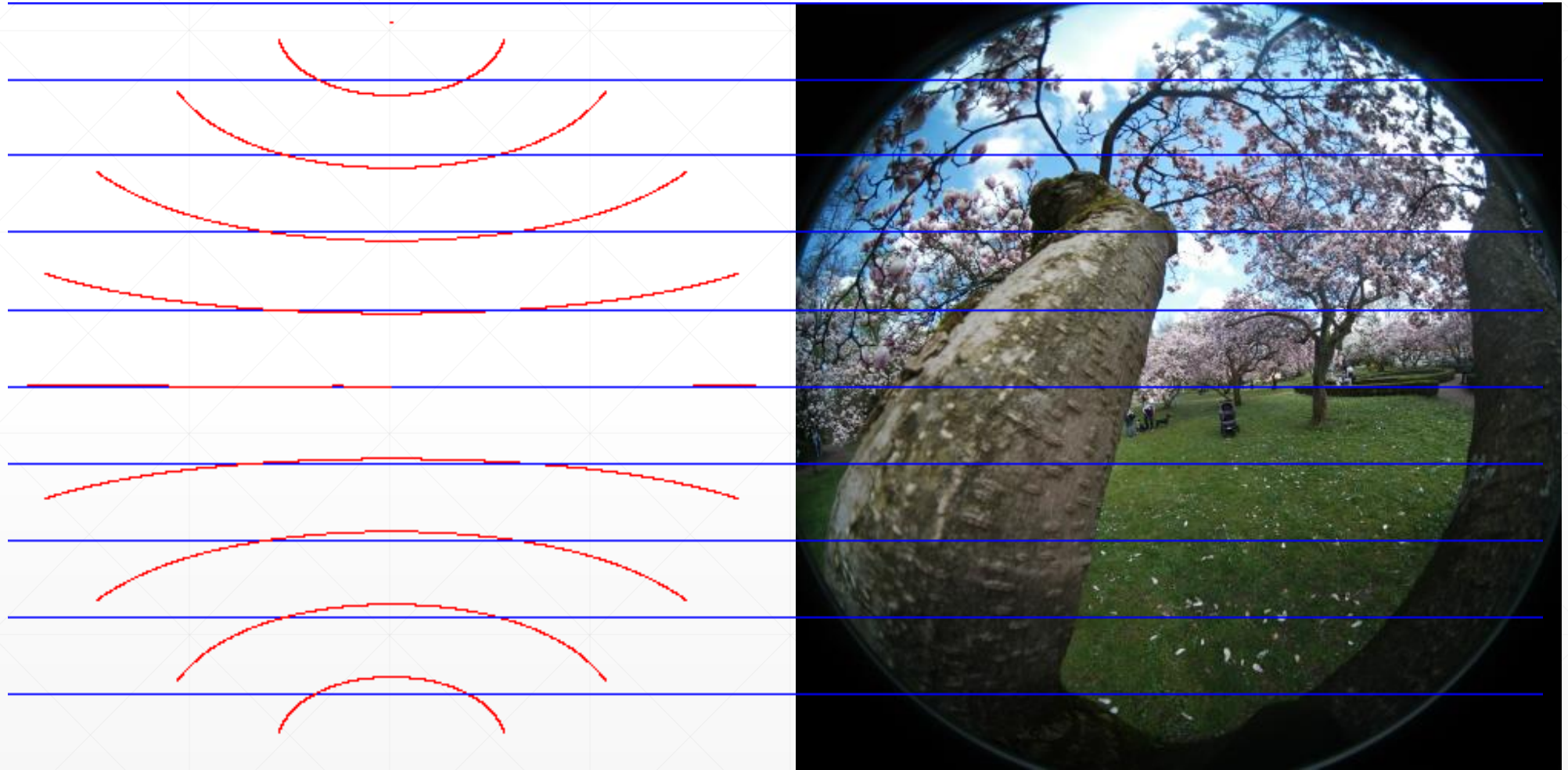
Bildverkleinerung

Bijektiv (eineindeutig)
„Eindeutige Beziehung zwischen Urbildern und Bildern.“



Grauwerte

„Equi-“ = Abstandstreu, „-rectangle“ = Sphärisch nach flach



Algorithmus

```
private static double[] ReverseCalculation(double x0, double y0)
{
    // 2d equirectangular
    var longitude = x0 * Math.PI;
    var latitude = y0 * Math.PI / 2;

    // 3d coords on unit sphere
    var px = Math.Cos(latitude) * Math.Cos(longitude);
    var py = Math.Cos(latitude) * Math.Sin(longitude);
    var pz = Math.Sin(latitude);

    // 2d fisheye polar coords
    var r = 2 * Math.Atan2(Math.Sqrt(px * px + pz * pz), py) / _aperture;
    var theta = Math.Atan2(pz, px);

    // return 2d fisheye coords as integer
    return new[] {(r * Math.Cos(theta)), (r * Math.Sin(theta))};
}
```

Aufgaben

- Ist der Algorithmus injektiv?

Umrechnung 2x 190 Grad Bilder

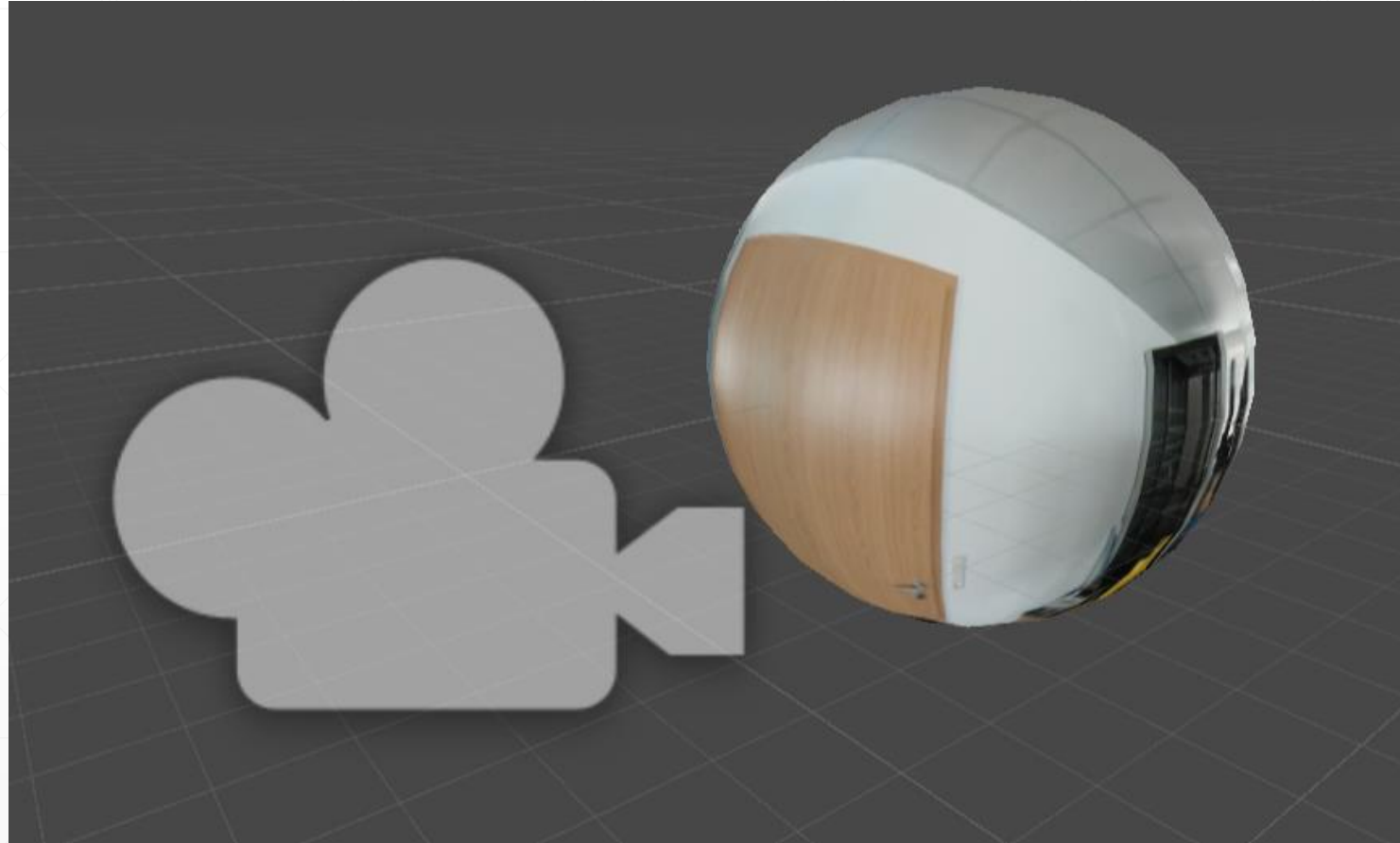
Transformation



- + Stitching
- + Verzeichnungen
- + Farbabgleich



Ergebnis: Projektion auf Kugel



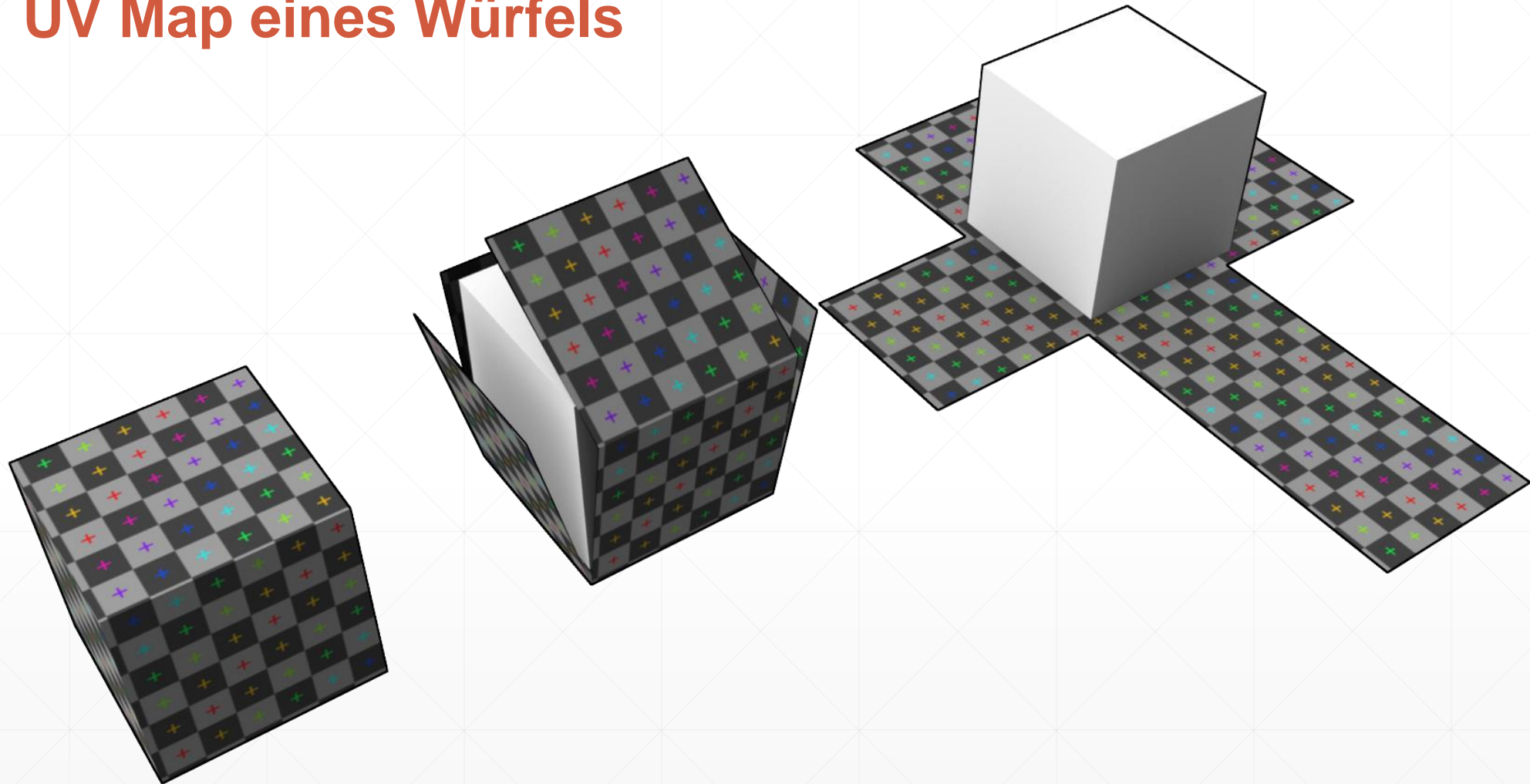
Aufgaben

- Woher weiß die Kugel, wie sie das Bild anzeigen muss?
 - Texturen
 - UV Map
- Warum wird das Bild nur auf der Außenseite angezeigt?
- Was ist „die Außenseite“?

