

# Erzeugung von 3D-Gebäudemodellen zur energetischen Simulation

CityGML-Interoperabilität mit Hilfe von Esri CityEngine



Patrick Würstle, Rushikesh Padsala  
Scientific Staff  
Hochschule für Technik, Stuttgart

# Agenda

- Motivation: M4\_Lab – Einführung
- SimStadt Simulationsplattform
- Heizenergiebedarf und PV Potenzial Visualisierung für Aldingen (Remseck am Neckar) (CityGML – SimStadt – Esri CityEngine)
- Heizenergiebedarf Berechnung für Wienerplatz (Esri CityEngine – CityGML – SimStadt) – Laufenden Arbeiten
- Zukünftige Ziele



## Motivation: M4\_Lab – Einführung

### Metropolregion 4.0

*Innovation und Transfer aus transdisziplinärer Forschung für energieeffiziente Stadtentwicklung, nachhaltiges Wirtschaften und Produzieren in der Metropolregion Stuttgart - M4\_LAB*

Im Fokus stehen Innovationen an der Schnittstelle von **nachhaltiger Stadtentwicklung, Digitalisierung und Industrie 4.0** und deren direkter Transfer in Gesellschaft und Wirtschaft.

Angestrebt wird, die an der HFT Stuttgart bereits etablierte **transdisziplinäre Forschung in Reallaboren zielgerichtet auszubauen**, diese konsequent durch Softwaretools der **Stadtmodellierung zu unterstützen und neue Dimensionen der Partizipation zu erschließen.**

Der Prozess der **Internationalen Bauausstellung** wird hierbei exemplarisch genutzt, um innovative Um-setzungsvorhaben der Metropolregion zu beraten und zu begleiten sowie alle Elemente der Transferstrategie zu erproben und zu optimieren.

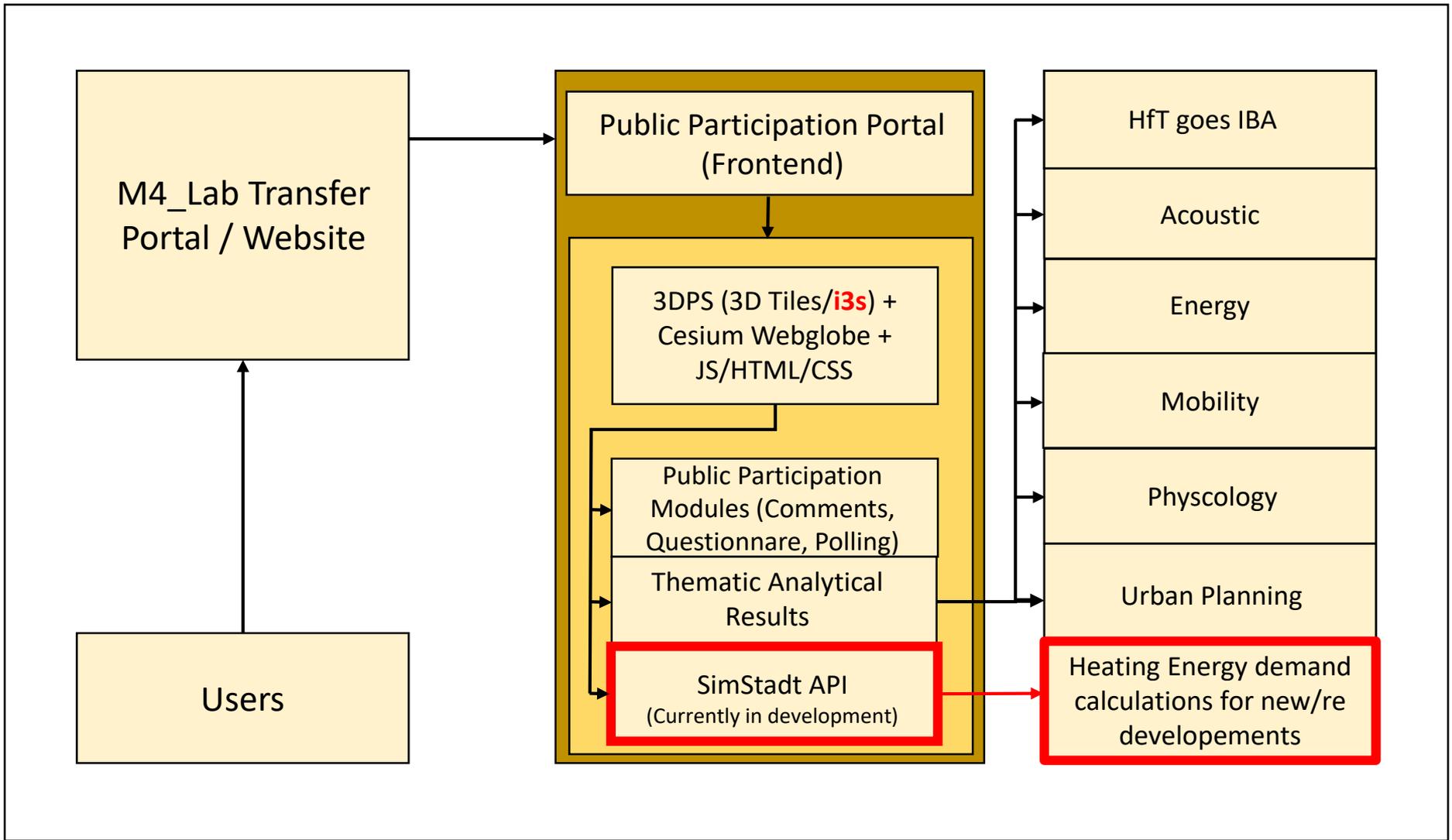
## Teilvorhaben in M4\_Lab

Teilvorhaben 1: Struktureller Ausbau und Transferportal

Teilvorhaben 2: Innovationsmanagement und Kommunikation

Teilvorhaben 3: Innovative Bau-, Energie- und Mobilitätskonzepte für die Metropolregion Stuttgart

Teilvorhaben 4: Ausbau des Technologietransfers mit Steinbeis

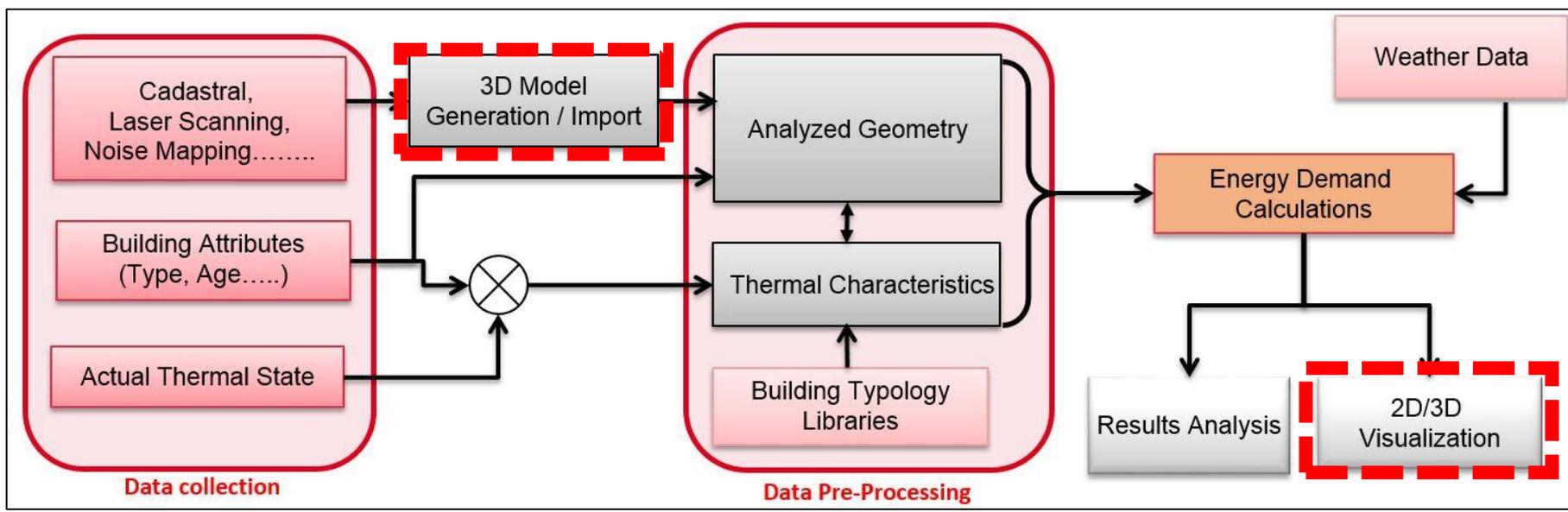




(Source: [www.simstadt2.eu](http://www.simstadt2.eu), HfT Stuttgart)

## SimStadt Simulationsplattform

- Eine städtebauliche Simulationsplattform wird derzeit an der Hochschule für Technik in Stuttgart in Zusammenarbeit mit ihren Projektpartnern (M.O.S.S, SW Stuttgart, SW Mainz) entwickelt.
- Das Hauptziel dieser Stadtsimulationsplattform ist die Erstellung einer Energieanalyse in Bezug auf Co<sub>2</sub>-Emissionen, Wärmebedarfsanalyse und Photovoltaik (PV) -Potenzial für Städte, Bezirke oder sogar eine ganze Region.
- Ziel von SimStadt ist es, Stadtplanern und Stadtverwaltern, aber auch Bürgern, die mit der Sanierung von Gebäuden befasst sind, Entscheidungshilfe zu leisten oder die für die Installation von PV-Modulen am besten geeignete Dachfläche zu finden.
- SimStadt verwendet CityGML-Modelle mit bestimmten Mindestattributen wie Baujahr, Gebäudetyp und Gebäudenutzung, um den spezifischen Heizenergiebedarf zu simulieren und das PV-Potenzial für die Energieerzeugung des jeweiligen Gebäudes zu ermitteln.



