

---

# Qualitätsmanagement für 3D-Stadtmodelle

Prof. Dr. Volker Coors, Workshop „3D-Stadtmodelle, 09.11.2009, Bonn

- **Quality = fitness for use**
- **=> Bezug zu Anwendung!**
  
- **System mit allgemein akzeptierten Bewertungsskalen zur Messung der Qualität**

# Beispiel: 3D-Stadtmodelle zur Navigationsunterstützung

---

- **Visuelle Ähnlichkeit**
- **Geringe Modellgröße**
  - **Max. Anzahl von Polygonen pro Gebäude**
- **Prominente Gebäude detailliert modelliert**
- **Lagegenauigkeit**
  - **Keine Überschneidung Gebäude / Straße**
- **Thematische Genauigkeit (PoI etc.)**



# Beispiel: 3D-Stadtmodelle zur Simulation

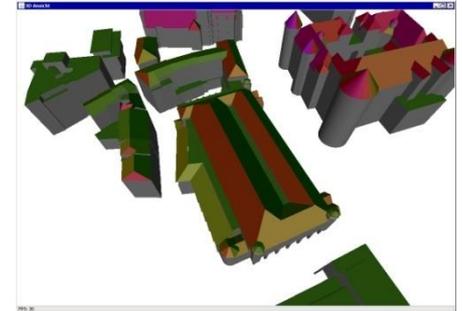
---

- Lage- und Höhengenaue

- Detaillierungsgrad

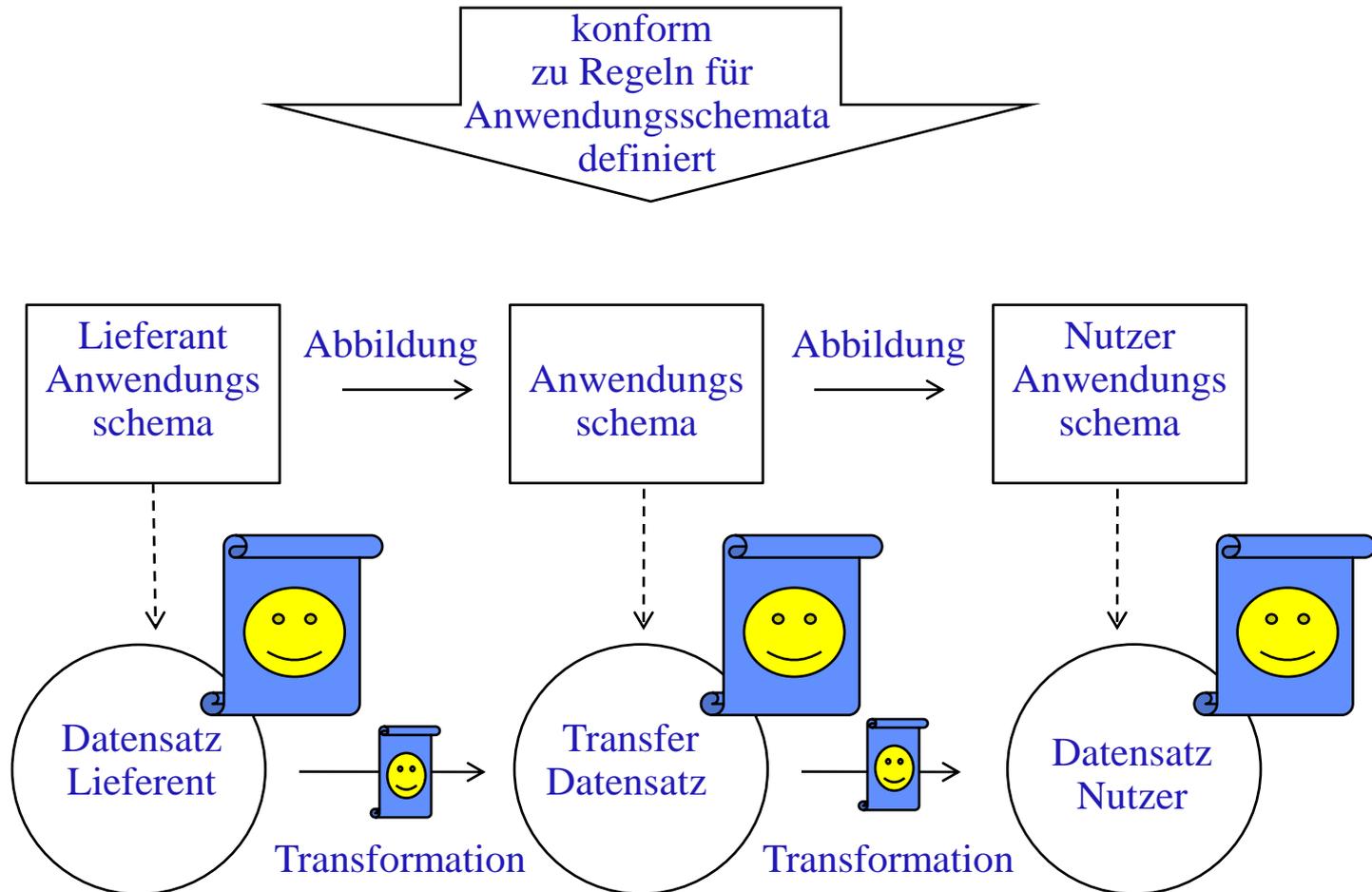
- LoD 1 (Lärmausbreitung)
- LoD 2 (Solarpotential-Abschätzung, Wärmebedarf)
- LoD 3 (Solarpotential - Exakt)

