

Technische Universität München

Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt

Lehrstuhl für Computergestützte Modellierung und Simulation

# **Building Information Modeling am Beispiel eines Kindergartens in Stahlbetonbauweise**

Bachelorthesis

für den Bachelor of Science Studiengang Bauingenieurwesen

Autor: Marina Haug

Matrikelnummer:



1. Betreuer: Prof. Dr.-Ing. André Borrmann

2. Betreuer: Simon Vilgertshofer M. Sc.

Ausgabedatum: 01. September 2020

Abgabedatum: 31. März 2021

## Abstract

Within the consecutive digitalisation of the building industry, the Building Information Modelling increases in importance and develops to the primary planning method of the future. Particularly as the focus in Germany is based on the Open BIM Standard, the available final report examines the implementation into reality on the basis of an example. Essential conditions for an ideal workflow over the whole life cycle of a building are firstly the creation of high-quality 3D-building data models and furthermore the successful interoperability of them. By preparation of the mentioned terms, the Bachelor thesis initiates an Open BIM process from the structural engineers' point of view for a new building of a kindergarten and afterwards it analyses the won results.

The first part contains the generation of the three-dimensional shell in the native software Allplan. The following assessment of the program mainly concentrates on the weak spots with regard to the operation. On top of that, the information exchange outside the proprietary format is going to be investigated. Beside the transformation of the former created 3D-wing assembly in an open IFC-Standard, as well its verification regarding to correctness and completeness by Solibri is going to be X-rayed. On that data-based statements about the quality of an IFC-Scheme can be made. As an ending of the senior thesis, 2D-formwork drawings are getting derived from the 3D-construction, as a typical application. Aim of this paragraph is a critical comparison of the use of automatically generated associative sections as a presentation and the necessity of manual addition.

## Zusammenfassung

Mit der fortschreitenden Digitalisierung im Bauwesen gewinnt auch das Building Information Modeling immer mehr an Bedeutung und entwickelt sich zur primären Planungsmethode der Zukunft. Zumal der Fokus in Deutschland hierbei auf dem Open BIM Standard liegt, wird die vorliegende Abschlussarbeit dessen Umsetzung in die Realität anhand eines Beispiels untersuchen. Wesentliche Voraussetzungen für einen optimalen Workflow über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks sind zunächst die Erstellung von qualitativ hochwertigen 3D-Gebäudedatenmodellen und darüber hinaus die erfolgreiche Interoperabilität jener. Durch Erarbeitung der zuvor genannten Bedingungen initiiert die Bachelorthesis einen Open BIM Prozess aus Sicht des Tragwerkplaners für den Neubau eines Kindergartens und analysiert nachfolgend die gewonnenen Ergebnisse.

Der erste Abschnitt beinhaltet die Erzeugung des dreidimensionalen Rohbaumodells in der nativen Software Allplan. Die anschließende Bewertung des Programms richtet ihr Hauptaugenmerk auf seine Schwachstellen hinsichtlich der Handhabung. Des Weiteren wird sich mit dem Informationsaustausch außerhalb des proprietären Formats beschäftigt. Neben der Transformation des vorab erstellten 3D-Tragwerks in einen offenen IFC-Standard, steht zudem dessen Überprüfung auf Korrektheit und Vollständigkeit mittels Solibri im Vordergrund. Dadurch können Aussagen über die Qualität eines IFC-Schemas gemacht werden. Als typischen Anwendungsfall werden zum Abschluss der Bachelorarbeit 2D-Schalpläne aus der 3D-Konstruktion abgeleitet. Ziel dieses Absatzes ist eine kritische Gegenüberstellung der Eignung von automatisch generierten, assoziativen Schnitten als Vorlage und der Notwendigkeit manueller Ergänzungen.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VI	
Tabellenverzeichnis	IX	
Abkürzungsverzeichnis	X	
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation und Ziel der Bachelorthesis .....	1
1.2	Projektübersicht .....	1
1.3	Struktureller Aufbau der Arbeit.....	3
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>4</b>
2.1	Building Information Modeling.....	4
2.1.1	Einführung in die Thematik .....	4
2.1.2	Industry Foundation Classes .....	6
2.2	Softwareübersicht .....	8
2.2.1	Allplan .....	8
2.2.2	Solibri.....	9
<b>3</b>	<b>Anfertigung eines Gebäudedatenmodells mittels Allplan 2021</b>	<b>10</b>
3.1	Softwarespezifischer Aufbau und Inhalt eines Bauwerksmodells .....	10
3.1.1	BIM-Werkzeuge des CAD-Programms .....	10
3.1.2	Vorgehensweise bei der Modellerstellung .....	13
3.2	Bewertung der Handhabung .....	21
3.2.1	Positive Aspekte .....	21
3.2.2	Schwachstellen.....	25
<b>4</b>	<b>Überprüfung eines IFC-Modells mit Solibri</b>	<b>29</b>
4.1	Export eines IFC-Schemas aus der nativen Software.....	29
4.2	Tragwerksmodelluntersuchung mithilfe von Solibri .....	31
4.2.1	Visualisierung des Modellinhalts.....	32
4.2.2	Modellprüfung anhand von Regelsätzen.....	34
4.2.3	Aktualisierung des IFC-Formats mit erneuter Analyse.....	41

---

4.3	Schwachstellen der Software Allplan im Hinblick auf semantische Merkmale .....	43
<b>5</b>	<b>Erstellung eines Schalplans</b>	<b>45</b>
5.1	Konzeptidee für den Planentwurf .....	45
5.2	Ableitungen aus dem Gebäudependant .....	46
5.2.1	Dreidimensionale Einbauteile .....	46
5.2.2	Erzeugung assoziativer Schnitte .....	47
5.2.3	Assoziative Beschriftung und Bemaßung .....	50
5.3	Manuelle Ergänzungen .....	52
5.3.1	Zweidimensionale Einbauteile .....	52
5.3.2	Vervollständigung der Beschriftung mittels 2D-Tools .....	53
5.4	Entwurf des Planlayouts .....	54
5.5	Kritische Betrachtung .....	56
<b>6</b>	<b>Fazit</b>	<b>59</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>61</b>
	<b>Anhang A</b>	<b>63</b>
	<b>Anhang B</b>	<b>70</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1: Architektenlageplan mit Teilbereichkennzeichnungen .....	2
Abbildung 1.2: Schnittdarstellung aus Architektenwerkplan mit Gebäudebezeichnungen und Geschossübersicht .....	2
Abbildung 2.1: PSets einer Modellkomponente (Niedermaier & Bäck, 2018) .....	8
Abbildung 3.1: Bestandteile eines BIM-konformen Modells (Niedermaier & Bäck, 2018, S. 95).....	10
Abbildung 3.2: Assistentenmenüs im Ebenenmanager für die Bauwerksstruktur (links) und das Ebenenmodell (rechts) .....	13
Abbildung 3.3: Darstellungen des Ebenenmodells (links) und der Bauwerksstruktur (rechts) .....	14
Abbildung 3.4: Erweitertes Ebenenmodell mit allen Abstandsebenen und Bezugsflächen.....	15
Abbildung 3.5: Eigenschaftendialog der Allplan-Funktion Wand .....	16
Abbildung 3.6: Attribute der Allplan-Funktionen Streifenfundament (links) und Wand (rechts) .....	17
Abbildung 3.7: Attribute der Allplan-Funktion Decke im Fall einer Bodenplatte (links) bzw. Decke (rechts).....	18
Abbildung 3.8: Attribute der Allplan-Funktionen Stütze (links) und Unterzug (rechts).....	18
Abbildung 3.9: Attribute der Allplan-Funktionen Dachhaut (links) und Treppenmodellierer (rechts) .....	19
Abbildung 3.10: Attribute der Allplan-Funktionen Fenster- und Türöffnung (links) sowie Durchbruch, Aussparung, Schlitz und Dachflächenfensteröffnung (rechts) .....	21
Abbildung 3.11: Arbeitsumfeld im Projektbeispiel.....	22
Abbildung 3.12: Höhenanbindung an das Ebenenmodell für die Decke über dem Erdgeschoss .....	23
Abbildung 3.13: Verlauf der Bezugsfläche der Walmdächer der Gebäude A und B im 1. Obergeschoss .....	24
Abbildung 3.14: Darstellung der Höhenversätze zwischen Walmdächern und Verbindungsdachdecke über dem 1. Obergeschoss.....	26

---

Abbildung 3.15: Auflagerausbildungen der Einviertelpodesttreppe im 1. Untergeschoss des Gebäudes A.....	27
Abbildung 3.16: Darstellung der Einviertelpodesttreppe im 1. Untergeschoss des Gebäudes A .....	27
Abbildung 4.1: Übergabeprotokoll beim IFC-Export .....	30
Abbildung 4.2: 3D-Animation des BIM-Modells der Kita .....	32
Abbildung 4.3. Bauwerksstruktur des IFC-Modells .....	33
Abbildung 4.4: Identifikation der Bodenplatte im 1. Untergeschoss.....	34
Abbildung 4.5: Regelparameter für Bauteilüberschneidungen.....	35
Abbildung 4.6: Regelparameter für Wandabmessungen .....	35
Abbildung 4.7: Regelparameter für die Komponentenanbindung an ein darüberliegendes Bauteil.....	36
Abbildung 4.8: Ergebnisdarstellung der Modellüberprüfung im Bereich Überprüfen	36
Abbildung 4.9: Ergebnisübersicht für die Regel Überschneidungen von Wänden....	37
Abbildung 4.10: Darstellung der an den Regelverstößen der Vorschrift Überschneidungen von Wänden beteiligten Bauteile in der 3D-Ansicht .....	37
Abbildung 4.11: Regelverstöße der Vorschrift Überschneidungen von Wänden im Fenster Ergebnisse .....	38
Abbildung 4.12: Überlappung des Balkens-1.7 und der Wand-1.42 im Erdgeschoss (links), sowie die des Daches-0.1 und der Wand-0.4 im 1. Obergeschoss (rechts) .....	38
Abbildung 4.13: Definition des Problems bei der Wand-Balken-Überschneidung im Erdgeschoss .....	38
Abbildung 4.14: 3D-Ansicht der Mauerwerkswand im 1. Untergeschoss unter der Treppe (links) und der Wand-0.28 im 1. Obergeschoss (rechts).....	40
Abbildung 4.15: Resultat der zweiten Modellüberprüfung .....	41
Abbildung 4.16: Wand-0.16 ohne (links) und mit Dach-0.1 (rechts) .....	41
Abbildung 4.17: Information zur Überschneidung der Wand-0.16 mit dem Dach-0.1 42	
Abbildung 4.18: Beziehungen (links) und BaseQuantities (rechts) der Öffnung-0.92 in der Wand-0.16 .....	42
Abbildung 4.19: Projektattribute des Neubaus der Kindertagesstätte.....	43

---

Abbildung 4.20: Informationsgehalt der Strukturstufe Gebäude für die Reiter Identifikation (links) und Beziehungen (rechts).....	44
Abbildung 4.21: PSet_StairCommon der Treppe-2.1 im 1. Untergeschoss .....	44
Abbildung 5.1: Grundrissdeckenuntersicht des Erdgeschosses mit den Schnittführungen der im Plan 9 abgebildeten Ansichten .....	45
Abbildung 5.2: Plattform zur Auswahl des benötigten Isokorbs .....	46
Abbildung 5.3: 3D-Animation eines Isokorb-SmartParts.....	47
Abbildung 5.4: 3D-Animation einer Tronsole Typ T .....	47
Abbildung 5.5: Erzeugung einer Schnittführung .....	48
Abbildung 5.6: Eigenschaftendialog der Funktion Schnitt generieren.....	49
Abbildung 5.7: Assoziative Schnittgenerierung des Schnitts C-C .....	49
Abbildung 5.8: Auswahl eines Beschriftungsfeldes für Bauteilöffnungen .....	50
Abbildung 5.9: Assoziative Bauteilbeschriftungen einer Tronsole und einer Bodenaussparung im Schnitt C-C .....	51
Abbildung 5.10: Erweiterung des Schnitts C-C.....	51
Abbildung 5.11: Importierte DWG-Datei eines Rückbiegeanschlusses (links), Vorlagen für die Schalplanschnitte (rechts) .....	52
Abbildung 5.12: Bürointerne Liniendefinition für Arbeitsfugen .....	53
Abbildung 5.13: Fertiger Schnitt C-C für den Schalplan der Bauteilansichten im Erdgeschoss des Gebäudes A.....	54
Abbildung 5.14: Ein Teil der Projektattribute der Kindertagesstätte (oben), Planattribute des Schalplans Nummer 9 (unten) .....	55
Abbildung 5.15: Plankopf des Schalplans Nummer 9.....	55
Abbildung 5.16: Beispiel für die Höhenlagenänderung eines Bauteils, das als Bezugspunkt dient.....	57



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Einteilung der Bauteilattribute in unterschiedliche Gruppen.....	19
---	----

---

## Abkürzungsverzeichnis

2D	zweidimensional
3D	dreidimensional
AEC	Architecture, Engineering & Construction
AG	Aktiengesellschaft
BIM	Building Information Modeling
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BRep	Boundary Representation
bSDD	buildingSMART Data Dictionary
BWS	Bauwerksstruktur
bzw.	beziehungsweise
CAD	Computer-Aided Design
DWG	DraWinG
e.V.	eingetragener Verein
IAI	International Alliance for Interoperability
IFC	Industry Foundation Classes
ISO	International Standard Organization
Kita	Kindertagesstätte
MVD	Model View Definition
NTH	Nokia Theme Studio (File)
PDF	Portable Document Format
PNG	Portable Network Graphics
PRJ	Project (File)
PSet	Property Set

---

SMC	Solibri (File)
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data
TB	Teilbild
vgl.	vergleiche
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation und Ziel der Bachelorthesis

Der Fortschritt der Digitalisierung in Deutschland erreicht mittlerweile auch den Bau-sektor. Spätestens mit der Einführung des Stufenplans Digitales Planen und Bauen des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur gewinnt die neue Arbeitsmethode, das Building Information Modeling, zunehmend an Bedeutung. Mit dem darin enthaltenen Ziel, dass ab Ende des Jahres 2020 BIM für neue Bauvorhaben im Aufgabenbereich des BMVI verpflichtend wird, entwickelt sich das Planungsverfahren zum primären Standardvorgehen in der AEC-Branche. (ARGE BIM4INFRA2020, 2019b) Obwohl dies bisher vorrangig große Projekte der öffentlichen Hand betrifft, geht der Trend im Laufe der Zeit auch auf private Auftraggeber und kleinere Planungsbüros sowie Dienstleister über.

Die Firma *ChAP - Ingenieurbüro für Baustatik* ist [REDACTED] ein [REDACTED] [REDACTED] etabliertes Unternehmen im Landkreis Fürstfeldbruck. Die Tragwerksplanung und der Datenaustausch mit anderen Projektbeteiligten finden bislang auf dem klassischen Weg, der Erstellung von Konstruktionsplänen mittels zweidimensionalen CAD-Werkzeugen, statt. Teilweise werden 3D-Modelle der zu bearbeitenden Bauwerke erzeugt, jedoch liegt der Fokus dabei auf der Geometriedarstellung und deren Visualisierung. Der semantische Faktor sowie die Möglichkeit der Konvertierung und anschließenden Weiternutzung des Gebäudependants werden außer Acht gelassen.

Um sich auf die Veränderungen im Planungswesen der Baubranche vorzubereiten und weiterhin im Vergabewettbewerb mithalten zu können, hat sich *ChAP* das Ziel gesetzt, Schritt für Schritt auf die neue Arbeitsweise umzusteigen. Das in der vorliegenden Abschlussarbeit behandelte Projektbeispiel soll dieses Vorhaben unterstützen und erste Aspekte des BIM beinhalten und analysieren.

## 1.2 Projektübersicht

Es handelt sich bei dem ausgewählten Bauvorhaben um den Neubau einer Kindertagesstätte im Jugendstilpark Haar, der von der dortigen Gemeinde in Auftrag gegeben wurde. Die Einrichtung wird vor Ort in Stahlbetonweise errichtet. Das Ingenieurbüro

ChAP übernimmt hierbei die Tragwerksplanung mit Positions-, Schal- und Bewehrungsplänen sowie die statische Analyse. Als Konzeptgrundlage dienen die Architektenwerkpläne des Unternehmens *pbr - Planungsbüro Rohling AG* aus München, welche jeweils in der aktuellen Indexversion als PDF- und DWG-Datei im Ordner Architektenpläne des Anhangs B zu finden sind.

Das Bauwerk gliedert sich in drei verschiedene Teilbereiche mit den Bezeichnungen Gebäude A, Verbindungsgebäude und Gebäude B. In Abbildung 1.1 ist der Grundriss aus dem Architektenlageplan (ebenfalls als PDF-Format im Anhang B im Ordner Architektenpläne) zu sehen, indem die Parteien in roter Schrift gekennzeichnet sind.

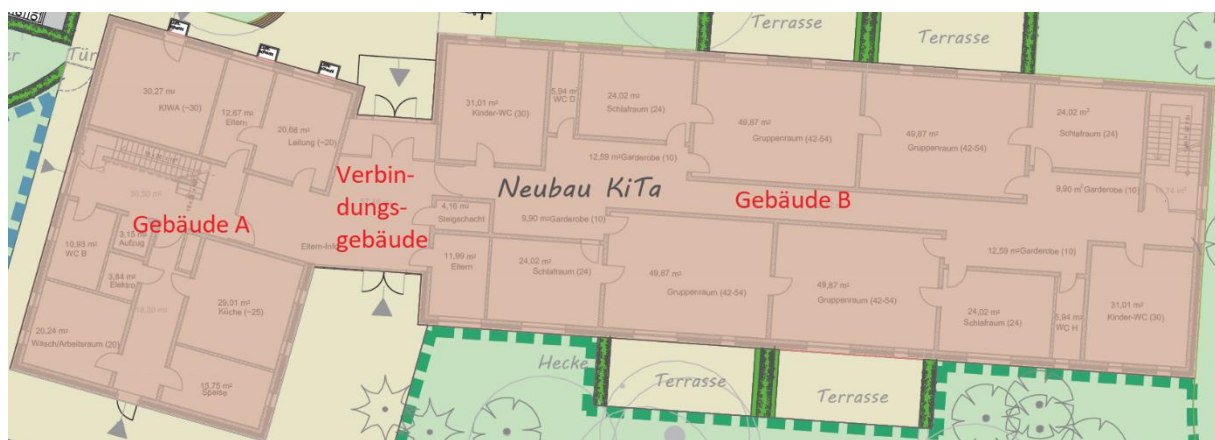


Abbildung 1.1: Architektenlageplan mit Teilbereichkennzeichnungen

Insgesamt besitzt die Kita drei Stockwerke. Der Schnittdarstellung im Bild 1.2 ist zu entnehmen, dass sich das Erd- sowie das 1. Obergeschoss über das gesamte Bauwerk erstrecken. Das 1. Untergeschoss hingegen schließt nur den Bereich des Gebäudes A, des Verbindungsgebäudes und einen kleinen Abschnitt des Gebäudes B ein.

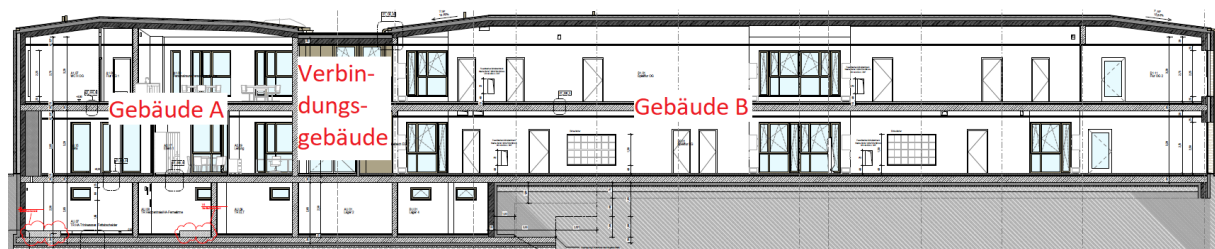


Abbildung 1.2: Schnittdarstellung aus Architektenwerkplan mit Gebäudebezeichnungen und Geschossübersicht

Zur Fortbewegung zwischen den unterschiedlichen Ebenen enthält der Neubau ein Treppenhaus und einen Aufzug im Teil A sowie eine Treppe im Teil B. Der Haupteingang befindet sich auf der Nordseite des Verbindungsabteils.

### 1.3 Struktureller Aufbau der Arbeit

Um das in Textpassage 1.1 erläuterte Bestreben umzusetzen, wurde folgender Aufbau für die Bachelorthesis herausgearbeitet:

Vorab werden im Kapitel 2 einige Grundkenntnisse bezüglich des Building Information Modelings sowie seiner Auslegung im Projektexempel beschrieben. Daran knüpft eine kurze Vorstellung der zur Anwendung kommenden Softwaresysteme an.

Der Hauptteil beginnt mit der Tragwerksmodellierung der Kindertagesstätte im CAD-Programm Allplan 2021. Dieser Konstruktionsabschnitt wird mit einer Bewertung der Modellierungsgegebenheiten der Plattform abgerundet. Im Anschluss folgt der Export aus der nativen Umgebung in das IFC-Format. Das konvertierte Modell wird daraufhin in Solibri beleuchtet und überprüft. Der Passus 5 beinhaltet die Erstellung eines Schalplans innerhalb Allplans, bei der, wo immer es möglich ist, Informationen aus dem Gebäudedatenmodell herangezogen werden.

Hinweis:

Folgende Faktoren werden, einerseits zur besseren Erkennbarkeit und andererseits zur Kennzeichnung von bestimmten Werkzeugen innerhalb der verwendeten Softwaresysteme, in dieser Bachelorthesis *kursiv* hinterlegt: Firmennamen, Dateibezeichnungen, Allplan-Architekturbauteile sowie Bereiche, Fenster, Reiter, Werkzeuge, Regelsätze und Regeln im Solibri Model Checker.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Building Information Modeling

#### 2.1.1 Einführung in die Thematik

Building Information Modeling, kurz BIM, beschreibt eine computergestützte und gemeinschaftliche Planungsmethode, die auf einem dreidimensionalen Gebäudedatenmodell basiert. Jenes wird über die gesamte Lebensdauer eines Bauwerks, das heißt von den ersten Planungsschritten, über die Bauausführung und Nutzung, bis hin zur Demontage, verwendet. (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2015)

Der Verein Deutscher Ingenieure definiert das Building Information Model als „objektorientierte digitale Abbildung der physischen und funktionalen Eigenschaften eines Bauwerks“ (Verein Deutscher Ingenieure e.V. - Fachbereich Bautechnik, 2018, S. 3). Dieser Interpretation ist zu entnehmen, dass es sich bei einem BIM-Modell um eine 3D-Konstruktion handelt, die nicht nur die reine Geometrie, sondern darüber hinaus weitere Merkmale enthält. Das Pendant dient als Datenpool und wird von Anfang an mit allen wesentlichen Informationen versehen. Die Inhalte können im Laufe der Zeit von den am Projekt beteiligten Akteuren erweitert, angepasst, gesteuert und jederzeit eingesehen werden. Möglich macht das die Verwendung objektorientierter Modellierungswerkzeuge, statt schlichter Volumenkörper. Diese softwarespezifischen Konstruktionselemente können greifbare Bauteile, beispielweise eine Wand, oder aber auch von abstrakter Natur sein, etwa ein Raum, und beinhalten zusätzlich semantische Eigenschaften. Ihr Wissen setzt sich somit aus ihrer geometrischen Identität, ihrem deskriptiven Charakter, dazu zählt unter anderem Typ, Material, Kosten sowie Oberflächenbeschaffenheit, und ihrer Einordnung in das Gesamtgefüge, wie die Lage, das Geschoss oder die Abhängigkeit von benachbarten Einheiten, zusammen. Durch die neue Arbeitsweise wird der Verlust an Informationen minimiert und gleichzeitig die Produktivität, Qualität und Effizienz in der Baubranche maximiert. (Borrmann et al., 2015)

Beim BIM kommt nicht nur ein einziges Gebäudependant zum Einsatz, sondern jedes teilhabende Gewerk erstellt ein eigenes Modell in einer Software ihrer Wahl. Beim vor-

liegenden Projektbeispiel handelt es sich um das Tragwerksmodell, welches alle statisch relevanten, tragenden Elemente der Kita enthält. Um die verschiedenen digitalen Abbilder immer wieder aufeinander abzustimmen, werden diese regelmäßig zu einem sogenannten Koordinationsmodell zusammengefasst. (ARGE BIM4INFRA2020, 2019c) Vorausgesetzt wird dafür eine geschlossene Teamarbeit und Kommunikation sowie ein geregelter Datenaustausch zwischen allen Akteuren (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2015).

Durch die enorme Bandweite an Informationen ergeben sich, im Gegensatz zur herkömmlichen Vorgehensweise, zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten, von denen auch einige in dieser Bachelorarbeit behandelt werden: Schnitte und Ansichten können direkt aus dem Modell heraus erzeugt werden und dienen dadurch als Basis für 2D-Planzeichnungen. Auch Modellanpassungen werden automatisch übertragen, wodurch die Pläne jederzeit auf dem aktuellen Stand sind. Dieses Konzept wird in Kapitel 5 zur Anfertigung eines Schalplans genutzt. Des Weiteren werden die jeweiligen Fachmodelle des Öfteren für eine Überprüfung auf Widersprüche vereint. So können Inkonsistenzen schnell erkannt und unmittelbar in der Planungsphase verbessert werden, was zu weniger Kosten und Aufwand während des Bauablaufs führt. Eine Bedingung für das erfolgreiche Zusammenführen sind qualitativ hochwertige Teilmodelle. Deshalb wird in der Textpassage 4 eine Untersuchung auf Kollisionen und weitere Unstimmigkeiten innerhalb des Tragwerksmodells durchgeführt. (Egger et al., 2013) Das Erzeugen eines dreidimensionalen Abbildes eines Neubaus ermöglicht außerdem zu jedem Zeitpunkt eine realitätsnahe Betrachtung der zukünftigen Baukonstruktion. Dies ist unter anderem für Auftraggeber, bereits zu Beginn eines Projektes, relevant. Zudem kann ein Analysemodell des Bauwerkspendants für verschiedene Simulations- und Berechnungsvorgänge genutzt werden. Weitere typische Verwendungszwecke sind Mengen- und Kostenerhebungen sowie die Überwachung des Baufortschritts durch das Belegen des Gebäudedatenmodells mit einem Terminplan. (Albrecht, 2015)

Haben die Vorteile der neuen Arbeitsmethode überzeugt, muss vor Planungsbeginn eine der beiden Verfahrensmöglichkeiten bezüglich der Softwareauswahl und dem mit eingehenden Datenaustausch gewählt werden. Beim Closed BIM werden ausschließlich CAD-Systeme einer Programmfamilie bzw. Formate eines Herstellers verwendet. Zwar entfällt dadurch die Konvertierung der Daten, allerdings ist die Auswahl möglicher Planungspartner sehr eingeschränkt. Dem gegenüber steht das Open BIM, welches



sich im Laufe der Zeit, vor allem auch aufgrund der faireren Wettbewerbsbedingungen im öffentlichen Bereich, als bevorzugte Variante herauskristallisiert hat und von dem darüber hinaus in dieser Abschlussarbeit Gebrauch gemacht wird. Hierbei sind die Projektbeteiligten nicht an einen Anbieter gebunden, sondern können das für sie jeweils optimale Softwareprogramm frei wählen. Zumal sich daraus eine Mehrzahl an verschiedenen nativen Formaten ergibt, wird eine neutrale und offene Schnittstelle in Bezug auf den Datentransfer notwendig. Im Hinblick auf die Interoperabilität, die für möglichst reibungslose Kommunikation und fehlerfreien Informationsaustausch steht, hat sich hauptsächlich ein Standard etabliert, welcher im folgenden Abschnitt vorgestellt wird. (Borrmann et al., 2015)

### 2.1.2 Industry Foundation Classes

Die Industry Foundation Classes, abgekürzt IFC, sind ein anbieterneutrales und offenes Datenformat, das speziell in der AEC-Branche eingesetzt wird. Entwickelt wurde dieses von buildingSMART. Die Organisation ist 2005 aus der International Alliance for Interoperability (IAI) hervorgegangen und teilt sich in 18 unterschiedliche Chapter, in Deutschland vertreten durch den Verein buildingSMART e.V.