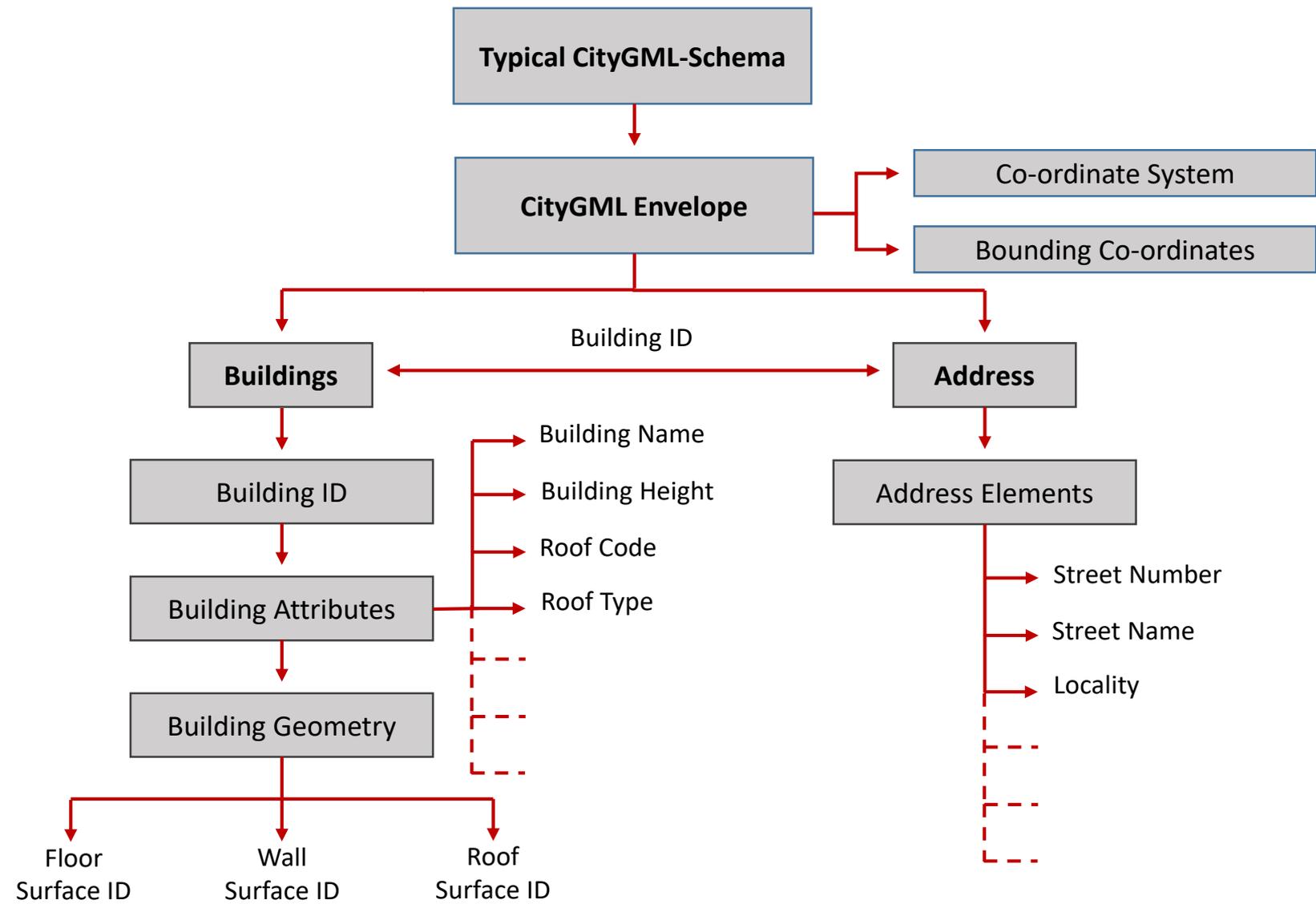
### Vereinfachter Workflow von SimStadt

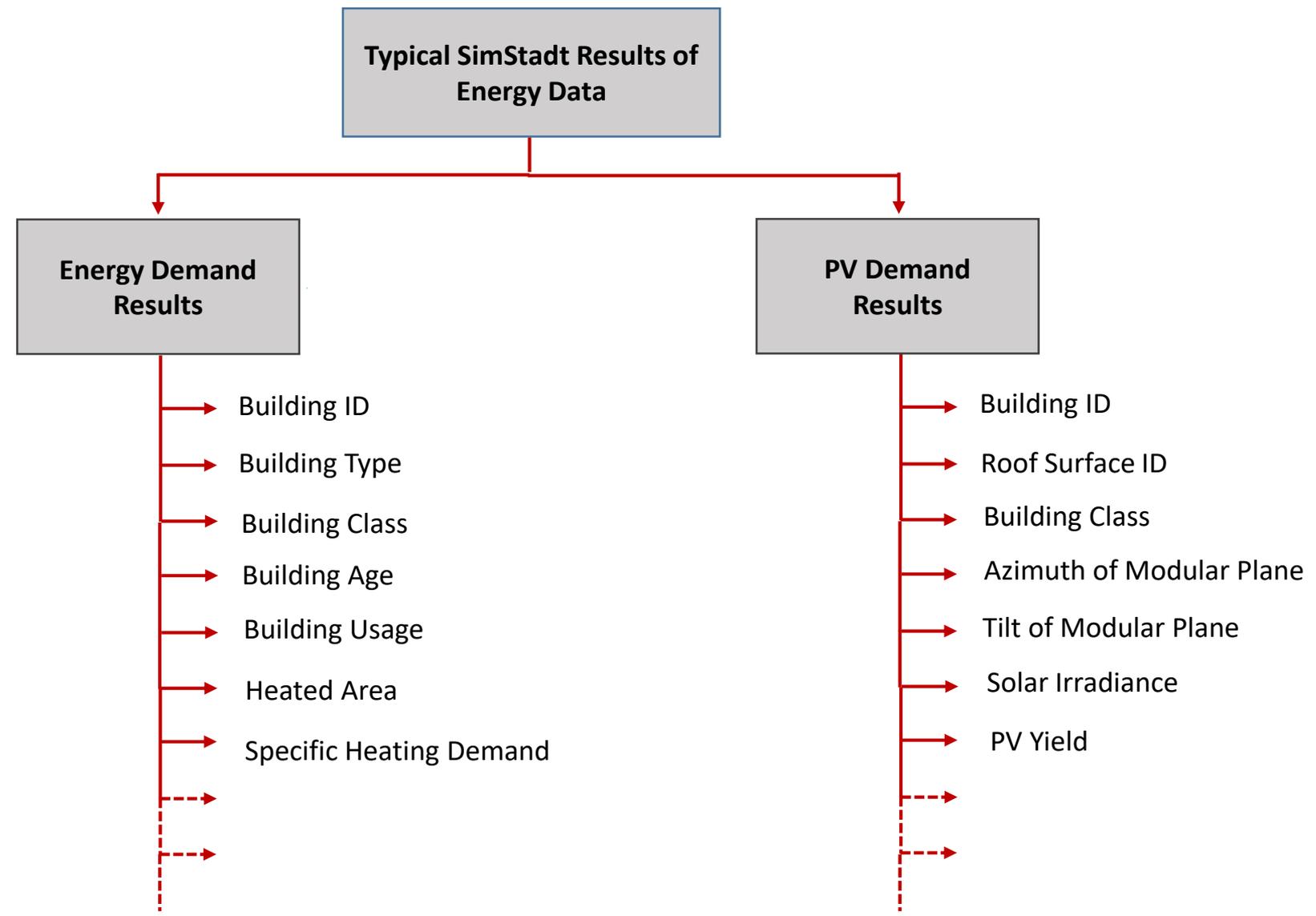
(Source: Internal Workflow, HfT Stuttgart)

- Diese Methode der Energieanalyse kann auf jedes Gebäude weltweit (Wohn- und Geschäftsgebäude und -kombinationen) in jedem städtischen Gebiet angewendet werden. Voraussetzung sind CityGML 3D-Stadtmodelle und ein Minimum an Gebäudeparametern - Baujahr und Gebäudefunktionen in CityGML.

### Schritte :

- Virtuelle 3D-Stadtmodelle im CityGML-Format (Esri CityEngine und FME)
- Heilung virtueller 3D-Stadtmodelle – CityDoctor  
([https://www.citydoctor.eu/index.php/citydoctor\\_main.html?language=en](https://www.citydoctor.eu/index.php/citydoctor_main.html?language=en), HfT Stuttgart)
- Geodatenmanagement
- Energiesimulationen - SimStadt Simulationssoftware
  - Berechnung des Wärme- / Kühlbedarfs
  - Berechnung des Photovoltaik-Potentials
  - Simulation erneuerbarer Energien
  - Simulation von Wärme- / Kältenetzen
- Visualisierung (Esri CityEngine Webviewer / ArcGIS Online)





```

Gerlingen_LOD2S2_1165_DIN18599.out
1 BuildingId ; BuildingType ; yearOfConstruction ; RefVariant ; ALKIS code ; PrimaryUsageZoneType ; Class ; LOD ; heated area[m2] ; specific he^
2 DEBW_001000cTiW0;RH;1965;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;103,8;179,9;71,7;1,38;67,5;391,8;324,3;0,77;7,3;4,1;2;3,1;false
3 DEBW_001000lmtHn;GMH;1975;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;1003,2;92,6;19,6;1,21;224,7;3214,7;3135,1;0,35;18,2;8,8;7;2,5;false
4 DEBW_001000lmtiP;MFH;1923;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;235,1;173,5;21,6;1,60;81,8;816,3;734,5;0,54;12,5;7,4;4;2,9;false
5 DEBW_001000lmtj1;MFH;1923;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;410,1;176,0;25,6;1,64;142,7;1424,3;1281,6;0,55;12,3;6,5;4;2,8;false
6 DEBW_001000lmtiM;MFH;1923;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;261,6;183,9;27,4;1,66;91,0;899,8;817,5;0,60;12,1;7,4;4;2,8;false
7 DEBW_001000lmtHl;GMH;1975;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;972,0;98,6;20,7;1,21;235,3;3272,7;3037,4;0,35;17,8;8,5;6;2,8;false
8 DEBW_001000lmtiN;MFH;1923;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;279,4;182,2;27,3;1,66;94,8;951,2;873,1;0,60;12,0;7,4;4;2,8;false
9 DEBW_001000lmtHm;GMH;1975;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;1027,6;91,9;20,0;1,20;235,4;3337,0;3211,3;0,35;18,4;8,1;7;2,5;false
10 DEBW_001000lmtiK;MFH;1923;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;265,3;182,3;26,3;1,64;94,2;900,3;829,0;0,60;12,0;7,1;4;2,8;false
11 DEBW_001000lmtHk;GMH;1975;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;977,4;90,2;22,2;1,21;221,3;3099,8;3054,5;0,36;18,1;8,6;7;2,5;false
12 DEBW_001000lmtHh;MFH;1953;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;1087,5;107,9;15,9;1,34;222,4;3398,5;3398,5;0,35;15,3;15,3;6;2,5;false
13 DEBW_001000lmtHi;MFH;1953;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;1684,5;97,8;15,9;1,33;331,3;5264,0;5264,0;0,33;15,9;15,9;6;2,6;false
14 DEBW_001000lmtiW;MFH;1998;Original; 31001_1123;residential;Wohnen;LOD1;1110,2;60,8;18,6;0,50;313,2;3469,5;3469,5;0,42;11,1;11,1;4;2,8;false
15 DEBW_001000lmtj9;RH;1975;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;764,8;114,0;37,4;1,28;290,3;2642,8;2390,0;0,45;10,9;7,3;4;2,5;false
16 DEBW_001000lmtiU;MFH;1923;Original; 31001_1131;residential;Wohnen;LOD2;802,5;132,1;19,3;1,58;248,9;2756,7;2507,8;0,45;14,0;6,0;4;3,2;false
17 DEBW_001000lmtj6;MFH;1990;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;406,6;84,2;31,5;0,78;150,3;1325,8;1270,7;0,54;11,2;6,3;4;2,7;false
18 DEBW_001000lmtiS;EFH;1953;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;167,8;188,7;34,9;1,41;93,1;617,5;524,4;0,71;9,1;3,9;3;2,7;false
19 DEBW_001000lmtj2;MFH;1990;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;593,6;80,9;29,9;0,76;220,6;2067,7;1855,0;0,48;11,8;6,5;4;2,7;false
20 DEBW_001000lmtiQ;MFH;1923;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;284,3;160,7;23,7;1,62;95,0;976,2;888,5;0,51;12,1;7,6;4;2,8;false
21 DEBW_001000lmtj3;MFH;1990;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;670,4;76,6;26,9;0,75;247,3;2192,8;2094,9;0,48;11,2;6,2;4;2,7;false
22 DEBW_001000lmtgy;MFH;1975;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;932,0;107,0;22,6;1,18;240,4;2912,5;2912,5;0,45;12,1;12,1;5;2,4;false
23 DEBW_001000lmtgz;MFH;1975;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;896,3;104,8;21,8;1,17;236,7;2801,0;2801,0;0,44;11,8;11,8;5;2,4;false
24 DEBW_001000lmtHX;GMH;1983;Original; 31001_2020;office and administration;Sonstige;LOD2;3620,0;92,8;10,1;1,00;541,7;11312,5;11312,5;0,23;20,9;
25 DEBW_001000lmtgx;MFH;1990;Original; 31001_2071;hotel;Sonstige;LOD2;4297,8;92,8;15,2;0,70;995,0;13556,0;13430,6;0,30;13,6;13,6;5;2,7;false
26 DEBW_001000lmtHf;RH;1953;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;160,5;128,1;25,7;1,32;73,0;574,7;501,7;0,43;9,6;6,1;3;2,9;false
27 DEBW_001000lmtiG;EFH;1923;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD1;234,2;173,8;25,7;1,51;90,5;732,0;732,0;0,67;8,1;8,1;3;2,7;false
28 DEBW_001000lmtHr;RH;1953;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;162,5;144,3;48,1;1,42;74,5;582,2;507,7;0,57;9,6;6,0;3;2,9;false
29 DEBW_001000lmtHd;RH;1953;Original; 31001_1010;residential;Wohnen;LOD2;152,3;122,5;23,8;1,28;72,5;548,3;475,8;0,42;9,4;5,7;3;2,8;false
30 DEBW_001000lmtiE;MFH;1953;Original; 31001_1123;residential;Wohnen;LOD2;542.3;135.6;19.2;1.51;143.8;1713.7;1694.5;0.42;13.4;10.4;5;2.6;false

