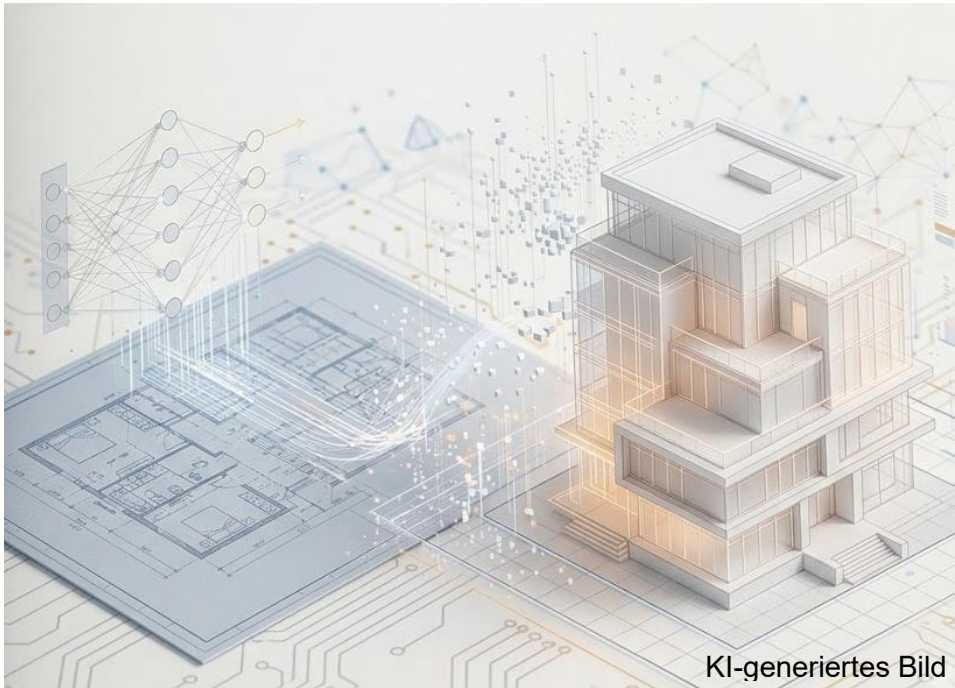


2Dml3D

Arbeitspaket 4: IFC Model Erstellung



KI-generiertes Bild

Daiva Marcinkeviciute
Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Muttenz, 10. Dezember 2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Positionierung Grundrisse-Schnitte	3
2.1	Einlesen und Bereinigen	4
2.2	Schnitte platzieren	4
2.3	Grundrisse Platzieren	7
3	Erstellen der Bauteile	9
3.1	Wände	9
3.2	Decken und Dächer	9
4	IFC-Struktur	10
5	Limitationen und künftige Arbeit	11
6	Schlussfolgerung	12

1 Einleitung

Das Arbeitspaket «IFC Model Erstellung» ist Teil des HABG-Kollaborationsprojekts «2Dml3D – Von 2D-Plänen via Machine Learning Methoden zu digitalen 3D-Modellen», das von den Instituten IBAU, INEB und IDIBAU durchgeführt wurde.

Ziel des Forschungsprojekts war die Entwicklung eines intelligenten Systems zur automatischen Generierung von 3D-Gebäudemodellen aus konventionellen 2D-Architekturplänen (Papier, PDF, JPG). Die resultierenden digitalen Bauwerksmodelle sollen für Anwendungen wie Energieeffizienzberechnungen und Gebäudeanalysen genutzt werden und entsprechend reich an semantischen Informationen sein.

In vorherigen Arbeitspaketen wurden mittels Machine Learning bereits zentrale Informationen aus 2D-Architekturplänen extrahiert, darunter Plannamen und -typen (Grundriss, Schnitt, Ansicht), Massstab, Geschosshöhen aus Schnitten, Schnittpositionen in Grundrissen sowie Wandkonturen. Diese Daten liegen für dieses Arbeitspaket in strukturierter Form als JSON vor.

