

## **Schlussbericht**

### **zur Bekanntmachung**

**mFUND – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur**

**Projekt/Verbundname:** Automatische Extraktion von simulationsrelevanten Daten für Personenstromanalysen aus intelligenten Gebäudemodellen.

**Akronym: AHEAD**

### **Schlüsselbegriffe zum Verbund (max. 10):**

Personenstromanalyse, Building Information Modeling, IFC-Modell, Prozessintegration, Bauprozessoptimierung, Automatisierung, Prototyping, prozessorientiertes Informationsmanagement

### **Verbundkoordinator:**

Dr. Angelika Kneidl  
accu:rate GmbH  
Rosental 5, 80331 München  
Telefon 089-21553869  
Email ak@accu-rate.de

## Inhaltsverzeichnis

1. Kurze Darstellung.....	2
1.1. Motivation und Ziel .....	2
1.2. Voraussetzungen.....	3
1.3. Planung und Ablauf .....	3
1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand vor der Projektbearbeitung.....	4
1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	5
2. Eingehende Darstellung .....	6
2.1. Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse .....	6
2.1.1. Verwendung der Zuwendung.....	6
2.1.2. Erzielte Ergebnisse.....	6
2.2. Wichtigste Positionen im zahlenmäßigen Nachweis.....	12
2.3. Notwendigkeit und Angemessenheit .....	12
2.4. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit .....	13
2.5. Fortschritt auf dem Gebiet bei anderen Stellen .....	14
2.6. Veröffentlichungen.....	14

## 1. Kurze Darstellung

### 1.1. Motivation und Ziel

Spätestens seit dem Stufenplan Digitales Planen und Bauen 4.0 hat ein Digitalisierungsschub im Bauwesen Einzug gehalten. Der vom Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur ausgerufene Stufenplan beschreibt, wie insbesondere für Infrastrukturgebäude digitale Planungswerkzeuge eingesetzt werden sollen, allen voran Building Information Modeling (BIM). Mit BIM wird von Beginn an ein digitaler Zwilling des zu planenden Gebäudes erstellt, der alle Informationen zum Gebäude enthält und fortlaufend gepflegt wird. Damit stehen in jeder Phase des Gebäudelebenszyklus alle Gebäudeinformationen zur Verfügung. Bis 2020 läuft die Testphase, danach soll BIM verpflichtend bei jedem Infrastrukturprojekt verwendet werden.

Dies ist ein wichtiger Schritt in Richtung moderner Bauwerksplanung und eröffnet auch anderen Gewerken und Technologien die Möglichkeit, daran anzuschließen -wie beispielsweise der Personenstromsimulation. Die Nachfrage nach solchen digitalen Planungstools steigt immer mehr, allerdings sind die Schnittstellen für die Integration von anderen Technologien in BIM noch nicht standardisiert. Dadurch ist der Einsatz in der Praxis bisher mit höherem Aufwand verbunden.

Simulationen aller Art und insbesondere die der Personenstromsimulation können schon im Vorfeld in der Planungsphase Fehler aufdecken und Folgekosten erheblich verringern durch die frühe Überprüfung von verschiedenen Planständen und Designvarianten. Doch der zeitliche Faktor stellt ein Problem dar, wenn man nicht wie bei BIM an einem gemeinsamen Bauwerksmodell arbeitet: sobald ein Planstand mit einer Simulation überprüft wurde, ist er meist schon veraltet, weil die Fachplaner oder Architekten währenddessen Änderungen an den Plänen vorgenommen haben. Die verschiedenen Planstände bei Großprojekten immer aktuell zu halten ist mit traditionellen Planungswerkzeugen nur mit großem Aufwand möglich. Und obwohl die Anwendung digitaler Planungstools genau hier Effizienzsteigerungen und Kostenreduktion versprechen, sind die Einstiegshürden infolge der bestehenden Inkompatibilitäten der Werkzeuge meist zu hoch.

Building Information Modeling kann hier gegensteuern, aber eben nur, wenn Schnittstellen zur Verfügung stehen, um direkt am Modell zu arbeiten. Die Erstellung solcher Datenschnittstellen sollte auf IFC-Basis erfolgen, da IFC (Industry Foundation Classes) das offene, international standardisierte Datenformat von BIM und somit herstellerneutral ist. AHEAD hat sich zum Ziel gemacht, die folgenden Punkte zu untersuchen:

1. Eignen sich IFC-Modelle als Grundlage zur wiederholbaren Extraktion von Gebäudemodellen für Personenstromsimulationen?
2. Kann eine Schnittstelle zwischen dem IFC Schema und Personenstromsimulationen entwickelt werden und kann diese mit einer MVD (Model View Definition) formal umgesetzt werden?
3. Wie können 3D Elemente in die gängige Struktur von Simulationsmodellen überführt werden, die üblicherweise mit 2,5D arbeiten (2D Pläne und vertikale Verbindungselemente)?

Wenn sich diese Punkte als umsetzbar erweisen, ist eine tiefe Integration von Personenstromsimulation in den BIM-geleiteten Bauprozess möglich. Damit kann die angestrebte standardisierte und einfache Kontrollfunktion über Simulationen in der Planungsphase tatsächlich

umgesetzt werden. Dies würde die bisher hohen Fehlerkosten von 10-12 % bei Großprojekten deutlich verringern.