```

Eine typische Energiedatendatei von SimStadt aus Notepad ++

```

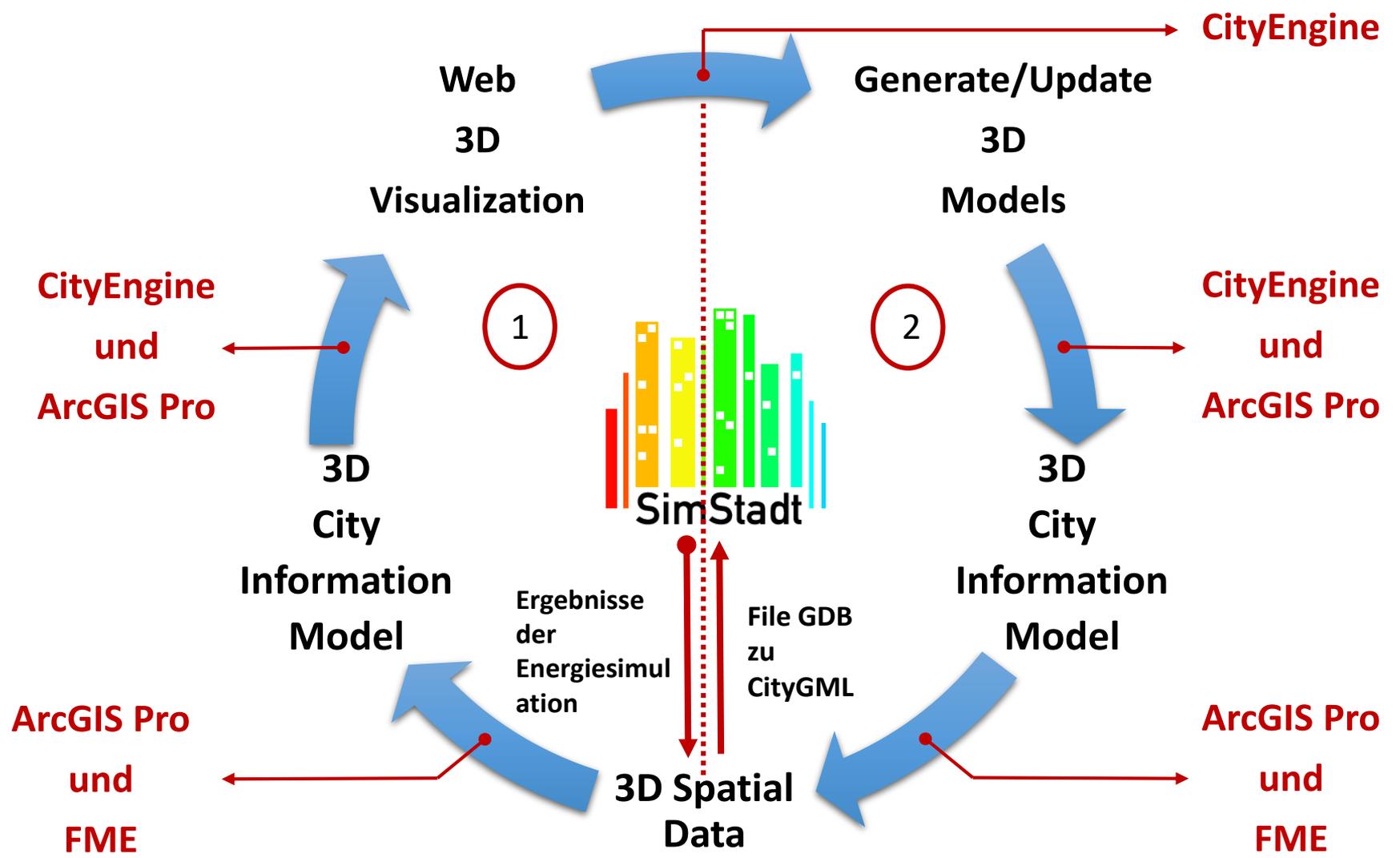
Gerlingen_LOD2S2_1165_pv_potential.csv
1 SimStadt PV potential analysis
2
3 Data source;PVGIS database hourly interpolated with Insel
4 Location;48_8_9
5 Latitude;48,80;°
6 Longitude;9,05;°
7 Irradiance azimuth resolution;5;°
8 Irradiance tilt resolution;5;°
9 Include Tilted Roofs?;true
10 Include Flat Roofs?;true
11 Include Facades?;false
12 Include Public Roofs?;true
13 Include Private Roofs?;true
14 Include LOD1?;false
15 Max flat roof elevation;10;°
16 Min roof area;40;m²
17 Min insolation;1100;kWh/m².a
18 Big PV installation;15;kWp
19 Step for big PV installation;5;kWp
20 Module area to flat roof area;30;%
21 Module area to tilted roof area;40;%
22 Module efficiency;15;%
23 Performance Ratio;85;%
24 Module tilt on flat roof;25;°
25
26 Building ID;BuildingSurface ID;LOD;Building Class;X-Coordinate;Y-Coordinate;Azimuth;Tilt;Area;Irradiance in module plane;PV potential nominal power;PV po
27 [-]; [-]; [-]; [-]; [m]; [m]; [°]; [°]; [m²]; [W/m²]; [kWp]; [MWh/a]
28 DEBW_001000f05sS;UUID_251b49ee-add7-469c-a808-f3f254714b70;LOD2;;3504407,6;5406955,3;215;23;63,0;143,0;3;3,19
29 DEBW_001000cTiW0;UUID_dcf617cd-0846-4723-93a0-6090a9da136d;LOD2;Wohnen;3505122,7;5406577,8;175;25;74,8;147,0;4;4,38
30 DEBW_0010001mvix;UUID_90bd7483-78a6-4f31-b74c-c45389a7ca89;LOD2;;3504881,5;5406309,0;77;10;53,6;146,9;2;2,19
31 DEBW_001000b7zoi;UUID_5975d678-90c7-4517-8cd3-f041421c5728;LOD2;;3504452,7;5407242,9;318;3;58,1;146,9;2;2,19
32 DEBW_0010001mvhz;UUID_6a523aed-6af9-4958-9403-8fb9e9be1370;LOD2;;3505762,8;5405301,2;180;0;68,0;146,9;3;3,28

```

Normal text file length: 457612 lines: 3966 Ln: 1 Col: 1 Sel: 0|0 Dos/Windows ANSI INS

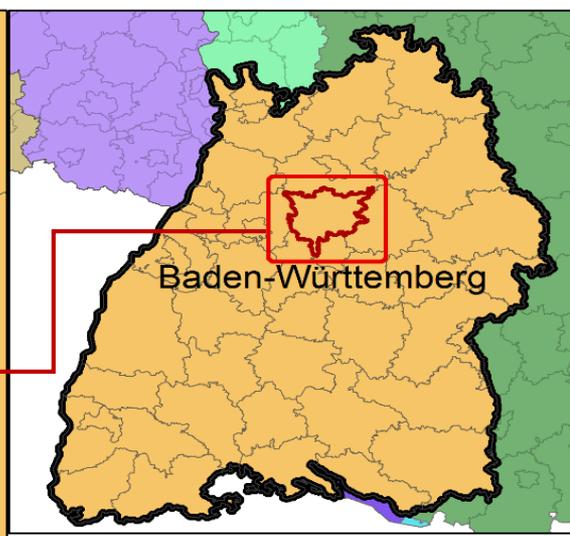
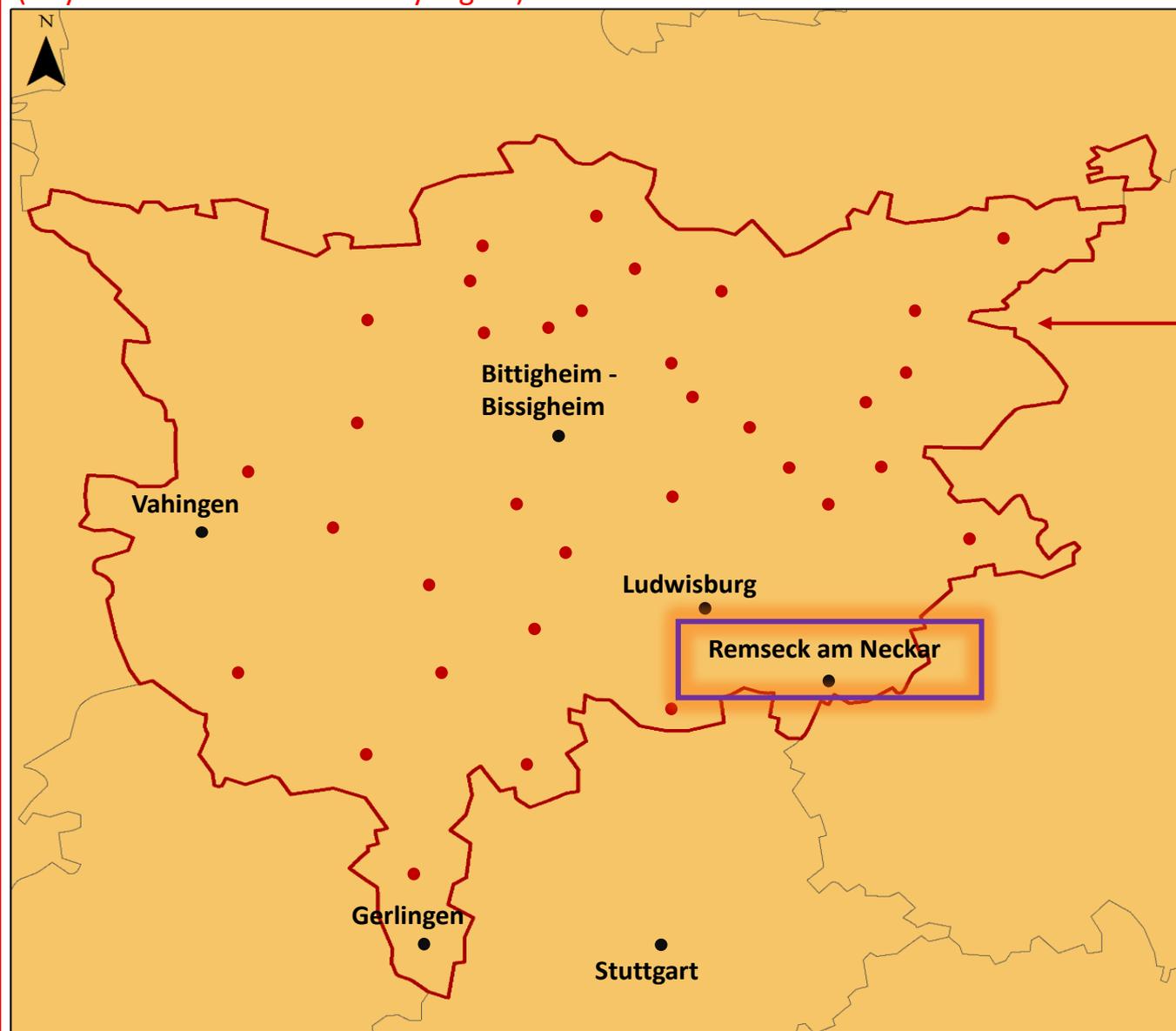
**Eine typische Dateistruktur für das PV-Potenzial aus SimStadt im Notepad ++**

**Testziel** : Generieren Sie 3D-Modelle für neue / bestehende Stadtentwicklungsprojekte und visualisieren Sie die SimStadt-Ergebnisse. Das Geodatenmanagement und die Visualisierung der Ergebnisse der Energiesimulation von SimStadt erfolgt im Internet. Es soll mithilfe der Esri- und FME-Software Interoperabilität mit CityGML erzielt werden.



# Heizenergiebedarf und PV Potenzial Visualisierung für Aldingen (Remseck am Neckar)

(CityGML – SimStadt – Esri CityEngine)



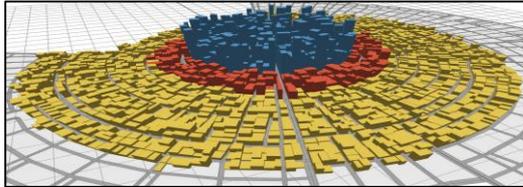


3D City Information Model (3DCIM)



**Gebaute Umwelt**

- **Erstellt, verwaltet und aktualisiert von Benutzern**
  - Structures, Utilities, Road Networks, Installations, Street Furniture .....



