
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.)**



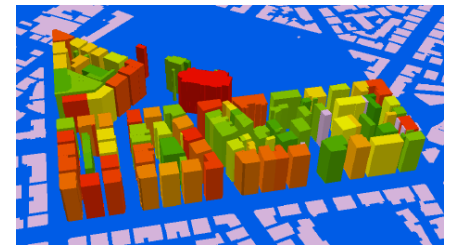
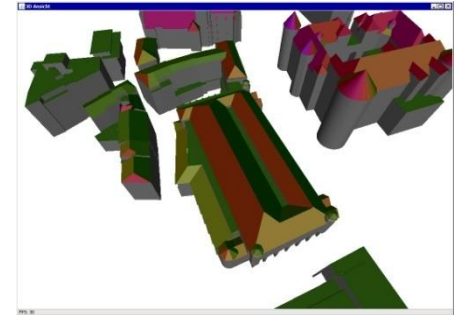
Beispiel: 3D-Stadtmodelle zur Simulation

- Lage- und Höhengenaue

- Detailierungsgrad

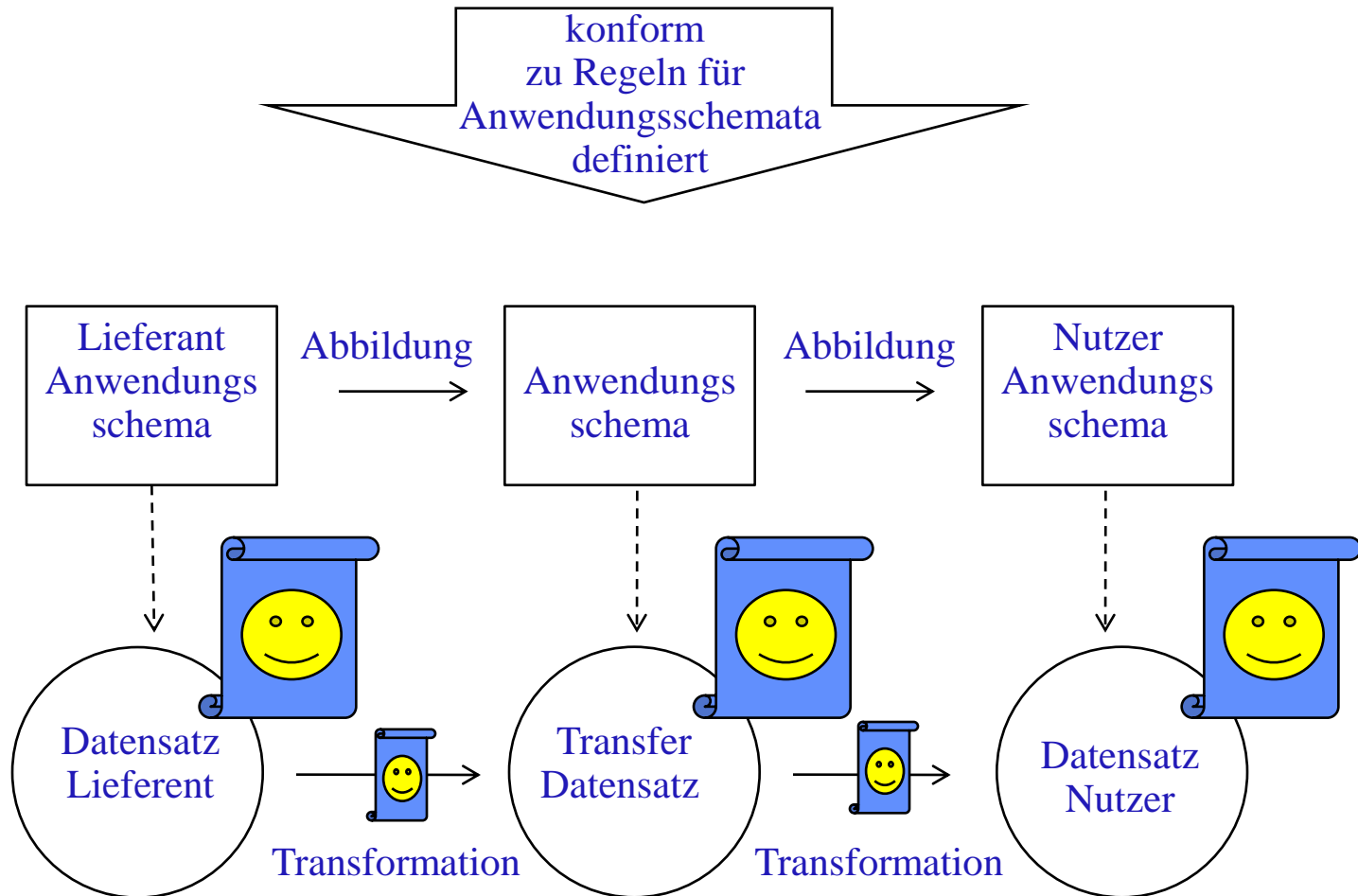
- LoD 1 (Lärmausbreitung)
- LoD 2 (Solarpotential-Abschätzung, Wärmebedarf)
- LoD 3 (Solarpotential - Exakt)