Mit dem Ziel den herstellerunabhängigen Informationsaustausch mittels eines IFC-Schemas zu optimieren, wird das Format immer wieder überarbeitet. Die aktuellste Version, erschienen im Jahr 2013, ist IFC 4, mit der erstmalig ein ISO Standard (16739) erreicht wurde. (Borrmann et al., 2015) Je nachdem wofür ein IFC-Modell im Anschluss genutzt werden soll, besteht über die sogenannten Model View Definitions die Möglichkeit, nicht die gesamte Bandweite an enthaltenen Informationen aus der nativen Software exportieren zu müssen. Mit der neusten IFC-Struktur stellt buildingSMART zwei MVDs mit bereits vordefinierten Untermengen zur Verfügung. Einerseits die Reference View, die zu Koordinationszwecken sowie Visualisierungen dient und deren Dateninput nicht bearbeitet werden kann. Andererseits die Design Transfer View, bei der eine Modifikation, gegebenenfalls nur in einem bestimmten Rahmen, erlaubt ist. (ARGE BIM4INFRA2020, 2019a)

Die Beschreibung eines objektorientierten IFC-Schemas erfolgt mithilfe der deklarativen Datenmodellierungssprache EXPRESS aus dem STEP-Standard Teil 11. Die Entitytyps, gleichzusetzen mit Klassen, repräsentieren dabei Objekte, die mit Merkmalen und Abhängigkeiten zu anderen Entitäten versehen werden. Jene werden über das Vererbungsprinzip auch an die Subtypen der Objekte übermittelt. Eine maßgebende

Fähigkeit von EXPRESS ist die explizite Definition umgekehrter Relationen, wodurch die Erstellung neuer Eigenschaften erspart bleibt. Wesentlich ist, dass der Standard ein Modell geometrisch und funktional, aber nicht seine konkreten Instanzen, beschreibt. (Borrmann et al., 2015)

Für die geometrische Repräsentation existieren zwei unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten. Auf der einen Seite die explizite Erzeugung, auch Boundary Representation, wobei ein Bauteil über seine es begrenzende Oberfläche definiert wird. Dies kann entweder über ein Geflecht aus Flächen, Kanten und Knoten oder über die Unterteilung der Hülle in Dreiecke geschehen. Auf der anderen Seite die implizite Erstellung, bei der ein Element über den Ablauf bestimmter Modellierungsschritte geschaffen wird. Eine diesbezügliche Variante ist die Constructive Solid Geometry, bei der einfache Volumenkörper, wie zum Beispiel ein Würfel, über Boolesche Operationen verknüpft und gewandelt werden, bis der gewünschte Endzustand erreicht ist. Weitere implizite Verfahren beschreiben beliebige Flächen, die entweder entlang eines Vektors (Extrusion) bzw. einer Kurve (Sweep) geführt werden oder sich um eine Bezugslinie drehen (Rotation). Die prozedurale Modellierung ist im Vergleich zur BRep weniger datenintensiv und eignet sich deshalb zur Darstellung von Standardkörpern. Für die Interpretation komplexer Objekte ist jedoch die Verwendung der expliziten Methode von Vorteil. Außerdem wird die Wahl der Definition der Geometrieabbildung von der genutzten MVD, dem Exportvermögen der nativen Software und den manuellen Konvertierungseinstellungen beeinflusst. (ARGE BIM4INFRA2020, 2019a)

Die Einordnung einzelner Modellkomponenten hinsichtlich ihrer Benennung und ihrem Zweck erfolgt über deren `IfcObjectType`. Dabei handelt es sich um ein vordefiniertes Element, das beim Export in ein IFC-Schema jedem Bestandteil zugewiesen wird. Innerhalb der IFC-Struktur existieren für alle gängigen Objekte aus den einzelnen Fachdisziplinen des Bausektors unterschiedliche Typen, welche wiederum in verschiedene Klassen eingeteilt werden. Eine Wand wird beispielsweise mit dem passenden Objecttype `IfcWall`, welcher im Allgemeinen für eine vertikale Komponente zur Raumabgrenzung steht, aus der Klasse `Building Element` belegt. Des Weiteren besteht die Option, die Funktion eines Bauteils noch weiter zu verfeinern. Hierzu stehen typspezifische, ergänzende Subtypen zur Verfügung. Die Zuweisung eines solchen `PredefinedType` ist im Gegensatz zum `IfcObjectType` nicht verpflichtend. Sie kann allerdings in bestimmten Fällen, bei denen die Zweckbeschreibung zu ungenau gehalten ist, hilfreich sein. Handelt es sich bei einer Wand zum Beispiel um eine Attika, ist es sinnvoll

dies über die Unterklassifizierung PARAPET auszudrücken. Der ObjectType gibt nicht nur die Bezeichnung und Sinnhaftigkeit vor. Dieser bestimmt ebenso die Zusammensetzung des mindestens notwendigen Informationsgehaltes eines Konstruktionselements (vgl. Abbildung 2.1), welche eine fehlerfreie Bauteilidentifikation bei der IFC-Konvertierung gewährleistet.

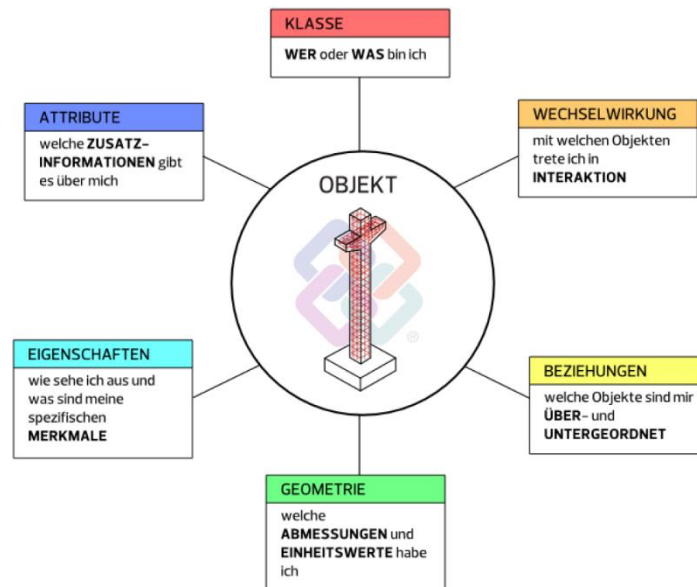


Abbildung 2.1: P Sets einer Modellkomponente (Niedermaier & Bäck, 2018)

Jene, speziell auf den entsprechenden Typen abgestimmte, Kennungsmerkmale werden in mehrere Eigenschaftenspakete, auch Property Sets genannt, zerlegt. Hierbei handelt es sich jeweils um das PSetCommon mit allgemeinen Objektattributen, die BaseQuantities, welche die geometrischen Abmessungen und die Koordinaten eines Bauteils beinhalten, die Relations, die die Beziehungen und Wechselwirkungen mit angrenzenden Komponenten sowie die Einreihung in das Gesamtsystem beschreiben, und das nicht zwingend erforderliche PSetAdditional mit weiterem relevanten Dateninhalt. Alle bisher verfügbaren IfcObjectTypes inklusive ihrer Definition und zugehörigen Informationstiefe sind im buildingSMART Data Dictionary, kurz bSDD, gelistet. (Niedermaier & Bäck, 2018)

## 2.2 Softwareübersicht

### 2.2.1 Allplan

Allplan ist ein Teil der Nemetschek Group. Es wurde 1981 von Georg Nemetschek hervorgebracht und ist nach fünfzig Jahren heute in 42 Ländern vertreten. (Allplan, 2021c) Im Oktober 2020 wurde die aktuelle Version Allplan 2021 veröffentlicht. Die

---

CAD-Software ist auf einen BIM-konformen Planungsprozess spezialisiert und unterstützt neben vielen weiteren Formaten vor allem auch den IFC-Standard. (Allplan, 2021a) 2013 wurde das Programm von buildingSMART für seine qualitativ hochwertigen IFC-Exportmöglichkeiten und sein Engagement im Open BIM Workflow ausgezeichnet (Allplan, 2021b).

### **2.2.2 Solibri**

Das Softwaresystem Solibri gehört ebenfalls zur Nemetschek Produktfamilie. Es werden vier unterschiedliche Varianten bereitgestellt, wobei in der vorliegenden Bachelorthesis Solibri Office zur Anwendung kommt. (Nemetschek, 2021) Die Plattform überprüft Gebäudedatenmodelle auf ihre Qualität und unterstützt dadurch einen möglichst reibungslosen Open BIM Prozess. Die Analyse erfolgt regelbasiert, das heißt die Modelle können auf verschiedene Aspekte untersucht werden. (Solibri, 2018)

## 3 Anfertigung eines Gebäudedatenmodells mittels Allplan 2021

### 3.1 Softwarespezifischer Aufbau und Inhalt eines Bauwerksmodells

#### 3.1.1 BIM-Werkzeuge des CAD-Programms

Ziel dieses Kapitels ist die Konstruktion eines BIM-konformen Bauwerksmodells, das anschließend geometrisch korrekt, vollständig und mit allen relevanten Informationen über die IFC-Schnittstelle übertragen werden kann. Allplan 2021 bietet hierfür einige Lösungskonzepte und Modellierungswerkzeuge, die den strukturellen Aufbau und die einzelnen Bestandteile mit deren Dateninhalt betreffen. In Abbildung 3.1 werden die maßgebenden Gegenstände, welche im Folgenden detailliert erläutert werden, dargestellt.

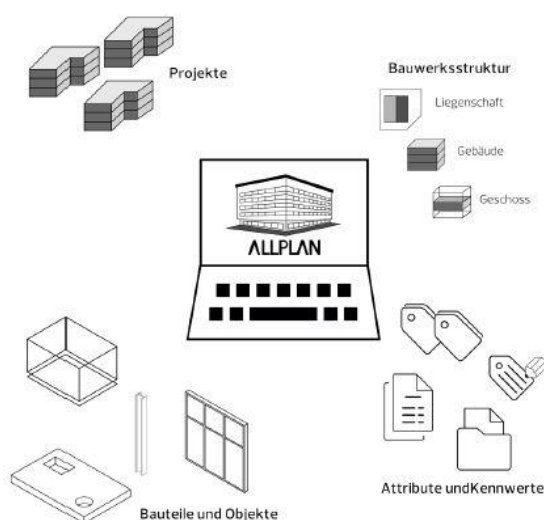


Abbildung 3.1: Bestandteile eines BIM-konformen Modells (Niedermaier & Bäck, 2018, S. 95)

Zunächst gibt es gewisse Voraussetzungen, die erfüllt werden müssen. Zum einen werden alle semantischen Inhalte direkt an die betreffenden Bauteile angehängt, da das Modell nur diejenigen Komponenten enthält, die dreidimensional erzeugt wurden. Zum anderen muss die hierarchische Einteilung des Projekts zwingend anhand einer Bauwerksstruktur, kurz BWS, erfolgen. Hierbei ist darauf zu achten, dass sich nicht alle in Allplan zur Verfügung stehenden Gliederungsmöglichkeiten für einen IFC-Datenaustausch eignen. Erlaubt sind lediglich die „Strukturknoten Liegenschaften, Gebäude und Geschosse“ (Niedermaier & Bäck, 2018, S. 97), welche an einen realitätsnahen Bauwerksaufbau erinnern sollen. Die Unterordnung, oben beginnend, kann dabei nur in der genannten Reihenfolge geschehen, wobei Gebäude und Geschosse, im

Gegensatz nur Liegenschaft, auch mehrmals und nebeneinander existieren können. (Niedermaier & Bäck, 2018) Das Konstruieren der Objekte selbst findet auf Teilbildern, die gleichzeitig Datenträger dafür sind, statt. Bei der eingesetzten Software handelt es sich um ein „Mehrdateien-System“ (Niedermaier & Bäck, 2018, S. 97), das bedeutet ein TB entspricht einer Datei. Dieses Prinzip ermöglicht viel Spielraum bei der Aufteilung des Projekts und ebenso bei der Arbeit daran, da jene ein- und aus-, sowie bearbeitbar und nicht bearbeitbar, geschaltet werden können. Die Steuerung der unterschiedlichen Zustände geschieht über die BWS. Dort wird jedes Teilbild, das im Gebäudedatenmodell enthalten sein soll, einer der Hierarchieebenen zugeteilt. (ALLPLAN GmbH, 2020) Dadurch werden die darauf liegenden Konstruktionselemente beim IFC-Export von selbst in die zutreffende Gliederungseinheit eingeordnet. Auch die Verhältnisse der einzelnen Strukturkonten zueinander werden bei der Konvertierung durch die Verwendung der BWS berücksichtigt.

Im Hinblick darauf, dass ein Building Information Model aus intelligenten Objektkomponenten besteht, empfiehlt es sich, jene unter der Verwendung der jeweils passenden Bauteilfunktion zu erzeugen. Diese minimieren den Zeitaufwand beim Modellierungsprozess, indem die Bauteile direkt, ohne weiteres Zutun, bei der Erstellung mit dem richtigen `IfcObjectType`, elementspezifischen Kennungen zum Identitätsnachweis, Wechselbeziehungen untereinander bzw. zur Gesamtkonstruktion und geometrischen Parametern belegen werden. Manche Werte davon können modifiziert oder auch entfernt werden, andere sind unveränderbar. Um die Bandweite an Informationen zu vergrößern, kann die Standardbesetzung um beliebig viele Eigenschaften erweitert werden. Einerseits steht dafür ein Allplan-Attributkatalog zur Verfügung, andererseits besteht die Option zur Definition eigener Kenngrößen. Die Merkmale werden als Attribute bezeichnet und allesamt beim Datenaustausch über IFC automatisch mit übermittelt. Ist ein Bauteilparameter in einem der `ObjectType`-spezifischen Eigenschaftspakete erhalten, wird er als IFC-, ansonsten als Allplan-Attribut übergeben. Ein Kenngröße wird immer über ihren Attributtypen beschrieben. Während Allplan die Typbeschreibungen „**Text (Character)**, **Fließkommazahl (Float)**, **Ganzzahl [oder] Datum**“ (Niedermaier & Bäck, 2018, S. 170) von der Art der Eingabe und der Einheit trennt, gehören diese bei der IFC-Datenstruktur dazu. Somit ergibt sich bei der Transformation ein Zusammenschluss, den die native Software automatisch durchführt. Existiert kein zutreffendes Element für eine Modellkomponente, kann ein anderes Bauteil zur Erzeugung verwendet und anschließend der `IfcObjectType` geändert werden. Eine andere Möglichkeit ist

die Nutzung von Mengenkörpern, die im Gegenzug zu reinen dreidimensionalen Volumenkörpern mit semantischen Merkmalen belegt werden können. Nicht nur Objekten, sondern ebenso dem Projekt selbst, können erforderliche Daten zugeteilt werden. Wesentlich sind hier diejenigen, die die hierarchischen Gliederungspunkte der Bauwerksstruktur betreffen. Sie werden beim Export herausgefiltert und direkt in den entsprechenden Stufen hinterlegt.

Ein weiteres Modellierungstool, um den Konstruktionsprozess zu unterstützen, ist das Ebenenmodell. Anders als die BWS ist die Verwendung keine Pflicht, bietet aber mehr Flexibilität und Aufwandsersparnis bezüglich der Höhenanbindung der Bauteilkomponenten. Zwar können innerhalb der BWS unterschiedliche Anschlussebenen für die Höhen modelliert werden, allerdings sind jene nur in demjenigen Teilbild anwendbar, indem sie erzeugt wurden. Werden diese Anbindungsflächen jedoch an ein Ebenenmodell geheftet, so sind sie universell einsetzbar. Die Grundstruktur kann individuell für ein betreffendes Bauwerk angefertigt werden und richtet sich nach dessen geometrischer Beschaffenheit. Sie ist ein Konstrukt aus gepaarten Ebenen, die normalerweise die Gebäudeetagen widerspiegeln. Eine Überschneidung von Ebenenpaaren ist hinsichtlich der Abbildung der Realität ausgeschlossen. Bei der kombinierten Anwendung können die erzeugten Ebenen einzelnen Teilbildern bzw. einem gesamten Gliederungsknoten der Bauwerksstruktur zugeschrieben werden. Die definierten Paare im Ebenenkonzept müssen dabei nicht genauso in die Knoten der BWS übertragen werden. Es besteht darüber hinaus die Möglichkeit neue Pärchen zu bilden. Um die Flexibilität weiter zu steigern, kann das Grundgerüst geschossweise mit weiteren Höhenbezügen versehen werden.

Zusätzlichen Spielraum bezüglich der Aufteilung von Modelldaten bietet die Formateigenschaft Layer, welche jedes Bauteil in Form eines Attributs besitzt. Bei der Layerzuordnung spielt es keine Rolle, auf welchem Teilbild sich ein Bauteil befindet. Dies ermöglicht eine Gliederung der Konstruktionselemente im Hinblick auf ihre differenzierten Typen, ohne ihre Einordnung in die Bauwerksstruktur miteinzubeziehen. Werden die Objekte mit den passenden Allplan-Funktionen geschaffen, sind die richtigen Layer bereits hinterlegt. Die Nutzung dieses Strukturierungstools ist nicht unbedingt notwendig für einen BIM-konformen Workflow, kann aber die Arbeit am Modell vereinfachen, einige Schritte beim Modellierungsvorgang ersparen und den Inhalt beim IFC-Export bestimmen. Zum einen können die „Formate Stift, Strich und Farbe“ (Niedermaier & Bäck, 2018, S. 131) für alle auf einem Layer liegenden Bauteile entweder komplett,

zum Teil oder gar nicht vordefiniert werden. Zum anderen besteht, analog zu den Teilbildern, die Option, den Status hinsichtlich der Sicht- und Modifizierbarkeit zu regulieren. Da ausgeschaltete Bauteile nicht konvertiert werden, kann so die IFC-Übergabe gesteuert werden. (Niedermaier & Bäck, 2018)

### 3.1.2 Vorgehensweise bei der Modellerstellung

Die zuvor aufgeführten, wesentlichen Modellierungswerkzeuge der CAD-Plattform Allplan 2021, bilden die Basis für die anschließende Konstruktion eines BIM-fähigen Tragwerksmodells für die Kita in Haar:

Nach dem Anlegen eines neuen Projekts mit dem Namen *Neubau Kindertagesstätte im Jugendstilpark Haar*, folgt die Erzeugung einer dem Gebäude entsprechenden Bauwerksstruktur in Verbindung mit einem Ebenenmodell. Hierzu eignet sich der Ebenenmanager, in dem eine aufeinander abgestimmte Kombination aus den ausgewählten Strukturstufen inklusive deren Teilbilder und dem Höhenprofil des Bauvorhabens erschaffen werden kann. In Abbildung 3.2 sind die beiden Assistentenmenüs des Managers, links für die BWS und rechts für das Ebenmodell, zu sehen.

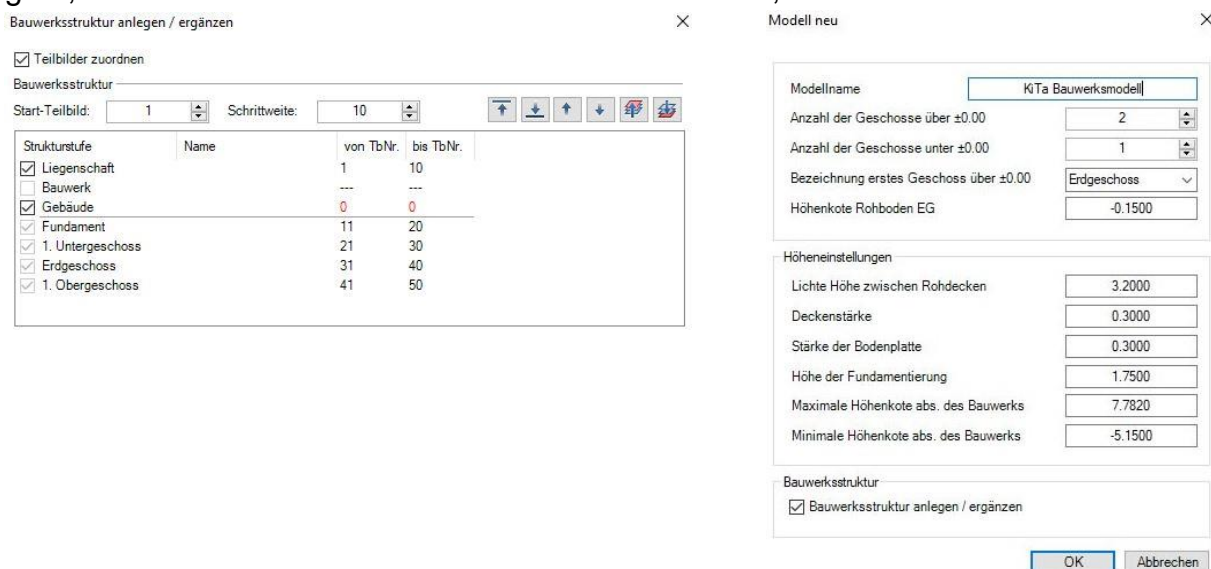


Abbildung 3.2: Assistentenmenüs im Ebenenmanager für die Bauwerksstruktur (links) und das Ebenmodell (rechts)

Zumal es sich bei diesen Voreinstellungen nur um grobe Eckdaten handelt, wird das vorläufige Ebenenkonzept noch an die tatsächlichen Höhendefinitionen der vier Stöcke angepasst. Die Änderungen werden automatisch in der BWS übernommen. Außerdem wird die Bezeichnung Fundament zu Aufzugunterfahrt\_Pumpensumpf geändert.



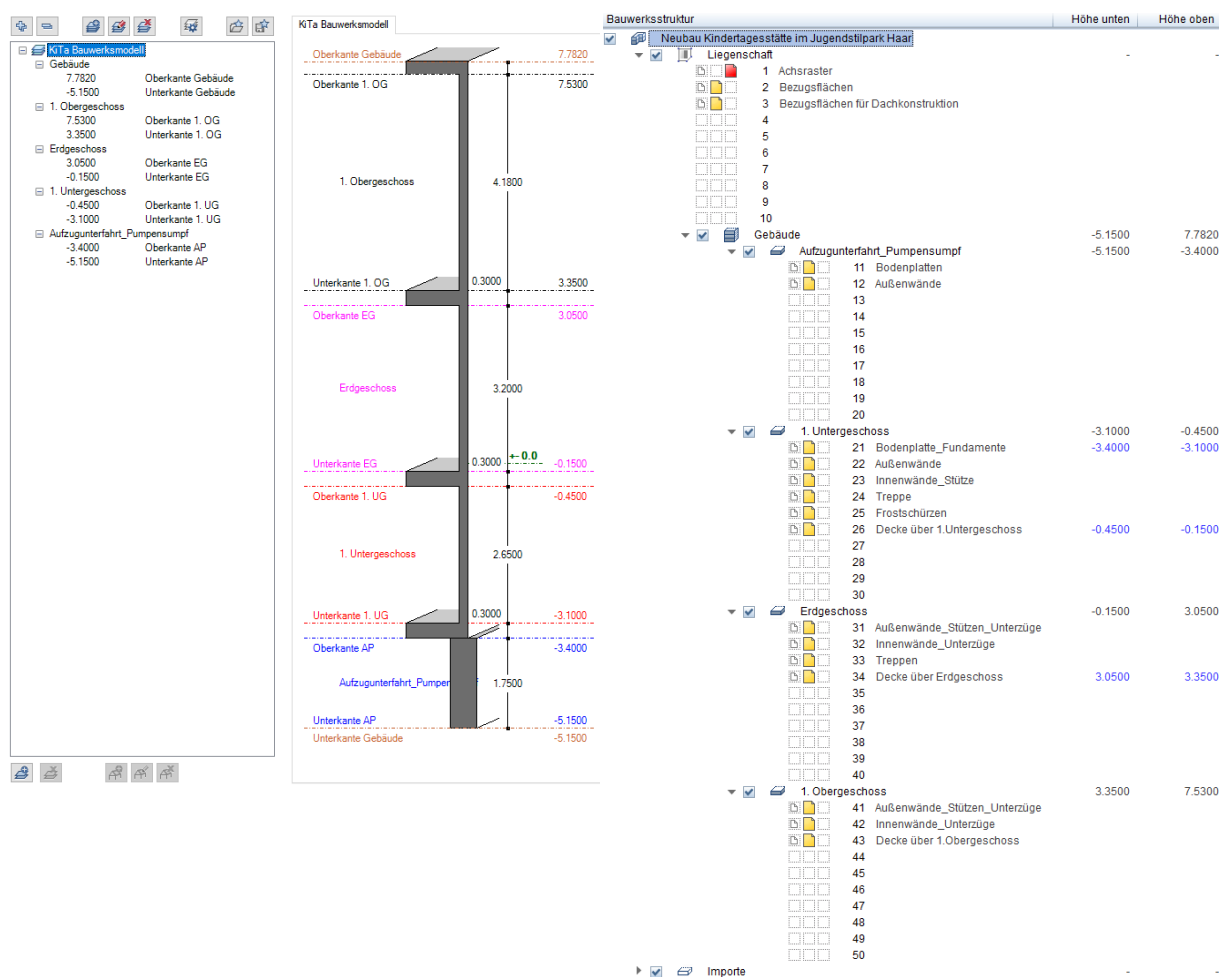


Abbildung 3.3: Darstellungen des Ebenmodells (links) und der Bauwerksstruktur (rechts)

Die Grafik 3.3 zeigt die Darstellungen des Ebenmodells (links) und der BWS (rechts), welche als Grundstrukturen dienen und im Verlauf des Modellierungsprozesses weiter ergänzt werden. Die Bauteile werden immer im gleichen Stil auf den in den Stockwerken vorhandenen Teilbildern angeordnet. Da Bodenplatten und Decken nicht direkt in einem Geschoss, sondern zwischen Zweien, liegen, werden ihren Dateien die entsprechenden Höhenbegrenzungen separat zugeteilt. Ferner wird dem Projekt noch ein beliebiger Knoten hinzugefügt, der als Ablageort für Importe dient.

Für diejenigen Konstruktionselemente, die nicht unmittelbar an einer Geschossgrenze anschließen, werden im Ebenmodell etagenweise einerseits Abstandsebenen für Objekte, die an einer Öffnung angrenzen, und andererseits Bezugsflächen für obere sowie untere Bauteilabschlüsse definiert (vgl. Abbildung 3.4). Erstere definieren sich über die Differenz zur Ober- oder Unterkante eines Stocks, zweitere hingegen gehen aus frei modellierten 3D-Flächen hervor und erhalten dadurch ihre Lage im Raum.

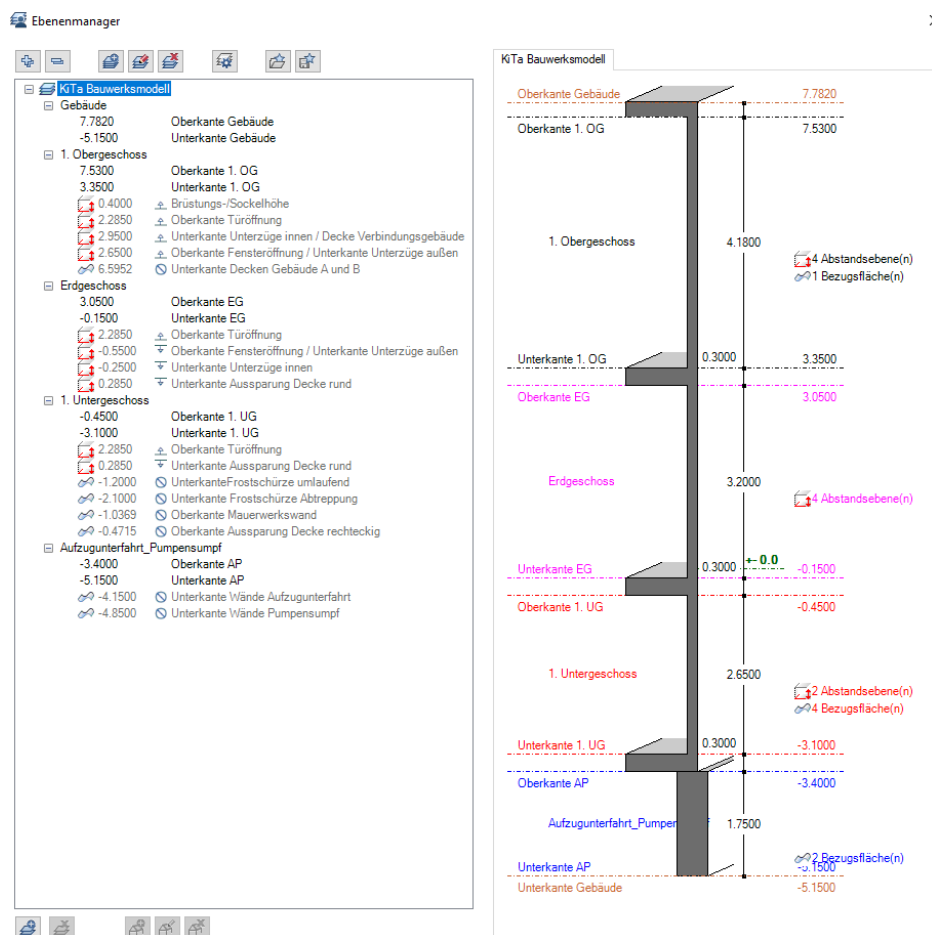


Abbildung 3.4: Erweitertes Ebenenmodell mit allen Abstandsebenen und Bezugflächen

Um die Werkpläne des Architekten als Vorlage für den Zeichenprozess zu verwenden, werden die relevanten Grundriss- und Schnittpläne in Form von DWG-Dateien in die native Konstruktionssoftware geladen. Der Import kann über verschiedene Einstellungen beeinflusst werden. Im Projektexempel wird der Planmaßstab auf 1:50, den Architektenplänen gleichend, gewählt. Zudem ist es möglich, Konstruktionsgegenstände in Einzelteile zu zerlegen. Hier ist das bei den Maßlinien notwendig, da deren Zahlen ansonsten in einem falschen Größenverhältnis übernommen werden. Außerdem sind die Pläne selbst, welche dem Planinhalt im Einstellungsdialog entsprechen, überflüssig. Es ist ausreichend den Modellbereich zu importieren. Während des Modellierungsprozesses wird stets der passende Grundriss grau, das bedeutet nicht bearbeitbar, als eine Art Schablone hinterlegt.

Bevor die Konstruktion der Bauteilelemente beginnt, werden zunächst die Achsraster separat für Gebäude A sowie B erzeugt. Die Anwendung des gleichnamigen Modellierungswerkzeugs bietet ergänzend zur geometrischen Beschreibung und der Beschriftung die automatische Layerdeklaration als Raster und die Übernahme dessen Formateigenschaften.

Für die Anfertigung der einzelnen Modellkomponenten werden, wo immer dies möglich ist, die in Absatz 3.1.1 bereits vorgestellten Allplan-Funktionen verwendet, welche anschließend mit unterschiedlichen Attributen versehen werden. Über den Eigenschaftendialog eines Elements werden zuerst grundlegende, objektspezifische Einstellungen getroffen. Im Folgenden wird der Dialog für die Architektur-Funktion *Wand* näher beleuchtet (vgl. Abbildung 3.5).

