

MODEL-BASED URBAN PLANNING AS BASE OF URBAN PERFORMANCE SIMULATION

S. Ebertshäuser¹ und P. von Both¹

¹Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

ABSTRACT

As complexity in terms of pressure, e.g. to achieve time-framed global goals regarding climate change, diversity, e.g. of different themes or involved stakeholder, duration, e.g. of planning phases as well as corresponding planning horizons, is continuously on the rise, an integrated planning of urban (energy) systems has to be increasingly supported by IT-based planning and simulation tools. Up to now various existing simulation tools share a common problem as their capabilities rely on the data that is available for the local situation that shall be analyzed. Here, there often is a lack of comprehensive and up-to-date information on the build environment and energy-related infrastructure as needed for input to the energetic simulation. On side of assessment methods typology data can help to fill the information gaps in available local data. However, again due to missing common data the compilation of these typological information on base of literature data is often individually done by experts in a locally specific manner that can't be generalized.

In order to address this problem field an ongoing research project pursues solutions for energetic urban simulation that base to the most extend on established standards. For the side of simulation technology on the level of building there has been vast developments in standardized and therefore interchangeable performance simulation technology within the framework of Modelica. As effort to buildup component libraries for the building performance simulation on a common base has been accomplished to some extend and is currently further optimized (c.f. IBPSA Project 1), the next frontier for developed libraries is to be applied in the simulation on the urban scale. On side of planning parameters bidirectional exchanged with simulation by means of extended CityGML-models builds the target regarding standardization. In this contribution a tool chain to support urban energy planning following this approach is presented.

EINLEITUNG

In Bezug auf den Handlungsdruck, bspw. ausgehend von festgelegten globalen Klimaschutzziele, der Vielfalt, z.B. diversifizierender Themenfelder oder

beteiligter Stakeholder, der Dauer, bspw. von langwierigen Planungsphasen sowie entsprechender Planungshorizonte, nimmt die Komplexität (kommunaler) Planungsaufgaben stetig zu. Eine integrierte Planung von Stadt- (Energie-) Systemen erfordert daher zunehmend die Unterstützung durch IT-basierte Planungs- und Simulationstools. Eine gemeinsame Herausforderung teilen sich die verschiedenen, vorhandenen Stadtsimulationstools, da ihre Fähigkeiten auf den Daten beruhen, die für die zu analysierende lokale Situation verfügbar sind. Hier fehlen häufig umfassende und aktuelle Informationen zur Bestandsbebauung und zur energiebezogenen Infrastruktur, die für die Eingabe in die energetische Simulation erforderlich sind. Auf der Seite von den auf Quartierssimulationen aufbauenden Bewertungsmethoden besteht daher ein Bedarf an Typologiedaten, die dazu beitragen können, die Informationslücken in den für den lokalen Kontext verfügbaren Daten zu schließen.

Aufgrund fehlender gemeinsamer (normierter) Methoden und Vorgehensweisen wird die Zusammenstellung dieser typologischen Informationen auf der Grundlage von Literaturdaten jedoch häufig von Experten auf lokal spezifische Weise individuell durchgeführt, die oftmals nicht repliziert sowie nicht für andere Kontexte generalisiert werden kann.

In einem laufenden Forschungsprojekt, das sich mit diesem Problemfeld befasst, werden Lösungen für die energetische Stadtsimulation verfolgt, die weitestgehend auf etablierten Standards basieren (siehe Abbildung 1, die den Ansatz des Projekts darstellt). Damit soll auf einem normierten Rahmenwerk aufgebaut werden das insbesondere für die langandauernden kommunalen Planungsprozesse mit der Vielzahl an beteiligten Akteuren und Fülle an einzubeziehenden Themen und Aspekten einer transparenten, einheitlichen Datenbasis bedarf. Um dabei den besonderen Anforderungen der Datenhaltung im kommunalen Umfeld, wie beispielsweise einer Langzeitarchivierung, gerecht zu werden, stellt ein Schwerpunkt der Untersuchungen im Projekt die Rückführung der simulierten