Die in den Grundrissen und Schnitten mittels Machine Learning extrahierten Informationen werden in diesem Arbeitspaket zu einem konsistenten dreidimensionalen Gebäudemodell zusammengeführt. Dabei stellt insbesondere die räumliche Zuordnung der Daten aus den unterschiedlichen Planarten eine wesentliche Herausforderung dar. Die Geschosse müssen vertikal korrekt positioniert und alle Pläne in ein gemeinsames Koordinatensystem überführt werden, sodass die Bauteile im resultierenden 3D-Modell präzise zueinander ausgerichtet sind.

Im nächsten Schritt wird die IFC-Struktur aufgebaut und die extrahierten Bauteile, wie Wände, Decken und Dächer, werden als entsprechende IFC-Elemente erzeugt. Abschliessend wird das resultierende Gebäudemodell als IFC-Datei exportiert.

Der entwickelte Ansatz weist jedoch einige Einschränkungen auf. Die Qualität des erzeugten Modells hängt wesentlich von der vorgelagerten Bauteilextraktion ab, welche teilweise unvollständige oder geometrisch ungenaue Bauteile liefert. Zudem basiert die Extraktion auf mehreren Annahmen, beispielsweise darauf, dass alle Wände orthogonal ausgerichtet sind und keine Schrägdächer oder vergleichbare geometrische Besonderheiten vorhanden sind.

2 Positionierung Grundrisse-Schnitte

Um sicherzustellen, dass die Grundrisse vertikal aufeinander abgestimmt sind und korrekt übereinanderliegen, muss die Positionierung der Grundrisse und Schnitte bereinigt werden.

Um eine vereinfachte Überarbeitung trotz unsauberer Daten zu ermöglichen, wurden einige Annahmen getroffen. Diese Annahmen gelten für die verwendeten Beispieldaten.

Annahmen:

- Schnitte verlaufen parallel zur x- oder y-Achse.
- Wände verlaufen parallel zur x- oder y-Achse.
- Es gibt keine Schrägdächer.
- Alle Wandpolygone sind rechteckig.
- Das Gebäudegrundriss ist zusammenhängend.

- In jedem Schnitt entspricht der unterste Punkt der untersten Koordinate (UK) des niedrigsten Geschosses, das in diesem Schnitt dargestellt wird.
- Alle Schnitte sind auf denselben (und nur auf einem) Geschossgrundriss markiert.
- Mindestens ein Längsschnitt sowie ein Querschnitt sind vorhanden und sie schneiden alle Geschosse.
- Alle Grundrisse und Schnitte sind benannt.

Die Positionierung erfolgte in mehreren Schritten.

2.1 Einlesen und Bereinigen

- Zunächst werden die YAML-Dateien mit Grundrissen und Schnitten eingelesen.
- Eine formelle Überprüfung dieser Dateien wird durchgeführt um zu prüfen, ob die minimalen nötigen Angaben vorhanden sind.
- Die Bezeichnungen der Schnitte in Grundriss und Schnitt stimmen nicht immer überein. Mit der Python Bibliothek difflib wird der ähnlichste Name gefunden und die Bezeichnungen bereinigt, um eine Zuordnung zu ermöglichen.

2.2 Schnitte platzieren

- Jeder Schnitt ist in mindestens einem Grundriss vorhanden. Die Kombination von Grundriss und Schnitt wird genutzt, um die genaue Position der Schnitte zu bestimmen. Dabei ist nicht nur die Lage, sondern auch die Ausrichtung entscheidend. Alle parallelen Schnitte werden bei Bedarf gespiegelt, sodass sie einheitlich ausgerichtet sind.
- Schnitte können teilweise nicht als einzelne Linie, sondern als Polylinie vorliegen, da derselbe Schnitt unterschiedliche Bereiche des Gebäudes durchläuft (Siehe Abbildung 1). In solchen Fällen wird der Schnitt in eine gerade Linie überführt und auf der linken Seite ausgerichtet (linke Seite bedeutet in diesem Zusammenhang die Seite der Linie, die näher zur Koordinate $-\infty/-\infty$ ist). Aktuell wird für die Platzierung von Grundrissen und Schnitten ausschliesslich die linke Seite berücksichtigt. Massgebend ist jeweils die linke Seite.