Bilder sind in Unity Texturen

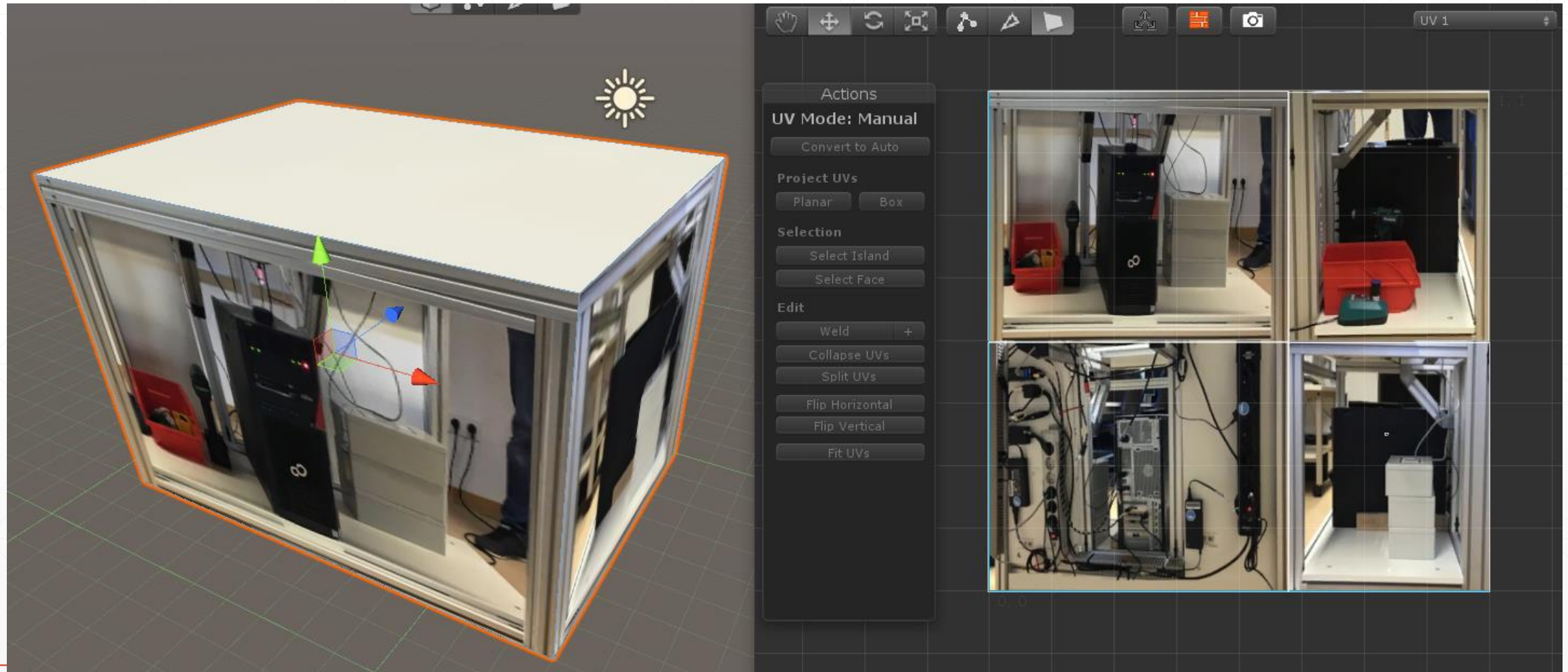


UV Map eines Würfels



(Quelle: Wikipedia)

Aufkleben von Texturen



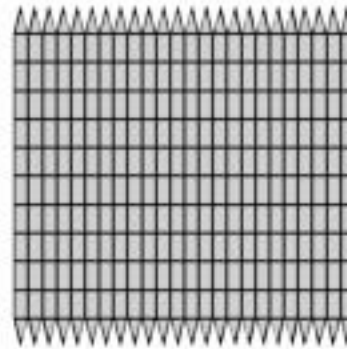
UV Map einer Polygon-Kugel (Unity)

3-D Model



$$p = (x, y, z)$$

UV Map



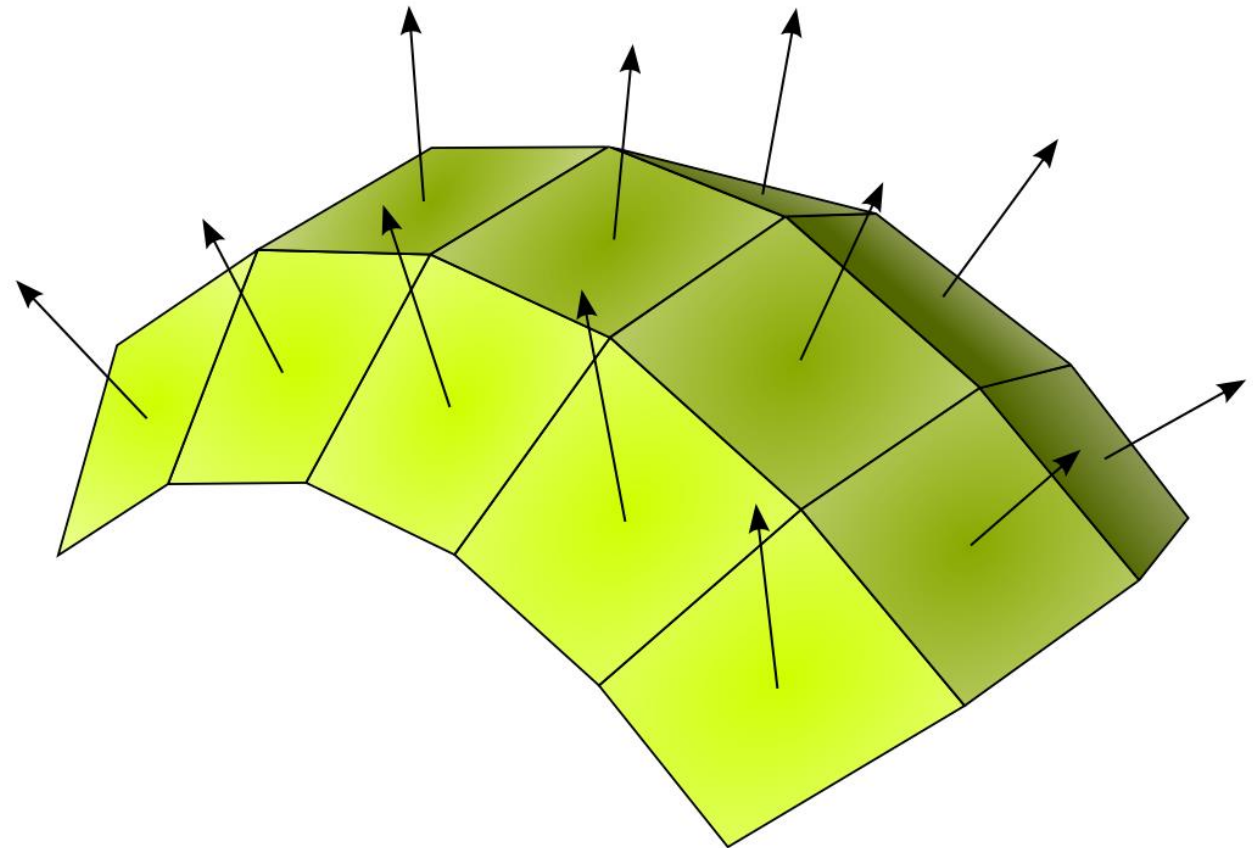
$$p = (u, v)$$

Texture



Innenseite / Außenseite

„Auf der anderen Seite sein“ =
Textur wird nicht verarbeitet.



(Quelle: Wikipedia)

Aufgaben

- Wo wird der Normalenvektor verwendet?

- Laufzeitmessung
- Interferenzmessung
- Photogrammetrie

Realitätserfassung

Computergrafik

Realität (links) und Modell (rechts)

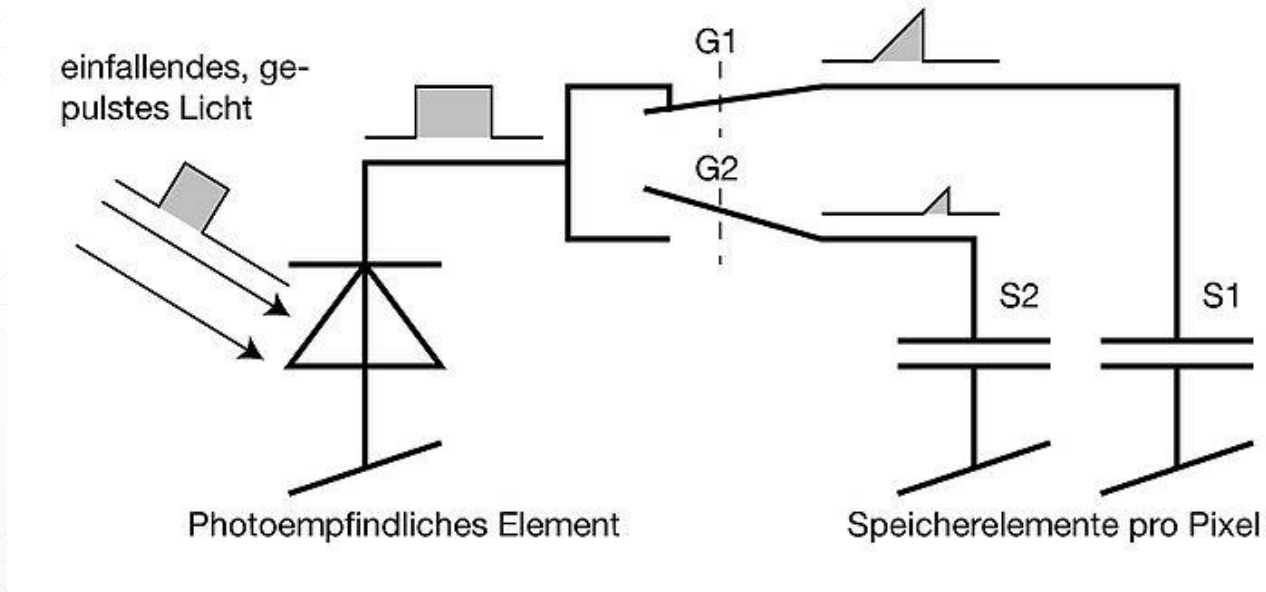


Laufzeitmessung „Time-of-Flight“, ToF



(Quelle: Microsoft)

Auswertung von reflektierten Lichtpulsen



hier: naher IR Bereich

Abtastrate	~60kHz
Genauigkeit	1cm

(Quelle: Wikipedia)

Pulslänge = welchen Bereich erfassen?

Bspw. $D = 7,5\text{m}$

dann: $\Delta t = \frac{D}{2 \times c} \approx 50\text{ns}$

Um Schaltzeit = Pulslänge

d.h. je weiter das Objekt entfernt ist,
umso größer der Pulsanteil, der noch
"auf der Strecke" ist

Für Abstand $> D$ immer gleiches Ergebnis

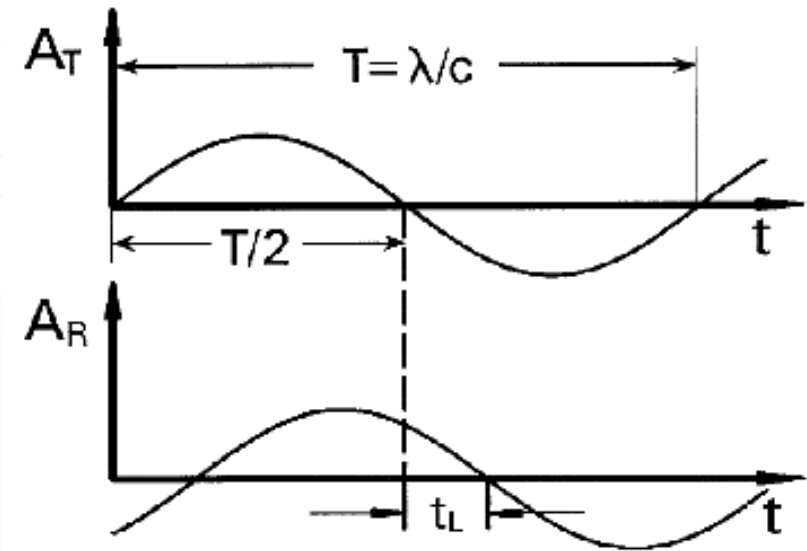
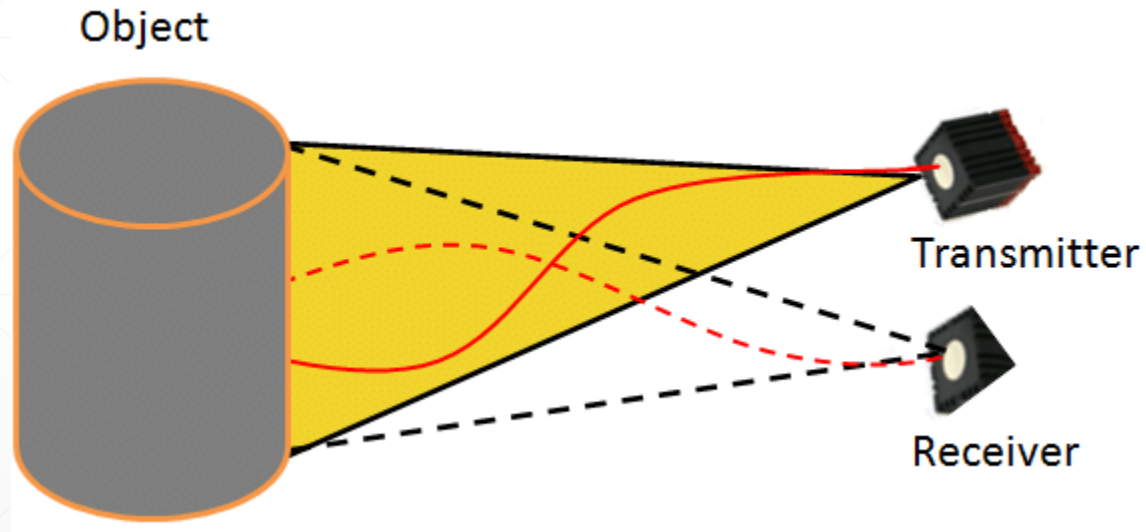
Interferenzmessung

