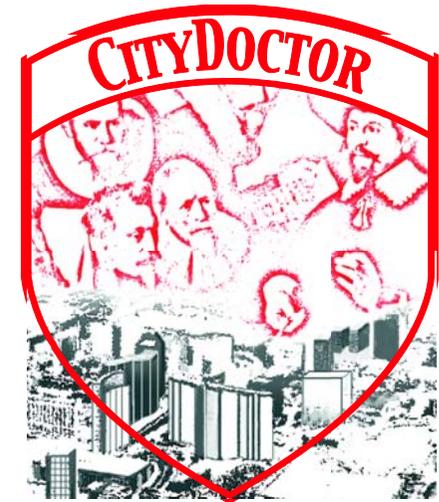


## Qualitätssicherung und automatisierte Heilung von 3D-Stadtmodellen mit dem CityDoctor



Gemeinsame Sitzung AG Stadtmodelle und AG Fortführung

Bochum, 11. Dezember 2013

Detlev Wagner

## ÜBERSICHT

1. Qualität von 3D-Stadtmodellen
2. Prüfung
3. Heilung und Ergebnisse
4. Demo

# **QUALITÄT VON 3D-STADTMODELLEN**

## Qualitätselemente

ISO 9000: Qualität definiert als

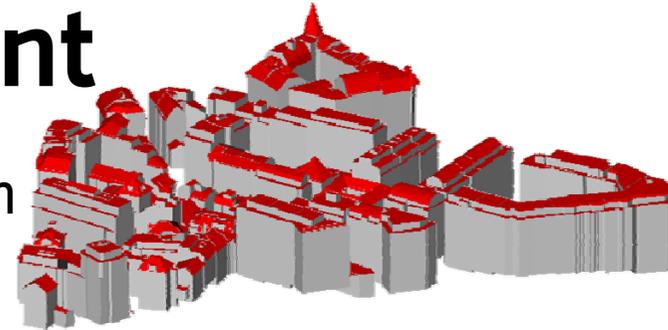
*Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale von Anforderungen erfüllt ist*

### ISO 19113

- Vollständigkeit
- Logische Konsistenz
- Räumliche Exaktheit
- Zeitliche Exaktheit
- Thematische Exaktheit

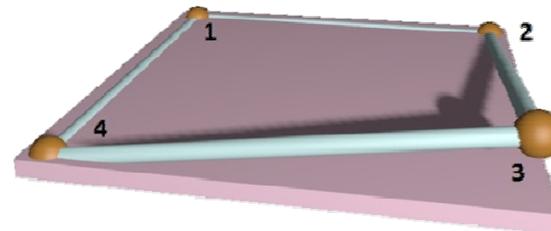
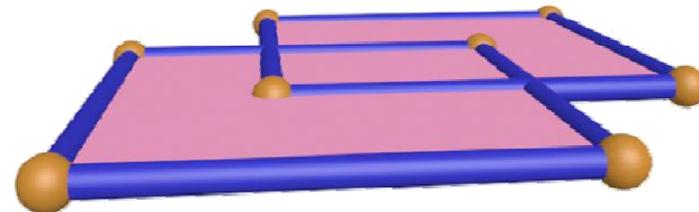
## Virtuelle Stadtmodelle und Qualitätsmanagement

Die Gebäude sind in der Regel durch ebene Polygone beschrieben



Die Gebäude können Fehler enthalten, z.B.:

- Sich selbstdurchdringende Gebäudeteile
- Nicht ebene Flächen



# **QUALITÄTSPRÜFUNG**

## PROJEKT CITYDOCTOR

**Laufzeit: 3 Jahre, 1.9.2010 bis 30.9.2013**  
**Gefördert durch BMBF**

### **Konsortium**

HFT Stuttgart, Prof. Dr. Coors

CPA Geoinformation

Fraunhofer Institut für Graphische  
Datenverarbeitung (IGD)