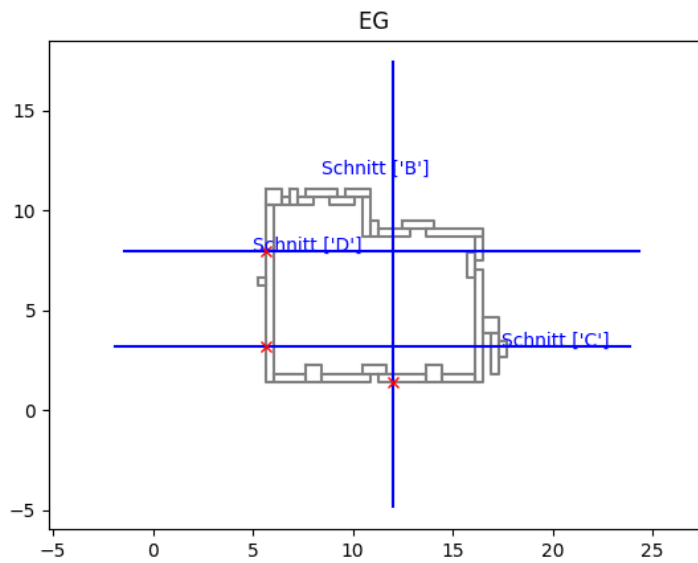


Abbildung 2. Die Positionierung von Schnitten in Grundriss (blau) und die gefundene Punkte der Gebäudegrenze (rot)

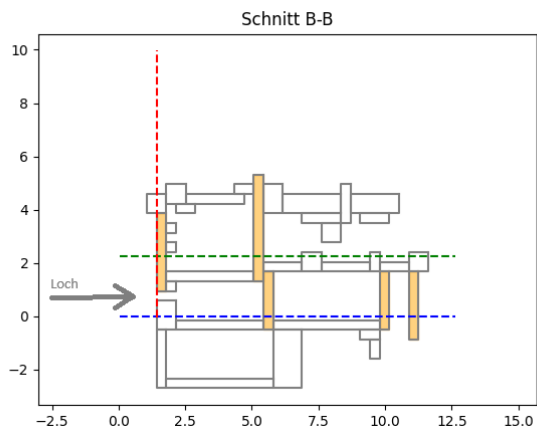


Abbildung 3. Minimale X-Koordinate im Schnitt (rot). Für die Ermittlung wurden die Wände zwischen OK (grün) und UK (blau) von EG gefunden (orange)