## 1.2. Voraussetzungen

Bisher wurde noch nicht erforscht, ob eine automatische Extraktion von simulationsrelevanten Informationen aus digitalen Gebäudemodellen möglich ist. Allerdings sind die beiden Verbundpartner jeweils Vorreiter auf ihrem Gebiet:

- Der Lehrstuhl für computergestützte Modellierung und Simulation (CMS) der Technischen Universität München geleitet von Prof. Borrmann gehört zu den wenigen Experteneinrichtungen auf dem Gebiet der digitalen Gebäudemodellierung. TUM CMS hat zahlreiche Forschungsprojekte zur Entwicklung spezialisierter Methoden für das Management von Austauschforderungen durchgeführt, um Simulationen durchzuführen und die Informationsentwicklung/-verfeinerung zu steuern und Designentscheidungen während der Designphase zu unterstützen.
- Die accu:rate GmbH ist eine Ausgründung aus oben genanntem Lehrstuhl und bietet seit 2014 die Simulation von Personenströmen als Dienstleistung sowie als Software-Produkt an. Durch intensive Forschungstätigkeit und engen Kontakt zu verschiedenen Hochschulen arbeitet accu:rate stetig daran die Technologie der Personenstromsimulation anwendungsorientiert weiterzuentwickeln.

Da beide Verbundpartner innovative Experten auf ihrem Gebiet sind, haben wir uns für das Forschungsprojekt zusammengeschlossen.

## 1.3. Planung und Ablauf

Das Vorhaben AHEAD folgte den in der Antragsskizze dargestellten fünf Arbeitspaketen und dem entsprechenden Zeitplan. Dieser war auf 16 Personenmonate in 12 Projektmonaten aufgeteilt.

Mit dem Zuwendungsbescheid am 01.05.2018 hat das Forschungsprojekt begonnen. Bei accu:rate hat M.Sc. Thomas Bareth vor allem in 2018 die Projektleitung übernommen. Als Bauingenieur fürs Projektgeschäft zuständig, hat er Erfahrung mit Building Information Modeling und hat das Projekt aus der potentiellen Kundenperspektive aufgesetzt. Die Umsetzung insbesondere auf Seiten der Software Entwicklung hat Johannes Röder übernommen. Als Diplom-Informatiker ist er für die Software Entwicklung bei accu:rate zuständig und hat dadurch die nötige Expertise, die Schnittstelle zwischen dem IFC Schema und dem Simulator zu erstellen. Da beide Mitarbeiter erst im März bzw. April 2018 ins Unternehmen gekommen sind, wurden sie von den Geschäftsführern Dr. Angelika Kneidl und Florian Sesser während des Projekts unterstützt. In 2019 hat zusätzlich Dipl.-Soz. Sophia Simon an AHEAD mitgearbeitet. Sie ist für die Geschäftsentwicklung zuständig und war daher insbesondere in der Disseminierung tätig, bei der unsere Forschungsergebnisse vor verschiedenen potentiellen Anwendern vorgestellt wurde.

Der zeitliche Ablauf, wie er im Antrag beschrieben wurde, wurde weitestgehend eingehalten.

An der TUM arbeitete M.Sc. Jimmy Abualdenien, Doktorand am CMS-Lehrstuhl, unter der Leitung von Prof. Borrmann an der Analyse und Abbildung der geometrischen und semantischen Anforderungen für die Durchführung von Fußgängersimulationen auf die verfügbaren

Klassen und Property Sets im IFC. Nach Abschluss einer umfassenden Studie über die verfügbaren Werkzeuge zur Erstellung einer MVD zur Überprüfung der definierten Anforderungen wurde eine MVDxml-Datei entwickelt.

#### 1.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand vor der Projektbearbeitung

Personenstromsimulationen haben sich seit den 1990er Jahren immer weiterentwickelt und sind in den Bereichen Veranstaltungssicherheit und Brandschutz bereits weitgehend etabliert. Dr. Angelika Kneidl hat sich während ihrer Dissertation ausgiebig mit dem Vergleich verschiedener Simulationsmodelle auseinandergesetzt und das nun in `accu:rates` Software `crowd:it` verwendete `Optimal Steps Model` weiterentwickelt [1]. Demnächst werden sie mit der DIN 18009 Teil 2 zu Räumungssimulationen zur anerkannten Regel der Technik erhoben und somit zu einem festen Bestandteil bei sicherheitsrelevanten Prüfungen. Hierfür wurde bereits viel geforscht und in letzter Zeit auch untersucht, wie Simulationen in Kombination mit anderen neuen Technologien Mehrwert schaffen, z.B. in der Analyse von Echtzeitdaten zur Erstellung von Kurzzeitprognosen (z.B. Forschungsprojekt S<sup>2</sup>UCRE).

Und auch im Bereich von Building Information Modeling gibt es eine Vielzahl von Forschungsinitiativen. Der Lehrstuhl für Computergestützte Modellierung und Simulation (CMS) an der TU München verfügt über umfangreiche Expertise und Erfahrungen im Bereich Building Information Modeling (BIM). Der Lehrstuhl ist Teil des kürzlich gegründeten Nationalen BIM-Kompetenzzentrums und war an zahlreichen BMVI-Projekten beteiligt, darunter „Umsetzung des BIM-Stufenplans“, „Wissenschaftliche Begleitung der BIM-Pilotvorhaben“, „Deutsche Begleitung der Standardisierung zu IFC-Road/IFC-Rail“. Darüber hinaus führt der Lehrstuhl eine große Zahl weiterer nationaler und internationaler Projekte im Bereich BIM durch (gefördert von EU, DFG, BMVI). Prof. Borrmann ist Mitherausgeber des ersten großen Fachbuchs zu BIM, das 2015 im Springer-Verlag erschienen ist [2], und in einer überarbeiteten Auflage im Jahr 2018 [3] veröffentlicht wurde.

Insbesondere während des Projekts EarlyBIM hat die TUM Methoden zur Integration von Energiesimulationen in der frühen Planungsphase entwickelt, indem sie die Unsicherheit der Gebäudeinformation formell berücksichtigt hat [4]. Dementsprechend war es möglich, bauliche Gestaltungsvarianten zu bewerten und eine fundierte Entscheidungsfindung zu unterstützen.