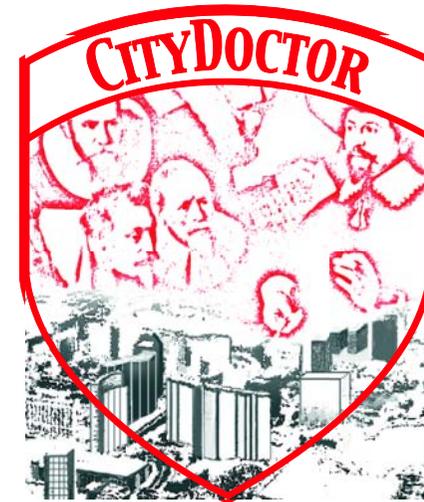
Conterra GmbH

Stadtmessungsamt Stuttgart

Stadt Düsseldorf

TU München, Prof. Dr. Kolbe

InGeoForum



Beuth Hochschule Berlin,  
Prof. Dr. Pries

MVI Solve-IT GmbH

Fraunhofer Institut für  
Produktionsanlagen und  
Konstruktionstechnik (IPK)

## Validierung

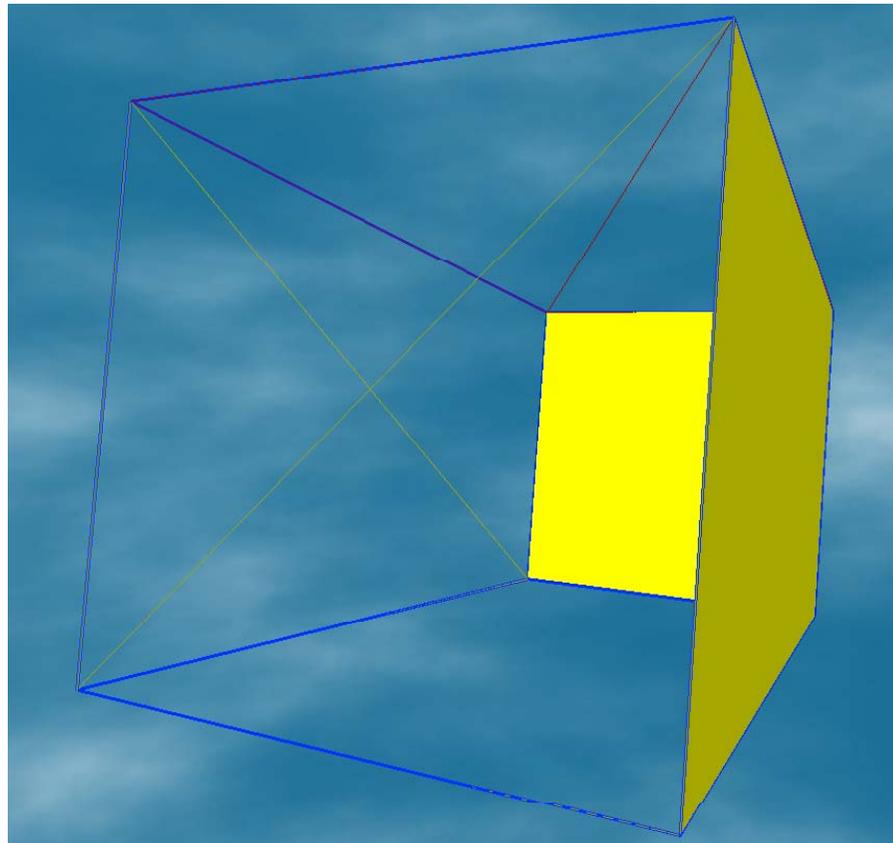
- CityGML-Dokument
  - wohlgeformt
  - schemakonform
- Strukturelle Eigenschaften
  - Geometrische Struktur
  - Semantische Struktur
  - Qualitative Merkmale (Inhalt, Abstraktionsgrad)
- Photometrie
  - Visuelle Eigenschaften (Farbe, Textur)
  - Quantitative Merkmale (z.B. Auflösung)
  - Qualitative Merkmale (Inhalt, Abstraktionsgrad)

## Häufige Fehler

- Falsch orientierte Flächen, Kantenprobleme
- Meist geringe Planaritätsabweichungen im Zentimeterbereich
- Wenige Gebäude mit Löchern in der Geometrie aufgrund von Punktabweichungen im Milimeterbereich
  
