



HOCHSCHULE OSNABRÜCK
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

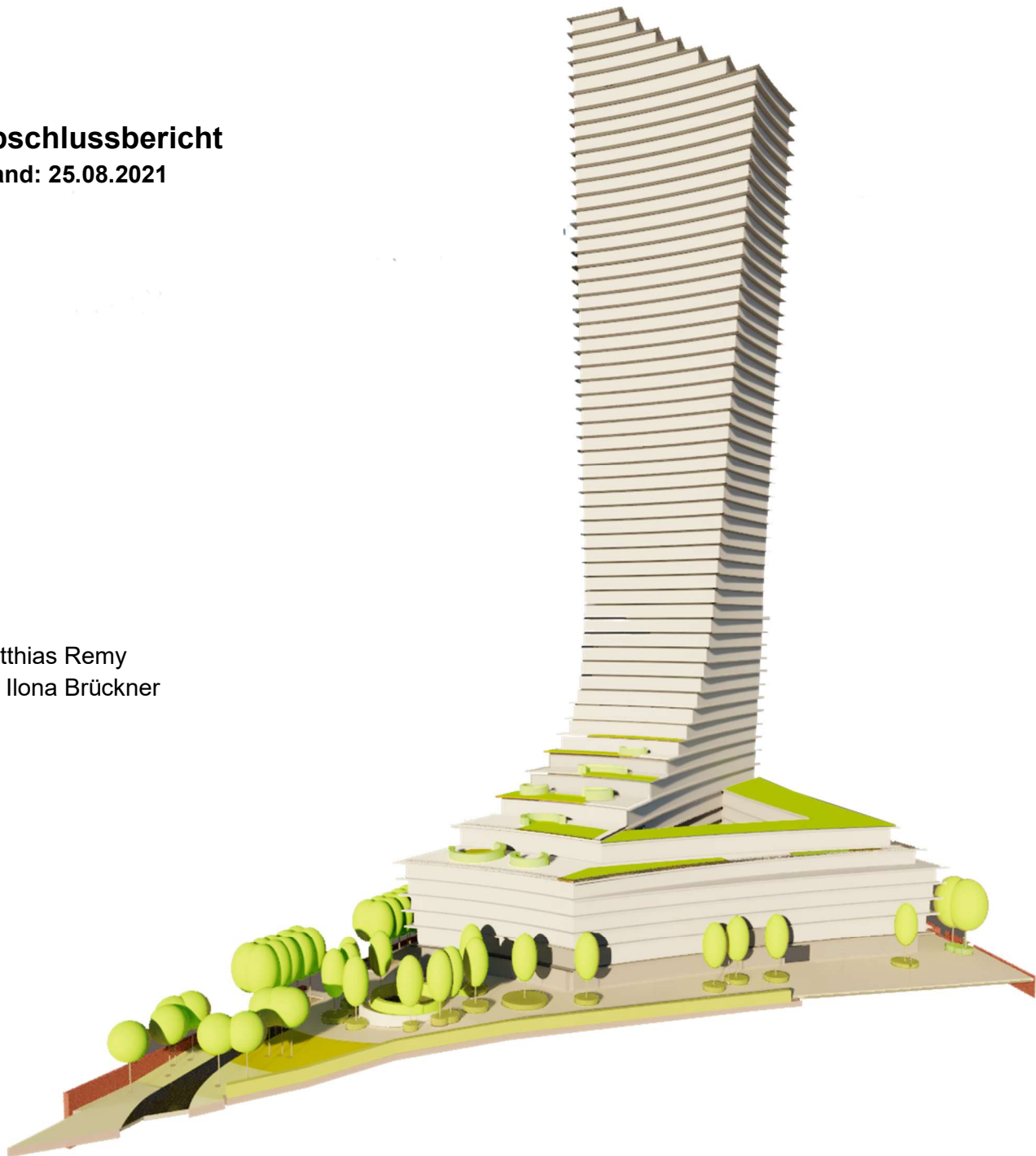
Projekt:

**Entwicklung einer Modellierungsrichtlinie für Objekte des Freiraums
für den BIM-basierten Bauantrag am Beispiel der Außenanlagenplanung
des Bauvorhabens ‚Elbtower‘ in Hamburg**

Abschlussbericht

Stand: 25.08.2021

Matthias Remy
Dr. Ilona Brückner



Projekt: Entwicklung einer Modellierungsrichtlinie für Objekte des Freiraums für den
BIM-basierten Bauantrag am Beispiel der Außenanlagenplanung des
Bauvorhabens ‚Elbtower‘ in Hamburg

Stand: 25.08.2021

Projektleitung: Ilona Brückner, Dr. Dipl. Ing.
Bearbeitung: Mathias Remy, M. Eng.

Hochschule Osnabrück
Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur
Oldenburger Landstr. 24, 49090 Osnabrück



Projektförderung:
Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen
Amt für Bauordnung und Hochbau
Neuenfelder Straße 19, 21109 Hamburg



Wir bedanken uns für die Unterstützung im Rahmen der Projektarbeit bei folgenden Partnern:

Vogt Landschaft GmbH, Berlin für die Zurverfügungstellung der Plangrundlagen
Dipl.-Phys. Andreas Kohlhaas, GPS Network GmbH für die Beratung zu IFC-Fragen

Der Abschlussbericht basiert auf der Masterarbeit im Studiengang Landschaftsarchitektur
von Matthias Remy
an der Hochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften
zum selben Thema
(SIEHE REMY 2021)

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem BIM-basierten (Building Information Modeling) Bauantrag und der Frage, welche Anforderungen hierfür bei BIM-Modellen der Außenanlagenplanung zu berücksichtigen sind.

Das Baugenehmigungsverfahren, wie man es heute kennt, ist zeit-, kosten- und personalintensiv sowie von langen Laufzeiten geprägt. Im Hinblick auf aktuelle Herausforderungen für die Planungs- und Baubranche wie Klimaanpassung, Verkehrswende und Wohnungsnot bei gleichzeitig immer komplexer werdenden bauordnungs- und bauplanungsrechtlichen Anforderungen ist eine Modernisierung des Bauantragsverfahrens unabdingbar. Mit dem Standardisierungsprojekt ‚Austauschstandards im Bau- und Planungsbereich‘ des IT-Planungsrates wird daher seit einigen Jahren die Digitalisierung des Baugenehmigungsverfahrens vorangetrieben. So soll der Austausch von Daten und Informationen zwischen allen Beteiligten (planende Stelle, Genehmigungsstelle Antragsteller*innen usw.) zukünftig digital und unter bundesweit verbindlichen, herstellerneutralen, offenen Datenstandards erfolgen. Gleichzeitig ermöglicht die Einführung des digitalen Baugenehmigungsverfahrens auch die Einbindung von BIM-Modellen. Wie diese im digitalen Bauantragsverfahren genutzt werden können, welche Anforderungen diese erfüllen müssen und welche Chancen und Mehrwerte dadurch entstehen (z. B. durch die teilautomatisierte Regelprüfung von bauordnungs- und bauplanungsrechtlichen Anforderungen) wurde bereits im Forschungsprojekt ‚BIM-basierter Bauantrag‘ im Rahmen der Forschungsinitiative ‚Zukunft Bau‘ untersucht. Hierbei wurden allerdings insbesondere Gebäudemodelle betrachtet.

Zunehmend wird die Anwendung der BIM-Methode jedoch auch von der Landschaftsarchitektur gefordert. Aufgrund bisher nicht definierter Objekte im internationalen, herstellerneutralen Austauschstandard von BIM-Modellen IFC (Industry Foundation Classes) für den Bereich Landschaft, ist die Teilhabe an BIM-Prozessen zurzeit noch eine große Herausforderung für die Landschaftsarchitektur. So fehlen neben Objekten des Freiraums Standards sowohl hinsichtlich der Modellierung als auch für die zu beschreibenden Attribute in den erforderlichen Detaillierungsgraden.

Ziel dieser Arbeit ist es daher, Anforderungen an Außenanlagenmodelle für den BIM-basierten Bauantrag zu untersuchen und in eine Modellierungsrichtlinie umzusetzen. Ein weiteres Ziel ist es, mögliche Chancen der teilautomatisierten Regelprüfung von Bauvorschriften für Außenanlagen aufzuzeigen. Hierfür erfolgt zunächst eine Dokumentenanalyse von verschiedenen Bauvorlagenverordnungen. Des Weiteren werden auch die Vorgaben für den Detaillierungsgrad LOD200 (Level of Detail) untersucht. Die Umsetzung der Modellierungsrichtlinie erfolgt exemplarisch am Beispiel der Außenanlagenplanung des Bauvorhabens ‚Elbtower‘ in Hamburg. An diesem Beispiel werden die für den Bauantrag relevanten Objekte des Freiraums und deren geometrischen und semantischen Anforderungen identifiziert. Für Objekte, die bisher nicht im IFC-Standard klassifiziert sind, werden zudem Klassifizierungsvorschläge gemacht, um eine mögliche Aufnahme in die IFC zu forcieren. Die Umsetzbarkeit der Modellierungsrichtlinie wird beispielhaft mit der BIM-Software ‚Autodesk Revit‘ verifiziert. Abschließend werden die Möglichkeiten der teilautomatisierten Regelprüfung von bauordnungs- und bauplanungsrechtlichen Anforderungen an Außenanlagenmodelle anhand exemplarisch ausgewählter Prüffälle untersucht.

ABSTRACT

This research project deals with the BIM-based (Building Information Modeling) building application and the question of which requirements must be taken into account for BIM models of outdoor facility planning.

Today's building permit procedure is time-consuming, cost-intensive, personnel-intensive and characterised by long durations. In view of the current urban development challenges such as climate adaptation, traffic change and housing shortage, and at the same time increasingly complex building regulations and planning law requirements, a modernisation of the building application procedure seems indispensable. With the standardisation project 'Exchange standards in the building and planning sector' under the auspices of the IT Planning Council, the digitalisation of the building permit procedure has been promoted since several years. In the future, the exchange of data and information between all parties involved (planning office, approval office, applicants, etc.) has to be digitally and under nationally binding, manufacturer-neutral, open data standards. At the same time, the introduction of the digital building permit procedure also enables the integration of BIM models. How these can be used in the digital building application process, what requirements they must fulfil and what opportunities and added value arise as a result (e. g. through the partially automated regular checking of building regulation and building planning law requirements) has already been investigated in the research project 'BIM-based building application' as part of the research initiative 'Zukunft Bau'. However, its focus is on building models in particular.

In the future the application of the BIM method is also being demanded by landscape architecture. Due to the lack of defined objects in the international, manufacturer-neutral exchange standard for BIM models IFC (Industry Foundation Classes) for the landscape sector, the participation in BIM processes is still a major challenge for landscape architecture.

For example, there is a lack of standards for the modelling of open space objects as well as for the descriptive attributes in the required levels of detail.

The goal of this work is therefore to investigate requirements for outdoor facility models for the BIM-based building application and to implement them in a modelling guideline. Another aim is to identify possible opportunities for the semi-automated rule checking of building regulations for outdoor facilities. Therefore, a document analysis of various building regulations is carried out. Furthermore, the specifications for the level of detail LOD200 (Level of Detail) are examined. The implementation of the modelling guideline is exemplified by the planning of the exterior facilities of the 'Elbtower' building project in Hamburg. This example is used to identify the open space objects relevant for the building application and their geometric and semantic requirements. For objects that are not yet classified in the IFC standard, classification proposals are also made in order to force a possible inclusion in the IFC. The feasibility of the modelling guideline is verified using the BIM software 'Autodesk Revit' exemplarily. Finally, the possibilities of partially automated rule checking of building code and building planning law requirements for outdoor facility models are examined using selected test cases as examples.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	i
Abstract	ii
Abbildungsverzeichnis	vii
Tabellenverzeichnis	x
Abkürzungsverzeichnis	xiii
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielstellung und Forschungsfragen	2
1.3 Struktureller Aufbau der Arbeit	3
2 Grundlagen und Stand der Forschung	5
2.1 Baugenehmigungsverfahren	5
2.1.1 Bauplanungsrecht	5
2.1.2 Bauordnungsrecht	5
2.1.3 Exkurs: Qualifizierter Freiflächenplan	6
2.1.4 Ablauf eines Bauantragsverfahren	7
2.2 Bedarf der Digitalisierung im Baugenehmigungsverfahren	9
2.3 Datenstandard Formate XPlanung und XBau	10
2.3.1 XPlanung	10
2.3.2 XBau	12
2.4 Building Information Modeling	14
2.4.1 Grundlagen der Modellierung mit BIM	14
2.4.2 Open BIM	18
2.4.3 Industry Foundation Classes	19
2.4.4 BIM-Anwendungsfälle	25
2.4.5 Modellfertigstellung- und Detaillierungsgrade	25
2.5 BIM im Baugenehmigungsverfahren	27
2.5.1 Einbindung BIM-Modell in XPlanung und XBau	28
2.5.2 Gesamtprozess BIM-basierter Bauantrag	29
2.5.3 Modellanforderungen an Gebäudemodelle	30
2.5.4 Regelbasierte Prüfung von Gebäudemodellen	31
3 Material und Methode	34
3.1 Untersuchungsgegenstand	34
3.2 Methodische Vorgehensweise	37
3.2.1 Anforderungsanalyse	37
3.2.2 Erstellung der Modellierungsrichtlinie	38
3.2.3 Teilautomatisierte Regelprüfung	38
3.3 Verwendete BIM-Software	39
3.3.1 Autodesk Revit	39
3.3.2 DESITE md pro	40
3.3.3 FZKViewer	40

4	Anforderungsanalyse	41
4.1	Level of Detail 200	41
4.2	Dokumentenanalyse Bauordnungsrecht	41
4.3	Projektspezifische Planungsanforderungen	45
5	Erstellung einer Modellierungsrichtlinie	46
5.1	Anforderungen an Objekte des Freiraums	48
5.2	Teilmodell Grundstück / Verortung	49
5.2.1	Lage / Verortung	49
5.2.1.1	Objektanforderungen	49
5.2.1.2	Angabe der Informationen in IFC	50
5.2.1.3	Modellierung	50
5.2.1.4	IFC-Export	50
5.2.2	Grundstück	51
5.2.2.1	Angabe der Informationen in IFC	51
5.2.2.2	Modellierung Raumobjekt Grundstück	52
5.2.2.3	IFC-Export	52
5.3	Teilmodell Baukonstruktionen	54
5.3.1	Befestigte Fläche	54
5.3.1.1	Objektanforderungen	54
5.3.1.2	Angabe der Informationen im IFC-Modell	55
5.3.1.3	Modellierung befestigte Fläche	56
5.3.1.4	IFC-Export	60
5.3.2	Mauer Außenanlage	62
5.3.2.1	Objektanforderungen	62
5.3.2.2	Angabe der Informationen im IFC-Modell	62
5.3.2.3	Modellierung Mauer	64
5.3.2.4	IFC-Export	67
5.3.3	Geländer / Handlauf	68
5.3.3.1	Objektanforderungen	68
5.3.3.2	Angabe der Informationen im IFC-Modell	68
5.3.3.3	Modellierung Geländer	70
5.3.3.4	IFC-Export	70
5.3.4	Treppe Außenanlage	71
5.3.4.1	Objektanforderungen	71
5.3.4.2	Angabe der Informationen im IFC-Modell	71
5.3.4.3	Modellierung Treppe	74
5.3.4.4	IFC-Export	76
5.3.5	Rampe Außenanlage	77
5.3.5.1	Objektanforderungen	77
5.3.5.2	Angabe der Informationen im IFC-Modell	77
5.3.5.3	Modellierung Rampe	80
5.3.5.4	IFC-Export	82
5.4	Teilmodell Vegetation	83
5.4.1	Vegetationsfläche	83
5.4.1.1	Objektanforderungen	83
5.4.1.2	Angabe der Informationen im IFC-Modell	84

5.4.1.3	Modellierung Vegetationsflächen	85
5.4.1.4	IFC-Export	87
5.4.2	Pflanze / Baum	89
5.4.2.1	Objektanforderungen	89
5.4.2.2	Angabe der Informationen im IFC-Modell	89
5.4.2.3	Modellierung Baum	91
5.4.2.4	IfcExport	92
5.4.3	Pflanzenreihe / Hecke	94
5.4.3.1	Objektanforderungen	94
5.4.3.2	Angabe der Informationen im IFC-Modell	94
5.4.3.3	Modellierung Hecke	96
5.4.3.4	IFC-Export	97
5.5	Teilmodell Ausstattung Außenanlage	98
5.5.1	Ausstattungsgegenstände Außenanlage	98
5.5.1.1	Objektanforderungen	98
5.5.1.2	Angabe der Informationen im IFC-Modell	98
5.5.1.3	Modellierung Ausstattungsgegenstände	99
5.5.1.4	IFC-Export	99
5.6	Teilmodell Funktionsflächen	100
5.6.1	Feuerwehrflächen / Brandschutz	100
5.6.1.1	Objektanforderungen	100
5.6.1.2	Angabe der Informationen im IFC-Modell	101
5.6.1.3	Modellierung Feuerwehrflächen	102
5.6.2	IFC-Export	104
5.6.3	Fahrradstellplätze	105
5.6.3.1	Objektanforderungen	105
5.6.3.2	Angabe der Informationen im IFC-Modell	105
5.6.3.3	Modellierung Raumobjekt Stellfläche	106
5.6.3.4	IFC-Export	106
5.6.4	Taxihaltestelle	108
5.6.4.1	Objektanforderungen	108
5.6.4.2	Angabe der Informationen im IFC-Modell	108
5.6.4.3	Modellierung Taxihaltestelle	109
5.6.4.4	IFC-Export	109
5.6.5	Geh- und Fahrrechte	110
5.6.5.1	Objektanforderungen	110
5.6.5.2	Angabe der Informationen im IFC-Modell	110
5.6.5.3	Modellierung Geh- und Fahrrechte	111
5.6.5.4	IFC-Export	111
5.7	Temporäre Prüfkörper	112
5.7.1	Hochwasserschutz	112
5.7.1.1	Objektanforderungen	112
5.7.1.2	Angabe der Informationen im IFC-Modell	112
5.7.1.3	Modellierung Hochwasserschutz	113
5.7.2	IFC-Export	114
5.8	Dachflächen	115
5.9	Teilmodell Dachfläche_gesamt	115

5.9.1	Dachfläche_gesamt	115
5.9.1.1	Objektanforderungen	115
5.9.1.2	Angabe der Informationen im IFC-Modell	115
5.9.1.3	Modellierung Dachfläche_gesamt	116
5.9.1.4	IFC-Export	116
5.10	Teilmodell Dachkonstruktionen	117
5.10.1	Begrünte Dachfläche	117
5.10.1.1	Objektanforderungen	117
5.10.1.2	Angabe der Informationen im IFC-Modell	117
5.10.1.3	Modellierung begrünte Dachflächen	119
5.10.1.4	IFC-Export	119
5.10.2	Dachterrasse	120
5.10.2.1	Objektanforderungen	120
5.10.2.2	Angabe der Informationen im IFC-Modell	120
5.10.2.3	Modellierung Dachterrasse	122
5.10.2.4	IFC-Export	122
6	Modellprüfung	123
6.1	Stärke Substrataufbau Baumpflanzung	124
6.1.1	Prozessmodellierung	124
6.1.2	Umsetzung in DESITE md pro	124
6.2	Hochwasserschutz	126
6.2.1	geometrische Prüfung	126
6.2.2	Prozessmodellierung	127
6.2.3	Umsetzung in DESITE md pro	127
6.3	Barrierefreiheit Rampe	129
6.3.1	Prozessmodellierung	129
6.3.2	Umsetzung in DESITE md pro	129
6.4	Feuerwehrflächen	131
6.4.1	Prozessmodellierung	131
6.4.2	Umsetzung in DESITE md pro	132
6.5	Begrünung der Dachflächen	134
6.5.1	Prozessmodellierung	134
6.5.2	Umsetzung in DESITE md pro	134
7	Diskussion	137
7.1	Beantwortung der Forschungsfragen	137
7.1.1	Bestimmung der Objekte des Freiraums mit ihrem geometrischen und semantischen Detaillierungsgrad	137
7.1.2	Klassifizierung der identifizierten Objekte	138
7.1.3	Umsetzung der Modellierung von Objekten des Freiraums	139
7.1.4	Potenzial der teilautomatisierten Modellprüfung	140
7.2	Ausblick	141
	Quellenverzeichnis	143
	Anhang 1: Planinhalte und Informationen für den Bauantrag	149
	Anhang 2: zusätzliche digitale Inhalte	154

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Struktureller Aufbau der Arbeit	4
Abbildung 2: Akteur*innen im Baugenehmigungsverfahren	7
Abbildung 3: Bebauungsplan im Format XPlanung	11
Abbildung 4: Modellstruktur Nachricht: baugenehmigung.antrag.0200	12
Abbildung 5: Modellstruktur Bauvorhaben	13
Abbildung 6: Modellstruktur Grundstücksflächen	13
Abbildung 7: Darstellung Tesselated BRep	15
Abbildung 8: CSG-Verfahren zur Darstellung einer Wand mit zwei Öffnungen	16
Abbildung 9: Beispiele für Rotations- und Extrusionsverfahren zum Erstellen von 3D-Körpern	17
Abbildung 10: Informationsaustausch nach konventioneller Planungsmethode und BIM-Methode	19
Abbildung 11: Aufbau IFC-Schema	20
Abbildung 12: Ausschnitt auf dem IFC-Datenmodell mit dem Fokus auf die Bauteilklassen	22
Abbildung 13: Verknüpfung von Bauteilklassen und geometrischen Repräsentationen	22
Abbildung 14: Das Prinzip der objektifizierten Beziehungen am Beispiel Wand-Öffnung-Fenster	24
Abbildung 15: Modellfertigstellungs- und Detaillierungsgrade	25
Abbildung 16: Gesamtprozess BIM-basierter Bauantrag	29
Abbildung 17: Modellierung von Raumkörpern für den BIM-basierten Bauantrag	31
Abbildung 18: Prozessschema regelbasierter Prüflauf	32
Abbildung 19: Beispiel Inklusionsprüfung zur Prüfung der Gebäudegrenzen	33
Abbildung 20: Übersichtsplan Entwurf Außenanlage Elbtower	36
Abbildung 21: Modellstruktur Außenanlage Elbtower	47
Abbildung 22 definierter Projektursprung am Beispiel eines digitalen Bebauungsplans	49
Abbildung 23: Darstellung Grundstück als Raumobjekt	51
Abbildung 24: Darstellung Grundstück Elbtower als Raumobjekt	53
ABBILDUNG 25: befestigte Fläche Außenanlage Elbtower	54
Abbildung 26: Modellierungstool Geschossdecke Revit	59
Abbildung 27: Modellierung Befestigte Fläche	59
Abbildung 28: Neuen Bauteiltyp in Revit erstellen	60
Abbildung 29: Farbschema befestigte Flächen	60
Abbildung 30: Flächengrößen Befestigte Flächen	60
Abbildung 31: Separat modellierte Einzelschichten	61
Abbildung 32: Mauer Außenanlage Elbtower	62
Abbildung 33: Modellierung Mauer mit Autodesk Revit	66
Abbildung 34: Verschiedene Mauertypen modelliert mit Autodesk Revit	67

Abbildung 35: Rampe Außenanlage	68
Abbildung 36 Treppenanlage Außenanlage	71
Abbildung 37: Modellierte Treppenanlage Außenanlage Elbtower	76
Abbildung 38: Rampe Außenanlage	77
Abbildung 39: Modellierte Rampe Außenanlage Elbtower	81
Abbildung 40: Vegetationsflächen Außenanlagenplanung Elbtower	83
Abbildung 41: Modellierte Vegetationsflächen Außenanlage Elbtower	87
Abbildung 42 Farbschema - extensive und intensive begrünte Vegetationsflächen	88
Abbildung 43: Automatisierte Flächenauswertung Vegetationsflächen	88
Abbildung 44: Bäume Außenanlage	89
Abbildung 45: Farbschema Gattungen Bäume	93
Abbildung 46: Farbschema Status Bäume	93
Abbildung 47: Hecken Außenanlage	94
Abbildung 48: Modellierte Heckenkörper mit Autodesk Revit	96
Abbildung 49: Modellierte Heckenkörper Außenanlage Elbtower	97
Abbildung 50: Ausstattungsgegenstände Außenanlage Elbtower	98
Abbildung 51: Modellierte Ausstattungsgegenstände	99
Abbildung 52: Feuerwehrflächen Außenanlage	100
Abbildung 53: Temporäre Begrenzung Raumkörper für Lichtraumprofil	103
Abbildung 54: Modelliertes Lichtraumprofil für Feuerwehrflächen Elbtower	104
Abbildung 55: Farbschema Feuerwehrflächen	104
Abbildung 56: Fahrradstellplätze Außenanlage	105
Abbildung 57: Farbschema zu Auswertung der Anzahl von Fahrradstellplätzen	107
Abbildung 58: Automatisierte Berechnung der Anzahl von Fahrradstellplätzen	107
Abbildung 59: Taxihaltestellen Außenanlage	108
Abbildung 60: Modellierte Taxihaltestellen als Raumkörper	109
Abbildung 61: Geh-und Fahrrechte	110
Abbildung 62: Visualisierung Geh- und Fahrrechte	111
Abbildung 63: Überflutungsbereich	112
Abbildung 64: Raumkörper Kennzeichnung Hochwasserschutz	113
Abbildung 65: Dachflächen_gesamt	115
Abbildung 66: Modellierte Raumkörper Dachflächen	116
Abbildung 67: Dachbegrünung Elbtower	117
Abbildung 68: Dachterrasse	120
Abbildung 69: Prozessmodellierung Prüffall Substratstärke	124
Abbildung 70: Algorithmische Prüfregel für den Prüffall Substratstärke	124

Abbildung 71: Ergebnis des Prüffalls Substratstärke	125
Abbildung 72: Hilfsgeometrie zu Überprüfung des Hochwasserschutzes	126
Abbildung 73: Prozessmodellierung für den Prüffall Mauerhöhe	127
Abbildung 74: Algorithmische Prüfredel für den Prüffall Höhe Mauer	127
Abbildung 75: Ergebnis des Prüffalls Mauerhöhe	128
Abbildung 76: Prozessmodellierung für den Prüffall Barrierefreiheit Rampe	129
Abbildung 77: Algorithmische Prüfredel für Prüffall Steigung der Rampe	129
Abbildung 78: Ergebnis des Prüffalls Steigung Rampe	130
Abbildung 79: Prozessmodellierung Prüffall Feuerwehrflächen	131
Abbildung 80: algorithmische Prüfredel für den Prüffall Feuerwehrflächen	132
Abbildung 81: Ergebnis Prüffall Höhe Lichtraumprofil Feuerwehrflächen	132
Abbildung 82: Kollisionsprüfung Lichtraumprofil	133
Abbildung 83: Prozessmodellierung für den Prüffall Dachflächen	134
Abbildung 84: Algorithmische Prüfredel für den Prüffall Dachflächen	135
Abbildung 85: Ergebnisvarianten des Prüffalls begrünte Dachflächen	135
Abbildung 86: Ergebnis alternative Prüfung begrünte Dachflächen	136

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Definition eines Property	23
Tabelle 2: Zuweisung LOD zu den Leistungsphasen nach HOAI	26
Tabelle 3: Inhalte und Informationen Bauantrag Außenanlage gemäß Bauordnungsrecht	43
Tabelle 4: Identifizierte Objekte / Informationen aus der Außenanlagenplanung Elbtower	45
Tabelle 5: Anforderungen Modellverortung	49
Tabelle 6 Properties: Lagebeschreibung	50
Tabelle 7: Anforderungen Grundstück	51
Tabelle 8: Property Grundstück	52
Tabelle 9: Properties Geländemodelle	52
Tabelle 10: Quantity Grundstück	52
Tabelle 11: Anforderungen befestigte Fläche	54
Tabelle 12: Properties befestigte Fläche	56
Tabelle 13 Quantities befestigte Fläche	56
Tabelle 14: Anforderungen Mauer	62
Tabelle 15: Properties Mauer	63
Tabelle 16 Quantities Mauer	64
Tabelle 17: Anforderungen Geländer / Handlauf	68
Tabelle 18 Properties Geländer / Handlauf	69
Tabelle 19: Quantities Geländer / Handlauf	69
Tabelle 20: Anforderungen Treppenanlage	71
Tabelle 21: Properties Treppenlauf	73
Tabelle 22: Quantities Treppenlauf	73
Tabelle 23: Properties Podest	73
Tabelle 24: Quantities Podest	73
Tabelle 25: Properties Handlauf	74
Tabelle 26 Quantities Handlauf	74
Tabelle 27: Anforderungen Treppe	77
Tabelle 28: Properties Rampe Außenanlage	79
Tabelle 29: Quantities Rampenlauf	79
Tabelle 30: Properties Podest	79
Tabelle 31: Quantities Podest	79
Tabelle 32: Properties Handlauf	80
Tabelle 33: Quantities Handlauf	80
Tabelle 34: Anforderungen Vegetationsfläche	83

Tabelle 35: Properties Vegetationsfläche	85
Tabelle 36 Quantities Vegetationsfläche	85
Tabelle 37: Anforderungen Baum	89
Tabelle 38: Properties Baum	91
Tabelle 39: Anforderungen Hecke	94
Tabelle 40: Properties Hecke	95
Tabelle 41: Quantities Hecke	96
Tabelle 42: Anforderungen Feuerwehrflächen	100
Tabelle 43: Properties Feuerwehrflächen Außenanlage	102
Tabelle 44: Quantities Feuerwehrflächen Außenanlage	102
Tabelle 45: Anforderungen Fahrradstellplätze	105
Tabelle 46: Properties Fahrradstellplätze	106
Tabelle 47: Quantity Fahrradstellplätze	106
Tabelle 48: Anforderungen Taxihaltestelle	108
Tabelle 49: Property Taxihaltestellen	109
Tabelle 50: Quantities Taxihaltestellen	109
Tabelle 51: Anforderungen Geh- und Fahrrechte	110
Tabelle 52: Property Geh- und Fahrrechte	111
Tabelle 53: Anforderungen Hochwasserschutz	112
Tabelle 54: Property Hochwasserschutz	113
Tabelle 55: Quantitiy Hochwasserschutz	113
Tabelle 56: Anforderungen Dachfläche_gesamt	115
Tabelle 57: Properties Dachflächen_gesamt	116
Tabelle 58: Quantity Dachflächen_gesamt	116
Tabelle 59: Anforderungen Dachbegrünung	117
Tabelle 60: Properties Dachbegrünung	118
Tabelle 61: Quantities Dachbegrünung	119
Tabelle 62: Anforderung Dachterrasse	120
Tabelle 63: Properties Dachterrasse	121
Tabelle 64: Quantities Dachterrasse	121

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BauGB	Baugesetzbuch
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BauVorlVO	Bauvorlagenverordnung
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BCF	BIM Collaboration Format
BDLA	Bund Deutscher Landschaftsarchitekten
BDLA NW	Bund Deutscher Landschaftsarchitekten Nordrhein-Westfalen
BIM	Building Information Modeling
BMK	Bauministerkonferenz
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
BRep	Boundary Representation
bS	BuildingSMART
bSI	BuildingSMART International
CAD	Computer Aided Design
CDE	Common Data Environment
CSG	Construction Solid Geometry
DGM	Digitales Geländemodell
GML	Geography Markup Language
HBauO	Hamburgische Bauordnung
IFC	Industry Foundation Classes
IFX	Ifc Extension
LOD	Level of Detail / Level of Development
LOG	Level of Geometry
LOI	Level of Information
LOIN	Level of Information Need
MBauVorlV	Musterbauvorlagenverordnung
MBO	Musterbauordnung
MVD	Model View Definition
ÖbVI	öffentlich bestellter Vermessungsingenieur
PlanZV	Planzeichenverordnung
PSD	Property Set Definition
QTO	Quantity take-offs
ROG	Raumordnungsgesetz
XML	Exensible Marku

1 EINLEITUNG

Angesichts der zunehmenden Digitalisierung der Bau- und Planungsbranche widmet sich diese Arbeit dem BIM-basierten (Building Information Modeling) Bauantrag und der Frage, welche Anforderungen dafür bei BIM-Modellen der Außenanlagenplanung zu berücksichtigen sind und wie diese umgesetzt werden können. Im Folgenden wird zunächst die Problemstellung der Arbeit näher erläutert. Im Anschluss werden die Zielstellung und die zentralen Forschungsfragen konkretisiert.

1.1 Problemstellung

Das Baugenehmigungsverfahren, wie man es heute kennt, ist zeit-, kosten- und personalintensiv sowie von langen Laufzeiten geprägt (VGL. BOURSCHIEDT 2018, S. 11). Im Hinblick auf aktuelle Herausforderungen für die Planungs- und Baubranche wie Klimaanpassung, Verkehrswende und Wohnungsnot bei gleichzeitig immer komplexer werdenden bauordnungs- und bauplanungsrechtlichen Anforderungen ist eine Modernisierung des Bauantragsverfahrens unabdingbar.

In Angesicht dessen wird mit dem seit 2014 laufenden Standardisierungsprojekt ‚Austauschstandards im Bau- und Planungsbereich‘ des IT-Planungsrates die Digitalisierung des Baugenehmigungsverfahrens vorangetrieben. So soll der Austausch von Daten und Informationen zwischen allen Beteiligten (planende Stelle, Genehmigungsstelle Antragsteller*innen usw.) zukünftig digital und unter bundesweit verbindlichen, herstellernerutralen, offenen Datenstandards erfolgen. Gleichzeitig ermöglicht die Einführung des digitalen Bauantragsverfahrens auch die Einbindung von BIM-Modellen.

Wie sich BIM-Modelle konkret in das digitale Bauantragsverfahren einbinden lassen, welche Anforderungen ein BIM-Modell für den BIM-basierten Bauantrag erfüllen muss und welche möglichen Vorteile oder Synergieeffekte dabei zu erwarten sind, wurde vom Jahr 2017-2020 in dem Forschungsprojekt ‚BIM-basierter Bauantrag‘ im Rahmen der Forschungsinitiative ‚Zukunft Bau‘ untersucht (VGL. GRÜNER 2019, S. 325). Vorteile zeigten sich beispielsweise durch eine automatisierte Datenübernahme vom BIM-Modell in den digitalen Bauantrag sowie durch die Möglichkeit einer teilautomatisierten Regelprüfung von bauordnungs- und planungsrechtlichen Anforderungen. Darüber hinaus wird insgesamt erwartet, dass die Bearbeitung schneller erfolgt, sodass personelle Ressourcen schonender und zielgerichteter eingesetzt werden könnten (VGL. ZUKUNFT BAU 2020, S. 52). Im Fokus der Untersuchung standen jedoch insbesondere Gebäudemodelle.

Zunehmend wird die Anwendung der BIM-Methode jedoch auch von der Landschaftsarchitektur gefordert. Der BIM-basierte Bauantrag sollte zukünftig auch in dieser Branche umsetzbar sein.

Aufgrund bisher nicht definierter Objekte für den Bereich Landschaft im internationalen, herstellernerutralen Austauschstandard von BIM-Modellen IFC (Industry Foundation Classes) sowie fehlender Standards hinsichtlich der Modellierung und den zu beschreibenden Attributen, ist die Teilhabe an BIM-Prozessen zurzeit noch eine große Herausforderung.

Dieser muss sich die Landschaftsarchitektur im Zuge der Digitalisierung der Bau- und Planungsbranche jedoch zwingend stellen. Ansonsten besteht die Gefahr, dass die Landschaftsarchitektur insbesondere bei interdisziplinären, digital durchgeführten Planungsprozessen nicht ausreichend integriert wird. Darunter könnte die Planungsqualität leiden. Dies könnte zudem eine Barriere für innovative und nachhaltigere Bauvorhaben darstellen.

Des Weiteren ist abzusehen, dass ohne technologischen Fortschritt auch die Wirtschaftlichkeit vieler Landschaftsarchitekturbüros gefährdet ist.

Die hier aufgezeigte Problematik gibt den Anlass und die Motivation sich mit der Frage zu beschäftigen, wie Außenanlagenmodell in der BIM-Methode erstellt werden können und welche konkreten Modellanforderungen für den BIM-basierten Bauantrag umzusetzen sind. Daraus folgend sollen auch mögliche Chancen für die Landschaftsarchitektur sichtbar werden.

1.2 Zielstellung und Forschungsfragen

Damit in Zukunft auch BIM-Modelle der Außenanlagenplanung im digitalen, BIM-basierten Bauantragsverfahren genutzt werden können, ist es zunächst erforderlich, die dafür notwendigen Modellanforderungen zu definieren. Hier setzt diese Masterarbeit an. Ziel ist es, sowohl die relevanten Objekte des Freiraums als auch deren geometrische und semantische Anforderungen für den Bauantrag zu identifizieren und in eine Modellierungsrichtlinie zu fassen.

Ein weiteres Ziel ist es, auch die Umsetzbarkeit der definierten Objektanforderungen nach derzeitigem Entwicklungsstand des IFC-Standards und der aktuell zur Verfügung stehenden Software-Systeme zu verifizieren. Dabei ist auch der Modellierungsaufwand zu bewerten.

Ein abschließendes Ziel dieser Arbeit ist es, die Möglichkeiten und Potenziale der teilautomatisierten Regelprüfung hinsichtlich bauordnungs- und planungsrechtlicher Anforderungen für BIM-Modelle der Außenanlagen zu untersuchen und aufzuzeigen.

Die Modellierungsrichtlinie wird exemplarisch am Beispiel der Außenanlagenplanung des Bauvorhabens Elbtower in Hamburg umgesetzt. Die Bauantragsplanung der Außenanlage wurde für dieses Projekt nach der konventionellen Planungsmethode durch das Landschaftsarchitekturbüro ‚Vogt Landschaft GmbH‘ aus Berlin Ende des Jahres 2020 bei der Baugenehmigungsbehörde eingereicht.

Im Bewusstsein, dass mit voranschreitender Digitalisierung neue technologische Standards in der Planungs- und Baubranche etabliert werden, strebt diese Arbeit an, einen Beitrag dazu zu leisten, den BIM-basierten Bauantrag zukünftig auch für die Landschaftsarchitektur zu ermöglichen.

Um dieses Ziel zu erreichen, sind im Rahmen dieser Arbeit vier zentrale Forschungsfragen zu beantworten.

Forschungsfragen:

- Welche Objekte des Freiraums sind für den BIM-basierten Bauantrag zu berücksichtigen und wie ist der jeweils erforderliche semantische und geometrische Detaillierungsgrad?
- Wie sind die Objekte des Freiraums, für die es bisher keine IFC-Standards gibt, zu klassifizieren?
- Wie ist die Modellierung der identifizierten Objekte des Freiraums nach aktuellem Stand der Technik umzusetzen?
- Welches Potenzial bietet die teilautomatisierte Prüfung von bauordnungs- und bauplanungsrechtlichen Anforderungen für die Prüfung einer Außenanlagenplanung?

1.3 Struktureller Aufbau der Arbeit

Kapitel 2 gibt einen Überblick zum Stand der Forschung und führt in die wesentlichen Grundlagen ein. Zunächst werden allgemeine Grundlagen zum Baugenehmigungsverfahren aufgeführt. Im Anschluss daran wird aufgezeigt, weshalb das Baugenehmigungsverfahren zukünftig digitalisiert werden sollte. Dabei werden auch die vom ‚IT-Planungsrat‘ entwickelten Datenstandards vorgestellt.

In einem nächsten Abschnitt wird kurz in Grundlagen der BIM-Methode eingeführt. Aufbauend hierauf werden die derzeitigen Herausforderungen und Schwierigkeiten bei der Umsetzung der BIM-Methode für die Landschaftsarchitektur dargestellt. Hier werden Ursachen wie der Entwicklungsstand aktuell verfügbarer Modellierungstools und das IFC-Schema thematisiert sowie mögliche Lösungswege aufgezeigt.

Thema des letzten Abschnitts ist der Anwendungsfall BIM-basierter Bauantrag. Nachdem zunächst die Chancen des BIM-basierten Bauantrags für die Planenden und die Bauaufsichtsbehörden aufgezeigt werden, werden anschließend die zentralen Ergebnisse des Forschungsprojekts ‚BIM-basierter Bauantrag‘ zusammengefasst.

Kapitel 3 stellt die methodische Herangehensweise zur Beantwortung der vier Forschungsfragen und zur Erstellung der Modellierungsrichtlinie für Objekte des Freiraums für den BIM-basierten Bauantrag vor.

Kapitel 4 widmet sich der Dokumentenanalyse. Mit dem Ziel, alle wesentlichen Inhalte und Informationen sowie semantischen und geometrischen Anforderungen für den BIM-basierten Bauantrag zu identifizieren, werden zunächst die Vorgaben nach ‚Level of Detail 200‘ untersucht. Im Anschluss daran werden notwendige Planinhalte und Informationen für die Bauantragsplanung anhand der Musterbauvorlagenverordnung, der Bauvorlagenverordnung der Stadt Hamburg und des qualifizierten Freiflächenplans untersucht. Für die exemplarische Umsetzung der Modellierungsrichtlinie am Beispiel der Außenanlage des Elbtowers werden außerdem die vorliegende Bauantragsplanung und der Bebauungsplan HafenCity 16 mit den dazugehörigen Festsetzungen untersucht.

Kapitel 5 fasst die Untersuchungsergebnisse aus Kapitel 4 in einer Modellierungsrichtlinie für den BIM-basierten Bauantrag für die identifizierten Objekte und Inhalte des Freiraums zusammen. Auf Basis dieser Ergebnisse wird die Umsetzbarkeit der Modellierung für alle identifizierten Objekte verifiziert. Darüber hinaus werden die notwendigen semantischen Eigenschaften der Objekte des Freiraums für den BIM-basierten Bauantrag definiert. Des Weiteren werden für alle identifizierten Objekte Angaben zur Klassifizierung im IFC gemacht.

Kapitel 6 zeigt Potenziale und Chancen der teilautomatisierten Regelprüfung von bauordnungs- und bauplanungsrechtlichen Anforderungen an die Außenanlagenplanung auf.

Kapitel 7 fasst die Arbeit zusammen und diskutiert die Ergebnisse zu den eingangs aufgeführten vier zentralen Forschungsfragen dieser Arbeit. Abschließend wird ein Ausblick für anknüpfende Forschungsarbeiten gegeben.

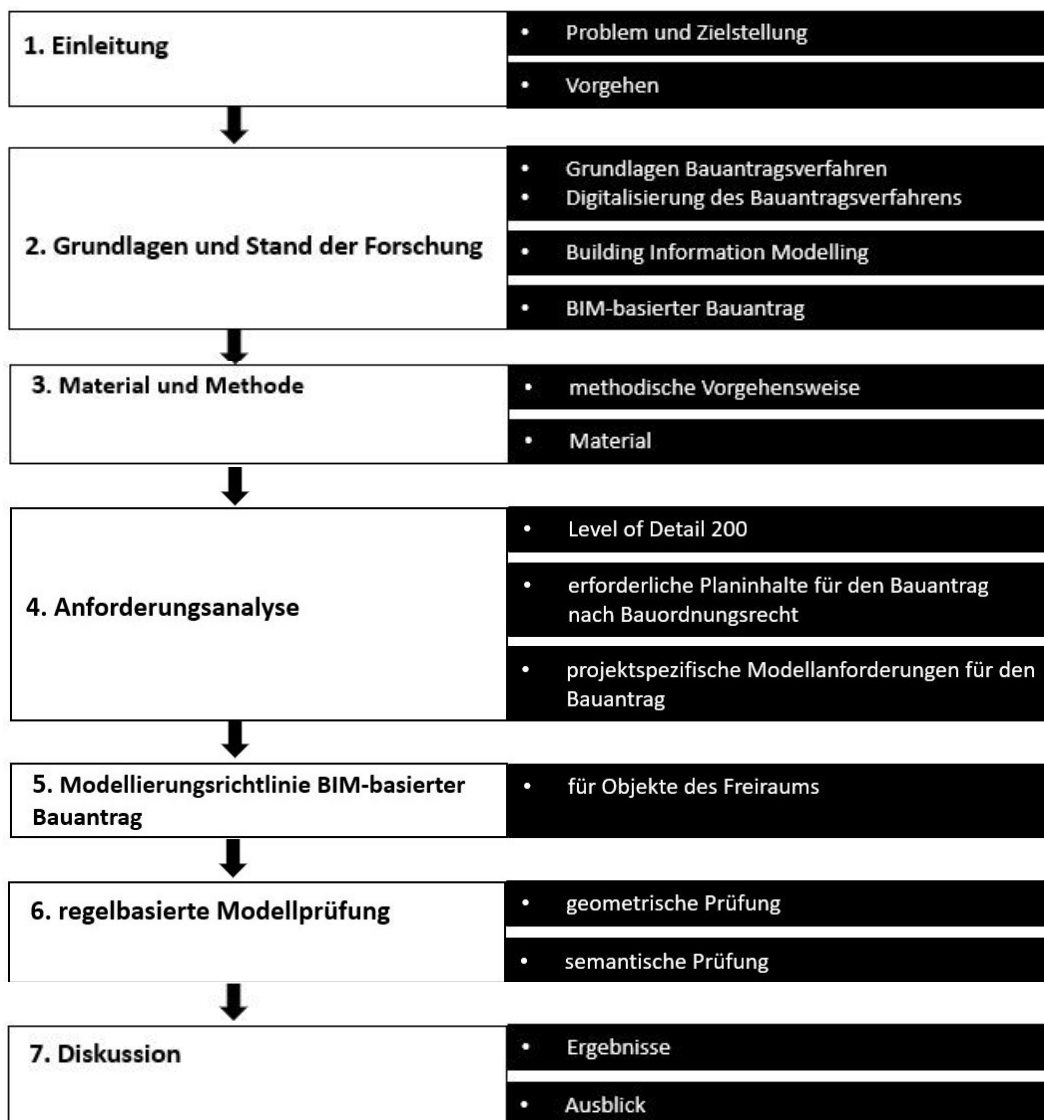


Abbildung 1: Struktureller Aufbau der Arbeit

2 GRUNDLAGEN UND STAND DER FORSCHUNG

2.1 Baugenehmigungsverfahren

Für unterschiedliche bauliche Tätigkeiten wie die Errichtung, Änderung, Nutzungsänderung oder Beseitigung baulicher Anlagen wird ein Baugenehmigungsverfahren vorausgesetzt. Ziel des Baugenehmigungsverfahrens ist die Erteilung einer Baugenehmigung durch die Bauaufsichtsbehörde. Eine Baugenehmigung ist dann zu erteilen, wenn nach der Prüfung des Bauantrags durch die Bauaufsichtsbehörde, dem Bauvorhaben keine öffentlich-rechtlichen Vorschriften entgegenstehen. Andernfalls folgt eine Ablehnung des Bauantrags durch die Bauaufsichtsbehörde (VGL. IT-PLANUNGSRAT 2016, S. 58; VGL. WIRTH UND SCHNEEWEIß 2016, S. 95).

Öffentlich-rechtliche Vorschriften in diesem Sinne sind insbesondere die des Bauplanungsrechts und des Bauordnungsrechts. Diese werden im Folgenden als Basis für die Arbeit kurz beschrieben.

2.1.1 Bauplanungsrecht

Das Bauplanungsrecht regelt die flächenbezogenen Anforderungen an ein Bauvorhaben auf Grundlage der bundesweiten Rechtsquellen: Baugesetzbuch (BauGB), die Baunutzungsverordnung (BauNVO), die Planzeichenverordnung (PlanZV), das Raumordnungsgesetz (ROG) sowie auch das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) und Naturschutzgesetze der Länder (VGL. IT-PLANUNGSRAT 2016, S. 9; VGL. MÜLLER UND SCHEFFLER 2017, S. 102).

Die allgemeine Zielstellung des Bauplanungsrechts ist die Sicherstellung einer geordneten Bodennutzung und städtebaulichen Entwicklung. Zentrales Planungsinstrument hierfür ist die im Baugesetzbuch (BauGB) geregelte Bauleitplanung. Im Rahmen der Bauleitplanung werden Flächennutzungspläne und Bebauungspläne auf kommunaler Ebene aufgestellt, geändert oder erweitert (VGL. § 2 BAUGB).

Gemäß § 1 Abs. 5 BauGB wird mit der Bauleitplanung das Ziel gesteuert und geordnet, „die sozialen, wirtschaftlichen und umweltschützenden Anforderungen auch in Verantwortung gegenüber künftigen Generationen miteinander in Einklang (zu) bringen, und eine dem Wohl der Allgemeinheit dienende sozialgerechte Bodennutzung [...] zu gewährleisten“ (§ 1 Abs. 5 BAUGB). Ziele der Bauleitplanung werden in der Regel in zeichnerischen Elementen (PlanZV), textlichen Festsetzungen und einer Begründung festgehalten.

Kommunen und Gemeinden sind bei der Aufstellung, Änderung oder Erweiterung von Bauleitplänen an die Bestimmungen und Vorgaben aus den bereits oben genannten Rechtsquellen BauNVO, ROG und BNatSchG gebunden.

2.1.2 Bauordnungsrecht

Das Bauordnungsrecht regelt die bautechnischen Anforderungen für Bauvorhaben insbesondere zur Abwehr von möglichen Gefahren, die von den Bauvorhaben ausgehen. Darüber hinaus regelt

es auch den Ablauf des Baugenehmigungsverfahrens und die Aufgaben und Pflichten aller am Bauvorhaben beteiligten Akteure.

Anders als das Bauplanungsrecht wird das Bauordnungsrecht von den Ländern durch die jeweiligen Landesbauordnungen geregelt. Um große inhaltliche Unterschiede zwischen den Landesbauordnungen zu vermeiden, orientieren sich diese an der von der Bauministerkonferenz beschlossene Musterbauordnung (MBO), welche regelmäßig an aktuelle rechtliche und bautechnische Entwicklungen angepasst wird (VGL. BAUMINISTERKONFERENZ (BMK) 2019, S. 12).

In der Stadt Hamburg werden die bautechnischen Anforderungen und Regelungen zum Baugenehmigungsverfahren in der Hamburgischen Bauordnung (HBauO) geregelt. Darin sind drei verschiedene Bauantragsverfahren geregelt: Das vereinfachte Genehmigungsverfahren gemäß § 61 HBauO, das Baugenehmigungsverfahren mit Konzentrationswirkung nach § 62 HBauO und der Vorbescheid gemäß § 63 HBauO (HBauO, FASSUNG 2005).

Neben den Landesbauordnungen, sind auch die Bauvorlagenverordnungen auf Länderebene geregelt. Die Bauvorlagenverordnungen regeln, welche Unterlagen, Pläne und Planinhalte und weitere Dokumente für ein Bauvorhaben bei der Bauaufsichtsbehörde zur Prüfung von Anträgen einzureichen sind. Rechtliche Vorgaben zu den Bauvorlagen werden in Hamburg in der Bauvorlagenverordnung (BauVorIVO) festgelegt. Auch diese orientiert sich an einer Musterbauvorlagenverordnung des Bundes (MBauVorIV) (vgl. BAUMINISTERKONFERENZ^B (BMK) 2019, S. 13).

Häufig werden die 16 verschiedenen Landesbauordnungen und Bauvorlagenverordnungen nicht nur von Bauherr*innen, Investor*innen oder Architekt*innen als lästig empfunden, sondern auch von den Bundesländern selbst, da beispielsweise Investor*innen gerade bei größeren Vorhaben überregional agieren und mögliche Firmenstandorte auch nach dem Ablauf eines jeweiligen Baugenehmigungsverfahrens bewerten (VGL. MÜLLER UND SCHEFFLER 2017, S. 102).

2.1.3 Exkurs: Qualifizierter Freiflächenplan

Während die baurechtliche Genehmigung klaren Regeln unterliegt, werden die zunehmenden Herausforderungen an die Klimaanpassung, den Überflutungsschutz, den Boden- und Artenschutz aber auch des Stadt- und Landschaftsbildes zurzeit oft nur am Rande und in zersplitterten Zuständigkeiten behandelt. Laut dem Bund Deutscher Landschaftsarchitekten (BDLA) beklagen Genehmigungsbehörden aber auch Gestaltungsbeiräte in den Kommunen besonders bei vereinfachten Bauantragsverfahren fehlende Steuerungsmöglichkeiten für eine nachhaltig, ökologische Stadtentwicklung (VGL. BDLA NW 2015).

Diesbezüglich wurde vom BDLA der sogenannte qualifizierte Freiflächenplan als zusätzliches Instrument im Baugenehmigungsverfahren entwickelt. Zielführend soll dieser künftig flächendeckend im Bauordnungsrecht verankert sein und eine klimagerechte, ökologisch nachhaltige und lebenswerte Gestaltung der Baugrundstücke sicherstellen (VGL. SATTLER 2015; VGL. BDLA NW 2015).

So sollen beispielsweise Einsparungen und Kürzungen bei zu begrünenden Außenflächen vermieden werden, denn oft werden Budgetüberschreitungen im Hochbau durch Kürzungen des Budgets für die Begrünung kompensiert.

Daher kann eine nachhaltige Stadtentwicklung wegen fehlender regulierender Instrumente, wie z.B. eines verbindlichen qualifizierten Freiflächenplans, oft nur mühsam umgesetzt werden (VGL. SATT-
LER 2015).

Die konkrete Aufgabe des Freiflächenplans ist es, frühzeitig die umwelt-, wasser- und naturschutz-
rechtlichen Aspekte mit Anforderungen z. B. an Rettungswege und denen nach Erholung, Spiel-
platzversorgung zu einem Gesamtkonzept zu bündeln und aufeinander abzustimmen. Zukünftig
ließen sich so funktionale und baurechtliche Aspekte zu einer hochwertigen und klimagerechten
nachhaltigen Grundstücksentwicklung zusammenführen (VGL. BDLA BERLIN / BRANDENBURG 2020).
Der BDLA hat bereits eine Liste mit Planinhalten erarbeitet, die bei der Bauantragsplanung berück-
sichtigt werden sollen. Auf die Inhalte des qualifizierten Freiflächenplans wird im Rahmen einer
Dokumentenanalyse im weiteren Verlauf detailliert eingegangen.

Bislang wird der qualifizierte Freiflächenplan als verbindliches Instrument im Baugenehmigungs-
verfahren noch nicht flächendeckend in Deutschland eingesetzt. In Berlin ist dieser jedoch z. B.
schon im Handlungsprogramm Berliner Stadtgrün 2030 im Abschnitt III Nr. 8 verankert (VGL. BDLA
BERLIN / BRANDENBURG 2020).

2.1.4 Ablauf eines Bauantragsverfahren

Um die Komplexität eines Baugenehmigungsverfahrens zu verdeutlichen, wird im Folgenden kurz
auf den Ablauf und die beteiligten Akteur*innen eingegangen.

Die folgende Abbildung zeigt die Akteur*innen, die in der Regel an einem genehmigungspflichtigen
Bauvorhaben beteiligt sind.

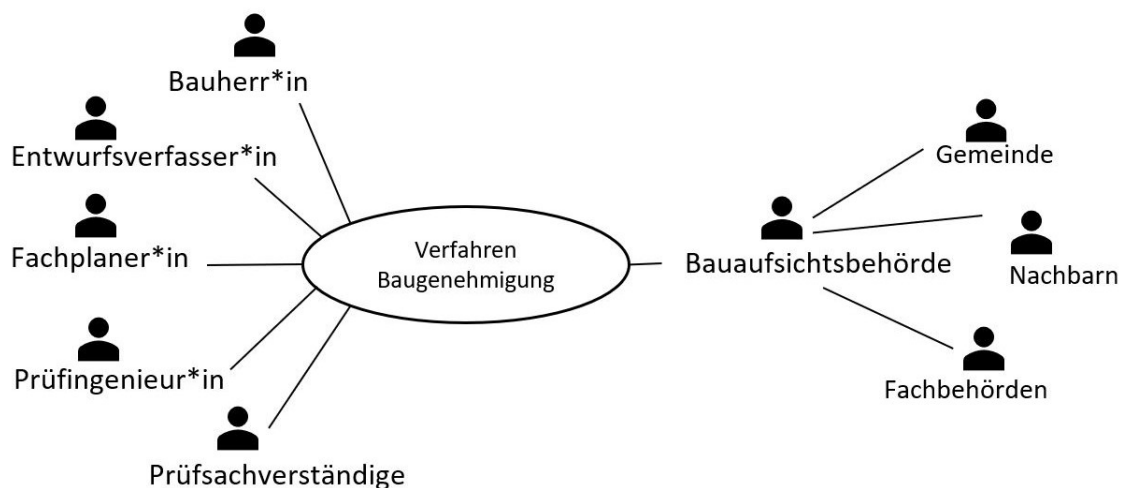


Abbildung 2: Akteur*innen im Baugenehmigungsverfahren (NACH BMK 2019, S. 39)

Die Entwurfsverfasserin oder der Entwurfsverfasser erstellt im Auftrag der Bauherrin oder des Bau-
herrn den Bauantrag mit allen erforderlichen Unterlagen (Bauvorlagen). Spezielle Fachplanungen
wie z. B. die Planung der Außenanlagen werden im Auftrag der Entwurfsverfasserin oder des Ent-

wurfsverfassers durch Fachplanende angefertigt (VGL. § 55 HBAUO). Prüfingenieur*innen sind verantwortlich für die Prüfung von bautechnischen Nachweisen unter Einhaltung der bauordnungsrechtlichen Schutzziele (vgl. IT-Planungsrat 2016, S. 60).

Nach Einreichen der Unterlagen prüft die Bauaufsichtsbehörde zunächst formal die Bauvorlageberechtigung der Entwurfsverfasserin oder des Entwurfsverfassers und die Vollständigkeit der geforderten Unterlagen. Gegebenenfalls werden nach dieser Prüfung Unterlagen nachgefordert. Diese sind dann in einer vorgegebenen Frist bei der zuständigen Bauaufsichtsbehörde nachzureichen.

In einem nächsten Schritt prüft die Bauaufsichtsbehörde den Inhalt des Bauantrags auf Grundlage des BauGBs, der BauNVO und der Landesbauordnung (HBauO). In diesen Zusammenhang werden auch die bautechnischen Nachweise auf Einhaltung der materiellen Anforderungen an die Sicherheit und den Brandschutz von baulichen Anlagen geprüft. Dafür stellt die HBauO zwei Systemalternativen zur Verfügung. Zum einen kann die Bauaufsichtsbehörde die Prüfung der bautechnischen Nachweise selbst durchführen oder an einen geeigneten Prüfsachverständigen übertragen. Zum anderen hat die Bauherrin oder der Bauherr selbst die Möglichkeit, einen privaten Prüfsachverständigen für die bautechnischen Nachweise zu beauftragen. Beide Systeme sind rechtlich gleichwertig.