Laserscanner; Continuous Wave Verfahren (CW)

Abtastrate	1MHz
Genauigkeit	1mm

Abtastung über Raumwinkel, Bestimmung der Phasendifferenz

i.d.R. mehrere Wellenlängen



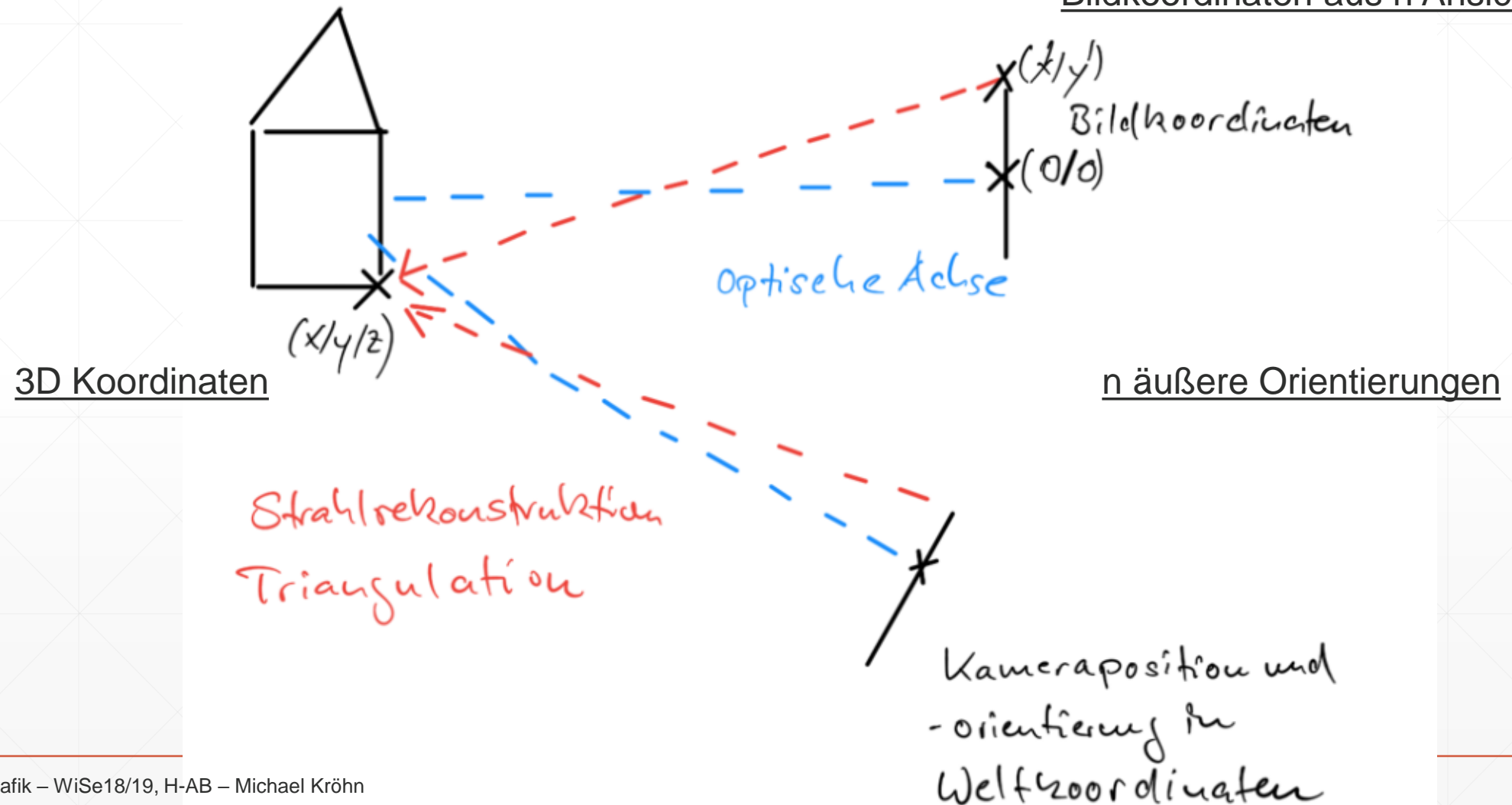
(Quelle: Jamtsho, Sonam. (2018).
Geometric Modelling of 3D Range Cameras and their
Application for Structural Deformation Measurement.)

(Quelle: <http://www.geoinformation.net>)

Photogrammetrie

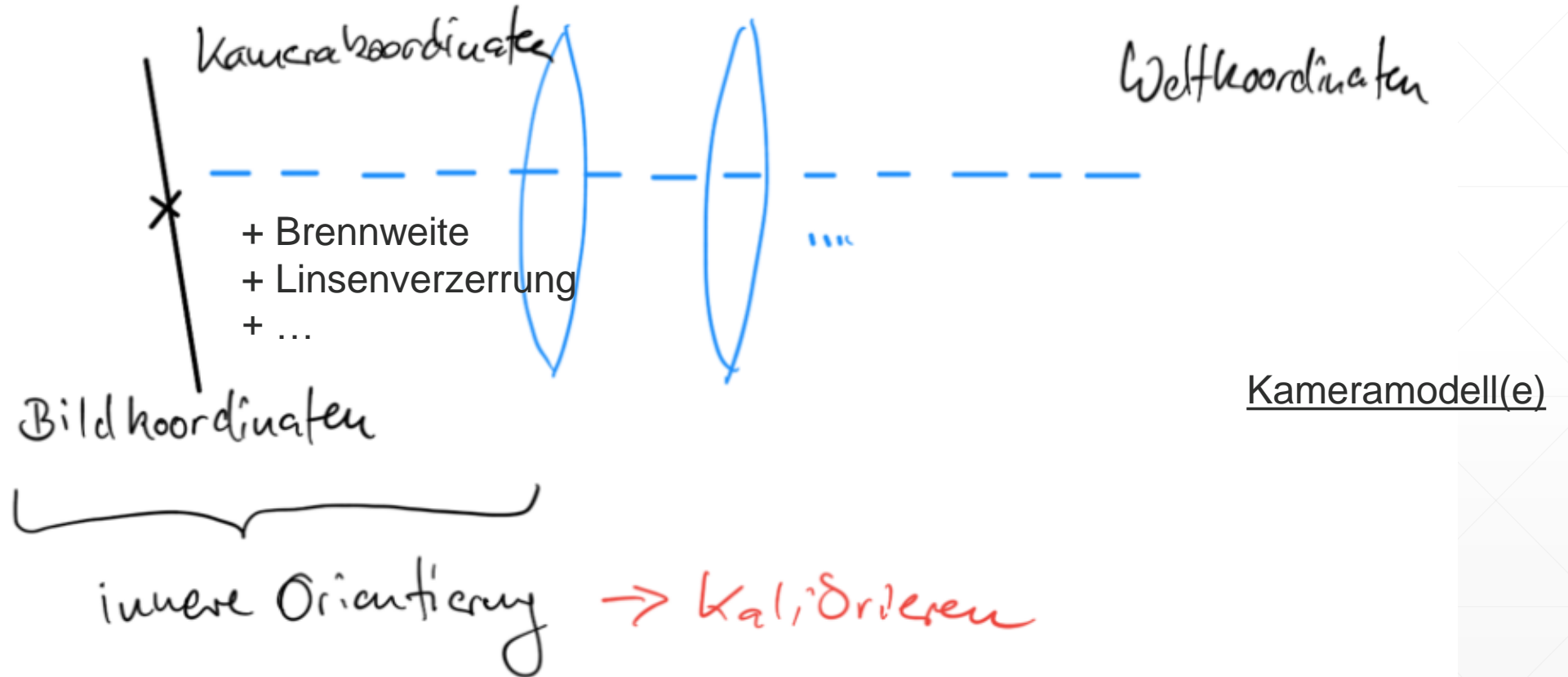
Nahbereich

Bildkoordinaten aus n Ansichten



Photogrammetrie

Nahbereich



Aufgaben

- Welche Methoden der 3D Erfassung gibt es?
- Worin unterscheiden sich die Methoden?
- Was ist mit innerer Orientierung der Kamera gemeint?

CG Grundbegriffe

Computergrafik

Grundbegriffe

Vertex

Raumpunkt (dimensionslos) mit x/y/z Koordinate; Plural: Vertices

Weltkoordinaten

Allgemeines Koordinatensystem, auf dessen Ursprung sich alle Objekte referenzieren.

Objektkoordinaten

Objektspezifisches Koordinatensystem, dessen Ursprung meist im Schwerpunkt liegt. Der Ursprung wird auch Pivot-Punkt genannt.

Grundbegriffe

Gittermodell (engl. Mesh)

Benachbarte Vertices, die auf einer gemeinsamen Objektfläche liegen, werden über Kanten verbunden.

Dadurch werden i.d.R. Dreiecke (Triangles) oder Vierecke (Quads) gebildet.
Wichtig: beide Elemente bilden Planflächen (Rechenzeit!)

Die Berechnung eines Mesh aus einer Anzahl Vertices wird Vermaschung genannt.

Facette

Einzelnes Triangle oder Quad im Mesh.

Grundbegriffe

Normalenvektor

Vektor senkrecht zur Fläche. Wichtig für Beleuchtung und Strukturierung.

- pro Facette, vgl. Flat-Shading
- pro Vertex

Die Gesamtheit der Normalenvektoren heißt Normalenvektorfeld. Das Normalenvektorfeld beschreibt die Topologie des Objekts.

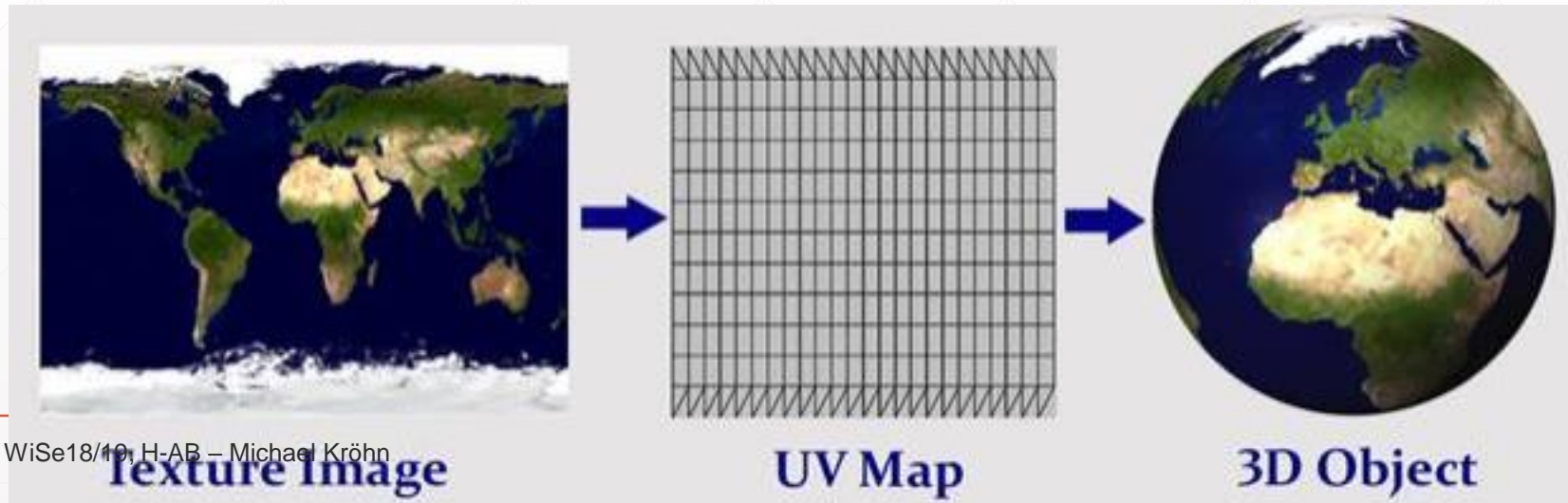
Die Außenseite zeigt in Richtung der Normalenvektoren.