- „Wasserdichte“ Modelle!



- Korrekte Attributierung (Dach, Wand, Material)

ISO 19109 - Datenaustausch



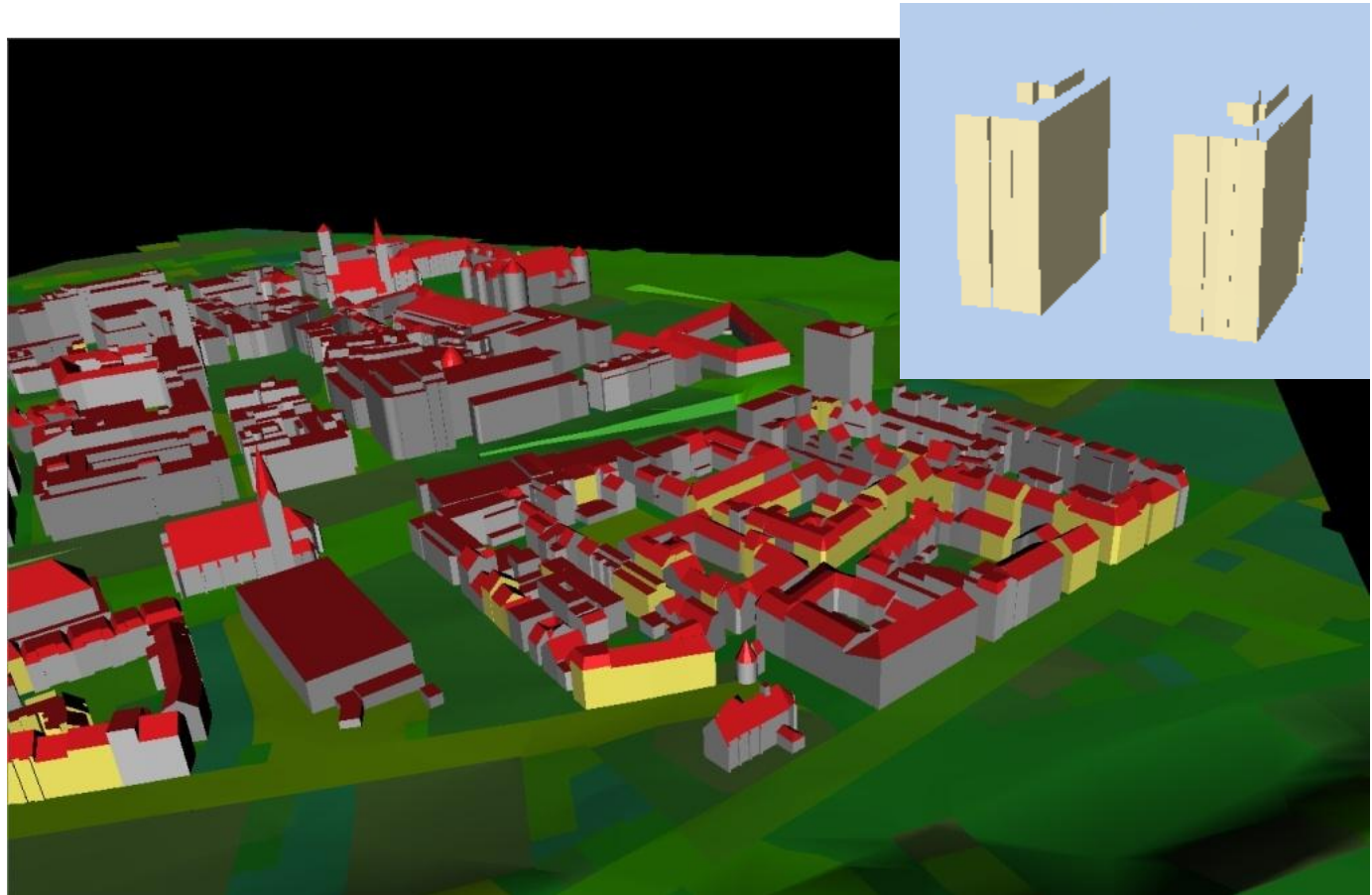
Merkmale:

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

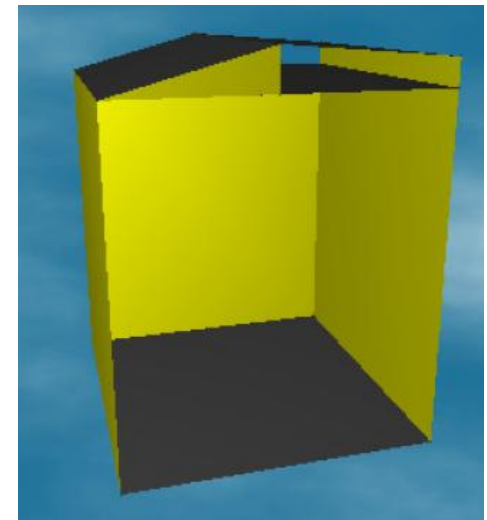
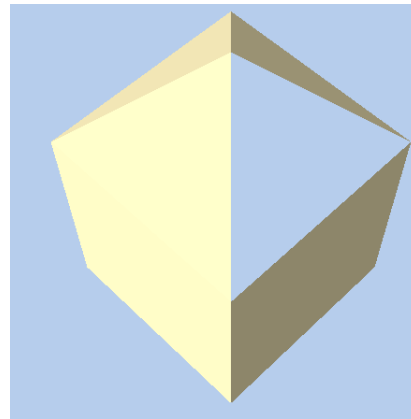
Beispiel: fehlerhafte Lagegeometrie



Beispiel: fehlerhafte Topologie



Beispiel: fehlerhafte Topologie

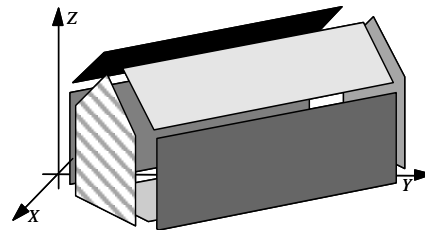


- **Verfügbare 3D-Stadtmodelle sind in der Regel nicht perfekt**

- **Ziel:**
 - **Automatisierte Validierung**
 - **(Semi-) automatische Fehlerkorrektur**

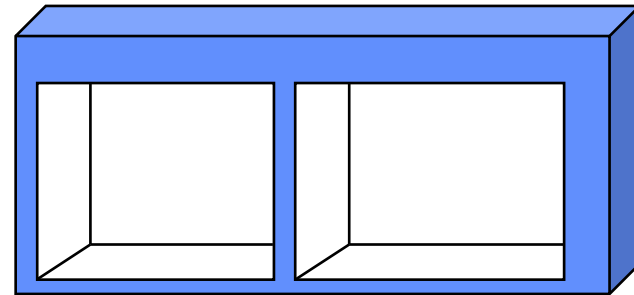
- Annahme:

