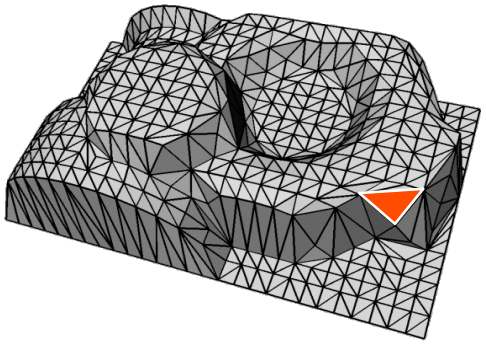
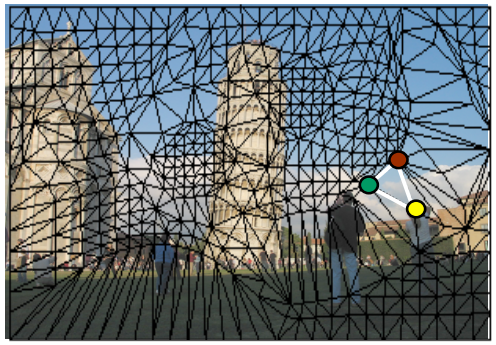
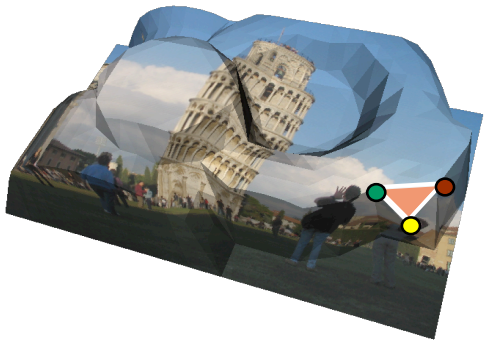
# Parametrisierung

- Wie kommt man zu den Texturkoordinaten an jedem Vertex?
- Triviale Texturierung eines Terrains:
  - 3D-Koordinaten nach unten projzieren

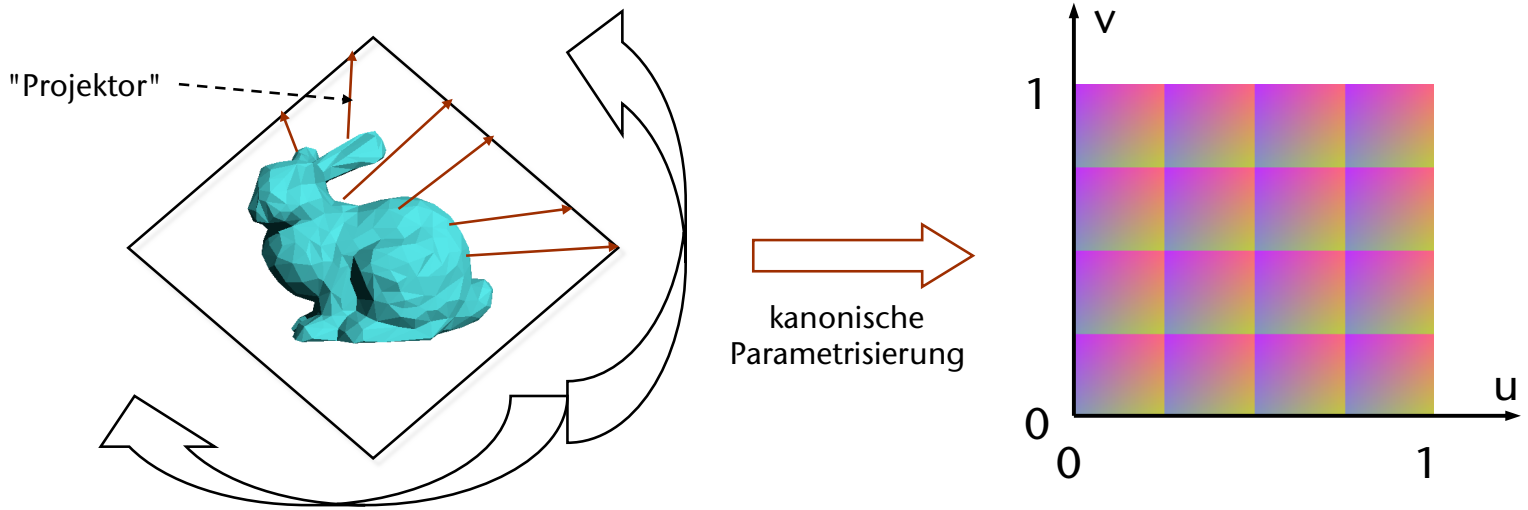






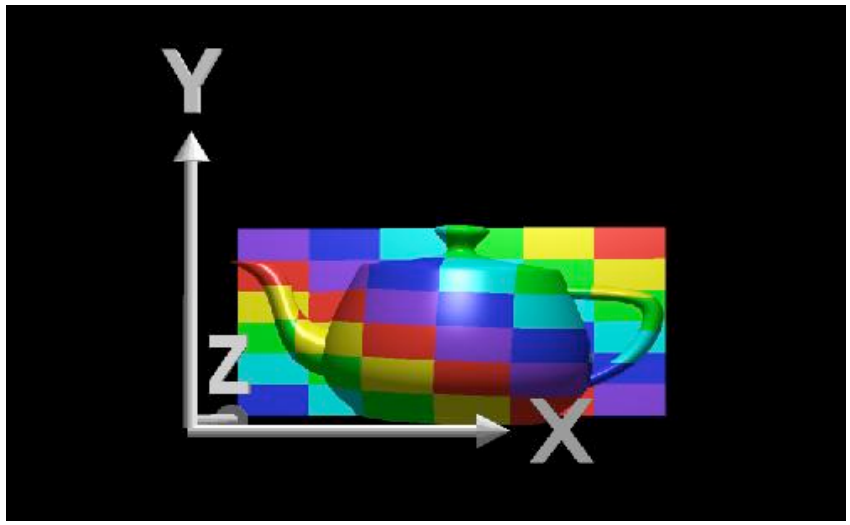
  - Achtung: dies ist nicht notwendig eine "gute" Texturierung!

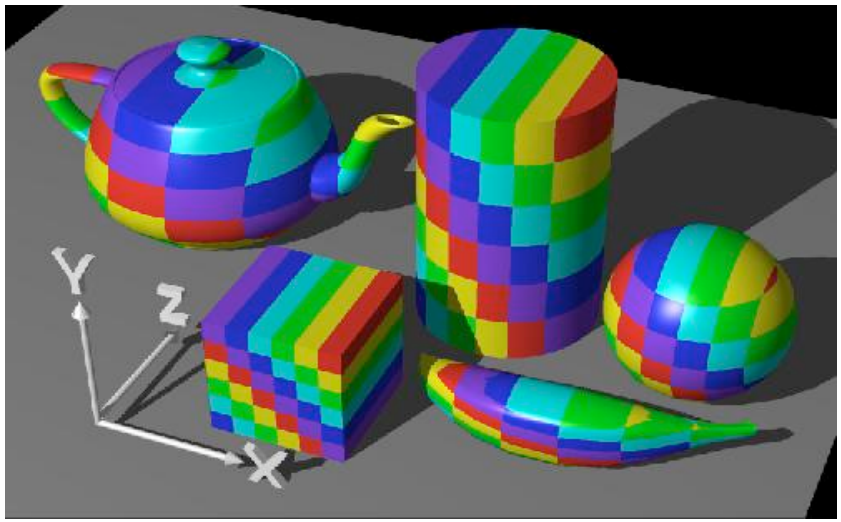
- Idee: 2-stufiger Prozess [Bier & Sloan, 1986]
  - Lege (konzeptionell) einen "kanonisch" parametrisierbaren Hüllkörper um das ganze Objekt
  1. Projiziere Vertices (nicht notw. Vertex-Koord.!) auf diesen Hüllkörper
  2. Verwende die Texturkoordinaten des projizierten Punktes auf dem Hüllkörper



# Einige Hüllkörper und deren Parametrisierung

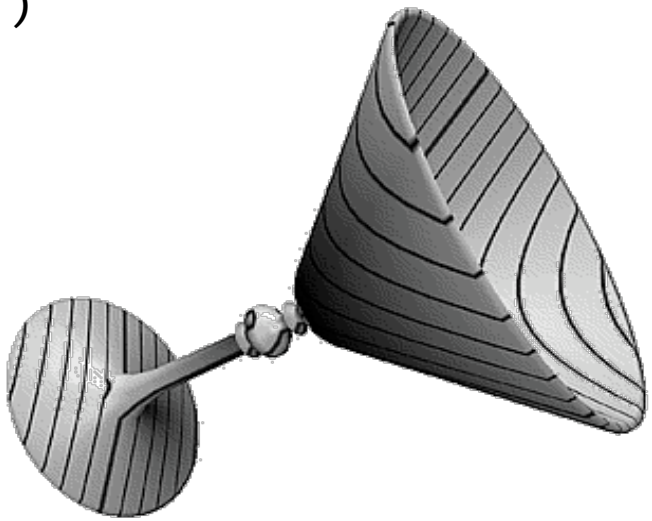
- Ebene:
  - Projiziere Punkt $(x,y,z)$ auf Ebene
    $\rightarrow (x,y)$
  - $(u,v) = ( s_x x + t_x, s_y y + t_y)$
- Verallgemeinerung:
  - Definiere 2 beliebige
    Ebenen $E_1$ und $E_2$
  - $u$ := dist( $P$, $E_1$ )
    $v$ := dist( $P$, $E_2$ )
  - Dieses Feature bietet OpenGL