**Legale Umwelt**

- **Öffentlich-rechtlich Merkmale und Einschränkungen der Landnutzung**
  - Land use zones, set backs, FAR, regulations, property boundaries .....



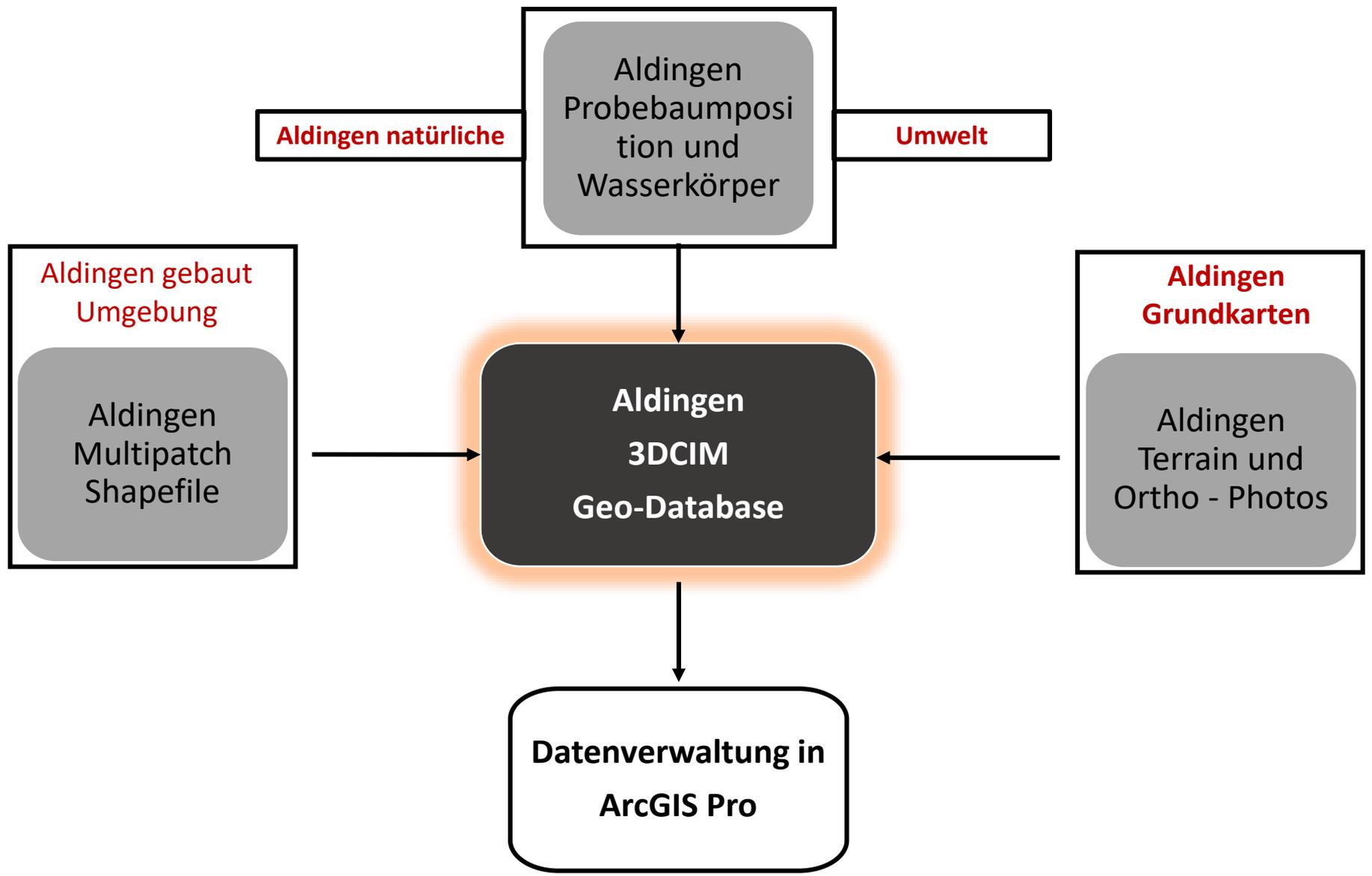
**Natürlichen Umgebung**

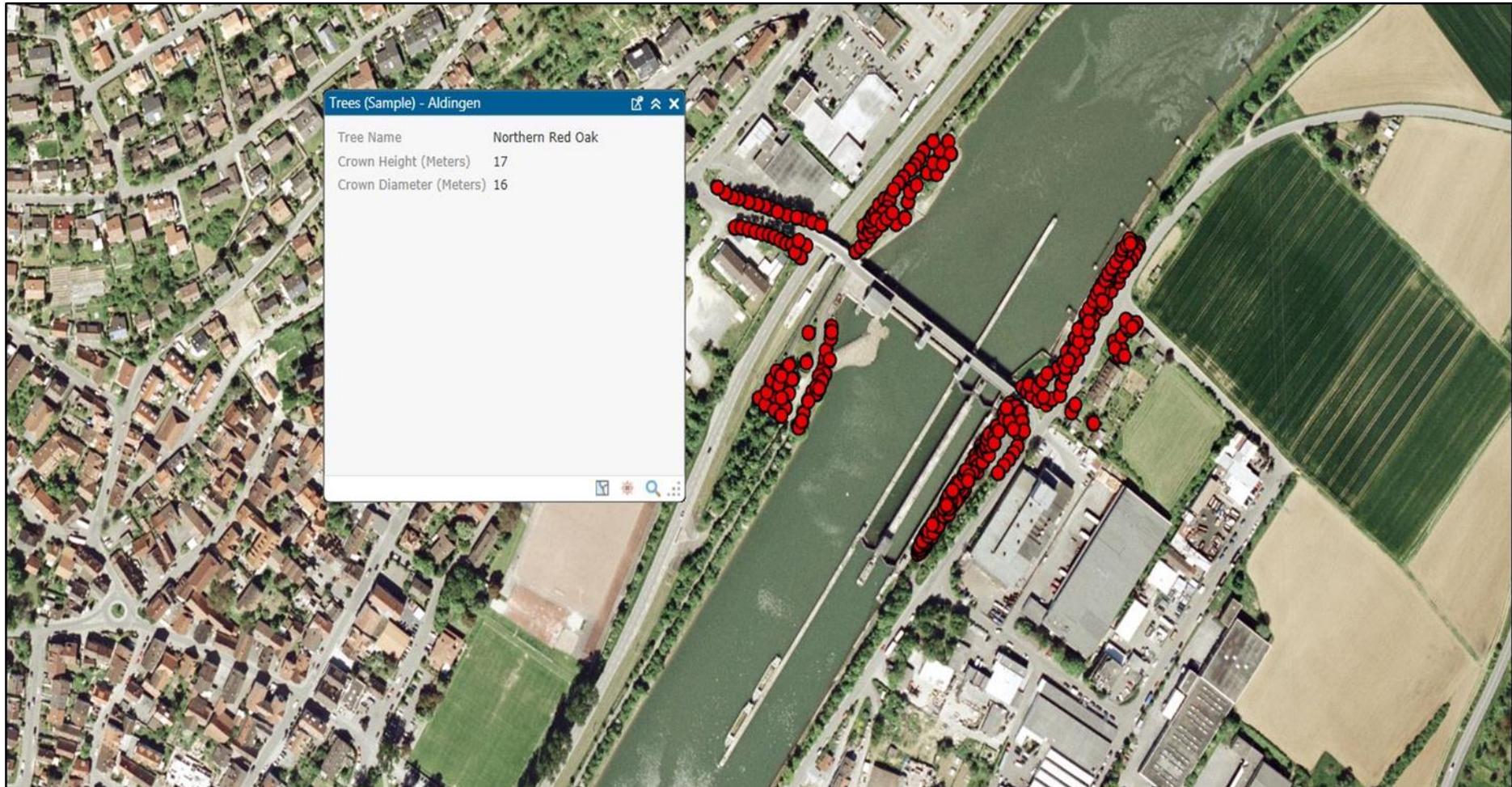
- **Natürliche Merkmale auf, über oder unter der Erdoberfläche**
  - Atmosphere, subsurface geology, land cover, trees, water bodies .....



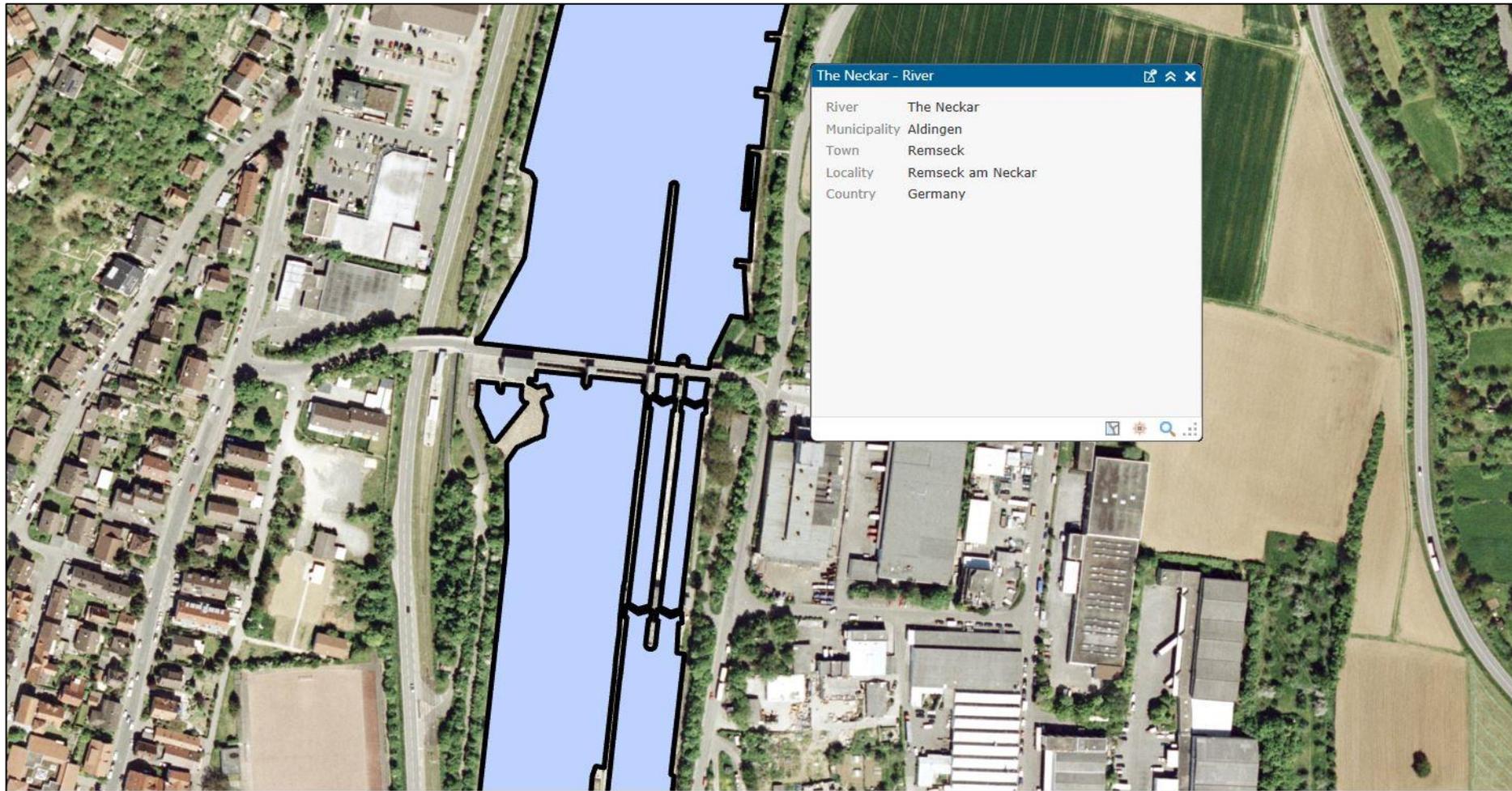
**Grundkarten**

- **Erstellt und verwaltet von Kartierungsunternehmen**
  - Terrain Data, Satellite Images, Aerial Images, Ortho Photos .....

