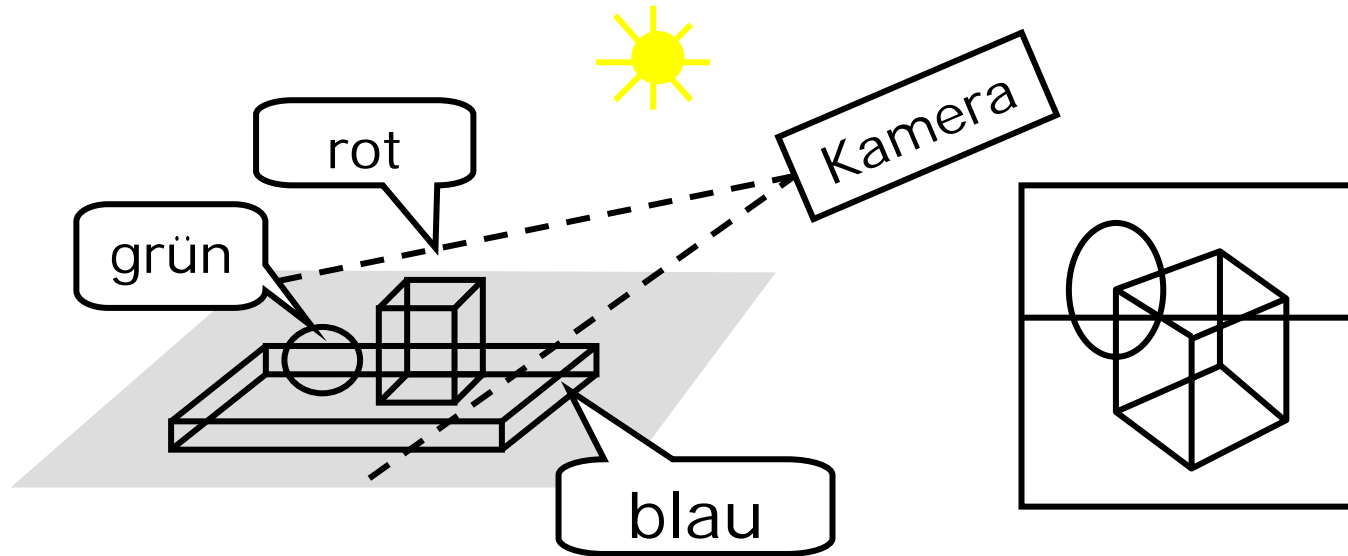
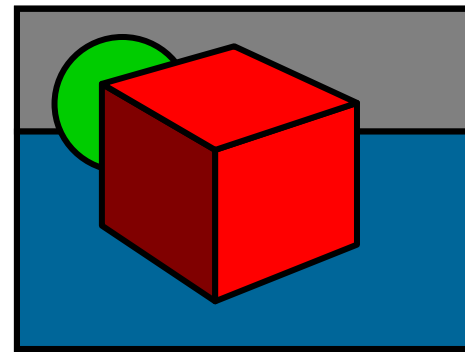