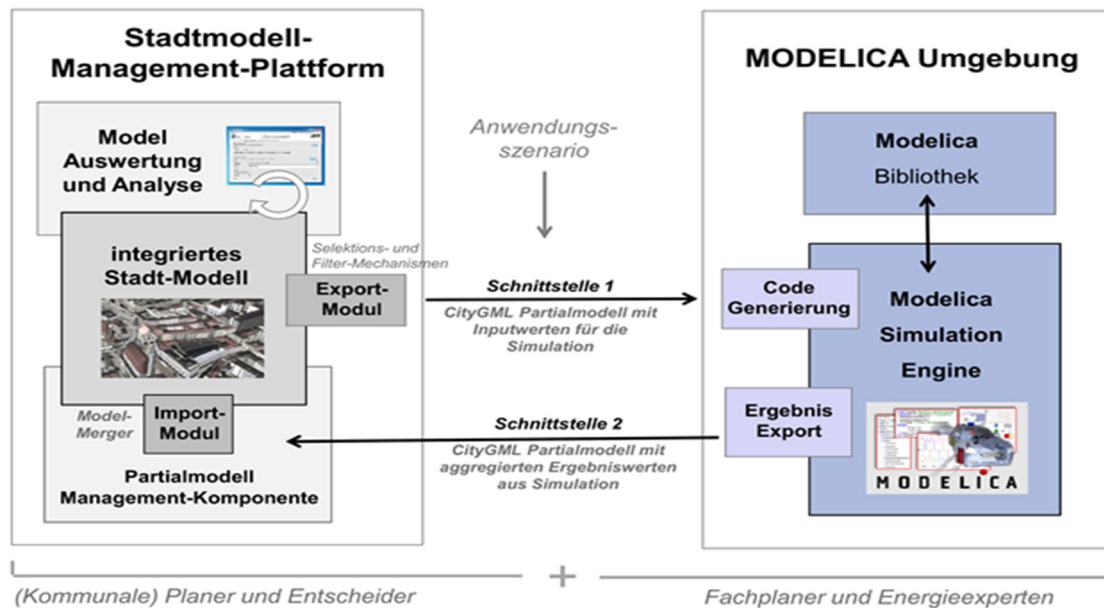


Abbildung 1: angestrebter Ziel-Prozess des Verbundvorhabens

Ergebnisse in die standardbasierten Stadtmodelle der Kommunalplanung dar. Ein erster wichtiger Schritt im Forschungsprojekt war es basierend auf einem thematischen Anwendungsszenario einen Datenaustauschprozess zwischen der Stadtplanung und der Fachplanung zu spezifizieren. Worin die Fachplanung durch die Eingabe von (lückenhafter) Ausgangsinformationen zur lokalen Situation aus dem Stadtmodell in befähigt wird mittels Simulationenwerkzeugen (auch unter Hinzunahme von Typologiedaten) die energetischen Informationen zu Quartier aufzubereiten und in das Stadtmodell zurückzuführen. Mit einem Anwendungsfall zum Erstellen von Varianten für Fernwärmeverordnungen konnte ein geeignetes Szenario vor dem Hintergrund der Bauleitplanung hierfür spezifiziert werden (vgl. Ebertshäuser 2018). Darauf aufbauend stellt das Entwickeln einer geeigneten formalen Abbildung der auszutauschenden Information den zentralen methodischen Angelpunkt im Forschungsprojekt dar. Hierzu konnte im folgenden Schritt für den in der Stadtplanung etablierten Modellstandard CityGML sowie unter Einbezug erster Ansätze zu dessen Einsatz als Grundlage der energetischen Stadtsimulation eine entsprechende Modellerweiterung entwickelt und umgesetzt werden (vgl. Ebertshäuser 2019).

In diesem Beitrag werden Ergebnisse vorgestellt, die auf dem für den Anwendungsfall (und damit auch für eine generelle Verwendung von Typologiedaten in energetischen Stadtsimulation) erweiterten Stadtmodellschema aufbauen. Nachdem im folgenden Kapitel **METHODEN** zunächst auf wesentlichen Gesichtspunkte dieser zugrundeliegenden methodischen Grundlage eingegangen wird, kann die korrespondierende Funktionalität der im Projekt auf Seite der Stadtplanung entwickelten Werkzeuge zur Handhabung des erweiterten Stadtmodells daran dargestellt werden (vgl. Kapitel **ERGEBNISSE**).

Diese Werkzeuge bilden dabei mit den auf Seite der Simulation stehenden Werkzeugen eine an der gemeinsamen Schnittstelle des erweiterten Stadtmodellschemas zusammenschaltbaren Werkzeugkette zur transparenten Planungsunterstützung der kommunalen Stadtplaner. Indem die Werkzeugkette auf offenen Standards sowie frei verfügbaren Werkzeugen aufbaut soll den Planenden im Rahmen der energetischen Stadtplanung demonstriert werden wie selbstständig offene, modellbasiert erarbeitete Lösungen zu ihren energetischen Fragestellungen aussehen können. Durch Mitarbeit der Forschungspartner in den Standardisierungsgremien sowie innerhalb von IBPSA laufenden internationalen Rahmenprojekten können praxisrelevante Generalisierung der im Rahmen des Projekts im thematischen Fokus des Anwendungsfalls umgesetzte Lösungen diskutiert und eingebracht werden.