Das Projekt MultiKOSi, in dem die TUM maßgeblich beteiligt war, hat sich unter anderem damit beschäftigt, Planungshilfen für Großveranstaltungen zu erforschen. Zu besonderem Interesse für AHEAD gehören die im Rahmen des MultiKOSi Projekts von der TUM prototypisch adressierten Ansätze für den Einsatz von Gebäude- und Geoinformationsmodellen in Personenstromsimulationen. Diese Methoden wurden im Projekt für die Planung von Großveranstaltungen mit Erfolg getestet [5]. Auch von Marktseite wird das Thema immer stärker angefragt. In den letzten Jahren stieg zunehmend die Nachfrage nach sogenannten Komfort- und Funktionalitätsstudien von Gebäuden, da die Planer gerade bei komplexen Gebäuden wie denen im Infrastrukturbereich vorab testen möchten, ob das Gebäude später funktionieren wird. Denn mit einer solchen Analyse wird der sinnhafte Einsatz von Investitionskosten geprüft, insbesondere wenn es um öffentliche Gelder geht.

Zur Verknüpfung von Building Information Modeling mit Simulationen ist die Forschung aber noch ganz am Anfang:

Erste Forschungsergebnisse über den Einsatz von IFC für Personenstromsimulationen wurden bereits veröffentlicht [6]. Die bisherigen Arbeiten zeigen deutlich das Potential für den Einsatz von BIM-Modellen für Personenstromsimulationen in der frühen Entwurfsphase von Infrastrukturbauten. Verschiedene Forschungsprojekte zeigen ein erhöhtes Interesse an der Integration von BIM und Personenstromsimulationen [7, 8].

#### Literatur:

- [1] Kneidl, Angelika: Methoden zur Abbildung menschlichen Navigationsverhaltens bei der Modellierung von Fußgängerströmen, Technische Universität München, 2013
- [2] Borrmann, André; König, Markus; Koch, Christian; Beetz, Jakob (Eds): Building Information Modeling, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015
- [3] Borrmann, André; König, Markus; Koch, Christian; Beetz, Jakob (Eds): Building Information Modeling – Technology Foundations and Industry Practice, Springer International, 2018
- [4] Abualdenien, Jimmy; Borrmann, André: A meta-model approach for formal specification and consistent management of multi-LOD building models, Advanced Engineering Informatics 40, 2019
- [5] Ehrecke, Leo: Examination of the Professional Support for a Major Public Event, Bachelorarbeit, Technische Universität München, 2016
- [6] Mayer, Hermann; Klein, Wolfram; Frey, Christian; Daum, Simon; Kielar, Peter M.; Borrmann, André: Pedestrian Simulation based on BIM Data, In: Proc. of the ASHRAE/IBPSA-USA Building Simulation Conference, Atlanta, GA, 2014
- [7] Chen, Albert Y., James C. Chu; TDVRP and BIM Integrated Approach for In-Building Emergency Rescue Routing, Journal of Computing in Civil Engineering 30.5, 2016
- [8] Kielar, Peter M.; Kognitive Modellierung und Computergestützte Simulation der Räumlich-Sequenziellen Zielauswahl von Fußgängern, Technische Universität München, 2017

#### 1.5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Um von Beginn an einem realen Beispielprojekt zu forschen, hat uns die DB Netz AG, Regionalbereich Süd das BIM-Modell des geplanten Hauptbahnhofs in München zur Verfügung gestellt. Während des Forschungsprojekts wurde dieses Modell als Testobjekt herangezogen. Es hat sich aber schnell gezeigt, dass das Gebäude mit den elf Stockwerken und Zwischenebenen zu komplex ist, um es für eine Prüfung des Prototypen zu verwenden. Deshalb haben wir ein Demo-Projekt von AutoCAD Revit verwendet, welches mit drei Ebenen einfacher gestaltet war, aber trotzdem hinreichend komplex um alle Funktionalitäten zu testen. Die DB Netz AG sowie die am Hauptbahnhof beteiligten Fachplaner SSF Ingenieure waren zudem einer der wichtigsten Input-Geber in der Disseminierungsphase von AHEAD und sind deshalb daran interessiert, an einer Fortführung des Projekts als Projektpartner mitzuwirken.

## **2. Eingehende Darstellung**

### 2.1. Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse

#### 2.1.1. Verwendung der Zuwendung

Die finanziellen Mittel wurden wie beantragt hauptsächlich für den Einsatz von Mitarbeitern verwendet. Ein kleiner Teil wurde für Reisen auf Fachveranstaltungen verwendet.

#### 2.1.2. Erzielte Ergebnisse

Das Forschungsprojekt konnte erfolgreich einen ersten Prototyp zur automatischen Extraktion simulationsrelevanter Daten aus digitalen Gebäudemodellen erarbeiten. Im Folgenden werden die Ergebnisse nach Arbeitspaket gegliedert beschrieben:

### **Anforderungsanalyse (AP1)**

Ziel von AP1 war es verschiedene Tools zur Darstellung von digitalen Bauwerksmodellen zu recherchieren und analysieren und die Anforderungen an diese Tools aus Simulationssicht zu definieren.

Die Anforderungen der Simulationssoftware an das digitale Bauwerksmodell wurden gesammelt und dokumentiert. In diesem Dokument wurden die folgenden Informationen zusammengetragen:

- Auflistung der für die Simulation relevanten Objekttypen
- Die jeweils für das Simulationsmodell benötigten Parameter der Objekte
- Weitere Erklärungen, Einschränkungen und Anmerkungen zu den jeweiligen Parametern

Weiterhin wurden Tools zur Visualisierung, Verarbeitung und Validierung von digitalen Bauwerksmodellen gesammelt und auf ihre Eignung für das Projekt untersucht.