# Kapitel 15: Betrachtungstransformationen

# Sequenz von Transformationen

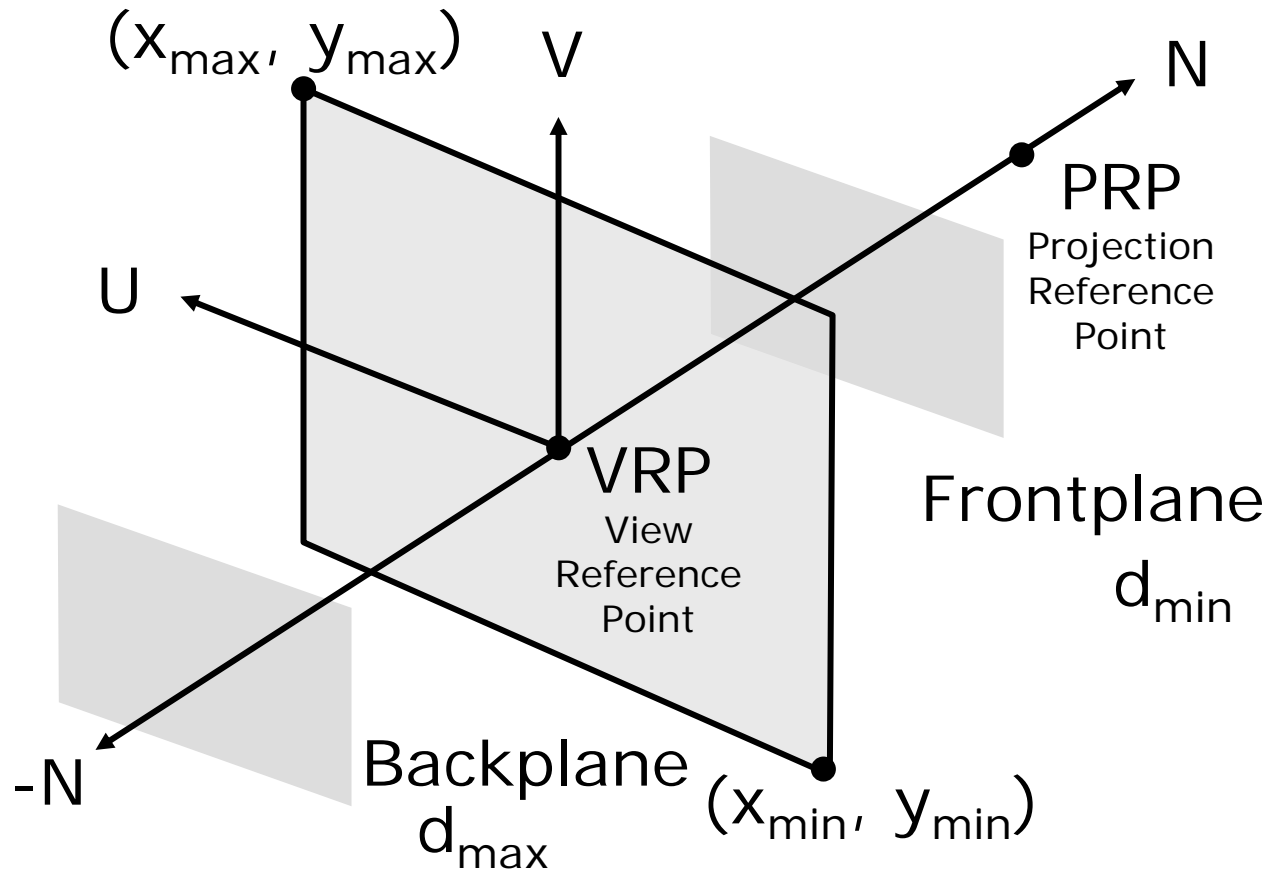


- Modeling
- View Orientation
- View Mapping
- Device Mapping

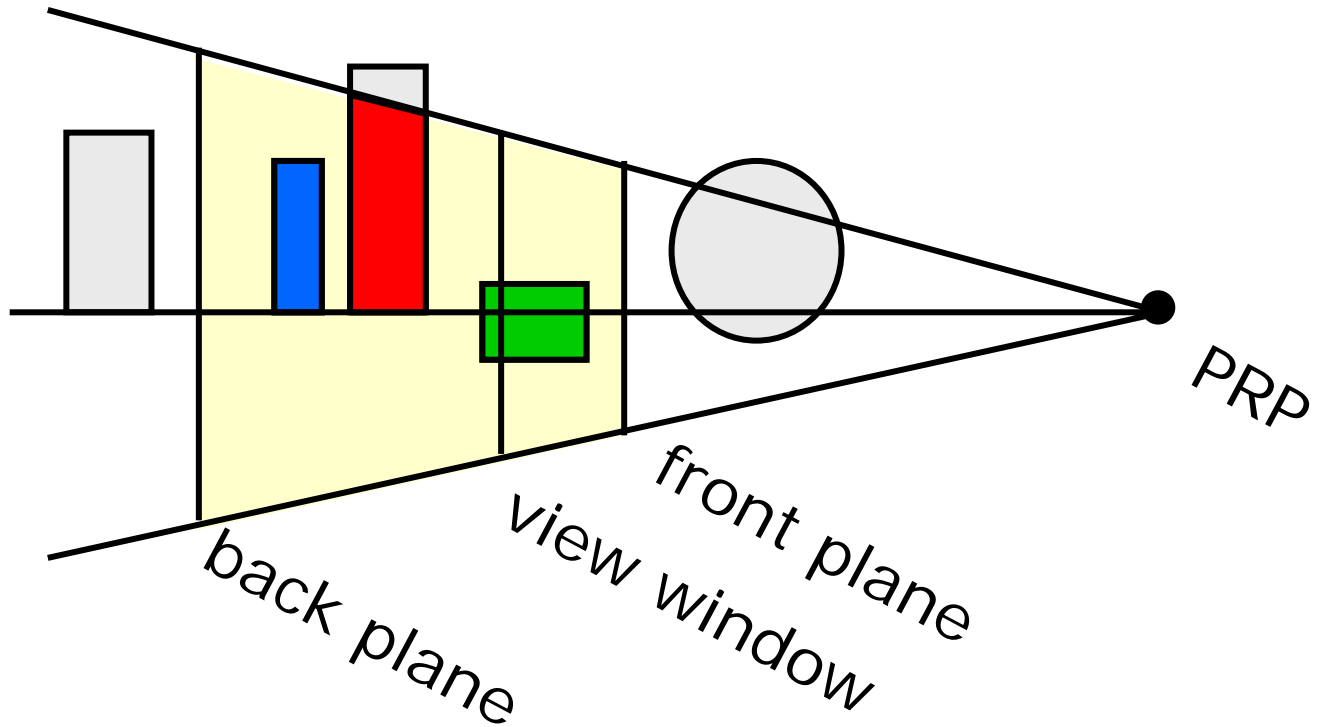


# Die synthetische Kamera

## View Reference Coordinate System



# View Volume



# erforderliche Informationen

- Objekte beschrieben in Modellkoordinaten, z.B. Mittelpunkt (0,0,0) und Kantenlänge 1
- Szene beschrieben durch Weltkoordinaten d.h. Objekte platziert durch Translation, Skalierung und Rotation

- Synthetische Kamera beschrieben durch  $U, V, N, VRP, PRP,$

$x_{\max}, y_{\max}, x_{\min}, y_{\min}, d_{\min}, d_{\max}$   
Bildfläche      Front Back

# Viewing Pipeline

1.) Modeling:  $MC \rightarrow WC$

beschreibe Szene in Weltkoordinaten

2.) View Orientation:  $WC \rightarrow VRC$

überführe Szene in Kameraperspektive

3.) View Mapping:  $VRC \rightarrow NPC$

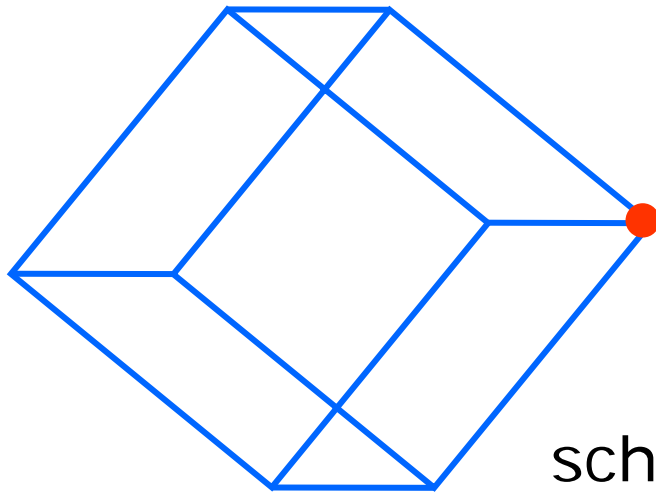
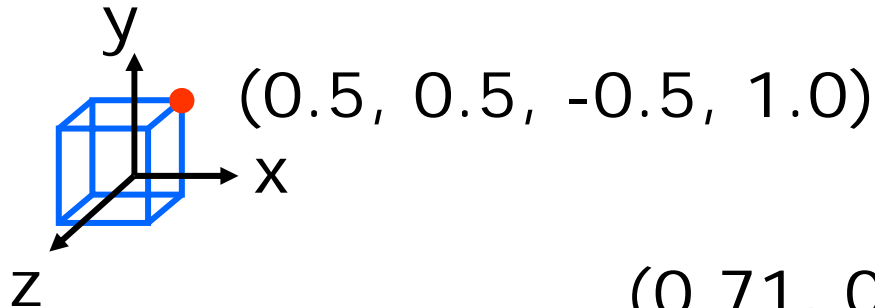
überführe Szene in Einheitswürfel

4.) Device Mapping:  $NPC \rightarrow DC$

projiziere Szene auf Bildschirm

# Modeling

Würfel mit Kantenlänge 1, Mittelpunkt  $(0,0,0)$



$(0.71, 0.0, -0.5, 1.0)$

$(3.53, 0.0, -2.5, 1.0)$

$(3.53, 0.0, 17.5, 1.0)$

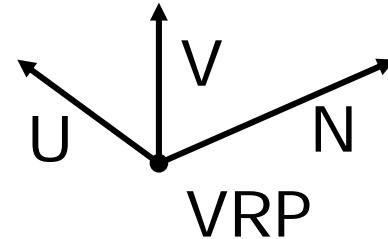
Drehe um  $45^\circ$

Skaliere um Faktor 5

schiebe um 20 nach vorne

# View Orientation

Gegeben sei die synthetische Kamera:



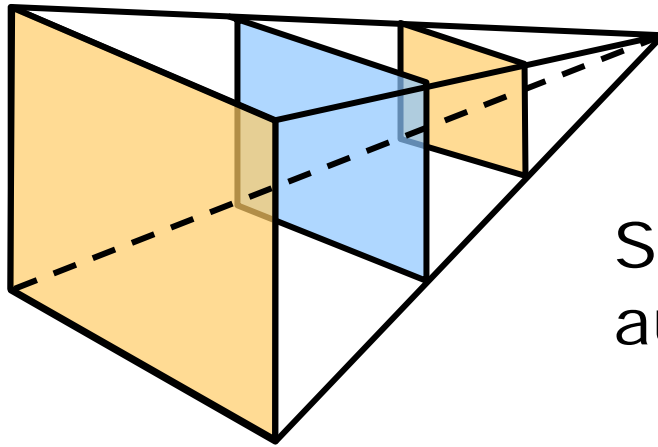
$$\text{Bilde } M := \begin{pmatrix} U_x & V_x & N_x & VRP_x \\ U_y & V_y & N_y & VRP_y \\ U_z & V_z & N_z & VRP_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Bilde } T := M^{-1}$$

Transformiere jedes Objekt mit  $T$

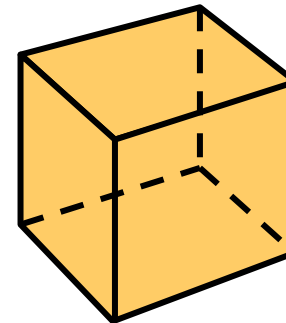


# View Mapping

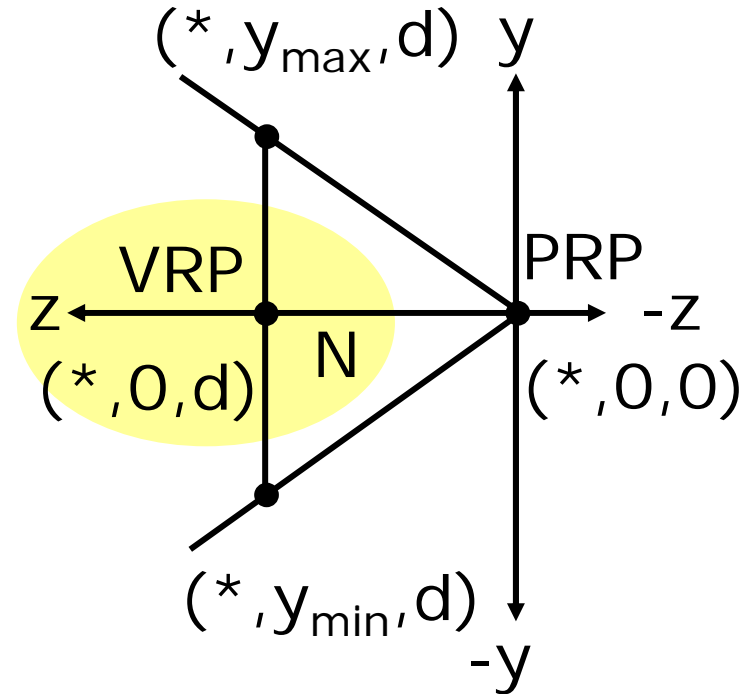
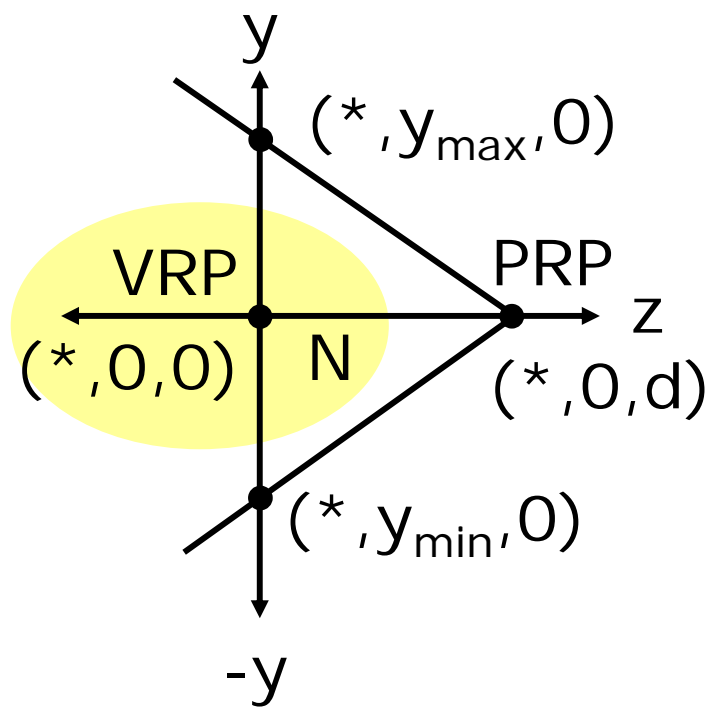