METHODEN

Seitens der Simulationstechnologie auf Bauwerksebene fanden in den letzten Jahren im Rahmen der offenen Simulationssprache Modelica [1] enorme Entwicklungen bezüglich den als Komponentenmodelle generalisierbaren und daher gut untereinander kombinierbaren Ansätzen zur energetischen Simulation der Gebäudeperformance (engl. Building Performance Simulation – BPS) statt. Der diesen zugrundeliegende, im Bereich der Automobilproduktion entwickelte objektorientierte Simulationsstandard Modelica ermöglicht dabei eine Grundstruktur der Simulationsmodelle in Komponenten [2]. Für die BPS sind forschungsseitig verschiedene offene Modelica-Bibliotheken entstanden [13] und Bestrebungen unternommen worden diese auf eine gemeinsame (generalisierte) Grundlage zu stellen [3]. Prinzipiell sollen damit Simulationsmodelle für ein Gebäude ermöglicht werden, die bedarfsorientiert aus verschiedenen

Komponentenmodellen der unterschiedlichen Bibliotheken zusammengesetzt werden können. In einem Rahmenprojekt der internationalen Energieagentur (vgl. Annex 60) wurde hierzu eine Basisbibliothek erstellt und in verschiedenen der bestehenden Komponentenbibliotheken umgesetzt. Diese Generalisierungsbestrebungen werden derzeit in internationalen Folgeprojekten weiter optimiert [4]. Dabei besteht die nächste anwendungstechnische Herausforderung der (weiter-) entwickelten Bibliotheken darin, die beinhaltenen Gebäudesimulationsmodelle für eine Simulation im städtischen Maßstab zu kombinieren.

Im Rahmen des diesem Beitrag zugrundeliegenden Forschungsprojekts ist von seitens der Simulationsexperten ein Partner beteiligt, der eine dieser Modelica-Bibliotheken sowie ein Werkzeug zur Stapelverarbeitung von beinhaltenen Bauwerksmodellen im Rahmen einer Quartiersimulation entwickelt. Zur Optimierung der bisher dabei aufwändigen sowie tabellenbasierten Datenaufbereitung von Informationen zur lokalen Situation wurde im Projekt die auf einem 3D-Stadtmodellstandard basierend entwickelte Schnittstelle zum direkten Import kommunaler Modelldaten bei der Parametrisierung der einzelnen Modelica Simulationsmodelle implementiert (vgl. Abbildung 2).

Bei den in der Stadtplanung und -entwicklung verwendeten Geodaten konnte sich mit dem durch das Open Geospatial Consortium (OGC) standardisierten, objektorientierten Stadtmodellschema CityGML [5] eine gemeinsame Sprache für die Zusammenführung und den Austausch unterschiedlicher kommunaler Informationen im Stadtplanungsprozess etablieren. Die Standardisierungsinitiative SIG3D ist die treibende Kraft bei der Entwicklung dieses OGC-normierten Standards [6]. Bezüglich der Datenintegration als einheitlicher Ansatzpunkt der Simulationsansätze auf Quartiersebene bietet CityGML aufgrund seiner Verbreitung einen robusten offenen Standard innerhalb der heterogenen Landschaft der zur Haltung der kommunalen Informationen von den Kommunen implementierten GIS-Datenbanken. Unter anderem auch vom Erfolg der Top-Down-Initiative INSPIRE der Europäischen Union zur Standardisierung (geobasierter kommunaler) Daten [7] sowie ihrer nationalen Umsetzunginitiative GDI-DE [8] (aus der heraus SIG3D gegründet wurde) getrieben, haben viele Kommunen bereits Datenbanken aufgebaut, die CityGML importieren bzw. exportieren können oder nativ darauf aufbauen. Als etablierte Quelle für 3D-Informationen zur bebauten Umwelt ist der Stadtmodellstandard prädestiniert für die (energetische) Performance Simulation auf Quartiersebene. Dabei können vor dem Hintergrund der Verwendung von CityGML zur Beschreibung der ansonsten in unterschiedlichen Formaten vorgehaltenen Informationen Bestrebungen zur einheitlichen Datenerfassung als Basis der

Quartierssimulation sowie zur Vergleichbarkeit der Simulationsergebnisse gebündelt werden.

Im Kern des CityGML-Schemas steht das Detailierungskonzept zur Modellierung (semantischer und geometrischer) Informationen in verschiedenen Granularitäten (engl. Level of Detail – LOD). Im Prinzip ermöglicht dies eine in einem Stadtmodell integrierte Abbildung verschiedener Datentiefen und Informationsgranularitäten. Einer in der Praxis oftmals fragmentiert in verschiedenen Modellen und Datenformaten vorzufindende verteilte Information zur lokalen Situation, welche prägend für die Datenverfügbarkeit in den Kommunen ist, kann damit zugunsten einer einheitlichen, transparenten und konvergenten Datenbasis entgegengewirkt werden.