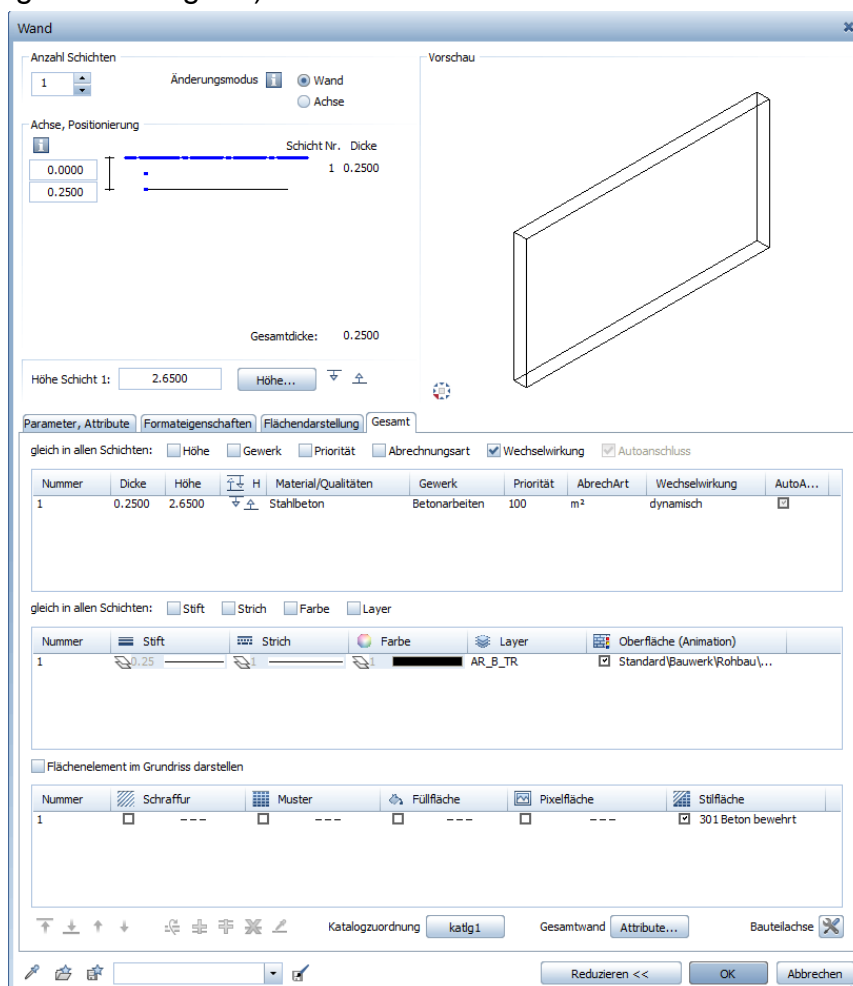


Abbildung 3.5: Eigenschaftendialog der Allplan-Funktion *Wand*

Zumal es sich bei dem auszuarbeitenden Beispielprojekt um das Tragwerksmodell handelt, wird lediglich die tragende Stahlbetonschicht im digitalen Pendant berücksichtigt. Zum einen werden die geometrischen Komponenten Dicke und Höhe definiert. Für die Höhenbeschreibung stehen verschiedene Anbindungsarten zur Verfügung. Im vorliegenden Projekt werden Bauteiloberkanten und -unterkanten immer an Flächen aus dem Ebenenmodell geknüpft. Zum anderen wird die Wand mit semantischen Faktoren, wie Material/Qualität, Gewerk und Abrechnungsart (zur automatischen Mengenermittlung nach VOB), Wechselwirkung und Priorität bezogen auf angrenzende Objekte (regeln das Ausstanzungsverhalten bei Überlagerungen), Oberflächendarstellung in der

dreidimensionalen Animation, Schnittdarstellung (Stilfläche) sowie Layerzuordnung (gibt gleichzeitig die Formateigenschaften vor), belegt.

Die festzulegenden Größen unterscheiden sich bei den verschiedenen Bauteilfunktionen nur geringfügig hinsichtlich ihrer parametrischen Geometriedefinitionen. Die anderen einzustellenden Merkmale sind weitestgehend gleich. Aufgrund dessen wird auf die Dialoge der anderen im Projekt verwendeten Konstruktionselemente nicht gesondert eingegangen, es befinden sich aber Abbilder derer im Anhang A.1. Das Modellierungswerkzeug für die Treppen ist hier ausgenommen, da deren Konstruktion in der Textpassage 3.2.2 näher erläutert wird.

Alle weiteren Kennzeichnungen sind über den Reiter Attribute zu ergänzen. Die Darbietungen 3.6 bis 3.9 beinhalten die individuell zusammengestellten Eigenschaftenpakete der im Bauwerkspendant vorkommenden Bauteiltypen.

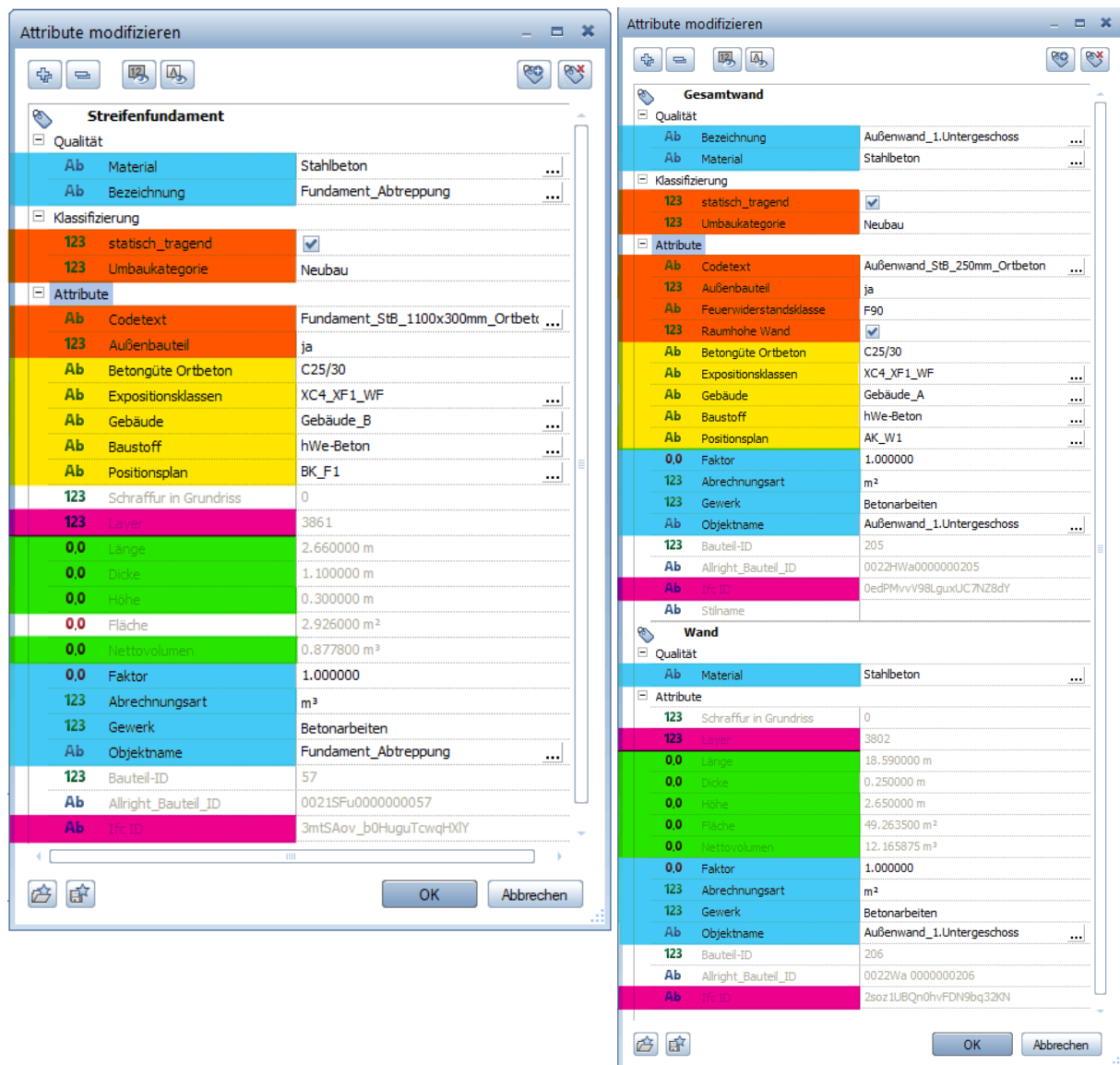


Abbildung 3.6: Attribute der Allplan-Funktionen *Streifenfundament* (links) und *Wand* (rechts)

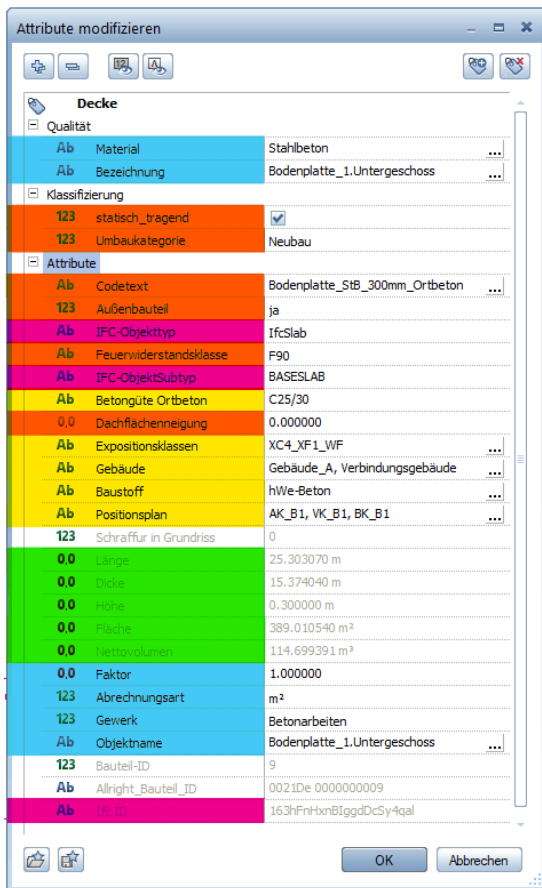


Abbildung 3.7: Attribute der Allplan-Funktion *Decke* im Fall einer Bodenplatte (links) bzw. *Decke* (rechts)

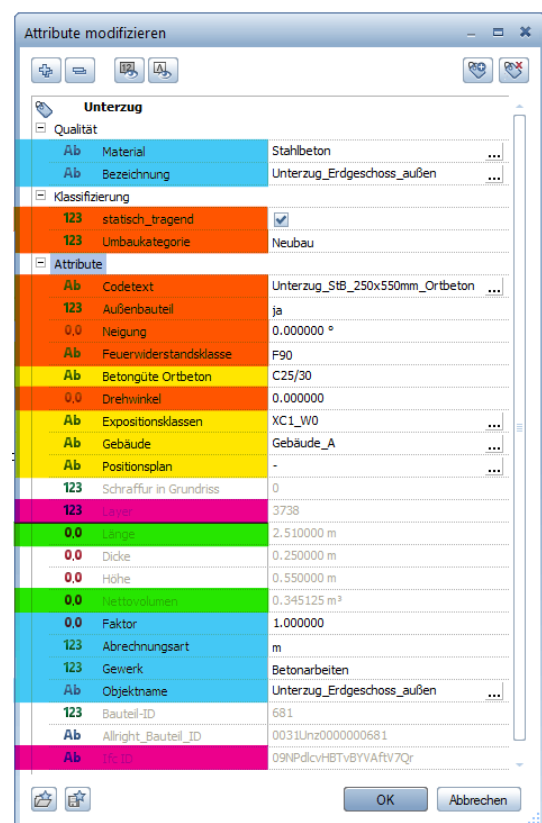
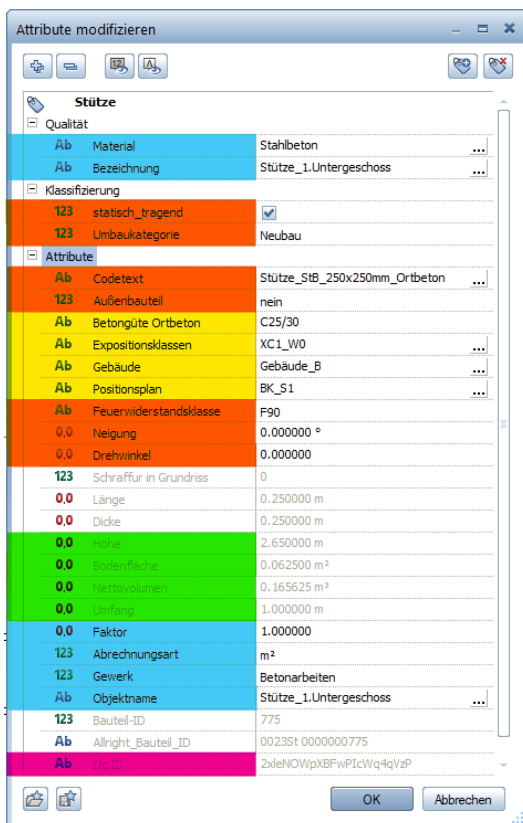


Abbildung 3.8: Attribute der Allplan-Funktionen *Stütze* (links) und *Unterzug* (rechts)

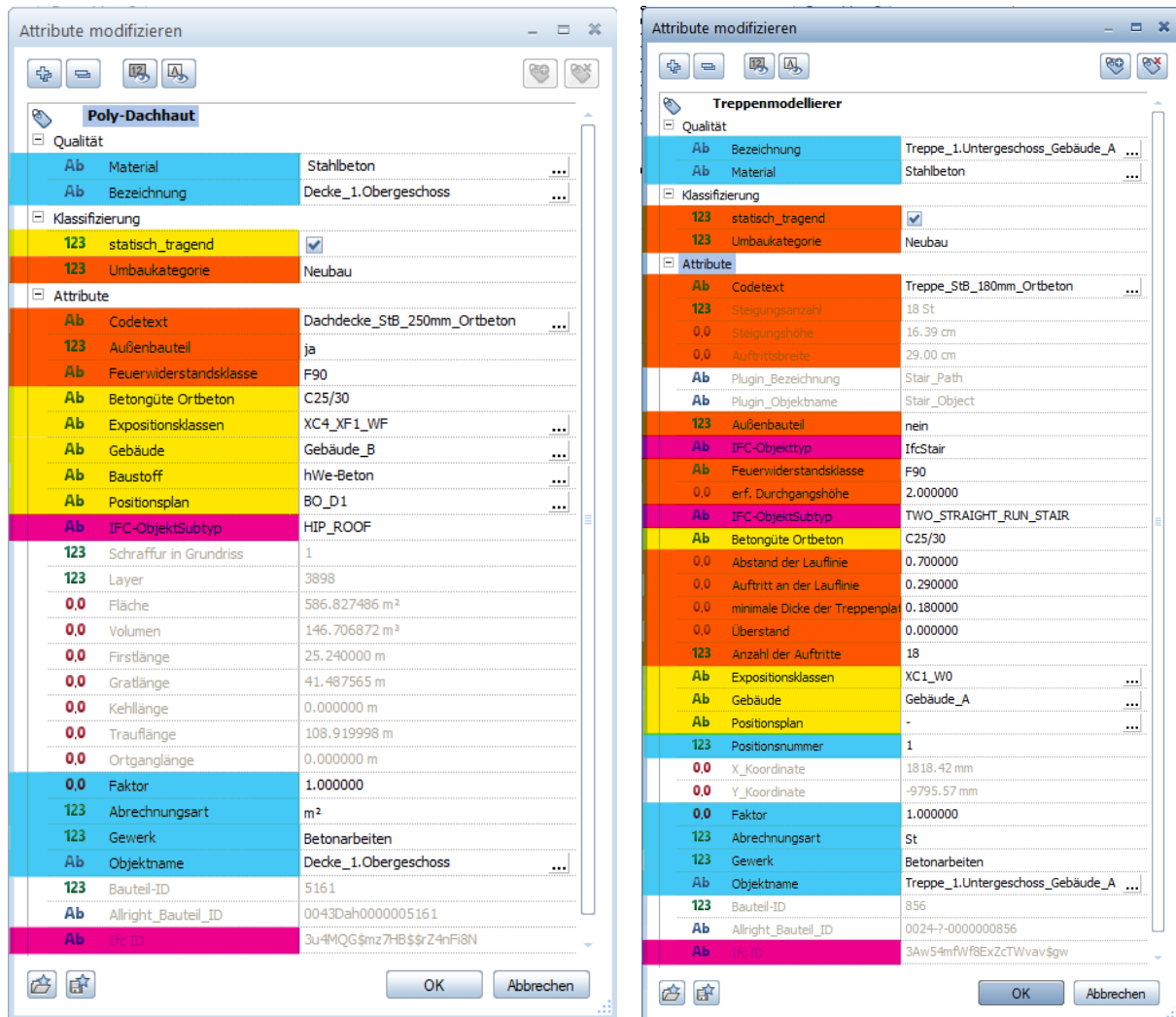


Abbildung 3.9: Attribute der Allplan-Funktionen *Dachhaut* (links) und *Treppenmodellierer* (rechts)

Die zugewiesenen Objektinformationen lassen sich in unterschiedliche Gruppen zerlegen:

Tabelle 3.1: Einteilung der Bauteilattribute in unterschiedliche Gruppen

<p><b>Farbige Markierung in den Abbildungen 3.6 bis 3.9</b></p>	<p><b>Eigenschaftengruppe (Niedermaier &amp; Bäck, 2018)</b></p>
<p>Graue Schrift</p>	<p>Attribute, deren Werte direkt aus den Angaben im Eigenschaftendialog eines Bauteils (Geometrie und Funktion) errechnet werden, und, die zur Software internen Bauteilkennung dienen</p>
<p>Pinke Markierung</p>	<p>Attribute, die zur Objektidentifikation innerhalb der IFC-Datenstruktur dienen</p>

Grüne Markierung	BaseQuantities eines Elements im IFC-Modell
Rote Markierung	PSetCommon eines Modellbestandteils im IFC-Schema
Blaue Markierung	Zwingend notwendige Attribute zur Bauteildefinition innerhalb der nativen Software
Gelbe Markierung	Benutzerdefinierte bzw. zusätzlich vergebene Allplan-Attribute
Nicht explizit aufgelistet, aber durch die Lage im Gesamtsystem und geometrische Parameter in einer Modellkomponente hinterlegt	<p>IfcObjectType und teilweise PredefinedType (außer bei nachträglicher Modifikation derer);</p> <p>Beziehungen zu benachbarten Konstruktionselementen;</p> <p>Parent-Child-Relationen zwischen einem Objekt und seinen Öffnungen;</p> <p>Ein Teil der BaseQuantities</p>

Anschließend werden dem Gebäudedatenmodell noch seine Öffnungen hinzugefügt. Auch hierfür stellt die Plattform mehrere Modellierungstools bereit, je nachdem um welche Art von Öffnung und um welches Bauteil es sich handelt. Im modellierten Tragwerksmodell werden *Tür-, Fenster- sowie Dachflächenfensteröffnungen* und allgemein *Durchbrüche* sowie *Aussparungen* verwendet. Für diese Werkzeuge steht wieder jeweils ein Eigenschaftendialog zur Definition gewisser Grundeinstellungen zur Verfügung. In diesem werden die Ansichtform, die parametrischen Geometrieabmessungen (wobei die Höhen wiederum von den passenden Bestandteilen im Ebenmodell abhängig gemacht werden), die Layerauswahl inklusive Formatierung, die Darstellung im Grundriss und teilweise die Öffnungsart festgelegt. Die Abbilder der einzelnen Dialoge sind ebenfalls im Anhang A.1 zu finden. Analog zu den zuvor aufgelisteten Elementen, werden die Merkmale erneut über die Attributanzeige (vgl. Abbildung 3.10) erweitert. Die Gruppenzuordnung ist der obigen Tabelle 3.1 zu entnehmen.



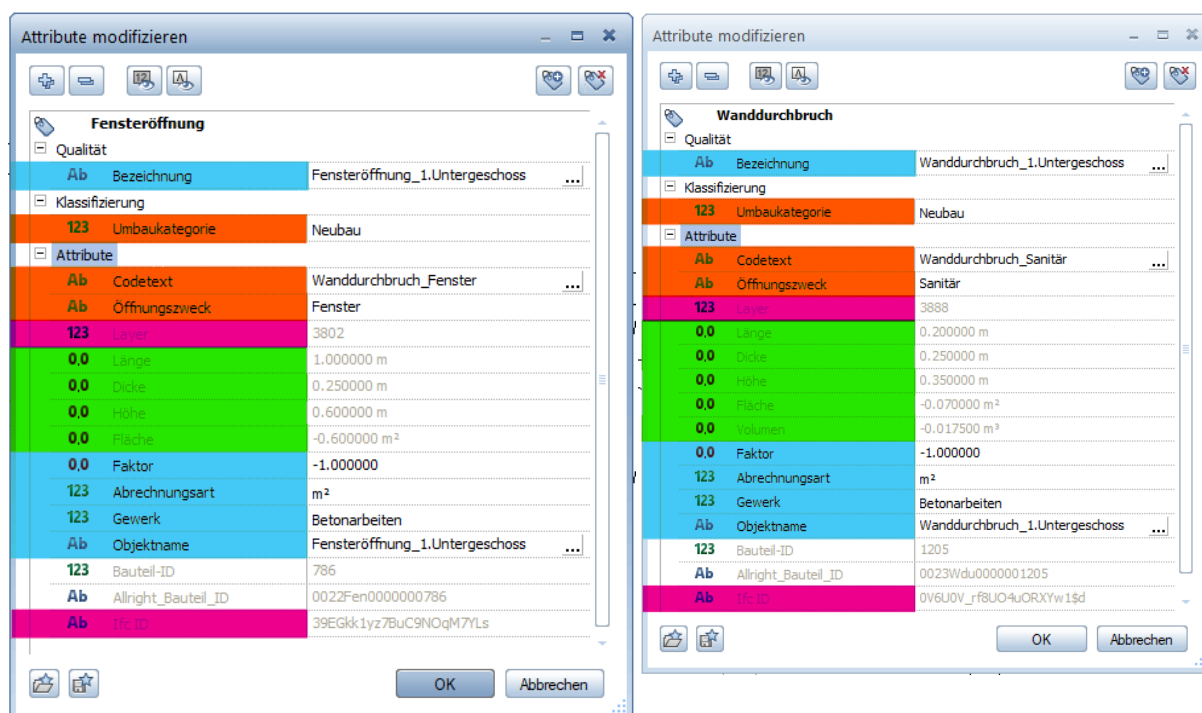


Abbildung 3.10: Attribute der Allplan-Funktionen *Fenster- und Türöffnung* (links) sowie *Durchbruch, Aussparung, Schlitz und Dachflächenfensteröffnung* (rechts)

Auf die Merkmalbelegung der Hierarchiestufen in der Bauwerksstruktur über die allgemeinen Projektattribute wird in Passus 3.2.2 eingegangen.

Das Allplanprojekt wird nach Vollendung der Bearbeitung in dieser Bachelorthesis unter der Bezeichnung *Neubau\_Kindertagesstätte\_im\_Jugendstilpark\_Haar* als PRJ-Datei im Anhang B bereitgestellt. Das darin enthaltene Tragwerksmodell befindet sich auf den Teilbildern 1 bis 50.

## 3.2 Bewertung der Handhabung

Der folgende Textabschnitt befasst sich mit Beurteilung der Software Allplan. Berücksichtigt wird hier einerseits das Arbeitsumfeld an sich sowie das Prinzip der Datenstrukturierung. Andererseits nehmen die Auswahlmöglichkeiten bei den Modellierungstools und darüber hinaus ihre Grenzen hinsichtlich des geometrischen Konstruktionsprozesses Einfluss. Des Weiteren wird auf die Eignung des Programms als BIM-Modellierungsplattform eingegangen, indem der Umgang mit den semantischen Eigenschaften, die ausschlaggebend für ein BIM-fähiges Gebäudedatenmodell sind, beleuchtet wird.

### 3.2.1 Positive Aspekte

Zuerst werden die positiven Erfahrungen bei der Gestaltung des digitalen Bauwerkspendants vorgestellt. Das CAD-Programm bietet eine Reihe an Werkzeugen, die den



Einstieg in das Arbeiten damit vereinfachen, den effizienten Workflow während des Konstruktionsgeschehens gewährleisten und die Handhabung von Änderungen erleichtern.

Allplan gestattet dem Nutzer viel Freiheit bei der Einrichtung des Arbeitsumfeldes. Das betrifft zum einen Anzahl, Inhalt und Größe der Grafikfenster, die als Modellierungszonen dienen, und zum anderen die Anordnung der Funktionen. Im Kita-Projekt wird mit drei Fenstern, einem Grundriss, einer Schnittdarstellung und einer 3D-Animation, gearbeitet (vgl. Abbildung 3.11). Hierdurch kann jedes Element, besonders solche, die im Grundriss von einem anderen verdeckt werden, erreicht, betrachtet und auf eine fehlerhafte Gestalt überprüft werden.

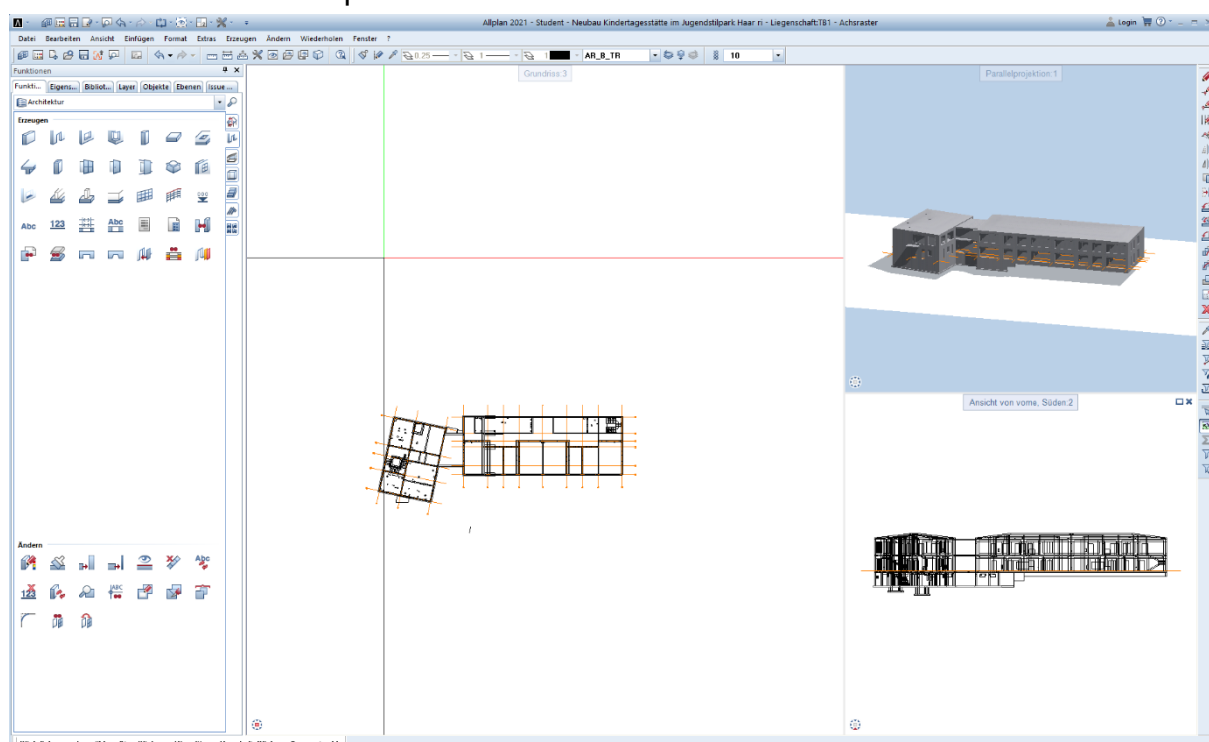


Abbildung 3.11: Arbeitsumfeld im Projektbeispiel

Als weiterer unterstützender Faktor hat sich die in Unterkapitel 3.1.1 dargelegte Auffächerung der Daten auf Teilbilder und additional auf Layer erwiesen. Diesbezüglich orientieren sich die Teilbilder an einer hierarchischen, die Layer hingegen an einer bauteilspezifischen Objektkategorisierung. Im Zusammenspiel mit den bereits geschilderten Aktivierungszuständen ist im Hinblick auf die Sichtbarkeit sowie Darstellungsart von Modellkomponenten und deren Bearbeitbarkeit eine Vielzahl an Variationen gegeben. So können verschiedene Bauteiltypen, die auf demselben TB liegen, über die Layerauswahlen unterschiedliche Status aufweisen.

Ein anderer brauchbarer Aspekt, mit dem Arbeits- sowie Zeitaufwand minimiert werden können, ist der Einsatz von Favoriten bezogen auf die Merkmalszusammenstellungen

im Reiter Attribute. Dabei werden individuelle Eigenschaftenpakete für alle in der Kita vorhandenen Bauteiltypen geschaffen und als Allplan Favorites - Dateien abgespeichert. Bei modifizierbaren Informationen besteht die Option, diese mit vordefinierten Werten zu besetzen. Dies lohnt sich vor allem im Zusammenhang mit gleichbleibenden Eintragungen, wie etwa Stahlbeton als Material beim Neubau der Kindertagesstätte. Alle für das Projektbeispiel entstandenen Favoriten sind als Allplan Favorites - Dateien im Ordner Favoriten\_Allplan des Anhangs B abgelegt.

Gleichermaßen erspart die Höhenanbindung von Konstruktionselementen an die im Ebenenmodell festgelegten Zonen enorm an Aufwand und Zeit. Für Modellanpassungen aufgrund von Höhenänderungen, die während des Workflows fällig werden, müssen lediglich die betroffenen Faktoren im Ebenenmanager manuell angeglichen werden. Alle Objekte, die mit den überarbeiteten Parametern verknüpft sind, werden automatisch aktualisiert. Ferner bietet das Konzept der Ebenen erhöhte Flexibilität, da die Bauteile stockwerkunabhängig an jede beliebige Fläche im Manager gebunden werden können (vgl. Abbildung 3.12). Aus diesem Grund kann ganz einfach geschossübergreifend, das heißt außerhalb der in der BWS definierten Etagen, modelliert werden.