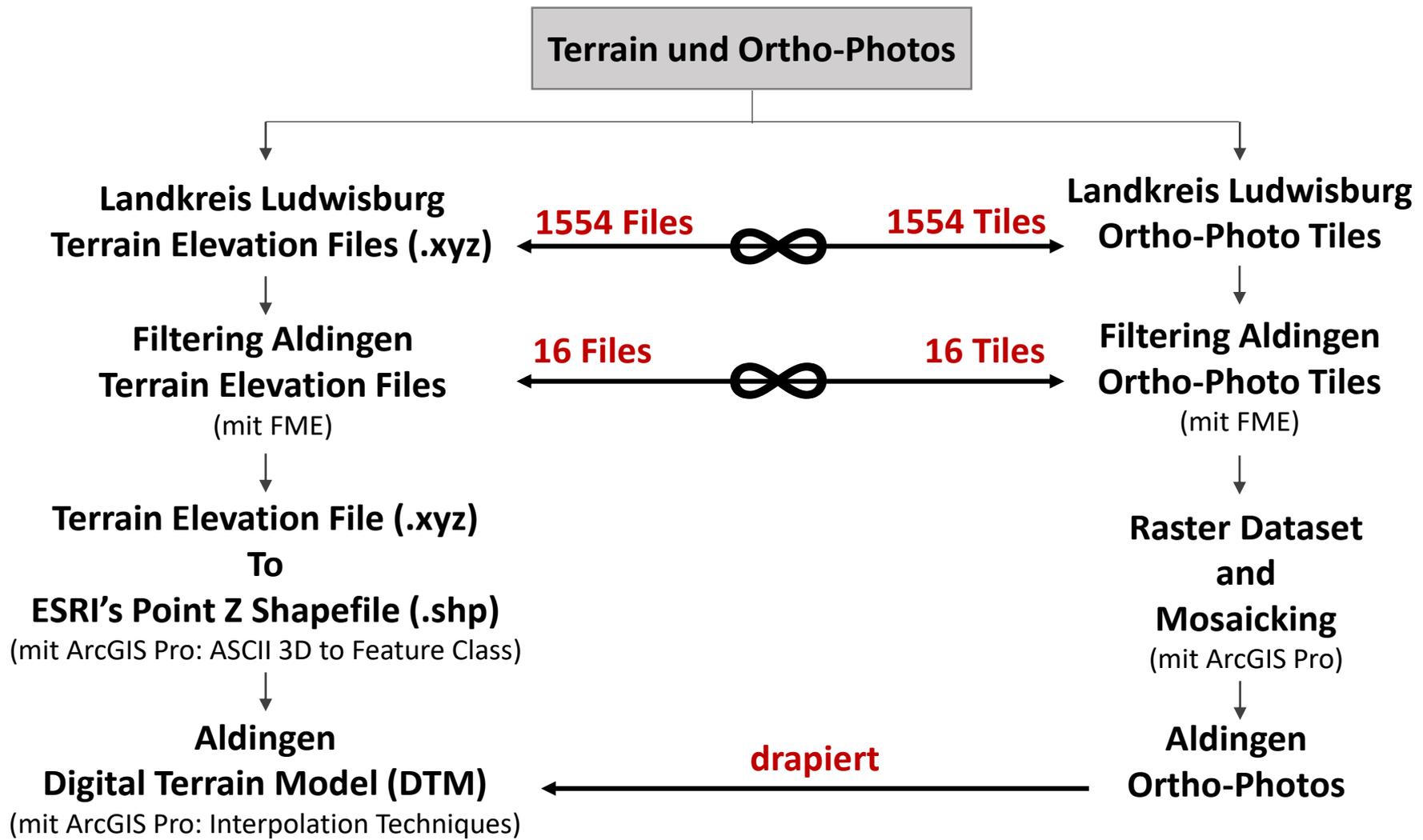




Probepbaumposition im Aldingen (Remseck am Neckar)



Fluss der Neckar im Aldingen (Remseck am Neckar)

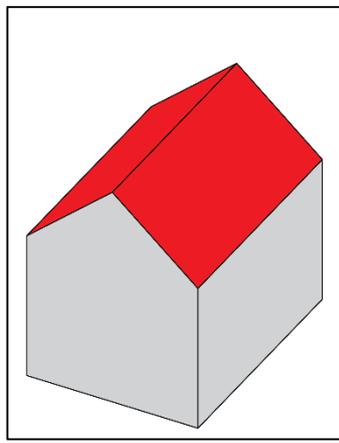




**Aldingen Ortho-Photo Drapiert auf Aldingen Terrain**

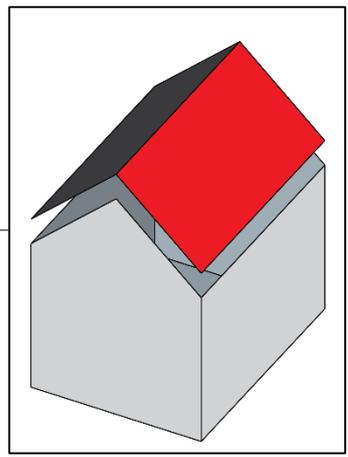
**Aldingen CityGML → Aldingen Multipatch Feature Class  
(mit FME)**

Aldingen  
Multipatch Shapefile  
(Heizenergiebedarf Daten)

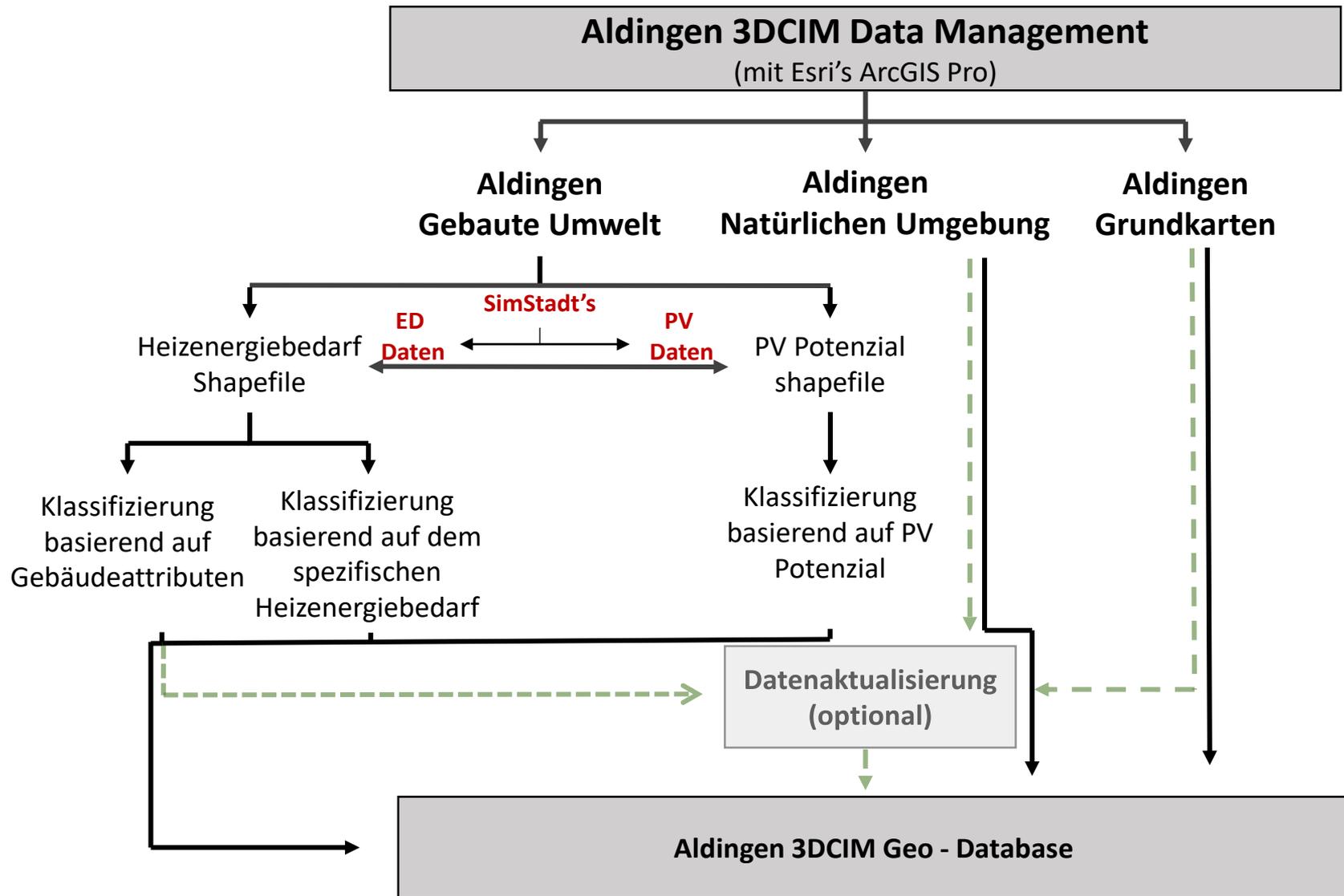


- Building ID**
- Year of Construction
- Building Usage
- Building Height
- Country
- Street Name
- Street Number

Aldingen  
Multipatch Shapefile  
(PV Potenzial Daten)



- Building ID
- Roof Surface ID**
- Year of Construction
- Building Usage
- Building Height
- Country
- Street Name
- Street Number

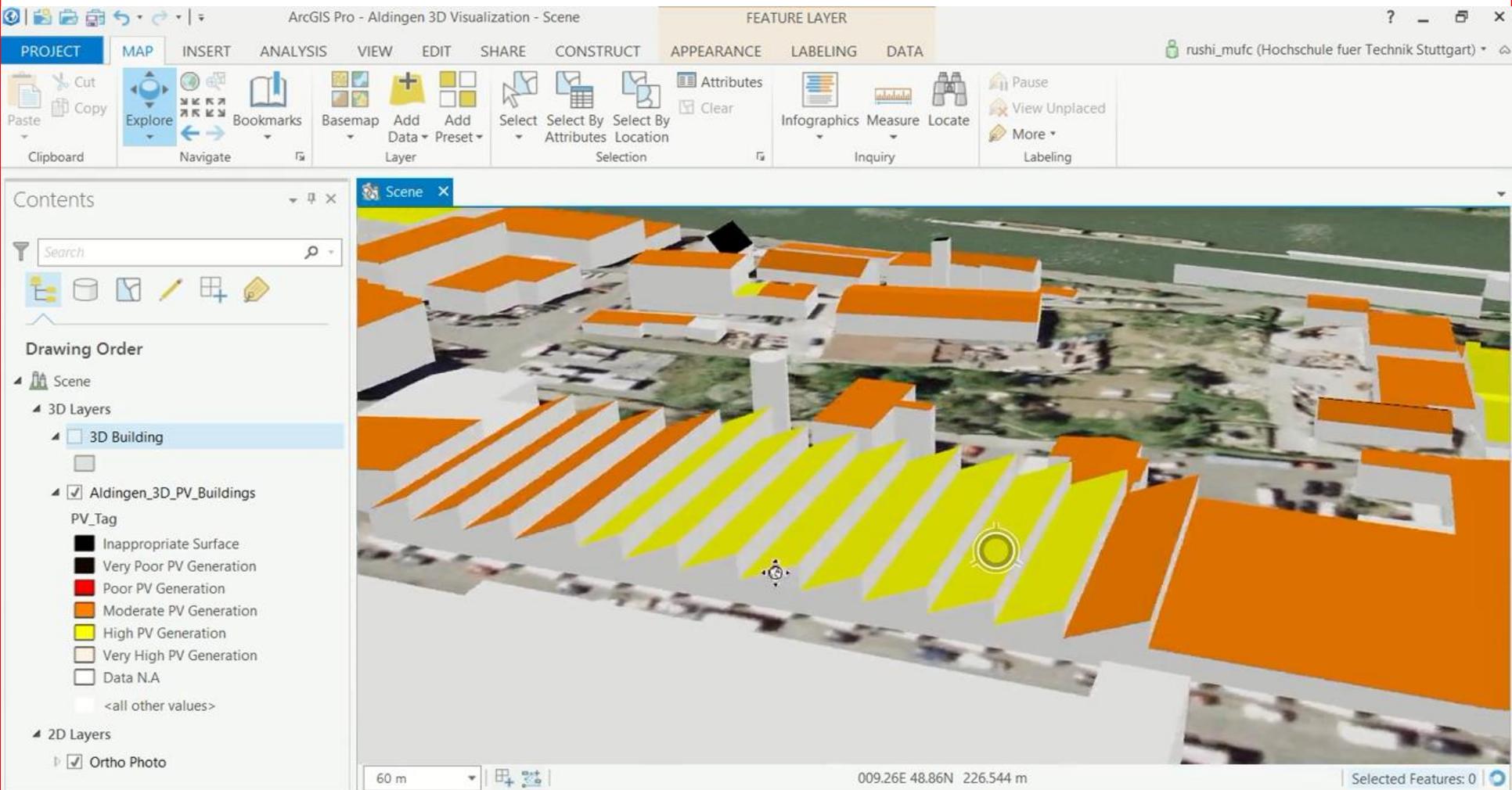


The screenshot displays the ArcGIS Pro interface for a 3D visualization. The title bar reads "ArcGIS Pro - Aldingen 3D Visualization - Scene". The ribbon includes tabs for PROJECT, MAP, INSERT, ANALYSIS, VIEW, EDIT, SHARE, CONSTRUCT, APPEARANCE, LABELING, and DATA. The APPEARANCE tab is active, showing toolbars for Attributes, Clear, Infographics, Measure, Locate, Pause, View Unplaced, and More. The Contents pane on the left shows the following structure:

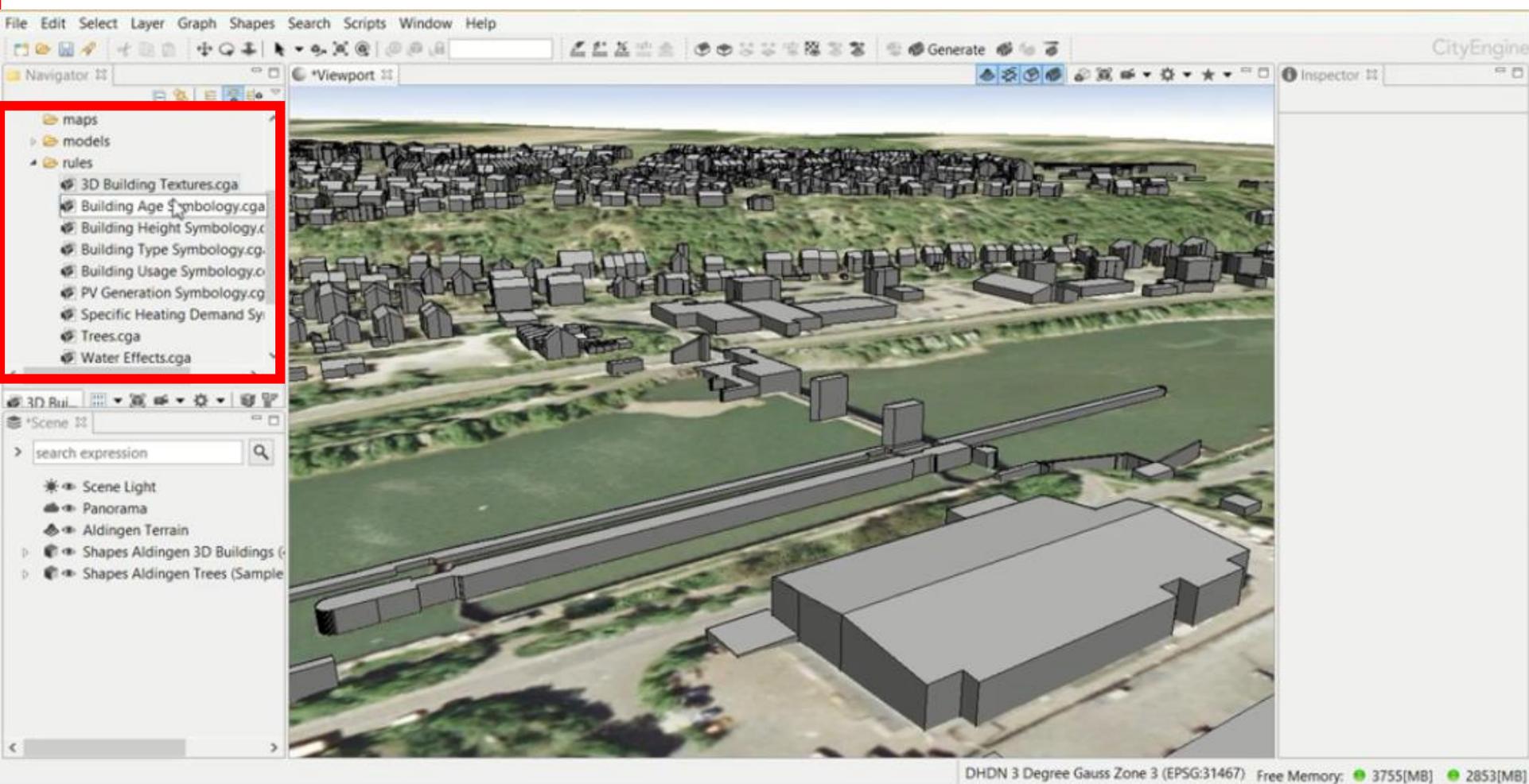
- Scene
- 3D Layers
  - 3D Building
  - Aldingen\_3D\_Buildings
    - SHeat\_Tag
      - Data N.A.
      - Energy Efficient Building
      - Highly Energy Efficient Building
      - Low Energy Efficient Building
      - Mid Energy Efficient Building
      - Poor Energy Efficient Building
      - Very Poor Energy Efficient Building
      - <all other values>
- 2D Layers
  - Ortho Photo

The 3D view window shows a perspective view of a residential area with buildings color-coded according to the legend. The status bar at the bottom indicates a scale of 35 m, coordinates 009.26E 48.87N, and an elevation of 216.038 m. The Selected Features count is 0.

**Klassifizierung basierend auf der spezifischen Heizenergiebedarf gemäß ArcGIS Pro von Esri**



**Die Klassifizierung basiert auf dem PV-Potenzial gemäß ArcGIS Pro von Esri**



Aldingen 3DCIM Database in CityEngine mit CGA-Regeldateien

**Aldingen 3D Web Scene**  
Aldingen, Remseck am Neckar, Baden Wurtemberg, Germany

Aldingen (Remseck am Neckar)

SHARE HELP SIGN OUT (RUSHIKESH PADS...)

**Information**

Shape2169

Attributes

Age_Tag	Mid-Age Building
Area_Pi	333.7 Sq.m
Azimuth_Pi	180 Degree
Bldg_Area	330 Sq.m
Bldg_Class	Private Building
Bldg_Ht	20 m
Bldg_ID	DEBW_0010001n550
Bldg_Name	Data N.A
Bldg_Type	Apartment Block
Bldg_Usage	Residential
Country	Germany
Floors	7
Gross_Vol	6773.5 Cu.m
Ht_Tag	Mid-Rise Building
Inso_Tag	High Insolation
Locality	Remseck am Neckar
Mean_U	1.35 kWh/Sq.m.K
Mun	Aldingen
PV_GenrIn	48.61 kWh/Sq.m.Yr
PV_Nominal	15 kWp
PV_Tag	High PV Generation
SAZV_Ratio	0.34 km
SHAPE_ID	6419
SHeat_Tag	Mid Energy Efficient Building
Solar_Inso	1271.95 kWh/Sq.m.Yr
Solar_Inrd	145.2 WSq.m
SpCool_Dem	24.2 kWh/Sq.m.Yr
SpHeat_Dem	100 kWh/Sq.m.Yr
St_Address	Berliner Strasse 13
Surface_ID	UUID_331587cb-1317-46b-8305-216e1418e000

**Building Age**

- Old-Age Building
- Mid-Age Building
- New-Age Building
- Data N.A

**Building Height**

- Low-Rise Building
- Mid-Rise Building
- High-Rise Building

**Building Type**

- Single Family House
- Multi Family House
- Apartment Block
- Terraced House
- High Rise Building
- Data N.A

**Building Usage**

- Residential
- Industry
- Office & Administration
- Hall
- Educational
- Event Location
- Recreational
- Hospital
- Retail
- Non-Heated
- Data N.A

**Specific Heating Demand**

- Highly Energy Efficient Building
- Energy Efficient Building
- Mid Energy Efficient Building
- Low Energy Efficient Building
- Poor Energy Efficient Building
- Very Poor Energy Efficient Building
- Data N.A

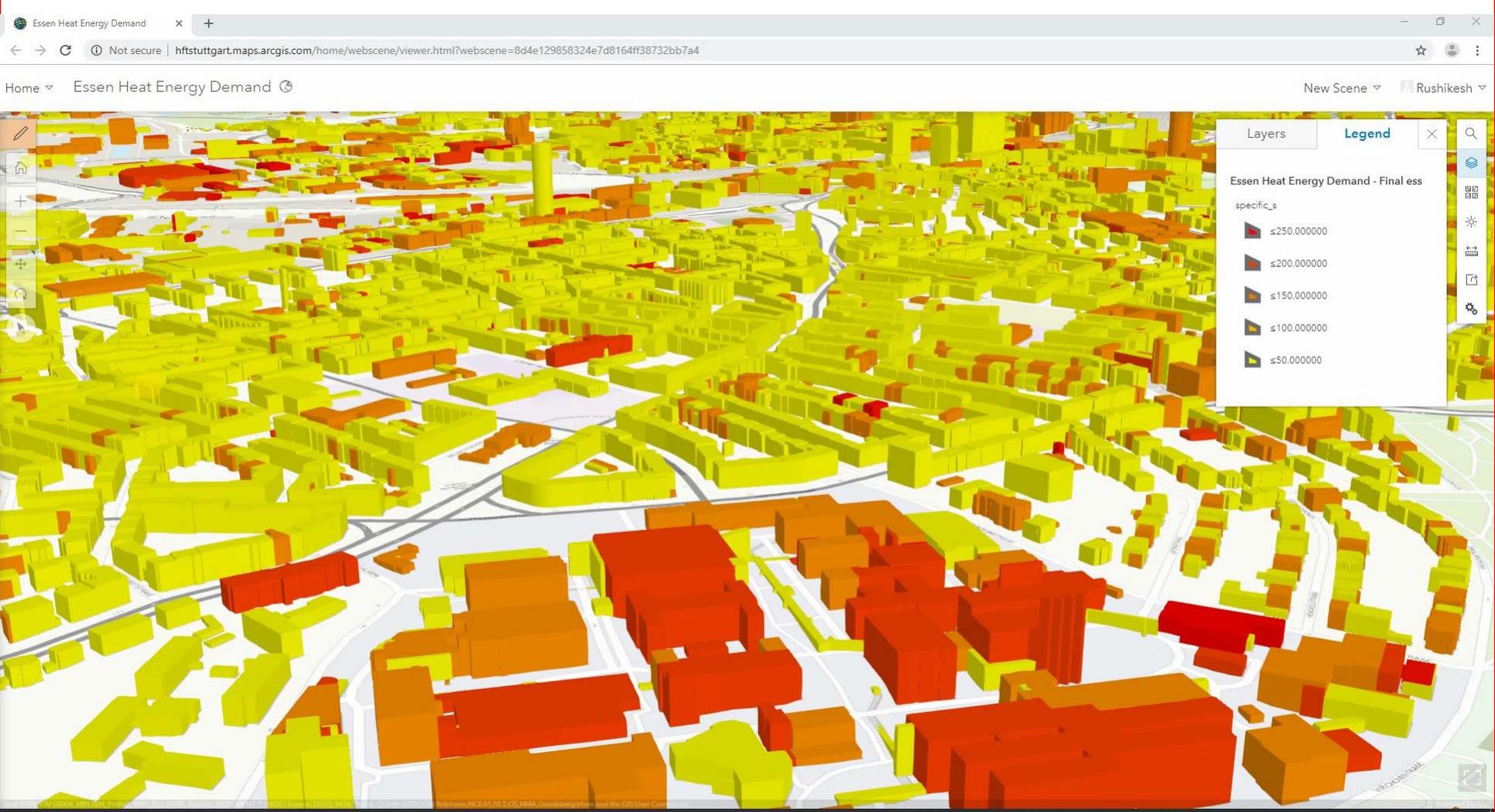
**PV Energy Generation**

- Very Poor PV Generation
- Poor PV Generation
- Moderate PV Generation
- High PV Generation
- Very High PV Generation
- Data N.A

To use the search widget use following syntax:

- <Att. Name> : <Attr. Value> finds only those objects for which attribute value in the attribute name is found.
- For Example:  
Bldg\_Usage : Residential will show only objects having Residential as their attribute values in Bldg\_Usage field.  
Age\_Tag : \* will find all the objects having Age\_Tag as their attribute field.  
St\_Address : Neckar\* will show only objects that starts with Neckar as their attribute values in St\_Address field.