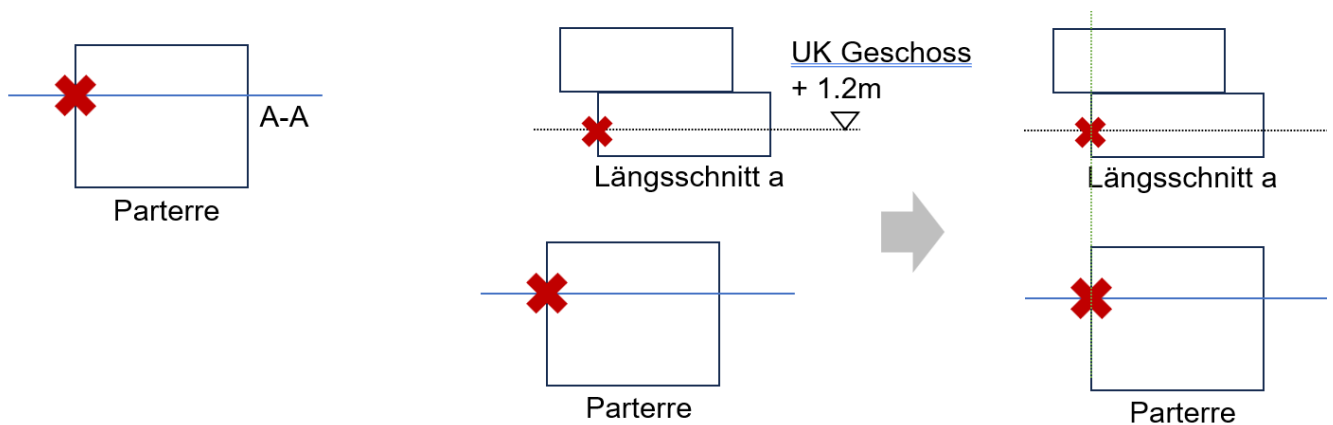


Abbildung 4. Platzierung des Schnitts entlang der X-Achse

2.3 Grundrisse Platzieren

- Sobald die korrekte Position der Schnitte bestimmt ist, gilt sie für alle Geschosse des Gebäudes. Die entsprechen jedoch nur dem Grundriss, in dem sie markiert sind. Andere Grundrisse müssen auch dementsprechend positioniert werden. Um dies zu erreichen, wird jeder Schnitt pro Geschoss erneut ausgewertet, um die Stelle zu finden, an der das Gebäude in jedem Geschoss beginnt bzw. endet.
- Analog zum vorherigen Schritt wird dazu in jedem Schnitt ermittelt, welche Bauteile im jeweiligen Geschoss liegen und welche die kleinste X-Koordinate besitzen. Diese Koordinate definiert den Punkt im Schnitt, an dem die Gebäudeaussenkante des Geschosses liegen muss.
- Im untenstehenden Beispiel (Siehe Abbildung 5) enthalten die Schnitte B und C das Geschoss „UG“, während Schnitt D dieses Geschoss nicht schneidet. Dadurch ergeben sich zwei Punkte, die zur Platzierung dieses Geschosses verwendet werden können.

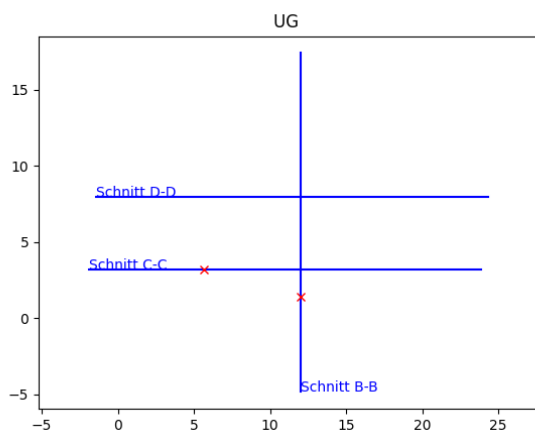


Abbildung 5. Schnitte (blau) und die ermittelte Punkte der Gebäudeaussenkante (rot) im UG

- Das Platzieren des Geschosses entlang der ermittelten Punkte entspricht einem bekannten Verfahren der geometrischen Ausrichtung bzw. Registrierungsaufgabe. Bei der 2D-Registrie-

rung werden zwei zweidimensionale Formen oder Bilder so aufeinander abgestimmt, dass sie möglichst genau übereinstimmen. Dabei wird eine Transformation bestimmt – etwa Translation, Rotation, Skalierung oder Deformation –, die eine Form auf die andere abbildet.

- In diesem Fall ist ausschliesslich die Translation relevant, da der Grundriss lediglich an die korrekte Position verschoben werden soll, basierend auf den zuvor bestimmten Punkten. Die Kontur des Grundrisses wird zunächst ermittelt. Da die Referenzpunkte an der unteren und linken Gebäudegrenze liegen, wird die Kontur zunächst oben rechts positioniert. Anschliessend wird sie durch eine reine Translation so verschoben, dass ihre Konturlinien den Referenzpunkten möglichst nahekommen (siehe Abbildung 6).
- Bei präzisen Zeichnungen würde die Form exakt zu den Referenzpunkten passen. Da die Extraktion derzeit jedoch noch ungenau ist, erfolgt die Anpassung nur näherungsweise (siehe Abbildung 7).