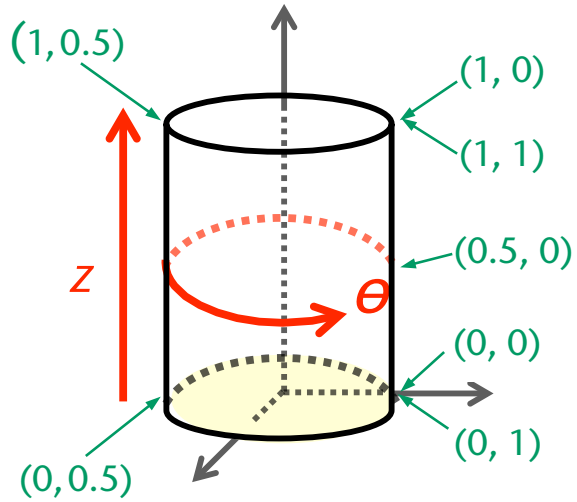
# Beispiel

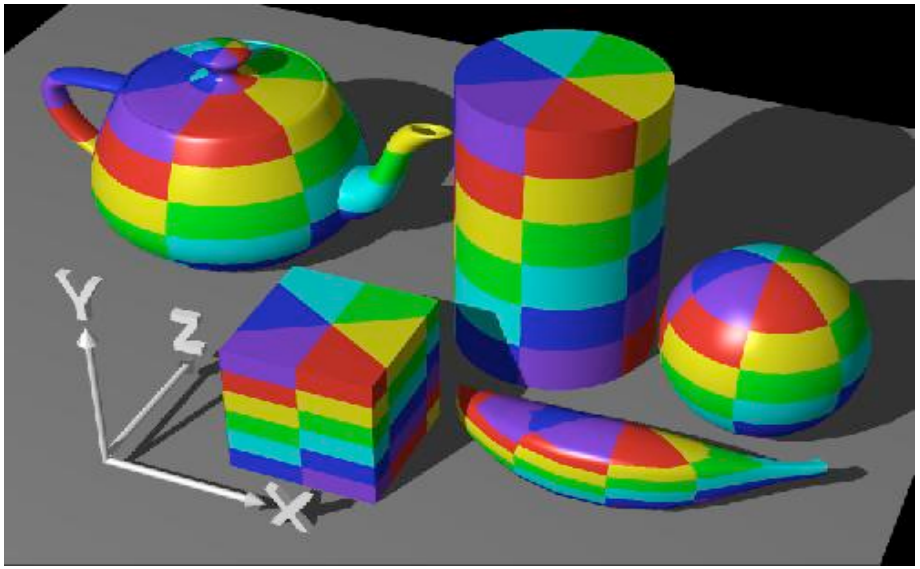
- Erzeuge Höhenlinien mittels dieser Technik:
  - 1D-Textur
  - $u$ := dist( $P$, $E_1$ )



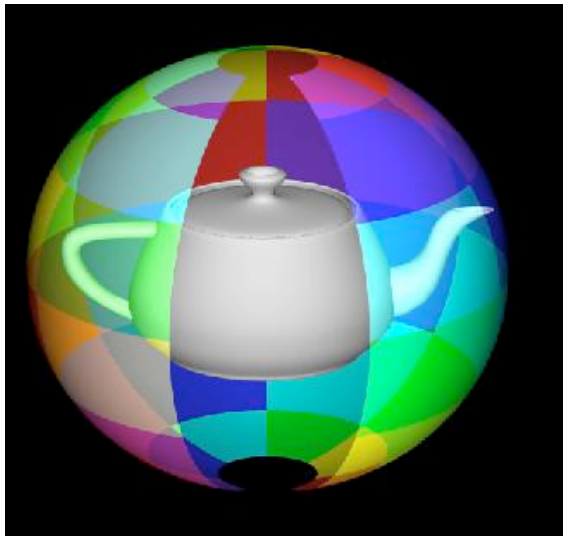
- Viele weitere ungewöhnliche Anwendungen von Texture-Mapping auf http://www.graficaobscura.com/texmap/index.html

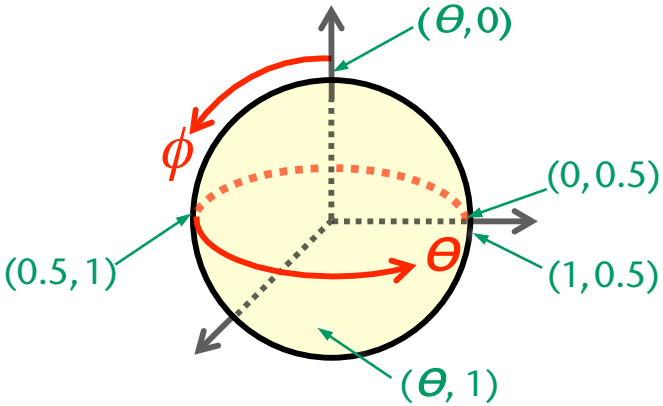
- Zylinder-Parametrisierung:
  - Konvertiere kartesische Koord. $(x,y,z)$ in zylindrische Koord.
    $\rightarrow (r \sin \Theta, r \cos \Theta, z)$
  - $(u, v) = (\Theta/2\pi, z)$
- Beachte "Naht" bei ($\theta$=0 & $2\pi$)

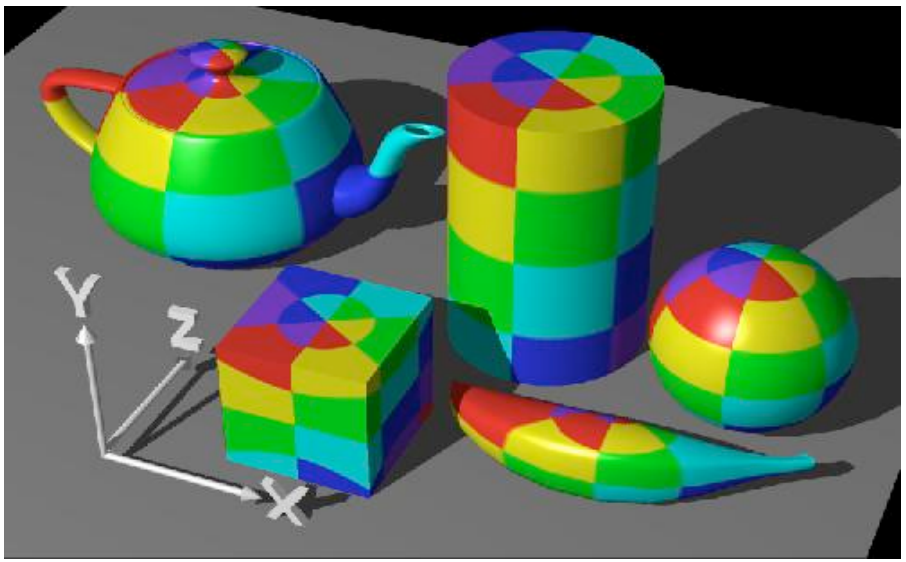


- Kugel-Parametrisierung:
  - Stelle Punkt in sphärischen Koord. dar
    → $r \cdot (\sin\theta \sin\phi, \cos\theta \sin\phi, \cos\phi)$
  - $(u, v) = (\theta/2\pi, \phi/\pi + 1)$
- Beachte: Singularität bei Nord- und Südpol!



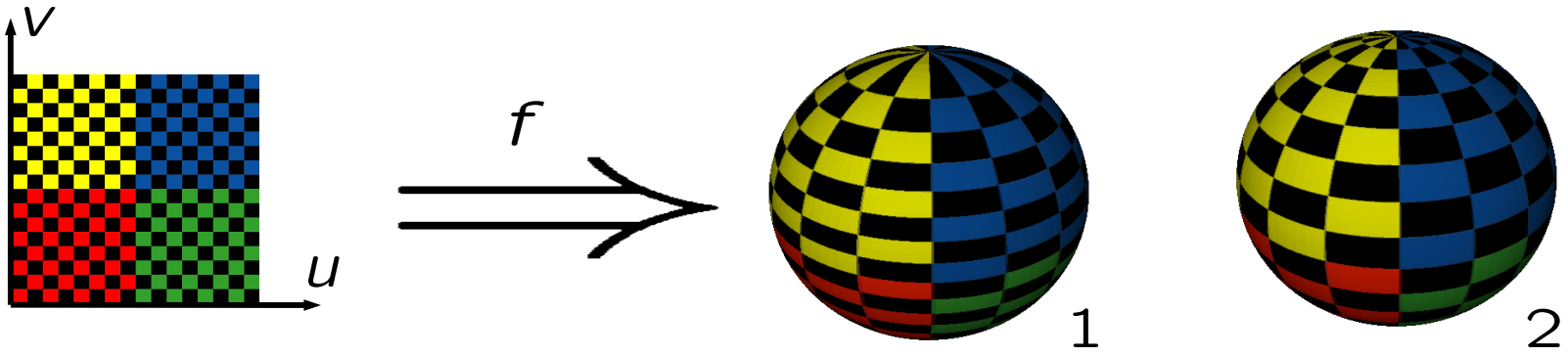


- Hier gibt es 2 Varianten:

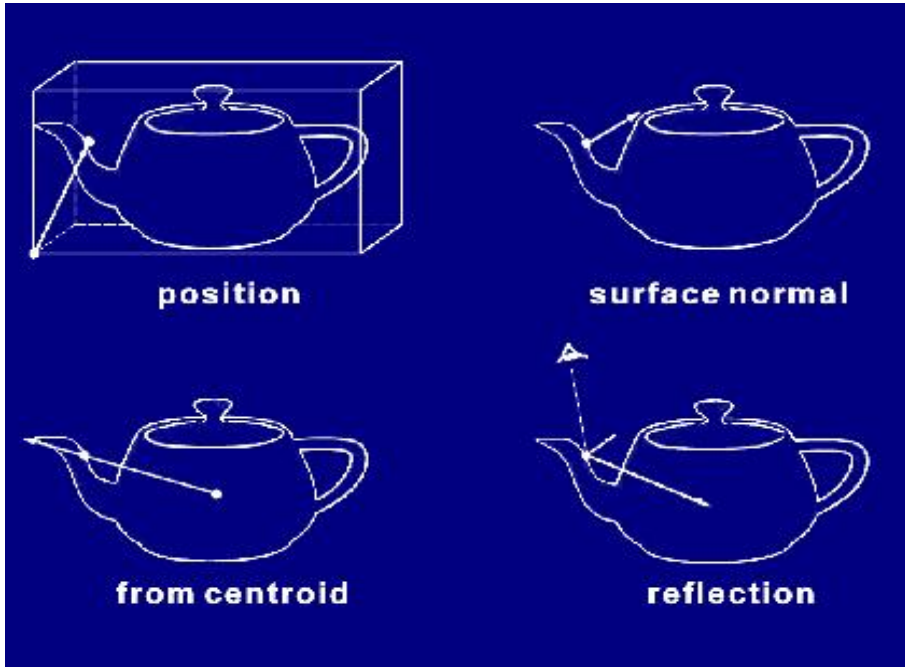
1. $$f(u,v) = \begin{pmatrix} \sin(\pi v)\cos(2\pi u) \\ \sin(\pi v)\sin(2\pi u) \\ \cos(\pi v) \end{pmatrix}$$

