

Masterarbeit

Building Information Modeling in der Landschaftsarchitektur

Ermittlung und Analyse der Grundlagen und des aktuellen Stand der
BIM-Methodik für die Landschaftsarchitektur

Maximilian Morbach

geboren am : [REDACTED]

Matrikel-Nr.: [REDACTED]

im Masterstudiengang
Landschaftsarchitektur und Umweltplanung
der Hochschule Anhalt
- Anhalt University of Applied Sciences -
Fachbereich Landwirtschaft, Ökotropologie und Landschaftsentwicklung

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Master of Engineering (M.Eng.)

Gutachter:

1. Gutachter: Herr Prof. Dipl.-Ing. Einar Kretzler
2. Gutachter: Herr M.A. René Krug

Mai 2020

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	VII
Abbildungsverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis	XVIII
1 Einleitung	1
2 Building Information Modeling (BIM)	5
2.1 Definition des Building Information Modeling (BIM) und dessen Bedeutung für die Landschaftsarchitektur	5
2.2 Historie der BIM-Methodik	13
2.3 Stand der BIM-Einführung im In- und Ausland	17
2.3.1 Stand der BIM-Einführung im Ausland	17
2.3.2 Stand der BIM-Einführung in Deutschland	21
3 Grundlagen der Modellierung mit BIM	26
3.1 Geometrische Modellierung	26
3.1.1 Explizite Verfahren	27
3.1.2 Implizite Verfahren	30
3.1.3 Parametric Modeling	32
3.1.4 Freiformkurven und Freiformflächen	37
3.2 Objektorientierte Modellierung	41
3.2.1 Objekte und Klassen	43
3.2.2 Attribute, Operationen und Methoden	44
3.2.3 Vererbungen	47
3.2.4 Assoziationen	49
3.3 Grundlagen der Modellierung von BIM - Zusammenfassung	53
4 Grundelemente der BIM-Methodik	55
4.1 Arten der BIM-Methode	55
4.1.1 little bim vs. BIG BIM	55
4.1.2 closed BIM vs. Open BIM	56
4.1.3 Zusammenhang der BIM-Arten	56

4.1.4	Zusammenfassung Arten der BIM-Methode	57
4.2	Dimensionen der BIM-Methode (3D / 4D / 5D / 6D / 7D)	58
4.2.1	3D-Informationsmodell	58
4.2.2	4D-Bauzeitensimulation	58
4.2.3	5D-Kostenermittlung	61
4.2.4	6D-As-Built-Modell	62
4.2.5	7D-Facility-Management-Modell (FM-Modell)	64
4.2.6	Zusammenfassung BIM Dimensionen	65
4.3	Detaillierungsgrad der Modellelemente	66
4.3.1	Level of Development (LOD)	67
4.3.2	Level of Detail (LOD)/ Level of Geometry (LOG)	76
4.3.3	Level of Information (LoI)	79
4.3.4	Zusammenfassung der Detaillierungsgrade der Modellelemente	87
4.4	Grundlegende Dokumente für den BIM-Prozess	90
4.4.1	Auftraggeber- Informations- Anforderungen (AIA)	90
4.4.2	BIM-Abwicklungsplan (BAP)	92
4.4.3	Zusammenfassung Dokumente im BIM-Prozess	97
4.5	Neue Aufgabenbereiche und Rollen im BIM-Prozess	98
4.5.1	BIM-Informationsmanager	100
4.5.2	BIM-Manager	100
4.5.3	BIM-Gesamtkoordinator	101
4.5.4	BIM-Koordinator	101
4.5.5	BIM-Konstrukteur	102
4.5.6	Zusammenfassung der neuen Aufgabenbereiche und Rollen im BIM-Prozess	102
5	Austauschs- und Koordinationsformate für BIM	105
5.1	Industry Foundation Classes (IFC)	106
5.1.1	IFC Datenmodellierungssprache - EXPRESS	107
5.1.2	IFC-Datenschema	110
5.1.3	IFC-Vererbungshierarchie	113

5.1.4	IFC-Bauteilklassen	116
5.1.4.1	Bauteilklass-Beispiel: Treppe (IfcStair)	117
5.1.4.2	Model View Definitions (MVD)	121
5.1.5	IFC für Landschaftsarchitekten	125
5.2	BIM Collaboration Format (BCF)	128
5.3	GAEB-Format	133
5.4	Zusammenfassung Austauschs- und Koordinationsformate für BIM	134
6	Klassifizierungssysteme in BIM	137
6.1	Internationale Klassifizierungssysteme	140
6.1.1	ISO 12006 - Hochbau - Organisation des Austausches von Informationen über die Durchführung von Hoch- und Tiefbauten	140
6.1.2	buildingSMART Data Dictionary (bSDD)	142
6.1.3	UniClass-Klassifikation	144
6.1.4	OmniClass- Klassifikation	147
6.2	Nationale Klassifizierungssysteme	150
6.2.1	DIN 276 / Objektkatalog Freianlagen	150
6.2.2	DIN SPEC 91400 / StLB-Bau	152
7	Einfluss der BIM-Methode auf den Projektablauf und die Arbeit des Landschaftsarchitekten	155
7.1	Einfluss der BIM-Methode auf den Projektablauf	155
7.1.1	Aufwandsverschiebung	155
7.1.2	Lebenszyklische Betrachtung	158
7.2	Einfluss der BIM-Methode auf die Planungsphase	160
7.2.1	Planungsprozess	160
7.2.2	Kostenermittlungen	164
7.2.2.1	Modellbasierte Mengenermittlung	165
7.2.2.2	Modellbasierte Kostenermittlung	168
7.2.3	Terminplanung	171
7.3	Einfluss der BIM-Methode auf die Bauausführung	177
7.3.1	Ausschreibung und Vergabe	177

7.3.2	Bauüberwachung	182
7.3.3	Kostenfeststellung und Kostenabrechnung	186
7.3.4	Mängelbetreuung	187
7.4	Einfluss der BIM-Methode auf die Unterhaltungsphase	187
8	Rechtliche Aspekte der BIM-Methode	189
8.1	Vergaberecht für Landschaftsarchitektenleistungen	189
8.1.1	Berücksichtigen der mittelständischen Interessen	190
8.1.2	Produktneutralität bei der Ausschreibung	193
8.1.3	BIM-Qualifikation als Zuschlagskriterium	196
8.2	Vergaberecht für Bauleistungen	199
8.3	Vertragssysteme	203
8.4	Honorar	209
8.5	Haftung bei Planungs- und Softwarefehlern	224
8.5.1	Haftung bei Planungsfehler	224
8.5.2	Recht auf Nacherfüllung bei Planungsfehlern (§365 BGB)	227
8.5.3	Haftung bei Softwarefehler	228
8.5.4	Berufshaftpflichtversicherung	231
8.6	Urheberrecht	233
9	BIM-Software für die Landschaftsarchitektur	237
9.1	Autodesk Revit 2020	239
9.1.1	Softwareoberfläche von Autodesk Revit 202	240
9.1.1.1	Projektbrowser	242
9.1.1.2	Zeichen- und Modellierbereich	242
9.1.1.3	Typenwahl der Bauteile	243
9.1.1.4	Eigenschaftenpalette	245
9.1.1.5	Registerkarten und Multifunktionsleiste	246
9.1.2	Interoperabilität von Revit	247
9.1.3	Autodesk Revit 2020 für die Landschaftsarchitektur	248
9.1.3.1	Bauteilkatalog	248
9.1.3.2	Digitales Geländemodell	252

9.1.3.3	Revit Site Designer	254
9.1.3.4	Modellieren der Landschaft über Werkzeuge und Arbeitsabläufen für die Architektur	261
9.1.3.5	Revit Dynamo	269
9.1.4	Systemvoraussetzungen für Autodesk Revit 2020	270
9.1.5	Softwarekosten für Revit	272
9.1.6	Fazit zu Autodesk Revit	274
9.2	Vectorworks Landschaft 2019	274
9.2.1	Oberfläche von Vectorworks Landschaft 2019	275
9.2.1.1	Darstellungszeile	277
9.2.1.2	Methodenzeile	277
9.2.1.3	Attributpalette	277
9.2.1.4	Zeichenfläche	278
9.2.1.5	Zubehör-Manager	278
9.2.1.6	Infopalette	279
9.2.1.7	Navigationspalette	281
9.2.1.8	Konstruktions- und Werkzeugpalette	282
9.2.2	Interoperabilität von Vectorworks Landschafts 2019	283
9.2.3	BIM in Vectorworks Landschaft 2019	284
9.2.3.1	Bauteilbibliotheken	285
9.2.3.2	Digitales Geländemodell	290
9.2.3.3	BIM-Modellieren in Vectorworks Landschaft 2019	294
9.2.3.4	Vectorworks Marionette	302
9.2.4	Systemvoraussetzungen für Vectorworks Landschaft 2019	304
9.2.5	Softwarekosten für Vectorworks Landschaft 2019	306
9.2.6	Fazit zu Vectorworks Landschaft 2019	306
9.3	DATAflor LANDXPERT mit BIM-Manager	307
9.4	WS LANDCAD und geplante BIM-Entwicklung	311
9.5	Zusammenfassung BIM-Softwareanwendungen für die Landschaftsarchitektur	312

10 BIM-Implementierung im Unternehmen	314
10.1 Stufe 1: Analyse- und Konzeptphase	314
10.2 Stufe 2: Vorbereitungsphase	318
10.2.1 Wahl der Soft- und Hardware	318
10.2.2 Vorbereitung und Schulung der Mitarbeiter	324
10.3 Stufe 3: Einführungs- und Pilotphase	325
10.3.1 Auswahl und Durchführung eines Pilotprojekts	326
10.3.2 Schaffung neuer BIM-Unternehmensstandards und Arbeitsstrukturen	328
10.4 Stufe 4: Optimierungsphase	330
11 Résumé und Ausblicke	332
Literaturverzeichnis	XVIII
Verwendete Software	LXXIV
Selbstständigkeitserklärung	LXXV
Anhang	LXXVI
Anlage 1: Internationale und nationale Organisationen für BIM in der Landschaftsarchitektur	
Anlage 2: Normen und Richtlinien für die BIM-Verwendung in Deutschland	

Abkürzungsverzeichnis

AHO	Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung e.V
AIA	American Institute of Architects
AIA	Auftraggeber-Informationen-Anforderung
API	Application Programming Interface
AVA	Ausschreibungs, Vergabe und Abrechnung
BAK	Bundesarchitektenkammer
BAM	Building Assembly Model
BAP	BIM-Abwicklungsplan
Bay AK	Bayerische Architektenkammer
Bay IK	Bayerische Ingenieurskammer
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumentwicklung
BBSR	Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BCF	BIM Collaboration Format
BDLA	Bund Deutscher Landschaftsarchitekten
BEP	BIM Execution Plan
BGB	Bürgerliche Gesetzbuch
BGH	Bundesgerichtshof
BIM	Building Information Modeling
BIM-BVB	BIM-spezifische Vertragsbedingungen
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BOOM	Building Operation Optimization Model
bsDD	buildingSMART Data Dictionary
BUMB	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit
CAD	Computer-Aided Design
CAFM	Computer-Aided Facility Management
CDE	Common Data Environment

CIBSE	Chartered Institution of Building Services Engineers
CIC	Construction Industry Council
CIS	Construction Industry Scheme
CSG	Constructive Solid Geometry
DGM	Digitales Geländemodell
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
EBP	Early BIM Partnering
ELT	Elektrotechnik
EUGH	Europäischer Gerichtshof
FGK	Fertigstellungsgrad der Kostenermittlung
FGT	Fertigstellungsgrad der Terminplanung
FLL	Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.
FM	Facility Management
GAEB	Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen.
GBW	Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen
GG	Grundgesetz
GIS	Geographische Informationssysteme
GML	Geography Markup Language
GUID	Globally Unique Identifier
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IAI	International Alliance of Interoperability
IFC	Industry Foundation Classes
ISO	International Organization for Standardization
KG	Kostengruppe
LOD	Level of Detail
LOD	Level of Development

LOG	Level of Geometry
LOI	Level of Information
LPH	Leistungsphase
LV	Leistungsverzeichnis
MDG	Modelldetaillierungsgrad.
ME	Mengenermittlung.
MVD	Model View Definitions
MwST	Mehrwertsteuer
NBS	National Building Specification
NURBS	Non-Uniform Rational B-Spline
OCCS	OmniClass Construction Classification System
OK FREI	Objektartenkatalog Freianlagen
OLG	Oberlandesgericht
PDT	Product Data Template
RL	Richtlinie
StLB BAU	Standardleistungsbuch Bau
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
TWP	Tragwerksplanung
UML	Unified Modeling Language
UrhG	Gesetz über Urheberrecht und verwandte Schutzrechte
VBI	Verband Beratender Ingenieure
VDI	Verband Deutscher Ingenieure
VgV	Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge
VK	Vergabekammer
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
XML	Extensible Markup Language

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	BIM ermöglicht einen durchgehenden Informationsfluss und die verlustfreie Weiterverwendung der Informationen und des digitalen Modells über alle Phasen des Lebenszyklusses	7
Abb. 2:	Unterschied zwischen klassischer und BIM-Projektentwicklung	8
Abb. 3:	Unterschied des Informationsgehalts in der Planung zwischen klassischer und BIM-Projektentwicklung	9
Abb. 4:	Entwicklung des Informationsgehaltes bei der 2D-Planung gegenüber der 3D-BIM-Planung	10
Abb. 5:	Produktivitätsentwicklung in Deutschland nach Sektoren. Die Baubranche wird durch die blaue Linie gekennzeichnet	11
Abb. 6:	Digitalisierungsgrad des Bauwesens im Branchenvergleich	12
Abb. 7:	BDS-Darstellung einer Treppe	14
Abb. 8:	Zeitliche Entwicklung der unterschiedlichen nationalen BIM-Richtlinien	17
Abb. 9:	Britische BIM-Reifegradmodell definiert die vier Reifegradstufen für die Etablierung der BIM-Methode in der Baubranche	19
Abb. 10:	Stufenweise Einführung von BIM in Deutschland	22
Abb. 11:	Gemittelter Reifegrad der BIM-Implementierung in den einzelnen Leistungsphasen aus allen BIM-Pilotprojekte	24
Abb. 12:	Der Vertex-Edge-Face-Graph verdeutlicht die Beziehungen zwischen Körper, Flächen, Kanten und Knoten in der Boundary Representation Modellierung	28
Abb. 13:	Triangulierte Oberflächenbeschreibung im Digitalen Geländemodell	30
Abb. 14:	Darstellungsbeispiel des CSG- Baums	31
Abb. 15:	Beispiele für Rotations- und Extrusionsverfahren zum Erstellen von 3D-Körper	32
Abb. 16:	Beispiel der Programmierung in einer “Visual Scripting”- Umgebung am Beispiel von Dynamo	34
Abb. 17:	Modellieren einer organischen Oberfläche mittels “Visual Scripting” am Beispiel von Dynamo	35
Abb. 18:	Modellierungsbeispiel eines verdrehten Turms mittels “Visual Scripting” am Beispiel von Dynamo	35
Abb. 19:	Visual Scripting” der Programmerweiterung von Vectorworks zur automatischen Erstellung von Aufbauschichten und Einfassungen von Belägen	36

Abb. 20: Darstellung der drei Steifigkeitsbedingungen beim Zusammenfügen zweier Freiformkurven	38
Abb. 21: Grundelemente der NURBS-Kurven	39
Abb. 22: NURBS-Fläche bestehend aus einem Netz aus NURBS-Kurven	40
Abb. 23: Beispielmodell “Wand” für die Veranschaulichung der objektorientierten Modellierung	43
Abb. 24: Klassen und Objekte für das Beispielmodell und ihre Beziehungen (instanceOF-Beziehung) untereinander	44
Abb. 25: Ergänzung des Klassen- und Objektdiagramms des Beispielmodells mit Attributen	46
Abb. 26: Vererbungsbeziehungen zwischen Super- und Subklassen	48
Abb. 27: Vererbungsbeziehungen am Beispiel der Klasse “Oeffnung” im Beispielmodell “Wand“	49
Abb. 28: Unidirektionale und bidirektionale Assoziationsbeziehungen	50
Abb. 29: Assoziationen zwischen den Objekten im Beispielmodell „Wand“	51
Abb. 30: Assoziation zwischen dem Objekt Wand und Last durch eine dazwischen geschaltete neue Assoziationsklasse “Belastung”	52
Abb. 31: Kompositionsklassen am Aufbau des Objekts “Wand”	53
Abb. 32: Zusammenhang der BIM-Arten	56
Abb. 33: Vergleich des Informationsstand bei der BIM-Planung und der herkömmlichen 2D-Planung	64
Abb. 34: Die Level of Development im Bezug auf Elemente der Landschaftsarchitektur	69
Abb. 35: “Product Data Template”- Vorlage für die Vegetation	82
Abb. 36: Menüauswahl PDT Vegetation	83
Abb. 37: Auszug der Objekthierarchie des norwegischen PDT-Modells mit Hauptobjekten (Blau), Unterobjekten (Grün) und Einzelkomponente (Grau)	84
Abb. 38: Auszug aus der Objekttable “Baum”, die den Zeitpunkt der Informationsverfügbarkeit bestimmt	85
Abb. 39: Schematische Darstellung des BIM-Referenz-Prozesses	94
Abb. 40: Schematische BAP-Vorlage der DB Netz AG	95
Abb. 41: Referenz-Bau-Prozess für den Hochbau am Beispiel der Leistungsphase 4 - Genehmigungsplanung	96

Abb. 42: Aufgabenverteilung zwischen den Rollen im BIM-Prozess	99
Abb. 43: Zeitliche Versionsentwicklung des IFC-Modells	106
Abb. 44: Definition eines Entitytyps durch die Datenmodellierungssprache EXPRESS	107
Abb. 45: Beziehung zwischen EXPRESS und EXPRESS-G	108
Abb. 46: Beispiel der Darstellung von Klassen und Beziehungen mit EXPRESS-G	108
Abb. 47: EXPRESS-Beschreibung des EXPRESS-G-Diagrams (Abb. 46)	108
Abb. 48: Architektur des IFC 4-Datenmodells in den einzelnen Schichten	110
Abb. 49: Ausschnitt auf dem IFC-Datenmodell mit dem Fokus auf die Bauteilklassen	113
Abb. 50: Das Prinzip der objektifizierten Beziehungen am Beispiel Wand-Öffnung-Fenster	115
Abb. 51: Bauteilklassen in der IFC-Vererbungshierarchie	116
Abb. 52: Beschreibung der Elementbezeichnung und -definition für die Bauklasse "IfcStair"	117
Abb. 53: Position der Bauklasse "IfcStair" innerhalb der IFC-Vererbungshierarchie	118
Abb. 54: Ausschnitt der vordefinierten allgemeinen Eigenschaftsgruppen für die Bauklasse "IfcStair"	119
Abb. 55: Eigenschaftsgruppe für die Nachhaltigkeitsbewertung für die Bauklasse "IfcStair"	120
Abb. 56: Festlegung für die 2D-Darstellung der Bauklasse "IfcStair"	121
Abb. 57: Auszug eines Informationspflichtenhefts für den BIM basierten Energieanalyse eines Bauwerks	123
Abb. 58: Ausschnitt des MVD-Diagramms für die Bauteilklass "IfcBeam" für die Energieanalyse	124
Abb. 59: Bestandteile einer BCF-Datei	129
Abb. 60: Beispiel BCF- Erstellung im Solibri Model Checker	130
Abb. 61: Rahmenwerk für eine Bauklassifizierung nach ISO 12006-2:2015-05: Teil 2	141

Abb. 62: Webinterface des bSDD. Dargestellt sind am Beispiel einer “Tür” die Beschreibungen des Konzeptes , seinen Eigenschaften und Bestandteilen (links), sowie relevanter Normen und Vorschriften (rechts)	143
Abb. 63: Schematischer Aufbau UniClass 2015-Klassifizierungssystem mit Beispielen aus der Landschaftsarchitektur	145
Abb. 64: Aufbau des Navigationsbaums des DIN 91400-Klassifizierungssystem	153
Abb. 65: Aufwandsverlagerung durch BIM in Relation gegenüber einer herkömmlichen Planung	155
Abb. 66: Aufwandsverlagerung durch BIM in Relation zur Beeinflußbarkeit auf die Kosten und die Kosten für Änderungen nach MacLeamy	156
Abb. 67: Aufwandsverlagerung durch BIM in Relation zur Beeinflußbarkeit auf die Kosten und die Kosten für Änderungen nach MacLeamy	158
Abb. 68: Aufschlüsselung der Baukosten nach Projektphasen	159
Abb. 69: Styropormodell einer landschaftsarchitektonischen Planung in den frühen Leistungsphasen	162
Abb. 70: Darstellung der Zuordnung von Mengen und Leistungen zu Modellelementen	167
Abb. 71: Modellbasierte Terminplanung mit einem 4D-Modell mit Autodesk Navisworks	175
Abb. 72: Beispiel einer 4D-Simulation des Bauprozesses	176
Abb. 73: Die Mengen der Teilleistungen werden aus der Gesamtbauteilmenge ermittelt (ME-Mengenermittlung)	179
Abb. 74: Die Mengen der Teilleistungen werden direkt aus der Bauteilgeometrie ermittelt (ME-Mengenermittlung)	180
Abb. 75: Benutzeroberfläche von Autodesk Revit 2020. 1: Registerkarten der Multifunktionsleiste, 2: Multifunktionsleiste mit den Modellierungswerkzeugen, 3: Projektbrowser mit allen Ansichten, Bauteillisten, Plänen, Gruppen und anderen Bestandteilen, 4: Zeichen- und Modellierbereich, 5: Typenwahl der Bauteile, 6: Eigenschaftenpalette	241
Abb. 76: Zeichen- und Modellierbereich in Revit 2020 mit unterschiedlichen Tab-Anordnung	242
Abb. 77: Zeichen- und Modellierbereich in Revit 2020 mit unterschiedlichen Tab-Anordnung	243

Abb. 78: Steuerelemente für die Ansichtsfenster	243
Abb. 79: Typenwahl mit Dropdown-Liste in Revit am Beispiel der Familie “Geschossdecke”	244
Abb. 80: Eigenschaftenpalette und Erweiterung in Revit am Beispiel einer Geschossdecke	245
Abb. 81: Bearbeitungseigenschaften eines Bauteils am Beispiel des Aufbaus einer Geschossdecke	246
Abb. 82: Auszug der Registerkarten und Multifunktionsleiste in Revit	246
Abb. 83: Anlegen eines Bauteiltyps “Straße- Asphalt“ in der Eigenschaftenpalette des Werkzeuges “Geschossdecke” in vier Schritten: 1. Öffnen der Elementoptionen über das Eigenschaftenfenster; 2. Bestehendes Element duplizieren; 3. Benennen des neuen Elements; 4. Konstruktion und Aufbau des Element anpassen	249
Abb. 84: Eigenschaftenfenster zum Festlegen des Aufbaus und der Materialien der Bauteilgruppe “Straße- Asphalt”	250
Abb. 85: Materialdatenbank in Autodesk Revit 2020	251
Abb. 86: Werkzeuge zum Erstellen und Bearbeiten eines DGMs in Autodesk Revit 2020	252
Abb. 87: Erstellen eines DGMs mit dem Werkzeug “Oberfläche erstellen” in Revit 2020	252
Abb. 88: Geländeplanung mit Site Designer in Revit 2020	254
Abb. 89: Multifunktionsleiste des Site Designer in Autodesk Revit 2020	255
Abb. 90: Werkzeuge des Site Designer zum Gestalten des Geländes in Revit 2020	255
Abb. 91: Family Manager des Site Designer in Revit 2020	256
Abb. 92: Eigenschaftenfenster für die Anlage eines Straßentyps im Revit 2020 Site Designer	257
Abb. 93: Fehlerhafte Speicherung der Eigenschaftenparameter für einen neu angelegten Straßentyp im Autodesk Revit 2020 Site Designer	258
Abb. 94: Eingabefenster zum Erstellen einer Straße im Autodesk Revit 2020 Site Designer	259
Abb. 95: Erstellung des Straßenverlaufs im Revit 2020 Site Designer auf Grundlage der vordefinierten Straßentypen	260
Abb. 96: Vergleich der Modellierung der Werkzeuge “Geschossdecke” und “Dach” in Autodesk Revit 2020	261

Abb. 97: Anwendungsbeispiel für eine landschaftsarchitektonische Planung in Autodesk Revit 2020	262
Abb. 98: Erstellen der Rasenfläche im Anwendungsbeispiel mit dem Werkzeug “Geschossdecke” in Autodesk Revit 2020	262
Abb. 99: Erstellen von Projektfamilien in Autodesk Revit 2020	263
Abb. 100: Auswahl der Familienkategorie für die Projektfamilie	264
Abb. 102: Auswahl der Sweep-Modellierung und Wählen eines bestehenden Pfades	264
Abb. 101: Projektbrowser mit der neuen Familie für den Bordstein	264
Abb. 104: Anlegen des Profils des Bordsteins im Modellbereich des Familieneditors	265
Abb. 105: Anlegen des Profils des Fundaments im Modellbereich des Familieneditors	265
Abb. 103: Auswahl der Kante, an welchem der Bordstein verlaufen soll	265
Abb. 106: Auswahl des Profils und Festlegen des Materials des Bordsteins	266
Abb. 107: Parametrisches Verbinden der überschneidenden Geometrien des Belagaufbaus und des Fundaments	267
Abb. 108: Anlegen des Gefälleprofils der wassergebundenen Wegedecke im Anwendungsbeispiel zu Autodesk Revit 2020	268
Abb. 109: Oberfläche mit den Skript-Bausteinen auf der linken Seite und einem Beispielskript von Autodesk	269
Abb. 110: Verwendung von Revit Dynamo zum Erstellen von Pflanzplänen	270
Abb. 111: Verwendung von Revit Dynamo zum Berechnen von Belagsgefällen	270
Abb. 112: Softwareoberfläche von Vectorworks Landschaft 2019. 1: Darstellungszeile, 2: Methodenzeile, 3: Konstruktions- und Werkzeugpalette, 4: Attributpalette, 5: Zeichenfläche, 6: Zubehör-Manager, 7: Infopalette, 8: Navigationspalette	276
Abb. 113: Individueller Anzahl und Anordnung des Zeichenbereichs in Vectorworks Landschaft 2019	278
Abb. 114: Der Zubehör-Manager in Vectorworks Landschaft 2019 erlaubt die Verwaltung, Bearbeitung und Verwendung der umfangreichen Vectorworks-Bibliotheken	279
Abb. 115: Die Infopalette in Vectorworks Landschaft 2019 besteht aus drei Reitern mit allen Informationen und Parametern zu dem aktiven Objekt am Beispiel “Belag/Weg”	280

Abb. 116:Die Navigationspalette in Vectorworks Landschaft 2019 dient der Organisation der Struktureinheiten (Klassen, Konstruktionsebenen, Layoutebenen, usw) des Dokuments	281
Abb. 117:Konstruktions- und Werkzeugpalette in Vectorworks Landschaft 2019	282
Abb. 118:Anlegen von eigenen Bibliotheken über den Zubehör-Manager in Vectorworks Landschaft 2019	286
Abb. 119:Vorlage für die Erstellung von Belagsaufbauten für die Bibliothek in Vectorworks Landschaft 2019	286
Abb. 120:Festlegen der Aufbausichten und Materialien für Belagsaufbauten für die Bibliothek in Vectorworks Landschaft 2019	287
Abb. 121:Eingabefenster für die IFC-Klassen des Belagsaufbaus in Vectorworks Landschaft 2019	288
Abb. 122:Eingabefenster für die IFC-Klassen und IFC-Eigenschaften des Belagsaufbaus in Vectorworks Landschaft 2019	289
Abb. 123:Auf- und Abtragsmodell (Blau = Auftrag; Rot = Abtrag) in Vectorworks Landschaft 2019	290
Abb. 124:Dialogfenster zur Anlage eines Geländemodells aus Ausgangsdaten in Vectorworks Landschaft 2019	292
Abb. 125:Bearbeitungsoptionen für ein Geländemodells in Vectorworks Landschaft 2019	292
Abb. 126:Werkzeuge zum Bearbeiten der Geländeoberfläche und der Höhenlinien eines Geländemodells in Vectorworks Landschaft 2019	293
Abb. 127:Klassennavigationspalette in Vectorworks Landschaft 2019	295
Abb. 128:Branchenspezifische Werkzeuge für die Landschaftsarchitektur in Vectorworks Landschaft 2019	296
Abb. 129:Dialogfenster für die Einstellungen des Werkzeuges “Belag/Weg” in Vectorworks Landschaft 2019	297
Abb. 130:Fehlerhafte Darstellung des erstellten Weges mit dem Werkzeug “Belag/Weg” in Vectorworks Landschaft 2019	298
Abb. 131:Korrigierte Darstellung des Wegeaufbaus mit dem Werkzeug “Belag/Weg” in Vectorworks Landschaft 2019	299
Abb. 132:Fehlerhafte Darstellung des Weges auf einem Geländemodell, durch die fehlende Möglichkeit der Höheneinstellung in Vectorworks Landschaft 2019	300

Abb. 133:Gefälle-Optionen im Werkzeug “Belag/Weg” in Vectorworks Landschaft 2019	300
Abb. 134:Erstellen des 3D-BIM-Modells der Freianlagen durch das Gefälle- Werkzeugs und des integrierten grafischen Scripting-Tools Marionette in Vectorworks Landschaft 2019	302
Abb. 135:Marionette-Script zum Modellieren einer Stütze in Vectorworks	302
Abb. 136:Bibliothek mit vordefinierten Script-Bausteinen für Marionette in Vectorworks Landschaft 2019	303
Abb. 137:Baumstruktur der Klassen im IFC-Modelle im DATAflor BIM-Manager 308	
Abb. 138:Darstellung des IFC-Modells mit einer realistischen Ansicht im DATAflor LANDXPRT	309
Abb. 139:Darstellung des IFC-Modells mit einer Röntgen-Ansicht im DATAflor LANDXPRT	309
Abb. 140:Auslesen der alphanumerischen Informationen eines Terrassenelementes mit dem DATAflor BIM-Manager	310
Abb. 141:Kostenfaktoren bei einer Softwareeinführung	322
Abb. 142:Investitionskosten (EUR) für die Einführung der Soft- und Hardware pro Arbeitsplatz	323
Abb. 143:Zeit- und Arbeitsaufwand bei einem Wechsel von der 3D-BIM-Planung zur 2D-CAD-Planung	327
Abb. 144:Zeitersparnis durch Objektbibliotheken und BIM-Vorlagen im Vergleich zur 2D-Planung und zur BIM-Planung ohne Vorlagen	329

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Datentypen der Unified Modeling Language (UML)	45
Tab. 2:	Arten von Kardinalität einer Assoziation	50
Tab. 3:	Definition der Stufen des Level of Development (LOD)	67
Tab. 4:	Vorschlag des Verbands Beratender Ingenieure für die Zuteilung der LOD-Stufen zu den Leistungsphasen der HOAI 2013	71
Tab. 5:	Definition der Stufen des Level of Geometry (LOG)	77
Tab. 6:	Definition der Stufen des Level of Information (LOI)	80
Tab. 7:	Legende „Product Data Template - Vegetation“	83
Tab. 8:	Die Verbindung und Entwicklung des Level of Geometry und des Level of Information am Beispiel des Elements „Baum“	86
Tab. 9:	Inhaltsgruppen der Auftraggeber-Informationen-Anforderungen	92
Tab. 10:	Aufgabenverteilung zwischen den neuen Rollen im BIM-Prozess	103
Tab. 11:	Anwendungsbeispiele für das BCF-Format in den verschiedenen Leistungsphasen	132
Tab. 12:	Aufbau des UniClass 2015-Klassifizierungssystem in der Tabelle „Systeme“ mit Beispielklassifizierungen mit Elementen aus der Landschaftsarchitektur	147
Tab. 13:	Aufbau des OmniClass-Klassifizierungssystem in der Tabelle 23 mit Beispielklassifizierungen mit Elementen aus der Landschaftsarchitektur	149
Tab. 14:	Aufbau der DIN 276-Klassifizierung am Beispiel der Kostengruppe 500 „Außenanlagen und Freianlagen“	151
Tab. 15:	Aufbau des Objektartenkatalogs „Freianlagen“	151
Tab. 16:	Fertigstellungsgrade der Kostenermittlung (FGK)	168
Tab. 17:	Beispielhafte FGK-Spezialisierung nach Kostengruppen nach DIN 276:2018	170
Tab. 18:	Fertigstellungsgrade der Terminplanung (FGT)	172
Tab. 19:	Grundleistungen und BIM-spezifische Besondere Leistungen der Landschaftsarchitektur nach der HOAI 2013 §39 Anlage 11	214
Tab. 20:	Systemvoraussetzungen für Autodesk Revit 2020	271
Tab. 21:	Lizenzgebühren (EUR) für die verschiedene Revit-Anwendungen und -Kollektionen.	273
Tab. 22:	Systemvoraussetzungen für Vectorworks Landschaft 2019	304
Tab. 23:	Preise (EUR) für Vectorworks Landschaft 2019.	306

Alle in dieser Arbeit verwendeten Firmenbezeichnungen und Programmnamen unterliegen dem Registered Trademark. Aus Gründen der Lesbarkeit wird im Text auf die Verwendung des Registered Trademark Symbols ® verzichtet.

1 Einleitung

*„Begin with the End in Mind“ - Charles E. Mies (2014)
(GASTEIGER, 2015: 1)*

Mit dieser Aussage sagt Charles E. Mies (Autodesk AEC Business Development Team), dass schon vor Beginn eines Bauprojekts der optimale Nutzen und die Realisierbarkeit eines Bauwerks im Zentrum des interdisziplinären Entwurfs stehen sollten. Building Information Modeling (BIM) bietet für diese komplexe Aufgabe einen interdisziplinären Lösungsansatz. Im Projektteam wird gemeinsam an einem integrierten digitalen Bauwerksmodell gearbeitet und alle Informationen zu diesem Bauwerk an einem zentralen Ort gesammelt. Hierdurch steht BIM für die konsequente, durchgängige Nutzung der digitalen Daten im Modell, angefangen bei der Planung über die Ausführung und den Betrieb bis hin zum Abbruch. Je mehr Informationen in dieser digitalen Abbildung des Bauwerks gesammelt werden, desto größer ist der Mehrwert über den Projektverlauf und den gesamten Lebenszyklus des Bauwerks. BIM verspricht so eine signifikante Steigerung der Produktivität in allen Bereichen der Projektabwicklung und gleichzeitig eine Verringerung von Fehlern, da alle Projektbeteiligte in einem Modell arbeiten, was es erlaubt, automatisch Fehler zu erkennen und frühzeitig zu beheben. BIM gewinnt deswegen in der Projektabwicklung immer mehr Bedeutung und führt zu einem Umbruch in der Bauindustrie.

Die Idee von BIM geht zurück zu den Anfängen der Computerentwicklung in den 1950er Jahren, aber seit den 1990er Jahren wird die Entwicklung rasant vorangetrieben und von der Industrie und den Softwareherstellern propagiert. Auch wenn BIM seit gut 20 Jahren für die Planung zur Verfügung steht, gibt es international starke Differenzen beim Grad der Einführung von BIM in der Baubranche. Vorreiter sind unter anderem die USA, wo die BIM-Einführung seit Mitte der 2000er Jahre konsequent erfolgt und nationale BIM-Standards entwickelt wurden. Auch in Singapore wird die BIM-Einführung seit Mitte der 2000er Jahre konsequent vorangetrieben und die Einführung vor Ort ist schon so weit umgesetzt, dass das BIM-Modell auch als digitaler Bauantrag eingereicht werden kann. In Europa sind besonders die skandinavischen Länder und Großbritannien Vorreiter bei der BIM-Einführung. Besonders Großbritannien betreibt eine ambitionierte BIM-Strategie, nach welcher seit 2016 alle öffentlichen Bauvorhaben mittels BIM abgewickelt werden müssen.

In Deutschland wurde 2015 die erste nationale BIM-Strategie vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur veröffentlicht. Diese sieht vor, dass ab 2020 alle Verkehrsinfrastrukturprojekte auf Bundesebene mittels BIM abgewickelt werden sollen. Auch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit hat 2017 durch einen Erlass angeordnet, dass bei Hochbauprojekten des Bundes ab 5 Mio. Euro brutto Bausumme die Geeignetheit der BIM-Methode zu prüfen ist. Diese nationalen Strategien machen die Dringlichkeit der Einführung von BIM in den Unternehmen deutlich.

Wenn über BIM gesprochen wird, liegt der Fokus häufig nur auf der Architektur und dem Ingenieurwesen. Auch die Entwicklung der BIM-Methodik und Software erfolgte in den letzten 20 Jahren hauptsächlich für diese Schwerpunkte. Erst in den letzten Jahren wurde auch die Landschaftsarchitektur in diese Entwicklung mit einbezogen. Im Vergleich zu anderen Planungsdisziplinen steht so die Entwicklung von BIM für die Landschaftsarchitektur noch ziemlich am Anfang. Dabei fordern immer mehr Auftraggeber auch von der Landschaftsarchitektur, BIM für ihre Planung zu verwenden.

Diese Arbeit widmet sich so der Frage, was BIM für die Landschaftsarchitektur bedeutet und wie der aktuelle Stand der Entwicklung der unterschiedlichen BIM-Aspekte ist.

Es gilt zu zeigen, was BIM ist und welche unterschiedlichen Aspekte bei der BIM-Anwendung wichtig sind. Dabei wird ergründet, wie BIM die Arbeitsabläufe der Abwicklung von landschaftsarchitektonischen Projekten in den jeweiligen Projektphasen beeinflusst (Kapitel 7).

Hierzu werden im ersten Schritt dieser Arbeit (Kapitel 2) die Definitionen und Grundidee von Building Information Modeling beleuchtet, um ein einheitliches Verständnis von BIM zu schaffen. In diesem Zuge wird auch die historische Entwicklung und der internationale und nationale Stand der BIM-Einführung betrachtet. Ausgehend von dieser Grundlage wird auf die Modellierungsweisen von BIM eingegangen (Kapitel 3), da BIM nicht nur auf dem Prinzip des geometrischen Modellierens aufbaut, sondern erst durch das objektorientierte Modellieren der

alphanumerischen Informationen das “I” in BIM zustande kommt. Dabei wird je nach Art der alphanumerischen Informationen von unterschiedlichen BIM-Dimensionen gesprochen. Zusätzlich hierzu stellt sich bei der geometrischen Modellierung auch die Frage, wie detailliert die Modellelemente dargestellt werden müssen, da es nicht zielführend sein kann, gleich zu Beginn jedes kleinste Detail einer Planung darzustellen. Um den Grad der Detaillierung zu bestimmen, wurden für BIM die sogenannten “Level of Development” oder Fertigstellungsgrade definiert, wobei mit zunehmendem Projektfortschritt die geometrischen Darstellungen und alphanumerischen Informationen detaillierter modelliert und ergänzt werden. Dabei wird BIM nicht nur von den geometrischen und alphanumerischen Informationen bestimmt, sondern je nach Art der Zusammenarbeit und Art der verwendeten Software wird von unterschiedlichen BIM-Arten gesprochen. Um diese Anforderungen von BIM an die Projektabwicklung und die Zusammenarbeit zu koordinieren, entstehen mit BIM neue Aufgabenbereiche und Dokumente (Kapitel 4).

Da für ein erfolgreiches BIM-Projekt eine engere Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten erforderlich ist, sind die Austausch- und Koordinationsformate (Kapitel 5) und die Klassifizierungssysteme (Kapitel 6) von entscheidender Bedeutung, um den verlustfreien Austausch der Daten des Modells und die Lesbarkeit der Informationen im Modell zu gewährleisten. Dabei werden auch die Defizite, die für die Landschaftsarchitektur vorhanden sind, beleuchtet sowie die Aussichten und zukünftigen Entwicklungen.

Durch die BIM-Anwendung in der Projektabwicklung entstehen, auch durch die engere Zusammenarbeit, neue rechtliche Fragen. So hat BIM einen entscheidenden Einfluss auf die Vertragsgestaltung, das Honorar, die Haftung und das Urheberrecht. Diese rechtlichen Aspekte müssen bei der Arbeit mit BIM berücksichtigt werden (Kapitel 8).

Auch wenn die BIM-Methode mehr als nur eine Software ist, wird für die BIM-Modellierung eine Software benötigt. Daher werden im nächsten Abschnitt (Kapitel 9) verschiedene Softwareanwendungen für die Erstellung und Visualisierung eines BIM-Modells vorgestellt. Dabei wird das Vorgehen einer Modellierung der Freianlagen in verschiedenen Softwareanwendungen an Hand von Beispielen betrachtet,

um so die aktuellen Fähigkeiten der einzelnen Anwendungen für die Landschaftsarchitektur zu analysieren und vergleichend darzustellen. Dies ermöglicht die Einschätzung, welche BIM-Softwareanwendungen für die Landschaftsarchitektur einsetzbar sind und welche Vor- und Nachteile diese verschiedenen BIM-Softwareanwendungen für das Modellieren der Außenanlagen haben.

Aus den Erkenntnissen der vorangegangenen Kapitel wird in Kapitel 10 auf die Implementierung von BIM in einem Unternehmen eingegangen. Hierbei werden die einzelnen Stufen der Implementierung vorgestellt und auf die Besonderheiten und Risiken bei der Einführung von BIM eingegangen.

Der letzte Abschnitt dieser Arbeit fasst die gewonnenen Erkenntnisse zusammen und gibt einen Ausblick auf die zu erwartenden Entwicklungen in der BIM-Methodik für die Landschaftsarchitektur (Kapitel 11).

Diese Arbeit soll interessierten Personen und Planungsbüros aus der Landschaftsarchitektur einen möglichst umfassenden Einstieg in die Thematik "Building Information Modeling" ermöglichen. Hierzu werden die grundlegenden Aspekte der BIM-Methodik im Bezug auf die Landschaftsarchitektur behandelt und mit dem aktuellen Entwicklungsstand und Ausblicken dargestellt. Darüber hinaus beinhaltet diese Arbeit einen Vergleich aktueller Planungssoftware auf die Verwendbarkeit für landschaftsarchitektonische BIM-Planungen und Hinweise zur Implementierung von BIM in Unternehmen.

2 Building Information Modeling (BIM)

2.1 Definition des Building Information Modeling (BIM) und dessen Bedeutung für die Landschaftsarchitektur

Um im weiteren Verlauf dieser Arbeit auf die Bedeutung des “Building Information Modeling” (BIM) für die Landschaftsarchitektur eingehen zu können, muss zu Beginn die Bedeutung des Begriffs “Building Information Modeling” geklärt werden. Dies ist aber nicht so einfach, da es nicht die eine BIM-Definition gibt. Dies zeigt auch schon wie “neu” die BIM-Methode für viele ist. BARLISH und SULLIVAN haben in ihrer Arbeit “*How to measure the benefits of BIM — A case study approach*” im amerikanischen Journal “*Automation in Construction*” ermittelt, dass es 2012 bereits über 1000 Publikationen zum Thema “BIM” gab und viele davon versucht haben eine eigene Definition von “BIM” aufzustellen (BARISCH, SULLIVAN, 2012: 1). Es ist anzunehmen, dass sich diese Zahl in den letzten Jahren noch vervielfacht hat. Im Rahmen dieser Arbeit wird die Definition des National Institute of Building Science (NIBS) verwendet, welche auch im “BIM-Leitfaden für Deutschland” vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur und von BuildingSMART International verwendet wird. Die NIBS definiert BIM wie folgt:

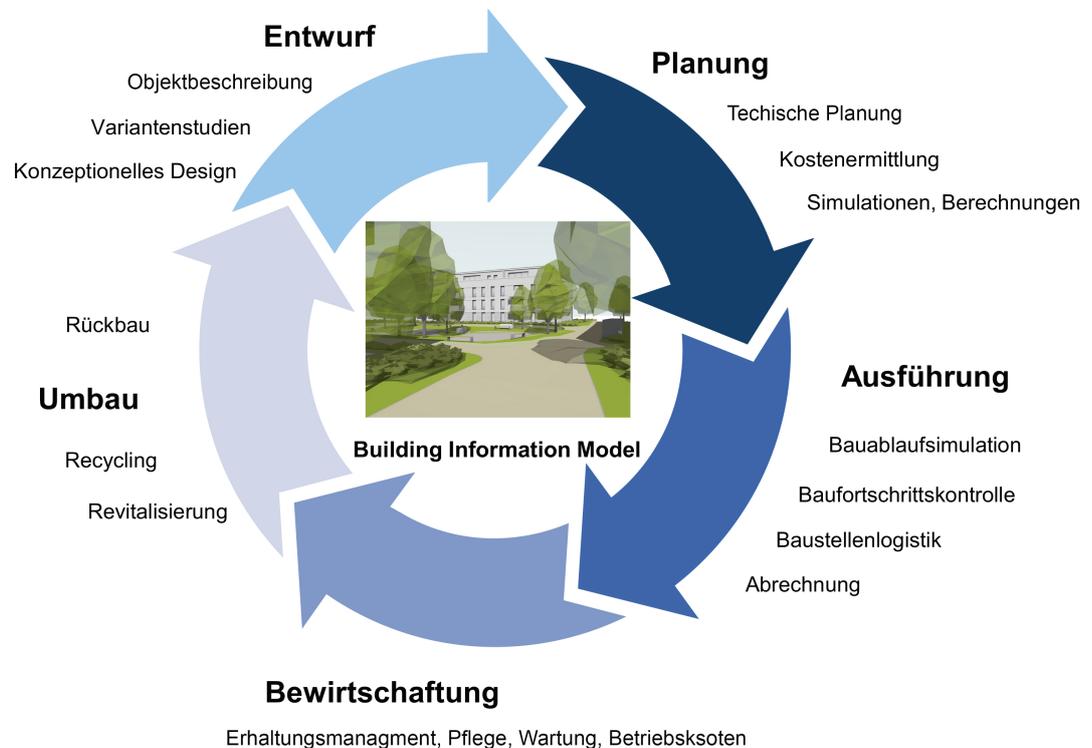
„Building Information Modeling (BIM) is a digital representation of physical and functional characteristics of a facility. A BIM is a shared knowledge resource for information about a facility forming a reliable basis for decisions during its life-cycle; defined as existing from earliest conception to demolition. A basic premise of BIM is collaboration by different stakeholders at different phases of the life cycle of a facility to insert, extract, update or modify information in the BIM to support and reflect the roles of that stakeholder.“¹
(NIBS, 2015-1)

1 Deutsche Übersetzung durch den Verfassers:

„Building Information Modeling (BIM) ist eine digitale Darstellung der physischen und funktionalen Merkmale eines Objektes. Ein BIM ist eine gemeinsam genutzte Wissensressource für Informationen über ein Objekt, die eine zuverlässige Grundlage für Entscheidungen während ihres Lebenszyklus bildet; definiert als von der frühesten Planung bis zum Abriss. Eine Grundvoraussetzung von BIM ist die Zusammenarbeit verschiedener Interessengruppen in verschiedenen Phasen des Lebenszyklus eines Objektes, um Informationen in das BIM einzufügen, daraus zu extrahieren, zu aktualisieren oder zu ändern, um die Rollen dieser Interessengruppen zu unterstützen und widerzuspiegeln.“

Building Information Modeling wird im Deutschen häufig als “Gebäudedatenmodellierung” übersetzt, wobei diese Übersetzung dem Begriff “BIM” nicht gerecht wird. Aus dem Englischen kann “Building” sowohl als “Gebäude” übersetzt werden, aber auch als “Bau” oder “Bauwerk”. “Bauwerksdatenmodellierung” beschreibt die Idee von BIM besser, da es nicht nur um die Gebäude geht, sondern um alle Bauwerke, sei es Gebäude, Brücken oder Parks. Die BIM-Methode ist für alle Bereiche der Baubranche einsetzbar und schafft einen transparenten und offenen Planungs- und Bewirtschaftungsprozess über den gesamten Lebenszyklus des Bauwerks.

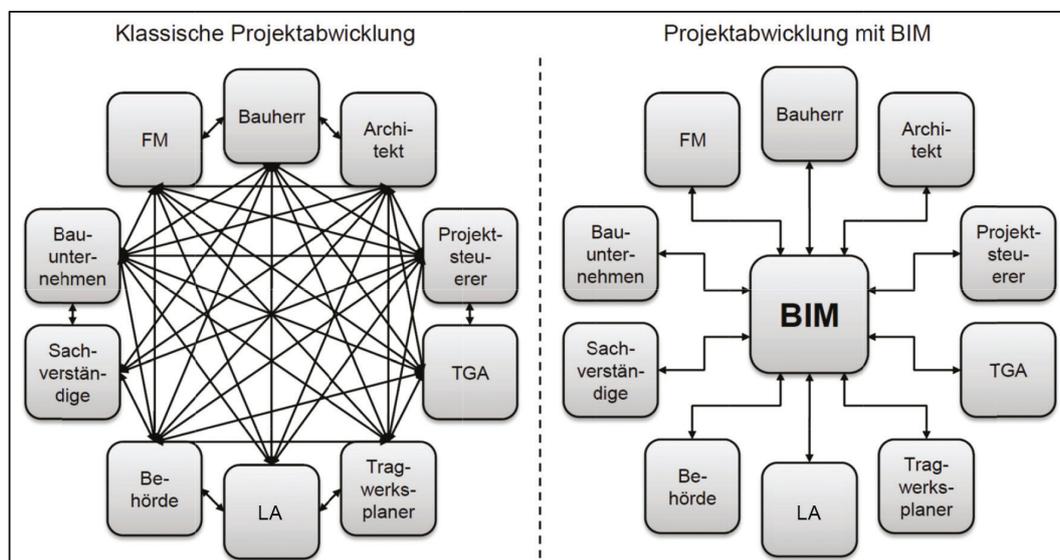
Ausgehend von der Definition des NIBS ist BIM ein Planungs- und Steuerungskonzept, durch welches ein Bauwerke anhand eines konsistenten, digitalen 3D-Modells über den gesamten Lebenszyklus - von der ersten Idee über die Planung und Ausführung bis zur Unterhaltung und dem Abriss / Rückbau - mit all ihren relevanten Daten und Informationen abgebildet wird (siehe Abb. 1). Dabei ist BIM nicht eine Software, sondern die Methode der optimierten Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden und Freianlagen mit Unterstützung durch Software, die auch parametrisch sein kann. Parametrik ist ein auf Algorithmen basierender Prozess, der die Darstellung von Parametern und Regeln ermöglicht, die zusammen das Verhältnis zwischen Designabsicht und Designreaktion definieren, kodieren und klären (GOUBAU, 2017). Alle relevanten Daten zu dem Bauwerk werden digital erfasst, kombiniert und miteinander verknüpft. Das besondere an BIM ist, dass das Bauwerk so gesagt zweimal gebaut wird: Einmal digital und einmal real. Das Modell ist so ein virtuelles Abbild des realen Bauwerks. Darin besteht auch der große Mehrwert von BIM, wenn die Daten im Modell über alle Phasen des Lebenszyklus konsequent weiterverwendet werden, wodurch Fehler durch Informationsbrüche reduziert und vermieden werden (vgl. BORRMANN et. al, 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.; NIEDERMAIER, BÄCKER, 2018-1).



Eigene Darstellung in Anlehnung an BORRMANN et. al, 2015- Kap. 1: BORRMANN et. al.

Abb. 1: BIM ermöglicht einen durchgehenden Informationsfluss und die verlustfreie Weiterverwendung der Informationen und des digitalen Modells über alle Phasen des Lebenszyklusses

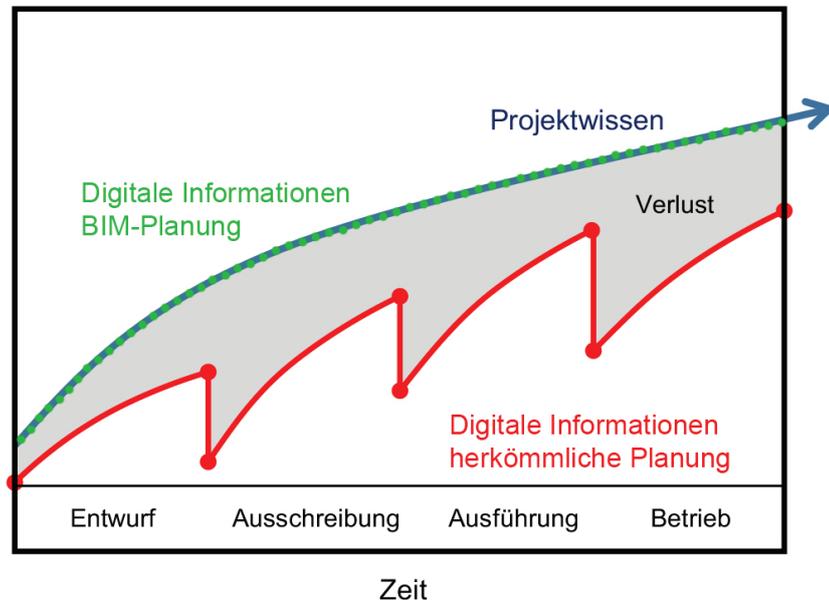
Die Abbildung 1 zeigt, dass die Informationen über das Bauwerk über die gesamte Lebensdauer des Bauwerks weiterverwendet werden. BIM muss so als Datenbank verstanden werden. Diese Datenbank beinhaltet Informationen zu jedem einzelnen Bauteil, von den raumgenauen Koordinaten bis zu planungs-, ausführungs- und nutzungsrelevanten Informationen. Das BIM-Modell besteht so aus einer grafischen Darstellung mit angehängten alphanumerischen Informationen von jedem Bauteilelement. Über visuelle und automatische Kollisionsprüfungen zwischen den Daten, können Fehler im Modell und Informationen frühzeitig identifiziert werden (vgl. ALBRECHT, 2015; GASTEIGER, 2015; EGGER et. al., 2013). So hat jeder Planer und Projektbeteiligter Einblick in die aktuellen und überprüften Daten und Informationen und kann diese für seine Planungen verwenden. Dies bedeutet aber auch, dass für die Abwicklung eines BIM-Projekts eine engere interdisziplinäre und kooperative Zusammenarbeit des Projektteams nötig ist (siehe Abb. 2).



ALBRECHT, 2015; geändert durch den Verfasser dieser Arbeit

Abb. 2: Unterschied zwischen klassischer und BIM-Projektentwicklung

Die Abbildung 2 zeigt den Unterschied zwischen der klassischen Projektentwicklung und der Projektentwicklung mit BIM. Während bei der klassischen Projektentwicklung die Daten und Informationen nur zwischen den jeweils Beteiligten ausgetauscht werden, erfolgt die Kommunikation im Projektteam über ein zentrales Datenmodell und eine gemeinsame „Common Data Environment“ (CDE). Die CDE ist ein cloudbasierter Projektplattform, in der die Dokumentation, das grafische Modell und nicht grafische Daten für das gesamte Projekt gesammelt, verwaltet und verbreitet werden. Hierdurch haben alle Projektmitglieder jederzeit Zugriff auf eine zentrale Datenquelle mit alle projektrelevanten Informationen. Es wird bei der herkömmlichen Projektentwicklung heute schon versucht, über digitale Projektträume einen durchgängigen Informationsfluss zu gewährleisten, was aber häufig nicht richtig funktioniert. Durch das zentrale Datenmodell und die CDE wird die Kommunikation und der Projektlauf transparenter und es gehen keine Informationen verloren (siehe Abb. 3). So wächst das Datenmodell über den gesamten Projektlauf und stellt am Ende einen digitalen „Zwilling“ des eigentlichen Bauwerks dar (vgl. ALBRECHT, 2015; NIEDERMAIER, BÄCKER, 2018-1, DESIGNING BUILDINGS WIKI, 2019).

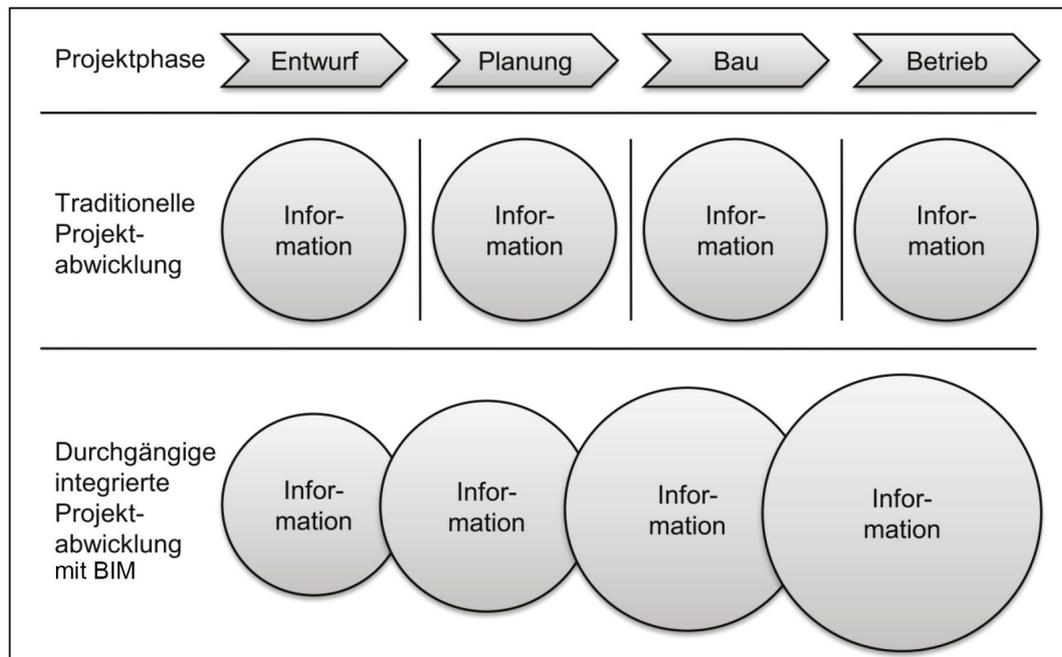


ALBRECHT, 2015; geändert durch den
Verfasser dieser Arbeit

Abb. 3: Unterschied des Informationsgehalts in der Planung zwischen klassischer und BIM-Projektentwicklung

Das zentrale Datenmodell kann so direkt an den Betreiber mit allen nötigen Informationen für den Betrieb übergeben werden, damit entfällt die aufwendige Gebäudeaufnahme und es kommt zu keinen Informationsbrüchen. Solche Informationsbrüche treten in klassischen Planungsprozess nicht erst bei der Übergabe in den Betrieb auf, sondern schon zwischen den Leistungsphasen der Planung (siehe Abb. 3 und 4). Oft müssen die Daten und Informationen dann händisch neu erfasst und eingegeben werden, was eine erhebliche Fehlerquelle darstellt (vgl. BORRMANN et. al, 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.; ALBRECHT, 2015).

Durch die systematische Erfassung und Verarbeitung der Daten und Informationen im BIM-Modell werden Fehler in der Planung reduziert, wodurch auch die Anzahl der Nachträge während der Bauausführung sinkt. In einer von McGraw-Hill Construction 2012 durchgeführten Studie *“The Business Value of BIM in North America - Multi-Year Trend Analysis and User Ratings 2007 - 2012”* über die Nutzung



BORRMANN et. al, 2015- Kap. 1: BORRMANN et. al.; geändert durch den Verfasser dieser Arbeit

Abb. 4: Entwicklung des Informationsgehaltes bei der 2D-Planung gegenüber der 3D-BIM-Planung

und Vorteile der BIM-Methode in der amerikanischen Baubranche wurde ermittelt, dass Büros, die Projekte mit der traditionellen 2D- Planungsmethode abwickeln, durchschnittlich ca. 18% zusätzliche Baukosten durch Planungsänderungen und Nachträge hatten. Bei Büros, die mit der BIM-Methode arbeiteten, sank dieser Wert auf ca. 2,8% (MCGRAW-HILL, 2012-1: 16). Für die deutsche Baubranche gibt es solche Angaben noch nicht. Obermayer Beratung und Planung kann, nach eigener Einschätzung, durch den Einsatz der BIM-Methode ca. 10% der Fehler in der Planung vermeiden (EGGER et. al., 2013: 66).

Durch BIM können nicht nur Planungsfehler und so die Baukosten reduziert werden, BIM steigert auch die Produktivität in den Unternehmen (BORRMANN et. al, 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.: 27 ff.). Im Branchenvergleich zu hat sich die Produktivität des Baugewerbes von 1991 bis 2015 nur um 1,26% gesteigert. Im Vergleich hat sich die Produktivität der deutschen Wirtschaft im Durchschnitt um 41,34% gesteigert.

Produktivitätsentwicklung in Deutschland nach Sektoren
BIP je Erwerbstätigenstunde, 1991=100

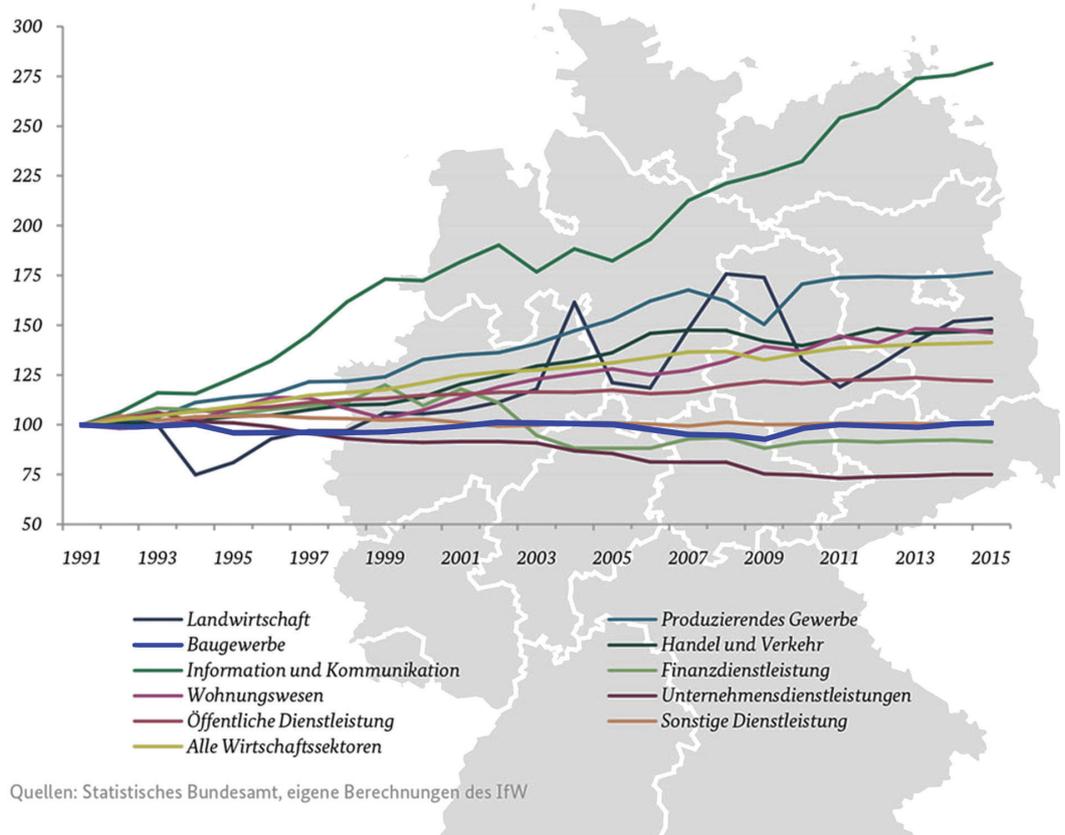


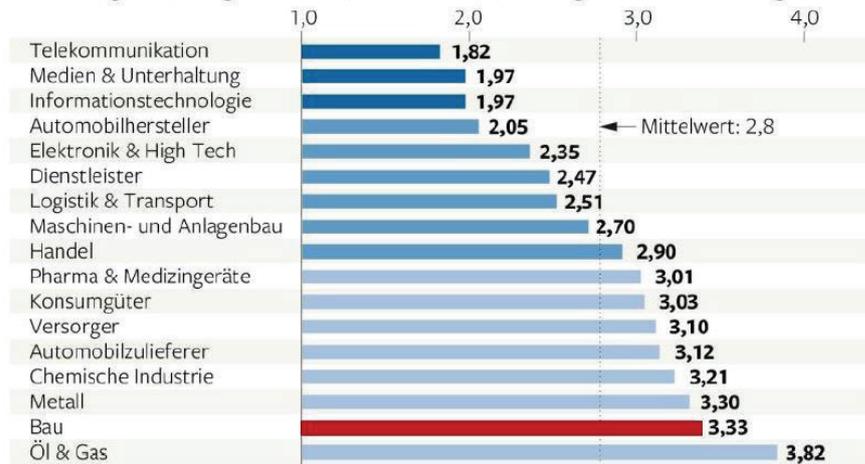
Abb. 5: Produktivitätsentwicklung in Deutschland nach Sektoren. Die Baubranche wird durch die blaue Linie gekennzeichnet

Diese Entwicklung kann auch mit dem Digitalisierungsgrad der Branche zusammen hängen. Wie die Abbildung 6 zeigt ist die Digitalisierungsgrad des Baugewerbes nicht sehr weit fortgeschritten und unterdurchschnittlich gegenüber den anderen Sektoren der deutschen Wirtschaft.

Durch die Implementierung des vollständigen digitalen Planungsprozess kann auch das Baugewerbe eine weitere Steigerung der Produktivität erzielen und die Vorteile einer erhöhten Planungs-, Kosten- und Terminalsicherheit, einer nachhaltigen und transparenten Projektabwicklung sowie einer Qualitätssicherung nutzen. Bis zum Jahr 2025 wird die vollständige Digitalisierung zu jährlichen globalen Kostenein-

Bauen in Deutschland - Digitalisierung

Bewertungsskala 1 = größtenteils, 2 = teilweise, 3 = wenig, 4 = ansatzweise digitalisiert



QUELLE: TOP 500 STUDIE 2014/ **accenture**

ACCENTURE, 2015

Abb. 6: Digitalisierungsgrad des Bauwesens im Branchenvergleich

sparungen von 13-21 % in der Design-, Konstruktions- und Bauphase sowie von 10-17 % in der Betriebsphase führen. BIM spielt dabei die entscheidende Rolle (vgl. EGGGER et. al., 2013; AUTODESK, 2002; GERBERT et. al., 2016).

2.2 Historie der BIM-Methodik

Das Akronym “BIM” wird in den letzten Jahren zunehmend als Buzzword als revolutionäres neues Konzept für den gesamten Bausektor angesehen. Dabei ist die Idee vom BIM nicht neu. Im Gegenteil. Sie ist so alt wie die Anfänge des Computers. Der amerikanische Wissenschaftler Douglas C. Engelbart beschrieb 1962 in seiner Arbeit “*Augmenting Human Intellect*” seine Vision für die Zukunft der Architektur und kreiert die Idee hinter objektbasierten Design, parametrischer Manipulation und relationaler Datenbank (vgl. GOUBAU, 2017; QUIRK, 2012). ENGELBART schrieb in seinem Werk:

“...the architect next begins to enter a series of specifications and data—a six-inch slab floor, twelve-inch concrete walls eight feet high within the excavation, and so on. When he has finished, the revised scene appears on the screen. A structure is taking shape. He examines it, adjusts it... These lists grow into an evermore-detailed, interlinked structure, which represents the maturing thought behind the actual design...”² (ENGELBART, 1962: 5)

Engelbart hat sich damals schon ein objektbasiertes Design mit parametrischer Manipulation und eine relationale Datenbank vorgestellt und beschreibt damit den Kern eines heutigen BIM-Systems. Zum Zeitpunkt der Idee von Engelbart waren die Computer, Datenbankstrukturen und grafische Oberflächen aber noch nicht in der Lage, dies zu verwirklichen und umzusetzen.

2 Deutsche Übersetzung durch den Verfasser:

„Der Architekt beginnt als nächstes, eine Reihe von Spezifikationen und Daten für eine fünfzehn Zentimeter dicke Bodenplatte, dreißig Zentimeter dicke Betonwände und zweieinhalb Meter hohe Ausgrabungen einzugeben. Anschließend, erscheint das Modell auf dem Bildschirm. Die Struktur nimmt Gestalt an. Er untersucht diese und passt sie an. Diese Listen werden immer detaillierter erweitert, mit einer ineinandergreifenden Struktur, die die Entwicklung des Denkens darstellt, das dem aktuellen Design zugrunde liegt“

Über die nächsten Jahre wurde die Idee von Engelbart durch viele Designforscher wie Herbert Simon, Nicholas Negroponte and Ian McHargund und Christopher Alexander aufgegriffen und weiterentwickelt (QUIRK, 2012). Aber erst 1974 wurde durch Charles Eastman die Software “*Building Description System*” (BDS) entwickelt, mit welcher einzelne Bibliothekselemente beschreiben, abgerufen und einem Modell hinzugefügt werden konnten.

Eastman schrieb dazu, dass Konstruktionszeichnungen ineffizient sind und Redundanzen eines Objekts verursachen, das in mehreren Maßstäben dargestellt wird. Er kritisiert auch Hardcopy-Zeichnungen für ihre Tendenz, im Laufe der Zeit zu verfallen und das Gebäude nicht mehr darzustellen, wenn Renovierungsarbeiten stattfinden und Zeichnungen nicht aktualisiert werden. Er kam zu dem Schluss, dass das BDS die Konstruktionskosten durch Effizienzsteigerungen bei Entwurf und Analyse um mehr als 50 Prozent senken würde. BDS war das Experiment, das alle grundlegenden Probleme im Zusammenhang mit der Architekturplanung für die nächsten fünfzig Jahre identifiziert hat (vgl. QUIRK, 2012; GOUBAU, 2018). Eastman entwickelte seine Idee 1977 mit seinem nächsten Projekte “GLIDE (Graphical Language for Interactive Design)” weiter und schaffte eine Software, welches die meisten Merkmale des modernen BIM-Software beinhaltet (MICHL, 2019).

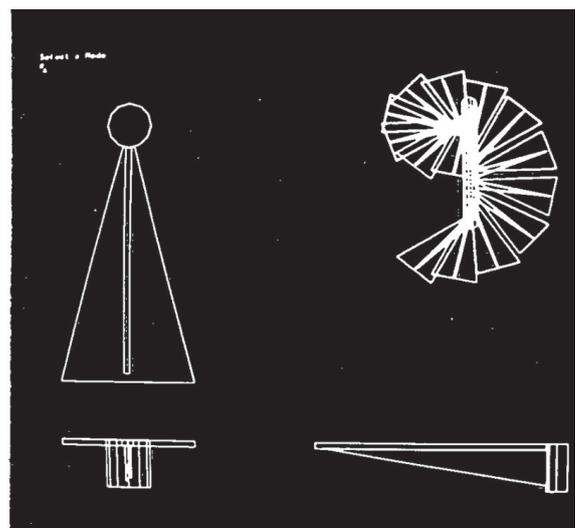
```

POLY PROCEDURE spiral.step(POLY centre;
    REAL riser,radius,r,angle,th)=
    BEGIN
    POLY support =
        triangle(radius:0.95,-riser:0.8, th);
    POLY collar = column(12,riser,r);
    POLY plate = wedge(radius,th,angle);
    ! return the result of shape operations;
    CUT centre FROM COMBINE collar WITH
        COMBINE support WITH plate
    END;

! make spiral staircase, (dimensions in inches)
SET PROCEDURE spiral.stair(ht,radius,angle)=
    BSET; INTEGER numsteps; REAL riser;
    numsteps ← ht/8.0;
    riser ← ht/numsteps;
    POLY centre = column(12,ht+32.0,5.0);
    POLY step = spiral.step(centre,
        riser,radius,3.0,angle,0.625);
    FOR i TO numsteps
        DO COPY step={0,riser*i \0,angle;i}
    ESET;

SET stair1 = spiral.stair(100.0,46.0,30.0);

```



EASTMAN, HENRION, 1977

Abb. 7: BDS-Darstellung einer Treppe

Die Abbildung 7 von EASTMAN und HENRION zeigt wie das BDS funktioniert hat. Die Daten auf der linken Seite beschreiben eine Wendeltreppe mit allen Charakteristika. Der Computer errechnet aus diesen Daten die Konstruktionszeichnung der Treppe. Dieses Projekt wurde damals mit einem PDP-10 Computer erstellt, weswegen wahrscheinlich nur wenige Architekten mit dem BDS gearbeitet haben.

Dies änderte sich durch zwei Pioniere, die am Ende den heutigen BIM-Markt definieren. Dabei handelt es sich um Leonid Raiz and Gábor Bojár, die jeweiligen Mitgründer und Gründer von Revit und ArchiCAD. 1984 veröffentlichte Bojár die Software “Radar CH”, was seit 1987 als ArchiCAD vertrieben wird. Dies macht ArchiCAD die erste BIM-Software für den persönlichen Computer. Die Software wurde am Anfang nur für seine CAD-Funktion (2D) durch die Nutzer verwendet, da die Software für komplexe 3D-Bauwerke nur schwer funktionierte (vgl. SILVA, 2011; QUIRK, 2012). Die Revolution für das BIM-Konzept kann 2000 mit der Veröffentlichung von Revit (Kofferwort von “Revise it”) und der Verbindung des Modells mit der vierten Dimension, der Zeit (GOUBAU, 2017). Das Thema BIM und der Begriff “*Building Information Modeling*” wurde 2002 in dem Whitepaper “*Building Information Modeling*” durch Autodesk geprägt, die in diesem Jahr auch Revit kauften und begannen das Produkt zu bewerben. Der Begriff “*Building Information Modeling*” wurde dabei nicht von Autodesk erfunden, sondern von G.A. Van Nederveen und F. Tolman in einem Artikel in der “*Automation in Construction*” im Dezember 1992 (GOUBAU, 2017). Das Whitepaper von Autodesk bringt aber den Begriff “BIM” ins allgemeine Verständnis und bildet den Anfang den Vormarsch der BIM-Anwendung in der Baubranche. Seitdem hat Autodesk seine Monopolstellung abgeben müssen, da andere Softwarehersteller nachgezogen sind und ihrerseits BIM-fähige Softwares entwickelt haben. Trotzdem ist Revit noch einer der am meisten verbreitetsten BIM-Softwares (BIMCommunity, 2018). Das kommt auch daher, dass die Software für unterschiedliche Fachdisziplinen ausgelegt ist. Revit umfasst Workflows für Architekturdesign, Technische Gebäudeausrüstung (TGA), Elektrotechnik, Tragwerksplanung und Tiefbau. Es bietet so die Möglichkeit, dass alle in einer Softwareumgebung arbeiten und so die Schnittstellenproblematik umgehen. Dies stellt ansonsten ein großes Problem bei der BIM-Interoperabilität dar. Die unterschiedlichen Softwarefamilien nutzen unterschiedliche Dateiformate und lassen sich nicht direkt austauschen. Um diese Problem anzugehen wurde 1995

von Autodesk die private Allianz *“International Alliance for Interoperability (IAI)”*³ mit 12 weiteren Firmen gegründete. Ziel dieser Allianz ist es die Interoperabilität zwischen den unterschiedlichen Softwarefamilien und Fachdisziplinen zu schaffen. Hierfür wurde das offene und softwareneutrale Austauschformat *“Industry Foundation Classes (IFC)”* entwickelt. Dabei handelt es sich um ein komplexes Datenmodell, mit dessen Hilfe die Geometrie und alphanumerischen Informationen eines Bauwerks in objektorientierter Weise repräsentiert und ausgetauscht werden kann (vgl. BuildingSMART INTERNATIONAL, 2019; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 5: BORRMANN, KOCH). Das IFC-Format gibt heute als weltweit anerkannter Standard für den Austausch von Daten in BIM und wird von den gängigsten BIM-Softwares unterstützt. (vgl. Kap. 5.1: Industry Foundation Classes (IFC), S. 107)

In den letzten 20 bis 30 Jahren hat sich BIM von technischen Konzepten zu einer umfassenden Methodik entwickelt, die alle Phasen des Baubetriebs abdeckt. Die Entwicklung hat sich dabei hauptsächlich auf die Anforderungen des Hochbaus und der Infrastrukturplanung fokussiert. So ist die Software und Methodik für die genannten Planungsdisziplinen sehr weit vorangeschritten und ermöglicht heute umfängliche BIM-Anwendungen. Die Entwicklung der Methodik und Software steht bei der Landschaftsarchitektur dagegen noch relativ am Anfang. So gibt es in den unterschiedlichen BIM-Softwares nur wenige Workflows und Werkzeuge für die Modellierung der Freianlagen und für viele Arbeiten gibt es noch keine adäquaten Werkzeug (BARTH, 2016). Auch unterstützt das IFC-Format in der aktuellen Fassung nur wenige Elemente der Landschaftsarchitektur, was den Austausch und die Weiterverarbeitung der Modelle von anderen Fachplanern umständlich gestaltet. Dieses Defizit wurde durch die Branche erkannt und die unterschiedlichen Organisationen und Softwarehersteller arbeiten an der Entwicklung der BIM-Methodik und den nötigen Workflows in den Softwarefamilien für die Landschaftsarchitektur. So hat BuildingSMART International Ende 2018 ein internationalen Arbeitskreis *“IFC for Site, Landscape, and Urban Planning”* gegründet, um das IFC-Format für die Anforderungen der Landschaftsarchitektur anzupassen. Der Bund deutscher Landschaftsarchitekten (BDLA) und die Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL e.V.) haben jeweils einen eigenen Arbeitskreis *“BIM in der Landschaftsarchitektur”* gegründet, um die Anforderungen der Land-3 2005 wurde die IAI in die Organisation „BuildingSMART“ umbenannt

schaftsarchitektur an die BIM-Methode zu definieren. Zusätzlich arbeiten die Softwarehersteller an der Entwicklung von Workflows innerhalb ihrer Software. So entwickeln unter anderem Vectorworks für ihre gleichnamige Software, Autodesk für Revit und in Deutschland Wiedemann Systems und DATAflor Workflows für Landschaftsarchitekten in ihren jeweiligen Software. Trotz der genannten Defizite ist eine BIM-Modellierung für die Landschaftsarchitektur mit den aktuellen Gegebenheiten bereits möglich (FUNK, 2019).

2.3 Stand der BIM-Einführung im In- und Ausland

In Deutschland ist BIM nicht nur für die Landschaftsarchitektur noch relatives Neuland, sondern für die sehr schlecht digitalisierte Baubranche insgesamt. Andere Länder sind mit dem Umstieg auf BIM schon sehr viel weiter.

2.3.1 Stand der BIM-Einführung im Ausland

Im internationalen Umfeld ist die Einführung der BIM-Methode in der Baubranche bereits sehr weit fortgeschritten. Das *“BIM guides project”* von BuildingSMART International listet insgesamt 128 nationale und regionale BIM-Richtlinien aus der ganzen Welt auf (BEANGE, 2018). Solche Richtlinien sind Grundlage für eine erfolgreiche BIM- Etablierung. Die Abbildung 8 zeigt die zeitliche Entwicklung einer Auswahl verschiedener nationaler BIM-Richtlinien. Die letzte Aktualisierung einer BIM-Richtlinie erfolgt 2016.

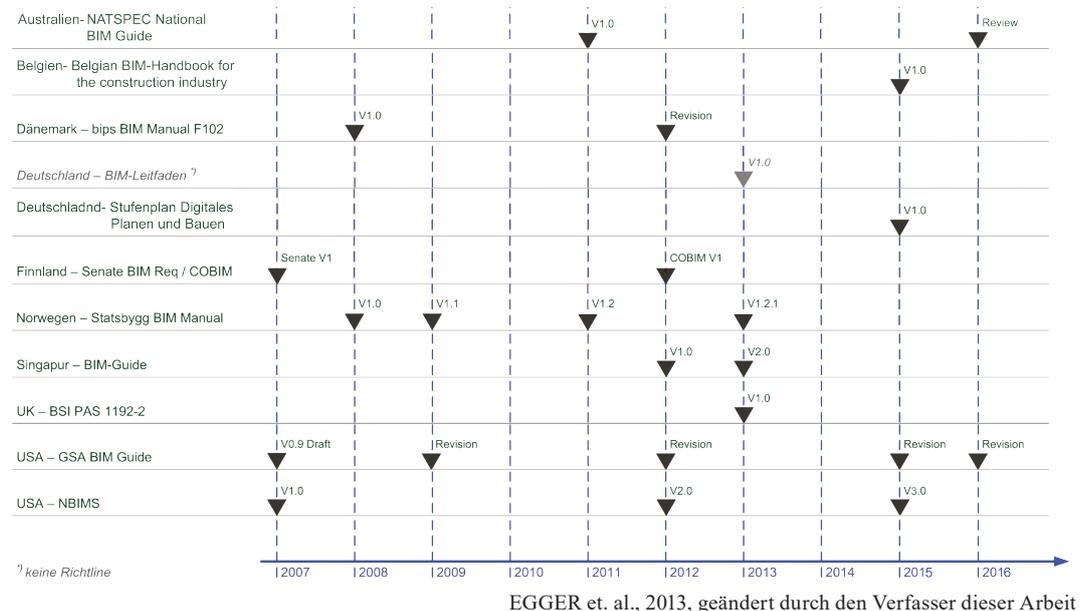
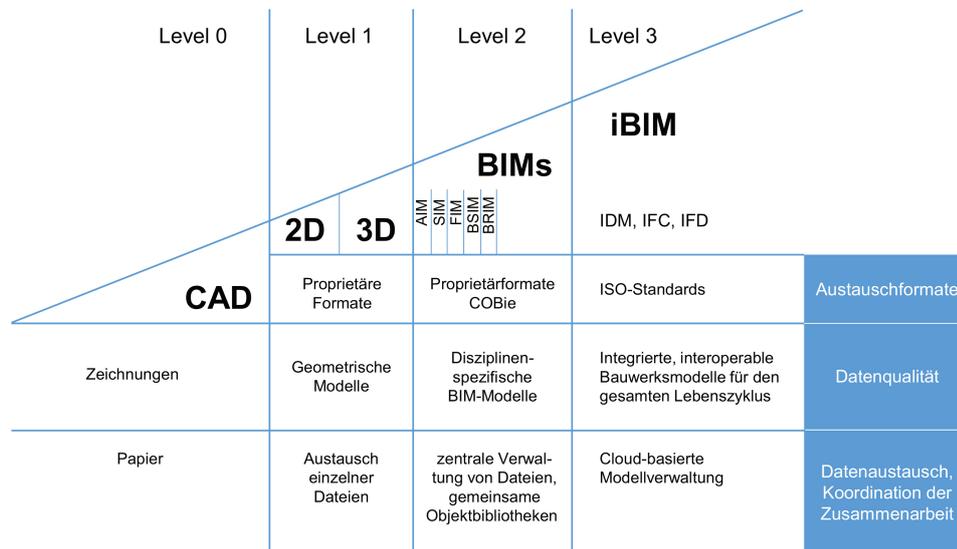


Abb. 8: Zeitliche Entwicklung der unterschiedlichen nationalen BIM-Richtlinien

Hervorzuheben sind besonders Australien, Finnland, Singapur, die USA und Großbritannien als Vorreiter für die Etablierung der BIM-Methode. Wie aus der Abbildung 8 erkennbar, gibt es in diesen Ländern schon seit einer längeren Zeit rechtliche Vorgaben und Standards für die BIM-Anwendung und die Pflicht, öffentliche Bauvorhaben mit der BIM-Methode durchzuführen. Dort ist es der Staat, der als größter Auftraggeber eine Schlüsselrolle bei der Einführung von BIM einnimmt (vgl. BORRMANN et. al, 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.; EGGER et. al., 2013; MINI, 2016). Für Amerika hat McGraw-Hill Constructions 2012 in der Studie „*The Business Value of Building Information Modeling (BIM) in North America*“ ermittelt, dass 2012 bereits durchschnittlich 71% der Bauindustrie (70% der Architekten) auf BIM umgestiegen sind. Im Vergleich dazu betrug die BIM-Etablierung in Nordamerika 2007, bei der Einführung der ersten nationalen BIM-Richtlinien, nur 28% (MCGRAW-HILL, 2012: 4). Viele der BIM-Richtlinien liegen bereits als überarbeitete Fassung vor, was die Bedeutung von BIM für diese Länder zeigt. Die Zielsetzungen liegen dabei in der lückenlosen Dokumentation der Bauwerksbeschreibung, der Transparenz und Weiterverwendbarkeit der Daten und der Reduzierung von Reibungsverlusten bei der Datenübergabe zwischen unterschiedlichen Leistungsphasen (EGGER et. al, 2013: 11).

Insbesondere Singapur treibt diese Zielsetzung führend voran. Seit 2004 besteht dort die Pflicht, alle Bauunterlagen für öffentliche Bauvorhaben über eine Internetplattform elektronisch einzureichen (BORRMANN et. al, 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.: 13 ff.). Seit 2016 sollen nun auch die BIM-Modelle der Architektur, TGA und TWP für die Bauvorhaben über eine Internetplattform eingereicht werden (BCA, 2016). Auf Grundlage der digitalen Daten werden anschließend automatisch auf die Einhaltung bestimmter Normen und Vorgaben, z.B. zum Brandschutz, geprüft (BORRMANN et. al, 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.: 13).

Besonders bemerkenswert ist der Wille der britischen Regierung BIM zu etablieren. Großbritannien wird von einigen als derzeit führend bei der Geschwindigkeit der BIM-Einführung gesehen (KIVINIEMI, 2015). 2011 hat sich die damalige britische Regierung das Ziel gesetzt bis 2016 voll kooperative 3D-BIM in alle öffentlichen Projekten und Asset-Informationen, -dokumentationen und -daten elektronisch zu etablieren. Dieser BIM-Stand wird auch als BIM Level 2 beschrieben (siehe Abb. 9).



BORRMANN et. al, 2015- Kap. 1: BORRMANN et. al.

Abb. 9: Britische BIM-Reifegradmodell definiert die vier Reifegradstufen für die Etablierung der BIM-Methode in der Baubranche

Durch BIM soll eine Kostenreduktion von 15% bis 20% und eine Reduktion der Treibhausgase von 40% erzielt werden (UK CABINET OFFICE, 2011). Durch die Einführung von BIM soll auch die britische Bauindustrie auf ein neues technologisches Niveau gehoben werden, so dass für die Industrie ein signifikantes Wettbewerbsvorteil auf dem internationalen Markt entsteht (BORRMANN et. al, 2015-Kap. 1: BORRMANN et. al.: 14). Für die Erreichung dieses Ziels wurde die *BIM Task Group* mit dem Ziel gegründet, die benötigten Richtlinien und Standards zu erarbeiten und in der Zukunft auch weiter zu aktualisieren (BIM TASK GROUP, 2011). Um die BIM-Methode in der Baubranche erfolgreich zu etablieren, wurde von der BIM Task Group ein 4 stufiges BIM-Reifegradmodell (engl.: BIM Maturity Model) erarbeitet.

Seit April 2016 ist das BIM Level 2 für alle öffentlichen Bauvorhaben vorgeschrieben. Auch viele private Auftraggeber verlangen die Projektabwicklung mit der BIM-Methode. Das BIM Level 2 sieht noch nicht die interdisziplinäre Arbeit an einem zentralen Datenmodell vor, aber jeder Planer soll in einem disziplinspezifischen BIM-Modelle arbeiten. Diese Teilmodelle werden zu einem zentralen Kontrollmodell zusammengeführt. Die Daten werden dabei herstellereigene Datenformate ausgetauscht (MCPARTLAND, 2014). Um die Industrie an dieses Level zu

führen, wurde im BIM-Reifegradmodell das BIM Level 0 und BIM Level 1 definiert. Das BIM Level 0 beschreibt dabei den Ausgangslage, das klassische Arbeiten mit 2D-Zeichnungen und einem Papier und PDF austauscht. Stufe 0 bedeutet praktische keine Zusammenarbeit unter den Beteiligten. BIM Level 1 beinhaltet die Kombination von 2D-Zeichnungen und 3D-Modellen für kritische Bereiche des Bauwerks. Der Austausch in Stufe 1 findet über den Versand einzelner Dateien statt (vgl. MCPARTLAND, 2014; BORRMANN et. al, 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.: 10).

Für die Etablierung bildet die, von der British Standards Institution (BSI) herausgegebene, öffentlich verfügbare Spezifikation PAS (Publicly Available Specification) 1192-2 „*Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*“ (2019 ersetzt durch die ISO 19650) ein Schlüsseldokumente. In der PAS 1192-2 werden die grundlegenden Abläufe in einem BIM-Projekt festgelegt und insbesondere sogenannte Data Drops spezifiziert, bei denen zu bestimmten Zeitpunkten Projektdaten an den Bauherrn übergeben werden. Die PAS bleibt dabei auf einem weitgehend generischen Niveau und überlässt Details der Modellinhalte und Ausarbeitungsgrade der Abstimmung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer (BORRMANN et. al, 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.: 14- 15). Auf der Webseite “BIM Level 2” (<https://bim-level2.org>) sammelt die britische Regierung zentral alle für das BIM Level 2 relevanten Richtlinien, Standards und BIM-Dokumentationen und bietet zusätzliche Vorlagen für eine effiziente BIM- Abwicklung (BIM Level 2, 2019). Im nächsten Schritt bereitet Großbritannien unter dem Motto “*Digital Build Britain*” die Einführung des BIM Level 3 vor. Das BIM Level 3 sieht die Umsetzung des BIG open BIM vor, das bedeutet die cloud-basierte Planung an einem zentralen digitalen Datenmodell über den gesamten Lebenszyklus durch alle Projektbeteiligte. Ein Austausch der Daten erfolgt über Model-Server und neutrale ISO- Standards (vgl. MCPARTLAND, 2014; BORRMANN et. al, 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.; 13 ff.). Für die Einführung des BIM Level 3 gibt es noch keinen genauen Zeitplan. Die BIM Task Group wurde im Zuge der neuen Initiative “Digital Build Britain” in das “Centre for Digital Built Britain” aufgelöst. Das neue Zentrum hat aber weiterhin die Aufgabe, die nötigen Richtlinien und offenen Austauschstandards zu erarbeiten, die für eine erfolgreiche Etablierung benötigt werden (vgl. HM GOVERNMENT (UK), 2015; CDBB, 2019).

Nicht nur auf Länderebene wurde die Bedeutung von BIM erkannt, auch die EU hat hierfür die „*EU BIM Task Group*“ eingerichtet. Ziel dieser Arbeitsgruppe ist, den öffentlichen Sektor im Umstieg auf BIM zu unterstützen und die allgemeine BIM-Etablierung zu forcieren. Hierfür wurde 2017 das „*Handbuch für die Einführung von Building Information Modelling (BIM) durch den europäischen öffentlichen Sektor- Strategische Maßnahmen zur Verbesserung der Leistung des Bauwesens*“ veröffentlicht. Auch hat die EU bereits 2014 die EU-Beschaffungsrichtlinie so angepasst, dass sie den öffentlichen Bauherren ausdrücklich erlaubt, digitale Formate für die Übergabe zu fordern und so die Vereinbarkeit von BIM mit dem EU-Recht zu gewährleisten.

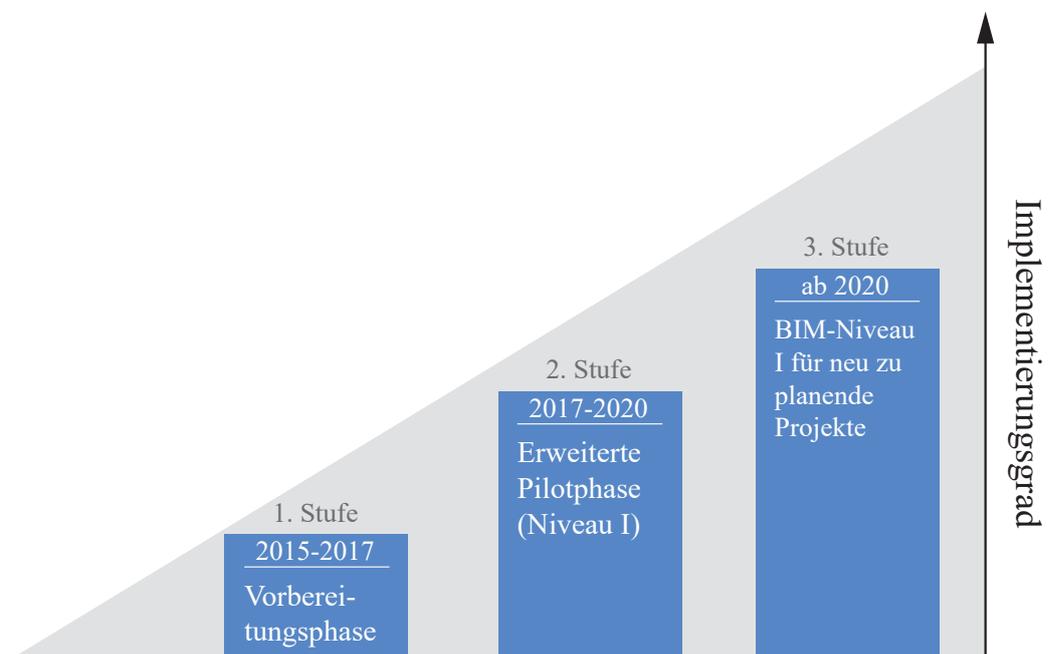
2.3.2 Stand der BIM-Einführung in Deutschland

Auch in Deutschland erfolgt eine Etablierung der BIM-Methode, allerdings noch sehr zurückhalten. Wo in Amerika bereits 2012 71% der Bauindustrie BIM nutzen (MCGAW-HILL, 2012-1: 4), ergab eine Umfrage der Forschungsinitiative ZukunftBAU des Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau 2013, dass 49% der befragten Architekten bereits den BIM-Umstieg durchgeführt hatten und 14% BIM-umstiegswillig waren. Landschaftsarchitekten waren nicht in der Umfrage involviert, auch habe sich bei der Befragung nur 81 Architekten und Ingenieure beteiligt (BOTH et. al., 2013). Eine 2016 durchgeführte Umfrage von LUCKWALD und TEMMEN unter 186 Landschaftsarchitekten ergab, dass erst 1,57% der Büros auf BIM umgestiegen sind und nur 2,09% den BIM-Umstieg planen. 80% der befragten Büros gab sogar an, noch nichts von BIM gehört zu haben oder sich noch nicht näher mit der Thematik beschäftigt zu haben (LUCKWALD, TEMMEN, 2016: 120). Die Umfrage von LUCKWALD und TEMMEN zeigt, dass BIM für die Landschaftsarchitektur noch nicht als relevant angesehen wird. Dabei ist die BIM-Methode längst in der deutschen Bauindustrie angekommen.

Wie aus der Abbildung 8 „*Zeitliche Entwicklung der unterschiedlichen nationalen BIM-Richtlinien*“ erkennbar ist, hat Deutschland im internationalen Vergleich erst 2015 eine erste Richtlinie für BIM veröffentlicht. 2013 wurde zwar im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumentwicklung (BBR) der BIM-Leitfaden für Deutschland veröffentlicht, dabei handelt es sich aber um einen Leitfaden für eine zukünftige Ein-

führung der BIM-Methode in der deutschen Baubranche, nicht um eine Richtlinie für BIM.

2015 hat das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur den “Stufenplan Digitales Planen und Bauen” als erste deutsche BIM-Richtlinie veröffentlicht (BMVI, 2015-1: 1). Ziel des Stufenplans ist die schrittweise Einführung von BIM bis 2020 für in erster Linie den Infrastrukturbau und den infrastrukturbezogenen Hochbau im Zuständigkeitsbereich des Bundes. Darüber hinaus kann es aber in anderen Bereichen als Modell zur Einführung von BIM genutzt werden (BMVI, 2015: 5). Die folgende Abbildung 10 zeigt die nach dem Stufenplan beabsichtigten drei Stufen der Digitalisierung des Bauwesens.



Eigene Darstellung, angelehnt an BMVI, 2015-1

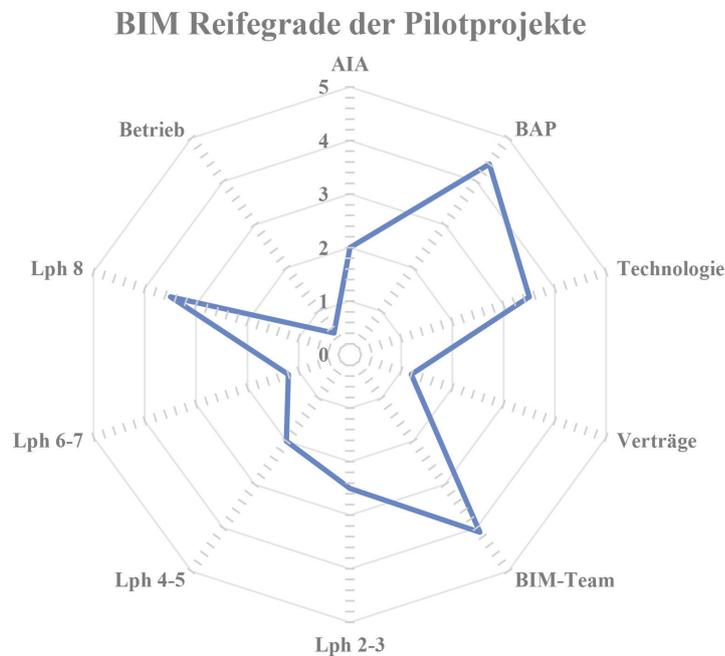
Abb. 10: Stufenweise Einführung von BIM in Deutschland

Während der ersten Stufe von 2015 bis 2017 sollen die grundlegenden Voraussetzungen und Vorlagen für den BIM-Einsatz geschaffen und die ersten Pilotprojekte mit wissenschaftlicher Begleitung durchgeführt werden. Ab 2017 soll in einer zweiten Stufe BIM in einer erweiterten Pilotphase in zusätzlichen Pilotprojekten erprobt werden, um so Erfahrungen über den BIM-Einsatz zu sammeln und nötigen

Vorlagen zu erstellen. Ab 2020 erfolgt dann mit der dritten Stufe die breite Implementierung des Leistungsniveaus 1 bei allen neu zu planenden Projekten des Verkehrsinfrastrukturbaus des Bundes (BMVI, 2015-1: 9 ff.). Durch den stufenweisen Umstieg auf die BIM-Methode wird es allen Betroffenen ermöglicht, sich auf die neue Planungsmethode einzustellen und sich vorzubereiten. Deswegen definiert der Stufenplan weiterführend die Anforderungen an das digitale Bauwerksmodell und die gemeinschaftliche Zusammenarbeit der Beteiligten. Hierzu gliedert der Stufenplan die Anforderungen in drei Bereiche: *Daten*, *Prozess* und *Qualifikation*. So ist allen Beteiligten bekannt, welche zukünftigen Anforderungen sie erfüllen müssen.

Der Stufenplan definiert bezüglich dem Bereich „*Daten*“ unter anderem, dass der Auftraggeber vor Projektbeginn in der *Auftraggeber-Information-Anforderung* (AIA) genau festzulegen hat, welche Daten er wann benötigt und welche Detailtiefe das Modell aufweisen muss (vgl. Kap. 4.4: Grundlegende Dokumente für den BIM-Prozess, S. 90). Darüber hinaus sind alle zu erbringenden Leistungen auf der Grundlage 3D-fachmodellbasierten Arbeitens in digitaler Form und in herstellerneutralen Datenformaten zu liefern. Falls 2D-Pläne zusätzlich benötigt werden, müssen diese aus dem 3D-Modell abgeleitet werden. Weiterführend müssen alle gelieferten Leistungen mit den Anforderungen aus der Auftraggeber-Information-Anforderung überprüft werden (BMVI, 2015-1: 12 ff.). An diesen Punkten setzen auch die Anforderungen für den Bereich „Prozess“ an. So soll sich unter anderem die Erzeugung der Daten an den Erfordernissen der späteren Nutzungsphase orientieren und nicht an bestehenden technischen Möglichkeiten. Um dies auch im Projekt zu gewährleisten, soll ausgehend von der AIA ein *BIM-Abwicklungsplan* (BAP) vom Auftraggeber bzw. Auftragnehmer entwickelt werden (vgl. Kap. 4.4: Grundlegende Dokumente für den BIM-Prozess, S. 90). Weiterführend ist eine „Gemeinsame Datenumgebung“ zur organisierten Aufbewahrung und zum verlustfreien Austausch der im Planungs- und Bauprozess erzeugten Daten zu schaffen, auf die alle Beteiligten zugreifen können. Hierfür muss der Auftragnehmer im Bereich „Prozess“ über die nötigen BIM-Kompetenzen verfügen die zur Umsetzung des Leistungsniveaus notwendig sind. Diese Kompetenz sollte daher bei der Vergabeentscheidung mit gewertet werden (BMVI, 2015-1: 11)

2017 wurde der erste Fortschrittsbericht des BMVI zur Umsetzung des Stufenplans Digitales Planen und Bauen veröffentlicht. Darin wird die Umsetzung der BIM-Methode in den ersten Pilotprojekten während der Vorbereitungsphase (1. Stufe) analysiert. Insgesamt wurde die BIM-Methode in der ersten Stufe in sechs verschiedenen Pilotprojekten aus dem Bundesinfrastrukturbau in unterschiedlichen Planungs- und Bauphasen nach der HOAI 2013 durchgeführt. Die folgende Abbildung 11 zeigt das erste Stand der BIM-Implementierung aus allen BIM-Pilotprojekte.



BMVI, 2017-2

Abb. 11: Gemittelter Reifegrad der BIM-Implementierung in den einzelnen Leistungsphasen aus allen BIM-Pilotprojekte

Demnach konnte BIM in den Pilotprojekten bereits sehr gut umgesetzt werden. Die Projektbeteiligten haben insgesamt von positiven Erfahrungen berichtet, auch wenn bestimmte Anwendungen nicht immer ohne Probleme und Nachjustierungen umgesetzt werden konnten. So waren die Auftraggeber-Informationen-Anforderungen nur bedingt vorhanden bzw. wurden erst nachträglich erstellt. Aspekte wie Verträge, Vergabeprozesse und der Betrieb wurden bisher wenig adressiert. Wesentliche Gründe hierfür sind fehlende standardisierte Leistungsbeschreibungen, Vorlagen, Kataloge und Vertragsmuster. Diese Dokumente werden im Rahmen der zweiten Stufe weiter ausgearbeitet. Auch gab es Probleme wegen fehlender Standardisierungen im Bereich der Austauschformate und fehlende Objektkataloge.

Erfolgreich wurden hingegen ausführliche BIM-Abwicklungspläne mit detaillierten Zielen, Anwendungsfällen, Rollen, Zuständigkeiten und Datenübergabepunkten erstellt und fortgeschrieben (BMVI, 2017-2: 12).

In der erweiterten Pilotphase (2. Stufe) werden die aufgetretenen Schwierigkeiten weiter ausgearbeitet. Es sollen Leitfäden, Muster und Handreichungen für die Ausschreibung, Steuerung, Prüfung und Abnahme von BIM-Leistungen, etwa BIM-Lastenhefte inklusive Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA), Vorlagen für BIM-Projektentwicklungspläne (BAP), Muster für Vergabeunterlagen sowie Musterverträge und Vertragsmodule, erstellt werden (vgl. BMVI, 2017-2; BIM4INFRA2020, 2018).

Die erfolgreiche Umsetzung der Vorbereitungsphase und der ersten Pilotprojekte hat auch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BUMB) 2017 in einem Erlass - adressiert an seine nachgelagerten Behörden und an das Verteidigungsministerium - verfügt, dass *“ab sofort bei neuen zivilen Neu-, Um- und Erweiterungsbauvorhaben (...) im Inland mit einem geschätzten Baukostenvolumen ab 5 Mio. € (brutto, ohne Baunebenkosten)”* eine Bedarfsprüfung und Implementierung von BIM zu erfolgen hat (BUMB, 2017). Dementsprechend ist BIM jetzt auch für alle Bauprojekte des Bundes ab einem Bauvolumen von 5 Mio. € brutto zu prüfen und durchzuführen. Richtlinien und ein Konzept für die weitere Implementierung werden zur Zeit noch vom Amt für Bundesbau entwickelt.

Zusätzlich zu den Stufenplan des BMVI und dem Erlass des BUMB werden in Deutschland auch durch die neue DIN ISO 19650 und die Richtlinienreihe 2552 *“Building Information Modeling”* des Verbands Deutscher Ingenieure (VDI) die Rahmenbedingungen und Vorgaben für die Projektentwicklung mit BIM definiert (vgl. Anhang 2: Normen und Standards für BIM in Deutschland).

Angesichts der fortgeschrittenen internationalen Entwicklung und des Tempos der Digitalisierung empfiehlt das BMVI allen Auftraggebern und Auftragnehmern dringend, sich der BIM-Herausforderung jetzt zu stellen, um nicht zu riskieren, den Anschluss im internationalen Wettbewerb zu verlieren (BMVI, 2015-1: 6).

3 Grundlagen der Modellierung mit BIM

Um sich den Herausforderungen der BIM-Methode stellen zu können, ist es wichtig zu verstehen wie 3D-BIM-Modelle aufgebaut sind und wie die BIM-Software arbeitet. BIM nutzt zur Beschreibung eines Bauwerks zwei verschiedenen Arten der Modellierung: *Geometrische Modellierung* und *Objektorientierte Modellierung*. Dabei ist eine konsistente und korrekte Beschreibung eines Bauwerks nur durch die Kombination beider Modellierungsmethoden möglich. Aus diesem Grund ist es nötig beide Modellierungsweisen für die BIM-Arbeit zu verstehen.

3.1 Geometrische Modellierung

Die erste Modellierungsart in BIM stellt das Geometrische Modellieren dar. Die dreidimensionalen Geometrien zählen auch zu den wichtigsten Informationen in einem Modell, ohne welche BIM nicht funktionieren würde. Dabei bieten die dreidimensionale Modelle auch erhebliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Strichzeichnungen (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHANN: 25-26):

- 3D-Modelle ermöglichen die Durchführung von Kollisionsprüfungen. Dabei werden bei den verschiedenen Teilmodellen getestet, ob sich deren Geometrien an irgendeiner Stelle überlagern. So können frühzeitig Fehler erkannt und behoben werden, so dass es zu keinen kostspieligen Änderungen während der Bauausführung kommt. Die Kollisionsprüfung ist besonders bei der Koordinierung der gewerkeübergreifender Zusammenarbeit wichtig.
- Durch ein 3D-Modell kann eine präzise Mengenermittlung erfolgen, da das Modell automatisch die Flächen und Volumen berechnet.
- Auf Grundlage des 3D-Modells können leicht Modelle für Berechnungen und Simulationen abgeleitet werden, ohne das die Daten händisch neu eingegeben oder mit dimensionsreduzierten Modellen gerechnet werden müssen.
- Das 3D-Modell erlaubt, schnelle photorealistische Visualisierungen des Entwurfs zu erstellen, einschließlich unter anderem der Analysen des Schattenwurfs.

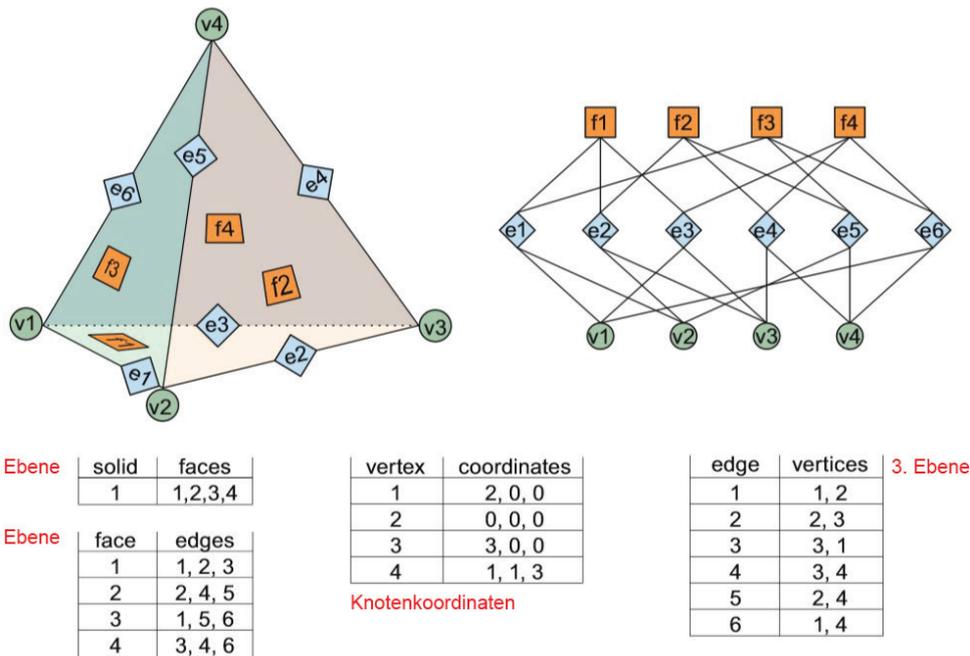
- Aus dem 3D-Modell werden die benötigten zweidimensionalen Grundrisse und Schnitte abgeleitet, hierdurch ist sichergestellt, dass die Pläne untereinander konsistent sind und es keine Widersprüche innerhalb der Pläne gibt. Wenn Änderungen am Modell gemacht werden, ändern sich automatisch alle Pläne mit, wodurch Fehlerquellen reduziert werden. Allerdings können nicht alle Informationen aus der 3D-Geometrie gewonnen werden. Hier bedarf es der Ergänzung von alphanumerischen Zusatzinformationen, um das Modell zu komplementieren .

Für die geometrische Modellierung von dreidimensionalen Körpern werden in der BIM-Software zwei grundlegend unterschiedliche Ansätze verwendet: Das *explizite Verfahren* beschreibt das geometrische Objekt über seine Oberfläche. Beim *impliziten Verfahren* werden zum Beschreiben eines geometrischen Objekts eine Folge von Konstruktionsschritten aufgezeichnet, die die Entstehungsgeschichte des 3D-Objekts beschreiben. Zusätzlich zu diesen zwei Modellierungsarten kommen im BIM-Modell auch das *parametrische Modellieren* und *Freiformkurven und -flächen* zum Einsatz (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHAHN: 27 ff.). Im Folgenden werden die verschiedenen Verfahren mit ihren jeweiligen Modellierungsmöglichkeiten im Detail betrachtet.

3.1.1 Explizite Verfahren

Boundary Representation Modellierung

Bei der Boundary Representation Modellierung wird ein Objekt über seine äußeren Kanten und Oberflächen beschrieben. Dabei wird für die Beschreibung des Objekts eine Hierarchie von Berandungselementen, bestehend aus Körper, Flächen, Kanten und Knoten, aufgebaut. Jedes Element der Hierarchie wird dabei über die berandenden Elemente der nächst tieferen Ebene beschrieben. So wird der Körper durch seine Flächen, jede Fläche durch die umliegenden Kanten und die Kanten über die jeweiligen Anfangs- und Endknoten beschrieben. Diese Beziehungen zwischen einzelnen Elementen bei der Boundary Representation Modellierung wird häufig am Vertex-Edge-Face-Graph verdeutlicht (siehe Abb. 12)(vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHAHN; MARSHALL, 1997).



BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHAHN geändert durch den Verfasser dieser Arbeit

Abb. 12: Der Vertex-Edge-Face-Graph verdeutlicht die Beziehungen zwischen Körper, Flächen, Kanten und Knoten in der Boundary Representation Modellierung

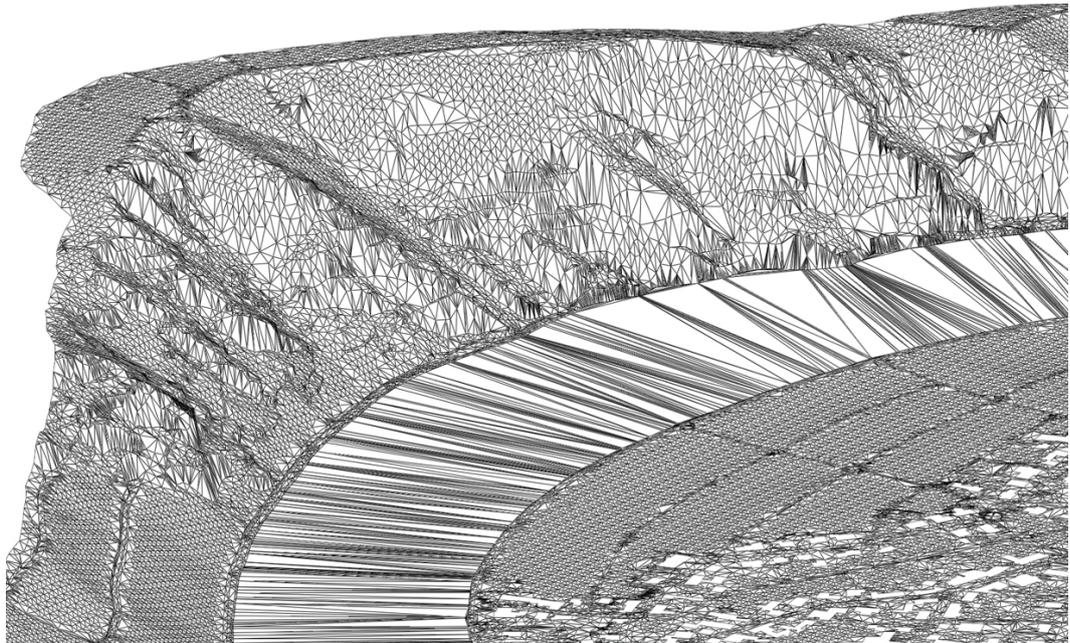
Die Abbildung 12 illustriert deutlich die Hierarchie der Elemente bei der Boundary Representation Modellierung. Zusätzlich werden auch die genauen Koordinaten der einzelnen Knoten exakt vermerkt. Die Beziehung zwischen den Elementen beschreiben so präzise die Objektformen und die genaue Position der Flächen, Kanten und Knoten im Modell. Diese Art die Objektform zu beschreiben eignet sich besonders gut, wenn das Objekt gerade Kanten und ebene Flächen aufweist. Wenn ein Objekt gekrümmte Kanten oder Flächen aufweist, müssen diesen eine geometrische Beschreibung ihres Verlaufs bzw. ihrer Gestalt zugeordnet werden. Hierfür werden sogenannte Freiformkurve und -flächen verwendet (vgl. Abschnitt 3.1.4 Freiformkurven und Freiformflächen).

Eine Besonderheit der Boundary Representation Modellierung ist, dass nur Formen ohne Aussparungen oder Hohlräume beschrieben werden können. Sollten solche komplexen Körper mit der Boundary Representation Modellierung dargestellt werden, müssen diese in einzelne Teilkörper unterteilt werden, die nicht miteinander verbunden sind und jeweils einzeln beschrieben werden.

Triangulierte Oberflächenbeschreibung

Bei der triangulierten Oberflächenbeschreibung wird die Oberfläche über ein Dreiecksnetz auf Grundlage einer 3D-Punktwolke (Massenpunkte) beschrieben. Zur Beschreibung werden die Massenpunkte dreiecksvermascht, um ein Dreiecksnetz zu bilden. Diese Art der Objektbeschreibung stellt eine stark vereinfachte Variante der Boundary Representation Modellierung dar (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHAHN: 30). Diese Methode Oberflächen zu beschreiben wird besonders für die Beschreibung von organischen, gekrümmten Oberflächen verwendet. Dabei kann die Verteilung der Messpunkt unregelmäßig auf der Oberfläche verteilt sein. Der Vorteil davon ist, dass durch Erhöhung der Punktdichte Bereich mit viel Relief präzise abgebildet werden kann. Zusätzlich ist die nachträgliche Ergänzung von zusätzlichen Massenpunkten möglich. Durch die Dichte der Massenpunkte und die daraus resultierende Dreiecksgröße wird die Genauigkeit der Oberflächenbeschreibung bestimmt. Trotz der flexiblen Anpassung der Punktdichte ist eine gewisse Interpolation bei der Oberflächenbeschreibung zu erwarten, wobei der Grad der Interpolation abhängig von der Punktdichte ist. Zur Definition der Dreiecke werden die Koordinaten der einzelnen Eckpunkte in einer geordneten und nummerierten Liste gespeichert und bei der Definition der Dreiecke auf diese Punkteliste verwiesen(vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHAHN; LÜCKING, 2005). Hierdurch werden redundante Speicherungen und daraus resultierende Geometriefehler vermieden. Nicht zu vernachlässigen ist der enorme Speicherplatz und die große Rechenleistung, die für die Speicherung und Darstellung von organischen Oberflächen benötigt werden (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHAHN: 30). Je mehr Massenpunkte zur Beschreibung der Oberfläche verwendet werden, ergo kleiner die Dreiecke sind, je mehr Speicherplatz und Rechenleistung zum Darstellen sind notwendig.

Für Landschaftsarchitekten ist diese Art der Oberflächenbeschreibung besonders wichtig, da diese Methode unter anderem bei der Beschreibung von Geländeoberflächen in digitalen Geländemodellen (DGM) zum Einsatz kommt.



GEOPLANA, 2019

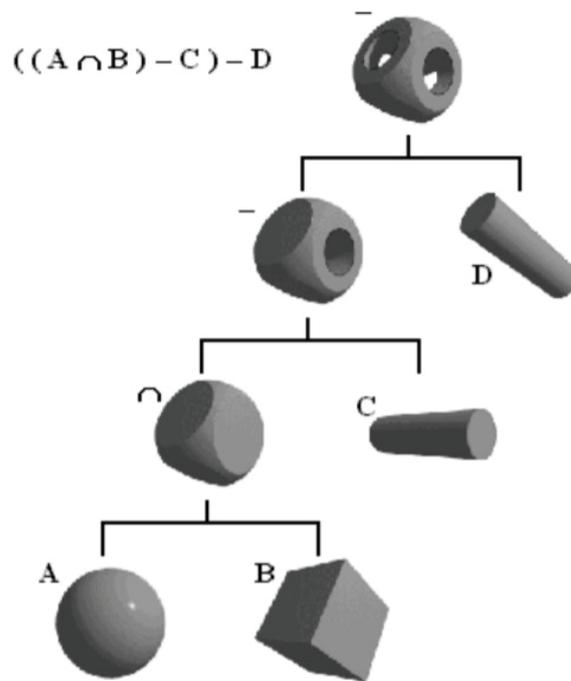
Abb. 13: Triangulierte Oberflächenbeschreibung im Digitalen Geländemodell

Als Planungsgrundlage für die Landschaftsarchitektur in BIM wird so ein DGM benötigt. Dies sollte bei Projektbeginn von einem Vermesser erstellt werden, um so die Genauigkeit der Daten zu gewährleisten. Falls dies nicht möglich sein sollte, ist es auch möglich 2D-Höhendaten zu digitalisieren und sich so sein eigenes DGM zu erstellen. Allerdings dabei mit erheblichen Ungenauigkeiten zu rechnen. Je nach Planungsgebiet und Planungsanforderungen sollte die geeignete Punktdichte gewählt werden.

3.1.2 Implizite Verfahren

Constructive Solid Geometry

Das Constructive Solid Geometry (CSG)-Verfahren ist eines der klassischen Verfahren zur Beschreibung von 3D-Körpern. Jedes 3D-Objekt wird aus vordefinierten Grundkörpern (z.B. Würfe, Kreis, Zylinder, Pyramide) modelliert, die mithilfe der booleschen Operationen (Vereinigung, Schnitt, Differenz) miteinander kombiniert werden (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHAHN: 31 ff.). Diese einzelnen Konstruktionsschritte beschreiben das 3D-Objekt eindeutig und werden in einem Konstruktionsbaum abgebildet (siehe Abb. 14).



STEWART, LEACH, JOHN, 1998

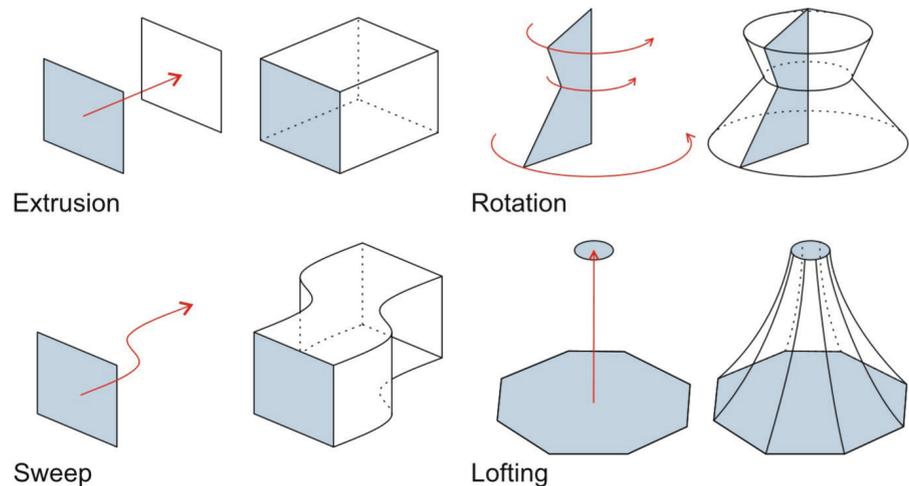
Abb. 14: Darstellungsbeispiel des CSG- Baums

Durch CSG können ein großes Spektrum von Formen modelliert werden, allerdings wirkt der Zwang zur Nutzung von “primitiven” Körper als Grundlage der Modellierung in der Regel zu einschränkend. BIM-Anwendungen greifen die Kernidee von CSG und den booleschen Operationen in ihrer Modellierungsweise auf, erweitern ihre Funktionalität aber signifikant. So dienen nicht nur “primitive” Körper als Grundlage der Modellierung, sondern jedes vom Anwender modellierte 3D-Objekt kann für den CSG verwendet werden. Dadurch entsteht eine mächtige Funktionalität zur intuitiven Modellierung von komplexen dreidimensionalen Körpern (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHAHN: 31 ff.).

Rotations- und Extrusionsverfahren

Zusätzlich zu dem CSG- Verfahren verwenden viele BIM-Anwendungen grundsätzlich die Möglichkeit 3D-Geometrien mittels Rotations- und Extrusionsverfahren zu modellieren. Dabei wird zum Erstellen einer 3D-Geometrie eine 2D-Fläche entlang eines definierten Pfades gezogen. In den BIM-Anwendungen werden zwischen unterschiedlichen Rotations- und Extrusionsverfahren unterschieden (siehe Abb. 15) (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHAHN: 32):

- **Extrusion:** Eine 2D-Fläche wird entlang einer geraden Linie gezogen
- **Sweep:** Eine 2D-Fläche wird entlang einer gekrümmten Linie gezogen
- **Rotation:** Rotieren einer 2D-Fläche über eine definierte Achse
- **Lofting:** Mehrere 2D-Flächen, die sich in ihrer Form und Abmessung stark unterscheiden können, werden hintereinander positioniert und die BIM-Software erzeugt aus diesen Angaben ein 3D-Objekt, der alle 2D-Flächen durchläuft



BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHAHN

Abb. 15: Beispiele für Rotations- und Extrusionsverfahren zum Erstellen von 3D-Körper

BIM-Anwendungen verfolgen bei der Geometriebeschreibung häufig einen hybriden Ansatz, im Sinne von einer Kombination von expliziten und impliziten Verfahren. Zum einen werden die einzelnen Modellierungsschritte in einer Konstruktionshistorie aufgezeichnet, gleichzeitig wird fortwährend eine explizite Geometriebeschreibung generiert, um diese auf den Bildschirm darstellen zu können (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHAHN: 32).

3.1.3 Parametric Modeling

Bei der parametrischen Modellierung werden alle Elemente eines Modells durch Randbedingungen festgelegt und können so dynamisch aufeinander reagieren (LACKNER, 2014). In der Mathematik und bei mechanischen CAD werden die Zahlen oder Eigenschaften, die diese Beziehungen definieren, Parameter genannt.

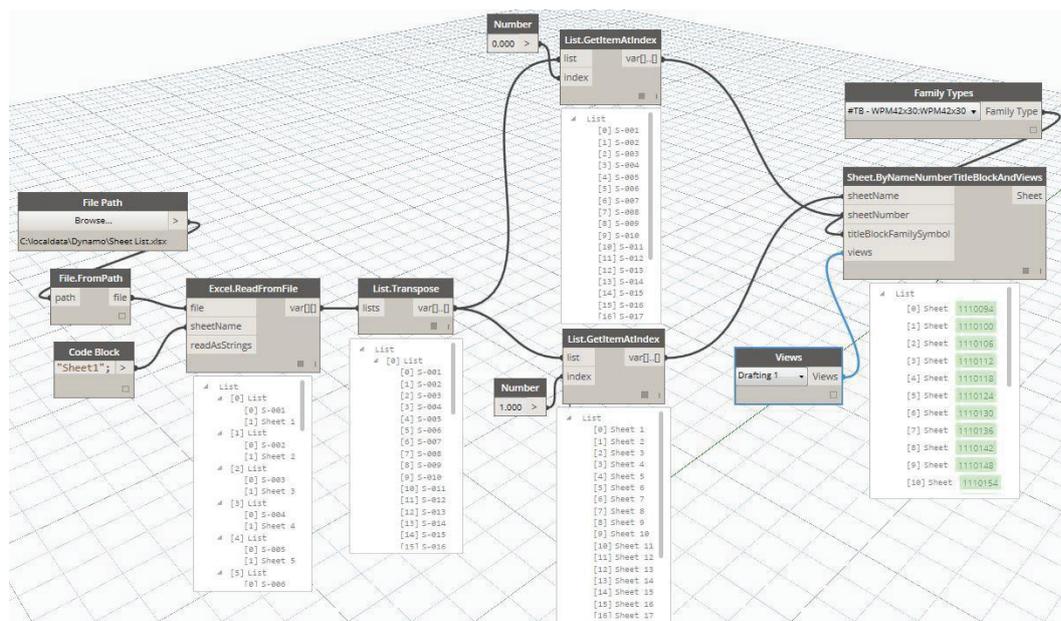
Daher wird der Vorgang, den die Software ausführt, als parametrisch bezeichnet (AUTODESK, 2014). Jede Veränderung eines Parameters an einer Stelle führt durch die Verknüpfung aller Parameter zu einer Veränderung an anderen Stellen im Entwurf. Der Computer führt diese Änderung im gesamten Projekt aus. So ermöglicht die parametrische Modellierung die schnelle Änderung von Zeichnungen in mehreren Maßstäben und über fragmentierte Zeichnungsblätter hinweg. Solche Änderungen würden mit einer manuellen Überarbeitung sehr viel Zeit in Anspruch nehmen und leicht zu Fehlern führen (vgl. LACKNER, 2015; AUTODESK, 2014; GOUBAU, 2017). So kann zum Beispiel eine Treppe und die Stützmauer so miteinander verbunden sein, dass, wenn sich die Treppe verschmälert, die Stützmauer mitverschiebt und die Verknüpfung erhalten bleibt. Sollte sich die Treppe niedriger werden, passt sich die Mauerhöhe und die Mauerfundamente automatisch an die neue Treppenhöhe an.

Die oben beschriebene Form des parametrischen Modellierens bezieht sich auf die Parametrik zwischen den einzelnen Körpern im Modell. Diese beschränken sich auf die Ausrichtung der Bauteile untereinander. Hierzu können folgende Parameter verwendet werden (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHAHN: 36):

- **Ausrichtung:** Bauteile werden horizontal oder vertikal aneinander bzw. an Referenzebenen ausgerichtet.
- **Orthogonalität:** Bauteile bleiben orthogonal zueinander.
- **Parallelität:** Bauteile bleiben parallel zueinander.
- **Verbindung:** Die Verbindung zweier Bauteile bleibt erhalten.
- **Abstand:** Der Abstand zwischen zwei Bauteilen bleibt erhalten.
- **Gleiche Abmessungen:** Zwei beliebige vom Anwender zu definierende Abmessungen bleiben gleich groß.

Diese Art der Parametrik bietet ein großes Maß an Flexibilität und eine gute Handhabbarkeit der Modellabhängigkeiten. Zugleich werden dadurch intelligente Modelle geschaffen.

Dies ist aber nicht die einzige Art des parametrischen Modellierens den moderne BIM-Anwendungen. BIM-Anwendungen bieten auch die Möglichkeit über parametrische Geometriemodellierung komplexe geometrische Körper zu modellieren. Dabei werden die Körper durch die reine Definition von Parametern von der Software modelliert. Hierfür benutzen viele BIM-Anwendungen sogenannte “Visual Scripting”- Anwendungen. Wie der Name bereits sagt, werden in solchen Programmierumgebungen die Parameter der Körper über visuelle Skriptkomponenten definiert und verbunden. Dabei werden die einzelnen Komponenten auf einer Zeichenfläche gezogen. Die Ausgänge zu diesen Komponenten werden dann mit den Eingängen nachfolgender Komponenten verbunden.



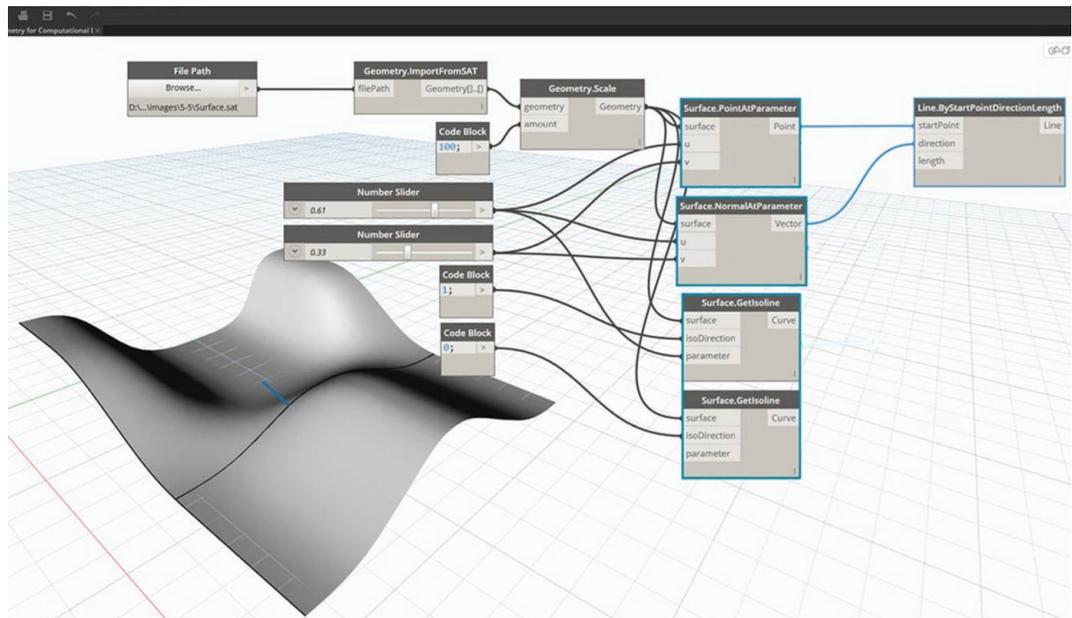
MERLAN, 2018

Abb. 16: Beispiel der Programmierung in einer “Visual Scripting”- Umgebung am Beispiel von Dynamo

Der Vorteil solcher visuellen Programmierung ist unter anderem, dass die Nutzer keine große Programmiererfahrung benötigen. Trotzdem ist es hilfreich wenn die Nutzer ein Grundverständnis vom Programmieren haben, um die Grenzen der “Visual Scripting”- Software zu überwinden. In vielen Anwendungen sind auf der Programmiersprache “Python” aufgebaut.

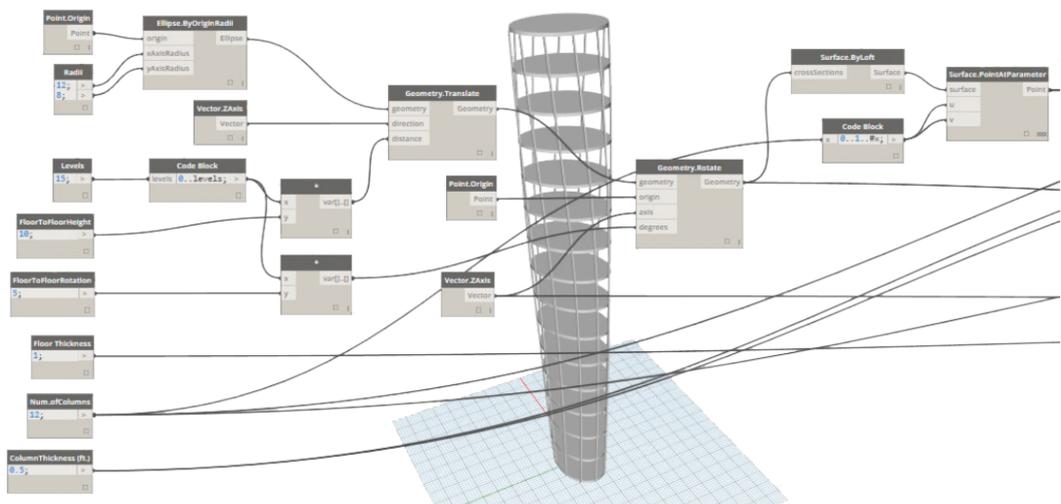
Indem ein Objekt über seine Parameter vom Computer modelliert wird, sind alle erdenklichen Formen möglich. Das parametrische Entwerfen beschreibt so die orga-

nisatorischen und formalen Möglichkeiten der digitalen Informationsaufbereitung (LACKNER, 2015). Der Computer wird Werkzeug zum Entwerfen von komplexer und einmaliger Bauwerke, nicht mehr nur ein digitales Zeichenbrett für 2D-Zeichnungen. Mittels “Visual Scripting” können einfach organische Flächen (siehe Abb. 17) bis hin zu komplexen Gebäudeformen modelliert werden (siehe Abb. 18).



AUTODESK, 2018-2

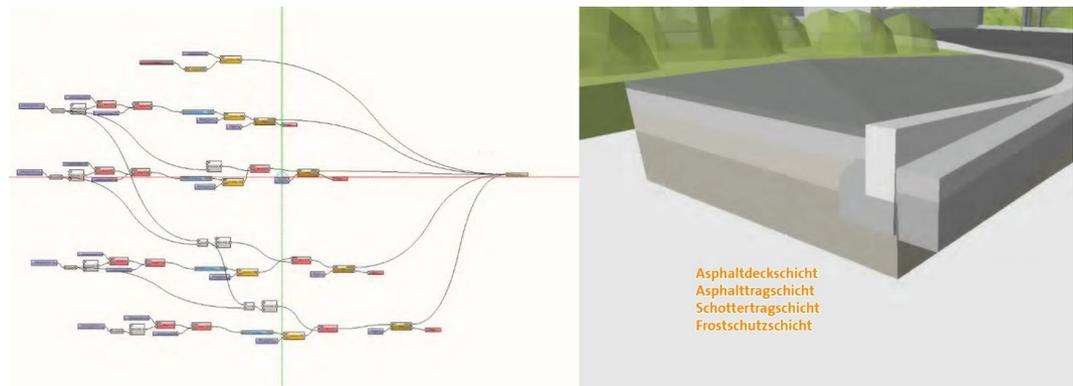
Abb. 17: Modellieren einer organischen Oberfläche mittels “Visual Scripting” am Beispiel von Dynamo



MARTIN, 2016

Abb. 18: Modellierungsbeispiel eines verdrehten Turms mittels “Visual Scripting” am Beispiel von Dynamo

Über solche “Visual Scripting”- Anwendungen lassen sich aber nicht nur komplexe Geometrikörper modellieren, es lassen sich auch Programme und Werkzeuge programmieren, um wiederholende und komplexe Aufgaben in der BIM-Anwendung zu automatisieren und die Daten im Modell zu verwalten. Dies erspart Zeit und es ist Möglich fehlende Funktionen und Werkzeuge in der BIM-Anwendung zu ergänzen. So war es zum Beispiel bis zu aktuellen Version von Vectorworks nicht möglich, die Aufbauschichten von Belägen automatisch zu modellieren. Um dieses Problem zu umgehen, bedurfte es eines selbst programmierten Programms in der “Visual Scripting”- Anwendungen “Marionette” von Vectorworks.



FUNK, 2019

Abb. 19: “Visual Scripting” der Programmerweiterung von Vectorworks zur automatischen Erstellung von Aufbauschichten und Einfassungen von Belägen

Der Vorteil des parametrischen Modellierens mittels Modellabhängigkeiten und modellierten 3D-Geometrien ist die bessere Erfassung komplexer Rahmenbedingungen und die Möglichkeit, leichter und schneller Visualisierungen, Animationen sowie Änderungen zu erstellen. Alle bauwerksrelevanten Daten werden erfasst und miteinander verbunden, wodurch ein intelligentes 3D-Modell entsteht, auf dessen Grundlage Projektentscheidungen schnell modelliert und leichter getroffen werden können (vgl. SAUERBREI, 2017; LACKNER, 2015).

3.1.4 Freiformkurven und Freiformflächen

Im landschaftsarchitektonischen Entwurf gibt es nicht nur rechtwinklige Körper, die leicht mit dem Boundary-Representation-Verfahren beschreiben werden können, sondern auch beliebig gekrümmte Linien und Flächen. Für die Beschreibung solcher gekrümmten Geometrien werden Freiformkurven und Freiformflächen verwendet. Im Gegensatz zur triangulierte Oberflächenbeschreibung, werden Freiformkurven und Freiformflächen durch eine parametrische Formulierung definiert, welche eine sehr viel präzisere Darstellung gewährleistet und zusätzlich weniger Speicherplatz benötigt (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHAHN: 37).