- „Wasserdichte“ Modelle!



- Korrekte Attributierung (Dach, Wand, Material)

# ISO 19109 - Datenaustausch



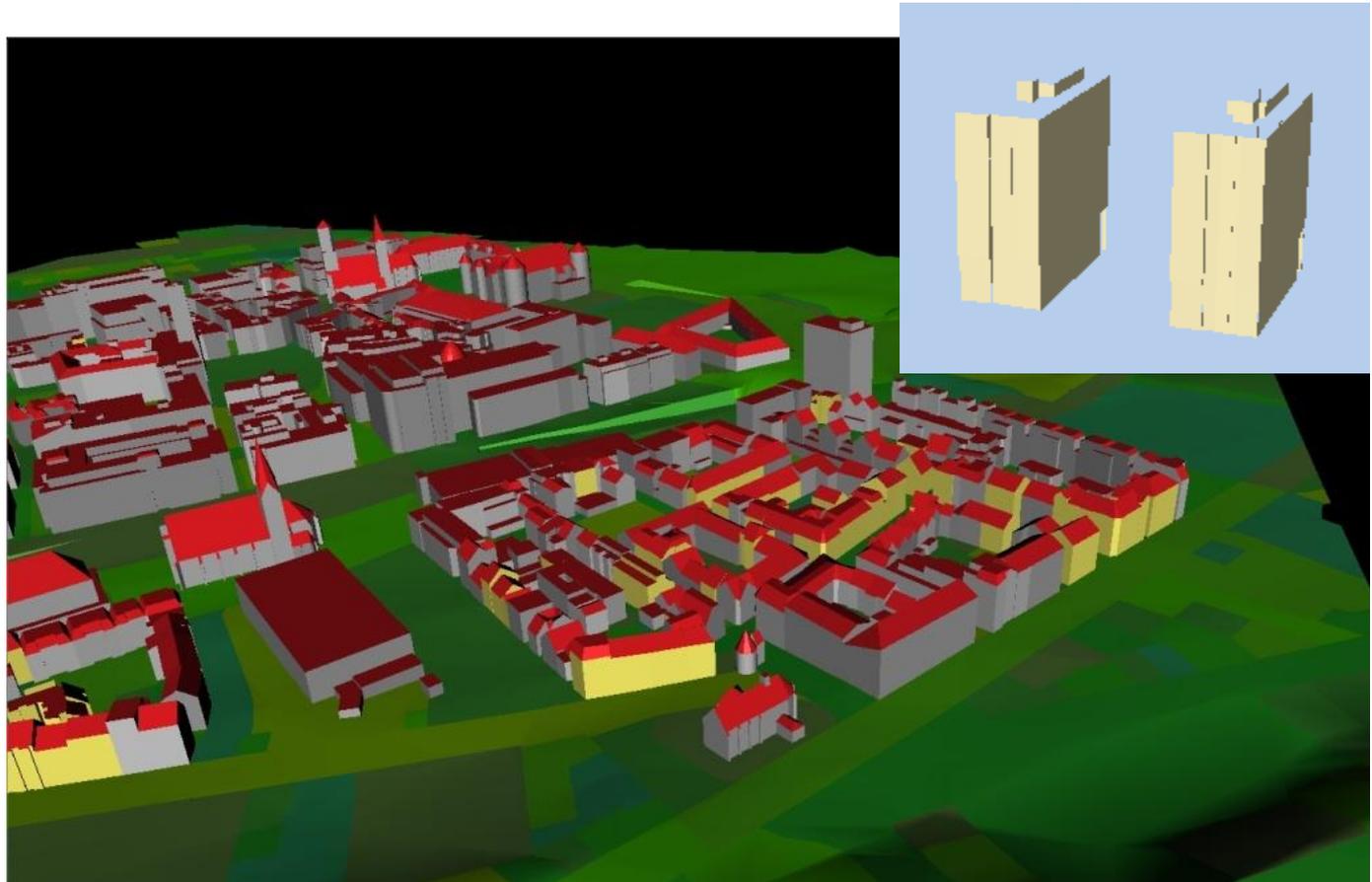
## Merkmale:

- **Geometrie (Lage, Höhe, Detaillierung)**
- **Topologie**
  - **Korrektheit der Oberflächenbeschreibung**
- **Attributierung**
  - **Konsistent zu Geometrie?**
- **Photometrie**
  - **Farbe, Textur**

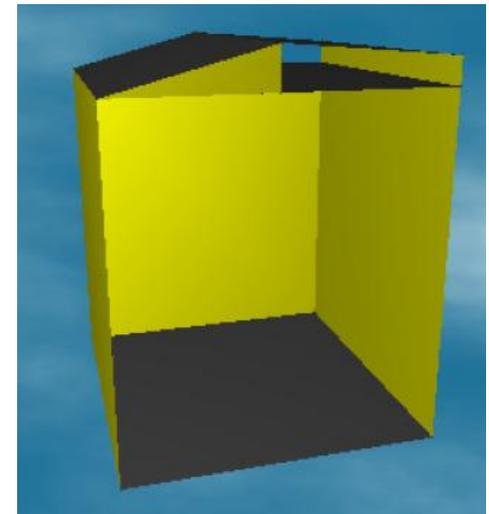
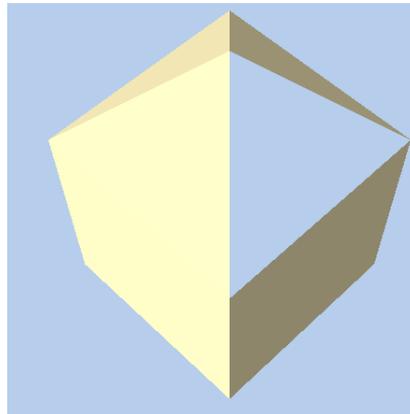
# Beispiel: fehlerhafte Lagegeometrie



# Beispiel: fehlerhafte Topologie



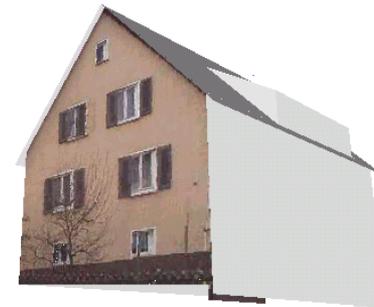
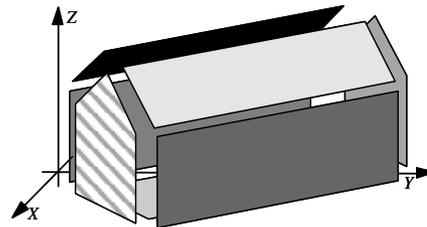
# Beispiel: fehlerhafte Topologie