2. $$f(u,v) = \begin{pmatrix} \sqrt{2v-1}\cos(2\pi u) \\ \sqrt{2v-1}\sin(2\pi u) \\ 2v-1 \end{pmatrix}$$



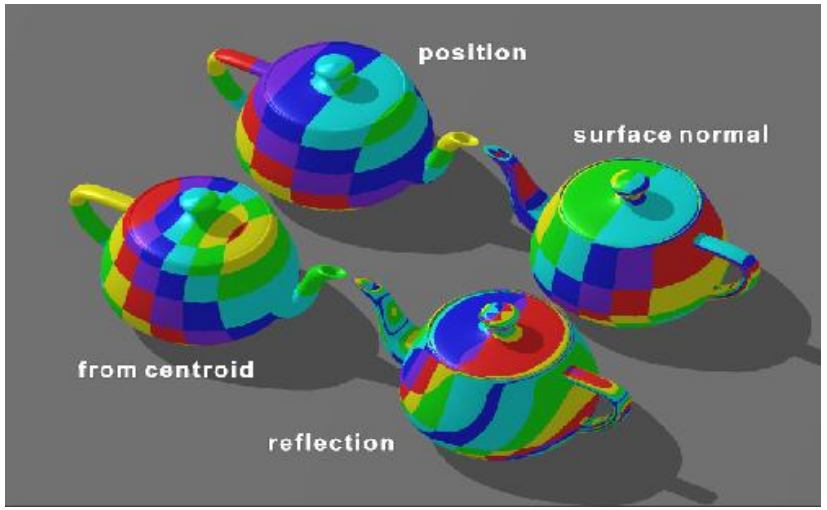
# Was soll man projizieren?

- Bisher: einfach die Koordinaten (*x*,*y*,*z*) des Vertex auf den (gedachten) Hüllkörper projiziert
- Verallgemeinerung: statt dessen kann man genauso gut (oder schlecht) andere Attribute des Vertex projizieren, z.B.
  - Normale
  - Vektor vom Zentrum des Objektes durch den Vertex
  - Reflektierter Viewing-Vektor
  - ...

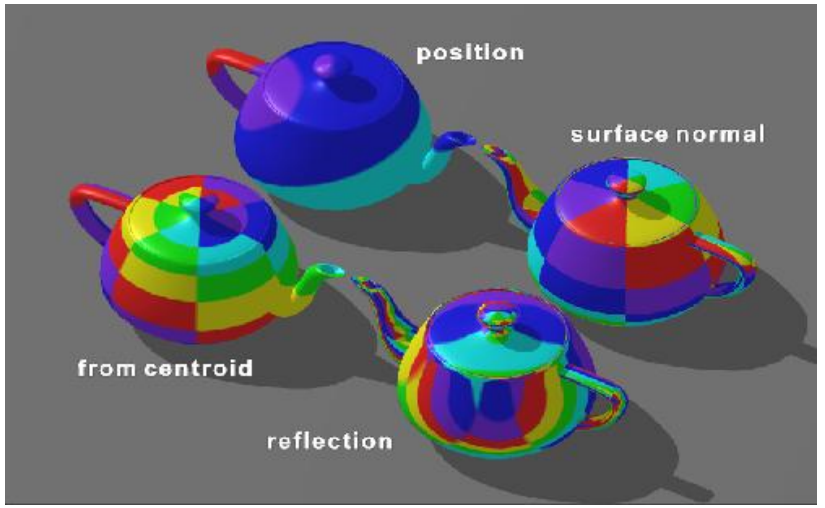


- Beispiele:

planar




cylindrical



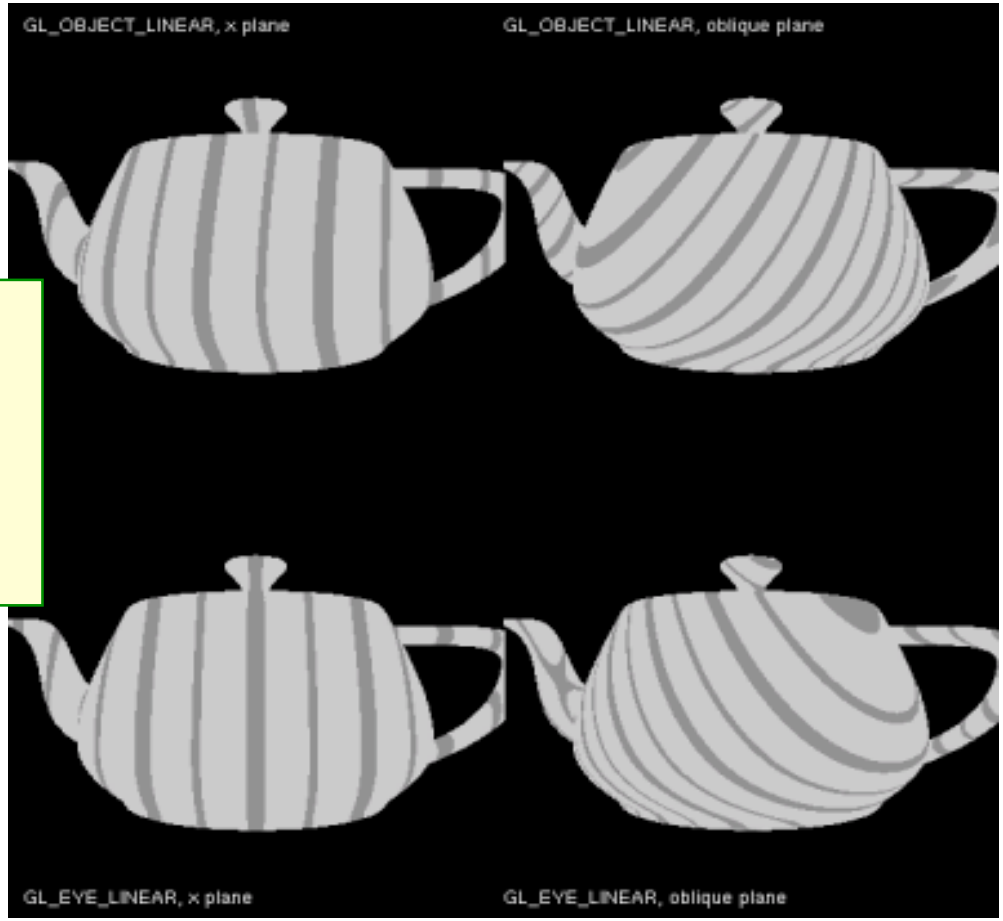
# Automatische Erzeugung von Textur-Koordinaten in OpenGL

- **`glEnable( GL_TEXTURE_GEN_S );`** // S, T, R, Q
- **`glTexGeni( GL_S, GL_TEXTURE_GEN_MODE`**, *mode* );
- mode =

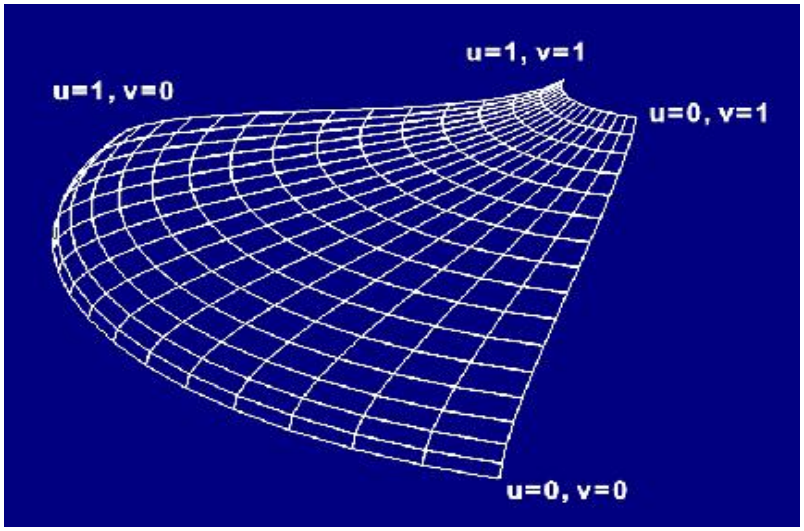
| | |
|---|---|
| **`GL_OBJECT_LINEAR`** | : Texturkoord. = Distanz des Vertex von einer Ebene; die Ebene wird spezifiziert mit **`glGenTexfv( GL_S, GL_OBJECT_PLANE, v )`** |
| **`GL_EYE_LINEAR`** | : benutze Vertex-Koord. **nach** **`MODEL_VIEW`** |
| **`GL_SPHERE_MAP`** | : für Environment-Mapping (später) |
| **`GL_NORMAL_MAP`** | |
| **`GL_REFLECTION_MAP`** | |

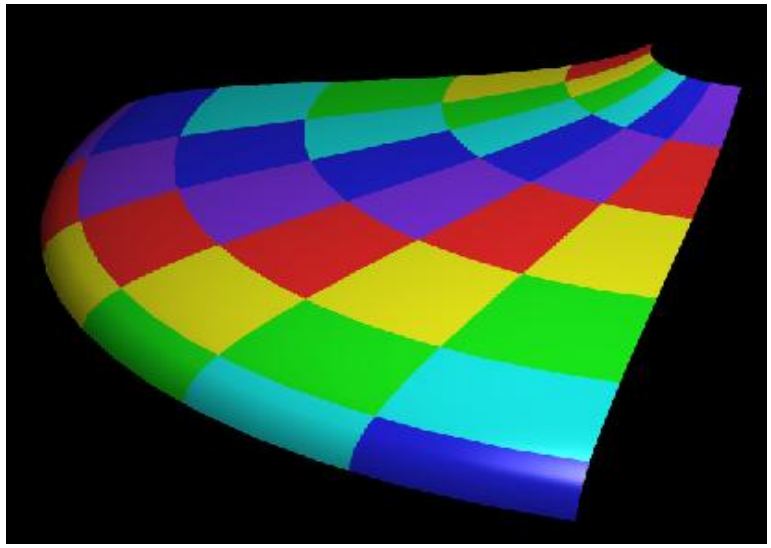
# Beispiel

```
glEnable( GL_TEXTURE_GEN_S );
glTexGeni( GL_S,
           GL_TEXTURE_GEN_MODE,
           GL_OBJECT_LINEAR );
glTexGenfv( GL_S,
            GL_OBJECT_PLANE,
            xPlane );
```