Des Weiteren prüft die Bauaufsichtsbehörde, ob noch weitere Behörden oder Stellen zum Bauvorhaben für die Genehmigungsfähigkeit des Bauantrags beteiligt oder angehört werden müssen. Im Rahmen dieses Beteiligungsverfahrens müssen sämtliche Stellungnahmen zum Bauvorhaben beispielsweise der Gemeinde, weiterer Behörden, Stellen oder Nachbarn innerhalb eines Monats nach Aufforderung eingereicht werden. Anschließend überprüft die Bauaufsichtsbehörde die Stellungnahmen auf Rechtmäßigkeit.

Wenn dem Bauvorhaben nach dem Prüfverfahren keine öffentlich-rechtlichen Vorschriften entgegenstehen, ist die Baugenehmigung zu erteilen. Ansonsten wird der Bauantrag abgelehnt. Im Zuge der Baugenehmigung oder der Ablehnung der Baugenehmigung wird ein Gebührenbescheid erstellt (VGL. BMK 2019, S. 60-64).

2.2 Bedarf der Digitalisierung im Baugenehmigungsverfahren

Das Baugenehmigungsverfahren zählt zu den wichtigsten öffentlich-rechtlichen Verfahren im Bau- und Planungsbereich. Wie bereits sichtbar wurde, erfordert dieses Verfahren ein Zusammenwirken und dementsprechend auch einen Datenaustausch zwischen vielen verschiedenen Akteur*innen auf unterschiedlichen Planungsebenen.

Die meisten beteiligten Akteure arbeiten intern zwar unter dem Einsatz entsprechender IT-Anwendungen und -Systeme, jedoch wird das vorhandene Potenzial zur besseren Zusammenarbeit bisher nur relativ wenig im Genehmigungsverfahren genutzt. So erfolgt die Übermittlung von Daten und Informationen häufig in Papierform. Wenn doch IT-Systeme zum Einsatz kommen, ist der Datenaustausch von Medienbrüchen und daraus resultierenden Informationsverlusten als Folge unterschiedlicher IT-Systeme mit unterschiedlichen Schnittstellen geprägt. Benötigte Daten und Informationen werden daher im Laufe eines Baugenehmigungsverfahrens meist mehrfach manuell erfasst (VGL. IT-PLANUNGSRAT 2016, S. 5; VGL. MÜLLER UND SCHEFFLER 2017, S. 99). Hinzu kommen eine seit Jahren ausgedünnte Personaldecke in den Bauaufsichtsbehörden und stetig komplexer werdende Bauordnungsrechte der Länder (VGL. PFEIFER ET AL. 2020). Die Folge sind viel zu lange Laufzeiten im Baugenehmigungsverfahren, die laut Bourscheidt bis zu 10 Monaten andauern können (VGL. BOURSCHIEDT 2018, S. 111).

Angesichts der derzeitigen wirtschaftlichen und politischen Bedeutung des Bausektors besteht ein hoher Bedarf, die langsamen und fehleranfälligen Prozesse im Baugenehmigungsverfahren durch digitale Prozesse zu optimieren, um beispielsweise der aktuell hohen Nachfrage nach Wohnraum oder auch den in Zukunft zunehmenden Klimaanpassungsmaßnahmen in den Städten gerecht werden zu können.

Gefordert sind vernetzte, durchgängige IT-unterstützte Prozesse und Verfahren, die eine effizientere Zusammenarbeit aller im Baugenehmigungsverfahren beteiligten Akteur*innen ermöglichen. Voraussetzung dafür sind verbindliche Datenstandards¹, die einen durchgängigen und verlustfreien Datenaustausch garantieren (VGL. MÜLLER UND SCHEFFLER 2017, S. 100).

¹ Datenaustauschstandards legen fest, wie die auszutauschenden Daten strukturiert und von verschiedenen IT-Systemen interpretiert werden müssen. Sie stellen somit sicher, dass die auszutauschenden Daten von den jeweiligen IT-Systemen „verstanden“ und verarbeitet werden können (VGL. MÜLLER UND SCHEFFLER 2017, S. 100)

2.3 Datenstandard Formate XPlanung und XBau

Im Rahmen des seit Oktober 2014 laufenden Standardisierungsprojektes ‚Austauschstandards im Bau- und Planungsbereich‘ des ‚IT-Planungsrats‘ werden bundeseinheitliche Standards zum Austausch und Verarbeitung von Daten und Informationen für Planungs- und Genehmigungsverfahren geschaffen (VGL. IT-PLANUNGSRAT). So wurde im Oktober 2017 die bundesweit verbindliche Einführung der beiden herstellernerutralen und offenen Datenstandards XPlanung und XBau beschlossen, welche nach einer fünfjährigen Übergangsfrist bis zum Frühjahr 2023 in alle Software-Systeme der Planungs- und Bauverwaltungen zu implementieren sind (VGL. LEITSTELLE XPLANUNG UND XBAU 2018, S. 9).

Beide Standards setzen Normen, in denen einheitliche Datenstrukturen, -inhalte und -formate festgelegt werden. Mit dem dafür entwickelten Datenformat XPlanGML wird sichergestellt, dass die auszutauschenden Daten von allen Software-Systemen mit entsprechender Schnittstelle „verstanden“ und verarbeitet werden können (VGL. LEITSTELLE XPLANUNG / XBAU 2018, S. 4). Das Datenformat XPlanGML basiert auf der Auszeichnungssprache GML (**G**eography **M**arkup **L**anguage), welches die Übermittlung von Raumbezogenen Daten als Objekte mit Geometrien, spezifischen Attributen und Relationen erlaubt. GML ist eine Erweiterung der Auszeichnungssprache XML (**E**xensible **M**arkup **L**anguage). Im Standard XPlanGML steht das X für XML, womit Informationen im Format einer Textdatei dargestellt werden, die sowohl von Menschen als auch von Maschinen lesbar ist. Mit einer XPlanGML-Datei können also textliche und geometrische Festlegungen, Darstellungen, Festsetzungen, nachrichtliche Übernahmen oder Kennzeichnungen der Planwerke digital abgebildet werden (VGL. LEITSTELLE XPLANUNG 2020, S. 6).

Mit der Anwendung dieser herstellernerutralen Standards werden die Prozesse insbesondere im Baugenehmigungsverfahren vereinfacht und effizienter. Darüber hinaus wird die Voraussetzung einer bundesweit einheitlichen raumbezogenen Dateninfrastruktur geschaffen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass mit der Einführung der Datenstandards XPlanung und XBau auch die Einbindung von BIM-Modellen und somit auch ein potentieller BIM-basierter Bauantrag ermöglicht werden (VGL. LEITSTELLE XPLANUNG UND XBAU 2018, S. 4). Wie BIM-Modelle sich künftig in die Datenstandards einbinden lassen, wird aktuell diskutiert und ist Gegenstand des Forschungsprojektes BIM-basierter Bauantrag im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau.

Im Zuge der Bedarfsbeschreibung zur Entwicklung von Austauschstandards im Bau- und Planungsbereich wurden Anwendungsfälle definiert, bei denen die Standards XPlanung und XBau zum Einsatz kommen sollen.

2.3.1 XPlanung

XPlanung ist der Standard für die Struktur, den Inhalt und die Form von Daten bzw. Informationen zur Bereitstellung von räumlichen Planwerken der Raumordnungs- und Regionalplanung (RPlan), der Bauleitplanung (BPlan und FPlan) und der Landschaftspläne (LPlan-Kernmodell) (VGL. LEITSTELLE XPLANUNG UND XBAU 2018, S. 10). In der aktuellen Version XPlanung 5.2 können die Landschaftspläne noch nicht im Detail dargestellt werden. Stattdessen ist bislang nur ein Kernmodell

der Landschaftsplanung enthalten, in dem viele Inhalte eines konkreten naturschutzrechtlichen Planwerks fehlen. Unter der Federführung des Bundesamts für Naturschutz wird aktuell jedoch an der Erweiterung des Standards im Fachbereich Landschaftsplanung gearbeitet, damit zukünftig auch die Planwerke der Landschaftsplanung vollständig durch XPlanung abgebildet und ausgetauscht werden können (VGL. LEITSTELLE XPLANUNG 2020, S. 5).

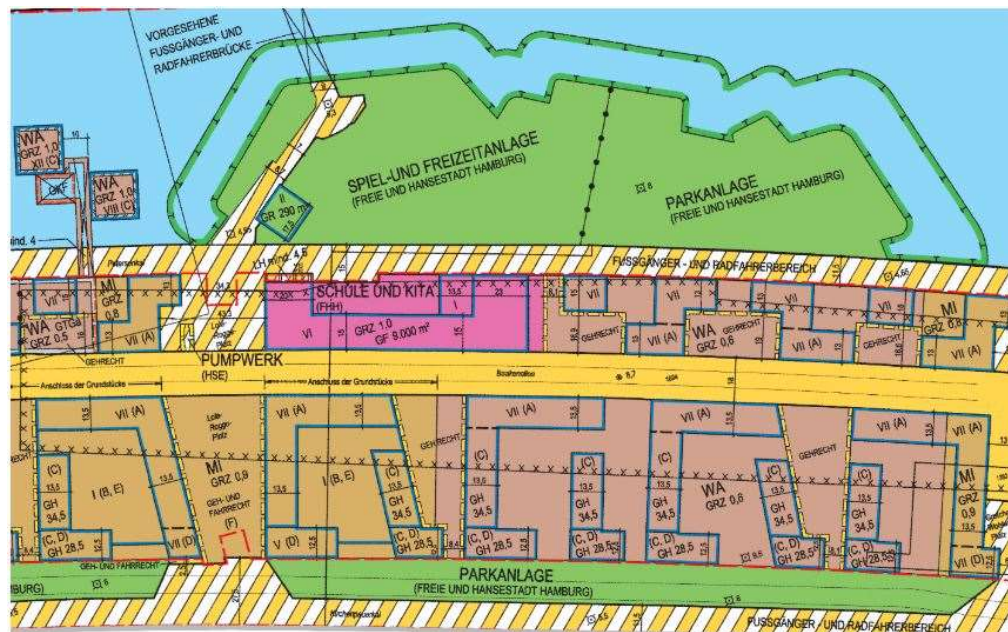


Abbildung 3: Bebauungsplan im Format XPlanung (LEITSTELLE XPLANUNG/XBAU 2018, S.10)

Im Gegensatz zum klassischen 2D-Plan bieten Planwerke im Format XPlanung eine deutlich höhere semantische Informationstiefe. Aufgrund der im Standard einheitlich definierten „Sprache“, ist jedes im Plan befindliche Objekt eindeutig klassifiziert (z. B. Grundstücksfläche). So wird z. B. in der Klasse Grundstücksfläche nicht nur die Flächengeometrie abgebildet, sondern auch weitere Sachdaten, wie spezifische Festsetzungen, sind direkt als Eigenschaften mit den Geometrien verknüpft.

Im Gegensatz zu einem klassischen BPlan können bei einem BPlan im Format XPlanung die verknüpften Sachdaten direkt und eindeutig maschinell ausgelesen werden (VGL. LEITSTELLE XPLANUNG 2020, S. 25; VGL. ZUKUNFT BAU 2020, S. 9).

Mit den auf Basis von XPlanung aufgestellten vektoriellen Planwerken, wird eine Vielzahl von Kombinations- und Auswertungsmöglichkeiten mit anderen raumbezogenen Fachdaten ermöglicht. Von der verbesserten Datengrundlage profitieren Gesamt- und Fachplanungen, wie beispielsweise die Landschaftsplanung, bei der Beurteilung des Eingriffs einer Planung in den Naturhaushalt sowie bei der Erstellung von Fachgutachten (VGL. LEITSTELLE XPLANUNG UND XBAU 2018, S. 16).

2.3.2 XBau

XBau ermöglicht als XML-basierter Standard den verlustfreien Informations- und Datenaustausch zwischen den am Bau beteiligten Akteur*innen innerhalb bauordnungsrechtlicher Genehmigungsverfahren. So sind im XBau insbesondere die Spezifikationen von folgenden Nachrichten und Daten standardisiert:

- Antragsdaten
- Beschreibung des beantragten Bauvorhabens
- Informationen zu den am Bau Beteiligten
- Dokumente wie z. B. Bauvorlagen und Unterlagen (nähere Beschreibung eines Bauvorhabens oder BIM-Modelle) einschließlich Metadaten
- Informationen zum Verfahrensstand eines bauaufsichtlichen Verfahrens
- Bescheide

Im Datenmodell XBau sind die bauaufsichtlichen Genehmigungsverfahren auf Grundlage der Musterbauordnung modelliert. Dies gewährleistet die größtmögliche Allgemeingültigkeit, wobei bei Bedarf auch individuelle Anpassungen an das Landesbaurecht grundsätzlich möglich sind. Neben dem bauaufsichtlichen Verfahren sind auch Informationsübermittlungsprozesse wie z. B. Anzeigen, Beteiligungen oder Benachrichtigungen abgebildet (LEITSTELLE XPLANUNG UND XBAU 2018, S. 11). Der XBau-Standard verspricht erhebliche Effizienzgewinne und beschleunigte Entscheidungsprozesse im Baugenehmigungsverfahren. So können die XBau-konformen Daten und Unterlagen der Antragstellenden direkt von den Bauaufsichtsbehörden digital einbezogen und geprüft werden. Außerdem können die Daten an Dritte wie z. B. zusätzliche Fachbehörden „maßgeschneidert“ ohne Zeitverzögerung weitergeliefert werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass Architekt*innen oder Fachplaner*innen während des Genehmigungsverfahrens immer die Möglichkeit haben, den Prüfstatus zu überprüfen (VGL. BMK 2019, S. 5).

Im Folgenden wird das Prinzip bzw. die Modellstruktur des Bauantrags mit XBau veranschaulicht.

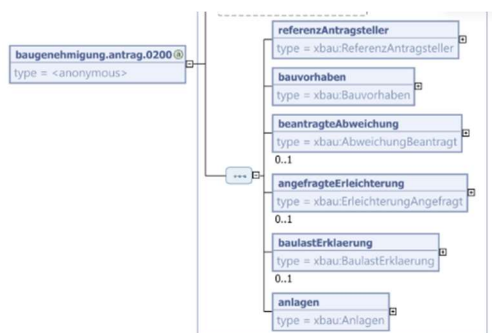


Abbildung 4: Modellstruktur Nachricht: baugenehmigung.antrag.0200 (BMK 2019, S. 126)

Der initiale Bauantrag wird durch die Nachrichtenart ‚baugenehmigung.antrag 200‘ abgebildet. Durch das Senden dieser Nachricht an die Bauaufsichtsbehörde beantragt der/die Absendende die Genehmigung für das in der Nachricht dokumentierte Bauvorhaben. Die Nachricht fasst Angaben

zu den Antragsstellenden, zum Bauvorhaben und weitere Anlagen wie Abweichungsanträge, Erleichterungen oder Baulasterklärung zusammen (VGL. BMK 2019, S. 126).

So beinhaltet die Nachricht ‚bauvorhaben‘ die relevanten Bauwerksinformationen. Diese untergliedern sich in die Bezeichnung des Bauvorhabens, Beteiligte, Gegenstand und Verortung. Als Beteiligte werden die Bauherrin / der Bauherr, die antragsbevollmächtigte Person, ein*e Grundstückseigentümer*in sowie ein*e Entwurfsverfasser*in aufgeführt. Unter der Nachricht ‚gegenstand‘ wird die ‚artDerMassnahme‘ und ‚artDerbaulichenAnlage‘ sowie das ‚bauvorhabenDatenblatt‘ zur Zusammenstellung relevanter technischer Daten und Kennzahlen zum Bauvorhaben zusammengefasst. Die Nachricht ‚verortung‘ enthält Informationen zum ‚baugrundstueck‘, wie z. B. die Anschrift und die Flurstückkennzeichnung (VGL. ZUKUNFT BAU 2020, S. 11; VGL.BMK 2019, S. 67).

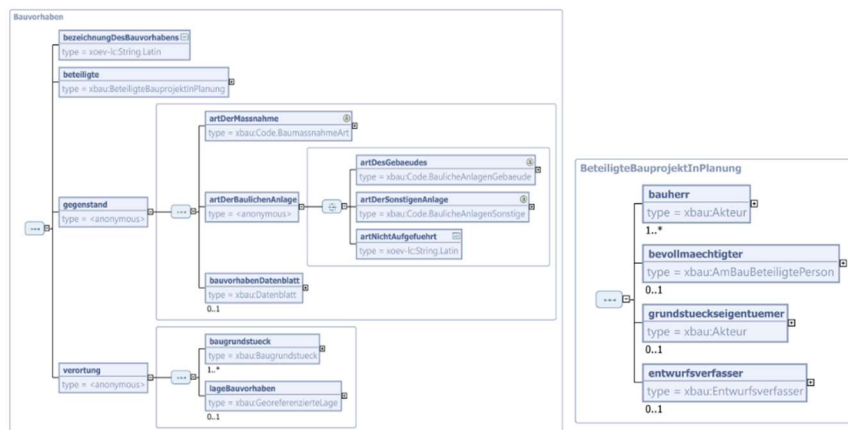


Abbildung 5: Modellstruktur Bauvorhaben (BMK 2019, S. 67)

Wie in der Abbildung 5 am Beispiel der Nachricht ‚artDerBaulichenAnlage‘ erkennbar, wird das Modellschema in XBau immer präziser spezifiziert. Mit diesem Vererbungsprinzip werden die oft komplexen Baugenehmigungsverfahren mit XBau digital durchgeführt. Belange der Landschaftsarchitektur werden im XBau bisher nur am Rande betrachtet. So können beispielsweise derzeit keine Angaben zu begrüntem Grundstücksflächen, zur Art der Begrünung oder zu Bäumen, die gerodet oder gepflanzt werden, gemacht werden. Abgesehen davon sind in der Nachricht ‚Grundstuecksflaechen‘ jedoch bereits Angaben zu versiegelten Flächen, Spiel- und Freizeitflächen oder Stellplätze und Zufahrten möglich.

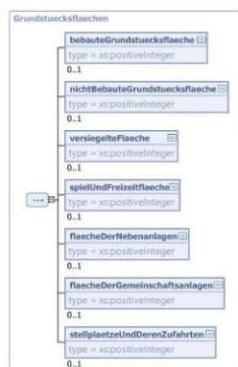


Abbildung 6: Modellstruktur Grundstücksflächen (BMK 2019, S. 63)

2.4 Building Information Modeling

Die Planungsmethode ‚Building Information Modeling‘ (BIM) soll von Beginn an im digitalen Bauantragsverfahren berücksichtigt werden. Welche Potenziale und Mehrwerte durch die Nutzung von BIM im Baugenehmigungsverfahren auch für die Landschaftsarchitektur entstehen können, ist bislang noch nicht untersucht und eine der Zielstellungen dieser Arbeit. Im Folgenden werden die für das weitere Vorgehen wichtigen Grundlagen der BIM-Methode erläutert. Dabei wird auch auf die derzeitigen Herausforderungen der BIM-Methode für die Landschaftsarchitektur eingegangen und mögliche Lösungswege werden aufgezeigt.

BIM steht für eine kollaborative Arbeitsmethode im Bauwesen, bei der alle Projektbeteiligten ihre Leistungen mit oder aufgrund digitaler Daten erbringen. Die digitalen Daten sind in der Regel geometrische, bauteilorientiert modellierte 3D-Modelle, die mit einer Vielzahl von Informationen beispielsweise zum Material verknüpft werden können (VGL. BMVI 2019A, S.8). Welche Information ein BIM-Modell konkret bereitstellen muss, ist bislang noch nicht allgemeingültig geregelt. Stattdessen hängt der Informationsgehalt stark vom Zweck des Modells ab (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 6).

Mit dem BIM-Modell als „digitaler Zwilling“ wird in der Regel der gesamte Lebenszyklus eines Bauwerks, d. h. von der Grundlagenermittlung bis zur Fertigstellung und dem Betrieb bis hin zum Rückbau, als Gesamtprozess betrachtet. Die oft mühsame und fehleranfällige Wiedereingabe von Informationen konventioneller papierbasierter Workflows soll so vermieden werden (VGL. BMVI 2019A, S.8, VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S.1).

Auf Basis der digitalen Möglichkeiten verspricht BIM unter anderem eine verbesserte Qualität, Aktualität und Transparenz von Projektinformationen, was zu einer höheren Sicherheit hinsichtlich der Kosten, Termine oder Nachhaltigkeit in der Projektabwicklung führt (VGL. EGGER ET. AL 2013, S. 3). Für die Umsetzung der BIM-Methode braucht es BIM-geeignete Planungstools und Datenbanklösungen. Mit Hilfe dieser können beispielsweise automatisierte Kollisions- und Qualitätsprüfungen durchgeführt werden. So können unter anderem Planungsfehler frühzeitig sichtbar gemacht und daraus mögliche Projektabwicklungsstörungen unterbunden werden (VGL. ESCHENBRUCH 2019, S. 14).

2.4.1 Grundlagen der Modellierung mit BIM

Bislang ist das der BIM-Methode zugrunde liegende Datenmodell in erster Linie für den Hochbau ausgelegt (siehe IFC, Kapitel 2.4.3). Zunehmend wird die Anwendung von BIM, insbesondere bei Großprojekten, jedoch auch für die Außenanlagenplanung gefordert und gerät so im Berufsfeld der Landschaftsarchitektur immer stärker in den Fokus.

Aktuell ist die Umsetzung der BIM-Methode für die Landschaftsarchitektur allerdings noch eine große Herausforderung. Insbesondere die Modellierung von Freianlagenmodellen lässt sich mit den zurzeit verfügbaren BIM-Autorensystemen nur schwer umsetzen. Um sich dieser Herausforderung dennoch stellen zu können, ist es wichtig zu verstehen, wie die Modellierungstools der gängigen BIM-Autorensysteme arbeiten.

Diese folgen den Grundprinzipien der computergestützten geometrischen Modellierung. Die beiden grundlegenden Ansätze zur Modellierung der Geometrie dreidimensionaler Körper sind die explizite Modellierung und die implizite Modellierung. Beide Methoden werden von den gängigen BIM-Systemen und Datenaustauschformaten verwendet. Die Wahl des konkreten Modellierungsansatzes wird automatisiert durch die Software geregelt. Zum Verständnis und als Basis für die in dieser Arbeit zu erstellenden Modellierungsrichtlinie für Objekte des Freiraums werden diese Modellierungsansätze im Folgenden kurz beschrieben (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 29).

Explizite Modellierung

Die explizite Modellierung beschreibt einen Volumenkörper in Form seiner begrenzenden Oberflächen. Eine Methode dieser Darstellungsart ist die Boundary Representation (BRep). Hier werden die Oberflächen durch Kanten beschrieben und die Kanten werden wiederum durch Knoten erzeugt. Die einzelnen Knoten werden mit Koordinaten exakt verortet. Auf diese Art und Weise können sehr komplexe Objektformen sehr präzise beschrieben werden (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 31; BMVI 2019B, S. 11). Eine stark vereinfachte Darstellung der Boundary Representation ist die triangulierte Geometrie (Tessellated BRep), welche ein Objekt durch eine Dreiecksvermaschung darstellt. Diese Methode der Oberflächenbeschreibung wird besonders für die Darstellung von organischen, gekrümmten Geländeoberflächen verwendet. Durch eine hohe Punktdichte und enge Dreiecksvermaschung können Geländeoberflächen recht präzise abgebildet werden. Die so erzeugten digitalen Geländemodelle (DGM) sind besonders für Landschaftsarchitekt*innen eine wichtige Planungsgrundlage in BIM-Prozessen. Beachtet werden muss, dass eine enge Dreiecksvermaschung zu hohen Datenmengen führt und eine große Rechenleistung erfordert (VGL. BMVI 2019B, S.11).

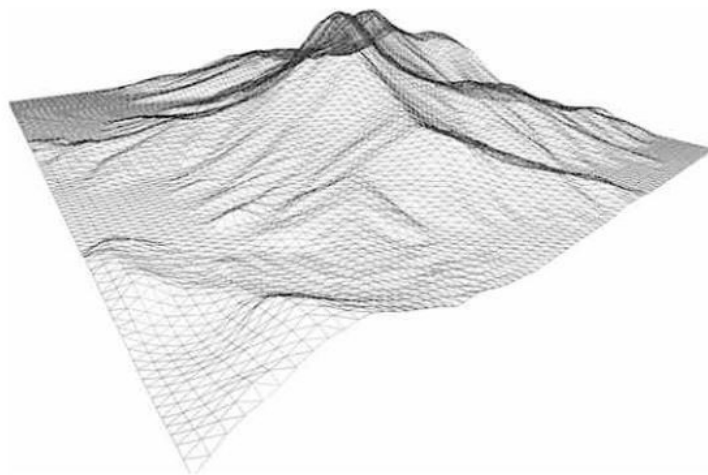


Abbildung 5: Darstellung Tesselated BRep (BORRMANN ET AL. 2018, S. 32)

Implizite Modellierung

Die implizite Modellierung verwendet dreidimensionale geometrische Primitive, um einen Volumenkörper zu beschreiben (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 31). Unter Primitive versteht man Grundkörper wie z. B. Quader, Zylinder oder Kugel. Diese Grundformen werden mithilfe der booleschen Operation (Vereinigung, Schnitt, Subtraktion) miteinander kombiniert. So lassen sich grundsätzlich viele Körperformen erzeugen.

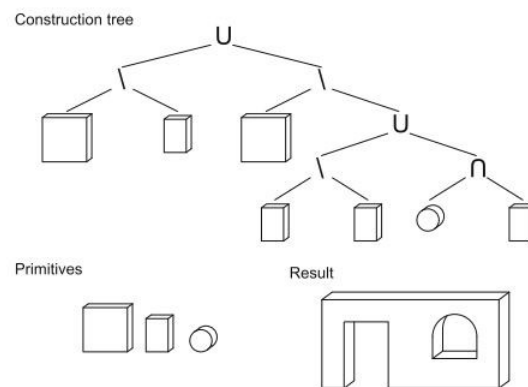


Abbildung 6: CSG-Verfahren zur Darstellung einer Wand mit zwei Öffnungen (BORRMANN ET AL. 2018, S. 33)

Trotzdem wird die reine CSG-Methode (Construction Solid Geometry), die nur auf Basis der Grundkörper funktioniert, nur selten verwendet, da die Modellierungsmöglichkeiten für komplexe BIM-Modelle doch zu sehr eingeschränkt sind. Viele 3D-CAD- (Computer Aided Design) und BIM-Systeme haben laut Borrmann das Prinzip der booleschen Operation funktional daher deutlich erweitert, indem sie es ermöglichen, diese auf jedes beliebige, zuvor modellierte 3D-Objekt anzuwenden. Besonders die Anwendung von Subtraktionskörpern spielt für die Modellierung von Bauwerksmodellen eine wichtige Rolle, da so Öffnungen und Durchdringungen z. B. für Fenster oder Türen erzeugt werden können. Insgesamt wird so ein sehr leistungsfähiges Mittel zur intuitiven Modellierung komplexer 3D-Objekte geboten (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 33).

Rotations- und Extrusionsverfahren

Neben den beschriebenen Modellierungsansätzen bieten viele CAD- und BIM-Systeme zusätzlich die Möglichkeit, 3D-Geometrien durch Extrusion oder Rotation zu erzeugen. Dabei wird eine 2D-Geometrie (in der Regel eine geschlossene Fläche) entlang eines benutzerdefinierten Pfades oder einer 3D-Kurve bewegt, um einen 3D-Körper zu erzeugen. Bei dem Extrusionsverfahren wird zwischen Extrusion, Sweep und Lofting unterschieden. Von einer Extrusion spricht man, wenn ein 3D-Körper entlang eines geradlinigen Pfades erzeugt wird. Als Sweep wird ein 3D-Körper bezeichnet, der entlang einer 3D-Kurve erzeugt wurde. Bei der Methode Lofting werden mehrere Querschnitte definiert und im Raum hintereinander positioniert. Aus diesen Querschnitten erzeugt die Modellierungssoftware einen Körper, wobei die Schnitte untereinander interpoliert werden. Beim Rotationsverfahren wird zur Erzeugung eines 3D-Körpers eine 2D-Oberfläche um eine benutzerdefinierte Achse gedreht (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 34).

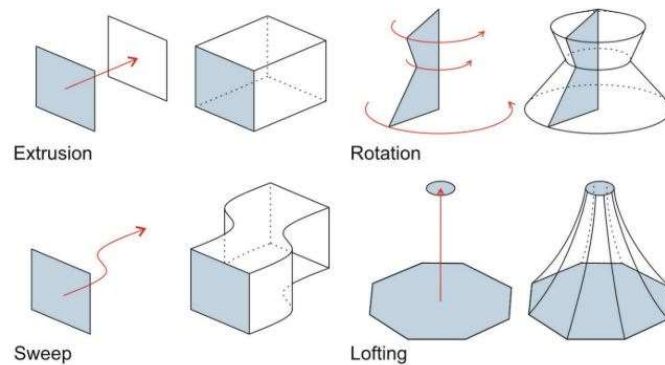


Abbildung 7: Beispiele für Rotations- und Extrusionsverfahren zum Erstellen von 3D-Körpern (BORRMANN ET AL. 2018, S. 34)

Die beschriebenen Ansätze zur Erzeugung von Volumenkörpern führen beim Datenaustausch zu grundlegenden Unterschieden. So sind Oberflächenbeschreibungen wie BRep in den empfangenden Softwareapplikationen grundsätzlich einfach darzustellen. Implizite Modelle, die durch den CSG-Ansatz erstellt wurden, erfordern hingegen von dem empfangenden Programm die Funktion, eine präzise Reproduktion aller Modellierungsschritte herzustellen, was bei komplexeren Geometrien durchaus anspruchsvoll sein kann (VGL. BMVI 2020B, S. 17). Allerdings könnten so auch die Modellierungsschritte nachvollzogen werden und Modelle nach dem Export bearbeitet werden. Zudem entsteht hier eine wesentlich geringere zu übertragende Datenmenge (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 34).

Häufig übersetzen die Exportmodule der BIM-Autorensysteme komplexe implizite Geometrien jedoch in eine Oberflächenstruktur ‚Boundary Representation‘ Struktur, bevor das Modell in eine IFC-Datei gespeichert wird. Das genaue Vorgehen ist dabei aber immer abhängig von den Fähigkeiten der exportierenden Software, der gewählten Model View Definition (MVD)² und weiteren Einstellungen der Export-Schnittstelle (VGL. BMVI 2019B, S. 12).

² „MVDs dienen zur Filterung des Modells sowie zur Überprüfung von bestimmten Strukturen und Wertebelegungen. Beispielsweise wird für IFC 4 mit einer MVD „IFC Reference View“ unter anderem vorgeschrieben, dass nur explizite Geometrien verwendet werden dürfen, sodass eine einfache Kompatibilität zu nachfolgenden Programmen gewährleistet werden kann. Insbesondere auf diesen Standard aufbauend werden die in PSD und QTO definierten Anforderung in eine prüfbare MVD integriert, um eine automatisierte und konsistente formelle Prüfung auf Behördenseite bzw. Vorprüfung auf Antragstellerseite umzusetzen“ (ZUKUNFT BAU 2020, S. 23).

Auf Basis der hier aufgezeigten Prinzipien lassen sich grundsätzlich viele Bauteile eines Außenanlagenmodells erstellen. Viele der in den BIM-Autorensysteme verfügbaren bauteilorientierten Modellierungstools greifen auf mehrere dieser Modellierungstechniken zurück und verfügen so über ein breites Spektrum der geometrischen Darstellungsmöglichkeiten. Darüber hinaus verfügen BIM-Autorensysteme wie Revit in der Regel auch über ‚freie, bauteilunabhängige‘ Modellierungstools mit denen sich benutzerdefinierte 3D-Körper erzeugen lassen.

Wie hoch der Modellierungsaufwand zur Erstellung einzelner Bauteile des Freiraums nach derzeitigem Stand der Technik ist, wird im Rahmen der folgenden Modellierungsrichtlinie untersucht.

2.4.2 Open BIM

Viele Mehrwerte von BIM entstehen erst durch die Anwendung der Open-BIM-Methode. Besonders die dadurch entstehende Form des Datenaustausches und der Kommunikation sind als entscheidende Bausteine für ein funktionierendes BIM-basiertes Bauantragsverfahren zu bewerten. Im Folgenden wird daher das Konzept von Open-BIM näher erläutert.

BIM ermöglicht eine kooperativere und transparentere Form der Kommunikation zwischen den am Bau beteiligten Akteure*innen. Im Mittelpunkt der Kommunikation stehen digitale Fachmodelle der beteiligten Fachplanenden. Zur Betrachtung und Bewertung des Gesamtprojektes werden die Fachmodelle in der Regel in einem gemeinsamen Koordinationsmodell bzw. innerhalb einer Daten- und Kommunikationsplattform (Common Data Environment, CDE) zu einem Gesamtmodell zusammengeführt. Diese Art der Zusammenarbeit lässt sich nur mit einem geeigneten, leistungsstarken Datenaustausch umsetzen. Um einerseits eine Monopolstellung einzelner Softwareanbieter zu vermeiden und andererseits auch den Einsatz fachspezifischer Software für alle Projektbeteiligten zu ermöglichen, sind offene und herstellerneutrale Austauschformate auch in BIM-Prozessen essenziell (VGL. BMVI 2019c, S. 6).

Neutrale und offene Schnittstellen sind zudem für medienfreie Datenflüsse über mehrere Jahre zur Abbildung vollständiger Lebenszyklen sowie für die Archivierung von BIM-Modellen unabdingbar (VGL. BMVI 2019c, S. 7). Denn während geschlossene, herstellereigene Datenformate, die in der Regel an Softwareprodukte gebunden sind, häufig schon nach wenigen Jahren nicht mehr zweifelsfrei gelesen und verarbeitet werden können, ist bei herstellerunabhängigen Formaten sichergestellt, dass sie auch nach mehreren Jahrzehnten noch verarbeitbar sind (VGL. BMVI 2019b, S. 7).

In der Bauwirtschaft hat sich das offene herstellerneutrale Datenformat ‚Industry Foundation Classes‘ (IFC) der internationalen non-profit Organisation buildingSMART durchgesetzt (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 12).

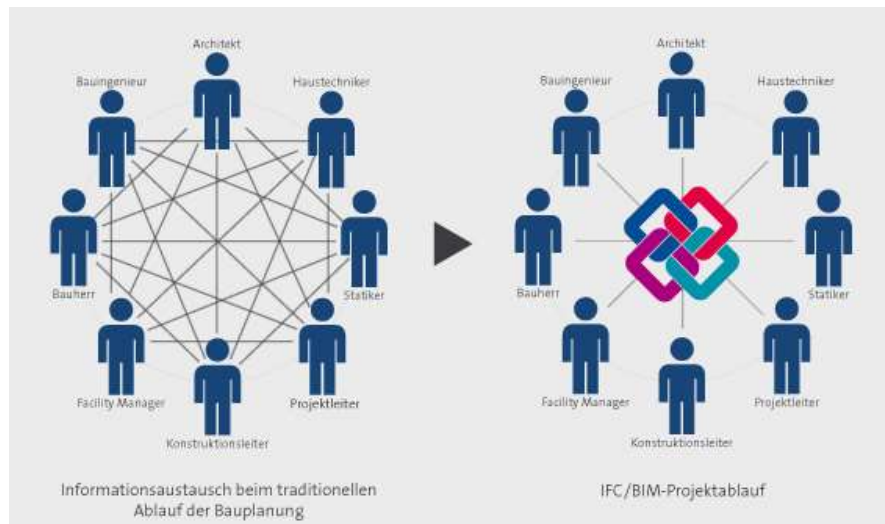


Abbildung 8: Informationsaustausch nach konventioneller Planungsmethode und BIM-Methode (DATA DESIGN SYSTEM)

2.4.3 Industry Foundation Classes

IFC ermöglicht es als komplexes, bauteilorientiertes Datenmodell sowohl die geometrische als auch die semantische Struktur eines BIM-Modells digital abzubilden (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 84). Bereits im Jahr 1997 wurde die erste Version IFC 1.0 veröffentlicht. In den darauffolgenden Jahren wurde das IFC-Datenmodell ständig erweitert. Die heute gängigen Versionen sind IFC 2x3 (IFC 2X3 TC1, ISO/PAS 16739:2013) und IFC 4. Die aktuell gültige Version IFC 4.0.2.1 (IFC ADD2 TC1) ist seit 2017 ISO-Standard (ISO 16739-1:2018) und umfasst erste Erweiterungen für den Bereich Infrastruktur, die in der momentan in Entwicklung befindlichen Version IFC 4.3 weiter ausgebaut werden (buildingSMART 2021).

Das IFC-Schema wird mit der Datenmodellierungssprache EXPRESS entwickelt. EXPRESS ist eine international genormte Programmiersprache, mit der objektorientierte Datenmodelle erstellt werden können. So werden Objekte aus der realen Welt als Klassen (Entitäten in EXPRESS) abstrahiert und mit Attributen und Beziehungen zu anderen Klassen verknüpft. Zudem können mit der EXPRESS-Sprache Attribute oder Beziehungen einer Klasse an Subklassen weitervererbt werden. So können mit dem IFC-Schema sehr komplexe Bauwerksmodelle sowohl geometrisch als auch semantisch exakt beschrieben werden (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 87).

Um die Wartbarkeit und Erweiterungsmöglichkeiten (z. B. zukünftig für Objekte des Freiraums) sicherzustellen, ist das IFC-Schema hierarchisch in vier Ebenen unterteilt. Die oberen Ebenen können die Inhalte der unteren Ebenen referenzieren. Umgekehrt ist dies jedoch nicht möglich. Mit diesem Grundprinzip wird die Unabhängigkeit der Kernelemente des IFC-Datenmodells sichergestellt. Die Kernelemente legen die Grundstruktur des IFC-Datenmodells fest (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 88). Die folgende Abbildung zeigt die vier Ebenen des IFC-Schemas.

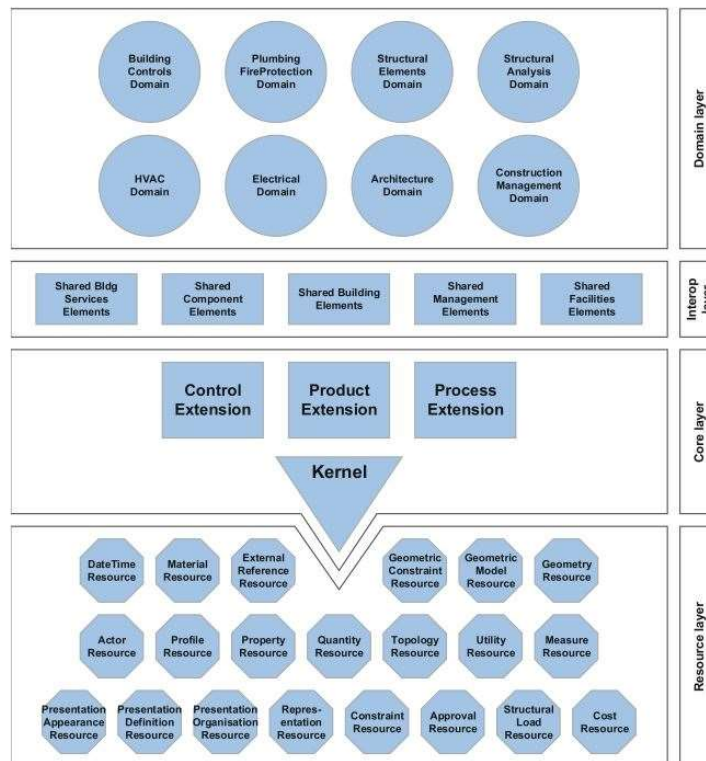


Abbildung 9: Aufbau IFC-Schema (BORMANN ET AL. 2018, S. 89)

Zum Verständnis werden die abgebildeten vier Ebenen im Folgenden in der Reihenfolge Core-Layer, Interoperability Layer, Domain-Layer, und Ressourcelayer beschrieben.

Core-Layer (Kernebene)

Die Kernebene definiert die grundlegendsten Klassen, die in den höheren Ebenen (Domain Layer und Interoperability-Layer) referenziert und konkretisiert werden können. Das Kernel-Schema bildet den Kern und die Grundstruktur des IFC-Schemas, da dort die Basisklassen wie *IfcRoot*, *IfcRelationship*, *IfcObject*, *IfcActor*, *IfcProcess*, *IfcProduct*, festgelegt sind (VGL. BORMANN ET AL. 2018, S. 89). Innerhalb der Kernebene (Core-Layer) gibt es zusätzlich noch drei Schemaerweiterungen. Das Schema ‚Product Exentsion‘ beschreibt physische und räumliche Objekte und beinhaltet unter anderem die Subklassen von *IfcProduct*, wie *IfcSpatialElement*, *IfcElement* und *IfcBuildingElement*.

Die Schemaerweiterungen ‚Control Extension‘ und ‚Process Extension‘ beinhalten außerdem Subklassen zur Beschreibung und Abbildung von Zeit-, Kosten- oder Qualitätsregeln sowie von Prozessen und Projektablaufen (VGL. BORMANN ET AL. 2018, S. 89).

IFC-Interoperability Layer

Der Interoperability-Layer liegt zwischen dem Core Layer und dem Domain-Layer und dient als Zwischen- und Verbindungsebene. In diesem Layer werden die Basisklassen des Core-Layers weiter konkretisiert. So werden im Interoperability-Layer z. B. die im Modell sichtbaren Bauteilklassen wie *IfcWall*, *IfcStair*, *IfcRamp*, *IfcSlab* oder *IfcBuildingElementProxy* definiert (vgl. BORMANN ET AL. 2018, S. 90).

IFC-Domain-Layer (Fachbereichsebene)

Die Klassen im Domain-Layer beschreiben spezielle Bereiche des Bauwesens. Das IFC 4 definiert folgende Domänen: Architektur, Gebäudesteuerung, Bauleitung, elektrische Systeme, Heizung, Lüftung und Klimatisierung, Sanitär- und Brandschutz sowie bestimmte Strukturelemente (wie Fundamente, Pylone, Bewehrung usw.) und Strukturanalyse. Diese Klassen geben die Spezialisierung des Datenschemas vor (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 90).

Mit Hinblick auf die Zielstellung dieser Arbeit wird am Domain-Layer deutlich, dass die bestehen Domänen die Bereiche des Hochbaus abbilden. Die Landschaftsarchitektur hat dagegen bisher keine eigene Domäne, was die Teilnahme an BIM-Prozessen für Landschaftsarchitekt*innen erschwert.

IFC-Ressource Layer

Der Ressource Layer bildet die unterste Ebene im IFC-Datenschema. In dieser Ebene werden Basisdaten bereitgestellt, die für die detaillierte Beschreibung der Objekte notwendig sind, z. B. Eigenschaftssätze zur Beschreibung von Materialien oder unterschiedliche geometrische Darstellungsarten zur physischen Darstellung von Objekten. Eine Besonderheit dieser Ebene ist, dass diese Klassen keine eigene Identifikation besitzen und nicht eigenständig im IFC-Modell existieren können. Daher müssen diese Klassen immer von einer Subklasse des *IfcRoot* referenziert werden (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 91).

IFC-Datenmodell-Vererbungshierarchie

Aus den vier Schichten des IFC-Schemas wird ein IFC-Datenmodell als hierarchisches Baumstruktur abgeleitet. Um das Prinzip hinter den komplexen Funktionsweisen und Möglichkeiten eines IFC-Modells besser zu veranschaulichen, wird im Folgenden die Vererbungshierarchie des IFC-Datenmodells näher betrachtet. Dabei sollen die derzeitigen Schwierigkeiten und Lösungswege für die Teilhabe der Landschaftsarchitektur an BIM-Prozessen deutlich werden.

Die abstrakteste Klasse *IfcRoot* bildet immer den Ausgangspunkt eines IFC-Datenmodells und ist im wahrsten Sinne des Wortes die Wurzel im Strukturbaum. *IfcRoot* weist den Subklassen die Merkmale ‚Global Unique Identifier‘ (GUID) und die ‚Owner-History‘ zu. So können die Objekte identifiziert und Eigentümer, Ursprung und vorgenommene Änderungen über den gesamten Lebenszyklus nachvollzogen werden (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 89). Die *IfcRoot* bildet die Superklasse von *IfcObjektDefinition* (zur Abbildung von physischen und räumlichen Objekten sowie Prozessen und beteiligten Akteur*innen), *IfcPropertyDefinition* (zur Definition der semantischen Eigenschaften eines Objektes) und *IfcRelationship* (zur Definition von Beziehungen oder Abhängigkeiten zwischen Objekten oder zur Verknüpfung mit Eigenschaftssätzen) (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 91-94).

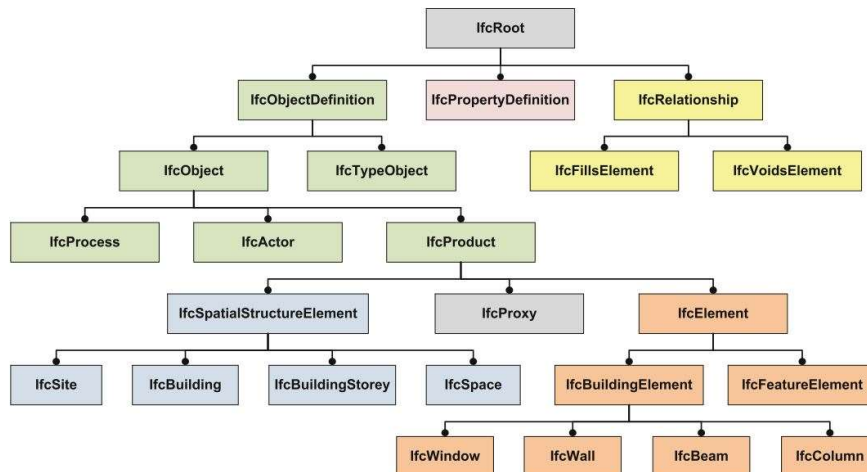


Abbildung 10: Ausschnitt auf dem IFC-Datenmodell mit dem Fokus auf die Bauteilklassen (BORRMANN ET AL. 2018, S. 91)

Die Abbildung verdeutlicht die Vererbungshierarchie des IFC-Datenmodells mit dem Fokus auf die Bauteilklassen. Wie in dem Schema erkennbar wird, ist die Klasse *IfcProduct* die Superklasse aller räumlichen Objekte (*IfcSpatialElement*) und aller physischen Objekte (*IfcElement*) (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 92).

Ebenso werden in *IfcProduct* auch alle geometrischen Repräsentationen aus der Ressource Ebene referenziert. Dabei werden die Objekte in der Regel mit einer oder mehreren geometrischen Repräsentationen verknüpft. Dies bietet die Möglichkeit Bauteile der definierten Bauteilklassen, wie *IfcSlab*, für verschiedene Anwendungsszenarien nutzen zu können.

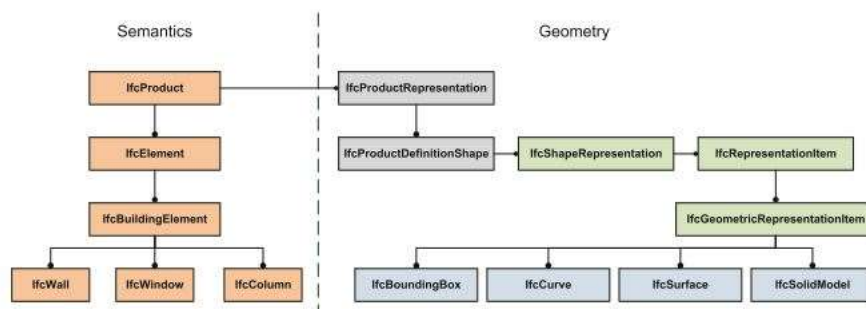


Abbildung 11: Verknüpfung von Bauteilklassen und geometrischen Repräsentationen (BORRMANN ET AL. 2018, S. 101)

Die Ressource Ebene des IFC-Schemas verfügt über eine breite Palette an Klassen, die für die geometrische Darstellung nach den beschriebenen Modellierungsansätzen benötigt werden. Dabei erben alle Geometrieklassen von der abstrakten Oberklasse *IfcGeometricRepresentationItem*. Deren Unterklassen lassen beispielsweise in Klassen zur Darstellung von Kurven (*IfcCurve* und deren Unterklassen), Klassen zur Beschreibung von Oberflächen im Raum (*IfcSurface* und deren Unterklassen) sowie auch Klassen zur Darstellung von Körpern (*IfcSolidModel* und deren Unterklassen) gliedern (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 102).

Bisher nicht klassifizierte Modellelemente, wie z. B. das Objekt Pflanze, werden als *IfcBuildingElementProxy* ausgelesen. Proxy-Objekte können innerhalb des IFC-Schemas benutzerspezifisch durch Geometrie, Materialangaben und weiteren Merkmalen abgebildet und beschrieben werden, jedoch nicht auf Grund ihrer Klassifizierung explizit gefiltert oder ausgewertet werden (VGL. HAUSKNECHT UND LIEBICH 2015, S. 102).

Die Superklasse *IfcPropertyDefinition* fasst die semantischen Merkmale (Properties) aller Klassen zusammen. Da das IFC-Datenmodell internationaler Standard (ISO 16739) ist, sind nur international anerkannte Merkmale im IFC-Schema definiert. Dabei handelt es sich meist um die Schlüsselmerkmale von Objekten, wie beispielsweise bei der Bauteilklass *IfcWall* die Länge (NominalLength), Breite (NominalWidth) und Höhe (NominalHeight).

Um das IFC-Schema nicht unnötig aufzublähen werden nicht alle potentiell wünschenswerten Merkmale direkt im Schema definiert. Stattdessen gibt es die zusätzliche Möglichkeit dynamische Eigenschaften frei an das Modell anzubinden. Diese Merkmale werden mit den Subklassen von *IfcProperty* in der Regel als *IfcPropertySingleValue* definiert und können z. B. einer Bauteilklass hinzugefügt werden. Merkmale, die sich als Merkmalgruppe bzw. Eigenschaftssätze zusammenfassen lassen, können auch als *IfcPropertySet* einer Klasse angebunden werden. Die Anzahl der Merkmale, die hinzugefügt werden können, ist dabei unbegrenzt. Mithilfe dieses Erweiterungsmechanismus entsteht eine hohe Flexibilität, sodass auch für aktuelle BIM-Projekte bereits wichtige Merkmale für Objekte des Freiraums definiert und der Bauteilgeometrie angebunden werden können.

Ein neues Property wird über eine Namenkonvention, einen Wert und eine Datentyp-Einheit definiert. Zur Erstellung von neuen Merkmalen müssen Softwareanbieter lediglich einen allgemein anwendbaren Vorlagemechanismus mit den grundlegenden Entitäten Name, Datentyp und Wert bereitstellen (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 112). Beispielhaft wird die Definition eines Property in der folgenden Tabelle veranschaulicht.

Tabelle 1: Definition eines Property

Name	Datentyp	Wert
Istversiegelt	Boolean	ja (true), nein (false)

Der Nachteil frei definierter Objekte und Merkmale ist, dass Objekte / Merkmale desselben Zwecks von verschiedenen Parteien unterschiedlich beschrieben werden können. Was ein / eine Akteur*in beispielsweise als „Baum“ definiert, kann jemand anderes als „Pflanze“ definieren. Um das Dilemma der Mehrfachdefinitionen zu lösen, wird in verschiedenen Fachgruppen daran gearbeitet, Objekte (sogenannte Klassen) und Merkmale zu standardisieren (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 112). Ein Beispiel dafür ist die Vorstandardisierungsarbeit ‚BIM-Klassen Verkehrswege‘ der buildingSMART Fachgruppe BIM-Verkehrswege. (BUILDINGSMART 2020)

Die Fähigkeit, Beziehungen zwischen klassifizierten Objekten zu beschreiben, ist ein grundlegender Aspekt eines „intelligenten“ Bauwerksinformationsmodells. Das IFC-Datenmodell folgt dem Prinzip objektivierter Beziehungen, d. h. semantisch relevante Beziehungen entstehen mithilfe einer dazwischen geschalteten Klasse, die die Funktion eines „Vermittlers“ einnimmt und die Beziehung selbst repräsentiert. Diese Beziehungsklassen sind immer Subklassen der abstrakten Klasse *IfcRelationship*.

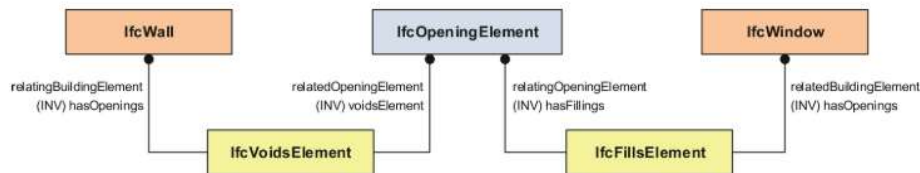


Abbildung 12: Das Prinzip der objektifizierten Beziehungen am Beispiel Wand-Öffnung-Fenster (BORRMANN ET AL. 2018, S. 94)

Anhand der Abbildung wird das Prinzip objektivierten Beziehung gut deutlich. So wird ein Wandkörper über die Beziehung *IfcVoidsElement* mit dem Öffnungsobjekt *IfcOpeningElement* und das Fenster (*IfcWindow*) über die Beziehungsklasse *IfcFillsElement* mit dem Öffnungsobjekt verbunden. Beziehungsklassen werden von der Software automatisch im Hintergrund erstellt, wenn, wie in diesem Fall, die Planerin oder der Planer ein Fenster in eine Wand platziert (VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 94).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das IFC-Schema insbesondere auf die Bereiche des Hochbaus ausgelegt ist und Inhalte der Landschaftsarchitektur bisher nicht implementiert sind. Mit Hilfe des Erweiterungsmechanismus gibt es grundsätzlich trotzdem die Möglichkeit, Objekte und Informationen aus dem Bereich der Landschaftsarchitektur in das IFC-Schema zu integrieren. So können Objekte, die bisher nicht im IFC-Schema definiert sind, z. B. das Objekt ‚Pflanze‘, manuell durch die Klasse *IfcBuildingElementProxy* erzeugt werden. Gleiches gilt auch für die notwendigen semantischen Eigenschaften, die dem erzeugten Bauteil benutzerspezifisch zugewiesen werden können. Da die Teilhabe der Landschaftsarchitektur an BIM-Prozessen aufgrund der dafür fehlenden Standards im IFC-Schema zurzeit oft zusätzliche, meist manuelle Arbeitsschritte erfordert, z. B. das Erstellen neuer Bauteile oder Attribute, ist die Modellierung eines BIM-Modells oft mit einem hohen Arbeitsaufwand verbunden. Internationale Standards für die Landschaftsarchitektur sind daher dringend gefordert.

2.4.4 BIM-Anwendungsfälle

Wesentlich für die Steigerung der Effizienz und Qualität der Projektabwicklung und Planungsleistung ist die Festlegung von BIM-Zielen. So sollte für jedes BIM-Projekt klar definiert sein, für welchen Zweck das zu erstellende BIM-Modell geeignet sein soll. Dadurch lässt sich der gesamte, oft komplexe BIM-Prozess in greifbare und verständlichere Anwendungen zerlegen, die dann als Anwendungsfälle definiert werden können. So beschreiben die BIM-Anwendungsfälle die konkreten Modellanforderungen für die festgelegten BIM-Ziele. Meist ergeben sich daraus abgestufte Ausarbeitungsgrade, die je nach Zeitpunkt im Projektverlauf unterschiedliche Aufwände zur Modellerstellung nach sich ziehen (VGL. BMVI 2019D, S. 7, BIMPEDIA O. J.).

Als Empfehlung, Orientierung und Beitrag zur Standardisierung von BIM-Prozessen wurden von der Arbeitsgemeinschaft BIM4INFRA2020 bereits 20 Anwendungsfälle definiert. Mit dem Anwendungsfall 7 wird die Umsetzung der Erstellung von Entwurfs- und Genehmigungsplänen beschrieben. So sollen bei diesem Anwendungsfall Planungsunterlagen für den Bauantrag als 2D-Ansichten (Grundrisse, Schnitte und Ansichten) aus dem 3D-Modell abgeleitet werden. Details, die nicht Teil des 3D-Modells sind, sollen in 2D-Ansichten ergänzt werden (VGL. BMVI 2019D, S. 19). Insgesamt ist der definierte Anwendungsfall sehr allgemein gehalten. Konkrete geometrische und semantische Anforderungen werden nicht genannt.

Für die Erstellung einer Modellierungsrichtlinie für den Anwendungsfall BIM-basierten Bauantrag des Fachmodells Außenanlage werden daher die Modellanforderungen in dieser Arbeit konkretisiert. Neben den Anwendungsfällen bieten auch die für die Umsetzung der BIM-Methode definierten Modellfertigstellungs- und Detaillierungsgrade einen Orientierungsrahmen.

2.4.5 Modellfertigstellung- und Detaillierungsgrade

Im Laufe eines BIM-Projektes entsteht in der Regel ein zunehmend detailliertes Bauwerksmodell.

7.5 Modellfertigstellungs- und Detaillierungsgrade / Level of development and level of detail

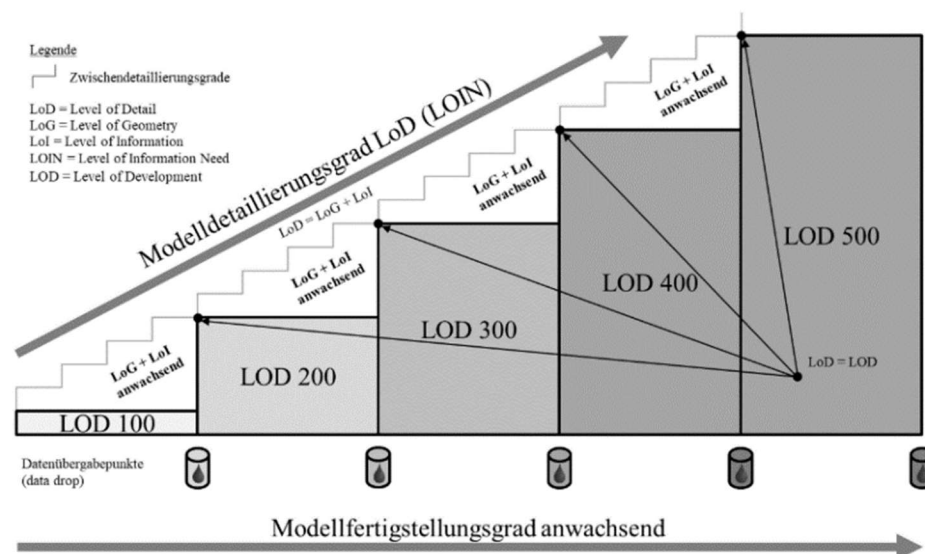


Abbildung 13: Modellfertigstellungs- und Detaillierungsgrade (VDI 2552 Blatt 1, S. 41)

Der Detaillierungsgrad (Level of Development) setzt sich aus dem geometrischen Detaillierungsgrad „Level of Geometry“ (LOG) und der Informationstiefe „Level of Information“ (LOI) zusammen (VGL. HAUSKNECHT & LIEBICH 2016, S. 137, VGL. VDI 2552 BLATT 1, 2020, S. 41).