### **Spezifikationen und Dokumentationen (AP2)**

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde im ersten Schritt von accu:rate eine Liste von Anforderungen des Simulationsmodells an IFC-Objekte erstellt. Bei diesen Anforderungen geht es um die für die Simulation relevanten Objekte, z.B. Wände, Treppen oder Räume. Für diese Objekte wurden die simulationsrelevanten Eigenschaften (sog. Properties) gesammelt und daraus ein Anforderungskatalog an das IFC-Modell erstellt. Simulationsrelevante Eigenschaften sind dabei z.B. die Geometrie einer Wand oder die Anzahl der Stufen einer Treppe.

Die Anforderungen an IFC-Objekte wurden in einem für die Marktverfestung ausreichenden Umfang fertiggestellt.

Ein Leitfaden zur Integration der gesammelten Simulationsanforderungen in die BIM-Autho-ring-Tools wurde erstellt. Die Simulationseigenschaften müssen definiert und richtig formuliert werden, um erfolgreich nach IFC exportiert zu werden.

Eine Überprüfung der verfügbaren Werkzeuge für die Entwicklung einer MVD wurde durchgeführt und die gesammelten Simulationsanforderungen durch die Entwicklung einer MVDxml formal erfasst, um auf diese Weise die Richtigkeit und Vollständigkeit der IFC-Daten automatisch überprüfen zu können.

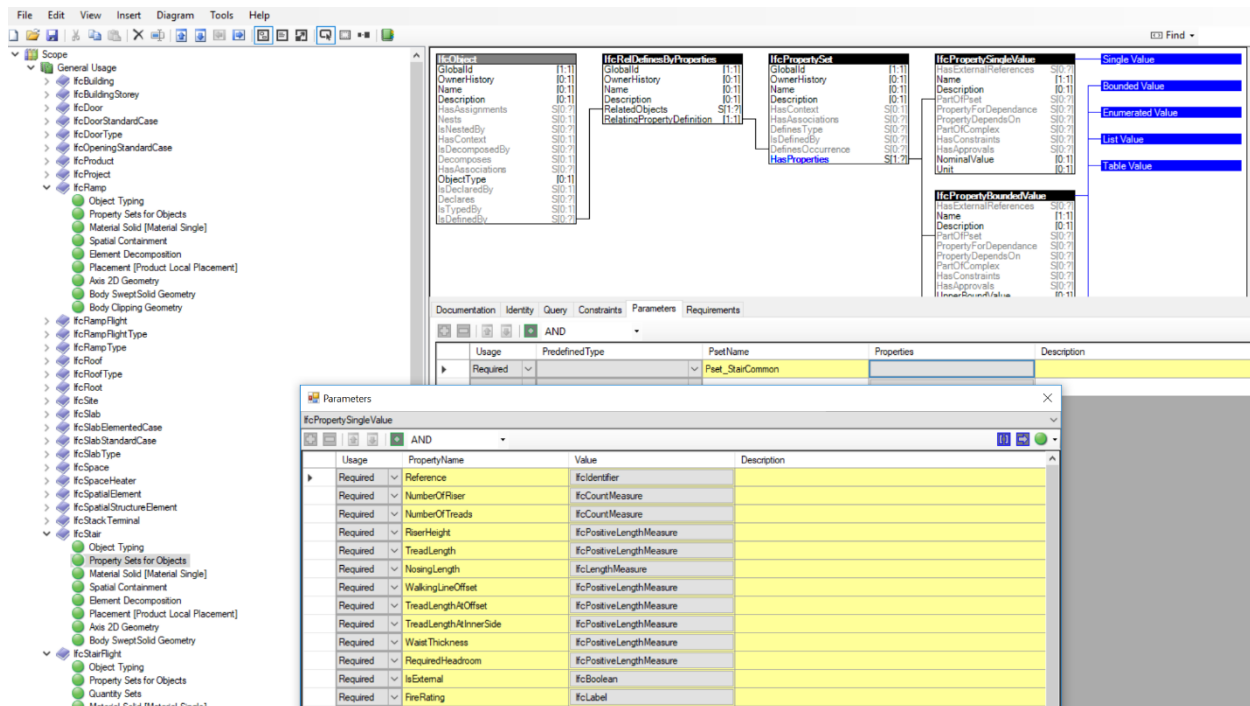


Abbildung 1: buildingSMART ifcDoc<sup>1</sup>, das offizielle Werkzeug zur Generierung von MVDs.

## Software (AP3)

Ein wichtiger Teil des Forschungsprojekts ist die Implementierung eines Softwaremoduls, das ein digitales Bauwerksmodell im IFC-Format einlesen und aus diesem ein Simulationsprojekt für die Personenstromsimulation in crowd:it erstellen kann. Wie in den nächsten Abschnitten detaillierter ausgeführt, wurde die Zielarchitektur ausgearbeitet, die benötigten Technologien getestet und ausgewählt sowie ein Demonstrator implementiert, der die simulationsrelevanten Teile eines IFC-Modells ausliest und in ein crowd:it-Projekt konvertiert. Bis auf das Räumungskonzept (die Vorgabe, entlang welchen Wegs Personen aus dem Gebäude laufen sollen) ist das so erstellte Modell simulationsfertig unter der Voraussetzung, dass die Vorgaben der MVD im IFC Modell erfüllt sind. Das Räumungskonzept kann einfach in der crowd:it-Software eingegeben werden.

Der Konverter und das Zusammenspiel mit crowd:it wurde anhand mehrerer BIM-Modelle getestet.

### Architektur und Technologien:

Der IFC-Konverter ist als eigenständiges Stück Software konzipiert, um größtmögliche Flexibilität im späteren Einsatz zu ermöglichen. Im Gegensatz zur festen Integration z.B. in das

<sup>1</sup> <http://www.buildingsmart-tech.org/specifications/specification-tools/ifcdoc-tool>



bestehende crowd:it-UI ließe sich der Konverter so z.B. später als Cloud-Produkt einsetzen oder als Plug-In in bestehende BIM-Server-Lösungen integrieren.