- **Verfügbare 3D-Stadtmodelle sind in der Regel nicht perfekt**
  
- **Ziel:**
  - **Automatisierte Validierung**
  - **(Semi-) automatische Fehlerkorrektur**

## - Annahme:

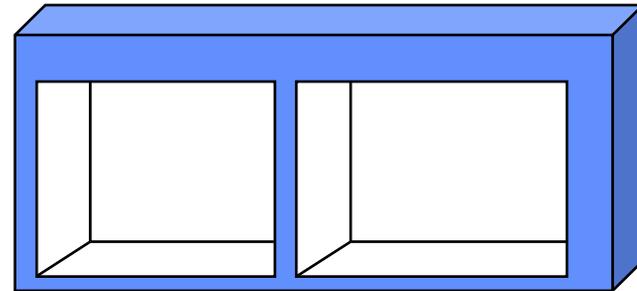
- **Gebäudemodell: Festkörper**
- **Festkörper repräsentiert durch Oberflächenmodell (Randflächenbeschreibung – Brep)**
- **Oberfläche wird durch Polygone beschrieben**



# Begriffe: 2-Mannigfaltigkeit

---

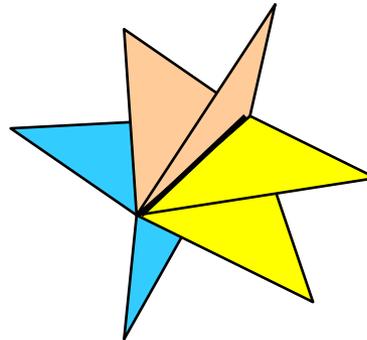
- **Zweidimensional Mannigfaltigkeit / 2-Mannigfaltigkeit:**
  - **Oberfläche ist 2-dimensional !**
  - **Umgebung eines Punkte kann auf einer Karte (planar!) abgebildet werden.**



# Begriffe: 2-Mannigfaltigkeit

---

- Nicht alles, was mit Polygonen dargestellt werden kann, ist eine 2-Mannigfaltigkeit:

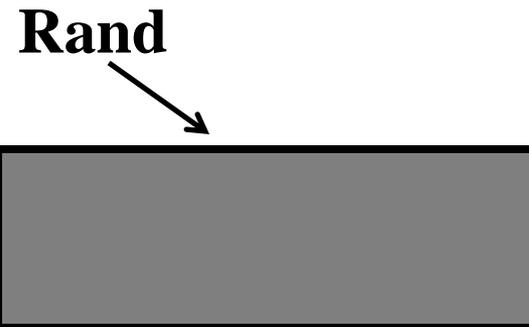


- Links / rechts bzw. unter/oben lässt sich auf der Oberfläche konsistent definieren



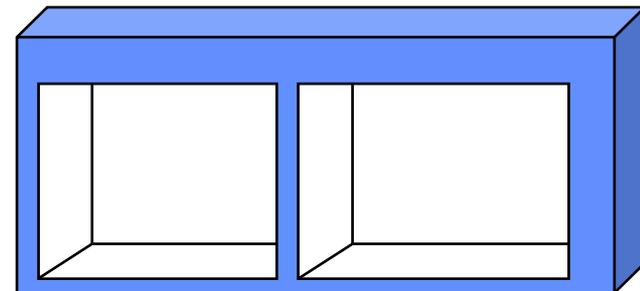
- Oberflächen von Festkörpern sind orientierbare 2-Mannigfaltigkeiten!