Trotz einer kontinuierlichen Verbesserung dieses Stadtmodellschemas fehlen zu den im Standard beschreibbaren Stadtobjekten immer noch Darstellungskonzepte für literaturbasierte Daten (z.B. typologische Gebäudeinformationen), die es ermöglichen können neben den geometrischen Detailgraden auch bzgl. der Datenverfügbarkeit orientierte Information abzubilden. Damit ließe sich nachvollziehbar (auch im Sinne einer Nachweisführung) die Lücke häufig lokal fehlender gebäudespezifischer Daten schließen, wie oben für die energetische Stadtsimulation skizziert. Mit der Application Development Extension (ADE) bietet CityGML einen normierten standardkonformen Erweiterungsmechanismus, der auch offiziell von der Standardisierungsorganisation verwendet wird, um die Modellsemantik in der aktuellen Version als Vorbereitung für die nächste Version vorläufig zu optimieren und zu erweitern. In den letzten Jahren wurden aufgrund der vielschichtigen Nutzung von CityGML Entwicklungen von ADE zu dessen thematischen Erweiterung immer beliebter, um verschiedene Bereiche des kommunalen Informationsbedarfs mit speziell benötigter Semantik auf standardisierte strukturierte Weise im Stadtmodell abbilden zu können. Beispielsweise wird die ENERGY ADE von SIG3D offiziell für das breite thematische Feld der urbanen energetischen Information entwickelt [9]. Bei dieser ADE-Entwicklung wurde jedoch bisher der für den im Themenfeld wichtigen Aspekt einer Darstellung typologischer Daten noch nicht berücksichtigt. Ein diesbezüglicher Darstellungsbedarf findet sich beispielsweise in Informationen zur Gebäudetypologie mit weiteren Eigenschaften, die die einzelnen Archetypen im Stadtmodell darstellen und auf die dann die entsprechenden Gebäude referenzieren können. Da in der energetischen Quartierssimulation diese Informationen eine wichtige Rolle zur Abschätzung der für eine lokale Situation nicht verfügbaren Daten spielen, würde eine standardisierte Beschreibung dieser Basisdaten auch die Nachvollzieh- und Wiederverwendbarkeit simulierter Ergebnisse verbessern. Prinzipiell können Planungshilfsmittel die auf einem entsprechen erweiterten Stadtmodellstandard basieren die

Planenden bei der Bewältigung ihrer komplexen Aufgaben in transparenter Weise unterstützen.

In dem diesem Beitrag zugrundeliegenden Forschungsprojekt wurden mit einer Erweiterung des CityGML Standards zur Abbildung typologischer Daten im Rahmen einer ADE-Entwicklung die Informationsbedarfe der energetischen Quartierssimulation adressiert. Indem konsistente Verweise auf die in die Simulation eingegebene Daten bei ihrer Rückführung in das Stadtmodell ermöglicht werden, wird damit auch generell eine bessere Vergleichsmöglichkeit der Simulationsergebnisse verfolgt. Da es außer einem ADE Beispiel in der CityGML Standarddokumentation keine offizielle Norm gibt, die die Erzeugung einer ADE beschreibt, wurden verschiedene Entwicklungen untersucht [10] und eine aus verschiedenen erfolgreichen Ansätzen synthetisierte Methodik zur optimalen Erweiterung der CityGML-Strukturen bei der ADE Entwicklung im Projekt angewendet. Zusammen mit der Einbeziehung von Experten vom Standardisierungsgremium SIG3D bildet diese auf der Unified Modeling Language (UML) zur Abbildung der konzeptionellen Schemastrukturen basierende Methodik den (technischen) Kontext zur Generierung der entwickelten ADE mit dem beinhaltenen Darstellungskonzept für typologische Daten. Dabei umfasst der Informationsumfang der berücksichtigten Typologiedaten:

- a) Abbildungsbausteine für Methoden zur Typologierzeugung
- b) Themenbereich Gebäude und Energie

Um den besten Mehrwert für die vorgeschlagene Informationsstruktur zu erzielen, wurde zunächst als Grundlage für die Abbildung der methodischen Bausteine einer Typologie, beispielsweise Klassifizierungsmerkmale wie Baualtersklassen, der Ansatz der TABULA-Gebäudetypologie [11] als Blaupause gewählt. Als (referenzierbare) veröffentlichte Methode hebt sie sich von der üblichen Praxis ab, die bisher von individuell auf die lokale Situation zugeschnittenen und damit schwer zu normalisierenden Ansätzen dominiert wird. Neben dem Aufgreifen gut generalisierbarer methodischer Grundlagen ist aufgrund der in der Kommunalplanung vorherrschenden Themenvielfalt für einen praxisrelevanten Vorschlag einer Datenschnittstelle die bedarfsgerechte Spezifizierung eines geeigneten Anwendungskontexts mit einer konsistenten Beschreibung des Datenaustauschenszenarios und der beteiligten Akteure in der Stadtplanung von entscheidender Bedeutung. Der im Projekt entwickelten ADE zum bidirektionalen modellbasierten Datenaustausch zwischen den Stadtplanungsinstrumenten und den Simulationswerkzeugen liegt ein szenariobasierte Anwendungsfall zugrunde. Aus diesem, vor dem Hintergrund der kommunalen Bauleitplanung mit Fragestellungen zu Situation und Planung von Fernwärmegebieten stehende, domänenübergreifenden Datenaustauschprozess (siehe Abbildung 3 und Abbildung 3) wurden die Informationsbedarfe der Datenschnittstelle abgeleitet [12]. Damit den Stadtplaner die Werkzeuge auf Seite der Simulation über diese Datenschnittstelle