Grundbegriffe

UV Map

Transformation von 3D Objektkoordinaten auf 2D “Textur”-Koordinaten.

Gleiches Prinzip wie bei Projektion Fisheye-Aufnahme nach Merkator-Darstellung. Zur Erinnerung: Die UV Map einer Sphäre in Unity ist die Merkator-Darstellung.



Grundbegriffe

Bildschirmkoordinaten

2D Koordinaten im gerenderten Bild.

Rendering

Berechnung des 2D Bildes auf Basis der 3D Szene.

Aufgaben

- Definitionen wiedergeben

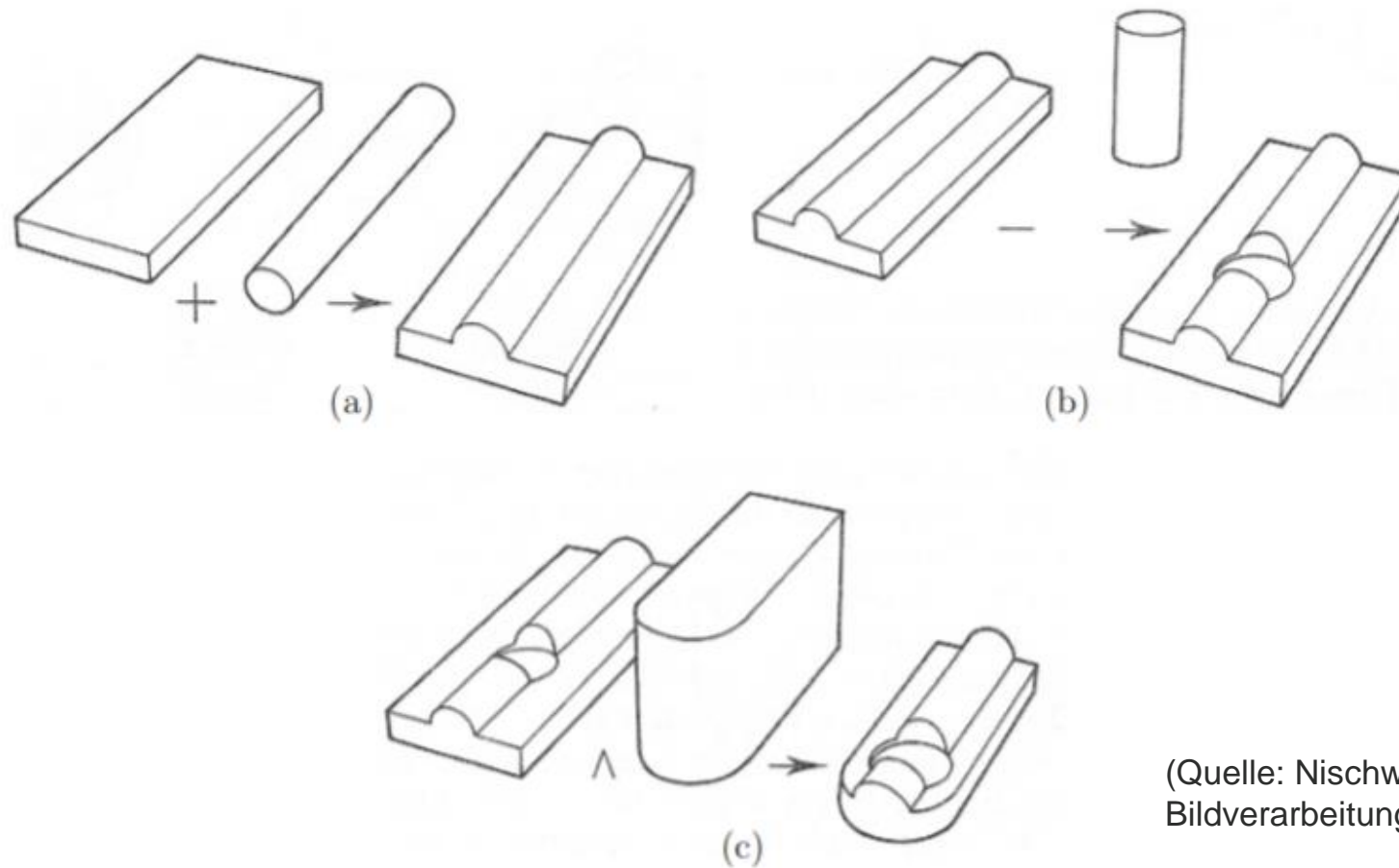
- Bool'sche Operationen

Modellieren

Computergrafik

Modellieren

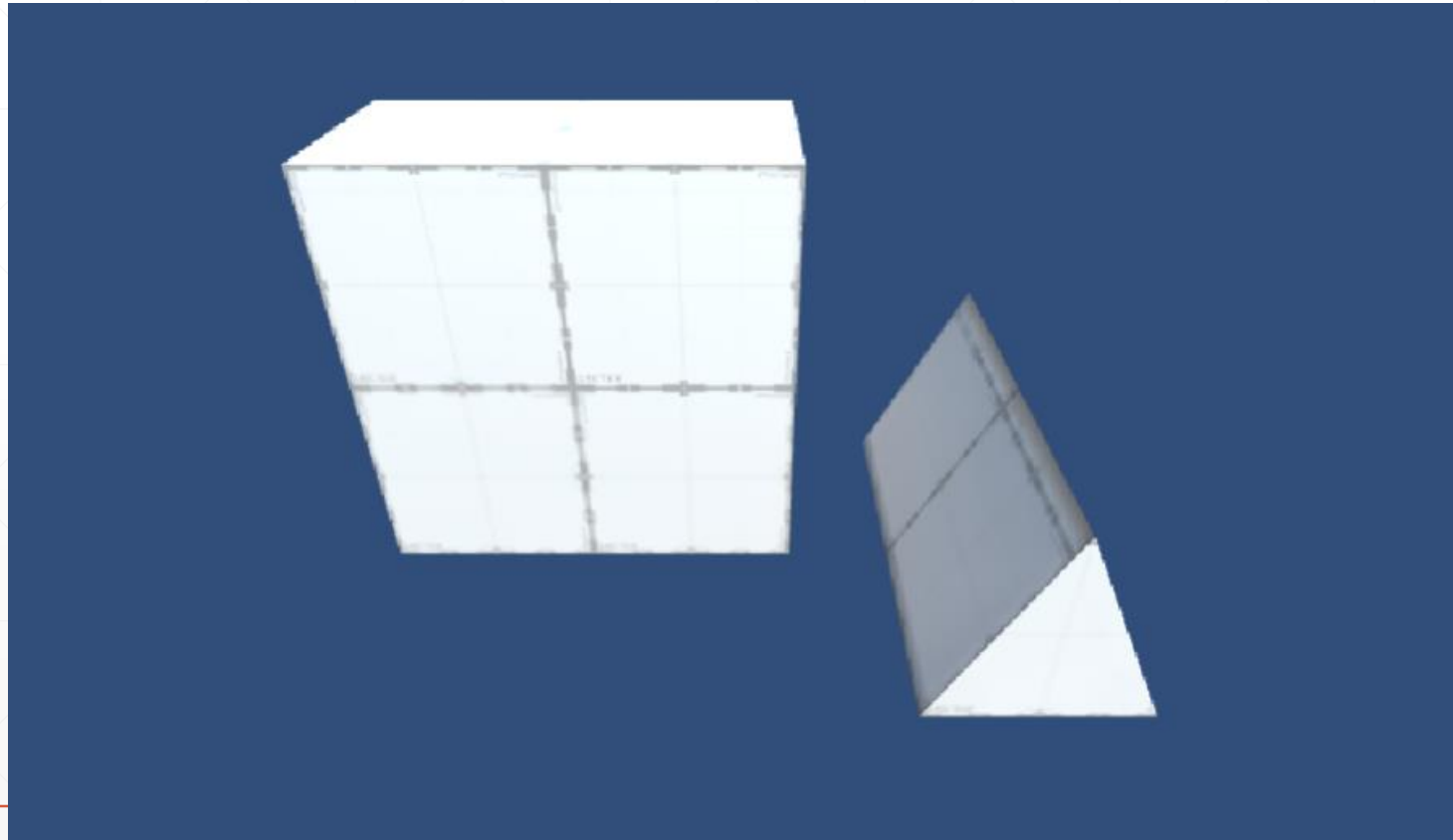
Generatives Modellieren, Bool'sche Operationen



(Quelle: Nischwitz, A: Computergrafik und Bildverarbeitung. S. 76, Springer, 2011)

ProBuilder: Sculpting

Face Mode: Shift + Manipulatoren



ProBuilder: Boolean CSG Tool



Aufgaben

- Welche Art von Bool'scher Operation ist im Bild xyz dargestellt?

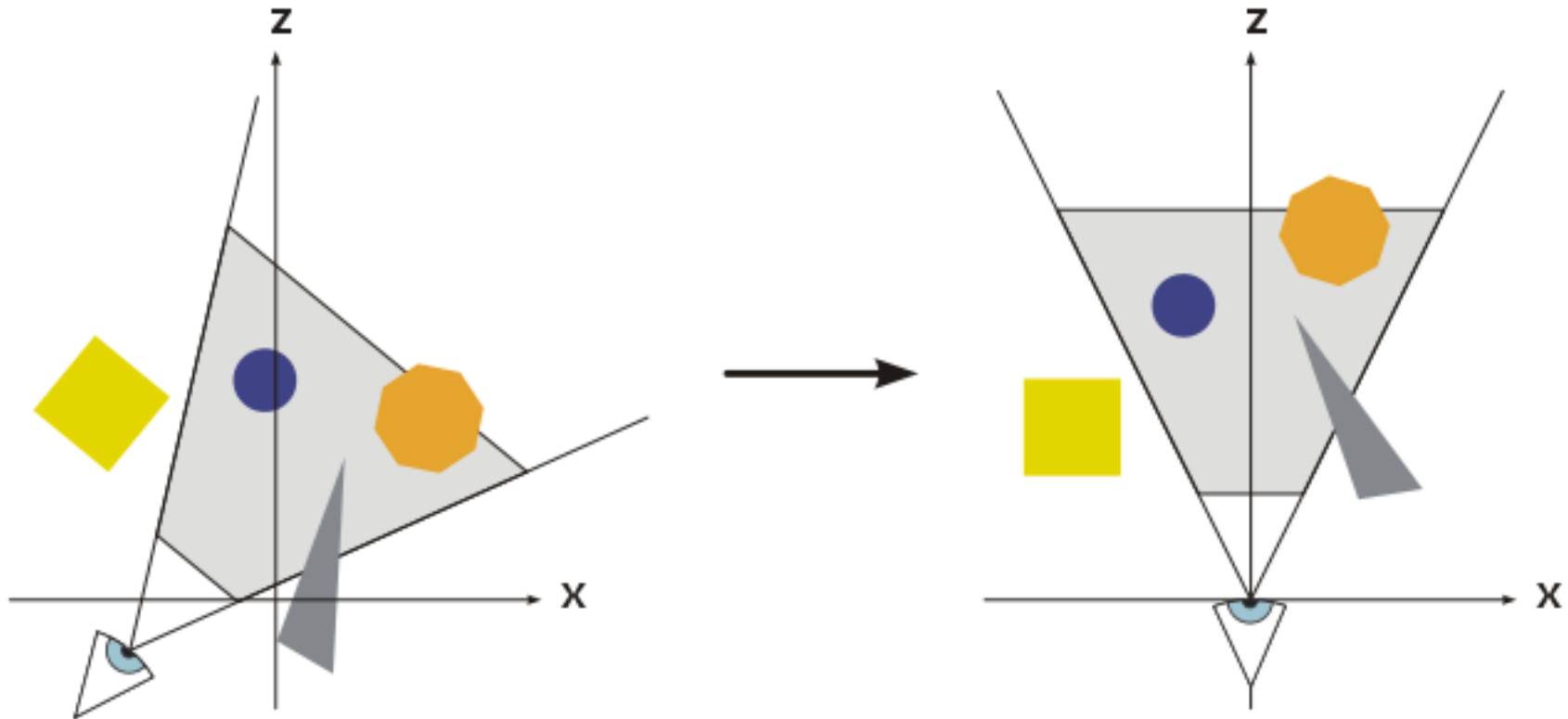
Transformationen

Computergrafik

Kamera

- Kamera Transformation
 - Transformation von Weltkoordinaten nach Kamerakoordinaten
 - Perspektive
 - In Unity: Eigenschaft der “Kamera”
 - In Unity: “Perspective”, “Orthographic”
 - Clipping
 - Beschränkung der Objekte auf Kamera-Blickwinkel
 - Beschränkung der Objekte auf z-Tiefe (Unity: “near clipping plane”, “far clipping plane”)
 - Viewport Transformation
 - 16:9 etc.
-

Kamera Transformation



(Quelle: Wikipedia)

Wdh: Homogene Koordinaten

$$\underline{2D} \begin{pmatrix} x \\ y \\ \lambda \end{pmatrix}$$

$\lambda \neq 0$, beliebig

$\lambda = \underline{1}$: x, y = kartesische
Koordinaten

Translation

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ \underline{1} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & & \\ & 1 & \\ t_x & t_y & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x + t_x \\ y + t_y \\ \underline{1} \end{pmatrix}$$