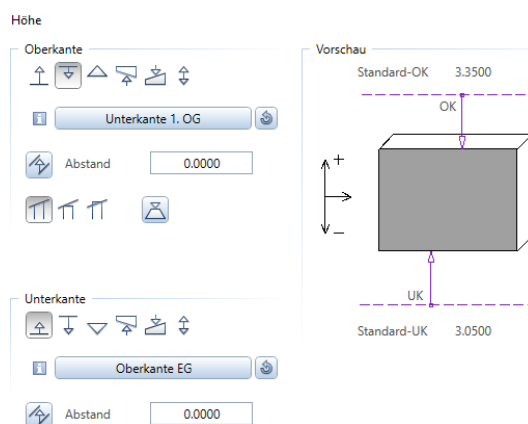


Abbildung 3.12: Höhenanbindung an das Ebenenmodell für die Decke über dem Erdgeschoss

In Bezug auf das Ebenenmodell wird im Folgenden explizit das Tool Bezugsfläche und dessen spezielle Vorzüge sowie vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten offengelegt. Zunächst einmal werden Bezugsflächen über dreidimensionalen Flächen erzeugt. Der Vorteil im Gegensatz zu den anderen Höhenlagen im Ebenenmanager ist, dass diese dabei nicht zwingend eben sein müssen. Sie können überdies gekrümmt, rund sowie schräg geformt sein. Des Weiteren kann bei der Herstellung eines solchen Profils mit

allen Werkzeugen, die im Hinblick auf eine dreidimensionale Modellierung zur Verfügung stehen, gearbeitet werden. Hierbei ist einerseits die Rede von Konstruktions-tools, wie 3D-Flächen sowie -Körper, und andererseits von Instrumenten, die zu deren Modifikation dienen, beispielsweise Boolesche Operationen. Beim Zusammenfügen mehrerer dreidimensionaler Flächen zu einer einzigen ist zu erwähnen, dass sich diese nicht unbedingt gegenseitig berühren müssen. Das ermöglicht Sprünge innerhalb einer Bezugsfläche. Folglich sind der Gestaltung solcher Höhenanbindungseinheiten nahezu keine Grenzen gesetzt. Ein geeignetes Beispiel, um die Variationsmöglichkeiten zu veranschaulichen, ist die Stahlbetondachdecke über dem 1. Obergeschoss. Diese umfasst zwei separate Walmdächer, die sich jeweils über den gesamten Bauwerksteil A bzw. B erstrecken, und ein horizontales Verbindungsdach dazwischen. In der Abbildung 3.13 ist die Bezugsfläche für die beiden Walmdächer aufgeführt. Die grünen Linien spiegeln den Verlauf der Fläche, einerseits im Grundriss des betreffenden Stockwerks (vgl. oberes Bild) über die seitlichen Begrenzungen und die Neigungsänderungen, welche dem Dachgrat entsprechen, und andererseits im Schnitt 1-1 (vgl. unteres Bild) entlang der Unterkante des Walmdachgefüges, wider.

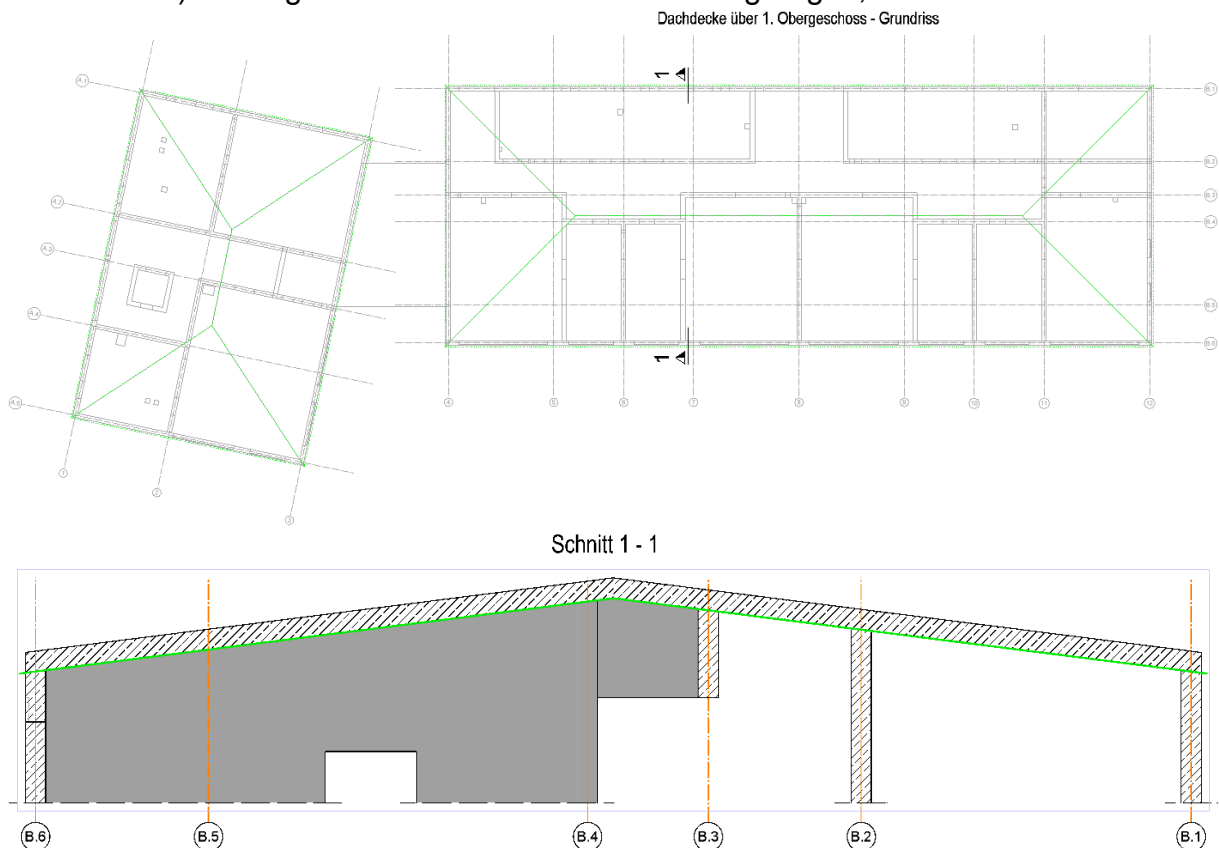


Abbildung 3.13: Verlauf der Bezugsfläche der Walmdächer der Gebäude A und B im 1. Obergeschoss  
Insgesamt besteht die Bezugsfläche aus acht gesonderten, geneigten 3D-Flächen, welche mit der Booleschen Funktion Körper vereinigen verschmolzen und letztendlich

in das besagte Anbindungsprofil umgewandelt wurden. Dass die dreidimensionalen Schrägen für das Gebäude A nicht direkt mit denen für das Gebäude B zusammenhängen, spielt dabei keine Rolle. Die Flächen wurden etwas über die Außenkanten des Bauwerks hinausgezogen, um Spielraum bei der Modellierung zu gewährleisten. Des Weiteren werden an die Bezugsfläche alle raumhohen Elemente des 1. Obergeschosses gebunden, so schließen diese stets an der Dachkonstruktion an.

Zum Abschluss wird auf die Nutzung der Architekturbauteile eingegangen. Deren Funktionsweise ist schnell und einfach zu verstehen. Die Einstellungsmöglichkeiten im Eigenschaftendialog sind deutlich und unmissverständlich. Im Hinblick auf das Gesamtmodell und seine Stimmigkeit ist es vorteilhaft, dass hier Angaben zum Verhalten an Treffpunkten mit benachbarten Modellelementen beschrieben werden können, wie beispielsweise der automatische Bauteilanschluss und eine dynamische Wechselwirkung. Letztere bedeutet, sich kreuzende Objekte stanzen sich gegenseitig aus. Ein weiterer Pluspunkt diesbezüglich ist, dass diese Definitionen bei Umgestaltungen automatisch angeglichen werden.

### 3.2.2 Schwachstellen

In der vorangegangenen Textpassage wurden diverse Vorzüge des CAD-Systems Allplan präsentiert, die das Entwerfen eines qualitativvollen Building Information Model unterstützen. Dennoch gibt es ein paar Schwachstellen, die zu Problemen sowohl beim Konstruktionsprozess selbst als auch im Zusammenhang mit den semantischen Eigenschaften des digitalen Abbilds führen. Im Folgenden werden diese Konfliktpotenziale konkretisiert.

Zunächst weist ein Bauteil, das mit der Funktion *Decke* oder *Dachhaut* erstellt wurde, über die gesamte Länge eine gleichbleibende Dicke auf. Das führt an zwei Positionen im Bauwerkspendant der Kita zu Schwierigkeiten. Hierbei handelt es sich um die beiden Schnittbereiche der Verbindungsdachdecke mit den Walmdächern über Gebäude A und B. Die Grafik 3.14 zeigt die geographische Lage der Problemzonen. Im unteren Bild ist zu erkennen, dass sich die betroffenen Konstruktionseinheiten nicht direkt berühren und jeweils ein kleiner, trapezförmiger Höhenversatz (pinke Kennzeichnung) zwischen den Dächern entsteht. Jener wird im Zuge der Ausführungsphase beide Male mit den Walmdächern betoniert und ist demnach ein Bestandteil des Daches. Doch aufgrund der oben beschriebenen Komplikation in Bezug auf die konstante Dicke, lässt sich das Stück nicht mit der geeigneten Architektur-Funktion *Dachhaut* konstruieren.

Gelöst wird die Problematik, indem die unterhalb der Stahlbetondachdecken liegenden Wände, ebenfalls im Schnitt 1-1 ersichtlich, mit ihren Oberkanten bis zu den Unterkanten der Walmdächer verlängert und im Bereich der Verbindungsdecke ausgestanzt werden. Dadurch wird eine schlüssige Konstruktion sichergestellt. Der Nachteil ist, dass die Bauteiltypen- und ihre Mengenangaben nicht einwandfrei sind. Zumal die maximale Höhe der Versätze allerdings nur vier Zentimeter beträgt, fällt dies im Hinblick auf das Gesamtmodell nicht ins Gewicht und kann daher vernachlässigt werden.

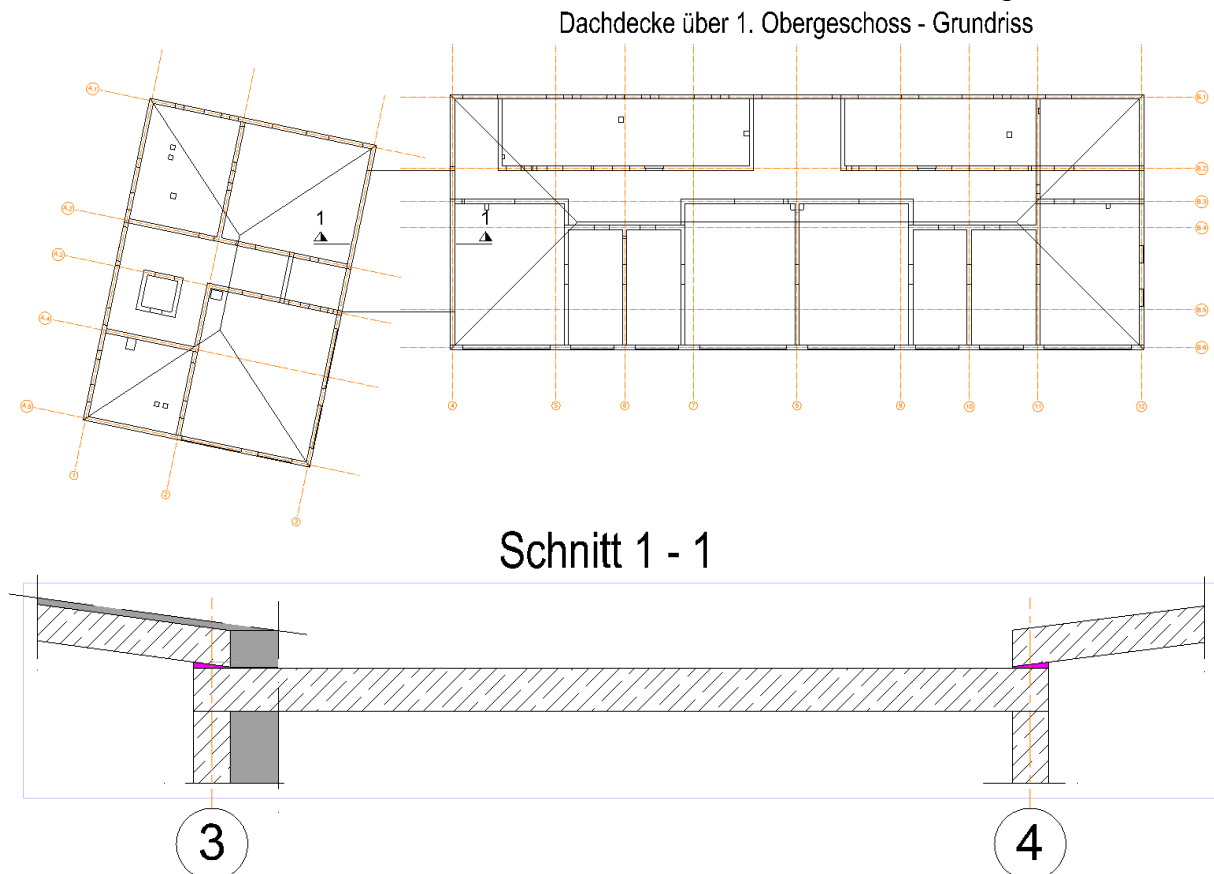


Abbildung 3.14: Darstellung der Höhenversätze zwischen Walmdächern und Verbindungsdachdecke über dem 1. Obergeschoss

Einen hinzukommenden Reibungspunkt bringt die Treppenmodellierung mit sich. Allplan 2021 stellt hierfür drei verschiedene Erzeugungstools bereit: *Treppenassistent*, *Auswahl der Treppengrundrissform*, *Treppenmodellierer*. Da es sich bei den Treppen der Einrichtung nicht um Fertigbauteile, sondern um eine Ortbetonherstellung handelt, ist eine exakte 3D-Beschreibung und anschließende Darstellung in den Schalplänen unumgänglich. Mit einer Gestaltung über die ersten beiden genannten Optionen kann diesem Anspruch nicht gerecht werden. Auf der einen Seite bieten diese nicht genug Freiraum bezogen auf die Auflagerausprägungen im Decken- bzw. Podestbereich und auf der anderen Seite kann nur eine begrenzte Anzahl an Maßangaben vorgegeben

werden, woraufhin die Software daraus selbstständig eine standardisierte Treppenabbildung errechnet. Aus diesen Gründen kommt nur der *Treppenmodellierer* in Frage. Hier besteht die Möglichkeit eine Vielzahl an Variablen, wie die Steigung, die Auftrittsbreite oder auch das Vorhandensein von Antritts- und Austrittsstufen, anzugeben. Besonders erwähnenswert ist die Freiheit hinsichtlich einer präzisen Ausarbeitung der Treppenaufleger. Zur Veranschaulichung ist diese in Abbildung 3.15 für die Einviertelpodesttreppe im 1. Untergeschoss des Gebäudes A repräsentativ dargestellt.

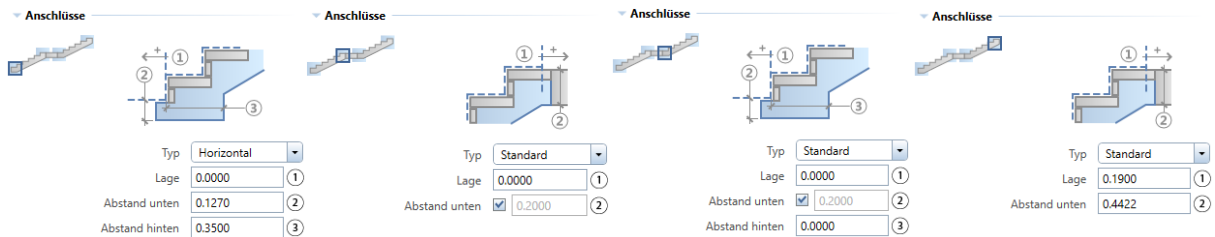


Abbildung 3.15: Auflagerausbildungen der Einviertelpodesttreppe im 1. Untergeschoss des Gebäudes A

Hierdurch kann die Beispieltreppe passgenau im Modell und darüber hinaus in daraus abgeleiteten Schnitten wiedergegeben werden (vgl. Abbildung 3.16).

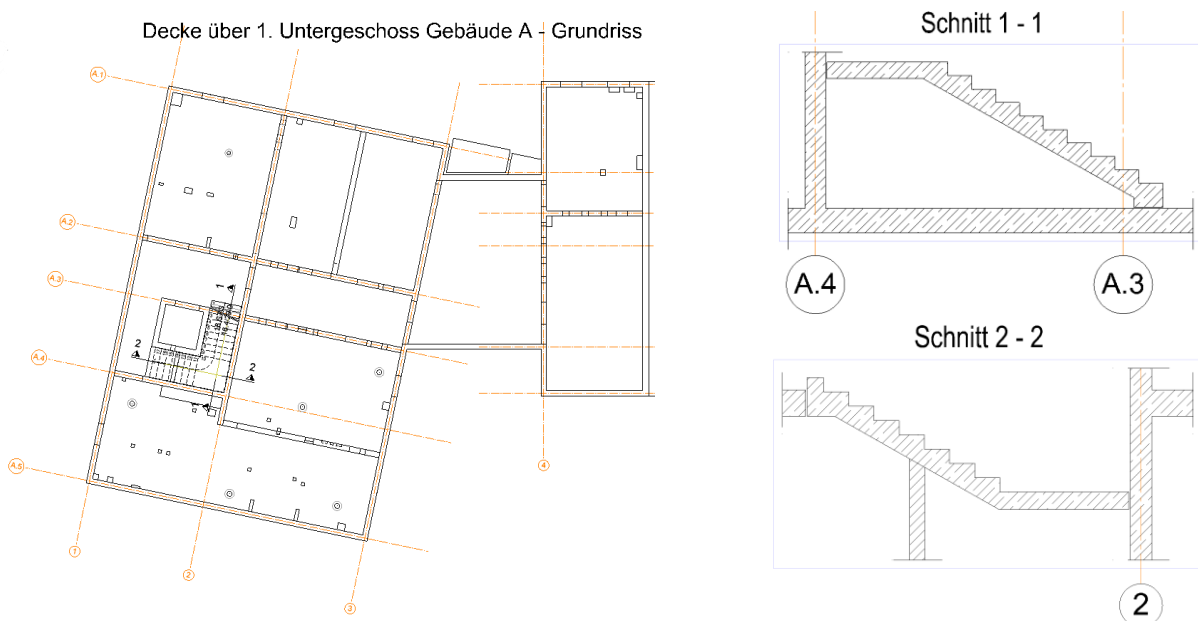


Abbildung 3.16: Darstellung der Einviertelpodesttreppe im 1. Untergeschoss des Gebäudes A

Die Schwachstelle des *Treppenmodellierers* liegt bei seiner Informationstiefe, die für ein qualitativ hochwertiges Gebäudedatenmodell von großer Bedeutung ist. Im Gegensatz zu den anderen beiden Treppenfunktionen wird ein mit dem Modellierer konstruiertes Bauteil als Makroverlegung und nicht als Treppe klassifiziert. Programm intern stellt das ein Problem dar, da die Treppen im Hinblick auf die Reports, welche der Mengenermittlung innerhalb der Software entsprechen, nicht ausgewertet werden kön-

---

nen (Philipp, 2020). Während bei den anderen zwei Werkzeugen maßgebende Attribute, wie die Anzahl der Auftritte und der IfcObjectType, automatisch vom System angehängt werden, müssen diese beim Modellierer manuell hinzugefügt und bewertet werden. Das führt zum Abwiegen von Prioritäten in Bezug auf die Treppenanfertigung. Zumal im vorliegenden Projektbeispiel die stimmige Konstruktion vorrangig ist und die notwendigen Eigenschaften mit etwas Aufwand nachträglich ergänzt werden können, überwiegen hier die Vorteile des *Treppenmodellierers*. Ein weiteres Defizit, das alle drei Funktionen teilen, ist, dass Höhenbezüge ausschließlich über absolute Koten definiert werden können. Eine Einbindung in das Ebenenmodell ist ausgeschlossen.

Im Laufe der anschließenden Modellprüfung ergeben sich noch einige Kritikpunkte hinsichtlich der semantischen Faktoren des Bauwerksmodells. Diese werden im Passus 4.3 vorgestellt.

Alle Schnittdarstellungen, die während der Softwarebewertung in Form von Abbildungen zum Einsatz gekommen sind, liegen auf den Teilbildern 61 bis 63 des im Anhang B beigefügten PRJ-Formats *Neubau\_Kindertagesstätte\_im\_Jugendstilpark\_Haar*.

## 4 Überprüfung eines IFC-Modells mit Solibri

### 4.1 Export eines IFC-Schemas aus der nativen Software

Nachdem die Anfertigung des Gebäudedatenmodells für das Neubauprojekt abgeschlossen ist, wird in diesem Kapitel ein Open BIM Workflow inszeniert. Wie eingangs verdeutlicht, wird dafür der offene und herstellerneutrale IFC-Standard benötigt. Aktuell befindet sich das Bauwerkspendant in der nativen Softwareumgebung und liegt dort im proprietären Datenformat, zerlegt nach dem Mehrdateien-Prinzip, vor. Um alle relevanten Bauteile geometrisch korrekt und mit deren gesamten Informationsgehalt in ein IFC-Schema der Version 4 zu überführen, unterbreitet Allplan 2021 eine Reihe an Hilfsmitteln. Eine MDV kann allerdings nicht bestimmt werden.

Im ersten Schritt werden die Teilbilder ausgewählt, deren Inhalt in die IFC-Struktur übertragen werden soll. Hier handelt es sich um all diejenigen, die Bestandteile des BIM-Modells enthalten. Das entspricht im Beispielfall allen belegten TB-Dateien des Knotenpunktes Gebäude. Zusätzlich werden die beiden Achsraster als Orientierungshilfe übergeben. Angesichts der Erstellung dieser mit dem Werkzeug *Achsrater*, werden sie als sonstige Elemente deklariert und beim Datenaustausch berücksichtigt (vgl. gelbe Markierung in Abbildung 4.1). Entscheidend ist, dass die gesamten Layer, auf denen sich zu übermittelnde Konstruktionsbestandteile befinden, aktiv geschaltet sind. Der Exportvorgang kann außerdem durch weitere Einstellungen optimiert werden. Es besteht die Möglichkeit, den Dateninput des IFC-Modells ergänzend in Bezug auf die Allplan-Funktionen auszusieben. Im Projektexempel werden die Rohbaukomponenten sowie Objekte, die nicht mit Architekturbauteilen modelliert wurden, wie Makros oder 3D-Körper, eingeschlossen. Ein weiterer, wesentlicher Punkt ist der Transfer von Mengendaten, welcher dafür sorgt, dass die automatisch errechneten Geometrie- werte der Bauteile als deren *BaseQuantities* ausgegeben werden (Niedermaier & Bäck, 2018). Um den Speicherbedarf für die geometrische Beschreibung in der IFC-Struktur so gering wie möglich zu halten, wird dafür die Extrusion in Kombination mit der Boundary Representation und der Freiformgestaltung gewählt. Bei dieser Option werden alle Modellkomponenten, die Standardelementen entsprechen, über Extrusion oder als Festkörper definiert. Lediglich die restlichen, komplexeren Bestandteile ent-



springen der BRep oder gegebenenfalls Freiformkonstruktion. Somit kann jedes beliebig geformte Konstruktionsobjekt korrekt sowie vollständig dargestellt werden und die datenintensiveren Varianten werden nur in Ausnahmefällen angewendet. Eine manuelle Beeinflussung ist dabei nicht möglich. Dieses Prinzip reduziert den notwendigen Speicherplatz auf ein Minimum. Die getroffenen Einstellungen werden anschließend als Austauschprofil abgespeichert, welches bei einem erneuten Export des Gebäudependants genutzt werden kann. Jene Datenkonvertierungsvorlage ist mit dem Namen *IFC\_Export\_Austauschprofil* im Anhang B als NTH-Datei abgelegt.

Im Anschluss an den erfolgreichen IFC-Modelltransfer erscheint ein Übergabeprotokoll (vgl. Abbildung 4.1). In diesem wird die Anzahl der übertragenden Modellkomponenten, zuerst anhand ihrer nativen Bauteiltypen und darauffolgend in Form der ausgegebenen IFC-Objekte, aufgelistet. So kann untersucht werden, ob und auf welche Art die einzelnen Einheiten exportiert wurden. Infolgedessen können Fehler hinsichtlich der Typdefinitionen bereits vor der tatsächlichen Modellprüfung ausgeschlossen werden.

Protokolldatei

Verwendete Attributzuweisungsdatei: <leer>.

Allplan Objekte :

Raum	: 0
Ausbau	: 0
Wand	: 121
Stütze	: 19
Boden- und Deckenplatte	: 3
Dachhaut	: 6
Unterzug	: 38
Fundament	: 18
Möbel und sonst. Ausstattungen	: 0
2D-Elemente	: 0
Öffnung	: 347
Treppe	: 0
Tür	: 0
Fenster	: 0
DGM	: 0
3D-Körper	: 1
Sparren/Pfetten	: 0
Makroverlegung, SmartPart	: 3
Bewehrung	: 0
Sonstige Elemente	: 2
FIW Elemente	: 0

IFC Objekte :

Raum	: 0
Ausbau	: 0
Wand	: 121
Stütze	: 19
Boden- und Deckenplatte	: 10
Dachhaut	: 6
Dachplatte	: 0
Unterzug	: 38
Fundament	: 21
IFC Proxy	: 0
Möbel und sonst. Ausstattungen	: 0
2D-Elemente	: 0
Öffnung	: 347
Treppe	: 4
Tür	: 0
Fenster	: 0
DGM	: 0
Bewehrung	: 0
Sonstige Elemente	: 2

Ignorierte Elemente : 0

Ungültige Objekt Subtypen

HIP_3005_1a	
Decke_1.Obergeschoss	[1w_d91HUP4Rg0EARrLJI_6]
Decke_1.Obergeschoss	[0ZCnhwvPEmgavFXjtnGn]
Decke_1.Obergeschoss	[0WduRbq2j1qhl6u]mp1B6d]
Decke_1.Obergeschoss	[2Exh896ZK380BgYtgH4dEK]
Decke_1.Obergeschoss	[180N_xadTBvu9K2OfHnYnY]
Decke_1.Obergeschoss	[28LJYrgGH5vxZzGIN]kTeE]
Decke_1.Obergeschoss	[0cIx7xshPD4fuwjDEyJUPS]
Decke_1.Obergeschoss	[0vw02gtSTBjQSWY09qY6la]

Drucken OK

Abbildung 4.1: Übergabeprotokoll beim IFC-Export

Die grün markierten Elemente im obenstehenden Dokument repräsentieren das nachträgliche Hinzufügen eines `PredefinedType` während der Modellanfertigung. Die sechs Bodenplatten wurden in der CAD-Software mit der Deckenfunktion konstruiert und anschließend mit dem `IfcObjectSubtype` `BASESLAB` versehen, weshalb ihre Typdefinition im Protokoll von Boden- und Deckenplatte auf Fundament wechselt. Insgesamt enthält die IFC-Struktur acht zusätzliche Bestandteile. Dies liegt an der Übergabeart der beiden Walmdächer der Gebäude A und B im 1. Obergeschoss. Zum einen wird die Gesamtfläche eines Walmdachs als *Dachhaut*, entsprechend ihrer Architekturfunktion, übermittelt. Zum anderen splittet sich ein solches Dach in seine vier schrägen Dachflächen, die zusätzlich als ebene Deckenplatten transferiert werden. Die beiden *Dachhäute* wurden mit dem Subtypen `HIP_ROOF` versehen. Für die ergänzten Decken kann jener aufgrund des differenzierten `IfcObjectType` `IfcSlabStandardCase`, der die Unterklassifizierung `HIP_ROOF` nicht besitzt, nicht übernommen werden (siehe Hinweis am Ende des Übergabeprotokolls).

Die blauen Kennzeichnungen beziehen sich auf die Treppenkonstruktionen im Modell und machen gleichzeitig einen der Nachteile des *Treppenmodellierers* deutlich. Wie in Absatz 3.2.2 erläutert, werden die Treppen in diesem Fall nicht als solche deklariert, sondern als Makroverlegung. Durch das spätere Anheften des `IfcObjectType` `IfcStair` werden die Bauteile beim Exportvorgang dem richtigen Typen zugeordnet und im IFC-Schema unter der richtigen Bezeichnung hinterlegt. Dies gilt analog für den Mengenkörper (im Protokoll als 3D-Körper beschrieben), der für die richtige, dreidimensionale Ausprägung des Treppenantritts im Erdgeschoss des Gebäudes A zuständig ist.

Bei allen anderen Elementen wurde der `ObjectType` nicht modifiziert, wodurch die Typzuweisung gleichbleibt.

Die konvertierte IFC-Datei wird im Anhang B unter der Bezeichnung *Neubau\_Kindertagesstätte\_im\_Jugendstilpark\_Haar\_erste\_Prüfung* bereitgestellt.

## 4.2 Tragwerksmodelluntersuchung mithilfe von Solibri

Das Ziel eines optimalen Open Bim Workflows ist die Verwendung eines Building Information Models über den gesamten Lebenslauf eines Bauwerks hinweg. Aus diesem Grund ist eine qualitativ hochwertige Ausarbeitung eines solchen unumgänglich. Um ein erhöhtes Qualitätsniveau für das Gebäudependant der Kita zu gewährleisten, wird das erschaffene IFC-Modell im Folgenden in der Software Solibri beleuchtet.

Zu beachten ist die richtige Auswahl der *Disziplin*, da die Modellüberprüfung im weiteren Verlauf anhand vordefinierter Regeln abläuft und nur unter korrekter Disziplinangabe optimale Ergebnisse liefert (Solibri, 2018). Zumal es sich bei dem vorliegenden Projektbeispiel um das Tragwerksmodell handelt, wird die *Statikdisziplin* bestimmt.

#### 4.2.1 Visualisierung des Modellinhalts

Der Bereich *Modell* ist in drei Fenster aufgeteilt. Eines davon, siehe Abbildung 4.2, beinhaltet die dreidimensionale Animation des BIM-Modells.