- MultiSurface-Geometrie statt Solid-Geometrie
- Implausible Attributwerte
  
- Nicht Schema-konform

## Häufige Fehler

- Falsch orientierte Flächen, Kantenprobleme



## Häufige Fehler

3519528.258

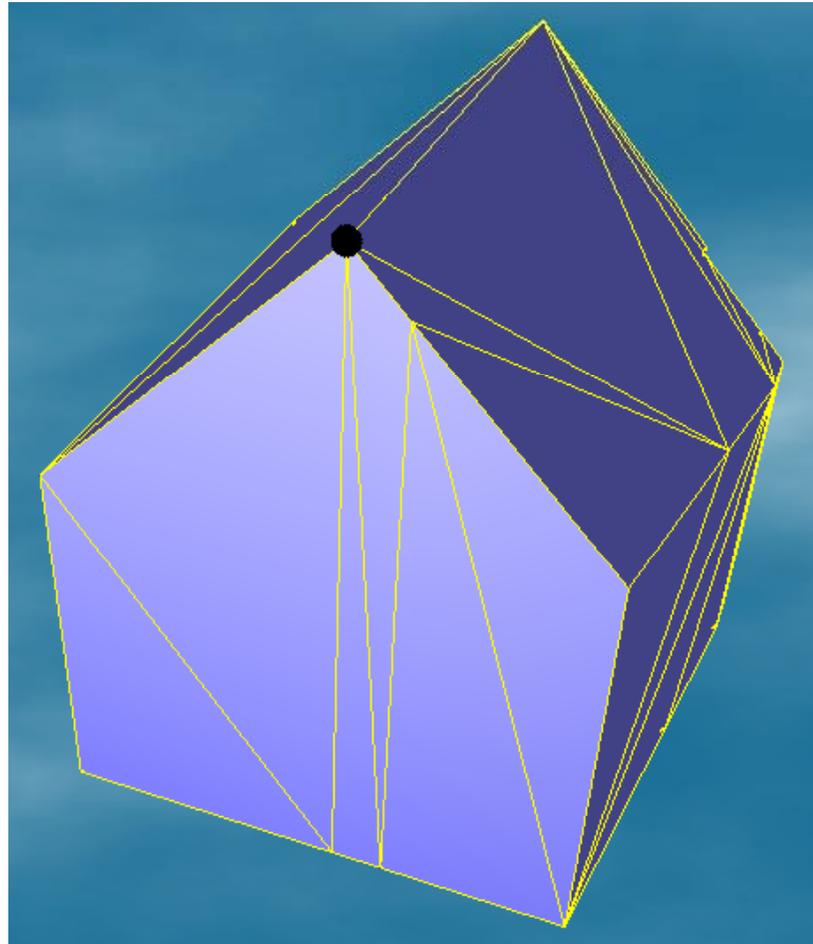
5418793.314

265.741

3519528.258

5418793.315

265.741

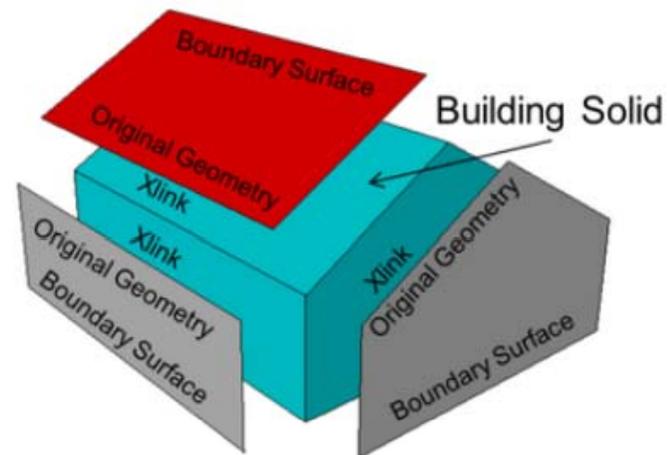
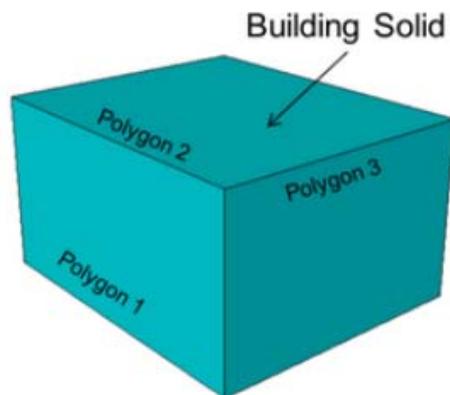