LOD = LOG + LOI

Der LOG macht Angaben zur geforderten geometrischen Detaillierung der Modellelemente für den jeweiligen Datenübergabepunkt. Je nach Modellfertigstellungsgrad sind dann beispielsweise mehr oder weniger präzise geometrische Angaben zur Menge, Größe, Lage oder Schichtaufbauten von Modellelementen gefordert. Der LOI beschreibt die Informationstiefe in Form von Merkmalen und Beziehungen. In der Regel nimmt die Informationstiefe des Modells im Laufe des Projektes zu. Wie die Abbildung 15 zeigt, werden 5 Stufen, LOD 100 – LOD 500, unterschieden. Grundsätzlich lässt sich eine ungefähre Zuweisung des LOD zu den heute gängigen Leistungsphasen nach HOAI herstellen. Folgende Zuweisung hat sich in der Planungspraxis etabliert (Hausknecht und Liebich 2016, BIM4Infra2020).

Tabelle 2: Zuweisung LOD zu den Leistungsphasen nach HOAI (NACH HAUSKNECHT UND LIEBICH 2016, S. 139)

LOD	Leistungsphase
LOD 100	LPH 2 (Vorentwurfsplanung)
LOD 200	LPH 3 und 4 (Entwurfsplanung und Genehmigungsplanung)
LOD 300	LPH 5-7 (Ausführungsplanung, Vorbereitung der Vergabe, Mitwirkung bei der Vergabe)
LOD 400	LPH 8 (Objektüberwachung)
LOD 500	LPH 9 (Objektbetreuung)

Für Level of Development hat sich im Deutschen auch der Begriff der Modellfertigstellungsgrade etabliert, der zusätzlich sogenannte Meilensteine bzw. Datenübergabepunkte definiert, an denen das Modell jeweils vereinbarte Detaillierungsgrade aufweist (VGL. VDI 2552 BLATT 1, 2020, S. 41).

Die genauen Informations- und geometrischen Anforderungen für die jeweiligen Fachmodelle sind jedoch auch vom konkreten Anwendungsfall abhängig und können projektspezifisch variieren (VGL. HAUSKNECHT & LIEBICH 2016, S. 137). Hier zielt der Begriff 'Level of Information Need' stärker auf die spezifischen Informationsbedarfe (LOIN) der jeweiligen Anwendungsfälle. (DIN EN 17417-1, 2021).

2.5 BIM im Baugenehmigungsverfahren

Die durchgängige Nutzung von BIM-Modellen in Baugenehmigungsverfahren verspricht sowohl auf Seite der Antragsteller*innen sowie auf behördlicher Seite Effizienzgewinne durch teilautomatisierte Genehmigungsprozesse sowie eine verbesserte Kommunikation und Nachvollziehbarkeit.

Mit der Integration von BIM im Baugenehmigungsverfahren werden alle relevanten Informationen und Daten zu einem Bauvorhaben in einem zentralen 3D-Modell erfasst, anstatt wie bisher in separaten papiergebundenen Teilplänen und Excel-Tabellen.

Dies kann auf Seiten der Bauaufsichtsbehörden nicht nur zu einem besseren Verständnis und einem besseren Überblick zum Gesamtvorhaben führen, sondern bietet auch eine bessere Grundlage für Entscheidungen. So können Entscheidungen ohne Ermessensspielraum möglicherweise vollständig automatisiert geprüft werden. Wenn weitere Fachbehörden an der Prüfung eines Bauvorhabens beteiligt sind, können diese die Prüfung ebenfalls direkt zentral im 3D-Modell vornehmen und ihre Stellungnahmen integrieren, sodass keine weiteren Dokumente entstehen. Als weiterer Vorteil wird erwartet, dass sich durch eine flächendeckende Integration von BIM die Durchführung des Baugenehmigungsprozesses über die verschiedenen Bauaufsichtsbehörden angleicht.

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Einführung von BIM bis in die Genehmigungsprozesse hinein ist allerdings ein standardisiertes Vokabular für die Übermittlung von Daten, damit die IT-Systeme aller beteiligten Akteure die ausgetauschten Informationen gleichermaßen verstehen (VGL. MÜLLER UND SCHEFFLER 2017, S. 106).

Im Standardisierungsprojekt ‚Austauschstandards im Bau- und Planungsbereich‘ des ‚IT-Planungsrates‘ wurde die Möglichkeit der Einbindung von BIM-Modellen anstelle der bisher üblichen Formulare und Pläne im digitalen Baugenehmigungsverfahren zwar bereits mitgedacht, jedoch noch nicht detailliert betrachtet (VGL. ZUKUNFT BAU 2020, S. 8). Dabei ist es sinnvoll, die Nutzung von BIM-Modellen bei der Entwicklung bundeseinheitlicher Standards wie XPlanung und XBau von Beginn an mitzudenken, um so das Etablieren unterschiedlicher Vorgehensweisen und Standards in den Bundesländern zu vermeiden.

Im Rahmen des von der Forschungsinitiative ‚Zukunft Bau‘ des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) geförderten Forschungsprojekts ‚BIM-basierter Bauantrag‘, wurde diese Problematik von der planen-bauen 4.0 GmbH gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Informatik im Bauwesen der Ruhr-Universität-Bochum und den Koordinierungsstellen GDI des Hamburger Landesbetriebs Geoinformation und Vermessung aufgegriffen (VGL. ZUKUNFT BAU 2020).

So wurde ein Konzept für die nahtlose Integration von BIM-Modellen in das digitale Baugenehmigungsverfahren (XBau) erarbeitet und als Gesamtprozess beschrieben.

Dabei wurden unter anderem die Anforderungen an Gebäudemodelle (bzgl. Informationstiefe von 3D-Geometrie und semantischen Eigenschaften) für eine möglichst vollständige und standardisierte Datenübernahme in das digitale Bauantragsformular (XBau) und für die Möglichkeit der regelbasierten Modellprüfung im Baugenehmigungsverfahren untersucht und in einer Modellierungsrichtlinie festgehalten. Auch wurde ein Konzept zur Teilautomatisierung der bauordnungs- und planungsrechtlichen Prüfung aufgezeigt (VGL. ZUKUNFT BAU 2020, S. 6). Die spezifischen Sachverhalte wurden anhand von Beispielprojekten aus Dortmund und Hamburg untersucht und veranschaulicht. Insgesamt ist dieses Forschungsprojekt allerdings sehr auf den Hochbau ausgerichtet. Anforderungen an den Freiraum bzw. an Außenanlagen wurden nur am Rande betrachtet.

Als Basis für die Arbeit und Entwicklung der Modellierungsrichtlinie für Objekte des Freiraums für den BIM-basierten Bauantrag, werden im Folgenden die zentralen Ergebnisse zum Gesamtprozess, die Modellanforderungen an Gebäudemodelle für die Datenübernahme in XBau und der regelbasierten Prüfung von Gebäudemodellen näher betrachtet. Weitere und detaillierte Informationen zu Ergebnissen des Forschungsprojektes ‚BIM-basierter Bauantrag‘ sind im entsprechenden Abschlussbericht nachzulesen.

2.5.1 Einbindung BIM-Modell in XPlanung und XBau

Die digitalen Bebauungspläne können als Planungsgrundlage für die Erstellung von BIM-Modellen für den Bauantrag genutzt werden. So können z. B. für die planungsrechtliche Zulässigkeit, insbesondere geometrische Festsetzungen aus dem XPlanung-konformen Bebauungsplan, georeferenziert in die Geometrie des Lageplans zur Erstellung des BIM-Modells übernommen werden. Dazu gehören z. B. Festsetzungen zu Baugrenzen, Baulinien, Straßenbegrenzungslinien, überbaubare Grundstücksflächen, Festsetzungen zu Nebenanlagen und Gemeinschaftsanlagen und Zufahrten. Die Einhaltung der Festsetzungen kann so direkt im 3D-Modell überprüft werden. Dies verspricht nicht nur auf Seiten der Behörden eine Steigerung des Automatisierungsgrades, sondern insbesondere auch auf Seiten der Entwurfsverfasser*innen (vgl. ZUKUNFT BAU 2020, S. 8).

Des Weiteren besteht das Potenzial der automatisierten Datenübernahme aus BIM-Modellen in XBau. Dabei handelt es sich insbesondere um die intrinsischen Eigenschaften des Bauwerks wie z. B. die Gebäudeklasse oder Nutzungsart. Zudem eignen sich auch geometrische Kennziffern für die Datenübernahme in XBau. Geometrische Kennziffern, wie beispielsweise alle im Bauantragsverfahren relevanten Flächen, können aus dem Modell extrahiert und über eine automatisierte Mengenermittlung konsolidiert werden (vgl. ZUKUNFT BAU 2020, S. 8).

Wie bereits im Kapitel 2.3.2 XBau beschrieben, sind viele notwendige Angaben für die Landschaftsarchitektur im XBau noch nicht berücksichtigt, sodass das Potenzial der automatisierten Datenübernahme für die Außenanlagenplanung bisher nur teilweise genutzt werden kann.

regelbasiert auf mögliche Fehler vorprüfen zu lassen, um so unnötige Iterationsschleifen hinsichtlich des Genehmigungsverfahrens zu vermeiden (vgl. ZUKUNFT BAU 2020, S. 19).

Für die Antragsstellung ist im Rahmen des Forschungsvorhabens sowohl eine prototypische Client-Software als auch ein Web-basiertes Portal vorgesehen. Das Web-basierte Portal nimmt Planungsmodelle, Abweichungsanträge und amtliche Lagepläne entgegen und übernimmt die darin enthaltenen Informationen automatisiert in den digitalen Bauantrag (XBau). Zudem werden die hochgeladenen Daten automatisiert formell und z. T. materiell geprüft. Der dabei entstehende Checkreport kann für die Fehleranalyse von den Antragssteller*innen genutzt werden. Nachdem der vollständige Bauantrag im Portal eingereicht wurde, kann dieser behördenintern fachbezogen geprüft werden. Mögliche Mängel oder Fehler im Bauantrag werden im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens über eine entsprechende XBau-Schnittstelle kommuniziert. Bestimmte Sachverhalte können auch mit der Nutzung von BCF direkt am BIM-Modell erörtert und schnell gelöst werden. Nach Abschluss des Baugenehmigungsverfahrens erfolgt ein Bescheid und Gebührenbescheid an die Antragssteller*innen (VGL. ZUKUNFT BAU 2020, S. 21).

2.5.3 Modellanforderungen an Gebäudemodelle

Für eine konsistente und vollständige Datenübernahme aus dem BIM-Modell in das digitale Bauantragsformular sowie als Eingangsdaten für eine teilautomatisierte Modellverarbeitung wurden im Rahmen des Forschungsvorhabens ‚BIM-basierter Bauantrag‘ eindeutige Anforderungen an das zu erstellende BIM-Modell formuliert und in einer Modellierungsrichtlinie zusammengefasst. Die Modellierungsrichtlinie für den BIM-basierten Bauantrag erweitert als anwendungsfall-spezifische Modellierungsrichtlinie für den Anwendungsfall ‚BIM-basierter Bauantrag‘ allgemeingültige Anforderungen an BIM-Modelle.

Die Anforderungen unterteilen sich in semantische und in geometrische Anforderungen (VGL. ZUKUNFT BAU 2020, S. 51). Semantische Anforderungen schreiben bestimmte Attributierungen der Klassen im BIM-Modell vor, wie z. B. die Bauwerksinformationen, wie Adresse, Bauweise, Gebäudeschleuse. Die in der Modellierungsrichtlinie formulierten geometrischen Anforderungen beschreiben z. B. die Vorgehensweisen zur korrekten Verortung eines BIM-Modells oder legen fest wie bestimmte Auszeichnungen oder Informationen im Modell dargestellt werden können, z. B. durch die Modellierung von Raumobjekten. Die Besonderheit bei der Darstellung als Raumobjekt ist, dass oft notwendige Kennwerte wie Länge, Breite, Höhe, Flächeninhalt und Raumvolumen gemäß des IFC-Standards automatisiert als Quantity mit den Raumobjekten verknüpft sind. Weitere Informationen können manuell als Properties bzw. Property Sets mit den Raumobjekten verknüpft werden (VGL. ZUKUNFT BAU 2020, S. 24).

Die initiale Erstellung von Property Sets für den Anwendungsfall ‚Bauantrag‘ bedeutet einen hohen zusätzlichen Arbeitsaufwand. Daher wird im Forschungsprojekt empfohlen, Vorlagen für die zu verknüpfenden Eigenschaften zu erstellen und wiederzuverwenden.

Darüber hinaus zeigte sich, dass Raumkörper auch mit mehreren Properties gekennzeichnet werden können. So kann ein Raumkörper beispielsweise für die Auszeichnung einer versiegelten Fläche und einer Nebenanlage verwendet werden.

Die spezifischen Modellanforderungen für den BIM-basierten Bauantrag wurden am Beispiel von Hochbauprojekten aus Dortmund und Hamburg untersucht und demonstriert. Das Prinzip wird in den folgenden Abbildungen nochmal deutlich (VGL. ZUKUNFT BAU 2020, S. 51)

Angabe der Informationen im IFC-Modell

Raumobjekt	→ Entität:	Raumobjekt für Gebäude (IfcSpace)
	→ Property Set:	BauantragGebäude
	→ Property:	IstGebäudebegrenzung
	→ Typ:	IfcPropertySingleValue → IfcBoolean
	→ Wert:	ja (true)
Höhe baulicher Anlagen nach § 18 Absatz 1 BauNVO [2], mit Bezug auf den Referenzpunkt der IfcSite	→ Entität:	Raumobjekt für Gebäude (IfcSpace)
	→ Quantity Set:	Qto_SpaceBaseQuantities
	→ Quantity:	Height

Beispiel

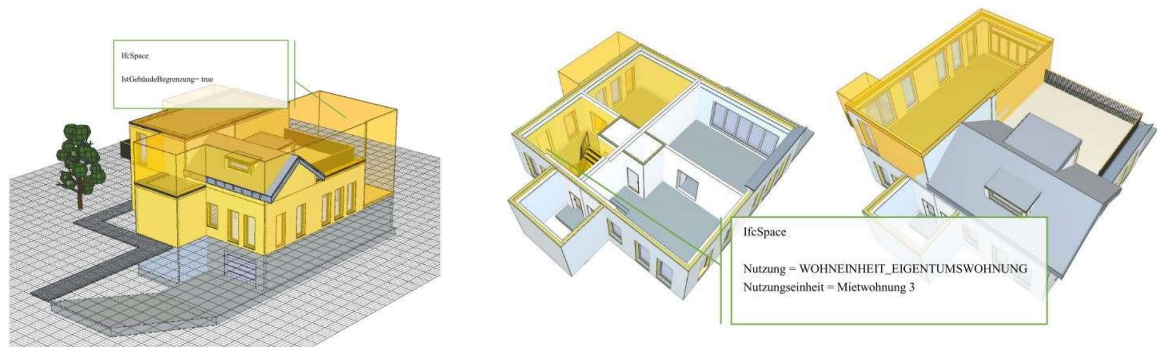


Abbildung 15: Modellierung von Raumkörpern für den BIM-basierten Bauantrag (ZUKUNFT BAUB 2020, S. 12)

2.5.4 Regelbasierte Prüfung von Gebäudemodellen

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde ein Konzept zur regelbasierten Prüfung von bauordnungs- und planungsrechtlichen Festsetzungen erarbeitet.

Wie eingangs bereits beschrieben, wird erwartet, dass regelbasierte bzw. automatisierte Prüfprozesse sich besonders für Prüffälle eignen, bei denen es keinen Ermessensspielraum gibt.

Als regelbasierter Prüfprozess wird eine einheitliche Definition von Vorgaben in Form von Prüfregele, die algorithmische Verarbeitung sowie eine prüfbegleitende Dokumentation der Ergebnisse verstanden.

Die regelbasierte Prüfung von bauordnungs- und planungsrechtlichen Festsetzungen bei Bauwerksmodellen, soll insbesondere den Bauprüfenden auf Behördenseite eine effizientere und transparentere Möglichkeit bieten, die Einhaltung der Bauvorschriften zu überprüfen. So können Bauteile mit gesuchten / geforderten Eigenschaften im Modell gefiltert und geprüft werden (VGL. ZUKUNFT BAU 2020, S. 29). Auch geometrische Anforderungen, wie die Einhaltung gewisser Abmessungen kann mithilfe von regelbasierten Prüfläufen effizient nachvollzogen werden.

Darüber hinaus können auch die Antragssteller*innen durch die entsprechende regelbasierte Modellprüfung noch vor Einreichen des Bauantrags mögliche Mängel, Fehler oder fehlende Informationen erkennen und beheben, um so einer eventuellen Korrektur oder Ablehnung präventiv entgegenwirken zu können (VGL. ZUKUNFT BAU 2020 S. 53).

Da das deutsche Planungs- und Bauordnungsrecht durch eine Vielzahl von Ausnahmeregelungen gekennzeichnet ist, sind regelbasierte Prüfverfahren oft jedoch nicht geeignet. Laut Einschätzung der Fachexpert*innen ist meist auch im BIM-basierten Verfahren die Entscheidung von Sachverständigen erforderlich. Andernfalls bestünde die Gefahr, dass die Vielfalt, die das deutsche Bauwesen ausmacht, in ihrer Kreativität eingeschränkt wird. Eine vollständige automatisierte Prüfung scheint daher unrealistisch. Trotzdem wird erwartet, dass die Anwendung teilautomatisierter Prüfprozesse, beispielsweise bei Prüffällen ohne Ermessungsspielraum, die Arbeit der Bauprüfenden deutlich erleichtern kann und ihnen mehr Zeit für die wesentlichen und kritischen Punkte bei der Bauprüfung verschaffen (VGL. ZUKUNFT BAU 2020, S. 54).

Exemplarisch wird im Folgenden die Vorgehensweise der im Forschungsprojekt der ‚Zukunft Bau‘ durchgeführten regelbasierten Prüfung aufgezeigt.

Zunächst wurden die zu prüfenden Vorschriften vom Gesetzestext in eine algorithmisch verarbeitbare Form überführt. Mittels eines Struktogramms oder eines Programmablaufplans können Abhängigkeiten zu Eingangsparametern, ein fest definierter Prüfablauf und ein Entscheidungsbaum sowie die möglichen Prüfergebnisse eindeutig definiert werden. Die Prüfregeln können auf Basis dieser Ablaufdiagramme abgeleitet werden und in eine Prüfsoftware integriert werden (VGL. ZUKUNFT BAU 2020, S. 29).

Im Forschungsprojekt wurde prototypisch ein modellbasierter Prüfprozess entwickelt. Dieser unterteilt sich in drei wesentliche Schritte. Die Abbildung 18 veranschaulicht den Prüfablauf als Prozessschema.

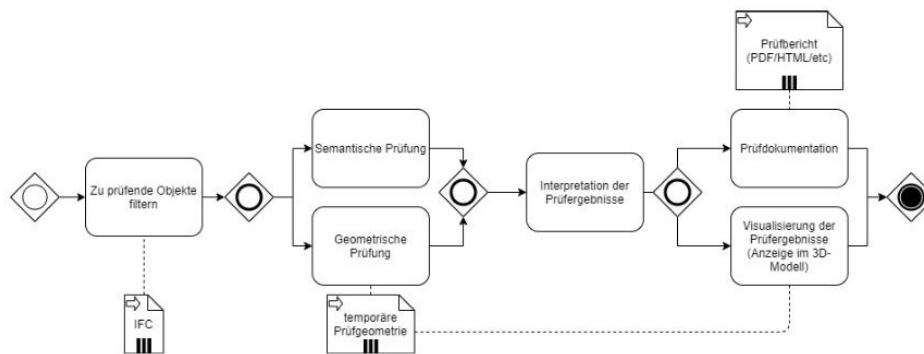


Abbildung 16: Prozessschema regelbasierter Prüflauf (ZUKUNFT BAU 2020, S. 30)

Wie in der Abbildung 18 erkennbar, erfolgt zunächst die Auswahl der zu prüfenden Objekte. Dafür werden alle Elemente aus dem BIM-Modell gefiltert, welche für den jeweiligen Prüffall anwendbar sind. Dies geschieht anhand der Klassifikation des Bauteils oder anhand zugeordneter Eigenschaftsgruppen. Die Kombination aus beiden Filtervarianten ist auch möglich.

In einem nächsten Schritt werden die ausgewählten Prüfobjekte mit den Prüfregeln verknüpft und bezüglich ihrer semantischen und geometrischen Anforderungen geprüft. Bei einer semantischen Überprüfung werden z. B. Properties oder Quantity take-off Parameter der Prüfobjekte untersucht. Bei einer geometrischen Überprüfung wird z. B. die geometrische Abstimmung mit dem Bebauungsplan überprüft. Hierfür wurde im Forschungsprojekt eine temporäre Hilfsgeometrie erzeugt.

Durch eine Inklusionsprüfung konnten die einzuhaltenden Grundstücksgrenzen und die erlaubte Gebäudehöhe überprüft werden. Die Inklusionsprüfung ist bestanden, wenn alle Gebäudeelemente sich innerhalb der Hilfsgeometrie befinden.

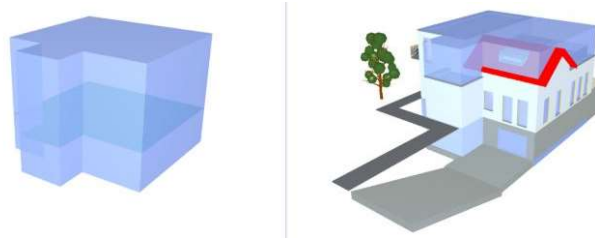


Abbildung 17: Beispiel Inklusionsprüfung zur Prüfung der Gebäudegrenzen (ZUKUNFT BAU 2020, S. 30)

In einem dritten Schritt werden die Prüfergebnisse dokumentiert. Die Prüfergebnisse werden zum einen direkt im Modell durch eine Visualisierung (Markierung nach Farbschema z.B. ungültig = rot und gültig = grün) und zum anderen auch in einem Prüfbericht abgelegt (VGL. ZUKUNFT BAU 2020, S. 31).

3 MATERIAL UND METHODE

Im Folgenden wird die methodische Herangehensweise bei der Entwicklung einer Modellierungsrichtlinie aufgezeigt.

3.1 Untersuchungsgegenstand

Die Modellierungsrichtlinie wird exemplarisch am Beispiel der Bauantragsplanung der Außenanlage des Projektes ‚Elbtower‘ in Hamburg erarbeitet. Die Baueingabe für das Bauvorhaben ‚Elbtower‘ erfolgte Ende des Jahres 2020. Die Bauantragspläne für die Außenanlage wurden nach der konventionellen Planungsmethode als 2D-Pläne vom Landschaftsarchitekturbüro Vogt Landschaft GmbH, Berlin angefertigt. Als Grundlage für diese Arbeit wurden folgende Unterlagen vom Büro Vogt Landschaft GmbH als auch von der Stadt Hamburg in Absprache mit den Bauherren SIGNA Real Estate Management Germany GmbH zur Verfügung gestellt.

Dokumente Vogt Landschaft GmbH:

PDF-Datei

- *Außenanlagenplanung – Ansicht Nordwest, West und Süd*
- *Außenanlagenplanung – Ansichten und Schnitte Anschluss an Bahnanlage (Grundstück DB Netz AG)*
- *Außenanlagenplanung – Ansicht Nord und Ost*
- *Außenanlagenplanung – Umgebungsplan Teilbereich Nord*
- *Außenanlagenplanung – Umgebungsplan Teilbereich Süd*
- *Freiraumplanung – Regeldetails Baumgruben*
- *Außenanlagenplanung – Schnitte AA`, CC`, DD` und EE`*
- *Außenanlagenplanung – Schnitt BB*
- *Außenanlagenplanung – Übersichtsplan Bilanz Baumpflanzungen*
- *Außenanlagenplanung – Übersichtsplan Bilanz Vegetationsflächen*
- *Zeichnungsgrundlagen – Verortung Gebäude auf Grundstück*

CAD-DATEI

- *Außenanlagenplanung – Lageplan CAD-Datei*
- *Gebäudekubatur Elbtower LPH3*

Dokumente Stadt Hamburg:

PDF-Datei

- *Bebauungsplan HafenCity16 (Stand 2019)*
- *Begründung zum Bebauungsplan HafenCity16 (Stand 2019)*
- *Verordnung über den Bebauungsplan HafenCity16 (Stand 2019)*

Word-Datei

- *Anforderungen an ein BIM-Modell für den BIM-basierten Bauantrag (Stand 2020)*
- *Übersicht Einreichung_Prüfung_Freiraumunterlagen (Stand 2020)*

Bislang liegt der Bebauungsplan HafenCity16 nicht in digitaler Form im Format XPlanung vor. Die Synergien zwischen digitalem Bebauungsplan und dem Freianlagenmodell werden im Rahmen dieser Arbeit daher nicht betrachtet.

Entwurf Außenanlage Elbtower

Die Grundlage für das weitere Vorgehen bildet eine Beschreibung des Plangebiets und die vom Büro Vogt Landschaft GmbH vorgesehene Gestaltung der Außenanlage des Elbtowers.

Das Planungsgebiet liegt an der östlichen Spitze der HafenCity im Dreieck zwischen Nordelbe, Oberhafenkanal und der Bahnstrecke Hamburg – Harburg. Die planungsrechtliche Grundlage für die Bebauung des Gebietes bildet der Bebauungsplan ‚HafenCity16‘. Das Kerngebiet, bestehend aus dem Elbtower und den zugehörigen Außenanlagen, umfasst eine Fläche von etwa 21.057m², davon bilden ca. 12.355m² den Außenraum.

Der Elbtower ist Teil des ‚Quartiers Elbbrücken‘, welches neben dem ‚Überseequartier‘ das zweite urbane Zentrum der HafenCity bildet. Der etwa 240 m hohe Elbtower ist als neue Landmarke das Gegenstück zur Elbphilharmonie im Westen den östlichen Abschluss der HafenCity. Die Umgebung ist geprägt von großen Wasserflächen, Straßen und Bahnanlagen.

Die Zufahrt zum Grundstück erfolgt über die Zweibrückenstraße. Westlich der Zufahrt befindet sich die Gebäudevorfahrt mit Wartepätzen für Taxen und einem Drop-Off Bereich vor dem Haupteingang Süd. Die Flächen außerhalb des Einfahrts- und Vorfahrtsbereich sind ausschließlich dem Fuß- und Radverkehr vorbehalten. Parkplätze für PKWs sind in den Außenanlagen nicht vorgesehen, jedoch 218 Stellplätze für Fahrräder.

Die Gestaltung der Außenanlagen nimmt Bezug auf die Vegetation und Materialien der benachbarten Quartiere. Gestalterisch lässt sich die Außenanlage in vier Teilbereiche unterschiedlichen Charakters unterteilen. Der Zufahrtsbereich entlang der Zweibrückenstraße fungiert als Entrée für das Gebäude und ist durch intensives Verkehrsgeschehen geprägt. Der anschließende langgestreckte Zwischenraum zwischen Elbtower und Bahntrasse dient als Ausstellungsfläche im Erdgeschoss. Nördlich des Gebäudes weitet der Zwischenraum sich zu einem Platz, in dem ein Zuluftbauwerk gestalterisch integriert ist. Über eine Freitreppe wird der Platz mit dem Brückenkopf und mit einer Promenade entlang des Oberhafenkanals verbunden. Die Promenade liegt etwas tiefer als die restlichen Flächen und wird daher durch eine Kaimauer vor Hochwasser geschützt. Der Kaimauer sind in unregelmäßigen Abständen großformatige Pflanztröge vorgelagert, die die Promenade zonieren und die Aufenthaltsbereiche am Wasser einfassen. An die Promenade schließt sich im Norden des Grundstücks eine dreieckige Anschlussfläche an das Grundstück der ‚DB Netz AG‘ an, die zwischen neugestalteten Flächen und Bestand vermittelt.

Ein elementarer Bestandteil des Gestaltungskonzeptes ist das Vegetationskonzept.

Um die Raumbildung zu stärken, werden Baumgruppen oder Einzelbäume mit robusten Heckenkörpern mit einer Höhe von ca. 1,2 m kombiniert. Der jeweilige Charakter der beschriebenen unterschiedlichen Teilbereiche wird durch verschiedene Gehölzarten unterstrichen. Verbindendes Element aller Räume ist ein durchgängiger Belag aus hellem Pflasterklinker. Der helle Ton wird

verwendet, um die Aufheizungseffekte des Außenbereichs zu minimieren. Lediglich im Zufahrtsbereich wird der Belag aus Ortbeton ausgestaltet (VGL. VOGT LANDSCHAFT 2020).

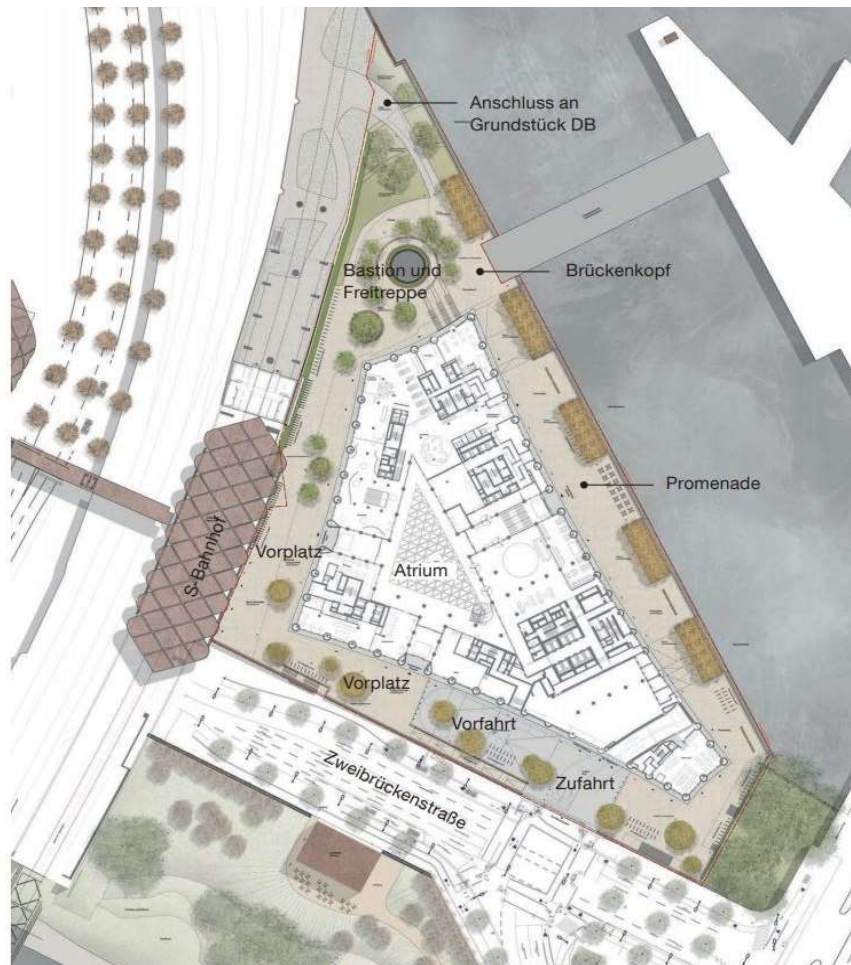


Abbildung 18: Übersichtsplan Entwurf Außenanlage Elbtower (VOGT LANDSCHAFT 2020)

3.2 Methodische Vorgehensweise

Die zu erarbeitende Modellierungsrichtlinie für Außenanlagenmodelle für den BIM-basierten Bauantrag wird am Beispiel des Projektes Elbtower durchgeführt.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen sind eindeutige geometrische und semantische Anforderungen bezüglich des erforderlichen Detaillierungsgrades für den Anwendungsfall ‚BIM-basierter Bauantrag‘ zu definieren. Dafür sind zunächst die für den Bauantrag relevanten Objekte des Freiraums zu identifizieren.

Die Ergebnisse sind in einer Modellierungsrichtlinie zu formulieren. Zugleich ist die Umsetzbarkeit der formulierten Modellierungsrichtlinie auf Basis aktuell zur Verfügung stehender BIM-Software zu verifizieren und als BIM-Modell zu realisieren.

Abschließend sind auf Basis der erstellten Modellierungsrichtlinie Potenziale und Chancen, die sich durch teilautomatisierte Prüfprozesse von bauordnungs- und bauplanungsrechtlichen Anforderungen ergeben, für die Landschaftsarchitektur aufzuzeigen.

Die methodische Herangehensweise für dieses Vorhaben erfolgt in drei Teilen:

- Anforderungsanalyse
- Umsetzung der Modellierungsrichtlinie
- Erstellung des BIM-Modells sowie die Entwicklung bauordnungs- und bauplanungsrechtlicher regelbasierter Prüfläufe

Als Grundlage für das weitere Vorgehen werden diese drei Teile im Folgenden näher betrachtet.

3.2.1 Anforderungsanalyse

Wie im Kapitel 2.4.5 bereits erläutert, wird ein BIM-Prozess in der Regel in abgestufte Modellfertigungsgrade (oder LODs) mit unterschiedlichen semantischen und geometrischen Detaillierungsgraden unterteilt.

Dabei wird der Fertigstellungsgrad LOD 200 den nach HOAI definierten Leistungsphasen - Entwurf und Genehmigungsplanung- zugeordnet. Für die Entwicklung der Modellierungsrichtlinie werden daher zunächst die Vorgaben hinsichtlich des semantischen und geometrischen Detaillierungsgrades gemäß LOD 200 analysiert.

Im Rahmen einer Dokumentenanalyse werden die BauVorIVo und die bundesweit als Orientierung dienende MBauVorIV nach erforderlichen Inhalten und Informationen von Lageplänen bei Außenanlagenplanungen für den Bauantrag untersucht. Da abzusehen ist, dass der qualifizierte Freiflächenplan im Bauantragsverfahren zukünftig an Relevanz gewinnt, werden im Rahmen dieser Arbeit auch die Inhalte des qualifizierten Freiflächenplans untersucht.

Diese Untersuchung dient zum einen dazu, einen möglichst umfassenden und allgemeinen Überblick über notwendige Planinhalte und Informationen für die Bauantragsplanung von Außenanlagen zu erhalten, zum anderen können auf Basis dieser Untersuchung eindeutige und projektunabhängige Anforderungen an Außenanlagenmodelle bzgl. der notwendigen Inhalte und Informationen nach dem Bauordnungsrecht formuliert werden.

Im Anschluss daran wird geprüft, ob die identifizierten Planinhalte und Informationen der genannten Dokumente auch in der vorliegenden Bauantragsplanung der Außenanlage des Elbtowers enthalten sind. Daraus resultierend kann die Allgemeingültigkeit der zu erstellenden Modellierungsrichtlinie am Beispiel der Außenanlage des Elbtowers erfasst werden.

Die gesamten Untersuchungsergebnisse werden tabellarisch zusammengefasst. In dieser Tabelle wird zudem festgelegt, ob die identifizierten Planinhalte und Informationen als Geometrie, Farbschema oder als Information (Attribut / Property) im BIM-Modell zu hinterlegen sind.

Zur konkreten Umsetzung der Modellierungsrichtlinie am Beispiel des Projektes ‚Elbtower‘ werden in einer weiteren Dokumentenanalyse die dafür vorliegenden Bauantragspläne, der Bebauungsplan HafenCity 16 und dessen schriftliche Festsetzungen untersucht.

Anhand dieser Plandokumente sind zunächst alle für den Bauantrag relevanten Objekte des Freiraums zu identifizieren. Des Weiteren sind anhand dieser Pläne, ergänzend zu der bereits erfolgten Untersuchung der Bauordnungen, die geometrischen und semantischen Anforderungen für die identifizierten Objekte zu untersuchen.

3.2.2 Erstellung der Modellierungsrichtlinie

Die Modellierungsrichtlinie fasst die zuvor identifizierten Objekte des Freiraums zusammen. In dieser werden die auf Basis der Dokumentenanalyse ermittelten Anforderungen an die geometrische und semantische Detaillierung für die Modellobjekte im Bauantrag beschrieben.

Daraus abgeleitet werden die beschreibenden Attribute sowie die Objektklassifizierung im IFC.

Als Orientierungsrahmen für die Definition der jeweiligen Attribute, werden neben der vorrangegangenen Dokumentenanalyse auch die ‚Modellierungsrichtlinie ‚BIM-basierter Bauantrag‘ (ZUKUNFT BAU 2020 B), der Anforderungskatalog Räume und Bauelemente – Architektur der Bergischen Universität Wuppertal (HELMUS ET AL. 2020) sowie die Vorstandardisierungsarbeit ‚BIM-Klassen der Verkehrswege‘ der buildingSmart-Fachgruppe BIM-Verkehrswege (BUILDINGSMART (HG.) 2020, BRÜCKNER 2021) mit betrachtet.

Auch die Umsetzbarkeit und Art der Modellierung wird je Modellobjekt auf Basis einer exemplarisch gewählten BIM-Software verifiziert und aufgezeigt.

Für den Aufbau der Modellierungsrichtlinie wird eine einheitliche Systematik entwickelt. Die übergeordnete Struktur bildet die Einteilung in Fach- und Teilmodelle, denen die Modellobjekte zugewiesen werden. Die Beschreibung der jeweiligen Modellobjekte gliedert sich in mehrere Punkte. Im Kapitel 5 wird die erarbeitete Systematik detailliert beschrieben.

3.2.3 Teilautomatisierte Regelprüfung

Abschließend werden die Chancen der teilautomatisierten Regelprüfung von bauordnungs- und bauplanungsrechtlichen Anforderungen an die Außenanlagenplanung aufgezeigt.

Wie bereits im Kapitel 2.5.4 beschrieben, wurde im Forschungsprojekt ‚BIM-basierter Bauantrag‘ bereits ein Prüfprozess zur Prüfung bauordnungsrechtlicher und bauplanungsrechtlicher Vorgaben

entwickelt. Im Rahmen dieser Arbeit wird dieser Prüfprozess zur regelbasierten Prüfung des Außenanlagenmodells des Elbtowers angewendet.

3.3 Verwendete BIM-Software

Bislang gibt es keine BIM-Software, mit der sich die Modellierungsanforderungen zur Planung von Außenanlagen optimal umsetzen lassen. Die Teilnahme der Landschaftsarchitektur an BIM-Prozessen ist bislang nur mit den gängigen BIM-Autorensystemen aus dem Bereich des Hochbaus bzw. Ingenieurbaus umzusetzen.

Im Rahmen dieser Arbeit wird für die Modellierung der Freianlagen die BIM-Software Revit des amerikanischen Herstellers Autodesk verwendet. Für die Modellauswertung bzw. Prüfung wird die Software DESITE md pro verwendet. Zur Überprüfung des IFC-Exports dient weiterhin der FZKViewer.

3.3.1 Autodesk Revit

Autodesk Revit gilt als die weltweit meistgenutzte BIM-Software im Bereich des Hochbaus (VGL. LIEBICH UND HAUSKNECHT 2016, S. 85). Veröffentlichungen wie ‚BIM-Workflows für Landschaftsarchitekten: ein Praxisbeispiel‘ von BRÜCKNER ET AL. (2018) oder in Expert*inneninterviews wie z. B. dem von Angus W. Stocking geführten Interview mit der Landschaftsarchitektin Lauren Schmidt (SCHMIDT 2019), betonen allerdings, dass sich die Software Revit grundsätzlich auch zur Modellierung von Freiräumen eignet.

Grundsätzlich gewährleistet Revit als objektorientierte Software, dass die Modelle vom Entwurf bis zum Betrieb durchgehend in den jeweiligen geometrischen und semantischen Detaillierungsgraden geplant und genutzt werden können (VGL. TANGER UND HIERMER 2020, S. 2). Des Weiteren zeichnet sich die Software durch das datenbankorientierte Arbeiten mit vielfältig parametrisierbaren Komponenten, auch Familien genannt, dem bi-direktionalen Arbeiten im Modell und in den Plänen sowie insbesondere bei der Bearbeitung von Modellattributen aus (VGL. LIEBICH UND HAUSKNECHT 2016, S. 85).

Da Autodesk Revit primär für den Hochbau entwickelt wurde, richten sich die bereits vordefinierten Modellierungstools bzw. System-Bauteilfamilien innerhalb der Software an die drei wesentlichen Bereiche des Hochbaus:

- **Architektur - Revit Architecture:** Ist die Modellierungsumgebung mit Bauteilen für die speziellen Anforderungen der Hochbauarchitektur. Bauteilfamilien sind beispielsweise Wand oder Geschossdecke.
- **Tragwerksplanung - Revit Structure:** Ist die Modellierungsumgebung mit Bauteilen für die speziellen Anforderungen des Ingenieurbaus bzw. Tragwerksplanung. Bauteilfamilien sind z.B. Träger oder Tragwerksstütze.

- **Gebäudetechnik- Revit MEP:** Ist die Modellierungsumgebung mit Bauteilen für die speziellen Anforderungen der Gebäudetechnik. Bauteilfamilien sind beispielsweise Luftkanal oder Rohr.

Weitere noch nicht in Revit definierte Bauteile können mit den ‚freien‘, objektunabhängigen Modellierungstools erzeugt werden. Dabei besteht die Möglichkeit, die frei definierten Bauteilgeometrien als Bauteilfamilie zu speichern, um diese auch in weitere Projekte zu importieren und nutzen zu können. Gleiches gilt auch für die zahlreichen Bauteile, die in einer zusätzlichen Revit-Bauteilbibliothek vorliegen oder für Bauteile von Drittanbietern, die als „ladbare Familien“ in das Projekt importiert werden können.

Um die Zusammenarbeit mit anderen Fachplanenden nach dem Open-BIM-Prinzip zu gewährleisten, verfügt Revit über eine IFC- und eine BCF- Schnittstelle. Darüber hinaus unterstützt Revit eine breite Palette von Branchenstandards und Dateiformaten im Im- und Export, wie:

- Revit-eigene Formate: RVT, RFA, RTE, RFT
- CAD-Formate: DNG, DWF, DWG, DXF, IFC, SAT, SAK
- Bildformate: BMP, PNG, JPG, JPEG, TIF
- Andere Formate: ODBC, HTML, BCF, TXT, gbXML, Punktwolken (RCS, RCP).

Verwendet wurde die Version Autodesk Revit 2021.

3.3.2 DESITE md pro

DESITE md pro ist eine Software für das BIM-Management. Mit dieser Software kann ein BIM-Koordinationsmodell aus verschiedenen Fachmodellen eines Projektes erstellt werden. DESITE md pro bietet somit eine gemeinsame Kommunikations- und Koordinierungsplattform für alle Projektbeteiligten. Zudem können den Modellobjekten sehr effizient Attribute zugefügt werden. Mit DESITE md pro können BIM-Modelle zudem auf einfache Weise analysiert und mittels regelbasierten Prüfläufen bis ins Detail geprüft werden. Diesbezüglich wird neben einer rein geometrischen Modellprüfung auch die Prüfung von Klassifikationen und Attributen betrachtet. Weiterhin lässt sich mit dieser Software beispielsweise eine 4D-Bauablaufvisualisierung und eine 5D-Mengenermittlung umsetzen (VGL. MENSCH UND MASCHINE O. J).

Hier wird die DESITE md pro insbesondere zur regelbasierten Modellprüfung von bauordnungs- und planungsrechtlichen Anforderungen, sowie für das Informationsmanagement verwendet. Eingesetzt wurde die Version 2.6.

3.3.3 FZKViewer

Der FZKViewer des KIT (Karlsruher Institut für Technologie) ist ein Softwarewerkzeug zur Visualisierung von semantischen Datenmodellen aus den Bereichen BIM und GIS. Er wird als Freeware mit regelmäßigen Updates zum Download zur Verfügung gestellt und hier in der Version FZKViewer x64 6.1 verwendet (KIT 2021).

4 ANFORDERUNGSANALYSE

Ziel dieser Arbeit ist es, Anforderungen an Außenanlagenmodelle für den BIM-basierten Bauantrag zu identifizieren und in eine Modellierungsrichtlinie umzusetzen. Die Modellierungsrichtlinie wird am Beispiel der Außenanlagenplanung des Elbtowers erarbeitet.

Zunächst wurden die Vorgaben für den Fertigstellungsgrad LOD 200 untersucht und als Grundlage für das weitere Vorgehen zusammengefasst.

4.1 Level of Detail 200

Wie im Kapitel 2.4.5 bereits erläutert, wird in der BIM-Methode der Fertigstellungsgrad LOD 200 den nach HOAI definierten Leistungsphasen Entwurf und Genehmigungsplanung zugeordnet. Gemäß HAUSKNECHT UND LIEBICH (2016) werden mit dem Fertigstellungsgrad LOD 200 Modellelemente typgerecht als vereinfachte Bauteile oder Räume mit ungefähren Mengen, Abmaßen, Formen, Positionierungen und Orientierungen erstellt. Zudem werden den Bauteilen erste allgemeine semantische Informationen hinzugefügt, wie beispielsweise ‚Bauteiltyp tragend / nichttragend‘ oder ‚Bauteilname‘. Räumen sind Informationen wie ‚Raumtyp, Raumnummer‘ oder ‚Fläche- und Volumenmaße‘ hinzuzufügen (VGL. HAUSKNECHT UND LIEBICH 2016, S. 136).

In Übereinstimmung mit HAUSKNECHT UND LIEBICH wird der Fertigstellungsgrad LOD 200 auch in der Handreichung Teil 7 (Handreichung BIM-Fachmodelle und Ausarbeitungsgrad) von BIM4INFRA 2020 definiert. Zusätzlich wird hier noch darauf hingewiesen, dass das Entwurfsmodell für die Genehmigungsplanung mit der dafür notwendigen Informationstiefe erweitert werden soll (VGL. BMVI TEIL 2019E, S. 15).

Eine weitere Orientierung bietet der Anforderungskatalog ‚Räume und Bauelemente – Architektur‘. Dieser wurde von der Bergischen Universität Wuppertal im Rahmen des Forschungsprojektes ‚Leitfaden für die Erstellung eines Bauwerksdatenmodells‘ erarbeitet. Für die dort beschriebenen Modellobjekte wurde sowohl die notwendige semantische Informationstiefe in LOI 100-500 als auch der geometrische Detaillierungsgrad in LOG 100-500 differenziert (VGL. HELMUS UND MEINS-BECKER 2020).

4.2 Dokumentenanalyse Bauordnungsrecht

Im Rahmen einer ausführlichen Dokumentenanalyse wurde untersucht, welche Inhalte und Informationen gemäß der BauVorIVo, MBauVorIV und des qualifizierten Freiflächenplans auf Lageplänen der Außenanlagenplanung für den Bauantrag vorgeschrieben sind.

Im Anschluss daran wurde untersucht, ob die identifizierten Planinhalte und Informationen aus den genannten Dokumenten auch in der vorliegenden Bauantragsplanung der Außenanlage des Elbtowers enthalten sind.

Abschließend wurden die Ergebnisse interpretiert und festgelegt, ob die Planinhalte als Geometrie, Farbschema oder als Information (Attribut / Property) im Außenanlagenmodell zu hinterlegen sind. Die folgende Tabelle fasst die Ergebnisse der Dokumentenanalyse in Kategorien (z. B. Grundstück und Bebauung) zusammen. Die Kategorien wurden im Rahmen dieser Arbeit definiert.

Sie zeigt, welche relevanten Planinhalte und Informationen gemäß der untersuchten Dokumente bei der Bauantragsplanung einer Außenanlage darzustellen sind. Diese sind daher auch für die Modellierung eines Außenanlagenmodells bzgl. des BIM-basierten Bauantrags relevant.

Die Spalten ‚Darstellung im BIM-Modell‘ zeigen, wie die identifizierten Planinhalte und Informationen bezüglich der Umsetzung im BIM-Modell interpretiert werden. Anhand der Tabelle wird deutlich, dass die meisten Planinhalte und Informationen sowohl geometrisch als auch semantisch im BIM-Modell darzustellen sind.

Auffällig ist, dass gemäß der BauVorIvo wesentlich mehr Planinhalte und Informationen in Bauantragsplänen gefordert werden als bei MBauVorl. Des Weiteren wird erkennbar, dass von der BauVorIvo und der MBauVorl, speziell für die Kategorie Vegetation, nur wenig Informationen für die Bauantragsplanung gefordert werden. Gegenteilig dazu ist der qualifizierte Freiflächenplan, welcher vielfältige Planinhalte und Informationen in der Kategorie Vegetation im Bauantragsverfahren fordert.

Eine hohe Übereinstimmung der untersuchten Dokumente wird in der Kategorie Brandschutz deutlich. Darüber hinaus zeigt die Tabelle auch, dass viele der in den untersuchten Dokumenten geforderten Planinhalte und Informationen auch in der vorliegenden Bauantragsplanung der Außenanlage des Elbtowers enthalten sind. Diese Inhalte und Informationen werden in der folgenden Modellierungsrichtlinie berücksichtigt. Dementsprechend können auf Basis dieser exemplarischen Modellierungsrichtlinie umfassende und allgemeingültige Erkenntnisse für die Erstellung von Außenanlagenmodellen für den Bauantrag gewonnen werden. Die ausführlichen Inhalte sind in Anhang 1 aufgeführt.

Tabelle 3: Inhalte und Informationen Bauantrag Außenanlage gemäß Bauordnungsrecht

Planinhalt/ Information Baueingabe Außenanlage	BauVorVo	MBauVorl	qualifizierter Freiflächenplan	Bauantragspläne Außenanlage Elbtower	Darstellung im BIM-Modell	
					geometrisch (x) dargestellt als Farbschema	semantisch
Grundstück und Bebauung						
Grundstücksgrenzen	x	x		x	x	x
benachbarte Grundstücke	x	x		x	x	x
Grundstückseigentümer*in	x	x				x
Maßstab u. Nordrichtung	x	x		x		x
überbaubare u. nicht überbaubare Flächen	x	x		x	(x)	x
katastermäßige Flächengrößen, Flurstücknummern- u. Grenzen	x	x			x	x
Flächen die von Baulasten, Hofgemeinschaften betroffen sind	x	x			(x)	x
Höhenbezugssystem	x	x	x	x	x	x
beabsichtigte Geländeänderung	x		x		x	
Aufteilung, Nutzung und Verortung nicht überbauter Flächen (z.B. Grün-, Geh- und Fahrflächen, Stellplätze, Kinderspielplätze etc.)	x	x	x	x	x	x
Baudenkmäler, Bodendenkmäler, Ensembles, Gartendenkmäler	x	x			x	x
Lage im Wasserschutz-/ Überschwemmungsgebiet	x				x	x
geplante Nebenanlagen	x		x		x	x
Barrierefreiheit	x		x	x	x	
Wegerecht						
Lage und Größe Zu- und Abfahrten, Durchfahrten	x	x	x	x	x	x
Für Bauvorhaben in Anspruch genommene öffentliche/ private Flächen; Nutzungsart, Anzahl Fahrzeuge, Gewicht Fahrzeuge, Nutzungszeitraum	x				(x)	x
Anzahl Stellplätze (PKW, Fahrrad)	x	x	x	x	x	x
Brandschutznachweis						
Zu- und Durchgänge für Feuerwehr, inkl. Abmessungen	x	x	x	x	x	x
Zu- und Durchfahrten für Feuerwehr, inkl. Abmessungen	x	x	x	x	x	x
Feuerwehraufstellflächen, inkl. Abmessungen	x	x	x	x	x	x
Schleppkurven Nachweis	x			x	x	
Löschwasserversorgung (Hydranten)	x	x	x	x	x	x
Löschwasserrückhalteraum	x	x			x	x

Tragfähigkeit des Baugrundes	x	x			x	x
Vegetation						
erhaltenswerte/schützenswerte Bäume/Sträucher/Hecken (Lage, bot. Name, Stammumfang, Kronenumfang)	x	x	x	x	x	x
neu zu pflanzende Bäume/ Sträucher/Hecken (bot. Name erforderliche Pflanzgröße)			x	x	x	x
Bäume, Sträucher, Hecken die entfernt werden sollen	x		x	x	x	x
Vorkommen geschützter Arten	x		x			x
Grünflächen	x		x	x	x	x
Art und Umfang der Dachbegrünung			x	x	x	x
Art und Umfang der Fassadenbegrünung			x		x	x
Festlegung von artenschutzrechtlichen Maßnahmen			x			x
Einhaltung des Biotopflächenfaktors (BFF)			x			x
Bäume auf Nachbargrundstück die das Bauvorhaben oder die Rettungswege beeinflussen			x	x	x	x
Immissionsschutz/ Ausstattung						
Standort, Art u. Anzahl Außenbeleuchtung	x		x	x	x	x
Standort, Art u. Erschließung Abfallbehälter	x		x	x	x	x
Versorgung						
vorhandene Hochspannungsleitungen	x				x	x
Leitungen öffentliche Versorgung (Wasser, Gas, Strom etc.)	x	x	x	x	x	x
Wasserbewirtschaftung						
Leitungsführung Schmutzwasser u. Regenwasser	x	x		x	x	x
Sohlhöhen, Gefälle, Nennweiten, Volumenströme	x			x	x	x
Abläufe/ Schächte Niederschlagswasser + Höhenpunkte	x		x	x	x	x
Überflutungsflächen mit Geländehöhe, Einstauhöhen	x			x	x	x
Nachweis schadloser Überflutung				x	x	x
Regenrückhalteraum/ Versickerungsanlagen	x		x		x	x
Überflutungsnachweis	x		x		x	x
Einleitstellen/ Einleitmenge in Gewässer	x				x	x
Abwasserbehandlungsanlagen (falls geplant)	x				x	x
abflusswirksame Flächen, dazugehörige Abflussbeiwerte	x				x	x
Dachentwässerung – Gefälle, Abläufe	x				x	x

4.3 Projektspezifische Planungsanforderungen

Zur konkreten Umsetzung der Modellierungsrichtlinie am Beispiel der Außenanlage des Elbtowers werden im Folgenden die vorliegenden Bauantragspläne sowie der Bebauungsplan ‚HafenCity16‘ und dessen Festsetzungen untersucht.

Hier wurden zunächst sowohl die im Modell darzustellenden physischen Objekte sowie auch die nicht physischen Objekte für die Bauantragsplanung identifiziert.

Physische Objekte sind beispielsweise Mauern, befestigte Flächen oder Pflanzen. Nicht physische Objekte sind z. B. Zu- und Durchfahrten für die Feuerwehr oder Stellplätze.

Viele der hier identifizierten projektspezifischen Planinhalte wurden bereits auch in den Untersuchungen der Bauvorlageverordnungen und des qualifizierten Freiflächenplans als relevante Planinhalte für den Bauantrag identifiziert.

Die aus der vorliegenden Planung der Außenanlage des Elbtowers sowie aus dem Bebauungsplan ‚Hafen City 16‘ und dessen Festsetzung identifizierten Objekte werden im Folgenden aufgelistet und anschließend in der Modellierungsrichtlinie aufgeführt.

Tabelle 4: Identifizierte Objekte / Informationen aus der Außenanlagenplanung Elbtower

physische Objekte	nicht physische Objekte/ Informationen
▪ Grundstück ▪ befestigte Fläche ▪ Mauer ▪ Treppe ▪ Rampe ▪ Geländer ▪ Baum ▪ Hecke ▪ Vegetationsfläche ▪ Mastleuchte ▪ Hydrant ▪ Abfallbehälter ▪ Sitzbank	▪ Fahrradstellplatz ▪ Taxihalteplätze ▪ Flächen für Feuerwehr ▪ Hochwasser ▪ Überschwemmungsgebiet ▪ Geh- und Fahrrechte

Auf Basis der genannten Dokumente werden in einem nächsten Schritt die geometrischen und semantischen Anforderungen für die jeweiligen Objekte untersucht. Die dabei identifizierten Anforderungen werden je Modellobjekt in der folgenden Modellierungsrichtlinie aufgeführt.

5 ERSTELLUNG EINER MODELLIERUNGSRICHTLINIE

In der folgenden Modellierungsrichtlinie wird aufgezeigt, wie die Erstellung der identifizierten Objekte des Freiraums hinsichtlich geometrischer und semantischer Detaillierung für den BIM-basierten Bauantrag umzusetzen ist.

Neben der Umsetzung der Objektmodellierung ist auch eine sinnvolle Modellstruktur für das Fachmodell der Außenanlage für den Austausch mit weiteren Planungsbeteiligten essentiell. Im Rahmen dieser Modellierungsrichtlinie wird zudem exemplarisch eine sinnvolle Modellstruktur für das zu erstellende Außenanlagenmodell erarbeitet.

Modellstruktur Außenanlagenmodell

Wie bereits im Kapitel 2.4.2 Open BIM beschrieben, setzt sich ein BIM-Modell in der Regel aus verschiedenen Fachmodellen, also gewerkspezifischen Bauwerksmodellen, der jeweiligen Fachplanenden zusammen. Ein Fachmodell besteht wiederum meist aus mehreren Teilmodellen. Jedes einzelne Teilmodell wird über die Projektlaufzeit modifiziert und mit weiteren relevanten Informationen für einen bestimmten Zweck (z.B. BIM-basierter Bauantrag) angereichert. Die Einteilung in mehrere Teilmodelle schafft eine übersichtlichere Modellstruktur über den gesamten Planungsprozess hinweg. So können für jedes Teilmodell klare und differenzierte Anforderungen über den gesamten Planungsprozess definiert werden. Des Weiteren wird so ermöglicht, dass die Teilmodelle eines Fachmodells parallel durch mehrere Planende erzeugt werden können.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde daher exemplarisch eine sinnvolle Modellstruktur für das Außenanlagenmodell des Elbtowers entwickelt.

Hierfür sind die Fachmodelle ‚Außenanlage‘ und ‚Dachfläche‘ vorgesehen. Beide sind in mehrere Teilmodelle untergliedert.

Die identifizierten Objekte des Freiraums wurden den Teilmodellen kategorisch zugeordnet. Die Gliederung der folgenden Modellierungsrichtlinie entspricht der hier festgelegten Modellstruktur.

In der folgenden Modellstruktur wurden nur die für den Bauantrag relevanten Objekte berücksichtigt. Diese kann für weitere Anwendungsfälle erweitert werden.