Freiformkurven

Freiformkurven (engl. Spline) sind Kurven, die sich stückweise aus unzähligen Polynomen zusammensetzen und parametrisch definiert sind. Parametrisch sind die Freiformkurven aus dem Grund, da sie über einen Funktionswerte zu einem Laufparameter beschrieben werden (DEUSSEN, 2002):

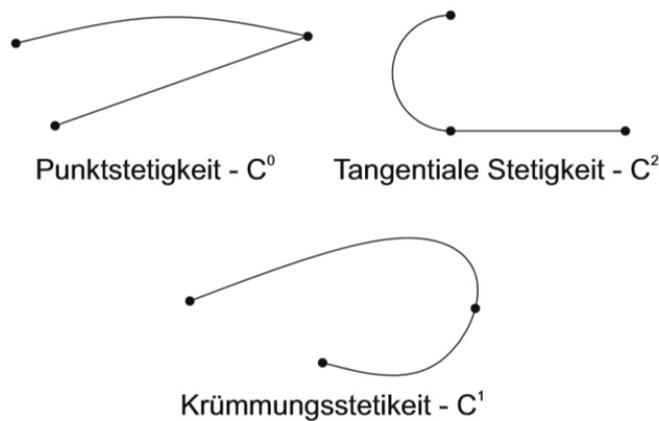
$$x = x(t) , y = y(t) , z = z(t); 0 \leq t \leq 1$$

Der Vorteil der parametrischen Beschreibung der Freiformkurven ist, dass jede Steigung erlaubt ist, so dass jedes Polynom eine andere Krümmung haben kann. Durch Auswerten der drei Funktionen ergibt sich der räumliche Verlauf der Kurve. Dabei wird die Kurve stückchenweise approximiert, wodurch der Rechenaufwand reduziert wird.

Um aber die Glattheit der resultierenden Kurve zu gewährleisten, müssen an den Anschlusspunkten der einzelnen Segmente gewisse Bedingungen eingehalten werden, sogenannte Stetigkeitsbedingungen. Für die Beschreibung der Freiformkurven werden drei unterschiedliche Stetigkeitsbedingungen verwendet (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHAHN; DEUSSEN, 2002):

- **C0-Stetigkeit** (auch Punktstetigkeit) bedeutet, dass zwei Kurven aneinander gefügt sind, ohne dass es einen Sprung gibt.

- **C1-Stetigkeit** (auch tangentielle Stetigkeit) bedeutet, dass zwei Kurven in einem Punkt aneinander gefügt sind und dieselbe Tangente am Verknüpfungspunkt haben.
- **C2-Stetigkeit** (auch Krümmungsstetigkeit) bedeutet, dass zwei Kurven in einem Punkt aneinander gefügt sind, dieselbe Tangente und denselben Krümmungsradius am Verknüpfungspunkt haben.



BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHAHN

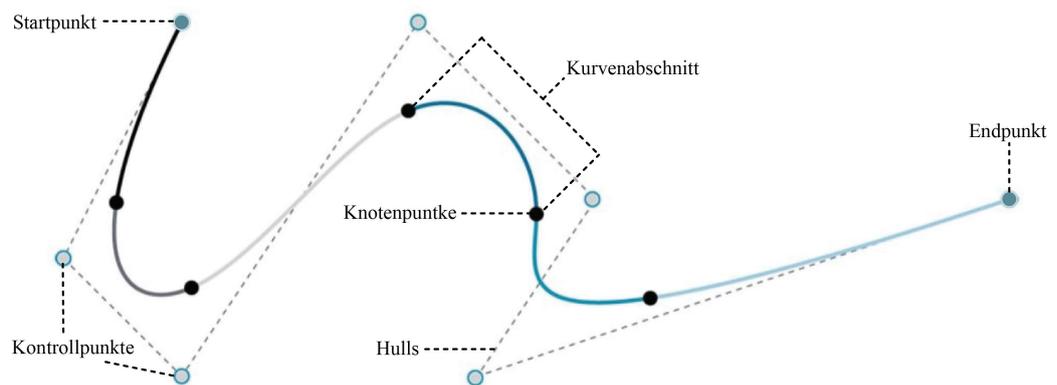
Abb. 20: Darstellung der drei Stetigkeitsbedingungen beim Zusammenfügen zweier Freiformkurven

Eine Freiformkurve wird durch eine Reihe von Kontrollpunkten definiert, wobei der erste und letzte Kontrollpunkt direkt von der Kurve durchlaufen wird und alle dazwischenliegenden Kontrollpunkte werden nur approximiert. Jedes Verschieben eines Kontrollpunkts wirkt sich direkt auf den Kurvenverlauf aus. Bei Freiformkurven wird zwischen drei Kurventypen unterschieden: Bézier-Kurve, BSpline und NURBS. NURBS bilden heute in den meisten BIM-Anwendungen den Standard zur Beschreibung von Freiformkurven (vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHAHN; HAGLER, 2006). Aus diesem Grund wird der NURBS-Kurventyp folgend näher vorgestellt.

NURBS

NURBS steht für Non-Uniform Rational B-Spline. Der große Vorteil der NURBS ist, dass sie reguläre Kegelschnitte (Kreise, Ellipsen, Hyperbeln) präzise darstellen kann, was mit den anderen Kurventypen nicht möglich ist. Diese stellen reguläre Kegelschnitte nur mittels Proximität dar. Aufgrund ihrer Flexibilität (relativ wenige

Kontrollpunkte, dennoch weiche Interpolation) und Präzision können NURBS-Modelle in jedem Prozess verwendet werden, von der Illustration und Animation bis zur Fertigung (AUTODESK, 2018-2). Hierfür können Kontrollpunkten in der NURBS durch rationale Eigenschaften ein sogenanntes Kontrollpunktgewicht zugewiesen werden. Die Gewichtung eines Kontrollpunktes beeinflusst nur den Kurvenabschnitt, den auch der Kontrollpunkt beeinflusst. Die Kurve wird umso näher an den Kontrollpunkt hingezogen, je höher das Gewicht des Kontrollpunktes wird (HAGLER, 2006). Jede NURBS-Kurve setzt sich in ihrer Anatomie aus den gleichen Grundelementen zusammen (siehe Abb. 21).



AUTODESK, 2018-2; geändert durch den Verfasser dieser Arbeit

Abb. 21: Grundelemente der NURBS-Kurven

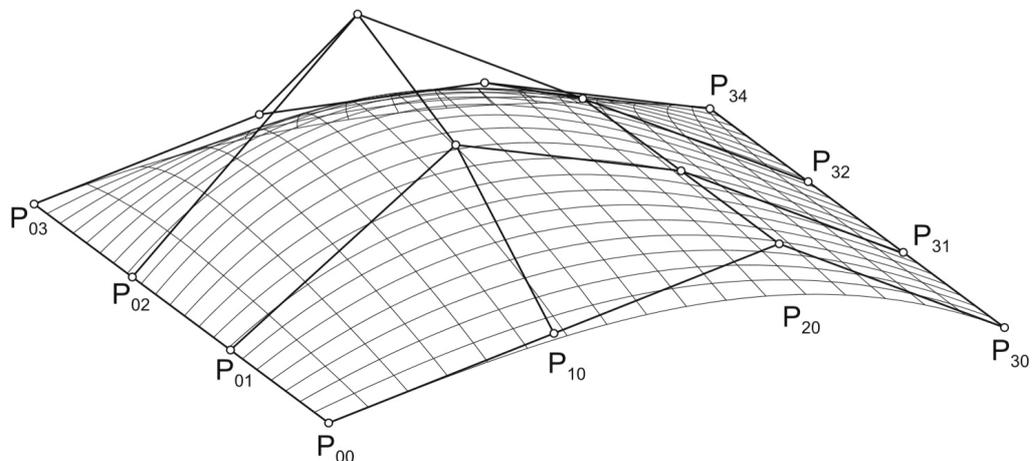
Die Grundelemente der NURBS-Kurven-Anatomie bestimmen in ihrem Zusammenspiel den Verlauf und die Form der Kurve. Jede BIM-Software wird die Grundelemente unterschiedlich darstellen, die Funktionen bleiben aber dennoch die gleichen. Dabei haben die einzelnen Elemente unterschiedliche Bedeutungen (HAGLER, 2006):

- **Startpunkt/ Endpunkt:** Bestimmt den Ausgangs- und Endpunkt der NURBS-Kurve und wird als einzige Punkte von der Kurve direkt durchlaufen
- **Kontrollpunkt:** Kontrollpunkte definieren die Form und den Verlauf der Kurve. Abhängig von ihrer Gewichtung beeinflussen sie die Kurve unterschiedlich

- **Knotenpunkt:** Knotenpunkte sind Kurvenpunkte, die auf der Kurve liegen. Sie definieren den Anfangspunkt und Endpunkt eines Kurvenabschnitts
- **Kurvenabschnitt:** Ein Kurvenabschnitt ist ein eigener Teil der Kurve und verläuft von Knotenpunkt zu Knotenpunkt
- **Hulls:** Hulls sind lineare Verbindungen zwischen den einzelnen Kontrollpunkten

Freiformflächen

Freiformflächen sind sehr ähnlich wie Freiformkurven. Man kann sich Freiformflächen als ein Netz von Freiformkurven vorstellen. Um dies zu ermöglichen werden die Linien durch weitere Parameter erweitert, wobei die Kombination aller Parameter die gewünschte Freiformfläche ergibt. Im Gegensatz zu triangulierter Oberflächenbeschreibung mit vielen Dreiecksflächen werden Freiformflächen mathematisch berechnet. Wie bereits bei der Beschreibung von Freiformkurven, werden auch bei Freiformflächen zwischen den drei unterschiedlichen Typen unterschieden: Bézier-Flächen, BSpline-Flächen und NURBS-Flächen. Dabei hat jeder Flächentyp die gleichen Eigenschaften wie die jeweiligen Kurvenbeschreibungen. Wegen der hohen Flexibilität und Präzision werden in BIM-Software zumeist NURBS-Flächen verwendet, da mit diesem Flächentyp auch Kugeln- und Zylinderoberflächen präzise dargestellt werden können (vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHAHN; HAGLER, 2006; AUTODESK, 2019).



BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHAHN

Abb. 22: NURBS-Fläche bestehend aus einem Netz aus NURBS-Kurven

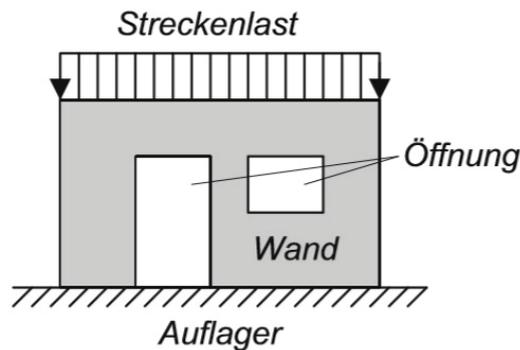
Große Freiformflächen werden in der Regel in einzelne “Patches” aufgeteilt, denen je eine geschlossene mathematische Beschreibung zugrunde liegt. Die Verknüpfungspunkte der einzelnen “Patches” wird durch die Stetigkeitsbedingungen geregelt, wobei hier häufig die C2-Stetigkeit verwendet wird, wodurch es beim Anschluss der beiden Patches zu keinen Änderungen in der Krümmung der Oberfläche kommt (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 2: BORRMANN, BERKHAHN: 39- 40).

3.2 Objektorientierte Modellierung

Die geometrische dreidimensionale Darstellung der Planung bildet eine wichtige Eigenschaft der BIM-Modellierung, aber zur ganzheitlichen Beschreibung des Modells müssen diese mit alphanumerischen Informationen ergänzt werden. Dabei bilden beide Informationen zusammen ein Objekt. Als Objekt wird eine greifbare Einheit definiert, die einen Gegenstand von Interesse aus der realen Welt oder der Vorstellungswelt abbildet. Dabei kann es sich sowohl um physikalisch existierende Dinge, wie z.B. Wege, Mauern und Pflanzen, als auch um rein begriffliche Dinge, wie zum Beispiel Räume, Lasten und Aufgaben, handeln. Ein Objekt ist durch seine Identität, seinen Zustand und sein Verhalten gekennzeichnet. Zur Beschreibung und Strukturierung dieser Informationen wird die objektorientierte Modellierung verwendet (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH: 43). Ein wesentliches Ziel der objektorientierten Modellierung ist es, die Komplexität der realen Welt beherrschbar zu machen. Dabei stellt das digitale Bauwerksmodell und die Objekte eine rechnerinterne Abstraktion eines realen Bauwerks dar und eine vereinfachte, reduzierte Sicht auf einen relevanten Ausschnitt der Gesamtinformationsmenge dar. Über die Objekte im digitalen Modell lässt sich so ein unüberschaubares, komplexes System darstellen und organisieren. Mithilfe der objektorientierten Modellierung können Informationen und Daten im Rechner gesammelt, strukturiert, analysiert, Schlüsse gezogen, Vergleiche angestellt, Alternativen bewertet, Entscheidungen getroffen, Strategien entwickelt, welche für die Planung, Ausführung und Bewirtschaftung des realen Bauwerks von Nutzen werden (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH: 44).

Mit dem Ziel komplexe Systeme und Bauwerke nachvollziehbar, erweiterbar und wiederverwendbar zu entwickeln besteht der Aufbau der objektorientierte Modellierung aus unterscheidbaren, identifizierbaren und im Einzelnen beschriebenen Objekten. Diese Objekte können als einfaches Objekt, bestehend aus einem Teil, oder als komplexes Objekt, bestehend aus mehreren Bestandteilen, die selbst wieder Objekte sind, verwendet werden. Ferner werden Objekte sowohl durch statische, strukturelle Merkmale, sogenannte Eigenschaften oder Attribute, als auch durch dynamische, verhaltensbezogene Merkmale, sogenannte Operationen oder Methoden, beschrieben sowie die Wechselwirkungen zwischen den Elementen, die direkt bei den betroffenen Objekten angelegt sind (vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH; ZIMMERMANN, EBER, 2016).

Zur Darstellung und Strukturierung der Daten in der objektorientierten Modellierung können unterschiedliche Programmiersprachen verwendet werden, so unter anderem die *Unified Modeling Language (UML)* oder *EXPRESS*, die auch die Grundlage für das Austauschformat IFC bildet (vgl. Kap. 5.1 „Industry Foundation Classes (IFC)“, S. 107). Dazu haben die Programmiersprachen eine standardisierte Sammlung bzw. Vereinbarung von bestimmten textuellen und grafischen Symbolen, auf deren Basis objektorientierte Modelle mittels verschiedenster Diagrammart formal beschrieben werden können. Die Modellierungssprache legt Namen für die bei einer Modellierung wichtigen Begriffe fest und definiert mögliche Beziehungen zwischen diesen Begriffen (vgl. ROUSE, 2018; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH; UML, 2005). UML hat sich in gewisser Weise als Standard für das objektorientierte Modellieren etabliert und bildet die Grundlage von vielen objektorientierten Designanwendungen und ist als Norm (ISO/IEC 19505) auch standardisiert. UML wird häufig für die objektorientierte Modellieren verwendet, da es enorme Vielfalt an Beschreibungsmöglichkeiten bietet, so dass sich die Anwendung von UML zur Beschreibung von Prozessen über die Architektur und Design bis zur Wirtschaftsinformatik erstreckt (vgl. HJL, 2018; OMG, 2005; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH). Wegen dieser enormen Beschreibungsvielfalt werden als Einstieg in die Thematik UML nachfolgend die wesentlichsten Elemente der Sprache vorgestellt. Um das Konzept der modellorientierten Modellierung und der UML anschaulich darzustellen wird auf das einfache architektonische Beispiel von KOCH zurückgegriffen. In dem Beispiel steht eine Wand mit zwei Öffnungen auf einem Fundament und ist einer statischen Belastung ausgesetzt (siehe Abb. 23).



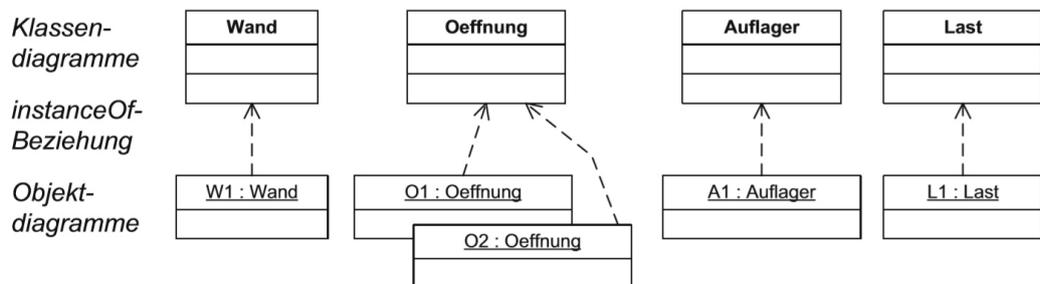
BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH

Abb. 23: Beispielmodell "Wand" für die Veranschaulichung der objektorientierten Modellierung

3.2.1 Objekte und Klassen

Wie bereits zu Beginn dieses Kapitelabschnitts sind Objekte eine greifbare Einheit, die einen Gegenstand von Interesse aus der realen Welt oder der Vorstellungswelt abbildet und werden hinsichtlich ihrer struktureller und verhaltensbezogener Aspekte beschrieben (vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH; FETTKE, 2012). Diese müssen aber nicht nur konkrete, geometrisch beschriebene Elemente (struktureller Aspekt) sein, wie im Beispielmodell die Wand, Öffnungen und das Auflager, sondern können auch nicht geometrische, abstrakte Elemente (verhaltensbezogener Aspekte) sein, wie die Last. So stellt jedes greifbare und nicht greifbare Element ein eigenes Objekt im Modell dar und muss auch als solches angelegt werden.

Mit dem Klassen lassen sich gleichartige Objekte mit ähnlichen Eigenschaften und Strukturen zusammenfassen. Zuweilen werden Klassen auch als Schablonen zur Erzeugung von Objekten einer Klasse verwendet. Mit einer Klasse wird es möglich, die gemeinsamen Eigenschaften und Strukturen von einer Menge von Objekten einmalig zu beschreiben (vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH; FETTKE, 2012). Im Falle des Beispielmodells "Wand" würden so eine Klasse "Wand", "Öffnung", "Auflager" und "Last" gebildet werden (siehe Abb. 24).



BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH

Abb. 24: Klassen und Objekte für das Beispielmodell und ihre Beziehungen (instanceOf-Beziehung) untereinander

Die obige Abbildung 24 visualisiert den Aufbau der Klassen und Objekte. Zusätzlich zeigt die Abbildung 24 auch Beziehungen zwischen den Klassen und Objekten, die sogenannte Instanzierungsbeziehung (instanceOf-Beziehung). Symbolisiert wird diese durch den gestrichelten Pfeil.

3.2.2 Attribute, Operationen und Methoden

Attribute stellen die Eigenschaften bzw. Zustandsmerkmale eines Objekts dar und beschreiben somit den Objektzustand, seine Eigenschaften und die enthaltenen Informationen bzw. Daten. Attribute werden durch ihren Namen und ihren Datentyp beschrieben, welcher den Wertebereich des Attributes definiert (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH). Dabei wird zwischen primitiven Typen (Standardtype), Aufzählungstypen und komplexen Typen unterschieden (siehe Tab. 1). Primitive Typen beschreiben nur einen Wert, wogegen komplexen Typen sich aus mehreren, unterschiedlichen Typen zusammensetzen, die alleine ein Standardtype sind.

So können jedem Objekt individuelle Attribute zugeordnet werden. Sie können aber auch Klassen zugeordnet werden. In dem Fall würde das Attribut für alle Objekte der Klasse gleich sein, allerdings kann sich der Attributwert von Objekt zu Objekt unterscheiden (FOBIAN, 2010). Dies erleichtert bei einer Vielzahl von Objekten in einer Klasse zum einen die Handhabung des Modells, da nicht jedes Objekt jedes Attribut individuell zugewiesen werden muss und zum anderen wird vermieden, dass Attribute bei Objekten vergessen werden. Bei Klassenattributen kann es aber auch vorkommen, dass ein Attribut samt Attributwert für alle Objekte einer Klasse existiert. Dabei sind diese Typ von Klassenattribut auch dann fürs Modell gültig,

Kategorie	Typ	Beispiele
Primitive Typen	Ganzzahl (INT, INTEGER, LONG)	-123, 0, 2, 875
	Gleitpunktzahl (FLOAT, DOUBLE)	-1.234, 1.234e02
	Wahrheitswert (BOOL, BOOLEAN, LOGICAL)	true (0), false (1)
	Zeichen (CHAR, CHARACTER)	a, A, α , 7, \leq , \odot
Aufzählungstypen	Aufzählung (ENUM, ENUMERATION)	Farbe := {BLAU, GRUEN, ROT, GELB}
		Längeneinheit := {MM, CM, DM, M, KM}
		Betonfestigkeitsklasse := {C12/15, C16/20, ..., C100/115}
Feldtyp	Feld bzw. Reihung (ARRAY), endliche indexbasierte Folge von Werten eines Basistyps	3D-Vektor := ARRAY(1..3) of DOUBLE, z. B. [-1.23, 4.56e-5, 123.45]
Komplexe Typen	Klasse (CLASS, STRUCT), endliche Menge an Attributen unterschiedlichen Typs (primitiver Typ, Aufzählungstyp, komplexer Typ)	Klasse Datum := {tag:INT, monat:INT, jahr:INT}, z. B. {15, 2, 2012}
	Liste bzw. Folge (LIST), (un-)endliche indexbasierte Folge von Werten eines komplexen Typs (objektorientiert als Klasse umgesetzt)	Öffnungsliste := LIST of CLASS(Oeffnung), z. B. [<u>O1</u> , <u>O2</u>]
	Menge (SET), (un-)endliche unsortierte Menge von Werten eines komplexen Typs (objektorientiert als Klasse umgesetzt)	Öffnungsmenge := SET of CLASS(Oeffnung), z. B. { <u>O1</u> , <u>O2</u> }

BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH

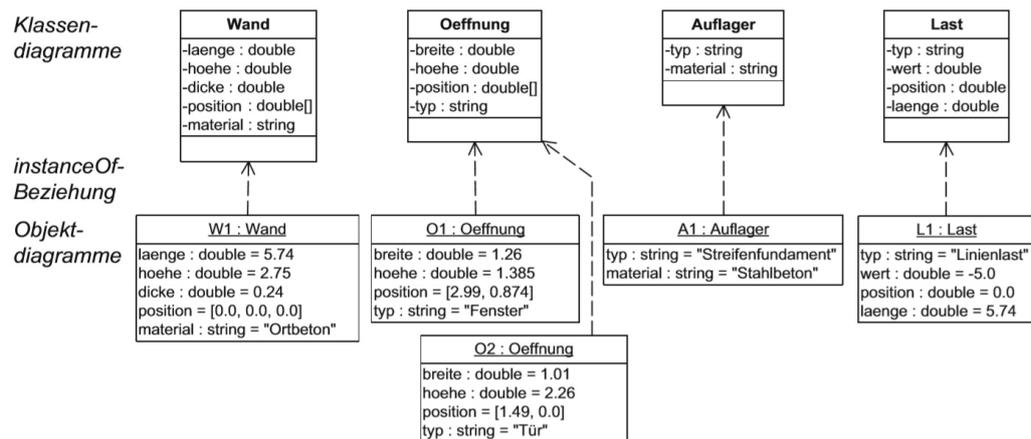
Tab. 1: Datentypen der Unified Modeling Language (UML)

wenn der Klasse keine Objekte zugeordnet sind. Diese Art von Klassenattribut wird häufig für die Definition von Konstanten im Modell verwendet. Diese Klassen können dann über eine Beziehung zu anderen Klassen verbunden werden und als Grundlage für Berechnungen verwendet werden. Sollte sich die Konstante ändern, ändern sich auch gleich die verknüpften Klassen.

Die Attribute eines Objekts sind für andere Objekte dabei nicht direkt zugänglich. Hierdurch wird die Struktur bzw. das Verhalten der Objekte gekapselt. Das objektorientierte Prinzip der Kapselung (auch Geheimnisprinzip oder Information Hiding) besagt, dass auf Attribute nur indirekt über Operationen und Methoden zugegriffen werden kann. In objektorientierten Programmen enthalten die Operationen und Methoden den eigentlichen ausführbaren Programmcode, der im Regelfall zur

Manipulation bzw. zur Auswertung der Objektattribute dient. Damit bilden die Methoden die Funktionalität und das Verhalten von Objekten ab. Klassen bündeln Attribute und Operationen und Methoden zu einer Einheit zusammen, so dass alle Objekte einer Klasse die gleichen Operationen und Methoden haben. Dabei können Operationen und Methoden auf Klassen und auf einzelne Objekte angewendet werden, um z.B. die Klassenattribute oder die Attributwerte der Objektattribute zu manipulieren und zu ändern (vgl. FÖBIAN, 2010; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3; KOCH; FETTKE, 2012).

Das Klassen- und Objektdiagramm aus Abbildung 24 kann durch das Hinzufügen der Attribute erweitert werden (siehe Abb. 25). So wird der Klasse „Wand“ zum Beispiel das Attribut „-position“ zugeordnet, aber lediglich der Datentyp „Feld“ bzw. „Array“ des Typs Gleitpunktzahl (double[]) bestimmt. Das Objekt „Wand“ übernimmt dieses Attribut und stellt mit den Attributwert die Positionskordinaten x, y, z des 3D-Einfügepunktes der Wand. Ein Beispiel für eine Standarddatentyp stellt das Attribut „Höhe“ vom Typ Gleitpunktzahl (double) der Klasse „Öffnung“, dar. „O1“ und „O2“ übernehmen dieses Attribut und ergänzen ihren jeweiligen Attributwert. Im Falle von „O1“ ist der Wert 1.26 und bei „O2“ 1.01.



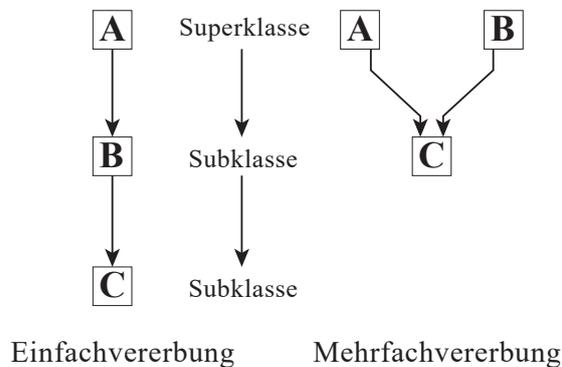
BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH

Abb. 25: Ergänzung des Klassen- und Objektdiagramms des Beispielmodells mit Attributen

3.2.3 Vererbungen

Attribute und die Operationen und Methoden sind entscheidend für die Definition der Eigenschaften und Parameter von Objekten, beschränken sich aber auf die Beziehungen zwischen Klassen und deren Objekten. Neben dieser Beziehung sind für die objektorientierte Modellierung die Beziehungen zwischen den Klassen von entscheidender Bedeutung. Diese basiert auf dem hierarchischem Prinzip der Vererbung. Dies bedeutet, dass eine allgemeine Klasse (auch Ober- oder Superklasse) ihre Attribute an ihr untergeordnete Klassen (auch Unter- oder Subklassen) vererben kann. Mithilfe der Vererbungsbeziehung kann die untergeordnete Klasse sämtliche Struktur- und Verhaltenseigenschaften der übergeordneten Klasse mitnutzen. Superklassen beschreiben dabei generalisierte Attribute und sind eine Generalisierung der Subklassen. Die Subklassen stellen Spezialisierungen der Superklassen dar, da sie die Attribute der Superklassen mit zusätzlichen Informationen ergänzen und sogar auch Struktur- und Verhaltenseigenschaften erweitert oder überschrieben können (vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH; FETTKE, 2012). Ein für BIM allgegenwärtiges Beispiel einer Vererbungshierarchie ist das „*Industry Foundation Classes (IFC)*“. Die Architektur des IFC basiert ebenfalls auf einer fest definierten Vererbungshierarchie (vgl. Kapitel 5.1.3 IFC-Vererbungshierarchie, S. 114).

Bei der Vererbungshierarchie können dabei zwei unterschiedliche Vererbungsbeziehungen vorkommen. Die erste Vererbungsbeziehung wird auch als *Einfachvererbung* bezeichnet. Dabei ist jede Klasse direkt einer Superklasse zugeordnet und nur von dieser Superklasse werden die Attribute vererbt. Im Gegensatz dazu gibt es als zweite Vererbungsbeziehung die *Mehrfachvererbung*. Wie der Name bereits vermuten lässt, kann eine Klasse mehrere Superklassen besitzen und bekommt von beiden Superklassen Eigenschaften vererbt. Dabei kann es aber passieren, dass die Subklasse von beiden Superklassen gleichnamige Attribute vererbt bekommt. Deswegen muss bei der Mehrfachvererbung die Bedeutung und die Bezeichnung der Attribute klar geregelt sein (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH: 50 ff.). Die folgende Abbildung verdeutlicht das Konzept der beiden Vererbungsbeziehungen.

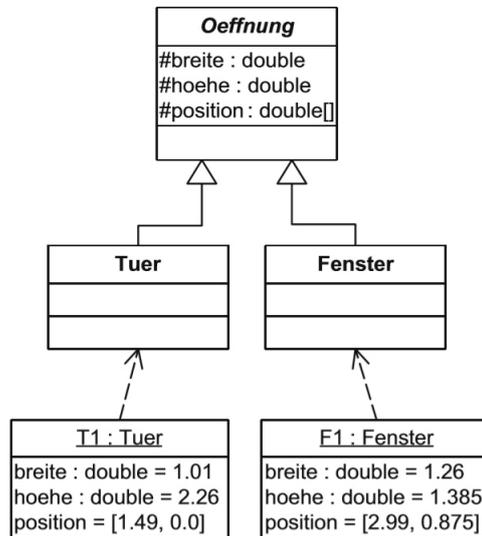


Eigene Darstellung

Abb. 26: Vererbungsbeziehungen zwischen Super- und Subklassen

Um eine sinnvolle Klassifizierungshierarchie aufzubauen, ist die Verwendung von abstrakten Klassen sinnvoll. Abstrakte Klassen werden alleine zu dem Zweck angelegt, um ihre Informationen an Subklassen zu vererben. Es können dabei keine Objekte auf den abstrakten Klassen erzeugt werden. Sie dienen alleine dazu, Gemeinsamkeiten verwandter Klassen in einer gemeinsamen Superklasse zu bündeln. Somit kann eine abstrakte Klasse grundlegende Eigenschaften ihrer Unterklassen festlegen, ohne diese bereits konkret zu implementieren. Leitet eine Klasse von einer abstrakten Klasse ab, müssen alle vererbten abstrakten Methoden überschrieben und implementiert werden (vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH; DEUTLOFF, 2018).

Im Klassendiagramm mit Attributen (siehe Abb. 25) von dem Beispielmodell "Wand" ist zu erkennen, dass bei der Klasse "Öffnung" beide Objekte „O1“ und „O2“ die gleichen Eigenschaften haben, aber nach der Planung (siehe Abb. 23) unterschiedliche Arten von Öffnung sind. Dies wird zwar über das Attribut "typ" in der Attributliste unterschieden, allerdings ist dadurch nur dem Objekt selbst bekannt, was für eine Art von Öffnung es repräsentiert. Vom Objektmodell selbst ist dies nicht erkennbar. Hier bietet sich das Prinzip der Vererbung an, diese Art von Schwierigkeiten zu umgehen. Dabei stellt die Klasse "Öffnung" eine Generalisierung der beiden Arten von Öffnung dar und kann als abstrakte Superklasse Eigenschaften bündeln. Dieser Superklasse können die zwei Subklassen "Tuer" und "Fenster" zugeordnet werden, welchen wiederum beiden Objekte T1 und F1 zugeordnet werden können. Hierdurch ist beim Objektmodell direkt erkennbar, um welche Art von Öffnung es sich handelt (siehe Abb. 27).



BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH

Abb. 27: Vererbungsbeziehungen am Beispiel der Klasse “Oeffnung” im Beispielmodell “Wand“

3.2.4 Assoziationen

Im Gegensatz zur Vererbung, die die Beziehung zwischen Klassen beschreibt, beschreibt die Assoziationen die Beziehungen zwischen Objekten. Assoziationen sind dabei nur zwischen Objekten gleichrangiger Klassen oder zwischen Objekten in derselben Klasse zulässig. Eine Assoziation kann zum Beispiel notwendig sein, wenn ein Objekt Informationen bzw. Daten für ein anderes Objekt zur Verfügung stellt (Datenabhängigkeit) oder wenn ein Objekt eine bestimmte Funktionalität eines anderen Objektes benötigt (funktionale Abhängigkeit) (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH: 52- 53).

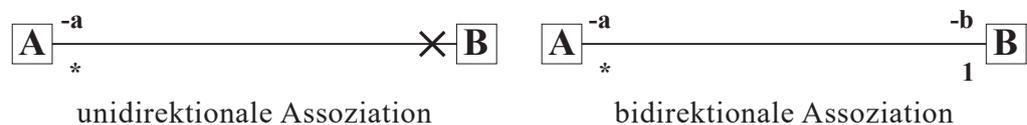
Am häufigsten findet die sogenannte binäre Assoziation in der objektorientierten Modellierung anwendung. Eine binäre Assoziation ist eine Verbindung zwischen genau zwei Objekten. Dabei gibt die Kardinalität einer Assoziation an, wie viele Objekte der einen Seite mit wie vielen Objekten der anderen Seite in Beziehung stehen. Dabei wird zwischen vier Typen der Kardinalität unterschieden (siehe Tab. 2):

0..1	dem Objekt ist immer kein oder ein anderes Objekt zugeordnet	Ein Artikel befindet sich in keinem Einkaufswagen (= noch im Regal) oder in maximal einem.
1	dem Objekt ist immer genau ein anderes Objekt zugeordnet	Jede Laus sitzt immer auf genau einem Hund (ohne Hund kann sie nicht leben)
*	dem Objekt ist kein, ein oder mehrere andere Objekte zugeordnet	Auf jedem Hund sitzt keine, eine oder mehrere Läuse.
1..*	dem Objekt ist ein oder mehrere andere Objekte zugeordnet	Auf jeder Rechnung steht ein oder mehrere Artikel (eine Rechnung ohne Artikel ist sinnlos).

METZ, 2017

Tab. 2: Arten von Kardinalität einer Assoziation

Mit einer Assoziation kann nicht nur festgelegt werden, wie viele Objekte miteinander in einer Beziehung stehen, sondern auch wie diese Beziehung aussieht. Unterschieden werden dabei zwischen gerichteten (unidirektionalen) und ungerichteten (bidirektionalen) Assoziationen. Bei einer unidirektionalen Assoziation kennt nur eins der beiden Objekte das andere Objekt und kann auf seine Informationen zugreifen. Im Gegensatz zu einer bidirektionalen Assoziation, in der sich beide Objekte kennen und gegenseitig auf die Daten des anderen zugreifen können (siehe Abb. 28)(vgl. Metz, 2017; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH).

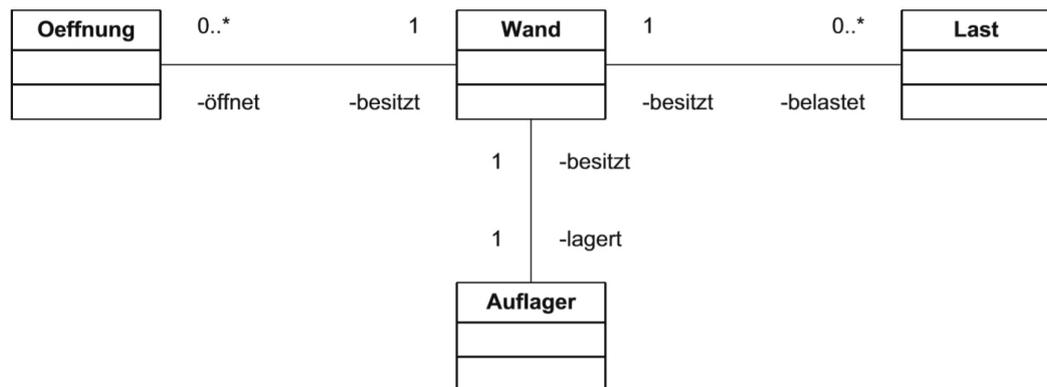


Eigene Darstellung

Abb. 28: Unidirektionale und bidirektionale Assoziationsbeziehungen

Die Assoziation wird durch eine durchgezogene Linien dargestellt, wobei durch ein X bei der unidirektionalen Assoziation gekennzeichnet wird, welches Objekt das andere nicht kennt. In dem obigen Beispiel zur unidirektionalen Beziehung kennt Objekt "B" das Objekt "A" aber nicht umgekehrt. Die jeweilige Kardinalität und Beschreibung der Assoziation stehen jeweils am Ende der Linie.

Um auf das Beispielmodell zurückzukommen. Dort steht das Objekt “Wand”, als zentrales Objekt, in Beziehung mit den Objekten “Öffnung”, “Auflage” und “Last”. Grafisch werden die verschiedenen Assoziationen wie folgt dargestellt :

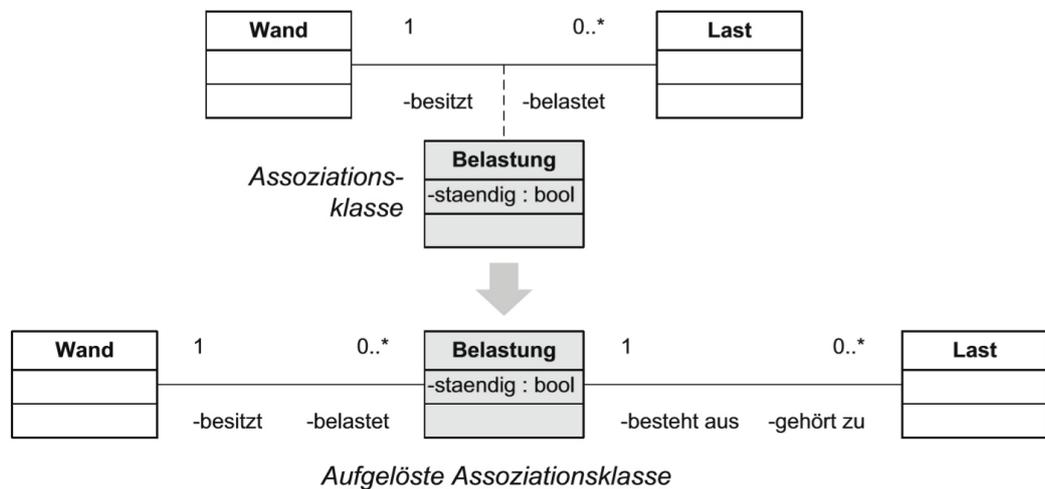


BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH

Abb. 29: Assoziationen zwischen den Objekten im Beispielmodell „Wand“

So ist aus den Assoziationen zu erkennen, dass beispielsweise eine (1) Wand beliebig viele (0..*) Öffnungen besitzt, aber Öffnungen öffnen nur eine (1) Wand. Bedeutet, dass eine Öffnung nur einer Wand zugeordnet werden kann. Ferner ist aus dem Diagramm zu erkennen, dass eine (1) Wand nur ein (1) Auflager besitzt und auch das eine (1) Auflager nur eine (1) Wand lagert.

Assoziationen werden als Attribut eines komplexen Typs in den Objekten direkt eingebunden. Dabei können in den Attributen direkt auf das jeweils andere Objekt verwiesen werden oder es wird auf eine sogenannte Assoziationsklasse verwiesen. Diese Klassen werden explizit zur Darstellung der Assoziation modelliert und sind in dem Sinne abstrakte Klassen, ohne Objekte. Der Vorteil solcher Assoziationsklassen ist, dass so der Beziehung selbst noch weitere Attribute zugeordnet werden können. Dies wird folgend an der Assoziation zwischen dem Objekt “Wand” und Objekt “Last” dargestellt.



BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH

Abb. 30: Assoziation zwischen dem Objekt Wand und Last durch eine dazwischen geschaltete neue Assoziationsklasse "Belastung"

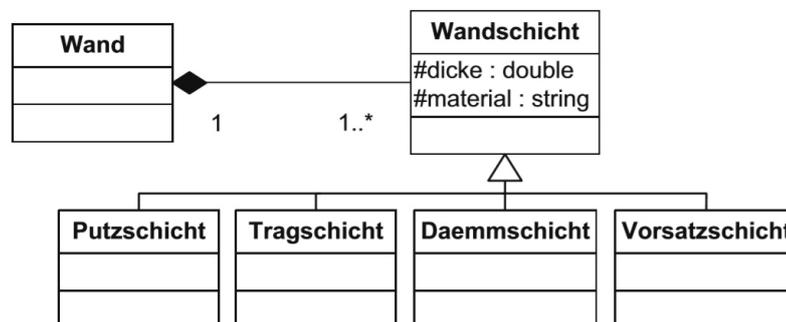
Die Assoziationsklasse "Belastung" fungiert in dem Fall als Vermittler zwischen den Klassen "Wand" und "Last". Hierdurch kann der Assoziation eine weitere Information hinzugefügt werden. Diese Information wird durch das Attribut "-staendig" vom primitiven Typ Wahrheitswert (BOOL) in der Assoziationsklasse modelliert und soll angeben, ob die Belastung ständig oder nur temporär wirkt. Wenn die neue Assoziation mit der neuen Assoziationsklasse aufgelöst wird, zeigt sich, dass aus der ursprünglichen Assoziation Wand—Last, zwei neue Assoziationen Wand—Belastung und Belastung—Last entstehen (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH: 53 ff.).

Kompositionen

Ein besondere Art von Assoziation stellt die Komposition dar. Das besondere an der Komposition ist, dass sie eine Ganzes-Teil-Beziehung zwischen Objekten nicht gleichrangiger Klassen darstellen kann. Eine Komposition bildet dabei eine Objekt aus oder eine Beziehung ab. Ein Objekt ist dabei das Ganze, wobei das Objekte aus Einzelobjekten besteht, die dabei Teile des Ganzen sind. Dabei besitzt die Superklasse die Subklassen, was bedeutet, dass die Subklassen abhängig von der Superklasse sind und nicht ohne diese existieren können. Dabei werden die Subklassen erstellt und gelöscht wenn die Superklasse erstellt und gelöscht wird. Der Vorteil von so einem Konstrukt ist, dass die einzelnen Klassen klein gehalten werden kön-

nen und nicht alles in eine einzige Klasse reingepresst werden muss. Hierdurch verteilt sich Komplexität auf verschiedene Klassen, statt auf einer einzigen, wodurch das Gesamtmodell handlich bleibt (vgl. ADAMASKY, 2014; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH; STOBITZER, 2012).

Im Bezug auf das Beispielmmodell “Wand” lässt sich die Komposition am Besten am Aufbau der Wand darstellen, die aus unterschiedlichen Schichten bestehen soll. Dabei können die einzelne Wandschichten wie z.B. die Tragschicht nicht ohne das Ganze, die Wand, existieren. Zusätzlich zeigt die Abbildung 31 eine Vererbungshierarchie, mit der unterschiedliche Unterklassen (Putz-, Trag-, Dämm- und Vorsatzschicht) von Wandschicht modelliert werden können und deren Attribute übernehmen (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH: 54).



BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH

Abb. 31: Kompositionsklassen am Aufbau des Objekts “Wand”

3.3 Grundlagen der Modellierung von BIM - Zusammenfassung

Erst die Kombination der geometrischen und objektorientierten Modellierung schafft eine BIM-Anwendung. Beide Modellierungsverfahren bringen dabei ihre eigenen Vorteile in das Modell. So ist der große Vorteil einer geometrischen 3D-Modellierung, dass konsistente 2D-Grundrisse und Schnitte aus dem Modell abgeleitet werden können sowie einer automatischen Kollisionsprüfung und der Ableitung von Maßen und Mengen. Dabei nutzen BIM-Anwendungen zumeist einen hybriden Ansatz zur Geometriemodellierung, so dass Vorteile der impliziten und expliziten Modellierungsverfahren ausgenutzt werden können. Dies wird in den Anwendung

zusätzlich noch mit der parametrischen Modellierung und den Freiformkurven- und -flächen kombiniert, um umfangreiche Modellierungsmöglichkeiten dem Nutzer zur Verfügung zu stellen. Diese Vorteile in Kombination mit den Möglichkeiten der Komplexitätsreduktion von komplexen Systeme durch die objektorientierte Modellierung, schafft die Möglichkeit einer nachhaltigen Planung, Ausführung und Betrieb von Bauwerken. Als Softwareanwender hat man zwar nicht immer direkt Einfluss, wie eine Software die Prinzipien der geometrischen und objektorientierten Modellierung umsetzt, da diese durch die Softwarehersteller festgelegt werden. Als Nutzer ist es trotzdem wichtig zu verstehen, welche Prozesse im Hintergrund in der BIM-Anwendungen stattfinden, um einschätzen zu können welche Limitation die Software hat und diese dann gegebenenfalls mittels Visual-Scripting überwinden zu können. Die enormen Modellierungsmöglichkeiten durch die geometrischen und objektorientierten Modellierung in der BIM-Anwendung bergen nämlich auch die Gefahr, sich in der Modellierung des Modells in den Details zu verlieren. Theoretisch ist es durch die geometrischen und objektorientierten Modellierung möglich, jedes noch so kleines Detail in der Planung zu modellieren und zu beschreiben. Dies ist aber nicht immer zielführend und erhöht bei zunehmender Detaillierungstiefe sehr schnell auch wieder die Komplexität des Gesamtmodells und die Datenmenge. Es ist deswegen wichtig, sich in diesem Zusammenhang zur Frage nach dem Ausarbeitungsgrad (engl. Level of Development) (vgl. Kap.4.3 Detaillierungsgrad der Modellelemente, S. 65) Gedanken zu machen und vor Beginn der Modellierung zu bestimmen, wie weit ein Bauwerk in seinen Einzelteilen modelliert werden muss, um eine bestimmte Aufgabe computergestützt zu erledigen (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 3: KOCH: 55). Reicht es, eine Bank in ihrer Dimension als eine einfache geometrische Form zu repräsentieren, oder ist es erforderlich, die Füße, die Lattung, die Lehne und die Schrauben im Detail zu modellieren? Dazu ist auch zu überlegen, wie detailliert die Beziehungen zwischen Bauteilen modelliert werden müssen und welche Attribute überhaupt benötigt werden, um die Bank erschöpfend zu beschreiben. Wann muss beispielsweise eine neue Subklasse oder abstrakte Klasse erzeugt werden, um die Struktur des Modells zu verbessern? Solche Punkte sollten im Vorfeld der Modellierung festgelegt werden, so dass ein sinnvolles und verwendbares BIM-Modell für das Bauwerk erstellt werden kann.

4 Grundelemente der BIM-Methodik

Die Festlegung der Klassenstruktur und -nomenklatur ist ein wichtiger Bestandteil der BIM-Methodik. Dabei ist BIM nicht gleich BIM. Es setzt sich aus verschiedenen Elementen zusammen, deren jeweilige Zusammensetzung ein unterschiedliches BIM ergeben. BIM unterscheidet sich so in der Art und Umfang der Zusammenarbeit, dem Detaillierungsgrad der Geometrien und den Umfang der alphanumerischen Informationen. Zusätzlich zu diesen Elementen von BIM, werden durch BIM auch neue Dokumente und Aufgabenbereiche eingeführt, die diese neuen Informationen zusammenfassen, verwalten und überprüfbar machen. Das nachfolgende Kapitel fasst diese Grundelemente der BIM-Methodik zusammen und erklärt ihre jeweilige Bedeutung für den BIM-Prozess.

4.1 Arten der BIM-Methode

Der BIM-Prozess wird zwischen mehreren Arten des BIM differenziert, die sich im Umfang der Ausprägung des BIM-Prozesses zwischen den Projektbeteiligten in der Abwicklung des Projektes und der verwendeten Softwarelösung unterscheiden. Dabei wird zwischen der *BIG* und *little* BIM-Methode für die Ausprägung des BIM-Prozesses und der *closed* und *open* BIM-Methode für die Softwarelösung unterschieden.

4.1.1 little bim vs. BIG BIM

Little bim beschreibt eine Insellösung des BIM-Prozesses in welchem der jeweilige Anwender den BIM-Prozess ausschließlich für die Verbesserung seiner eigenen Arbeitsweise und -qualität einsetzt. Dabei findet keine Weiternutzung und Austausch der Daten und des Modells mit den anderen Projektbeteiligten statt. Der Austausch der Daten und Kommunikation nach außen passiert weiterhin zeichnungsgestützt über Pläne und Daten, die aus dem Modell abgeleitet werden. (vgl. ALBRECHT; 2015; BORRMANN et. al, 2015- Kap. 1: BORRMANN et. al.)

Das Gegenteil dazu bildet das *BIG BIM* in welchem die konsequente modellbasierte Kommunikation zwischen allen Beteiligten über alle Phasen des Lebenszyklus eines Gebäudes hinweg erfolgt (BORRMANN et. al, 2015- Kap. 1: BORRMANN et. al.: 7 ff.). Die Koordination und der Datenaustausch erfolgt über offene softwareunabhängige Datenformate, Internetplattformen und Datenbanklösungen (vgl. ALBRECHT; 2015; BORRMANN et. al, 2015- Kap. 1: BORRMANN et. al.).

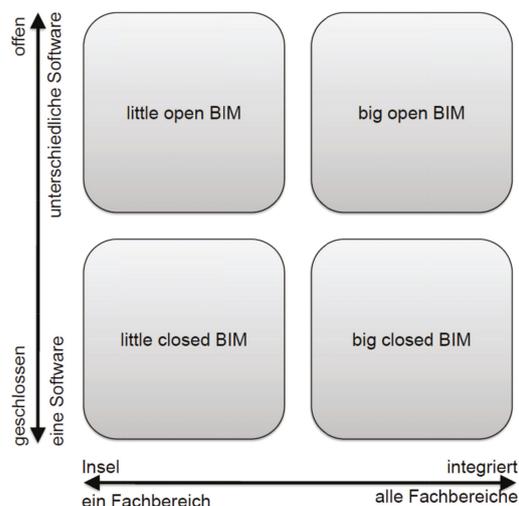
4.1.2 closed BIM vs. Open BIM

Die *closed BIM-Methode* beschreibt einen modell- und informationsbasierten Datenaustausch innerhalb eines Projektes, das von unterschiedlichen Planungsdisziplinen mit der gleichen Softwarefamilie erstellt wurde (LIEBSCH, SAUTTER, 2018-5). Der Austausch erfolgt über das native Dateiformat der einheitlichen Software.

Im Gegensatz dazu erfolgt in der *open BIM-Methode* ein offener modell- und informationsbasierter Datenaustausch innerhalb eines Projektes, die von unterschiedlichen Planungsdisziplinen mit jeweils verschiedenen Softwarefamilie erstellt wurden (LIESCH, SAUTTER, 2018-5). Dieser Austausch in der open BIM-Methode erfolgt über softwareunabhängige offene Austauschformate

4.1.3 Zusammenhang der BIM-Arten

Durch die unterschiedlichen Arten des BIM-Prozesses kann nicht von einem pauschalen BIM- Prozess gesprochen werden. Der Auftraggeber muss vor Projektbeginn entscheiden, welche Art von BIM er für den Lebenszyklus benötigt und welche Informationen aus dem Modell auslesbar sein sollen. Die folgende Abbildung verdeutlicht den Zusammenhang der BIM-Arten und die Entwicklung des BIM-Prozesses:



ALBRECHT, 2015

Abb. 32: Zusammenhang der BIM-Arten

Die Abbildung 32 zeigt wie sich der BIM-Prozess durch die unterschiedlichen Faktoren entwickelt.

Little closed BIM: Die BIM-Methode wird durch jede Fachdisziplin mit einer einheitlichen Softwarefamilie separat angewendet, ohne dass ein Austausch mit anderen Fachdisziplinen passiert.

Little open BIM: Die BIM-Methode wird innerhalb jeder Fachdisziplin mit unterschiedlichen Softwarefamilien separat angewendet, es erfolgt kein Austausch der Daten zwischen Projektbeteiligten.

Big closed BIM: Diese BIM-Methode wird innerhalb verschiedener Fachdisziplinen in einer einheitlichen Softwarefamilie angewendet. Der modell- und informationsbasierter Austausch der Daten erfolgt über das native Dateiformat der Softwarefamilie.

Big open BIM: Die BIM-Methode wird innerhalb verschiedener Fachdisziplinen in einem heterogenen Softwareumfeld angewendet. Der modell- und informationsbasierte Austausch und das Zusammenfügen der einzelnen Fachmodelle in ein Modell erfolgt über ein neutrales Austauschformat.

4.1.4 Zusammenfassung Arten der BIM-Methode

Die Grundidee des BIM-Prozesses, einen transparenten und kooperativen Planungsprozess zu schaffen, wird mit dem BIG open BIM erfüllt, da dort eine durchgängige Nutzung der digitalen Bauwerksmodelle über verschiedene Disziplinen und Lebenszyklusphasen gewährleistet ist und die Daten über offene Austauschformate geteilt werden. (vgl. BORRMANN et. al, 2015- Kap. 1: BORRMANN et. al., BMVI, 2015-1). Die BIG open BIM-Methode stellt den kooperativsten Planungsprozess unter den Projektbeteiligten dar, da alle mit einem Modell arbeiten und so immer den aktuellsten Stand der Planung vorliegen haben. Die anderen BIM-Arten haben auch ihre Vor- und Nachteile. So bildet die little open BIM-Methode einen guten und einfachen Einstieg für Büros in die ganze BIM-Methode, ohne gleich von allem Vorgaben und Anforderungen der BIG BIM-Methode überfordert zu sein.

Die closed-BIM im Gegensatz ermöglicht ein gesicherten Austausch über ein natives Datenformat, birgt aber rechtliche Gefahren unter anderem bei der Frage “Wer haftet für Fehler in der Software?”. Dabei ist auch zu bedenken, dass ein ständige Wechsel zwischen unterschiedlichen Softwarefamilien für die Bearbeiter schwierig und unproduktiv ist und nicht jede Software die richtigen Werkzeuge und Workflows für die Fachplaner hat. Welche Art der BIM-Methode für das Projekt geeignet ist und verwendet werden sollte, muss vor Projektbeginn durch den Auftraggeber festgelegt werden. Dabei sind für den Auftraggeber die Anforderungen der unterschiedlichen Fachdisziplinen und die rechtlichen Aspekte zu beachten (vgl. Kap. 8 “Rechtliche Aspekte bei der BIM-Methode, S. 188).

4.2 Dimensionen der BIM-Methode (3D / 4D / 5D / 6D / 7D)

Die BIM-Methode zeichnet sich nicht nur durch die Art des BIM-Prozesses und durch das dreidimensionale Modellierung (Höhe, Länge, Breite) eines Bauwerks aus, sondern besonders durch die zusätzlich hinterlegten alphanumerischen Informationen. Je nach gespeicherter Informationen wird von 4D/ 5D/ 6D und mittlerweile auch von 7D gesprochen. Dabei steht jede dieser Dimensionen für eine spezielle Informationsebene, die den Modellelementen angehängt wird.

4.2.1 3D-Informationsmodell

Das 3D-Informationsmodell steht in der allgemeinen Wahrnehmung häufig als ein Synonym für BIM. Das 3D-Modell ist der Prozess in welchem das Bauwerk dreidimensional modelliert wird und mit grafischen und alphanumerischen ergänzt und verknüpft wird. Im Laufe des Planungsprozesses wird das Modell mit immer mehr Daten ergänzt und detailliert. Dies systematische Datenerfassung wird über den gesamten Lebenszyklus des Bauwerks fortgeführt. (vgl. NIEDERMAIER, BÄCKER, 2018-1; McPARTLAND, 2017-1)

4.2.2 4D-Bauzeitensimulation

Die vierte Dimension fügt eine neue Informationsebene in das 3D-Modell ein: Die Zeitkomponente. Die Modellelemente werden mit den Vorgaben eines Bauablaufterminplans oder mit Fertigstellungs- bzw. Lieferterminen verknüpft. Zu

den zeitbezogenen Informationen für ein bestimmtes Element gehören unter anderem Informationen zur Vorlaufzeit, zur Installations-/ Konstruktionsdauer, zur Betriebs-/ Aushärtungszeit, zur Installationsreihenfolge der Komponenten und zu Abhängigkeiten von anderen Bereichen von das Projekt (McPARTLAND, 2017-1). Zusätzlich werden den einzelnen Elementen Visualisierungsparameterangaben wie Farbe, Transparenz und Visualisierungstyp (z.B. Erscheinen, Verschwinden, Temporär) je Terminplanvorgang zugewiesen. So lässt sich der zeitliche Bauablauf und den Baufortschritt im Modell simulieren und virtuell darstellen (NIEDERMAIER, BÄCKER, 2018-1: 9). Hierdurch ist eine Erkennung von Abhängigkeiten möglich, so dass Probleme im Bauablauf noch vor der Bauausführung erkannt werden können und es zu keinen teuren Verzögerungen und Umplanungen während des Bauablaufes kommt. Dabei lässt sich nicht nur die problemlose Durchführbarkeit des Bauvorhabens simulieren, sondern eine solche Darstellung erleichtert auch die Kommunikation mit den Projektbeteiligten und der Öffentlichkeit zwecks Koordination. Besonders bei komplexen Bauvorhaben mit vielen verschiedenen Firmen, wechselnde Verkehrsführungen und räumlich beengten Baufeldern ermöglicht das 4D- Modell eine schnellere und vollständigere Erfassung des geplanten Bauablaufs. Die Detailtiefe und die Qualität der Bauablaufplanung werden insgesamt deutlich erhöht (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 16: TULKE: 277 ff.). Durch das 4D-Modell lassen sich die Auswirkungen von Planungsänderungen auf den Bauablauf sehr gut simulieren und es ermöglicht während der Bauphase eine einfachen SOLL- / IST-Abgleich, so dass leicht erkennbar wie sich der Bauablauf entwickelt. Zusätzlich kann durch die Verknüpfung von Terminplan, 3D-Modell und Mengen im 4D-Modell der zeitliche Verlauf von ein- oder auszubauenden Massen während des Bauablaufes abgeleitet werden. Dieser zeitliche Verlauf der Massen ist selbst bei einfachen Bauabläufen von Nutzen für Einkauf, Logistik und Abrechnung.

Für die Visualisierung des Bauablaufes muss das fertige 3D-Modell aber mit zusätzlichen Elementen ergänzt werden. Hierzu gehören temporäre Bauteile, die Baustelle selbst samt Baustelleneinrichtungsobjekten (Terrainmodelle, Lager-, Verkehrs- und Lieferflächen, Absturzsicherungen, wesentliche Baumaschinen, Sicherheitseinrichtungen und -flächen usw.) sowie angrenzende Verkehrsflächen (BORRMANN et. al., 2015: Kap. 16: TULKE, 2015). Dies bedeutet für die Planer ein zusätzlichen Arbeitsaufwand. Daneben muss auch der Bauablaufplanterminplan diese große

Detailtiefe und die einzelnen Abläufe aufweisen. Gegenüber des traditionellen Balkenterminplans wird für das 4D-Modell einer nach räumlichen Aspekten detaillierter gegliederten Terminplan benötigt.

Eine weitere Anforderung an die Erstellung des 4D-Modells stellt die sequentielle Abfolgen von Vorgängen während des Bauablaufes dar. Traditionell überlappen sich im Balkenterminplan Baustellenabläufe, um zu zeigen dass diese Abläufe parallel zueinander erfolgen. Beispielsweise werden oftmals die Herstellung einer Tragschicht und die Herstellung der Pflasterdecke als überlappende Vorgänge dargestellt. Im 4D-Modell werden diese zwei Vorgänge während des Überlappungszeitraum als gleichzeitig in der Herstellung befindet visualisiert. Hierdurch wird eine Plausibilitätsprüfung verhindert und es kommt zu Verwirrungen. (vgl. BORRMANN et. al., 2015: Kap. 16: TULKE, 2015; NIEDERMAIER, BÄCKER, 2018-1). Um dies zu vermeiden, muss eine Teilung der Vorgänge erfolgen, indem die Herstellung der Pflasterdecke in einzelne Herstellungsabschnitte unterteilt wird sowie in eine für die einzelnen Herstellungsabschnitte entsprechende Gruppierung der darunterliegenden Tragschichtherstellung (vgl. BORRMANN et. al., 2015: Kap. 16: TULKE, 2015). Hierdurch kann im 4D-Modell der Realität entsprechende Visualisierung des Bauablaufes erfolgen.

Um eine adäquate Visualisierung zu erreichen, ist es somit erforderlich, dass die Granularität von 3D-Objekten und Terminplanvorgängen ausreichend fein und miteinander kompatibel sind. (BORRMANN et. al., 2015: Kap. 16: TULKE, 2015). Da das 3D-Modell meist im Planungsprozess vor dem Terminplan erstellt wird, bedeutet die Anforderung an die hohe Granularität des 3D-Modells und Terminplans eine aufwendige Modellanpassung. Aus diesem Grund ist es auch nicht möglich, mehrere Baustellenabläufe in einem Modell zu visualisieren.

Des Weiteren stellt auch der Austausch des 4D-Modells zwischen verschiedenen Softwarepaketen eine erhebliche Schwierigkeit dar, da es bisher noch kein Datenformat für den Austausch eines 4D-Datenmodells etabliert hat. Ein Austausch mittels neutraler Datenformate, wie die Industry Foundation Classes (IFC), wäre technisch potenziell möglich, wird aber von marktüblicher Software oftmals nicht für 4D unterstützt (BORRMANN et. al., 2015: Kap. 16: TULKE, 2015).

Das 4D-Modell kann einen erheblichen Mehrwert bei der Koordination und Kommunikation eines Bauablaufes generieren. Besonders bei großen und komplexen Vorhaben können folgenschwere Fehler frühzeitig erkannt und vermieden werden. Es bedarf hierfür aber eine gute Einbindung des 4D-Modells in die Prozessabläufe und die Nutzung in Planungsbesprechungen.

4.2.3 5D-Kostenermittlung

Im 5D-Datenmodell kommen die Baukosten als zusätzliche Komponente hinzu. Die Modellelemente bilden die Mengenbasis für die Kostenermittlung und werden mit einem Kostenwert verknüpft. Durch diese Verknüpfung der Mengen und Kosten lassen sich einfach und akkurate Kostenkalkulationen erstellen. Planungsänderungen können schnell auf ihre Auswirkungen auf die Baukosten überprüft werden. Es entfällt das händische Herausmessen der Massen aus 2D-Plänen, das Summieren von einzelnen Teilflächen und dem händischen Übertragen der Massen in eine Kostenkalkulationssoftware. Dies vermeidet unnötige Fehler in den Kosten. Das 5D-Modell weist meist drei Arten von Mengen auf (vgl. McPARTLAND, 2017-1; VDI, 2018-3):

- 1. Explizit modellierte Bauteile mit definierten Typ** (Modellelementmengen):
Die Modellelementmenge ist die eindeutigste, da sie die direkt sichtbaren Elemente im Modell darstellt. Dies können zum Beispiel eine gebundenen Pflasterdecke, Baumpflanzung oder Stahlband sein.
- 2. Explizit modellierte Bauteile ohne definierten Typ** (Mengen abgeleitet von Modellelementen):
Dies Art der Mengen sind im Modell nicht sichtbar und werden deswegen aus sichtbaren Modellelementen abgeleitet. Als Beispiel hierfür wäre unter anderem Fugenbänder bei Dehnungsfugen in gefundenen Flächen.
- 3. Implizit modellierte Bauteile mit definierten Typ** (nicht modulierte Mengen):
Solche Mengen haben keine eigene Geometrie im Modell, die sich abgreifen lässt und werden von anderen Bauteilen oder der Beziehung zwischen anderen Bauteilen abgeleitet. Nicht modulierte Mengen entstehen unter anderem bei der Baustelleneinrichtungen oder temporären Arbeiten, die nicht im 4D-Modell moduliert wurden.

Das 5D-Modell ist nicht die neue Wunderwaffe für akkurate Kostenkalkulationen. Die Kostenkalkulation aus dem Modell kann nur so gut sein wie das modulierte Modell. Wenn die eingegebenen Daten im Modell fehlerhaft sind, wird auch die Kostenkalkulation Fehler aufweisen. Es bedarf deswegen ein sehr akribischen und fehlerfreien Aufbau des Modells unter Beachtung der international / national festgelegten Klassifikationen der Elemente und Richtlinien, um eine akkurate Kostenkalkulationen zu generieren.

Ein 5D-Datenmodell kann aber nicht nur während des Planungsprozesses ein Mehrwert generieren, sondern auch besonders während der Bauphase. Unter der Voraussetzung, dass ein akkurates 4D-Modell vorliegt, können die prognostizierten und tatsächlichen Ausgaben im Verlauf eines Projekts auf einfache Weise verfolgt werden. Dies ermöglicht eine regelmäßige Kostenberichterstattung und Budgetierung, um sicherzustellen, dass Effizienzsteigerungen erzielt werden und das Projekt selbst innerhalb der Budgettoleranzen bleibt (vgl. NIEDERMAIER, BÄCKER, 2018-1; McPARTLAND, 2017-1). Um diesen Vorteil des 5D- Modells richtig ausnutzen zu können, ist es aber wichtig, dass die Projektbeteiligten mit dem Modell arbeiten und ihren Arbeitsprozess genau dokumentieren. Die Bauunternehmen sind hier in besonderer Weise gefragt. Dies wird im Garten- und Landschaftsbau eine Schwierigkeit darstellen, da dies bedeutet dass auch die kleineren Garten- und Landschaftsbauunternehmen die BIM-Methode in ihrem Unternehmen einführen müssen und das Know-how haben mit der Software richtig umgehen zu können.

4.2.4 6D-As-Built-Modell

Das 6D-BIM-Modell stellt die Umwandlung des virtuellen Modells zum realen Bauwerk da. Es gibt den finalen Stand des Gebäudes wieder, dementsprechend entspricht ein 6D-Modell dem gebauten Ist-Zustand. Aus diesem Grund wird es auch oft als "As-Built-Modell" bezeichnet. Mit BIM 6D werden den einzelnen Modellelementen Informationen angehängt, die sich aus ihrer tatsächlichen Herstellung inklusive dem Ressourcenverbrauch bei der Herstellung ergeben (vgl. NIEDERMAIER, BÄCKER, 2018-1; McPARTLAND, 2017-1).

Bei der Erstellung des As-Built-Modells sind insbesondere die Planer und Bauunternehmen gefragt, dieses Modell zu generieren. Die Planer müssen zum einen das Modell auch während der Bauphase aktuell halten und Änderungen im Modell ergänzen. Im heutigen Planungsprozess werden solche Änderungen, die auf der Baustelle festgelegt werden, oft nicht in den Planungen aktualisiert. Die Unternehmen müssen das Modell dann nochmal nach dem tatsächlich gebauten Zustand modulieren, so dass unter anderem genau vermerken, wo welche Leitung verläuft und in welcher Tiefe. Bei heutigen 2D-Leitungsplänen ist es häufig so, dass man im Nachhinein nie genau sagen kann, wo und wie tief eine Leitung wirklich liegt. Durch das 6D-Modell können solche wichtigen Informationen gespeichert und weiter genutzt werden. Das 6D-Modell bildet den Ausgangspunkt für einen verlustfreien Übergang zum Betrieb und der Unterhaltung (eTASK Immobilien Software, 2016).

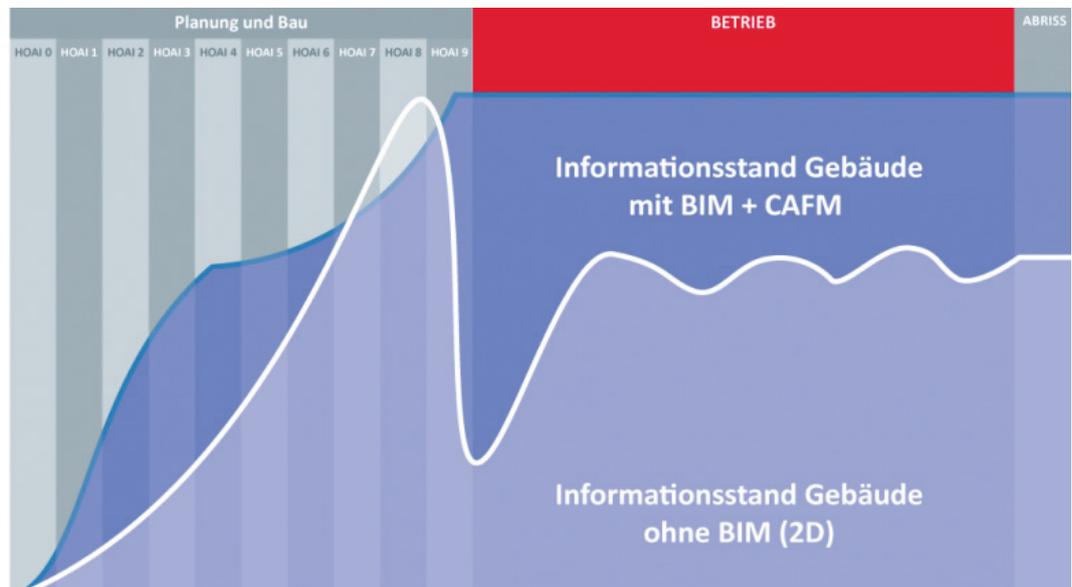
In den Literaturquellen wird das 6D-Modell auch manchmal als Nachhaltigkeitsmodell bezeichnet. In diesem Fall wird das Modell für verschiedene Analysen und Simulationen verwendet, unter anderem zur Analyse für den Energie- und Ressourcenverbrauch des Bauwerks. (vgl. O'KEEFFE, 2010; BEHANECK, 2014; BIMPANZEE, 2018). Durch das Nachhaltigkeitsmodell kann zu einem frühen Zeitpunkt im Planungsprozess eine vollständige und genaue Energie- und Ressourceneinschätzung des Bauwerks führen, wodurch die Planung ggf. noch angepasst und verbessert werden kann. Zusätzlich können aus dem Modell auch Informationen zum Abriss und Entsorgung bzw. Materialwiederverwertung abgeleitet werden. Darüber hinaus können während der Nutzung des Bauwerks Messungen und Überprüfungen des Energie- und Ressourcenverbrauchs durchgeführt werden. (vgl. BIMPANZEE, 2018; BEHANECK, 2014).

Wenn das 6D-Modell als Nachhaltigkeitsmodell angelegt wird, wird das As-Built-Modell und Facility-Management-Modells zusammen in der siebten Dimension (7D) dargestellt.

4.2.5 7D-Facility-Management-Modell (FM-Modell)

Das 7D-Modell wird auch als Facility-Management-Modell (FM-Modell) bezeichnet, da es die Bewirtschaftung des Bauwerks über dessen gesamten Lebenszyklus dient. Es dient den Bewirtschaftern des Bauwerks als Grundlage für die Planung von Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten und als Abwicklungsgrundlage für die notwendigen Reinigungszyklen. Die Grundlage für das FM-Modell bildet das As-Build-Modell. Für das 7D-Modell werden die einzelnen Modellelementen mit zusätzlichen Informationen unter anderem zu ihrer Nutzung, den Komponentenstatus, Spezifikationen, Wartungs- / Bedienungsanleitungen und Garantieinformationen verknüpft (vgl. BEHANECK, 2014; NIEDERMAIER, BÄCKER, 2018-1).

Durch das 7D-Modell und der Weiterverwendung der gesammelten Informationen und Daten über das Bauwerk während der Planungs- und Bauphase, kann der Datenverlust im Übergang zum Betrieb vermieden werden. Die folgende Abbildung 33 zeigt den Unterschied des Stands der Informationsverwertung eines BIM-Modells in Verbindung mit einem Computer-aided Facility Management (CAFM) und einer herkömmlichen 2D-Planung.



eTASK Immobilien Software, 2016

Abb. 33: Vergleich des Informationsstand bei der BIM-Planung und der herkömmlichen 2D-Planung

Das 7D-Modell bietet die Möglichkeit, dass die Betreiber die gesammelten Daten über das Bauwerk uneingeschränkt weiterverwenden können und nicht erst, wie heutzutage üblich, die Planungsunterlagen nach den nötigen Informationen auswerten müssen. Die Modelldaten werden somit das „digitale Gedächtnis“ des Bauwerks“ über dessen gesamten Nutzungszeitraum und ermöglichen ein durchgängiges „Life Cycle Management“ (BEHANECK, 2014). Dies sorgt für eine schnelle Klarheit und Sicherheit bei der Gebäudebewirtschaftung nach der Inbetriebnahme und führt zu keinem Zeitraum der Ungewissheit über die richtige Bewirtschaftung. So kann es zum Beispiel durch eine herkömmliche zeichnungsgestützte Planung bei sehr komplexen Bauwerken (z.B. Krankenhäusern) bis zu 18 Monate dauern bis alle Daten aus der Planung in das CAFM übertragen sind. Dieser lange Zeitraum verursacht eine lange Unsicherheit bei der Bewirtschaftung des Bauwerks. Durch die modellbasierte Übergabe des BIM-Modells kann dieser Zeitraum ausgeschlossen werden.

Die die achte Dimension (8D) ist auch bereits in Vorbereitung. In dieser Dimension sollen dann die Sicherheitsaspekte im Planungs- und Bauprozess mit einbezogen werden, so dass die Anforderungen und Informationen des Sicherheits- und Gesundheitskoordinators in das Modell mit einfließen können (vgl. NIEDERMAIER, BÄCKER, 2018-1; SMITH, 2014).

4.2.6 Zusammenfassung BIM Dimensionen

Die Verknüpfung zusätzlicher „Dimensionen“ von Daten mit dem BIM-Modell ermöglicht ein besseres Verständnis über das Bauprojekt - wie es gebaut wird, was es in der Unterhaltung kostet und wie es gewartet werden sollte (McPARTLAND, 2017-1). Die Möglichkeit über die Dimensionen den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks im Vorfeld simulieren zu können und die benötigten Daten im Modell zu hinterlegen, bildet das große Potenzial der BIM-Methode gegenüber der herkömmlichen 2D-Planung.

Dabei muss für jedes Projekt individuell festgelegt werden, welche Informationsdimensionen im Modell dargestellt werden sollen, um so erste Rückschlüsse auf die hierfür benötigten Daten und Informationen schließen zu können. Der Auftragge-

ber muss vor Projektbeginn wissen, was er mit dem Modell erreichen will und was seine BIM-Ziele sind. Will er nur ein 3D-Modell mit Informationen haben oder sollen dort auch z.B. die Kosten (5D) erfasst werden. Diese Informationen sollte der Auftraggeber in Form der Auftraggeber-Informationen-Anforderung (vgl. Kap. 4.4: „Grundlegende Dokumente für den BIM-Prozess“, S. 90) festhalten. Diese Informationen bestimmt auch welche Software für das Modell verwendet werden muss, da nicht jede Software alle Dimensionen darstellen kann. In dem Fall müssen die Projektbeteiligten unterschiedliche Softwarefamilien anschaffen und für die Modellierung verwenden, was gegebenenfalls zu Schnittstellenproblematiken führen könnte (vgl. NIEDERMAIER, BÄCKER, 2018-1; EGGER et. al., 2013; ALBRECHT, 2015). Trotzdem wird durch die Dimensionen ein sehr transparenter und offener Planungs- und Bewirtschaftungsprozess geschaffen, in dem Fehler möglichst frühzeitig erkannt und kostenneutral oder zumindest kostengünstig angepasst werden können. Dies erfordert aber ein sehr konsequente und akkurate Erstellung und Fortführung des Modells durch die Planer und Bewirtschaftler (ALBRECHT, 2015: 41)

4.3 Detaillierungsgrad der Modellelemente

Ein Bauwerksmodell besteht aus einzelnen Modellelementen, die ein digitales Abbild mit den funktionalen und physischen Eigenschaften des realen Bauteils darstellen. (MINI, 2016: 11) Dabei bestehen die einzelnen Elemente aus grafischen sowie alphanumerischen Informationen. Zu den grafischen Informationen zählen Parameter wie Länge, Breite, Höhe sowie sich daraus ergebende Fläche und Volumen. Ergänzt werden diese Informationen durch alphanumerische Angaben wie Material, Oberflächenbeschaffenheit, Kosten oder Pflegehinweise. Die Informationstiefe und -detaillierung entwickelt sich über den gesamten Planungs-, Bau- und Unterhaltungsprozess weiter. Mehr Informationen und detaillierte Darstellungen verfeinern das Modell. Diese Entwicklung wird über Detaillierungsgrade beschrieben. Dabei wird unter dem *Level of Development*, *Level of Detail* und *Level of Information* unterschieden.

4.3.1 Level of Development (LOD)

Das *Level of Development* (LOD) ermöglicht den Projektteilnehmern eine Einschätzung der Inhalte und Belastbarkeit der Informationen eines Baumwerksmodells (vgl. LIEBSCH, SAUTTER, 2018-1; Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.-BFA Spezialtiefbau, 2017). Das oft als Fertigstellungs-, Reife- oder Ausarbeitungsgrad beschriebene Level of Development besteht aus den grafischen und alphanumerischen Informationen innerhalb des Modells. Es beschreibt den Detaillierungsgrad der Geometrie und der angehängten Informationen eines Modellelements. Das Ziel der Level of Development ist die einheitliche Kennung des Fertigstellungsgraden eines Modells (vgl. MINI, 2016; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 7: BEETZ et. al.).

In Deutschland existieren keine eigene Definition über Stufen des Level of Development. Der VDI greift in der VDI-Richtlinie 2552 Blatt 1 “Building Information Modeling- Grundlagen” auf die Definition in der Richtlinie der “*American Institute of Architects*” (AIA) und der darauf basierenden Festlegung der Arbeitsgemeinschaft “*BIMforum*”. Auch im “*BIM-Leitfaden für Deutschland*” wird durch die Autoren in Kapitel 4 diesbezüglich auf ausländische Standards verwiesen (vgl. LIEBSCH, SAUTTER, 2018-1; HÖRTNAGL, 2017, VDI, 2019-1). In der folgenden Tabelle sind, die durch die AIA und BIMforum definieren sechs Stufen des Level of Developments beschrieben:

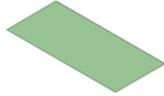
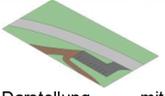
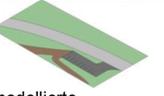
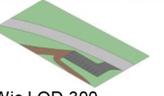
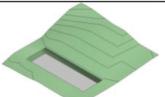
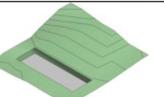
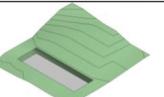
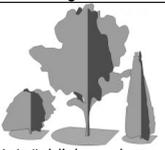
Level of Development (LOD)	Beschreibung
LOD 100	Das Modellelement kann im Modell mit einem Symbol oder einer anderen allgemeinen Darstellung grafisch dargestellt werden, erfüllt jedoch nicht die Anforderungen für LOD 200. Es besitzt hinsichtlich seiner Form, Abmessung oder Lage keine eigene geometrische Darstellung. Keine angehängten Informationen an dem Modellelement. Informationen zum Modellelement (z.B. Kosten pro Quadratmeter, Gewicht) können von anderen Modellelementen abgeleitet werden.

LOD 200	Das Modellelement wird im Modell grafisch als generisches System, Objekt oder Baugruppe mit ungefähren Mengen, Größen, Formen, Positionen und Ausrichtungen dargestellt. Modellelemente dieser Kategorie stellen entweder Volumenkörper als Platzhalter dar oder sind bereits als die Bauteile, die sie darstellen sollen, erkennbar. An das Modellelement können einfache nicht-grafische Informationen angehängt werden.
LOD 300	Das Modellelement wird im Modell grafisch als ein System, Objekt oder eine bestimmte Baugruppe mit exakter Menge, Größe, Form, Position und Ausrichtung dargestellt. An das Modellelement können nicht-grafische Informationen angehängt werden.
LOD 350	Das Modellelement wird im Modell grafisch als ein System, Objekt oder eine Baugruppe mit exakter Menge, Größe, Form, Standort, Position und Ausrichtung dargestellt. Es dient als Schnittstelle zu anderen BIM-Modellen. Dem Modell können auch nicht-grafische Informationen beigefügt werden
LOD 400	Das Modellelement wird innerhalb des Modells grafisch als ein präzises System, Objekt oder eine bestimmte Baugruppe mit exakter Größe, Form, Position, Menge und Ausrichtung mit Detail-, Herstellungs-, Montage- und Installationsinformationen dargestellt. An das Modellelement können weitere nicht-grafische Informationen angehängt werden.
LOD 500	Das Modellelement ist eine auf der Baustelle überprüfte Darstellung (As-Built) in Bezug auf Größe, Form, Position, Menge und Ausrichtung. An die Modellelemente können auch weitere nicht-grafische Informationen angehängt werden.

AIA, 2013-1; BIMforum, 2019-1

Tab. 3: Definition der Stufen des Level of Development (LOD)

Die folgende Abbildung 34 verdeutlicht dabei die grafische und alphanumerische Entwicklung der Level of Development für unterschiedlichen Objekttypen aus der Landschaftsarchitektur. Dabei wird in der Grafik das Level of Development 350 nicht dargestellt, da es dem Stand des Levels of Development 300 entspricht. Falls bei dem Austausch des Level of Development 300 mit den anderen Fachdisziplinen ergänzende grafische oder alphanumerische Informationen und Details benötigt werden, sind diese im Level of Development 350 nachzuführen.

Detailierungsanforderungen					
Kategorie	LoD 100	LoD 200	LoD 300	LoD 400	LoD 500
Parkplätze Zuwegung	 Konzeptdarstellung	 Darstellung mit tatsächlicher Lage, Höhen und Tiefen	 modellierte Bodenschichten und Oberflächen	 Wie LOD 300	Nachführung gemäß gebauten Zustand
Topographie	 Konzeptdarstellung	 Genauere Lage, Höhen-, Tiefenprofil und Baugrube	 tatsächlicher Lage, Höhen-, Tiefenprofil und Baugrube	 Wie LOD 300	Nachführung gemäß gebauten Zustand
Vegetation	 Konzeptdarstellung mit hinreichend genauer Lage	 tatsächliche Lage, und Durchmesser	 Wie LOD 200	 Wie LOD 200	Nachführung gemäß gebauten Zustand

SRE, 2017

Abb. 34: Die Level of Development im Bezug auf Elemente der Landschaftsarchitektur

Level of Development 100: Die Elemente werden in Form allgemeiner Symbols und Konzeptdarstellungen dargestellt.

Level of Development 200: Die Elemente werden typgerecht mit ungefähre Menge, Größe, Form, Position und Ausrichtung dargestellt.

Level of Development 300: Die Elemente werden mit exakter Menge, Größe, Form, Position und Ausrichtung dargestellt. Zusätzliche Informationen wie Material oder Kosten können enthalten sein.

Level of Development 350: Das Level of Development 350 dient als Schnittstelle zu BIM-Modellen anderer Fachplaner da. Das Level of Development 350 wird in der Grafik nicht dargestellt.

Level of Development 400: Die Elemente werden mit exakter Menge, Größe, Form, Position und Ausrichtung dargestellt. Zusätzliche Informationen wie Material oder Kosten können enthalten sein. Zusätzlich können zum Beispiel bei Einbauten Schweißnähte, Unterlegscheiben, Muttern und sonstige Montageelemente dargestellt werden.

Level of Development 500: Der Level of Development 500 entspricht der überprüfte Darstellung des realen Bauteils (As-Built). Das Level of Development 500 entspricht in seiner geometrischen und alphanumerischen Darstellung dem LOD 400. Das Level of Development 500-Modell ist aber nachzuführen, wenn das überprüfte Bauteil auf der Baustelle vom Level of Development 400 abweicht.

Zusätzlich zu den geforderten inhaltlichen Mindestanforderungen des Level of Development wird durch die AIA festgelegt, für welche Nutzung die einzelnen Detaillierungsgrade freigegeben sind (Authorized Uses) (AIA, 2013-1). Dabei legt die AIA für jedes Level of Development unter anderem fest, ab welchem Fertigstellungsgrad ein Modellelement für bestimmte Berechnungen, Analyse und Kostenschätzungen/ -berechnungen verwendet werden darf. Dadurch soll sichergestellt werden, dass keine unbegrenzte Weiternutzung einfacher Modelle inkl. der angefügten Informationen erfolgt und der richtige Fertigstellungsgrad verwendet wird. Da unterschiedliche Modellelemente unterschiedliche Komplexitäten aufweisen können, ist es zu beachten, dass innerhalb eines Modells durchaus verschiedene Level of Development parallel verwendet werden können. Die durch die AIA festgelegten Stufen des Level of Developments stellen kein Ersatz für die durch den Auftraggeber festgelegte Informationsanforderungen und -tiefe in der Auftraggeber-Information-Anforderung und die daraus entwickelte BIM-Strategie für das Projekt in Form des BIM-Abwicklungsplan dar. Sie dienen als Unterstützung von Teams, einschließlich des Bauherrn, bei der Festlegung der BIM-Ergebnisse und Verschaffen eines klaren Überblicks darüber, was in einem BIM-Ergebnis enthalten sein wird. Des Weiteren dienen sie den BIM-Bearbeitern als Orientierung während des Konstruktionsprozesses, so dass sie wissen wann welche Informationen und Details bereitgestellt werden müssen und sie dienen als Standards, auf den bei Verträgen, Auftraggeber-Information-Anforderungen und BIM-Ausführungsplänen verwiesen werden kann (vgl. MINI, 2016; BIMforum, 2019-1).

Die von der AIA festgelegten Level of Development passt in seiner Abstufung nicht mit der nach der HOAI 2013 definierten Leistungsphasen überein. Daraus ergibt sich die Frage für die BIM-Anwendung in Deutschland, welches LOD welcher Leistungsphasen zugeordnet werden kann. Der Verband Beratender Ingenieure (VBI) hat hierzu eine Empfehlung herausgegeben. Um dabei Missverständnisse zum Level of Development zu vermeiden, wurde der Modelldetaillierungsgrad (MDG) durch den VBI eingeführt. Die Definitionen der jeweiligen Modelldetaillierungsgrads ist abhängig von der Leistungsphasen der HOAI 2013, wobei die fachlich notwendigen Planungsinformationen und der beauftragten Planungsleistung zu der jeweiligen Leistungsphase entsprechen müssen. Dabei hat der VBI zwei Schrittweisen für die Definition des Modelldetaillierungsgrads erarbeitet (VBI, 2016: 10 ff.):

- **100er-Schritte** beschreiben die geometrische Entwicklung des Modells
- **10er-Schritte** bezeichnen die Anreicherung der definierten Geometrie mit alphanumerischen Informationen zur Erfüllung der Grundleistungen der HOAI

Der VBI hat folgende Unterteilungen der Modelldetaillierungsgrade festgelegt:

Leistungsphase (LPH) HOAI 2013	Modelldetaillierungsgrad (MDG)	Bezug zum- LOD gem. AIA	Erläuterung
LPH 1: Grundlagenermittlung	MDG 010	Keine Entsprechung bei LOD	Detaillierungstiefe: Kein 3D Modell; Ergebnisse der Prüfung der Bedarfsplanung des AG können ggf. als Datenbank erstellt werden; ggf. Übernahme oder Erstellung eines Bestandsmodells.
LPH 2: Vorplanung	MDG 100	LOD 100	Das Entwurfsvarianten für das Bauwerk sind mit seinen übergeordneten geometrischen Eigenschaften darzustellen und mit relevanten

			Daten zu beschreiben, z. B. Flächen, Längen, Höhen, Lage, Ortsbezug.
LPH 3: Entwurfsplanung	MDG 200	LOD 200	Die Entwurfsplanung ist die endgültige Lösung der Planungsaufgabe. Die Modellelemente werden als allgemein gültige Bauteile oder Bauteilgruppen erstellt. Sie enthalten annähernde Mengen, Abmessungen, Form, Lage und Ortsbezug. Die Bauteile sind mehrschalig angelegt, um DIN-276-konform Mengen ermitteln zu können, zum Beispiel bei Wege: Deckschicht, Trag-schicht, Frostschutzschicht.
LPH 4: Genehmigungsplanung	MDG 210	Keine Entsprechung bei LOD	Es wird kein gesondertes geometrisch verfeinertes Modell für die Genehmigungsplanung erstellt. Die Informationstiefe wird für die Genehmigung, soweit erforderlich, erweitert.
LPH 5: Ausführungsplanung	MDG 300	LOD 300	Die Modellelemente werden präzise, spezifisch und ausführungsfähig als Bauteile bzw. Bauteilgruppen modelliert, mit präzisen Angaben über Abmessungen, wesent-

			liche Form, Lage und Ortsbezug sowie Menge. Weitere alphanumerische Informationen sind den einzelnen Modell-Elementen angehängt.
LPH 6: Vorbereitung der Vergabe	MDG 310	LOD 350	Es gibt keine weitere geometrische Detaillierung der Modelle. Es werden Mengen und nicht-grafische Informationen aus dem Modell für Leistungsverzeichnisse (Listen/ Datenbanken) generiert.
LPH 7: Mitwirkung bei der Vergabe	MDG 320	Keine Entsprechung bei LOD	Es gibt keine weitere geometrische Detaillierung der Modelle. Es werden Ausschreibungsergebnisse zu Leistungstexten gesammelt und aufbereitet.
LPH 8: Objektüberwachung (Bauüberwachung) und Dokumentation -Werk und Montageplanung	MDG 400	LOD 400	Die Modellelemente werden präzise und spezifisch als Bauteile bzw. Bauteilgruppen modelliert, mit präzisen Angaben über Abmessungen, wesentliche Form, Lage, Ortsbezug, Mengen sowie Fertigungs-, Einbau- und weiteren Detailinformationen. Die Modellelemente können ebenfalls weitere nicht geometrische Informationen über Eigenschaften der Bauteile enthalten.

			Dieses Modell ist vor der Bauausführung, i.d.R. durch die Baufirmen, zu erstellen.
LPH 8: Objektüberwachung (Bauüberwachung) und Dokumentation -Bestandsmodell (As- built)	MDG 500	LOD 500	<p>Verifizierte Darstellung des tatsächlich vorhandenen Objekts als As-Built-Modell. Die Modellelemente sind in der realisierten Fassung modelliert, mit tatsächlichen und präzisen Abmessungen, wesentlichen Formen, Lage und Orts bezügen sowie mit weiteren Detailinformationen.</p> <p>Das Fachmodell ist während des Bauprozesses, i.d.R. durch die ausführenden Baufirmen, zu erstellen bzw. anzupassen.</p>
LPH 9: Objektbetreuung	MDG 510	Keine Entsprechung bei LOD	Basierend auf dem Modell MDG 500 (as built); Informationen zur Mängelverfolgung werden eingepflegt
Betrieb	MDG 600	Keine Entsprechung bei LOD	Basierend auf dem Modell MDG 500 (as built) können nicht-grafische Informationen hinzugefügt werden, um den Betrieb zu ermöglichen. Komplexe Geometrien und Informationen mit ausschließlicher Planungs- und Baurelevanz sollten entfernt/

			bereinigt werden, um einen „schlanken“ Betrieb zu ermöglichen und die Pflege des Modells zu vereinfachen.
--	--	--	---

VBI, 2016

Tab. 4: Vorschlag des Verbands Beratender Ingenieure für die Zuteilung der LOD-Stufen zu den Leistungsphasen der HOAI 2013

Der Vorschlag des VBI bietet die Möglichkeit, die Detaillierungsgrade mit der HOAI zu verbinden. Ob für die Detaillierungsbeschreibung des Modells bei der BIM-Projektentwicklung die Vorgaben der AIA oder des VBI verwendet werden, hängt von den Abstimmungen mit dem Auftraggeber und den vertraglichen Festsetzungen ab. Dabei ist zu beachten, dass die Level of Development der AIA international anerkannt sind und im internationalen Umfeld Anwendung finden. Auch die meiste Literatur in Deutschland verwendet die Definitionen der AIA. Aus diesem Grund wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit auch die Level of Development der AIA als Detaillierungsgrad des Bauwerksmodells verwendet.

Für eine präzise Definition des Level of Development bezüglich der grafischen und alphanumerischen Informationen wird das Level of Development in das *Level of Detail* (LOD) und das *Level of Information* (LOI) aufgeteilt. Gemeinsam helfen Level of Detail und Level of Information dabei, die Erwartungen an BIM-Inhalte besser zu kommunizieren und die Definitionsebene zu jedem Zeitpunkt im Entwurfs- und Konstruktionsprozess zu klären (AEC, 2015). Die Beziehung zwischen dem Level of Development, Level of Detail und Level of Information lassen sich am einfachsten mit der folgenden Formel des Detaillierungsgrades darstellen:

$$„Level\ of\ Development = LOD + LOI“$$

4.3.2 Level of Detail (LOD)/ Level of Geometry (LOG)

Ein Modellelement wird im Modell grafischen mit Informationen dargestellt. Das Level of Detail definiert dabei den Detaillierungsgrad der geometrischen Darstellung im Modell, wodurch sich das Modell über den Verlaufe des Projekts entwickelt (vgl. MINI, 2016; LIEBSCH, SAUTTER, 2018-1). Bei der Verwendung der Abkürzung des Level of Detail (LOD) kann es aber sehr leicht zu Missverständnissen mit dem Level of Development kommen. Oft wird aus diesem Grund in der Literatur auch der Begriff *Level of Geometry* (LOG) verwendet. Auch im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird der Begriff *Level of Geometry* verwendet. Unabhängig von der Bezeichnung ist das Ziel der Level of Detil/ Geometry aber gleich:

“Specifies the intended graphical scale of usage and how much detail is contained in the object.”⁴ (AEC, 2015)

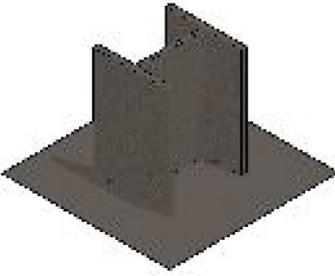
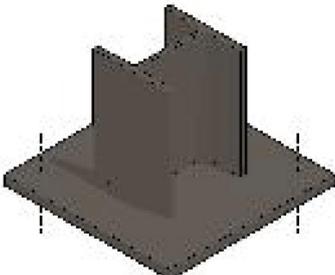
Der AEC nach gibt das Level of Geometry den beabsichtigten grafischen Umfang der Verwendung der Modellelemente an und wie viele grafische Details im Objekt enthalten sind. Die VDI definiert in ihrer VDI-Richtlinie 2552 Blatt 1 „Building Information Modeling- Grundlagen“ das Level of Geometry für Deutschland. Dabei greift der VDI für die Definition auf international anerkannte Beschreibungen wie die der AEC-Initiative (AEC= Architectural, Engineering and Construction) in Großbritannien zurück. Die folgende Tabelle beschreibt die unterschiedlichen Stufen des LOG gemäß der VDI und visualisiert die Entwicklung des Detaillierungsgrades anhand einer Stahlstütze (siehe Tab. 5)

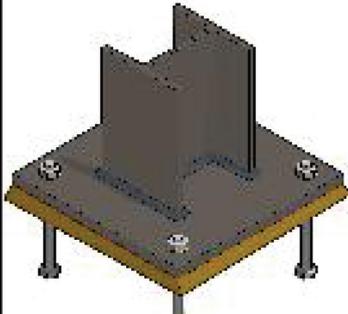
Im übertragenen Sinne folgt das Level of Geometry den in kleiner und detaillierter werdenden Maßstäben der herkömmlichen 2D-Planung, dementsprechend von einer sehr groben Darstellung zu einer sehr detaillierten Darstellung der Modellelemente. Ausgehend von den Einteilungen kann es in einem Modell durchaus vorkommen, dass Modellelemente in dem gleichen BIM-Modell unterschiedliche Level of Geometry aufweisen können. Im Zweifelsfall sollten Nutzer sich für weniger und nicht für mehr 3D-Geometrie entscheiden, da die Effizienz des BIM weitgehend durch die Leistung der darin enthaltenen Komponenten bestimmt wird (AEC, 2015).

4 Deutsche Übersetzung durch den Verfasser:

Gibt den beabsichtigten grafischen Umfang der Verwendung an und wie viele Details im Objekt enthalten sind

Level of Geometry (LOG)	Erläuterung	
LOG 0		Nicht anwendbar oder kein Raumbedarf darstellbar.
LOG 100		<p>Schematische oder generische Darstellung zur Angabe des Raumbedarfs. Darstellung als Symbol oder durch Ersatzgeometrie als 3D-Störkörper mit ungefährender Lage und Geometrie für den Platzbedarf. Nicht anwendbar auf Punktwolken-Geometrien. Der Raumbedarf enthält hinreichende Toleranzen und berücksichtigt Modellunschärfen. Objektgruppen können zu einem Störkörper zusammengefasst werden</p>
LOG 200		<p>Darstellung durch generisches Objekt oder Punktwolke in 3-D in ungefährender Form, Abmessung, Position und Orientierung. Anschlüsse an andere Objekte können optional dargestellt werden. Räumliches Objekt enthält, falls bekannt, Montage- und Wartungsraum. Der Raumbedarf beinhaltet die räumliche Ausdehnung hinsichtlich Toleranzen und Verlegearten. Störkörper aus LoD 100 sind in Unterobjekte zu segmentieren.</p>

LOG 300		<p>Modellierung in genauer Form, Größe und Lage, grafische Darstellung in 3-D durch spezifisches Objekt oder Punktwolke in Bezug auf Größe, Abmessungen, Form, Position und Orientierung. Wesentliche Anschlüsse sind darzustellen. Im Falle eines Laserscans ist die Punktwolke redundanzfrei, zusammenhängend und von Bestandteilen anderer Objekte befreit.</p> <p>Montageraum und Wartungsraum sind Bestandteil. Im Falle eines Laserscans sind diese Informationen zu ergänzen. Modellierung berücksichtigt Toleranzen und Verlegearten und schränkt diesen Raumbedarf auf ein notwendiges Minimum ein. Wesentliche konstruktive Details wie Aufhängungen, Lager oder Aufstellungen sind zu modellieren bzw. in der Punktwolke zu kennzeichnen.</p>
LOG 400		<p>Feingliedrige Modellierung in exakter Form, Größe und Lage, Darstellung in 3-D durch spezifisches Objekt oder Punktwolke in Bezug auf exakte Größe, Abmessungen, genaue Form, Position und Orientierung. Verbindungen und Anschlüsse an weitere Objekte sind modelliert oder im Falle einer Punktwolke als solche gekennzeichnet. Alle konstruktiven Details wie Aufhängungen, Lager oder Aufstellungen sind vollständig modelliert bzw. in einer Punktwolke identifizierbar. Hinreichend detailliert für eine produktneutrale Ausschreibung.</p>

		Objekte enthalten, falls bekannt, Informationen zu Ausführung, Zusammenbau und Installation. Montageraum und Wartungsraum sind verbindlicher Bestandteil und als unabhängige Objekte verfügbar. Toleranzen sind auf übliche Planungsgenauigkeiten beschränkt, Verlegearten sind vollständig aufgelöst. Punktwolken sind vollständig segmentiert, modelltechnisch ergänzt und objektweise zugeordnet.
LOG 500		Wie LOG 400, jedoch vollständig herstellerspezifisch instanziiert. Objekte enthalten zusätzlich oder alternativ herstellerspezifische Angaben aus spezifischen Produktkatalogen. Hinreichend detailliert für eine produktspezifische Ausschreibung.

VDI, 2018-1; AEC, 2015

Tab. 5: Definition der Stufen des Level of Geometry (LOG)

4.3.3 Level of Information (LoI)

Neben der grafischen Informationen des Modellelementes, wird das Element zusätzlich über die alphanumerischen Informationen und ergänzenden Unterlagen (wie Gebrauchsanweisungen) beschrieben. Das Level of Information definiert dabei den Informationsgrad der alphanumerischen Informationen und ergänzenden Unterlagen eines Modellelementes im Datenmodell und komplementiert so die Level of Detail (vgl. LIEBSCH, SAUTTER, 2018-1; MINI, 2016). Dies bedeutet aber nicht, dass das Level of Geometry und das Level of Information sich immer korrelieren müssen. So kann es durchaus passieren, dass ein Element LOG 200 ist, aber angehängte Informationen zu Kosten, Materialien und Pflege ausweist. Dabei sollen an das Modell nur die relevanten Informationen angehängt werden. Zu wenig und die Informationen werden nicht für den beabsichtigten Gebrauch geeignet sein; zu viel und das Modell kann unhandlich und ineffizient werden (AEC, 2015)

Für die LOI hat die VDI in der VDI-Richtlinie 2552 Blatt 1 “Building Information Modeling- Grundlagen” eine Einteilung definiert:

Level of Information (LOI)	Beschreibung
LOI 0	Es sind keine Angaben verfügbar.
LOI 100	Allgemeine Attribute zur Charakterisierung des Objekttyps bzw. der Objektgruppe und den Eigenschaften, beispielsweise Materialart, Widerstandsfähigkeit oder allgemeine Eigenschaften, jedoch nicht produktspezifisch.
LOI 200	Systemtechnischer Informationsgehalt des Objekts bzw. der Objektgruppe. Generisch, aber so spezifisch wie dies zur Erfüllung der zugeordneten Leistungsphase möglich und erforderlich ist. Der Informationsgehalt berücksichtigt die Systemart, die Funktion und elementare Beziehung zwischen Systemen.
LOI 300	Neben dem systemtechnischen Informationsgehalt (Systemart, Funktion, Beziehungen zwischen den Systemen) werden auch spezifisch, systembedingte Eigenschaften (z.B. Material), insbesondere soweit diese zur Erfüllung der zugeordneten Leistungsphase erforderlich sind, definiert. Konkrete Angaben (wie Farbe, Beschlagsart, Hersteller) werden nicht modelliert. Attribute beinhalten Ergebnisse von ingenieurtechnischen Berechnungen.
LOI 400	Attribute enthalten über LOI 300 hinaus alle für die Ausschreibung und Ausführung relevanten Eigenschaften und Informationen, insbesondere konkrete Angaben (wie Farbe, Beschlagsart) sowie weitere herstellerneutrale Eigenschaften.

	Hinreichend detailliert für eine produktneutrale Ausschreibung. Attribute enthalten, falls anwendbar, Informationen zu Ausführung, Zusammenbau und Installation.
LOI 500	Wie Lol 400, jedoch vollständig herstellerspezifisch instanziiert. Zusätzliche oder alternative herstellerspezifische Angaben aus spezifischen Produktkatalogen. Hinreichend detailliert für eine produktspezifische Ausschreibung. Objekte können darüber hinaus betriebstechnische Eigenschaften und betriebsrelevante Funktionsbeschreibungen enthalten.

VDI, 2018-1;

Tab. 6: Definition der Stufen des Level of Information (LOI)

Die benötigten Informationen sind aber stark von den vereinbarten BIM-Zielen und von dem BIM-Anwendungsfall abhängig. Daher ist die Definition der Informationsanforderungen und -tiefe in festgelegten Stufen schwieriger als die der geometrischen Detaillierung. So ist z.B. aus der Definition des LOI nicht erkennbar welche Informationen für welches Objekt genau benötigt werden. In Großbritannien und Norwegen wurden deswegen bereits erste Vorlagen für die Informationsanforderungen und -tiefe für die Landschaftsarchitektur entwickelt. In Großbritannien wurde von der *“Chartered Institution of Building Services Engineers”* (CIBSE) wurde standardisierte *“Product Data Templates”* (PDT) für den Hochbau entwickelt in dem die wichtigsten Informationen zu einem Produkt gespeichert werden. Die Idee hinter den PDTs ist, dass Hersteller diese für ihre einzelnen Produkte ausfüllen und die Nutzer hierdurch schnell alle nötigen Informationen haben und diese in BIM einfügen können. Aber nicht nur Hersteller können die PDTs nutzen, auch Planer und Betreiber können mit den PDTs die wichtigsten Informationen sammeln (BIMTalk, 2016). Das britische *“Landscape Institute”* hat auf Grundlage der PDTs für den Hochbau, PDTs für die Landschaftsarchitektur entwickelt. Zur Zeit hat das Landscape Institute 37 PDTs für verschiedenste Objekte der Landschaftsarchitektur als ersten Entwurf zur freien Verwendung auf ihrer Internetseite.

Der Aufbau eines PDT ist immer nach dem gleichen Prinzip in mehrere Informationskategorien unterteilt. Die Abbildung 35 zeigt am Beispiel des Product Data Template “Vegetation” den Aufbau und Informationsanforderungen der PDTs.

	A	B	C	D	E		
Template Category	Flora					1	
Template Version	v6.1						
Category Description	Plant species grown for the purpose of planting out in a landscape.						
Classification System							
Classification	Value						
Suitability for Use							
Template Custodian	Landscape Institute						
Information Category	Parameter Name	Value	Units	Notes			
Manufacturer Data							
Specifications	Supplier			Text			3
Specifications	Supplier Website			URL			
Specifications	Product Range			Text			
Specifications	Product Model Number			Text	Or Code		
Specifications	CE Approval			Text	Number, Yes, No		
Specifications	Product Literature Webpage			URL			
Specifications	Product Features			Text	Free text to describe product		
Naming Data							
Specifications	Product Code			Text		4	
Specifications	Botanical Name			Text			
Specifications	Alternative Botanical Name			Text	Or Names		
Specifications	Common Name			Text	Or Names		
Specifications	Category or Class			List	Or Type, Select from list		
Specifications	Sub-Category or Sub-Class			List	Select from list or type to define new value		
Nursery Stock Data (taken from BS 3639 and NPS)							
Specifications	Height			cm	Range of values or Minimum value	5	
Specifications	Spread			cm	Range of values or Minimum value		
Specifications	Girth			cm	Range of values or Minimum value		
Specifications	Clear Stem Height			cm	Range of values or Minimum value		
Specifications	Number of Breaks or Buds			Nr	Minimum number of breaks or buds		
Specifications	Form Specified			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Age and Condition			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Root Condition and Protection			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Cell or Container Size			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Planting Medium			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Fertiliser			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Origin and Provenance			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Country or Place Grown			Text			
Planting Requirements							
Specifications	Aspect and Shading			List	Select from list or type to define new value		6
Specifications	Acid or Alkaline			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Moisture			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	UK Hardiness			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Soil Type			List	Select from list or type to define new value		
Planting Selection Data							
Specifications	Ultimate Height			cm		7	
Specifications	Ultimate Spread			cm			
Specifications	Years to Ultimate Height			Years	Enter approximate number of years		
Specifications	Habit or Form			List	In its natural form or as maintained		
Specifications	Foliage Texture			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Foliage Colour			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Foliage Colour Autumn			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Foliage Persistence			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Foliage Shape			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Flower Type			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Flower Colour			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Flower Season			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Winter Colour			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Feature			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Season of Interest			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Edible or Cropping			Y/N			
Specifications	Suitability or Use			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Scent			List	Select from list or type to define new value		
Performance Data							
Specifications	Growth Rate			List	Select from list or type to define new value	8	
Specifications	Effective Life			Years	Enter approximate number of years		
Specifications	USDA Zone Maximum			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	USDA Zone Minimum			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Tolerance			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Toxicity			Y/N			
Specifications	Thorns or Spikes			Y/N			
Specifications	Biodiversity			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Climate			List	Select from list or type to define new value		
Specifications	Native Region			List	Select from list or type to define new value		
Sustainability							
Sustainable Material BREEAM etc	Embodied Carbon			kgCO2	University of Bath ICE Data if none other available	9	
Sustainable Material BREEAM etc	Life Cycle Analysis			Number	BREEAM		
Sustainable Material BREEAM etc	Location of Manufacturer			GeoRef	Nothing, Easing		
Sustainable Material BREEAM etc	Green Guide for Specification			Text	A - E		
Sustainable Material BREEAM etc	Environmental Product Declaration			Text	3rd Party Verification		
Sustainable Material BREEAM etc	Responsible Sourcing of Materials			Text	Endorsing body		
Sustainable Material ETL	Energy Technology List			URL	Hyperlink to ETL webpage for product		
Sustainable Material LEED v.4	Responsible Extraction of Materials			Text			
Sustainable Material LEED v.4	Material Ingredient Reporting			Text			
Operations & Maintenance							
Facilities/Asset Management	Operations and Maintenance Manual			URL	Hyperlink to Manufacturer O&M Data	10	
Facilities/Asset Management	Daily			Text	Maintenance tasks or SFG2012 codes.		
Facilities/Asset Management	Weekly			Text	Maintenance tasks or SFG2012 codes.		
Facilities/Asset Management	Monthly			Text	Maintenance tasks or SFG2012 codes.		
Facilities/Asset Management	Quarterly			Text	Maintenance tasks or SFG2012 codes.		
Facilities/Asset Management	6 Monthly			Text	Maintenance tasks or SFG2012 codes.		
Facilities/Asset Management	Annually			Text	Maintenance tasks or SFG2012 codes.		
Facilities/Asset Management	Bespoke Timeframe			Text	Maintenance tasks or SFG2012 codes.		
Facilities/Asset Management	Expected Life			Years	Maintenance tasks or SFG2012 codes.		
Facilities/Asset Management	Warranty ID			Text			

CS Design Software, 2019; Landscape Institute, 2018)

Abb. 35: “Product Data Template”- Vorlage für die Vegetation

Zeilen	Spalten
(A) Informationskategorie	(1) Allgemeine Informationen zum Objekt
(B) Informationsparameter (Frage zu beantworten)	(2) Informationskategorie
(C) Informationseingabe (Antwort zur Frage)	(3) Herstellerinformationen
(D) Informationseinheit	(4) Namensinformationen
(E) Hinweise	(5) Baumschulinformationen
	(6) Pflanzanforderungen
	(7) Pflanzenauswahlinformationen
	(8) Leistungsinfomationen
	(9) Nachhaltigkeitsinformationen
	(10) Betriebs- und Wartungsinformationen

Eigene Tabelle; in Anlehnung an CS Design Software, 2019

Tab. 7: Legende „Product Data Template - Vegetation“

Der Aufbau der PDTs soll alle Informationen standardisiert und kompakt in einem Dokument sammeln. Von den Zeilen muss durch die Hersteller und Nutzer nur die Spalte (C) Informationseingabe ausgefüllt. Hierfür wurde durch das Landscape Institute bereit die nötigen Informationen im Hintergrund in allgemeinen Angaben zusammengestellt, so dass in der Excel- Datei die Informationen nur aus ein Drop down- Menü ausgewählt werden müssen (Siehe Abb. 36).

Naming Data			
Product Code		Text	
Botanical Name		Text	
Alternative Botanical Name		Text	Or Names
Common Name		Text	Or Names
Category or Class		List	Or Type. Select from list
Sub-Category or Sub-Class		List	Select from list or type to define new value
Nursery Stock Data (taken from BS 3639 and NPS)			
Height		Range of values or Minimum value	
Spread	15-20cm	Range of values or Minimum value	
Girth	10+cm (Topsize)	Range of values or Minimum value	
Clear Stem Height	100-125cm	Range of values or Minimum value	
Number of Breaks or Buds	100-125cm (D)	Range of values or Minimum value	
Form Specified	100-150cm	Minimum number of breaks or buds	
Age and Condition	100cm	Select from list or type to define new value	
Root Condition and Protection	10-11cm	Select from list or type to define new value	
Cell or Container Size	10-12cm	List	Select from list or type to define new value
Planting Medium		List	Select from list or type to define new value
Fertiliser		List	Select from list or type to define new value
Origin and Provenance		Text	
Country or Place Grown		Text	

Eigene Darstellung, Vorlage: Landscape Institute, 2016

Abb. 36: Menüauswahl PDT Vegetation

Die Aufbau des Dokuments in den Zeilen gliedert sich dabei nach dem Lebenszyklus des Produkts. Durch die PDTs wird ein durchgehender Informationsfluss in der Planungs- und Bewirtschaftungsphase des Projektes gewährleistet.

Die PDTs bestimmen zwar die wichtigsten Informationen, die für die Definition eines Objekts wichtig sind, sie bestimmt aber nicht wann diese Informationen in der Abwicklung des Projekts vorliegen müssen. Nicht jede der Informationen muss im Vorentwurf (LPH 2 HOAI 2013) vorliegen. Hier setzt das 2012 initiierte norwegische Projekt *“BIM for Landskaparkitektur”* an. Als Grundlage dienen die von CIBSE entwickelten Product Data Templates. In einem interdisziplinären Projektteam wurde nicht nur bestimmt, welche Informationen für die Definition eines Objektes wichtig sind, sondern auch wann in der Projektabwicklung diese Informationen vorliegen müssen (WIK et. al., 2018). Für das norwegische Modell wurden die Informationstiefe hierarchisch untergliedert (siehe Abb. 37). Als Ergebnis dieses Forschungsprojektes wurde ein Informationsmodell aus 6 Hauptobjekten (Blau) mit insgesamt 44 Unterobjekten (Grün) und einer weiteren beispielhaften Aufgliederung zweier Unterobjekten (Bank, Baumschutzgitter) mit insgesamt 14 Einzelkomponenten (Grau) erarbeitet.

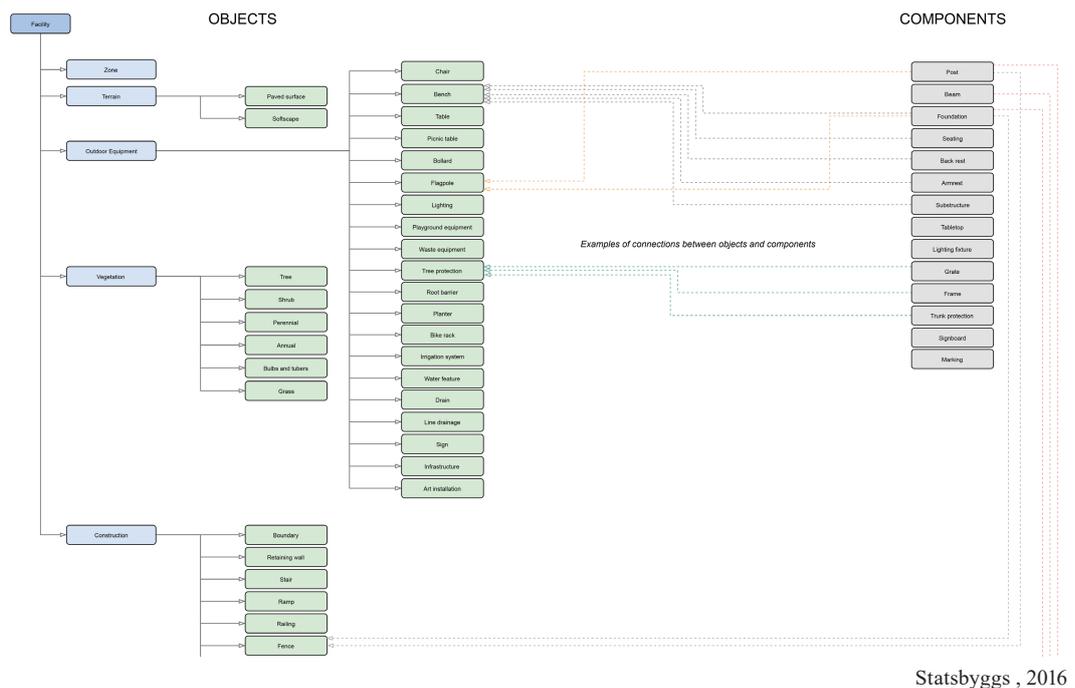


Abb. 37: Auszug der Objekthierarchie des norwegischen PDT-Modells mit Hauptobjekten (Blau), Unterobjekten (Grün) und Einzelkomponente (Grau)

Mit jeder weiteren Untergliederung werden die Informationen zum Objekt detaillierter und bilden so auch den realen Entwicklungsprozess des Objekts während der Projektabwicklung dar. Am Anfang des Projekts benötigt ein Objekt nur wenig Informationen. Je weiter sich das Projekt entwickelt, je detaillierter müssen dann auch die Informationen zum Objekt werden. Am Beispiel des Objekts “Baum” wird diese Informationsentwicklung über den Projektverlauf in der Abbildung 38 dargestellt.

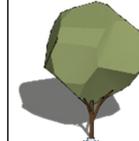
In der Konzeptionsphase benötigt das Objekt “Baum” zusätzlich zu der Lage nur Angaben zur Baumart, Herkunft und Endhöhe. Im Laufe des Projektes müssen dann noch unter anderem Angaben zum Pflanzabstand, dem Pflanzschema und der Pflanzqualität, -höhe, -breite und dem -stammumfang beigefügt werden. In dem Modell wurde auch festgelegt, welche Informationen noch für den Betrieb und Unterhaltung wichtig sind. So können in dieser Betriebsphase die Angaben der Pflanzqualität, -höhe, -breite und dem -stammumfang entfallen, da diese Informationen für den Pflege nicht mehr relevant sind.

Die Entwicklung des LOI korreliert nicht immer mit der Entwicklung des LOD. In der Wettbewerbs- und Konzeptionsphase eines Projektes beginnt das Objekt mit einer sehr detaillierten Darstellung, um eine gute visuelle Darstellung zu gewährleisten. Informationen zu dem Objekt sind von geringerer Bedeutung und werden in diesen Phasen nicht detailliert dargestellt (vgl. MCPHEE, 2013; WIK et. al., 2018). Die folgende Tabelle zeigt diese gegensätzliche Entwicklung des Level of Information und Level of Detail.

OBJECT SPREADSHEET						
Tree						
	0	1	2	3	4	5
	Programfase (LOD 000) programming	Skisseprojekt (LOD 100) sketch proposal	Forprojekt (LOD 200) preliminary project	Detailprojekt (LOD 300) detail project	Byggefase (LOD 400) construction	FDVU (LOD 500) operations and maintenance
Parameter name	0	1	2	3	4	5
Type Tree		x	x	x	x	x
Height				x	x	
Spread				x	x	
Girth				x	x	
Clear stem height				x	x	
Root protection and condition				x	x	
Form specified				x	x	
planting distance			x	x	x	x
planting system			x	x	x	x
Origin		x	x	x	x	x
Stakeout data					x	
Ultimate height		x	x	x		x

WIK et. al., 2018

Abb. 38: Auszug aus der Objekttable “Baum”, die den Zeitpunkt der Informationsverfügbarkeit bestimmt

	Program. LOD 000	Sketch LOD 100	Preliminary LOD 200	Detail LOD 300	Construction LOD 400	O & M LOD 500
Graphics/3D geometry						
		<i>Visualization (presentation) Conceptual (sketch)</i>	<i>Tree volume with stem and crown. Preliminary dimension. Insertion point</i>	<i>Tree volume with stem and crown. Accurate dimension. Insertion point</i>	<i>Tree volume with stem and crown. Visual communication. Accurate dimension. Insertion point.</i>	<i>Tree volume, or billboard. Insertion point (point in GIS). Growth (4D)</i>
Facility object parameters	<i>Name, Status</i>	<i>Name, Coordinate system, Vertical datum, Local origin, Local orientation, Boundary, Status</i>	<i>Name, Coordinate system, Vertical datum, Local origin, Local orientation, Boundary, Cost, Status</i>	<i>Name, Coordinate system, Vertical datum, Local origin, Local orientation, Boundary, Area, Cost, Status</i>	<i>Name, Supplier, Stakeout data, Coordinate system, Vertical datum, Local origin, Local orientation, Boundary, Area, Cost, Status</i>	<i>Name, Supplier, Stakeout data, Coordinate system, Vertical datum, Boundary, Area, Cost, Status</i>
Vegetation object parameters		<i>Product code</i>	<i>Common name, Sub-category, Product code</i>	<i>Botanical name, Common name, Sub-category, Origin and provenance, Product code, Root protection and condition, Form specified, UK hardiness</i>	<i>Common name, Sub-category, Product code</i>	<i>Common name, Sub-category, Product code, Year of planting</i>
Tree object parameters		<i>Type Tree, Origin, Ultimate height</i>	<i>Type Tree, Planting distance, Planting system, Origin, Ultimate height</i>	<i>Type Tree, Height, Spread, Girth, Clear stem height, Root protection and condition, Form specified, Planting distance, Planting system, Origin, Ultimate height</i>	<i>Height, Spread, Girth, Clear stem height, Root protection and condition, Form specified, Planting distance, Planting system, Origin</i>	

WIK et. al., 2018

Tab. 8: Die Verbindung und Entwicklung des Level of Geometry und des Level of Information am Beispiel des Elements „Baum“

Die Tabelle verdeutlicht dabei ebenfalls, wie die Informationen in den LOD-Phasen dem Baumobjekt hinzugefügt werden und wie sich die Geometrie des 3D-Objekts in einem Projekt entwickeln und im Detail variieren kann, es ist jedoch immer noch dasselbe Objekt von LOD100 bis LOD500. Ausgehend von den PDTs aus Großbritannien und dem norwegischen Forschungsprojekt erarbeitet der Arbeitskreis “BIM in der Landschaftsarchitektur” der Forschungsgesellschaft Landschaftsbau Land-

schaftsentwicklung e.V. (FLL e.V.) zur Zeit eigene Informationsanforderungen für die Elemente im der Landschaftsarchitektur. Erste Ergebnisse will der Arbeitskreis Ende 2019 vorstellen.

Eine solche Standardisierung erleichtert die Zusammenarbeit in einem Projekt und vermeidet Missverständnisse. Da jedes BIM-Projekt trotzdem individuell und einzigartig ist, muss das Level of Information für die jeweiliges Projekt vor Beginn mit dem Auftraggeber genau abgestimmt werden. Eine Standardisierung ersetzt diese Abstimmung nicht, sondern erleichtert diese. Der Auftraggeber muss seine Vorgaben weiterhin in Form der Auftraggeber-Informations-Anforderungen (vgl. Kap. 4.4: „Grundlegende Dokumente für den BIM-Prozess“, S. 90) konkretisieren und mit allen Projektbeteiligten rechtlich vereinbaren (vgl. HAUSKNECHT, LIEBISCH, 2016; MINI, 2016).

4.3.4 Zusammenfassung der Detaillierungsgrade der Modellelemente

Die drei Detaillierungsgrade bestimmen maßgeblich die Entwicklung und Kommunikation in einem BIM-Modelle. Dabei werden die Stufen des Levels of Development, Levels of Detail und des Levels of Information von der VDI für Deutschland definiert. Trotzdem kann es bei den jeweiligen Abkürzungen zu Missverständnissen führen. So bedeutet die Abkürzung LOD in der Literaturen Level of Development oder Level of Detail oder Level of Definition. Steht LOD jetzt für den allgemeinen Fertigstellungsgrad des Modells oder für den geometrischen Detaillierungsgrad. Die amerikanische Organisation BIMforum hat hierzu eine klare Definition und Unterscheidung der Begriffe:

***Level of Development:** Wie durchdacht die Verknüpfung der geometrischen Darstellung des Modellelements und die dem Modellelement angehängten Informationen sind. Es stellt auch den Grad dar, in dem sich die Mitglieder des Projektteams bei der Verwendung des Modells auf die Informationen verlassen können (BIMforum, 2017: 9). In Großbritannien wird vom Level of Definition gesprochen. Dabei handelt es sich lediglich um ein Synonym für das Level of Development (AEC, 2015)*

Level of Detail/ Level of Geometry: Wie viele geometrische Detaillierung ist im Modellelement dargestellt sind (BIMforum, 2017: 9).

Das BIMForum bietet einen klaren Unterschied zwischen Level of Development und Level of Detail, aber dies vermeidet trotzdem keine Missverständnisse bei Abkürzung LOD. Um dieses Missverständnis zu verhindern, wurde in der Literatur der Begriff Level of Geometry (LOG) eingeführt. Das Level of Geometry steht in diesem Fall als Synonym des Level of Detail und beschreibt so den Detaillierungsgrad der Geometrie eines Modellelements (vgl. NIEDERMAIER, BÄCK, 2018-1; BAYERISCHE ARCHITEKTENKAMMER, 2018-3; BAUEN DIGITAL SCHWEIZ, 2018). Dabei kann das Level of Geometry mit den klassischen 2D- Planungsmaßstäben über die Leistungsphasen verglichen werden. Die geometrische Genauigkeit nimmt mit dem Fortschritt des Projekts zu, wobei diese über eine Stufeneinteilung festgelegt wird. Dabei beschreibt LOG 100 die niedrigste und LOG 500 die höchste Detaillierungsstufe (vgl. MINI, 2016; BAUEN DIGITAL SCHWEIZ, 2018).

Die Informationsdichte der alphanumerischen Informationen im Modell wird durch den Begriff Level of Information beschrieben (LOI). Das LOI wird ebenfalls über eine Stufeneinteilung festgelegt, wobei das LOI 100 die unterste Stufe beschreibt und LOI 500 die höchste. Trotz der Stufen ist es schwierig zu sagen, wann welche Informationen im Modell eingefügt werden müssen. Die AIA und das BIMforum beschreibt den Informationsdichte im Level of Development über den Satz

*“Non-graphic information may also be attached to the Model Element.”⁵
(BIMforum, 2017; AIA, 2013-1)*

Um welche Informationen es sich dabei handelt wird nicht näher erläutert. Es wird versucht die relevanten Informationen über die Authorized Uses zu beschreiben. Dies zeigt, wie schwierig die genaue Definition der LOI sind und wie projektabhängig diese Anforderungen sind. Eine klare Definition welche Informationen zum Beschreiben eines Modellelemente nötig sind und wann diese vorliegen

5 Deutsche Übersetzung durch den Verfasser:

„An das Modellelement können auch nicht-grafische Informationen angehängt werden“

müssen, ist für eine organisierte und erfolgreichen Projektablauf aber unerlässlich. Das norwegische Projekt “*BIM for Landskaparkitektur*” hat so eine Standardisierung der Informationsanforderungen an mehreren Objekten der Landschaftsarchitektur exemplarisch ausgearbeitet. Solche standardisieren Informationsbeschreibungen für die verschiedenen Objekte erleichtern die Projektkommunikation und den -ablauf, ersetzen aber nicht die detaillierte Abstimmung vor Projektbeginn mit dem Auftraggeber und projektspezifische Auftraggeber-Informationsanforderungen (AIA) und BIM-Abwicklungspläne (BAP).

Zusammen mit der Level of Geometry ergibt die Level of Information eine akkurate Definition des Level of Development.

In der weiteren Arbeit werden folgende Akronyme für die Beschreibung des Detaillierungsgrades verwendet:

LOD= Level of Development

LOG= Level of Geometry

LOI= Level of Information

Daraus ergibt sich die neue Formel des Detaillierungsgrades:

$$\mathbf{LOD = LOG + LOI}$$

(Level of Development = Level of Geometry + Level of Information)

Eine internationale Standardisierung der einzelnen Detaillierungsgrade wird dringend empfohlen, da sie eine äußerst wichtige Kommunikationsgrundlage für die Auftraggeber und Projektbeteiligten und den erfolgreichen BIM-Einsatz darstellen (vgl. HAUSKNECHT, LIEBISCH, 2016, BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 29: JOST et. al.).

4.4 Grundlegende Dokumente für den BIM-Prozess

Der BIM-Prozess muss bereits vor Beginn des Projekts gut organisiert werden, um eine strukturierte und erfolgreiche Abwicklung des Projektes gewährleisten zu können. Hierzu muss vor Projektbeginn genau bestimmt werden, was das BIM-Ziel des Auftraggebers ist und wie diese Ziele während der Projektabwicklung erreicht werden sollen. Dies erfordert nicht zuletzt vom Auftraggeber und den Planern ein sehr detailliertes Kenntnis über den ganzen BIM-Prozess und Verknüpfung zwischen den verschiedenen Projektbeteiligten (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.: 10-11). Diese Informationen bilden dann auch den Rahmen für den gesamten BIM-Prozess, an welchem die Arbeiten der Projektbeteiligten kontrolliert werden. Der Rahmen wird durch zwei neuen Dokumente im BIM-Prozess definiert: *Auftraggeber-Informationen-Anforderungen* und *BIM-Abwicklungsplan*.

4.4.1 Auftraggeber- Informations- Anforderungen (AIA)

Wann im Planungs- und Bauprozess welcher geometrische Detaillierungsgrad und welche alphanumerische Informationstiefe im Modell benötigt werden und welche Daten und Informationen überhaupt benötigt werden, legt der Auftraggeber im Rahmen der Ausschreibung im Vorfeld des Projektes fest. Diese Anforderungen werden in der Auftraggeber-Informationen-Anforderungen (AIA) zusammengefasst. Der Auftraggeber definiert dort auch welche Ziele mit der Nutzung von BIM verfolgt werden und auf welche Weise die digitale Projektabwicklung, z.B. Art des BIM-Prozesses, umgesetzt werden soll. Oft wird als Synonym für die AIA auch der Begriff „BIM-Lastenheft“ verwendet. Für den Auftragnehmer (AN) ist dieses Dokument entscheidend, da es seine Angebotsgrundlage darstellt und dort die Pflichten des AN während des Projekts beschrieben werden. Dazu beschreibt das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) im „Stufenplan Digitales Bauen“ Vorgaben für den Inhalt der AIA:

“Der Auftraggeber hat in seinen „Auftraggeber-Informationen-Anforderungen“ (AIA) genau festzulegen, welche Daten er wann benötigt. Dazu gehören insbesondere Angaben, wann, in welcher Detailtiefe und in welchem Format die angeforderten Daten geliefert werden sollen, damit der Auftraggeber auf der Grundlage dieser Daten ggf. notwendige Entscheidungen fällen kann. Die angeforderten Daten sollten nicht nur die geometrischen Maße,

sondern auch weitere für ihn relevante Bauwerks- bzw. Bauteilattribute wie eingesetzte Baustoffe mitsamt deren Eigenschaften (z. B. Wärmedurchlässigkeit, Schallschutzeigenschaften oder den ökologischen Fußabdruck) umfassen. Der Auftraggeber kann darüber hinaus festlegen, dass auch die digitale Beschreibung des Bauprozesses und die detailgenaue Aufgliederung der Kosten (5D-Modell) in der Leistung enthalten sein müssen. Bei der Erstellung dieser AIA ist mit dem späteren Nutzer bzw. Betreiber des Bauwerks eng zusammenzuarbeiten.“ (BMVI, 2015-1: 9)

Diese Beschreibung der AIA wurde auch von der VDI in der Richtlinie 2552 Blatt 1 “Building Information Modeling- Grundlagen” und der DIN EN ISO 19650-2: 2019-8 aufgegriffen. Darüber hinaus existiert in Deutschland aber noch keine allgemeingültigen Vorgaben für die Erstellung der AIA, so dass von verschiedenen privaten und öffentlichen Auftraggebern eigene Vorgaben formuliert werden. Der Verband Deutscher Ingenieure erarbeitet zur Zeit mit der „Richtlinie 2552 Blatt 10 “Building Information Modeling - AIA / BAP”“ eine erste Vorschrift für den AIA. Diese soll voraussichtlich Ende 2019 veröffentlicht werden. Auch wird im Rahmen der Pilotprojekte des Stufenplans Digitales Planen und Bauen des BMVI an einem Leitfaden, Muster und Handreichung für die AIA gearbeitet. In der Zwischenzeit bedarf es noch ein Orientierung ins Ausland für detaillierte Vorgaben für die AIA. Im englischsprachigen Raum wird für die AIA die Begriffe Employer’s Information Requirement (EIR) geprägt. Der Inhalt der EIR deckt, neben den allgemeinen Projektangaben, im Wesentlichen drei Bereiche ab (siehe Tab. 9).

Aus den Vorgaben des BMVI und den Anmerkungen aus dem Ausland zeigt sich, dass der Auftraggeber im Vorfeld bereits sehr detaillierte Kenntnis über die von ihm, für den gesamten Lebenszyklus, benötigten geometrischen und alphanumerischen Daten benötigt. Darüber hinaus benötigt er auch eine detaillierte Kenntnis über BIM und den BIM-Prozess. Die AIA bildet so den Rahmen für den gesamten BIM-Prozess, an welchem auch die gelieferten Daten der Auftragnehmer daraufhin überprüft werden, ob sie mit den Vorgaben der AIA übereinstimmen.

Technisch	Management	Wirtschaftlich
<ul style="list-style-type: none"> • Software-Plattformen • Datenaustauschformat • Koordinaten • Level of Development • Level of Detail • Ausbildung 	<ul style="list-style-type: none"> • Standards • Rollen und Verantwortlichkeiten der Stakeholder • Planung der Arbeits- und Datentrennung • Sicherheit • Koordinations- und Kollisionserkennungsprozess • Kollaborationsprozess • Model Review Meetings • Gesundheit und Sicherheit und Bauwesen • Design Management • Systemleistungsbeschränkungen • Compliance-Plan 	<ul style="list-style-type: none"> • Zeitpunkt der Data drops • Strategischer Zwecke des Kunden • Definiertes BIM / Projekt • Liefergegenstände • BIM-spezifische Kompetenzbewertung

vgl. EU BIM Taskgroup, 2018; RIAI, 2019; BAUER et. al., 2018

Tab. 9: Inhaltsgruppen der Auftraggeber-Informations-Anforderungen

4.4.2 BIM-Abwicklungsplan (BAP)

Die Auftraggeber-Informations-Anforderungen (AIA) beschreibt im wesentlichen die Projektziele, die technische Umsetzung und die Anforderungen an den potentiellen Auftragnehmer. Auf Grundlage der AIA wird der sogenannte BIM-Abwicklungsplan (BAP) erarbeitet. Der BAP legt festlegt wie genau die Anforderungen aus der AIA während der Projektabwicklung umgesetzt und eingehalten werden sollen. Ein wichtiger Aspekt des BIM-Abwicklungsplans ist die Festlegung, welche Teile der Planung bis wann, von wem, wofür und wie übergeben werden (fünf W-Fragen) (MINI, 2016: 20).

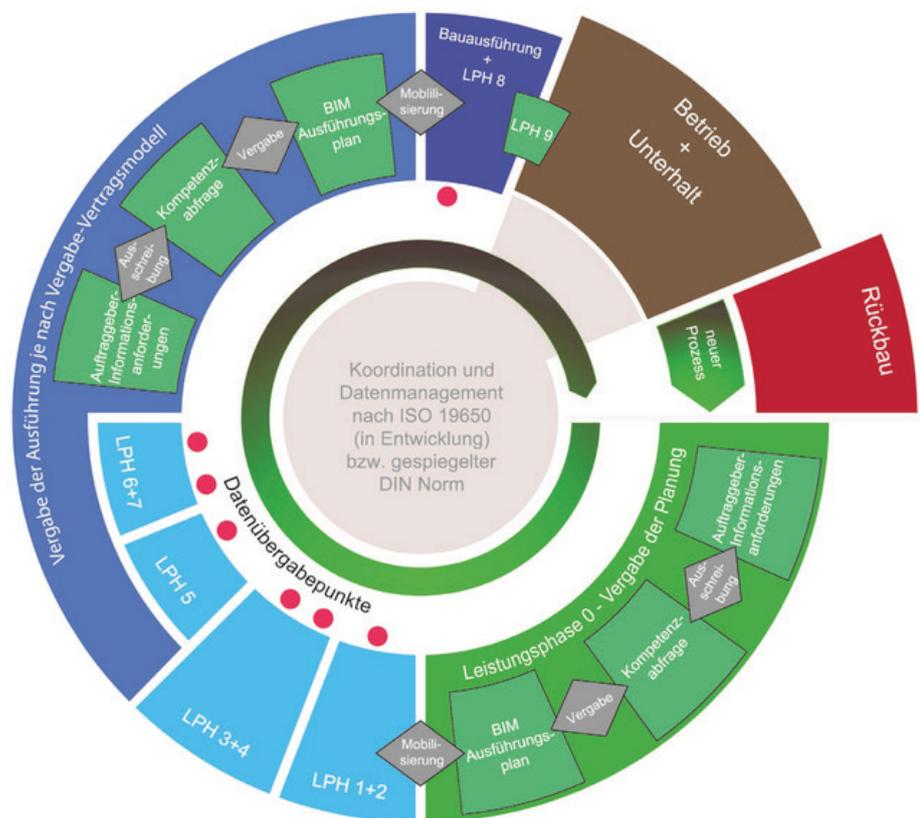
Die Erstellung des BAP ist eigentlich Aufgabe des Auftraggebers, sollte aber am Besten nicht durch die “Top-Down”- Methode erstellt werden, sondern kooperativ mit dem Auftragnehmer zusammen. Der Auftraggeber kann dabei die Erstellung der BAP vertraglich an den Auftragnehmer übertragen (BMVI, 2015-1: 9). Der BAP wird zum einen als Text ausformuliert und als grafische Darstellung BIM-Workflow ausgearbeitet. Rechtlich gewinnt der BAP nur durch Vereinbarung Verbindlichkeit für alle Projektbeteiligte. (FEHRENBACH, 2018)

Im englischsprachigen Raum wurden abgestimmte Vorlagen für den BIM-Abwicklungspläne (engl.: BIM Execution Plan (BEP)) unter anderem vom amerikanischen Construction Industry Council (CIC) und vom AEC UK Konsortium erarbeitet und online zur Verfügung gestellt (vgl. CIC, 2011; AEC UK, 2012-1; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.; DIN, 2019-8-2). Dabei wird zwischen zwei Arten von BIM-Abwicklungsplan unterschieden.