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



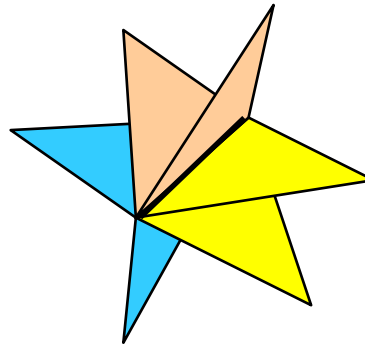
Begriffe: 2-Mannigfaltigkeit

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

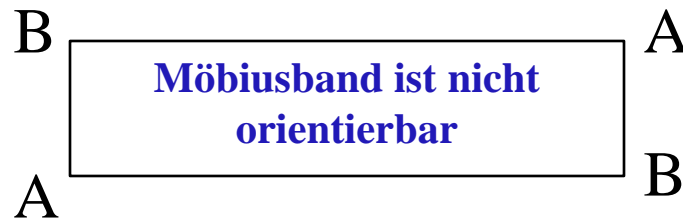


Begriffe: 2-Mannigfaltigkeit

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

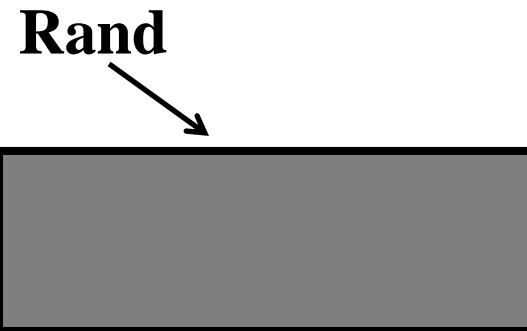


- Links / rechts bzw. unter/oben lässt sich auf der Oberfläche konsistent definieren



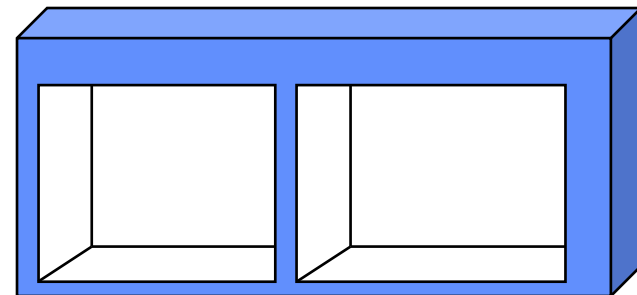
- Oberflächen von Festkörpern sind orientierbare 2-Mannigfaltigkeiten!

-
- **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 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**

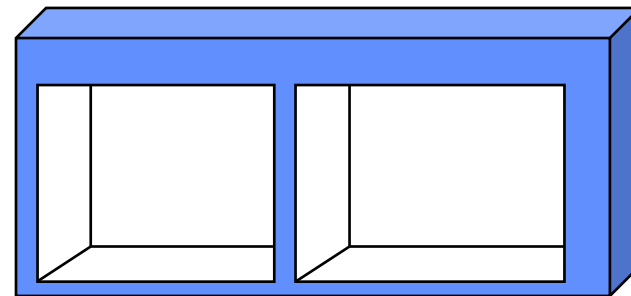
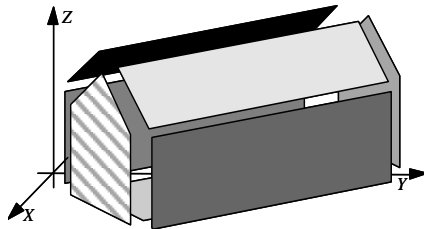