- 
- **Rand: Summe der Begrenzungen / Kanten, die wahrnehmen würde, wenn er sich auf der Oberfläche (2-Mannigfaltigkeit) bewegt.**
  - **Randpunkt: Umgebung des Randpunkts ist nicht vollständig in der Oberfläche enthalten.**



- **Frage:**
  - **Gibt es Oberflächen / 2-Mannigfaltigkeiten, die keinen Rand haben?**

- **Frage:**
  - **Gibt es Oberflächen / 2-Mannigfaltigkeiten, die keinen Rand haben?**
  
- **Antwort:**
  - **Nein → Die Erde ist eine Scheibe**
  
  - **Ja → Die Erde könnte auch eine Kugel sein**



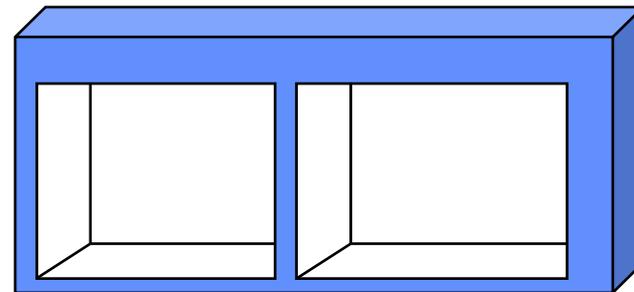
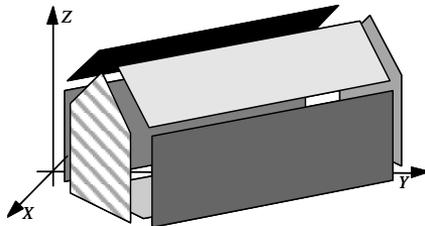
# Einschub: 3-Mannigfaltigkeit

---

- **3-Mannigfaltigkeit / Volumen**
- **Rand einer 3-Mannigfaltigkeit ist eine Oberfläche / 2-Mannigfaltigkeit**
  - **Oberfläche einer Kugel ist eine Sphäre**
- **Gibt es eine 3-Mannigfaltigkeit ohne Rand?**
  - **Hat das Universum einen Rand?**
  - **Literaturtipp:**
    - **Dional O'Shea: Poincarés Vermutung, Fischer Verlag 2009**

## - Annahme:

- **Gebäudemodell: Festkörper**
- **Oberfläche eines Festkörpers ist eine kompakte (endliche) 2-Mannigfaltigkeit ohne Rand**
- **Gilt auch für LoD3-Modelle (Rohbau)**
- **Oberfläche wird durch Polygone beschrieben**

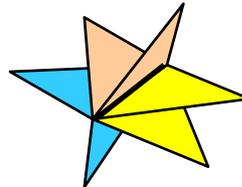


- **Gegeben:**

- Eine Menge Polygone (Polygonsuppe)
- **Prüfen:** handelt es sich dabei um eine kompakte 2-Mannigfaltigkeit ohne Rand?

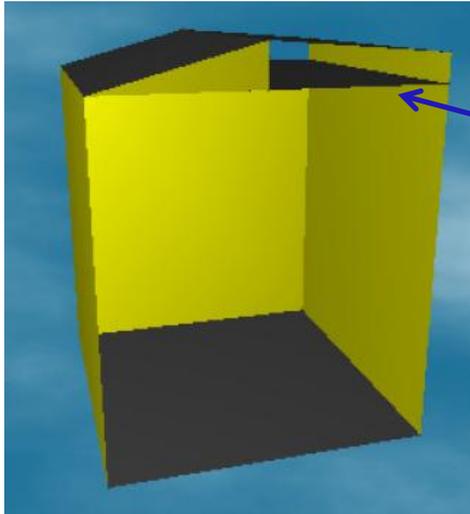
- **Tests:**

- 2-Mannigfaltigkeit?
- Orientierung der Polygone konsistent?
- Hat die Oberfläche einen Rand?