- ***Pre-contract BIM Execution Plan:*** *Der Pre-contract BIM Execution Plan (BIM-Abwicklungsplan-Entwurf) wird vom Auftragnehmer erstellt, um grob seinen vorgeschlagenen Ansatz sowie die Fähigkeit, Kapazität und Kompetenz seines Unternehmens und seiner Lieferkette zur Erfüllung der AIA vorzustellen. Erstellt wird diese Art des BAP zur Angebotsabgabe (RICHARDS et. al. 2013-1).*
- ***Post-contract BIM Execution Plan:*** *Der Post-contract BIM Execution Plan (BIM-Abwicklungsplan) ist die detaillierte Ausarbeitung des Pre-contract BIM Execution Plan. Er wird unter Einbindung aller Projektbeteiligten ausgearbeitet und regelt die Rollenverteilungen und Verantwortlichkeiten, Arbeitsprozesse, Datenübergabepunkte, Austauschformate, Wiederverwendung und die endgültige Übergabe an den Auftraggeber (RICHARDS et. al. 2013-2).*

In Deutschland werden beide Arten des BAPs von der DIN EN ISO 19650-2:2019-8 und der VDI Richtlinie 2552 Blatt 1 “Building Information Modeling- Grundlagen” aufgegriffen und beschrieben. Dabei werden aber nur die Inhalte des BAPs beschrieben, nicht aber der Aufbau. Zur Zeit erarbeitet die VDI in der Richtlinie

2552 Blatt 10 “Building Information Modeling - AIA / BAP” erste allgemeingültige Vorgaben für den BAP, welche voraussichtlich Ende 2019 veröffentlicht werden sollen. Auch das BMVI erarbeitet zur Zeit noch einen genauen Leitfaden und Muster für den BAP. Dabei hat BMVI bereits 2015 im Stufenplan Digitales Planen und Bauen einen übergeordneten schematischen Referenzprozess (Abb. 39) festgelegt, der die bei einem Projekt generell zu durchlaufenden Phasen einschließlich der Nutzung von BIM und der Erstellung des BAP beschreibt. Der Referenzprozess beschreibt das Prinzip der Informationsbereitstellung sowie des entsprechenden Projektmanagements über alle Phasen der Planung und Betriebs. Dabei definiert der Referenzprozess auch die Zeitpunkte für Datenübergaben an den Auftraggeber (Rote Punkte), welche aber je nach Projekte und individueller Abstimmung variieren können. Bei der projektbezogenen Erstellung des BIM-Abwicklungsplans kann auf die Grobstruktur dieses Referenzprozesses zurückgegriffen werden (BMVI, 2015-1).



BMVI, 2015-1

Abb. 39: Schematische Darstellung des BIM-Referenz-Prozesses

Das BMVI gibt im Referenzprozess aber keine Vorlage für den BAP. Aus diesem Grund wurden von verschiedenen privaten und öffentlichen Stellen eigene BAP-Vorlagen entwickelt (DEUBIM, 2018-2; DB Station&Service AG & DB Netz AG, 2018-2, BLB NRW, 2019).

Die Vorgabe der DB Station&Service AG & DB Netz AG in der folgenden Abbildung 40 zeigt schematisch die Basisstruktur eines BAPs.

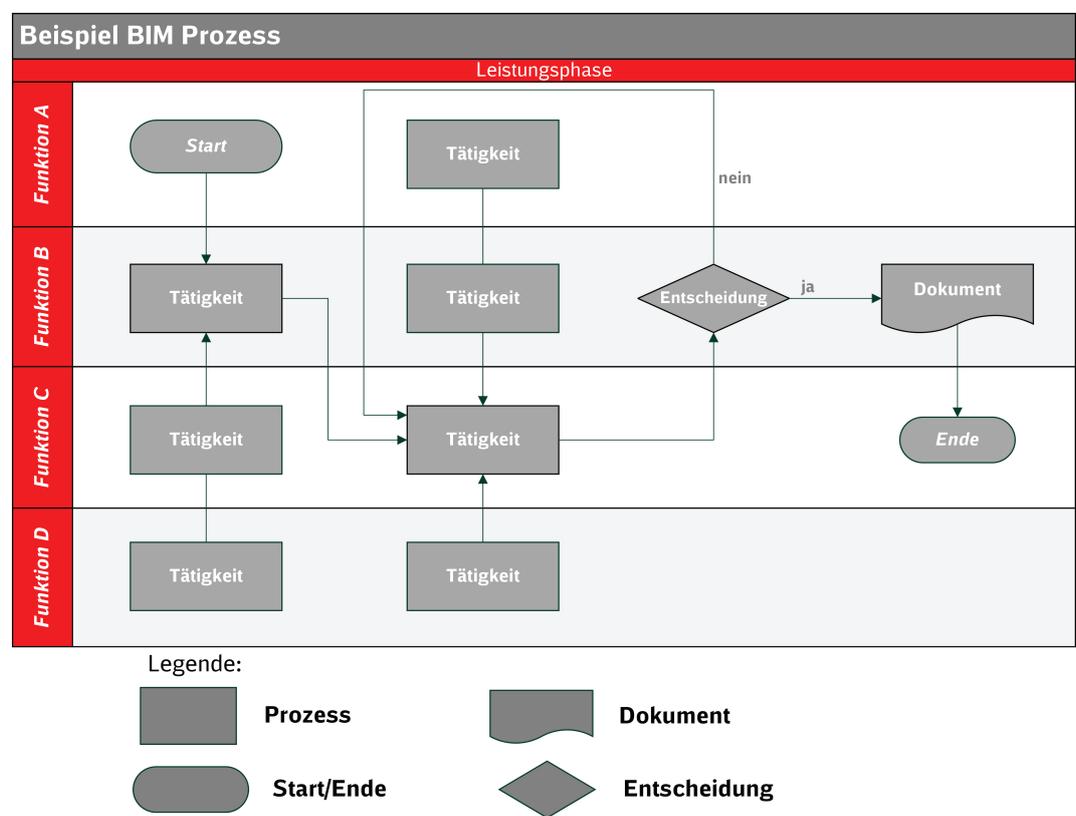
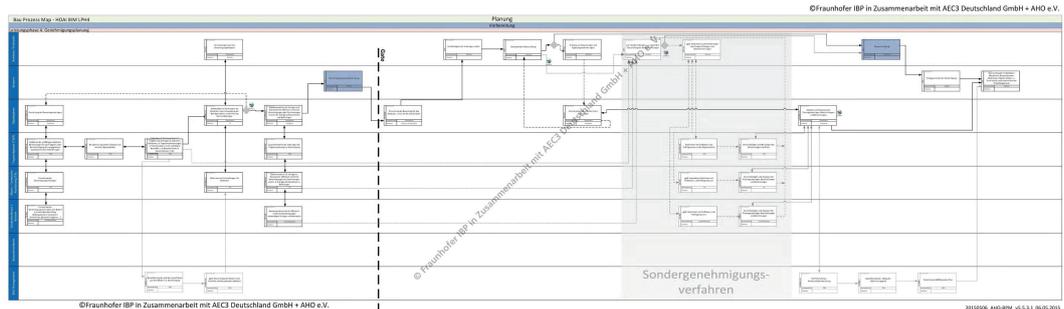


Abb. 40: Schematische BAP-Vorlage der DB Netz AG

Der BAP soll festlegen wie die BIM-Ziele des Auftraggebers aus der AIA erreicht werden soll. Dabei wird er nach den verschiedenen Projektbeteiligten (Funktion A/B/C/D in der Abb. 40) untergliedert. Die "Funktion" steht dabei für z.B. Behörden, Auftraggeber, Architekten, Landschaftsarchitekten, Bauunternehmer und BIM-Manager. Diese Untergliederung kann je nach Projektaufbau um zusätzliche Beteiligte erweitert werden. Weiter legt der BAP die Aufgaben, Dokumente und Entscheidungen der einzelnen Projektbeteiligten fest, die zum Erreichen der

BIM-Ziele erforderlich sind sowie die genaue Verbindungen und Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Projektbeteiligten und Aufgaben. Hierdurch wird vor Projektbeginn genau die fünf W-Fragen festgelegt. Wer von wem was wann wie bekommt. Für eine erfolgreiche Projektabwicklung sollte so ein Abwicklungsplan für jede Leistungsphase einzeln erstellt werden. Der BAP kann dadurch durchaus komplex und umfangreich werden. Für den Hochbau wurde so BAP als BIM-Referenz-Bau-Prozess 2015 erarbeitet und an mehreren BIM-Bauvorhaben praktisch erprobt und abgeglichen. Dieser Referenzprozess gibt eine Grobstruktur eines Planungs- und Bauvorhabens von der ersten Idee bis zur Übergabe an den Bauherrn vor, auf die der BAP zur Festlegung des projektbezogenen Prozesses aufbaut (vgl. BMVI, 2015-1; NOISTEN, AUDE, LIEBICH, 2016).



NOISTEN, AUDE, LIEBICH, 2016

Abb. 41: Referenz-Bau-Prozess für den Hochbau am Beispiel der Leistungsphase 4- Genehmigungsplanung

In dem Referenzprozess wurden die Aufgaben und Verbindungen der unterschiedlichen Projektbeteiligten über alle Leistungsphasen der HOAI 2013 (LPH 0-9) sowie die Data Drop-Points dargestellt. Der gesamte Referenz-Bau-Prozess für den Hochbau umfasst dabei insgesamt 14 Pläne mit einer Gesamtlänge von ca. 20,5m. Der Referenzprozess bezieht sich dabei einzig auf die Planung und Bau des Gebäudes, wodurch die Aufgaben der Landschaftsarchitekten bei der Planung und Bau der Außenanlagen des Gebäudes nicht mitberücksichtigt wurden.

Aus dem Ausschnitt der Leistungsphase 4 ist zu erkennen, wie komplex und verbunden der BIM-Prozess sein kann und er verdeutlicht auch warum eine gute Organisation und Koordination vor Projektbeginn so wichtig sind. Der BAP ist dabei kein statisches Dokument, welches vor Projekt einmalig erstellt wird, sondern ein

dynamisches, welches entsprechend den im Projektverlauf entstehenden, erweiterten Anforderungen, Vorgehensweisen, wechselnden Festlegungen und Erkenntnissen modifiziert und ergänzt werden muss (LIEBSCH, SAUTTER 2018-3).

4.4.3 Zusammenfassung Dokumente im BIM-Prozess

Die Auftraggeber-Informationen-Anforderung und der BIM-Abwicklungsplan sind zwei wichtige Dokumente für die Strukturierung und Organisation des BIM-Prozesses. Dabei handelt es sich um Dokumente, die vom Auftraggeber bzw. Auftragnehmer ausgearbeitet werden und Bestandteil der vertraglichen Vereinbarungen sind (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.: 10). Sie bilden den Rahmen für die erfolgreiche BIM-Projektabwicklung und Kommunikation zwischen allen Projektbeteiligten. Der Auftraggeber legt dabei schon im Rahmen der Ausschreibung seine Ziele, die er mit der BIM-Anwendung verfolgt, und die auftraggeberseitigen Projektanforderungen in der Auftraggeber-Informationen-Anforderung fest. Die Anforderungen werden dabei nicht nur allgemein aufgelistet, sondern detailliert beschrieben sowie Vorschläge und Vorgaben gemacht, was von Seiten des Auftragnehmers dazu erforderlich ist. (vgl. NIEDERMAIER, BÄCKER, 2018-1; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.).

Ausgehend von der AIA wird der BIM-Abwicklungsplan durch den Auftraggeber bzw. den Auftragnehmer erarbeitet. Darin wird festgelegt, wie die Ziele und Anforderungen aus der AIA erreicht werden sollen sowie wie oft und wann Planungsbesprechungen und Zusammenführungen der Fachmodelle mit Kollisionsprüfungen stattfinden, welche Teile der Planung bis wann in welcher Detailtiefe geliefert werden müssen sowie wann und in welchem Umfang Visualisierungen, Mengenermittlungen usw. durchzuführen sind. Damit ist der BAP der rote Faden bei der Projektabwicklung, an dem sich alle orientieren und der als Vertragsbestandteil für jeden bindend ist (vgl. BMVI, 2015-1; NIEDERMAIER, BÄCKER, 2018-1).

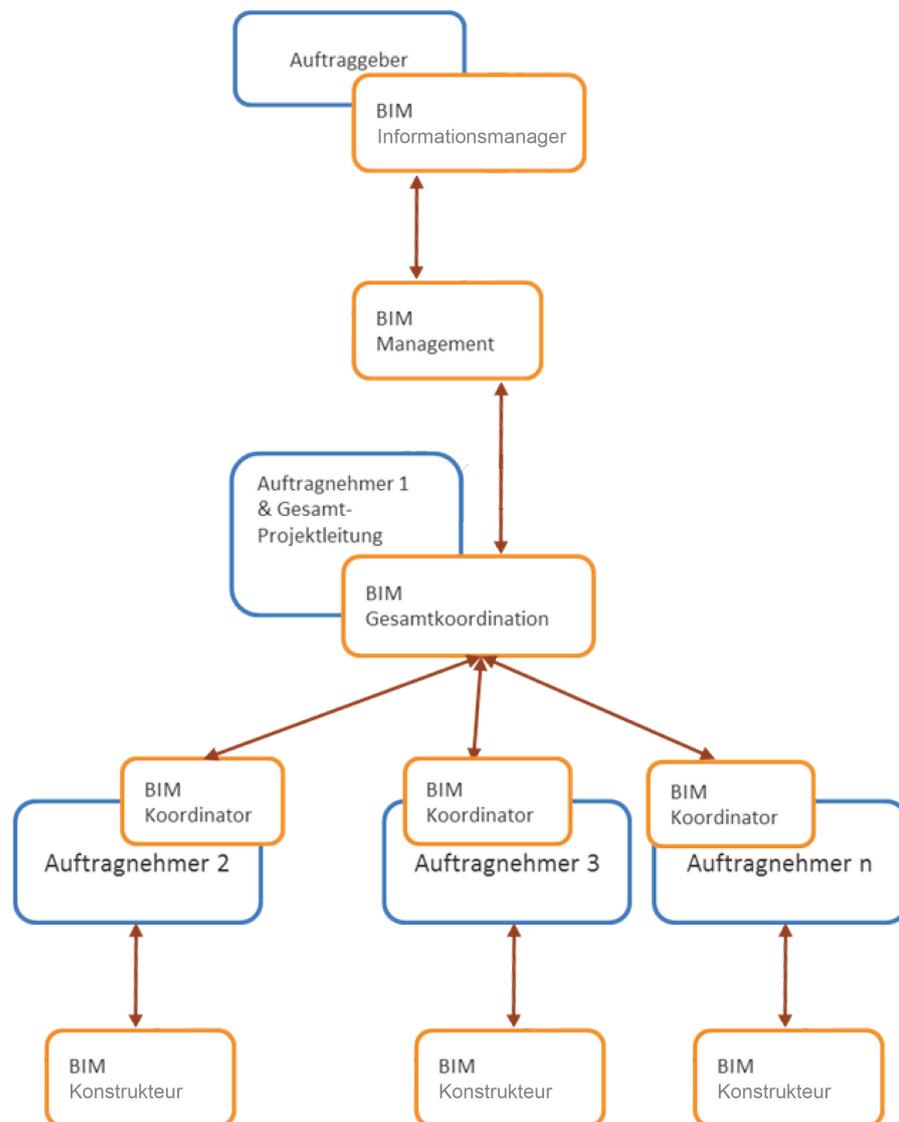
Von verschiedenen Institutionen werden entsprechende Vorlagen für die AIA und den BAP online zur Verfügung gestellt (vgl. AEC, 2012-1; CIC, 2011; BLB NRW, 2019; LIEBSCH, SAUTTER, 2018-3). Die vorhandenen Vorlagen beziehen sich im Detail nur auf den Hochbau und beziehen die Landschaftsarchitektur nicht mit ein.

Für die Landschaftsarchitektur gibt es noch keine gesonderten Vorlagen für die AIA und den BAP, sei es für Projekte in Verbindung mit dem Hochbau oder eigenständige freiraumplanerische Projekte. Für die Zukunft sind solche Vorlagen aber wichtig, um den Prozess zu strukturieren. Darüber schaffen die Dokumente auch Klarheit für den Landschaftsarchitekten, welche Anforderungen an seine Arbeit gestellt werden und was er alles im Modell integrieren soll. Für die Erstellung solcher Vorlagen müssen Informationen über die genauen Workflows der Landschaftsarchitektur im Bezug auf BIM vorliegen sowie die genaue Definition und Inhalte der LOG und LOI für die verschiedenen Elemente der Landschaftsarchitektur, wie bereits im vorigen Abschnitt beschrieben. Um diese Informationen und Erfahrungen zu bekommen, bedarf es BIM-Pilotprojekte in der Landschaftsarchitektur. Die Hochschule Osnabrück hat hierzu bereits mehrere Projekte initiiert und versucht die nötigen Workflows zu erarbeiten (BRÜCKNER et. al, 2019-1). Zusätzlich wird in einem separaten Projekt der Hochschule Osnabrück ein Referenz-Bau-Prozess für die Landschaftsarchitektur erarbeitet. Solche Vorlagen müssen an realen Bauprojekten praktisch erprobt und angepasst werden.

4.5 Neue Aufgabenbereiche und Rollen im BIM-Prozess

Die BIM-Methode ist nicht nur eine neue Planungsmethode, die neue Dokumente und eine Anpassung an die aktuellen Arbeitsprozesse benötigt, sondern es entstehen vielfältige neue Aufgaben in Bezug auf die Verwaltung digitaler Bauwerksmodelle und der Koordination der Informationsflüsse. Damit entstehen auch neue Rollen und damit in letzter Konsequenz neue Berufsbilder. (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.: 12 ff.). Der BIM-Leitfaden für Deutschland und die VDI Richtlinie 2552 Blatt 1 "Building Information Modeling" beschreibt hierfür die Aufgabenbereiche des *BIM-Managers*, des *BIM-Gesamtkoordinators*, des *BIM-Koordinators* und des *BIM-Konstrukteurs* (vgl. EGGER et. al., 2013; VDI, 2019-1). In der Praxis und dem Ausland hat sich zusätzlich noch der Aufgabenbereich des *BIM-Informationsmanagers* etabliert (vgl. LIEBSCH, SAUTTER, 2018-2; AEC (UK), 2012-1). Die neuen Aufgabenbereiche haben verschiedene Rechte und Pflichten innerhalb des BIM-Prozesses, um die Qualität der Daten sicherzustellen und die Koordination zwischen den unterschiedlichen Beteiligten zu koordinieren. Sie sind ebenfalls für die Einhaltung der Vorgaben aus der AIA und dem BAP über

die gesamte Abwicklung des Projektes verantwortlich. Die folgende Abbildung 42 verdeutlicht die hierarchische Aufteilung der verschiedenen Rollen im BIM-Prozess.



Eigene Darstellung; in Anlehnung an EGGER et. al., 2013

Abb. 42: Aufgabenverteilung zwischen den Rollen im BIM-Prozess

4.5.1 BIM-Informationsmanager

Der BIM-Informationsmanager ist Auftraggebervertretung und -ansprechpartner für den gesamten digitalen BIM-Prozess. Es ist die Aufgabe des BIM-Informationsmanager am Projektbeginn, die Informationsbedürfnisse und Modellanforderungen des Auftraggebers in Form der AIA zu definieren und die Interessen des Auftraggebers im BAP zu vertreten (vgl. STERZEL, 2017; JANTZEN et. al., 2018-1). Darüber hinaus ist es die Aufgabe des BIM-Informationsmanagers im weiteren Verlauf der Projektabwicklung die fortlaufende Überwachung und Koordination des BIM-Managers, sowie die Freigabe des geprüften und abgestimmten phasenspezifischen Koordinationsmodells unter Berücksichtigung der projektspezifischen Qualitätsanforderungen aus der AIA und dem BAP (JANTZEN et. al., 2018-1). Darüber hinaus betreibt der BIM-Informationsmanager den digitalen Projektraum (Common Data Environment) und achtet auf dessen Integrität (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.: 12 ff.). Der BIM-Informationsmanager kann dabei direkt vom Auftraggeber kommen oder als externer Berater durch den Auftraggeber hinzugezogen werden. Dabei wird der BIM-Informationsmanager häufig nur bei großen und komplexen BIM-Projekten eingesetzt. Bei kleineren Projekten kann der BIM-Manger die Aufgaben des BIM-Informationsmanager übernehmen.

4.5.2 BIM-Manager

Der BIM-Manager berät und begleitet den Auftraggeber bei allen BIM-spezifischen strategischen und operativen Aufgaben während der Abwicklung des Projekts. Er bildet die Schnittstelle zwischen dem Auftraggeber/BIM-Informationsmanager und den BIM-Koordinatoren der Auftragnehmer. Die Aufgaben des BIM-Managers fangen bei der gemeinsamen Definition der BIM-Ziele, Rollen, Verantwortlichkeiten, Schnittstellen und Modellinhalten an. Ausgehend von den Informationsbedürfnissen des Auftraggebers aus der AIA erfolgt durch den BIM-Manager die Ausarbeitung des BAP und der Festlegung der notwendigen Strategie für die Qualitätssicherung im Gesamtprojekt und der notwendigen Arbeitsabläufe. Auch die Überwachung der Qualität der BIM-Methode im Projekt ist Aufgabe des BIM-Managers (vgl. MÖLLENHOFF, 2017; LIEBSCH, SAUTTER, 2018-2; VDI, 2018-1). In einem Projekt mit BIM-Gesamtkoordinator ist es die Aufgabe des BIM-Managers, den BIM-Gesamtkoordinator zu überwachen und die BIM-Abläufe mit ihm zu

koordinieren. Wenn das Projekt kein BIM-Gesamtkoordinator hat, übernimmt der BIM-Managers das regelmäßige Zusammenfügen der einzelnen Fachmodelle im Koordinationsmodell und die Überwachung der Kollisionsbereinigung. Daneben überprüft der BIM-Manager das Einhalten der festgelegten Termine, Standards, Modellinhalte, Kosten und Namenskonventionen. Nach der erfolgten Prüfung werden die einzelnen Fachmodelle bzw. das Gesamtmodell durch den BIM-Manager freigegeben und zur Dokumentation des Planungsprozesses archiviert (vgl. STERZEL, 2017; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.).

4.5.3 BIM-Gesamtkoordinator

Der BIM-Gesamtkoordinator ist verantwortlich für die BIM-spezifischen Planungsabläufe und -prozesse und überwacht diese auch. Zumeist wird der BIM-Gesamtkoordinator nur bei großen und komplizierten Bauprojekten eingesetzt, um die Fachplaner im BIM-Prozess zu unterstützen und als Schnittstelle und primärer Ansprechpartner zwischen den BIM-Manager und den BIM-Koordinatoren zu fungieren. Er unterstützt den BIM-Manager bei der Ausarbeitung des BAP. Darüber hinaus ist er für das Bereitstellen und Verwalten des Koordinationsmodells verantwortlich, welches aus den einzelnen Fachmodellen zusammengesetzt wird sowie der übergreifend Koordination der verschiedenen Gewerke. Dabei überprüft er die Modelle der verschiedenen Fachplaner auf Kollisionen, die Umsetzung von der BIM-Abläufe und die Einhaltung der Standards und genehmigt die Freigabe der Modelle. Damit ist er für die interne und externe Kommunikationsstrategie im Projekt zuständig (vgl. LIEBSCH, SAUTTER, 2018-2; STERZEL, 2017).

4.5.4 BIM-Koordinator

Jeder Fachplaner hat einen eigenen BIM-Koordinator, der für die BIM-Abläufe in der Organisation verantwortlich ist. Der BIM-Koordinator ist für die Qualität des bereitzustellenden Fachmodells verantwortlich und muss die Einhaltung von BIM-Standards und -Richtlinien, Datensicherheit und Datenqualität in seinem Organisation überwachen. Insbesondere muss er sicherstellen, dass das Modell für das BIM-Koordinationsmodell im vereinbarten Ausarbeitungsgrad zu jeweiligen Meilenstein und der richtigen Namenskonventionen bereitgestellt wird (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.: 12 ff.). Darüber hinaus bildet er die Schnittstelle zu den BIM-Koordinatoren anderer Fachdisziplinen und dem

BIM-Gesamtkoordinator oder je nach Projektstruktur den BIM-Manager und ist verantwortlich für die internen IT-Anforderungen der Organisation mit den Bedürfnissen im Projekt (vgl. LIEBSCH, SAUTTER, 2018; STERZEL, 2017, VDI, 2019-1).

4.5.5 BIM-Konstrukteur

Der BIM-Konstrukteur ist bei den jeweiligen Fachplanern für die eigentliche Erstellung und Zeichnung des Modells verantwortlich, dabei muss er die Vorgaben aus der AIA und BAP, unter anderem bezüglich Detaillierungsgrad und Informationstiefe, beachten. Der BIM-Konstrukteur setzt das Bauwerk nach den Kundenvorgaben als 3D-Modell um (PHILIPP, 2019). Er steht in fortlaufender und enger Abstimmung mit dem BIM-Koordinator. Darüber hinaus kann er unter anderem auch für die modellbasierte Mengenermittlung und Kostenkalkulationen verantwortlich sein. Dies hängt aber von der internen Unternehmensstruktur und -verantwortlichkeiten ab.

4.5.6 Zusammenfassung der neuen Aufgabenbereiche und Rollen im BIM-Prozess

Die BIM-Methode verändert die Arbeitsabläufe innerhalb der Projektabwicklung und schafft neue technische und organisatorische Aufgabenbereiche und Berufsbilder. Die Verwaltung und Organisation des Modells wird durch BIM als neue Aufgabe definiert. Der Umfang und die Ausprägung dieser neuen Struktur können sehr unterschiedlich sein. Dies hängt unter anderem von der Projektgröße und -komplexität und den BIM-Zielen, den BIM-Erfahrungen, den organisatorischen Randbedingungen, sowie den Leistungsphasen ab. Dabei bestehen bereits vergleichbare Aufgabenbereiche und Verantwortlichkeiten in der klassischen Planungsmethode für Planung, Ausführung und Nutzung, wie z.B. CAD- Verantwortlicher, Projektsteuerer und Berater (vgl. EGGERT et. al., 2013; ALBRECHT, 2015). Die neuen Rollen im BIM-Prozess ersetzen diese nicht, sondern sind ergänzend dazu im Prozess angeordnet. Diese neuen Rollen können dabei durch Projektbeteiligte oder durch externe Berater übernommen werden. Sie steuern den BIM-Prozess auf den unterschiedlichen Ebenen und mit unterschiedlichen Aufgaben und Verantwortlichkeiten. Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung der Aufgaben zwischen den Rollen im BIM-Prozess, wie sie vom britischen AEC UK BIM Protocol vorgesehen

wurden. Dabei wurde die Tabelle um die Rollen des BIM-Informationsmanagers und des BIM-Gesamtkoordinators ergänzt, da diese vom AEC UK noch nicht mit definiert waren.

Aufgaben	Strategie						Management				Produktion	
	Unternehmensziele	Recherchieren	Prozesse + Workflows	Standards	Einführung	Training	Ausführungsplan	Modelüberprüfen	Modelkoordination	Inhaltserstellung	Modellierung	Zeichnungsproduktion
Rollen												
BIM-Informationsmanager	J	J	J	J	J	N	J	N	N	N	N	N
BIM-Manager	J	J	J	J	J	J	J	J	J	N	N	N
BIM-Gesamtkoordinator	N	N	N	N	J	J	J	J	J	N	N	N
BIM-Koordinator	N	N	N	N	J	J	J	J	J	J	J	N
BIM-Konstrukteur	N	N	N	N	N	N	N	N		J	J	J

Eigene Tabelle; in Anlehnung an AEC UK, 2012-1

Tab. 10: Aufgabenverteilung zwischen den neuen Rollen im BIM-Prozess

Aus der Tabelle erkennt man, wie sehr die Rollen doch eigentlich auf die strategische Planung und das Management des BIM-Prozesses fokussiert sind, da im BIM-Prozess eine hohe Anzahl an Informationen zwischen den unterschiedlichen Beteiligten koordiniert und organisiert werden müssen. Die einzelnen BIM-Rollen müssen deswegen im Laufe des Projekts eng zusammenarbeiten, insbesondere wenn sie unterschiedlichen Unternehmen angehören (vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.; EGGERT et. al., 2013). Die Natur der Rollen unterscheiden sich nach der Tabelle zwischen technischen und organisatorischen Aufgaben. Zu den Anforderungen technischer Rollen zählen Qualifikationen und Spezialisierungen im Software-technischen Bereich (Datenbankmanagement, Programmierung, vertiefte fachspezifische Softwareanwendungen). Bei den organisatorischen Rollen (Koordination, Management, Projektsteuerung) spielen BIM-Wissen, Projekterfahrung und Kommunikationsfähigkeit eine große Rolle (EGGERT et. al., 2013: 30 ff.). Dies bietet vielen die Gelegenheit in diese neuen Rollen einzusteigen, da eine abschließende Zuordnung der BIM-Managementleistung zu den klassischen Berufsbildern sich noch nicht etabliert hat (Liebich et. al., 2011: 41). Das hat sich in der Zwischenzeit auch noch nicht groß geändert. Besonders beim BIM-Manager handelt es sich ausbildungsmäßig meist um IT-Fachleute, da das Zusammenwir-

ken der Beteiligten, terminlich und generell im Ablauf, für einen reibungslosen Prozess organisiert, kontrolliert, koordiniert und im weiteren Verlauf beaufsichtigt werden muss (SCHRAMMEL, WILHELM, 2016). Dieser Umstand bietet auch den Landschaftsarchitekten die Möglichkeit, diese führenden Managementaufgaben im BIM-Prozess zu übernehmen und so das neue Aufgabengebiet zu erschließen. Für die unterschiedlichen BIM-relevanten Rollen gibt es auch schon einige detaillierten Leistungsbildern und -beschreibungen. Im Vorfeld des Projektes muss sowieso zwischen dem Auftraggeber und Auftragnehmer die genauen Aufgaben der Rollen abgestimmt und vertraglich vereinbart werden. In einigen BIM-Projekten übernimmt der Landschaftsarchitekt diese Aufgaben auch bereits schon, da der leitende Architekt nicht die nötige Kenntnis über den BIM-Prozess hat. So eröffnen sich neue Chancen für die Landschaftsarchitekten. Dabei sind aber auch die rechtlichen Aspekte zu beachten. Genauso neu wie für die Büros ist BIM auch für die Versicherungen. Es ist mit dem Versicherer zu prüfen, ob BIM als Planungsmethode von der Berufshaftpflichtversicherung mit abgedeckt wird oder ob es eine Zusatzversicherung benötigt. Da der BIM-Manager oder Gesamtkoordinator beim Zusammenführen der einzelnen Teilmodelle technisch gesehen ein neues Modell schafft, was wiederum eine eigene Planungsleistung darstellt, benötigt die jeweilige Rolle eine eigene Versicherung (vgl. Kap. 8: „Rechtliche Aspekte bei der BIM-Methode“, S. 188)

BIM erfordert nicht nur eine Anpassung an die Bürostruktur und -abläufe, sondern eröffnet den Landschaftsarchitekten und anderen am Baubeteiligten neue Chancen und Möglichkeiten sich im Bauprozess einzubringen und neue Aufgabenbereiche zu erschließen. Um diese Möglichkeiten aber wahrzunehmen, benötigt es Mut, diese neue Methode und die neue Technik aufzugreifen und im Büro zu etablieren.

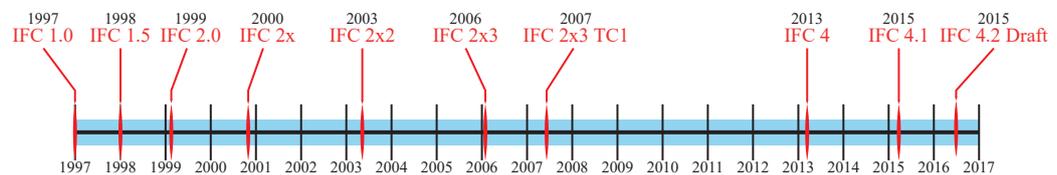
5 Austausch- und Koordinationsformate für BIM

Um das volle Potenzial von BIM ausnutzen zu können, muss das erstellte BIM-Modell mit seinen alphanumerischen Informationen zwischen den Projektbeteiligten ausgetauscht werden können. Eine Möglichkeit stellt da die Datenübergabe über firmenspezifische, native Dateiformate dar. Dabei gibt es allerdings die Schwierigkeit, dass es unzählige BIM-Softwareanwendungen, die alle ein eigenes natives Datenformat haben und mit anderen Formaten oft nicht kompatibel sind. In der herkömmlichen 2D-Planung hat sich das DWG-Format von Autodesk als Standard durchgesetzt, allerdings müssen andere Softwarehersteller Lizenzgebühren zahlen, wenn sie das Format bei sich implementieren, und es kommt trotzdem zu Import- und Exportschwierigkeiten bei einer nicht nativen-DWG Software, wodurch Informationen verloren gehen und aufwendig nachgebildet werden müssen. Diese Probleme gibt es auch bei der Verwendung von nativen Dateiformaten im BIM-Prozess. Sie gewinnen sogar bei BIM noch an Bedeutung, da die Informationsfülle im BIM-Modell gegenüber eines 2D-Plans exponentiell höher ist und die Daten Kern des Modells sind. Solche nicht genormten Schnittstellen führten zwangsläufig zum Verlust der gewonnenen Effektivität von BIM.

Um eine erfolgreiche Zusammenarbeit an komplexen Bauwerksmodellen zu gewährleisten benötigt es daher eine einheitliche Sprache, die von Menschen wie Software im In- und Ausland gleichermaßen verstanden werden kann. Hier haben sich zwei offene, lizenzfreie, softwareunabhängige Datenschemata etabliert: die *“Industry Foundation Classes”* (IFC) und das *“BIM Collaboration Format”* (BCF). Beide Formate haben unterschiedliche Anwendungszwecke im BIM-Prozess, zusammen garantieren sie aber die internationale Kollaboration in BIM und haben sich als Standard im BIM-Prozess etabliert, wobei auch bei beiden Datenschemata mit Einschränkungen gerechnet werden muss und die Übergabe sorgfältig vorbereitet werden müssen. In Deutschland hat sich, zusätzlich zu den zwei Formaten, das *GAEB-Datenformat* für die Weitergabe alphanumerischer Informationen in Form von Leistungsverzeichnissen etabliert. Im folgenden Kapitel werden diese drei Formate im Detail vorgestellt und ihre Bedeutung für den BIM-Prozess aufgezeigt.

5.1 Industry Foundation Classes (IFC)

Industry Foundation Classes ist ein hersteller- und softwareunabhängiges Datenschema und Schnittstelle, durch welche die geometrischen und alphanumerischen BIM-Daten zwischen den Projektbeteiligten ausgetauscht werden können. IFC ist die Grundlage für eine erfolgreiche Implementierung eines open BIG BIM. Wie die BIM-Idee liegt auch der Ursprung des IFC eine längere Zeit zurück. IFC wurde erstmals 1997 von der buildingSMART International⁶ veröffentlicht (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6; BORRMANN et. al.: 83 ff.). Zielidee des IFCs war es einen softwareübergreifenden Standard zum Austausch von Bauwerksdaten zu schaffen, der die Interoperabilität der fragmentierten Softwareanwendungen und Kollaboration zwischen den Beteiligten gewährleistet. Seit seiner ersten Veröffentlichung 1997 erfolgte in rascher Folge Revisionen und Erweiterungen des IFC-Modells (siehe Abb. 43), welche dann aber noch von den jeweiligen Softwareherstellern in ihren jeweiligen Softwarefamilien implementiert werden mussten.



Eigene Darstellung in Anlehnung an EGGER et. al., 2013

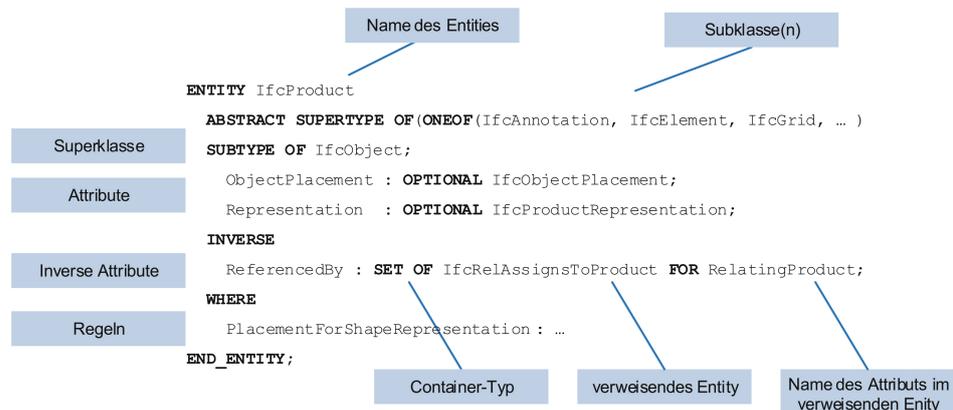
Abb. 43: Zeitliche Versionsentwicklung des IFC-Modells

Mit der Veröffentlichung des aktuellen IFC-Standards IFC 4 2013, erfolgte auch die Veröffentlichung der ersten ISO-Norm für das IFC-Format (ISO 16739). In Deutschland wurde die ISO-Norm in Form der DIN EN ISO 16739 in die deutsche Normung überführt. Die letzte Aktualisierung dieser DIN-Norm erfolgte 2017. Zudem garantiert das IFC, als offenes Format, die Lesbarkeit der entsprechenden Dateien auch über einen langen Zeitraum. Dies ist besonders vor dem Hintergrund der Lebensdauer von Bauwerken äußerst wichtig, die in der Regel mehrere Jahrzehnte beträgt (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6; BORRMANN et. al.: 85).

⁶ Damals hieß die Organisation noch “International Alliance of Interoperability” (IAI). 2005 wurde sie dann in buildingSMART International umbenannt

5.1.1 IFC Datenmodellierungssprache - EXPRESS

IFC wird auf Grundlage der EXPRESS-Datenmodellierungssprache entwickelt. EXPRESS ist eine deklarative Programmiersprache, mit deren Hilfe objektorientierte Datenmodelle definiert werden können (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6: BORRMANN et. al.: 86 ff.). Durch die "ISO 10303-11:2004-11: Industrielle Automatisierungssysteme und Integration - Produktdatendarstellung und -austausch - Teil 11: Beschreibungsmethoden: Handbuch der Modellierungssprache EXPRESS" ist EXPRESS auch international genormt. In EXPRESS werden Objekte der realen Welt als Klassen (Entitäten in EXPRESS) abstrahiert und dabei Attribute und Beziehungen zu anderen Klassen aufweisen können. Zudem weist EXPRESS auch das Konzept der Vererbung auf, wobei Attribute und Beziehungen auch an Subtypen weitergegeben werden können. EXPRESS bietet so die Möglichkeit komplexe Bauwerke exakt zu beschreiben. Eine Besonderheit der EXPRESS-Sprache ist es auch, dass nicht nur reale Beziehungen zwischen Klassen beschrieben werden können, sondern auch Attribute angelegt werden können, die inverse Beziehungen beschreiben. Dabei wird keine neue Information im Modell modelliert, sondern lediglich die Navigation entlang der Beziehung in der entgegengesetzten Richtung ermöglicht. Darüber hinaus ermöglicht EXPRESS auch WHERE-Block algorithmische Bedingungen festzulegen, um damit Regeln für die Konsistenz der Daten zu beschreiben. Auch bietet EXPRESS die Möglichkeit mehrere Klassen einem Oberkonstrukt zuzuordnen, welche als Platzhalter z.B. bei der Festlegung des Typs eines Attributs dienen (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6: BORRMANN et. al.: 86). Die folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus dem Datenmodell des IFC zur Beschreibung einer Entität, das mittels EXPRESS definiert wird.



BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6: BORRMANN et. al.

Abb. 44: Definition eines Entitytyps durch die Datenmodellierungssprache EXPRESS

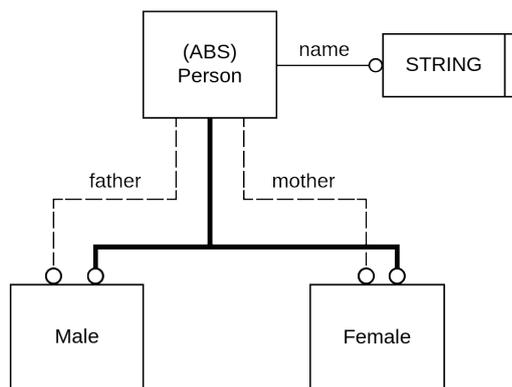
EXPRESS dient zur Beschreibung der alphanumerischen Informationen eines Modells. Um konkrete Elemente des Modells grafisch zu beschreiben, wird eine Variante von EXPRESS verwendet, EXPRESS-G. Dabei ist festzuhalten, dass alles, was in EXPRESS-G gezeichnet wird, in EXPRESS definiert werden kann. Allerdings kann nicht alles, was in EXPRESS definiert wird, in EXPRESS-G gezeichnet werden (WIX, 2000). Die Beziehung zwischen EXPRESS und EXPRESS-G kann dabei mit der folgenden Grafik beschrieben werden.



Eigene Darstellung in Anlehnung an WIX, 2000

Abb. 45: Beziehung zwischen EXPRESS und EXPRESS-G

EXPRESS-G wird verwendet, um Klassen, die Attribute von Klassen und die bestehenden Beziehungen zwischen Klassen zu identifizieren und grafisch darzustellen. Die Abbildung 46 zeigt ein Beispiel einer solchen grafischen Beschreibung mittels EXPRESS-G. Die Abbildung 47 daneben zeigt die gleiche Beschreibung mit EXPRESS.



BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6: BORRMANN et. al.

Abb. 46: Beispiel der Darstellung von Klassen und Beziehungen mit EXPRESS-G

```

SCHEMA Family;

ENTITY Person
  ABSTRACT SUPERTYPE OF (ONEOF (Male, Female));
  name: STRING;
  mother: OPTIONAL Female;
  father: OPTIONAL Male;
END_ENTITY;

ENTITY Female
  SUBTYPE OF (Person);
END_ENTITY;

ENTITY Male
  SUBTYPE OF (Person);
END_ENTITY;

END_SCHEMA;

```

Eigene Darstellung

Abb. 47: EXPRESS-Beschreibung des EXPRESS-G-Diagrams (Abb. 46)

Die Abbildung 46 und 47 beschreibt in dem Schema eine Familie. Der Entitytyp Person ist ein abstrakter Supertyp für die beiden Sub-Entitytypen „Male“ und „Female“. Dies wird durch die dicke Verbindungslinie angegeben, wobei der Kreis am Ende die Richtung der Vererbungsbeziehung angibt. Nachdem der Entitytyp Person als abstrakte Supertyp definiert ist, kann dies entweder der Subtypen „Male“ oder „Female“ (ONEOF) sein. Der Entitytyp „Person“ hat einen Attributname vom Typ String sowie die beiden optionalen Attribute „father“ und „mother“ vom Subtyp „Male“ bzw. „Female“. Die Optionalität wird durch die gestrichelten Verbindungslinien gekennzeichnet. Dabei gibt es eine feste Lesestil für Attribute eines Entitätstyps:

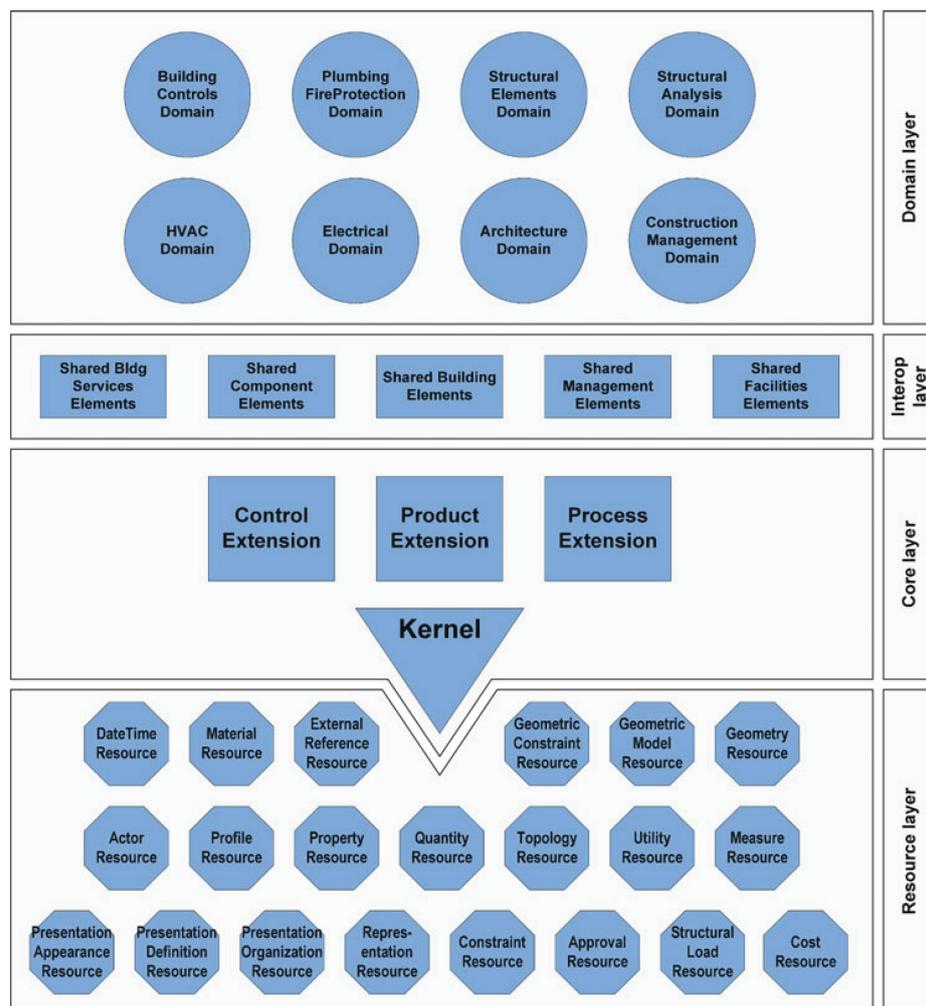
- eine Frau kann die Rolle der Mutter für eine Person sein
- ein Mann kann die Rolle des Vaters für eine Person sein

Dabei kann IFC durch EXPRESS-G Geometrien unter anderem als Punkte, Vektoren und Richtungen und als Linien und Kurven sowie als Bounding-Box, Flächenmodell, triangulierte Flächenbeschreibung, Solide Modeling und als Begrenzungsflächenmodell repräsentieren. Dies ermöglicht es mit dem IFC komplexe und umfangreiche Geometrien zu definieren (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6: BORRMANN et. al.: 87).

Zusätzlich wurde aber der IFC-Version IFC4 die Möglichkeit eröffnet, das IFC-Modell auch im XML-Format (Extensible Markup Language) abzuspeichern, da es zur Zeit der ersten IFC-Versionen XML noch gab und sich XML aber in den letzten Jahren als industrieübergreifender Standardansatz zur Beschreibung von Schemata und Instanzdaten etabliert hat. Dabei ist festzuhalten, dass die gespeicherten Daten des XML-Schema der IFC um ein vielfaches größer sind und zur Zeit weder inverse Attribute noch Regeln und Funktionen abbilden kann, die im originären IFC-EXPRESS beinhaltet sind. Es ist aber zu erwarten ,dass das XML-Mapping der IFC zukünftig deutlich an Bedeutung gewinnt (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 11: AMANN et. al.: 199).

5.1.2 IFC-Datenschema

Durch die EXPRESS- und EXPRESS-G- Programmierung des IFC entsteht ein sehr komplexes und umfangreiches Datenmodell. Um die Entwicklung sowie Wartung und Erweiterung des IFC-Datenmodells zu erleichtern und übersichtlicher zu gestalten, hat buildingSMART International das Modell in mehrere Schichten (engl. Layer) aufgeteilt. Dabei ist das Grundprinzip, dass die Elemente in den höheren Schichten auf Elemente in den niedrigeren Schichten verweisen dürfen, aber nicht umgekehrt. Hierdurch wird eine Unabhängigkeit der Kernelemente sichergestellt, die den Kern des IFC-Datenmodells darstellen. Die Abbildung 48 zeigt das Schichtenmodell des IFC-Datenmodells (vgl. DIN EN ISO 16739, 2017-04; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6: BORRMANN et. al.).



BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6: BORRMANN et. al.

Abb. 48: Architektur des IFC 4-Datenmodells in den einzelnen Schichten

IFC- Core Layer

Die Core Layer definiert die grundlegendsten Klassen, Beziehungen und Attribute im IFC-Modell, die in höher liegenden Schichten wiederverwendet und konkretisiert werden können (DÖRING, 2018). Dabei bildet das Kernel-Schema den Kern des IFC-Modells, da dort die abstrakten Basisklassen wie *IfcRoot*, *IfcObject*, *IfcActor*, *IfcProcess*, *IfcProduct*, *IfcProject*, *IfcRelationship* festgelegt sind. Die *IfcRoot* ist der Ausgangspunkt jeder Beschreibung im IFC. Dabei wird jedem erstellte Element, das von der *IfcRoot* ausgeht, ein *Globally Unique Identifier (GUID)* zugewiesen, worüber es über den gesamten Planungsprozess identifizieren kann (vgl. STEPHAN, 2016; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6: BORRMANN et. al.; DÖRING, 2018).

Auf diesen Kernklassen bauen direkt innerhalb der Core Layer die Erweiterungsschemata *Product Extension*, *Process Extension* und *Control Extension* auf. Diese Erweiterungen dienen zur Beschreibung von Steuerungsobjekten (*Control Extension*; Beispiel Subklassen: *IfcControl*, *IfcPerformanceHistory*), physischen Objekten zur Beschreibung von physischen und räumlichen Objekten eines Bauwerks und deren Beziehungen (*Product Extension*; Beispiel Subklassen: *IfcBuilding*, *IfcBuildingStorey*, *IfcSpace*, *IfcElement*, *IfcBuildingElement*, *IfcOpeningElement*) und zur Abbildung von Aufgaben und Prozessen sowie deren Abhängigkeiten untereinander (*Process Extension*) (vgl. LIEDTKE, 2016; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6: BORRMANN et. al.).

IFC- Interoperability Layer

Aufbauend auf der Core Layer ist in der IFC-Architektur die Interoperability Layer angeordnet. In dieser Ebene werden Klassen definiert, die aus den Klassen der Core Layer abgeleitet sind und für den Austausch und die Beschreibung der Elemente grundlegend sind. So werden unter anderem in der Interoperability Layer die für die Zusammenarbeit wichtigen Bauteilklassen definiert, wie zum Beispiel *IfcWall*, *IfcStair*, *IfcRamp*, *IfcSlab*, *IfcBuildingElementProxy*, usw. Dabei dient diese Ebene auch als Zwischen- und Verbindungsebene zwischen der Core und der Domain Layer, wobei die Domain Layer auf Elemente in der Interoperability Layer verweisen kann, jedoch nicht umgekehrt (vgl. LIEDTKE, 2016; BORRMANN et. al., 2015- Kap. 6: BORRMANN et. al.).

IFC- Domain Layer

Der Domain Layer beschreibt Klassen, die so spezialisiert sind, dass sie nur einer Domäne zugeordnet werden können und nicht von einer anderen Layer referenziert werden können. Die Klassen in der Domain Layer beschreiben spezielle Bereiche des Bauwesens. Das IFC4 definiert dabei die folgenden Domänen: Architektur, Gebäudesteuerung (engl. Building Control), Bauausführung (engl. Construction Management), Elektrik, Heizungs-, Lüftungs-, Klimatechnik (engl. HVAC – Heating, Ventilation, Air Conditioning), Sanitärtechnik und Brandschutz sowie konstruktive Elemente (engl. Structural Elements, wie Gründungen, Pylone, Bewehrung etc.) und Strukturanalyse (engl. Structural Analysis). Diese Definitionen werden im IFC-Datenmodell generell durch Typen (Type), Entitäten (Entity), Funktionen (Functions), Regeln (Rules), Eigenschaftenslisten (Property Sets) sowie Mengenlisten (Quantity Sets) beschrieben (vgl. LIEDTKE, 2016; BORRMANN et. al., 2015-Kap. 6: BORRMANN et. al.).

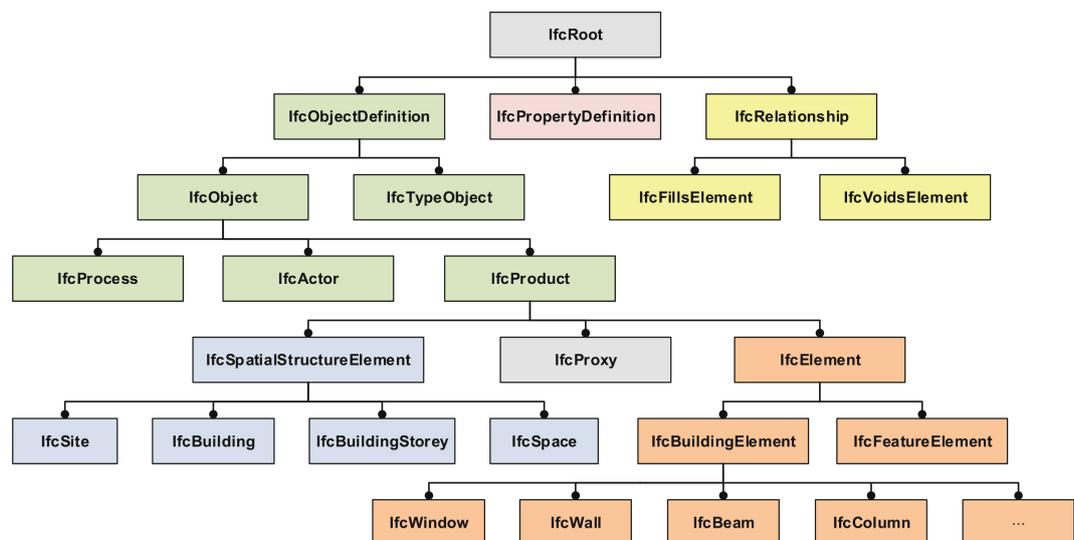
Dabei fällt auf, dass die Landschaftsarchitektur keine eigene Domäne hat und die bestehenden Domänen allgemein den Hochbau und das Ingenieurbauwesen definieren. Dies stellt auch eine der Schwierigkeiten zwischen dem IFC und der Landschaftsarchitektur dar, worauf im Laufe des Kapitels noch detaillierter eingegangen wird und - um Wiederholungen zu vermeiden - an dieser Stelle nicht näher betrachtet wird.

IFC- Ressource Layer

Der Ressource Layer bildet die unterste Schicht im IFC-Datenschema. Auf dieser Ebene werden die grundlegenden Datenstrukturen bereitgestellt, die für die exakte und detaillierte Beschreibung der Elemente entscheidend sind, wie z.B. die Beschreibung von Materialien, der Abbildung der Geometrie oder Kosten und Zeit. Eine Besonderheit der Ressource Layer ist, dass sie nicht vom IfcRoot abgeleitet wird und so auch keine GUID zugewiesen hat. Hierdurch können die Klassen dieser Ebene nicht als eigenständiges Objekt im IFC-Modell existieren und können nur verwendet werden, wenn sie von einer Klasse, die eine Subklasse des IfcRoot ist, referenziert werden. So dienen die Klassen der Ressource Layer ausschließlich zur detaillierten Beschreibung von Elementen (vgl. LIEDTKE, 2016; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6: BORRMANN et. al.).

5.1.3 IFC-Vererbungshierarchie

Die Architektur des IFC4 mit den einzelnen Schichten zeigt, dass die höhere Schichten auf niedrigere Schichten verweisen können, jedoch nicht umgekehrt. Besser lässt sich dies noch mit der Vererbungshierarchie verdeutlichen. Mit der IFC-Vererbungshierarchie werden Spezialisierungs- bzw. Generalisierungsbeziehungen festgelegt und somit auch welche Attribute von welchen Klassen an welche vererbt werden (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6: BORRMANN et. al.: 90 ff.). Die folgende Abbildung zeigt einen kleinen Ausschnitt aus dieser Vererbungshierarchie mit dem Fokus auf die wichtigen Bauteilklassen.



BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6: BORRMANN et. al.;
geändert durch den Verfasser dieser Arbeit

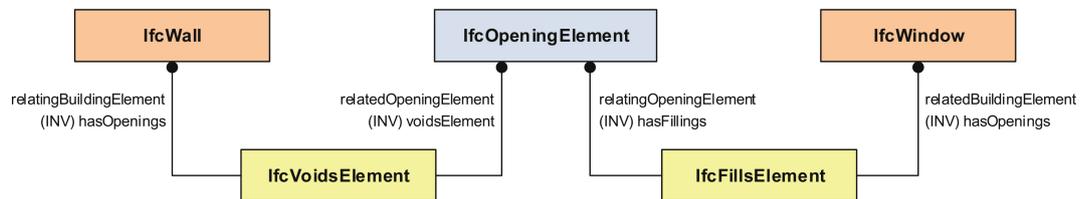
Abb. 49: Ausschnitt auf dem IFC-Datenmodell mit dem Fokus auf die Bauteilklassen

Im kompletten IFC-Modell hat jede in der Abbildung dargestellte Klasse nochmal eine eigene weiterführende Vererbungshierarchie, so dass ein umfangreiches und komplexes Hierarchienschema entsteht, in dem weiterführend auch Beziehungen unter den jeweiligen Klassen hergestellt werden können.

Aus der Abbildung 49 ist zu erkennen, dass der Ausgangspunkt einer jeden Definition im IFC-Modell die IfcRoot ist und im wahrsten Sinne des Wortes die Wurzel des Modells bildet. IfcRoot stellt dabei grundlegende Funktionalitäten zur eindeutigen Identifikation mithilfe eines Globally Unique Identifier (GUID), zur Beschreibung der Eigentümerschaft und Herkunft eines Objekts sowie zur Abbildung der

Modifikationshistorie (Identität des Erstellers und weiterer Bearbeiter, Versionsgeschichte etc.) zur Verfügung (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6: BORRMANN et. al.: 91). Die *IfcRoot* bildet die Superklasse für die *IfcObjectDefinition*, *IfcPropertyDefinition* und *IfcRelationship*. Diese drei Klassen bilden die drei Säulen des IFC-Modells. Die Klasse *IfcPropertyDefinition* dient der Definition von Eigenschaften eines Objektes, die nicht fest im IFC-Modell verankert sind. So gibt es Eigenschaften, die direkt an den Bauteilklassen angebunden sind, wie am Beispiel einer Tür die Türhöhe (*OverallHeight*) und Türbreite (*OverallWidth*). Um das Modell aber nicht unnötig aufzublähen und da nicht alle nationale Standards direkt an das Modell angebunden werden können, wurde zusätzliche dynamische Eigenschaften in der Superklasse *IfcPropertyDefinition* zusammengefasst, die frei an das Modell angebunden werden können. Dort sind bereits vordefinierte Eigenschaften hinterlegt, die gruppiert (*IfcPropertySets*) werden und einem Objekt zugewiesen werden können. Da dort nicht jede Eigenschaft vorformuliert werden kann gibt es die Möglichkeit Eigenschaften selbst zu definieren und der IFC-Dankbank anzuhängen (sogenannte „*IfcCustomPropertySets*“). Sie sind dabei völlig frei definierbar und können dennoch in gleichen Art und Weise im IFC-Modell gespeichert und übermittelt werden. Diese selbst definierten Attribute sollten aber unbedingt im projekteigenen BIM-Abwicklungsplan für alle Planungsbeteiligte transparent dokumentiert sein, so dass sie auch für jeden verständlich sind und jeder versteht was sich dahinter verbirgt (vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6: BORRMANN et. al.; DÖRING, 2019-1). Darüber hinaus ist es auch möglich, eine 2D-Repräsentation des Modellelementes mit dem Modell zu verknüpfen, um damit das Vorhalten einer normgerechten Bauzeichnung in einem IFC-Modell zu realisieren (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6: BORRMANN et. al.: 101).

Die Klasse *IfcRelationship* dient, zusammen mit ihren Subklassen, zur Abbildung objektifizierter Beziehungen zwischen den anderen Klassen. Bei objektifizierten Beziehungen wird keine direkte Beziehung zwischen den Objektattributen hergestellt, sondern die Beziehung wird entkoppelt. Das bedeutet, dass die relevanten Beziehungen zwischen Objekten nicht über eine direkte Assoziation abgebildet werden, sondern mithilfe eines gesonderten, dazwischen geschalteten Objekts, das die Beziehung selbst repräsentiert (siehe Abb. 50). Dabei kann jede Beziehung eine informelle Beschreibung tragen, die den genauen Zweck der Anwendung dieser Beziehung wiedergibt.



BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6: BORRMANN et. al.

Abb. 50: Das Prinzip der objektfizierten Beziehungen am Beispiel Wand-Öffnung-Fenster

Als Planer legt man in der Softwareanwendung fest, dass in die Wand (IfcWall) ein Fenster (IfcWindow) mit einer bestimmten Abmessung hinein kommt und das Software erstellt im Hintergrund automatisiert die nötigen IFC-Beziehungen und Attribute, um dies richtig übertragen zu können. Dies funktioniert aber nur, wenn das IFC richtig in der jeweiligen Softwareanwendung eingebunden ist.

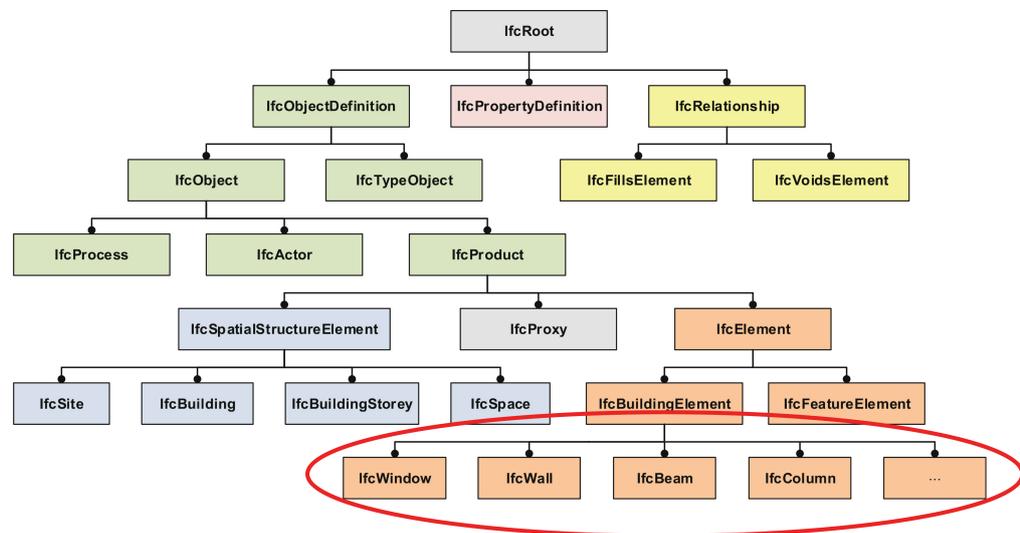
Daneben bildet die Klasse *IfcObjectDefinition* die abstrakte Superklasse aller Klassen, die physische Objekte (Bauteile etc.), Raum-Objekte (Aussparungen, Spaces) oder konzeptionelle Elemente (Prozesse, Kosten etc.) repräsentieren. Sie deckt zudem Definitionen für Beschreibung der Beteiligten am Bauvorhaben ab. Die weitere Aufteilung der Subklassen in die Bereiche Produkt, Prozess, Kontrollelement und Ressource entsprechen dabei dem prinzipiellen Herangehen an die Modellierung von Geschäftsprozessen, (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6: BORRMANN et. al.: 92).

Die Architektur und Vererbungshierarchie des IFC sind für die Nutzer wichtig zu wissen und zu verstehen, so dass sie die Möglichkeiten und Funktionsweisen des IFC verstehen und richtig einsetzen können. Aber sie werden wahrscheinlich nie mit dem original IFC-Code arbeiten, da die Softwarehersteller den in ihre Software integrieren müssen und der Endnutzer nur über die Benutzeroberfläche in der Software Einfluss auf dem IFC hat. Die Qualität und Zuverlässigkeit des IFC-Datenaustauschs ist deswegen von der Qualität der softwareseitigen Implementierung durch die Softwarehersteller abhängig (EGGER et. al., 2013: 75). Deswegen ist die richtige Implementierung ausschlaggebend für den fehlerfreien Datenaustausch über das IFC. Der Implementierungsgrad ist bei den Softwareherstellern noch sehr unterschiedlich, was zu Problemen beim Datenaustausch und zu "verlorenen" Daten führen kann. So sind viele Hersteller auch noch im Verzug mit der Implementierung des IFC4-Standards, wodurch die Daten oft nur über den

veralteten IFC2x3-Standard ausgetauscht werden können. Es gibt Fälle, in denen bestimmte Programme IFC ausschließlich mittels unautorisiert eingespeisten Plugins erzeugen können. Da ist die Programmierfehlerquote hoch und es kann zu Fehlfunktionen kommen. Es sollte deswegen nur zertifizierte Programmierungen verwendet werden (DÖRING, 2019-4). Um dem Endnutzer einen Überblick über die Stand der IFC-Implementierung zu geben, hat buildingSMART International eine IFC/-BCF-Zertifizierung für die unterschiedlichen Softwareanwendungen eingeführt und die Ergebnisse online zusammengefasst (buildingSMART INTERNATIONAL, 2019-5). Aus den Zertifizierungsergebnissen ist auch zu erkennen, dass nur gut ein Dutzend der Softwareanwendungen den IFC4-Standard unterstützen und die Mehrzahl der 189 zertifizierten Softwareanwendungen nur IFC2x3 unterstützt (Stand: 21.08.2019) (buildingSMART INTERNATIONAL, 2019-5). Bei der Auswahl der richtigen Softwareanwendung für ein Büro ist deswegen darauf zu achten, dass diese unter anderem auch bereits IFC4 unterstützt oder in der nahen Zukunft unterstützen wird.

5.1.4 IFC-Bauteilklassen

Zwar arbeitet man als Landschaftsarchitekt nicht direkt mit der IFC-Architektur und der Vererbungshierarchie, aber mit den Bauteilklassen. Diese sind eine Subklasse Klasse IfcBuildingElement, welche die Superklasse für alle Bauteilklassen wie IfcWall, IfcStair, IfcRamp usw. bildet (siehe Abb. 51).



BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6: BORRMANN et. al.;
geändert durch den Verfasser dieser Arbeit

Abb. 51: Bauteilklassen in der IFC-Vererbungshierarchie

Die Bauteilklassen (engl. Entities) im IFC sind vordefinierte Bauteilbeschreibungen, die einem Element im Modell zugeordnet werden können. So gibt es die Möglichkeit im Modell diese Klassen den Elementen manuell zuzuordnen oder über die entsprechenden “Werkzeuge” in der Software direkt ein solches Element mit der richtigen Klasse zu erstellen. buildingSMART International hat in eine Vielzahl solcher Bauteilklassen vordefiniert und dem aktuellen IFC4.1 angehängt. Alle Klassen sind in der Release-Dokumentation online einsehbar (buildingSMART INTERNATIONAL, 2017). Das Konzept und den Aufbau der Bauteilklassen wird folgende am Beispiel der Bauteilkategorie Treppe (IfcStair) im Detail betrachtet.

5.1.4.1 Bauteilkategorie-Beispiel: Treppe (IfcStair)

Die Bauteilklassen sind immer nach dem gleichen Schema aufgebaut. Am Anfang wird der natürliche Name des Elements in verschiedenen Sprachen (in dem Falls IfcStair: Deutsch/ Englisch/ Französisch) beschrieben, so dass global vom gleichen Element gesprochen wird. Zusätzliche Sprachen für jedes Element sind im buildingSMART Data Dictionary hinterlegt (vgl. Kap. 6: Klassifizierungssysteme in BIM, S. 136).

6.1.3.42 IfcStair



▼ Natural language names

DE	Treppe
EN	Stair
FR	Escalier

► Change log

6.1.3.42.1 Semantic definitions at the entity

▼ Entity definition

A stair is a vertical passageway allowing occupants to walk (step) from one floor level to another floor level at a different elevation. It may include a landing as an intermediate floor slab.

NOTE Definition according to ISO 6707-1: Construction comprising a succession of horizontal stages (steps or landings) that make it possible to pass on foot to other levels.

The IfcStair shall either be represented:

- as a stair assembly entity that aggregates all parts (stair flight, landing, etc. with own representations), or
- as a single stair entity without decomposition including all representation directly at the stair entity.

NOTE In case of an IfcStair being the aggregate of all parts of the stair the aggregation is handled by the IfcRelAggregates relationship, relating an IfcStair with the related IfcStairFlight and landings, IfcSlab with PredefinedType=LANDING. IfcRailing's belonging to the stair may also be included into the aggregation.

NOTE Model View Definitions and implementer agreements may restrict the IfcStair being an assembly to not have an independent shape representation, but to always require that the decomposed parts have a shape representation. In this case, at least the 'Body' geometric representations shall not be provided directly at IfcStair if it is an assembly. The 'Body' geometric representation of the IfcStair is then the sum of the 'Body' shape representation of the parts within the decomposition structure.

buildingSMART INTERNATIONAL, 2017

Abb. 52: Beschreibung der Elementbezeichnung und -definition für die Bauklasse “IfcStair”

Nachdem die Bedeutung festgelegt ist, wird das Bauteil definiert. Am Beispiel der Treppe lautet diese Definition: *“Eine Treppe ist ein vertikaler Durchgang, der es den Insassen ermöglicht, von einer Etage auf eine andere Ebene in einer anderen Höhe zu gehen (Schritt). Es kann eine Podest als Zwischenbodenplatte enthalten.”* (buildingSMART INTERNATIONAL, 2017). Hierzu wird auch die internationale Norm (ISO 6707-1) für eine Treppe mit angegeben, so dass auch gleich der Normenbezug hergestellt wird. Dies erfolgt im allgemeinen bei den Bauklassen, für die eine allgemeine internationale ISO-Norm vorhanden ist. An dieser Stelle wird nicht auf nationale Normen eingegangen. Die nationalen Normen werden dafür im buildingSMART Data Dictionary gesammelt und können nach Bedarf im Modell ergänzt werden. Zusätzlich wird in der Definition für die Bauklasse “Treppe” auch noch beschrieben wie die IfcStair im Modell dargestellt werden soll.

Aufbauend auf der Definition für das Bauteilelement wird auch auf die vererbten Definitionen von den Supertypen eingegangen und so die Position der Bauteilklassse in der Vererbungshierarchie dargestellt.

6.1.3.42.2 Inherited definitions from supertypes

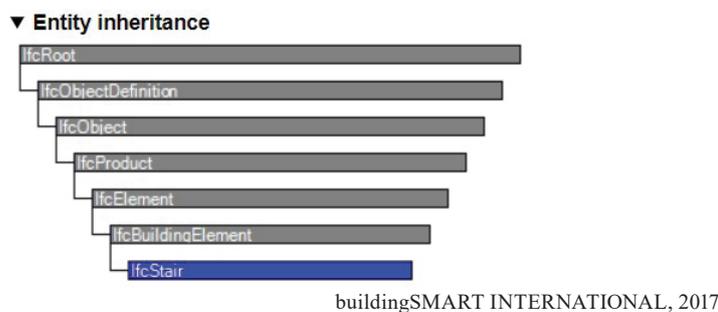


Abb. 53: Position der Bauklasse “IfcStair” innerhalb der IFC-Vererbungshierarchie

Im nächsten Abschnitt der Bauklasse werden vordefinierte Eigenschaftsgruppen (Property Sets (PSets)) zusammengefasst, die je nach Bedarf der Bauklasse angehängt werden können. Diese vordefinierten Gruppen fassen eine Vielzahl unterschiedlicher Eigenschaften zusammen. Zusätzlich wird für jede Eigenschaft in den jeweiligen Gruppen auch die, für die Eigenschaft relevante, IFC-Klasse mit angegeben. An diesen Klassen ist zu erkennen, wie die Eigenschaft erfasst wird, ob als Zahl, Text oder einfach nur als True/False-Eingabe. Am Beispiel der IfcStair fasst das erste Property Set (Pset_StairCommon) die allgemeinen Eigenschaften einer Treppe zusammen, unter anderem mit dem GUID, der Stufenanzahl (NumberOf-

Riser), der Anzahl der Auftritte (NumberOfTreads), den Stufenhöhe (RiserHeight) und dem Auftritt (TreadLength) (siehe Abb. 54).

6.1.3.42.3 Definitions applying to General Usage

[Instance diagram](#)

▼ Concept usage

Property Sets for Objects

The Property Sets for Objects concept template applies to this entity as shown in Table 172.

PsetName	Properties			
Pset_StairCommon	Template	PropertyName	Value	Reference
	Single Value	Reference	IfcIdentifier	
	Single Value	NumberOfRiser	IfcCountMeasure	
	Single Value	NumberOfTreads	IfcCountMeasure	
	Single Value	RiserHeight	IfcPositiveLengthMeasure	
	Single Value	TreadLength	IfcPositiveLengthMeasure	
	Single Value	NosingLength	IfcLengthMeasure	
	Single Value	WalkingLineOffset	IfcPositiveLengthMeasure	
	Single Value	TreadLengthAtOffset	IfcPositiveLengthMeasure	
	Single Value	TreadLengthAtInnerSide	IfcPositiveLengthMeasure	
	Single Value	WaistThickness	IfcPositiveLengthMeasure	
	Single Value	RequiredHeadroom	IfcPositiveLengthMeasure	
	Single Value	IsExternal	IfcBoolean	
	Single Value	FireRating	IfcLabel	
	Single Value	FireExit	IfcBoolean	
	Single Value	HandicapAccessible	IfcBoolean	
	Single Value	HasNonSkidSurface	IfcBoolean	
	Enumerated Value	Status	IfcLabel	

buildingSMART INTERNATIONAL, 2017

Abb. 54: Ausschnitt der vordefinierten allgemeinen Eigenschaftsgruppen für die Bauklasse “IfcStair”

Zusätzlich wird in der ersten allgemeinen Eigenschaftsgruppe auch zur Feuerwiderstandsklasse (FireRating) abgefragt sowie die Eigenschaften zur Barrierefreiheit (HandicapAccessible) und der Oberflächenbeschaffenheit (HasNonSkidSurface). Die Eigenschaftsabfrage zur Feuerwiderstandsklasse in der allgemeinen Beschreibung zur Treppe deutet schon darauf hin, dass es sich, bei der durch die allgemeinen Eigenschaftsgruppe beschriebene Treppe, um eine Treppe im Gebäude für den Hochbau handelt, da die Feuerwiderstandsklasse für die Landschaftsarchitektur nur in Ausnahmefällen von Relevanz ist.

Zusätzlich zu den allgemeinen Eigenschaften gibt es auch noch vordefinierte Eigenschaftsgruppen für verschiedene Betonherstellungsverfahren, eine Eigenschaftsgruppe für die Zustandsbewertung im Betrieb, Eigenschaftsgruppen für Herstellerangaben sowie Eigenschaftsgruppen für die Lebensdauer und die Garantie. Zusätzlich gibt es auch noch Eigenschaftsgruppen für die Nachhaltigkeitsbewertung (siehe Abb. 55).

	Single Value	DesignLocationNumber	IfcLabel	
Pset_EnvironmentalImpactIndicators				
	Template	PropertyName	Value	Reference
	Single Value	Reference	IfcIdentifier	
	Single Value	FunctionalUnitReference	IfcLabel	
	Single Value	Unit	IfcText	
	Single Value	ExpectedServiceLife	IfcTimeMeasure	
	Single Value	TotalPrimaryEnergyConsumptionPerUnit	IfcEnergyMeasure	
	Single Value	WaterConsumptionPerUnit	IfcVolumeMeasure	
	Single Value	HazardousWastePerUnit	IfcMassMeasure	
	Single Value	NonHazardousWastePerUnit	IfcMassMeasure	
	Single Value	ClimateChangePerUnit	IfcMassMeasure	
	Single Value	AtmosphericAcidificationPerUnit	IfcMassMeasure	
	Single Value	RenewableEnergyConsumptionPerUnit	IfcEnergyMeasure	
	Single Value	NonRenewableEnergyConsumptionPerUnit	IfcEnergyMeasure	
	Single Value	ResourceDepletionPerUnit	IfcMassMeasure	
	Single Value	InertWastePerUnit	IfcMassMeasure	
	Single Value	RadioactiveWastePerUnit	IfcMassMeasure	
	Single Value	StratosphericOzoneLayerDestructionPerUnit	IfcMassMeasure	
	Single Value	PhotochemicalOzoneFormationPerUnit	IfcMassMeasure	
	Single Value	EutrophicationPerUnit	IfcMassMeasure	
	Enumerated Value	LifeCyclePhase	IfcLabel	

buildingSMART INTERNATIONAL, 2017

Abb. 55: Eigenschaftsgruppe für die Nachhaltigkeitsbewertung für die Bauklasse “IfcStair”

In der Eigenschaftsgruppe zur Bewertung der Nachhaltigkeit werden neben der GUID Eigenschaften zur Lebensdauer (ExpectedServiceLife), der Energiekonsum für die Herstellung (TotalPrimaryEnergyConsumptionPerUnit), zur erneuerbaren und konventionellen Energieverbrauch bei der Herstellung (RenewableEnergyConsumptionPerUnit; NonRenewableEnergyConsumptionPerUnit) abgefragt. Zusätzlich zu den Eigenschaften bezüglich Energieverbrauch werden auch Angaben zum Material- und Wasserverbrauch (ResourceDepletionPerUnit; WaterConsumptionPerUnit) sowie Angaben zum generierten Abfällen bei der Herstellung (z.B. HazardousWastePerUnit; ClimateChangePerUnit) AtmosphericAcidificationPerUnit) gesammelt. Hierdurch lässt sich über den gesamten Lebenszyklus des Bauwerks die Nachhaltigkeit kontinuierlich und einfach bewerten. Zusätzlich ermöglichen die gesammelten Daten eine schnellere Nachhaltigkeitsbewertung nach anerkannten Bewertungsschemata (z.B. DGNB, BNB Außenanlagen, SITES, LEED), was heute noch ein hoher Arbeits- und Zeitaufwand darstellt. Die vordefinierten Eigenschaftsgruppen können individuelle angepasst und zusätzliche Eigenschaften über die “IfcCustomPropertySets” ergänzt werden.

Ergänzend zu den vordefinierten Eigenschaften werden in den Bauteilklassen Angaben für die Herstellung von Beziehungen zu anderen Klassen und der räumlichen Darstellung des Treppenelementes definiert. Dabei wird auch definiert mit welcher Symbolik eine Treppe in der zweidimensionalen Ansicht dargestellt werden so (siehe Abb. 56). Dies ist aber individuell anpassbar, da das IFC-Element mit einer individuellen 2D-Repräsentation des Elements verknüpft werden kann

Axis 2D Geometry

The *Axis 2D Geometry* concept applies to this entity.

The walking line is represented by a two-dimensional open curve as the axis. The curve is directed into the upward direction (direction has to be interpreted as specified at the subtypes of *IfcCurve*).

NOTE The 'Axis' representation of *IfcStair* may be provided even if the *IfcStair* has components with own shape representations.

buildingSMART INTERNATIONAL, 2017

Abb. 56: Festlegung für die 2D-Darstellung der Bauklasse "IfcStair"

5.1.4.2 Model View Definitions (MVD)

Durch das IFC und die Property Sets werden eine große Menge an Daten im Modell gespeichert, die auch wichtig für den Gesamtprozess sind, aber nicht jeder Planer benötigt alle Daten für seine Arbeit. Für die Planung der Außenanlagen sind beispielsweise die im Modell enthaltenen Informationen zur Wand- und Türfarbe ebenso überflüssig, wie ein detailliertes geometrisches Modell der Innenraummöblierung oder die Leitungsführung der TGA im 3. Obergeschoss. Jede Fachdisziplin hat so besondere Anforderungen an die Daten, die sie für ihre Arbeit benötigt und welche irrelevant sind. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden und nicht immer alle Daten, auch die irrelevanten, austauschen zu müssen, hat buildingSMART International das Konzept der „*Model View Definitions*“ entwickelt, mit deren Hilfe für konkrete Datenaustauschszzenarien spezifiziert wird, welche Daten des IFC-Datenmodells für den Datenaustausch relevant sind. In einer MVD ist so festgelegt, welche Objekte, Darstellungen, Beziehungen, Konzepte und Attribute für den empfangenden Projektbeteiligten und seine Softwareanwendung benötigt werden, um eine gewünschte Aufgabe zu erfüllen, ganz nach dem Prinzip welche Informationen von wem wann welchem Projektbeteiligten wie zur Verfügung gestellt werden sollen. Diese Anforderungen an die MVDs sollten deswegen bereits mit dem BAP zusammen festgelegt werden (vgl. buildingSMART INTERNATIONAL, 2019-7; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 6: BORRMANN et. al./-Kap. 7: BEETZ et. al., VDI, 2018-4/2019-1).

buildingSMART International unterscheidet bei den MVDs bei der aktuellen IFC4 grundsätzlich zwischen zwei Arten von vordefinierten MVD (vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 7: BEETZ et. al., DÖRING, 2019-4; buildingSMART INTERNATIONAL, 2019-7/ 2019-8):

- **IFC Design Transfer View:** Das IFC-Modell wird vollständig an den jeweiligen Empfänger übergeben. Die IFC Design Transfer View kommt z.B. zum Einsatz wenn Projektübergaben oder Archivierungen
- **IFC Reference View:** Nur der für den Empfänger relevante Teil des IFC-Modells wird übergeben und nur mit einer begrenzten Auswahl an Informationen. Diese Art der Übergabe kommt z.B. für die Koordination und Zusammenführung verschiedener Fach- und Teilmolelle etwa zur Kollisionsprüfung geometrischer Darstellungen

Da das IFC4 heute noch nicht den Standard bildet und viele Softwareanwendungen inkompatible mit dem IFC4-Standard sind, sind weiterhin die MVDs des IFC2x3- Standards in der Praxis anzutreffen. Dabei unterscheiden sich die MVDs des IFC2x3 von denen des IFC4. Die Version IFC2x3 beinhaltet dabei die folgenden drei vordefinierten MVDs (vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 7: BEETZ et. al., buildingSMART INTERNATIONAL, 2019-7/ 2019-8):

- **Coordination View:** Die View beinhaltet alle räumlichen und physikalischen Elemente und Informationen, die für die Koordination der Disziplinen Architektur, Tragwerksplanung und technische Gebäudeausrüstung nötig sind.
- **Structural Analysis View:** Diese MVD beinhaltet alle Elemente, die für den Tragwerksplaner für die Tragwerksanalysen relevant sind, wie Lasten und das physische Modell.
- **Basic Facility Management Handover View:** In der View sind alle Elemente beinhaltet, die für den Betrieb und die CAFM-Software benötigt werden.

buildingSMART International hat für die vordefinierten MVDs beider Version online (buildingSMART INTERNATIONAL, 2019-8) genaue Vorlagen mit den genauen Anforderungen und Inhalten der jeweiligen MVDs für zur Verfügung gestellt. Zusätzlich zu den offiziell veröffentlichten MVDs werden auf der Internetseite auch zukünftige MVDs aufgelistet, die sich aber noch im Entwurf befinden. Demnach sollen in zukünftigen Versionen des IFCs zusätzliche MVDs für die Ermittlung von Materialmengen und -kosten, für die Ermittlung des Energiebedarfs und den Energiekosten sowie Views für Herstellerproduktinformationen und Lebenszyklusinformationen für die Wartung von Anlagen und Systemen in Gebäuden integrierte werden.

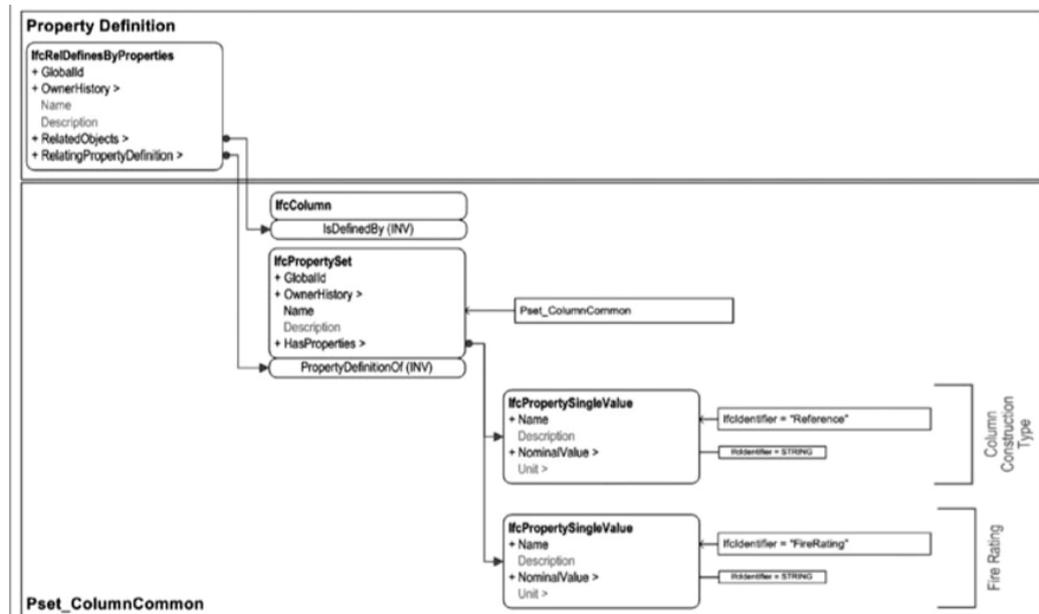
Trotz der Vorlagen von buildingSMART International müssen zum Projektbeginn die MVDs individuell festgelegt werden, so dass von Beginn bekannt ist, welche Daten jede Fachdisziplin von wem wann in welcher Form benötigt und zu erwarten hat. Diese Informationen müssen im ersten Schritt in nutzerlesbaren Form in einem „*Information Delivery Manual*“ (deut. Informationspflichtenheft) festgelegt werden (siehe Abb. 57). Diese Information Delivery Manual sollten Teil des BAPs werden, so dass es für alle Projektbeteiligten verbindlich ist und so die Kommunikation und Zusammenarbeit erleichtert.

Information Delivery Manual (IDM) -- BIM Based Energy Analysis		Page 24 of 34			
Type of Information	Information Needed	Required	Optional	Data Type	Units
	o Construction type (e.g. wall type, door type, window type, shading device type, etc.) Window constructions from Window 6, opaque constructions from ASHRAE Fundamentals.	X		String	n/a
	o Classification - UniFormat (reference to a classification -- see below)		X	String	n/a
	o 3D Geometry	X		IFC Geometry	varies
	o Exterior or Interior Element (i.e. Is Exterior)	X		Boolean	n/a
	o Link to Space Boundary	X		Relationship	n/a
Building Elements (Opaque- Wall, Roof, Floor, Ceiling, Door)	Added to the list above, the following properties should be included for opaque building elements (e.g. walls, floors, ceilings, roofs, doors, etc.):				
	o Link to Material Layer Set	X		String	n/a
Building Elements (Glazing- Curtain Wall, Glazed door, Skylight, Window)	Added to the Building Elements list above, assigns thermal information to building elements to enable energy analysis. The following properties should be included for glazed building elements (e.g. windows, curtain walls, glazed doors, and skylights):				
	o Window Assembly Exterior Surface Color of Glass (clear, bronze, silver, gold, copper, blue,		X	Enum	n/a

BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 7: BEETZ et. al.

Abb. 57: Auszug eines Informationspflichtenhefts für den BIM basierten Energieanalyse eines Bauwerks

Die definierte MVD kann sich von der Wertbelegung spezifischer Attribute über die Festlegung von zu verwendenden Property Sets bis hin zur Festlegung der zu verwendenden Geometriepräsentation erstrecken. Aus dem Information Delivery Manual werden spezielle MVD-Diagramme erstellt, in denen durch farbliche Kennzeichnung festgelegt wird, welche Teile des Datenmodells mit welchen Informationen belegt sein müssen und das Diagramm legt für einen Entitytyp fest, welche Informationen verpflichtender Bestandteil des betrachteten Model Views sind (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 7: BEETZ et. al.: 134 ff.). Die Abbildung 58 zeigt zu einen Ausschnitt des MVD-Diagramms der Bauteilklassse IfcBeam für eine MVD zur Energieanalyse. Das Diagramm legt dabei fest wie die Brandschutzklassen für jeden Träger anzugeben sind sowie welche geometrische Repräsentation zur Darstellung zur Anwendung kommen dürfen. Im nächsten Schritt können die MVD-Diagramme dann in einer maschinenlesbarer Form übertragen werden. Dabei handelt es sich um das Format mvdXML, das aus dem Schema der XML-Sprache entwickelt wurde und in der Software zur Koordination eingelesen werden können (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 7: BEETZ et. al.: 137).



BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 7: BEETZ et. al.

Abb. 58: Ausschnitt des MVD-Diagramms für die Bauteilklassse “IfcBeam” für die Energieanalyse

Die Erstellung der jeweiligen MVDs bedarf bereits am Anfang eines Projekts eine genaue Vorstellung vom Auftraggeber, wofür das BIM-Modell verwendet werden soll und was er genau haben will. Auch die Planer müssen bei der Erstellung der MVDs wissen, welche Daten sie von wem, wann und in welcher Form benötigen, um ihre Aufgaben zu machen. MVDs bedeuten für alle Projektbeteiligte, dass sie frühzeitig Entscheidungen zu treffen haben. Dabei erleichtern MVDs nicht nur die Arbeit für die Projektbeteiligte, da sie sich nicht mehr die für sich relevanten Informationen aus dem Gesamtmodell mühsam herausfiltern müssen und ein Austausch ohne große Eingriffe und häufiger durchgeführt werden kann, sie bieten auch eine Grundlage auf derer IFC-Modelle auf seine Konsistenz und Vollständigkeit geprüft werden können. Trotz dieser Vorteile finden MVDs in der Praxis zur Zeit noch wenig Anwendung, da auch viele Softwareanwendungen nicht aktiv mit MVDs arbeiten können, auch wenn jede IFC-fähige Software MVDs unterstützen sollte. Derzeit ist es weiterhin üblich das gesamte Modell mit alle Informationen zu übergeben und dem Empfänger das Filtern nach Relevanz zu überlassen (vgl. DÖRING, 2018; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 7: BEETZ et. al.; buildingSMART INTERNATIONAL, 2019-7).

5.1.5 IFC für Landschaftsarchitekten

Beim Betrachten der IFC-Architektur und der Bauteilklassen fällt auf, dass der Schwerpunkt des IFC-Datenmodells auf der Beschreibung von Gebäuden liegt. Der Umgebung ist dabei nur ein abstraktes Konzept für die Identifikation und Lage mit einer rein nominalen geometrischen Darstellung. So fehlen Konzepte für die Planungen außerhalb von Gebäuden, sei es Infrastruktur, Landschaftsarchitektur oder Stadtplanung. Es gibt für diese Planungsdisziplinen auch keine IFC-Domäne und unter anderem auch keine Bauteilklassen. Das heißt zwar nicht, dass diese Planungsdisziplinen nicht mit BIM und IFC arbeiten können, es ist aber umständlicher und schwerer. So können einige landschaftsarchitektonische Elemente mit Bauteilklassen des Hochbaus zweckentfremdet beschrieben werden, wie z.B. Bodenbeläge mit der Klasse `IfcSlab`, Treppen mit der Klasse `IfcStair`, Mauern mit der Klasse `IfcWall` oder ein freistehender Pavillon mit einer Kombination mehrerer Klassen (z.B. `IfcBeam`, `IfcColumne`, etc.). Dabei sind auch die vordefinierten Property Sets für den Hochbau ausgelegt, wodurch Eigenschaften, wie die Brandschutzklasse,

enthalten sind, die nicht von großer Relevanz für die Landschaftsarchitektur sind. Dafür fehlen aber wichtige Eigenschaftsfelder, wie z.B. das Gefälle oder die Fugtoleranzen. Viele standort- und landschaftsbezogene Elemente – wie Bäume, Unterpflanzungen/ Bodenbedeckungen, Gehwege/Wege, Standortmöbel, Entwässerungsstrukturen, geotechnische Schichten und Formen sowie Gewässer haben keine explizite alphanumerische oder geometrische Darstellung innerhalb des IFC-Schema und können zur Zeit nur unter der Verwendung der Bauteilkategorie `IfcBuildingElementProxy`, eine Klasse für undefinierte Sonderbauteile, mit benutzerdefinierten Benennungsregeln und Eigenschaftssätzen im IFC abgebildet werden (OUELLETTE, 2018: 3).

Diese wurde von unterschiedlichsten Organisationen national wie international erkannt und es wird vermehrt daran gearbeitet die fehlenden Standards, Work-flows und IFC-Strukturen zu identifizieren und zu entwickeln. Für die Infrastruktur ist dieser Prozess bereits weiter vorangeschritten. Über die letzten Jahre wurde daran gearbeitet wie das IFC-Schema erweitert werden kann, um Infrastrukturplanungen – Straßen, Eisenbahnen, Brücken, Tunnel und mehr – sowie deren Bestandteile darzustellen und so eine umfassendere Beschreibung der Infrastruktur zu ermöglichen (vgl. OUELLETTE, 2018; buildingSMART INTERNATIONAL, 2018-2). 2016 wurde hierzu bereits ein erster Entwurf eines aktualisierten IFC-Standards mit der Version IFC4.2 Draft mit Klassen der Infrastruktur veröffentlicht.

Für die Landschaftsarchitektur ist diese Entwicklung noch relativ am Anfang. Hier wurden bis jetzt besonders in nationalen Umfeldern von Berufsverbänden, Behörden und nationalen buildingSMART-Vereinen unabhängige Anstrengungen unternommen, diese fehlenden BIM-Standards für die Landschaftsarchitektur zu definieren. So wurden unter anderem eigene Arbeitsgruppen in Großbritannien vom Landscape Institute, in den USA von der American Society of Landscape Architecture oder in Norwegen der Arbeitskreis “BIM for Landschaftsarchitektur” gegründet. Auch in Deutschland arbeiten der Bund Deutscher Landschaftsarchitekten (BDLA), die Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL) und der nationale Ableger buildingSMART Germany in eigenen Arbeitskreisen, die Anforderung von der Landschaftsarchitektur an BIM zu definieren und die Implementierung voranzutreiben. Dabei handelt es sich aber immer um Einzellösungen ohne

internationalen Zusammenhang. Aus diesem Grund hat buildingSMART International ein Arbeitsgruppe “IFC for Site, Landscape, and Urban Planning” mit all den einzelnen nationalen Akteuren eingerichtet, so dass die vorhandenen Ergebnisse als Grundlage für die internationale Festlegung der Bedürfnisse und Anforderungen der Landschaftsarchitektur ans IFC dienen und der IFC-Standard demnach weiterentwickelt werden kann. Hierzu erfolgte letztes Jahr der internationale Aufruf zur Teilnahme an der Arbeitsgruppe. Dabei kann jeder aus dem Berufsfeld der Landschaftsarchitektur an der Arbeitsgruppe teilnehmen. Anfang 2019 hat die Arbeitsgruppe dann die Arbeit in der ersten Projektphase aufgenommen. Bis Oktober 2019 ist es Ziel der Arbeitsgruppe in der ersten Projektphase, die Anforderungen und Bedürfnisse der Landschaftsarchitektur zu bestimmen. In der zweiten Projektphase ab November 2019 soll dann bis Januar 2020 die Vorschläge für mögliche Erweiterungen des IFC-Schemas mit Klassen und Property Sets erarbeitet werden. Aufbauend darauf soll dann in der dritten Projektphase bis April 2020 Vorschläge für eigene MVDs für die Landschaftsarchitektur ausgearbeitet werden. Im Rahmen des buildingSMART “International Standard Summits” im Frühjahr 2020 sollen die Ergebnisse des Arbeitskreis “IFC for Site, Landscape, and Urban Planning” vorgestellt werden (OUELLETTE, 2018). Wie es danach mit den Ergebnissen weitergeht und wann mit einem IFC-Standard für die Landschaftsarchitektur zu erwarten ist, kann an dieser Stelle nicht gesagt werden. Wie aber an der Entwicklung des IFC für die Infrastruktur zu sehen ist, kann sich der ganze Prozess über mehrere Jahre erstrecken.

5.2 BIM Collaboration Format (BCF)

In der herkömmlichen Planung wurden Planungsänderungen und -mängel oft mit Revisionswolken in den Plänen markiert und in EXCEL-Tabellen dokumentiert. Da es sich bei den Plänen zumeist um 2D-Pläne mit Planungsachsen und einer eindeutigen Plannummer handelt, war die Zuordnung der Revisionswolken noch relativ einfach. Trotzdem gab es immer wieder Kommunikationsprobleme, wo sich genau die Änderung oder Fehler auf dem Plan befindet. Beim BIM-Modell agiert man in 3D, 4D oder 5D-Modellen mit mehreren Stockwerken und vielleicht sind unterschiedliche Teilmodellen von unterschiedlichen Fachplanern im Modell integriert. Die Kommunikation über Revisionswolken und EXCEL-Tabellen ist nicht mehr zeitgemäß und auch nicht mehr machbar. Zu groß ist die Wahrscheinlichkeit der Misskommunikation und von Koordinationsproblemen. Als BIM-Äquivalent zu Revisionswolken oder ähnlichen Markierungen in einer 2D-Bauzeichnung wurde das *BIM Collaboration Format* (BCF) für objektorientierte Bauwerksinformationsmodelle mit 3D-Repräsentationen entwickelt, das die kommunikativen Arbeitsabläufe im BIM-Prozess unterstützt. Das Merkmal des BCFs ist, dass mit diesem keine Bauwerksmodelle übertragen werden, sondern lediglich allgemeine Informationen dazu, welches Bauteil betroffen ist und zu dem vorliegenden Mangel oder Änderung sowie entsprechende Markierungen und Anmerkungen (vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 7: BEETZ et. al.; buildingSMART, 2019-3; VDI, 2018-4). Dabei kann das BCF mit einer Klebenotiz verglichen werden, die bei jedem erkannten Mängel angeheftet wird und den Mangel für alle deutlich aufzeigt.

Die Entwicklung des BCFs startete 2009 von Solibri und Tekla in Zusammenarbeit mit dem Institut für angewandte Bauinformatik (iabi) e.V. an der Hochschule für angewandte Wissenschaften München. Seit 2014 ist das BCF ein international standardisierter openBIM- Standard von buildingSMART und wird auch von buildingSMART weiterentwickelt (buildingSMART INTERNATIONAL, 2018-3).

Technisch gesehen handelt es sich beim BCF um ein Container in Form von einer ZIP-Dateien, der eine Reihe von Verzeichnissen und Dateien im offenen XML-Format (bcfxml) enthält. Der Vorteil des XML-Formats ist, dass es sich dabei um einen textbasiertes Format handelt, das auch programmiersprachenunabhängig verarbeitet werden kann. Dabei wird für jedem einzelnen Mangel und Anmerkung eine GUID

und eine eigenes gleichnamiges Verzeichnis erzeugt. Dabei kann eine BCF-Datei bei sehr komplexen Projekten hunderte, wenn nicht sogar tausende Verzeichnisse beinhalten. Jedes Verzeichnis besteht dabei aus drei Dateien (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 7: BEETZ et. al.: 144):

- Eine kurze XML-Datei (markup.bcf) mit strukturierter Information zum jeweiligen Mangel: Name und Beschreibung des Mangels, die Globally Unique Identifier (GUID) des Bauteils im IFC-Modell sowie weitere optionale Informationen, wie Geschoss des Bauteiles, Datum, Autor und Priorität des Mangels, der zugeordnete Verantwortliche und der aktuelle Status der Bearbeitung. Hier können auch Verknüpfungen mit externen Dokumenten wie Mängelberichten und Bauabnahmeprotokollen eingefügt und so eine einfache Koppelung zwischen modell- und dokumentbasierten Systemen geschaffen werden.
- Eine XML-Datei (viewpoint.bcfv) mit Angaben zur Visualisierung wie Kameraposition und -richtung, mit der das betreffende Bauteil im 3D-Modell dargestellt werden kann, die zu verwendende Farbe zur Markierung des Elements und geometrische Linien zur zusätzlichen grafischen Kennzeichnung sowie eingesetzte Schnittebenen.
- Eine Rastergrafik oder ein Foto (snapshot.png/jpge) des betreffenden Mangels im PNG- oder JPEG-Format, die die erzeugende Anwendung erstellt. Damit können auch einfache Softwarewerkzeuge ohne aufwendige 3D-Visualisierungsmöglichkeiten BCF anzeigen und weiterverarbeiten.

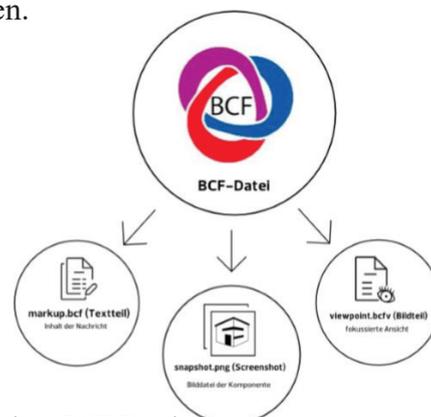
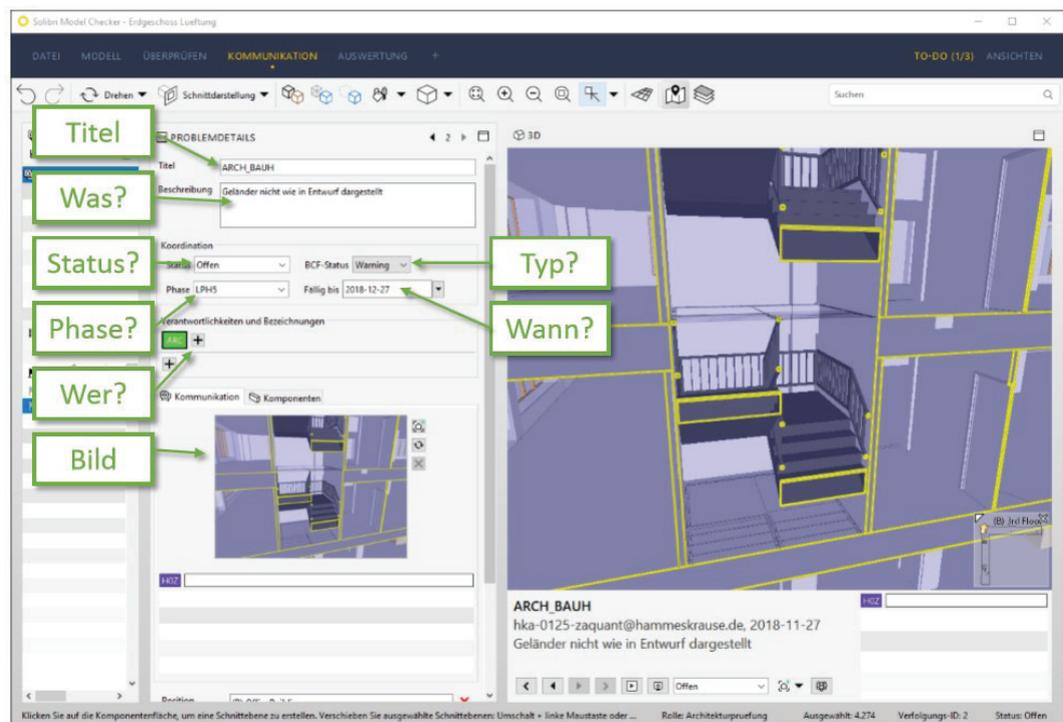


Abb. 59: Bestandteile einer BCF-Datei

NIEDERMAIER, BÄCK, 2018-1

Die Erstellung von BCF-Dateien erfolgt dabei oft nicht in der BIM-Software selbst, sondern in sogenannten Model Checker-Anwendungen, wie z.B. Autodesk Naviswork oder Solibri Model Checker, wobei einige BIM-Anwendung wie Autodesk Revit oder Vectorworks das BCF-Format auch direkt unterstützen (buildingSMART International, 2019-5). In einer Model Checker-Anwendung werden die IFC-Modelle importiert und dann z.B. auf Kollisionen zwischen den Planungen überprüft oder ob Normen und Standards eingehalten werden. In der jeweiligen Anwendung können dann für jede Anmerkung ein BCF erstellt werden und es können alle erstellen BCFs koordiniert und verwaltet werden (siehe Abb. 60).



DÖRING, 2019-3

Abb. 60: Beispiel BCF- Erstellung im Solibri Model Checker

Bei der Erstellung der BCFs werden vom Programm alle nötigen Angaben übersichtlich abgefragt, so dass ein BCF ohne großen Zeit- und Arbeitsaufwand erstellt werden können. Der Empfänger der BCF-Dateien muss diese einfach in sein eigenen Modell Checker einlesen und kann dann alle gespeicherten Mängel einsehen, ausbessern oder kommentieren. Da in der Datei auch die Kamerapositionen jeder Anmerkung gespeichert werden, muss der Empfänger einfach nur auf die jeweilige Anmerkung klicken und fliegt durch das Modell zu der genauen Kameraposition.

nen. Hierdurch entfällt das Suchen nach dem Mangel im Modell. Die kommentierte BCF-Datei kann der Empfänger einfach an den ursprüngliche Versender zurück schicken, so dass der ursprüngliche Versender die Kommentare gleich in seiner eigenen Anwendung hat (DÖRING, 2019-5).

Dabei gibt es zwei unterschiedliche Möglichkeiten wie die erstellten BCF-Dateien zwischen den Projektbeteiligten ausgetauscht werden können. Um den BIM-Gedanken weiterzuverfolgen ist die erste Möglichkeit die BCF-Dateien über ein zentralen, browserbasierten Server (Common Data Environment) zu speichern und zu verteilen, so dass alle Projektbeteiligte Zugriff auf die BCF-Dateien haben und diese herunterladen und bearbeiten können. Als zukünftige Vision dieser Methode ist aber vorgesehen, dass es direkte Schnittstellen (application programming interface (API)) zu CAD und Koordinationssoftware gibt, um mittels Plug-In auf Knopfdruck die Daten in der Cloud speichern und abrufen zu können. Zukünftig könnten die Projektplaner dann auch über direkte, cloud-basierte Push-Nachrichten kommunizieren, wie z.B. heute schon mit Messaging-Anwendungen möglich ist. So könnten nicht nur Kollisionsprüfungsprotokolle mit allen Projektbeteiligten bequem verteilt werden, sondern auch zwischen zwei oder drei Planern kleine Anfragen gestellt, interne Hinweise gegeben und planungsrelevante Absprachen getroffen werden. Eine solche Schnittstelle wird aber zur Zeit von so gut wie keiner Softwareanwendung unterstützt. Da ein direkter Austausch zwischen den Anwendungen noch nicht unterstützt wird, müssen heutzutage, als zweite Austauschmöglichkeit, BCF-Dateien noch über Email verteilt werden, was möglich ist, da es sich beim BCF um eine zip-Datei handelt. Dabei wird die Datei von Projektbeteiligten zu Projektbeteiligten übertragen, bearbeitet und zurückgeschickt. Dabei ist möglich, solange alle die Integrität der freigegebenen BCF-Datei beibehalten und nicht mehrere Kopien davon in Umlauf gebracht werden. Die weiter oben beschriebene Arbeitsweise basiert auf einer Kommunikation über Email (vgl. DÖRING, 2019-5; buildingSMART, 2019-3; VDI, 2018-4).

BCF kann nicht nur während der Planungsphase verwendet werden, sondern es gibt eine Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks, in denen Informationen von BIM abgeleitet und für objektspezifische Informationen wieder mit dem BIM verbunden werden können. Zu diesen

Anwendungsfällen können unter anderem folgende Beispiele gehören (vgl. buildingSMART, 2019-3; DÖRING, 2019-2/ 2019-5; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 7; BEETZ et. al.):

Planungsphase	<ul style="list-style-type: none"> • Dokumentation von Qualitätssicherungs- /Qualitätsprüfungselementen (QS/QC) in BIM • Identifizieren von Problemen mit der Entwurfskoordination (auch Kollisionsprüfung genannt) zwischen BIM-Teilmodellen • Kommentieren von Entwurfsoptionen, Objektersetzungen und Materialauswahlen • Kommunizieren zwischen den Projektbeteiligten
Ausschreibungsphase	<ul style="list-style-type: none"> • Ausschreibungs koordinierung und Klarstellungen • Kosten- und Lieferanteninformationen für Objekte, Baugruppen und/oder Systeme abfragen
Ausführungsphase	<ul style="list-style-type: none"> • Qualitätssicherung / Qualitätskontrolle (QS/QC) zwischen den tatsächlichen Bauwerk und BIM • Dokumentation der Baumängel • Nachverfolgen der Verfügbarkeit von Artikeln/ Materialien und Koordinieren von Ersatz • Sammlung von Last-Minute-Informationen zur Übergabe an Eigentümer/Betreiber
Betriebsphase	<ul style="list-style-type: none"> • Anmerkungen zur Übergabe von Modellen, wenn Änderungen an der Einrichtung und ihren vielen Elementen während des Betriebs vorgenommen werden • Dokumentation der Schäden • Anmerkung des Betreibers zu erforderlichen Instandsetzungs- und Renovationsarbeiten

vgl. buildingSMART, 2019-3; DÖRING, 2019-2/ 2019-5; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 7; BEETZ et. al.):

Tab. 11: Anwendungsbeispiele für das BCF-Format in den verschiedenen Leistungsphasen

BCF bietet so über den gesamten Lebenszyklus Vorteile und erleichtert die Kommunikations- und Koordinationsabläufe im BIM-Prozess. Dabei ist das BCF nicht eine Vision der Zukunft, sondern kann heute bereits effizient eingesetzt werden und wird von einer Vielzahl an Softwareanwendungen unterstützt.

5.3 GAEB-Format

Das GAEB-Format (GAEB = Gemeinsame Ausschuss Elektronik im Bauwesen) ist ein Austauschformat für alphanumerische Informationen, insbesondere Leistungsverzeichnisse. Das Format ist dabei kein neues Format für den BIM-Prozess, sondern ist seit Mitte der 80er Jahre ein Standard in Deutschland zum Austausch von alphanumerischen Daten aus einer Ausschreibungs, Vergabe und Abrechnungs (AVA)- Software, sodass Planer, Bauunternehmer und Handwerker mit den gleichen Informationen arbeiten können, ohne diese händisch neu eingeben zu müssen. Die ersten GAEB-Formate wurden noch mit dem ASCII-Format programmiert. Mit der Version GAEB 2000 erfolgte die erste Aktualisierung auf das aufkommende XML-Format. Seit der Veröffentlichung der GAEB XML-Formats (2004) ist XML Kern des Formats, was auch zu Änderungen im Format geführt hat. So wurden zum Beispiel die Elementdefinitionen von Deutsch auf Englisch umgestellt und es ist nun zusätzlich möglich Elemente im BIM-Modell eindeutig zu identifizieren und direkt mit dem GAEB-Format zu verknüpfen. Durch diese Änderungen ist das GAEB-Format auch über den deutschsprachigen Raum hinaus anwendbar und wird der immer größere Bedeutung von BIM gerecht (DANGEL IT, 2019).

Die in BIM gesammelten alphanumerischen Informationen müssen für jegliche Ausschreibungen, Vergaben und Abrechnungen aus dem Modell ausgelesen und in Form eines Leistungsverzeichnisses ausgegeben werden können. Mittels der Schnittstelle DIN SPEC 91400 ist es möglich das Modellelemente direkt in der BIM-Anwendung mit dem Standardleistungsbuch Bau (StLB Bau) zu verknüpfen und Leistungsverzeichnisse zu erstellen. Allerdings befindet sich diese Schnittstelle und noch in der Entwicklung und soll auch vorerst nur für Autodesk Revit und ArchiCAD entwickelt werden. Ohne diese Schnittstelle können BIM-Anwendungen zwar unterschiedliche Listen für unter anderem Bauteile, Materialien, Kosten, Mengen, etc. ausgegeben, aber keine VOB-konforme Leistungsverzeichnisse erstellen.

So bedarf es hierfür weiterhin eine externe AVA-Software. Die alphanumerischen Informationen im BIM-Modell können so unter anderem über direkte Schnittstellen zwischen BIM- und AVA-Software automatisch oder indem das IFC-Modell in die AVA-Software importiert wird übergeben werden, so dass eine durchgehende Nutzung der Daten und die Datenintegrität gewährleistet ist (vgl. Kap. 6: "Klassifikationssystem in BIM", S. 136, Kap. 7: „Einfluss der BIM-Methode auf den Projektablauf und Arbeit des Landschaftsarchitekten", S. 154). Die mit den BIM-Daten erstellten Leistungsverzeichnisse können dann als GAEB-Datei weiterverwendet werden. So ermöglichen GAEB-konforme Schnittstellen modellbasierte Daten in marktüblicher Handwerker-Software zu nutzen, so dass neben Architekten und Fachplanern, auch Bauunternehmen und Handwerksbetriebe in die BIM-Prozesse integriert werden können (vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 24: ENTZIAN, SCHARMANN; HASANOVIC, 2019).

5.4 Zusammenfassung Austauschs- und Koordinationsformate für BIM

Der Austausch der geometrischen und alphanumerischen Daten eines BIM-Modells bildet die Grundlage für ein erfolgreiches BIM-Projekt und das BIG open-BIM. Hierfür bieten die Industry Foundation Classes (IFC) ein mächtiges und komplexes Datenschema, mit dem sich die geometrischen und alphanumerischen Informationen eines digitalen Bauwerksmodell umfassend und detailliert beschrieben und austauschen lassen. So erlaubt das IFC-Datenschema die umfassende Beschreibung des Bauwerks, der einzelnen Bauteile, von Räumen und deren wechselseitigen Beziehungen. Um dies zu ermöglichen, hat das IFC-Format eine komplexe Klassenstruktur und Vererbungshierarchie, wobei mittels Assoziationen zwischen den einzelnen Klassen ein sehr flexibles Format zum Beschreiben eines Bauwerks in entsteht und auf die unterschiedlichen Anforderungen angepasst werden kann. Besonders wichtig sind hierfür die vordefinierten Bauteilklassen, nach denen jedes Bauteil im Modell klassifiziert ist. Für diese Bauteilklassen sind auch bereits vordefinierte Eigenschaftsparameter hinterlegt, so dass durch die Bauteilklassen und Eigenschaftsparameter jedes Bauteil erschöpfend beschrieben werden kann. Für die Landschaftsarchitektur zeigt sich hierbei aber auch das Problem mit dem IFC-Format zur Beschreibung von landschaftsarchitektonischen Elementen. So sind bei den

Bauteilklassen im IFC-Datenschema noch keine Klassen für Elemente der Landschaftsarchitektur vorhanden. Dies bedeutet auch, dass noch keine vordefinierten Eigenschaftsparameter für die Elemente der Landschaftsarchitektur vorhanden sind. Dies erschwert das Arbeiten mit dem IFC-Format für die Landschaftsarchitektur, bedeutet aber nicht, dass es nicht möglich ist. So können einige Elemente, wie Bodenbeläge, Mauern, Treppen, usw., mit Klassen der Architektur beschrieben werden oder die Elemente werden als Sonderbauteil (`ifcbuidlingelementproxy`) klassifiziert. Bei beiden Varianten müssen aber eigene Eigenschaftsparameter festgelegt werden, wobei dann wieder die Frage aufkommt welche Eigenschaftsparameter überhaupt relevant sind.

Dabei ist nicht jede geometrische und alphanumerische Information im Modell für jeden Projektbeteiligten relevant. Hierfür bietet das IFC-Format das Konzept der Model-View-Definitions (MVD), mit welchem für unterschiedliche Austauschszenarien festgelegt werden kann, welche Informationen im IFC-Modell ausgetauscht werden sollen. So ist es möglich, für die unterschiedliche Projektbeteiligten individuelle MVDs zu definieren und individuell festzulegen, welche geometrische und alphanumerische Information benötigt werden.

Die Probleme mit dem IFC-Format für die Landschaftsarchitektur wurde auch von verschiedenen nationalen und internationalen berufsständischen Organisationen erkannt und es wird intensiv daran gearbeitet, das IFC-Datenschema an die Bedürfnisse und Anforderungen der Landschaftsarchitektur anzupassen. Diese Entwicklung befindet sich aber noch am Anfang und es ist noch nicht absehbar, wann das IFC-Datenschema mit den Anforderungen der Landschaftsarchitektur verfügbar sein wird.

Beim IFC-Format wird immer das ganze Modell mit allen geometrische und alphanumerische Information übertragen. Dies ist aber für die Kommunikation und Zusammenarbeit nicht immer sinnvoll, wenn es nur um alphanumerische Informationen oder Anmerkungen und Anfragen geht. Hierfür hat sich das BIM Collaboration Format (BCF) etabliert. Das BCF-Format erleichtert die projektinterne Kommunikation, indem nicht immer das ganze Modell verschickt werden muss, sondern nur allgemeine Informationen und Anmerkungen zu einzelnen Bauteilen verschickt werden können. So kann das BCF-Format z.B. für die Abstimmung

von Änderungen oder auch für die Kommunikation von Mängeln verwendet werden. Hierzu wird in der BCF-Datei hinterlegt, welches Bauteil betroffen ist und Informationen zu dem vorliegenden Mangel oder Änderung sowie entsprechende Markierungen und Anmerkungen. Zusätzlich speichert die BCF-Datei den genau Kameraposition, was es jedem Betrachter ermöglicht die angesprochene Änderung oder Mangel schnell zu finden. Dies erlaubt es, das BCF-Format für eine Vielfalt von Anwendungen während des gesamten Projektablaufes und der Betriebsphase einzusetzen und ermöglicht eine transparente Koordination und Kommunikation im Projektteam.

Als drittes Format hat sich bei BIM das bekannte GAEB-Format für den Austausch von alphanumerischen Informationen etabliert. Das GAEB-Format erlaubt es die alphanumerischen Informationen aus dem BIM-Modell, in Form von z.B. Leistungsverzeichnissen, in handwerks-spezifischen Softwareanwendungen außerhalb der BIM-Umgebung zu verwenden und eröffnet so die Möglichkeit der umfassende Weiternutzung der Informationen im BIM-Modell.

Die Kombination dieser drei Formate ermöglicht einen einfachen und effektiven Austausch der geometrischen und alphanumerischen Daten des Modells zwischen allen Projektbeteiligten. Dabei ist an dieser Stelle anzumerken, dass für eine erfolgreiche BIM-Zusammenarbeit nicht nur die Austausch- und Koordinationsformate für BIM entscheidend sind, sondern auch die Art und Weise, wie die Daten ausgetauscht werden. Im Sinne der BIG open-BIM-Idee sollen die Daten zur Abstimmung und Koordination nicht zwischen einzelnen Projektbeteiligten per Email ausgetauscht werden, sondern auf einer zentrale Projektplattform, der „Common Data Environment“ (CDE), vorgehalten werden. In der CDE werden die enormen Datenmengen, die beim BIM-Projekt entstehen, zentral gesammelt, verwaltet und verteilt. Hierdurch wird das Risiko von Informationsverlusten minimiert. Die CDE erlaubt es, standardisierte Prozesse für die Kommunikation festzulegen, wodurch Fehler im Informationsmanagement oder Kommunikationsprobleme zwischen den Projektbeteiligten verhindert werden können. Zusätzlich ermöglicht die CDE jedem Projektbeteiligten ortsunabhängig und zu jedem Zeitpunkt des Projekts immer auf die aktuellsten BIM-Modelle und Daten und auf alle wichtigen weiteren Informationen zuzugreifen. Hierdurch stellt die CDE den zentralen Informationsknotenpunkt für alle das gesamte Projekt dar (vgl. Schapke, 2019-2; Designing Buildings, 2019).

6 Klassifizierungssysteme in BIM

Das Ziel von Klassifizierungssystemen ist es Informationen anhand inhaltlicher Merkmale zueinander in Beziehung zu setzen und methodisch und systematisch in Klassen zu erfassen, einzuordnen und zu speichern, so dass sie vom Nutzer möglichst schnell und ohne großen Aufwand gefunden werden können (USZKOREIT, JÖRG, 2009). Eines der einfachsten und bewährtesten Klassifizierungssysteme findet man in Wörterbüchern. Die Informationen werden dort auf einer einfachen standardisierten Weise erfasst. Dies hat den Vorteil, dass Informationen durch ein leicht erfassbares und einprägsames System schnell gefunden und verarbeitet werden können. Des Weiteren können bei diesem System auch beliebig viele Informationen hinzugefügt werden, so dass, neben der einfachen Aktualisierung, auch der eindeutige Verweis auf enthaltene Informationen erfolgen kann (CHAPMANN, 2013).

Durch die BIM-Modellierung, die während des gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks durchgeführt wird, werden enorme Mengen an Daten erzeugt, die von allen Beteiligten gespeichert, abgerufen, kommuniziert und über den gesamten Lebenszyklus verwendet werden müssen (AUTODESK, 2018-1). Klassifizierungssysteme sind dabei aber nicht erst seit BIM relevant. Bereits bei der computergestützten 2D-Planung wurde beispielsweise Layer-Standards wie ISO 13567-1:2017 zur Ordnung von Bauteilen im Programm eingesetzt. Dabei werden Elementgruppen wie Stützmauern, befestigter Belag oder Ausstattungselemente auf einer gemeinsamen Layer in der CAD-Planung zusammengefasst und erleichtern so einen strukturierten Zugriff auf die Planungsinformationen. Die Nutzerfreundlichkeit und Granularität dieses Klassifizierungsverfahren ist dabei sehr eingeschränkt, da eine hohe Anzahl an Informationen manuell verwaltet werden müssen, die jeweiligen Bauteile jeweils nur einer einzigen Layer zugeordnet werden können und am bedeutendsten die Informationen sind nicht maschinenlesbar hinterlegt (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 9: BEETZ: 163 ff.).

Für das BIM-Modell gewinnt die Klassifizierung aber nochmal an Bedeutung, da die Daten nicht nur manuell vom Nutzer verarbeitet werden sollen, sondern automatisch durch die Software. Diese ermöglichen dann eine Teilautomatisierung im Bereich der Mengen- und Kostenermittlung, Simulationen und Analysen oder in Vergabeverfahren etwa durch die Verknüpfungen einzelner Objekte in Leistungs-

verzeichnissen nach dem Standardleistungsbuch (StLB). Dabei stellt sich die Frage:

Warum benötigt BIM ein zusätzliches Klassifizierungssystem? Erfolgt nicht auch eine Klassifizierung über das IFC-Format?

Im IFC-Format werden die jeweiligen Modellelemente vordefinierte Klassen zugeordnet, so dass die Software beim Austausch weiß, was das Modellelement ist. Die Klassen des IFC sind relativ grob definiert. So wird eine Mauer der IFC-Klasse „ifcwall“ zugeordnet. Aus der Klasse ist aber nicht ersichtlich, um welche Art von Mauer es sich handelt. Hierfür müssen andere Klassifizierungssysteme verwendet werden, um eine hohe Granularität zu bekommen. Zusätzlich kann jedes Objekt beim IFC nur einer Klasse zugeordnet werden. Durch die Objektorientierung in der BIM-Methode ist es durch Klassifizierungssysteme zudem auch möglich, einzelne Modellelemente mehreren Klassifikationskategorien gleichzeitig zuzuordnen, so etwa einer allgemeinen funktionellen Kategorie („Stützwand“) und einer typologischen Kategorie („Stützwinkel“). Zusätzlich kann die Klassifizierung eines Bauteiles, wie beispielsweise einer Bank, auf Basis unterschiedlicher Kategorien, Aspekte oder Facetten geschehen: Nach ihrer Funktion („sitzen“), ihrer Form („rund“), ihrer Lage („horizontal“), ihres Materials („Holz“) oder ihres Gewerkes („Garten- und Landschaftsbau“) (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 9: BEETZ: 167 ff.). Um dies zu ermöglichen, müssen die Daten aber in maschinenlesbarer Form gespeichert werden, so dass die Software diese auch verarbeiten kann. Dabei muss ein Klassifikationssystem das Element eindeutig und abschließend beschreiben, so dass es zu keinen Verwechslungen kommen kann. Zusätzlich müssen aber auch lokale und historische gewachsene Gliederungen, wie die Kostengruppierung nach DIN 276, Vorschriften und Normen in ein Klassifizierungssystem mit eingebunden werden. Da jedes Land seine eigenen lokalen Besonderheiten und Vorschriften, müssen Klassifizierungssysteme für BIM-Projekte flexibel und interoperabel sein und die Integration lokale Besonderheiten und unterschiedliche Standards aus vielen Fachdisziplinen mit einbinden (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 9: BEETZ: 166). Diese unterschiedlichen nationalen Anforderungen an ein Klassifizierungssystem ist auch der Grund, warum es bis jetzt noch nicht möglich war, ein allgemein gültiges internationales Klassifizierungssystem zu schaffen. Dennoch gibt es aber bereits verschiedene nationale Systeme, die international anerkannt sind und bei interna-

tionalen Projekten verwendet werden (z.B. UniClass (Großbritannien), OmniClass (USA), MasterFormat (USA)).

Klassifizierungssysteme müssen dabei nicht nur im Hinblick auf die Zuordnung von Bauteilelementen und lokalen Gegebenheiten flexibel sein, sondern auch im Hinblick auf eine gemeinsame Nomenklatur, Terminologie und Ontologie eines Fachgebietes. Dies gewinnt besonders bei internationalen Projekten an Bedeutung. Anstatt in einem Projekt die Beschriftung in mehreren Sprachen zu ergänzen, können zwei- oder mehrsprachige Wörterbücher im Datenmodell dazu verwendet werden, um z.B. fachgerechte, teilautomatisierte Übersetzungen etwa von Bauteilkatalogen, Dienstleistungsbeschreibungen oder Angebotsabgaben zu erstellen. Anstatt jeden Fachbegriff einzeln zu übersetzen, können die Fachterminologie im Wörterbuch durch einen eindeutigen Code identifiziert werden und im Modell je nach Bedarf in unterschiedlichen Sprachen angezeigt werden, so dass z.B. ein Stützwinkel in Deutschland und Amerika das gleich bedeutet (vgl. bSDD, 2019-2 ;BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 9: BEETZ).

Wörterbücher, Klassifikationen und Ontologien stellen ein wichtiges Bindeglied in BIM-Projekten dar, um eindeutige Auszeichnungen und verbindlichen Datenaustausch umzusetzen. Semiformal beschreibende Texte von Produkten und Lösungen in natürlicher Sprache sind nur von menschlichen Fachexperten lesbar und können oft unterschiedlich interpretiert werden. Eine gemeinsame Klassifikation von Objekten und ihrer Eigenschaften in maschinenlesbarer Form erleichtern die Suche, den Vergleich und die Auswahl von Lösungen anhand ihrer funktionalen Erfordernisse erheblich (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 9: BEETZ: 166).

Für Klassifizierungssysteme und Wörterbücher gibt es noch keine international einheitliches System. Dementsprechend wurden im internationalen Umfeld und in Deutschland eigene Klassifizierungssysteme und dazugehörige Vorschriften und Normen entwickelt. Im nachfolgend Kapitel werden einige dieser internationalen und nationalen Klassifizierungssysteme vorgestellt und im Detail betrachtet:

Internationale Klassifizierungssysteme:

- ISO 12006 - Hochbau - Organisation des Austausches von Informationen über die Durchführung von Hoch- und Tiefbauten
- buildingSMART Data Dictionary (bSDD)
- UniClass
- OmniClass

Nationale Klassifizierungssysteme:

- DIN 276 - Kosten im Bauwesen/ Objektkatalog Freianlagen
- DIN SPEC 91400/ Standardleistungsbuch für das Bauwesen (StLB-BAU)

6.1 Internationale Klassifizierungssysteme

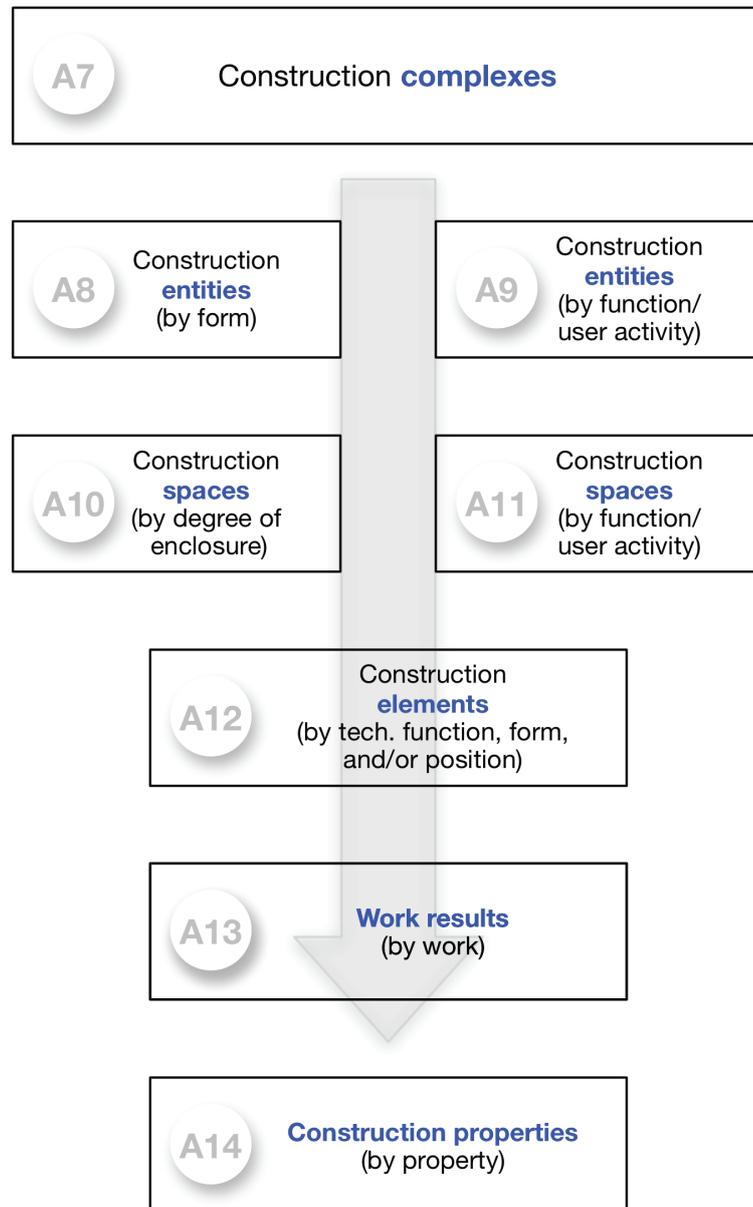
6.1.1 ISO 12006 - Hochbau - Organisation des Austausches von Informationen über die Durchführung von Hoch- und Tiefbauten

Die ISO 12006-Norm wurde als ein Schritt zur Harmonisierung verschiedene nationale und regionale Bauwerksklassifizierungssysteme entwickelt und dient weltweit als Rahmen für die Entwicklung nationaler Klassifizierungssysteme. Die ISO 12006 besteht dabei auch zwei Teilen:

1. ISO 12006-2:2015-05: Teil 2: Struktur für die Klassifizierung von Informationen
2. ISO 12006-3:2007-04: Teil 3: Struktur für den objektorientierten Informationsaustausch.

Der Teil 2 der ISO 12006-Norm stellt ein allgemeinen konzeptionellen Rahmen für BIM-Klassifizierungssysteme bereit, indem es einen Vorschlag für eine allgemeine Hauptstruktur der im Bauwesen zu beschreibenden Konzepte beschreibt. Dabei beschreibt die Norm nur die Titel der Klassifikationstabellen (wie etwa „Produkt“, „Prozess“, „Ressource“), ohne bindend für die modellierbaren Gliederungen zu

sein. Die Norm zeigt dabei, wie die in jeder Tabelle klassifizierten Objekte in Beziehung stehen und als eine Reihe von Systemen und Subsystemen agieren, wie z.B. in einem Bauwerksinformationsmodell. Durch das Klassifizierungssysteme nach ISO 12006-2 ist ein Bauteil in unterschiedlichen Detailierungsgraden eindeutig klassifizierbar. Die Abbildung 61 stellt diese konzeptionelle Gliederung schematisch dar (vgl.: ISO, 2015; EKHOLM, 2005; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 9: BEETZ; STUHLMACHER, 2014).



STUHLMACHER, 2014

Abb. 61: Rahmenwerk für eine Bauklassifizierung nach ISO 12006-2:2015-05: Teil 2

Der Teil 3 der ISO 12006-Norm (ISO 12006-3:2007) spezifiziert ein konkretes Sprachinformationsmodell, das unabhängig für die Entwicklung von Wörterbüchern zum Speichern oder Bereitstellen von Informationen über Bauteile verwendet werden kann. Es ermöglicht die Referenzierung von Klassifizierungssystemen, Informationsmodellen, Objektmodellen und Prozessmodellen in einem gemeinsamen Rahmenwerk. Eine zentrale Bedeutung hat dabei das Basisprinzip, dass alle Konzepte jeweils Bezeichner und Beschreibungen in unterschiedlichen Sprachen haben können. Maßgeblich für die Identifizierung und Verwendung eines Konzeptes sind dabei nicht die Bezeichnungen in einer bestimmten Sprache (deut.: „Platte“, engl.: „slab“), sondern sein Globally Unique Identifier (GUID). Der Globally Unique Identifier ist eine einzigartige, sprachenunabhängige Zahlen-Nummern-Kombination. Diese GUIDs sind die verschiedenen sprachlichen Interpretationen zugeordnet, wodurch die Sprachausdrücke und -definitionen durch Computersystemen identifiziert werden und automatisch einen Begriff in eine andere Sprache übersetzen können. Um eine global eindeutige Identifikation für jeden mit allen relevanten Sprachen gekennzeichneten Begriff zu gewährleisten, muss für diese Begriffe und ihre Beziehungen zu Strukturen eine einzige weltweite GUID verwendet werden. Werden in einer Datenbank verschiedensprachige Bezeichner und Erläuterungen gesammelt, entsteht ein mehrsprachiges Wörterbuch, welches eine hervorragende Grundlage für eine internationale, länderübergreifende Zusammenarbeit darstellt (vgl: ISO, 2007; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 9: BEETZ; WERNIK, 2018).

6.1.2 bildungSMART Data Dictionary (bSDD)

Die buildingSmart Organisation hat auf Grundlage der ISO 12006-3 Norm das buildingSMART Data Dictionary (bSDD) entwickelt. Das bSDD ist kein Klassifizierungssystem im herkömmlichen Sinne, sondern ein globales Wörterbuch, das über 60.000 Begriffe und Definitionen (Stand 2015) in mehreren Sprachen umfasst und das Ziel hat eine Bibliothek für einheitliche technische Fachsprache für das Bauwesen zu schaffen. Das Potenzial des bSDD ist es, die internationale, aber auch nationale Zusammenarbeit im Baugewerbe erheblich zu verbessern sowie auch die Kommunikation. Hierfür arbeitet das bSDD über ein offenes Webinterface (siehe Abb. 62), so dass es jedem möglich ist kostenlos darauf zuzugreifen. Das bSDD ist nicht nur ein hilfreiches Tool im Rahmen des BIM-Workflows, sondern vor allem auch die Möglichkeit, die Verwendung technischer Begriffe unabhängig von

der verwendeten Sprache zu vereinheitlichen (MCPARTLAND, 2017-3), so dass zum Beispiel eine Bank das gleiche in Deutschland, USA, Schweden und China bedeutet. Hierzu ist jeder Begriff in der bSDD einem GUID zugeordnet, so dass die Begriff nicht nur von den Nutzern interpretiert werden können, sondern auch von den Computersystemen.