Wdh: Homogene Koordinaten

Skalierung

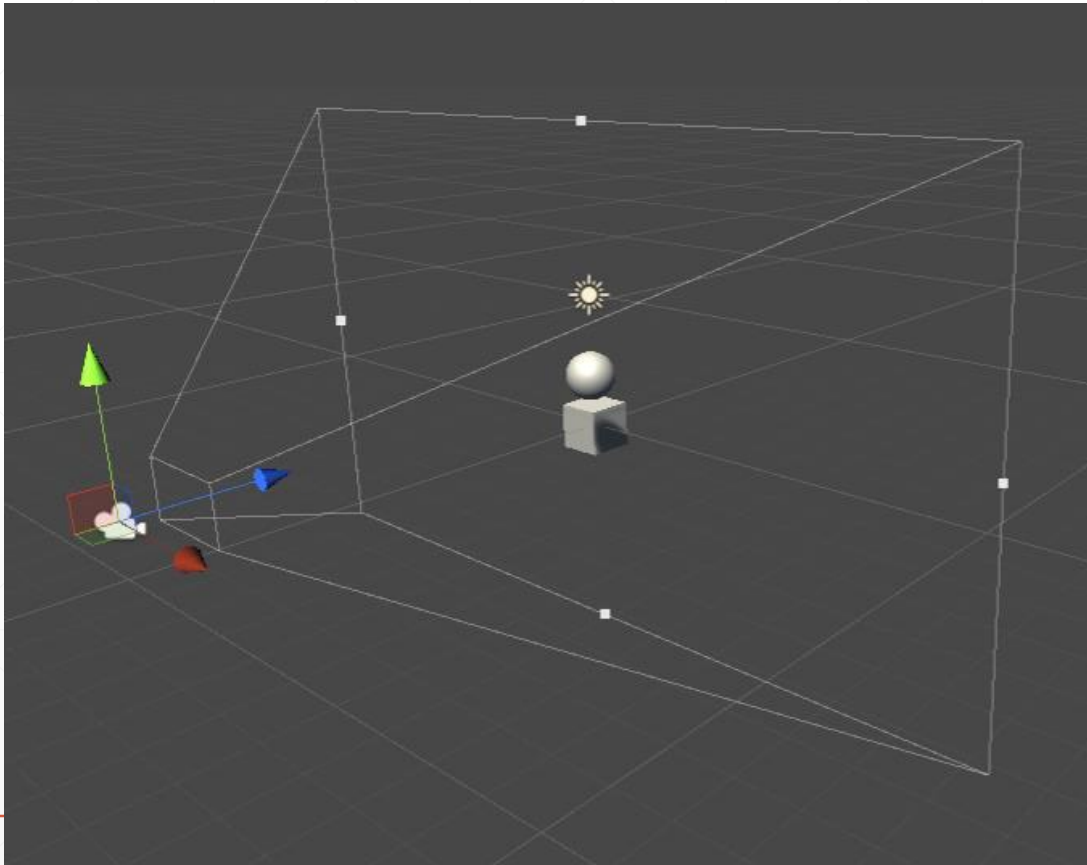
$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ \underline{1} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} s_x & & \\ & s_y & \\ & & \underline{1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s_x \cdot x \\ s_y \cdot y \\ \underline{1} \end{pmatrix}$$

Rotation

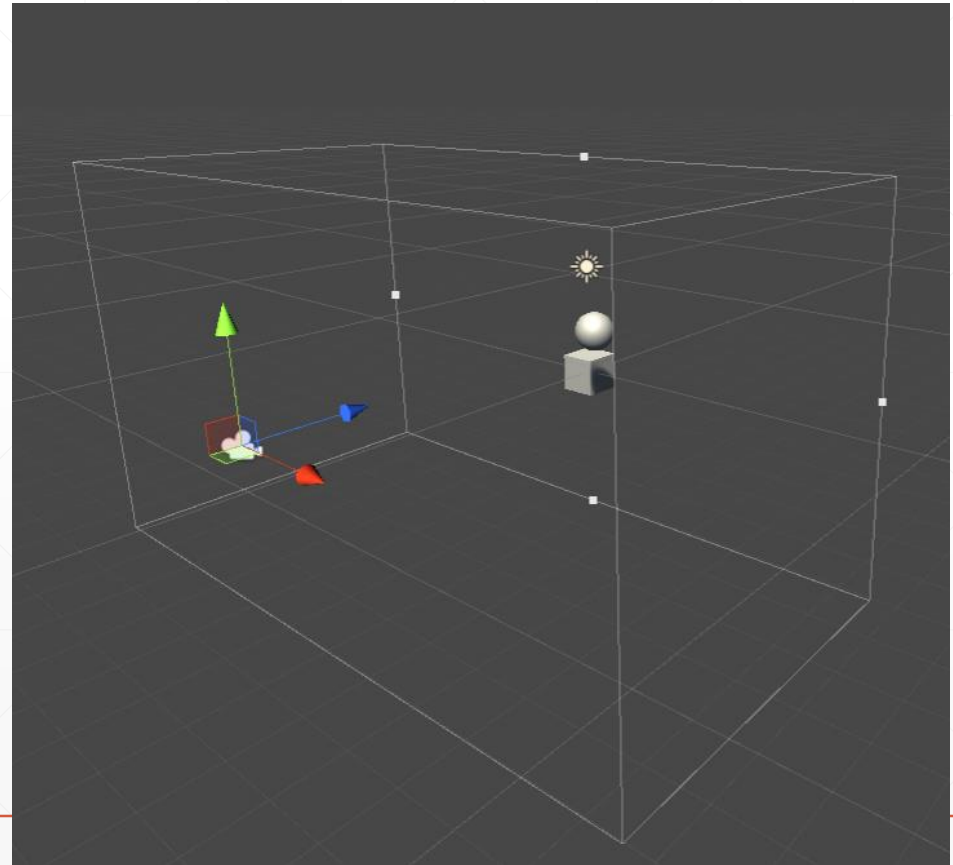
$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ \underline{1} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi & \\ -\sin \varphi & \cos \varphi & \\ & & \underline{1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \cos \varphi - y \sin \varphi \\ x \sin \varphi + y \cos \varphi \\ \underline{1} \end{pmatrix}$$

Perspektive in Unity

“Perspective”




“Orthographic”



Perspektive (mathematisch)

Verkleinerung,
abhängig von z Abstand
„x,y rücken ein“



Homogene Transformation nach 2D Bildkoordinaten
Augpunkt (0, 0, d)

Zentralprojektion: $\mathbf{P}_{zp} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{d} & 1 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{P}_{zp} (x, y, z, 1)^T = (x, y, 0, \frac{d-z}{d})^T$

Orthogonale Projektion: $\mathbf{P}_{op} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{P}_{op} (x, y, z, 1)^T = (x, y, 0, 1)^T$

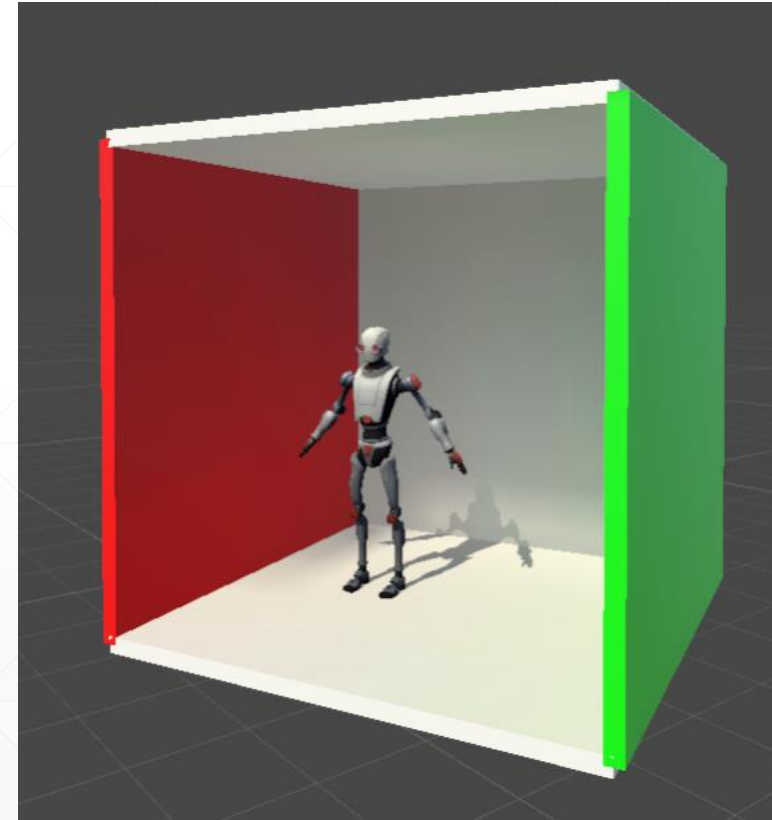
(Quelle: Wikipedia)

Licht

Computergrafik

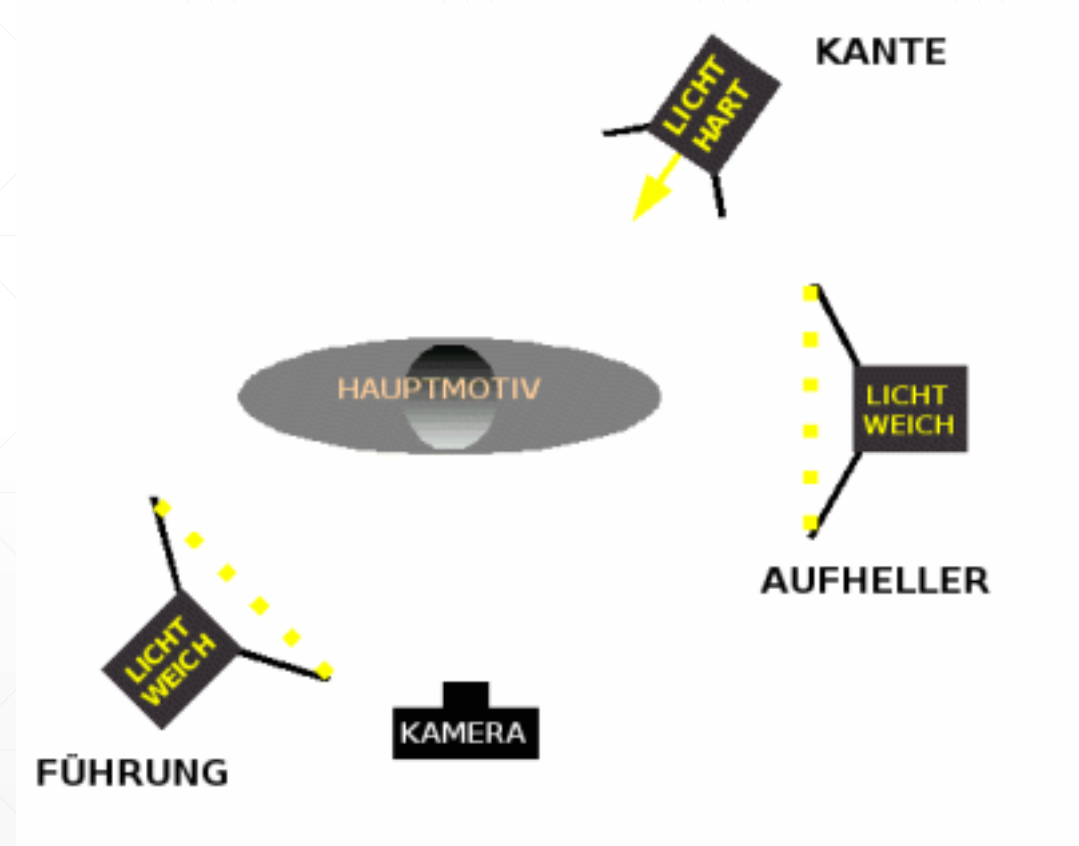
Cornell Box

- Aufbau? Zweck?
- Drei-Punkt-Beleuchtung?