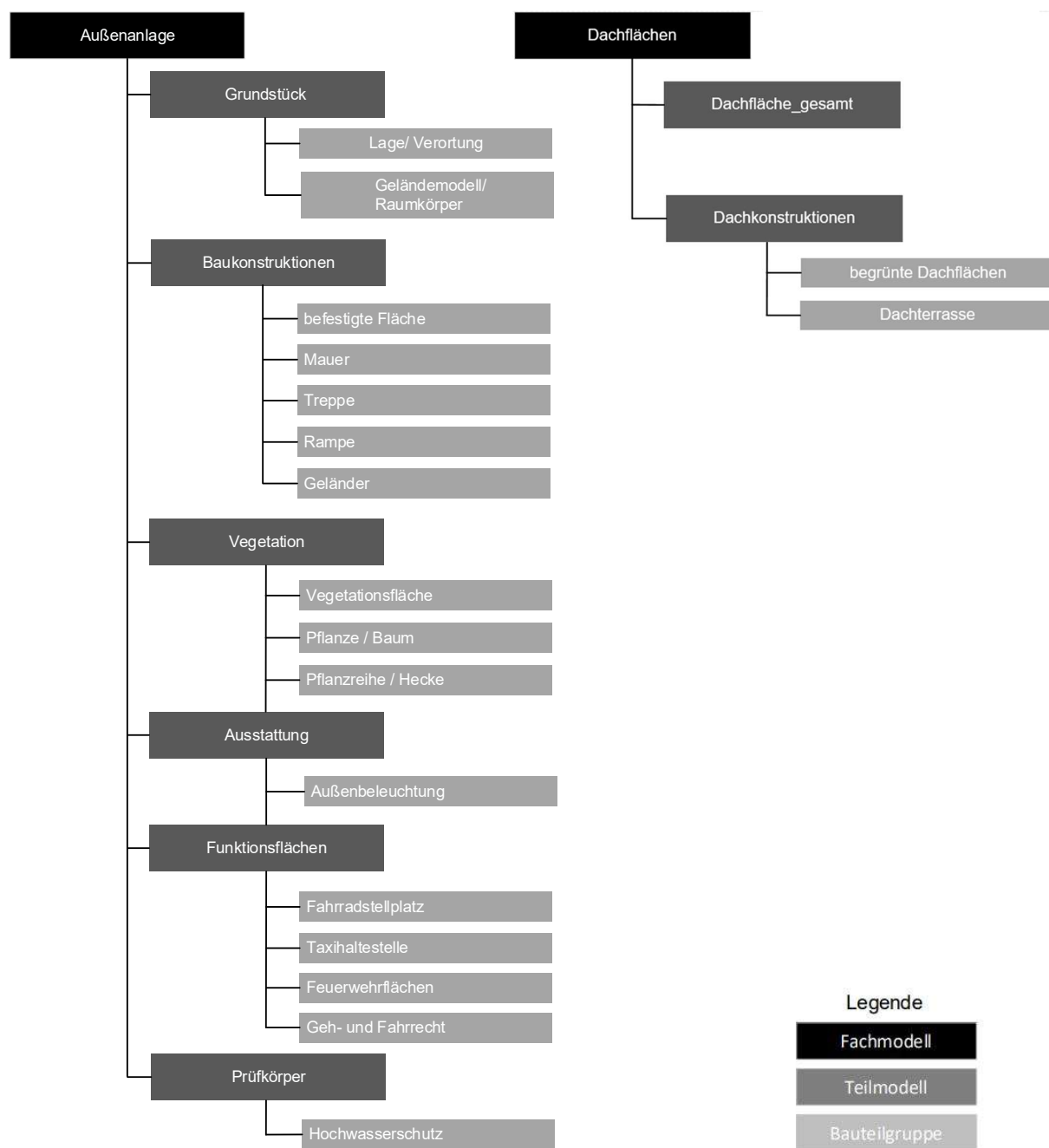


Abbildung 19: Modellstruktur Außenanlage Elbtower

5.1 Anforderungen an Objekte des Freiraums

Der Aufbau der spezifischen Beschreibung der identifizierten Objekte folgt einer einheitlichen Systematik:

- geometrischen und semantischen Anforderungen
- Bezeichnung des Objektes (Klassifizierung nach IFC)
- Erstellung eines Attributkatalogs
 - Definition der zu verwendenden Properties
 - Definition der zu verwendenden Quantities
- Umsetzung der Modellierung
- IFC-Export

Diese Modellierungsrichtlinie beschränkt auf die IFC-Version 2x3 Coordination View 2.0. Andere Versionen wurden nicht validiert, prinzipiell ist eine Anwendung aber beispielsweise mit IFC 4 möglich.

Auf Basis der vorangegangenen Analyse werden die identifizierten, relevanten Objekte für Außenanlagenmodelle mit eindeutigen geometrischen und semantischen Anforderungen bzgl. des Detaillierungsgrads für den Anwendungsfall BIM-basierter Bauantrag beschrieben.

Da Objekte des Freiraums bisher nicht im IFC-Schema betrachtet werden, sind diese im IFC-Modell als allgemeine Bauteilkategorie *IfcBuildingElementProxy* zu klassifizieren.

Um die zukünftige Standardisierung zu forcieren, wurden im Objektanforderungskatalog Klassifizierungsvorschläge gemäß VDI 2552 Blatt 9 formuliert. Gemäß dieser Richtlinie sind Vorschläge für neue, ergänzende IFC-Klassen durch das Präfix „Ifx“ zu kennzeichnen, z. B. IfxPlant. Neue und bisher noch nicht standardisierte IFC-Typen sind dagegen durch das Suffix „_IFX“ zu kennzeichnen, z. B. IfcWall/Gabions_IFX. Die Kombination dieser beiden Vorschläge wird folgendermaßen gekennzeichnet: IfxPlant/Tree_IFX.

Gemäß VDI 2552 Blatt 9 steht das Akronym „Ifx“ für „Ifc Extension“.

Zur konkreten Anwendung dieses Klassifizierungsvorschlags im BIM-Modell, sind die betreffenden Objekte um ein Property mit den neu definierten Klassifizierungsvorschlägen zu erweitern (VGL. VDI 2552 BLATT 9 2020, S. 11).

Für eine mögliche teilautomatisierte Regelprüfung der BIM-Modelle sind je nach Prüffall die dafür entsprechenden Attribute (Properties) und / oder Mengenangaben (Quantities) notwendig. Diese sind für Objekte des Freiraums bisher nicht einheitlich definiert bzw. standardisiert. Die für den BIM-basierten Bauantrag notwendigen Properties und Quantities werden in der Modellierungsrichtlinie exemplarisch auf Grundlage der vorangegangenen Analyse definiert.

Wie die Modellierung der identifizierten Objekte umzusetzen ist, wird zunächst Software unabhängig formuliert und anschließend beispielhaft mit der BIM-Software Autodesk Revit durchgeführt.

Die modellierten Objekte werden zudem mit den in der Modellierungsrichtlinie definierten Properties und Quantities verknüpft und exemplarisch dem PropertySet „AP“: (Außenanlagenplanung) zugeordnet.

5.2 Teilmodell Grundstück / Verortung

Grundlegend bei der Erstellung eines BIM-Modells ist die korrekte Verortung und Beschreibung des Baugrundstücks. Im Rahmen der Modellierungsrichtlinie ‚BIM-basierter Bauantrag‘ und auch in der Modellierungsrichtlinie ‚Modellierungsgrundlagen‘ der Bergischen Universität Wuppertal wurden diesbezüglich bereits detaillierte Konzepte und Vorgaben ausgearbeitet. Im Rahmen dieser Arbeit wird diese Thematik daher nicht mehr im Detail betrachtet.

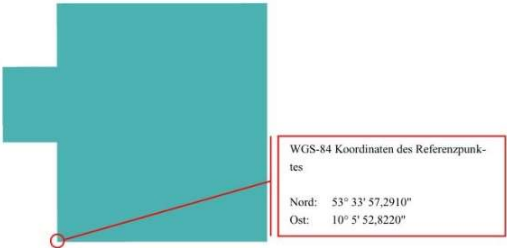
Ein konkretes Prüfkriterium im Baugenehmigungsverfahren ist beispielsweise die Einhaltung der vorgegebenen Grundstücksgrenzen. Auch zur Darstellung des Grundstücks wurde im Forschungsprojekt BIM-basierter Bauantrag ein konkretes Konzept erarbeitet, welches in dieser Arbeit weitestgehend übernommen wurde.

5.2.1 Lage / Verortung

5.2.1.1 Objektanforderungen

Ein BIM-Modell muss eine korrekte und genaue Lagebeschreibung besitzen und Informationen zu den Bezugssystemen aufweisen. So ist gemäß der Modellierungsrichtlinie für den BIM-basierten Bauantrag die Konstruktion des BIM-Modells in einem lokalen Koordinatensystem mit Referenz zu einem Projektursprung vorzunehmen. Dabei muss der Projektursprung Informationen zur realen Geoposition enthalten. Im Hinblick auf die Untersuchung der Bauvorlageverordnungen und gemäß der Modellierungsrichtlinie BIM-basierter Bauantrag, sind im Projektursprung zudem Informationen zur Adresse, Gemarkung, Flure und Flurstücke zu hinterlegen. Die Daten können in XBau übernommen werden (VGL. ZUKUNFT BAU2020B, S. 7). Als Projektgrundlage bietet es sich an, den digitalen Bebauungsplan im Format XPlanung zu verwenden.

Tabelle 5: Anforderungen Modellverortung

geometrische Anforderungen - Lage - Grundstücksgrenzen	 Abbildung 20 definierter Projektursprung am Beispiel eines digitalen Bebauungsplans (Zukunft Bau^B 2020, S.8)
semantische Anforderungen - Klassifikation - Nordrichtung - Grundstückskordinaten - Adresse - Gemarkung - Flure - Flurstücke	

5.2.1.2 Angabe der Informationen in IFC

Der Projektursprung ist für den IFC-Austausch als *IfcSite* zu klassifizieren.

Klassifizierung Grundstück

→ IfcSite

Properties Lagebeschreibung BIM-Modell

Für die Lagebeschreibung eines BIM-Modells wurden im Forschungsprojekt ‚BIM-basierter Bauantrag‘ bereits einige Properties definiert (VGL. ZUKUNFT BAU 2020B, S. 7). Diese werden in vereinfachter Form im Folgenden aufgelistet, wobei die Form der Datentypbeschreibung hier vereinfacht ist. „Die Angabe der Nordrichtung in der Autorensoftware erfolgt i.d.R. nur als alphanumerische Angabe und wird im Repräsentationskontext des IFC-Modells im Attribut ‚TrueNorth‘ verknüpft. Hierbei wird der positive Winkel zwischen der X-Achse des Koordinatensystems der Autorensoftware zur weltbezogenen Ausrichtung des Objektes, gemessen an der östlichen Achse, angegeben“ (ZUKUNFT BAU 2020B, S. 9).

Tabelle 6 Properties: Lagebeschreibung

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Nordrichtung	Zahl	-	Grad
Anschrift	Text	Musterstraße 1	x
Gemarkungen	Text	-	x
Flure	Zahl	1,2,3 etc.	x
Flurstuecke	Zahl	1 1, 1 2 etc.	x

5.2.1.3 Modellierung

Der Bebauungsplan ist im Format XPlanung als Datengrundlage in die BIM-Autorensoftware zu importieren. Für das in dieser Arbeit betrachtete Grundstück ‚HafenCity16‘ liegt derzeit noch kein Bebauungsplan im Format XPlanung vor. Alternativ können auch ALKIS- Daten verwendet werden.

5.2.1.4 IFC-Export

Beispielhaft wurde der Projektursprung als *IfcSite* mit dem IFC 2x3 Coordination View 2.0 exportiert und in die BIM-Koordinierungssoftware Desite MD Pro sowie in den IFC-Viewer FZKViewer geladen. Hierbei wurde kein Datenverlust festgestellt.

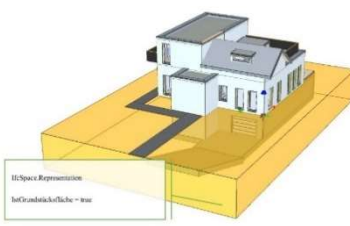
5.2.2 Grundstück

In der Modellierungsrichtlinie des Forschungsprojektes ‚BIM-basierter Bauantrag‘ wird bereits definiert, dass die Grundstücksfläche für den BIM-basierten Bauantrag als Raumgeometrie zu modellieren ist. Zur Flächenbilanzierung kann die Grundstücksfläche aus dem Raumkörper abgeleitet werden (VGL. ZUKUNFT BAU 2020B, S. 10). In Verbindung mit einem Bebauungsplan im Format XPlanung kann außerdem die Einhaltung der Grundstücksgrenzen modellbasiert kontrolliert werden.

Gemäß der vorangegangenen Dokumentenanalyse der Bauvorlageverordnungen sind auch beabsichtigte Geländeänderungen darzustellen. Zur Darstellung der Grundstückstopografie und als Planungsgrundlage für die weitere Modellierung ist es daher sinnvoll, sowohl ein Ist-Geländemodell als auch ein Soll-Geländemodell des Grundstücks in das BIM-Modell zu integrieren. (Ein DGM stand für das Grundstück ‚HafenCity16‘ nicht zur Verfügung.)

In der folgenden Tabelle sind die geometrischen und semantischen Anforderungen für die Erstellung von Grundstücksflächen für den Anwendungsfall BIM-basierter Bauantrag zusammengefasst.

Tabelle 7: Anforderungen Grundstück

geometrische Anforderung - Grundstücksgrenzen - Grundstücksfläche	 Abbildung 21: Darstellung Grundstück als Raumobjekt (ZUKUNFT BAU 2020B, S. 10)
semantische Anforderungen - Klassifikation - Grundstückskordinaten	

5.2.2.1 Angabe der Informationen in IFC

Gemäß der Modellierungsrichtlinie ‚BIM-basierter Bauantrag‘ ist die Raumgeometrie der Klasse *IfcSite* zuzuordnen (VGL. ZUKUNFT BAU 2020B, S. 10). Gleiches gilt auch für die digitalen Geländemodelle.

Klassifizierung Grundstück

→ *IfcSite*

Properties Grundstück

Neben der Klassifizierung als *IfcSite* wurde im Forschungsprojekt ‚BIM-basierter Bauantrag‘ zusätzlich das Property ‚IstGrundstueckflaeche‘ mit dem Raumkörper verknüpft. Des Weiteren sind,

falls vorhanden, auch die digitalen Geländemodelle mit dem Property ‚IstGelaende‘ oder ‚SollGelaende‘ zu kennzeichnen.

Tabelle 8: Property Grundstück

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
IstGrundstuecksflaeche	Boolean	ja (true), false (nein)	m ²

Tabelle 9 Properties Geländemodelle

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
IstGelaende	Text	x	x
SollGelaende	Text	x	x

Quantity Grundstück

Anhand des erzeugten Raumkörpers ist die Grundstücksfläche abzuleiten.

Tabelle 10: Quantity Grundstück

Quantity	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
BruttoFlaeche	Zahl	x	m ²

5.2.2.2 Modellierung Raumobjekt Grundstück

Die Modellierung des Raumobjektes wurde exemplarisch mit der Software Autodesk Revit umgesetzt. Die als Planungsgrundlage vorhandenen 2D-Grundstücksgrenzen wurden als Raumkörper extrudiert. Der Extrusionskörper wurde mit dem Tool ‚Bauteil -> Projektfamilie erstellen‘ modelliert und der Kategorie Grundstück (*IfcSite*) zugeordnet.

Die Modellierung oder Integration der digitalen Geländemodelle in das BIM-Modell wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht betrachtet.

5.2.2.3 IFC-Export

Beispielhaft wurde der Raumkörper zur Darstellung des Grundstücks mit dem IFC 2x3 Coordination View 2.0 exportiert und in die BIM-Koordinierungssoftware DESITE md pro sowie in den IFC-Viewer FZKViewer geladen. Hierbei wurde kein Datenverlust festgestellt.

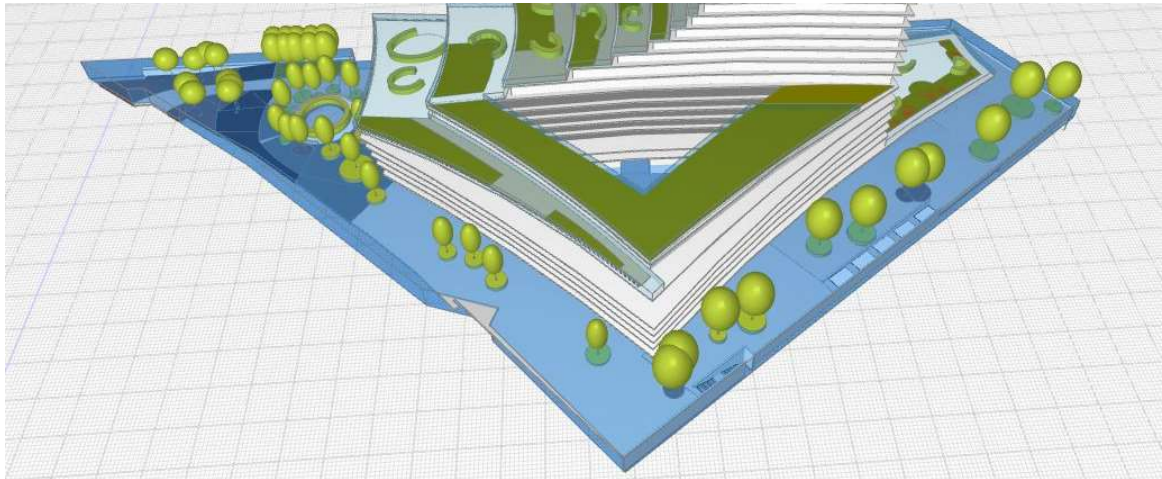


Abbildung 22: Darstellung Grundstück Elbtower als Raumobjekt

5.3 Teilmodell Baukonstruktionen

Dem Teilmodell Baukonstruktionen wurden die identifizierten Objekte ‚Befestigte Fläche‘, ‚Mauer‘, ‚Treppe‘, ‚Rampe‘ und ‚Geländer‘ zugeordnet. Neben den Objektanforderungen wurden exemplarisch die Umsetzbarkeit der Objektmodellierung mit der Software Autodesk Revit sowie die Übergabe ins IFC-Modell untersucht.

5.3.1 Befestigte Fläche

5.3.1.1 Objektanforderungen

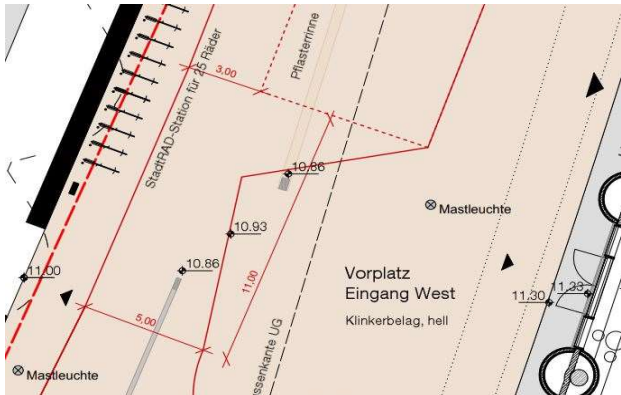
Die Außenanlagen sind größtenteils dem Fuß- und Radverkehr vorbehalten. Trotzdem muss die Belastungsklasse der befestigten Flächen gemäß §5 HBauO in Verbindung mit der ‚Richtlinie für Feuerwehrflächen‘ im Brandfall auch für Feuerwehrfahrzeuge ausgelegt sein. Die Aufbaustärke der befestigten Flächen ist daher im IFC-Modell nachzuweisen.

Die befestigten Flächen sind außerdem mit realen Höhenpunkten zu modellieren, um so beispielsweise die Barrierefreiheit, den Überflutungsschutz und eine ordnungsgemäße Oberflächenentwässerung im Baugenehmigungsverfahren nachweisen zu können

In der Außenanlage des Elbtowers werden die befestigten Flächen durch zahlreiche Baum- und Heckenpflanzungen optisch aufgelockert. Entsprechend dieser Gestaltung sind in die befestigten Flächen zahlreiche Aussparungen für Vegetationsflächen zu integrieren.

Die Belagsschicht wird zum Großteil aus einem typischen Hamburger Klinkerstein ausgebildet, lediglich für Vorfahrtsbereich für Autos und Taxen ist ein Belag aus Ortsbeton geplant (VGL. VOGT LANDSCHAFT 2020). Um die Barrierefreiheit zu gewährleisten, sind die Beläge im IFC-Modell anzugeben. In der folgenden Tabelle sind die geometrischen und semantischen Anforderungen für die Erstellung von befestigten Flächen für den Anwendungsfall BIM-basierter Bauantrag zusammengefasst.

Tabelle 11: Anforderungen befestigte Fläche

geometrische Anforderungen - Position/Lage - Flächengröße - Aufbaustärke - Aufbauschichten - integrierte Vegetationsflächen - Geländeneiveau– Höhenpunkte der Geländeoberfläche über NHN	 ABBILDUNG 23: befestigte Fläche Außenanlage Elbtower (VOGT LANDSCHAFT 2020B)
semantische Anforderungen - Klassifikation - Bauweise - Material - Barrierefreiheit - Belastungsklasse (Schichtaufbau)	

5.3.1.2 Angabe der Informationen im IFC-Modell

Im IFC-Schema ist das hier definierte Objekt ‚Befestigte Fläche‘ im Außenbereich bisher nicht als Bauteilkategorie definiert und ist daher im IFC-Modell als *IfcBuildingElementProxy* zu klassifizieren.

Als Erweiterungsvorschlag für eine zukünftige Standardisierung als Bauteilkategorie im IFC-Schema, wird das Objekt ‚Befestigte Fläche‘ im Rahmen dieser Arbeit zusätzlich nach ‚VDI 2552 Blatt 9‘ durch das Akronym ‚Ifx‘ klassifiziert.

Klassifizierung befestigte Fläche

➔ IfcBuildingElementProxy

Klassifizierungsvorschlag

➔ IfxPavedArea

Properties befestigte Fläche

Da das Objekt ‚Befestigte Fläche‘ bisher nicht als Bauteilkategorie im IFC-Schema definiert ist, kann dieses zusätzlich im IFC-Modell als Property mit Klassifizierungsvorschlag ‚IfxPavedArea‘ gekennzeichnet werden. So sind diese auch im BIM-Koordinationsmodell leicht zu identifizieren bzw. zu selektieren.

Das Property ‚IfxPavedArea‘ ist mit allen befestigten Flächen im BIM-Modell zu verknüpfen.

Mit dem Property ‚Bauweise‘ wird zwischen ungebundenen Flächen (z. B. Pflasterbeläge) und gebundenen Bauweisen (z. B. Ortbetonbelag, Asphaltbelag) unterschieden.

Im digitalen Bauantrag XBau kann bereits angegeben werden, ob eine Fläche versiegelt ist (vgl. VGL. BMK 2019, S. 63). Im Forschungsprojekt ‚BIM-basiert Bauantrag‘ wurde daher u.a. bereits das Property ‚Istversiegelt‘ definiert. Zur Beschreibung der befestigten Flächen wird dieses Property im Rahmen dieser Modellierungsrichtlinie übernommen.

Bei einer Modellprüfung kann so leicht zwischen versiegelten und nicht versiegelten Flächen unterschieden werden.

Mit den Properties ‚Deckschicht‘, ‚Bettung‘, ‚Tragschicht‘ und ‚Frostschutzschicht‘ wird außerdem der Schichtaufbau einer befestigten Fläche gekennzeichnet. Zur Kennzeichnung der Belastungskategorie wurde ebenfalls ein Property erstellt.

Im Folgenden sind diese in einem Attributkatalog zusammengefasst. Für weitere Anwendungsfälle ist der Attributkatalog entsprechend zu erweitern.

Tabelle 12: Properties befestigte Fläche

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
lfxPavedArea	Text	x	x
IstAußen	Boolean	ja (true), nein (false)	x
IstVersiegelt	Boolean	ja (true), nein (false)	x
Bauweise	Text	gebunden, ungebunden	x
Belastungsklasse (RStO)	Text	Liste siehe RStO	x
Deckschicht	Text	Klinkerpflaster, Basaltpflaster, Ortbeton, Asphalt etc.	x
Bettung	Text	0/4mm Sand, 2/5mm Splitt etc.	x
Tragschicht	Text	0/32mm Kalksteinschotter, 0/45mm RC-Schotter	x
Frostschuttschicht	Text	Kies-Sandgemisch, 0/45mm Schotter,	x

Quantities Befestigte Fläche

Für die Modellprüfung sind einige Größen aus den erzeugten Geometrien abzuleiten, z. B. Quadratmeterzahl zur Flächenbilanzierung oder die Dicke der Aufbauschichten für den Nachweis der Belastungsklasse. Zur Übersicht werden die für den Bauantrag wichtigen Quantities in der folgenden Tabelle in deutscher Sprache zusammengefasst.

Tabelle 13 Quantities befestigte Fläche

Quantity	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Dicke	Zahl	x	m, cm
Brutto-Grundflaeche	Zahl	x	m, cm
Netto-Grundflaeche	Zahl	x	m ² , cm ²

5.3.1.3 Modellierung befestigte Fläche

Im Folgenden wird veranschaulicht, wie die Modellierung der befestigten Flächen entsprechend der dafür definierten geometrischen Anforderungen für den BIM-basierten Bauantrag umzusetzen ist. Die Modellierungstools der gängigen BIM-Systeme leiten sich in der Regel aus den bereits im IFC-Schema definierten Bauteilklassen ab und sind daher in erster Linie für die Modellierung von Gebäudemodellen ausgelegt.

In vorherigen Untersuchungen wurde bereits beispielhaft mit der Software Autodesk Revit gezeigt, dass das von *lfcSlab* abgeleitete Modellierungstool ‚Geschossdecke‘ für die Modellierung von befestigten Flächen geeignet ist (VGL. BRÜCKNER ET AL. 2019, S. 134).

Im Folgenden wird untersucht, welche geometrischen Repräsentationen von der Bauteilklassse *IfcSlab* grundsätzlich unterstützt werden. Auf dieser Basis können allgemeine, softwareunabhängige Erkenntnisse für die daraus abgeleiteten Modellierungstools zur Modellierung von befestigten Flächen gewonnen werden.

Bauteilklassse *IfcSlab*

Das *IfcSlab* definiert die Bauteile Decke, Geschossdecke, Bodenplatte und Dachfläche, welche im Normalfall den Raum eines Gebäudes vertikal einschließen. Gemäß ISO 6707-1 sind Bauteile der Bauteilklassse *IfcSlab* größer als 0,3m², sie bilden eine Abdeckung oder ragen aus einem Gebäude heraus.

Die geometrische Darstellung von *IfcSlab* wird durch die *IfcProductDefinitionShape* angegeben, wodurch mehrere geometrische Darstellungen möglich sind. So kann das *IfcSlab* beispielsweise auch als Teil einer Rampengeometrie (*IfcRamp*) oder Treppengeometrie (*IfcStair*) verwendet werden. Dabei wirken sich die besonderen geometrischen Anforderungen zur Erzeugung einer Treppen- oder Rampengeometrie automatisch auch auf die geometrische Darstellung des *IfcSlab* aus. Zur geometrischen Repräsentation werden sowohl die begrenzenden Oberflächen (BRep, BoundingBox, MappedRepresentation), die CSG-Geometrie (Clipping) und das Extrusions- und Rotationsverfahren (SweptSolid, Clipping) durch die Bauteilklassse *IfcSlab* beschrieben.

Insgesamt gibt es drei Entitäten mit denen die Geometrie von Objekten innerhalb der Bauteilklassse *IfcSlab* beschrieben werden kann.

1. *IfcSlabStandardCase*

Diese Entität wird für alle Vorkommen von Platten verwendet, die prismatisch sind und bei denen der Dickenparameter durch *IfcMaterialLayerSetUsage* vollständig beschrieben werden kann. Bei der 3D-Darstellung werden diese Platten geometrisch immer durch die ‚SweptSolid‘-Geometrie oder durch die ‚Clipping‘-Geometrie (basierend auf SweptSolid) dargestellt.

2. *IfcSlabElementedCase*

Diese Entität wird für das Vorkommen von Platten verwendet, die sich aus einer Summe von eigentlich ‚unabhängigen‘ Einzelschichten zusammensetzen. Dabei werden bestimmte Zerlegungsregeln befolgt.

3. *IfcSlab*

Diese Entität wird insbesondere für Platten mit wechselnder Dicke oder Platten mit nicht ebenen Oberflächen verwendet. Geometrisch werden diese Platten nur mit SweptSolid oder BRep-Geometrie beschrieben. Sie besitzen keine Materialschichten.

In Bauteile des *IfcSlabs* können Öffnungen, z. B. Bodenöffnungen integriert werden. Diese Öffnungen werden durch ein *IfcOpeningElement* definiert, welches an das jeweilige Bauteil angehängt wird.

Für die Bauteilkategorie *IfcSlab* sind viele standardisierte Quantities hinterlegt. Wird das Bauteil mit einem aus dem *IfcSlab* abgeleiteten Modellierungstool erstellt und anschließend auch als *IfcSlab* im IFC-Modell klassifiziert, sind Quantities mit Angaben zur Flächengröße, Plattendicke oder Volumen in der Regel automatisch mit den modellierten Bauteilen verknüpft.

Wie bereits erwähnt, können mit der Bauteilkategorie *IfcSlab* auch mehrschichtige Platten, bestehend aus unterschiedlichen Materialien erzeugt werden.

Die Materialien werden nicht direkt in der Bauteilkategorie *IfcSlab* definiert, sondern durch die Beziehungskategorie *IfcRelAssociatesMaterial.RelatingMaterial* einem bestimmten *IfcSlabType* angehängt. Mit dem Konzept der Materialschichtansatzverwendung (*IfcMaterialLayerSet*) können mehrschichtige Platten mit unterschiedlichen Materialien erzeugt werden. Dabei beschreibt die Kategorie *IfcMaterialLayer* das Material einer Schicht und das Attribut *LayerThickness* kennzeichnet die Dicke der Schicht. Für eine detailliertere Beschreibung des Materials werden die Materialschichten mit der Kategorie *IfcMaterialProperties* verknüpft. Hier können sowohl benutzerspezifische Eigenschaften für Materialien als auch bereits im IFC vordefinierte Materialien und deren Eigenschaften als *Properties* verwendet werden (VGL. BUILDINGSMART^A, VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 100).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die definierten Anforderungen für befestigte Flächen grundsätzlich durch die Bauteilkategorie *IfcSlab* unterstützt werden. So wird die Darstellung mehrschichtiger Platten, unebener Oberflächen, Platten mit wechselnder Dicke und Bodenöffnungen, z. B. für die Integration von Pflanzbeeten in Pflasterbeläge unterstützt.

Da die meisten Modellierungstools der gängigen BIM-Autorensysteme von den im IFC definierten Bauteilkategorien abgeleitet sind, wird auf Basis der Untersuchung der Kategorie *IfcSlab* empfohlen, für die Erstellung von befestigten Flächen ein vom *IfcSlab* abgeleitetes Modellierungstool zu nutzen.

Inwiefern die aufgezeigten Funktionen des *IfcSlab* mit den jeweiligen Modellierungstools der verschiedenen BIM-Autorensysteme umsetzbar sind, ist allerdings immer von dem Entwicklungsstand der Software abhängig und sollte im Vorfeld geprüft werden.

Im Folgenden wird am Beispiel der Software Autodesk Revit die Eignung des aus dem *IfcSlab* abgeleiteten Modellierungstool, ‚Geschossdecke‘ zur Erstellung von befestigten Flächen geprüft und veranschaulicht.

Modellierungstool in Autodesk Revit

In Autodesk Revit wird die Bauteilkategorie *IfcSlab* u. a. durch die Systemfamilie ‚Geschossdecke‘ in der Registerkarte ‚Architektur‘ abgebildet.

Nach Auswahl der Geschossdecke kann ein beliebiger Grundriss gezeichnet werden. Mit bestätigen des grünen Pfeils, wird anschließend eine dreidimensionale Platte erzeugt.



Abbildung 24: Modellierungstool Geschossdecke Revit

Für die erzeugte Platte können anschließend Höhenpunkte definiert werden. Hierfür ist die Platte zu markieren und das Tool ‚Unterelemente ändern‘ auszuwählen. Dieses befindet sich in der Gruppe ‚Formbearbeitung‘.

Zusätzlich können dem Körper mit dem Tool ‚Punkt hinzufügen‘ noch weitere Höhenpunkte entlang der Begrenzungslinie und im Innenbereich der Geschossdecke zugewiesen werden.

Mit dem Modellierungstool ‚Öffnung-Vertikal‘ (Gruppe Öffnung in der Multifunktionsleiste) können außerdem Aussparungen, z. B. für Vegetationsflächen erzeugt werden (siehe Abbildung 27).

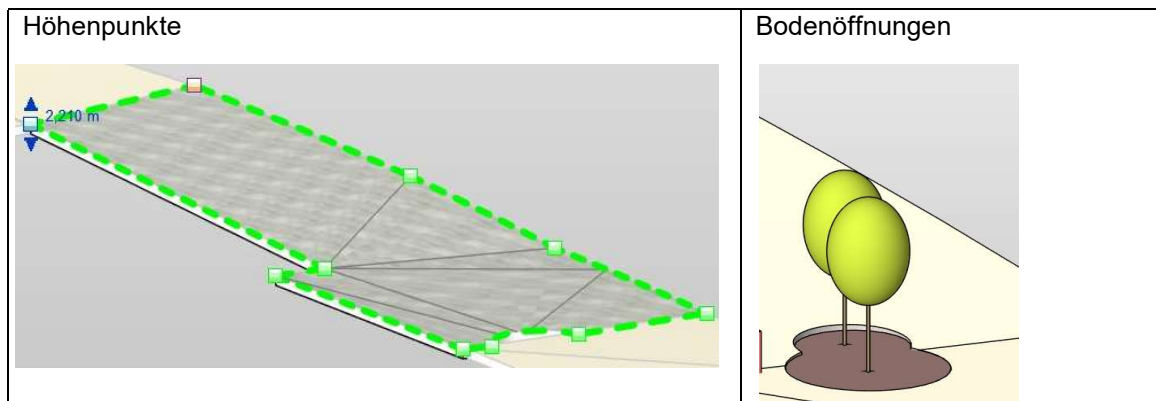


Abbildung 25: Modellierung Befestigte Fläche

Bauteiltyp ‚Befestigte Fläche‘ erstellen

Mit dem Tool Geschossdecke wurden zweckentfremdet Objekte des Freiraums modelliert. Für diese müssen jeweils die semantischen Eigenschaften und der Bauteiltyp angepasst werden.

In vier Schritten wird veranschaulicht, wie für die Systemfamilie Geschossdecke neue Bauteiltypen für die definierten Bauteile erzeugt werden können.

Im ersten Schritt (1) wird das modellierte Objekt ausgewählt. Im Eigenschaftenfenster wird der Befehl ‚Typ bearbeiten‘ gewählt. In dem sich öffnenden Dialogfenster wird im zweiten Schritt (2) der bestehende Typ des Bauteils dupliziert und im dritten Schritt neu definiert: beispielsweise ‚Klinkerbelag hell‘. Im vierten Schritt (4) müssen die Eigenschaften wie z. B. Schichtaufbau, Aufbaustärke oder Material entsprechend des definierten Bauteiltyps angepasst werden. Dafür wird der Parameter ‚Konstruktion‘ bearbeitet. In dem sich öffnenden Eigenschaftenfenster, können einzelne Schichten und Schichtstärken sowie das Material jeder Sicht definiert werden. Aus der Summe der einzelnen Schichten ergibt sich die Gesamtdicke des erzeugten Bauteils. Einige Materialien sind in

Revit bereits definiert und können den erzeugten Schichten zugewiesen werden. Zudem besteht die Möglichkeit auch benutzerspezifische Materialien zu erzeugen.

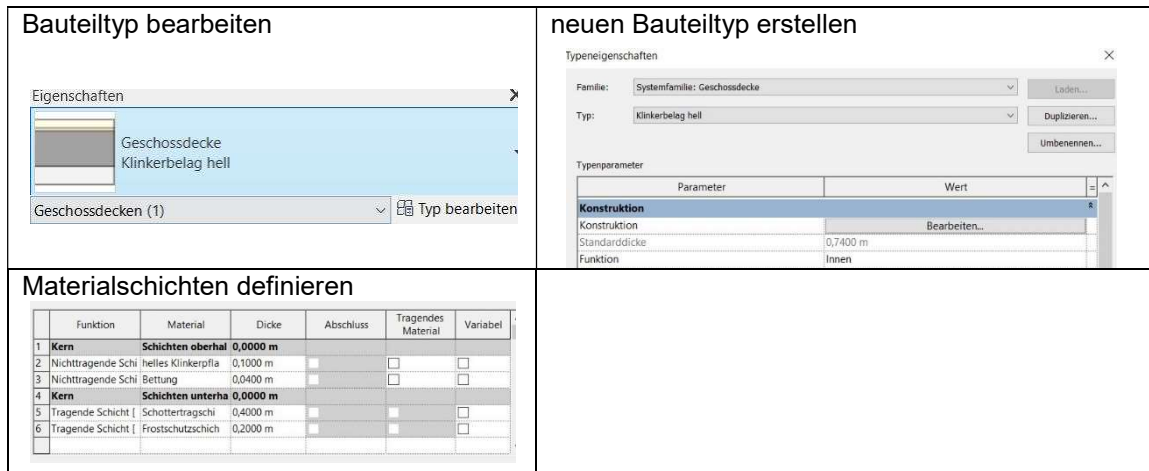


Abbildung 26: Neuen Bauteiltyp in Revit erstellen

5.3.1.4 IFC-Export

Beispielhaft wurde die erzeugte befestigte Fläche als IFC 2x3 Coordination View 2.0 als allgemeine Bauteilkategorie *IfcBuildingElementProxy* exportiert und in die BIM-Koordinierungssoftware DESITE md pro sowie in den IFC-Viewer FZKViewer geladen.

Innerhalb der Software DESITE md pro können die im IFC-Modell enthaltenen befestigten Flächen u. a. durch ihre Semantik, sprich der jeweiligen Properties, gefiltert werden. Beispielhaft wurde zur Visualisierung der verwendeten Materialien der Deckschichten ein Farbschema erzeugt. Durch eine beigefügte Legende sind für die Außenanlage geplanten Beläge leicht zu identifizieren. Des Weiteren konnten auch die Flächengrößen automatisiert ausgegeben werden.

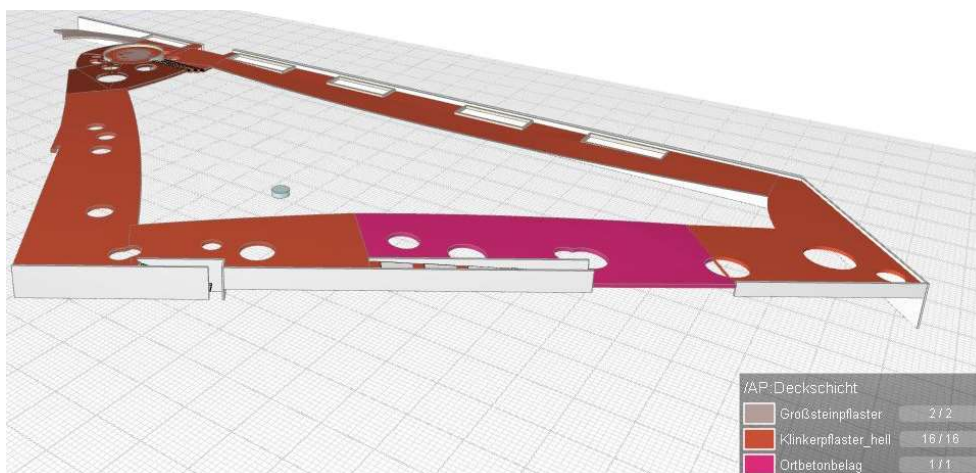


Abbildung 27: Farbschema befestigte Flächen

/AP:Deckschicht (3)	8.477,0779
> Klinkerpflaster_hell (19)	6.877,7065
> Großsteinpflaster (2)	293,2750
> Ortbetonbelag (1)	1.306,0964

Abbildung 28: Flächengrößen Befestigte Flächen

Im IFC-Modell stellte sich jedoch heraus, dass die definierten Aufbauschichten der befestigten Fläche geometrisch nicht abgebildet werden. Eine geometrische Prüfung und Auswertung der einzelnen Schichtdicken ist demnach im IFC-Modell auf diese Weise nicht möglich. Des Weiteren stellte sich heraus, dass die für die Bauteilkategorie *IfcSlab* definierten Quantities nicht ins IFC übergeben werden. Als Alternative dazu bietet es sich an, zusätzlich die softwarespezifischen Eigenschaftssätze zu exportieren.

Ansonsten wurden keine Datenverluste festgestellt.

Anmerkung – Materialschichten

Unabhängige Einzelschichten zur geometrischen Prüfung des Schichtaufbaus von befestigten Flächen gemäß der Entität *IfcSlabElementedCase* können mit dem Modellierungstool ‚Geschossdecke‘ der Software Autodesk Revit zurzeit nicht erzeugt werden. Bei der Nutzung eines anderen BIM-Systems ist diese Funktion zu überprüfen.

Eine alternative Möglichkeit ist es, separate Einzelschichten manuell zu modellieren.

Vorteilhaft ist es hierfür, zunächst lediglich die obere Belagsfläche mit entsprechenden Höhenpunkten zu modellieren. Nachdem das passende Gefälle für eine ordnungsgemäße Entwässerung sichergestellt ist, kann die Belagsschicht dupliziert und entsprechend ihrer Schichtdicke nach unten versetzt werden. Hieraus ergibt sich zudem der Vorteil, dass wie in der Praxis meist üblich, die Grundfläche z. B. der Tragschicht, im BIM-Modell etwas größer dimensioniert werden kann als die Grundfläche der Belagsschicht. Eine weitere Möglichkeit zur Modellierung von unabhängigen Einzelschichten entsteht auf der Basis von ‚Visual Scripting‘. Revit bietet mit dem Tool ‚Dynamo‘ eine Visual-Scripting-Umgebung, welches zum parametrischen Modellieren von Bauteilen, Flächen sowie für Analysen und Simulationen verwendet werden kann (VGL. AUTODESK 2019). Hier wurden die Möglichkeiten des Visual-Scripting allerdings nicht betrachtet.

Die manuelle Modellierung der Einzelschichten erhöht den Arbeitsaufwand um ein Vielfaches und ist über den gesamten Projektverlauf wenig praktikabel. Höhenänderungen müssen jeweils bei allen Materialschichten nachgeführt werden. Es ist daher im Vorfeld klar zwischen steigendem Arbeitsaufwand und der Relevanz von separaten, unabhängigen Materialschichten abzuwägen.

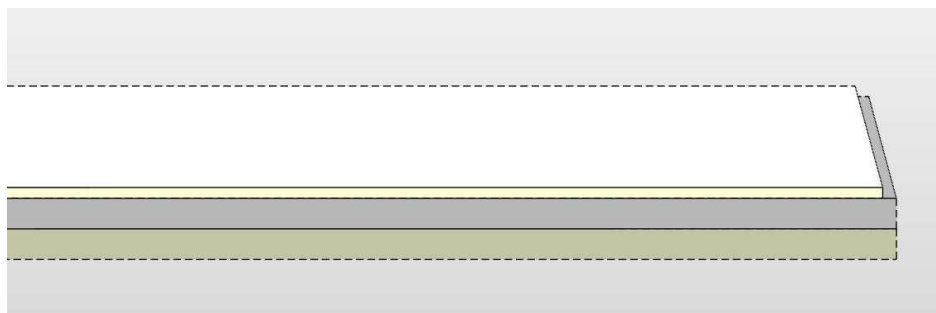


Abbildung 29: Separat modellierte Einzelschichten

5.3.2 Mauer Außenanlage

5.3.2.1 Objektanforderungen

Für die Außenlagen des Elbtowers sind einige Mauern geplant. Bei Mauern oder Wänden im Freiraum wird grundsätzlich zwischen freistehenden Mauern und Stützwänden mit tragender Funktion unterschieden. In der Außenanlagenplanung des Elbtowers sind ausschließlich Stützmauern vorgesehen. Speziell für Stützmauern gibt es verschiedene Konstruktionsarten, die bei der Modellierung im BIM-Modell zu berücksichtigen sind. So können Stützmauern z. B. als Schwergewichtsmauern mit vorderseitigem Span oder einer Dossierung gegen die Erdmassen konstruiert werden. Häufig werden Stützmauern auch als Winkelstützmauer konstruiert (VGL. BÖHMER 2015, S. 295 - 297). Zusätzlich ist bei der Modellierung zu beachten, dass einige Mauern eine geneigte Maueroberkante aufweisen. Eine Besonderheit ist zudem, dass die Mauern im Außenbereich des Elbtowers ein- oder beidseitig verlinkert sind. Die Konstruktion der Mauerfundamente wird für die Bauantragsplanung im Rahmen dieser BIM-Modells für den BIM-basierten Bauantrag nicht betrachtet.

In der folgenden Tabelle werden die geometrischen- und semantischen Anforderungen für die Modellierung einer Mauer für den BIM-basierten Bauantrag zusammengefasst.

Tabelle 14: Anforderungen Mauer

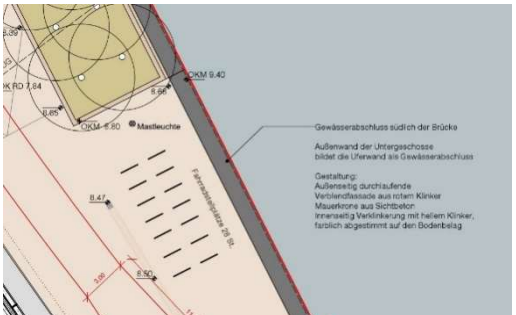
geometrische Anforderungen - Lage / Position - Länge / Dicke / Höhe - Neigung Oberkante Mauer (OKM) - mehrschichtig	
semantische Anforderungen - Klassifikation - Baustoff - Konstruktionsweise - Bauweise	

ABBILDUNG 30: Mauer Außenanlage Elbtower (VOGT LANDSCHAFT 2020b)

5.3.2.2 Angabe der Informationen im IFC-Modell

Im IFC-Schema sind Mauern und Wände durch die Bauteilkategorie *IfcWall* bereits definiert, jedoch als Bauteil der Domäne ‚Architektur‘ zugeordnet. Da es zurzeit keine Domäne ‚Landschaftsarchitektur‘ gibt, ist es nicht eindeutig definiert, ob die Klassifizierung *IfcWall* auch für Mauern in Freianlagen zu verwenden ist.

Die buildingSMART definiert die Klasse *IfcWall* als eine Mauer, die eine vertikale Konstruktion darstellt und Räume begrenzt oder unterteilt. In der Regel sind Mauern vertikal und nahezu planare Elemente, die häufig nach baulichen Belastungen ausgelegt sind. Eine Mauer muss jedoch nicht zwingend tragfähig sein (VGL. BUILDINGSMART^B).

Diese Definition umfasst ebenfalls die Eigenschaften und Funktionen einer Mauer im Freiraum und rechtfertigt auch für diese eine Klassifizierung durch die Bauteilkategorie *IfcWall*.

Eine semantische Unterscheidung von Mauern in Außenanlagen zu Mauern / Wänden von Gebäuden kann durch zusätzliche Properties erzielt werden.

Klassifizierung Mauer

→ IfcWall

Properties Mauer:

Für die Bauteilklasse *IfcWall* sind bereits viele Eigenschaften als Standardattribute im IFC in englischer Sprache definiert (z. B. im PSet_WallCommon). Viele dieser Eigenschaften sind allerdings in erster Linie für die Beschreibung von Wänden im Hochbau ausgelegt (VGL. BUILDINGSMART®).

In der Regel verfügen BIM-Autorensysteme über ein Modellierungstool, welches sich aus der Klasse *IfcWall* ableitet und explizit für die Modellierung von Mauern ausgerichtet ist. Sofern eine Mauer mit diesem Modellierungstool erstellt und auch als *IfcWall* klassifiziert wird, sind die für die Bauteilklasse *IfcWall* vordefinierten Eigenschaften in der Regel automatisch mit dem Mauerkörper verknüpft.

Um die Mauer eindeutig als Stützmauer oder freistehende Mauer im Außenbereich zu kennzeichnen, ist diese zusätzlich im IFC-Modell mit dem Property ‚Mauertyp‘ und dessen Ausprägungen ‚Stützmauer‘, ‚freistehende Mauer‘ zu kennzeichnen.

Mit dem Property ‚Konstruktionsweise‘ wird die Art der Mauerkonstruktion angegeben, z. B. Winkelstützmauer oder Schwergewichtsmauer. Das Property ‚Bauweise‘ unterscheidet zwischen labiler Bauweise z. B. Trockenmauern und stabiler Bauweise z. B. Betonmauer.

Im Folgenden sind diese in einem Attributkatalog zusammengefasst. Für weitere Anwendungsfälle ist der Attributkatalog entsprechend zu erweitern.

Tabelle 15: Properties Mauer

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
IstAussen	Boolean	true (ja), false (nein)	x
Mauertyp	Text	Stuetzmauer, freistehende Mauer	x
Konstruktionsweise	Boolean	Winkelstützmauer oder Schwergewichtsmauer	x
Bauweise	Text	labiler Bauweise z. B. Trockenmauern und stabiler Bauweise z. B. Betonmauer; einschalig, zweischalig	x
Baustoff	Text	Beton, Mauerwerk, Holz, Stahl	x
IstVersiegelt	Boolean	ja (true), nein (false)	x

Quantities Mauer

Zur Überprüfung der Mauerdimensionierung sind die in der Tabelle definierten Quantities anzugeben. Diese sind in der Regel automatisch mit Mauern und Wänden der Bauteilklasse *IfcWall* hinterlegt.

Tabelle 16 Quantities Mauer (EIGENE DARSTELLUNG)

Quantity	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Dicke	Zahl	x	m, cm
Hoehe	Zahl	x	m, cm
Laenge	Zahl	x	m, cm
Oberflaeche	Zahl	x	m ² , cm ²
Volumen	Zahl	x	m ³

5.3.2.3 Modellierung Mauer

Im Folgenden wird untersucht, welche geometrische Repräsentation durch die Bauteilklasse *IfcWall* unterstützt werden. Auf Grundlage dieser Bauteilklasse werden in den BIM-Autorensystemen die Modellierungstools zu Erzeugung einer Mauer abgeleitet. Am Beispiel der Software Autodesk Revit wird anschließend veranschaulicht, wie sich die Modellierung einer Mauer mit den oben definierten geometrischen Anforderungen umsetzen lässt.

Bauteilklasse IfcWall

Zur geometrischen Darstellung einer Mauer wird die Verwendung von begrenzenden Oberflächen (BRep, BoundingBox, SurfaceModel), die CSG-Geometrie (Clipping) und das Extrusions- und Rotationsverfahren (SweptSolid, Clipping) unterstützt. Auf dieser Basis lassen sich grundsätzlich sehr variable geometrische Repräsentationen für Mauern und Wände erzeugen.

Die Klasse *IfcWall* unterstützt die folgenden zwei Entitäten für Wandvorkommen.

IfcWallStandardCase

Diese Entität wird für alle Vorkommen von Wänden und Mauern verwendet, deren Dicke sich entlang des Wandpfads nicht ändert und deren Wanddicke vollständig durch einen Materialschichtsatz beschrieben werden kann. Der 3D-Körper wird geometrisch immer durch eine Achse, die den Verlaufspfad der Mauer definiert beschrieben und einer ‚SweptSolid‘ Formdarstellung repräsentiert. Zusätzlich kann der ‚SweptSolid‘ Geometrie die ‚Clipping‘ Geometrie zugewiesen werden, um abgeschrägte Mauern durch eine Boolesche Operation erzeugen zu können.

IfcWall

Diese Entität wird für alle anderen Vorkommen von Wänden verwendet, insbesondere für Wände mit wechselnder Dicke entlang des Wandpfads, wie z.B. für polygonale Wände, Wände mit nicht rechteckigen Querschnitten z.B. L-förmige Stützmauern oder Wände, die nicht mit der globalen Z-

Achse des Projekts übereinstimmt. Geometrisch wird dieser Körper durch eine Achse, die den Pfad definiert, beschrieben und kann neben der ‚SweptSolid‘ Formdarstellung auch durch die ‚Brep- oder SurfaceModel‘-Geometrie beschrieben werden.

Bei Maueröffnungen z. B. für Fenster wird der Wandkörper mit dem Öffnungselement (*IfcOpeningElement*) in Beziehung gesetzt. Die Beziehung zwischen dem Öffnungselement und der Wand wird durch die *IfcRelVoidsElement-Beziehung* erzeugt (VGL. BUILDINGSMART^B).

Das Prinzip der Materialzuweisung ist identisch zur Bauteilklassse *IfcSlab*.

Die Materialien werden nicht direkt in der Bauteilklassse *IfcWall* definiert, sondern durch die Beziehungsklasse *IfcRelAssociatesMaterial.RelatingMaterial* einem bestimmten *IfcWallTyp* angehängt. Mit dem Konzept der Materialschichtsatzverwendung (*IfcMaterialLayerSet*) können mehrschichtige Wände mit unterschiedlichen Materialien erzeugt werden. Dabei beschreibt die Klasse *IfcMaterialLayer* das Material einer Schicht und das Attribut ‚LayerThickness‘ kennzeichnet die Dicke der Schicht. Für eine detailliertere Beschreibung des Materials werden die Materialschichten mit der Klasse *IfcMaterialProperties* verknüpft. Hier können sowohl benutzerspezifische Eigenschaften für Materialien als auch bereits im IFC vordefinierte Materialien und dessen Eigenschaften als Properties verwendet werden (VGL. BUILDINGSMART^B, VGL. BORRMANN ET AL. 2018, S. 100).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die definierten Anforderungen zur Modellierung von Mauern und Wänden im Außenbereich grundsätzlich durch die Bauteilklassse *IfcWall* unterstützt werden. So wird z. B. die Darstellung von Mauern mit nicht quadratischen Querschnitten unterstützt, was besonders bei der Konstruktion von Stützmauern von hoher Bedeutung ist. Auch die Maueroberkanten können auf Basis der vielen geometrischen Formdarstellungen grundsätzlich mit einer Neigung modelliert werden. Durch das Prinzip der Materialzuweisung können auch mehrschichtige Wände mit bereits vordefinierten oder benutzerspezifischen Materialien erzeugt werden. Da der Mauerkörper auf Basis eines 2D-Pfads erzeugt wird, kann eine benutzerspezifische Verlaufsform erstellt werden.

Inwiefern die aufgezeigten Funktionen des *IfcWall* bei der Modellierung anwendbar sind, ist allerdings von dem Entwicklungsstand der jeweiligen BIM-Autorensoftware abhängig.

Modellierung Mauer in Autodesk Revit

Im Folgenden wird am Beispiel von Autodesk Revit veranschaulicht, wie eine Mauer mit den geometrischen Anforderungen für den BIM-basierten Bauantrag umgesetzt werden kann.

Zur Modellierung einer Mauer eignet sich das Modellierungswerkzeug ‚Wand‘. Dieses befindet sich in der Registerkarte ‚Architektur‘ und der Gruppe ‚Erstellen‘. In der Dropdown-Liste des Werkzeugs ‚Wand‘ kann zwischen ‚Nichttragende Wand‘ und ‚Wand: tragend‘ ausgewählt werden.

Nach Auswahl des Modellierungstools, wird ein zweidimensionaler Pfad für den Mauerverlauf festgelegt. Der Mauerkörper ist dabei direkt mit dem 2D-Pfad verknüpft. Die Höhe und Breite der Mauer kann nachträglich angepasst werden. Mauern mit wechselnder Dicke entlang eines Pfades, wie in

der Entität *IfcWall* beschrieben, können mit dem Modellierungstool ‚Mauer‘ nicht erzeugt werden. Auch Winkelstützmauern lassen sich nicht mit diesem Tool nicht erzeugen.

Seit der Version Revit 2021 sind auch Mauern mit nicht quadratischem Querschnitt oder mit einer Neigung der Maueroberkante einfach zu modellieren. So kann mit dem Modellierungstool ‚Wand‘ z. B. eine Stützmauer mit Dossierung gegen einen abzufangen Hang oder geneigter Maueroberkante modelliert werden. Einem Mauerkörper kann eine Öffnung z. B. zum Einlassen eines Fensters, hinzugefügt werden. Nach Auswahl des beliebigen Mauerkörpers erscheint in der Multifunktionsleiste das Tool ‚Maueröffnung‘, mit dem der Mauer eine beliebige Öffnungsform hinzugefügt werden kann.

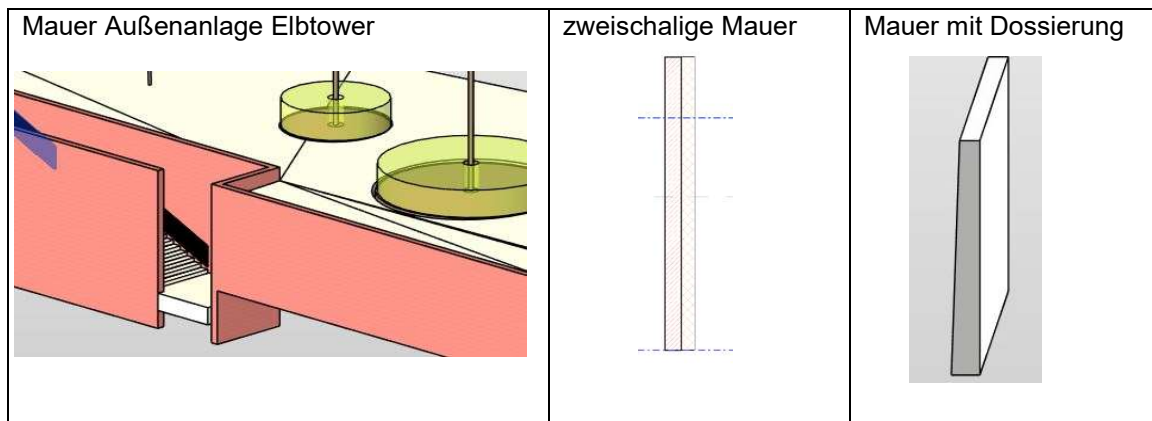


Abbildung 31: Modellierung Mauer mit Autodesk Revit

Neuen Bauteiltyp definieren

In der BIM-Software Revit sind bereits einige vordefinierte Mauertypen sowohl in ihrer geometrischen Darstellung als auch in der semantischen Beschreibung vordefiniert. Für Mauern mit den oben definierten geometrischen Anforderungen, sind diese vordefinierten Mauertypen allerdings nicht geeignet. Zur Erstellung eines neuen Mauertyps wird ein bereits definierter Mauertyp dupliziert und neu definiert. Anschließend können auch die Eigenschaften der Mauer benutzerspezifisch angepasst werden.