# Test: 2-Mannigfaltigkeit

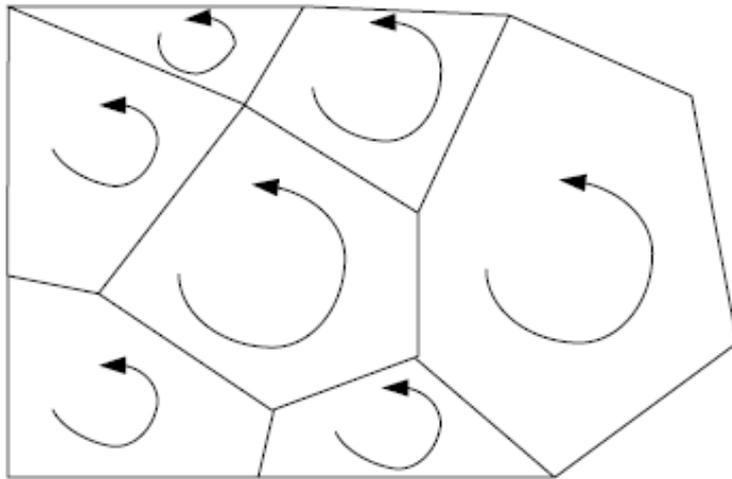
---



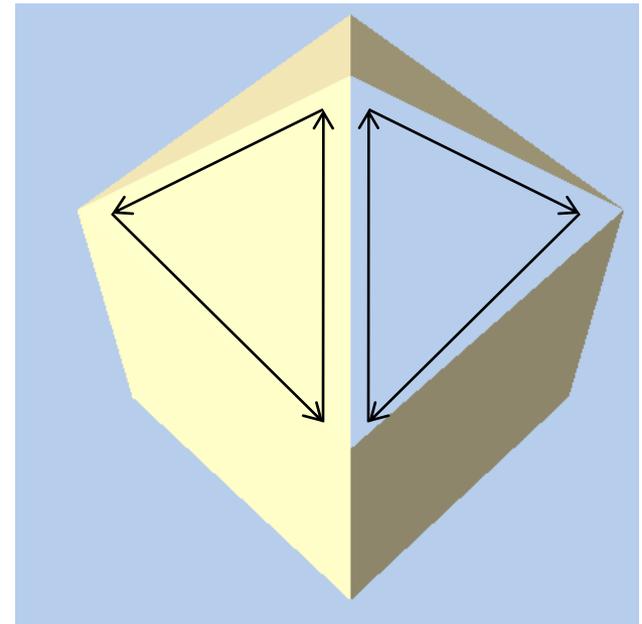
**Keine 2-Mannigfaltigkeit,  
Polygonsuppe kann nicht  
Oberfläche eines Festkörpers sein.**