Die Kommunikation zwischen dem Konverter und anderen Programmteilen erfolgt hierbei dateibasiert.

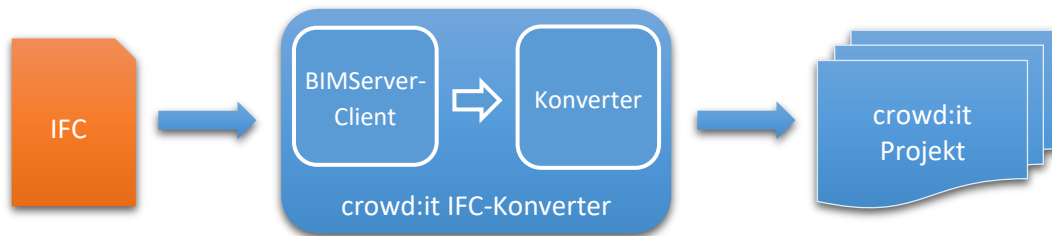


Abbildung 2: Workflow von AHEAD I

Verwendete Bibliotheken:

- BIMServer-Client zum Einlesen der IFC-Datei
- IfcOpenShell zur Erstellung der Geometriedaten (via BIMServer, verwendet OpenCASCADE)

### *Funktionalität des Konverters*

Die für das Projekt benötigten Grundfunktionen sind implementiert.

- Einlesen einer IFC -Datei im Format 2x3
- Extrahieren von Geometrie aus dem IFC-Modell
- Erstellen der crowd:it Projektstruktur
- Ausgabe der extrahierten Geometrie in dieses Projekt
- Automatisches Erzeugen von Simulationsobjekten wie Treppen, Quellen und Zielen anhand von IFC-Properties

Unterstützt wird die Spezifikation IFC2x3 im STEP-Format, eine Erweiterung auf IFC4 oder andere IFC-Formate ist jedoch einfach möglich.

Aus der IFC-Datei werden die Stockwerke mit den darin enthaltenen Räumen sowie der für die Simulation relevanten Hindernisse wie Wänden oder Möbel extrahiert.

### *Anpassungen in crowd:it*

Der Simulationskern musste an mehreren Stellen angepasst werden, um eine weitergehende Unterstützung von zusätzlichen IFC-Objekten zu ermöglichen. Teil davon war es, das Datenformat um eine Z-Koordinate zur Unterstützung einer dritten Raumdimension zu erweitern. Weiterhin ging es darum, die Architektur vor allem von vertikalen Simulationsobjekten (Treppen, Fahrtreppen, Aufzüge) anzupassen und zu erweitern. Dabei wurden verschiedene Aspekte dieser Objekte analysiert und folgende Schritte unternommen: die Trennung der Simulationsobjekte von der Wegefindung bzw. Auswahl der Zwischenziele, eine ausdefinierte

Schnittstelle zur Interaktion der Simulationsobjekte miteinander und eine vereinfachte Interaktion der Agenten mit den Simulationsobjekten.

### *Visualisierung der Ergebnisdaten in 3D*

Um die Ergebnisse aus den Simulationen im IFC Modell zu visualisieren, wurde mithilfe der Game Engine Unity3D eine Visualisierung gebaut. Mithilfe dieser Visualisierung lassen sich die Ergebnisse neben der in crowd:it bewährten 2D Darstellung zusätzlich auch in 3D darstellen.

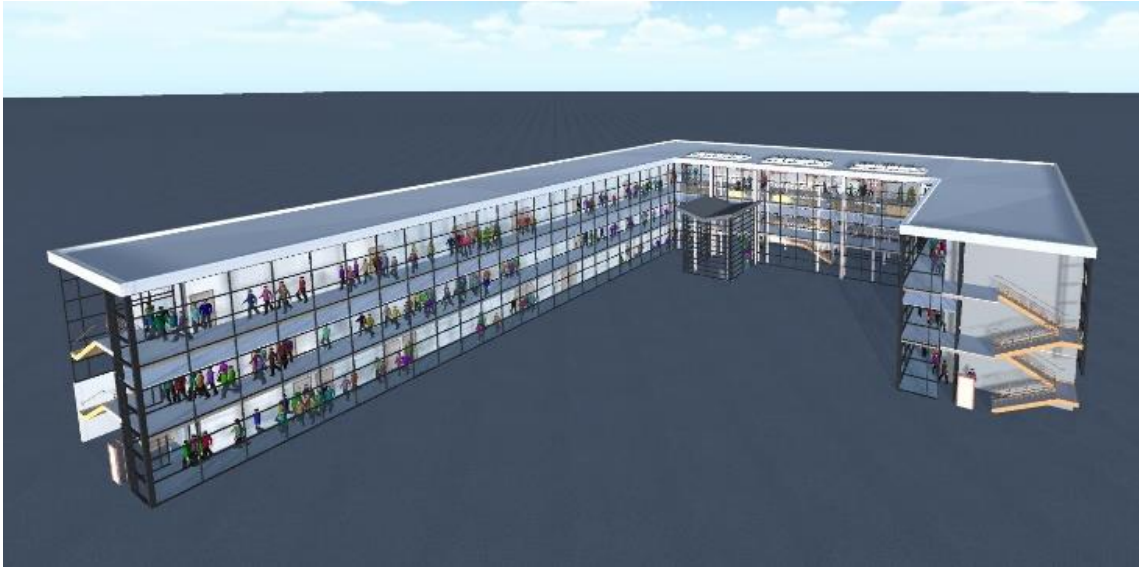


Abbildung 3: 3D Visualisierung der Simulation

### **Tests des IFC-Konverters (AP4)**

Der Konverter wurde während der Entwicklung kontinuierlich an verschiedenen IFC-Modellen getestet:

- KIT Beispielmodell „Office Building“ (<http://www.ifcwiki.org/images/9/98/AC20-Institute-Var-2.ifc>)
- Eigenes IFC-Modell, zur Verfügung gestellt von der TUM
- Verschiedene Planstände des HBF München
- Autodesk Demo-Projekt „Advanced Sample Project“ (<http://www.autodesk.com/revit-rac-advanced-sample-project-2018-enu>)

Dadurch konnte der jeweilige Stand der Software mit realistischen Modellen abgeglichen werden, wodurch etwaige Probleme frühzeitig erkannt und behoben werden konnten.