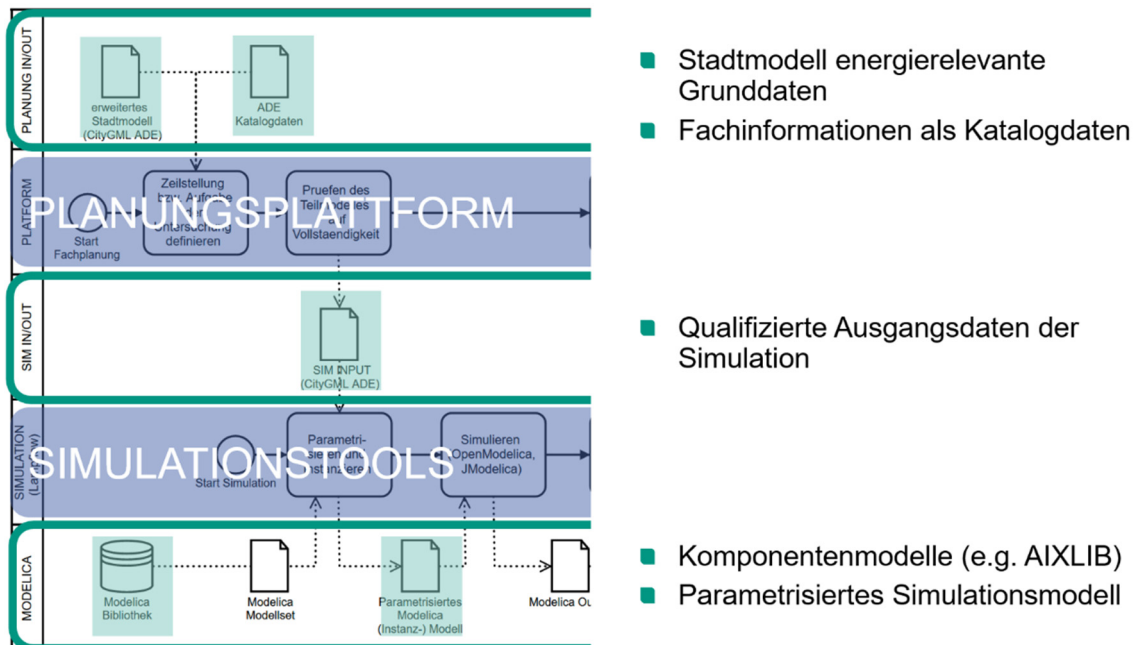


Abbildung 2 Modellbasierter Datenaustausch vom Simulationstool zur Stadtplanung

zugänglich gemacht werden kann, wurden im Projekt mit der Entwicklung ergänzender Werkzeuge eine Werkzeugkette als Planungsinstrument realisiert. Die im folgenden Kapitel dargestellten Hilfsmittel ermöglichen dabei den Planern die Vor- bzw. Nachbereitung der mittels des CityGML Modells ausgetauschten Planungsgegenstände und sind im Konzept einer Planungsplattform zusammengestellt; einerseits zur Handhabung des Modellformates, beispielsweise zur Extraktion und dem Export eines Teillausschnittes des Stadtmodells in Form eines Partialmodells als Simulationsinput, und andererseits mit Analysemöglichkeiten zur Auswertung und Aufbereitung der in das Stadtmodell zurückgeführten Simulationsergebnisse.

Mit diesen im Weiteren vorgestellten Werkzeugen wird im Projekt das Aufzeigen des Mehrwertes einer modellbasierten, transparenten Stadtplanung auf der Grundlage offener Datenstandards verfolgt. Im Anwendungskontext der Fernwärmeplanung kann dieser insbesondere bezüglich einer langfristigen Planungssicherheit und einer guten Kommunikation mit der lokalen Bevölkerung zum Tragen kommen. Die Werkzeuge werden nach Abschluss des Forschungsprojektes der interessierten Öffentlichkeit frei zur Verfügung gestellt.

ERGEBNISSE

Um Stadtplanende bei ihren energetischen Fragestellungen im Rahmen von Bestandsanalysen bezüglich der Fernwärmeversorgung bzw. dem entsprechenden im Stadtgebiet existierenden Potentials sowie der Prognose und Bewertung zukünftiger Ausbaupotentiale zu unterstützen stellen die Abbildung 4 und Abbildung 5 den durch Werkzeugkette realisierten Workflow dar. Dabei zielt eine Hauptfunktion der folgend vorgestellten, im