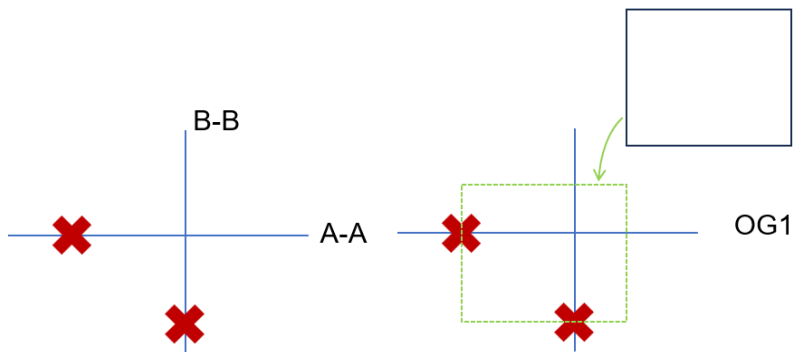


Abbildung 6. Verschiebung des Grundriss-Konturs auf die Kontur-Punkte, Konzept

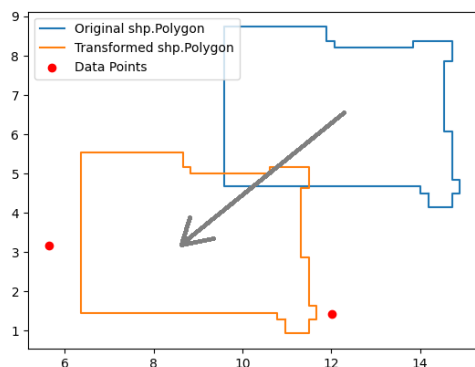


Abbildung 7. Verschiebung des Grundriss-Konturs auf die Kontur-Punkte, Beispiel

Durch dieses Vorgehen werden die Grundrisse korrekt zueinander positioniert. Gleichzeitig wird die Übereinstimmung zwischen Grundrissen und Schnitten hergestellt, was in den folgenden Schritten einen zuverlässigen Abgleich zwischen beiden Datenquellen ermöglicht.

Sollte es sich im Schnitt zeigen, dass ein Geschoss keine Bauteile hat, werden die Bauteile in diesem Geschoss gelöscht.

Falls nur ein Schnitt vorhanden sind, werden die Grundrisse nur in eine Richtung angepasst (abhängig von Richtung der Schnitt entlang entweder X- oder Y-Achse).

Falls keine Schnitte vorhanden sind, werden die Grundrisse nicht angepasst.

3 Erstellen der Bauteile

3.1 Wände

- Die Erstellung der Wände basiert auf den im Grundriss erkannten Wandkonturen. Diese Konturen stellen jeweils den Fussabdruck der Wand dar. Die Wandhöhe entspricht der Geschosshöhe; die Unter- und Oberkanten (UK und OK) der Geschosse werden aus den Schnitten abgeleitet.
- Durch das zuvor beschriebene Vorgehen zur Abstimmung von Grundrissen und Schnitten lassen sich diese Informationen eindeutig miteinander verknüpfen. Die Wandkonturen werden anschliessend zwischen UK und OK extrudiert, sodass daraus die vollständigen Wände entstehen (siehe Abbildung 8).

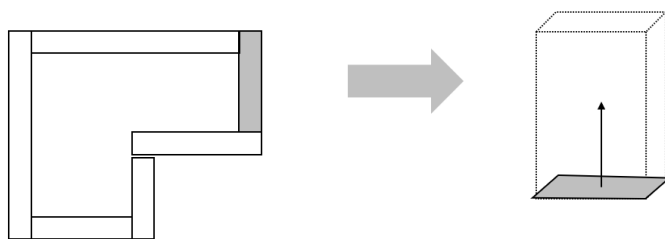


Abbildung 8. Extrusion der Wände

3.2 Decken und Dächer

- In den vorhandenen Daten liegen nur Wandkonturen vor, jedoch keine Informationen zu Decken oder Dächern. Daher werden diese aus den Wandkonturen abgeleitet.
- Im ersten Schritt wird für jedes Geschoss die äussere Kontur ermittelt. Diese Kontur entspricht der Deckenfläche, auf der die Wände des jeweiligen Geschosses stehen. Anschliessend werden die Geschosskonturen miteinander verglichen, um Dachflächen zu identifizieren. Wenn beispielsweise die Decke des Erdgeschosses das Untergeschoss nicht vollständig überdeckt, wird an den nicht überdeckten Bereichen eine Dachfläche erzeugt (siehe Abbildung 9 und Abbildung 10).