# Test: Orientierung der Polygone

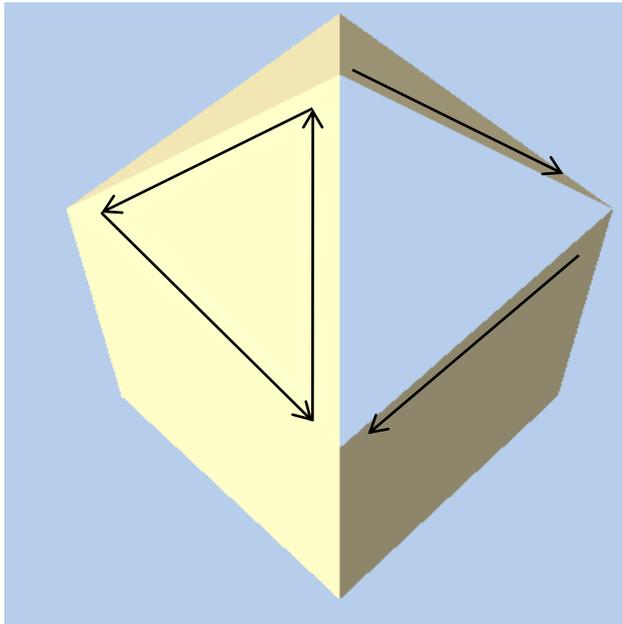
---



**Orientierung der Polygone  
konsistent.**



**Orientierung der Polygone  
nicht konsistent.**



**2-Mannigfaltigkeit hat einen Rand.  
(Ein Dreieck fehlt hier!)**

- **Gegeben:**

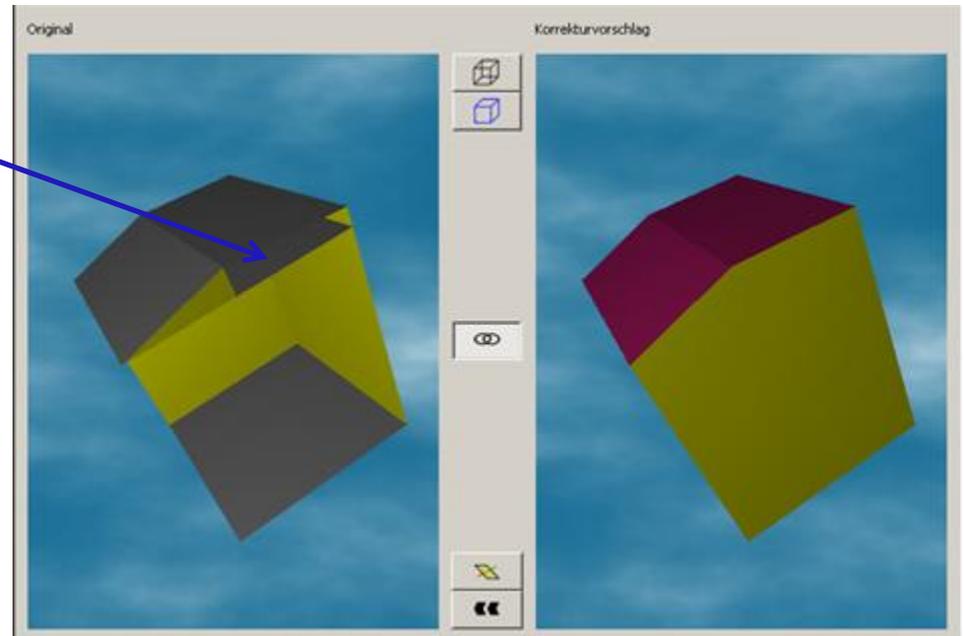
- **Eine Menge Polygone (Polygonsuppe)**
- **Prüfen: handelt es sich dabei um eine kompakte 2-Mannigfaltigkeit ohne Rand?**
- **Falls nicht:**
  - **Modell modifizieren, so dass eine gültige Oberfläche eines Festkörpers entsteht (Heilung).**



# Test: 2-Mannigfaltigkeit

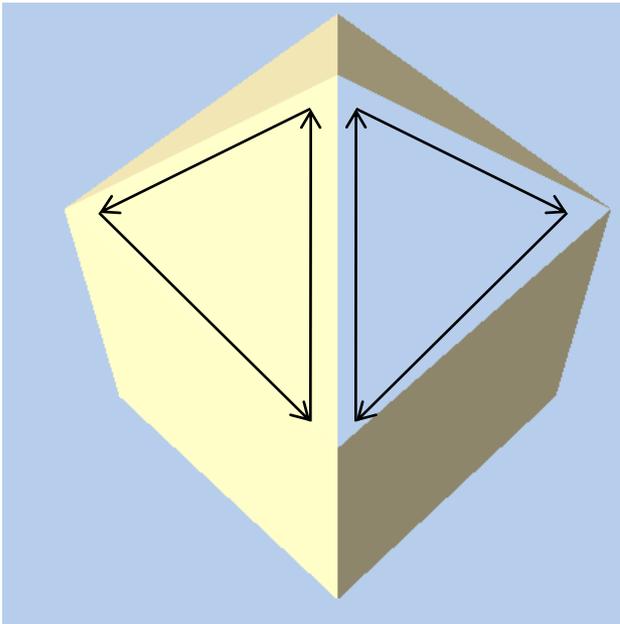
---

1. „Dachboden“ - Polygon entfernen
2. Orientierung der verbleibenden Polygone anpassen