Abbildung 4: Auszug aus Simulation mit Trajektorien

Im Verlauf dieser Tests wurde klar, dass das Modell des HBF München für die Marktvertestung zu komplex war, und dass ein unverhältnismäßig großer Aufwand betrieben werden müsste, um die Modellierungsrichtlinien an diesem gewachsenen Projekt umzusetzen. Daher wurde beschlossen, die Marktvertestung mit dem offiziellen Autodesk-Revit Demoprojekt durchzuführen.

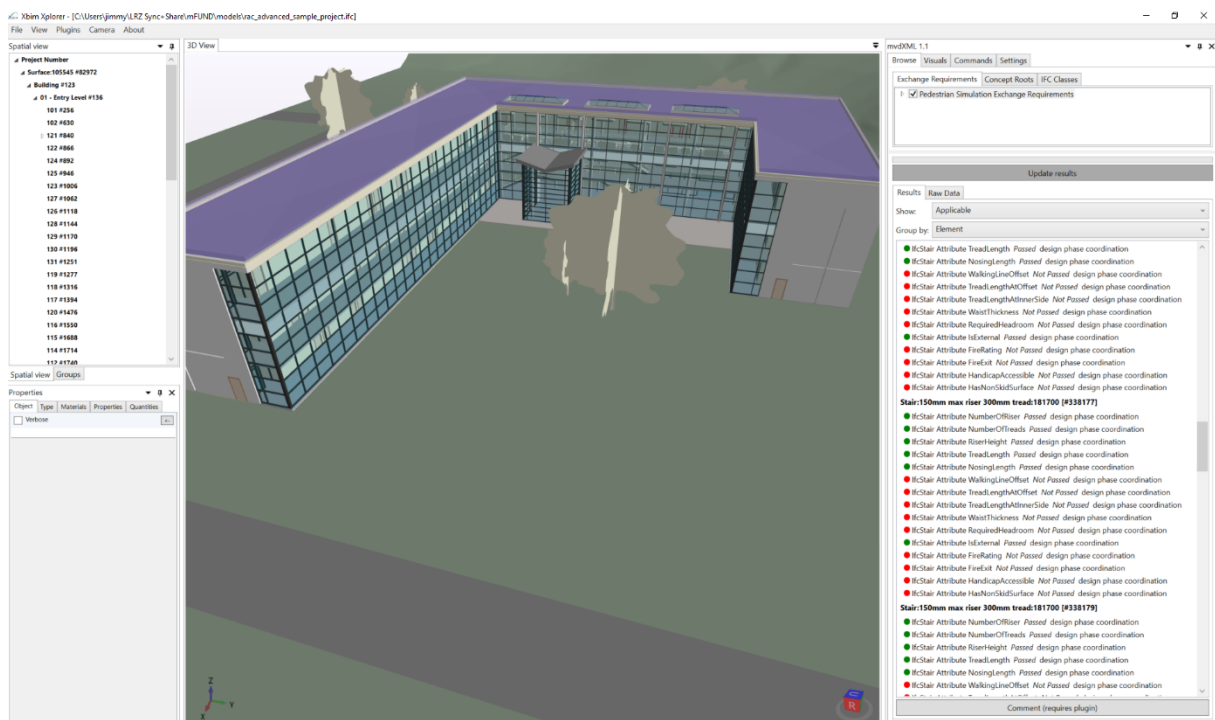


Abbildung 5: Screenshot der entwickelten MVD

## Marktvertestung (AP5)

Ziele: Feedback von potentiellen Anwendern am Markt einholen für weitere Schritte

In diesem Arbeitspaket haben wir den entwickelten Demonstrator potentiellen Kunden und Anwendern vorgestellt. Dabei haben wir uns auf drei Kernfragen konzentriert:

1. Wäre ein solches Produkt in Zukunft interessant für Sie? Würden Sie es verwenden?
2. Was fehlt Ihnen noch, damit Sie es verwenden?
3. Welche Informationen müssen ins BIM Modell zurückgespielt werden, damit sie auch in Zukunft zur Verfügung stehen? In welcher Form?

Von folgenden Parteien haben wir Feedback eingeholt:

- **DB Netz AG, Regionalbereich Süd – Perspektive von Bauherrenseite:**  
Hier haben wir unseren Demonstrator dem Projektleiter für den Neubau der Bahnhöfe für die 2. S-Bahn Stammstrecke in München sowie zwei BIM-Koordinatoren vorgestellt. Bei diesem Treffen haben wir Informationen dazu erhalten, ob der Demonstrator einen Mehrwert in deren Planungsprozess schafft und welche Voraussetzungen für den Einsatz geschaffen werden müssen.  
Bewertung DB: Mithilfe von AHEAD könnten Bauherren schon in frühen Phasen die spätere Performanz ihres Gebäudes prüfen und besser mit ihren Fachplanern kommunizieren.
- **Feuerwehr München – Perspektive der Behörde:**  
Dem BIM Experte der Feuerwehr München haben wir die Ergebnisse von AHEAD vorgestellt. Wir wollten eine Rückmeldung dazu erhalten, welche Voraussetzungen aus Sicht einer prüfenden Behörde geschaffen werden müssen. Hier haben wir vor allem diskutiert, welche Informationen für die Prüfung wieder ins BIM Modell zurückgespielt werden müssen und auf welche Art die Daten gehalten werden können.  
Bewertung Feuerwehr: Prüfbehörden haben einen besseren Zugang zu sicherheitsrelevanten Informationen für die Beurteilung von Gebäuden.
- **Projektsteuerer Drees und Sommer – Perspektive von BIM-Planern:**  
In diesem Termin haben wir mit dem Leiter Hochbau BIM gesprochen, um die Perspektive von BIM-Planern und Architekten einzuholen. Hier haben wir viel Input darüber erhalten, wie in der Praxis in BIM modelliert wird und welche Workflows und Tools hauptsächlich verwendet werden.  
Bewertung Drees und Sommer: Aus einer strategischen Sicht macht AHEAD die Anwendung von BIM attraktiver, da das Modell mit weiteren Informationen auch für den späteren Betrieb des Gebäudes angereichert wird.
- **SSF Ingenieure – Perspektive von Infrastruktur-Planern:**  
Hier war uns die konkrete Umsetzung auf Planerseite wichtig und die Beantwortung der Frage, ob unsere Modellierungsrichtlinie für die Bahnhofs-Planer umsetzbar ist und wie viel Mehraufwand es bedeutet.  
Bewertung SSF: AHEAD erleichtert auch die Zusammenarbeit von Seiten der Fachplaner, da sie durch die MVD klare Richtlinien erhalten.