## Building Geometrie

gml:Solid

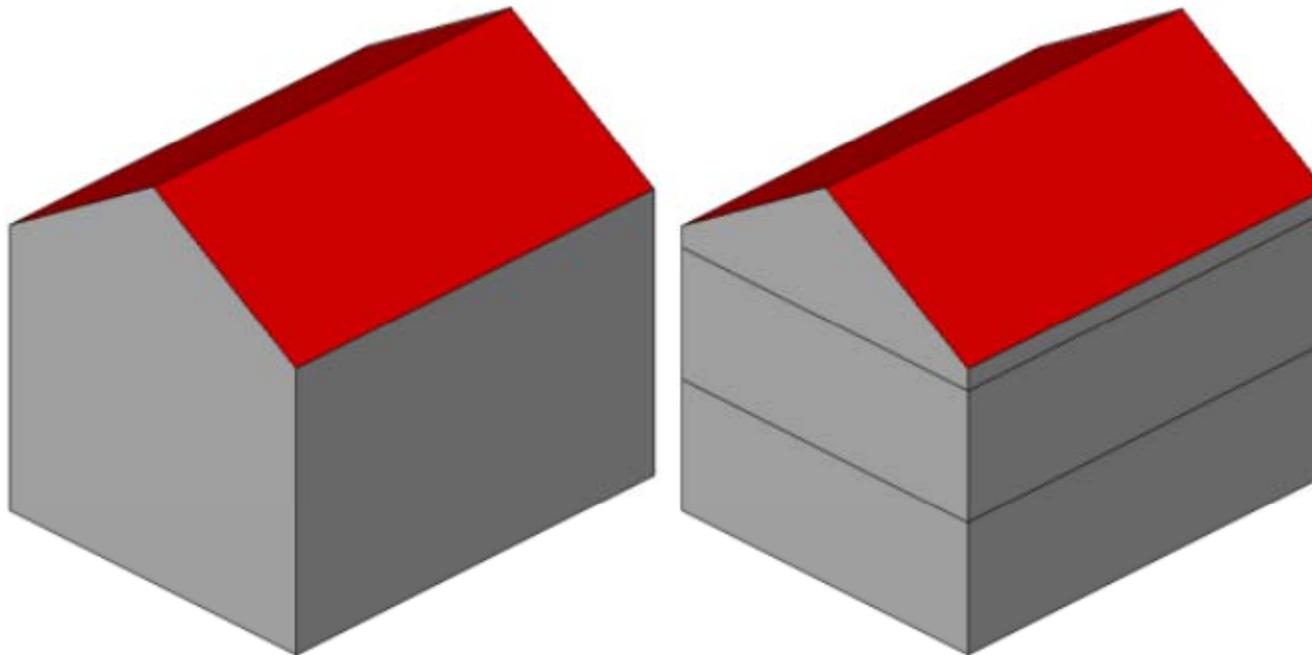
gml:MultiSurface

gml:MultiCurve



## Building BoundarySurfaces

bldgWallSurface

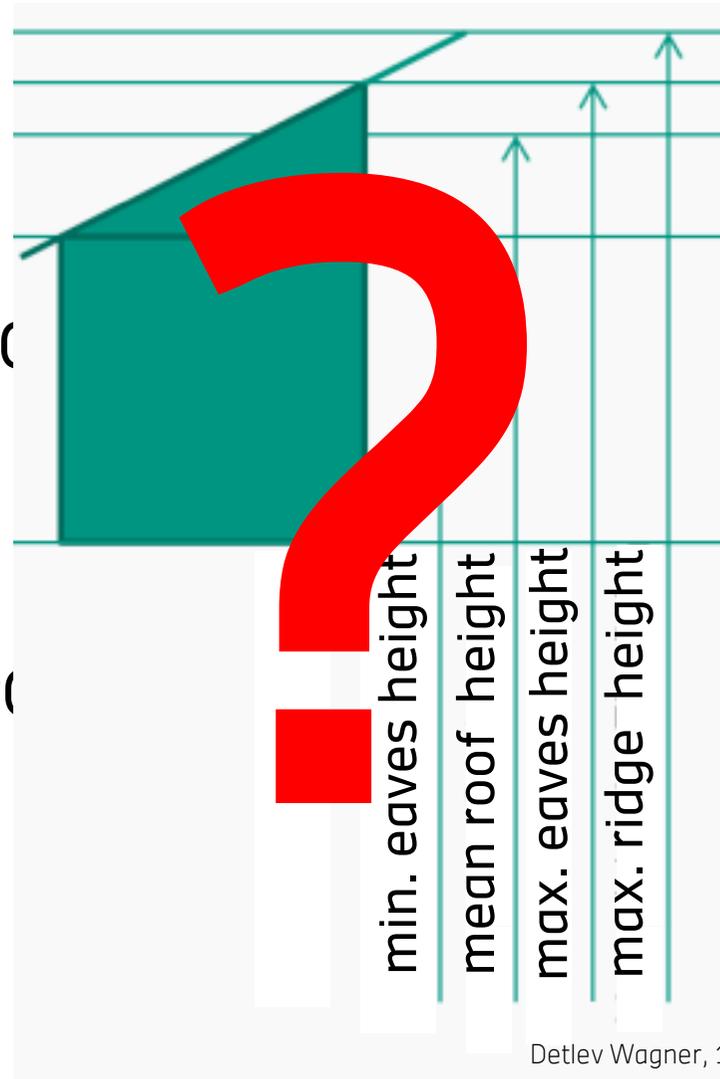


4 Wandflächen mit je 1 Fläche(4x bldg:WallSurface)

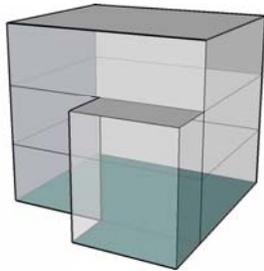
4 Wandflächen mit je 3 Flächen (Erd-, Ober- und Dachgeschoss)(4x bldg:WallSurface)

## Building Attribute

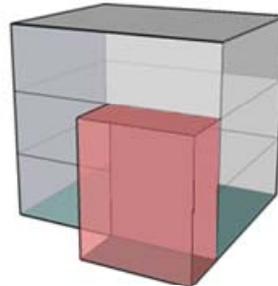
storeysAboveGround  
storeysHeightsAboveGround  
**measuredHeight**  
storeysBelowGround  
storeysHeightsBelowGround



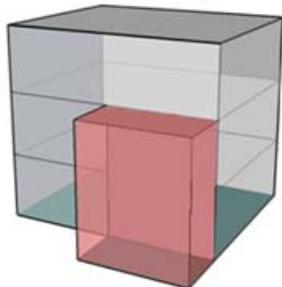
## Building / BuildingPart in LoD1



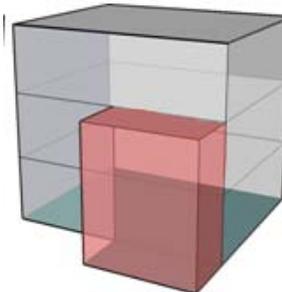
Alternative 1:  
1 Building (Solid)



Alternative 2:  
1 Building (Solid)  
1 BuildingPart (Solid)  
Complete geometry: Composite Solid



Alternative 3:  
1 Building (--)  
2 BuildingParts (Solid)  
Complete geometry: Composite Solid



Alternative 4:  
1 Building (Multisurface)  
1 BuildingPart (Multisurface)  
Complete geometry: Solid

## Validierung

Anforderungen/Eigenschaften des Modells  
müssen analysiert und spezifiziert werden  
Abhängig vom Anwendungsbereich