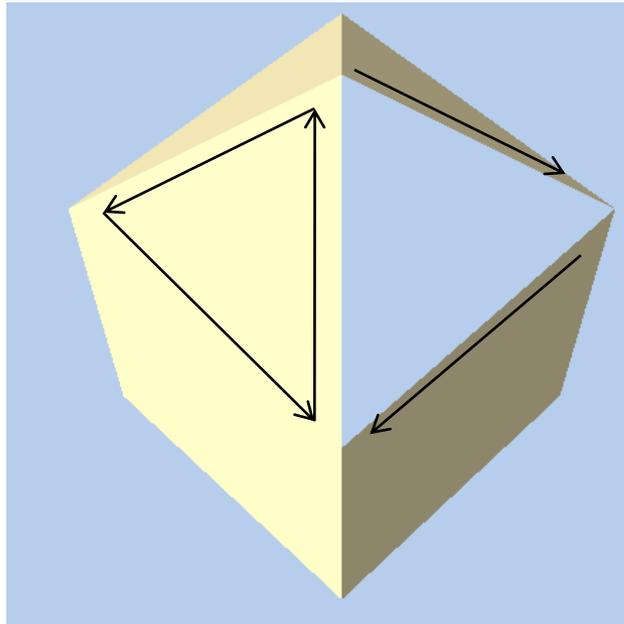


# Test: Orientierung der Polygone

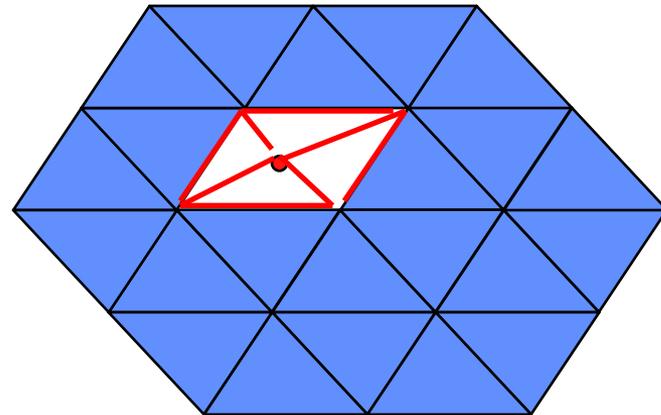
---



**Orientierung eines Polygons  
umkehren**

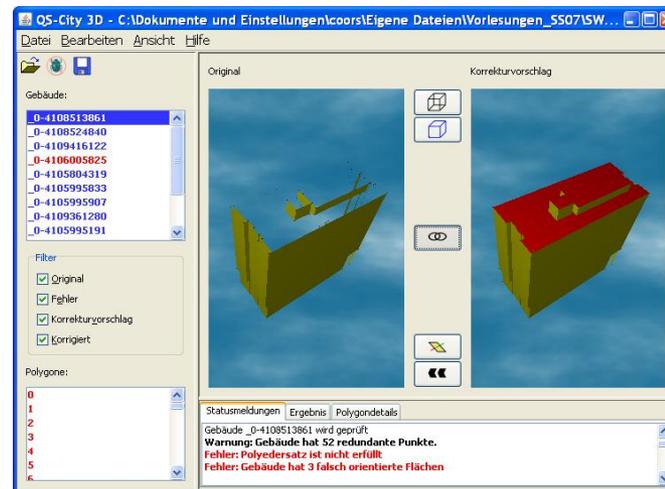


**Löcher erkennen (zusammenhängende  
Randkanten) und schließen**



# Validierung: QS-City3D

---



<http://wwwdev.hft-stuttgart.de/servlets/QSCity3D-webdemo/>

- **Validierung und Heilung des Randflächenmodells semiautomatisch möglich**
- **offen: noch einiges, siehe Folie 6 😊**
- **Metriken zur Messung der Qualität**
  - **Nicht immer ist Erhöhung der Qualität wirtschaftlich sinnvoll (Kosten!)**
  - **Aber: Was nicht messbar ist, ist auch nicht entscheidbar.**



Mir  
kreist der  
Hut!

Mein  
Gehirn  
käst!

Meins ist völlig  
verdunstet!