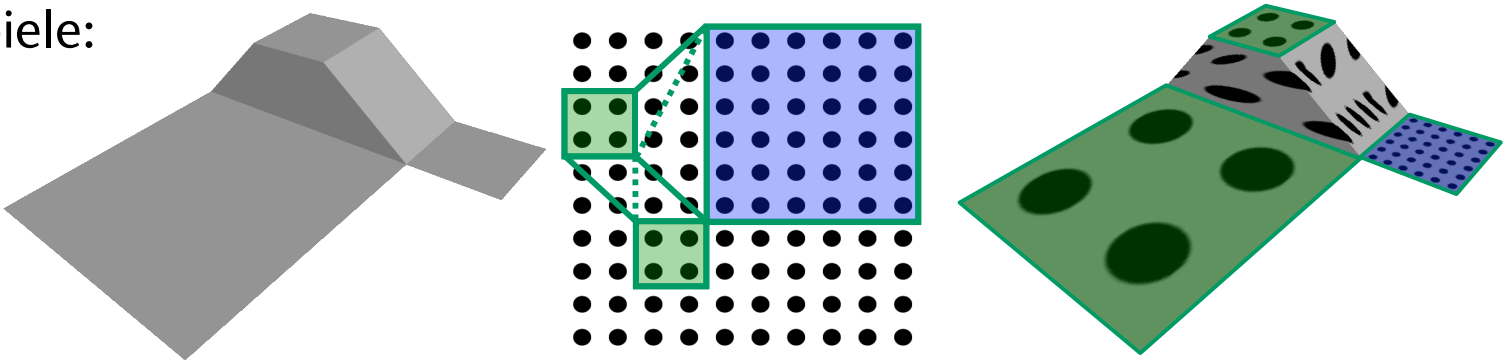
- Parametrisierung parametrischer Flächen ist oft "kanonisch":

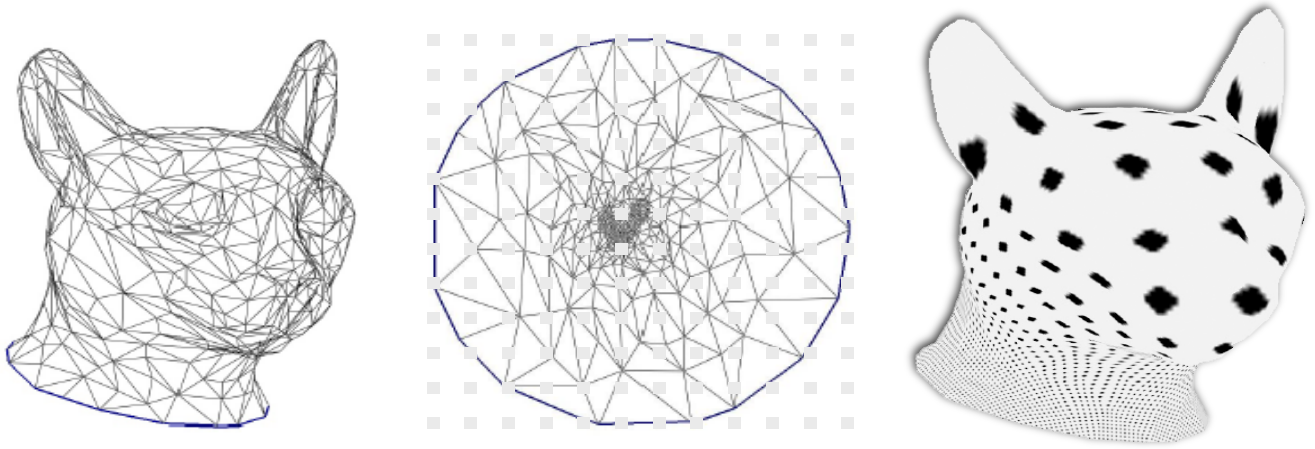


# Probleme bei der Parametrisierung

- Verzerrungen: Größe & Form
- Folge: Relatives over- bzw. under-sampling
- Beispiele:

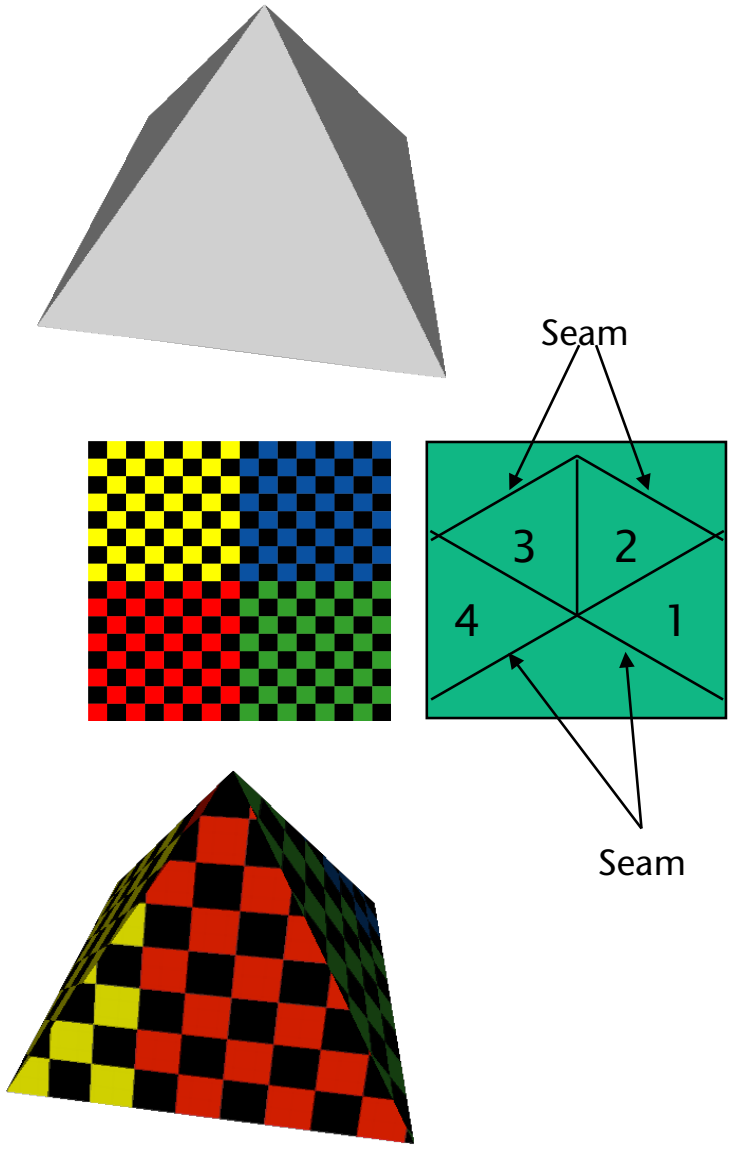




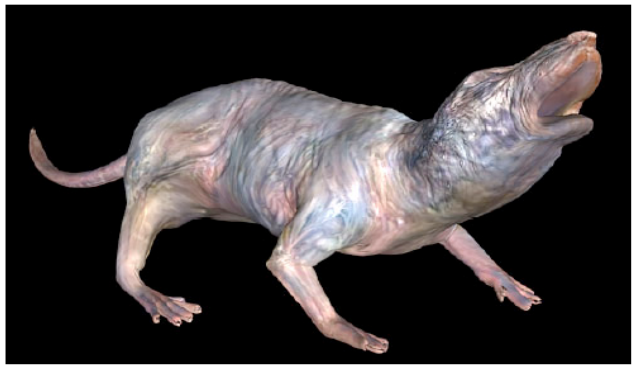
Mesh Einbettung Verzerrung

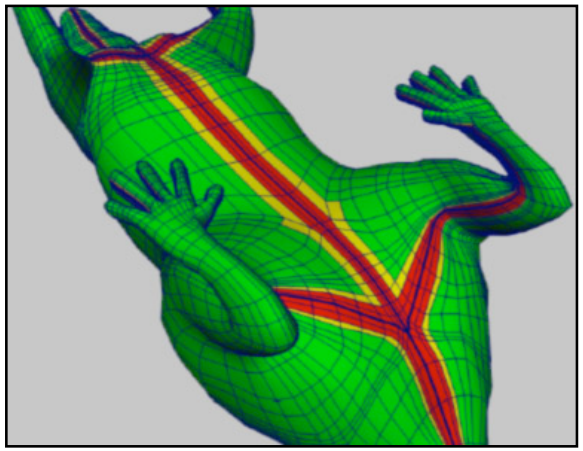
# Seams (Textursprünge)

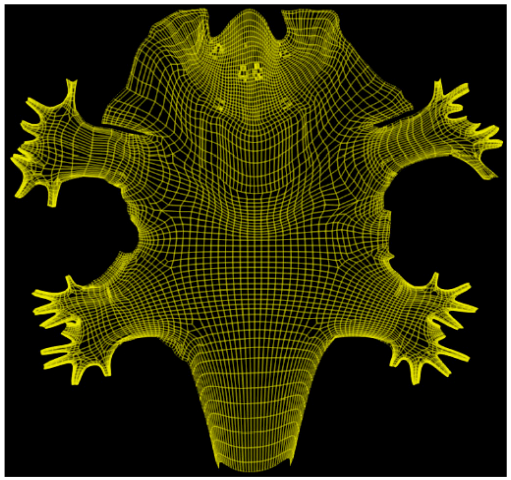
- Ziel: Verringern der Verzerrung
- Idee: Aufschneiden des Netzes entlang gewisser Kanten
- Ergibt „doppelte“ Kanten, auch „*seams*“ genannt
- Unvermeidlich bei nicht-planarer Topologie

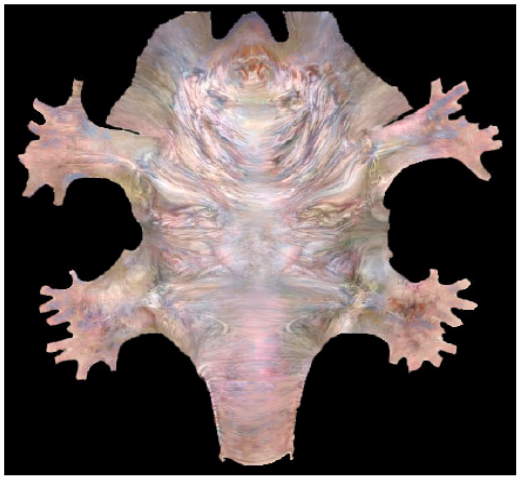


- Idee 1 [Piponi 2000]:
  - Das Objekt entlang nur einer zusammenhängenden Kante so aufschneiden, daß eine topologische Scheibe entsteht
  - Dieses aufgeschnittene Netz dann in die Ebene einbetten