Zusätzlich zu der einheitlichen Fachterminologie ist das bSDD auch der zentrale Speicherort für die Eigenschaften des IFC-Modells, wobei jede einzelne Eigenschaft durch ein Konzept repräsentiert wird. Zahlreiche Relationen zu anderen Konzepten, den jeweils relevanten Klassendefinitionen im IFC-Modell, nationalen Klassifikationssysteme sowie Verknüpfungen zu verschiedenen nationalen Normen und Vorschriften machen das bSDD zu einer wichtigen Grundlage für ein open-BIM. Da jeweils nur bestimmte lokale Normen, Ordnungen oder Begrifflichkeiten relevant sein können, können diese im bSDD über Filter ausgewählt werden, um etwa nur alle deutschsprachigen Begriffe und Beziehungen zu wählen (vgl: BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 9: BEETZ; WERNIK, 2018). Das bSDD ist aber nicht nur für Architekten, Ingenieure und Bauherren interessant, sondern auch für Hersteller. Diese können über den GUID ihre Produkte mit einer einheitlichen Terminologie über das bSDD veröffentlichen.

buildingSMART, 2019-2

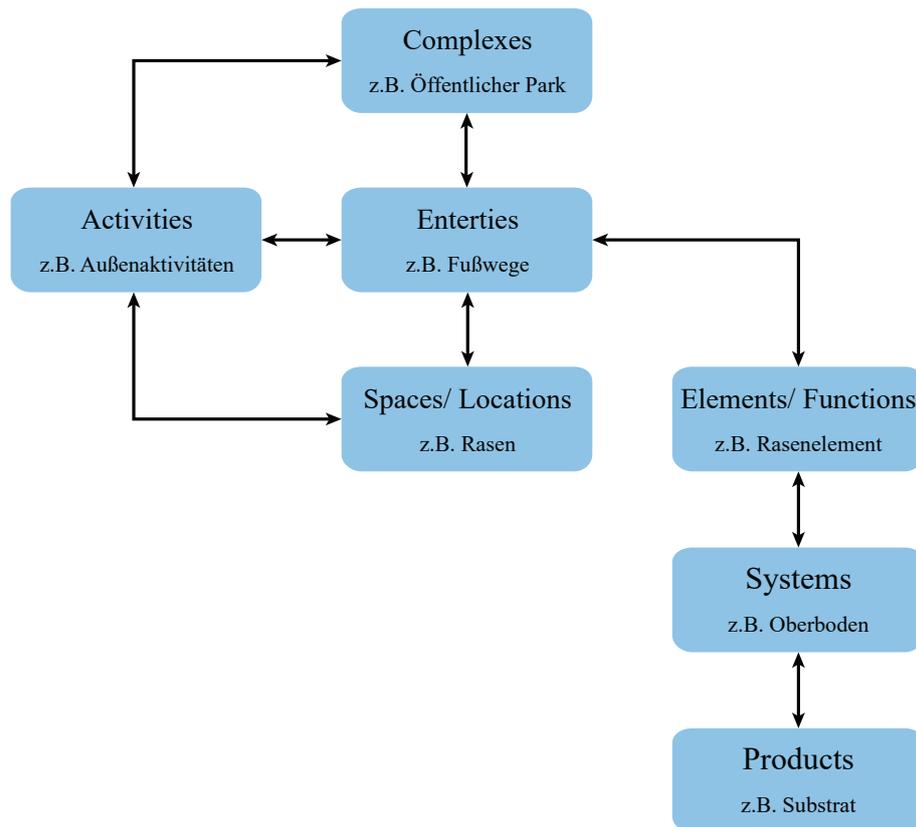
Abb. 62: Webinterface des bSDD. Dargestellt sind am Beispiel einer “Tür” die Beschreibungen des Konzeptes , seinen Eigenschaften und Bestandteilen (links), sowie relevanter Normen und Vorschriften (rechts)

Das bSDD befindet sich seit Anfang 2018 in der Beta-Testphase und wird zur Zeit noch hauptsächlich von Universitäten und in der Forschung verwendet. Dabei entwickelt sich das bSDD durch seine Anwender. Im Moment sind eine Vielzahl der Einträge aus dem skandinavischen Raum, Amerika und den Niederlande. Besonders bei den Normen und Vorschriften für den Hochbau fehlen deutsche Einträge. Für die Landschaftsarchitektur hingegen fehlen insgesamt noch Einträge. Um das bSDD in Zukunft für internationale Projekte in der Landschaftsarchitektur nutzen zu können, müssen Einträge für die Landschaftsarchitektur erarbeitet und ergänzt werden. Der erste Schritt hierfür ist durch buidlingSMART bereits genommen, in dem der Arbeitskreis “IFC for Site, Landscape and Urban Planning” 2018 gegründet wurde und dort die nötigen Klassen für die Landschaftsarchitektur im IFC erarbeitet werden, die dann auch im bSDD ergänzt werden.

6.1.3 UniClass-Klassifikation

Das UniClass-Klassifizierungssystem wurde in seiner ersten Version 1997 in Großbritannien veröffentlicht, um bei Bauprojekten die Informationen nach einem einheitlichen Standard zu klassifizieren. Über die Jahre wurde die erste Version in Teilen immer wieder weiterentwickelt, um mit den geänderten Anforderungen der Baubranche kompatibel zu bleiben. 2015 wurde eine stark überarbeitete Version des ursprünglichen Klassifizierungssystems veröffentlicht. Das UniClass 2015 (oder UniClass 2) ist ein vollkommen einheitliches Klassifizierungssystem, wodurch zum ersten Mal Hochbau, Landschaftsarchitektur und Infrastruktur in einem einheitlichen Schema klassifiziert werden können. Es wurde auch explizit für den BIM-Einsatz und das BIM Level 2 konzipiert. Dabei ist das UniClass 2015 nach den Vorschriften der ISO 12006-2: 2015-04 entwickelt worden, wodurch es international eingesetzt und mit anderen ähnlich kompatiblen Klassifizierungssystemen kombiniert werden kann (DELANY, 2015). Das UniClass 2015-System besteht aus sieben Haupttabellen und mehreren Zusatztabelle für den BIM-Prozess. Die Haupttabellen stellen verschiedene Facetten des Bauprojektes dar, wodurch sich die Projektinformationen jeden Maßstabs vom groben (z.B. Schulcampus) bis ins Detail (z.B. Bordstein) definieren lassen. In jeder Tabelle ist eine andere Informationsklasse enthalten, welche zur Kategorisierung von Informationen für Kalkulation, Briefing, CAD-Layering usw. sowie bei der Erstellung von Spezifikationen oder ande-

ren Produktionsdokumenten verwendet werden können (AUTODESK, 2018). Die Abbildung 63 zeigt den Zusammenhang der sieben Haupttabellen, wobei sich auch zeigt wie die jeweiligen Tabellen untereinander gegliedert sind.



Eigene Darstellung in Anlehnung an DELANY, 2015

Abb. 63: Schematischer Aufbau UniClass 2015-Klassifizierungssystem mit Beispielen aus der Landschaftsarchitektur

Über die jeweiligen Tabellen lässt sich ein Projekt vom Groben bis ins Detail klassifizieren. Die Tabelle “*Complexes* (Co)” gibt eine umfassende Sicht auf das Projekt und beschreibt es im Allgemeinen, ob es sich bei dem Projekt um ein Park oder Hochschulcampus handelt. Die Tabelle “*Complexes*” ist weiter untergliedert in die Tabelle “*Entities* (En)”, “*Activities* (An)” und “*Spaces/Locations* (SL)”.

Die Tabelle “*Entities*” beschreibt genau Elemente, in denen unterschiedliche Aktivitäten stattfinden, wie eine Rasenfläche, Fußweg, Gebäude, etc. Die Tabelle “*Activities*” definiert, welche Benutzeraktivitäten im Komplex, in der Entität oder im Raum untergebracht sind. Zum Beispiel kann ein Park in individuelle Aktivitäten

heruntergebrochen werden, wie Entspannung, Spazieren gehen, Spielen, etc... . In der Tabelle “*Spaces/Locations*” werden Räume für Aktivitäten beschrieben, wobei sich diese Tabelle mehrheitlich auf die Räume in Gebäuden konzentriert, wie Küche, Konferenzraum, Klassenzimmer, etc. (DELANY, 2015).

Die Tabelle “*Entities*” bildet die Grundlage für die detaillierte Klassifizierung des Projekts. Die Elemente in der Tabelle “*Entities*” werden in der Tabelle “*Elements/Functions* (EF)” beschrieben. Demnach kann ein Park in Wege, Rasen und Staudenflächen untergliedert werden. Die Tabelle “*Elements/Functions*” wird dabei von der Tabelle “*Systems* (Ss)” komplett beschrieben, wie die Belagsart der Wege oder Entwässerungssysteme. Die Tabelle “*Systems*” beinhaltet wiederum die Tabelle “*Products* (Pr)”, wobei diese die einzelnen Produkte spezifiziert, die für die Konstruktion benötigt werden (DELANY, 2015).

Die einzelnen Tabellen sind in sich sehr systematisch aufgebaut. Die Nummerierung der Einträge in den Tabellen setzt sich aus mehreren Zeichen in einer definierten Reihenfolge zusammen. Am Anfang der Nummerierung steht die Abkürzung der jeweiligen Tabelle (Co= Complexes; Ss= Systems), wodurch eine schnelle Tabellenzuordnung des Codes möglich ist. Danach besteht der Code aus drei oder vier Detaillierungsebenen mit Zahlen. Die einzelnen Tabellen sind so konzipiert, dass sie flexibel und in der Lage sind, ausreichende Codierungen aufzunehmen, um eine Abdeckung zu gewährleisten, die eine Vielzahl von Elementen und Umständen ermöglicht, einschließlich neuer Technologien und Entwicklungen, die noch entstehen. Jeder Code besteht entweder aus vier oder fünf Zeichenpaaren. Das Anfangspaar identifiziert, welche Tabelle verwendet wird, und verwendet Buchstaben. Die vier folgenden Paare stellen Gruppen, Untergruppen, Abschnitte und Objekte dar. Durch die Auswahl von Zahlenpaaren können bis zu 99 Elemente in jede Gruppe von Codes einbezogen werden, was viel Spielraum für die Aufnahme bietet (AUTODESK, 2018). Zum Beispiel sind die Bauteile in der Tabelle “*Systems*” in Gruppen mit Untergruppen angeordnet, die nochmal unterteilt sind, was zum endgültigen Objektcode führt (siehe Tab. 12).

Ss_30	Roof, floor and paving systems	(Gruppe)
↳ Ss_30_14	Paving systems	(Untergruppe)
↳ Ss_30_14_15	Concrete road and paving systems	(Abschnitt)
↳ Ss_30_14_15_14	Concrete grass-filled paving systems	(Objekt)
↳ Ss_30_14_15_16	Concrete paving systems	(Objekt)
↳ Ss_30_14_15_17	Concrete porous paving systems	(Objekt)
↳ Ss_30_14_15_18	Concrete runway paving systems	(Objekt)
⋮		
↳ Ss_30_14_80	Fast dry clay sports paving systems	(Abschnitt)
↳ Ss_30_14_80_30	Hoggin paving systems	(Objekt)
↳ Ss_30_14_15_37	Hard binding gravel paving systems	(Objekt)
↳ Ss_30_14_15_40	Loose laid aggregate paving systems	(Objekt)
↳ Ss_30_14_15_45	Fast dry clay sports paving systems	(Objekt)
⋮		

Eigene Darstellung; Datengrundlage: NBS, 2019-2

Tab. 12: Aufbau des UniClass 2015-Klassifizierungssystem in der Tabelle „Systeme“ mit Beispielklassifizierungen mit Elementen aus der Landschaftsarchitektur

6.1.4 OmniClass- Klassifikation

Das *“OmniClass Construction Classification System”*, oder einfach nur OmniClass, ist das Pendant der nordamerikanischen Bauindustrie zum britischen UniClass-Klassifikationssystem. Das OmniClass-System wird seit Anfang der 1990er entwickelt und seitdem regelmäßig aktualisiert. Wie bereits der UniClass-System ist auch das OmniClass konform mit ISO 12006-2: 2015-04 und kann von allen Fachdisziplinen über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks bei der BIM-Methode verwendet werden (CSI, 2019). Anders als das UniClass hat das OmniClass mehr Klassifizierungsgruppen für die Landschaftsarchitektur. Das OmniClass-System verwendet 15 miteinander verknüpfte Tabellen zum Klassifizieren und Ordnen der Bauwerksdaten, wobei die Tabellen jeweils unterschiedlichen Facetten der Bauwerksinformationen repräsentieren. Die Tabellen bauen hierarchisch aufeinander auf und sind so in der Lage, ein Objekt über mehrere Facetten zu klassifizieren und Daten zu strukturieren. Jede Tabelle kann dabei unabhängig voneinander ver-

wendet werden, um einen bestimmten Informationstyp zu klassifizieren. Darüber hinaus können Einträge mit Einträgen in anderen Tabellen kombiniert werden, um so komplexere Themen zu klassifizieren, wodurch es möglich ist je nach Bedürfnis und Anforderung die Bauteile und ihre Funktionen genau zu klassifizieren (vgl. AUTODESK, 2018; AFSARI, EASTMANN, 2016; CSI, 2019).

Von den 15 Tabellen geht es speziell in den Tabellen 21, 22 und 23 die um die genaue Klassifizierung von Bauprodukten. Die Tabelle 21 beschreibt die sogenannten “*Elements*”, die ein Hauptbauteil, eine Baugruppe oder ein Konstruktionsentitätsteil sind, die an sich oder in Kombination mit anderen Teilen eine vorherrschende Funktion des Konstruktionselemente erfüllen (CSI, 2019). Die beschriebenen Elemente in Tabelle 21 lassen sich durch die Tabelle 22 und Tabelle 23 beschreiben. Die Tabelle 22 klassifiziert die “*Work Results*” (Arbeitsergebnisse), wobei die Arbeitsergebnisse Bauergebnisse sind, die in der Produktionsphase oder durch nachträgliche Änderungs-, Wartungs- oder Abbruchprozesse erzielt werden (CSI, 2019). Die Tabelle 23 beschreibt die einzelnen Produkte, aus denen die jeweiligen Bauelemente hergestellt werden (CSI, 2019). Durch die Kombination dieser drei Tabellen kann ein Bauteil exakt klassifiziert werden.

Wie bereits das UniClass-System sind auch die Tabellen des OmniClass-Systems so angelegt, dass sie flexibel in der Anwendung sind und zusätzliche Codierungen für neue Bauteile aufnehmen können. Die einzelnen Bauteile werden durch gewöhnlich vier oder fünf Zeichenpaare, in einigen Fällen sogar bis zu acht Zeichenpaare, klassifiziert. Das Anfangspaar identifiziert dabei die jeweilige Tabelle, in der das Bauteile beschrieben ist. Anders als beim UniClass werden die Tabellen durch Zahlen identifiziert, wodurch die Identifizierung der Tabelleninhalte schwieriger als beim UniClass sein kann. Die folgenden Zahlenpaare stellen die Detaillierungslevel (Level 1-7 Titel) dar. Die Codierung der Produkte in der Tabelle 23 sind zum Beispiel in sieben Detaillierungslevel unterteilt (siehe Tab. 13)

↳ 23-11 00 00	Site Products	Level 1 Titel
↳ 23-11 21 00	Pavements	Level 2 Titel
↳ 23-11 21 17	Paving Blocks	Level 3 Titel
↳ 23-11 21 17 11	Unit Pavers	Level 4 Titel
↳ 23-11 21 17 11 11	Asphalt Block Pavers	Level 5 Titel
↳ 23-11 21 17 11 13	Brick Pavers	Level 5 Titel
↳ 23-11 21 17 11 15	Interlocking Precast Concrete Pavers	Level 5 Titel
↳ 23-11 21 17 11 17	Precast concrete pavers	Level 5 Titel
⋮		
↳ 23-11 21 21	Pavement Drainage	Level 3 Titel
↳ 23-11 21 21 11	Culverts	Level 4 Titel
↳ 23-11 21 21 11 13	Concrete Culverts	Level 5 Titel
↳ 23-11 21 11 13 11	Concrete Arch Buried Bridge Culverts	Level 6 Titel
↳ 23-11 21 11 13 13	Concrete Arch Culverts	Level 6 Titel
↳ 23-11 21 11 13 15	Concrete Box Culverts	Level 6 Titel
⋮		

Eigene Darstellung; Datengrundlage: CSI, 2019

Tab. 13: Aufbau des OmniClass-Klassifizierungssystem in der Tabelle 23 mit Beispielklassifizierungen mit Elementen aus der Landschaftsarchitektur

Zusätzlich wird in jeder Tabelle gleich für jeden Eintrag die Referenzierung in der folgenden Tabelle angegeben. Diese Ergänzung zu den Tabellen erleichtert dem Nutzer die durchgehende Referenzierung durch alle Tabellen. Obwohl OmniClass so konzipiert ist, dass es für die Klassifizierung von Hardcopies (klassische physische Speichermethoden) verwendet werden kann, hängt die tatsächliche Leistungsfähigkeit von OmniClass von seiner Implementierung in der Computertechnologie ab (hauptsächlich relationale oder objektorientierte Datenbanken), die Fähigkeit dieser Technologie, Informationen aus einer Vielzahl von Perspektiven zu verknüpfen und Berichte aus allen Perspektiven zu erstellen. Das Ergebnis ist ein Informationsmanagement-Tool, das flexibler und leistungsfähiger ist, als jedes einfache Flatfile-Speichersystem (AUTODESK, 2018).

6.2 Nationale Klassifizierungssysteme

6.2.1 DIN 276 / Objektkatalog Freianlagen

Die DIN 276 gilt für die Kostenplanung im Bauwesen, insbesondere für die Ermittlung und Gliederung von Kosten (DIN, 2018-12). In Deutschland ist die DIN 276 zwingend für Kostenermittlungen im Bauwesen anzuwenden. Die nach der DIN 276 ermittelten Kosten dienen auch als Grundlage der Honorarberechnung für Architekten und Ingenieure nach der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure. Damit stellt die DIN 276 einen wichtigen Bestandteil der deutschen Baukultur dar und wird wegen ihrer Bedeutung als Kostengliederung bereits in der klassischen 2D-Planung häufig als Klassifizierungssystem der Layer verwendet. Ein Problem mit der DIN 276 war bisher, dass es zwei Teile der DIN gab, Teil 1 DIN 276-1:2008-12: Kosten im Bauwesen- Teil 1: Hochbau und Teil 2 DIN 276-4: 2009-08: Kosten im Bauwesen- Teil 2: Ingenieurbau, und beide Normteile die gleiche Codierung für unterschiedliche Bauelemente verwendeten. Dieses Problem wurde mit der aktuellen Fassung vom Dezember 2018 zwar behoben, trotzdem eignet sich die DIN 276 nicht als ganzheitliches Klassifizierungssystem im BIM-Modell, da die Bauteile mit dieser DIN nur als Bauteilgruppen (=Kostengruppen (KG)) klassifiziert werden und keine eindeutige Klassifizierung der einzelnen Bauteile möglich ist. Aus diesem Grund ist die DIN 276 auch nicht konform mit der ISO 12006-2.

Beim Betrachten der Klassifizierung der DIN 276 ist erkennbar, dass dort lediglich Elemente, nach der Terminologie der ISO 12006-2, definiert werden, als nur Bauteilgruppen. Nach der Klassifizierung aus der DIN 276 ist nicht unterscheidbar, ob ein Weg mit Natursteinpflaster oder Asphalt hergestellt ist (siehe Tab. 14). Es wird lediglich nach der Funktion unterschieden. Dennoch ist eine Klassifizierung nach der DIN 276 für die Kostenermittlung auch im BIM-Modell wichtig, aber eben nicht als ein umfassendes, maschinenlesbares Klassifizierungssystem, sondern nur als Teil eines ganzheitlichen Klassifizierungssystems, ähnlich dem UniClass 2015- oder dem OmniClass-System.

↳ KG 500	Außenanlagen und Freianlagen
↳ KG 530	Oberbau, Deckschichten
↳ KG 531	Wege
↳ KG 532	Straßen
↳ KG 533	Plätze, Höfe, Terrassen
↳ KG 534	Stellplätze
⋮	

Eigene Darstellung; Datengrundlage: DIN, 2018-12

Tab. 14: Aufbau der DIN 276-Klassifizierung am Beispiel der Kostengruppe 500 „Außenanlagen und Freianlagen“

Eine Weiterentwicklung der DIN 276 stellt der Objektartenkatalog Freianlagen (OK FREI) der Forschungsgesellschaft Landschaftsbau Landschaftsentwicklung (FLL, 2016) da, der aber nur die Kostengruppe 500 „Außenanlagen“ umfasst. Der OK FREI entspricht der Gliederung der DIN 276, detailliert die Bauteilgruppen aber noch und definiert einzelne Untergruppen (siehe Tab. 15) (FLL, 2016). Dabei ist der OK FREI noch nicht an die aktualisierte DIN 276 vom Dezember 2018 angepasst und spiegelt noch den Stand der DIN 276-1:2008-12 wider.

↳ KG 500	Außenanlagen *
↳ KG 520	Befestigte Flächen *
↳ KG 521	Wege
↳ KG 521.10	Wassergebundene Wegefläche
↳ KG 521.20	Pflasterflächen
↳ KG 521.30	Plattenflächen
↳ KG 521.40	Asphaltflächen
⋮	

Gliederung des OK FREI noch nach dem veralteter Stand DIN 276-1:2008-12

Eigene Darstellung; Datengrundlage: FLL, 2016

Tab. 15: Aufbau des Objektartenkatalogs „Freianlagen“

Der OK FREI wurde nicht als Klassifizierungssystem entwickelt, sondern als Unterstützung zur Planung und Durchführung von Pflegearbeiten und Wartungsarbeiten in Frei- und Außenanlagen. Auch ist der OK FREI als Klassifizierungssystem nicht konform mit der ISO 12006-2, aber durch seine Detaillierung der Bauteilgruppen könnte der OK FREI Teil eines Klassifizierungssystems werden. Im Gegensatz zur DIN 276 bietet der OK FREI eine klarere Gliederung der Kostengruppen, was schon bei der Kostenermittlung der Baukosten hilfreich ist. Bis ein deutsches Klassifizierungssystem nach der ISO 12006-2 entwickelt wird, bietet die DIN 276 und der OK FREI eine gute Möglichkeit die Bauteile zu klassifizieren. Hierfür bedarf es aber noch eine Aktualisierung des OK FREI auf die neue Kostengliederung nach der DIN 276:2018-12.

6.2.2 DIN SPEC 91400 / StLB-Bau

Ein Schritt zu einem umfassenden maschinenlesbaren Klassifizierungssystem in Deutschland stellt die DIN SPEC⁷ 91400 dar und wurde für die BIM-Modellierung entwickelt. Die DIN SPEC 91400 stellt ein bauteilorientiertes Klassifikations- und Beschreibungssystem für BIM auf, das mit Syntax und Semantik von IFC vereinbar ist und sich so leicht mit den IFC-Klassen verbinden lässt. Die Grundlage für das Klassifizierungssystem nach DIN SPEC 91400 bildet das in Deutschland verwendete Standardleistungsbuch Bau (StLB-Bau), das seinerseits mit weiteren Normen, Vorschriften und Richtlinien, wie der Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) und den Kostengruppen nach DIN 276 sowie Baupreisen, verbunden ist (vgl. DIN, 2015/ 2017-02; DIN.bauportal, 2019; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 9: BEETZ). Dabei kann das, durch die DIN SPEC 91400 vorgeschriebene, Klassifizierungssystem nur ein Teil eines Klassifizierungssystems nach ISO 12006-2 sein, da das StLB-Bau die genauen Arbeitsschritte sehr detailliert unterscheidet. Im Sinne der ISO 12006-2 handelt es sich dabei um die letzte Stufe eines Klassifizierungssystems.

⁷ DIN SPEC ist nicht Teil des Deutschen Normenwerks. Sie wird von Herstellern in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Institut für Normung für neuartige Herstellungs- und Prüfkonzepte und für innovative Technologien erarbeitet, für welche es noch keine DIN-Norm gibt. Die Erstellung einer DIN SPEC dauert im Vergleich zu einer DIN-Norm auch nur wenige Monate und es gibt keine vorveröffentlichten Entwürfe. Es wird durch die DIN SPEC schon mal ein Standard geschaffen, der später gegebenenfalls in eine DIN-Norm überführt werden kann (DIN, 2019-3)

Das Ziel der DIN SPEC 91400 ist es, durch die Verknüpfung mit dem StLB-Bau den Softwareherstellern eine Grundlage zu geben, auf welcher sie PlugIns für ihre Konstruktionsprogramme entwickeln können, die den Nutzern den standardisierten Katalog der Bauteileigenschaften zugänglich machen (DIN, 2015). Der Aufbau eines jeden Katalogs soll dabei durch einen Navigationsbaum bestimmt werden (siehe Abb. 64). Er definiert, ausgehend von einem allgemeinen Wurzelknoten, eine hierarchische Ordnungsstruktur im Sinne einer Spezialisierung mit schrittweiser Verfeinerung. Durch die DIN SPEC 91400 soll auch Teil des globalen Datenpools in Form des bSDD werden, in dem deutschsprachige Fachtermina in einem eigenen Teil des globalen Datenpools definiert und den Globally Unique Identifiers (GUID) zugeordnet werden (DIN, 2015).



DIN.bauportal, 2019

Abb. 64: Aufbau des Navigationsbaums des DIN 91400-Klassifizierungssystem

In der Praxis gibt es noch nicht viele Anwendungen, die auf Grundlage der DIN SPEC 91400 entwickelt wurden. Ein Beispiel hierfür wäre das von f:data GmbH und Dr. Schiller & Partner GmbH entwickelte "DBD-BIM". Dieses Plugin für Autodesk Revit und ArchiCAD ermöglicht es den Nutzern, direkt im Konstruktionsprogramm die Beschreibung von Bauteilen, Bauleistungen und Baukosten über eine webbasierte Datenbank zu verknüpfen und zu hinterlegen. Zusätzlich lassen sich die Merkmale und Ausprägungen der einzelnen Bauteile durch die relevan-

ten Abschnitte in den Normen definieren. Dabei kann die Detailtiefe der jeweiligen Projektphase angepasst und so über den Projektverlauf schrittweise erhöht werden. So lassen sich auch schon ab einer frühen Leistungsphase Kostenermittlungen erstellen, die anhand von regionalen Orientierungspreisen und Zeitansatz automatisch berechnet werden können. Damit ist ein einfacher Übergang zwischen Bauteilbeschreibung und Leistungsbeschreibung möglich. Durch die Verknüpfung der Daten kann so automatisch ein Leistungsverzeichnis für die Ausschreibung aus dem BIM-Modell generiert werden. Änderungen am Modell lassen sich ohne wenig Aufwand in den Baukosten und der Leistungsbeschreibung abbilden. Die im Modell hinterlegten Daten lassen sich über die IFC-Schnittstelle austauschen (vgl. DIN.bauportal, 2019; DBD-BIM, 2019).

Die DBD-BIM wurde anfangs für den Hochbau entwickelt und beinhaltet rund 700 Bauteilklassen und circa 2.000 Bauteiltypen (DIN, 2015). Für die Landschaftsarchitektur befindet sich das DBD-BIM noch in der Beta-Entwicklungsphase und wird durch Dr. Schiller & Partner GmbH in Zusammenarbeit mit der Hochschule Osnabrück entwickelt. Als Beta-Produkt kann es aber bereits verwendet werden, dabei allerdings nur für Autodesk Revit und ArchiCAD. Ob das Plugin in Zukunft auch für Vectorworks und andere Softwarelösungen veröffentlicht werden soll, ist derzeit nicht bekannt.

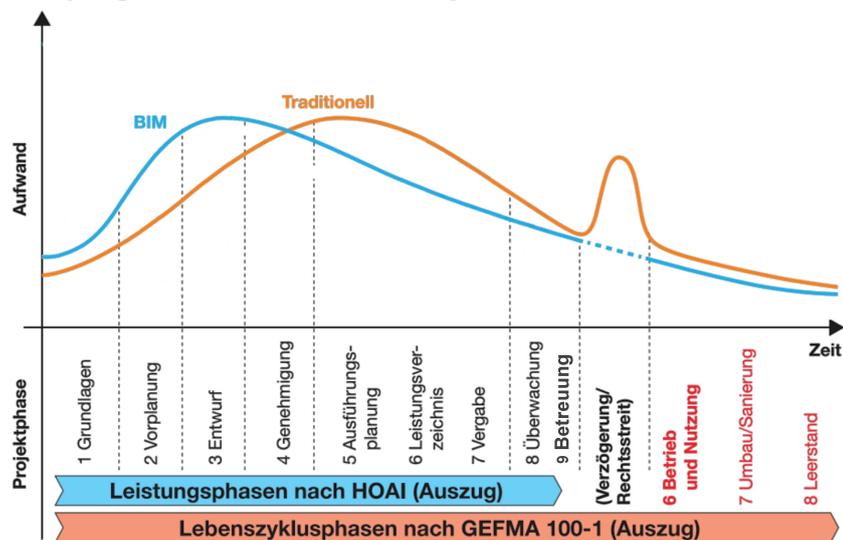
7 Einfluss der BIM-Methode auf den Projektablauf und die Arbeit des Landschaftsarchitekten

Neben den neuen Aufgaben, die mit der BIM-Methode entstehen, führt die BIM auch zu Änderungen in der Projektbearbeitung des Landschaftsarchitekten. Dabei beschränken sich die Änderungen nicht nur auf die Art, wie geplant wird, sondern auch auf die Bauausführung und die Unterhaltung der Bauwerke. Die Effizienz von BIM kann nicht auf einen einzelnen Bereich des Bauprozesses beschränkt werden, sondern die Vorteile von BIM entfalten sich nur wenn der gesamte Bauprozess betrachtet wird. Im nachfolgenden Kapitel werden deswegen auf die einzelnen Änderungen in der Projektabwicklung und -arbeit eingegangen. Dabei beruhen die hier beschriebenen Einflüsse von BIM auf einem vollständigen BIM-Prozess und stellen nicht den aktuellen Stand der BIM-Möglichkeiten dar. Diese wird in einem späteren Kapitel im Detail betrachtet.

7.1 Einfluss der BIM-Methode auf den Projektablauf

7.1.1 Aufwandsverschiebung

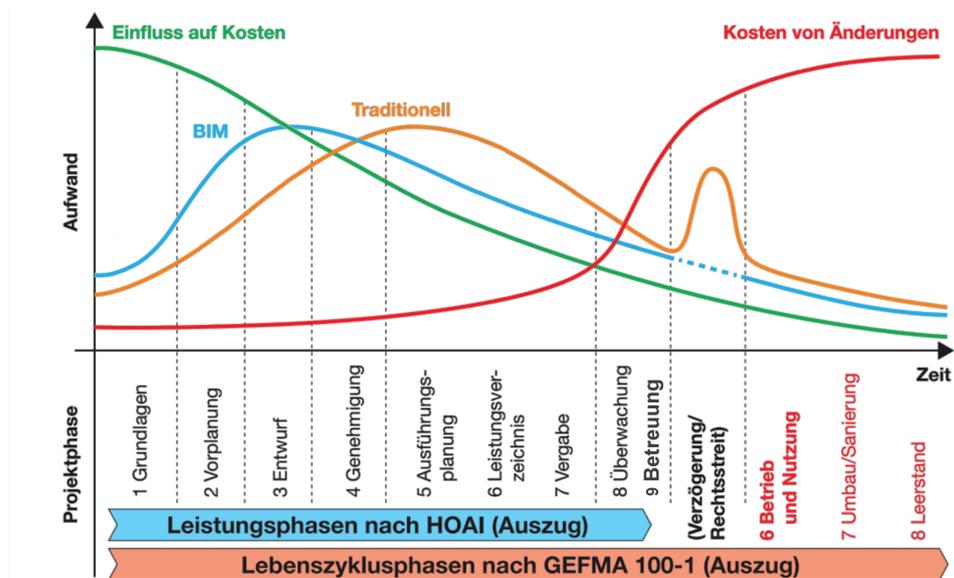
Einige der Änderungen lassen sich nicht einer einzelnen Projektphase zuordnen, da sie den gesamten Arbeitsprozess beeinflussen. BIM führt dabei, gegenüber der Projektabwicklung, zu einer allgemeinen Aufwands- und Entscheidungsverlagerung in die frühen Projektphasen, wie die Abbildung 65 darstellt.



STUHLMACHER, 2018; geändert durch den Verfasser dieser Arbeit

Abb. 65: Aufwandsverlagerung durch BIM in Relation gegenüber einer herkömmlichen Planung

Im Jahr 2004 beschrieb Patrick MacLeamy einen weiteren Zusammenhang, der durch die Aufwandsverschiebung bei BIM entsteht. Er zeichnete auf Grundlage der Aufwandsverschiebung eine Reihe von Kurven, die auf einer ziemlich selbstverständlichen Beobachtung basierten: Ein architektonisches Projekt wird schwieriger zu ändern sein, je weiter es sich in der Entwicklung befindet. (DAVIS, 2011). Der Kernpunkt seiner Erkenntnis ist, dass Planer ihren Hauptaufwand zu einem Zeitpunkt erbringen, wenn Entwurfsänderungen noch relativ kostengünstig sind und so auch zu einem frühen Zeitpunkt bereits viele Details bestimmt sind. Hierdurch können auch wichtigste kosten- und risikorelevante Entscheidungen frühzeitig abgestimmt werden (siehe Abb. 66).



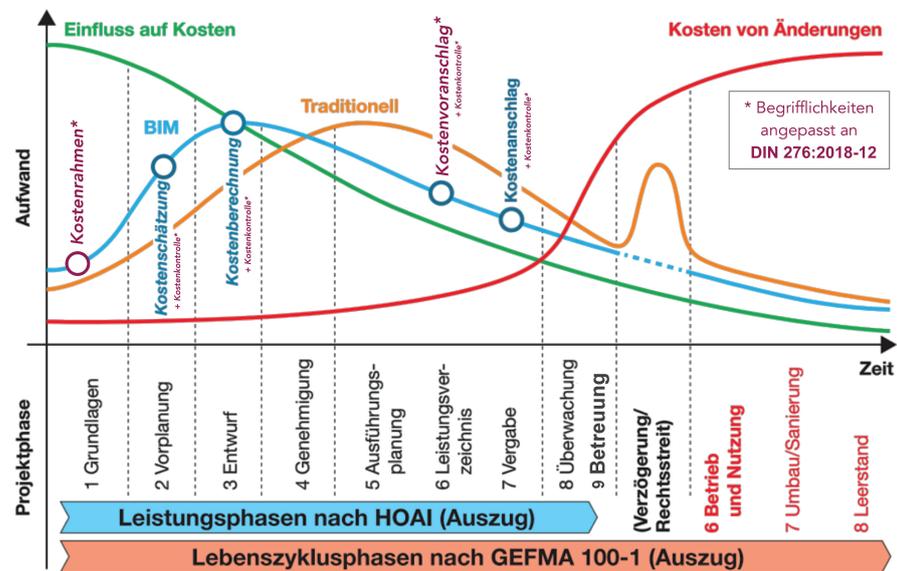
STUHLMACHER, 2018; geändert durch den Verfasser dieser Arbeit

Abb. 66: Aufwandsverlagerung durch BIM in Relation zur Beeinflussbarkeit auf die Kosten und die Kosten für Änderungen nach MacLeamy

Bei der herkömmlichen Planung erfolgt der Hauptaufwand zur Ausarbeitung des Entwurfs in späten Phasen (LPH 5-6). Dies bedeutet aber auch, dass Entwurfsanalysen erst zu einem späteren Zeitpunkt möglich sind. Hierdurch können wichtigen Entscheidungen auch erst zu einem Zeitpunkt nach der Genehmigungsplanung erfolgen. Dann sind die Möglichkeiten zur Änderung des Entwurfs allerdings bereits sehr begrenzt. Sollten sich durch die Entscheidungen Änderungen am Entwurf ergeben, bedarf es einer zusätzlichen Tektur des Bauantrags. Oft wird bei Bauvorhaben bei der Eingabe des Bauantrags sowieso schon mindestens eine Tek-

tur fest eingeplant, da alle Beteiligten wissen, dass sich der Entwurf noch erheblich ändern wird. Dies ist nicht zuletzt nur ein Zeitverlust, sondern verursacht auch zusätzliche Kosten.

Im Gegensatz dazu verlagert sich der Hauptplanungsaufwand mit dem BIM-Prozess in die frühen Phasen, in dem bereits hier ein umfassendes digitales Modell des Entwurfs erstellt wird. Das BIM-Modell ermöglicht die Bildung von Varianten, schnellere Änderungen und damit bessere Möglichkeiten, auf veränderte Rahmenbedingungen zu reagieren. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass bereits in diesen frühen Phasen Simulationen und Analysen auf Grundlage des Modells erstellt werden können. Hierdurch können wichtige kosten- und risikorelevante Planungsentscheidungen objektivierbar und vor allem frühzeitig vorbereitet, getroffen und nachvollzogen werden. Auf diese Weise können unterschiedliche Entwurfsoptionen eingehend untersucht werden, was zu einem verringerten Aufwand in späteren Planungsphasen und einer erhöhten Entwurfsqualität führt (vgl. BORMANN et. al., 2015- Kap. 1: BORMANN et. al./ Kap. 15: PETZOLD et. al.; DAVIS, 2011). Das Vorteil eines BIM-Modells in den frühen Planungsphasen ist die Beherrschung der Komplexität, insbesondere im Dialog mit Auftraggebern und Fachplanern. Die Kommunikation mittels 3D-Modellen erleichtert es auch Auftraggebern ohne Planungserfahrung, sich frühzeitig vorstellen können, wie das Bauwerk am Ende aussieht und sie nicht erst beim Bau erkennen, dass sie sich das doch eigentlich anders vorgestellt haben. Darüber hinaus ergibt sich ein weiterer Vorteil der BIM-Methode bei Kostenermittlungen. Durch die frühzeitigen Entscheidungen und Detaillierungen und der direkten Ableitung von Stück-, Massen- und Flächenlisten aus dem Modell, können belastbare Kostenermittlungen frühzeitig erstellt werden. Dies ist gut erkennbar, wenn die Zeitpunkte der Kostenermittlungen in der MacLeamy-Kurven aufgetragen werden (siehe Abb. 67).



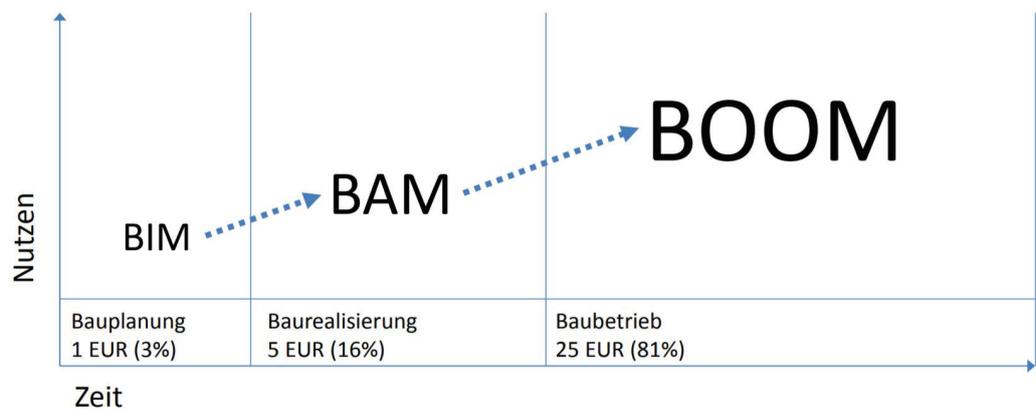
STUHLMACHER, 2018; geändert durch den Verfasser dieser Arbeit

Abb. 67: Aufwandsverlagerung durch BIM in Relation zur Beeinflussbarkeit auf die Kosten und die Kosten für Änderungen nach MacLeamy

In dem mehr Details in früheren Planungsphasen entscheiden werden müssen, können zu einem früheren Zeitpunkt bereits genaue und belastbare Kostenermittlungen erstellt werden, um so frühzeitig Planungs- und Kostensicherheit für den Auftraggeber zu bekommen. Dabei ist noch nicht bekannt, welchen Einfluss ein BIM-Modell auf den Aufwand bei Rechtsstreitigkeiten haben wird. Dabei ist aber zu erwarten, dass ein Modell den Aufwand durchaus erleichtern kann, da alle Informationen zentral im Modell gespeichert sind und nicht aus unzähligen Plänen, Dokumenten, Ordnern zusammengesucht werden müssen.

7.1.2 Lebenszyklische Betrachtung

Trotz der frühen Planungs- und Kostensicherheit liegen die Vorteile von BIM nicht primär in der Vorentwurfs- und Entwurfsphase, sondern vor allem in nachgelagerten Prozessen sowie beim Auftraggeber. Hierbei hilft es die Kostenverteilung innerhalb eines Bauprojektes aufzuschlüsseln (siehe Abb. 68).



WERNIK, 2012

Abb. 68: Aufschlüsselung der Baukosten nach Projektphasen

Bei der Aufschlüsselung werden die Baukosten nach den drei Projektphasen (Planung, Realisierung, Betrieb) unterteilt. So ergibt sich, dass für jeden 1 EUR, der in der Planung ausgegeben wird, 5 EUR für die Realisierung und 25 EUR für den abschließenden Betrieb ausgegeben werden. Den Großteil der Gesamtkosten für ein Bauwerk (81%) entsteht so beim langjährigen Betrieb des Bauwerks. Nach MacLeamy wird in der Planung ein *Building Information Model (BIM)* durch den Planer erstellt. Das BIM dient dem ausführenden Betrieb als Grundlage für seine Werkplanung, die in einem *Building Assembly Model (BAM)* dargestellt werden. Der Betreiber nutzt das BIM und BAM als Grundlage und nutzt ein *Building Operation Optimization Model (BOOM)* als Werkzeug zur Bauwerksbetrieboptimierung (vgl. WERNIK, 2012; ROSSENFELD, 2012). Das Modell verdeutlicht auch nochmal, dass alle Projektphasen auf dem Modell und den Daten der davor liegenden Phase aufbauen und keine Informationen durch Medienbrüche verloren gehen. MacLeamy ist der Ansicht, dass durch BIM bis zu 30% der Bau- und Betriebskosten, durch die Optimierung der Prozesse, eingespart werden können. Der wahre Vorteil von BIM ist so eine bessere Planung, bessere Ausführung und besserer Betrieb, eben ein Vorteil über den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerkes (ROSSENFELD, 2012). Aus diesem Grund sollte bei BIM nicht nur für eine Projektphase angewendet werden, sondern über alle Phasen. Für die Planungsphase bedeutet dies aber auch, dass in Betracht des Lebenszyklus des Bauwerks geplant werden sollte. Für den Planer bedeutet das unter anderem, Materialien und Ausstattungselemente so zu wählen, dass sie einen langen Lebenszyklus haben und nachhaltig sind. Im End-

effekt kann der Planer aber nicht die finale Entscheidung treffen. Dies obliegt dem Bauherren. BIM kann dem Planer aber als Argumentationsgrundlage dienen, in dem es den Lebenszyklus von z.B. unterschiedlichen Materialien simulieren kann und die Lebenszykluskosten über einen definierten Zeitraum darstellt. Hierdurch ist ein sofortiger monetärer Vergleich verschiedener Varianten möglich. Der Vergleich der Varianten hinsichtlich der Lebenszykluskosten fördert überdies ein nachhaltiges Design, da die Lebenszykluskostenrechnung nicht auf die Realisierung kurzfristiger autonomer Einsparungen abzielt, sondern auf die Optimierung der Gesamtkostenentwicklung über den Lebenszyklus (MENDRIANA, 2017). Der Planer und BIM können die Lebenszykluskosten unterschiedlicher Varianten zwar darstellen, der Auftraggeber muss am Ende davon wegkommen bei Baumaßnahmen Komponenten einzuplanen, die in der Anschaffung am preiswertesten sind, aber langfristig nicht die günstigste und effizienteste Lösung. Schließlich ist es auch im Interesse des Auftraggebers langfristig Geld zu sparen.

7.2 Einfluss der BIM-Methode auf die Planungsphase

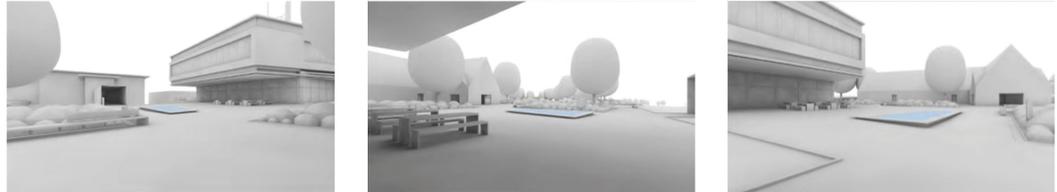
7.2.1 Planungsprozess

Bei der herkömmlichen 2D Planung wurden als Hauptprodukt Grundrisse und Schnitte gezeichnet, um Intentionen der Planung zu vermitteln. Dabei bestanden die Planungen nur aus zweidimensionalen Strichen und Symbolen, womit so unter anderem Wege, Staudenflächen, Mauern, Treppen, etc. dargestellt werden. Nur über Legenden wurde deutlich was die einzelnen Linien und Symbole im Plan bedeuten. Der Betrachter musste sich aus den ganzen zweidimensionalen Darstellungen und Informationen ein eigenes Modell im Kopf erstellen.

BIM verabschiedet sich von diesem Konzept. So sind bei BIM Grundrisse und Schnitte mit zweidimensionalen Strichen und Symbolen nur Nebenprodukte, die aus dem BIM-Modell abgeleitet werden (BORMANN et. al., 2015- Kap. 15: PETZOLD et. al.: 265 ff). BIM nutzt zur Planung einen hybriden Ansatz aus geometrischer und objektorientierter Modellierung (vgl. Kap. 3. „Grundlagen der Modellierung mit BIM“, S. 26). Zum einen wird dabei ein 3D-Modell des Bauwerks mit allen benötigten geometrischen und alphanumerischen Informationen erstellt und

die, nach dem Prinzip der objektorientierter Modellierung, in Klassen eingeteilt sind, nicht mehr mit Layern wie in der herkömmlichen CAD-Planung. Zum anderen wird das Modell mit vordefinierten Objekten modelliert. Dies bedeutet, dass in der BIM-Modellierung nicht mehr jede einzelne Linie jedes Objekts gezeichnet wird, sondern die Objekte werden aus der Datenbank (auch Objektkatalog genannt) in das Modell eingefügt. Dabei bieten viele BIM-Anwendungen bereits vordefinierte Objektdatenbanken, in denen die geometrischen und alphanumerischen Informationen hinterlegt sind. Zusätzlich können individualisierte, benutzerdefinierte Objekte in der Datenbank ergänzt werden. Hierdurch ist es möglich, je nach Planungsanforderungen Objekte zu definieren und zu ändern. Dies setzt jedoch umfassende Kenntnisse für die Erstellung und Verwaltung der Objekte voraus (EGGER et. al., 2013). Da aber individualisierte Objekte selten wieder verwendet werden und der Modellieraufwand größer ist als bei der 2D-Planung, sind neue Interaktions- und Modellierparadigmen für Softwarewerkzeuge notwendig (BORMANN et. al., 2015- Kap.15: PETZOLD et. al.: 267). Die bedeutet für den Planer nicht nur neue Arbeitsabläufe und eine umfangreiche Softwarekenntnis, sondern auch ein dreidimensionalen Denkansatz, wobei er sich in seinen Gedanken das fertige Modell bereits vor Beginn vorstellen muss.

Für die Modellierung ist es wichtig, vor Beginn festzulegen, welches Level of Development, Level of Geometry und Level of Information für jedes Objekt wann benötigt wird, so dass nicht von Beginn an alles bis ins kleinste Detail modelliert wird. Dies ist nicht zielführend und kann am Anfang der Planung vom Entwerfen und von der Kreativität ablenken, wenn es zum Beispiel erst mal nur um die Schaffung von Räumen geht. Oft erwartet auch der Auftraggeber gleich zu Beginn ein photorealistisches 3D-Modell, in dem alles bereits durchgeplant ist, da die Software das ja kann. Die Erwartungen des Auftraggebers sollten deswegen frühzeitig besprochen werden und der Auftraggeber gegebenenfalls aufgeklärt werden. So kann es zu Beginn der Planung zum Beispiel am zielführendsten sein, das Modell rein weiß zu lassen, so gesagt als Styropormodell, nur um die Räume darzustellen (siehe Abb. 69) (FUNK, 2019).



FUNK, 2019

Abb. 69: Styropormodell einer landschaftsarchitektonischen Planung in den frühen Leistungsphasen

Zusätzlich ermöglicht die Parametrisierung des Modells die Bildung von Varianten, schnellere Änderungen und damit bessere Möglichkeiten, auf veränderte Rahmenbedingungen zu reagieren. So ermöglicht die Parametrisierung und das objektorientierte Modellieren zum Beispiel, dass ein Objekt schnell durch ein anderes Objekt ausgetauscht werden kann und sich das Modell an die geänderten Parameter anpasst. Durch die hinterlegten alphanumerischen Informationen und die automatische Mengen- und Massenermittlung können auch schnell die neuen Baukosten für die geänderte Planung ermittelt werden. Dies erlaubt es frühzeitig planungs- und kostenrelevante Entscheidungen auf Grundlage der aktuellen Baukosten plausible vorzubereiten, zutreffen und nachzuvollziehen (BORMANN et. al., 2015- Kap. 15: PETZOLD et. al.: 266). Aber auch bei der Abstimmung und dem Austausch bedarf es einiger Änderungen im Arbeitsablauf. Wo es mit der 2D-Planung noch üblich ist, nicht fertige Bereiche der Planungen nicht an die anderen Projektbeteiligten zu verteilen, ist dies mit BIM nicht mehr möglich. Beim Austausch und bei Besprechungen wird immer das gesamte Modell verwendet, auch mit den noch nicht fertig geplanten Bereichen der Planungen. Der frühzeitige Austausch ist auch nötig, dabei muss aber auch offen kommuniziert werden, dass ein bestimmter Teil noch nicht fertig ist. Per se ist dies auch nichts schlimmes, es muss nur klar kommuniziert werden, wenn irgendetwas noch nicht fertig geplant ist.

Dieses offene Kommunizieren ist im allgemeinen wichtiger Teil der BIM-Koordination. Unterstützt wird dies auch durch die Möglichkeit der Kollisionsprüfungen der einzelnen Teilmodelle. Dabei werden die einzelnen Teilmodelle zu einem sogenannten Koordinationsmodell zusammengefügt und auf Grundlage der geometrischen Modellierung geprüft, ob sich Geometrien an irgendeiner Stelle unerwünscht überschneiden. Zum Teil kann das Modell zudem auf Einhaltung von gesetzlichen

Vorschriften, Normen und Richtlinien geprüft werden. Hierdurch ist es möglich, frühzeitig schwerwiegende Planungsmängel zu erkennen und zu beheben, so dass es zu keinen teuren Umplanungen während der Ausführung kommt, wodurch auch die Planungsqualität gesteigert wird (BORMANN et. al., 2015- Kap. 1: BORMANN et. al.: 5).

Der große Vorteil der BIM-Planung gegenüber einer herkömmlichen 2D-Planung ist aber die Konsistenz der erstellten Planungsunterlagen. Wo Änderungen bei der 2D-Planung noch separat im Grundriss, Schnitt, Ansichten und Details eingearbeitet werden mussten, können Planungsänderungen ohne Probleme in das virtuelle Modell eingegeben werden. Die Fehleranfälligkeit des digitalen Modells ist dabei gering, da die Software automatisch die Pläne (Grundriss, Schnitt, etc.) sowie die verschiedenen Auswertungen, wie Mengenermittlung, usw. aktualisiert. So können schnell verschiedene Variantenuntersuchungen problemlos erstellt werden (vgl. ALBRECHT, 2015; BORMANN et. al., 2015- Kap. 1: BORRMANN et. al.).

Für die Landschaftsarchitektur birgt besonders die Objektdatenbanken noch Probleme. Bei der Entwicklung der BIM-Anwendungen lag der Fokus bis jetzt hauptsächlich auf dem Hochbau und Ingenieurbau. So haben unter anderem die Objektkataloge in den Anwendungen eine umfangreiche Sammlung an Objekten für Architektur, TGA, ELT und Tragwerksplanung, aber sehr wenige Objekte der Landschaftsarchitektur. Dies bedeutet wiederum für die Landschaftsarchitektur, dass zu Beginn der Modellierung jedes Büro eigene Objekte für den Objektkatalog anlegen müssen. Dies stellt zwar einen Mehraufwand dar, ist aber erst mal nicht problematisch. Sehr viel nachteiliger ist es, dass dabei jedes Büro andere alphanumerische Informationen mit dem Objekt verbindet, da nicht geklärt ist, welche Informationen für ein Objekt relevant sind und von den anderen Projektbeteiligten benötigt werden. Dies kann wiederum den Austausch der Daten und das kooperative Arbeiten erschweren. Es gibt noch keine schnelle Lösung für die fehlenden Objekte im Objektkatalog. Aus diesem Grund ist es umso wichtiger vor Projektbeginn im Rahmen der Auftraggeber-Informationen-Anforderung festzulegen welche alphanumerischen Informationen benötigt werden.

7.2.2 Kostenermittlungen

Eine zentrale Rolle bei jedem Bauprojekt sind Kostenermittlungen. Sie bilden oft den Rahmen für das Projekt und entscheiden über den Erfolg. Aus diesem Grund ist eine effiziente, sichere und nachvollziehbare Mengen- und Kostenermittlung entscheidend. Mit der 2D-Planung mussten Mengen händisch aus dem Plan ermittelt werden und zur besseren Nachvollziehbarkeit der ermittelten Mengen wurden oft farbige Massenpläne erstellt. Trotzdem war die Nachvollziehbarkeit keineswegs gegeben. Oft wusste nur der zuständige Planer für die Mengenermittlung über die exakten Mengen Bescheid. So war es schwer zu überprüfen, ob alle Mengen ermittelt oder irgendetwas vergessen wurde. Die Mengen mussten für die Kostenermittlung dann noch händisch in eine EXCEL-Datei oder in ein AVA eingegeben. Der ganze Prozess barg ein hohes Fehlerpotenzial und musste wiederholt werden, sobald sich etwas an der Planung änderte.

Im Vergleich ermöglicht BIM eine effiziente, sichere und nachvollziehbare Mengen- und Kostenermittlung, in dem das digitale Bauwerksmodell durch die geometrische Modellierung automatisch Mengen ermittelt und durch direkt Verknüpfung mit den relevanten Kosten eine präzise Kostenermittlung generieren kann. Die Verknüpfung des 3D-Modells mit Kosten wird üblicherweise auch 5D-BIM genannt (vgl. Kap. 4.2: „Dimensionen der BIM-Methode“, S. 58). Um aber eine sichere und zuverlässige Mengen- und Kostenermittlung zu ermitteln und diese in einer Form zu präsentieren, die den entsprechenden Regelwerken entsprechen, muss das Modell bestimmte Anforderungen erfüllen. Neben ergänzenden alphanumerischen Informationen, wie Kosten, Material, Gewerk oder auch Übermessungsregeln nach VOB/C (wobei diese wichtiger für die Mengenermittlung des Leistungsverzeichnisses und der modellbasierten Abrechnung sind) in den Attributen der Bauteile, ist besonders die Erweiterung des 3D-Modells mit geometrischen Informationen für die modellbasierte Mengenermittlung entscheidend (BORMANN et al., 2015- Kap. 21: HANFF, WÖRTER: 33 ff.). Dabei werden die Anforderungen an das Modell unter anderem durch die AIA im „*Document G202-2013*“ mit der Definition der LOD sowie durch den VDI im *Richtlinie 2552 - Blatt 3: „Building Information Modeling- Modellbasierte Mengenermittlung zur Kostenplanung, Terminplanung, Vergabe und Abrechnung“* festgelegt.

7.2.2.1 Modellbasierte Mengenermittlung

Für die modellbasierte Mengenermittlung ist besonders ein gut strukturiertes Mengengerüst entscheidend. Dies ist aber nicht nur für die Kostenermittlung wichtig, sondern auch für die modellbasierte Vergabe und Abrechnung der Bauleistungen und die modellbasierte Terminplanung. Dabei richten sich die Anforderungen an das Mengengerüst nach der Art und Weise wie Mengen aus dem Modell abgegriffen und ermittelt werden sollen. Dabei wird zwischen drei verschiedenen Arten der Mengenermittlung unterschieden: Explizit modellierte Bauteile mit definierten Typ, Explizit modellierte Bauteile ohne definierten Typ und Implizit modellierte Bauteile mit definierten Typ (vgl. Kap. 4.2.3 5D- Kostenermittlung, S. 61). Der VDI unterscheidet in der Richtlinie 2552 - Blatt 3 hierfür zwischen fünf verschiedenen Mengentypen (VDI; 2018-3: 6 ff.):

1. **Stück**

Bei der Mengenermittlung von Bauteilen in Stück muss die Anzahl dieser Bauteile aus dem Modell abgreifbar sein. In die geometrisch qualitative Beschreibung solcher Bauteile gehen u.a. Auch geometrische Größen wie Breite, Höhe oder Fläche ein. Bei solchen Elementen müssen Größen aus dem geometrischen Bauteil oder aus den Bauteil-Attributen ermittelbar sein.

2. **Länge**

Bei der Mengenermittlung von Bauteilen muss die Länge für diese Bauteile aus dem Modell abgreifbar sein. In vielen dieser Bauteile können weitere geometrische qualitative Größen eingehen, z.B. der Querschnitt. Bei solchen Elementen müssen Größen aus dem geometrischen Bauteil oder aus den Bauteil-Attributen ermittelbar sein.

3. **Fläche**

Bei der Mengenermittlung von Bauteilen als Fläche muss die Fläche aus dem Modell abgreifbar sein. In vielen dieser Bauteile können weitere geometrische qualitative Größen eingehen, z.B. Aufbaustärken. Bei solchen Elementen müssen Größen aus dem geometrischen Bauteil oder aus den Bauteil-Attributen ermittelbar sein.

4. **Volumen**

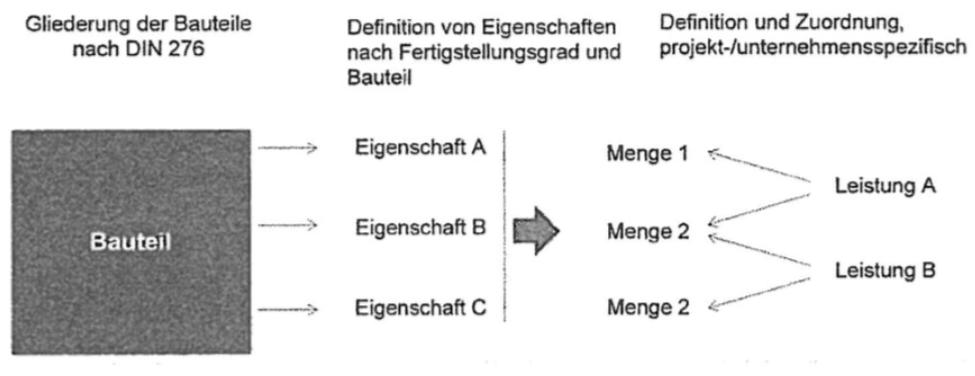
Bei der Mengenermittlung von Bauteilen als Volumen muss das Volumen aus dem Modell abgreifbar sein. In vielen dieser Bauteile können weitere geometrische qualitative Größen eingehen, z.B. Aufbaustärken. Bei solchen Elementen müssen Größen aus dem geometrischen Bauteil oder aus den Bauteil-Attributen ermittelbar sein.

5. **Öffnung**

Öffnungen sind keine eigenständigen Bauteile im Modell, sondern symbolisieren, dass Teile aus anderen Bauteilen ausgeschnitten sind. Dies bedeutet, dass jede Öffnung eine Beziehung zu genau einem Bauteil haben muss. Es ist wichtig, diese Öffnungen und Beziehungen im Modell zu modellieren, um die durch die Öffnung verursachte Kosten ermitteln zu können. So ist es unzulässig, Öffnungen zum Zweck der Modellierung von Objektgeometrien zu erstellen, wenn diese Öffnung Kosten verursacht. So wäre es zum Beispiel unzulässig, eine Mauer in kleine Mauereinzelteile zu zerlegen, um so Öffnungen zu implizieren.

Beim Betrachten der verschiedenen Mengentypen kann sich die Frage ergeben: *“Was ist daran neu für BIM, diese Mengen wurde auch schon bei der 2D-Planung ermittelt?”*. Es stimmt, dass diese Mengen für die 2D-Planung und BIM gleich sind, da sich schließlich die DIN 276 nichts geändert hat. Diese Mengen müssen sich aber bei BIM aus dem Modell ableiten lassen. Diese Auflistung verdeutlicht noch einmal, wie wichtig eine präzise und akkurate Modellierung vor dem Hintergrund der automatischen Mengenermittlung in BIM ist. Dies trifft besonders auf die Bauteilmengen zu, die von anderen Bauteilen abgeleitet werden sollen. Für die Ermittlung solcher Mengen sind akkurat modellierten Beziehungen entscheidend, da das geometrische Modellieren dieser Bauteile unverhältnismäßig hoch im Vergleich zum Nutzen läge. Es ist aber zu vermeiden, Mengen händisch zu ermitteln und nachzutragen, da diese Leistungen nicht im Modell visualisiert würden und dementsprechend die Plausibilitätskontrolle entsprechend erschwert wird (BORMANN et. al., 2015- Kap. 21: HANFF, WÖRTER: 341).

Das digitale Modell muss so aufbereitet sein, dass möglichst alle gewünschten Informationen aus dem System abgeleitet werden können. Die Mengenermittlung kann dann entweder bauteilorientiert, anhand von Modellobjekten, oder leistungsorientiert, anhand von Leistungen, die sich aus dem Modellobjekt ergeben, erfolgen (VDI, 2018-3: 9). Der Unterschied dieser zwei Wege der Mengenermittlung wird in der Abbildung 70 dargestellt.



VDI, 2018-3

Abb. 70: Darstellung der Zuordnung von Mengen und Leistungen zu Modellelementen

Je nach bauteilorientierter oder leistungsorientierter Mengenermittlung werden die Mengen 1, 2 und 3 in der Abbildung 70 unterschiedlich ermittelt. Bei der bauteilorientierten Mengenermittlung ergeben sich die Mengen aus den Eigenschaften, die dem Bauteil zugeordnet sind und im Modell hinterlegt sind. Hingegen ergeben sich bei der leistungsorientierten Mengenermittlung die Mengen 1, 2 und 3 aus den Leistungen, die für die Herstellung des Bauteils erfolgen. Beide Arten der Mengenermittlung kommen bei der Abwicklung eines normalen Projekts zum Einsatz. So werden bei der Berechnung der Baukosten für den Kostenrahmen (LPH 1), die Kostenschätzung (LPH 2), die Kostenberechnung (LPH 3) oder den Kostenvoranschlag (LPH 5), die Mengen auf Grundlage der bauteilorientierten Mengenermittlung festgestellt. Für die Vergabe der Bauleistungen und die Erstellung des Leistungsverzeichnisses sowie den daraus abgeleiteten Kostenanschlag (LPH 6) und der Kostenfeststellung (LPH 8) werden die Mengen hingegen mittels der leistungsorientierten Mengenermittlung ermittelt. Diese unterschiedlichen Anforderungen müssen durch das Modell und die BIM-Software erfüllt werden. Besonders auf die eingesetzte Software kommt es dabei an, da man als Planer zwar die Detaillierung im Modell

ändern kann, aber nicht die Randbedingungen der Software. Ein für die modellbasierte Mengenermittlung eingesetztes BIM-Software muss deswegen diese zwei Mengenermittlungsarten unterstützen, da die Randbedingungen der Software nicht immer beeinflusst werden können (BORMANN et. al., 2015- Kap. 21: HANFF, WÖRTER: 337). Daneben ist es auch sinnvoll, wenn die BIM-Software, auf Grundlage eines DGMs, automatisch den Auf- und Abtrag berechnen kann. Dieser Punkt stellt aber viele BIM-Softwareanwendungen noch vor erhebliche Probleme.

7.2.2.2 Modellbasierte Kostenermittlung

Unabhängig von den Mengenarten und -typen erfolgt die Gliederung der Mengen für die Kostenermittlung in Deutschland immer nach der aktuellen DIN 276. Zur Zeit ist dies die DIN 276:2018-12. Je nach Planungsphase und Art der Kostenermittlung nach HOAI 2013 (Kostenrahmen (LPH 1), Kostenschätzung (LPH 2), Kostenberechnung (LPH 3), Kostenvoranschlag (LPH 5), Kostenanschlag (LPH 6), Kostenfeststellung (LPH 8)) ist ein unterschiedlicher Detaillierungsgrad des Modells (LOG) und der Modellinformationen (LOI) erforderlich. Hierfür hat der VDI in der Richtlinie 2552 - Blatt 3, aufbauend auf dem LOD, LOG und dem LOI, die benötigten Informationstiefe für die Kostenermittlung definiert. Um dies im Sinne des Aufbaus der LOD vorzuführen, hat der VDI hierfür den Fertigstellungsgrad der Kostenermittlung (FGK) eingeführt und den FGK mit aufsteigender Informationstiefe über den gesamten Lebenszyklus definiert (VDI, 2018-3: 10- 11):

FGK 100	Modellelemente, die eine Ermittlung von Mengen eines Projektes für die Abschätzung der Gesamtkosten und Bauwerkskosten ermöglichen. Der Informationsstand entspricht mindestens der Grundlagenermittlung (LPH 1) gem. HOAI 2013. Einem Modell, das aus Elementen mit mindestens FGK 100 besteht, kann zur Berechnung des Kostenrahmens verwendet werden.
---------	--

FGK 200	<p>Modellelemente, die eine Ermittlung von Mengen eines Baukörper mit Gliederung nach 1. Ebene der DIN 276 ermöglichen. Der Informationsstand entspricht mindestens der Vorplanung (LPH 2) gem. HOAI 2013. Einem Modell, das aus Elementen mit mindestens FGK 200 besteht, kann zur Berechnung der Kostenschätzung verwendet werden.</p>
FGK 300	<p>Modellelemente, die eine Ermittlung von Mengen einzelner Bauteils mit Gliederung nach 2. Ebene der DIN 276 ermöglichen. Der Informationsstand entspricht mindestens der Entwurfsplanung (LPH 3) gem. HOAI 2013. Einem Modell, das aus Elementen mit mindestens FGK 300 besteht, kann zur Berechnung der Kostenberechnung verwendet werden.</p>
FGK 400	<p>Modellelemente, die eine Ermittlung von Mengen einzelner Bauteils mit Gliederung nach 3. Ebene der DIN 276 sowie eine Zuordnung von Leistungen nach STLB Bau ermöglichen. Der Informationsstand entspricht mindestens der Ausführungsplanung (LPH 5) gem. HOAI 2013. Einem Modell, das aus Elementen mit mindestens FGK 400 besteht, kann zur Berechnung des Kostenanschlags verwendet werden.</p>

FGK 500	Modellelemente, die eine Ermittlung von Mengen einzelner Bauelemente mit Gliederung nach DIN 276 sowie eine Zuordnung von Leistungen nach STL B Bau ermöglichen. Der Informationsstand entspricht mindestens einer Revisionsplanung (LPH 5/ LPH 8) gem. HOAI 2013. Einem Modell, das aus Elementen mit mindestens FGK 500 besteht, kann zur Berechnung der Kostenfeststellung verwendet werden.
---------	---

VDI, 2018-3

Tab. 16: Fertigstellungsgrade der Kostenermittlung (FGK)

Durch diese Aufteilung der VDI soll sichergestellt werden, dass die Kostenermittlungen mit einer Mindest-Informationstiefe erstellt werden. Ein hochwertiger FGK einzelner Bauteile innerhalb niedrigerer FGK ist zulässig und kann für eine genauere Kostenermittlung verwendet werden. Je relevanter die Kostengruppe für die Gesamtkosten ist, desto früher sollte die Informationstiefe der entsprechenden Bauteile erhöht werden (VDI, 2018-3). Die Umsetzung der FGK ist mit dem Auftraggeber und den Projektbeteiligten im Vorfeld festzulegen. Die Tabelle 17 zeigt beispielhaft eine mögliche Aufteilung des FGK nach den Kostengruppen der DIN 276: 2018-12:

Kostengruppe nach DIN 276: 2018		Fertigstellungsgrade der Kostenermittlung				
		Kostenrahmen	Kosten-schät-zung	Kosten-berechnung	Kosten-anschlag	Kosten-feststellung
363	Dachbelag (Dachbegrünung)	200	300	400	400	500
532	Straße	100	200	300	400	500
...

Eigene Tabelle; in Anlehnung an VDI, 2018-3

Tab. 17: Beispielhafte FGK-Spezialisierung nach Kostengruppen nach DIN 276:2018

Zusätzlich zu den FGK schreibt der VDI in der Richtlinie 2552 - Blatt 3, dass für die Kostenermittlung und die Geometriemodellierung getrennte Bauwerksmodelle verwendet werden sollen und die einzelnen Modelle über ein eigenes Datenmodell verbunden werden sollen (VDI, 2018-3). Die VDI beschreibt aber nicht, wieso unterschiedliche Modelle verwendet werden sollen. Der große Vorteil von BIM soll ja sein, dass alle Informationen in einem Modell gesammelt werden. Dies hat sich auch in der Praxis so etabliert (vgl. BORMANN et. al., 2015- Kap. 30: PRZYBYLO et. al./ Kap. 34: CHRISTALON, NEUBAUER/ Kap. 38: KESSOUDIS et. al.). Dabei gibt es aber Situationen, in denen zwei getrennte Modelle benötigt werden. Durch die erforderlichen Erweiterungen der Dateninhalte und Datenstrukturen des 3D-Modells für die Mengen- und Kostenermittlung, muss der Modellersteller über die erforderlichen Kenntnisse der Kostenplanung verfügen. Ist dies nicht gegeben, konzentriert sich der Modellersteller auf die Herstellung des Modells und übergibt das fertige 3D-Modell ein anderen Mitarbeiter für die Kostenplanung, der dann die Elemente für das 5D-Modell ergänzt (BORMANN et. al., 2015- Kap. 21: HANFF, WÖRTER: 339- 340).

7.2.3 Terminplanung

Das BIM-Modell kann aber nicht nur für die Kostenermittlung verwendet werden sondern auch für die modellbasierte Terminplanung. Hierzu werden die Bauteile im 3D-Datenmodell mit den Fertigstellungs- bzw. Lieferterminen verknüpft. Durch diese Verknüpfung wird dann nicht mehr vom 3D-Modell gesprochen, sondern vom 4D-Modell. Wie bereits in Kapitel 4 vorgestellt, sind die Vorteile dieser Verknüpfung, dass sich sowohl der zeitliche Bauablauf im Vorfeld sowie der Baufortschritt während der Ausführung im Modell überprüfen und dokumentieren lassen (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 16: TULKE: 277 ff.). Für die Visualisierung des Bauablaufes muss das fertige 3D- Modell aber mit zusätzlichen geometrischen und alphanumerischen Elementen ergänzt werden. Hierzu gehören temporäre Bauteile, die Baustelle selbst samt Baustelleneinrichtungsobjekten (Terrainmodelle, Lager-, Verkehrs- und Lieferflächen, Absturzsicherungen, wesentliche Baumaschinen, Sicherheitseinrichtungen und -flächen usw.) sowie angrenzende Verkehrsflächen. (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 16. TULKE: 277 ff.). Dies bedeutet für die Planer einen zusätzlichen Arbeitsaufwand. Daneben muss auch der Bauablaufterminplan

diese große Detailtiefe und die einzelnen Abläufe aufweisen. Der VDI in der Richtlinie 2552 - Blatt 3, wie bereits für die modellbasierte Kostenermittlung, auch für die modellbasierte einen neuen Fertigstellungsgrad des Modells für die Terminplanung (FGT) definiert. Bei dem FGT geht es aber nicht direkt um die Detaillierung und die Informationsfülle des Modells, sondern um die Inhalte der Terminpläne, die mittels des Modells erstellt werden sollen. Wie bereits der FGK ist auch der FGT in fünf Stufen untergliedert (VDI, 2018-3: 13- 15):

FGT 100	Der Terminplan im FGT 100 wird als erster Orientierungs- und Entscheidungshilfe erstellt, um eine zeitliche Vorstellung über die Projektabwicklung zu bekommen. Dazu beinhaltet der Terminplan die Hauptaktivitäten und Meilensteine im Projekt sowie zusätzlich die prozessbestimmenden Aufgaben des Gesamtprojekts. Dabei stellt der Terminplan die Abwicklung des Projekts über die gesamte Implementierung in den einzelnen Phasen dar. Die gezeigten Aktivitäten haben dabei eine Dauer von nicht weniger als drei Monaten. Erstellt wird der Terminplan meistens vom Auftraggeber oder einem beauftragten Planer während der Konzept- und Vorplanung (LPH 1/ LPH 2).
FGT 200	Der Terminplan mit dem FGT 200 stellt das komplette Projekt in seinen Hauptbauwerken sowie den Planungs- und Bauphasen dar. Dabei sollte auch der Herstellungspfad der einzelnen Bauwerk dargestellt werden sowie die Start- und Endtermine der einzelnen Aufgaben. Die gezeigten Aufgaben haben eine Dauer von nicht weniger als einem Monat bis maximal drei Monaten. Der Auftraggeber oder einen beauftragter Planer erstellen den Terminplan während der Entwurfsplanung (LPH 3).

FGT 300	<p>Der Terminplan mit dem FGT 300 wird im Rahmen der Ausschreibungsunterlagen erstellt, um dem Bieter einen zeitlichen Überblick über das Projekt zu geben. Dazu enthält er alle für die Ausschreibung relevanten Hauptbaugewerke und -bauteile sowie ein kritischen Pfad für die Fertigstellung. Idealerweise wird der Terminplan durch den Bieter bei der Angebotserstellung geprüft und gegebenenfalls angepasst.</p> <p>Nach der Auftragsvergabe und während der Ausführungsphase agiert der Terminplan FGT 300 als eine Zusammenfassung des Terminplans FGT 400 für die monatlichen Fortschrittskontrolle und -berichte für den Auftraggeber und den ausführenden Planer. Hierzu muss der Terminplan zusätzliche Kriterien erfüllen. So sollen den dem neuen Terminplan alle Meilensteine sowie Technik-, Beschaffungs-, Erstellungs-, Inbetriebnahme- und Übergabetermine enthalten. Dabei haben die dargestellten Einzelaktivitäten eine Dauer von nicht weniger als einer Woche bis maximal einem Monat.</p>
FGT 400	<p>Der Terminplan mit dem FGT 400 ist ein detaillierter Terminplan für die Bauausführung. Er wird von der ausführenden Firma idealerweise vor Ausführungsbeginn erstellt und regelmäßig angepasst. Dabei zeigt der Terminplan detailliert alle geplanten Bauaktivitäten und Baumethoden der einzelnen Bauteile und den kritischen Pfad zur Fertigstellung.</p>

	<p>Der FGT 400-Pläne sollten dabei optimal maximal 500-600 Einzelvorgänge enthalten. Die einzelnen Aufgaben werden durch genaue Start- und Endtermin beschrieben und haben dabei eine Dauer von nicht weniger als einem Tag bis maximal einer Woche.</p>
FGT 500	<p>Der Terminplan mit dem FGT 500 stellt den detaillierten, tatsächlich realisierten Terminplan für die Bauausführung dar und wird von der ausführenden Firma auf Grundlage des FGT 400-Plans erstellt. Dabei zeigt er detailliert alle realisierten Bauaktivitäten und Baumethoden der einzelnen Bauteile und zeigt den tatsächlich kritischen Pfad über den Verlauf der Bauausführung. Die einzelnen Aufgaben sind durch ihre tatsächlichen Start- und Endtermine dargestellt sowie alle Verzögerungen oder Unterbrechungen im Projekt.</p>

VDI, 2018-3

Tab. 18: Fertigstellungsgrade der Terminplanung (FGT)

Zusätzlich zu den FGT 100- bis 500-Plänen ist nach Fertigstellung ein Gesamtwartungsterminplan vom Auftraggeber oder einem von ihm beauftragten Planer zu erstellen. Der Gesamtwartungsterminplan beinhaltet alle notwendigen Termine, die für die ordnungsgemäße Wartung des Bauwerks notwendig sind. Hierzu sind auch die Einzelwartungsterminpläne der jeweiligen Hersteller von technischen Geräten zu integrieren. Zusätzlich sind dann die tatsächlich durchgeführten Wartungstermine in dem Terminplan festzuhalten (VDI, 2018-3: 16). Dabei ist es aber wichtig, dass diese oben dargestellten Anforderungen allesamt in den Attributen der einzelnen Bauteile im Modell ergänzt und aktualisiert werden, um so das volle Potenzial der BIM-Methode über den gesamten Lebenszyklus ausnutzen zu können. Wie bereits bei dem 5D-Modell für die Kostenermittlung, schreibt die VDI

in der Richtlinie 2552 - Blatt 3, dass auch das Modell für die Terminplanung in einem separaten Modell zum geometrischen Modell erstellt und nur über ein eigenes Datenmodell miteinander verbunden werden soll (VDI, 2018-3: 8). Wieso separate Modelle verwendet werden sollen, wird in der Richtlinie nicht näher erläutert. Ein separates Modell kann aber benötigt werden, wenn die BIM-Anwendung nicht geeignet ist, die Terminplanung durchzuführen und eine zweite Software hierfür verwendet werden muss. Dabei werden die FGT 100- bis 500-Terminpläne als Balkenterminpläne aus dem Modell generiert (siehe Abb. 71). Für die Terminplanung im Modell wird für das 4D-Modell gegenüber des traditionellen Balken-Terminplans ein nach räumlichen Aspekten detaillierter gegliederter Terminplan benötigt (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 16: TULKE: 277 ff.).

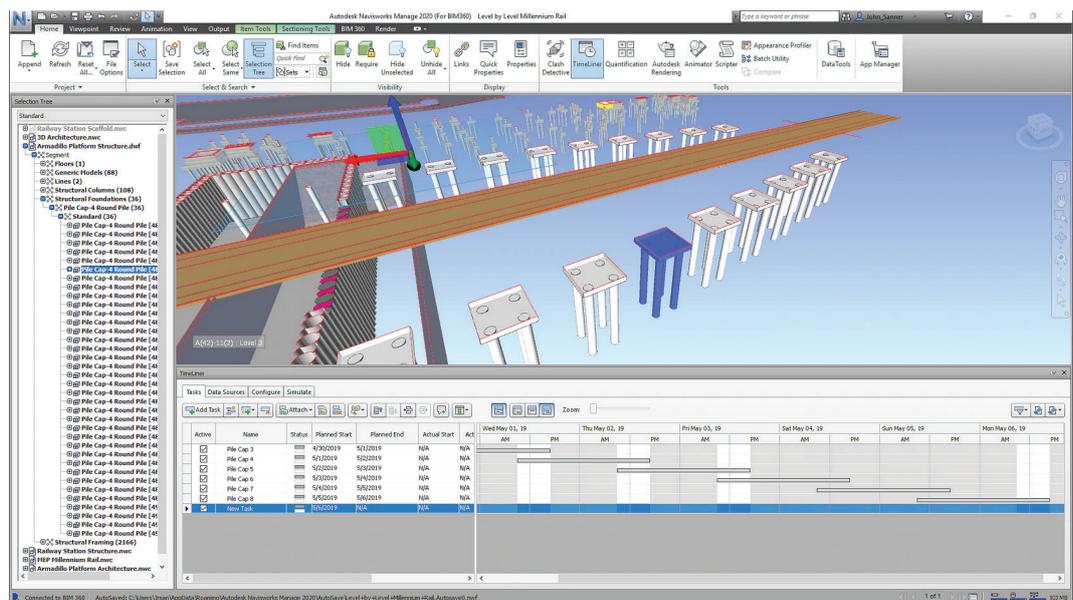
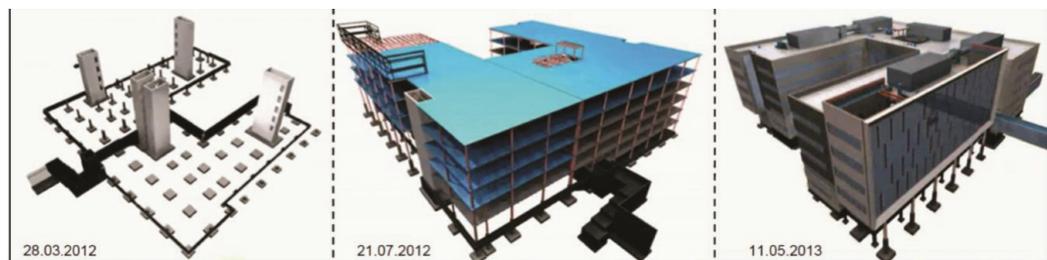


Abb. 71: Modellbasierte Terminplanung mit einem 4D-Modell mit Autodesk Navisworks

Zusätzlich zu der Darstellung des Bauablaufs als Balken-Terminplan bieten einige BIM-Anwendungen die Möglichkeit von 4D-Simulationen des Bauablaufes und der Ressourcenauslastung. Dabei wird in Form einer Animation der schrittweise Bauablauf mit der jeweiligen Ressourcenauslastung simuliert. Die 4D-Simulation ermöglicht eine große Vorhersehbarkeit der Ausführung und deckt Fehler in der Bauablaufplanung frühzeitig auf (ALBRECHT, 2015: 85 ff.) (siehe Abb. 72).



ALBRECHT, 2015

Abb. 72: Beispiel einer 4D-Simulation des Bauprozesses

Falls eine solche animierte Visualisierung des Bauablaufes erstellt werden soll, ist eine weitere Anforderung an die Erstellung des 4D-Modells die sequentielle Abfolge von Vorgängen während des Bauablaufes. Traditionell überlappen sich im Balkenterminplan Baustellenabläufe, um zu zeigen, dass diese Abläufe parallel zueinander erfolgen. Beispielsweise werden oftmals die Herstellung einer Tragschicht und die Herstellung der Pflasterdecke als überlappende Vorgänge dargestellt. Im 4D-Modell werden diese zwei Vorgänge während des Überlappungszeitraums als gleichzeitig in der Herstellung befindend visualisiert. Hierdurch wird eine Plausibilitätsprüfung verhindert und es kommt zu Verwirrungen (vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 16: TULKE; NIEDERMAIER, BÄCK, 2018-1). Um dies zu vermeiden, muss eine Teilung der Vorgänge erfolgen, indem die Herstellung der Pflasterdecke in einzelne Herstellungsabschnitte unterteilt wird sowie in für die einzelnen Herstellungsabschnitte entsprechende Gruppierung der darunterliegenden Tragschichtherstellung (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 16: TULKE: 277). Hierdurch kann im 4D-Modell der Realität entsprechende Visualisierung des Bauablaufes erfolgen. Um eine adäquate Visualisierung zu erreichen, ist es somit erforderlich, dass die Granularität von 3D-Objekten und Terminplanvorgängen ausreichend fein und mit einander kompatibel sind. (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 16: TULKE: 278). Da das 3D-Modell meist im Planungsprozess vor dem Terminplan erstellt wird, bedeutet die Anforderung an die hohe Granularität der 3D-Modells und Terminplans eine aufwendige Modellanpassung. Aus diesem Grund ist es auch nicht möglich, mehrere Baustellenabläufe in einem Modell zu visualisieren. Des Weiteren stellt auch der Austausch des 4D-Modells zwischen verschiedenen Softwarepaketen eine erhebliche Schwierigkeit dar, da sich bisher noch kein Datenformat für den Austausch eines 4D- Datenmodells etabliert hat. Ein Austausch mittels neutraler Datenformate, wie das Industry Foundation Class (IFC), wäre technisch potenziell möglich, wird aber von marktüblicher Software oftmals nicht für 4D unterstützt (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 16- TULKE: 280).

7.3 Einfluss der BIM-Methode auf die Bauausführung

BIM hat aber nicht nur einen großen Einfluss auf den Planungsprozess, sondern auch auf den gesamten Prozess der Bauausführung. Angefangen bei der Ausschreibung und Vergabe über die Bauüberwachung bis hin zum Termin- und Kostencontrolling und der Abrechnung bietet die Nutzung von BIM enorme Vorteile (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.: 6-7).

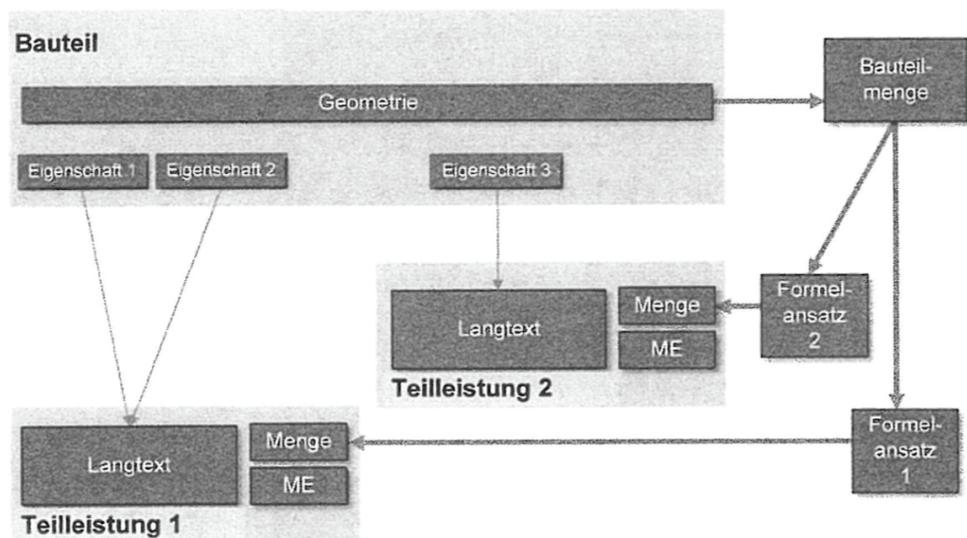
7.3.1 Ausschreibung und Vergabe

Die BIM-Methode bietet die Möglichkeit, den Ausschreibungs- und Vergabeprozess zu erleichtern und zu beschleunigen. Grundlage hierfür ist ein fertiges und gut strukturiertes und detailliertes BIM-Modell. Dies große Potenzial von BIM für die Ausschreibung und Vergabe und später für die Bauüberwachung ist nur realisierbar, wenn zum Zeitpunkt der Ausschreibung ein komplett durchgeplantes Modell vorliegt und nicht, wie heute oft üblich, die Planungen der einzelnen Bauabschnitte erst während der Bauausführung fertig gestellt werden. Dies ist wichtig, da die Ausschreibung und Vergabe aus dem Modell abgeleitet wird und bei umfangreichen Änderungen im Nachgang die Möglichkeiten von BIM in der Bauüberwachung nicht zum Tragen kommen können. Für die Ausschreibung lassen sich aus einem fertigen digitalen Modell nicht nur äußerst präzise Mengen ermitteln, sondern die detaillierte Festlegung der Bauteileigenschaften in den frühen Planungsphasen ermöglichen auch die schnelle Erstellung von VOB-konformen Leistungsverzeichnissen (LV) (ALBRECHT, 2015: 54). Um dies aber zu gewährleisten, muss das Modell an die Anforderungen der Ausschreibung angepasst und ggf. Informationen in den Bauteilen ergänzt werden. Unter anderem ist es hier wichtig, dass die Qualitäten und technischen und materiellen Anforderungen in den alphanumerischen Attributen der einzelnen Bauteile beschrieben sind sowie die ausführenden Gewerke, falls für unterschiedliche Gewerke ausgeschrieben werden soll (VDI, 2018-3: 16 ff.). Um eine elektronische Auswertung dieser Attribute zu ermöglichen, ist es hilfreich, diese nach standardisierten Werten einzutragen. Zusätzlich ist es für die computergestützte Auswertung hilfreich, wenn die Informationen nicht nur in einer konkreten Sprache, wie Deutsch oder Englisch, hinterlegt werden, sondern auch mittels eines unabhängigen Identifikators, wie einem Globally Unique Identifier (VDI, 2018-3: 17). Diese Informationen müssen aber nicht immer alle

händisch in die einzelnen Attribute eingetragen werden. So bietet beispielsweise die in der DIN SPEC 91400 (vgl. Kap. 6.2: „Nationale Klassifizierungssysteme“, S. 149) beschriebene Schnittstelle mit dem Standardleistungsbuch für das Bauwesen (StLB Bau) die Möglichkeit, die qualitativen Eigenschaften und die elektronisch auswertbaren Identifikatoren zu ergänzen (vgl. VDI, 2018-3; BRÜCKNER, 2018-1). Nicht nur kann durch die DIN SPEC 91400-Schnittstelle die Attribute ergänzt werden, sondern auch VOB-konformer Standardleistungstext jedem Bauteil zugeordnet werden, die die Attribute der jeweiligen Bauteile übernehmen. Dabei ist es wichtig auf die Produktneutralität in der Ausschreibung zu achten, da für die Planung oft Hersteller in den Attributen ergänzt werden, diese aber nicht direkt so ins Leistungsverzeichnis übernommen werden dürfen (vgl. Kap. 8.1.2: „Produktneutralität bei der Ausschreibung“, S. 192). Durch die DIN SPEC 91400-Schnittstelle werden im Modell auch alle Bauteile angezeigt, die noch keinem Standardleistungstext zugeordnet sind. Durch diese vollständige Verknüpfung des Modells mit dem StLB Bau kann auch gewährleistet werden, dass keine Leistungen und Positionen vergessen werden. Hierdurch können teure Nachtragsforderungen der ausführenden Firmen auf ein Minimum reduziert werden (vgl. BRÜCKNER; 2019-2; GASTEIGER, 2015). Diese Schnittstelle ist aber nicht bei allen BIM-Anwendungen vorhanden. Als Alternative ermöglichen AVA-Hersteller wie ORCA u. a. den Import von IFC-Modellen in das AVA-Programm. Dabei wird die Darstellung visuell mit einem 3D-Viewer ermöglicht, wodurch die Zuordnung von Standardleistungstext wie mit der DIN SPEC 91400-Schnittstelle in der BIM-Software erfolgen kann (vgl. BRÜCKNER, 2018-1; HASANOVIC, 2019). Dies bedeutet aber, dass bei Änderungen im Modell, zuerst das neue IFC-Modell in AVA-Programm geladen werden muss, bevor ein aktualisiertes LV erstellt werden kann. Durch die Schnittstelle der DIN SPEC 91400 würde das ansonsten direkt in der BIM-Anwendung erfolgen. Dies betrifft aber nicht nur Änderungen im Bezug auf ganze Bauteile und die Standardleistungstext, sondern besonders auch im Bezug auf geänderte Mengen. Bei jeder Mengenänderung muss das Modell neu in die AVA-Software geladen werden, um die Mengen im Leistungsverzeichnis anzupassen.

Dies betrifft auch schon den nächsten wichtigen Einfluss der BIM-Methode auf die Ausschreibung und Vergabe: Die Mengenermittlung. Dabei ist zum einen zu beachten, welche Mengen zu ermitteln sind und wie ausgeschrieben wird. Die einzelnen

Bauteile des digitalen Bauwerksmodell werden, anders als bei der Kostenermittlung, nicht als ganzes Bauteil ausgeschrieben, sondern es werden die einzelnen Leistungen, die zur Herstellung der Bauteile nötig sind, ausgeschrieben. So wird z.B. in der Kostenberechnung für das Setzen einer Kastenrinne einfach nur die Position "Kastenrinne X liefern und setzen inkl. Fundament und Anschluss" geschrieben und bepreist. Im Leistungsverzeichnis mussten aber unter anderem noch zusätzliche Positionen für das Schneiden der Rinne, Endabdeckungen und Eckstücke mit aufgenommen werden. Aber nicht alle diese zusätzlichen Positionen benötigen eine separate eigene Geometrie im Modell, sondern können aus den Modellobjekten und den zugehörigen Attributen abgeleitet werden (VDI, 2018-3: 17- 18). Hierfür sind auch die in Kapitel 4 beschriebenen Arten der Mengenermittlung zu beachten (vgl. Kap 4.2.3: „5D- Kostenermittlung“, S. 61). Die VDI beschreibt in der Richtlinie 2552 - Blatt 3 zwei Methoden wie die Mengen für die Ausschreibungen ermittelt werden können. Die erste Methode ermittelt die Gesamtbauteilmenge aus der Objektgeometrie und teilt diese dann über unterschiedliche Formelansätze den verschiedenen Teilleistungen zu (siehe Abb. 73). Diese Methode eignet sich für die Mehrzahl der Mengenermittlungen.

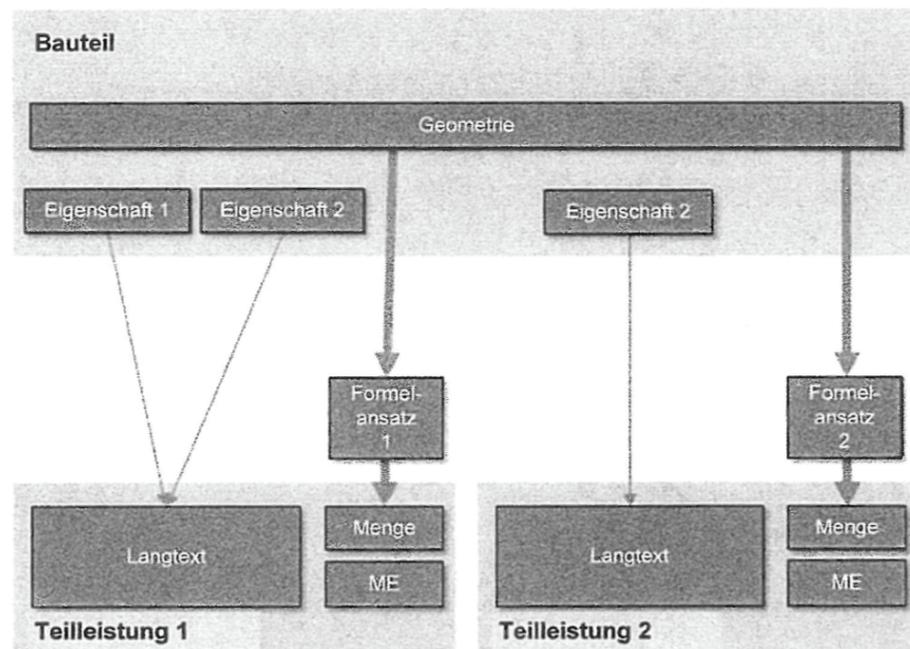


VDI, 2018-3

Abb. 73: Die Mengen der Teilleistungen werden aus der Gesamtbauteilmenge ermittelt (ME-Mengenermittlung)

In bestimmten Fällen kann es aber auch sinnvoll sein, die Mengen für die verschiedenen Teilleistungen direkt aus der Objektgeometrie im Modell zu ermittelt (siehe Abb. 74).

Dies kann zum einen der Fall sein, wenn es um die Ermittlung von Baustahlmengen für bewehrte Fundamente geht. Für diese Teilleistung kann so über die Bauteilmenge unter Berücksichtigung des verknüpften Bewährungsgrades aus den Bauteilattributen die benötigte Menge ermittelt werden (VDI, 2018-3: 18).



VDI, 2018-3

Abb. 74: Die Mengen der Teilleistungen werden direkt aus der Bauteilgeometrie ermittelt (ME-Mengenermittlung)

In dem alle Mengenermittlungen aus dem digitalen BIM-Modell abgeleitet werden, lassen sich präzise Mengen ermitteln, sogenannten Nettomengen. Die Nettomengen sind die tatsächlich verbauten Mengen für die Herstellung des Bauwerks. Die Nettomengen dienen zum einen der Plausibilitätskontrollen und interne Kalkulation und insbesondere in Deutschland auch für die Ermittlung prüfbarer Mengen, die den Regeln der VOB (Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen) entsprechen. In anderen Ländern gibt es ähnliche Regeln (BORMANN et. al., 2015- Kap. 21: HANFF, WÖRTER: 334). Bei der VOB-konformen Nettomengen sind besonders die in Übermessungsregeln aus der VOB/C zu berücksichtigen. Die Berücksichtigung der Übermessungsregeln bei der Mengenermittlung erfordern meistens einen zusätzlichen Aufwand. Wichtig ist dabei ist die richtige Modellierung von Öffnungen im Modell (VDI, 2018-3: 18) (vgl. Kap. 7.2.2.1: „Modellbasierte Mengenermittlung“, S. 164).

Nettomengen sind aber in der Ausschreibung mit Vorsicht zu verwenden. So besteht die Gefahr, dass bei einer unvollständigen Planung im Modell aufgrund der Nettomengen keine Mengenreserven vorhanden sind und Änderungen automatisch zu Nachträgen der ausführenden Firmen führen. Des Weiteren hat sich in einer Untersuchung in Österreich ergeben, dass viele Firmen ihre Preise um 10% erhöhen, sobald von Nettomengen die Rede ist. Wenn eine ausführende Firma aber mit ihren "normalen" Preisen kalkuliert, bekommt sie bei Nettomengen in Summe weniger bezahlt (GASTEIGER, 2015: 69- 70). Dieser Unterschied in der Angebotskalkulation kann es schwierig machen, die Angebote zu vergleichen. Dieses Problem kann aber durch die Bereitstellung des digitalen Bauwerksmodells im Rahmen der Ausschreibung umgangen werden. Dies erleichtert den Firmen die Aufwandsermittlung für die Angebotsabgabe und zusätzlich ermöglicht es später auch eine präzise Abrechnung (BORRMANN et. al., 2015: Kap. 1: BORRMANN et. al.: 6- 7).

Durch die Übernahme dreidimensionaler Bauteile in das Bauwerksmodell und die anschließende Verknüpfung innerhalb des AVA-Systems ist es möglich eine konsistente sowie durchgängige Leistungsbeschreibung zu gewährleisten und es stellt sicher, dass durch das GAEB-Datenaustausch die direkte Weiterverarbeitung der Modellinhalte möglich ist (BORRMANN et. al., 2015- Kap. 24: ENTZIAN, SCHRAMANN/ Kap. 34: CHRISTALON, NEUBAUER/ Kap. 38: KESSOUDIS et. al.). Dieser Austausch erleichtert nicht nur die Ausschreibung, sondern kann auch für die Prüfung der Angebote verwendet werden. Durch die Verknüpfung des BIM-Modells mit Baupreisdaten und das dadurch entstehende bepreiste Leistungsverzeichnis, kann das Modell zum Vergleichen der Angebotssubmissionen genutzt werden. Hierbei ist es möglich, unterdeckte oder spekulative Angebotspreise zu ermitteln, was für eine wirtschaftliche Prüfung des Angebotes unerlässlich ist (ALBRECHT, 2015: 52). Zusätzlich stellt die Verbindung des digitalen Modells mit dem Angebot auch die Grundlage für die modellgestützte Bauüberwachung und Abrechnung.

7.3.2 Bauüberwachung

Wie bereits im vorigen Abschnitt beschrieben ist für die erfolgreiche Bauausführung der Firma und die Bauüberwachung des Landschaftsarchitekten ein fertig durchgeplantes BIM-Modell zu Beginn der Ausschreibung und der Ausführung wichtig. Dies bedeutet aber nicht, dass das digitale Modell fertiggestellt ist und vergessen werden kann. Es ist wichtig, dass das BIM-Modell auch während der Ausführungsphase bei Änderungen ständig aktualisiert und fortgeschrieben wird. Anders als heutzutage, sind die auf der Baustelle besprochenen Änderungen in das Modell einzuarbeiten, so dass das Modell als Leistungsdokumentation (SOLL-IST-Abgleich) dienen kann und dann als 6D as-built-Modell für die modellbasierte Abrechnung und die Bewirtschaftungsphase verwendet werden kann. Die Aktualisierung betrifft aber nicht nur die Modellgeometrien, sondern insbesondere die alphanumerischen Attribute und Topologien der Modellobjekte (vgl. ALBRECHT, 2015; VDI, 2018-3).

Der Vorteil des BIM-Modells für die ausführende Firma ist eine höhere Klarheit für den Bau. So werden zum einen immer konsistente Pläne aus dem Modell generiert, zum anderen unterstützt das digitale Modell auch gleichzeitig die optimale Visualisierung. In der herkömmlichen 2D-Planung konnten komplexe Geometrien, Details und Höhensprünge nur mit erhöhtem Aufwand in Grundrissen, Schnitten und Ansichten versucht werden darzustellen. Oft benötigten solche komplexen Aufgaben viel Abstimmung mit den Firmen auf der Baustelle, um Unklarheiten zu klären. Durch BIM wird eine solche Problematik dreidimensional dargestellt, wodurch die ausführenden Firmen im Modell genau anschauen können, wie solche komplexen Problematiken geplant sind. So werden Unklarheiten vorgebeugt und Missverständnisse können früh ausgeräumt werden, was in der Folge ein besseres Verständnis für das Projekt und daraus resultierend eine geringere Anzahl an Rückfragen mit sich bringt. Von den klaren Vorgaben profitiert dann auch der Planer, da seine Zeit nicht für zusätzlichen Erklärungsbedarf und die Erstellung weiterer Schnitte in Anspruch genommen wird und er sich auf die Bauüberwachung konzentrieren kann (GASTEIGER, 2015: 130).

Um eine effektive Bauüberwachung des Planers mit BIM zu ermöglichen, ist es nicht nur erforderlich, immer ein aktualisiertes Modell zu haben, sondern beson-

ders wichtig ist, dass die Baufirmen ihre Fortschritte digital im BIM-Modell dokumentieren. So gesagt muss der Bautagesbericht der Firma nicht mehr händisch ausgefüllt werden, sondern über Applikationen direkt im Modell in der BIM-Anwendung (GASTEIGER, 2015: 90 ff.). Die Baufirma trägt bauteilbezogen sämtliche Informationen in dem Modell ein, wie unter anderem Beginn und Ende des Herstellungsprozesses, Materialverbrauch, Arbeitskräfte, usw.. Die Daten werden direkt in den Attributen der Bauteile gespeichert. Zusätzlich lassen diese zusätzlichen Applikationen auch zu, allgemeine Angaben wie Wetter, Temperatur und sonstige Störungen oder Verzögerungen im Bauprozess, zu dokumentieren. Diese direkte Verknüpfung von Bauteilen mit einer digitalen Fortschrittsdokumentation ermöglicht es, im Nachhinein sehr genau nachvollziehen zu können, wie der Bauablauf war. Wenn ein Mangel an einem bestimmten Bauteil auftritt, kann durch die digitale, elementbezogene BIM-basierte Baudokumentation das entsprechende Bauteil im Modell ausgewählt und die Informationen wie das Erstelldatum und zusätzliche Vorkommnisse können vollständig angezeigt werden. Dies erspart eine langwierige Suche in den handschriftlichen Dokumente. Damit auch die digitalen Bautagesberichte rechtskräftig vor Gericht verwendet werden können, ist es möglich, diese als PDF aus der Software zu schreiben (GASTEIGER, 2015: 107- 108).

Durch ein open-BIM-Modell haben auch alle Projektbeteiligten direkt Einsicht in den Baufortschritt und können diese Daten für ihre eigenen Kontrollen und Dokumentationen verwenden. So dienen die Daten der BIM-basierten Baudokumentation auch dem Planer als Grundlage für seine eigene Bauüberwachung. Für die Bauüberwachung des Planers kann BIM dabei in drei Bereichen für die Steuerung und Kontrolle der Baustelle eingesetzt werden: Termine, Kosten und Qualitäten.

Terminkontrolle

Ein 4D-BIM-Modell, verknüpft mit den Daten der digitalen Bauablaufsdokumentation, ermöglicht dem Planer regelmäßig die Einhaltung des Terminplans zu überprüfen. Diese Verknüpfung ermöglicht es dem Planer, die einzelnen Schritte des Herstellungsprozesses nachzuvollziehen und zu überprüfen, ob die Meilensteine zur Fertigstellung eingehalten werden oder ob es Verzögerungen irgendwelcher Art im Bauablauf gibt. Der Planer kann so automatisch den SOLL-Stand der Baustelle mit den aktuellen IST-Stand vergleichen und frühzeitig erkennen, wenn ein

Verzug eintritt. Zusätzlich können für die Bauteile im Verzug aus den jeweiligen Attributen die zusätzliche Informationen, die mit Bautagesbericht ergänzt wurden, abgerufen werden, um die Ursachen der Verzögerung zu ermitteln. Dies ermöglicht es dem Planer und dem Bauherren, rechtzeitig die Konsequenzen abzuwägen und gegebenenfalls entgegenwirkende Maßnahmen zu treffen (vgl. GASTEIGER, 2015; BORRMANN et. al., 2015: Kap. 1: BORRMANN et. al.).

Diese Kontrollmöglichkeit ersetzt aber keine Baustellenbesprechung und -begehung. Sie stellt mehr eine Kontrollmöglichkeit zur Erhöhung der Transparenz des Baufortschrittes dar, da der Baufortschritt nicht mehr nur mit einer zeitlichen Verzögerung, durch die wöchentlich Übergabe der handschriftlichen Bautagesberichte, bewertet werden kann, sondern ortsunabhängig in fast Echtzeit im digitalen Modell. So kann der Planer z.B. vor einer Besprechung im Modell vergleichen, was der SOLL-Stand der Baustelle sein sollte und wie der IST-Stand nach dem BIM-Modell zur Zeit ist und dann diesen Stand auf der Baustelle überprüfen. Diese Erkenntnisse können dann zur Prognose des Fertigstellungstermins herangezogen werden (vgl. GASTEIGER, 2015; VDI, 2018-3). Zusätzlich kann der Planer z.B. überprüfen, wann kritische Arbeiten auf der Baustelle durchgeführt werden sollen und seine Begehungen dementsprechend planen. Ein guter Planer in der Bauüberwachung kann durch seine Erfahrung diese Punkte auch heute schon ohne die BIM-Methode erfüllen, aber die klaren Strukturen in BIM ermöglichen eine höhere Transparenz und Dokumentation des Bauablaufes und führen so zu einer größeren Terminalsicherheit (GASTEIGER, 2015: 111 ff.)

Kostenkontrolle

Der nächste Bereich der durch BIM erleichtert werden kann, ist die laufende Kostenkontrolle. Hierfür stellt das 5D-Modell nicht nur während des Planungs- und Ausschreibungsprozesses einen Mehrwert dar, sondern auch besonders während der Bauphase für das Thema Kostenkontrolle. In der herkömmlichen Bauüberwachung ohne BIM stellte eine laufende Kostenkontrolle einen kaum vertretbaren Aufwand dar, da die Baufirmen sämtliche bisher getätigten Leistungen sowie den tatsächlichen Materialverbrauch ermitteln mussten und das Ergebnis dann mit den Angebotssummen verglichen wurde. Dieser Aufwand wurde deswegen nur bei gewissen Meilensteinen erbracht. Zusätzlich musste der Planer sämtliche Nachtragsangebote

und Mehr- und Minderkostenanforderungen der Firma prüfen und deren Auswirkungen auf die Gesamtkosten bewerten (GASTEIGER, 2015: 114). Dies stellt sich vor dem Hintergrund einer nicht immer durchgehenden Kostenfeststellung oftmals als schwierig heraus.

Da in dem 5D-Modell bei den einzelnen Bauteilen nach der Vergabe die Angebotspreise ergänzt wurden und durch die digitalen Bauberichte der aktuelle Fortschritt der Baustelle enthalten ist, kann eine präzise Kostenfeststellung aller fertiggestellten Bauteile ermittelt werden. Hierfür ist es eben entscheidend, dass das Modell immer aktuell gehalten wird und Änderungen eingearbeitet werden. So lassen sich dann auch die Auswirkungen der Nachtragsangebote und Mehr- und Minderkostenanforderungen leicht bewerten (GASTEIGER, 2015: 114). Unter der Voraussetzung, dass ebenfalls ein akkurates 4D-Modell vorliegt, können die prognostizierten (SOLL-Kosten) und tatsächlichen (IST-Kosten) Ausgaben im Verlauf eines Projekts auf einfache Weise verfolgt werden. Dies ermöglicht eine regelmäßige Kostenberichterstattung und Budgetierung, um sicherzustellen, dass Effizienzsteigerungen erzielt werden und das Projekt selbst innerhalb der Budgettoleranzen bleibt. (vgl. NIEDERMAIER, BÄCK, 2018-1; McPARTLAND, 2017-1). Das BIM-Modell für die Kostenkontrolle trägt so zu einer deutlich erhöhten Kostentransparenz bei. Alle Änderungen werden automatisch in den Gesamtkosten berücksichtigt und können über die Änderungsverfolgung des Modells auch zu einem späteren Zeitpunkt nachvollzogen werden (GASTEIGER, 2015: 114- 115).

Qualitätskontrolle

Bei der Qualitätskontrolle kann das BIM-Modell mit den verknüpften Bautagesberichten ebenfalls die Bauüberwachung unterstützen. In dem das digitalen Modell das Bauwerk im Detail definiert und die gesamte Planung zeigt, kann anhand der BIM-Modells der SOLL-Zustand des Bauwerks mit dem aktuellen IST-Zustand verglichen werden, um die Vollständigkeit der Ausführung zu überprüfen. So kann auch vermieden werden, dass Elemente vergessen werden. Im Vergleich zu der herkömmlichen 2D-Planung stellt das BIM-Modell den Bau-SOLL präziser dar, wodurch eben der Vergleich zwischen Planung und Ausführung erleichtert wird (GASTEIER, 2015: 115). Aber wie bereits bei der Terminkontrolle ersetzt das BIM-Modell nicht die Überprüfung auf der Baustelle. Die Prüfung der richtigen

Ausführung muss trotzdem weiterhin regelmäßig durch Anwesenheit auf der Baustelle erfolgen. Das digitale Modell stellt immer nur den SOLL-Zustand dar, nicht aber die richtige Umsetzung der Planung (GASTEIGER, 2015: 115- 116).

Bei den Begehungen kann das BIM-Modell genutzt werden, um erkannte Mängel, Probleme oder Abweichungen in der Ausführung direkt im Modell zu vermerken (GASTEIGER, 2015). So werden diese zum einen zur Nachverfolgung dokumentiert und sie können mittels des BIM Collaboration Format (vgl. Kap. 5.2 “BIM Collaboration Format (BCF)”, S. 129) an die ausführende Firma und den Auftraggeber versendet werden, so dass danach jeder weiß, um was es geht. Bei Gewährleistungsfragen müssen dann nicht sämtliche Bautagesberichte oder Protokolle durchsucht werden, sondern nur das jeweilige Bauteil im Modell ausgewählt werden. Das BIM erleichtert folglich die Überprüfung der Qualität zu einem späteren Zeitpunkt (GASTEIGER, 2015: 115- 116).

7.3.3 Kostenfeststellung und Kostenabrechnung

In dem über die gesamten Ausführungsdauer das Modell aktualisiert wurde, stellt das Modell so gesehen ein 6D as-built Modell dar. Diese ermöglicht auch eine modellbasierte Kostenfeststellung und Kostenabrechnung. Da das 6D-Modell dem gebauten Zustand entspricht, lassen sich sämtliche Änderungen nachvollziehen und so die tatsächlichen IST-Kosten ermittelt. Des Weiteren können aus dem Modell die exakten Massen plausibel und prüfbar ermittelt werden und so für die Abrechnung verwendet werden. Dafür ist bei Vertragsabschluss bereits festzuhalten, welcher Stand des Modells als Abrechnungsgrundlage verwendet werden soll und dieser muss dann zum Zeitpunkt der Abrechnung eingefroren werden. Zusätzlich müssen im Vorfeld die Abrechnungsregeln, der Detaillierungsgrad, Maßeinheiten und welche Formate für den Datenaustausch zu verwenden eindeutig definiert und im Modell eingearbeitet sein. Wenn diese Punkte erfüllt sind, bietet die BIM-Methode auch in der Phase des Projektabschlusses ein großes Potenzial (vgl. GASTEIGER, 2015; VDI, 2018-3).

7.3.4 Mängelbetreuung

Auch über den direkten Projektabschluss hinaus, kann BIM den Planer in der Mängelbetreuung unterstützen. Bei festgestellten Mängeln lassen sich diese mittels BCF direkt im Modell erfassen, dokumentieren und an die ausführende Firma und den Bauherrn verschickt werden. Mittels des Modells lassen sich dann auch die Beseitigung der Mängel genau dokumentieren, so dass im nachhinein keine Mängel vergessen werden. In dem für jedes Bauteil im Modell die Verjährungsfristen ergänzt werden, lassen sich die Fristen genau organisieren und nachvollziehen. Dies ist besonders wichtig, da bei auftretenden Mängeln die Mängelfrist zum Teil bis zur Beseitigung ausgesetzt wird oder mit Beseitigung neue Mängelfristen laufen. Hierdurch kann es passieren, dass für ein Projekt eine hohe Anzahl an unterschiedlichen Mängelfristen beachtet werden müssen. Das BIM-Modell bietet hier die Möglichkeit diese verschiedenen Fristen überschaubar und nachvollziehbar zu organisieren und für die Zukunft dokumentieren (vgl. DÖRING, 2019-1; KLINGELHÖFER, 2019).

7.4 Einfluss der BIM-Methode auf die Unterhaltungsphase

Auch nachdem die Planung und Herstellung des Bauwerks abgeschlossen sind, können die Daten im BIM-Modell noch weiterverwendet werden. So bildet das as-built (6D)-Modell die ideale Grundlage für den vergleichsweise lange Betrieb und Unterhaltung des Bauwerks. Alle Informationen, die für Wartungs- und Unterhaltungsarbeiten, Modernisierungsmaßnahmen und Umbaumaßnahmen benötigt werden, sind durch die Planung und Ausführung bereits im Modell enthalten und können je nach Bedarf aus dem Modell gezogen werden (GASTEIGER, 2015: 117). Voraussetzung hierfür ist die Übergabe des as-built-BIM-Modells vom Planer an den Auftraggeber. Werden dem Bauherrn anstelle von „toten“ Zeichnungen hochwertige digitale Informationen in Form eines Building-Information-Models übergeben, kann er diese direkt für den Betrieb und Unterhaltung verwenden (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.: 6-7). Dabei bietet besonders das modellbasierte Arbeiten in der Betriebs- und Unterhaltungsphase in vielen Lebenszyklusphasen Vorteile für Planer, Auftraggeber und Dienstleister. Ein Modell, das den aktuellen Bauwerkszustand widerspiegelt, spart Zeit und Aufwand bei Wartung, Instandhaltung, Instandsetzung, Umbau- und Sanierung. Wichtig dabei ist aber, die kontinu-

ierliche Pflege des digitalen Modells über den gesamten Lebenszyklus, so dass alle Änderungen am realen Bauwerk auch im digitalen Abbild entsprechend nachgeführt werden. Zusätzlich müssen auch alle Wartungs- und Unterhaltungsarbeiten im Modell dokumentiert werden. Damit kann das digitale Modell dann in Zukunft auch als Zustandsnachweis beim Verkauf dienen (vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al./ Kap. 25: ENTZIAN). Das digitale Modell kann aber nicht nur für die Planung von Maßnahmen oder den Verkauf verwendet werden, sondern auch von den Arbeitern vor Ort, um Informationen für z.B. die richtige Wartung von Bewässerungssystemen oder die richtige Düngermenge für die Staudenpflanzung aus dem Modell zu ziehen. Diese Art von Informationen, einschließlich der Wartungsintervalle und Garantiebedingungen bei technischen Geräten, in den Bauteilattributen sind erforderlich, um im Rahmen der Betreiberverantwortung die entsprechenden Aufgaben effektiv planen, beauftragen, durchführen und kontrollieren zu können (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 25: ENTZIAN: 387).

Wird das Bauwerk am Ende seines Lebenszyklus umgebaut, instandgesetzt oder zurückgebaut, kann das Modell genauen Aufschluss über den Leitungsverlauf und die verbauten Materialien geben und ermöglicht so eine umweltgerechte Entsorgung bzw. das Recycling von Bauteilen. Damit deckt BIM den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks ab und verdeutlicht damit die Vorteile, die sich aus der ganzheitlichen BIM-Betrachtung von der Entstehung bis zum Abbruch für Bauherren, Planer und Betreiber ergeben (vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 1: BORRMANN et. al.; GASTEIGER, 2015).

8 Rechtliche Aspekte der BIM-Methode

Beim Betrachten der BIM-Thematik liegt der Fokus oft auf den technischen Möglichkeiten, deren Implementierung und den Einfluss auf die Projektabwicklung. Es wird vielfach über die Anpassung der Büroabläufe, modellorientierten Arbeitsweisen sowie den Datenaustausch und die Planungssoftware gesprochen. Dabei stehen die fehlenden Standardisierungen und technischen und organisatorischen Richtlinien und Regelwerke im Zentrum der Diskussionen.

Dabei wird ein genauso wichtiges Thema oft vernachlässigt. Die rechtlichen Aspekte beim Thema BIM. So wie es Anpassungen durch BIM in der Projektabwicklung gibt, wird die BIM-Implementierung auch rechtliche Anpassungen verursachen. Der Einsatz der BIM-Methode erfordert dabei Anpassungen bei den vertragliche Regelungen sowie eine rechtliche Auseinandersetzung beim Thema Vergabe-, Urheber- und Eigentumsrecht, Berufshaftpflicht und der Vergütung. Das nachfolgende Kapitel wird die unterschiedlichen rechtlichen Aspekte die durch die BIM-Methode aufkommen einzeln betrachten. Diese Betrachtung gibt nur einen Überblick über Informationen über das Thema BIM und Recht. Sie stellt ausdrücklich keine Rechtsberatung dar. Sie kann insbesondere keine individuelle rechtliche Beratung in Einzelfällen ersetzen, welche die Besonderheiten des Einzelfalles berücksichtigt. Zu rechtlichen Fragen sollte deshalb immer eine Beratung durch einen fachkundigen Rechtsanwalt (z.B. Fachanwalt für Bau- und Architektenrecht) eingeholt werden.

8.1 Vergaberecht für Landschaftsarchitektenleistungen

Die BIM-Methode ergibt bereits bei der Vorbereitung und der Durchführung der vergaberechtlich vorgeschriebenen Ausschreibungsverfahren für landschaftsarchitektonische Leistungen öffentliche Projekte, aber auch bei Ausschreibungen privater Bauvorhaben, BIM-spezifische Fragestellungen und Anpassungen. Der vergaberechtliche Prozess ist abhängig von den jeweiligen individuellen Anforderungen und Rahmenbedingungen, weswegen an dieser Stelle nur auf einzelne vergaberechtliche Themen fokussiert wird.

8.1.1 Berücksichtigen der mittelständischen Interessen

Bei der Ausschreibung von BIM in Planungsprozessen kommt die Befürchtungen einer entstehenden Marktverengung auf, da oft die Meinung vertreten wird, dass nur große oder hoch spezialisierte Firmen die BIM-Methode verwenden können. Bei der Ausschreibung eines öffentlichen Projektes muss gemäß § 97 Abs. 4 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) die Interessen mittelständischer Unternehmen geschützt werden. In der Vorschrift steht dazu:

“Mittelständische Interessen sind bei der Vergabe öffentlicher Aufträge vornehmlich zu berücksichtigen. Leistungen sind in der Menge aufgeteilt (Teillose) und getrennt nach Art oder Fachgebiet (Fachlose) zu vergeben. Mehrere Teil- oder Fachlose dürfen zusammen vergeben werden, wenn wirtschaftliche oder technische Gründe dies erfordern.” (§ 97 Abs. 4 GWB)

Nach dem Gesetz sind bei öffentlichen Aufträgen vornehmlich die Interessen mittelständischer Unternehmen zu berücksichtigen, wodurch die Leistungen in Losen getrennt nach Fachdisziplin ausgeschrieben werden sollen. Dabei ist es nicht die Absicht des Gesetzes, bestehende Marktstrukturen beizubehalten oder gar technische Weiterentwicklungen zu verhindern. Es geht vielmehr um den Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit unter den Marktteilnehmern bzw. um die zugunsten mittelständischer Unternehmen zu erhaltende wirtschaftliche Option, sich um öffentliche Aufträge bewerben zu können (vgl. SCHRAMMEL, WILHELM, 2016; DISCHKE, 2017-2). Dies bedeutet aber nicht, dass es eine umfassende Bevorzugung der mittelständischen Wirtschaft vom Gesetz gefordert wird. Die mittelstandsorientierten Ziele sollen unter dem Vorbehalt der Wirtschaftlichkeit lediglich berücksichtigt werden. Dies bedeutet, dass, wenn wirtschaftliche oder technische Gründe es erfordern, (sogar) von einer Losvergabe abgesehen werden kann (ESCHENBRUCH et al., 2014: 38). Dies wurde auch durch das OLG Düsseldorf in einem Urteil bestätigt. Dabei hat das OLG Düsseldorf die Grenzen dieser Bestimmungsbefugnis vergabe-rechtlich im Einzelnen ausgelotet und die Festlegungen des Beschaffungszwecks gebilligt, sofern folgende Kriterien erfüllt sind:

- *die Bestimmung durch den Auftragsgegenstand sachlich gerechtfertigt ist,*
- *vom Auftraggeber dafür nachvollziehbare objektive und auftragsbezogene Gründe angegeben worden sind und die Bestimmung folglich wertefrei getroffen worden ist,*
- *solche Gründe tatsächlich vorhanden (festzustellen und notfalls erwiesen) sind*
- *und die Bestimmung anderer Wirtschaftsteilnehmer nicht diskriminiert. (OLG Düsseldorf, Urteil. v. 01.08.2012 – Verg 10/12)*

Dementsprechend darf der öffentliche Auftraggeber seine Ausschreibung auf ein bestimmtes Produkt, ein Verfahren und dergleichen ausrichten, so lange er dafür gute Gründe vorweisen kann. In den vom Gericht festgelegten Grenzen darf die Beschaffung prinzipiell so weit verdichtet werden, dass sogar nur noch ein Monopolanbieter beauftragt werden kann, solange die vom Gericht aufgeführten Kriterien eingehalten werden (ESCHENBRUCH et. al., 2014: 38).

Nicht nur das GWB ist bei der Vergabe von landschaftsarchitektonischen Leistungen zu beachten, sondern besonders auch die Vergabeverordnung (VgV). Die VgV bildet die Grundlage für die Vergabe öffentlicher Aufträge. Gemäß § 31 Abs. 1 VgV muss der öffentliche Auftraggeber *“die Leistungsbeschreibung (§ 121 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen) in einer Weise, dass sie allen Unternehmen den gleichen Zugang zum Vergabeverfahren gewährt und die Öffnung des nationalen Beschaffungsmarkts für den Wettbewerb nicht in ungerechtfertigter Weise behindert,”* verfassen. Dabei kann der Auftraggeber gemäß § 31 Abs. 4 VgV auch vorgeben wie diese Leistung zu erbringen. Dazu steht in der VgV:

“Die Merkmale können auch Aspekte der Qualität und der Innovation sowie soziale und umweltbezogene Aspekte betreffen. Sie können sich auch auf den Prozess oder die Methode zur Herstellung oder Erbringung der Leistung oder auf ein anderes Stadium im Lebenszyklus des Auftragsgegenstands

einschließlich der Produktions- und Lieferkette beziehen, auch wenn derartige Faktoren keine materiellen Bestandteile der Leistung sind, sofern diese Merkmale in Verbindung mit dem Auftragsgegenstand stehen und zu dessen Wert und Beschaffungszielen verhältnismäßig sind.” (§ 31 Abs. 4 VgV)

Dabei dürfen die dort getroffenen Vorgaben und daraus vorgegebene resultierenden Eignungskriterien nach § 75 Abs. 4 Satz 2 VgV so gewählt sein, dass kleinere Büroorganisationen und Berufsanfänger nicht ausgeschlossen werden. Die VgV schreibt dazu:

*“Sie sind bei geeigneten Aufgabenstellungen so zu wählen, dass kleinere Büroorganisationen und Berufsanfänger sich beteiligen können.”
(§ 75 Abs. 4 Satz 2 VgV)*

Nach GWB und VgV ist es wichtig, die Ausschreibung mit BIM zum jetzigen Zeitpunkt nicht zu restriktiv zu formulieren. Dies zeigt auch eine Ausschreibung aus Nordrhein-Westfalen für eine öffentliche Bibliothek mit einem geschätzten Bauvolumen von 4.2 Mio EUR netto. Die Auslober wollten das Projekt auch mit BIM durchführen. Als Mindestanforderungen für die Eignung wurde von den Bewerbern verlangt, dass drei Referenzen innerhalb der letzten 3 Jahre für Objektplanung Gebäude, davon mindestens eine Referenz mit der BIM-Methode geplant und dem Schwierigkeitsgrad mindestens Honorarzone IV, mindestens eine Referenz mit Baukosten KG 300 über 10 Mio. € brutto und mindestens eine Referenz mit dem Neubau einer Kultureinrichtung vorzulegen sind (VK Westfalen, Beschluss vom 07.03.2019, VK 1 - 04 / 19). Diese Ausschreibung wurde von der Vergabekammer Westfalen überprüft und anschließend aufgehoben. Dabei begründete die Vergabekammer ihre Entscheidung wie folgt:

“Die Antragstellerin beanstandet zudem zu Recht, dass die Antragsgegnerin hinsichtlich der Referenzen nicht die Vorgaben des § 75 Abs. 4 Satz 2 VgV eingehalten hat. Die Antragsgegnerin sollte deshalb bei der Überarbeitung der Bekanntmachung auch die Anforderungen an die Referenzen klären.

a) Zutreffend ist, dass gerade die Regelung in Satz 2 des § 75 Abs. 4 VgV kleinere Bürogemeinschaften und Berufsanfänger im Blick hatte und auch diesen Bieterkreisen die Teilnahme an Ausschreibungen von Planungsleistungen ermöglicht werden sollte.

Die Vorgaben in der Bekanntmachung stehen dem entgegen. Die Bevorzugung großer Büros ergibt sich daraus, dass die Bearbeitung von Projekten mit BIM sich aktuell noch auf wenige Projekte, die zum Teil als Pilotprojekte aufgestellt sind, erstreckt. Kleinere und mittlere Büroeinheiten dürften nur im Ausnahmefall über entsprechende Referenzen verfügen. Hinzu kommt, dass 3 Referenzen über 10 Mio. € gefordert waren und diese aus einem Zeitraum von 3 Jahren stammen mussten. Kumulativ gesehen ist das für kleinere und mittlere Büroeinheiten nicht ohne weiteres möglich. Insofern liegt zunächst ein Verstoß gegen § 75 Abs. 4 Satz 2 VgV vor.“ (VK Westfalen, Beschluss vom 07.03.2019, VK 1 - 04 / 19, S. 9).

Aus dem Beschluss geht aber hervor, dass nicht die BIM-Methode als solche für die Aufhebung der Ausschreibung verantwortlich war, aber kumulierten Anforderungen aus den drei Referenzprojekten. Der Beschluss zeigt aber auch, wie neu BIM im Bauwesen ist und wie schwierig es noch ist die Ausschreibung eines BIM-Projektes durchzuführen und wie wichtig die richtige Formulierung ist.

8.1.2 Produktneutralität bei der Ausschreibung

Die Thematik der Produktneutralität bekommt mit BIM eine besondere Bedeutung, da der Auftraggeber gewährleisten muss, dass die mit unterschiedlichen Softwarelösungen erstellten Planungsleistungen der Projektbeteiligten austauschbar sind, vom BIM-Manager in ein Koordinationsmodell zusammengefügt werden können und auch nach der Planung über den gesamten Lebenszyklus verwendbar bleiben. Hierfür muss der Auftraggeber in der Ausschreibung genau die Softwareschnittstellen und Anforderungen an die einzusetzenden Softwareprodukte beschreiben (SCHRAMMEL, WILHELM, 2016: 30). Dabei muss der Grundsatz der produktneutralen Ausschreibung nach § 31 Abs. 6 Satz 1 VgV beachtet werden. Dort steht bezüglich produktneutraler Ausschreibung:

“In der Leistungsbeschreibung darf nicht auf eine bestimmte Produktion oder Herkunft oder ein besonderes Verfahren, das die Erzeugnisse oder Dienstleistungen eines bestimmten Unternehmens kennzeichnet, oder auf gewerbliche Schutzrechte, Typen oder einen bestimmten Ursprung verwiesen werden, wenn dadurch bestimmte Unternehmen oder bestimmte Produkte begünstigt oder ausgeschlossen werden, es sei denn, dieser Verweis ist durch den Auftragsgegenstand gerechtfertigt.” (§ 31 Abs. 6 Satz 1 VgV)

Demnach, kann der Auftraggeber in seiner Ausschreibung grundsätzlich keine produktspezifische Vorgabe für den Einsatz einer bestimmter Software fordern. Viel mehr muss er seine Anforderungen an die Software so eindeutig und so erschöpfend beschreiben, dass alle Auftragnehmer die Beschreibung im gleichen Sinne verstehen müssen. Er kann allerdings ausnahmsweise von dieser Vorgabe abweichen und bestimmte Softwarelösungen verbindlich vorgeben, wenn davon z.B. der Projekterfolg abhängt. Dies wird mit dem letzten Teilsatz des § 31 Abs. 6 Satz 1 VgV *“dieser Verweis ist durch den Auftragsgegenstand gerechtfertigt”* zugelassen. Die so beschriebene Software ist dann zwingend zu verwenden. Um aber seitenlange Spezifikationen zu den Softwareschnittstellen und Anforderungen an die einzusetzenden Softwareprodukte zu vermeiden, kann der Auftraggeber in der Ausschreibung nach § 31 Abs. 6 Satz 2 VgV *“beispielhaft”* eine Software vorgeben. Dort steht:

“Solche Verweise sind ausnahmsweise zulässig, wenn der Auftragsgegenstand anderenfalls nicht hinreichend genau und allgemein verständlich beschrieben werden kann; diese Verweise sind mit dem Zusatz „oder gleichwertig“ zu versehen” (§ 31 Abs. 6 Satz 2 VgV)

Bei Verweis auf § 31 Abs. 6 Satz 2 VgV kann der Auftragnehmer seine eigene Software für die Bearbeitung des Projekts verwenden. Es wird im Rahmen der Eignung durch den Auftraggeber geprüft, ob die vorgeschlagene Softwarelösung den Anforderungen aus der Ausschreibung erfüllt (SCHRAMMEL, WILHELM, 2016: 30 ff.)

Mit den Vorschriften der VgV wird die open BIM-Methode unterstützt, in dem jeder Fachplaner seine eigene Software verwenden kann und der Austausch über Softwareschnittstellen, wie das IFC, erfolgt. Durch das IFC-Format kann es aber immer noch zu Problemen bei der Datenübertragung und zu “verlorenen” Daten kommen. Um diese zu vermeiden und zur Gewährleistung des Projekterfolgs könnte der Auftraggeber eine closed BIM-Lösung vorschreiben, bei welcher alle Projektbeteiligte eine einheitliche Software verwenden. Dies wurde auch durch das Oberlandesgericht Düsseldorf 2017 in einem Urteil entscheiden:

“Das Vergaberecht regelt nicht, was der öffentliche Auftraggeber beschafft, sondern nur die Art und Weise der Beschaffung. Gleichwohl unterliegt die Bestimmungsfreiheit des Auftraggebers beim Beschaffungsgegenstand bestimmten, durch das Vergaberecht gezogenen Grenzen.

Soweit dies nicht durch den Auftragsgegenstand gerechtfertigt ist, darf der Auftraggeber in der Leistungsbeschreibung nicht auf eine bestimmte Produktion oder Herkunft oder auf Marken, Patente, Typen verweisen, wenn dadurch bestimmte Unternehmen oder Güter begünstigt oder ausgeschlossen werden.

*Die Entscheidung des öffentlichen Auftraggebers für die Beschaffung eines bestimmten Produkts aus technischen Gründen ist sachlich gerechtfertigt, wenn hierdurch im Interesse der Systemsicherheit und Funktion eine wesentliche Verringerung von Risikopotenzialen (Risiko von Fehlfunktionen, Kompatibilitätsproblemen, höherem Umstellungsaufwand) bewirkt wird.”
(OLG DÜSSELDORF, Urteil v. 31.05.2017, Az. Verg 36/16)*

Nach dem Urteil darf der Auftraggeber von den Grundsätzen der Produktneutralität abweichen, wenn er dafür wesentlich Gründe nachweist und es im Interesse der Systemsicherheit und Funktion eine wesentliche Verringerung von Risikopotenzialen gewährleistet. Hierzu zählt auch das Vermeiden von gravierenden Fehlern durch die Nutzung unterschiedlicher Softwarelösungen durch die Projektbeteiligten, was durch die vorgeschriebene closed BIM-Lösung vermieden werden könnte (BOLDT, 2018). Dabei ergeben sich bei einer vorgeschriebenen closed BIM-Software aber zusätzliche rechtliche Fragen.

Wer trägt die Kosten für die Softwareanschaffung? Stellt der Auftraggeber den Projektbeteiligten einen online Big Room mit Software und Arbeitsplätzen zur Verfügung, in dem alle gemeinsam arbeiten können oder muss jeder Projektteilnehmer sich selbst die Software anschaffen (vgl. ESCHENBRUCH et. al, 2014; BOLDT, 2018)? Wie sieht es mit der Haftung bei Planungsfehlern durch die Software aus ? (vgl. Kap. 8.4: Rechtliche Aspekte der BIM-Methode- Berufshaftpflichtversicherung) Wer haftet für Datenverluste?

Diese Fragen sind noch nicht abschließend entschieden, aber BIM-Spezifika müssen bei der Ausschreibung durch den Auftraggeber und bei der Angebotserstellung durch den Landschaftsarchitekten heute schon berücksichtigt werden. Dabei steht das Vergaberecht der BIM-Methode nicht entgegen. Diese BIM-spezifischen Fragen werden sich in der Zukunft noch klären.

8.1.3 BIM-Qualifikation als Zuschlagskriterium

Im Rahmen der Ausschreibung wird auch der Kompetenz des Auftragnehmers im Bezug auf BIM überprüft werden. Dies wird auch durch den “Stufenplan Digitales Planen und Bauen” des BMVI vorgeschrieben. Danach ist *“im Vergabeverfahren zu gewährleisten, dass die Auftragnehmer über die (...) notwendigen BIM-Kompetenzen verfügen und zu einer partnerschaftlichen Zusammenarbeit bereit sind. Die BIM-Kompetenz sollte daher bei der Vergabeentscheidung gewertet werden”* (BMVI, 2015-1: 11). Dabei stellt sich die Frage wie die BIM-Kompetenz des Auftragnehmers als Eignungskriterium überprüft werden soll. Die wenigsten Büros haben bis jetzt Projekte mit BIM abgewickelt und können so ihre Qualifikation nachweisen. Die EDUBIM GmbH hat hierzu eine Analyse von 200 Vergabebekanntmachungen ausgewertet. Dabei stellte sich raus, dass oft Klauseln wie

“Benennung und Nachweis der Qualifikation von mindestens 3 in der BIM-Methodik geschulten Mitarbeitern. Die Nachweise (Zertifikat) sind der Ausschreibung als Anlage beizufügen.” (MERZ, 2019)

(oder so ähnlich) verwendet werden und als Zuschlagskriterium dienen. Die Auftragnehmer müssen demnach nicht mehr die Qualifikation durch Projekterfahrung

gen nachweisen, sondern über die BIM-Qualifikation einzelner Mitarbeiter. Aber ist BIM-Zertifikat gleich BIM-Zertifikat? Die EDUBIM GmbH hat festgestellt, dass unzählige internationale und nationale Weiterbildungsangebote existieren mit unterschiedlichen Lehrplänen und Anforderungen an die Zertifizierung, was die ganze Zertifizierung undurchsichtig und schwer zu bewerten macht, da kein einheitlicher Standard hinter den Zertifikaten steht (MERZ, 2019). buildingSMART International sich diesem angenommen und das internationale Zertifizierungsprogramm *“Professional Certification Program”* initiiert. Mit internationalen Partnern zusammen hat buildingSMART einen international standardisierten und anerkannten Lehrplan erarbeitet, mit welchem ein vergleichbarer Standard in der BIM-Qualifizierung geschaffen wird. Das Trainingsprogramm ist dabei in zwei Phasen unterteilt.

In der ersten Phase (genannt *“Individuelle Qualifikation”*) liegt der Fokus auf dem wissensbasierten Lernen. Der hierfür von buildingSMART erstellte Rahmenlehrplan sieht dafür fünf Module vor (BALDWIN, 2018):

1. Verstehen, was BIM ist, warum es benötigt wird und Kenntnis des Fachvokabulars
2. Kenntnis der Vorteile der BIM-Methode gegenüber der klassischen Projektabwicklung
3. Verständnis des Projektsinformationsentwicklungszyklus; spezielle Kenntnis der relevanten Daten, ihrer Erstellung, Übergabezeitpunkte, Austausch und Pflege
4. Verständnis für die Notwendigkeit offener und vollständig kompatibler Lösungskonzepte
5. Beurteilung der Fähigkeit der eigenen Organisation zur Anwendung der BIM-Methode

Die zweite Phase (genannt *“Professionelles Zertifikat”*) ist auf das angewandte Lernen innerhalb des Berufsfeldes ausgerichtet. Die zweite Phase befindet sich noch in der Entwicklung und soll ab 2021 eingeführt werden.

In Deutschland hat der VDI in ihrer Schriftenreihe VDI 2552 Blatt 1-11 "Building Information Modeling" Richtlinien, Vorschriften und Standards für den BIM-Gebrauch in Deutschland erarbeitet. Dabei wird im "VDI 2552 Blatt 8: BIM-Qualifizierung der Rahmenlehrplan" der ersten Phase der buildingSMART aufgegriffen und in eine deutsche Richtlinie überführt. Dabei hat sie die von der buildingSMART festgelegten 5 Punkte aufgegriffen, aber dabei noch ein sechstes nationales Modul ergänzt (VDI, 2019-8):

6. Verstehen der nationalen Spezifika in der Anwendung von BIM

In Deutschland sind bis jetzt 22 Weiterbildungsstellen zertifiziert die BIM-Qualifizierung nach dem Rahmenlehrplan der buildingSMART und des VDI ausbilden (MERZ, 2019).