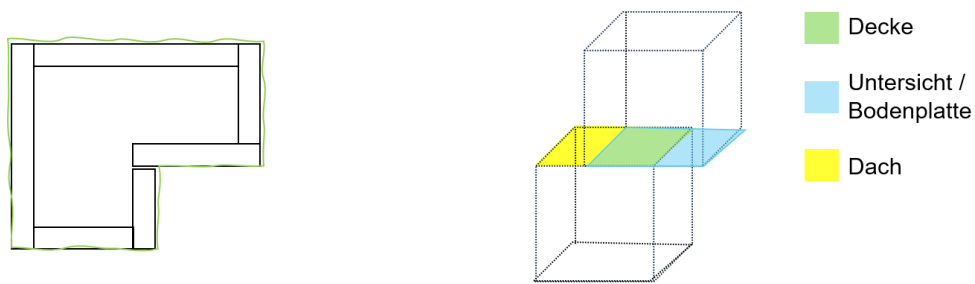


Abbildung 9. Detektion der Decken, Dächer und Untersichten

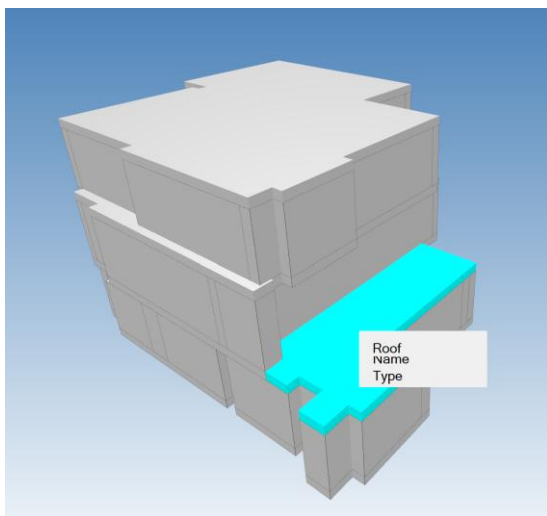


Abbildung 10. Ein generierte Model, wo ein Dachelement ausgewählt ist. Anzeige in BimCollab Zoom

4 IFC-Struktur

Das erzeugte Modell wird als «IFC 4»-Datei generiert und exportiert. Die Industry Foundation Classes (IFC) sind ein CAD-Datenaustauschschema zur Beschreibung von Daten aus Architektur, Bauwesen und Gebäudetechnik. Es handelt sich um ein plattformneutrales, offenes Datenmodell, das weit verbreitet ist.

Eine IFC-Datei benötigt eine definierte Struktur, bestehend aus Projekt, Grundstück (Site), Gebäude, Geschossen sowie den zugehörigen Bauteilen. Da aktuell keine Informationen zu Projekt, Grundstück und Gebäude vorliegen, werden dafür generische Objekte erzeugt. Die Gebäude-geschosse basieren auf den in Grundrissen und Schnitten vorhandenen Geschossinformationen.

Alle Bauteile werden den entsprechenden Geschossen zugeordnet und gemäss IFC-Schema korrekt strukturiert (siehe Abbildung 11 und Abbildung 12).

Die erzeugte Datei kann in gängigen Viewern angezeigt und geprüft sowie in den meisten Architekturprogrammen problemlos importiert werden.