Einschub: 3-Mannigfaltigkeit

- **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:**

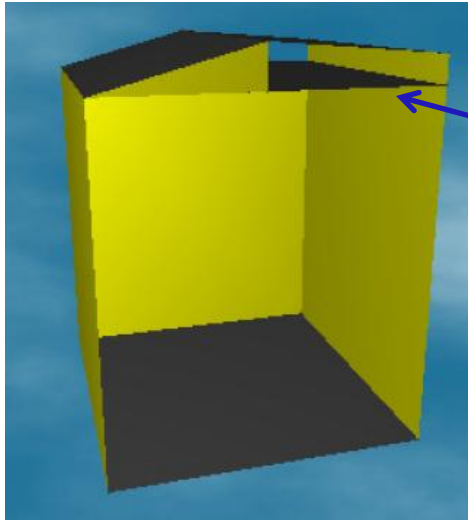
- Eine Menge Polygone (Polygonsuppe)
- **Prüfen:** handelt es sich dabei um eine kompakte 2-Mannigfaltigkeit ohne Rand?

- **Tests:**

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

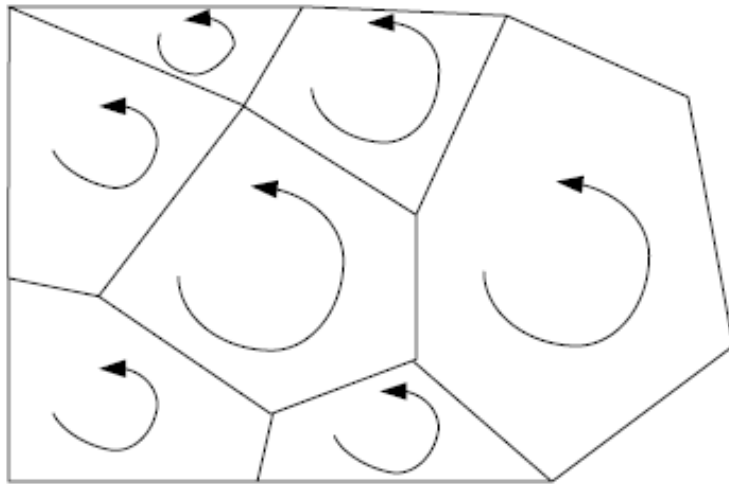


Test: 2-Mannigfaltigkeit

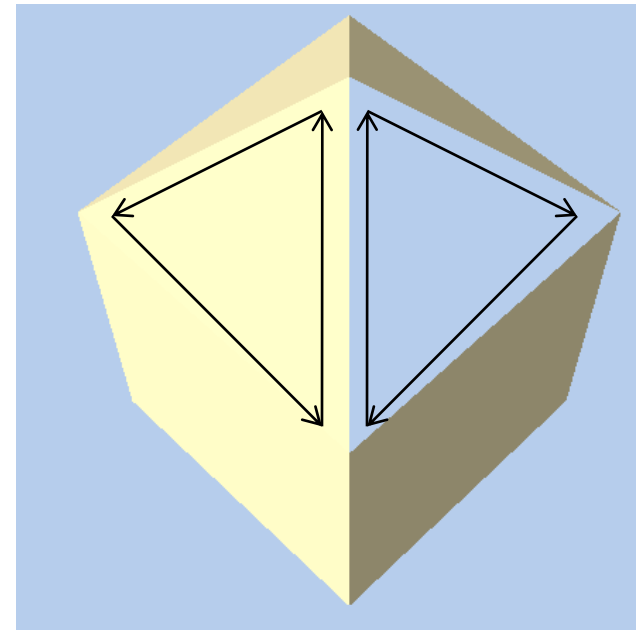