Szene ist beschrieben  
aus Sicht der Kamera

Ziel:  
Transformation in  
den Einheitswürfel



# Auge in den Ursprung



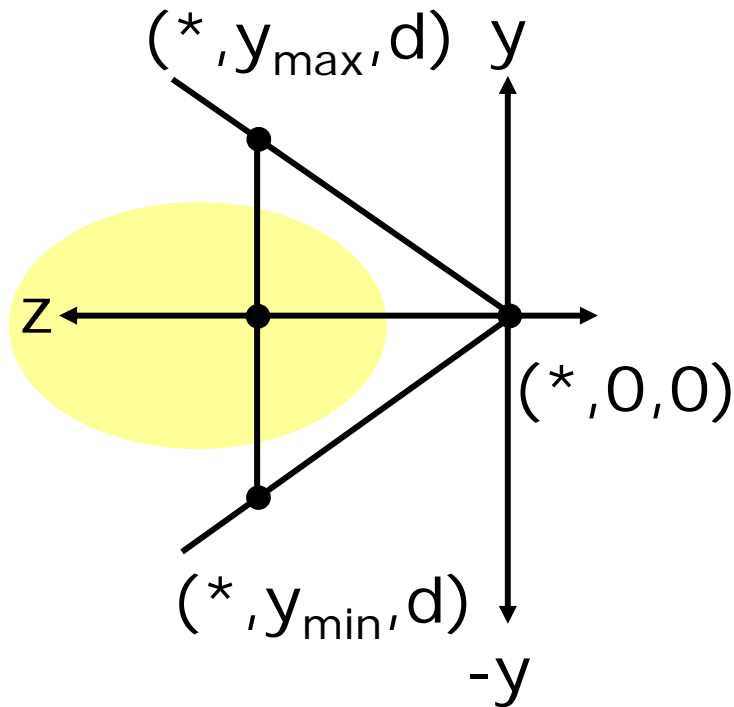
schiebe PRP in Ursprung

$$z := z - d$$

spiegel an  $x/y$ -Ebene

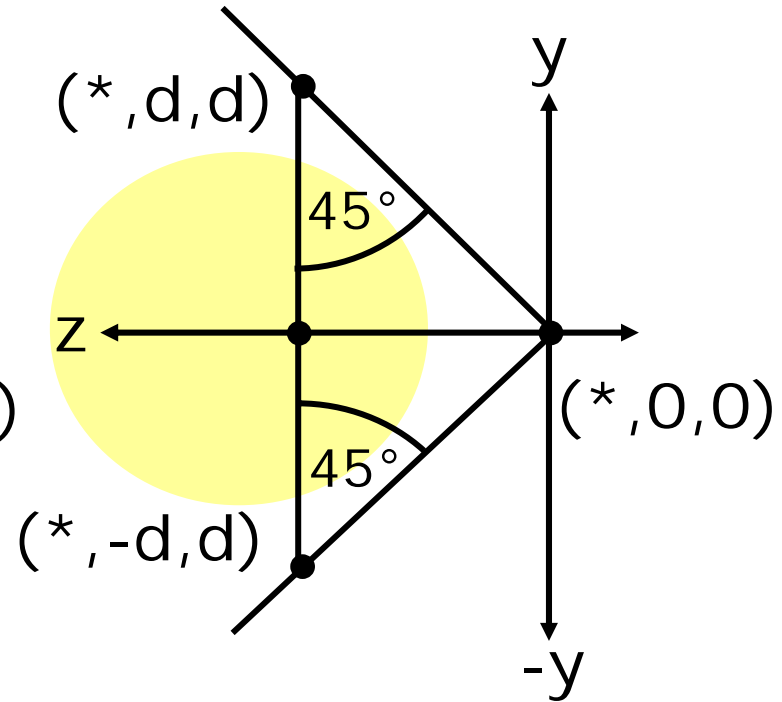
$$z := -z$$

# Symmetrischer Pyramidenstumpf



$$y' := k_1 \cdot y + k_2 \cdot z$$

$$z' := z$$



$$d := k_1 \cdot y_{\max} + k_2 \cdot d$$

$$-d := k_1 \cdot y_{\min} + k_2 \cdot d$$

# Skalierungskoeffizienten

Lösung des Gleichungssystems liefert für  $y$ :

$$k_1 = \frac{2d}{y_{max} - y_{min}} \quad k_2 = -\frac{y_{max} + y_{min}}{y_{max} - y_{min}}$$

Analog für  $x$ -Werte:

$$k_3 = \frac{2d}{x_{max} - x_{min}} \quad k_4 = -\frac{x_{max} + x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

# Transformationsmatrix

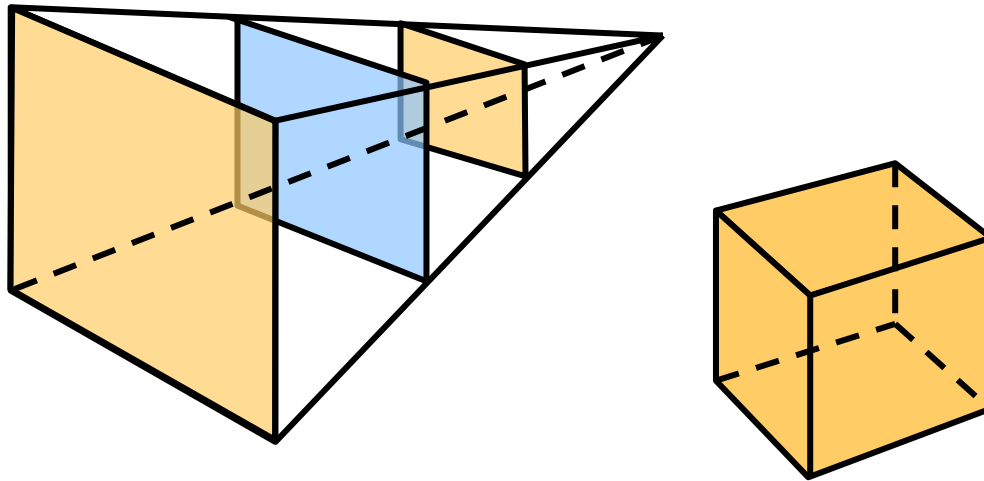
$$x' := k_3 \cdot x + k_4 \cdot z$$

$$y' := k_1 \cdot y + k_2 \cdot z$$

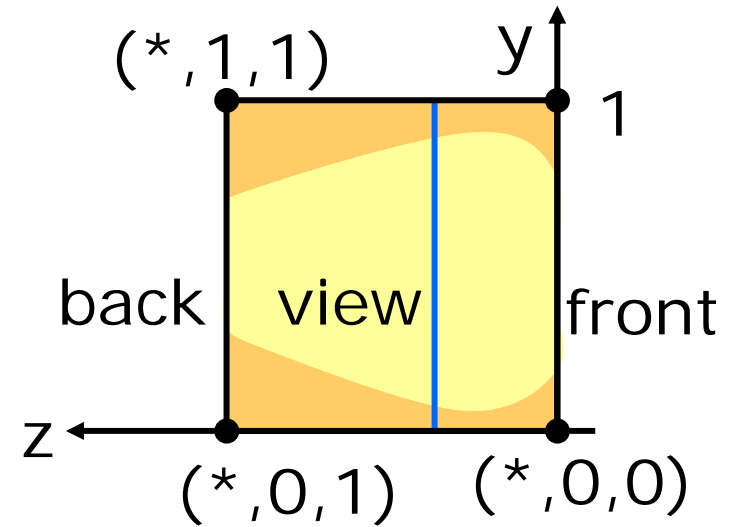
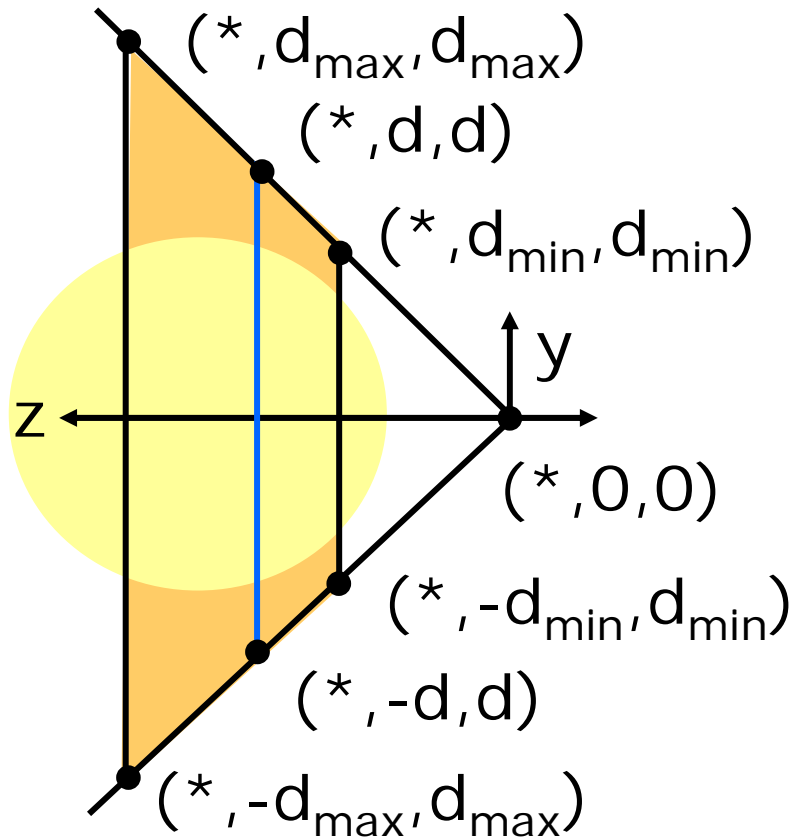
$$z' := z$$

$$\begin{pmatrix} \frac{2d}{x_{max} - x_{min}} & 0 & -\frac{x_{max} + x_{min}}{x_{max} - x_{min}} & 0 \\ 0 & \frac{2d}{y_{max} - y_{min}} & -\frac{y_{max} + y_{min}}{y_{max} - y_{min}} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