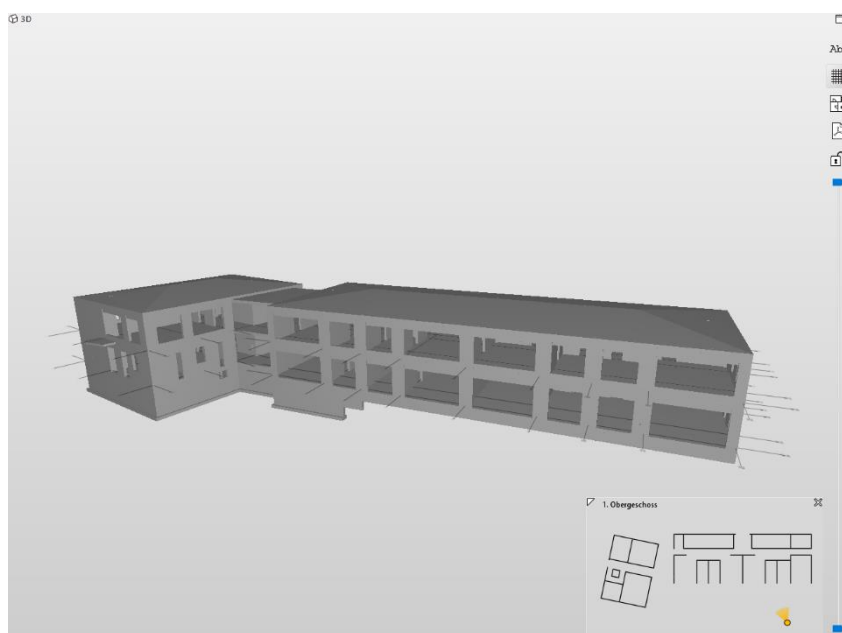


Abbildung 4.2: 3D-Animation des BIM-Modells der Kita

In diesem besteht die Möglichkeit, das digitale Abbild der Kita genauer zu inspizieren und eventuelle Unstimmigkeiten bereits vor der regelbasierten Prüfung zu erkennen. Um eine optimale Visualisierung, auch im Inneren des Modells, zu begünstigen, stellt das System eine Vielzahl an Tools zur Verfügung. Zunächst einmal schaffen die Optionen einer Grundrissdarstellung mit Geschossauswahl (vgl. Bild 4.2 unten rechts) und des Einblendens der Achsraster eine wesentliche Grundlage für eine gute Orientierung, besonders für Dritte. Zu den üblichen *Zoom*-, *Dreh*- und *Verschiebefunktionen* innerhalb der 3D-Ansicht kommen weitere Werkzeuge hinzu, um sich im Modellinneren einen Überblick zu verschaffen. Mit der Funktion *Gehen* ist es möglich, sich im Gebäude fortzubewegen und sogar Treppen zu steigen. Dadurch kann jeder Raum und jedes Bauteil besichtigt werden. Darüber hinaus gibt es zahlreiche Gadgets, um einzelne Konstruktionskomponenten bzw. gesamte Stockwerke sichtbar, unsichtbar oder transparent zu schalten. So kann vor allem bei komplexen Bauwerken eine ideale Übersichtlichkeit erhalten bleiben. Des Weiteren können entweder im Gesamtmodell

oder innerhalb ausgewählter Bauteile Schnitte angefertigt werden. Möglich sind bis zu sechs Schnittebenen gleichzeitig, wobei diese in alle Richtungen modifizierbar sind und somit jede beliebige Lage im Koordinatensystem beziehen können.

Das zweite Grafikenfenster bildet die *Modellstruktur*, welche auf unterschiedliche Arten angezeigt werden kann, ab. Im Bild 4.3 wird die Bauwerksstruktur des IFC-Schemas mit ihren Hierarchiestufen dargestellt.

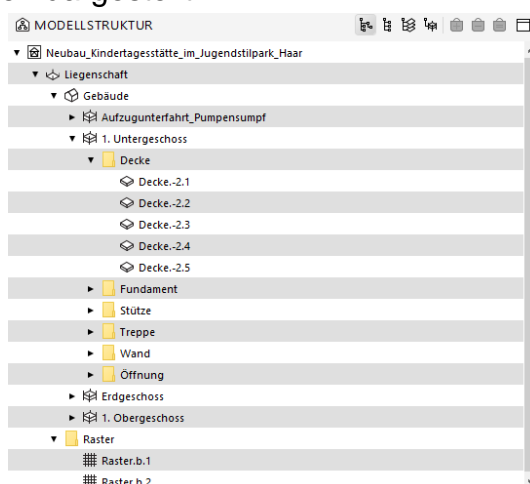
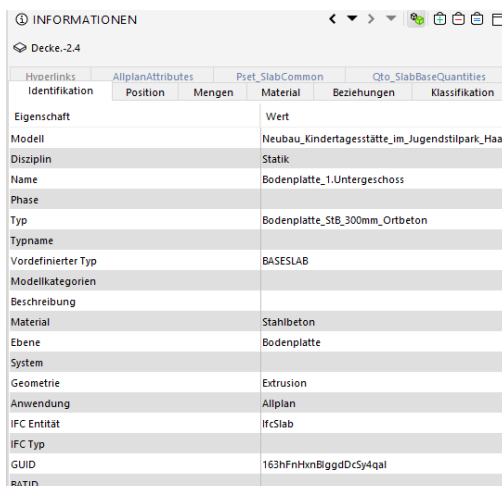


Abbildung 4.3. Bauwerksstruktur des IFC-Modells

Die einzige Abweichung zur BWS im nativen CAD-Programm ist die Aufteilung innerhalb der jeweiligen Geschosse, welche im Solibri Model Checker anhand der darin enthaltenen Bauteiltypen erfolgt. Jede Modellkomponente wird bezüglich ihres Typen durchnummeriert. Ferner kann die Datei über Layer, Geschosse oder Typen, ohne Berücksichtigung der hierarchischen Gliederung, geordnet werden. Außerdem können über die *Modellstruktur* die Sichtbarkeit und Anwahl von Objekten gesteuert werden.

In den *Informationen* wird der gesamte Dateninput eines ausgewählten Elements (entweder über die 3D-Animation oder über die *Modellstruktur*) offengelegt. Dieser unterteilt sich in verschiedene Reiter. Darunter sind neben dem *PSetCommon* und den *AllplanAttributes* (eigenständig hinzugefügte bzw. von der nativen Plattform vorgegebene Merkmale) obendrein die automatisch errechneten, zuvor nicht explizit in der Attributenliste vermerkten *BaseQuantities* und deren Bewertung sowie die *Beziehungen* aufgelistet und einsehbar. Die Spalte *Identifikation* (vgl. Abbildung 4.4 exemplarisch für die Bodenplatte im 1. Untergeschoss) umfasst die grundlegenden Wesenszüge eines Konstruktionsbestandteils, wie den *IfcObjectType*, gegebenenfalls mit *PredefinedType*, die *GUID*, die geometrische Beschreibung oder das *Material*. Mit der *Filterfunktion* kann nach bestimmten Eigenschaften bzw. deren Werte gesucht werden.

Diesbezüglich betroffene Bauteile werden dann in der Modellansicht wiedergegeben. Das vereinfacht den Umgang mit und die Kontrolle der Informationsvielfalt innerhalb eines Projektes.



INFORMATIONEN					
Decke.-2.4					
Hyperlinks	AllplanAttributes	Pset_SlabCommon	Qto_SlabBaseQuantities		
Identifikation	Position	Mengen	Material	Beziehungen	Klassifikation
Eigenschaft			Wert		
Modell			Neubau_Kindertagesstätte_im_Jugendstilpark_Haar		
Disziplin			Statik		
Name			Bodenplatte_1.Untergeschoss		
Phase					
Typ			Bodenplatte_StB_300mm_Ortbeton		
Typname					
Vordefinierter Typ			BASESLAB		
Modellkategorien					
Beschreibung					
Material			Stahibeton		
Ebene			Bodenplatte		
System					
Geometrie			Extrusion		
Anwendung			Allplan		
IFC Entität			IfcSlab		
IFC Typ					
GUID			163hFnHxnBggdDc5y4qal		
BATID					

Abbildung 4.4: Identifikation der Bodenplatte im 1. Untergeschoss

#### 4.2.2 Modellprüfung anhand von Regelsätzen

Die Visualisierung im *Modellbereich* ist sinnvoll, um sich mit der IFC-Datei vertraut zu machen und sich einen ersten Überblick zu verschaffen. Allerdings sind die meisten BIM-Modelle so komplex, dass nicht alle Fehler herausgefiltert werden können. Zudem können mit dem bloßen Auge gewisse Mängel nicht erkannt werden. Deswegen wird im nächsten Schritt eine regelbasierte Modellüberprüfung am Bauwerkspendant durchgeführt. Hierbei steht in erster Linie die Stimmigkeit innerhalb des Gebäudedatenmodells, das heißt die korrekte Anordnung der Bauteile zueinander und zum Gesamtmodell, im Vordergrund. Des Weiteren werden die Gliederung des Modells und die enthaltenen Elemente im Hinblick auf ihre geometrischen Ausmaße untersucht.

Die Arbeitsfläche des Bereichs *Überprüfen* spaltet sich in fünf Zonen, wobei eine davon wieder die dreidimensionale Ansicht übernimmt.

Vor Beginn der Analyse muss eine Rolle, im vorliegenden Fall *BIM-Überprüfung - Struktur*, selektiert werden. Diese umschließt mehrere Regelsätze, die für die Prüfung passend zur Modelldisziplin herangezogen werden können. Im Exempel wird sich für die Sätze *Überschneidungen zwischen Strukturkomponenten*, wobei die Interferenz von benachbarten Bauteilen inspiziert wird, und *BIM-Überprüfung - Struktur*, welcher sich mit dem richtigen hierarchischen Aufbau des Bauwerkspendants befasst, entschieden. Diese öffnen sich nach der Auswahl in der Umgebung *Überprüfen*, und werden dort in einem Ordnersystem gegliedert. Dabei enthalten Regelpakete entweder

weitere, zusammenfassende Ordner oder direkt einzelne Regeln. Bevor das Prüfverfahren gestartet wird, erhält jede Vorschrift einen Geltungsrahmen. Dieser Wertebereich, in welchem die Analyse stattfinden soll, wird über die Definition bestimmter *Regelparameter* festgelegt. Im Fall der *Überschneidungen* aneinandergrenzender Objekte, bei denen auch Duplikate mitinbegriffen sind, ist eine erlaubte Toleranzzone zu vergeben (vgl. Abbildung 4.5). Um ein möglichst hohes Qualitätslevel des Tragwerksmodells zu erreichen, wird bei allen Komponentenarten ein Millimeter in jede Richtung gewählt. Dieser Betrag kann bei der weiteren Nutzung der 3D-Konstruktion vernachlässigt werden, schafft aber gleichzeitig Spielraum für kleine Modellierungsfehler.

Abbildung 4.5: *Regelparameter* für Bauteilüberschneidungen

Im Regelwerk *Komponentenabmessungen* werden Bedingungen für diverse Bauteiltypen bezogen auf ihre geometrischen Expansionen beschrieben. Die Grafik 4.6 gibt die Voraussetzungen für die Stahlbetonwände der Kindertagesstätte, damit diese die notwendige Tragfähigkeit erhalten, wieder. Analog werden solche für Decken inklusive Dächer, Stützen, Unter- bzw. Überzüge und hohe Wände erarbeitet (siehe Anhang A.2).

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Wand	Disziplin	Einer von	[Betonfertigteile, Statik, Stahlk...
Ausschließen	Wand	Material	Einer von	[Mauerwerk 175 mm]

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Wand	Dicke	≥	250 mm
Einschließen	Wand	Dicke	≤	300 mm
Einschließen	Wand	Höhe	≥	750 mm

Abbildung 4.6: *Regelparameter* für Wandabmessungen

Für alle Stahlbetonelemente des Tragwerks ist die Druckfestigkeitsklasse C25/30 erforderlich. Überprüft wird dies über die Vorschrift *Konstruktionstypen müssen aus genehmigter Liste stammen*, indem von allen tragenden Objekten das Allplan-Attribut *Betongüte* Ortbeton mit dem entsprechenden Wert verlangt wird. Als letztes wird die Anbindung eines Modellbestandteils zu dem darüber- bzw. darunterliegenden Element definiert. Die Festlegungen sind wiederum separat für verschiedene Typen zu treffen,

wobei sich die verhängten Toleranzen aufgrund der Qualitätsansprüche gleichen. Die Darbietung 4.7 zeigt exemplarisch die Bestimmungen für oberhalb vorhandene Bauteile, welche analog für Unterhalbliegende gelten.

Fläche der überprüften Komponenten	Oberste Fläche		
Erforderlicher Überdeckung	100 %	Minimaler Überdeckung	0,00 m <sup>2</sup>
Akzeptabler Abstand	0 mm	Akzeptable Überschneidung	0 mm
Oberstes Geschoss beim Überprüfen der oberen Fläche ignorieren	<input type="checkbox"/>	Unterstes Geschoss beim Überprüfen der unteren Fläche ignorieren	<input type="checkbox"/>

Abbildung 4.7: Regelparameter für die Komponentenanbindung an ein darüberliegendes Bauteil

Nachdem alle Voreinstellungen getroffen wurden, wird das IFC-Modell überprüft. Im Anschluss werden die Ergebnisse mittels verschiedener Symbole gegliedert und neben den jeweiligen Regeln präsentiert (vgl. Abbildung 4.8).

The screenshot shows the 'ÜBERPRÜFEN' (Check) window in Solibri Model Checker. The main area displays a tree view of rules. The 'Überschneidungen zwischen Strukturkomponenten' (Overlaps between structure components) section is expanded, showing various rules with status indicators (OK, warning, error). The 'Mängelerkennung' (Defect detection) section is also expanded, showing rules like 'Komponenten unterhalb und oberhalb' (Components below and above) with various status indicators. The interface includes a search bar, a 'Regelsatz: Überprüftes Modell' (Rule set: Checked model) dropdown, and a 'Bericht' (Report) button.

Abbildung 4.8: Ergebnisdarstellung der Modellüberprüfung im Bereich Überprüfen

Entsprechen die untersuchten Modellinhalte den Voraussetzungen einer Regel, wird jene mit einem grünen OK versehen, andernfalls mit einem Dreieck. Die Farbe des Dreiecks spiegelt den Schweregrad des Problems wider. Gelb steht für einen geringen, orange für einen mittleren und rot für einen kritischen. Ein schwarzer Strich weist darauf hin, dass keine Komponenten bzw. Merkmale im IFC-Schema vorhanden sind, die bei der betroffenen Regel kontrolliert werden.

Diese Repräsentation gestattet einen ersten Eindruck. Um allerdings eine exakte Analyse der Komplikationen in Angriff nehmen und im Anschluss eine Entscheidung für



die Handhabung jener treffen zu können, dienen die drei weiteren, im Folgenden erklärten Zonen. Mit der Auswahl einer beliebigen Vorschrift werden deren Resultate auf unterschiedliche Weise in diesen angezeigt und können beleuchtet werden.

Begonnen werden die Inspektion und anschließende Lösungswahl mit *Überschneidungen von Wänden*. Die *Ergebnisübersicht* fächert die Bewertung in die oben genannten Status (vgl. Abbildung 4.9).

Σ ERGEBNISÜBERSICHT <span style="float: right;">🗨️ + Bericht 📄</span>					
	△	△	△	✖	✓
Problemanzahl	5	0	0	0	0
Problemdichte	0.70	0	0	0	0

Abbildung 4.9: Ergebnisübersicht für die Regel *Überschneidungen von Wänden*

Unter den einzelnen Graden werden die Anzahl an Regelverstößen sowie die dazugehörige Dichte, angegeben in Häufigkeit an Verstößen pro tausend Kubikmeter, abgezeichnet (Solibri, 2018). Durch Anwählen der Menge unter einem Symbol werden in der 3D-Ansicht alle involvierten Bauteile isoliert mit den passenden Grundrissen und in der Farbe ihres Schweregrades angezeigt (vgl. Abbildung 4.10).

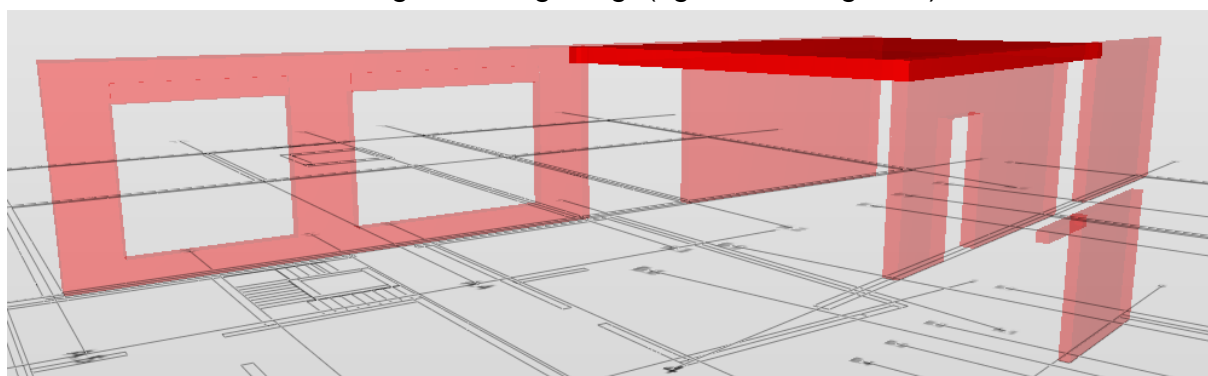


Abbildung 4.10: Darstellung der an den Regelverstößen der Vorschrift *Überschneidungen von Wänden* beteiligten Bauteile in der 3D-Ansicht

Um detaillierte Angaben über die Art der gefundenen Konflikte und eingeschlossenen Objekte zu erfahren, wird das Grafikfenster *Ergebnisse* herangezogen (vgl. Abbildung 4.11). Hier kommt erneut ein Ordnersystem zur Anwendung, bei dem die Vorschrift nochmals in feinere Rubriken unterteilt wird. Bei der aktuell untersuchten Regel findet eine Untergliederung bezüglich der integrierten Komponentenarten, mit denen Wandüberlappungen auftreten, statt. Hinter den Kategorien befinden sich eingeklammerte Zahlen, wobei die vordere für die bereits abgehandelten Komplikationen und die hintere für die Gesamtzahl an aufgetretenen Regelverstößen in der jeweiligen steht (Solibri, 2018).



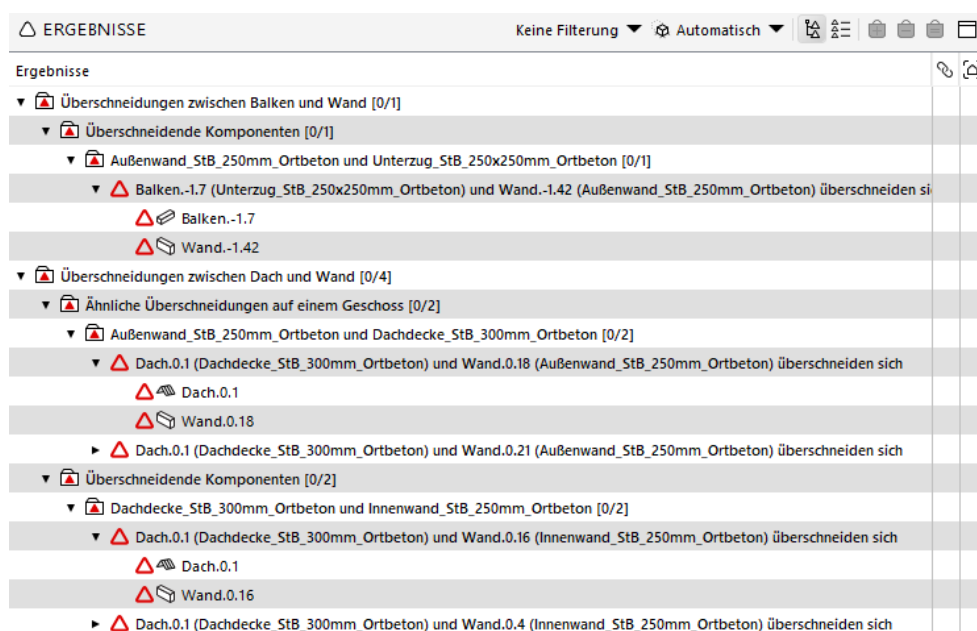


Abbildung 4.11: Regelverstöße der Vorschrift *Überschneidungen von Wänden im Fenster Ergebnisse*

Gefunden wurden vier Unstimmigkeiten mit einer Dachfläche sowie Eine mit einem Unterzug. Die Probleme werden weiter klassifiziert bis letztlich ein Ordner mit dem Zeichen der entsprechenden Prioritätsstufe auftritt.

Dieser listet die dazugehörigen Bauteile auf und zeigt jene gesondert in der Modellvorschau an (vgl. Abbildung 4.12).

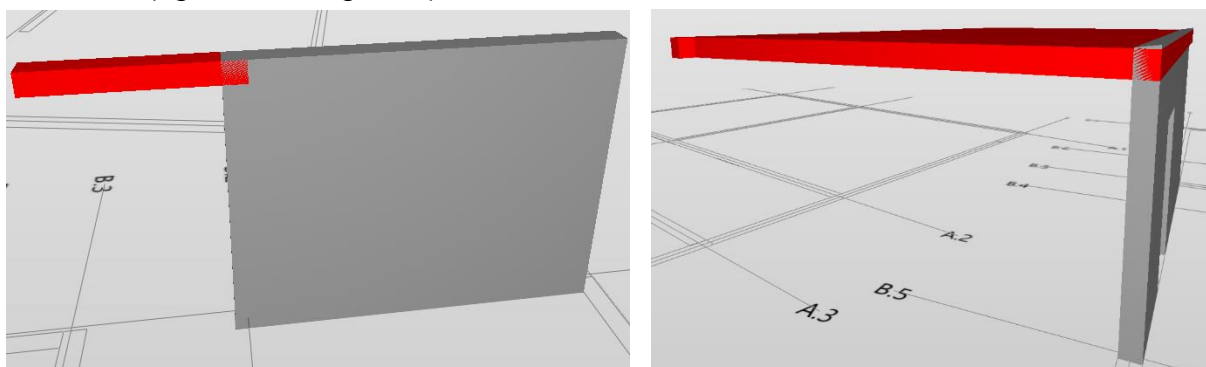


Abbildung 4.12: Überlappung des Balkens-1.7 und der Wand-1.42 im Erdgeschoss (links), sowie die des Daches-0.1 und der Wand-0.4 im 1. Obergeschoss (rechts)

Zugleich erscheint im letzten Feld, der *Information*, eine ausdrückliche Definition des Konflikts und dessen Ausmaße. Exemplarisch wird die passende Fehlerbeschreibung zur Wand-Balken-Kollision in der Grafik 4.13 bereitgestellt.



Abbildung 4.13: Definition des Problems bei der Wand-Balken-Überschneidung im Erdgeschoss

Da die Reibungspunkte nun klargestellt sind, folgt ihre Beurteilung. Es wird eine Entscheidung für die weitere Handhabung an den betroffenen Stellen festgelegt bzw. eine Lösung für die Widersprüche gefunden. Es besteht die Möglichkeit, eine in den Augen von Solibri gegebene Problematik zu akzeptieren, falls es sich hierbei um eine vernachlässigbare oder gewollte Situation handelt. Das bedeutet, ein von der Software definierter Verstoß muss nicht zwingend ein tatsächlicher Mangel im Modell sein. Bei exakter Betrachtung der Kollisionsmaße fällt auf, dass alle fünf Überschneidungen genau den Auflagergrößen der Dachdecke bzw. des Unterzugs gleichen. Dies ist auf die Bauteilprioritäten, die in Allplan vergeben wurden, zurückzuführen. (In der Textpassage 4.3 werden die Kritikpunkte in Bezug auf die BIM-Modellerstellung mittels Allplan 2021 erweitert. Dabei wird unter anderem die Problematik hinsichtlich der Prioritäten im Detail herausgearbeitet.) Die Lösung hierfür bietet eine Modellkorrektur innerhalb des nativen CAD-Programms, indem die Wände Durchbrüche an den Lagerungsstellen für das Dach bzw. den Balken erhalten. Um einen besseren Überblick über bereits abgearbeitete Regelverletzungen zu erlangen, können jene entweder akzeptiert oder zurückgewiesen werden. Im vorliegenden Fall werden alle fünf als inakzeptabel markiert und müssen somit korrigiert werden. Die Urteillfällung macht sich in den unterschiedlichen Ansichten bemerkbar. Der Status wandelt sich in ein rotes Kreuz bei unzumutbaren Unstimmigkeiten bzw. in einen grünen Hacken bei Tolerierten um.

Die nächste Fehlermeldung tritt bei der Anweisung *Konstruktionstypen müssen aus genehmigter Liste stammen* auf. Diese wird gleichzeitig mit dem Problemhinweis der Regel *Erforderliche Komponenten* behandelt, zumal es sich hier um dieselben Bauteilkomponenten und Konfliktursachen handelt. Betroffen ist zum einen die Aufzugschachtwand im 1. Untergeschoss in Achse A.3. Sie besitzt weder einen Konstruktionstypen noch das Attribut *Betongüte Ortbeton* mit dem geforderten Wert C25/30. Mit einem Blick auf die *Informationen* des Elements wird ersichtlich, dass es überdies kein *Pset\_WallCommon* beinhaltet. Die Bewerkstelligung erfolgt über eine Überarbeitung der Wandeigenschaften in Allplan 2021. Zum anderen umfassen die Regelverstöße die bereits in Passus 4.1 zur Sprache gebrachten Deckenplatten, in die sich die beiden Warmdächer geteilt haben. In der Konstruktionsplattform können lediglich der Dachhaut selbst Merkmale hinzugefügt werden. Da diese erst beim Export in ein IFC-Schema aufgespalten wird, können die Eigenschaften der entstandenen Gliederungselemente nicht nachträglich beeinflusst werden. Das heißt die Decken werden ohne

*PSet\_SlabCommon*, *BaseQuantities* und *PSetAdditional* übergeben, lediglich das Property Set *Beziehungen* ist inbegriffen. Diese Komplikation ist allerdings vertretbar und wird genehmigt, da die maßgebenden Informationen bereits in der Dachhaut selbst vorhanden und abrufbar sind. Des Weiteren gibt es einen Widerspruch zwischen den im Gebäudedatenmodell enthaltenen Fundamenten und den *Regelparametern* der Vorschrift *Erforderliche Komponenten*. Trotz der entsprechenden Attributzuweisung Codetext in der nativen Softwareumgebung, wird den Gründungselementen bei der Datenkonvertierung kein Komponententyp zugeschrieben. Zumal selbst das Supportteam von Allplan keinen Grund dafür finden konnte und die Streifenfundamente durch andere Eigenschaften ausreichend gekennzeichnet sind, wird die Problematik gebilligt.

Die restlichen Konflikte beziehen sich auf das Regelpaket *Komponenten unterhalb und oberhalb*. Beteiligt ist einerseits die Mauerwerkswand im 1. Untergeschoss unter der Treppe (vgl. linke Abbildung 4.14).

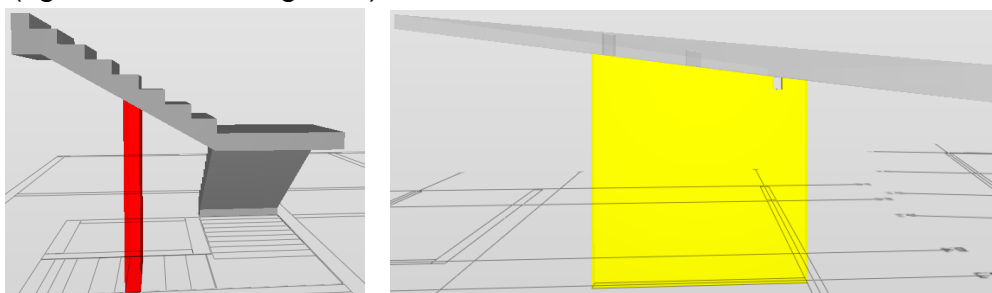


Abbildung 4.14: 3D-Ansicht der Mauerwerkswand im 1. Untergeschoss unter der Treppe (links) und der Wand-0.28 im 1. Obergeschoss (rechts)

Anders als in den Parametern festgelegt, berührt diese die darüberliegende Geschossdecke nicht. In diesem speziellen Fall ist das jedoch Absicht, wodurch der Verstoß gestattet werden kann. Andererseits handelt es sich bei den übrigen Fehlerursachen jeweils um Bauteilaussparungen, die direkt an den oben bzw. unten angrenzenden Objekten liegen (vgl. rechte Abbildung 4.14 exemplarisch für einen Wanddurchbruch unterhalb einer Decke). Dies hat zur Folge, dass die erforderliche, hundertprozentige Überdeckung nicht erreicht wird. Analog zum vorherigen Fall spiegeln derartige Situationen keine Unstimmigkeiten im Bauwerkspendant wider und werden daher für alle involvierten Modellkomponenten legitimiert.

Nachdem alle Ergebnisse der Überprüfung analysiert und abgearbeitet wurden, wird das Building Information Model in Allplan 2021 korrigiert.

Das untersuchte Neubaumodell der Kindertagesstätte befindet sich als SMC-Datei mit der Benennung *Neubau\_Kindertagesstätte\_im\_Jugendstilpark\_Haar\_erste\_Prüfung* im Anhang B.

### 4.2.3 Aktualisierung des IFC-Formats mit erneuter Analyse

Im Anschluss an die Korrekturarbeiten wird das verbesserte Gebäudedatenmodell erneut mit dem angefertigten Austauschprofil in ein IFC-Format exportiert und mittels Solibri kontrolliert. Dadurch wird sichergestellt, dass alle Inkorrektheiten behoben wurden und das BIM-Modell das erstrebte Qualitätsniveau erzielt.

Die zweite Überprüfung wird über eine Projektaktualisierung abgewickelt. Hierzu wird das ursprüngliche IFC-Schema innerhalb des Model Checkers durch die angepasste Variante ersetzt. Alle vordefinierten Einstellungen im Hinblick auf die Regelsätze sowie ihre Parameter liegen weiterhin vor. Das Bild 4.15 zeigt das Resultat des wiederholten Prüfungsdurchlaufs.

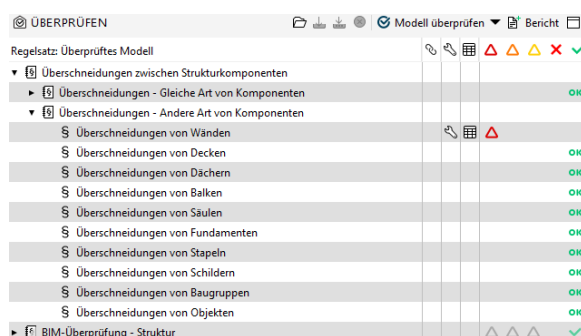


Abbildung 4.15: Resultat der zweiten Modellüberprüfung

Das gesamte Regelwerk *BIM-Überprüfung - Struktur* wird als akzeptabel deklariert, woraus geschlossen werden kann, dass die zurückgewiesene Aufzugschachtwand nun einen Konstruktionstypen sowie das geforderte Attribut Betongüte Ort beton mit dem Wert C25/30 besitzt. Allerdings liegen weiterhin zwei Regelverstöße bei der Vorschrift *Überschneidungen von Wänden* vor.