Forschungsprojekt entwickelten Werkzeuge auf das modellbasierte Anbinden von Simulationswerkzeugen an die einheitlich in einer CityGML Informationsbasis zusammengeführten und verwalteten Planungsdaten ab. In einer rahmengebenden Desktop-Softwareanwendung werden dabei zum einen die Handhabung des modellbasierten Planungsgegenstandes in Form des erweiterten CityGML Stadtmodells ermöglicht und zum anderen die Analysefunktionen für die von der Simulation in das Modell zurückgeführte Ergebnisse. Zur Erleichterung der Auswahl von Ausschnitten im Stadtmodell, die als Partialmodell dann in ein Dokument zur Übergabe an das Simulationswerkzeug exportiert werden können, wurde eine Visualisierungskomponente auf Basis der X3D Technologie umgesetzt. Beim X3D Standard handelt es sich um einen XML-basierten Szenegraphen, der für Webanwendungen ausgelegt ist. Die frei verfügbare Open Source Basiskomponente X3DOM ermöglicht es aufgrund ihrer vollständigen Realisierung in Javascript, dass die in das X3D-Format transformierten Modelldaten direkt in modernen Browsern angezeigt werden können. Da sich sowohl das erweiterte CityGML Stadtmodell wie auch X3D Dokumente die Basissyntax XML teilen, sind die Übersetzungsmethoden zwischen den beiden Formaten in XSLT standardbasiert umgesetzt. Die Anwender können mit dem Auswahlwerkzeug ein Stadtmodell laden und in dessen Visualisierung auf der Benutzeroberfläche dann mit dem Mauszeiger die Bauwerke bzw. den Ausschnitt zum Export markieren.

Aufgrund der bei 3D-Stadtmodellen oftmals sehr großen Modelldateien, bei denen eine dokumententenbasierte Verarbeitung sehr leistungsstarke Computer erfordern würde, um

- Auswertungen
- Angereichertes Stadtmodell
- Rückgeführte (aufbereitete) Simulationsergebnisse
- Rohdaten Simulationsoutput (Zahlenreihen etc.)

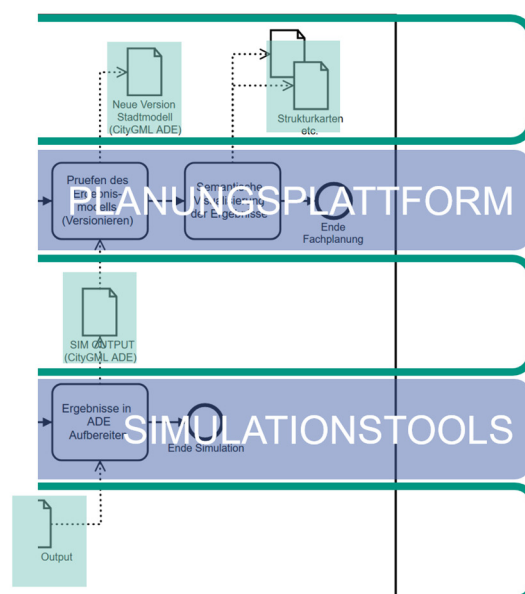


Abbildung 3 Modellbasierter Datenaustausch von der Stadtplanung zum Simulationstool

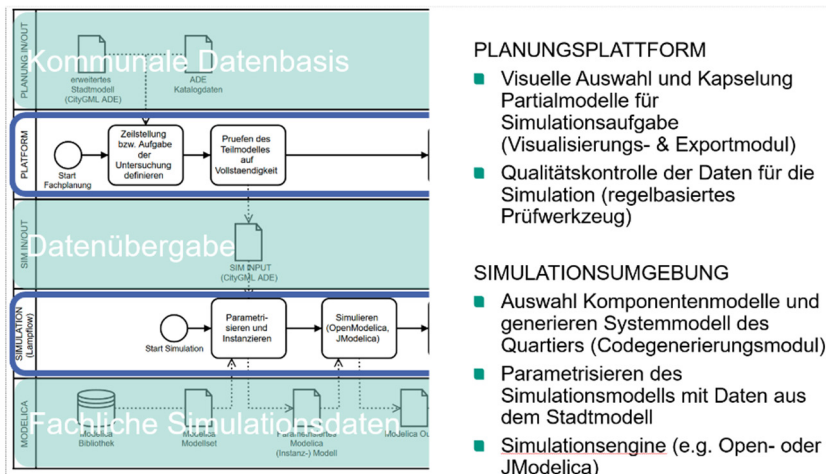


Abbildung 4: Hauptfunktionen der Werkzeugkette modellbasierte Planungsdaten als Simulationsinput

performant damit arbeiten zu können, unterliegen allen Modelloperationen im Auswahl- und Exportwerkzeug ein Modellverwaltungsmodul. In diesem wird beim initialen Laden eines Stadtmodells die Modelldatei in eine native XML-Datenbank eingelesen. Durch das Implementieren einer Schnittstelle zu dem Abfragesprachstandard XQuery ermöglicht die Datenbank neben erheblichen generellen Performancesteigerungen alle Modelloperationen in einer einheitlichen normierten Weise zu verfassen. So werden beispielsweise die in der Visualisierungskomponente durch den Anwender spezifizierten Teilmodelle skriptbasiert in der Datenbank zusammengestellt und in ein Dokument exportiert.

Bevor die zusammengestellten Modelldaten als Grundlage der Parametrisierung entsprechender Modelica-Komponentenmodelle im Stapelverarbeitungsprozess des Simulationswerkzeugs dienen können, ist eine Prüfung ihrer Vollständigkeit erforderlich. Die entwickelte ADE sieht als mögliche Eingangsdaten in die Simulation vier verschiedene Arten von Gebäudeinformationen im Stadtmodell vor, zu denen jeweils im Schema entsprechende Abbildungskonzepte definiert sind.