# Pyramide und Einheitswürfel



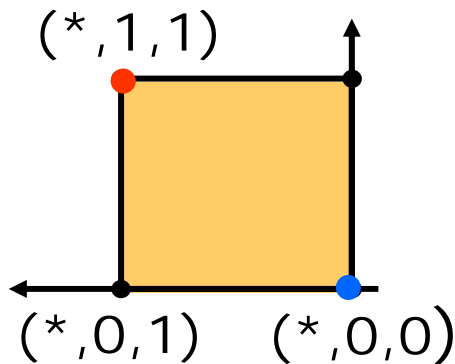
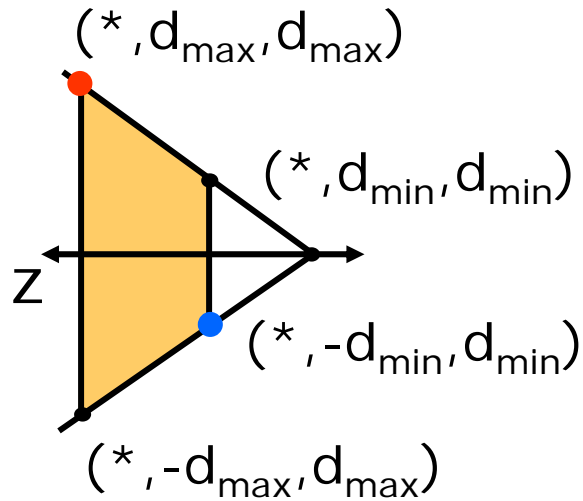
# Überführung in Einheitswürfel



$$y' = k_1 + k_2 \cdot \frac{y}{z}$$

$$z' = k_3 + k_4 \cdot \frac{1}{z}$$

# Gleichungssystem



$$y' = k_1 + k_2 \cdot \frac{y}{z}$$
$$z' = k_3 + k_4 \cdot \frac{1}{z}$$

$$1 = k_1 + k_2 \cdot \frac{d_{\max}}{d_{\max}}$$

$$0 = k_1 + k_2 \cdot \frac{-d_{\min}}{d_{\min}}$$

$$1 = k_3 + k_4 \cdot \frac{1}{d_{\max}}$$

$$0 = k_3 + k_4 \cdot \frac{1}{d_{\min}}$$



# Skalierungskoeffizienten

Lösung des Gleichungssystems liefert

für  $y$ :

$$k_1 = \frac{1}{2} \quad k_2 = \frac{1}{2}$$

für  $z$ :

$$k_3 = \frac{d_{max}}{d_{max} - d_{min}} \quad k_4 = \frac{-d_{min} \cdot d_{max}}{d_{max} - d_{min}}$$

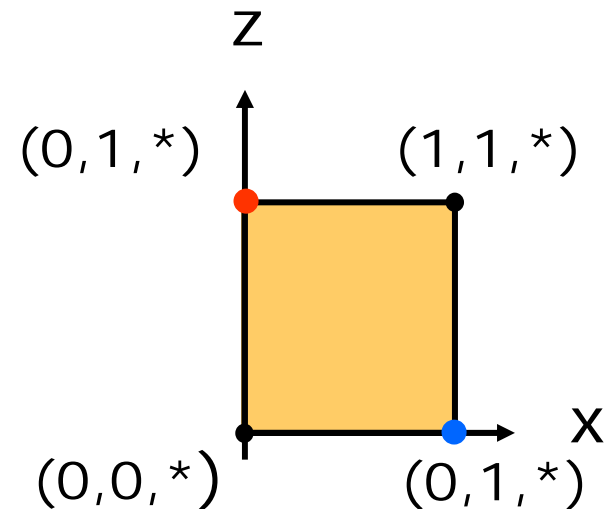
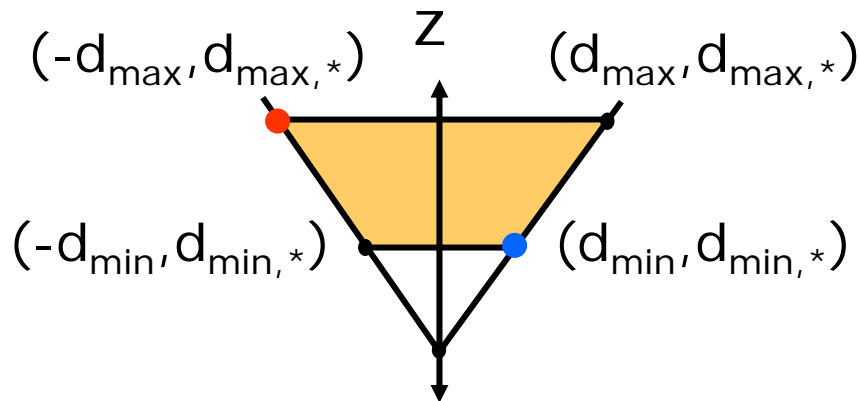
# Skalierungskoeffizienten

Lösung des Gleichungssystems liefert

für x:

$$k_5 = \frac{1}{2}$$

$$k_6 = \frac{1}{2}$$



# Vorbereitung der Matrix

geeignet für spätere Division durch  $z$ :

$$x' = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot x/z = \left(\frac{1}{2} \cdot x + \frac{1}{2} \cdot z\right)/z$$

$$y' = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot y/z = \left(\frac{1}{2} \cdot y + \frac{1}{2} \cdot z\right)/z$$

$$\begin{aligned} z' &= \frac{d_{max}}{d_{max} - d_{min}} + \frac{-d_{min} \cdot d_{max}}{d_{max} - d_{min}} \cdot \frac{1}{z} \\ &= \left( \frac{d_{max}}{d_{max} - d_{min}} \cdot z + \frac{-d_{min} \cdot d_{max}}{d_{max} - d_{min}} \right) / z \end{aligned}$$