## Aldingen 3DCIM Database auf CityEngine Web Viewer



**Spezifischer Heizenergiebedarf der Stadt Essen – ArcGIS Online Webscene Viewer**  
(Masters Thesis – Mrugen Bhatt, HfT Stuttgart)

## Heizenergiebedarf

### Berechnung für Wienerplatz

(Esri CityEngine – CityGML – SimStadt)

– Laufenden Arbeiten

**Ort:** Wiener Platz

(Feuerbach-Stuttgart)

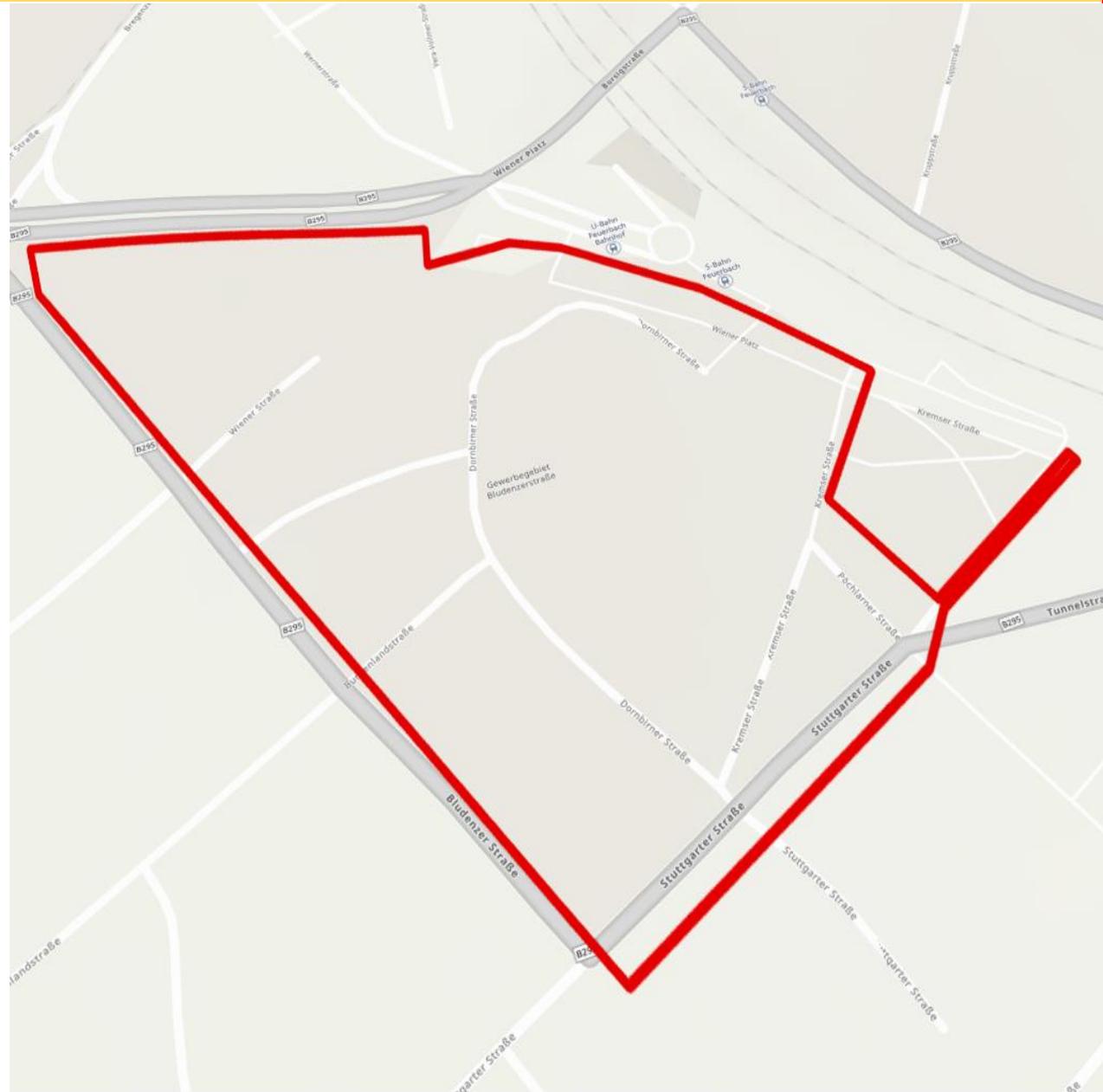
**Projekt:** SimStadt 2.0

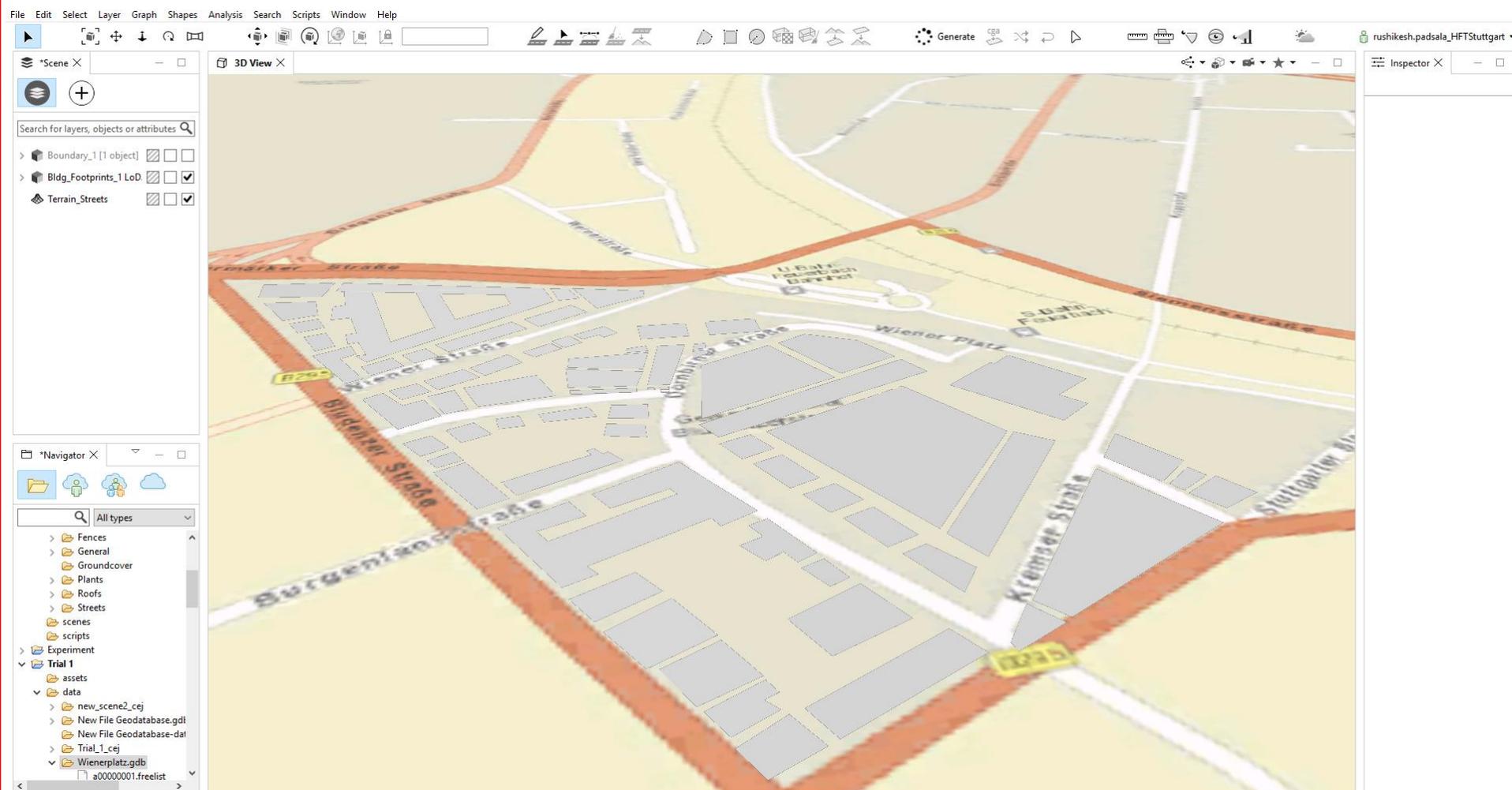
**Partners:** Stadtwerke Stuttgart

**Neues Entwicklungsjahr :** 2019

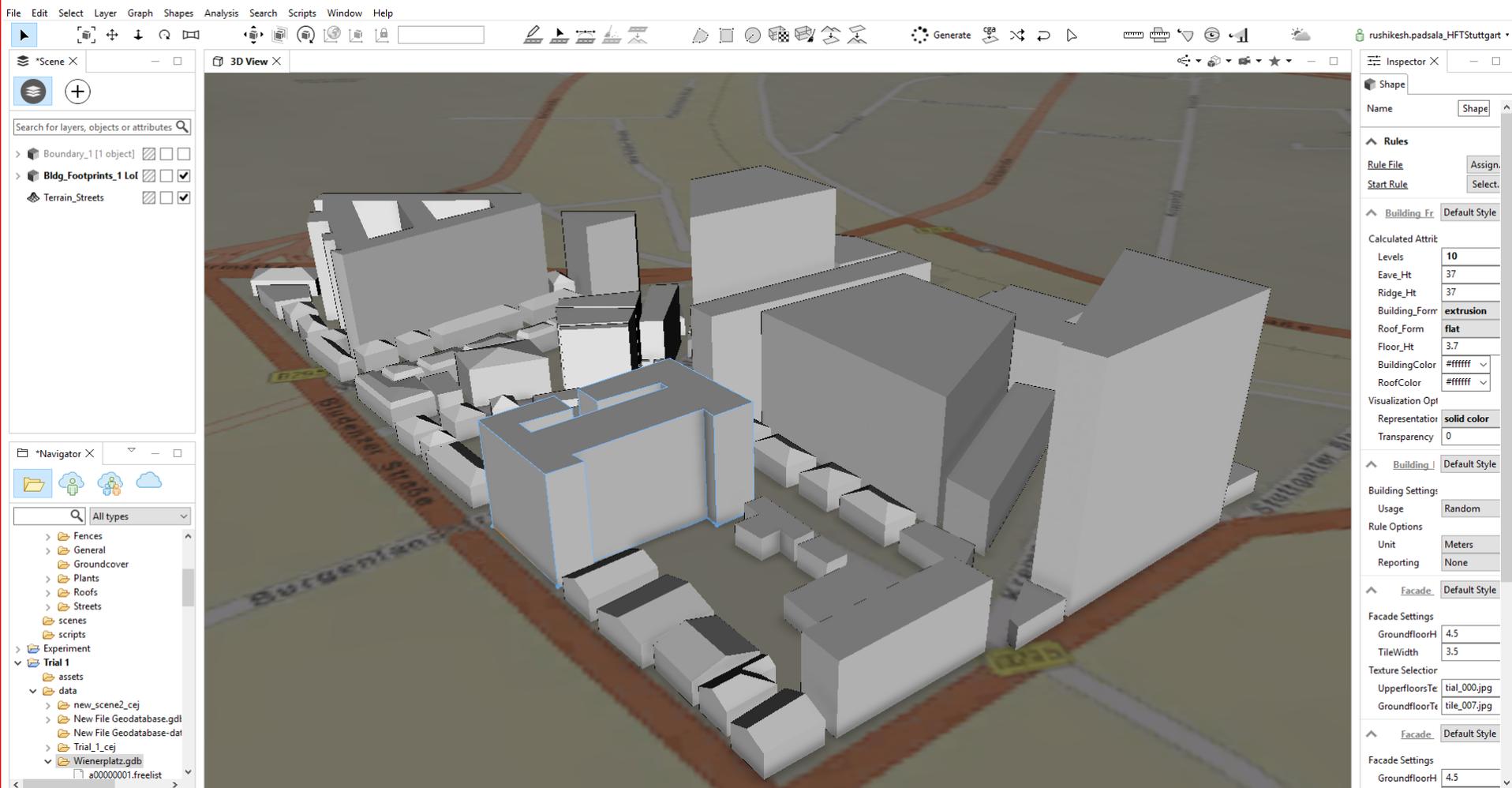
### Beschreibung :