Nach welchen Kriterien die BIM-Qualifizierung in der Vergabe bewertet wird, ist heute noch nicht allgemeingültig zu bestimmen. In dem aber der Zuschlag über die Mitarbeiterqualifikation ermittelt wird, kann die BIM-Qualifizierung bewertet werden, wodurch auch die mittelständischen Interessen nach § 97 Abs. 4 GWB und § 75 Abs. 4 Satz 2 VgV berücksichtigt werden. Dabei ist aber zu beachten, dass die Qualifikation der Mitarbeiter nicht die Referenzen und Qualifikation des Unternehmens ersetzt. Die Vergabekammer Westfalen hat dies, in dem Fall der öffentlichen Bibliothek, wie in Kapitel 8.1.1 geschildert, auch bestätigt:

"(...) die „Eignung“ iSv § 122 Abs. 1 GWB sich auf Referenzen des Unternehmens (Architekturbüro) beziehen muss, und eben nicht auf „Mitarbeiter“ des Unternehmens. Die Berufserfahrung des Projektleiters und seines Vertreters können aber über § 58 Abs. 2 Nr. 2 VgV erfasst werden. Als Zuschlagskriterium kann die Antragsgegnerin sich gerade auch bei Planungsleistungen die Erfahrungen von Mitarbeitern darlegen lassen, und diese bewerten."
(VK Westfalen, Beschluss vom 07.03.2019, VK 1 - 04 / 19, S. 9).

Der Beschluss der Vergabekammer klarifiziert, dass Mitarbeiter nicht als Eignung der Unternehmens bewertet werden können, da Referenzen zur Prüfung der

Eignung des Unternehmens und nicht der Mitarbeiter dienen. Die Referenzen der Mitarbeiter dienen lediglich dem Nachweis der Berufserfahrung. Dabei bietet die Vergabekammer auch einen Ausweg, in dem die Qualifikation der Mitarbeiter als Zuschlagskriterium bei der Vergabe gemäß § 75 Abs. 2 Nr. 2 VgV gewertet werden darf. Die VgV schreibt diesbezüglich:

“Die Ermittlung des wirtschaftlichsten Angebots erfolgt auf der Grundlage des besten Preis-Leistungs-Verhältnisses. Neben dem Preis oder den Kosten können auch qualitative, umweltbezogene oder soziale Zuschlagskriterien berücksichtigt werden, insbesondere: (...)

2. die Organisation, Qualifikation und Erfahrung des mit der Ausführung des Auftrags betrauten Personals, wenn die Qualität des eingesetzten Personals erheblichen Einfluss auf das Niveau der Auftragsausführung haben kann, oder (...) (§ 75 Abs. 2 Nr. 2 VgV)

Mitarbeiterreferenzen können nur dann als Referenz verlangt werden, wenn es um die persönliche Eignung und Berufserfahrung eines Mitarbeiters im Bezug auf die Rollen und Aufgaben in BIM geht, so z.B. wenn in der Bewerbung der BIM-Manager / Koordinator benannt werden muss und dieser eine bestimmte BIM-Erfahrung und Qualifikation vorweisen muss. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass ein Unternehmen frühzeitig in die BIM-Methode einsteigt, um dann bei Bedarf eigene BIM-Referenzprojekte vorweisen zu können.

8.2 Vergaberecht für Bauleistungen

Nicht nur bei der Vergabe der Landschaftsarchitekturleistungen bei öffentlichen Projekten sind BIM-spezifische Fragen jetzt zu beachten, sondern auch bei der Ausschreibung der Bauleistungen für öffentliche Projekte. Seit dem 18.10.2018 ist es bereits vorgeschrieben, dass die Vergabe von Planungsleistungen öffentlicher Auftraggeber oberhalb der EU-Schwellenwerte auf elektronischem Wege bekannt gemacht werden muss. Dies unterstützt auch die Verwendung eines BIM-Modells als Ausschreibungs- und Angebotsgrundlage. Die Bereitstellung eines digitalen

Bauwerksmodells im Rahmen der Ausschreibung erleichtert den Baufirmen die Aufwandsermittlung für die Angebotsabgabe und ermöglicht später die präzise Abrechnung (BORRMANN et. al, 2015- Kap. 1: BORRMANN et. al.: 6). Durch das Modell kann auch die gemäß § 7 Abs. 1 Nr.1 VOB/A vorgeschriebene eindeutige und so erschöpfende Beschreibung der Leistungen gewährleistet werden, so dass alle Unternehmen die Beschreibung im gleichen Sinne verstehen müssen und ihre Preise sicher und ohne umfangreiche Vorarbeiten berechnen können. Auch § 13 Abs. 1 S. 2 VOB/A steht einer entsprechenden Beschaffung nicht entgegen. In dem § 13 Abs. 1 Satz 2 VOB/A wird lediglich festgelegt, dass die Angebote schriftlich eingereicht werden dürfen. Sie besagt nicht, dass nicht bestimmte Angebotsinhalte im vorgegebenen Dateiformat zu übergeben sind. Damit dient diese Vorschrift dem Schutz kleinerer und mittlerer Unternehmen, die oftmals nicht über die notwendigen Ressourcen verfügen, Angebote elektronisch abzugeben. Die Einführung von BIM ist nicht zwangsläufig damit verbunden, dass auch die Angebotsabgabe ausschließlich mittels einer Arbeit am Bauwerksmodell erfolgen soll. Dies kann eine Variante der Beschaffung sein, ist jedoch nicht zwingend der Fall (ESCHENBRUCH et. al, 2014: 39). § 13 Abs. 1 S. 2 VOB/A bestimmt dabei nur die Form der Angebotsabgabe, nicht aber Vorschriften für den Planungs- und Bauprozess. So kann durch den Auftraggeber im Vertrag festgelegt werden, dass die Planung und die Dokumentation des Baus an einem Datenmodell zu erstellen ist und elektronisch eingereicht werden soll. Dies müsste aber dann bereits gemäß § 8 VOB/A in den Vergabeunterlagen beschrieben und festgehalten werden (ESCHENBRUCH et. al, 2014). In dem Fall, dass BIM für den Planungs- und Bauprozess auch durch die ausführenden Unternehmen verwendet werden soll, muss dort auch eine BIM-Qualifizierung als Eignungskriterium festgeschrieben werden. Dabei kann die Qualifizierung wie im vorigen Kapitel beschrieben nicht ausschließlich über die Qualifizierung der Mitarbeiter erfolgen, sondern bedarf auch BIM-Referenzen des Unternehmens.

Bei Anwendung der VOB/A-EU (Vergabebestimmungen im Anwendungsbereich der Richtlinie 2014/24/EU), die ab einem Schwellenwert von 5.186.000 EUR ohne MwSt. bei öffentlichen Bauaufträgen nach RL 2014/24/EU Abschnitt 2 Artikel 4 für die Vergabe anzuwenden ist, wird BIM ausdrücklich erwähnt. Hierzu steht in § 13a Abs. 7 VOB/A-EU:

“Der öffentliche Auftraggeber kann für die Vergabe von Bauleistungen und für Wettbewerbe die Nutzung elektronischer Mittel im Rahmen der Bauwerksdatenmodellierung verlangen. Sofern die verlangten elektronischen Mittel für die Bauwerksdatenmodellierung nicht allgemein verfügbar sind, bietet der öffentliche Auftraggeber einen alternativen Zugang zu ihnen gemäß Absatz 6 an.” (§ 13a Abs. 7 VOB/A-EU)

Nach der Vorschrift, darf der Auftraggeber ausdrücklich verlangen, dass das Projekt mit BIM abgewickelt wird. Nach Satz 1 kann der Auftraggeber gemäß des open BIM-Ansatzes vorgeben, dass jeder Bewerber seine eigene Software verwendet und nur die Softwareschnittstellen und Anforderungen an die BIM-Software definieren. Nach Satz 2 gibt der Auftraggeber eine bestimmte Softwarelösung im Sinn des closed BIM vor, dabei wird der Auftraggeber aber durch den Zusatz “nicht allgemein verfügbar” und dem Verweis auf § 13a Abs. 6 VOB/A-EU verpflichtet, die vorgegebene BIM-Software den Auftragnehmern unentgeltlich und uneingeschränkt zur Verfügung zu stellen. Der Zusatz “nicht allgemein verfügbar” beschreibt eine Software, die nicht unentgeltlich und öffentlich für die Auftragnehmer zugänglich ist (ESCH, 2017). Der § 13a Abs. 6 VOB/A-EU beschreibt die Pflicht des Auftraggebers dabei wie folgt:

„Der öffentliche Auftraggeber kann im Vergabeverfahren die Verwendung elektronischer Mittel, die nicht allgemein verfügbar sind (alternative elektronische Mittel), verlangen, wenn er:

1. Unternehmen während des gesamten Vergabeverfahrens unter einer Internetadresse einen unentgeltlichen, uneingeschränkten, vollständigen und direkten Zugang zu diesen alternativen elektronischen Mitteln gewährt und (...) (§ 13a Abs. 6 VOB/A-EU)

Wo bei Vergabe nach VgV für landschaftsarchitektonische Leistungen noch die Frage aufkam, wer bezahlt die Software bei einer Vorgabe durch den Auftraggeber für einem closed-BIM (vgl. Kap. 8.1.2), legt die VOB/A-EU diese Verantwortung dem Auftraggeber auf.

Abgesehen von der BIM-Software, bei welcher der Auftraggeber entscheiden kann, ob er eine genaue Vorgabe macht oder die Wahl dem Auftragnehmer überlässt, muss die restliche Vergabe der Bauleistungen nach dem vergaberechtlichen Gleichbehandlungsgrundsatz produktneutral erfolgen. Wie bereits in der VgV, ist jeweils § 7 Abs. 2 VOB/A und § 7 Abs. 2 VOB/A-EU verankert, dass eine produktneutrale Beschaffung erfolgen muss. Dort heißt es:

„In technischen Spezifikationen darf nicht auf eine bestimmte Produktion oder Herkunft oder ein besonderes Verfahren, das die von einem bestimmten Unternehmen bereitgestellten Produkte charakterisiert, oder auf Marken, Patente, Typen oder einen bestimmten Ursprung oder eine bestimmte Produktion verwiesen werden, es sei denn,

- 1. dies ist durch den Auftragsgegenstand gerechtfertigt oder*
- 2. der Auftragsgegenstand kann nicht hinreichend genau und allgemein verständlich beschrieben werden; solche Verweise sind mit dem Zusatz „oder gleichwertig“ zu versehen.“ (§ 7 Abs. 2 VOB/A)*

Das bauteilorientierte Klassifikations- und Beschreibungssystem von BIM-Modellen kann zu Schwierigkeiten mit der Vorschrift zur Produktneutralität nach VOB/B führen, wenn frühzeitig genaue Produkte eingetragen werden. Durch die Anwendung der bauteilorientierten Klassifikation können Bauteile im BIM-Modell aber auch nur mit standardisierten Eigenschaften erfasst werden und zum Beispiel durch Leistungsbeschreibungen aus dem StLB-Bau ergänzt werden. Hierzu bedarf es aber einer Schnittstelle zwischen BIM-Software und AVA-Software. Anders könnte eine Lösung dieses Problems dadurch erzielt werden, dass im BIM-Modell nach den Vorstellungen des Auftraggebers und Planers zwar ein bestimmtes Produkt hinterlegt wird, dieses aber durch Überschreibung mit einem Skript produktneutral geändert wird. So kann auch ein nicht produktneutraler Planungsprozess eine produktneutrale Ausschreibung der Leistungen gewähren (vgl. BOLDT, 2018; DISCHKE, 2017-2). Welche Lösung für eine produktneutrale Ausschreibung verwendet wird ist dabei immer Abhängig von den Projektanforderungen und auch von den Möglichkeiten der BIM-Software.

Ein weiterer Punkt bezüglich Produktneutralität ist die Thematik der ausgeschriebenen BIM-Software. Da dies der gleiche Punkt wie bereits im vorigen Kapitel wird an dieser Stelle nicht nochmal auf dem Punkt eingegangen, um die Reputation zu vermeiden und auf das Kapitel 8.1.2 verwiesen.

Die VOB/A verhindert nicht die BIM-Methode im Bauablauf. Bei der Anwendung von BIM durch die ausführende Betriebe ist es noch nicht entschieden, ob es zu Komplikationen mit dem § 97 Abs. 4 GWB zum Schutz der mittelständische Interesse kommen kann. Die Frage die sich stellt ist, ob es auch kleinere und mittlere Unternehmen möglich ist BIM anzuwenden oder ob hierdurch größere Unternehmen bevorzugt würden. Da BIM zu Baudokumentation in Deutschland noch in der Pilotphase ist, gibt es zu dem Thema noch keine gerichtlichen Entscheidungen.

8.3 Vertragssysteme

Die BIM-Nutzung in einem Projekt muss vertraglich festgelegt und geregelt sein, um eine erfolgreiche Zusammenarbeit zu garantieren. Auch im BIM-Leitfaden für Deutschland wird durch die Autoren EGGER/ HAUSKNECHT/ LIEBICH/ PRZYBYLO die Strategie verfolgt BIM vertraglich festzulegen.

„Für die erfolgreiche Zusammenarbeit mit der BIM-Methode ist es entscheidend, dass sich die Projektbeteiligten bereits zu Projektbeginn über die BIM-Ziele und den BIM-Projektentwicklungsplan einigen. Diese Absprachen müssen in die Verträge einfließen. Gerade für den öffentlichen Auftraggeber ist es hierbei wichtig, auf abgestimmte Vertragsmuster zurückgreifen zu können, die den rechtlichen Rahmenbedingungen, insbesondere den Vergaberichtlinien und dem Preisrecht entsprechen.“ (EGGER et. al., 2013: 86)

Wichtig bei der Vertragsgestaltung ist, dass diese eine deutlich verstärkte Zusammenarbeit der unterschiedlichen Fachdisziplinen organisiert und für alle Projektbeteiligten gleichermaßen gelten, da dies als Prämisse für eine erfolgreiche Implementierung eines BIM-Planungsprozesses gesehen wird. Hierfür müssen bei der Anwendung von BIM die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Projektbeteilig-

ten in Teilen neu geregelt werden. Da die BIM-Methode in Deutschland noch sehr neu ist, gibt es noch keine Vertragsmuster. Solche allgemeingültigen Vertragsmuster für BIM sind aber auch schwer zu erstellen, da die BIM-Methode eine weitreichende Individualisierung ermöglicht, was zum Beispiel schon anfängt beim Umfang des Datenmodells. Was aber die Rechtsnatur der einzelnen Verträge angeht, wird durch die BIM-Umsetzung der Charakter der Projektmanagement-, Planungs- und Bauleistungsverträge als Werkverträge gemäß §631 ff. BGB bzw. § 651p ff. BGB nicht verändert, da der zu erstellende Plan ein geistiges Werk für die Durchführung eines Bauvorhabens darstellt und die Herstellung methodenneutral gefasst ist. Durch die Planungsarbeit am Bauwerksmodell wird der werkvertragliche Charakter noch weiter verdeutlicht. Dabei kann dann die Erstellung eines einwandfreien Bauwerksmodells ein weiteren werkvertragliche Erfolg darstellen (vgl. ESCHENBRUCH et. al., 2014; Grundlegend BGH, Urt. v. 26.11.1959, Az. VII ZR 120/58, seither ständige Rechtsprechung).

Wie die vertragliche Umsetzung im Einzelfall erfolgen wird, ist noch nicht abschließend geklärt, nichtsdestotrotz haben sich zur Umsetzung der einheitlicher Rahmenbedingungen verschiedene Vertragsmodelle entwickelt.

Um die vollen Potenziale von BIM zu erhalten und die stärkere Kooperation der Projektbeteiligten zu fördern, ist ein Vertragsmodell hierfür die Einheitsvertragslösung in Form eines *Mehrparteienvertrags*. Dabei schließen alle Projektteilnehmer einen Vertrag mit dem Bauherrn über welchen sie sich gemeinsamen zur Erstellung eines virtuellen Bauwerksmodells verpflichten und dieses in die bauliche Ausführung umsetzen. Durch diese Art von Vertrag verpflichten sich die Projektbeteiligten zu einer besonders engen und kooperativen Zusammenarbeit (vgl. ESCHENBRUCH et. al., 2014; SCHRAMMEL, WILHELM, 2016; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 14; ESCHENBRUCH, ELIXMANN). Zusätzlich verpflichten sich die Vertragsparteien beim Mehrparteienvertrag im gewissen Rahmen Gewinne und Verluste zuteilen, weitgehende wechselseitige Haftungsfreistellungen zu vereinbaren und eine stärker integrative Projektrealisierung durch gemeinsame Entscheidungsgremien fördern. Der Vorteil von Mehrparteienverträgen besteht darin, dass innerhalb eines Vertrages für alle Planungsbeteiligten verbindliche Regelungen geschaffen werden (SCHRAMMEL, WILHELM, 2016). Dabei bringt der Mehrparteienvertrag auch

erhebliche Nachteile mit sich. Es ist gelegentlich schon schwer, einen Vertrag zwischen zwei Parteien zu schließen, durch die hohe Anzahl an Vertragsparteien im BIM-Projekt wird dieses Unterfangen nicht einfacher. Es ist damit zu rechnen, dass bereits bei der Vertragsanbahnungsphase zu Abstimmungsschwierigkeiten kommen wird und schwer ein Vertrag zustande kommt der alle Bedürfnisse gleichermaßen befriedigt. Die Vertragsanbahnungsphase stellt auch schon den nächsten Knackpunkt dar. Bei der Vergabe ist es schon selten möglich, praktisch zeitgleich mit einer Mehrzahl von Vertragsbeteiligten vertragsreife Planungs- und Bauverträge nach einem einheitlichen Muster abzuschließen. Vielfach können die Verträge zumeist erst nach und nach, entsprechend dem Entwicklungs- und Planungsfortschritt, vorbereitet und verhandelt werden. Weiterführend stellt der Mehrparteienvertrag auch ein Risiko für den Auftraggeber dar, da dieses Vertragsmodell sehr unflexibel ist und bei Änderungen mit allen Vertragsparteien insgesamt nachverhandelt werden muss (vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 14: ESCHENBRUCH, ELIXMANN; HOLATKA, 2016). Des Weiteren ist es schwer für den Auftraggeber einzelne Vertragsparteien zu kündigen, wenn diese ihre vereinbarten Leistungen nicht erbringen. Das Modell ist im Ausland, z.B. Australien und Großbritannien, ein durchaus erfolgreiches Vertragsmodell. In Deutschland konnte sich der Mehrparteienvertrag indes bis jetzt nicht durchsetzen (ESCHENBRUCH et. al., 2014: 56 ff.).

Ein weiteres Vertragsmodell ist das in Großbritannien entwickelte "*Early BIM Partnering*" (EBP). Dabei werden zu einem sehr frühen Zeitpunkt bereits die ausführenden Betriebe in die Planung involviert. Im ersten Schritt des EBP bereitet der Auftraggeber mit seinen Beratern ein erstes "Entwurfs-Modell" vor. Das "Entwurfs-Modell" definiert die Planungsanforderungen und Vorstellungen des Auftraggebers. Im zweiten Schritt wird das Modell durch den Bauunternehmer im Partnering-Vergabeverfahren geprüft und bewertet. In dieser 1. Phase wird die Fortentwicklung des Modells innerhalb eines Pauschalpreisrahmens (z.B. garantierter Maximumpreis) an ein Bauunternehmen übertragen. In einer 2. Phase erfolgt dann die Vollbeauftragung des Bauunternehmens mit der Bauleistung (vgl. SCHRÄMMEL, WILHELM, 2016; ESCHENBRUCH et. al., 2014). Dabei ist das Modell ähnlich der heute bekannten Generalunternehmer-Vergabe. Nachteil dieses Vertragsmodells ist die faktische Bindung des Arbeitnehmers, da ein Wechsel des Bauunternehmens mit Zeit- und Geldverlust verbunden ist. Bei einem Wechsel müssten

Leistungen gegebenenfalls wiederholt werden. Ein weiterer Nachteil des Early BIM Partnering ist die Gefahr, dass der Auftragnehmer nach der ersten Beratungsphase die Preise diktiert (HOLATKA, 2016).

Als Alternative bietet sich ein Modell über ein *BIM-vernetzende Einzelverträge* an. Dabei muss sich zu an der in Deutschland vorherrschenden tradierten Einzelvertragslösung durch BIM nichts im System ändern. Der Auftraggeber und Auftragnehmer vereinbaren individuelle Einzelverträge. Dabei würden die Regelungen für eine erfolgreiche Integration von BIM in die Projektabläufe über ergänzende BIM-spezifische Vertragsbedingungen (BIM-BVB) die rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen und Standards, die für alle Projektbeteiligten gleichermaßen verbindlich sind, dem Standardvertrag ergänzt (SCHRAMMEL, WILHELM, 2016: 22 ff.). Zusätzlich könnten die organisatorischen Rahmenbedingungen (Namenskonventionen, Formate, etc.) in einer BIM-Richtlinie festgelegt werden. In den jeweiligen Verträgen kann dann auf diese Vertragsergänzungen verwiesen werden. Dabei gibt es in Deutschland noch keine Vorlagen für BIM-BVB. Im Rahmen der Pilotprojekte des Stufenplans Digitales Planen und Bauen des BMVI sollen solche BIM-BVBs ausgearbeitet werden. Durch die Einzelvertragslösung ist die gegenseitige Abstimmung einfacher, aber die Erstellung der BIM-Richtlinien und BIM-BVB ist umfassender, da Dopplungen im Vertrag zu vermeiden sind und die Unterlagen individuell auf das Projekt angepasst werden müssen. Bei BIM-Projekten sollte stets versucht werden, durch eine möglichst geringe Anzahl von Vertragsergänzungen das Aufkommen von Widersprüchen und Unklarheiten zu vermeiden (DISCHKE, 2017-2). Durch eine erfolgreiche Einbeziehung der ergänzenden Vertragsbestimmungen werden die Projektbeteiligten innerhalb eines gemeinsamen Aufgaben- und Pflichtengeflechts gegenseitig berechtigt und verpflichtet (SCHRAMMEL, WILHELM, 2016: 9).

Wenn ein BIM-Manager im BIM-Projekt einbezogen wird, kann es nötig sein, einen individuellen Vertrag für die Position des BIM-Managers zu vereinbaren. In dem Vertrag müssen dann genau die Leistungsinhalte, die Rolle, Schnittstellen, Verantwortlichkeiten und die Befugnisse des BIM-Managers geregelt werden, um so eine klare Leistungsabgrenzung zu den anderen Projektbeteiligten definieren zu können. Dabei stellt sich die Frage, welche Art von Vertrag der BIM-Manager-Ver-

trag sein soll. Da der BIM-Manager keine eigenen Planungsleistungen erbringt und für die Organisation und Koordination des BIM-Prozess verantwortlich ist, kann der Vertrag als Dienstleistungsvertrag vereinbart werden. Dagegen spricht, dass hierdurch der Auftraggeber keine Erfolgshaftung gegenüber dem BIM-Manager hat. Als Alternative kann auch ein Werkvertrag geschlossen werden, aus welchem sich eine werksvertragliche Erfolgshaftung ableiten würde. In dem Fall würde der BIM-Manager dazu verpflichtet sein, dass am Ende des Planungsprozesses ein geeignetes und funktionierendes Bauwerksmodell vorhanden sein muss, auf welchem die Betriebs und das Wartungsmanagement erfolgen kann (SCHRAMMEL, WILHELM, 2016: 21 ff.). Daraus ergeben sich dann aber weitere Frage bezüglich Haftungsansprüchen, da, wie bereits oben erwähnt, der BIM-Manager nicht selbst in dem Modell plant.

Unabhängig welches Vertragsmodell zur Anwendung kommt, sie alle dienen der erfolgreichen Umsetzung von BIM in der Projektabwicklung, um die kooperative Vernetzung der Projektbeteiligten sicherzustellen. Hierzu müssen durch alle Verträgen grundlegende Rahmenbedingungen geregelt werden. So ist es wichtig, in den Verträgen die Hol- und Bringschuld der Projektbeteiligten festzulegen und auch wie die Abnahme und Übergabe von Planungsergebnissen erfolgen soll sowie die Definition der Ablieferungsprozeduren. Hierdurch soll vermieden werden, dass einzelne Projektbeteiligte ausscheren und bspw. weiter Papierpläne abliefern, da BIM nur funktioniert, wenn alle Projektbeteiligten sich zu einem Modell verpflichten und wissen, wie sie mit dem Modell umzugehen haben. Deswegen müssen in den BIM-Verträgen zusätzlich die Konfigurationsvorgaben, die Verpflichtung des interaktiven Zusammenwirkens und der Mitarbeit unter Verwendung des Bauwerksmodells sowie auch die Rechten an Daten, Datenhoheit und Urheberrechten geregelt werden. Als elementar wichtig ist dann auch die Bestimmung von Zugriffs-, Nutzungs- und vor allem Änderungsrechte am Datenmodell. Dementsprechend sollte in den Verträgen eine klare Bearbeitungsstruktur, womöglich mit abstuften Rechten, bestimmt werden, so dass die Integrität des Gesamtmodells sichergestellt ist und letztlich nicht alle Projektbeteiligte unkoordiniert Änderungen am Modell vornehmen (ESCHENBRUCH et. al., 2014: 62 ff.).

Wie wichtig es sein kann, diese Rahmenbedingungen im Vertrag zu bestimmen, zeigt auch das erste europäische BIM-Urteil aus Großbritannien. In dem Fall *Trant Engineering Ltd. v. Mott MacDonald Ltd.* musste der Technology and Construction Court (einer auf Technologie- und Bauwerksstreitigkeiten spezialisierten Abteilung des High Court of England and Wales) über das Zugriffsrecht auf die digitalen Daten entscheiden (*Trant Engineering Ltd. v. Mott MacDonald Ltd.*, Judgment of 5 July 2017, EWHC 2061 [TCC]). In dem Fall ging es um ein £55m teures Vorhaben zum Bau eines Kraftwerk auf den Falkland-Inseln, welches vom Ministry of Defence (MOD) für militärische Zwecke beauftragt wurde. Trant Engineering Ltd. wurde vom MOD mit der Planung und Bau des Vorhabens beauftragt. Dazu beauftragte Trant Engineering Ltd. die Fa. Mott MacDonald Ltd. mit der Beratung, Koordinierung und digitalen Umsetzung des Projekts. Das ganze Projekt wurde über eine digitale Projektplattform abgewickelt, welche sämtliche Daten zu dem Projekt speicherte und über die Server von Mott MacDonald Ltd. lief. Der Zugang aller Projektbeteiligten wurde über ausgegebene Passwörter geregelt. Nach einem Jahr kam es zwischen Trant Engineering Ltd. und Mott MacDonald Ltd. zu Streitigkeiten bezüglich Fälligkeiten des Honorars, woraufhin Mott MacDonald Ltd. den Zugang durch Widerruf sämtlicher Passwörter sperrte und so das gesamte Projekt zum Stillstand kam.

Trant Engineering Ltd. ging zu diesem Zeitpunkt vor Gericht und hat eine einstweiligen Erlass gegen Mott MacDonald auf Gewährung des Zugangs zu den Projektdaten beantragt. Erschwerenderweise wurde kein schriftlicher Vertrag zwischen den beiden Streitparteien vereinbart. Der von Mott MacDonald Ltd. erstellte Vertragsentwurf sah auch lediglich eine Klausel vor, mit welcher eine etwaige Schadensersatzleistung einer summenmäßigen Beschränkung auf pauschal ca. 1,1 Mio. Euro unterworfen war. Das Gericht stellte in diesem Zuge fest, dass trotz fehlenden Vertrages eine „einfache“ vertraglicher Grundlage vorhanden war auf welcher die beiden Parteien zueinander agierten, da auch bereits Abschlagszahlungen erfolgt sind. Wegen des Umstandes, dass das millionenschwere Projekt ansonsten drohte zu scheitern und an den Anfang zurückgeworfen zu werden, entschied das Gericht, dass Mott MacDonald Ltd. den Zugang wieder freischalten sollte nachdem Trant Engineering Ltd. die streitigen Honorarforderung beim Gericht hinterlegt hat (vgl. DISCHKE, 2017-3; GLOVER, 2017). Die Streitigkeit wurde danach in einem vollständigen Gerichtsverfahren weiter verhandelt.

Dieses Urteil zeigt wie wichtig es ist die rechtlichen und technischen Rahmenbedingungen bei BIM in einem Vertrag festzulegen. Ohne die vertraglich klar geregelte Möglichkeit des Umgangs mit den digitalen Projektdaten ist ein mit der BIM-Planungsmethode umzusetzendes Bauvorhaben der Gefahr des Scheiterns ausgesetzt, da es hierzu noch keine gesetzliche Regelung findet und eine womöglich notwendige Anrufung der Gerichte gerade im deutschen Rechtsraum zu langwährenden, letztendlich auch wirtschaftlich nicht mehr vertretbaren Verzögerungen führen kann, zu mal die Gerichte in die Spezialproblematik der Anwendung digitaler Planungsinhalte (BIM) noch nicht eingearbeitet sind (DISCHKE, 2017-3).

8.4 Honorar

Die Vergütung der Leistungen des Landschaftsarchitekten wird in Deutschland noch durch das „zwingende“ Preisrecht der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure in der aktuell gültigen Fassung von 2013 (HOAI 2013) bestimmt. Das zwingend einzuhaltende Preisrecht mit den verbindlichen Mindest- und Höchst Honorarsätzen für die Grundleistungen der HOAI steht einer freien Honorarvereinbarung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer prinzipiell entgegen (vgl. § 7 HOAI).

Exkurs EUGH-Urteil zur HOAI

Dieser Punkt der verbindlichen Mindest- und Höchst Honorarsätze der HOAI sieht die EU-Kommission als unverhältnismäßige Beschränkung der EU-Dienstleistungsrichtlinie und leitete 2016 ein Vertragsverletzungsverfahren bei Europäischen Gerichtshof gegen Deutschland ein. Die EU-Kommission sieht in der Regelung der HOAI eine Verhinderung oder zumindest Erschwerung eines freien Preiswettbewerbs und eine mittelbare Verletzung der Dienst- und Niederlassungsfreiheit EU-ansässiger Planer in Deutschland (vgl. SCHAEFFER, 2019; AHO, 2019-3). Hierzu hat der Europäische Gerichtshof am 04.07.2019 sein Urteil gesprochen. Demnach hat das Gericht festgestellt, dass allein das Verbot, die Mindest- und Höchstsätze der HOAI zu unter- bzw. zu überschreiten, mit EU-Recht nicht vereinbar ist. Dabei ist anzumerken, dass das Gericht die HOAI mit seinen Leistungsbildern und Honorartabellen als sinnvoll hält und auch die Eignung der verbindlichen HOAI-Mindestsätze als Beitrag zur Qualitätssicherung und zum Verbraucherschutz grundsätzlich

anerkannt hat. Das Problem mit der HOAI ist, dass das Ziel, eine hohe Qualität der Planungsleistungen zu gewährleisten, nicht in kohärenter und systematischer Weise umgesetzt wurde. Die Erbringung von Planungsleistungen ist in Deutschland nicht bestimmten Berufsständen vorbehalten, die einer zwingenden berufs- oder kammerrechtlichen Aufsicht unterliegen, sondern neben Architekten und Ingenieuren auch andere nicht reglementierte Dienstleistungsanbieter Planungsleistungen erbringen können. Hierdurch gibt es keine Garantie, dass die Planungsleistungen von Dienstleistungserbringern erbracht werden, die ihre entsprechende fachliche Eignung nachweisen müssen (vgl. EUGH, Urteil vom 04.07.2019, Rechtssache C-377/17, Rn. 88 ff.; BAY. AK., 2019-2). Dieser Punkt spielt darauf an, dass z.B. Generalunternehmer oder Bauzeichner planen dürfen, diese aber nicht an die HOAI gebunden sind. So sind die Mindest- und Höchstsätze der HOAI nur für einen Teil der Planenden verbindlich und garantieren so keine umfassende Qualitätssicherung. Aufgrund des Urteils des EUGH ist die Bundesregierung in Bezug auf die HOAI angehalten, die Pflicht zur Beachtung verbindlicher Mindest- und Höchstsätze (§ 7 Abs. 1 HOAI) umgehend abzuschaffen. Die sonstigen Inhalte der HOAI sind von dem Urteil des EuGH unberührt und dementsprechend weiterhin gültig. Die HOAI kann damit weiterhin als Vertragsgrundlage vereinbart werden. Die in der HOAI festgesetzten Mindest- und Höchstsätze sollen in Zukunft lediglich zur Orientierung bei Honorarverhandlungen verwendet werden (AHO, 2019-3).

Dementsprechend gilt die HOAI, insbesondere die Leistungsphasen und Leistungsbilder, auch für die Honorarberechnungen für BIM-Projekte. Für eine lange Zeit wurde die Meinung vertreten, dass die HOAI und BIM nicht miteinander vereinbar sind und die HOAI dem Einsatz von BIM entgegensteht. Diese Meinung ergibt sich aus den jeweiligen Zielrichtungen. Der direkte Vergleich macht dies deutlich. Die HOAI ist nach einem sequenziellen Planungsmodell mit aufeinander aufbauender Leistungsphasen aufgebaut. Für jede der Leistungsphasen sind in der HOAI Planungsleistungen beschrieben, die als Grundleistungen der Honorarberechnung nach HOAI zugrunde liegen. Dabei wird jede Leistungsphase nacheinander abgeschlossen abgearbeitet, wobei jeder Planer isoliert von den anderen auf der Grundlage von Zeichnungen seine Leistung erbringt (vgl. SCHRAMMEL, WILHELM, 2016; ESCHENBRUCH et. al., 2014).

Im Gegensatz hierzu sieht die BIM-Methode nicht die klassischen Leistungsphasen der HOAI vor. Bei BIM steht hingegen der gesamte Planungsprozess und -fortschritt im Vordergrund und die kooperative Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten. Die BIM-Methode setzt dadurch eine integrale Denk- und Herangehensweise voraus. Es handelt sich dabei um eine Abkehr der sequenziellen Planungsmethode der HOAI zu einer phasenübergreifenden Planungsmethode. Durch diese integrale Zusammenarbeit kommt es auch zu einer zeitlichen Verschiebung der zu erbringenden Leistungen und zu einer Vorverlagerung von bestimmten Leistungen. Hierdurch kann es während einer späteren Phase durch softwarebedingte Automatismen zu einem Wegfall oder Erleichterung von in der HOAI vorgesehenen Planungsleistungen kommen (vgl. SCHRAMMEL, WILHELM, 2016; ESCHENBRUCH et. al., 2014). Dies wird von der AHO in ihrer Empfehlung zur HOAI und BIM als kritisch angesehen, da nur auf dem ersten Blick Aufwandserleichterungen eintreten können, diese aber das Resultat von zuvor geleisteten Zusatzaufwänden in früheren Leistungsphasen im Gesamtprozess sind. Aus diesem Grund ist es fraglich, ob im Planungsprozess selbst eine Erleichterung eintritt. Die AHO ist der Meinung, dass sich eine mögliche Erleichterung erst in der Bauphase erkennbar macht (AHO, 2019-2: 25 ff.). Der direkte Vergleich zeigt, woher der Einwand kommt, dass das Phasenmodell der HOAI mit der BIM-Methode nicht kompatibel ist und so auch nicht in das zwingende Preisrecht einordnen lässt.

Dagegen hat sich die andere Auffassung durchgesetzt, dass die HOAI der BIM-Methode nicht entgegensteht (vgl. AHO, 2019-2; ESCHENBRUCH et. al., 2014). Mit der BIM-Methode ändert sich nichts an der Einordnung der Leistungen in der HOAI, da in der Planung mit BIM die gleichen Grundleistungen erbracht werden wie in der klassischen Planung. Wenn in der BIM-Planung zusätzliche Besondere Leistungen erforderlich sein sollten, um den BIM-Prozess einzuleiten oder fortzuführen, wie beispielsweise die Konzeption des BIM-Datenmodells oder die datentechnische Konsistenzprüfung der Modelle andere Planungsmodelle, ist der Mehraufwand gesondert zu vergüten und vertraglich zu vereinbaren (AHO, 2019-2). Darüber hinaus schreibt die HOAI nicht vor wie die Leistungen erbracht werden sollen, sondern beschreibt den Planungsprozess rein funktional und grundsätzlich methodenneutral (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 14: ESCHENBRUCH, ELIXMANN: 260). Die HOAI unterscheidet nicht, ob die Planung auf dem Zeichenbrett erfolgt oder mittels

digitalem Bauwerksmodell. Es liegt demnach bei den Auftraggebern und Auftragnehmern gemeinsam festzulegen, welche Methoden zur Planung verwendet werden sollen. Dies ist auch ein Grund, warum insbesondere Planungsbüros aktuell wenig Interesse daran haben, nach der Methode BIM zu planen, da es sich bei der Erstellung des 3D-Modells um einen zusätzlichen Arbeitsaufwand handelt, welcher vom Auftraggeber zumeist nicht gesondert vergütet wird (ESCHENBRUCH et. al., 2014: 27-28).

Dies ist auch ein Teil des Problems zwischen HOAI und BIM. Es muss genau definiert werden, was noch Grundleistung ist und was eine zusätzliche Besondere Leistung der BIM-Methode ist. In der HOAI 2013 werden erstmals explizit BIM-Leistungen erwähnt, allerdings nur als Besondere Leistungen in der Leistungsphase 2 bei der Objektplanung Architektur in der Anlage 10 der HOAI. Konkret heißt es dort:

„3-D oder 4-D Gebäudemodellbearbeitung (Building Information Modeling BIM)“ (HOAI 2013, Anlage 10, LPH 2- Besondere Leistungen)

Durch die Verankerung von BIM in der Leistungsphase 2 besteht die ausdrückliche Möglichkeit der “Einpreisung” der BIM-Leistungen, wobei nach § 3 Abs. 3 Satz 3 HOAI 2013 das Honorare für Besondere Leistungen frei vereinbart werden können. Darüber hinaus erlaubt § 3 Abs. 3 Satz 2 HOAI 2013 auch die Vereinbarung Besonderer Leistungen in anderen Leistungsphasen, denen sie eigentlich nicht zugeordnet sind (ESCHENBRUCH et. al., 2014: 34 ff.). Das heißt, dass Mehraufwände, die durch den BIM-Einsatz bestehen und die nicht bereits in Grundleistungen der Leistungsphase 2 oder späteren Leistungsphasen zuzuordnen sind, über Besondere Leistungen abgerechnet werden können. Besondere Leistungen unterliegen von vornherein nicht dem staatlichen Preisrecht. Die Vereinbarung der Leistung und die Höhe der Vergütung erfolgt unter Marktbedingungen ohne Bindung an das Preisrecht (ESCHENBRUCH et. al., 2014, 34 ff.). Die Benennung von BIM als Besondere Leistung ist in der HOAI nur bei den Architekten zu finden. Aber gemäß § 3 Abs. 3 Satz 2 HOAI können *“die Besonderen Leistungen auch für Leistungsbilder und Leistungsphasen, denen sie nicht zugeordnet sind, vereinbart werden, soweit sie dort keine Grundleistungen darstellen”*. Dementsprechend gibt die Regelung bei den Architekten als wegweisend und kann demnach auch in den anderen Leistungsbildern mit vereinbart werden.

Die Möglichkeit aus der HOAI BIM über die Besonderen Leistungen abzurechnen, eröffnet auch den Einsatz für BIM in der Planung. Dabei kann aber nicht pauschal gesagt werden, dass alle Arbeit mit BIM Besondere Leistungen sind. Es muss akkurat unterschieden werden was Grundleistungen nach HOAI sind und was zusätzlich besondere BIM-Leistungen sind, so kann auch nicht gesagt werden, dass zum Beispiel die Koordination der Modelle pauschal eine BIM-Leistung ist, da in der Anlage 11 der HOAI z.B. in der Leistungsphase 3 als Grundleistung steht:

“(...) Abstimmen oder Koordinieren unter Integration der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter” (HOAI 2013, Anlage 11, LPH 3- Grundleistungen)

Die Grenze zwischen Grundleistungen nach der HOAI und zusätzlichen BIM-Leistungen ist wegen fehlender Erfahrungswerte mit der BIM-Methode noch nicht ganz klar und muss sich durch zukünftige Erfahrungswerte noch klar herausbilden. Der AHO hat 2019 in einer erste Empfehlung für die Vereinbarung der HOAI und BIM versucht, eine erste Grenze zu ziehen und beispielhaft für die jeweiligen Leistungsphasen die BIM-spezifischen besonderen Leistungen aufzuzeigen. Diese erste Empfehlung wurde aber erst mal nur für die Objektplanung, Ingenieurbauwerke, Tragwerksplanung und Technische Ausrüstung erstellt. Trotzdem kann aus dieser Empfehlung Rückschlüsse auch für die Freianlagen geschlossen werden. Wie bereits in Kapitel 4 zum Level of Development beschrieben, hat die AHO zur Zuordnung der Level of Development zu den Leistungsphasen der HOAI die LOD weiter differenziert und detailliert und das Ordnungssystem des VDI aufgegriffen. Die Anforderungen an die Detaillierungstiefe des digitalen Modells ist ebenfalls aufbauend auf dem Vorschlag des VBI in Tabelle 4 in Kapitel 4. Um eine Doppelung an dieser Stelle zu vermeiden, werden die Modellanforderungen an dieser Stelle nicht nochmal aufgeführt. Die nachfolgende Tabelle basiert auf der Empfehlung an der AHO und ist auf die Leistungen der Landschaftsarchitektur angepasst. Dabei können einige der hier genannten besonderen Leistungen durch Objekt- oder Fachplaner erbracht werden (z.B. BIM-Manager/ BIM-Gesamtkoordinator) und sind deshalb nur bei einem Projektbeteiligten beauftragt werden.

LPH	Leistungsbeschreibung der Grundleistungen nach HOAI 2013 § 39 Anlage 11		BIM- Leistungen (in Anlehnung an AHO, 2019-2: 31 ff.)
1	Grundlagenermittlung	3%	
	<p>a) Klären der Aufgabenstellung auf Grund der Vorgaben oder der Bedarfsplanung des Auftraggebers oder vorliegender Planungs- und Genehmigungsunterlagen</p> <p>b) Ortsbesichtigung</p> <p>c) Beraten zum gesamten Leistungs- und Untersuchungsbedarf</p> <p>d) Formulieren von Entscheidungshilfen für die Auswahl anderer an der Planung fachlich Beteiligter</p> <p>e) Zusammenfassen, Erläutern und Dokumentieren der Ergebnisse</p>		<p>BIM-spezifische Besondere Leistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erstellen oder Mitwirken bei der Erstellung der AIA und des BAP (Bewertung: Nach Aufwand auf Basis der Planungsgrundlage (nach § 650p BGB Planungsgrundlage mit Kosteneinschätzung)) • Beraten zum gesamten Leistungsbedarf in Bezug auf mögliche BIM-Prozesse, zu Kollaborationsplattform und BIM-Software, Mitwirken bei der Erstellung des Lastenheftes der Kollaborationsplattform, Implementierung der Kollaborationssoftware im Projekt, Konzepterstellung und Durchführung von Interoperabilitätstests (Bewertung: 0,5 bis 2,0 v.H. (nach Objektanforderung)) • Erstellung eines Bestandsdatenmodells als Grundlage des BIM-Prozesses, z.B. Grundlage vermessungstechnischer Verfahren (Bewertung: Nach Aufwand wegen unterschiedlicher Grundlagen und Anforderungen)

2 Vorplanung	10%	BIM- Leistungen
<p>a) Analysieren der Grundlagen, Abstimmen der Leistungen mit den fachlich an der Planung Beteiligten</p> <p>b) Abstimmen der Zielvorstellungen</p> <p>c) Erfassen, Bewerten und Erläutern der Wechselwirkungen im Ökosystem</p> <p>d) Erarbeiten eines Planungskonzepts einschließlich Untersuchen und Bewerten von Varianten nach gleichen Anforderungen unter Berücksichtigung zum Beispiel</p> <ul style="list-style-type: none"> - der Topographie und der weiteren standörtlichen und ökologischen Rahmenbedingungen, - der Umweltbelange einschließlich der natur- und artenschutzrechtlichen Anforderungen und der vegetationstechnischen Bedingungen, - der gestalterischen und funktionalen Anforderungen, - Klären der wesentlichen Zusammenhänge, Vorgänge und Bedingungen, - Abstimmen oder Koordinieren unter Integration der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter <p>e) Darstellen des Vorentwurfs mit Erläuterungen und Angaben zum terminlichen Ablauf</p> <p>f) Kostenschätzung, zum Beispiel nach DIN 276, Vergleich mit den finanziellen Rahmenbedingungen</p> <p>g) Zusammenfassen, Erläutern und Dokumentieren der Vorplanungsergebnisse</p>		<p>BIM-spezifische Besondere Leistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Implementierung der Fachmodule in das Gesamtmodell zur leistungsbereichsübergreifenden Konsistenz- und Kollisionsprüfung (Bewertung: BIM-Manager/ BIM-Gesamtkoordinator 1,0 bis 2,0 v.H.) • Zuordnen von Eigenschaften und Ausstattungen (nach Anforderungen Auftraggeber) in dem 3D-Bauwerksmodell (Bewertung: 1,5 bis 2,5 v.H.) • Attributierung von Bauteilen und Elementen nach besonderen Anforderungen des Auftraggebers (Bewertung: Nach Aufwand entsprechend festzulegender Anforderungen)

3 Entwurfsplanung	16%	BIM- Leistungen
<p>a) Erarbeiten der Entwurfsplanung auf Grundlage der Vorplanung unter Vertiefung zum Beispiel der gestalterischen, funktionalen, wirtschaftlichen, standörtlichen, ökologischen, natur- und artenschutzrechtlichen Anforderungen Abstimmen oder Koordinieren unter Integration der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter</p> <p>b) Abstimmen der Planung mit zu beteiligenden Stellen und Behörden</p> <p>c) Darstellen des Entwurfs zum Beispiel im Maßstab 1:500 bis 1:100, mit erforderlichen Angaben insbesondere</p> <ul style="list-style-type: none"> - zur Bepflanzung, - zu Materialien und Ausstattungen, - zu Maßnahmen aufgrund rechtlicher Vorgaben, - zum terminlichen Ablauf <p>d) Objektbeschreibung mit Erläuterung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen nach Maßgabe der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung</p> <p>e) Kostenberechnung, zum Beispiel nach DIN 276 einschließlich zugehöriger Mengenermittlung</p> <p>f) Vergleich der Kostenberechnung mit der Kostenschätzung</p> <p>g) Zusammenfassen, Erläutern und Dokumentieren der Entwurfsplanungsergebnisse</p>		<p>BIM-spezifische Besondere Leistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leistungsbereichsübergreifende Konsistenz- und Kollisionsprüfung (Bewertung: BIM-Manager/ BIM-Gesamtkoordinator 1,0 bis 2,0 v.H.) • BIM-Anwendungsfälle 4D und 5D: Modellbasierte Terminplanung/ Bauablaufsimulation (Bewertung: 1,0 bis 2,5 v.H.) • Modellbasierte Kostenkontrolle (Bewertung: 1,0 bis 2,5 v.H.)

4 Genehmigungsplanung	4%	BIM-Leistungen
<p>a) Erarbeiten und Zusammenstellen der Vorlagen und Nachweise für öffentlich-rechtliche Genehmigungen oder Zustimmungen einschließlich der Anträge auf Ausnahmen und Befreiungen sowie notwendiger Verhandlungen mit Behörden unter Verwendung der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter</p> <p>b) Einreichen der Vorlagen</p> <p>c) Ergänzen und Anpassen der Planungsunterlagen, Beschreibungen und Berechnungen</p>		Keine separaten BIM-spezifischen Besonderen Leistungen
5 Ausführungsplanung	25%	BIM-Leistungen
<p>a) Erarbeiten der Ausführungsplanung auf Grundlage der Entwurfs- und Genehmigungsplanung bis zur ausführungsreifen Lösung als Grundlage für die weiteren Leistungsphasen</p> <p>b) Erstellen von Plänen oder Beschreibungen, je nach Art des Bauvorhabens zum Beispiel im Maßstab 1:200 bis 1:50</p> <p>c) Abstimmen oder Koordinieren unter Integration der Beiträge anderer an der Planung fachlich Beteiligter</p>		<p>BIM-spezifische Besondere Leistungen::</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leistungsbereichsübergreifende Konsistenz- und Kollisionsprüfung und Bereitstellen eines koordinierten Datenmodells für die Ausführung (Bewertung: BIM-Manager/ BIM-Gesamtkoordinator 2,0 bis 3,0 v.H.)

<p>d) Darstellen der Freianlagen mit den für die Ausführung notwendigen Angaben, Detail- oder Konstruktionszeichnungen, insbesondere</p> <ul style="list-style-type: none"> - zu Oberflächenmaterial, -befestigungen und -relief, - zu ober- und unterirdischen Einbauten und Ausstattungen, - zur Vegetation mit Angaben zu Arten, Sorten und Qualitäten, - zu landschaftspflegerischen, naturschutzfachlichen oder artenschutzrechtlichen Maßnahmen <p>e) Fortschreiben der Angaben zum terminlichen Ablauf</p> <p>f) Fortschreiben der Ausführungsplanung während der Objektausführung</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Modellbasierte Terminplanung, Bauablaufsimulation und Kostenkontrolle (BIM-Anwendungsfälle 4D und 5D) (Bewertung: Als Fortschreibung Lph 3 jeweils 0,5 bis 1,0 v.H.) • Ergänzung der Modellelemente um betriebsrelevante Eigenschaften (Bewertung: Nach Aufwand) • Weiterentwicklung des Datenmodells in einem an die spezifischen anforderungen der beauftragten Firmen angepassten Format zur Herstellung von Werkstatt- und Montagezeichnungen (Bewertung: Nach Aufwand, spezifische Anforderungen können erst nach Beauftragung der ausführenden Firmen festgelegt werden) • Prüfen der Werkstatt- und Montageplanung eines ausführenden Unternehmens auf Datenkonformität (Bewertung: Nach Aufwand)
<p>6 Vorbereitung der Vergabe</p>	<p>7%</p>	<p>BIM-Leistungen</p>
<p>a) Aufstellen von Leistungsbeschreibungen mit Leistungsverzeichnissen</p> <p>b) Ermitteln und Zusammenstellen von Mengen auf Grundlage der Ausführungsplanung</p>		

<p>c) Abstimmen oder Koordinieren der Leistungsbeschreibungen mit den an der Planung fachlich Beteiligten</p> <p>d) Aufstellen eines Terminplans unter Berücksichtigung jahreszeitlicher, bauablaufbedingter und witterungsbedingter Erfordernisse</p> <p>e) Ermitteln der Kosten auf Grundlage der vom Planer bepreisten Leistungsverzeichnisse</p> <p>f) Kostenkontrolle durch Vergleich der vom Planer bepreisten Leistungsverzeichnisse mit der Kostenberechnung</p> <p>g) Zusammenstellen der Vergabeunterlagen</p>		<p>BIM-spezifische Besondere Leistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modellbasierte Terminplanung und Bauablaufsimulation (BIM-Anwendungsfall 4D) (Bewertung: Als Fortschreibung Lph 5 0,5 bis 1,0 v.H.) • Erstellen eines AVA-Modells mit Leistungen und Kostendaten einschl. modellbasierter Kostenkontrolle (BIM-Anwendungsfall 5D) durch Verknüpfung der Listen und modellbasierter Mengen mit Einheitspreisen zum Abgleich mit der Kostenberechnung (Bewertung: 2,5 bis 3,5 v.H.)
<p>7 Mitwirkung bei der Vergabe</p>	<p>3%</p>	<p>BIM-Leistungen</p>
<p>a) Einholen von Angeboten</p> <p>b) Prüfen und Werten der Angebote einschließlich Aufstellen eines Preisspiegels nach Einzelpositionen oder Teilleistungen, Prüfen und Werten der Angebote zusätzlicher und geänderter Leistungen der ausführenden Unternehmen und der Angemessenheit der Preise</p> <p>c) Führen von Bietergesprächen</p>		<p>BIM-spezifische Besondere Leistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ermittlung des Anpassungs- und Fortschreibungsbedarfs des 3D-Datenmodells aufgrund produktspezifischer Angaben bei von der Ausschreibung abweichenden Angebotsinhalten (Nebenanbote) (Bewertung: Nach Aufwand wegen nicht bekannte Angebotsinhalte)

<p>d) Erstellen der Vergabevorschläge, Dokumentation des Vergabeverfahrens</p> <p>e) Zusammenstellen der Vertragsunterlagen</p> <p>f) Kostenkontrolle durch Vergleichen der Ausschreibungsergebnisse mit den vom Planer bepreisten Leistungsverzeichnissen und der Kostenberechnung</p> <p>g) Mitwirken bei der Auftragserteilung</p>		
<p>8 LPH 8 Objektüberwachung (Bauüberwachung) und Dokumentation</p>	<p>30%</p>	<p>BIM-Leistungen</p>
<p>a) Überwachen der Ausführung des Objekts auf Übereinstimmung mit der Genehmigung oder Zustimmung, den Verträgen mit ausführenden Unternehmen, den Ausführungsunterlagen, den einschlägigen Vorschriften sowie mit den allgemein anerkannten Regeln der Technik</p> <p>b) Überprüfen von Pflanzen- und Materiallieferungen</p> <p>c) Abstimmen mit den oder Koordinieren der an der Objektüberwachung fachlich Beteiligten</p>		<p>BIM-spezifische Besondere Leistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prüfen der inhaltlichen Richtigkeit der Datengrundlagen der Fachmodelle, die der Ausführung zugrunde liegen, und Abgleich mit der tatsächlichen Ausführung in Verbindung mit beigegebenen vermessungstechnischen Leistungen repräsentativ stichprobenartig oder gezielt aufgrund von Änderungen der Ausführung gegenüber der Planung (Bewertung: Nach Aufwand)

<p>d) Fortschreiben und Überwachen des Terminplans unter Berücksichtigung jahreszeitlicher, bauablaufbedingter und witterungsbedingter Erfordernisse</p> <p>e) Dokumentation des Bauablaufes (zum Beispiel Bautagebuch), Feststellen des Anwuchsergebnisses</p> <p>f) Mitwirken beim Aufmaß mit den bauausführenden Unternehmen</p> <p>g) Rechnungsprüfung einschließlich Prüfen der Aufmaße der ausführenden Unternehmen</p> <p>h) Vergleich der Ergebnisse der Rechnungsprüfungen mit den Auftragssummen einschließlich Nachträgen</p> <p>i) Organisation der Abnahme der Bauleistungen unter Mitwirkung anderer an der Planung und Objektüberwachung fachlich Beteiligter, Feststellung von Mängeln, Abnahmeempfehlung für den Auftraggeber</p> <p>j) Antrag auf öffentlich-rechtliche Abnahmen und Teilnahme daran</p> <p>k) Übergabe des Objekts</p> <p>l) Überwachen der Beseitigung der bei der Abnahme festgestellten Mängel</p> <p>m) Auflisten der Verjährungsfristen für Mängelansprüche</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Erstellen eines BIM-As-built-Modells LOD 500. Das BIM-As-built-Modell basiert entweder auf der weiteren Fortschreibung LOD 300 auf dem Stand der tatsächlichen Ausführung, durch Integration der von den mit der Bauausführung beauftragten Firmen gelieferten Bestands- und Revisionsunterlagen gem. VOB/C ATV DIN, oder auf deren fortschreibungen 3D-Datenmodellen bzw. Teilmodellen LOD 400 (Bewertung: Nach Aufwand, Anforderungen ergeben sich aus den beigestellten Fachmodellen der ausführenden Firmen oder den Bestands- und Revisionsunterlagen) • Bauabrechnung anhand des 3D-Datenmodells nach forschreibender, elektronischer Bauaufnahme (Bewertung: 2,0 bis 3,0 v.H.)
---	--

<p>n) Überwachen der Fertigstellungspflege bei vegetationstechnischen Maßnahmen</p> <p>o) Kostenkontrolle durch Überprüfen der Leistungsabrechnung der bauausführenden Unternehmen im Vergleich zu den Vertragspreisen</p> <p>p) Kostenfeststellung, zum Beispiel nach DIN 276</p> <p>q) Systematische Zusammenstellung der Dokumentation, zeichnerischen Darstellungen und rechnerischen Ergebnisse des Objekts</p>		
<p>9 Objektbetreuung</p>	<p>2%</p>	<p>BIM-Leistungen</p>
<p>a) Fachliche Bewertung der innerhalb der Verjährungsfristen für Gewährleistungsansprüche festgestellten Mängel, längstens jedoch bis zum Ablauf von 5 Jahren seit Abnahme der Leistung, einschließlich notwendiger Begehungen</p> <p>b) Objektbegehung zur Mängelfeststellung vor Ablauf der Verjährungsfristen für Mängelansprüche gegenüber den ausführenden Unternehmen</p> <p>c) Mitwirken bei der Freigabe von Sicherheitsleistungen</p>		<p>BIM-spezifische Besondere Leistungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ergänzung des BIM-As-built-Modells um Informationen zur Gewährleistungsverfolgung (Bewertung: 0,5 bis 1,0 v.H.) • Erstellung eines CAFM-Modells des BIM-Anwendungsfalls 6D einschl. Bereitstellung der Datengrundlagen. Ergänzen des CAFM-Modells um betriebsspezifische nicht geometrische Informationen (Bewertung: Nach Aufwand entsprechend spezifischer Anforderungen)

Eigene Tabelle; in Anlehnung an HOAI 2013 und AHO, 2019-2

Tab. 19: Grundleistungen und BIM-spezifische Besondere Leistungen der Landschaftsarchitektur nach der HOAI 2013 §39 Anlage 11

Aus der Tabelle 19 sind zwei Rückschlüsse zu ziehen. Zum einen handelt es sich bei den BIM-spezifischen Besonderen Leistungen häufig um ergänzende koordinierende Tätigkeiten, die über die Koordinierungsanforderungen aus den Grundleistungen hinausgehen, sowie um Tätigkeiten der Datenbankerstellung und -verwaltung. Zum andern zeigt die Tabelle auch, dass nach Auffassung der AHO die Grundleistungen der jeweiligen Leistungsphasen erhalten bleiben und es keine Verschiebung von Grundleistungen im Planungsprozess kommt. Nach Aussage der AHO können vorgezogene Grundleistungen nicht ohne den Verlust an Detailqualität in früheren Leistungsphasen erbracht werden und sollten deswegen vermieden werden. Sollte der Auftraggeber dies aber wünschen, so sind diese Leistungen gesondert zu beauftragen (AHO, 2019-2). Andere Juristen sehen diesen Punkt anders und argumentieren, dass die HOAI gemäß § 8 Abs. 2 HOAI erlaubt, frühzeitig erbrachte Grundleistungen aus späteren Leistungsphasen anteilig abzurechnen (WRONNA, 2017). Beide Ansichten schließen dementsprechend nicht aus, dass in den frühen Leistungsphasen ein Mehraufwand in der Planung entsteht, da eine detaillierte Abstimmung nötig ist und eine große Anzahl alphanumerischer Informationen in das Modell früh in das Modell eingetragen werden müssen. Daraus können dann in späteren Leistungsphasen Aufwandserleichterungen resultieren. Diese Verschiebung ist dann kein Problem, wenn ein Planer mit allen Leistungsphasen beauftragt ist. Da ein Planer nur Leistungen aus späteren Leistungsphasen früher abrechnen kann, für die er auch beauftragt ist. Schwierig wird es dann, wenn der Planer nicht mit allen Leistungsphasen beauftragt ist und während der Planungsphase die Planer gewechselt werden. Zum einen führt dies zu Effizienzverlust und zusätzlicher Einarbeitung, aber auch zu Schwierigkeiten bei der zukünftig zu erwartenden Erleichterungen durch die Vorarbeit. In der Literatur wird in diesem Fall darauf verwiesen, dass der Auftraggeber den betroffenen Planer für die Nutzungsrechte des erstellten Datenmodells dementsprechend vergüten muss (ESCHENBRUCH et. al., 2014: 75).

Eine weitere Frage stellt sich im Bezug auf die Vergütung des BIM-Managers. Dieser ist über die gesamte Dauer des Projekts für die Vorplanung, Koordination und Aufsicht des Datenmodells verantwortlich, wobei diese Aufgaben nicht zu den dem Anwendungsbereich der HOAI unterliegenden Berufsgruppen gehören. Somit erfolgt die Vergütung nicht nach den Regelungen der HOAI und sind frei vereinbar.

Gleich ob der BIM-Manager mit einem Werkvertrag oder Dienstleistungsvertrag beauftragt wird, sollten Zahlungsziele entsprechend dem Projektfortschritt und in Abhängigkeit der Erreichung bestimmter schon im Vertrag festgelegter Teilerfolge (z.B. LODs als Teilerfolg) vereinbart werden (SCHRAMMEL, WILHELM, 2016: 26).

Im Ergebnis zeigt sich, dass die HOAI für die BIM-Abwicklung anwendbar ist, es aber zur Zeit noch Unsicherheiten hinsichtlich der Vergütungsregeln der HOAI für das BIM-Planungsverfahren gibt, da noch konkrete Erfahrungswerte fehlen. Diese werden sich mit der zukünftigen Bearbeitung noch klären. Bis dahin müssen durch sorgfältige Tätigkeitsbeschreibungen, die Anhand der HOAI Begrifflichkeiten und Leistungskataloge in Grundleistungen und Besondere Leistungen getrennt sind, sowie mit sorgfältig erarbeiteten AIAs und BAPs diese Lücke geschlossen werden. Das alles erfordert insgesamt eine genaue und umfassende interdisziplinäre Beschäftigung mit dem avisierten Planungs- und Abwicklungsprozess (SCHRAMMEL, WILHELM, 2016: 12).

8.5 Haftung bei Planungs- und Softwarefehlern

8.5.1 Haftung bei Planungsfehler

Der vermehrte Einsatz von BIM birgt für die Planer ein zusätzliches Haftungsrisiko, durch die von der BIM-Methode erforderlichen komplexeren Leistungen. Dabei ist zwischen der Haftung für eine fehlerbehaftete Planung durch die herkömmlich bekannten Ursachen (inhaltlich falsche oder unvollständige Planung) und durch BIM-bedingte neue Ursachen, etwa der Anwendung fehlerhafter Software oder der Verletzung von Pflichten im Abstimmungsprozess zu unterscheiden (SCHRAMMEL, WILHELM, 2016: 12).

Die grundlegenden Haftungsverantwortlichkeiten beim Einsatz von BIM verändern sich gegenüber der klassischen 2D-Planung nicht. Jeder Planungsbeteiligte ist weiterhin für die ordnungsgemäße Erbringung seiner vertraglich zugewiesenen Leistung verantwortlich und haftet für die technische Richtigkeit seiner Planungsbeiträge gegenüber seinem Vertragspartner. Da auch im BIM-Projekt die Planung

und Erstellung eines Bauwerks geschuldet wird, bestimmt sich die Haftung des beauftragten Planers nach den gesetzlichen, im BGB enthaltenen Vorschriften zum Werkvertragsrecht (§§ 631 ff. BGB). Hieraus folgt eine Haftung auf Vollständigkeit, Vertragsgemäßheit, Mängelfreiheit und insbesondere Funktionstauglichkeit auch der im Planungsprozess erstellten Daten und Modelle (DISCHKE, WRONNA, 2018: 23 ff.). Innerhalb des BIM-Verfahrens erhöht sich, durch die zusätzlichen Aufgaben- und Pflichtfelder, die durch die Erstellung eines zentralen Datenmodells entstehen, insgesamt das Haftungsrisiko (vgl. SCHRAMMEL, WILHELM, 2016; GRÜNER, 2014). Durch die engere Zusammenarbeit besteht bei BIM die Gefahr, dass die Grenzen zwischen den Planungsbeiträgen und so die Haftungsgrenzen verwischen und es schwieriger sein wird bei Schuldfragen den Verursacher zu ermitteln. Es wird dabei allgemein angenommen, dass durch die softwaregestützte Modellierung im BIM-Prozess die wesentlichen Schnittstellenprobleme, wie sie sich bei der herkömmlichen Planungsmethode ergeben, um ein erhebliches Maß verringert werden können. Trotzdem ist es im Zusammenhang mit der engen Zusammenarbeit in besonderem Maße wichtig, die Regelung der Verantwortlichkeiten für die BIM-Leistungen bereits bei Abschluss des Projektvertrages mit größter Sorgfalt zu bestimmen und zu vereinbaren (DISCHKE, 2017-1).

Die Abgrenzung und Zuordnung der Verantwortlichkeiten ist noch relativ eindeutig, wenn das BIM-Modell über einzelne Teilmodelle der Fachdisziplinen zusammengeführt wird. In dem Fall lässt sich die Verantwortungs- und Haftungszurechnung klar aufteilen (ESCHENBRUCH et. al., 2014: 27). Sofern eigene Leistungen auf Vorarbeiten anderer aufbauen, wird für eine daraus resultierende Mangelhaftigkeit des eigenen Werks gehaftet, wenn die Vorarbeiten nicht in dem gebotenen Umfang geprüft worden sind und nicht auf bestehende Mängel hingewiesen worden ist. In diesem Zusammenhang sollte im Rahmen der Projektabwicklung deutlich geregelt sein, wer die Verantwortung für die Fortschreibung und Brauchbarkeit des Gebäudedatenmodells ab definierten Meilensteinen trägt (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 14: ESCHENBRUCH, ELIXMANN: 256).

Schwieriger lässt sich diese Zuordnung bei einer Zusammenarbeit an einem Datenmodell, im Sinne vom open-BIM, treffen, da dort eine besonders enge Zusammenarbeit und Datenaustausch erfolgt. Auch bei der Arbeit in einem Datenmodell müs-

sen die grundlegenden Vorarbeiten für die eigene Planung ausreichend auf Mängel und Fehler überprüft werden. Weiterführend ist es besonders wichtig, die Abgrenzung der Leistungsaufgaben und der Haftungsbeiträge vorab festzulegen, um Unsicherheiten zu vermeiden. Darüber hinaus bedarf es bei der Zusammenarbeit an einem Datenmodell einer Protokollfunktion in der Software, um festzuhalten, wer was wann am Modell geändert hat, so dass falls ein Beteiligter unbeabsichtigt am Modell eine Planung einer anderen Fachdisziplin geändert hat und daraus ein Mangel entsteht, ermittelt werden kann, wer dafür verantwortlich ist. Das gleiche ist der Fall, wenn das Modell parametrisch ist und sich bei Änderungen von einem Planer die vorher mängelfreie Planung automatisch verändert und Mängel aufweist. Die Zusammenarbeit am Modell muss ordentlich koordiniert werden, da aufgrund eines unkoordinierten Zusammenwirkens der Beteiligten nicht einmal klar ist, wer einen Fehler tatsächlich verursacht hat (ESCHENBRUCH et. al., 2014: 62).

Diese Koordination soll im BIM-Projekt durch den BIM-Manager erfolgen. Der BIM-Manager ist für die strategische Organisation der BIM-Abwicklung und der Erstellung des Koordinations- und Kollisionsmodells verantwortlich. Dabei übernimmt er die Koordination und Integration von Planungsbeiträgen der anderen Projektbeteiligten, wodurch er dann allerdings auch für die Mängelfreiheit der Koordinierung haftet. Dabei eröffnet sich die Frage ob er auch für die Mängelfreiheit des Koordinationsmodells haftet, in dem Fall sogar gesamtschuldnerisch neben den anderen verantwortlichen Projektbeteiligten (SCHRAMMEL, WILHELM, 2016: 26). Dies hängt davon ab, ob die Arbeit des BIM-Managers nach Werkvertrag (§ 631 ff BGB) oder nach Dienstvertrag (§ 611 ff. BGB) geregelt wird. Nach Werkvertrag wäre ein mangelfreies Bauwerksmodell die Werkleistung des BIM-Managers, da er keine eigenständige Planungsleistung erbringt. Wenn die Arbeit des BIM-Managers nach Dienstvertrag geregelt ist, muss individuell festgelegt werden, was seine zu erbringenden Leistungen sind und woran die Vertragserfüllung gemessen wird (vgl. SCHRAMMEL, WILHELM, 2016; ESCHENBRUCH et. al., 2014).

Insgesamt ist die Haftung in den Schnittstellenbereichen noch nicht abschließend geklärt. Rechtsprechungen gibt es hierzu noch nicht. Es spricht allerdings viel für eine gesamtschuldnerische Haftung. Juristisch sind hierfür ausschlaggebend Kausalitätsbetrachtungen, d. h. eine Klärung und Bewertung der Handlungsbeiträge eines jeden einzelnen als alleinige oder überlagernde Ursache für einen eingetretenen Schaden (SCHRAMMEL, WILHELM, 2016: 27).

8.5.2 Recht auf Nacherfüllung bei Planungsfehlern (§365 BGB)

Nachdem die Haftungsverteilung im BIM-Projekt im vorigen Abschnitt aufgezeigt wurde, stellt sich die nächste grundlegende Frage: Ab wann ist ein Planungsfehler ein Mangel, der bei Mitplanern Mehraufwand und Mehrvergütungsansprüche nach § 10 Abs. 2 HOAI gegen den Bauherrn auslösen kann und ab wann ist eine Anpassung der Planung, die andere Mitplaner im Rahmen der Planung bearbeiten müssen, Mehraufwand mit Mehrvergütungsanspruch? Die BIM-Bearbeitung charakterisiert sich durch eine hohe Frequenz der Planungsanpassungen in den ersten Leistungsphasen, wodurch es schwer zu sagen ist, wann diese Schwelle überschritten wird (ESCH, 2017). In der klassischen 2D-Planung hängt dies von der Schwere und dem Zeitpunkt des Fehlers ab. Durch automatisierte Kollisions- und Regelprüfungen in der BIM-Abwicklung sollen solche Planungsfehler frühzeitig erkannt und korrigiert werden können. Wann aber eine Wiederholungsleistung für andere Planer nach § 10 Abs. 2 HOAI eintritt, ist projektindividuell unterschiedlich und unter anderem vom Projektfortschritt abhängig und kann hier nicht abschließend bestimmt werden.

Besonders ärgerlich ist es aber, wenn solche Planungsfehler erst nach Fertigstellung des Bauwerks erkannt werden. Der Auftraggeber kann in diesem Fall sogar Schadenersatz vom Planer verlangen oder das Honorar kürzen. In der klassischen 2D-Planung müssen solche Mängel in der Planung nicht nach § 635 BGB nacherfüllt werden. Dies wird durch Rechtsprechung und in der Literatur klargestellt (vgl. BGH, Urt. v. 29.09.1988, Az. VII ZR 182/87 ; BGH, Urt. v. 09.05.1996, Az. VII ZR 181/93; ESCHENBRUCH et. al., 2014). So muss eine mangelhafte Planungsleistung, die sich im Bauwerk bereits manifestiert hat, an diesem nicht mehr durch den Architekten nachgebessert werden. Hintergrund dafür ist, dass der Planer nicht das Bauwerk als körperliche Sache schuldet, sondern vielmehr die geistige Leistung der Planung des Bauwerks. Fehler dieser geistigen Leistung lassen sich jedoch nach Verwirklichung des Bauwerks nicht mehr beheben. Der Bauherr hat damit in der Regel keinen Nacherfüllungsanspruch nach § 635 BGB gegen den Architekten, sondern kann direkt die weiteren Mängelrechte wie Minderung, Rücktritt und Schadenersatz geltend machen (ESCHEBRUCH et. al., 2014: 70 ff.). BIM stellt aber einen Wandel der Planungskultur hin zu einem Lebenszyklus-Management dar, was bedeutet, dass der Auftraggeber das BIM-Modell als Grundlage für seine

spätere Bewirtschaftung nutzen will. Weiterführend hat sich in der juristischen Diskussion zwischenzeitlich herauskristallisiert, dass die Erstellung eines BIM-Modells ein eigenständiger Werkerfolg ist. Diese Anforderung an das Modell kann sich auf die Nachbesserungsverpflichtung nach § 635 BGB des Auftragnehmers auswirken (vgl. ESCHENBRUCH et. al., 2014; DISCHKE, WRONNA, 2018). Wenn die Übergabe des Datenmodells an den Auftraggeber für seine spätere Bewirtschaftung vertraglich vereinbart ist, kann der Planer aufgefordert werden, dass die realisierten Planungsfehler im Bauwerk, im BIM-Modell aktualisiert und nachgeführt werden, da mit dem Datenmodell ein weiterer mangelfreier und funktionstauglicher Werkerfolg geschuldet ist. Dies wird durch den Bundesgerichtshof in mehreren Rechtsprechungen bestätigt, wonach die vertragsgemäße Werkleistung nicht nur in sich mangelfrei, sondern auch insgesamt funktionstauglich zu sein hat, auch die erstellten Daten und Modelle (vgl. BGH, Urt. v. 11.11.1999, Az. VII ZR 403/98; BGH, Urt. v. 08.11.2007, Az. IX ZR 183/05; DISCHKE, WRONNA, 2018).

Der Auftraggeber muss in solchen Fällen dem Planer deshalb zunächst die Möglichkeit der Nacherfüllung gewähren, bevor er u. a. Schadenersatzansprüche geltend machen kann. Dieses Interesse an einer Nacherfüllung der Planungsleistung ist aber nur begründet, wenn dem BIM-Modell über die Verwirklichung des Bauwerks hinaus eine gewisse Bedeutung zukommen soll. Da aber damit zu rechnen ist, dass das digitale Datenmodell zukünftig über die reine Bauerrichtungsphase hinaus auch für den Zeitraum der Bewirtschaftung bis hin zum Abriss oder Umbau verwandt werden wird, dürften diese Nacherfüllungsverpflichtungen als standardisierter Umfang dem BIM-Planungsverfahren zugrunde zu legen sein (vgl. SCHR-AMMEL, WILHELM, 2016; ESCHENBRUCH et. al., 2014)

8.5.3 Haftung bei Softwarefehler

Die BIM-Software kann durch das softwaregestützte Modulieren mit qualitativ hochwertigen und vollständigen Informationen viele Prozesse nun automatisieren und vereinfachen. Als Beispiel können aus dem Datenmodell automatisch Kosten und Terminprognosen generiert werden. Was ist aber, wenn diese aufgrund eines Softwarefehlers ohne Bedienungsfehler falsch berechnet und dadurch falsche Entscheidungen auf falscher Sachverhaltsbasis getroffen werden. Wer ist hierfür ver-

antwortlich? Aufgrund des Einsatzes von automatisierten Prozessen können Fehler in der BIM-Software große Auswirkungen haben. Dabei ist bei der Schuldfrage aber zwischen der Verwendung einer frei wählbaren Software und der Verwendung einer vom Auftraggeber vorgeschriebenen Software zu unterscheiden.

Wenn dem Auftragnehmer die Wahl der Software überlassen ist, ändert sich mit BIM nichts zur heutigen Verwendung einer Planungssoftware. Der Auftragnehmer ist für die von ihm verwendete Software verantwortlich und muss das Haftungsrisiko für eine fehlerhafte BIM-Software übernehmen, da er sich vertraglich zur Erstellung einer bestimmten Planungsleistung verpflichtet hat und im Falle einer fehlerhaften Software und darauf aufbauender Planungsfehler eine mangelhafte Planungsleistung vorliegt. Der Auftraggeber kann vom Auftragnehmer erwarten, dass der Auftragnehmer sich mit den neuen Programmen, Technologien und Abläufen vertraut gemacht hat und den mangelfreien Umgang seiner gewählten Software beherrscht. Ist dem Auftragnehmer bei dem Nichterkennen der Ungeeignetheit der planerischen Hilfsmittel vorzuwerfen, so haftet er für eingetretene Schäden zudem auf Schadensersatz. Das gleiche gilt auch, wenn der Auftragnehmer für seine Leistungen digitale Bauteilobjekte aus Bauteilbibliotheken von Herstellern verwendet. Der Auftragnehmer steht für deren inhaltliche Richtigkeit in der Verantwortung (vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 14: ESCHENBRUCH, ELIXMANN; SCHRAMMEL, WILHELM, 2016; DISCHKE, WRONNA, 2018). Der Umstieg auf eine BIM-Software unterscheidet sich nicht von der Umstellung auf CAD-Software. Auch bei der Umstellung von der Planung auf dem Reißbrett zur Planung mittels CAD-Softwareprodukten mussten sich die Planer bereits auf die neue Technologie einstellen und lernen, mit ihr umzugehen (SCHRAMMEL, WILHELM, 2016: 15).

Anders sieht die Situation aus, wenn der Auftraggeber eine verbindliche BIM-Software vorgibt. In diesem Fall ist der Auftragnehmer verpflichtet die vorgegebene Software zu verwenden. In diesem Fall trägt der Auftraggeber die Verantwortung für die Funktionsfähigkeit und Eignung der verwendeten Software. Dabei trägt der Auftraggeber aber nicht das alleinige Haftungsrisiko bei einer fehlerhaften Software. Der Auftragnehmer hat die fachliche Prüfpflicht bei der Arbeit mit der Software. Kann der Auftragnehmer unter Anwendung von Sorgfalt und des von ihm zu erwartenden Fachwissens Mängel und die Ungeeignetheit der ihm zur

Verfügung gestellten Software für die Erreichung des Werkziels erkennen, muss er den Auftraggeber darauf hinweisen. Falls der Auftragnehmer es pflichtwidrig unterlässt, den Auftraggeber auf die fehlerhafte Software hinzuweisen, so trägt er diesbezüglich die Verantwortung, ggf. unter Berücksichtigung eines gemäß § 254 BGB zu beachtenden Mitverschuldens des die Software zur Verfügung stellenden Auftraggebers. In jedem Fall ist zu Lasten des Planers zu berücksichtigen, dass ihm durch die Software verursachte technische Fehler oder Unvollständigkeit seiner Planung nicht aufgefallen ist, wenn er dies bei zumutbarer Sorgfalt in Bezug auf die Eigenkontrolle hätte bemerken müssen (vgl. SCHRAMMEL, WILHELM, 2016; DISCHKE, WRONNA, 2018).

Eine weitere Aspekt ist die Haftung bei Datenübertragungsfehlern. Dabei sieht es so aus, dass wenn der Auftraggeber eine bestimmte Schnittstelle für den Datenaustausch vorgibt und es dabei zu Datenverlusten oder Datenveränderungen kommt, ist der Auftragnehmer dafür nicht verantwortlich. Dabei zählt wie bereits bei der Software, dass der Auftragnehmer den Auftraggeber auf von ihm erkannte Fehler, die den werkvertraglichen Erfolg entgegenstehen, informieren muss. Ansonsten trägt der Auftragnehmer die Verantwortung für diesen Mängel, ggf. unter einem Mitverschuldens des Auftraggebers nach § 254 BGB (DISCHKE, WRONNA, 2018).

Die Überprüfungspflichten der Beteiligten sollten vertraglich geregelt werden, um Unsicherheiten zu vermeiden und den Werkerfolg zu garantieren. Hierzu gibt es im internationalen Umfeld bereits einige standardisierte Vertragsklauseln, welche von ESCHENBRUCH, ELIXMANN analysiert wurden. So schreibt das britische CIC BIM Protocols, *dass der Projektbeteiligte keine Haftung für Datenveränderungen durch den Datenübertragungsvorgang übernimmt, wenn er die vereinbarten Datenübertragungsregeln beachtet hat. Ferner haftet er nicht für Risiken, die aus der Weiterbearbeitung seiner Daten durch andere Projektbeteiligte erwachsen. Gleichzeitig wird aber auch eine Haftung des Auftraggebers für die Zurverfügungstellung von durch einen anderen Projektbeteiligten erstellter Daten ausgeschlossen* (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 14: ESCHENBRUCH, ELIXMANN: 257- 258). Als weiteres Beispiel betont das ConsensusDOCS 301 BIM Addendum, *dass grundsätzlich jeder Auftragnehmer für seinen Modellbeitrag voll verantwortlich ist. Eine Haftung für Folgeschäden, die aus der Nutzung der Bauwerksmo-*

delldaten resultieren, wird allerdings ausgeschlossen. Ausdrücklich vorgeschrieben wird überdies die Verpflichtung eines jeden Projektbeteiligten, erkannte Fehler unverzüglich anzuzeigen und die eigene Arbeit am Gebäudedatenmodell zu dokumentieren. Schließlich wird ein Haftungsausschluss für alle Schäden vorgesehen, die aus einer Verwendung der Gebäudedaten außerhalb der vertraglich vereinbarten Zwecke resultieren (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 14: ESCHENBRUCH, ELIXMANN: 258).

Solche Klauseln sind auch in BIM-Verträgen in Deutschland zu verwenden, um das Haftungsrisiko für Auftraggeber und Auftragnehmer abgrenzen zu können und um Rechtssicherheit in Projekt zu bekommen.

8.5.4 Berufshaftpflichtversicherung

Falls es trotz der Sorgfalt des Planers zu Planungsfehlern kommt, kommt die Berufshaftpflichtversicherung zu tragen. Berufshaftpflichtversicherungen werden oft für die Vergabe von Planungsleistungen vertraglich gefordert und es liegt auch im Interesse des Planers, eine Berufshaftpflichtversicherung zu haben. Dabei gibt es aber einiges im Bezug auf BIM zu beachten, insbesondere, ob auch die neuen oder zusätzlichen Leistungen vom Versicherungsschutz umfasst werden. Hierfür bedarf es einer individuellen Rücksprache mit der Versicherung, inwieweit die Arbeiten mit BIM mitversichert sind. Die führenden Anbieter von Versicherungen für Landschaftsarchitekten haben lange keine klaren Aussagen zur Reichweite bestehender Versicherungspolizen beim Einsatz von BIM getätigt. Erst im Laufe des Jahres 2018 haben die Versicherer angefangen BIM-Klauseln in ihren Standardbedingungen zu ergänzen und Möglichkeiten zu schaffen, die Versicherungslücken bzw. -grauzonen bei einigen Leistungen von Planungsbüros im Rahmen von BIM-Projekten zu verringern. Versichert ist gemäß Standardbedingungen zur Berufshaftpflichtversicherung stets *“die gesetzliche Haftpflicht für die Folgen von Verstößen bei der Ausübung der im Versicherungsschein beschriebenen Tätigkeiten/Berufsbilder”*. Demnach sind alle Leistungen vom Versicherungsschutz erfasst, die zum Leistungsbild des Landschaftsarchitekten gehören. Es gilt hier bei der Versicherung der Grundsatz der Methodenneutralität. Es kommt nicht darauf an, mit welchen technischen Mitteln der Landschaftsarchitekten seine Standardleistungen erbringt, sondern es

zählt der vertraglich vereinbarte Werkerfolg (vgl. BAK, 2017; SCHOLL, 2017). Solange der Landschaftsarchitekt die Grundlagenleistungen der HOAI umsetzt, dazu kann er auch ein 3D-Datenmodell verwenden, sind seine Leistungen im Versicherungsschutz erfasst. Dazu zählen auch die Aufgabe des BIM-Koordinators, also das Zusammenführen von der unterschiedlichen Fachmodellen zu einem Koordinationsmodell zum Zwecke der Koordination und Integration. Dies entspricht funktional den Grundleistungen nach HOAI und ist daher mitversichert (BAK, 2017).

Anders sieht das bei der Beauftragung von Besonderen Leistungen aus. Dabei ist es jeweils im Einzelfall zu prüfen, ob es sich inhaltlich noch um eine klassische Landschaftsarchitektenleistung handelt. Sollten Grundleistungen ausgedehnt oder intensiviert werden, wie beim Erstellen einer genaueren Detaillierung des Modells oder modellbasierte Kostenplanungen, sollten diese Leistungen noch vom Versicherungsschutz geschützt sein. Versicherungslücken könnten sich dafür bei der methodenspezifischen Datenverarbeitung und bei einigen der erforderlichen IT-nahen Leistungen ergeben (SCHOLL, 2018). Auch könnte der Versicherungsschutz erlöschen, wenn Leistungen anderen Fachplaner, wie etwa Vermessungsleistungen, übernommen werden. Dieser Punkt ist aber nicht unbedingt ein neues BIM-spezifisches Ausschlusskriterium. Wichtig ist hier das Thema der Bereitstellung, Wartung und Pflege von Hard- und Software. Hierzu haben Versicherungsunternehmen Listen mit expliziten “nicht versicherten” Leistungen (SCHOLL, 2018) (Auszug):

- Software-Erstellung, -Handel, -Implementierung, -Pflege
- IT-Beratung, -Analyse, -Organisation, -Einweisung, -Schulung
- Netzwerkplanung, -installation, -integration, -betrieb, -wartung, -pflege
- Bereithalten fremder Inhalte, z. B. Access-, Host-, Full-Service-Providing
- Betrieb von Rechenzentren und Datenbanken.

Besonders der letzte Punkt auf der Liste ist von Bedeutung. Das Betreiben von Datenbanken ist eigentlich eine Kernkompetenz der BIM-Methode. So sind die Verknüpfung von Datenbanken zur Massenermittlung oder Terminplänen bei 4D- bzw. 5D-BIM nicht in der Betriebshaftpflichtversicherung mit inbegriffen, sowie die Verknüpfung von Datenbanken bei 6D- bzw. 7D-BIM (SCHOLL, 2017). Um diese

Leistungen ebenfalls abgesichert zu haben, bedarf es zur Zeit ggf. noch einer separaten IT-Haftpflicht- oder Cyberrisk-Versicherung (SCHOLL, 2018).

Insbesondere ist die Überprüfung erforderlich bei der Übernahme des BIM-Managers. Die Leistungen des BIM-Managers gehören meistens nicht zu dem Berufsbild eines Landschaftsarchitekten, da es sich zumeist um steuernde und organisatorische Tätigkeiten handelt. Dadurch sind diese Leistungen nicht durch die Berufshaftpflichtversicherung versichert und sind versicherungsrechtlich wie Projektsteuerungsleistungen zu handhaben. Dabei kommt es nicht darauf an ob die Position des BIM-Managers im Projekt vorhanden ist oder ob die Position BIM-Manager heißt, es kommt auf die Leistungen an, die übernommen werden sollen (BAK, 2017).

Bei neu hinzutretenden BIM-spezifischen besonderen Leistungen ist eine individuelle Prüfung empfohlen. Im Zweifelsfall sollte jeweils mit dem Berufshaftpflichtversicherer Rücksprache gehalten werden.

8.6 Urheberrecht

Ein weiterer rechtlicher Aspekt, welcher in der Literatur oft im Zusammenhang mit BIM wiederholt wird, ist die Thematik des Urheberrechts. Dabei bestehen an dem digitalen 3D-Modell mangels Dateneigentum im Sinne von §903 BGB und Art. 1 Abs. 1 GG keine Eigentumsrechte der Beteiligten. Der Grund dafür ist, dass die Daten mangels Körperlichkeit keine Sachqualität besitzen, sie können aber Gegenstand vertraglicher Regelungen sein (vgl. 453 BGB). Dateneigentümer ist letztlich der Auftraggeber des BIM-Bauwerksmodells. Die beteiligten Planer haben nach dem BGB kein Eigentumsrecht an dem BIM-Modell, jedoch ein Urheberrecht (vgl. DISCHKE, WRONNA, 2018; THIEL, 2017-1). Gemäß des § 2 Abs. 1 Nr. 4 UrhG kann ein landschaftsarchitektonischer Entwurf, wenn es sich dabei um *“Werke der bildenden Künste einschließlich der Werke der Baukunst und der angewandten Kunst und Entwürfe solcher Werke”*. Der Urheberrechtsschutz kann gemäß § 2 Abs. 1 Nr. 7 UrhG auch bei *“Darstellungen wissenschaftlicher oder technischer Art, wie Zeichnungen, Pläne, Karten, Skizzen, Tabellen und plastische Darstellungen”* Anwendung finden. Dabei kommt es nur zu einem urheberrechtlicher Schutz, wenn es sich bei dem gestalterischen Entwurf (auch in digitaler Form) gemäß § 2

Abs. 2 UrhG um ein *“Werk (...) persönliche geistige Schöpfungen”* handelt, die über die Lösung einer fachlichen technischen Aufgabe hinausgeht und einen bestimmten Grad an Individualität erreicht und dem Entwurf ein eigenständiger, künstlerischer Inhalt von gewisser Gestaltungshöhe innewohnt (vgl. DISCHKE, WRONNA, 2018; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 14; ESCHENBRUCH, ELIXMANN, 2015; BGH, Urteil v. 15.12.1978, Az. I ZR 26/77; Urteil v. 29.3.1984, Az. I ZR 32/82). Urheberrechtsschutz dürften dabei Planungen der Architekten und Landschaftsarchitekten erlangen. Ergänzende Planungen von Fachplanern oder ausführenden Unternehmen dürften regelmäßig nicht dem Urheberrechtsschutz unterliegen, da sie sich im Wesentlichen über ihre technische und/oder konstruktive Inhalte definieren und sich zweckmäßig in die Planungen der Architekten und Landschaftsarchitekten einfügen (vgl. DISCHKE, WRONNA, 2018; BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 14; ESCHENBRUCH, ELIXMANN, 2015). Die Zuordnung der Urheberrechtes bei den einzelnen Teilmodellen der Fachdisziplinen ist noch relativ einfach. Jeder Planer hat das Urheberrecht auf sein Teilmodell. Schwieriger wird es beim Koordinationsmodell. Wer ist Urheber? Der BIM-Manager der alles zusammenfügt? Die Planer? Hierbei kommt die Miturheberschaft gemäß § 8 UrhG zum Tragen. Demnach sind dann, *wenn mehrere ein Werk gemeinsam geschaffen, ohne dass sich ihre Anteile gesondert verwerten lassen, so sind sie als Miturheber des (Gesamt-)Werkes anzusehen*. Nach § 8 Abs. 2 S. 1 UrhG steht ihnen in diesem Fall das Urheberrecht an dem (Gesamt-)Werk zur gesamten Hand, also nur gemeinsam, zu. Dies gilt auch für den Fall, dass nach der Trennung der Urheber einer das Werk alleine weiter bearbeitet (ESCHENBRUCH et. al, 2014). Dabei können Planungsbeteiligte § 8 UrhG nur in Anspruch nehmen, wenn sie eigene urheberrechtsfähige Beiträge am (Gesamt-)Werk geleistet haben. Spezielle gesetzliche Schutzrechte für digitale Modelle bestehen, jedenfalls nach geltendem Recht bzw. der vorherrschenden Meinung in der juristischen Literatur, nicht (BAK, 2017: 59-60).

Dabei ist das Thema Urheberrecht nicht neu und war auch schon bei der klassischen 2D-Planung zu beachten (ESCHENBRUCH et. al, 2014: 72 ff.). Bei der BIM-Methode gewinnt die urheberrechtliche Frage aber an Bedeutung, da an einem zentralen und allen Projektbeteiligten verfügbaren 3D-Datenmodell gearbeitet wird, innerhalb welchem alle Daten über schöpferische Gestaltungsprozesse zusammengetragen und ausgetauscht werden. Hierdurch wird es erschwert, urheberrechtlich

geschützter Daten einzelnen Beteiligten genau zuzuordnen. Durch enge Kooperation und Austausch der Daten muss durchgehend gewährleistet sein, dass jeder Projektbeteiligte mit den Daten arbeiten darf. Dabei ist das Urheberrecht nicht auf andere übertragbar, es können aber durch den Urheber gemäß § 31 Abs. 1 UrhG Nutzungsrechte an Dritte übertragen werden, wobei das Einräumen von Nutzungsrechten gemäß § 39 Abs. 1 nicht das Recht einräumt, Änderungen an dem Werk vorzunehmen. Während es im klassischen Planungsverfahren ausreichte, die Nutzungsrechte einem kleinen Adressatenkreis zu übertragen (zum Beispiel dem Auftraggeber), ändert sich diese Verfahrenspraxis durch die Anwendung der BIM-Planungsmethode. Die Änderung liegt nunmehr darin, dass die Nutzungsrechte allen Projektbeteiligten im jeweils erforderlichen Rahmen zustehen müssen, da ein Bauwerksdatenmodell nur durch gemeinsame Nutzung und Bearbeitung erstellt werden kann. Der Adressatenkreis der Nutzungsberechtigten erweitert sich somit, auch wenn es innerhalb der Nutzungsrechte Unterschiede im inhaltlichen und qualitativen Umfang gibt (SCHRAMMEL, WILHELM, 2016: 16). So bedarf der BIM-Manager und BIM-Gesamtkoordinator umfangreiche Nutzungsrechte für die Koordination als ein Nachunternehmer in einem Teilmodell einer Fachdisziplin. Der Auftraggeber muss vertraglich gewährleisten, dass die Daten auch unabhängig von der fortlaufenden Mitwirkung einzelner Projektbeteiligter für die Fertigstellung des Projekt weiterhin verwendet werden können, ohne Urheberrechte zu verletzen (vgl. DISCHKE, WRONNA, 2018; SCHRAMMEL, WILHELM, 2016). Nicht nur während der Planung sind die Nutzungsrechte entscheidend. Der Auftraggeber will die erarbeiteten Daten und das digitale Datenmodell umfassend für den Betrieb und das Pflege- und Wartungsmanagement nutzen. Hierbei muss dem Auftraggeber durch den Auftragnehmer umfangreiche Nutzungsrechte eingeräumt werden, etwa im Hinblick auf die Pflege des Modells, zukünftige Nutzungsänderungen oder auch Umplanungen (vgl. DISCHKE, WRONNA, 2018; BORRMANN et. al., 2015- Kap. 14: ESCHENBRUCH, ELIXMANN, 2015).

Neben den Nutzungsrechten gegenüber Dritten bedarf es beim BIM-Projekt wegen der hohen Austauschrate digitaler Daten klarer Regelungen zur Vertraulichkeit zum Schutz von besonderem Know-how der Planungsbeteiligten und Betriebs- und Geschäftsgeheimnisse im Bezug auf empfindliche Planungsdetails. Es muss vertraglich geregelt sein, dass alle Daten einer strikten Vertraulichkeit unterliegen

und durch den Auftraggeber und weitere am Projekt Beteiligte nur weitergegeben werden dürfen, wenn dies für die Vollendung des Projekts unbedingt erforderlich ist. Ansonsten besteht die Gefahr, dass Projektteilnehmer "Hüllenmodelle" zum Schutz besonderen Know-hows einsetzen, indem einzelne Bauteile innerhalb des Planungsmodells unkenntlich gemacht werden. Dies würde aber für die volle Nutzungsfähigkeit und das Ziel des BIM-Modells kontraproduktiv sein und zu Fehlern im Modell und in der Planung führen.

In Deutschland gibt es noch keine offiziellen Vertragsmuster, in welchen Klauseln zum Urheberrechtsschutz und der Vertraulichkeit zu finden sind. Es bedarf deswegen noch individualvertraglicher Regelungen zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer. Im Ausland hingegen gibt es schon gängige Musterklauseln. ESCHENBRUCH, ELIXMANN haben die international gängigsten Mustervertragsvorlagen analysiert, wobei diese aus Sicht des Auftraggebers sehr scharfe Urheberrechtsklauseln vorweisen. Oft werden dem Auftraggeber nur in den Grenzen des vertraglich erlaubten Zwecks die Nutzung der Daten eingeräumt, wobei der Zweck auch sehr eng gefasst ist. So sind auch Änderungen urheberrechtlich geschützter Werke nur in engen Grenzen ohne Zustimmung des Urhebers möglich. Dabei ist gleichzeitig der Widerruf der Nutzungsrechte vorgesehen, wenn der Auftraggeber seinen Zahlungspflichten nicht nachgekommen (CIC UK, 2018). Es gibt aber auch Musterklauseln, die den Widerruf der Nutzungsrechte nicht automatisch schon bei Verletzung der Zahlungspflichten erlauben, sondern erst dann, wenn eine Entscheidung eines Gerichts oder Schiedsgerichts über die Berechtigung der Zahlungsforderung vorliegt (NASBP, 2008). Solche Klauseln stellen schon extreme Maßnahmen dar und sind nicht durchgängig sachlich angemessen bei einer bloßen Zahlungsverzögerung (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 14: ESCHENBRUCH, ELIXMANN, 2015: 255-256).

Es ist wichtig vor Projektbeginn und bei Vertragsabschluss bei allen Projektbeteiligten urheberrechtliche und vertraulichkeitsrechtliche Regelungen zu vereinbaren, um Unsicherheiten über Urheberrechte und den Umfang übertragener Nutzungsrechte zu vermeiden.

9 BIM-Software für die Landschaftsarchitektur

Unabhängig, welche Softwareanwendung verwendet wird, muss diese einige allgemeine Anforderungen erfüllen und auf die besonderen branchenspezifischen Bedürfnisse eingehen. Als Mindestanforderung muss die Software eine IFC-Schnittstelle haben, um überhaupt als BIM-fähig zu zählen. Diese Schnittstelle ist entscheidend, da hierüber das BIM-Modell exportiert/importiert wird und der Zugriff aller Projektbeteiligten auf das zentrale BIM-Modell erfolgt. Dabei ist die Zertifizierung der Schnittstelle durch buildingSMART wichtig, da hierdurch garantiert wird, dass das geometrische Modell mit samt seinen alphanumerischen Daten vollständig und richtig ausgetauscht wird, um so das Risiko eines Datenverlustes während des Austauschs zu minimieren (vgl. BÜCKNER, 2018-1; NIEDERMAIER, BÄCK, 2018-1). Neben der IFC-Schnittstelle ist es ebenfalls wichtig, dass die BIM-Software die Planung, neben dem 3D-Modell, auch als 2D-Datei und 2D-Plan ausgeben kann. Darüber hinaus ist es auch von Vorteil, wenn die BIM-Software über weitere Schnittstellen, wie z.B. eine BCF-Schnittstelle, eine Schnittstelle nach DIN SPEC 91400 für das STL Bau, eine Schnittstelle für das GAEB-Format, usw., verfügt.

Aber nicht nur die Schnittstellen sind für die Verwendung der BIM-Software entscheidend, sondern auch die Programmoberfläche und die branchenspezifischen Funktionen und Werkzeuge, über die die Software zum Modellieren verfügt. Kern dafür bildet die Möglichkeit des objektorientierten Arbeitens in der Software. Eine BIM-Software für die Landschaftsarchitektur sollte hierfür über eine benutzerfreundliche Oberfläche verfügen und diese mit effizienten Funktionen und Werkzeugen für z.B. Entwässerungs- und Bepflanzungsplanung verknüpfen sowie mit Werkzeugen für Wegeflächen, Parkplätze etc (BÜCKNER, 2018-1). Eine wichtige Eigenschaft der BIM-Software ist die Fähigkeit der Geländemodellierung auf Grundlage von digitalen Geländemodellen (DGM). So muss die BIM-Software nicht nur in der Lage sein, ein DGM zu importieren und exportieren, sondern auch das DGM zu bearbeiten und die Änderungen, z.B. als Auf- und Abtrag, ermitteln zu können.

Zusätzlich zu den geometrischen Werkzeugen und Funktionen ist aber auch die Datenbankfunktion der Software entscheidend. Dies betrifft zum einen die Verwaltung der alphanumerischen Daten im Modell, da diese eine der Kerneigenschaft des Modell ausmacht. Dabei ist es wichtig, wie die Daten eingefügt, verwaltet und für

die weitere Analysen und Auflistungen, wie z.B. Mengen- und Kostenermittlungen, verwendet werden können. Neben den alphanumerischen Datenbanken sind aber auch die 3D-Bauteilkataloge wichtig. Gut ist es, wenn diese bereits vordefinierte Bauteile für die Landschaftsarchitektur beinhalten, da die eigene Erstellung zeitintensiv sein kann. Da aber Bauteile individuell für ein Projekt erstellt und geändert werden, ist es wichtiger, dass die BIM-Software diese individuelle Bearbeitung der Bauteile ermöglicht und unterstützt. Als Grundlage für eigene Bauteilkataloge stellen zahlreiche Hersteller ihre Produkte über ihre Homepage oder Portale, wie z.B. bimObject (<https://www.bimobject.com/de>), NBS National BIM Library (<https://www.nationalbimlibrary.com/en/>) u. a. als IFC-Dateien oder in nativen Formaten zur Verfügung. Zunehmend gibt es dort auch Produkte der grünen Branche (BÜCKNER, 2018-1). Besonders für Standardbauteile, wie Winkelstützmauern und Bordsteinen, kann es erleichternd sein, diese direkt von Hersteller zu bekommen, um diese Standardelemente nicht selbst geometrisch und alphanumerisch modellieren zu müssen. Da diese Elemente von den Herstellern direkt kommen, ist oft jedes kleine Detail modelliert und alle erdenklichen Eigenschaften angehängt. Daher ist es wichtig, vorher festzulegen, in welcher Genauigkeit (LOG) die Bauteile benötigt werden und welche Produktinformationen (LOI) erforderlich sind. Auch ist zu klären, wie bei Verwendung dieser Daten eine produktneutrale Ausschreibung gewährleistet werden kann, zum einen im Bezug auf die Verwendung im LV und dann aber auch beim Versand des digitalen Modells an die Unternehmen.

Die Anforderungen der Landschaftsarchitektur an eine BIM-Software und die, in den vorigen Kapiteln beschriebenen, Eigenschaften der BIM-Methode werden von den Softwareherstellern unterschiedlich umgesetzt. Für die Arbeit mit einem BIM-Modell gibt es nicht nur eine einzige Software, die dies ermöglicht. Für jede Planungsdisziplin gibt es zum Teil eigene spezialisierte BIM-Anwendungen, da auch jede Fachdisziplin unterschiedliche Anforderungen für die Arbeit mit BIM hat. So benötigt z.B. der TGA-Planer Funktionen zum Berechnen des sommerlichen Wärmeschutzes und der Landschaftsarchitekt Funktionen zum Modellieren von Geländeoberflächen. Im Folgenden wird eine Auswahl an verschiedenen BIM-Anwendungen im Bezug auf die Eignung für die Landschaftsarchitektur im Detail vorgestellt. Die Auswahl der BIM-Anwendungen erfolgt auf Grundlage von Gesprächen mit Landschaftsarchitekten und der BIM-Umfrage der Hochschule

Osnabrück von VON LUCKWALD, TEMMEN, 2016. Auf dieser Grundlage wurde für die weitere Bearbeitung folgende Software ausgewählt:

1. Autodesk REVIT 2020
2. Vectorworks Landschaft 2019
3. DATAflor LANDEXPERT mit BIM-Manager
4. Widemann Systeme WS LANDCAD

9.1 Autodesk Revit 2020

Die BIM-Software Revit wird von dem amerikanischen Softwarehersteller Autodesk entwickelt. Dabei wurde Revit 2000 ursprünglich von der Firma Revit Technology Corporation entwickelt und erst 2002 von Autodesk übernommen. Revit hat sich seitdem zu einer der beliebtesten und meist verwendeten BIM-Anwendung in der Baubranche entwickelt (vgl. MCGRAW-HILL, 2012-1; LÖFFLER, 2017).

Autodesk hat Revit so konzipiert, dass die Planung, der Bau und der Betrieb eines Bauwerks komplett in Revit geplant und gemanagt werden kann. Dabei wurde Revit als eigenständige Software mit eigener Modellier-Engine entwickelt und basiert nicht auf anderen Programmen, wie z.B. AutoCAD. Es ist eine objektorientierte Software, die den multidisziplinären BIM-Prozess unterstützt. Das Ziel von Revit ist es, die Arbeitsabläufe, Dokumentation und Zusammenarbeit im Bauprozesses zu unterstützen und zu verbessern. Revit wurde hierfür in unterschiedlichen Bereichen entwickelt, die bis zur Version 2013 auch als eigenständige Revit-Anwendungen vertrieben wurden:

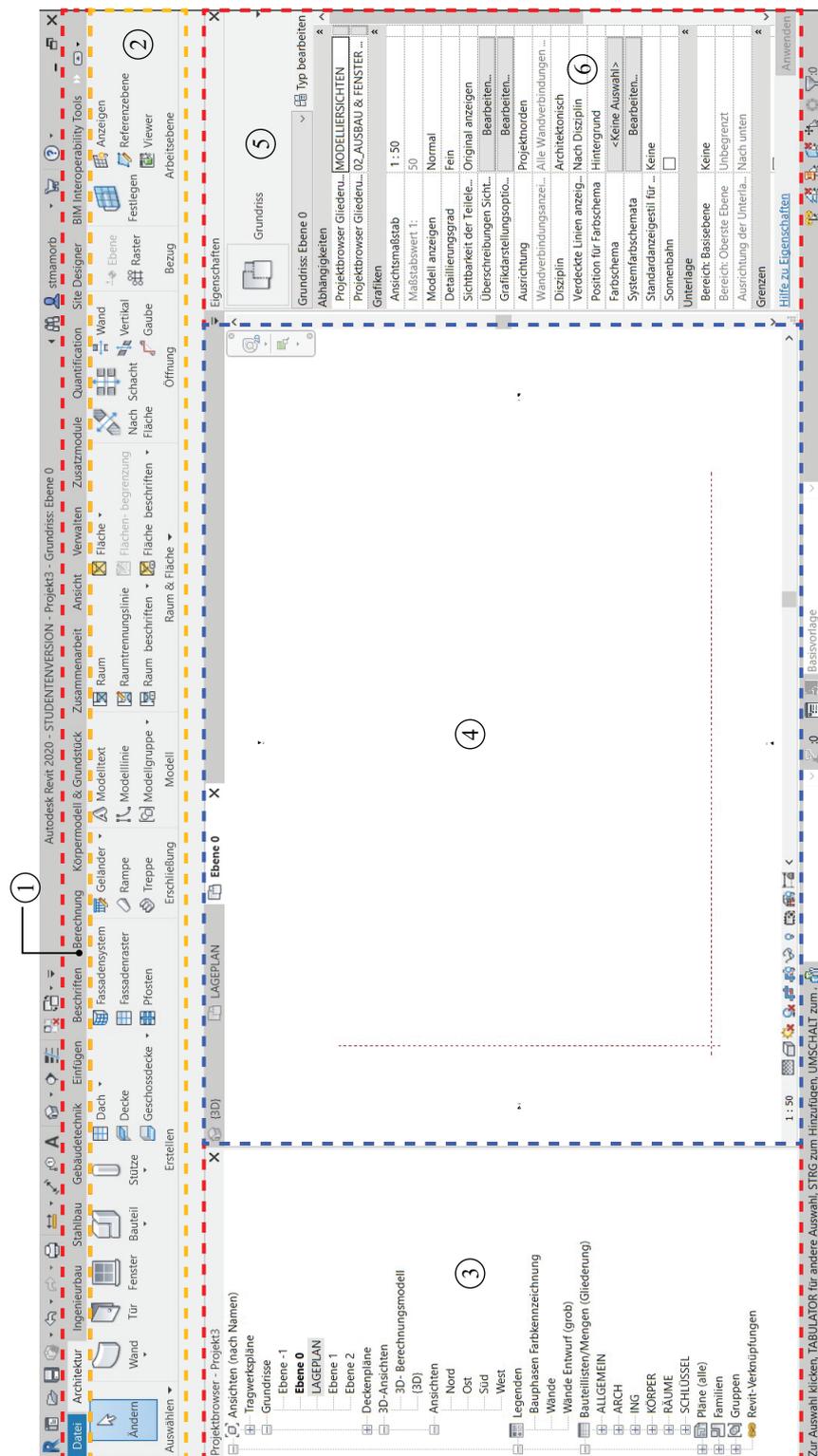
- **Revit Structure:** Modellierungsumgebung und Werkzeuge für die speziellen Anforderungen des Ingenieurbaus (Tragwerksplanung) inkl. vordefinierter Bauteile
- **Revit Architecture:** Modellierungsumgebung und Werkzeuge für die speziellen Anforderungen der Hochbauarchitektur.
- **Revit MEP:** Modellierungsumgebung und Werkzeuge für die speziellen Anforderungen der Gebäudetechnik (TGA, ELT, HLS) inkl. vordefinierter Bauteile

- **BIM 360:** Autodesk BIM 360 ist eine Austauschplattform für Revit, die Projektteam und Daten in Echtzeit vom Entwurf bis zur Konstruktion in der Autodeskfamilie verbindet

Erst seit der Version 2013 werden die verschiedenen Revit-Anwendungen in einem Softwarepaket zusammengefasst, um so eine breitere Palette an Möglichkeiten zur Modellierung zur Verfügung zu stellen, die Zusammenarbeit zwischen den Disziplinen zu verbessern und die Konsistenz der BIM-Modelle zu erhöhen.

9.1.1 Softwareoberfläche von Autodesk Revit 2020

Die Unterteilung in die einzelnen Planungsdisziplinen wurde aber nicht ganz verworfen, sondern für die Aufteilung der Werkzeuge und Arbeitsabläufe in der Benutzeroberfläche weiterverwendet (siehe Abb. 75). Dabei setzt sich die Programmoberfläche standardmäßig aus mehreren Elementen zusammen, die je nach Bedarf individuell ergänzt und angeordnet werden können, so dass jeder Nutzer die Programmoberfläche nach seinen Bedürfnissen gestalten kann.



Eigene Darstellung

Abb. 75: Benutzeroberfläche von Autodesk Revit 2020. 1: Registerkarten der Multifunktionsleiste, 2: Multifunktionsleiste mit den Modellierungswerkzeugen, 3: Projektbrowser mit allen Ansichten, Bauteillisten, Plänen, Gruppen und anderen Bestandteilen, 4: Zeichen- und Modellierbereich, 5: Typenwahl der Bauteile, 6: Eigenschaftenpalette

9.1.1.1 Projektbrowser

Der Projektbrowser zeigt in einer logische Hierarchie alle Ansichten, Bauteillisten, Pläne, Gruppen und andere Bestandteile des aktuellen Projekts an (siehe Abb. 76). Dabei können die einzelnen Ordner erweitert werden, um ihre untergeordneten Elemente anzuzeigen oder auszublenden (AUTODESK, 2019-3). Jedes Element im Projektbrowser zeigt dabei eine anderes Teil des Modells, wodurch auch nochmal verdeutlicht wird, dass die ganze Planung in einem Modell erfolgt und so redundante und widersprüchliche Planungen vermieden werden. Jedes Element besitzt eine Vielzahl eigener Eigenschaften, wie Maßstab, Detaillierungsgrad, Ansichtsbereich, usw., die alle individuell in der Eigenschaftpalette geändert werden können. Diese Ordner können je nach Bedarf und Planungsdisziplin ergänzt oder gelöscht werden, so dass alle Elemente des Projekts übersichtlich angeordnet sind und einen schnellen Zugriff erlauben. Durch ein Doppelklick auf ein Element im Projektbrowser wird dieses als neuer Tab im Zeichen- und Modellierbereichs geöffnet und kann dann dort bearbeitet werden.

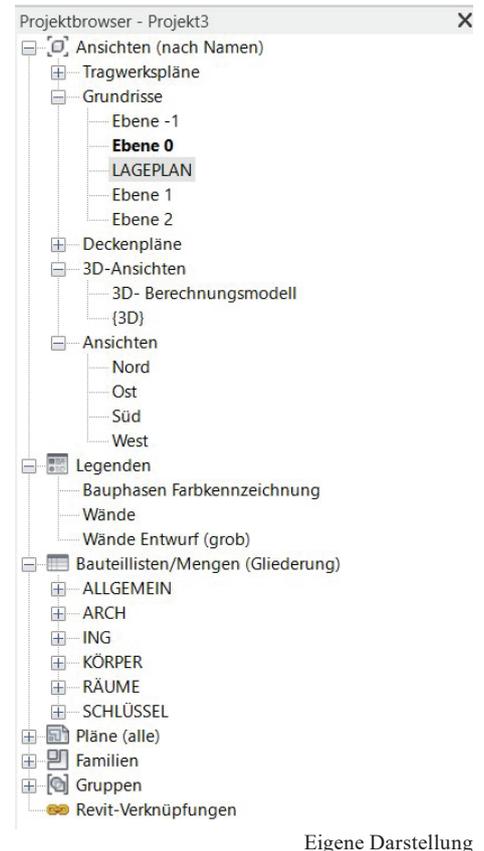
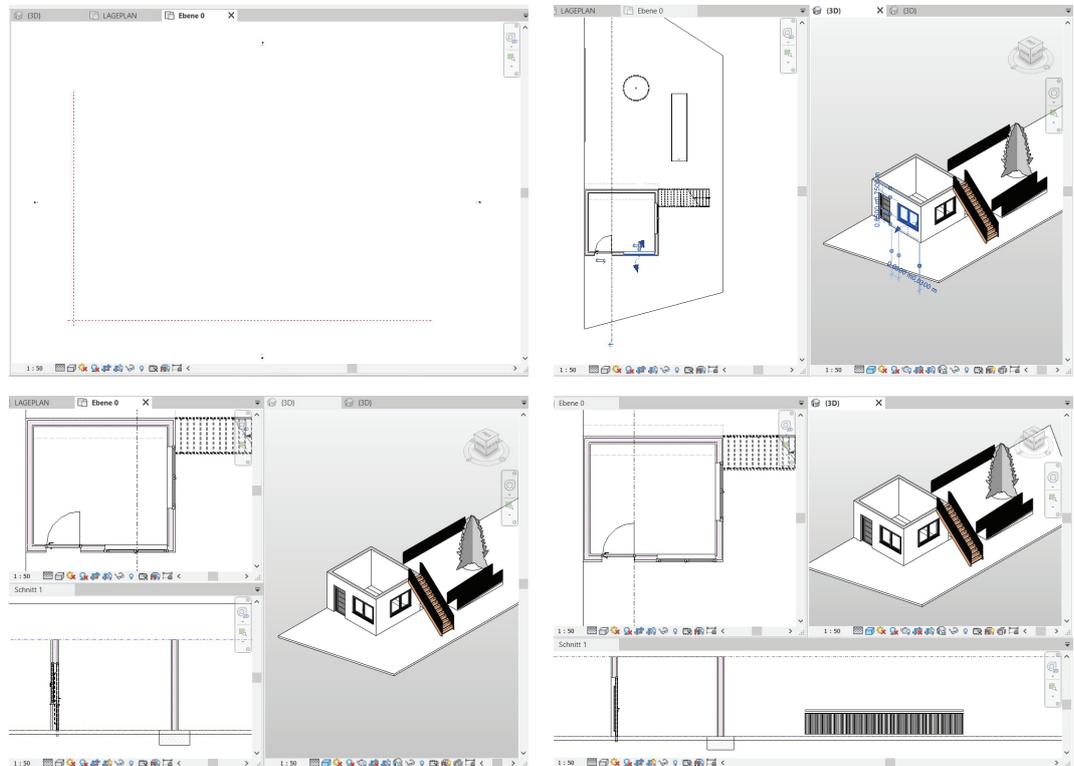


Abb. 76: Zeichen- und Modellierbereich in Revit 2020 mit unterschiedlichen Tab-Anordnung

9.1.1.2 Zeichen- und Modellierbereich

Im Zeichen- und Modellierbereich werden die Ansichten, Pläne und Bauteillisten des aktuellen Projektes als Tabs angezeigt und können bearbeitet werden. Dabei ist es möglich, die Tabs mit den Ansichten, Pläne und Bauteillisten flexible anzuordnen, so dass alle benötigten Informationen auf einem Bildschirm sichtbar sind und nicht immer zwischen den Tabs hin und her gewechselt werden muss (AUTODESK, 2019-2). So ist es z.B. möglich, den Grundriss und den 3D-Ansicht parallel anzuschauen und Änderungen können dann in beiden Ansichten durchgeführt werden (siehe Abb. 77).



Eigene Darstellung

Abb. 77: Zeichen- und Modellierbereich in Revit 2020 mit unterschiedlichen Tab-Anordnung

Für jede Ansicht im Modellbereich können über die Steuerelementenleiste an der Unterseite der Modellierbereichs schnelle alle Eigenschaften und Funktionen geändert werden, die die aktuelle Ansicht betreffen, wie Bildstil, Schatten, verdeckten Elemente ein- und ausblenden, usw. (siehe Abb. 78) (AUTODESK. 2019-2).



Eigene Darstellung

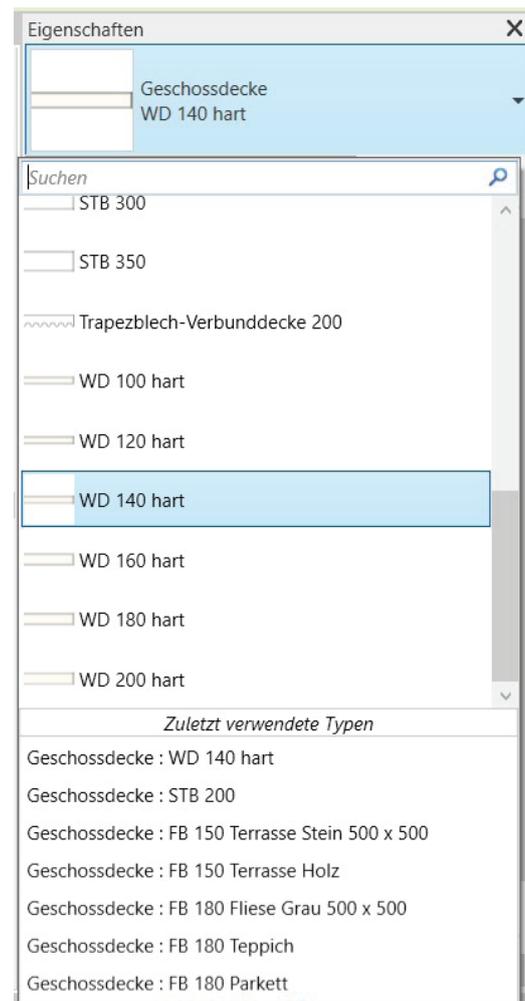
Abb. 78: Steuerelemente für die Ansichtsfenster

9.1.1.3 Typenwahl der Bauteile

Die Typenwahl gibt den aktuell ausgewählten Familientyp an und bietet eine Dropdown-Liste, aus der man einen anderen Bauteiltyp wählen kann (AUTODESK, 2019-2). Dort können dann vordefinierte Bauteiltypen gewählt werden oder auch neue angelegt werden (siehe Abb. 79).

In der Revit-Terminologie ist der Begriff Familien gleichzusetzen mit den Klassen des IFC-Formats. Revit unterscheidet hier zwischen bei den Familien zwischen drei Arten:

- **Systemfamilien:** Systemfamilien sind die von Revit vorgegebenen Familien, wie Wände, Böden, Dächer und Decken, die in allen Revit-Projekten gleich sind und die innerhalb eines Projekts über die Werkzeuge in der Multifunktionsleiste erstellt werden. Für die Landschaftsarchitektur gibt es in Revit Ansätze von Systemfamilien, wobei diese ihre eigenen Probleme haben und teilweise nicht für die Planung geeignet sind. Ansonsten muss für die Planung der Landschaftsarchitektur die bestehenden Systemfamilien für die Architektur, Ingenieurbau und Gebäudetechnik ersatzweise verwendet werden und in die nötigen Bauteiltypen neu angelegt werden (Siehe Abschnitt Revit Site Designer).



Eigene Darstellung

Abb. 79: Typenwahl mit Dropdown-Liste in Revit am Beispiel der Familie "Geschossdecke"

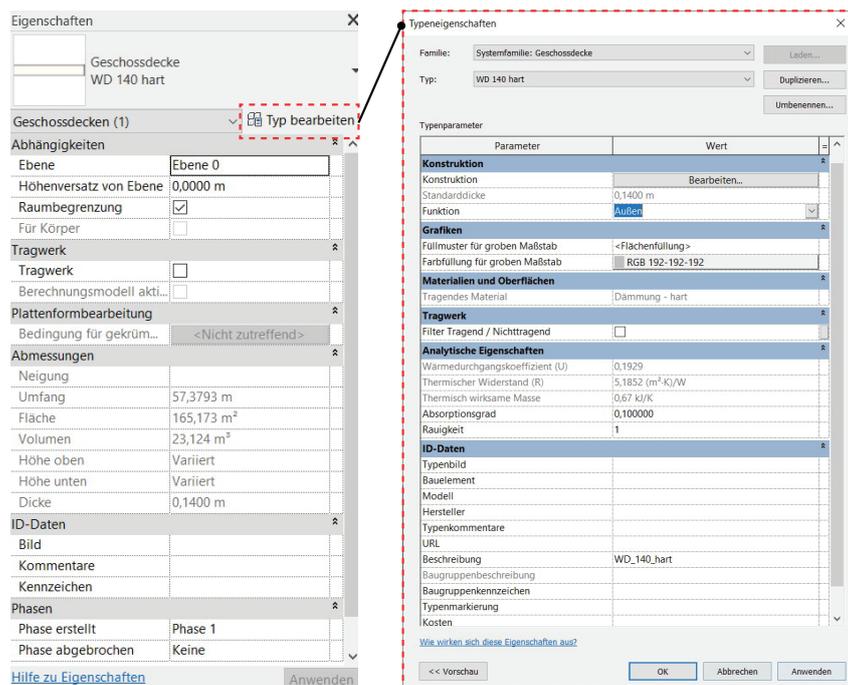
- **Ladbare Familien / Komponenten:** Ladbare Familien / Komponenten sind Bauteile, die mit Grundelementen (Extrusionen, Sweeps usw.) separat vom Projekt individuell erstellt wurden und zur Verwendung in ein Projekt geladen werden müssen. Revit hat einige ladbare Familien / Komponenten für die Landschaftsarchitektur in

seiner Datenbank. So umfasst die Datenbank Vegetationselemente, Spiel- und Sportgeräte, Verkehrsinseln und sonstige Elemente für die Außenanlagen, wie Absperrpoller. Zusätzlich können durch den Anwender weitere Elemente erstellt und als ladbare Familie in der Revit-Datenbank hinterlegt werden.

- **Projektfamilien: Projektfamilien** beschreibt Bauteile, die vor Ort in einem Projekt mit demselben Toolset erstellt werden, wie ladbare Komponenten, die aber nicht in der Revit-Datenbank hinterlegt sind und nur für das eine Projekt verwendet werden.

9.1.1.4 Eigenschaftenpalette

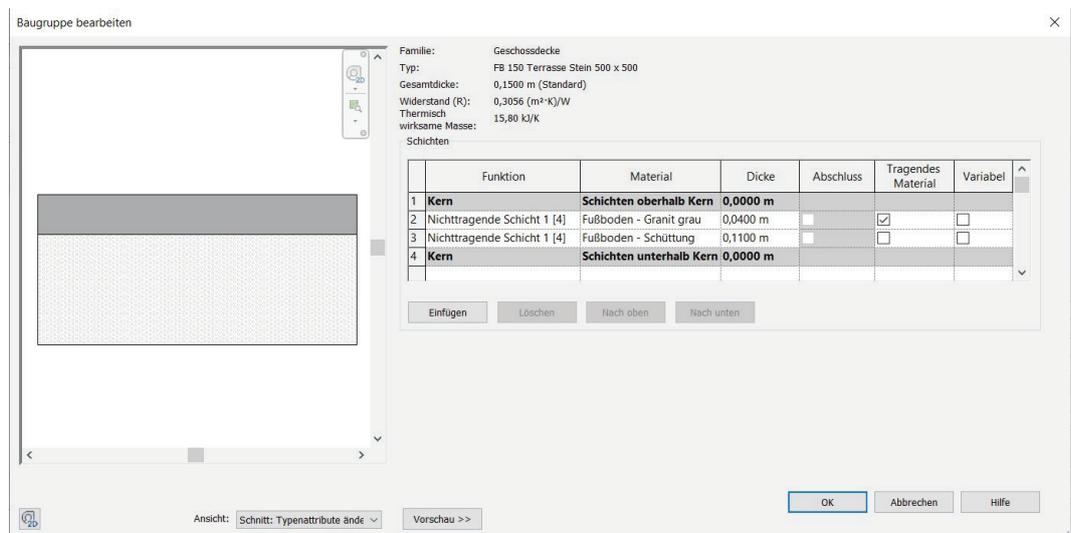
Die Eigenschaftenpalette ist ein modusunabhängiges Dialogfeld, in dem die Parameter für ein ausgewähltes Element angezeigt und geändert werden können, die die Eigenschaften der Elemente bestimmen (AUTODESK, 2019-2). Die Eigenschaftenpalette zeigt die wichtigsten Parameter eines Elements und das immer spezifisch für das ausgewählte Element. Zusätzlich kann die Eigenschaftenpalette erweitert werden, um alle Parameter für ein Element anzuzeigen und zu ändern (siehe Abb. 80).



Eigene Darstellung

Abb. 80: Eigenschaftenpalette und Erweiterung in Revit am Beispiel einer Geschossdecke

In der Eigenschaftenerweiterung kann unter dem Punkt “Konstruktion” das Bauteil bearbeitet werden, was im Fall der Geschossdecke den Aufbau ist. Zusätzlich können dort auch die drei- und zweidimensionale Darstellung des Bauteils festgelegt werden.

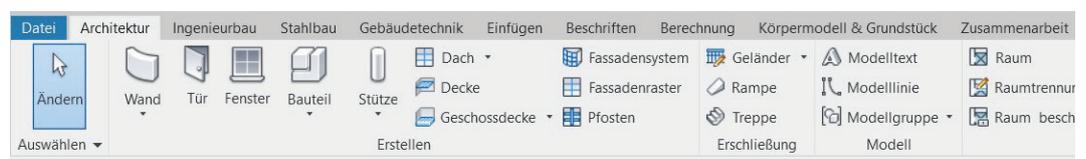


Eigene Darstellung

Abb. 81: Bearbeitungseigenschaften eines Bauteils am Beispiel des Aufbaus einer Geschossdecke

9.1.1.5 Registerkarten und Multifunktionsleiste

Die Multifunktionsleiste enthält alle Werkzeuge, die zum Erstellen eines Projekts oder einer Familie nötig sind (AUTODESK, 2019-2). Dabei werden die Werkzeuge der Multifunktionsleiste durch die Registerkarten logisch zusammengefasst, so dass vergleichbare Werkzeuge zum Erstellen von Bauteilen immer zusammen in einer Multifunktionsleiste angeordnet sind. Hierdurch ist ein schneller Wechsel bzw. eine schnelle Auswahl zwischen den verschiedenen Werkzeugen möglich. Zusätzlich ist es möglich, die verschiedenen Werkzeuge und Arbeitsabläufe mittels Tastaturkurzbefehlen aufzurufen (siehe Abb. 82).



Eigene Darstellung

Abb. 82: Auszug der Registerkarten und Multifunktionsleiste in Revit

Durch den logischen Aufbau der Registerkarten und der Multifunktionsleiste ist eine intuitive Verwendung der Werkzeuge und Funktionen möglich, solange der Nutzer den Ansatz der objektorientierten Modellierung verstanden hat und folgt. Die Anwendung dieser Werkzeuge für die Modellierung der Landschaftsarchitektur ist hingegen sehr viel komplexer und bedarf einer gewissen Einarbeitung.

9.1.2 Interoperabilität von Revit

Revit bietet zum Austausch der Daten und der Zusammenarbeit im Projektteam mehrere Möglichkeiten. Zum einen ermöglicht Revit mit der Funktionen BIM 360 die gleichzeitige Zusammenarbeit der Projektbeteiligten im Modell und den Austausch des Modells in Echtzeit innerhalb der Revit-Umgebung. Hierbei dokumentiert Revit in einem Änderungsprotokoll, wann das geteilte Modell gespeichert wurde und wer welche Änderungen vorgenommen hat. Hierdurch ist es leicht, in der Revit-Umgebung nachzuvollziehen, wer wann welche Änderungen gemacht hat. Um diese Änderungen überprüfen zu können, bietet Revit seit der Version 2020 auch die Möglichkeit einer Kollisionskontrolle über einen integrierten Modell-Checker, so dass nicht für jeden Schritt ein Ex- und Import des Modells in eine Modell-Checker-Software nötig ist, sondern schnell in Revit erfolgen kann. Für eine ausführliche Dokumentation empfiehlt Autodesk aber die Nutzung einer vollwertigen Modell-Checker-Software wie Navisworks Manage oder Solibri.

Um auch die Zusammenarbeit mit anderen Planern außerhalb der Revit-Umgebung zu gewährleisten, verfügt Revit 2020 über eine von buildingSMART International zertifizierte IFC 4- und eine BCF- Schnittstelle (vgl. AUTODESK, 2019-5; buildingSMART INTERNATIONAL, 2019-5). Darüber hinaus ist es möglich, nach der DIN SPEC 91400 die Bauteile des digitalen Modells mit dem STL Bau in Revit 2020 zu verknüpfen. Zusätzlich unterstützt Revit eine breite Palette von Branchenstandards und Dateiformaten im Im- und Export, darunter (AUTODESK-5, 2019):

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

Durch diese Vielzahl an unterstützten Dateiformaten kann Revit als leistungsfähige Software für die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Projektbeteiligten eingesetzt werden. Zusätzlich ist es durch Autodesk geplant in den nächsten Revit-Versionen eine direkte Schnittstelle zwischen Revit und ArcGIS von ESRI zu etablieren, um so verlustfrei die Planungsdaten auszutauschen.

9.1.3 Autodesk Revit 2020 für die Landschaftsarchitektur

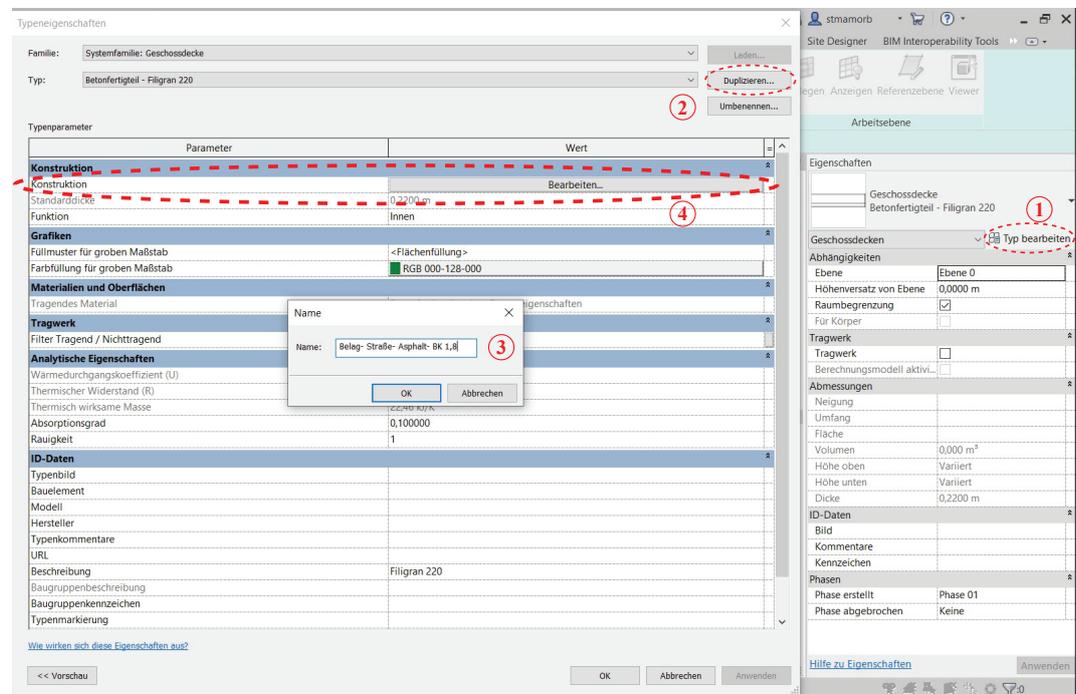
Wenn es zu der Anwendung von Revit für die Landschaftsarchitektur kommt, ist oft zu hören, dass man mit Revit keine Freianlagen planen kann, da, wie auch bereits bei Autodesk AutoCAD, grundlegende landschaftsorientierte Werkzeuge und Arbeitsabläufe fehlen und der Bauteilkatalog von Revit keine Elemente der Landschaftsarchitektur beinhaltet. Diese Behauptungen stimmen auch zum Teil, bedeuten aber nicht, dass mit Revit keine Freianlagen geplant werden können. Nachfolgend werden die verschiedenen Aspekte der BIM-Planung der Landschaftsarchitektur in Revit näher betrachtet und mittels Beispielen erläutert.

9.1.3.1 Bauteilkatalog

Die Grundlage einer jeden Planung sind die verwendeten Bauteile und Elemente, die das Modell bilden. Dabei stimmt es das Revit nicht viele Bauteile für die Landschaftsarchitektur in seinem Bauteilkatalog anbietet. So gibt es in dem Bauteilkatalog von Revit nur einige vordefinierte Gehölze, Parkplatzelemente (z.B. Verkehrsinseln, Absperrungen, Richtungspfeile, usw.) und allgemeine Außenbauteile (z.B. Spiel- und Sportgeräte, Freizeitmöbel, usw.). Es fehlen aber grundlegende Bauteile, wie Straßen, Mauern oder Bordsteine. Allerdings sind solche Standardelemente aus dem Bauteilkatalog auch nur bedingt einsetzbar, da jedes Unternehmen seine eigenen individuellen Elemente und Gestaltungen verwenden will. Tatsächlich haben die Unternehmen, die Revit derzeit am effektivsten einsetzen, ihre eigenen Bauteilbibliotheken aufgebaut (SCHMIDT, 2016-1).

Das Anlegen von Bauteilen wie Straßen oder Mauern ist in Revit nicht schwer, aber durch die vielen Einstellungen und Eigenschaften zeitaufwendig. Hinzu kommt auch, dass die Materialien, die für die Bauteile verwendet werden sollen, nicht vorhanden sind sondern auch erst einmal angelegt werden müssen. Nachfolgend

wird der Prozess zur Erstellung von Materialien und Bauteilen anhand des Beispiels einer Straße mit Asphaltbelag erklärt. Da es in Revit aber kein Werkzeug zum Erstellen von Straßen gibt, muss hierfür das Werkzeug “Geschossdecke” aus der Architektur verwendet werden. Um mit dem Werkzeug “Geschossdecke” nun eine Straße mit Asphaltbelag im Modell zeichnen zu können, muss dieser Bauteiltyp in der Typenauswahl angelegt werden. Die Abbildung 83 zeigt in vier Schritten wie der neue Bauteiltyp angelegt wird.

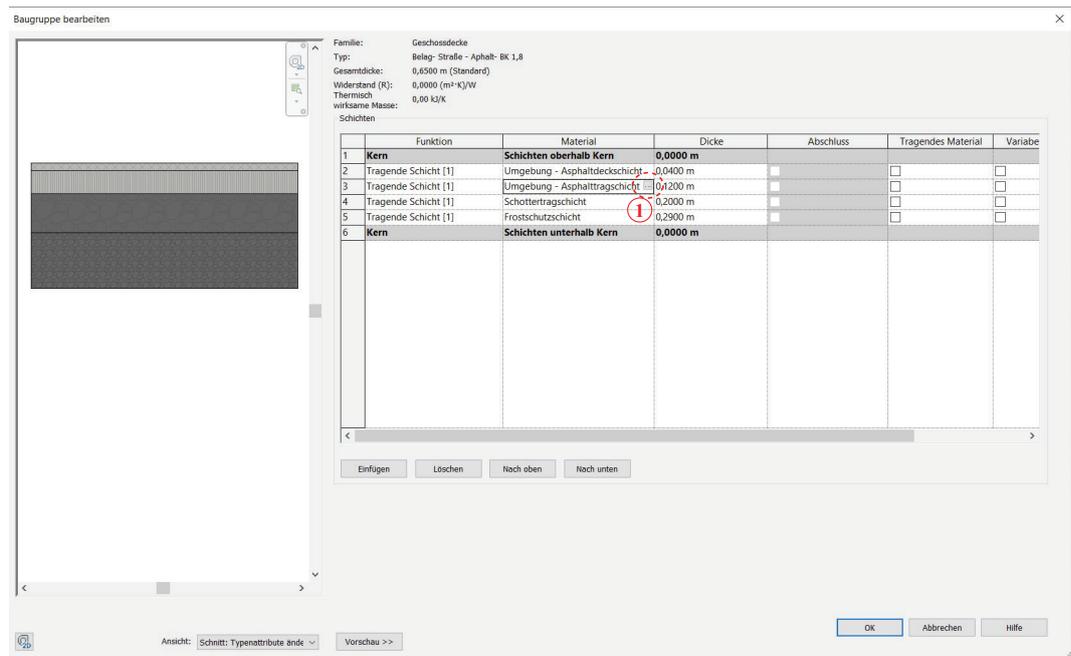


Eigene Darstellung

Abb. 83: Anlegen eines Bauteiltyps “Straße- Asphalt“ in der Eigenschaftenpalette des Werkzeuges “Geschossdecke” in vier Schritten: 1. Öffnen der Elementoptionen über das Eingeschaftenfenster; 2. Bestehendes Element duplizieren; 3. Benennen des neuen Elements; 4. Konstruktion und Aufbau des Element anpassen

Im ersten Schritt (1) wird das Eigenschaftenfenster eines bestehenden Bauteiltyps über die Option “Typ bearbeiten” geöffnet. In diesem Fenster wird im zweiten Schritt (2) der bestehende Bauteiltyp dupliziert und der Name des neuen Bauteiltyps (3) eingetragen. Mit Bestätigung ist der neue Bauteiltyp “Straße-Asphalt” angelegt und kann im Modell verwendet werden. Allerdings ist der Aufbau und die Eigenschaften noch vom ursprünglichen Bauteiltyp hinterlegt. Diese müssen im Schritt vier (4) an den neuen Bauteiltyp angepasst werden. Hierfür öffnet sich dann

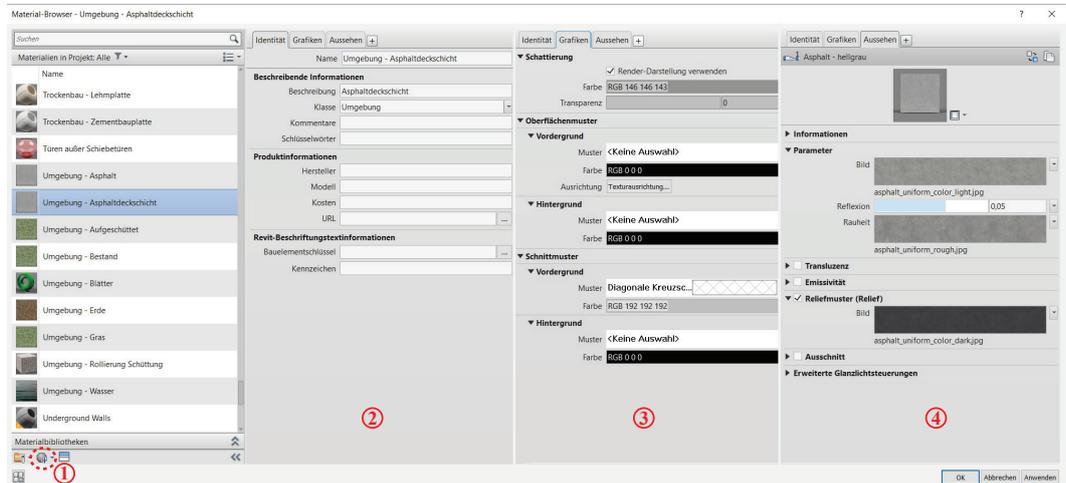
ein neues Eigenschaftenfenster, in welchem der Aufbau und die Materialien der einzelnen Schichten festgelegt werden kann (siehe Abb. 84).