# Transformationsmatrix

$$x' := (k_6 \cdot x + k_5 \cdot z) / z$$

$$\underbrace{\quad}_{\frac{1}{2}} \quad \underbrace{\quad}_{\frac{1}{2}}$$

$$y' := (k_2 \cdot y + k_1 \cdot z) / z$$

$$\underbrace{\quad}_{\frac{1}{2}} \quad \underbrace{\quad}_{\frac{1}{2}}$$

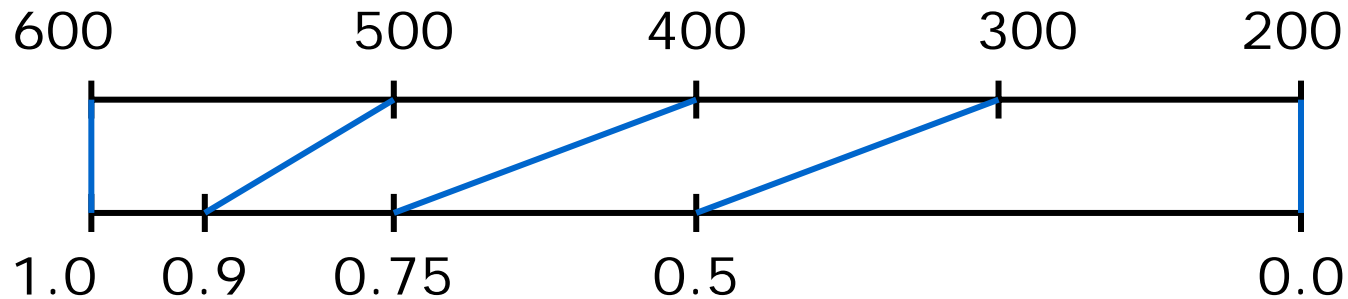
$$z' := (k_3 \cdot z + k_4 \cdot 1) / z$$

$$\underbrace{\quad}_{\frac{d_{max}}{d_{max} - d_{min}}} \quad \underbrace{\quad}_{\frac{-d_{min} \cdot d_{max}}{d_{max} - d_{min}}}$$

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{2} & 0 & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{d_{max}}{d_{max} - d_{min}} & \frac{-d_{min} \cdot d_{max}}{d_{max} - d_{min}} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

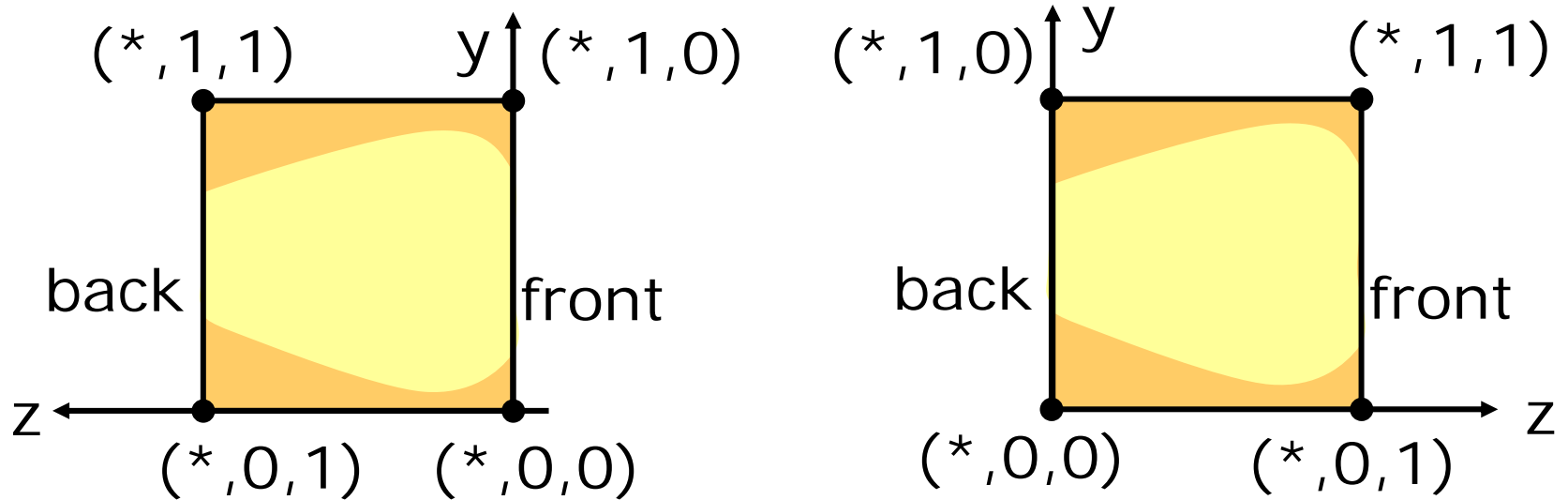
# Obacht: Stauchung

$$z' := \frac{600}{600-200} + \frac{-200 \cdot 600}{600-200} \cdot \frac{1}{z} = 1.5 - \frac{300}{z}$$



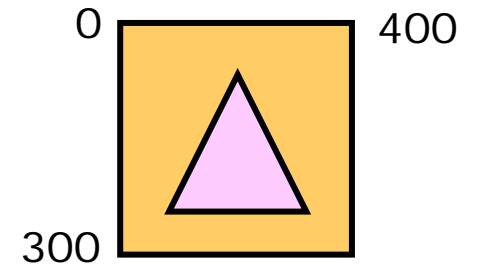
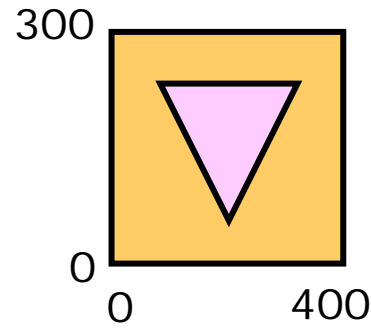
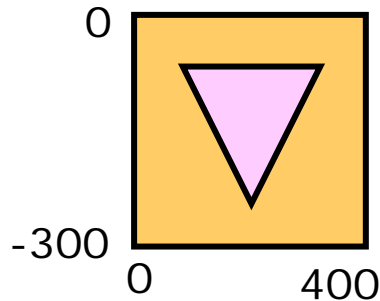
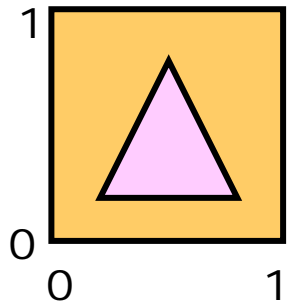
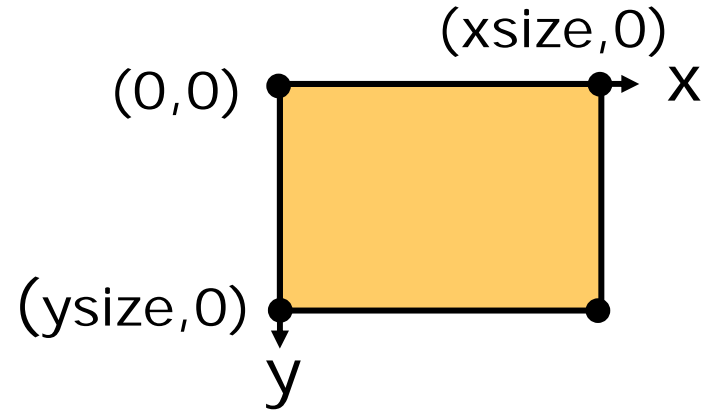
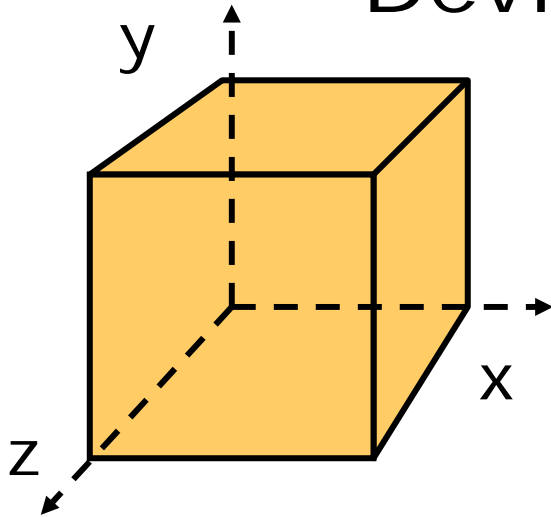
- Szene wird nichtlinear gestaucht
- Objekte drängeln sich an der back plane
- reicht für Sichtbarkeitsbestimmung aus.