- Typologie-basierte Bedarfsdaten
- Gebäudespezifische Bedarfsdaten
- Typologie-basierte Verbrauchsdaten
- Gebäudespezifische Verbrauchsdaten

Damit ein Partialmodell für eine Quartierssimulation vollständig alle benötigten Informationen enthält, müssen zu den zu simulierenden Gebäudedatensätzen jeweils mindestens zu einem der möglichen vier Stränge die energetischen Basisdaten vorliegen. Hier setzt eine weitere Werkzeugentwicklung im Rahmen des Forschungsprojekts mit einem regelbasierten Prüf- und Analysehilfsmittel für den Stadtmodellstandard CityGML an. Dieses kann der Benutzer in der Desktop-Softwareanwendung als Modul einschalten um die Modellqualität der zu exportierenden Partialmodelle zu prüfen. Soll beispielsweise für ein Gebäude im Quartiersmodell anhand weniger typologischer Parameter, wie die Baualtersklasse, Nutzung, Bauweise usw. zusammen mit den sich aus Geometrie und Lage ergebenden Eigenschaften simuliert werden, so sind die Typologie-bezogenen (ggf. mit weiteren Bauwerken geteilten) Eigenschaften an einem sogenannten Archetyp Element zu Beschreiben. Auf das Gebäudeobjekt selbst wird mit einer erforderlichen Referenz im Archetypobjekt mit den gemeinsamen

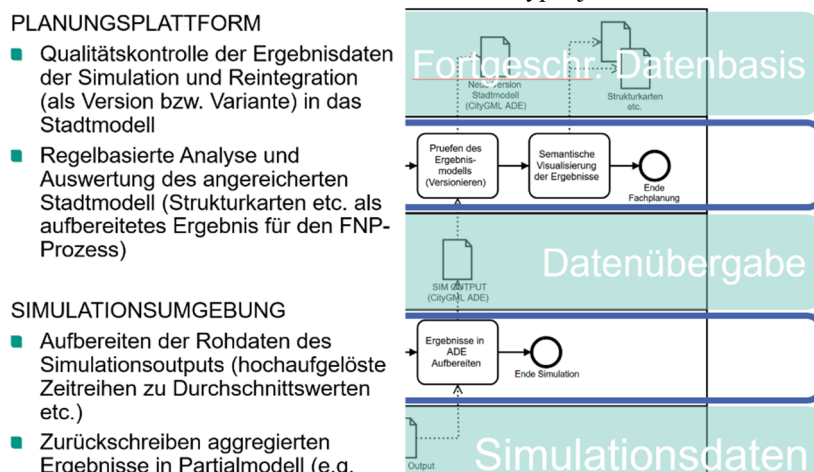


Abbildung 5: Hauptfunktionen der Werkzeugkette zurückgeführte Simulationsergebnisse zur Planung

simulationsrelevanten Parametern verwiesen. Dieser Prüffall ist im Rahmen des Prüf- und Analysewerkzeuges in einem Regelsatz aus eigenständigen Regeln hinterlegt, die dem Anwender in der Ansicht einer Regelbibliothek mit den für weitere Prüfungen erarbeiteten Regelsätzen präsentiert werden. Die Regelsätze sind dabei nach einem gleichen Muster aufgebaut: erst wird geprüft ob alle von der der Regel betroffenen Modellelemente existieren, dann werden gemäß der Prüffragestellung die entsprechenden Wertausprägungen und ggf. gesetzten Bedingungen überprüft. Da die einzelnen Regeln, wie beispielsweise zur Überprüfung eines bestimmten Parameters an einem Gebäude jeweils nur im Regelsatz referenziert sind, lassen sie sich in beliebigen Regelsätzen wiederverwenden, die dem Benutzer jeweils zweckgebunden bezeichnet zur Verfügung stehen.

Das gemäß dem intendierten Simulationszweck auf Vollständigkeit geprüfte Partialmodell kann von seitens der Stadtplanung qualitätsgesichert an das Simulationswerkzeug übergeben werden. Hier werden die benötigten Informationen ausgelesen und zur Parametrisierung der Simulationsmodelle verwendet (vgl. Abbildung 4). Nachdem gemäß der vorhandenen Art an Basiswerten zu den Gebäudedatensätzen im Partialmodell ein entsprechender energetischer Performancewert errechnet ist, werden alle Simulationsergebnisse zurück in das Partialmodell an die entsprechenden Gebäudeobjekte geschrieben. Dadurch werden alle der Simulation zugrundeliegenden Eingangparameter in transparenter Weise zusammen mit den Ergebnissen nachweissicher gespeichert. Dieses mit Ergebnissen angereicherte Partialmodell wird an die Planungsseite zurückgespielt, wo ein Importwerkzeug für eine konsistente Überführung des Partialmodells in das ursprüngliche Stadtmodell gewährleistet (vgl. Abbildung). Dabei können die Anwender neben der obligatorischen Prüfung der Schemakonformität weitere Inhaltsprüfungen mit dem Prüf- und Analysewerkzeug auf das Partial- sowie auch das angereicherte Stadtmodell ausführen. An letzterem knüpft dabei eine weitere Art von Regeln des Werkzeuges an, mit dem verschiedene Analysen zur lokalen Situation auf das durch Einbringung der Simulationsergebnisse weiter verfeinerte Stadtmodell vollzogen werden. Im Rahmen des Forschungsprojektes sind dies beispielsweise energetische Fragestellungen von zu prognostizierten Energiebedarfen im Quartier, nachdem alternative Entwicklungsszenarien mit unterschiedlichen Annahmen zu Sanierungen im Stadtgebiet simuliert worden sind.