Was sich gleichwohl in der Disseminierung gezeigt hat, ist der Fakt, dass unsere MVD zwar in einer ersten Version die Machbarkeit des Projekts belegt, aber noch sehr strikt ist für eine praxisnahe Anwendung. Deshalb ist es unser Ziel, die bisherigen Ergebnisse mit der zweiten Förderlinie praxistauglich zu machen. Auch alle Befragten der Disseminierung haben Interesse

an einer Weiterführung des Projekts AHEAD bekundet. Die DB Netz AG sowie SSF Ingenieure sind daher Projektpartner bei einem Antrag für die zweite Förderlinie.

## 2.2. Wichtigste Positionen im zahlenmäßigen Nachweis

Die wichtigsten Positionen im zahlenmäßigen Nachweis ergeben sich wie folgt:

	accu:rate	TUM
Personalausgaben	51.958,45 €	20.810,56 €
Reisekosten	2.912,22 €	193,80 €
Zwischensumme Ausgaben	54.866,81 €	21.004,36 €
Pauschalzuschlag	62.350,14 €	4.200,87 €
Gesamtkosten	117.216,96 €	25.205,23 €
Zuwendung Bund (Förderquote 70% / 100%)	82.051,87 €	25.205,23 €
Bewilligte Zuwendung	72.257,00 €	25.205,23 €

## 2.3. Notwendigkeit und Angemessenheit

Die Literaturrecherche in der Antragsphase sowie die Anforderungsanalyse in AP 1 haben gezeigt, dass es bisher keine standardisierte Vorgehensweise zu dem anvisierten Verfahren gibt und eine Modellierungsrichtlinie fehlt. Der Fakt, dass jedes BIM-Programm Unterschiede aufweist, hat uns noch einmal in dem Weg bestätigt, den Standard in IFC aufzusetzen, um allgemeingültige Standards zu erstellen.

Um unnötige Aufwände bei der Implementierung der Schnittstellen zu vermeiden, wurde eine Recherche über schon vorhandene Werkzeuge zur IFC-Verarbeitung durchgeführt. Dies ermöglichte es, den Fokus in der Implementierungsphase auf neue Funktionalität zu richten.

In AP 2 mussten die Anforderungen der Simulationsmodelle an das BIM Modell mit den in IFC vorhandenen Informationen und Strukturen verglichen werden. Dies ermöglichte es zu untersuchen, wie Modelle zur Personenstromsimulation aus IFC-Gebäudemodellen extrahiert werden können. Des Weiteren wurden zur Vorbereitung der Implementierung des Konverters weitere Datenpunkte identifiziert, die nicht im IFC-Standard vorhanden sind. Die Zuordnung von IFC-Parametern bzw. deren Fehlen wurde in einer weiteren Version der in AP 1 erstellten Datei erfasst.

AP 3 fasst die notwendigen Implementierungsarbeiten zusammen. Das Simulationsmodell in crowd:it ist inhärent zweidimensional, wodurch bestimmte Geometrien nur durch zusätzliche manuelle Modellierungsarbeit abbildbar sind. Um eine automatische Modellerstellung zu ermöglichen, musste das Simulationsmodell auf 2,5D erweitert werden. Die eigentliche Konvertierung des IFC-Modells in ein Simulationsmodell erfolgte mit dem in diesem Projekt implementierten Konverter.

Um sicherzustellen, dass der Konverter gängige IFC-Modelle verarbeiten kann, wurden die implementierten Funktionalitäten an realen Beispielmotellen getestet (AP4).

Bei Implementierung und Test werden agile Entwicklungsmethodiken eingesetzt, um effizientes Arbeiten zu gewährleisten. Kleine, auf abgeschlossenen Funktionalitäten basierende Arbeitspakete ermöglichen schnelle Entwicklungszyklen und frühes Erkennen von Fehlern, die dann einfach behoben werden können.

Bei der Disseminierung in AP 5 wurden Experten aus verschiedenen Anwendungsbereichen befragt. Dies war insbesondere notwendig, damit wir nicht am Markt vorbei forschen und das Interesse für die weitere Forschung auf diesem Gebiet abklopfen können.

Zusätzlich haben wir relevante Fachkonferenzen, Veranstaltungen zum Fachaustausch sowie von der WIK-Begleitforschung besucht, um unser Thema der Öffentlichkeit darzustellen und Rückmeldung aus Fachkreisen zum Projekt zu erhalten. Darunter war der mFUND Fachaustausch BIM und Gebäudenavigation ebenso wie der buildingSMART Kongress in Düsseldorf, bei dem die neuesten Entwicklungen zu Building Information Modeling vorgestellt werden.