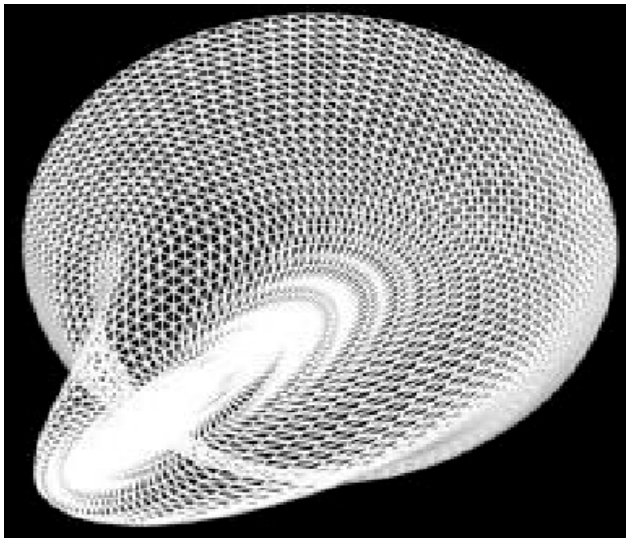


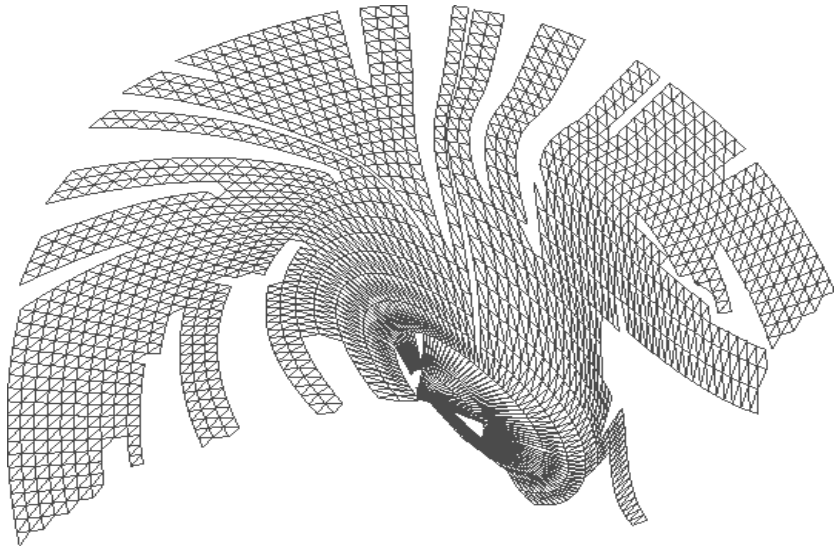




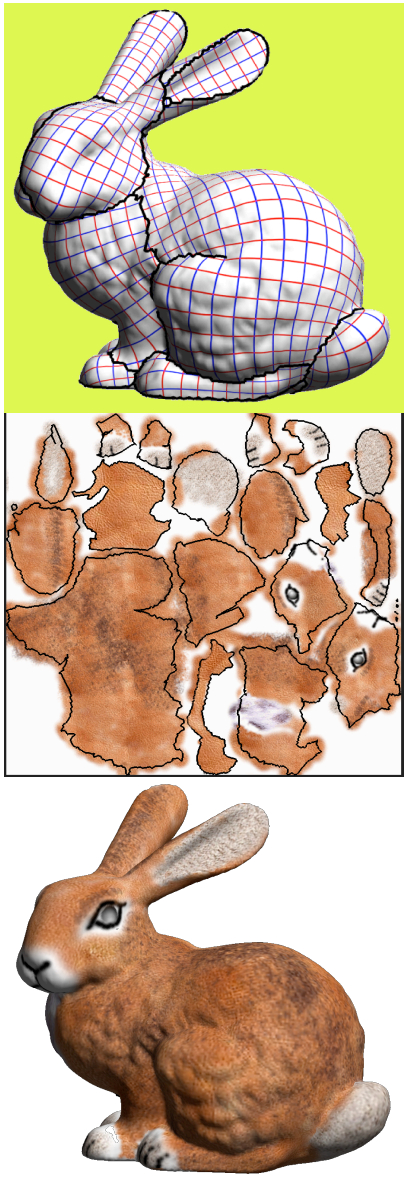


- Probleme:
  - Es gibt immer noch Verzerrungen
  - Mehrfaches "Einschneiden" ergibt stark "zerfranstes" eingebettetes Gitter