Beispiel: Stadtmodell Stuttgart

## Validierung

### Anforderungen

- Solid-Geometrie
- Grundflächen vorhanden
- BuildingParts unzusammenhängend
- keine Dachüberstände
- leere Geometrien erlaubt
- Attribute:  
function, yearOfConstruction, **roofType,**  
**measuredHeight, StoreysAboveGround,**  
**storeysBelowGround**

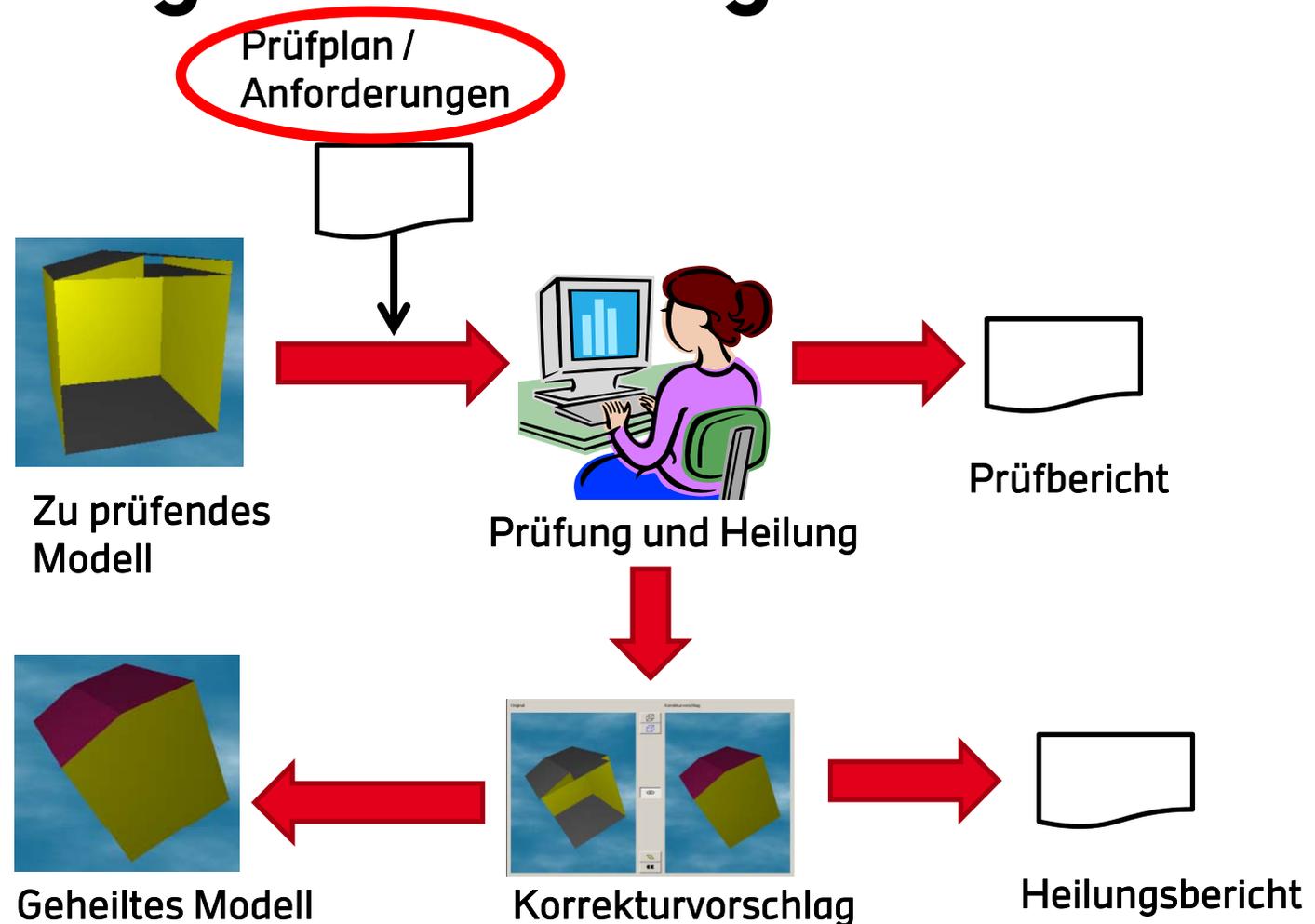
## Prüfplan

- Schema Validierung
- Geometrie
  - Polygon
  - Solid
- Semantik
  - ~~Beziehung Building / BuildingPart~~
  - Orientierung BoundarySurfaces
  - Struktur BoundarySurfaces
  - Verwendeter Geometrietyp  
(Solid / **MultiSurface**)