#### 2.4. Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit

Die im Verwertungsplan des Vorhabenantrags beschriebenen Gründe und Ziele dieser Forschung haben sich insbesondere in der Disseminierungsphase bestätigt und sind folglich auch nach Beendigung des Vorhabens weiterhin gültig.

Insbesondere zwei Punkte haben sich bestätigt:

- Notwendigkeit, BIM-Modelle mit weiteren Daten zu anzureichern: dies erhöht die Attraktivität der Implementierung von BIM-Prozessen, welche für Planer oftmals Investitionskosten nach sich ziehen und für Bauherren Unsicherheit hervorrufen, weil sie noch keine Erfahrungen mit BIM gesammelt haben.
- Notwendigkeit von AHEAD für Infrastrukturgebäude: Infrastrukturgebäude müssen den Schwerpunkt von Beginn an auf die spätere Besucherlenkung und Optimierung der Passagierströme legen. Einerseits ist es wichtig, die Planung abzusichern, andererseits werden all diese Informationen und Daten im späteren Betrieb benötigt. Diese können in der Planungsphase nur über Personenstromsimulationen erhoben werden.

Für eine Weiterentwicklung des Demonstrators zur Marktreife ist in der Disseminierung klar geworden, dass ohne das Rückspielen der in der Simulation generierten Ergebnisse ein wichtiger Teil zur Effizienzsteigerung fehlt. Auch die bisher sehr strikte MVD muss praxistauglich ausgearbeitet werden. Dies zu entwickeln bedeutet aber einen höheren Aufwand, bei dem noch enger mit den späteren Anwendern zusammengearbeitet werden muss, weshalb wir uns hierfür mit DB Netz AG, Regionalbereich Süd und SSF Ingenieuren zusammengeschlossen haben, um einen Antrag im Rahmen der 2. Förderlinie zu stellen.

Diese Erkenntnis hat sich während der Disseminierung in einem weiteren Ergebnis manifestiert:

- Brandschutz mit AHEAD digitalisieren: Von Seiten der Bauherren wie auch der Prüfbehörden hat sich gezeigt, dass ein großer Bedarf besteht alle für die Brandschutzprüfung relevanten Informationen gesammelt im BIM-Modell zur Verfügung zu haben. Dies würde die Arbeitsabläufe stark erleichtern.

Parallel hierzu engagieren sich beide Verbundpartner in einem internationalen Komitee, welches Brandschutz in BIM international standardisieren möchte. Das Konsortium besteht aus führenden europäischen Einrichtungen von Simulationsexperten, Brandschützern, Software

Herstellern und Wissenschaft. Ziel ist es, eine IFC Erweiterung zu Brandschutz international über buildingSMART, dem weltweiten Verein zur Festlegung von BIM-Standards, zu formalisieren. Die Ergebnisse aus AHEAD können hier direkt einfließen. Die Ergebnisse aus dem Standardisierungsprozess könnten aber ebenso in einem Anschlussprojekt der zweiten Förderlinie direkt vertestet werden, bevor sie festgeschrieben werden.

Die wissenschaftlich-technische Verwertung auch über die Laufzeit des Projekts hinweg wird durch den freien Zugang zu der entwickelten Modellierungsrichtlinie (AP2) auf der mCloud von Seiten der TUM gewährleistet. Zudem wird auch das Demo-Projekt in der mCloud bereitgestellt.

## 2.5. Fortschritt auf dem Gebiet bei anderen Stellen

Bei den bisherigen Recherchen und Gesprächen mit anderen Softwareanbietern für Personenstromsimulationen hat sich gezeigt, dass zwar simulationsrelevante Informationen aus BIM Modellen herausgezogen werden können, dies wird bisher aber nicht in automatisierter und standardisierter Form vollzogen. Dadurch bleiben Simulationen nach wie vor eine einmalige Analyse. Ziel des Projektkonsortiums ist es deshalb, die Ingenieurmethode in den BIM-Planungsprozess zu integrieren, auf die Ergebnisse zugreifen zu können und kontinuierlich daran weiterzuarbeiten. Insofern wurde das Forschungsthema von anderen Stellen nicht bearbeitet.

## 2.6. Veröffentlichungen

Wie geplant wird die TUM die Ergebnisse von AHEAD auf dem 31. Forum Bauinformatik in Berlin vorstellen. Die Zusammenfassung im Kongresspaper ist bereits veröffentlicht:

*Abualdenien, Jimmy: Development of an MVD for checking fire-safety and pedestrian simulation requirements, Forum Bauinformatik, 2019*

accu:rate hat AHEAD bei den folgenden Veranstaltungen vorgestellt:

- mFUND Konferenz Forum Infrastruktur- und Gebäudemanagement, BIM
- mFUND Anwendertag BIM und Gebäudenavigation
- buildingSMART International Standards Summit 2019
- REIN Real Estate Innovation Network Expo Real Pitch

Zudem hat accu:rate ein Whitepaper geschrieben und auf einer Landing Page auf deren Webseite veröffentlicht (<https://www.accu-rate.de/de/bim/>). Mit einer gezielten Werbekampagne über Google Ads sollen die Ergebnisse von AHEAD direkt an relevante Interessensgruppen gestreut werden.

Eine Pressemitteilung ist in Arbeit. Der finale Projektsteckbrief wurde auf der mFUND Webseite veröffentlicht. Außerdem wurde ein Interview zu AHEAD von mFUND und WIK durchgeführt: 7 Fragen an AHEAD ([https://www.wik.org/fileadmin/mFUND\\_VF/mFUND\\_WIK\\_7\\_Fragen\\_an\\_AHEAD.pdf](https://www.wik.org/fileadmin/mFUND_VF/mFUND_WIK_7_Fragen_an_AHEAD.pdf)).

Genauere Informationen werden im Verwertungsplan zusammengefasst.