3-Punkt-Beleuchtung

- Führungslicht (key light)
 - höchste Intensität
 - 45° zu Kamera
- Aufhellungslicht (fill light)
 - schräg gegenüber Führungslicht
- Kantenlicht (bump light)
 - von oben, Kopfpartie
 - Kantenaufhellung
- Optional:
Hintergrundausleuchtung



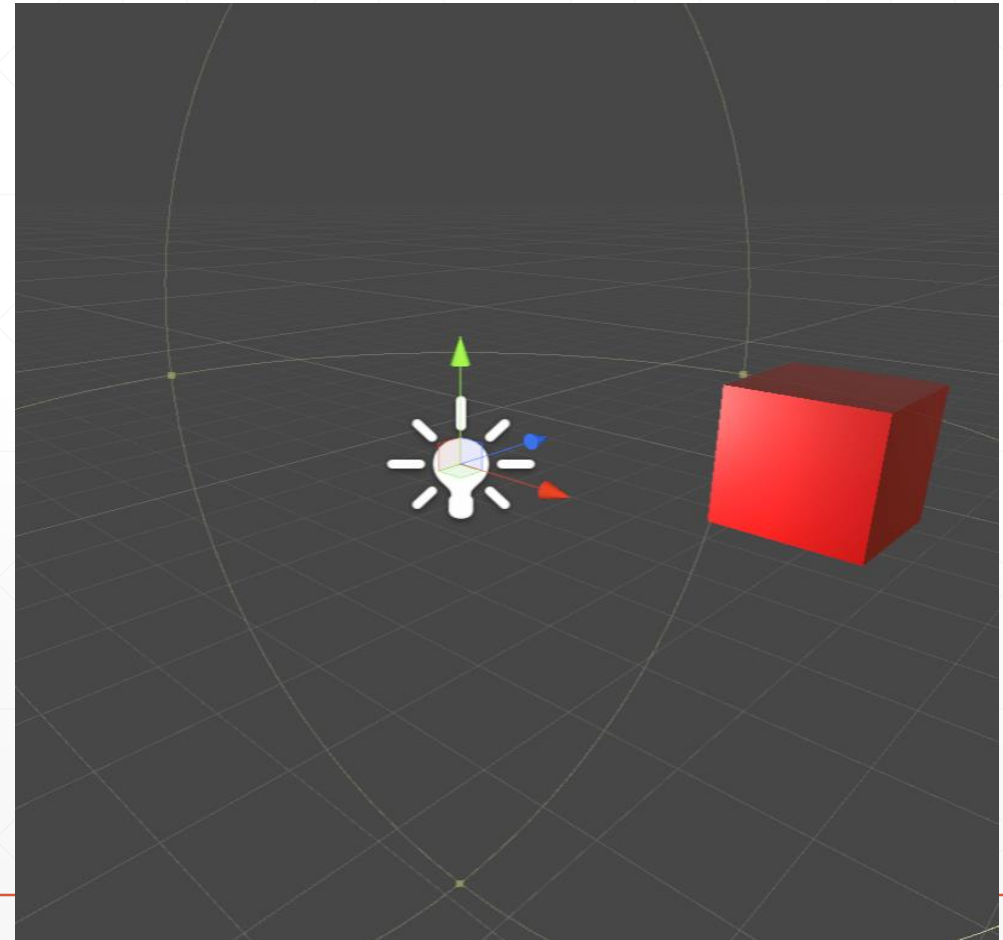
(Quelle: Wikipedia)

Arten von Lichtquellen in Unity

Direct Lighting

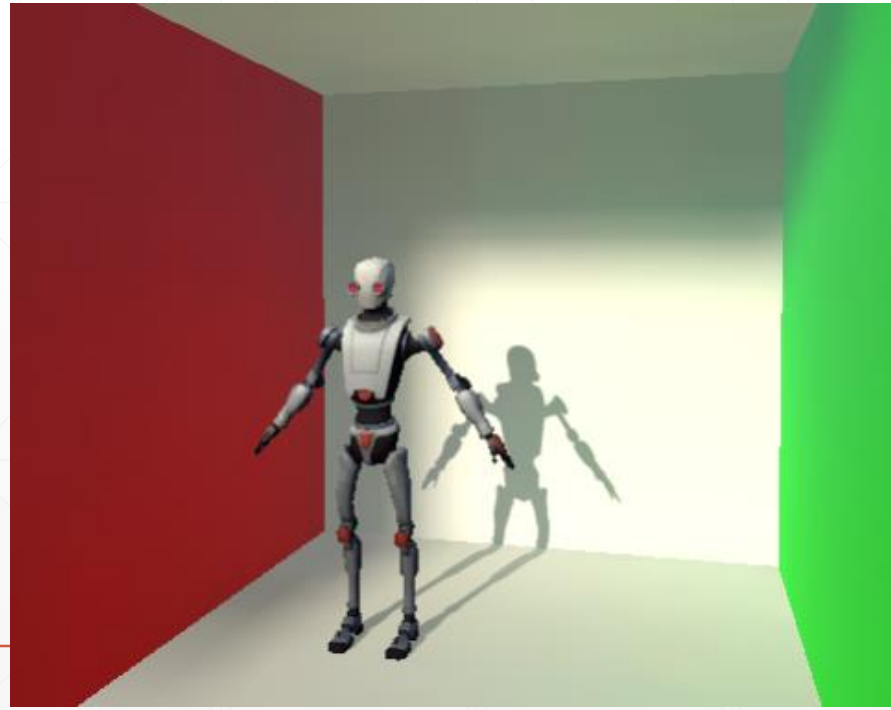
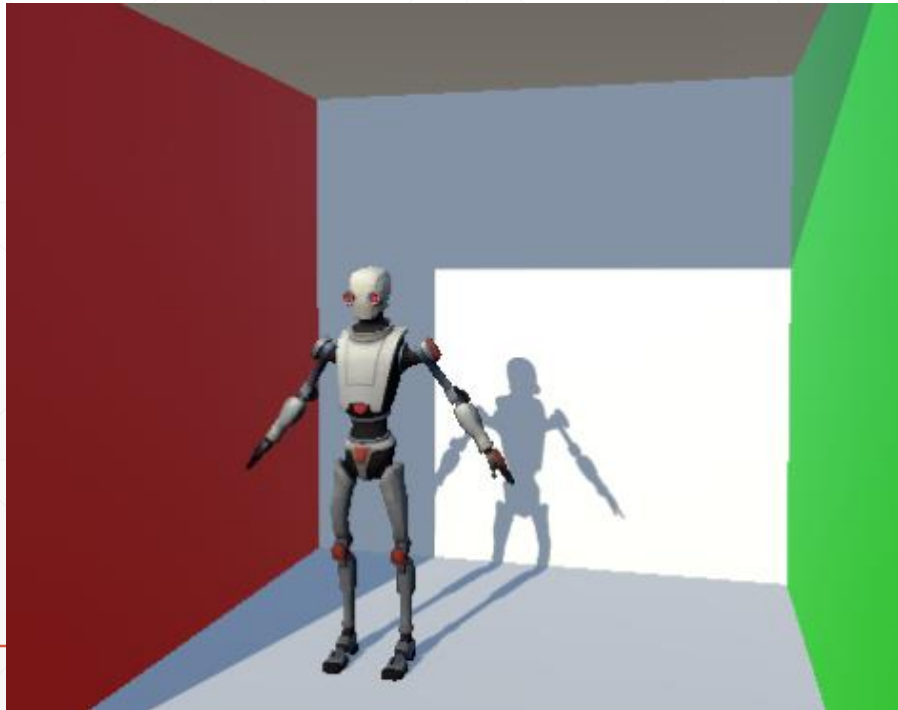
- Directional Light
- Point Light
- Spot Light
- Area Light

Unterschiede?
Wirkungsweise?



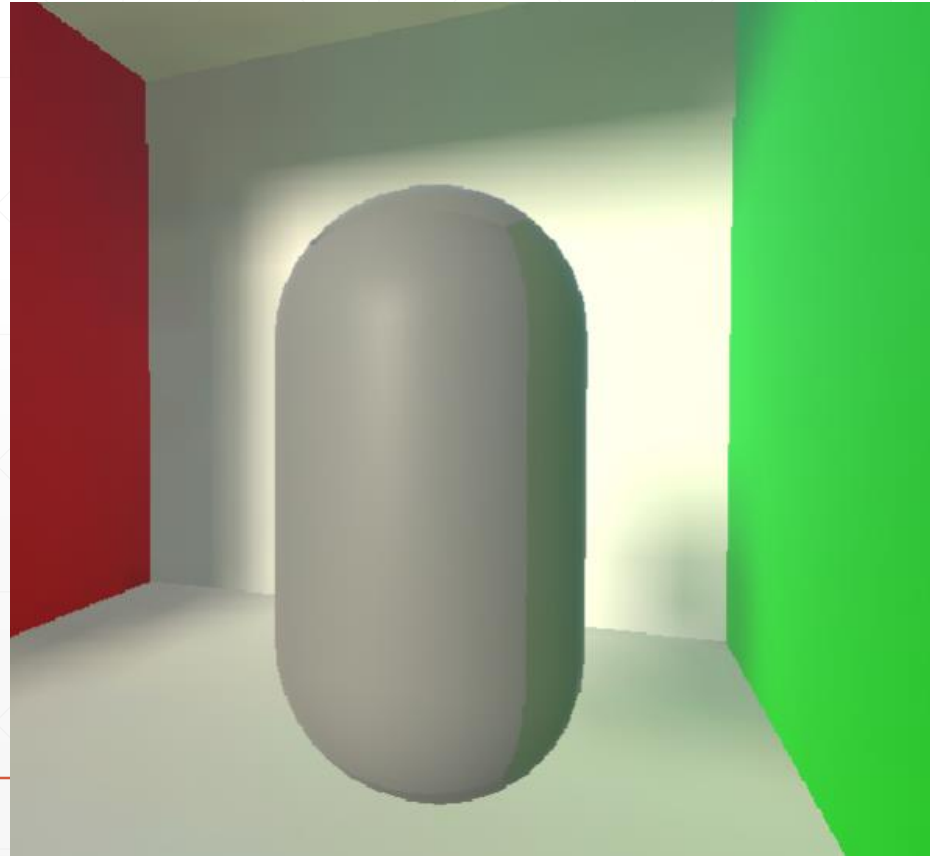
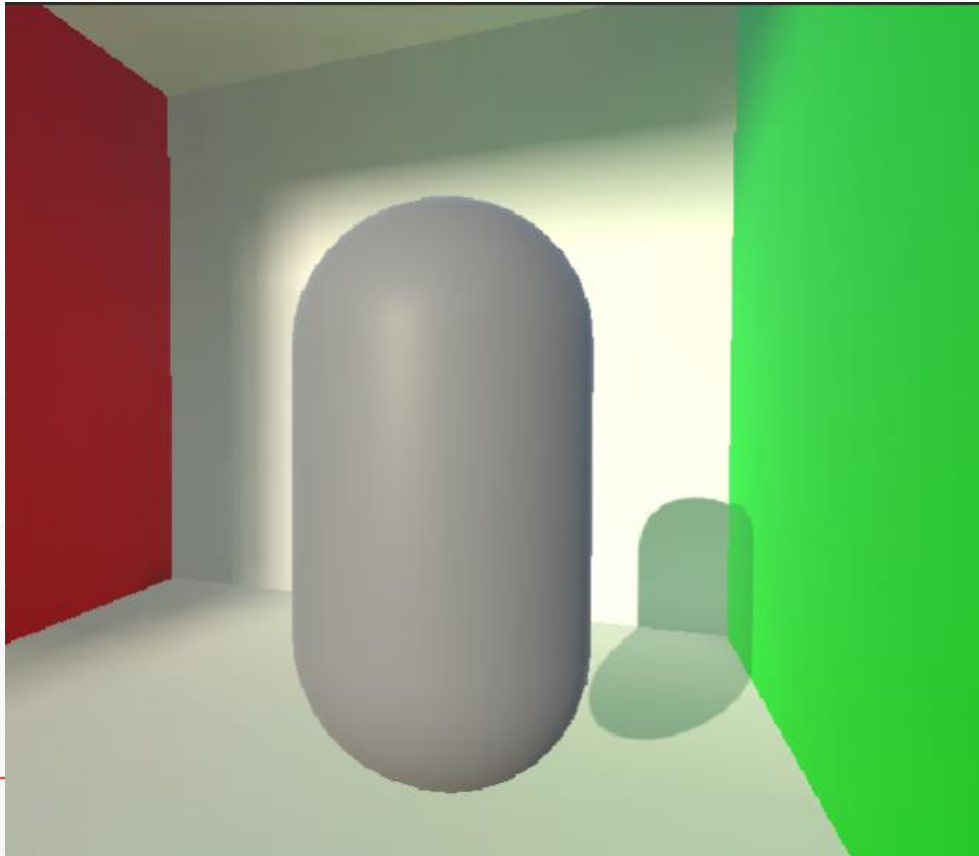
Global Illumination

- Direct Lighting
 - von Lichtquellen
- Indirect Lighting
 - Reflektionen von Objekten
 - nur möglich für statische Objekte (vorab berechnet)