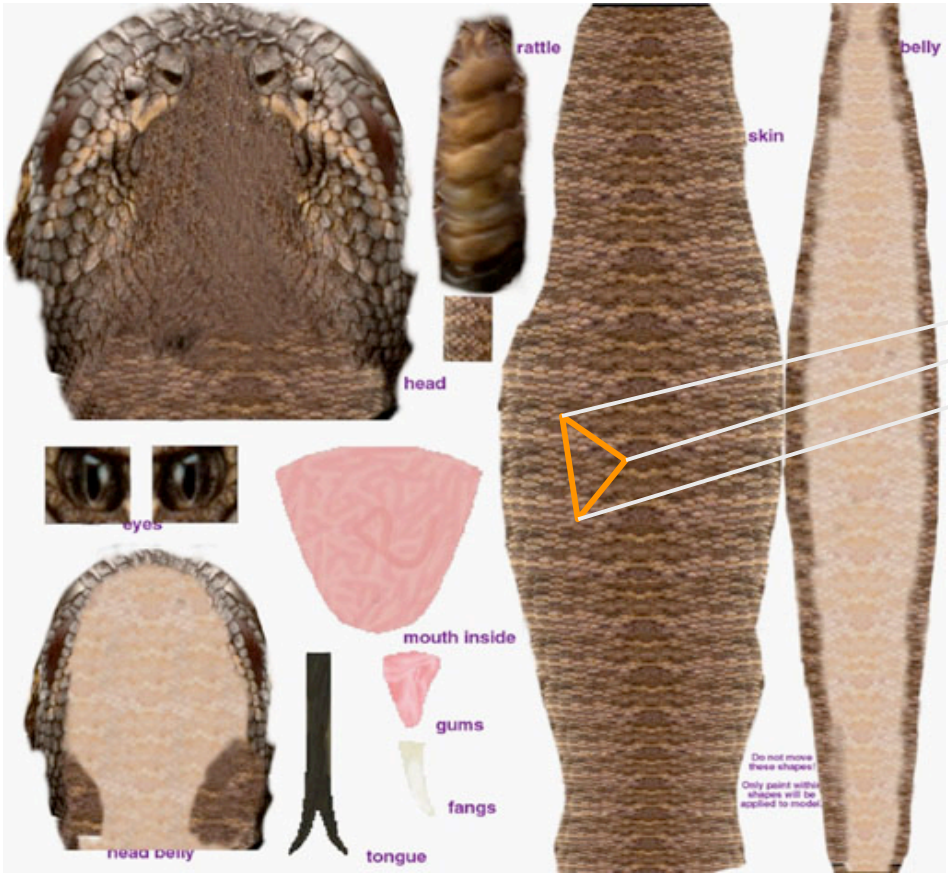


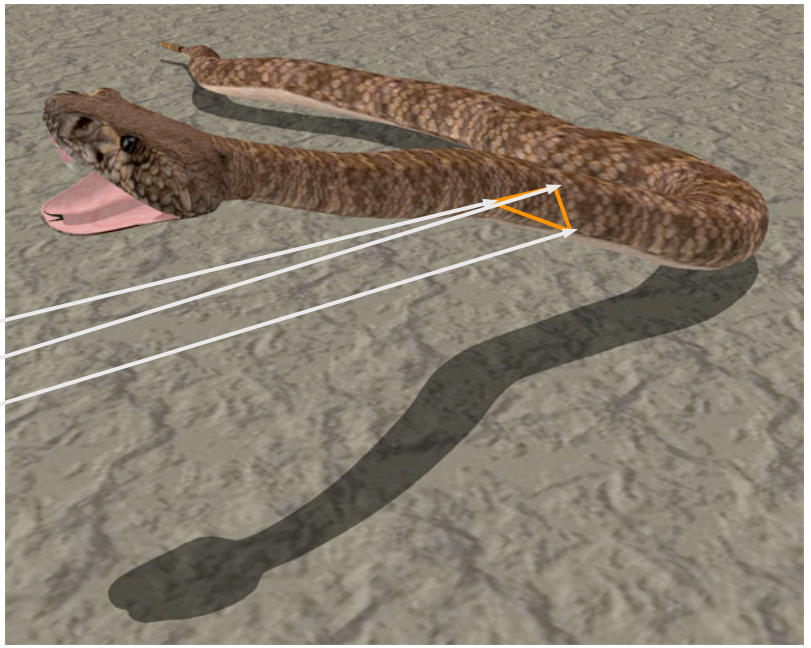


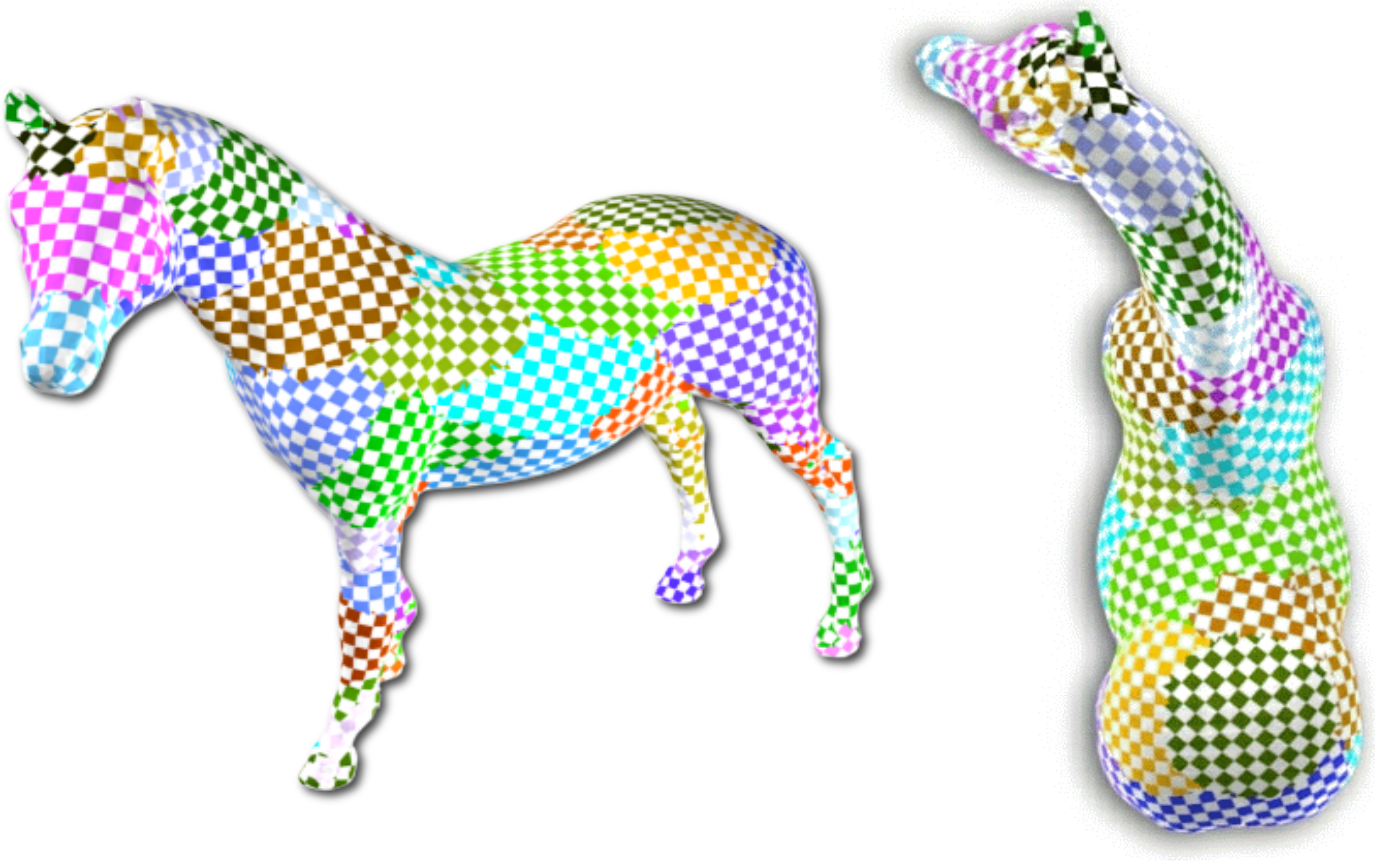
- Idee 2:
  - Zerschneide Fläche in einzelne Patches
  - Karte (map) = einzelnes Parametergebiet im Texture-Space für ein Patch
  - Textur-Atlas = Vereinigung dieser Patches mit ihren jeweiligen Parametrisierungen
- Problemstellung:
  - Wähle Kompromiß zwischen Seams und Verzerrung
  - „Verstecke“ Schnitte in wenig sichtbaren Regionen
  - Möglichst kompakte Anordnung der Texturpatches (ein sog. Packing-Problem)



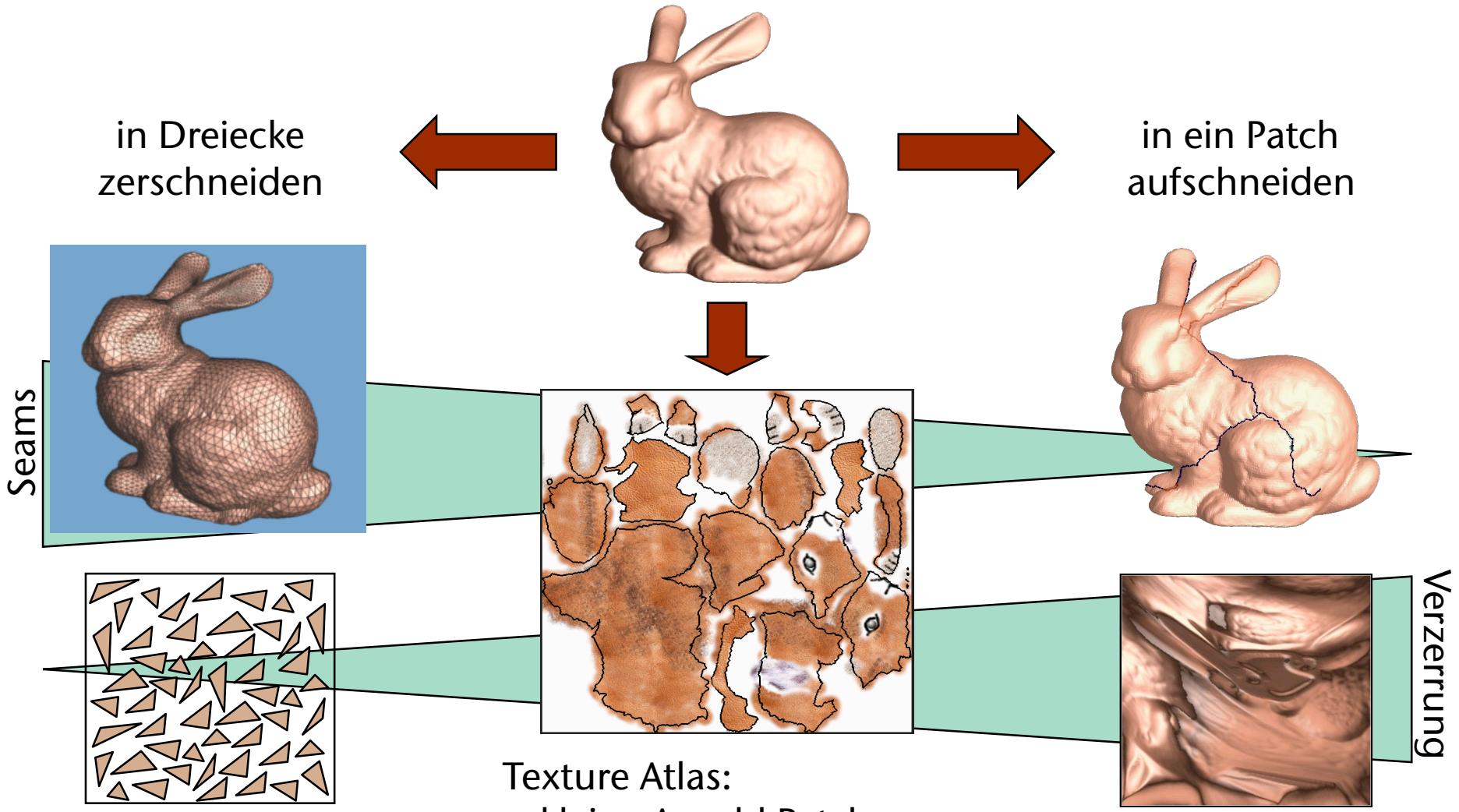
- Beispiel





# Verzerrung oder Seams?




Texture Atlas:

- kleine Anzahl Patches
- kurze & versteckte Seams

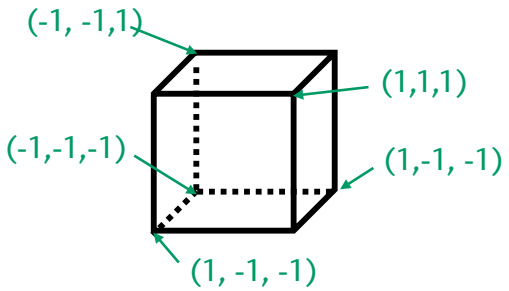
# Cube Maps

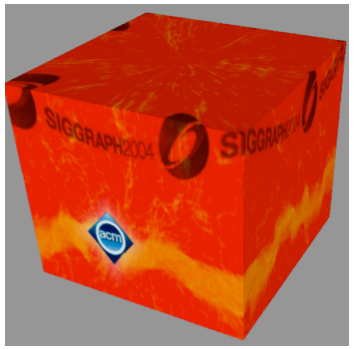
[Greene '86, Voorhies '94]

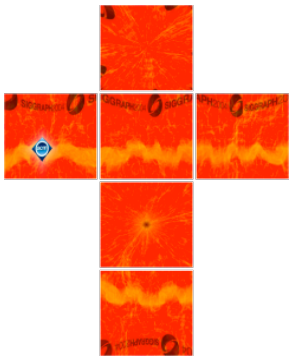
- $\Omega$ = Einheits-Würfel:
  - Sechs quadratische Textur-Bitmaps
  - 3D Texturkoordinaten:

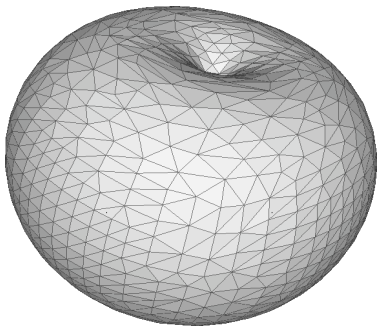
```
glTexCoord3f( s, t, r );
glVertex3f( x, y, z );
```

  - Größte Komponente von (*s*,*t*,*r*) wählt die Karte aus, Schnittpunkt liefert (*u*,*v*) innerhalb der Karte
- Rasterisierung
  - Interpolation von (*s*,*t*,*r*) in 3D
  - Projektion auf Würfel
  - Texture look-up in 2D
- Vorteile: rel. uniform, OpenGL
- Nachteil: man benötigt 6 Bilder