Weitere Möglichkeiten zur Modellierung einer Mauer bieten die freien, bauteilunabhängigen Modellierungstools wie ‚Extrusion‘, ‚Sweep‘ oder ‚Sweep-Verschmelzung‘. Mithilfe dieser Tools können auch Mauerformen erzeugt werden, die bislang nicht mit dem Modellierungstool ‚Wand‘ umzusetzen sind, wie beispielsweise eine Winkelstützmauer oder eine Mauer mit wechselnder Dicke entlang eines Pfades.

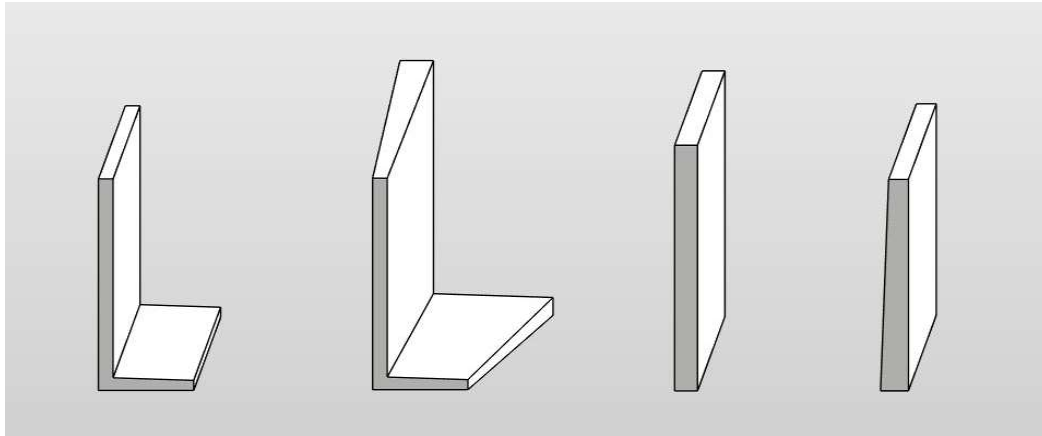


Abbildung 32: Verschiedene Mauertypen modelliert mit Autodesk Revit

5.3.2.4 IFC-Export

Beispielhaft wurden die erzeugten Mauerkörper mit dem IFC 2x3 Coordination View 2.0 exportiert und in die BIM-Koordinierungssoftware DESITE md pro sowie in den IFC-Viewer FZKViewer geladen.

Mauern, die mit dem Modellierungstool ‚Wand‘ erzeugt und in der Bauteilkategorie *IfcWall* exportiert werden, sind automatisch mit einer Reihe von standardisierten Eigenschaften verknüpft. Bei mehrschichtigen Mauern werden die einzelnen Schichtstärken durch das Property *IfcMaterialLayerThickness* angegeben (nur wenn diese als *IfcWall* klassifiziert sind). Die verschiedenen Mauerschichten können im IFC-Modell allerdings nicht selektiert werden. Für diesen Fall sind die Schichten separat zu modellieren. Die Vorgehensweise hierfür ist genauso wie im Kapitel 5.3.1 Befestigte Flächen beschrieben.

Dies erhöht den Arbeitsaufwand um ein Vielfaches. Hinsichtlich der Klassifizierung ist demnach klar zwischen den daraus entstehenden Vor- und Nachteilen abzuwägen.

Ansonsten wurden keine Datenverluste festgestellt.

5.3.3 Geländer / Handlauf

5.3.3.1 Objektanforderungen

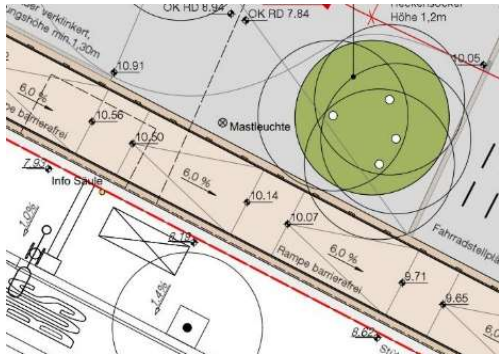
In den Außenanlagen des Elbtowers sind Geländer und Handläufe als Absturzsicherung an Treppen, Rampen und den begehbaren Dachflächen angebracht. Die Anforderungen an die Mindesthöhen und Abmessungen unterscheiden sich je nach Landesbauordnung (VGL. ZIMMERMANN 2015A, S. 267). Gemäß §36 Absatz 4 der HBauO ist bei einer Absturzhöhe von 1 m – 12 m eine Brüstungshöhe von 0,9 m zu gewährleisten. Bei einer Absturzhöhe von über 12 m ist eine Brüstungshöhe von mindestens 1,1 m zu gewährleisten.

Im §52 HBauO wird außerdem auf die Richtlinie barrierefreies Bauen DIN 18040-1 verwiesen (VGL. HBAUO §52).

Nach dieser Richtlinie sind Handläufe an Treppen und Rampen ab einer Steigungshöhe von 0,85 m – 0,9 m gefordert. Zum Schutz von Kindern darf der Abstand von Längs- und Querstreben eines Geländers nicht mehr als 12 cm betragen.

In der folgenden Tabelle werden die geometrischen- und semantischen Anforderungen für Geländer und Handläufe für den Anwendungsfall BIM-basierter Bauantrag zusammengefasst.

Tabelle 17: Anforderungen Geländer / Handlauf

geometrische Anforderungen - Position / Lage - Höhe / Länge - Abstand Querstreben / Längsstreben	 Abbildung 33: Rampe Außenanlage Elbtower (VOGT LANDSCHAFT 2020B)
semantische Anforderungen - Klassifikation - Baustoff	

5.3.3.2 Angabe der Informationen im IFC-Modell

Im IFC-Schema sind Geländer und Handläufe bereits durch die Bauteilkategorie *IfcRailing* definiert. Allerdings ist diese Bauteilkategorie gemäß des IFC-Schemas der Domäne ‚Architektur‘ zugeordnet. Die buildingSMART definiert das Geländer als eine Rahmenkonstruktion, die an Verkehrsflächen und an einigen Raumbegrenzungen anstelle von Wänden oder als Ergänzung zu Wänden verwendet wird. Ein Geländer soll Stürze und als dessen Folge Verletzungen verhindern (VGL. BUILDINGS-MART[©]).

Diese Definition umfasst ebenfalls die Eigenschaften und Funktionen von Geländern und Handläufen im Freiraum und rechtfertigt die Klassifizierung als *IfcRailing*.

Klassifizierung Geländer/ Handlauf

→ IfcRailing

Properties Geländer / Handlauf

Im IFC sind bereits einige Standardattribute zur Beschreibung der Bauteilkasse *IfcRailing* definiert. Beispielsweise sind gemäß IFC-Schema im Property Set_RailingCommon die Eigenschaften Höhe oder Durchmesser in englischer Sprache hinterlegt (VGL. BUILDINGSMART[®]).

Viele BIM-Autorensysteme verfügen über ein Modellierungstool, welches sich aus der Klasse *IfcRailing* ableitet und explizit für die Modellierung eines Geländers oder eines Handlaufes ausgelegt ist. Sofern ein Geländer oder ein Handlauf mit diesem Modellierungstool erstellt und auch als *IfcRailing* klassifiziert wird, sind die für die Bauteilkasse *IfcRailing* vordefinierten Eigenschaften in der Regel automatisch mit der Geländergeometrie verknüpft.

In dem folgenden Attributkatalog werden alle Properties zusammengefasst, die für Beschreibung eines Geländers oder Handlaufs für den BIM-basierten Bauantrag erforderlich sind. Für weitere Anwendungsfälle sind die Properties entsprechend zu erweitern.

Tabelle 18 Properties Geländer / Handlauf

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Typ	Text	Gelaender, Handlauf, Gitter etc.	x
IstAußen	Boolean	ja (true), nein (false)	x
Baustoff	Text	Stahl, Holz...	x
Abstand_Laengsstreben	Zahl	x	m, cm
Abstand_Querstreben	Zahl	x	m, cm

Quantities Handlauf

Tabelle 19: Quantities Geländer / Handlauf

Quantity	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Hoehe_oben	Zahl	x	m, cm
Hoehe_unten	Zahl	x	m, cm
Laenge (Gesamtlänge)	Zahl	x	m, cm

Anhand der Quantities können die nach DIN 18040-1 einzuhaltenden Geländerhöhen überprüft Die geforderte Überprüfung der Abstände zwischen den Längsstreben ist nur Anhand der als Property eingetragenen Werte möglich.

5.3.3.3 Modellierung Geländer

Im Folgenden wird untersucht, wie die definierten geometrischen Anforderungen für Geländer und Handläufe für Freianlagen modelliert werden können. Zunächst wird dafür untersucht, welche geometrischen Repräsentationen durch die Bauteilklasse *IfcRailing* unterstützt werden. Auf Grundlage dieser Bauteilklasse werden in den BIM-Autorensystemen die Modellierungstools zu Erzeugung von Handläufen und Geländern abgeleitet. Schlussendlich können daraus allgemeine, softwareunabhängige Erkenntnisse für Modellierungstools zur Erstellung eines Geländers gewonnen werden.

IfcRailing

IfcRailing kann eigenständig oder als Komponente einer Containerklasse wie *IfcStair* oder *IfcRamp* verwendet werden. Derzeit werden von *IfcRailing* die geometrischen Repräsentationen ‚Bounding-Box‘, ‚SurfaceModel‘, ‚Brep‘ und ‚MappedRepresentation‘ unterstützt. So können grundsätzlich auch komplexere Geometrien durch das *IfcRailing* abgebildet werden (VGL. BUILDINGSMART[©]).

Die Formdarstellung wird in der Regel durch einen Pfad mit einem angehängten Profil erstellt. Dabei ist auch die Erzeugung benutzerspezifischer Profile möglich.

Modellierung in Revit

Zur Modellierung eines Geländers oder eines Handlaufs gibt es in Autodesk Revit die Systemfamilie Geländer. Diese befindet sich in der Registerkarte ‚Architektur‘ und der Gruppe ‚Erschließung‘.

Bei der Modellierung einer Treppe oder einer Rampe wird ein Geländer automatisch als Bauteilkomponente erzeugt und mit den Basisbauteilen Treppe und Rampe verknüpft.

Mit der Auswahl des Modellierungstools Geländer kann unabhängig von einem Basisbauteil, ein Pfad skizziert werden, dem das Geländer folgt. Bei Bedarf können mit dem Befehl ‚Neues Basisbauteil wählen‘ Geschossdecken, Treppen und Rampen anschließend als neues Basisbauteil definiert werden, sodass der Geländerpfad die Steigung und Neigung des neuen Basisbauteils übernimmt.

Unter ‚Typ bearbeiten‘ kann außerdem die Geländerkonstruktion und Platzierung der Geländerpfosten bearbeitet werden. Außerdem kann unter ‚Geländerkonstruktion bearbeiten‘ z. B. die Geländerhöhe, der Versatz zum Basisbauteil oder das Geländerprofil angepasst werden. Durch das Duplizieren und Umbenennen eines vorhandenen Geländertyps besteht zudem die Möglichkeit, einen neuen benutzerdefinierten Geländertyp zu erstellen.

5.3.3.4 IFC-Export

Beispielhaft wurde ein modelliertes Geländer mit dem IFC 2x3 Coordination View 2.0 exportiert und in die BIM-Koordinierungssoftware DESITE md pro sowie in den IFC-Viewer FZKViewer geladen. Geländer und Handläufe, die mit dem Modellierungstool ‚Geländer‘ erstellt und in die Bauteilklasse *IfcRailing* exportiert wurden, sind automatisch mit einer Reihe von im IFC standardisierten Eigenschaften verknüpft.

Ein Datenverlust wurde nicht festgestellt.

5.3.4 Treppe Außenanlage

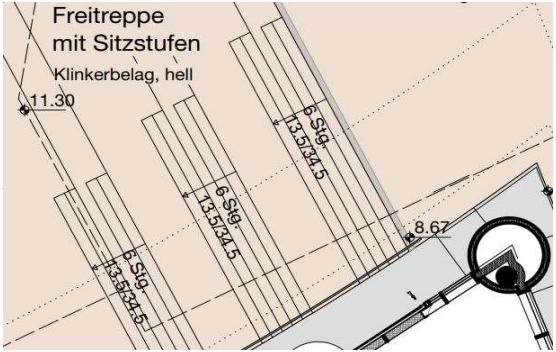
5.3.4.1 Objektanforderungen

Für die Außenanlagen des Elbtowers sind einige Treppenanlagen vorgesehen. Anders als im Hochbau, ist bei Treppen im Außenbereich die Einhaltung eines Stufengefälles zu beachten. Hinsichtlich des Modellfertigstellungsgrades LOD 200 muss die Treppe im BIM-Modell allerdings nicht zwingend mit Stufengefälle dargestellt werden. Dies sollte jedoch bei der Konstruktion und Berechnung von Beginn an mitgedacht werden.

Des Weiteren ist im öffentlichen Raum bei Treppenläufen ab 3 Stufen ein Handlauf anzubringen. Gemäß DIN 18065 sollte ein Treppenlauf spätestens nach 18 Stufen durch ein Podest unterbrochen werden. Die Länge des Podestes sollte mindestens 3 Mal die Länge des Auftrittes umfassen (VGL. DIN 18065; VGL. ZIMMERMANN 2015, S. 243).

In der folgenden Tabelle sind die geometrischen- und semantischen Anforderungen für die Modellierung einer Treppe im Außenbereich zusammengefasst.

Tabelle 20: Anforderungen Treppenanlage

geometrische Anforderung - Position / Lage - Treppenbreite - Steigungen / Stufenanzahl - Steigungshöhe - Auftrittstiefe - Stufengefälle - Handlauf	 Abbildung 36: Treppe Außenanlage Elbtower (VOGT LANDSCHAFT 2020B)
semantische Anforderungen - eindeutige Klassifizierung - Material - Steigungsverhältnis - Stufengefälle	

5.3.4.2 Angabe der Informationen im IFC-Modell

Im IFC-Schema sind Treppen durch die Bauteilkategorie *IfcStair* bereits definiert, jedoch als Bauteil der Domäne ‚Architektur‘ zugeordnet. Da es zurzeit keine Domäne ‚Landschaftsarchitektur‘ gibt, ist nicht eindeutig definiert, ob die Klassifizierung *IfcStair* auch für Treppen in Freianlagen zu verwenden ist.

Die buildingSMART definiert *IfcStair* als einen vertikalen Durchgang, der es den Nutzer*innen ermöglicht, von einer Geschossebene zu einer anderen Geschossebene auf einer anderen Höhe zu gehen (zu treten). Eine Treppe kann ein Podest als Zwischenbodenplatte enthalten (VGL. BUILDINGSMART^D)

Da sich die Funktionsweise einer Treppe im Innen- und Außenbereich nicht unterscheiden, ist auch für Treppen in Außenanlagen die Klassifizierung als *IfcStair* gerechtfertigt.

Da die *IfcStair* eine Container-Entität ist, wird diese anstatt als *IfcStair* im IFC-Modell oftmals auch durch die Komponenten klassifiziert, die sie gesamtheitlich als Treppe repräsentieren.

Meist besteht eine Treppe aus den Komponenten *IfcStairFlight* (Darstellung des Treppenlaufs), *IfcSlab* mit dem Typ ‚Landing‘ (Darstellung eines Zwischenpodestes) und aus dem *IfcRailing* (Darstellung des Handlaufs) (VGL. BUILDINGSMART^D).

Klassifizierung Treppe Außenanlage

→ *IfcStair*

Klassifizierung durch Komponenten

→ *IfcStairflight*
 → *IfcSlab*
 → *IfcRailing*

Properties Treppe Außenanlage

Als Container-Entität fasst die Bauteilklassse *IfcStair* alle Komponenten, die sie gesamtheitlich als Treppe repräsentiert, zusammen. Dies wird mit der Beziehungsklasse *IfcRelAggregates* ermöglicht. Für die oben genannten Komponenten sind im IFC bereits zahlreiche Attribute in englischer Sprache als internationaler Standard definiert. So sind im PropertySet_StairCommon z.B. die Anzahl der Stufen, die Steigungshöhe, die Auftrittstiefe oder die Differenzierung zwischen nicht rutschenden und rutschenden Oberflächenmaterial hinterlegt (VGL. BUILDINGSMART^D).

Zur Ermittlung des Stufengefälles bei Treppen im Außenraum muss neben der Steigungshöhe auch die Stufenhöhe als Property mit dem Objekt verknüpft sein. Aus der Differenz ist das Stufengefälle abzuleiten.

Viele BIM-Systeme verfügen über ein aus dem *IfcStair* abgeleitetes Modellierungstool, welches explizit für die Modellierung einer Treppe ausgelegt ist.

Sofern eine Treppe mit diesem Modellierungstool erstellt und auch als *IfcStair* klassifiziert wird, sind die für die Bauteilklassse *IfcStair* vordefinierten Eigenschaften in der Regel automatisch mit der Treppengeometrie verknüpft.

Zusätzlich ist das Property ‚Istversiegelt‘ mit dem Treppenlauf und den Podesten zu verknüpfen. Materialangaben sind mit dem Property ‚Baustoff‘ zu hinterlegen.

In den folgenden Tabellen werden die für den Anwendungsfall ‚BIM-basierter Bauantrag‘ wichtigen Eigenschaften für Treppenanlagen, bestehend aus den Komponenten Treppenlauf, Podest und Handlauf, zusammengefasst.

Dabei wird zwischen beschreibenden Attributen (Properties) und den aus der Geometrie abzuleitenden Größen (Quantities) unterschieden.

Tabelle 21: Properties Treppenlauf

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
IstAußen	Boolean	ja (true), nein (false)	x
Anzahl_der_Auftritte	Zahl	x	Stueck
Anzahl_der_Steigungen	Zahl	x	Stueck
Auftrittstiefe	Zahl	x	cm
Steigungshoehe	Zahl	x	cm
Stufengefaelle	Zahl	x	° %
Stufenhoehe	Zahl	x	cm
Baustoff	Text	Beton, Klinker, Holz etc.	x
IstVersiegelt	Boolean	ja (true), nein (false)	x

Tabelle 22: Quantities Treppenlauf

Quantity	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Hoehe_oben	Zahl	x	m, cm
Hoehe_unten	Zahl	x	m, cm
Laenge	Zahl	x	m, cm

Tabelle 23: Properties Podest

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
IstAußen	Boolean	ja (true), nein (false)	x
IstVersiegelt	Boolean	ja (true), nein (false)	x
Baustoff	Text	Beton, Klinkerpflaster, Stahl	x

Tabelle 24: Quantities Podest

Quantity	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Hoehe_oben	Zahl	x	m, cm
Hoehe_unten	Zahl	x	m, cm
Laenge	Zahl	x	m, cm
(Lauf-)Breite	Zahl	x	m ² , cm ²
Dicke	Zahl	x	m, cm

Tabelle 25: Properties Handlauf

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
IstAußen	Boolean	ja (true), nein (false)	x
Baustoff	Text	Stahl, Holz...	x

Tabelle 26 Quantities Handlauf

Quantity	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Hoehe_oben	Zahl	x	m, cm
Hoehe_unten	Zahl	x	m, cm
Laenge	Zahl	x	m, cm

5.3.4.3 Modellierung Treppe

Im Folgenden wird veranschaulicht, wie die Modellierung einer Treppe mit den definierten geometrischen Anforderungen für den BIM-basierten Bauantrag umzusetzen ist. Die Modellierungstools der gängigen BIM-Autorensysteme leiten sich in der Regel aus den bereits im IFC-Schema definierten Bauteilklassen ab und sind in erster Linie für die Modellierung von Gebäudemodellen ausgelegt. Daher wird zunächst untersucht, welche geometrischen Repräsentationen durch die Bauteilklass *IfcStair* grundsätzlich unterstützt werden. Auf dieser Basis können allgemeine, software-unabhängige Erkenntnisse für Modellierungstools zur Erstellung einer Treppenanlage gewonnen werden.

Bauteilklass *IfcStair*

Für das *IfcStair* gibt es zwei unterschiedliche Darstellungstypen.

Zum einen wird bei der Container-Entität die *IfcStair*-Form durch die geometrische Darstellung ihrer Komponenten repräsentiert.

Bei der Darstellung als Container-Entität werden alle Komponenten einer Treppe mit eigener Formdarstellung zusammengefasst. Wie bereits oben beischreiben, sind diese Komponenten beispielsweise *IfcStairFlight*, *IfcSlab* mit dem Typ ‚Landing‘ oder auch das *IfcRailing*.

Auf die geometrische Repräsentation des *IfcSlab* und *IfcRailing* wurde oben bereits eingegangen. Im Folgenden wird daher nur die geometrische Erzeugung des Treppenlaufs aufgezeigt.

Der Treppenlauf (*IfcStairFlight*) wird im *IfcStair* durch drei Formdarstellungen erzeugt:

- Die ‚WalkingLine‘, eine zweidimensionale offene Kurve, welche die Lauflinie für den Treppenlauf definiert.
- Die ‚Boundary‘, eine zweidimensionale geschlossene Kurve welche die Begrenzung des Treppenlaufs definiert
- Der ‚Body‘, eine BRep-Darstellung, welche die 3D-Form des Treppenlaufs definiert.

Grundsätzlich können durch diese Art der Formdarstellung sehr vielfältige Treppenläufe modelliert werden, wodurch eine hohe Flexibilität im Entwurf ermöglicht wird.

In der Klasse *IfcStairFlight* werden die Angaben zur Anzahl der Steigung, Anzahl der Auftritte, die Höhe der Steigung oder die Breite des Auftritts definiert. Die Beschreibung eines Stufengefälles ist gemäß *IfcStairFlight* allerdings nicht vorgesehen (VGL. BUILDINGSMART[®]).

Des Weiteren kann eine Treppe auch ohne die genannten Komponenten und daher direkt durch das *IfcStair* repräsentiert werden. Dafür nutzt das *IfcStair* die geometrischen Repräsentationen ‚BRep‘ und ‚SweptSolid‘ (VGL. BUILDINGSMART[®])

Modellierung in Autodesk Revit

Im Folgenden wird anhand der Software Autodesk Revit veranschaulicht, wie aus dem vom *IfcStair* abgeleiteten Modellierungstool auch Treppen für Freianlagen modelliert werden können.

Zur Modellierung einer Treppe gibt es in Autodesk Revit die Systemfamilie ‚Treppe‘. Diese befindet sich in der Registerkarte ‚Architektur‘ und der Gruppe ‚Erschließung‘.

In Revit sind einige Treppenläufe vordefiniert, z. B. Gerade, Spirale oder L-Form-Wendelstufe. Mit Auswahl dieser Tools wird ein Treppenlauf skizziert und anschließend automatisch der dreidimensionale Treppenkörper erzeugt.

Ein Podest zwischen zwei Treppenläufen wird automatisch erzeugt, wenn zwischen dem unteren Treppenlauf und dem oberen Treppenlauf ein Zwischenraum definiert wird.

Benutzerdefinierte Treppenläufe können mit dem Tool ‚Skizze erstellen‘ modelliert werden. Hierfür ist sowohl die Begrenzungsform, die Anzahl der Steigungen sowie die Lauflinie manuell zu skizzieren. Die mit dem Tool ‚Treppe‘ modellierten Treppenanlagen werden in Revit standardmäßig mit einem Handlauf verknüpft. Die im *IfcStair* definierten Properties sind in Revit automatisch mit dem Bauteil verknüpft.

Bauteiltyp Treppe Außenanlage erstellen

In Revit sind bereits einige Treppentypen vordefiniert. Diese Typen können im Eigenschaftensfenster ausgewählt werden. Zur Erstellung eines neuen Treppentyps wird ein bereits definierter Typ dupliziert und neu definiert. Anschließend können Parameter für die Berechnungsregel des Stufenmaßes, des Lauftyps oder des Podesttyps entsprechend angepasst werden.

Ein Stufengefälle lässt sich mit dem Modellierungstool ‚Treppe‘ in Revit nicht erzeugen.

Alternative Erstellung einer Treppe in Revit

Mit dem verfügbaren Modellierungstool Treppe kann derzeit kein Stufengefälle erzeugt werden. Hinsichtlich des Detaillierungsgrads LOD 200 ist dies für Treppenanlagen für den Bauantrag auch nicht erforderlich.

Trotzdem wird im Folgenden eine alternative Möglichkeit zur Darstellung eines Treppenlaufs mit Stufengefälle aufgezeigt.

In der Reitergruppe ‚Erstellen‘ wird dafür das Tool ‚Bauteil‘ bereitgestellt. In dem Dropdown-Menü des Tools ‚Bauteil‘ befindet sich das Tool ‚Projektfamilie erstellen‘. Nach Auswahl öffnet sich eine

neue Bildschirmmaske mit zahlreichen bauteilunabhängigen Modellierungstools, z. B. Extrusion, Sweep oder Sweep-Verschmelzung. Mithilfe dieser ‚bauteilunabhängigen‘ Modellierungstools können grundsätzlich auch Treppenläufe mit Stufengefälle erzeugt werden. Der Modellierungsaufwand erhöht sich hier jedoch um ein Vielfaches.



Abbildung 35: Modellerte Treppenanlage Außenanlage Elbtower

5.3.4.4 IFC-Export

Beispielhaft wurde eine modellierte Treppe mit dem IFC 2x3 Coordination View 2.0 exportiert und in die BIM-Koordinierungssoftware DESITE md pro sowie in den IFC-Viewer FZKViewer geladen. Treppenanlagen, die mit dem Modellierungstool ‚Treppe‘ erstellt und in die Bauteilklassse *IfcStair* oder dessen Komponenten exportiert wurden, sind automatisch mit einer Reihe von standardisierten Eigenschaften verknüpft.

Ein Datenverlust wurde nicht festgestellt.

Meist sind das die Komponenten *IfcRampFlight* (Darstellung des Rampenlaufs), *IfcSlab* mit dem Typ ‚Landing‘ (Darstellung eines Zwischenpodestes) und aus dem *IfcRailing* (Darstellung des Handlaufs) (VGL.BUILDINGSMART^F)

Klassifizierung Rampe

→ IfcRamp

Klassifizierung durch die Komponenten

→ IfcRampFlight
→ IfcSlab / Landing
→ IfcRailing

Properties Rampe Außenanlage

Als Container-Entität werden in der Bauteilklassse *IfcRamp* alle Komponenten, die sie gesamtheitlich als Rampe repräsentieren, durch die *IfcRelAggregates*-Beziehung zusammengefasst.

Für die oben genannten Komponenten werden im IFC bereits zahlreiche Attribute in englischer Sprache als internationaler Standard definiert. So wird im *PropertySet_RampCommon* mit dem Attribut ‚RequiredSlope‘ z. B. die Steigungszahl der Rampe beschrieben (VGL.BUILDINGSMART^F).

Viele BIM-Autorensysteme verfügen über ein aus dem *IfcRamp* abgeleitetes Modellierungstool, welches explizit für die Modellierung einer Rampe ausgelegt ist.

Sofern eine Rampe mit diesem Modellierungstool erstellt und auch als *IfcRamp* klassifiziert wird, sind die für die Bauteilklassse *IfcRamp* vordefinierten Eigenschaften in der Regel automatisch mit der Rampengeometrie verknüpft.

Außerdem ist das Property ‚Istversiegelt‘ mit dem Rampenlauf und dem Podest zu verknüpfen. Materialangaben werden mit dem Property ‚Baustoff‘ hinterlegt.

In den folgenden Tabellen werden die für den Anwendungsfall BIM-basierter Bauantrag wichtigen Eigenschaften für Rampenanlagen, bestehend aus den Komponenten Rampenlauf, Podest und Handlauf, zusammengefasst.

Tabelle 28: Properties Rampe Außenanlage

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
IstAußen	Boolean	ja (true), nein (false)	x
IstVersiegelt	Boolean	ja (true), nein (false)	x
Steigung	Zahl	x	Grad
Baustoff	Text	Beton, Klinkerpflaster, Stahl	x

Tabelle 29: Quantities Rampenlauf

Quantity	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Hoehe_oben	Zahl	x	m, cm
Hoehe_unten	Zahl	x	m, cm
Laenge	Zahl	x	m, cm
Breite	Zahl	x	m, cm
Neigung	Zahl	x	°
Dicke	Zahl	x	m, cm

Tabelle 30: Properties Podest

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
IstPodest	Boolean	ja (true), nein (false)	x
IstAußen	Boolean	ja (true), nein (false)	x
IstVersiegelt	Boolean	ja (true), nein (false)	x
Baustoff	Text	Beton, Klinkerpflaster, Stahl	x

Tabelle 31: Quantities Podest

Quantity	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Hoehe_oben	Zahl	x	m, cm
Hoehe_unten	Zahl	x	m, cm
Laenge	Zahl	x	m, cm
(Lauf-)Breite	Zahl	x	m ² , cm ²
Dicke	Zahl	x	m, cm

Tabelle 32: Properties Handlauf

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
IstAußen	Boolean	ja (true), nein (false)	x
Baustoff	Text	Stahl, Holz...	x

Tabelle 33: Quantities Handlauf

Quantity	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Hoehe_oben	Zahl	x	m, cm
Hoehe_unten	Zahl	x	m, cm
Laenge	Zahl	x	m, cm

5.3.5.3 Modellierung Rampe

Im Folgenden wird veranschaulicht, wie die Modellierung einer Rampe mit den definierten geometrischen Anforderungen für den BIM-basierten Bauantrag umzusetzen ist. Die Modellierungstools der gängigen BIM-Systeme leiten sich in der Regel aus den bereits im IFC-Schema definierten Bauteilklassen ab und sind in erster Linie für die Modellierung von Gebäudemodellen ausgelegt. Daher wird zunächst untersucht, welche geometrischen Repräsentationen durch die Bauteilklass *IfcRamp* unterstützt werden. Auf dieser Basis können allgemeine, softwareunabhängige Erkenntnisse für Modellierungstools zur Erstellung einer Rampe gewonnen werden.

Bauteilklass *IfcRamp*

Für die *IfcRamp* gibt es zwei unterschiedliche Darstellungstypen.

Container-Entität

Wie bereits beschrieben kann die *IfcRamp* als Container-Entität dargestellt werden, in der alle Komponenten einer Rampe mit eigener Formdarstellung durch die *IfcRelAggregates-Beziehung* zusammengefasst werden. Diese Komponenten sind z.B. *IfcRampFlight*, das *IfcSlab* mit dem Typ Landing der oder die Bauteilklass *IfcRailing* zur Darstellung des Handlaufs.

Auf die geometrische Darstellung von *IfcSlab* und *IfcRailing* wurde im Verlauf der Arbeit bereits detailliert eingegangen. Im Folgenden wird daher nur die geometrische Erzeugung des Rampenlaufs aufgezeigt (VGL. BUILDINGSMART®).

Der Rampenlauf (*IfcRampFlight*) wird im *IfcRamp* durch drei Formdarstellungen erzeugt:

- Die ‚WalkingLine‘, eine zweidimensionale offene Kurve, welche die Lauflinie für den Rampenlauf definiert.
- Die ‚Boundary‘, eine zweidimensionale geschlossene Kurve, welche die Begrenzung des Rampenlaufs definiert
- Der ‚Body‘, eine BRep-Darstellung, welche die 3D-Form des Rampenlaufs definiert (VGL. BUILDINGSMART®).

Grundsätzlich können durch diese Art der Formdarstellung sehr vielfältige Rampenläufe modelliert werden, wodurch eine hohe Flexibilität im Entwurf ermöglicht wird.

Des Weiteren kann *IfcRamp* als einzelne Rampe dargestellt werden. Hierbei wird die Rampe nicht in einzelne Komponenten zerlegt, stattdessen erfolgt die Formdarstellung direkt durch die Bauteilklasse *IfcRamp*. Die Formdarstellung wird hierbei durch die geometrischen Repräsentationen ‚Clipping‘ oder ‚BRep‘ erzeugt.

Die Lauflinie der Rampen wird in beiden Entitäten durch eine 2D-Achse dargestellt (VGL .BUILDINGSMART[®]).

Modellierung in Revit

Im Folgenden wird am Beispiel der Software Autodesk Revit veranschaulicht, wie mit dem vom *IfcRamp* abgeleiteten Modellierungstool auch Rampen für Freianlagen modelliert werden können. Zur Modellierung einer Rampe gibt es in Autodesk Revit die Systemfamilie Rampe. Diese befindet sich in der Registerkarte ‚Architektur‘ und der Gruppe ‚Erschließung‘.

Die einfachste Möglichkeit eine Rampe zu modellieren ist es, ihren Lauf zu skizzieren. Mit dem Tool ‚Lauf‘ können allerdings nur gerade und spiralförmige Rampen gezeichnet werden. Ein benutzerdefinierter Rampenverlauf kann mit den Tools ‚Begrenzung‘ und ‚Steigung‘ skizziert werden. Die in Revit modellierte Rampe ist standardmäßig mit einem Geländer verknüpft. Die Rampenbreite kann im Eigenschaftenfenster entsprechen angepasst werden.

Bauteiltyp bearbeiten

Für die Systemfamilie Rampe wurden in Revit bereits einige Rampentypen mit unterschiedlichen Neigungen vordefiniert, beispielsweise eine 6 Meter lange Rampe mit 6 % Steigung. Die verschiedenen Typen können im Eigenschaftenfenster ausgewählt werden. Zur Erstellung eines neuen Rampentyps wird ein bereits definierter Rampentyp dupliziert und neu definiert. Anschließend können Parameter wie Rampenlänge und Rampenneigung oder das Material dem neuen Typ entsprechend angepasst werden.

Alternativer Modellierungsansatz

Alternativ ist es auch möglich eine Rampe mit dem Geschossdeckentool zu modellieren. Dafür müssten die oberen und unteren Höhenpunkte der Rampe entsprechend der geforderten Rampenneigung berechnet werden.

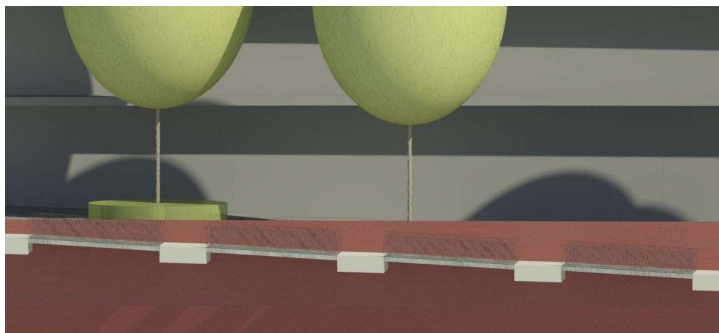


Abbildung 37: Modellierte Rampe Außenanlage Elbtower

5.3.5.4 IFC-Export

Beispielhaft wurden die erzeugte Rampe mit dem IFC 2x3 Coordination View 2.0 exportiert und in die BIM-Koordinierungssoftware DESITE md pro sowie in den IFC-Viewer FZKViewer geladen.

Rampenanlagen, die mit dem Modellierungstool ‚Rampe‘ erstellt und in die Bauteilklassse *IfcRamp* oder dessen Komponenten exportiert wurden, sind automatisch mit dem im IFC-Schema dafür vorgesehenen standardisierten Eigenschaften verknüpft.

Ein Datenverlust wurde nicht festgestellt.

5.4 Teilmodell Vegetation

Dem Teilmodell ‚Vegetation‘ wurden die identifizierten Objekte ‚Vegetationsfläche‘, ‚Pflanze / Baum‘ und ‚Pflanzenreihe /Hecke‘ zugeordnet. Neben den Objektanforderungen wird exemplarisch die Umsetzbarkeit der Objektmodellierung mit der Software Autodesk Revit sowie die Übergabe ins IFC-Modell untersucht.

5.4.1 Vegetationsfläche

5.4.1.1 Objektanforderungen

Gemäß den Festsetzungen des Bebauungsplans ‚HafenCity16‘, sind mindestens 15 % des Außenraums zu begrünen (VGL. FREIE UND HANSESTADT HAMBURG, 2019; VGL. VOGT LANDSCHAFT 2020). Hierfür sind sowohl extensiv als auch intensiv begrünte Flächen vorgesehen. Je nach Art der Begrünung sind unterschiedliche Standortbedingungen herzustellen. So ist beispielsweise für die Baugenehmigung die Einhaltung gewisser Substratstärken nachzuweisen, die sich bei extensiver und intensiver Begrünung unterscheiden. Für Baumpflanzungen ist beispielsweise ein mindestens 100 cm starker Substrataufbau und eine offene Baumscheibe von 16 m² je Baum nachzuweisen. Auch in Hinblick auf spätere Leistungsphasen ist die Unterscheidung zwischen extensiver und intensiver Begrünung z. B. bei der Kostenberechnung wichtig. Außerdem sind nur standortangepasste Pflanzen zulässig (VGL. FREIE UND HANSESTADT HAMBURG, 2019). Dementsprechend ist auch die Art der Bepflanzung angegeben.

Eine weitere Anforderung ist die Darstellung der realen Geländetopografie.

In der folgenden Tabelle werden alle geometrischen und semantischen Anforderungen für Vegetationsflächen für den BIM-basierten Bauantrag zusammengefasst.

Tabelle 34: Anforderungen Vegetationsfläche

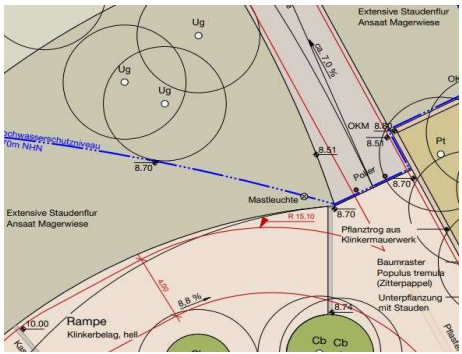
geometrische Anforderungen - Position / Lage - Flächengröße - Substratstärke - Geländeniveau – Höhenpunkte der Geländeoberfläche über NHN	
semantische Anforderungen - Klassifikation - extensive / intensive Vegetation - Art der Bepflanzung - Bauweise - Material	

Abbildung 38: Vegetationsflächen Außenanlagenplanung Elbtower (VOGT LANDSCHAFT 2020B)

5.4.1.2 Angabe der Informationen im IFC-Modell

Im IFC-Schema ist das hier definierte Objekt ‚Vegetationsfläche‘ bisher nicht als Bauteilklassse definiert und daher im IFC-Modell als *IfcBuildingElementProxy* zu klassifizieren.

Im Rahmen der Vorstandardisierungsarbeit ‚BIM-Klassen der Verkehrswege‘ der buildingSMART-Fachgruppe BIM-Verkehrswege wurde bereits die Standardisierung einiger Objekte der Landschaft und des Freiraums mitgedacht (VGL. BUILDINGSMART DEUTSCHLAND (HG.) 2020, BRÜCKNER 2021). In der dort aufgeführten Gruppe Vegetation, wird unter anderem die Klasse ‚Vegetationsflaeche‘ definiert. Um Insellösungen und Mehrfachbenennungen für die Klassifizierung von Vegetationsobjekten zu vermeiden, wird als zusätzlicher Klassifizierungsvorschlag für Vegetationsflächen die Klasse ‚Vegetationsflaeche‘ übernommen. Dabei wird die Klasse ‚Vegetationsflächen‘ im Sinne der Richtlinie VDI 2552 Blatt 9 zusätzlich durch das Präfix ‚lfx‘ gekennzeichnet (VGL. BUILDINGSMART DEUTSCHLAND (HG.) 2020).

In Hinblick auf eine internationale Standardisierung wird eine Benennung in Englische vorgenommen.

Klassifizierung Vegetationsfläche

→ *IfcBuildingElementProxy*

Klassifizierungsvorschlag Vegetationsfläche

→ *lfxVegetationArea*

Properties Vegetationsfläche

Da die Vegetationsfläche im Außenraum bisher nicht als Bauteilklassse im IFC-Schema definiert ist, kann diese im IFC-Modell zusätzlich durch ein Property Klassifizierungsvorschlag ‚lfxVegetationArea‘ gekennzeichnet werden. So sind Vegetationsflächen anhand ihrer Semantik auch im BIM-Koordinationsmodell leicht zu identifizieren bzw. zu selektieren.

Das Property ‚lfxVegetationArea‘ ist mit allen Vegetationsflächen im BIM-Modell zu verknüpfen.

Des Weiteren kann mittels des Properties ‚Art der Begrünung‘ zwischen extensiver und intensiver Begrünung unterschieden werden. Mit dem Property ‚Typausprägung‘ wird im BIM-Modell zwischen verschiedenen Vegetationsausprägungen unterscheiden. Mögliche Merkmalwerte sind z. B. Saatflächen oder Staudenflur.

Angaben zum Pflanzsubstrat werden mit dem Property ‚Pflanzsubstrat‘ hinterlegt. Zudem werden Informationen zur Bauweise, die insbesondere bei Baumpflanzungen relevant sind, durch das Property ‚Bauweise‘ mit dem Objekt verknüpft.

In dem folgenden Attributkatalog werden alle Properties zusammengefasst, die für Beschreibung der Vegetationsflächen für den BIM-basierten Bauantrag erforderlich sind. Für weitere Anwendungsfälle sind die Properties entsprechend zu erweitern.

Tabelle 35: Properties Vegetationsfläche

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
IfxVegetationArea	Text	x	x
IstAußen	Boolean	ja (true), nein (false)	x
Art_der_Begrueung	Text	extensiv, intensiv	x
Typauspraegung	Text	Staudenflur, Saatflaechen, Strauchflaeche etc.	x
Pflanzsubstrat	Text	gewichtsoptimiertes Untersubstrat, gewichtsoptimiertes Obersubstrat, Draenschicht etc.	x
Bauweise	Text	Bauweise gem. FLL-Richtlinie Empfehlungen fuer Baumpflanzungen z. B. Bauweise 1, Bauweise 2	x

Quantities Vegetationsfläche

Für den Bauantrag sind Angaben zur Flächengröße und Aufbaustärke des Pflanzsubstrats wichtig. Nur so lässt sich der begrünte Flächenanteil und die einzuhaltende Substratstärke beispielsweise bei Baumpflanzungen im BIM-Modell berechnen und nachweisen. Diese Größen sind automatisiert aus dem BIM-Modell abzuleiten. Die folgende Tabelle fasst die für den BIM-basierten Bauantrag wichtigen Quantities für Vegetationsflächen in deutscher Sprache zusammen.

Tabelle 36: Quantities Vegetationsfläche

Quantity	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Brutto-Flaeche	Zahl	x	m ²
Netto-Flaeche	Zahl	x	m ²
Dicke	Zahl	x	m/ cm

5.4.1.3 Modellierung Vegetationsflächen

Im Folgenden wird aufgezeigt, wie die Modellierung von Vegetationsflächen für den BIM-basierten Bauantrag umgesetzt werden kann.

Vegetationsflächen sind im 3D-Modell mit Höhenpunkten entsprechend der geplanten Geländetopografie sowie oft auch mit unterschiedlichen Materialschichten (z.B. unterschiedliche Pflanzsubstrate) zu modellieren. Den jeweiligen Schichten können unterschiedliche Materialbeschreibungen zugewiesen werden.

Hierfür eignet sich ebenfalls das aus dem *IfcSlab* abgeleitete Modellierungstool ‚Geschossdecke‘ (Software Autodesk Revit). Die Bauteilklassse *IfcSlab* und das Modellierungstool ‚Geschossdecke‘ wurden bereits im Kapitel 5.3.1 Befestigte Flächen ausführlich beschrieben.

Auf dem Grundstück des Elbtowers sind sowohl flächige Stauden- und Gräserpflanzungen (meist als extensive Bepflanzung) als auch Gehölzpflanzungen geplant. Je nach Typausprägung der Bepflanzung werden zwei unterschiedliche Ansätze der Modellierung für Vegetationsflächen vorgeschlagen.

So sind Vegetationsflächen mit einer flächigen Stauden- oder Gräserbepflanzung als Flächengeometrie zu modellieren. Diese unterteilen sich in die Schichten Pflanzsubstrat / Oberboden und Bepflanzung. Die untere Substratschicht ist in der dafür entsprechenden Dicke zu modellieren. Die obere Schicht, zur Darstellung der Bepflanzung, ist dagegen mit einer minimalen Dicke auszuführen, da Angaben zu den Massen bzw. zum Volumen hierfür nicht erforderlich sind (z. B. bei Rasenflächen, siehe Abbildung 41 a). Eine alternative Methode zur Modellierung besteht in der Erstellung einzelner, separater Substratschichten. Die Vorgehensweise dafür wurde ebenfalls bereits im Kapitel 5.3.1 Befestigte Flächen aufgezeigt.

Bei Vegetationsflächen mit Pflanzen, deren, Höhe im Modell sichtbar sein soll (z. B. Strauchflächen), erhält die oberste Vegetationsschicht dagegen eine definierte Höhe. Falls die Höhe geprüft direkt im Modell werden soll, muss die Vegetationsschicht separat modelliert werden.

Alternativ wäre die Angabe der Vegetationshöhe als Property denkbar.

In dem Modell des Elbtowers lagen Höhen-Anforderungen zur kreisförmige Unterpflanzung von Bäumen mit Sträuchern vor. Um die Modelprüfung durchführen zu können wurden für diesen speziellen Fall die Strauch-Unterpflanzungen als separate Vegetationskörper modelliert (siehe Abbildung 41 b).

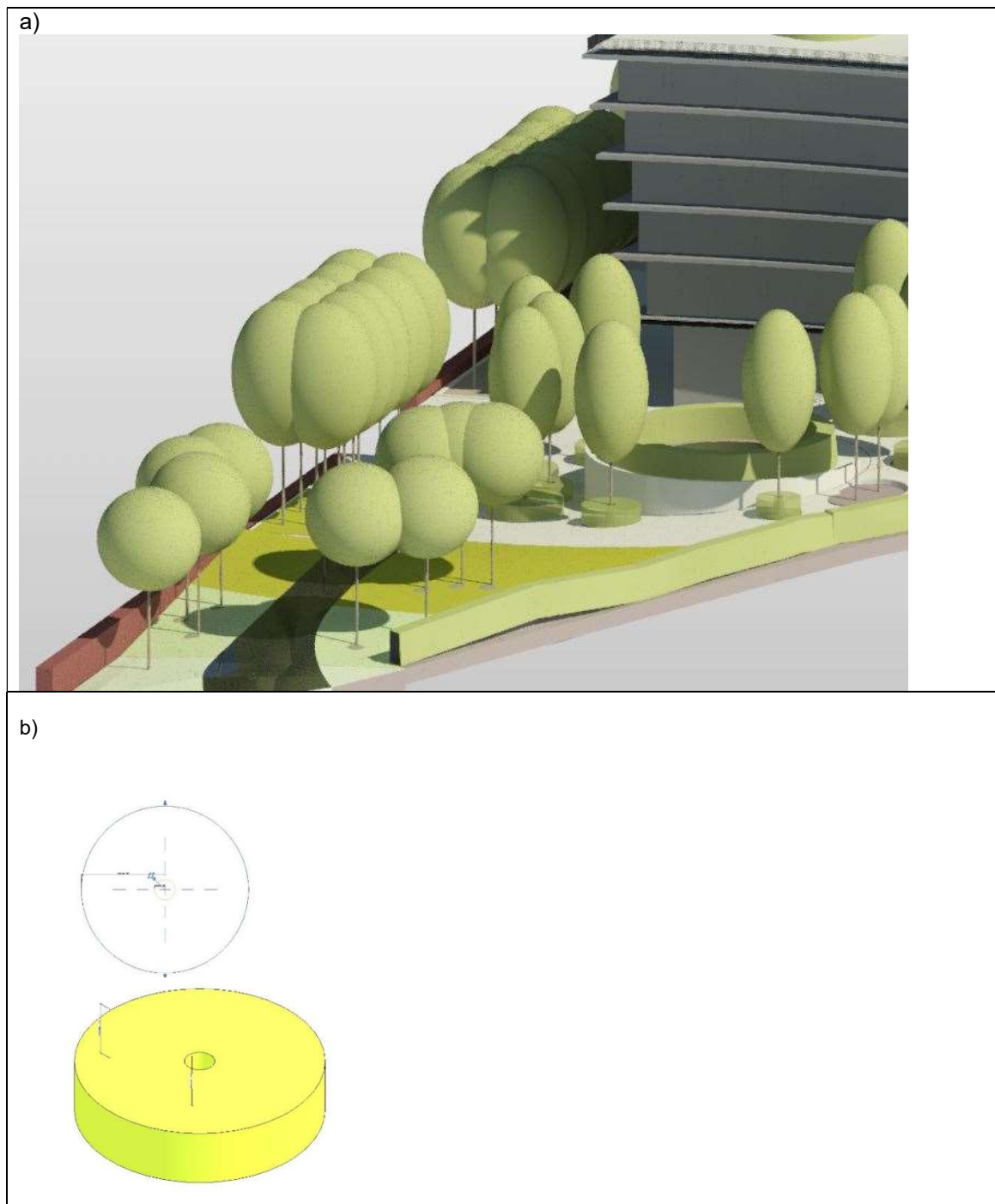


Abbildung 39: Modellerte Vegetationsflächen Außenanlage Elbtower

5.4.1.4 IFC-Export

Beispielhaft wurden die erzeugten Vegetationsflächen im IFC 2x3 Coordination View 2.0 als allgemeine Bauteilklasse *IfcBuildingElementProxy* exportiert und in die BIM-Koordinierungssoftware DESITE md pro sowie in den IFC-Viewer FZKViewer geladen. Hierbei stellte sich heraus, dass die einzelnen Substratschichten zu einem Körper zusammengefasst wurden. Eine geometrische Prüfung und Auswertung der einzelnen Schichtdicken / Massen ist demnach im IFC-Modell auf diese

Weise nicht möglich. Da Vegetationsflächen aktuell noch als *IfcBuildingElementProxy* im BIM-Modell zu klassifizieren sind, werden die für die Bauteilkategorie *IfcSlab* definierten Quantities nicht ins IFC übergeben. Stattdessen bietet es sich an, die softwarespezifischen Eigenschaftssätze zu exportieren.

Ansonsten wurden keine Datenverluste festgestellt

Mit der Software DESITE md pro können die im IFC-Modell enthaltenen Vegetationsflächen durch das Property ‚Ifx_VegetationArea‘ gefiltert und ausgewertet werden. Beispielsweise kann so eine automatisierte Flächenbilanzierung aller begrünten Flächen durchgeführt werden. Zudem ist es möglich, ein Farbschema zu erzeugen, um beispielsweise extensiv und intensiv begrünte Flächen im Modell farblich zu visualisieren.

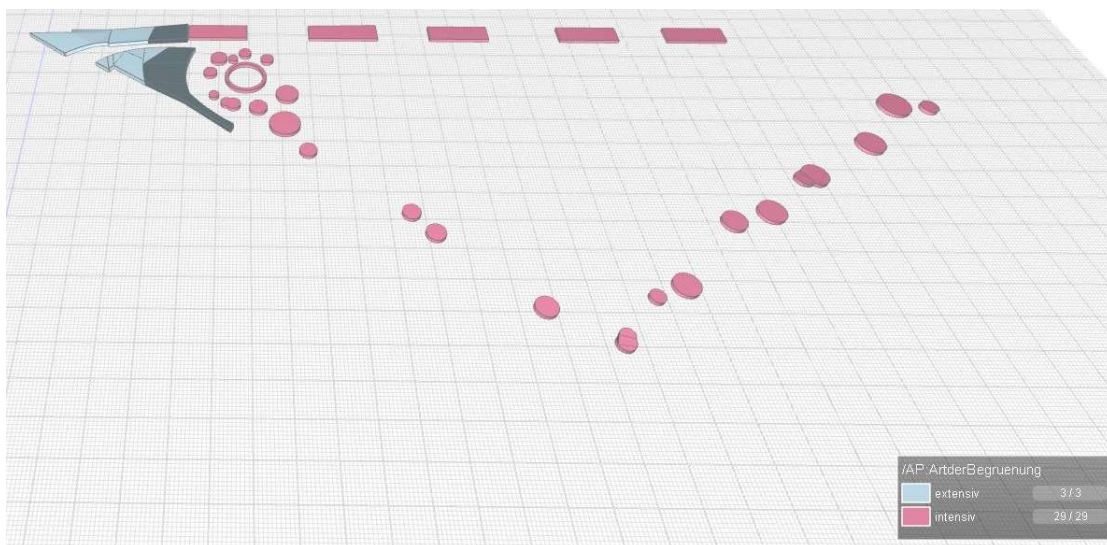


Abbildung 40: Farbschema - extensive und intensive begrünte Vegetationsflächen

✓ Vegetationsflächen (29)	2.017,9166
• Geschossdecke:Durchwurzelbarer Schichtaufbau:2515065	66,4458
• Geschossdecke:Durchwurzelbarer Schichtaufbau:2511780	13,5276
• Geschossdecke:Staudenbepflanzung_Äußenanlage:2512706	146,1387
• Geschossdecke:Durchwurzelbarer Schichtaufbau:2512835	7,0597
• Geschossdecke:Durchwurzelbarer Schichtaufbau:2514571	57,3376
• Geschossdecke:Durchwurzelbarer Schichtaufbau:2514222	19,7525
• Geschossdecke:Durchwurzelbarer Schichtaufbau:2514194	19,6183
• Geschossdecke:Durchwurzelbarer Schichtaufbau:2513831	20,5884
• Geschossdecke:extensive Staudenflur:2517972	197,2914

Abbildung 41: Automatisierte Flächenauswertung Vegetationsflächen

die Klasse ‚Pflanze‘ im Sinne der Richtlinie ‚VDI 2552 Blatt 9‘ zusätzlich durch das Präfix ‚Ifx‘ und die Typausprägung ‚Baum‘ durch das Suffix ‚_IFX‘ gekennzeichnet.

In Hinblick auf eine internationale Standardisierung wird eine Benennung in Englisch vorgenommen.

Klassifizierung Pflanze / Baum

→ IfcBuildingElementProxy

Klassifizierungsvorschlag Pflanze / Baum

→ IfxPlant/Tree_IFX

Properties Baum

Da ein Baum bisher nicht als Bauteilkategorie im IFC-Schema definiert ist, kann dieser im IFC-Modell zusätzlich als Property und dessen Typausprägung ‚IfxPlant/Tree_IFX‘ gekennzeichnet werden. So sind die Bäume auch im BIM-Koordinationsmodell leicht anhand ihrer Semantik zu identifizieren bzw. zu selektieren. Eine detaillierte Bezeichnung des jeweiligen Baumes wird durch das Property ‚botanischer_Name‘ erreicht.

Im BIM-Modell wird mit dem Property ‚Status‘ außerdem zwischen neugepflanzten Bäumen, Bestandsbäumen, die zu erhalten sind, und Bäumen, die gerodet werden sollen, unterschieden.

Da Bäume keine statischen Bauteile sind, aus denen genormte Maße anhand ihrer Geometrie abgeleitet werden können, werden die Baumabmessungen, statt als Quantity, als Property mit dem Baumobjekt verknüpft.

In dem folgenden Attributkatalog werden alle Properties zusammengefasst, die für die Beschreibung der Bäume für den BIM-basierten Bauantrag erforderlich sind. Für weitere Anwendungsfälle sind die Properties entsprechend zu erweitern.

Tabelle 38: Properties Baum

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
IxfPlant/Tree_IFX	Text	x	x
Typausprägungen	Text	Baum, Strauch, Staude	x
IstAußen	Boolean	ja (true), nein (false)	x
IstLaubgehoeolz	Boolean	ja (true), nein (false)	x
IstGroßkronig	Boolean	ja (true), nein (false)	x
Status	Text	Neupflanzung, Erhaltung, Rodung	x
Botanischer_Name	Text	Platanus x hispanica, Carpinus betulus, Populus tremula etc.	x
Qualitaet	Text	z.B. nach DIN 18916 H mDb 3xv StU 16-18, Hei 2xv	x.
Standort	Text	sonnig, halbschattig, schattig etc.	x
Stammumfang	Zahl	x	cm
Stammhoehe	Zahl	x	cm / m
Umfang_Wurzel	Zahl	x	cm / m
Tiefe Wurzel	Zahl	x	cm / m
Wuchsform	Text	rund, oval, kegelfoermig	x
Hoehe	Zahl	x	m
Breite	Zahl	x	m

5.4.2.3 Modellierung Baum

Im IFC-Schema ist bisher kein Baum als Bauteilkategorie definiert.

In Revit können trotzdem sowohl 2D- als auch 3D Bäume mit dem Tool ‚Außenbauteil‘ im BIM-Modell platziert werden. Das Tool ‚Außenbauteil‘ befindet sich in der Registerkarte ‚Körpermodell & Grundstück‘ und in der Gruppe ‚Grundstück modellieren‘. Die vordefinierten 3D-Bäume bestehen aus einem Stamm und einer Krone. Die Maße der Baumhöhe, Baumkrone oder des Baumstamms können im Eigenschaftenfenster für jeden Baum angepasst werden.

Bei den in Revit für die Visualisierung verfügbaren 2D-Bäumen (auch als RPC-Baum bezeichnet) ist nur die Höhe des Baumes veränderbar.

Für die Anforderungen des Anwendungsfalls BIM-basierter Bauantrag wurden allerdings neue, benutzerdefinierte Bäume als sogenannte Familie erstellt. Diese gliedern sich in Krone, Stamm und Wurzelballen. Hierfür wurden die Modellierungstools ‚Sweep‘ zur Modellierung des Baumstamms und ‚Rotation‘ zur Modellierung der Baumkrone und der Baumwurzel verwendet. Anschließend

wurde der Baumkörper mit einigen Bemaßungsparametern verknüpft. So lassen sich im Revit-Modell beispielsweise der Stammumfang, die Stammhöhe, die Baumhöhe oder die Kronenhöhe und -breite individuell verändern, sodass diese je nach Baumart angepasst werden können.

Für jede Baumart wurde eine eigene Familie mit entsprechenden Eigenschaften erstellt. Die Eigenschaften (Properties) wurden manuell mit dem Baumkörper verknüpft. Diese konnten als ‚ladbare Familie‘ in das Projekt geladen werden und sind zukünftig auch für weitere Projekte zu verwenden.

5.4.2.4 IfcExport

Beispielhaft wurden die modellierten Bäume mit dem IFC 2x3 Coordination View 2.0 exportiert und in die BIM-Koordinierungssoftware DESITE md pro sowie in den IFC-Viewer FZKViewer geladen. Hierbei wurde kein Datenverlust festgestellt.