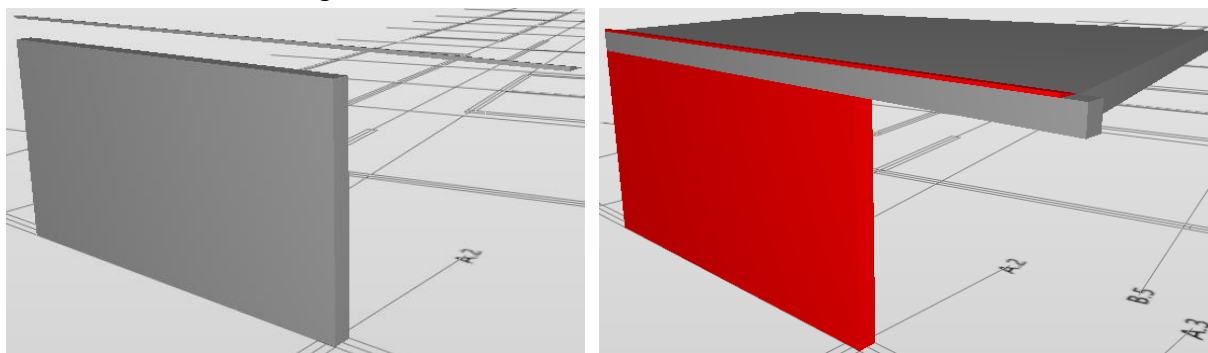


Abbildung 4.16: Wand-0.16 ohne (links) und mit Dach-0.1 (rechts)

Es dreht sich dabei um zwei Stahlbetonwände im 1. Obergeschoss, für die jeweils eine Überlappung mit dem Verbindungsdach bestimmt wurde. Wie in der vorangegangenen Textpassage 4.2.2 angewiesen, wurden für alle Kollisionsbereiche zusätzliche Wandöffnungen als Auflager des Dachs modelliert. Diese Aufgabe wurde auch für die beiden obengenannten Wandbauteile erfüllt, wie in Grafik 4.16, beispielhaft für eine der zwei Wände, zu erkennen ist.

Trotz der vorhandenen Aussparung auf Höhe der Decke nimmt Solibri eine Überschneidung der Objekte wahr. Jene wird auch in den *Informationen* dargelegt, jedoch ohne Volumengehalt (vgl. Abbildung 4.17).

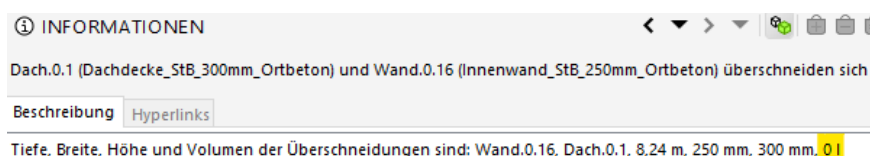


Abbildung 4.17: *Information* zur Überschneidung der Wand-0.16 mit dem Dach-0.1

Zumal bei beiden Fehlermeldungen ein Wanddurchbruch mit den richtigen Abmessungen, der überdies in den *Beziehungen* seines Parent-Elements aufgelistet ist, existiert, werden die Regelverletzungen ignoriert und folglich toleriert (vgl. Abbildung 4.18).

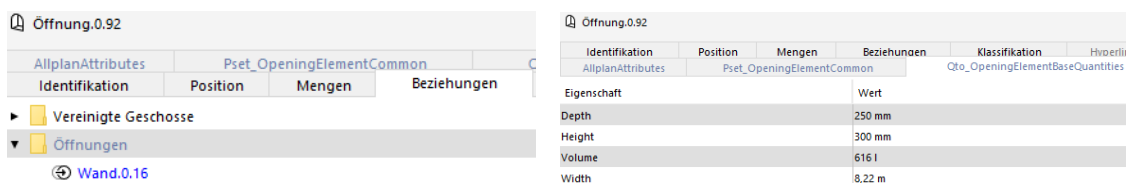


Abbildung 4.18: *Beziehungen* (links) und *BaseQuantities* (rechts) der Öffnung-0.92 in der Wand-0.16

Damit ist die Inspektion der aktualisierten Modellüberprüfung abgeschlossen. Nun besitzt das Bauwerkspendant der Kita ein zufriedenstellendes Qualitätslevel und kann für weitere Anwendungen genutzt werden.

Das zu Beginn des Abschnitts transferierte IFC-Format mit dem Namen *Neubau\_Kindertagesstätte\_im\_Jugendstilpark\_Haar\_Anpassungen* und die SMC-Datei der zweiten Modellanalyse mit der Bezeichnung *Neubau\_Kindertagesstätte\_im\_Jugendstilpark\_Haar\_zweite\_Prüfung* stehen im Anhang B zur Verfügung.

### 4.3 Schwachstellen der Software Allplan im Hinblick auf semantische Merkmale

Im abschließenden Teil des Kapitels werden die bereits in Passus 3.2.2 vorgelegten Schwachstellen bei der Modellkonstruktion mithilfe von Allplan 2021 nochmals aufgegriffen und um die im Zuge der Visualisierung und Überprüfung mit dem Solibri Model Checker entstandenen Kritikpunkte erweitert.

Das Allplanwerkzeug Priorität regelt die Präferenz zwischen sich überschneidenden Bauteilen. Erhält beispielsweise ein Unterzug, der auf einer Wand lagert, eine höhere Prioritätsstufe, wird die Wand automatisch im Bereich der Überlappung ausgeschnitten und es kann auf einen Durchbruch an dieser Stelle verzichtet werden. Ein weiterer, wesentlicher Vorteil hierbei ist, dass sich die Konstruktionselemente bei Änderungen der Abmessungen im Schnittbereich ohne Zutun fügen. Bei einer Aussparung hingegen sind manuelle Modifikationen notwendig, welche zu Fehlern und Zeitaufwand führen können. Wie in der Ergebnisanalyse der Modellprüfung bereits festgestellt wurde, funktioniert dieses Hilfsmittel nicht uneingeschränkt. Die Prioritäten werden nur korrekt erkannt, wenn sich die überlagernden Objekte auf demselben Allplanteilbild befinden. Da dies bei den Verstößen der Regel *Überschneidungen von Wänden* nicht der Fall ist, werden die Vorrechte ignoriert. Folglich identifiziert Solibri an den Interferenzen Kollisionen statt Bauteilausstanzungen.

Ein anderer Schwachpunkt betrifft die Projektattribute, die, wie bereits im Unterkapitel 3.1.1 beschrieben, dem Projekt selbst angehängt werden und im Zuge eines IFC-Exports direkt den Hierarchiestufen der Bauwerksstruktur zugeordnet werden. Der Neubau der Kindertagesstätte wurde mit mehreren Merkmalen, die bei der Datenkonvertierung auf seine Gliederungsebenen verteilt werden sollten, belegt (vgl. Abbildung 4.19).

▼ Gebäudeinformation	
Baujahr (Fertigstellung)	2021
Konstruktionsart/ Tragkonstruktion	Stahlbeton
Bruttogeschossfläche	variiert

Abbildung 4.19: Projektattribute des Neubaus der Kindertagesstätte

Die Attribute Baujahr und Konstruktionsart/Tragkonstruktion gehören zum Gebäude, die Bruttogeschossfläche ist darüber hinaus auch im *Pset\_StoreyCommon* eines Stockwerks vermerkt (Niedermaier & Bäck, 2018). Jedoch enthalten weder die Strukturstufen noch das Gesamtprojekt den aufgezählten Dateninput. Die Knoten der BWS tragen lediglich den korrekten *IfcObjectType* sowie ihre Containerhierarchie in sich. In

der Grafik 4.20 ist exemplarisch der Informationsgehalt der Reiter *Identifikation* (links) und *Beziehungen* (rechts) der Stufe Gebäude dargestellt.

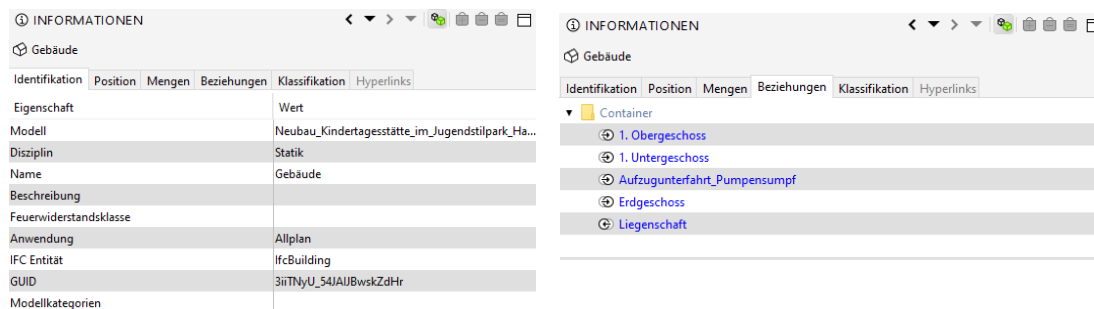


Abbildung 4.20: Informationsgehalt der Strukturstufe Gebäude für die Reiter *Identifikation* (links) und *Beziehungen* (rechts)

Der nächste Aspekt greift nochmals auf das Defizit des *Treppenmodellierers* zurück. Bei der Verwendung dieser Funktion muss die modellierte Treppe manuell mit den notwendigen Attributen und deren Werten, wie zum Beispiel die Anzahl der Auftritte oder die minimale Dicke der Treppenplatte, ausgestattet werden. Ausgenommen davon sind die beiden Eigenschaften *RiserHeight* und *TreadLength* aus dem *PSet\_StairCommon*, welche automatisch an die Treppenkonstruktion vergeben werden. Bei der Visualisierung mit dem Model Checker wurde entdeckt, dass die Bewertung dieser in der falschen Einheit erfolgt (vgl. Abbildung 4.21). Zumal die zwei Merkmale vom nativen CAD-System berechnet werden und nicht zusätzlich in der Eigenschaftenliste der Treppe abrufbar sind, kann kein Einfluss auf die inkorrekte Wertbelegung genommen werden.

Abbildung 4.21 zeigt die Eigenschaftenliste für die Treppe-2.1 im 1. Untergeschoss. Die Eigenschaften sind wie folgt definiert:

Eigenschaft	Wert
FireRating	F90
IsExternal	Falsch
NosingLength	0 mm
NumberOfRiser	18
NumberOfTreads	18
Reference	Treppe_SkB_180mm_Ortbeton
RequiredHeadroom	2,00 m
RiserHeight	16,39 m
Status	Neubau
TreadLength	29,00 m
TreadLengthAtOffset	290 mm
WaistThickness	180 mm
WalkingLineOffset	700 mm

Abbildung 4.21: *PSet\_StairCommon* der Treppe-2.1 im 1. Untergeschoss

Als letzte negative Faktoren, welche im Zuge der Modellanalyse im Abschnitt 4.2.2 ausreichend offengelegt wurden, werden einerseits die fehlende Möglichkeit die Deckenplatten einer gesplitteten Dachhaut mit semantischen Inhalten zu besetzen und andererseits das Nichtvorhandensein der Konstruktionstypen im Fall der Fundamente erwähnt.



## 5 Erstellung eines Schalplans

### 5.1 Konzeptidee für den Planentwurf

In diesem Kapitel dient das Bauwerkspendant der Kindertagesstätte als Hilfsmittel für die Erstellung eines Schalplans in der nativen Softwareumgebung Allplan 2021. Das Ziel dabei ist auf assoziative Werkzeuge, welche die Nutzung von Ableitungen aus dem Gebäudedatenmodell für zweidimensionale Schnittdarstellungen auf dem Planentwurf begünstigen, zurückzugreifen (Verein Deutscher Ingenieure e.V. - Fachbereich Bautechnik, 2018). Manuelle 2D-Konstruktionen werden weitestgehend vermieden und lediglich für Gestaltungsergänzungen verwendet.

Insgesamt ergeben sich für das vorliegende Projekt 15 Schalpläne im Maßstab 1:50 (für jedes Geschoss jeweils ein Grundriss sowie ein bis drei Pläne mit Abbildungen der gesamten Bauteilansichten im Stockwerk). Zumal die Vorgehensweise beim Erzeugen für alle analog abläuft, wird diese im Folgenden anhand des Schnitteplans für die Elemente im Erdgeschoss des Gebäudes A (Schalplan Nummer 9) repräsentiert. Im Bild 5.1 ist die Grundrissdeckenuntersicht der ausgewählten Etage mit den Schnitfführungen, der im Plan 9 abgebildeten Ansichten, dargestellt. Die Zeichnung sorgt für einen optimalen Überblick und ein besseres Verständnis der Raumordnung im Hinblick auf die im weiteren Verlauf hergestellten Schnitte.

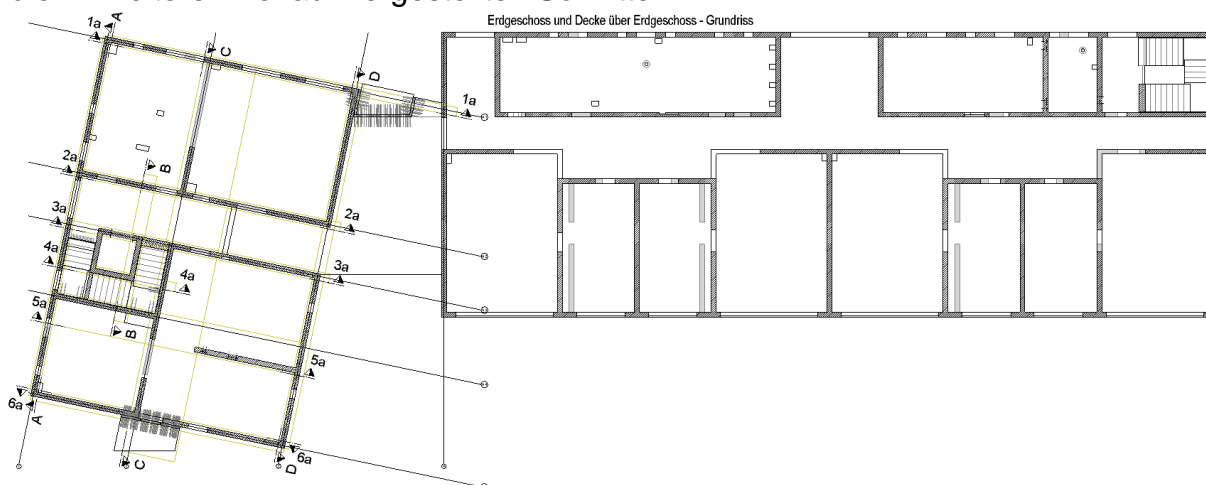


Abbildung 5.1: Grundrissdeckenuntersicht des Erdgeschosses mit den Schnitfführungen der im Plan 9 abgebildeten Ansichten

Durch das Ausnutzen der Assoziativität und ihrer Fähigkeit Ableitungen bei Veränderungen am BIM-Modell automatisch zu aktualisieren, wird zum einen der Arbeitsaufwand während des Schaffungsprozesses sowie im Fall von Anpassungen und zum

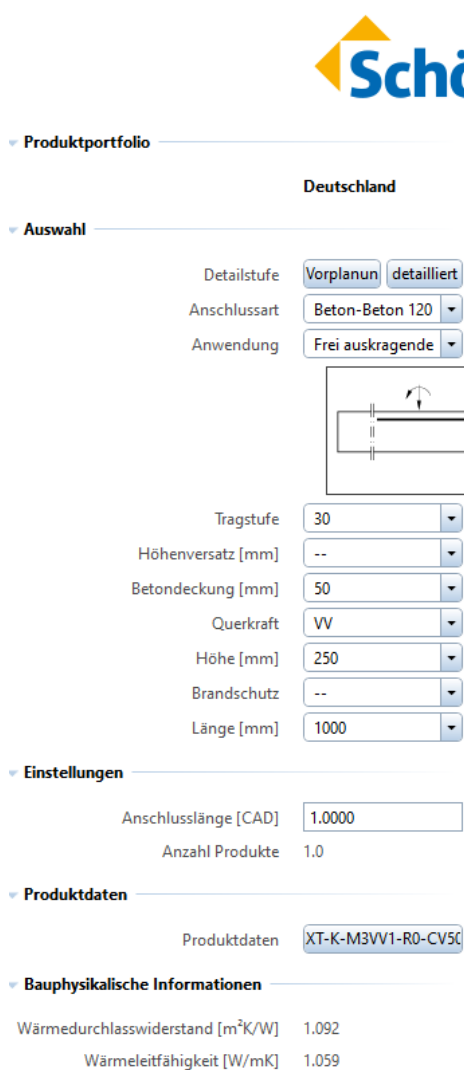


anderen das Fehlerpotenzial minimiert. Das CAD-Programm bietet hierzu eine Vielzahl an Modellierungstools, welche im Nachstehenden zur Anwendung kommen.

## 5.2 Ableitungen aus dem Gebäudependant

### 5.2.1 Dreidimensionale Einbauteile

Im Beispielprojekt werden zur Erfüllung der notwendigen Tragfähigkeit sowie Schallabsorption bestimmter Bauteile mehrere zusätzliche Einbaufertigteile integriert. Hierbei handelt es sich um Isokörbe für die Verbindung von Decken und Balkonen, Tronsolen zur Schalldämpfung und Anknüpfung von Treppen und Rückbiegeanschlüsse zum Kraftschluss zweier Wände. Je nach Hersteller werden unterschiedliche Möglichkeiten geboten, um solche Einbauten in eine CAD-Konstruktion einzugliedern. Einige Firmen greifen dabei noch auf 2D-Zeichnungen in Form von Darstellungen der Bauteile aus verschiedenen Blickwinkeln zurück. Andere jedoch bedienen sich bereits



an der Option, diese als dreidimensionale, intelligente BIM-Objekte zu beschreiben. Sie können in das Gebäudemodell eingefügt und, wie die anderen Elemente, für assoziative Arbeiten verwendet werden. Das Unternehmen *Schöck* geht hier noch einen Schritt weiter und bietet für unterschiedliche Softwareprogramme differenzierte Lösungen für ihre Isokörbe an. Für Allplan stellt es jene als SmartParts zum Herunterladen bereit. (Schöck, 2021b) Diese Gelegenheit wird für das vorliegende Bauvorhaben genutzt. Über das Allmenü kann der Ordner mit SmartParts in das System integriert werden. In der Allplan Bibliothek findet sich nun eine Plattform zur Auswahl des benötigten Produkttyps (vgl. Abbildung 5.2). Die notwendigen Bedingungen werden im oberen Bereich festgelegt, wodurch das Endprodukt automatisch errechnet wird und im Grundriss an der passenden Stelle abgesetzt werden kann. Die Objekte beziehen sich allerdings immer auf absolute Höhen und müssen bei Änderungen manuell ange-

Abbildung 5.2: Plattform zur Auswahl des benötigten Isokorbs

glichen werden. Des Weiteren kann der Detaillierungsgrad in Bezug auf die abgebildeten Bestandteile des Einbauteils gesteuert werden (vgl. Abbildung 5.3).

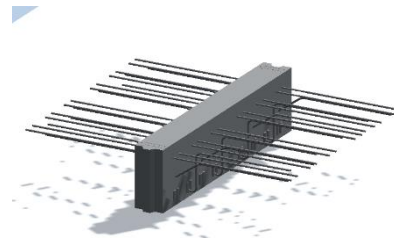


Abbildung 5.3: 3D-Animation eines Isokorb-SmartParts

Die Tronsolen im Neubauprojekt stammen ebenfalls von der Firma *Schöck*. Wiederum bietet der Konzern dreidimensionale Hilfsmittel, jedoch allgemein für alle CAD-Programme als IFC-Struktur. In diesem Fall wird bereits online der zutreffende Produkttyp und Detaillierungsgrad definiert und anschließend im IFC-Format gedownloadet. (Schöck, 2021a) Die Datei wird daraufhin als sonstiges Element in die native Arbeitsumgebung importiert und über die Grundrissansicht an die richtige Position gesetzt. Analog zu den SmartParts sind erneut nur absolute Höhenangaben möglich. Ein Beispiel für die dreidimensionale Darstellung der Tronsole Typ T ist in Abbildung 5.4 zu sehen.

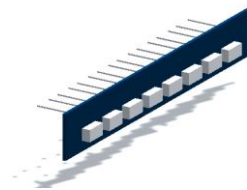


Abbildung 5.4: 3D-Animation einer Tronsole Typ T

Die Rückbiegeanschlüsse werden vom Betrieb *Max Frank* bezogen. Diese stehen jedoch nur als zweidimensionale DWG-Dateien zur Verfügung und werden daher später im Zuge der manuellen Ergänzungen erläutert.

Die SmartParts der Isokörbe sowie die IFC-Formate der Tronsolen sind im Anhang B im Ordner *Einbauteile\_Schalplan* zu finden.

### 5.2.2 Erzeugung assoziativer Schnitte

Nach der Vervollständigung des digitalen Ebenbilds der Kita mit den zuvor beschriebenen Elementen erfolgt nun die Anfertigung assoziativer Schnitte, die als Basis für die im Beispielschalplan enthaltenen zehn Bauteilansichten dienen (vgl. Abbildung 5.1). Da der Ausarbeitungsprozess stets analog verläuft, wird dieser an einem Schnitt

repräsentativ dokumentiert. Ausgesucht wurde der Schnitt C-C, weil in diesem alle Tätigkeiten, die bis zur Fertigstellung einer Ansicht durchgeführt werden müssen, vorkommen und er somit als optimales Paradebeispiel dient.

Im ersten Schritt werden alle Teilbilder, deren Inhalt in der Ableitung enthalten sein soll, aktiv geschaltet. Überdies können jederzeit nachträglich Teilbilder oder einzelne Elemente hinzugefügt bzw. entfernt werden.

Die Erstellung der Objektansichten geschieht mit der Funktion Schnitt generieren, wobei zuerst die Einstellungen für die Schnitfführung festgelegt werden (vgl. Abbildung 5.5).

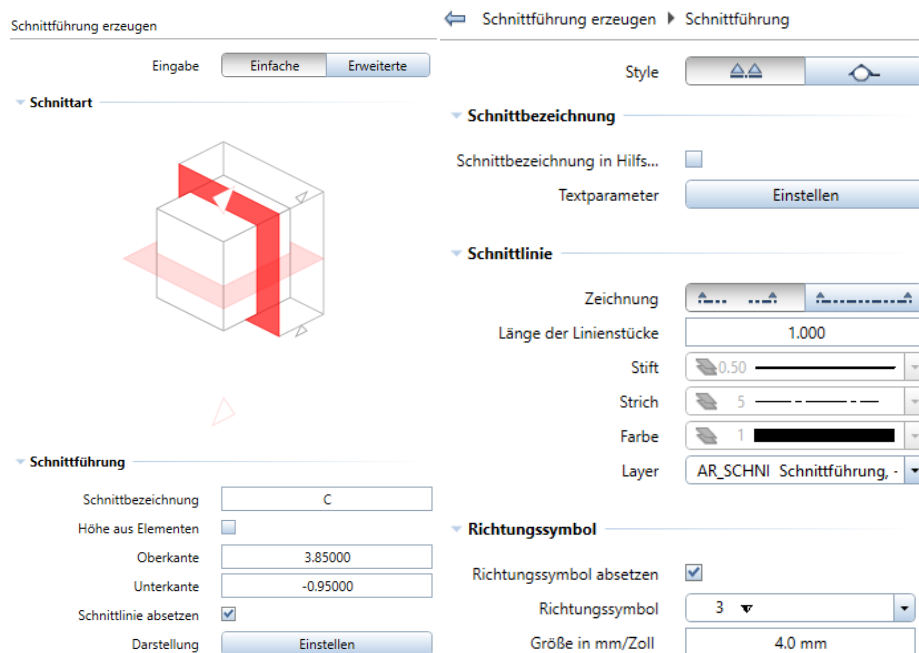


Abbildung 5.5: Erzeugung einer Schnittführung

Im linken Bild der Abbildung 5.5 werden allgemeine Rahmenbedingungen für den Schnitt, wie die Richtung, die Bezeichnung und das Höhenausmaß, im rechten die Formateigenschaften der Schnittliniendarstellung im Grundriss (vgl. Abbildung 5.1) beschlossen. Anschließend wird das Schnittfenster in der Grundrissdarstellung des Modells aufgezeichnet. Die Software errechnet nun selbstständig den Schnittinhalt. Zu beachten ist, dass das Achsraster aktiviert ist, damit dieses ebenfalls in die Auswertung miteingeht. Um den Schnitt an sich zu bearbeiten, öffnet sich ein Eigenschaftendialog (vgl. Abbildung 5.6).

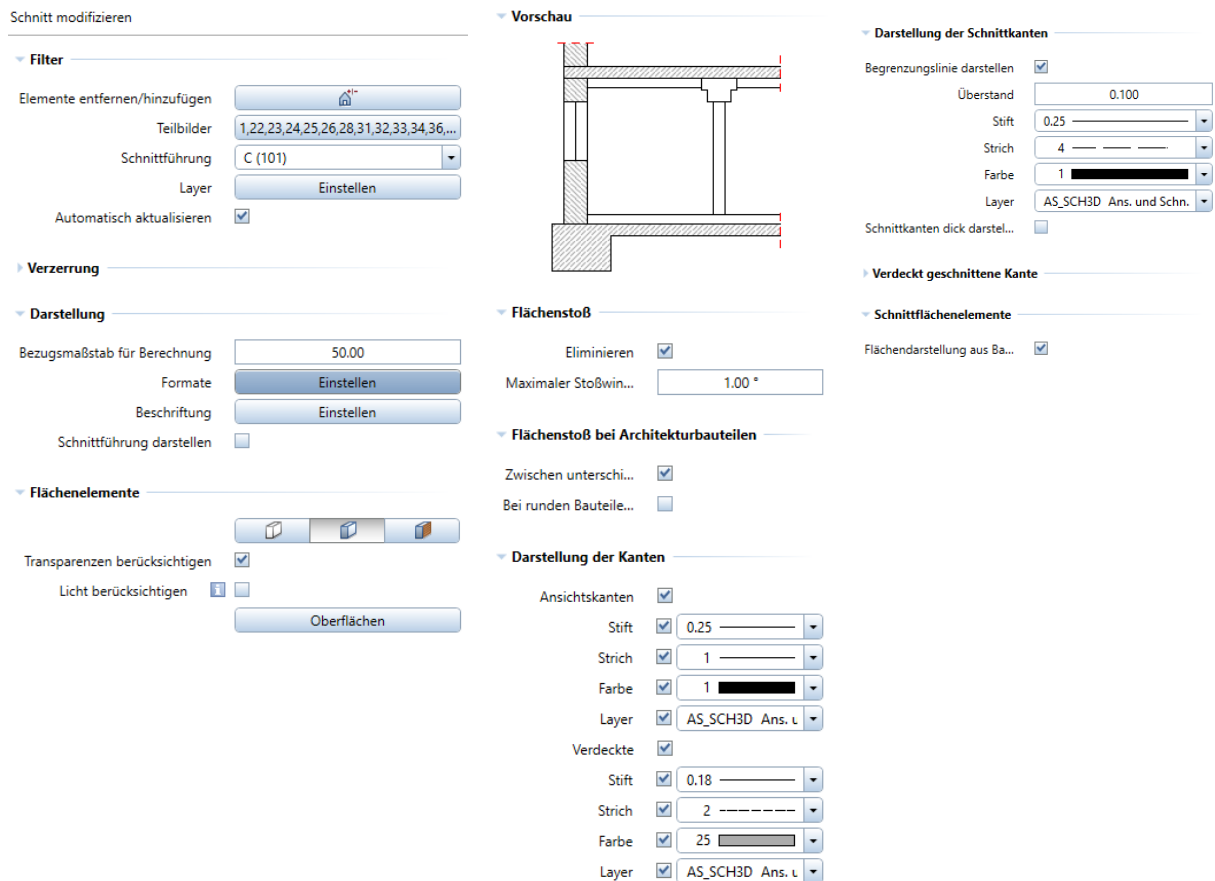


Abbildung 5.6: Eigenschaftendialog der Funktion *Schnitt generieren*

In diesem wird genau festgehalten, was die Grundlage für die weitere Ausarbeitung enthalten und in welcher Form der Inhalt dargestellt werden soll. Das Ergebnis für den Schnitt C-C ist in Grafik 5.7 zu begutachten.

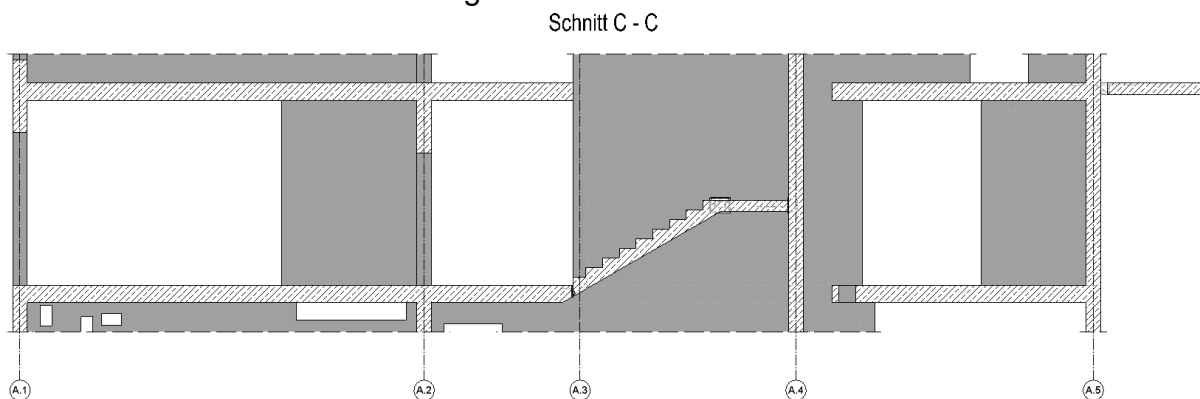


Abbildung 5.7: Assoziative Schnittgenerierung des Schnitts C-C

Das Resultat der Schnittgenerierung umfasst bereits einiges an Informationen. Auf der einen Seite beinhaltet dieses alle Modellkomponenten, die im Schnittfenster liegen, inklusive ihrer korrekten Flächendarstellung in Form von Straffuren im geschnittenen Fall und Füllflächen in der Ansicht. Auf der anderen Seite zeigt es verdeckte Bauteile durch gestrichelte Linien, die Schnittbezeichnung, die vorhandenen Achsen und den Abschnitt von Elementen mittels Begrenzungslinien.