In den kommenden Monaten werden am Wiener Platz Wohn- und Nichtwohngebäude entstehen. Diese Gebäude entsprechen der KfW-Norm 55, ihre Heizsysteme werden untersucht, daher können die Werte für den Heizenergiebedarf und das PV-Potenzial des Daches bei der Stadtplanung hilfreich sein

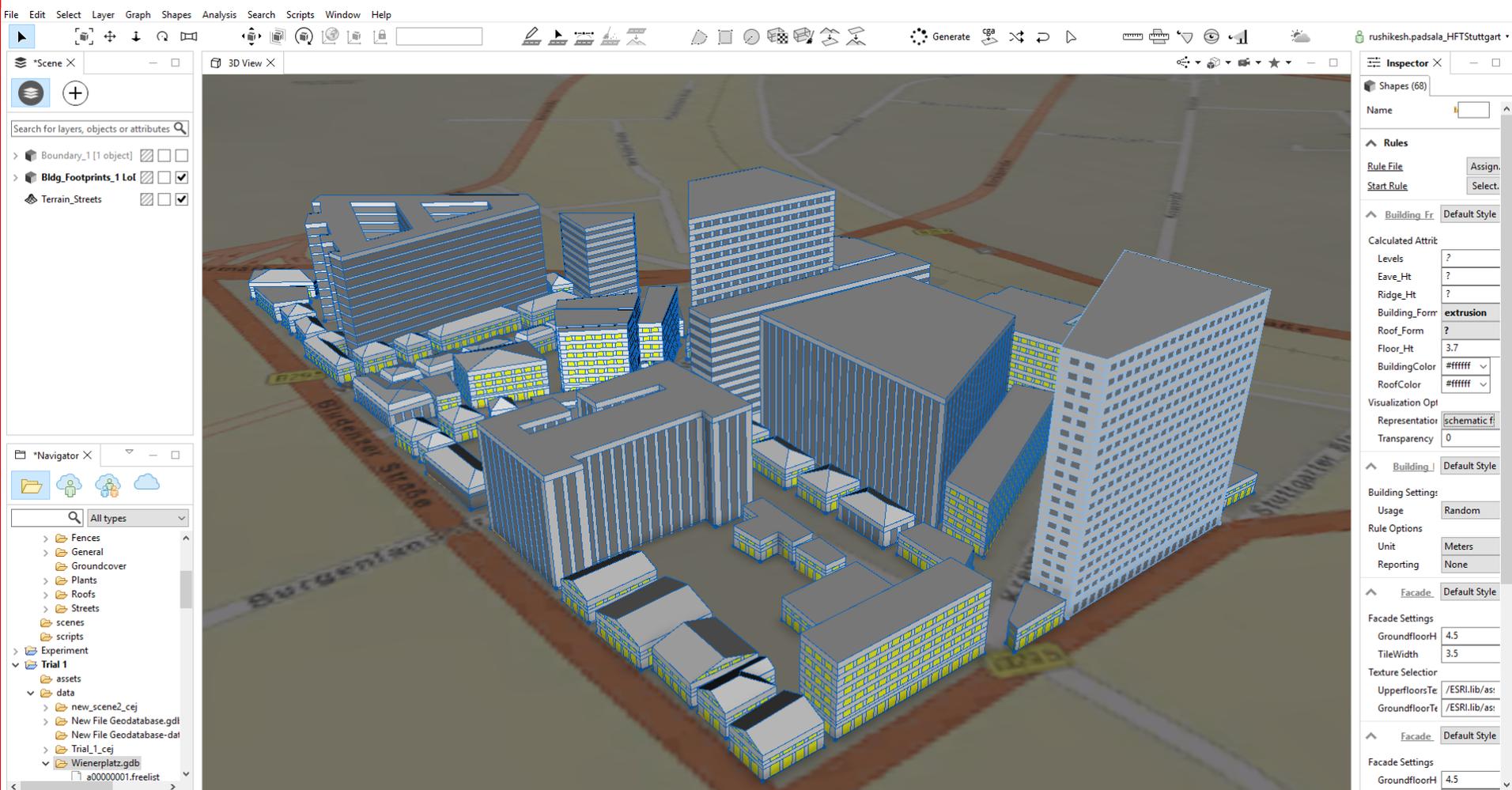




Szenario sanierter Wienerplatz Gebäudegrundriss in CityEngine



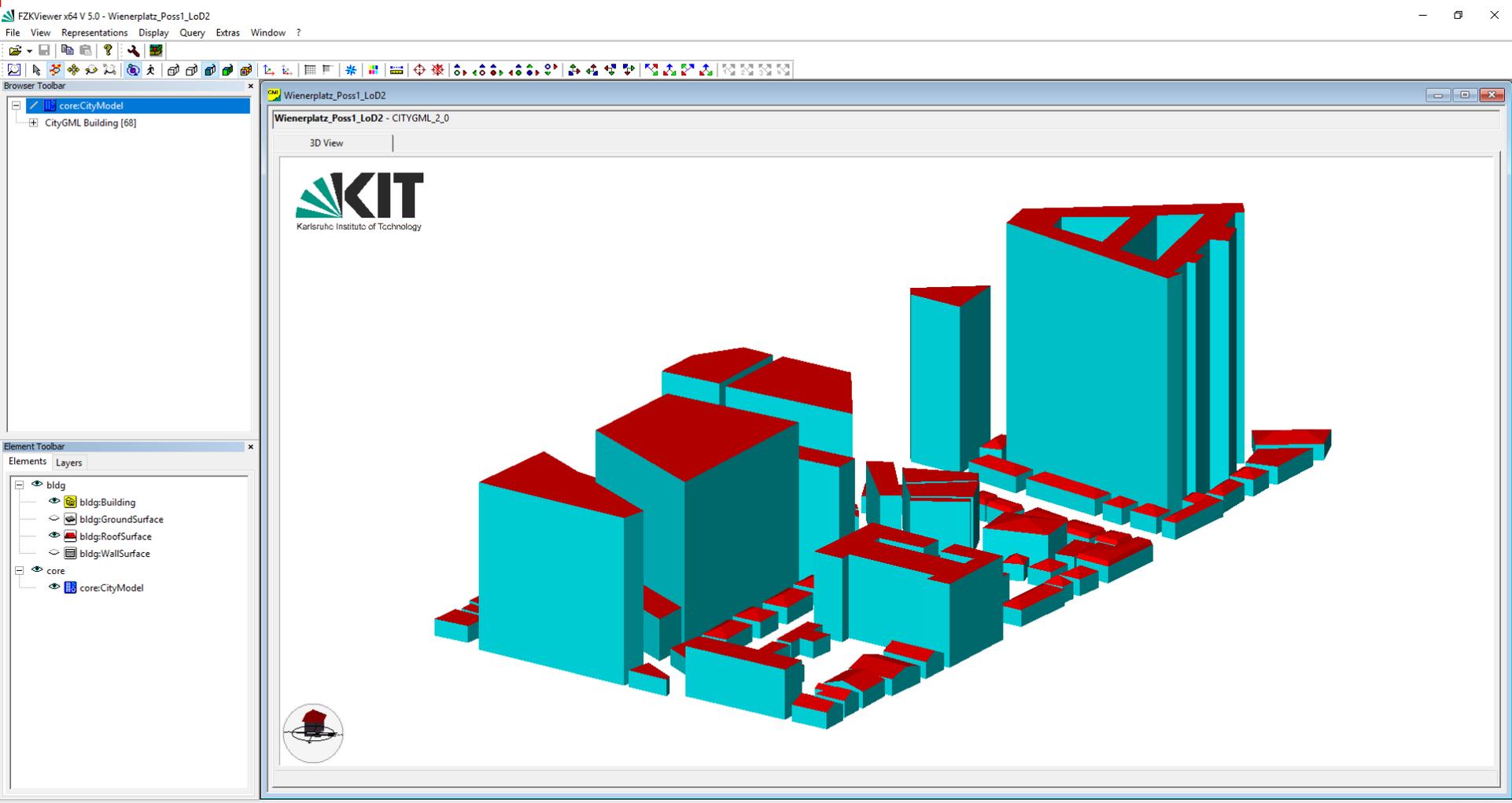
Neu entwickeltes Szenario, das mit CityEngine in Volltonfarben den Wiener Platz mithilfe der CGA-Formgrammatik darstellt



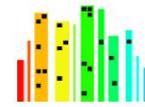
Neu entwickeltes Szenario, das mit CityEngine in Texturen den Wiener Platz mithilfe der CGA-Formgrammatik visualisiert







Neu entwickeltes Wiener Platz Szenario - CityGML LoD2Solid im FZK Viewer

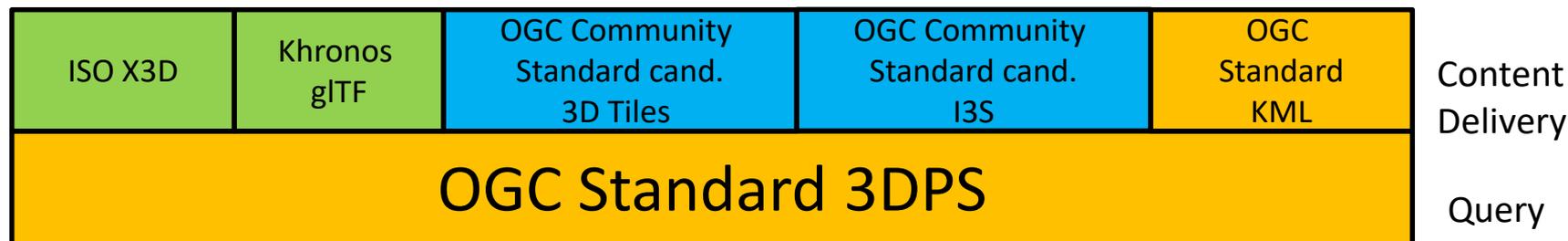
 SimStadt Simulation Platform



Erste Testläufe zur Visualisierung des Energiebedarfs des Wiener Platz  
(Laufenden Arbeiten)

## Zukünftige Ziele

- Unsere Vision



Content Delivery

X3D  
glTF  
3D Tiles  
I3S  
KML

Middleware

OGC Standard  
3D Portrayal  
Service

Visualize

Web Globes  
(Cesium)

- Für die Wiener Platz-Fallstudie, um mehr Szenarien in CityEngine zu generieren, z. B. Gebäude mit niedriger / mittlerer / hoher Dichte im LoD 2- und LoD 3-CityGML-Format.
- SimStadt als API mit 3D-Modellversandformaten als i3s auf der öffentlichen Beteiligungsplattform M4\_Lab.



**Vielen Dank**

**Patrick Würstle**

[patrick.wuerstle@hft-stuttgart.de](mailto:patrick.wuerstle@hft-stuttgart.de)

**Rushikesh Padsala**

[rushikesh.padsala@hft-stuttgart.de](mailto:rushikesh.padsala@hft-stuttgart.de)



HfT Stuttgart,  
SchellingStrasse 24,  
70174 Stuttgart, Deutschland