Mit der Software DESITE md pro können die Bäume auf Basis ihrer Semantik gefiltert werden und anhand eines Farbschema die unterschiedlichen Baumarten im IFC-Modell visualisiert werden (Abbildung 45). In einer Legende wird zudem die Anzahl der jeweiligen Baumart angezeigt. Mit einem weiteren Farbschema könnte auch der jeweilige Status ‚Neupflanzung‘, ‚Erhaltung‘ oder ‚Rodung‘ farblich im IFC-Modell visualisiert werden (Abbildung 46).

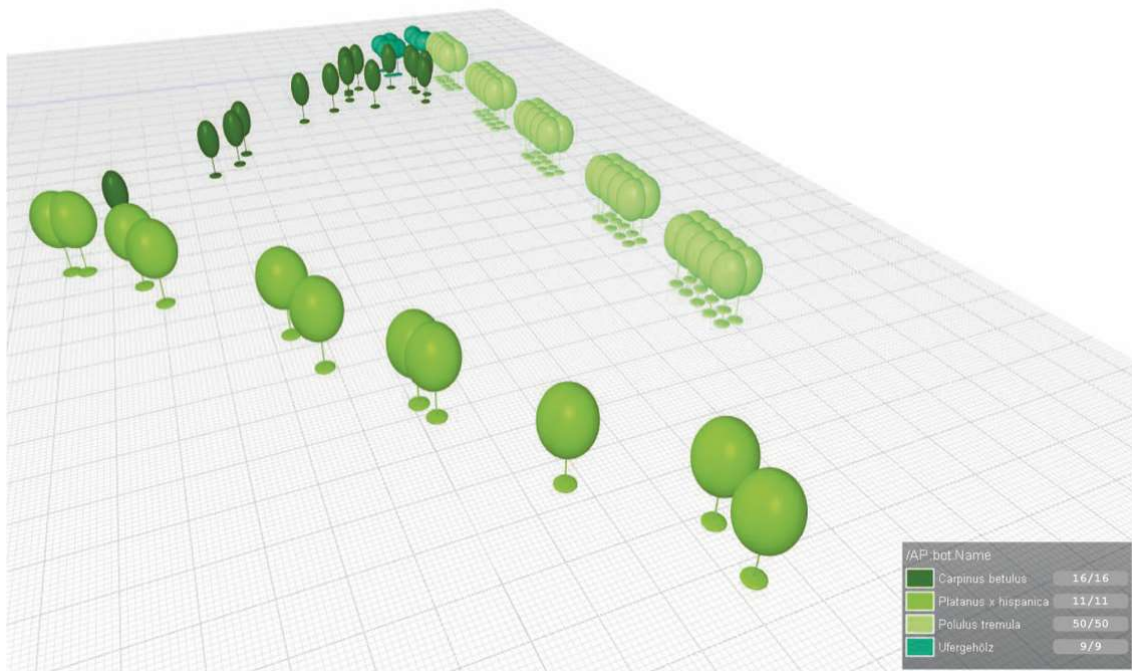


Abbildung 43: Farbschema Gattungen Bäume

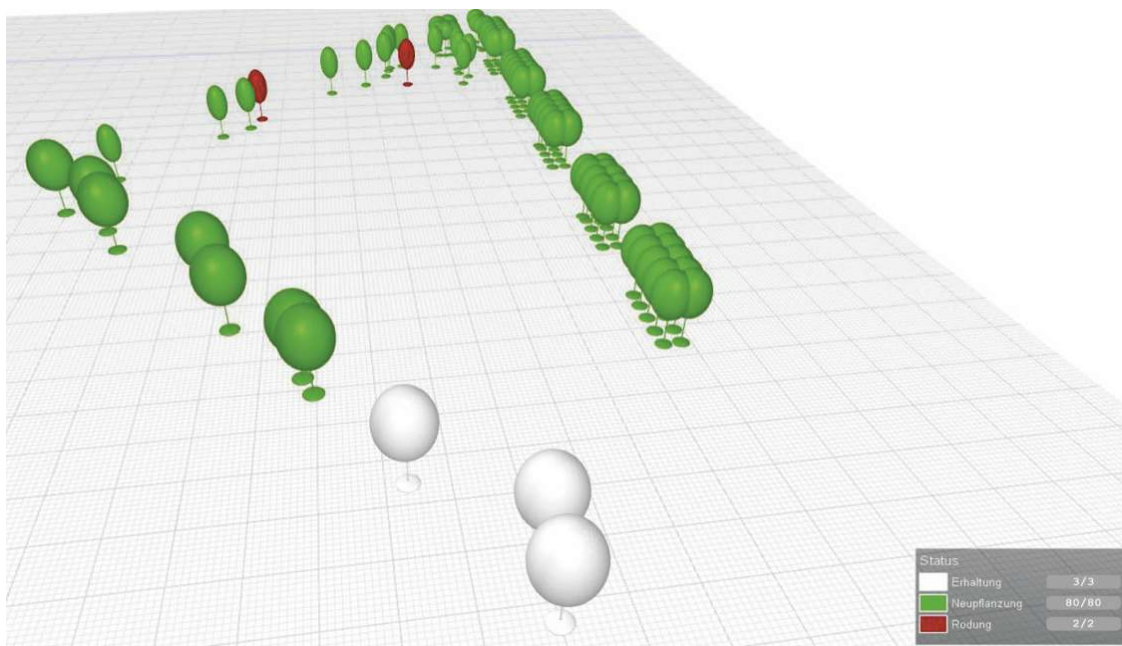


Abbildung 44: Farbschema Status Bäume

Dabei wird die Klasse ‚Pflanzreihe‘ im Sinne der Richtlinie VDI 2552 Blatt 9 zusätzlich durch das Präfix ‚Ifx‘ und die Typausprägung ‚Hecke‘ durch das Suffix ‚_IFX‘ gekennzeichnet.

In Hinblick auf eine internationale Standardisierung wird eine Benennung in Englisch vorgenommen.

Klassifizierung Pflanzenreihe / Hecke

→ IfcBuildingElementProxy

**Klassifizierungsvorschlag
Pflanzenreihe / Hecke**

→ IfxPlantrow/Hedge_IFX

Properties Hecke

Da die Hecke bisher nicht als Bauteilkategorie im IFC-Schema definiert ist, kann diese im IFC-Modell zusätzlich als Property mit dem Klassifizierungsvorschlag ‚IfxPlantrow/Heck_IFX‘ gekennzeichnet werden. So sind Hecken auch im BIM-Koordinationsmodell leicht aufgrund ihrer Semantik zu identifizieren bzw. zu selektieren. Eine detaillierte Bezeichnung des jeweiligen der Hecke wird durch das Property ‚botanischer_Name‘ erreicht.

Im BIM-Modell wird mit dem Property ‚Status‘ außerdem zwischen neugepflanzten Hecken, Bestandshecken, die zu erhalten sind und Hecken, die gerodet werden sollen, unterschieden. Des Weiteren wird mit dem Property ‚IstLaubgehölz‘ angegeben, dass es sich um belaubte Heckenpflanzen handelt.

In dem folgenden Attributkatalog werden alle Properties und Quantities zusammengefasst, die für die Beschreibung der Hecken für den BIM-basierten Bauantrag erforderlich sind. Für weitere Anwendungsfälle sind die Properties entsprechend zu erweitern.

Tabelle 40: Properties Hecke

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
IfxPlantrow/Hedge_IFX	Text	x	x
Typausprägungen	Text	bei Bedarf weitere Typausprägungen möglich, z. B. Baumreihe, Allee	x
IstAußen	Boolean	ja (true), nein (false)	x
IstLaubgehölz	Boolean	ja (true), nein (false)	x
Status	Text	Neupflanzung, Erhaltung, Rodung	x
botanischer_Name	Text	Carpinus betulus, Fagus sylvatica etc.	x
Qualität	Text	z.B. nach DIN 18916 vStr 4Tr 2xv	x
Standort	Text	sonnig, Halbschatten, Schatten	x

Tabelle 41: Quantities Hecke

Hoehe	Zahl	x	m
Laenge	Zahl	x	m
Breite	Zahl	x	m

5.4.3.3 Modellierung Hecke

Zur Modellierung einer Hecke werden im Folgenden zwei Wege beispielhaft anhand der Software Autodesk Revit aufgezeigt.

Heckenkörper können grundsätzlich mit den Modellierungstools ‚Extrusion‘, ‚Sweep‘ oder ‚Sweep-Verschmelzung‘ modelliert werden. Hierfür wird zunächst ein Heckenprofil erstellt und als ladbare Familie abgespeichert. Mit dem Tool ‚Projektfamilie erstellen‘ (in der Gruppe ‚Erstellen‘) kann anschließend eine Sweep-Extrusion erzeugt werden. Hierfür wird eine Verlaufslinie ausgewählt oder neu gezeichnet. Anschließend kann das erstellte Heckenprofil mit der Verlaufslinie verknüpft werden. Da das Objekt Hecke bislang noch nicht im IFC-Schema definiert ist, sind alle beschreibenden Eigenschaften manuell mit dem Heckenkörper zu verknüpfen.

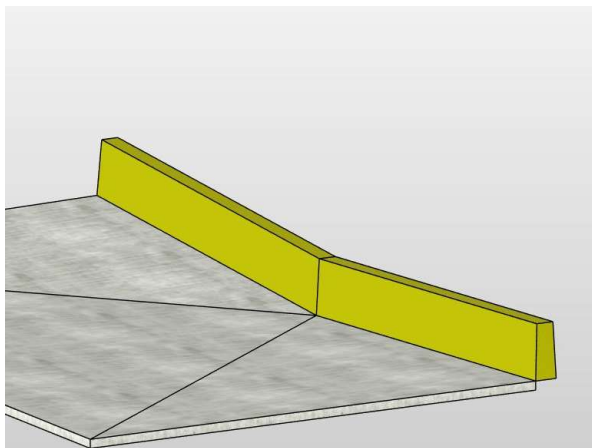


Abbildung 46: Modellierter Heckenkörper mit Autodesk Revit

Eine zweite Möglichkeit lineare Heckenkörper zu modellieren, wird mit dem Modellierungstool ‚Geländer‘ ermöglicht. Die Funktionalitäten dieses Tools wurden bereits im Kapitel Geländer 5.3.3 ausführlich erläutert. Zur Modellierung eines Heckenkörpers ist der Geländertyp zu bearbeiten. Unter ‚Typ bearbeiten‘ > ‚Geländerkonstruktion bearbeiten‘ kann ein neues Heckenprofil geladen werden. Die Profile zur Modellierung des Geländers sind zu entfernen. Zudem sollte hier ein neuer Bauteiltyp mit der Bezeichnung ‚Hecke‘ erstellt werden. Nachdem der neue Bauteiltyp ‚Hecke‘ in der Systemfamilie Geländer erstellt wurde, kann mit dem Tool ‚Geländer‘ ein neuer Verlaufspfad erzeugt werden. Mit dem Tool ‚neues Basisbauteil auswählen‘ wird der Heckenkörper mit dem Untergrund verknüpft und folgt so der Geländetopografie (siehe Abbildung 48).

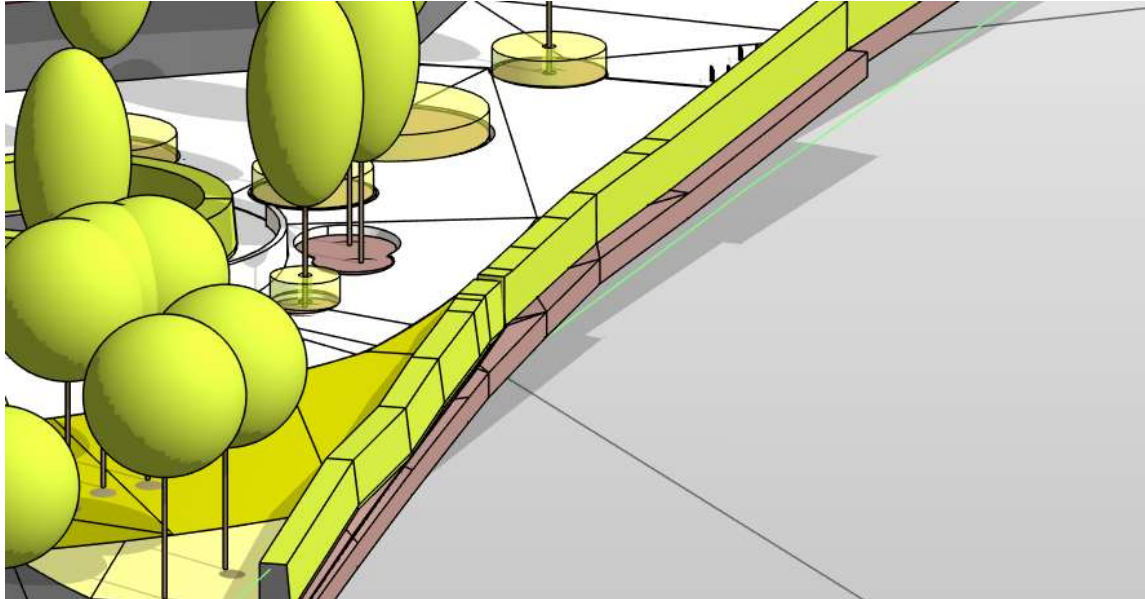


Abbildung 47: Modellierte Heckenkörper Außenanlage Elbtower

Anmerkung:

Die verwendete Autorensoftware sowie das eingesetzte Modellierungstool entscheiden darüber, ob die Quantities direkt aus dem Modell ableitbar sind.

5.4.3.4 IFC-Export

Die erstellten Hecken wurden als allgemeine Bauteilkategorie *IfcBuildingElementProxy* in der Model View Definition IFC 2x3 Coordination View 2.0 exportiert. Für den Fall, dass eine Hecke mit dem Geländertool modelliert wurde, ist dringend zu beachten, das Objekt als *IfcBuildingElementProxy* umzuklassifizieren, da ansonsten die im IFC definierten Eigenschaften für das Gelände mit dem Heckenkörper verknüpft sind.

Die Exportdateien wurden in die BIM-Koordinierungssoftware DESITE md pro sowie in den IFC-Viewer FZKViewer geladen. Hierbei wurde kein Datenverlust festgestellt.

5.5 Teilmodell Ausstattung Außenanlage

Für die Außenanlage des Elbtowers sind einige Ausstattungsgegenstände vorgesehen, z. B. Mastleuchten, Abfallbehälter, Hydranten, Beschilderung, Absperrpoller oder Sitzbänke. Die Ausstattungsgegenstände wurden in einem Teilmodell zusammengefasst. In dieser Modellierungsrichtlinie werden nur Anforderungen betrachtet, die für alle Ausstattungsgegenstände relevant sind.

5.5.1 Ausstattungsgegenstände Außenanlage

5.5.1.1 Objektanforderungen

Für das Baugenehmigungsverfahren ist bzgl. der Ausstattungsgegenstände u. a. gemäß HBauO und qualifiziertem Freiflächenplan nachzuweisen, dass diese in ausreichender Anzahl und an gut erschließbaren Standorten eingeplant wurden. Zudem sind Kollisionen mit anderen Bauteilen oder geplanten Nutzungsflächen, z. B. Stellplätze oder Feuerwehrflächen, zu vermeiden (vgl. § 43, § 76 HbauO; vgl. BDLANW 2015).

Tabelle 42: Anforderungen Ausstattungsgegenstände

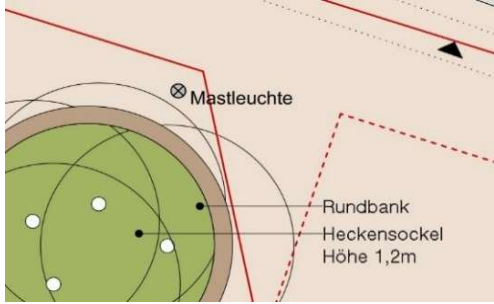
geometrische Anforderungen - Lage / Position - Länge /Breite / Höhe - Fläche	
semantische Anforderungen - Klassifikation	

Abbildung 48: Ausstattungsgegenstände Außenanlage Elbtower (VOGT LANDSCHAFT 2020B)

5.5.1.2 Angabe der Informationen im IFC-Modell

Viele der oben genannten Ausstattungsgegenstände werden mittlerweile von den Herstellerfirmen als BIM-Objekte für eine Vielzahl von BIM-Autorensysteme zur Verfügung gestellt. Oft sind diese Objekte bereits durch die Hersteller klassifiziert. Andernfalls sind sie als *IfcBuildingElementProxy* zu klassifizieren. Bisher nicht klassifizierte Objekte können zusätzlich durch ein beschreibendes Property gekennzeichnet werden, z. B. ‚IstAbfallbehälter‘. So können auch Ausstattungsgegenstände der Klasse *IfcBuildingElementProxy* leicht im BIM-Modell identifiziert und selektiert werden.

Ausstattungsgegenstände stehen im Internet auf diversen Herstellerseiten und folgenden beispielhaft aufgeführten Portalen zum Download zur Verfügung:

- ➔ bimobject: <https://www.bimobject.com/de/product?sort=trending>
- ➔ polantis: <https://www.polantis.com/de/>
- ➔ BIM&Co: <https://www.bimandco.com/de/bim-objekte?search=bank>

Properties Ausstattungsgegenstände

Bei Ausstattungsgegenständen, die von einem Hersteller als BIM-Objekt bereitgestellt werden, sind in der Regel die dafür wichtigen Properties und Quantities bereits mit dem Bauteil verknüpft. Für den Fall, dass ein Ausstattungsgegenstand individuell durch den Planenden erstellt wird, sind in Hinblick auf die oben definierten Anforderungen Angaben zu den Abmessungen (Quantities) sowie die Klassifizierung des Bauteils z. B. als Abfallbehälter ausreichend.

5.5.1.3 Modellierung Ausstattungsgegenstände

Ausstattungsgegenstände, die vom Hersteller als BIM-Objekt zur Verfügung gestellt werden, können direkt in das BIM-Modell geladen werden. Alternativ dazu, können diese auch durch eine einfache Platzhaltergeometrie (siehe Abbildung 51 rechts außen) am dafür geplanten Standort dargestellt werden. Diese Informationstiefe ist für die Bauantragsplanung ausreichend.

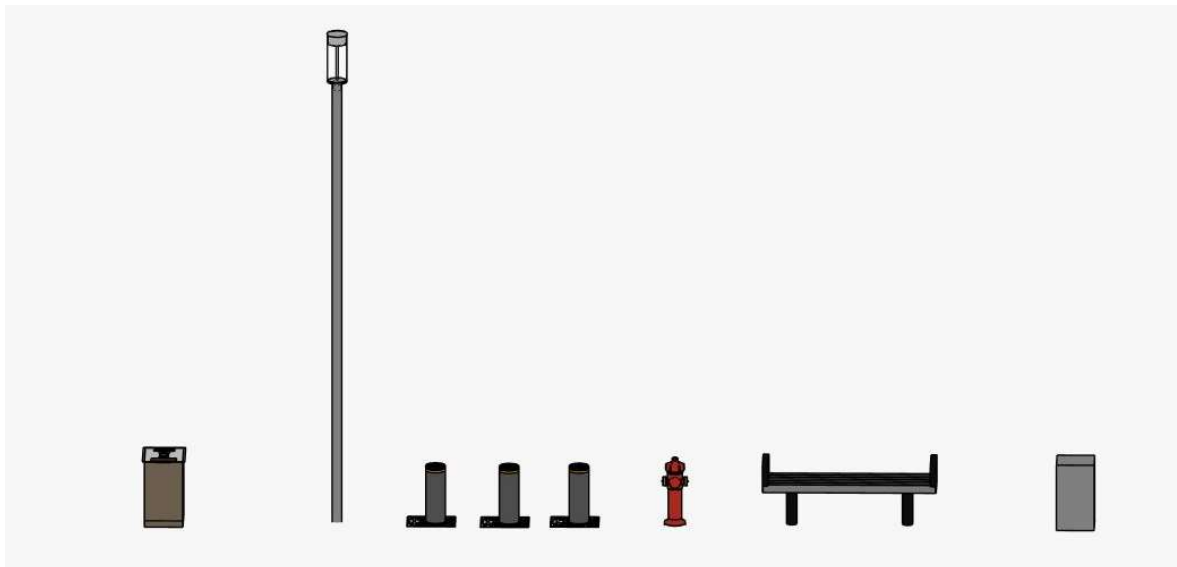


Abbildung 49: Modellerte Ausstattungsgegenstände

Die Abbildung 51 zeigt die exemplarisch ausgewählten Ausstattungsgegenstände Abfallbehälter, Mastleuchte, Verkehrspoller, Hydrant und Sitzbank. Diese wurden von den oben aufgeführten Internetseiten heruntergeladen und anschließend in die BIM-Software Autodesk Revit importiert. Der rechte Geometriekörper symbolisiert eine Platzhaltergeometrie, die anstelle eines realen Ausstattungsgegenstandes im BIM-Modell für den BIM-basierten Bauantrag platziert werden kann. Wichtig hierbei ist allerdings, dass die ungefähren Abmessungen eingehalten werden und eine Objektkennzeichnung durch ein Property hinterlegt ist.

5.5.1.4 IFC-Export

Beispielhaft wurden die erzeugten Mastleuchten mit dem IFC 2x3 Coordination View 2.0 exportiert und in die BIM-Koordinierungssoftware DESITE md pro sowie in den IFC-Viewer FZKViewer geladen. Hierbei wurde kein Datenverlust festgestellt.

5.6 Teilmodell Funktionsflächen

Dem Teilmodell Funktionsflächen wurden die identifizierten Objekte Feuerwehrlflächen, Fahrradstellplätze und Taxihaltstellen zugeordnet. Neben den Objektanforderungen wurden exemplarisch die Umsetzbarkeit der Objektmodellierung mit der Software Autodesk Revit sowie die Übergabe ins IFC-Modell untersucht.

5.6.1 Feuerwehrlflächen / Brandschutz

5.6.1.1 Objektanforderungen

Im Bauantragsverfahren ist nachzuweisen, dass bei der Gestaltung des Außenraums die Anforderungen an den Brandschutz berücksichtigt wurden.

Die im Freiraum zu planenden Zu- und Durchfahrten sowie Aufstellflächen für Feuerwehrfahrzeuge, erfordern die Berücksichtigung zahlreicher bauordnungsrechtlicher Vorgaben.

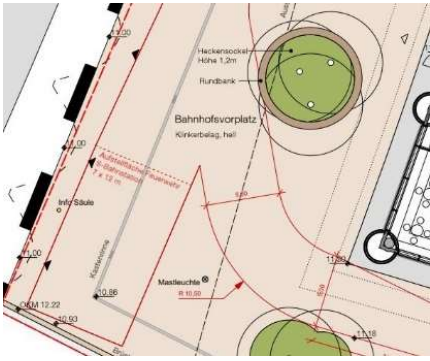
Für die Stadt Hamburg werden diese Vorgaben im § 5 HBauO in Verbindung mit der ‚Richtlinie über Flächen für die Feuerwehr (Fassung 2007)‘ geregelt. Exemplarisch werden einige darin geregelten Anforderungen für Flächen für die Feuerwehr aufgeführt.

Für Zu- und Durchfahrten ist eine lichte Höhe von mindestens 3,50 m und eine Breite von 3 m zu gewährleisten. Des Weiteren sind für Kurven festgelegte Außenradien und Mindestbreiten der Fahrspur festgelegt. Auch Abmessungen der Aufstellflächen und dessen Abstände zu Gebäudewänden sind in der Richtlinie festgelegt. Vor und hinter diesen Aufstellflächen sind an weiterführenden Zu- und Durchfahrten mindestens 4 m breite Übergangsbereiche anzuordnen.

Weitere Anforderungen sind z. B. Vorgaben zu Anleiterstellen, zur Fahrbahnneigung oder der Belastungsklasse für die zu befahrenden Flächen (VGL. § 5HBauO; VGL. FACHKOMMISSION BAUAUF-SICHT HAMBURG 2007).

In der folgenden Tabelle sind die geometrischen- und semantischen Anforderungen für die Modellierung der vorgesehenen Feuerwehrlflächen zusammengefasst.

Tabelle 41: Anforderungen Feuerwehrlflächen

geometrische Anforderungen - Position / Lage - Zu- und Durchfahrtsbreiten /-höhen, Aufstellflächen - Bewegungsraum nachweisen - Mindestbreite je Radius	 Abbildung 50: Feuerwehrlflächen Außenanlage Elbtower (VOGT LANDSCHAFT 2020b)
semantische Anforderungen - Klassifizierung Zufahrt, Durchfahrt, Aufstellfläche - Fahrrechte	

5.6.1.2 Angabe der Informationen im IFC-Modell

Gemäß den oben aufgeführten Richtlinien ist ein standardisiertes Lichtraumprofil einzuhalten, welches den Raum für eine uneingeschränkte Durchfahrt von Feuerwehrfahrzeugen auf dem Grundstück gewährleistet. Hierfür bietet es sich an, die Feuerwehrflächen als dreidimensionale Lichtraumprofile zu modellieren.

Bislang ist im IFC-Standard keine Klasse für Lichtraumprofile für die Feuerwehrfahrzeuge definiert. Im Forschungsprojekt ‚BIM-basierter Bauantrag‘ der Forschungsinitiative Zukunft Bau werden Nutzungs- und Funktionsflächen z. B. Zufahrten, Spiel- und Freizeitflächen oder Stellflächen durch Raumobjekte dargestellt und durch die Bauteilklasse *IfcSpace* klassifiziert (VGL. ZUKUNFT BAU 2020).

Die buildingSMART definiert Räume der Klasse *IfcSpace* als tatsächliche oder theoretisch begrenzte Fläche oder Volumen. Diese können bestimmte Funktionen innerhalb eines Gebäudes bereitstellen (vgl. BUILDINGSMART^H).

Die Funktion eines Raumkörpers gemäß der Definition im *IfcSpace* unterscheidet sich jedoch stark von den Anforderungen für Lichtraumkörper zur Abbildung von Zu- und Durchfahrten für Feuerwehrfahrzeuge. So werden durch einen Raumkörper der Klasse *IfcSpace* Angaben zur Nutzung, Flächen- und Volumengröße oder Raumhöhe mitgeliefert.

Um ein dreidimensionales Lichtraumprofil der Zu- und Durchfahrten für Feuerwehrfahrzeuge im BIM-Modell gemäß der vorgegebenen Richtlinien prüfen zu können, sind jedoch Angaben wie z. B. Fahrbahnradius, Fahrbahnbreite- und länge oder Neigung essentiell. (Die Anforderungen gleichen demnach eher den Planungsanforderungen einer Straße¹.)

Je nach Radius der Fahrspur ändert sich auch die Fahrspurbreite. Aufgrund ständig wechselnder Radien, Breiten und Neigung der Fahrspur sind Lichtraumprofile für Feuerwehrfahrzeuge also deutlich komplexere Raumkörper als die Raumkörper im Sinne des *IfcSpace*.

Als Erweiterungsvorschlag für eine zukünftige Standardisierung als Klasse im IFC-Standard, wird das Objekt ‚Lichtraumkörper für Feuerwehrfahrzeuge‘ zusätzlich nach VDI 2552 Blatt 9 durch das Präfix ‚Ifx‘ gekennzeichnet.

Da jedoch anzunehmen ist, dass eine Erweiterung des IFC-Standards durch eine Klasse zur Abbildung des Lichtraumprofils für Feuerwehrfahrzeuge einige Jahre dauern kann, wird zweckmäßig empfohlen, die Lichtraumkörper trotzdem als *IfcSpace* zu klassifizieren. So sind zumindest Angaben zur Raumhöhe, Volumen und Fläche als Quantities mit dem Raumkörper verknüpft.

Klassifizierung Feuerwehrflächen

→ *IfcSpace*

Klassifizierungsvorschlag Feuerwehrflächen

→ *IfxClearFireBrigade*

*1) Derzeit wird die Klasse *IfcAgInlment* zur Modellierung von Linearen Baukörpern wie Straßen, Brücken oder Bahntrassen entwickelt (siehe: https://standards.buildingSMART.org/IFC/DEV/IFC4_2/FINAL/HTML/schema/ifcproductextension/lexical/ifcalignment.htm)

Properties Brandschutz

Mit dem Property Typ können die jeweiligen Feuerwehrflächen differenzierter gekennzeichnet werden. Diese sind mit den jeweiligen Raumobjekten zu verknüpfen.

Mit dem Property, Geh-_und_Fahrrecht' wird zudem gekennzeichnet, dass die geplanten Zu- und Durchfahrten für Feuerwehrfahrzeuge gemäß des Bebauungsplans HafenCity 16 auch mit Fahrrechten belegt sind.

Tabelle 42: Properties Feuerwehrflächen Außenanlage

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
IfxClearFireBrigade	Text	x	x
Typ	Text	Feuerwehruzufahrt, Feuerwehrdurchfahrt, Feuerwehraufstellflaechet, Feuerwehrdurchgang	x
Geh-_und_Fahrrecht	Text	Gehrecht, Fahrrecht	x

Quantities

Tabelle 43: Quantities Feuerwehrflächen Außenanlage

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Flaeche	Zahl	x	m ²
Laenge	Zahl	x	m
Mindestbreite	Zahl	x	m
Maximalbreite	Zahl	x	
Hoehe	Zahl	x	m
Radius	Text	x	° / %

5.6.1.3 Modellierung Feuerwehrflächen

Die Klasse *IfcSpace* unterstützt die geometrischen Repräsentation SweptSolid, Clipping und Brep, wodurch viele unterschiedliche Geometrieformen erzeugt werden können (VGL.BUILDINGSMART^H).

Modellierung in Revit

Die Modellierung des Raumobjektes für die Feuerwehrflächen wird beispielhaft mit der Software Autodesk Revit verdeutlicht.

Das Modellierungstool zur Erstellung von Raumobjekten befindet sich in der Gruppe ‚Räume & Flächen‘. Für die Darstellung des Lichtraumprofils werden die vorgesehenen Feuerwehrflächen mit einer Raumtrennungslinie umfasst. Dabei ist allerdings zu beachten, dass für Zufahrten, Durchfahrten oder Aufstellflächen jeweils eigene Raumkörper zu erzeugen sind.

Die Unterseiten der modellierten Raumkörper werden durch die bereits modellierten befestigten Flächen begrenzt. Zur Abbildung eines realen Lichtraumprofils muss allerdings auch die Oberseite des Raumobjektes parallel zur Geländetopografie verlaufen. Standardmäßig wird die Oberseite eines Raumobjektes entweder durch ein begrenzendes Objekt oder durch die nächste, höhere Modellebene begrenzt. Als Lösungsweg wird daher vorgeschlagen, die modellierten befestigten Flächen zu duplizieren und als Begrenzung für die Raumoberseite im entsprechenden Abstand nach oben zu versetzen. Hierdurch gelingt es, dass auch die Raumoberseite parallel zur Geländetopografie verläuft. Die duplizierten befestigten Flächen können im Revit-Modell anschließend in ihrer Sichtbarkeit ausgeblendet werden und müssen nicht zwingend ins IFC übergeben werden. Falls sie doch mit ins IFC-Modell übergeben werden, können diese Flächen dort gelöscht werden, ohne dass sich das Lichtraumprofil für die Feuerwehrflächen ändert. Spätestens bevor das Fachmodell der Landschaftsarchitektur an die Behörde weitergegeben wird, sind die für das Lichtraumprofil nach oben begrenzenden Flächen allerdings zwingend zu löschen.

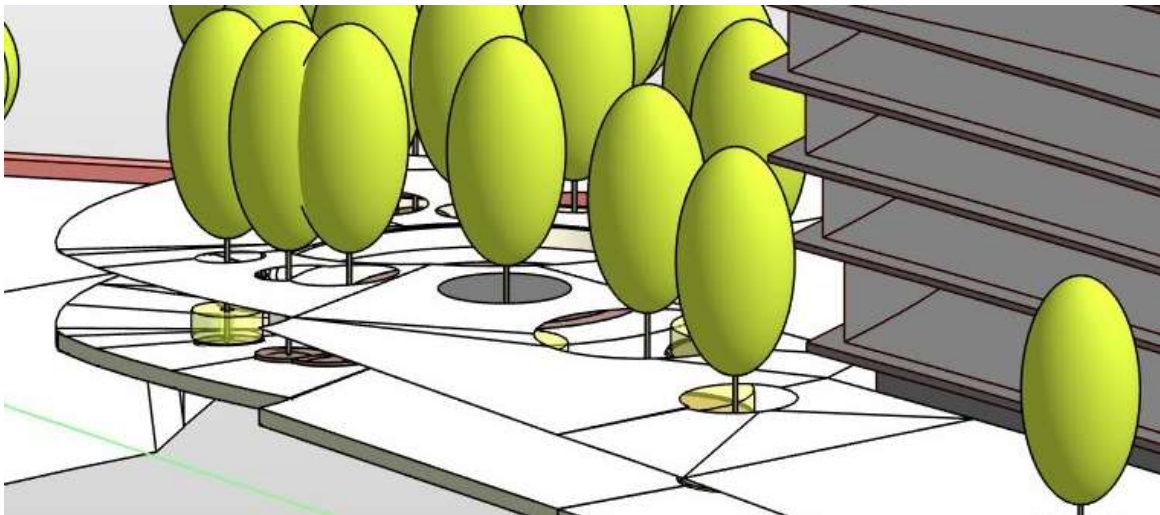


Abbildung 51: Temporäre Begrenzung Raumkörper für Lichtraumprofil

Die auf diese Art erzeugten Lichtraumprofile für Feuerwehrflächen bedeuten einen erhöhten Modellierungsaufwand. Bislang gibt es jedoch keine adäquate Alternative, diese Lichtraumprofile in Revit zu modellieren. Hier müssen zukünftig verbesserte Modellierungslösungen geschaffen werden.

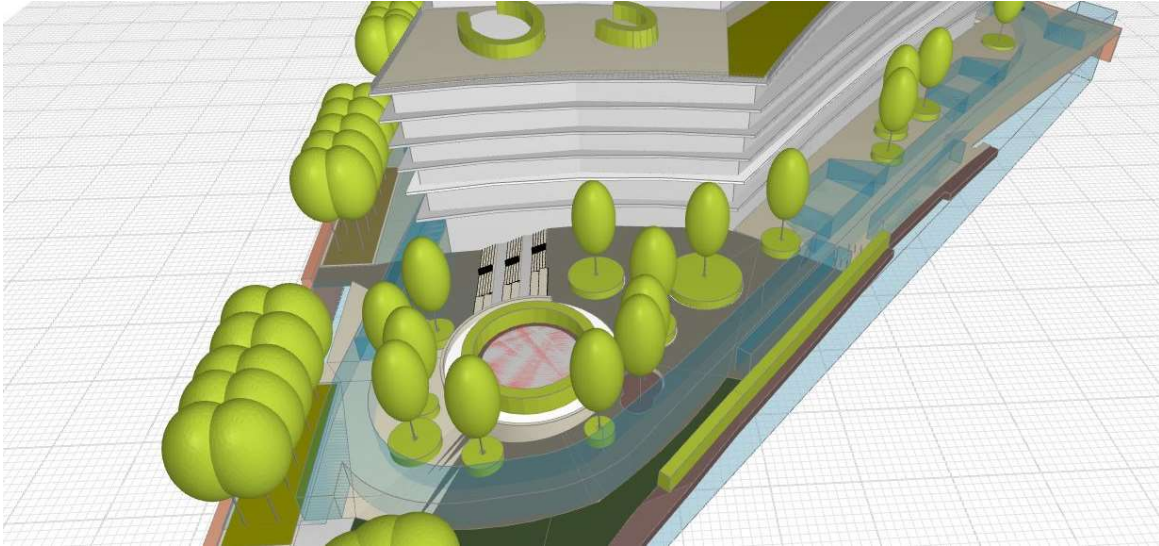


Abbildung 52: Modelliertes Lichtraumprofil für Feuerwehrlächen Elbtower

5.6.2 IFC-Export

Beispielhaft wurden die modellierten Feuerwehrlächen mit dem IFC 2x3 Coordination View 2.0 exportiert und in die BIM-Koordinierungssoftware DESITE md pro sowie in den IFC-Viewer FZKViewer geladen. Hierbei wurde kein Datenverlust festgestellt.

Wie in Abbildung 54 sichtbar, werden die in Revit modellierten Raumkörper im IFC-Modell als 3D-Geometrie dargestellt.

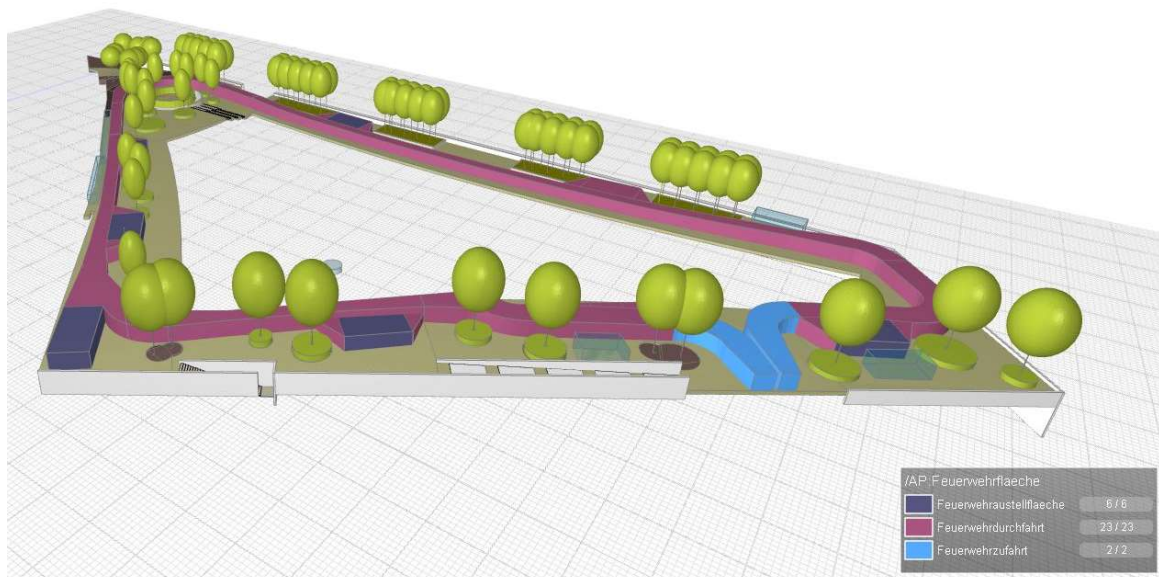


Abbildung 53: Farbschema Feuerwehrlächen

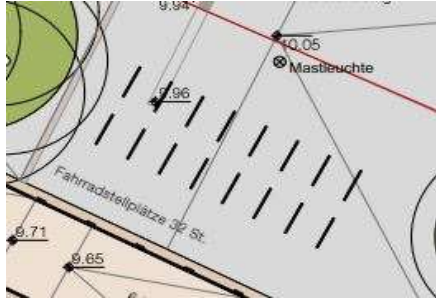
5.6.3 Fahrradstellplätze

5.6.3.1 Objektanforderungen

Für die Außenanlage des Elbtower sind 218 Fahrradstellplätze geplant. Parkflächen für Autos sind dagegen nicht vorgesehen (VGL. VOGT LANDSCHAFT 2020).

In der folgenden Tabelle werden die geometrischen- und semantischen Anforderungen für die Darstellung von Fahrradstellplätzen im BIM-Modell definiert.

Tabelle 44: Anforderungen Fahrradstellplätze

geometrische Anforderungen - Lage / Position	 Abbildung 54: Fahrradstellplätze Außenanlage Elbtower (VOGT LANDSCHAFT 2020B)
semantische Anforderung - Klassifizierung - Anzahl Fahrradstellplätze	

5.6.3.2 Angabe der Informationen im IFC-Modell

Wie Stellplätze für den BIM-basierten Bauantrag zu modellieren sind, wurde bereits im Forschungsprojekt ‚BIM-basierter Bauantrag‘ vorgegeben. Um Insellösungen zu vermeiden, wird diese Vorgabe auch für diese Modellierungsrichtlinie übernommen (VGL. ZUKUNFT BAU 2020B, S. 26). Demnach sind Stellplätze als Raumobjekte zu modellieren und als *IfcSpace* zu klassifizieren.

Klassifizierung Fahrradstellplätze

→ *IfcSpace*

Properties Stellplätze

Mit dem Property ‚Stellplatzart‘ kann das Raumobjekt als Fahrrad- oder Autostellplatz gekennzeichnet werden. Zusätzlich kann die Nutzungseinheit angegeben werden. Die Anzahl der verfügbaren Stellplätze mit dem Raumobjekt zu verknüpfen.

Tabelle 45: Properties Fahrradstellplätze

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Stellplatzart	Text	Fahrrad, Auto	
Nutzungseinheit	Text	Benennung der zugehörigen Nutzungseinheit (z.B. Wohnung)	
Anzahl	Zahl	x	Stk.

Quantities

Die Fläche der Stellplätze wird aus der Grundfläche des Raumobjektes abgeleitet.

Tabelle 46: Quantity Fahrradstellplätze

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Flaeche	Zahl	x	m ²

5.6.3.3 Modellierung Raumobjekt Stellfläche

Die Modellierung des Raumobjektes zur Darstellung der Fahrradstellplätze wird beispielhaft mit der Software Autodesk Revit verdeutlicht.

Das Modellierungstool zur Erstellung eines Raumes befindet sich in der Multifunktionsleiste in der Gruppe ‚Räume & Flächen‘. In der Regel können Raumobjekte nur in Kombination mit Begrenzungskörpern, z. B. Wände erzeugt werden. Geschlossene Räume sind im Freiraum allerdings meist nicht vorhanden. Autodesk Revit bietet mit dem Tool ‚Raumtrennungslinie‘ die Möglichkeit, einen Raum durch Polylinien zu begrenzen. Zur Modellierung eines Raumobjektes können die Fahrradstellplätze mit Raumtrennungslinien umgrenzt werden. Die lichte Höhe des Raumkörpers wird für alle Fahrradstellplätze standardmäßig auf 1,5 m eingestellt. In Revit wird allerdings nur die Grundfläche des Körpers angezeigt. Erst im IFC-Modell erscheint der dreidimensionale Körper.

5.6.3.4 IFC-Export

Die modellierten Raumkörper zur Darstellung der Fahrradstellplätze wurden als *IfcSpace* in der Model View Definition IFC 2x3 Coordination View 2.0 exportiert. Hierbei wurde kein Datenverlust festgestellt.

Mit der Software DESITE md pro können die als Raumkörper modellierten Fahrradstellplätze anhand ihrer Semantik gefiltert werden. Durch ein erzeugtes Farbschema und einer zugehörigen Legende kann die Anzahl der Fahrradstellplätze im IFC-Modell leicht nachvollzogen werden (Abbildung 57). Darüber hinaus konnte eine Gesamtsumme der Fahrradstellplätze automatisiert ermittelt werden (Abbildung 58).

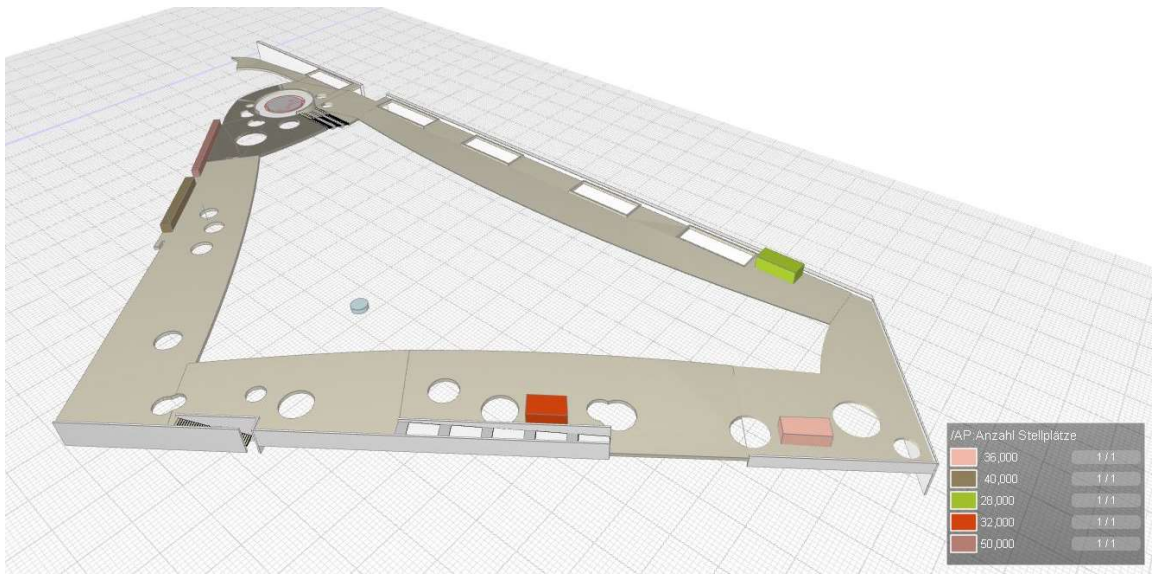


Abbildung 55: Farbschema zu Auswertung der Anzahl von Fahrradstellplätzen

 **Auswahlmengen**

Name	AP:Anzahl Stellplätze [pcs]
✓  Fahrradstellplätze (5)	186,0000
 32	32,0000
 50	50,0000
 28	28,0000
 40	40,0000
 36	36,0000

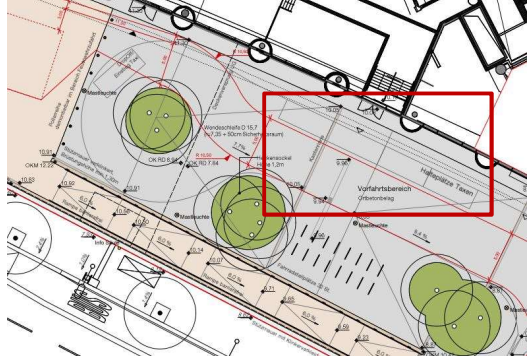
Abbildung 56: Automatisierte Berechnung der Anzahl von Fahrradstellplätzen

5.6.4 Taxihaltestelle

5.6.4.1 Objektanforderungen

Für die Außenanlage des Elbtower sind fünf Taxihaltestellen vorgesehen (VGL. VOGT LANDSCHAFT 2020). In der folgenden Tabelle werden die geometrischen- und semantischen Anforderungen für die Darstellung von Taxihaltestellen im BIM-Modell definiert.

Tabelle 47: Anforderungen Taxihaltestelle

geometrische Anforderungen - Lage / Position	 Abbildung 57: Taxihaltestellen Außenanlage Elbtower (VOGT LANDSCHAFT 2020B)
semantische Anforderung - Klassifizierung	

5.6.4.2 Angabe der Informationen im IFC-Modell

Wie Stellplätze für den BIM-basierten Bauantrag zu modellieren sind, wurde bereits im Forschungsprojekt ‚BIM-basierter Bauantrag‘ vorgegeben. Um Insellösungen zu vermeiden, wird diese Vorgabe in dieser Modellierungsrichtlinie übernommen. Demnach sind Stellplätze als Raumobjekte zu modellieren und als *IfcSpace* zu klassifizieren (VGL. ZUKUNFT BAU 2020B, S. 26).

Klassifizierung Taxihaltestelle

→ *IfcSpace*

Properties Taxihaltestelle

Mit dem Property ‚Haltestellenart‘ kann das Raumobjekt z. B. als Halteplatz für Taxen gekennzeichnet werden. Für jeden Halteplatz ist ein Raumobjekt zu modellieren. Anders als bei den Fahrradstellplätzen ist pro Haltestelle ein Raumkörper zu erzeugen. So kann die einzuhaltende Flächen-größe der jeweiligen Haltestelle überprüft werden.

Tabelle 48: Property Taxihalttestellen

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Haltestellenart	Text	Taxi, Bus	x

Quantities

Die Fläche der Halteplätze wird aus der Grundfläche des Raumobjektes abgeleitet.

Tabelle 49: Quantities Taxihalttestellen

Quantity	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Flaeche	Zahl	x	m ²

5.6.4.3 Modellierung Taxihalttestelle

Siehe Fahrradstellplätze.

5.6.4.4 IFC-Export

Die modellierten Raumkörper zur Darstellung der Taxistellplätze wurden als *IfcSpace* in der Model View Definition IFC 2x3 Coordination View 2.0 exportiert. Hierbei wurde kein Datenverlust festgestellt.

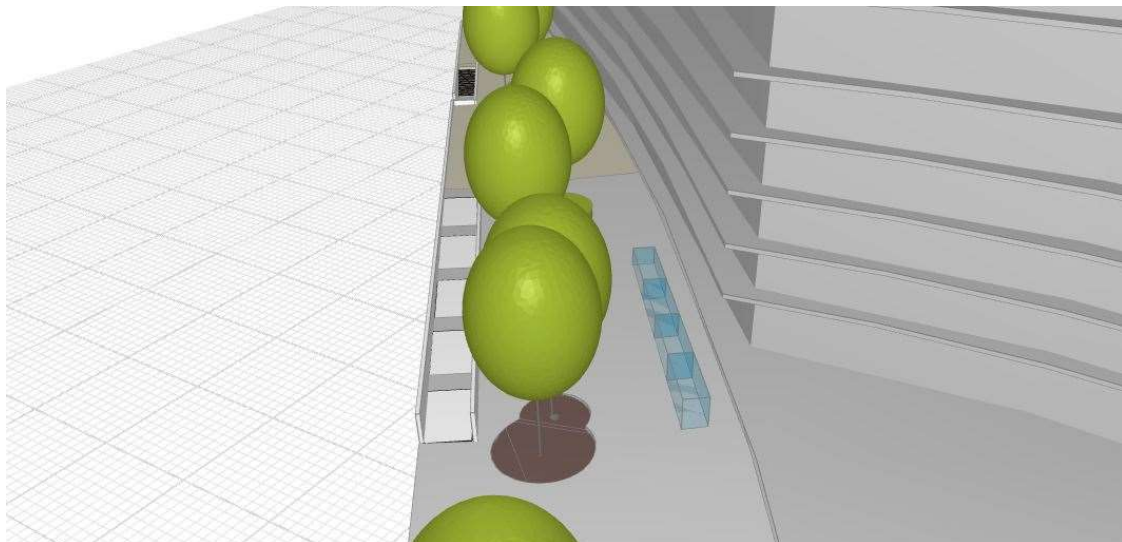


Abbildung 58: Modellierte Taxihalttestellen als Raumkörper

5.6.5 Geh- und Fahrrechte

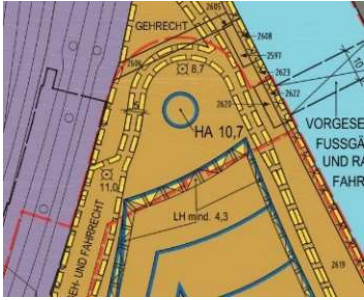
5.6.5.1 Objektanforderungen

Geh- und Fahrrechte sind keine physischen Objekte, jedoch als Information im BIM-Modell für die Bauantragsplanung zu hinterlegen. Die Ausweisung der Geh- und Fahrrechte für das Grundstück des Elbtowers wird im Bebauungsplan HafenCity16' vorgegeben.

Danach sind alle befestigten Flächen der Außenanlage mit Gehrechten belegt. Fahrrechte gelten allerdings nur im Bereich der Gebäudevorfahrt an der Zweibrückenstraße und für die vorgesehenen Zu- und Durchfahrten für Feuerwehr- und Wartungsautos (VGL. FREIE UND HANSESTADT HAMBURG 2019). Im Folgenden wird aufgezeigt, wie die Geh- und Fahrrechte im BIM-Modell gekennzeichnet werden können.

In der folgenden Tabelle sind die geometrischen- und semantischen Anforderungen zur Kennzeichnung von Geh- und Fahrrechten zusammengefasst.

Tabelle 50: Anforderungen Geh- und Fahrrechte

geometrische Anforderungen - Position / Lage	 Abbildung 59: Geh- und Fahrrechte Grundstück Elbtower (FREIE UND HAMBURG 2019c)
semantische Anforderungen - Klassifizierung - Kennzeichnung Geh- und Fahrrecht	

5.6.5.2 Angabe der Informationen im IFC-Modell

Geh- und Fahrrechte sind im BIM-Modell geometrisch zu verorten. Dafür werden in dieser Arbeit zwei verschiedene Vorgehensweisen vorgestellt.

Zum einen besteht die Möglichkeit, alle befestigten Flächen lediglich mit dem Property ‚IstGehrecht‘ und / oder ‚IstFahrrecht‘ zu verknüpfen. Vorteil dieser Vorgehensweise ist der geringe Arbeitsaufwand. Ein Nachteil ist allerdings, dass die Ausweisung der Geh- und Fahrrechte immer in Abhängigkeit von der Flächengröße des zugewiesenen Bauteils steht. Eine bauteilunabhängige Ausweisung dieser Rechte für bestimmte Zonen, ist mit dieser Vorgehensweise daher nicht möglich.

Wie am Beispiel der Fahrrechte im Projekt Elbtower deutlich wird, ist das Befahren des Grundstücks nur in zugewiesenen Zonen zulässig.

Eine zweite Möglichkeit ist es daher, die bestimmten Zonen durch einen Raumkörper mit dem jeweiligen Property ‚Gehrecht-und_Fahrrecht‘ zu kennzeichnen. In diesem Projektbeispiel wurde das Property ‚IstFahrrecht‘ den als Raumkörper modellierten Zu- und Durchfahrten für Feuerwehrfahr-

zeuge angehängt. So kann ein bereits vorhandener Raumkörper, wenn er den geforderten geometrischen Anforderungen gerecht wird, auch für mehrere Informationen „wiederverwendet“ werden.

Klassifizierung Geh- und Fahrrechte

→ *IfcSpace*

(nur bei Darstellung als Raumkörper)

Properties Geh- und Fahrrechte

Zur Auszeichnung von Geh- und Fahrrechten sind die Properties ‚IstFahrrecht‘ und ‚IstGehrecht‘ mit den jeweiligen Geometrie Körpern zu verknüpfen.

Tabelle 51: Property Geh- und Fahrrechte

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Geh-und_Fahrrecht	Text	Gehrecht, Fahrrecht	x

5.6.5.3 Modellierung Geh- und Fahrrechte

Siehe Modellierung Stellplätze und Zu- und Durchfahrten Feuerwehr.

5.6.5.4 IFC-Export

Beispielhaft wurden die im Modell ausgewiesenen Geh- und Fahrrechte mit dem IFC 2x3 Coordination View 2.0 exportiert und in die BIM-Koordinierungssoftware DESITE md pro sowie in den IFC-Viewer geladen. Hierbei wurde kein Datenverlust festgestellt.

Mit der Software DESITE md pro können die mit Geh- und Fahrrechten belegten Flächen anhand eines erzeugten Farbschemas leicht im IFC-Modell identifiziert werden.

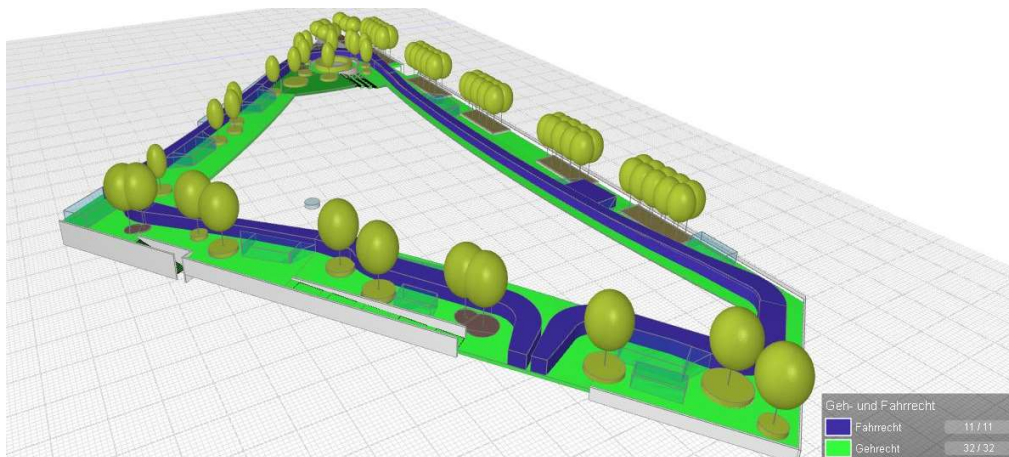


Abbildung 60: Visualisierung Geh- und Fahrrechte

5.7 Temporäre Prüfkörper

Für einige Prüffälle bietet es sich an, eine temporäre Hilfsgeometrie zu erstellen. Im Rahmen dieses Projektes wird exemplarisch eine Hilfsgeometrie zur Kontrolle des einzuhaltenden Geländeniveaus zum Hochwasserschutz erstellt.

5.7.1 Hochwasserschutz

5.7.1.1 Objektanforderungen

Im Bebauungsplan HafenCity16 werden Anforderungen an Geländehöhen zum Hochwasserschutz definiert. Gemäß der Festsetzung über den Bebauungsplan ist eine Mindesthöhe von 8,7 m über NHN einzuhalten. Eine Ausnahme bildet jedoch die nördliche Spitze, die zum Grundstück der DB Netz AG hin auf eine Höhe von 5,5 m NHN abfällt (VGL. FREIE UND HANSESTADT HAMBURG 2019; VGL. VOGT LANDSCHAFT 2020).

Für den BIM-basierten Bauantrag sind hochwassergeschützte Bereiche und Überflutungsbereiche im BIM-Modell zu kennzeichnen.

In der folgenden Tabelle sind die geometrischen- und semantischen Anforderungen zur Kennzeichnung des Hochwasserschutzes zusammengefasst.

Tabelle 52: Anforderungen Hochwasserschutz

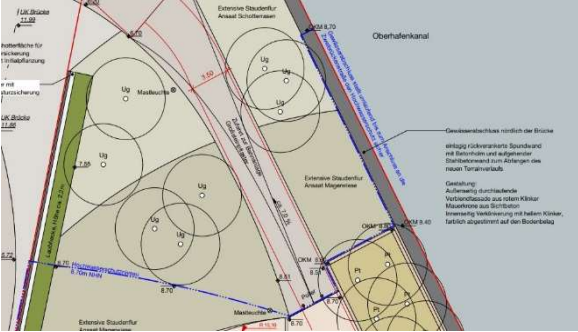
geometrische Anforderungen - Position / Lage - Fläche - Höhe	
semantische Anforderungen - Klassifizierung - Kennzeichnung Hochwassergeschützt / Überflutungsbereich	

Abbildung 61: Überflutungsbereich (oberhalb blaue Linie) Elbtower (VOGT LANDSCHAFT 2020b)

5.7.1.2 Angabe der Informationen im IFC-Modell

Die Hilfsgeometrie zur Kontrolle des Geländeniveaus wird als Raumkörper modelliert und ist als *IfcSpace* zu klassifizieren.