ZUSAMMENFASSUNG

Neben dem Verwalten des Stadtmodells ermöglichen die es Werkzeuge der Desktop-Softwareanwendung Anwender in der Stadtplanung durch Einbinden von Modelica-basierten Simulationswerkzeugen, welche ebenfalls die ADE-basierte Schnittstelle implementieren, zu unterstützen. Somit können die Stadtplaner ihren Kenntnisstand zur lokalen Situation, ggf. zunächst aufgrund schlechter Datenverfügbarkeit ausgehend allein von Typologie-basierten Daten iterativ durch weitere Hinzunahme von gemessenen Verbrauchsdaten bzw. spezifischen Bedarfsdaten, wie beispielsweise im Rahmen der Energiepässe erhoben, verfeinern und in einem Stadtmodell (mit ebenfalls iterativ durch optimierte Erfassungsmethoden, wie Laserscanning usw., verbesserten 3D-Daten) zusammenführen. Im Forschungsprojekt kann nur ein kleiner Ausschnitt der Möglichkeiten einer standardisierten, durchgängigen Datenbasis und damit ermöglichter Planungshilfen für die Stadtplanung gezeigt werden. Erst mit der weiteren Etablierung eines einheitlichen Integrationsmodells als zentrale transparente Abbildungsbasis des Planungsgegenstands, kann das volle Potential, gleichsam des Koordinationsmodellansatzes einer Building Information Modeling Methode auf Gebäudeebene, sich entfalten. Durch Mitwirkung der Projektpartner in der entsprechenden Gremienarbeit sowie ihrer Teilnahme in dem eingangs beschriebenen IBPSA Rahmenprojekt werden die Ergebnisse des Forschungsprojekts in die Standardisierung und Fachdiskussion mit eingebracht.

DANKSAGUNG

Das dem Beitrag unterliegende Forschungsprojekt wird durch das Bundeswirtschaftsministerium aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages gefördert.

LITERATUR

- [1] <http://iea-annex60.org/>, Zugriff am 21.08.2018
- [2] <https://www.modelica.org/>, Zugriff am 02.09.2019
- [3] <http://www.iea-annex60.org/releases/modelica/1.0.0/help/Annex60.html>, Zugriff am 12.07.2019
- [4] Wetter, M., Treeck, C., Helsen, L., Maccarini, A., Saelens, D., Robinson, D., & Schweiger, G. (2019). IBPSA Project 1: BIM/GIS and Modelica framework for building and community energy system design and operation – ongoing developments, lessons learned and challenges. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 323, 12114. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/323/1/012114> (cf. <https://ibpsa.github.io/project1/>)
- [5] Brüggemann, T. et. al. (2020). 3D-Stadtmodellierung: CityGML. In A. Borrmann, M. König, C. Koch, & J. Beetz (Hrsg.), *Building Information Modeling: technologische Grundlagen und industrielle Praxis* (2. Auflage). Springer Vieweg.
- [6] <https://www.sig3d.org/index.php/de/standardisation.html>, Zugriff am 04.03.2019
- [7] <https://inspire.ec.europa.eu/>, Zugriff am 13.09.2019
- [8] <http://www.geoportal.de/DE/GDI-DE/Organisation/organisation.html>, Zugriff am 16.11.2019
- [9] <https://www.opengeospatial.org/taxonomy/term/492>, Zugriff am 16.11.2019
- [10] Brink, Linda van de et.al (2013); UML-Based Approach to Developing a CityGML Application Domain Extension. In: *Transactions in GIS; Volume 17, Issue 6, wiley*. <https://doi.org/10.1111/tgis.12026>
- [11] <http://www.tabula.ge/en/topic/eu>, Zugriff am 17.10.2019
- [12] Ebertshäuser, S. et. al. (2018): Unterstützung kommunalplanerischer Prozesse mit CityGML-basierter Anbindung Modelica-getriebener Quartierssimulationen; BauSIM 2018 - Tagungsband der 7. Deutsch-Österreichischen IBPSA Konferenz, Karlsruhe, Germany.
- [13] Wetter, M., Zuo, W., Nouidui, T. S., & Pang, X. (2014). Modelica Buildings library. *Journal of Building Performance Simulation*, 7(4), 253–270. <https://doi.org/10.1080/19401493.2013.765506>