Eigene Darstellung

Abb. 84: Eigenschaftenfenster zum Festlegen des Aufbaus und der Materialien der Bauteilgruppe "Straße- Asphalt"

In dem Eigenschaftenfenster können nun die einzelnen Aufbauschichten festgelegt werden, sowie deren jeweilige Aufbaustärke. Da dieses Eigenschaftenfenster eigentlich für den Aufbau von Decken konzipiert ist, wird bei den Parameter zwischen Schichten oberhalb Kern und Schichten unterhalb Kern unterschieden, sowie ob es sich um tragendes Material handelt. Für die Landschaftsarchitektur können diese Optionen ignoriert werden. Zusätzlich wird hier auch das Material der einzelnen Schichten festgelegt. Hierbei können aber nur Materialien ausgewählt werden, welche in der Datenbank von Revit definiert sind. Zur Auswahl des Materials wird das nötige Eigenschaftenfenster über den Schritt 1 geöffnet (siehe Abb. 84). In diesem Fenster können, dann bestehende Materialien ausgewählt werden oder neue Materialien angelegt werden.



Eigene Darstellung

Abb. 85: Materialdatenbank in Autodesk Revit 2020

In unserem Fall müssen die verschiedenen Materialien für die Straße (Asphaltdeckschicht, Asphalttragschicht, Schottertragschicht, Frostschutzschicht) neu angelegt werden. Unter Punkt 1 können neue Materialien angelegt werden. Nach der Benennung des neuen Materials müssen über Reiter „Identität“ (2) die Parameter des neuen Belags (z.B. Beschreibung, Körnung, Kosten, Schlüsselwörter) festgelegt werden. In den Reitern „Grafiken“ (3) und „Aussehen“ (4) werden dann noch der Darstellung des Materials festgelegt. Zum einen die dreidimensionale Darstellung im Modell und dann noch die zweidimensionale Darstellung in Schnitten und Grundrissen. Zusätzlich kann hier noch Einstellungen für eine gerenderte Visualisierung festgelegt werden (u.A. Beleuchtung, Reflektion, Relief, usw.). Wenn diese Einstellungen für alle Materialien festgelegt und dem neuen Element zugeordnet sind, ist der neue Bauteiltyp „Straße- Asphalt“ fertig für die Anwendung im Modell.

Dieser Prozess muss für jeden Bauteiltyp individuell wiederholt werden, nicht nur für Belagsarten, sondern auch unter anderem für Mauern, Treppen, Rampen, usw. Dies ist auch ein Grund warum Revit einer längeren Implementierung bedarf, da solche Sachen vor Projektbeginn zumindest in Ansätzen erstellt werden müssen.

9.1.3.2 Digitales Geländemodell

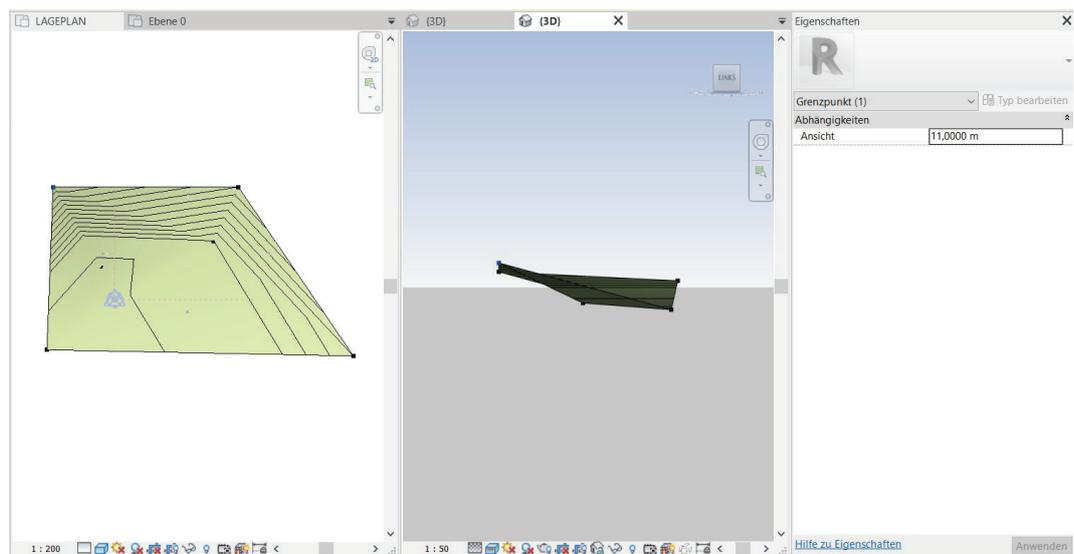
Die Grundlage der landschaftsarchitektonischen Planung bildet fast immer ein digitales Geländemodell (DGM). Im Wesentlichen hat Revit in der Registerkarte “Körpermodell & Grundstück” Werkzeuge für die Erstellung und Bearbeitung der Geländeoberfläche sowie zur Erstellung von Grundstücksgrenzen.



Eigene Darstellung

Abb. 86: Werkzeuge zum Erstellen und Bearbeiten eines DGMs in Autodesk Revit 2020

Von den drei Arbeitsabläufen für die Landschaftsarchitektur sind die Geländeoberflächenerstellung und -bearbeitung die Wichtigsten, da diese oft die Grundlage der landschaftsarchitektonischen Planung bilden. Dabei funktioniert das Werkzeug “Geländeoberfläche erstellen” für die Erstellung des DGMs auch sehr gut. Bei der Nutzung des Werkzeugs müssen die einzelnen Höhenpunkte händisch im Modell verteilt werden und anschließend die absolute Höhe der einzelnen Punkte in der Eigenschaftenpalette ergänzt werden (siehe Abb. 87). Zusätzlich kann das DGM auch aus Punktwolken des Geländes erstellt werden.



Eigene Darstellung

Abb. 87: Erstellen eines DGMs mit dem Werkzeug “Oberfläche erstellen” in Revit 2020

Zusätzlich bietet Revit 2020 in der Registerkarte “Site Designer” noch die Möglichkeit, ein vorhandenes DGM als LandXML-Datei in Revit zu importieren sowie das DGM auch als LandXML-Datei zu exportieren. Dabei sind diese beiden Funktionen als Schnittstelle zu Autodesk Civil 3D angelegt, so dass das DGM weiterbearbeitet werden kann. Dies kann durchaus nötig sein, da die Handhabung und Bearbeitung von Topografien in Revit sehr zeitaufwändig und schwierig ist. Diese Probleme mit Geländeoberflächen sind zurückzuführen auf die Oberflächen-Engine von Revit, da dieser die Oberflächen als triangulierte Flächen nur aus Punkten erstellt, es aber nicht erlaubt, die erstellte Geländeoberfläche im nachhinein anzupassen. Dies verursacht Probleme beim Glätten der triangulierten Oberflächenkonturen und dem Versuch, die Oberflächen an bestimmte Konturen genau anzupassen, besonders dann, wenn Höhenversprünge im Gelände eingeplant sind (vgl. SCHMIDT, 2016-1; BÜCKNER, 2019-2).

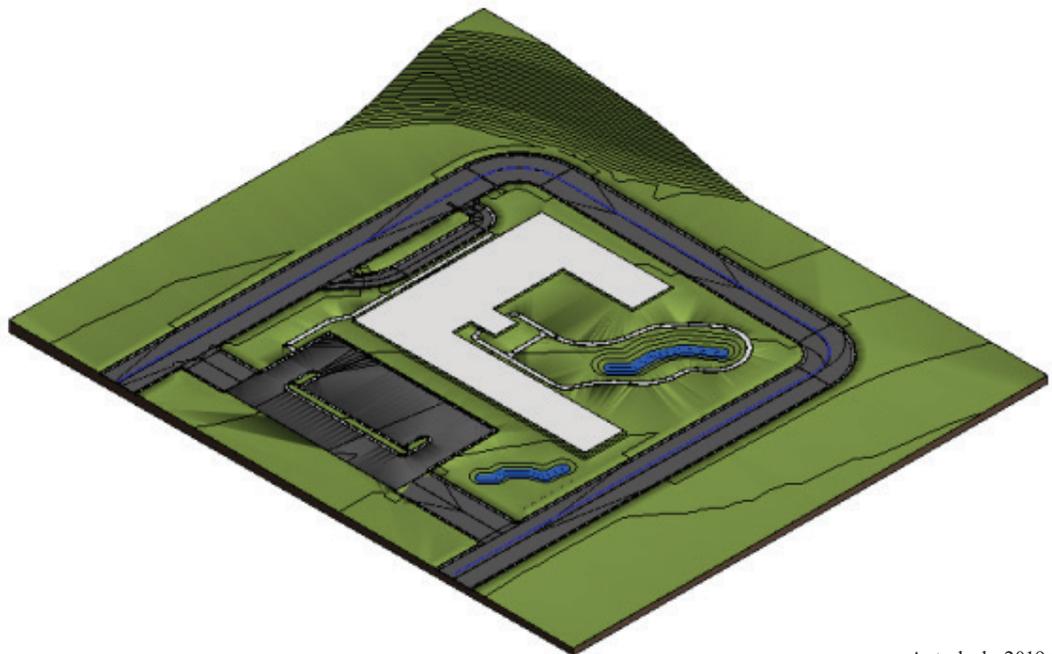
Des Weiteren lassen sich in Revit auch keine Bodentypen und -tiefen abgrenzen, so dass das Gelände nur aus einem Bodentyp mit unendlicher Bodentiefe dargestellt werden kann. Revit ist eben nicht direkt für die Darstellung von Landschaftselementen entwickelt worden.

Hierfür hat Autodesk Civil 3D entwickelt. In Civil 3D lässt sich ein DGM im einfach und exakt Detail bearbeiten. Allerdings eignet sich Civil 3D als Software für den Infrastrukturbau nicht für die genaue und akkurate Planung von Bauwerken, so dass auch im Infrastrukturbau z.B. Brücken in Revit geplant werden und dann in Civil 3D importiert werden, wobei Civil 3D mit dem dwg-Format arbeitet. Leider gibt es zwischen den beiden Programmen keine direkte Schnittstelle, über welche die Planung ausgetauscht werden kann. So können in Revit zwar die dwg-Dateien von Civil 3D verknüpft werden, allerdings werden dabei keine Informationen aus Civil 3D übernommen. Auch umgekehrt kann Civil 3D die Revit-Datei referenzieren, wobei auch hier keine Informationen aus dem Modell übernommen werden (SCHMIDT, 2016-1).

Auf Grundlage des DGMs bietet Revit nun verschiedene Möglichkeiten für die landschaftsarchitektonische Planung:

9.1.3.3 Revit Site Designer

Autodesk beschreibt den Site Designer als Werkzeug mit dem Architekten und Planer auf Grundlage eines DGMs das Gelände für Baustellen gestalten können, indem sie mithilfe von Einmessungswerkzeugen Sohlen, Parkplätze, Straßen, Gehwege und Stützwände modellieren. Dabei ist der Site Designer bereits ab der Version 2018 als Erweiterung in Revit eingeführt worden, musste damals aber extra in Revit hinzugeladen werden. Seit der Version 2020 ist der Site Designer fester Bestandteil von Revit. Das Grundstücksplanungswerkzeug ermöglicht die Gestaltung des Geländes für Baustellen in der Revit-Umgebung (siehe Abb. 88).



Autodesk, 2019-3

Abb. 88: Geländeplanung mit Site Designer in Revit 2020

Da der Site Designer Familien, Bauteile und Gelände aus Revit verwendet, werden die Entwürfe zum Bestandteil des Gesamtgebäudemodells, ohne dass eine Übertragung zwischen verschiedenen Entwurfssystemen nötig ist (AUTODESK, 2019-3). Dabei ist der Site Designer auch in der deutschen Version von Revit 2020 nur in Englisch verfügbar. Deshalb müssen auch die ganzen Einstellungen auf Englisch eingegeben werden. Zur Gestaltung des Geländes bietet der Site Designer eine Reihe von Werkzeugen und Arbeitsabläufe zum Erstellen und Bearbeiten von Bauteile, Verwalten der Bauteilfamilien und für die Ausgabe von Bauteillisten und Mengen (siehe Abb 88).

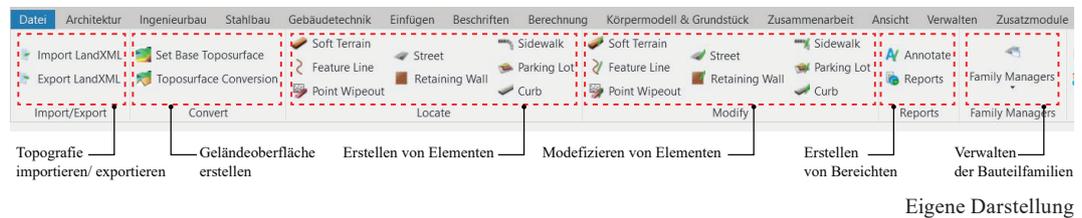


Abb. 89: Multifunktionsleiste des Site Designer in Autodesk Revit 2020

Der Vorteil vom Site Designer ist, dass er bei Änderungen und Ergänzungen der Planung automatisch das DGM aktualisiert und die Höhen an die neue Planung anpasst. Dabei überschreibt der Site Manager aber sämtliche Änderungen, die im Vorfeld direkt mithilfe der Revit-Werkzeuge am vorgeschlagenen Gelände vorgenommen wurden (AUTODESK, 2019-3). Dafür bietet der Site Designer eine Reihe von Werkzeugen und Arbeitsabläufen für die Modellierung von Geländeformen (engl. Soft Terrain), Straßen (engl. Street), Gehwegen (engl. Sitewalk), Stützwänden (engl. Retaining Wall), usw. (siehe Abb. 90)



Eigene Darstellung

Abb. 90: Werkzeuge des Site Designer zum Gestalten des Geländes in Revit 2020

Die Nutzung der einzelnen Werkzeuge ist dabei relativ einfach und ermöglicht in gewissem Maß auch die Erstellung individueller Bauteiltypen. Da die Anwendung der unterschiedlichen Werkzeuge sich im Kern ähnelt, soll folgend die Nutzung des Site Designers und das Vorgehen bei der Anwendung der unterschiedlichen Werkzeug am Beispiel einer Straße gezeigt werden.

Anlegen von Straßen mit Revit Site Designer

Mit dem Straßenwerkzeug können jegliche Art von Straßen in dem Gelände angelegt und geändert werden. Dabei können aber nicht nur die Straßen, sondern auch gleich die Entwässerung und die Bordsteine modelliert werden. Bevor die Straßen im Gelände erstellt werden können, müssen die Straßentypen erst mal über den Family Manager angelegt und definiert werden (siehe Abb. 91).

Standardmäßig hat Site Designer zwei Musterstraßen vorgegeben. Eine Straße mit nur einer einspurigen Fahrbahn und eine Straße mit einer zweispurigen Fahrbahn, Entwässerung und Bordstein. Im Family Manager gibt es die Möglichkeit, neue Straßen anzulegen. Hierzu öffnet sich ein Eigenschaftfenster, in welchem alle Parameter zu der neuen Straße eingetragen werden können (siehe Abb. 92).

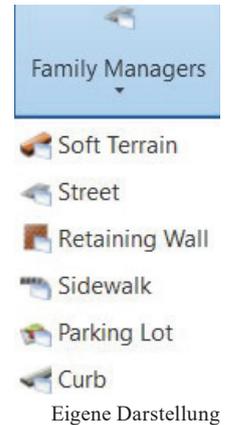
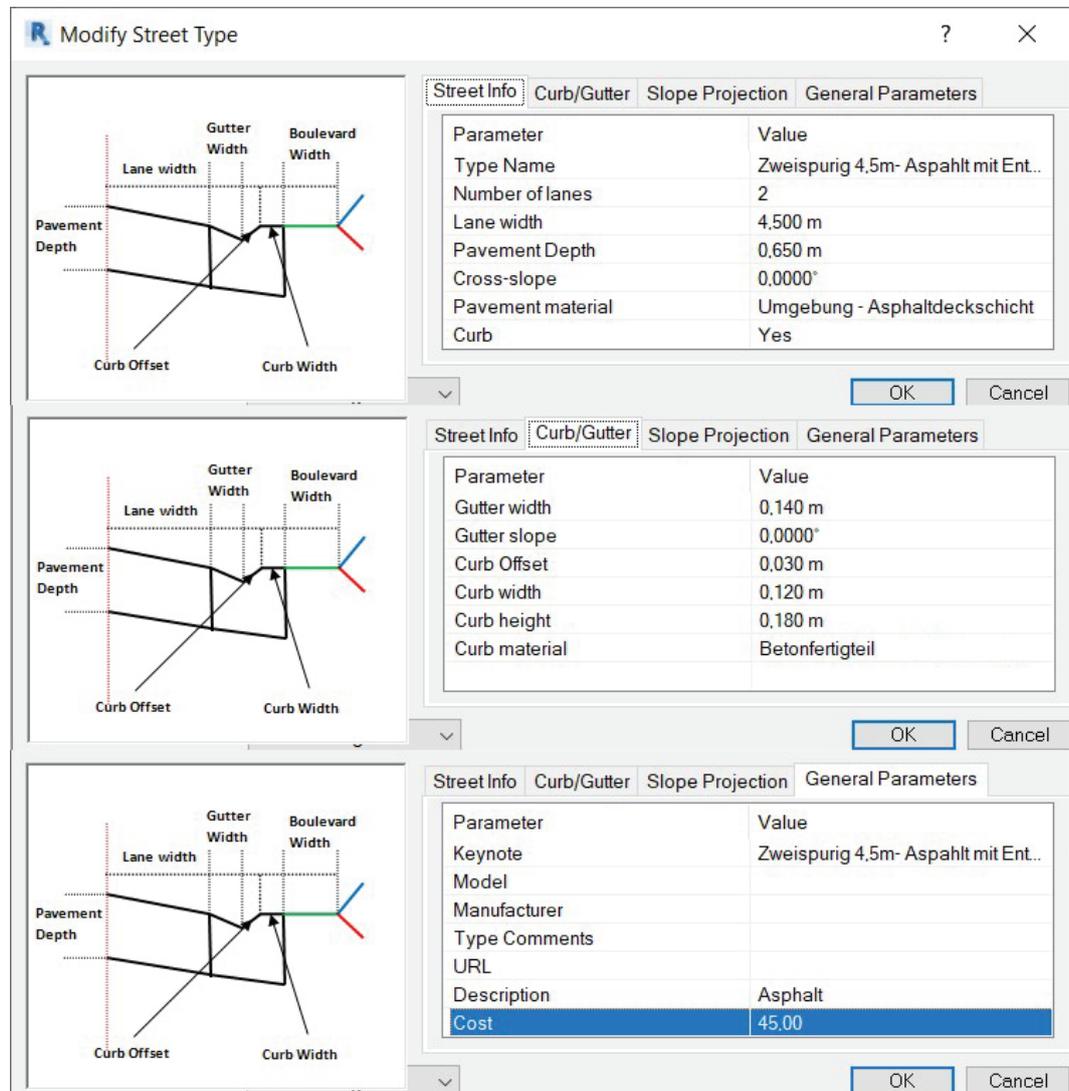


Abb. 91: Family Manager des Site Designer in Revit 2020

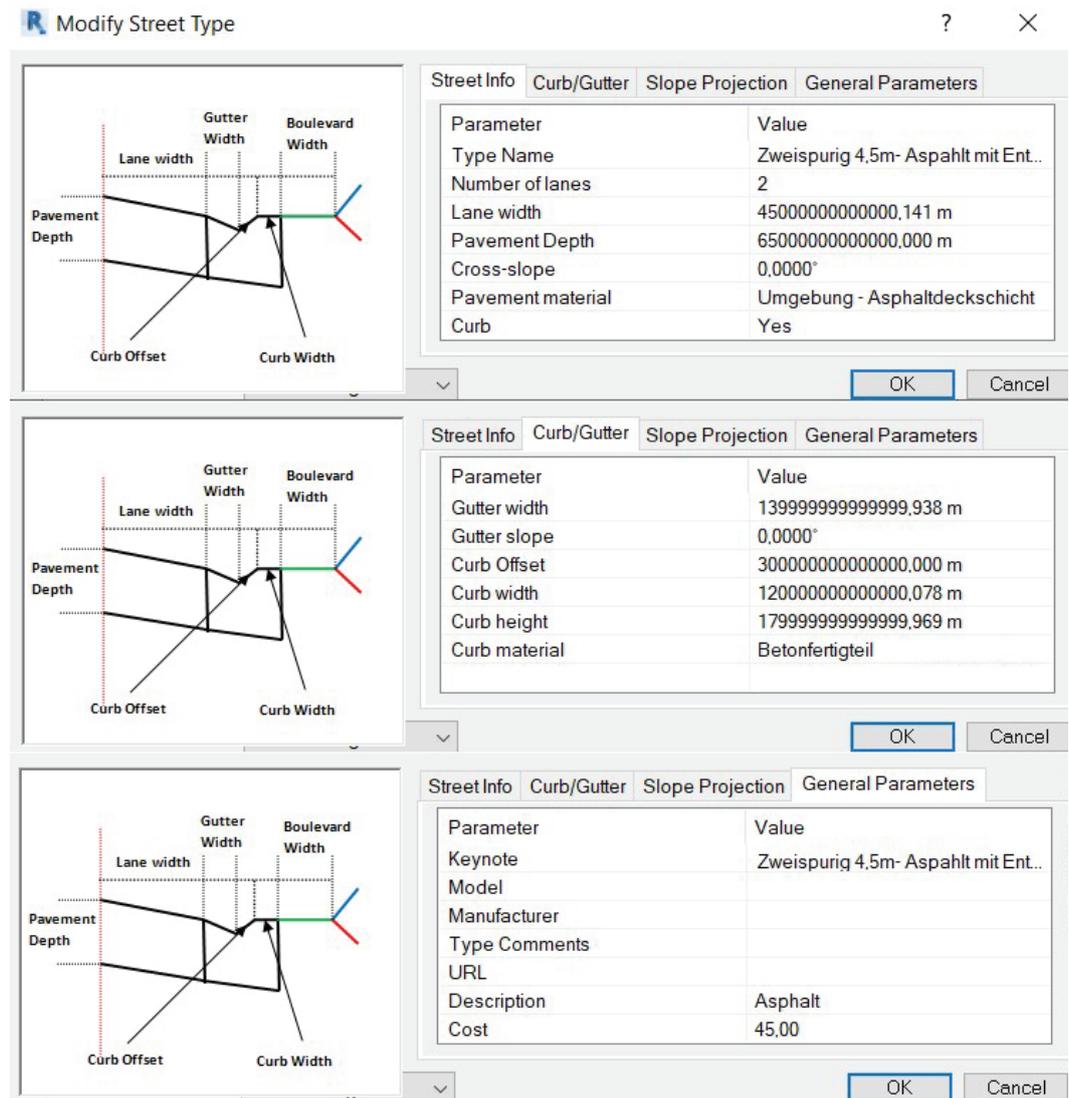


Eigene Darstellung

Abb. 92: Eigenschaftensfenster für die Anlage eines Straßentyps im Revit 2020 Site Designer

Dabei werden in dem Eigenschaftensfenster für die Straße Parameter wie Straßenbreite, Aufbaustärke und Oberflächenmaterial abgefragt. Hier kann dann auch festgelegt werden, ob die Straße eine Entwässerung hat, welche Dimensionen die Entwässerungsrinne hat und auch wie der Bordstein aussehen soll. Im letzten Eigenschaftensfenster können dann noch Angaben zu u.a. Kosten, Hersteller und einer allgemeinen Beschreibung hinterlegt werden. Die festgelegten Parameter beschreiben so parametrisch den neuen Straßentyp.

Allerdings ändert Revit bei der Speicherung die eingetragenen Parameter in Werte die nicht brauchbar sind und mit denen nicht modelliert werden kann (siehe Abb. 93)



Eigene Darstellung

Abb. 93: Fehlerhafte Speicherung der Eigenschaftenparameter für einen neu angelegten Straßentyp im Autodesk Revit 2020 Site Designer

Dieser Fehler ist dabei nicht nur auf die Bauteilfamilie „Straße“ beschränkt. Auch bei den anderen Bauteilfamilien tritt dieser Fehler auf. Woher diese Fehler im Site Designer kommt, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden. Da Revit 2020 erst vor ein paar Monaten veröffentlicht wurde, gibt es hierzu noch keine Informationen von Autodesk oder in anderweitigen Internetforen.

Dabei wäre die Erstellung der Bauteile aber im Weiteren sehr einfach. Nach Auswahl des gewünschten Werkzeugs öffnet sich ein neues Fenster, in dem der Straßentyp ausgewählt wird. Zusätzlich kann bestimmt werden, ob die Straße dem Gelände in einer bestimmten Höhe folgt oder ob die Straße auf einer festgelegten Höhe durch die Landschaft schneidet. Zusätzlich kann dort auch festgelegt werden, welchen Radius die Kurven der Straße haben sollen (siehe Abb. 94).

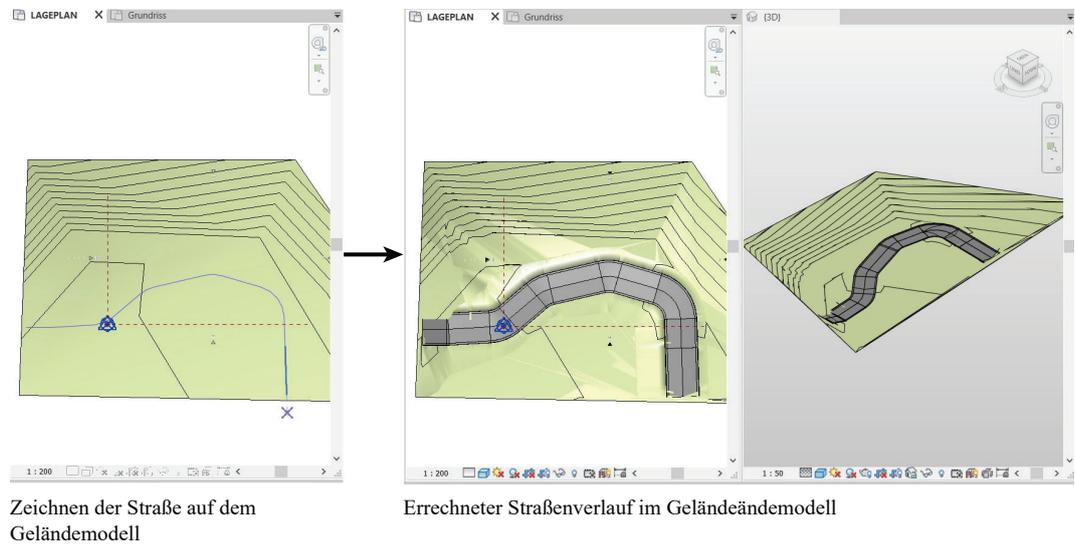
The screenshot shows the 'Locate Street' dialog box with the following settings:

- Street Family: Einspurig 4,5m- Asphalt mit Entwässerung und Bc
- Street Type: Einspurig 4,5m- Asphalt mit Entwässerung und Bc
- Street Name: Umfahrung
- Relative Elevation from Toposurface (selected): Elevation: 1,000 m
- Constant Elevation: Elevation: 4,572 m
- Segment (radio button): Chain (radio button selected)
- Create A Copy (checkbox): unchecked
- Use an Existing Host Line (radio button): unchecked
- Draw Host Line (Click Escape to Complete) (radio button): selected
- Radius: 10,500 m

Eigene Darstellung

Abb. 94: Eingabefenster zum Erstellen einer Straße im Autodesk Revit 2020 Site Designer

Mit diesen Informationen muss im nächsten Schritt nur der Verlauf der Straße über das Gelände gezeichnet werden und der Software errechnet den Verlauf und die Geländeanpassungen (siehe Abb. 95). Da bei der Berechnung der Straße die einzelnen Punkte des triangulierten DGMs neu berechnet werden müssen, ist ein schneller Prozessor und hoher Arbeitsspeicher nötig, um ein flüssiges Arbeiten zu garantieren.



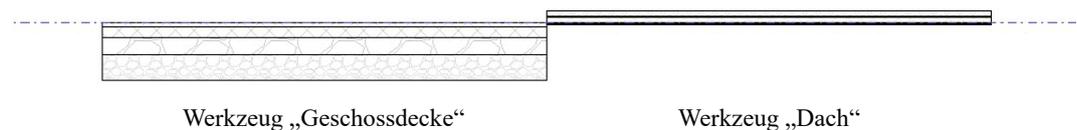
Eigene Darstellung

Abb. 95: Erstellung des Straßenverlaufs im Revit 2020 Site Designer auf Grundlage der vordefinierten Straßentypen

Auch wenn der Site Designer so funktioniert wie er soll, ist er trotzdem nur bedingt für die landschaftsarchitektonische Planung geeignet. Autodesk selbst beschreibt den Site Manager als Werkzeug für Architekten und Planer die Umgebung des Hochbaus zu visualisieren und die Vorstellungen zum Konzeptentwurf für die Baustelle leichter an technische Mitarbeiter zu übermitteln, die anschließend mithilfe professioneller Tiefbauanwendungen, wie Autodesk Civil 3D, einen detaillierten Grundstücksentwurf und Ausführungspläne erstellen können (AUTODESK, 2019-3). Der Site Manager ist nicht gedacht zum detaillierten Planen der Freianlagen. Dies ist auch daran zu erkennen, dass in dem Einstellungsfenster für die Straßentypen (siehe Abb. 92) nur die Gesamtaufbaustärke der Straße angegeben werden kann und nicht die einzelnen Aufbauschichten. Zusätzlich gibt es nur Werkzeuge für infrastrukturelle Bauteile und es fehlen wichtige Bauteilgruppen, wie Terrassen, Treppen, Pflanzflächen, usw. Um diese zu ergänzen, müssten andere Revit-basierte Werkzeuge verwendet werden. Autodesk warnt aber davor, die Elemente des Site Designer mit Elementen von Revit-basierten Werkzeugen zu kombinieren, da dies zu Fehlern unter anderem in der Topografie führt. So ist die Anwendung des Site Manager gegebenenfalls sinnvoll, um die Erschließung eines Grundstückes zu konzipieren, aber nicht zu planen.

9.1.3.4 Modellieren der Landschaft über Werkzeuge und Arbeitsabläufen für die Architektur

Neben dem Site Designer können auch mit den vorhandenen Werkzeugen und Arbeitsabläufe die Freianlagen geplant werden. Während es spezielle Werkzeuge zum Erstellen von Treppen, Wänden und Geländern gibt, fehlen in Revit einfache Werkzeuge und Arbeitsabläufe zum Modellieren der Freianlagen, wie Belagsflächen, Bordsteine, Wasser, usw.. Trotzdem ist es möglich mit Revit zu planen, in dem diese fehlenden Werkzeuge und Arbeitsabläufe durch Werkzeuge und Arbeitsabläufe für die Architektur kompensiert werden. Dabei gibt es aber keine Vorschriften, welche Werkzeuge für welche Modellierung zu verwenden sind. So besteht die Möglichkeit z.B. Belags- und Vegetationsflächen mit dem Werkzeug „Geschossdecke“ oder „Dach“ zu erstellen. Beide haben Vor- und Nachteile. Ein Blick in die Form von Autodesk Revit zum Thema Landschaftsarchitektur zeigt aber, dass Mehrheit der Anwender für solche Zwecke das Werkzeug „Geschossdecke“ nutzen, da die Geschossdecke von ihrem Ausgangspunkt nach unten aufbaut und Dach nach oben aufbauen (siehe Abb. 96).



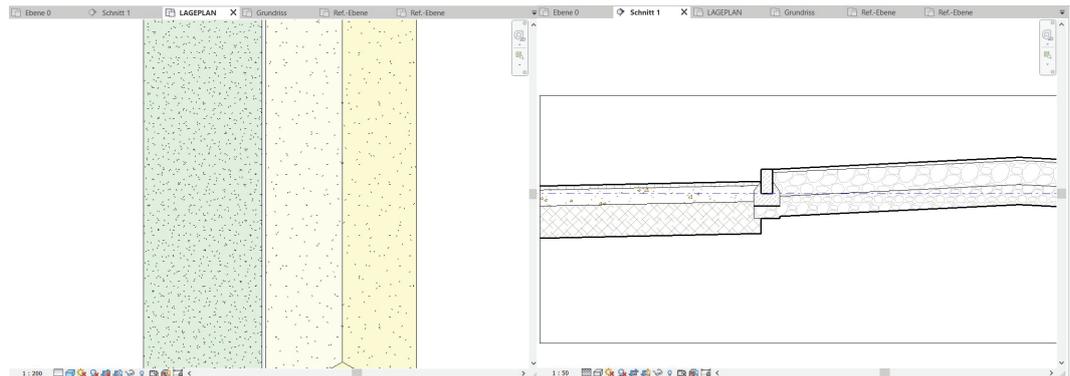
Eigene Darstellung

Abb. 96: Vergleich der Modellierung der Werkzeuge „Geschossdecke“ und „Dach“ in Autodesk Revit 2020

Die Verwendung der Werkzeuge und Arbeitsabläufe der Architektur für die Modellierung der Freianlagen, schafft aber neue Probleme. So interagieren diese Elemente nicht mit der Topografie, wodurch die Nutzung eines DGMs als Grundlage der Planung schwierig ist. Daneben gibt es auch keine Werkzeuge für z.B. das Simulieren von Entwässerungen (SCHMIDT, 2016-1).

Um zu verdeutlichen, wie die Modellierung mit den Werkzeugen der Architektur in Revit für die Landschaftsarchitektur funktioniert, soll dies folgend an einem

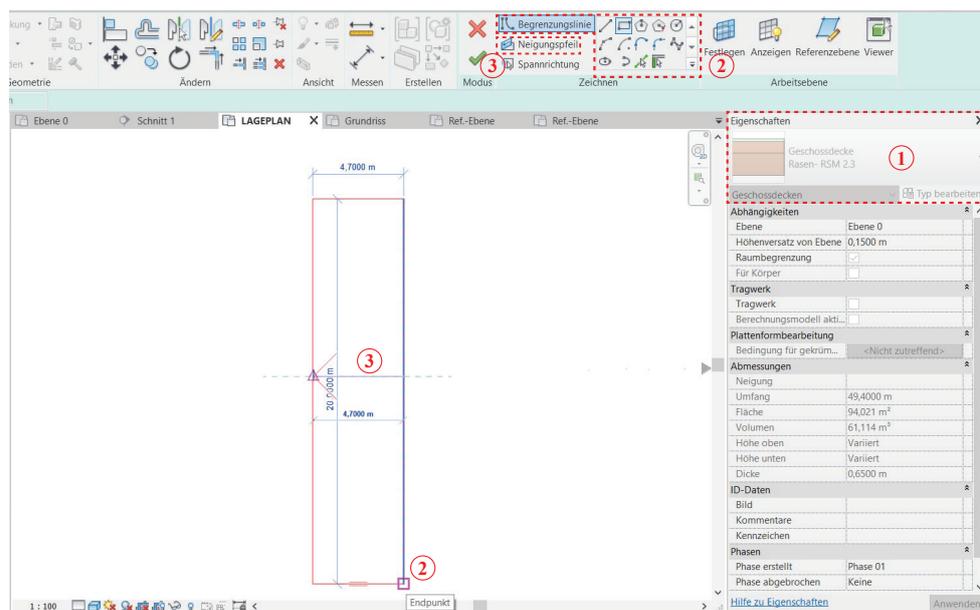
Beispiel dargestellt werden. In dem Beispiel soll eine Rasenfläche an einen Bordstein anschließen und nach einem Versatz in einer wassergebundenen Wegedecke weiterlaufen (siehe Abb. 97).



Eigene Darstellung

Abb. 97: Anwendungsbeispiel für eine landschaftsarchitektonische Planung in Autodesk Revit 2020

Im Folgenden sollen die hierfür nötigen Arbeitsschritte einzeln aufgezeigt werden, um so das Vorgehen in Revit zu verdeutlichen. Im ersten Schritt werden, wie am Anfang des Kapitels beschrieben, die Bauteilgruppen “Rasen” und “wassergebundene Wegedecke” in der Systemfamilie “Geschossdecke” angelegt. Nachfolgend können diese neuen Bauteiltypen mit dem Werkzeug “Geschossdecke” im Modell erstellt werden (siehe Abb. 98)

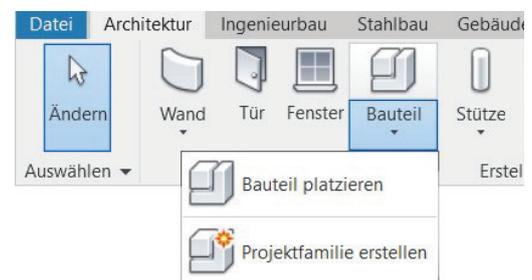


Eigene Darstellung

Abb. 98: Erstellen der Rasenfläche im Anwendungsbeispiel mit dem Werkzeug “Geschossdecke” in Autodesk Revit 2020

Nach Aktivierung des Werkzeugs “Geschossdecke” und Auswahl der Bauteiltyps (1) kann die Begrenzungslinien der Rasenflächen mit einer Vielzahl an Werkzeugen (2) gezeichnet werden, so dass jede beliebige Flächenform möglich ist. Zusätzlich können hier auch Aussparungen in der Fläche eingezeichnet werden. Beim Erstellen der Fläche können die Abmessungen der Fläche auch durch die Änderungen der Maßketten eingegeben werden, so dass die Fläche automatisch entsteht. Da Revit für Architekten und Ingenieure entwickelt wurde, können die Abmessungen bis in den Mikrometer-Bereich festgelegt werden. In unserem Beispiel ist die Rasenfläche einfach rechteckig. Zusätzlich kann der Fläche hier auch eine Neigung eingezeichnet werden (3). Allerdings ist hier je Fläche nur eine Neigung zulässig. Wenn die Fläche unterschiedliche hohe Anschlusspunkte hat und so unterschiedliche Gefälle hat, müssen diese im Nachgang händisch eingetragen werden.

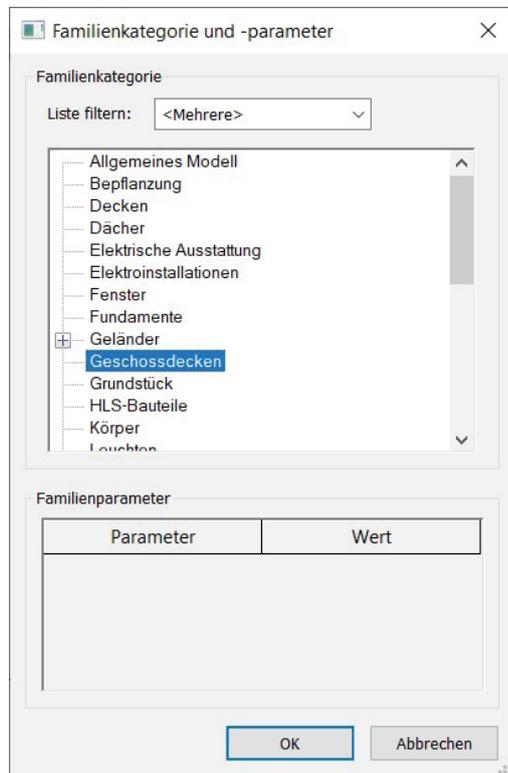
Im nächsten Schritt muss der Bordstein im Modell modelliert werden. Hierbei ergibt sich aber die Schwierigkeit, dass Revit kein Werkzeug hat, einen Bordstein direkt im Modell zu modellieren. Aber trotz fehlendem Werkzeug ist das Erstellen eines Bordsteines relativ einfach. Der Bordstein muss in dem Fall als Projektfamilie im Modell modelliert werden (siehe Abb. 99).



Eigene Darstellung

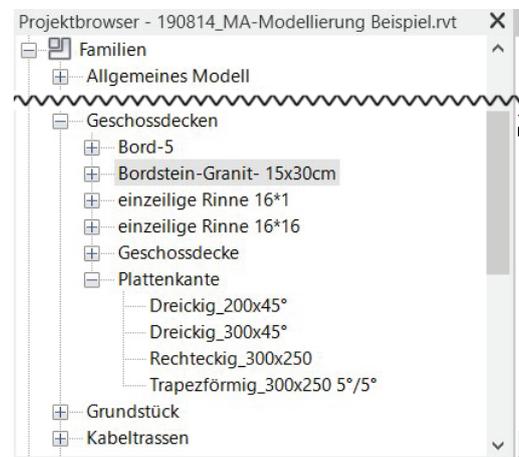
Abb. 99: Erstellen von Projektfamilien in Autodesk Revit 2020

Nach der Auswahl “Projektfamilie erstellen” muss eine Bauteilfamilie ausgewählt werden, zu welcher der Bordstein gehören soll (siehe Abb. 100). Hierbei kann jede beliebige Familie gewählt werden, da aber der Bordstein in Verbindung mit der Belag steht, wird für dieses Beispiel die Familie “Geschossdecke” ausgewählt. Im Anschluss muss die neue Projektfamilie noch benannt werden. Der Bordstein wird nach Erstellung auch im Projektbrowser unter der ausgewählten Familien aufgelistet und kann dort unter anderem umbenannt werden (siehe Abb. 101).



Eigene Darstellung

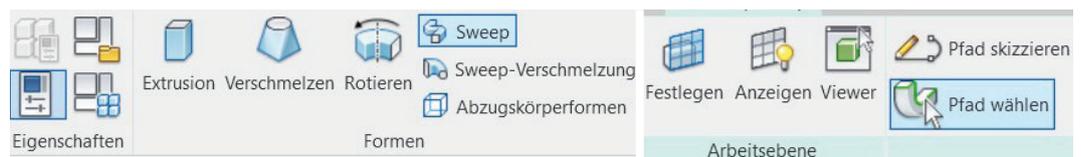
Abb. 100: Auswahl der Familienkategorie für die Projektfamilie



Eigene Darstellung

Abb. 101: Projektbrowser mit der neuen Familie für den Bordstein

Nach Auswahl der Familie und Benennung der Projektfamilie öffnet sich der Projektfamilien-Editor, in dem nun der Bordstein modelliert werden kann. Hier kann der Bordstein zum einen frei modelliert werden, was bei Geraden noch funktioniert sollte, oder als Profil entlang einer bestehenden Kante gezogen werden. Um den Bordstein entlang der Kante zu modellieren muss die Option "Sweep" ausgewählt werden und dann die Option "Pfad wählen" (siehe Abb. 102).

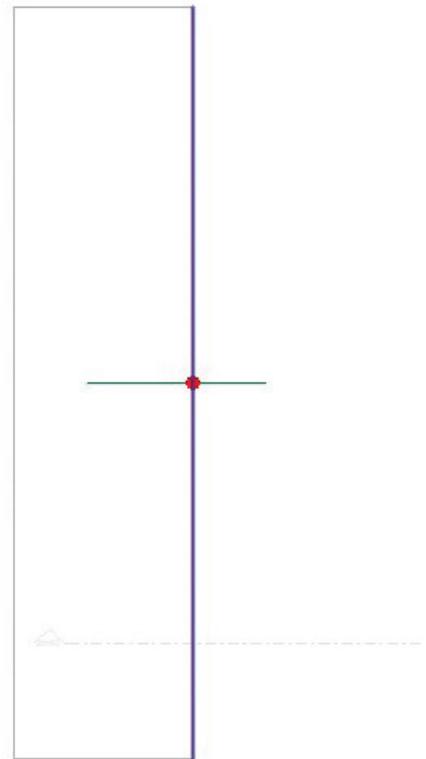


Eigene Darstellung

Abb. 102: Auswahl der Sweep-Modellierung und Wählen eines bestehenden Pfades

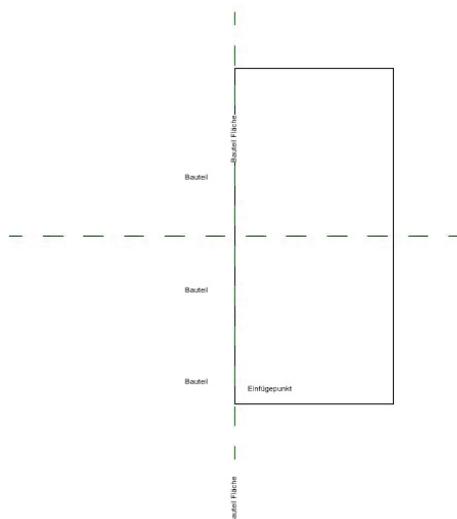
Im Anschluss muss die Kante gewählt werden, an welcher der Bordstein verlaufen soll. Hier können auch mehrere verbundene Kanten gleichzeitig ausgewählt werden (siehe Abb. 103).

Im nächsten Schritt muss das Profil ausgewählt werden, nach welchem der Bordsteins modelliert werden soll. Hierbei gibt es die Option, ein bestehendes Profil zu bearbeiten oder ein Neues zu laden. Da Revit keine Profile für Bordsteine hat, muss im Vorfeld das gewünschte Profil als Familie neu angelegt werden (Datei → Neu → Familie). Wichtig ist dabei, dass das Profil des Bordsteins auf der Vorlage "Profil Sweep" angelegt wird, da Revit ansonsten den Bordstein nicht verwenden kann (siehe Abb. 104). Das gleiche gilt auch für das Fundament. Diese muss ebenfalls im Vorfeld des Projekts als Profil im Familieneditor angelegt werden (siehe Abb. 105)



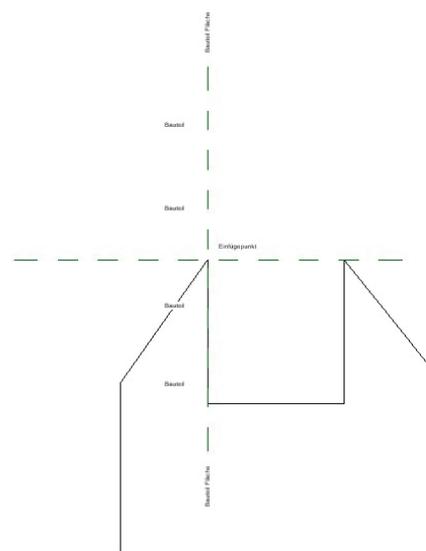
Eigene Darstellung

Abb. 103: Auswahl der Kante, an welchem der Bordstein verlaufen soll



Eigene Darstellung

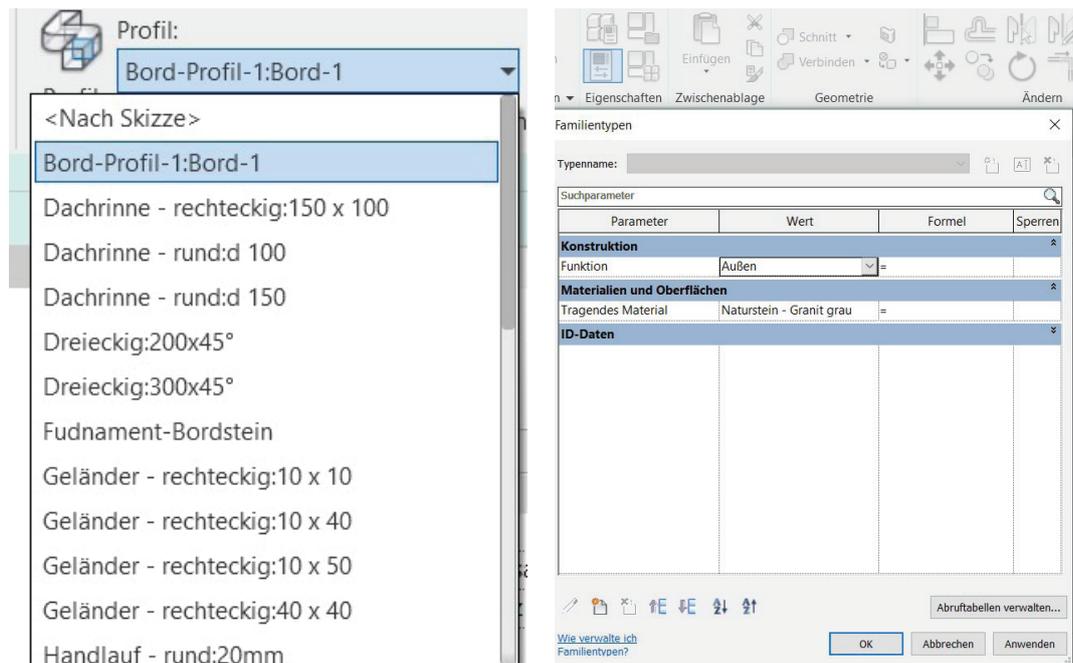
Abb. 104: Anlegen des Profils des Bordsteins im Modellbereich des Familieneditors



Eigene Darstellung

Abb. 105: Anlegen des Profils des Fundaments im Modellbereich des Familieneditors

Zurück im Revit-Modell kann nun das erstellte Profil des Bordsteins ausgewählt werden. Wichtig ist an dieser Stelle auch die Festlegung des Materials (siehe Abb. 106).



Eigene Darstellung

Abb. 106: Auswahl des Profils und Festlegen des Materials des Bordsteins

Durch Bestätigung der Auswahl (Grüner Haken) wird der Bordstein entlang der ausgewählten Kante modelliert. Dieser gleiche Prozess muss nun auch für das Fundament wiederholt werden, da das Werkzeug “Fundament” in Revit nur in Verbindung der Systemfamilie “Wand” genutzt werden kann.

Wenn das Fundament erstellt ist, überlagert sich dieses aber mit dem angrenzenden Aufbau der Rasenfläche. Um dieses zu beheben, müssen die beiden Geometrien verbunden werden. Hierdurch werden die beiden Elemente parametrisch verbunden, so dass die Software weiß, welche Elementen zusammenhängen und die Geometrien voneinander abziehen kann (siehe Abb. 107). Falls sich jetzt das Fundament in seinen Abmessungen verändern sollte, wird der Aufbau der Rasenfläche automatisch angepasst.



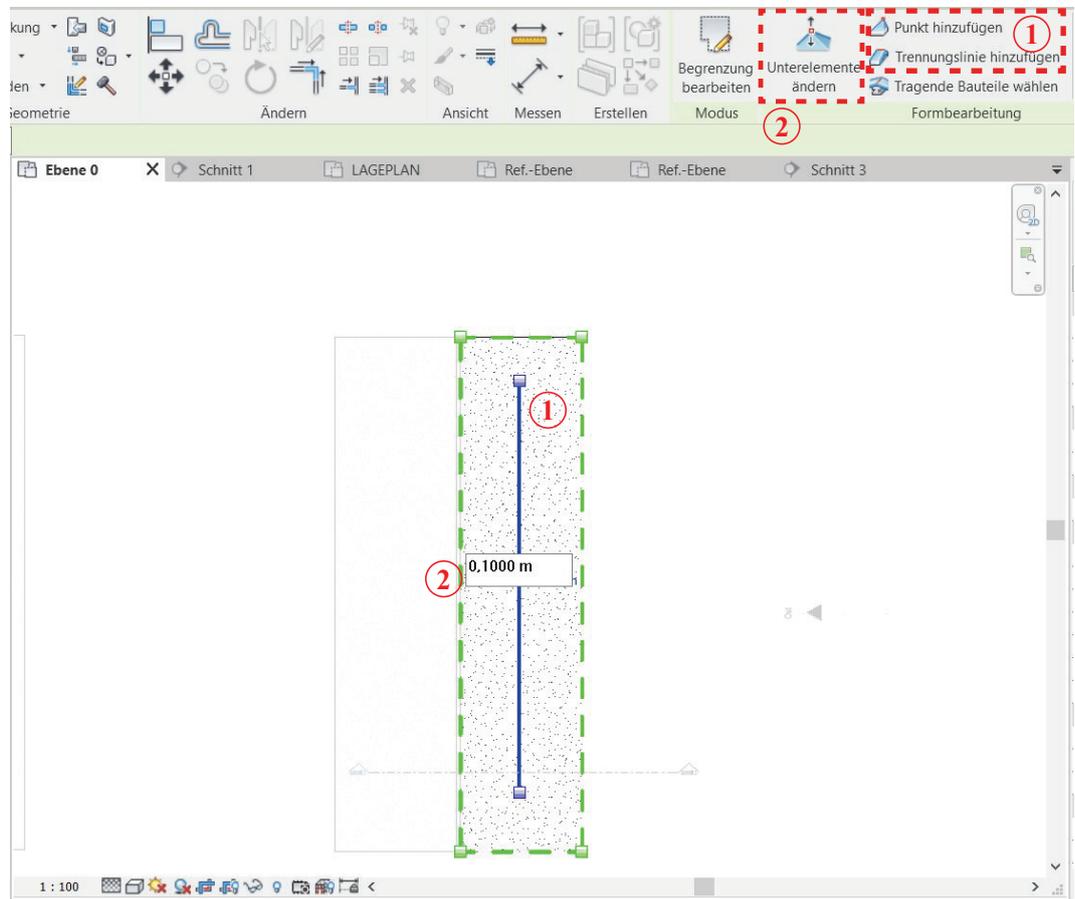
Abb. 107: Parametrisches Verbinden der überschneidenden Geometrien des Belagaufbaus und des Fundaments

Nachdem diese zwei Geometrien verbunden sind, wird im nächsten Schritt die Fläche der wassergebundenen Wegedecke und der Sauberkeitsstreifens des Fundaments modelliert. Bei Flächen werden wie die Rasenfläche wieder mit dem Werkzeug “Geschossdecke” angelegt. Dabei werden beide Flächen erst mal auf der Null-Höhe gezeichnet und müssen im Anschluss über die Eigenschaftenpalette auf die richtige Höhe gesetzt werden und mit den angrenzenden Geometrien verschnitten werden.

Zum Schluss des Anwendungsbeispiels muss noch das Gefälle der wassergebundenen Wegedecke erstellt werden. Hierfür muss die Fläche ausgewählt werden, worauf sich der Formeneditor öffnet (siehe Abb. 108). Unter der Option “Formbearbeitung” gibt es drei Möglichkeiten Höhen festzulegen:

- Vorhandenen Höhenpunkt (Grüne Punkte im Modellbereich) mit dem Werkzeug “Unterelement bearbeiten” eine Höhe zuweisen
- Einen neuen Höhenpunkt anlegen und im Nachgang mit dem Werkzeug “Unterelement bearbeiten” eine Höhe zuweisen
- Eine Höhenlinie auf der Fläche anlegen und im Nachgang mit dem Werkzeug “Unterelement bearbeiten” eine Höhe zuweisen

Im Falle der Beispielanwendung wurde mittig der Fläche eine Höhenlinie gezeichnet (1) anschließend auf +0,1000m angehoben (2), um so eine Dachentwässerung der Fläche zu erzeugen (siehe Abb. 108). Im Anschluss hieran ist die Beispielanwendung fertig gemäß Abbildung 97.



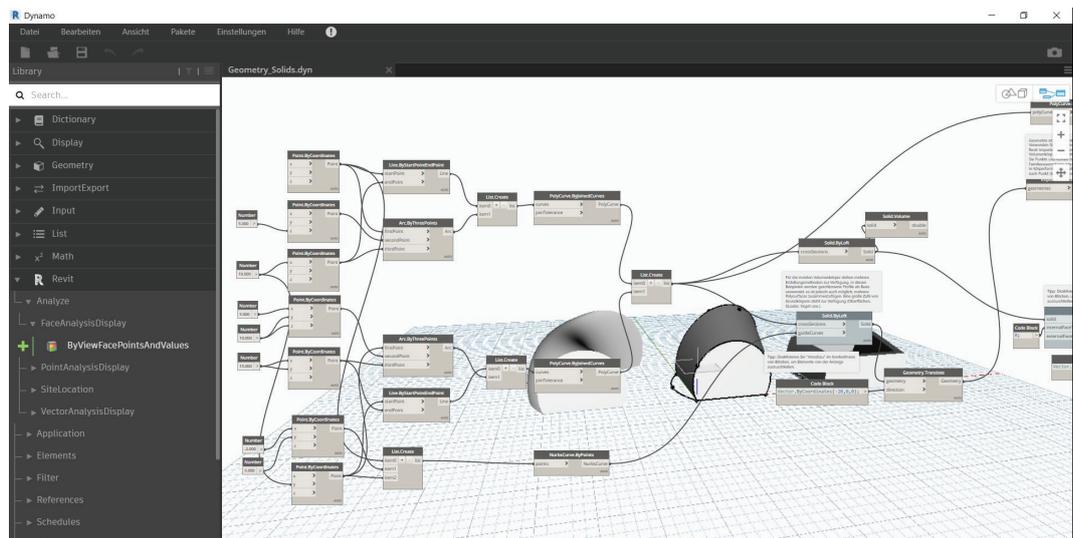
Eigene Darstellung

Abb. 108: Anlegen des Gefälleprofils der wassergebundenen Wegedecke im Anwendungsbeispiel zu Autodesk Revit 2020

Diese Beispielanwendung von Revit 2020 für die Planung der Freianlagen hat nochmal deutlich gemacht, wie wichtig gute Vorbereitung des Bauteilkatalogs und der Materialdatenbank für die Anwendung von Revit sind. Wenn diese Vorlagen vorhanden sind, ist eine effektive Arbeit in Revit möglich. Revit ist so eine sehr leistungsfähige Software, auch für die Landschaftsarchitektur. Um aber die Anwendung und den Zusammenhang der vielen unterschiedlichen Werkzeuge und Arbeitsabläufe zu verstehen, bedarf es einer langen und intensiven Einarbeitung in die Software. Hilfreich ist es dabei auch, mit so einfachen Beispielen, wie das obige Beispiel, anzufangen, um so die Grundlagen von Revit zu vermitteln und den Anwender nicht gleich zu überfordern.

9.1.3.5 Revit Dynamo

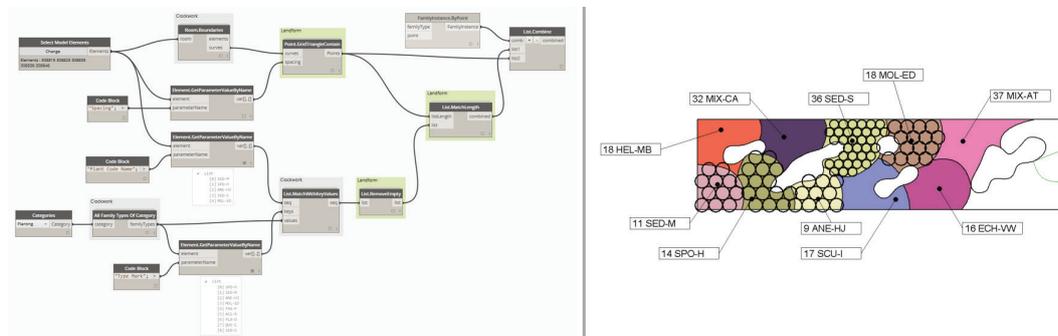
Revit bietet mit Dynamo eine Visual-Scripting-Umgebung, basierend auf der Programmiersprache Python, an, welches zum parametrischen Modellieren von Bauteilen und Flächen sowie für Analysen und Simulationen verwendet werden kann (siehe Abb. 109). Autodesk hat in Dynamo eine große Auswahl an vordefinierten Skriptbausteinen, die nach Funktionen übersichtlich geordnet sind und leicht abgerufen werden können. So können auch unerfahrene Anwender diese Bausteine nutzen, um schnell ihre Skripte zu erstellen. Erfahrene Anwender können zusätzlich das Skript der Bausteine bearbeiten und eigene neue Skripte schreiben.



Eigene Darstellung mit einem Beispielskript von AUTODESK in Revit Dynamo

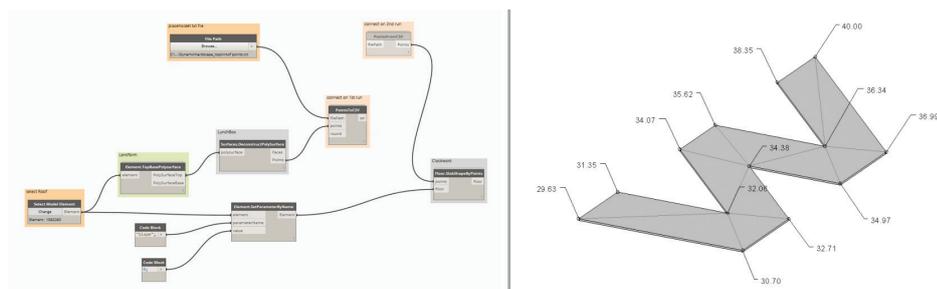
Abb. 109: Oberfläche mit den Skript-Bausteinen auf der linken Seite und einem Beispielskript von Autodesk

Auch die Landschaftsarchitektur kann Dynamo für ihre Planung nutzen. So kann Dynamo neben der Erstellung von Formen unter anderem auch zum Erstellen von automatischen Pflanzplänen (siehe Abb. 110) oder für die Gefälleberechnung einer Fläche (siehe Abb. 111) genutzt werden. Es bedarf für die Arbeit in Dynamo aber einiger Erfahrung im Umgang mit Revit und den Arbeitsabläufen und Parametern beim Modellieren, um so überhaupt zu verstehen, welche Bausteine für ein Skript wichtig sind. Autodesk bietet hierfür in Dynamo einige Skriptbeispiele und auch Tutorials online an, um so den Einstieg in Dynamo zu erleichtern. Um diese Skripte dann von Revit ausführen zu lassen, ist, je nach Größe und Komplexität der Skripte, eine hohe Rechenleistung und viel Arbeitsspeicher nötig.



SCHMIDT, 2019

Abb. 110: Verwendung von Revit Dynamo zum Erstellen von Pflanzplänen



SCHMIDT, 2019

Abb. 111: Verwendung von Revit Dynamo zum Berechnen von Belagsgefällen

Im Rahmen dieser Arbeit soll aber nicht weiter auf das Thema Visual-Scripting und der Verwendung von Dynamo für die Landschaftsarchitektur eingegangen werden, da diese die Grundlagen der BIM-Anwendung überschreitet.

9.1.4 Systemvoraussetzungen für Autodesk Revit 2020

Diese ganzen Fähigkeiten und Leistungen von Revit verlangen aber auch eine leistungsfähige Hardware, um ein flüssigen Arbeitsablauf zu gewährleisten. Autodesk unterscheidet bei den Systemvoraussetzungen für den Computer drei Stufen, die sich je nach Modellgröße und -komplexität unterscheiden (siehe Tab. 20). Zusätzlich zu den Systemanforderungen für den Computers sind aber ggf. auch die Anforderungen von Revit und BIM an Server und Netzwerke zu berücksichtigen und ggf. im Zuge der Revit-Einführung zu erneuern.

Revit- System- voraussetzungen	Minimale Vor- aussetzungen (kleine, einfache Modelle bis 100 MB)	Mittlere Voraus- setzung (mittlere Modelle bis 300 MB)	Hohe Vorausset- zungen (umfang- reiche und kom- plexe Modelle bis 700 MB)
Betriebssystem	Microsoft Windows 10 64 Bit Windows 10 Enterprise Windows 10 Pro (Es gibt zur Zeit keine Revit-Ver- sion für Macin- tosh-Systeme von Apple)	Microsoft Windows 10 64 Bit Windows 10 Enterprise Windows 10 Pro (Es gibt zur Zeit keine Revit-Ver- sion für Macin- tosh-Systeme von Apple)	Microsoft Windows 10 64 Bit Windows 10 Enterprise Windows 10 Pro (Es gibt zur Zeit keine Revit-Ver- sion für Macin- tosh-Systeme von Apple)
CPU-Typ	Single- oder Multi-Core Intel-, Xeon- oder i-Series- bzw. AMD-Pro- zessor mit SSE2-Technolo- gie	Multi-Core Intel Xeon- oder i-Series- bzw. AMD-Prozessor mit SSE2- Tech- nologie	Multi-Core Intel Xeon - oder i-Series- Pro- zessor oder entsprechender AMD-Prozessor mit SSE2-Tech- nologie
Arbeitsspeicher	8 GB RAM	16 GB RAM	32 GB RAM
Video- Bildschir- mauflösung	1280 x 1024 mit True Color	1680 x 1050 mit True Color	1920 x 1200 mit True Color

Grafikkarte	<p>Einfache Grafiken: Grafikkarte mit 24-Bit-Farbtiefe</p> <p>Erweiterte Grafiken: DirectX 11-fähige Grafikkarte mit Shader-Modell 3</p>	DirectX 11-fähige Grafikkarte mit Shader-Modell 5	DirectX 11-fähige Grafikkarte mit Shader-Modell 5
Festplattenspeicher	30 GB freier Festplattenspeicherplatz	30 GB freier Festplattenspeicherplatz	<p>30 GB freier Festplattenspeicherplatz</p> <p>Festplatte mit mind. 10.000 U/min (für Punktwolkeninteraktionen) oder SSD-Laufwerk</p>

AUTODESK, 2019-5

Tab. 20: Systemvoraussetzungen für Autodesk Revit 2020

9.1.5 Softwarekosten für Revit

Als wichtige Entscheidungsgrundlage über eine Softwarebeschaffung sind neben den Fähigkeiten und Systemanforderungen, die Kosten. Autodesk vertreibt Revit nur im Abo-Modell, was bedeutet, dass für die Nutzung der Software jährlich eine Gebühr bezahlt werden muss. Autodesk bietet Revit in der aktuellen Version zum einen als eigenständige Vollversion, als beschränkte Version (Revit LT) mit stark reduzierten Funktionen bei der Modellierung, Dokumentation, Analyse und Visualisierung und im Softwarepaket "Architecture, Engineering & Construction Collection" mit anderen für das BIM-Projekte wichtigen Softwareanwendungen an.

Für diese unterschiedlichen Softwarepakete erhebt Autodesk die folgende Lizenzgebühren:

Produktbeschreibung	Lizenzgebühren (EURO) für eine Single-User-Lizenz (Stand: 10.08.2019)			Beinhaltete Softwareanwendungen
	1 Monat	1 Jahr	3 Jahre	
Revit	374,85	2.992,85	8.080,10	<ul style="list-style-type: none"> • Revit 2020 • Dynamo
Revit LT	77,35	612,82	1.654,10	<ul style="list-style-type: none"> • Revit LT 2020
AutoCAD Revit LT Suite	95,20	749,70	2.023,00	<ul style="list-style-type: none"> • Revit LT 2020 • AutoCAD LT
AEC Collection	458,15	3.659,25	9.882,95	<ul style="list-style-type: none"> • Revit 2020 • AutoCAD • Civil 3D • InfraWorks • Navisworks Manage • 3ds Max • Advance Steel • Autodesk-Rendering • Dynamo Studio • Fabrication CADmep • FormIt Pro • Insight • ReCap Pro • Revit Live • Robot Structural Analysis Professional • Structural Bridge Design • Vehicle Tracking

AUTODESK, 2019-5/ 2019-6/ 2019-7

Tab. 21: Lizenzgebühren (EUR) für die verschiedene Revit-Anwendungen und -Kollektionen.

Die Kosten in der Tabelle 21 beschreiben nur die Anschaffungskosten der Revit-Software. Zusätzlich zu diesen Kosten sind noch weitere Kosten für eine Modell Checker- und IFC-fähige AVA-Software zu berücksichtigen, sowie gegebenenfalls Kosten für das Upgrade der Hardware, des Netzwerkes und Schulungskosten (Siehe Kapitel: Implementation im Unternehmen).

9.1.6 Fazit zu Autodesk Revit

Revit hat einige Schwächen für die Verwendung in der Landschaftsarchitektur, aber eben auch viele Stärken, die die Arbeitsabläufe, Dokumentation und Kollaboration verbessern. Es kann deswegen nicht pauschal gesagt werden, Revit eignet sich nicht für die Landschaftsarchitektur. Es hängt von dem geplanten Anwendungsbereich, der Art der Projekte sowie von dem technischen Verständnis der Bearbeiter, sich in diese komplexe Software einarbeiten zu können, ab, ob Revit die richtige Software für ein Unternehmen ist.

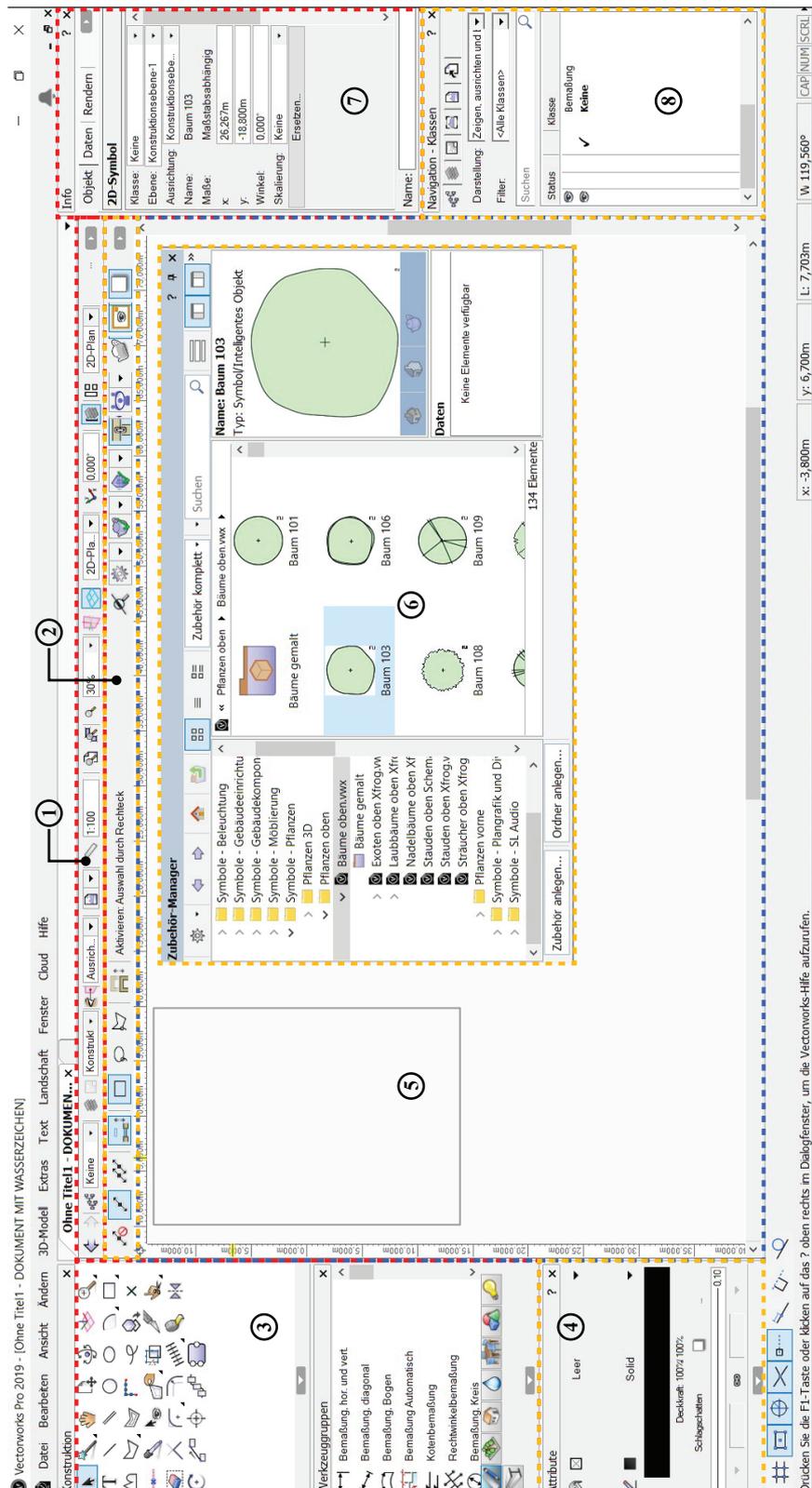
9.2 Vectorworks Landschaft 2019

Vectorworks wurde 1985 vom amerikanischen Softwareunternehmen Diehl Graphisoft Inc. unter dem Namen MiniCAD entwickelt. 2000 wurde Vectorworks dann von dem deutschen Softwarehaus Nemetschek Group übernommen und wird seitdem am Tochterunternehmen der Nemetschek Group geführt. Zu der Nemetschek Group gehören auch unter anderem die weitverbreiteten Softwareanwendungen Allplan, Graphisoft ArchiCAD und der BIM-Modell Checker Solibri (NEMETSCHKEK GROUP, 2019). Das besondere an Vectorworks ist, dass die Software bereits fast von Beginn an unterschiedliche Arbeitsumgebungen und Werkzeuge für Architektur, Landschaftsarchitektur, Innenarchitektur, Design, Bühnenbau und Maschinenbau hatte und diese unterschiedliche Arbeitsumgebungen nach den Anforderungen der Planungsdisziplinen weiterentwickelt wurden. Dies macht Vectorworks Landschaft zu einem der wenigen Softwareanwendungen die explizit für die Bedürfnisse und Anforderungen der Landschaftsarchitektur und als All-in-One-Software entwickelt wurde. Vectorworks bietet so eine hohe Flexibilität in der Nutzung und kann für die gesamte Projektabwicklung vom Wettbewerb über den Entwurf bis zur Ausführungsplanung eingesetzt werden. Neben den klassi-

schen Aufgaben der Landschaftsarchitektur bietet Vectorworks Landschaft auch vielfältigen GIS-Funktionen, mit denen Aufgaben aus der Landschaftsplanung, wie beispielsweise Landschaftspläne, landschaftspflegerische Begleitpläne oder datenbankbasierte Themenkarten erstellt werden können und die Planungen über ein geodätisches Koordinatensystem georeferenziert sind (COMPUTERWORKS, 2019-1). Dabei kann Vectorworks Landschaft aber nicht nur für die zweidimensionale Planung eingesetzt werden, sondern auch für die dreidimensionale Visualisierung. Hierfür hat Vectorworks einen eigenen 3D-Kern und Render-Engine, mit welchen Modelle für eine skizzenhafte bis zu einer fotorealistischen Visualisierung erstellt werden können. Mit diesen umfangreichen Zeichen-, Grafik- und Rendering-Funktionen ermöglicht Vectorworks Landschaft die Erstellung individuellen Präsentationszeichnungen im 2D und 3D. Aufbauend auf diesem 3D-Kern in Vectorworks wurde die BIM-Erweiterung von Vectorworks entwickelt, so dass in einer Softwareumgebung zweidimensionale Planungen und dreidimensionale BIM-Planungen möglich sind. Über die Virtual-Skripting-Umgebung "Marionette" ermöglicht Vectorworks darüber hinaus das parametrische Modellieren von Bauteilen und Modellen. Durch dies alles kann Vectorworks flexibel für die unterschiedlichen Projektanforderungen verwendet werden, ohne dass zwischen unterschiedlichen Softwareanwendungen gewechselt werden muss (vgl. COMPUTERWORKS, 2019-1/ 2019-2).

9.2.1 Oberfläche von Vectorworks Landschaft 2019

Diese vielfältige Nutzung von Vectorworks spiegelt sich auch in der Softwareoberfläche wieder. Die Softwareoberfläche von Vectorworks setzt sich dabei aus mehreren Elementen zusammen, die individuell angeordnet werden können und zusätzlich Werkzeuge und Arbeitsabläufe ergänzt oder entfernt werden können. So ist es je nach Nutzung von Vectorworks möglich, die Oberfläche individuell anzulegen. Vectorworks Architektur 2019 und Vectorworks Design 2019 bieten bereits jeweils eine separate Arbeitsumgebung an die speziell auf die BIM-Nutzung ausgelegt ist und die BIM-spezifischen Werkzeuge und Arbeitsabläufe in den Vordergrund stellen. So eine spezielle BIM-Umgebung bietet Vectorworks Landschaft 2019 noch nicht an. Sowohl für die herkömmliche 2D-Planung wie die BIM-Planung erfolgen noch in der gleichen Arbeitsumgebung. Dabei setzt sich diese Arbeitsumgebung aus den folgenden Bestandteilen zusammen (siehe Abb. 112).



Eigene Darstellung

Abb. 112: Softwareoberfläche von Vectorworks Landschaft 2019. 1: Darstellungszeile, 2: Methodenzeile, 3: Konstruktions- und Werkzeugpalette, 4: Attributpalette, 5: Zeichenfläche, 6: Zubehör-Manager, 7: Infopalette, 8: Navigationspalette

9.2.1.1 Darstellungszeile

Über die Darstellungszeile lassen sich einfach die Klassen (In der Vectorworks-Terminologie ist der Begriff “Klasse” vergleichbar mit den klassischen “Layern” und nicht zu verwechseln mit den Klassen des IFC-Formats) und Ebenen (Konstruktions- und Layoutebenen) während des Arbeitens wechseln und verwalten. Zusätzlich können über Darstellungszeile die Ansichten, die Darstellungsart des Modells und die Anzahl und Anordnung der Zeichenflächen gesteuert werden. Bei Verwendung mehrerer Ansichtsfenster wird immer das aktive Ansichtsfenster über die Darstellungszeile gesteuert. So ist es möglich die Ansicht und Darstellungsart für jedes Ansichtsfenster individuell festzulegen (COMPUTERWORKS, 2019-7).

9.2.1.2 Methodenzeile

Die Methodenzeile bestimmt die Art und Weise wie ein gewähltes Werkzeug funktioniert. Für jedes Werkzeug gibt es so mehrere Methoden es zu verwenden und das Modell und die Planung zu bearbeiten. So lassen sich zum Beispiel bei einer einfachen Polylinie unterschiedliche Zeichenmethoden, u.a. über Eckpunkte, Bézierkurve, Kubische Kurve, usw., sowie den jeweiligen Radius der Kurven festlegen. Je nach Werkzeugtyp zeigt die Methodenzeile auch die entsprechenden Inhalte des Zubehör-Managers zur Auswahl an, so werden z.B. beim Pflanzen-Werkzeug alle in der Objektbibliothek vorhandenen 2D- und 3D- Pflanzsymbole angezeigt und können schnell ausgewählt werden. So bedarf es keiner langen Suche im Zubehör-Manager nach dem entsprechenden Zubehör (COMPUTERWORKS, 2019-4/2019-7). Hierdurch kann ein Werkzeug unterschiedliche Verwendungsmethoden haben, wodurch die Anzahl der Werkzeuge zwar reduziert werden kann, es aber länger dauern kann, die unterschiedlichen Verwendungsmöglichkeiten der einzelnen Werkzeuge zu kennen.

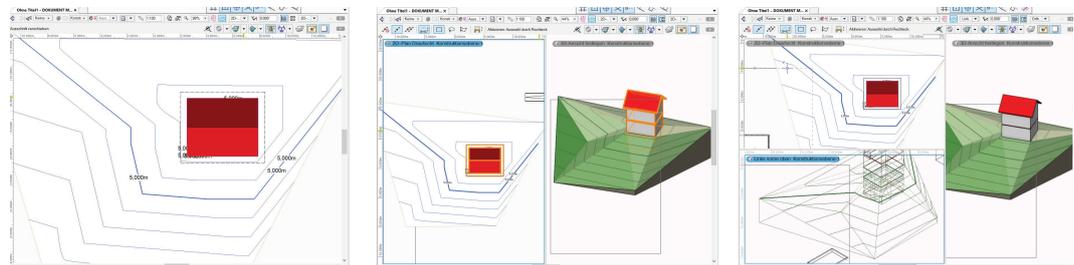
9.2.1.3 Attributpalette

In der Attributpalette kann Art der Füllung und der Schraffur, die Farbe und die Linienstärke sowie die Deckkraft für jedes Objekt festgelegt werden. Dies kann für jedes Objekt separat oder für mehrere Objekten gleichzeitig geschehen. Hierfür lassen sich die Vielzahl vordefinierter Attribute verwenden oder eigene anlegen.

Dabei lassen sich die Attribute in den meisten Fällen nur 2D-Objekten zuweisen. Parametrische 3D-Objekte lassen sich hingegen zumeist nur über ihre jeweilige Infopalette und Eigenschaften verändern. Was sich aber über die Attributpalette einstellen lässt, auch bei 3D-Objekten, ist der Schlagschatten für das Objekt (vgl. COMPUTERWORKS, 2019-4/ 2019-7).

9.2.1.4 Zeichenfläche

In der Zeichenfläche erfolgt das Zeichnen des Modells und der Pläne. Dabei kann die Zeichenfläche sowohl zum zweidimensionalen sowie dreidimensionalen Arbeiten verwendet werden und auch zum Erstellen der Visualisierungen. Hierzu bietet Vectorworks die Möglichkeit je nach Bedarf die Anzahl der Zeichenflächen individuell festzulegen und flexible anzuordnen und parallel in unterschiedlichen Ansichten zu arbeiten (siehe Abb. 113). Hierdurch entsteht ein flüssiger Arbeitsablauf, ohne dass ständig zwischen unterschiedlichen Ansichten gewechselt werden muss.

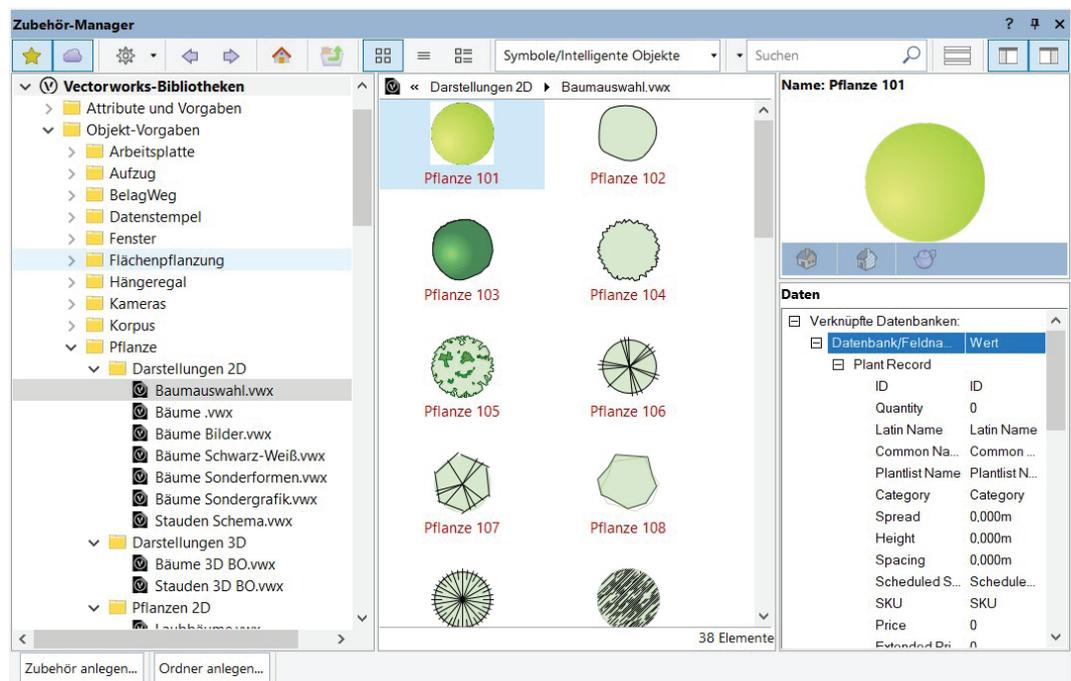


Eigene Darstellung

Abb. 113: Individueller Anzahl und Anordnung des Zeichenbereichs in Vectorworks Landschaft 2019

9.2.1.5 Zubehör-Manager

Vectorworks verfügt über eine Vielzahl von Zubehör, das in der Planung verwendet werden kann. Dazu gehören Symbole, Bibliotheksordner, Schraffuren, Scripts und Scriptpaletten für Marionette, Tabellenvorlagen, Datenbanken, Farbverläufe, Linienarten, Materialien, Mosaike, Bilder, Renderstile, Skizzenstile, Textstile, Belagstile und Umgebungen. Bei Vectorworks Landschaft verfügt Vectorworks zusätzlich noch über mehrere Bibliotheken mit berufsspezifischen Symbolen, Schraffuren, Materialien, Ausstattungselementen, Pflanzen, etc. (siehe Abb. 114) Über den Zubehör-Manager können diese Bibliotheken und Vorlagen neu angelegt, verwaltet, bearbeitet und im Modell angewendet werden (vgl. COMPUTERWORKS, 2019-4/ 2019-7).

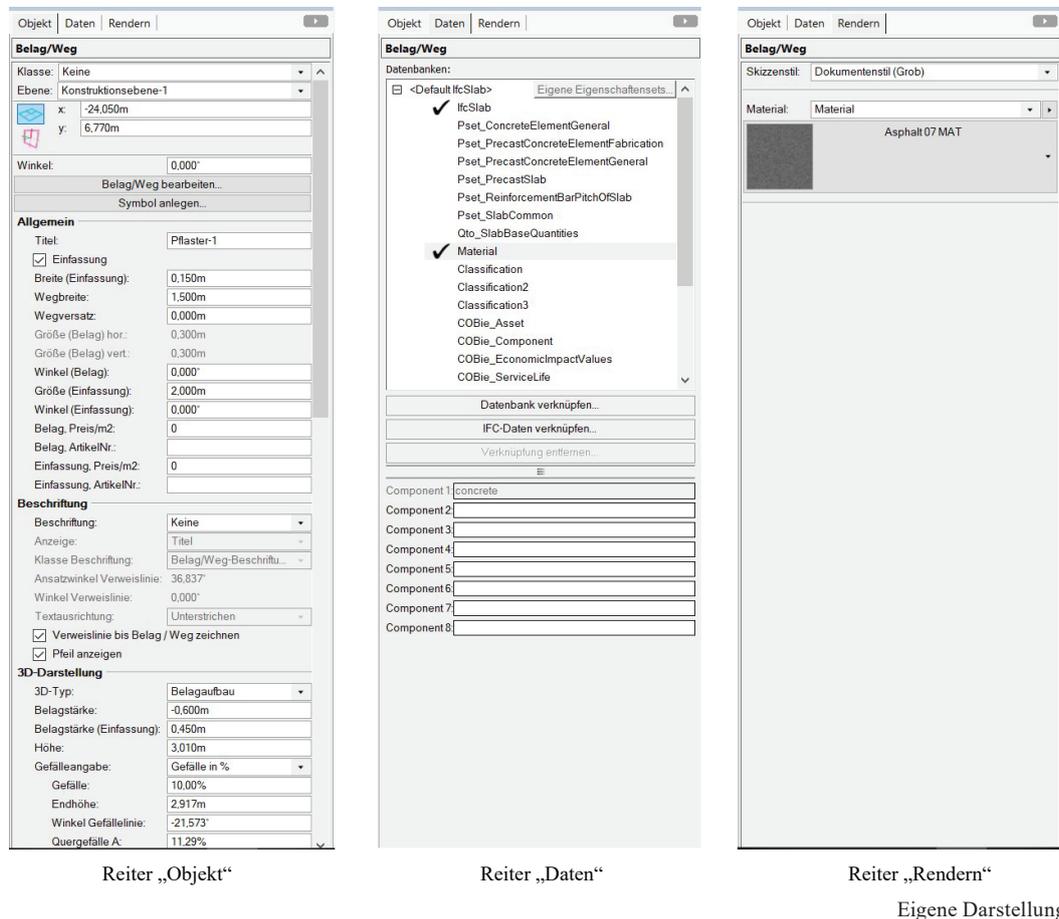


Eigene Darstellung

Abb. 114: Der Zubehör-Manager in Vectorworks Landschaft 2019 erlaubt die Verwaltung, Bearbeitung und Verwendung der umfangreichen Vectorworks-Bibliotheken

9.2.1.6 Infopalette

In der Infopalette werden alle Informationen und Parameter des gerade aktiven Objekts angezeigt und können bearbeitet werden. So lässt sich über die Infopalette das Objekt umformen, in eine anderen Klasse ablegen, mit einer Datenbank verknüpfen, mit einem Material zu versehen usw. Die Infopalette ist eins der wichtigsten Werkzeuge von Vectorworks. Dabei ist die Infopalette in die drei Reiter „Objekt“, „Daten“ und „Rendern“ unterteilt (siehe Abb. 115) (COMPUTERWORKS, 2019-4).



Eigene Darstellung

Abb. 115: Die Infopalette in Vectorworks Landschaft 2019 besteht aus drei Reitern mit allen Informationen und Parametern zu dem aktiven Objekt am Beispiel “Belag/Weg”

Im Reiter „Objekt“ der Infopalette lassen sich die Position, die Maße, die Klassen- und Ebenenzugehörigkeit und besondere Eigenschaften der jeweiligen Objekte verändern. Zudem liefert die Infopalette zusätzliche unveränderliche Informationen wie Fläche, Umfang, Bogenmaß usw. zu einem aktivierten Objekt. Dabei zeigt die Infopalette je nach aktiviertem Objekt unterschiedliche Felder an, beispielsweise die Belagstärke von Wegen und Straßen, die Schalen von Mauern usw. Über diesen Reiter lassen sich z.B. bei Wegen die Aufbausichten festlegen (COMPUTERWORKS, 2019-4).

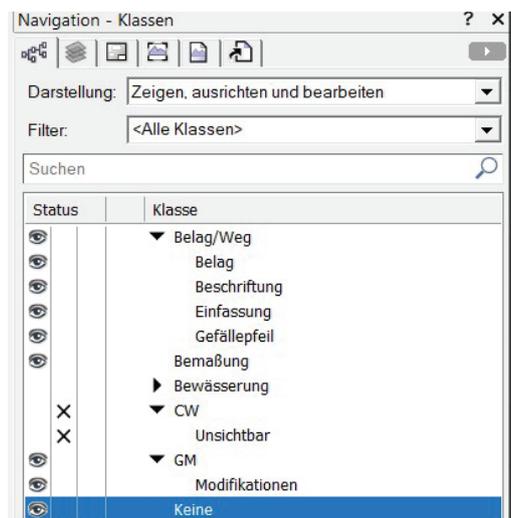
Im Reiter “Daten” lässt sich ein aktives Objekt mit Datenbanken verknüpfen, die Daten der Objekte bearbeiten und dem Objekt einen Namen zuweisen. Dabei kann es sich um selbst angelegte Datenbanken handeln oder mit vorbestimmten Daten-

banken, wie die IFC-Datenbank. Bei Objekten, die mit dem entsprechenden Werkzeug, wie dem “Belag/Wege”- oder dem “Straßen”- Werkzeug angelegt wurden, wird dem Objekt automatisch der entsprechenden Klasse in der IFC-Datenbank zugeordnet und die entsprechenden IFC-Eigenschaftsfelder aktiviert, welche ebenfalls über diesen Reiter bearbeitet werden können. Objekte den keine IFC-Klasse zugewiesen sind, können hier die entsprechende IFC-Klasse zugeordnet und die entsprechenden Eigenschaftsfelder ausgewählt werden. Um dies aber richtig zu machen, bedarf es durch den Anwender das Wissen über den Aufbau des IFC-Formats und den IFC-Klassen (COMPUTERWORKS, 2019-4).

In dritten Reiter “Rendern” können aktivierten 2D- und 3D-Objekten Materialien und Skizzenstile zugewiesen und Einstellungen für das Render festgelegt werden, um so fotorealistische Bilder erzeugen zu können.

9.2.1.7 Navigationspalette

In der Navigationspalette kann auf die Strukturelemente eines Dokuments zugegriffen und diese bearbeitet werden. So lässt sich über die Navigationspalette der Status der Ebenen und Klassen bearbeiten und die aktive Ebene und Klasse gewechselt werden. Dabei lassen sich die Klassen über Konstruktionsebenen strukturieren, so dass jede Phase eines Projektes in einem Dokument geplant und gespeichert werden kann und je nach Bedarf aktiviert oder ausgeschaltet werden kann (COMPUTERWORKS, 2019-4). Hierdurch lässt sich der gesamte Projektablauf in einer Datei dokumentieren.



Eigene Darstellung

Nicht nur die Ebenen und Klassen werden über die Navigationspalette organisiert, sondern auch die Layoutebenen und Ansichtsbereiche für die Pläne. Dabei ist

Abb. 116: Die Navigationspalette in Vectorworks Landschaft 2019 dient der Organisation der Struktureinheiten (Klassen, Konstruktionsebenen, Layoutebenen, usw) des Dokuments

es möglich, die Pläne z.B. nach den Leistungsphasen der HOAI zu ordnen. Da aber die Ansichtsbereiche der Pläne aus der Planung und dem Modell abgeleitet werden, zeigen diese immer die aktuellste Planung. So kann dies nicht zur Dokumentation eines bestimmten Leistungsstandes dienen.

9.2.1.8 Konstruktions- und Werkzeugpalette

Vectorworks hat eine Vielzahl an Funktionen und Werkzeugen zum Erstellen von Planungen und Modellen. Dabei wird zwischen zwei Typen unterschieden: Der *Konstruktionspalette* und der *Werkzeugpalette* (COMPUTERWORKS, 2019-7).



Eigene Darstellung

Abb. 117: Konstruktions- und Werkzeugpalette in Vectorworks Landschaft 2019

Die *Konstruktionspalette* beinhaltet grundlegende Werkzeuge zum Zeichnen von zumeist zweidimensionalen Plänen. Die *Werkzeugpalette* hingegen beinhaltet die branchenspezifischen und 3D-Werkzeuge, die Vectorworks von anderen CAD-Anwendungen abhebt. Die verschiedenen Werkzeuge werden nach Branchen in Werkzeuggruppen zusammengefasst, so dass für jede Branche alle wichtigen Werkzeuge in einer Gruppe zusammengefasst sind und schnell darauf zugegriffen werden kann. Für die Landschaftsarchitektur gibt es in der Werkzeuggruppe "Landschaft" unter anderem Werkzeuge für die Erstellung und Bearbeitung von Digitalen Geländemodellen, für die Anlage verschiedener Pflanzungen (Einzel- oder Flächenpflanzung und Baumkataster), für das Anlegen von Wegen und Straßen inkl. Einfassung und

der Möglichkeit die Aufbauschichten darzustellen oder der automatischen Anlage und Anordnung von Parkplätzen und ganzen Parkplatzflächen. Zusätzlich bietet Vectorworks Landschaft 2019 auch ein Werkzeuggruppe für die Erstellung von Bewässerungssystemen mit vordefinierten Regnern, Tropfrohre, Wasserleitungen, Steuergeräten, usw. sowie der Möglichkeit der Berechnung des Wasserverbrauchs über den Bewässerungsbereich.

Die Objekte, die mittels den Werkzeugen aus der Werkzeugpalette erstellt werden, sind zumeist schon direkt mit der IFC-Datenbank und den richtigen IFC-Klassen verknüpft, weswegen bei der BIM-Modellierung diese Werkzeuge für die Erstellung des Modell verwendet werden sollten und nicht die grundlegende Werkzeuge aus der Konstruktionspalette. Dabei ist aber anzumerken, dass sich die Werkzeuge der Werkzeugpalette aber zum Teil nur bedingt für die BIM-Modellierung eignen (Siehe Abschnitt 9.2.3 “BIM-Modellieren in Vectorworks Landschaft 2019”, S. 285).

9.2.2 Interoperabilität von Vectorworks Landschafts 2019

Vectorworks bietet über die Funktion “Projekt Sharing” eine softwareinterne Möglichkeit, mit dem das gesamte Projektteam über Vectorworks an dem Projekt zusammenarbeiten kann. Dabei arbeiten alle Beteiligten an ein- und derselben Datei, verwenden automatisch die gleichen Klassen, Symbole, Einstellungen, usw. Bei “Projekt Sharing” kann hierzu genau festgelegt werden, über welche Berechtigungen die einzelnen Projektmitglieder verfügen und es kann leicht nachvollzogen werden, wer was wann geändert hat. Diese Funktion ist allerdings nur einsetzbar, wenn alle Projektbeteiligten mit einer Version von Vectorworks arbeiten. Hiermit ist keine softwareübergreifende Zusammenarbeit möglich.

Für die softwareübergreifende Zusammenarbeit bietet Vectorworks Landschaft 2019 aber eine Vielzahl an unterschiedlichen Softwareschnittstellen für den Im- und Export von Daten an, um so eine umfassende Möglichkeit zum Zusammenarbeiten zu garantieren. So besitzt Vectorworks Landschaft 2019 unter anderem folgende Schnittstellen:

- Vectorworks-eigne Formate: VWX
- CAD-Formate: DWG, DXF, Shape, IFC, Revit RVT, SKP
- Bildformate: BMP, GIF, JPG, PNG, TIF
- 3D-Formate: IEGS, OBJ, 3DS, Rhino 3DM, STEP, Cinema 4D, FBX, COLLADA
- Andere Formate: TXT, PDF, BCF, GAEB, NAS, Punktwolken (LAS, LAZ, PTS, E57), Artlantis, Aufmaße, Baumkataster.

Für BIM verfügt Vectorworks über eine BCF- und eine IFC 4-Schnittstelle, die auch durch buildingSMART International zertifiziert wurde (buildingSMART INTERNATIONAL, 2019-5). Hierdurch garantiert Vectorworks das plattformübergreifende Zusammenarbeiten an BIM-Modellen, aber auch die Koordination der BIM-Planung im Vectorworksumfeld. Hierfür bietet Vectorworks Landschaft 2019 einen IFC-Manager, in welchem die IFC-Dateien verwaltet werden können und die IFC-Klassen selektiv ein- und ausgeschaltet werden können. Allerdings fehlt Vectorworks Landschaft 2019 noch eine Funktionen zum Verwalten der BCF-Dateien. Diese Funktion gibt es aber bereits in der separaten Arbeitsumgebung von Vectorworks Architektur BIM und Vectorworks Design BIM. So gibt es in beiden dieser Arbeitsumgebungen einen separaten BCF-Manager, der alle BCF-Anfragen übersichtlich darstellt und verwalten lässt.

9.2.3 BIM in Vectorworks Landschaft 2019

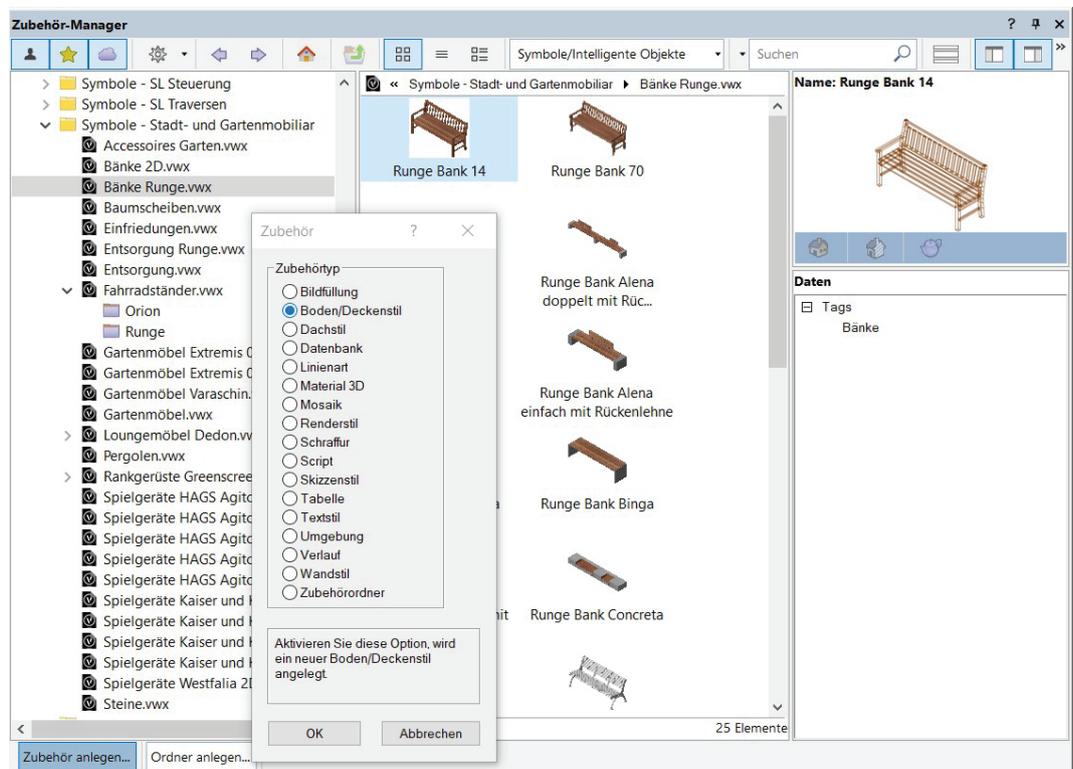
Nach der Aussage von Vektorworks hat Vectorworks Landschaft 2019 viele BIM-Spezialfunktionen und bietet so die Möglichkeit diese BIM-Arbeitsabläufe in jeden Planungsprozess zu integrieren. Hierdurch soll es möglich sein, auf die unterschiedlichen Anforderungen jedes BIM-Projektes einzugehen. Vectorworks Landschaft 2019 bietet durchaus viele branchenspezifischen Werkzeuge und Bibliotheken, die die Planung vereinfachen (COMPUTERWORKS, 2019-2). Dabei eignen sich besonders die branchenspezifischen Werkzeuge oft aber nicht für eine effektive BIM-Planung, da z.B. Objekte mit dem Werkzeug “Belag/Weg” keine unterschiedlichen Höhen an den Eckpunkte haben können und so nicht an das Gelände anpassen lassen. Diese verschiedenen Aspekte der BIM-Planung mit Vectorworks Landschaft 2019 werden nachfolgend im Detail betrachtet und mittels Beispielen erläutert.

9.2.3.1 Bauteilbibliotheken

Der große Vorteil von Vectorworks Landschaft 2019 stellen die Vielzahl an Objekt- und Vorlagenbibliotheken im Hintergrund dar. So hat Vectorworks Landschaft 2019, im Gegenteil zu z.B. Autodesk Revit, eine große Bibliothek mit Materialien für die Landschaftsarchitektur und auch viele vordefinierte Belagsaufbauten und Pflanzen, die zum Planen und Modellieren direkt verwendet werden können. Zusätzlich umfasst Vectorworks Landschaft 2019 große Bibliotheken mit Produkten und Objekten für die Landschaftsarchitektur von vielen unterschiedlichen internationalen Herstellern, die in ein Projekt geladen werden können. So bietet Vectorworks Landschaft 2019 vormodellierte Bänke, Baumscheiben, Einfriedungen, Spielgeräte, usw. Wie bereits im vorigen Abschnitt zu den Bauteildatenbanken bei Autodesk Revit gezeigt, sind viele vordefinierte Objekte und Bauteile nicht immer verwendbar, da jedes Büro seine eigenen Vorstellungen und Entwurfsideen hat und nicht jedes Objekt in jeden Entwurf passt. Die Bibliotheken von Vectorworks stellen aber eine ideale Grundlage für den Aufbau eigene Bibliotheken dar.

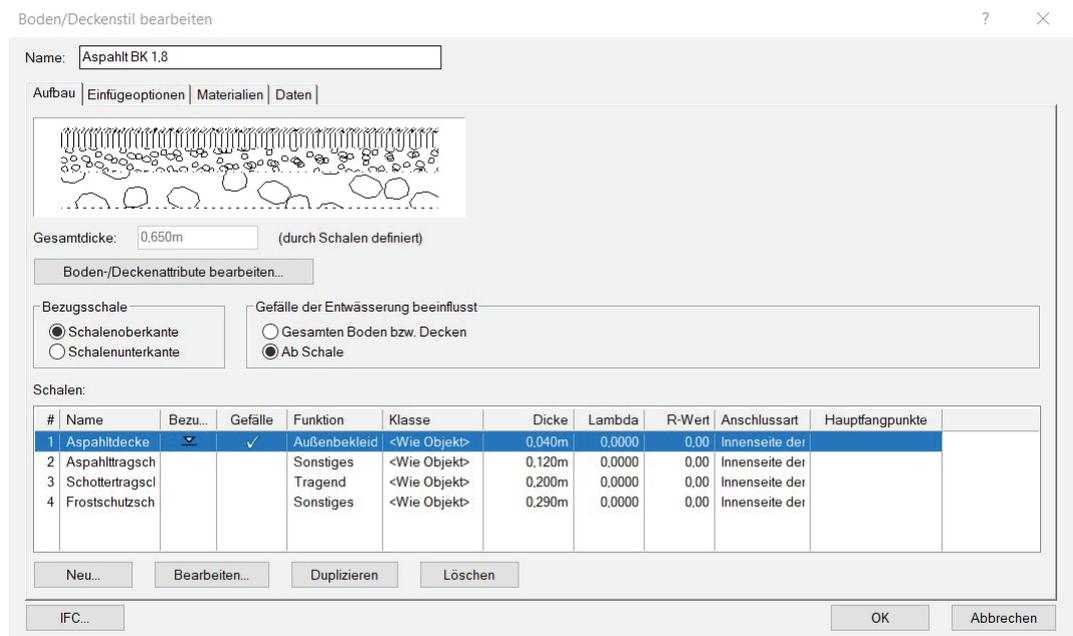
Eigene Inhalte für die Bibliothek anzulegen ist in Vectorworks nicht kompliziert, da alles über den Zubehör-Manager gesteuert wird und dort unter der Option “Zubehör anlegen...” mehrere Vorlagen die Anlage unterschiedlicher Inhalte zur Auswahl angeboten werden (siehe Abb. 118).

Folgend wird am Beispiel für ein Wegeaufbau das Erstellen von Zubehör demonstriert. Bei der Auswahl der Vorlage fällt aber schon auf, dass es keine Vorlage für Wegbelag gibt. Die Funktion, den Aufbau von Wegen in Vectorworks darzustellen, ist erst ab der Version 2019 möglich und basiert dabei auf der Vorlage für den Boden- und Deckenaufbau der Architektur. Aus diesem Grund muss auch Zubehörtyp “Boden/Deckenstil” ausgewählt werden. Auch der Aufbau der Vorlage ist auf die Erstellung von Böden und Decken ausgelegt, weswegen in der Vorlage unter anderem auch von der Schalenoberkante und -unterkante gesprochen wird (siehe Abb. 119).



Eigene Darstellung

Abb. 118: Anlegen von eigenen Bibliotheken über den Zubehör-Manager in Vectorworks Landschaft 2019

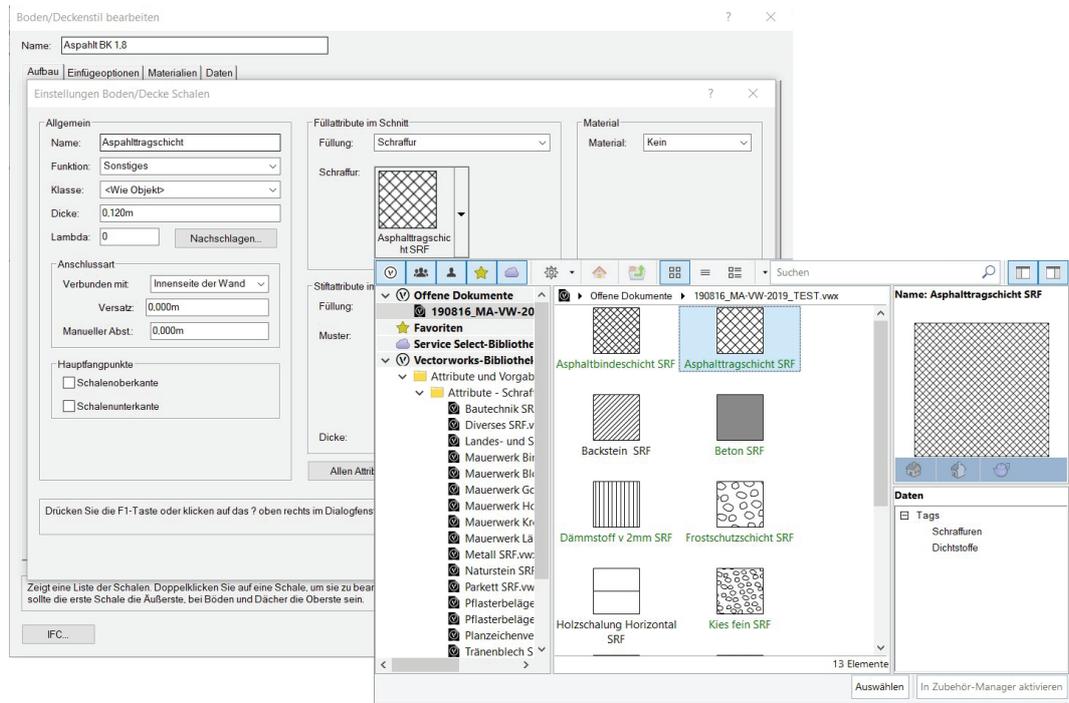


Eigene Darstellung

Abb. 119: Vorlage für die Erstellung von Belagsaufbauten für die Bibliothek in Vectorworks Landschaft 2019

Die Vorlage für den Wegeaufbau besteht dabei aus vier Reitern: *Aufbau*, *Einfügeoptionen*, *Material* und *Daten*. Im Reiter “*Aufbau*” werden die einzelnen Schichten des Aufbaus und deren Materialität und Schichtdicke festgelegt (siehe Abb. 120). Dabei sind aber nicht alle Eingabemöglichkeiten auch für die Landschaftsarchitektur interessant. Angaben, wie der Lambda-Wert, sind in der Architektur für energetische Berechnungen wichtig, spielen aber in den Freianlagen keine Rolle.

In der Eingabeoberfläche für die jeweilige Schichten des Aufbaus wird auch die Darstellung der Schicht im Schnitt festgelegt (siehe Abb. 120). Hierfür bietet Vectorworks mehrere Möglichkeiten, wie Schraffuren, Bild oder vollfarbige Darstellung. Zusätzlich hat Vectorworks für jede Option eine umfassende Datenbank für den jeweiligen Darstellungsstil. Diese Vorlagen können aber ebenfalls durch eigene Darstellungen ergänzt werden. Dabei gibt es z.B. keine Option, die Kosten für die einzelnen Schichten in den Eigenschaften zu hinterlegen.

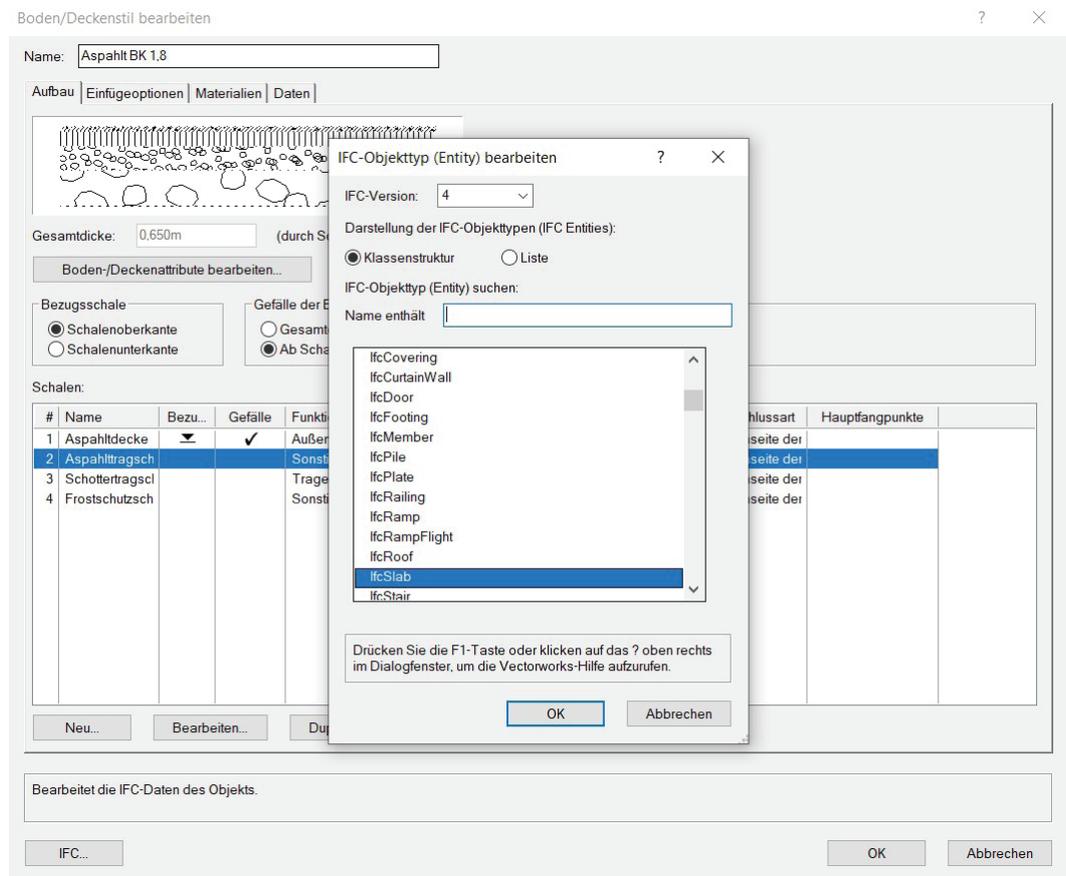


Eigene Darstellung

Abb. 120: Festlegen der Aufbausichten und Materialien für Belagsaufbauten für die Bibliothek in Vectorworks Landschaft 2019

Der zweiten Reiter “Einfügeoptionen” ist für die Landschaftsarchitektur wenig interessant, da hier z.B. die Bezugsschalenoberkante festgelegt wird, was für die Architektur im Gebäude relevant ist. Der dritte Reiter “Material” bestimmt nur das Material für Visualisierungen, nicht das Material für die Schichten. Im dritten Reiter kann festgelegt werden, mit welchem Material die Oberfläche des Aufbaus für das Rendern visualisiert wird. Im vierten und letzten Reiter “Daten” können zusätzliche Beschreibungen und Bezeichnungen für den gesamten Aufbau ergänzt werden.

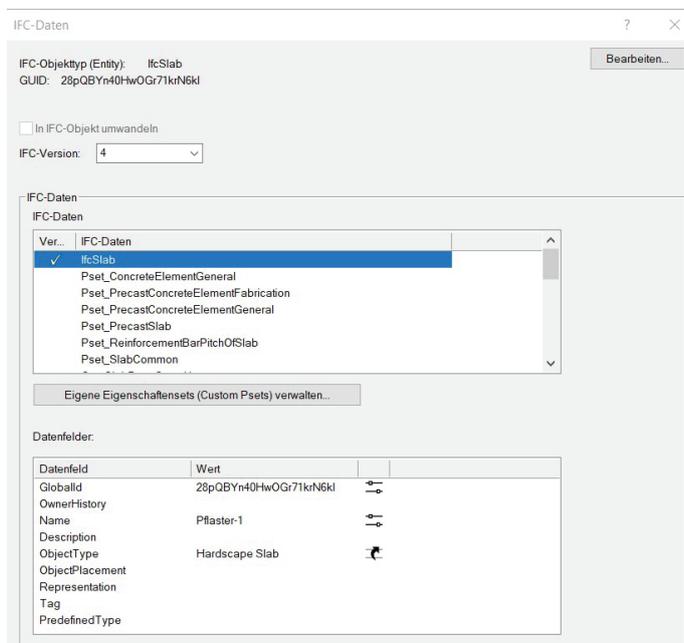
Abgesehen von diesen Reitern, gibt es für die Erstellung des Aufbaus noch die entscheidende Option “IFC” (siehe Abb. 121).



Eigene Darstellung

Abb. 121: Eingabefenster für die IFC-Klassen des Belagsaufbaus in Vectorworks Landscape 2019

Dabei wird neben der Bestimmung der IFC-Klasse auch die IFC-Eigenschaften des Objektes festgelegt und eingetragen (siehe Abb. 122). Dabei wird jede IFC-Eigenschaften für die ausgewählte IFC-Klasse angezeigt und der Anwender muss entscheiden, welche Eigenschaften für ihn relevant sind. Dies erfordert vom Anwender eine gute Kenntnis über den Aufbau und die Klassen des IFC-Datenschemas. Dabei muss der Anwender sehr genau vorgehen, da die hier festgelegten Daten entscheidend für den Austausch des Modells und der Bearbeitbarkeit der Daten in einer anderen Software sind.



Eigene Darstellung

Abb. 122: Eingabefenster für die IFC-Klassen und IFC-Eigenschaften des Belagaufbaus in Vectorworks Landschaft 2019

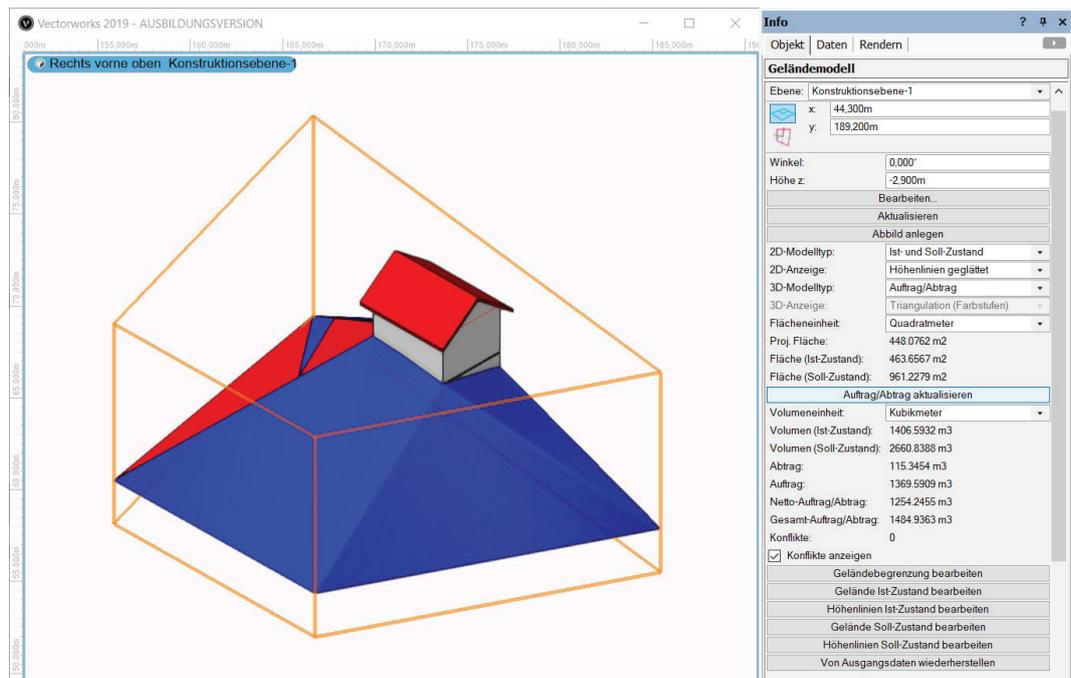
Abschließend ist zu den Bibliotheken in Vectorworks festzuhalten, dass diese sehr gut strukturiert sind und es erlauben die gewünschten Vorlagen und Elemente schnell zu finden. In dem die grundlegendsten Vorlagen und Elemente in den Bibliotheken vorhanden sind, kann auch der Projekteinstieg in Vectorworks mit einer kürzeren Implementierungsphase erfolgen. Genauso strukturiert wie die Bibliotheken selbst, ist auch die Erstellung eigener Inhalte sehr intuitive und gut aufgebaut. Durch die Erstellungsvorlagen wird dem Anwender das Erstellen der Inhalte erleichtert und die Software weist den Anwender auch darauf hin wenn benötigte Angaben noch fehlen.

9.2.3.2 Digitales Geländemodell

Ein zentraler Bestandteil von Vectorworks Landschaft 2019 stellt das Digitale Geländemodell (DGM) dar. Vectorworks bietet hierfür viele Möglichkeiten ein DGM zu erstellen, verwalten und zu bearbeiten. Dabei unterscheidet Vectorworks jeweils 2D- oder 3D-Modell zwischen zwei Modelltypen des DGMs: Das *Ist-Modell* und das *Soll-Modell*. Mit dem Ist-Modell wird das Bestandsgelände dargestellt. Das Soll-Modell zeigt das Gelände mit geplanten oder gebauten Höhen an. In Vectorworks basiert das Soll-Modell auf folgender Formel:

$$\text{“Ist-Modell + Geländemodifikatoren = Soll-Modell”}$$

Aus der Differenz der beiden Modelle wird das Volumen ermittelt und so der Auf- und Abtrag. Vectorworks benötigt für diese Berechnung des Auf- und Abtrags nur ein Modell. Das DGM in Vectorworks beinhaltet die Daten für das Ist- und das Soll-Modell. Daraus wird das Auf- und Abtragsmodell, der Differenzkörper, berechnet. Das Auf- und Abtragsmodell kann dann farblich in Vectorworks dargestellt werden (siehe Abb. 123) (COMPUTERWORKS, 2013/ 2019-7).

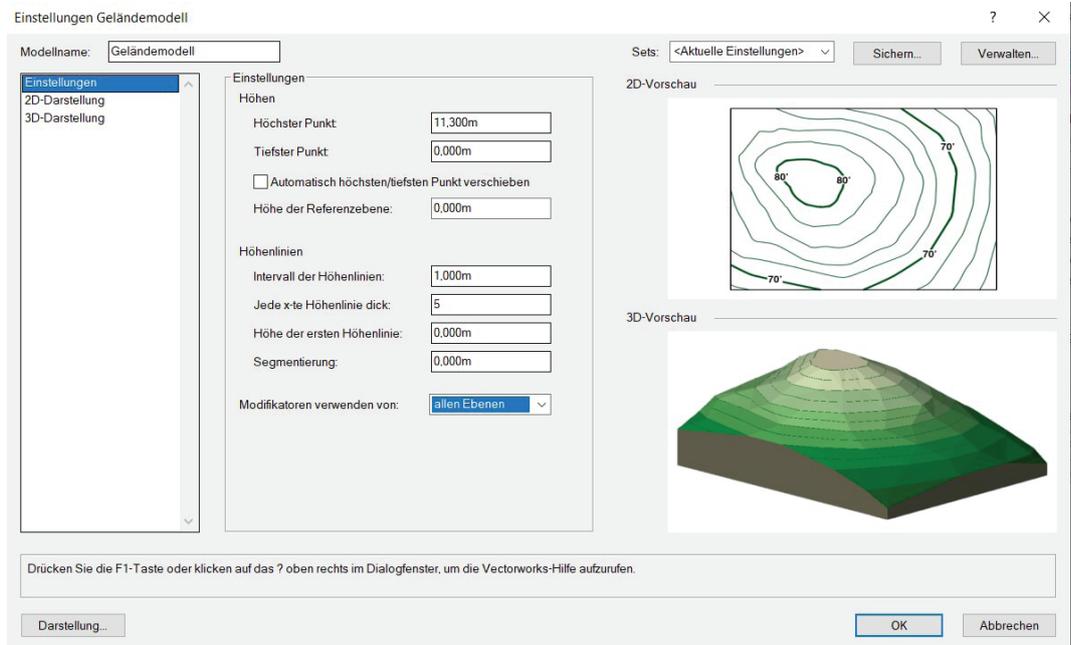


Eigene Darstellung

Abb. 123: Auf- und Abtragsmodell (Blau = Auftrag; Rot = Abtrag) in Vectorworks Landschaft 2019

Alle Optionen und Befehle für das DGM hat Vectorworks unter *Landschaft* → *Geländemodell* zusammengefasst. So hat Vectorworks auch unterschiedliche Möglichkeiten, ein Geländemodell anzulegen. Das Geländemodell kann entweder aus Ausgangsdaten oder aus einer Begrenzung erzeugt werden. Das Erstellen des DGMs aus Ausgangsdaten stellt dabei die genauere Methode dar. Hierbei kann das Geländemodell aus unterschiedlichen Grundlagendaten erstellt werden. Die einfachste Grundlage ist der 3D-Punkt. Für ein Geländemodell werden mindestens drei Punkte mit unterschiedlicher räumlicher Lage benötigt. Die Punkte können gezeichnet oder durch Aufmaßgerät im Gelände aufgemessen werden. Auch 3D-Polygone können wie 3D-Punkte als Grundlage für ein Geländemodell dienen. Auf der Baustelle lassen sich diese 3D-Polygone, z.B. eine Böschungsober- und -unterkante, direkt beim Aufmaß erzeugen. Die Dreiecke der Triangulation liegen entlang der Polygone. Damit kann genau gesteuert werden, wie die Geländeoberfläche aussehen soll. Dabei lassen sich die verschiedenen Daten auch gemischt für ein Geländemodell verwenden (COMPUTERWORKS, 2019-7). Die Erstellung eines Geländemodells erfolgt über das Dialogfenster *“Einstellungen Geländemodell”*, welches sich nach der Auswahl der Ausgangsdaten (3D-Punktobjekte oder 3D-Polygone) öffnet. In dem Dialogfenster können verschiedene Einstellungen für die Darstellung des Geländemodells in der 2D- und 3D-Ansicht vorgenommen werden. Das Dialogfenster ist dabei in verschiedene Bereiche aufgeteilt. Auf der rechten Seite zeigen zwei schematische Vorschaubilder das Aussehen des Geländemodells (COMPUTERWORKS, 2019-7). In den Optionen für die Darstellung des Geländemodells in der 2D- und 3D-Ansicht kann auch eingestellt werden, was für ein Modelltyp (Ist- oder Soll-Modell oder beides) jeweils angezeigt werden soll. Diese Einstellungen können auch jederzeit über die Info-Palette geändert werden (siehe Abb. 124).

Die Einstellungen für das Geländemodell können auch über die Option *“Sichern”* gespeichert werden und als Grundlage für weitere Geländemodelle in diesem oder anderen Projekten verwendet werden, so dass nicht jedes Mal alle Einstellungen neu eingegeben werden müssen.

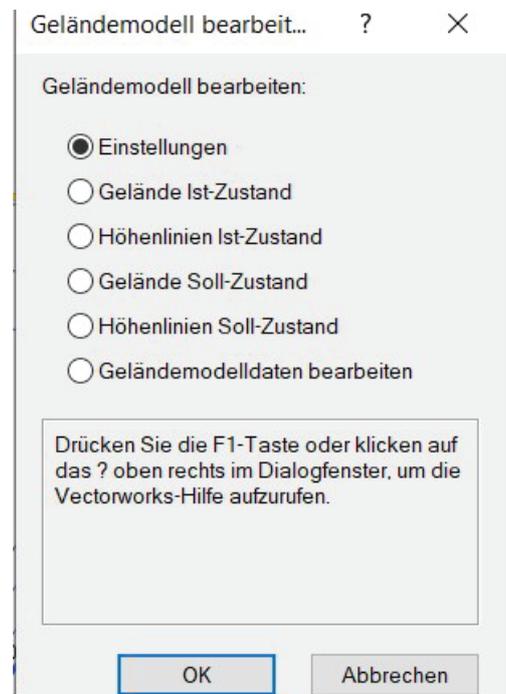


Eigene Darstellung

Abb. 124: Dialogfenster zur Anlage eines Geländemodells aus Ausgangsdaten in Vectorworks Landschaft 2019

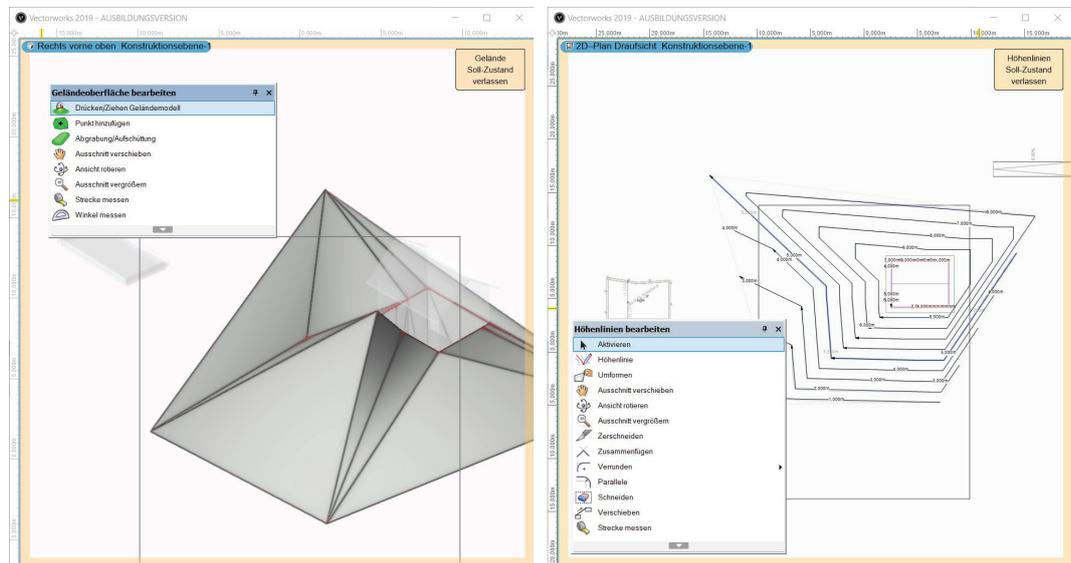
Vectorworks bietet nicht nur für die Erstellung von Geländemodellen eine umfangreiche Werkzeugpalette an, sondern ebenfalls für die Bearbeitung des Geländemodells (siehe Abb. 125).

Bei den Werkzeugen unterscheidet Vectorworks dabei zwischen der Bearbeitung des Ist- und des Soll-Modells und bietet für beide Modelltypen Werkzeuge zum Bearbeiten der Geländeoberfläche und der Höhenlinie (siehe Abb. 126).



Eigene Darstellung

Abb. 125: Bearbeitungsoptionen für ein Geländemodells in Vectorworks Landschaft 2019



Eigene Darstellung

Abb. 126: Werkzeuge zum Bearbeiten der Geländeoberfläche und der Höhenlinien eines Geländemodells in Vectorworks Landschaft 2019

Beide Werkzeugtypen eignen sich für unterschiedliche Anwendungen. Bei der Bearbeitung der Geländeoberfläche können die einzelnen Knotenpunkte des Höhenmodells oder einzelne Flächen in der Höhe verschoben werden. Dabei werden automatisch die angrenzenden Höhenpunkte und Flächen mit angepasst. Diese Art der Bearbeitung eignet sich besonders um das Geländemodell grob anzupassen, da größere Flächen auf einmal verändert werden können. Das Werkzeug zum Bearbeiten der Höhenlinien eignet sich hingegen zum Bearbeiten des Modells im Detail. Beim Bearbeiten der Höhenlinien können die einzelnen Höhenlinien in der Höhe und Verlauf geändert werden oder gar gelöscht und neu gezeichnet werden. So ist es möglich das Gelände genau an die Planung anzupassen.

Zusätzlich zu diesen Bearbeitungsmöglichkeiten besteht bei einigen Werkzeugen zum Anlegen von Objekten, wie das Gebäude-Werkzeug oder Straßen-Werkzeug, die Möglichkeit diese Objekte als Geländemodifikator einzurichten, so dass sich das Gelände automatisch an die erstellten Objekte anpasst. Ein echter Gefällemanager stellt das Werkzeug „Gefälle Grundriss“ in der Werkzeuggruppe „Bemaßung/Beschriftung“ dar, das sich für die 2D- und 3D-Planung von Flächen verwenden lässt. Das Werkzeug greift direkt Höhen vom Geländemodell ab und erlaubt die direkte Modifizierung des Geländemodell mittels der geplanten Höhen. So ist die

Gefälleplanung unmittelbar im Geländemodell sichtbar und nachprüfbar (COMPUTERWORKS, 2013). Allerdings lässt sich mit dem Werkzeug zwar das Geländemodell direkt an die neuen Höhen anpassen, es passt aber nicht die sonstige Planung an das neue Gelände an. Dies muss aufwendig nachträglich manuell angepasst werden. In einigen Fällen funktioniert es auch gar nicht, die Planung genau an das Geländemodell anzupassen. Für 3D-Objekte, wie Lampen, Bänke, Bäume, usw., hat Vectorworks auch die Option unter *Landschaft* → *Geländemodell* → *Z-Wert anpassen* (engl. Send to Surface). Dabei wird die Höhe des Objekts genau auf Höhe des Geländemodells angepasst, so dass das Objekt auf dem Gelände steht.

Eine Schwierigkeit bei der Arbeit mit den Werkzeugen zur Bearbeitung des Geländemodells, im besonderen bei Geländemodifikatoren, ist, dass das Geländemodell nicht automatisch aktualisiert wird, sondern manuell über die Info-Palette aktualisiert werden muss. Dies kann oft hinderlich sein, da bei der Bearbeitung die Auswirkungen auf das Geländemodell nicht sofort sichtbar sind. Auch ist die Bearbeitung eines Geländemodells sehr aufwendig und langwierig. Andere Anwender berichten, dass sie nicht das Soll-Modell für die Planung ändern, sondern auf Grundlage der 2D-Planung die neuen Höhen als 3D-Höhenpunkte anlegen und aus den neuen Höhenpunkten ein neues Modell erzeugen, so gesagt, die neuen Höhen quasi als Ist-Modell angelegt werden (BRANDES, 2018). Dies hat den Grund, dass die Anpassung des Soll-Modells an die Planung sehr aufwendig und oft nur schwer funktioniert und dass viele der branchenspezifischen Werkzeuge für die Landschaftsarchitektur nicht als Geländemodifikator im Geländemodell fungieren. Allerdings ist hierdurch nicht mehr möglich den Auf- und Abtrag aus dem DGM zu ermitteln. Dies muss in diesem Fall wieder manuell passieren, so dass der große Vorteil der zwei DGM in Vectorworks Landschaft verloren geht.

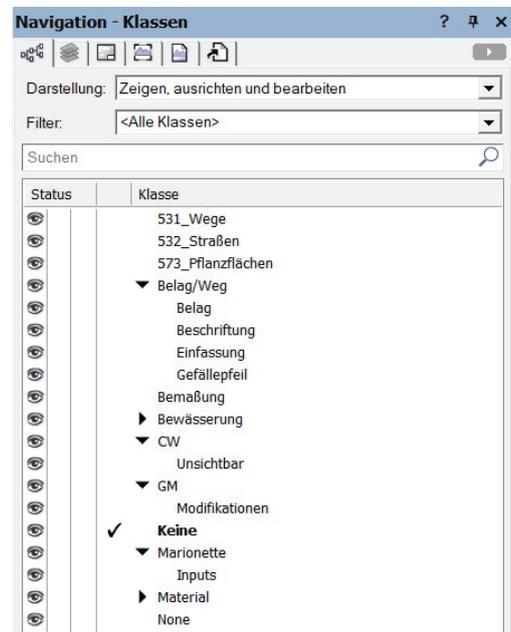
9.2.3.3 BIM-Modellieren in Vectorworks Landschaft 2019

Vectorworks nutzt nicht, wie andere BIM-Anwendungen, nur die IFC-Klassen zur Klassifizierung, sondern arbeitet wie herkömmliche CAD-Anwendungen noch über Layer, in der Vectorworks-Terminologie "Klassen" genannt. Dabei ist es durch den Anwender erforderlich, vor der Modellierung von Objekten die nötigen Klassen anzulegen und mittels eines eignen Klassifizierungssystems zu ordnen. Dabei muss dann jedes modellierte Objekte der richtigen Klasse individuell zugeordnet wer-

den. Trotzdem legt Vectorworks bei der Verwendung der branchenspezifischen Werkzeuge, wie Belag/Weg, Bewässerung, usw., eigene Klasse an, auf denen Eigenschaften und Parameter zu den Objekten gespeichert werden (siehe Abb. 127).

Dieser Misch aus selbst angelegten und automatisch angelegten Klassen macht es sehr schwer nachzuvollziehen, welche Information auf welcher Klasse liegt, da in der Info-Palette nur die Klasse des Objektes angezeigt wird, aber nicht die Klassen der Eigenschaften. Auch sind individuell angelegte Klassen von anderen BIM-Anwendungen nicht lesbar, da diese nur über die IFC-Klassen die Informationen auslesen. So muss jedes Objekt in Vectorworks einer Vectorworks-internen und einer IFC-Klasse zugeordnet werden, was einen Mehraufwand bei der Modellierung und eine erhöhte Fehleranfälligkeit darstellt und sehr sorgfältig durch den Anwendern gemacht werden muss.