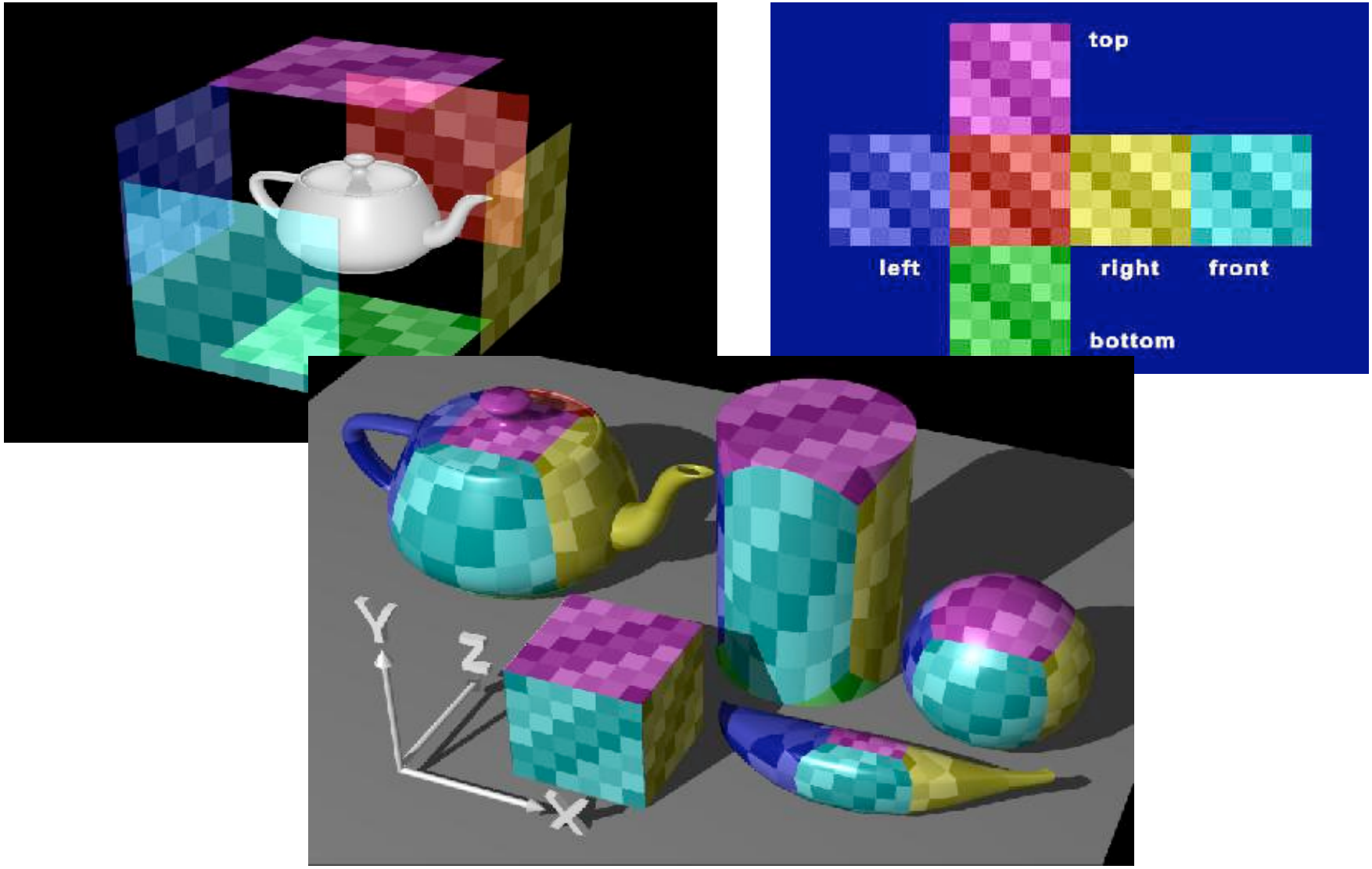


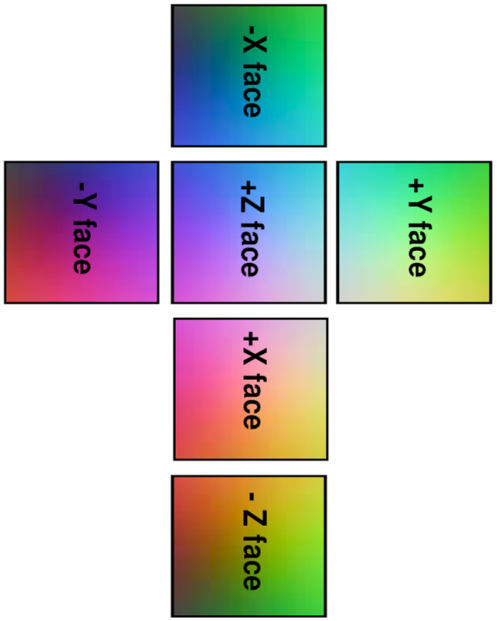





# Beispiele



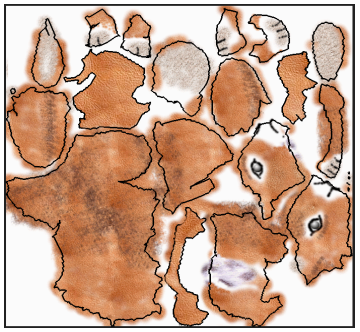
- Weitere Anwendung: man kann eine Cube-Map auch sehr gut verwenden, um irgendeine Funktion der Richtung zu speichern! (vorberechnet als LUT)
- Beispiel: Normierung eines Vektors
  - Jedes Cube-Map-Texel $(s,t,r)$ speichert in RGB den Vektor $$\frac{(s,t,r)}{\|(s,t,r)\|}$$
  - Jetzt kann man beliebige Texturkoordinaten mittels **`glTexCoord3f()`** angeben, und bekommt den normierten Vektor
- Achtung: bei dieser Technik sollte man (meistens) jegliche Filterung ausschalten!

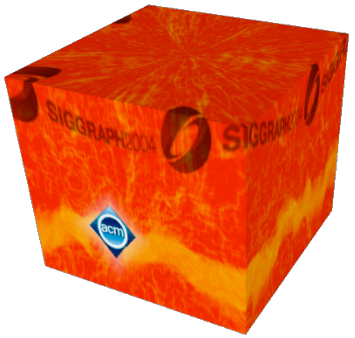


# Cube-Maps in OpenGL

```
glBindTexture( GL_TEXTURE_CUBE_MAP );
glTexImage( GL_TEXTURE_CUBE_MAP_POSITIVE_X, 0, GL_RGB, w, h,
            0, GL_RGB, GL_UNSIGNED_BYTE, image );
glTexParameter( GL_TEXTURE_CUBE_MAP, ... );
...
glEnable( GL_TEXTURE_CUBE_MAP );
glBindTexture( GL_TEXTURE_CUBE_MAP );
glBegin( GL_... );
glTexCoord3f( s, t, r );
glVertex3f( ... );
...
```

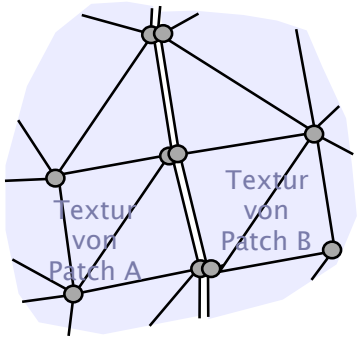
# Textur-Atlas vs. Cube-Map

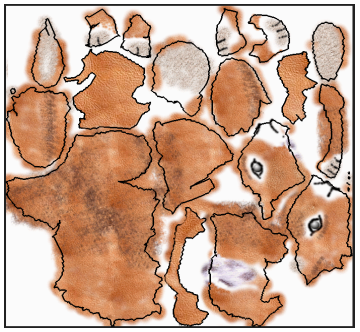


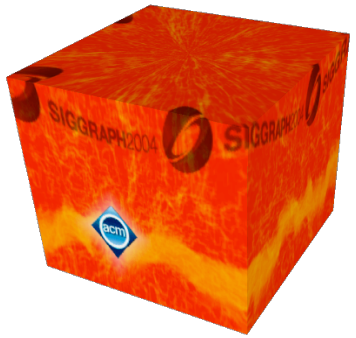




- Seams
- Dreiecke innerhalb der Patches
- nur für ein Dreiecksnetz
- Mip-Mapping schwierig
- verschwendete Texel
- Sampling-Artefakte an den Rändern der Patches

- Keine seams
- Dreiecke in mehreren Patches
- für viele Dreiecksnetze
- Mip-Mapping okay
- alle Texel benutzt
- Keine Ränder, keine Sampling-Artefakte

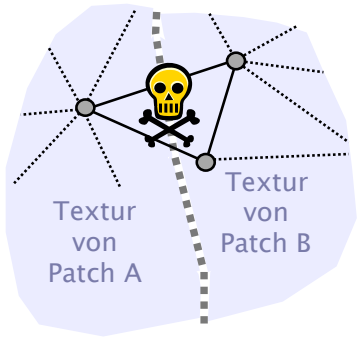


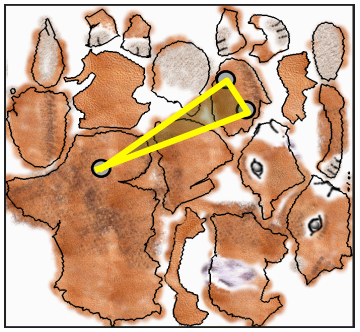



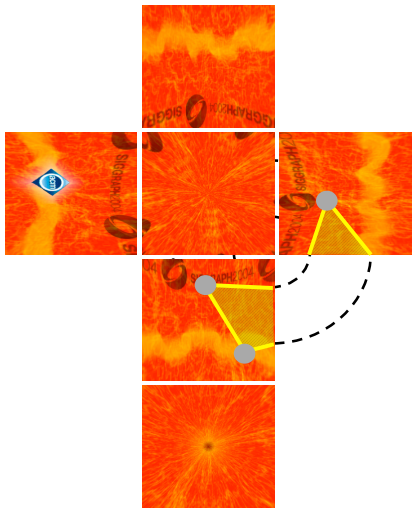




- seams
- Dreiecke innerhalb der Patches
- nur für ein Dreiecksnetz
- Mip-Mapping schwierig
- verschwendete Texel
- Sampling-Artefakte an den Rändern der Patches

- keine seams
- Dreiecke in mehreren Patches
- für viele Dreiecksnetze
- Mip-Mapping okay
- alle Texel benutzt
- keine Ränder, keine Sampling-Artefakte