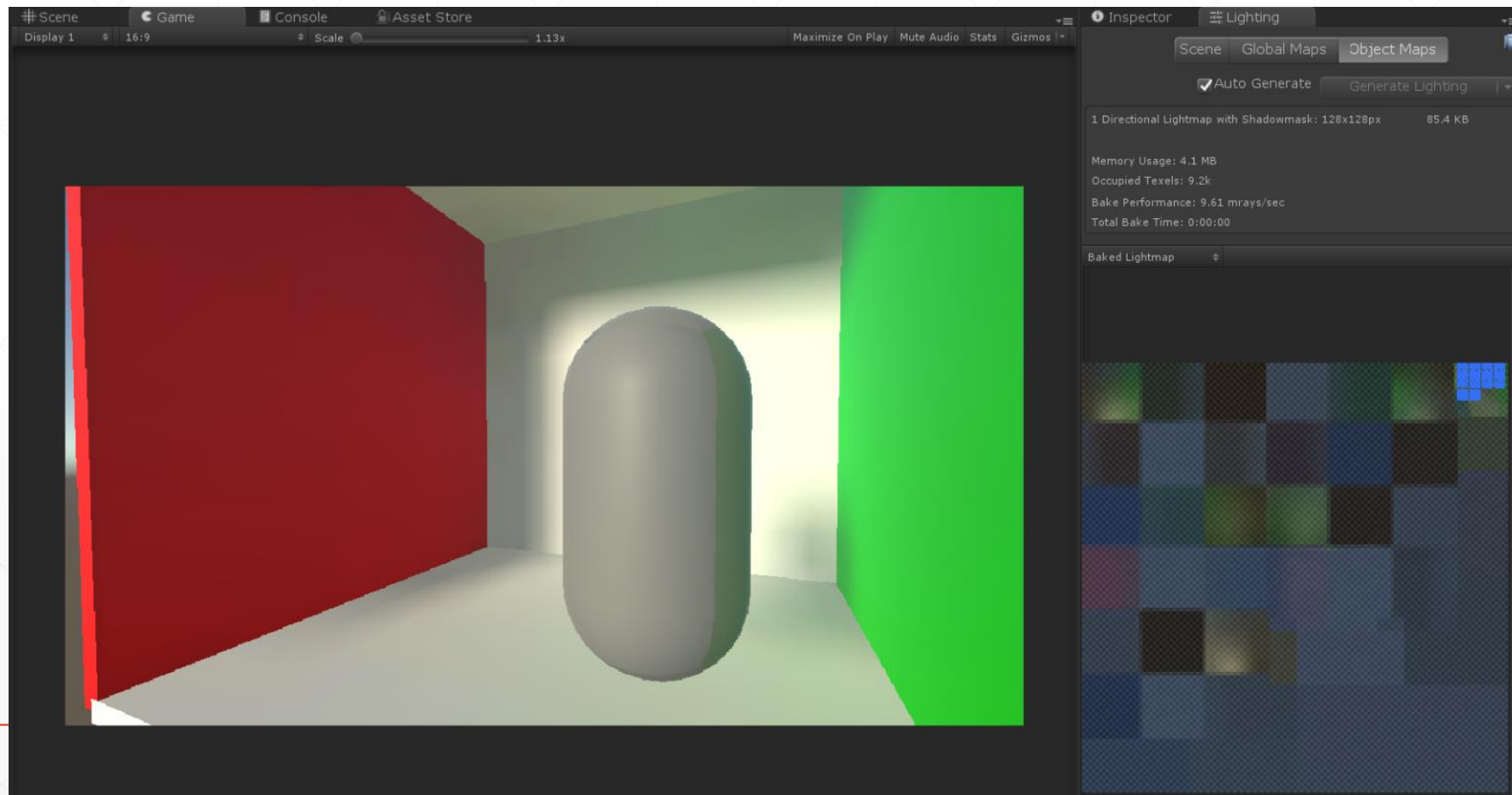
Global Illumination

Non-static Capsule vs. Static Capsule



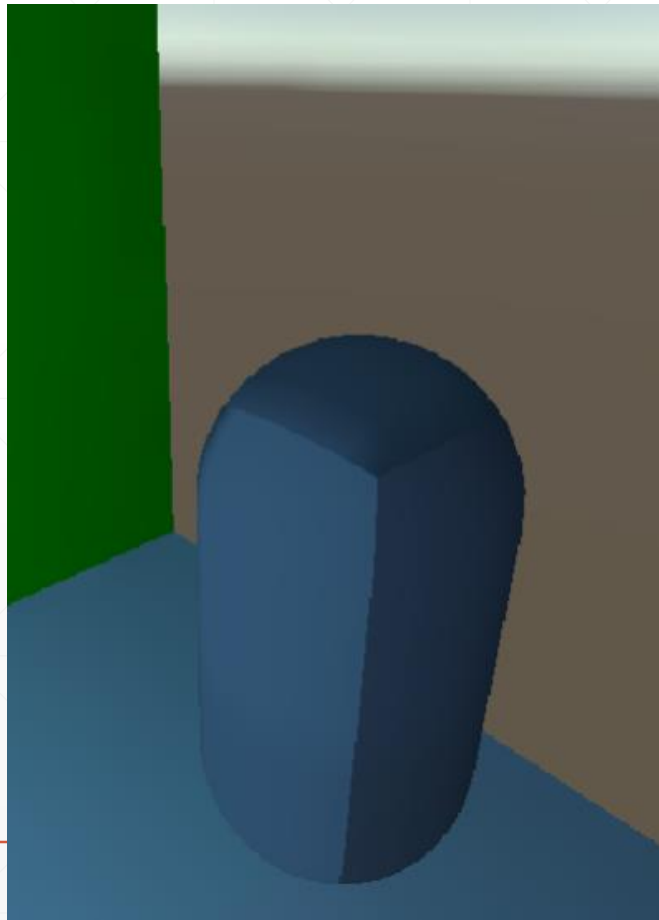
Lightmap

Unity erzeugt für statische Objekte eine Lightmap Texture (“Light baking”)