**Keine 2-Mannigfaltigkeit,
Polygonsuppe kann nicht
Oberfläche eines Festkörpers sein.**

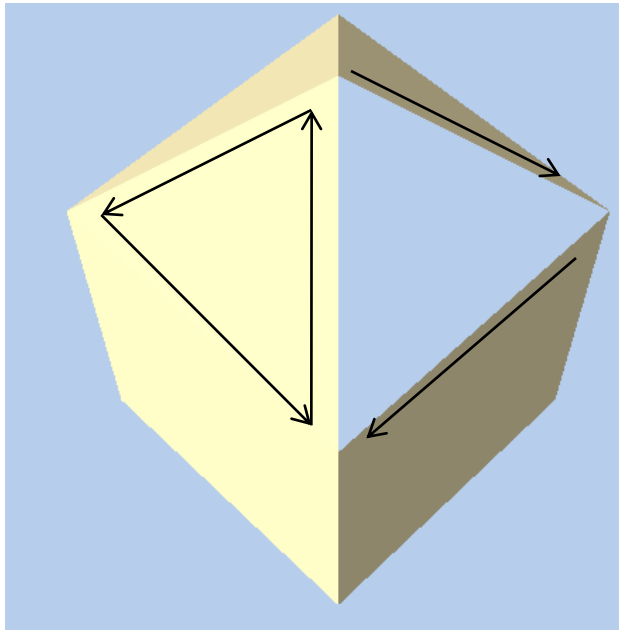
Test: Orientierung der Polygone



**Orientierung der Polygone
konsistent.**



**Orientierung der Polygone
nicht konsistent.**



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

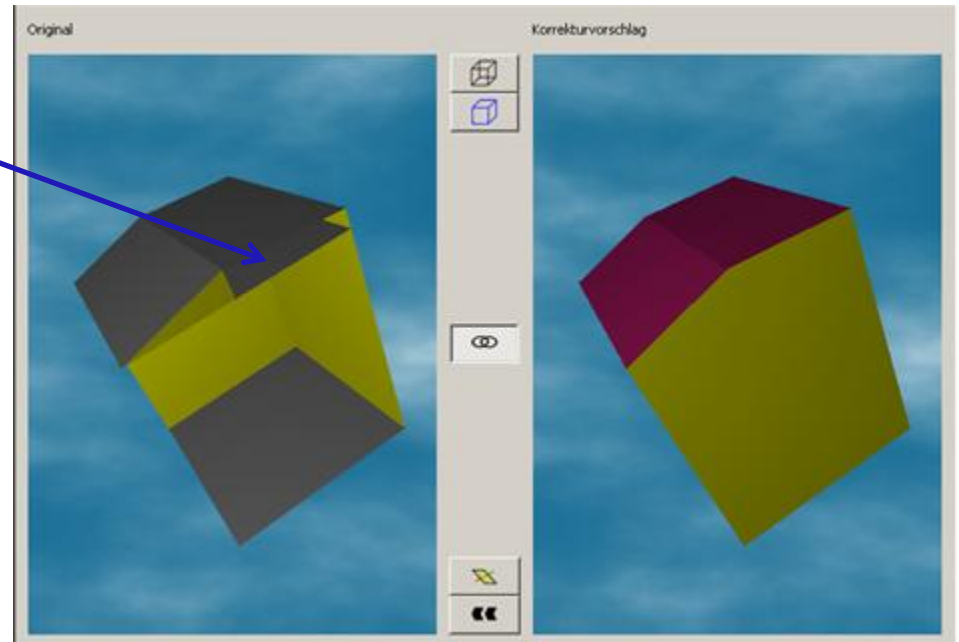
- **Gegeben:**

- **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).**