# linkshändig - rechtshändig

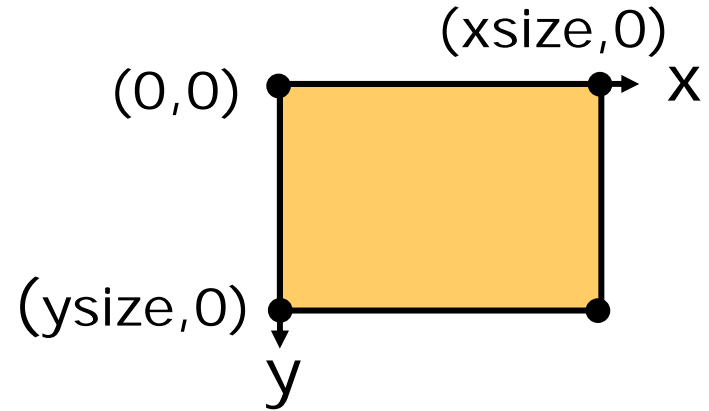
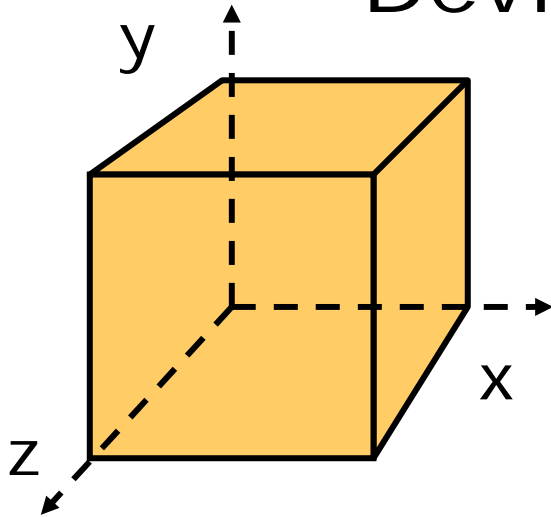


- spiegel an  $x/y$ -Ebene
- verschiebe back plane in  $x/y$ -Ebene

# Device Mapping



# Device Mapping



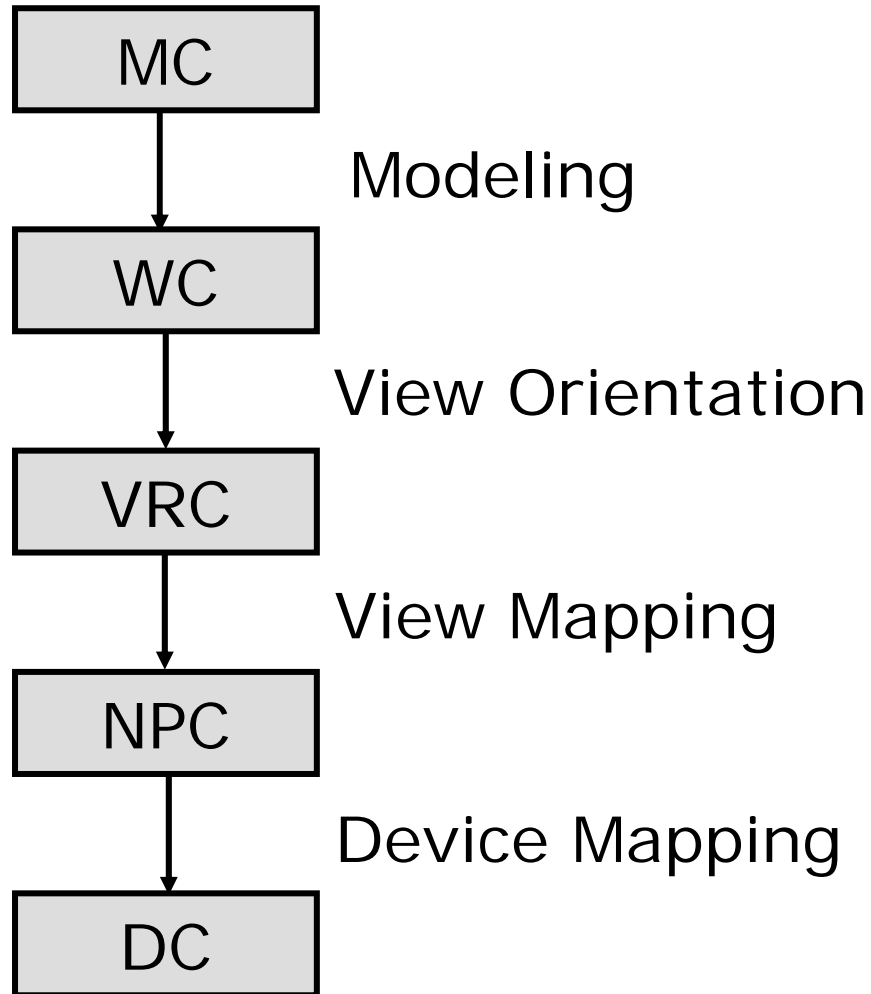
skaliere mit  $(xsize, -ysize)$  und verschiebe um  $+ysize$

$$\begin{bmatrix} xsize & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -ysize & 0 & ysize \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

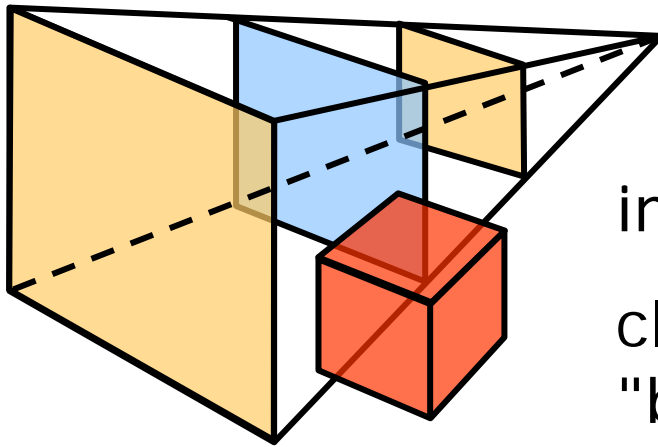
z-Werte  
merken !