Alle abgeleiteten Schnittdarstellungen befinden sich in der PRJ-Datei *Neubau\_Kindertagesstätte\_im\_Jugendstilpark\_Haar* auf dem Teilbild 101 im Anhang B.

### 5.2.3 Assoziative Beschriftung und Bemaßung

Allplan 2021 stellt noch weitere Leistungen, um den Dateninput eines Bauwerksmodells zu verwerten, bereit.

Es besteht die Möglichkeit, alle Objekte, gleich ob es sich um Architekturbauteile, Mengenkörper oder SmartParts externer Unternehmen handelt, assoziativ zu beschriften. Zum einen bietet die Plattform mehrere Vorlagen mit festgelegten Merkmalen an, zum anderen kann individuell eine Auswahl aus allen Objektattributen, welche in Textform projiziert werden sollen, getroffen werden. Die schriftlichen Bauteilkennzeichnungen sind hinsichtlich ihrer Textparameter, ihrem Winkel und ihrer Lage variabel. Ändert sich der Informationsgehalt einer Modellkomponente, wird dieser direkt übernommen. Im Beispielschnitt C-C kommen beide Varianten zum Einsatz. Für die Benennung der Einbauteile wird die Eigenschaft Bezeichnung, die den Produkttypen wiedergibt, selektiert. Gleichermäßen kommt diese Methode für die Charakterisierung von wandartigen Trägern, die additional mit dem gleichnamigen Attribut versehen sind, zur Anwendung. Für geschnittene Decken- bzw. Wanddurchbrüche und -ausparungen wird ein vordefiniertes Beschriftungsfeld, welches sich aus den Öffnungsmaßen und der Unterkantenlage in Form ihrer absoluten Höhe zusammensetzt, benutzt (vgl. Abbildung 5.8).

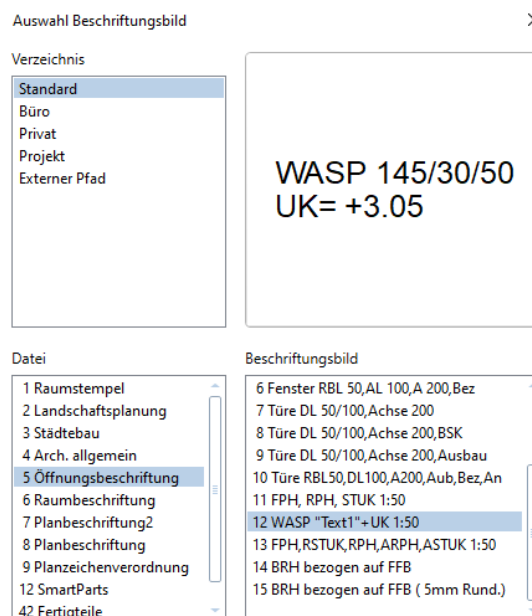


Abbildung 5.8: Auswahl eines Beschriftungsfeldes für Bauteilöffnungen

Diese Schablone wird im Anschluss modifiziert. Der Vortex WASP wird, je nachdem um welche Art von Öffnung und gegebenenfalls welchen Zweck es sich handelt, umbenannt. Die Angabe der Unterkantenposition ist im Fall von Decken- und Bodendurchbrüchen überflüssig und kann bei jenen entfernt werden. In der Grafik 5.9 sind beide Beschriftungswege anhand einer Tronsole und einer Bodenaussparung im Schnittexempel C-C zu sehen. Die roten Markierungen kennzeichnen die zugehörigen Bauteile, sie sind nicht im Schalplan enthalten.

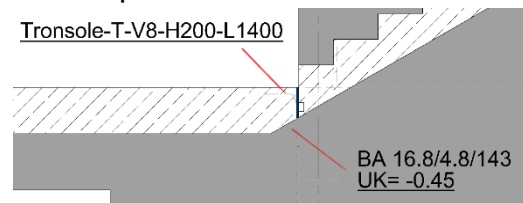


Abbildung 5.9: Assoziative Bauteilbeschriftungen einer Tronsole und einer Bodenaussparung im Schnitt C-C

Des Weiteren kann die Schnittdarbietung bauteilabhängig bemaßt und mit Höhenkoten ausgestattet werden. Es gilt wiederum das automatisierte Anpassungsprinzip in Bezug auf Modellmodifikationen. Bevor eine Maßkette im Schnitt an einer geeigneten Stelle abgesetzt wird, überlässt die Software reichlich Spielraum für individuelle Darstellungsvariationen, unter anderem hinsichtlich der Richtung, Schriftgröße, Symbole, Einheit, Nachkommastellen und Maßhilfslinien. Die Begrenzungen der Maß- bzw. Höhenkotenlinien werden über die Auswahl von Referenzpunkten an den gewünschten Modellkomponenten definiert. Diese Bauteilanbindung kann sowohl an Ober-, Unter- sowie seitlichen Kanten als auch an Mittel- sowie Schwerpunkten erfolgen. Im Anschluss können manuell Nachbearbeitungen, wie zum Beispiel das Verschieben von verdeckten Maßzahlen, getätigt werden. Die Abbildung 5.10 stellt den erweiterten Beispielschnitt C-C nach der Konfiguration aller wesentlichen Beschriftungen, Maßketten und Höhenkoten sowie deren nachträgliche Anordnungsüberarbeitungen, dar.

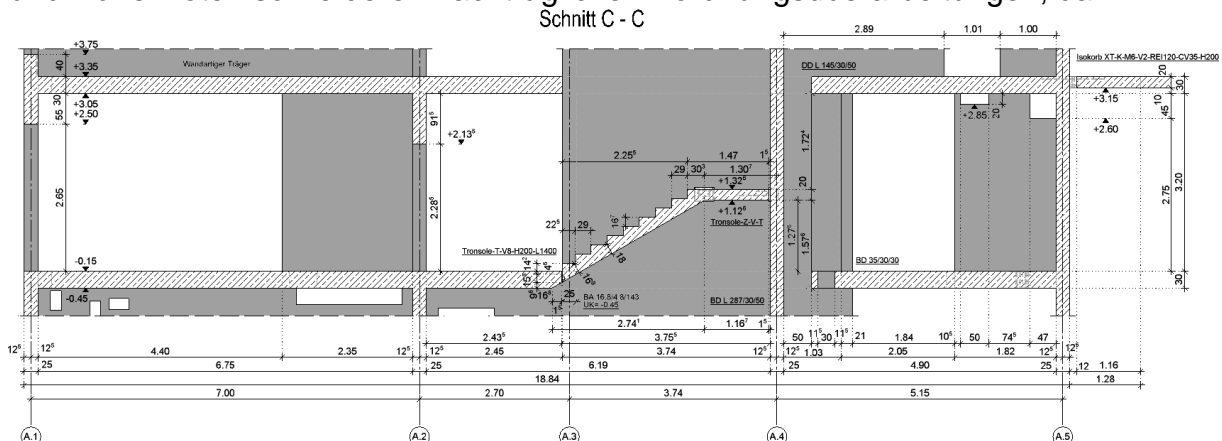


Abbildung 5.10: Erweiterung des Schnitts C-C

Die vorläufige 2D-Ansicht spiegelt eine Grundlage, welche bereits eine Vielzahl an erforderlichen Informationen mit sich bringt, wider. Jedoch fehlen wichtige Angaben, die nicht über Herleitungen aus dem Building Information Model gewonnen werden können. Aus diesem Grund schließt nun eine Vorstellung der 2D-Faktoren, die für eine Ansicht mit ausreichendem Dateninhalt ergänzend benötigt werden, an.

### 5.3 Manuelle Ergänzungen

#### 5.3.1 Zweidimensionale Einbauteile

Wie bereits in der Textpassage 5.2.1 geäußert, stellt die Firma *Max Frank* im Moment keine 3D-Objekte für die Abbildung ihrer Produkte in einer CAD-Software zur Verfügung. Allerdings gibt es für ihre Rückbiegeanschlüsse zweidimensionale Darstellungen im DWG-Format, die über die Homepage heruntergeladen werden können. (Max Frank, 2021) Die importierte Datei enthält Linienabbildungen eines Produkttypen in Form einer Draufsicht, eines Schnittes und einer Ansicht (vgl. Abbildung 5.11 links).

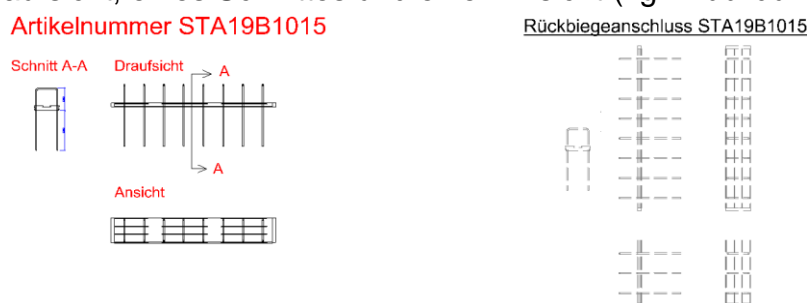


Abbildung 5.11: Importierte DWG-Datei eines Rückbiegeanschlusses (links), Vorlagen für die Schalplanschnitte (rechts)

Um einen möglichst effizienten Workflow zu gewährleisten, werden diese zur Erstellung von Vorlagen für das anschließende Einfügen in die Schalplanschnitte verwendet (vgl. Abbildung 5.11 rechts). Zumal die Fertigbauteile größtenteils verdeckt sichtbar in den Schnitten vorliegen, wird die Liniendarstellung analog zu den verdeckten Kanten der Schnittgenerierungen gewählt. Überdies werden die Drauf- und Ansichten zusätzlich in abgeschnittener Form, für die Anwendung im oberen bzw. unteren Geschoss, und ein Beschriftungstext vorbereitet. Diese können an den entsprechenden Stellen in den 2D-Ableitungen eingefügt werden. Trotzdem ist der Arbeitsaufwand besonders im Fall von Modifikationen erhöht, da nicht eine einzelne Modellkomponente, sondern jede Schnittdarstellung eines betroffenen Elements separat angeglich werden muss. Dies erhöht zudem das Fehlerpotenzial. Die Bemaßung der Anschlüsse findet auf die gleiche Weise, wie in Teilkapitel 5.2.3 beschrieben, statt. Der Unterschied dabei

ist jedoch, dass die bauteilabhängige Anbindung nur bei intelligenten Elemente möglich ist und somit entfällt.

Die DWG-Datei des Rückbiegeanschlusses findet sich im Ordner *Einbauteile\_Schalplan* im Anhang B wieder.

### 5.3.2 Vervollständigung der Beschriftung mittels 2D-Tools

Bei der Konfiguration der assoziativen Schnitte wurde die Gelegenheit ergriffen, die Flächendarstellung für die abgebildeten Objekte zu steuern. Ausgenommen hiervon ist die Flächenkennzeichnung von Bauteilöffnungen, welche lediglich über ihren Umriss angezeigt werden. Aufgrund dessen werden manuell verschiedene Darstellungen mittels Linien und Füllflächen ergänzt. Je nach Art der Öffnung und deren Sichtbarkeit (geschnitten oder in der Ansicht) werden differenzierte Demonstrationen beschrieben. Die individuellen Bedeutungen derer sind der Legende im fertiggestellten Beispielplan (siehe Anhang B) zu entnehmen.

Um diverse Betonierabschnitte im Schalplan zu kennzeichnen, werden Arbeitsfugen mit einer bürointern erstellten Liniendefinition (vgl. Abbildung 5.12) an den betroffenen Stellen angewendet.



Abbildung 5.12: Bürointerne Liniendefinition für Arbeitsfugen

Zuletzt werden, erneut über 2D-Linien, Verbindungen zwischen den Bauteilen und deren Textkennzeichnung geknüpft. Dadurch werden die eindeutige Komponentenzugehörigkeit und die Vermeidung von Verwechslungen sichergestellt.

Bevor der vervollständigte Schnitt C-C auf dem Schalplan 9 platziert wird, wird noch die Reihenfolge seiner Schnitteinhalte definiert. Es ist wichtig Linienformate, darunter Arbeitsfugen, Texte, Maßketten oder Öffnungsflächendarstellungen, in den Vordergrund zu setzen. Somit wird eine Überdeckung durch Füllflächen ausgeschlossen. In Grafik 5.13 wird das fertige Schnittexemplar C-C, das auf dem Schalplan für die Erdgeschossansichten im Gebäudeteil A eingesetzt wird, vorgestellt.





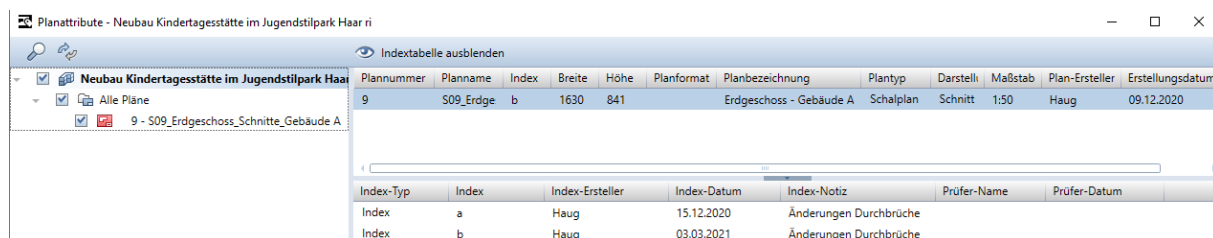
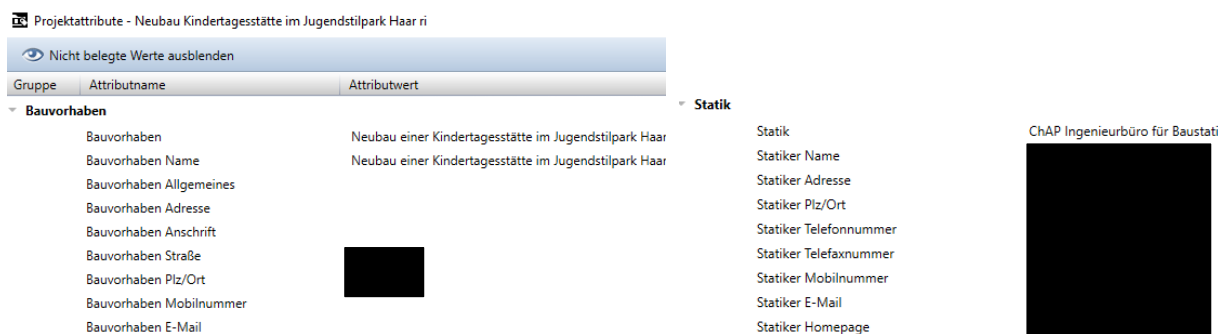


Abbildung 5.14: Ein Teil der Projektattribute der Kindertagesstätte (oben), Planattribute des Schalplans Nummer 9 (unten)

Der fertiggestellte Plankopf ist in Abbildung 5.15 zu sehen. Bei den rot markierten Inhalten handelt es sich um Projekt-, bei den grün hinterlegten um Planeigenschaften.

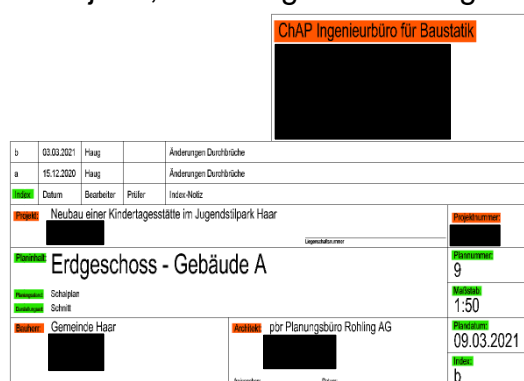


Abbildung 5.15: Plankopf des Schalplans Nummer 9

Die restlichen Plandokumente, wie die Legende und weitere Hinweise, werden selbstständig über zweidimensionale Polygonlinien, Füllflächen und Straffuren erweitert. Als Übersicht wird ein Pixelbild der 3D-Animation des Tragwerkmodells der Kita als PNG-Datei importiert. Anschließend werden die zehn Schnittdarstellungen für den Beispielschalplan über die Anwahl ihres Teilbilds eingefügt, einzeln ausgeschnitten und übersichtlich auf dem Planentwurf angeordnet.

Der vollendete Schalplan Nummer 9 wird dem Anhang B unter dem Namen *S9\_Erdgeschoss\_Schnitte\_Gebäude A* im PDF-Format zugeteilt.

## 5.5 Kritische Betrachtung

Generell bietet die Software einige Hilfsmittel, die den Workflow bei der Planerstellung im Hinblick auf Zeitersparnis und Fehlervermeidung unterstützen. Allerdings ist das Konzept noch nicht perfekt und es bedarf diverser Überarbeitungen. In dieser Textpassage werden der Planerzeugungsprozess nochmal rückblickend betrachtet, die aufgetretenen Schwachstellen aufgeführt und gegebenenfalls Verbesserungsvorschläge gegeben.

Die Definition der Ober- und Unterbegrenzungen eines Schnittes erfolgen bisher entweder über die Festlegung von absoluten Höhen oder über die Gesamthöhe der enthaltenen Modellelemente. Es ist nicht möglich, anders als im Ebenenmodell, die Abschlüsse an beliebigen Stellen eines Bauteils anzuknüpfen. Im Neubauprojekt der Kita wird die Ansicht immer fünfzig Zentimeter ober- bzw. unterhalb des abgebildeten Stockwerkes abgeschnitten. Im Moment ist das nur über absolute Koten regulierbar. Im Falle einer Höhenlagenänderung im Geschoss, müssen diese für jeden Schnitt händisch angeglichen werden.

Ein weiterer negativer Aspekt bezüglich eines erhöhten Zeitaufwands ist die fehlende Flächendarstellung für Bauteilöffnungen, denn die Lage und Maße von Objektdurchbrüchen und -aussparungen ändern sich im Laufe des Planungsprozesses so häufig, wie bei keinem anderen Element. Zwar werden Änderungen automatisch für die Schnittdarstellung und Beschriftung übernommen, jedoch muss jedes Mal die Flächenkennzeichnung manuell abgestimmt werden. Bereits die Anfertigung der Straffuren bringt ein erhöhtes Arbeitsaufkommen mit sich. Zumal die Öffnungen viele unterschiedliche Abmessungen aufweisen, ist es zudem nicht realisierbar eine Vorlage, wie beispielsweise für die Rückbiegeanschlüsse, zu generieren. Jede Öffnung wird extra behandelt. In Zukunft wäre es sinnvoll, wie für die anderen Architekturbauteile, im Eigenschaftendialog die Flächendarstellung definieren zu können. Darüber hinaus wären verschiedene Darstellungsmöglichkeiten für geschnittene sowie in der Ansicht gezeigte Objektöffnungen von Vorteil.

Ein anderer Optimierungsanreiz betrifft die Komponentenbeschriftungen. Es sind bereits viele Optionen zur Gestaltung geboten und die Assoziativität erleichtert die Arbeit enorm. Jedoch wäre es vernünftig Verknüpfungen, so wie sie im vorliegenden Fall nachträglich mittels 2D-Linien ergänzt wurden, zwischen den Texten und dem betroffenen Bauteil zu erzeugen. Sobald sich viele Schriftfelder an einer Stelle ansammeln,

geht die Übersichtlichkeit, vor allem für fremde Betrachter, verloren. Zusätzlich würde dies den Arbeitsablauf erleichtern, da keine händischen Erweiterungen und gegebenenfalls Modifikationen notwendig wären.

Als nächstes wird auf ein paar Mängel bei der assoziativen Bemaßung eingegangen. Im Gliederungspunkt 5.2.3 wurde angedeutet, dass Elementanhängigkeiten nur an bestimmten Begrenzungspunkten von dreidimensionalen Bauteilen erlaubt sind. Bisher ist es nicht gestattet 2D-Konstruktionen in die Maßketten miteinzubinden. Zu beachten ist, dass Achsen, die mit der Funktion Achsraster konstruiert werden, als Modellkomponenten deklariert werden und somit an der assoziativen Bemaßung beteiligt werden können. Speziell im Hinblick auf die Höhenkotenbemaßung ergibt sich noch eine Schwachstelle. Bei deren Erschaffung muss vor der Auswahl der Referenzpositionen ein Bezugspunkt, wobei es sich wieder um eine Bauteilabhängigkeit handelt, bestimmt und für diesen eine absolute Höhenangabe definiert werden. Die Höhen an den anschließend selektierten Anbindungsstellen orientieren sich an diesem Basiswert. Ändert sich die Lage eines Konstruktionselements an einem Punkt, an den eine Kote gebunden ist, ändert sich automatisch auch der Wert der Höhenkote. Die Höhenmodifikation an einer Stelle eines Bauteils, die als Bezugspunkt fungiert, ist von diesem Prinzip ausgeschlossen. Hier bleibt der Basiswert gleich und die Höhenangaben an den restlichen Referenzpunkten ändern sich. In der Abbildung 5.16 wird dieses Phänomen an einem Beispiel veranschaulicht. In diesem Fall wird die Unterkante der Bodenplatte (blaue Markierung) als Bezugsort gewählt. Links ist die Ausgangssituation abgebildet. Vorübergehend, zur beispielhaften Erläuterung, wird die Platte um zehn Zentimeter nach unten verschoben. Das Ergebnis (rechtes Bild) ist, dass sich auch die Basishöhe (-0,45) abwärts bewegt und die übrigen Koten (gelbe Markierungen) ihren Wert jeweils um zehn Zentimeter erhöhen.

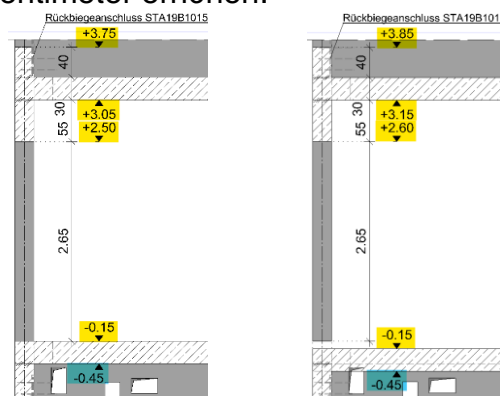


Abbildung 5.16: Beispiel für die Höhenlagenänderung eines Bauteils, das als Bezugspunkt dient

Um diese Komplikation zu umgehen, wird in den Schnittdarstellungen des Beispielprojekts stets die Oberkante der Decke des darunterliegenden Stockwerks, im Erdgeschoss demnach die Decke des 1. Untergeschosses, als Basisposition bestimmt. Zumal die Schalpläne für die Kindertagesstätte zeitlich versetzt entworfen werden und bei der Erzeugung der Erdgeschosspläne die Pläne für das 1. Untergeschoss bereits freigegeben und teilweise in der Ausführung sind, wird dieser Wert höchstwahrscheinlich nicht mehr modifiziert. Falls es doch dazu kommen sollte, muss der Basiswert für jede Höhenkotenkette manuell geändert werden, was wieder einen Zeitaufwand und eine mögliche Fehlerquelle bedeutet. Zukünftig wäre es hilfreich, wenn bei der Höhenbemaßung individuell entschieden werden könnte, wie sich der Basiswert des Bezugspunkts im Anpassungsfall verhalten soll.

Das letzte Manko bezieht sich auf Verzögerungen im Arbeitsablauf, die von der Assoziativität hervorrufen werden können. Durch die ständige Aktualisierung der Modelldaten in den Schnittgenerierungen während des Workflows, kann es zu erhöhten Ladezeiten kommen. Insbesondere, wenn sich eine große Anzahl an Ableitungen aus einem Building Information Model auf einem TB befinden. Diesbezüglich dauert es teilweise einige Sekunden bis alle Inhalte auf den neusten Stand gebracht wurden. Um dieser Unannehmlichkeit auszuweichen, kann der Aktualisierungsmodus vorübergehend deaktiviert oder die Modellaufleitungen auf mehrere Teilbilder aufgespalten werden.

Das gesamte Allplanprojekt *Neubau\_Kindertagesstätte\_im\_Jugendstilpark\_Haar* ist als PRJ-Datei im Anhang B zu finden. Darin sind das Gebäudedatenmodell der Kita, die Schalplanschnitte und der Entwurf des Plans Nummer 9 enthalten.

## 6 Fazit

Die Abrundung der vorliegenden Bachelorthesis erfolgt über eine rückblickende Betrachtung der erarbeiteten Inhalte und Ergebnisse. Darüber hinaus umfasst das Resümee eine Gegenüberstellung des Mehrwerts der neuen Arbeitsmethode und deren praktische Umsetzbarkeit vorrangig im Planungsalltag kleinerer Unternehmen.

Das Ziel der Firma *ChAP - Ingenieurbüro für Baustatik* ist, sich der wachsenden Digitalisierung in der Gesellschaft und dem damit verbundenen Vormarsch von BIM innerhalb der AEC-Branche anzupassen. Um diesem Bestreben gerecht zu werden, dient diese Abschlussarbeit und das darin behandelte Neubauprojekt der Kindertagesstätte. Die während des Anfertigungsprozesses gewonnenen Einblicke und ersten Erfahrungen in Bezug auf das Building Information Modeling werden im Folgenden kurz beleuchtet. Den ersten Schritt stellt die Konstruktion des Bauwerksmodells, in diesem Fall mittels Allplan 2021, dar. Die dabei zur Anwendung gekommenen, objektorientierten Bauteile haben sowohl die geometrische Modellierung als auch die darauffolgende Belegung mit semantischen Eigenschaften positiv unterstützt und so einen optimalen Einstieg in das Planungsverfahren ermöglicht. Der Export des erstellten Gebäudependants in ein IFC-Schema konnte im Allgemeinen erfolgreich abgewickelt werden. Alle relevanten Bauteile wurden geometrisch korrekt und auf die richtige Art überführt. Am Beispiel der differenzierten Identifikation der Walmdächer innerhalb der IFC-Struktur (siehe Kapitel 4) wird ersichtlich, dass die offene und neutrale Datenkonvertierung jedoch noch nicht einwandfrei ausgereift ist und weiterhin ein Optimierungsbedarf besteht. Da ein hohes Qualitätsniveau des Pendants beim Building Information Modeling ausschlagend für einen effizienten Verlauf ist, hat sich die anschließende Überprüfung des Bauwerksmodells als essentieller Bestandteil eines Open BIM Workflows herausgestellt. Zumal es sich bei den digitalen 3D-Konstruktionen meist um komplexe Gefüge mit einer Vielzahl an Elementen und enormen Dateninput handelt, ist es kaum realisierbar alle Unstimmigkeiten über eine reine Visualisierung herauszufiltern. Die regelbasierte Prüfung mit dem Solibri Model Checker hat auch im Projektbeispiel einige Fehler identifiziert, die ansonsten unerkannt geblieben wären. Zum Abschluss wurden die assoziativen Fähigkeiten eines Gebäudedatenmodells für das Layout eines Schalplans ausgenutzt. Durch die kombinierte Verwendung von Ableitungen aus dem Modell als Schnittgrundlagen und bauteilspezifischen Merkmalen zur Ausarbeitung der

---

Vorlagen wurden der Arbeits- und Zeitaufwand sowie das Fehlerpotenzial, im Gegensatz zur herkömmlichen, manuellen 2D-Konstruktion, beim Entwerfen des Plans enorm minimiert. Allerdings ist es bisher nicht möglich, vollständig auf zweidimensionale Werkzeuge als Hilfsmittel zu verzichten. Somit bleibt auch hier noch Spielraum für Verbesserungen.

Werden die oben und in den Grundlagen genannten Anwendungsfelder und Vorteile des BIM optimal genutzt, ist die Planungsmethode mit einem Mehrwert bezogen auf Effizienz und Produktivität in der Baubranche verbunden. Jedoch beinhaltet diese auch Defizite. Auf der einen Seite bringt die Ausstattung mit der benötigten Software hohe Kosten mit sich und auf der anderen Seite ergibt sich ein erhöhtes Zeit- und Arbeitsaufkommen durch das Erlernen der neuen Planungsmittel. Zumal in kleineren Unternehmen des Bausektors häufig Neubauprojekte und Bestandserweiterungen mit geringem Ausmaß bearbeitet werden, kommen diese oftmals auch ohne die Vorzüge der neuen Arbeitsweise zurecht. Dadurch bringt die Nutzung der Methode im Moment mehr Belastung als Gewinn. In der Zukunft ist es wichtig dieser Problematik entgegen zu wirken und solche Firmen in die großflächige Einführung des Building Information Modelings einzubinden.