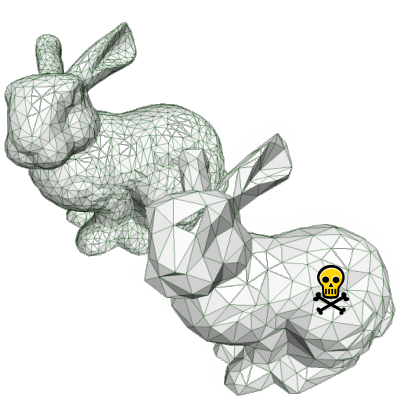


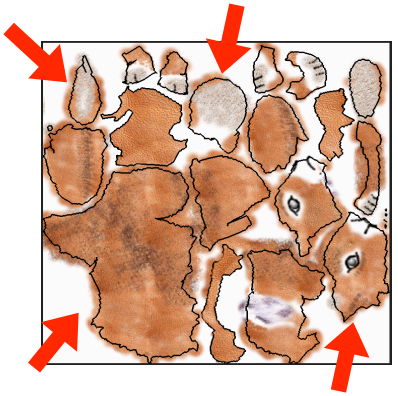



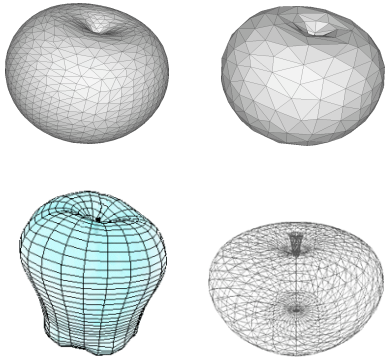



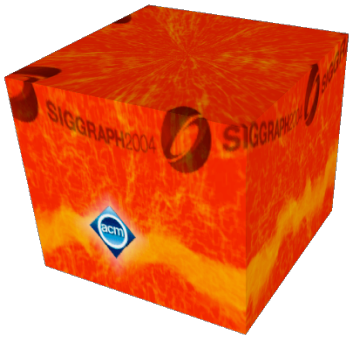
- seams
- Dreiecke innerhalb der Patches
- nur für ein Dreiecksnetz
- Mip-Mapping schwierig
- verschwendete Texel
- Sampling-Artefakte an den Rändern der Patches

- keine seams
- Dreiecke in mehreren Patches
- für viele Dreiecksnetze
- Mip-Mapping okay
- alle Texel benutzt
- keine Ränder, keine Sampling-Artefakte



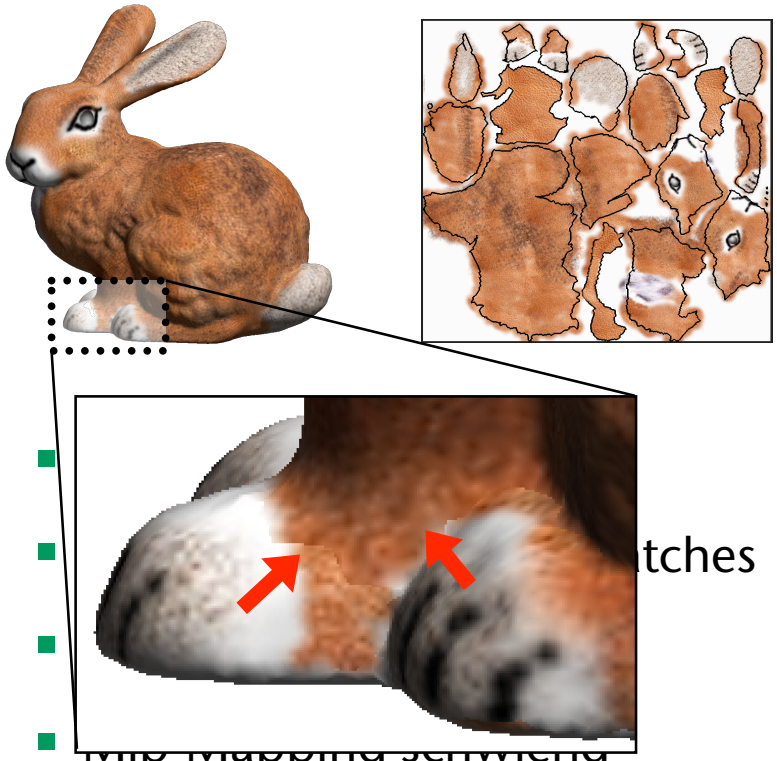


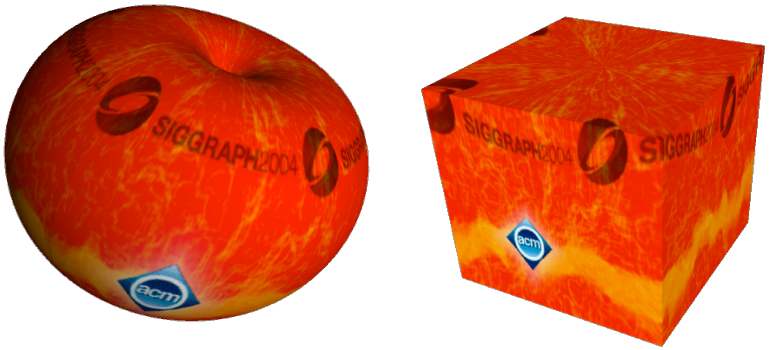




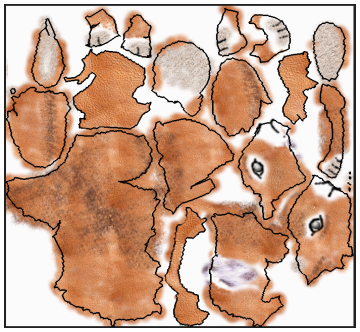

- seams
- Dreiecke innerhalb der Patches
- nur für ein Dreiecksnetz
- Mip-Mapping schwierig
- verschwendete Texel
- Sampling-Artefakte an den Rändern der Patches

- keine seams
- Dreiecke in mehreren Patches
- für viele Dreiecksnetze
- Mip-Mapping okay
- alle Texel benutzt
- keine Ränder, keine Sampling-Artefakte



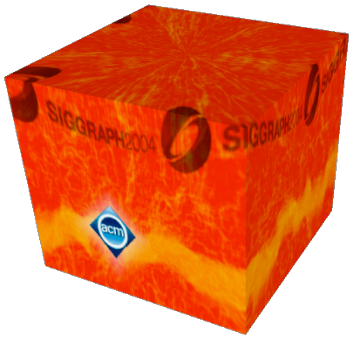



- keine seams
- Dreiecke in mehreren Patches
- für viele Dreiecksnetze
- Mip-Mapping okay
- alle Texel benutzt
- keine Ränder, keine Sampling-Artefakte



- seams
- Dreiecke innerhalb der Patches
- nur für ein Dreiecksnetz
- Mip-Mapping schwierig
- verschwendete Texel
- Sampling-Artefakte an den Rändern der Patches

für beliebige Meshes

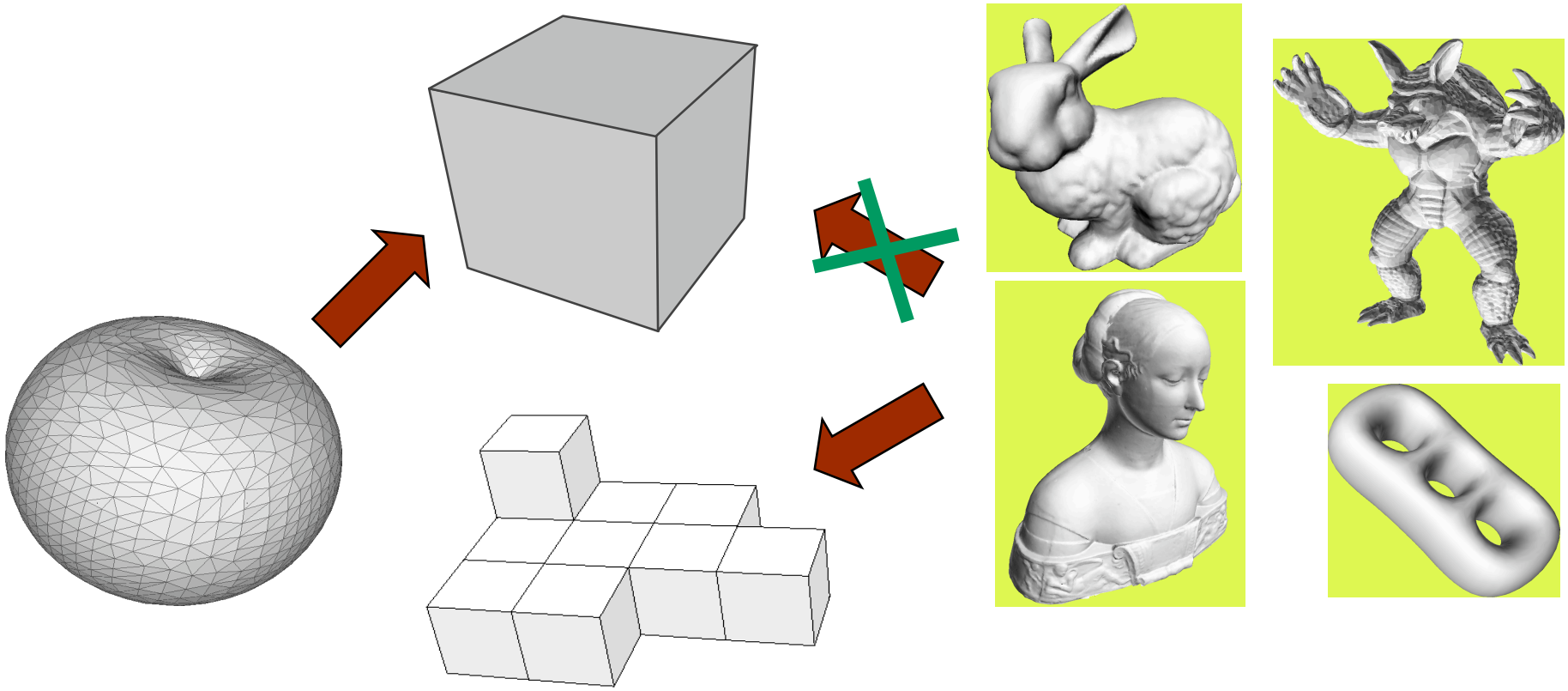




- keine seams
- Dreiecke in mehreren Patches
- für viele Dreiecksnetze
- Mip-Mapping okay
- alle Texel benutzt
- keine Ränder, keine Sampling-Artefakte

nur für „Kugeln“

# Polycube-Maps

- Polycube statt eines einzelnen Würfels
- An Geometrie und Topologie angepaßt



# Beispiele