Die eigentliche BIM-Modellierung in Vectorworks Landschaft 2019 erfolgt über die große Werkzeugpalette von Vectorworks. Grundsätzlich sollte aber für die BIM-Planung von den Grundwerkzeugen der Konstruktionspalette abgewichen werden und die branchenspezifischen Werkzeuge der Werkzeugpalette zur BIM-Modellierung verwendet werden (HÄUSELMANN, 2018). Für die Freianlagenplanung existieren punktuelle intelligente Objekte wie Bäume, Bänke und Leuchten, die einfach zu handhaben sind und gut in das Modell integriert werden können, da sie auch mittels der Funktion “Z-Wert anpassen” exakt auf das Geländemodell platziert werden können (FUNK, 2019). Bei der Gelände- und Flächenmodellierung sieht dies schon anders aus. Da eignet sich nicht jedes branchenspezifische Werkzeug der Werkzeugpalette von Vectorworks Landschaft 2019 für die Modellierung von 3D-BIM-Modellen. Einige Anwender benutzen das Werkzeug “Polygone 3D”

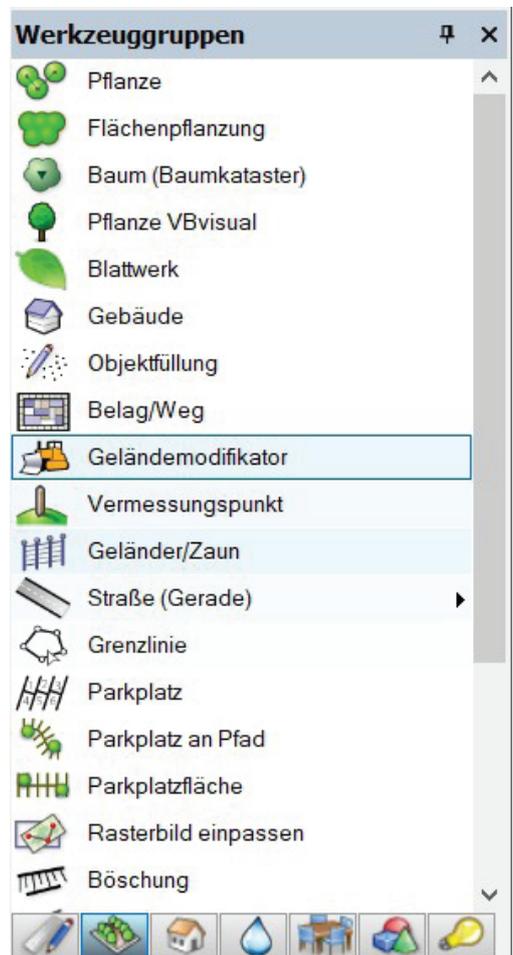


Eigene Darstellung

Abb. 127: Klassennavigationspalette in Vectorworks Landschaft 2019

oder Marionette zum Modellieren für die Modellierung des Entwurfs und nur für die intelligenten Objekte, wie Bäume, die branchenspezifischen Werkzeuge. Wieso dies so ist, soll nachfolgend anhand der einzelnen Werkzeuge und einzelnen Beispielen geklärt werden und dabei gezeigt werden, wie trotzdem eine BIM-Modellierung in Vectorworks Landschaft 2019 erfolgen kann.

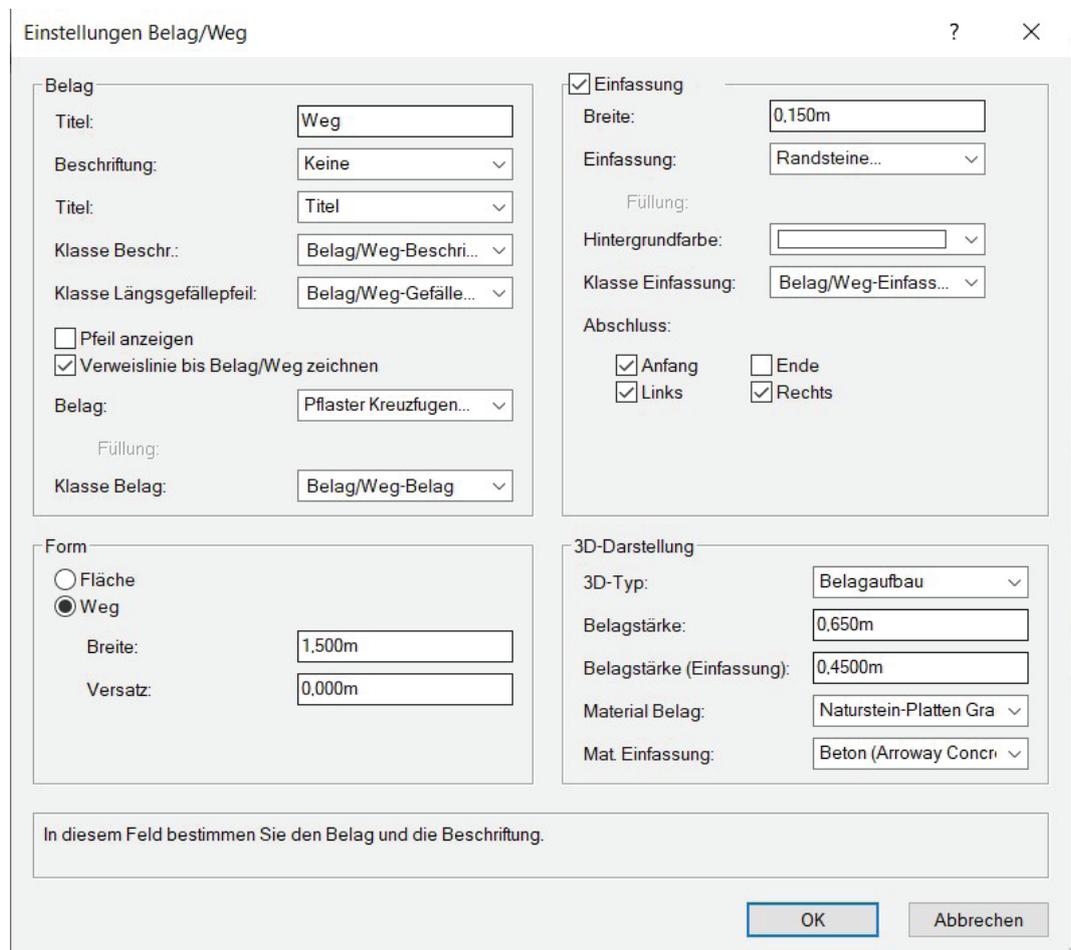
Die branchenspezifischen Werkzeugpalette für die Landschaftsarchitektur beinhaltet verschiedene Werkzeuge zum parametrischen Erstellen von Wegeflächen mit Einfassungen, Straßen, Parkplätzen, etc. (siehe Abb. 128). Die ganzen Werkzeuge funktionieren dabei auf eine ähnliche Weise. Aus diesem Grund werden die Modellierungsarbeiten mit dieser Werkzeuggruppe exemplarisch am Werkzeug “Belag/Weg” vorgestellt sowie die dabei auftretenden Schwierigkeiten.



Eigene Darstellung

Abb. 128: Branchenspezifische Werkzeuge für die Landschaftsarchitektur in Vectorworks Landschaft 2019

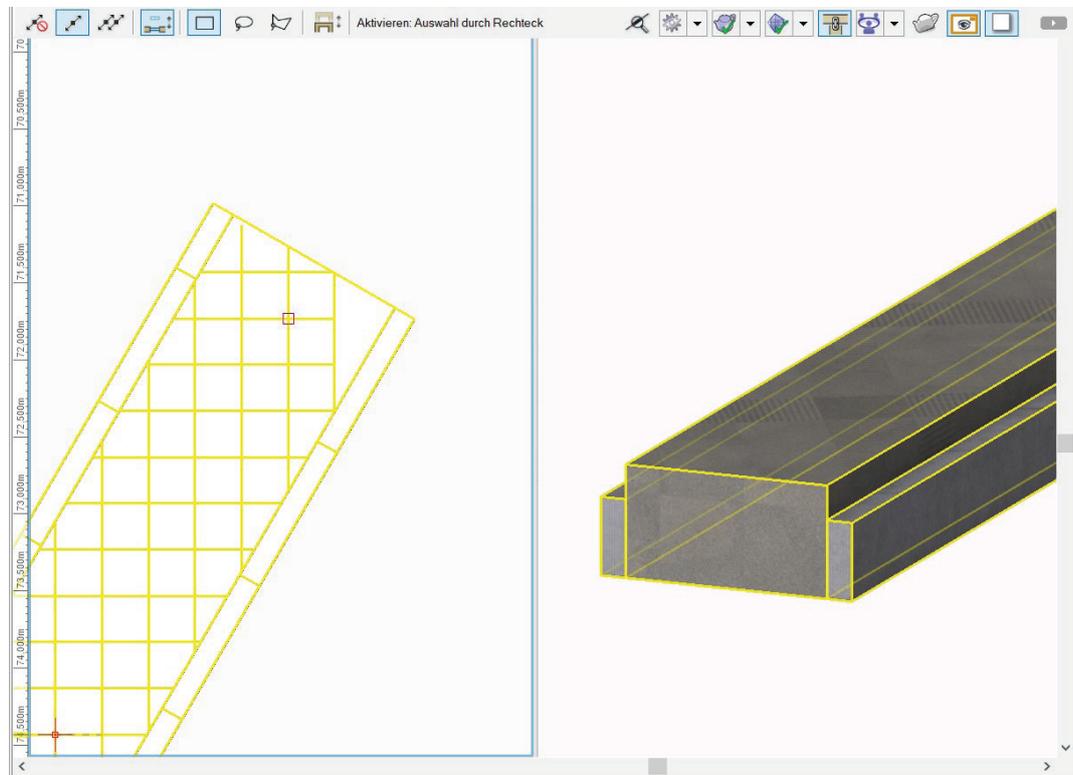
Das Werkzeug “Belag/Weg” ist für das parametrische Erstellen von Belags- und Wegeflächen angelegt. Hierzu öffnet sich im ersten Schritt das Einstellungsfenster “Belag/Weg” in der Methodenzeile. In diesem Einstellungsfenster werden alle Parameter für das Objekt eingestellt (siehe Abb. 129).



Eigene Darstellung

Abb. 129: Dialogfenster für die Einstellungen des Werkzeuges “Belag/Weg” in Vectorworks Landschaft 2019

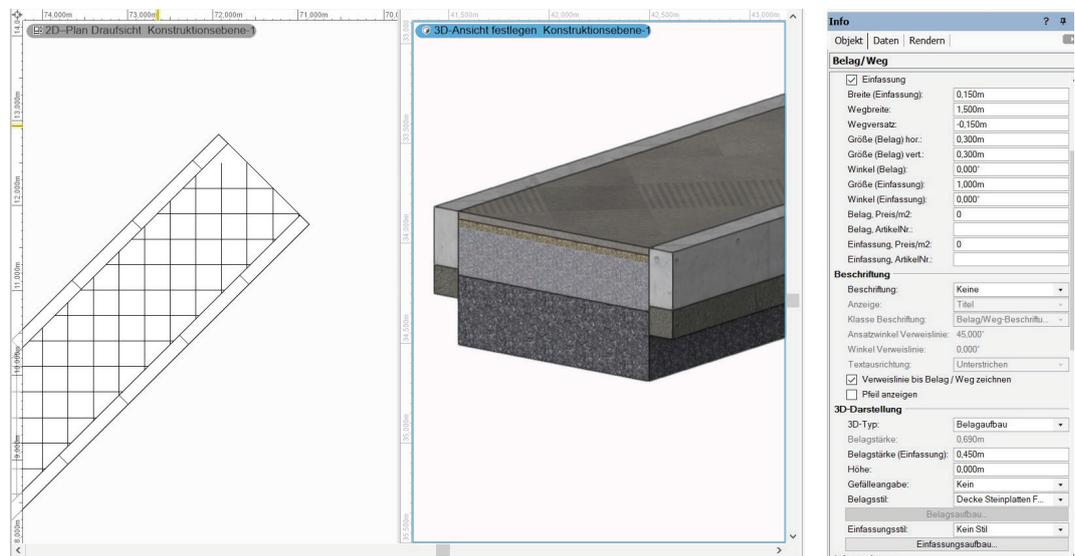
So kann in diesem Fenster eingestellt werden, welcher Belag die Fläche hat, ob es sich um eine Belagsfläche oder einen Weg handelt, ob und welche Art von Einfassung die Fläche umfasst und wie die dreidimensionale Darstellung der Fläche aussieht. Anschließend muss die gewünschte Form und Verlauf des Weges in dem Entwurf eingezeichnet. Allerdings wird der mit diesen Einstellungen erstellte Weg in der 3D-Darstellung noch fehlerhaft dargestellt (siehe Abb. 130).



Eigene Darstellung

Abb. 130: Fehlerhafte Darstellung des erstellten Weges mit dem Werkzeug “Belag/Weg” in Vectorworks Landschaft 2019

Zum einen stellt Vectorworks den Belag und die Einfassung noch aus einem Material dar, ohne die einzelnen Aufbauschichten. Auch wird der Belagsaufbau und die Einfassung aus dem gleichen Nullpunkt gebildet, weswegen die Einfassung mit 0,45m niedriger abschließt als der Belag mit 0,65m. Dies muss nachträglich über die Info-Palette unter 3D-Darstellung angepasst werden. Hier können auch die einzelnen Schichten manuell eingetragen werden oder ein vordefinierter Aufbau geladen werden (siehe Abb. 131)

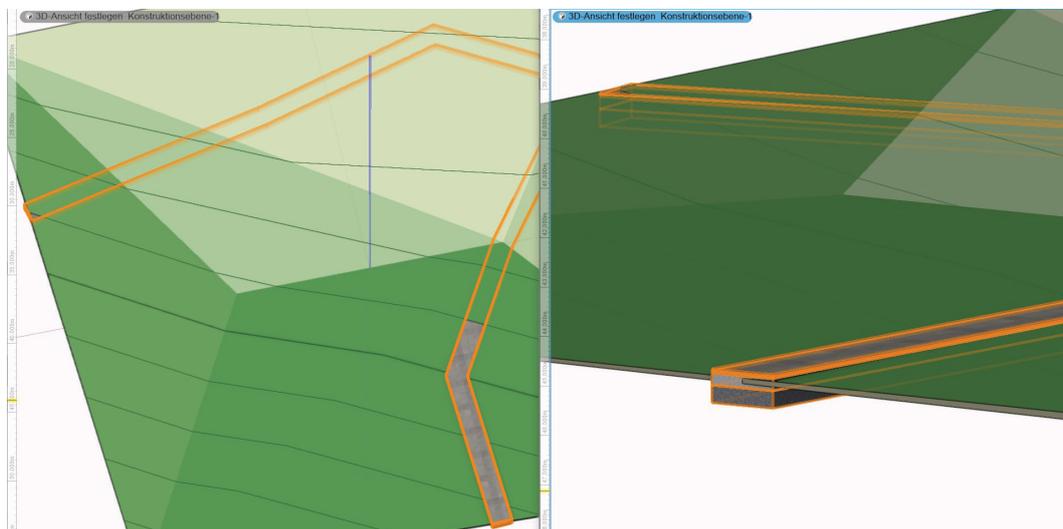


Eigene Darstellung

Abb. 131: Korrigierte Darstellung des Wegeaufbaus mit dem Werkzeug “Belag/Weg” in Vectorworks Landschaft 2019

Trotz dem richtigen Schichten des Aufbaus ist aus der obigen Abbildung 131 ein weiteres Problem im Bereich der Einfassungen zu erkennen. Die Einfassungen mit dem Fundament werden ebenfalls nur als Schicht und rechteckig dargestellt. Es ist hier nicht möglich, die genau Art von Einfassung zu bestimmen, ob es sich z.B. um ein Hoch-, Tief- oder Rundbord handelt, und auch das Fundament kann nicht in seiner richtigen Ausbildung dargestellt werden. Zusätzlich ist es zwar möglich die Einfassung in Verbindung zur Wegoberfläche in der Höhe zu verschieben, allerdings nur die gesamte Einfassung. Es kann nicht nur ein Abschnitt der Einfassung höher oder niedriger gesetzt werden.

Die Schwierigkeit mit der Darstellung ist bei der Verwendung diese Werkzeuges aber nicht das problematischste. Sehr viel schwerwiegender ist, dass es nicht möglich ist, den erstellten Weg oder Fläche mit unterschiedliche Höhen dem Gelände anzupassen. So kann das Objekt nur im Gesamten in der Höhe verschoben werden, aber nicht die einzelne Eckpunkte. Hierdurch ist es nicht möglich, den Weg an ein Gelände anzupassen. So schwebt der Weg am einem Ende dann über dem Gelände und an einer anderen Stelle liegt der Weg unter der Geländeoberfläche (siehe Abb.132).

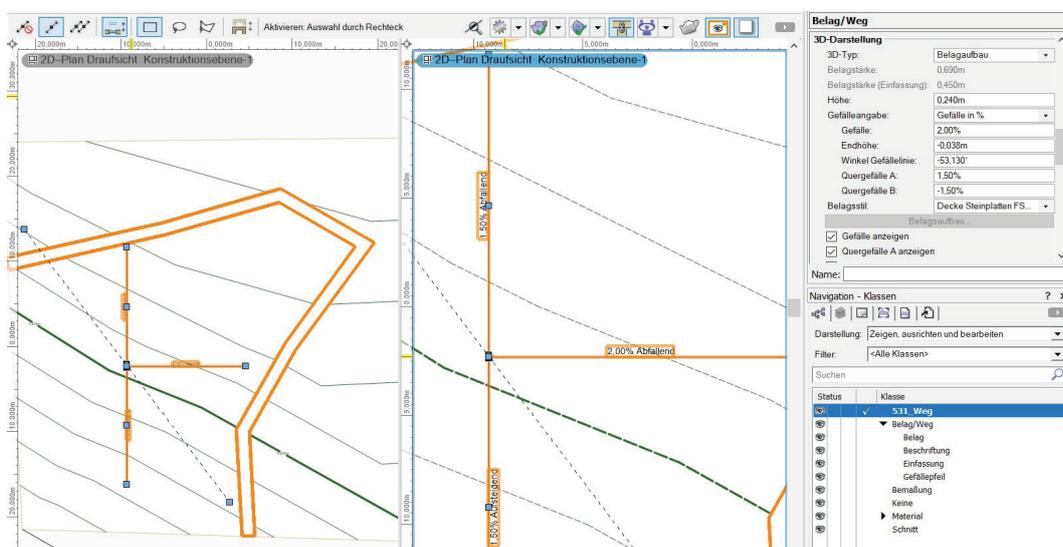


Eigene Darstellung

Abb. 132: Fehlerhafte Darstellung des Weges auf einem Geländemodell, durch die fehlende Möglichkeit der Höheneinstellung in Vectorworks Landschaft 2019

Auch mittels der Funktion “Z-Wert anpassen” lässt sich der Weg nicht an das Geländemodell anpassen, sondern verschiebt nur den imaginären Mittelpunkt des Weges auf die Geländeoberfläche.

Weiterführend lässt sich über die Info-Palette dem Objekt ein Längs- und Quergefälle zuordnen, aber das beeinflusst dann die gesamte Fläche gleichmäßig (siehe Abb. 133).



Eigene Darstellung

Abb. 133: Gefälle-Optionen im Werkzeug “Belag/Weg” in Vectorworks Landschaft 2019

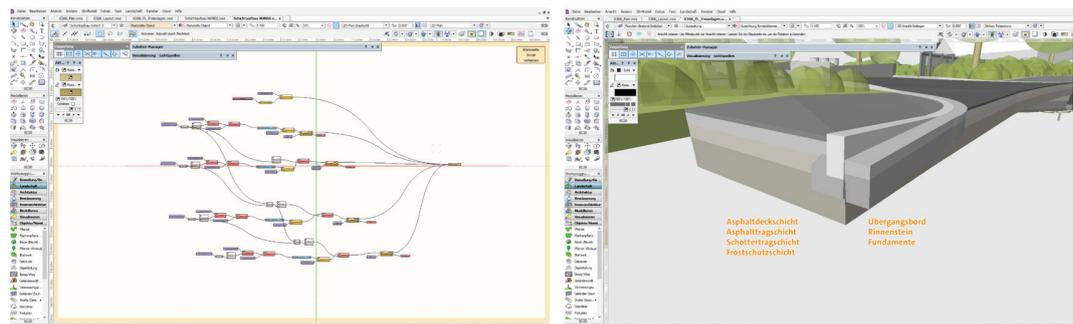
Dabei wird das Gefälle vom Mittelpunkt des Objektes berechnet, welcher im obigen Beispiel mitten im Gelände liegt. Der Mittelpunkt und die Richtung des Gefälles lässt sich zwar verschieben, es ist aber nicht möglich, dem Objekt mehrere Gefälle von unterschiedlichen Punkten zu geben, sondern immer nur ein Gefälle über das gesamte Objekt. Über das Werkzeug “Gefälle Grundriss” lassen sich zwar unterschiedliche Gefälle im Grundriss eintragen, diese beeinflussen aber nur das Geländemodell und haben keinen Einfluss auf den Verlauf und das Objekt „Wege“.

Das Problem mit der fehlenden Möglichkeit der Höheneinstellung besteht auch bei den Werkzeugen “Straße” und “Parkplatz”. Um diese Probleme zu umgehen, bietet Vectorworks Landschaft 2019 im Moment keine Werkzeuge an, die alle Anforderungen erfüllen. Zum Teil müssen auch Werkzeuge der Architekten für die Planung verwendet werden, wie z.B. das Treppen- oder Rampen-Werkzeug, da es für die Landschaftsarchitekten keine eigenen Werkzeuge gibt.

In der Praxis gibt es mehrere Lösungsansätze, wie die Oberflächen modelliert werden können, die aber alle ihre eigenen Schwierigkeiten haben. Ein Lösungsansatz ist, dass für die Modellierung das Werkzeug “Polygone 3D” genutzt wird (BRANDES, 2018). Beim 3D-Polygon lässt sich jeder einzelne Punkt in der Höhe verschieben und auch mittels der Funktion “Z-Wert anpassen” an die Oberfläche eines Geländemodell anpassen. Dabei können die Pläne normal in der 2D-Ansicht gezeichnet werden und anschließend an das Geländemodell angepasst werden oder in der 3D-Ansicht direkt beim Zeichnen auf die richtige Höhe. Dabei ist aber zu beachten, dass in der Planung mittels der 3D-Polygone die exakten Oberflächenneigungen mit differenzierten Längs- und Quergefällen im dreidimensionalen Raum höhenmäßig richtig an Gelände angepasst sind, aber alle Objekte nur zweidimensional auf der Fläche liegen. Durch die Modellierung mit 3D-Polygonen lassen sich also nicht die einzelnen Schichten eines Belages darstellen und auch nicht der Höhenversatz von Weg und Einfassung. Auch sind die Objekte nicht automatisch mit der IFC-Datenbank verbunden und einer IFC-Klasse zugeordnet. So bedarf es einer manuellen Verknüpfung der Objekte mit der IFC-Datenbank.

Eine andere Möglichkeit, ein exaktes 3D-BIM-Modell zu erstellen, ist, mithilfe des in Vectorworks vorhandenen Gefälle-Werkzeugs und des integrierten grafischen

Scripting-Umgebung Marionette eigene Oberflächen- und Bordsteinobjekte zu erstellen. Diese erstellten Objekte können dann komfortabel an Entwurfsänderungen der Höhe oder Lage angepasst werden und ermöglichen die Modellierung eines vollständig attributierten 3D-BIM-Fachmodells der Freianlagen. Da aber diese erstellten Objekte nicht mit einem Geländemodell interagieren, ist es schwer, diese Methode mit einem Geländemodell zu kombinieren. Es ist auch noch zu beachten, dass bei diesem selbst erstellten Objekten die 2D-Darstellung fehlt. Um dies zu umgehen, muss das 3D-Modell der Freianlagen in eine 2D-Zeichnung des Lageplans referenziert und die Oberflächen an das 3D-Modell angepasst werden. Wie auch bei den Objekten aus 3D-Polygonen muss eine manuelle Verknüpfung zur IFC-Datenbank hergestellt werden. (vgl. FUNK, 2019; COMPUTERWORKS, 2019-3).

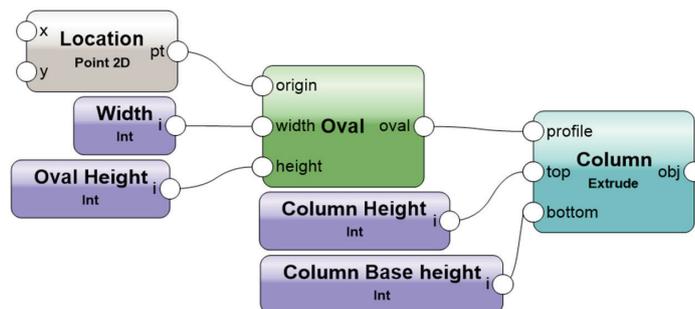


FUNK, 2019

Abb. 134: Erstellen des 3D-BIM-Modells der Freianlagen durch das Gefälle-Werkzeugs und des integrierten grafischen Scripting-Tools Marionette in Vectorworks Landschaft 2019

9.2.3.4 Vectorworks Marionette

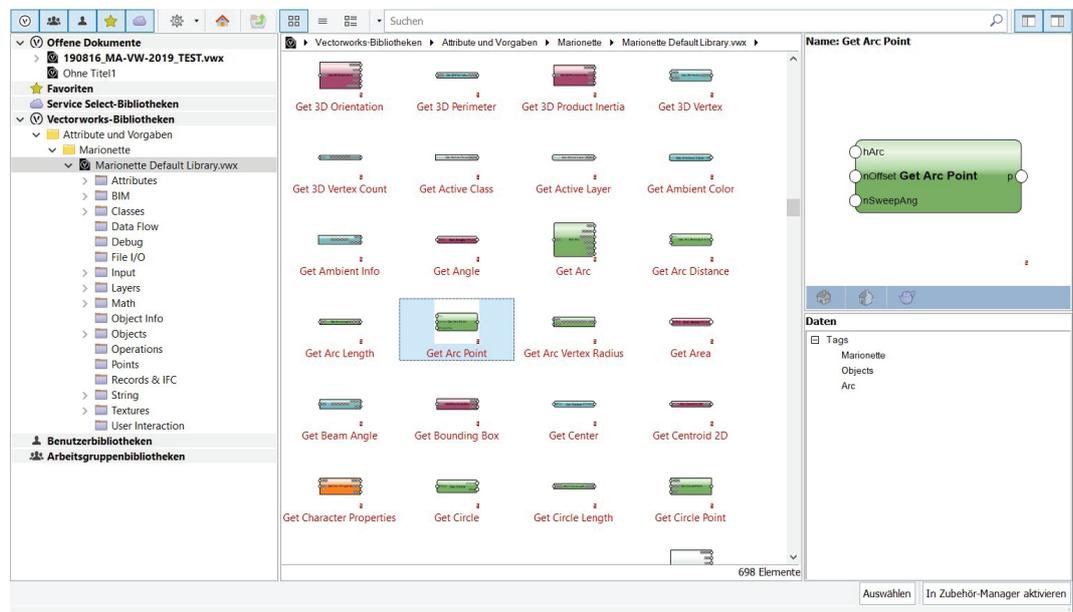
Marionette ist das Visual-Scripting-Umgebung in Vectorworks mit dem parametrische Objekte aber auch Analysen und Simulationen erstellt werde können (siehe Abb. 135).



COMPUTERWORKS, 2018-2

Abb. 135: Marionette-Script zum Modellieren einer Stütze in Vectorworks

Marionette basiert dabei auf der Script-Sprache Python. Vectorworks bietet eine umfassende Marionette-Bibliothek mit ca. 700 vorgeschriebenen Script-Bausteinen (engl. Nodes) an. Hierdurch lassen sich im Handumdrehen eigene Skripte anlegen, da unerfahrene Anwender nicht erst die zugrundeliegende Programmiersprache verstehen müssen, wobei Grundkenntnisse zum Verständnis und Aufbau der Skripte hilfreich sind. Erfahrene Anwender können hingegen auch die zugrundeliegenden Skripte bearbeiten oder eigene Skripte schreiben (COMPUTERWORKS, 2018-2).



Eigene Darstellung

Abb. 136: Bibliothek mit vordefinierten Script-Bausteinen für Marionette in Vectorworks Landschaft 2019

Wie im vorigen Abschnitt beschrieben, kann Marionette für die Landschaftsarchitektur für die Modellierung von Objekten und Flächen eingesetzt werden, für die Vectorworks ansonsten keine Werkzeuge bietet. Marionette kann aber auch für z.B. die Simulation und Berechnung des Überflutungsnachweises eingesetzt werden. Dabei ist aber trotz der umfangreichen Marionette-Bibliothek ein gutes Verständnis der Abläufe und Parameter, die für eine Modellierung nötig sind, wichtig, um so zu wissen, welche Bausteine überhaupt benötigt werden und wie diese zusammengefügt werden müssen. Hierfür bietet Vectorworks aber umfangreiche Tutorials online an. Abhängig von der Größe und Komplexität der Skripte, kann eine sehr hohe Rechenleistung und viel Arbeitsspeicher nötig sein.

Im Rahmen dieser Arbeit wird nicht weiter auf das Thema Visual-Scripting und der Verwendung von Vectorworks Marionette für die Landschaftsarchitektur eingegangen, da diese die Grundlagen der BIM-Anwendung überschreitet.

9.2.4 Systemvoraussetzungen für Vectorworks Landschaft 2019

Vectorworks Landschaft 2019 ermöglicht eine sehr schnelle und flüssige Arbeitsweise, wenn die geeignete Hardware verwendet wird bzw. eine deutlich langsamere Arbeitsweise, wenn sie auf älterer oder inkompatibler Hardware eingesetzt wird. Besonders für Bearbeitung und Darstellung von 3D-Modellen stellt Vectorworks Landschaft 2019 deutlich höhere Ansprüche an die System-Hardware. Vectorworks teilen daher die Angaben in drei Kategorien ein: ein Einstiegsprofil, ein mittleres Profil sowie ein High-End-Profil. Dabei eignet sich das Einstiegsprofil nur sehr bedingt für 3D-Modelle.

Vectorworks Landschaft 2019-Systemvoraussetzungen	Minimale Voraussetzungen	Mittlere Voraussetzung	Hohe Voraussetzungen
Betriebssystem	Windows 7 SP1 (64 Bit) Windows 8 (64 Bit) Windows 8.1 (64 Bit) Windows 10 (64 Bit) OS 10.10 bis 10.14	Windows 7 SP1 (64 Bit) Windows 8 (64 Bit) Windows 8.1 (64 Bit) Windows 10 (64 Bit) OS 10.10 bis 10.14	Windows 7 SP1 (64 Bit) Windows 8 (64 Bit) Windows 8.1 (64 Bit) Windows 10 (64 Bit) OS 10.10 bis 10.14

CPU-Typ	64-Bit Intel Core i5 (oder AMD-Äquivalent) oder besser	64-Bit Intel Core i5 (oder AMD-Äquivalent) mit 2 GHz getaktet oder besser	64-Bit Intel Core i7 (oder AMD-Äquivalent) mit 3 GHz getaktet oder besser
Arbeitsspeicher	4 GB oder mehr	Minimal 8 GB Empfohlen 16 GB oder mehr	Minimal 16 GB Empfohlen 32 GB oder mehr
Video- Bildschirmauflösung	1440 x 900 oder höher	1920 x 1080 oder höher	1920 x 1080 oder höher
Grafikkarte	Dedizierte Grafikkarte mit 1 GB VRAM und OpenGL 2.1-Unterstützung. Keine On-Board-Karte, die System-RAM benutzt.	Dedizierte Grafikkarte (z.B. NVIDIA) mit 2-4 GB VRAM oder mehr und OpenGL 2.1-Unterstützung	Dedizierte Grafikkarte (z.B. NVIDIA) mit 4 GB VRAM oder mehr und OpenGL 2.1-Unterstützung
Festplatte	HDD-Festplatte	HDD-Festplatte	SSD-Festplatte

VECTORWORKS, 2019-5

Tab. 22: Systemvoraussetzungen für Vectorworks Landschaft 2019

9.2.5 Softwarekosten für Vectorworks Landschaft 2019

Vectorworks vertreibt Vectorworks Landschaft 2019 als unbefristete Vollversion für Single-User oder als Netzwerklizenz über Vertriebspartner in den jeweiligen Ländern. In Deutschland wird Vectorworks von ComputerWorks vertrieben. ComputerWorks gibt keine Lizenzgebühren online bekannt, sondern erstellt die Softwareangebote individuell nach Beratung mit dem Kunden und dem Vertriebspartner.

Darüber hinaus gibt es online verschiedene Anbieter, die ebenfalls Vectorworks Landschaft für Nemetschek vertreiben und die Lizenzgebühren online bekannt geben. So können diese Werte als Referenz dienen, wobei anzumerken ist, dass die Lizenzangebote von ComputerWorks gegebenenfalls abweichen können.

Produktbeschreibung	Preise (EURO) für eine Einzellizenz (Stand: 10.08.2019)
Vectorworks Landschaft 2019	3.115,00
Upgrade von Vectorworks Landschaft 2018	1.095,00
Upgrade von Vectorworks Landschaft 2017	1.559,00
Upgrade von Vectorworks Landschaft 2016	2.339,00

SOFTWAREBOX, 2019

Tab. 23: Preise (EUR) für Vectorworks Landschaft 2019.

Die Kosten in der Tabelle beschreiben nur die Anschaffungskosten der Vectorworks-Anwendung. Zusätzlich zu diesen Kosten sind noch weitere Kosten für eine Modell Checker- und IFC-fähige AVA-Software zu berücksichtigen, sowie gegebenenfalls Kosten für das Upgrade der Hardware, des Netzwerkes und Schulungskosten (Siehe Kapitel: Implementation im Unternehmen).

9.2.6 Fazit zu Vectorworks Landschaft 2019

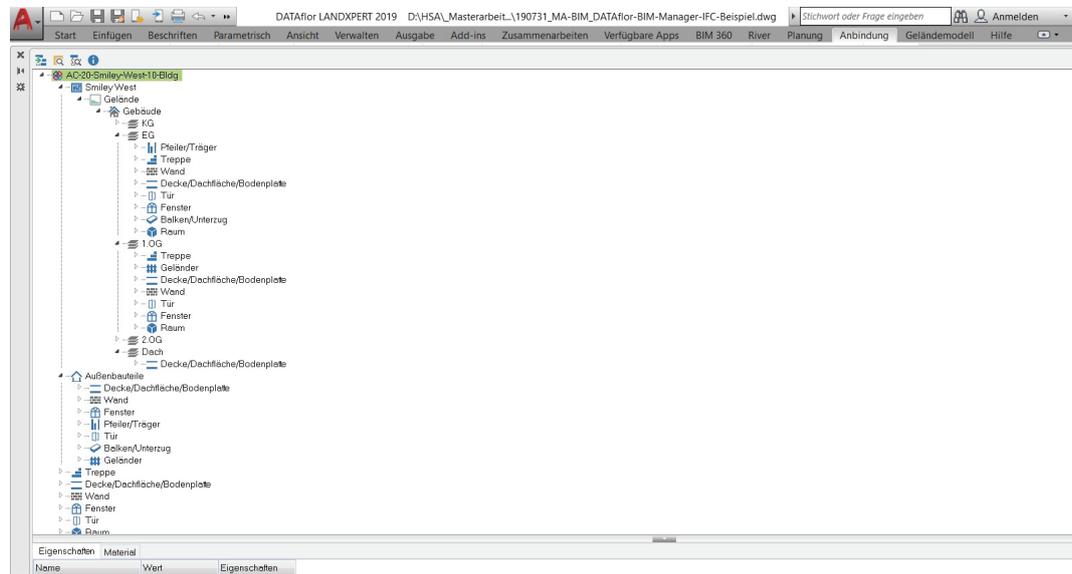
Vectorworks Landschaft 2019 merkt man seine Herkunft aus der zweidimensionalen Planung noch deutlich an. Das Erstellen von dreidimensionalen Plänen ist der-

zeit mit Vectorworks Landschaft 2019 nur mit Aufwand und der Kombination von der Werkzeuge und Marionette möglich. Vectorworks Landschaft 2019 bietet aber mit seinen umfangreichen Bauteilbibliotheken eine gute Grundlage für die Modellierung von BIM-Projekten. Durch die Kombination von 2D- und 3D-Planung kann Vectorworks Landschaft besonders für den BIM-Einstieg interessant sein, da nicht mehrere teure Softwareanwendungen parallel angeschafft müssen.

9.3 DATAflor LANDXPERT mit BIM-Manager

DATAflor LANDXPERT wird von dem deutschen Softwareentwickler DATAflor entwickelt. DATAflor LANDXPERT ist eine branchenspezifische CAD-Anwendung für die Landschaftsarchitektur und Garten- und Landschaftsbau, die eine Erweiterung von Autodesk AutoCAD darstellt und diese als Kern nutzt. So besitzt LANDXPERT die gleichen Werkzeuge und Funktionen wie AutoCAD zum Zeichnen, bietet darüber hinaus aber noch zusätzliche Werkzeuge und Funktionen für die Planung und Abrechnung für die Arbeit der Landschaftsarchitektur sowie umfangreiche Bibliotheken für Symbole und Pflanzenbilder. Für die planerischen Spezialaufgaben stehen unter anderem Werkzeuge für z.B. die Geländemodellierung mittels DGM, Bewässerungsplanung, Beleuchtungsplanung sowie für die Gefälleberechnung bereit. Darüber hinaus hat LANDXPERT eine direkte Schnittstelle mit der hauseigenen 3D-Visualisierungssoftware "GRÜNSTUDIO 3D" und der AVA-Software "BUSINESS". Hierdurch lassen sich schnell Visualisierungen aus dem 2D-Plan erstellen und durch die automatische Mengenermittlung schnell Kostenberechnungen und Leistungsverzeichnisse. Zusätzlich bietet LANDXPERT noch Schnittstellen zu SketchUP und Photoshop sowie eine Schnittstelle für Shape-Dateien (DATAFLOR, 2019).

Zusätzlich hat LANDXPERT seit der AutoCAD Version 2019 standardmäßig eine IFC-Schnittstelle, die von DATAflor durch den BIM-Manager erweitert und 2018 von buildingSMART International zertifiziert wurde (DATAFLOR, 2019). Durch diese Schnittstelle lassen sich IFC-Dateien aus BIM-Anwendungen importieren und durch den BIM-Manager verwalten und in LANDXPERT darstellen. Da für die Landschaftsarchitektur nur ein Teil der Informationen des IFC-Modells interessant sein können, stellt der BIM-Manager alle Inhalte des IFC-Modells übersichtlich in einer Baumstruktur da, das nach den IFC-Klassen sortiert ist (siehe Abb. 137).

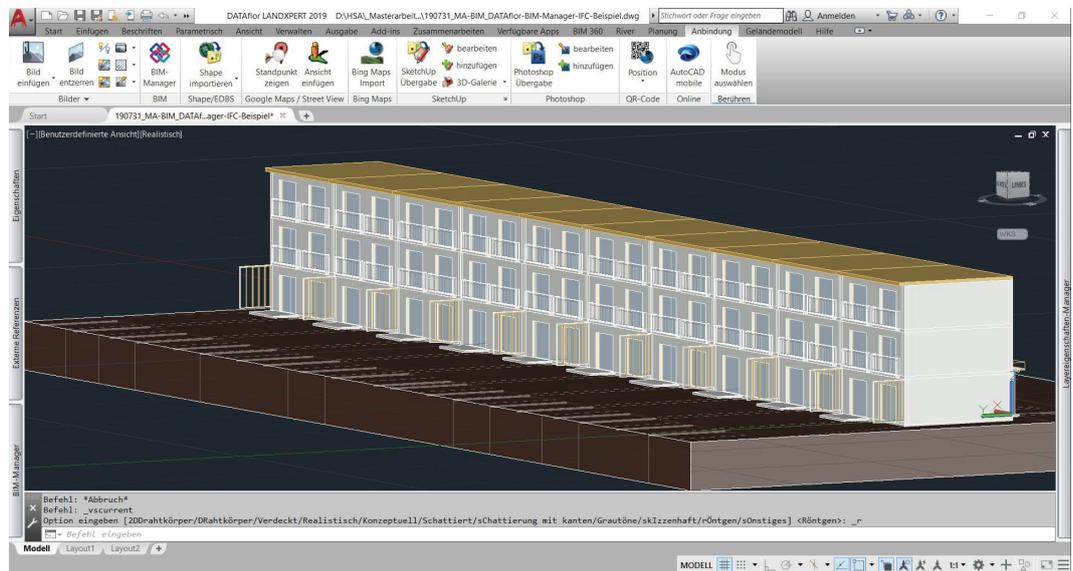


Eigene Darstellung; Datengrundlage: INSTITUT FÜR ANGEWANDTE INFORMATION / KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT), 2017

Abb. 137: Baumstruktur der Klassen im IFC-Modelle im DATAfor BIM-Manager

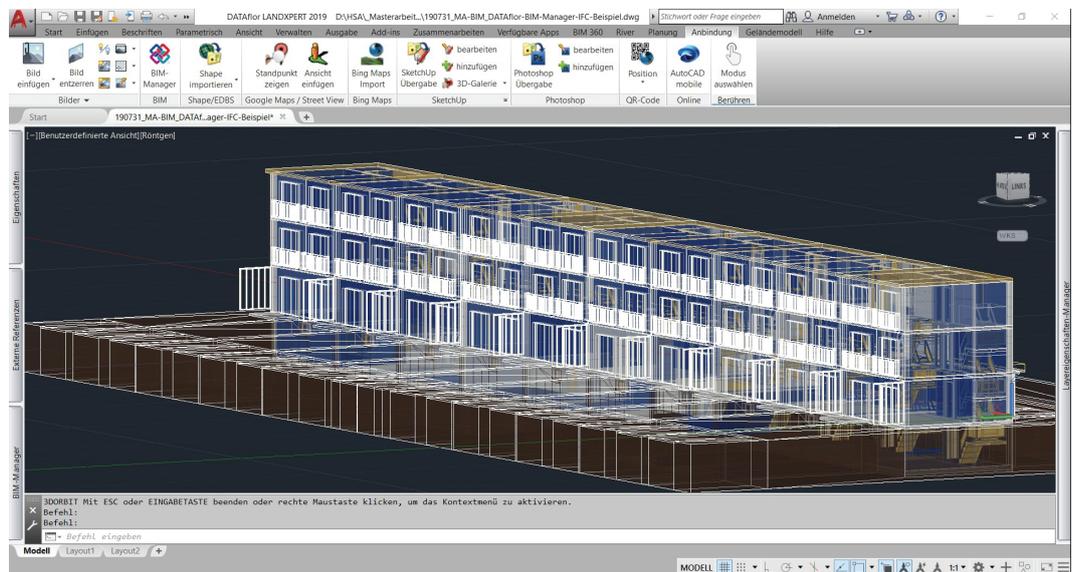
Dabei zeigt sich die allgemeine Schwierigkeit mit dem IFC für die Landschaftsarchitektur, dass keine expliziten Klassen für Elemente der Landschaftsarchitektur definiert sind und zwangsweise die Elemente durch Klassen der Architektur oder Sonderbauteile definiert werden müssen. Hierdurch ist in der Baumstruktur des BIM-Managers schlecht erkennbar, welche Elemente für die Landschaftsarchitektur relevant sind, ohne dass jedes Element einzeln ausgewählt wird. Dies ist aber kein explizites Problem vom BIM-Manager, sondern vom IFC im Allgemeinen.

Nach dem Ordnen der IFC-Elemente ermöglicht der BIM-Manager nur die für die Landschaftsarchitektur relevanten Elemente auszuwählen und in LANDXPART dreidimensional darzustellen. Dabei werden die einzelnen Elemente nicht als Objekte, wie in einer BIM-Software, dargestellt, sondern als 3D-Körper oder sogar nur als einzelne Linien, die bei Bauteilen als Blockreferenz und bei Flächen als Regionen zusammengefasst sind. AUTOCAD 2019 ermöglicht es, das Modell in unterschiedlichen Darstellung anzuzeigen, so unter anderem Realistisch und Röntgen (siehe Abb. 138 / 139) oder auch als einfaches Drahtmodell.



Eigene Darstellung; Datengrundlage: INSTITUT FÜR ANGEWANDTE INFORMATION / KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT), 2017

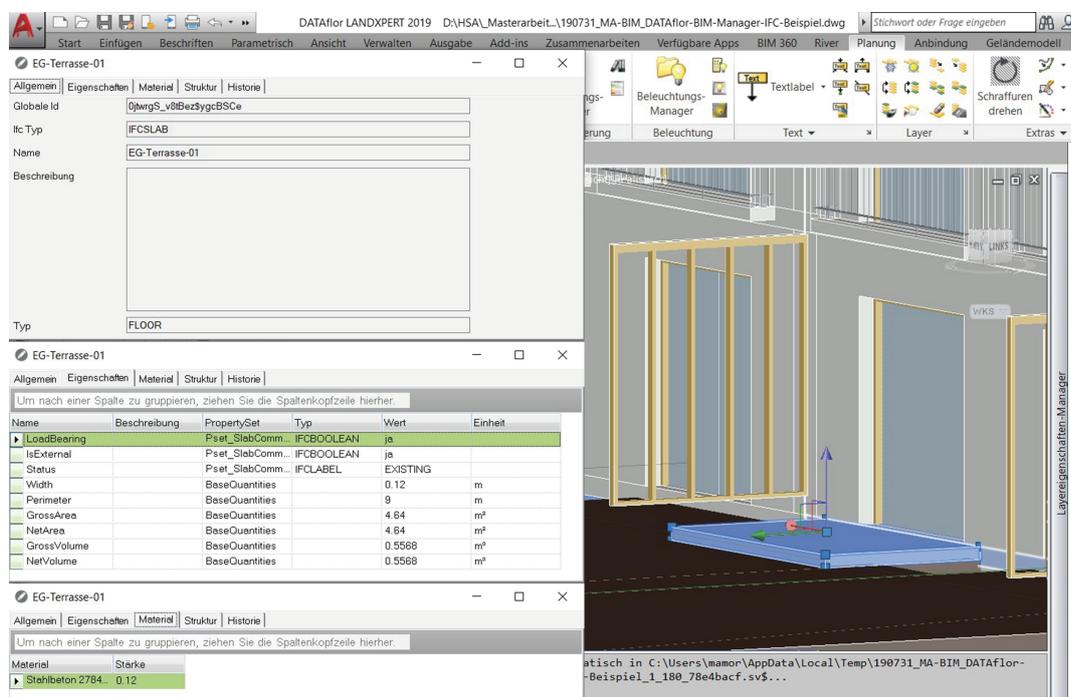
Abb. 138: Darstellung des IFC-Modells mit einer realistischen Ansicht im DATAfor LANDXPRT



Eigene Darstellung; Datengrundlage: INSTITUT FÜR ANGEWANDTE INFORMATION / KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT), 2017

Abb. 139: Darstellung des IFC-Modells mit einer Röntgen-Ansicht im DATAfor LANDXPRT

Zusätzlich zu der Darstellung lassen sich die alphanumerischen Informationen jedes Bauteils über den BIM-Manager in einer tabellarischen Ansicht oder per Dialog-Box auswerten. So lassen sich unter anderem der GUID und der IFC-Typ ermitteln und auch Informationen zu den Eigenschaften (z.B. Abmessungen, Fläche) und dem Material (siehe Abb. 140). Zusätzlich wird die Historie des Elements angezeigt, so dass nachzuvollziehen ist, wann was von wem erstellt und geändert wurde.



Eigene Darstellung; Datengrundlage: INSTITUT FÜR ANGEWANDTE INFORMATION / KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT), 2017

Abb. 140: Auslesen der alphanumerischen Informationen eines Terrassenelementes mit dem DATAflor BIM-Manager

DATAflor LANDXPART und der DATAflor BIM-Manager ermöglichen es, IFC-Dateien zu importieren, zu verwalten und auszulesen und nach Angaben des Herstellers als Planungsgrundlage in LANDXPART zu verwenden (DATAFLOR, 2019). Bei der Arbeit ergibt sich aber die Schwierigkeit, dass dreidimensionales Zeichnen in AutoCAD sehr komplex und schwierig ist und besonders organische Flächen nicht gut modelliert werden können. Auch lässt sich nicht objektorientiert in LANDXPART arbeiten, sondern nur zeichengestützt. Daneben kann der BIM-Manager zwar die Klassen der Bauteile im IFC-Modell anzeigen, es ist aber nicht möglich, neuen Elementen eine IFC-Klasse zuzuweisen. Als zusätzliche Schwierigkeit

lassen sich zwar IFC-Modelle importieren, LANDXPRT und BIM-Manager bieten aber keine Exportmöglichkeit für das IFC-Modell an.

So lässt sich zu LANDXPRT und dem BIM-Manager festhalten, dass zwar das IFC-Modell importiert werden kann, im Endeffekt ermöglichen beide Programme aber nur das Modell darzustellen und auszuwerten, aber keine BIM-Modellierung. LANDXPRT ist zwar BIM-fähig, in dem es die IFC-Dateien importieren kann, es ist aber kein BIM-Modellierungssoftware. Ob DATAflor in Zukunft noch eine BIM-Modellierungssoftware entwickeln wird, kann im Rahmen dieser Arbeit nicht beantwortet werden. Auch bezüglich der Kosten für die Softwareanschaffung verweist DATAflor auf die Tatsache, dass für jede Anfrage ein individuelles Angebot erstellt wird und DATAflor keine Pauschalpreise nennt.

9.4 WS LANDCAD und geplante BIM-Entwicklung

Widemann Systeme ist ein in Deutschland ansässiger Softwarehersteller für CAD-Produkte. Dabei entwickelt Widemann Systeme branchenspezifische Softwarelösungen, wobei der Kern dieser Softwarelösungen unterschiedliche Autodesk-Softwareanwendungen bilden. So hat Widemann Systeme auf Grundlage von Autodesk AutoCAD die Softwarelösung WS LANDCAD entwickelt. Im Gegensatz zu der AutoCAD-Grundlage hat Widemann Systeme WS LANDCAD mit zusätzliche branchenspezifische Werkzeugen und Funktionen erweitert. So bietet WS LANDCAD zum einen eine umfangreiche Symbolbibliothek, in der eine Vielzahl an Symbolen für skizzenhafte und farbige Entwürfe hinterlegt sind, beginnend bei Symbolen für von Bäumen bis zu Symbolen für Fahrzeugen, usw. Darüber hinaus bietet WS LANDCAD unter anderem Werkzeuge und Funktionen für die Oberflächen- und Entwässerungsplanung, Pflanzplanung, Geländemodellierung mittels DGM und Abrechnung. In WS LANDCAD besteht auch bereits die Möglichkeit, die Symbole mit alphanumerischen Informationen zu verknüpfen. Des Weiteren bietet WS LANDCAD Schnittstellen für GAEB-Formate, XPlanGML-Formate und Shape-Formate (WIDEMANN SYSTEME, 2019). Was aber fehlt, ist die BIM-entscheidende IFC-Schnittstelle. WS LANDCAD hat zwar viele Ansätze einer BIM-Anwendung, eignet sich aber nicht für die BIM-Modellierung, auch aus dem Grund, dass, wie bei DATAflor LANDXPRT keine objektorientierte Modellierung in Klassen möglich ist.

Im Gespräch mit Vertretern von Widemann Systeme im Rahmen der Tagung “Digital Landscape Architecture (DLA) 2019” in Dessau über die BIM-Möglichkeiten bei WS LANDCAD, wurde seitens Widemann Systeme bestätigt, dass Widemann Systeme zur Zeit noch keine BIM-Software für Landschaftsarchitekten hat. Dabei wurde die Bedeutung von BIM von Widemann Systeme erkannt und es wird zur Zeit eine BIM-Software für die Landschaftsarchitektur entwickelt. Nach Aussage der Vertreter von Widemann Systeme wird diese neue BIM-Software vermutlich Autodesk Revit als Kern nutzen. Wann diese veröffentlicht werden soll und welche zusätzlichen Werkzeuge und Funktionen diese BIM-Software haben wird ist noch nicht bekannt. Es könnte aber interessant sein, eine BIM-Software für Landschaftsarchitekten mit branchenspezifischen Datenbanken, Funktionen und Werkzeugen auf Basis von Autodesk Revit zu haben und sollte bei Veröffentlichung geprüft werden.

9.5 Zusammenfassung BIM-Softwareanwendungen für die Landschaftsarchitektur

Der Vergleich der vier BIM-Softwareanwendungen im Bezug auf die Verwendbarkeit für die Landschaftsarchitektur hat gezeigt, dass es durchaus möglich ist, mit einem Teil der bestehenden Softwareanwendungen landschaftsarchitektonische BIM-Modelle zu erstellen, zu verwalten und zu bearbeiten. Allerdings funktioniert dies noch nicht ideal und ist mit viel Aufwand verbunden. Dabei bieten BIM-Modelle viele Vorteile im Bauprozess, da sie eine Plattform zur Koordinierung von Entwurfs-, Budgetierungs-, Bau- und Managementaktivitäten bieten. Beim Betrachten der Softwareanwendungen zeigt sich aber am deutlichsten das grundsätzliche Problem mit BIM für die Landschaftsarchitektur. Die Entwicklung von BIM und den BIM-Softwareanwendungen war über die letzten 20 Jahre auf die Anforderungen und Bedürfnisse der Architektur und des Ingenieurbaus fokussiert und die Landschaftsarchitektur wurde nicht berücksichtigt. Jetzt wird aber die Landschaftsarchitektur zur Verwendung von BIM in der Planung gezwungen, ohne das es adäquate Softwareanwendungen gibt (BARTH, 2016). Die Entwicklung der BIM-Anwendungen für die Landschaftsarchitektur ist so noch deutlich hinter den für die Architektur und den Ingenieurbau zurück. Dies bietet aber die Möglichkeit für kleinere und spezialisierte Softwareentwickler, sich mit branchenspezifischen BIM-Anwendungen auf dem Markt zu platzieren. Hierdurch kann es für solche

Softwarehersteller attraktive sein, BIM-Software für kleinere Branchen zu entwickeln, da die Landschaftsarchitektur nicht den größten Markt und Bedeutung bei den großen Softwareentwicklern, wie Autodesk, hat und es so ungewiss ist, inwieweit es landschaftsarchitekturspezifische BIM-Erweiterungen in Zukunft in den großen führenden BIM-Anwendungen geben wird (BARTH, 2016).

10 BIM-Implementierung im Unternehmen

Mit Kenntnis der BIM-Grundlagen und den Eigenschaften unterschiedlicher BIM-Anwendungen aus den vorigen Kapiteln ergibt sich die Frage der Einführung von BIM in ein Unternehmen. Schließlich stellt die Implementierung von BIM eine radikale Änderung der Arbeits- und Geschäftsprozesse dar und ist eine große Herausforderung für jedes Unternehmen. Dabei ist die BIM-Einführung als Investition in die Zukunft des Unternehmens zu sehen. In der Literatur gibt es für die BIM-Implementierung keine einheitliche Strategie, unter anderem aus dem Grund, dass eine Einführungsstrategie von den bestehenden Unternehmensstrukturen, -zielen und den vorhandenen Ressourcen abhängig ist und sich so individuell für jedes Unternehmen unterscheidet. Eine Gemeinsamkeit der verschiedenen Strategien ist dabei die Empfehlung einer gut strukturierten und schrittweisen Implementierung von BIM, bevor eine Verpflichtung zur Verwendung von BIM durch ein Projekt besteht (vgl. AUTODESK, 2015-1; NIEDERMAIER, BÄCK, 2018-2; EGGERT et. al., 2013). Bei der Implementierung von BIM gibt es vier wesentliche Einflussfaktoren, die für eine erfolgreiche Einführung berücksichtigt werden müssen (HAUSKNECHT, LIEBICH, 2016: 175): *Der Mensch als Akteur, die Prozesse im Unternehmen, die Richtlinien für das unternehmerische Handeln und die eingesetzten Technologien*. Aus der Literatur lassen sich, unter Berücksichtigung der vier wesentlichen Einflussfaktoren, vier grundlegende Stufen für eine erfolgreiche und nachhaltige BIM-Implementierung identifizieren: *Analyse- und Konzeptphase, Vorbereitungsphase, Einführungs- und Pilotphase* und die *Optimierungsphase*.

10.1 Stufe 1: Analyse- und Konzeptphase

Wichtig zu Beginn der BIM-Implementierung und von wesentlicher Bedeutung für dessen Erfolg ist der klare Wille seitens der Unternehmensleitung, das Konzept BIM geschäftsübergreifend im gesamten Unternehmen einzuführen. Nur so können die Vorteile von BIM ihre volle Wirkung entfalten. Bei der BIM-Einführung darf es sich nicht um Initiativen einzelner Mitarbeiter oder um Maßnahmen für die Umsetzung einzelner Projekte handeln. Solche opportunistischen Vorstöße führen oft nur zu mittelmäßigen Erfolgen oder scheitern ganz (vgl. AUTODESK, 2015-1; KAMPHAUSEN, 2018). Ausgehend von dieser Willensbekundung ist es das Ziel der Stufe 1, ein individuelles unternehmensspezifisches Einführungsstrategie zu entwickeln. Der erste Schritt dazu stellt eine Analyse der bestehenden Unternehmens-

strukturen, Arbeitsprozesse, technischen Ausstattung und BIM-Kenntnisse der Mitarbeiter dar, um so beurteilen zu können, wie reif das Unternehmen für BIM ist und um eine Grundlage für die BIM-Strategie zu schaffen (vgl. TRIMBLE, 2018-2; SCHOBER et. al., 2017; EGGERT et. al., 2013). Dabei ist es das Ziel bei der Analyse der Unternehmensstrukturen und Arbeitsprozesse, die zentralen Geschäftsprozesse und Kompetenzen des Unternehmens zu ermitteln, aber auch die im Unternehmen bestehenden Prozesse zur Qualitätssicherung und interne Kommunikation. Diese Erkenntnisse dienen der Identifizierung der Potenziale und Defizite von BIM für das Unternehmen und für die Formulierung der eigenen Erwartungen und Anforderungen an die BIM-Methode (EGGERT et. al., 2013: 109).

Zusätzlich ist auch die bestehende IT-Infrastruktur des Unternehmens zu analysieren, um so herauszufinden, welche eventuellen Ertüchtigungen der IT-Infrastruktur für den BIM-Umstieg nötig sind. Dabei ist es wichtig, zum einen die gegebenenfalls vorhandene Serverstruktur zu prüfen und die Internetverbindung (Up- und Download-Geschwindigkeit) zu überprüfen, da mit BIM enorme Datenmengen generiert werden, die über das Internet mit den anderen Projektteilnehmern ausgetauscht werden müssen. Zum anderen müssen auch die eigentliche Hard- und Software geprüft werden. Bei der Hardwareprüfung wird dabei die Spezifikationen der Rechner (Grafikkarte, Prozessor, Arbeitsspeicher, etc.) ermittelt. Bei der Software wird geprüft, inwieweit die bestehenden Softwareanwendungen BIM-fähig sind. Dabei ist es unter anderem entscheidend, ob die Software über eine standardisierte, leistungsfähige IFC-Schnittstelle verfügt und die Möglichkeit bietet, modell- und objektbasiert zu arbeiten. Zum einen wird die vorhandene CAD-Software geprüft, aber auch alle anderen Anwendungen die für den Planungs- und Ausführungsprozess benötigt werden, wie z.B. AVA-Anwendungen (NIEDERMAIER, BÄCK, 2018-2: 14-15).

Sehr wichtig in der Analyse ist das Gespräch und die Information der Mitarbeiter. Das von Beginn alle Mitarbeiter überzeugt sind, ist eher unwahrscheinlich. Deswegen ist es entscheidend, die Mitarbeiter in den Prozess mit einzubeziehen und auf ihre Ängste und Vorbehalte einzugehen. Unsicherheit kann schnell in Widerstand oder Überforderung umschlagen und die Implementierung zum Scheitern bringen. Die Implementierung von BIM beginnt zwar bei der Unternehmensführung, die

Ausführung und der letztendliche Erfolg hängen jedoch vor allem von den Betriebsmitarbeitern ab. Gleichzeitig soll durch die Mitarbeitergespräche auch ermittelt werden, wie der Kenntnisstand von BIM ist und welche Schulungsangebote gegebenenfalls durchgeführt werden müssen (siehe Stufe 2) (vgl. EGGERT et. al., 2018, AUTODESK, 2015-1).

Aufbauend aus den Erkenntnissen der Analyse wird das unternehmensspezifische BIM-Konzept entwickelt. Dazu zählt unter anderem auch die Entwicklung einer langfristigen BIM-Vision und von langfristigen BIM-Zielen, die das Unternehmen verfolgt, auch im Bezug auf die Unternehmensstrategien. Umgekehrt sind die Vision und Ziele beim Festlegen von Unternehmensstrategien zu berücksichtigen (AUTODESK, 2015-1: 4). Die Vision und Ziele sollten weitreichend und ehrgeizig genug sein, um die verschiedenen Elemente der Organisation miteinander zu vereinen und setzt ausreichend Energie im Unternehmen frei, um zu erwartende Phasen abnehmender Motivation zu überstehen. Ohne eine solche Vision und Ziele von BIM und eine Führung, die vorbehaltlos dahinter steht, gestaltet sich der Wandel mühevoll und vergeudet Ressourcen (AUTODESK-1, 2015: 3 ff). Die BIM-Vision und die BIM-Ziele beschreiben das Endziel der BIM-Einführung. Um diese zu erreichen und kurzfristige Erfolgserlebnisse zu schaffen ist es wichtig, konkrete Zwischenziele und Meilensteine zu definieren. Diese kleinen Zwischenschritte helfen auch dabei, die anfängliche Lähmung angesichts der enormen Aufgabe zu überwinden. Bei der Festlegung der Zwischenziele und Meilensteine ist es wichtig, diese zu priorisieren und klar festzulegen, wer im Unternehmen für die Erreichung der jeweiligen Zwischenziele und Meilensteine verantwortlich ist (vgl. AUTODESK, 2015-1; TRIMBLE, 2018-2; NIEDERMAIER, BÄCK, 2018-2). Eine methodische BIM-Implementierung führt automatisch zu einer Reihe logischer Meilensteine (zusätzlich zu den unternehmensspezifischen) (AUTODESK, 2015-1: 4).

Auch ist es in dieser Phase empfohlen die neuen Rollen und Aufgaben, die BIM mitbringt, im Unternehmen zu definieren und festzulegen. Dies kann eine zusätzliche Motivation für die Mitarbeiter darstellen und bedarf auch zusätzlicher Schulungs- und Weiterbildungsangebote. Daneben wird auch empfohlen, eine für BIM verantwortliche Person, ein sogenannter BIM-Champion (oder BIM-Guru) im Unternehmen zu bestimmen. Jüngere, durchsetzungsstarke und kommunikative Personen

mit einer Affinität zu digitalen Mitteln füllen diese Stelle gewöhnlich gut aus. Die Aufgabe des BIM-Champion ist es, den BIM-Implementierungsprozess zu begleiten, die ersten Pilotprojekte durchzuführen, die Objektbibliothek aufzubauen und BIM-Vorlagen zu erschaffen, das Schulungs- und Weiterbildungsprogramm für die Mitarbeiter zu entwickeln sowie die spätere Unterstützung der Mitarbeiter beim Einstieg in BIM. Der BIM-Champion ist so der erste Ansprechpartner, wenn es um das Thema BIM im Unternehmen geht. Hierbei muss es sich, je nach Unternehmensgröße, nicht nur um eine Person handeln, die die Software anwendet, sondern auch um ein Team das übergeordnet langfristig Veränderungen im Unternehmen schaffen soll (vgl. EGGERT et. al., 2013; HOLLENZ, 2015).

Dieses BIM-Konzept muss zwar unternehmensspezifisch entwickelt werden, aber nicht allein. So wird es durchaus empfohlen, sich von buildingSMART Deutschland, den buildingSMART Deutschland Regionalgruppen, Berufsverbänden und anderen regionalen BIM- Vereinigungen beraten zu lassen, um so von deren Erfahrung zu profitieren zu können und sich auszutauschen. Es ist aber auch möglich, externe Berater für die BIM-Implementierung zu engagieren und den ganzen Einführungsprozess von diesen durchführen zu lassen (vgl. AUTODESK, 2015-1; STEINMANN, 2019). Auch wenn die Einführung extern vergeben wird, ist der klare Willen der Unternehmensführung und die Kommunikation im Unternehmen wesentlich. So sind die BIM-Vision und BIM-Zielen in allen Bereich des Unternehmens klar zu kommunizieren und sollten nicht nur von den Unternehmensführung, sondern auch von den Mitarbeitern getragen werden. Die Kommunikation der Vision und Ziele mit den fünf Ws (Wer, Was, Wo, Wann und Warum) liefert jedem Teil des Unternehmens die benötigten faktischen Details (AUTODESK, 2015-1: 4).

10.2 Stufe 2: Vorbereitungsphase

Die Stufe 2 der BIM-Implementierung beinhaltet die Vorbereitung der BIM-Einführung. Ausgehend von dem erstellten BIM-Strategie und den Erkenntnissen der Stufe 1, sind in dieser Phase grundlegende Themen wichtig: Wahl der Soft- und Hardware und Schulung der Mitarbeiter.

10.2.1 Wahl der Soft- und Hardware

Einer der wichtigsten Entscheidungen die über den nachhaltigen BIM-Erfolg bestimmen, ist die Auswahl der BIM-Software. Die Grundlagen für die Auswahl der BIM-Software sind die Erkenntnisse aus der Analyse der bestehenden CAD-Software, die unternehmensspezifischen Bedürfnisse und der Umfang der gewünschten BIM-Software (z. B. reine Geometrie, Massen, Kosten, Termine) (BAY.IK., 2018: 16). Wenn im Vorfeld z.B. Vectorworks für die Planung verwendet wird, bedarf es vielleicht nur eines Upgrade auf die aktuelle Vektorworksversion. Falls eine andere CAD-Software verwendet wurde, die nicht BIM-fähig ist, bedarf es gegebenenfalls einer vertieften Prüfung verschiedener BIM-Software, um die richtige für das Unternehmen zu finden. Bei der Auswahl der richtigen BIM-Software sind verschiedene Kriterien zu berücksichtigen:

1. Zum einen ist die Interoperabilität und die verfügbaren Schnittstelle der Software wichtig. Die BIM-Daten müssen unter allen Beteiligten in einer standardisierten Form ausgetauscht werden können. So ist es entscheidend, dass die Software das IFC und BCF verarbeiten kann und ggf. auch GAEB-Dateien und API-Schnittstellen zu online BIM-Servern (vgl. NIEDERMAIER, BÄCK, 2018-2; TRIMBLE, 2018-1). Für die Feststellung der IFC und BCF-Komparabilität ist die BIM-Zertifizierung von buildingSMART sehr hilfreich (buildingSMART INTERNATIONAL, 2019-5), wobei dort nicht alle Softwareanwendungen aufgelistet sind. Auch wenn die angedachte Software dort nicht aufgeführt ist, kann trotzdem eine Zertifizierung von buildingSMART vorliegen, wie im Fall von DATAflor BIM-Manager.

Die Anforderungen an die Interoperabilität lassen sich in folgenden Fragen zusammenfassen (TRIMBLE, 2018-1: 2):

- Über welche Schnittstellen verfügt die Software?
 - Welche Austauschformate werden unterstützt?
 - Wie ist die Anbindung an andere für mich relevante Branchenlösungen (z.B. Statik, Bewässerung, Fertigungsmaschinen usw.)?
 - Gibt es auch Möglichkeiten, eigene Entwicklungen in die Software zu integrieren?
 - Welche Möglichkeiten gibt es, zeitgleich gemeinsam an einem Modell zu arbeiten, im Team und mit Projektpartnern?
2. Das zweite Kriterium das zu beachten ist, ist die Softwareumgebung und die Verwendbarkeit der BIM-Software. Dabei geht es um das eigentliche Arbeiten und Modellieren mit der Software. Eine gute BIM-Software nutzt das Prinzip der parametrischen Modellierung und bietet dem Anwender eine Vielzahl an hilfreichen Werkzeugen und Methoden, um Modelle schneller erstellen, bearbeiten und auswerten zu können. Dabei hat die Software trotzdem noch eine Oberfläche die nachvollziehbar und verständlich aufgebaut ist und den Anwender nicht in seiner Arbeit behindert. Wichtige Punkte sind dabei die Möglichkeiten der Datengliederung nach Klassen analog zum Bauobjekt sowie die Möglichkeit individuelle geometrische Objekte mit alphanumerischen Informationen zu modellieren und in einer Objektbibliothek für alle Anwender zu speichern. Dabei ist es wichtig, darauf zu achten, dass die vorhandenen Werkzeuge und Modelliermöglichkeiten sich auch für das Modellieren landschaftsarchitektonischer Modelle eignen. In diesem Zuge kann auch darauf geschaut werden, welche Objekte bereits in der softwareinternen Objektdatenbank vorhanden sind, wobei das nicht den ausschlaggebendste Stellenwert bei der Auswahl haben sollte. Bei der Auswahl der Software ist aber zwingend darauf achten, dass aus dem 3D-Modell alle nötigen 2D-Dokumente abgeleitet werden können sowie die Möglichkeit besteht, die geometrischen und alphanumerischen Informationen in Form von Reports und Tabellen aus dem Modell ableiten zu können (vgl. NIEDERMAIER, BÄCK, 2018-2; TRIMBLE, 2018-1).

Die Anforderungen an die Softwareumgebung lassen sich in folgenden Fragen zusammenfassen (TRIMBLE, 2018-1: 3):

- Welche Werkzeuge bietet die Software, die uns die Modellierung erleichtern, z.B. Bibliotheken fertiger Anschlüsse, intelligente Entwässerungen, usw.
 - Können auch eigene, häufig verwendete Details vordefiniert werden?
 - Gibt es eine einfache Möglichkeit, fertige Bauprodukte direkt vom Hersteller einzufügen?
 - Wie verhält sich das Modell, wenn ich Änderungen vornehme? Gibt es Automatismen, die sich intelligent anpassen?
 - Wie verhalten sich Zeichnungen und andere Dokumente, wenn das Modell geändert wird? Werden diese automatisch aktualisiert?
3. Ein drittes Kriterium bei der Auswahl der BIM-Software ist die Leistung der Software. Diese ist sicherlich auch abhängig von der Leistungsfähigkeit des Computers, aber auch die Software muss die enormen Datenmengen im Modell, die über den gesamten Lebenszyklus gesammelt werden, verarbeiten können und muss dabei noch agil bleiben. Die Leistung der Software darf die Arbeit an einem Modell nicht einschränken oder den Anwender dazu nötigen, ein Modell in mehrere Einzelmodelle zu unterteilen, um damit flüssig arbeiten zu können. Die Software muss in der Lage sein, das eigene Modell über alle Leistungsphasen detailliert (z.B. LOD 400) darzustellen und ebenfalls die Teilmodelle anderer Beteiligter in ihrer Planung abzubilden und diese flüssig in ihre eigenen Arbeitsprozesse zu integrieren (TRIMBLE, 2018-1: 4).

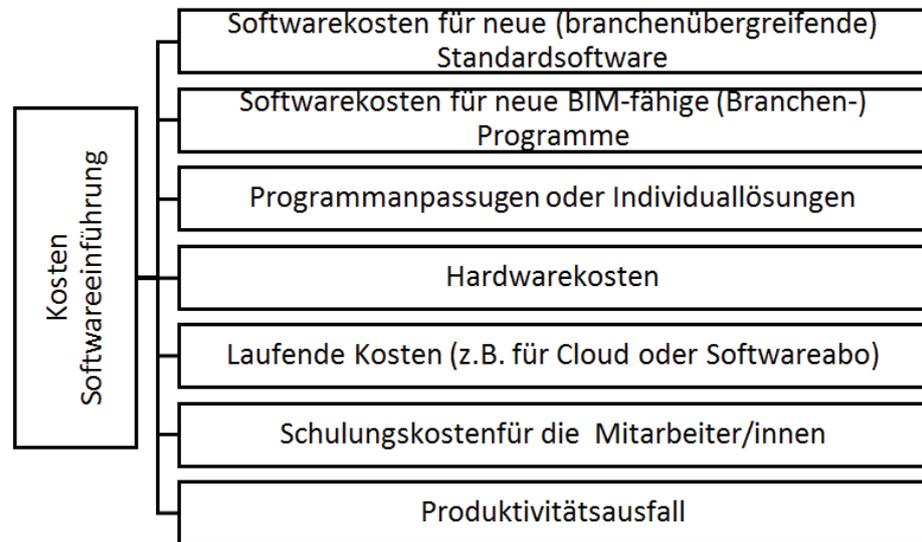
Die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Software lassen sich in folgenden Fragen zusammenfassen (TRIMBLE, 2018-1: 4):

- Wie leistungsfähig bleibt die Software auch bei größeren oder komplexeren Projekten? Wie groß ist die Dateigröße eines durchschnittlichen Projekts?
- Muss ich mein Projekt in Teilmodelle herunterbrechen oder ist die Software in der Lage dieses in seiner Gesamtheit abzubilden?
- Kann ich andere Gewerke ohne Performanceverlust referenzieren?

- Bis zu welchem Detaillierungsgrad bzw. Level of Development (LOD) kann die Software modellieren?
- Welche Leistungsphasen kann ich mit der Software abdecken?

Nach einer ersten Analyse der unterschiedlichen Softwareanwendungen auf dem Markt und einer Eingrenzung auf eine kleine Auswahl an Softwareanwendungen, ist es sinnvoll, die verschiedenen BIM-Anwendungen im Unternehmen vom Hersteller vorstellen und demonstrieren zu lassen sowie die Software auch selbst zu testen. So kann man sich die Fähigkeiten der Software vorführen lassen und nach den obigen Kriterien testen. Die Mitarbeiter sollten in diesem Zuge auch erste Erfahrungen mit der Software machen können und schauen, wie sie mit der Softwareoberfläche zu recht kommen.

In diesem Zuge ist auch wichtig, die Lizenz- und Wartungsbedingungen zu vergleichen. Besonders zu Beginn der Softwareeinführung sollte ein Support der Herstellers vorhanden sein, um auftretende Schwierigkeiten und Probleme schnell beheben zu können. Bei der Lizenz gibt es mehrere Modelle, die unterschieden werden: *Kauflizenz* und *Subscription-Lizenz*. Beide Varianten haben Vor- und Nachteile. Ein Subscription-Modell ermöglicht einen schnellen Einstieg in die Software, ohne größere Anfangsinvestition und es steht einem immer die aktuellste Version zur Verfügung, allerdings ist die Software nur solange nutzbar wie man die Lizenzgebühr bezahlt. Danach ist die Software nicht mehr nutzbar. Ein Kauflizenz erfordert hingegen eine hohe Erstinvestition, danach ist die Software aber unbegrenzt nutzbar. Allerdings müssen neue Softwareupgrades wieder gekauft werden. Die Belastung eines Subscription-Lizenz besteht hingegen weiter (TRIMBLE, 2018-2: 5). Egal welches Lizenzmodell gewählt wird, entstehen durch die Softwareeinführung Kosten. Dabei sind es nicht nur die Kosten für die Softwareanschaffung an sich, sondern auch Hardware, Schulungskosten und anfängliche Effizienzdefizite/Produktivitätsausfälle. Die folgende Abbildung 75 stellt die anteiligen Kosten für eine Softwareeinführung dar.



SPENGLER, KARL, 2017

Abb. 141: Kostenfaktoren bei einer Softwareeinführung

Dabei lassen sich die Personalkosten für die Mitarbeiterschulungen oder Effizienzdefizite in der Einarbeitungsphase schwierig beziffern, da dies von vielen unterschiedlichen Kriterien abhängig ist, wie z.B. der individueller Kenntnisstand der Mitarbeiter, die bisherige Arbeitsweise oder eine IT-Affinität der Mitarbeiter (BAY. IK., 2018: 16).

Die Kosten für die Einführung der Soft- und Hardware lässt sich im Gegensatz zu den Personalkosten leichter und pauschaliert darstellen. Die Investitionskosten für einen gut ausgestatteten Arbeitsplatz mit leistungsfähigem Computer und der nötigen Software können ab ca. € 5.000,- netto kalkuliert werden. Hinzu kommen laufende Kosten für die Software von ca. € 3.000,- netto jährlich für die Folgejahre (ab dem 2. Jahr). Zusätzlich müssen noch die Einrichtungskosten der IT, Installation und Bereitstellung mit weiteren ca. € 1.000,- netto angesetzt werden. Auf drei Jahre hochgerechnet entstehen durch die Einführung der Soft- und Hardware Investitionskosten von ca. € 12.000,- pro Arbeitsplatz. Da jedes Unternehmen aber individuelle Bedürfnisse und Umfang der BIM-Anwendungen hat, sind je nach Software und Umfang der benötigten Softwarelösungen auch wesentlich höhere Kosten möglich (BAY. IK., 2018: 16).

Netto-Kosten pro Arbeitsplatz in Euro

Software für leistungsfähigen Computer ab ca.	IT-Installation, Bereitstellung ab ca.	Laufende Soft- ware-Kosten ab ca.
5.000	1.000	3.000

BAY. IK., 2018

Abb. 142: Investitionskosten (EUR) für die Einführung der Soft- und Hardware pro Arbeitsplatz

Besonders in diesen Anfangszeiten von BIM für die Landschaftsarchitektur kann es nötig sein, jedes Jahr auf die neueste Softwareversion upzugraden, da die Hersteller jedes Jahr neue Funktionen und Werkzeuge in den Softwareanwendungen für die Landschaftsarchitektur integrieren, die die Modellierung und die Verwaltung der Modelldaten verbessern und effizienter gestalten. So wird es bei Vectorworks wahrscheinlich erst mit der Version 2020 oder Version 2021 möglich sein, die Kosten für die Bauteile der KG 500 im BIM-Modell einzugeben und nach DIN 276 auszugeben.

Grundsätzlich muss die Frage der Kosten für die Einführung der Soft- und Hardware jedoch vor dem Hintergrund der Zukunftsfähigkeit des Unternehmens betrachtet werden. Investitionen in BIM sind Investitionen in die Zukunft. Nicht zu investieren bedeutet Stillstand und birgt die Gefahr entscheidender Wettbewerbsnachteile, deren Kosten die anfänglichen Investitionskosten sicherlich übersteigen (BAY. IK., 2018: 16).

Auch wenn für die Landschaftsarchitektur noch keine BIM-Software existiert, die allen Anforderungen und Bedürfnissen gerecht wird, ist es wichtig, loszulegen. Für die Übergangsphase wird deshalb empfohlen die beste verfügbare Software (z. B. Kombination von CAD- und BIM-Produkten) für die Projektarbeit auszuwählen. Diese sollte trotzdem die meisten obigen Kriterien erfüllen. Wenn dann eine BIM-Anwendung für die Landschaftsarchitektur vorhanden ist kann der Umstieg auf diese durchgeführt werden (SCHOBER et. al., 2017: 21).

10.2.2 Vorbereitung und Schulung der Mitarbeiter

Für die erfolgreiche Implementierung der BIM-Methodik im Unternehmen ist die Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter entscheidend. Nur durch gut ausgebildetes Personal lässt sich der BIM-Wandel sinnvoll und angepasst an die vorhandenen Bedingungen vollziehen. Dabei ist nicht nur die Schulung der Software von Bedeutung, sondern auch bestimmter methodischer und theoretische Grundlagen, wie Objektorientierte Modellierung, Geometrische Modellierung, Austauschformate und kooperative Zusammenarbeit. Erst durch das ganzheitliche Wissen über die BIM-Methode können Probleme beim Arbeiten mit digitalen Bauwerksmodellen reduziert und vermieden werden. Ein typisches vermeidbares Beispiel ist die Verwendung von falschen Bauteiltypen und -klassen bei der Konstruktion des digitalen Modells. Zwar kann die Geometrie inklusive Attributen eine Mauer darstellen, wenn jedoch der falsche Bauteiltyp (z.B. Bodenbelag) zugeordnet ist, können nachfolgende Anwendungen zu falschen Ergebnissen führen. Solche semantischen Fehler sind sehr schwer zu identifizieren und können weitreichende Folgen haben (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 40- BORRMANN et. al.: 565).

Schulungs- und Weiterbildungsprogramme von BIM müssen auch über die Gründe für die Verwendung von BIM und den damit verbundenen Chancen und Risiken aufklären. Hierdurch lässt sich im Unternehmen eine pro-digitale Pro-BIM-Mentalität einbringen und für den Aufbau des wertvollen geistigen Kapitals im Unternehmen sorgen (vgl. SCHOBER et. al., 2017; AUTODESK, 2015-1). Zusätzlich zu dem Schulungs- und Weiterbildungsprogramm für die BIM-Grundlagen sind Schulungen und Weiterbildungen für die neuen Rollen und Aufgaben durchzuführen. Hier kann beispielsweise der BIM-Manager genannt werden, der wesentliche Kenntnisse auf dem Gebiet der Angewandten Informatik besitzen sollte (BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 40- BORRMANN et. al.: 565).

Die Schulungen und Weiterbildungen der Softwarekenntnisse kann durch den Hersteller erfolgen oder durch ein anderweitiges Schulungs- und Weiterbildungsangebot. Allerdings gibt es noch sehr wenige Schulungs- und Weiterbildungsangebote für BIM in der Landschaftsarchitektur. Bei Schulungen und Weiterbildungen der methodischen und theoretischen BIM-Grundlagen sollte darauf geachtet werden, ein Programm zu wählen, welches auf dem Rahmenlehrplan von buildingSMART

aufbaut und nach dem Professional Certification Program von buildingSMART zertifiziert ist (MERZ, 2019).

Eine wichtige Rolle bei der BIM-Ausbildung kommt den Universitäten und Hochschulen zu, um die nächste Generation von Landschaftsarchitekten frühzeitig auf die Anforderungen in der Arbeit mit BIM vorzubereiten und ebenfalls die nötigen Anforderungen und Workflows für BIM in der Landschaftsarchitektur zu entwickeln. Die Studenten müssten im Rahmen ihres Studiums die methodischen und theoretischen BIM-Grundlagen sowie Softwarekenntnisse vermittelt bekommen, so dass sie in den Unternehmen direkt einsteigen können und gegebenenfalls auch den BIM-Umstieg im Unternehmen begleiten können. Zur Zeit widmen sich in Deutschland nur einige wenige Hochschulen dem Thema BIM in der Landschaftsarchitektur und BIM in der Ausbildung (vgl. BORRMANN et. al., 2015 - Kap. 40-BORRMANN et. al.; BRÜCKNER, 2018-1; THON, PETERS, 2018).

10.3 Stufe 3: Einführungs- und Pilotphase

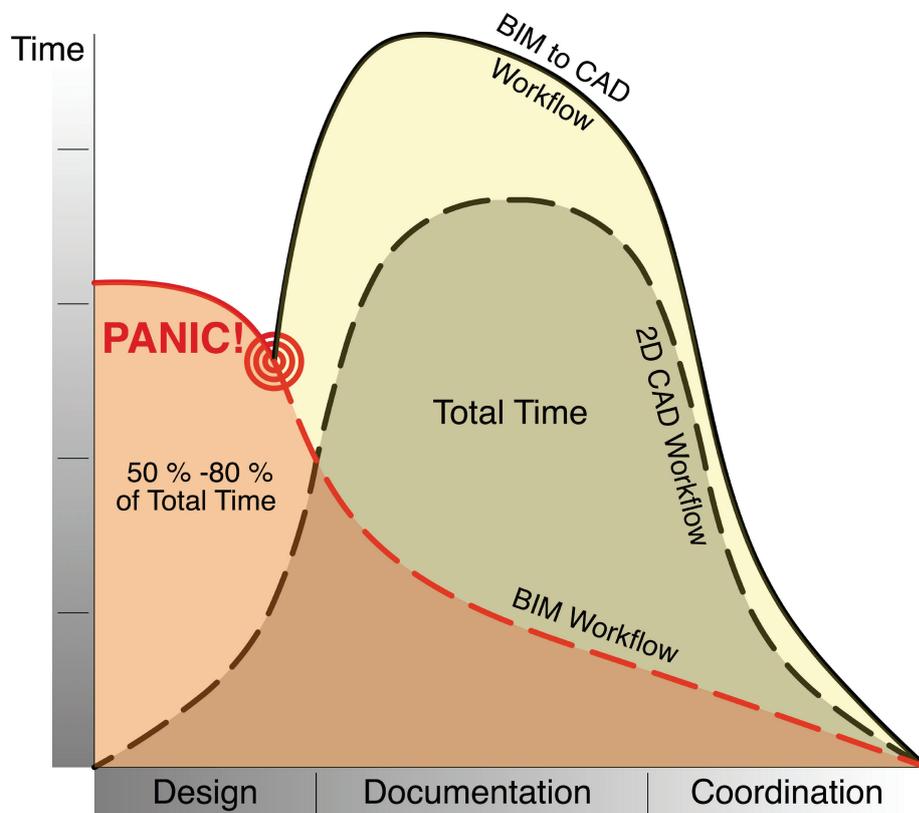
Die Stufe 3 des BIM-Implementierungsprozesses umfasst im Kern das Sammeln erster Erfahrungen mit BIM im Rahmen eines Pilotprojektes und die Schaffung der neuen Arbeitsstrukturen, Objektdatenbanken und Vorlagen. Im ersten Schritt muss hierfür erst einmal die Installation der BIM-Soft- und Hardware im Unternehmen erfolgen. Hierfür müssen bestehende Computer für die Installation der BIM-Software vorbereitet und neue Computer eingerichtet und ans Netzwerk angeschlossen werden. Darauf folgt dann die Installation und Aktivierung der BIM-Software. Dieser Prozess kann von der eigenen IT-Abteilung oder IT-Verantwortlichen durchgeführt werden oder von einem externen IT-Unternehmen, welches gegebenenfalls auch für die Wartung des Servers verantwortlich ist. Parallel zur Installation der Soft- und Hardware kann mit der Auswahl und Vorbereitung des Pilotprojekts begonnen werden.

10.3.1 Auswahl und Durchführung eines Pilotprojekts

Bei der Einführung von BIM ist es allgemein empfohlen, BIM zuerst an einem Pilotprojekt durchzuführen, um sich mit der BIM-Methode vertraut zu machen und den Mitarbeitern die Möglichkeit zu bieten, sich ohne den normalen Projektstress in BIM einzuarbeiten. Das Pilotprojekt sollte deswegen als Lernprojekt mit Investitionscharakter in die eigene Wettbewerbsfähigkeit angesehen werden. Deswegen müssen hier budgetär andere Freiheitsgrade herrschen, als bei Anwendungsprojekten, die eine Optimierung von Zeit, Kosten und Qualität als primäre Zielstellung definiert haben. Wenn das Pilotprojekt kein rein fiktives Projekt ist, ist es wichtig, mit dem Auftraggeber und den anderen Projektbeteiligten über das Thema BIM-Pilotprojekt zu sprechen und alle Beteiligten aufzuklären, dass es gegebenenfalls etwas länger dauern könnte (vgl. BISCHOF et. al., 2018; HAUSKNECHT, LIEBICH, 2016). Bei der Auswahl des BIM-Pilotprojekts sollte auch kein überdimensionales Projekt gewählt werden, sondern bevorzugt ein kleineres, einfaches Projekt. Es geht um das Sammeln von BIM-Erfahrungen und das Vertrautmachen mit der Software. Die ersten Projekte sollten möglichst ohne Zwischenfälle verlaufen und so ein positives Signal an die Mitarbeiter zur Stärkung der BIM-Mentalität aussenden (EGGERT et. al., 2013: 35).

Im Vorfeld der Durchführung des Pilotprojekts sollte auf Grundlage der BIM-Strategie klare, priorisierte Zielvorstellungen an das Pilotprojekt definiert werden, so dass das Pilotprojekt nicht mit falschen Erwartungen angegangen wird und die Beteiligten am Ende enttäuscht vom Ergebnis sind. Die sehr unterschiedlichen Erwartungen an die Ergebnisse des Pilotprojekts, erfordern es, gegebenenfalls mehrere Pilotprojekte nacheinander durchzuführen, um so Priorisieren zu können. So könnte das erste Pilotprojekt auf das geometrische Modellierung und die Attributierung sowie die richtige Zuteilung der Bauteile in den Klassen beschränkt sein. Hierzu könnte das BIM-Pilotprojekt in einer little/closed-BIM-Umgebung durchgeführt werden, um die Pläne aus dem Modell als 2D-DWG und 2D-PDF zur Verfügung zu stellen. Im zweiten Pilotprojekt könnte dann der Fokus auf dem kooperativen Zusammenarbeiten und dem Austausch des BIM-Modells mittels IFC liegen (vgl. BISCHOF et. al., 2018, AUTODESK, 2015-1).

Wenn die BIM-Software nicht richtig für die Landschaftsarchitektur ausgelegt ist, ist es besonders zu Beginn der Arbeit mit BIM möglich, dass nicht alle Details der Planung mit BIM modelliert und klar dargestellt werden können. In so einer Situation kann es dann erforderlich sein, das 3D-BIM-Modell mit 2D-Zeichnungen zu ergänzen. Dabei sollte soweit wie möglich alles im BIM-Modell modelliert werden und nur wenn es gar nicht anders geht mit gesonderten 2D-Zeichnungen ergänzt werden. Dies sollte möglichst nur eine Übergangslösung sein und keine Dauerlösung darstellen. Auch gilt es zu vermeiden, in Panik zu geraten und zu einer 2D-Denkweise und Planung zurückzukehren wenn die Umsetzung des BIM-Modells lange dauert oder schwierig ist. Eine solche Entscheidung kann sich als nachteilig erweisen und eine zusätzliche Hürde für die BIM-Einführung darstellen, da sich in den Köpfen der Mitarbeiter festgesetzt hat, dass BIM nicht funktioniert. Darüber hinaus kann es auch mehr Zeit und Geld kosten, die BIM-Planung in eine 2D-Planung (zurück) zu übertragen (BANKS, 2015). Die folgende Abbildung 143 zeigt diese Situation.



BANKS, 2015

Abb. 143: Zeit- und Arbeitsaufwand bei einem Wechsel von der 3D-BIM-Planung zur 2D-CAD-Planung

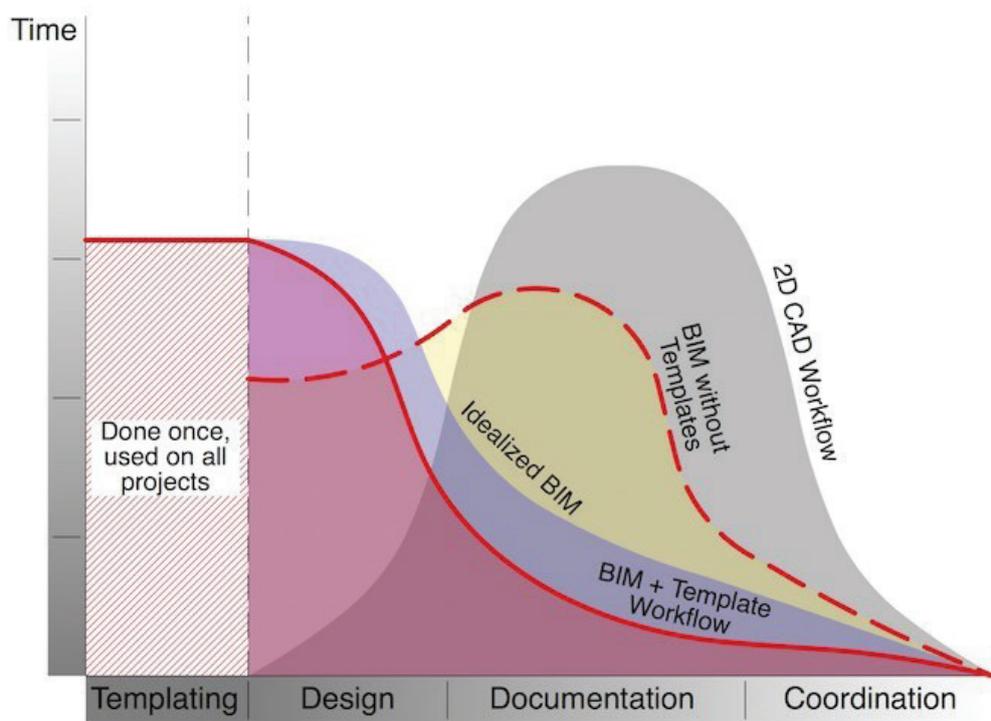
Dabei ist zu der Abbildung 143 anzumerken, dass es sich bei den dargestellten Kurven um idealisierte Kurven handelt und sich in der Realität durchaus ein anderer Verlauf zeigen kann. Das langfristige Ziel sollte immer sein, das gesamte Projekt im BIM-Modell mit allen Details und Attributen darzustellen.

Am Schluss stellt sich noch die Frage, wer das Pilotprojekt machen sollte. Je nach der Rollen- und Aufgabenverteilung im Unternehmen bieten sich hierfür der designierte BIM-Koordinator oder der BIM-Champion an. Unabhängig wer das Pilotprojekt durchführt, ist es entscheidend, wichtige Erfahrungen und Arbeitsabläufe parallel zu dokumentieren, da diese als Grundlage zur Schaffung von Unternehmensstandards und Arbeitsstrukturen dienen. Des Weiteren sollte derjenige seine gemachten Erfahrungen mit BIM den anderen Mitarbeitern über z.B. ein Mentoring-Programm vermitteln und so zum Aufbau eines adäquaten Kenntnisstandes im Unternehmen beitragen. Da dies sowieso schon die wesentlichen Aufgaben des BIM-Champions sind, kann es sich empfehlen, diesen auch das Pilotprojekt durchführen zu lassen, um eine doppelte Arbeit zu vermeiden (vgl. BISCHOF et. al., 2018; HAUSTEC, 2017; EGGERT et. al., 2013).

10.3.2 Schaffung neuer BIM-Unternehmensstandards und Arbeitsstrukturen

Das Pilotprojekt dient aber nicht nur zum Einarbeiten in die Software, sondern vor allem dienen die Erfahrungen aus dem Pilotprojekt als Grundlage für die Erstellung von BIM-Unternehmensstandards und Arbeitsstrukturen. Diese können z.B. die Arbeitsabläufe- und strukturen in der Projektbearbeitung sein, aber auch erste Kenntnisse über den Zeitaufwand bei der Arbeit mit BIM als Grundlage für Honorarangebote und sonstige Prozesse. Ein wichtiger BIM-Unternehmensstandard, der aus dem Pilotprojekt entwickelt werden sollte, ist Qualitätsmanagement und -kontrolle (vgl. AUTODESK, 2015-1; HAUSTEC, 2017). Dabei geht es um die Frage, wie werden die BIM-Planung unternehmensintern geprüft. Bei der herkömmlichen 2D-Planung erfolgt diese Kontrolle zumeist nach dem 4-Augen-Prinzip. Ob diese Methode auch in der BIM-Planung Anwendung findet oder ob alles über festgelegte Regeln im Modell-Checker passiert, ist dabei jedem Unternehmen frei überlassen.

Dabei dient das Pilotprojekt nicht nur zur Erstellung von BIM-Unternehmensstandards und Arbeitsstrukturen, sondern sollte auch zum Aufbau der eigenen Objektdatenbank und BIM-Vorlagen verwendet werden. Um effektiv mit BIM arbeiten zu können, sind Objektdatenbanken und Vorlagen essentiell, da sie Standards für das Unternehmen definieren und während der Projektarbeit ein erhebliches Zeitersparnis darstellen. Sie werden einmal erstellt und können dann immer wieder verwendet und aktualisiert werden und tragen so zum effizienten BIM-Prozess bei.



BANKS, 2015

Abb. 144: Zeiterparnis durch Objektbibliotheken und BIM-Vorlagen im Vergleich zur 2D-Planung und zur BIM-Planung ohne Vorlagen

Bei den Objekten für die Datenbank sollte die Objektbibliothek am Anfang auf die typischsten Bauteile, Konstruktionselemente und Standarddetails beschränkt werden. Jedes Projekt wird seine speziellen Objekte haben, aber Objekte wie Wege, Straßen oder Rasen sind sehr wahrscheinlich in jedem Projekt enthalten. So verhält es sich auch bei den BIM-Vorlagen, die als Vorlagen die für die Organisation und Darstellung in jedem Projekt benötigt werden, wie z.B. Schriftfeld, Layouts, Organisationsmethoden, allgemeine Daten, IFC-Schemata, Prüfregele, usw (BANKS, 2015).

10.4 Stufe 4: Optimierungsphase

Die Stufe 4 steht in der BIM-Implementierung für Reflektion und Optimierung des BIM-Prozesses. Dabei werden die gemachten Erfahrungen aus dem oder den Pilotprojekten im Team reflektiert und kritisch hinterfragt, um so Optimierungspotenziale innerhalb der BIM-Unternehmensstandards und -Arbeitsstrukturen zu identifizieren und den BIM-Prozess im Unternehmen weiterzuentwickeln. Das Sammeln von Erfahrungen und die daraus resultierende stetige Weiterentwicklung und Verbesserung im Rahmen der Projektarbeit sind wesentlicher Bestandteil der BIM-Entwicklung des Unternehmens. Auch geht es bei der Reflektion darum, zu ermitteln, wo vielleicht noch Wissenslücken sind, die im nächsten Projekt angegangen werden müssen. Die Entwicklung des BIM-Know-How sichert die Zukunft des Unternehmens. Mit den im ersten BIM-Projekt gewonnenen Erfahrungen sollte das nächste Projekt gestartet werden, das komplexer ausgelegt sein kann (HAUSTEC, 2017), um mit jedem Projekt den Wissensstand und das Know-How kontinuierlich zu erweitern. In dem Zuge sind Objektdatenbank und BIM-Vorlagen kontinuierlich zu bewerten, zu ergänzen und zu aktualisieren. Je nach Unternehmen und BIM-Level kann der gesamte Implementierungsprozess mehrere Monate bis Jahre in Anspruch nehmen (HAUSTEC, 2017), zumal allen BIM-Programmen zu eigen ist, dass sie ein erheblich strukturierteres Planen und Denken erfordern, als CAD (BAY. IK., 2018).

BIM ist deshalb nicht gleich als Ganzes zu implementieren. Es muss nicht gleich am Anfang ein volles BIM-Modell mit 4-,5- und 6D sein. Erst einmal gilt es nur den Umstieg von 2D auf 3D zu schaffen und dann das Wissen und die Methodik schrittweise auf- und auszubauen. Die BIM-Entwicklung und die Weiterentwicklung des Unternehmens hört aber nicht mit dem Abschluss der BIM-Implementierung oder zu einem späteren Zeitpunkt auf. Es ist ein andauernder Prozess. Im regelmäßigen Abstand sollten deshalb die BIM-Prozesse im Unternehmen reflektiert werden, um den BIM-Prozess effizienter zu gestalten und sich weiterzuentwickeln. Dabei kann man sich an den vier Stufen der BIM-Implementierung orientieren (TRIMBLE, 2018-2: 1). Es ist aber wichtig, nicht nur auf die unternehmensinternen Prozesse zu schauen und diese zu bewerten, sondern auch nach Außen, auf den Markt. Dabei kann man sich folgende Fragen orientieren (TRIMBLE, 2018-1: 6):

- Welche Entwicklungen sind am Markt oder von regulatorischer Seite zu beobachten, die unsere aktuellen Prozesse beeinflussen könnten? Welche Erwartungen werden wir in Zukunft erfüllen müssen?
- Welche Ziele haben wir als Unternehmen? Wie möchten wir uns künftig entwickeln?
- Wie würden wir unsere Arbeitsprozesse und unser Leistungsspektrum ausbauen wollen, wenn sich neue Chancen auftun?

Die BIM-Entwicklung steht nicht still, sondern schreitet kontinuierlich weiter fort. Genauso sollte es der Anspruch eines Unternehmens sein, sich in der BIM-Methodik stetig weiterzuentwickeln, um wettbewerbs- und zukunftsfähig zu bleiben.

11 Résumé und Ausblicke

Die Baubranche befindet sich durch das Building Information Modeling im Umbruch. Gegenüber der herkömmlichen 2D-Planung, in der ein Entwurf mittels Grundrissen, Schnitten, Ansichten und Details dargestellt wurde und es oft zu Redundanzen in den Plänen kommt, ist BIM das Modellieren des Entwurf in einem 3D-Bauwerksmodell, in dem alle Planungen abgeleitet werden. Hierdurch werden Redundanzen in der Planung ausgeschlossen. In dem auch alle Projektbeteiligten an einem Modell arbeiten, können Planungsfehler frühzeitig erkannt und behoben werden, wodurch auch die Anzahl der Nachträge erheblich gesenkt wird. Dabei geht BIM aber noch weiter, als ein einfaches 3D-Modell. Zusätzlich zu der geometrischen Darstellung wird im Modell für jedes Bauteil die spezifischen alphanumerischen Informationen, wie unter anderem Materialien, Oberfläche, Eigenschaften, Kosten, usw., hinterlegt. Durch BIM wird ein Bauwerk zweimal gebaut. Das erste Mal digital und das zweite Mal real. Das BIM-Modell stellt so den digitalen Zwilling des gebauten Bauwerks dar. Hierdurch kann das BIM-Modell im Anschluss der Planungs- und Bauphase für die Koordination und Planung der Wartungs- und Unterhaltungsmaßnahmen genutzt werden.

Diese Arbeit beschäftigte sich mit der Frage, wie die Grundlagen für BIM für die Landschaftsarchitektur aussehen und was der aktuelle Stand der BIM-Methodik für die Landschaftsarchitektur zur Zeit ist. Dabei zeigt die Arbeit, dass die Idee von BIM im allgemeinen bereits sehr weit entwickelt ist und gut anwendbar ist, es allerdings für die Verwendung von BIM in der Landschaftsarchitektur noch große Defizite gibt. Dabei muss das Thema aber von zwei Seiten betrachtet werden: Der *technologischen Seite* und der *organisatorisch-rechtlichen Seite*.

Aus der technologischen Seite sind heute bereits leistungsstarke Möglichkeiten zum Modellieren und Austausch der Daten vorhanden, allerdings jeweils noch mit zum Teil großen Defiziten für die Landschaftsarchitektur. So bietet das neutrale Industry Foundation Classes-Format die Möglichkeit das Modell und die Daten zwischen allen Projektbeteiligten über die Grenzen der verschiedenen Softwareanwendungen hinweg auszutauschen. Dabei ist jedes Bauteil im IFC-Format einer Bauteilkategorie zugeordnet. Beim Betrachten dieser Klassen des IFC-Formats hat sich allerdings gezeigt, dass es zur Zeit noch keine Klasse für die Elemente der Landschaftsarchitektur, wie Belagsflächen, Bäume oder Ausstattungsgegenstände,

gibt. Um dieses Problem zu umgehen, müssen die Klassen der Architektur zweckentfremdet werden oder die Bauteile müssen als “Sonderbauteile” klassifiziert werden. Dies kann allerdings wiederum zu Problemen beim Import und Bearbeiten des IFC-Modells führen. Dabei fehlen aber nicht nur die relevanten IFC-Klassen, sondern auch Festlegungen zu den grundlegenden alphanumerischen Informationen, die für jedes Bauteil im Modell hinterlegt werden. Diese festzulegen ist besonders wichtig, so dass nicht jedes Unternehmen seine eigenen Parameter festlegt. Die wichtigsten alphanumerischen Parameter müssen einheitlich im IFC-Datenschema hinterlegt werden. Diese Probleme mit dem IFC stellen aber keinen allgemeinen Ausschlussgrund für die BIM-Verwendung in der Landschaftsarchitektur dar. Zumal auch berufsständige Organisationen, wie buildingSMART International, buildingSMART Germany, BDLA und FLL, dieses Problem erkannt haben und jeweils eigene Fach- und Arbeitsgruppen gegründet haben, um das IFC für die Landschaftsarchitektur zu entwickeln und die alphanumerischen Parameter zu bestimmen. buildingSMART International stellt seine erste Ergebnisse für ein mögliches IFC für die Landschaftsarchitektur voraussichtlich Anfang 2020 vor. Die Entwicklung vom IFC für die Landschaftsarchitektur steht aber noch am Anfang und es ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht absehbar, wann der IFC für die Landschaftsarchitektur veröffentlicht wird.

Auch zur technischen Seite gehören die Softwareanwendungen zum Erstellen und Visualisieren der BIM-Modelle. Die Softwareanwendungen spiegeln dabei besonders deutlich die auf die Architektur und das Ingenieurwesen fokussierte Entwicklung der BIM-Methodik in den letzten Jahrzehnten wieder. Die Arbeit hat gezeigt, dass eine Modellierung der Freianlagen mit keinem der untersuchten Anwendungen in vollem Umfang möglich ist. Alle Softwareprogramme haben dabei sowohl Vor- als auch Nachteile in ihrer Funktionalität. Ein grundlegendes Problem bei den Softwareprogrammen ist, dass explizite Workflows und Werkzeuge für die Modellierung der Landschaftsarchitektur fehlen. Zusätzlich haben die Programme Schwierigkeiten bei der Arbeit mit DGM als Grundlage der Planung. Diese lassen sich unterschiedlich gut in den verschiedenen Anwendungen an die neue Planung anpassen. Auch fehlen zumeist Bauteilbibliotheken mit Elementen der Landschaftsarchitektur in den Anwendungen. Als positives Beispiel hierfür ist aber besonders Vectorworks Landschafts 2019 hervorzuheben, das eine sehr gute und umfangrei-

che Bauteilbibliothek für die Landschaftsarchitektur aufweist. Die Modellierung der Landschaft erfolgt aber fast in allen Anwendungen wieder über Workflows und Werkzeuge für Architektur. Auch für die Anlage eigener Bauteilbibliotheken müssen die Workflows und Werkzeuge für Architektur verwendet werden. Dies funktioniert aber z.B. in Autodesk Revit 2020 sehr flüssig und erlaubt eine durchaus zufriedenstellende Modellierung der Freianlagen. Zusätzlich zu den Werkzeugen und Bauteilbibliotheken bieten Vectorworks Landschaft 2019 und Autodesk Revit 2020 eine Visual-Scripting-Umgebung, welche auch für den Entwurf der Freianlagen gut verwendet werden kann und jeweils eine umfangreiche Bibliothek an vorgeschriebenen Script-Blöcken aufweist, welche es auch Anfängern erlauben, eigene Scripte zu erstellen. Trotz der Vor- und Nachteile der Softwareanwendungen hat die Arbeit ergeben, dass es heutzutage durchaus schon möglich ist, Autodesk Revit und Vectorworks Landschaft für die Erstellung und Visualisierung von BIM-Modelle der Landschaftsarchitektur zu verwenden. Beide Softwareanwendungen erfordern aber für den Einstieg eine sehr steile Lernkurve. Wie die zukünftige Entwicklung der verschiedenen Softwareanwendungen im Bezug auf die Anforderungen und Bedürfnisse der Landschaftsarchitektur aussieht, ist im Rahmen dieser Arbeit nicht abschließend zu bestimmen. So entwickelt Vectorworks seine Anwendung jährlich weiter und ergänzt nach eigener Aussage jährlich neue Funktionen und Werkzeuge, die die BIM-Modellierung der Freianlagen verbessern sollen. Auch Widemann Systeme entwickelt nach eigener Aussage eine eigene BIM-Anwendung für die Landschaftsarchitektur. Zum jetzigen Zeitpunkt ist es aber noch nicht sicher welche Softwaregrundlage für diese Anwendung verwendet wird. Nach Aussage des Herstellers wird die Anwendung vermutlich auf Autodesk Revit basieren. Wann die BIM-Anwendung von Widemann Systemen veröffentlicht wird, ist noch nicht absehbar. Ob Autodesk für Revit Workflows und Werkzeuge für die Landschaftsarchitektur entwickelt, ist ungewiss. Wenn man aber Autodesk AutoCAD betrachtet, fehlen dort seit jeher explizite Werkzeuge für die Landschaftsarchitektur, weswegen es fraglich ist, ob Autodesk Revit für die Landschaftsarchitektur weiterentwickelt.

Ein Ergebnis der Arbeit zeigt, dass von der technischen Seite, trotz der Defizite, die wichtigsten Voraussetzungen für die erfolgreiche Verwendung von BIM in der Landschaftsarchitektur erfüllt sind.

Die größten Hindernisse bei der BIM-Einführung kommen so nicht von der technischen Seite, sondern von der organisatorisch-rechtlichen Seite. So gibt es von dieser Seite noch viele offene Fragen, welche unter anderem die Vertragsgestaltung, Vergütung und die Haftung oder die BIM-Projektentwicklung angehen. So wird oft als Argument gegen BIM angebracht, dass BIM mit der HOAI nicht vereinbar ist, da BIM zu einer Verlagerung des Planungsaufwandes in die früheren Leistungsphasen führt. Der Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung e.V. hat Anfang 2019 hierzu eine erste Orientierungsvorlage *“Heft 11- Leistungen Building Information Modeling - Die BIM-Methode im Planungsprozess der HOAI”* veröffentlicht, in welcher er eine erste Empfehlung für die Vergütung der BIM-Leistungen auf Grundlage der HOAI gibt. Demnach erlaubt die HOAI durchaus den Einsatz von BIM, da sie die Leistungen unabhängig einer Erstellungsmethode beschreibt. So werden mit BIM die gleichen Grundleistungen wie mit der herkömmlichen 2D-Planungsmethode erarbeitet. BIM geht aber über diese Grundleistungen hinaus, weswegen es wichtig ist, genau abzugrenzen und vertraglich festzuhalten, was noch zu den Grundleistungen und was Besondere Leistungen nach der HOAI sind. Diese Unterteilung zwischen Grund- und Besondere Leistungen erfordert allerdings von allen Beteiligten eine sehr gute Kenntnis des ganzen BIM-Prozesses. Hierfür hat die AHO im Heft 11 erst Vorschläge für die besonderen BIM-Leistungen gemacht, allerdings nur für die Architektur und das Ingenieurwesen, wobei diese auch auf die Landschaftsarchitektur übertragbar sind.

Die Vergütungsfrage ist auch Teil der offenen vertraglichen Fragestellungen. Um den enormen Effizienzgewinn und die steigende Kosten- und Terminalsicherheit mit BIM vollkommen ausnutzen zu können, ist eine kooperative anstelle einer sequentiellen Prozessbearbeitung entscheidend. Hierfür muss in Form der Auftraggeber-Informationen-Anforderungen und des BIM-Abwicklungsplans festgelegt werden, welche genauen Ziele mit BIM verfolgt werden und wie diese Ziele explizit umgesetzt werden sollen. Dabei ist es zudem wichtig, die fünf W-Fragen zu definieren: *Wer was wann wie und wofür bekommt*. Hierfür sind entsprechend transparente Bauvertragsmodelle nötig, die diese Flexibilität und kooperative Zusammenarbeit erlauben und es müssen einheitliche Modellierungsrichtlinien und Prozessabläufe verbindlich festgelegt werden. Diese kann z.B. durch BIM-spezifische Zusätze zum Vertrag (BIM-BVB) oder verbindliche Projekthandbücher erfolgen. Dabei ergibt sich im all-

gemeinen das Problem, dass es solche einheitlichen Vertragsmuster oder Vorlagen in Deutschland noch nicht gibt und zur Zeit solche Vorlagen für jedes Projekt individuell erstellt werden müssen bzw. aufgrund ihres Fehlens in den Planungs- und Bauverträgen nicht berücksichtigt werden, wodurch es bei der BIM-Umsetzung zu Schwierigkeiten und Verzögerungen kommen kann, was in der Folge zu einer häufigen Ablehnung des BIM-Prozesses führen kann.

Dies spiegelt auch den aktuellen Stand der BIM-Einführung in Deutschland wieder, die sich noch ziemlich am Anfang befindet. Erst 2015 wurde durch das BMVI die erste BIM-Strategie für Deutschland, der *“Stufenplan Digitales Planen und Bauen”*, veröffentlicht. Demnach soll für alle Infrastrukturprojekte des Bundes ab 2020 die Verwendung von BIM verbindlich vorgeschrieben werden. Hierzu wird BIM derzeit an Pilotprojekten im Infrastrukturbau erprobt, um Erfahrungen mit BIM zu sammeln. Aus diesen Erfahrungen sollen, dann unter anderem die fehlenden Standards und Vorlagen für die BIM-Abwicklung, wie die AIA, BAP und Vertragsvorlagen, entwickelt werden. Hierzu entwickelt auch der VDI in seiner Richtlinie 2552 Blatt 1-11 Standards und Vorgaben für die BIM-Anwendung in Deutschland, um so ein einheitliches Verständnis und Grundlage für die BIM-Verwendung zu schaffen. Ein Teil dieser Blätter sind bereits als Richtlinie oder Entwurf veröffentlicht und können verwendet werden. Allerdings wird bei der Schriftenreihe des VDI nicht auf die vertraglichen Rahmenbedingungen eingegangen, sondern lediglich auf den BIM-Prozess.

So ist zur Zeit noch ein Blick ins europäische Ausland oder über den Atlantik in die USA nötig, da BIM dort zum Teil schon seit Mitte der 2000er Jahre flächendeckend erfolgreich verwendet wird. Hierdurch sind dort auch die in Deutschland noch fehlenden Standards und Vorlagen bereits vorhanden und können als Orientierungshilfe verwendet werden. Zusätzlich hat sich dort auch gezeigt, dass für die flächendeckende Einführung von BIM ein gewisser *“Impuls von oben”* hilfreich und nötig ist. Dabei ist aber nicht nur der Gesetzgeber gefordert, sondern es bedarf einer Zusammenarbeit zwischen Politik, Verbänden, Industrie und Hochschulen die fehlenden Standards, Vorlagen und Workflows für die allgemeine BIM-Verwendung und explizit für die Landschaftsarchitektur zu entwickeln. Für die Landschaftsarchitektur bedeutet dies z.B. auf der Grundlage der bestehenden Software spezifische

Workflows zu erstellen beziehungsweise einen eigenen BIM-Referenz-Bauprozess zu entwickeln, analog dem BIM-Referenz-Bauprozess, der bereits vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik, AEC3 und AHO für den Hochbau entwickelt wurde.

An dieser Stelle sind auch die Hochschulen gefragt, sich aktiv in die BIM-Entwicklung und Einführung einzubringen, da für die erfolgreiche Einführung der BIM-Methodik die Aus- und Weiterbildung entscheidend ist. Um den BIM-Wandel sinnvoll und erfolgreich zu vollziehen, bedarf es gut ausgebildeter Fachleute, die angepasst auf die vorhandenen Bedingungen BIM anwenden und auch Unternehmen bei der Einführung von BIM unterstützen können. Hierfür sind Kenntnisse von methodischen Grundlagen, wie geometrisches und objektorientiertes Modellieren, kooperative Zusammenarbeit und der BIM-Abwicklung, aber auch vom IFC-Schema und den rechtlichen Grundlagen nötig. buildingSMART International hat hierfür einen Rahmenlehrplan erarbeitet, der die wichtigsten BIM-Kenntnisse strukturiert vermittelt, um so international einen vergleichbaren Standard in der BIM-Qualifizierung zu schaffen. Dieser wurde auch von der VDI in der Richtlinie 2552 Blatt 8 "BIM-Qualifizierung der Rahmenlehrplan" aufgegriffen und auf den deutschen Rechtsrahmen und Anforderungen angepasst. Denn erst durch eine einheitliche und strukturierte Aus- und Weiterbildung in der BIM-Methodik können Probleme beim Arbeiten mit digitalen Modellen reduziert und eine erfolgreiche Zusammenarbeit sichergestellt werden.

Abschließend kann zu dem Thema "BIM in der Landschaftsarchitektur" gesagt werden, dass BIM immer mehr an Bedeutung in der Projektbearbeitung gewinnt. Dabei ist es keine Frage mehr, ob BIM der Standard der Planung wird, sondern wann auch in Deutschland der Durchbruch kommt. Wie bereits bei der ersten digitalen Revolution mit der Einführung von CAD ist es für Hochschulen und Unternehmen wichtig, sich frühzeitig mit dem Thema BIM zu beschäftigen. Wenn BIM in der Branche angekommen sein wird, werden jene Hochschulen und Unternehmen profitieren, die sich bereits intensiv mit BIM beschäftigt haben und mit dem Umgang im digitalen Bauwerksmodell vertraut sind.

Literaturverzeichnis

Literaturquellen

Accenture (2015): Mut, anders zu denken: Digitalisierungsstrategien der deutschen Top500; Kronberg; Accenture.

ADAMSKY, Florian (2014): Beziehungen zwischen Objekten. Vorlesungsskript zum Fach „Softwareentwicklung“ im WS 2014/15; Gießen; Technische Hochschule Mittelhessen.

AEC (UK) (2012-1): AEC (UK) BIM Protocol. Implementing UK BIM Standards for the Architectural, Engineering and Construction industry; AEC (UK).

AEC (UK) (2012-2): AEC (UK) BIM Protocol Project BIM Execution Plan. Implementing UK BIM Standards for the Architectural, Engineering and Construction industry; AEC (UK).

AEC (UK) (2015): AEC (UK) BIM Technology Protocol. Practical implementation of BIM for the UK Architectural, Engineering and Construction (AEC) industry; AEC (UK).

AFSARI, Kereshmeh; EASTMAN, Charles (2016): A Comparison of Construction Classification Systems Used for Classifying Building Product Models. Conference Paper für die 52nd ASC Annual International Conference Proceedings at the Brigham Young University in Provo, Utah; April 13-16, 2016; Hattiesburg, USA; University of Southern Mississippi.

ALBRECHT, Matthias (2015): Building Information Modeling (BIM) in der Planung von Bauleistungen; Hamburg; Disserta Verlag.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS (AIA) (2013-1): Document G202- 2013. Project Building Modeling Protocol Form- SAMPLE; Washington D.C., USA; American Institute of Architects.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS (AIA) (2013-2): Guide, Instructions and Commentary to the 2013 AIA Digital Practice Documents AIA Document. E203™-2013, Building Information Modeling and Digital Data Exhibit AIA Document | G201™-2013, Project Digital Data Protocol Form AIA Document | G202™-2013, Project Building Information Modeling Protocol Form; Washington D.C., USA; American Institute of Architects.

ARCHITEKTENKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN (AK NRW) (2016): Building Information Modeling- BIM; Unter Mitarbeit von Matthias Pfeifer, Wolfgang Zimmer, Florian Hartmann, Jörg L. Bodden, Klaus Eschenbruch und Thomas Liebich; Düsseldorf.

ASHWORTH, Simon; TUCKER, Matthew (2017): Employer's information requirements (EIR) Template and Guidance. Facilities management and client operating requirements in the Building Information Modelling (BIM) process; Hertfordshire, UK; British Institute of Facilities Management (BIFM).

ASHWORTH, Simon; TUCKER, Matthew; DRUHMANN, Carsten (2017): Employer's Information Requirements (EIR): A BIM case study to meet client and facility manager needs. Conference Paper- Conference: 16th EuroFM Research Symposium: EFMC 2017, 05.04.2017, At Madrid, Spain; Zürich, schweiz; European Facility Management Network.

ATKINS, James B.; MENDELSON, Andrew D. (2016-1): BIM Me Up, Scotty Navigating Risk in Digital Practice; Washington D.C., USA; American Institute of Architects.

AUSSCHUSS DER VERBÄNDE UND KAMMERN DER INGENIEURE UND ARCHITEKTEN FÜR DIE HONORARORDNUNG E.V. (AHO) (2019-1): Leistungen Building Information Modeling - die BIM-Methode im Planungsprozess der HOAI; Stand: Januar 2019, 1. Auflage (Schriftenreihe des AHO).

AUSSCHUSS DER VERBÄNDE UND KAMMERN DER INGENIEURE UND ARCHITEKTEN FÜR DIE HONORARORDNUNG E.V. (AHO) (2019-3): HOAI Mindest- und Höchstsätze europarechtswidrig – Auswirkungen auf HOAI-Verträge; Berlin; Ausschuss der Verbände und Kammern der Ingenieure und Architekten für die Honorarordnung.

AUTODESK (2004): Building Information Modeling- White Paper; San Rafael, USA; Autodesk.

AUTODESK (2012): A framework for implementing a BIM business transformation; San Rafael, USA; Autodesk.

AUTODESK (2015-1): Implementierung von BIM für Infrastruktur: ein Leitfaden für die grundlegenden Schritte. Autodesk BIM für Infrastructure - White Paper zur Implementierung; San Rafael, USA; Autodesk.

AUTODESK (2015-2): Ein Rahmenkonzept für die Implementierung einer Geschäftstransformation mit BIM; San Rafael, USA; Autodesk.

AUTODESK (2018-1): Classification Systems and Their Use in Autodesk Revit. Managing the "I" in BIM; San Rafael, USA; Autodesk.

- AUTODESK (2018-2): The Dynamo Primer. For Dynamo v2.0; San Rafael, USA; Autodesk; Online verfügbar unter <https://primer.dynamobim.org/de/index.html>, zuletzt geprüft am 31.08.2019.
- BALDWIN, Mark (2018): buildingSMART Professional Certification. Phase 1: Individual Qualification Overview and Sponsors Plan; Washington D.C., USA; buildingSMART International.
- BALDWIN, Mark; DIN. e.V.; Mensch und Maschine Schweiz AG (2018): Der BIM-Manager. Praktische Anleitung für das BIM-Projektmanagement; 1st ed.; Berlin; Beuth Verlag (Beuth Innovation); Online verfügbar unter <https://ebookcentral.proquest.com/lib/gbv/detail.action?docID=5399606>.
- BARLISH, Kristen; SULLIVAN, Kenneth (2012): How to measure the benefits of BIM — A case study approach. Beitrag in der „Automation in Construction“ 24 (2012): 149–159; Amsterdam, Niederlande; Elsevier B.V.
- BARTH, Brian (2016): The Limits of BIM. Beitrag im „Landscape Architecture Magazine (LAM)“ 02-/16; Washington D.C., USA; The American Society of Landscape Architects (ASLA).
- BAU- UND LIEGENSCHAFTESBETRIEB NRW (BLB NRW) (2018-1): BIM-Richtlinie des BLB NRW für die BIM-Projekte. Auftraggeber-Informationen-Anforderungen Version 1.01; Düsseldorf; BLB NRW.
- BAU- UND LIEGENSCHAFTESBETRIEB NRW (BLB NRW) (2018-3): Handbuch Koordinationswerkzeug. Handbuch als Unterstützung für den Einsatz der Koordinationssoftware Autodesk Navisworks Version 1.00; Düsseldorf; BLB NRW.
- BAU- UND LIEGENSCHAFTESBETRIEB NRW (BLB NRW) (2018-4): Handbuch Kollaborationsplattform. Handbuch als Unterstützung für den Einsatz der BIMCollab Plattform und den zugehörigen Plug-Ins Version 1.00; Düsseldorf; BLB NRW.
- BAU- UND LIEGENSCHAFTESBETRIEB NRW (BLB NRW) (2019): BIM-Richtlinie des BLB NRW für die BIM-Projekte. Auftraggeber-Informationen-Anforderungen Version 1.02; Düsseldorf; BLB NRW.
- BAUEN DIGITAL SCHWEIZ (2018): Stufenplan Schweiz. Digital Planen, Bauen und Betreiben; Bauen digital Schweiz.

- BAUER, Edmund; BAUER, Kevin; GAUDART, Dario; HOLZER, Rene; KOVACS, Peter; MALZER, Wolfgang et al. (2018): Bim in der Praxis. Auftraggeber-Informationen-Anforderungen AIA; Wien; TU-MV Media Verlag (Schriftenreihe der österreichischen Plattform 4.0, 12).
- BAYERISCHE INGENIEURKAMMER- BAU (Bay. IK.) (2018): BIM in der Praxis-Anforderungen und Tipps; München; Bayerische Ingenieurkammer-Bau.
- BEHANECK, Marian (2014): 3D oder 7D, Little oder Big, Closed oder Open? Beitrag im „TGA Fachplaner 08. 2014“; Stuttgart; Alfons W. Gentner Verlag.
- BERGS, Roland (2019): BIM-Pflichtenheft für öffentliche Auftraggeber. 14. BIM-Anwendertag Essen 9. Juni 2016; Düsseldorf; Gobar Consulting Group.
- BIM LEVEL 2 (BIS) (2019): BIM Level 2; Online verfügbar unter <https://bim-level2.org/en/>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- BIM TASK GROUP (2011): A report for the Government Construction Client Group. Building Information Modelling (BIM) Working Party Strategy Paper; London, UK; Department of Business, Innovation and Skills.
- BIMForum (2015): Level of Development Specification 2015. Level of Development Specification For Building Information Models; New York, USA; BIMForum.
- BIMForum (2016): Level of Development Specification 2016. LOD SPEC 2016 Part 1 For Building Information Models; New York, USA; BIMForum.
- BIMForum (2017): Level of Development Specification 2017. LOD SPEC 2017 Guid For Building Information Models; New York, USA; BIMForum.
- BIMForum (2019-1): Level of Development (LOD) Specification Part 1 & Commentry. LOD SPEC 2019 Part 1 For Building Information Models; New York, USA; BIMForum.
- BIMForum (2019-2): LOD Specification 2019 Part II; New York, USA; BIMForum.
- BISCHOF, Moritz; KIRMAYR, Thomas; IBP (2018): BIMiD-Leitfaden. So kann der Einstieg in BIM gelingen; Stuttgart; Fraunhofer IBP.
- BODDEN, Jörg L.; ELIXMANN, Robert; ESCHENBRUCH, Klaus (2017): BIM-Leistungsbilder; Düsseldorf; Kapellmann und Partner Rechtsanwälte.

- BOLDT, Antje (2018): BIM und Vergaberecht – Hemmschuh oder Chance?; Frankfurt am Main; Goethe-Universität, Frankfurt/Main.
- BORRMANN, André; KÖNIG, Markus; BRAUN, Matthias; ELIXMANN, Robert; ESCHENBRUCH, Klaus; HAUSKNECHT, Kerstin et al. (2016): Wissenschaftliche Begleitung der BMVI Pilotprojekte zur Anwendung von BIM im Infrastrukturbau. Zwischenbericht Wissenschaftliche Begleitung; Berlin; BMVI.
- BORRMANN, André; KÖNIG, Markus; KOCH, Christian; BEETZ, Jakob (Hg.) (2015): Building Information Modeling. Technologische Grundlagen und industrielle Praxis; Wiesbaden; Springer Vieweg (VDI-Buch).
- BORRMANN, André; LANGE, Werner; PETZOLD, Frank (2018): Digitales Planen und Bauen. Schwerpunkt BIM; München; Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V.
- BOTH, Petra von; KOCH, Volker; KINDSVATER, Andreas (2013): BIM - Potentiale, Hemmnisse und Handlungsplan. Analyse der Potentiale und Hemmnisse bei der Umsetzung der integrierten Planungsmethodik Building Information Modeling - BIM - in der deutschen Baubranche und Ableitung eines Handlungsplanes zur Verbesserung der Wettbewerbssituation; Stuttgart; Fraunhofer-IRB-Verl. (Forschungsinitiative ZukunftBau F, 2844).
- BRÜCKNER, Ilona (2018-1): BIM und um BIM herum. Herausforderungen, Chancen, erforderliche Entwicklungen für die Landschaftsarchitektur. In: Bund Deutscher Landschaftsarchitekten (BDLA) (Hg.): Landschaftsarchitekten. BIM in der Landschaftsarchitektur. 02 | 2018. Berlin: BDLA.
- BRÜCKNER, Ilona (2018-2): Workshop- BIM in der Landschaftsarchitektur. Vortrag im Rahmen der Tagung „Landschaftsarchitektur Digital, Osnabrück, 09.11.2018“; Osnabrück; Hochschule Osnabrück.
- BRÜCKNER, Ilona; MASSLING, Nils; WOZNIAK, Maïke; THIEME-HACK, Martin (2019-1): BIM-Workflow für die Landschaftsarchitektur: ein Praxisbeispiel. In: Erich Buhmann (Hg.): JoDLA 4-2019. Journal of Digital Landscape Architecture. 1. Neuerscheinung. Berlin: Wichmann, H; Wichmann Verlag.
- BRÜCKNER, Ilona (2019-2): Landscape Architecture and BIM with Revit Workshop im Rahmen der „DLA-Konferenz“ am 24.05.2019 in Dessau; Köthen; Hochschule Anhalt.

- BUHMANN, Erich (Hg.) (2018): JoDLA 3-2018. Journal of Digital Landscape Architecture; VDE-Verlag Gmbh; 1. Neuerscheinung; Berlin; VDE VERLAG.
- BUHMANN, Erich (Hg.) (2019): JoDLA 4-2019. Journal of Digital Landscape Architecture; 1. Neuerscheinung; Berlin; Wichmann, H; Wichmann Verlag.
- BUILDING AND CONSTRUCTION AUTHORITY (Singapore) (2015): BIM Particular Conditions. Version 2; Singapore.
- BUND DEUTSCHER LANDSCHAFTSARCHITEKTEN (BDLA) (Hg.) (2018): Landschaftsarchitekten. BIM in der Landschaftsarchitektur 02 | 2018; Berlin; BDLA.
- BUNDESARCHITEKTENKAMMER (BAK) (2017): BIM für Architekten. Leistungsbilder | Vertrag | Vergütung; Berlin; Bundesarchitektenkammer.
- BUNDESGERICHTSHOF (BGH), Urteil vom 26.11.1959, Aktenzeichen VII ZR 120/58: Architektenvertrag; Bauplanung; Oberleitung; Örtliche Bauaufsicht; Werkvertrag; Erstellung des Bauwerkes; Einzelleistungen.
- BUNDESGERICHTSHOF (BGH), Urteil vom 15.12.1978, Aktenzeichen I ZR 26/77: Urheberrechtsschutzfähigkeit von Darstellungen iSv UrhG § 2 Abs. 1 Nr 7. In: Wolters Kluwer Urteilsdatenbank. verfügbar unter <https://research.wolterskluwer-online.de/document/2285433b-e4f2-4357-94fb-55ea9aa441de>. zuletzt geprüft am 05.09.2019.
- BUNDESGERICHTSHOF (BGH), Urteil vom 29.03.1984, Aktenzeichen I ZR 32/82: Urheberrechtsschutzfähigkeit von Ausschreibungsunterlagen. In: Wolters Kluwer Urteilsdatenbank. verfügbar unter <https://research.wolterskluwer-online.de/document/2285433b-e4f2-4357-94fb-55ea9aa441de>. zuletzt geprüft am 05.09.2019.
- BUNDESGERICHTSHOF (BGH), Urteil vom 29.05.1988, Aktenzeichen VII ZR 182/87: Architektenhaftung bei fehlerhaften Planungsmaßnahmen des Bauherrn. In: Kanzlei Prof. Schweizer Urteilsdatenbank. verfügbar unter <https://www.schweizer.eu/bibliothek/urteile/index.html?id=11603>. zuletzt geprüft am 25.08.2019.
- BUNDESGERICHTSHOF (BGH), Revisionsurteil vom 29.09.1988, Aktenzeichen VII ZR 182/87: Architektenhaftung bei fehlerhaften Planungsmaßnahmen des Bauherrn.

BUNDESGERICHTSHOF (BGH), Urteil vom 09.05.1996, Aktenzeichen VII ZR 181/93:
Umfang des Schadensersatzanspruchs gegen einen Architekten wegen fehlerhafter Planung
oder Bauüberwachung. In: Wolters Kluwer Urteilsdatenbank. verfügbar unter <https://research.wolterskluwer-online.de/document/dd807bb2-b198-478a-9e67-fd56d8a2b888>. zuletzt geprüft
am 19.08.2019.

BUNDESGERICHTSHOF (BGH), Urteil vom 11.11.1999, Aktenzeichen VII ZR 403/98:
Werkvertrag - Verpflichtung des Auftragnehmers - Funktionstaugliches Werk - Dach -
Dichtigkeit - Wassereinbruch. In: Wolters Kluwer Urteilsdatenbank. verfügbar unter <https://research.wolterskluwer-online.de/document/98faec3f-0344-458b-8cdf-1dbff6c186c8>,
zuletzt geprüft am 04.09.2019.

BUNDESGERICHTSHOF (BGH), Urteil vom 08.11.2007, Aktenzeichen VII ZR 183/05:
Mängelhaftung des Unternehmers bei Fehlen der vereinbarten Funktionstauglichkeit des
Werks.

BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, BAU UND
REAKTORSICHERHEIT (BMUB) (2017): BMUB-Erlass vom 16.01.2017. Bei
Hochbauprojekten des Bundes ab 5 Mio. Bausumme Geeignetheit der BIM-Methode prüfen;
Berlin; BMUB.

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (BMVI)
(2015-1): Stufenplan Digitales Planen und Bauen. Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse
und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken; Berlin; BMVI.

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (BMVI)
(2015-2): Reformkommission Bau von Großprojekten. Komplexität beherrschen - kostengerecht,
termintreu und effizient Endbericht; Berlin; BMVI.

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (BMVI)
(2017-1): Innovationsführerschaft beim digitalen Planen und Bauen übernehmen! Strategiepapier
Digitale Souveränität; Berlin; BMVI.

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (BMVI)
(2017-2): Umsetzung des Stufenplans Digitales Planen und Bauen. Erster Fortschrittsbericht
Stand Januar 2017; Berlin; BMVI.

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (BMVI)
(2018-1): Leitfaden Großprojekte; Berlin; BMVI.

CARSTENS, Andreas (2019): BIM & GIS - new dimensions of improved collaboration for infrastructure and environment Präsentation im Rahmen der „DLA-Konferenz“ am 24.05.2019 in Dessau; Köthen; Hochschule Anhalt.

CENTRE FOR DIGITAL BUILT BRITAIN (CDBB) (2017): Employer's Information Requirements. Core Content and Guidance Notes; Cambridge, UK; University of Cambridge.

COMPUTERWORKS (2013): Tutorial: Digitales Geländemodell (DGM). Schritt für Schritt; Lörrach; ComputerWorks GmbH.

COMPUTERWORKS (2018-2): Grafisches Scripten mit Marionette. Eine Einführung; Lörrach; ComputerWorks GmbH.

COMPUTERWORKS (2018-3): Leitfaden BIM-Einführung in das Unternehmen; Lörrach; ComputerWorks GmbH.

COMPUTERWORKS (2019-7): Tutorial: Freiraumplanung; Lörrach; ComputerWorks GmbH.

CONSTRUCTION AND REAL ESTATE NETWORK (CORENET Singapore): Building Information Modeling (BIM) e-Submission. Hg. v. Government of Singapore; Online verfügbar unter [https://corenet.gov.sg/general/building-information-modeling-\(bim\)-e-submission.aspx](https://corenet.gov.sg/general/building-information-modeling-(bim)-e-submission.aspx), zuletzt geprüft am 02.09.2019.

CONSTRUCTION INDUSTRY COUNCIL (CIC UK) (2013): Building Information Modeling (BIM) Protocol. Standard Protocol for use in projects using Building Information Models CIC/BIM Pro first edition 2013; London, UK; Construction Industry Council.

CONSTRUCTION INDUSTRY COUNCIL (CIC UK) (2018): Building Information Modeling (BIM) Protocol. Standard Protocol for use in projects using Building Information Models CIC/BIM Pro second edition 2018; London, UK; Construction Industry Council.

CURSCHELLAS, Paul; DOHMEN, Philipp; FERRARO, Enrico; GUBLER, Davi; MAURER, Christoph; RUKAT, Radek et al. (2018): Swiss BIM LOIN-Definition (LOD) Verständigung. Informationsanforderung (Level of Information Need, LOIN) und deren Umsetzung in den unterschiedlichen Detaillierungsstufen (LOG/LOI); Zürich, Schweiz; Bauen digital Schweiz.

- DB STATION&SERVICE AG & DB NETZ AG (2018-1): BIM-Vorgaben. BIM-Methodik Digitales Planen und Bauen; Berlin; DB Station&Service AG & DB Netz AG.
- DB STATION&SERVICE AG & DB NETZ AG (2018-2): BIM-Projektentwicklungsplan (BAP) Muster. BIM-Methodik Digitales Planen und Bauen; Berlin; DB Station&Service AG & DB Netz AG.
- DENIS, François (2015): Building Information Modelling – Belgian Handbook for the construction Industry; Brüssel, Belgien; ADEB-VBA.
- DER DEUTSCHE BUNDESTAG (31. Januar 201): Bürgerliches Gesetzbuch. BGB, vom BGBl. I S. 54. Fundstelle: www.gesetze-im-internet.de.
- DER DEUTSCHE BUNDESTAG (10.07.2013): Verordnung über die Honorare für Architekten- und Ingenieurleistungen. HOAI, vom BGBl. I S. 2276. Fundstelle: www.gesetze-im-internet.de.
- DER DEUTSCHE BUNDESTAG (10.07.2018): Verordnung über die Vergabe öffentlicher Aufträge. VgV, vom BGBl. I S. 111. Fundstelle: www.gesetze-im-internet.de.
- DER DEUTSCHE BUNDESTAG (12.07.2018): Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen. GWB, vom BGBl. I S. 1151. Fundstelle: www.gesetze-im-internet.de.
- DER DEUTSCHE BUNDESTAG (28.11.2018): Gesetz über Urheberrecht und verwandte Schutzrechte. Urheberrechtsgesetz, vom BGBl. I S. 201. Fundstelle: www.gesetze-im-internet.de.
- DER DEUTSCHER BUNDESTAG (2018): Einführung von Building Information Modeling im Hoch- und Infrastrukturbau. Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Daniel Föst, Frank Sitta, Grigorios Aggelidis, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP – Drucksache 19/5066 –; Berlin; Bundesanzeiger Verlag.
- DEUBIM (2018-1): AIA RMA. für das Projekt Leinefelde; Düsseldorf; DEUBIM.
- DEUBIM (2018-2): PRE-BIM-Abwicklungsplan. für RMA V 1.5; Düsseldorf; DEUBIM.
- DEUSSEN, Oliver (2002): Freiformkurven. Vorlesungsskript zum Fach „Computergraphik I“; Konstanz; Universität Konstanz.