---

## 7 Literaturverzeichnis

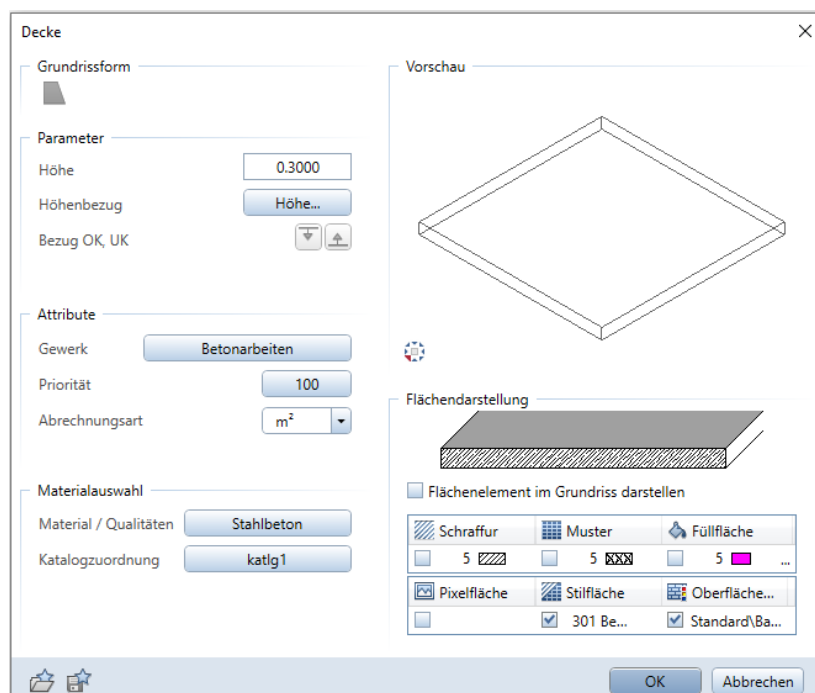
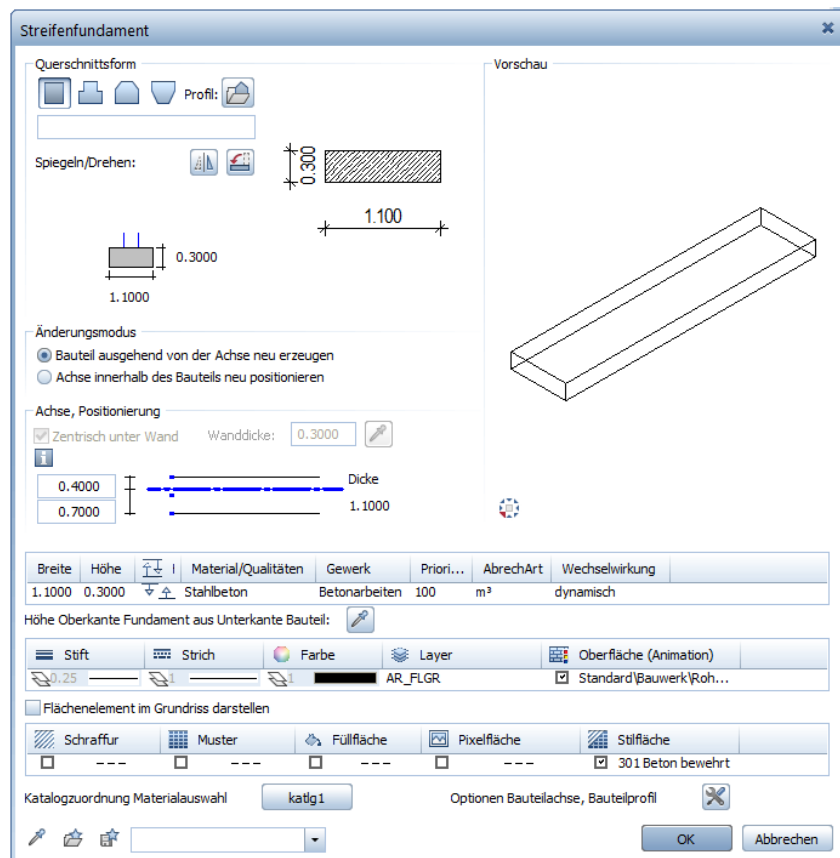
- Albrecht, M. (2015). *Building Information Modeling (BIM) in der Planung von Bauleistungen*. disserta Verlag.
- Allplan. (2021a). *ALLPLAN 2021: Alle Vorteile von Allplan auf einen Blick*. <https://www.allplan.com/de/produkte/allplan-2021/>
- Allplan. (2021b). *AUSZEICHNUNGEN: ALLPLAN ausgezeichnet*. <https://www.allplan.com/de/auszeichnungen/?tab=1>
- Allplan. (2021c). *DAS UNTERNEHMEN: ALLPLAN – Für die Bauwerke der Zukunft*. <https://www.allplan.com/de/das-unternehmen/?tab=2>
- ALLPLAN GmbH. (2020). *Allplan 2021 Handbuch: Installation, Grundlagen* (1. Aufl.). <https://www.allplan.net/nemetschek-allplan-tutorials-handbuecher>
- ARGE BIM4INFRA2020. (2019a). *Datenaustausch mit Industry Foundation Classes (IFC)*. Handreichungen und Leitfäden - Teil 9. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. [https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2019/08/BIM4INFRA2020\\_AP4\\_Teil9.pdf](https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2019/08/BIM4INFRA2020_AP4_Teil9.pdf)
- ARGE BIM4INFRA2020. (2019b). *Grundlagen und BIM-Gesamtprozess*. Handreichungen und Leitfäden - Teil 1. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. [https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2019/07/BIM4INFRA2020\\_AP4\\_Teil1.pdf](https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2019/07/BIM4INFRA2020_AP4_Teil1.pdf)
- ARGE BIM4INFRA2020. (2019c). *Handreichung BIM-Fachmodelle und Ausarbeitungsgrad*. Handreichungen und Leitfäden - Teil 7. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. [https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2019/07/BIM4INFRA2020\\_AP4\\_Teil7.pdf](https://bim4infra.de/wp-content/uploads/2019/07/BIM4INFRA2020_AP4_Teil7.pdf)
- Borrmann, A., König, M., Koch, C. & Beetz, J. (2015). *Building Information Modeling: Technologische Grundlagen und industrielle Praxis*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-05606-3>
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (2015). *Stufenplan Digitales Planen und Bauen: Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien*

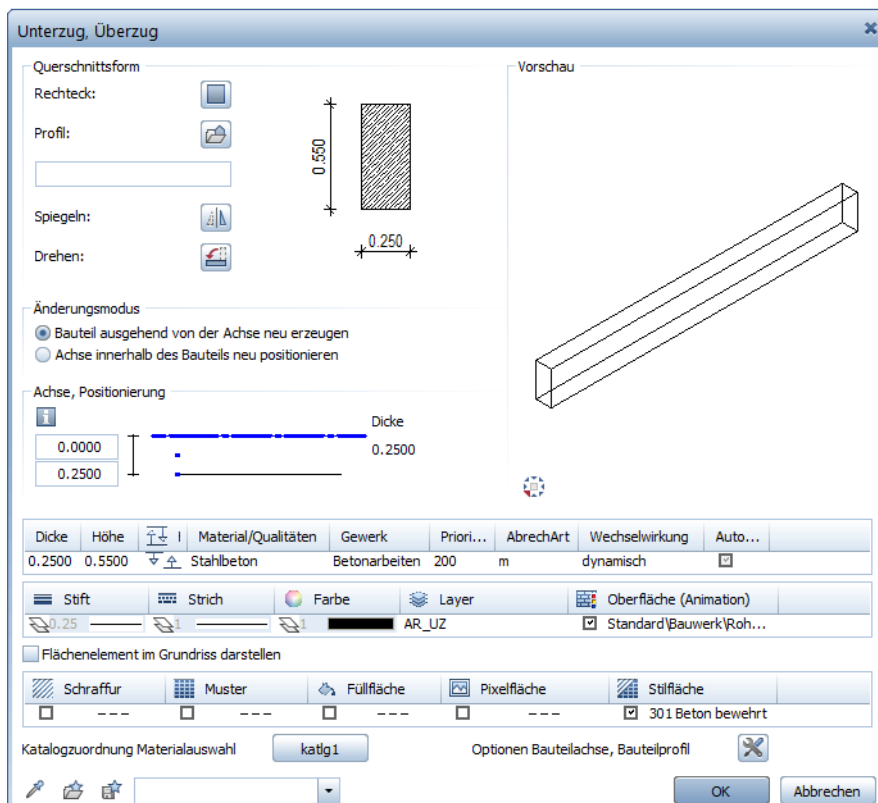
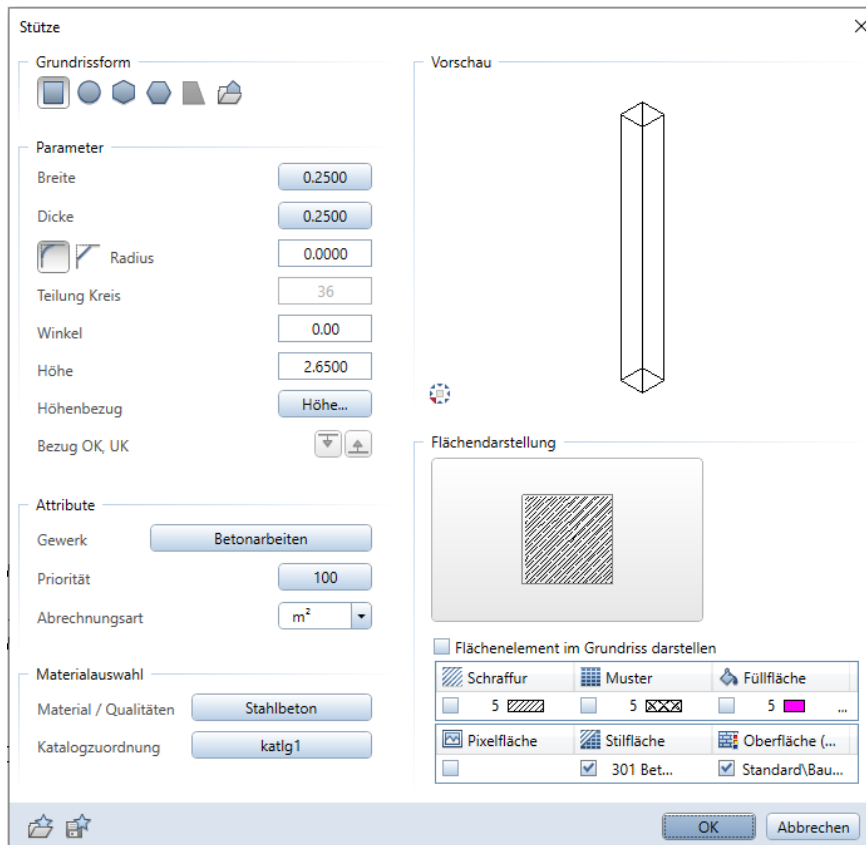


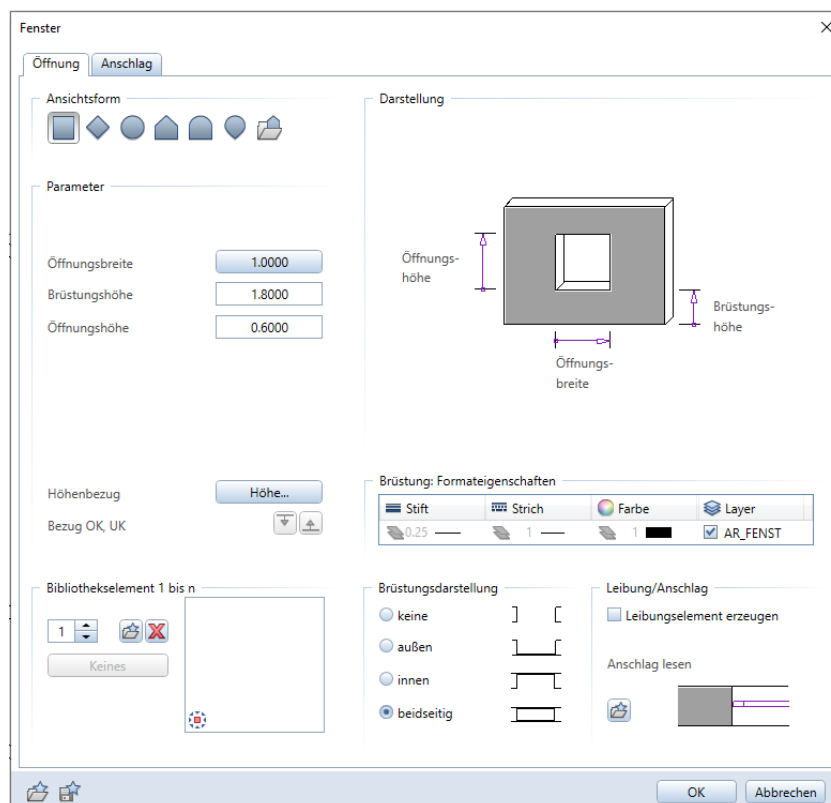
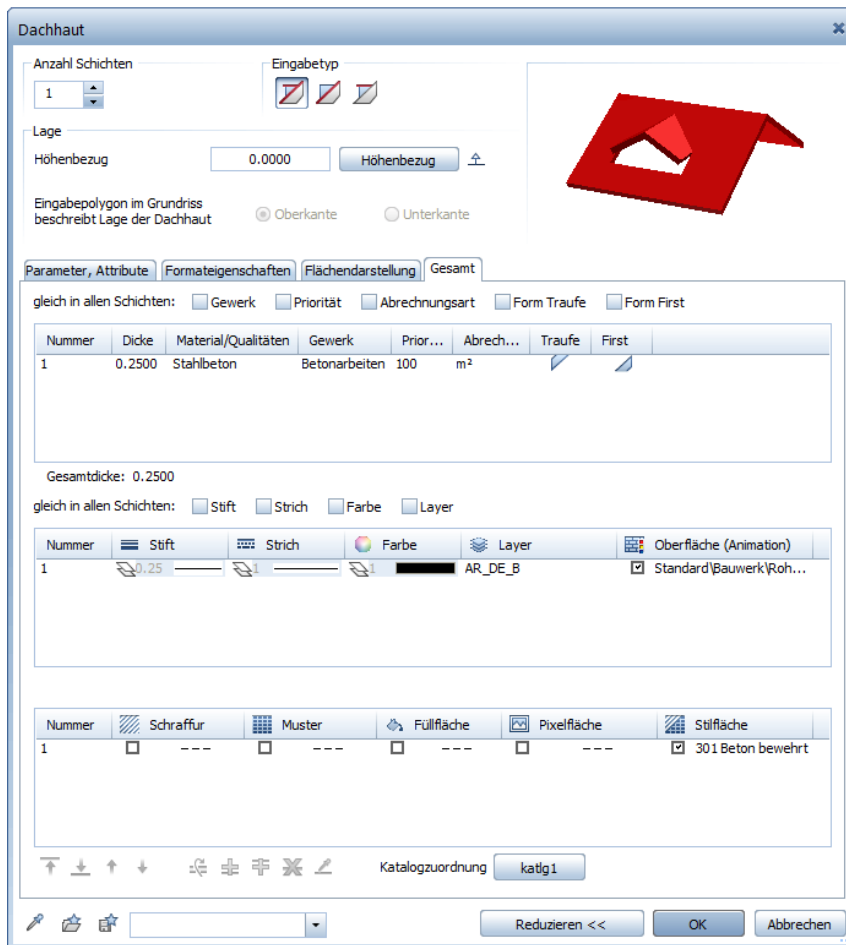
- 
- bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken.* [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/DG/stufenplan-digitales-bauen.pdf?__blob=publicationFile)
- Egger, M., Hausknecht, K., Liebich, T. & Przybylo Jakob. (2013). *BIM-Leitfaden für Deutschland: Information und Ratgeber.* [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Digitales/bim-leitfaden-deu.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/DG/Digitales/bim-leitfaden-deu.pdf?__blob=publicationFile)
- Max Frank. (2021). *Downloadmanager CAD.* <https://www.maxfrank.com/intl-de/service/cad-details.php?link=https://www.heinze.de/cad-manager/16274080?context=1812>
- Nemetschek. (2021). *Solibri: Qualitätskontrolle in allen Phasen des Bauprozesses.* <https://www.nemetschek.com/marken/solibri>
- Niedermaier, A. & Bäck, R. (2018). *ALLPLAN BIM-Kompendium: Theorie und Praxis* (4. Aufl.). ALLPLAN GmbH. [https://info.allplan.com/hubfs/07\\_Guides/BIM-Kompendium/DE/Allplan\\_BIM\\_Kompendium\\_4\\_DE\\_2019.pdf?hsLang=de-de](https://info.allplan.com/hubfs/07_Guides/BIM-Kompendium/DE/Allplan_BIM_Kompendium_4_DE_2019.pdf?hsLang=de-de)
- Philipp, M. (2020). *Praxishandbuch Allplan 2020* (9. Aufl.). Carl Hanser Verlag.
- Schöck. (2021a). *CAD / BIM Bibliotheken.* <https://cad.schoeck.de/?mandant=DE&CUL=de-DE>
- Schöck. (2021b). *Digitale Lösungen.* <https://www.schoeck.com/de/anfrage-digitale-loesungen>
- Solibri. (2018). *Solibri Model Checker: so geht's - Solibri Model Checker.* <https://solibri-assets.s3.amazonaws.com/old-site/2018/04/Erste-Schritte-v9.8.pdf>
- Verein Deutscher Ingenieure e.V. - Fachbereich Bautechnik. (2018). *VDI 2552-2 Entwurf: Building Information Modeling - Begriffe.* Verein Deutscher Ingenieure e.V. - Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik.

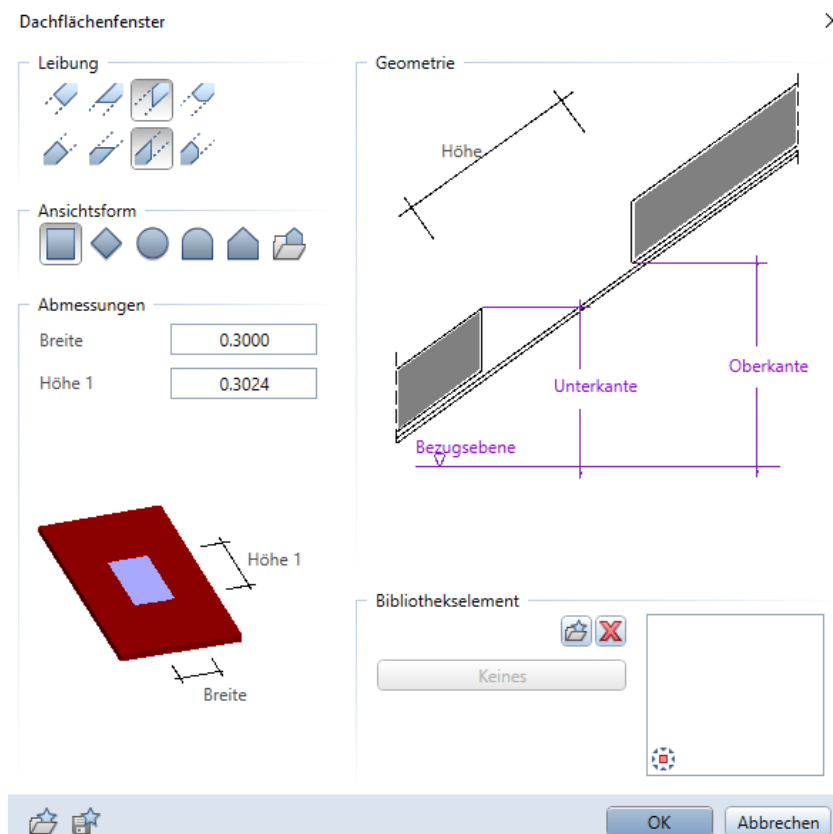
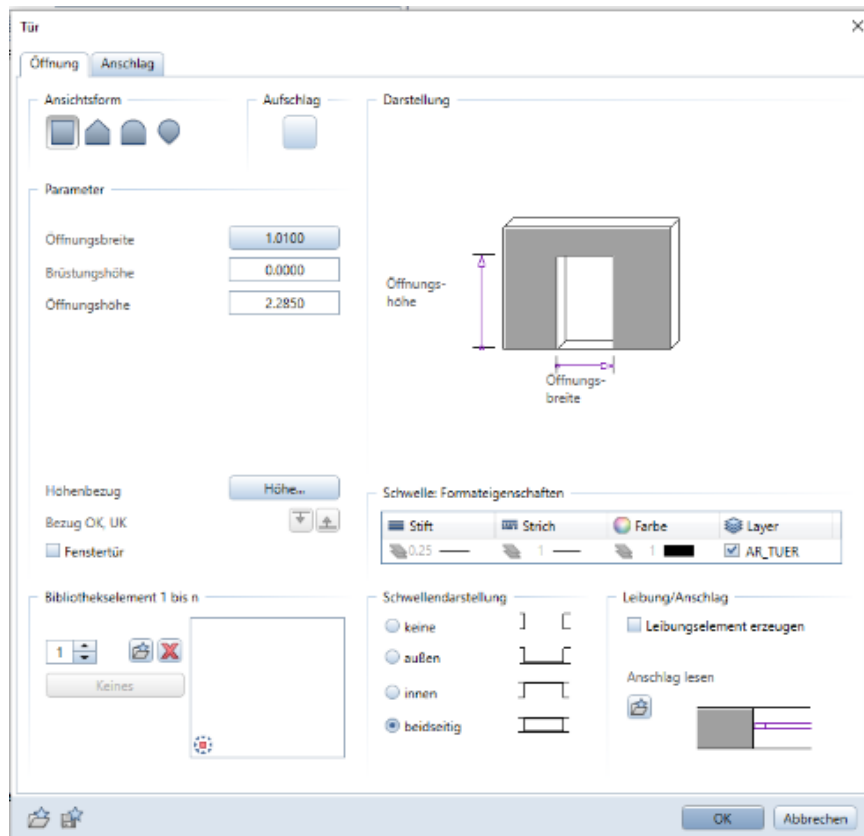
## Anhang A

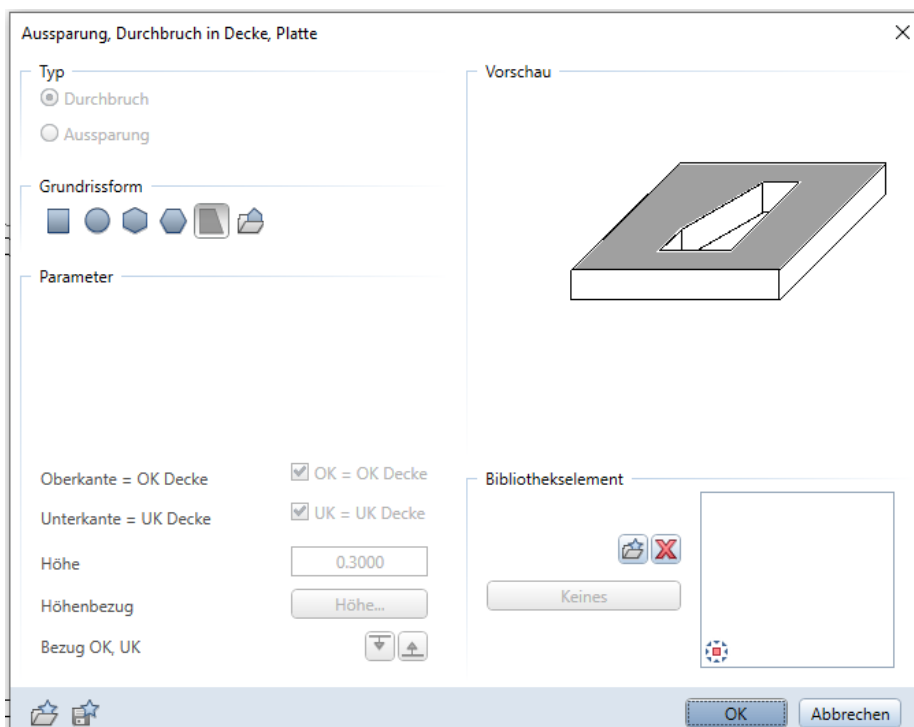
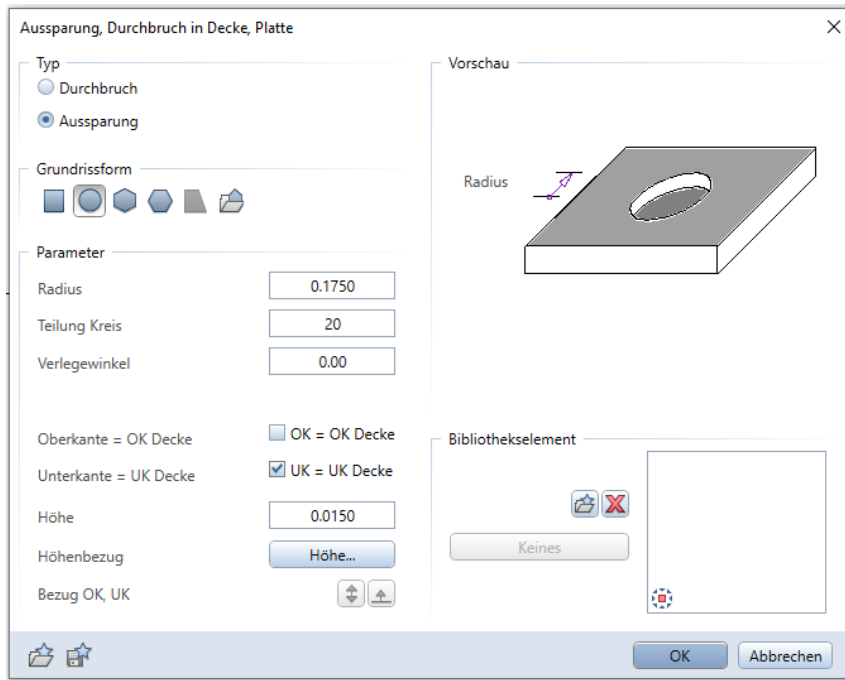
### A.1 Eigenschaftendialoge der im Projekt verwendeten Allplan-Funktionen

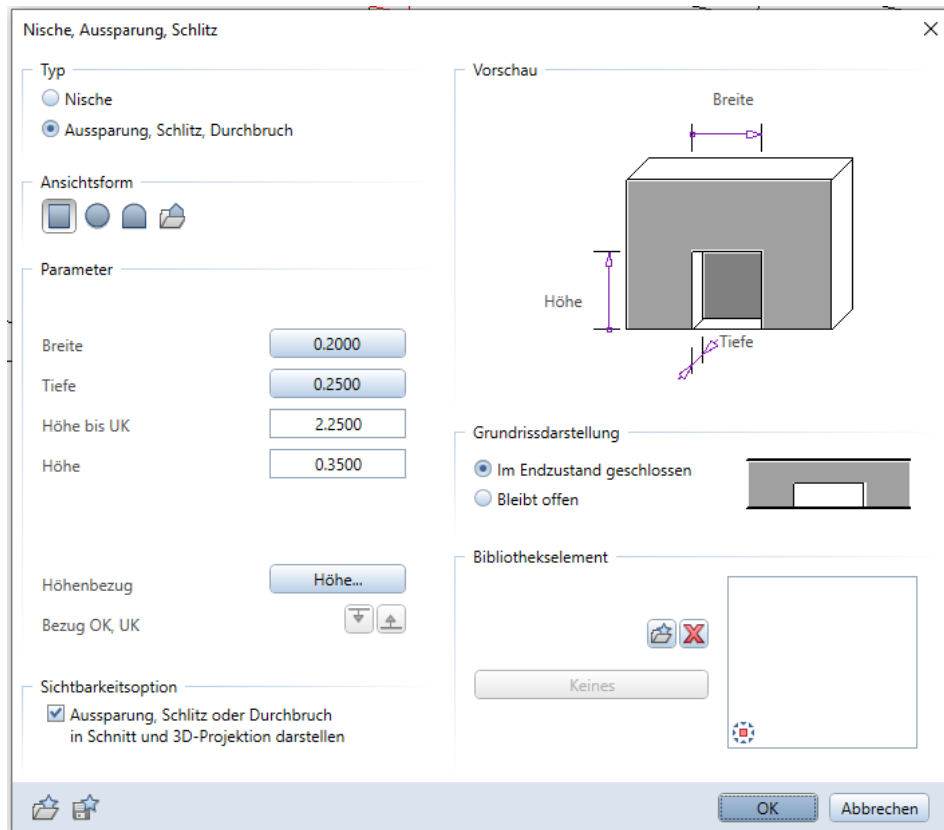












## A.2 Regelparmeter für Komponentenabmessungen verschiedener Bauteiltypen

PARAMETER

Zu überprüfende Komponenten

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Decke	Disziplin	Einer von	{Betonfertigteile, Statik, Stahlk...
Einschließen	Dach	Disziplin	Einer von	{Statik}

Anforderungen

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Decke	Fläche	≥	1,00 m2
Einschließen	Decke	Dicke	≥	250 mm
Einschließen	Decke	Dicke	≤	300 mm
Einschließen	Dach	Fläche	≥	1,00 m2
Einschließen	Dach	Dicke	≥	160 mm
Einschließen	Dach	Dicke	≤	300 mm

PARAMETER

Zu überprüfende Komponenten

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Stütze	Disziplin	Einer von	{Betonfertigteile, Statik, Stahlk...

Anforderungen

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Stütze	Profilhöhe	≥	250 mm
Einschließen	Stütze	Profilbreite	≥	250 mm
Einschließen	Stütze	Länge	=	2,65 m

**PARAMETER** ✕

▲ Schweregradparameter □

Zu überprüfende Komponenten 
+
✕
↓
↑
□
□

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Balken	Disziplin	Einer von	[Betonfertigteile, Statik, Stahlk...

Anforderungen 
+
✕
↓
↑
□
□

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Balken	Profilhöhe	≥	250 mm
Einschließen	Balken	Profilbreite	≥	250 mm
Einschließen	Balken	Länge	≥	500 mm
Einschließen	Balken	Länge	≤	40,00 m

**PARAMETER** ✕

▲ Schweregradparameter □

Zu überprüfende Komponenten 
+
✕
↓
↑
□
□

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Wand	Höhe	≥	2,65 m
Ausschließen	Wand	Material	Einer von	[Mauerwerk 175 mm]

Anforderungen 
+
✕
↓
↑
□
□

Status	Komponente	Eigenschaft	Funktion	Wert
Einschließen	Wand	Dicke	≥	250 mm



## Anhang B

Im digitalen Anhang befindet sich folgender Inhalt:

- Architektenpläne: Werkpläne in aktueller Indexversion als PDF- und DWG-Dateien, Lageplan der Außenanlagen als PDF-Datei
- Allplan\_Favoriten: alle Allplan Favoriten als Allplan Favorites - Dateien
- IFC\_Export\_Austauschprofil als NTH-Datei
- Neubau\_Kindertagesstätte\_im\_Jugendstilpark\_Haar\_erste\_Prüfung als IFC-Datei
- Neubau\_Kindertagesstätte\_im\_Jugendstilpark\_Haar\_erste\_Prüfung als SMC-Datei
- Neubau\_Kindertagesstätte\_im\_Jugendstilpark\_Haar\_Anpassungen als IFC-Datei
- Neubau\_Kindertagesstätte\_im\_Jugendstilpark\_Haar\_zweite\_Prüfung als SMC-Datei
- Einbauteile\_Schalplan: Isokörbe als SmartParts, Tronsolen als IFC-Datei, Rückbiegeanschluss als DWG-Datei
- S9\_Erdgeschoss\_Schnitte\_Gebäude A als PFD-Datei
- Neubau\_Kindertagesstätte\_im\_Jugendstilpark\_Haar als PRJ-Datei

## Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Bachelor-Thesis selbstständig angefertigt habe. Es wurden nur die in der Arbeit ausdrücklich benannten Quellen und Hilfsmittel benutzt. Wörtlich oder sinngemäß übernommenes Gedankengut habe ich als solches kenntlich gemacht.

Ich versichere außerdem, dass die vorliegende Arbeit noch nicht einem anderen Prüfungsverfahren zugrunde gelegen hat.

München, 31. März 2021



---

Marina Haug

Marina Haug

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