## Prüfplan

- Attribute mit Geometriebezug
  - measuredHeight – Höhe der Gebäudegeometrie
  - StoreysAboveGround – durchschnittliche Stockwerkshöhe
  - Generische Attribute, z.B. Dachform

## Validierung und Heilung



## **HEILUNG**

## Heilung

Warum Heilung und nicht Reparatur?

- Wenn man ein Auto repariert, dann erwartet man, dass es im Anschluss wieder zu 100% funktioniert
- Krankheiten können meistens geheilt oder behandelt werden, man ist aber leider u.U. nicht mehr zu 100% gesund

Nicht alle Fehler in einem Gebäude können automatisch geheilt werden

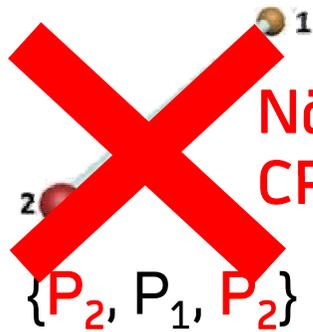
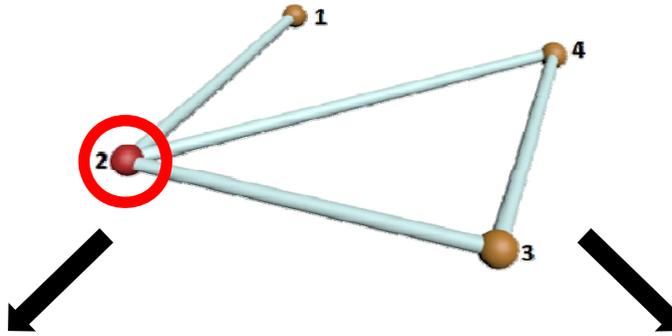
Durch die Heilung können andere Fehler entstehen



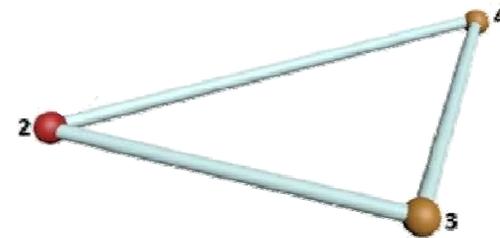
## Beispiel – Doppelter Punkt

CP\_DUPPOINT

$\{P_1, P_2, P_3, P_4, P_2, P_1\}$



Nächste Iteration:  
CP\_NUMPOINTS



$\{P_2, P_3, P_4, P_2\}$

## Was kann geheilt werden?

Polygon-Checks		Solid-Checks	
Check	Status	Check	Status
CLOSE		NUMFACES	
NUMPOINTS		SELFINT	
DUPPOINT		OUTEREDGE	
SELFINT		OVERUSEDEDGE	
PLAN		FACEORIENT	
NULLAREA		FACEOUT	
		CONCOMP	
		UMBRELLA	

## Bisherige Erfahrungen

Modell	Stuttgart 1	Stuttgart 2	Rotterdam
Gebäude	20	181	10828
davon fehlerhaft	19	179	10332
davon geheilt	16	172	8474
Heil-Rate [%]	84%	96%	82%
typische Fehler	OUTEREDGE	OUTEREDGE	OUTEREDGE CS_SELFINT

**DEMO**

## Weitere Informationen

[citydoctor.hft-stuttgart.de](http://citydoctor.hft-stuttgart.de)

## Kontakt

[detlev.wagner@hft-stuttgart.de](mailto:detlev.wagner@hft-stuttgart.de)