- DEUTSCHE TELEKOM (2018): Digitalisierungsindex Mittelstand 2018. Der Digitale Status Quo im deutschen Baugewerbe; Bonn; Deutsche Telekom.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (DIN) (2015): DIN SPEC 91400. Building Information Modeling: vom Modell zur Leistungsbeschreibung Praxisbeispiel; Berlin; DIN e.V.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (DIN), 11-2016 DIN EN ISO 91350:2016-11: Verlinkter BIM-Datenaustausch von Bauwerksmodellen und Leistungsverzeichnissen; Beuth Verlag; Berlin.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (DIN), 2017-1 DIN EN ISO 12006-3: Bauwesen - Organisation von Daten zu Bauwerken - Teil 3: Struktur für den objektorientierten Informationsaustausch (ISO 12006-3:2007); Englische Fassung EN ISO 12006-3:2016; Online verfügbar unter <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nabau/normen/wdc-beuth:din21:263869434>, zuletzt geprüft am 01.09.2019; Beuth Verlag; Berlin.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (DIN), 02-2017 DIN SPEC 91400:2017-02: Building Information Modeling (BIM) - Klassifikation nach STLB-Bau; Beuth Verlag; Berlin.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (DIN), 04-2017 16739:2017-04: Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauindustrie und im Anlagenmanagement (ISO 16739:2013)DIN EN ISO; Beuth Verlag; Berlin.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (DIN), 12-2018 DIN 276:2018-12: Kosten im Bauwesen; Beuth Verlag; Berlin.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (DIN), 01.08.2019 DIN EN ISO 19650-1:2019-08: Organisation und Digitalisierung von Informationen zu Bauwerken und Ingenieurleistungen, einschließlich Bauwerksinformationsmodellierung (BIM) - Informationsmanagement mit BIM - Teil 1: Begriffe und Grundsätze (ISO 19650-1:2018); Beuth Verlag; Berlin.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (DIN), 02.08.2019 DIN EN ISO 19650-2:2019-08: Organisation und Digitalisierung von Informationen zu Bauwerken und Ingenieurleistungen, einschließlich Bauwerksinformationsmodellierung (BIM) - Informationsmanagement mit BIM - Teil 2: Planungs-, Bau- und Inbetriebnahmephase (ISO 19650-2:2018); Deutsche Fassung EN ISO 19650-2:2018; Beuth Verlag; Berlin.

- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (DIN), 2019-9 DIN EN ISO 12006-2:2019-9: Hochbau - Organisation des Austausches von Informationen über die Durchführung von Hoch- und Tiefbauten - Teil 2: Struktur für die Klassifizierung (ISO 12006-2:2015); Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 12006-2:2019; Online verfügbar unter <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nabau/entwuerfe/wdc-beuth:din21:308324686>, zuletzt geprüft am 04.09.2019; Beuth Verlag; Berlin.
- DIAZ, Joaquin; BAIER, Christian (2016): Ein ganzheitlicher digitaler Ansatz. Einführung der BIM-Methodik in Deutschland Beitrag im Deutsche Ingenieurblatt 05.2016; Berlin; Schiele & Schön GmbH.
- DISCHKE, Eduard (2019): Vertragsgestaltung und öffentliche Ausschreibungen bei BIM. Vortrag im Rahmen des „Buidling Life-Der BIM-Kongress“ am 15.Mai 2019 in Berlin; München; HUSS-Medien.
- Dischke, Eduard; WRONNA, Alexander (2018): BIM - Rechtsfragen kompakt. Vertragsgestaltung für das digitale Planen, Bauen und Betreiben; 1st ed. Hg. v. Jakob Przybylo; Berlin; Beuth Verlag (Beuth Pocket).
- DITTMAR, Tobias (2015): BIM und Recht. Beitrag in der „BTGA-Almanach 2015“; Bonn; Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung e.V.
- DÖRING, Tobias (2019-1): IFC- endlich verständlich. Warum gibt es IFC? Wer zeichnet dafür verantwortlich? Wie funktioniert es? Präsentation im Rahmen des „Buidling Life-Der BIM-Kongress“ am 15. Mai 2019 in Berlin; München; HUSS-Medien.
- DÖRING, Tobias (2019-2): BCF – endlich verständlich. Wofür gibt es BCF? Wie funktioniert es? Wohin entwickelt sich BCF? Präsentation im Rahmen des „Buidling Life-Der BIM-Kongress“ am 15.Mai 2019 in Berlin; München; HUSS-Medien.
- DÖRING, Tobias (2019-3): bim collaboration format (bcf). Das kommunikationswerkzeug in bim-projekten zwischen architekt und fachplaner Präsentation im Rahmen des buildingSMART Deutschland Thementages „Zusammenarbeit im BIM-Prozess mit IFC, BCF & Co.“ am 25.06.2019 in Fulda; Berlin; buildingSMART Deutschland.
- DYER, Nick (2017): BIM Execution Plans That Are Actually Executable; San Rafael, USA; Autodesk; Online verfügbar unter <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/BIM-Execution-Plans-Are-Actually-Executable-2017>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.

- EASTMANN, Charles; HENRION, Max (1977): GLIDE: a language for design information systems; Pittsburgh, USA; Carnegie-Mellon University.
- EGGER, Martin; HAUSKNECHT, Kerstin; LIEBICH, Thomas; PRZYBYLO, Jakob (2013): BIM-Leitfaden für Deutschland. Information und Ratgeber Endbericht; Berlin; Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS).
- EKHOLM, Anders (2005): ISO 12006-2 and IFC- Prerequisites for coordination of standards for classification and interoperability; Lund, Schweden; Lund University.
- ENGELBART, Doug. C. (1962): Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework; Menlo Park, USA; Stanford Research Institute.
- ESCH, Christian (2017): BIM Grundlagen. Rechtliche Fragen von BIM; Hamburg; BIM HUB Hamburg.
- ESCHENBRUCH, Klaus (2016): BIM in Deutschland - Sachstand, Perspektiven und Gegensätze. Planen mit BIM – rechtliche Rahmenbedingungen Vortrag am 24.02.2016 in Berlin; Düsseldorf; Kapellmann und Partner Rechtsanwälte.
- ESCHENBRUCH, Klaus; MALKWITZ, Alexander; GRÜNER, Johannes; POLOCZEK, Adam; KARL, Christian K. (2014): Maßnahmenkatalog zur Nutzung von BIM in der öffentlichen Bauverwaltung unter Berücksichtigung der rechtlichen und ordnungspolitischen Rahmenbedingungen. Gutachten zur BIM-Umsetzung; Bonn; Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).
- EU BIM TASKGROUP (2017): Handbuch für die Einführung von Building Information Modelling (BIM) durch den europäischen öffentlichen Sektor. Strategische Maßnahmen zur Verbesserung der Leistung des Bauwesens: Wert schöpfen, Innovationen vorantreiben und Wachstum steigern; Brüssel, Belgien; Europäische Union.
- EU BIM TASKGROUP (2019): The EU BIM Task Group sets its roadmap for the digitalisation of the construction sector. Hg. v. EU BIM Taskgroup; Online verfügbar unter <http://www.eubim.eu/the-eu-bim-task-group-sets-its-roadmap-for-the-digitalisation-of-the-construction-sector-souheil-soubra-appointed-chair/>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.

- EUROPÄISCHE PARLAMENT (2014): Richtlinie 2014/24/EU des Europäischen Parlaments und des Rates. vom 26. Februar 2014 über die öffentliche Auftragsvergabe und zur Aufhebung der Richtlinie 2004/18/EG, vom Amtsblatt der Europäischen Union L 94/65 vom 28.03.2014.
- EUROPÄISCHER GERICHTSHOF (EUGH), Urteil vom 04.07.2019, Aktenzeichen C-377/17: Vertragsverletzung – Dienstleistungen im Binnenmarkt – Richtlinie 2006/123/EG – Art. 15 – Art. 49 AEUV – Niederlassungsfreiheit – Honorare für Architekten und Ingenieure für Planungsleistungen – Mindest- und Höchstsätze.
- EVANS, William; KIRKPATRIK, David; TOWNSEND, Gregg (1999): Right-Triangulated Irregular Networks; Tuscan, USA; University of Arizona.
- FASCHINGBAUER, Gerald (2016): Normen und Standards für BIM- Die Nationale BIM-Bibliothek; Dresden; f:data GmbH.
- FASCHINGBAUER, Gerald (2017): Standardisierter BIM-Content zur Erstellung von BIM-LV-Containern nach DIN SPEC 91350; Dresden; f:data GmbH.
- FEHRENBACH, Thomas (2018): Der BIM-Abwicklungsplan und seine Einbettung in die Vertragswelt; Düsseldorf; Taylor Wessin.
- FOBIAN, Martin (2010): Unified Modelling Language. Klassendiagramm - Objekt, Klasse, Operation Vorlesungsskript zum Fach „Proseminar Systemmodellierung mit sysml“; Berlin; Humboldt Universität, Berlin.
- FORBAU (2011): Die Digitale Baustelle; München; Technische Universität München.
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU E.V. (FLL) (2016): Objektartenkatalog Freianlagen (OK FREI) 2016. Anlage zu den „Empfehlungen für die Planung, Vergabe und Durchführung von Leistungen für das Management von Freianlagen – Freiflächenmanagement –“, Ausgabe 2009; Bonn; FLL.
- FUNK, Matthias (2018): BIM in der Landschaftsarchitektur- Editorial. In: Bund Deutscher Landschaftsarchitekten (BDLA) (Hg.): Landschaftsarchitekten. BIM in der Landschaftsarchitektur. 02 | 2018. Berlin: BDLA.

- FUNK, Matthias (2019): BIM und Landschaftsarchitektur. Objekte in der Landschaftsarchitektur mit realisierbaren BIM- Prozessen und aktuellen Beschränkungen durch die Software-Tools. Vortrag im Rahmen des „Building Life-Der BIM-Kongress“ am 15.Mai 2019 in Berlin; München; HUSS-Medien.
- GALLAHER, Michael P.; O'CONNOR, Alan C.; DETTBARN JR., John L.; GILDAY, Linda T. (2004): Cost Analysis of Inadequate Interoperability in the U.S. Capital Facilities Industry; Gaithersburg, USA; National Institute of Standards and Technology- Office of Applied Economics.
- GASTEIGER, Adriane (2015): BIM in der Bauausführung. Automatisierte Baufortschrittsdokumentation mit BIM, deren Mehrwert und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die Phase der Bauausführung Zugl.: Innsbruck, Univ., Masterarbeit, 2014; 1. Aufl.; Innsbruck; Innsbruck Univ. Press (Series Bauwirtschaft und Projektmanagement, Bd. 27).
- GELDER, John (2015): The principles of a classification system for BIM: Uniclass 2015. Beitrag in R.H. Crawford and A. Stephan (eds.), Living and Learning: Research for a Better Built Environment: 49th International Conference of the Architectural Science Association 2015, pp.287–297. 2015, The Architectural Science Association and The University of Melbourne.; Melbourne, Australien; University of Melbourne.
- GEMEINSAMER AUSSCHUSS ELEKTRONIK IM BAUWESEN (GAEB) (2018): Standardleistungsbuch für das Bauwesen. Anwenderhandbuch Ausgabe 2018-10; Berlin; DIN e.V.
- GERBERT, Philipp; CASTAGNINO, Santiago; ROTHBALLER, Christoph; RENZ, Andreas; FILITZ, Rainer; BCG (2016): Digital in Engineering and Construction. The Transformative Power of Building Information Modeling; Boston, USA; The Boston Consulting Group.
- GILBEY, Eric (2019): Using Landscape BIM to Meet Site Design Requirements Präsentation im Rahmen der „DLA-Konferenz“ am 24.05.2019 in Dessau; Köthen; Hochschule Anhalt.
- GNÄDINGER, Johannes (2019): The BIM Lifecycle in Environmental and Landscape Planning Präsentation im Rahmen der „DLA-Konferenz“ am 24.05.2019 in Dessau; Köthen; Hochschule Anhalt.

- GRÜNER, Johannes (2014): Rechtliche Rahmenbedingungen für die Nutzung von BIM Vortrag im Rahmen des „11. BIM-Anwendertag“ am 21.05.2014 in Königstein im Taunus; Düsseldorf; Kapellmann und Partner Rechtsanwälte.
- GUNNAR, Friborg (2017): ICIS Report. Classification, Identification, and BIM; Unter Mitarbeit von John Gelder, Barbora Pospíšilová, Neil Greenstreet, Michelle Theauvette, Albert Müller, Forrest Grierson, David Watson, Sarah Delany, Sebastian Goitowsky, Bjørn Brundstad, Heta Timonen, Pasi Hulkkonen; Brno, Tschechische Republik; International Construction Information Society.
- GÜNTNER, Willibald; BORRMANN, André (2011): Digitale Baustelle- innovativer Planen, effizienter Ausführen. Werkzeuge und Methoden für das Bauen im 21. Jahrhundert; Berlin, Heidelberg; Springer-Verlag Berlin Heidelberg (VDI-Buch).
- HAINES, Steve (2017): BIM EXecution Plan. Reality Check- Living with BIM in Public Bidding; Boston, USA; American Council of Engineering Companies of Massachusetts.
- HAUPTVERBAND DER DEUTSCHEN BAUINDUSTRIE e.V.- Bundesfachabteilung Spezialtiefbau (2017): BIM im Spezialtiefbau. Technisches Positionspapier der Bundesfachabteilung Spezialtiefbau im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.; Berlin; hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. Bundesfachabteilung Spezialtiefbau.
- HAUSKNECHT, Kerstin; LIEBICH, Thomas (2016): BIM-Kompodium. Building Information Modeling als neue Planungsmethode; Stuttgart; Fraunhofer IRB Verlag.
- HELMUS, Manfred; MEINS-BECKER, Anica; KLEM, Agnes; QUESSEL, Melanie; KRAUFHOLF, Matthias (2018): BIM Mittelstandsleitfaden am Beispiel des Bauvorhabens Fachmarktzentrum Leinenfelde Wie viel BIM verträgt ein Mittelstands projekt?; Wuppertal; Bergische Universität Wuppertal.
- HEMMERLING, Marco (2011): Die Parametrisierung der Architektur. Aufbruch an den Hochschulen Beitrag in BerührungSPUNKTE- Die Kommunikationsinitiative für Architekten- Nr. 18 – 11/2010; Dortmund; gambit marketing & communication.
- HM GOVERNMENT (2015): Digital Built Britain. Level 3 Building Information Modelling - Strategic Plan; London, UK; Department of Business, Innovation and Skills.
- HOCHTIEF ViCon GmbH (2018): ViCon Dimensions. Ausgabe 08; Essen; HOCHTIEF ViCon.

- HOFFMAN, Achim (2019): BIM – Workshop with Vectorworks Workshop im Rahmen der „DLA-Konferenz“ am 24.05.2019 in Dessau; Köthen; Hochschule Anhalt.
- HOLATKA, Steffen (2016): BIM- Rechtliche Rahmenbedingungen; Frankfurt am Main; ARNECKE SIBETH Rechtsanwälte Steuerberater Partnerschaftsgesellschaft mbB.
- HÖLDERLE, Julia (2011): Building Information Modeling am Beispiel des Hauptbahnhofs München; Bachelorarbeit; München; Technische Universität München.
- HOLLENZ, Gerhard (2015): BIM –Building Information Modeling für bauausführende Unternehmen. Einführungsprozesse professionell planen; Nürnberg; BRZ Deutschland.
- JANTZEN, Andreas; BALTE, Jorns; LIEBSCH, Peter; SAUTTER, Hanspeter (2018-1): Leistungsbild BIM-Informationsmanager; Drees & Sommer AG (Ein Dokument des BIMPraxisleitfadens 1.0); Online verfügbar unter www.BIM-blog.de.
- JANTZEN, Andreas; BALTE, Jorns; LIEBSCH, Peter; SAUTTER, Hanspeter (2018-2): Leistungsbild BIM-Manager; Drees & Sommer AG (Ein Dokument des BIMPraxisleitfadens 1.0); Online verfügbar unter www.BIM-blog.de.
- JANTZEN, Andreas; BALTE, Jorns; LIEBSCH, Peter; SAUTTER, Hanspeter (2018-3): Leistungsbild BIM-Gesamtkoordinator; Drees & Sommer AG (Ein Dokument des BIMPraxisleitfadens 1.0); Online verfügbar unter www.BIM-blog.de.
- JANTZEN, Andreas; BALTE, Jorns; LIEBSCH, Peter; SAUTTER, Hanspeter (2018-4): Leistungsbild BIM-Koordinator; Drees & Sommer AG (Ein Dokument des BIMPraxisleitfadens 1.0); Online verfügbar unter www.BIM-blog.de.
- JIZBA, Andy (2014): What is this thing called LOD? Exploring the LOD Specification; Washington D.C., USA; American Institute of Architects.
- JÖNSSON, Erik (2015): Consequences of Implementing the buildingSMART Data Dictionary. From a construction company’s perspective; Master-Thesis; Stockholm, Schweden; KTH Royal Institute of Technology.
- KAMPHAUSEN, Victor (2018): BIM light angewendet. Ein Erfahrungsbericht Außenanlagen Kongresszentrum, Dubai. In: Bund Deutscher Landschaftsarchitekten (BDLA) (Hg.): Landschaftsarchitekten. BIM in der Landschaftsarchitektur. 02 | 2018. Berlin: BDLA.

- KARLSSON, Isak Tage; RÖNNDAHL, Christoffer (2018): A Study of national BIM Guidelines from around the world determining what future swedish national BIM Guidelines ought to contain; Bachelor thesis; Jönköping, Schweden; Jönköping University.
- KAUFMAN, Arie; STRAßER, Wolfgang; KNITTEL, Gunter; PFISTER, Hanspeter; SPENCER, Stephen N. (Hg.) (1998): Proceedings of the ACM SIGGRAPH/EUROGRAPHICS workshop on Graphics hardware - HWWS '98. the ACM SIGGRAPH/EUROGRAPHICS workshop. Lisbon, Portugal, 31.08.1998 - 01.09.1998; New York, New York, USA; ACM Press.
- KEMPER, Till (2019): BIM und Recht: neue Wege der Bauvergabe. Vortrag im Rahmen des „Buidling Life-Der BIM-Kongress“ am 15.Mai 2019 in Berlin; München; HUSS-Medien.
- KENSEK, Karem M.; NOBLE, Douglas E. (2014): Building Information Modeling. BIM in Current and Future Practice; Hoboken, USA; John Wiley & Sons, Inc.
- KIAS, Ulrich (2018): gemeint. Digitalisierung in der Landschaftsarchitektur- quo vadis? In: Bund Deutscher Landschaftsarchitekten (BDLA) (Hg.): Landschaftsarchitekten. BIM in der Landschaftsarchitektur. 02 | 2018. Berlin: BDLA.
- KIVINIEMI, Arto (2015): Experiences from the BIM-Adoption in Finland and UK – Clients as the drivers of innovation; Liverpool, UK; University of Liverpool.
- KLINGELHÖFER, Hans-Jörg (2019): BIM & Informationsmanagement. BIM 5D in der Bauausführung- Das Gemeinsame Informationsmanagement ist entscheidend: Digitalisierungsmaßnahmen, BIM sowie das Partnering am Praxisbeispiel Axel-Springer-Neubau in Berlin Präsentation im Rahmen des „Buidling Life-Der BIM-Kongress“ am 15. Mai 2019 in Berlin; München; HUSS-Medien.
- KOCHENDÖRFER, Bernd; LIEBCHEN, Jens H.; VIERING, Markus G. (2018): Bau-Projekt-Management. Grundlagen und Vorgehensweisen; 5., überarbeitete Auflage; Wiesbaden; Springer Vieweg (Leitfaden des Baubetriebs und der Bauwirtschaft).
- KRAUS, Tim Corvin (2018): BIM Praxis- Einbindung der Landschaftsarchitektur in internationale und nationale Projekte bei Gerber Architekten. Vortrag im Rahmen der Tagung „Landschaftsarchitektur Digital, Osnabrück, 09.11.2018“; Osnabrück; Hochschule Osnabrück.
- KRAUSE, Martin (2017): BIM und HOAI. Anforderungen an Honorarvereinbarungen; Berlin; CMS Deutschland.

- KUCHENBECKER, Marlies (2018): BIM - Building Information Modeling. Mit neuen Kompetenzen BIM-fähig werden und bleiben; Eschborn; RKW Rationalisierungs- und Innovationszentrum der Deutschen Wirtschaft e. V.
- LAHRES, Bernhard; RAYMAN, Gregor (2011): Objektorientierte Programmierung. Das umfassende Handbuch ; [objektorientierte Programmierung verständlich erklärt ; von den Prinzipien über den Entwurf bis zur Umsetzung ; Praxisbeispiele in UML, Java, C#, C++, JavaScript, Ruby, Python und PHP; 2., aktualisierte u. erw. Aufl., korr. Nachdr; Bonn; Galileo Press (Galileo computing); Online verfügbar unter http://openbook.rheinwerk-verlag.de/oop/oop_kapitel_04_003.htm, zuletzt geprüft am 11.09.2019.
- LEA, L.; GANAHA, A.; GOULDING, J.; AINSWORTH, N. (2015): Identification and analysis of UK and US BIM standards to aid collaboration. Beitrag in „WIT Transactions on The Built Environment“, Vol 149, 2015: 505–516; Southampton, UK; WIT Press.
- LIEBICH, Thomas (2016): BIM maßgeschneidert. Von den Auftraggeberinformationsanforderungen (AIA) bis zur Datenübergabe mit open BIM; München; AEC3.
- LIEBICH, Thomas (2017): Workshop BIM Datenbankkonzepte. Umsetzung des Stufenplans digitales Planen und Bauen des BMVI Auftraggeber-Informationen Anforderungen (AIA) am Beispiel BIM*Q; München; AEC3.
- LIEBICH, Thomas (2019): Informationsmanagement mit BIM. Erstellung und Umsetzen von Informationsanforderungen in Projekten mit BIMQ Vortrag im Rahmen des „Building Life- Der BIM-Kongress“ am 15. Mai 2019 in Berlin; München; HUSS-Medien.
- LIEBICH, Thomas; SCHWEER, Carl-Stephan; WERNIK, Siegfried (2011): Die Auswirkungen von Building Information Modeling (BIM) auf die Leistungsbilder und Vergütungsstruktur für Architekten und Ingenieure sowie auf die Vertragsgestaltung. Schlussbericht, Stand 3. Mai 2011; Bonn; Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).
- LIEBSCH, Peter; SAUTTER, Hanspeter (2018-1): LOD / LOI – Informationen zur Detaillierungs- und Informationstiefe BIM V1.03; Drees & Sommer AG (Ein Dokument des BIMPraxisleitfadens 1.0); Online verfügbar unter www.BIMblog.de.
- LIEBSCH, Peter; SAUTTER, Hanspeter (2018-2): BIM-Rollen und -Verantwortlichkeiten V1.03; Drees & Sommer AG (Ein Dokument des BIMPraxisleitfadens 1.0); Online verfügbar unter www.BIM-Blog.de.

- LIEBSCH, Peter; SAUTTER, Hanspeter (2018-3): BIM Gesamtprozesslandkarte V1.03; Drees & Sommer AG (Ein Dokument des BIMPraxisleitfadens 1.0); Online verfügbar unter www.BIM-Blog.de.
- LIEBSCH, Peter; SAUTTER, Hanspeter (2018-4): BIM-Projektentwicklungsplan V1.03; Drees & Sommer AG (Ein Dokument des BIMPraxisleitfadens 1.0); Online verfügbar unter www.BIM-Blog.de.
- LIEBSCH, Peter; SAUTTER, Hanspeter (2018-5): Glossar V1.04; Drees & Sommer AG (Ein Dokument des BIMPraxisleitfadens 1.0); Online verfügbar unter www.BIMblog.de.
- LÖFFLER, Mario (2017): Evaluierung von 3D-BIM-Software für den Tunnelbau; Masterarbeit; Leoben, Österreich; Montanuniversität Leoben.
- LUCKWALD, Kai von; TEMMEN, Stefan (2019): Einführung und Nutzung von BIM in der Landschaftsarchitektur –. Entwicklungspotentiale und Handlungsempfehlungen; Osnabrück; Hochschule Osnabrück.
- MAHDJOUBI, L.; BREBBIA, C.A; LAING, R. (Hg.) (2015): Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations. BIM 2015. Bristol, UK, 09.09.2015 - 11.09.2015; WIT PressSouthampton, UK (WIT Transactions on The Built Environment).
- MAY, Ilka (2018): Was sind AIA, BAP und CDE? Best Practice Beispiel Ingenieurbau Präsentation im Rahmen des „1. BIM-Tag der Ingenieurkammer Niedersachsen“; Hannover; Ingenieurkammer Niedersachsen.
- MCGRAW-HILL CONSTRUCTION (2012-1): The Business Value of Building Information Modeling (BIM) in North America: Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007-2012); North York, USA; McGraw-Hill Construction.
- MCGRAW-HILL CONSTRUCTION (2012-2): The Business Value of Building Information Modeling (BIM) in North America: Multi-Year Trend Analysis and User Ratings. Key Findings from McGraw-Hill Construction's New BIM SmartMarket Research Study; North York, USA; McGraw-Hill Construction.
- MCKINSEY & COMPANY (2018): Infrastruktur & Wohnen Deutsche Ausbauziele in Gefahr. Öffentlicher Sektor Februar 2018; Berlin; McKinsey & Company.

- MCKINSEY GLOBAL INSTITUTES (MGI) (2017): Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity; Unter Mitarbeit von McKinsey's Capital Projects & Infrastructure Practice; New York, USA; McKinsey & Company.
- MENDRINA, Marius (2017): BIM-basiertes Simulationsmodell zur Berechnung der Lebenszykluskosten von Straßentunneln. Kurzübersicht Preisträger – Wettbewerb Auf IT gebaut (2017) – Bereich Bauingenieurwesen; Eschborn; RKW Rationalisierungs- und Innovationszentrum der Deutschen Wirtschaft e. V.
- MERZ, Sarah Kristin (2019): BIM und Zertifizierung. Einheitliche und international anerkannte BIM-Kompetenznachweise Vortrag im Rahmen des „Building Life-Der BIM-Kongress“ am 15. Mai 2019 in Berlin; München; HUSS-Medien.
- METZ, Berthold (2017): Objektorientierte Analyse / Objektorientiertes Design: Assoziationen. (=Beziehungen zw. Objekten/Klassen, auch: „kennt“-Beziehung); Online verfügbar unter <https://www.informatikzentrale.de/assoziationen.html>, zuletzt geprüft am 15.07.2019.
- MINI, Franziska (2016): Entwicklung eines LoD Konzepts für digitale Bauwerksmodelle von Brücken und dessen Implementierung; Masterthesis; München; Technische Universität München.
- NASYROV, Vladislav (2013): Building Information Models als Input für energetische Gebäudesimulation; Masterarbeit; München; Technische Universität München.
- NATIONAL ASSOCIATION OF SURETY BOND PRODUCERS (NASBP) (2008): ConsensusDOCS 301. Building Information Modeling (BIM) Addendum Educational Sample; Bethesda, USA; NASBP.
- NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES (NIBS) (2015-1): National BIM Standard-United States; Washington D.C., USA; NIBS.
- NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES (NIBS) (2015-3): National BIM Standard - United States Version 3; Washington D.C., USA; NIBS.
- NBS (UK) (2019-6): NBS BIM Object Standard. Version 2.1; Newcastle, UK; NBS.
- NIEDERMAIER, Anke; BÄCK, Robert (2018-1): ALLPLAN BIM-Kompendium Theorie und Praxis. basierend auf dem offiziellen Release IFC4; München; ALLPLAN GmbH.

- NIEDERMAIER, Anke; BÄCK, Robert (2018-2): BIM Office Implementation Guide; München; ALLPLAN GmbH (ALLPLAN BIM Essential Series).
- NIEDERMAIER, Anke; BÄCK, Robert (2018-3): BIM Communication Guide; München; ALLPLAN GmbH (ALLPLAN BIM Essential Series).
- NIEDERMAIER, Anke; BÄCK, Robert (2018-4): BIM Glossary A-Z; München; ALLPLAN GmbH (ALLPLAN BIM Essential Series).
- NIEDERMAIER, Anke; BÄCK, Robert (2018-5): BIM Legal Framework Guide; München; ALLPLAN GmbH (ALLPLAN BIM Essential Series).
- NIEDERMAIER, Anke; BÄCK, Robert (2018-6): BIM Management Guide; München; ALLPLAN GmbH (ALLPLAN BIM Essential Series).
- NIEDERMAIER, Anke; BÄCK, Robert (2018-7): BIM Object Guide; München; ALLPLAN GmbH (ALLPLAN BIM Essential Series).
- NIEDERMAIER, Anke; BÄCK, Robert (2018-8): BIM Project Guide; München; ALLPLAN GmbH (ALLPLAN BIM Essential Series).
- NIEDERMAIER, Anke; BÄCK, Robert (2018-9): BIM User Guide; München; ALLPLAN GmbH (ALLPLAN BIM Essential Series).
- NOISTEN, Peter; BOUGAIN, Aude; LIEBICH, Thomas (2016): BIM-Referenz-Bau-Prozess für Deutschland; Berlin; BIMiD-Konsortium.
- OBERLANDESGERICHT DÜSSELDORF (OLG Düsseldorf), Beschluss vom 31.05.2017, Aktenzeichen VII-Verg 36/16: Produktspezifische Leistungsbeschreibung, Verhandlungsverfahren ohne Teilnahmewettbewerb, Rüge, Beginn des Vergabeverfahrens, Drittstaat.
- OUELLETTE, Jeffrey W. (2018): IFC for Site, Landscape, and Urban Design. Activity Proposal; Hertfordshire, UK; buildingSMART International.
- PAPANTONAKIS, Dimitrios-Stamatios (2018): Entwicklung eines Konzeptes zur Beschreibung der Level of Detail zur Anwendung der Building Information Modeling Methode für Tunnelbauwerke; Master-Thesis; Bochum; Ruhr-Universität.

- PELLEKORNE, Paul-Gérard (2013): Analyse der BIM-Software Autodesk Revit 2013 anhand der Modellierung eines Gebäudes der Technischen Universität München; Bachelorthesis; München; Technische Universität München.
- PETERS, Alexander (2019): First Steps of implementing BIM in Landscape Architecture Präsentation im Rahmen der „DLA-Konferenz“ am 24.05.2019 in Dessau; Köthen; Hochschule Anhalt.
- PETERS, Alexander; THON, Andreas (2019): Best Practices and First Steps of Implementing BIM in Landscape Architecture and its Reflection of Necessary Workflows and Working Processes. In: Erich Buhmann (Hg.): JoDLA 4-2019. Journal of Digital Landscape Architecture. 1. Neuerscheinung. Berlin: Wichmann, H; Wichmann Verlag.
- PIEL, Markus (2018): Digital Landschaft planen. Ansprüche und Anforderungen an BIM aus Sicht eines Landschaftsarchitekten. In: Bund Deutscher Landschaftsarchitekten (BDLA) (Hg.): Landschaftsarchitekten. BIM in der Landschaftsarchitektur. 02 | 2018. Berlin: BDLA.
- PILOT, Andreas (2019): Was Architekten und Fachplaner über IFC wissen müssen. Präsentation im Rahmen des buildingSMART Deutschland Thementages „Zusammenarbeit im BIM-Prozess mit IFC, BCF & Co.“ am 25.06.2019 in Fulda; Berlin; buildingSMART Deutschland.
- PRZYBYLO, Jakob; LIEBICH, Thomas (2014): BIM Leitfaden für Deutschland; München; Obermeyer Planen + Beraten; AEC3.
- RAIL BALTIC (2018): Detailed BIM Strategy. Post-contract BIM Execution Plan (BEP) Template Detailed BIM Strategy Guidelines | Public draft v0.1; Riga, Lettland; RB Rail AS.
- REH, Edgar (2019): Digitale Bauleitung und Bewirtschaftung. Drücken Sie die Mängelquote unter 5 Prozent Vortrag im Rahmen des „Building Life-Der BIM-Kongress“ am 15.Mai 2019 in Berlin; München; HUSS-Medien.
- REICHE, Johannes (2018): Anwendungspotenziale von BIM im Bauprozessmanagement; Masterarbeit; München; Technische Universität München.
- RICHARDS, Mervyn; CHURCHER, David; SHILLCOCK, Paul; THROSSELL, David (2013-1): Pre-Contract Building Information Modelling (BIM) Execution Plan (BEP). v2.0 Status: For Review; London, UK; Construction Project Information Committee (CPIc); Online verfügbar unter <https://www.cpic.org.uk/cpix/cpix-bim-execution-plan/>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.

- RICHARDS, Mervyn; CHURCHER, David; SHILLCOCK, Paul; THROSSELL, David (2013-2): Post Contract-Award Building Information Modelling (BIM) Execution Plan (BEP) Status: Published; London, UK; Construction Project Information Committee (CPIc); Online verfügbar unter <https://www.cpic.org.uk/cpix/cpix-bim-execution-plan/>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- RIZKALLAH, Mona (2018): Building Information Modeling (BIM)... ..die digitale Zukunft? Gegenwart und Ausblick. Beitrag in der HDI INGLetter April 2018; Hannover; HDI Versicherungen.
- RÜPPEL, Uwe; IRMLER, Robert; PETKOVA, Philipa (2015): OO-Modellierung sowie Modellierung / Programmierung von Geometrie, Semantik, Prozessen und Kooperation mit exemplarischen Anwendungen. BIM in der Lehre; Darmstadt; Technische Universität Darmstadt.
- SCHILLER, Klaus (2016): BIM aus Sicht der Informationsvernetzung; Dresden; Dr. Schiller & Partner GmbH.
- SCHOBER, Kai-Stefan; HOFF, Philipp; LECAT, Ambroise; THIEULLOY, Georges de; SIEPEN, Sven (2017): Turning point for the construction industry. The disruptive impact of Building Information Modeling (BIM); München; Roland Berger.
- SCHOLL, Jochen (2016): BIM-Projekte: Haftung & Versicherungsschutz; Müllheim; UNIT Versicherungsmakler.
- SCHOLL, Jochen (2017): Wo stößt BIM an die Grenzen des Versicherungsschutzes? Berufshaftpflichtversicherung Beitrag im „Deutsche Ingenieurblatt“- DIB 11-2017; Berlin; Schiele & Schön GmbH.
- SCHOLL, Jochen (2018): Versicherungsschutz bei BIM. Wo stößt BIM an die Grenzen der Berufshaftpflichtversicherung? In: Bund Deutscher Landschaftsarchitekten (BDLA) (Hg.): Landschaftsarchitekten. BIM in der Landschaftsarchitektur. 02 | 2018. Berlin: BDLA.
- SCHRAMMEL, Florian; WILHELM, Ernst (2016): Rechtliche Aspekte im Building Information Modeling (BIM). Schnelleinstieg für Architekten und Bauingenieure; Wiesbaden; Springer Vieweg (essentials).
- SEKSE, Marius (2014): Landscape Architects- Born to Coordinate?; Oslo, Norwegen; COWI Norway.

- SHILTON, Mike (2018): Digital Futures – BIM in Landscape Design: A UK Perspective. In: Erich Buhmann (Hg.): JoDLA 3-2018. Journal of Digital Landscape Architecture. 1. Neuerscheinung. Berlin: VDE VERLAG.
- SIEMENS REAL ESTATE (SRE) (2017): BIM@Siemens Real Estate. Standard Version 2.0; München; Siemens.
- SILVA, Victor (2011): BIM. The summary of a long history; Online verfügbar unter <https://www.scribd.com/doc/76835106/BIM-The-Summary-of-a-Long-History>, zuletzt geprüft am 31.08.2019.
- SMITH, Peter (2014): BIM & the 5D Project Cost Manager. Conference Paper for 27th IPMA World Congress Published in „Procedia - Social and Behavioral Sciences 119“ (2014) 475 – 484; Amsterdam, Niederlande; Elsevier B.V.
- SMITH, Peter (2016): Project cost management with 5D BIM. Conference Paper for the 29th World Congress International Project Management Association (IPMA) 2015, IPMA WC 2015, 28-30 September – 1 October 2015, Westin Playa Bonita, Panama Published in „Procedia - Social and Behavioral Sciences 226“ (2016) 193 – 200; Amsterdam, Niederlande; Elsevier B.V.
- SOFTTECH (2017): Aufgabenfelder im BIM-Prozess; Neustadt/Weinstraße; SOFTTECH.
- SOFTTECH (2019): Building Information Modeling in der Baubranche. Whitepaper Auflage 2; Neustadt/Weinstraße; SOFTTECH.
- STAATSBETRIEB SÄCHSISCHES IMMOBILIEN UND BAUMANAGEMENT (SIB) (2018): Building Information Modeling. Auftraggeberinformationsanforderungen für Pilotprojekte des SIB Version: 1.01; Dresden; SIB.
- STATENS KARTVERK (2016): SOSI generell objektkatalog Landskapsarkitektur. Versjon 5.0; Hønefoss, Norwegen; Statens kartverk.
- STATSBYGGGS (Norwegen) (2017): Statsbygg BIM Manual 1.2.1. Version 1.2.1 (SBM1.2.1) – Date: 2013-12-17 English Version; Oslo, Norwegen.
- STEINMANN, Rasso (2018): Einsatz von BIM in Projekten. Modellieren statt Zeichnen | Detaillierungsgrad | Modell-Entwicklungsgrad | Data Drops | Vorlagen | BIM-Collaboration; München; Institut für angewandte Bauinformatik (iabi).

- STEINMANN, Rasso (2019): IFC & BCF für den Informationsaustausch in BIM-Projekten. Grundlagen Präsentation im Rahmen des buildingSMART Deutschland Thementages „Zusammenarbeit im BIM-Prozess mit IFC, BCF & Co.“ am 25.06.2019 in Fulda; Berlin; buildingSMART Deutschland.
- STEWART, Nigel; LEACH, Geoff; JOHN, Sabu (1998): An improved z-buffer CSG rendering algorithm. In: Arie Kaufman, Wolfgang Straßer, Gunter Knittel, Hanspeter Pfister und Stephen N. Spencer (Hg.): Proceedings of the ACM SIGGRAPH/EUROGRAPHICS workshop on Graphics hardware - HWWS '98. the ACM SIGGRAPH/EUROGRAPHICS workshop. Lisbon, Portugal, 31.08.1998 - 01.09.1998. New York, New York, USA: ACM Press, S. 25–30; Online verfügbar unter <https://www.semanticscholar.org/paper/An-Improved-Z-Buffer-CSG-Rendering-Algorithm-Stewart-Leach/7c2e7298601f422863cae175badefae7596dd008>, zuletzt geprüft am 15.08.2019.
- THE COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH GROUP (CIC) (2011): BIM Project Execution Planning Guide and Templates – Version 2.1; University Park, Pennsylvania, USA; Pennsylvania State University.
- THE HIGH COURT OF JUSTICE IN THE TECHNOLOGY & CONSTRUCTION COURT, Urteil vom 05.07.2017, Aktenzeichen HT-2017-000164: Judgemnt between Trant Engineering Limited and Mott MacDonald LTD.
- THE ROYAL INSTITUTE OF THE ARCHITECTS OF IRELAND (RIAI) (2019): Employers Information Requirements. Advice Note; Dublin, Irland; RIAI.
- THIEL, Fabian (2017-3): Building Information Modeling (BIM) – Rechtliche und technische Aspekte des digitalen integralen Planens und Bauens. Beitrag in „zfv – Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement“ 142 Jg. 06/2017; Augsburg; Wißner-Verlag GmbH & Co. KG.
- THON, Andreas; PETERS, Alexander (2017): Building Information Modeling (BIM) – A New Approach in Landscape Architecture; Klaipėda, Litauen; Klaipėdos valstybinė kolegija.
- THON, Andreas; PETERS, Alexander (2018): Standards definieren. Rahmenbedingungen für den Einsatz von BIM in der Landschaftsarchitektur. In: Bund Deutscher Landschaftsarchitekten (BDLA) (Hg.): Landschaftsarchitekten. BIM in der Landschaftsarchitektur. 02 | 2018. Berlin: BDLA.

TRIMBLE (2018-1): 6 Dinge, die Sie beim Kauf Ihrer BIM-Software beachten sollten. Ihre Checkliste für die Wahl Ihrer Building Information Modeling Lösung; Raunheim; Trimble GmbH.

TRIMBLE (2018-2): BIM-Implementierung in vier Phasen; Raunheim; Trimble GmbH.

TRIMBLE (2018-3): STUFENPLAN Digitales Planen und Bauen. Die wichtigsten Punkte des Stufenplans des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI); Raunheim; Trimble GmbH.

UK CABINET OFFICE (2011): Government Construction Strategy; London, UK; UK Cabinet Office.

USZKOREIT, Hans; JÖRG, Brigitte (2009): Informationswissenschaft und Informationssysteme. Vorlesung; Saarbrücken; Universität Saarland.

VERBAND BERATENDER INGENIEURE (VBI) Arbeitskreis BIM (2016): BIM-Leitfaden für die Planerpraxis. Empfehlungen für planende und beratende Ingenieure; Unter Mitarbeit von Mirjam Borowietz, Matthias Braun, Andreas Brossmann, Ralf Düspohl, Manfred Grohmann, Hans-Georg Oltmanns und Ines Prokop; Berlin; Verband Beratender Ingenieure (VBI).

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.- FACHBEREICH BAUTECHNIK (VDI) (2018-2): VDI 2552 Blatt 2 - Entwurf. Building Information Modeling - Begriffe; Berlin; VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.- FACHBEREICH BAUTECHNIK (VDI) (2018-3): VDI 2552 Blatt 3. Building Information Modeling - Modellbasierte Mengenermittlung zur Kostenplanung, Terminplanung, Vergabe und Abrechnung; Berlin; VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.- FACHBEREICH BAUTECHNIK (VDI) (2018-4): VDI 2552 Blatt 4 - Entwurf. Building Information Modeling - Anforderungen an den Datenaustausch; Berlin; VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.- FACHBEREICH BAUTECHNIK (VDI) (2018-5): VDI 2552 Blatt 5. Building Information Modeling - Datenmanagement; Berlin; VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik.

- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.- FACHBEREICH BAUTECHNIK (VDI) (2018-7): VDI 2552 Blatt 7 - Entwurf. Building Information Modeling - Prozesse; Berlin; VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.- FACHBEREICH BAUTECHNIK (VDI) (2019-1): VDI 2552 Blatt 1 - Entwurf. Building Information Modeling - Grundlagen; Berlin; VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik.
- VERGABEKAMMER WESTFALEN (VK Westfalen), Entscheidungen vom 07.03.2019, Aktenzeichen VK 1 - 04 / 19: Vergütung von Angebotsunterlagen nach HOAI, angemessene Vergütung, Benachteiligung kleinerer Büroorganisationen und Berufsanfänger.
- WERNER, Ulrich; PASTOR, Walter (2018): VOB, Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Teil A und B, BGB, Bauvertrag §§ 650a-v, HOAI, Verordnung über Honorare für Leistungen der Architekten und der Ingenieure. Textausgabe mit Sachverzeichnis und einer Einführung; 34. Auflage, Stand: 1.1.2018, Sonderausgabe; München; dtv (dtv Beck-Texte im dtv, 5596).
- WERNIK, Siegfried (2018): buildingSMART Data Dictionary repositioned. Herausforderung – Austausch von Objekt- und Produktdaten in der modellbasierten, digitalen Kommunikation (BIM); Berlin; buildingSMART Deutschland.
- WERNIK, Sigggi (2012): buildingSMART + Open BIM: Make the Team Work work; Berlin; buildingSMART Deutschland.
- WERNIK, Sigggi (2017): bSDD-buildingSMART Data Dictionary. Strategy Concept (Work in Progress); Washington D.C., USA; buildingSMART International.
- WIK, Knut Hallgeir; SEKSE, Marius; ENEBO, Bjørn Amund; THORVALDSEN, Jostein (2018): BIM for Landscape: A Norwegian Standardization Project. In: Erich Buhmann (Hg.): JoDLA 3-2018. Journal of Digital Landscape Architecture. 1. Neuerscheinung. Berlin: VDE VERLAG.
- WILK, Thomas (2019): BIM und öffentliche Hand – Erfahrungen mit BIM und digitaler Baugenehmigung in NRW. Vortrag im Rahmen des „Building Life-Der BIM-Kongress“ am 15.Mai 2019 in Berlin; München; HUSS-Medien.

- WILLIMEK, Michael (2019): Richtig Modellieren und Attributieren. Empfehlungen aus Sicht eines Projektsteuerers Präsentation im Rahmen des buildingSMART Deutschland Thementages „Zusammenarbeit im BIM-Prozess mit IFC, BCF & Co.“ am 25.06.2019 in Fulda; Berlin; buildingSMART Deutschland.
- WIX, Jeffrey (2000): Data Modelling Using EXPRESS-G for IFC Development. Hg. v. BIM QA; Online verfügbar unter <https://www.bimqa.com/?controller=attachment&task=download&tmpl=component&id=12>, zuletzt geprüft am 14.09.2019.
- WOLLSTEIN, Thomas (2018): Building Information Modeling – Die Richtlinienreihe VDI 2552; Berlin; VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik.
- WÖSSNER, Ralph (2005): Effiziente Oberflächenberechnung von komplexen CSG-Bäumen-Studienarbeit; Koblenz; Universität Koblenz Landau.
- ZIMMERMANN, J.; EBER, W. (2016): BIM als Medium der Bauorganisationswissenschaften; München; Technische Universität München.

Internetquellen

ADAM, Christian (2016): Building Information Modeling (BIM). Hg. v. N+P Informationssysteme; Online verfügbar unter <https://blog.nupis.de/building-information-modeling/>, zuletzt geprüft am 24.08.2019.

AKSOMITAS, Donatas (2019): BIM & CLASSIFICATION. Hg. v. Donatas Aksomitas; Online verfügbar unter <http://www.bimaxon.com/what-is-bim/bim-classification/>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.

ALL INFO ABOUT BIM (2017): History of BIM. Hg. v. All info about BIM; Online verfügbar unter <https://8dbim.weebly.com/history-of-bim.html>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.

Arcangioli, Gianni (2019): Welches BIM wird angewendet? Hg. v. Gianni Arcangioli; Online verfügbar unter <https://planerwissen2go.com/2019/01/12/welches-bim-wird-angewendet/>, zuletzt geprüft am 26.05.2019.

ARCHITEKTENKAMMER NORDRHEIN-WESTFALEN (AK NRW) (2018): Vergabetag: Planungsleistungen kommunal vergeben. Hg. v. AKNW; Online verfügbar unter <https://www.aknw.de/nc/aktuell/meldungen/detailansicht/artikel/vergabetag-planungsleistungen-kommunal-vergeben/>, zuletzt geprüft am 27.09.2019.

ATKINS, James B.; MENDELSON, Andrew D. (2016-2): BIM Definition and Planning. Hg. v. American Institute of Architects (AIA); Online verfügbar unter <http://www.theaiatrust.com/whitepapers/bim/bim-definition-and-planning.php>, zuletzt geprüft am 26.08.2019.

ATKINS, James B.; MENDELSON, Andrew D. (2017): Professional Liability Insurance; Online verfügbar unter <http://www.theaiatrust.com/whitepapers/bim/professional-liability-insurance.php#nav>, zuletzt geprüft am 26.08.2019.

AUSSCHUSS DER VERBÄNDE UND KAMMERN DER INGENIEURE UND ARCHITEKTEN FÜR DIE HONORARORDNUNG E.V. (AHO) (2018): Building Information Modeling (BIM); Online verfügbar unter <https://www.aho.de/themen/bim/>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.

AUSSCHUSS DER VERBÄNDE UND KAMMERN DER INGENIEURE UND ARCHITEKTEN FÜR DIE HONORARORDNUNG E.V. (AHO) (2019-2): HOAI; Online verfügbar unter <https://www.aho.de/themen/hoai/>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.

- AUTODESK (2014): Was bedeutet parametrisch? Hg. v. Autodesk; Online verfügbar unter <https://knowledge.autodesk.com/de/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2014/DEU/Revit/files/GUID-71F2C8EE-2A90-4076-A6C7-702082566DDF-hm.html>, zuletzt geprüft am 25.08.2019.
- AUTODESK (2019-1): Warum BIM? Hg. v. Autodesk; Online verfügbar unter <https://www.autodesk.de/solutions/bim/why-bim-and-benefits>, zuletzt geprüft am 30.08.2019.
- AUTODESK (2019-2): Revit: Benutzeroberfläche. Hg. v. Autodesk; Online verfügbar unter <https://knowledge.autodesk.com/de/support/revit-products/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/DEU/Revit-GetStarted/files/GUID-3197A4ED-323F-4D32-91C0-BA79E794B806-hm.html>, zuletzt geprüft am 21.08.2019.
- AUTODESK (2019-3): Site Designer for Revit. Hg. v. Autodesk; Online verfügbar unter <https://knowledge.autodesk.com/de/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/DEU/Revit-AddIns/files/GUID-0866C35A-51D5-444E-8231-A0079EE3E4E6-hm.html>, zuletzt geprüft am 24.08.2019.
- AUTODESK (2019-4): AEC-Software. Hg. v. Autodesk; Online verfügbar unter <https://www.autodesk.de/solutions/bim/overview>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- AUTODESK (2019-5): Revit. Hg. v. Autodesk; Online verfügbar unter <https://www.autodesk.de/products/revit/overview>, zuletzt geprüft am 23.08.2019.
- AUTODESK (2019-6): Revit LT. Hg. v. Autodesk; Online verfügbar unter <https://www.autodesk.de/products/revit-lt/overview>, zuletzt geprüft am 22.08.2019.
- AUTODESK (2019-7): AEC Collection. Hg. v. Autodesk; Online verfügbar unter <https://www.autodesk.de/collections/architecture-engineering-construction/overview>, zuletzt geprüft am 28.08.2019.
- AUTODESK (2019-8): Navisworks. Hg. v. Autodesk, zuletzt aktualisiert am <https://www.autodesk.de/products/navisworks/overview>, zuletzt geprüft am 08.09.2019.
- BÄCK, Robert; MARTIN, Hubert; SCHREYER, Marcus; WERNIK, Siegfried; BETTLELS, Lutz; LIEBICH, Thomas; STEINMANN, Rasso (2018): Katalog | Bauteileigenschaften. Hg. v. buildingSMART Germany; Online verfügbar unter <https://www.buildingsmart.de/kos/WNetz?art=Project.show&id=95>, zuletzt geprüft am 29.08.2019.

- BANKS, Jared (2015): Why BIM is Still Bankrupting Your Firm. Hg. v. Shoegnome Architects; Online verfügbar unter <http://www.shoegnome.com/2015/12/09/bim-still-bankrupting-firm/>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- BARTH, Brian (2017): BIM THERE, DONE THAT. Beitrag im „Landscape Architecture Magazine (LAM)“ 08-/17. Hg. v. The American Society of Landscape Architects (ASLA); Online verfügbar unter <https://landscapearchitecturemagazine.org/2017/08/15/bim-there-done-that/>, zuletzt geprüft am 09.08.2019.
- BAU- UND LIEGENSCHAFTESBETRIEB NRW (BLB NRW) (2018-2): BIM-Standards. Hg. v. BLB NRW; Online verfügbar unter https://www.blb.nrw.de/BLB_Hauptauftritt/Service/Standards/index.php, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- BAUEN DIGITAL SCHWEIZ (2019): Stufenplan. Hg. v. BAUEN DIGITAL SCHWEIZ; Online verfügbar unter <https://bauen-digital.ch/de/produkte/stufenplan/>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- BAUMEISTER (2015): Macht BIM Kreativ? Hg. v. Georg D.W. Callwey; Online verfügbar unter <https://www.baumeister.de/macht-bim-kreativ/>, zuletzt geprüft am 09.09.2019.
- BAYERISCHE ARCHITEKTENKAMMER (Bay. AK.) (2017): Berichte aus der Praxis. Erfahrungsberichte aus Architekturbüros. Hg. v. Bayerische Architektenkammer; Online verfügbar unter <https://www.byak.de/planen-und-bauen/architektur-technik/building-information-modelling-bim/berichte-aus-der-praxis.html>, zuletzt geprüft am 24.08.2019.
- BAYERISCHE ARCHITEKTENKAMMER (Bay. AK.) (2018-1): Building Information Modeling. Hg. v. Bayerische Architektenkammer; Online verfügbar unter <https://www.byak.de/planen-und-bauen/architektur-technik/building-information-modelling-bim.html>, zuletzt geprüft am 22.08.2019.
- BAYERISCHE ARCHITEKTENKAMMER (Bay. AK.) (2018-2): Basiswissen BIM. Hg. v. Bayerische Architektenkammer; Online verfügbar unter <https://www.byak.de/planen-und-bauen/architektur-technik/building-information-modelling-bim/basiswissen-bim.html>, zuletzt geprüft am 22.08.2019.
- BAYERISCHE ARCHITEKTENKAMMER (Bay. AK.) (2018-3): BIM Lexikon. Hg. v. Bayerische Architektenkammer; Online verfügbar unter <https://www.byak.de/planen-und-bauen/architektur-technik/building-information-modelling-bim/bim-lexikon.html>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.

- BAYERISCHE ARCHITEKTENKAMMER (Bay. AK.) (2019-1): BIM – Standards und Normen. Hg. v. Bayerische Architektenkammer; Online verfügbar unter <https://www.byak.de/planen-und-bauen/architektur-technik/building-information-modelling-bim/bim-und-normung.html>, zuletzt geprüft am 23.08.2019.
- BAYERISCHE ARCHITEKTENKAMMER (Bay. AK.) (2019-2): EuGH-Entscheidung: FAQs. Hg. v. Bayerische Architektenkammer; Online verfügbar unter <https://www.byak.de/planen-und-bauen/recht-und-berufspraxis/hoai/eugh-entscheidung-faqs.html>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- BEANGE, Megan (2018): BIM Guides Project. Hg. v. buildingSMART International; Online verfügbar unter <http://bimguides.vtreem.com/bin/view/Main/>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.
- BEHANECK, Marian (2015): Aktueller Stand und Nutzen von Building Information Modeling und künftige Entwicklungen. BIM, BAM, BOOM? Hg. v. Konradin Medien; Online verfügbar unter <https://www.db-bauzeitung.de/db-themen/technik/bim-bam-boom/#slider-intro-2>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- BEHANECK, Marian (2016): BIM-Anwender berichten. Hg. v. Konradin Medien; Online verfügbar unter <https://www.db-bauzeitung.de/db-themen/technik/zukunftsmusik-mit-leisen-dissonanzen/>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.
- BEHANECK, Marian (2018): BIM-Einführung: (R)Evolution im Planungsbüro. Hg. v. Laser Verlag; Online verfügbar unter <http://www.architektur-online.com/allgemein/bim-einfuehrung-revolution-im-planungsbuero>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- BEINE, Klaus (2016): Darum kommt BIM in Deutschland nicht voran. Hg. v. Immobilien Manager Verlag IMV; Online verfügbar unter <https://www.immobiliенmanager.de/darum-kommt-bim-in-deutschland-nicht-voran/150/40535/>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- BERGIN, Michael S.; BERGIN, Alexandra (2012): History of BIM. Hg. v. Archinect Blog; Online verfügbar unter <https://archinect.com/archlab/history-of-bim>, zuletzt geprüft am 04.09.2019.
- BESCHAFFUNGSDIENST GALABAU (2017): FLL-Präsidium entscheidet über neue Gremien und Überarbeitungen von FLL-Regelwerken; Online verfügbar unter <https://www.soll-galabau.de/aktuelle-news/ansicht-aktuelles/datum/2017/12/14/fll-praesidium-entscheidet-ueber-neue-gremien-und-ueberarbeitungen-von-fll-regelwerken.html>, zuletzt geprüft am 28.08.2019.

- BEUTHAN, Tino (2017): BIM-Erlass des Bauministeriums: Folgen für Vergabe, Vertragsgestaltung, Honorar. Hg. v. Wilhelm Ernst & Sohn; Online verfügbar unter <https://momentum-magazin.de/de/bim-erlass-des-bauministeriums-folgen-fuer-vergabe-vertragsgestaltung-honorar/>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- BIBLUS (2017-1): Alle BIM Akronyme: folgend ein kleines BIM Vokabular, das Sie kennen sollten. Hg. v. ACCA software S.p.A.; Online verfügbar unter <http://biblus.accasoftware.com/de/alle-bim-akronyme/>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.
- BIBLUS (2017-2): Wie BIM verwendet wird, um ein Architekturprojekt zu erstellen: das Beispiel des ML HOUSE. Hg. v. ACCA software S.p.A.; Online verfügbar unter <http://biblus.accasoftware.com/de/come-usare-il-bim-per-realizzare-un-progetto-architettonico-lesempio-di-ml-house/>, zuletzt geprüft am 15.09.2019.
- BIBLUS (2019): Die Dimensionen des BIM: 3D, 4D, 5D, 6D, 7D. Hg. v. ACCA software S.p.A.; Online verfügbar unter <http://biblus.accasoftware.com/de/die-dimensionen-des-bim-3d-4d-5d-6d-7d/>, zuletzt geprüft am 04.09.2019.
- BILLEP, Mario (2016): Building Information Modeling: Neue Berufe durch BIM. Hg. v. Immobilien Manager Verlag IMV; Online verfügbar unter <https://www.immobilienmanager.de/bim-berufe-neue-jobs-entstehen/150/41460/>, zuletzt geprüft am 27.08.2019.
- BIM AND BEAM (2014): Structural Analysis for Dynamo is Available on Autodesk Labs. Hg. v. BIM and Beam; Online verfügbar unter https://bimandbeam.typepad.com/bim_beam/2014/11/structural-analysis-for-dynamo-is-available-on-autodesk-labs.html, zuletzt geprüft am 31.08.2019.
- BIM WIKI (2019): BIM execution plan BEP. Hg. v. Designing Buildings Ltd; Online verfügbar unter https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/BIM_execution_plan_BEP, zuletzt geprüft am 06.09.2019.
- BIM4INFRA2020 (2018): Leitfäden, Muster und Handreichungen. Hg. v. ARGE BIM4INFRA2020; Online verfügbar unter <https://bim4infra.de/leitfaeden-muster-und-handreichungen/>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- BIMCOMMUNITY (2018): Which software BIM is the best for me? Hg. v. BIMCommunity; Online verfügbar unter <https://www.bimcommunity.com/technical/load/443/which-software-bim-is-the-best-for-me>, zuletzt geprüft am 22.08.2019.

- BIMESTIMATE: The theory of evolution. BIM 3D ... 7D ... Hg. v. Datacomp Sp. z o.o.; Online verfügbar unter <https://bimestimate.eu/en/the-theory-of-evolution-bim-3d-7d/>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- BIMOBJECT: BIM-Content-Plattform. Hg. v. BIMObject; Online verfügbar unter <https://www.bimobject.com/de>, zuletzt geprüft am 27.08.2019.
- BIMPANZEE (2018): BIM 3D, 4D, 5D. 6D AND 7D. Hg. v. BIMPanzee; Online verfügbar unter <http://www.bimpanzee.com/bim-3d-4d--5d--6d---7d.html>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.
- BIMPEDIA (2019): LOD – Level Of Development. Hg. v. Plandata BIM Solutions; Online verfügbar unter https://www.bimpedia.eu/node/1005#level_of_geometry_%E2%80%93_log, zuletzt geprüft am 22.08.2019.
- BIMTALK (2016): BIM Glossary. Hg. v. BIMTalk; Online verfügbar unter http://bimtalk.co.uk/bim_glossary:pdt, zuletzt geprüft am 15.07.2019.
- BIMWELT (2018): Was ist eigentlich BIM?; Online verfügbar unter <http://www.bimwelt.de/bim/erklaerung/>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.
- BLINDE, Christina (2017): Erfahrungsbericht von Peter Krauß: Unser erstes Projekt mit BIM - Experten sind Mangelware. Hg. v. Baugewerbe-Verband Niedersachsen; Online verfügbar unter <https://bvn.de/Presse/2017/04-05-interview-kraus.php>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- BODDEN, Jörg L. (2015): Building Information Modeling und die HOAI. Hg. v. Springer Fachmedien Wiesbaden; Online verfügbar unter <https://www.springerprofessional.de/baubetrieb/building-information-modeling/building-information-modeling-und-die-hoai/6558876>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- BODDEN, Jörg L. (2016): BIM und Recht – Vertragsgestaltung für BIM-Projekte. Hg. v. Drees & Sommer SE; Online verfügbar unter <http://www.bim-blog.de/blog/bim-und-recht-vertragsgestaltung-fuer-bim-projekte/>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- BOLDT, Antje (2016): BIM aus Sicht von Juristen. Hg. v. Immobilien Manager Verlag IMV; Online verfügbar unter <https://www.immobilienmanager.de/bim-aus-sicht-von-juristen/150/46276/>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.

- BRANDES, Bettina (2018): Landscape Information Modeling in der Praxis. ComputerWorks „BIM in der Landschaftsarchitektur“. Hg. v. ComputerWorks; Online verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=wb4Eg8qC7Pg&list=PL2OnH5hoNFp-IIIvEyC5rZ10GL5jIS9sC&index=3&t=0s>, zuletzt geprüft am 22.08.2019.
- BRANDMANN, Niklas (2017): BIM schafft neue Rollen. Hg. v. Walhalla u. Praetoria Verlag; Online verfügbar unter <https://www.karrierefuehrer.de/bauingenieure/bim-schafft-neue-rollen.html>, zuletzt geprüft am 05.0.9.2019.
- buildingSMART GERMANY (2017-1): Neu! ... buildingSMART-Fachgruppe „BIM in der Landschaftsarchitektur“; Online verfügbar unter <https://www.buildingsmart.de/kos/WNetz?art=News.show&id=598>, zuletzt geprüft am 27.08.2019.
- buildingSMART GERMANY (2017-2): Neue buildingSMART-Projektgruppe „Grundlagen für AIA und BAP“ gestartet. Hg. v. buildingSMART Germany; Online verfügbar unter <https://www.buildingsmart.de/kos/WNetz?art=News.show&id=704>, zuletzt geprüft am 04.09.2019.
- buildingSMART GERMANY (2018): BIM-Standards. Hg. v. buildingSMART Germany; Online verfügbar unter <https://www.buildingsmart.de/bim-knowhow/standards>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.
- buildingSMART GERMANY (2019-1): buildingSMART-Fachgruppe „BIM in der Landschaftsarchitektur“. Hg. v. buildingSMART Germany; Online verfügbar unter https://www.buildingsmart.de/kos/WNetz?art=Compilation.show&id=487&yearmonthselectorcpob_9921=2045&listviewpagecpob_9921=0&listvieworderbycpob_9921=date, zuletzt geprüft am 27.08.2019.
- buildingSMART GERMANY (2019-2): Das deutschsprachige Chapter von buildingSMART International. Hg. v. <https://www.buildingsmart.de/>; Online verfügbar unter <https://www.buildingsmart.de/>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.
- buildingSMART INTERNATIONAL (2017): Industry Foundation Classes. Version 4.1.0.0. Hg. v. buildingSMART International; Online verfügbar unter https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_1/FINAL/HTML/, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- buildingSMART INTERNATIONAL (2018-1): buildingSMART Data Dictionary. Hg. v. buildingSMART International; Online verfügbar unter <https://www.buildingsmart.org/users/services/buildingsmart-data-dictionary/>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.

- buildingSMART INTERNATIONAL (2018-2): IFC for Site, Landscape, and Urban Planning – call for participation. Hg. v. buildingSMART International; Online verfügbar unter <https://www.buildingsmart.org/ifc-for-site-landscape-and-urban-planning-call-for-participation/>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- buildingSMART INTERNATIONAL (2018-3): BIM Collaboration Format (BCF) - An Introduction. Hg. v. buildingSMART International; Online verfügbar unter <https://technical.buildingsmart.org/standards/bcf/>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- buildingSMART INTERNATIONAL (2019-1): Home of Open-BIM. Hg. v. buildingSMART International; Online verfügbar unter <https://www.buildingsmart.org/>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- buildingSMART INTERNATIONAL (2019-2): buildingSMART Data Dictionary (bsDD). Hg. v. buildingSMART International; Online verfügbar unter <http://bsdd.buildingsmart.org/#peregrine/about>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- buildingSMART INTERNATIONAL (2019-3): Industry Foundation Classes (IFC) - An Introduction. Hg. v. buildingSMART International; Online verfügbar unter <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.
- buildingSMART INTERNATIONAL (2019-4): Industry Foundation Classes. Version 4.2 BSI Draft Standard- IFC Bridge proposed extension. Hg. v. buildingSMART International; Online verfügbar unter https://standards.buildingsmart.org/IFC/DEV/IFC4_2/FINAL/HTML/, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- buildingSMART INTERNATIONAL (2019-5): Software Implementations. Hg. v. buildingSMART International; Online verfügbar unter <https://technical.buildingsmart.org/community/software-implementations/>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- buildingSMART INTERNATIONAL (2019-6): Technical Resources. Hg. v. buildingSMART International; Online verfügbar unter <https://technical.buildingsmart.org/>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- buildingSMART INTERNATIONAL (2019-7): Model View Definition (MVD) - An Introduction. Hg. v. buildingSMART International; Online verfügbar unter <https://technical.buildingsmart.org/standards/mvd/>, zuletzt geprüft am 22.08.2019.

- buildingSMART INTERNATIONAL (2019-8): MVD Database. Hg. v. buildingSMART International; Online verfügbar unter <https://technical.buildingsmart.org/standards/mvd/mvd-database/>, zuletzt geprüft am 23.08.20.
- buildingSMART PROFESSIONAL CERTIFICATION (2019): buildingSMART Professional Certification Program. Hg. v. buildingSMART International; Online verfügbar unter <https://education.buildingsmart.org/>, zuletzt geprüft am 05.09.2019.
- BUND DEUTSCHER LANDSCHAFTSARCHITEKTEN (BDLA) (2019); Online verfügbar unter <https://www.bdla.de/>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- BUNDESMINISTERIUM DER FINANZEN (BMF) (2017): Produktivität in Deutschland – Messbarkeit und Entwicklung. Hg. v. BMF; Online verfügbar unter <https://www.bundesfinanzministerium.de/Monatsberichte/2017/10/Inhalte/Kapitel-3-Analysen/3-1-Produktivitaetsentwicklung-Deutschland.html>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (BMVI) (2018-2): Reformkommission Bau von Großprojekten. Hg. v. BMVI; Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/reformkommission-bau-von-grossprojekten.html>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (BMVI) (2019): Digitales Planen und Bauen. Stufenplan zur Einführung von Building Information Modeling (BIM). Hg. v. BMVI; Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/digitales-bauen.html>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- CAD STUDIO S.R.O. (2019): Historie BIM. Hg. v. CAD STUDIO S.R.O.; Online verfügbar unter <https://www.bimfo.cz/Aktuality/Historie-BIM.aspx>, zuletzt geprüft am 16.08.2019.
- CENTRE FOR DIGITAL BUILT BRITAIN (CDBB) (2019): About the Centre for Digital Built Britain. Hg. v. University of Cambridge; Online verfügbar unter <https://www.cdbb.cam.ac.uk/AboutDBB>, zuletzt geprüft am 05.09.2019.
- CHAPMAN, Ian (2013): An introduction to Uniclass 2. Hg. v. NBS (UK); Online verfügbar unter <https://www.thenbs.com/knowledge/an-introduction-to-uniclass-2>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.

- CIBSE (Hg.) (2018-2): BIM Glossary; Online verfügbar unter https://www.cibse.org/sde/bim_glossary, zuletzt geprüft am 15.08.2019.
- COLLINS, Shaun (2017): Using AutoCAD Civil 3D to Create a Landscape Architecture BIM Model. Hg. v. Autodesk; Online verfügbar unter <https://www.autodesk.com/autodesk-university/class/Using-AutoCAD-Civil-3D-Create-Landscape-Architecture-BIM-Model-2017>, zuletzt geprüft am 23.08.2019.
- COMPUTERWORKS (2016-1): Nachhaltige Landschaftsarchitektur; Online verfügbar unter <https://www.computerworks.de/produkte/vectorworks/vectorworks-landschaft/referenzen-landschaft/details/nachhaltige-landschaftsarchitektur.html>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- COMPUTERWORKS (2016-2): BIM-Werkzeuge für Landschaftsarchitekten. Hg. v. ComputerWorks; Online verfügbar unter <https://www.computerworks.de/vectorworks-blog/details/wie-landschaftsarchitekten-von-bim-werkzeugen-profitieren.html>, zuletzt geprüft am 26.08.2019.
- COMPUTERWORKS (2018-1): BIM-Anforderungen in der Landschaftsarchitektur. Hg. v. ComputerWorks; Online verfügbar unter <https://www.computerworks.ch/software/vectorworks/vectorworks-landschaft/bim-und-landschaftsarchitektur/bim-im-klartext-land-2018/bim-im-klartext-die-filme.html>, zuletzt geprüft am 26.08.2019.
- COMPUTERWORKS (2019-1): Vectorworks für LandschaftsarchitektInnen. Hg. v. ComputerWorks; Online verfügbar unter <https://www.computerworks.de/produkte/vectorworks/vectorworks-landschaft/landschaftsarchitektur.html>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- COMPUTERWORKS (2019-2): BIM und Landschaftsarchitektur. Hg. v. ComputerWorks; Online verfügbar unter <https://www.computerworks.de/produkte/vectorworks/vectorworks-landschaft/bim.html>, zuletzt geprüft am 25.08.2019.
- COMPUTERWORKS (2019-3): BIM-Prozesse erfolgreich umgesetzt. Hg. v. ComputerWorks; Online verfügbar unter <https://www.computerworks.ch/software/vectorworks/vectorworks-landschaft/referenzen-landschaft/details/bim-prozesse-erfolgreich-umgesetzt.html>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.

- COMPUTERWORKS (2019-4): Vectorworks 2019 Hilfe. Hg. v. ComputerWorks; Online verfügbar unter http://vectorworks-hilfe.computerworks.eu/2019/index.htm#t=VW_2019_Handbuch_Vectorworks%2FLanding_Page%2FVectorworks_1-.htm, zuletzt geprüft am 30.08.2019.
- COMPUTERWORKS (2019-5): Vectorworks 2019: Systemvoraussetzungen. Hg. v. ComputerWorks; Online verfügbar unter <https://www.computerworks.de/produkte/vectorworks/service-und-support/systemvoraussetzungen.html>, zuletzt geprüft am 27.08.2019.
- CONSTRUCTION SPECIFICATIONS (CSI) (2019): OmniClass. Hg. v. CSI; Online verfügbar unter <https://www.csiresources.org/standards/omniclass>, zuletzt geprüft am 08.09.2019.
- CS DESIGN SOFTWARE (2019): Product Data Templates (PDTs) explained. Hg. v. CS Design Software; Online verfügbar unter <https://www.csdhub.com/product-data-templates-the-lowdown/#prettyPhoto>, zuletzt geprüft am 27.08.2019.
- DANGL IT (2019): Die unterschiedlichen GAEB Datenformate. Hg. v. Dangel IT; Online verfügbar unter <https://www.dangl-it.de/artikel/die-unterschiedlichen-gaeb-datenformate/>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- DASKALOVA, Mariela (2016): buildingSMART Data Dictionary (bSDD). Hg. v. The BIM Hub; Online verfügbar unter <https://thebimhub.com/2016/01/21/buildingsmart-data-dictionary-bsdd-the-dictionary/#.XW0EYigzZPZ>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- DATAFLOR (2019): DATAflor BIM-Manager. Hg. v. DATAflor; Online verfügbar unter <https://www.dataflor.de/landschaftsarchitektur/produkte/bim-manager/>, zuletzt geprüft am 10.08.2019.
- DAVIS, Daniel (2011): The MacLeamy curve. Hg. v. Daniel Davis; Online verfügbar unter <https://www.danieldavis.com/macleamy/>, zuletzt geprüft am 09.09.2019.
- DBD BIM (2019): DBD BIM - Dynamische BauDaten-. Hg. v. Dr. Schiller & Partner; Online verfügbar unter <https://www.dbd-bim.de/>, zuletzt geprüft am 04.09.2019.
- DELANY, Sarah (2015): What is Uniclass 2015? Hg. v. RIBA Enterprises Ltd; Online verfügbar unter <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-uniclass-2015>, zuletzt aktualisiert am 26.04.2019, zuletzt geprüft am 04.09.2019.

- DELANY, Sarah; KING, Michael (2007): The benefits of master specifications. Hg. v. RIBA Enterprises Ltd; Online verfügbar unter <https://www.thenbs.com/knowledge/the-benefits-of-master-specifications>, zuletzt geprüft am 20.08.2019.
- DESIGNING BUILDINGS (2017): OmniClass. Hg. v. Designing Buildings Ltd; Online verfügbar unter <https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/OmniClass>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- DESIGNING BUILDINGS (2018): Uniclass 2015. Hg. v. Designing Buildings Ltd; Online verfügbar unter https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Uniclass_2015, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- DESIGNING BUILDINGS WIKI (2019): Common data environment CDE. Hg. v. Designing Buildings Ltd; Online verfügbar unter https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Common_data_environment_CDE, zuletzt geprüft am 10.09.2019.
- DEUTLOFF, Alexander (2015): Einführung in die objektorientierte Softwareentwicklung mit Java. Hg. v. Kaufmännischen Schule Tauberbischofsheim; Online verfügbar unter <https://www.kstbb.de/informatik/oo/index.html>, zuletzt geprüft am 13.09.2019.
- DEUTSCHE BAHN AG (2016): BIM-Leistungsbeschreibungen/Verträge; Online verfügbar unter <https://www1.deutschebahn.com/sus-infoplattform/start/Vorgaben-zur-Anwendung-der-BIM-Methodik/BIM-Leistungsbeschreibungen-Vertraege-3093002>, zuletzt geprüft am 28.08.2019.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (DIN) (2019-3): DIN SPEC- Heute Idee. Morgen Standard. Hg. v. Deutsches Institut für Normung e. V. (DIN); Online verfügbar unter <https://www.din.de/de/forschung-und-innovation/din-spec>, zuletzt geprüft am 08.09.2019.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (DIN) (2019-4): Normen und Standards. Hg. v. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN); Online verfügbar unter <https://www.din.de/de/ueber-normen-und-standards>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- DIGITAL SCHOOL TECHNICAL DESIGN COLLEGE (2019): Here's a History of BIM. Hg. v. Digital School Technical Design College; Online verfügbar unter <https://www.digitalschool.ca/history-bim/>, zuletzt geprüft am 15.08.2019.
- DIN.BAUPORTAL (2018): DBD-BIM- Dynamische BauDaten für BIM. Hg. v. DIN Bauportal; Online verfügbar unter <https://www.din-bauportal.de/Public/BIM/DBD-BIM-Info.aspx>, zuletzt geprüft am 07.08.2019.

- DIN.BAUPORTAL (2019): DIN SPEC 91400. BIM-Klassifikation nach StLB-Bau. Hg. v. DIN.bauportal; Online verfügbar unter <https://www.din-bauportal.de/Public/BIM/DIN-SPEC-91400.aspx>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- DISCHKE, Eduard (2017-1): BIM-Vertrag: Einer für alle? BIM & Recht, Teil 1. Hg. v. HUSS-Medien; Online verfügbar unter <https://www.build-ing.de/fachartikel/detail/bim-vertrag-einer-fuer-alle/>, zuletzt geprüft am 05.09.2019.
- DISCHKE, Eduard (2017-2): Vergaberecht und BIM. BIM & Recht, Teil 2. Hg. v. HUSS-Medien; Online verfügbar unter <https://www.build-ing.de/fachartikel/detail/vergaberecht-und-bim/>, zuletzt geprüft am 05.09.2019.
- DISCHKE, Eduard (2017-3): buildingSMART-Thementag Recht: Erstes europäisches BIM-Urteil – Zugriffsrechte regeln! Hg. v. HUSS-Medien; Online verfügbar unter <https://www.build-ing.de/fachartikel/detail/buildingsmart-thementag-recht-erstes-europaeisches-bim-urteil-zugriffsrechte-regeln/>, zuletzt geprüft am 05.09.2019.
- DISCHKE, Eduard (2017-4): Haftung des Planers in BIM-Projekten. Hg. v. HUSS-Medien; Online verfügbar unter <https://www.build-ing.de/fachartikel/detail/haftung-des-planers-in-bim-projekten/>, zuletzt geprüft am 05.09.2019.
- DÖRING, Tobias (2019-4): IFC – endlich verständlich. Hg. v. HUSS-Medien; Online verfügbar unter <https://www.build-ing.de/fachartikel/detail/ifc-endlich-verstaendlich/>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- DÖRING, Tobias (2019-5): BCF – Endlich verständlich. Hg. v. HUSS-Medien; Online verfügbar unter <https://www.build-ing.de/fachartikel/detail/bcf-endlich-verstaendlich/>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- EERGIEWENDEBAUEN (2018): Software bewertet Lebenszykluskosten. Hg. v. Forschungszentrum Jülich; Online verfügbar unter <https://projektinfos.energiewendebauen.de/forschung-im-dialog/neuigkeiten-aus-der-forschung/detailansicht/software-bewertet-lebenszykluskosten/>, zuletzt geprüft am 24.08.2019.
- ERNST, Tatjana; ESSIG, Bernd (2019): Anwendung von BIM – Building Information Modeling für Zertifizierung von Gebäuden. Hg. v. SCHOLZE-THOST; Online verfügbar unter https://www.scholze-lava.de/wp-content/uploads/2016/09/Scholze_aktuell_BIM.pdf, zuletzt geprüft am 30.08.2019.

- ESCHENBRUCH, Klaus (2015): Recht- Vergabe, Vertragsgestaltung und Preisrecht. Hg. v. planen-bauen 4.0; Online verfügbar unter <https://planen-bauen40.de/handlungsfelder/recht-vergabe-vertragsgestaltung-und-preisrecht/>, zuletzt geprüft am 31.08.2019.
- ETASK IMMOBILIEN SOFTWARE (2016): BIM im FM. Building Information Modeling – der Standard zur Digitalisierung Ihrer Gebäudeverwaltung. Hg. v. eTask Immobilien Software; Online verfügbar unter <https://www.etask.de/softwareprodukte/bim-im-fm/>, zuletzt geprüft am 06.09.2019.
- EU BIM TASKGROUP (2018): EU BIM Taskgroup. A pan-European approach to best practice in BIM (building information modelling); Online verfügbar unter <http://www.eubim.eu/about-the-eu-bim-task-group/>, zuletzt geprüft am 21.08.2019.
- FETTKE, Peter (2012): Objektorientierte Modellierung. Hg. v. Universität Potsdam; Online verfügbar unter <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/lexikon/is-management/Systementwicklung/Hauptaktivitaten-der-Systementwicklung/Problemanalyse-/Objektorientierte-Modellierung>, zuletzt geprüft am 14.09.2019.
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG
LANDSCHAFTSBAU E.V. (FLL) (2018): FLL- Regelwerksgeber und Diskussionsforum für die Grüne Branche; Online verfügbar unter <https://www.fll.de/fileadmin/images/20-Leistungsprofil/FLL-Selbstdarstellung.pdf>, zuletzt geprüft am 25.08.2019.
- FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG
LANDSCHAFTSBAU E.V. (FLL) (2019): Leistungsprofil; Online verfügbar unter <https://www.fll.de/leistungsprofil.html>, zuletzt geprüft am 25.08.2019.
- GEHRKE, Matthias: BIM, Landschaftsarchitektur und Software. Das „Planen im Modell“ ist in der Landschaftsarchitektur angekommen. Hg. v. DATAflor; Online verfügbar unter <https://www.dataflor.de/bim-und-landschaftsarchitektur/>, zuletzt geprüft am 14.08.2019.
- GEMEINSAMER AUSSCHUSS ELEKTRONIK IM BAUWESEN (GAEB) (2019): StLB Bau. Hg. v. GAEB; Online verfügbar unter <https://www.gaeb.de/de/produkte/stlb-bau/>, zuletzt geprüft am 07.09.2019.
- GEOPLANA (2019): Digitales Geländemodell (DGM). Hg. v. geoplana; Online verfügbar unter <https://www.geoplana.de/dgm.php>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

- GLOVER, Jeremy (2017): The first reported UK BIM case: Trant v Mott MacDonald. Hg. v. Fenwick Elliott LLP; Online verfügbar unter <https://www.fenwickelliott.com/research-insight/annual-review/2017/uk-bim-trant-mott-macdonald>, zuletzt geprüft am 21.08.2019.
- GOUBAU, Thomas (2017): Was ist BIM? Welche Vorteile bietet es der Baubranche? Hg. v. APROPLAN; Online verfügbar unter <https://www.aproplan.com/de/blog/qualitaetsueberwachung-baustelle/ist-bim-welche-vorteile-bietet-es-der-baubranche>, zuletzt geprüft am 14.08.2019.
- GOUBAU, Thomas (2018): Die Geschichte von BIM. Hg. v. APROPLAN; Online verfügbar unter <https://www.aproplan.com/de/blog/zusammenarbeit-baustelle/die-geschichte-von-bim>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- GRAITEC (2019): BIM Entwicklung - Graitec BIM White Paper. Hg. v. GRAITEC; Online verfügbar unter <https://www.graitec.de/bim/bim-white-paper>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.
- GRID CAD & COMPUTER (2019): Vectorworks; Online verfügbar unter <https://grid.de/vectorworks/>, zuletzt geprüft am 10.09.2019.
- HAGLER, Jürgen (2006): Nurbs-Kurven. Hg. v. Digital Media for Artists; Online verfügbar unter <http://www.dma.ufg.ac.at/app/link/Grundlagen%3A3D-Grafik/module/13218?step=all>, zuletzt geprüft am 20.08.2019.
- HAGLER, Jürgen (2007): Nurbs-Flächen. Hg. v. Digital Media for Artists; Online verfügbar unter <http://www.dma.ufg.ac.at/app/link/Grundlagen%3A3D-Grafik/module/13411>, zuletzt geprüft am 20.08.2019.
- HASANOVIC, Aldina (2019): ORCA AVA trifft BIM. Hg. v. HUSS-Medien; Online verfügbar unter <https://www.build-ing.de/nachrichten/detail/orca-ava-trifft-bim/>, zuletzt geprüft am 28.08.2019.
- HÄUSELMANN, Fabio (2018): Von Building Information Modeling zu Landscape Information Modeling. ComputerWorks „BIM in der Landschaftsarchitektur“. Hg. v. ComputerWorks; Online verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=wb4Eg8qC7Pg&list=PL2OnH5hoNFp-II1vEyC5rZ10GL5jIS9sC&index=3&t=0s>, zuletzt geprüft am 23.08.2019.

- HAUSTEC (2017): Was Sie bei der Umstellung auf BIM unbedingt beachten müssen. Hg. v. Alfons W. Gentner Verlag; Online verfügbar unter <https://www.haustec.de/management/it/was-sie-bei-der-umstellung-auf-bim-unbedingt-beachten-muessen>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- HEINRICH, Björn (2017): Eignungs- und Zuschlagskriterien bei BIM-Vergaben. BIM & Recht, Teil 4. Hg. v. HUSS-Medien; Online verfügbar unter <https://www.build-ing.de/fachartikel/detail/eignungs-und-zuschlagskriterien-bei-bim-vergaben/>, zuletzt geprüft am 05.09.2019.
- HJL (2018): Was ist UML? Hg. v. Vogel Communications Group; Online verfügbar unter <https://www.dev-insider.de/was-ist-uml-a-676410/>, zuletzt geprüft am 10.09.2019.
- HOCHTIEF VICON (2018): 4D-BAUABLAUFPLANUNG. Hg. v. HOCHTIEF ViCon GmbH; Online verfügbar unter <https://www.hochtief-vicon.de/vicon/BIM-Services/4D-Bauablaufplanung-11.jhtml>, zuletzt geprüft am 04.09.2019.
- HÖRTNAGL, Eva (2017): LODs – Der Fertigstellungsgrad. Hg. v. Build Informed; Online verfügbar unter <https://www.buildinformed.com/fertigstellungsgrad-lod/>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- IMMOBILIEN MANAGER VERLAG IMV (2017-1): Fünf Faktoren eines erfolgreichen BIM-Projektes. Hg. v. Immobilien Manager Verlag IMV; Online verfügbar unter <https://www.immobilienmanager.de/fuenf-faktoren-eines-erfolgreichen-bim-projektes/150/62230/>, zuletzt geprüft am 02.08.2019.
- IMMOBILIEN MANAGER VERLAG IMV (2017-2): Roland Berger-Studie: Ohne BIM abgehängt. Hg. v. Immobilien Manager Verlag IMV; Online verfügbar unter <https://www.immobilienmanager.de/roland-berger-studie-ohne-bim-abgehaengt/150/55146/>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- INSTITUT FÜR ANGEWANDTE BAUINFORMATIK E.V. (iabi) (2017): BIM-Kochbuch; Online verfügbar unter <https://bim-kochbuch.azurewebsites.net/>, zuletzt geprüft am 28.08.2019.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) (2007): Building construction - Organization of information about construction works - Part 3: Framework for object-oriented information. Hg. v. International Organization for Standardization (ISO); Genf, Schweiz (ISO 12006-3:2007); Online verfügbar unter <https://www.iso.org/standard/38706.html>, zuletzt aktualisiert am 03-2007, zuletzt geprüft am 31.08.2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) (2015): ISO 12006-2:2015. Building construction — Organization of information about construction works — Part 2: Framework for classification. Hg. v. International Organization for Standardization (ISO); Genf, Schweiz; Online verfügbar unter <https://www.iso.org/standard/61753.html>, zuletzt geprüft am 31.08.2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) (2018-1): ISO 19650-1:2018. Organisation and Digitalisation of Information about Buildings and Civil Engineering Works including Building Information Modelling (BIM)- Information Management using Building Information Modelling- Part 1: Concepts and Principles. Hg. v. International Organization for Standardization (ISO); Online verfügbar unter <https://www.iso.org/standard/68078.html>, zuletzt geprüft am 27.08.2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) (2018-2): ISO 19650-2:2018. Organisation and Digitalisation of Information about Buildings and Civil Engineering Works including Building Information Modelling (BIM)- Information Management using Building Information Modelling- Part 1: Delivery Phase of the Assets. Hg. v. International Organization for Standardization (ISO); Online verfügbar unter <https://www.iso.org/standard/68080.html>, zuletzt geprüft am 27.08.2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) (2018-3): ISO 16739-1:2018. Industrie Foundation Classes (IFC) for Data Sharing in the Construction and Facility Management Industries - Part 1: Data Schema. Hg. v. International Organization for Standardization (ISO); Online verfügbar unter <https://www.iso.org/standard/70303.html>, zuletzt geprüft am 28.08.2019.

KAHL, Mario (2019): Informationen zu BIM in der Landschaftsarchitektur. Arbeitsgruppe „BIM“- Forum zur Diskussion. Hg. v. Bund Deutscher Landschaftsarchitekten (BDLA); Online verfügbar unter <https://www.bdla.de/themen/oekonomie-vergabe-honorar-recht/bim>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.

KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT) (2017): KIT IFC Examples. Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute for Applied Computer Science (Campus North) --- IFC Examples; Online verfügbar unter http://www.ifewiki.org/index.php?title=KIT_IFC_Examples, zuletzt geprüft am 11.08.2019.

- KEMPER, Ralf (2018): Tipps für die BIM-Vertragsgestaltung, Teil 1. BIM & Recht, Teil 6. Hg. v. HUSS-Medien; Online verfügbar unter <https://www.build-ing.de/fachartikel/detail/tipps-fuer-die-bim-vertragsgestaltung-teil-1/>, zuletzt geprüft am 05.09.2019.
- KÖGL, Stefan (2018): Warum kann Deutschland kein BIM? Hg. v. Immobilien Manager Verlag IMV; Online verfügbar unter <https://www.immobilienmanager.de/warum-kann-deutschland-kein-bim/150/59135/>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.
- BROISE, Jérémie de la (2018): Level of Development vs. Level of Detail (LOD). Hg. v. startBIM; Online verfügbar unter <https://www.startbim.com/2017/07/level-of-development-vs-level-of-detail.html>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- LACKNER, Pia-Maria (2015): Parametrismus. Hg. v. Technische Universität Graz; Online verfügbar unter <http://minilexikon-architektonischer-modebegriffe.tugraz.at/index.php/modebegriffe/parametrismus/>, zuletzt geprüft am 30.08.2019.
- LANDSCAPE INSTITUTE (2018): Product Data Templates (PDT) store. Hg. v. Landscape Institute; Online verfügbar unter <https://www.landscapeinstitute.org/technical-resource/pdt-store/>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- LIEBSCH, Peter (2019): Building Information Modeling: So verändert BIM die Prozesse. Hg. v. Immobilien Manager Verlag IMV; Online verfügbar unter <https://www.immobilienmanager.de/building-information-modeling-so-veraendert-bim-die-prozesse/150/49665/>, zuletzt geprüft am 26.08.2019.
- LIEDTKE, Stephan (2016): Was ist IFC (Industry Foundation Classes) ? Hg. v. Stephan Liedtke; Online verfügbar unter <https://bimsource.de/was-ist-ifc-industry-foundation-classes/>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- LÜCKING, Heinz-Josef (2005): Triangulated Irregular Network. Hg. v. Heinz-Josef Lücking; Online verfügbar unter http://www.giswiki.org/wiki/Triangulated_Irregular_Network, zuletzt geprüft am 16.08.2019.
- MARSCHALL, David (1997): Boundary Representation. Hg. v. David Marschall; Online verfügbar unter https://users.cs.cf.ac.uk/Dave.Marshall/Vision_lecture/node57.html, zuletzt geprüft am 10.08.2019.

- MARTIN, Kyle C. (2016): Design Space Exploration with Dynamo. Hg. v. Kyle C. Martin; Online verfügbar unter <http://www.martinportfolio.com/blog/2016/2/4/design-space-exploration-with-dynamo>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- MCPARTLAND, Richard (2014): BIM Levels explained. Hg. v. NBS (UK); Online verfügbar unter <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-explained>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.
- MCPARTLAND, Richard (2017-1): BIM dimensions - 3D, 4D, 5D, 6D BIM explained. Hg. v. NBS (UK); Online verfügbar unter <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained>, zuletzt geprüft am 05.09.2019.
- MCPARTLAND, Richard (2017-2): What is a BIM Execution Plan (BEP)? Hg. v. NBS (UK); Online verfügbar unter <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-a-bim-execution-plan-bep>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.
- MCPARTLAND, Richard (2017-3): What is the BuildingSMART data dictionary? Hg. v. NBS (UK); Online verfügbar unter <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-the-buildingsmart-data-dictionary>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- MCPARTLAND, Richard (2017-4): What is Digital Built Britain? Hg. v. NBS (UK); Online verfügbar unter <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-digital-built-britain>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- MCPHEE, Antony (2013): What is this thing called LOD. Hg. v. Antony McPhee; Online verfügbar unter <http://practicalbim.blogspot.com/2013/03/what-is-this-thing-called-lod.html>, zuletzt geprüft am 26.08.2019.
- MERLAN, Jay (2018): Dynamo for Revit: What it is and Why You Should Use it. Hg. v. UNIFI Labs; Online verfügbar unter <https://unifilabs.com/dynamoforrevit/>, zuletzt geprüft am 31.08.2019.
- MICHL, Vladimír (2019): Historie BIM. Hg. v. CAD STUDIO S.R.O.; Online verfügbar unter <https://www.bimfo.cz/Aktuality/Historie-BIM.aspx>, zuletzt geprüft am 04.09.2019.
- MILLS, Fred (2013): What are Employer's Information Requirements? (EIRs). Hg. v. The BIM Limited; Online verfügbar unter <https://www.theblm.com/video/what-are-employers-information-requirements>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.

- MITTELSTAND 4.0-Kompetenzzentrum Planen und Bauen (2019): BIM-Referenzobjekt in Deutschland (2013-2017). Hg. v. Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP; Online verfügbar unter <https://www.kompetenzzentrum-planen-und-bauen.digital/bimid>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- MÖLLENHOFF, Nikolaus (2017): BIM-Frage Nr.2: Wer macht was? Hg. v. HUSS-Medien; Online verfügbar unter <https://www.build-ing.de/fachartikel/detail/bim-frage-nr2-wer-macht-was/>, zuletzt geprüft am 27.08.2019.
- MORDUE, Stefan (2015): BIM Levels of Information. Hg. v. NBS (UK); Online verfügbar unter <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-levels-of-information>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- MORENO, Anna (2016): BIM ... BAM ... BOOM. Hg. v. iBIMit; Online verfügbar unter <https://www.ibimi.it/bim-bam-boom/>, zuletzt geprüft am 14.08.2019.
- N+P INFORMATIONSSYSTEME (2019): Qualitativ hochwertiger, bei geringeren Kosten, in kürzerer Zeit planen, bauen und betreiben; Online verfügbar unter <https://www.nupis.de/de/digitales-gebaeude>, zuletzt geprüft am 22.08.2019.
- NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES (NIBS) (2015-2): buildingSMART alliance Releases NBIMS-US™ Version 3; Online verfügbar unter <https://www.nibs.org/news/news.asp?id=242663&hhSearchTerms=%22BIM+and+definition%22>, zuletzt geprüft am 26.08.2019.
- NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES (NIBS) (2019): National BIM Standard-United States V3. (NBIMS-US V3); Online verfügbar unter <https://www.nationalbimstandard.org/>, zuletzt geprüft am 26.08.2019.
- NBS (UK) (2018): NBS National BIM Library. NBS BIM Object Standard v2.1. Hg. v. RIBA Enterprises Ltd; Online verfügbar unter <https://www.nationalbimlibrary.com/en/nbs-bim-object-standard>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- NBS (UK) (2019-1): BIM (Building Information Modelling). Hg. v. RIBA Enterprises Ltd; Online verfügbar unter <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-building-information-modelling>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.

- NBS (UK) (2019-2): Uniclass 2015. Hg. v. RIBA Enterprises Ltd; Online verfügbar unter <https://www.thenbs.com/our-tools/uniclass-2015#classificationtables>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- NBS (UK) (2019-3): NBS BIM Toolkit. Hg. v. RIBA Enterprises Ltd; Online verfügbar unter <https://toolkit.thenbs.com/>, zuletzt geprüft am 27.08.2019.
- NBS (UK) (2019-4): NBS BIM Toolkite. The NBS Definitions Library. Hg. v. RIBA Enterprises Ltd; Online verfügbar unter <https://toolkit.thenbs.com/definitions>, zuletzt geprüft am 04.09.2019.
- NBS (UK) (2019-5): NBS National BIM Library. Hg. v. RIBA Enterprises Ltd; Online verfügbar unter <https://www.nationalbimlibrary.com/en/find-bim-objects/>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- NEMETSCHKEK GROUP (2019): Historie. Hg. v. Nemetschek Group; Online verfügbar unter <https://www.nemetschek.com/unternehmen/historie>, zuletzt geprüft am 29.08.2019.
- OBJECT MANAGEMENT GROUP (OMG) (2005): Introduction to OMG's Unified Modeling Language (UML). Hg. v. Object Management Group; Online verfügbar unter <https://www.uml.org/what-is-uml.htm>, zuletzt geprüft am 12.09.2019.
- OEBBEKE, Alfons (2014): Neue EU Richtlinie könnte BIM auch in Deutschland zum Durchbruch verhelfen. Hg. v. ARCHmatic; Online verfügbar unter <https://www.baulinks.de/bausoftware/2014/0024.php4>, zuletzt geprüft am 07.09.2019.
- O'KEEFFE, Shawn (2010): 4D, 5D, 6D BIM. Hg. v. 4BT; Online verfügbar unter <https://buildinginformationmanagement.wordpress.com/2010/03/05/4d-5d-6d-bim/>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- O'SULLIVAN, Emer (2013): BIM Collaboration. Hg. v. DIT Bolton Street School of Engineering and the Built Environment; Online verfügbar unter <https://sites.google.com/site/dt775group4/collaboration>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.
- PHILIPP, Sabine (2019): Wie wird man BIM-Manager? Hg. v. VDI Verlag; Online verfügbar unter <https://www.ingenieur.de/karriere/arbeitsleben/alltag/wie-wird-man-bim-manager/>, zuletzt geprüft am 11.09.2019.

- PRASAD, K. Shakti (Unbekannt): Building Information Modeling (BIM) for Landscape Architecture. Hg. v. Eco Velo; Online verfügbar unter <https://ecovelo.info/building-information-modeling-bim-for-landscape-architecture/#is-there-any-bim-software-package-specifically-for-landscaping>, zuletzt geprüft am 04.09.2019.
- PRINGLE, Tina (2015): Employer's Information Requirements (EIR). Hg. v. NBS (UK); Online verfügbar unter <https://toolkit.thenbs.com/articles/employers-information-requirements>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- PROBST, Mathias (2017): 5 BIM Begriffe in 2 Minuten: BIM, openBIM, IFC, LOD, LOI. Hg. v. BIMConnect; Online verfügbar unter <https://bimconnect.org/wiki/5-bim-begriffe-in-90-sekunden/>, zuletzt geprüft am 17.08.2019.
- QUIRK, Vanessa (2012): A Brief History of BIM. Hg. v. ArchDaily; Online verfügbar unter <https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>, zuletzt geprüft am 20.08.2019.
- RENKEN, Sabine (2017): BIM und HOAI passen nicht zusammen. Hg. v. Immobilien Manager Verlag IMV; Online verfügbar unter <https://www.immobilienmanager.de/bim-und-hoai-passen-nicht-zusammen/150/52193/>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- RIB SOFTWARE SE (2019): VIRTUAL INTO PHYSICAL: BIM WIRD ZU BIM 5D; Online verfügbar unter <https://www.rib-software.com/loesungen/5d-modellierung/>, zuletzt geprüft am 24.08.2019.
- ROSENFELD, Karissa (2012): The Future of the Building Industry: BIM-BAM-BOOM! Hg. v. ArchDaily; Online verfügbar unter <https://www.archdaily.com/262008/the-future-of-the-building-industry-bim-bam-boom>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- ROUSE, Margaret (2018): Unified Modeling Language (UML). Hg. v. TechTarget; Online verfügbar unter <https://www.computerweekly.com/de/definition/Unified-Modeling-Language-UML>, zuletzt geprüft am 10.09.2019.
- SAUERBREI, Carsten (2017): Architektur 4.0. Hg. v. PSA Publishers Ltd.; Online verfügbar unter <https://www.german-architects.com/de/architecture-news/hauptbeitrag/architektur-4-0-von-cad-zu-cam>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.

- SCHAEFFER, Nicolas (2019): Generalanwalt: Mindest- und Höchstgebühren adé? Hg. v. Deutscher Anwaltsverein; Online verfügbar unter <https://anwaltsblatt.anwaltverein.de/de/news/eugh>, zuletzt geprüft am 31.08.2019.
- SCHAPKE, Sven-Eric (2019-1): Neue Standards für BIM. Hg. v. HUSS-Medien; Online verfügbar unter <https://www.build-ing.de/fachartikel/detail/neue-standards-fuer-bim/>, zuletzt geprüft am 08.09.2019.
- SCHAPKE, Sven-Eric (2019-2): Welche Anforderungen muss ein CDE erfüllen? Verbesserte Kommunikation bei BIM-Projekten. Hg. v. Schiele & Schön GmbH; Online verfügbar unter <https://www.deutsches-ingenieurblatt.de/magazin/bauplaner/archiv-bauplaner/artikel/2018/bp-9-2018/24251-welche-anforderungen-muss-ein-cde-erfuellen/>, zuletzt geprüft am 09.09.2019.
- SCHERER, Joana (2018): BIM Manager x BIM Koordinator BIMTALK #04 mit Dirk Holzmann. Hg. v. Joana Scherer; Online verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=LAcHVmaLPRU>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- SCHMIDT, Lauren (2014): BIM in Landscape Architecture. Hg. v. L. L.C. Land8 Media; Online verfügbar unter <https://land8.com/bim-in-landscape-architecture/>, zuletzt geprüft am 28.08.2019.
- SCHMIDT, Lauren (2016-1): Revit and Landscape Architecture: The Issues. Hg. v. World Landscape Architecture; Online verfügbar unter <https://worldlandscapearchitect.com/revit-landscape-architecture-issues/#.XWvv-igzZPa>, zuletzt geprüft am 24.08.2019.
- SCHMIDT, Lauren (2016-2): Revit and Landscape Architecture: The Benefits. Hg. v. World Landscape Architecture; Online verfügbar unter <https://worldlandscapearchitect.com/revit-and-landscape-architecture-the-benefits/#.XW0AfCgzZPZ>, zuletzt geprüft am 24.08.2019.
- SCHMIDT, Lauren (2016-3): BIM and Landscape Architecture: What, Why, and How? Hg. v. World Landscape Architecture; Online verfügbar unter https://worldlandscapearchitect.com/bim-landscape-architecture/#.XWvv_ygzZPb, zuletzt geprüft am 19.08.2019.
- SCHMIDT, Lauren (2019): Revit Dynamo. Hg. v. Lauren Schmidt; Online verfügbar unter <https://landarchbim.com/blog/all-dynamo-posts/>, zuletzt geprüft am 05.09.2019.

- SCOTTISH FUTURES TRUST (SFT) (2018-1): Create the Employers Information Requirements. Hg. v. Scottish Futures Trust (SFT); Online verfügbar unter <https://bimportal.scottishfuturestrust.org.uk/level2/stage/2/task/8/create-the-employers-information-requirements>, zuletzt geprüft am 28.08.2019.
- SCOTTISH FUTURES TRUST (SFT) (2018-2): Supply Chain Response:- The BIM Execution Plan Post-contract BEP. Hg. v. Scottish Futures Trust (SFT); Online verfügbar unter <https://bimportal.scottishfuturestrust.org.uk/level2/stage/3/task/31/post-contract-bep>, zuletzt geprüft am 29.08.2019.
- SOFTTECH (2018): Building Information Modeling. Was ist BIM ?; Online verfügbar unter <https://www.softtech.de/service/was-ist-bim>, zuletzt geprüft am 19.08.2019.
- SOFTWAREBOX (2019): Nemetschek Vectorworks Landmark 2019 (Int. English). Hg. v. SoftwareBox; Online verfügbar unter <https://www.softwarebox.de/nemetschek-vectorworks-landmark-2019-int-english.html>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.
- SPENGLER, Armin; KARL, Christian K. (2017): Was kostet BIM – und was nutzt es? Hg. v. HUSS-Medien; Online verfügbar unter <https://www.build-ing.de/fachartikel/detail/was-kostet-bim-und-was-nutzt-es/>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.
- SRINSOFT (2019): BIM Level of Development (LOD) 100, 200, 300, 400 & 500. Hg. v. SrinSoft; Online verfügbar unter <https://www.srinsofttech.com/bim-level-of-development-lod-300-400-500.html>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.
- STATSBYGGGS (Norwegen) (2016): IFC for landskap. Hg. v. Statsbyggs; Online verfügbar unter <http://bimforlandskap.no/>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.
- STERZEL, Nicole (2017): Wem kommen welche Aufgaben in der BIM Planung zu? Hg. v. SoftTech; Online verfügbar unter https://blog.softtech.de/aufgaben-bim-prozess/?utm_source=print&utm_medium=brosch%C3%BCre&utm_campaign=bim_brosch%C3%BCre_aufgaben/, zuletzt geprüft am 09.09.2019.
- STOBITZER, Christian (2015): Grundbegriffe objektorientierter Programmierung. Hg. v. Christian Stobitzer; Online verfügbar unter <http://www.pewissen.eu/grundbegriffe-objektorientierte-programmierung.html>, zuletzt geprüft am 08.09.2019.

- STRABAG SE (2017): Bauen mit BIM 5D; Online verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=cahtKIAJMT4>, zuletzt geprüft am 03.09.2019.
- STUHLMACHER, Konrad (2014): Eine fach- und silo-überspannende Bauklassifikation für den deutsch-sprachigen Raum? Hg. v. Konrad Stuhlmacher; Online verfügbar unter <https://bimundumbimherum.wordpress.com/2014/03/04/ein-fach-und-silo-uberspannende-klassifikation-fur-den-deutsch-sprachigen-raum/>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- STUHLMACHER, Konrad (2018): MacLeamy XL – Zur Übergabe und noch viel weiter! Hg. v. Konrad Stuhlmacher; Online verfügbar unter <https://bimundumbimherum.wordpress.com/2018/02/27/macleamy-xl-zur-uebergabe-und-noch-viel-weiter/>, zuletzt geprüft am 08.09.2019.
- TEKLA (2018-1): Building Information Modeling in Deutschland. BIM wird bis 2020 stufenweise eingeführt. Hg. v. Trimble Solutions Corporation; Online verfügbar unter <https://www.tekla.com/de/building-information-modeling-deutschland>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- TEKLA (2018-2): LOD: Ausführungsreife Modelle. Hg. v. Trimble Solutions Corporation; Online verfügbar unter <https://www.tekla.com/de/bim/lod-ausf%C3%BChrungsreife-modelle>, zuletzt geprüft am 01.09.2019.
- TEKLA (2019-1): Building Information Modeling. Die Digitalisierung des Bauens. Hg. v. Trimble Solutions Corporation; Online verfügbar unter <https://www.tekla.com/de/bim>, zuletzt geprüft am 16.08.2019.
- TEKLA (2019-2): LOD: Ausführungsreife Modelle. Hg. v. Trimble Solutions Corporation; Online verfügbar unter <https://www.tekla.com/de/bim/lod-ausf%C3%BChrungsreife-modelle>, zuletzt geprüft am 16.08.2019.
- TEKLA (2019-3): Was ist BIM? Hg. v. Trimble Solutions Corporation; Online verfügbar unter <https://www.tekla.com/de/bim/was-ist-bim>, zuletzt geprüft am 16.08.2019.
- TEKLA (2019-4): BIM-Glossar. Hg. v. Trimble Solutions Corporation; Online verfügbar unter <https://www.tekla.com/de/bim/glossar>, zuletzt geprüft am 16.08.2019.
- TEKLA (2019-5): Open BIM: Offener Datenaustausch für optimale Zusammenarbeit. Hg. v. Trimble Solutions Corporation; Online verfügbar unter <https://www.tekla.com/de/bim/open-bim-offene-zusammenarbeit>, zuletzt geprüft am 16.08.2019.

THE CHARTERED INSTITUTION OF BUILDING SERVICES ENGINEERS (CIBSE) (2018-1): Product Data Templates. Hg. v. CIBSE; Online verfügbar unter <https://www.cibse.org/knowledge/bim-building-information-modelling/product-data-templates>, zuletzt geprüft am 15.08.2019.

THE ROYAL INSTITUTE OF THE ARCHITECTS OF IRELAND (RIAI) (2018): Building Information Modelling (BIM). Hg. v. RIAI; Online verfügbar unter https://www.riai.ie/consumer_services/working_with_an_architect_-_larger_projects/building_information_modelling_bim/, zuletzt geprüft am 02.09.2019.

THIEL, Fabian (2017-1): BIM und das Urheberrecht. Hg. v. Vergabe24; Online verfügbar unter <https://www.vergabe24.de/blog/bim-und-das-urheberrecht/>, zuletzt geprüft am 29.08.2019.

THIEL, Fabian (2017-2): Verbindliche Nutzung von BIM? Hg. v. Vergabe24; Online verfügbar unter <https://www.vergabe24.de/blog/nutzung-von-bim/>, zuletzt geprüft am 29.08.2019.

UNBEKANNT (2011): Parametrische Planungsmethoden. Beitrag in „DETAIL - Zeitschrift für Architektur + Baudetail“. Hg. v. DETAIL Business Information; Online verfügbar unter <https://www.detail.de/artikel/parametrische-planungsmethoden-4454/>, zuletzt geprüft am 02.09.2019.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.- FACHBEREICH BAUTECHNIK (VDI) (2019-11.3): VDI/BS 2552 Blatt 11.3 - Entwurf. Building Information Modeling - Informationsaustauschanforderungen - Schalungs- und Gerüsttechnik (Ortbetonbauweise). Hg. v. VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik; Online verfügbar unter <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdibs-2552-blatt-113-building-information-modeling-informationsaustauschanforderungen-schalungs-und-geruesttechnik-ortbetonbauweise>, zuletzt geprüft am 31.08.2019.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.- FACHBEREICH BAUTECHNIK (VDI) (2019-8.2): VDI/BS 2552 Blatt 8.2 - Projekt. Building Information Modeling; Qualifikationen; Erweiterte Kenntnisse. Hg. v. VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik; Berlin; Online verfügbar unter <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdibs-2552-blatt-82-building-information-modeling-qualifikationen-erweiterte-kenntnisse>, zuletzt geprüft am 31.08.2019.

- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.- FACHBEREICH BAUTECHNIK (VDI) (2019-8.1): VDI/BS-MT 2552 Blatt 8.1. Building Information Modeling - Qualifikationen - Basiskenntnisse. Hg. v. VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik; Berlin; Online verfügbar unter <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdibs-mt-2552-blatt-81-building-information-modeling-qualifikationen-basiskenntnisse>, zuletzt geprüft am 31.08.2019.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.- FACHBEREICH BAUTECHNIK (VDI) (2019-2): Aufbau und Organisation des VDI. Hg. v. VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik; Online verfügbar unter <https://www.vdi.de/ueber-uns/organisation>, zuletzt geprüft am 06.09.2019.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.- FACHBEREICH BAUTECHNIK (VDI) (2019-3): VDI 2552 Building Information Modeling (BIM). Hg. v. VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik; Online verfügbar unter <https://www.vdi.de/richtlinien/unsere-richtlinien-highlights/vdi-2552>, zuletzt geprüft am 05.09.2019.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.- FACHBEREICH BAUTECHNIK (VDI) (2019-6): VDI 2552 Blatt 6 - Projekt. Building Information Modeling - FM. Hg. v. VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik; Berlin; Online verfügbar unter <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-2552-blatt-6-building-information-modeling-fm>, zuletzt geprüft am 30.08.2019.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.- FACHBEREICH BAUTECHNIK (VDI) (2019-9): VDI 2552 Blatt 9 - Projekt. Building Information Modeling; Klassifikationen. Hg. v. VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik; Berlin; Online verfügbar unter <https://www.vdi.de/richtlinien/details/vdi-2552-blatt-9-building-information-modeling-klassifikationen>, zuletzt geprüft am 31.08.2019.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE E.V.- FACHBEREICH BAUTECHNIK (VDI) (2019-11): VDI 2552 Blatt 11 - Projekt. Building Information Modeling; Informationsaustauschanforderungen. Hg. v. VDI-Gesellschaft Bauen und Gebäudetechnik; Berlin; Online verfügbar unter VDI 2552 Blatt 11 - Projekt, zuletzt geprüft am 31.08.2019.
- WIDEMANN SYSTEME (2019): Landschaftsarchitektur und GaLaBau mit WS LANDCAD. Hg. v. Widemann Systeme; Online verfügbar unter <https://www.widemann.de/produkte/wslandcad/landschaftsarchitektur>, zuletzt geprüft am 10.08.2019.

WRONNA, Alexander (2017): BIM-Honorar: BIM oder HOAI? BIM und Recht, Teil 3. Hg. v. HUSS-Medien; Online verfügbar unter <https://www.build-ing.de/fachartikel/detail/bim-honorar-bim-oder-hoai/>, zuletzt geprüft am 05.09.2019.

Verwendete Software

Autodesk:

AutoCad 2019.1.2 (Build: P.162.0.0)

Revit 2020.0.1 (Build: 20190412_1200)

Vectorworks:

Vectorworks Landschaft 2019 SP 4.0.1 R1 (Build 490894)

DATAflor:

DATAflor Landxpert 2019

Widemann Systeme:

Widemann Systeme WS LANDCAD 2019

Swiss Academic Software:

Citavi 6.3

Adobe CS6:

Adobe Photoshop CS 6

Adobe InDesign CS 6

Adobe Illustrator CS6

Adobe Acrobat X Pro

Microsoft:

Microsoft Office Word 2019

Microsoft Office Excel 2019

Edge (Build: 44.17763.1.0)

Google:

Docs 2019

Drive 2019

Chrome (Build: 76.0.3809.132)

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass die vorliegende wissenschaftliche Arbeit selbstständig verfasst, in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt wurde und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen, einschließlich der angegebenen oder beschriebenen Software, verwendet wurden.

Bernburg, den

Maximilian Morbach

Anhang

A) Anlage 1: Internationale und nationale Organisationen für BIM in der Landschaftsarchitektur

Anlage 2: Normen für BIM in Deutschland

B) Datenträger (CD-ROM):

BIM-in-der-Landschaftsarchitektur_Morbach-2020.pdf

Anlage 1

Internationale und nationale Organisationen für BIM in der Landschaftsarchitektur

In Deutschland sind unterschiedliche Organisationen auf unterschiedlichen Ebenen an der Entwicklung von BIM und BIM in der Landschaftsarchitektur involviert. Die folgende Aufstellung listet die wichtigsten Organisationen für die Entwicklung von BIM in der Landschaftsarchitektur und erläutert ihre Funktion und Ziele in der Entwicklung.

1 buildingSMART International



buildingSMART INTERNATIONAL, 2019-1

buildingSMART International ist die internationale Organisation, die für die Entwicklung und Veröffentlichung des Industry Foundation Class (IFC) und BIM Collaboration Format (BCF) verantwortlich ist. Hierdurch ist buildingSMART International führend bei der BIM-Transformation, indem es Lösungen und Standards entwickelt, die neuartige digitale Workflows ermöglichen. Diese Standards für die digitalen Workflows schaffen die Grundlage für eine bessere Zusammenarbeit und effiziente Kommunikation in allen Phasen des Projektlebenszyklus.

Dabei versteht sich buildingSMART International als Dachverband für nationale Mitgliederorganisationen (engl. Chapters), die die Vision und Ziele von buildingSMART International teilen und auf nationaler Ebene die Verwendung des offener Datenstandards fördern und entwickeln sowie die Programme von buildingSMART International national weiterführen.

buildingSMART International ist auch für die Entwicklung des IFC-Standards für die Landschaftsarchitektur verantwortlich und hat 2018 hierzu die Arbeitsgruppe "IFC for Site, Landscape and Urban Planning" eingerichtet. Das Ziel der Arbeitsgruppe ist die Schaffung offener standardbasierter Datenmodellierung, Workflows und Datenaustausch für Landschaftsarchitektur und Stadtplanung zu entwickeln. Erste Ergebnisse der Arbeitsgruppe sollen im Rahmen des buildingSMART "International Standard Summits" im Frühjahr 2020 vorgestellt werden (vgl. buildingSMART INTERNATIONAL, 2018-2; OUELLETTE, 2018)

2 **buildingSMART Deutschland**



buildingSMART GERMANY, 2019-2

buildingSMART Deutschland ist nationale Chapter von buildingSMART International in Deutschland. Wesentliche Aufgabe des Verbandes ist die Weiterentwicklung und Standardisierung von offenen Austauschstandards für den Software-unabhängigen Informationsaustausch in BIM-Projekten und die Definitionen und Standardisierung von entsprechenden Arbeitsprozessen. Um die Idee von Open BIM in die Breite zu tragen und den Erfahrungs- und Informationsaustausch zu befördern, organisiert der Verband Seminare und Tagungen sowie vielfältige Angebote für Netzwerken und fachlichen Austausch auf nationaler, internationaler und regionaler Ebene (buildingSMART GERMANY, 2019-2).

buildingSMART Deutschland hat ebenfalls eine Fachgruppe „BIM in der Landschaftsarchitektur“ als Forum für Erfahrungsaustausch und Vor-Standardisierung gegründet. Ziel der Fachgruppe ist es, die Prozesse und Produktdaten der Planer, Ausführenden und Betreiber (sowie der Hersteller und Zulieferer) entsprechend zu definieren und zu standardisieren (buildingSMART GERMANY, 2019-1).

3 **Bund Deutscher Landschaftsarchitekten e.V. - Arbeitsgruppe “BIM”**



Der Bund Deutscher Landschaftsarchitekten e.V. (BDLA) ist die berufliche Interessenvertretung für selbstständige, angestellte und beamtete Landschaftsarchitekten und für den beruflichen Nachwuchs in Deutschland. Dabei vertritt der BDLA die Interessen des Berufsstandes in der Politik, Verwaltung, Wirtschaft und der Öffentlichkeit und bringt bspw. bei bau- und planungsrelevanten Gesetzesvorhaben seine Expertise ein. Zusätzlich ist es auch Ziel des BDLAs den Berufsstand in zentraler Zukunftsaufgaben, wie der Klimaanpassung, der Energiewende und des urbanen Wachstums weiterzuentwickeln (KAHL, 2019).

Für die digitale Weiterentwicklung des Berufsstandes hat der BDLA auch die Arbeitsgruppe “BIM” gegründet. Aufgabe der Arbeitsgruppe ist es, den Land-

schaftsarchitekten des BDLA technische, strategische und wirtschaftliche Handlungsimpulse zu geben und die Landschaftsarchitekten bei der BIM-Implementierung zu unterstützen. Die BDLA-Arbeitsgruppe BIM bietet hierfür ein zentrales Forum zur Diskussion der Potentiale der BIM-Methode und ihrer Auswirkungen innerhalb der Landschaftsarchitektur (KAHL, 2019).

4 Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. - Fachgruppe “BIM in der Landschaftsarchitektur”



FLL, 2019

Die Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) ist Regelwerksgeber für die “Grünen Branchen” in Deutschland. Hierzu entwickelt die FLL in interdisziplinär besetzten Arbeitsgremien Richtlinien, Empfehlungen und Fachberichte für die „Grüne Branche“ und spiegelt damit den aktuellen Stand der Technik wieder. Das Ziel der FLL ist es dabei, durch die konkrete Anforderungen in den Publikationen maßgeblich zur Qualitätssicherung und zur Nachhaltigkeit beizutragen. Hierfür wurde auch der Arbeitskreis BIM (Building Information Modeling) mit dem Ziel gegründet, die Koordinierung von Aktivitäten unterschiedlicher Art zu BIM im Grünen Berufsstand zu übernehmen sowie die Entwicklung eines Objektkataloges als Leitfaden voran zu treiben. Für dieses Ziel erarbeitet der Arbeitskreis BIM im Moment die Anforderungen und Vorlagen für Produktdatenblätter für die Grüne Branche, um so die alphanumerischen Informationen für jedes Objekt bestimmen und festlegen zu können. Erste Ergebnisse des Arbeitskreises sollen Ende des Jahres 2019 veröffentlicht werden (FLL, 2019).

5 Deutsches Institut für Normung e.V.



DIN, 2019-4

Das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN) ist die bedeutendste nationale Organisation für Normung in Deutschland. Die fachliche Arbeit der Normung wird in Arbeitsausschüssen durchgeführt, wobei jeder Arbeitsausschuss für die Normungsaufgabe für einen bestimmten Bereich zuständig ist. Für das Bauwesen ist dies der

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau). Dabei agiert das DIN und der NABau über die nationale Normung hinaus bei der europäischen (CEN) und internationalen (ISO) Normung seines Bereiches mit und überführt die europäischen und internationalen Normen in die deutsche Normung, so auch die entwickelten europäischen und internationalen Normen für BIM (Siehe Anlage 2) (DIN, 2019-4) . Nach dem Prinzip “Ein Land, Ein Wort” ist der NABau aber nicht für die Entwicklung deutscher BIM-Normen und Standards zuständig. Dies erfolgt durch den Verein deutscher Ingenieure e.V..

6 Verein deutscher Ingenieure e.V.



DIN, 2019-4

(VDI, 2019-2)

Der Verein deutscher Ingenieure e.V. (VDI) ist eine weitere Organisation in Deutschland, die für die Normung und Standardisierung verantwortlich ist. Nach dem Prinzip “Ein Land, Ein Wort” ist der VDI, nach Abstimmung mit dem DIN, für die Schaffung von deutschen Normen und Standards für den BIM-Prozess verantwortlich. Hierzu entwickelt der VDI die Richtlinienreihe “VDI 2552 - Building Information Modeling” mit insgesamt 11 Blättern. Das Ziel dieser Richtlinienreihe ist die Schaffung eines deutschen Standards für die einzelnen Phasen und Bestandteile des BIM-Prozesses (Siehe Anlage 2) (VDI, 2019-3).

Anlage 2

Normen und Richtlinien für die BIM-Verwendung in Deutschland

In der Anlage 2 werden die wichtigsten Normen und Richtlinien für die BIM-Verwendung in Deutschland zusammengefasst. Dabei sind in der Auflistung auch Normen und Richtlinien beinhaltet, für die eine Veröffentlichung in Zukunft geplant ist. Die Auswahl der Normen erfolgte nach Einschätzung des Autors ausgehend von der Recherche für diese Arbeit, wobei die Reihenfolge keine Wertigkeit der Bedeutung der Normen darstellt.

- 1** **DIN EN ISO 12006-2:2019-09:** Hochbau - Organisation des Austausches von Informationen über die Durchführung von Hoch- und Tiefbauten - Teil 2: Struktur für die Klassifizierung (ISO 12006-2:2015) (Entwurf)

Die DIN EN ISO 12006-2:2019-09 definiert einen Rahmen für die Entwicklung von Klassifizierungssystemen für gebaute Umgebungen und ist die Umsetzung der ISO 12006-2:2015-05. Die ISO 12006-2:2015-05 beschreibt kein vollständiges betriebliches Klassifizierungssystem, sondern empfiehlt lediglich eine Struktur für ein Klassifizierungssystem und Klassifikationstabellentitel. Es zeigt, wie die in jeder Tabelle klassifizierten Objektklassen zusammenhängen und miteinander verknüpft sind, z.B. in einem BIM-Modell. Die ISO 12006-2:2015-05 gilt für den gesamten Lebenszyklus des Bauwerks, von der Konzeption und dem Entwurf, über die Dokumentation, den Bau, Betrieb und die Wartung bis zum Abbruch. Es gilt sowohl für Hoch- als auch für Tiefbauarbeiten, einschließlich der dazugehörigen Ingenieurleistungen und der Landschaftsarchitektur (ISO, 2015, DIN, 2019-9).

- 2** **DIN EN ISO 12006-3:2017-04:** Bauwesen - Organisation von Daten zu Bauwerken - Teil 3: Struktur für den objektorientierten Informationsaustausch (ISO 12006-3:2007)

DIN EN ISO 12006-3 legt ein sprachenunabhängiges Informationsmodell fest, das zur Entwicklung von Wörterbüchern zur Speicherung oder Zurverfügungstellung von Informationen zu Bauwerken angewendet werden kann. Sie ermöglicht Verweisungen auf Klassifizierungssysteme, Datenmodelle, Objektmodelle und Prozessmodelle innerhalb eines gemeinsamen Rahmens (vgl. ISO, 2007; DIN, 2017-1)

3 DIN EN ISO 16739:2017-04: Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauindustrie und im Anlagenmanagement (ISO 16739:2013);

Die DIN EN ISO 16739:2017-04 spezifiziert das konzeptionelle Datenschema und Austauschdateiformat für die BIM-Daten, das Industry Foundation Classes (IFC)-Format. IFC ist ein offener internationaler Standard für BIM-Daten, der zwischen Softwareanwendungen ausgetauscht und geteilt wird, die von den verschiedenen Teilnehmern an einem Bau- oder Facility-Management-Projekt verwendet werden. Das konzeptionelle Datenschema ist in der Datenbeschreibungssprache EXPRESS definiert und verwendet für den verwendet eine Klartext-Kodierung für die Austauschstruktur. Für den Austausch der Daten legt die Norm auch "Model-View-Definitions" fest, um so festzulegen, welche Daten ausgetauscht werden und so die anerkannten Abläufe im Bauwesen oder im Anlagenmanagement zu unterstützen (DIN, 2017-4).

Dabei ist anzumerken, dass die ISO 2018 ein neue Fassung der ISO 16739 veröffentlicht hat, welche aber noch nicht in eine deutsche Norm überführt wurde. Die neue ISO 16739-1:2018 verwendet für die Definition des IFC-Datenschema neben der Datenbeschreibungssprache EXPRESS, nun auch die Schema-Definitionssprache XML. Dabei bildet EXPRESS weiterhin die Grundlage des IFC-Schemas. Die XML-Beschreibung wird auf Grundlage der Regeln der ISO 10303-28 aus der EXPRESS-Beschreibung abgeleitet (ISO, 2018-3).

4 DIN SPEC 91400:2017-02: Building Information Modeling (BIM) - Klassifikation nach STL-Bau

DIN SPEC 91400:2016-11 beschreibt ein Klassifikations- und Beschreibungssystem für BIM, welches kompatibel zum Ausschreibungssystem StLB-Bau und zum Syntax und Semantik des IFC (ISO 16739) ist. Mittels einer Schnittstelle in der BIM-Software können die alphanumerische Informationen direkt aus dem StLB-Bau VOB-konform im BIM-Modell ergänzt werden. Die DIN SPEC 91400:2016-11 legt dabei Anforderungen an die bauteilbezogenen, alphanumerischen Dateninhalte von BIM-Modellen fest und beschreibt die Anforderungen an die Schnittstelle (DIN, 2017-2).

5 DIN EN ISO 19650-1:2019-08: Organisation und Digitalisierung von Informationen zu Bauwerken und Ingenieurleistungen, einschließlich Bauwerksinformationsmodellierung (BIM) - Informationsmanagement mit BIM - Teil 1: Begriffe und Grundsätze

Die DIN EN ISO 19650-1:2019-08 beschreibt die Begriffe und Grundsätze des Building Information Modeling über den gesamten Lebenszyklus von Bauwerken. Hierzu erhält die Norm Empfehlungen für eine Vorgabe zur Verwaltung von Informationen, einschließlich Austausch, Aufzeichnung und Organisation für alle Akteure (vgl. ISO, 2018-1; DIN, 2019-8-1).

6 DIN EN ISO 19650-2:2019-08: Organisation und Digitalisierung von Informationen zu Bauwerken und Ingenieurleistungen, einschließlich Bauwerksinformationsmodellierung (BIM) - Informationsmanagement mit BIM - Teil 2: Planungs-, Bau- und Inbetriebnahmephase

Die DIN EN ISO 19650-2:2019-08 legt die Anforderungen an das Informationsmanagement in Form eines Managementprozesses bei der Verwendung von BIM fest. Dabei beschreibt die Norm einen Managementprozess von der Konzeptionsphase über die Planungsphase bis zum Projektabschluss (vgl. ISO, 2018-2; DIN, 2019-8-2).

7 VDI 2552 Blatt 1: Building Information Modeling - Grundlagen
(Entwurf, Erscheinungsdatum: 2019-06)

Die Richtlinienreihe VDI 2552 liefert einen strukturierten Ansatz für die effektive Implementierung von BIM in die Prozesse des Planens, Bauens und Betriebens über den gesamten Lebenszyklus von Bauwerken. Sie stellt die deutsche Standardisierung des BIM-Prozesses dar. Die Richtlinie VDI 2552 Blatt 1 beschreibt dazu die heute bereits international bewährten Regeln der Technik, Erfahrungen und Entwicklungen bei der Anwendung von BIM. Daneben wird auf die weiterführende Regelungen in den teilweise noch in Erarbeitung befindlichen weiteren Blättern der Richtlinienreihe VDI 2552 verwiesen. Diese Richtlinie berücksichtigt nationale und internationale Standards und Spezifikationen sowie Best Practice Erfahrungen und stellt insbesondere den Bezug zur Erstellung und Nutzung von Bauwerksinformationen während des Planens und Bauens eines Bauwerks oder einer Anlage her (VDI, 2019-1).

8 VDI 2552 Blatt 2 :Building Information Modeling - Begriffe (Entwurf, Erscheinungsdatum: 2018-06)

Die Richtlinie VDI 2552 Blatt 2 definiert die Begriffe der BIM-Methode, um so eine einheitliche Verwendung der Terminologie für den BIM-Prozess zu schaffen und eine erfolgreiche Zusammenarbeit bei Projekten zu gewährleisten. Dies ist besonders für BIM entscheidend, da die Terminologie stark international beeinflusst wird und von vielen Fachdisziplinen geprägt wird (VDI, 2018-2).

9 VDI 2552 Blatt 3: Building Information Modeling - Modellbasierte Mengenermittlung zur Kostenplanung, Terminplanung, Vergabe und Abrechnung (Erscheinungsdatum: 2018-05)

Bauwerke werden technisch komplexer und die zur Verfügung stehende Computertechnologie leistungsfähiger. Das Building Information Modeling, inklusive der Verknüpfung mit Ressourcen und Zeitplänen, stellt angewendete Verfahren zur Verfügung, mit denen sich Qualitäts-, Kosten- und Terminrisiken von Bauprojekten erheblich reduzieren lassen. In der Richtlinie VDI 2552 Blatt 3 werden Methoden beschrieben, die es ermöglichen, diese Vorteile im Verhältnis zwischen Auftraggebern und Auftragnehmern sowie weiteren Baubeteiligten auf Basis gemeinsam genutzter Mengenmodelle zu nutzen (VDI, 2018-3).

10 VDI 2552 Blatt 4: Building Information Modeling - Anforderungen an den Datenaustausch (Entwurf, Erscheinungsdatum: 2018-10)

Die Richtlinie VDI 2552 Blatt 4 definiert den Datenaustausch mit herstellerneutralen, standardisierten Schnittstellen und beschreibt Verfahren zur Definition des geometrischen und attributiven Ausarbeitungsgrads, um so eindeutige Regel für den Datenaustausch zu schaffen, da die Übergabe von geometrisch-semantischen Bauwerksmodellen ein essenzieller Bestandteil bei der Abwicklung von BIM-Projekten ist (VDI, 2018-4).

11 VDI 2552 Blatt 5: Building Information Modeling - Datenmanagement
(Erscheinungsdatum: 2018-12)

Die Richtlinie VDI 2552 Blatt 5 definiert Vorgehensweisen zur Organisation, Strukturierung, Zusammenführung, Verteilung, Verwaltung und Archivierung von digitalen Daten im Rahmen von Building Information Modeling, das auch als Managementansatz zur integralen modellbasierten Projektabwicklung angesehen wird. Hierzu werden in der Richtlinie die technischen und organisatorischen Anforderungen zur Umsetzung einer gemeinsamen Datenumgebung aufgezeigt (VDI, 2018-5).

12 VDI 2552 Blatt 6: Building Information Modeling - FM (Projekt,
Mögliches Erscheinungsdatum: 2021-10)

Die Richtlinie VDI 2552 Blatt 6 soll die für das FM erforderlichen BIM-Strukturen und Datenanforderungen beschreiben. Durch diese Richtlinie soll ein Informationsverlust beim Wechsel von Planung und Bau in den Betrieb vermieden werden, da bereits bei der Planung wichtige Informationen für den Betrieb im Modell als Teil der Eigenschaften von BIM-Objekten/BIM-Content hinterlegt werden können (VDI, 2019-6).

13 VDI 2552 Blatt 7: Building Information Modeling - Prozesse (Entwurf,
Erscheinungsdatum: 2018-10)

Prozesse bilden die Grundlage für die BIM-Planung und einen koordinierten Datenaustausch zwischen den Projektbeteiligten. Dabei können die Ausprägung der jeweiligen Prozesse, je nach BIM-Ziel und BIM-Ausprägung, unterschiedliche ausfallen. Die Richtlinie VDI 2552 Blatt 7 definiert Grundtypen, deren Ausprägung im Einzelfall über Parameter im Rahmen des BIM-Abwicklungsplans spezifiziert werden können. Hierzu beinhaltet die Richtlinie die Beschreibung von Form und Inhalt der ausgetauschten Daten, die Prozessbausteine für die jeweiligen Teilprozesse sowie die Aufgaben und Rollen der Projektbeteiligten (VDI, 2018-7).

**14 VDI/BS-MT 2552 Blatt 8.1: Building Information Modeling -
Qualifikationen - Basiskenntnisse (Erscheinungsdatum: 2019-01)**

Building Information Modeling, inklusive der Verknüpfung mit Ressourcen und Zeitplänen, stellt angewendete Verfahren zur Verfügung, mit denen sich Qualitäts-, Kosten- und Terminrisiken von Bauprojekten erheblich reduzieren lassen. Die zu organisierenden Prozesse, die durchzuführenden Aufgaben, Planungs-, Koordinierungs-, Abstimmungs- und Dokumentationstätigkeiten erfordern Kenntnis des BIM-Prozesses, entweder aus praktischer Erfahrung oder gezielten Fortbildungen. Die Richtlinie VDI/BS-MT 2552 Blatt 8.1 dient der Qualitätssicherung von Aus-, Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen, indem Kompetenzen, Qualifikationen und Lehrinhalte dargelegt sowie Rahmenbedingungen für den Ablauf von Aus-, Fort- und Weiterbildungen vorgegeben werden (VDI, 2019-8.1).

**15 VDI/BS 2552 Blatt 8.2: Building Information Modeling;
Qualifikationen; Erweiterte Kenntnisse (Projekt, Mögliches
Erscheinungsdatum: 2020-07)**

Die fachliche Qualifikation der am BIM-Prozess Beteiligten und vor allem des BIM-Managers sind nicht einheitlich beschrieben, sind aber wesentlich für eine erfolgreiche Abwicklung eines BIM-Projektes. Die Richtlinie VDI/BS 2552 Blatt 8.2 soll erforderliche Qualifikationen beschreiben und Leitlinien für das Berufsbild des BIM-Managers festlegen (VDI, 2019-8.2).

**16 VDI 2552 Blatt 9: Building Information Modeling; Klassifikationen
(Projekt, Mögliches Erscheinungsdatum: 2020-02)**

Für den BIM-Prozess sind einheitliche Bauteilbeschreibungen essentiell. Diese sind aber zur Zeit häufig nicht vorhanden. Die Richtlinie VDI 2552 Blatt 9 soll ein System zur einheitliche Bauteilbeschreibungen in Deutschland beschreiben und könnte so zu einer wichtige Grundlage für die Etablierung des BIM-Prozess in Deutschland werden (VDI, 2019-9).

17 VDI 2552 Blatt 10: Building Information Modeling; AIA und BAP
(Mögliches Erscheinungsdatum: 2019-12)

Bei der Beauftragung und Angebotsabgabe für BIM-Projekte haben sich im internationalen Umfeld AIAs und BAPs etabliert. Zum jetzigen Stand liegen diese jedoch noch in sehr uneinheitlichen und unabgestimmten Varianten vor. Dies führt zu großer Verunsicherung und birgt erhebliche Risiken, dass hier entweder maßlos über das Ziel hinausgeschossen wird, oder aber die Vereinbarungen zu allgemein und unverbindlich ausfallen, so dass Rechtsstreitigkeiten vorhersehbar sind. Die Richtlinie VDI 2552 Blatt 10 soll der Praxis Hinweise und Ratschläge, evtl. auch in Form von Checklisten und Vorlagen, an die Hand geben, um zu praktikablen Lösungen zu finden, die an die projektspezifischen Bedingungen angepasst sind, dem Auftraggeber Sicherheit gewähren und den Auftragnehmer nicht überfordern und damit den Kreis der potentiellen Bieter unnötig einschränken (WOLLSTEIN, 2018).

18 VDI 2552 Blatt 11: Building Information Modeling;
Informationsaustauschanforderungen (Projekt,Mögliches
Erscheinungsdatum: 2020-04)

In der Praxis des Informationsaustausches von BIM-Daten hat sich gezeigt, dass Schwierigkeiten häufig dann auftreten, wenn der Informationsbedarf (sog. Exchange Requirements) nicht hinreichend beschrieben wird. Heutige Spezifikationen sind zu allgemein gehalten und zu wenig auf den spezifischen Austauschzweck fokussiert. Die Richtlinie VDI 2552 Blatt 11 soll auf Grundlage existierender BIM-Datenaustauschstandards praktikable Methoden zur Definition von ERs adaptieren oder entwickeln, die auch softwaretechnisch umsetzbar sind und eine Basis für technische Zertifikate liefern (VDI, 2019-11).

19 VDI/BS 2552 Blatt 11.3: Building Information Modeling - Informationsaustauschanforderungen - Schalungs- und Gerüsttechnik (Ortbetonbauweise) (Entwurf, Erscheinungsdatum: 2019-08)

Die VDI/BS 2552 Blatt 11.3 definiert nach dem Grundsatz eines transparenten Daten- und Informationstransfers die Informationsaustauschanforderungen für die Schalungs- und Gerüsttechnik bei der Ortbetonbauweise. Die Anforderungen entsprechen dabei sowohl dem Status eines Informationslieferungshandbuches (IDM, Information Delivery Manual) als auch dem Status der Modell-Ansichtsdefinitionen (Model View Definition (MVD)). Diese Richtlinie beschreibt hierzu eine fünfstufige Unterteilung von Fertigstellungsgraden für die Planung der Schalungs- und Gerüsttechnik sowie die zugehörigen Attribute und IFC-Klassifizierung der Modellelemente (VDI, 2019-11.3).