Klassifizierung Prüfkörper Hochwasserschutz

➔ *IfcSpace*

Properties

Damit der modellierte Raumkörper im BIM-Modell eindeutig identifiziert werden kann, wird er zusätzlich mit dem Property ‚IstHochwassergeschuetzterBereich‘ gekennzeichnet. Anhand der Werte ‚Ja‘ und ‚Nein‘ kann im BIM-Modell zwischen ausgewiesenen Überflutungsbereichen, wie an der nördlichen Spitze des Grundstücks, und hochwassergeschützten Bereichen unterschieden werden.

Tabelle 53: Property Hochwasserschutz

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
IstHochwassergeschuetzterBereich	Boolean	ja (true), nein (false)	x

Quantity

Um überprüfen zu können, ob die einzuhaltende Mindesthöhe für das Geländeniveau zum Hochwasserschutz eingehalten wurde, ist die Angabe der Raumhöhe wichtig.

Tabelle 54: Quantity Hochwasserschutz

Quantity	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Hoehe	Zahl	x	x

5.7.1.3 Modellierung Hochwasserschutz

Zur Überprüfung und Kennzeichnung von hochwassergeschützten Bereichen und Überflutungsbereichen, werden separate Raumkörper modelliert. Die Raumkörper wurden von der Höhe 0 m NHN bis zur Höhe 8,7 m NHN extrudiert.

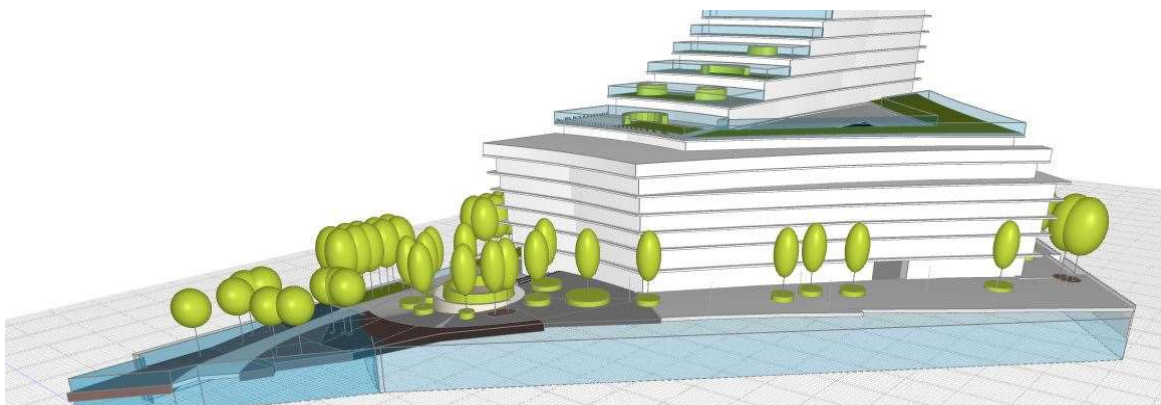


Abbildung 62: Raumkörper Kennzeichnung Hochwasserschutz

Die nördliche Spitze des Grundstücks ist nicht hochwassergeschützt und liegt, wie Abbildung 64 zeigt, unter der ansonsten geforderten Mindesthöhe von 8,7 m. Dies wurde zusätzlich mit dem Property ‚IstHochwassergeschuetzterBereich‘ und dem Merkmal ‚Nein‘ im BIM-Modell gekennzeichnet.

5.7.2 IFC-Export

Das modellierte Raumobjekt wurde als *IfcSpace* in der Model View Definition IFC 2x3 Coordination View 2.0 exportiert und in die BIM-Koordinierungssoftware DESITE md pro sowie in den IFC-Viewer FZKViewer geladen. Hierbei wurde kein Datenverlust festgestellt.

5.8 Dachflächen

Dem zweiten Fachmodell sind die von der Landschaftsarchitektur als Freiflächen zu beplanenden Dachflächen zugeordnet. Es gliedert sich in die Teilmodelle ‚Dachfläche_gesamt‘ und ‚Dachkonstruktionen‘ bestehend aus den Bauteilgruppen ‚begrünte Dachfläche‘ und ‚Dachterrasse‘. Dachfläche_gesamt ist ein Raumkörper einer Dachfläche pro Geschoss, dem allgemeine Informationen zum Dach hinterlegt werden können.

5.9 Teilmodell Dachfläche_gesamt

5.9.1 Dachfläche_gesamt

5.9.1.1 Objektanforderungen

Die Dachflächen sind gemäß der Festsetzung über den Bebauungsplan HafenCity 16 mindestens bis zum siebten Obergeschoss zu begrünen. Von diesen sind mindestens 30 % extensiv und 20 % intensiv zu begrünen. Die zu beplanenden Dachflächen sind als Raumobjekte zu modellieren. In der folgenden Tabelle sind die geometrischen und semantischen Anforderungen an den Raumkörper zur Abbildung der Dachflächen_gesamt zusammengefasst.

Tabelle 55: Anforderungen Dachfläche_gesamt

geometrische Anforderungen - Position / Lage - Flächengröße	
semantische Anforderungen - Klassifikation - Geschosszahl - begrünt / nicht begrünt	

Abbildung 63: Dachfläche_gesamt
(VOGT LANDSCHAFT 2020B)

5.9.1.2 Angabe der Informationen im IFC-Modell

Die modellierten Raumobjekte sind der Klasse *IfcSpace* zuzuordnen.

Klassifizierung Dachfläche_gesamt

→ *IfcSpace*

Properties

Die Raumkörper werden zusätzlich mit dem Property ‚IstDachflaeche‘ gekennzeichnet. So sind diese im BIM-Koordinationsmodell leicht zu identifizieren bzw. zu selektieren. Zur Kennzeichnung der Geschosszahl wird der Raumkörper mit dem Property ‚Geschosszahl‘ verknüpft. Des Weiteren wird mit dem Property ‚IstBegruent‘ angegeben, ob die Dachfläche begrünt ist.

Tabelle 56: Properties Dachflächen_gesamt

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
IstDachflaeche	Boolean	ja (true), nein (false)	x
IstAußen	Boolean	ja (true), nein (false)	x
Geschosszahl	Text	2,3,4 etc.	x
IstBegruent	Boolean	ja (true), nein (false)	x

Quantities Dachfläche

Für die Bilanzierung der Dachflächen sind die Flächengrößen aus dem Raumobjekt abzuleiten.

Tabelle 57: Quantity Dachflächen_gesamt

Quantity	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Flaeche	Zahl	x	m ²

5.9.1.3 Modellierung Dachfläche_gesamt

Die zu modellierenden Raumkörper umfassen die je Geschoss gesamte zu beplanende Dachfläche. Wie die Raumkörper zu modellieren sind, wurde u.a. bereits im Kapitel 5.6.1 Feuerwehrflächen detailliert beschrieben.

5.9.1.4 IFC-Export

Die Raumkörper zur Darstellung der Dachfläche_gesamt wurden als *IfcSpace* in der Model View Definition IFC 2x3 Coordination View 2.0 exportiert und in die BIM-Koordinierungssoftware DESITE md pro sowie in den IFC-Viewer FZKViewer geladen. Hierbei wurde kein Datenverlust festgestellt.

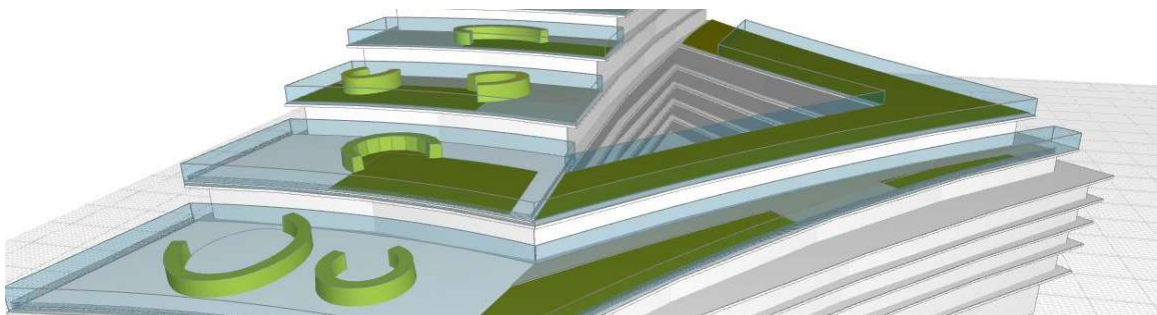


Abbildung 64: Modellerte Raumkörper Dachflächen

5.10 Teilmodell Dachkonstruktionen

5.10.1 Begrünte Dachfläche

5.10.1.1 Objektanforderungen

Gemäß Festsetzungen über den Bebauungsplan HafenCity 16 sind mindestens 30 % der Dachflächen des Elbtowers bis zum siebten Obergeschoss mit einer standortangepassten extensiven Stauden- und Gräserbepflanzung zu begrünen. Hierfür ist ein mindestens 15 cm starker durchwurzelbarer Substrataufbau zu gewährleisten. Zusätzlich sind laut Festsetzung mindestens 20 % der Dachflächen intensiv mit standortangepassten Stauden und Sträuchern zu begrünen. Hierfür ist mindestens ein durchwurzelbarer Substrataufbau von 50 cm einzuhalten (VGL. FREIE UND HASE-STADT HAMBURG 2019).

In der folgenden Tabelle werden alle geometrischen und semantischen Anforderungen für die begrüntten Dachflächen für den BIM-basierten Bauantrag zusammengefasst.

Tabelle 58: Anforderungen Dachbegrünung

geometrische Anforderungen - Position / Lage - Flächengröße - Geschosshöhe - Substratstärke	
semantische Anforderungen - Klassifikation - extensive / intensive Vegetation - Art der Bepflanzung - Geschoszahl	

Abbildung 65: Dachbegrünung Elbtower (VOGT LANDSCHAFT 2020B)

5.10.1.2 Angabe der Informationen im IFC-Modell

Zwar ist im IFC-Schema bereits das Bauteil Dach als *IfcRoof* definiert. Eine differenzierte Kennzeichnung als Dachbegrünung ist bislang allerdings nicht vorhanden. Die Dachbegrünung ist daher als *IfcBuildingElementProxy* zu klassifizieren.

Als Erweiterungsvorschlag zu den bisher im IFC standardisierten Bauteilklassen, wird zusätzlich gemäß ,VDI 2552 Blatt 9' ein neuer Typ ,Planted' für die Klasse *IfcRoof* definiert. Dieser wird durch das Suffix *_IFX* gekennzeichnet.

Klassifizierung Dachbegrünung

→ *IfcBuildingElementProxy*

Klassifizierungsvorschlag Dachbegrünung

→ *IfcRoof/Planted_IFX*

Properties begrünte Dachflächen

Da das Objekt Dachbegrünung bisher nicht als Bauteilkategorie bzw. Bauteiltyp im IFC-Schema definiert ist, wird empfohlen die begrünten Dachflächen mit dem Property ‚IfcRoof/Planted_IFX‘ zu kennzeichnen. So sind begrünte Dachflächen auch im BIM-Koordinationsmodell leicht anhand ihrer Semantik zu identifizieren bzw. zu selektieren.

Mit dem Property ‚Art_der_Begrueung‘ wird zwischen extensiver und intensiver Begrünung unterschieden.

Je nach Art der Begrünung ist die Stärke des Substrataufbaus entsprechend anzupassen. Die nachzuweisende Stärke des Substrataufbaus ergibt sich aus den Materialschichten. Zur Beschreibung des verwendeten Materials werden im Rahmen dieser Arbeit einige Schichten als Property angegeben.

In dem folgenden Attributkatalog werden alle Properties zusammengefasst, die für Beschreibung der Dachbegrünung für den BIM-basierten Bauantrag erforderlich sind. Für weitere Anwendungsfälle sind die Properties entsprechend zu erweitern.

Tabelle 59: Properties Dachbegrünung

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
IfcRoof/planted_IFX	Boolean	ja (true), nein (false)	x
IstAußen	Boolean	ja (true), nein (false)	x
Art der Begrueung	Text	extensiv, intensiv	x
Vegetation	Text	Carex, Luzula, Briza, etc.	x
Draenschicht	Text	Eruptivsteingemisch „Lavad“, etc.	x
Filterschicht	Text	Filtervlies 100g, etc.	x
Schutzschicht	Text	Schutzvlies 300g ,etc.	x
Vegetationstragschicht	Text	Mineralisch-organisches Substrat	x

Quantities Dachbegrünung

Für die Modellprüfung sind einige Größen aus den erzeugten Geometrien abzuleiten, z. B. Quadratmeterzahl zur Flächenbilanzierung oder die Dicke des Substrataufbaus.

Zur Übersicht werden die für den Bauantrag wichtigen Quantities in der folgenden Tabelle in deutscher Sprache zusammengefasst.

Tabelle 60: Quantities Dachbegrünung

Quantity	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Dicke	Zahl	x	m, cm
Brutto-Grundflaeche	Zahl	x	m, cm
Netto-Grundflaeche	Zahl	x	m ² , cm ²

5.10.1.3 Modellierung begrünte Dachflächen

Begrünte Dachflächen bestehen in der Regel aus einem mehrschichtigen Schichtaufbau. Hierfür bieten sich grundsätzlich die aus der Bauteilklassse *IfcSlab* abgeleiteten Modellierungstools in den jeweiligen BIM-Systemen an. Innerhalb der Software Revit eignet sich hierfür besonders das Modellierungstool ‚Geschossdecke‘. Im Kapitel 5.3.1 Befestigte Fläche wurde bereits ausführlich auf die Bauteilklassse *IfcSlab* und das Modellierungstool ‚Geschossdecke‘ eingegangen.

Zusätzlich können weitere Vegetationsobjekte wie Pflanzen/Bäume oder Pflanzreihen/Hecke eingesetzt werden (siehe Kapitel 5.4.2, 5.4.3).

5.10.1.4 IFC-Export

Beispielhaft wurde die erzeugte Dachbegrünung als IFC 2x3 Coordination View 2.0 als allgemeine Bauteilklassse *IfcBuildingElementProxy* exportiert und in die BIM-Koordinierungssoftware DESITE md pro sowie in den IFC-Viewer FZKViewer geladen.

Hierbei stellte sich heraus, dass die definierten Aufbauschichten der Dachbegrünung geometrisch nicht abgebildet werden. Eine geometrische Prüfung und Auswertung der einzelnen Schichtdicken ist demnach im IFC-Modell nicht möglich.

Ein alternativer Vorschlag zur Modellierung der separaten Materialschichten wurde im Kapitel 5.3.1 Befestigte Flächen beschrieben.

Ansonsten wurden keine Datenverluste festgestellt.

5.10.2 Dachterrasse

5.10.2.1 Objektanforderungen

Im Folgenden werden die semantischen und geometrischen Anforderungen für die Erstellung begehbare Dachflächen im BIM-Modell für den BIM-basierten Bauantrag definiert. Als Belag für die begehbaren Dachflächen sind Betonsteinplatten geplant.

Gemäß Festsetzungen über den Bebauungsplan ‚HafenCity16‘ sind max. 70 % der Dachflächen bis zum siebten Obergeschoss zu versiegeln. Die restliche Fläche ist zu begrünen (VGL. FREIE UND HANSESTADT HAMBURG 2019).

In der folgenden Tabelle werden alle semantischen und geometrischen Anforderungen für die begrünten Dachflächen für den BIM-basierten Bauantrag zusammengefasst.

Tabelle 61: Anforderung Dachterrasse

geometrische Anforderungen - Position / Lage - Flächengröße - Schichtstärke	 Abbildung 66: Dachterrasse Elbtower (VOGT LANDSCHAFT 2020B)
semantische Anforderungen - Klassifikation - Geschosszahl - Bauweise - Materialschichten	

5.10.2.2 Angabe der Informationen im IFC-Modell

Zwar ist im IFC-Schema bereits das Bauteil Dach als *IfcRoof* definiert. Eine differenzierte Kennzeichnung als Dachterrasse ist bislang allerdings nicht vorhanden. Die Dachterrassen sind daher als *IfcBuildingElementProxy* zu klassifizieren.

Als Erweiterungsvorschlag zu den bisher im IFC standardisierten Bauteilklassen, wird zusätzlich gemäß ‚VDI 2552 Blatt 9‘ ein neuer Typ für Dachterrassen für die Klasse *IfcRoof* definiert. Dieser wird durch das Suffix *_IFX* gekennzeichnet.

Klassifizierung Dachterrasse

➔ *IfcBuildingElementProxy*

Klassifizierungsvorschlag Dachterrasse

➔ *IfcRoof/ExternalCovering_IFX*

Properties Dachterrasse

Da das Objekt Dachterrasse bisher nicht als Bauteilkategorie bzw. Bauteiltyp im IFC-Schema definiert ist, wird empfohlen die modellierten Dachterrassen zusätzlich mit dem Property ‚IfcRoof/ExternalCovering_IFX‘ zu kennzeichnen. So sind diese auch im BIM-Koordinationsmodell leicht anhand ihrer Semantik zu identifizieren bzw. zu selektieren.

Das Property ‚IstVersiegelt‘ kennzeichnet die Dachterrasse als versiegelte Fläche.

Im Zuge einer Modellprüfung kann so leicht zwischen versiegelten und nicht versiegelten Flächen unterschieden werden. Des Weiteren wird mit dem Property ‚Geschosszahl‘ angegeben, auf welchem Geschoss sich die Dachterrasse befindet.

Mit den Properties Deckschicht, Bettung, Tragschicht und Schutzschicht wird außerdem der Schichtaufbau einer Dachterrasse gekennzeichnet.

Im Folgenden sind die Properties für Dachterrassen in einem Attributkatalog zusammengefasst. Für weitere Anwendungsfälle ist der Attributkatalog entsprechend zu erweitern.

Tabelle 62: Properties Dachterrasse

Property	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
IfcRoof/externalCovering_IFX	Text	x	x
IstAußen	Boolean	ja (true), nein (false)	x
IstVersiegelt	Boolean	ja (true), nein (false)	x
Deckschicht	Text	Betonsteinplatten	x
Bettung	Text	0/4mm Sand, 2/5mm Splitt etc.	x
Tragschicht	Text	0/32mm Kalksteinschotter, 0/45mm RC-Schotter	x
Schutzschicht	Text	Bautenschutz- und Drainmatte	x

Quantities Dachterrasse

Für die Modellprüfung sind einige Größen aus den erzeugten Geometrien abzuleiten, z. B. Quadratmeterzahl zur Flächenbilanzierung oder die Dicke der Aufbauschichten für den Nachweis der Belastungskategorie. Zur Übersicht werden die für den Bauantrag wichtigen Quantities in der folgenden Tabelle in deutscher Sprache zusammengefasst.

Tabelle 63: Quantities Dachterrasse

Quantity	Datentyp	mögliche Werte	Einheit
Dicke	Zahl	x	m, cm
Brutto-Grundflaeche	Zahl	x	m, cm
Netto-Grundflaeche	Zahl	x	m ² , cm ²

5.10.2.3 Modellierung Dachterrasse

Die oben definierten geometrischen Anforderungen zur Modellierung von Dachterrassen gleichen den Anforderungen für die Modellierung von befestigten Flächen (siehe Kapitel 5.3.1). Demnach eignen sich zur Modellierung von Dachterrassen auch die aus der Bauteilklassse *IfcSlab* abgeleiteten Modellierungstools. So werden im Rahmen dieser Arbeit auch die Dachterrassen mit dem Modellierungstool ‚Geschossdecke‘ der Software Revit modelliert. Sowohl auf die Bauteilklassse *IfcSlab* als auch das Modellierungstool ‚Geschossdecke‘ wird bereits im Kapitel 5.3.1 Befestigte Fläche ausführlich eingegangen.

5.10.2.4 IFC-Export

Beispielhaft wurden die erzeugten Dachterrassen als IFC 2x3 Coordination View 2.0 als allgemeine Bauteilklassse *IfcBuildingElementProxy* exportiert und in die BIM-Koordinierungssoftware DESITE md pro sowie in den IFC-Viewer FZKViewer geladen. Hierbei stellte sich heraus, dass die definierten Aufbauschichten der Dachterrasse geometrisch nicht abgebildet werden. Eine geometrische Prüfung und Auswertung der einzelnen Schichtdicken ist demnach im IFC-Modell nicht möglich. Ein alternativer Vorschlag zur Modellierung der separaten Materialschichten wurde im Kapitel 5.3.1 Befestigte Fläche beschrieben.

Ansonsten wurden keine Datenverluste festgestellt.

6 MODELLPRÜFUNG

Im Kapitel 2.5 wurden bereits die Potenziale und Grenzen sowie die Vorgehensweise der teilautomatisierten Modellprüfung zur Einhaltung der Bauvorschriften aufgezeigt. Hierfür sind die Gesetzestexte des Bauordnungsrechts und des Bauplanungsrechts in eine algorithmisch verarbeitbare Form zu überführen. Die anschließenden Prüfprozesse können entweder semantischer oder geometrischer Natur sein (VGL. ZUKUNFT BAU 2020).

Im Folgenden wird anhand ausgewählter Beispiele das Potenzial teilautomatisierter Prüfprozesse hinsichtlich bauplanungsrechtlicher- und bauordnungsrechtlicher Anforderungen an den Freiraum untersucht und dargestellt. Wie auch im Forschungsprojekt BIM-basierter Bauantrag beschrieben, wurden dafür zunächst die Gesetzestexte in eine workflow-basierte Notationssprache überführt. Für den jeweiligen Prüffall kann so ein festdefinierter Prüflauf mit möglichen Prüfergebnissen bereits im Vorfeld definiert werden. Zudem können auf Basis solcher Notationen die Prüfanforderungen leichter in die algorithmische Form überführt werden.

Die Vorgehensweise der anschließenden Modellprüfung entspricht der des Forschungsprojekts ‚BIM-basierter Bauantrag‘ und ist in drei Schritte unterteilt.

1. Auswahl der zu prüfenden Objekte

Hierfür werden die Objekte des BIM-Modells gefiltert, die für den jeweiligen Prüffall relevant sind. Die Auswahl erfolgt anhand der Klassifikation oder eindeutiger Eigenschaftsmerkmale.

2. Prüffregel anwenden

In einem zweiten Schritt werden die ausgewählten Prüfobjekte regelbasiert bezüglich ihrer semantischen und geometrischen Anforderungen für den Bauantrag geprüft.

3. Prüfergebnisse aufbereiten

In einem dritten Schritt werden die Prüfergebnisse ausgewertet und interpretiert. Des Weiteren werden diese im Modell durch ein Farbschema visualisiert:

bestanden = grün und nicht bestanden = rot.

Im Folgenden werden exemplarisch sowohl geometrische als auch semantische Prüfläufe hinsichtlich der bauordnungs- und bauplanungsrechtlichen Anforderungen durchgeführt und beschrieben. Die jeweiligen Prüfläufe werden beispielhaft mit der BIM-Koordinierungssoftware DESITE md umgesetzt und veranschaulicht.

6.1 Stärke Substrataufbau Baumpflanzung

Exemplarisch wird aufgezeigt, wie im BIM-Modell die Einhaltung der festgesetzten Substratstärke für Baumpflanzungen überprüft werden kann. Hierfür werden die modellierten Vegetationsflächen an Baumstandorten überprüft. Der Prüflauf wird zunächst in Form einer Prozessmodellierung dargestellt und anschließend in eine algorithmische Prüfregele überführt.

Festsetzung 15 über den Bebauungsplan HafenCity16

„[...] Für Baumpflanzungen muss [...] die Stärke des durchwurzelbaren Substrataufbaus mindestens 100 cm betragen“ (VGL. FREIE UND HANSESTADT HAMBURG 2019).

6.1.1 Prozessmodellierung

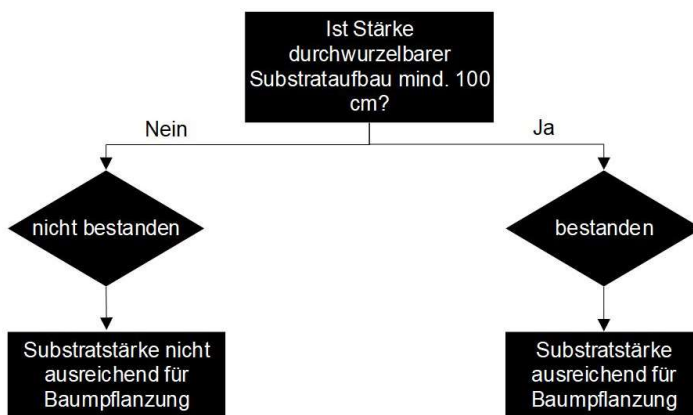


Abbildung 67: Prozessmodellierung Prüffall Substratstärke

6.1.2 Umsetzung in DESITE md pro

Mit der Software DESITE md pro wurde der abgebildete Prozess in eine algorithmische Prüfregele überführt. Anschließend wurden die zu prüfenden Objekte selektiert und deren Properties und Quantities in die Prüfregele integriert. Die Prüfergebnisse wurden durch ein Farbschema (grün=bestanden und rot=nicht bestanden) im Modell visualisiert.

```

Regel: durchwurzelbarer Substrataufbau

1 // created 2021-05-12T11:39:20
2 // by matth
3
4 desiteResult.setCheckState('undefined');
5
6 var id = desiteThis.ID();
7
8 var cat =
9   desiteAPI.getPropertyValue(id, 'ifcObject', 'xs:string');
10  var hoehe =
11    desiteAPI.getPropertyValue(id, 'cpBBoxDZ', 'xs:double');
12
13 if (cat == 'Geschossdecke:Durchwurzelbarer Schichtaufbau')
14 {
15   if (hoehe < 1) {
16     desiteResult.setCheckState('failed');
17   } else {
18     desiteResult.setCheckState('passed');
19   }
20 }
  
```

Abbildung 68: Algorithmische Prüfregele für den Prüffall Substratstärke

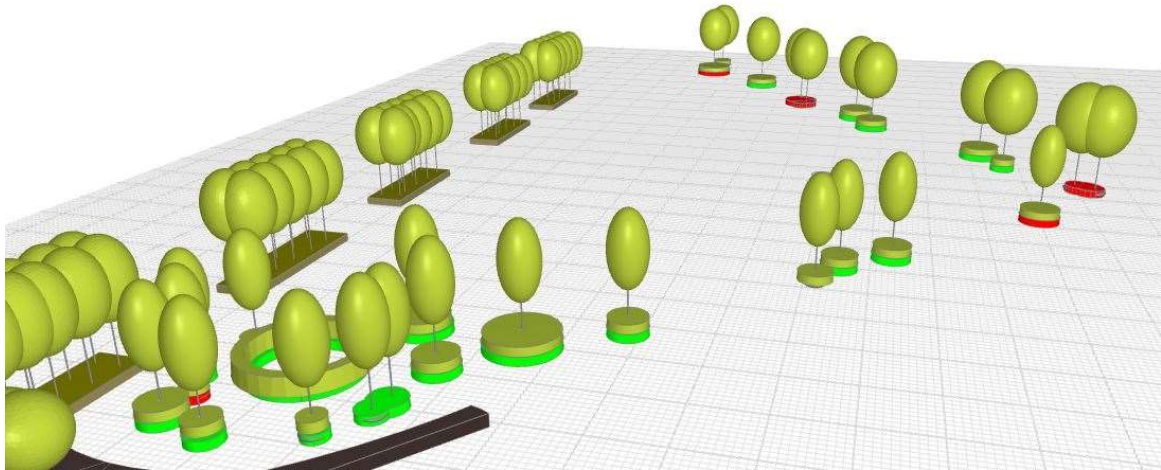


Abbildung 69: Ergebnis des Prüffalls Substratstärke

Die Abbildung 71 zeigt das Ergebnis der teilautomatisierten Modellprüfung. Demnach weisen die grün eingefärbten Vegetationsflächen die festgesetzte Mindestsubstrathöhe von 100 cm auf, während die rot gefärbten Körper nicht in ausreichender Substratstärke modelliert wurden und daher die Prüfabfrage nicht bestanden haben.

Anmerkung: In diesem Prüflauf wurde exemplarisch die Einhaltung festgesetzter Abmessungen überprüft. Nach dem hier aufgezeigten Prinzip können auch andere nachzuweisende Abmessungen von Bauteilen / Modellobjekten teilautomatisiert im BIM-Modell überprüft werden. In der erstellten Prüffregel sind dafür lediglich die zu prüfenden Objekte und die dafür festgelegten Abmessungen auszutauschen.

Im Folgenden werden exemplarisch weitere Prüffälle zur Überprüfung von einzuhaltenden Abmessungen aufgelistet:

- Aufbaustärke befestigte Fläche
- Stärke Substrataufbau Dachbegrünung
- festgesetzte Fläche offene Baumscheibe
- festgesetzte Höhe für Hecken
- festgesetzte Geländerhöhe
- erforderliche Mauerhöhe
- Mindestbreite Rampen- und Treppenläufe im öffentlichen Raum
- erforderliche Podestlänge bei Rampen- und Treppenanlagen

6.2 Hochwasserschutz

Im folgenden Beispiel wird exemplarisch aufgezeigt, wie im BIM-Modell die im Bauplanungsrecht festgesetzten Anforderungen zum Hochwasserschutz überprüft werden können. Entsprechend der Modellierungsrichtlinie wurde hierfür ein Raumkörper modelliert. Der folgende Prüfprozess erfolgt in zwei Schritten.

Begründung Bebauungsplan HafenCity16

[...] Aus Gründen des Hochwasserschutzes ist es notwendig, die Flächen im Plangebiet auf ein Niveau von mindestens 8,7 m über NHN aufzuhöhen (FREIE UND HANSESTADT HAMBURG 2019B, S. 11).

6.2.1 geometrische Prüfung

Für diesen Prüffall wurde zunächst eine temporäre Hilfsgeometrie modelliert. Der Raumkörper erstreckt sich von der Höhe 0,0 m NHN bis auf die geforderte, „hochwassersichere“ Höhe 8,7 m über NHN. Anhand dieses Prüfkörpers kann im Modell leicht erkannt werden, ob die geforderte Geländehöhe zum Hochwasserschutz eingehalten wurde.

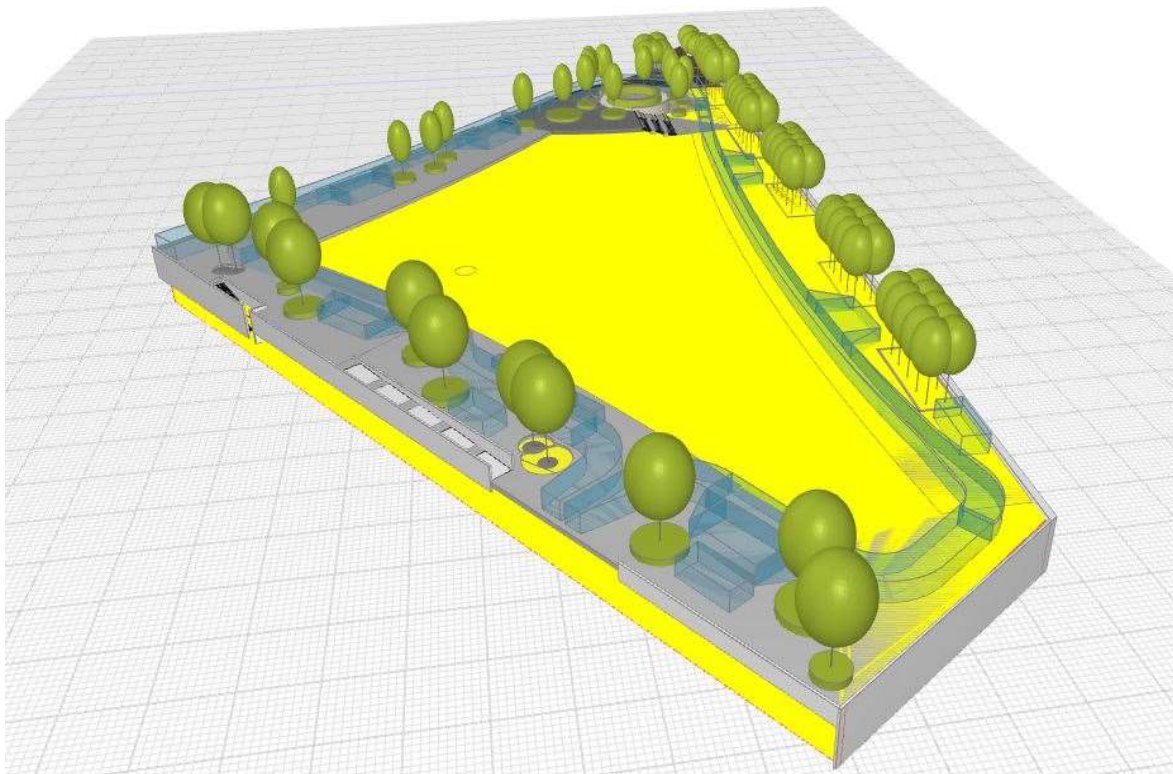


Abbildung 70: Hilfsgeometrie zu Überprüfung des Hochwasserschutzes

Die Abbildung zeigt, dass im Bereich der Promenade die geforderte Geländehöhe von mindestens 8,7 m über NHN unterschritten wird. In einem weiteren Prüflauf wird daher zusätzlich die Höhe der Maueroberkante von der zum Gewässer abschließenden Kaimauer kontrolliert.

Die Prüfung der Höhe der Maueroberseite erfolgt teilautomatisiert anhand der bereits oben definierten Prüfregel zur Überprüfung von einzuhaltenden Abmessungen.

In der folgenden Prozessmodellierung werden dafür zunächst der Prüfablauf und die möglichen Prüfergebnisse abgebildet.

6.2.2 Prozessmodellierung

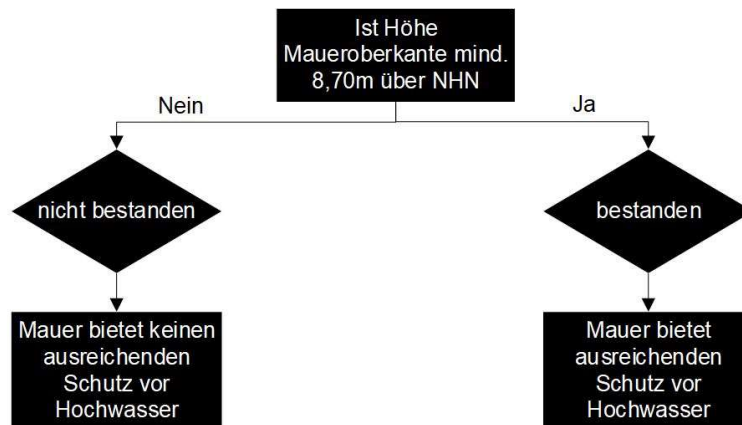


Abbildung 71: Prozessmodellierung für den Prüffall Mauerhöhe

6.2.3 Umsetzung in DESITE md pro

Mit der Software DESITE md pro wurde der abgebildete Prüfprozess in eine algorithmische Prüfregel überführt. Anschließend wurden die zu prüfenden Objekte selektiert und mit der Prüfregel verknüpft. Die Prüfergebnisse wurden durch ein Farbschema (grün=bestanden und rot=nicht bestanden) im Modell visualisiert.

Regel: Höhe Mauer

```

1 // created 2021-05-12T15:44:09
2 // by matth
3
4 desiteResult.setCheckState('undefined');
5
6 var id = desiteThis.ID();
7
8 var cat = desiteAPI.getPropertyValue(id, 'ifcType', 'xs:string');
9 var hoehe = desiteAPI.getPropertyValue(id, 'cp8BoxMaxZ', 'xs:double');
10
11 if (cat == 'IfcWallStandardCase') {
12   if (hoehe > 8.7) {
13     desiteResult.setCheckState('passed');
14   } else {
15     desiteResult.setCheckState('failed');
16   }
17 }
18 }
  
```

Abbildung 72: Algorithmische Prüfregel für den Prüffall Höhe Mauer

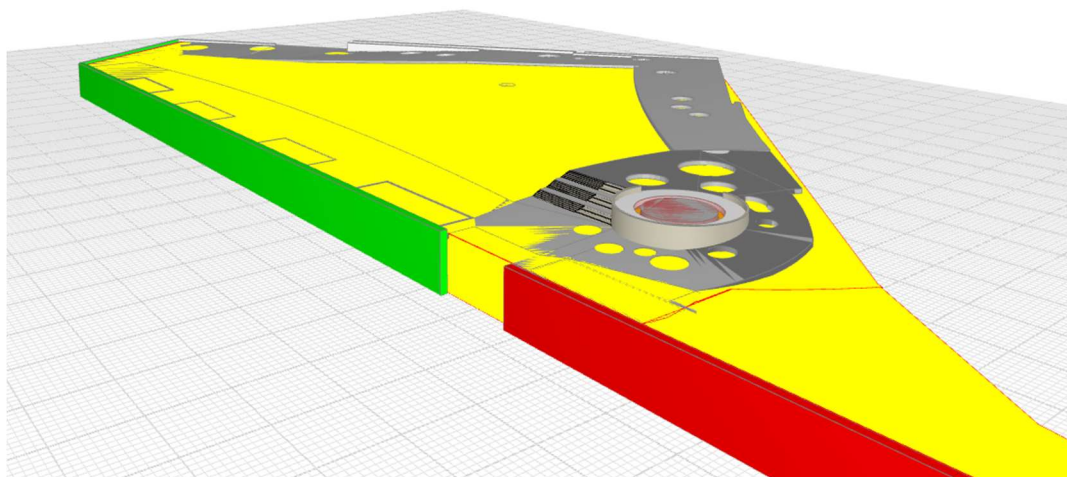


Abbildung 73: Ergebnis des Prüffalls Mauerhöhe

Die Abbildung 75 zeigt das Ergebnis der teilautomatisierten Modellprüfung. Demnach wurde die grüneingefärbte Mauer mit einer Mindesthöhe von 8,7 m über NHN modelliert und stellt den Hochwasserschutz für die Promenade sicher. Die rot eingefärbte Mauer dagegen wurde nicht in der erforderlichen Höhe modelliert, sodass dieser Prüffall nicht bestanden wurde.

6.3 Barrierefreiheit Rampe

Wie bereits in Kapitel 5.3.5 Rampe beschrieben, sind gemäß §52 HBauO alle baulichen Anlagen im öffentlichen Raum barrierefrei auszuführen. Im Folgenden wird exemplarisch überprüft, ob die Steigung der im Modell modellierten Rampen gemäß den technischen Baubestimmungen für barrierefreies Bauen (DIN18040) mit maximal 6 % umgesetzt wurden.

6.3.1 Prozessmodellierung

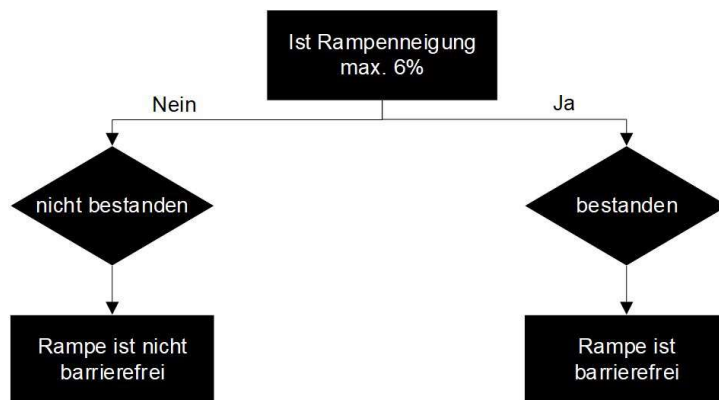


Abbildung 74: Prozessmodellierung für den Prüffall Barrierefreiheit Rampe

6.3.2 Umsetzung in DESITE md pro

Mit der Software DESITE md pro wurde der abgebildete Prüfprozess in eine algorithmische Prüfregele überführt. In der Prüfregele wird durch die Variable ‚slantedArea‘ die maximal erlaubte Steigung von 6 % definiert. Für die automatisierte Berechnung ist diese jedoch in eine Gradzahl umzurechnen. In einer anschließenden Rechnung wird die Variable ‚slantedArea‘ von der modellierten Rampengeometrie subtrahiert. Ist der dabei entstehende Differenzwert größer als 0,01, überschreitet die Steigung der Rampe die maximal erlaubten 6 % und ist somit nicht barrierefrei. Die Prüfergebnisse wurden durch ein Farbschema (grün=bestanden und rot=nicht bestanden) im Modell visualisiert.

```

Regel: Steigung Rampe

1 // created 2021-05-11T18:28:26
2 // by matth
3
4
5 var id = desiteThis.ID();
6
7 var slantedArea = desiteAPI.calcSlantedArea ( id, 0,0 , 3.434 );
8 var topArea = desiteAPI.getPropertyValue ( id, 'cpTopArea',
  'xs:double' );
9
10 var diff = Math.abs(slantedArea - topArea );
11
12 if( diff > 0.01 ) {
13   desiteResult.setCheckState('failed');
14   desiteResult.addMessage('Steigung zu strak: ' + diff );
15 } else {
16   desiteResult.setCheckState('passed');
17 }
  
```

Abbildung 75: Algorithmische Prüfregele für Prüffall Steigung der Rampe

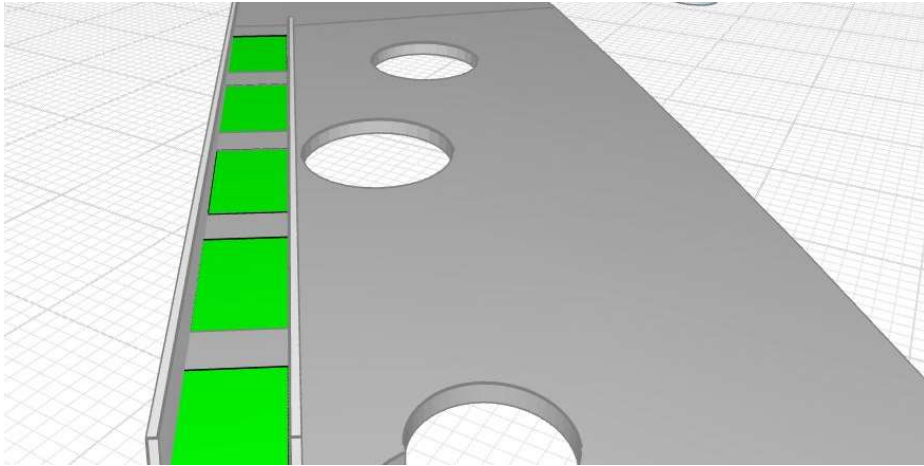


Abbildung 76: Ergebnis des Prüffalls Steigung Rampe

Die Abbildung 78 zeigt das Ergebnis der teilautomatisierten Modellprüfung. Die modellierten Rampen überschreiten die 6 % Steigung nicht. Die Steigung der Rampe ist damit barrierefrei.

6.4 Feuerwehrflächen

Die Planung von Zu- und Durchfahrten sowie Aufstellflächen für Feuerwehrfahrzeuge erfordert die Berücksichtigung zahlreicher bauordnungsrechtlicher Vorgaben und eine umfassende und aufwendige Prüfung seitens der Baugenehmigungsbehörden. Für die Stadt Hamburg werden diese Vorgaben im §5 HBauO in Verbindung mit der ‚Richtlinie für über Flächen für die Feuerwehr (Fassung 2007) geregelt. Einige Festlegungen wurden bereits im Kapitel 5.6.1 Feuerwehrflächen und Brandschutz aufgeführt. Grundsätzlich verspricht die in der Modellierungsrichtlinie umgesetzte 3D-Modellierung der Lichtraumprofile ein hohes Potenzial für die modellbasierte Prüfung bauordnungsrechtlicher Vorgaben. Beispielsweise können Kollisionen zu anderen Bauteilen im BIM-Modell sehr einfach identifiziert werden.

Hier zeigte sich allerdings, dass das Potenzial der teilautomatisierten Prüfung für Lichtraumprofile für Feuerwehrfahrzeuge derzeit nur sehr begrenzt ausgeschöpft werden kann. Zu- und Durchfahrten sowie Aufstellflächen für Feuerwehrfahrzeuge wurden mit der Bauteilkasse *IfcSpace* klassifiziert (siehe Kapitel 5.6.1.). Diese sind entsprechend der buildingSMART zur Repräsentation von Räumen und begrenzten Flächen zu verwenden. Angaben zu Fahrspurradien, Fahrbahnneigung, Fahrbahnbreiten und -längen können nicht als Quantities automatisiert aus der Geometrie abgeleitet werden.

Um eine umfassende teilautomatisierte Prüfung von Feuerwehrflächen im Außenraum zu ermöglichen, müsste das Lichtraumprofil für Feuerwehrfahrzeuge durch eine eigene IFC-Klasse mit den entsprechenden Properties und Quantities definiert werden. Im Folgenden wird dennoch untersucht, welche modellbasierten Prüfungen mit dem modellierten Lichtraumprofil umzusetzen sind.

Mindesthöhe Lichtraumprofil Feuerwehrfahrzeuge

Gemäß der ‚Richtlinie über Flächen für die Feuerwehr‘ ist eine lichte Höhe von mindestens 3,5 m bei Zu- und Durchfahrten zu gewährleisten. (VGL. FACHKOMMISSION BAUAUFSICHT 2007).

Der Prüfablauf wird zunächst in Form einer Prozessmodellierung dargestellt und anschließend in eine algorithmische Prüfregel überführt.

6.4.1 Prozessmodellierung

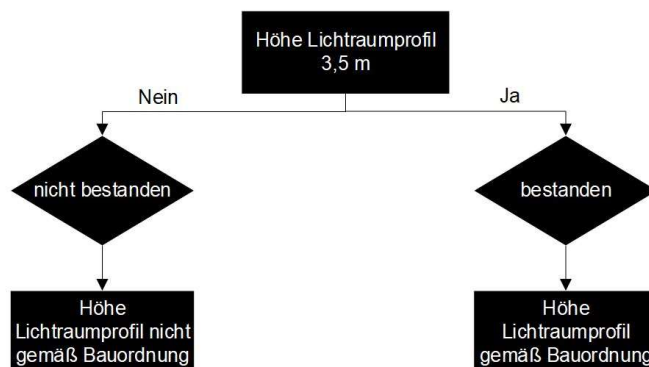


Abbildung 77: Prozessmodellierung Prüffall Feuerwehrflächen

6.4.2 Umsetzung in DESITE md pro

Mit der Software DESITE md pro wurde der abgebildete Prüfprozess in eine algorithmische Prüfregele überführt. Die zu prüfenden Zu- und Durchfahrten wurden auf Grundlage eindeutiger semantischer Merkmale selektiert und mit der algorithmischen Prüfregele verknüpft. Die in der Prüfregele definierte Variable ‚hoehe‘ bezieht sich auf das Quantity ‚Height‘, welches für alle Raumobjekte automatisch hinterlegt ist. Die Prüfergebnisse wurden durch ein Farbschema (grün=bestanden und rot=nicht bestanden) im Modell visualisiert.

Regel: Höhe Lichtraumprofil

```

1 // created 2021-05-19T18:52:14
2 // by mattremy
3
4 var id = desiteThis.ID();
5
6 var cat = desiteAPI.getPropertyValue(id, 'ifcLongname', 'xs:string');
7 var hoehe = desiteAPI.getPropertyValue(id, 'Height', 'xs:double');
8
9 if (cat == 'Feuerwehrrdurchfahrt') {
10   if (hoehe < 3.5) {
11     desiteResult.setCheckState('failed');
12   } else {
13     desiteResult.setCheckState('passed');
14   }
15 }
16 }
17 //
18 var id = desiteThis.ID();
19
20 var cat = desiteAPI.getPropertyValue(id, 'ifcLongname', 'xs:string');
21 var hoehe = desiteAPI.getPropertyValue(id, 'Height', 'xs:double');
22
23 if (cat == 'Feuerwehrrzufahrt') {
24   if (hoehe < 3.5) {
25     desiteResult.setCheckState('failed');
26   } else {
27     desiteResult.setCheckState('passed');
28   }
29 }
30 }

```

Abbildung 78: algorithmische Prüfregele für den Prüffall Feuerwehrrflächen

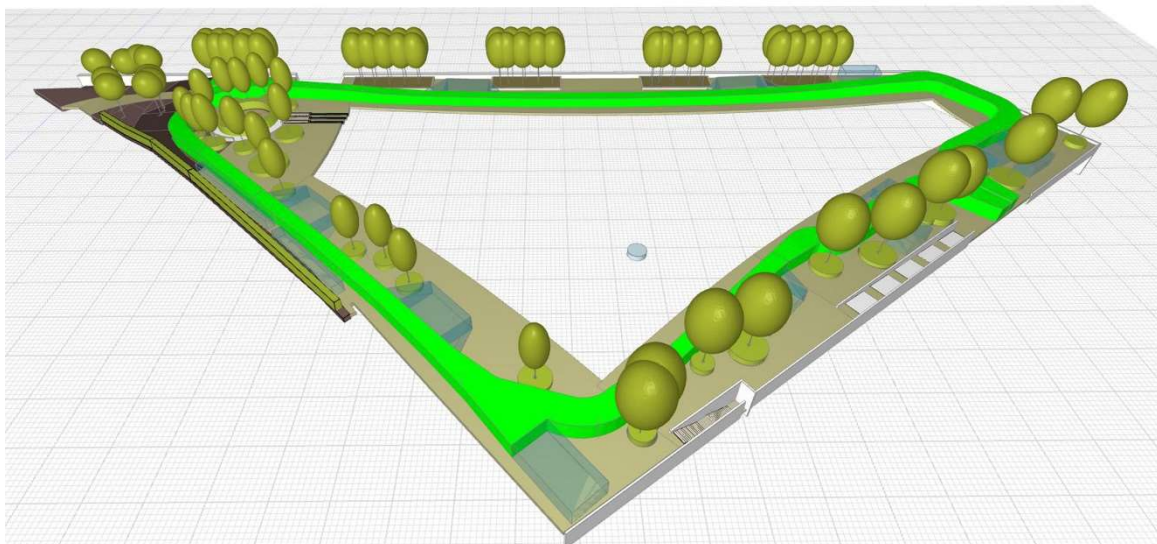


Abbildung 79: Ergebnis Prüffall Höhe Lichtraumprofil Feuerwehrrflächen

Abbildung 81 zeigt, dass der modellierte Lichtraumkörper für Zu- und Durchfahrten für die Feuerwehr durchgehend eine Höhe von mindestens 3,5 m aufweist. Dieselbe Prüfung wäre auch für die einzuhaltende Fahrbahnbreite durchzuführen. Dieser Wert ist jedoch aus *IfcSpace* nicht ableitbar.

Kollisionsprüfung

Nachdem die Einhaltung der geforderten Abmessungen überprüft wurde, kann zusätzlich im Anschluss eine Kollisionsprüfung durchgeführt werden. Dabei wird untersucht, ob eine Kollision zwischen dem modellierten Lichtraumprofil für Feuerwehrfahrzeuge und einem anderen Bauteil vorliegt. Für den Fall, dass eine Kollision vorliegt, ist keine uneingeschränkte Durchfahrt für Feuerwehrfahrzeuge auf dem Grundstück möglich und die vorliegende Bauantragsplanung müsste überarbeitet werden.

Diese Prüfung wird in DESITE md pro mit dem dafür entwickelten Tool ‚Kollisionsprüfung‘ vollzogen. Ein Prüfalgorithmus muss für diesen Prüffall daher nicht erstellt werden.

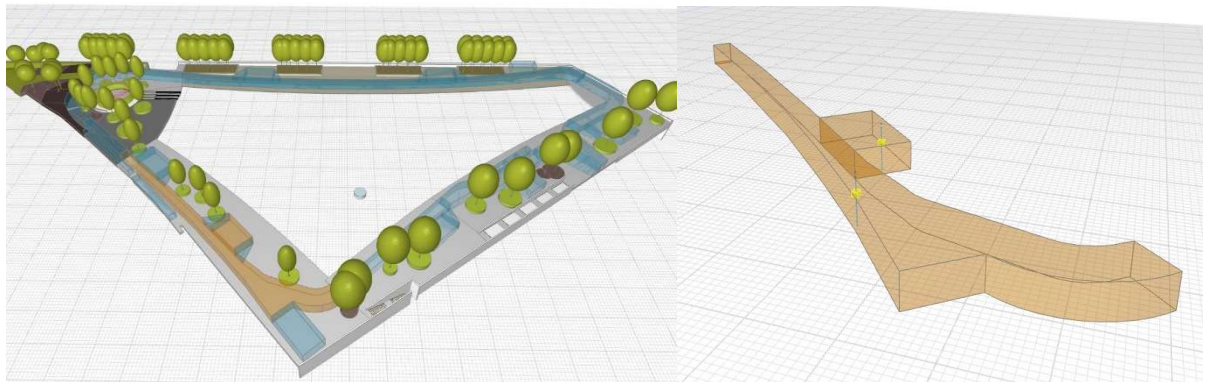


Abbildung 80: Kollisionsprüfung Lichtraumprofil

Abbildung 82 zeigt, dass ein Teil des modellierten Lichtraumprofils rot eingefärbt ist. Nach Auswahl des Raumkörpers wird deutlich, dass zwei Kollisionen zwischen den Leuchtmasten und dem Lichtraumkörper vorliegen. Eine uneingeschränkte Durchfahrt für Feuerwehrfahrzeuge wäre demnach nicht möglich.

6.5 Begrünung der Dachflächen

Gemäß der Verordnung des Bebauungsplans HafenCity 16 sind die Dachflächen mindestens bis zum siebten Obergeschoss zu begrünen. Im Folgenden wird aufgezeigt, wie die Einhaltung der Anforderung teilautomatisiert überprüft werden kann.

Festsetzung über Bebauungsplan HafenCity 16

„Die Dachflächen bis zum siebten Obergeschoss sind zu mindestens 30 v. H. mit einem mindestens 15 cm starken durchwurzelbaren Substrataufbau extensiv mit standortangepassten Stauden und Gräsern zu begrünen. [...] Die Dachbegrünung ist dauerhaft zu erhalten“ (Freie und Hansestadt Hamburg 2019, §2 Nummer 16).

6.5.1 Prozessmodellierung

In der Prozessmodellierung werden der Prüfablauf und die möglichen Prüfergebnisse abgebildet.

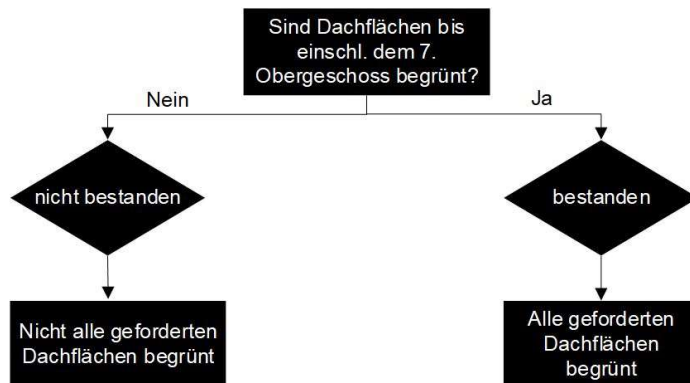


Abbildung 81: Prozessmodellierung für den Prüffall Dachflächen

6.5.2 Umsetzung in DESITE md pro

Mit der Software DESITE md pro wurde der abgebildete Prüfprozess in eine algorithmische Prüfregele überführt. Die zu prüfenden Dachflächen wurden auf Grundlage eindeutiger semantischer Merkmale selektiert und mit der algorithmischen Prüfregele verknüpft. Die Prüfergebnisse wurden durch ein Farbschema (grün=bestanden und rot=nicht bestanden) im Modell visualisiert.

Regel: Istbegrünte Dachfläche?

```

1 // created 2021-05-17T14:13:59
2 // by mattremy
3
4 var id = desiteThis.ID();
5 //
6 var value = desiteAPI.getPropertyValue
7   (id, 'AP:IstbegrünteDachfläche', 'xs:boolean');
8 var Geschoss = desiteAPI.getPropertyValue (id,
9   'AP:Geschoss', 'xs:double')
10
11 if (Geschoss < 8 ) {
12   if (value == false) {
13     desiteResult.setCheckState('failed');
14     desiteResult.addMessage ('Dachfläche ist nicht begrünt');
15   }
16   else {
17     desiteResult.setCheckState('passed');
18     desiteResult.addMessage('Dachfläche ist begrünt');}
19 }

```

Abbildung 82: Algorithmische Prüfregel für den Prüffall Dachflächen

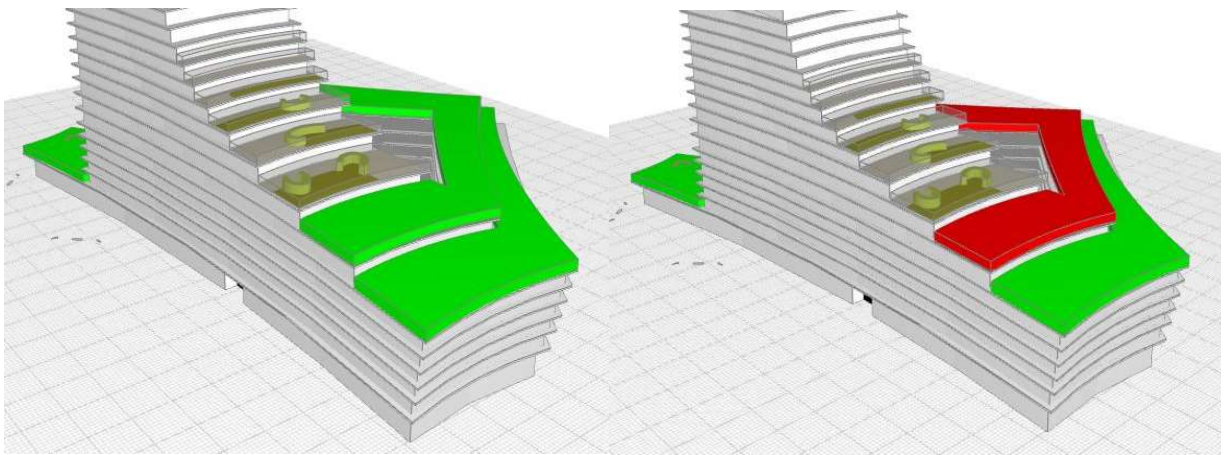


Abbildung 83: Ergebnisvarianten des Prüffalls begrünte Dachflächen

Die Abbildung 85 zeigt links das Szenario eines bestandenem Prüffalls. Hier sind die Dachflächen bis zum siebten Obergeschoss begrünt. Rechts wird beispielhaft das Szenario eines nicht bestandenem Prüffalls veranschaulicht. Hier sind nicht alle Dachflächen bis zum siebten Obergeschoss begrünt. Auf diese Art und Weise kann die oben definierte Anforderung an die Dachbegrünung sehr schnell im BIM-Modell überprüft werden. Besonders wenn mehrere Gebäude, z. B. bei einem neuen Stadtquartier geplant sind, kann dies eine sehr effiziente Methode sein, um das Vorhandensein der Dachbegrünung zu überprüfen. Voraussetzung ist jedoch immer, dass die hierfür relevanten Properties auch mit den zu prüfenden Modellobjekten verknüpft sind. Dies kann allerdings auch im Rahmen einer Qualitätsprüfung im Vorhinein automatisiert überprüft werden.