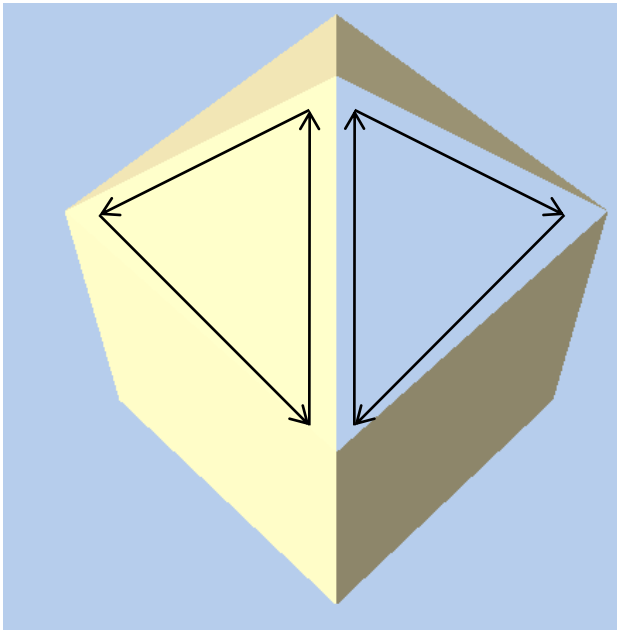


Test: 2-Mannigfaltigkeit

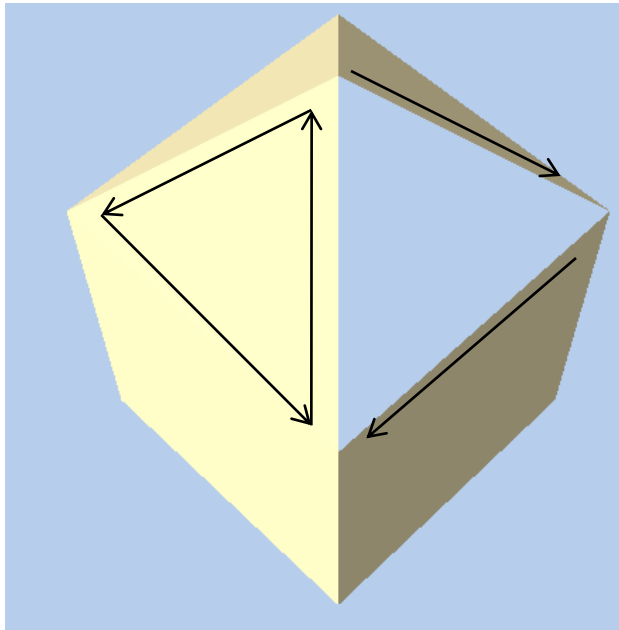
1. „Dachboden“ - Polygon entfernen
2. Orientierung der verbleibenden Polygone anpassen



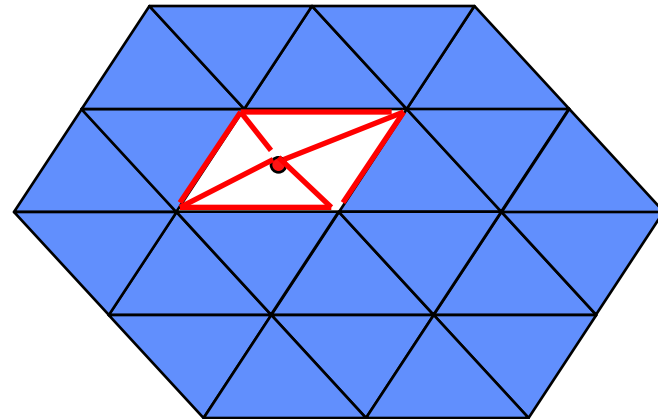
Test: Orientierung der Polygone



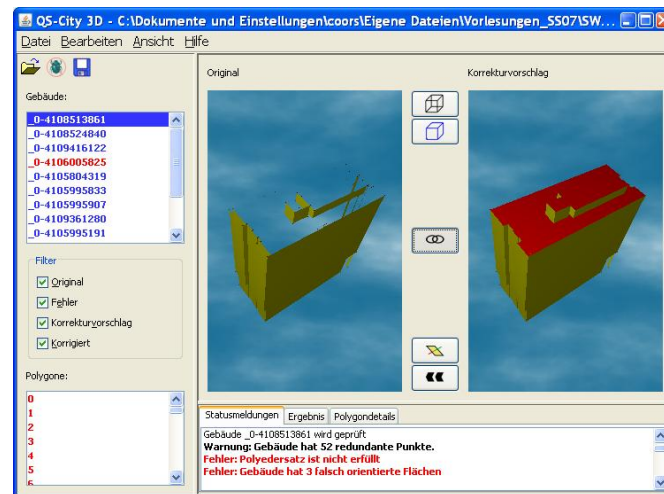
**Orientierung eines Polygons
umkehren**



**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!