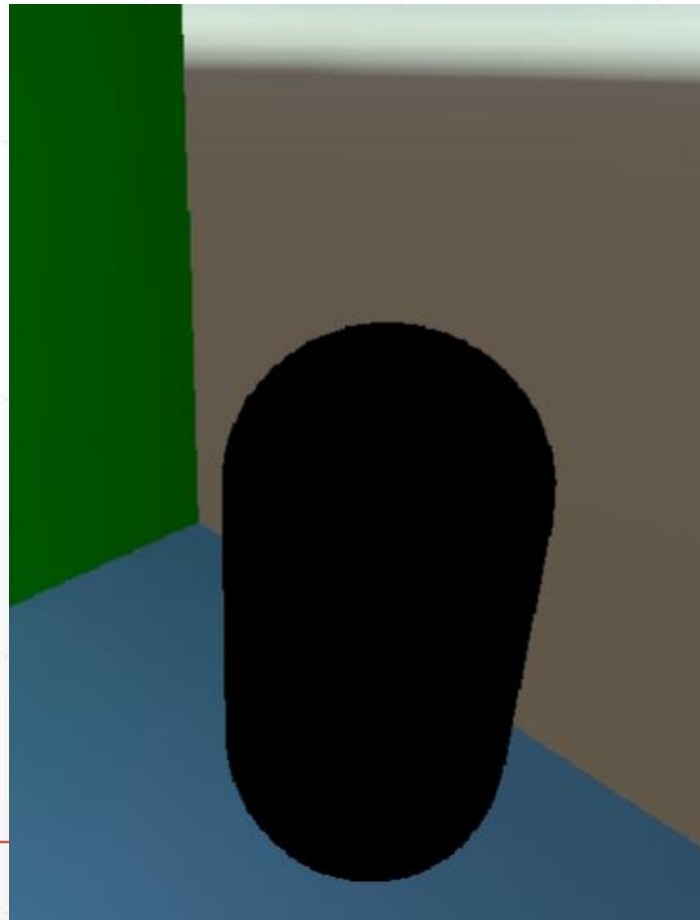


Global Illumination

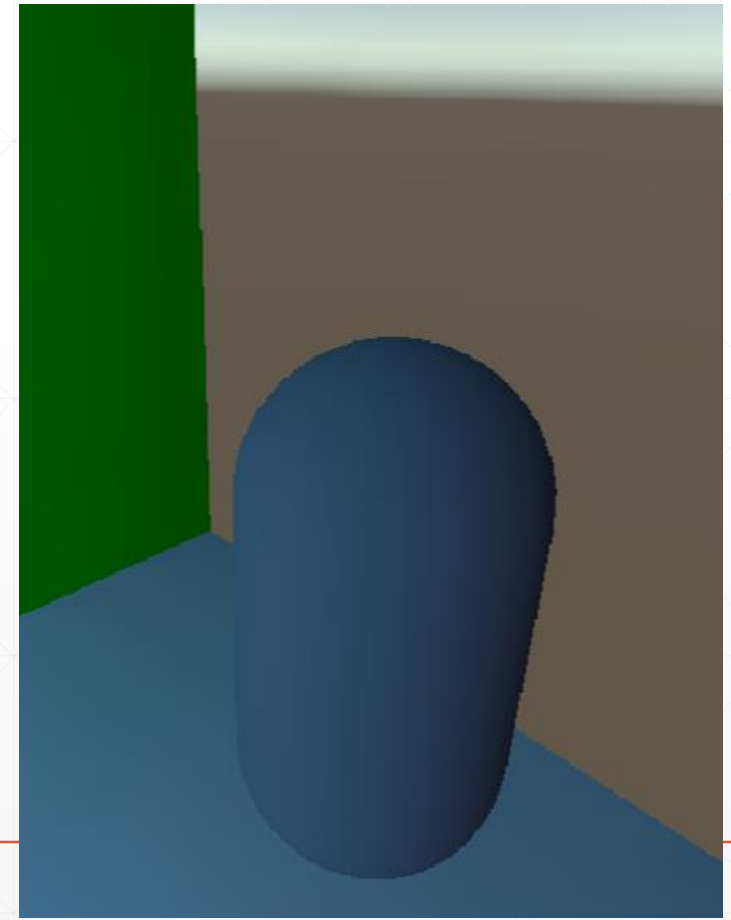
Static Object



Dynamic Object



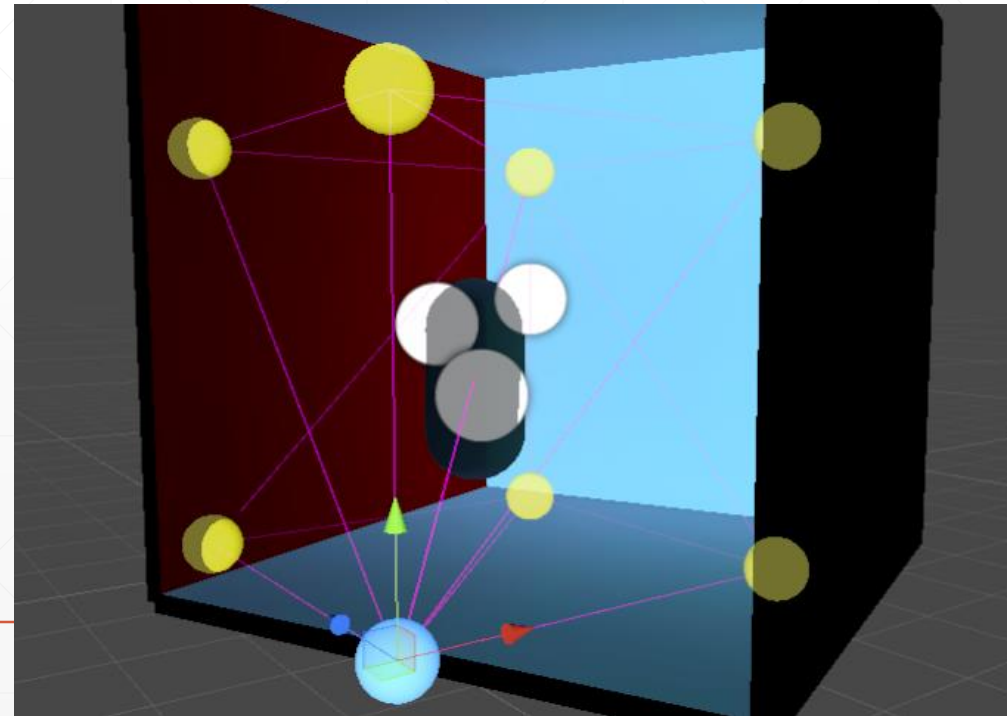
Lightprobes



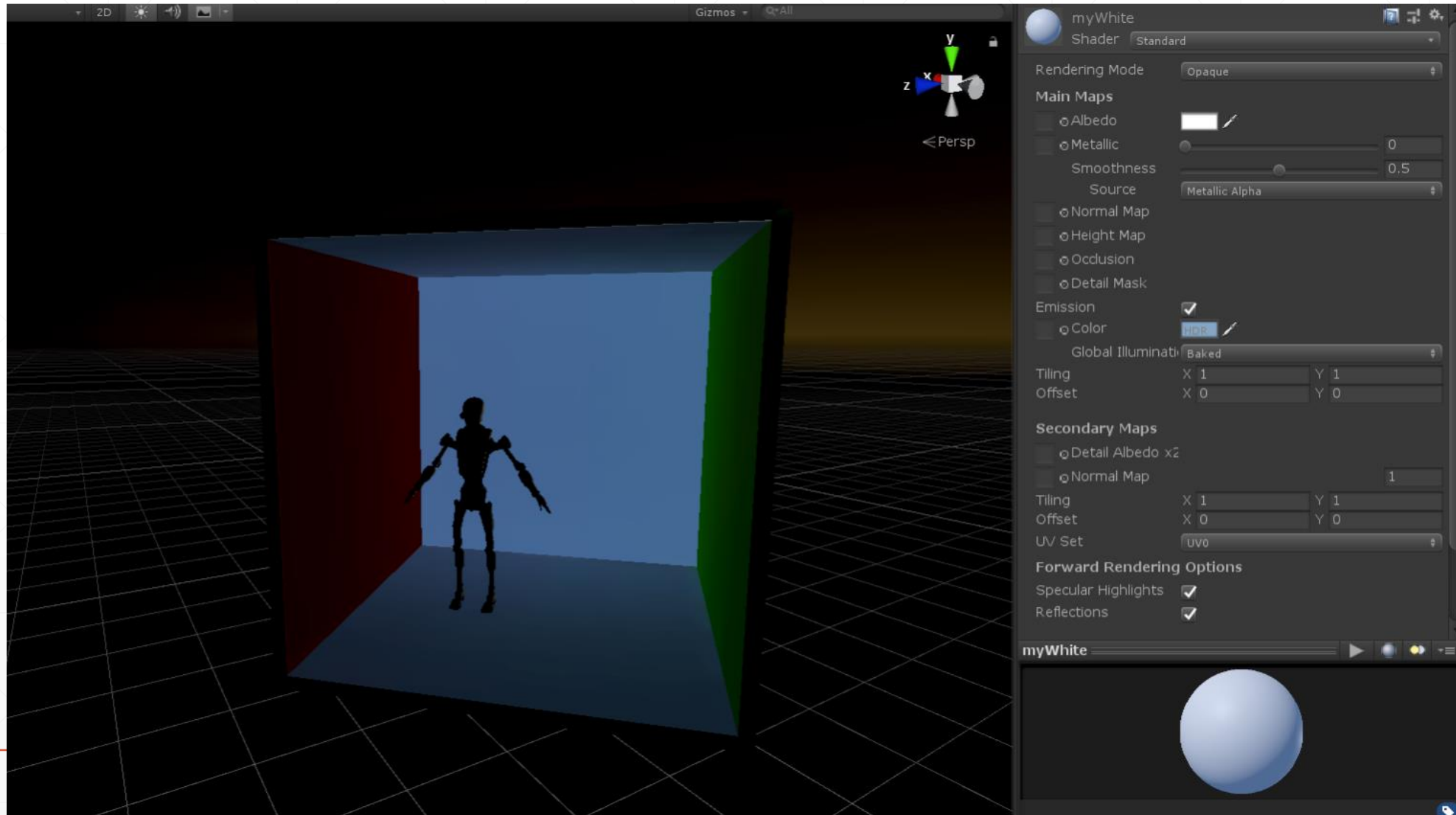
Global Illumination

Indirekte Beleuchtung nicht-statischer Objekte

- In Unity: Lightprobe Group
 - Punktweise Erfassen der Beleuchtungsverhältnisse
 - Interpolation des Zwischenraums
- Interessante Bereiche können mit höherer Anzahl Lightprobes beschrieben werden (Add, Duplicate)



Selbstleuchtende Objekte

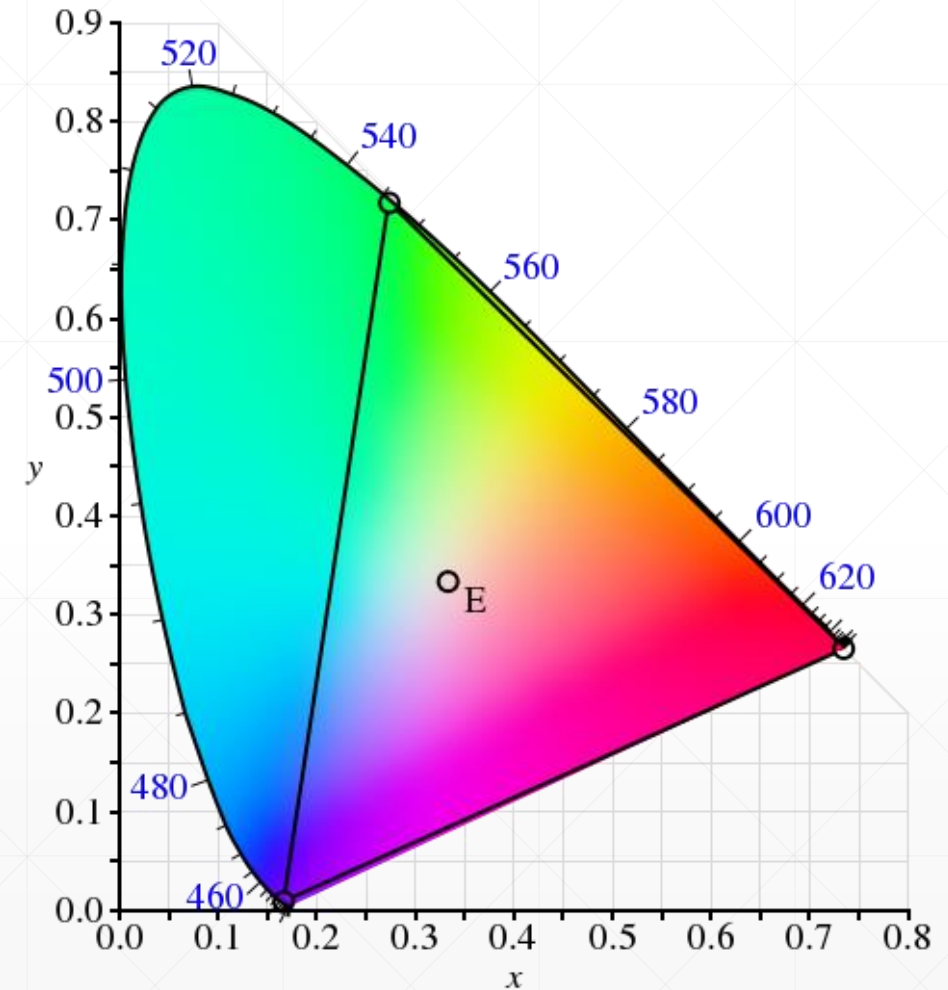


Farbe

Computergrafik

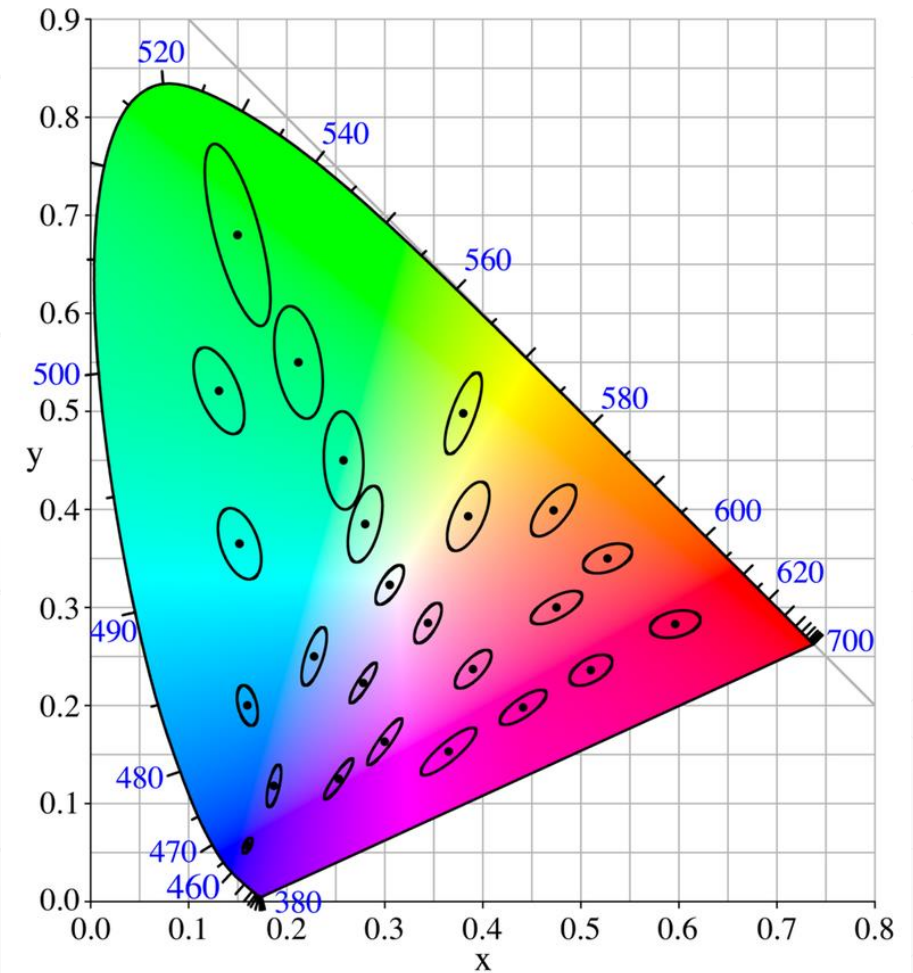
Farbrepräsentationen: Systeme, kalibriert

- CIE XYZ, CIE Luv
 - Normalbetrachter (2°, 10°)
 - Standardbeleuchtung (D50, D65 ...)



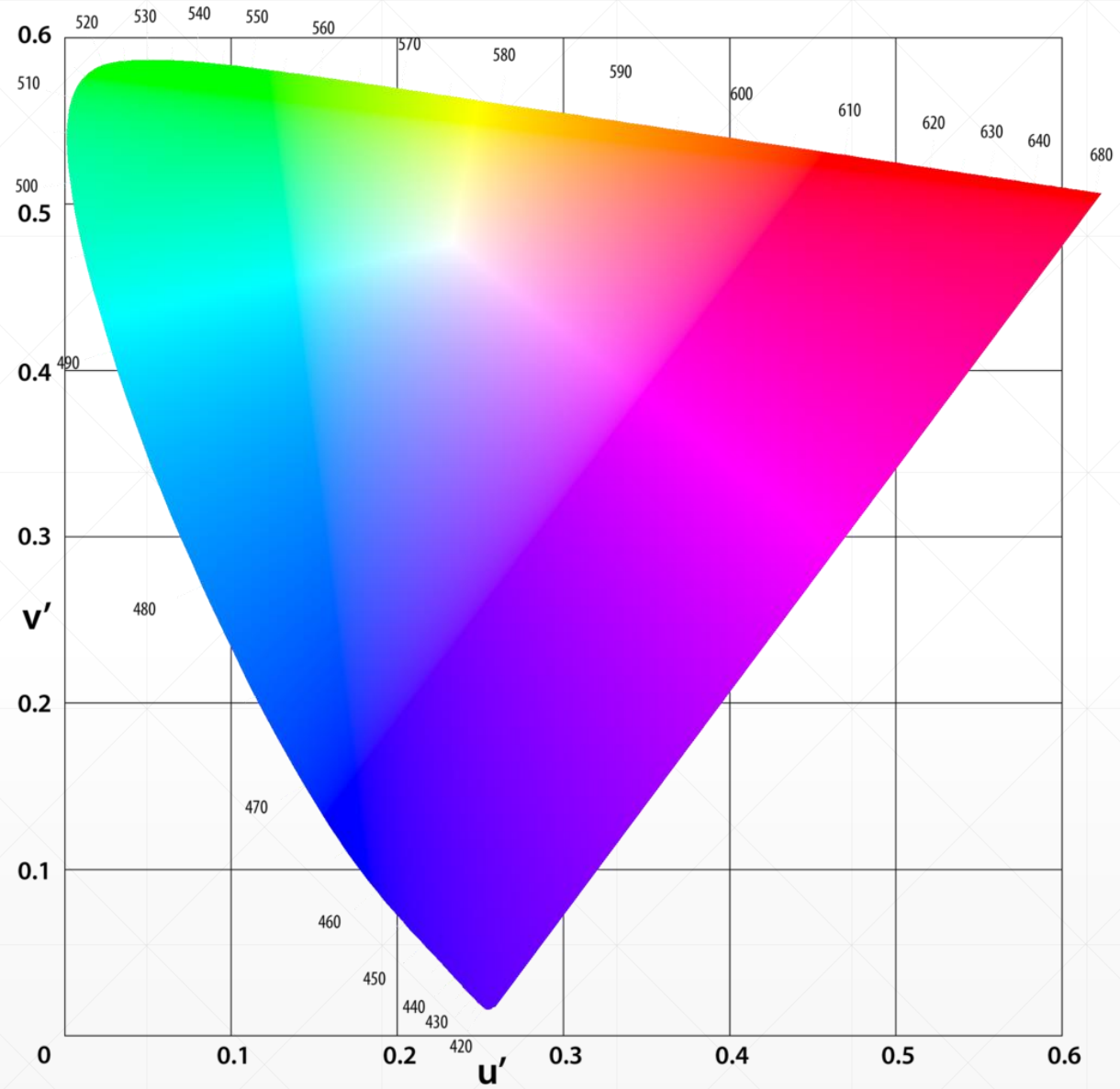
MacAdams Ellipsen

- CIE XYZ
 - Weißpunkt: $1/3, 1/3$
 - Farbabstände **nicht** gleichabständig
 - Gesucht: Transformation, um aus Ellipsen Kreise zu machen



CIE Luv

- Gleichabständig



Aufgaben

- Welche Farbsysteme kennen Sie?
- Was bedeutet „gleichabständig“?