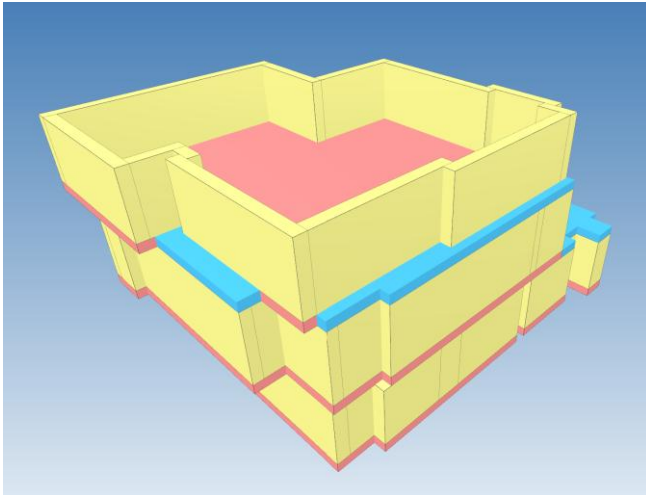


Abbildung 11. Anzeige des generierten Modells in BimCollab Zoom. Elemente sind nach Typ eingefärbt (Wände gelb, Dächer blau, Platten rot)

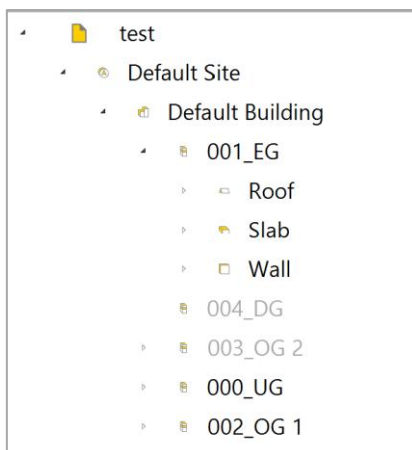


Abbildung 12. Die Struktur des generierten Modells in BimCollab Zoom angezeigt

5 Limitationen und künftige Arbeit

Um die Qualität und Automatisierung der Modellgenerierung weiter zu verbessern, ergeben sich mehrere mögliche Erweiterungen.

Erstens weist das bestehende Skript folgende Limitationen auf:

- Die Reihenfolge der Geschosse wird im Viewer nicht korrekt angezeigt. Mehr Info zu dem Problem ist in [Forum-Eintrag](#) zu finden.
- Siehe die Liste der Annahmen im Kapitel 2. Sie sind auch als Limitationen zu verstehen.

Sobald mehr Bauteile durch ML-Modell bereitgestellt werden, können folgende Verbesserungen gemacht werden:

- Erweiterung der Datenaufbereitung zur automatischen Erkennung von Schrägdächern und komplexeren Geometrien (z.B. Wände, die nicht rechteckig sind).
- Integration weiterer extrahierbarer Elemente, wie z.B. Türen, Fenster, Treppen, etc.

- Direkte Übernahme von Decken und Dächern aus den ML-extrahierten Daten, statt sie aus den Wandkonturen abzuleiten.

Ausserdem wäre die Entwicklung eines Moduls zur Qualitätsprüfung und zum automatischen Erkennen von Inkonsistenzen zwischen Grundriss und Schnitt sinnvoll.

6 Schlussfolgerung

Die Arbeit zeigt ein Verfahren zur automatisierten Abstimmung von Grundrissen und Schnitten zur Erstellung von 3D-IFC-Modellen. Soweit bekannt, existieren derzeit keine marktgängigen Tools, die eine Abstimmung zwischen unterschiedlichen Plänen leisten. Die Methode nur möglich, wenn neben den geometrischen Daten auch die in den Plänen enthaltenen Textinformationen verwendet werden.

Als Proof of Concept zeigt sie, dass die Einbindung dieser Informationen die Erstellung eines konsistenten 3D-Modells ermöglicht. Zwar basiert die Arbeit auf einer kleinen Datenmenge mit begrenzter Qualität und weist mehrere Einschränkungen auf, sie legt jedoch eine solide Grundlage für zukünftige, präzisere Ansätze zur automatisierten Erstellung von IFC-Modellen aus Plänen.