Alternative Möglichkeit

Alternativ kann dieser Prüffall durch die Modellierung einer Hilfsgeometrie überprüft werden. Die Hilfsgeometrie wurde dafür bis zum siebten Obergeschoss extrudiert. Durch eine Inklusionsprüfung kann anschließend kontrolliert werden, ob die Dachflächen begrünt sind.

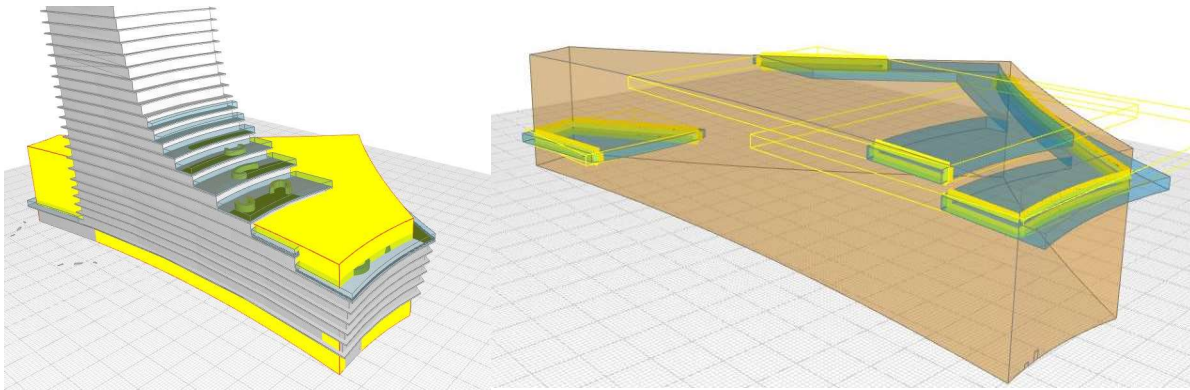


Abbildung 84: Ergebnis alternative Prüfung begrünte Dachflächen

Anmerkung:

Die Methode der Inklusionsprüfung kann auch angewendet werden, um die Einhaltung der Grundstücksgrenzen zu überprüfen. Dafür wurde eine zusätzliche Raumgeometrie erzeugt, welche die Grundstücksgrenzen bzw. den Bereich der Außenanlage umfasst. Für den Fall, dass ein digitaler Bebauungsplan vorliegt, kann diese Raumgeometrie auf Grundlage des Bebauungsplans abgeleitet werden. Dies wird im Forschungsprojekt ‚BIM-basierter Bauantrag‘ bereits thematisiert.

7 DISKUSSION

Damit zukünftig auch BIM-Modelle der Außenanlagenplanung im digitalen Bauantragsverfahren genutzt werden können, war es das Ziel dieser Arbeit, zunächst Modellanforderungen für Außenanlagenmodelle für den BIM-basierten Bauantrag zu definieren und in einer Modellierungsrichtlinie festzuhalten.

Die Modellierungsrichtlinie wurde am Beispiel der Außenanlagen des Elbtowers erarbeitet. Die Umsetzbarkeit der formulierten Richtlinie wurde zudem beispielhaft mit der BIM-Autorensoftware Autodesk Revit verifiziert.

Aufbauend darauf wurden auch die Möglichkeiten der teilautomatisierten Regelprüfung von bauordnungs- und planungsrechtlichen Anforderungen untersucht. Hierfür wurden exemplarisch ausgewählte Prüffälle herangezogen.

7.1 Beantwortung der Forschungsfragen

Im Folgenden werden bezugnehmend auf die eingangs gestellten Forschungsfragen die Ergebnisse der erarbeiteten Modellierungsrichtlinie sowie der teilautomatisierten Regelprüfung diskutiert.

7.1.1 Bestimmung Objekte des Freiraums mit ihrem geometrischen und semantischen Detaillierungsgrad

Kern der Modellierungsrichtlinie ist die Festlegung der für den Bauantrag erforderlichen geometrische und semantischen Detaillierungsgrade für die identifizierten Objekte.

Dies basiert auf einer ausführlichen Dokumentenanalyse von Bauvorlagenverordnungen und den Planungsunterlagen für das Projekt Elbtower. BauVorlVo und MBauvorl bringen, im Gegensatz zum qualifizierten Freiflächenplan, nur wenig dezidierte Informationen für den Freiraum (siehe Tabelle 3, Kap. 4). Dies unterstreicht die Bedeutung, das Instrument des qualifizierten Freiflächenplans bei der Weiterentwicklung des Themas 'BIM-basierter Bauantrag für den Freiraum' zu berücksichtigen. Zusätzliche Orientierung zur Bestimmung der erforderlichen Informationstiefe und Benennung der Properties boten die Vorgaben des LOD 200, die Modellierungsrichtlinie 'BIM-basierter Bauantrag' die im Rahmen der Forschungsinitiative Zukunft Bau entwickelt wurde (Zukunft BAU (HG.) 2020 a und b), der Anforderungskatalog 'Räume und Bauelemente - Architektur' der Bergischen Universität Wuppertal (HELMUS ET AL. 2020) sowie die Vorstandardisierungsarbeit 'BIM-Klassen Verkehrswege' der buildingSMART Fachgruppe BIM-Verkehrswege (BUILDINGSMART 2020 (HG.), BRÜCKNER 2021).

Aus diesen Dokumenten wurden geeignete Benennungen für Objekte sowie Properties zur Beschreibung der Objekte des Freiraums übernommen. So können Mehrfachbestimmungen oder In-sellösungen, im Sinne eines anzustrebenden zukünftigen Standards, vermieden werden. Die manuelle Verknüpfung von Objektinformationen erfordert einen hohen Mehraufwand. Dies zeigte sich auch im Rahmen dieser Arbeit. Zwar eigneten sich auch einige Klassen des Hochbaus als Bauteile

für die Modellierung der Außenanlage, z.B. *IfcWall*, *IfcStair* oder *IfcRamp*. Die für diese Objekte bereits im IFC-Standard definierten Properties und Quantities sind jedoch zum Großteil für die Beschreibung von Gebäudemodellen ausgelegt. Demnach sind auch diese Bauteile mit zusätzlichen Properties, welche für Außenanlagen ausgelegt sind, zu verknüpfen. Vorteilhaft an der Nutzung dieser Bauteile ist jedoch, dass diese bereits mit einigen Quantities verknüpft sind, die für die Modellauswertung genutzt werden können.

Zudem zeigte sich, dass nur durch die Einhaltung eindeutig definierter Properties die teilautomatisierte Regelprüfung ermöglicht wird. Denn wenn Properties der gleichen Bedeutung unterschiedlich benannt werden, besteht die Gefahr, dass einige der gesuchten Objekteigenschaften von der algorithmischen Prüfregel nicht erfasst werden und so das Prüfergebnis verfälscht wird.

Für die effiziente Umsetzung eines digitalen, BIM-basierten Bauantrags, ist demnach die Standardisierung der Objekte des Freiraums erforderlich. Dies gilt für die eindeutige Definition und Bezeichnung der Objekte selbst. Dies gilt aber ebenso für die Definition und Bezeichnung der erforderlichen Inhalte, der sogenannten Properties und ihrer Informationstiefe. Nur so können Fehlinterpretationen von Informationen oder Mehrfachbestimmungen von Objekten und Eigenschaften sowie dadurch resultierende Datenverluste zwischen den Beteiligten im Bauantragsverfahren vermieden werden.

Der geometrische Detaillierungsgrad wurde weitestgehend aus den Vorgaben des LOD 200 übernommen. Demnach ist es für den Bauantrag wichtig, dass die Bauteile typgerecht mit ungefähren Mengen, Abmessungen, Formen und Positionierungen im BIM-Modell erstellt werden.

Etwas detaillierter wurden jedoch die Objekte ‚befestigte Flächen‘, ‚Vegetationsflächen‘, ‚Dachterrassen‘ und ‚Dachbegrünung‘ modelliert. So wurden für diese Objekte auch die vorgesehenen Aufbauschichten erzeugt. Auf dieser Basis können zum einen die verwendeten Materialien im BIM-Modell gekennzeichnet werden. Zum anderen kann bei den befestigten Flächen die einzuhaltende Belastungsklasse anhand der erzeugten Geometrie und den verwendeten Materialien überprüft werden. Wie in den entsprechenden Kapiteln bereits beschrieben, gab es mit der verwendeten Autorensoftware Revit allerdings Schwierigkeiten, die unterschiedlichen Materialschichten in das IFC-Modell zu übertragen. Dies zeigt ein grundsätzliches Problem der IFC-Anwendung in der Praxis. Nicht alle Möglichkeiten von IFC werden in Autorensoftware genutzt und diese werden ggf. in unterschiedlicher Software nicht einheitlich umgesetzt.

7.1.2 Klassifizierung der identifizierten Objekte

Viele Objekte der Landschaft oder des Freiraums sind bislang nicht im IFC-Schema klassifiziert, falls doch, handelt es sich dabei um Objekte, die auch im Hochbau verwendet werden. Dies sind z. B. die Objekte Rampe, Treppe oder Mauer. So sind die meisten Objekte des Freiraums bisher als *IfcBuildingElementProxy* zu klassifizieren. Nachteilig hierbei ist, dass Objekte der Klasse *IfcBuildingElementProxy* nicht durch ihre Klassifizierung im BIM-Modell gefiltert werden können und auch keine bauteiltypischen Informationen besitzen. Diese können allerdings, wie oben beschrieben, händisch den Objekten hinzugefügt werden. Ein weiterer Nachteil der fehlenden Klassen für Objekte des Freiraums ist, dass die jeweiligen geometrischen Anforderungen dieser Bauteile oft nur

schwer und mit hohem Modellierungsaufwand umsetzbar sind. Ursächlich dafür sind die fehlenden Modellierungsstandards, die im IFC für die jeweiligen Bauteilklassen definiert werden und in der Regel auch von den daraus abgeleiteten Modellierungstools der BIM-Autorensysteme umgesetzt werden können.

Um eine zukünftige Klassifizierung der Objekte des Freiraums im IFC-Standard zu forcieren, wurden Klassifizierungsvorschläge nach Richtlinie VDI 2552 Blatt 9 erarbeitet. Die Klassifizierung und damit einhergehende Standardisierung von Properties, Quantities sowie auch der geometrischen Darstellungsmöglichkeiten von Objekten des Freiraums ist für die effizientere Teilnahme der Landschaftsarchitektur an BIM-Prozessen unabdingbar. Besonders deutlich wurde dies bei den Objekten ‚befestigte Fläche‘, ‚Vegetationsfläche‘, ‚Hecke‘ oder den als 3D-Lichtraum modellierten Feuerwehrflächen. Viele der dafür definierten Anforderungen, sind mit den derzeitigen Standards nur schwer im BIM-Modell darstellbar bzw. umzusetzen. Beispielsweise können die nachzuweisenden Anforderungen an die als *IfcSpace* klassifizierten Lichtraumprofile für Feuerwehrfahrzeuge derzeit nur zu einem geringen Teil im BIM-Modell überprüft werden. Um den Fahrbahnradius, die Fahrbahnneigung und die Mindestbreite der Fahrbahn im BIM-Modell auch teilautomatisiert prüfen zu können, braucht es eine IFC-Klasse, die diese Informationen mitliefert. Manuell konnten diese Informationen nicht mit der Klasse *IfcSpace* verknüpft werden (siehe Kapitel 5.6.1). Problematisch bei den Objekten Vegetationsfläche oder befestigte Fläche war, dass die Materialschichten von der Autorensoftware nicht separat dargestellt und ins IFC-Modell übergeben werden konnten.

7.1.3 Umsetzung der Modellierung von Objekten des Freiraums

Die zurzeit verfügbaren BIM-Autorensysteme sind insbesondere für den Hochbau oder für den Infrastrukturbau ausgelegt. Für die Modellierung von Außenanlagen und Landschaft gibt es dagegen bisher noch keine optimale Lösung. Softwarehersteller entwickeln Tools für BIM im Allgemeinen entlang der existierenden IFC-Datenmodelle. Hier wirken sich fehlende IFC-Objekte für ‚Pflanze‘, ‚Vegetationsfläche‘, ‚Hecke‘ oder ‚befestigte Fläche‘ als Hemmschuh aus. Die inzwischen zunehmende Nachfrage von Landschaftsarchitekten bewirkt jedoch, dass erste branchenspezifische-Lösungen, oft in enger Kooperation mit dem Berufsstand, entstehen und angeboten werden.

Im Rahmen der Modellierungsrichtlinie wurde u.a. untersucht, welche der bereits im IFC-Standard definierten Bauteilklassen für die Modellierung von Objekten des Freiraums geeignet sind. Dies sind beispielsweise die Bauteilklassen *IfcWall*, *IfcRamp*, *IfcStair*, *IfcRailing* oder *IfcSlab*. Wie erwartet, zeigte sich am Beispiel der Software Autodesk Revit allerdings, dass die Funktionen einiger Tools eingeschränkt sind, da diese eigentlich zur Modellierung von Gebäudemodellen erstellt wurden. Beispielhaft dafür ist, dass mit dem Modellierungstool Treppe kein Stufengefälle erzeugt werden kann. Auch die Möglichkeiten der Modellierung von Mauern sind eingeschränkt. So können mit dem Modellierungstool ‚Wand‘ in Autodesk Revit derzeit keine Winkelstützmauer oder Mauern mit wechselnder Dicke entlang eines Pfades erzeugt werden (siehe Kapitel 5.3.2).

Als vielseitig nutzbares Modellierungstool erwies sich das Tool ‚Geschossdecke‘, welches sich aus der Bauteilkategorie *IfcSlab* ableitet. So konnten mit dem Tool ‚Geschossdecke‘ sowohl Höhenpunkte

als auch mehrere Schichten erzeugt werden. Es eignete sich daher für die Modellierung der befestigten Flächen, Vegetationsflächen, Dachterrassen oder Dachbegrünung. Die Geometrie der Materialschichten konnte allerdings nicht mit ins IFC-Modell übergeben werden. Diesbezüglich sind im Nachgang neben der Software Autodesk Revit, auch andere BIM-Autorensysteme zu prüfen.

Einige Objekte des Freiraums wurden mit freien Modellierungstools erzeugt. Revit bietet hierfür u. a. die Modellierungsfunktionen ‚Sweep‘, ‚Extrusion‘, ‚Rotation‘ oder ‚Abzugskörper‘. Auf diese Art und Weise wurden beispielsweise Bäume und Hecken modelliert. Der Modellierungsaufwand hierfür ist dementsprechend höher.

Viele der geforderten Planinhalte für den Bauantrag wurden durch Raumkörper im BIM-Modell abgebildet. Dies sind insbesondere die nicht-physischen Objekte. Besonders die Modellierung des Lichtraumprofils für die Feuerwehrfahrzeuge erforderte dabei einen erhöhten Modellierungsaufwand (siehe Kapitel 5.6.1). Wie bereits beschrieben, ist hierfür die Entwicklung einer entsprechenden IFC-Klasse erforderlich, um zukünftig die Modellierung zu erleichtern und um die erforderlichen Informationen, wie beispielsweise Fahrbahnradius, Mindestbreite oder Fahrbahnneigung aus der Klasse ableiten zu können.

Eine große Bedeutung für den Gesamtworkflow landschaftsarchitektonischer Planungen hat die Übernahme von Planungsgrundlagen aus einer GIS-Umgebung (z. B. Daten der Vermessungsämter) sowie das Einpflegen der Planungsergebnisse in eine GIS-Umgebung (z.B. Kommunales Geoinformationssystem) nach Projektabschluss. Die Übernahme von Höhen aus einem DGM in die Entwurfs- und Ausführungsplanung ist ein wichtiger Schritt im Planungsverlauf, z.B. im Rahmen der Entwässerungsplanung. Diese Punkte sind in aktuell existierender BIM-Autorensoftware erst in Ansätzen gelöst, sodass hier intelligente Tools entwickelt werden müssen, um zukünftig auch Landschaftsarchitekten einen effizienten Gesamtworkflow zu ermöglichen.

Insgesamt zeigte sich, dass die Modellierung eines Außenanlagenmodells nach derzeitigem Stand der Technik für den Detaillierungsgrad Bauantrag grundsätzlich möglich ist. Die Modellierung ist jedoch mit einigen Schwierigkeiten und vergleichsweise hohem Arbeitsaufwand verbunden.

7.1.4 Potenzial der teilautomatisierten Modellprüfung

Damit Modelle des Freiraums regelbasiert geprüft werden können, wurden in dieser Arbeit eindeutige Modellanforderungen formuliert. Am Beispiel ausgewählter Prüffälle wird das Potenzial der teilautomatisierten Regelprüfung von bauordnungs- und bauplanungsrechtlichen Anforderungen an die Außenanlagenplanung deutlich. Hierbei zeigte sich, dass insbesondere Prüffälle ohne Interpretationsspielraum gut für eine teilautomatisierte Prüfung geeignet sind. Dies können Prüfungen von einzuhaltenden Abmessungen sein, wie am Beispiel der Überprüfung der Substratstärke an Baumstandorten deutlich wurde (siehe Kapitel 5.4.1). Des Weiteren wurde im Rahmen dieser Arbeit auch die einzuhaltende Steigung der Fußgängerrampen und die Begrünung der Dachflächen teilautomatisiert geprüft.

Neben diesen semantischen Prüfungen wurde exemplarisch auch eine geometrische Prüfung durchgeführt. So konnte mit einer Hilfsgeometrie kontrolliert werden, ob sich das Geländeniveau der geplanten Außenanlage, im hochwassersicheren Bereich, auf einer Mindesthöhe von 8,7 m über NHN befindet.

Neben den aufgezeigten teilautomatisierten Regelprüfungen wurden weitere effiziente Möglichkeiten der Modellauswertung sichtbar. So wurden für verschiedene Anwendungsfälle beispielhaft Farbschemen erzeugt. Nennenswert ist z. B. das erzeugte Farbschema zur Visualisierung von neu zu pflanzenden Bäumen, von zu fällenden Bäumen oder von schützenswerten Bäumen (siehe Kapitel 5.4.2) sowie auch das erzeugte Farbschema zur Kennzeichnung von Geh- und Fahrrechten (siehe Kapitel 5.6.5). Auf Basis der Quantities können zudem teilautomatisierte Flächenberechnungen bzw. Mengenermittlungen durchgeführt werden. Beispielsweise kann so eine modellbasierte Flächenbilanzierung von versiegelten und begrünten Grundstücksflächen durchgeführt werden.

Anhand dieser Beispiele wird das Potenzial der teilautomatisierten Modellprüfung im Baugenehmigungsverfahren auch für den Bereich der Freiräume klar ersichtlich. Ferner können die Prüfprozesse von Außenanlagenmodellen im Genehmigungsverfahren vereinfacht und beschleunigt werden. Dies spricht für die Nutzung der BIM-Methode im Baugenehmigungsverfahren. Darüber hinaus können die hier vorgestellten Prüfprozesse auch bereits vor Einreichen des Bauantrags durch die Antragsstellenden selbst durchgeführt werden, um so mögliche Planungsfehler bereits im Vorfeld zu vermeiden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde, wie im Forschungsprojekt ‚BIM-basierter Bauantrag‘, allerdings auch deutlich, dass eine vollständige automatisierte Prüfung des Bauantrags unrealistisch und auch nicht zielführend ist. Oft ist eine klare Unterteilung in Kategorien wie ‚richtig‘ oder ‚falsch‘ nicht möglich und stattdessen die Einschätzung eines Sachverständigen notwendig. Dessen Fachkompetenz sowie auch das menschliche Urteilsvermögen sind im Sinne der Kreativität und der Vielfalt, die das Bauwesen ausmachen sollte, auch weiterhin unverzichtbare Bestandteile im Baugenehmigungsverfahren.

7.2 Ausblick

Der Kern von BIM ist die Kollaboration der an einem Bauprojekt beteiligten Gewerke, also auch der Planer des Freiraums und der Landschaft, auf Basis eines koordinierten digitalen Modells über den gesamten Prozess des Planens, Bauen und Betreibens. Dazu gehört auch die Anwendung des BIM-basierten Bauantrags, welcher durch die Digitalisierung des Bauantragsverfahrens ermöglicht wird. In dieser Arbeit wurden daher am Beispiel des Projektes Elbtower in Hamburg Anforderungen für Außenanlagenmodelle für den BIM-basierten Bauantrag definiert und in eine Modellierungsrichtlinie umgesetzt. Mit dieser Arbeit wird daher ein Beitrag geleistet, den BIM-basierten Bauantrag in Zukunft auch für die Landschaftsarchitektur zu ermöglichen. Klar ist jedoch auch, dass für die Umsetzung in die Praxis noch viel Forschungs- und Entwicklungsarbeit notwendig ist.

So ist u. a. ein bundesweit flächendeckender Standard hinsichtlich des geometrischen und semantischen Detaillierungsgrades für Objekte des Freiraums für den BIM-basierten Bauantrag erforderlich. Dies umfasst eine eindeutig definierte Bezeichnung der zu verwendenden Properties, um Mehrfachbestimmungen oder Fehlinterpretationen zu vermeiden. Die Umsetzung der Modellierungsrichtlinie ausschließlich am Beispiel der Software Autodesk Revit verifiziert. Weitergehend ist auch die Eignung alternativer BIM-Autorensysteme zur Modellierung von Außenanlagenmodellen für den Bauantrag zu überprüfen.

Aufgrund der begrenzten Zeit, wurde die Entwässerungsplanung in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Um diese Modellierungsrichtlinie zu vervollständigen, ist auch die Umsetzung der für den Bauantrag darzustellenden Entwässerungsplanung zu erarbeiten. Für den Bauantrag wichtige Planinhalte und Informationen bzgl. der Entwässerungsplanung wurden bereits im Rahmen der Dokumentenanalyse der Bauvorlagenvorordnungen ermittelt (Kapitel 4).

Die automatisierte Datenübernahme in den digitalen Bauantrag wurde in dieser Arbeit nicht betrachtet. Dieses Potenzial kann für Außenanlagenmodelle allerdings noch nicht vollständig ausgeschöpft werden, da für viele Inhalte und Objekte des Freiraums im Standard XBau derzeit noch keine Angaben möglich sind.

Damit auch Landschaftsarchitekt*innen zukünftig von den Vorteilen des BIM-basierten Bauantrags profitieren können, sind die bislang oftmals eingeschränkten und herausfordernden Möglichkeiten bei der Modellerstellung zu optimieren. Die erarbeitete Modellierungsrichtlinie bietet hier eine Diskussionsgrundlage und eine Basis für zukünftige Entwicklungen zur Standardisierung auf nationaler und internationaler Ebene sowie zur Formulierung weiterer BIM-Anwendungsfälle für die Landschaftsarchitektur.

Quellenverzeichnis

Autodesk (2019): Dynamo Primer - Für Dynamo 2.0 [URL]: <https://primer.dynamobim.org/de/index.html/>, zuletzt geprüft am 20.05.2021

Bauvorlagenverordnung Hamburg (BauVorlVO) (Fassung 2005): [URL]: <http://www.landesrecht-hamburg.de/jportal/portal/page/bshaprod.psml?nid=0&showdoccase=1&doc.id=jlr-BauVor-IVHA2020rahmen&st=null>, zuletzt geprüft am 20.01.2021

Bauministerkonferenz(BMK) (Stand 2012): Musterbauordnung (MBO); zuletzt geprüft am 21.09.2012

BDLANW (2015): Qualitätsoffensive Freiraum - Positionen des bdla nw: Freiflächenplan im bauaufsichtlichen Verfahren. [URL]: <https://www.bdla.de/dokumente/landesverbaende/nordrhein-westfalen/aktivitaeten/138-bdla-nw-150121-positions-papier-freiflaechen-plan/file>, zuletzt geprüft am 22.06.2020

BDLA Berlin/ Brandenburg (2020): Urbane Lebensqualität, Klimaschutz und Biodiversität durch qualifizierten Freiflächenplan im Baugenehmigungsverfahren schaffen! [URL]: <https://www.bdla.de/dokumente/landesverbaende/berlin-brandenburg/nachrichten-4/2020-4/886-bdla-berlin-brandenburg-positions-papier-freiflaechenplan/file>, zuletzt geprüft am 22.06.2020

BIMPedia (o.J.): Anwendungsfälle [URL]: <https://www.bimpedia.eu/-/1617-anwendungsfaelle-der-bim-methode>, zuletzt geprüft am 22.06.2021

(BMVI) Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hg.) (2019a): BIM4INFRA - Handreichungen. Teil 1: Grundlagen und BIM-Gesamtprozess. Unter Mitarbeit von André Borrmann, Robert Elixmann, Klaus Eschenbruch, Christian Forster, Kerstin Hausknecht, Daniel Hecker et al., [URL]: <https://bim4infra.de/handreichungen/>, zuletzt geprüft am 28.02.2021

(BMVI) Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hg.) (2019b): BIM4INFRA - Handreichungen. Teil 9: Datenaustausch mit Industry Foundation Classes. Unter Mitarbeit von André Borrmann, Robert Elixmann, Klaus Eschenbruch, Christian Forster, Kerstin Hausknecht, Daniel Hecker et al., Berlin [URL]: <https://bim4infra.de/handreichungen/> zuletzt geprüft am 28.02.2021.

(BMVI) Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hg.) (2019c): BIM4INFRA - Handreichungen. Teil 8: Neutraler Datenaustausch im Überblick. Unter Mitarbeit von André Borrmann, Robert Elixmann, Klaus Eschenbruch, Christian Forster, Kerstin Hausknecht, Daniel Hecker et al., Berlin [URL]: <https://bim4infra.de/handreichungen/> zuletzt geprüft am 28.02.2021.

(BMVI) Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hg.) (2019D): BIM4INFRA - Handreichungen. Teil 6: Steckbriefe der wichtigsten BIM-Anwendungsfälle. Unter Mitarbeit von André Borrmann, Robert Elixmann, Klaus Eschenbruch, Christian Forster, Kerstin Hausknecht, Daniel Hecker et al., Berlin [URL]: <https://bim4infra.de/handreichungen/> zuletzt geprüft am 28.02.2021.

(BMVI) Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hg.) (2019F): BIM4INFRA - Handreichung BIM-Fachmodelle und Ausarbeitungsgrad: Steckbriefe der wichtigsten BIM-Anwendungsfälle. Unter Mitarbeit von André Borrmann, Robert Elixmann, Klaus Eschenbruch, Christian Forster, Kerstin Hausknecht, Daniel Hecker et al., Berlin [URL]: <https://bim4infra.de/handreichungen/> zuletzt geprüft am 28.02.2021.

- Böhmer, Maik (2015): Mauern und Wände, in: Zimmermann, Astrid (Hg.) (2015): Landschaft konstruieren - Materialien, Techniken, Bauelemente. 3. Auflage. Verlag: Brinkhäuser, Basel. ISBN 978-3-0356-0562-7.
- Borrmann, André; König, Markus; Koch, Christian; Beetz, Jakob (Hg.) (2018): Building Information Modeling. Cham: Springer International Publishing.
- Bourscheidt, Brigitte: Voraussetzungen und Chancen eines digitalen Baugenehmigungsverfahrens. In: Im Dialog "Digitalisierung"- PD-Beiratssitzung 2018, S. 11–15. [URL]: https://www.pd-g.de/assets/Beirat/180920_PD-Beiratssitzung-2018-Broschuere.pdf, zuletzt geprüft am 16.10.2020.
- Brückner, Ilona (2019): Plätze in BIM - Datenmodell befestigte Flächen. BIM in der Landschaftsarchitektur 2019. Hrsg. Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), Tagungsband zur FLL-Fachtagung BIM in der LA 24.9.19. 67-77.
- Brückner, Ilona (2021): BIM-Klassen Landschaft / Freianlage. 2. FLL-Fachtagung BIM in der Landschaftsarchitektur. 14.9.-15.9.2021, Tagungsband, in Vorbereitung.
- Brückner, Ilona; Maßling Nils; Wozniak, Maike; Thieme-Hack, Martin (2019): BIM-Workflow für Landschaftsarchitekten: ein Praxisbeispiel, in: Journal of Digital Landscape Architecture 4-2019.
- buildingSMART Deutschland (Hg.) (2020): BIM-Klassen der Verkehrswege - Vorstandardisierungsarbeit der buildingSMART-Fachgruppe BIM-Verkehrswege. bSD Verlag
- buildingSmart International (2021): IFC Specification Database. [URL] <https://technical.buildingSMART.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications/> zuletzt geprüft am 12.08.2021
- buildingSMART A: IfcSlab [URL]: <https://standards.buildingSMART.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifcsharedbldgelements/lexical/ifcslab.htm> /zuletzt geprüft am 01.05.2021
- buildingSmart B: IfcWall [URL]: <https://standards.buildingSMART.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifcsharedbldgelements/lexical/ifcwall.htm/> zuletzt geprüft am 01.05.2021
- buildingSMART C: IfcRailing [URL]: <https://standards.buildingSMART.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifcsharedbldgelements/lexical/ifcrailing.htm> /zuletzt geprüft am 01.05.2021
- buildingSMART D: IfcStair [URL]: <https://standards.buildingSMART.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifcsharedbldgelements/lexical/ifcstair.htm/> zuletzt geprüft am 01.05.2021
- buildingSmart E: IfcStairFlight [URL]: <https://standards.buildingSMART.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifcsharedbldgelements/lexical/ifcstairflight.htm/> zuletzt geprüft am 01.05.2021
- buildingSMART F: IfcRamp [URL]: <https://standards.buildingSMART.org/IFC/RELEASE/IFC2x3/FINAL/HTML/ifcsharedbldgelements/lexical/ifcramp.htm/> zuletzt geprüft am 01.05.2021
- buildingSMART G: IfcRampFlight [URL]: https://standards.buildingSMART.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/schema/ifcsharedbldgelements/lexical/ifcrampflight.htm, zuletzt geprüft am 01.05.2021
- buildingSMART H: IfcRampFlight [URL]: https://iaiweb.lbl.gov/Resources/IFC_Releases/R2x3_final/ifcproductextension/lexical/ifcspace.htm, zuletzt geprüft am 01.05.2021
- Bundesministerkonferenz (BMK) (Hg.) (2019): Spezifikation XBau. Release 2.1 (final). [URL] https://www.xrepository.de/api/xrepository/urn:xoev-de:bm:standard:xbau_2.1:dokument:Spezifikation_XBau_2.1, zuletzt geprüft am 28.02.2021.
- Bundesministerkonferenz (BMK) (Hg.) (2012B): Musterbauordnung Fassung Noverber (2002)

- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (Stand 2017): Baugesetzbuch (BauGB). [URL]: <https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/BJNR003410960.html>
- DIN18040-1 (2010): Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen - Teil 1: Öffentlich zugängliche Gebäude [URL]: <https://nullbarriere.de/din18040-1-rampen.htm>, zuletzt geprüft am 17.05.2021
- DIN EN 17417-1 (2021): Bauwerksinformationsmodellierung - Informationsbedarfstiefe - Teil 1: Konzepte und Grundsätze; Deutsche Fassung EN 17412-1:2020
- DIN 18065 (2020): Gebäudetreppen - Begriffe, Messregeln, Hauptmaße [URL]: https://nullbarriere.de/din18065_treppen.htm, zuletzt geprüft am 17.05.2021
- Egger, Hausknecht, Liebich, Przybylo (2013): BIM-Leitfaden für Deutschland. [URL]: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Digitales/bim-leitfaden-deu.html>, zuletzt geprüft am 20.03.2021
- Eschenbruch, Klaus; Leupertz, Stefan (Hg.) (2019): BIM und Recht. Grundlagen für die Digitalisierung im Bauwesen. Unter Mitarbeit von Jörg L. Bodden, Robert Elixmann, Alexander Fandrey, Johannes Grüner, Alexander Kappes, Hans Lechner et al. 2. Auflage. München: Wolters Kluwer.
- Fachkommission Bauaufsicht (2007): Muster-Richtlinien über Flächen für die Feuerwehr – Fassung Februar 2007 – [URL]: <https://www.is-argebau.de/Dokumente/4231196.pdf>, zuletzt geprüft am 13.04.2021
- Freie und Hansestadt Hamburg: Hamburgische Bauordnung (HBauO) [URL]: <https://www.vordruckverlag.de/lbo/hh1.pdf>
- Freie und Hansestadt Hamburg (2019): Verordnung über den Bebauungsplan HafenCity 16
- Freie und Hansestadt Hamburg (2019b): Begründung über den Bebauungsplan HafenCity 16
- Grüner, Johannes (2019): BIM im Baugenehmigungsverfahren. In: Klaus Eschenbruch und Stefan Leupertz (Hg.): BIM und Recht. Grundlagen für die Digitalisierung im Bauwesen. Unter Mitarbeit von Jörg L. Bodden, Robert Elixmann, Alexander Fandrey, Johannes Grüner, Alexander Kappes, Hans Lechner et al. 2. Auflage. München: Wolters Kluwer, S. 322–344.
- Hamburgische Bauordnung (HBauO); Fassung 2005 [URL]: <https://www.vordruckverlag.de/lbo/hh1.pdf>, zuletzt geprüft am 20.05.2021
- Hausknecht, Kerstin; Liebich, Thomas (2016): BIM-Kompendium. Building Information Modeling als neue Planungsmethode. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Helmus, Manfred, Univ.-Prof. Dr.-Ing.; Meins-Becker, Anica, Dr.-Ing.Dipl.-Wirtsch.-Ing. (2020): Leitfaden für die Erstellung eines Bauwerksdatenmodells; Anlage 3: Anforderungskatalog Räume und Bauelemente - Architektur [URL]: <https://biminstitut.uni-wuppertal.de/de/forschung/download-bereich.html>, zuletzt geprüft am 21.06. 2021
- IT-Planungsrat (2016): Austauschstandards im Bau- und Planungsbereich. Bedarfsbeschreibung. Behörde für Stadtentwicklung und Wohnen, Hamburg. [URL]: https://www.it-planungsrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/Entscheidungen/24_Sitzung/B37_BauPlanungsbereich_Anlage2.pdf?__blob=publicationFile&v=5.
- KIT Karlsruher Institut für Technologie [URL]: <https://www.iai.kit.edu/1648.php>, zuletzt geprüft am 12.08. 2021
- Leitstelle XPlanung/XBau (2018): Handreichung XPlanung-XBau. Unter Mitarbeit von Erwin Bimüller, Jürgen Debold, Stephan Emmereich, Dr.-Ing. Gerhard Espich, Dr.-Ing. Kai-Uwe Krause, Prof. Dr.-Ing Matthias Pietsch et al., zuletzt geprüft am [URL]: https://www.xleitstelle.de/downloads/Handreichung_XPlanung-XBau_1.pdf.

- Leitstelle XPlanung (Hg.) (2020): Leitfaden XPlanung. Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung. [URL]: https://www.xleitstelle.de/downloads/XPlanung_Leitfaden_1.pdf, zuletzt geprüft am 27.01.2021.
- Mensch und Maschine (o.J.): Desite BIM-Produktfamilie [URL]: <https://www.mum.de/produkte/desite-bim>, zuletzt geprüft am 27.01.2021
- Müller, Heidrun; Scheffler, Arne (2017): Potenziale von IT-Standards in den Bereichen Baugenehmigung und Planung. In: *VM* 23 (2), S. 99–111. DOI: 10.5771/0947-9856-2017-2-99.
- Pfeifer, Matthias; Kraushaar, Martin; Lintz, Herbert (2020): Digitaler Bauantrag. Der schnelle Weg zur Baugenehmigung (01 | 2020). [URL]: https://www.aknw.de/fileadmin/user_upload/News-Pdfs/2020_1/dbz_01-2020_digitaler_bauantrag.pdf, zuletzt geprüft am 06.10.2020.
- Remy, Matthias (2021): Entwicklung einer Modellierungsrichtlinie für Objekte des Freiraums für den BIM-basierten Bauantrag am Beispiel der Außenanlagenplanung des Bauvorhabens ‚Elbtorwer‘ in Hamburg. Masterarbeit im Studiengang Landschaftsarchitektur der Hochschule Osnabrück. Betreuung: Dr. Ilona Brückner, Prof. Astrid Zimmermann. Bearbeitungszeitraum 14.1.-25.06.2021
- Sattler, Philipp (2015): BDLA: Freiflächenplan muss Teil des Bauantrags werden, in: *Neue Landschaft* 11/2015 [URL]: <https://neuelandschaft.de/artikel/bdla-freiflaechenplan-muss-teil-des-bauantrags-werden-460.html>, zuletzt geprüft am 22.06.2020
- Schmidt, Lauren (2019), in: Stocking, Angus W. (2019): Warum BIM in der Landschaftsarchitektur Wurzeln schlagen sollte [URL]: <https://redshift.autodesk.de/bim-landschaftsarchitektur/>, zuletzt geprüft am 11.03.2021
- Tanger, Jochen; Hiermer, Markus (2020): Autodesk-Leitfaden-für-die-BIM-Modellierung-in-Revit [URL]: <https://blogs.autodesk.com/bimblog/wp-content/uploads/sites/108/2020/09/Autodesk-Leitfaden-f%C3%BCr-die-BIM-Modellierung-in-Revit.pdf>, zuletzt geprüft am 01.02.2021
- VDI 2552 Blatt 1 (2020): Building Information Modeling Grundlagen. Beuth Verlag GmbH. Berlin.
- VDI 2552 Blatt 9: Building Information Modeling Klassifikationssysteme. Beuth Verlag GmbH. Berlin.
- Vogt Landschaft (2020): ETH_20201207_VLA_GP-Baubeschreibung Außenanlagen
- Vogt Landschaft (2020b): ETH_GP_AP_AA_GR_XX_1001_VLA_F_01 – Lageplan Außenanlagen Bauantrag
- With, Axel; Schneeweiß, Andre (2016): Öffentliches Baurecht praxisnah – Bauwissen mit Fallbeispielen. 2. Auflage. Wiesbaden. Verlag: Springer Fachmedien. ISBN: Springer Fachmedien
- Zimmermann, Astrid (2015a): Geländer und Zäune, in: Zimmermann, Astrid (H.g.) *Landschaft konstruieren - Materialien, Techniken, Bauelemente*. 3. Auflage. Verlag: Brinkhäuser, Basel. ISBN 978-3-0356-0562-7.
- Zimmermann, Astrid (2015b): Treppen, in: Zimmermann, Astrid (H.g.) *Landschaft konstruieren - Materialien, Techniken, Bauelemente*. 3. Auflage. Verlag: Brinkhäuser, Basel. ISBN 978-3-0356-0562-7.
- Zukunft Bau (Hg.) (2020): Abschlussbericht – Konzept für die nahtlose Integration von Building Information Modeling (BIM) in das behördliche Bauantragsverfahren [URL]: <http://www.bimbauantrag.de/>, zuletzt geprüft am 04.04. 2021
- Zukunft Bau (Hg.) (2020b): Modellierungsrichtlinie für den BIM-basierten Bauantrag [URL]: <http://www.bimbauantrag.de/>, zuletzt geprüft am 04.04. 2021

Quellen der Abbildungen und Tabellen:

Borrmann, André; König, Markus; Koch, Christian; Beetz, Jakob (Hg.) (2018): Building Information Modeling. Cham: Springer International Publishing.

Bundesministerkonferenz (BMK) (Hg.) (2019): Spezifikation XBau. Release 2.1 (final). [URL] https://www.xrepository.de/api/xrepository/urn:xoev-de:bmk:standard:xbau_2.1:dokument:Spezifikation_XBau_2.1, zuletzt geprüft am 28.02.2021.

Data Design System: OPEN BIM und IFC. [URL]:<https://www.dds-cad.de/produkte/ihr-mehrwert/open-bim-und-ifc/>, zuletzt geprüft am 04.04. 2021

Freie und Hansestadt Hamburg (2019c): Bebauungsplan HafenCity 16

Hausknecht, Kerstin; Liebich, Thomas (2016): BIM-Kompendium. Building Information Modeling als neue Planungsmethode. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag

Leitstelle XPlanung/XBau (2018): Handreichung XPlanung-XBau. Unter Mitarbeit von Erwin Bimüller, Jürgen Debold, Stephan Emmereich, Dr.-Ing. Gerhard Espich, Dr.-Ing. Kai-Uwe Krause, Prof. Dr.-Ing Matthias Pietsch et al [URL]: https://www.xleitstelle.de/downloads/Handreichung_XPlanung-XBau_1.pdf, zuletzt geprüft am 28.02.2021.

VDI 2552 Blatt 1 (2020): Building Information Modeling. BIM – Grundlagen, Beuth Verlag GmbH. Berlin

VDI 2552 Blatt 9 (2020): Building Information Modeling. BIM – Klassifikationssysteme. Beuth Verlag GmbH. Berlin

Vogt Landschaft (2020): ETH_20201207_VLA_GP-Baubeschreibung Außenanlagen

Vogt Landschaft (2020b): ETH_GP_AP_AA_GR_XX_1001_VLA_F_01 – Lageplan Außenanlage Bauantrag

Zukunft Bau (Hg.)(2020): Abschlussbericht – Konzept für die nahtlose Integration von Building Information Modeling (BIM) in das behördliche Bauantragsverfahren [URL]: <http://www.bim-bauantrag.de/>, zuletzt geprüft am 04.04. 2021

Anhang 1: PLANINHALTE UND INFORMATIONEN FÜR DEN BAUANTRAG

a) erforderlich Planinhalte / Informationen auf Lageplan für die Bauantragsplanung von Außenlagen gemäß HBauVorVI

Planinhalt	Paragraph
Grundstück	§ 10 (6) Der Lageplan muss, soweit dies zur Beurteilung des Vorhabens erforderlich ist, enthalten: 1. die Nordrichtung; 2. die katastermäßigen Flächengrößen, Flurstücksnummern und die Flurstücksgrenzen des Baugrundstücks und der benachbarten Grundstücke; 3. die Festsetzungen eines Bebauungsplans für das Baugrundstück über die überbaubaren und die nicht überbaubaren Grundstücksflächen; 4. die angrenzenden öffentlichen Verkehrsflächen mit Angabe der Breite und der Höhenlage mit Bezug auf das Höhenbezugssystem; 5. die geplante bauliche Anlage unter Angabe der Außenmaße, der Dachform und der Höhenlage des Erdgeschossfußbodens zur Straße; 6. Flächen, die von Baulasten oder Hofgemeinschaften betroffen sind; 7. die Abstände der geplanten baulichen Anlage zu anderen baulichen Anlagen auf dem Baugrundstück und auf den benachbarten Grundstücken, zu den Nachbargrenzen sowie die Abstandsflächen; 8. die Höhenlage der Eckpunkte des Baugrundstücks und der Eckpunkte der geplanten baulichen Anlage mit Bezug auf das Höhenbezugssystem; 9. die Aufteilung und Nutzung der nicht überbauten Flächen unter Angabe der Lage, Größe und Ausgestaltung der Kinderspielflächen, der Lage, Anzahl und Größe der Stellplätze für Kraftfahrzeuge und Fahrradplätze, der Lage und Breite der Zu- und Abfahrten einschließlich der Rampenneigung, der Anlagen für Abfälle sowie der Flächen, die mittels Begrünung und Bepflanzung gärtnerisch zu gestalten sind; 10. die vorhandenen baulichen Anlagen auf dem Baugrundstück und den benachbarten Grundstücken mit Angabe ihrer Nutzung, First- und Außenwandhöhe, Dachform und der Art der Außenwände und der Bedachung; 11. Baudenkmäler, Ensembles, Gartendenkmäler sowie Bodendenkmäler gemäß § 4 Absatz 1 Satz 1 des Denkmalschutzgesetzes vom 5. April 2013 (HmbGVBl. S. 142) in der jeweils geltenden Fassung, auch solche auf angrenzenden Grundstücken; 12. Leitungen, die der öffentlichen Versorgung mit Wasser, Gas, Elektrizität, Wärme, der öffentlichen Abwasserentsorgung oder der Telekommunikation und Rohrleitungen, die dem Ferntransport von Stoffen dienen sowie deren Abstände zu der geplanten baulichen Anlage; 13. vorhandene Hochspannungsfreileitungen im Bereich des Grundstücks und der angrenzenden Grundstücke (Grundrissprojektion mit Angabe des Abstandsmaßes der Gebäude zur Mittelachse der Freileitung); 14. Hydranten und andere Entnahmestellen für die Feuerwehr; 15. ortsfeste Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden, brennbaren oder entzündlichen Stoffen sowie deren Größe und Abstände zu baulichen Anlagen; - Seite 9 von 30 - 16. die Abstände der geplanten baulichen Anlage zu oberirdischen Gewässern und Hochwasserschutzanlagen; 17. die Lage in einem Wasserschutz- oder Überschwemmungsgebiet; 18. die Lage in einem Wald oder in einem Abstand von weniger als 100 m zu einem Wald.
Brandschutz	§ 14 Standsicherheitsnachweis (1) Die statischen Berechnungen müssen die Standsicherheit, auch im Brandfall, der bau-

	ne Tragfähigkeit sind anzugeben. Soweit erforderlich, ist nachzuweisen, dass die Standsicherheit anderer baulicher Anlagen und die Tragfähigkeit des Baugrundes der Nachbargrundstücke nicht gefährdet werden. § 15 Brandschutznachweis 5. der erste und der zweite Rettungsweg nach § 31 HBauO, insbesondere notwendige Treppenträume, Ausgänge, notwendige Flure, mit Rettungsgeräten der Feuerwehr erreichbare Stellen einschließlich Fenster, die als Rettungswege nach § 31 Absatz 2 Satz 2 HBauO dienen, unter Angabe der lichten Maße und Brüstungshöhen; 6. die Flächen für die Feuerwehr, Zu- und Durchgänge, Zu- und Durchfahrten, Bewegungsflächen und die Aufstellflächen für Hubrettungsfahrzeuge einschließlich ihrer Erreichbarkeit über den öffentlichen Grund mit Schleppkurvennachweis; 7. die Löschwasserversorgung.
Wegerecht	§ 20 Wegerecht 1. die für das Bauvorhaben in Anspruch genommenen öffentlichen Verkehrsflächen oder öffentlich genutzten privaten Verkehrsflächen; 1.2 Lage und Größe der vorhandenen und geplanten Überfahrten über öffentliche Wege mit Art und Gewicht der Fahrzeuge, Anzahl der betroffenen Stellplätze und der mit der Überfahrt verbundenen Nutzungen, einschließlich der erforderlichen Schleppkurven für Feuerwehr- und Lieferfahrzeuge; 2. die Beschreibung von Art, Dauer (Beginn und Ende) und Umfang von Sondernutzungen öffentlicher Wege oder öffentlich genutzter privater Verkehrsflächen mit Ausnahme der Sondernutzungen für ausschließlich die Bauausführung betreffende Maßnahmen; 3. bei Inanspruchnahme von Sondernutzungen die Sondernutzungsverträge nach § 19 Absatz 5 des Hamburgischen Wegegesetzes (HWG) in der Fassung vom 22. Januar
Vegetation	§ 21 Naturschutzrecht 1. Lageplan zum Naturschutzrecht auf der Grundlage von § 10 Absätze 2 und 6 im Maßstab 1:500 mit folgenden Darstellungen und Angaben: 1.1 Gehölzbestand und Hecken, die dem Naturschutz unterliegen; 1.2 geschützter Baumbestand mit eingemessener Lage, Benennung der Arten, Angaben zum Stammdurchmesser (gemessen in 1,30 m Höhe), zum Kronendurchmesser sowie zu den Geländehöhen am Stammfuß der Bäume bei geplanten Geländeänderungen, auch soweit Baumbestand auf Nachbargrundstücken oder öffentlichen Verkehrsflächen betroffen ist; 3. Angaben zu vorkommenden geschützten Arten (§ 44 des Bundesnaturschutzgesetzes) und der beabsichtigten Berücksichtigung der Artenschutzbelange.
Immissionschutzrecht/ Ausstattung	§ 23 Immissionschutzrecht 3. Lageplan zur Außenbeleuchtung im Maßstab 1:500 auf Grundlage von § 10 Absatz 2; 4. Beschreibung der Außenbeleuchtung (Art, Lichtabstrahlung, Betriebsdauer); Abfallrecht § 24 1. Angaben über Art und Menge der Abfälle; 2. Beschreibung der Abfallentsorgung.
Wasserbewirtschaftung	§ 22 Wasserrecht 5. Nachweis der schadlosen Überflutung und der Regenwasserrückhaltung nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik einschließlich der erforderlichen Berechnungen und Darstellung der Überflutungsflächen auf einem gesonderten Überflutungsplan (bei Einleitungsmengenbegrenzung); 6. Beschreibung der Entnahme- beziehungsweise Einleitungsstellen in ein Gewässer; 7. bei der Gewässerbenutzung nach § 15 des Hamburgischen Wassergesetzes in der Fassung vom 29. März 2005 (HmbGVBl. S. 97), zuletzt geändert am 4. Dezember 2012 (HmbGVBl. S. 510, 519), in der jeweils geltenden Fassung durch bauliche

	Anlagen in, an, über und unter oberirdischen Gewässern je nach Erfordernis zusätzlich zu den Angaben in Nummern 1 und 2 7.1 Baubeschreibung mit den erforderlichen Angaben zu den Auswirkungen des Vorhabens auf das Gewässer; 7.2 Bauzeitenplan mit Darstellung der Arbeiten am Gewässer. (2) 3.3 hydraulische Berechnung (bei Versickerungsanlagen); 3.4 Nachweis der schadlosen Überflutung nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik einschließlich der erforderlichen Berechnungen und Darstellung der Überflutungsflächen auf einem gesonderten Überflutungsplan (bei Versickerungsanlagen); (3) 4. Nachweis über die Einhaltung der in öffentlich-rechtlichen Vorschriften oder Technischen Baubestimmungen nach § 81a HBauO geregelten Vorgaben für die Bemessung von Löschwasser-Rückhalteinrichtungen beim Lagern wassergefährdender Stoffe.
Versorgung	§ 10 Auszug aus dem Liegenschaftskataster 11. Baudenkmäler, Ensembles, Gartendenkmäler sowie Bodendenkmäler gemäß § 4 Absatz 1 Satz 1 des Denkmalschutzgesetzes vom 5. April 2013 (HmbGVBl. S. 142) in der jeweils geltenden Fassung, auch solche auf angrenzenden Grundstücken; 12. Leitungen, die der öffentlichen Versorgung mit Wasser, Gas, Elektrizität, Wärme, der öffentlichen Abwasserentsorgung oder der Telekommunikation und Rohrleitungen, die dem Ferntransport von Stoffen dienen sowie deren Abstände zu der geplanten baulichen Anlage;

b) erforderlich Planinhalte / Informationen auf Lageplan für die Bauantragsplanung von Außenlagen gemäß MBauVorIV

Planinhalt	Paragraph
Grundstück	§ 7 Auszug aus der Liegenschaftskarte (3) 1. den Maßstab und die Nordrichtung, 2. die katasternmäßigen Flächengrößen, Flurstücksnummern und die Flurstücksgrenzen des Baugrundstücks und der benachbarten Grundstücke, 3. die im Grundbuch geführte Bezeichnung des Baugrundstücks und der benachbarten Grundstücke mit den jeweiligen Eigentümerangaben, 4. die vorhandenen baulichen Anlagen auf dem Baugrundstück und den benachbarten Grundstücken mit Angabe ihrer Nutzung, First- und Außenwandhöhe, Dachform und der Art der Außenwände und der Bedachung, 5. Bau- und Kulturdenkmale sowie geschützte Naturbestandteile auf dem Baugrundstück und auf den Nachbargrundstücken, 6. Leitungen, die der öffentlichen Versorgung mit Wasser, Gas, Elektrizität, Wärme, der öffentlichen Abwasserentsorgung oder der Telekommunikation und Rohrleitungen, die dem Ferntransport von Stoffen dienen sowie deren Abstände zu der geplanten baulichen Anlage, 7. die angrenzenden öffentlichen Verkehrsflächen mit Angabe der Breite, der Straßenklasse und der Höhenlage mit Bezug auf das Höhenbezugssystem, * nach Landesrecht 5 8. Hydranten und andere Wasserentnahmestellen für die Feuerwehr, 9. Flächen, die von Baulasten betroffen sind, 10. die Festsetzungen eines Bebauungsplans für das Baugrundstück über die überbaubaren und die nicht überbaubaren Grundstücksflächen, 11. die geplante bauliche Anlage unter Angabe der Außenmaße, der Dachform und der Höhenlage des Erdgeschossfußbodens zur Straße, 12. die Höhenlage der Eckpunkte des Baugrundstücks und der Eckpunkte der geplanten baulichen Anlage mit Bezug auf das Höhenbezugssystem, 13. die Aufteilung der nicht überbauten Flächen unter Angabe der Lage und Breite der Zu- und Abfahrten, der Anzahl, Lage und Größe der Kinderspielflächen, der Stellplätze und der Flächen für die Feuerwehr, 14. die Abstände der geplanten baulichen Anlage zu anderen baulichen Anlagen auf dem Baugrundstück und auf den benachbarten Grundstücken, zu den Nachbargrenzen sowie die Abstandsflächen, 15. die Abstände der geplanten baulichen Anlage zu oberirdischen Gewässern, 6. geschützten Baumbestand.
Brandschutznachweis	§ 10 Standsicherheit 2) 1 Die statischen Berechnungen müssen die Standsicherheit der baulichen Anlagen und ihrer Teile nachweisen. 2 Die Beschaffenheit des Baugrundes und seine Tragfähigkeit sind anzugeben. 3 Soweit erforderlich, ist nachzuweisen, dass die Standsicherheit anderer baulicher Anlagen und die Tragfähigkeit des Baugrundes der Nachbargrundstücke nicht gefährdet werden. §11 Brandschutznachweis 5. der erste und zweite Rettungsweg nach § 33 MBO, insbesondere notwendige Treppenträume, Ausgänge, notwendige Flure, mit Rettungsgeräten der Feuerwehr erreichbare Stellen einschließlich der Fenster, die als Rettungswege nach § 33 Abs. 2 Satz 2 MBO dienen, unter Angabe der lichten Maße und Brüstungshöhen, 6. die Flächen für die Feuerwehr, Zu- und Durchgänge, Zu- und Durchfahrten, Bewegungsflächen und die Aufstellflächen für Hubrettungsfahrzeuge, 7. die Löschwasserversorgung.
Wegerecht	§ 11 Brandschutznachweis 6. die Flächen für die Feuerwehr, Zu- und Durchgänge, Zu- und Durchfahrten, Bewegungsflächen und die Aufstellflächen für Hubrettungsfahrzeuge, § 7 Auszug aus der Liegenschaftskarte 13. die Aufteilung der nicht überbauten Flächen unter Angabe der Lage und Breite der Zu- und Abfahrten, der Anzahl, Lage und Größe der Kinderspielflächen, der Stellplätze und der Flächen für die Feuerwehr,
Vegetation	§ 7 Auszug aus der Liegenschaftskarte 16. geschützten Baumbestand.
Versorgung	§ 7 Auszug aus der Liegenschaftskarte (3) Leitungen, die der öffentlichen Versorgung mit Wasser, Gas, Elektrizität, Wärme, der öffentlichen Abwasserentsorgung oder der Telekommunikation und Rohrleitungen, die dem Ferntransport von Stoffen dienen sowie deren Abstände zu der geplanten baulichen Anlage,

c) Inhalte gemäß qualifizierter Freiflächenplan
(bdla Berlin / Brandenburg 2020)

- Darstellung der vorhandenen und zu erhaltenden Bäume mit ihrem realen Kronenumfang, Bezeichnung mit botanischen und deutschen Namen, ggf. unter Verwendung von vorhandenen Baumnummern
- Darstellung der neu zu pflanzenden Bäume und Sträucher mit botanischer Bezeichnung und erforderlicher Pflanzgröße
- Darstellung von Art und Umfang der Dachbegrünung
- Darstellung von Art und Umfang der Fassadenbegrünung
- Festlegungen von artenschutzrechtlichen Maßnahmen
- Darstellung der bestehenden und geplanten baulichen Neben-Anlagen (unter- und oberirdisch)
- Verlauf der bestehenden und geplanten Leitungen.
- Nachweis der Regenwasserbewirtschaftung auf dem Grundstück, Überflutungsnachweis
- Stellplätze, Fahrgassen und Feuerwehrezufahrten mit Vermaßung
- Darstellung von unterschiedlichen Geländehöhen und beabsichtigten Geländeänderungen
- Darstellung von Grün- und Verkehrsflächen wie Fußwege, Fahrradabstellplätze, Zufahrten (v.a. Feuerwehr), Anlieferungen, Stellplätze usw. Befestigte Flächen sind auf ein Mindestmaß zu beschränken.
- Barrierefreie Zugänge mit Angabe der Wegbreiten und der Bewegungsflächen
- Nachweis der Einhaltung des Biotopflächenfaktors (BFF)
- Anzahl, Standorte und Erschließung der Abfallbehälter
- Bäume auf öffentlichem Grund oder auf Nachbargrund sind darzustellen, soweit sie das Bauvorhaben (z.B. Baugrube) oder die Erreichbarkeit der Rettungswege durch die Feuerwehr beeinflussen könnten
- bei Wohngebäuden mit mehr als drei Wohnungen auf dem Grundstück: Spiel- und Bewegungsangebote

ANHANG 2: zusätzliche digitale Inhalte

Name	Beschreibung
Masterarbeit	PDF-Format, Word-Datei
Revit-Modell Außenanlage Elbtower	.rvt-Formt (gesamtes Revit-Modell AP-Elbtower)
Desite MD Pro- Modell	.cpa-Format (alle Fach- und Teilmodelle AP-Elbtower)
IFC-Modelle AP-Elbtower	Fachmodell Außenanlage ▪ Teilmodell Grundstück ▪ Teilmodell Baukonstruktionen ▪ Teilmodell Vegetation ▪ Teilmodell Ausstattung ▪ Teilmodell Funktionsflächen ▪ Teilmodell Prüfkörper Fachmodell Dach