# Zusammenfassung Viewing Pipeline



# Clipping



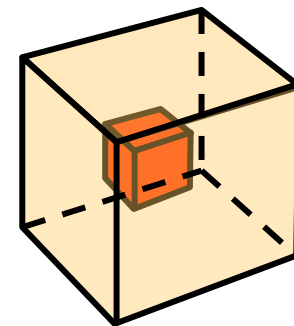
im WC:

clippen an sechs  
"beliebigen" Flächen

im NPC:

clippen an sechs  
"einfachen" Flächen

(6-Bit-Bereichscode)



# Vergleich

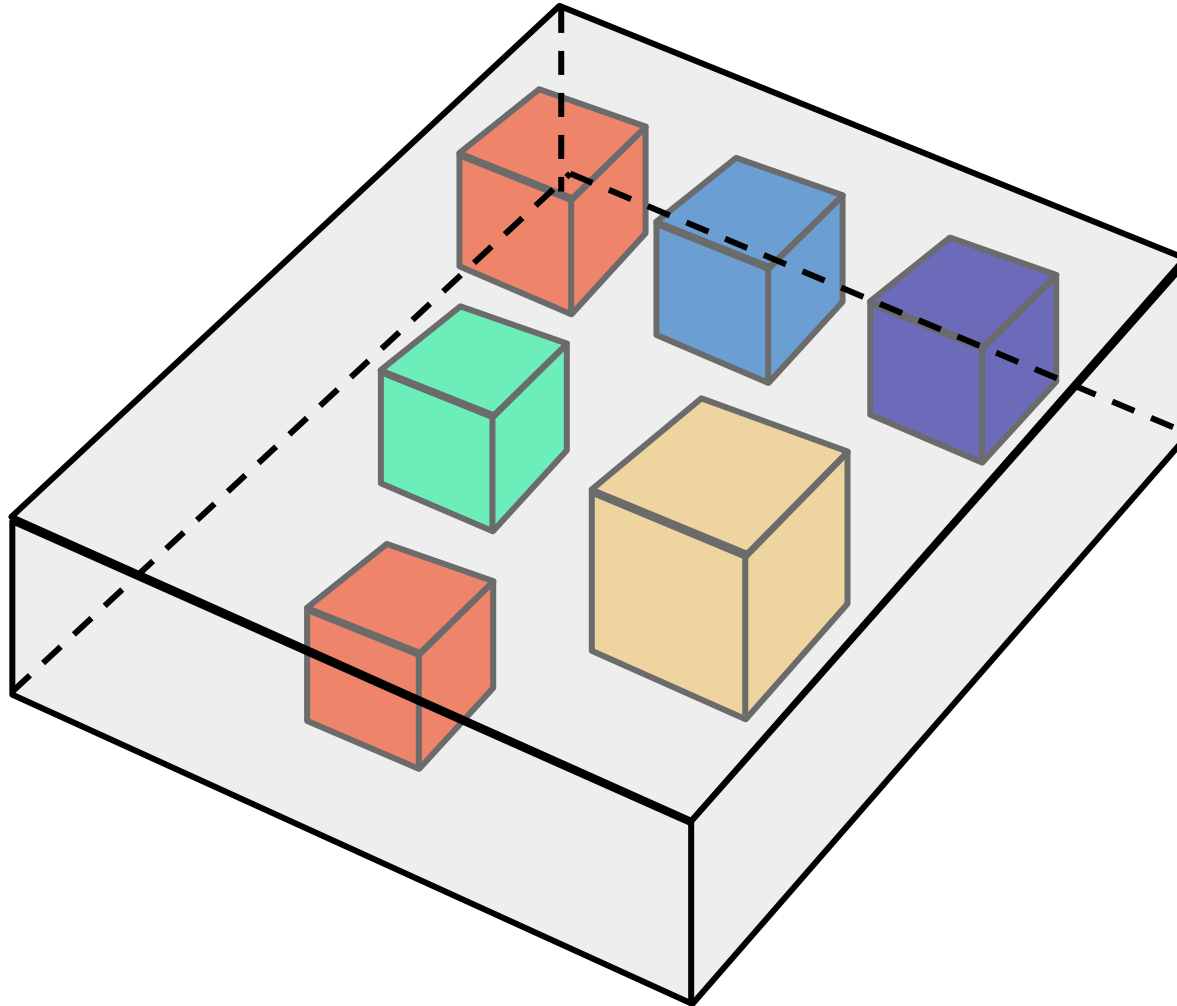
frühes Clipping:

- Clipping im WC schwierig
- + Transformation ins VPC und NPC mit reduzierter Szene

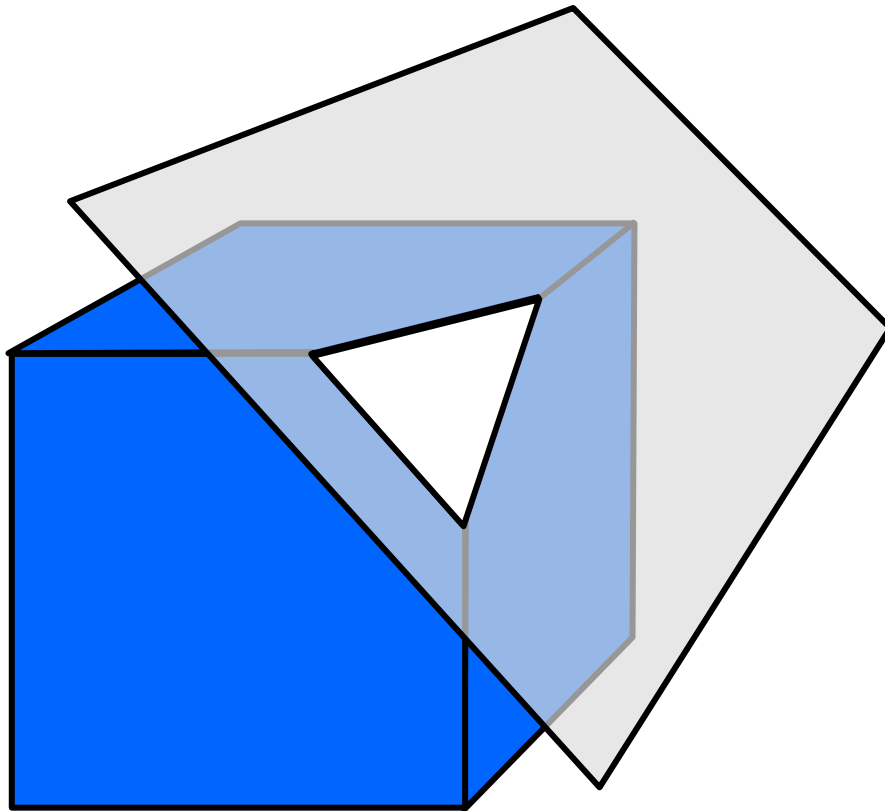
spätes Clipping:

- Transformation der kompletten Szene ins VPC und NPC
- + Clipping im NPC einfach

# Umgebungsclipping



# Probleme beim Clipping



Obacht:  
Polyeder  
zerfällt in  
Polygone !